“十五”国家重点图书出版规划

Juran's Quality Handbook

5th Edition

朱兰质量手册

第五版

主　编　[美]约瑟夫·M·朱兰（Joseph M.Juran）

[美]A·布兰顿·戈弗雷（A.Blanton Godfrey）

副主编　[美]罗伯特·E·霍格斯图尔（Robert E.Hoogstoel）

[美]爱德华·G·席林（Edward G.Schilling）

焦叔斌　等　译

中国人民大学出版社

著作权合同登记号
图字：01-2000-0808号

策划编辑　费小琳　于　波　熊鲜菊
责任编辑　晓　秦　于　波　邢伯春　钱　伟
封面设计　守望者艺术设计工作室·郝　旭
　　徐力坚　耿中虎
版式设计　王坤杰

《朱兰质量手册》

质量管理领域的经典之作
享誉全球的管理宝典

朱兰博士认为：经济发展的最终目的是提升人们的生活质量。21世纪是质量的世纪。质量的概念已延伸到全社会的各个领域，包括人们赖以生存的环境质量、卫生保健质量及人们在社会生活中的精神需求和满意程度。本书由全球顶级质量专家倾力打造，历经半个世纪之岁月锤炼，凝练现代质量管理思想之精华，集当代质量管理研究与实践之大成。 无论您身处何种行业——制造业、建筑业、服务业、软件业、政府部门、教育、卫生等，无论您身处何种职能领域——研发、运营、营销、财务、人力资源等，无论您身处何种职位——CEO、部门经理或一线人员，本书都会成为您的得力助手。

ISBN 7-300-05058-1
9 787300 050584 >

ISBN 7-300-05058-1/F · 1527
定价：298.00元

“十五”国家重点图书出版规划

Juran's Quality Handbook 第五版

朱兰质量手册 第五版

标准分享网 www.bzfxw.com 免费下载

主　编　[美]约瑟夫·M·朱兰（Joseph M.Juran）
[美]A·布兰顿·戈弗雷（A.Blanton Godfrey）
副主编　[美]罗伯特·E·霍格斯图尔（Robert E.Hoogstoel）
[美]爱德华·G·席林（Edward G.Schilling）

焦叔斌 等　译

中国人民大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

朱兰质量手册:第5版/[美]朱兰,戈弗雷主编;焦叔斌等译.
北京:中国人民大学出版社,2003

ISBN 7-300-05058-1/F·1527
Ⅰ.朱…
Ⅱ.①朱… ②戈… ③焦…
Ⅲ.质量-手册…
Ⅳ.TB114.2-62

中国版本图书馆CIP数据核字(2003)第090282号

朱兰质量手册(第五版)

主　编　[美]约瑟夫·M·朱兰
　　[美]A·布兰顿·戈弗雷
副主编　[美]罗伯特·E·霍格斯图尔
　　[美]爱德华·G·席林
　　焦叔斌　等　译

出版发行　中国人民大学出版社
社　　址　北京中关村大街31号　　邮政编码　100080
电　　话　010-62511242(总编室)　010-62511239(出版部)
　　010-62515351(邮购部)　010-62514148(门市部)
网　　址　http://www.crup.com.cn
　　http://www.ttrnet.com(人大教研网)
经　　销　新华书店
印　　刷　北京外文印刷厂
开　　本　765×1092毫米 1/16　　版　　次　2003年11月第1版
印　　张　109插页3　　印　　次　2004年1月第2次印刷
字　　数　2 189 000　　定　　价　298.00元

版权所有　侵权必究　　印装差错　负责调换

译 者 名 单

（按姓氏拼音排序）

陈运涛　戴淑芬　何晓群　何兆伟　胡　波　焦鸿丽

焦叔斌　李东红　李晓光　李　岩　李朝霞　刘东明

刘广第　刘晓军　潘　静　时宝东　宋利芳　王明明

王维才　徐京悦　杨　力　游世雄　游婷婷　遇　今

张晓东　张　雁　郑慧英　周建峰　周　星　邹亚生

序



加快经济发展，质量是关键，不从质量上提高，就没有真正的、实在的效益。为提高企业产品质量，增强企业国际竞争力，几十年来我国政府和企业界做了大量的工作。早在1978年，我们就举行了第一个全国质量月活动。这一年我还率中国经济代表团访问日本，专门参加了日本的质量月活动，回来后于第二年8月成立了中国质量管理协会，并开展质量管理小组活动。1992年我们又开展了"质量万里行活动"。质量问题可以说是年年讲、月月讲。随着全民族质量意识的不断提高，1993年我国首次通过并颁布了《中华人民共和国产品质量法》，2000年又对这一法律进行了认真的补充和修订。1996年12月，国务院也颁布了《质量振兴纲要》，指出质量问题是经济发展中的一个战略问题，质量水平的高低是一个国家经济、科技、教育和管理水平的综合反映，已成为影响国民经济和对外贸易发展的重要因素之一。质量振兴的主要目标是：经过5～15年的努力，从根本上提高我国主要产业的整体素质和企业的质量管理水平，使我国的产品质量、工程质量和服务质量跃上一个新台阶。这些充分反映了党和国家对质量问题的重视。

进入21世纪，在经济全球化的条件下，质量管理有了新的内容。中共十六大提出要全面建设小康社会的目标，我想我们建设的这个小康社会应该是有质量的小康社会。当前社会发展对质量管理的要求已经不仅仅局限于生产制造业，同时也渗透到社会经济活动的各个方面。产品质量管理也已经不再局限于对某个生产环节的管理，而是从开始生产的环节到售后服务环节的全过程管理。因此，我们熟悉的原有的质量管理知识与模式已经很难适应国际经济竞争的需要。我们必须依据国际通行惯例来提高产品质量，积极吸收和借鉴质量管理水平较高国家的先进经验。

美国著名的质量管理专家约瑟夫·M·朱兰博士（Joseph M. Juran）就是这种先进经验的代表人物。半个多世纪以来，朱兰的质量管理理念和方法对整个世界

质量管理学界产生了巨大的影响。他在质量管理方面进行的积极探索，他所提出的许多重要的质量管理原则和理念，他关于质量计划、质量控制和质量改进的论述，为许多企业赢得了核心竞争力。1982 年他专程到中国访问，并举办质量管理讲座，受到中国企业界的热诚欢迎。《朱兰质量手册》是由他担任主编，集中了世界上一批著名的管理专家共同撰写的著作。这部著作集中反映了他的质量管理思想，是公认的当代质量管理领域的权威著作，自出版以来已被译成多种文字在世界许多国家发行，仅英文版就发行了 20 多万册。正是由于朱兰博士在质量管理领域的重要地位，再加上这部著作具有全面、实用和权威的特点，所以半个多世纪以来，《朱兰质量手册》对于世界各国的质量管理发挥了十分重要的作用。

中国人民大学出版社引进和出版这部质量管理领域的巨著，是很有眼光的。我相信它的出版，对于我国企业进一步树立质量管理理念，学习和借鉴质量管理知识和经验，进而提升我国企业和产品的国际竞争力，具有重要的现实意义。作为中国质量协会的名誉会长，我一直关注着我国的质量问题，我很高兴为这部著作作序，希望全社会都来关心质量问题。

2003 年 11 月

译者序

约瑟夫·M·朱兰（Joseph M. Juran，1904— ）博士是举世公认的现代质量管理的领军人物。他出生于罗马尼亚，1912 年随家庭移民美国，1917 年加入美国国籍，曾获工程和法学学位。在其职业生涯中，他做过工程师、企业主管、政府官员、大学教授、劳工调解人、公司董事、管理顾问等。朱兰提出了质量即“适用性”的概念，强调了顾客导向的重要性。朱兰理论体系中的主要概念还包括质量螺旋、质量管理三部曲、关键的少数原理等。如同质量管理领域中的另一位大师戴明博士一样，朱兰在日本经济复兴和质量革命中的作用也受到了高度的评价。1979 年，朱兰创办了朱兰学院，主要从事质量管理的培训、咨询和出版活动。20 世纪 90 年代后，朱兰仍然担任学院的名誉主席和董事会成员，以 90 多岁的高龄继续从事讲演和咨询活动。

本手册堪称质量管理领域中研究和实践的集大成之作，自从 1951 年第一版出版以来，已经被译成许多国家的文字。前四版的书名为《质量控制手册》，1999 年出版的第五版更改为《朱兰质量手册》（Juran's Quality Handbook）。由于这本手册所具有的全面性、实用性和权威性，再加上朱兰本人在质量管理领域中的大师级地位，在半个多世纪中，这本手册一直是质量管理领域中最具有影响的出版物之一，被人们称誉为“质量管理领域中的圣经”。

这样一本既具有理论意义又极具实践价值的经典之作在我国的出版，相信必将会对我国的质量管理研究和实践产生积极的作用。本书的译者均为国内各大院校以及相关科研机构的中青年骨干。已故的杨文士教授对于本书的翻译工作给予了巨大的鼓励和具体的指导。刘源张教授审阅了第 42 章的译稿。廖永平教授审阅了第 46 章的译稿。金良超教授审阅了第 47 章的部分译稿并提出了宝贵意见。全书由焦叔斌校阅统纂。谬误不当之处敬请读者批评指正。（e-mail：jiaosb@ruc.edu.cn）

中国人民大学商学院
焦叔斌

编者介绍

约瑟夫·M·朱兰（Joseph M. Juran），在质量管理领域著述丰硕，在过去的70多年中，他在这一领域中一直承担着一个领导者的角色。朱兰拥有工程和法学学位，他在管理方面有着十分丰富的经历，做过工程师、企业主管、政府官员、大学教授、公司董事和管理顾问等。他协助创建了美国马尔科姆·鲍德里奇国家质量奖，是该奖项监督委员会的成员。他获得了来自14个国家的50多种嘉奖和奖章，其中包括日本天皇为表彰他“……对于日本质量管理的发展以及促进日美友谊所做的贡献”而授予的“勋二等瑞宝章”勋章，以及美国总统为表彰他在“为企业提供管理产品和过程质量的基本原理和方法从而提升其在全球市场上的竞争力”方面所做的努力而颁发的国家技术勋章。他是朱兰学院和朱兰基金会的创建者，前者是一家咨询机构，后者为明尼苏达大学卡尔森管理学院的朱兰质量领导中心的一部分。在他的20余本著作中，本手册是一个全球范围内的参考标准。

A·布兰顿·戈弗雷（A. Blanton Godfrey），本手册的共同主编，朱兰学院的CEO和主席。在他的领导下，朱兰学院将其咨询、培训和研究业务扩展到了50多个国家。戈弗雷博士此前是AT&T贝尔实验室质量理论和技术部的负责人。他是美国统计学会、美国质量协会和世界生产力科学院的会员，还是国际质量科学院的院士。他是《质量控制和改进的现代方法》以及《医治医疗卫生业》两本书的共同作者。他为创建马尔科姆·鲍德里奇国家质量奖做出了贡献，并在1988—1990年间担任了评判员的工作。他于1992年获得了美国质量协会为表彰他为质量管理的理论和实践所做的卓越贡献而颁发的爱德华奖章。戈弗雷博士拥有弗吉尼亚技术学院理学学士学位和佛罗里达州立大学理学硕士和统计学博士学位。

罗伯特·E·霍格斯图尔（Robert E. Hoogstoel），本手册的副主编，负责除统计部分之外的所有章节的编辑工作。作为Dana公司的技术教育主管，他负责该公司在质量管理方面的全部咨询和培训工作。他曾在朱兰学院做了10年的咨询师，主要针对世界范围内的制造业和流程性行业的客户。他与朱兰博士一道编写了朱兰学院质量计划培训教材。他拥有康奈尔大学和加利福尼亚大学伯克利分校

的工学学位。他是纽约州的注册工程师。

爱德华·G·席林（Edward G.Schilling），本手册的副主编，负责统计部分各章节的编辑工作。他是罗切斯特技术学院质量与应用统计学中心主任，统计学系教授。在加入罗切斯特技术学院之前，他是通用电气公司照明事业部照明质量运营部门的主管。他在布法罗大学获得了管理学士和 MBA 学位，在新泽西的 Rutgers 大学获得了统计学硕士和博士学位。席林博士是美国统计学会、美国质量协会、数理统计学会、美国经济学会和美国试验和材料学会的会员。他曾于 1983 年荣获美国质量协会的休哈特奖章，还先后获得四次 Brumbaugh 奖。他是加利福尼亚州的注册工程师以及 ASQ 认证的质量与可靠性工程师。他的著作《质量控制中的接收抽样》和《过程质量控制》（与 E.R.Ott 合著）是本领域中的主要教材。

撰稿者名单

姓名	所在机构或职业	章	
查尔斯·A·奥布里二世 (Charles A.Aubrey Ⅱ)	美国运通公司副总裁	第 33 章	金融服务业
劳伦斯·伯恩斯坦 (Lawrence Bernstein)	AT&T 网络系统部运营系统副总裁	第 20 章	软件开发
马科斯·E·J·贝尔廷 (Marcos E.J.Bertin)	阿根廷 Firmenich 公司董事长	第 43 章	质量在拉丁美洲
唐纳德·M·贝里克 (Donald M.Berwick)	医疗保健改进协会 CEO 兼总裁	第 32 章	医疗保健服务
莫琳·比索尼亚诺 (Maureen Bisognano)	医疗保健改进协会 执行副总裁兼 COO	第 32 章	医疗保健服务
罗伯特·C·坎普 (Robert C.Camp)	最佳惯行协会，纽约	第 12 章	标高分析
O·约翰·克赖迪 (O.John Coletti)	福特公司 Danou 技术中心特殊车辆工程部主管	第 3 章	质量计划过程
蒂托·康蒂 (Tito Conti)	意大利 OAM 公司总裁	第 38 章	质量在西欧
约瑟夫·A·德费欧 (Joseph A.DeFeo)	朱兰学院执行副总裁兼 COO	第 13 章	战略展开
欧文·J·德托罗 (Irving J.DeToro)	质量网络，费城棕榈港	第 12 章	标高分析
M.K. 德特拉诺 (M.K.Detrano)	原朗讯公司网络系统产品部质量总监，后创办德特拉诺咨询公司	第 28 章	高技术产业中的质量
内吉普·多阿纳克索伊 (Necip Doganaksoy)	通用电气公司研究开发部，纽约	第 48 章	可靠性概念与数据分析

J.A. 多诺万 (J.A.Donovan)	PARIS 协会会长，弗吉尼亚	第 21 章	供应商关系
爱德华·J·杜德韦克 (Edward J.Dudewicz)	纽约 Syracuse 大学数学系教授	第 44 章	基本统计方法
约翰·F·厄里 (John F.Early)	帝国蓝十字与蓝盾公司计划与战略支持副总裁，纽约	第 3 章	质量计划过程
恩德雷斯 (Al C.Endres)	佛罗里达 Tampa 大学管理系教授、质量中心主任	第 19 章	研究开发质量
路易斯·A·埃斯特巴尔 (Luis A.Escobar)	路易斯安那州立大学实验统计学系	第 48 章	可靠性概念与数据分析
爱德华·富克斯 (Edward Fuchs)	Chapel Hill，北卡罗来纳	第 25 章	顾客服务
W.R. 加伍德 (W.R.Garwood)	伊斯曼化学公司欧洲、中东及非洲区总裁（已退休）	第 15 章	人力资源和质量
A·布兰顿·戈弗雷 (A.Blanton Godfrey)	朱兰学院主席兼 CEO	本手册共同主编 第 4 章 第 14 章	质量控制过程 全面质量管理
E.F. 古金斯 (E.F.Gookins)	战略质量咨询公司管理合伙人，俄亥俄	第 23 章	检验与试验
阿尔·戈尔 (Al Gore)	克林顿政府副总统	第 31 章	政府服务：联邦政府的再造
弗兰克·M·格里纳 (Frank M.Gryna)	佛罗里达 Tampa 大学商学院及质量中心管理学教授	第 8 章 第 18 章 第 22 章	质量与成本 市场研究与市场营销 运营
杰拉尔德·J·哈恩 (Gerald J.Hahn)	通用电气公司研究开发部，纽约	第 48 章	可靠性概念与数据分析
加里·L·哈伦 (Gary L.Hallen)	伊斯曼化学公司，田纳西	第 15 章	人力资源和质量
罗伯特·E·霍格斯图尔 (Robert E.Hoogstoel)	朱兰学院副总裁（已退休）	本手册副主编 第 33 章 第 39 章	金融服务业 质量在中东欧国家
J·斯图尔特·亨特 (J.Stuart Hunter)	普林斯顿大学教授	第 47 章	实验设计与分析

石坂义雄 (Yoshio Ishizaka)	丰田销售公司美国公司总裁兼 CEO	第 29 章	汽车产业
J.M. 朱兰 (J.M.Juran)	朱兰学院的创始人	本手册主编	
		第 1 章	如何使用本手册
		第 2 章	如何认识质量
		第 4 章	质量控制过程
		第 5 章	质量改进过程
		第 7 章	质量与收益
		第 35 章	质量与社会
		第 36 章	质量和民族文化
		第 40 章	质量在美国
狩野纪昭 (Noriaki Kano)	日本东京理科大学工学部管理科学科教授	第 41 章	质量在日本
近藤良夫 (Yoshio Kondo)	日本京都大学教授	第 41 章	质量在日本
刘源张 (Yuanzhang Liu)	中国科学院系统所研究员	第 42 章	质量在中国
F.P. 马雷斯卡 (F.P.Maresca)	美孚石油公司质量改进经理(已退休)，弗吉尼亚	第 21 章	供应商关系
唐纳德·W·马夸特 (Donald W.Marquardt)	唐纳德·W·马夸特咨询公司，特拉华；马夸特在完成本手册手稿之后不几天因心脏病发作去世。编者衷心感谢他对本手册所做出的贡献。受益于他在质量领域中的长期耕耘，其手稿生动、完美而及时。	第 11 章 第 27 章	ISO 9000 族国际标准 流程性产业
威廉·Q·米克尔 (William Q.Meeker)	艾奥瓦州立大学统计学系教授	第 48 章	可靠性概念与数据分析
帕特里克·梅内 (Patrick Mene)	利兹-卡尔顿酒店公司质量副总裁	第 30 章	旅行与宾馆业
奥古斯特·明德尔 (August Mundel)	专业工程师，纽约	附录Ⅲ	

丹尼尔·奥里维尔 (Daniel Olivier)	确证软件解决方案公司总裁，加利福尼亚	第 10 章	计算机在质量体系中的应用
弗雷德里克·I·奥尔金 (Fredric I.Orkin)	Orkin 咨询公司总裁，伊利诺伊	第 10 章	计算机在质量体系中的应用
加布里埃尔·A·帕尔 (Gabriel A.Pall)	朱兰学院资深副总裁	第 16 章	质量培训
杰勒德·T·保罗 (Gerard T.Paul)	管理咨询顾问，康涅迪格	第 17 章	项目管理及产品开发
托马斯·C·雷德曼 (Thomas C.Redman)	Navesink 咨询公司总裁，新泽西	第 9 章	测量、信息和决策
		第 34 章	第二代数据质量体系
小詹姆斯·赖利 (James F.Riley, Jr.)	朱兰学院副总裁	第 6 章	过程管理
彼得·J·罗布斯泰利 (Peter J.Robustelli)	朱兰学院资深副总裁	第 16 章	质量培训
伦纳特·桑德霍姆 (Lennart Sandholm)	桑德霍姆咨询公司总裁，瑞典	第 37 章	质量在发展中国家
爱德华·G·席林 (Edward G.Schilling)	罗切斯特技术学院质量及应用统计学中心统计学教授	第 46 章 附录 I	接收抽样
伦纳德·A·塞德 (Leonard A.Seder)	质量咨询顾问（已退休）	第 24 章	逐件加工行业
詹姆斯·A·F·斯多纳 (James A.F.Stoner)	Fordham 大学工商管理学院，纽约	第 26 章	行政与支持性活动
哈里森·M·沃兹沃思 (Harrison M.Wadsworth)	佐治亚技术学院工业与系统工程部教授，佐治亚	第 45 章	统计过程控制
查尔斯·B·万克尔 (Charles B.Wankel)	圣约翰大学商学院，纽约	第 26 章	行政与支持性活动
弗兰克·M·沃尔纳 (Frank M.Werner)	Fordham 大学工商管理学院副院长，纽约	第 26 章	行政与支持性活动
乔塞特·H·威廉斯 (Josette H.Williams)	朱兰学院	附录 V	
C.M. 尤哈斯 (C.M.Yuhas)	HLWT 公司，纽约	第 20 章	软件开发

第五版前言

在本手册第四版的前言中，朱兰博士对于自本手册第一版的合同签订（1945）到第四版的出版（1988）之间四十多年所发生的事情进行了回顾。他对于本手册在发行量和地位方面的提高以及质量在社会中的重要性的全面提高给予了评述。这种提高可归因于产品以及由产品所构成的系统的日益提高的复杂性，归因于我们对于这些系统的日益依赖，归因于这些产品的失效所可能造成的前所未有的破坏。他在很久之前将这种威胁（偶尔还会成为可怕的现实）描述为“质量大堤下的生活”。

在第四版出版后的十多年中，质量的重要性仍在持续地迅速提高。在一定程度上，这种提高是由于产品和系统复杂性的持续提高，社会对之的依赖性的提高，以及社会对于“质量大堤”的依赖性的提高。但是，在过去的十多年中促使质量的重要性不断提高的主要推动力还在于，人们对于质量在日益全球化的经营环境中对取得竞争胜利所扮演的重要角色的认识。面对产品失效的重大后果的威胁，面对天平向购买者一方的迅速倾斜以及全球化的竞争对于成本、绩效和服务的要求，今天的高层经理们更加认识到了质量的重要性。

随着质量的重要性为人们所了解，对于实现质量的途径的寻求也在升温。美国马尔科姆·鲍德里奇国家质量奖以及各州所设立的类似奖项的诞生极大地促进了质量的发展，它们提供了一个综合的、本土化的实现质量的组织模型，同时也使人们能够了解那些成功地应用这一模型的组织的经验。这些卓越模型在过去十多年中对于促进质量实践所发挥的重要意义绝非夸大。它们向各个层次的管理者提供了“我们这里也能做到”的证据，更为重要的是，它们提供了非常详尽的实现目标的路线图。如同马尔科姆·鲍德里奇国家质量奖在美国一样，欧洲质量奖及其各种派生的奖项在欧洲为质量运动提供了类似的推动力。

质量在工业领域中的巨大成功使得对于质量重要性的认可遍及各种制造业领域，这是质量理念和应用的传统大本营，同时还扩展到了服务业领域、政府以及各种非营利组织。就这点而言，我们尤其赞赏美国副总统阿尔·戈尔在政府的质量运动方面所做的贡献。

鉴于以上这些变化，本手册的编修者在第五版中进行了如下一些重大修订。

1. 将书名由《质量控制手册》改为《朱兰质量手册》。新的名称标志着本手册的重点由质量控制向质量管理的转变，前者通常是生产现场的人们所关心的，而后者则是组织中的各类管理者所共同关注的。

2. 对全书的结构进行了变更，以反映质量管理的这些新的重点。第五版共包括 48 章，分为 5 个部分，即管理、职能、产业、国际和统计。

本手册的修订不仅是内容的重新编排。正如第四版一样，这一版的内容也进行了大量的修订和更新，增加了许多关于新主题的新章节。有些章节进行了完全的重写。在几章“非常传统的”内容中，也增加了许多案例和其他材料。如此规模的一项编修工作没有我们的许多朋友和同事的帮助和支持是不可想像的。

本手册的始创编者约瑟夫·M·朱兰将其无与伦比的远见和清晰注入了这一新的版本中，通过参与本书的设计工作以及直接编写了其中主要的 6 章内容，他在第五版中发挥了一个导向者的作用。自从我 1987 年加入朱兰学院以来，与他在一起的共同工作导致了我对于质量管理这一领域的深刻而又富有回报的探寻。与他一道担任本书的主编也构成了这一体验的一个组成部分。

我们的副主编爱德华·G·席林和罗伯特·E·霍格斯图尔共同承担了本手册主要的文字和外联工作，他们帮助各章的编者一方面能够充分发挥各自的专业知识和特长，同时也能与其他章节的编者进行有机的协调以使本手册成为一致而有用的案头参考工具，这也是本手册多年的传统。席林编辑了第 44 章至第 48 章关于数理统计及应用的章节。霍格斯图尔编辑了其余的大部分章节并负责对编辑工作进行整体上的协调。

为数众多的各类管理人员所提供的例子使得本手册立足于实践这一在前几版中所体现出的特点在本版中得到了进一步的强化，这些管理人员在朱兰学院的年度大会、学习班和研讨课中与我们分享了他们在质量旅程中的体验。我们也要感谢朱兰学院在整个工作中所给予的大力支持。有许多的图表都直接引自朱兰学院的各种出版物和资料，还有许多则是借助于学院的人力和设施所编写的。

朱兰学院的许多同事都对本书做出了重要的贡献。尤其应当提及的是 Josette Williams，在编辑和出版方面所积累的长期经验使得 Jo 有着极为敏锐的感觉，她也非常乐于与人分享这种感觉。Jo 的作用是不可缺少的，她负责管理与编写者之间的通讯，作为我们与出版商之间的联络员传递手稿和清样，解答出版商对细节问题的每一点疑问，处理编写者所做的改动，她的沉静而专业的工作使我们受益匪浅。她所做的远远超出了一个助理编辑的通常职责。在编修过程中，她与作者、编者、出版商等的互动是如此的紧密。她对于语言、文风的把握和对于表述的润色几乎反映在书中的每一章中。这本书的诞生与她的奉献、专注和成千上万小时的努力工作是分不开的。Fran Milberg 在手稿的加工方面发挥了重要的作用。我的执行助理 Jenny Edwards，常常面对着超常的工作负荷，如处理手稿加工方面的事务，回答作者的问题，帮助我能够跟上计划，等等。Jenny 总是一如既往

地出现在需要她的时候，这是一般人很难做到的，对此我非常感激。朱兰学院的许多职员都在手稿加工的不同阶段提供了帮助，如 Laura Sutherland、Jane Gallaghe、Marilyn Maher、Carole Wesolowski 等。我们要感谢 Sharon Davis 和 Rosalie Kaye 在这项工作的早期阶段所提供的协助。还要感谢 Hank Williams，她花了大量时间来复印文稿并帮助 Josette 将手稿准时地送到正确的地方。

忽略编写者身边最亲近的那些人，他们的妻子或丈夫们，将是不公平（和不明智）的。他们的个人计划常常不得不为本书的编写工作让路。Larry Bernstein 和 C.M.Yuhas 将第 20 章“软件开发”办成了一个家庭项目因而不存在这一问题，他们共同从事着这方面的咨询工作。其他的参与者无疑都必须以他们自己的方式来处理家庭生活所受到的冲击。作为编者，我们共同感谢我们的夫人们对于这项工作的支持：被朱兰博士称为“Babs”的 73 岁的朱兰夫人，也是本书的前三版以及朱兰的众多的早期著作和论文的编辑助理，她对于我们这些人是一种亲切的鼓舞；Judy Godfrey，忍受了三本书的诞生；Jean Schilling，一位她丈夫早期著作的资深编辑且对本书也表现出了极大的忍耐和支持；还有 Jewel Hoogstoel，对她来说“总算是完成了”。我们希望她们能够分享编者的成就感。

A·布兰顿·戈弗雷

(A. Blanton Godfrey)

目 录

第 1 章 如何使用本手册 …… (1)
第 2 章 如何认识质量 …… (7)
第 3 章 质量计划过程 …… (26)
第 4 章 质量控制过程 …… (76)
第 5 章 质量改进过程 …… (108)
第 6 章 过程管理 …… (188)
第 7 章 质量与收益 …… (212)
第 8 章 质量与成本 …… (247)
第 9 章 测量、信息和决策 …… (278)
第 10 章 计算机在质量体系中的应用 …… (297)
第 11 章 ISO 9000 族国际标准 …… (319)
第 12 章 标高分析 …… (348)
第 13 章 战略展开 …… (370)
第 14 章 全面质量管理 …… (396)
第 15 章 人力资源和质量 …… (436)
第 16 章 质量培训 …… (470)
第 17 章 项目管理及产品开发 …… (495)
第 18 章 市场研究与市场营销 …… (519)
第 19 章 研究开发质量 …… (553)
第 20 章 软件开发 …… (598)
第 21 章 供应商关系 …… (626)
第 22 章 运营 …… (656)
第 23 章 检验与试验 …… (734)
第 24 章 逐件加工行业 …… (799)
第 25 章 顾客服务 …… (830)
第 26 章 行政与支持性活动 …… (857)
第 27 章 流程性产业 …… (895)

第 28 章 高技术产业中的质量 …… (937)
第 29 章 汽车产业 …… (955)
第 30 章 旅行与宾馆业 …… (977)
第 31 章 政府服务：联邦政府的再造 …… (1006)
第 32 章 医疗保健服务 …… (1016)
第 33 章 金融服务业 …… (1043)
第 34 章 第二代数据质量体系 …… (1072)
第 35 章 质量与社会 …… (1088)
第 36 章 质量和民族文化 …… (1113)
第 37 章 质量在发展中国家 …… (1118)
第 38 章 质量在西欧 …… (1153)
第 39 章 质量在中东欧国家 …… (1180)
第 40 章 质量在美国 …… (1193)
第 41 章 质量在日本 …… (1209)
第 42 章 质量在中国 …… (1245)
第 43 章 质量在拉丁美洲 …… (1263)
第 44 章 基本统计方法 …… (1278)
第 45 章 统计过程控制 …… (1393)
第 46 章 接收抽样 …… (1426)
第 47 章 实验设计与分析 …… (1515)
第 48 章 可靠性概念与数据分析 …… (1601)
附录Ⅰ 符号及缩略语汇编 …… (1640)
附录Ⅱ 表与图 …… (1649)
附录Ⅲ 质量标准、规格与相关文件选录 …… (1688)
附录Ⅳ 质量体系术语 …… (1710)
附录Ⅴ 质量改进工具 …… (1712)

第 1 章

如何使用本手册　J.M. 朱兰（J.M. Juran）

引言
本手册的用途
本手册的构成
　管理部分
　职能部分
　产业部分
　国际部分
　统计部分
如何查阅
　使用目录
　使用索引①
　交叉参照
主要途径和辅助途径
　引用
　专题书目
　文献查阅
　互联网
　与作者联系
　其他来源
灵活应用

引言

这是一本供涉及产品、服务和过程质量的所有有关方面使用的参考书。从本手册的前四版来看，这里的“所有有关方面”包括：

- 构成国际经济体的各种产业：制造业；建筑业；各种类型的服务业，如运输、通信、公用事业、金融、保健、医疗、政府机构等等。
- 从事产品（货品及服务）生产的各个职能领域，如研究与开发、市场研究、财务、运营、营销与销售、人力资源、供应商关系、顾客服务、行政管理和支持性活动。
- 组织中从最高管理层到普通员工的各个层次。若以为本手册只是为了满

① 原书的索引是供英文检索用的，译成中文已失去其作用，故不再刊印。在本章中，为保留原书的完整性，仍保留了对索引用途的讨论。——译者注

足质量经理和质量专业人员的需要，这是不对的。本手册旨在服务于质量职能的全部，它涉及组织的所有部门以及所有层次的人员。

- 涉及质量计划、质量控制和质量改进过程的各类专门人员。

本手册中蕴涵着大量的专门知识和窍门，但要学会查阅和利用尚需一些技巧和决心。本章旨在帮助读者学会如何查找和应用与手头问题相关的内容。

本手册对于某些虽然同产品和服务的生产和销售没有直接的关系，但有必要了解所生产产品和所提供服务的质量及相关的副作用的"利害相关者"而言，也可起到帮手的作用。这些利害相关者包括顾客链、公众、所有者、媒体、政府主管部门。

本手册的用途

《朱兰质量手册》具有非常广泛的用途。经验表明下述用途是最主要的。

- 研读书中所叙述资料以帮助解决问题
- 从图表、公式中寻找现成答案
- 自修学习
- 查找可靠性工程、试验设计或统计质量控制方面所需的工具和方法
- 用作教育培训的资料
- 作为质量培训、质量管理运营乃至基本工作职能的设计和管理的基本参考资料

除了以上这些最常见的用途之外，还有大量的其他用途，如：

- 在准备会议发言时的温习
- 对照审视解决某一问题的方法
- 在培训课程中供教师和学员参考
- 向上司灌输有关知识
- 培训新职工
- 以本手册的资料和其权威性为依据来说服他人

在面临变动的时期，如开发新的举措，准备新合同和项目，调整职能或提炼新思路时，人们常常会较频繁地使用本手册。

不论用途如何，从本手册中很容易获得所需的资料。对于使用者来说，问题在于：(1) 知道从何处找到这些资料；(2) 根据自己的特定需要来活用资料。

本手册的构成

要知道从哪里寻找所需资料，首先要了解本手册的构成。本手册由如下几大

块内容组成。

管理部分（2～17 章）　这一部分讨论基本概念、质量管理的过程（计划、控制和改进）以及其他相关内容，如人力资源和项目管理等。

职能部分（18～26 章）　这部分内容大致是按照从产品构思开始到转化为可销售的货品和服务为止的一系列活动而组织起来的。

产业部分（27～34 章）　这部分重点讨论了在一些主要的产业中是如何实现和维持质量的。

国际部分（35～43 章）　这部分讨论了世界有关地区的质量管理情况。

前四部分总共约占全书的 70%。

统计部分（44～48 章）　这部分讨论了一些主要的统计方法在质量管理中的应用。符号汇编（附录Ⅰ）和补充图表（附录Ⅱ）也包括在这部分中。

统计部分的内容约占本手册的 25%。

如何查阅

从本手册中查阅信息主要有以下三种途径：

1. 目录
2. 索引
3. 交叉参照

使用目录　本手册中包含了几种目录。在手册的最前面是由章、节标题构成的目录，每个标题都概括地描述出了该章的内容。

在每章的开头列有该章的目录。章目录中的每一条都是该章中的主标题。

每一个主标题下，还可以有一个或多个小标题，用来概括一块内容。有些内容块还可以进一步细分为用字母或数字排序的更小主题。

大多数情况下，都可以根据目录层次查找到所需信息。有些场合下则需要借助于索引。

使用索引　本手册在索引的构造上下了相当的功夫，以便读者能够借助索引查找手册中有关某一主题的所有资料。例如，有关“帕累托分析”这一主题可以在若干章中查找到。在索引中的“帕累托分析”条目中列出了“帕累托分析”这一词组的所有用法以及各种用法相对应的页码。

一个主题的信息可以从不止一章（可以是许多章）中找到，这一事实招致了对于本书结构的批评。为什么不能把有关一个主题的所有信息集中于一处呢？答案在于，我们要求多重地、互相关联地应用知识，这使得上述现象不可避免。事实上，为了使重复降到最低程度，某一主题在手册中的某处只作一次详细阐述，而在其他地方则采用交叉检索的方式。在某种意义上，同一主题的所有信息是集

中在一起的——在索引中。

有些关键词和短语在手册中可能会有几处解释，但总有某一处是作为主要的解释或定义。在索引中，用“defined”一词来注明主要的解释，例如，“Evolutionary operation，defined”。

索引将有关某一主题的所有举例和应用集中起来以便参照。例如，第5章中讨论了质量改进的一般方法及其应用实例，但在其他章节中也可以找到其他的例子。读者可以利用索引很容易地查找到这些例子，因为给出了相应的页码。

交叉参照 为了指导读者获取有关某一主题的更多信息并避免对同一主题的重复解释，手册在正文中广泛采用了交叉参照的方式。碰到这种场合，读者可以通过查阅这些参照信息作为对于相应内容的扩展。交叉参照或者是标明某章中的主要标题，或者是标明图号或表号。从参考信息中可以获得进一步的启发。

缩写注释。名称或组织的缩写通常在全称出现过之后才会使用。例如，美国质量协会（ASQ）。索引中列出了所有的缩写及其含义。

主要途径和辅助途径

本手册的正文着重讨论质量管理知识和诀窍的“主要途径”，亦即那些数量相对有限但却花费实际工作者大量时间和精力的通常情形。在主要途径之外尚有大量的“辅助途径”，即那些形形色色并要求专门解决方案的较为特殊的情况。

（“辅助途径”这一称谓没有任何贬义。面对特殊问题的人们也必须设法加以解决。）

当涉及这些辅助途径时，本手册亦尽力向读者指出可行方案，尽管不尽完全。通常有以下几种方式。

引用 本手册引用了大量的论文、书籍和其他参考文献。许多场合下，这些引用还指出了所引著作的独特之处，以帮助读者决定是否查看原始资料以得到更详尽的说明。

专题书目 有些章后附有书目以供进一步参考。编者努力将这些书目内容限制在以下范围：（1）直接与正文所讨论主题有关；（2）对读者特别有参考价值。附录Ⅲ中列出了有关质量标准和规范的专题书目。

文献查阅 本手册所引用的论文、书籍和其他资料所附有的相应参考资料可供查阅以进行更为深入的研究。有专门的文献和检索服务可供利用。工程领域中一项广为利用的检索服务是由工程检索有限责任公司（Engineering Index，Inc.）提供的，其联系地址为：纽约市，345E.47St.，NY10017。在质量控制和应用统计学方面有一个专门的文献检索机构称为行政管理科学研究所（Executive Sciences Institute，Inc.），其地址为：Mississippi Ave.，Davenport，IA 52803。此

外，在可靠性、统计方法、研究开发等领域中，有许多专业的文摘索引机构可供利用。

实际工作者在查找文献时，应当充分借重图书馆员的作用。图书馆专家令人叹服地设计出了查找任何特定主题相关文献的各种工具：专题书目提要、文摘索引、主题索引和作者索引等。图书馆员们在使用这些工具方面训练有素，而且他们之间有着有效的沟通网络。

互联网　有一种令人目眩的新手段在过去几年崭露头角，这便是互联网。通过一些设计巧妙的网址，你可以在几分钟内找到几乎所有的在印书籍以及许多已经绝版的书籍。利用新的搜索引擎，你可以就各种主题或选定的作者找到数以百计（甚至数以千计）的文章。在质量管理方面有着大量的专门网址。你可以通过一个简单的电子邮件，而从某位作者那里获取到甚至尚未发表的论文或者关于某一研究的进展情况。在寻找特殊的实例或新的工具和方法时，那些专事质量研究的大学系所所建立的网址尤为有用。

与作者联系　著作和论文通常是作者学识的结晶，是从成十倍甚至百倍的资料中提炼出来的。有些场合下值得同作者联系以了解进一步的细节。大多数作者都不会反对这种联系，有时通过这种联系不仅可以得到更多的资料，而且还会导致交往和持久的合作。

其他来源　善动脑筋的人们能够找到更多的与其手头问题有关的信息源泉。通过杂志编辑可以探听到有哪些公司面临类似的问题，这样便能同这些公司取得联系。通过顾客和供应商可以了解到竞争对手是否已经找到了解决方案。出席各种会议，如讲座、研讨会、专业协会会议等，可能会讨论到相关问题。在人们所面临的各种问题中，从未被他人探讨过的问题几乎是不存在的。

灵活应用

在许多场合下，实际工作者必须将所获得的知识去适应某种特定的情景，这些知识来自完全不同的技术领域，如不同的产业、产品或过程等。要实现这种转移，就要求人们必须识别出两者之间的共性，即特定情景与所获知识之间所对应的共同原理。

这种共性在本质上常常属于管理方面，比较容易掌握。例如，自我控制的概念是一个普遍的管理概念，适用于公司中的每一个人。

统计方面的共性更易把握，因为大量的资料被归纳为与特定技术无关的公式。

即使在技术性问题上，不管表面差异有多大，也仍有可能找出共性。例如，过程能力的概念不仅适用于制造过程，而且同样适用于医疗保健、服务、行政管

理和支持性过程。类似地，不管在技术方面存在着多大的差异，通过找出引起缺陷的特殊原因来开展质量改进的做法都有着巨大的共性。

在所有这些场合，在各自的具体情况与相关方法和诀窍所来自的背景之间建立起一种联系，这是实际工作者所面临的挑战。只有找出两者之间的共性才能够建立起这种联系。

（焦叔斌 译）

第 2 章

如何认识质量　J.M. 朱兰（J.M. Juran）

什么是质量？
“质量”的含义
顾客需要和符合规格
其他关键词的定义
满意与不满意并非对立的
大质量与小质量
质量：财务影响
对收益的影响
对成本的影响
如何管理质量：朱兰三部曲
朱兰三部曲示意图
三部曲中的时间分配
质量：持续不断的革命
原始社会
商业发展的影响
手工艺人和行会
检验与检验员
政府参与管理质量
标志和印封
工业革命
质量保证的兴起
20 世纪与质量
质量走上舞台中心
吸取到的经验
未来的创造
致谢
参考文献

本章讨论质量管理中的一些最基本的概念。对若干关键术语进行了定义和辨析；明确了质量管理的关键过程；阐述了尽管质量管理是一个永存的概念，但为了应对人类社会所面对的无尽变化和危机，它所频繁经历的革命。

什么是质量？

“质量”的含义　在“质量”这个词的诸多含义中，有两个对质量管理来说是最重要的：

1．“质量”意味着能够满足顾客的需要从而使顾客满意的那些产品特征。按照这种理解，质量的这一含义是收益导向的。这种高质量的目的旨在实现更高的顾客满意，人们期望以此来实现收益的增加。可是，提供更多或更好的质量特征常常要求增加投资，从而会导致成本的增加。就这种含义而言，较高的质量通常意味着“花费更多”。

2．“质量”意味着免于不良——没有那些需要重复工作（返工）或会导致现场失效、顾客不满、顾客投诉等的差错。按照这种理解的质量含义是成本导向的，高质量通常会“花费更少”。图 2—1 是对这两种定义的详细对照。

满足顾客需要的产品特征	免于不良
较高的质量使公司能够：	较高的质量使公司能够：
增加顾客满意	降低差错率
使产品好销	减少返工和浪费
应对竞争要求	减少现场失效和保修费用
增加市场份额	减少顾客不满
提高销售收入	减少检验、试验
卖出较高价格	缩短新产品面市时间
	提高产量和产能
主要的影响在于销售额	改进交货绩效
通常，质量高花费也高	
	主要的影响在于成本
	通常，质量高花费会更少

图 2—1 质量的含义

资料来源：*Planning for Quality*, 2d ed. (1990). Juran Institute, Inc., Wilton, CT, pp.1-10.

图 2—1 有助于解释为什么一些质量管理会议往往会以混乱而结束。

一帮管理人员正在开会讨论“提高质量会花费更多还是更少”。看上去他们似乎难以达成一致，但事实上其中一些人并不清楚其他人正在谈论什么。根子在于“质量”这个词，同样的写法和发音，但却有两种含义。

某个银行的高层主管不会支持一个减少浪费的提案，只因该提案名为“质量改进”。在他们的观念中，提高质量便意味着增加支出。为了获得批准，下属只得将该提案更名为“生产力改进”。

如果在培训项目和程序手册中明确了“质量”一词的这两种含义，就会减少这种混淆。但是，只要我们只用这一个词来表达两种非常不同的含义，就不可避免地会有一些混淆。有人试图通过使用一些修饰语来加以区分，如“正面”质量和“负面”质量，但迄今尚未获得广泛接受。

再就是试图用某个短语来明确地同时表达出“质量”一词的两方面主要含义。如“适用性”这一短语便是一个广为人知的例子。但是，对于那些面临着选择行动路线的主管们而言，没有哪个短语能够提供他们所需要的完整含义。弄清楚图 2—1 所讨论的差异是必需的。

顾客需要和符合规格　对大多数的质量部门而言，长期以来质量的定义就是“符合规格”。实际上，它们认为符合规格的产品也会满足顾客的需要。这种认识是合乎逻辑的，因为这些部门很少直接与顾客接触。但这种认识可能会十分的错误。顾客需要中包括很多产品规格中找不到的东西：简洁的服务说明、保密性、避免烦琐的文书工作、“一站式服务”等等（详尽的细节和讨论见 AT&T，1990）。

新近的对于关注顾客的重视，促使质量部门去修改它们的“质量”定义，将那些未被包括在产品规格中的顾客需要反映在其中。

其他关键词的定义　“质量”的定义中还包括一些自身也需要定义的关键词。

- 产品：任何过程的输出。对许多经济学家而言，产品中既包括了货品，也包括了服务。但在一般大众的用法中，“产品”常常仅指货品而言。
- 产品特征：货品或服务所具有的用来满足顾客需要的特性。
- 顾客：受到产品或生产产品的过程影响的任何人。顾客可以是外部的，也可以是内部的。
- 顾客满意：当顾客感觉到产品特征满足了他们的期望时的一种存在状态。
- 不良：损害产品适用性的任何不足（缺陷或差错）。办公室发生的差错，工厂的废品，过度的能耗，不能按时交货，不好用的货品等，都是不良的表现形式。
- 顾客不满：顾客因（货品或服务的）不良而产生烦恼、抱怨、投诉的一种状态。

在质量管理的世界中，有关关键术语的定义仍明显缺乏标准化。但是，任何组织都可以通过对这些关键术语和短语的定义进行标准化来减少内部的混乱。编制术语表是有助于实现这一目的的一种基本工具。术语表对于各种类型的沟通，如报告、手册、培训教材等，都能起到一个参考资源的作用。

满意与不满意并非对立的　顾客满意来自诱导顾客购买产品的那些特征。不满则起因于不良，这是顾客抱怨的原因。有些产品只是招致了很少不满或几乎没有不满，它们的表现与其生产商宣称的并无二致。但这些产品却并不好销，因为一些竞争性的产品具有能够提供更大的顾客满意的特征。

> 早期的自动电话交换系统使用的是电磁模拟差转方法。最近，数字化差转方法因其所具有的卓越性能而开始大行其道。因此，即使绝对没有不良，模拟差转系统也卖不动了。

大质量与小质量　术语的定义并非静止不变，有时会发生剧烈的变动。在 20 世纪 80 年代便发生了这样的变动。它源于日益增长的质量危机，导致了“大质量”概念的产生。

表 2—1 显示了质量“伞”是如何显著地扩展的。这种扩展进而又改变了某些关键词的含义。在 20 世纪 80 年代，“大质量”的概念逐渐广为人们所接受，且成为不可逆转的趋势。质量经理和高层主管们是大质量概念的忠实信徒。对此

存有异议的主要是那些技术领域和职能部门的主管。

表 2—1 “大质量”与“小质量”的对比

条目	小质量的内容	大质量的内容
产品	制造的货品	所有产品，包括货品和服务，不论销售与否
过程	直接同货品的制造相关的过程	包括制造、支持和业务在内的所有过程
产业	制造业	包括制造、服务和政府机构在内的所有产业，无论是否营利性的
质量被视为：	技术问题	经营问题
顾客	购买产品的主顾	所有受影响的人，包括内部的和外部的
如何认识质量	基于职能部门的文化	基于具有普遍意义的三部曲
质量目标被包括在：	工厂目标之中	公司的经营计划当中
不良质量的成本	与不良的加工货品有关的成本	若每件事情都能够完美的话，将会消失的所有那些成本
质量的评价主要基于：	与工厂规格、程序和标准的符合性	与顾客需要的对应
改进针对着：	部门绩效	公司绩效
质量管理培训：	集中在质量部门	全公司范围
协调者：	质量经理	由高层主管构成的质量委员会

资料来源：*Planning for Quality*, 2d ed. (1990). Juran Institute, Inc., Wilton, CT, pp.1·12.

质量：财务影响

对收益的影响 收益有多种多样，如工商企业的销售额、政府征收的税金、政府机构得到的拨款、学校收缴的学费、慈善机构得到的捐款等。不管是哪种情况，收益的总额都在不同程度上与收益接收者所生产的产品特征有关。在许多市场中，具有较好的特征的产品能够获得较高的收益，因为要么其有较大的市场份额，要么有较高的价格。那些产品特征不具备竞争性的产品只有卖得比市场价格低才可能卖掉。

产品不良也能影响收益。遭遇不良产品的顾客会采取一些涉及费用的行动：抱怨、退货、索赔或提出诉讼。顾客还可能选择（或除了采取上述行动之外）不再向差劲的厂商购买产品，以及公开披露这种不良及其出处。众多顾客都采取这类行动的话将对生产商的收益造成严重的损害。第 7 章“质量与收益”专门就质量对收益的影响方式进行讨论。

对成本的影响 如果没有不良——没有差错、没有返工、没有现场失效等等的话，构成不良质量成本的所有成本项目都将会消失。这种不良成本之高令人吃惊。在 20 世纪 80 年代早期，我估计美国的制造业所做的工作中，约有三分之一是对已做过的事情的返工。那以后，对服务业的一个典型调查也表明，在服务业

中也存在着大致类似的情况。

销售前产生的不良显然会增加生产商的成本。而销售后产生的不良在增加生产商成本的同时也会增加顾客的成本。此外，还减少了生产者的重复销售。第 8 章“质量与成本”专门就质量对成本的影响方式进行讨论。

如何管理质量：朱兰三部曲

要获得质量，最好从建立组织的“愿景”以及方针和目标开始（这些内容主要在本手册的其他章节尤其是第 13 章“战略展开”中讨论）。目标向成果的转化（使质量得以实现）是通过管理过程来进行的，过程也就是产生预期成果的一系列活动。在质量管理活动中频繁地应用着三个这样的管理过程，即

- 质量计划
- 质量控制
- 质量改进

这些过程被称为“朱兰三部曲”。它们与人们长期以来使用的财务管理过程十分类似。财务管理过程的构成如下：

- 财务计划：这一过程产出了年度的财务预算。它要明确来年将要进行的活动。这些活动要用货币的语言表达出来。它要算出所有这些活动的财务结果。最终要制定组织及其各个部门和单位的财务目标。
- 财务控制：构成此过程的几个环节包括：评价实际的财务绩效，与财务目标进行对照，对发生的不一致采取措施，会计师称这种不一致为“差异”。财务控制过程包括诸多的子过程，如成本控制、支出控制、库存控制等等。
- 财务改进：这一过程旨在改进财务成果。它有很多形式：成本削减计划，为改进生产率而采用新设施，为了增加销售而开发新产品，收购，合办企业等等。

这些过程是通用的，它们构成了财务管理的基础，不论企业的类型如何。

财务管理的做法使得主管们认识到，他们可以利用同样的计划、控制和改进过程来管理质量。因为三部曲的概念与在财务管理中是完全相同的，所以主管们不必改变他们已有的概念认识。他们以前在财务管理方面的许多训练和经验大多适用于质量管理。

虽然道理没有什么变化，但在具体步骤上却有所不同。图 2—2 表明了在这三个管理过程中，每一个都有其独特的活动顺序。

三个过程中的每一个都具有普遍性，遵循着不变的步骤程序。每一程序适用于各自的领域，不因产业、职能、文化或其他因素而有所不同。

图 2—2 简洁地列出了这些具有普遍性的步骤。在本手册的以下章节中对之

有更加详细的讨论：

第 3 章，质量计划过程

第 4 章，质量控制过程

第 5 章，质量改进过程

质量计划	质量控制	质量改进
设定质量目标	评价实际绩效	提出改进的必要性
辨识顾客是谁	将实际绩效与质量目标对比	做好改进的基础工作
确定顾客的需要	对差异采取措施	确定改进项目
开发应对顾客需要的产品特征		建立项目小组
		为小组提供资源、培训和激励，以：
		诊断原因
开发能够生产具有这种特征的产品的过程		设想纠正措施
建立过程控制措施，将计划转入实施阶段		建立控制措施以巩固成果

图 2—2 质量管理的三个普遍过程

资料来源：Juran, J.M. (1989). *The Quality Trilogy: A Universal Approach to Managing for Quality*. Juran Institute, Inc., Wilton, CT.

朱兰三部曲示意图 朱兰三部曲中的三个过程是互相关联的。图 2—3 表示了这种相互关系。

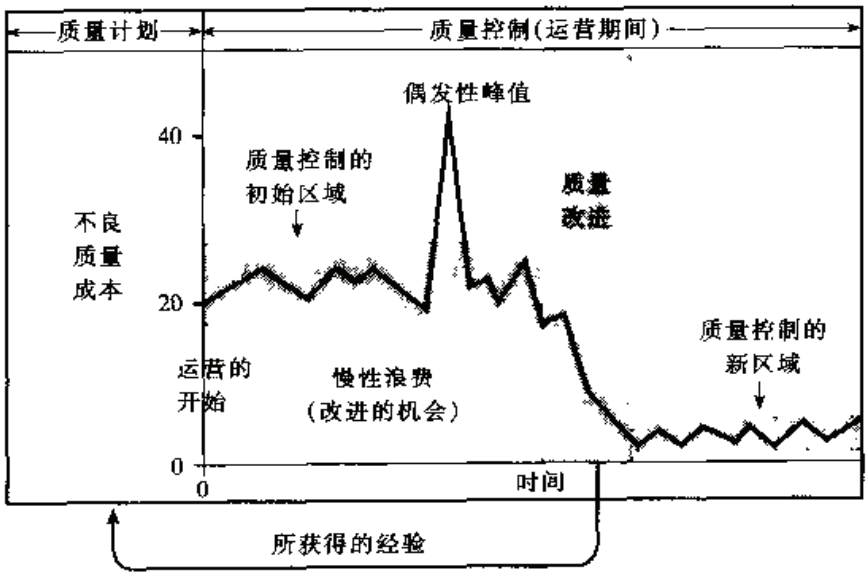


图 2—3 朱兰三部曲示意图

资料来源：Juran, J.M. (1989). *The Quality Trilogy: A Universal Approach to Managing for Quality*. Juran Institute, Inc., Wilton, CT.

朱兰三部曲示意图是一个以时间为横轴，以不良质量成本为纵轴的示意图。初始的活动为质量计划，计划人员明确谁是顾客以及他们的需要是什么。然后开发用于满足这些需要的产品及过程。最后将计划转交给运营部门："你们来运行

这些过程，生产所要求的产品特征，满足顾客的需要。”

慢性不良和偶发不良　投入运行之后，会发现过程不能够生产 100% 的优良产品。图 2—3 表明有超过 20% 的产品由于质量不良需要返工。这种浪费是慢性的，它会不断持续下去。为何会产生这种慢性浪费呢？因为所运行的过程是如此设计的。

在常规的职责分工体制下，负责运行的人员不可能去除这种因设计而造成的慢性浪费。他们所能做的是实施质量控制，即防止事情变得更坏。图 2—3 也表明一个突发的偶然事件可以使缺陷水平上升到 40% 多的峰值。这种峰值是由于一些非预期的事件如停电、过程崩溃或人为的错误等所造成的。作为质量控制工作的组成部分，运行人员要亲临现场，采取措施恢复现状。人们通常称之为“纠正行动”、“排除故障”、“灭火”等等。最终结果是将差错水平恢复到计划所决定的约 20% 的慢性水平。

图 2—3 还表明经过一定的过程，慢性浪费可被压低到一个远低于最初水准的程度。这是通过三部曲的第三个过程——质量改进来实现的。事实上，慢性浪费被看做是一个改进的机会，通过对之实施一定的步骤可以实现改进。

三部曲示意图和产品不良　三部曲示意图（图 2—3）与产品不良有关。纵轴代表着诸如不良质量成本、差错率、缺陷百分比、招修率等。在纵轴上，刻度零代表着完美，越往上越糟。减少不良的结果意味着降低了不良质量成本，更多地满足了交货承诺，降低了顾客的不满等。

三部曲和产品特征　当三部曲示意图应用于产品特征时，纵轴会发生变化。此时的刻度代表着诸如每秒百万指令数、平均故障间隔时间、准时交货百分比等。在这样的图中，刻度越高越好，对这一纵轴的一个合理的、普遍的描述是“产品的适销性”。［若希望进一步详细了解朱兰三部曲，请参见 Juran (1986)。］

三部曲中的时间分配　对主管们来说一个有趣的问题是：如何在三部曲中的各个过程中分配时间？图 2—4 是一个日本公司用以表明这种相互关系的一个模型（Itoh, 1978）。

在图 2—4 中，横轴代表着各类人员时间分配的百分比，刻度从 0 到 100%。纵轴代表着人们在组织中所处的层次。该图表明高层主管将大部分时间用在计划和改进上，在战略计划上他们用去了相当的时间。他们用于控制的时间不多，且集中在一些主要的控制项目上。

随着在组织阶梯上逐渐往下走，人们用于战略计划的时间在减少，而用于控制和维持的时间则迅速增加。在最低层，时间主要用于控制和维持，但在计划和改进上还是要花费一部分时间。

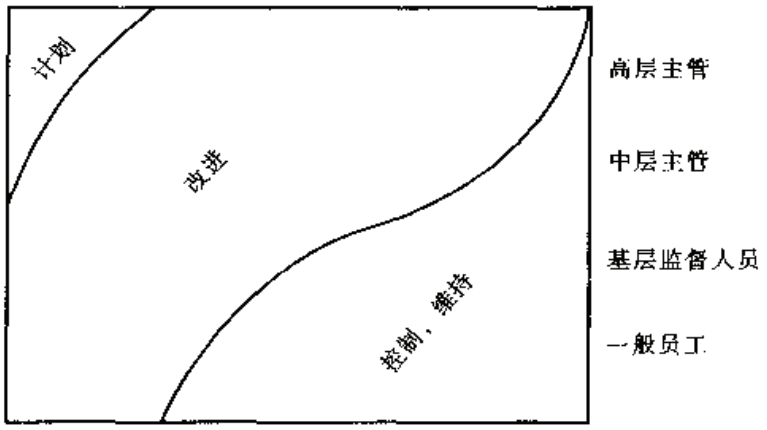


图 2—4 Itoh 模型

资料来源：*Management for Quality*, 4th ed. (1987). Juran Institute, Inc., Wilton, CT, p.18.

质量：持续不断的革命

一个年轻的应募者在加入某个组织之后很快就会认识到，在组织中存在着大量的过程（系统）管理着组织的各种事务，包括质量的管理在内。这些新人或许会认为，人们在质量管理中一直就是应用着这些过程，将来也还会这样继续下去。这种想法基本上是错误的。这些用来管理质量的过程在过去几千年中发生了巨大的变化，而且这种变化还将会不断继续下去。

原始社会

家庭 质量是一个永恒的概念。质量管理方式的起源隐藏于远古时代的迷雾之中。但我们仍能肯定人类一直以来都面临着质量问题。原始社会的食物采集者必须懂得哪些果实可食用，哪些有毒。原始的猎人必须知道哪种树木最适宜制作弓箭。人们所获得的这些诀窍一代一代流传了下去。

家庭是人类的基本组织单位。孤立的家庭必须自给自足以满足自己衣、食、住的需要。家庭成员之间的工作各有分工。生产是为了自用，产品的设计、生产及使用都由同一些人来进行。虽然技术原始，但协调却是上乘的。由同样一些人来获得所有的输入，实施全部的纠正措施。原始状态的技术是实现质量的限制因素。

村庄：劳动分工 出于共同防御、社交等这样一些人类的基本需要，村庄被创造了出来。村庄刺激了进一步的劳动分工和专门技能的开发，开始出现了农夫、猎人、渔夫以及各种手工艺人——织布工、陶瓷工、鞋匠等。随着同样工作循环的反复进行，手工艺人们对所用原材料、工具、工序步骤以及制成品越来越精通。这种循环中包括了将产品卖给使用者并接受他们对产品性能的反馈。从这

种高度熟练中获取的经验使得人类的才智向着技术的进化迈出了最初的步伐。

村庄集市：两相情愿，买者当心 随着村庄的扩大，出现了村庄集市，手工艺人和买主于约定的集日在此相会。在这种方式下，生产者和使用者当面进行货物的交易。交易的货物通常为自然产品或自然材料的制成品。生产者和购买者对产品都相当了解，产品质量在很大程度上只需借助于人的感官就可以判断。

在这样一种状态下，村庄的官员会尽量避免被牵涉到买卖双方的质量纷争中。这迫使买主必须保持警惕以保护自己免受不良质量之害。实际上，卖主只负责提供货物，而买主却要负责质量的“保证”。这便形成了所谓的买卖两相情愿，买者当心的惯习。买者学会了小心谨慎，他们在购买时对产品进行检验和试验。他们仔细地观看布料，闻鱼的味道，敲打瓜类，品尝葡萄。小心不够就有可能吃亏上当。在村庄集市上的这种由买主自己当心的做法颇有合理性。这一时期这种做法在世界各地的村庄里广为流行。

共同居住这一事实是维系村庄集市的又一重要力量。生产者和买主都居住在同一个村庄。双方都生活在村民们的眼皮底下，品德信誉受到评价。每个人也受到村庄纪律的约束。对手工艺人而言，利害关系非常明显。他的（以及家庭的）地位和生计与他作为一个能干而诚实的手艺人的声誉密切相关。这样，手艺人的名声成为了维持高的质量水准的朴实但却有力的动力。

商业发展的影响 经过相当的时期，村庄扩张成为集镇和城市，改进了的运输手段为区域间的贸易创造了条件。

> 约在12—16世纪间，以北欧各城市为中心的汉莎同盟是一个典型的有组织的多区域贸易的例子，它的影响超越了地中海和黑海地区，延伸到了斯堪的纳维亚与俄国一带（von der Porten，1994）。

在跨区域性的贸易中，生产者和买主不再能在市场上面对面交易。产品是通过层层的供应商和加工者来制造的。产品的行销通过一层层市场商人而得以实现。同买主们直接接触的是中间商而非生产商。这种方式大大减少了村庄市场中所具有的那种质量保护，从而要求发明一种新的保证质量的形式。质量担保就是发明之一。

质量担保 最早的质量担保（quality warranty）无疑是以口头形式进行的。这样的担保很难有约束力。口头约定的内容和含义在记忆上会有差异。担保的期限可能会超出某一方的寿命。由此而诞生了书面的担保。

> 一个早期的例证是在从古巴比伦的闪族人废墟中发现的一块陶制的碑上。它事关一枚镶着绿宝石的金戒指。卖主保证20年内绿宝石不会从金戒指上脱落。如果20年之内绿宝石从戒指上脱落的话，卖主同意付给买主10 mana的银子作为赔款。落款日期相当于公元429年（Bursk et al.，1962，vol. Ⅰ，p.71）。

今天，质量担保在所有形式的贸易和商业中都得到了广泛的运用。这种做法

激励生产者重视质量，促使销售商寻求可靠的供货来源。它们是如此重要，以致近来立法机构规定了担保的标准以确保其措辞不致误导买主。

质量规格 卖主需要就他们所售之物与买主沟通，买主需要就他们欲买之物与卖主沟通。在村庄集市中，生产者和买主之间直接进行口头的沟通。随着商业的发展，这种沟通扩大到分散在各地的层层的生产商和层层的经销商。新的沟通形式便成为必需，这方面的一个主要发明便是书面的质量规格。这样，无论相距多远，无论产品的实质多么复杂，在设计者和生产商之间，卖主和买主之间，都能够就质量的信息进行直接的沟通。

正如保证一样，书面规格的起源也很早。在 3 500 年前的埃及纸莎草纸卷中就有这方面的记载。早期的规格主要是规定产品及生产产品的过程。经过相当一段时期，规格扩大到对制造产品的材料进行规定。之后由于卖主与买主使用不同的检验方法而导致冲突，于是制定检验和试验规格便成为必然。

测量 检验和试验规格的出现导致了测量手段的进化。测量长度、体积和时间的仪器从几千年前就开始发展起来。仪器的种类、精度在持续不断地增加。在近几个世纪，测量时间的仪器的精度已经增加了十几个数量级（Juran，1995，chap.10）。

手工艺人和行会 手工艺人所拥有的职业技能是其收入、地位，以及自尊和受到社会尊重的来源。可是，随着村庄发展为集镇和城市，手工艺人的数量也在增加。产生的竞争变得更具破坏性并威胁着源于手艺的利益。

为了保证他们的利益，同一行业中的手工艺人组织起了行业协会，这就是行会。行会请求城市管理当局授予该行会会员从事本行当的专有权。

行会在中世纪繁荣了数百年，一直到工业革命时期其影响才逐渐减弱。行会利用其垄断性权力主要为会员们提供生活和安全保障，同时也提供广泛的社会服务（Bursk et al.，1962，vol.Ⅲ，pp.1656－1678）。

行会的等级制度 每个行会内通常维持着由学徒、熟练工及师傅这三类工匠组成的等级制。进入每个层次都需要经过相当的仪式。

最底层为学徒或徒弟，他们的进入需要签订契约，这是一份约束学徒在一段特定时期内为师傅服务的正式的合同。师傅负责将技艺传授给学徒。

为了获得提升资格，学徒必须服务满所签约期间。此外还需要通过由师傅组成的委员会的考试。除口头考试外，学徒还必须制作一件完美的产品作为自己的代表作交由考试委员会审查。成功通过考试者正式被接受为熟练工。

熟练工从事本行当的权利受到限制。通常他即刻可以受雇于一个师傅，也可以游走到其他城镇去寻找从事本业的一个机会。只有成为师傅才可以独立行业。

要成为师傅首先必须有空缺。行会规定了本地区师傅的数量。遇有师傅死亡或退休时，行会会决定是否填补空缺。如果需要，将通过正式的仪式，选拔一名熟练工进入师傅的行列。

行会和质量计划　行会在质量管理方面起着积极的作用，包括质量计划在内。它们对购入的原材料、制造过程、成品以及检验和试验方法等制定规格。

行会和质量控制　行会还高度地参与质量控制。它们通过检验和审核来确保手工艺人遵守质量规格。它们建立了“可追溯性”的手段来识别生产者。另外，一些行会在成品上打上它们的标记以向顾客保证产品质量符合行会标准。

行会的控制也扩大到销售领域。不良质量的产品禁止销售，违规者将受到从罚金一直到剥夺成员资格的一系列惩罚。行会还控制着销售的价格和条件。

行会和质量改进　一致性是行会的一个主导性行规，即维持成员之间的机会平等。结果，会员之间的内部竞争被限制在“正直的”竞争范围内。通过对产品或过程的技术革新进行的质量改进被认为是“不正直的”竞争。对质量改进的限制确实是有助于维持会员之间的平等，但这却使得在面对其他城市的更先进的产品和过程的竞争时，行会变得更易受到打击。

行会和外部力量　行会可以控制内部竞争，但外部竞争则另当别论。有些外部竞争表现为与其他行会之间的司法纠纷，这些官司在谈判上花费了大量的时间。更加棘手的是来自其他城市的竞争，这些竞争不仅表现在价值和价格上，也会表现在质量上。

一致性的政策抑制了质量改进，变成了保持竞争力的障碍。因此，行会敦促当局限制输入外来产品。它们还制定了严格的规则防止行业秘密落入外来竞争者手中。（威尼斯玻璃制造业曾以死刑来威慑出卖机密者。）

检验与检验员　检验与检验员的概念古已有之。埃及古墓中的壁画和浮雕中描绘了制石工程中的检验活动。用来取齐的测量工具有直角尺、水平仪和铅锤。石头的表面平度用“骨制标尺”和在石块表面拉直线的方法来测量。

> 随着店铺规模的扩大，检验工作成为检验员的全职工作。经过一段时期的发展，检验员的大量增加构成了检验部门的基础，随后诞生了现代的质量部门（Singer et al.，1954，vol. Ⅰ，p.481）。

政府参与管理质量　长期以来政府一直参与着对质量的管理。这样做的目的包括保护公民的安全和健康，保卫和改善国家经济，保护顾客免受欺骗。这些目的中的任何一个都包含着一些质量管理的问题。

市民的安全和健康　保护安全和健康的早期形式为事后措施。《汉穆拉比法典》（公元前 2000 年）中规定如果所建房屋发生倒塌并造成房主死亡的话，建筑者将被处以死刑。在中世纪，同样的命运等待着那些不小心将老鼠药混在面粉中的面包师。

国家经济　随着城市之间贸易的增加，一个城市的质量声誉会成为财富或负债。许多城市采取措施对输出的商品进行质量控制来保护它们的声誉。它们指定检验员对完成品进行检验并贴上关于质量证明的封条。这一概念被广泛应用于诸如纺织品这样的大量商品上。

商业的持续发展造成国家之间的竞争，包括在质量上的竞争。行会趋向于限制质量改进，但政府希望能改进国内商品的质量以减少进口，增加出口。例如，在16世纪后期，苏格兰的詹姆斯六世（James Ⅵ）从低地国家输入工匠建立纺织厂，并将他们的手艺秘密教给苏格兰工人（Bursk et al.，1962，vol.Ⅳ，pp.2283－2285）。

保护消费者 很多国家公认，在一些国内贸易行为中不适合应用“买者当心”的规矩。计量便是如此。国家规定了正式的标准工具来测量长度、重量、体积等等。这些工具的使用是强制性的，有专门的监督人员来确保人们遵守规定[例如Juran（1995，chap.1）。] 20世纪在保护消费者的立法方面有了巨大的进展[详见Juran（1995，chap.17）。]

标志和印封 几个世纪以来标志和印封被应用于产品上以达到不同目的。标志被用来：

- 区别生产者，无论是手工艺人、工厂、商人、包装商或其他。这样的区别可利于确定责任，保护无辜者免受责备，便于买主在众多制造商中选择，为制造者扬名，等等。
- 提供可追溯性。在大量生产中，利用批号有助于维持随后加工的一致性，明确报废日期，有选择地回收产品，等等。
- 提供产品信息。如所用成分的数量和类型，制造日期，保质期，模型号码，参数（如电压、电流）等等。
- 提供质量保证。这是行会和集镇的标志的主要用途。通过这种途径告示买主“此产品已经过独立的检验，具有好的质量”。

印封的使用则带有一些渲染气氛。一些中世纪城市的印封成为艺术设计的杰作。有些成为世界知名之作。英国贵金属制品的门厅印封便是如此。

工业革命 工业革命在18世纪中叶开始于欧洲。它起源于动力机械和机械能源的同时发展。工业革命导致了工厂的诞生，工厂的效率迅速超过了手工艺人和小作坊并使之在很大程度上退出了历史舞台。

工厂制度：手工作坊的破灭 工厂的目标是提高生产率和降低成本。在手工制度下，原始的技术造成了生产率的低下，而熟练工匠的高工资则导致了成本的高昂。工厂制度下重新构造了制造过程以实现其目标。在手工制度下，手工艺人亲手操作生产最终成品如别针、鞋、桶等所需的每一项作业。在工厂制度下，完成一件产品所需作业被分配给了几个或许多的工厂工人。人们设计出了专门的工具以将每项作业简化到很短的时间，一个工人可以在几小时内完成多次的作业循环，从而提高了生产率。

亚当·斯密在其著作《国富论》中首次讨论了手工作坊制和工厂制度的巨大差异。他指出，别针的制造是由18项不同作业构成的一个独特的工艺。当将这些不同的作业分配给10个工厂工人时，产量提高到相当于每个工人一天可生产

4 800个别针，这比由每个工人单独完成 18 项作业来制造别针的产量高出了几个数量级（Smith，1776）。对于其他类型的生产，如纺织或编织，动力机械的效率远远胜过了手工操作的工匠，同时还可雇佣半熟练或不熟练工人以减少劳动成本。

工厂制度的主要经济效应是低成本下的大规模生产，这使得以这种方式产出的产品更能为人们所买得起，从而促进了工业化国家的经济增长，导致了一个广大的“中产阶级”的崛起。

工厂制度下的质量管理　工厂制度要求质量控制的方式也要有相应的改变。当手工作业被改变为许多工人之间的分工时，这些工人不再是他们自己的主顾。工人的职责不再是为了满足买主（或顾客、用户）。工厂工人很少与买主接触。从而，他们的职责变成“使之像样品（或规格）一样”。

大规模生产也产生了新的技术问题。由零部件组合起来的产品要求零部件之间要具有互换性。再就是，随着技术和国内贸易的发展，标准化的必要性也日益呈现出来。所有这些都要求机械、工具和测量具有更高的精度。（在手工制度下，由手工艺人调节和整修所需的零部件。）

理论上而言，这些质量问题应该能在最初计划制造过程时加以避免。其局限在于计划者、“熟练技工”和工厂监督员。他们拥有广博的实际经验，但他们的方法是经验主义的，是根植于代代相传的手工实践的。他们几乎不懂得过程变异以及由此而引起的产品变异的实质。他们在如何收集和分析资料以确保过程具有能使生产工人满足规格的“过程能力”方面未经训练。直到 20 世纪人们才开始应用这种新的概念。

由于在质量计划方面的这种局限性，由专业检验员辅助部门监督员进行的检验开始大行其道。在这里，检验员对各自的部门生产管理人员负责。由专门部门来协调质量活动的概念也是大致到了 20 世纪才开始出现。

质量改进　工业革命为通过开发产品和过程来进行持续的质量改进创造了有利的氛围。例如，对蒸汽机设计的不断改进使它的热效能从 1718 年的 0.5% 提高到了 1906 年的 23%（Singer et al.，1958，vol. Ⅳ）。发明家和企业家的涌现带领着许多国家迈进了技术和工业化的新世界。经过一段时期后，一些公司创建了内在的发明家资源，亦即专门的研究实验机构来从事产品和过程的开发。有些则创建了市场研究部门来实施企业家的职能。

与此相对照，通过持续的质量改进来减少慢性浪费的观念则进展甚微。其原因或许在于大多数企业主管更重视提高收益而非减少慢性浪费。行会所奉行的阻碍质量改进的一致性政策可能也是因素之一。无论如何，通过质量改进以减少慢性浪费的概念直到 20 世纪日本爆发质量革命时才获得了广泛的应用。

泰罗的科学管理制度　对于手工作坊制度的又一沉重打击来自 F. W. 泰罗的“科学管理”制度。这一制度起源于 19 世纪后期，一位美国经理泰罗希望通过改

进制造计划来提高产量和生产率。他的做法是将计划从执行中分离出来。他主张由工程师来进行计划，而基层监督员和工人则只管计划的实施。

泰罗制极大地提高了劳动生产率。它在美国获得了广泛的采用，但在别处却不尽如此。它在人际关系方面具有负面的作用，大多数美国的经理们对此都置若罔闻。它对质量也有消极的影响。美国的经理们的回应是把检验员从生产部门中抽出来安置于新创建的检验部门。经过一段时期，这些部门承担了更多的职能而演变成为包含众多职能的当今质量部门。[详见 Juran（1995，chap.17）。]

质量保证的兴起 从对质量保证的剖析中可以看出，它非常类似于质量控制。两者都评价实际质量，都将实际质量与质量目标相对照，都鼓励采取必需的纠正措施。两者的差异在于各自所服务的主要目的不同。

质量控制主要是服务于那些直接负责运营的人员，帮助他们调节当前的运营状况。质量保证则是服务于那些并不直接从事运营但有必要知情、有必要了解事情的进展状况并希望确信诸事进展顺利的那些人员。

就这一意义而言，质量保证与保险相类似。两者都意味着用较少的花费来获得一种免于更大损失的保护。质量保证的保护来自一种可能避免更大损失的早期预警。保险的保护则表现为发生损失后的补偿。

村庄市场中的质量保证 在村庄市场中，买主通过他们自己的警惕性，通过在购买产品之前的检验和试验来提供大部分的质量保证。进一步的质量保证来自手工作坊制度，生产者要经过学徒期的培训，必须通过某种考试之后才能独立开业。

借助于审核而获得的质量保证 商业的发展引入了层层的供应商和商人，将消费者与生产者隔离开来。这客观上要求新的质量保证形式，其中之一便是质量担保（quality warranties）。行会建立了一种质量保证的形式，它们通过制定产品和过程的标准并借助于审核来确保手工艺人遵从标准。另外，一些官方机构还建立了独立的产品检验制度以保护它们作为产品输出者的质量信誉。

对于供应商的质量控制体系的审核 工业革命促进了大型工业公司的兴起。它们大规模地购买设备、原材料和产品。在早期它们的质量保证主要是通过检验和试验来实施的。进入 20 世纪后出现了一种新的形式，即由顾客要求和定义的质量控制体系。实施并遵守这些体系成了获得并保持供应商资格的条件。通过获得供应合同之前和期间的审核，这种制度得到了进一步的强化。

起初，这种做法为供应商带来了一些严重的问题。缺乏标准化是其中之一。每一个买方企业对于什么是适当的质量控制体系都有着自己的理解，这使得每个供应商都面临着如何使自己的体系能够满足多个顾客的问题。另一个问题是多重审核。每个供应商都要接受多个顾客的审核。没有一种制度将所有的审核结果汇总到一个共通的数据库中，顾客一般也不愿意接受由自己以外的其他人所进行的审核的结果。这种多重审核尤其使小供应商不堪重负。

最近几十年来，专业协会、国家标准化团体以及最近的国际标准化组织（ISO）在体系标准化方面采取了诸多的措施。质量控制体系的 ISO 9000 系列标准在欧洲的企业界得到了广泛的采用。虽然并没有法律要求接受此标准，但这是一种市场的力量，没有哪个企业愿意处于这样一种境地，即竞争对手获得了ISO 9000标准的认证而自己却没有。

多重审核的问题依然存在。在理论上，通过一次审核来提供所有买主都能接受的资料是可行的。UL 的质量审核和邓白氏（Dun&Bradstreet）的财务审计便是如此。随着ISO 9000认证的进展，单一审核未来将成为可行。

向军事采购的扩展　政府向来都是大买主，特别是在国防方面。其早期的质量保证制度主要是检验和试验。进入 20 世纪后有一个显著的变化，这便是采用强制性的质量控制体系并通过审核来确保符合这些强制性体系。北大西洋公约组织（NATO）制定了一个称为联合质量保证公报（the Allied Quality Assurance Publications，AQAP）的国际标准，其中包括了最大限度减少多重审核的条款。[详见 Juran（1997）。]

质量控制体系的阻力　一开始，供应商们抵制由客户所要求的质量控制体系。但所有这些都不能阻止质量保证的发展。买主的经济力量是决定性的。随着供应商们对这种新方式越来越熟悉，它们认识到许多规定只不过是经营管理的好经验而已。这意味着对质量控制体系的要求看来注定要成为质量管理的永久性特征。

责任的转换　应当注意到，要求实施质量控制体系的做法涉及质量保证责任的重大变化。在村庄市场中，生产者提供产品，但买主对质量保证负有更多的责任。在实施质量控制体系的情况下，生产者变得对提供的产品及其质量保证都负有责任。生产者质量保证的内容包括：

- 采用质量控制体系来控制质量。
- 提供能够证明体系得到遵守的数据。

作为买方的审核，一是考察体系是否存在，二是考察其是否确实得到了遵守。

20 世纪与质量　在20世纪，出现了一些影响深远的新情况，要求采取相应的行动。这些情况包括科学和技术的爆炸性增长，人类安全和健康以及环境所受到的威胁，消费者权益运动的高涨，在质量方面日益增强的国际竞争。

科学和技术的爆炸性增长　科学和技术的增长为人类社会带来了无数的福音：延长了的预期寿命，良好的交通和运输，家务劳动的减少，新型的教育和娱乐，等等。为了将新技术转化为这些福祉而出现了巨大的新产业。实现了产业化的国家有能力来改善经济和人民的福利。

新技术要求复杂的设计和精确的实施。过去几百年所用的经验方法难以提供适当的产品和过程设计，从而过程的产出很低而现场失效却很高。许多公司试图

通过增加检验将好坏产品分开的方式来解决产出低的问题，通过担保和顾客服务来解决现场失效问题。这些办法代价昂贵，也不能减少顾客的不满。解决这些问题真正需要的是，从一开始就预防缺陷和现场失效的发生。

对人类安全、健康以及对环境的威胁 伴随着技术的益处的还有不请自来的客人。要接受这些益处就必须有生活方式上的改变，这使得生活的质量依赖于服务的连续性。可是，许多产品很容易发生故障，从而常常导致服务的中断。大多数这些中断无关紧要，但有些却是严重和可怕的，威胁到了人类的安全和健康，也威胁到了环境。

质量因此而成为了关键的需要。技术益处的连续性取决于提供这些益处的产品和服务的质量。中断的频次和严重性也取决于质量，取决于技术性产品的持续作动和良好表现。这种依存性便是人们所熟知的“生活在质量大堤之下”。[详见 Juran (1970)。]

政府质量管制的强化 政府对质量的管制古已有之。最初主要集中于人身安全方面，并以“事后算账”的方式来实施，制定了法律来惩罚那些因提供不良质量而致人伤亡的责任者。近几个世纪以来，管制开始趋向于“防患于未然”，其性质成为预防性的。

这种趋势在 20 世纪得到了进一步强化。在有关人类健康的领域，人们制定法律来保证食品、药品以及医疗器具的质量。从事特定行业的许可管理得到了强化。还制定了许多有关产品安全、公路安全、职业安全以及消费者保护等方面的法律。

政府管制的强化除了因其自身的义务之外，也是对 20 世纪出现的各种力量的回应。技术的提高使得复杂而危险的产品流入到对技术知之甚少的社会大众手中。而政府管制则要求产品设计应避免这些危险。对企业而言，这种干预会成为一种需要认真对付的力量。[详见 Juran (1995, chap.17)。]

消费者权益运动的兴起 消费者欢迎的是新产品所具有的新特征，而并非随之而来的新的质量问题。新产品令人陌生，大多数消费者都不具备专业技术知识。他们的直觉难以判断在众多互相竞争的产品中应当购买哪种，不同公司的宣称常常又彼此矛盾。

产品发生故障时，消费者会因含糊不清的担保和差劲的服务而焦头烂额。遇到这种倒霉事情“体制”似乎不会提供帮助。单个的消费者不可能与体制抗争，但集中起来他们人数众多，因此在经济和政治上都具有潜在的力量。20 世纪，“消费者权益”运动的出现将这种潜力化为了现实，使得消费者能够更有效地应对这些问题。这一运动对于促使政府在保护消费者方面立法也取得了成功 [详见 Juran (1995, chap.17)。]

在质量方面日益增强的国际竞争 城市以及国家之间的竞争已经存在了许多个世纪。最古老的竞争形式或许是在军备方面。20 世纪在两次世界大战的压力

下这种竞争变得更加激烈，它导致了新型的可怕的大规模杀伤武器的发展。

竞争的另一刺激因素来自跨国公司的兴起。大公司遭遇的对外贸易壁垒阻碍着其产品的输出。为了绕过这些壁垒，许多大公司建立了海外分支机构，以其作为基地来参与海外市场竞争，包括在质量上的竞争。

在 20 世纪关于质量竞争威力的最为成功的展示来自日本。在第二次世界大战以后，日本公司发现西方不愿购买它们的产品，日本在制造和出口劣质产品方面恶名远播。商品卖不出去为日本的公司敲响了警钟，由此而触发了 20 世纪 50 年代的日本质量革命。在短短几十年当中，这场革命在质量方面将日本推入了世界领先的地位。质量领先转而使得日本一跃成为一个经济超级大国。这在工业史上是一个从无先例的现象。

质量走上舞台中心

这些巨大力量的累积效应使质量走上了舞台的中心。如此宏大的运动在逻辑上讲本来应当激发起一种相应的回响，亦即一场质量管理的革命的，但是，企业界很难认识到这样一场革命的必要性，它们缺乏必要的警钟。生产车间里确实存在着技术性的质量措施，但最高管理层却没有管理性的质量措施。因此，除日本外，必需的质量革命直到 20 世纪末才开始初露端倪。这场革命要有效地席卷全球，需要几十年乃至整个 21 世纪的努力。因此，当 20 世纪被称为“生产率的世纪”时，21 世纪将以“质量的世纪”而为后人所知。

西方世界未能对质量革命的必要性作出及时的反应导致了一场广泛的危机。20 世纪 80 年代众多的公司开展了质量活动。大多数这些活动都远未达到预期的目标。但是，有少数公司确实取得了令人信服的成功，积累了经验并树立起了典范，为西方国家在未来的年代提供了指南。

吸取到的经验　质量管理取得成功的那些公司采用了许多的战略。分析表明，各公司尽管各有特点，但确有许多共性存在。绝大多数成功的公司都采用了一系列普遍的战略。这些普遍的战略包括：

- 以顾客为中心：实现顾客满意成为首要的运营目标。
- 质量具有最高优先权：这一条被写入了公司方针。
- 战略性的质量计划：质量计划被包括在经营计划当中。
- 标高分析活动：这种方法用于在别人已取得的卓越水准上设定自己的目标。
- 持续改进：经营计划中包括了质量改进的目标。人们认识到质量是一个移动的靶子。
- 质量管理培训：培训范围扩展到质量部门以外的所有部门和层次，包括

最高主管在内。

• 用广义的质量来取代狭义的质量。

• 建立合作支持关系：以跨职能团队的方式团结合作，重视公司成果胜于职能目标。合作关系延伸至供应商和顾客。

• 授权给雇员：这是通过培训和授权给第一线员工参与计划活动和改进活动来进行的，其中包括了自我导向的团队的概念。

• 激励：这是通过扩大表彰和奖励的应用来提供的，以促进质量革命所要求的变革。

• 建立测量手段以使高层主管把握实现顾客满意，满足竞争要求，改进质量等方面的进展。

• 最高管理层掌管质量管理，要认识到某些职责是不可下授的，必须由最高主管亲自实施。

这些职责包括：

• 参加质量委员会
• 设定质量目标
• 提供必需的资源
• 提供质量导向的培训
• 促进质量改进
• 考察进展情况
• 进行表彰
• 修改奖励制度

未来的创造 成功企业所采用的许多战略在工业史上从无先例。因而，必须将之看做是试验性的。它们的确在先进企业中取得了成效，但能否在更广的产业领域和文化中取得同样的成效还有待证实。我们期待着这种实践将有新的创造、新的试验和新的经验。这是一个永无止境的历程。

致谢

本章从以下两本书中引用了大量材料：

Juran, J.M.(ed.)(1995). A History of Managing for Quality. Sponsored by Juran Foundation, Inc. Quality Press, Milwaukee Press, WI.

Upper Management and Quality: Making Quality Happen, 6th ed. (1993) Juran Institute, Inc., Wilton, CT.

参考文献

AT&T Quality Library (1990). *Achieving Customer Satisfaction*. Bell Laboratories Quality Information Center, Indianapolis, IN.

Bursk, Edward C., Clark, Donald T., and Hidy, Palph W. (1962). *The World of Business*, vol. Ⅰ, p. 71, vol. Ⅲ, pp. 1656　1678, vol. Ⅳ, pp. 2283　2285. Simon and Shuster, New York.

Davies, Norman De G. (1943). *The Tomb of Rekh-mi-re at Thebes*, vol. 2, Plate LXII. Metropolitan Museum of Art, New York.

Durant, Will (1954). *The Story of Civilization*, Part Ⅰ: *Our Oriental Heritage*, pp. 182－183. Simon and Schuster, New York.

Itoh, Yasuro (1978). *Upbringing of Component Suppliers Surrounding Toyota*. International Conference on Quality Control, Tokyo.

Juran, J. M. (1970). "Consumerism and Product Quality." *Quality Progress*, July, pp. 18－27.

Juran, J. M. (1977). *Quality and Its Assurance—An Overview*. Second NATO Symposium on Quality and Its Assurance, London.

Juran, J. M. (1986). "The Quality Trilogy: A Universal Approach to Managing for Quality." *Quality Progress*, August, pp. 19－24.

Juran, J. M. (1995)ed. *A History of Managing for Quality*. Sponsored by Juran Foundation, Inc. Quality Press, Milwaukee, WI.

Singer, Charles, Holmyard, E. J., and Hall, A. R. (eds.) (1954). *A History of Technology*, vol. Ⅰ, Fig. 313, p. 481. Oxford University Press, New York.

Singer, Charles, Holmyard, E. J., and Hall, A. R. (eds.) (1958). *A History of Technology*, vol. Ⅳ, p. 164. Oxford University Press, New York.

Smith, Adam (1776). *The Wealth of Nations*. Random House, New York, published in 1937.

Upper Management and Quality: Making Quality Happen, 6th ed. Juran Institute, Inc., Wilton, CT.

von der Porten, Edward (1994). "The Hanseatic League, Europe's First Common Market." *National Geographic*, October, pp. 56－79.

（焦叔斌 译）

第 3 章

质量计划过程[1]

约翰·F·厄里(John F. Early)
O·约翰·克赖迪(O. John Coletti)

质量计划[2]的定义
质量计划中的问题
质量计划解决方案
第一步:设立项目
项目识别
制定使命陈述书
设定质量目标的基础
新产品方针
建立团队
第二步:识别顾客
外部顾客的类型
内部顾客
识别顾客
第三步:揭示顾客的需要
表述的需要与真实的需要
感知的需要
文化需要
源自非预期使用的需要
人类安全
"用户界面友好"
服务的及时性
与不良有关的顾客需要
担保
销售中投诉处理的影响
使顾客知情
收集顾客需要的计划
揭示野马牌汽车顾客的需要
收集用顾客的语言表述的顾客需要的清单
对顾客需要进行分析并排出优先次序
建立测量单位和测量手段
野马牌汽车顾客需要的翻译与测量
第四步:产品的开发
将相关联的顾客需要加以分组
确定识别产品特征的方法
标准、规定与政策
设计准则
设定产品特征目标的准则
产品特征目标的测量
开发详细的产品特征和目标
产品特征与目标的优化
最终产品设计的确定和发布
第五步:过程的开发
评审产品目标
收集备选过程的已知信息

① 在本手册的第四版中，本章所讨论的内容分布在"公司范围的质量计划"、"产品开发"和"制造计划"几章中，由J. M. 朱兰和F. M. 格里纳提供。

② 计划(planning)是管理的首要职能。这一术语在ISO 9000族标准的中文翻译中译作"策划"。——译者注

总体过程设计的选择
识别过程特征和目标
识别详细的过程特征和目标
针对关键因素及人为差错的设计
优化过程特征和目标
确立过程能力
确定和发布最终过程特征和目标
确认运作条件
第六步：开发过程控制方式并向运作转移
明确所需的控制
设计反馈回路
自我控制与自我检验的优化
转移计划的审核
实施计划并确认转移
参考文献

质量计划的定义

“质量计划”（quality planning）在这里意指开发产品（货品和服务）的一个结构化的过程，目的在于确保最终结果满足顾客需要。质量计划的工具和方法是与开发和提供特定产品的技术工具糅合在一起的。设计一种新款汽车需要汽车工程及相关的专业技术，为青少年糖尿病人制定一种有效的保健方案要吸收专科医生的独特方法，而一个度假胜地在设计一种宾客服务的新方法时需要有经验丰富的旅馆经营者的技能。这三种情况都需要质量计划的过程、方法、工具和技术，以确保汽车、糖尿病护理和休闲服务的最后设计方案不仅满足相关专业领域的最佳技术要求，而且还要满足购买和利用这些产品的顾客的需要。

质量计划中的问题

质量计划过程及其相关联的方法、工具和技术之所以会被开发出来，是因为纵观现代社会的历史，组织在生产能够确实使顾客满意的货品和服务方面，更多地表现为一贯性的无能。作为顾客，人们会不止一次地体会过这样的沮丧，如飞机的延误，放射性污染的漏出，没能达到最佳效果的医疗方案，失灵的儿童玩具，并不像所期望的那样快或好用的一个新软件，极其迟钝（如果有的话）的政府反应，或者配备了最新高技术部件的家用洗衣机以高价洗出的衣服并不比以前更干净。这些频繁而又巨大的质量差距（gap）实际上是由图 3—1 示出的一系列较小差距复合而成的。

质量差距的第一类构成是理解差距，也就是说，对顾客的需要缺乏理解。有时，这种差距的出现只是由于生产者根本就没考虑顾客是谁以及他们需要什么。

更多的情况下，这种差距是由于供应商对其能够准确理解顾客真实需要的能力太过自信而造成的。图 3—1 中最后示出的感知差距也是由于未能理解顾客和顾客需要而造成的。顾客并非只是依据产品的技术价值来体验一套新服装或当地公用设施服务的连续性。顾客会针对他们对于货品或服务所带来的益处的感知情况作出反应。

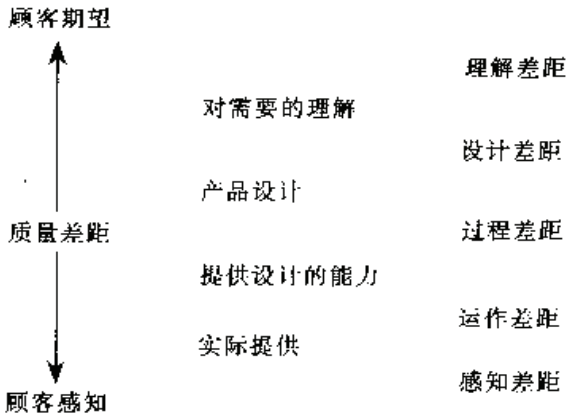


图 3—1 质量差距及其构成

资料来源：Inspired by A. Parasuraman, Valarie A. Zeithaml, and Leonard L. Berry (1985). "A Conceptual Model for Service Quality and Its Implications for Further Research." *Journal of Marketing*, Fall, pp. 41–50.

质量差距的第二类构成是设计差距。即使完全了解了顾客的需要和感知，很多组织还是不能够设计出与这种了解完全一致的产品和服务。其部分原因在于，那些了解顾客的人员以及他们用以了解顾客需要的训练常常被制度化地与实际从事设计的人隔离开来。另外，不管是设计复杂的设备还是细微的服务，设计人员常常缺乏一些简单的工具，以便能够将他们的技术专长与对顾客需要的理解结合起来，从而创造出真正卓越的产品。

第三类差距是过程差距。由于创造有形产品或提供服务的过程不能够始终与设计相符合，许多优秀的设计都遭到了失败。这种过程能力的缺乏在所有类型的质量差距中是最持久、最难缠的问题之一。

第四类差距是运作差距。用来运作和控制过程的各种手段在最终货品或服务的提供中会产生进一步的不良。

质量计划解决方案

质量计划为消灭各种类型的质量差距并确保最终的总质量差距最小提供了过程、方法、工具和技术。图 3—2 概略地列出了质量计划的基本步骤。本章的其他部分将讨论每一个步骤的细节及范例。



图 3—2　质量计划步骤

资料来源：Juran Institute, Inc., Copyright 1994. Used by permission.

第一步，项目的设立，要提供明确的目标、方向和为了消灭各类质量差距所需要的基础条件。第二步是对所有顾客的系统识别。如果对顾客都包括哪些方面哪怕有一点不确定、模糊或忽略，理解差距就不可能被消灭。

第三步的揭示顾客需要为一个成功的满足顾客需要的产品设计提供了所必需的全面而完整的理解。还要对顾客的感知进行清晰的评价以克服最后阶段的感知差距。

产品开发这一步骤同时应用质量计划工具和相关的产业技术，以创造出能够有效满足顾客需要的产品设计，从而使设计差距得以克服。在过程开发这一步骤中克服了过程差距。质量计划技术确保过程能够始终提供符合设计的产品。

最后，开发过程控制手段以使过程在其完全能力下运作，从而使运作差距得以克服。运作差距的成功消除还依赖于有效地将计划方案转移给运作阶段。如果执行得好，一个强有力的转移计划将会为运作职能提供全部的过程、技术、材料、设备、技能等等，从而以一种持续的方式使顾客得到满意。

本章的后续内容将讨论每一步骤的详细内容、实用指南及范例。在有关福特汽车公司如何应用质量计划的原理开发其 1994 款福特野马牌汽车的讨论中，列举了许多详细的例子。

第一步：设立项目

一个质量计划项目是组织为了能够提供一种新的或改进的产品所必须进行的有组织的工作，这项工作遵循着与质量计划有关的步骤。一般说来，设立一个质量计划项目涉及以下一些活动：

- 识别需要哪些项目来实现组织战略。
- 编制每个项目的使命陈述书。
- 成立实施项目的团队。
- 计划该项目。

项目识别　决定实施哪些项目通常是组织的战略计划活动和经营计划活动的

结果。(在第 13 章“战略展开”中，讨论了具体的项目是如何从组织的愿景、战略和目标而展开的。)一般来说，质量计划项目创造全新或更新的产品，旨在实现特定的战略目标，迎合新的或变化了的顾客需要，完成法律或顾客的要求，或利用新的或正在形成的技术。

最高管理层必须在识别及支持关键的质量计划项目方面起到领导作用。以质量委员会或类似的机构的形式，管理当局需要承担以下的关键角色。

设定质量目标 最高管理层把握改进质量的机会和必要性，并为组织设定战略目标。

推荐和选择项目 质量委员会选出那些对于实现战略性的质量目标至关重要的主要的质量计划项目。

选择团队 一旦确定了项目，质量委员会就任命一支团队负责完成质量计划过程剩余的步骤。

支持项目团队 为了实现质量目标，一般需要新的技术与过程。保证每个质量计划团队的准备和装备足以完成其任务，便成为质量委员会的责任。质量委员会提供的支持包括：

- 提供有关质量计划工具与技术的教育和培训。
- 提供一个训练有素的促进者帮助团队有效地工作，帮助团队学习质量计划过程。
- 考察团队的进展情况。
- 批准项目使命的修订。
- 辨识并帮助解决各种问题。
- 对有关的质量计划项目加以协调。
- 帮助处理后勤事务，如会议场所。
- 提供数据分析和调查设计的专业技能。
- 为非正常的数据收集需要提供资源。
- 交流项目结果。

监测进展情况 为改善整个过程的有效性，质量委员会通常有责任确保质量计划过程的正常运行、评价进展状况并进行中途的修正。一旦质量委员会对于潜在的项目来源进行评价之后，它就会选择一个或数个即刻给予注意。接下来，它必须为该项目制定出使命陈述书。

制定使命陈述书 一旦质量委员会明确了某个项目的必要性，它就应当准备一份体现该项目特定目标的使命陈述书。使命陈述书是给项目团队的书面指令，描述了该项目的意图或目标。团队的使命要回答：

- 该计划项目的范围，亦即所要针对的产品和市场。
- 该项目的目标，也就是要取得的成果。

使命陈述书的写作要求对项目背后的推动力有清楚的了解。明确的使命有助

于回答以下的问题：

- 为什么本组织要实施这一项目？
- 一旦实施了该项目会取得什么成果？

一份使命陈述书会促进在有关人员之间达成共识，包括受项目影响的人们，以及为计划和实现项目目标贡献时间或资源的人们。

范例

- 团队的使命是向市场提供一种新型的低能耗、无氟电冰箱。
- 团队将为所有商店的库存创建精确的控制及最低的成本。

虽然这些使命陈述描述了将要做什么，但它们并不完全。它们缺乏一个完美的体现项目目标的质量计划使命陈述所要求的清晰和具体。写得优美且有效的使命陈述书通过包括以下的一项或多项内容而定义了项目的范围。

内在绩效。最终产品在一个或几个方面的表现如何，如 24 小时响应时间。

比较绩效。最终产品相对于竞争产品如何表现，如在大都市地区的最快响应时间。

顾客反应。与其他产品相比，顾客会如何评价该产品，如与其最近的竞争对手相比，某公司被评价为在准时供货方面表现得更好。

市场。谁是或将是该产品的顾客或目标受众，它会占有哪些市场份额或市场区段，如成为美国本土所有商务旅行者的首选。

绩效不良。该产品在产品失效方面的表现，如故障率为每百万使用小时低于 200 小时。

避免不必要的限制。避免为团队过度规定产品，如如果希望产品是可随机携带的，那么在使命中规定准确的尺寸就过于限制了。可能会有多种方法满足可随机携带的要求。

设定质量目标的基础　除了项目的范围之外，使命陈述书中还必须包括项目的目标。在设定质量目标时的一个重要考虑是要选择目标所立足的基础。

以技术作为基础　在许多组织中，把质量目标建立在技术基础之上已经成为传统。大多数目标都是以规格和程序的形式发布的，这些规格和程序为基层监督员和一般员工规定了质量目标。

以市场作为基础　影响产品销售能力的质量目标应该基本上立足在符合或超过市场质量水准之上。因为在质量计划项目进行当中，市场和竞争状况无疑会发生变化，所以目标应当设定得足以应对或战胜当项目完成之时的竞争水准。有些内部供应者是内部垄断者。常见的例子包括工资单的结算，设备维护，食堂服务以及内部交通等。然而，大多数内部垄断者都有潜在的竞争者。存在着能够提供相同服务的外部供应商。因此，可以将内部供应者的绩效同外部供应商的报价进行比较。

以标高分析为基础　“标高分析”（benchmarking）是近来出现的一个提法，

意思是根据对他人已经达到的水准的了解来设定目标（见第 12 章“标高分析”）。一个常见的目标是要求新产品的可靠性至少要等于它将要代替的老产品的可靠性，并且至少要等于可靠性最高的竞争产品的可靠性。应用标高分析所设定的目标从道理上讲是可达到的，因为他人已经达到了。

以历史水准作为基础 设定质量目标的第四个广泛应用的基础便是历史绩效，亦即根据过去的绩效来设定目标。有时为了刺激改进会将目标加严。对某些产品和过程来说，历史基础有助于取得所需的稳定性。而在有一些情况下，特别是涉及不良质量成本长期居高不下的情况时，历史基础会使慢性浪费得以维持。在目标设定过程中，管理层应当对此类误用历史基础的情况保持警惕。

质量目标是移动靶子 人们普遍认识到质量目标必须及时调整，以对应不断扑面而来的变化：新的技术，新的竞争，威胁，以及机会。虽然那些已经采用质量管理方法的组织实际上应用了这个思想，但在提供用以评价变革影响以及修正目标的手段方面，它们仍可能做得并不理想。

项目目标 项目的具体目标，亦即项目团队要实现什么，这是一个有效的使命陈述书的构成部分。为了使事情得以成功，项目团队必须从终点开始思考。对最终结果考虑得越仔细，就越容易获得一个成功的结局。

目标的衡量 除了说清楚将要做什么和何时做之外，一个项目目标必须表明团队如何来衡量是否达到了所宣称的目标。花些时间确定如何衡量成功是很重要的。下面所列的是四件可衡量的事情：

1. 质量。
2. 数量。
3. 成本。
4. 时间。

一个有效的质量计划项目目标必须具备五个特征，这样才可以为项目团队提供足够的信息来引导计划过程。目标必须是：

- 具体的。
- 可衡量的。
- 有关各方一致同意的。
- 现实的——可以很高，但必须是可行的。
- 确定时间——什么时候完成目标。

例如，看一下一个写得很糟糕的目标：“设计一款最好的新型轿车。”将其与下面的例子来对比一下：“在 3 年内设计并投产一款新的中型轿车，要达到同型车的最佳水准，面向大众，售价低于 2 万美元（面市时）。该设计应确保产品好销并保有平均 4%～6% 的利润。”

与第一个例子相比较，第二个例子要详尽得多，且可衡量，并有确定的时间。它清楚表述了目标或最终结果，并为团队计划产品的特征和实现目标的过程

提供了充分的导向。

福特野马汽车——使命和目标　在着手进行产品开发之前，福特公司就野马汽车的明确使命达成了共识。其简略表述就是“汽车明星”。只要是有许多来自不同部门的人员共同参与一个项目，很自然地会给团队带来很多各自“原单位的重点和目标”。这些原单位的重点和目标能够不经意地转移团队的焦点，并且在团队内制造出大量的矛盾。

为了解决这个问题，该团队用“汽车明星”这一表述来协调所有团队成员的努力，使之聚焦于一个统一的目标之上。对于促使人们认识到团队具有共同的目的和单一的主导目标而言，这一表述是一种简单而有效的途径。

特别地，这意味着所有的团队成员能够根据团队将汽车开发成功这一总目标来矫正日常的决策与行动。他们针对 18 个参数设定了任务目标。这“18 组目标图”使得项目能够聚焦于非常具体的成功因素之上（见图 3—3）。

细　目		描　述
第 1 组：	质量	出错率，实现率，返修率，顾客满意，服务期限等。
第 2 组：	进度	从总工作计划中概括出重要的阶段点。
第 3 组：	车辆尺寸	结构性尺寸的概括，如轴距、轮距、长度、高度、宽度、内部空间、腿部空间等等。
第 4 组：	车辆动力	性能感觉，乘坐，操纵，噪音/振动/刺耳，刹车性能，坐椅性能等主观性指标。
第 5 组：	重量	控制重量，并且测试所有模型的重量。
第 6 组：	燃料经济	所有型号的城市公路油耗量，避免大量耗油。
第 7 组：	性能	所有型号从 0 英里/小时～60 英里/小时所需时间。
第 8 组：	复杂性	顾客的零散决策数以及可拆装构件。
第 9 组：	服务能力	5 万英里服务小时的计划。
第 10 组：	损害性能	典型撞车的维修费用。
第 11 组：	安全性能	遵守所有适用的联邦汽车安全标准和联邦清洁空气标准。
第 12 组：	可变成本	相对以前型号的可变成本。
第 13 组：	投资计划	工具、设备、启动及工程的总投资。
第 14 组：	定价	所有型号的批发交货价。
第 15 组：	数量	5 年数量变动趋势计划。
第 16 组：	盈利能力	所有可表达的盈利项目。
第 17 组：	特征	所有的标准产品特征以及不同型号的选装件。
第 18 组：	出口	出口市场及数量。

图 3—3　福特野马车型的 18 组目标图

新产品方针　企业在质量和产品开发方面必须具有非常清晰的方针指导。大多数这种方针应当是针对所有新产品的，但个别的可能只与某个产品、产品线或产品群有关。四项最关键的方针如下：

新设计和继承设计中的不良　很多组织建立了明确的方针，规定新产品或产品部件的不良率不得高于它所要替代的老产品或部件。此外，它们通常要求所有的继承设计必须达到一定的性能水准，否则必须用更可靠的设计代替。继承设计

可靠性的最起码水平可以用下面的一个或多个标准确定：(1) 竞争者或领先者的可靠性；(2) 顾客的要求；(3) 高于领先者或顾客要求。

预期的与非预期的使用 梯子的顶阶是否应当设计为可安全踩踏？虽然该处清楚地标示着“请勿踩踏”。医院的急诊室是否应该设计为可处理大量来院的常规非急诊病人？这些均是在项目开始前需要回答的方针问题。其答案会对最终产品产生巨大影响，在作答时需要考虑组织的战略以及产品应用的环境。

对于正式的质量计划过程的要求 为了确保产品计划者辨识顾客并设计出能以最低的不良来满足顾客需要的产品与过程，要求有一个结构化的、正式的过程。结构化的正规性有时会因其对创造力的障碍而让人退避三舍。再没有什么比此更能误导人们了。正式的质量计划明确了需要创造力的要点，然后鼓励、支持，使得创造力得以发挥。正式的计划活动确保了创造力聚焦于顾客，确保了创造性的设计免受不良的破坏性影响而最终交付给顾客。

设计保管与变更管理 必须有专门规定以保证已批准设计的存档与调档。对设计的任何改动必须经过确认，得到适当的批准，存档，并无误地体现在产品或过程中。保存最终设计和管理设计变更的专门人员必须具有相应的职权、责任和资源。

福特公司关于野马车型的方针 福特公司针对保留设计和新设计有三条专门的方针。新设计应比老设计更为可靠。它们应对最终产品提供有说服力的成本—效益贡献。最后，希望新设计的主要产品特征超过主要竞争者——卡马罗/火鸟(Camaro/Firebird) 的性能。

由于野马车必须维护其作为性能可靠车型的声誉，故制定了更为严格的测试方针。除了安全性、经济性、可靠性、耐久性以及福特其他车型都必须通过的测试外，野马车型还必须通过诸如 500 次刹车起动无失败的测试，重复硬刹车而刹车效果不降的测试。

建立团队 对于质量计划而言，跨职能团队的方式是有效的。这是基于如下的理由：

团队参与的方式促进了思想、经验的共享，人们感到自己是“我们的”组织的一分子，并且在帮助它实现其目标。

团队成员的多样性为将要计划的产品和过程带来了更完全的工作知识。计划一个产品要求对组织中各部分如何完成运作有一个透彻的了解。

来自各不同部门或职能机构的代表会促使整个组织接受和实施新的计划。通过有关各方的主动参与所设计的产品或过程往往在技术上更为卓越，并更容易为负责实施的人们所接受。

团队选择指南 在选拔团队时，质量委员会要明确组织的哪些部分对于产出具有影响。有几个方面需要关注：

- 最受项目结果影响的那些方面。

- 负责项目过程中的各个步骤的部门和职能。
- 在项目设计中具有特殊的知识、信息或技能的那些人。
- 在实施计划时能够有所帮助的那些方面。

野马团队　福特公司所建立的专门团队由来自公司各关键部门的人员所构成，包括：

所涉及单位	职　　责
车辆工程	团队领导。
产品与经营计划	制定产品设想和经营方案。
车体和底盘工程	确定产品升级方向，以满足顾客对舒适、方便和安全的要求，并且满足预期的联邦汽车安全标准。
动力系统工程	确定动力系统升级方向，以满足顾客对动力和驾驶性能的要求，并且满足清洁空气和耗油量的要求。
车辆设计	提供激动人心的高度时尚的外形设计。
制造与组装	保证适宜的、高质量的产品。
销售与市场营销	提供“顾客之声”，确保产品集中目标市场。
采购	负责将供应商结合进来。
财务	帮助团队开发出具有财务吸引力的设计方案。

除了工作上的职业专长外，许多团队成员还是野马车型的狂热爱好者，他们对顾客需要的理解与激情是很难有什么可以替代的。

由于汽车是一个高度复杂的消费产品，所以工作被分为了五个子团队：车体外部和结构、车体内部和电器、动力系统、底盘、整车。每一子团队都包括了主要相关单位的成员，能够在整体设计和 18 个参数范围内就所分管的部分拥有充分的权限。

各子团队之间的全面协调与指导是通过每周举行的由子团队领导与项目经理参加的“主要事务”会议解决的。这些会议主要关注体现在 18 个参数中的主要指标。

第二步：识别顾客

这一步看起来似乎没有必要。计划者和设计者当然知道他们的顾客是谁：汽车驾驶员、银行柜台前的存款人、就医的病人。但这些并非仅有的顾客，甚至不一定就是最重要的顾客。顾客由一整套角色所构成，必须加以充分地了解。

一般说来，有两类基本的顾客群：外部顾客，即那些在生产组织之外的顾客；内部顾客，即那些在生产组织之内的顾客。

外部顾客的类型　“顾客”一词经常用得很不严谨，它可以指一个组织、一

个大组织中的一部分，或者一个人。有许多类型的顾客，有些是显在的，有些则是潜在的。下面列出的是一个主要的分类，以帮助辨识所有的顾客。

买主	为自己或他人购买产品的人，如某个为其家庭购买食品的人。
最终用户/终极顾客	最终从产品受益的人，如去保健机构进行诊断检查的病人。
商人	为了再销售而购买产品的人，包括批发商、分销商、旅行社代理和经纪人，以及任何经营产品的人，诸如超市中把产品置于货架之上的雇员。
加工者	使用该产品或其产出作为自己产品投入的组织与个人，如炼油厂收到原油，对其加工处理，为各种顾客提供不同的产品。
供应商	为过程提供投入的组织或个人，如为汽车提供火花塞的制造商，或者为公司的环境法律事务提供咨询的律师事务所。供应商也是顾客。他们有关于产品规格、缺陷反馈、预测订单等方面的信息需要。
原始设备制造商（OEM）	购买产品并将之一体化为自己的产品。例如，一个计算机制造商购买另一家生产者制造的磁盘驱动器，并装配到自己生产的计算机上。
潜在顾客	那些目前不用该产品但会变成顾客的组织或个人。例如，一个租用汽车的商务旅行者，在需要购买一辆个人用汽车时可能会购买一辆类似的汽车。
隐蔽的顾客	对另外一类不易被想起而容易忽略掉的顾客的分类。他们可以对产品的设计施加巨大的影响，包括管制者、批评家、评价领导者、测试服务机构、支付者、媒体、自由公众、直接或间接受产品威胁的人、公司政策制定者、工会、职业协会等。

内部顾客 组织中的每一个人都扮演着三个角色：供应商、加工者和顾客。每个个人会从某人处接受某物，对之做某些加工，然后传递给第三个个人。有效地满足内部顾客的要求对服务外部顾客具有重要影响。内部顾客的辨识需要一些分析，因为这里的许多关系常常是非正式的，从而模糊了对于谁是顾客及其如何受到影响的察觉。例如，某公司决定在其一个工厂引入准时制生产系统，这将会对采购、运输、销售、运作等产生重要的影响。

大多数组织试图建立起一个机制，以使似乎具有竞争性的职能依据满足顾客需要的更高目标来协商和消除分歧。这包括了举行每周的部门领导会议以及发布程序手册等。然而，这些机制经常不起作用，原因在于内部顾客的要求没被充分

理解，因此职能之间的沟通不能很好进行。这就是识别内部顾客、发掘他们的需要并计划如何满足这些需要成为质量计划过程中的一个主要目标的原因，也是计划过程需要跨职能团队的另一原因。这些成员有助于认识内部顾客所具有的利益。

识别顾客　除了上面给出的一般性指南，常见的最具有帮助性的方法是绘制一张概略的与所计划产品相关的过程流程图。仔细分析流程图常常会有新的见识，可能会识别出遗漏了的顾客，对顾客与过程之间的作用会有更精细的理解。图 3—4 就是一个流程图的例子。对流程图的考察揭示出“顾客”的角色实际上表现为两个不同的角色——下订单和用产品。这些角色可以是，也可以不是由相同的人来扮演的，但它们的确是两个不同的角色，而每一个角色都需要理解其需要。

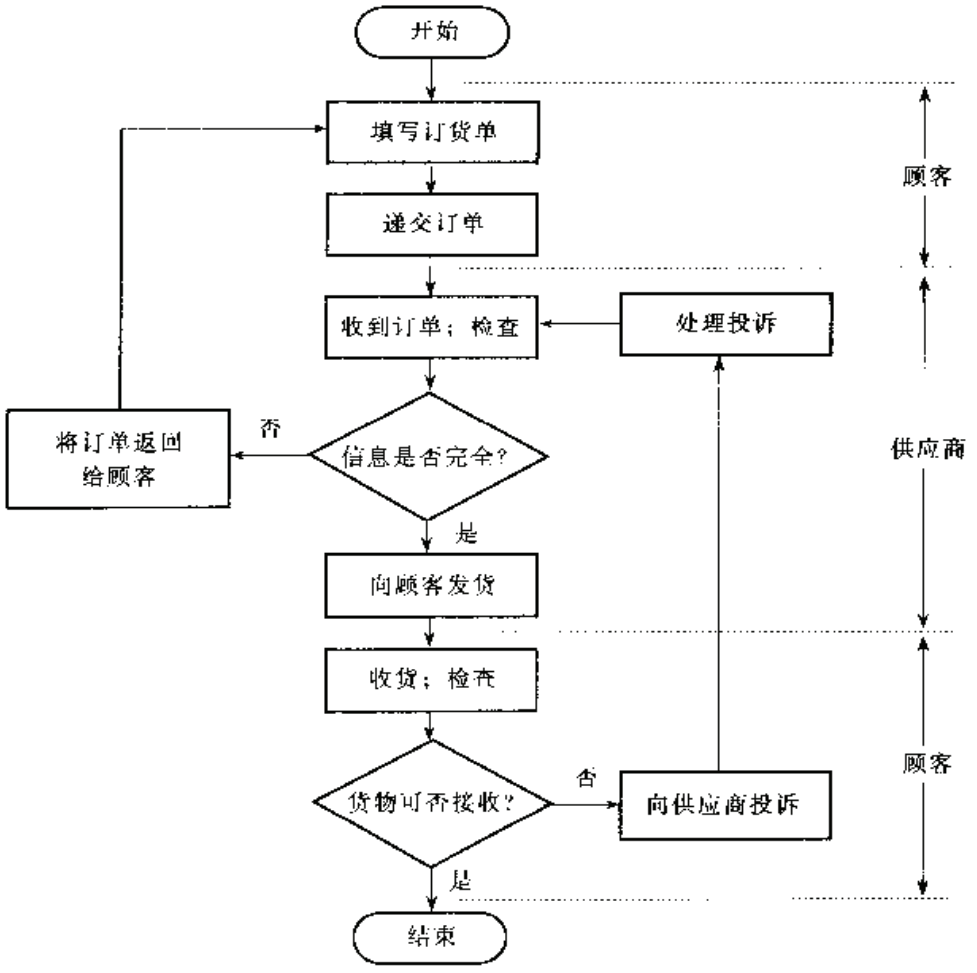


图 3—4　流程图与顾客

资料来源：Juran, J. M. (1988), *Quality Control Handbook*, 4th ed. McGraw Hill, New York, p. 66.

福特野马车型的顾客　福特野马车型最要紧的顾客是“终极顾客”，也就是购买车辆的人。最主要的目标群体是野马 GT 购买者。（GT 型号是树立形象的车型，如果要使整个系列产品得以成功，GT 就必须成为吸引发烧友的型号。）

其他关键的少数外部顾客包括：

经销商

供应者

政府

- 环境保护局（EPA）
- 国家公路运输安全管理局（NHTSA）
- 联邦贸易委员会（FTC）

媒体（包括内部和外部媒体）

- 内部媒体

  福特通信网络（FCN）

  雇员出版物

- 外部媒体

  发烧友杂志，如《汽车潮流杂志》、《汽车与驾驶员》、《道路与轨迹》、《汽车杂志》、《汽车周刊》等等。

  行业杂志，如《Ward汽车世界》、《汽车新闻》、《汽车业》、《汽车工程》。

  国家电视节目，如《汽车周》、《汽车趋势》。

  当地或地区性电视节目

  当地或地区性广播节目

  当地或地区性报纸报道

内部顾客

公司管理当局

产品工程办公室

总装厂

福特顾客服务部

市场营销

销售

采购

公共事务

内部媒体

- 福特通信网络（FCN）
- 雇员出版物

第三步：揭示顾客的需要

质量计划的第三步是揭示产品的内、外部顾客的需要。有效揭示顾客需要的一些关键活动包括：

- 对收集顾客的需要进行计划。

- 收集用顾客的语言表述的顾客需要。
- 对顾客需要进行分析并排出优先次序。
- 将顾客的需要翻译成“我们的”语言。
- 建立测量单位与测量手段。

我们自己的经验告诉我们，人类的需要既变化多端，又非常复杂。这对于质量计划团队来说格外具有挑战性，因为顾客的行为不会总与他们所说的期望保持一致。从顾客所表达的或以为的所有需要中识别出最重要的需要，这是对质量计划的挑战。只有如此，产品才会取悦于顾客。

设计一件产品时，实践上有两个相互关联而又彼此不同的方面需要开发：一是技术要素，即产品特征将会如何或它将如何发挥功能；二是人的要素，即顾客从使用产品中得到的益处。这两方面必须综合考虑。

发掘顾客需要是一件复杂的任务。经验显示，顾客通常并不会用简单的词语准确地表达出他们需要什么，甚至不经常提到他们某些最基本的需要。银行报表的准确性、医生的能力、计算机的可靠性、出版物的语法准确等也许都是所主张的，但若是没有调查，它们绝不会表述出来。

顾客表达他们需要的方式之一是借助于他们所经历过的问题以及某种产品可以解决他们问题的期望。例如，一个顾客可能说，“我不能总是亲自接听我的电话，但我又不想让打电话的人感到不便，或对无响应的应答系统感到厌烦，”或者，“我母亲的个人尊严和她所受到的对待对我来说是非常重要的。我想找一个长期合作的护理机构，能像一个常人，而不是一个病人那样对待她。”即使人们的需要没有用这些词汇表达出来，准确地理解顾客所期望的益处所在也是揭示顾客需要的要旨。

当一个产品的特征满足了顾客的需要时，它就会给顾客一种满意的感觉。如果它未能无缺陷地提供所允诺的特征，顾客就会感觉不满。即使一个产品完全按照其设计发挥了功能，若竞争产品的服务或性能更为优越，则后者会向顾客提供更大的满意。

表述的需要与真实的需要 顾客总是从自己的视角并用自己的语言来表述自己的需要。顾客可能会用他们希望购买的货品或服务来表述自己的需要。但是，他们的真正需要是他们相信他们将获得的益处。如下所示：

顾客希望购买……	顾客需要中所包括的益处或许是……
新鲜的面食	营养和味道
最新型个人计算机	迅速便捷地撰写报告
	在网上寻找信息
	帮助孩子学习数学
健康保险	提防财务不测
	获得高质量的健康保健

	在健康保健提供者之间进行选择
飞机票	运输，舒适，安全，方便

未能把握表述的需要与真实的需要之间的区别就会使一个质量计划项目大打折扣。理解真实需要并不意味着计划者可以不顾顾客的表述，而以自己卓越的技术理解取代顾客的真实需要。理解真实需要意味着需要提问并回答如下的问题：

顾客为什么购买这个产品？
他或她希望从产品中获得什么服务？
顾客如何从中得到益处？
顾客如何使用该产品？
过去是什么使顾客产生抱怨？
顾客为什么选择竞争对手的产品而不选择我们的？

感知的需要 可以理解，顾客根据他们的感知来表述其需要。这些感知会完全不同于供应商关于产品质量构成的感知。若不去关注顾客的感知如何影响其购买习惯，而只是考虑顾客的感知是对还是错，计划者便会误导自己。尽管顾客与供应商之间的这种差异是潜在的麻烦制造者，但同时也可能成为机会。对顾客感知的超常理解能够形成竞争优势。

文化需要 顾客的需要，特别是内部顾客的需要，超出了产品和过程的范畴。他们具有一些基本需要，如工作安全、自尊、被人尊敬、习惯的延续，以及其他我们统称为“文化价值”的要素，而这些则很少公开表述出来。所提议的任何变动都会成为对这些重要价值的威胁，因而会遭到抵制，直到威胁的本质被理解为止。

源自非预期使用的需要 许多质量问题的起因在于顾客的使用方式不同于供应商计划的方式。这种情况会有很多形式：病人跑到急诊室去诊视非急诊的疾病；未经训练的工人被分派到需要熟练工人的过程；设备未能接受规定的预防性维护。

诸如安全一类的因素会增加成本，但通过避免误用产品会造成更大的损失，这些因素又会显著地降低总成本。重要的是知道下面的问题：

实际用途（及误用）是什么？
相关的成本如何？
坚持预期用途会有什么结果？

人类安全 技术把危险的产品交到了外行的手中，这些外行并不总是具备必要的技能进行操作而不发生危险。技术还创造出威胁人类健康、安全和环境的危险的副产品。危险的程度是如此之大，以至于产品与过程计划的相当努力要用于把这些风险减小到可接受的水平。有很多法律，包括刑法和民法，要求付出这些努力。

“用户界面友好” 由于许多用户的外行而产生了“用户界面友好”这种说

法，用以描述有利于外行方便地使用技术性产品的这种产品特征。例如，公开发表的信息所使用的语言应当：

简单

明确

容易理解（众所周知的难懂信息包括法律文件、用户操作手册、行政机构的表格等等。应用广泛的表格，如政府税收表，应该做一个抽样测试，让那些以后会面对这些表格并填表的人试填一下。）

广泛兼容（例如，新版软件应该“与以前版软件兼容”。）

服务的及时性　服务应该是及时的。在我们的文化中，竞争的一个主要要素就是服务的及时性。连锁日程（像邮递或乘飞机旅行）是另一个日益要求及时的源头。还有一个例子就是应用日益广泛的准时制制造（just-in-time）系统，它要求有可靠的原材料供应以使库存降到最低。所有这些例子都表明了包括及时性要素在内的计划对于满足顾客需要的必要性。

与不良有关的顾客需要　在涉及产品失效时，出现了一组新的顾客需要，这就是如何恢复服务，如何补偿相关的损失及不便。显然，最理想的解决方案是计划好质量，从而不发生故障。但现时点，我们需要的是了解故障发生时顾客需要什么。

担保　管制销售的各种法律要求供应商提供某些担保。然而，在我们这个复杂的社会里，提供专门的书面合同来规定保证的范围及时间已成为必要。此外，由谁来承担什么责任也应当加以明确。

销售中投诉处理的影响　投诉基本上涉及的是产品不满，它对销售有副作用。这一领域的研究指出：对产品不满的顾客中，有将近 70% 并不投诉。投诉的比例依产品的类别而变化。不投诉的主要原因有：（1）投诉的努力不值得；（2）相信投诉不会有什么好处；（3）缺乏投诉的知识。超过 40% 的投诉顾客对供应商的回应感到不愉快，其百分比依产品类别而不同。

未来的销售受到投诉处理的显著影响。这一强烈的影响还会扩展到品牌忠诚。即使是那些著名品牌的“大件”货物的顾客，如耐用消费品、金融服务以及汽车服务的顾客，也会在感觉到他们的投诉不受重视时减少其购买意图。

同一研究的结论是，有组织的投诉处理方式会有很高的投资收益率。此类有组织的方式的要素可能包括：

- 一个提供 24 小时服务的顾客服务中心和/或一个免费的电话号码。
- 对回答投诉电话的雇员进行专门训练。
- 主动征求投诉，把未来的顾客流失降到最少。

使顾客知情　顾客对成为供应商秘密行动的牺牲品非常敏感，因此人们常说“买主要保持警惕”。当此类秘密日后被发现并公之于众时，对供应商的质量形象造成的损害是极其巨大的。在大多数情况下，产品尽管有些缺陷但还可以使用。

有些情况下，情况会有些争议。而有些情况下，发货的行为是不道德的，最坏的情况下则是非法的。

在涉及产品缺陷时的很多情况下，顾客也有知情的要求。在许多情况下，服务的中断会迫使顾客等待不确定的时间，直到服务恢复。最明显的例子是断电以及公共交通系统的晚点。在所有这类情况下，顾客会变得烦躁不安。他们不能够解决问题，他们必须依靠供应商来解决问题。但是，他们希望能得到诸如问题的性质以及大概什么时间可以解决的信息。许多供应商因疏忽通知顾客而使其质量形象遭到了损害。与此相对照的是，有些航空公司付出很大努力来告知顾客班机延误的原因以及提供补救措施的进展情况。

收集顾客需要的计划 顾客的需要一直在变化。不可能有一个最终的顾客需要表。虽然这会使人感到泄气，但计划团队必须认识到，即使在计划过程的进行中，诸如技术、竞争、社会变动等力量也会创造出新的顾客需要，或者可能改变目前需要的优先程度。因此，经常检查顾客的需要并且监视市场变化成为极其重要的事情。

最常见的收集顾客需要的方法包括：

- 顾客调查，重点群体，市场调查项目和研究。
- 例行沟通，例如销售和服务电话，报告，管理评审，公司出版物。
- 追踪顾客投诉，事故报告，信件和电话接触。
- 关于顾客的模拟应用试验和计划过程。
- 具备专门顾客知识的雇员：销售人员、服务员、办事员、秘书以及接触顾客的管理人员。
- 顾客会议。
- 最终用户的用户研讨会。
- 竞争者产品的信息。
- 对顾客的个人访问。观察并讨论：

  产品如何使用。

  非预期使用。

  其他产品的服务故障。

  哪些产品特征（当前的或新的）会解脱繁重的工作。

  习惯与文化的改变。

  销售的改变。

  产品溢价的续存或变更。

  零部件的销售或售后服务。

  购买的选择权。
- 政府或独立实验室数据。
- 联邦、州和地方管制的变化将会明确目前的需要和新的机会。

- 竞争分析，侦察同领域竞争者的产品并进行比较。
- 与顾客和产品打交道的个人经验。（但是，没有经过顾客的直接认可而赋予个人经验太大的权重是需要特别谨慎的。分析者必须牢记从个人的角度来看待顾客的需要和要求或许会成为一个陷阱。）

通常，顾客不会用他们希望从购买和使用产品中得到的益处来表达他们的需要。

揭示野马牌汽车顾客的需要　在设计野马车型时，福特公司大量依赖下列资料来源来取得有关顾客需要的资料：

- 定量市场调查。
- 定性市场调查。
- 调查研究。
- 观察研究。
- 经销商反映。
- 顾客调查。
- 直接与顾客交流。
- 媒体反馈。
- 产品评价报告——内部的和外部的。
- 竞争力评价。

收集用顾客的语言表述的顾客需要的清单　要使顾客需要清单在计划新产品中发挥重要的作用，必须将之用顾客所寻求的益处来表达。换句话说，就是要捕捉顾客心中的需要。通过聚焦于顾客所追求的益处而非提供这种益处的手段，设计者就能对顾客的需要和顾客使用产品的方式有更好的理解。用顾客所追求的益处来表达需要可以揭示出改进质量的机会，而只专注于产品特征时往往看不到这些机会。

对顾客需要进行分析并排出优先次序　实际从顾客那里收集到的信息往往范围太大、含糊不清、数量太多，以至于不能直接用于设计产品。为了确保设计确实满足需要，确保设计的时间用在那些真正重要的需要上面，信息的准确含义及优先次序这两方面都必须加以确定。下列活动有助于提供这种精确性和焦点：

- 对内、外部顾客的需要清单加以整理、综合并排出优先次序。
- 确定内、外部顾客的每一个需要的重要性。
- 把每一个需要分解成精确的术语以便识别出相对应的设计要素。
- 将这些需要翻译成提供产品的组织的语言。
- 为每一个需要确定特定的测量指标和测量方法。

分析和整理顾客需要的最佳计划工具之一便是所谓的“质量计划展开表”(quality planning spread sheet)。

质量计划展开表　质量计划会产生大量有用而必要的信息。但若没有一套系

统的方法来整理和分析这些信息，计划团队就会被淹没在信息的海洋里并且错过其所包含的讯息。

计划人员开发了大量的方法用以整理所有这些信息，其中最方便最基本的计划工具便是质量计划展开表。展开表是一个可用于大量场合的用途广泛的工具。在质量计划过程中运用了数种类型的展开表，诸如：

- 顾客需要展开表。
- 需要分析展开表。
- 产品设计展开表。
- 过程设计展开表。
- 过程控制展开表。

除了可以记录信息之外，在分析收集到的数据之间的关系时，在将顾客需要转化为产品特征，进而又转化为过程特征和计划时，这些工具会格外有用。图3—5示出了这一转化过程。对顾客及其需要的分析为设计产品提供了基础，产品设计又形成了过程设计的基础，而过程设计又为控制展开表提供了输入。

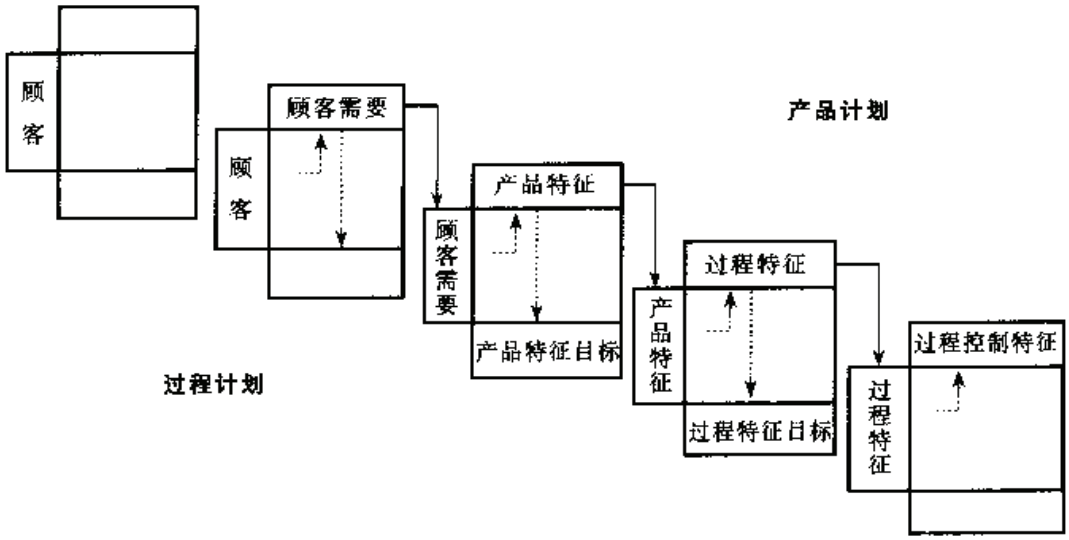


图 3—5 质量计划活动中的展开表

资料来源：Juran Institute, Inc., Copyright 1994. Used by permission.

对大多数计划项目而言，简单的矩阵展开表就足够了。对有些项目来说，更复杂的质量机能展开表非常有助于设计协调的计算。所有这些展开表都是用来辅助质量团队记录并且同时比较许多变量之间的关系的。我们将在计划过程中的适当时机展示一些表格。图3—6给出了表格的一般布局。一般来说，行标题是所分析的对象，如要使之满意的顾客，要满足的需要，等等。列标题是手段，例如若得到满足将能使顾客满意的需要，用以满足需要的产品特征，等等。表格的底行通常包含着对表格顶部的手段的特定衡量目标。表格的表体用符号或者数字表示手段对对象的影响，如，无、中、强、很强。还可以添加其他的列来具体衡量

各行的重要性、基准点等。

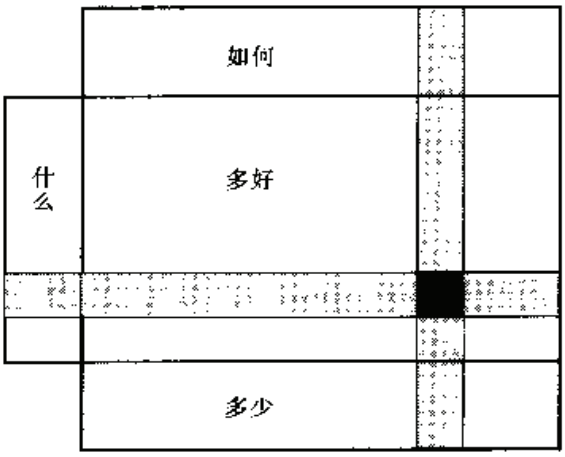


图 3—6　一般性计划展开表

资料来源：Juran Institute, Inc. Copyright 1994. Used by permission.

顾客需要展开表　图 3—7 是一个简单的顾客需要展开表的例子。左边一列按照优先次序列出了所有的内、外部顾客。各列的标题是已经揭示出的各种需要。通过核对或是指定一个重要性，就能够针对满足各项需要的重要性，绘制出一个简单但很能说明问题的图来。所有的产品开发必须在一定的预算内进行。对顾客及其需要排出优先次序，确保了预算用在最重要的方面。

顾客	顾客需要							
	引人入胜	信息量大、文笔优美	醒目的封面标题	稳定的销路	畅销	充足的时间	材料完备	没有最后一刻的改动
读者	●	●	●					
广告客户	●	○	●	●	●			
印刷者						●	●	●
排字工						●	●	●
套色工						●	●	●
报摊	●	○	●	●	●			

图例
● 非常强
○ 强
△ 弱

图 3—7　一本杂志的顾客需要展开表

资料来源：Juran Institute, Inc., Copyright 1994. Used by permission.

精确的顾客需要　一旦必须被满足的需要排出了优先次序，为了以此为依据来设计产品，就必须用足够精确的词语将这些需要描述出来。利用顾客需要展开

表有助于将这一分析综合起来。此时，顾客需要可能是由相对宽泛的期望和比较具体的要求构成的混合物，前者如“容易使用”，后者如“星期六能够利用”。图3—8展示了宽泛的需要（称做“初级”）如何被分解为更为具体的要求（“次级的”、“三级的”等等）。注意这里的初级和次级并不意味着更重要或不太重要，而只是分别意味着不太具体和更具体。每一个需要必须被分解到这样一个程度，即它必须能：(1) 被衡量；(2) 对产品设计作出明确的指导。有些情况下分解两层就足够了，但在另一些情况下，也许需要分解成四层或五层。图3—8展示了涉及一项群体医疗举措的基本需要“便利”是如何加以展开的。

初级需要	次级需要	三级需要
便利	营业时间	下午5:00—9:00及周六一定时间营业
	交通条件	离公共汽车站不超过二个街区，设有足够的停车位
	等候时间短	紧急预约在24小时内 常规预约在14天内 就诊等候不超过15分钟
	有补足性设施	设有药房、实验室

图3—8 一个医疗机构的需要分析展开表

资料来源：Juran Institute, Inc., Copyright 1994. Used by permission.

野马牌汽车的顾客需要 对于野马牌汽车的顾客而言，除了基本的交通之外，下面这些需要是他们认为最重要的需要：

安全
性能
形象
舒适
便利
娱乐
可靠性/可信性
耐久性
使用的低成本
工效学
节省燃料
各种天气下的操作
各种路况下的驾驶质量

将他们的需要翻译成“我们的”语言 所确认的精确的顾客需要可以用几种语言来加以表述：

顾客的语言
供应商（“我们”）的语言
一种普遍的语言

有一句古老的格言说，英国人和美国人被共同的语言分隔开来。共同语言或方言的外表可能会是麻烦的根源，因为双方都相信他们互相理解，并且期望被对方理解。因未认识到的差异导致的沟通失败，会增加进一步的误解，从而使事情更为困难。因此，计划者采取特别的步骤，通过系统的翻译，以确保恰当地理解顾客的需要成为必然。翻译的必要性对内、外部顾客同样适用。许多公司职能部门所采用的行话并不为其他职能部门所理解。

含混的术语尤其会造成翻译的困难，这种情况甚至（常常是特别地）在那些相信讲的是同样的行话的供应商和顾客之间发生。同一个词会有多重的含义。描述性词汇所描述的并不具有技术的精确性。

翻译的帮手　有许多帮手可以用来帮助清除模糊，在语言与行话之间搭起桥梁。最常用的如下所列：

术语表是一个术语及其定义的列表。它是公开发表的对于关键术语的精确含义的共识。它也许会伴随着其他形式的沟通方式，如草图、照片以及录像带等。

样品有许多形式，如实物（例如纺织品样品、色条、录音带）或服务（例如展示良好服务“样本”的录像带，即殷勤有礼、体贴周到等）。它们起到了对产品特征详细说明的作用。它们利用了人类除了识别文字之外的那些感官。

一个专门的组织或许是必要的。由于翻译量的巨大，这一组织专门负责同外部顾客的沟通。一个常见的例子是负责接收客户订单的订单编辑部门。这些订单中的某些要素是以客户的语言表述的。订单编辑部门把这些要素翻译成供应商的语言，如产品代码、供应商的首字母缩略词等等。

标准化在许多成熟的产业中得到了广泛应用，顾客和供应商双方从中得益。标准化的范围扩展到了语言、产品、过程等等。所有组织都利用了对其产品的简短标示，如条形码数、首字母缩略词、单词、短语等等。这种标准化的命名使得与内部顾客的交流十分容易。

测量是纠正模糊不清和歧义的最有效方法。“用数字来表达”是在计划过程中强调测量重要性的第一个环节，但绝不是最后一个环节。质量计划还要求测量产品特征、过程特征、过程能力、控制项目等等。

建立测量单位和测量手段　有效的质量计划必须有顾客与供应商之间的精确沟通。有些重要的信息通过语言就足以传递。然而，一个日益复杂和专业化的社会要求以更高的精度来沟通与质量有关的信息。达到更高精度的最佳方式莫过于当我们用数字说话时。

要实现量化就必须有一个测量系统。这一系统由下述要素构成：

测量单位，它是某个质量特征的一个确定的量值，使得能够用数字对该特征进行评价，例如，评价服务时间的小时、评价电力的千瓦、评价药物的浓度等。

测量手段，亦即测量的方法或仪器，用以实施评价并以测量单位的取值来表达测量结果，例如，钟表示出了时间、温度计测量温度、X射线测量骨骼的密度等。

通过测量顾客的需要，你就建立起了一套判断该需要是否得到了满足的客观的标准。此外，只有借助于测量，你才能回答诸如这样的问题，即我们的质量是更好了还是更坏了？我们与他人比较是否具有竞争性？我们的哪一项业务提供了最佳的质量？我们如何把所有业务都提高到最佳水平上？

产品特征的测量单位 测量的首要任务是针对每一个顾客需要来确定合适的测量单位。对于产品特征来说，我们知道没有一个简单、方便、通用的公式作为诸多测量单位的来源。产品特征的数量及种类非常巨大。实际上，每个产品特征都要求有自己独特的测量单位。最好从询问顾客他们评价产品质量的测量单位是什么开始。如果供应商的测量单位与之不同，就有可能出现顾客不满，此时就需要质量团队提出一个双方都能接受的测量单位。即使顾客并没有一个明显的测量单位，也需要询问他们是如何知道自己的需要是否被满足的。他们的回答也许会带出一个隐含的测量单位。

应用于货品 货品质量特征的测量单位大量使用了“硬的”技术单位。其中一些单位是公众所熟悉的，如用分钟测量时间，用度测量温度，用安培测量电流等。也有许多测量单位只有专家才明白。

货品质量还有一些“软的”方面。食品工艺师需要有关味道、松软度及其他食品特性的测量单位；家具外表必须“美观”；包装必须有“吸引力”。为此类特征开发测量单位要求大量的努力和独创性。

应用于服务 对服务质量的评价包括一些技术性的测量单位。常见的例子是对及时性的评价，用天、小时等单位测量。服务性公司产生的环境污染物（如噪音、辐射等）也同样用技术性测量单位来测量。

服务质量还包括诸如服务人员的殷勤有礼、环境布置、报告的易读性等特征。由于这些特征是由人来判断的，其测量单位（以及相关的测量手段）必须经过顾客意见评审委员会的评判。

理想的测量单位 理想的测量单位的标准总结如下。一个理想的测量单位：

- 是可理解的。
- 为决策提供共同的基础。
- 有助于形成一致的理解。
- 使用经济。
- 与现有的测量手段相容，如果其他标准也能符合的话。

测量抽象事物 某些质量特征看起来独立于物质世界之外。服务质量常常把殷勤有礼作为一个重要的质量特征。即使对于有形物品来说，我们仍然有一些诸如漂亮、味道、香味、感觉或者音调这样的质量特征。从而，我们必须建立测量

此类抽象事物的单位。

处理抽象事物的方法是把其分解为可识别的部分。在这里，顾客再次成为识别这些成分的最佳出发点。例如，宾馆客房的外观肯定是一个质量特征，但它看起来似乎是一个抽象概念。但是，我们可以把这个特征分解成可观察的部分，然后来识别那些共同组成“外观”的成分。比如，地毯上没有污点或暴露出的补丁，清洁的卫生间，台布没有串色并且按一定尺寸折叠了起来，窗户玻璃没有污痕，床单没有褶皱且距地面一定高度，等等。一旦为每一构成要素建立了测量单位，就应该将之概括为一个指标，例如，脏、坏地毯数与宾馆客房总数的比值，丢失台布的客房数与客房总数的比值，或顾客投诉的次数。

建立测量手段　要用数据说话，我们不仅需要一个测量单位，我们还需要根据测量单位来评价质量。进行评价的一个关键要素就是测量手段。

“测量手段”是一个专门的探测装置或测量工具。它用来辨认某种现象的存在及强度，并将感知转化为信息。随后，这些信息将成为决策的输入，因为它能使我们评价实际的表现。

技术仪器是显然的测量手段。人类的感官也是测量手段。某些数据系列的趋势也被用作测量手段。休哈特控制图也是一种测量手段。

测量手段的精确度与准确度　测量手段的“精确度”是对于测量手段在多次重复试验中重现其结果的能力的衡量。对绝大多数技术性测量手段来说，这种再现能力都很高，而且很容易量化。

众多测量手段的另一端点是把人类作为测量手段的情况：巡视人员、审计人员、监督人员和评估人员等。与技术性测量手段相比较，人类测量手段的精度要差得多。从而，计划人员常被告诫，在以这类数据为基础进行决策时，一定要认识到人类感觉所具有的局限性。

测量手段的准确度是指测量手段分辨真相的程度，亦即它对某些现象的评价与可靠标准测定的“真值”相一致的程度。观察值与真值之间的差异就是“误差”，误差有正有负。

对于技术性测量手段而言，通常很容易通过再校准来调整其准确度。一个简单的例子便是钟表。人们根据收音机播出的时间信号来对表。与此相对照，测量手段的精度则很难调整。精度的上限通常取决于测量手段的基本设计。要使精度超过其上限，就必须重新设计。测量手段会由于使用不当、保养不及时等原因而在其能力以下的精度水平上使用。因此，在为每一个需要确定适当的测量手段时，计划人员要考虑制定适当的保养维护计划，同时要有一个对照表将每次检查时要采取的措施列出来。

野马牌汽车顾客需要的翻译与测量　顾客的性能需要这一概括的需要进而又被分解为一系列的细节需要。在性能中包含着所有以下这些详细的、精确的需要：

下线后的性能感受。

开大风门时（WOT）速度由 0 英里/小时到 60 英里/小时所需时间。

WOT 1/4 英里所需时间。

WOT 速度从 40 英里/小时到 60 英里/小时所用时间。

WOT 速度从 30 英里/小时到 70 英里/小时所用时间。

部分打开风门时的响应。

颠簸时座椅感觉，由顾客评审会测量。

竞争产品的性能作为最低的基准。但是，福特公司清楚竞争者也在开发新型车，所以必须进行强化的需要分析。福特公司构造了“如果—将会”的假想情况，由顾客和汽车专家组成专门小组来加以测试。

产品设计展开表 关于顾客需要的翻译和测量的所有信息必须记录下来并加以整理。经验表明，这些数据必须妥善安排，才能在产品设计时随手可得。图 3—9 的例子示出了一些用于产品设计的顾客需要。顾客需要及其翻译和测量均置于表格的左侧。表格的其他部分将在随后讨论。

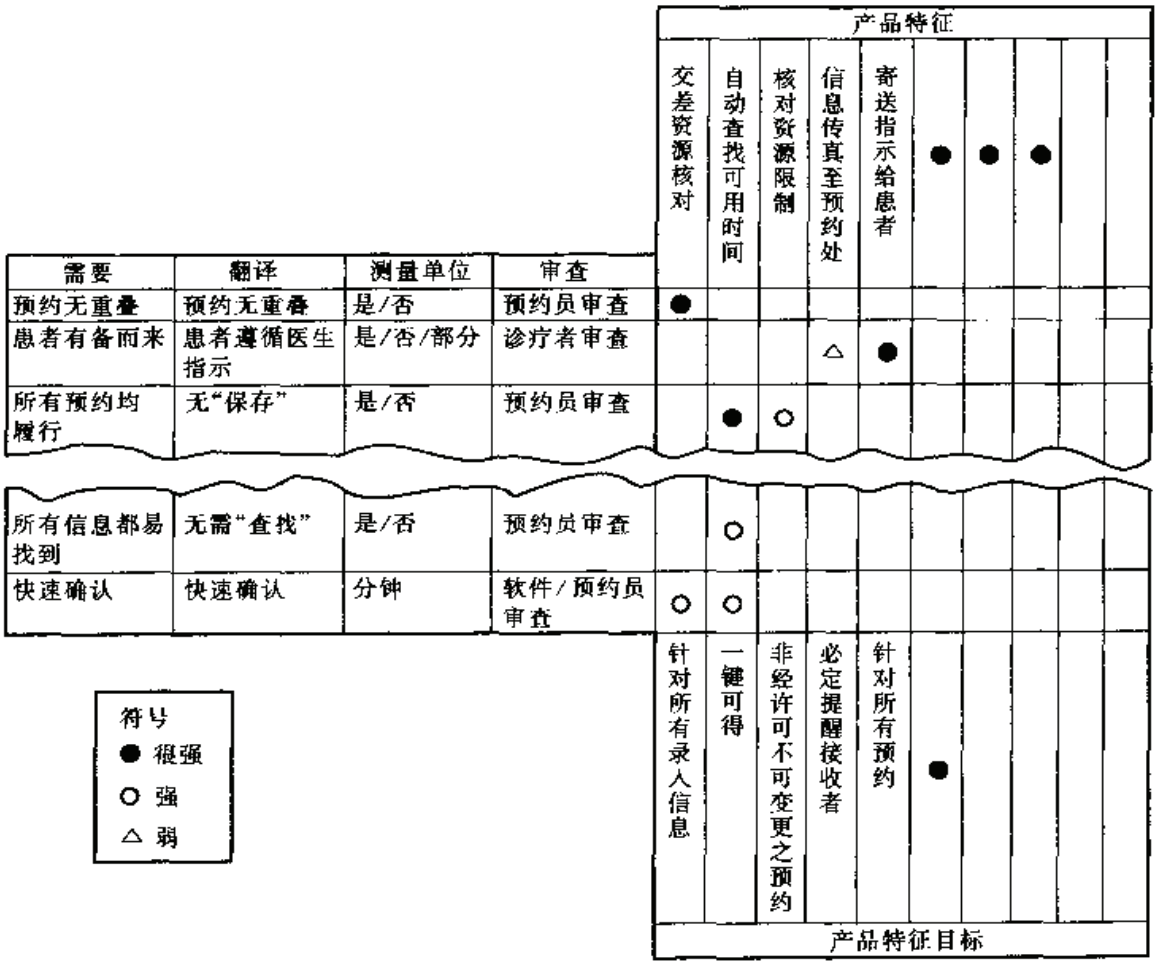


图 3—9 外来患者预约职能的产品设计展开表

资料来源：Juran Institute, Inc. Copyright 1994.

第四步：产品的开发

一旦充分了解了顾客及其需要，我们便可以来设计能够最好地满足这些需要的产品。产品开发对企业而言并非一个新的职能。大多数公司都有一些设计新产品并将之推向市场的过程。在质量计划过程中的这一步骤，我们将集中讨论质量在产品开发中的角色，以及这一角色如何与一个具体产业的开发和设计技术恰当地结合起来。在产品开发中，产品设计是一个基于技术或职能专长之上的创造性过程。

传统的产品设计者都是工程师、系统分析师、营运经理以及许多其他的专业人士。而在质量舞台上，设计者包括任何一个其经验、职位和专长能够给设计过程以贡献的人。产品设计的产出是详细的设计方案、图纸、模型、程序、规格等等。

在这一步骤中，总的质量目标有两个：

1. 确定哪些产品特征和目标将为顾客提供最优的利益。
2. 明确为使设计结果能够无缺陷地交付需要些什么。

在设计服务时，这一活动的范围有时使人迷惑。例如，在提供医疗保健时，诊断与治疗这一产品在哪里结束？实验室检测、图表分析等过程从哪里开始？思考这一区别的一种可行的办法就是认为产品是“面对顾客”的，亦即顾客所看到的和所体验的。病人看到并体验了同医师的相互作用、等待、信息的澄清等等。把血样送到实验室并进行检测的效果和效率会影响这些产品特征，但其本身却是将最终产品交付给顾客的提供过程的特征。

设计有形产品的人们也可以从思考产品设计的范围中受益。请记住，顾客的需要就是顾客想从产品中获得的益处，设计一个消费类电子产品不仅包括盒子本身的内容，还包括安装和使用的说明以及“求助热线”在内。

这一步骤中有六项主要的活动：

- 将相关联的顾客需要加以分组。
- 确定识别产品特征的方法。
- 选定高阶产品特征和目标。
- 开发详细的产品特征和目标。
- 优化产品特征和目标。
- 确定并发布最终的产品设计方案。

将相关联的顾客需要加以分组　绝大多数质量计划项目都会面对大量的顾客需要。在前面各步骤所获数据的基础上，质量团队可以将那些具有相似功能的需要排序并分组。这个活动不需要太多时间，但能为以后节约很多时间。确定优先

次序确保了产品开发的稀缺资源可以最有效地用于那些对顾客最重要的项目。将相关需要加以分组使得计划团队可以“各个击破”，即分成子团队来负责不同部分的设计。当然，这种区分子系统或构成元件的设计方法已经被广泛应用许多年了。或许有所不同的是，这里首先关注的是顾客需要的构成，而不是产品的构成。在这一步骤的稍后的活动中将涉及产品的构成元件设计。

确定识别产品特征的方法 在确认满足顾客需要的最佳产品设计方面，有很多互补的方法。大多数设计项目并不会使用所有的方法。但是，在开始设计前，团队应该针对在自己的设计中将要应用的方法制定一个系统的计划。以下是一些选项。

标高分析 这种方法明确了同业之最，也明确了成为同业之最的方法。细节参见第 12 章“标高分析”的内容。

基础研究 研究的一个方面可以是对产品的一个创新，一个目前市场上不存在或竞争者尚不具备的产品创新。基础研究的另一个方向则是探索产品及产品特征的合理化。这两方面都很重要，但要当心对产品给顾客所提供益处的基本关心被对产品技术能力的迷恋所压倒。

市场试验 在市场上测试所导入的产品特征有助于人们对概念的分析和评估。焦点小组的做法是一项用来测量顾客反应以及确定产品特征是否确实满足顾客需要的技术。有些组织非正式地利用展示会及其他相关会议让顾客测试它们的想法。还有些组织则利用原型产品进行有限的试验性质的销售。

创造性 在开发产品特征时允许人们想像所有的可能性而不受任何限制或先入之见的妨碍。质量计划是一种求证的、结构化的、以数据为基础的满足顾客需要的方法。但这并不意味着它是僵化的、没有创造力的。在质量计划过程中的现时点，必须鼓励参加者在设计备选方案时充分发挥创造性，并提供所需的工具。在他们选出了若干有前途的备选方案之后，他们会利用严格的分析和数据来设计最终产品。

计划团队可以利用个人对世界的观察，即从自己的视角来思考。每个雇员都会潜在地看出其他的行事方法。团队要鼓励人们提出新思想和冒险。团队成员要避免被难倒，或花费太多时间争论一个具体的思路或问题。可以暂时将之放在一边，等到有新思路时再来讨论。在思考顾客的需要或问题时可以采用新的方法，如下所示：

- 改变关键词或短语。例如，将“需要”或“问题”称为“机会”。可以用“在需要时即刻交货”来代替“按时交货”。
- 随机联想。例如，拿一个常见的词，如“苹果”或“马戏团”，然后把你的业务、产品或问题用该词进行描述。比如，“我们的产品就像一个马戏团，因为……”
- 中心思想。把你的思路从一个中心思想上移到另一个上去。例如，把焦

点从产品转移到顾客，可以通过提问“小孩会受到什么样的伤害？如何能避免这种伤害？”而不是问“我们如何能把产品造得更安全一些？”

- 换位思考。用另一个人的观点，你的竞争者、你的顾客的观点来考虑问题，在考虑自己的根据之前先考虑他们的根据。
- 梦想。设想你有一个魔棒，你可以挥动魔棒消除所有达到目标的障碍。那会是一番什么样的景象呢？你将首先做什么？它会怎样改变你的思路？
- 面条原理。当你考虑一个新概念或在回应一个特殊的需要而感到困难时，可以让团队随心所欲地提出新的主意，就像是把一碗面条扔到墙上，看看会粘上些什么。即使是“疯狂的”主意也常能导致可行的解决方案。

在这一时点上，初始的设计决定越简单越好。例如，把收音机面板放在方向盘上的想法会被看做一个高阶的产品特征。它的准确位置、控制方法以及如何作用可以在以后详细分析。随着计划项目的推进，它也许会变成细化产品特征的主要题目。

标准、规定与政策　现在还需要肯定，所有相关的标准、规定与政策已经得到了明确和考虑。有些要求对于具体产品或产品特征只起着指导性的作用，而有些则要求必须如何。这些规定有些来自组织内部，有些则来自联邦、州、地方政府、管制机构或产业协会。在决定最终产品设计的产品特征之前，所有的产品特征及产品特征目标都必须对照这些规定加以分析。

认识到下面这一点很重要，即当产品特征与标准、政策或规定相冲突时，这并不总是放弃的理由。有时，当该特征能够更好地满足顾客需要时，你可以通过努力来使其被接受。特别当涉及的是内部政策时尤其如此。但是，在提出主张时，你必须有恰当的数据支持。

设计准则　作为高水平设计的准备工作之一，设计团队必须就用于评估备选设计方案和设计特征的明确准则达成共识。所有设计必须符合下列的一般性准则：

- 满足顾客的需要。
- 满足供应商和生产者的需要。
- 不输于（或胜过）竞争者。
- 优化顾客和供应商的总成本。

除了以上四个一般性准则，团队成员应对未来选择时所依据的准则达成清楚的共识（如果选择相对复杂，团队就应考虑使用选择矩阵的正式技术）。团队的使命陈述和目标是这些准则的一个来源。团队可能制定的其他类型的准则还包括：

- 特征对需要的影响。
- 所针对需要的相对重要性。
- 其需要受到影响的顾客的相对重要性。

- 所提议特征的可行性和风险。
- 对产品成本的影响。
- 与标高分析所揭示的竞争产品特征的关系。
- 标准、政策、规定、规章等的要求。

在决定如何将设计往下进行时，关于哪些产品特征是对顾客需要的最佳回应，团队还必须考虑很多其他的重要问题。在选择产品特征时，他们需要考虑是否：

- 开发一项全新的功能。
- 用新的特征代替原特征。
- 改善或修改现有的特征。
- 剔除不必要的特征。

福特野马车型面对的法规与标准 联邦机动车辆安全标准（FMVSS）当然是设计任何汽车都必须考虑的。福特公司制定了自己的安全标准，它比联邦规定更为严格，在所有数量标准之上增加了一个显著的安全余量。

高阶产品特征和目标的选定 质量计划的这一阶段将鼓励团队考虑所有可能的产品特征以及每一个特征如何回应顾客的需要。这一活动应该在没有先验假设，即过去什么行或什么不行的限制条件下进行。因为技术或市场发生了变化，先前没能实现的顾客需要或没能解决的顾客问题可能会重新加以考虑。

团队此时应当开始执行其辨识可能的产品特征的计划。应当利用其明确的选择准则来识别出最有可能的产品特征。

图 3—9 所示的产品设计展开图对于这一活动而言是一个非常好的指南。使用展开图的右面部分来决定并整理以下的内容：

- 哪个产品特征用来满足哪项顾客需要。
- 每一项重要的顾客需要至少有一个产品特征来对应。
- 与某个顾客需要有关的所有产品特征的总效果足以满足该需要。
- 每一个产品特征至少能满足一项重要的顾客需要。
- 每一个产品特征对于满足至少一项重要的顾客需要是必需的（即去掉了这个特征将使一项重要需要得不到满足）。

现在团队必须为每一个特征设定目标。用质量术语来说，目标就是所瞄准的质量靶子（如所瞄准的价值和规格界限）。正如前面所讨论过的，目标与质量标准不同，标准是必须遵守的，通常来自外部。标准是一种“要求”，通常决定着产品的一致性或机能方式，但产品特征目标则通常是自愿的和协商的。因此，质量计划过程必须提供既满足质量标准又满足质量目标的手段。

设定产品特征目标的准则 正如所有的目标一样，产品特征目标也必须满足某些准则。虽然设定产品特征目标的准则与第一步中讨论过的设定项目目标的准则略有差异，但还是有许多相似之处。产品特征目标应该符合所有的重要要求：

- 可测量的
- 最适宜的
- 符合法律要求的
- 可理解的
- 可应用的
- 能达到的

产品特征目标的测量　要测量产品特征目标，需要做以下的工作：

- 确定测量单位，如米、秒、天、百分比等等。
- 确定测量方法（即确定测量手段）。
- 设定目标的值。

对顾客需要的测量现在就可以应用了。这两方面的测量会以下列方式之一相联系：

- 测量顾客需要和测量产品特征目标可能会使用相同的单位和测量手段。例如，如果顾客的需要是以用小时来衡量的及时性所表达的，则通常会有一个或多个产品特征也将用小时测量，通过它们的共同效果来满足顾客的需要。
- 对产品特征的测量可以通过某种技术的方式从需要的测量演化而来。例如，运送一定尺寸和重量的货物的顾客需要可以转化为对运输系统的某种工程测量。
- 对产品特征的测量会来自与该产品特征量度有关的顾客行为。例如，汽车制造商为汽车座椅的尺寸与结构开发出了特定的参数，这些参数又可以翻译成顾客评价的“舒适”。

我们现在已经能够测量顾客的需要以及相关的产品特征目标，所以质量计划团队就有可能确保产品设计的漫长历程始终指向满足顾客的需要，即使是在生产样机或进行任何试销之前。

对于大的或复杂的项目来说，开发产品特征的工作经常被分散给许多个人或小组来完成。在所有小组完成其工作后，综合质量计划团队就要对这些结果进行整合。整合包括：

- 当相同的特征被确定为多组时，合并这些产品特征。
- 识别并消除不同小组提出的彼此矛盾和对抗的特征和目标。
- 确认综合起来的设计满足团队设定的准则。

开发详细的产品特征和目标　对于大型和高度复杂的产品来说，为了进行详细的设计，通常必须把产品划分为多个组件甚至子组件。每个组件一般有各自的设计团队，他们将完成下面所讨论的详细设计。为了确保整体设计在满足顾客需要方面保持完整、一致和有效，这些大型、分散的项目就要求：

- 有一个导向的或核心的团队负责总的指导和整合。
- 针对每个组件制定具有定量目标的详细合同。

- 对所有组件进行定期的综合设计评审。
- 在产品设计阶段完成之前进行明确的设计集成。

一旦开发出最初的详细的产品特征和产品特征目标，技术设计人员就要进行初步设计并表达为详尽的规格。在团队能够应用各种质量计划工具优化产品特征模型并最后确定和公布最终产品特征和目标以前，这是必不可少的一步。

经常可以见到，质量计划团队所选的产品特征过于概括，难以对应确切的顾客需要。正如在识别顾客的基本需要时那样，高阶的产品特征应当分解为清楚定义并能够测量的细目。

产品特征与目标的优化 初步设计一经完成，必须加以优化。也就是说，必须对设计加以调整，以便以最低的综合成本满足顾客与供应商双方的需要，并赶上或超过竞争对手。

除非以一种组织化的方式并遵循质量专业技术，否则要取得优化会是一件非常复杂的事情。例如，有许多这样的设计方案，均是由众多变量综合作用来产生某个最终的结果。其中有些设计是经营性的，比如设计一个信息系统，它涉及的是设施、人员、能源、资本等的最佳利用。还有些设计方案是技术性的，涉及硬件的最佳运行。无论是哪种情况，通过应用一定的质量专业技术，就会使优化的进程变得更容易些。

优化涉及对需要的权衡，无论这些需要是跨业公司的还是公司内部的。在理想情况下，优化的实现应该通过供应商和顾客双方的参与。有若干有助于实现优化的技术可供利用。

设计评审 在这个概念下，将会受到产品影响的有关各方被赋予机会在设计的各个不同形成阶段来对之进行评审。这使得他们能够运用他们的经验和专长做出如下贡献：

- 对将来会出现的问题进行早期的预警。
- 提出有助于实现优化的数据。
- 挑战理论和假设。

设计评审可以在新产品开发的不同阶段进行。可用于评审关于顾客需要的结论进而评审产品规格（产品输出的特性）。设计评审还可以在选择最优设计方案时进行。典型的设计评审的特征如下：

- 参与是强制的。
- 评审由计划团队以外的专家进行。
- 进行变更的最终决策权在计划团队手中。
- 评审是正式的、有计划的，按日程进行。
- 评审以明确的准则及预定的参数为基础。
- 评审可以在项目的不同阶段进行。

良好设计评审的规则包括：

- 对评审的日程和文件进行充分的预先计划。
- 清楚规定的会议结构和角色。
- 部门间冲突的预先识别。
- 重点在于建设性的而非批评性的投入。
- 评审期间避免竞争性的设计。
- 评审的时刻和日程要具有现实性。
- 为评审提供充分的技能与资源。
- 讨论要聚焦于未试过的/未经证实的设计思想。
- 管理当局指导下的参与。

共同计划　计划团队应该包括所有那些同产品设计结果有关联的人员以及对产品设计非常熟悉的人员。从这种意义上而言，是整个团队，而不仅仅是产品设计者，对最终设计负有责任。

有组织的协商　顾客与供应商受到强有力的局部力量的拖拽，从而使得达不到最优结果的情况极易发生。为了保证这些协商会议能够以尽可能高的效率进行，在会议之前最好制定一些基本的规则。以下是一些例子：

- 为了实现共同的目标，团队应该以一种合作的精神而非竞争来主导。
- 观念的差异是有益的，有可能导致更有效率和更有效果的解决方案。
- 每个人都应该有机会献计献策，每一个点子都应予以考虑。
- 每个人的意见都应不被打断地倾听和尊重。
- 避免变得个人化；从两方面来看每一个点子，在挑剔缺点之前，先看优点。
- 挑战臆测，尊重事实。
- 讨论陷于困境时，在继续讨论分歧之前，先退回一步明确已经达成的一致。
- 达不成一致的问题应当暂时搁置，以后再回来讨论。

创造新的选择　计划团队常常采用历史上是怎样做的来看待一个产品设计。优化活动则使得团队能够以新视角看待产品并创造新的选择。以下是一些常见的优化设计的质量工具：

竞争分析是与竞争产品进行的逐一特征的比较。（参看随后的例子。）

销售分析评估哪些产品特征会刺激顾客的购买意愿，顾客愿意支付的价格如何。（参看随后的例子。）

价值分析不仅计算某个产品特征的增量成本，而且还计算满足特定的顾客需要的成本，并且比较备选方案的成本。（参看随后的例子。）

临界分析识别设计中易受损的“关键的少数”特征，以便得到优先的注意和资源。

故障模式和影响分析（FMEA）计算某一特定故障的概率带来的综合影响，该故障的作用，以及该故障可被探测和纠正的概率，从而建立起一个有

关故障预防对策的设计优先序列。(参见第19章中的可靠性分析。)

故障树分析是预防措施设计的一种辅助工具，它是通过追踪所有会导致某一特定失效的可能原因组合来进行的。(参见第19章“研究开发质量”中的可靠性分析；以及第48章。)

面向制造和装配的设计要对制造过程中问题的复杂性和可能性加以评估，以使装配尽可能简单和无故障。可维护性设计对于特定设计在使用寿命期间维护的便利性和成本进行评估。

竞争分析 图3—10是竞争分析如何进行的一个例子。竞争分析的数据可以是不同方法所获数据的综合，如对竞争者产品的实验室分析，对这些产品的现场试验，或者对那些愿意并正在使用竞争者产品的顾客进行深度访谈和现场观察。

产品特征与目标	比较有无某一产品特征			特征性能与目标的对照			辨识是否为重大风险或机会
	产品A	产品B	我们的产品	产品A	产品B	我们的产品	
可从所有音频电话机上方便地获取留言	是	是	是	4	5	4	—
可远程更改留言	是	否	是	3	—	5	机会
2线路内置	否	否	是	—	—	4	机会
竞争者产品具有而我们的产品所不具有的附加特征	比较有无某一产品特征			特征性能与目标的对照			辨识是否为重大风险或机会
	产品A	产品B	我们的产品	产品A	产品B	我们的产品	
无磁带留言	是	是		4	—		风险
电话与应答机一体化	是	是		3	4		风险

图3—10 竞争分析

资料来源：Juran Institute, Inc., Copyright 1994. Used by permission.

要注意，通过对这一分析的评审，计划团队可以识别出设计中存在的不敌竞争者的那些部分，以及团队开发出的具有优势的部分。基于这一分析，团队就需要作出是否升级产品的优化抉择。在进行这些抉择时团队也许要用到价值分析。

销售分析 图3—11是一个销售分析的例子。这一分析与竞争分析类似，不同之处在于参照点是顾客对所提议设计的反应，而非同竞争者的设计特征的比较。但要注意的是，竞争分析和销售分析的要素可以结合起来，即在销售分析中加入顾客对所提议新设计与现有竞争者设计所进行的评价。

有着多个选装特征和选装结构的复杂产品，如汽车，为销售评价提供了独特的机会。通过对本公司的现车型与竞争者车型选装件安装率的观察，可以了解到对于该特征的市场需求水平以及某些细分市场愿意为该特征付出的附加价格的信息，虽然其他细分市场会认为该特征没有或只有很低的价值。

产品名称 汽车维修服务——调节	顾客如何评价产品？ 差 尚可 满意 良好 优秀	评价根据以前的使用与当前的看法	顾客如何看我们的产品同竞争者产品的差异？	若价格因素并不重要，顾客是否购买？	若价格因素重要，顾客是否购买？		以下产品中顾客选购的优先次序及选购的依据	辨识是否为显著的风险或机会
我们	优秀	曾使用		是	$175	是	2－特征	
竞争者 A	良好	认为	优于	否	$145	是	3－价格	机会
竞争者 B	优秀	曾使用	无差异	是	$175	是	1－特征	风险

产品名称 报修车辆的取送 产品特征目标 当日服务	顾客如何评价产品？ 差 尚可 满意 良好 优秀	评价根据以前的使用与当前的看法	顾客如何看我们的产品特征与竞争产品特征间的差异？ 优于(＋) 不如(－) 无差异	增加的特征是否使产品： 更好销 更不好销 无差异	辨识是否为显著的风险或机会
我们——提供	良好	曾使用		机会	
竞争者 A——未提供	满意	认为	＋		机会
竞争者 B——提供同时还向顾客提供租车服务	优秀	曾使用		＋	风险

图 3—11　汽车维修服务的销售能力分析

资料来源：Juran Institute, Inc., Copyright 1994. Used by permission.

价值分析　价值分析不仅在结构设计和定制（custom-engineered）产品的开发中有着普遍的应用，同样也可以在其他环境下成功应用，如图 3—12 所示。通过对满足不同顾客需要的成本进行比较，设计团队能够作出许多重要的优化决策。如果满足次要需要的成本很高，团队就必须探索变通的方案，若该产品对价格高度敏感，甚至可以考虑干脆不加理会。若是非常重要却没什么花费的需要，团队就要确认该需要是否已经得到了充分而完整的满足。虽然优先度高的需要支出的费用较低并不一定就不合适，但它确实可以提醒设计者注意，避免将那些本来能够用于重要需要的资源用到了次要需要上。以牺牲产品基本功能和性能为代价来使产品“画蛇添足”的情况并非少见。

野马牌汽车的性能特征　设计理想的动力车重比以满足顾客对性能的需要，这是野马车型性能设计中的一个主要挑战。像大多数同类比率那样，该比率可以通过要么减轻车重要么增加动力来得到改善。但要注意的是，车重还会影响到燃料的经济性。

在车重、动力和燃料经济性之间的设计权衡，不仅涉及详细的工程计算，而且涉及对顾客的反应以及公司各部门不同意见的谨慎评价。要实现一个既满足顾客需要同时又符合设计原理的最终设计方案，除了数据之外还必须有强有力的项

目领导能力。

产品:店前产前诊所

顾客需要（依优先次序列出）	产品特征与目标						满足需要的成本
	由护士处理的就诊，每周5天	执业产科医生接诊，每周2天	社工，每周5天	营养顾问，每周5天	现场计费职员为符合条件的患者办理医疗补助保险	现场实验室1小时内出结果	
方便利用	60 000	30 000	10 000	10 000	20 000	40 000	170 000
对职员的信任		70 000	10 000	15 000			95 000
费用合理						25 000	25 000
灵敏性			5 000	5 000			20 000
明白的选择			15 000	15 000			20 000
每种特征的成本	60 000	100 000	40 000	45 000	20 000	65 000	330 000

图3—12 产前诊所的价值分析

资料来源：Juran Institute, Inc., Copyright 1994. Used by permission.

最终产品设计的确定和发布 设计方案经过优化和测试后，就该选定最终设计方案的产品特征和目标了。这也是通过各种形式的文件将产品开发结果正式传往其他职能部门的阶段。这些文件包括有关产品特征及产品特征目标的规格，各种展开表和其他辅助文件。各种口头或书面的指示对之构成了补充。为了完成这一活动，团队必须首先确定产品特征和产品特征目标的批准与发布的过程。产品设计中除了产品特征与产品特征目标外，还应包括那些与最终的产品设计相关的程序、规格、流程图以及各种展开表。试验、现场测试、样机以及其他必要环节的结果要通过验收。如果一个组织已经有了一套批准产品特征目标的过程，还应当根据最新的经验进行重新的审查。要提出这样一些问题，如该批准过程是否保证了来自内、外部关键顾客的输入？是否有利于设计的优化？如果尚没有现成的产品特征目标批准程序，那么现在就应该开始着手制定一个程序。

第五步：过程的开发

一旦产品开发完毕，就有必要确定通过何种方法在一个连续的基础上创造并提供产品。这些方法统称为“过程”。“过程开发”是确定操作人员据以满足产品质量目标的具体方法的一系列活动。与此有关的一些概念包括：

- 子过程：大的过程可以分解为较小的单位以便过程的开发与操作。
- 活动：过程或子过程中的步骤。
- 作业：实施一个活动的详细的逐步描述。

为了使得过程有效，该过程必须是目标导向的，具有具体的可衡量的结果；过程必须是系统化的，活动和作业的序列得到了充分而明确的定义，所有的投入和产出得到了明确的规定；过程必须具有相应的能力，即能够在运作条件下满足产品的质量目标；必须是正当化的，其运作具有明确的职权和职责。

过程的开发所包括的 11 项主要活动是：

- 评审产品目标。
- 确认运作条件。
- 收集备选过程的已知信息。
- 选择总体过程设计。
- 识别过程特征和目标。
- 识别详细的过程特征和目标。
- 针对关键因素及人为差错的设计。
- 优化过程特征和目标。
- 确立过程能力。
- 确定和发布最终过程特征和目标。
- 确定并公布最终的过程设计。

评审产品目标　理想情况下，这一评审应当会比较简单。有关各方在以前的阶段对于产品质量目标已经进行了确认。但在许多公司，产品和过程的设计常常是由不同团队来进行的。彼此对于对方的活动并没有真正的参与，从而难以获得双方都期望产出的结果。参与的缺乏通常会减少备择设计方案的数目，这些备择方案在早期阶段很容易获得，但到后期却变得非常的困难和昂贵。此外，设定产品目标的人员对于自己的决策有着既得的权益，会对过程设计团队提出的变更产品设计的建议表现出文化上的抵制。如果产品和过程设计是由不同的团队完成的，那么对产品质量目标的评审和确认就绝对是必需的。

对于产品质量目标的评审确保了这些目标能被同过程设计最为密切的人员所理解。评审有助于实现优化。过程设计者能够给产品设计者提供一些有关实现质量目标的成本的现实性。这一评审过程应该为质疑昂贵的产品目标提供一条正当而畅通无阻的途径。

确认运作条件　要实现对运作条件的理解，必须进行多方面的调查。

用户对过程的理解　这里的“用户”指那些对于实现产品目标的过程有所贡献的人们，或那些使用过程以满足自己需要的人们。用户部分上由内部顾客（组织单位或人）组成，这些内部顾客负责运行过程以实现质量目标。操作者或是其他类型的工人便是用户。过程计划人员需要了解这些人们如何理解他们所要做的工作。过程设计必须适应他们的理解水平，或者能够改善他们的理解水平。

过程将如何被使用　设计者当然清楚他们所开发过程的预期用途。然而，他们未必清楚最终用户是如何实际使用（或误用）的。设计者可以依靠自己的经验

推测，但通常还须用直接观察和与有关人员的面谈来加以补充。

使用环境 计划人员非常清楚他们的设计必须考虑环境，环境会影响过程的绩效。具体的有形过程的设计者通常会考虑诸如温度、振动、噪音水平等环境因素。那些严重依赖人的反应的计划者，特别是在服务领域里，在过程设计中应当考虑环境对人的绩效的影响。例如，一个设计处理顾客询问过程的团队，应当考虑到环境压力对于顾客服务代表绩效的影响。这些压力可能会来自大量的顾客投诉、粗鲁的顾客、缺乏当前的产品信息等。

收集备选过程的已知信息 一旦清楚了目标和环境，计划团队就需要得到关于备选过程的可靠信息，以满足预期环境下的那些目标。

过程构架 计划人员应当了解一些最概括的具有一定特征的基本过程构架。“过程构架”是一个把过程结合或支撑在一起的耦合结构。这个结构支持着货品的生产或服务的提供。某一特定构架的选定，也会对产品生产的方式以及组织响应顾客需要的能力产生深刻的影响。图 3—13 是对此的示意。

自主部门 “自主过程”定义为通常由一个部门或一个单一的群体所实施的一组相关的活动。在这种过程形式下，部门或群体从供应商处接受诸如原材料、配件、信息或数据这样的投入，然后将之转化为完成了的产品和服务，所有这些都是在一个单独的自我完结的部门中完成的。

自主过程的例子如自己开业的专业人士，如医生、咨询人员或手艺人等。金融机构中的贷款批准部门亦是如此。制造业中的一个典型例子就是工具间。它从工具钢和加工图开始，生产出制造车间使用的冲头、冲模、夹具和量具。尽管我们把这类过程构架称为“自主的”，但来自外部的其他过程的产出或提供物作为这一过程的投入仍然是必需的。例如，开业医生会从供应站、医药公司等处购买设备和材料。

装配树 “装配树”是一个熟悉的过程，它把若干子过程的输出组合了起来。多数这些子过程都是同时运行的，它们或者是最终装配所必需的，或者是在过程的末端获得一个最终结果。这种类型的过程构架在大型的机械产业和电子产业得到了广泛的应用，如生产汽车、家电、电子仪器等的场合。它在医院的许多过程中也有应用，如手术室中做外科手术的场合。树的枝或叶代表大量的供货者或内部制造零配件的部门。零件本身的组装进而再由其他的部门完成。

在办公室，某些数据收集与汇总的过程也表现出了装配树的特征。编制主要的会计报表（如资产负债表、盈亏表）要求将许多零散数据逐步汇总，最后转化为综合的报告。无论是在跨职能的层次还是在部门层次，装配树设计都得到了应用。在大的作业中，职能专业人员事实上是不可或缺的，他们在各种跨职能层次上贡献出不同的输出。预算过程便是一个例子。虽然在大的部门过程中并未强制使用职能专业人员，但事实上却常常如此。这可以从设计部门得到证实，在那里，许多设计工程师分别设计一个项目的各种图纸，最后汇总成总的设计。

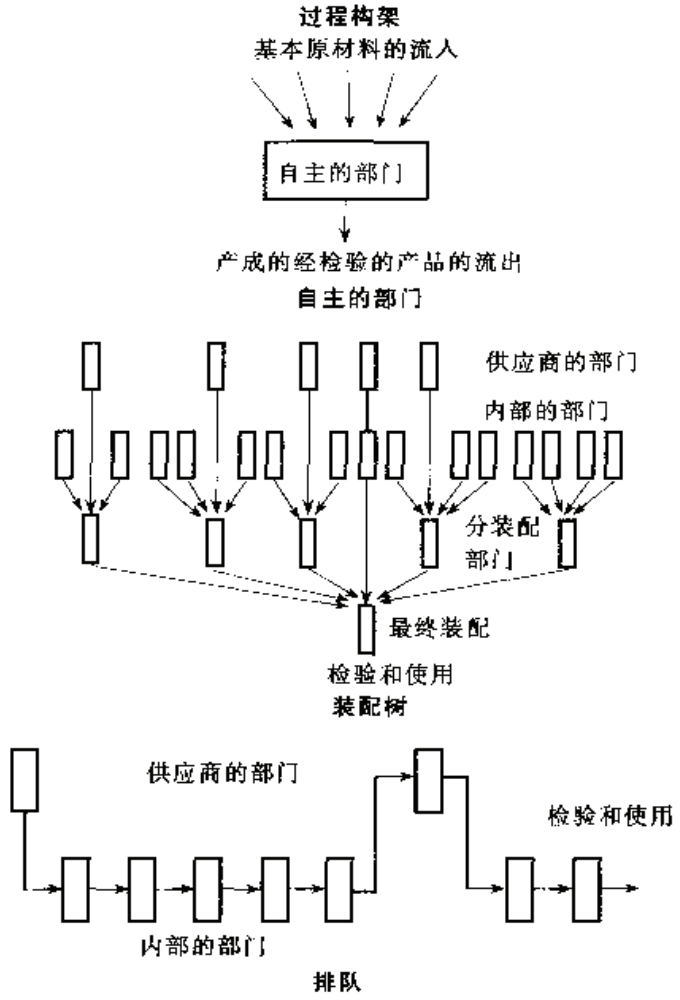


图 3—13　过程构架

资料来源：Juran Institute, Inc., Copyright 1994. Used by permission.

排队　“排队过程”是另一种熟悉的形式，它应用一种顺序的处理方法作为过程的基础。它与装配树不同，装配树中的许多活动是同时进行的。排队方式倾向于一种更为线性的方法，低阶过程是顺序进行的。它要求某些活动必须在其他一些活动开始之前完成，因为每一子过程的输出构成了后续子过程的输入。

选择过程构架的意图在于确定过程的总体结构或框架，这些过程生产出了产品特征并实现着产品特征目标。选择了一个过程构架并不一定就意味着团队在整个系统中只能应用同一个框架。恰恰相反，团队可以选择装配树过程作为整体系统的结构，但在职能部门或独立单位中，应用自主的和排队的构架的组合作为子过程的基础。

过程质量管理　许多计划人员越来越多地在其主要过程中应用称为“过程质量管理”的第四种管理形式，这是一种不大传统的形式。之所以出现这种新的管理形式，是因为人们日益认识到当今企业的许多目标越来越依赖于大型的、复杂的、跨职能的业务过程。过程质量管理强调如果一个组织要维持或扩大其业务，

有许多关键性过程对它是决定性的（详见第6章“过程管理”）。

过程的测量 在选择一个具体的过程设计方案时，计划团队需要获得备选设计方案的效果与效率的信息，包括：

- 缺陷率。
- 周期时间。
- 单位成本。
- 产出率。

为了获得所需数据，计划者必须应用很多不同的方法，包括：

- 分析现过程。
- 分析相似的或有关的过程。
- 测试备选过程。
- 分析新技术。
- 从顾客处获取信息。
- 模拟和预估。
- 标高分析。

选择总体过程设计 正如产品设计从高阶描述进而扩展到细节一样，过程设计也应当始于用一个高阶的流程图来描述总体过程的流向。从这样一个图出发，可以确定子过程和主要的活动，这些子过程和活动进而又可以在一个更加详细的层次上加以设计。在开发高阶流程以及以后的细节时，团队应确保其符合以下准则：

- 将会实现产品的质量目标。
- 落实关键性分析、FMEA和故障树分析的对策。
- 符合项目目标的要求。
- 可以支持实际的，而不仅仅是预期的用途。
- 在资源消耗方面是有效的。
- 不比预期要求更高的投资。

有些过程设计基本上是重复现有的设计，还有一些则是重新的或“原创的”再设计，大多数有效的过程再设计都是可靠的现有过程与部分的显著变更的结合。过程的某一部分是否应当原样采用，或是要进行一些改进，或用一种完全不同的方法来代替，都应当遵循上述准则作出决定。

应用在产品开发部分讨论过的同样一些技术，尽可能创造性地思维，这就是过程设计的要点所在。考虑一下完全不同的过程构架的影响。哪种方式能使顾客得到更好的服务？是常备的含有多专业的单位，还是按需提供的高度专业化的专家职能？哪种方式最有可能减少不良？如何能够显著地削减运转周期时间？有无一种新技术能够让我们采取完全不同的方式？我们能否开发出这样一种技术？

一旦完成了高阶的流程，则流程图中的每一项活动和决策都要求转化为规格文件，其中要包含下列内容：

- 输入
- 输出
- 输出的目标
- 运转周期时间
- 成本
- 输入转化为输出的综合描述

对这些因素的明确规定使得随后划分详细设计的工作成为可能，并确信最终设计将会一致而协调。

在初步的新过程流完成后，就应该对改进的机会加以评审，例如：

- 消除导致返工的错误源。
- 消除或减少冗余的子过程、活动或作业。
- 减少传递次数。
- 缩短运转周期时间。
- 替换那些输出有缺陷的任务、活动或过程。
- 修正过程中的顺序问题以减少活动或返工的数量。

过程设计的继承　对每一个子过程或主要活动来说，必须肯定地回答下列问题之一：

如果这是一个继承设计，过程能够满足产品质量目标吗？

如果这是一个全新设计，我们能否证实它在满足产品质量目标方面至少不会更差，而同时还能保持或改进成本和运转周期时间？

对所选过程加以测试　成功设计的一个关键因素就是把从测试产品、产品特征、总体过程以及子过程中得到的经验结合进设计中，保证它们满足质量目标。测试应该贯穿于整个质量计划过程，以便在移交到运作阶段之前能够变更、修正和改进。为分析和评价总体过程和子过程的各种备择设计方案，测试要在各种各样的时点上进行。

在过程全面实施之前测试其效率与效果，存在着多种选择。包括以下方法：

- 试运行测试。试运行测试指针对一个小的规模或一小部分来对整个过程进行测试。接受测试的部分将因过程本身而变化。测试可限于某个场所、部门或职能。
- 模块测试。有时不可能一次测试整个过程，但有可能分别测试过程的关键部分。模块测试就是对过程的单个组成部分的测试。通常，某些子过程的产出影响着其他过程的运行效率和效果。从而需要对这些关键过程本身加以测试，以分离出可能的问题并加以改进。
- 模拟。这种设计技术观察并操纵一个代表真实过程的数学或物理模型，因为由于技术或经济的原因不可能对真实过程进行直接的测试。可以用不同的情形进行测试，以考察在不同的条件、输入以及最坏状况下的过程表现。
- 试操作。对新过程的预演，由计划团队来充当过程中的主要操作角色。

这是一种运作条件下的过程测试。目的只是测试过程。所产生的产品并不送给顾客。通常团队过于陷入设计中，以致看不到各不同部分实际上是如何配合的。试操作使团队在进行其他试验前或在过程移入运作前，最后有机会从理性的立场来观察过程能否按照设计工作。

• 接收测试。这是一种在诸如计算机系统这样的复杂系统中常见的高度结构化的测试形式。测试方案由一个与所测试过程无关的专门团队设计。在测试方案中设定了适当的环境条件、输入、相关的干扰以及操作条件。测试重在考察使过程可能失败的重要的功能特征以及其他特征。有些情况下，测试必须使新过程在实际运作条件下，在将来的实际操作人员的操作下来进行，如果他们是计划团队以外的人员的话。团队也许还没有了解操作条件下的问题；也许还有意料之外无法克服的问题或阻力。没有这种测试，这些因素可能会导致造成重大损失的错误。因此，在这种情况下，真实条件下的验收测试就是非常必要的。

• 比较或标高分析。组织内、外部的其他单位也许已经使用着一个与所设计过程相似的过程。通过与已有的类似过程相比较能够确证所设计的新过程。

测试限制 所有测试都有一些限制存在。下面是一些常见的应该理解并重视的限制。

运作条件的差异。试操作和模块测试有着显著不同的运作条件。即使是试运行测试和标高分析也在某些细节上区别于实际情况。测试条件与大规模应用条件之间存在着以下一些普遍的差异：

- 操作过程的人员。
- 过程的顾客。
- 极端值与不寻常的条件。
- 与组织的其他过程和其他部分间的交互作用。

规模的差异。特别是对于关键性失效，如设备事故，失去关键人员，或任何其他潜在的失效，如外科手术过程中的并发症等，测试也许不足以使这些罕见的失效肯定发生。

文化阻力。对测试的文化反应不同于对永久变化的反应。这种反应可能多多少少会比满负荷运转有利一些。测试也许会很好，因为缺少真实情况下的文化作用；也许会差一些，因为参加者没有像在“实际”工作中那样赋予测试以同样的注意。

其他影响。有时设计一个新过程或者重新设计现过程会造成或加剧其他过程的问题。例如，住房贷款审批过程中高峰时间的改变可能会给结账部门带来工作的积压。这种过程间的相互作用在孤立的测试中可能不会发生。

识别过程特征和目标 “过程特征”是指创造产品、提供服务以及实现满足顾客需要的产品特征目标所必需的任何特性和属性。“过程目标”是指一个过程特征的数量指标。

产品特征回答了“我们需要具有什么样特性的产品来满足顾客的需要”这一问题，过程特征回答的问题则是“我们需要什么样的机制来持续并无缺陷地创造和提供这些特性（并符合质量目标）”。总的来说，过程特征定义了过程。这些特征和目标中的许多，但并非全部，来自流程图。

随着过程设计从宏观水平进入到细节，就会浮现出一长列具体的过程特征。每个过程特征针对着生产一个或多个产品特征。例如：

- 开具发票要求的一个过程特征是能够进行算术运算，这样才能给出准确信息。
- 生产齿轮要求的一个过程特征是能够给齿轮毛胚准确地打孔。
- 通过电话销售信用卡要求的一个过程特征是能够准确地收集顾客信息。

大部分过程特征都会归入下列的某个类别：

- 程序——遵循规则的固定顺序的一系列步骤。
- 方法——对一系列作业、活动或程序的有序安排。
- 设备和物资——过程的运行所需要的“物质”设施和其他有形货品。
- 原料——有形的要素、数据、事实、数字或信息（这些与设备和物资一道组成所要求的输入以及被加工对象）。
- 人员——个人的数目，要求他们具备技能并完成目标和任务。
- 培训——完成过程所需的技能和知识。
- 其他资源——可能需要的附加的资源。
- 支持过程——可以包括秘书支持，偶然的其他支持，诸如外部打印服务，复印服务，临时帮助，等等。

正如产品设计一样，如果把过程特征和目标整理到一个展开表中，用以示意该过程是如何提供产品特征与目标的，过程设计会更易管理和优化。图 3—14 给出了这样一个展开表。

		过程特征			
产品特征	产品特征目标	浇灌能力	小组规模	经认证的材料	预估完工所需用时
完成任务时间	100%低于 1 个小时	○	●		●
有保证的约定时间	99%的工作在约定时间的 15 分钟以内				●
所有材料对环境都是完全的	全部天然材料无合成物			●	
		每分钟 10 加仑	每 1 万平方英尺 1 人	100%农业部批准	预估时间误差小于 10%
		过程特征目标			

图例
● 特强
○ 强
△ 弱

图 3—14　草坪养护服务的过程设计展开表

资料来源：Juran Institute, Inc., Copyright 1994. Used by permission.

这一展开表不仅是对过程的关键属性的方便的总结，它还有助于回答有效的过程设计所必需的两个关键问题。首先，该过程能实现每一个产品特征和目标吗？其次，每个过程特征对于至少一个产品特征是必不可少的吗？也就是说，有没有不必要的或冗余的过程特征？还有，确证了的其他产品的过程特征不能适用于本产品产生同样的作用。

通常，高阶的过程设计会辨识出公司范围的宏观过程所要求的特征和目标。这方面的例子如采购过程的周期时间、财务系统的具体数据、新技能的培训等。由于所设计的新过程将依赖于这些宏观过程的支持，在这一时点必须确认它们能够满足目标要求。如果不能，这些宏观过程就需要作为过程设计的一部分加以改进，或者由一种其他的方法来取代。

识别详细的过程特征和目标 大多数情况下，由单个的子团队来实施子过程和主要活动的详细设计将是最有效的。这些详细设计将以过程特征和目标作为其目标和准则。每一个子过程团队将把设计进行到这样一个层次，在此层次上，可以制定标准操作程序，编制软件，生产或购买设备以及采购原材料。

针对关键因素及人为差错的设计 过程设计的一个重要要素便是确定关键因素对设计的影响。“关键因素”是那些对人类生命、健康以及环境有严重危险或会招致重大经济损失的方面。此类因素的一些例子涉及大规模的作业，如机场交通控制系统、巨型建筑项目、医院患者看护系统，甚至管理股票市场的过程。对这类因素的计划显然应当包括充足的安全措施，诸如结构集成、自动防故障装置、冗余系统、多重警告等等。在这一阶段，临界分析和失效模式与影响分析（见第 19 章）对于识别那些需要特别注意的因素是很有帮助的工具。

员工在实施特定的作业和活动时，其能力会有很大的差异。有些员工干得很好，而另一些则干得不那么好。所有员工都毫无例外的一点就是，他们是人类大家庭的一部分，而人是容易犯错误的。总的来说，人为的差错大到了这样一个程度，要求过程设计必须提供减少和控制人为差错的手段。首先要对人为差错的数据进行分析，然后应用帕累托原理。关键的少数错误的类型将成为具体的过程设计需要考虑的内容。过程设计能够处理的人为差错分为以下的主要类别：

- 由于缺乏特定的所需技能引起的技术差错。
- 因缺乏反馈而加重的差错。
- 由于人们无法永远维持在一个注意力良好的状态而引起的差错。

技术差错 在特定的质量要求下，有些员工总是比他人做得更好。其原因是他们拥有某种特殊的“窍门”。在这种情况下，设计者应该观察工人们各自所用的方法，以发现其差异。这些差异通常就包含着窍门，方法中的细微不同会产生绩效上的很大差距。一旦发现了窍门，过程设计者就可以将之包括在技术之中。或者说，可以把窍门引入员工的培训项目，这样，所有的员工都会被带到最好水平。

缺少及时反馈 设计人的作业时一个有用的原理就是及时给员工提供反馈，

这样工作绩效就可以向员工传达有关工作的信息。例如，在控制面板前工作的工人按了一个开关，就接收到三个反馈：感受到开关手柄的形状，听到开关的啪答声，看到一定色彩和形状的发光景象。若这类反馈是自我控制的一部分，工人就能修正其工作状况以保证过程符合质量目标要求。

人的疏忽错误 有一种设计人类工作的方法是要求人的注意力作为完成工作的先决条件，也就是说，除非该人全神贯注并不考虑其他事情，否则就无法完成该工作。属于这类情况的一个普遍例子是对文件、产品或无论什么东西的检查。人工的检查可以以两种截然不同的方式进行：

通过被动的行为。如听、看、读。这些是最典型的易受注意力影响的行为。另外，这类行为不留下痕迹。我们没有办法知道该人是真的注意了还是处于走神状态。例如，一个随装配线移动以视觉检查产品的人或正在校对一份报告的人会变得疲劳。他们很容易在短时间内走神，从而会错过一个缺陷或者未能注意到有一列数字加得不正确。

通过主动的行为。如操作一个键盘、写作、拼读。如果将注意力集中于手边的任务并且心无旁骛，此类行为便无法进行。这些主动行为还会留下痕迹。因此，比起被动式检查，这类行为不易犯错误。这方面的例子如，一个工人必须把电压表的触头接到电路板上以测其电阻，或者血库的技术人员重新检测每份血样以确认血型。

人的疏忽及其他类型的差错还可以通过“防误措施”来减少，这意味着建立某种过程以使差错不可能发生或不容易发生。

防误的原理 研究表明防误方法有多种不同的分类，如下所述：

- 消除。即改变技术以消除有错误倾向的操作。例如，在某些原材料搬运操作中，要求工人在吊绳与产品之间插入一个保护垫，以使绳子不致损坏产品。换用一根尼龙带来吊装的话就构成了消除。
- 替换。这种方法保留了有错误倾向的操作，但是用非人类操作者代替了工人。例如，工人可能会在装配中安装错误的元件。一个设计合适的机器人可以避免此类错误。非人类的操作，只要它们维护恰当，就不会发生疏忽的错误，它们不会疲倦，不会失去记忆，等等。
- 易化。在这种方法中，有错误倾向的操作被保留，工人也被保留。但是提供给工人一种减少出错倾向的方法。零部件的彩色编码就是一个例子。
- 探测。这种方法对于防止差错的发生无济于事。它只是在最早阶段发现错误，从而将损失降到最低程度。一个常见的例子是在过程的各步骤之间进行自动检测。
- 缓解。这种方法也无助于防止差错的发生。但是，它给出了避免严重损害的手段。一个普遍的例子是利用保险丝来避免损害电器设备。

优化过程特征和目标 在计划人员已经考虑了关键因素，并从减少人为差错

的角度修改过计划之后，随后的活动首先是对子过程设计的优化，然后就是对总过程设计的优化。在第四步的产品开发中，已经引入了优化的概念。优化产品特征和产品特征目标的活动同样也适用于过程计划。优化既应用于总体过程的设计，也应用于单个子过程的设计。

确立过程能力 在一个过程开始运行前，必须证实它能够满足质量目标的要求。确立过程能力的概念和方法将在第 22 章“运营”中的“过程能力：概念”里详细讨论。任何一个计划项目必须衡量其过程相对于主要质量目标的能力。如果达不到过程能力，在过程投入运行前就应该对过程能力不足的根本原因进行系统的诊断，并通过过程改进来消除这些根本原因。

缩减运转周期时间 过程能力与过程满足顾客需要的有效性相联系。有一组特别类型的需要与子过程的运转周期时间有关，所谓运转周期时间就是从过程的开始到结束所经过的全部时间。缩减运转周期时间对于许多组织而言几乎成了一种强迫性的思维。顾客、日益增加的成本以及竞争的力量几方面的压力迫使企业去寻求实施其过程的更快的方式。这些受到关注的过程通常包括新产品的投入，提供顾客服务，招募新雇员，回应顾客的投诉，等等。对于现有过程而言，设计者遵循众所周知的质量改进过程来缩减运转周期时间。通过诊断活动来明确时间消耗过长的原因。然后开发特定的治疗措施来缓和这些原因(见第 5 章“质量改进过程”)。

确定和发布最终过程特征和目标 在前面的步骤中，计划团队确立了过程流向，明确了初步的过程特征和目标，考虑了关键过程及人为差错，优化了过程特征和目标，并且确立了过程能力，现在可以确定最终设计中包括的所有详细的过程特征和目标了。这一阶段还应该把过程开发的成果通过各种形式的文件正式地传达给其他的职能部门。这些文件包括产品特征及产品特征目标的规格以及展开表和其他辅助文件。各种口头或书面的指示对之构成了补充。

填写过程设计展开表是始终贯穿于过程开发中的一项活动。展开表应该持续更新以反映设计中的修改活动，如对备选方案的评估，考虑关键因素及人为差错的设计、优化，测试过程能力，等等。在对过程设计展开表进行了最后修订后，还应该再次核对以确认下列事项：

- 每个产品特征与一个或多个过程特征具有强的或非常强的关系。这样将确保产品特征在没有重大缺陷的情况下的有效交付。满足了每个过程目标也就意味着每个产品特征目标的实现。
- 每个过程特征对于提供一个或多个产品特征是重要的。与产品特征不存在强相关关系的过程特征是不必要的，应该加以舍弃。

完成的过程设计展开表和详细的流程图是整个过程中的经理、基层主管乃至普通员工均需要的共同信息。此外，计划团队还必须确保过程中的每项作业在以下一些方面得到明确：

- 谁对之负责。

- 该作业如何完成。
- 其输入如何。
- 其输出如何。
- 运行中可能出现的问题以及如何处理。
- 所用的设备及原料的规格。
- 该作业所要求的信息。
- 该作业所产生的信息。
- 所需要的培训、标准操作程序以及辅助手段。

第六步：开发过程控制方式并向运作转移

在这一步骤中，计划人员要为过程开发控制方式，安排整个产品计划向运作部门的转移，并确认转移的实施。这一步中有七项主要的活动：

- 明确所需的控制。
- 设计反馈回路。
- 自我控制与自我检验的优化。
- 转移计划的审核。
- 证实过程能力和可控性。
- 对向运作部门的转移加以计划。
- 实施计划并确认转移。

一旦计划过程结束，计划方案就交到了运作部门手中。然后的生产产品、提供服务并确保精确无误地满足质量目标就成为运作人员的责任。他们是通过一个有计划的质量控制体系来进行的。控制旨在持续地满足目标要求，并防止因不良改变的发生而影响产品质量。对此的另一种说法是，无论生产中发生了什么（人员的变动或流失，设备或电气失灵，供应商变化，等等），员工都要能够调整过程或使过程适应这些改变或变异，以保证质量目标的实现。

明确所需的控制　过程控制由三项基本活动组成：

- 评估过程的实际绩效。
- 将实际绩效与目标相对照。
- 对差异采取措施。

在第 4 章“质量控制过程”中的反馈回路部分有对这些活动的详细讨论。

控制始于选择质量目标。每个质量目标都将成为团队的努力所瞄准的靶子。所有的控制都围绕着将被控制的特定事项。我们将这些事项称为“受控对象”。每个受控对象都是一个反馈回路的聚焦点。受控对象是下列特征的混合体：

- 产品特征。某些控制是通过评价产品本身（如发票、齿轮、研究报告等）

的特征来进行的。产品控制涉及这一决策：该产品是否符合规格或目标？回答这一问题主要通过检验活动来进行。检验通常在这样一些点上进行，即从这些点上获取的结果要能够判断生产过程中是否发生了故障。

• 过程特征。很多控制由对那些最直接影响产品特征的过程特征的评估所构成，这些特征如打印机墨盒的状态、炼铁炉的温度或研究人员报告中所用公式的正确性。有些特征成为受控对象的候选对象，作为避免或降低失效的手段。这些受控对象通常选自前面所确定的关键因素，或来自 FMEA、FTA 以及临界分析。过程控制涉及这一决策：该过程应当继续运转还是停止？

• 副作用特征。这些特征不影响产品，但可能会制造出令人烦恼的副作用，如对雇员发火，冒犯邻居，威胁环境，等等。

以上三种类型的受控对象会在过程的许多不同阶段出现：

• 准备/启动。

• 运作中，包括：

运行控制

产品控制

辅助操作控制

设施与设备控制

设计反馈回路 选定了受控对象后，就该设计反馈回路了。

• 设定控制标准，即确定判断过程失控的水准以及用于决策的工具，如控制图。

• 决定不符合标准时应当采取的行动，亦即排除故障。

• 指派采取行动的人员。

借助于一个详细的过程流程图，确定控制的测量点并编制相应的文件，这一点也是采取纠正措施的地方。然后将每个控制点记录在类似于图 3—15 这样的控制展开表上。

	过程控制项目						
过程特征	控制对象	测量手段	目标	测量频率	样本容量	控制标准	职责
过程特征 1							
过程特征 2							
⋮							
波动焊接	焊料温度	热电偶	505°F	持续	N/A	≥510°F，降温 500°F，升温	操作者
	传送带速度	测速表	4.5 英尺/分钟	1/小时	N/A	≥ 5 英尺/分钟，减速 ≤ 4 英尺/分钟，增速	操作者
	合金钝度	实验室化学分析	最大杂质 1.5%	1/月	15 克	≥1.5%，更换焊锡	过程工程师

图 3—15 控制展开表

资料来源：Juran, J. M. (1988). Quality Control Handbook, 4th ed. McGraw-Hill, New York, 6.9.

自我控制与自我检验的优化　在第 22 章“运营”中会有详细的讨论。当员工清楚他们应该做什么时，自我控制就会发生。此时，目标得到了清楚的阐述并显而易见。

- 员工清楚他们在做什么。他们的产出被衡量，并且能够获得即刻的绩效反馈。
- 员工有能力和手段来调整过程的产出。除了必要的工具、培训和职权外，他们还需要一个具备一定能力的过程。

自我控制的建立除了为过程的运作和控制提供最佳条件外，还会对工作环境以及工作于其中的个人产生巨大的正面影响。只要可能，质量控制体系的设计就应当强调操作人员的自我控制。这样一个设计提供了最短的反馈回路，但它要求设计者确信过程能力足以满足产品质量目标。

建立自我控制，就要有自我检验。自我检验使得员工能够在产品转入生产循环的下一个环节前检查产品是否符合质量标准。生产人员和一线员工因此而感到对其工作的质量负有更多的责任。绩效反馈是即时的，因此促进了过程的调整。传统的检验由于利用一个“局外人”向员工报告缺陷，因而具有一种心理学上的不利。由于自我检验，单立的检验部门的成本也能够得以降低。

首先必须建立一些前提性的准则：

- 质量第一。质量必须毫无疑问地被赋予最高优先权。如果这一点不清楚，员工屈从于进度和成本的压力，就会接收那些本应该拒收的产品。
- 相互信任。经理人员必须充分信任员工，愿意授予他们完成工作的责任和职权。员工也必须对经理人员有充分信心，从而愿意接受责任和职权。
- 培训。应当培训员工能够作出产品合格与否的决策，应该对此加以检查以确保他们作出好的决策。

其次规格必须清楚，毫不含糊。

质量审核和控制体系的审核在本手册其他部分有详细讨论，如第 22 章“运营”。虽然对控制体系的审核是独立于计划团队之外的职能，但计划团队仍有责任确保具备了实施有效的审核所必需的充分的文件，并且保证能够常备地为审核提供资源和时间。

证实过程能力和可控性　虽然过程能力必须在过程设计期间着手解决，但在实施期间，必须对过程能力和可控性的最初表现加以确认。

对向运作部门的转移加以计划　在许多组织中，运作部门对过程的接收是结构化和正规化的。要提供一个由一定的标准要素构成的信息包，其中包括应达到的目标，欲使用的设施，应遵循的程序、指令、注意事项等等。还有针对各项目的相应补充材料。此外，还在维护、处理危机等领域给操作人员提供简单指示和培训。随信息包一起的还有责任交接的正式文件。在有些组织中，这种交接是在一种近乎庆祝仪式的气氛中进行的。

这种结构化的方式有其价值所在。它常常采用核对表和倒计数的方法，以确保交接有序而完整。如果组织已经有了一个进行转移的基础，项目信息就要按照已有的做法进行组织。如果公司只有一个松散的基础或根本没有，那么下述材料将有助于对项目转移的计划。

不管组织有无一个基础，除非交接已经得到了确认，每个有关的人都得到了生产最终产品所需的所有信息、方法和程序，否则团队就不应该放弃对项目的责任。

诀窍的转移 在过程设计期间，计划人员获得了关于过程的大量诀窍。如果这些诀窍能够转移给操作人员，将使他们从中受益。这种转移有很多种方法，其中最有效的转移会充分利用若干互补的沟通渠道，包括：

过程规格
情况简介
在岗培训
正规培训课程
预先参与

转移计划的审核 作为正式的转移计划的一部分，还应制定一个单独的审核计划作为确认计划转移的工具。这种审核不同于以前讨论过的控制审核。这种审核意在评价转移的成功程度。要使审核确有意义，就应在对转移进行计划时确立一些专门的目标。通常，这些目标与在产品、产品特征和过程特征的开发中所确立的质量目标相联系。团队也许会决定给转移活动添加某些目标，或决定在首次连续运作期间修改新计划好的质量目标。例如，在生产产品的首次试运转期间，总运转周期时间也许会超过预期目标 15%。这种更改考虑了员工需要时间来适应计划。随着他们变得熟练，获得了过程的经验，适应了他们的新职责，运转周期时间将会趋近于预期的质量目标。

针对转移的审核计划应当包括以下内容：

- 欲达到的目标。
- 如何衡量目标的实现情况。
- 设定目标、衡量以及分析的时间安排。
- 谁来进行审核。
- 需要制作何种报告。
- 针对未能达成目标的情况，谁负责采取纠正措施。

实施计划并确认转移 质量计划过程的最后活动是实施计划并确认计划向运作的转移已经发生。制定产品计划花费了我们大量的时间和努力，最后确认其运转良好是值得做的一件事情。

参考文献

Designs for World Class Quality (1995). Juran Institute, Wilton, CT.

Juran, Joseph M. (1992). *Quality by Design*. Free Press, New York.

Parasuraman, A., Zeithami, Valarie A., and Berry, Leonard L. (1985). "A Conceptual Model for Service Quality and Its Implications for Further Research." *Journal of Marketing*, Fall, pp. 41–50.

Veraldi, L. C. (1985). "The Team Taurus Story." MIT Conference paper, Chicago, Aug. 22. Center for Advanced Engineering Study, MIT, Cambridge, MA.

（邹亚生 译）

第 4 章

质量控制过程

J.M. 朱兰（J.M. Juran）
A·布兰顿·戈弗雷（A. Blanton Godfrey）

引言
质量控制定义
与质量保证的关系
反馈回路
反馈回路的要素
选择受控对象
确立测量方法
确立绩效标准：产品目标和过程目标
测量实际绩效
测量手段
与标准比较
针对差异采取行动
过程
PDCA 循环
控制金字塔
非人工手段的控制
普通员工的控制
管理层的控制
对质量控制的计划
顾客及其需要
谁来进行计划
质量控制方面的概念
流程图
控制站
过程控制的阶段
启动控制
运行控制
产品控制
装备控制
主导变量的概念
严重性分级
过程能力
控制展开表
职责分工
过程符合性
变异的特殊性原因与一般性原因
休哈特控制图
控制限内的点子
控制限外的点子
统计控制限和质量公差
自我控制与可控性
对过程符合性决策的影响
产品符合性与适用性
产品符合性决策
自我检验
适用性决策
不适用产品的处置
纠正措施
偶发性改变的诊断
纠正措施——治疗
统计方法的作用
统计过程控制（SPC）

优点
风险
决策信息
质量控制手册
手册的形式
利用奖酬制度进行控制
进行审核
质量控制的新进展
小结
管理者的任务
参考文献

引言

质量控制定义　本章讨论质量控制过程。“质量控制”对于事物的运作而言是一个普遍的过程，它提供稳定性，亦即防止负面改变并“维持现状”。

为维持稳定性，质量控制过程对实际绩效加以评估，将之与目标进行对照，并采取措施消除两者的差异。

质量控制是质量管理的三个基本管理过程之一。其余两个过程是质量计划和质量改进，分别在第 3 章和第 5 章加以讨论。朱兰三部曲示意图（图 4—1）显示了这些过程之间的相互关系。

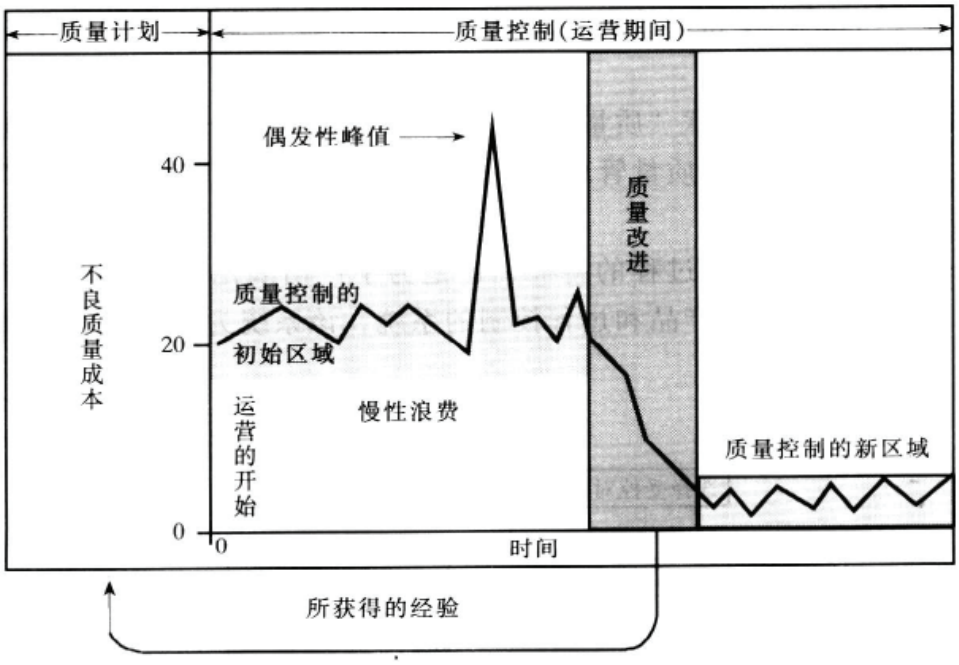


图 4—1　朱兰三部曲示意图

资料来源：Juran Institute, Inc., Wilton. CT.

本手册的其他几章也利用图 4—1 来描述质量计划、质量改进和质量控制之

间的关系，以及全面质量管理的基本管理过程。本章的重点则集中于两个“控制带”上。在图 4—1 中很容易看出，尽管位于图的中部的过程处于受控状态，但其浪费水平是不可接受的。此时必需的不再是控制而是改进，亦即改变绩效水平的措施。

通过改进，达到了一个新的绩效水平。此时的当务之急便是在这一水平上建立起新的控制，以防绩效水平退回到先前的水平甚至变得更糟。这便是图中的第二个控制带。

“质量控制”这一术语出现于 20 世纪早期（Radford，1917，1922）。这一概念将实现质量的方法，由当时居主导的事后检验扩展成为我们现在所谓的“缺陷预防”。随后的几十年间，“控制”一词有着很广的含义，其中还包含了质量计划的意思。以后的一些发展又使得“质量控制”的含义有所变窄。“统计质量控制”运动给人以这样一种印象，即质量控制就是由各种统计方法的应用所构成的。“可靠性”运动声称质量控制只适用于检验时的质量，而不包括使用期间的质量。

在美国，“质量控制”一词现常用先前定义的狭义含义。“全面质量管理”（TQM）则成为了一个包容一切的说法。在欧洲，“质量控制”这一术语也只具有比较狭窄的含义。最近，欧洲最大的质量组织将其名称由原来的“欧洲质量控制组织”更名为“欧洲质量组织”。在日本，“quality control”这一术语一直保持着较广的含义。其所谓的“total quality control（TQC）”大体上相当于我国的“total quality management”。1997 年，日本科学技术联盟（JUSE）采用 TQM 这一提法代替了 TQC，使得其所使用的术语与世界其他地方的普遍用法更加一致。

质量控制过程是第 3 章“质量计划过程”所描述的整个质量计划序列中的诸步骤之一，第 14 章“全面质量管理”中也有简略的讨论。图 4—2 示出了这一步骤的输入—输出特征。

图 4—2 的输入是运作过程的特征，这是为了产出满足顾客需要的产品特征而开发的。其输出为一个产品和过程控制的系统，该系统为运作过程提供了稳定性。

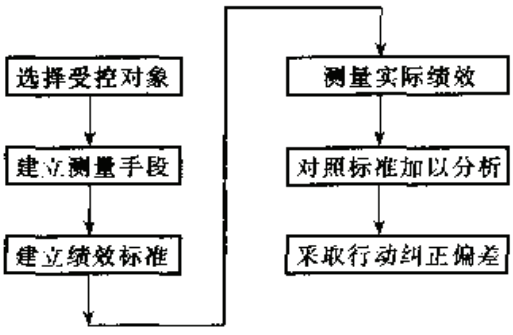


图 4—2　质量控制过程的输入—输出示意图

与质量保证的关系　质量控制与质量保证有很多共同之处。二者均要评价绩效，均要将绩效与目标相对照，均要对差异采取措施。但二者又互相区别。质量控制的基本目的在于维持性控制。绩效的评价是在运作过程中进行的，绩效所对照的也是运作过程中的目标。所产生的信息也为运作部门的人员所接受和利用。

质量保证的主要目的在于确认始终保持着控制。绩效的评价是在运作过程之后进行的，所产生的信息既提供给运作部门，同时也提供给有需要了解的其他方面。其他方面可能包括工厂、职能部门或高层管理人员；有关团体；主管机关；顾客及公众。

反馈回路　质量控制是通过运用反馈回路来进行的。反馈回路的一般形式如图 4—3 所示。

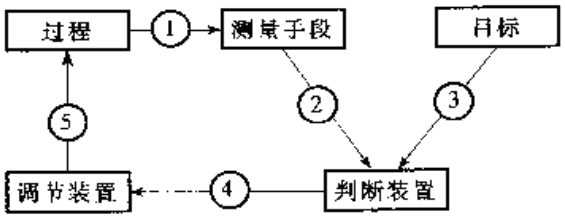


图 4—3　一般的反馈回路

资料来源：*Making Quality Happen*，Juran Institute，Inc.，senior executive workshop，p.F-3，Wilton，CT.

图 4—3 中各步骤的进程如下：

1．回路中的测量手段对受控对象的实际质量加以评价，受控对象即我们所关注的产品或过程的特征。确定一个过程的绩效可以直接评价过程的特征，也可间接地通过评价产品特征来进行，因为产品是过程的体现。

2．测量手段将绩效信息报告给判断装置。

3．判断装置同时也接收到有关质量目标或标准的信息。

4．判断装置将实际绩效与标准相对照。若差异过大，判断装置将激活调节装置。

5．调节装置刺激过程（不论是人力过程还是工艺过程）改变其绩效，以使过程质量与质量目标相一致。

6．过程以恢复符合性作出反应。

要注意的是，图 4—3 中反馈回路的要素是职能。这些职能在各种情况下都是普遍存在的，但承担这些职能的职责会有很大的差别。很多控制是通过自动反馈回路实现的，没有人的介入。典型的例子如控制温度的恒温器和汽车上控制速度所用的巡控系统（cruise control）。

另一种常见的控制形式是由人来实现的自我控制。这类自我控制的一个例子是乡村的工匠，他执行着反馈回路中的每一个步骤。工匠本人来选择受控对象，

设定质量目标，察看实际的质量情况，判断一致性，当出现不一致时他就变成了调节装置。这方面的一个例子是关于制作斯坦威钢琴的各类工匠的（详见Lenehan，1982）。自我导向的工作团队也进行着这种类型的自我控制。有关这一概念的深入讨论请参看第15章。

图4—4描述了自我控制的概念。其基本要素包括员工或团队必须知道他们应该做什么，明白实际做得如何并具有对自己的绩效加以调节的手段。这意味着他们有着具有充分能力的过程，有着调节过程所必需的工具、技能和知识，还有可以这样做的职权。

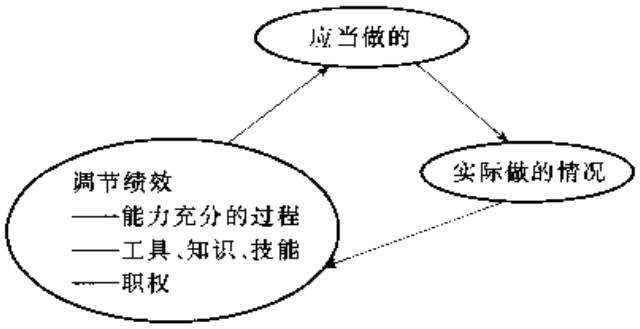


图4—4　自我控制

资料来源："Quality Control," *Leadership for the Quality Century*, Juran Institute, Inc., senior executive workshop, p.5, Wilton, CT.

反馈回路的一种更为普遍的形式是关于办公室文员或工厂工人的场合，他们的工作受到以检验员形式出现的判断装置的评价。这种形式的反馈回路在很大程度上是泰罗制中的计划与执行分开的主张的产物。发端于一个世纪以前的泰罗制对于劳动生产率的提高起到了巨大的作用，但对质量控制却有着负面的影响。

反馈回路的要素

反馈回路具有普遍意义。它对于质量控制中的任何问题都是至关重要的。它适用于任何类型的运作活动，不论是服务业还是制造业，也不论是营利性还是非营利性的。它适用于组织中从首席执行官到普通员工的所有等级层次，无所不包。但是，反馈回路的要素在本质上却有着很大的差异。

图4—5是描述质量控制过程的一个简单的流程图，其中包含着简单的通用反馈回路。

选择受控对象　产品（货品和服务）或过程的每一个特征都可以成为一个受控对象，亦即反馈回路所围绕的中心。选择受控对象是关键的第一步。受控对象可以来自很多方面，包括：

- 顾客表述的对于产品特征的需要。
- 将顾客需要转化为产品和过程特征的技术分析。

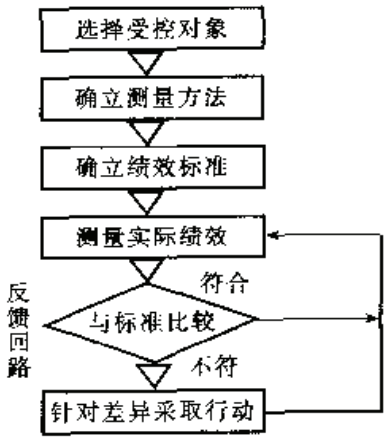


图 4—5　质量控制过程

资料来源："Quality Control," *Leadership for the Quality Century*, Juran Institute, Inc., senior executive workshop, p.2, Wilton, CT.

- 直接影响产品特征的过程特征。
- 产业和政府的标准。
- 保护人身安全和环境的需要。
- 有关避免诸如激怒员工或冒犯所处社区之类的副作用的需要。

在普通员工这一层次，受控对象主要由体现于规格和程序手册中的产品和过程特征所构成。对管理层而言，受控对象则要广泛得多，且更加体现为经营方面。其重点转向顾客需要和市场竞争方面。这一重点的转移要求增加更为广泛的受控对象，进而影响着反馈回路的其余步骤。

确立测量方法　选择受控对象之后，接下来的一步便是确定测量过程的实际绩效或货品与服务的质量水平的手段。测量是质量管理中最困难的任务之一，几乎在本手册的每一章中都会有所讨论，特别是在产业部分的各章中尤为如此。在确定测量方法时，我们必须明确规定测量的工具（测量手段）、测量的频率，记录数据的方法，报告数据的形式，将数据转换成有用信息所作的分析，以及负责测量的人员。第 9 章"测量、信息和决策"对此有更为详尽的讨论。

确立绩效标准：产品目标和过程目标　对每个受控对象都必须制定一个绩效标准，亦即质量目标。绩效标准是人们追求的成果，是人们的努力所指之处。表 4—1 列出了一些受控对象以及相应的目标的例子。

产品的首要目标是满足顾客的需要。产业顾客在一定程度上经常能够准确表达他们的需要。这类明确的需要直接就成为生产公司的质量目标。与此相对照，一般消费者常常使用含混的词语来表达自己的需要。这类表述必须转化为生产者的语言，才能成为产品目标。

表 4—1　　受控对象与相关质量目标示例

受控对象	目　标
行走里程	高速公路行驶时每加仑最低 25 英里
隔夜送达	99.5%于次日上午10:30 前送达
可靠性	25 年服务期中故障次数低于 3 次
温度	最低值为 505°F；最高值为 515°F
订单差错率	每 1 000 张订单中差错不超过 3 次
竞争性	在 6 项指标上与前 3 位竞争对手持平或超出
顾客满意度	90%或更高，服务卓越或优秀
顾客保持率	关键顾客的保持率持续达到 95%
顾客忠诚度	在 80%以上的顾客中占有 100%的份额

同样重要的其他产品目标还有可靠性和耐久性方面的目标。产品能否达到这些目标可能会对顾客满意度、忠诚度及总费用产生重要影响。产品在保证期内出现问题会严重影响公司的利润率，这种影响会同时体现为直接的代价和间接的代价（失去回头客、坏影响的扩散等）。

生产产品的过程具有两套质量目标：

1. 生产满足顾客需要的产品。理想情况下，每一件产品、全部的产品都应满足顾客的需要。

2. 以一种稳定且可预测的方式运行。用质量专家的行话来讲，每个过程应当“处于受控状态”。我们将在随后的“过程符合性”部分对此进行详细讨论。这些目标会与生产货品或服务的成本直接相关。

质量目标也可以针对部门或个人。用这些目标所衡量的绩效结果便成为公司奖酬制度的一项输入。理想情况下这些目标应当是：

- 正当的：它们应当具有不容置疑的正式地位。
- 可测的：以便能够准确地沟通。
- 可达到的：有事实表明他人已达到过。
- 平等的：职责相当的人员应当具有大致相当的可达性。

质量目标的设定可以依据下述一些基础：

- 产品特征目标和过程特征目标在很大程度上建立在技术分析的基础之上。
- 部门目标和个人目标应当以标高分析为基础，而不应以过去的业绩为基础（详见第 12 章“标高分析”）。

组织最高层的质量目标尚处在开发初期。就当前所出现的这些做法看来，主要是设定以下这样一些目标，如满足顾客不断变化着的需要，满足竞争要求，保持高的质量改进率，改进业务过程的有效性，修正计划过程以避免出现新的具有故障倾向的产品和过程。

测量实际绩效　测量产品或过程的实际绩效是质量控制的一个关键步骤。要进行测量，我们就需要有测量手段，亦即进行实际测量的装置。

测量手段 测量手段也就是专门的检测装置。它用于识别某一现象的存在及强度，并将所得到的数据转换成“信息”。这些信息便成为决策的依据。在组织的较低层次上，信息通常是实时的，主要用做现场控制。在较高层次上，需要将信息以各种不同的方式加以整理，以提供更广泛的指标、监测趋势及辨识那些关键的少数问题。

受控对象的广泛差异要求具有多种多样的测量手段。其中一个主要类别是用于测量产品特征和过程特征的大量技术仪器。常见的例子如温度计、钟表、直尺、磅秤等。另一主要类别是各种数据系统以及相关的报告，它为管理层提供了经过整理的信息。还有些类别利用人员来作为测量手段。问卷和访谈也是测量手段的形式。

出于控制目的的检测实施得非常普遍。这导致人们利用计算机来辅助检测活动并将所获得的数据转换为信息。贝林斯基（Bylinsky，1991）提供了一个有关办公室环境的例子（在电话应答中心的监测）。乌姆斯彻德（Umscheid，1991）则提供了一个有关工厂环境的例子（塑料成型）。

大多数测量手段根据一个测量单位来进行评价。测量单位也就是某一质量特征的一个规定的量，据此可以定量地评价这一特征。常见的测量单位的例子如温度度数、小时、英寸、吨等。有关测量单位的讨论请参看第9章“测量、信息和决策”。相当大量的检测是由人来进行的。这样的检测注定会出现大量差错。

与标准比较 与标准相对照这一行为常常被看做是判断装置的职责。判断装置可以是人也可以是仪器装置。无论哪种形式，判断装置均用于执行下面的全部或部分活动：

1. 将实际质量绩效与质量目标相对照。
2. 解释观测到的差异；确定是否与目标一致。
3. 决定需采取的行动。
4. 触发纠正行动。

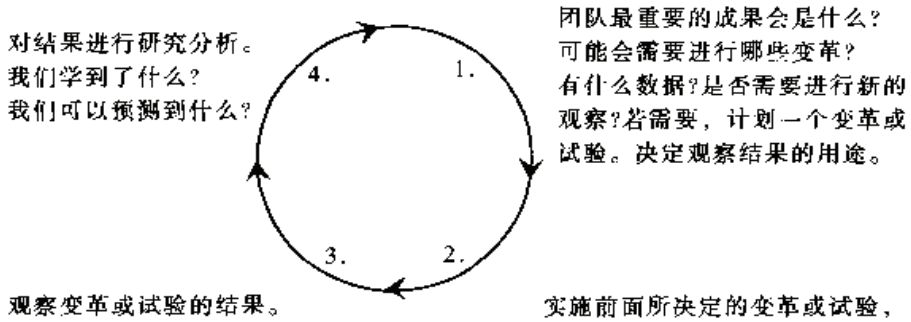
这些活动还需要加以详细的阐述，稍后会进一步加以探讨。

针对差异采取行动 在任何功能完备的质量控制体系中，我们都需要某种对于期望的绩效标准和实际绩效之间的差异采取行动的手段。我们需要某种调节装置。这一装置（人工的、技术的或二者兼备）是触发旨在恢复符合性的行动的手段。在普通员工这一层次上，这或许就是给办公室计算机发出指令的一个键盘或是调整车床的一个旋钮。对于管理层来说，也许只是给下属的一张便笺。

过程 在前面所有的讨论中，我们都假定有一个过程存在。它也可以是人工的、技术的或二者兼备。它是产出产品特征的手段，每一特征都是一个受控对象。所有的工作均是由过程来完成的，过程由输入、劳动力、技术、程序、能

源、材料和输出所构成（详见第 6 章“过程管理”）。

PDCA 循环 有很多方法可以将反馈回路分解成若干要素和步骤。有些将之分成了六个以上的要素，有些划分则少于六个要素。图 4—6 所示的著名的 PDCA 循环（也称为戴明环）便属于前一种情况。戴明称其为休哈特环，许多人都使用这一名称来描述反馈回路的这一形式。



5. 重复第 1 步，在积累知识的基础上。
6. 重复第 2 步，持续下去。

图 4—6 PDCA 循环

资料来源：Deming (1986).

在这个例子中，反馈回路被分解为四个步骤，分别为计划（plan）、执行（do）、检查（check）和处理（act）。这几个步骤大致对应着前面所讨论过的六个步骤：

- 计划包括选择受控对象和设定目标。
- 执行包括运行过程。
- 检查包括检测和判断。
- 处理包括触发调节装置以采取纠正行动。

PDCA 循环的一个早期版本出现在戴明于 1950 年在日本的首次演讲中。此后，又有其他各种版本陆续发表。[有关的详细讨论请参见 Koura（1991）。]

其中有些版本试图使 PDCA 循环成为一个同时包容质量控制和质量改进各步骤的通用模型。作者认为这种做法容易造成混淆，因为涉及的是两个完全不同的过程（质量改进过程在第 5 章讨论）。

控制金字塔

受控对象数目巨大，但需要加以控制的“事项”数目更要大得多。这些事项包括所发布的产品目录以及发送的价目表，乘以各自的品目数；所实现销售额，乘以各项销售额中的品目数；所生产产品件数，乘以有关的质量特征数目；还有

与相应品目相关的雇员关系、供应商关系、成本控制、库存控制、产品和过程开发等等。

对一个约 350 人的小公司的研究表明，其所控制的事项高达 10 亿项之多（Juran，1964，pp.181－182）。

高层管理人员不可能控制大量的受控对象，他们利用类似于图 4—7 所描述的授权方案来将控制工作分类处理。

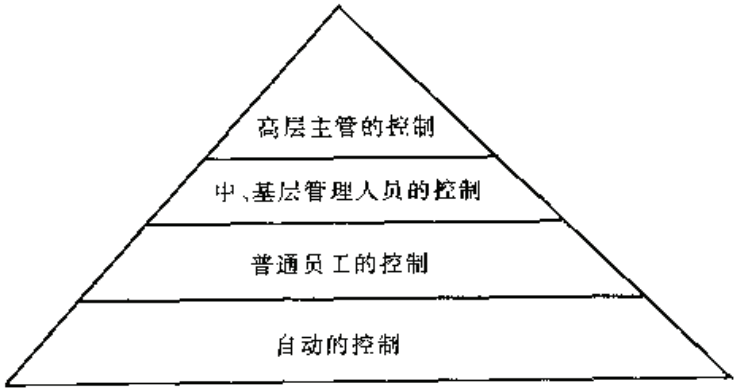


图 4—7　控制金字塔

资料来源：*Making Quality Happen*，Juran Institute，Inc.，senior executive workshop，p.F－5，Wilton，CT.

这种分工建立起了三种控制的责任领域，即非人工手段的控制、普通员工的控制和管理层的控制。

非人工手段的控制　金字塔的底部是自动反馈回路和防错过程，其运行中除了设备维护（但这是非常关键的）以外不存在人的干扰。这些非人工方法承担了绝大多数事项的控制。这里的受控对象纯粹是技术性的，控制以实时的方式进行。

金字塔的其余部分的控制要求有人的介入。再远点说，质量控制中最令人赞叹的成就发生在一个已经存在了数百万年的生物过程中，这便是受精卵发育为动物有机体的过程。人类控制这一发育的基因指令是由大约 30 亿个“字母”构成的一个序列。这一序列，亦即人类基因组，被包含在双链 DNA（双螺旋）中，它在从受精卵到人的诞生这一过程中大约要“解码”和复制 1 000 万亿次。

如此巨大的数字，出错的可能是相当大的（有些差错是无害的，有些则是有害甚至致命的）。但实际出错的几率只有大约百亿分之一。这一低得令人难以置信的出错率是通过由三个过程构成的一个反馈回路来实现的（Radman and Wagner，1988）。

- 一个高保真的选择过程，利用化学的一对一结合来连接正确的“字母”。
- 一个校对的过程，读出最新出现的字母，如果不正确则将之去除。
- 一个采取纠正行动的过程，负责矫正探测到的错误。

普通员工的控制 将这类决策授权于普通员工对于人际关系方面和运作过程的顺利实施方面会大有裨益。这些益处包括缩短了反馈回路；让员工在过程实施中有更强的主人翁意识，这常被称为“活性化”；使中、基层管理人员有更多的时间去进行计划和改进活动。

将大多数质量控制决策授权给员工是可行的。许多公司已经在这样做。但是，将过程控制决策权授予员工必须满足“自我控制”的准则。将产品控制决策权授予员工则需要符合“自我检验”的准则（请参看本章随后“自我控制”和“自我检验”的内容）。

管理层的控制 控制金字塔的峰顶由“关键的少数”受控对象所构成。它们由包括最高管理层在内的各级管理人员负责。

经理们应该避免过深地陷入质量控制方面的决策。他们更应该：

- 作关键的少数决策。
- 提供区分关键的少数决策和其他决策的准则。这类准则的示例请参看后文表 4—3。
- 将其余决策权授予员工，但要确定一个提供基本工具和训练的决策过程。

关键的少数事物与其他事物的区分源自受控对象。表 4—2 比较了员工和管理人员这两种层次上的受控对象是如何影响反馈回路的要素的。

表 4—2　　质量控制在两个层次上的对比——普通员工层和管理层

	普通员工的层次	管理层
控制目标	产品和过程	业务导向
	规格和程序中的特征	产品的可销性和竞争力
测量装置	技术性的	数据系统
所作决策	符合与否	满足顾客需要与否

资料来源：*Making Quality Happen*, Juran Institute, Inc., senior executive workshop, p. F—4, Wilton, CT.

对质量控制的计划

对控制的计划活动也就是构造由概念、方法和工具所构成的体系的活动，借助于这一体系，人们能够使运作过程保持稳定，从而生产出满足顾客需要所必需的产品特征。图 4—2 描述了这一体系（包括计划和过程在内）的输入—输出的特征。

顾客及其需要 质量控制体系的主要顾客是从事控制的公司员工，亦即执行构成反馈回路的各个步骤的那些人们。这些人员必须：（1）理解顾客的质量需要；（2）清楚自身在满足这些需要中的角色。但是，他们中的大多数都缺乏与顾

客的直接接触。对于质量控制的计划活动提供了关于顾客需要的描述，定义了实现这些需要的职责，从而弥补了横跨在顾客和员工之间的鸿沟。因此，对于质量控制所进行的计划一方面要向运作人员提供有关顾客需要的信息（不管是直接的顾客需要还是经过转化的需要），另一方面还要明确运作人员的有关的控制责任。对于质量控制的计划可能会非常的详尽。[实例请参看 Duyck（1989）和 Goble（1987）。]

谁来进行计划　以往对质量控制的计划被分别委派给了以下这些人员：

- 职能计划人员，他们同时也对运作过程进行计划。
- 质量领域的职能专业人员。
- 由计划人员和运作人员组成的多职能团队。
- 部门经理和基层监督员。
- 普通员工。

传统上，对于关键过程的质量控制的计划是对运作过程进行计划的同一部分人员的责任。非关键过程的质量控制的计划通常交给质量部门的质量专家。他们的计划草案要交由运作部门的负责人批准。

最近的趋势表现为越来越多地应用团队的方式。团队成员包括运作部门的人员，还包括该过程的供应商和顾客。增加普通员工的参与也是近来的趋势。[这方面的详细讨论请参看 Juran（1992，pp.290－291）。] 近年来自我导向的工作团队的概念被大大扩展了，其中包括了大量的这方面的思想。关于这一主题的更详细讨论请参看第 15 章“人力资源管理”中的相关内容。

质量控制方面的概念　质量控制的方法论建立在许多不同概念的基础之上，这些概念如反馈回路、工序能力、自我控制等。其中有些概念源自很久以前，而另一些则产生于 20 世纪。在讨论质量控制的计划时，我们将会讨论一些广泛应用的概念。

流程图　在对质量控制进行计划时，通常第一步是绘制出运作过程的流向（在第 3 章“质量计划过程”中，讨论了该过程的设计）。绘制过程流向的工具称为“流程图”。图 4—8 是流程图的一个例子（附录 V 中提供了有关这一工具的更多实例）。

流程图被广泛应用在对于质量控制的计划活动中。它有助于计划团队：

- 理解整个运作过程。团队的每个成员会十分熟悉过程中自己所在的部分，但对过程的其他部分及各部分之间的相互联系却不甚了解。
- 辨识受控对象，反馈回路是围绕受控对象建立起来的。[例子请参见 Siff（1984）。] 在此前的“受控对象”一节中，曾讨论过这些受控对象的性质。
- 设计控制站（参看下面一节）。

控制站　控制站是实施质量控制的一个区域。在组织的较低层次上，控制站通常被界定在一个有限的物理区域中。在这一层次上的控制站可以采用巡逻段或

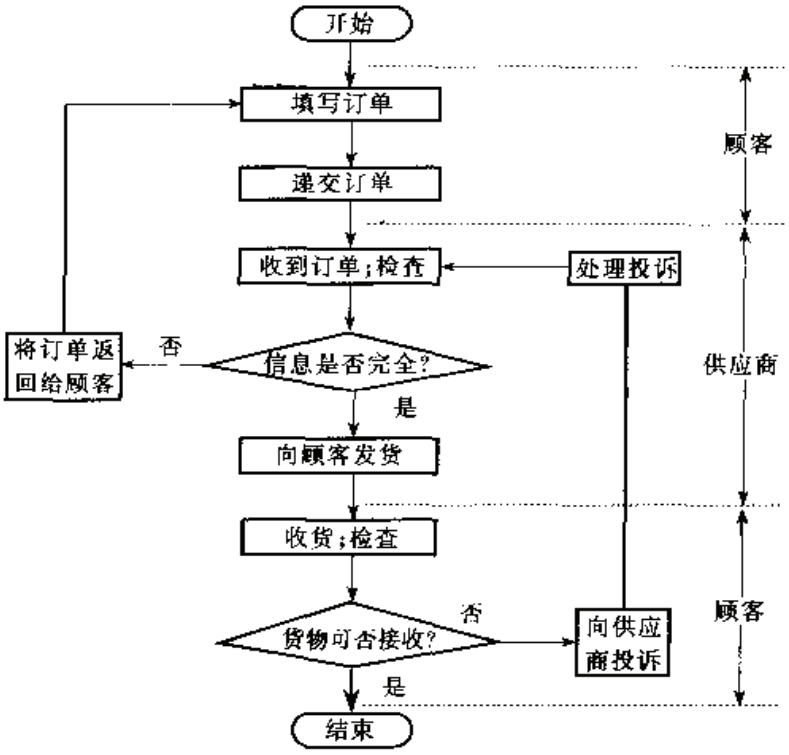


图 4—8 流程图

是“控制塔”的形式。在组织的较高层次上，控制站可能在地理上是十分分散的，正如主管们的职责范围一样。

对众多控制站的考察表明，它们通常以如下方式提供评价和/或早期预警：

- 在权限变更处，责任会在此从一个组织转移到另一个组织。
- 在进行某些重大的不可逆行动之前，如签署一项合约。
- 在关键质量特征产生后。
- 在起决定作用的过程变量所在之处。
- 在适合进行经济评价的区域（“窗口”）。

过程控制的阶段

流程图不仅揭示了运作过程中事件的进程，从中也可以看出哪些阶段应当成为控制活动的中心。有若干个这样的阶段适用于大多数运作过程。

启动控制 这种形式的控制所产生的最终结果是决定是否“按下启动按钮”。典型的这类控制包括：

- 倒计时，对于为使过程就绪所需的必要步骤加以核对。这种倒计时有时来自供应商。如航空公司提供核对表帮助旅客计划他们的旅程，电力公司提供核对表帮助住户准备冬季取暖。

- 过程和/或产品特征的评价，以确定一旦开始，过程是否符合目标要求。
- 评价活动必须满足的准则。
- 达到准则要求的确认。
- 责任的分派。这种分派变化很大，主要取决于质量目标的关键性程度。质量目标越是重要，就越倾向去将检查活动分派给专业人员、监督员和“独立的”检查员，而非不承担监督职责的普通员工。

运行控制　这种形式的控制在过程的运作期间定期进行。其目的是作出“运行或是停止”的决策，即过程是应该继续产品的生产还是应该停下来。

运行控制由反馈回路的一次又一次闭合所构成。过程和/或产品绩效受到评价并与目标相对照。如果产品和/或过程满足目标要求，且过程没有经受什么显著的不利改变，所作出的决定便是“继续运行”。如果有不符合发生或过程有了显著的改变，便需要采取纠正行动。

这里的“显著”一词的含义超出了字典中的解释。其中的一个意思是说，所显示出的改变是真正的改变还是偶然变异的误报。过程控制的设计应提供必要的工具，以帮助运作部门的人员对于真正的改变和误报加以区分。统计过程控制（SPC）方法便提供这样的工具（参见第 45 章）。

产品控制　这种形式的控制发生在一定量的产品已经被生产出来之后。控制的目的是决定产品是否符合产品质量目标的要求。这一决策的职责分工因企业而各不相同。但在所有的情形下，那些作决定的人员都必须被赋予必要的设备和培训，以使他们有能力理解产品质量目标，评价实际产品的质量并判断其是否与目标一致。

因为所有这些涉及的是一个有事实根据的决策，所以从理论上讲可以让任何人来作这个决策，包括普通员工在内。在实践中，这一职责不会授予那些其自身职责可能会影响他们的判断的人员。这种场合下，决策通常由那些不直接相关的人员，如“独立的”检验员作出。统计质量控制（SQC）是一种常用的公正判断的方法。

装备控制　大多数运作过程都使用着有形的装备，即设备、仪器和工具。自动化的过程、计算机、机器人等的应用正在日益成为趋势。这一趋势使得产品质量越来越依赖于装备的维护。

装备控制方案的组成要素是人们所熟知的：

- 制定实施装备维护的日程计划表。
- 制定一个核对表，也就是一个维护措施所包括作业的清单。
- 训练维护人员来实施作业。
- 明确地分派责任以确保日程计划的遵守。

设备控制中最薄弱的环节一向是对于计划日程的遵守。要确保计划日程得到严格的遵守，必须要有一个独立的审核。

在涉及新技术的导入的情况下，维护人员的培训成了更为薄弱的环节（White，1988）。

20世纪80年代，汽车制造商开始在车辆上引入计算机和其他电子设备。很快，汽车制造商便发现，许多维修店的技师缺乏这方面的技术教育基础，不能诊断和修复相关的故障。使事情更为糟糕的是，汽车制造商没有充分重视计算机的标准化，结果导致大量的培训需求得不到满足。[有关装备维护方面的论述请参看 Nowlan and Heap（1978）。]

主导变量的概念 受控对象是如此众多，计划人员常常被建议要辨识关键的少数受控对象，以使之得到适当的优先。辨识关键的少数的工具之一便是主导因素的概念。

运作过程受到许多变量的影响，但常常有一个变量比其他所有变量的集合都更重要。这样的变量被称为“主导变量”。弄清哪个过程变量是主导变量有助于计划人员分配资源和安排优先次序。最常见的主导变量包括：

1. 设置主导：有些过程在多次的运作循环中显示出高度的稳定性和结果重现性。印刷过程便是一个常见的例子。控制方案应当向运作人员提供必要的手段，以使他们能够在运作过程开始之前进行精确的设置和确认。

2. 时间主导：此处过程随时间不断地变化，例如，消耗品的枯竭，发热及工具的磨损。控制的设计应提供有关的手段，以对连续性的变化进行定期的评价和方便的调整。

3. 元件主导：此处的主导变量是输入的原材料及元件的质量。这方面的例子如电子或机械设备的装配。控制的设计应致力于供应商关系，包括与供应商的联合计划活动，以提高输入的质量。

4. 员工主导：这些过程中，质量主要依赖于员工的技能和诀窍。那些依靠手艺的行业是这方面的典型例子。控制的设计应强调员工的态度测试、培训和资格、员工的质量评级、减少人为差错的防错措施。

5. 信息主导：这里的过程具有“多样小批”的特征，生产产品的过程随时变化。因此，活计信息经常改变。过程设计应着重于提供一个信息系统，能够就当前的活计与此前的差异发布准确、及时的信息。

严重性分级 辨识关键的少数受控对象的另一种方法是“严重性分级”。它是将所有的产品特征划分为如关键、重要、次要等若干级别，每一产品特征都可被归于其中的某个类别。这种分类对于计划人员在资源配置、优先次序的指定、设备选择和决定检验及试验的频率方面具有指导作用。

详细的讨论请参见第22章“运营”。

过程能力 质量计划过程中最重要的概念之一就是“工序能力”。这一概念的主要应用是在运作过程的计划中。第22章“运营”对此有更深入的讨论。

这一概念在质量控制中也有应用。为解释这一概念，有必要先做一个简要的

复习。所有的运作过程为了生产产品都有着一个内在的一致性。这种一致性通常可以被量化，甚至在计划阶段便可以做到。过程计划人员可以利用所得到的这类信息来作出关于过程的内在一致性及其与过程目标之间的关系的决策，如关于过程的充分性、替代过程的选择、修正过程的必要性等等。

当被应用于质量控制的计划活动中时，过程能力的状态成为了决定测量过程绩效的频次、制定装备的维护计划等的主要因素。过程的稳定性和一致性越大，所需的测量和维护次数就越少。

从事质量控制计划的人员应当清楚地理解过程能力的概念，理解这一概念在计划运作过程和计划对运作过程的控制这两方面的计划活动中的应用。

控制展开表

计划人员的工作通常被归纳在一张控制展开表上。展开表是一种重要的计划工具。图 4—9 是这方面的一个例子。

过程控制特征 / 受控对象	测量单位	测量手段的类型	目标	测量频率	样本大小	决策准则	决策职责	…
波焊状况焊料温度	华氏度（°F）	热电偶	505°F	持续	N/A	510°F 降温 500°F 升温	操作者	…
传送带速度	英尺/分钟	测速表	4.5 英尺/分钟	1/小时	N/A	5 英尺/分钟 减速 4 英尺/分钟 加速	操作者	…
合金纯度	杂质含量%	实验室化学分析	最大 1.5%	1/月	15 克	到 1.5% 时更换焊料	过程工程师	…
	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	

图 4—9　“职责分工”展开表

资料来源：Making Quality Happen, Juran Institute, Inc., senior executive workshop, p.F-8, Wilton, CT.

展开表中的行是各种受控对象。纵列包括反馈回路的要素和运作人员实施控制所必需的其他特征。

纵列中的有些内容是某些受控对象所独有的。有些内容则广泛适用于大多数

受控对象，其中包括测量单位、测量手段的类型、质量目标、测量的频率、样本容量、决策准则及决策责任等。

职责分工 反馈回路中涉及多项作业，因而要求必须有明确的职责分工。在任一控制站都会有许多人员可以完成这些作业。例如，在普通员工这一层次上，一个控制站中可能会包括负责准备设置的专门人员、操作人员、维修人员、检查员等。在这种情况下，必须就由谁来进行哪个决策、由谁来落实哪些措施达成共识。类似于图 4—9 的一个特殊的展开表便是用来达成这一共识的一种工具。

在这一展开表中，重要的决策和措施列在左列。其余各列的标题分别是与该控制站相关的职责类别。然后通过员工之间的讨论，就各自的职责分工达成一致。

“谁来对质量负责”这个问题是一个由来已久但颇为含糊的问题，实践表明，图 4—9 所示的展开表是解答这一问题的一个行之有效的方法。这一问题还从来未曾有过答案，因为单就其本身而论是无法回答的，但如果从决策和行动的角度来看，取得一致的答案是不成问题的。这样便澄清了含混。

过程符合性

某一过程是否与其质量目标相符合？判断装置通过解释所观察到的过程绩效与过程目标之间的差异来回答这一问题。当当前绩效与质量目标确有差异时，便产生了随后的问题，即导致这种差异产生的原因是什么？

变异的特殊性原因与一般性原因 所观测到的差异通常可归于以下两种情况之一：（1）观测到的改变是由过程中的一个主要变量的行为所引起的（或由于一个新的主要变量的进入所引起的）；（2）观测到的改变是由过程中的多个次要变量的交互作用而引起的。

休哈特将（1）和（2）分别称为变异的“可归因的原因”和“不可归因的原因”（Shewhart，1931）。戴明后来则称之为变异的“特殊性原因”和“一般性原因”（Deming，1986）。我们在以下将借用戴明的术语。

“特殊性”原因通常是偶发性的，多起因于某一单个的变量。这种情况相对较易诊断和纠正。“一般性”原因通常是慢性的，多起因于多个次要变量的交互作用，从而难以诊断和纠正。这一对比明确了在解释差异时，区分特殊性原因和一般性原因的重要性。这种区分有着普遍的必要性。特殊性原因属于质量控制的范畴，而一般性原因则属于质量改进的范畴。

休哈特控制图 为判断装置提供有助于区分特殊性原因和一般性原因的工具是当务之急。图 4—10 所示的休哈特控制图（或简称控制图）便是达到这一目的的最为适宜的工具。

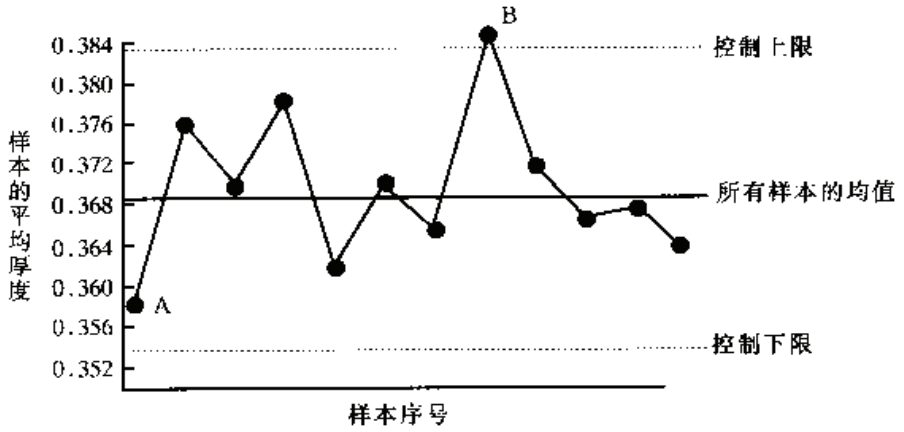


图 4—10　休哈特控制图

资料来源："Quality Control," *Leadership for the Quality Century*, Juran Institute, Inc., senior executive workshop, p.4, Wilton, CT.

图 4—10 的横轴代表时间，纵轴代表质量绩效。所标注的点显示了随时间推移的质量绩效。

图中画出了三条水平线。中间的线代表以往绩效的平均值，从而是所期望的绩效水平。其他两条线是统计"界限"。它们被用于区分特殊性原因和一般性原因，依据一个预先设定的几率水平，如 20:1。

控制限内的点　图 4—10 中的 A 点不同于以往的平均值。但是，因为 A 点在界限限以内，故这种差异可以归因为一般性原因（以不大于 20:1 的几率）。从而我们认为没有特殊性原因存在。

当没有特殊性原因存在时，可以作出以下一些主要的判断：

- 只存在着一般性原因。
- 过程处于"统计控制"状态。
- 过程运行在其最佳的状态。
- 这种程度的变异必须容忍。
- 不需采取行动，否则会使情况更糟（所谓的"摆动"或"振荡"现象）。

以上的观点正在受到一个更为广泛的改进过程一致性的运动的挑战。虽然一些过程并没有跳出控制界限外的点，但次要变量的交互作用仍然导致了某些缺陷。

有这样一个例子，某过程尽管处于统计控制状态，但仍然实现了一个数量级的改进。这一改进是由一个多职能的改进团队来进行的，他们辨识出了一些次要的变量并对之采取了措施。这个例子向认为由一般性的原因引起的变异应当维持的传统观点提出了挑战（Pyzdek，1990）。

其他一些例子中所反映出的挑战要更为微妙一些。同样没有点跳到控制界限之外，此外也并没有产生缺陷。尽管如此，顾客却要求要有越来越大的一致性。这样的例子除了在制造过程中（如化学制品的批间一致性、随机装配元件的一致

性）之外，业务过程中（如预测的准确）也时有所见。顾客这样的要求在不断地增加中，他们迫使供应商针对过程中的次要变量来实施改进。有关这一重要工具的更加详细的讨论请参看第 45 章“统计过程控制”。

控制限外的点 B 点也不同于以往的平均值，但它跳到了控制限以外。这不可能归因于一般性原因（超过 20:1）。因此我们认为 B 点是由于特殊性原因所导致的。传统上这样的“失控”点便是采取纠正行动的信号。

理想情况下，所有这样的信号都应当触发即刻的纠正措施以回复现状。但实际上许多失控的改变都不会导致纠正行动。通常的原因在于，由于特殊原因而造成的改变实在是太多了，可动用的人员不可能处理所有这些改变。因此应根据经济意义或其他的重要性标准来确定优先次序。优先度高的情况首先采取纠正措施，其余的则需要排队等候。有些优先度很低的改变或许要等很长时间才会轮得上采取纠正措施。

未能采取纠正措施还有更深层次的一个原因，这便是人们对于统计控制界限和质量公差的长期混淆。控制图所具有的精致和敏感很容易消除这种混淆。在 20 世纪四五十年代这种混淆颇为普遍。下面是作者之一亲身体验过的两个例子：

- 一个大型的汽车配件厂将控制图用在了每台机器上。
- 一个化纤厂创建了一个贴着 400 多张控制图的“战地指挥所”。

实际上，所有这些场合下控制图都是由质量部门来维护的，但运营部门的人员对此却视而不见。这种过度应用的经历，使得管理人员和计划人员对于只用其来探测改变这种用途颇为谨慎。相反，是否应用控制图应当根据能否增加价值来判断。必要的场合包括：

- 直接涉及顾客的需要。
- 存在着对于人身安全或环境的风险。
- 涉及巨大的经济利益。
- 所增加的精确性是控制所必需的。

统计控制限和质量公差 在人类历史上的大多数时期，由产品特征或过程特征构成的质量目标通常是用语言来定义的。此后的技术发展大大刺激了测量的应用，从而促进了使用数字来定义质量目标的趋势。除此之外，围绕质量目标还出现了极限或“公差”的概念。例如：

- 至少 95% 的装运必须符合计划交货日期的要求。
- 棒长与规定尺寸的误差必须在 1mm 以内。

这类质量目标具有法定地位。它是由产品或过程的设计者来确定的，并以正式的规格加以发布。设计者是法定的质量立法者，由他们来颁布法律。运作人员负有执行质量法律的义务，亦即要符合规定的目标和公差的要求。

一直到 20 世纪 40 年代之前，人们对于以控制图的形式出现的统计控制界限还一无所知。在那个时代，这些控制图没什么正式的地位。它们是由质量部门的

质量专家绘制并发布的。对于运作人员而言，控制图是一个神秘而异己的概念。此外，控制图会触发不必要的纠正行动，造成工作量的增加，这一点令人生畏。运作人员认为：产品出现不合格时，采取纠正措施总是我们的事情。控制图过于灵敏，连不会导致产品不合格的过程改变也能被探测出来。我们会被要求采取行动，即使在产品符合质量目标和公差时也是如此。

这样就出现了责任的混淆。质量专家确信控制图提供了不应忽视的有用的早期预警信号。然而质量部门没有意识到运作人员正面临着责任的混淆。后者认为只要产品符合质量目标就没必要采取纠正措施。在那时，高层管理人员提供不了什么帮助，他们不会让自己搅和到这种事务中。由于控制图缺乏法定的地位，运作人员自行其是，对控制图抱一种视而不见的态度。这些原因促成了 20 世纪 50 年代所谓的“统计质量控制”运动的衰落。

在 20 世纪 80 年代又出现了运用统计方法进行质量控制的新浪潮。许多运作人员接受了“统计过程控制”的培训。这些培训使得混淆有所减少，但一些混淆依然存在。为澄清这些混淆，经理们应该：

- 明确对控制限外的点子采取纠正行动的责任。这些措施是必需的还是可自由决定的？
- 确定当点子出了控制限而产品仍满足质量公差时采取行动的指南。

从图 4—11 中可以明显看出决策指南的必要性。对于 A 象限和 C 象限而言，指南是明摆着的。若产品和过程与各自目标相符，过程可以继续运行。若二者均不符，过程就必须停下来并采取纠正措施。对于 B 象限和 D 象限的指南则常常是模糊的，这种模糊性是许多混淆的根源。如果行动的选择权授予了普通员工，管理人员就应当确立明确的准则。

		产品	
		符合	不符合
过程	不符合	B 模糊	C 清晰
	符合	A 清晰	D 模糊

图 4—11　决策领域示例

资料来源：*Making Quality Happen*, Juran, Institute, Inc., senior executive workshop, p.F-21, Wilton, CT.

人们付出了极大的努力来设计控制图界限，以帮助运作人员察觉产品质量是否正在超出产品质量界限。[最近的例子请参看 Carr (1989)。还有一种以与产品质量界限相关的产品质量为基础的方法，称为“PRE 控制”。请参看 Juran (1988, pp.24.31-24.38)。]

自我控制与可控性　当人们被供之以做好工作的所有必要条件之后，他们便处在了自我控制的状态。这些必要条件包括：

- 了解质量目标是什么的手段。

- 了解自己的实际绩效的手段。
- 当绩效与目标不符时改变绩效的手段。
- 为满足这一准则要求运作过程必须：（1）具有实现目标的能力；（2）提供了使运作人员可按需要调整过程以符合目标的特征。

自我控制的这些准则适用于所有职能和所有层次的过程。这里的所有层次包括从总经理一直到非监督职位的员工。

经理们常常很容易认为上述准则已经得到了满足。实际上，要达到这些准则必须解决许多的细节问题。从某些过程为了确保符合这些自我控制的准则而制定的核对清单中可以很明显看到这些细节的性质。其中包括了分别为产品设计者、生产工人、行政和支持人员设计的各类这样的清单。通过检索本手册的主题索引可以查找到有关这些清单的各种例子。

如果自我控制的所有准则在普通员工这一层次上均已达到，所发生的任何产品不符合都被称为是操作者可控的。如果自我控制的任一准则未能得到满足，则管理层的计划活动便是不完善的，亦即没有为实施反馈回路中的活动提供充分的手段。源自这种计划不足的产品不符合被称为是管理层可控的。在这种情况下，管理人员让工人对质量负责是具有风险的。

对于结果的责任当然应当与可控性相符。然而，过去许多管理人并不清楚在操作者层次上的可控性程度。朱兰在 20 世纪 30—40 年代的研究表明，在操作者层次上管理层可控的不符合与操作者可控的不符合的比例是 80∶20。这一结论进一步为 20 世纪 50—60 年代的其他研究所证实。80 对 20 的比率有助于解释仅靠激励员工来解决公司质量问题的众多努力失败的原因。

对过程符合性决策的影响 理想情况下，过程是否符合过程质量目标的决策应由基层员工作出。再没有比这更短的反馈回路存在。对于许多过程来说事实也确实如此。有些情况下，过程的符合性决策是由非运作部门的人员，即独立的检查员或检验员来作出的。其理由如下：

- 操作者不处于自我控制的状态。
- 该过程对人身安全或环境至关重要。
- 质量没有头等优先权。
- 在管理者和基层员工之间缺乏相互的信任。

产品符合性与适用性

产品特征具有两个层次，分别服务于不同的目的。其中的一个层次的产品特征所服务的目的如下：

- 满足顾客需要。

- 保证人身安全。
- 保护环境。

服务于上述目的的产品特征被称为具有“适用性”。

第二个层次的产品特征所服务的目的有：

- 为缺乏适用性知识的人员提供工作准则。
- 创造一种规律和秩序的氛围。
- 保护无辜者免受无根据的指责。

这类产品特征通常包含在内部的规格、程序、标准等文件中。服务于第二层次目的的产品特征被称为具有规格符合性。我们将之简称为符合性。

两个层次的产品特征的存在导致了两种决策，即产品是否具有符合性和产品是否具有适用性。图 4—12 示出了这两类决策与流程图间的相互关系。

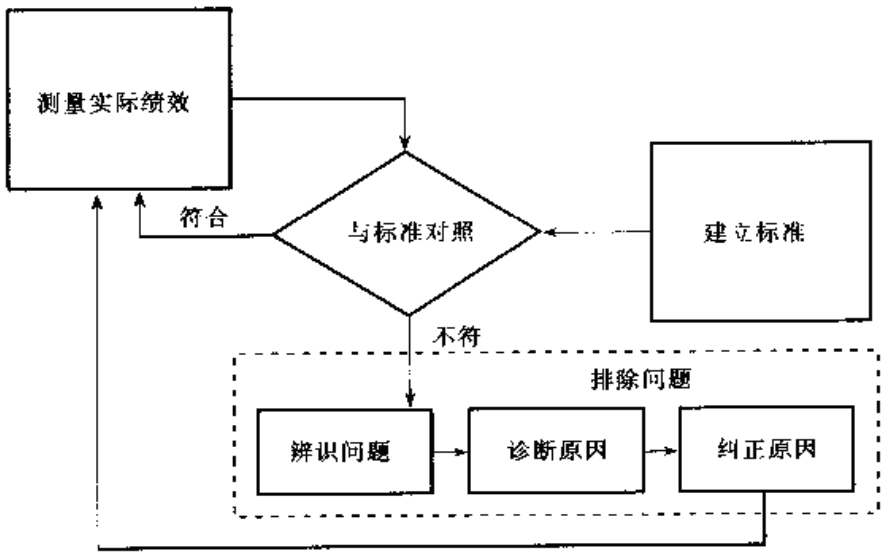


图 4—12　符合性决策与适用性决策的流程图

产品符合性决策　作为普遍的做法，符合规格的产品将被送到下一个环节或顾客手中。这里的主张在于，符合规格的产品也具有适用性。在绝大多数情况下这一主张都是成立的。

巨大数量的产品特征加上巨大数量的产品导致了巨大数量的产品符合性决策。理想状况下，这些决策权应授予组织的最低层次，即自动化的装置和操作层员工。将决策权授予操作层员工导致了所谓的“自我检验”的产生。

自我检验　我们将“自我检验”定义为将对产品的决策权授予操作层员工的这样一种状态。授权的这些决策主要包括：产品质量是否与质量目标相符？对产品应当进行何种处置？

要注意：自我检验与自我控制完全不同，后者涉及的是对过程的决策。

自我检验的优点显而易见：

- 反馈回路很短。反馈常常直接指向调节装置，这是纠正措施的触发器。

• 自我检验扩大了员工的职位内容，使得员工具有较强的主人翁意识。

• 自我检验避免了由于采用检验员、检查员等而造成的“警察气氛”。

但是，自我检验的采用必须满足若干重要准则的要求：

• 质量第一：质量必须具有无可置疑的头等优先权。

• 相互信任：管理人员必须充分信任员工从而愿意授权，员工对于管理人员必须具有充分的信心从而愿意承担责任。

• 自我控制：自我控制的条件必须具备以便员工具有做好工作所必需的全部手段。

• 培训：员工应受到产品符合性决策方面的训练。

• 合格证书：最近的趋势是包括一个认定的程序。申请自我检验者要通过一个考试，以确保他们能够作出合格的决策。通过考试者被授予证书，以后还会担任决策的审核。［实例请参见 Nowak（1991，Military Airlift Command）和 Pearl（1988，Corning Glass Works）。］

在许多公司中，这些准则并未被完全达到，特别是质量第一这条准则。如果是质量以外的一些参数具有头等优先权的话，产品符合性评价就存在着歪曲的危险。当个人绩效目标与总的质量目标发生冲突时常常会发生这样的问题。例如，某化工公司根据营业收入的目标来奖励销售人员，没有考虑产品的可用性甚至盈利性。销售人员实现了他们所有的目标，但公司却在苦苦挣扎着。

适用性决策 绝大多数产品确实符合规格。不符合规格的产品则出现了一个新的问题：不符合规格的产品是否还具有适用性？

作为进行这类决策的一个完全的基础，必须回答如下一些问题：

• 谁将会是使用者？

• 这个产品将如何被使用？

• 在结构的完整性、人身安全或环境方面有无风险？

• 交货的紧要程度如何？

• 替代方案会如何影响生产者和使用者的经济性？

要回答上述问题可能要付出相当的努力。企业期望通过程序化的指南来尽可能地减小这种努力。所使用的方法包括：

• 将所有的不符合产品视为不具有适用性：这种方式广泛用于对人身安全或环境可能会具有风险的产品，如药品或核能。

• 建立一个决策机构：例子之一是广泛应用于国防工业中的“材料评审委员会”。这种措施对于重要的问题很实用，但对于没什么危险的大多数情况就太过烦琐。

• 建立一个多重的授权体系：在这一体系中，“关键的少数”决策由类似于材料评审委员会这样的正式的决策机构来作出。其余的则授权给其他人。

表 4—3 是某公司使用的授权表的一个例子（作者之一的个人调查）。

适用性决策的进一步讨论请参看朱兰的论述（1988，pp.18.32-18.36）。

表 4—3　　适用性决策的多重授权

因不符合而产生的影响	所涉及产品的量或金额的大小	
	小	大
只是内部的经济性	直接涉及的部门主管、质量工程师	有关的工厂经理、质量经理
与供应商的经济关系	供应商、采购员、质量工程师	供应商、管理人员
与客户的经济关系	客户、销售人员、质量工程师	客户：营销、生产、技术和质量方面的主管
产品的现场绩效	产品设计师、销售人员、质量工程师	客户：技术、生产、营销和质量方面的主管
具有危害社会或违反政府法规的风险	产品设计主管、法规监督职员、律师、质量经理	总经理与高层领导班子

说明：对于其质量使命就是符合规格的这样一些产业（如原子能、太空），真正的适用性决策者是客户或政府管制者。

不适用产品的处置　不适用产品的处置有多种方式，如报废、分拣、返工、退还给供应商、削价出售等。内部成本可以设法达到一个经济上的最佳点。然而，影响远不止金钱方面，如日程被打乱，人们受到了责罚等等。为尽可能降低由此而引起的人的损耗，一些公司确立了如下的一些处理规则：

- 选择使有关各方总损失最小化的方案。这样不会再有什么可争论的，更易就如何分担损失达成一致。
- 避免追究责任，而是将损失看做质量改进的机会。
- 少使用“秋后算账”。将关键的少数损失记在负责部门的头上，从会计的角度来看具有一定的价值。但对于众多的小损失，这样做常常是不经济的，也不利于改进质量。

未能利用满足顾客需要的产品是一种浪费。将不符合顾客需要的产品送出去则更加糟糕。负责产品符合性决策的人员应该被供之以明确的责任界定和决策指南。作为其审核的一部分，管理人员应确保产品符合性决策的过程与公司的需要相吻合。

纠正措施　使反馈回路闭合的最后一个步骤是触发一个改变来恢复与质量目标的一致。这个步骤通常被称为“排除故障”或“灭火”。

需要注意的是，“纠正措施”这一说法一直以来被用在两种非常不同的情景下，如图 4—1 中所示出的那样。反馈回路专门用于消除如图 4—1 中的“峰值”那样的偶发性的不符合。它并不擅长解决该图中慢性浪费区域的问题。解决这方面问题需要应用第 5 章所讨论的质量改进过程。

我们将在排除故障，亦即消除偶发性的不符这一意义上来使用“纠正措施”这一说法。

纠正措施体现为诊断和治疗的历程。这些历程要比质量改进更简单。偶发性问题是由于不利改变而导致的，所以诊断历程主要是要揭示出发生了什么改变。

治疗的历程则是要消除所发生的不利改变，恢复符合性。

偶发性改变的诊断 在诊断历程中，我们所关注的焦点在于“发生了什么改变”。有时原因并不明显，这种情况下诊断便成为纠正措施的主要障碍。诊断运用这样一些方法和手段：

- 通过解剖来精确地确定产品和过程所表现出的症状。
- 比较产品。比较问题发生前后生产的产品以探究发生了何种改变。也可以将有问题的坏产品与好产品进行比较。
- 比较过程数据。比较问题前后的过程数据，弄清过程条件发生的变化。
- 情景重现。应按时间来编排（小时、天等）：（1）过程在偶发性改变的前后所发生的事件，如轮班情况、新雇员上岗、维修行动等；（2）与时间相关的产品信息，如日期代码、加工运转周期时间、等候时间、转移日期等。

对所获得的数据进行分析，通常有助于加深对各种原因推测的认识。有些推测会被推翻。有些推测则会留下来等待进一步的检验。

如运作人员缺乏实施上述诊断所必需的训练，则可能被迫暂时将过程关闭以寻求专家或维修部门等的援助。他们也可能为了赶进度而让过程“依旧”运行，但这样会冒达不到质量目标的风险。

纠正措施——治疗 一旦清楚了偶发性改变的原因，事情就好办多了。大多数治疗只是恢复到先前的状态而已。这是重返故地而非探索未知的历程（如处理慢性问题的情况）。现场人员通常能够采取必要的措施来恢复原状。

过程设计本身应当提供调整过程的手段，以便必要时通过调整使之与质量目标相符。在过程启动和运行阶段会需要这类调整。理想状况下，针对过程控制的这方面设计应当满足以下准则：

- 在过程变量与产品结果之间存在着已知的关系。
- 应提供便于迅速调整关键过程变量的设置的必要手段。
- 在过程设置的改变量与对产品特征的作用量之间存在着可预测的关系。

如果这些准则得不到满足，运作人员到一定时候就会被迫胡碰乱试以采取治疗措施。因此而产生的挫折感会影响人们对质量的重视。布尔加姆（Burgam，1985）发现：

> 某铸造厂一个控制金属浇注量的自动过程因故障而无法进行正确的调节。结果只好用人工调节来代替。因为浇注不足的铸件只能报废，工人为了保险通常都会过量浇注。这导致了大量的浪费。后来采用了一项新技术才解决了这个问题。

有些公司制定了处理偶发性改变的系统程序。［例子请参看 Sandorf and Bassett（1993）。］

有关排除故障的进一步讨论请参看第 22 章。

统计方法的作用

数据的收集和分析是反馈回路中的一项重要的活动。这一活动属于“统计学”这一学科领域。其方法和工具常被称为“统计方法”。这些方法长期被用于许多领域中的数据收集和分析工作，如生物、政府、经济、财政、管理等。第 44 章对于基本统计方法进行了全面的讨论，第 45 章则着重讨论了在统计过程控制中所应用的一些方法。

在 20 世纪，统计方法在质量问题中的应用有了很大的进展。其中包括开发了诸如休哈特控制图这样的专门工具。这方面应用的一次早期的热潮出现在 20 世纪 20 年代，基本上发生在贝尔（Bell）系统的内部。第二次热潮范围更广，发生在 20 世纪 40—50 年代之间，这次热潮后来被称为统计质量控制。第三次热潮出现于 20 世纪 80 年代，其波及范围更为广泛，这便是广为人知的统计过程控制。第 45 章将讨论这部分内容。

统计过程控制（SPC）　这一术语有多重含义，但在大多数公司，一般都认为其中包括数据的收集；利用诸如频数分布表、帕累托原理、石川图（鱼刺图）、休哈特控制图等工具进行的分析；以及过程能力概念的应用。

诸如实验设计、方差分析（参看第 47 章）这样一些高等工具也是统计方法的组成部分，但一般认为其不属于统计过程控制的内容。

优点　这些统计方法和工具对于质量控制有着非常重要的贡献，对于朱兰三部曲的其他两个过程——质量改进和质量计划——也同样如此。对于某些类型的质量问题而言，统计工具绝不仅仅是有用，而是不利用适当的统计工具，问题根本就不可能解决。

SPC 运动在基本统计工具方面成功地培训了大批的基层监督员和普通员工。统计知识的增加使得他们大大改善了对产品和过程行为的理解。此外，许多人懂得了依据数据收集和分析的决策会产出更为卓越的成果。

风险　存在着只重工具而忽视问题和结果的危险。在 20 世纪 50 年代这种偏执曾经盛极一时，以至于整个统计质量控制运动归于失败。“统计”一词也只好从部门名称中除去。

管理的正确次序首先是设定目标，然后是计划如何实现目标，其中包括选择适当的工具。类似地，当解决问题时，亦即当面对威胁或机会时，有经验的管理人员始于首先识别问题。然后他们借助于各种手段，包括选择合适的工具，来努力解决问题。

在 20 世纪 80 年代，有许多公司确实采用了一种以工具为中心的方式，它们在应用统计工具方面培训了大量的人员。然而，这对于公司的基本经营目标没什

么显著的效果。其原因在于，这些公司没有建立起一个基础的架构，用以辨识和选择项目，为项目分派明确的责任，提供所需资源，评审进展，等等。

经理们应当确保统计工具的培训不致以培训本身为终结。保证的形式之一是对于进展情况加以衡量。评价在运作方面产生的效果可以利用这样一些指标，如在顾客满意或产品绩效方面的改善、不良质量成本的降低等等。类似于开课数目、受训人员数目这样的指标不能用来评价在运作方面产生的效果，因而是一些次要的指标。

决策信息 质量控制必须进行大量的决策。这些决策涵盖了大量的主题，发生在组织的所有层次上。针对质量控制的计划活动应当提供一个能为所有的决策者服务的信息网络。在组织的某些层次上，主要的需要是实时信息，以便迅速地探测和纠正对于目标的偏离。而在另一些层次上，信息的重点在于概要，这类信息有助于主管们对于关键的少数受控对象实施控制（参看第 9 章和第 34 章）。此外，网络还应当根据要求随时提供必要的信息，以便人们探测主要的趋势，分辨威胁和机会，评价组织中的单位和人员的绩效。

有些公司的质量信息系统的设计并不局限于产品特征和过程特征的控制，也可用于控制组织和个人的质量绩效情况，如针对部门和部门负责人的控制。例如，有许多公司制作并定期发布评分榜，公布各市场区域、产品系列和运营职能等的质量绩效数据。这些绩效数据常被作为相应的分管人员的质量绩效的指标。

要提供能够满足所有这些目的要求的信息，就必须针对信息系统进行周密的计划。这样的计划活动最好由专注于质量信息系统的多职能团队来承担。该团队中应适当地将信息的顾客和信息的供应者包括进来。在管理当局对于质量控制体系的审核中，应包括保证质量信息系统满足不同顾客的需要（关于质量信息系统的详细讨论请参看第 9 章“测量、信息和决策”）。

质量控制手册

大量的质量计划活动是通过“程序”来进行的，这些程序确实是不断重复使用的计划。这些程序经过了仔细的考虑和字斟句酌，并且要经过正式的批准。一旦发布，便成为实施公司事务的公认方法。将质量管理的相关程序以“质量手册”（或类似题目）的形式集中公布，这是一种相当普遍的做法。手册中的相当部分是关于质量控制的内容。

质量手册在以下几个方面增加了程序的实用性。

- 权威性：手册经过了组织的最高层的批准。
- 易查找：程序被汇编在一份众所周知的资料中，而非分散在众多的备忘

录、口头协议、报告、会议记录中。

- 稳定性：程序不会因记忆的淡薄和人员的流动而受到影响。

对公司质量手册的研究表明各公司质量手册中有着非常相像的核心内容。质量控制方面的核心内容包括这样一些程序：

- 反馈回路在过程和产品控制中的应用。
- 确保运作过程的能力满足质量目标。
- 装备的维护和计量仪器的检定。
- 在质量事务方面的供应商关系。
- 质量信息系统所要求的数据的收集与分析。
- 为实施手册条款而进行的人员培训。
- 确保遵守程序的审核活动。

对于能够重复使用的质量控制体系的需要导致了产业、国家和国际标准的演化。详细的讨论请参看第 11 章“ISO 9000 族国际标准”。[关于标准操作程序的开发例子，包括录像带的应用，请参看 Murphy and McNealey (1990)。] 在程序制定过程中的员工参与有助于确保程序得到遵守。[与此相关的内容请参看 Gass (1993)。]

手册的形式　质量手册大同小异。手册的一般内容包括：

1. 总经理的正式声明。其中包括正式的签名。
2. 手册的目的及用法。
3. 公司（或部门）的质量方针。
4. 组织结构图及有关质量职能的职责分工表。
5. 手册规定的绩效审核条款。

手册的其他部分涉及在职能部门、技术性产品和过程、业务过程等方面的应用。[详见 Juran (1988, pp.6.40-6.47)。]

管理人员可以在以下几个方面对质量控制手册的充分性施加影响：

- 参与确定手册所要满足的准则。
- 批准手册的最终文本，使其正式生效。
- 定期审核手册是否落伍，是否得到了遵守。

利用奖酬制度进行控制

奖酬制度（人事考评等）在诸多指标中强调质量的程度，对于质量控制有着重要的影响。第 15 章全部是关于质量控制这方面内容的讨论。也请参看第 40 章中“激励、表彰、酬劳”的内容。

进行审核

经验表明控制体系会受到各种类型“损耗”的影响。人事变动会导致损失重要的知识。意想不到的变化会使体系退化。取巧和滥用会使体系被逐渐削弱直到失效。

审核是克服控制体系退化的主要手段。审核意味着建立一种定期且独立的评审制度，以回答下面的问题：该控制体系是否依然胜任要求？体系有无被遵守？

这些答案对于运作领域的经理们显然是有用的，但这不是审核的惟一目的。另外一个目的是要将这些答案提供给那些虽没有直接参与运作但有必要知情的人们。如果质量有着最高的优先权，有必要知情的人们中就包括了最高主管们。

从而，经理们的职责之一便是要求建立一个定期的质量控制体系审核制度。

质量控制的新进展

近几十年来，由于现代的概念、方法和工具在质量控制中的不断正式采用，而使得质量控制的有效性呈现出不断提高的趋势。其中包括：

- 对质量控制的系统性计划活动，其中伴随着运作人员的广泛参与。
- 反馈回路的正式应用，及相关决策和行动的责任的明确。
- 通过自我控制和自我检验将决策权授予操作层的员工。
- 统计过程控制的广泛应用以及对于运作人员的培训。
- 一个结构化的信息网络为决策提供有事实根据的基础。
- 在针对偶发性的不利改变采取纠正行动的一个系统化的过程。
- 正式的公司质量控制手册，以及确保体系不致落伍及得到遵守的定期审核。

小结

质量控制过程对于事物的运作而言是一个普遍的过程，它提供稳定性，亦即防止负面改变并“维持现状”。质量控制是通过利用反馈回路来进行的。产品或过程的每个特征都是一个受控对象，它是反馈回路围绕的中心。只要有可能，人

工控制就应当交给操作层员工，即办公室的文员、工厂的工人、销售人员等等。在针对质量控制的计划活动中，流程图得到了广泛的应用。装备控制的最薄弱环节便是遵守日程计划。为确保严格遵守日程计划，需要有独立的审核。对支配性过程变量的了解有助于计划人员配置资源及排定优先次序。计划人员的工作通常被归纳在一个控制展开表中。展开表是一种重要的计划工具。

“谁来对质量负责”这一问题就其本身而言是无法回答的。但如果从决策和行动的角度来看，取得一致的答案是不成问题的。过程控制的设计应提供必要的工具，以帮助操作层员工区分真正的改变和误报。当务之急是为判断装置提供有助于区分特殊性原因和一般性原因的工具。休哈特控制图（或简称控制图）便是一种有力的工具。自我控制的准则适用于各种职能中的过程，也适用于从总经理到非监督职责的员工的所有层次的过程。对于结果的责任当然应当与可控性相符。理想状态下，关于过程是否符合过程质量目标的决策应当由操作层员工作出。再没有更短的反馈回路存在。

应用自我检验必须满足若干关键的准则：质量第一；相互信任；自我控制；培训和合格证书。负责产品符合性决策的人员应当被提供以明确的责任界定和决策的指南。管理的正确次序是：首先设定目标；然后计划如何实现目标，这包括选择适当的工具。对于质量控制的计划应当提供一个能够服务于所有决策者的信息网络。

管理者的任务

管理者应避免过深涉足于质量控制方面的决策。他们应当作关键的少数决策，提出区分关键的少数决策与其他决策的准则，在构造了决策过程的条件下授权他人进行其他的决策。

为去除有关控制限和产品质量公差的混淆，管理者应明确对于控制限外的点子采取纠正措施的责任，并建立当点子在统计控制限外但产品仍符合质量公差时的行动指南。

作为审核的一部分，管理人员应确保产品符合性决策的过程适合公司的需要。同时也应确保统计工具的培训不致以培训本身为终结。管理当局对于质量控制体系的审核应包括保证质量信息系统满足不同顾客的需要。

管理人员可以在以下几个方面对于质量控制手册的充分性施加影响：参与确定手册所要满足的准则，批准手册的最终文本并使其正式生效，定期审核手册是否落伍和是否得到了遵守。

参考文献

Burgam, Patrick M. (1985). "Application: Reducing Foundry Waste." *Manufacturing Engineering*, March.

Bylinksy, Gene (1991). "How Companies Spy on Employees." *Fortune*, November, pp.131-140.

Carr, Wendell E. (1989). "Modified Control Limits." *Quality Progress*, January, pp.44-48.

Deming, W. Edwards (1986). *Out of the Crisis*, MIT Center for Advanced Engineering Study. Cambridge, MA.

Deming, W. Edwards (1950). *Elementary Principles of the Statistical Control of Quality*, Nippon Kagaku Gijutsu Renmei (Japanese Union of Scientists and Engineers), Tokyo.

Duyck, T. O. (1989). "Product Control Through Process Control and Process Design." *1989 ASQC Quality Congress Transactions*, pp.676-681.

Gass, Kenneth C. (1993). "Getting the Most Out of Procedures." *Quality Engineering*, June.

Goble, Joann (1987). "A Systematic Approach to Implementing SPC," *1987 ASQC Quality Congress Transactions*, pp.154-164.

Juran, J.M. (1992). *Juran on Quality by Design*, The Free Press, A Division of Macmillan, Inc., New York.

Juran, J.M., ed (1988). *Juran's Quality Control Handbook*, McGraw-Hill, New York.

Juran, J.M. (1964). *Managerial Breakthrough*, McGraw-Hill, New York.

Koura, Kozo (1991). "Deming Cycle to Management Cycle." *Societas Qualitas*, Japanese Union of Scientists and Engineers, Tokyo, May-June.

Lenehan, Michael (1982). "The Quality of the Instrument, Building Steinway Grand Piano K 2571." *The Atlantic Monthly*, August, pp.32-58.

Murphy, Robert W., and McNealey, James E. (1990). "A Technique for Developing Standard Operating Procedures to Provide Consistent Quality." *1990 Juran IMPRO Conference Proceedings*, pp.3D1-3D6.

Nowlan, F. Stanley, and Heap, Howard F. *Reliability Centered Maintenance*. Catalog number ADA 066579, National Technical Information Service, Springfield, Va.

Nowak, Major General John M. (1991). "Transitioning from Correction to Prevention." *1991 Juran IMPRO Conference*., pp. 1-15–1-20.

Pearl, Daniel H. (1988). "Operator Owned SPC, How to Get it and Keep It." *1988 ASQC Congress Transactions*, pp. 817–821.

Pyzdek, Thomas (1990). "There's No Such Thing as a Common Cause." *ASQC Quality Congress Transactions*, pp. 102–108.

Radford, G. S. (1922). *The Control of Quality of Manufacturing*, Ronald Press Company, New York.

Radford, G. S. (1917). "The Control of Quality." *Industrial Management*, vol. 54, p. 100.

Radman, Miroslav, and Wagner, Robert (1988). "The High Fidelity of DNA Duplication." *Scientific American*, August, pp. 40–46.

Sandorf, John P., and Bassett, A. Thomas Ⅲ (1993). "The OCAP: Predetermined Responses to Out-of-Control Conditions." *Quality Progress*, May, pp. 91–95.

Shainin, Dorian, and Shainin, Peter D. (1988). "PRE-Control." *Juran's Quality Control Handbook*, 4th ed., McGraw-Hill, New York.

Siff, Walter C. (1984). "The Strategic Plan of Control—A Tool For Participative Management." *1984 ASQC Quality Congress Transactions*, pp. 384–390.

Shewhart, W. A. (1931). *Economic Control of Quality of Manufactured Product*, Van Nostrand, New York, 1931. Reprinted by ASQC, Milwaukee, 1980.

Umscheid, Thomas E. (1991). "Production Monitoring Enhances SPC." *Quality Progress*, December, pp. 58–61.

White, Joseph B. (1988). "Auto Mechanics Struggle to Cope With Technology in Today's Cars." *The Wall Street Journal*, July 26, p. 37.

（李岩 译）

第 5 章

质量改进过程[①]

J.M. 朱兰 (J.M.Juran)

本章目的
改进的含义
两种良性改变
精心组织的产品开发活动
未经组织的减少慢性浪费的活动
慢性浪费的增加
20 世纪 80 年代的举措
启迪
改进速度起着决定性作用
21 世纪展望
正在形成的共识
本章其余内容
质量改进：基本概念
改进有别于控制
改进是以项目的方式实施的
质量改进是普遍适用的
质量改进影响到所有参数
需要改进的项目数目巨大
质量改进并非不付代价
削减慢性浪费无须大量资本
投资回报率最高
主要成果来自关键的少数项目
质量改进：阻力
失败造成的错觉
质量高花费也高
对授权的误解
雇员的担心
取得高层管理当局的赞同和参与
改进的意识：确证必要性
慢性浪费的规模
可能的投资回报
利用典型项目
获得成本的数据
公司各层次的语言
向高层管理者的陈述
质量改进的发动
正规化的必要性
质量委员会
委员会成员
职责
预见问题
失去工作的担心
来自质量部门的协助
经营计划中的质量改进目标
目标的展开
项目的概念
帕累托原理的应用
有用的多数项目
提案与选择的过程
项目提案的来源
大质量概念的影响

① 在本手册第四版中，“质量改进”一章由 F.M. 格里纳编写。

提案过程
来自普通员工的提案
与供应商和顾客的联合项目
项目的筛选
首个项目的准则
以后项目的准则
项目的选择
关键的少数和有用的多数
项目的成本数据
成本与不良百分率
“大象”级项目和“可下口”项目
克隆
项目的使命陈述
使命陈述的目的
数量目标
以完美为目标
使命陈述的公布
使命陈述的修订
项目团队
为什么需要团队？
团队的任命：发起者
责任与权利
成员
来自普通员工的成员
团队中的上层管理者
基础架构的模式
团队组织
团队牵头人
团队秘书
团队成员
找出着手项目的时间
推动者
作用
资格
来源和任期
质量改进的通用次序
两大历程
关键词的定义
诊断应当先于治疗
诊断历程
理解症状
实地观察
形成推测
提出推测
整理推测
选择待验证的推测
验证推测
以事实为根据
流程图
过程能力分析
过程分解
同时分解
缺陷集中趋势分析
关联研究
开辟新的窗口
实验设计
诊断中的测量
诊断的责任
回溯分析；启迪
圣特亚那回顾
周期和频次的影响
应用于高频次周期
应用于中频次周期
应用于低频次周期
一些著名的例子
应用于长周期事件的潜力
治疗历程
备择方案的选择
治疗措施：去除原因
治疗措施：成本优化
治疗措施：可接受性
关键的不常见缺陷的治疗
来自复制的治疗措施
在实际运作条件下的试验
在新水平上控制；保持成果
人的差错：诊断和治疗
普通员工差错的程度
员工差错的种类

疏忽性差错
疏忽性差错的治疗
技术性差错
技术性差错的治疗
有意差错
有意差错的治疗
沟通差错
沟通差错的治疗
变革的阻力
文化模式
例行规则
解决差异
项目的生命周期：小结
对质量改进的制度化
高层主管不可下授的角色
评审进展状况
对成果的评审
进展状况评审所需的输入
绩效评价
褒奖
薪酬
培训
质量改进责任的归纳
致谢
参考文献

本章目的

本章的目的是阐明质量改进的实质及其与质量管理的关系，说明如何将质量改进确立为一个常年进行的持续的过程，明确质量改进的行动方案以及包括高层管理人员在内的每个人所起的作用。

改进的含义

“改进”在这里的用法是指“有组织地取得的良性改变；前所未有的绩效水平的实现”。它的一个同义词是“突破”。

两种良性改变 良性改变的表现形式之一是更好的质量。这对于图 2—1 中所归纳的两类质量都是适用的。

- 产品特性：产品特性可以增进顾客的满意。可以增加企业的营收。
- 免于缺陷：缺陷引起顾客不满并导致慢性浪费。免于缺陷可以降低企业的成本。

旨在增加营收的质量改进可以包括诸如以下这些活动：

- 通过产品开发来研制新的产品特征，这可以提供更高程度的顾客满意从而使得营收增加。
- 通过改进业务过程来缩短运转周期，从而为顾客提供更好的服务。

• 通过实现“一站式服务”来减少顾客必须经过许多道人员才能获得服务的烦恼。

旨在减少导致慢性浪费的质量改进可以包括诸如这样一些活动：

• 增加生产过程的产出。

• 减少办公室工作的差错率。

• 减少现场故障。

上述两种情况下所获得的成果都称为“质量改进”。但是，为了获得这些成果所使用的过程有着根本的不同。原因很简单。

旨在增加营收的质量改进始于设立新的目标，如新的产品特征、更短的运转周期、一站式服务等。为了实现这些新的目标就必须进行多种计划活动，其中包括对质量的计划。质量计划活动是通过具有普遍性的一系列步骤来实施的，这些步骤包括：识别因目标的实现而被影响的“顾客”，确定顾客的需要，开发满足这些需要所必需的产品特征，等等。所有这一系列步骤便构成了“质量计划的路线图”，这是第 3 章“质量计划过程”所讨论的主题。

对于慢性浪费的场合而言，产品目标业已确定，实现这些目标的过程同样也已具备。可是，并非所生产出来的产品（货品和服务）都满足目标的要求。有些满足，有些则不满足。从而，减少慢性浪费的方法不同于质量计划路线图。这里的方法包括：（1）揭示原因——为什么有些产品满足目标，而有些则不满足目标；（2）采取治疗措施消除这些原因。正是这一类质量改进构成了本章讨论的主题。

持续不断的改进对于上述两类质量都是必需的，因为两者都受到了竞争的压力。顾客需要是一个不断移动的靶子，竞争性的成本也同样如此。但是，以往这两类质量改进的进展程度却大不相同。其主要原因在于，许多甚至是绝大多数的高层经理们，给予了增加销售而不是降低成本以更大的重视。这种差异通常反映在组织结构上。企业新产品开发的方式便是一个有说服力的例子。

精心组织的产品开发活动　许多公司一直都有着精心组织的产品更新换代的做法。这些做法有如下的特点：

• 产品开发项目是经营计划的组成部分。

• 新产品委员会保持着对这些项目的业务监督。

• 设置了专门的产品和过程开发部门，配备有开展技术工作所必需的人员、实验室和其他资源。

• 重要的技术工作有着明确的职责划分。

• 有着精心设计的程序以确保开发工作在各个职能部门间的进行。

• 这种常备的构造有利于新产品开发的逐年延续。

这种专门的组织结构尽管十分必要，但并不足以确保良好的结果。有些公司中，新产品面市的周期很长，新型号产品在市场上的竞争表现不佳，或新的慢性

浪费又在产生。这些弱点通常可以归因于在质量计划过程中的不足，这些内容在第3章“质量计划过程”中进行了讨论。

未经组织的减少慢性浪费的活动 在大多数公司中，减少慢性浪费的呼声远低于增加营收的呼声。因此：

- 在经营计划中没有减少慢性浪费的目标。
- 这类质量改进的责任是模糊的。发起行动是志愿者的事情。
- 未能提供必需的资源，因为这类改进不是经营计划的构成部分。

高层管理人员对此缺乏重视很大程度上是因为他们的思维受以下两个因素的影响：

1. 不仅是许多高层管理人员把增加销售放在首要位置，而且他们中有些人认为降低成本的工作是一种低级的工作，不值得花费高层经理的时间。尤其在高科技企业更是如此。

2. 高层管理人员从来没有意识到慢性浪费的规模，也不清楚在这方面投资所具有的潜在的高回报。高层经理们所盯着的“仪表盘”总是在强调诸如销售额、利润、现金流这些指标，但看不到慢性浪费的规模以及其中蕴藏着的机会。质量经理们对于高层的这种迟钝负有一定的责任，他们所提交的报告总是用着质量专家的行话而不是管理的语言，亦即货币的语言。

企业应当如何动用它们的资源来把握这一被忽略的机会，便是本章所要强调的主题。

慢性浪费的增加

在久远的手工作坊的时代，慢性浪费看起来不是什么主要的问题。手工艺人完成一件产品一般要进行许多道作业。在每一道作业中，他都是自己的顾客。他的主顾也住在同一个村庄，因此反馈的回路很短也很及时。

18世纪中叶的产业革命大大降低了手工艺人的作用，与此同时，巨大的工厂和复杂的组织结构被创造出来，这成为了慢性浪费的温床。20世纪早期的泰罗制提高了生产效率，但对质量产生了负面影响。为了尽可能减少损失，企业强化了产品检验的职能。这有助于避免有缺陷的产品流入到顾客手中，但鼓励了越来越大的慢性浪费。

依赖于检验的这种普遍做法被第二次世界大战以后日本的质量革命所瓦解。这场革命极大地减少了慢性浪费，改进了产品特征，使日本成为了一个经济超级大国。由此而来的竞争很快造成了西方国家日益加深的危机，这种危机到20世纪80年代发展到了令人震惊的程度。

20 世纪 80 年代的举措

为了应对这种危机，许多公司，尤其是美国公司，实施了改进质量的举措。由于种种原因，大多数这些举措都远没有实现预期的目标。但有少数公司在质量方面取得了令人瞩目的成就而成为了典范。必须采取什么行动才能实现质量领先，应当设计什么样的过程才能使这些行动得以实施，这些典范们的做法被广为研究并成了可资借鉴的经验。

启迪　对这些成功企业所采取行动的分析表明，它们中的绝大多数都采取了以下这些策略中的大部分或全部：

- 在所有层次的经营计划中都包括了质量改进的目标。
- 设计了用于改进的过程并建立了实施这一过程的专门组织机构。
- 采纳了大质量概念，改进过程除应用于制造过程之外，还应用于业务过程。
- 对于包括高层经理在内的所有层次的人员就如何履行各自的质量管理使命进行了培训。
- 对普通员工进行充分的授权，促使他们参与质量改进活动。
- 建立了评价指标以衡量实现质量改进目标的进展情况。
- 包括高层经理在内的各级管理人员对于实现改进目标的进展情况进行评审。
- 对于卓越的质量绩效广泛应用了褒奖手段。
- 修订了薪酬制度以表彰各自职责范围内所取得的变化。

改进速度起着决定性作用　质量改进的速度决定了哪家公司能够作为质量领先者崭露头角，这是人们所总结出的核心经验。图 5—1 表明了不同的质量改进速度的影响。

图的纵轴表示产品的可销性，因此越往上越好。上边的一条直线表示 A 公司的绩效，它在开始时处于行业领先者的地位。A 公司保持着逐年增长的趋势。公司在盈利，看起来未来一片光明。

下边的直线代表竞争者 B 公司，它在开始时并非质量领先者。然而，B 公司比 A 公司的质量改进速度要快得多。A 公司正面临着失去质量领先地位的威胁。这里的寓意是显然的：

在争夺质量领先地位的竞争中，质量改进的速度是最具有决定性的因素。

图 5—1 中的倾斜线有助于解释为何有如此多的日本产品获得了质量领先位置。其主要原因在于，相对于西方的渐进性改善而言，几十年来日本的质量改进速度是革命性的。

图 5—2 表示我对汽车行业质量改进速度的预测［详见 Juran（1993）］。从 20 世纪 80 年代的众多未能奏效的举措中也可以得出不少教训。对此虽无十分充分的总结，但有一个教训却是十分明显的。总的来说，这些失败的举措表明，要获得这种革命性的质量改进速度绝非轻而易举。正如本章将要讨论的那样，存在着众多的障碍和巨大的文化阻力。

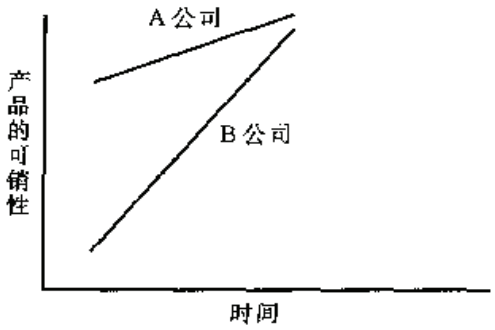


图 5—1 质量改进速度的比较

资料来源：*Making Quality Happen*，1988，Juran Institute，Wilton，CT，p.D4.

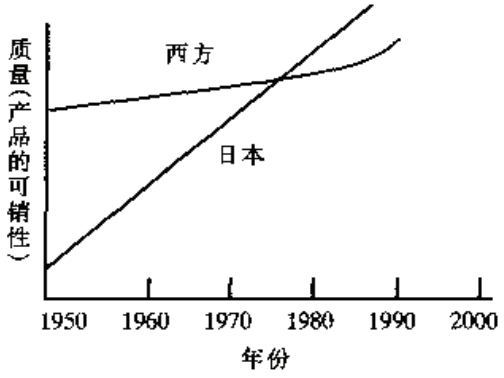


图 5—2 汽车行业质量改进速度的预测

资料来源：*Making Quality Happen*，1988，Juran Institute，Wilton，CT.，p.D5.

21 世纪展望

到了 20 世纪 90 年代后期，质量竞争在基于两种不同理念的两条战线上进行着。

• 政治领袖们固守着传统的政治解决方法，如进口配额、关税、“公平贸易”立法等等。

• 产业领袖们日益坚信，对竞争的最好回应是具有更强的竞争力。采用这种方式必须活用那些从各行各业的典范公司中总结出来的经验。这种广泛的普及运动肯定将延续到 21 世纪。

正在形成的共识　近几十年来的经验教训使得人们在质量管理的地位、所面临的机会和威胁以及必须采取什么行动方面正在形成共识。其中涉及质量改进的方面主要包括：

- 质量竞争日益加剧并已成为生活中一种永久的存在。长年累月持久保持质量改进的高速度是一种重要的必需反应。
- 顾客越来越强烈地要求供应商改进质量。这种要求遍及整个供应链。顾客不仅要求改进产品，而且还要求改进质量管理体系［参见 Krantz（1989）中的例子。该例中的公司通过产品检验以避免不合格产品流入到顾客手中。尽管如此，一个大客户仍要求该公司改进其质量管理体系，并以此作为继续签约的条件］。
- 慢性浪费之巨大已是众所周知。20 世纪 80 年代初期，由于质量不良，在美国约有三分之一的工作是对以往所做工作的返工（笔者估计）。人们普遍认识到这样的浪费不应再继续下去，因为它大大削弱了在成本方面的竞争力。
- 质量改进应导入影响公司绩效的所有领域，既包括制造过程也包括业务过程。
- 质量改进不应只靠自发性的努力，必须将之融入整个系统中。
- 实现质量领先要求高层管理者亲自掌管质量管理。在位居质量领先者地位的公司中，都是最高层在亲自执掌质量舵轮。就我所知从无例外。

本章其余内容

本章往下的内容将集中在“如何做”方面。所要讨论的主题包括：

- 构成质量改进基础的一些基本概念。
- 如何动员企业的资源以使质量改进成为企业管理的一个组成部分。
- 质量改进过程本身，亦即实施改进的普遍步骤。
- 如何使改进“制度化”从而能够长久持续下去。

质量改进：基本概念

质量改进过程构筑于由某些基本概念所形成的一个基础之上。对于大多数公司和管理者来说，持续的质量改进不仅是一个新的责任，而且是对管理风格的一种激烈的变革，是对公司文化的变革。因此，在讨论改进过程之前首先掌握有关的基本概念是十分重要的。

改进有别于控制　改进与控制不同。三部曲示意图（图 5—3）表明了这种

区别（注意图 5—3 与图 2—4 是同一个图）。在这个图中，慢性浪费水平（不良质量成本）最初约为总产出的 23%。这一慢性浪费是固化在过程中的，“设计便是如此”。随后，一个质量改进项目将这一浪费减少到了约 5%。根据我的定义，这一慢性浪费的减少就是改进，它取得了一个前所未有的绩效水平。

图 5—3 中还示出了一个“偶发性的峰值”，浪费突然增加到了 40%。这一峰值是非预期的，产生于各种意外的来源。人们会迅速消除这一峰值使之恢复到约 23% 的长期水平上。这一行动不符合改进的定义，它未曾实现前所未有的绩效水平。这类行动通常被称为“排除故障”、“纠正行动”或“灭火”。

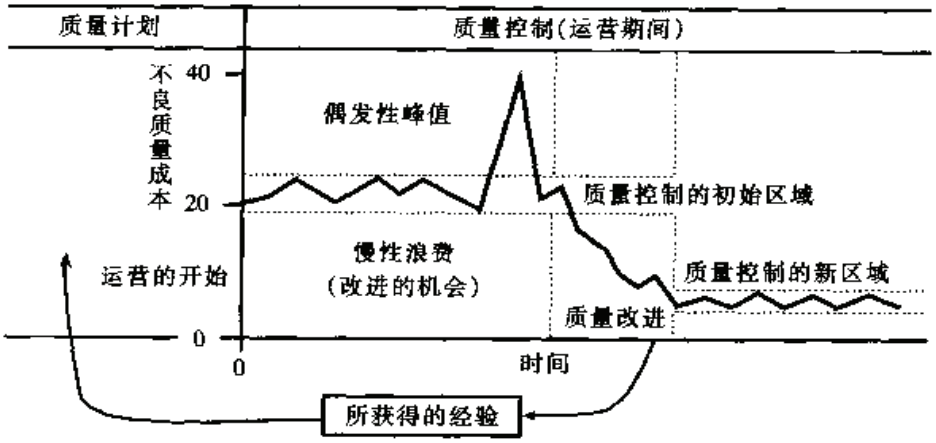


图 5—3　朱兰三部曲示意图

资料来源：Juran, J.M, 1989, *The Quality Trilogy: A Universal Approach to Managing for Quality*, Juran Institute, Inc., Wilton, CT.

改进是以项目的方式实施的　一般难以遇到有如改进这样的事情。所有的改进均是以一个一个项目的方式实施的，此外别无他途。

“改进项目”在这里指的是“一个业已安排解决的长期性问题”。改进项目有着多重的理解，在公司的术语表和培训手册中应当加以明确的定义。引用一些公司曾成功实施过的例子有助于对其的定义。

质量改进是普遍适用的　在 20 世纪 80 年代和 90 年代期间实施的大量项目表明了质量改进适用于：

- 制造业以及服务业。
- 生产过程以及业务过程。
- 运作活动以及支持性活动。
- 硬件以及软件。

在 20 世纪 80 年代和 90 年代期间，质量改进应用到了包括政府、教育和医疗等领域在内的几乎所有的产业中［有关医疗领域应用的书籍可参阅 Berwick et al.（1990）］。

此外，质量改进成功地应用到了公司的所有职能领域，如财务、产品开发、

市场营销、法律等等。

某公司分管法律事务的副总裁对于质量改进在法律事务中的应用曾经抱有疑问，但他在两年内把处理专利文件的周期时间减少了50%以上（与笔者的个人交流）。

更详细的讨论及许多具体的例子请参阅朱兰学院的年度质量管理专题会议文集。

质量改进影响到所有参数 公开的质量改进报告表明，其影响覆盖了公司的所有参数。

- 生产率：人均小时的产出。
- 运转周期时间：过程的实施所要求的时间。这里的过程尤指那些由依次在各个部门实施的多个步骤构成的过程。第6章的“过程管理”详细讨论了这类过程的改进。
- 人身安全：许多项目通过无差错措施、失效保护设计等来改进人身安全。
- 环境：类似地，许多项目通过减少有害排放而保护了环境。

有些项目的益处覆盖了多个参数。一个经典的例子是关于彩电的（Juran，1979）。日本松下公司收购了美国的一家彩电生产厂（Quasar），随后对之进行了许多改进，包括：

- 减少现场故障的产品再设计。
- 减少内部缺陷率的过程再设计。
- 与供应商采取联合行动，改进购进元器件的质量。

改进前后的各类数据如下：

	1974	1977
点修率，即（成品）需要修理的缺陷数	150/100台	4/100台
检修人员数	120	15
保修期间故障率	71%	10%
招修服务的成本	2 200万美元	400万美元

生产商的受益是多方面的：降低了成本，提高了生产率，有了更加可靠的供应，增加了可销性。最终用户也从中受益，现场故障率减少了80%以上。

需要改进的项目数目巨大 20世纪80—90年代那些取得改进成功的公司实际实施的改进数目表明，需要改进的项目数目有多么巨大。有些公司报告每年的改进数目达数千项。在一些非常大的公司中，这一数目还会高得多，会差几个数量级。

改进项目的巨大积压的存在部分原因是由于在新产品和过程的计划活动中就一直存在着缺陷。事实上，这一计划过程是一个双重的孵化场，在孵化出新计划的同时，也孵化出了慢性浪费，这些慢性浪费年复一年地被积累起来。每一个这样的慢性浪费都成了一个潜在的质量改进项目。

这一巨大积压的另一原因是人类独创性的本能，这似乎是没有极限的。丰田汽车公司报告其8万名员工每年要提出400万项改进建议，每人每年平均达50项之多（Sskai，1994）。

质量改进并非不付代价 削减慢性浪费并非可以不付出代价，它要求付出多种形式的努力。必须创建一种基本的架构来动员公司的资源以实现常年的质量改进。这包括设立要达到的具体目标、选择要着手的项目、分配责任、追踪项目的进展情况等等。

与此同时，还必须进行充分的培训以使人们掌握改进过程的本质，了解如何在改进团队中工作，学会如何使用工具，等等。

除了这些事前准备方面的努力之外，对每个改进项目还必须进行诊断以找出慢性浪费的原因并进行治疗以去除这些原因。

所有这些汇总起来花费颇多，但取得的成果可能是惊人的。在那些成功的公司、那些典范那里的确已经取得了惊人的成果。详细的这类成果数字已经获得了广泛的发表，美国国家标准和技术研究院（NIST）的年会文集便是主要媒介之一，该研究院是马尔科姆·鲍德里奇国家质量奖的主管单位。

削减慢性浪费无须大量资本 减少慢性浪费很少需要资本支出。揭示原因的诊断活动通常需要的只是质量改进项目团队的时间。消除原因的治疗措施通常是对过程的微细调整。在大多数情况下，无须资本投入便可将已经生产出80%以上良品的过程提高到良品率90%以上。削减慢性浪费能够获得高的投资回报率（ROI）的一个主要原因便是避免了资本的投入。

与此相对照，旨在增加销售的产品开发项目则涉及揭示顾客需要、设计产品和过程、建造装备等方面的花费。这些花费大都属于资本支出，因此降低了ROI的评估。

投资回报率最高 从日本（戴明奖）、美国（鲍德里奇奖）以及其他地区的国家奖得主公开报告的结果来看这是显而易见的。越来越多的公司发表了有关其质量改进的报告，其中包括了所取得的成果［例子请参看朱兰学院1983年及以后各年的质量管理会议文集；也可参看Kearns and Nadler（1995）］。

尽管有大量发表的这些例子，但从质量改进项目得到的实际回报情况并未得到充分的研究。我曾经分析了各公司发表的18篇论文，发现每个质量改进项目平均能削减成本10万美元（Juran，1985）。这都是些大公司，每年销售额在10亿美元以上。

我还估计，对于那些10万美元水平的项目来说，其在诊断和治疗措施上的投入总计约1.5万美元。所得到的投资回报是主管们所能期望的最高水平。这使得一些主管们调侃道："质量改进是最值得做的生意。"

主要成果来自关键的少数项目 大部分的可衡量成果来自一小部分质量改进项目，即那些"关键的少数"项目，这是些跨部门的项目，因此需要跨部门团队

来实施。与此相对照，大多数项目都属于那些“有用的多数”，通常由部门内团队实施。与那些关键的少数项目相比，这些项目的效果通常要小若干个数量级。

虽然这些有用的多数项目所取得的效果只在总成果中占一小部分，但它给较低层次的员工提供了参与质量改进的机会。在许多管理者看来，在工作生活的质量方面的收获与经营绩效方面的成果一样，有着同样的重要性。

质量改进：阻力

虽然一些先进企业通过质量改进取得了令人瞩目的成就，但大多数公司却未能如此。有些失败的确是由于不懂得如何改进，但有些则是由于存在着一些不利于确立持续的质量改进体制的内在阻碍。在采取行动之前搞清楚这些主要障碍的性质是很有用的。

失败造成的错觉　前面提到的成果不佳使得某些有影响力的杂志断言，质量改进活动注定会失败。这一断言忽视了那些先进企业所取得的瞩目成果（这些公司的表现证明了卓越的成果是可以实现的）。此外，先进企业也展示了它们是如何实现这些成果的，从而为其他企业提供了可资借鉴的经验。尽管如此，那些媒体的断言也已经使得一些高层主管在质量改进面前裹足不前了。

质量高花费也高　有些管理人员持有质量越高成本也越高的思维定式。这种认识或许是来自一个过时的信念，即质量改进就是加强检验以避免不合格品流到顾客手中。也可能是来自对于“质量”这个词的两种含义的混淆。

改进产品特征（通过产品开发）这一意义上的更高质量通常需要资本投入。就这一意义而言，它确实花费更高。然而，从减少慢性浪费意义上讲，更高质量则通常花费更少，而且要少得多。那些负责向管理层打报告的人应当仔细定义关键词，明确到底谈的是哪个质量。

对授权的误解　主管们是大忙人，各种新的需要还在不断地争夺他们的时间。他们努力通过授权来保持工作负荷的平衡。“一个好主管必须是一个好的授权者”这一原则有着广泛的应用，但它在质量改进方面却有点用得过头。先进企业的经验表明，确立持续的质量改进体制要使整个管理当局至少增加 10% 的工作负荷，包括最高管理层在内。

大多数高层管理人员都力求通过大把的授权以避免背上这一新增的负荷。有些主管设立了一些模糊的目标，然后就鼓动大家做得更好，嚷嚷“第一次就把事情做对”。但在那些典范公司中却并非如此。在每一家这样的公司中，高层主管执掌着改进举措并亲自承担着某些不可下授的角色（参见下面的“高层主管不可下授的角色”）。

雇员的担心　质量改进意味着公司行事方式的深刻改变，绝非表面看上去的

那样简单。它在职位说明书中增加了新的职责，赋予了职位承担者更多的任务。它要求人们接受团队的概念以实施项目，这在许多公司是一个异端的概念，它侵犯了职能部门的管辖权限。它提升了质量的地位，但同时却对其他方面的既得利益有着毁灭性的作用。它需要培训以使人们学会按照这种方式做事。总之，这是一场大变革，摧毁了平静，也带来了许多不期而至的副作用。

对雇员们而言，这些深刻变化所产生的最为骇人的作用莫过于对于饭碗和地位的威胁。削减慢性浪费减少了返工的需要，从而会减少从事这些返工作业的岗位。取消这类岗位又会威胁到与之相关的基层主管的地位和饭碗。因此削减浪费的努力受到来自员工、工会、基层主管和其他方面的抵制并不足为奇。

但是，质量改进对于保持竞争力是必不可少的。不能进步会将所有人的职位都置于危险之中。因此，虽然明知雇员的担心是忧虑的人们对于令人不安的事情的一种合乎逻辑的反应，但公司除了选择改进别无他途可循。需要做的是设立一种沟通的管道，以解释理由，理解人们的焦虑，并寻求最理想的解决方案。沟通不畅，非正式渠道就会登场，怀疑和流言就会传播。进一步的讨论请看下面的“质量委员会：预见问题”。

其他一些担心源自文化模式（请看下面“变革的阻力：文化模式”）。（对于旨在增加收入的产品特征的改进来说不存在以上的担心。这类改进受到人们的欢迎，因为它提供了新的机会，提高了职位安全感。）

取得高层管理当局的赞同和参与

在20世纪80年代、90年代所学到的经验中有很重要的一点便是：高层主管的亲自参与对于实现持续高速的质量改进是不可或缺的。这一认识表明，质量管理的发起者们应采取积极步骤以使高层认识到：

- 持续不断的质量改进的价值所在。
- 高层管理当局积极参与的必要性。
- 所必需的高层参与的确切性质。

改进的意识：确证必要性 高层管理人员最易被看到的重要的威胁或机会所打动。G公司的情况便是一个面临重要威胁的例子，这是一家生产家用器具的公司。G公司和它的竞争对手R公司和T公司同为一家大客户的供应商，它们向客户供应四种型号的产品（见表5—1）。该表显示，1980年G公司是其中两种产品的供应商。它在价格、准时交货和产品特征方面具有竞争力，但在顾客所感觉到的质量上却绝对处于下风，现场故障是其主要问题。到了1982年，由于缺乏反应而使它失去了1型产品的生意。1983年又失去了3型产品的生意。

表 5—1　　某大客户的供应商

产品型号	1980 年	1981 年	1982 年	1983 年
1	G	G	R	R
2	R	R	R	R
3	G	G	G	R
4	T	R	R	R

通过向高层主管摆明机会，如削减慢性浪费所能降低的成本数字等，也有助于确立他们的改进意识。

慢性浪费的规模　降低不良质量的成本对高层管理人员来说普遍是一个重要的机会。在大多数情况下，这一成本比公司的年利润额还要高。对这一成本的量化可以有力地证明公司质量改进方式应当剧烈改变的必要性。表 5—2 给出了一个例子。该表展示了一家流程性行业的公司用传统的会计分类估算的不良质量成本。该表向高层管理者揭示出了几方面的重要问题：

表 5—2　　不良质量成本的分析

类　别	金额（美元）	百分比（%）
内部故障	7 279 000	79.4
外部故障	283 000	3.1
鉴定	1 430 000	15.6
预防	170 000	1.9
	9 162 000	100.0

• 数字的规模：这些成本的总数每年约为 920 万美元。对该公司而言，这个归总的数字表示出了一个重要的机会。（如这些成本以前从未加总过的话，这一总数通常会比人们想像的大得多。）

• 应重视的领域：表中的不良成本主要由内部故障成本构成，占总数的 79.4%。很显然，要显著降低成本就必须从内部故障着手。

• 预防努力的不足：预防成本只占成本总数的 1.9%，表明加大预防活动的投资会取得好的效益。

（更详细的讨论请参看第 8 章“质量与成本”。）

可能的投资回报　使公司资产得到最佳的利用，这是高层管理人员的主要职责之一。判断是否最佳的一个关键的尺度叫做投资回报率（ROI）。通俗来说，ROI 就是预期所得与预计所需资源的比值。计算减少慢性浪费项目的 ROI 要求综合考虑如下因素：

• 该项目所涉及的慢性浪费的成本。

• 该项目成功可能带来的成本节约。

• 诊断和治疗所需成本。

许多质量改进动议之所以未能得到管理当局的支持，都可归因于未能给出量化的 ROI。这一疏漏对于高层主管来说是一个障碍，他们无法比较质量改进项目

的可能 ROI 与其他投资机会的可能 ROI。

质量经理以及制定这类报告的其他人员在准备有关 ROI 的信息时，应当尽可能取得 ROI 方面的内行的协作。ROI 的计算之所以复杂是因为涉及两种类型的资金，即资本和费用。虽然都是货币，但在一些国家（包括美国在内）这两类资金的课税是不同的。资本投资是从税后资金中支出的，而费用则从税前资金中支付。

课税上的这一差异反映在会计准则上。费用是即刻报销的，因而减少了申报所得，从而减少了应缴所得税。资本投资是逐渐冲销的，通常要跨几个年头。这增加了所申报收入，从而增加了相应的所得税额。这可以算是质量改进动议的优势所在，因为很少有质量改进项目是资本密集型的。（有些高层经理常常习惯于将投资仅理解为资本投资。）

利用典型项目 在提出上述的成本数字时，若能附上一个典型项目，亦即公司曾经成功实施过的质量改进项目的实例的话，效果会更好。这是一家大型的电子设备制造商 ABC 公司曾使用过的方法。

历史上，ABC 公司的不良质量成本曾高达每年 2 亿美元。其中某种电子元件的废品损失每年达 900 万美元。其主要的缺陷类型是 X 缺陷，每年要花费 300 万美元。

该公司实施了一个旨在降低 X 缺陷数的项目。项目取得了惊人的成功，X 缺陷的成本从每年 300 万美元减少为 100 万美元，取得了 200 万美元的年改进成果。这一改进所需投资只有约 25 万美元，主要用于调整过程及其控制等方面。第一年实施所取得的成果便是所投资金的 8 倍。

这一典型项目被用于使高层主管确信，推广质量改进活动会极大地减少公司的不良质量成本，能够得到巨大的投资回报。

在大多数公司中，以往那些成功的质量改进项目可以综合地作为典型项目。方法如下：

- 找出上年或近两年所完成的质量改进项目。
- 估算每个项目的成果和相应的支出。
- 进行归纳，算出总的 ROI。
- 与公司其他活动所取得的成果进行比较（用以说明质量改进的回报通常是最高的）。

获得成本的数据 公司的会计体系一般只是量化不良质量成本的很少一部分。其余大部分都被分散在了各种各样的一般管理费用中。因此，质量专业人员一直在设法把这些遗漏找出来。他们为了解决这一问题的主要努力如下。

1. 进行估计：这种方法比较简洁但也比较粗略。通常以抽样的方式来进行，不需要付出太大的努力。它可以用几天或几个星期就得出慢性浪费成本的近似估计并指出主要集中在哪些方面。

2. 扩展核算体系：这是一种更加准确的做法。这要求许多部门都要进行大

量的工作，尤其是会计和质量部门。它十分费时，常常要花费 2～3 年时间。（详细的讨论请参看第 8 章“质量与成本”。）

根据我的经验，估计要省事得多，用少得多的时间就可以得出一个结果，而且足可以用于管理决策。

需要注意的是，对于成本数据准确度的要求取决于这些数据的用途。账目的平衡要求有很高的准确度。管理决策有时可以允许有一定程度的误差。例如，某个潜在的改进项目据估计每年产生的不良质量成本是 30 万美元。这一数据受到了质疑。争论的数字从 24 万美元到 36 万美元，相当大一个范围。有人会作出明智的判断：“哪个估计值更准确不是什么问题，就算是这个最低的数字，也是一个改进的好机会。让我们来做吧。”换句话说，尽管估计值的误差很大，但项目实施的管理决策是不变的。

公司各层次的语言　为了获得高层的赞同，语言的选择是一个很微妙的方面。企业中通行着两种标准的语言，这便是货币的语言和物的语言。（还有各自的方言、各个职能的语言都是独特的。）但是，如图 5—4 所示，标准语言的使用也是不一致的。

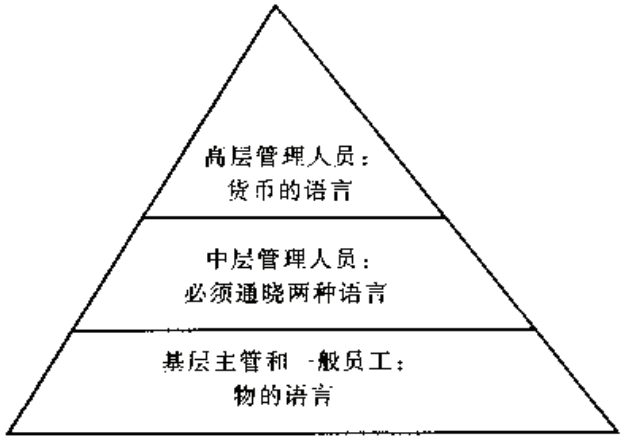


图 5—4　组织等级层次中的常见语言

图 5—4 表示了公司不同层次使用的语言。顶部的高层管理人员使用的主要是货币的语言。在底部，基层主管和普通员工所使用的语言是物的语言。在中间，中层经理和职能专家们需要同时懂得这两方面的语言，中层经理们应当是讲两种语言的。

用物的语言来衡量慢性浪费是很普遍的，如差错率、过程产量、返工时间等。将这些衡量转化为货币的语言使得高层管理人员能够将之与财务指标联系起来，因为长期以来在管理当局的“仪表盘”上显示着的都是些这样的指标。

几年前，我应邀到英国的一家大型生产企业，考察其质量管理的情况并提出一些建议。我发现这家公司有着巨大的不良质量成本，完全可以在 5 年

之内削减一半，这样做的投资回报率远远高于其生产和销售其产品的投资回报率。当我向公司总裁作了解释后，他感到非常的震动，将慢性浪费的问题以投资回报率的语言解释给他这还是第一次。他立即责成副总裁去讨论如何着手抓住这一机会。

向高层管理者的陈述 向高层管理者的陈述应该针对这些高层管理者的目标，而非发起者们自己的目标。高层管理者要满足各个有关方面的需要，如顾客、所有者、雇员、供应商、社会公众（如在安全、健康、环境等方面）等等。如果建议报告能够针对有关方面的特定问题并估算了可能获得的益处，这是大有帮助的。

高层管理者会得到大量的有关配置公司资源的建议，如开辟国外市场，开发新产品，添购可以提高生产率的新设备，进行收购，创办合资企业，等等。这些建议相互之间都在争夺优先权，一个主要的依据就是投资回报率（ROI）。如果在质量改进的建议中给出了 ROI 的估计，这将是非常有利的。

在建议的阐述中，如果把数据转换成高层管理者们已经熟悉的度量单位的话，有时是很有帮助的。例如：

- 去年的不良质量成本相当于盈利额 150 万美元的 5 倍。
- 不良质量成本削减一半将使每股收益增加 13%。
- 去年订货额的 13%因不良质量而被取消。
- 32%的工程设计时间花费在发现和纠正设计缺陷上。
- 25%的生产能力用于纠正质量问题。
- 70%的库存用来预防不良质量。
- 25%的总生产时间用于发现和纠正缺陷。
- 去年的不良质量成本相当于 X 工厂全年在 100%制造缺陷。

在向高层管理者提出建议时，有一些“要”和“不要”的经验值得留意。

- 要总结出不良质量成本的估计总额。这些总额会大得足以引起上层的注意。
- 要表明不良质量成本集中在哪里。表 5—2 是一种常用的归纳形式。一般说来（在该例中也是如此），大部分成本都可归因于内外部故障。表 5—2 也表明试图从减少检验和试验做起是错误的。首先要减少的是故障成本。当缺陷水平降低后，检验成本也就减少了。
- 要详细讨论构成建议报告核心的主要项目。
- 要估算可能的收获以及投资回报率。如果公司此前从未实施过有组织的削减质量成本的活动，那么一个合理的目标可以是在 5 年内将之削减 50%。
- 要事先将数据交由财务（或其他）部门的有关人员评审，因为高层管理者是通过这些人来核对财务数据的正确性的。
- 不要用有争议和不明确的数据来增大所提出的不良质量成本。这会导致

决定性的会议陷于对数据准确性的争论，而不去讨论建议本身的价值。

• 不要暗指不良质量成本会降低至零。这样的诱导反而会使人们偏离建议的主旨。

• 不要在开始时强行推销那些主管们并不真正喜欢或工会强烈反对的项目。最初应选择那些接受性比较强的领域。这些领域所取得的成果将决定整个质量改进事业的成败。

质量改进的必要性远不限于满足顾客或削减成本。各种新的压力已昭然可见。最近的例子如产品责任、消费者权益运动、国外的竞争和各种各样的立法。质量改进对于所有这些力量都是一种有力的回应。

类似地，说服高层管理者确信质量改进的必要性也不再仅仅靠热心的发起者们提交的报告。这种确信还可以来自对成功公司的访问、研讨会上听到的报告、成功企业公布的报告以及公司内外专家的建议等。然而，没有什么能比本公司所取得的成果更具有说服力的了。

提交给高层管理者的陈述中的最后一个要素是要说明他们自己在发起和推动质量改进中的责任。（请参看下面的“高层主管不可下授的角色”。）

质量改进的发动

一直到 20 世纪 80 年代，质量改进在西方企业中都还是可有可无的。它并非经营计划的内容或是职位说明的构成。的确有一些质量改进活动，但都是自发性的。某处的某个主管或非主管雇员，出于这样或那样的原因，实施了某些质量改进项目。他们或许会劝说其他人加入到某个非正式的团队中来。结果或许不错，或许并不理想。这种自发的、非正式的活动方式导致不了多少改进。但是工作的重点主要还是检验、控制和灭火。

正规化的必要性　伴随日本的质量革命而来的质量危机呼唤着新的战略，其中之一便是更加高速的质量改进。显然，非正式的方式不可能进行每年数以千计的质量改进。这导致了一些公司开始尝试采取有组织的方式，有些公司经过一段时期后成为了典范。

有些高层主管对采取正规化改进的必要性抱有异议。“为什么我们就不能这样做？”其答案取决于所需要改进的数量。如一年只有几个项目，非正式方式就足够了，因而无须正式的动员。然而，要进行成百上千的改进，当然需要有正式的结构。（附录 V 中给出了一些实施质量改进的工具。）

实践表明，质量改进的发动需要两个层次上的活动，如图 5—5 所示。该图是关于这两个层次活动的说明。活动之一是动员公司的资源来综合安排质量改进项目，这是管理当局的责任。另一活动是分别实施各个改进项目所必需的，这是

质量改进团队的责任。

管理当局承担的活动	团队承担的活动
建立质量委员会	分析症状
选择项目，编写使命陈述	提出对于原因的推测
委派团队	检验推测
评审进展情况	确定原因
提供表彰和奖励	采取治疗措施并进行控制

图 5—5　质量改进的全面动员

质量委员会

发动质量改进的第一步是建立公司质量委员会（或类似名称）。委员会的基本责任是发起、协调质量改进活动并使之制度化。许多公司都建立了这样的委员会，它们的经验成为了有用的指南。

委员会成员　委员会的成员通常来自资深经理阶层。高层管理委员会常常也就是质量委员会。经验表明，当高层主管亲任最高质量委员会的领导和成员时，这时的质量委员会制度是最有效的。

在大公司中，通常事业部和总部都会建立质量委员会。此外，一些规模较大的分支机构也可能会建立质量委员会。当多重的质量委员会建立后，它们通常会联系在一起，较高层委员会的成员会出任下一级委员会的主席。图 5—6 是这种关系的一个例子。

经验表明，只是在较低层建立质量委员会是没有效果的。这种做法把质量改进项目限制在了“有用的多数”上，忽略了那些有可能取得重大成果的“关键的少数”项目。此外，只是在低层设立质量委员会是在向人们表示“质量改进没有列入高层的议事日程”。

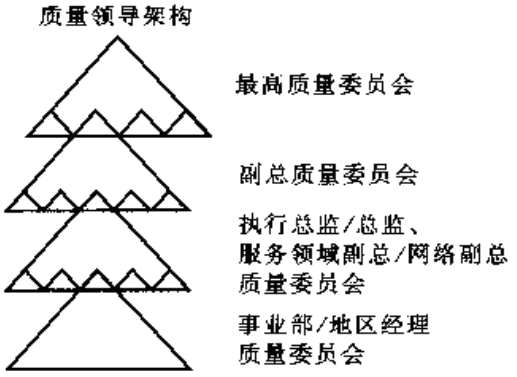


图 5—6　质量委员会之间的联系

资料来源：*Making Quality Happen*, 1988, Juran Institute, Wilton, CT, p.D17.

职责　每个委员会明确并公布各自的职责是十分重要的，这样可以使：（1）

委员会成员就其使命达成共识；(2) 组织的其他成员了解未来将要发生的事情。

许多质量委员会公布了其职责声明。主要的共同点有如下一些：

- 确立质量方针，如以顾客为中心，质量第一，质量改进必须是持续不断的，要全员参与，薪酬制度应反映改进绩效等。
- 对主要情况的估计，如相对于竞争对手的质量状况，慢性浪费的程度，主要业务过程的充分性，改进要达到的成果等。
- 制定选择项目的程序，如项目的提出、审查和选择，制定项目使命陈述，创造质量改进的良好氛围等。
- 制定实施项目的程序，如选择团队的牵头人和成员，明确项目团队的作用等。
- 为项目团队提供支持，如培训（见第16章“质量培训”），可用于项目的时间，诊断支持，骨干支持，确保测试和试验设备等。
- 建立衡量进展情况的方法，如顾客满意，财务绩效或团队的参与情况等。
- 进展评审，帮助团队克服障碍，确保实施纠正措施。
- 对团队进行褒奖。
- 修改薪酬制度以反映持续的质量改进所必需的变化。

预见问题 公司在宣布推行持续的质量改进意图时总会招致来自下层的询问，如：

- 新的活动的目的是什么？
- 与其他正在进行的改进活动有什么关系？
- 会如何影响其他的质量活动？
- 哪些岗位会受到影响，会受什么样的影响？
- 要采取哪些行动，次序如何？
- 从新活动的要求出发，我们应当做哪些与现在不同的事情？

质量委员会应当预见到那些棘手的问题，尽可能在宣布开展持续的质量改进的意图时给出解答。有些高层主管甚至为此专门制作了录像带，以使更广泛的人们能够从权威的来源听到一致的信息。

失去工作的担心 雇员们不仅需要这些问题的答案，而且还要求对他们的担心能够提供保证，特别是由于质量改进而失去工作的风险。大多数高层主管不愿面对这些担心。这种不情愿可以理解。对不确定的未来进行保证是有风险的。

尽管如此，一些主管们在某种程度上对于两种相关变化的程度进行了预估：

1. 由于退休、提前退休、辞职等减员所产生的职位空缺。对此的估计具有相当的精确度。

2. 由于削减慢性浪费而减少的工作岗位数。这个估计带有更多的推测性质，很难预测改进有多快就能跟得上。实际上公司的估计往往过于乐观。

对此的分析有助于主管们判断他们可以作出什么样的保证，如果能的话。它还有助于行动方案的选择：培训有空缺的岗位，将人们调整到有空缺的岗位，提前退休，协助雇员寻求其他公司的工作，提供终止服务的帮助等。

来自质量部门的协助 许多质量委员会寻求质量部门的协助以做到：

- 为质量委员会在计划导入质量改进时提供所需的输入。
- 起草建议和程序。
- 承担重要的细节工作，如筛选项目等。
- 编写培训材料。
- 开发新的质量指标。
- 起草有关进展情况的报告。

质量经理常常担任质量委员会的秘书长，但这并非是绝对的。

经营计划中的质量改进目标

那些已成为质量领导者的公司，亦即那些典范公司，都扩展了公司的经营计划，将质量方面的目标纳入了其中。事实上，它们把公司面临的机会和威胁都转化成了质量目标，如：

- 在未来的 2 年内将交货准时率从 83% 提高到 98%。
- 在未来的 5 年内把不良质量成本削减 50%。

这样的目标十分清晰，每一个都是量化的，并且有时间表，使高层主管们认识到必须建立这样的目标。这是很大的一步，但还只是第一步。

目标的展开 目标在展开之前还只是一些愿望。它还必须分解成具体的实施项目，委派具体的个人和团队，并向他们提供项目实施所需的资源。图 5—7 示出了目标展开过程的解剖图。在该图中，质量委员会确立了概括的（战略性的）质量目标并使之成为公司经营计划的组成部分。这些目标经过分解后分配到下面的层次以转化为具体的行动。在大公司中或许还需要进一步的分解才能到达行动的层次。最终的行动层是由个人和团队组成的。

进一步地，行动层选择改进项目，所有的项目汇集起来实现目标。这些项目及其所需要的资源估计被提交到上一个层次。项目建议和资源估计量经过讨论和修改之后最终被决定。最后就实施哪个项目、提供什么资源、由谁来负责等达成一致。

这种起始于最高层战略质量目标的方法看起来似乎纯粹是一种自上而下的活动。然而，在作出最终决定之前，展开过程力求畅所欲言的双向讨论，这也是其通常的方式。

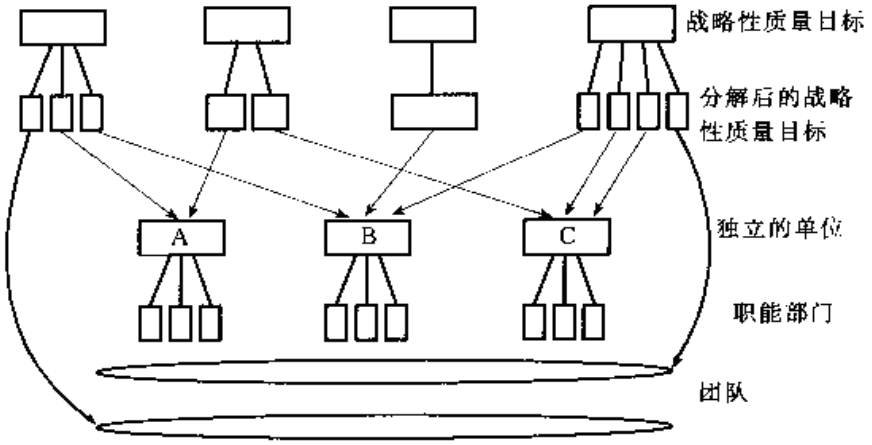


图 5—7　目标展开过程的解剖图

资料来源：Visual OPQ9-2, Juran Institute, Inc., Wilton, CT.

战略性质量目标涉及的是关键的少数问题，但其并非局限在总公司的层次。事业部、利润中心、维修单位和其他分支机构的经营计划中也会包含有质量目标。目标展开过程在这些方面也是适用的。（有关目标展开的更详细讨论，请参看第 13 章“战略展开”。）

项目的概念　项目在这里指的是一个业已安排解决的长期性问题。项目是质量改进行动的焦点。所有的改进都是通过一个个项目的方式来进行的，除此之外别无他途。

有些项目来自公司经营计划中的质量目标。这样的项目数量不多，但都十分重要。它们总的说来属于关键的少数项目（请参看下面的“帕累托原理的应用”）。然而，大多数项目并非来自公司的经营计划，而是来源于下面将要讨论的“提案与选择的过程”。

帕累托原理的应用　在目标展开过程中用于选择项目的一个有效的工具便是帕累托原理。这条原理是说在产生某种共同效果的任何总体中，相对少数的因素贡献了大部分的效果，这些因素便是关键的少数。这一原理广泛应用于各种人类事务中。如相对少数的人写了大部分的书，犯了大部分的罪，拥有大部分的财富等。

运用帕累托原理选择项目的一个例子是关于一家造纸厂，它试图减少其不良质量成本。该厂的不良质量成本估计为每年 907 万美元，按原因可分成七个类别（见表 5—3）。其中一类称为“断裂”，其金额达 556 万美元，占总额的 61%。很明显，除非成功地解决了断裂方面的问题，否则总额便不会有什么太大的改进，此处是货币的沉淀之地。（断裂是造纸厂的行话，这种缺陷非常严重以致不得不返回到搅拌器中重新处理。）

该造纸厂制造 53 种类型的纸张。当按照纸张类型来对断裂加以分析时，结果又验证了帕累托原理（见表 5—4）。在 53 种类型的纸张中，6 种类型纸张的不

良成本达到了448万美元，占总数556万美元的80%。除非在这6种类型的纸张上能够成功地消除断裂，否则不会有显著的改进。请留意，对这12%的产品类型的研究关系到80%的断裂成本的解决。

最后，分析延伸至导致了主要的断裂成本的缺陷类型。缺陷类型有许多，但其中的5种缺陷类型居于支配地位（见表5—5）。数量最大的是B型纸的“撕裂”缺陷，其金额达61.2万美元；其次是A型纸的“多孔”缺陷，金额达43万美元，等等。每个这样的大数目都很有可能成为改进项目的候选者。

如果将列在表格中的数据用图形展示的话，会使关键的少数因素（本例中的原因类别、产品类型和缺陷类型）的识别更为容易。图5—8、图5—9和图5—10是造纸厂各种数据的图示。与相应的表格相似，在每种图中都包含了三个要素：

1. 总效果的贡献因素，按贡献的数量大小排列。

2. 每种贡献因素以大小和百分比表示的贡献大小。

3. 所列贡献因素在总贡献中的累计百分率。

除了有助于分析之外，用帕累托图的形式来表示数据极大地促进了信息的沟通，尤其是有助于使高层管理人员认识到问题的根源，并对解决问题的行动方案给予支持。[关于我是如何误命名帕累托原理的说明，参看Juran（1975）。]

表5—3　　按构成类别进行的帕累托分析

类别	年度质量损失*（千美元）	占总质量损失的百分比	
		各类	累计
断裂	5 560	61	61
顾客索赔	1 220	14	75
零散批次	780	9	84
过高原料成本	670	7	91
停工损失	370	4	95
过度检验	280	3	98
过高试验成本	190	2	100
总计	9 070		

* 考虑通胀原因而有所调整。

表5—4　　按产品类型进行的帕累托分析

产品类型	每年的断裂损失*（千美元）	占总断裂损失的百分比	累计百分比
A	1 320	24	24
B	960	17	41
C	720	13	54
D	680	12	66
E	470	8	74
F	330（4 480）	6	80
47种其他类型	1 080	20	100
合计53种	5 560	100	

* 考虑通胀原因而有所调整。

表 5—5　　质量成本矩阵[①]　　单位：千美元

类型	边角料	视觉缺陷[②]	超厚	撕裂	多孔	所有其他原因	总计
A	270	94	—[③]	162	430	364	1 320
B	120	33	—[③]	612	58	137	960
C	95	78	380	31	74	62	720
D	82	103	—[③]	90	297	108	680
E	54	108	—[③]	246	—[③]	62	470
F	51	49	39	16	33	142	330
合计	672	465	419	1 157	892	875	4 480

注：① 考虑通胀原因而有所调整。
② 斑点、小孔、折皱等。
③ 无此要求。

关键类别	损失金额	累计损失金额	百分比	累计百分比
断裂	5 560 000	5 560 000	61	61
顾客索赔	1 220 000	6 780 000	13	75
零散批次	780 000	7 560 000	9	83
过高原料成本	670 000	8 230 000	7	91
停工损失	370 000	8 600 000	4	95
过度检验	280 000	8 880 000	3	98
过高试验成本	190 000	9 070 000	2	100
合计	9 070 000		100	

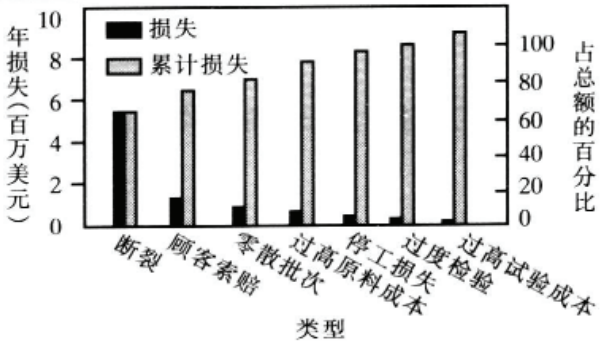


图 5—8　帕累托分析：按不良成本分类排列的年损失

关键类别	损失	累计损失	类别	百分比	累计百分比		
A	1 320 000	1 320 000	A	24	24	1 320	1 320
B	960 000	2 280 000	B	17	41	960	2 280
C	720 000	3 000 000	C	13	54	720	3 000
D	680 000	3 680 000	D	12	66	680	3 680
E	470 000	4 150 000	E	8	75	470	4 150
F	330 000	4 480 000	F	6	81	330	4 480
其他	1 080 000	5 560 000	其他	19	100	1 080	5 560
合计	5 560 000			100		5 560	

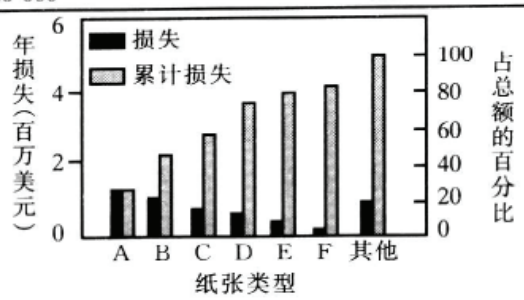


图 5—9　帕累托分析：按纸张类型排列的年损失

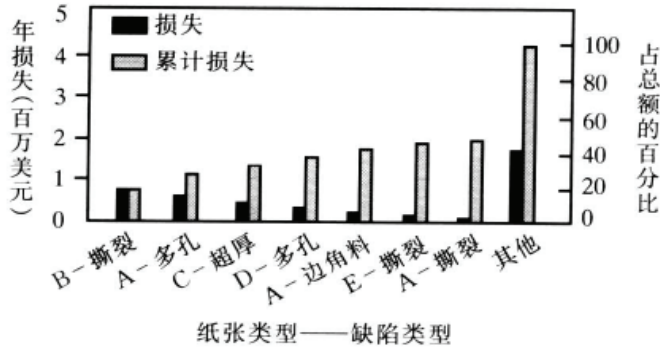


图 5—10　帕累托分析：按缺陷类型排列的年损失

有用的多数项目　根据帕累托原理，关键的少数项目构成了改进效果的大部分，因此这些项目得到最优先的考虑。关键的少数项目之外还有有用的多数项目。这些项目的总贡献构成了改进效果的一小部分，但它们提供了雇员参与的大部分机会。这些项目的选择是通过提案与选择的过程来进行的。

提案与选择的过程

大多数项目是通过提案与选择过程来确定的，它包括以下几个步骤：

- 项目的提案。
- 项目的审查与选择。
- 项目使命陈述的编写和公布。

项目提案的来源　项目的提案可以来自公司的所有层次。在较高的层次上，提案往往在规模上很大（关键的少数），在范围上则是跨部门的。在较低的层次，提案通常较小（次要的多数），往往局限在一个部门的范围之内。

提案有许多来源，包括：

- 正式的数据系统。如有关产品性能、顾客抱怨、赔偿要求、退货等方面的现场报告；会计报告中的保证赔偿费用和内部不良质量成本；上门提供服务的报告。（有些数据系统提供了数据分析以帮助识别问题所在。）［关于从顾客抱怨中选择提案的例子，请参看 Rassi（1991）］。
- 专题研究。如顾客调查、员工调查、审核、评价、与竞争对手的质量对比等。
- 顾客的反应。这是些对产品不满并表达出来但继续购买的顾客。那些认为产品特性已无竞争力的顾客会干脆（默默）离去。
- 现场情报。可以来自对顾客、供应商和其他相关方面的访问；竞争对手采取的行动；媒体的有关报道（如有关销售、顾客服务、技术服务等）。
- 质量对社会的影响。如新的立法、政府管制的程度以及产品责任诉讼的

增长等。

• 管理层。如质量委员会、管理人员、基层监督员、职能专家和项目团队等。

• 普通员工。向基层主管提出的非正式想法，来自品管圈的正式的建议和想法等。

• 与业务过程有关的建议。

大质量概念的影响　从 20 世纪 80 年代开始，在大质量概念的影响下，项目提案的范围有了显著的扩大。（有关大质量概念的详细讨论请参阅图 2—1。）

大质量概念的广泛性在所实施项目的多样性中一目了然：

• 改善销售预测的准确性。

• 缩短新产品开发的周期。

• 增加业务投标的成功率。

• 缩短完成顾客订单所需时间。

• 减少交易取消的数量。

• 减少发票差错。

• 减少拖欠户头的数量。

• 缩短培训新员工的时间。

• 改善准时到达率（运输服务）。

• 缩短专利文件处理的时间。

（关于众多行业的例子，请参看朱兰研究院年会论文集；也可参看朱兰报告。）（有关业务过程方面项目的详细讨论，请参看第 6 章“过程管理”。）

提案过程　提案当然来自于人。数据系统是非人工的，不可能进行提案。为了激发质量改进项目的提案要运用多方面的手段。

• 提案的号召：利用信件或公告栏邀请所有人员进行提案，提案的呈交可以逐级上报，也可以交给指定的人员如质量委员会的秘书等。

• 寻访：这种方法是安排专业人员（如质量工程师）走访不同部门，与主要人员交谈，从而获得他们的看法和提案。

• 委员会成员：他们分析数据并提出建议。

• 头脑风暴会议：为了某个具体的意图组织起来提出建议。

只要能够充分强调大质量的概念，瞄准所有的活动、产品和过程，无论使用什么方法都会获得最多的提案。

来自普通员工的提案　普通员工是大量提案的潜在源泉。他们在现场的时间长，大量的常规活动都是在他们的眼皮底下进行的。因此他们非常容易识别存在的质量问题并推测原因。没有谁比他们更熟悉现场的细节了。例如，“最近 6 个月没看到有维修工走近过那台机器”。此外，有许多员工更方便识别机会和提出新的办法。

普通员工的提案大多由局部的有用的多数项目所构成，同时还有些关于人际

关系方面的建议。针对这些提案，员工们可以提出有用的原因推测以及切实可行的治疗措施。就跨职能的项目而言，绝大多数普通员工都会感到力不从心，因为他们对于整个过程及构成总体的各个步骤之间的联系缺乏了解。

在有些公司中，对普通员工的提案的鼓励似乎意味着这些提案会被最优先处理。结果造成了由员工们来决定管理者应当首先着手哪些项目。来自普通员工的提案必须与来自其他方面的提案平等竞争，这本来是应该首先明确的。

与供应商和顾客的联合项目 所有的公司都要向供应商购买产品和服务，也许最终产品的多半构成都会来自供应商。在几十年前，顾客会普遍主张“供应商应该管好自己的质量问题”。现在越来越认识到解决这些问题必须有建立在以下基础之上的合作伙伴关系：

- 建立互信。
- 除了规格之外还必须以顾客的需要来定义质量。
- 交换重要的数据。
- 在商业以及技术的层面上的直接沟通。

这种方式从供应商和顾客间的联合项目中获得了推动力。这方面已有的例子如：

- 美国铝公司和柯达公司在摄影底片方面的合作（Kegarise and Miller, 1985）。
- 美国铝公司和国家铝业公司在轧钢厂用润滑剂方面的合作（Boley and Petska, 1990）。
- 美国铝公司和菲弗尔公司在铝线方面的合作（Kelly et al., 1990）。
- NCR 公司与其顾客合作建立了一套通用代码用以追踪顾客链上的产品故障（Daughton, 1987）。

为顾客服务的努力有时会由于顾客自己的原因而被耽误。

一家技术设备制造商在某客户的设施中安装设备时，由于现场准备不足而被耽搁。当安装人员到达现场时，地基尚未就绪，各种供应管线如压缩空气等还未到位，等等。该公司在对大量的这类耽搁进行分析的基础上制作了一盘现场准备录像带。在与客户签订合同时会附送该录像带。现场一旦准备就绪，顾客会送达一份通知书。这样做的结果是使安装时间大大缩短，从而缩短了交货期，降低了成本（与笔者的交流）。

有关质量委员会的进一步信息，请参阅第 13 章“战略展开”和第 14 章“全面质量管理”。

项目的筛选

号召人们进行提案会产生大量的回应，数量之多会超出组织的消化能力。在这种情况下，一个必要的步骤便是进行筛选以识别出最具有收益的提案。

要从大量的提案中筛选出一个项目清单，必须以一种有组织的方式进行，既要有结构也要有方法。审查过程要耗费大量的时间，因此质量委员会通常将筛选工作授权于一个秘书机构来进行，一般由质量部门来充任。秘书机构来筛选提案，即判断提案是否满足下面列出的准则。这一判断导致了一些预先的基础。一些提案被否决，另一些被推迟。剩余的要进行进一步的深入分析，估计其潜在收益和所需资源等。

质量委员会和秘书机构都认识到建立一些在审查过程中使用的准则是非常有用的。经验表明需要有两类准则：

1. 选择不管由什么项目团队实施的首个项目的准则。

2. 选择以后的项目的准则。

首个项目的准则　在以项目方式进行质量改进的开始阶段，每个人都处于学习的状态。项目由正在培训中的项目团队来承担。能够成功地完成一个项目构成了这种培训的一个组成部分。从这些团队的实践中总结出了一个广泛的准则，即：首个项目应当是一个成功的项目。更具体来说：

- 该项目应当针对某个慢性问题，即这一问题很久以来一直在等待解决。
- 该项目应当是可行的。在几个月内完成的可能性应该很高。从公司的反馈可以看出，首个项目失败的最常见原因是未能满足这个准则。
- 该项目应当具有足够的意义。项目的结果应该十分有用，足以引起关注和承认。
- 项目的成果应当是可衡量的。不论是以货币还是以其他指标。

以后项目的准则　这些准则旨在使所选择的项目能够为公司带来最大的益处。

- 投资回报率：若其他因素难分伯仲的话，则这一因素举足轻重，具有决定性意义。未能计算投资回报率的项目只能依靠管理者的判断来决定轻重与否。
- 可能的改进效果的大小：一个效果大的项目比几个效果小的项目都更有优先权。
- 紧迫性：或许必须对诸如产品安全、员工士气和顾客服务这些问题作出迅速的反应。
- 技术方案的可获程度：已有成熟的技术的项目比那些需要进一步研究来寻找所需技术的项目更有优先权。

• 产品线的健康性：所涉及产品线有望发展的项目与涉及已过时产品线的项目相比更有优先权。

• 变革的可能阻力：容易被接受的项目要优于那些会遭到抵制的项目，如遭到来自工会或一部分主管抵制的项目。

有些公司采用一种系统的方式依据这些准则来对提案进行评估。这产生了一套综合的评估指标，可以表示出各种提案的相对优先程度。[例子请参看 Hartman (1983)；或 DeWolff et al. (1987)。]

项目的选择

筛选过程的最终结果是提出一个排出优先次序的推荐项目清单。每一份推荐都附有相关的信息，包括负荷评价准则的程度、可能的益处、所需的资源等等。这份清单通常只限于与质量委员会直接相关的那些事情。

质量委员会对这些推荐项目进行评审并最终决定着手哪些项目。这些选定的项目便成为公司业务的正式组成部分。其他的推荐项目落在了与质量委员会直接相关的范围之外。这些项目会再次被推荐给适当的分质量委员会、有关管理人员等。基层主管和员工们可以自由决定是否在本单位开展这些项目。

关键的少数和有用的多数 在 20 世纪 80 年代，有些公司完成了许多质量改进项目。但是，当问及“我们的这些努力取得了什么收获?”这一问题时，他们沮丧地发现公司的重要经营指标并未取得显著的效果。调查表明其原因在于项目的选择过程。他们实际所选的项目包括：

• 救火式的项目。这是专为排除偶发性的“峰值”而采取的项目。这些项目没有着眼于消除慢性浪费，因此不可能改进财务绩效。

• 有用的多数项目。根据定义可知，这些项目在财务方面只有很小的效果。

• 改进人际关系的项目。在人际关系方面的效果是显著的，但在财务方面的效果通常难以衡量。

为了在重要经营指标方面取得显著的成效，除了这些有用的多数之外，还必须选择那些“关键的少数”项目。两者兼顾是可行的，因为可以由不同的人员分而治之。

有一派观点主张质量领先的关键是“积跬步，聚细流”，换句话来说，是由有用的多数决定的（Gross，1989）。还有一派则强调关键的少数。就我的经验而言，我认为这些都不是完整的答案。

关键的少数项目是质量领先和基本的经营指标的主要贡献因素。有用的多数项目则是雇员参与和工作生活的质量的主要贡献因素。两方面都必不可少，只有某一方面是不充分的。

关键的少数项目和有用的多数项目可以同时实施。成功的公司正是这样做的。之所以能这样做是因为它们懂得，这两类项目要求的是公司的不同类别的人员的时间。

两类项目之间的关系如图 5—11 所示。在该图中，横轴表示时间；纵轴表示慢性浪费的规模，越往上越不好。有用的多数项目的改进形成了缓慢的斜线。关键的少数项目的改进，尽管次数很少，但构成了整个改进效果的主要部分。

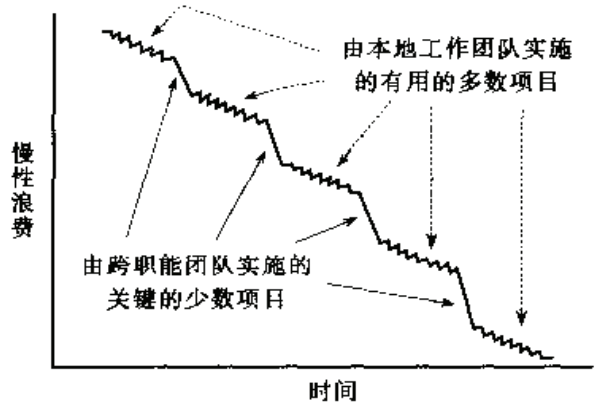


图 5—11　关键的少数项目和有用的多数项目之间的关系

项目的成本数据　要满足前述的准则（特别是投资回报率准则），需要有各种成本的信息：

- 与所涉及提案相关的慢性浪费成本。
- 该项目如果成功可能会降低的成本。
- 所需的诊断和治疗的成本。

关于提供成本数据的方法，请参阅前述的“获得成本的数据”。

成本与不良百分率　只根据不良（差错、缺陷等）百分率来判断重要与否是有风险的。表面上看，当这一百分率很低时，似乎该提案的优先程度也应该低。某些情况下确实如此，但在其他一些情况下就可能是一种误导。

在一家大型电子公司中，顾客对发票提出异议的比率是 2.4%。尽管有些令人不快，但还是低于同行业类似过程的平均水平。但是，进一步的研究显示，销售人员近半数的时间花在了平息顾客的抗议和修正订单上。在这一段时间中，销售人员没有销售任何东西（与笔者的沟通）。

关于佛罗里达电力和照明公司（Florida Power and Light Company）的发票的例子更具有说服力。该公司有异议的发票数每年约 6 万份，占总数的 0.2%。每年修正这些单据的成本约为 210 万美元。一个质量改进项目把差错率降到了 0.05%，每年节约额达 100 多万美元。更为重要的还有与顾客关系的改善以及公用事业委员会收到的相关投诉的减少（佛罗里达电力公司，1984）。

“大象”级项目和“可下口”项目　有些项目是“大象”级的，覆盖了非常广泛的活动领域，必须将之分割为多个“可下口”的项目。在这种情况下，可以

安排一个项目团队专门来“分割大象”，然后由其他团队来实施这些“可下口”的项目。因为多个项目团队同时进行，从而缩短了项目完成的时间。反之，由一个团队来做要花费几年的时间。这会出现挫折感、人员的流动、项目的延迟和士气的下降等。

• 在佛罗里达电力和照明公司的发票的例子中，项目需要有几个团队，每个团队负责整个过程的一部分。

• 在汉尼威公司（Honeywell），一个改进信息安全系统的项目要求创建7个团队，涉及50名团队成员（Parvey，1990）。

分割“大象”最有用的工具便是帕累托分析。关于帕累托原理的应用，请参看“帕累托原理的应用”中的造纸厂的例子。

对于巨大的项目，负责综合协调的团队和承担分项目的团队要分别制定各自的项目使命陈述书（见后面）。

克隆 有些公司由多个具有相当的共性的独立单位组成。常见的例子如连锁零售店、修理店、医院等。在这样的公司中，某个单位获得成功的质量改进项目自然成为应用到其他单位的提案。这被称为项目的克隆。

其他单位抵制把这些改进项目应用到本单位的情况并不少见。有些抵制是出于文化的原因（如借口不合此处的情况，等等），有些则可能确实是由于运营条件不同，如电话接线员为顾客提供着类似的功能。但有些主要为产业客户服务，而另外一些则主要服务于居民。

高层管理人员在将某处产生的经验推广到其他独立单位时要格外小心。克隆当然有其好处。在可能应用的地方，无须重复以前的诊断和设计治疗方案的活动，就能实现同样的质量改进。人们对此总结出了如下的程序：

• 项目团队在最终报告中应提出什么单位可以克隆的建议。

• 把最终报告的复印件送达这些单位。

• 由这些单位自主决定是否克隆该项目。

但是，这些单位要对此作出回应。通常可以采取以下三种形式之一：

1. 我们采用了这一改进。

2. 我们将要采用这一改进，但首先要对之修改以使之符合我们的条件。

3. 我们不能采用这一改进，原因如下。

事实上，这一程序是要求该单位采用这一改进或给出不予采用的原因。该单位不得对建议不置可否。

一种类似的但更为微妙的克隆形式是把项目重复地运用在更为广泛的各种问题上。

一个项目团队开发了找出拼写错误的计算机软件。另一个团队提出了一个改进了的处理顾客订单的程序。第三个团队制定了实施设计评审的程序。

这些项目的共同之处是其最终成果允许同一过程在更广泛的对象上重复应

用，如许多不同的拼写差错、许多不同的顾客订单、许多不同的设计等。

项目的使命陈述

每个被选定的项目都应当有一个书面的使命陈述来规定项目的最终成果。经过批准之后，这一使命陈述便确定了承担该项目的团队的使命。

使命陈述的目的　使命陈述有着若干的重要目的：

- 它定义了所期望的最终成果，有助于团队清楚该项目的完成意味着什么。
- 它建立了明确的责任，使命成为了每一位团队成员职位说明的补充。
- 它提供了正当性，项目成为了公司的法定业务。团队成员有权花费必要时间来实施使命。
- 它授予了权利，团队有权利举行会议，要求人们参加并帮助团队，得到项目所需的数据和服务。

数量目标　理想的使命陈述量化了两个关键要素：（1）期望的改进程度；（2）时间表。

这样的使命陈述的例子如：

- 在未来的财政年度里，把处理顾客订单的时间减少到平均 1.5 天。
- 在 3 年内把产品 X 的现场故障率降低 50%。

规定为目标的数字有许多来源。它们可以来自：

- 有自己的目标要满足的顾客的要求。
- 竞争对手采取的威胁到本公司市场份额的行动。
- 通过标高分析找到的现在可以达到的最好成果（已有先例证明其是可达到的）。

在某些情况下，所能得到的信息不足以用科学的方法来设定目标。这时可以采用类似于“陪审团”的方式，通过协商一致来设定目标。

以完美为目标　人们都会同意，完美是最理想的目标，这意味着完全没有差错、缺陷、故障等等。现实之所以做不到完美，是因为存在着各种各样的不良，这些不良都需要各自的改进项目。如果一个公司试图消灭全部这些缺陷，就可以应用帕累托原理：

> 关键的少数不良是大多数问题的罪魁祸首，从而值得分配资源予以消除。在筛选过程中，它们会得到很高的优先权并且成为将要着手的项目。
>
> 其余的大多数类型的不良只造成了少部分问题。随着越来越接近于完美，剩余的缺陷就会变得越来越稀少，在筛选过程中的优先程度就会越来越低。

所有的公司都会努力克服那些很少出现但对人身安全构成威胁或者有可能造

成重大经济损失的故障类型。此外，那些年年进行数千项改进的公司还会攻克那些不甚重要且不多见的不良。为此它们通过利用诸如品管圈这样的手段来发掘普通员工的创造性。

一些批评认为发布任何不尽完美的目标都是导向的错误，这说明愿意容忍缺陷的存在。这样的认识是由于缺乏现实的经验。确立完美的目标很容易。然而，这样的目标要求公司去攻克如此稀少的故障类型，它们根本就无法通过筛选的过程。

尽管如此，进步是不容否认的。在 20 世纪，缺陷的测量单位发生了如此之大的变动。20 世纪的前 50 年，缺陷率通常是用百分率表示的。到 20 世纪 90 年代，许多行业采用了如每百万单位缺陷数这样的指标。领先的公司的确每年进行着数以千计的质量改进。它们正在接近完美，但这是一个永无终点的历程。

尽管许多提案项目就投资回报率而言不足以有说服力，但它们提供了雇员参与改进过程的手段，因此是有其存在价值的。

使命陈述的公布 使命陈述公布后，项目便成了公司业务的正式组成部分。可是，质量委员会不可能准确地预测项目团队在项目执行中会遇到什么问题。从众多项目的经验中，可以对使命陈述中应当包括（及不应包括）的内容提供指导。

- 应包括的内容：在使命陈述中应包括关于问题重要性的信息；包括当前的绩效水平和预期目标的数据；包括其他的事实性的信息，如问题的已知征兆等。
- 不应包括的内容：在使命陈述中不应包括会左右项目团队的行事方式的内容，如关于问题原因或主要问题的推测。还应避免使用那些没有一致定义的笼统词汇（如人的问题、沟通等）。

（以上两条引自美国铝公司的培训材料。）

一些公司把问题的说明从使命陈述中分开来。在荷兰的一家公司，其质量委员会公布了如下的问题说明：

> 项目所涉及的部件的前期准备时间太长，即从到货至能够用在生产部门之间所经过的时间太长，造成了延迟和生产中断。

随后的使命陈述如下：

> 调查这一问题的原因并提出治疗措施，在项目实施的 3 个月内将生产延迟减少 50%。预期的成本节约约为 80 万荷兰盾（40 万美元）（Smidt and Doesema，1991）。

使命陈述的修订 随着项目的进展，所出现的新情况或许会要求对使命陈述进行修订。如需要进行如下的改动：

- 该项目规模比预期的要大，应该进一步分解。
- 该项目应该推迟，因为先要完成项目的一个前提性的任务。

- 该项目应当改变方向，因为有更具吸引力的选择。
- 该项目应该放弃，因为任何补救措施都无济于事。

项目团队通常对于回到质量委员会重新修订使命陈述感到犹豫不决。可能担心这样做会被看做是任务实施的失败或是承认挫折。这有时会导致他们继续固守一个注定要失败的使命。

质量委员会应该向所有的项目团队清楚表明，必要时他们有责任和权利提出修订使命陈述。在培训项目团队时也要强调这一点。

项目团队

对于每一个选定的项目，会委派一个相应的团队。这个团队负责实现该项目。

为什么需要团队？　最重要的项目是那些关键的少数项目，它们一般来说都具有跨职能的性质。症状通常出现在某一个部门，但原因在哪里，是什么，应采取何种措施等都没有一致的看法。过去的经验证明，处理这类跨职能问题的最有效的组织机制便是跨职能的团队。

有些主管更愿意把问题委派给个人而不是团队("由委员会设计的快马还比不上慢骆驼")。在质量控制的场合，个人负责是一个十分适当的概念("最好的控制形式是自我控制")。然而，针对跨职能问题的改进自然地必须由团队来承担。这样的问题交由个人来处理的话，其诊断和治疗在很大程度上会受到部门的局限。

> 一位工艺方面的工程师受命减少一种来自波焊过程的缺陷数。他的诊断结论是必须采用一种新的过程。管理层因为投资过多而否定了这个建议。一个跨职能的团队被指派继续研究这个问题。该团队找到了一种只需调整现过程便可以解决问题的办法（Betker，1983）。

由于文化方面的抵制，人们会对所建议的治疗措施表现出偏见。但是，如果实施治疗措施的部门参与了该项目团队，这种阻力将会大大减小。

团队的任命：发起者　项目团队并不表现在组织结构图的指挥链上。这在团队遭遇僵局时是一个很大的不利条件。出于这一原因，有些公司安排委员会的成员或是其他高层管理人员出任特定项目的发起者（sponsor）或保驾者(champion)。这位发起者注意着团队的进展情况。当团队遇到阻力时，发起者可以帮助团队找到公司高层中的适当人物。

团队可以由项目发起者、过程主管、本部门领导或其他人来任命。在有些公司中，普通员工可以组建团队（品管圈，等等）从事质量改进活动。不论起源如何，团队都被授权依照使命陈述进行改进。

大多数团队都是为了特定的项目组建的，项目一旦完成便宣告解散。这类团

队被称为专项团队，亦即为特定的目的而存在的团队。成员在下一个项目中便分散到了不同的团队中。另外也有连续性的“常设”团队，其成员保持在同一个团队中从事一个个不同的项目。

责任与权利 项目团队有着与使命陈述相当的责任和权利。其基本责任是实施所委派的使命并遵循通用的改进程序（见下面）。此外，责任还包括：

- 建议修订使命陈述。
- 开发所需要的测量方法。
- 向需要了解情况的人员通告进展情况和成果。

团队的权利在前述的“使命陈述的目的”中已经讨论过，即举行会议，要求提供协助，要求提供项目所需的数据和其他服务。

成员 团队成员由发起者与有关主管协商后选定。选择时要考虑：(1) 哪些部门应参加团队；(2) 团队成员应来自哪个层次；(3) 是该层次中的哪个人。

参加的部门应包括：

- 罹患部门。该部门出现了症状，且受到了影响。
- 待检部门。被怀疑是原因所在的部门（它们未必同意自己可疑）。
- 治疗部门。可能会提供治疗措施的部门。这只是假设，因为许多情况下原因和治疗措施都会出乎人们的意料之外。
- 诊断部门。给项目提供数据和分析的部门。
- 待召部门。在团队需要时提供专门知识和其他服务的部门（Black and Stump，1987）。

这份清单中包括了团队成员的一般来源。当然还可以有灵活性。

> 在某公司中，团队开始起步后，意识到没有把内部顾客包括进来，这是一家兄弟单位。于是他们采取措施请该单位参加了进来，以免变成“我们、你们”这样的关系（Black and Stump，1987）。

选择组织中的哪个层次取决于项目的主题。有些项目与产品和过程的技术性和程序性方面有着比较密切的关系，这类项目的团队成员就会来自较低的层次；有些项目牵涉到广泛的业务和管理问题，这样的项目其团队成员就应当具备适当的业务和管理方面的经验。

最后是人员的选择。这要与相应的基层主管协商，要考虑到工作量、先后主次等。关注的焦点在于被选的人员对项目做出贡献的能力。候选成员要有：

- 时间，即参加团队会议和完成所承担任务所需要的时间。
- 知识基础，以使该成员能够贡献推测、见解、想法以及工作方面的信息。
- 培训，即质量改进过程和相关工具方面的培训。在首次项目中，培训和实施可以也应当是同时进行的。

大多数团队由 6～8 人组成。人太多无法控制，花费也大（护航队的速度取决于最慢的船只）。

团队成员是否都应来自同一层次？在这一问题的背后是担心位置较高的成员会主宰会议。这样的情况肯定会有发生，尤其是在最初的几次会议上。然而，随着群体动力学机制的建立，随着团队成员学会了区分推测与事实，这种情况会逐渐减少。

成员一旦选定，就要公布成员名单以及项目的使命。这意味着把责任正式地赋予了团队和个人。事实上，在项目团队中的工作便成为了成员个人的职位内容。同时也意味着授予了团队以前述的正当性和权利。

来自普通员工的成员　各公司在运用质量改进团队的早些年，对于团队的成员有着严格的区分。跨职能项目的团队全部由管理人员和职能专家组成。部门内的项目团队（如品管圈）全部由一线员工组成。图 5—12 比较了品管圈和跨职能项目团队的主要特征。

经验表明，涉及有关运作条件的细节性问题，再没有谁比现场员工更为了解了。长时间在现场的工作，使得员工们能够观察到现场的变化并按时间顺序回忆出所发生过的各种事件。通过与现场员工交谈以获得这类信息的做法变得越来越多。员工们成为了随时“待召”的团队成员。

这样的交谈表明，许多员工所能做出的贡献远远不止于对现场的了解。他们能够对原因作出推测。他们有如何治疗的想法。此外，很明显这种参与增加了工作满意度，改善了人际关系。

因此，人们对于扩大员工的参与表现出了日益增长的兴趣。这导致人们开始尝试不区分等级层次的项目团队。这样的团队会成为常规而不是例外。（有关员工参与的进一步讨论，请参看第 15 章“人力资源和质量”。）

特征	品管圈	项目团队
基本目的	改善人际关系	改进质量
次要目的	改进质量	改进参与
项目范围	在同一部门内	跨部门的
项目规模	有用的多数	关键的少数
成员	来自同一部门	来自多个部门
参加方式	自愿参加	必须参加
成员地位	通常为普通员工	管理层或职能专家
连续性	长期存在	专题性团队，完成后解散

图 5—12　品管圈与跨职能团队的比较

资料来源：*Making Quality Happen*，1988，Juran Institute，Wilton，CT，p.D30.

团队中的上层管理者　有些项目由于其本身的性质而要求团队成员中要有来自管理层的成员。下面是一些有中、高层主管参与的质量改进项目团队实际实施过的质量改进项目的例子：

- 缩短新产品面市的时间。
- 改善销售预测的准确性。
- 减少有故障倾向的产品特征被继承到新产品中。

- 与供应商建立团队关系。
- 开发战略性质量计划所需要的新的质量指标。
- 修改质量改进的表彰和薪酬制度。

要求所有的中、高层主管亲自参加一些项目团队，存在着一些很有说服力的理由。亲自参加项目团队是一种以身作则的行为。这是从事领导的最高形式。这使得他们能够了解他们要求下属做什么，需要怎样的培训，每周需要多少小时，完成项目需要多少月以及需要什么样的资源等。有些建立持续的质量改进体制的良好意愿之所以失败，可以归因于高层对这些现实的缺乏了解。

某公司实施的150多个改进项目中，有高层管理者参与的项目有12个(Egan，1985)。

[关于高层管理人员参与项目团队的经验，请参看 Pelletier (1990)]。

基础架构的模式 关于质量改进的基础架构有好几种图示的方式，其中表示了组织的要素、要素之间的关系以及事件的流向等。图5—13以金字塔的形式表示了基础架构的要素。这个金字塔描绘了一个由最高管理层、自主经营单位和主要的职能部门构成的一个等级性架构。金字塔的顶层是公司质量委员会，有的还有分质量委员会。这些层级的下面是跨职能的质量改进团队（在质量委员会和团队之间可能还有委员会）。

在部门内这一层次是由基层员工组成的团队，如品管圈或其他形式。这种架构可以使组织中所有层次的雇员都参与到质量改进项目中，既可以是关键的少数项目，也可以是有用的多数项目。

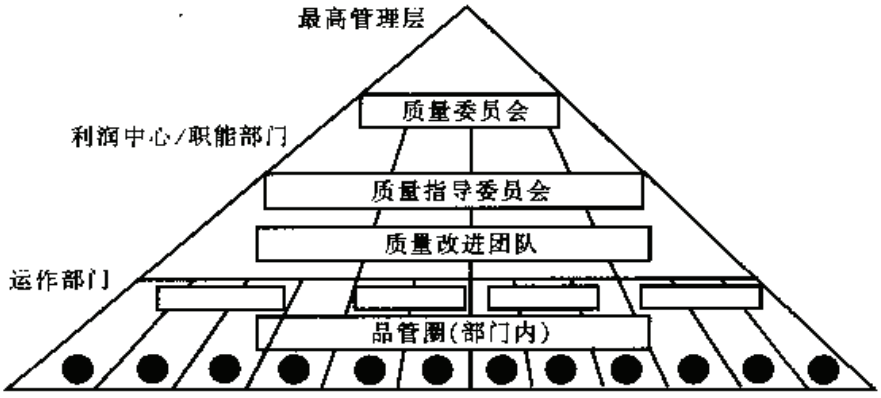


图5—13 质量改进的架构模式

资料来源：Visual GMQH15，Juran Institute，Inc.，Wilton，CT.

团队组织

质量改进团队并不出现在组织结构图中。每个团队都是“漂浮着的”，没有

由某个人担任的上司。换言之，对团队的督导不是由某个人，而是通过使命陈述和质量改进路线图进行的。

团队当然有其内在的组织结构。这一结构中会包括一名团队牵头人（或主持者等）和一名团队秘书。此外，通常还会有一个推动者。

团队牵头人　团队牵头人通常由作为发起者的质量委员会或其他监督层任命。团队也可以自己选举牵头人。

牵头人要承担若干责任。作为团队成员，牵头人与其他成员共同承担着实现团队使命的责任。此外，牵头人还担任着行政的职责，这一职责不能与人分享。其内容包括：

- 确保团队会议的准时开始和结束。
- 帮助成员参加团队会议。
- 确保议程、备忘录、报告等的准备和公布。
- 与发起者保持联系。

最后，牵头人还负有关照团队活动的责任。这不是通过命令的权力进行的，牵头人不是团队的上司。这是通过领导的影响力来进行的。这方面的责任包括：

- 协调团队的活动。
- 激励所有成员做出贡献。
- 帮助解决成员之间的冲突。
- 布置会议休会期间的个人任务。

承担这些责任需要多方面的技能，包括：

- 训练有素的领导他人的能力。
- 熟悉使命所针对的领域。
- 牢固掌握质量改进的程序和相关工具。

团队秘书　团队秘书由发起者或团队牵头人任命，后者更为普遍。无论哪种方式，秘书通常是项目团队的成员之一，因此分担着实现团队使命的责任。

此外，秘书还承担着独有的行政职责，主要是准备议程、备忘录和报告等。这些文件十分重要，是团队与组织其他部门沟通的主要方式，也是团队成员和其他成员资料参阅的主要来源。作为秘书的主要资格是准确的笔头能力。

团队成员　这里的团队成员也包括牵头人和秘书在内。每个团队成员的职责主要有以下几方面：

- 安排出席团队会议。
- 代表各自所在的部门。
- 贡献自己的职位知识和技能。
- 提出原因的推测及治疗措施的想法。
- 对其他成员的推测和想法提出建设性意见。
- 主动要求或接受所分配的个人任务。

找出着手项目的时间 项目团队中的工作是十分耗时的。一个人参加项目团队会使其工作量由此而增加 10%。这是参加团队会议和完成所分担任务所必需的。挤出时间来做这些事情是一个需要认真对待的问题，因为这些增加了的工作量压在了已经是手忙脚乱的这些人身上。

就我所知，没有哪位主管情愿另雇新人来应付改进项目所要求的时间。他们让每个团队成员自己想办法加以解决。就团队成员来说，他们采取了这样一些措施：

- 把更多的活动下放给下属。
- 把那些不太重要的活动稍缓一下。
- 改进常规工作的时间管理。
- 寻找可以取消的现行活动（有些公司采取了特别措施来取消无用的工作以腾出改进项目所需要的时间）。

当项目开始表现出高的投资回报率时，情况就会发生变化。高层会变得越来越愿意提供所需资源。此外，成功的项目会使以前因慢性浪费而膨胀的工作量开始减少。[关于团队组织，请参看 AT&T Quality Library，Quality Improvement Cycle (1988)。关于团队会议，请参看 AT&T Quality Improvement Team Helper (1990)。]

推动者

大多数公司使用内部咨询人员来帮助质量改进团队，主要是那些初次着手改进项目的团队，这些人员通常被称为“推动者”(facilitator)。推动者不是团队的成员，没有实施团队使命的责任（推动者一词的字面意思是使事情变得容易）。推动者的主要作用是帮助团队实现其使命。

作用 推动者的作用通常包括以下方面：

解释公司的意图。推动者通常参加了公司将要实现什么样的目标的说明会。团队对说明会的许多内容感兴趣。

协助团队建设。推动者协助团队成员学会如何为团队贡献，如提出推测、挑战其他人的推测或提出调查路线等。对于尚不熟悉这一概念的那些公司，推动者需要与个人直接接触，激励那些不知如何做的人，抑制那些过分冒尖的人。推动者还要评价团队建设的进展情况并提供反馈。

协助培训。大多数推动者一直从事团队建设和质量改进过程的培训。他们通常也是其他团队的推动者。这样的经历使他们有能力在许多方面培训项目团队，如团队建设、质量改进路线图和工具的使用等。

介绍其他项目的经验。推动者有多种渠道获得这种经验：

- 以前服务的项目团队。

- 与其他推动者交谈分享协助项目团队的经验。
- 项目团队公布的最终报告。
- 文献中所报告的项目。

帮助引导项目的方向。推动者持有的超然视角有助于察觉团队陷入了困境。当团队深入到一定程度时，会发觉自己陷入了越来越深的泥潭。项目的使命可能过于宽泛、定义模糊或无法实施。推动者通常会比团队更早觉察到这些问题，从而能够指导团队重新调整项目的方向。

协助团队牵头人。推动者通过各种方式来提供协助：

- 协助计划团队会议：在每次会议之前与团队牵头人共同进行。
- 鼓励出席。大多数缺席都是由于对成员的时间提出了冲突的要求而造成的。纠正措施常常来自成员的上司。
- 改善人际关系。有些团队中的成员和其他成员没有保持良好的关系或者随着项目的进展产生了摩擦。作为“局外人”，推动者能够把这些成员的精力引导到正确的渠道中。这类行动通常在团队会议之外进行。（有时团队牵头人也会是问题的一部分，此时推动者也许处在帮助解决问题的最好位置上。）
- 团队活动范围之外的事情上的帮助。项目有时需要来自团队能够左右的来源之外的决策和行动。推动者会因其广泛的外部联系而提供帮助。

支持团队成员。这种支持是以多种方式提供的：

- 当团队偏离主题时通过提出疑问的方式使团队聚焦于其使命。
- 通过提出如“这一推测有无事实的支持?”这样的问题来挑战固执的看法。
- 根据对团队行动的观察向团队提供反馈。

向委员会汇报进展情况。就这一作用而言，推动者是项目进展报告过程的组成部分。每个项目团队要提出会议的备忘录和最终的报告，还包括向委员会作口头汇报。但是，对项目的综合报告还要求有外加的过程。推动者通常便是这一外加报告网络的一部分。

资格 推动者经过了专门的训练而有资格发挥上述的作用。这些训练包括团队建立、解决冲突、沟通和变革管理的技能；质量改进过程的知识，如质量改进路线图、工具和技巧等；对质量改进与公司方针目标的关系的了解。此外，推动者通过在项目团队中的工作经历和给团队提供帮助而逐渐老练起来。

这些预先的训练和经验是推动者的必要资本。否则他们很难获得项目团队的尊敬和信任。

来源和任期 大多数公司都意识到高速度的质量改进需要强大而广泛的推动。因此，这需要培养训练有素的推动者。然而，对推动者往往是在启动阶段有着大量的需要。此后，随着团队牵头人和成员逐渐获得训练和经验，对推动者的需要就会开始减少。这一建设性的职位就会转变成为维护性的职位。

这种阶段性的升降使得大多数公司避免使用全职推动者或者职业推动者的概念。推动者是以一种业余的方式工作的。他们的大部分时间用于其常规工作。[关于公司对采用全职还是兼职的推动者所进行的思考过程，有一个有趣的例子，请参看 Kinosz and Ice（1991）或参看 Sterett（1987）。]

推动者的主要来源之一是第一线的监督员。人们越来越认识到，推动者工作提供了一个广泛的有助于日常工作的经验。在有些公司中，这一概念得到了十分高明的运用。担任推动者的工作也是一种质量管理训练。推动者的第二个主要来源是职能专业人员。他们主要来自人事部门或质量部门。所有人员都要有上述的训练。

少数大公司中设立了称为“质量改进经理”（或类似头衔）的全职专业人员。经过了质量改进过程的充分培训，这些主管的全部时间都用在了质量改进活动方面。他们的职责除了推动项目团队的活动之外，还包括：

- 协助项目的提案和审查。
- 在质量改进过程中承担培训课程。
- 协调项目团队活动与公司的其他活动。
- 协助准备向上层管理者提交的总结报告。

（有关推动者及其作用的进一步讨论，请参看 AT&T Quality Library，Quality Improvement Team Helper。）

质量改进的通用次序

质量改进团队没有通常由某人担任的上司。团队不是由个人来监督的。规定其职责的是：

- 项目使命陈述。每个团队的使命陈述都是独特的。
- 质量改进的通用次序[①]（或路线图）。这对于所有团队都是一样的。它规定了团队为了实现其使命而采取的行动。

这一通用次序的若干步骤在本章的前面部分已经有所讨论，如证实必要性、项目的提案与选择以及建立项目团队。项目团队将负责推进由此往后的各个步

① 通用次序的概念来自我在西方电气公司（1924—1941 年）和从 1945 年起担任独立顾问的许多年的经历。这一概念先是在几篇论文中进行了讨论，以后又以书的形式发表（Juran，1964）。此后在实际工作者应用的基础上进行了不断的完善。

朱兰学院创建（1979 年）后，发行了“朱兰论质量改进”（Juran，1981）的系列录像带。这一系列录像带受到了广泛的好评，并对许多公司实施质量改进举措产生了重大影响。此后这些公司开发了自己的培训项目，并提出了它们自己的通用次序。所有这些都与 1964 年发表的最初版本有着极大的相似。有些公司的修订和增补颇受好评。

骤，也就是要经历两大“历程”。

两大历程　在质量改进的通用次序中包含有许多的步骤，可以将之划分为两大历程：

1. 诊断历程，从症状到原因。其中包括分析症状、推测原因、验证推测并确定原因。

2. 治疗历程，从原因到治疗。包括制定治疗措施、在实际条件下测试和验证措施、消除变革的阻力、建立控制、巩固成绩。

诊断要基于事实并需要掌握关键词的含义。开始时对一些关键词加以定义是有帮助的。

关键词的定义

“缺陷”指不适合使用或不符合规格的状态。如发票字迹模糊、产品尺寸超标、平均故障间隔时间过短等，都是缺陷的例子。“缺陷”又称为“差错”、“偏差”、“不合格”等。

“症状”是缺陷的外在表现。一个缺陷会有许多症状。缺陷和症状可以用相同的词描述。

“推测”是未经证实的关于引起缺陷和症状存在的原因的断言。通常，会有多个推测来解释缺陷的存在。

“原因”是证实了的缺陷存在的根源。通常原因会有许多，它们遵循着帕累托原理，关键的少数原因支配着其余的多数。

“支配性原因”是缺陷存在的主要根源，要取得充分的改进首先必须治理支配性原因。

“诊断”是分析症状、推测原因、验证推测、揭示原因的过程。

“治疗”是为消除或中和缺陷原因而进行的改变。

诊断应当先于治疗

毋庸赘言，诊断应当先于治疗，但现实中偏见和陈腐观念仍会挡道。

> 例如，在整个 20 世纪中，有许多高层主管对于大多数缺陷是由工人差错造成的这一点深信不疑。尽管很少得到事实的佐证，但这一观念却一直根深蒂固。正是由于这一观念作祟，在 20 世纪 80 年代，许多管理者试图通过鼓动工人不要制造缺陷来解决他们的质量问题（事实上，80% 以上的缺陷是管理层可控的，工人可控的只有不到 20%）。

缺乏训练的团队常常在原因清楚之前就匆忙采取治疗措施（预备、开火、瞄准）。例如：

- 一位自信的团队成员“知道”原因所在并极力主张团队针对该原因采取治疗措施。
- 一位知名专家给团队简要概括了这方面的技术问题。这位专家对症状的原因十分肯定，该团队无法对专家的意见提出异议。

随着团队成员的经验越来越丰富，他们会对自己的诊断技能树立起自信。这种自信将使他们能够质疑那些未经证实的断言。

在深信不疑的成见主导局势的情况下，或许就必须进行专门的研究。

有这样一个经典的研究。格林利奇（Greenridge，1953）分析了来自不同公司的850件有故障的电子产品。数据表明43%的故障是由于产品设计方面的原因造成的，30%可归因于现场操作条件，20%是由于制造的原因，其余的归因于其他各种原因。

诊断历程

诊断历程始于分析慢性质量问题的症状。缺陷和差错的证据表现为两种形式：

- 书面或口头描述所使用的语言。
- 为深入检验缺陷而进行的实地观察。

理解症状 症状常常是通过语言沟通的，这些语言如：不正确的发票，机器制造了不良产品，或“我感觉有问题”，等等。关键词的多义和含混常常会影响对这些表述的理解。在这种情况下，编写报告的人员成为了重要的信息来源。

一份检查报告持续显示出由于“污染”造成的缺陷有着很高的百分比。为此而采取了各种减少污染的措施，但都无济于事。在绝望之际，调查人员向检验员询问关于污染一词的含义。检验员解释说在检验中总共有12种缺陷分类。若观察到的缺陷哪类都归不进去，他们就会将之报告为污染。

使用总称词汇来描述缺陷的多个子类，这是造成误解的一个经常性的原因。

有一家使用乳胶浸泡工艺生产橡胶制品的工厂，在报表中用“破裂”一词来描述有裂缝的产品。一名资深主管认为裂缝是由于工人差错造成的，主张通过激励和纪律措施来加以解决。但事实上，存在着三种破裂的类型，即在剥离工序中的剥离裂缝、在挤压工序中的打压裂缝和在组装过程中的组装裂缝。只有剥离裂缝是工人差错所致，而这种缺陷只占总数的15%。因此要纠正该主管的成见，就必须先澄清破裂这个词的含义并定量给出破裂的各子类的相对频率。

减少语义混淆的一个有用工具便是“术语汇编”。应安排一个团队专门整理关键词语的含义，并作为正式的公司术语汇编的一个组成部分加以公布。

实地观察 有一种重要的手段有助于充分理解词语背后的含义，这便是所谓的“实地观察”（亲眼去看）。科学的实地观察可以就症状获得大量的客观知识，借助于此可以补充或修正书面报告中所含的信息。

某产品的检验报告中包括一类称为“电的”缺陷。对这类缺陷的一个样本进行的实地观察表明，该类中包括了多个子类，如开路、短路、电池用完

等等。

[关于实地观察的案例，请参看 Black and Stump（1987）。]

形成推测

诊断是通过一个一个的推测来进行的，是对关于原因的推测加以确认或否定的过程。这一过程包括三个步骤，即提出推测、按照某种顺序来整理这些推测、选择要加以验证的推测。

提出推测　推测的获得应当采用一种系统的方式。推测应当来源于所有那些潜在的提供人，即直线经理和基层主管、技术人员、普通员工、顾客和供应商等等。通常，提出的推测会很多，一般会有 20 多个。如果只提出三四个推测，一般来说是不够充分的。

提出推测的一种系统性的方法叫做“头脑风暴法”。潜在的提供人专门聚集在一起就某一主题提出推测。鼓励人们进行创造性的思考，每个人都要提出一个推测。在所有的推测都提出来之前不允许批评和讨论。最后的结果会是得到一份供讨论的各种推测的单子。

经验表明，采用头脑风暴法对于那些主张强烈的团队成员可以产生有益的效果。这些成员认为他们的观点应该被当做事实接受。“我知道就是如此”。然而，其他的成员只把这些观点看成是推测，是未被证实的断言。这有助于人们认识到推测和事实的区别。

还有一种类似于头脑风暴法的系统性方法，称为“名义小组法”。参与者以书面的形式写出各自的推测。然后每人每次轮流提出一个推测。当所有的主意都已记录下来之后，开始对之讨论并通过投票排出优先顺序。

推测不应只局限于与某一产品和过程有关的差错。在有些情况下，原因可能存在于影响到多个产品的更广泛的系统中。

> 一名主管观察道：“在过去的 6 周中，我们已经损失了 4 批不同类型的产品，原因是 4 种仪器标定过期。这表明我们应当对保持仪器准确性的系统进行评审。”

整理推测　通过头脑风暴法的应用我们获得了有关推测的一个粗略的单子。对这个单子进行整理排序有助于改进团队看出各种推测间的相互关系。此外，有序排列的推测对于选择待验证的推测具有极大的帮助。对推测的整理可以有以下几种方式：

- 记事板。这是对头脑风暴法的一个补充，是整理推测的一种形式。每提出一个推测，就记录到一张索引卡片上。然后将这些卡片适当地摆放在记事板上，形成对这些推测的一个视觉的展示［见 Betker（1985）关于某电子公司使用

记事板的例子]。

• 表格展示。这是一种按照逻辑层次排列的表格：推测、子推测、孙推测等。表 5—6 是应用在精细化工生产中的一个例子。

• 因果图。这一广为人知的工具（又称石川图或鱼刺图）是 1950 年由石川馨教授提出的。图 5—14 给出了一个例子。

制作因果图时，结果（症状）被写在箭头的顶端，再把可能的原因（推测）写在箭柄上完成作图。原因一般被分类为人员、工作方法、材料和设备等。图 5—14 是用表 5—6 所整理出的同一套推测作出的图。请注意因果图对于识别各推测之间相互关系的作用。

因果图最早被应用于解决生产领域的问题。以后被证明也适用于所有的产业、过程和问题。现在，这一工具被广泛地应用于各领域。

因果图可以和所谓的力场分析结合使用。团队首先识别出会产生问题的情景和事件（称为“阻力”），然后再确定为解决这些阻力所必需的行动（这些行动称为“动力”）。最后，将动力和阻力综合在一张图上以帮助诊断［例子请参看 Stratton（1987）］。

表 5—6　　对推测的整理

- 原材料
  - 分量不足
  - 卸料方法
- 催化剂
  - 种类
  - 数量
  - 质量
- 反应
  - 溶解和浓缩
  - B 溶解液温度
  - 溶液和注速
  - pH
  - 搅拌器、转速
  - 时间
- 结晶
  - 温度
  - 时间
  - 浓缩
  - 母晶体
    - 重量
    - 大小
- 含水量
  - 湿粉填装速度
  - 干燥器、转速
  - 温度
  - 蒸气压力
  - 蒸气流量
- 包装过量
  - 衡器的种类
  - 衡器的精度
  - 衡器的保养
  - 称量方法
  - 操作人员
- 运输
  - 道路
  - 遮盖
  - 撒洒
  - 容器

选择待验证的推测　推测的数目很多，但大多数是无效的。因此，项目团队要就待验证推测的优先次序进行讨论并形成共识。对于节约团队的时间和精力、减少因追随无效推测而造成的挫折而言，这种方式被证明颇为有效。

许多公司都设计了一些构思巧妙的矩阵来对每种推测给出一个量化的分数。一种简单的做法是让团队的每一位成员为所有的推测按重要程度评级打分。总分就成为在最后决定优先次序的一个根据。

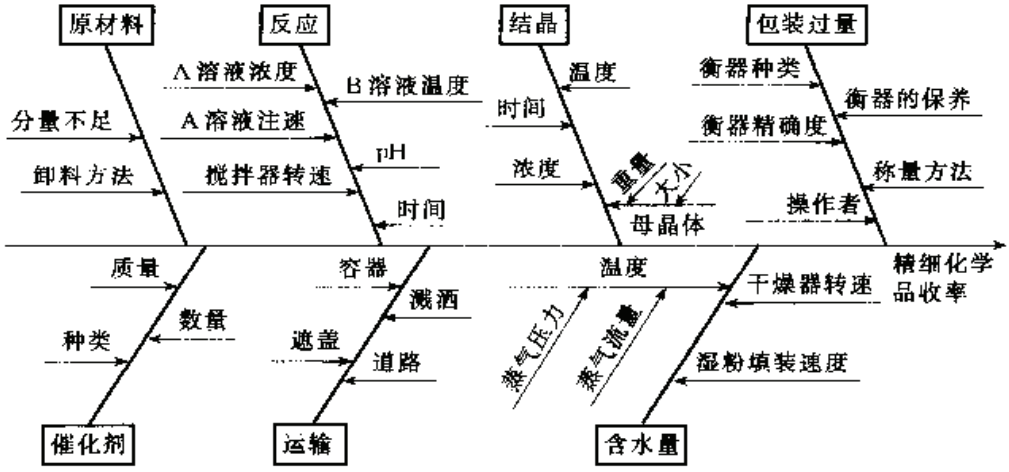


图 5—14　因果图

验证推测

验证推测的方法有许多，但都遵循帕累托原理，即相对少数的方法适用于大多数的问题。以下是对那些关键的少数方法及其主要应用领域的一个简单讨论。

一个关键的问题在于，一次是否只验证一个推测，或一组相关推测，或同时验证所有的推测。要作出正确的选择，就必须懂得收集和分析数据的方法。团队或许有必要咨询数据分析方面的专家。

以事实为根据　隐藏在诊断背后的基本概念便是以事实为根据，即依据事实而不是推测来决策。这一概念使得那些即使在技术上外行的成员也能对项目做出有益的贡献。团队必须学会区分事实与推测。事实有适当的证据支持。推测是没有根据的断言。两者间的区别有时是很微妙的。

> 在一个团队中，一位技术人员断言，改变焊槽温度可以减少所关注的缺陷，但造成的新缺陷会使事情更糟。他的这一信念根据的是 10 多年前在不同设备上收集的数据。团队对他的断言提出了挑战。通过新的实验发现更高温度并不会导致这样的负面效果（Betker，1983）。

流程图　对于许多产品而言，其生产过程的构造是一个“序列”，即一系列顺序相连的步骤，每个步骤完成一项特定的任务。大多数团队成员都熟悉其中的某几个步骤，但没什么人了解整个序列。需要注意的是，这一序列中的步骤会包括市场营销、使用和顾客服务中的步骤，也会包括外部供应链中的步骤。

流程图有助于团队成员更好地了解全过程以及各步骤与整体的关系。[例子请参看 Engle and Ball（1985）。]（有关制作流程图的详细讨论请参看第 3 章“质量计划过程”。）

过程能力分析 质量改进团队最常提出的问题之一便是“过程能力”。有些成员认为“这一过程本身就不能满足规格的要求”。不同意的人主张“该过程能力没问题，只是运行得不好”。在最近几十年，人们设计了许多工具以检验这类说法，尤其是应用于生产过程中。

一个普遍的测试过程能力的方法便是“休哈特控制图”。数据（通常）以相同的时间间隔从过程中抽取出来。由控制图分析确定了过程处于稳定状态后，将数据与规格条件进行比较。这一比较得出了一个量度，衡量了过程持续产出规定界限内结果的能力。(有关休哈特控制图的详细讨论请参看第 45 章。)

过程能力的评价最早应用于生产过程，以后被日益广泛地应用于各行各业的管理和业务过程中。一个常见的例子便是在这些过程中的运转周期时间方面的应用。

许多这类过程是这样的一种序列，其中的工作以一种顺序的方式从一个部门流到另一个部门。一个循环会花费好几天（或几周，甚至几个月），但完成工作的时间却只用几个小时。其余的时间都是由在各步骤上的等待、返工等构成的。

对于这样的过程，理论上的过程能力是累加工作时间。如果某个人经过训练能够完成所有的步骤，能够利用所有的数据库，这个人可能会达到这个理论能力。有些公司将缩短运转周期时间的目标设定为理论过程能力的两倍。

过程分解 在分析一个能力充分的过程因何未能正常运转时，有一种常用的方法称为“过程分解”。这种方法试图到过程中的源头去对缺陷进行探索。过程的分解有多种形式。

中间阶段测试 当过程尾端出现缺陷时，并不知道是哪个步骤所造成的。这种情况下，一种有用的办法是在中间阶段的步骤对产品进行检验或测试以找出最初出现缺陷的步骤。这一寻找如果成功的话，会大大减少验证推测所需的努力。

流—流分析 大批量产品通常要求有多个生产源头（称为流），如多个供应商、多个机器、多个轮班和工人等。这些流看起来似乎没什么区别，但生产出的产品却不尽然。流—流分析就是把生产分解为最初的流，测定流与流间的区别，以期找出导致缺陷发生的流。

时间—时间分析 分解过程的另一种方法是时间—时间分析。目的是发现缺陷是否集中在特定的时间范围内。这一分析被用于分析异变间时间、工作轮班变动的效果、年中季节的影响，以及许多此类的潜在原因。

一个常见的时间—时间分析的例子是休哈特控制图，它能够显示出生产过程的变异是由于随机性的还是系统性的原因引起的（参见第 45 章）。

时间—时间变化的一种特殊的情况是漂移，即过程某个方面的持续恶化。例如在生产过程中，化学溶液会变得越来越稀，工具会逐渐磨损，工人会变得疲

劳等。

在时间—时间分析中，过程（或产品）通常以相等的时间间隔进行测量。数据的图示有助于对数据的理解。以累积形式（累积总量图）展示的数据有助于探测漂移的发生。

另外还存在着“件—件”变异和“件内”变异。

件—件变异的一个例子是按“组套”方式生产铸件的铸造过程。铸件的质量可能会取决于其在组套中的位置。件内变异的一个例子是在车削加工中，圆柱件的直径不一致。

同时分解　某些形式的过程分解可以同时验证几个推测。一个经典的例子是多变异图（Multi-Vari[①] chart）。如图 5—15 所示。图中的垂直线表示一个产品单位与规格公差限相比的变异范围。在左边的图中，仅件内变异相对于公差就太大了。因此除非减少件内变异，否则谈不上什么改进。在中间的图中，件内变异还过得去，问题在于件与件之间的变异。在右边的图中，问题所在是时间—时间变异过大。[有关多变异图的更多例子请参看 Traver（1983）。]

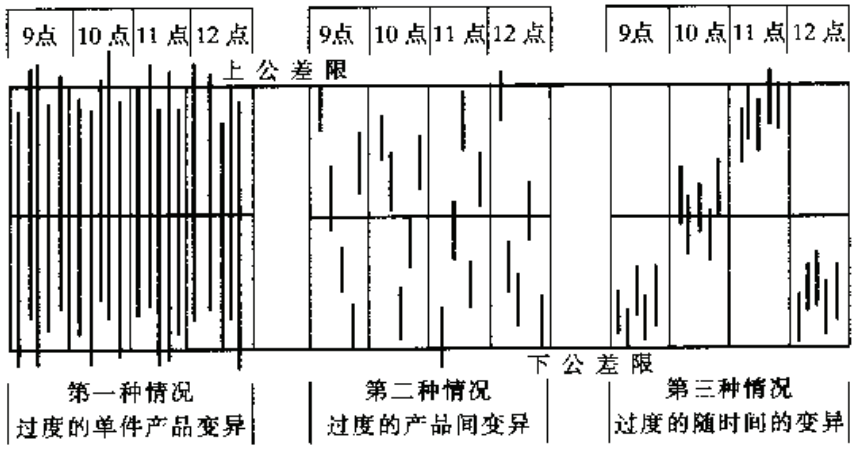


图 5—15　多变异图

缺陷集中趋势分析　在“缺陷集中趋势分析”中，目的是找出可能会指向原因的集中情况。这种方法有着各种不同的广泛应用。

在 19 世纪伦敦的一次霍乱流行中，约翰·斯诺医生获得了索霍区那些死于霍乱的人们的住址。他在该区的地图上标注了这些住址（见图 5—16）。这些住址主要集中在布劳德街的水泵站周围，这里供应该区的饮用水。在当时，没人知道霍乱的原因是什么，但通过除去水泵手柄而提供了一个解决问题的对策。

---

① 这一分析方法被命名为 Multi-Vari 是在 L.A. 塞德（L.A.Seder）发表于 *Industrial Quality Control*（1950 年 2、3 期）的著名论文《图示诊断》中。朱兰将其中的垂直线的概念用在了财经方面的论文中，用以说明股价的范围。

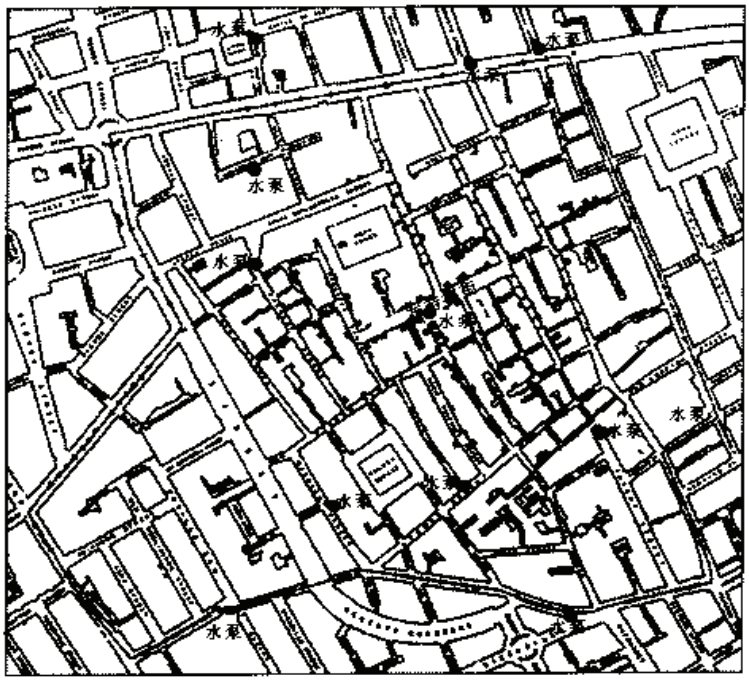


图 5—16　约翰·斯诺医生的集中趋势分析

在实物产品的场合，通常在产品的图上标出缺陷的位置（见图 5—17）。该图显示了一台复印机的缺陷的集中位置。画圈的数字表示了设备的不同位置。圈旁的数字表示在所调查样本中发现的缺陷数。可以看出在位置 24 和 2 的缺陷数占了总缺陷数的 40%。

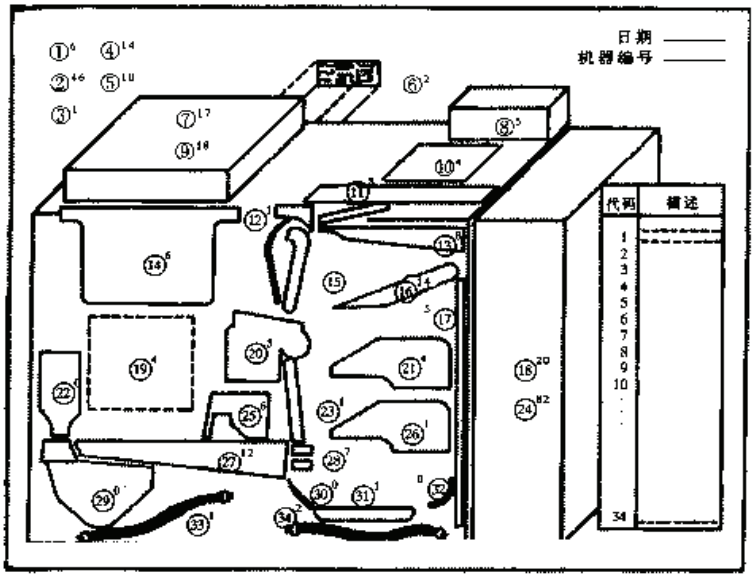


图 5—17　集中趋势分析图：复印机的缺陷

集中分析也被应用在了军事领域。

第二次世界大战期间，美国空军研究了完成战斗任务返回基地的飞机的损伤。一种分析方法就是用图来表示出弹孔和其他损伤集中的位置。图中显示出飞机的某些位置从来没有受到过损伤。结论是这些位置的损伤导致了飞机的被摧毁，因此需要重新设计以减少这些区域的薄弱。

关联研究　有些诊断方法将症状的数据与某些可能的原因相联系起来进行分析，这些原因如设计、过程、工人等。利用各种统计工具如相关分析、排序和矩阵等来验证可能存在的关系。

• 相关。这种方法是把症状的频率数据与可能原因的数据在同一张图上打点。图 5—18 是有砂孔的铸件与铸模浇口厚度的关系。

• 排序。这种方法是把缺陷数按频率大小排序，然后与所怀疑原因的影响进行比较。

表 5—7 示出了 23 种机动车力矩管的“动态不平衡”缺陷的频率。所怀疑的原因是一个锻造工序，有些产品经过了这道工序。表 5—7 中标示出了经过锻造的产品类型。很明显，经过锻造的产品缺陷数远远多于未经过锻造的产品缺陷数。

有些场合下，可以利用一种构造细致的按步骤分析法来研究多个变量的数据。一个早期发表的例子是 SPAN 方案（Seder and Cowan, 1956）。它应用标准化的数据收集和分析表，把观察到的产品变异依次分解为五个阶段：批—批，流—流，时间—时间，件内（或者位置）以及测量误差。其他形式的关联分析在本手册统计部分中的第 44 章到第 48 章中可见。

开辟新的窗口　有些场合下，从运作过程中获得的数据无法验证某个推测。这种情况下，可能会有必要专门为验证推测而创造新的数据。这被称为“开辟新的窗口”，它可以有几种形式。

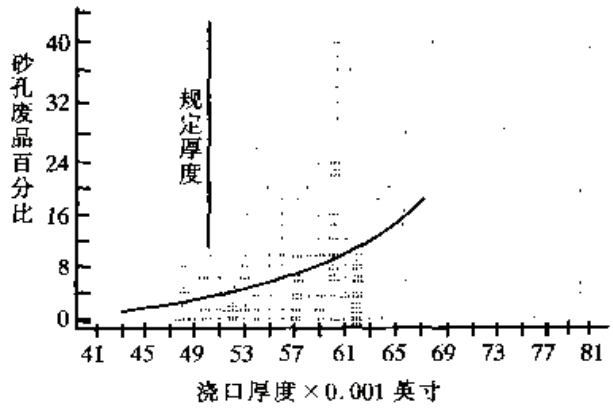


图 5—18　通过相关来验证推测

表 5—7　　利用排序来验证推测

类型	缺陷率（%）	锻造过（标出 X）	类型	缺陷率（%）	锻造过（标出 X）
A	52.3	X	M	19.2	X
B	36.7	X	N	18.0	X
C	30.8	X	O	17.3	
D	29.9	X	P	16.9	X
E	25.3	X	Q	15.8	
F	23.3	X	R	15.3	
G	23.1	X	S	14.9	
H	22.5		T	14.7	
I	21.8	X	U	14.2	
J	21.7	X	V	13.5	
K	20.7	X	W	12.3	
L	20.3				

在中间阶段测量　有的产品是经由一系列的步骤制造出来的，但在所有步骤都完成之后才进行测试（参看前面讨论的“过程分解”）。在这种情况下，开辟新的窗口意味着在过程的中间阶段进行测量。

在一个减少招聘新雇员所需时间的项目中，总花费时间的数据可以得到。验证推测要求开辟新的窗口，要测量招聘过程所包括的六个步骤中每个步骤所需时间。

在一个重要的压力容器的大接缝的焊接过程中，所有完成的焊缝都要经过 X 射线来检查是否存在虚焊。这一过程可以加以分解以分析某些变异的来源，如工人—工人、时间—时间、焊缝—焊缝。但是，其他的变异来源的数据无法得到，如层—层、焊道—焊道以及焊道内等。这时开辟新窗口就意味着每形成一个焊道就要用 X 射线进行检验。

制作新的测量工具　有些推测不能用运作过程中所使用的测量工具加以验证。此时，需要制作新的测量工具。

在一个降低汽车冷却器的缺陷的项目中，有些推测主要集中在一个密闭的铜焊炉中的热处理和干燥作用上。为了测量炉中发生了什么，专门制作了一个装有热电偶的绝热箱，约有冷却器大小，来记录炉内的时间和温度。箱子与冷却器一起放到装配线上按照正常的节拍送入炉内。所获得的数据被用于修正炉中的温度。故障率得到了降低（Mizell and Strattner, 1981）。

不可分解的特征　“可分解的”特征是指可以在加工的不同阶段测量的特征。“不可分解的”特征是指在过程中无法测量的特征。许多不可分解的特征在过程中的所有步骤完成之前甚至都不存在。常见的例子如一台电视机的收视效果。这种情况下，对于推测进行验证的一种主要方式是通过实验设计来进行的（见下面的论述）。

实验设计　通过实验来验证推测通常要在特别选定的条件下生产出试验的产品样本。进行实验的场所可以是实验室，也可以是实际的办公室、工厂、仓库或

使用现场。

很容易归纳出实验应当满足的“最低准则”。包括：

- 对推测的验证应在没有外在变量干扰的情况下进行。
- 要找出所存在的主要原因，即使还算不上推测。
- 相对于所研究问题而言应当是经济的。
- 提供可靠的答案。

要满足这些准则必须有若干方面的输入：

- 管理者要确定所需要回答的问题。
- 技术人员要选择所要调查的适当的变量并设置优先次序。
- 诊断人员提供计划实验设计和分析相关数据的统计方法。

实验设计的类型从简单的步枪射击实验到复杂的无约束实验，绝大多数都是非业余人员所能处理的问题。在最简单的“步枪射击实验”中，使用了批分（split-lot）方法来识别两个可疑因素中哪个是真正的原因。例如，如怀疑过程 A 和过程 B，则将完全相同的一批原料分成两份。一份通过过程 A，一份通过过程 B。若两种类型的原料也是怀疑对象，则每类原料要分别通过过程 A 和过程 B，形成一个 2×2 的实验设计。如果涉及更多的变量，就需要有更多的组合。但通过实验设计的科学方法使得问题得到了简化。

在“无约束实验设计”中，一个（或多个）产品样本按照一个方案通过不同的过程，在每个阶段测量被怀疑因素的取值。相应的产品特征也同时加以测量。通过对这些数据进行分析，就有希望找到原因与结果之间的主要关系。

无约束实验应以书面的方式加以明确，以确保可以理解和意见一致。精心计划的实验有极高的概率识破真凶。缺点是找到答案需要一定的花费和时间。

统计学家开发出了非常有用的一些工具：通过“随机化”消除不希望的变量；通过熟练运用析因、分区、嵌套等设计来使实验的数量最少；从复杂的数据中找出意义来（见第 47 章“实验设计与分析”）。

诊断中的测量　使用生产现场的测量器具来进行测量，这是诊断中经常遇到的障碍。这些测量器具并非是诊断所用的。它们通常用于其他的目的，如调整过程、检验产品等。诊断的测量在几个主要方面与运作中的测量相区别：

- 测量计量值而非计数值。过程能力研究通常需要测量计量值。
- 测量精度高于现场测量器具的精度。有些情况下，现场测量器具缺乏足够的精度是质量问题的主要原因。
- 创造新器具以开辟新窗口或处理不可分解过程。
- 用以验证所怀疑变量的测量不受规格控制甚至未被提及。

诊断的责任　有些诊断工作表现为项目团队的会议讨论，如分析症状、推测原因、选择要验证的推测等等。此外，诊断工作还包括对推测的验证，这主要由数据的收集和分析构成，基本上是作为团队会议之外的任务来完成的。

对于有些项目而言，上述任务只是些小规模的数据收集和分析。这种情况下，项目团队成员自己就可以胜任。还有些项目必须进行大量的数据收集和分析。这时，项目团队可以把大部分乃至全部工作授权或分包给诊断人员，这是些具有所需时间、技能及客观性的人员。尽管进行了授权，但项目团队对于完成任务仍负有责任。

在同时进行着多个改进项目的大型组织中，其诊断工作量占用了许多诊断人员的全部工作时间。为此，许多公司设置了专职的诊断职位，赋予其质量工程师之类的头衔。这些职位在组织中的位置有若干种类型（见图 5—19）。

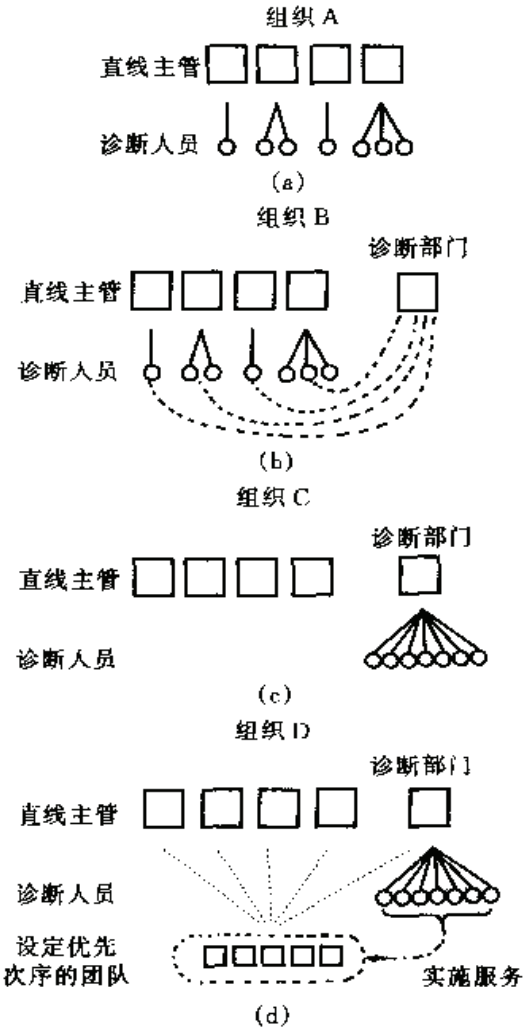


图 5—19 诊断人员在组织中的若干种安排

1. 诊断人员由直线主管指挥，人数按照各部门的需要来决定［见图 5—19（a）］。这种安排很受直线主管欢迎。在实践中，这种安排下的诊断人员只是在帮助直线主管实现当前的目标和应急救火而已。慢性问题得不到相应的重视。

2. 诊断人员向各个直线主管报告（同上），但有一条虚线通向一个中央诊断

部门，如质量工程部这样的部门［见图 5—19（b）］。这种安排有利于诊断人员的培训，为他们展示了专业发展方向，提供了咨询帮助。但在确定问题的优先次序，亦即选择项目方面存在着冲突。

3. 诊断人员由诸如质量工程部这样的中央诊断部门领导［见图 5—19（c）］。这种安排使得解决慢性问题的项目得到了重视。此外，还简化了对于诊断人员的培训和咨询工作。但是，这种安排没有考虑给直线主管在选择项目和设定优先次序方面提供参与的机会。这种忽视对于取得好的成果来说可能会是致命的。

4. 诊断人员归中央诊断部门指挥但有着制度化的直线主管参与机制［见图 5—19（d）］。事实上，是由直线主管来选择项目和设定优先次序。诊断部门根据这一次序来配置诊断人员。它还为诊断人员提供培训、咨询服务和其他帮助。这种结构得到了广泛的应用，并被证明能够适应各种公司的情况。

在实践中具体选择哪种方式取决于许多因素，因企业的不同而异。

回溯分析；启迪

由过往事件中总结出来的经验构成了启迪的基础。过往的事件要升华为启迪惟有经过分析，经过一种“回溯分析”。

有数目庞大的诊断是通过对过往事件的分析来完成的。一个常见的例子便是工业过程中的质量控制。控制是通过测量过程中产出的产品的样本来进行的。每件产品的生产都是一个过往的事件。多件产品的生产便是多个过往的事件。对测量结果的分析是对过往事件的分析，因此这是一个回溯分析的例子。

圣特亚那回顾　有必要为这一回溯分析的过程起一个简短的名字以便于识别。哲学家乔治·圣特亚那（George Santayana）曾说过：“那些不能记住过去的人注定会重蹈覆辙。”这是对于启迪源自回溯分析这一认识的一个简洁而精确的表述。我们可以做如下的定义：

圣特亚那回顾是指从过往事件的回溯分析中汲取启迪的过程。

周期和频次的影响　圣特亚那回顾的应用在很大程度上取决于：

- 过往事件的周期。
- 与周期紧密相关的这些事件的频次。

周期和频次这两个因素的影响，看几个例子便可以清楚理解。

应用于高频次周期　高频次事件大量存在于各种类型的公司中。与之相关的过程均具有大批量生产的性质，这些过程处理着各种类型的产品：

产业	大量处理的对象
公用事业	账单
制造行业	产品
所有行业	工资表的核对

在这些公司中，每年发生的周期次数以百万甚至十亿计。尽管如此，许多公司还是在以极低的差错水平在运转着这些过程。它们是通过分析过程中的样本，也就是过往事件的数据而做到这一点的。

要将圣特亚那回顾应用到这样大批量生产的场合十分容易。数据可以大量地获得，为了不致被淹没在如此大量的数据中而必须采取抽样的方式。数据分析通常非常简单，由稍具统计学基础训练的人员在现场即可进行。因为不涉及太大的努力，故很少有必要事先获得上级的许可。因此，圣特亚那回顾被广泛地应用着。当然，从事这种应用的人员很少会想到他们正在进行对以往事件的研究。但这的确正是他们所做的事情。

应用于中频次周期 这里所说的“中频次”是指每年数十或数百个周期这样的程度，也就是每月或每周若干次的程度。与大批量生产相比较，其周期更长，每个周期涉及更多的职能，要求更多的努力，分量更重。属于这一频次范围内的例子如雇员的招聘或商务投标等。

圣特亚那回顾在中频次周期方面的应用相对较少，但机会大量存在。减少雇员招聘所需时间有着迫切的需要，增加投标成功的比率也是当务之急（有些行业中这一比率还不到10%）。在中频次周期下应用圣特亚那回顾有着一些现实的问题，回溯分析的低水平与此不无关系：

- 这种场合下的应用是针对跨职能过程的，通常要求以团队的方式进行。
- 要求当前投入大量的工作，而收益滞后，没有计算投资回报率的现成方法。
- 开展这项工作的责任不明确。
- 自发地从事此事的迫切性不大，从改进中受益的是整个组织，不见得轮得到志愿者所在的部门。

（这些问题不会对圣特亚那回顾在高频次周期上的应用产生影响，因为这种情况下通常针对的是部门内的过程，工作量不大，实施者有积极性，因为结果会使其所在部门受益。）

应用于低频次周期 这里的“低频次”指的是一个范围，从每年若干个周期到若干年一个周期。年度性周期的例子如销售额预测和预算。不规则周期的例子如开发新产品、重大建设项目和企业收购。

在这种场合下的圣特亚那回顾的应用很少。每一个这类周期都相当大，有些堪称巨无霸。对多个周期的应用可想而知会是一项多么艰巨的任务。

在英国石油公司，由历史学家组成的一个小组所实施的一项研究可以算

是这方面的一个例子。该小组回顾分析了公司的重大业务事件：创办合资企业、企业收购和重大建设项目。其回顾分析关注于公司的经营战略问题而非某职能性目标。每一项目要耗时数个月并需要进行 40 余次访谈以获得历史文件中没有的信息（Gulliver，1987）。

绝对有必要应用圣特亚那回顾的一个普遍的低频次过程便是推出新产品的过程。新产品的开发是通过一个精细的跨职能过程来进行的。所推出的每种产品都具有一定程度的独特性，但不同产品开发的总过程是相当类似的。这便是其背景情况，这种场合下应用圣特亚那回顾是完全可行的。

在开发周期中的很大一部分时间是对此前已做之事的返工。额外的工作要强加给内、外部顾客。这种延误的程度及成本可以通过对以前周期的研究估计出来。回溯分析有助于发现哪些有效哪些无效，从而可以改善决策的质量。

要注意的是，大部分的延误和成本并不是发生在产品开发部门。我们来看一下开发 X 产品的一个例子，其发生的支出如下（单位：百万美元）：

市场研究	0.5
产品开发	6.0
生产设备	22.0
营销计划	2.0
总计	30.5

由于竞争对手提前两年推出了与 X 产品类似的产品而占领了市场，所有这些支出全都付之东流。损失的大部分，也就是总数的 80%，发生在产品开发部门以外。

一些著名的例子　圣特亚那回顾所具有的力量在历史上一些著名的例子中有着明显的体现。

天象观测者与历法。古代文明中令人赞叹的成就之一便是制定了精确的历法。这些历法是通过对周而复始的天体运动的大量观测而推导出来的。这些天体运动的周期有的会长达许多年。从数据分析中推导出的历法对于古代社会的生存是至关重要的。例如，种植庄稼的时令是由历法来告知的。

亨利王子的智囊库。在 15 世纪和 16 世纪的航海大发现时期，葡萄牙的航海家们在引导船只到达目的地并安全返回方面被公认为居于领导地位。因此，葡萄牙的航海家们颇受船主、政府和保险商的青睐，成为抢手货。这一领导地位的取得来自当时葡萄牙的一位王子所实行的一项举措，这位王子便是航海家亨利王子（1394—1460）。在 15 世纪初期，亨利王子创建了一个航海中心（在葡萄牙的萨格里什），一个史无前例的独特的智囊库。其设施包括一个天文观测台、一个要塞、一所航海学校、一个生活区、一所医院和一座小礼拜堂。亨利王子为该中心网罗了地图绘制者、仪器制造者、天文学家、数学家、造船工匠和设计师。他甚至还建立了一个数据库，这是一个航

海日志的贮藏所，在这些日志中记录了季风、洋流、陆标等等。从这些日志中获得的启迪对于葡萄牙人环非洲大陆、穿印度洋、跨大西洋的海洋探险的成功做出了贡献。

麦瑟·莫利（Mathew Maury）的航海图。19世纪中叶，美国海军上尉麦瑟·莫利对数千份航海日志进行了分析。他使用标准的图案和术语将分析结果（流速、风向等）标注在航海图上。最早采用麦瑟航海图的船只之一便有著名的“飞云”号（Flying Cloud）。1851年该船用了89天从纽约航行到了旧金山。此前的记录是119天（Wipple，1984）。飞云号的新记录保持了138年！

对重复性灾难的研究。有些个别性的灾难众所周知，公众的强烈关注会迫使当局设立正式的调查委员会过问。然而，最严重的损害是由那些重复性的灾难所造成的，尽管单独看来不甚抢眼，但集中起来却触目惊心。一些机构尽其最大努力对此进行研究，它们对于抑制疾病、减少事故和建造防火建筑等贡献良多。有一个感人的例子是关于一项揭示饮食与癌症的关系的跨国（或地区）研究。图5—20示出了该研究得出的相关关系（Cohen，1987）。

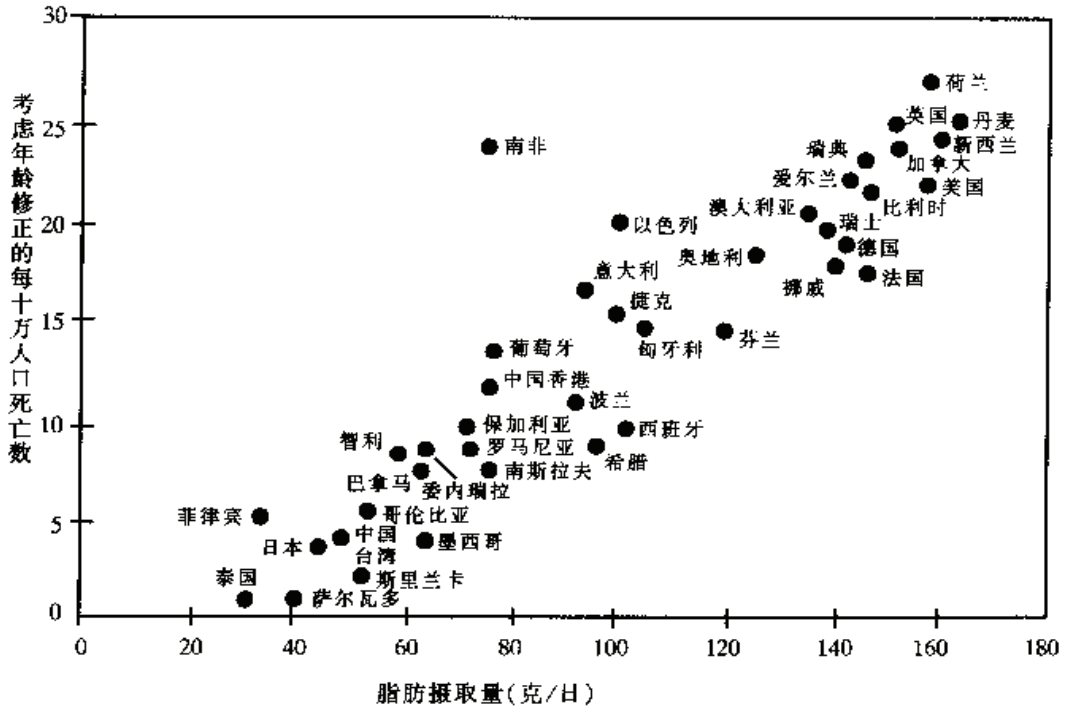


图5—20 饮食与癌症的相关关系

应用于长周期事件的潜力 圣特亚那回顾的有效性在短周期高频次活动的场合得到了广泛的证明。因此，圣特亚那回顾被广泛应用于这些领域并取得了良好的效果。同时它在长周期低频次活动中的应用机会也是巨大的。然而，其实际的应用尚属罕见，这是由以下一些严峻的现实原因所决定的。

- 这一应用的发起必须有多个主管的共识，而非某一个主管的问题。
- 所需的诊断人员的工作量通常很大，还会挤占他人的时间。

- 研究所获对当前工作无甚帮助，获益的是将来的运作。
- 取得的结果对参加者本部门未必有什么好处。
- 没有计算投资回报率的现成方法。

受此现实困扰的项目难获重视乃属情理之中。照目前的情况来看，要在长周期活动中应用圣特亚那回顾必须由高层主管来发起动议才有可能。到目前为止，此类动议尚属少见，发表的相关论文也是凤毛麟角。有关英国石油公司的论文无疑属于另类（Gulliver，1987）。

应用的步伐会加快吗？我表示怀疑。就我的判断而言，在取得惊人成果并得到广泛传播之前，其应用状况仍将保持缓慢渐进的方式。这一预测令人失望，考虑到圣特亚那“那些不能记住过去的人注定会重蹈覆辙”这一教诲的话，就更是如此。[进一步的讨论和案例请参看 Juran（1992）。]

治疗历程

一旦确定了原因，诊断历程即告结束，治疗历程开始启动。尽管每个项目的治疗方案都是独一无二的，但选择和实施治疗方案的管理方式却不因项目而变。

备择方案的选择　对于大多数项目来说，都有着多种治疗的提案。治疗方案的选择是根据提案满足某些基本准则的程度来进行的。所提的治疗方案应当做到：

- 去除或抵消问题的原因。
- 优化成本。
- 可以为有最终发言权的人所接受。

治疗措施：去除原因　所建议的治疗措施在生效之前必须扫除三个障碍：

1. 项目团队基于逻辑的推理接受这个提案，相信该方案将满足前述的准则。
2. 该提案在现场或实验室通过了小规模实验。
3. 该提案在运作中进行了全面实验。

许多公司还存在着第四个障碍，即项目团队的职责不清，或只限于提出治疗措施而没有贯彻的责任。在这种场合下，许多提案压根儿未起作用。有些公司责成团队负责确保治疗方案的实际贯彻以及在实际运作条件下奏效，因而取得了好得多的成果。

许多治疗措施涉及技术性的变革。这会受到某些治疗部门的偏爱，如更偏好那些涉及购买新设备的方案。但是，在许多情况下，最好的治疗是通过更好地利用现有设备而达成的。［例子请参看 Black and Stump（1987）或 Bigelow and Floyd（1990）。］

的确，具有最高投资回报率的治疗措施是管理变革而非技术变革。当来自美

国的团队为了了解日本的质量因何如此卓越而去他们的日本同行处参观时，他们看到了大量的这方面证据。他们参观了钢铁、轮胎、铸造、集成电路、汽车等方面的工厂。美国人吃惊地发现日本人的设施（机床、工具、仪器等等）和他们在美国的工厂中所用的完全一样，甚至是购自同一家供应商。质量的差异是源于更好地利用了现有的设备（作者的个人体验）。

还有其他一些治疗措施涉及对一些具有更广泛的管理特征的事务的修正，如方针、计划、组织、标准、程序等。这一类治疗措施的作用会远远超出所涉及的项目。要使这类治疗措施被接受，要求有处理文化阻力的专门技巧（见下面的论述）。

偶尔有些治疗措施非常具有想像力。有一家生产集成电路芯片的工厂，受到附近的铁路引起的震动的困扰，这一问题通过在工厂和铁路之间建了一个游泳池而得到了解决。还有一个问题是来自邻近一家水泥搅拌厂的水泥粉尘，治疗措施是将这家工厂买下来拆掉。

有些慢性质量问题的治疗要求对问题中的过程或产品进行重新的计划。（其方法请参看第 3 章“质量计划过程”。）

治疗措施：成本优化 对于那些复杂的过程来说，很容易出现这样的情况，即某个治疗措施降低了 A 部门的成本，但其成本的降低还不足以补偿 B 部门的成本增加。所采取的疗法比疾病本身还要糟糕。项目团队应检查治疗措施的副作用以确保公司整体的成本最优。这样的检查还应当扩展到对于外部顾客的成本的影响。

一个精心选择的项目团队因其成员构成是跨职能的而可以更好地进行成本优化。然而，团队更应该放眼于团队成员所在的部门之外。它还应该谋求职能部门的专业人员的帮助，如请财务部门的人员协助评审数据和进行预估。（关于量化质量成本的具体内容，请参看第 8 章“质量与成本”。）

治疗措施：可接受性 任何治疗措施都会涉及某种类型的变革，如再设计产品与过程、修改工具和员工再培训等。每个这样的变革最后都会落到某个职能部门的权限中，该部门便成为该项目的治疗部门。一般来说权限界限会受到尊重，因此实施变革的责任便归属于治疗部门而非项目团队。

当治疗部门的某人是该项目团队的成员时事情会变得十分简单，实际情况通常便是如此。这位成员会让其上级随时了解情况，从而有助于确保所提出的治疗措施会被采纳。

如果治疗部门没有人参加项目团队，问题便会变得复杂起来。此时项目团队必须建议治疗部门采纳治疗措施。这种建议会遇到来自文化方面的抵制，如对于未被邀请参加项目团队的不满。项目团队现在必须说服治疗部门相信变革的好处。在陷入困境时，团队可能会求助于发起者或采取其他方式，如求得高层渠道的帮助。

理想的状况是治疗部门从一开始就参与了项目团队。但这并不总是可行的，

因为在开始时并不会知道原因是什么以及如何治疗。但是，一旦治疗措施变得明了，相应的治疗部门就应被邀请加入到团队中来。

阻力也许会来自其他部门，如工会、所在社区等等。团队应该努力设法与那些潜在的反对者建立起对话的机制。（有关文化阻力的内容，请参看下面的“变革的阻力”。）

关键的不常见缺陷的治疗 有些缺陷尽管少见，但却会对生命或财产造成灾难性的损害。对这些缺陷有着特殊的治疗措施。

- 增加安全系数。通过附加的结构材料、外来材料、预期用途和误用的设计、自动防故障设计等方式加以实现。所有这些措施都会增加成本。
- 增加试验的数量和严格性。严格试验和正常试验的数据相关性可以提供一个预计的故障率。
- 减少过程的变异。当缺陷源于生产过程时适于采用这种方法。
- 运用自动的100%检验。这种主张之所以得到支持是由于最近的显著的技术进展，如非破坏性试验方法、自动检验设备和计算机控制。
- 运用重复100%检验。人工检验可能会有许多差错。为了找出量少但非常关键的缺陷，可以采用多重100%检验方式。

来自复制的治疗措施 复制治疗措施的一种形式便是克隆，这在本章前面的“项目选择”一节中曾讨论过。通过克隆，为一个项目开发的治疗措施可以应用于本公司的其他场合。将一般性的治疗措施应用于不同的差错类型上，也是一种复制。

> 办公室工作长期以来一直被拼写错误这一问题所困扰。拼写错误散见于大量不同的词汇中。现在，在文字处理程序中包含了一个字典用以检测拼错的词语。设计者找到的这种方法可以处理大量的差错类型，其中的每种差错类型都很少见。

在实际运作条件下的试验 治疗措施在被采纳之前通常要进行实验室验证。一个一般性的方法是建立一个理论模型，然后制造一些原型产品进行试验。这是一个重要的步骤，可以将不够充分的治疗措施筛选出去。但它只能作为现场条件下的结果的预测。

- 理论模型建立在不能完全满足的假设条件的基础上。
- 原型产品是在实验室而非在现实的运作条件下制造的。
- 试验是在小样本和严密控制的测试条件下进行的。
- 试验是在管理者和工程师的指导下由训练有素的技术人员完成的。

各种各样的限制会产生这样一种风险，即治疗措施尽管在实验室验证中结果尚佳，但在实际运作条件下却表现不出相应的充分性。这使得一些公司要求在治疗措施通过实际运作条件验证之前，项目团队要继续对项目负责。

在新水平上控制；保持成果 要使运作人员能够保持所获成果，要求：(1)

成功地将治疗措施从实验室转移到运作中去；(2) 要有一个系统的保持所获成果的手段，这便是过程控制。理想情况下，治疗所产生的变化应当是不可逆的。否则就必须进行定期的评审，以确保所进行的改变能够保持下去。

在一个有名的铸造项目中，一个改变是用直径更大的铸勺喷嘴取代原来的铸勺喷嘴。为了使改变不可逆，销毁了旧的铸勺喷嘴。另一个不同的治疗措施要求熔炉工使用天平精确称量浇铸的金属重量。这个改变是可逆的，有些熔炉工不使用天平，他们只是凭眼睛或感觉来判断。

向运作阶段的移转应当包括修正运作的标准、程序等，并以此作为培训、控制和审核的基础。这些事情常常是根据技术来严格规定的。与此相对照，标准和程序本身常常含混不清，在为什么必须遵守这些标准，不遵守会怎样，如何维护设备，采用何种工作方法等方面常常不加说明。这方面的工作做不好的话就很难保持所获得的成果。

向运作阶段的移转还应包括与变革有关的信息的移转。这种移转或许会要求对于如何使用新的过程和方法进行正式的培训。关于变革的原因、在决策和行动方面产生的新责任以及在项目中取得的一些重大发现等，如果能够在培训中涉及将会很有帮助。

最后的步骤是建立起控制措施以保持所取得的收获。这是通过反馈回路来进行的，其中包括了评价实际绩效、与标准进行比较、采取行动消除差异这些步骤。(有关控制过程各个方面的讨论分别在第 4 章“质量控制过程”、第 45 章“统计过程控制”和第 11 章“ISO 9000 族国际标准”中进行。)

人的差错：诊断和治疗

在有些项目中，问题的原因包括了人的差错。涉及这类差错的包括所有方面的人员，即管理者、基层监督员、职能专家和普通员工。除了普通员工的差错之外，有关这个主题的其他研究很少，数据也不多。因此，以下的内容主要集中于普通员工的差错。

普通员工差错的程度 大多数差错都是管理层可控的。只有在符合自我控制准则的情况下，差错才是普通员工可控的。自我控制意味着员工应当能够：

- 知道自己该做什么。
- 知道自己的实际绩效如何。
- 调整自己的绩效。

研究人员在许多国家都对可控性进行了研究。就我看到的报告而言，这些研究基本上都证实了我的下述结论，即在产业界，可控性大体表现为：

- 管理可控：80％以上。

• 普通员工可控：不足 20%。

员工差错的种类　长期以来主管们广泛持有这样一种信念，即员工的差错源自缺乏激励。然而，最近的研究显示员工差错种类很多，其中只有很少一部分可以归因于缺乏激励。

表 5—8 示出的是 6 名文员在填写保险合同中出现的 80 个差错的分布情况。这些差错总共有 29 种类型，其原因多种多样。

第三种类型的差错出现了 19 次，员工 B 就占了其中的 16 次。但是除了这种类型外，员工 B 的差错并不算多。看来除了在第三种类型上，员工 B 没什么问题。同样，作业指导书也不像是有什么问题，因为其他人在第三种差错上并无异常。似乎只是员工 B 错解了某些指示从而导致第三种差错出现了 16 个之多。

表 5—8　　**保险单填写差错分布图**

	保险单填写员						
差错类型	A	B	C	D	E	F	总计
1	0	0	1	0	2	1	4
2	1	0	0	0	1	0	2
3	0	(16)	1	0	2	0	(19)
4	0	0	0	0	1	0	1
5	2	1	3	1	4	2	(13)
6	0	0	0	0	3	0	3
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
27							
28							
29							
总计	6	(20)	8	3	(36)	7	80

第五种类型的差错有些异常。共出现了 13 次，每个人多少都有。这表明员工和检验人员所用的方法有所不同。这种差异通常源于管理方面，可以通过与有关人员交谈来搞清楚情况。

第三种情况是员工 E 这一栏的数据。总共有 36 个差错，占总数的近一半，并且包括了所有的类型。为什么员工 E 的差错如此之多？可能有几个原因，如不适当的培训、缺乏做这项工作的能力等，还需要进一步研究。但一些管理者常常从症状直接进入治疗，给这位员工换一个不太困难的岗位。

只从这一张表格的数据中就可以看出普通员工的差错存在着多种类型。治疗措施绝不仅仅如“激励员工”这样单纯。通过分析许多这样的表格以及所发现的各种原因，可以把员工的差错分成四种主要类型，即疏忽、技术、有意和沟通。表 5—9 示出了这些差错类型之间的关系、差错的子类别以及可能的治疗措施。以下是对差错类别的讨论。

表 5—9　　各种人为差错类型间的关系

工人差错表现出的类型	导致这种类型的差错子类	可能的解决方案
某些差错，没有人特别易犯；差错类型是随机的	差错是由于疏忽引起的	对过程采取防误措施
某些差错，有些人老犯，而其他人则从来不犯	差错是由于缺乏技能（能力、诀窍等）。技能缺乏可能是未意识到的。技能可以是窍门或秘诀	发现并推广窍门。找出并消除未意识到的无知
有些工人总是会犯许多类型的差错	有若干可能的原因： 故意不遵守标准 确实缺乏做该事的能力 缺乏培训	对策因原因而异： 激励 调换工作 提供培训
某些差错，所有工人都容易犯	差错是管理当局可控的	满足自我控制的标准 语言的标准化；提供说明、词汇表

疏忽性差错　“疏忽”意味着“因缺乏注意而引起的”。疏忽的差错源自人未能保持注意力（古代的将军们限制哨兵的执勤时间就是考虑到注意力的问题）。（如果是故意地不注意，那么所导致的差错便是有意的而非疏忽。）

了解其特征有助于识别这种由于疏忽造成的差错。

- 非存心的：人们并不愿意出错。
- 无察觉的：在出错时，人们意识不到正在出错。
- 不可预见：下一个差错什么时候出现，什么类型，哪个人，并没什么规律存在。由于这种不可预见性，这种差错表现为随机性。反过来讲，如果员工差错类型的数据表现出随机性的话，说明差错是疏忽所致。这种随机性适用于该类差错、出错的员工以及出错的时间。

疏忽性差错的原因是未加注意。那么未加注意又是什么原因引起的呢？问题的答案涉及复杂的心理原因（如单调）和生理原因（如疲劳）。这些原因即便是专家也不能完全了解。过深的探究会陷入一个无底的泥潭。讲求实际的主管往往绕过泥潭，直接从症状奔到治疗。

疏忽性差错的治疗　疏忽性差错的治疗有两种主要的途径：

1. 通过采取防错措施减少对人的注意力的依赖。这些措施包括：自动防故障装置设计、倒计数装置、冗余验证、截断装置、连锁装置、报警信号、自动化和机器人等。（条形码的应用大大减少了识别产品时的差错。）

2. 使人有利于保持注意力。通过职务轮换、感觉放大器、模板、罩子、覆盖物等，来重新构造工作以减少疲劳和单调性。

[参见 Chase and Stewart（1994），这是一篇很有用的关于防止差错的论文，包括了大量的例子，其中特别有不少是在服务业中的应用。]

技术性差错　技术性差错是由于员工缺少“技巧”，亦即防止差错所必需的重要方法、技能和知识。技术性差错表现为以下一些外在的特性。

- 非存心的：人们并不愿意出错。

• 特定的：技术性差错表现为某些特定的缺陷类型，不了解必要技术就会导致这一类缺陷。

• 一致性：缺少某一必要技能的员工比掌握该技能的员工会持续地表现出更多的差错。这种一致性在员工差错的数据中十分明显。

• 不可避免：差的员工不可能赶上好员工的绩效，因为他们不知道“怎么办”。

技术性差错的一个例子表现在枪支装配的场合。由 22 个技工装配枪支，每个人都完成从零部件到整枪的组装。试枪后，约有 10% 的枪支不能打开排出弹壳，这一缺陷被称为“射后开启困难”。有这种缺陷的必须拆开重新组装，每支需要两小时时间。这是一种颇为严重的慢性浪费。

经过充分的讨论，组装者的绩效归纳在了表 5—10 中。该表显示了组装者在 6 个月中“射后开启困难”出现的频率。通过对该表的分析获得了一些重要的发现。

• 部门的缺陷率各月之间变化很大，范围从最低的 1 月份的 1.8% 到最高的 2 月份的 22.6%。因为所有的员工似乎都受到了影响，故这一变异的原因来自外部（后续的分析证明了这一点）。

• 5 名最好的员工与 5 名最差的员工的绩效的比率表现出了惊人的一致性。6 个月中，5 名最差员工的差错总数一直是 5 名最好员工差错总数的 10 倍以上。这种一致性的差异肯定有某种理由，可以通过研究作业方法，即每个员工运用的技术找出来。

• 诀窍：对作业方法的研究表明，绩效好的员工用锉刀锉短某个复杂部件的一个尺寸，而绩效差的没有这样做。锉是诀窍所在，这个方法上的小差异造成了结果的极大不同。（诊断之前，绩效好的员工并没有意识到锉可以大大减少“射后开启困难”的发生。）

表 5—10　　识别技术性差错的对照分析

装配工排序	11 月	12 月	1 月	2 月	3 月	4 月	总计
1	4	1	0	0	0	0	5
2	1	2	0	5	1	0	9
3	3	1	0	3	0	3	10
4	1	1	0	2	2	4	10
5	0	1	0	10	2	1	14
6	2	1	0	2	2	15	22
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
17	18	8	3	37	9	23	98
18	16	17	0	22	36	11	102
19	27	13	4	62	4	14	124
20	6	5	2	61	22	29	125
21	39	10	2	45	20	14	130
22	26	17	4	75	31	35	188
总计	234	146	34	496	239	241	1 390
缺陷百分率	10.6	6.6	1.8	22.6	10.9	11.0	10.5
5 名最好的	9	6	0	20	5	8	48
5 名最差的	114	62	12	265	113	103	669
倍数	13	10	∞	13	23	13	14

员工的绩效差异通常可以追溯到成功的员工使用了有利于产品的某种诀窍。对于枪支组装这种情况来说，其诀窍是锉了适当的部件。绩效差异的另外一种情况是，无意识下绩效不好的员工对产品施加的损害，这可以说是一种负面的诀窍。

有一个有效的规则可以判断员工的绩效差异是来自有利的还是负面的诀窍。如果绩效好的是少数派，差异可能就是由于有利的诀窍；如果绩效不好的是少数，那么差异则可能是由于负面的诀窍。

在一个飞机装配作业中，数据分析表明只有一名工人一直完成生产定额，而其他人却不能。这名工人解释说他把电动扳手拿回家改装了马达。公司随后更换了所有的马达，从而提高了质量和生产率。

曲轴损伤的数据表明只有一名工人的产品有缺陷。现场研究发现这名工人有时会把曲轴碰到附近的传送设备上。原来这名工人是左撇子，而现场的作业布置对左撇子非常不便。

枪支装配的例子表明，把员工的绩效差异归因于缺乏激励这种假设十分危险。这样的假设不适用于技术性差错。除非能够设法告诉绩效差的员工“怎样做才能与现在不同”，否则这样的技术性差错将注定会持续下去。

如何解决这些问题？员工改进团队有时会提供答案。如果做不到，他们就会一如既往地按照老办法去做（并不断产生同样的缺陷），除非管理层能提供答案。

技术性差错的治疗 从大量技术性差错的处理中已经归纳出了一种程序化的通用方法：

1. 收集每个员工的绩效数据。
2. 通过分析数据找出员工与员工之间的一致性差异。
3. 针对一致性的差异，研究最好员工和最差员工所使用的工作方法，识别他们在方法上的差异。
4. 进一步研究上述差异以找出导致优异绩效的有利诀窍（或造成缺陷的负面诀窍）。
5. 通过适当的治疗措施使每人都达到最好的水平。这些措施包括：

- 培训绩效差的员工使用有利的诀窍或避免负面的诀窍。
- 技术革新以使有利的诀窍体现在过程中。
- 使过程有防错功能，强迫使用好的诀窍或避免不良方法。
- 实施控制和审核以保持成果。

有意差错 有意差错中包含了明显的心理要素，其表现为：

- 知晓。在出错的时刻，员工意识到了。
- 有意。差错是有意而为的结果。
- 坚持。出错者会有意识地保持差错。

有意差错表现出一些独特的外在特征。疏忽性差错是随机的，而有意差错却

表现为一致性，某些人总是比他人出现更多的差错。技术差错通常限定在一种或几种差错类型上，而有意差错却覆盖了所有的差错类型。

乍一看，造成有意差错的员工理当受到惩罚，但这只对了一半。实际上，许多这一类差错的始作俑者是管理当局。

有意差错的一个主要源头是那种究罪的氛围。在这种氛围中，员工们为了保护自己而违反公司的规则。他们会不填返工票，藏起废品，等等。

有意差错的另一个广泛的源头是在优先次序上的冲突。例如，在一个卖方市场中，对于交货期的重视会甚于对某些质量标准的重视。管理层的压力会自上而下传递下来，从而导致有意违反质量标准以满足交货期要求。

此外，管理当局的有些好意的行动会产生负的效应。例如，主管们通过大张旗鼓的宣传活动强调每个人要把工作做得更好。但是，这一活动却没有采取措施解决一些众所周知的质量问题，如供应商的劣质配件、能力不足的过程、不当的设备维护等等。因此，管理当局会失去可信性，员工们会有自己的结论，即主管们真正想说的其实是“按我们说的去做，别管我们自己怎么做”。

有一些有意差错是源自于员工。有人可能对上司或公司怀有实际的或想像的仇恨。他们通过不遵守标准以示报复。一些人会反叛整个社会制度并通过故意破坏来发泄愤怒。有些这样的事件其反社会性是如此的明显，没有人会维护这样的行为，无论是其同事还是工会。

在某种程度上，有意的员工差错可以通过惩罚来进行处理。但是，管理者还有大量的建设性的治疗措施可用于纠正有意的员工差错。

有意差错的治疗　一般来说，这里所列的治疗措施重点在于改变行为而不一定会改变态度。治疗措施可以针对个人或“制度”，也就是管理的或技术的过程。

- 淡化命令的个人色彩。在一家纺织厂，纺线工们在连接线头时，总是打不好织结。监工软硬兼施都无济于事。纺线工们不喜欢该监工，憎恨公司对她们的怨言麻木不仁。人事经理把纺线工私下的头头带到了编织部门，让她观看织工们因打结不好而遇到的麻烦。问题因此而得到了解决。尽管怨气未消，当她们了解到编织部门的状况后，便不再给自己的工友们添乱了。这里涉及的原理称为情境定律，指一个个人不应向另一个个人发号施令，双方都应听从情境的命令。情境定律是出自玛丽·帕克·弗莱特（Mary Parker Follett）的一个名词［请参看 Metcalf and Urwick（1941）］。编织部门的情境要求打好织结。这一情境约束着总裁、主管、监工和纺线工。
- 建立明确的职责。例如一家公司的成品要打成大包后用普通叉车运输。叉车的叉子常常周期性地穿透包裹，造成很大损失，但不知道是哪个司机干的。公司引入了一个简单的方法来识别各个司机所运送的包裹，大大降低了损失的数量。
- 重点要均衡。员工通过管理者的行为而从诸多标准（质量、生产率和交

货期）中识别出公司真正的重点所在。例如，生产率和交货期的考核应当同质量的考核相结合，以表明管理当局的重点均衡。

• 进行定期的质量审核。连续追溯和评分制度从成本来看并非总是有效的。可以设计一套质量审核制度，在抽样的基础上，提供有关责任和考评的信息。

• 给员工提供帮助。用于帮助预防差错的视觉辅助是很有效的。一些公司采用墙报的方式列出本部门的四五个主要缺陷，并用语言和图形描述出避免每个缺陷的诀窍。

• 创造竞争和刺激。这类手段如果不被误用的话，会有很大的作用。员工和团队之间的竞争应该处在平和与友善的氛围中，如同部门间的体育竞赛那样。金钱刺激具有虚假的吸引力。当回报处于上升时看起来不错，在这一阶段对于工作表现好具有“奖励”作用。可是，在工作较差时，取消奖励就转化为了惩罚，还会就责任产生争吵。非金钱刺激克服了奖励变惩罚的弱点，但要避免陷入花招使巧的层次。

• 防错运做。防错措施在有意差错上有着广泛的应用（见第 22 章“运营”中的“过程的防误”）。

• 重新分派工作。通常管理者有一个可选的办法就是选择性地分派工作，把最重要的工作分配给有良好质量记录的人。应用这种方法可能会要求对职位进行再设计，把关键工作与其他工作分开，这样才能够实现选择性的分派。

• 使用激励的工具。这个主题在第 15 章“人力资源和质量”中讨论。

这里所列的治疗措施有助于解决许多有意差错。然而，要从中选出最有效的治疗措施，必须对症状和周遭环境进行前期的分析研究。

沟通差错 人的差错的第四个方面的重要来源是沟通方面的差错。这类差错中又有许多子类，其中的少数几种特别令人棘手：

• 沟通遗漏。有些遗漏是由管理者造成的。有些情况下，管理者采取了看来似乎与重视质量相悖的行动，但却未向员工说明理由。例如，有三批产品不满足质量特性 X 的要求。检验人员在每批产品上注上了标志。材料评审委员会评审后断定这批产品适合使用，决定放行发货。但生产工人和检验人员都未被告知理由。因为不知原委，这些工人会断定（逻辑推断）特性 X 并不重要。这为将来的自以为是的行动埋下了伏笔。在与此类似的场合或许多其他的场合中，公司的程序基本上都是假定员工没必要知情。（材料评审委员会的放行表格中没有要求回答这样的问题：“我们应当向员工沟通什么内容”。缺乏这样的要求，不面对这些问题，理所当然也就没有沟通。）

• 沟通抑制。在大多数等级制构造中，一直以来的主导气氛都抑制自下而上的沟通。19 世纪末的泰罗制把计划和执行分开而使事情变得更糟。近来，经理们已经试图利用这一潜在的信息资源，具体途径如建议制度、员工改进团队以及最近的员工自我导向团队等。20 世纪教育水平的进步极大提高了员工有效地

参与运作的计划和改进的潜力。这是一个巨大的未被开发的资源。管理者应该采取措施更好地利用这些资源。

• 传输差错。这些差错不是有意的。它源于人与人沟通的限制。同一个词有多重含义，传送者脑中是一种含义，但到了接收者那里又变成了另一种含义。习惯用语在公司之间甚至公司内都会有差别。（高层主要用货币来说话，而基层则主要用物品来沟通。）

有一类用于传输具有管理性质的广泛概念和事务的重要术语，其词汇如方针、目标、计划、组织结构、命令（指令）、建议、评审、激励和审核等。接收者主要来自内部，分布于所有的职能和层次。这里的问题在于如何确保接收者对接收到的信息的理解与传送者的意图相一致。另一个问题是如何确保对回答的理解与回答者的意图相一致。

有些场合，传送者的意图很明确，但到达接收者那里却成了另外一回事。一个点错的逗号就足以根本改变句子的意思。在口头沟通中，背景噪音会给接收者带来混淆。

> 在一场重要的橄榄球比赛中，在临终场前的关键对抗时刻，其中一队在震耳欲聋的观众叫喊声中，发出了人盯人防守的信号“three”，而该队的一名防守队员认为他听到的是区域防守的“green”。这一差错导致该队输掉了这场比赛（Anderson，1982）。

沟通差错的治疗　沟通差错的数量和程度足以要求必要的治疗措施。不同类型的差错要求采取不同的治疗措施。

• 翻译。有些差错的治疗是要设法将传送者的信息翻译为接收者的语言。一个常见的例子是负责接收客户订单的订单编辑部门。这些订单中的某些要素是以客户的语言表述的。订单编辑部门把这些要素翻译成供应商的语言，如产品代码、首字母缩略词等等。经过这样转换后就可以发布成为公司的内部文件了。第二个例子是技术服务部门的专业人员。该部门的专业人员经过有针对性的训练后对公司的产品十分熟悉。通过与顾客接触，他们了解了顾客的需要。这两种知识的结合使他们能够协助双方公司的沟通，包括在翻译方面的协助。

• 术语表。这一有效的治疗措施要求就关键词汇和短语的意义的定义达成一致。之后这些定义以术语表的形式发布，这是一个术语及其定义的列表。它也许会伴随着其他形式的沟通方式，如草图、照片以及录像带等。

• 标准化。随着公司和产业的成熟，为了供需双方的益处而引入了标准化。标准化扩展至语言、产品、过程等方面。在实物产品方面，标准化得到了极其广泛的应用。没有标准化，技术社会将是一个永恒的巴别塔（Babel）。所有组织都利用了对其产品的简短标示，如条码数、首字母缩略词等。这种标准化的命名使得内部的沟通十分容易。如果外部顾客也采用这种命名法，多种方言的问题就会大为减少。定期航班指南提供了多个航班的信息。这些信息非常标准化。一些顾

客学会了如何阅读指南，他们与航空公司的沟通就大为简化了。

• 测量。用数字来说话，可以有效地治疗某些沟通问题，如用形容词（如宽敞、温暖、很快等）来描述产品特征而造成的问题。（详细的讨论请参看第9章“测量、信息和决策”。）

• 高层主管的作用。由于沟通不良而使很多公司承受着巨大的浪费和拖延。治疗措施是已知的，但不会来自日常的运营，它们是专为此设立的特定项目的结果。此外，因其所具有的“前人栽树后人乘凉”的特征而发展很慢。高层主管有责任通过创建提供所需治疗措施的项目团队来加速这一进程。

变革的阻力

表面看来，治疗措施一旦确定，剩下来只是实施而已，但实际并非如此。事实上会有来自四面八方的障碍。可能会碰到来自主管、员工或工会的推诿或拒绝。“变革的阻力”是对这些障碍的一个通用的称呼。

文化模式 要理解变革的阻力，首先要明白每一变革实际上都会导致两方面的变化：

1. 预期变化。

2. 预期变化的社会后果。

这里的社会后果是麻烦的制造者。它由预期变化对所涉及的人们的文化模式所产生的影响所构成。人们的文化模式包括了他们的信念、习惯、传统、惯例、地位等等。这一社会后果是变革阻力的根源。要解决这些阻力，就必须懂得文化模式的本质。

理想情况下，变革的倡导者们应当意识到，所有社会都有其文化模式，并作为“我们的生活方式”的一部分而受到强烈的维护。此外，倡导者们应当努力搞清楚他们的提案将会威胁到的对象，即哪些习惯、谁的地位、何种信念。不幸的是，太多的倡导者甚至没有意识到文化模式的存在，更不用说了解其详细构成了。

使问题变得更为复杂的是，那些反对变革的人通常将反对的理由针对着变革的价值，尽管他们真正的理由是与社会后果相关的。因此，这使得预期变化的倡导者们感到十分困惑，因为人们所表达的反对理由并非真正的理由。

例如，最早尝试引入计算机辅助设计（CAD）的公司遭遇到了年长的设计者的反对，他们声称新技术不如人的设计分析有效。后来的访谈发现真正的理由是年长的设计者们担心失去地位，因为年轻的工程师们会更容易适应这一变化。

例行规则 行为科学家们开发出了处理文化阻力的一些例行规则（Mead，1951）。这些规则广泛适用于工业界及其他的组织实体（Juran，1964）。

提供参与。这是引入变革的最重要的规则。那些会受到变革影响的人应当参与计划和实施。缺乏参与会导致憎恨，进而成为变革的强劲阻力。

提供足够时间。某种文化的成员需要多长时间才能接受变革？他们需要足够的时间来评估变革的影响。即使变革看起来有利，他们也需要了解在文化价值方面他们必须付出什么代价。

从小规模开始。在变革全面推开之前首先进行小规模的试行，这对于变革的提倡者和文化的成员双方都可以减小风险。

避免突然。文化模式的一个主要益处便是其可预见性。突然性对这种预见性是一个冲击，打破了平静。

选择适当的年份。安排变革的时间上有好坏年份，甚至好坏年代之分。

提案应当避免超负荷。避免在提案中塞入过多的与结果无关的东西。否则会偏离主题。

做文化领导者的工作。文化最能被其成员所理解，他们有自己的领导，这一领导有时是非正式的。说服其领导者是使变革被接受的重要步骤。

尊重人们的尊严。经典的例子是霍桑试验中的继电器组装工人。不管照明条件好与坏，他们的生产率都保持着上升，因为在试验室中他们受到了尊重。

位置转换。问自己“如果我是该文化中的成员的话会持有什么立场?”角色扮演更能够有效地理解他人的立场。[详细的方法请参看 Ackoff（1978）。]

直接与阻力打交道。有许多直接与变革阻力打交道的方法：

- 试着采用劝说的方案。
- 提供某种补偿，一物换一物。
- 修改提案以满足特定的目标。
- 改变社会氛围，使变革更加容易被接受。
- 忘掉它。有些情况下正确的选择是放弃方案。人不可能 100% 成功。

[附加的讨论请参看 Schein（1993）。在 Steward（1994）中有关于人的变革阻力的自我评价的讨论。]

解决差异　有时对变革的抵抗会导致进入死胡同。孔利和阿格纽（Coonley and Agnew，1941）曾描述了为打破制定铸铁管质量标准时遇到的僵局所采用的一种系统化的方法。对抗的双方被要求面对三个条件：

1．他们必须明确他们一致的领域和不一致的领域。“就是说，他们必须对确切的分歧点到底在哪里达成一致”。做完这一步后，发现主要的分歧点是关于某个公式的有效性问题。

2．“他们必须对他们为什么不一致达成共识”。结论是，已知的事实不足以决定该公式是否有效。

3．“他们必须决定他们将准备就此做什么”。最后的决定是，筹集一笔资金进行必要的研究以取得所必需的事实。“有了这些事实，争议消失了”。

项目的生命周期：小结

改进的通用次序建立了项目生命周期的一般模式。

项目选定后，要用使命陈述来加以定义并委派给一个项目团队。

然后团队开始开会活动，通常每周一次会议，每次一小时左右。在每次会议上，团队要：

- 讨论上次会议以来的进展情况。
- 就下次会议之前要采取的行动达成一致意见（会下的任务）。
- 就这些任务分派责任。

团队依照改进的通用次序逐步向前进展。通过诊断历程明确问题的原因。治疗历程提供了治疗措施并确立了控制制度以保持所获成果。

在这个过程中，团队要公布其会议记录以及阶段性的进展报告。这些报告要分发给团队成员以及需要了解情况的非团队成员。这些报告构成了上级主管评审进展情况的基础。

最终报告中包括了对所取得的成果的总结，以及对取得这些成果的行动的叙述。在积累了经验之后，团队成员学会了识别那些可应用于公司其他场合的启迪。[有关项目生命周期的讨论，请参看 AT&T Quality Library, Quality Improvement Cycle (1988, pp.13-17)。]

对质量改进的制度化

许多大公司都开展了质量改进活动，但没有几家公司能够成功地使之制度化，年复一年地持续下去。大多数这些公司长期以来年年都在开发新产品、降低成本和改进生产率。它们用以实现这种常年改进的方法广为人知，并能够应用于质量改进方面。

- 扩展每年的经营计划以使之包括质量改进的目标。
- 使质量改进成为职位说明书中的一个组成部分。在大多数公司中，相对于实现质量、成本、交货期等目标的常规工作而言，质量改进活动一直被认为是一种附带的偶然性的活动。质量改进必须成为日常工作的一部分内容。
- 建立最高管理层的审核制度，其中应包括对质量改进进展情况的评审。
- 修改考核和薪酬制度，其中要包括质量改进绩效的指标，要给予一定的权重。
- 营造非常隆重的场合来表彰改进的成就。

高层主管不可下授的角色

高层主管必须积极地参与到质量改进活动中。仅仅营造意识、设定目标，然后就把所有事情交给下属，这是远远不够的。这样的尝试不断重复，结局只能是一再的失败而已。我从不知道有哪家公司没有高层的积极参与而成为了质量领先者的。

明确“参与”到底意味着什么也是至关重要的。它包括了高层主管必须亲自担任的一系列角色。以下是那些质量领先者公司的高层主管实际所承担的一系列角色。这些角色是“不可下授”的。

- 参加质量委员会。这对于高层主管的参与而言是至关重要的。组织的其他成员将此看做是反映高层主管重视与否的一个指示器。
- 获得质量管理的培训。参观成功的公司也属于这类培训的范畴。也有专为高层主管设计的课程。还可参加相关的会议。（缺乏质量管理训练的高层主管要领导质量活动，可能会在组织当中失去可信性。）
- 批准质量愿景和质量方针。越来越多的公司规定了其质量愿景和质量方针，质量愿景和质量方针在公布之前无疑需要得到高层主管的批准。
- 批准主要的质量目标。必须对包括在经营计划中的质量目标加以分解，以确定要做的事情及所需的资源。高层主管在目标展开过程中是重要的一方。
- 建立基础架构。基础架构包括一系列手段，用于项目的提案和选择、制定项目的使命陈述、任命团队牵头人及成员、培训团队和推动者、报告进展状况等。没有这样的基础架构，质量改进只能在局部开展而不可能对基本的经营指标产生显著的效果。
- 提供资源。在 20 世纪 80 年代，许多高层主管提供了大量资源用以培训人员，主要是在强化意识和统计工具方面。但在质量管理和建立质量改进的基础架构方面却投入不大。
- 评审进展情况。高层主管个人参与方面的一个明显的败笔便是未能对质量改进的进展情况进行定期的评审。在 20 世纪 80 年代，这一败笔使得质量改进没有进展，因为质量改进未能同那些得到高层定期评审的传统活动相提并论。
- 表彰认可。表彰常常要举办一些隆重的活动，为高层主管表明对于质量改进的支持提供具有高度可见性的机会。高层主管应当尽量抓住这些机会，实际上大多数高层主管也都会这样做。（参见后面讨论的“褒奖”。）
- 修改薪酬制度。按照传统的薪酬制度，完成了传统的目标就会得到报酬。但现在在这一制度中必须给予质量改进绩效一个适当的权重。这涉及高层主管的事情，因为薪酬制度的任何变更都需要他们的批准。（参见下面讨论的

“薪酬”。）

• 参加项目团队。承担这一角色有着非常具有说服力的理由。（参见前面讨论的“项目团队：团队中的上层管理者”。）

• 关注雇员的担心。（参见前面讨论的“质量委员会：失去工作的担心”。）

以上是高层主管不可下授的一系列角色。在那些已经成为质量领先者的公司中，高层主管承担了其中的绝大多数角色，如果算不上全部的话。我从未听说过有哪家成为质量领先者的公司其高层主管可以不承担上述角色。

评审进展状况

高层主管对于进展情况的有计划的定期评审是维持持续的质量改进的一个不可或缺的部分。不进行评审的活动无法与那些定期评审的活动在重要度上相提并论。下属会很自然地对上级定期评审的活动给予最高程度的重视。

对成果的评审 成果有多种形式，这些要在评审过程的设计中得到反映。某些项目具有如此独特的重要性，以致高层主管要给予其密切的关注。其他一些项目在较低层次上得到评审。但是，为了便于最高层的评审，这些项目要加以归纳，以得到最高层的集中评审。

对质量改进的过程也必须进行定期的评审。这是通过包容质量管理所有方面的质量审核来进行的。（参见第 11 章“ ISO 9000 族国际标准”。）

进展状况评审所需的输入 进展状况评审数据库的大部分内容来自项目团队的报告。然而，对这些报告进行分析并归纳出上层所需的总结，仍要求做很多工作。通常这些工作由质量委员会的秘书来承担，推动者、团队牵头人以及其他方面如财务部门等要给予协助。

当公司取得经验后，就会设计出标准的报告格式，这样就会大大方便项目团队、产品线、事业部等向公司提交报告。一家欧洲大公司所使用的这样一种表格规定每个项目要提出：

• 最初估计的慢性浪费的数量。
• 最初估计的项目成功后的成本降低量。
• 实际实现的成本降低量。
• 资本投资量。
• 成本净降低量。

该公司在各个层次上都要对这些总结进行评审。总公司层次的总结每季度在董事长办公会上进行评审（同笔者的个人交流）。

绩效评价 对进展状况进行评审的目的之一便是绩效评价。这一绩效评价既包括对于项目的评价也包括对于个人的评价。对于个人在改进项目中的绩效的评

价碰到了一个复杂的问题，即成果是由团队所取得的。这实际上是要评价个人对团队活动的贡献。这一新问题尚没有科学的解决方法。因此在基层只能由主管依据来自所有可能来源的输入对下属的贡献加以判断。

在组织的较高层次上，绩效评价包括了对于中、基层主管绩效的判断。这一评价必然地要考虑多个项目所取得的成果。这导致了对管理人员在项目方面的绩效进行综合评价的指标的发展。这些评价指标包括：

- 改进项目的数量：刚启动的、正在进展中的、已经完成的、中途流产的。
- 已完成项目在产品性能、成本降低和投资回报率等方面的价值。
- 下属积极参与项目团队的比例。

上级根据这些指标及其他一些因素来评价其下属的绩效。

褒奖

这里的“褒奖”指的是“对于卓越绩效的公开承认”（卓越绩效值得公开承认）。褒奖是在告诉被褒奖者他们的努力得到了赞赏。这有利于增强他们的自尊以及得到他人的尊重。

大多数公司在提供褒奖方面是十分有效的。它们运用了人际关系、营销、广告及直线主管等具有特别的沟通技能的那些人们的独创性。五花八门的褒奖形式反映出了这些独创性。

- 对于团队成员、推动者以及完成培训课程的人员授予证书、徽章等。
- 项目团队在高层主管的办公室发表他们的最终报告。
- 项目小结及团队的照片发表在公司的新闻媒体上。有些公司创办了质量改进的号外或通讯。成功项目的发表不仅是褒奖，而且成为了培训资料，也是对所有人的刺激和鼓励。
- 举办宴会以使项目团队体验到一种荣誉。
- 对那些在指定期间完成项目最好的团队授予奖章或奖金。衡量成功既要看所取得的成果，有时也要看所使用的方法。[欲了解每年由摩托罗拉赞助的一项比赛，请参见 Feder (1993)；以及 Motorola's Team Competition (1992)。]

薪酬

这里的“薪酬”指薪水、加薪、奖金、提级以及其他源自年度雇员绩效评审的项目。以往的评审主要关注实现传统的参数目标，即成本、生产率、日程和质量。现在质量改进这一新的参数必须包括进来，以使人们认识到质量改进是常规

工作的组成部分。

要注意的是，薪酬不同于褒奖，其关键区别在于工作是自愿的还是必需的。

- 褒奖是赋予卓越绩效的，卓越绩效是自愿的（人们只需要有过得去的绩效便可维持其工作）。
- 薪酬是支付给必需的绩效的，即完成职位所要求的工作。有意不完成这一工作是违反雇佣合同，是一种反抗。

质量改进这一新指标是需要耗费时间的。它增加了新的职能，也冲击了文化模式。但这对保持公司的竞争能力是必需的。这便是质量改进必须进入职位要求和薪酬制度中的原因。如果不这样做，对雇员绩效的评价就会继续依照传统的目标来进行，质量改进由于缺乏优先度而将受到冷落。

一家著名的公司在年度考评制度中加入了“质量改进绩效”参数。所有管理人员会被评为三个档次，即超满意、满意和不满意。落入最低一档的人员在12个月内不得晋级（与笔者的个人交流）。

（进一步的讨论请参见第15章“人力资源和质量”。）

培训

纵观本章内容可以看到多处对培训必要性的强调。这一必要性非常广泛，因为质量改进是公司的一个新的职能，为每个人提出了新的责任。要承担这些新的责任就必须进行充分的培训。这些培训的一些细节在本章的许多地方都进行了讨论。（详细的讨论请参见第16章“质量培训”。）

质量改进责任的归纳

质量改进要求组织的所有层次都要行动起来，如图5—21所做的归纳。（有关在多层次上计划和协调这些活动的详细讨论请参见第13章“战略展开”及第14章“全面质量管理”。）

高层经理层	质量改进团队	运作部门
组织质量委员会	接受和评审使命陈述	实施治疗方案
征召和筛选项目提案	实施诊断历程	实施控制
选定项目	实施治疗历程	
编制项目使命陈述	克服文化阻力	
委派团队，进行培训	建立控制以保持收获	
评审进展情况	报告成果	

图5—21 质量改进的责任

致谢

本章有大量内容引自朱兰学院出版的各种培训材料以及由朱兰主编的 *A History of Managing for Quality* 一书，该书由朱兰基金会资助，密尔沃基质量出版社出版。在此作者对于朱兰基金会和朱兰学院允许引用这些材料深表感谢。

参考文献

Ackoff, Russell L. (1978). *The Art of Problem Solving*. John Wiley & Sons, New York, pp. 45–47.

AT&T Quality Library. For Information, call AT&T Customer Information Center, 1-800-432-6600.

Anderson, Dave(1982). "When 3 Meant 6." *New York Times*, December 27, pp. C1, C3.

Berwick, Donald M., Godfrey, A. Blanton, and Roessner, Jane(1990). *Curing Health Care*. Jossey-Bass, San Francisco.

Betker, Harry A. (1983). "Quality Improvement Program: Reducing Solder Defects on Printed Circuit Board Assembly." *The Juran Report*, No. 2, November, pp. 53–58.

Betker, Harry A. (1985). "Storyboarding: It's No Mickey Mouse Technique." *The Juran Report*, No. 5, Summer, pp. 25–30.

Bigelow, James S., and Floyd, Raymond C. (1990). "Quality Improvement through Root Cause Analysis." *IMPRO 1990 Conference Proceedings*, Juran Institute, Inc., Wilton, CT.

Black, Dennis A., and Stump, Jerry R. (1987). "Developing AQI Team 'Attitudes for Progress.'" *IMPRO 1987 Conference Proceedings*, Juran Institute, Inc., Wilton, CT.

Boley, Daniel C., and Petska, Joseph P. (1990). "The Genesis of a Partnership: A Tale of Two Plants." *IMPRO 1990 Conference Proceedings*, Juran Institute, Inc., Wilton, CT.

Chase, Richard B., and Stewart, Douglas M. (1994). "Make Your Service Fail-Safe." *Sloan Management Review*, Spring, pp. 35–44.

Cohen, Leonard A. (1987). "Diet and Cancer." *Scientific American*, November,

pp.42-48.

Coonley, Howard, and Agnew, P.G.(1941). *The Role of Standards in the System of Free Enterprise*. American National Standards Institute, New York.

Daughton, William J. (1987). "Achieving Customer Satisfaction with a Major Automobile Manufacturer." *IMPRO 1987 Conference Proceedings*, Juran Institute, Inc., Wilton, CT.

DeWolff, Thomas P., Anderson, Ralph J., and Stout, Gordon L.(1987). "Quality Improvement Process and Cultural Change." *IMPRO 1987 Conference Proceedings*, Juran Institute, Inc., Wilton, CT.

Egan, John(1985). "The Jaguar Obsession." *Quality (EOQC)*, January, pp.3-4.

Engle, David, and Ball, David(1985). "Improving Customer Service for Special Orders." *IMPRO 1985 Conference Proceedings*, Juran Institute, Inc., Wilton, CT.

Feder, Barnaby J.(1993). "At Motorola, Quality Is a Team Sport." *New York Times*, January 21.

Florida Power and Light Company (1984). *American Productivity Center*, Case Study 39, September.

Greenridge, R.M.C.(1953). "The Case of Reliability vs. Defective Components et al." *Electronic Applications Reliability Review*, No.1, p.12.

Gross, Neil(1989). "A Wave of Ideas, Drop by Drop." *Business Week*, Innovation, pp.22,28, and 30.

Gulliver, Frank R. (1987). "Post-Project Appraisals Pay." *Harvard Business Review*, March-April, pp.128-132.

Hartman, Bob(1983). "Implementing Quality Improvement." *The Juran Report*, No.2, November, pp.124-131.

IMPRO Proceedings, Annual Conference on Quality Management, Juran Institute, Inc., Wilton, CT.

Juran, J.M.(1964). *Managerial Breakthrough*. McGraw-Hill, New York. Revised edition, 1995.

Juran, J.M.(1975). "The Non-Pareto Principle; Mea Culpa." *Quality Progress*, May, pp.8-9.

Juran, J.M.(1978). "Japanese and Western Quality—A Contrast." From a paper originally presented at the International Conference on Quality Control, Tokyo, Oct. 17-20.

Juran, J.M.(1981). *Juran on Quality Improvement*, a series of 16 videocassettes on the subject. Juran Institute Inc., Wilton, CT.

Juran, J.M. (1985). "A Prescription for the West—Four Years Later." European Organization for Ouality, 29th Annual Conference. Reprinted in *The Juran Report*, No.5, Summer 1985.

Juran, J.M. (1992). *Juran on Quality by Design*. Free Press, New York, pp. 407–425.

Juran, J.M. (1993), "Made in USA, a Renaissance in Quality." *Harvard Business Review*, July-August, pp.42–50.

Juran, J.M., ed. (1995). *A History of Managing for Quality*. Sponsored by Juran Foundation, Inc., Quality Press, ASQC, Milwaukee.

Juran Report, The. Issued periodically by Juran Institute, Inc., Wilton, CT.

Kearns, David T., and Nadler, David A. (1995). *How Xerox Reinvented Itself and Beat Back the Japanese*. Harper Business, New York.

Kelly, Bob, Howard, Tom, and Gambel, Anthony (1990). "Quality Forces Alcoa/Phirer Partnership." *IMPRO 1990 Conference Proceedings*, Juran Institute, Inc., Wilton, CT.

Kegarise, Ronald J., and Miller, George D. (1985). "An Alcoa-Kodak Joint Team." *IMPRO 1985 Conference Proceedings*, Juran Institute, Inc., Wilton, CT.

Kinosz, Donald L., and Ice, James W. (1991). "Facilitation of Problem Solving Teams." *IMPRO 1991 Conference Proceedings*, Juran Institute, Inc., Wilton, CT.

Krantz, K. Theodor (1989). "How Velcro Got Hooked on Quality." *Harvard Business Review*, September-October, pp.34–40.

Mead, Margaret, ed. (1951). *Cultural Patterns and Technical Change*. UNESCO, Paris; also published by Mentor Books, New American Library of World Literature, New York, 1955.

Metcalf, Henry C., and Urwick, L., eds. (1941). *Dynamic Administration*. Harper and Row, New York.

Mizell, Michael, and Strattner, Lawrence (1981). "Diagnostic Measuring in Manufacturing." *Quality*, September, pp.29–32.

Motorola's Team Competition (1992). *Productivity Views*, January/February, pp. 3–4.

NIST, National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg, MD 20899. (It manages the U.S. Malcolm Baldrige National Quality Award.)

Parvey, Dale E. (1990). "The Juran Improvement Methodology Applied to Information Security Systems." *IMPRO 1990 Conference Proceedings*, Juran

Institute, Inc., Wilton, CT.

Pelletier, Don(1990). "Quality Improvement and the Executive Employee." *IMPRO 1990 Conference Proceedings*, Juran Institute, Inc., Wilton, CT.

Rassi, Alan J.(1991). "A Three-Phase Approach to Exceptional Customer Service." *IMPRO 1991 Conference Proceedings*, Juran Institute, Inc., Wilton,CT.

Sakai, Shinji(1994). "Rediscovering Quality—The Toyota Way." *IMPRO 1994 Conference Proceedings*, Juran Institute, Inc., Wilton, CT.

Schein, Edgar H.(1993). "How Can Organizations Learn Faster? The Challenge of Entering the Green Room." *Sloan Management Review*, Winter,pp.85-92.

Seder, L. A., and Cowan, D.(1956). "The Span Plan of Process Capability Analysis. American Society for Quality Control," *General Publication 3*, September. (It was originally called "S.P.A.N. capability method,"in which the letters stood for "systematic procedure for attaining necessary capability.")

Seder, L.A.(1950)."Diagnosis with Diagrams." *Industrial Quality Control*, Vol. 6, Nos. 4 and 5, January and March.

Smidt, Harm, and Doesema, Tjeerd(1991). "Lead Time Reduction of Project Related Purchased Components." *IMPRO 1991 Conference Proceedings*, Juran Institute, Inc., Wilton, CT.

Sterett, Kent W.(1987). "Quality at Florida Power and Light.(The Role of Facilitators and Performance Reviews)." *IMPRO 1987 Conference Proceedings*, Juran Institute, Inc., Wilton, CT.

Stewart, Thomas A.(1994). "Rate Your Readiness to Change." *Fortune*, February 7, pp.106-110.

Stratton, Donald A.(1987). "Force Field Analysis: A Powerful Tool for Facilitators." *The Juran Report*, No.8, pp.105-111.

Traver, Robert W.(1983). "Locating the Key Variables." *ASQC Quality Congress Transactions*, Milwaukee, pp.231-237.

Whipple, A.B.C.(1984). "Stranded Navy Man Who Charted the World's Seas." *Smithsonian*, March, pp.171-186.

Some Accounts of Mobilizing for Quality Improvement

Hodgson, Alan(1991)."Starting the Amersham Quality Revolution"(at Amersham International), *IMPRO 1991 Conference Proceedings*, Juran Institute, Inc., Wilton, CT.

Lewicki, Thomas A., and Romo, Robert A.(1987). "Quality Through Collaboration"(at General Motors Central Foundry). *IMPRO 1987 Conference*

Proceedings, Juran Institute, Inc., Wilton, CT.

McBride, P. S. (1993). "Short's Total Quality Management Programme: Quality Management in Practice" (at Short Brothers, Belfast, Northern Ireland). *Quality Forum*, June 1993.

Payne, Bernard J. (1987). "Overall QI/JQI: From 1% AQL to 10 ppm" (at Mullard Blackburn). *IMPRO 1987 Conference Proceedings*, Juran Institute, Inc., Wilton, CT.

Scanlon, Robert J. (1991). "Installing a Quality Process in Record Time" (at Southern Pacific Transportation Company). *IMPRO 1991 Conference Proceedings*, Juran Institute, Inc., Wilton, CT.

Tenner, Arthur R., and De Toro, Irving J. (1992). *Total Quality Management: Three Steps to Continuous Improvement* (at Banc One, based on the work of Charles A. Aubrey Ⅱ). Addison-Wesley Publishing Company, Reading, MA.

Young, John (1990). "Enabling Quality Improvement in British Telecom." *IMPRO 1991 Conference Proceedings*, Juran Institute, Inc., Wilton, CT.

（李晓光 译）

第 6 章

过程管理 小詹姆斯·赖利（James F. Riley, Jr.）

引言
- 过程质量管理的意义
- 过程质量管理（PQM）的由来
- 过程质量管理（PQM）的定义

应用实例：合同管理过程

PQM 方法论
- 概述
- PQM 活动的启动
- 计划阶段：计划新过程
- 转移阶段：将新的过程方案转移到运营中去
- 运营管理阶段：管理新过程

PQM 与 TQM 的整合

小结以及实施 PQM 的关键成功因素
- 要点
- 实施 PQM 的关键成功因素

参考文献

引言

过程质量管理的意义 当今企业经营的动态环境的特征可以概括为所谓的“六个 C”，即 change（变革）、complexity（复杂性）、customer demands（顾客需求）、competitive pressure（竞争压力）、cost impacts（成本冲击）和 constraints（约束因素）。这些因素显著地影响着组织实现其经营目标的能力。传统上，组织是以推出新的产品和服务来应对这些因素的。它们很少会对产出这些产品和服务的过程加以改变。

经验表明，经营目标的实现在很大程度上取决于那些大而复杂的跨职能业务过程，如产品计划、产品开发、开具发货清单、患者护理、原料采购、零件分销等等。如果长期得不到管理，这些业务过程中的许多都会变得过时、过载、累赘、成本过高、定义不当，不能适应持续变化的环境的要求。对于未能得到适当关注的那些过程而言（由于本章稍后将会讨论到的原因，这类过程的数目相当庞大），其产出的质量会远远低于有竞争力的绩效水准所要求的质量。

业务过程是为产出预期成果（产品或服务）而将人员、材料、能源、设备和信息结合成为工作活动的逻辑构成（Pall, 1986）。

衡量过程的质量有三个主要的尺度，即效果、效率和适应性。若产出能够满足顾客的需要则该过程便是有效果的。若能以最小成本实现其效果则该过程便是有效率的。若随着时间的流逝，该过程面对所发生的诸多变化仍能保持效果和效率，则称其具有适应性。要满足顾客的需要并确保组织的健康，管理当局就必须树立起一种过程的观点。

显然，将过程保持在高质量状态的必要性是毋庸置疑的。但现实中，好的过程质量只是例外而非常规。要理解这一点，就必须仔细考察过程是如何设计的，以及随时间的流逝会发生什么样的变化。

首先来看一下过程的设计。由于历史的原因，西方的企业组织模式已经演变成为由职能专业化的部门所构成的一种等级制结构。管理当局的方向、目标和考核由上至下地部署在这一纵向的等级制构造中。然而，产出产品，尤其是顾客所购买产品（组织因此而存在）的那些过程却是横跨组织的职能部门水平地流动着的（见图6—1）。传统上，过程的每一块职能部分均由一个部门来负责，该部门的主管对这块绩效承担义务。可是，没有谁对整个过程负责。很多问题都源自部门要求与整个过程的要求之间的冲突。

在与职能目标、职能资源、职能成长相竞争中，跨职能过程备受冷落。结果，这些过程在运作中常常是既无效果也无效率，也注定不具有适应性。

过程绩效不良的又一原因在于所有过程在演化过程中均会遭受到的自然劣化。例如，在一家铁路公司中，从公司电话簿中可以看出，“维修职员”头衔要多于“职员”头衔。维修职员的设立是为了防止某些曾发生过的严重问题的复发。随着时间的流逝，头衔上的失衡成为了一个外在的证据，表明这些过程将维修固化为了组织的常规。

技术发展的加速，再加上顾客期望的攀升，造成了在成本和质量方面的全球性竞争压力。这些压力刺激了对跨职能过程的探索，人们在思考如何来明确和理解这些过程并改进其绩效。现有大量证据表明，在整个产品生产周期中，过程管理技术是导致过程绩效不良的一个主要问题。职能目标常常与必须由跨职能过程来满足的顾客需要相冲突。这些过程还会产生出各种各样的浪费（不准时、加工废品等等）。很容易看到，许多产品，如发货清单的制作、保险单的填报或收款单的支付等，本来只需20分钟就可以完成但实际上却要花费20多天。它们也很难及时改变以对持续变动的环境作出反应。为了更好地满足顾客的需要，就必须使这些过程恢复其效果、效率和适应性。

过程质量管理（PQM）的由来 IBM公司是最早认识到辨识和管理业务过程的益处的美国公司之一。IBM在业务过程管理方面的最初努力发生在20世纪80年代初，用该公司一位高层主管的话来说，其实质在于“改进的焦点必须放

在工作过程上”（Kane，1986）。过程管理在制造业中已经实行了很长时间。在产品制造中，工厂经理“拥有”制造过程的大部分环节。他对于这部分制造过程的运作负有完全的责任，同时还要对最终结果负责。作为所有者，他必须控制、改进并优化制造过程以满足顾客需要和业务要求（成本、生产周期、减少浪费、创造价值等）。为了实现这些目标，制造过程的主管们开发出了一些必要的概念和工具，包括对过程要求的定义、过程各步骤的文件化、过程测评指标的建立、过程缺陷的消除以及过程优化保证等。事实上，工业工程的大多数内容都与这些任务有关。在认识到这些工具在制造过程中的价值以及它们在业务过程中的应用前景之后，IBM 的高层管理委员会指示将过程管理方法应用于所有主要的业务过程（如产品开发、经营计划、分销、订单处理、营销计划等等），而不只是制造过程。

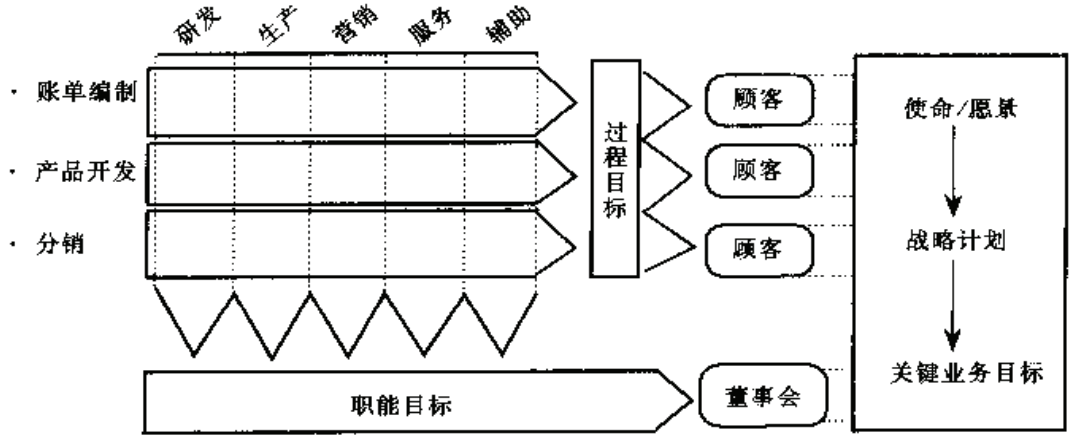


图 6—1　职能制组织中的工作流

资料来源：Juran Institute，Wilton，CT.

与此同时，许多其他的北美公司也开始将过程管理概念应用于业务过程中，这些公司如美国电话电报公司（AT&T）、福特公司、摩托罗拉公司、康宁公司、惠普公司等。所有这些公司都将重点放在了跨职能的和跨组织的过程上面。过程管理方法的应用打破了过程中的职能壁垒。在各个场合，所针对的过程均建立了新型的永久管理结构。

到了 1985 年中期，如同对职能部门和其他的组织实体进行管理一样，许多组织和行业都在以同样的重视程度管理着所选定的主要业务过程。早期这些努力的名称有业务过程管理、持续过程改进以及业务过程质量改进。

应当提到的还有作为这类方法的组成部分的业务过程再造（BPR）。如同本章前文所提到的各种方法一样，BPR 将管理关注的重点由职能转向了过程。就最早讨论 BPR 并对之命名的那些咨询专家的观点来说，BPR 与其他方法的不同之处在于其着重于对过程的剧烈变革，而非渐进式的改良。而且，BPR 常常会寻求同时变革一个以上的过程。由于 20 世纪 90 年代初期的经济环境，再加上一些作

者所描述的诱人回报，BPR 一时之间变得炙手可热。

然而，也有证据表明，在 BPR 的早期应用中，快速见效的诱惑促使一些主管（还有他们的顾问们）忽略了人的局限性，在过短的时间内实施了过多的变革，对组织的长期绩效起了破坏性的作用。有关 BPR 的最畅销著作的作者之一迈克尔·哈默，也证实了这一点。此外，在许多早期的应用中，人们对剧烈变革的前景是如此看好，以至于他们变革所有的事情，对于现过程设计中机能完好的那些要素视而不见，这些要素本来是可以很好地继承到新设计当中的。这样的继承会节省时间，减少对设计人员的要求，产生更好的效果。

关于过程管理有着大量的著述。在 AT&T（1988）、Black（1985）、Gibson（1991—1992）、Hammer and Champy（1993）、Kane（1986，1992）、Pall（1987）、Riley（1989）、Rummler（1992）、Schlesiona（1988）和 Zachman（1990）这些文献中，均提出了类似的方法，彼此只有一些细节上的差异。本章中有关这一方法的具体细节是由朱兰学院的咨询人员吉布斯等人（Gibson et al.，1990）和赖利等人（Riley et al.，1994）开发的，这些认识来自多年来在诸多行业中所积累的经验。

过程质量管理（PQM）的定义　众多卓越的公司都采用了本章所讨论的方法并取得了不断的成功，其中也包括了前面提及的这些公司。尽管各个公司在应用时名称和细节不尽相同，但这一方法具有一些共同的核心特征，这些特征使之与其他的质量管理方法区别开来。这些核心特征包括：有意识地面向顾客和顾客的需要；对最影响顾客满意的少数关键的跨职能过程的特别关注；每一关键过程有着明确的责任模式；负责过程运作的跨职能团队；由质量控制、质量改进和质量计划所构成的质量管理过程在过程层次上的应用。在本章中，这一方法被称为过程质量管理，或简称为 PQM。

应用实例：合同管理过程

在讨论 PQM 的具体细节之前，我们将用一个实例来说明，对于运行环境的看似微小的变动，传统职能制中的过程如何难以作出适当的反应；还要说明通过应用过程管理方法，这种变动的影响是如何激发显著的改进的。这一实例也说明，当这种改进存在着明确的职责时，由某种新技术（在本例中是信息技术）所允诺的显著改进的潜力是多么容易被人们所认识。

在 20 世纪 80 年代早期，一家生产信息处理系统的大型跨国公司决定将其原先的租赁定价变更为完全购买方式。这一战略变革导致了包括期限要求、付款条件在内的公司签约政策的全面修订。公司打破了固定的价目表，客户现在能够获得公开的折扣。大宗的采购被特别允诺以带有多种融资选项的非公开折扣。新政

策产生出了一个新的合同管理过程，这一过程是对原有过程的渐进式修正。新过程必须为特别合同提供大量非标准的条款和付款条件。

两年间，公司收入的10%以上都来自这些“特别合同”。然而，随着这一比重的增加，销售实现数与投标数的比率却急剧降至不足1/5，过程的产出仅为20%。顾客与现场销售代表面对长达14周的周转时间（从接到招标通知到投标建议书送达顾客为止的时间）怨声载道。这一过程显然无法满足客户的业务需要。

面对失去的商机和现场销售代表雨点般的抱怨，高层质量管理委员会决定针对这一过程来实施过程质量管理。合同管理总监被指定为过程主管，然后成立了一个过程管理团队，由来自现场销售、现场管理、业务系统、产品开发、财务、营销和法规等多个部门的代表所组成。

最初，合同管理过程是由若干步骤所构成的一个序列（见图6—2）。过程始于现场销售代表，他负责接收客户的特别合同投标要求。建议书草案由各地办事处起草，在起草过程中会得到办事处业务部门的协助，并经过办事处经理的审查。接着，草案提交给地区分公司（通常不在同一地方）的管理层审查。最后，公司总部进行综合评估，参与者有大业务销售、营销、财务和业务系统等部门。如果建议书可行，就可以编制合同。此后，合同管理部门着手安排该合同依序通过高层的28道批准，这会涉及众多的职能，如产品开发、财务、法律法规等等。

在成功通过所有这些关卡之后，合同被批准并返回到总部营销部门以进一步细化和加工。3～4个月之后，合同建议书终于返回到了办事处，算是可以向客户进行说明了。但很多情况下，这只能是徒劳一场。客户已经把生意交给了竞争对手。

该过程管理团队首先对过程进行了测绘，并验证了大量的假设。这些假设包括：手工处理过慢；邮递耽搁；需要28位高层经理依序签署的审批过程耗时过长；由便条形成的合同建议书格式和内容指南含混、冲突且难以查阅；对于公司的“完全购买”这一新战略存在着强大的抵制，尤其是在财务、业务和法律法规领域。

办事处	地区分公司	总部大业务销售	总部特别合同管理	各领域高层主管
起草特别合同建议书→	审查、批准、上报→	登录、审查、安排审批→	审查，建议价格、期限和付款条件，安排批准→	28道依次进行的审批 ↓
向客户演示所建议方案			←固化变动和批准，完成特别合同	←

图6—2 特别合同管理过程（应用过程管理原则之前）

资料来源：Juran Institute, Wilton, CT.

经过几个月的再设计和试验，该团队推出了经过再设计的新的合同管理过程（见图6—3）。新过程去除了团队发现的所有延误原因，特别是有效利用了新的信息技术的支持，数年前原合同管理过程开始启动时这一点是不可能做到的。

在设计新过程时，该团队对之赋予了许多重要的新特征：

• 该团队为起草合同建议书编写了新的指南，并利用一个全国性的电子信箱系统使之能够永远在线。他们还建立了一套制度以使该指南能够得到持续的更新。这一措施同时加速了合同建议书的起草和传递。

• 那些金额不大且没有特殊工程要求的简单合同的审批权限授予了地区销售经理。

• 成立了两个评审委员会来并行地审查和批准特别合同。并行过程取代了串行过程。

• 他们发现跨职能方式所必需的团队合作还具有克服职能间竞争和对新营销政策的抵制的附加效果。

• 为过程中每项活动的周转时间规定了标准，然后用这一标准来衡量和追踪实际的绩效。只要发现延迟超出了规定时间，就会采取纠正措施。例如，规定了每个评审委员会有 5 个工作日来评审、批准和传递合同建议书。一旦有了目标要求，评审委员会对照标准来监测自身绩效便成为一件相对容易的事情。

新的管理方式将平均周转时间缩减了 83%（从 14 周减少为 17 天），过程的产出增加了 180%（从 20%增加到 56%）。该团队并没有满足。他们在以后的 3 年中又进行了两次过程的再设计。在 PQM 实施 5 年后，特别合同管理过程的产出达到了 60%，占过程处理量 92%的简单合同的周转时间则缩短为 24 个小时。

办事处	地区分公司	总部大业务销售	总部特别合同管理	各领域高层主管	第一评审委员会	第二评审委员会
起草特别合同建议书→	评审、批准→		筛选、登记、追踪评委会的行动→	（取消了串行的审批）→	评价并批准→	评价并批准↓
向客户演示建议方案			← 确定特别合同			←

图 6—3　特别合同管理过程（应用过程管理原则之后）

资料来源：Juran Institute, Wilton, CT.

在再设计之前，这一过程需要 117 名全职人员。到 1995 年经过几次再设计后，所需人数还不到 60 人。特别合同收益达到了公司在美国收益的 30%以上，这是有史以来的最高水准。客户和公司管理层均认为当前过程的绩效兼具了效果和效率。为了应对不可避免的环境变化，肯定还会有进一步的再设计，主管们确信该过程也应当是具有适应性的。

PQM 方法论

概述　一项 PQM 活动在启动时，最高管理层要选定关键的过程，确定过程主管和团队，向他们提供过程使命陈述和目标。当过程主管和团队接受了过程方

法论的培训后，他们的活动将沿着 PQM 的三阶段来进行，这便是计划、转换和运作管理。

计划阶段是对过程进行设计（或再设计）的阶段，它包括五个步骤：

1. 定义当前过程。

2. 确定顾客需要和过程流向。

3. 建立过程的测评指标。

4. 对测量结果和其他数据加以分析。

5. 设计新过程。其产出就是新过程的方案。

计划阶段是三个阶段中最耗时的阶段。

转换阶段是第二阶段，在这一阶段中，计划阶段所开发的方案由过程团队转交给实施部门，投入运作。

运作管理是 PQM 的第三阶段。在这一阶段，实施主管与团队首先监测新过程的绩效，主要关注过程的效果和效率指标。他们应用适当的质量控制方法来维持过程的绩效，应用质量改进方法来消除过程中的慢性不良。最后，高层要定期进行评审和评估以确保过程持续满足顾客需要和业务要求，保持竞争力。

必要时还要进行重新的计划，这是又一轮循环的开始。PQM 并非一次性的事情，其本身就是一个连续的过程。

PQM 活动的启动

挑选关键过程 组织中运行着诸多的跨职能业务过程。要从中选出少数关键的过程作为 PQM 的对象。组织的战略计划为选择关键过程提供了指南（参见第 13 章“战略展开”）。

关键业务过程的选择有若干种方法：

• 关键成功因素法。这种方法主张，对任何组织而言，只有相对少数的因素（不超过 8 个）可以被看做对于组织的使命和愿景的实现是“必要且充分”的。一旦辨识出了这些因素，就可以将之用于选择关键的业务过程，并排出优先次序（Hardaker and Ward, 1987）。

• 平衡业务计分卡方法（Kaplan and Norton, 1992）。这一方法是从四个方面来衡量组织的业务绩效，即财务绩效、顾客所感知的绩效、内部过程绩效以及组织在学习和创新方面的绩效。每一方面都建立了绩效测评指标和相应的目标值。利用这些指标来考察绩效就可以给出一个“平衡”的绩效评估。在计分卡上造成了不平衡的那些过程便可以认为是最需要关注的过程，亦即关键过程。

• 另一种方法是请最高管理层确定几个（4～6 个）用来对过程进行评价的具体选择准则。这些准则如：对业务成功的影响、对顾客满意的影响、与该过程有关的问题的重要性、该过程当前所涉及的资源数量、改进潜力的大小、引入过程管理的可行性、过程对日程计划的影响等等。借助于这些准则和一些简单的评分体系（如“低、中、高”），主管们便可以对组织的主要业务过程清单中的多个

过程（10～25 个）进行评价，进而通过比较来确定关键过程。（过程清单可以在挑选之前就提前拟定出来，这项工作一般由公司的质量负责人负责，常常还需要借助于咨询人员。）

无论采用何种方法来识别关键过程，都可以用过程图来展示其结果。“过程图”是一种图示工具，它用业务过程来描述组织以及这些过程与组织的主要利害共担者之间的关系。传统的组织图回答的是“谁向谁报告?”这一问题，而过程图则是要回答“组织的工作是如何进行的?”这一问题。

图 6—4 描述了教育考试服务机构（ETS）的工作，该机构承办并管理美国的入学考试事务。在这张过程图中，各种组织和部门由黑体字标注的方框表示。包括被 ETS 指定为“合作伙伴”的外部单位在内，ETS 的关键运营单位均位于标有“ETS”的界限以内。界限内列出了 ETS 的重要业务过程并标注有星号（*）。这都是些适宜于应用 PQM 的过程，图中表示了它们与组织的各个部分之间的关系。用过程的视角来描绘组织为最高管理层提供了一个有用的工具，使得他们能够从工作和完成工作所应用的过程的角度来思考和讨论组织。

进行组织：指定主管，挑选团队，确立 PQM 的基础架构　关键过程，亦即那些主要的跨职能业务过程，对于企业的成功起着关键的作用，质量委员会以特定的方式组织这些过程并对之加以关照。在选定了关键过程之后，质量委员会要任命一位过程主管，赋予其确保过程的效果、效率和适应性的责任，并由其对过程的绩效负责（Riley，1989，1994）。

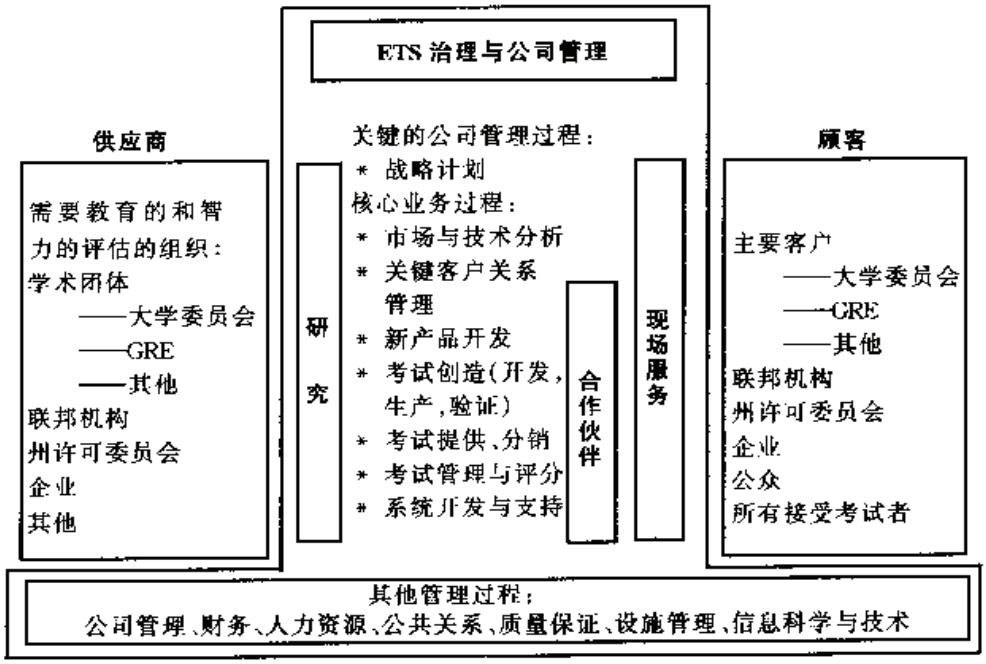


图 6—4　ETS 的主要业务过程图

资料来源：Juran Institute，Wilton，CT.

复杂的大型过程，尤其是在大公司中，常常会采用一种两层次的职责安排。一位行政主管在组织的高层承担着发起人、保驾者和支持者的角色，并对过程的最终结果负责。在操作层次，一位通常由一线或二线经理担任的营运主管带领着过程管理团队，负责过程的日常运作。行政主管和营运主管的安排是动态的。这种结构的主要优点在于同时实现了上层的紧密参与和支持以及对过程细节的充分管理。

过程管理团队是一个平级的群体，过程中的每个主要职能都有一位经理或监督员参加。每位成员都是过程的某一片断的专家。理想情况下，过程管理团队的成员数不应超过 8 位，所选出的每个人都应是一位领导者。团队负责过程的管理和持续改进。团队与过程主管共同对过程的效果和效率承担责任。普遍来说，团队的指派是动态的。

过程主管间或会设立一些专门团队来处理某些特别问题（如人力资源、信息技术、基于活动的成本计算等等）。这种基于项目的团队的使命是有限的，任务一旦完成团队便宣告解散。这种专门团队与过程管理团队是不同的。

图 6—5 是一个多职能的组织和它的一个主要过程的简图。阴影部分包括了行政主管、营运主管、过程管理团队以及利害共担者，最后一项由那些高层的职能负责人所构成，他们所在职能有着该业务过程的活动。一般地，这里的利益共担者即质量委员会的成员，再就是过程的行政主管。综合起来，图中的阴影部分即称为 PQM 的基础架构。

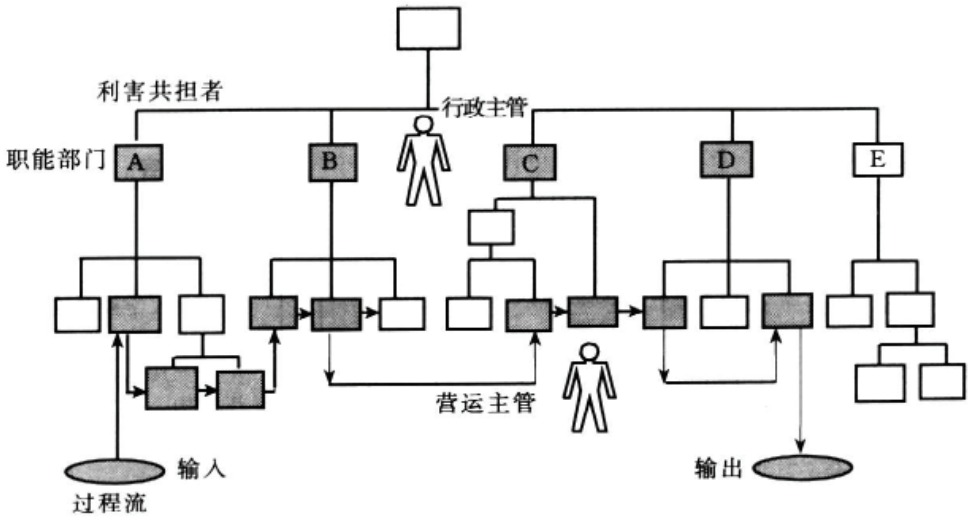


图 6—5　多职能组织过程管理的组织基础架构

资料来源：Juran Institute, Wilton, CT.

建立团队的使命和目标　过程的初始使命和改进目标是由质量委员会传达给过程主管（行政主管及营运主管）和团队的。为了更有效地履行其职责，过程主管和团队还必须确立他们自己的使命和目标。这一活动是在计划阶段的第一个步

骤，亦即对过程加以定义这一步骤中进行的。

计划阶段：计划新过程　PQM 的第一个阶段就是计划，它由五个步骤所构成：(1) 定义当前过程；(2) 确定顾客需要并绘制出该过程的流程图；(3) 建立过程的测量指标；(4) 对过程进行分析；(5) 设计（或再设计）过程。计划阶段的输出即新过程的方案。

定义当前过程　过程主管与团队共同合作以精确地定义过程。在完成这一任务的过程中，他们的出发点和主要参照便是质量委员会在选定关键过程和辨识过程主管和团队时所建立的过程文件。这些文件中包括了初步的使命和目标的陈述。

有效的使命和目标的陈述应清晰地表明：

- 过程的目的和范围。
- 具有挑战性的顾客需要及业务要求的目标。

(挑战性的目标旨在激励积极的过程改进活动。)

例如，上述特别合同管理过程的使命陈述为：为大型信息系统的采购提供有竞争力的特别定价以及支持性的条款和付款条件，以可接受的成本来满足顾客对价值、合同支持及时限的要求。

同一过程的目标是：

1. 自顾客意向书日期起 30 天内，将获准的价格和合同支持文件送达顾客。

2. 特别合同建议书的产出（实现了销售的建议书所占比例）不低于 50%。

团队必须就这些陈述的适当性达成共识，必要时要提出修改以获得质量委员会的批准，还要将过程的范围、目标及内容文件化。根据可获得的数据和集体的经验，团队要建立相应的文件以描述过程流、过程的强项和弱项、以往绩效、测评指标、成本、投诉、环境、资源等内容。其中有些是叙述性文件，有些肯定还会用到流程图。

业务过程的界定始于对构成该业务过程的主要子过程的调查，通常会涉及 6～8个子过程。必须将“起始”子过程（首先实施的子过程）、“结尾”子过程（最后实施的子过程）以及中间的主要子过程包括在内。如果过程的上游活动对过程输出质量有重要影响，则这些上游活动就要包含在该过程的边界内。为了重点突出并避免含混，将明显不属于该过程的子过程列出来也是有帮助的。过程各要素所累计的信息要以图的形式展示出来，随着计划阶段各步骤的完成，这一图表将由子过程的集合演化成为一个流程图。

图 6—6 示出了上述特别合同管理过程的高阶示意图，它来自过程再设计之前的过程分析结果。在过程定义步骤的末端，这样一种图形还算不上是一个流程图，因为还没有表示出子过程发生的次序。建立起这种现存的关系是第二个步骤的工作。

确定顾客需要并绘制出该过程的流程图　为了使过程能够高效地运行，团队

必须识别出所有的顾客，确定他们的需要，并将之排出先后次序。明确先后次序能够使团队集中注意力并将精力花到最有效的地方。（有关识别顾客及其需要的详细讨论请参见第3章“质量计划过程”。）

确定顾客的需要和期望必须是一种持续的有训练的活动。过程主管必须确保这一活动作为顾客要求子过程体现在日常的业务过程中，并且要明确对其绩效的责任。这一关键活动的结果就是不断更新的顾客要求陈述。

在过程的流程图中，通常应明确关键的供应商和顾客，明确他们在过程中作为材料、产品、信息等的提供者或接收者的作用。尽管这种图可以服务于大量的特定的目的，但在此处的最重要目的则是要在过程主管和团队成员之间建立起一种普遍的综合的理解，理解子过程之间是如何相互联系的、子过程与顾客和供应商之间的关系以及产品和信息是如何在过程中流动的。在建立流程图时，团队会时常验证顾客的清单，随着对过程认识的深化，或许还会对之加以增删。

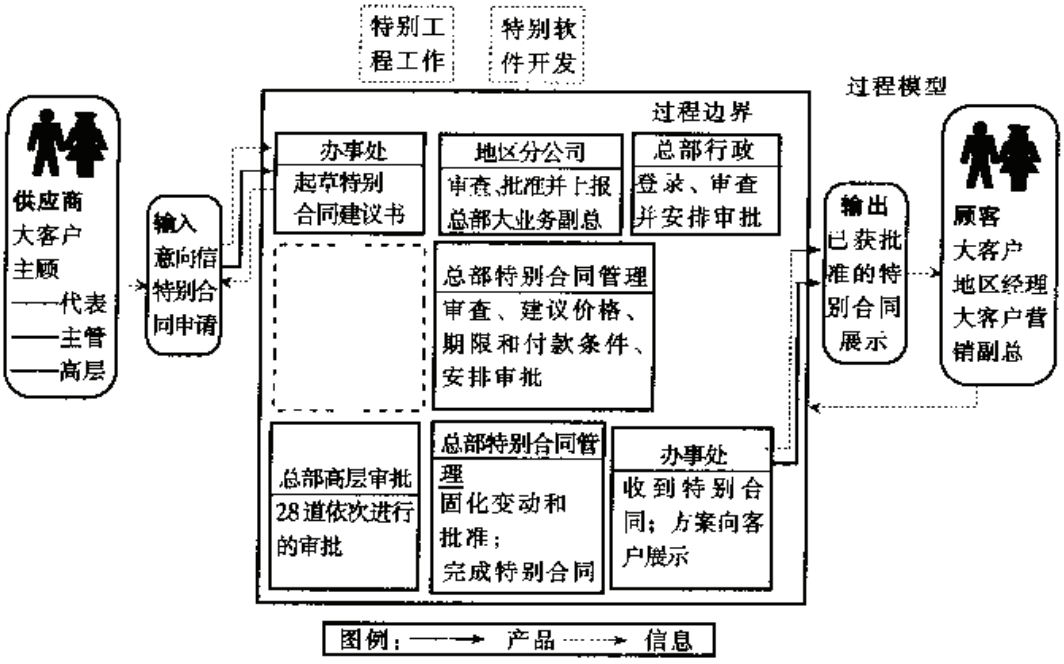


图6—6 特别合同管理过程的高阶图，过程分析的结果之一

资料来源：Juran Institute, Wilton, CT.

过程流程图是团队对过程进行分析以确定其是否能满足顾客需要的基本工具。通过一步一步的预演过程，共享问题和经验，团队就能够确定过程是否得到了正确的描述，必要时还要对图形加以调整以如实反映过程的实际运行情况。

在完成这一步骤后，团队就有了一个对过程分析和改进的起始点。在图6—6中，产品流用实线表示，信息流用点线表示。

建立过程的测量指标 能够测量的东西，才能够实现。在管理业务过程质量中，建立、收集并运用正确的测量指标起着关键的作用。如果“过程能力”、“过程绩效”以及其他的过程指标所描述的过程没有得到管理，这些指标就不会有什

么实际意义。要得到管理，过程就必须满足一些最起码的条件：

1. 该过程有一位主管。
2. 该过程得到了定义。
3. 具备适当的管理架构。
4. 确立了对过程的要求。
5. 建立了测量指标和控制点。
6. 具有稳定、可预测、可重复的绩效表现。

满足这些最低条件的过程被称为是可管理的。在 PQM 中，可管理性是所有其他工作的先决条件。

在这些条件中，(1) 到 (4) 已经在本节中进行了讨论。以下将讨论 (5) 和 (6)。

过程测量指标（也可参见第 9 章） 要决定对过程的哪些方面加以测量，我们可以求助于过程使命和我们的顾客需要清单。基于顾客需要的测量指标为衡量过程的效果提供了一种方法。例如，顾客要求在订单生效后 24 小时内交货，我们就要对我们的订单完成过程规定一个测量指标，如“从接到订单到货物交付客户之间所需时间”，还要建立一个从相关数据中收集、处理、归纳和报告信息的系统。报告给过程行政主管的统计指标是诸如“在 24 小时内交付的订单所占百分比”这样的指标，这是表征及时性绩效的一个统计量。团队也需要数据，这些数据构成了分析和纠正问题以及持续改进的基础。为了实现这些目的，团队就必须有数据，从这些数据中，他们可以计算出诸如交货时间随产品类型等因素的分布这样一些描述性的统计量。在过程设计时就要对数据的用途加以仔细地考虑，以将测量指标和测量系统的设计返工率降至最低程度。

基于成本、运转周期、劳动生产率、过程产出等因素设定的指标是对过程效率的测量指标。假定我们的订单完成过程的目标是将订单采选差错降至每千宗订单只有一个差错。要实现这一目标，就必须确定与订单宗数相对的订单采选差错。订单采选差错是一种无意识的差错，亦即当其发生时采选人员是意识不到的，要测量这一指标就必须通过另行的检验来辨识这类差错。检验员通过对已采选订单样本的审核，将差错识别并记录下来。就交货时间这一测量指标而言，团队必须仔细考虑这些测量结果的所有用途。如果只是预估差错率，所需数据就是所检验订单数与所发现差错数。要改进这方面的过程绩效，这些数据就必须有助于团队识别差错来源并确定根本原因。要做到这一点，每个差错就必须与日期、班次、产品类型、包装容量等因素联系起来，这样便可以对数据加以分层，从而就可以对根本原因的各种假设进行检验。

过程的适应性尽管不是一个测量指标，但却是过程主管和团队的一个重要考虑因素。有关适应性的讨论将在本章稍后部分进行。

过程的测量必须与业务绩效联系起来。如果组织的成功要求某些过程必须运

行得格外良好，这意味着关键过程的集体成功对于组织的绩效是有益的。过程主管必须留意挑选与传统的经营指标强烈相关的那些过程测量指标，这些传统指标如收入、利润、投资回报率、每股收益、人均生产率等等。在高层的经营计划评审中，我们鼓励和奖励主管们努力寻求过程指标与组织的绩效指标之间的联系，这是因为 PQM 所支持的以下两点信念，即组织的成功是我们的追求，而过程管理则是实现组织成功的途径。

图 6—7 示出了一些典型的过程测量指标以及与之相联系的传统的业务指标。举例来说，“销售定额完成率”是与改善收入这一业务目标相联系的一个传统的业务指标。上述的特别合同管理过程对于这一指标有着重要的影响，因为公司在美国国内收入的 30% 以上都来自这一过程。因此，特别合同管理过程的合同成功率（合同数与提交投标建议书的总数之比）与销售定额完成率以及其他的传统收入指标之间就存在着关联，从而对于管理当局而言是一个极为重要的测量指标。测量点标示在了该过程的流程图上。

传统的业务观点		过程的观点	
业务目标	业务指标	关键过程	过程测量指标
更高的收入	销售定额完成率	合同管理	合同成功率
	收入计划完成率	产品开发	产品开发周期
	发货后被取消的订单价值	账户管理	储备管理和系统即时性保证
	应收款项回款天数	账单质量指数	
减少费用	存货周转率	生产	生产运转周期

图 6—7 业务目标、传统业务指标与过程测量指标间的联系——举例

资料来源：Juran Institute, Wilton, CT.

控制点 过程的测量也是用于维持新过程的计划绩效的控制机构的一个组成部分。要对过程进行控制，就要求将少数选定的过程变量中的每一个都作为反馈控制环路的控制对象。一般来说，各变量在大过程层次上会有 5～6 个控制点，这些点包括向外部的输出、从外部的输入、关键的中间产品以及其他一些影响度高的过程点。

图 6—8 示出了上述特别合同管理过程的各个控制点。有关反馈回路设计以及其他过程控制问题的详细讨论请参见第 4 章“质量控制过程”。

过程的变异性、稳定性与能力 正如所有其他过程一样，组织的业务过程也具有变异性。诸如休哈特控制图（参见第 45 章“统计过程控制”）这样的统计过程控制工具可以帮助团队减少过程变异并评估过程的稳定性。

评价过程能力是过程质量改进中的一个重要步骤。过程能力是对稳定状态下过程变异的测量。“稳定状态”意味着过程中的所有变异都可归因为随机原因。常用的过程稳定性准则是在利用休哈特控制图来打点和解释时，过程处于“受控状态”。

统计过程控制、过程能力以及其他有关的工具都是过程团队工具箱里的有用

构成。第 44 章“基本统计方法”详细讨论了这些内容。

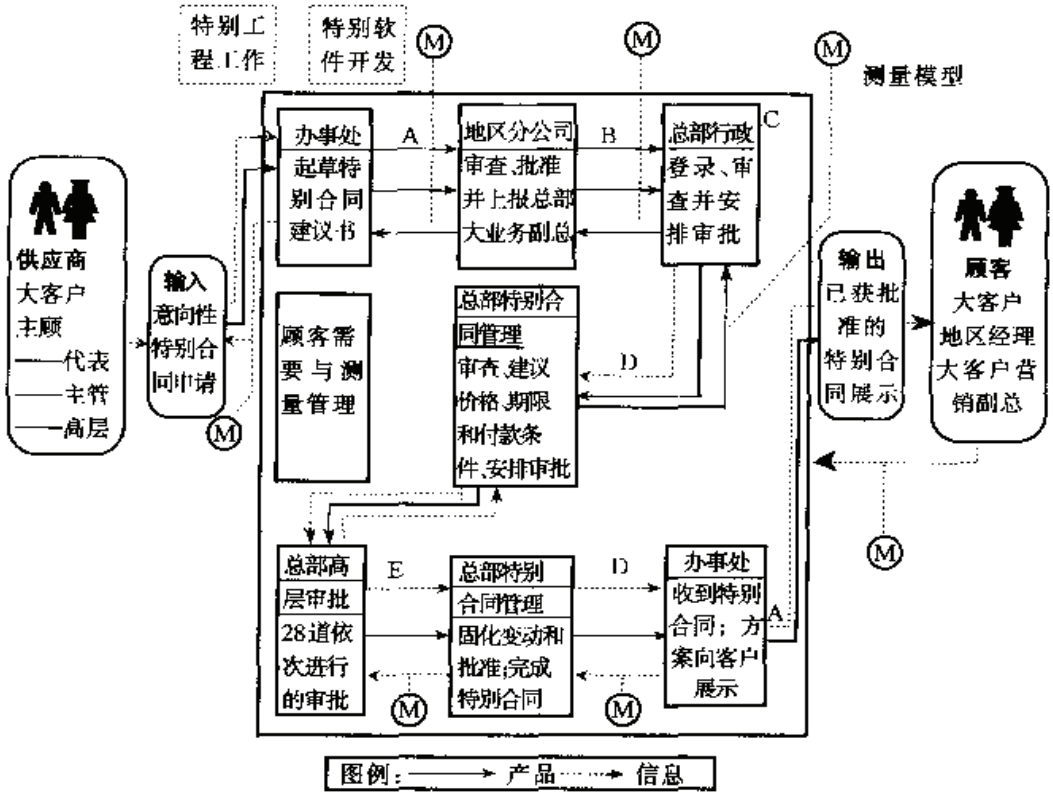


图 6—8　包括过程控制点在内的特别合同管理过程流程图

资料来源：Juran Institute, Wilton, CT.

测量步骤的输出是一份测量计划，它包括所要实施的过程测量项目的清单以及每项测量的实施细节，如谁来测量、如何测量、时间安排等等。

对过程进行分析　过程分析的目的在于：

- 评价现过程的效果和效率。
- 识别各种绩效不良的内在原因。
- 识别改进的机会。
- 实施改进活动。

首先，团队从大过程出发，参照流程图，将过程一层一层地分解为构成过程的要素活动。过程的分解是应用所谓的“过程分解”程序来进行的，这一程序是对过程的逐层分解。随着分解的深入，过程就能够更加详细地被描绘出来。

在分析中，随着在某一层次上对于过程的强项和弱项的理解，过程管理团队的临时性假说和结论将有助于决定下一步的方向。团队会发现某些子过程比其他子过程对整个业务过程的绩效具有更为重要的影响（帕累托原理的一个例子）。这些更为重要的子过程便会成为再下一层分析的对象。

当过程的组件已经小得足以判断其效果和效率时，过程的分解即告完成。图 6—9 给出了一个有关三个典型过程（采购、开发工程和办公室管理）的三层

（子过程、活动和任务）分解的例子。

业务过程	子过程	活动	任务
采购	选择供应商	供应商调查	外部供应商建档
开发工程	硬件设计	工程变更	召集变更会议
办公室管理	提供秘书服务	日程管理	变更现行日程

图 6—9　过程分解——典型的业务过程中所包含的过程要素举例

资料来源：Juran Institute, Wilton, CT.

测量数据要根据测量计划来进行收集，以确定过程的效果和效率。数据的分析着重于过程的效果（与顾客要求一致）以及满足当前和未来的顾客要求的长期能力。

过程的效率目标是，在满足顾客要求的前提下，以最低的成本和最短的周期来运行所有的关键过程。

过程的效果与效率的分析是同时进行的。效果和效率的同时最大化意味着过程能够以低成本产出高质量。换句话说，这意味着该过程能够为顾客提供最大的价值。

“业务过程的适应性”是指随着时间的变化，过程在保持其效果和效率的同时，及时地适应顾客需求和环境的变化的能力。

在分析业务过程时，要对流程图进行四个步骤的考查，必要时要加以修改。这些步骤是：

- 考查每一个决策符
  这是否是一个检查活动？
  如果是，它是否是一个完全的检查？是否有某些差错漏网？
  这是否是一个多余的检查？
- 考查每一个重复工作的循环
  如果我们没犯错误，是否还有必要进行这些活动？
  这一重复工作的循环有多“长”？（用步骤数、所需时间、资源耗用等来衡量。）
  这一重复工作的循环是否防止了问题的再发生？
- 考查每一项活动的符号
  这是否是一项多余的活动？
  这一活动相对于其成本的价值如何？
  在这项活动中，我们是如何防止差错的？
- 考查每一文件和数据库的符号
  这是否必要？
  如何使之保持时效？
  这一信息是否有一个单一的来源？

我们如何能够利用这一信息监测和改进过程?

“过程分析总结报告”是这一过程分析步骤的高潮和关键输出。它包括了分析所得到的结果，亦即过程绩效不充分的原因和可能的解决方案。这些是由过程主管和团队在分析过程中提出和记录下来的。在这个报告完成后，此时对于过程的行政主管和利害共担者进行评审是一个适宜的时机。

这种评审对于过程主管、团队、利害共担者和质量委员会都具有很大的激励作用。可能的过程改进方案的展示尤其会引起人们的兴趣。这些都是在整个计划阶段收集起来的，一直保存在一个点子库中。这些设计建议要加以整理加工，作为过程分析总结报告展示的组成部分供高层评审。

在评审可能的解决方案时，过程行政主管和质量委员会要提出过程设计方案的评选标准。了解了最高管理层的评选标准，有助于将过程管理团队的设计努力集中到正确的方向，从而使得经过再设计的新过程方案更容易被接受。

设计（或再设计）过程　在过程设计中，团队要定义出实现产品目标的具体运作手段。其成果是一个新设计的过程方案。在设计上进行的变更可归纳为五个大类，即工作流、技术、人员和组织、物质的基础架构以及政策和规章制度。

在设计步骤中，过程主管和团队必须决定是创建一个全新的过程设计还是对现行过程进行再设计。创建一个全新的设计意味着进行根本性的变革，而再设计则通常意味着渐进的变革，它会继承现行设计的某些特征。

团队会从内、外部来源获得许多的设计方案。从内部来源取得备选方案的一种方法是训练操作层人员运用创造性思维来再设计他们的过程。

以这种方式提出的各种点子被整理成文档并储存在点子库中。标高分析能够从外部提供丰富的思路，其中也会包括根本性变革的点子。有关标高分析的详细讨论请参见第 12 章。

在从效果的角度对过程进行设计时，过程的运转周期通常是最让人关注的变量。在服务主导的竞争中，最短的运转周期常常是起决定作用的特征。而且，缩减运转周期通常也会转化为效率的提高。对于许多过程来说，缩减运转周期的最有效手段是导入新的技术，尤其是信息技术。

面向速度的设计能够创造出惊人的竞争优势，会提高市场份额并减少库存要求。有许多公司在产品开发和生产领域的运转周期缩减方面取得了显著成就，这些公司如惠普、Brunswick 公司、通用电气的电力分配和控制部门、美国电话电报公司（AT&T）以及贝纳通（Benetton）等（Dumaine, 1989）。这些公司所取得的成就均来自针对主要的业务过程所采取的努力。这些努力还有其他一些具有普遍性的特点：

- 由最高管理层提出具有挑战性的目标。
- 坚守计划安排。

- 应用最先进的信息技术。
- 减少管理层次以促进雇员的活性化和自我导向的工作团队。
- 使对速度的重视体现在组织的文化中。

在面向速度的设计中，成功的再设计常常源自少数几个很简单的原则，即：消除过程中的交接，消除上游活动所引起的问题，消除职能间交接的延误和差错，合并跨职能或跨业务的步骤。简单说明如下。

- 消除过程中的交接。“交接”是指材料和信息在人与人之间的转移，尤其是那些跨部门的转移。不管什么样的过程，只要涉及多个人，就不可避免地会有交接。但必须认识到，交接既耗时又有大量危害过程完整性的隐患，如搞错的指令、弄混的零件标识、过时的规格、误传的顾客要求等。

在本章前面讨论过的特别合同管理过程中，并行的评审委员会的采用消除了28道依次进行的高层审批和相应的交接。

- 消除上游活动所引起的问题。美国一家电脑公司因销售代表不正确地配置系统而导致了订单录入的差错。结果，销售与订单处理过程的成本比竞争对手高出了30%，某些产品的差错率甚至高达100%。通过跨职能的再设计，解决了在配置和销售人员的技能方面存在的问题，从而在大量节省成本的同时，提高了交货的准时率（Hall，Rosenthal and Wade，1993）。
- 消除职能间交接的延误和差错。在英国的一家保险公司里，新保险单的处理包括了10个交接，至少需要40天才能完成。该公司后来采用了只需一次交接的项目经理方式，保险单处理时间缩短到了7天以内（Hall，Rosenthal and Wade，1993）。
- 合并跨职能或跨业务的步骤。有一家美国的电子设备制造商，其硬件设计、生产、安装和维护的过程有9个步骤，涉及三个不同部门中的7个岗位。该公司后来除在销售和生产职能各保留一个岗位外，取消了其他所有的岗位（Hall，Rosenthal and Wade，1993）。

福特公司的应付款处理过程的变革是一个过程再设计的经典例子。哈默和钱皮对此有详细的讨论(Hammer and Champy，1993)。当过程设计涉及剧烈变革时，过程质量管理方法是成功的。哈默和钱皮建议过程的剧烈变革应遵循以下原则：

- 过程的组织应围绕结果而不是任务。
- 让过程输出的使用者来再设计该过程。
- 将信息处理工作融入到产生这些信息的实际工作中。
- 集中看待那些地理上分散分布的资源。
- 在过程中并行安排职能，避免使之顺次进行。
- 将决策点设在工作进行的地方，并在过程中建立起控制机制。
- 同一信息只应收集一次，而且要从源头上进行。

在新设计投入使用之前，要进行设计评审。评审的目的在于用有经验的外部

人员的客观性来调和设计团队的热情。一般由过程主管召集一个专家小组来评价设计方案，这些专家来自本组织的内部（但不属于所评审的过程）。

为了确定在实际运行条件下能否正常运行，还要对过程设计方案进行测试。设计测试包括试验、试运行、空转、模拟等。测试结果用于预测过程的绩效表现和成本/收益方面的可行性。

成功的过程设计必须有雇员的参加和参与。忽视了这种参与，将使得组织失去实现重大改进的机会，也会对实现重大改进造成阻碍。一线职工在提出新的设计方案方面的创造性是惊人的。

伯恩（Byrne，1993）报告说，有许多公司正在采用“水平式的组织设计”，采用围绕过程的自我导向工作团队是这种组织设计的特征。伊斯曼化学公司有1 000多个团队，由于越来越多地依靠自我导向团队，使得该公司取消了在行政管理、生产、研究开发等领域的高级副总裁职位。（参见第15章“人力资源和质量”。）

曾是IBM公司一个事业部的莱克斯马克（Lexmark）国际公司，取消了生产和服务领域60%的管理职位。改革后，莱克斯马克公司在全球范围内按照跨职能的过程进行了重组。

创建新过程的方案 当对一个关键的过程进行了重新的定义后，我们必须将新过程文件化，并详细说明新的步骤。在新过程方案中，包括了新过程的构成，还有旨在保持新的过程绩效水平的控制方案。图6—10示出了上述的特别合同管理过程的新的过程方案，这是一个高阶的过程示意图。

转移阶段：将新的过程方案转移到运营中去 转移阶段包括三个步骤：（1）计划实施中所涉及的问题；（2）计划实施行动；（3）部署新的过程方案。

计划实施中所涉及的问题 一项重大的PQM活动会涉及巨大的花费并促成组织的根本性变革，影响到成百上千的岗位。所有这些都是重大的管理挑战。所有这些变革都必须仔细加以计划、安排和实现，以便新过程能够进行部署以进入到运作管理阶段。图6—11明确了所需考虑的问题的类别，并列出了其中所包含的关键要素。

在图6—11中列出的五类问题中，人员和组织一般来说在所有的PQM活动中都是最具挑战性的变革主题的源头。在人员和组织这一类别中，计划实施所涉及的主题包括：新的职位，通常会变得更加丰富；新的职位说明书；对担任新职位的人员的培训；新的绩效计划和目标；新的薪酬制度（奖励性工资、共享收益等等）；新的表彰奖励机制；与工会签订的新劳动合同；过程导向所必需的团队合作和团队建设理念的导入；自我导向的工作团队的成立；团队教育；管理层次的削减；新的报告关系；对于岗位被取消人员的就业计划的开发和管理；福利待遇的临时性安排；解雇后的新职介绍计划；以知识和贡献为基础而不是依据等级制中的提拔的新的职业生涯路径。这个单子还可以继续罗列下去。此外，还必须考虑在技术、政策和物质基础架构方面的变革。

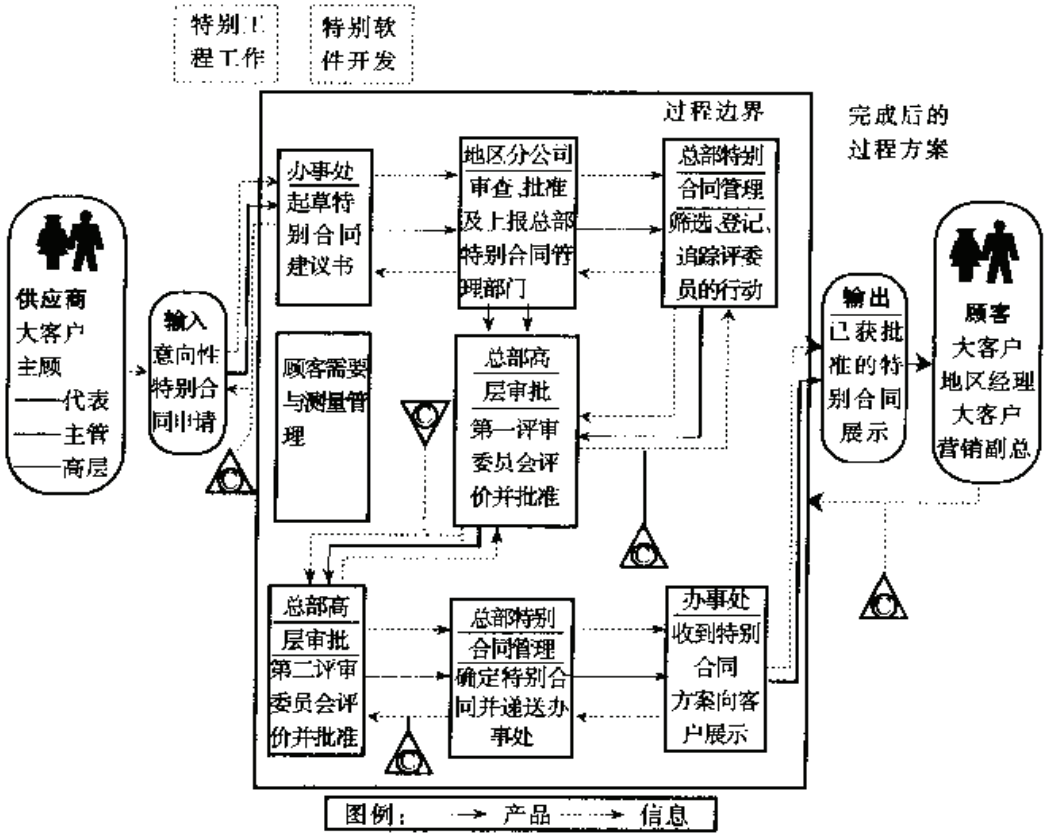


图 6—10 完成后的特别合同管理过程方案示意图

资料来源：Juran Institute，Wilton，CT.

问题的类别	所包含的关键要素
工作流	过程分解（宏观/微观、跨职能的、职能内的、部门间的、部门内的）
技术	信息技术和自动化
人员和组织	职位、职位说明、培训和开发、绩效管理、报酬（刺激的或非刺激的）、表彰/奖励、工会参与、团队、自我导向的工作团队、报告关系和减少层次
基础架构（物质的）	位置、空间、布置、设备、工具和工装
政策/规章	政府、社区、行业、公司、标准和文化
新过程的设计问题	

图 6—11 实施中所涉及问题的类别

资料来源：Juran Institute，Wilton，CT.

变革管理技能的重要性是显而易见的。新过程的部署会对那些受到影响的人构成威胁。过程主管和团队必须善于克服变革的阻力。

做好变革的准备：变革的一种模型 当具备以下四个条件时，变革就会发生：第一，当前状态令人不满甚至使人痛苦，从而形成一种变革的欲求。第二，必须有一种令人满意的选择，一种事情将会如何更好的愿景。第三，存在着达到满意状态的现实步骤，包括实施这些步骤的指南以及在这一过程中的支持。第四，要维持变革的效果，组织和个人必须获得相应的技能并达到一种能动的状态。

这四个条件强化了变革的意图。变革的进程必须加以持续的监测，以使变革

的效果能够永久保持下去。在运营管理阶段，运行控制、持续改进及定期的评审和评价等活动都有助于确保新的过程方案按计划持续运行。（有关变革的阻力及其对策可参看第 5 章“质量改进过程”。）

计划实施行动　这一步骤的输出是一个复杂的工作计划，这一计划将由过程主管和过程管理团队来实施。项目管理方面的技能将有助于他们的活动。（参见第 17 章“项目管理及产品开发”。）

部署新的过程方案　在实际实施新过程之前，团队要对新的过程方案加以测试。他们要对挑选出的过程要素加以测试，或许还会进行计算机模拟。测试目的是预测新过程的绩效和确定可行性如何。测试还有助于团队对过程微调并决定是否进行平行运行（新老过程同时运行）。团队必须决定如何来部署新过程。以下是几种选择：

- 水平部署。一个职能接一个职能地部署。
- 纵向部署。全部职能由上而下地同时部署。
- 模块化部署。一个活动接一个活动，直到全部活动得以展开。
- 按优先次序部署。按优先次序来部署子过程和活动，先从改进潜力最大的开始。
- 试点部署。对过程的小规模试行，然后扩展到全面实施。上述的特别合同管理过程的首次再设计便采用了这种做法，即在全国推广之前首先进行区域性的试验。USAA 保险公司对新过程的所有试点都是在五大湖地区进行的。USAA 采用这种方式除了要“在全国推广之前消除新设计中的各种错误”之外，还着眼于“扩展有前途的主管们的职业经验”，并“以小得多的阻力将新设计推广到组织的其他部分”（Garvin，1995）。

新过程的全面部署还包括最新的控制方案的开发和部署。图 6—12 列出了一个新的过程方案所包括的内容。

- 过程的使命
- 过程的目标
- 过程管理结构（即主管/团队/利害共担者）
- 过程合同
- 过程描述/模型
- 顾客要求（即顾客名单、顾客需要、要求陈述等）
- 过程流
- 测量方案
- 过程分析总结报告
- 控制方案
- 实施行动方案
- 资源计划
- 日程/时间进度

图 6—12　完整的过程方案的内容

资料来源：Juran Institute，Wilton，CT.

运营管理阶段：管理新过程 一旦过程投入运行，运营管理阶段便告开始。运营管理中的主要活动包括：(1) 过程质量控制；(2) 过程质量改进；(3) 定期的过程评审和评价。

过程质量控制 “过程控制”是一个持续的管理过程，在这一过程中，通过对控制点的测量来把握过程的实际绩效，将测量结果与质量目标进行比较，并对偏差采取行动。过程控制的目标是确保业务过程的绩效保持在所计划的水平上。(参见第 4 章“质量控制过程”。)

过程质量改进 通过监测相对于顾客要求的过程绩效，过程主管就能够识别出过程的输出与实现顾客满意之间的差距。这些差距便构成了过程质量改进活动的靶子。它们表现为缺陷、投诉、高昂的不良质量成本，以及其他的不良。(参见第 5 章“质量改进过程”。)

定期的过程评审和评价 过程主管对当前的过程绩效进行评审和评价，以确保过程按计划运行。评审应包括对过程设计本身的评审和评价，以对应设计条件的变化和预期的未来变化，如顾客的需要、新的技术以及竞争者的过程设计等方面的变化。过程主管应当就评审顾客需要、评估和标高分析现有过程设定一个日程表，这样做是非常值得的。

随着顾客需要的变化，过程的测评指标也要重新定义，以反映这些变化。这种持续的再定义便构成了一个测量管理子过程的主题，这一子过程是由过程主管和团队所建立的，并补足了顾客需要子过程。这两个子过程有着密不可分的联系。

马尔科姆·鲍德里奇国家质量奖准则（1998）中有关过程管理的要求为过程绩效的评审和评价提供了一个基础。

世界上的各种其他的评奖准则，以及许多国家的和国际性的标准，都为过程主管和团队考虑过程评审提供了参考和指导。(参见第 14 章“全面质量管理”和第 11 章“ISO 9000 族国际标准”。)

PQM 与 TQM 的整合

马尔科姆·鲍德里奇国家质量奖的准则正在日益被认为是对 TQM 的一种事实上的定义。(参见第 14 章“全面质量管理”。) 过程质量管理是 TQM 框架体系中的一个重要概念。

组织已经懂得了不要将管理的注意力仅限于财务方面。它们在定义、识别和管理质量方面已经获得了经验。它们习惯了战略性的思考，即设定愿景、使命和目标并将之协调起来。他们也将获得对照这些目标来评估进展的经验。

质量改进过程是超越职能式管理的一个重要步骤，它于 20 世纪 50 年代发源于日本，80 年代初在美国得到了广泛的应用。许多组织认识到，质量改进必须

有两种新的组织构件，即质量委员会和跨职能项目小组。质量委员会通常由高层管理班子组成，他们在其传统的财务管理职责上，叠加了质量管理职责。项目小组认识到，在一个职能制的组织中，减少慢性故障的责任必须由一个跨职能的团队来承担。

PQM 是对于早期的质量改进活动所获得的诸多启迪的一个自然的扩展。这一活动要求必须有观念上的转变，要从对职能专业化的依赖中脱离出来，理解聚焦于主要的业务过程所具有的益处。它必须有另外的组织构件的支持，要建立起针对每一个主要的业务过程的构造。

小结以及实施 PQM 的关键成功因素

要点　PQM 具有如下的特征：

• 战略导向，即：

组织具有明确的使命、价值观和愿景；

战略目标与组织的愿景紧密相关，愿景为最高管理层共有并以关键的业务目标的形式部署在整个组织中；

组织的过程与其愿景、战略目标间的一致和联系。

• 对于跨职能的重视取代了等级制的结构。

• 由各种管理制度（教育、沟通、绩效管理、表彰和奖励、薪酬制度、新的职业生涯结构等）支持的跨职能过程团队。每个团队的使命就是要剧烈地改进团队所承担的主要业务过程的效果、效率和适应性。

• 组织关注的主要焦点是内、外部顾客的需要以及诸如成本、运转周期、消除浪费等方面的业务要求。

• 实现产品和服务的质量以及创造价值驱动着所有的工作过程。

实施 PQM 的关键成功因素　下列因素对于 PQM 的成功实施具有重要的意义：

• 来自组织最高层的领导。

• 愿景、战略目标和关键的经营目标在整个组织中的沟通。

• 为组织的所有成员共享的愿景。

• 雇员为了实现这些关键的目标而被激活并具有了责任感。

• 整个组织具备变革管理的技能以促进剧烈的变革。

• 持续的改进。

• 广泛的项目管理技能，以使诸多的 PQM 团队能够管理日程、成本和在整个组织中协调和实施工作计划。

• 最高管理层在组织内外对于 PQM 活动的重要性、影响、进展和成功的

推动。

• 最高管理者的义务是要推动和实现三个主要的目标，即以顾客为中心、过程导向和各层次雇员的活性化。

那些将 PQM 采用为管理工具的组织的领导者们懂得，过程质量管理是一个持久的管理着眼点，而不是一个孤立的事件或一种速效举措。他们也清楚地知道，对于业务过程的持久关注是组织长期成功的必要条件。

参考文献

AT&T Quality Steering Committee (1988). *Process Quality Management & Improvement Guidelines*, AT&T Information Center, Indianapolis, IN.

Black, John (1985), *Business Process Analysis—Guide to Total Quality*, Boeing Commercial Airplane Company, Seattle, WA, revised 1987. Byrne, John A. (1993). "The Horizontal Corporation," *Business Week*, Dec.20, pp.76-81.

Dumaine, Brian (1989). "How Managers Can Succeed Through Speed," *Fortune*, Feb. 13, pp.54-60.

Garvin, David A. (1995). "Leveraging Processes for Strategic Advantage," *Harvard Business Review*, Sept./Oct., vol.73, no.5, pp.77-90.

Gibson, Michael J.W. (1991-92). "The Quality Process: Business Process Quality Management," *International Manufacturing Strategy Resource Book*, pp.167-179.

Gibson, Michael J.W., Gabriel, A., and Riley, James F., Jr. (1990). *Managing Business Process Quality (MBPQ)*, lst ed., Juran Institute, Inc., Wilton, CT.

Hall, Gene, Rosenthal, Jim, and Wade, Judy(1993). "How to Make Reengineering Really Work," *Harvard Business Review*, Nov./Dec., vol.71, no.6, pp.199-130.

Hammer, Michael, and Champy, James (1993). *Reengineering the Corporation*, Harper Collins, New York.

Hardaker, Maurice, and Ward, Bryan K. (1987). "Getting Things Done: How to Make a Team Work," *Harvard Business Review*, Nov./Dec., vol, 65, pp.112-119.

Kane, Edward J. (1986). "IBM's Focus on the Business Process," *Quality Progress*, April, p.26.

Kane, Edward J. (1992). "Process Management Methodology Brings Uniformity to DBS," *Quality Progress*, June, vol.25, no.6, pp.41-46.

Kaplan, Robert S., and Norton, David P. (1992). "The Balanced Scorecard—Measures that Drive Performance," *Harvard Business Review*, Jan./Feb., vol. 7, no. 1, pp. 71-79, reprint #92105.

Pall, Gabriel A. (1978). *Quality Process Management*, Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, NJ.

Riley, James F., Jr. (1989). *Executive Quality Focus: Discussion Leader's Guide*, Science Research Associates, Inc., Chicago.

Riley, James F., Jr., Pall, Gabriel A., and Harshbarger, Richard W. (1994). *Reengineering Processes for Competitive Advantage: Business Process Quality Management (BPQM)*, 2nd ed., Juran Institute, Inc., Wilton, CT.

Rummler, Geary (1992). "Managing the White Space: The Work of Geary Rummler," *Training and Development*, Special Report, August, pp. 26-30.

Schlesiona, Peter (1988). *Business Process Management*, Science Research Associates, Inc., Chicago.

Zachman, James W. (1990). "Developing and Executing Business Strategies Using Process Quality Management," *IMPRO Conference Proceedings*, Juran Institute, Wilton, CT., pp. 2a-9-21.

（焦叔斌　游世雄 译）

第 7 章

质量与收益 J.M. 朱兰 (J.M. Juran)

质量与企业效益
主要的经济影响
国家的富足与组织
生活在质量堤坝的保护下
用户的有意淘汰
用户的非本意淘汰
顾客与供应商观点的比较
富裕度频谱
适用性与对规格的符合性
表述的需要与真实的需要
心理需要
“用户界面友好”的需要
知情的需要
文化需要
源自非预期使用的需要
与产品不满相关的需要
顾客需要的来源
可获产品的不充足
解脱繁重的杂务
缩短服务时间
顾客习惯的变化
企业家的作用
顾客需要与质量计划过程
质量与价格
消费者产品
价格差异
对价值进行量化的努力
工业产品
普通产品与特制品或系统
特制品与特别定价
质量与市场份额
优质的效应
消费者偏好与市场份额
工业产品与市场份额
质量与竞标
质量领先与经营战略
确立质量领先地位
“市场领导者”的概念
具有故障倾向的产品特征的继承
质量、收益与股票市场价格
寿命周期成本分析
最优化的概念
寿命周期成本分析的步骤
应用范围
消费产品方面的应用
工业产品方面的应用
在国防工业中的应用
文化阻力
以使用量为基础的合同
十全十美主义
设计质量中的十全十美主义
符合性质量中的十全十美主义
十全十美主义者
致谢
参考文献

质量与企业效益

质量对企业效益的影响主要有两个方面：

- 质量对成本的影响。这种场合下的“质量”意味着没有因办公差错、工厂缺陷、现场故障等等造成的毛病。更高的“质量”意味着较少的差错、较少的缺陷和较少的现场故障。要减少这类不良需要付出努力，但大多数情况下，最终会导致成本下降。质量对企业效益的这种影响将在第 8 章“质量与成本”中进行讨论。
- 质量对收益的影响。在这种场合下的“质量”意味着产品所具有的用以满足顾客需要的那些特征。这些特征使得产品更畅销，并为顾客提供了“产品满意”。高质量意味着产品具有更好和/或更多的这类特征，能为顾客提供更大的满意。

本章将重点考察产品特征与企业收益之间的关系。（这里的“企业”包括所有从事投入产出活动的机构，如工业企业、政府机构、学校等等。“收益”是指总收益，不管是销售收入、拨款、学费，还是其他形式的收入。）本章要讨论质量是通过哪些力量来影响收益的，还要讨论研究这种因果关系所采用的方法。本手册中同质量与收益这一主题密切相关的内容还有另外两章，即

- “市场研究与市场营销”（第 18 章）
- “顾客服务”（第 25 章）

上述的质量对成本与收益的两种影响是相互作用的。产品不良不仅增加了供应商和顾客的成本，而且还会对以后的销售造成不利的影响。吃过现场故障苦头的顾客再次购买该供应商产品的意愿当然会大打折扣。此外，这些顾客不会对他们的遭遇默不作声，这些事情会不胫而走，会传入其他潜在买主的耳中，从而对供应商的销售收入产生负面的影响。

最近几十年中有过为数众多的关于低劣质量对企业效益影响的研究。（主要可参见第 8 章“质量与成本”。）可是，有关质量对收益影响的研究却相形见绌。从大多数高层主管重视增加收益要远胜于降低成本这一点而言，这种失衡实在是令人吃惊。但这也为企业提供了一个机会，即可以通过更好地理解质量对收益的影响来改进企业的效益。

主要的经济影响

企业获取收益的能力受到经济环境以及从各种经济中滋生出的文化习惯的强烈影响。这些强大的力量时刻影响着产品质量，也影响着其他的商业要素。

国家的富足与组织 一国的经济类型以及富足程度强烈地影响着其解决质量问题的方式。

维持生存的经济 在这种经济中，广大贫穷的用户倾其所有来维持基本生存需要，此外几乎没有其他选择。他们在低劣质量面前对自己的保护主要来自集合起来的政治权力而非经济权力。世界上的大多数人口仍处于这种维持生存的经济当中。

计划经济 所有的国家都存在着某些社会化的产业，这意味着政府垄断了某些产品或服务。在某些国家中，其整个国民经济就是如此组织而成的。这种垄断使得用户的选择只能局限于由国家计划及其实施而产出的那种产品质量。这方面的详细讨论，可参见第36章“质量和民族文化”。

短缺与过剩 在所有类型的经济中，产品短缺（即卖方市场）会导致质量标准的松缓。由于对产品的需求大于供给，所以用户只能接受他们所能得到的（且抬高了物价）。相反，买方市场会导致质量标准更加严格。

生活在质量堤坝的保护下 随着社会的工业化，人们改变着自己的生活方式以获得技术的益处。这些益处总的来说改进了生活质量，但它们同时也造成了新的依赖。在工业化社会中，芸芸众生把自己的安全、健康甚至日常生活置于众多“质量堤坝”的保护之下。有关的详细内容，可参见第35章“质量与社会”中的“生活在质量堤坝的保护下”。

用户的有意淘汰 随着顾客变得富足起来，企业不断地推出新产品（或老产品的新型号）并极力向目标用户推销。许多用户在购买新型号产品时还拥有着仍能使用的老产品。这种做法被一些经济学家和改革者认为是应受谴责的经济浪费。

在革除这种所谓的浪费的努力中，改革者们一直在抨击推出并促销这些新型产品的企业。改革者们所称的“预谋的淘汰”，隐喻（及直指）大企业凭借它们精巧的新产品和强劲的促销攻势，解除了用户的抵抗。按照这一说法，这种浪费的责任完全在于创造这些新产品的企业。

根据笔者的经验和判断，这种预谋淘汰的说法基本上是荒谬的。无论是对于制造商还是消费者来说，一个明显而又单纯的事实是，（在是否淘汰旧产品并购买新产品的问题上）决策是由消费者作出的。不时地，这一事实会因某些大规模营销的失败而更加惹人关注。

> 数十年前，杜邦公司推出了一种叫做“人造皮”的产品，期望这种合成材料能够代替皮革用作鞋帮材料（以及其他用途）。人造皮在技术上是一个胜利。虽然成本较高，但它作为鞋帮材料具有上乘的性能：耐用、易保养、不变形、耐磨、防水以及良好的“透气”能力。杜邦公司成了鞋帮材料的主要供应商，但在1971年该公司退出了这一行业，因人造皮“无法实现能够足以带来利润的销售额”。

工业观察家认为，由于鞋子款式的迅速更新，人造皮所具有的高度耐用性成

了一个无关紧要的性能。鞋子寿命并非由人造皮所具有的耐用性决定，而是由其款式所决定。就这件事的本质而言，它意味着一家大公司所实施的使产品更加耐用的计划却受到了用户的抵制。杜邦公司在人造皮项目上的投资可能在 1 亿美元以上。

另一个涉及更大投资额的案例是关于福特汽车公司的 Edsel 型汽车，尽管该车型具有大量的产品创新，并且开展了声势浩大的促销活动，但终究未能获得消费者的青睐。

用户的非本意淘汰　还有另一类截然不同的淘汰方式。在这种场合下，耐用产品中包含有易损零部件，其寿命短于产品的寿命。这些零部件的寿命是由制造商的设计所决定的。因此，即使是用户决定换掉已坏的零部件（以使产品能够继续使用），但真正的决策是由制造商作出的，因为产品设计已决定了该零件的寿命。

有一种最糟糕的情况是，原制造商在设计时就决定了产品耗材、备品配件等是非标准的，从而其惟一的来源便非原制造商莫属。这使得用户被锁定在了惟一的供货源上。总体来看，这种做法助长了大量的滥用，从而促进了保护消费者权益运动的兴起。[详细讨论请参见 Juran（1970）。]

顾客与供应商观点的比较

企业通过销售产品而获得收益。产品是销售给“顾客”的，但顾客的身份各不相同。顾客可能会是销售商、加工者、最终用户等等，相应地有着各自不相同的需要。为了满足顾客的需要，就必须搞清楚他们的需要究竟是什么。

富裕度频谱　在所有经济形态中，总人口的富裕状况都分布在一个广阔的频谱范围内。供应商则通过产品特征的差异化来对应这一频谱上的各个区段。这种差异通常被称为“档次”（grades）。

例如，所有旅馆都会提供住宿。除了这项基本服务外，不同的旅馆在其他条件的提供上会有巨大的差异，饭店的档次（豪华、四星级等等）便反映了这种差异。类似地，任何一款汽车都能提供两点之间的运输这一基本服务。但汽车却有多种档次。档次高的汽车所提供的远远超出了纯粹的运输这一服务，还有更高程度的安全性、舒适、外观、社会地位等等。

适用性与对规格的符合性　有时，顾客与供应商在质量的定义上会产生分歧。这种分歧是麻烦的根源之一。在大多数顾客看来，质量意味着产品所具有的那些能够符合顾客需要的特征。此外，质量还意味着产品不出故障，或一旦发生故障时的良好的顾客服务。对上述这些内容的一个综合定义便是“适用性”。

与此相对照，多年来，许多供应商把质量定义为最终检验时产品对规格的符

合。这一定义对于影响顾客所定义的质量的诸多因素未加考虑，如包装、储存、运输、安装、可靠性、维修、服务等等。

表 7—1 列出了顾客与供应商有关耐用产品的观点差异。

表 7—1　　顾客与供应商观点的比较

所涉及问题	主要观点	
	顾客	供应商
购买什么	顾客需要的服务	供应商制造的产品
质量的定义	产品生命周期内的适用性	最终测试时符合规格
成本	使用成本，包括：	制造成本
	购买价格	
	运行成本	
	维修费用	
	停工期	
	折旧	
	转卖损失	
确保产品使用的责任	整个使用寿命内	保修期内
零配件	不得不面对的讨厌事	有利可图的买卖

资料来源：*Juran's Quality Control Handbook*, 4th ed., McGraw-Hill, New York, 1988, p.3.7.

正在进行中的质量革命的构成之一，便是修正供应商的质量定义，以使之更接近于顾客的定义。

使用成本　就消费品而言，顾客所支付的购买价格十分接近于使用（消费）该产品的成本。然而，对于耐用产品来说，由于存在着一些额外成本，如运行成本、维修费用、停工期和折旧等，其使用成本可能会同购买价格产生相当大的差异。

数个世纪以来对于购买价格的强调常常会模糊随后的使用成本。这样所导致的后果之一便是局部的优化，即供应商优化的是自己的成本，而非供应商与顾客双方的综合成本。

寿命周期成本分析的概念为这一问题提供了一个答案，这方面的应用正在取得良好的进展。（参见下面的“寿命周期成本分析”。）

用户的了解程度　在一个竞争性市场上，顾客具有多个供应来源。在作出选择时，产品质量显然是所要考虑的一个因素。但是，顾客在评价质量的能力上却存在着巨大差异，尤其在购买产品之前就更是如此。

表 7—2 概括了顾客在质量方面所具有知识的程度和在市场中的强弱。

表 7—2　　顾客对质量的影响

所涉及的问题	原始设备制造商（OEMs）	经销商和维修店	顾客
市场的构成	少数大客户	一些大客户和众多小客户	非常多非常小的客户
任何一个顾客的经济力量	很大，不可忽视	中或小	微不足道
顾客的技术力量	很雄厚；有工程师和实验室	小或无	无（需要技术帮助）

续前表

所涉及的问题	原始设备制造商（OEMs）	经销商和维修店	顾客
顾客的政治力量	中或小	小到无	可变的，但总体上可能很大
适用性的判断依据的主要是：	合格检验	无消费者投诉	使用顺利
控制质量规格的是：	客户	制造商	制造商
进货检验的应用	进行全面检验，确保产品符合规格	经销商很少或没有；维修店的使用检验	使用检验
收集和分析故障资料	良好至一般	较差甚至没有	较差甚至没有

资料来源：*Juran's Quality Control Handbook*, 4th ed., McGraw-will, New York, 1988, p.3.8.

根据表7—2，大致可得出如下结论：

• 原始设备制造商（OEMs）可以凭借技术和（或）经济力量来保护自己，正如通过合同条款的保护一样。经销商和维修店则主要依靠合同条款并辅之以一些经济力量。

• 小用户只具有非常有限的知识和保护。小用户的这种情况需进一步加以讨论。

尽管会有些例外，但绝大多数小用户并不完全了解产品的技术性质。用户对适用性的某些方面会有一些感性的认识，如面包闻上去很新鲜，收音机里的广播听起来很清晰，鞋子很漂亮等。除了这些感性认识外，小用户只好主要依赖自己以往同供应商或经销商打交道的个人经验，特别是当涉及一些耐用产品的性能时。如果缺乏这种以往的经验，那么小用户就只能通过其他一些参考（如邻居、商家、独立实验室等）在相互竞争的供应商的宣传中进行选择了。

根据用户对适用性的理解程度，其对供应商收益的影响大致如下：

用户对产品或服务的看法：	供应商的收益：
不具有适用性	没有收益，或立即陷入危机
可用但明显劣于其他竞争产品	收益低，因市场份额丧失或必须降价
适用且具有竞争力	以市场价格取得收益
明显优于其他竞争性产品	收益高，因市场份额扩大或单价提高

在上面的叙述中，“适用性”、“劣于”、“有竞争力”和“优于”这些词汇，都是用来描述从用户的角度来看的情况。（上面的分析无论是对大客户还是小用户都是同样正确的。）

表述的需要与真实的需要 顾客总是从自己的视角并用自己的语言来表述自己的需要。而供应商面临的问题是要了解隐藏于这种表述的需要背后的真实需要，并将之翻译为供应商的语言。

顾客常常用产品的形式来表述自己的需要，而此时他们的真实需要其实是这些产品所提供的服务。例如：

表述的需要：	真实的需要：
食品	营养、美味
汽车	运输、安全和舒适等
彩电	娱乐、新闻等
牙膏	洁白的牙齿和清香的口气等

一门心思地想着销售产品，注意力可能会偏离顾客的真实需要。

曾有两家相互竞争的发网制造商。他们花了巨大的努力来提高产品质量和加强市场营销手段。可是，当有人开发出了发胶这种产品后，发网就从市场上消失了。发胶更便于用户获得这种基本的服务，即保持发型。（与笔者的私下交流。）

莱维特在其《缺乏远见的市场营销》这篇广为人知的经典论文中，强调了与产品导向截然不同的服务导向。在他看来，铁路因过于关注铁路运力而非运输从而失去了扩张的机会。同样，电影业由于过于关注电影而非娱乐，从而丧失了参与日益成长的电视产业的机会（Levitt，1960）。

为了理解顾客的真实需要，有必要进行诸如这样的提问，即你为什么要买这种产品？你希望从这种产品中获得什么样的服务？

心理需要 对许多产品来说，顾客的需要超出了产品的技术特征；他们的需要中还包含着带有心理性质的一些方面。无论是产品还是服务，都是如此。

一位想要理发的男子可选择去“理发匠”开的“理发店”或“发型师”开的“发廊”。两种情况下都是由一位熟练的理发师给剪头发，所得到的发型也一模一样。所不同的是他钱包里剩下的钱数和他所获得的舒服的感受。

适用于服务的同样也适用于有形产品。在生产巧克力糖果的工厂里，加工完成的巧克力糖由传送带送到包装车间。传送带的末端有两组包装人员，一组把巧克力装到纸板做成的包装盒里，这批产品将运到廉价商店销售；另一组则把巧克力装到用椴木做成的包装盒里，这批产品在豪华商场销售。这样，同等数量巧克力的最终价格会相差好几倍。这两类产品的购买者也将面临其他种种差异：商店装潢、礼貌程度、服务即时性、受尊重程度等等。然而，产品是一样的。传送带上的巧克力并不知道最终是在廉价商店还是在豪华商场。

技术专家也许会不理解消费者为何愿意对同样的产品支付这样的高价。然而，对许多消费者来说，心理需要被当做是真正的需要，消费者按照自己的感知而行动。绝大多数的供应商都会设计相应的市场营销策略来对应顾客的感知需要。

“用户界面友好”的需要 许多用户的“外行”状态导致了“用户界面友好”这一术语的产生，它用以描述这样一种情况，即外行人也能自信地使用技术性较强的或其他的复杂产品。例如：

出版物的语言应当简洁、明了并易懂。众所周知的难懂信息包括法律文件、用户操作手册、行政机构的表格等等。应用广泛的表格，如政府税收表，

应该作一个抽样测试，让那些以后会面对这些表格并填表的人试填一下。

产品应当具有广泛的兼容性。这方面的许多工作已通过标准化委员会或自然垄断机构得到了实施。个人电脑是20世纪80年代缺乏兼容性的一个例子，当时许多个人电脑只能与同一制造商生产的电脑“对话”，但与其他制造商的产品却做不到这一点。

知情的需要 有时，顾客会发现自己处于一种不确定的状态：他们要乘坐的火车晚点了，且不知道火车什么时候能到；遇到了停电，不知何时才能恢复。在许多这样的情况下，供应商并未制定让顾客知情所必需的政策和程序。事实上，顾客即使了解了情况，通常也是除了等待别无选择。尽管如此，知情可以减轻焦虑，它提供了某种程度的安慰，即问题受到了重视且正在解决过程中。

纽约地铁系统的规则要求司机对于所有两分钟以上的延误都必须加以解释。一项调查表明，这一规则实际只在约40%的场合得到了遵守。一份市政厅的报告断定说，“信息短缺是导致公众对公共交通当局持对抗态度的主要原因。”（Levine，1987）

相比较而言，一些航空公司尽力使顾客了解航班延误的原因以及航空公司在采取补救措施方面所取得的进展情况。

有一类不同的情况是，厂商在没有知会顾客的情况下，秘密采取了有悖于质量的行动。最常见的情况是，不符合规格的产品被运到了不知情的客户手中。在大多数情况下，尽管产品不合格但不妨碍使用。有些情况下，问题属于两可。还有一些情况是，这种产品的装运行为轻则不道德，最坏的情况下甚至是违法的。

一个广泛曝光的例子是关于投放市场的Oldsmobile汽车使用的是雪佛兰车（Chevrolet）的发动机。但Oldsmobile的促销却极力强调其发动机的质量。过了一段时间后，制造商进行了纠正，但这是在被媒体整得焦头烂额的情况下才做出的。

一旦被揭露出来，所有的秘密行动都会引起怀疑，哪怕这种产品实际上是适合顾客使用的。顾客会怀疑“他们背着我们还偷偷干了些什么?”

不告知顾客的原因通常是厂商未能提出这样的问题，即：我们必须告诉顾客什么？如果在每一份有关不合格处理的文件中，都留出一栏并标明“向顾客沟通的内容”，这或许会有所帮助。决策或许是没有沟通的内容，但至少考虑过了这一问题。

文化需要 顾客，尤其是内部的顾客，还有着文化的需要，这包括地位的维护、习惯的延续，以及其他被广义称做文化模式的要素。未能发现顾客需要的部分原因可以归因于不理解某种文化模式的本质，或甚至根本就不知它的存在。

文化需要很少公开地表述出来，它们大多是以隐含的方式加以表达的。某一项有关变革的建议如果会削弱某些雇员的地位，那么这项变革就会遭到雇员的抵制。这种抵制的理由似乎是有一定根据的，例如，它会影响成本。而真正的原因

则不会暴露出来。没有人会说："由于这项变革会削弱我的地位，所以我反对实行这一变革。"发现隐藏于表述的需要背后的真实的需要，是实现心灵沟通的一个重要步骤。

[有关文化模式性质和"例行规则"的详细讨论，请参见第 5 章"质量改进过程"中"质量改进：阻力"一节；也可参见 Juran (1964), chap.9。]

源自非预期使用的需要 许多质量问题的产生，是由于顾客使用产品的方式同供应商原本设计中的使用方式不同所致。这种情况有多种表现形式：

- 非熟练工人被安排到本应由熟练工人从事的生产过程中。
- 设备超载或不按照保养规程运行。
- 产品以供应商从未预期的方式使用。

所有这些都会影响质量与收益之间的关系。关键的问题在于，质量计划的依据是预期的用途还是实际的用途。后者常常要求在设计中提高安全系数。例如：

- 保险丝和断路器应设计到电路中，以防超载。
- 设计能检查拼写错误的软件。
- 公用事业的收款单上加一栏顾客上期用量的核对项，以免抄表差错。

这些安全因素会增加成本。但是，由于这样有助于避免因实际使用或误用而引起的更大损失，因此可能得到的是一个最优的总成本。

与产品不满相关的需要

当产品出现问题时，会引起一组新的顾客需要——怎样恢复服务并对相应的损失和不便获得赔偿。这些新的需要是通过顾客的投诉而传递的，而顾客的投诉则是由诸如"顾客服务部"这样的专门部门来处理的。

企业对消费者投诉和对担保条款的反应不足对于"消费者权益"运动的兴起起到了极大的促成作用。(参见第 35 章"质量与社会"中的"消费者权益运动的高涨"。)

有关如何应对顾客投诉的众多研究揭示出了能够满足顾客要求的应对系统的一些关键特征。(有关详细的讨论请参见第 25 章"顾客服务"；也可参见 United States Office of Consumer Affairs, 1985—1986。)

消费者的投诉也影响到了产品的可销性。在美国消费者事务署主管的研究项目中对此进行了研究，其研究结果可归纳如下：

- 在对产品不满的顾客中，有近 70% 的顾客不会投诉。这一比例因产品种类的不同而有所变化。不投诉的原因包括：为投诉而付出的努力不值得；认为投诉没用；缺乏如何投诉的知识。
- 在投诉的顾客中，有 40% 以上的人对供应商采取的相应举动表示不满。

这里的百分比也会因产品不同而有所变化。

对投诉采取的行动会极大地影响未来的产品销售情况。图 7—1 大致显示了因对产品不满意而引起的消费者行为的情况。这种巨大的影响还会扩展到对品牌的忠诚度。图 7—2 分别说明了对“大额”耐用消费品、金融服务和汽车服务各方面的影响程度。类似的重大影响还会扩展到人们对产品线的忠诚度。

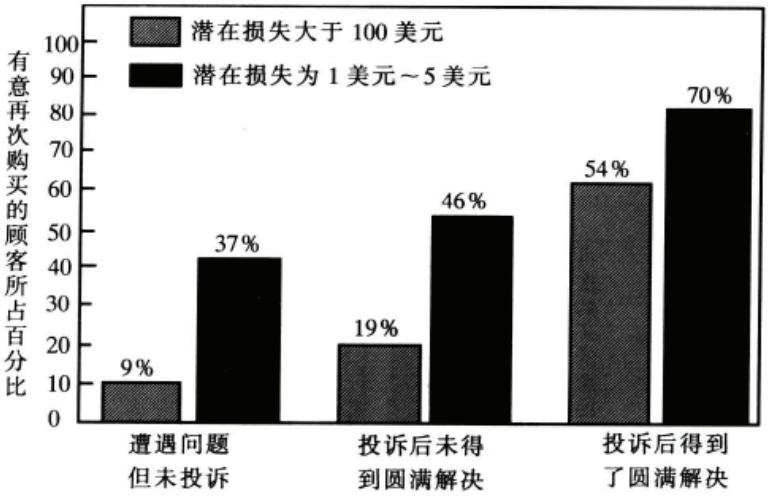


图 7—1　经历产品不满后的消费者行为

资料来源：Planning for Quality, 2nd ed.(1990),Juran Institute Inc., Wilton, CT,pp.4-12.

同一研究得出的结论是，有组织的投诉处理方式会有很高的投资收益率。此类有组织的方式的要素可能包括：

- 一个提供 24 小时服务的顾客服务中心。
- 一个免费的电话号码。
- 一个计算机化的数据库。
- 对接听电话的雇员进行专门训练。
- 主动征求投诉，把未来的顾客流失降到最少。

（进一步的细节参见该报告的全文，United States Office of Consumer Affairs, 1985—1986。）

顾客需要的来源

顾客完全了解自己的需要，利用市场研究可以获得这方面的信息，这是一种最简单化的认识。事实上，顾客对自己需要的了解是相当不完全的。在某些情况下，顾客本人可能是最后意识到的人。很难想像有顾客会在随身听（微型便携式收录机）面市之前表达出对这种产品的需要。然而，一旦随身听可以买得到，许多顾客便发现自己有这样的需要。

顾客认识上的这种差距主要是通过竞争性市场的力量以及企业家的行动来弥补的。

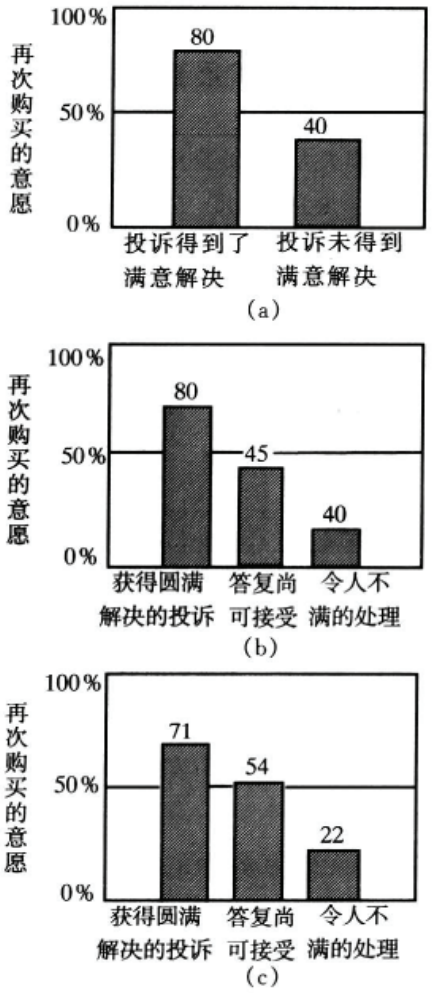


图 7—2 消费者忠诚与投诉的解决——大额耐用品，金融服务，汽车服务

资料来源：*Planning for Quality*, 2nd ed.(1990) Juran Institute, Inc., Wilton, CT, pp.4-14.

可获产品的不充足 当可获得的产品被人们察觉到不充足时，就出现了一个等待填补的真空。人们的创造性便会想方设法去填补这一真空：

纽约市的出租车许可牌照已经冻结了好几年。由此而引起的短缺被无照运营车、大轿车等填补了。

政府纳税表的填报说明使得许多纳税人感到困惑。结果导致了一些税金申报指南之类的畅销书大量出版。

零售商提供的服务被公认为既昂贵又不及时。其结果是诞生了一个庞大的自助产业。

解脱繁重的杂务 富足的人们希望把繁重的杂务出钱让人去做，这种愿望似乎是无止境的。厨房的许多活计现在由工厂来做了（如速溶咖啡、罐头食品等

等)。加工食品的价格常常是原料价格的好几倍。然而，如果自己在家做这种加工活儿的话，意味着在干小时工资很低的工作。清洁活计已普遍让位给了家用电器。这种情况看不到尽头。同样的工作转移以更大的规模发生在产业领域中的事务上（如数据处理、材料处理等等)。

缩短服务时间　某些文化中透露出一种“即刻搞掂”的迫切感。在这种文化里，那些能够以最短的时间为顾客提供服务的商家就能获得较大的市场份额。这种迫切感的一个引人注目的例子就是“快餐”业的成长。在其他行业，选择供应商时所考虑的一个主要因素就是获得服务所花费的时间。这方面的例子如人们对加油站的选择。[参见 Ackoff (1978)，Fable 5.4，p.108。] 对即时服务的这种需要对于“准时制”生产方式的发展是一个根本的要素。

顾客习惯的变化　顾客的习惯往往变化多端。这方面的典型例子如服装的时尚和人们对健康的关心，后者导致了牛肉消费的减少和家禽消费的增加。这种变化并不仅仅局限于个人消费者。企业界也会经常掀起一些“运动”，其中的大多数都是来去匆匆。与之相关的一些“流行语”同样也是转瞬即逝。

企业家的作用　企业家在向顾客提供现有产品的变型产品方面发挥着决定性的作用。此外，企业家还能够识别出全新的产品，其中的一些可能是闻所未闻，从而可能会创造出此前根本还不存在的顾客需要。新产品有着惊人的失败率，但其回报也会特别高，对于独立企业家而言这正是其魅力之所在。还有一点是，企业家精于利用广告和促销的威力，有些做的堪称杰作。露华浓公司的缔造者，充满传奇色彩的查理·雷夫森 (Charles Revson) 曾说：“我们在工厂里制造口红；我们在广告中出售希望。”

顾客需要与质量计划过程

顾客需要的发现对于增加收益而言是至关重要的；同时，它也是“质量计划路线图”上的一个重要步骤。这张路线图中还包括其他一些步骤，它们都不同程度地影响着质量与收益之间的关系。(有关详细内容，可参见第 3 章“质量计划过程”。)

质量与价格

众所周知，产品价格与产品质量之间存在着一定的关系。然而，这一问题的研究者们常常会发现令人困惑的关系，其中有些似乎并不合乎逻辑。为了理解这些研究结论，把所研究对象区分为消费者产品和工业产品将会有所裨益。

消费者产品 有大量的研究者都试图对产品质量与产品价格之间的相关关系进行定量研究。［例子可参见 Riesz（1979）；也可参见 Morris and Bronson (1969)。］进行这类研究的一个主要数据库便是《消费者报道》杂志，这是消费者联盟的一个公开出版物，该联盟是一个针对消费者的非营利的信息和建议的提供者。研究中所采用的信息主要是《消费者报道》中所发布的产品质量排序以及相应的市场价格。

该类研究总的结论是，在产品的质量排序与市场价格之间并不存在正相关的关系。对极少数产品而言，两者的关系呈现出负相关。这类结论有些是从有关食品的研究中得出的，方便食品和非方便食品均包括在内（Riesz，1979）。类似的结论也从针对其他产品的研究中得了出来，如其他消费品、家居用品、工具和其他耐用产品（Morris and Bronson，1969）。

研究者们提出了各种理论来解释为什么这么多的消费者会采取违背自身最大利益的行动：

- 产品质量排序依据的只是对产品性能特征的评价，评价的是内在的设计质量。但这种排序并没有评价一般认为能影响消费者行为的各种因素。这些因素既包括以诸如关注、礼貌和即时等形式表现出来的服务，也包括以舒适的环境、诱人的包装等表现出来的装饰。
- 消费者一般只掌握非常有限的技术文献，绝大多数并不清楚有什么质量排序。
- 由于消费者缺乏客观的质量信息，因此他们看重的是制造商和商家通过促销和广告所展示的形象。
- 许多消费者把价格高低看做是一种质量排序。一分钱一分货这样的信念看来十分普遍，有些企业在其营销和定价策略中利用了这种信念（“Pricing of Products Is Still an Art”，1981）。

价格差异 高定价产品的价格通常比其他产品高出约 10%～20%。例如，品牌产品通常比普通产品价格高出这一幅度定价。在有些情况下，这种差价还要大得多。

- “发廊”的理发价格是“理发店”价格的好几倍。
- 在豪华商场销售的包装精致的巧克力比在普通商店出售的简易包装巧克力的价格要高出好多倍。
- 不同档次餐馆的菜价会差出一个数量级。
- 同样疗效的名牌药品的价格可能是普通药品价格的好几倍。

从中可以发现，许多消费者对质量—价格关系的认识来自对一些术语的独特解释：

- 质量。概念中包括了产品的性能特征以外的因素。
- 价格。被认为与“价值”相联系，除了支付那些内在的性能特征外，还

要支付那些附加的因素。

产品的高定价惹人注目，并常常会遭到购买者的强烈抵制，即使确实存在着明显的质量差异。与此相对照，购买者通常更愿意以更高的市场份额而非价格差异来奖励优质产品。在许多情况下，供应商从高市场份额中所获得的利益要远大于高定价的收获，这一点很容易从盈亏平衡图中得到解释（见图 7—3）。有一个有趣的案例便是关于优质优价的风险问题的（Smith，1995）。

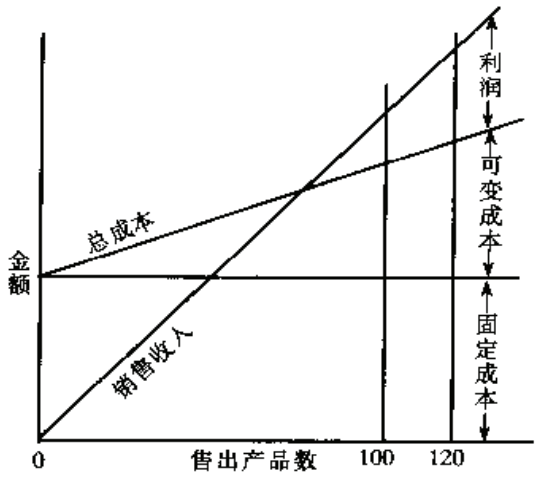


图 7—3　盈亏平衡图

资料来源：*Juran's Quality Control Handbook*，4th ed.，McGraw-Hill，New York，p.3.13.

对价值进行量化的努力　对价值进行量化的努力基本上只是局限于产品的性能特征。例如，美国交通部曾对汽车轮胎的几方面质量，尤其是轮胎胎面的耐磨性作了评估。这使得单位行走距离的成本可以被估算（在标准测试条件下）。（参见“Consumer Guide on Tires”，1980。）消费者联盟也时而对消费品进行类似的评估。（例如，可参见“Dishwashing Liquids”，1984。）

这类评估对消费者来说是有用的。然而，这类信息的作用是有限的，因为消费者的了解程度不高，再就是消费者的认识是建立在更加广泛的质量和价值概念上的。

工业产品　工业产品也应用着质量、价格和价值这些概念。然而，工业买主对这些概念的意义一般要熟悉得多。此外，工业买主掌握着充分地进行理性决策所必需的技术的和经济的信息。

产品的质量差异可使得“标准产品、市场价格”的原理很难适用。

> 有一家制造标准动力工具的企业有效改进了其工具的可靠性，但营销经理反对提价，理由是企业生产的是标准工具，如果提价就会丢失市场份额。一项实地研究表明，可靠性高的机床可以大大降低（工业品）用户的维修成本，特别是降低停工期的成本。这条信息便成为说服用户接受提价（每年 50 万美元）的手段。（J.M. 朱兰的顾问经历。）

普通产品与特制品或系统 在工业品采购中，所采购产品只是一种普通产品还是更为广泛，这是一个很重要的问题。所谓更为广泛是指涉及了特制品或系统，所购产品只是这种特制品或系统中的一个组成，但其中包含了对购买者具有特殊价值的特性。

普通产品通常按照市场价格购买，价格极大地影响着购买决策。然而，具有被认可的质量优势当然是一种资产，并可以转化为较大的市场份额或者高的定价。许多企业选择了高定价，尽管明知顾客更乐意奖励高的市场份额而不愿接受高定价。

一份标题为《优质产品的定价》的报告（PIMS，1978）对这种策略提出了疑问。该报告认为，市场愿意为优质产品支付高价格。然而，如果不索取这种高定价，市场会回报以更高的市场份额的增长，从而会使得供应商的最终投资回报率要比单纯的高定价的收获更高。

公认的质量优势可以有多种形式：可预见的产品一致性、送货的即时性、技术咨询与服务、帮助培训客户的人员、及时帮助检修故障、产品创新、信息分享、联合质量计划以及从事改进质量的合作项目。[有关美国铝公司和柯达公司的联合质量改进项目的案例，请参见 Kegarise and Miller（1986）；也可参见 Kegarise et al.（1987）。]

特制品与特别定价 特制品是指为适应特定顾客的用途而专门制作的标准产品。产品之所以特殊，是因为附加有非标准的特性和服务，它们构成了特别定价的基础。特别定价并不给出相对于基本产品和附加的特性与服务的分项数字。

只要产品仍然是特制品以及要求附加的特征和服务，特别定价对供应商就是有利的。然而，如果这种特制品的广泛应用导致了产品的标准化，对附加服务的需要就会消失。这种情况下，以低价提供标准产品但不附加技术服务，便成为竞争者们的普遍做法。这是一种形式的基本价格。[在 Gross（1978）中，有一个关于化工行业定价的有趣研究以及“附加属性”的评价方法。]

质量与市场份额

扩大市场份额是高层主管的最高目标之一。较大的市场份额意味着较大的销售额。反过来，较大的销售额又会因盈亏平衡图的机制（见图 7—3）而极大地使投资回报率上升。

在图 7—3 中，在盈亏平衡线的右方，增加 20% 的销售额，会带来 50% 的利润增加，因为“不变”成本没有增加。（事实上，不变成本会随销售额而变化，但决非按比例变化。）在市场份额扩大过程中所具有的风险是适中的，因为技术、生产设备以及市场等都已经存在，而且效果也是靠得住的。

优质的效应　虽然优质常常可以转化为更大的市场份额，但要做到这一点往往还需要付出特别的努力。这在很大程度上取决于这种质量优势的性质和程度，尤其取决于买主认识质量差异及其意义的能力。

质量优势使买方一目了然　在这种情况下，明显的优势可以变成较大的市场份额。市场营销人员充分理解这一理念，他们总是在追迫产品开发者开发这类可以通过宣传而扩大市场占有率的产品特征。这方面的例子不计其数。

质量优势可以使用户省钱　有些产品外表“相像”但性能却大相径庭。一个明显的例子是电器的耗电量。在这类例子中，产品的技术差异可以转化为货币语言。这种转化可以使不懂技术的人们也很容易理解质量优势的意义。

前述的动力工具的例子就实现了这一效应。卓越的可靠性转化为了货币的语言，从而确保了高定价的实现。它同样也可用来扩大市场份额。在前述的轮胎耐磨性的例子中，轮胎的耐磨性转化为了单位行走距离的成本。

买主也会采取这种转化的举措。某些砂轮的用户对于砂轮的寿命加以记录。然后将之转化为货币语言，即每加工1 000件产品所花费的砂轮成本。这样一种测量单位使得买主没有必要成为研磨技术的行家。

总的来看，上述这些例子可以概括如下：

- 在各种竞争性的产品之间，实际上都存在着某种质量差异。
- 质量差异的实质是技术差异，许多用户却并不理解其意义。
- 质量差异常常能够转化为货币语言或用户价值体系中的某种形式。

微弱的质量优势也会很醒目　在某些场合，即使“劣势”产品确实符合适用性要求，但质量优势仍可夺得进一步的市场份额。

> 一家减磨轴承制造商通过改良其过程使得其产品明显比竞争对手的产品更为精致。然而，竞争对手的产品仍然符合适用性要求，所以不可能有价格差异。尽管如此，其产品更为精致的事实却依然给客户的工程师们留下了深刻印象，从而进一步扩大了市场份额。(J.M. 朱兰的顾问经历。)

就消费性产品而言，如果能够使消费者变得足够敏感，那么即使是看似微小的产品差异也会导致市场份额的扩大。

> 一家糖衣巧克力制造商占有着这样一个事实，即其产品不会在消费者的手上留下巧克力的污痕。通过吃完他的和竞争对手的（无糖衣）巧克力以后的孩子的手的对比，这一事实在电视广告中被大肆渲染。结果该制造商的市场份额有了急剧扩大。

单凭信念接受的质量优势　消费者可以被说服相信那些他们自己无法证实的所谓产品优势的断言。有一个例子是关于电动剃须刀的一项绝妙的市场研究。主办这项研究的希克公司（Schick）利用了一个独立实验室来进行测试。在研究中，参加者依次使用两把剃刀来剃他们的胡须。第一天先用希克的剃须刀再接着用竞争对手的剃须刀；第二天则颠倒顺序进行。所有测试都精确地称量了第二把剃须

刀所刮下的胡须重量。据说数据表明当希克的剃须刀作为第二把时所称出的胡须重量要大于竞争产品所刮下的胡须重量。其含义在于希克的剃须刀刮得更为干净。几个月内希克公司的市场份额上升如下：

9月　　8.3%

10月　　16.4%

这种情况下，消费者无法核实所称质量优势的准确性。他们可以相信也可以不相信。有许多人还是凭信念接受了它。

没有任何质量优势　如果不存在明显的质量优势，那么市场份额便取决于营销技巧。这些技巧如说服性的宣传、诱人的包装等。尽管各种形式的降价也能带来市场份额的扩大，但这通常只是临时性的。竞争对手也会迅速采取类似的行动。

消费者偏好与市场份额　消费者在很大程度上依赖自己的感官来协助自己判别质量。这一事实促使人们进行这样的研究，即设计某种手段，利用人的感官作为测量工具来衡量质量。这些研究开发出了衡量消费者偏好及其他形式的消费者反应的客观方法。目前，已有大量文献提出了各种类型的感观试验以及进行这种试验的方法。(详细讨论请参见第23章“检验与试验”中的“感官试验：设计与分析”。)

这些方法最初主要应用于生产过程控制和产品接收决策方面。近年来，这些方法的应用扩展到了诸如消费者偏好测试、新产品开发、广告以及市场营销等领域。

对某些产品来说，通过“强制选择”试验很容易获得有关消费者偏好的衡量。例如，在百货商店摆放一张桌子，邀请一些过路人品尝一下A和B两杯咖啡，然后让他们说出自己偏好哪一杯。把几块地毯的样片展示给分成几个小组的潜在买主，然后请他们指出各自的偏好。对于那些比较简单的消费品，这样的试验可以获得很好的有关消费者偏好的数据。

通过对市场份额数据的相关研究，有关消费者偏好的数据会身价倍增。图7—4示出的就是41种包装食品的这样一种相关关系。这是一种不同寻常的有益分析，值得仔细研究。

图7—4中的每一点代表着超级市场货架上的一种食品。每种食品都有竞争产品在货架上与之竞争。这些竞争性食品以同一价格销售，同一规格盒子包装，盒内食品含量也完全相同。影响消费者的只有：

- 包装盒的内容，由感觉和用途来判断，这会导致消费者喜好产品A甚于产品B。
- 营销特征，如包装的吸引力、此前的广告的感染力以及制造商的声誉等。

在图7—4中，横轴表示消费者对主要竞争者的偏好，这是由经过统计处理的偏好试验确定的。纵轴表示对应于主要竞争者的市场份额，假设全部市场由两

家厂商构成。

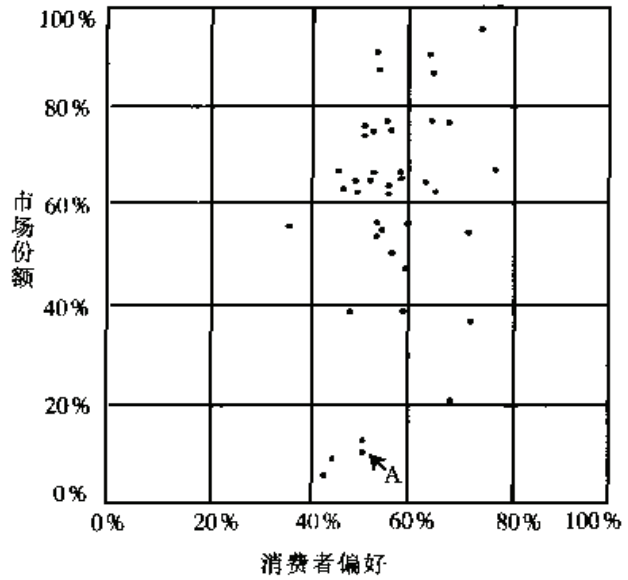


图 7—4　消费者偏好与市场份额

资料来源：*Juran's Quality Control Handbook*, 4th ed., McGraw-Hill, New York, p.3.15.

在图 7—4 中，没有消费者偏好低于 25%或超过 75%的产品。这样的偏好水平意味着产品非常具有优势（或劣势），以至于 3/4 的用户都能觉察出其产品差异。由于其他所有因素基本上都是相同的，某一受到如此极度偏好的产品就会占领整个市场，其竞争对手便会销声匿迹。

与代表消费者偏好的横轴具有广大的空域相对照，代表市场份额的纵轴在整个区间内都有相应的数据。其中有一种产品（图 7—4 中以 A 表示）恰好位于 50%的消费者偏好线上，这可能意味着（在强制选择试验下）用户拿不准自己到底是偏好该产品还是其竞争产品。但产品 A 仅占有 10%的份额，而其竞争性产品的份额却达 90%。不仅如此，市场份额的这种不均衡状况已持续了多年。原因在于占有率 90%的这家企业是率先把产品推向市场的。因此获得了一个“先到特权”，并通过良好的促销保持了它的地位。

其结论是，当相互竞争的产品在消费者偏好方面十分接近时，微小的质量差异的效应将被营销技巧的效应所抵消。因此，可以合乎逻辑地得出结论，在其他一切条件都相同的情况下，当用户对质量差异一目了然时，质量差异对市场份额就具有决定意义。当质量差异比较微小时，市场份额的决定性因素则是市场营销技巧。

据此可以推论，企业应当进行这样的质量改进，若这种改进会使消费者偏好（1）由显著的弱势转化到一个可接受的程度；（2）由可接受的程度变为具有明显的支配地位。然而，如果质量改进只能使之从一种可接受水平变成另一种可接受水平，这样的改进就没有必要，因为这种情况下市场份额的决定性角色是由市场

营销技巧担当的。[详细讨论请参见 Juran (1959)。]

技术专家很容易得出这样一种结论，即他们认为产品中最重要的方面也就是用户最为关注的方面。从地毯行业看，工程师们把大部分精力投入到改进耐用性质量以及适用性的其他的技术方面。然而，一项市场调查表明，消费者选择地毯的理由基本上是感性的：

颜色	56%
式样	20%
其他感官方面的质量	6%
非感官方面的质量	18%

从理论上来说，对于较为复杂的消费性产品，只要能够获得以下两方面的量化数据，研究质量与市场份额的关系就是可行的。这两方面的数据是：(1) 消费者购买模式的实际变化；(2) 可能引起这种变化的供应商的行动。现实中，这样的信息是难以获得的。同样，在任何一种情形下，都难以得出结论为什么会购买 A 而不是 B。真正表现出来的是一些“人口统计”意义上的类型，即购买者的年龄、家庭规模等等，其中某种类型偏好 A 而不是 B。(详细讨论请参见第 18 章“市场研究与市场营销”。) 对于通过中间商销售的产品来说，消费者对质量的广泛不满会转化为“中间商的偏好”，这将对市场份额带来沉重的打击。

某家用电器制造商在产品特征、价格和交货即时性上均具有竞争力。但现场故障方面竞争性很差，因而成为消费者向商家投诉的主要原因。如下表所示，在几年时间里，该制造商 (B 公司) 便丧失了其在市场份额上的所有领先地位。该表刺激了 B 公司的高层主管采取提高产品可靠性的行动。

	各个时期市场份额的领先者			
型号价格	基年	第一年	第二年	第三年
高	A	C	C	C
中	B	B	C	C
低	C	C	C	C
特殊	B	B	B	C

工业产品与市场份额 工业产品的销售主要取决于技术性能而不是感官质量。然而，顾客偏好原理在这里仍然适用，同样也必须把质量差异同顾客偏好和市场份额相联系。其具体方法将在第 18 章“市场研究与市场营销”中讨论。

质量与竞标 许多工业产品，尤其是大型的系统，一般是通过招标的方式来购买的。对于大多数政府机构来说，法律要求它们在签订大宗合同之前必须进行招标。企业也要求它们的采购经理采用同样的做法。招标单中通常会包括质量参数，有的规定得很详细，也有的只规定性能规格。

对于参与竞争的供应商来说，中标率具有重大的意义。它们的销售额和利润主要取决于这一比率。此外，准备投标的成本也不可小视。对于大型系统而言，投标准备的成本本身就很高昂。最后，这一比率还影响着相关人员的士气。(中

标队伍的成员是同竞争者较量；而投标失败一方的队员则是在彼此争斗。）通过分析以往投标的记录来改进中标率是有作用的。表 7—3 示出的便是一个关于 20 项未成功竞标的分析。

为了制作表 7—3，一个跨职能的团队分析了 20 项未成功竞标。他们明确了未能赢得合同的主要原因和起作用的原因。该团队的研究结果显示，安装价格是影响最大的因素，在 14 次包括有安装投标的竞标失败中有 10 次都有安装价格在起作用。这一发现促成了对安装价格估算程序的修订以及中标率的提高。

表 7—3　　未成功竞标分析

	投标未成功的原因				
合同建议书	设计质量	产品价格	安装价*	相互购买	其他
A1		×	×		×
A2			××		
A3	××	×			
A4	××		×		
A5	××				
A6	××				
A7		××			
A8		××			
A9			××		
A10			××		
B1	×		×		
B2				××	
B3				××	
B4				××	
B5		×	×		
B6		×	××		
B7	××				
B8		×	×		
B9				×	
B10	×	×	×	—	—
合计	7	8	10/14	4	1

说明：× ~ 起作用的原因；×× = 主要原因。

* 只有 14 项投标涉及安装。

资料来源：*Juran's Quality Control Handbook*, 4th ed., McGraw-Hill, New York, 1988, p.3.7.

质量领先与经营战略

在营销人员中，向来有一种观点主张在决定适销性的诸多因素中质量是最为重要的因素。有一项针对 125 名高级营销经理进行的关于他们所注重的产品优势的调查（Hopkins and Bailey, 1971），得出的结果如下：

产品优势的形式	认为最重要的营销经理的百分比（%）
质量优势	40
价格低（或价值大）	17
性能多、选择余地大或用途广	12
其他	31

一项名为“市场战略对利润的影响”（PIMS）的研究（Schoeffler，Buzzell and Heany，1974）进一步证实了这些观点。这项涉及521个企业的PIMS研究考察了质量竞争力与市场份额的相关性。这一研究的结果如下：

	市场份额区间内的企业数量		
相对于竞争对手的质量	12%以下	12%～26%	27%以上
占劣势	79	58	35
均等	51	63	53
占优势	39	55	88
合计	169	176	176

确立质量领先地位 质量领先地位常常是由最初的质量优势带来的结果，这种最初的质量优势使企业赢得了市场营销人员所谓的“先到特权”。一旦获得了这种特权，就可以通过不断改进产品和有效促销使之维持下去。

获得了质量领先地位的企业通常是通过以下两种基本策略之一而做到这一点的：

- 顺其自然。采用这一方式的企业是只管努力耕耘，相信到时会自然取得收获。
- 积极争取。将实现质量领先地位确立为正式的目标，然后努力去实现该目标。

那些决定把质量领先确立为正式目标的企业很快就会发现，它们还必须就下面这一问题作出回答，即在哪些方面实现质量领先？质量领先可以存在于产品适用性的多个方面。根据企业选择的方面不同，其活动的焦点也会存在差异。

若选择的质量领先方面是：	企业就必须着眼于：
卓越的设计质量	产品开发、系统开发
卓越的符合性质量	制造质量控制
可用性	可靠性和可维修性计划
担保、现场服务	顾客服务的能力

质量领先地位--经确立便可持久保持，除非有诸多的证据表明已有竞争对手取代了这一地位。若无这种迹象，这种质量领先地位可能会维持数十年甚至上百年。然而，质量领先地位也可能因某些灾难性的变化而丧失。

据报道，某啤酒厂为了降低成本而改变了配方。在几年当中，其市场份额发生了急剧的下降。尽管后来又恢复了当初的配方，但市场份额却未能得到恢复。（参见“The Perils of Cutting Quality”，1982。）

有些场合，质量声誉不是某个企业，而是某个企业联盟建立起来的。这时，

该企业联盟就会采用并公布一些符号或标志。质量声誉通过这种标志来识别，联盟会竭尽全力来保护其质量声誉。

中世纪的行会在其成员当中实施了严格的规范和质量控制。中世纪的许多城市为了保护本城市的质量声誉，还对一些制成品实施了“出口管制”(Juran，1995，chap.7)。

质量竞争的加剧促使企业纷纷将质量和质量领先的计划扩展到了其战略性的经营计划活动当中。(详细讨论请参见第13章“战略展开”。)

“市场领导者”的概念 实现质量领先的途径之一就是同该产品的主导用户合作，共同进行产品开发。所谓主导用户是在该市场中具有影响力并被人们追随的用户。例如，在医疗界的主导用户可能是这样一位人士，“他享有国际声誉，担任数个学术团体的主席，经常受邀出席大型会议演讲或担任主席，发表了大量学术论文”(Ollson，1986)。

主导用户的确定要求进行一定的分析。(这在某些方面有点类似于辨识客户企业中对于购买决策最具有影响力的人员。)奥尔松（Ollson）举出了10种类型的主导用户，每一类都扮演着不同的角色。

具有故障倾向的产品特征的继承 从以往型号的老产品继承下来的具有故障倾向的产品特征久拖不治，会使质量领先地位就此丧失。成为痼疾的这些产品特征人所共知，因此而产生的现场故障使得售后服务人员疲于应付。尽管如此，这些具有故障倾向的产品特征还是会有许多被新型号产品所继承。这种继承轻则会影响销售额并提高成本，重则会像癌症一样摧毁看似有希望的产品线。

一个有名的例子是初期的静电复印机。在各种型号的复印机中，排名“前10位”的故障模式几乎是完全一样的。在汽车业中，类似的现象也存在了许多年。

造成这种继承的原因与困扰众多企业的内部慢性浪费的原因极为类似：

- 预警信号阻断。当浪费年复一年地发生时，会计会将之列入预算当中。这种做法阻断了预警信号，只要浪费不超过预算，就不会有警报响起。
- 没有消除浪费的明确责任。此外也有其他一些原因。技术专家有能力消除大多数的这些继承现象。可是，这些技术人员时常处于营销人员要求开发新的产品特征和过程特征以增加销售的强大压力下。此外，他们同样也不愿意把时间花在这些老问题上。从他们的文化价值观来看，创造新事物才是最大的荣耀。

令人不可思议的结果可能会是，产品线夭折在了每一个部门的尽心尽责当中。看来，除了最高管理层的干预，即设定目标来消灭这些继承，这一困境是无法打破的。

质量、收益与股票市场价格

在最高管理层以及董事会内，人们对于诸如净收入和股票价格这样的财务指标极为关注。这些指标受到了质量的影响，但同时也还受到其他因素的影响。除了进行广泛的相关性研究之外，要把质量的影响从其他的影响因素中单独分离出来还不大可能。

20 世纪 90 年代初，一些财经类媒体发表文章，对有关“马尔科姆·鲍德里奇国家质量奖”、“全面质量管理”以及其他的质量举措的价值提出了质疑。这些质疑受到了回击，其结果之一便是人们对鲍德里奇奖得主的股票价格同一般的企业股票价格所作的比较分析。分析结果使人震惊。从获奖之日起，鲍德里奇奖得主企业的股票价格攀升了 89%，而标准普尔 500 种股票的指数却只上涨了 33%（*Business Week*，1993，p.8）。

1991 年，美国总审计局（GAO）公布了一项针对 20 个鲍德里奇奖“决赛选手”（经过现场审查的企业）的研究的结果。报告的结论认为，“几乎在所有情况下，凡实施了全面质量管理的企业都实现了较好的劳资关系、较高的劳动生产率、较高的顾客满意率、较大的市场份额以及较高的利润率”（General Accounting Office，1991）。

寿命周期成本分析

一份最简单的销售合同会就某种产品（货物或服务）确定一个协议价格。例如，一杯牛奶的价格为 X 美分，一张公共汽车票的票价是 Y 美元。对于这些消费性产品来说，购买价格同时也就是使用该产品的成本。用户在喝牛奶或乘公共汽车时，除了支付最初的购买价格以外，一般不再需要支付额外的成本。用公式表示即：

购买价格＝使用成本

对于耐用产品而言，这个简单的公式不再适用了，购买价格的范围被扩展至包括了诸如投资的资本成本、安装成本以及转卖价值的扣除这些因素。使用成本也扩展至包括了运行和维修成本。甚至有些“简单的”消费品也是如此。某些服装花费在清洗和保养上的成本总和可能会超过最初的购买价格。

据说，著名喜剧演员埃德·温（Ed Wynn）在他漫长的职业生涯中穿着的一直是同一双 3.5 美元的鞋子。这双鞋在修理上花去了他3 000美元。

最优化的概念 所谓的寿命周期成本分析实质上是一个寻求最优化的概念，

这一分析要找出一组条件，使得（1）满足供应商和顾客双方的要求；（2）使两者的成本总和最小。（寿命周期成本只是这一最优化概念的名称之一。其他名称还有所有权成本、使用或耗用成本、使命成本以及终身成本。）

寿命周期成本概念具有广泛的适用性，但其实际应用却相对滞后。这一概念可以用模型来定义，在模型中规定要考虑的因素、要取得的数据以及实现最优化所需的方程。应用上的滞后并非由于建立模型的困难，而是由于不能充分获得所需数据以及文化上的阻力所致。（参见下面的内容。）

寿命周期成本分析的步骤　许多文献在组织寿命周期成本分析方面都作了深入的讨论。这里列出的步骤是一种比较典型的组织方式。[有关各种组织方式的详细阐述，可参见 Brook and Barasia (1977)；Ebenfelt and Ogren (1974)；Stokes and Stehle (1968)；Toohey and Calvo (1980)；Wynholds and Skratt (1977)。]

确定寿命周期的阶段　最优化要求在众多成本之间实现平衡，其中某些成本之间是相互矛盾的。分析的起点是确定产品在其寿命周期内所要经历的阶段或活动。这些阶段可以用流程图描绘出来，从而有助于研究小组进行分析。典型的阶段包括：产品研究、产品开发、产品设计、制造计划、生产、安装、零部件供应、运行、维修、支持服务、改造以及处置。

确定成本要素　接着的一个步骤就是为每一个阶段确定成本要素。例如，民用飞机的运行成本包括：用于维修的人工与材料、备品备件的储存、延误或飞行中断、行政管理、保险、培训、飞行运营、机组人员、飞行与空中服务、燃料与汽油（Rose and Phelps, 1979）。[有关来自田纳西流域管理局的一个例子，可参见 Duhan and Catlin (1973)。]

获取成本数据　这一步骤或许会是一个可怕的障碍。通行的核算体系只能提供一部分基本的成本信息。其他成本信息必须通过专门的研究才能获得，这要通过估算或扩大核算体系来进行。如果只集中关注几个关键的少数成本类别可以大大减少工作量。这些关键的少数类别包括了大部分的费用。同时还必须关注那些具有高度敏感性的成本类别，即那些对于一些其他因素的微小变化都会作出剧烈反应的类别。这些其他因素被称为“成本驱动因素”。

分析相互关系　这一步骤是对各成本要素之间的相互关系进行定量分析。例如，一项比较简单的分析表明，就汽车而言，轮胎的磨损主要同行驶里程和行驶速度有关。飞机轮胎的磨损则主要同起、降的次数相关。

然而，许多分析实际上要复杂得多。一个常见的例子如设计平均故障间隔时间（MTBF）以及平均修理间隔时间（MTTR）与相应的运行和维修成本，即“维修和保养”（R&M）成本之间的关系。对一些产品（如某些军用品）来说，在整个产品寿命周期内的维修和保养成本常常达到最初购买价格的数倍。这些 R&M 成本对设计 MTBF 和 MTTR 具有高度的敏感性。对这一相互关系的定量分析涉及复杂的估算，并会有很大的误差。[有关军用航空电子设备的案例，可

参见 Toohey and Calvo (1980)。]

用公式来表示的决策辅助工具 这些分析的目的是帮助决策。一般地，决策者首先要确定决策过程中涉及的成本类别。然后，在分析的基础上，建立公式，求出所确定的这些成本类别的寿命周期成本。例如，弗吉尼亚州得出了以下方程来确定某种高速公路设备的每小时成本（Doom，1969）：

$$\text{每小时成本} = \frac{\text{原始价格} + \text{用于维修的零部件} + \text{以前的利息} - \text{转卖价值}}{\text{使用小时}}$$

应用范围 从理想的角度说，寿命周期成本分析应当能够有助于有关最优化成本的战略决策。但实际上，只能对简单产品或范围比较有限的问题才可以做到这一点，如州政府室内空调的采购（Doom，1969）；最优存货水平（Dushman，1970）；维修水平对策，即选择淘汰、基本修理还是补给修理（Henderson，1979）；测试系统的要求对运行和养护成本的影响（Gleason，1981）；热循环次数的最优化（Shumaker DuBuisson，1976）。

最广泛的应用可能还是在工业产品领域。（参见下面“工业产品方面的应用”。）

不论哪种应用领域，大多数研究人员的结论认为，决定寿命周期成本的决策主要集中在产品寿命周期的早期阶段。图 7—5 是一个典型的模型(Björklund，1981)。

图 7—5 显示，寿命周期成本主要取决于产品寿命周期的早期阶段所作的决策。如此集中这一事实表明，非常有必要为产品的研制者、开发者和设计者提供一个完备的数据库，以使他们了解随后的生产、安装、运行以及维护的成本。

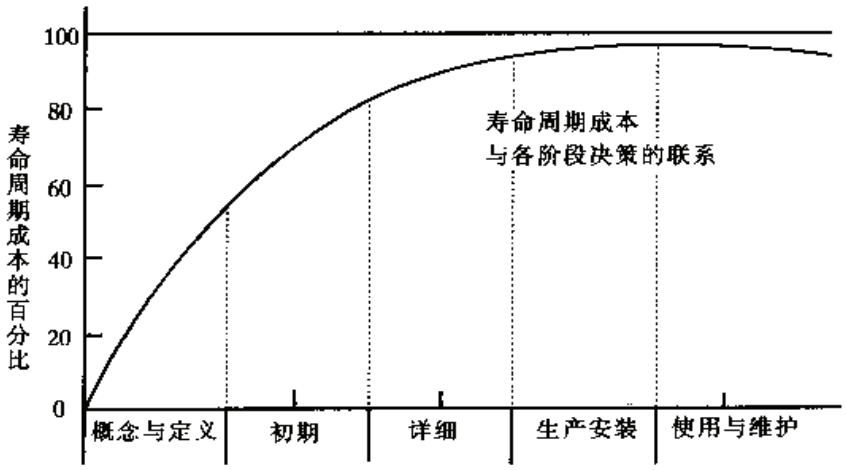


图 7—5 影响寿命周期成本的各个阶段

资料来源：*Juran's Quality Control Handbook*，4th ed.，McGraw-Hill，New York，p.3.23.

消费产品方面的应用 一项经典性的研究（Gryna，1970）发现，对于各种家用电器和电视机而言，寿命周期成本与原始价格之比为 1.9～4.8（见表 7—4）。

表 7—4　　消费产品的寿命周期成本

产品	原价（美元）	运行成本加维修成本（美元）	总成本（美元）	比率（寿命周期成本与原价之比）
室内空调	200	465	665	3.3
洗碗机	245	372	617	2.5
冰柜	165	628	793	4.8
电灶	175	591	766	4.4
煤气灶	180	150	330	1.9
电冰箱	230	561	791	3.5
电视机（黑白）	200	305	505	2.5
电视机（彩色）	560	526	1 086	1.9
洗衣机	235	617	852	3.6

资料来源：*Juran's Quality Control Handbook*, 4th ed., McGraw-Hill, New York, p.3.23.

一项称为“消费品的实际成本”（M.I.T., 1974）的研究表明，1972 年彩色电视机和家用电冰箱的寿命周期成本呈现如下的比率：

寿命周期成本的要素	彩色电视机	电冰箱
购买价	53	36
能耗	12	58
服务	35	6
合计	100	100

伦德(Lund,1978)根据其跟踪研究的成果,又提供了一些补充性的信息资料。

福迪（Fody, 1977）报告了美国的一个政府机构是如何将寿命周期成本方法率先应用于室内空调的采购的。供应商都以原价来参加投标。但是，该机构还根据各家产品的能耗考虑了预期的电力成本。从而，赢得合同的根据变成了最低的寿命周期成本而非最低报价。

有关汽车的寿命周期成本也有深入的研究。表 7—5（Federal Highway Administration, 1984）中示出的是使用 12 年、行驶里程为120 000英里（192 000千米）的中型小汽车的寿命周期成本。

表 7—5　　汽车的寿命周期成本　　单位：美元

原始价格	10 320
额外的“所有权”成本	
零部件	198
注册	240
过户	516
保险	6 691
定期维修	1 169
停驶税	33
小计	8 847
运行及养护成本	
汽油	6 651
不定期维修	4 254

轮胎	638
机油	161
联邦汽油税	514
其他汽油税	771
销售税	130
停车费及其他杂费	1 129
小计	14 248
总计	33 415

资料来源：*Juran's Quality Control Handbook*，4th ed.，McGraw-Hill，New York，p.3.24.

尽管取得消费品寿命周期成本的数据已变得越来越容易，但消费者对这些数据的利用却相对滞后。其主要原因包括：

1. 文化阻力（参见后面的内容）。

2. 对诸多的小额长寿命合同加以管理的经济性。

3. 多重所有权引起的复杂性。

多重所有权的最典型例子就是载客汽车。在美国，汽车在报废前往往会经历多次的所有权变更。即使是短期担保，所有权的转让也会引起担保合同实施上的麻烦。现行的做法通常是对所有者之间的这种转让收取一定费用。对于超出了产品使用寿命的合同，问题会变得更为复杂。

工业产品方面的应用 在工业产品方面的应用可能是进展最大的领域。一个典型的例子是航空公司关于飞机维护寿命周期成本分析策略的演变。其中的一个关键要素是针对现场运营和维护建立了翔实的数据库。在数据分析的基础上对于整体的维护策略进行了修改，既包括彻底的检修，也涉及了局部的维护。此外，数据分析还给产品的设计者及制造商带来了良好的反馈（Nowlan and Heap，1978）。

在推销工业设备的竞争中，部分内容就是要说服买主相信其产品的运行和维护成本比较低。有些场合下，这种说服是通过向买主保证产品的运行成本或允诺一份低价的维护合同来实现的。有些制造商还提供数据记录方面的帮助，以使用户能够积累起有关的产品数据，从而有助于未来的购买决策。一些工业产品用户建立了有关各类工业设备检修停工期的数据库，作为未来决策的参考。

采购资本类设备的决策方法一般都遵循在“寿命周期成本分析”一节中列出的各个步骤。考夫曼（Kaufman，1969）对这一方法进行了介绍并给出了有关的应用案例。

在国防工业中的应用 在20世纪，许多国家的政府都极大地扩大了其军事装备的保有，无论是在数量还是在复杂性上。多数国家这些军备的取得都是通过采购而非扩大政府兵工厂或造船厂的方式。寿命周期成本的概念应用于这些装备可能是最合适不过的。然而，依据最低投标价格采购的这种根深蒂固的惯行是阻碍其应用的主要障碍。

大约从 20 世纪 60 年代起，美国国防部的各个机构开始在采购合同中应用寿命周期成本概念。通过相关的命令明确了这一新的重点并清除了旧的障碍。然而，随着事情的进展，人们发现这一概念应用于政府采购要比应用于民品采购更为困难。产生这种差异的原因来自这样一些因素，如各种任务的性质、优先事项的决定制度、决策的组织以及公众监督的程度等。［有关这些差异的详细讨论，参见 Gansler（1974）、Pedrick（1968）和 Bryan（1981）。］

寿命周期概念应用于军品的迫切性引发了大量的研究文献。所发表的大部分论文都是关于对象的分类和模型的结构的。［例如，可参见 Barasia and Kiang（1978）、Peratino（1968）以及 Ryan（1968）。］

同时还有大量的关于应用的论文。这些应用主要针对的是子系统问题，如最优存货水平。还有些应用是针对较低层次的部件。有一个公开发表的例子是关于电子模块的标准化问题（Laskin and Smithhisler，1979）。还有一个例子则是关于试验设备的标准化问题（Rosenberg and Witt，1976）。［还可参见 Eustis（1977）及 Gallagher and Knobloch（1971）。］在子系统或低层次部件上的应用显然要冒次优化的风险，除非能够仔细地考察预期的改变对其他有关子系统或部件的影响。

文化阻力　文化阻力是阻碍寿命周期概念应用的一个主要因素。以原始价格为依据的采购是几千年来在商业界盛行的做法。长期以来，许多人的技能、习惯方式以及地位都是围绕着原始采购价格的概念建立起来的。这些人员如产品设计者、采购经理、营销人员等等。要导入寿命周期成本分析，就要求改变习惯方式，就有可能危及长期以来形成的技能和地位。

消费者的习惯或许是最根深蒂固的，他们是些出于个人使用目的而购买的小买主。他们很少留下有关运行和维修成本方面的记录，而且往往低估这些成本的数额。对于不太富裕的消费者来说，他们购买了代价高昂的产品这一情况可能会因以下这一事实而模糊，即他们甚至缺乏支付原始价格的资本而必须借入部分资金。此外，销售方面的法律主要是根据应用于原始价格的合同而制定的，若要应用于寿命周期成本合同还有待进一步完善。

显然，消费品生产者不可能放弃以原始价格为基础的营销方式，只要这种方式仍然是一种文化模式。他们所能做的是尝试提供一些为低成本使用而设计的产品型号，作为争取经验和时间的手段，为有朝一日会到来的寿命周期成本分析的广泛应用做好准备。

工业产品生产者在试图把寿命周期成本分析作为商机的过程中，也同样面临着文化的阻力。然而，只要数据充分，他们就能提供出相当的说服力，一些购买者就能从这些数据中认识到这种方式对他们的公司以及他们自己的益处，从而作出正确的反应。

以使用量为基础的合同　应用寿命周期成本的另一种方式是采用以使用量为基础的销售合同。这种合同把所有的寿命周期成本转移给了供应商，供应商再重

新设计系统，以使所提供服务的成本实现最佳化。

公用事业，如电话、电力等，是这方面的绝好例子。这些公用事业既不销售产品，甚至也不出租产品。它们所销售的只是服务（如多少瓦/小时的电力、多少信息单位的电话服务等）。在这种情况下，设备所有权仍然属于公用事业机构，它们有义务对设备进行保养和维修。公用事业机构的收入同确保这些设备的持续运行密切相关。当然也还有大量的其他方面的例子。例如，汽车租赁常常按实际行驶里程出租、公用洗衣店的洗衣机则按使用小时数计费。

产品的销售量有时可以转化为使用的销售量。例如，运输车队按照里程数来"购买"轮胎，航空公司根据使用小时数购买发动机，都是些常见的做法。在这一概念的应用方面，存在着许多创新的机会。

对于消费类产品，实际使用量的计量会十分复杂。因此，通常的做法是用经过的时间来作为使用量的近似值。

十全十美主义

人类有一种追求精致、美丽和完善的天性。当这种动力不受经济因素的约束时，它就创造出了各个时代的艺术宝库。这种永恒的人类天性至今仍然盛行于艺术和美学之中。

在工业社会，有许多情况下对完美的追求是同人类的需要相一致的。在食品和药物的制造中，某些有机体是必须完全消灭的，否则它们就会繁殖并对健康构成威胁。核反应堆、地下矿井、飞机以及其他易于使生命遭受灾难性损害的构造，都要求彻底的完美，以使有可能危及人类安全的危险降到最低程度。危险品的大规模生产也是如此。

然而，也有许多情况下的追求完美是同社会利益相矛盾的，因为它消耗了材料和能源，但无论从技术上还是从美学上都未能增加适用性。这种得不偿失的活动被称为"十全十美主义"，因为它增大了成本却没有增添价值。

设计质量中的十全十美主义 这常被称为"过度设计"。常见的例子有：

- 过长的寿命设计使得产品还远未用坏就已经过时了。
- 对不可见表面进行的精雕细琢。
- 公差或产品特征的要求超出了适用性需要。（军费预算观察家称之为"镀金"。）

某些情况下的过度设计很难简单地论之以对或错。例如，在电视接收上存在着一些"边缘区域"，在这些区域中常规线路设计的电视机收视效果会很差。对这些区域来说，要获得满意的图像就需要有补充线路。然而，这一额外的线路对于许多其他区域来说就是设计过度及浪费。另一种办法是设计一种边缘地区专用

的附件，但这会带来其他的问题，因为这些附件必须在非工厂条件下安装。

过度设计也可能发生在可靠性和可维修性的领域。这方面的例子如：

- “最坏情况”设计，用以防止因极不可能的不利条件的组合所导致的产品失灵。这类设计在极为关键的场合下才是合理的，除此之外不大可能采用。
- 使用过大的安全系数。
- 在常规用途的产品中应用高负荷高精度的元器件。

在设计评审阶段能够最有效地防止过度设计，这时的设计还没确定下来。在设计评审小组中通常包括了来自生产、营销、使用以及顾客服务等职能部门的成员。这样的小组可以预估某项设计的经济效果。它可以对设计中对适用性没有贡献，只是增加成本但不提高价值的那些产品特征提出异议。某些类型的设计评审则把特性进行分类，如必要、合意、不必要等。那些不必要的特性就成为需要排除的主要候选对象。

符合性质量中的十全十美主义　典型的例子包括：

- 坚持对规格的符合，尽管长期以来不符合的产品一直被成功地使用着。
- 设定的外观标准超过了用户所能感受到的水平。

克服这种类型的十全十美主义的一种方法是区分容易混淆的两种决策：（1）关于产品是否符合规格的决策；（2）关于不符合的产品是否具有适用性的决策。第一种决策可以交由基层负责，第二种决策只能由对使用条件非常清楚的人员作出。

另一种克服的方法是对成本进行量化，然后将举证的责任交给对方。

> 一位营销主管执意要把产品装得超过标签含量。生产主管对超量包装的成本进行了计算，然后请该营销主管证明这一成本可以通过销量扩大得到弥补。

十全十美主义者　那些主张十全十美的人们通常在这样做时有着良好的愿望，他们总是有一些自己认为合乎逻辑的理由。可是，他们提出的建议却不会给用户带来益处，因为：

- 所增加的完美对用户没有价值。（倡议者意识不到这一点。）
- 所增加的完美虽然对用户有价值，但不足以弥补因此而增加的成本。（倡议者没有意识到所涉及成本的规模。）
- 所增加的完美并非为了让用户受益，而是为了保护倡议者的个人地位，这些人会从所增加的完美中获得某些局部的利益，但对相应的成本却没有责任。

这些追求所具有的缺陷都会关系到成本：忽视成本、对成本没有责任、因关注其他问题而不在乎成本。对成本负有责任的人们应当量化这些成本并突出其结果，以便提出最有力的异议。

致谢

本章大量引用了下列文献：

Juran, J. M. (1991). *Juran on Quality by Design*. The Free Press, a division of Macmillan, New York.

Juran, J. M., ed. (1995). *A History of Managing for Quality*. Sponsored by Juran Foundation, Inc. Quality Press, Milwaukee.

Leadership for the Quality Century: A Reference Guide, 6th ed. (1996). Juran Institute, Inc., Wilton, CT.

Planning for Quality, 2nd ed. (1990). Juran Institute. Inc., Wilton, CT.

作者对于版权所有者允许引用这些著作深表感谢。

参考文献

Ackoff, Russell L. (1978). *The Art of Problem Solving*. John Wiley & Sons, New York.

Barasia, R. K. and Kiang, T. D. (1978). "Development of a life Cycle Management Cost Model." *Proceedings, Annual Reliability and Maintainability Symposium*. IEEE, New York, pp. 254–260.

Björklund, O. (1981). "Life Cycle Costs; An Analysis Tool for Design, Marketing, and Service." *Q-Bulletin of Alfa-Laval*.

Brook, Cyril, and Barasia, Ramesh (1977). "A Support System Life Cycle Cost Model." *Proceedings, Annual Reliability and Maintainability Symposium*. IEEE, New York, pp. 297–302.

Bryan, N. S. (1981). "Contracting for Life Cycle Cost to Improve System Affordability." *Proceedings, Annual Reliability and Maintainability Symposium*. IEEE, New York, pp. 342–345.

Business Week (1993). "Betting to Win on the Baldie Winners." October 18.

Consumer Appliances: *The Real Cost* (1974). Prepared jointly by the Massachusetts Institute of Technology Center for Policy Alternatives with the Charles Stark Draper Laboratory, Inc. Sponsored by the National Science Foundation. Available from RANN Document Center, National Science Foundation, Washington, D. C. 20550.

"Consumer Guide on Tires Is Issued by U.S. Agency"(1980). *New York Times*, December 31, p.6.

"Dishwashing Liquids"(1984). *Consumer Reports*, July, pp.412-414.

Doom, I. F. (1969). "Total Cost Purchasing Applied to Heavy Equipment Procurement." Virginia Highway Research Council, Charlottesville.

Duhan, Stanley, and Catlin, John C., Sr. (1973). "Total Life Cost and the 'Ilities'." *Proceedings, Annual Reliability and Maintainability Symposium*. IEEE, New York, pp.491-495.

Dushman, Allan (1970). "Effect of Reliability on Life Cycle Inventory Cost." *Proceedings, Annual Reliability and Maintainability Symposium*. IEEE, New York, pp.549-561.

Ebenfelt, Hans, and Ogren, Stig(1974). "Some Experiences from the Use of an LCC Approach." *Proceedings, Annual Reliability and Maintainability Symposium*. IEEE, New York, pp.142-146.

Eustis, G.E.(1977). "Reduced Support Costs for Shipboard Electronic Systems." *Proceedings, Annual Reliability and Maintainability Symposium*. IEEE, New York, pp.316-319.

Federal Highway Administration, Office of Highway Planning, Highway Statistics Division(1984). "Cost of Owning and Operating Automobiles and Vans." Washington, D.C.

Fody, Theodore, J.(1977). "The Procurement of Window Air Conditioners Using Life-Cycle Costing." *Proceedings, Annual Reliability and Maintainability Symposium*. IEEE, New York, pp.81-88.

Gallagher, B.M., and Knobloch, W.H.(1971). "Helicopter Auxiliary Power Unit Cost of Ownership." *Proceedings, Annual Reliability and Maintainability Symposium*. IEEE, New York, pp.285-291.

Gansler, J.S.(1974). "Application of Life-Cycle Costing to the DOD System Acquisition Decision Process." *Proceedings, Annual Reliability and Maintainability Symposium*. IEEE, New York, pp.147-148.

General Accounting Office (1991). "Management Practices: U.S. Companies Improve Performance Through Quality Efforts." Washington, DC.

Gleason, Daniel(1981). "The Cost of Test System Requirements." *Proceedings, Annual Reliability and Maintainability Symposium*. IEEE. New York, pp. 108-113.

Gross, Irwin(1978). "Insights from Pricing Research." In *Pricing Practices and Strategies*. E.L. Bailey(ed.). The Conference Board, New York, pp.34-39.

Gryna, F. M., Jr. (1970). "User Costs of Poor Product Quality." (Doctoral dissertation, University of Iowa, Iowa City.) For additional data and discussion, see Gryna, F.M., Jr. (1977). "Quality Costs: User vs. Manufacturer." *Quality Progress*, June, pp. 10–13.

Henderson, J. T., P. E. (1979). "A Computerized LCC/ORLA Methodology." *Proceedings Annual Reliability and Maintainability Symposium*. IEEE, New York, pp. 51–55.

Hopkins, David S., and Bailey, Earl (1971). "New Product Pressures." *The Conference Record*, June, pp. 16–24.

Juran, J. M. (1959). "A Note on Economics of Quality." *Industrial Quality Control*, February, pp. 20–23.

Juran, J. M. (1964, 1995). *Managerial Breakthrough* (first published 1964). McGraw-Hill, New York.

Juran, J. M. (1970), "Consumerism and Product Quality." *Quality Progress*, July, pp. 18–27.

Juran, J. M. (1992). *Juran on Quality by Design*. The Free Press, a division of Macmillan, New York.

Juran, J. M. (ed.) (1995). *A History of Managing for Quality*. Quality Press, Milwaukee.

Kaufman, R. J. (1969). "Life-Cycle Costing: Decision-Making Tool for Capital Equipment Acquisitions." *Journal of Purchasing*, August, pp. 16–31.

Kegarise, R. J., and Miller, G. D. (1986). "An Alcoa-Kadak Joint Team." *The Juran Report*, no. 6, pp. 29–34.

Kegarise, R. J., Heil, M., Miller, G. D., and Miller, G. (1987). "A Supplier/Purchaser Project: From Fear to Trust." *The Juran Report*, no. 8, pp. 248–252.

Laskin, R., and Smithhisler, W. L. (1979). "The Economics of Standard Electronic Packaging." *Proceedings, Annual Reliability and Maintainability Symposium*. IEEE, New York, pp. 67–72.

Levine, Richard (1987). "Breaking Routine: Voice of the Subway." *New York Times*, January 15.

Levitt, Theodore (1960). "Marketing Myopia." *Harvard Business Review*, July-August, pp. 26–28ff.

Lund, Robert T. (1978). "Life Cycle Costing: A Business and Societal Instrument." *Management Review*, April, pp. 17–23.

M. I. T. (1974). "The Real Cost." Massachusetts Institute of Technology Study. Cambridge, MA.

Morris, Ruby Turner, and Bronson, Claire Sekulski (1969). "The Chaos of Competition Indicated by Consumer Reports." *Journal of Marketing*, July, pp. 26-34.

Nowlan, F. S., and Heap, H. F. (1978). *Reliability Centered Maintenance*. Document ADA066579. Defense Documentation Center, Alexandria, VA.

Ollson, John Ryding (1986). "The Marker-Leader Method; User-Oriented Development." *Proceedings 30th EOQC Annual Conference*, pp.59-68.

Pedrick, P. C. (1968). "Survey of Life-Cycle Costing Practices of Non-Defense Industry." *Proceedings, Annual Reliability and Maintainability Symposium*. IEEE, New York, pp.188-192.

Peratino, G.S.(1968). "Air Force Approach to Life Cycle Costing." *Proceedings, Annual Reliability and Maintainability Symposium*. IEEE, New York, pp. 184-187.

"The Perils of Cutting Quality."(1982). *New York Times*, August 22.

PIMS(1978). *Pricing High-Quality Products*. The Strategic Planning Institute, Cambridge, MA.

"Pricing of Products Is Still an Art."(1981). *Wall Street Journal*, November 25, pp.25,33.

Riesz, Peter C.(1979). "Price-Quality Correlations for Packaged Food Products." *Journal of Consumer Affairs*.

Rose, John, and Phelps, E.L.(1979). "Cost of Ownership Application to Airplane Design." *Proceedings, Annual Reliability and Maintainability Symposium*. IEEE, New York, pp.47-50.

Rosenberg, H., and Witt, J. H. (1976). "Effects on LCC of Test Equipment Standardization." *Proceedings, Annual Reliability and Maintainability Symposium*. IEEE, New York, pp.287-292.

Ryan, W. J. (1968). "Procurement Views of Life-Cycle Costing." *Proceedings, Annual Reliability and Maintainability Symposium*. IEEE, New York, pp. 164-168.

Schoeffler, Sidney, Buzzell, Robert D., and Heany, Donald F.(1974). "Impact of Strategic Planning on Profit Performance." *Harvard Business Review*, March-April, pp.137-145.

Shumaker, M.J., and DuBuisson, J.C.(1976). "Tradeoff of Thermal Cycling vs. Life Cycle Costs." *Proceedings, Annual Reliability and Maintainability Symposium*. IEEE, New York, pp.300-305.

Smith, Lee(1995). "Rubbermaid Goes Thump." *Fortune*, October 2, pp.90-104.

Stokes, R. G., and Stehle, F. N. (1968). "Some Life-Cycle Cost Estimates for Electronic Equipment: Methods and Results." *Proceedings, Annual Reliability and Maintainability Symposium*, IEEE, New York, pp. 169–183.

Toohey, Edward F., and Calvo, Alberto B. (1980). "Cost Analyses for Avionics Acquisition." *Proceedings, Annual Reliability and Maintainability Symposium*. IEEE, New York, pp. 85–90.

United States Office of Consumer Affairs (1985 – 86). "Consumer Complaint Handling in America; An Update Study." Washington, DC, 20201.

Wynholds, Hans W., and Skratt, John P. (1977). "Weapon System Parametric Life-Cycle Cost Analysis." *Proceedings, Annual Reliability and Maintainability Symposium*. IEEE, New York, pp. 303–309.

(宋利芳 译)

第 8 章

质量与成本

弗兰克·M·格里纳（Frank M. Gryna）

引言
质量和成本的演变
　启迪
　评价质量成本的目标
质量成本的类别
　内部故障成本
　外部故障成本
　鉴定成本
　预防成本
　来自制造领域的例子
　来自服务领域的例子
　最后确定成本的类别构造
　国际标准和质量成本
开始质量成本的研究
　开展活动的顺序
　数据收集
不良质量成本和业务活动量成本法
质量回报率
获取对质量改进计划的支持
应用不良质量成本来促进持续改进
　对质量改进工作的促进作用
　不良质量成本的最佳水平
对不良质量成本的报告
　汇总数据
　比较基准
　报告结果
不良质量成本与经济模型
参考文献

引言

本章讨论质量如何影响一个组织的货品和服务的成本。第 7 章“质量与收益”讨论的是质量和销售收入的问题。因此，这两章对于认识质量与一个组织的财务方面的关系提供了一个框架。

我们之所以要认识和测量与不良质量相关的成本主要出于三个方面的理由，即定量阐明质量问题的规模以明确改进的必要性，引导改进活动的方向，追踪改进活动的进展情况。本章所讨论的概念和方法主要有传统的质量成本的分类，包括收益损失和过程能力成本在内的一个拓宽了的分类；业务活动量成本法；数据

收集法；质量回报率（质量收益率）；对成果的展示；取得对改进活动的支持；利用成本数据来支持持续改进；最佳化的质量水平；质量数据的报告等。本章的主旨在于通过与质量相关的成本的应用来支持质量改进活动，而非只是关注报告质量成本的制度。

我们将沿用惯例，用“产品”这一词汇来表示商品或服务。

质量和成本的演变

在20世纪50年代，企业中出现了大量从事质量工作的职能部门。这些新出现的部门的头头们面临着如何向公司的主管们“推销”其活动的问题。因为这些主管们主要使用的是“货币”的语言，因此对于与质量相关的成本的研究，为质量职能部门和公司主管之间的沟通提供了词汇。

在过去几十年中，随着质量专业人员研究的深入，取得了一些令人吃惊的发现：

1. 与质量相关的成本要远远大于在会计报告上显示的成本。对大多数公司来说，这些成本占到了销售收入的10%～30%，或占到了营业费用的25%～40%。这些成本有的是显现的，有的则是隐藏的。

2. 质量成本不仅仅是生产运作的结果，支持部门的活动同样也是主要的贡献者。

3. 成本中的很大部分是由于不良质量所造成的。这些成本被纳入了标准当中，但事实上它们本来是可以避免的。

4. 尽管这些质量成本是可避免的，但企业中既没有采取措施的明确责任，也没有进行这些活动的有组织的方法。

质量专家运用数据来帮助明确开展质量改进活动的必要性，并追踪着成本数据随时间的变化情况。

过去几十年的实践对我们有一些有益的启迪。

启迪 以下讨论的这些启迪，有助于我们为追踪和分析质量对成本的影响而制定出目标。

货币语言是至关重要的 货币是高层主管应用的基本语言。尽管一般只是估计，但这些数字却让高层主管了解了质量成本的总体规模，了解了它在生产部门以外的广泛存在，了解了有可能加以改进的主要领域。

没有这些质量成本的数字，要把这些信息沟通给高层经理会非常的迟缓和低效。

“质量成本”的含义 “质量成本”这一术语对于不同的人员有着不同的含义。有些人用“质量成本”来指不良质量的成本（主要是指发现和纠正有缺陷的

工作的成本）；有些人则指的是获得质量所需的成本；还有些人用其来表示质量部门的运转所需的成本。在本手册中，“质量成本”是指不良质量的成本。

质量成本的衡量和公布并不能解决质量问题　有些组织对不良质量成本进行评估并把评估结果以记分牌的形式予以公布，它们这样做是因为抱有这样一种信念，即只需公布结果就会激发负有责任的主管采取行动来降低成本。这些做法遭到了失败。现实情况是，仅仅公布数字是远远不够的。这样做对于以下这些活动是无济于事的，即确立项目、建立明确的责任、提供资源以诊断和排除问题的根源，以及采取其他重要步骤。为了对抗和降低高昂的不良质量成本，必须采取新型的组织机制（参见第 5 章“质量改进过程”）。

记分牌若是设计得当的话，对于激发部门之间、工厂之间和事业部之间的竞争热情确实可以起到不错的作用。要有效地发挥作用，记分牌必须与有组织的改进计划相配合。另外，记分牌的设计必须考虑组织的部门之间在运作上的内在差异。否则，进行这样的比较将会成为摩擦的根源。

质量成本的范围过于狭窄　传统上，对质量成本的衡量主要集中在不符合成本上，亦即提供给内、外部顾客的货品或服务的缺陷的成本。这些成本通常被称做外部和内部故障成本。未被衡量的一个重要成本是由于不良质量而导致的销售损失（这被叫做“隐藏成本”，因为它不容易被衡量）。另一方面，常被忽略的成本是那些尽管生产着合格的产出但却是低效率的过程所产生的超出成本。这种低效率来自过大的产品或过程的变异（尽管在规格限内），或来自冗余的或非增值的过程步骤的存在。

质量成本的传统分类已经存在了太长的时间　大约在 1945 年，一项开创性的研究提出，与质量相关的成本可归类为以下三种类别之一，即故障成本、鉴定成本和预防成本。这一研究同时强调，这三种类别并非是归纳质量成本的惟一方式，关键在于如何对总的质量成本给出一个信得过的估价。但许多实际工作者却发现这一分类非常有用，甚至找出一些巧妙的方法以使这种分类可以适用于特殊的领域，如工程设计方面。

作为上述这些启迪的源泉的实践，在质量运动中也在发生着变化：

1. 持续改进的概念在所有的领域都得到了广泛的接受，这些领域包括营利性的、非营利性的以及公共部门在内。

2. 在理解和量化质量对销售收入的影响方面有了重大的进展。

3. 重视对于跨职能过程的剖析，以降低这些过程的差错和运转周期并改进过程能力，从而提高顾客的满意度。这些分析证实了以下活动的益处，即（1）为减少差错而进行的差错原因的诊断；（2）为辨识冗余的工作步骤和其他形式的非增值活动而进行的过程分析。

从以上的启迪和质量运动的变化中，我们可以明确评估质量和成本的一些目标。

评价质量成本的目标 基本的目标是：

1. 使用能够打动高层经理的语言来定量地描述质量问题的规模。货币语言改进了中层经理与高层经理之间的沟通。有些经理会说："没必要花时间把缺陷换算成美元。我们知道质量是重要的，我们也已经知道主要的问题是什么。"但一般来说，通过这方面的研究，有两个结果会使这些经理们震惊。首先，质量成本比他们想像的要高得多。在很多产业中，它们占到了销售收入的 20% 以上。其次，质量成本的分布不仅证实了一些已知的问题领域，而且还揭示出了一些从未意识到的领域。

2. 在组织的所有活动中，识别削减不良质量成本的主要机会。不良质量成本并非完全同质地聚在一起。它们当中包括了众多的小类别，每一类都可追溯到某种特定的原因。这些类别规模不等，相对少数的几个类别构成了大部分的成本。在对不良质量成本进行评估时，一项重要的副产品就是要找出这些关键的少数类别。这有利于确定优先次序，确保资源的有效利用。我们要收集不良质量成本的数据，分析这些数据，计划改进的策略，我们的策略应当是集中攻击大冰山，而不是零打碎敲那些小浮冰。

3. 识别减少顾客不满的机会，以及识别减少因顾客不满对销售收入造成的威胁的机会。某些质量成本源自顾客对所提供的货品或服务的不满。这种不满导致了现有顾客的流失，即"顾客的背离"，也导致企业无力吸引新的顾客（详见第 18 章的"将顾客满意结果与顾客忠诚分析和过程联系起来"）。针对不满的领域采取措施，有助于保持现有顾客并创造新的顾客。

4. 提供手段，以衡量旨在抓住以上 2、3 条所列机会的质量改进活动的成果。衡量进展情况有利于保持对改进的关注，也有利于突出那些需要排除障碍的领域。

5. 使质量目标和组织的目标相一致。衡量不良质量成本是评价企业质量现状的四个根据之一（此外还有：本企业质量相对于竞争者而言的市场地位；企业的质量文化；构成质量体系的活动）。明确了不良质量成本（以及其他因素），有助于制定一个与组织的总体目标相一致的战略性质量改进计划。

总而言之，这些目标就是要努力增加产品和过程输出的价值并提高顾客的满意度。本章的讨论将应用图 8—1 所示的框架。需要注意的是，这一框架拓展了传统的质量成本概念，不仅反映了不符合的成本，而且也包括过程的低效率成本和质量对销售收入的影响。有时，使用"质量的经济性"这一说法来描述这个更为宽泛的概念，以此同传统的"质量成本"概念相区别。

我们必须强调收集这些数据的主要目标，这便是激励和支持质量改进活动。图 8—2 对此进行了归纳。该图中所使用的"质量成本"这一术语包括了下面将要讨论的预防成本、鉴定成本和故障成本这几个类别。

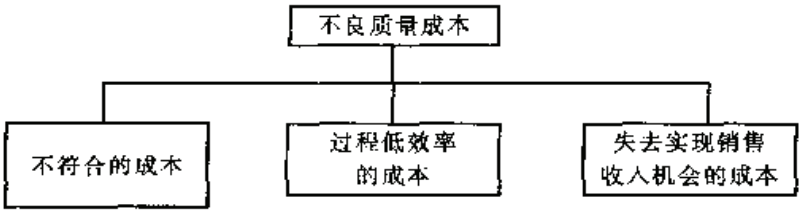


图 8—1　不良质量成本的要素

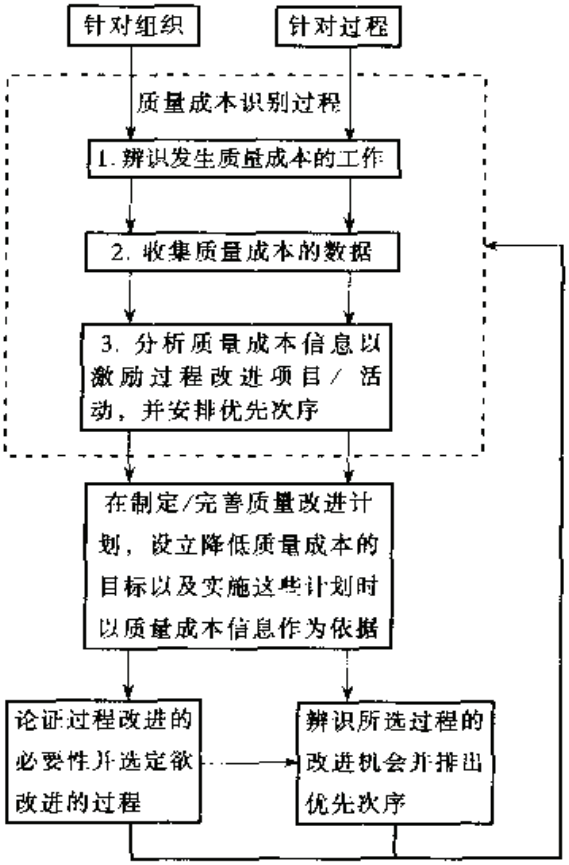


图 8—2　质量成本与质量改进

质量成本的类别

很多公司将这些成本归纳为四个类别。一些实际工作者也将这些类别称为“质量成本”。以下将讨论这些类别以及一些典型的子类别的例子。

内部故障成本　这是些交货前发现的不良的成本，它们涉及的是未能满足内、外部顾客的明确要求或隐含需要的故障（不符合）。其中还包括那些尽管产出满足顾客的要求和需要，但过程发生了损失和低效率，这些损失和低效率是可避免的。过程中如果不存在缺点，这些成本将会消失。

未能满足顾客要求和需要的故障的成本　其中包括了许多的子类，举例

如下：

• 废品。花费在那些不能够经济地修复的缺陷产品上的劳力、材料和间接费用。它有很多称呼，如废品、损毁、缺陷等等。

• 返工。对有形产品的缺陷和服务类产品的差错进行的纠正。

• 丢失或遗漏的信息。重新获取那些本应供给的信息。

• 故障分析。分析不合格的货品或服务以确定原因。

• 来自供应商的废品和返工。供应商提供了不合格产品而造成的废品和返工。其中也包括买方为了解决供应商的质量问题而发生的成本。

• 百分之百的选别检验。从缺陷率高的不可接收的产品批中挑选出有缺陷的产品。

• 复查复验。对经过返工或其他修正的产品进行再次的检查和检验。

• 对过程的变更。为纠正不良而对制造过程或服务过程进行的修正。

• 硬件的再设计。为纠正不良而对硬件设计的变更。

• 软件的再设计。为纠正不良而对软件设计的变更。

• 过时产品的废弃。对已经淘汰的产品的处置。

• 支持性活动中的废品。辅助活动中产生的次品。

• 内部支持性活动的返工。对辅助性活动中的缺陷品的纠正。

• 降级。由于质量原因导致产品降价销售而发生的正常售价和降低价之间的差额。

低效率过程的成本 其子类如下：

• 产品特性的变异。即使是产品合格也会出现这类损失。（例如，由于装填和测量设备的变异性而导致的包装过满。）

• 设备的意外停工。由于故障导致的设备能力损失。

• 库存损耗。由于实际的库存量和记录的量的差异导致的损失。

• 过程特性与“最佳水平”间的变异。与最佳水平相比，过程生产相同产出的运转周期和成本的损失。最佳水平的过程既可以是公司内部的也可以是公司外部的。

• 非增值性的活动。冗余的操作、选别检验及其他的非增值性活动。增值性的活动增加了产品对顾客的有用性，非增值性的活动却不会如此。（这一概念类似于20世纪50年代提出的价值工程和价值分析的概念。）

[有关变异与质量成本的详细讨论，请参见 Reeve (1991)。有关“白领”过程中的浪费的讨论，请参见 Quevedo (1991)。]

外部故障成本 这些是与产品到达顾客手中之后发现的不良有关的成本。其中也包括失去销售收入的机会的成本。如果没有不良，这类成本将会消失。

未能满足顾客要求和需要的故障成本 举例如下：

• 担保费用。在保证期内更换和修理产品所发生的成本。

• 投诉解决。调查和解决因缺陷产品或不当安装所导致的投诉而发生的费用。

• 退回材料。与接收和更换从现场回收的缺陷产品有关的费用。

• 折让。对顾客收到的不合规格产品或合格但不合用的产品作出减让而发生的成本。

• 因不良质量受到的处罚。这既适用于交付外部的货品和服务也适用于内部过程，如因付款延误而未能获得的准时付款折扣。

• 支持性活动的返工。对开具账单和其他的外部过程的差错进行纠正。

• 支持性活动的收入损失。例如，未能从某些客户收到应收的费用。

失去销售收入机会的成本　举例如下：

• 顾客的叛离。顾客因质量原因投奔别处而导致的当前收入的边际利润的损失。一个重要的例子是顾客由于质量原因而取消了当前的合同。

• 因质量问题而丧失的新顾客。由于不良质量导致的潜在顾客的利润的损失。

• 因没有充分的满足顾客需要的产能而丧失的新顾客。由于满足顾客需要的过程能力不足而导致的潜在收益上的利润损失。

鉴定成本　为了确定产品符合质量要求的程度而发生的成本。例如：

• 进货检验和试验。对采购产品质量的确定，形式有收货检验、原产地检验以及中间过程的监督检查。

• 过程中的检验和试验。过程中的符合性评价。

• 最终检验和试验。对产品的可接收性进行的符合性评价。

• 文件评审。对发送给顾客的各种书类文件的检查核对。

• 平衡账户。检查各类账户，保证内部的一致性。

• 产品质量审核。对半成品或产成品进行的质量审核。

• 维护试验设备的精确性。保证测量仪器和设备处于校准状态。

• 检验和试验所需的材料和服务。检验和试验工作所需的材料和供应品（如 X 光胶片）以及量大的劳务（如电力）。

• 对存货的评价。为决定是否降级而对现场储存产品或仓库库存产品进行的试验。

• 在收集鉴定成本数据时，判断的标准是所做工作的性质而非部门的名称（完成这些工作的可以是实验室的化学家、现场的检查员、检验部门的实验员，也可以是外部的某个专业公司）。还要注意，在产业界使用着大量的用来表示“鉴定”的词汇，如检查、对照、核对、评审等等。

预防成本　为了使故障成本和鉴定成本保持最低而发生的成本。例如：

• 质量计划。这包括制定总体的质量计划和众多的专门计划的一系列活动。也包括向有关方面沟通这些计划所必需的程序的设定。

• 新产品评审。推出新产品所必需的可靠性工程以及其他的同质量相关的活动。

• 过程计划。过程能力研究，检验计划，以及其他的与制造和服务过程有关的活动。

• 过程控制。为确定过程状态（而非产品的可接收性）的过程中检验和试验。

• 质量审核。对全面质量计划的各项活动的执行情况的评价。

• 供应商质量评价。在选定供应商之前对供应商质量活动的评价，在合同期间对供应商质量活动的审核，以及其他的与供应商有关的活动。

• 培训。制定并落实与质量相关的培训计划。与鉴定成本的情况类似，其中的某些培训工作并非是由质量部门的人员来做的。判定的依据仍旧是工作的类型，而非承担该工作的部门的名称。

要注意的是，预防成本特指对质量进行计划、评审和分析这些活动所支出的成本。预防成本中不包括诸如产品设计、过程设计、过程维护以及顾客服务这些基本的活动。

预防成本的汇总非常重要，因为它凸显了在预防活动上的投资之小，并且表明了通过预防成本的提高来降低故障成本的可能。作者多次观察到，高层管理者能够马上领悟这个道理并即刻采取行动来推动改进活动的开展。但经验也表明，对预防成本的衡量没必要持续地进行。这样做是为了将精力集中于主要的机会上，亦即故障成本上，同时也可以避免因争论哪些成本应当算作是预防成本而浪费时间。

本章的这一部分主要关注的是“由于在质量方面未能做好工作，我们的组织付出了多大的代价?”这一问题。这样我们将使用“不良质量成本”这一术语。由以上四类成本构成的总体中的大部分（但并非全部）都属于不良质量成本（显然，预防成本不能算作不良质量成本）。严格地讲，不良质量成本也就是内、外部故障成本之和。但这意味着，因不充分的过程而必需的那些鉴定成本的要素，如百分之百选别检验或评审，要归入内部故障成本当中。对不良质量成本的强调是因为本章的下面所关注的焦点是质量改进，而非只是衡量质量成本。

[有关质量成本的定义、分类及其他方面的讨论，Campanella（1999）是一个有益的参考。有关四种类别中的要素的详尽讨论，请参见 Atkinson，Hamburg and Ittner（1994）。Winchell（1991）提出了直接使用组织的常用语言来定义质量成本术语的一套方法。]

来自制造领域的例子 表 8—1 示出了对某个轮胎制造商的研究的例子。

对此类研究而言，这一研究的某些结论具有代表性：

1. 每年近 90 万美元的数字是惊人的。

2. 总成本中的大部分（79.1%）集中在故障成本，特别是“丢掉的废品”

和“消费者调整”上。

3. 故障成本大约是鉴定成本的 5 倍。故障成本必须首先解决。

4. 预防成本只占很少的一部分（4.3%）。

5. 某些不良质量的后果未能定量表示，如“顾客的反感”和“客户方针的调整”。在此列出这两项只是提醒它们的存在。

由于这一研究的结果，管理当局决定增加预防活动的预算。3 名工程师被委派负责确立和实施具体的质量改进项目。

表 8—1　　某轮胎制造商的年度质量成本

	（美元）	（%）
1. 质量故障成本——损失		
a. 有缺陷的存货	3 276	0.37
b. 产品修理	73 229	8.31
c. 废品的收集	2 288	0.26
d. 丢掉的废品	187 428	21.26
e. 消费者调整	408 200	46.31
f. 降级产品	22 838	2.59
g. 顾客的反感	未计	
h. 顾客方针的调整	未计	
小计	697 259	79.10
2. 鉴定成本		
a. 进货检验	23 655	2.68
b. 检验 1	32 582	3.70
c. 检验 2	25 200	2.86
d. 抽查	65 910	7.37
小计	147 347	16.61
3. 预防成本		
a. 各工厂的质量控制活动	7 848	0.89
b. 总公司的质量控制活动	30 000	3.40
小计	37 848	4.29
总计	882 454	100.00

来自服务领域的例子　表 8—2 示出了某银行的分期付款贷款过程的月度质量成本报告。表中只列出了属于上述四个类别的质量成本的活动。从这一个过程的每月 1.3 万美元的质量成本中可推算出该银行的年质量成本为 16 万美元。表 8—2 量化了一个典型的客户贷款周期（包括贷款清偿）内的贷款成本。注意其内、外部故障成本约为总质量成本的一半。这些故障成本是可预防的，现在已处在该银行的追踪和管理之下，期望能够将之减少或消除而不致在不经意中溶化在经营构造当中。从客户因遇到某种麻烦而同银行联系这一刻算起，与解决问题相关的所有成本都是外部故障成本。（同时也请注意鉴定成本的不菲数字。）

表 8—2　　分期付款贷款过程的质量成本报告

营业活动	预防	鉴定	内部故障	外部故障
办理一笔贷款：				
进行信用调查	0	0	26	0
处理 GL 票及 I/L 输入单	0	0	248	0
审查文件	0	3 014	8	0
修整文件	0	0	1 014	0
对资格等再确认	0	157	0	0
审查所有输出	0	2 244	0	0
纠正不妥项和不正确输出	0	0	426	0
纠正不完备的间接报告	0	0	0	78
与经销商就问题进行处理	0	0	0	2 482
I/L 系统的停工	0	0	520	0
I/L 培训的时间支出	1 366	0	0	0
贷款的支付：				
接收和处理支付	0	261	784	0
应答无息票支付查询	0	0	784	0
贷款的清偿：				
处理偿款并开具单证	0	0	13	0
研究偿款中的问题	0	0	13	0
质量成本小计（COQ）	1 366	5 676	3 836	2 560
占总 COQ 的比重	10.2	42.2	28.5	19.1
占报告工资费用的比重（25.6%）	2.6	10.8	7.3	4.9

资料来源：Adapted from Aubrey (1988).

以上两个例子中展示的是在工厂层次和过程层次对质量成本的研究，但这类研究也可以在其他层次上进行，如公司、部门、车间、科室、过程、产品、部件或某个具体的问题等。在较高层次上的研究一般来讲频次不高，也许按年度进行。越来越多地，质量成本的分析被作为针对某个过程或某个问题的质量改进活动的一部分来进行，其频次也根据改进活动的需要而定。进一步的讨论请参见稍后的“应用不良质量成本来促进持续改进”一节。

不良质量成本的概念适用于所有的活动。［制造方面的应用例子请参见 Finnegan and Schottmiller (1990) 和 O' Neill (1998)。在服务领域，有应用于旅馆业的例子（Bohan and Horney, 1991）和教育考试的例子（Wild and Kovacs, 1994)。在各种职能活动领域也有着广泛的应用。营销方面的例子请参见 Carr (1992) 和 Nickell (1985)；工程方面请参见 Schrader (1986)；“白领”工作方面，参见 Hou (1992) 和 Keaton et al. (1998)。在 The Conference Board (1998) 中，提供了就衡量质量成本的当前实践对 111 家公司（制造和服务）进行的一项调查

的结果。]

最后确定成本的类别构造　将全部成本划分为内部故障成本、外部故障成本、鉴定成本和预防成本的做法，有许多公司都认为是很有用的，但这种划分的结构却未必适用于所有的情况。很明显，实际工作者应当选择适合本公司需要的结构。在针对某个具体的组织确定不良质量成本时，应当牢记以下几方面的要点。

1. 质量成本的类别应当按照每个组织的具体情况来“量体裁衣”。有效的做法是参考相关文献，选择适合本组织的详细类别。所使用的成本名称必须符合组织的需要，而不是照抄文献。然后，针对选定的这个成本清单同各个职能部门进行讨论，以找出需要追加的类别，提炼所用措辞，有必要的话对成本进行合并分组。最后得到的成本类别的定义应当是最适合本组织需要的方案。

2. 关键的类别是关于故障成本的要素，因为它为降低成本和排除顾客不满的原因提供了主要的机会。这类成本是应当首先被攻克的成本。鉴定成本也是一个有待降低的领域，特别是在当故障成本的原因已被查明和排除，鉴定的必要性因此而减小时。

3. 在收集数据之前，必须就所要包括的成本类别达成一致。最高管理层也应当是达成共识的一个方面。在一开始，有关废品和返工的汇总数据能够引起管理当局的注意，并因此而触发全面的研究。这样的汇总能促使管理层的亲自参与，如召集并主持会议以最终确定不良质量成本的结构。质量专业人员和会计人员同样担负着重要的角色。

4. 某些日常发生的成本或许已被人们接受为是不可避免的，但实际上仍是不良质量成本的一部分。这方面的例子如，因适用性不良而发生的产品再设计成本，因不能满足产品规格而发生的制造过程变更成本等等。如果最初的产品设计和制造计划适当的话，这些成本是不会发生的。这些成本通常都已被人们接受为正常的运作成本，但实际上却应当被看做是改进和降低成本的大好机会。

5. 在确定不良质量成本的细类时，某些类别会存在争议。争论的焦点大多是：“这些成本不是与质量相关的成本，而是正常营业费用的一部分，所以不应当包括进来。”例如，在计算废料成本、预防性维修、士气受挫的损失时，将这些成本全部归为间接费用。

在大多数公司中，不良质量成本是个很大的数目，常常会大于公司的利润。即使不算那些有争议的类别，情况也不会改变。所以比较明智的做法是，可以忽略掉这类有争议的成本以避免争论，这样有利于将注意力集中于有可能降低成本的那些主要领域。有些量化质量成本的努力之所以失败，便是由于某些专业人员过于固执非要将某些有争议的成本包含进来所致。以下这个提问会很有指导意义，即：“若所有缺陷都消失了，这一有争议的成本是否也会消失？”若答案是肯定的，则表明这一成本与质量问题有关从而应当包括进来；若回答“不会”，则

表明这类成本不应被包括在不良质量成本中。

最起码，可以将有争议的类别从总数中分离出来，从而将注意力指向主要问题，即故障成本上。

隐藏成本 由于有一些难以估计的成本，从而使得不良质量成本会被低估。这些“隐藏”的成本既可能发生在制造领域，也可能发生在服务领域。其中主要包括：

1. 销售的潜在损失（见上述“外部故障成本”）。

2. 由于不良质量导致的产品再设计成本。

3. 由于没有能力满足产品的质量要求而导致的过程变更成本。

4. 由于质量原因导致的软件变化的成本。

5. 设备和包括计算机信息系统在内的各种系统的停工检修成本。

6. 因历史表明某种程度的缺陷不可避免而使标准有所放宽，由此而吸收在标准中的成本：

(1) 过量采购原料。采购者的订购量超出生产需要量的6%。

(2) 生产过程中允许的废品和返工量。历史表明3%是“正常”的，会计将之纳入了成本标准。某会计说：“我们的废品成本是零。生产部门能够保持在我们已纳入标准成本的3%限内，所以废品成本是零。”哈，自欺欺人的“数字游戏”。

(3) 时间标准中留出的废品和返工余量。某制造商在某些作业的时间标准中允许有9.6%的余量以备废品和返工之需。

(4) 过大的过程设备能力。某制造商在计划中留有5%的设备意外停工时间以及多余的备用设备。在这种情况下，只有当这一标准值超出时才会有警报信号。但尽管运作在这一标准之内，其成本仍然是不良质量成本的一部分。它们代表着改进的机会。

7. 由于缺陷和差错造成的额外间接成本。如场地费、库存费等。

8. 未报告的废品和差错。如由于害怕受处罚而从未报告的废品，或将某个废品记在了某项总分类中而未确认为废品。

9. 由于过度的产品变异（即使在规格限内）而导致的额外过程成本。例如，一个符合标签重量要求的洗衣粉填装过程，但为了弥补填装过程的变异性却把过程的目标设定得高于标签重量。见前述“内部故障成本”中的“低效率过程的成本”。

10. 支持性活动中的差错成本。如订单填报、发送、顾客服务、开具账单等。

11. 在供应商公司内发生的不良质量成本。这类成本包含在了购买价格中。

这些隐藏的成本会累计成为极大的数字，有时是所报告故障成本的3～4倍。若人们能够就将某些这类成本包括进来达成共识，若能够获得可信的数据或估计

值，则这些成本就应当包括进来。否则，可以留待将来研究。

在量化某些隐藏成本方面已经有所进展，其中有些已经被包括进了前述的四种类别当中。显在的不良质量成本只不过是“冰山的一角”而已。

阿特金森等人（Atkinson et al.，1991）在其研究中，对质量成本研究的演变进行了回顾，提供了针对四个组织（制造和服务）的研究结果，并对质量成本数据在持续改进计划中的应用进行了说明。

国际标准和质量成本　质量成本问题在 ISO 9004—1（1994）《质量管理和质量体系要素——指南》的第 6 部分“质量体系中的财务考虑”中进行了阐述。这一标准是建议而非强制。其中提出了三种数据收集和报告的方法（但并不排除其他方法）：

1. 质量成本方法。即上述的故障、鉴定和预防成本的方法。

2. 过程成本方法。这一方法是收集某一过程的数据而非某一产品的数据。全部过程成本被区分为符合性成本和不符合成本。符合性成本包括为满足顾客的表述的和隐含的需要而发生的所有成本。注意这是在过程无故障运行的情况下发生的成本，即原材料、劳动力、包括预防和过程控制活动在内的间接费用。这一成本中包含了过程的低效率成本。不符合成本即传统的内、外部故障成本。其焦点在于既要降低符合性成本，也要降低不符合成本。

3. 质量损失方法。这一方法中包括了内、外部故障成本，但更为广泛。从理论上讲，这一方法设法收集很多“隐藏”成本的数据，如由于不良质量而导致的销售收入的损失，过程的低效率，以及某个质量特征偏离目标值而仍在规格限内时所导致的损失。这种方法可使用田口（Taguchi）质量损失函数来估计成本。

[关于这三种方法的比较请参看 Schottmiller（1996）。为了提供进一步的指南，国际标准化组织的 176 技术委员会正在起草一个文件，即 ISO/CD 10014，《质量经济性管理指南》。该文件兼顾成本和顾客满意问题，且同时适用于营利的和非营利的组织。在 Shepherd（1998）中，对于成功地实施了 ISO 9000 标准的 50 多个组织在开展质量成本活动方面的经验进行了讨论。]

开始质量成本的研究

对不良质量成本的研究逻辑上来讲当由会计师进行，但现实中采用着的是另外一种途径。某位质量经理学习了质量成本的概念，会向会计师提出是否开展这样的研究。会计师会回答说：“记账可没用这种方式。”会计师确实提供了有关废品、返工或其他类别的成本数据，但不会接受建立一个完整的成本分类并依此来收集数据。这位质量经理此后会采取以下两种途径之一：（1）自行建立所需的成本分类并收集数据；（2）将会计师提供的有限数据上报给高层经理，并建议发动

会计、质量和其他职能部门的资源来进行全面的研究。第二种方式更容易使研究的结果被人们所接受。

开展活动的顺序 以下的顺序适用于大多数的组织。

1. 研究消化有关质量成本的文献。向类似行业应用质量成本已经取得经验的人士进行咨询。

2. 选择公司中的某个单位作为试点。试点单位可以是一个工厂、一个大的部门、一条产品线等等。

3. 同组织中的关键人员，特别是来自会计部门的人员，讨论质量成本研究的目标。有两个目标是极为重要的，即明确质量问题的规模，确立改进的具体项目。

4. 从会计系统中收集那些比较容易得到的各种成本数据，并使用这些信息来获得管理当局对开展全面的成本研究的支持。

5. 向管理当局提交开展全面的成本研究的建议书。建议书中应当提出一个由来自所有有关各方的成员组成的一个项目小组，以确认发生不良质量成本的各种工作活动。为确认这些活动，可利用工作记录、职务说明书、流程图、面谈以及头脑风暴会议等形式。

6. 公布一个界定不良质量成本类别的草案，以征求意见并进行修订。

7. 最后确定质量成本的构成类别，并取得管理层的批准。

8. 就数据收集和编制报表的职责达成共识。

9. 收集和汇总数据。理想地，这一工作应由会计部门来承担。

10. 将质量成本的结果会同一个典型的质量改进项目（如果可能的话）的结果呈报给管理当局。并要求批准在全公司范围内开展衡量质量成本的计划并实施改进项目。有关内容参见下面的“获取对质量改进计划的支持”。

当然，上述活动顺序应当结合每个组织的具体情况来加以确定。

与不良质量相关的成本通常会涉及大量的部门（见图 8—3），因此在数据收集时对此进行周密的计划是非常重要的。

发生不良质量成本的活动	在组织中的位置				
	部门 A	部门 B	部门 C	部门 D	其他
找出订货延误	•	•			
更正错误的账单	•		•		
发货延误的加速安装	•			•	
安装时的故障排除		•	•	•	
实施保修活动	•		•	•	
废品的处置		•			
安装不当的置换	•		•	•	
其他					

图 8—3 跨部门的不良质量成本

资料来源：Romagnole and Williams，1995.

数据收集　在最初开展的质量成本的研究中，对成本数据的收集可通过以下几条途径：

1. 现有的账户。如检验部门所进行的鉴定活动，以及为解决顾客问题而支出的保证费用，这些成本都可以从会计账户中获得。

2. 对现有账户的构成进行分析。例如，假设有一个账户名叫“顾客退货”，这一账户记录了所有退回商品的成本。某些商品被退回是因为它们有缺陷，将这类商品的成本归类为“不良质量成本”是恰当的。其他商品被退回可能是因为顾客在削减存货。将不良质量成本和后一种成本区分开来，需要对基本退货单据进行研究。

3. 基本会计单据。例如，某些产品的检验是由生产部门的人员来完成的。只要取得这些人员的名字和他们的工资数据，便能够量化这些质量成本。

4. 估计。从了解情况比较多的人员那里获取信息无疑是重要的。另外，还需要有一些其他的方式：

(1) 临时记录。例如，一些生产工人花费他们的部分工作时间用于修理有缺陷的产品，可以让其主管建立一个临时记录记下维修时间以及相应的维修成本。这一成本便能将工人们的这部分时间反映在所研究的质量成本当中。

(2) 工作抽样法。这种方法就是对作业活动进行随机观察，花费在预先确定的每一类活动上的时间百分比就可以估算出来（Esterby，1984）。在一种方法中，要求雇员们将所观察结果记录为预防、鉴定、故障或首次工作。

(3) 总资源的分配。例如，在某个工程部门，有些工程师要用部分时间对产品故障进行分析。但该部门并未规定将工程时间划分为多重栏目。通过临时记录几周工作日志，请每位工程师来估算他们花在产品故障分析上的时间。由于这些时间是花费在产品故障上的，相应成本便被归类为故障成本。

(4) 单位成本数据。在这里，先估算出纠正一个差错的成本，再乘以每年发生的差错数量。这方面的例子如账单差错和废品。要注意每个差错的单位成本也会是由来自若干不同部门的成本构成的。

(5) 市场研究数据。由于不良质量而导致的销售收入的失去是不良质量成本的一个组成部分。尽管失去的这一销售额难以估计，但针对顾客满意和忠诚所作的市场研究可以提供有关不满意顾客和流失的顾客的数据。通过计算便可估计出损失的销售收入。表 8—3 示出的是从银行业获得的一个样本情况。注意这种方法是以年度销售收入为根据，没有考虑失去顾客对公司的长年忠诚的损失。更加全面的计算可参见第 18 章中的“将顾客满意结果与顾客忠诚分析和过程联系起来”一部分内容。同时要注意在表 8—3 的计算中没有考虑因竞争手段而被挖走的那些满意的顾客。

有一个特别的问题是，是否所有的缺陷产品都得到了报告。一个估计废品总量的方法是投入—产出分析。某模铸塑料产品制造商按照如下的程序来进

行分析：

1.（从库存记录中）确定投入到制造过程中的原材料重量。

2.确定已发货的产成品的重量。必要时，将发货量由件数转换成重量。

3.由第1步的结果减去第2步的结果算出总的损失。

4.从中减去在制品的量和产成品的库存量。

算出的结果便是不能说明去向的原材料的量，可以将之推测为是由于缺陷产品（或其他不明原因）所造成的。这一结果和所记录的缺陷产品数量的比较，对于所记录的缺陷品数量提供了一个有效的核对。

另一个特别的问题是那些虽然少见但却数量巨大的成本。例如，一项产品责任成本。这种成本可采用两种方式处理：(1) 将这类成本和构成总成本的其他类别分开，用一个专门的类别来加以报告；(2) 计算一个期望成本，方法是用这类小概率事件发生的概率乘以这类事件发生而招致的成本。

在数据收集过程中经常可以见到的一个错误是过度地追求数据的精确性。这没有必要，而且会造成资源和时间的浪费。我们要确定不良质量成本的目的是为了证明质量改进的必要性并推动活动的开展，同时辨识关键的问题领域。相对于这一目的而言，在确定不良质量成本时有±20%的精确度便足够充分了。

[在 Briscoe and Gryna (1996) 中，针对应用于小企业时的成本类别和数据收集进行了讨论。]

表 8—3　　因不良质量而损失的销售收入　　单位：美元

10 000 000	年顾客服务收入
1 000	顾客数
×25%	不满意顾客占总数比例
250	不满意顾客数
×75%	顾客另寻卖主的比例
	（不满意顾客中的60%～90%）
188	顾客流失数
×10 000	平均每一顾客所贡献的收入
1 880 000	因不良质量而损失的收入

资料来源：The University of Tampa (1990).

不良质量成本和业务活动量成本法

在计算不良质量成本时有一个问题就是如何处理间接成本。在实践中所用的方法有三种：使用直接人工成本或某些其他基数将全部间接成本包括在内；只包括可变的间接成本（这是常用的方法）；或根本不包括间接成本。间接成本的分摊肯定会对计算总的不良质量成本产生重大影响，同时也会对确定这一总成本在

不同部门的分布产生重大影响。业务活动量成本法（activity-based costing，ABC）有助于对间接成本进行合理的分摊。

传统上，制造业的间接成本是依据直接人工小时、直接人工金额或机器小时，而分摊到各职能部门和产品上。当所使用的单一基准（如直接人工小时）能够说明大部分的运作成本时，这种方法是很有效的，正如它在以往所表现的那样。可是，时代已经发生了变化。

在过去的 20 年间，制造业和服务业的许多企业的成本结构和生产产品的方式都发生了重大的变化。直接人工成本过去在产品和服务的总成本中约占50%～60%，而间接成本约占 20%。随着机器人和其他现代化生产方式的采用，企业的自动化程度越来越高，直接人工成本在总成本中的比重已经降为约 5%～25%，而间接成本的比重却增加到了 75%左右。

业务活动量成本法（ABC）是一种旨在提高成本计量效果的会计方法，其重点放在各主要成本要素上。为了达到这一目的，ABC 方法依据引发间接成本要素发生的因素（业务活动）来分配间接成本。这些引发成本的因素被称为“成本致因”（cost drivers），它是使间接成本增加的一些可测量的活动。有些小的成本有很多“成本致因”，通过使用计算机技术对这类成本进行有效追踪记录，ABC 方法可以使确定产品成本的方法大为优化。这些“成本致因”类似于传统的间接成本分摊法中的一个成本分摊依据，如直接人工小时。但是，ABC 方法的成本致因并非仅有一个（如直接人工小时），而是有很多。例如，机器调整、购货订单、发送货物、维修请求等等。对于每一项“成本致因”，都可以得出一个间接成本率，算法是用这一“成本致因”的总成本（如所有机器调整的总成本），除以“成本致因”活动量（如调整的数量）。所得到的间接成本率如：每次机器调整 90 美元，每张订单 40 美元，每次发货 120 美元，每次维修请求 80 美元。这些间接成本率便可以应用于具体的产品上，这意味着每一项产品或服务并非以完全相同的程度使用了间接成本的每一个要素，还有些情况下或许根本就用不到某些成本要素。这种更为精确的间接成本的分配方法会改变总的不良质量成本的计算，也会改变其在各部门间的分配，从而影响各项改进活动的轻重缓急的确定。

业务活动量成本法不仅仅是一种用于分配间接成本的方法。这一更为明确的“基于活动的成本管理”的观点强调，要从降低成本的角度出发，在最必要的领域开展改进活动。

[Garrison and Noreen (1994) 是一本基础性的会计教材，其中既阐述了业务活动量成本法，也讨论了有关质量成本的内容。有关业务活动量成本法和质量成本的其他参考资料还有 Dawes and Siff (1993)，Hester (1993)，以及 Krause and Gryna (1995)。]

质量回报率

改进活动必须有资源的投资，而进行投资的正当性又要靠显著的改进获益来支持。图 8—4 示出了应用不良质量成本这一概念的长期效果。我们将把这里的获益与投资的比较称为“质量回报率”（ROQ）。因此，ROQ 便成为真正意义上的投资回报率（ROI），其意义与应用于诸如设备或广告这样的投资是一样的。

根据拓宽了的不良质量成本的范围（参看前述的“质量成本的类别”），开展质量改进的获益既包括了对成本的降低，也包括了对销售收入的提高。

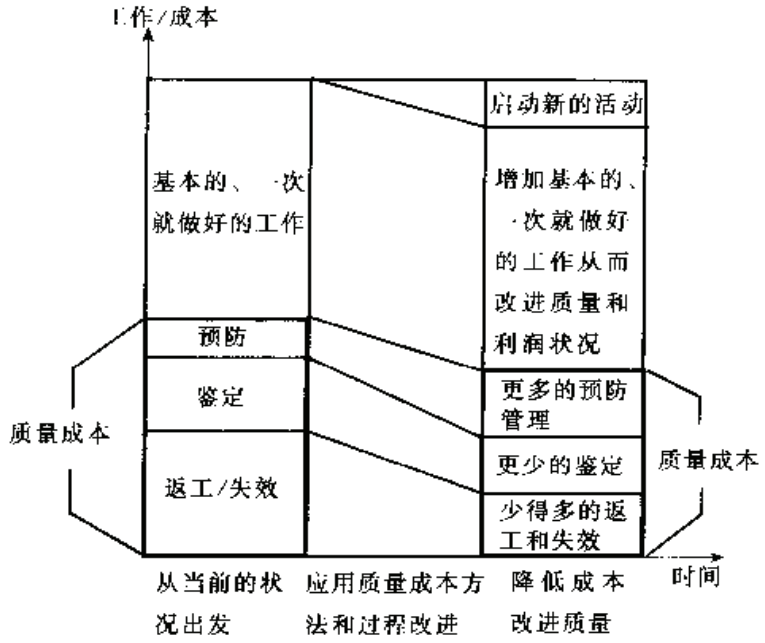


图 8—4 开展质量成本核算的效果

资料来源：AT&T，1990，p.9.

质量改进的获益主要有：

• 减少了故障成本。当然，期望获得的节约必须以具体的改进计划为基础。通常，这些计划的目标是在 5 年内将不良质量成本削减 50%，但除非明确界定了有待改进的问题领域并制定了分配有资源的行动计划，这一潜在的获益将很难实现。在估计当前的质量成本时，不要将有争议的或模棱两可的项目包括在内以抬高当前成本。这会使决策性的评审会议陷入对数字的真伪的争吵当中，反而忽略了改进建议的真正价值所在。

• 改进了过程能力。预期的节约可以来自（在产品特性或过程特性方面）变异性的降低，也可以是由于减少了其他的过程损失，如多余的操作、选别检验、遗漏信息的索取，以及其他的非增值性的活动。同其他的获益一样，这方面

的预期节约也必须以改进计划为基础。

• 减少了顾客的流失。一个早期的衡量顾客是否会流失的指标是顾客对于市场调查中下面这一提问的回答，即“你还会再次购买这种产品吗?”笔者早先曾用这一方法做过调查，在洗衣机的当前顾客的一个样本中，有 10.5% 的顾客回答他们不再购买。其原因在于他们对这种机器不满，而不在于经销商或价格。如果每台洗衣机的利润为 50 美元，则可能会发生的顾客流失将造成的利润损失就能估算出来。在对于减少顾客流失的活动所具有的效益进行定量分析方面已有很大进展。这方面的参数包括：在顾客寿命周期内流失的顾客的经济影响，留住现有顾客的质量水平，以及处理顾客投诉的质量对于留住顾客的影响(见第 18 章的“将顾客满意结果与顾客忠诚分析和过程联系起来”)。[Rust, Zahorik and Keiningham (1994, chap.6)对此还有进一步的讨论。]还是那句话，除非明确了问题所在的领域并制定了行动计划，这种潜在的效益是不会化为现实的。

• 增加了新的顾客。这是一项最难以量化和预测的益处。质量改进使得货品和服务对于新顾客更具魅力，这无疑会增加销售收入。但增加的数量和时机取决于许多内部的行动和外部市场的力量。值得注意的是，随着不良质量成本的降低，会有充分的资源用于开发产品和服务的新特征，而无须提高价格。其结果往往是市场份额的显著增加。

为了实现这些益处所必需的投资包括：诊断及其他形式的分析、培训、产品和过程的再设计、检测和试验，以及设备。令人吃惊的是，许多改进项目很少要求昂贵的设备或设施。投资主要集中在分析工作方面。

在 ROQ 的计算中需要注意的一个问题是关于假设和估计。假设和估计必须具有现实性，这样才能使 ROQ 看起来具有可信度。要避免假设纯粹理想化的前提条件，这样的条件永远不会发生。同样，估计数字对 ROQ 的影响必要时可应用“敏感性分析”来评价。这种方法通过改变估计数（如 ±20%），然后对 ROQ 进行重新的计算，从而观察估计数的精确度对 ROQ 的影响。重新计算的 ROQ 肯定会有变化，但如果变化很小，则表明估计是可信的。

请注意，质量收益的第一个来源（减少差错成本）是建立在已经发生的相对“硬性”的成本数据之上的。如果不采取改进行动，这一成本还将继续发生。质量收益的第二个来源（减少顾客流失的成本）同样是一个已经发生的（销售收入上的）损失。其他来源（改进过程能力和获得新的顾客）虽不是建立在现有损失的基础上，但却代表着重要的机会成本。在过去，由于很难量化其他收益的来源，质量改进活动的成本节约一直主要是以差错成本为依据的。但是，在定量分析质量对销售收入的影响方面所取得的进展，使得在质量回报率的计算中考虑对收入的影响已经成为可能。在最低限度上，ROQ 的计算可以以差错成本的节约为基础。当能够获得其他方面的数据时（如过程信息或市场研究数据），就应当将其他三个来源之一或更多的估计数字包含进来，计算总的获益。这里应当注意

的是，这一扩展了的不良质量成本的观点，可能会使“传统”的质量改进活动（降低差错成本）与其他方面的努力（增加销售收入）混在一起，使得传统的减少差错的努力不再那么耀眼。这两方面的努力对我们来说都是必需的，正如我们既需要太阳又需要月亮一样。

某项在质量活动方面的投资的回报率可以转换为平均年度获益与最初投资的比率。（注意其倒数，即投资除以年度节约，代表着以此节约偿还投资所需要的时间，即“投资回收期”。）但这种方式计算出来的 ROQ 只是一个近似的回报率，因为它忽略了节约所涉及的年限以及资金的时间价值。有一种更加精致的方法是要计算未来收益的“净现值”。这意味着要运用经济数学计算出相当于未来年度所获节约的今天的价值（见 Grant，Ireson and Leavenworth，1990，chap.6）。[Rust，Zahorik and Keinubghan（1994）提供了一种计算 ROQ 的方法，综合考虑了传统的差错损失的节约，根据市场研究信息计算的因留住顾客而增加的销售收入，以及资金时间价值。]

[Wolf and Bechert（1994）提出了一种方法，用于确定预防和鉴定的投入在减少故障成本方面的回报。Bester（1993）讨论了净价值生产率的概念，这一概念涉及了质量成本和质量价值。]

获取对质量改进计划的支持

向管理层呈报质量成本研究结果的人员必须准备回答管理层会提出的这样一个问题：“为了减少这些不良质量成本，我们必须采取什么行动？”

许多公司的质量控制都遵循着这样一个看上去很明显的模式，即当缺陷增加的时候，就采取加大检验力度的措施。这种方法是失败的，因为它没有消除缺陷的原因，只是检测而没有预防。为了显著而持久地减少缺陷和降低成本，必须确立一个过程来攻克主要的损失源，即故障成本。这样的攻克行动要求以一个项目接一个项目的方式连续进攻。这些项目反过来又要求有各种类型的资源（见第 5 章“质量改进过程”）。资源的投入必须要有预期的收益来证明其正当性。在辨识关键的少数问题上每花费的一个小时，通常会需要 20 个小时来诊断和解决这个问题。

为了获得高层主管对于质量改进项目的批准，应当采取如下的步骤：

1. 证实当前质量成本的规模之大已不容无所事事（见表 8—1 和表 8—2）。

（1）使用总计数字来说明质量改进的必要性。总计数字在质量成本研究中是最重要的数字。通常，经理们会为这一数字之大而大吃一惊，他们从未想到数量会有如此之大。一个令人难忘的例子发生在一个处于行业领先地位的飞机引擎制造厂。当总经理了解到总的质量成本的规模后，他立即召集其副手们来讨论全面的行动计划。负责陈述报告的人员必须精心准备，要准备到让那些持怀疑态度的

人也信服的程度。很可能人们会不相信这一成本数字。但如果管理层事先已经同意了对不良质量成本的界定，且会计部门已收集了有关数据或参与了数据收集的过程，人们的这种怀疑就会得到避免。同样，不要把有争议的或模棱两可的项目包括在内以抬高所呈报的成本。

（2）将总计数字与各种经营指标联系起来。将总的质量成本和经理们熟悉的其他数字联系起来有助于人们理解这一总成本。在公司中有两种通用的语言。“基层”通行的是“物”和“事”的语言，如车间面积的平方米数，每周 400 吨的产量，36％的废品率，每周完成 9 000 项服务交易等。“高层”通行的是“金钱”的语言，如销售收入、利润、税收、投资等。中层管理人员和技术专业人员必须会讲两种语言。他们必须能够同“基层”用“物”的语言交谈，同“高层”则使用“金钱”的语言。表 8—4 为我们提供了将年度不良质量成本和各种经营指标相联系的实际例子。某公司正全力以赴以如期交货，质量成本就被表达为相当于增加的产量。这与经理们所关注的主要目标重合了起来，从而唤起了他们的重视。在另一个公司，公司每年 1.76 亿美元的质量成本，这一数字与公司拥有 2 900名雇员、占地 110 万平方英尺、在制品库存 600 万美元的公司的一个分厂联系了起来。它相当于全年的每一个工作日该厂都在生产 100％的缺陷产品。该公司在本行业中还是质量领先者。与此类似，在一个飞机制造公司，人们发现将返工时间转换成飞机交货的积压量也是非常有效的，这意味着减少返工时间就能有更多的时间用来制造飞机。

（3）可能的话，提出各类主要质量成本的小计数字。按照前述的“质量成本的类别”中讨论的四种类别来归类是比较有效的。通常，大多数质量成本都与内、外部故障成本有关。适当的改进顺序应当是首先减少故障成本，而非一开始就从检验成本开刀。随着故障的减少，我们可以继续前进，进而削减检验成本，等等。

表 8—4　　管理者使用的语言

货币语言（年不良质量成本）
24％的销售收入
15％的生产成本
每普通股 13 美分
每年 150 万美元的利润却有 750 万美元的废品和返工损失
每年 1.76 亿美元
一个部门运营成本的 40％
其他语言
相当于公司一个工厂全年的工作是在 100％地制造废品
工程资源的 32％花在了寻找和纠正质量问题上
生产能力的 25％用在了纠正质量问题上
有 13％的销售订单被取消了
70％的库存是由于质量水平低而招致的
有 25％的生产人员是在纠正质量问题

2. 估计会取得的节约以及其他益处。

(1) 如果公司以前从来没有实施过有组织的减少与质量相关的成本的计划，那么一个合理的目标就是在5年内，将这些成本削减50%。

(2) 不要暗示说质量成本可以降到零。

(3) 对于那些不能量化为质量回报的组成部门的益处，可以用无形的因素表达出来以强调改进计划的正当性。有时，质量益处可以同高层管理者高度重视的问题联系起来，如满足交货进度的要求，控制资本支出，减少交货订单积压等。在某化学品公司，说明质量改进项目必要性的一个关键因素是，它能够显著减少为了扩大工厂产能的一项重要的资本开支。在这个工厂，大部分不良质量成本可归因于每年对40%的产品批的返工。改进项目的实施有望将返工率由40%降为10%，从而原先被返工所占用的产能被节省了出来。

3. 计算由于质量的改进所带来的投资回报率。可能的话，这一收益应当反映出传统的不良质量成本的节约，因过程能力改进而带来的节约，因减少了顾客流失和增加了新顾客而导致的销售收入的增加。参见前述的“质量回报率”。

4. 用公司在历史上曾取得的成功的改进案例（“典型”项目）来确证广泛开展活动的必要性。

5. 确定最初的改进项目。借助于帕累托分析这一重要工具可以区分出不良质量成本中的“关键的少数”和“有用的多数”要素。这一概念以及其他一些有助于确定项目的方法在第5章中的“帕累托原理的应用”一节中进行了讨论。图8—5展示了这一概念的一种不太常见的应用。在这个“复式帕累托”图里，横轴表示（以等级次序）不良质量成本的每一主要类别，纵轴表示（以等级次序）各主要类别的子类。这样，前两类主要类别（有关病人护理的成本和有关设施的成本）占到了总成本的80%。在64%的与病人护理有关的成本中，约54%与医院活动的变异有关，46%与外部病人吞吐量的最佳化有关。这样的图示对于触发人们的行动颇为有效。

6. 提出质量改进计划的框架，包括组织、问题的选择、培训、进展情况的评审、计划日程安排等。有关内容请参见第5章“质量改进过程”。一个有效的质量改进计划，必须具有充分的理由和根据。有关强调正当理由的各种方法在第5章中的“取得高层管理当局的赞同和参与”中进行了更加详细的讨论。

应用不良质量成本来促进持续改进

正规化的质量改进活动是以项目的方式来攻克一个又一个的具体的质量问题的，在这一进程中，对不良质量成本的衡量具有几方面的作用。

对质量改进工作的促进作用 这些作用包括：

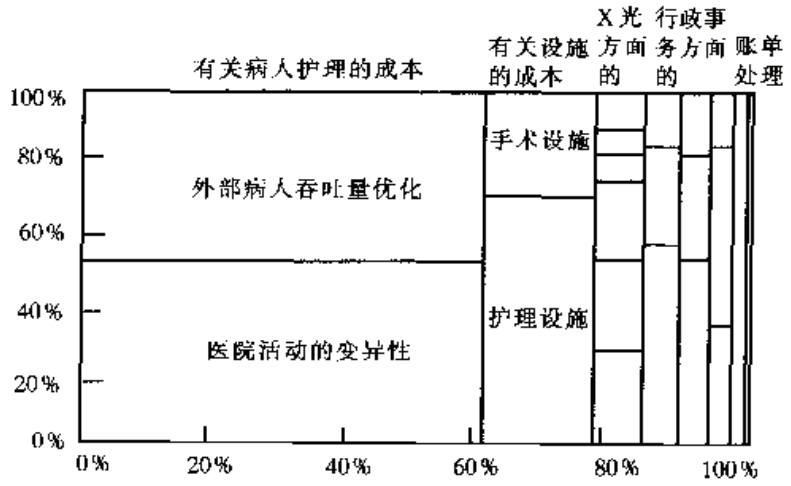


图 8—5　梅奥·罗切斯特的改进机会

资料来源：Adapted from Rider, 1995.

1. 确认某一单个问题造成的最大损失和要消除的具体成本。这有助于将诊断活动的重点瞄准问题的根源。图 8—6 所展示的是关于一个专门报告的例子，该报告对一个成本要素（罚款）进行了剖析，并汇总了不良质量成本方面的数据，从而能够确认“招致成本的活动”以及“根本的原因”。

2. 为有关项目所采取的治疗措施的有效性提供测量的尺度。这样，质量改进项目团队应当能够衡量成本以确保治疗措施的有效。

3. 对特定的质量成本提供定期的报告。可以每季度或每半年发布一次。

4. 重复全面的不良质量成本研究。这类研究可以每年一次，以评估公司的整体质量状况并有助于确定未来的改进项目。

5. 运用帕累托分析及其他的选择问题的技法来分析全面研究的结果（见上述第 4 条），确立未来的改进方案。

要注意的是，这里的重点在于利用不良质量成本分析来确立改进方案并对改进团队的工作起到支持作用，而非只是编制那些令人沉闷的成本报告。

不良质量成本的最佳水平　当质量成本汇总报告首次呈报给经理们的时候，通常会被问及的问题之一便是：“这一成本多大就是合适的?”经理们要寻找一个标准（“常态”）与自己的实际成本相比较，以便判断是否有必要采取行动。

不幸的是，很难获得信得过的标准数据，因为：（1）企业几乎从不对外公布这类数据；（2）不同的企业有着不同的不良质量成本界定。[在一项公开发表的研究中，Ittner（1992）针对 72 个制造单位的这四类质量成本数据进行了归纳，这 72 个单位分属于 5 个行业的 23 家公司。] 但有三个方面的结论还是不容置疑的：对于各种复杂的产业部门而言，总的质量成本是很高的；故障成本在总成本中占有最大的比重；预防成本在总成本中的比重很小。

应用图 8—7 所示的模型，可对质量成本在各主要类别中的分布情况进行进一步的剖析。在该模型中有三条曲线：

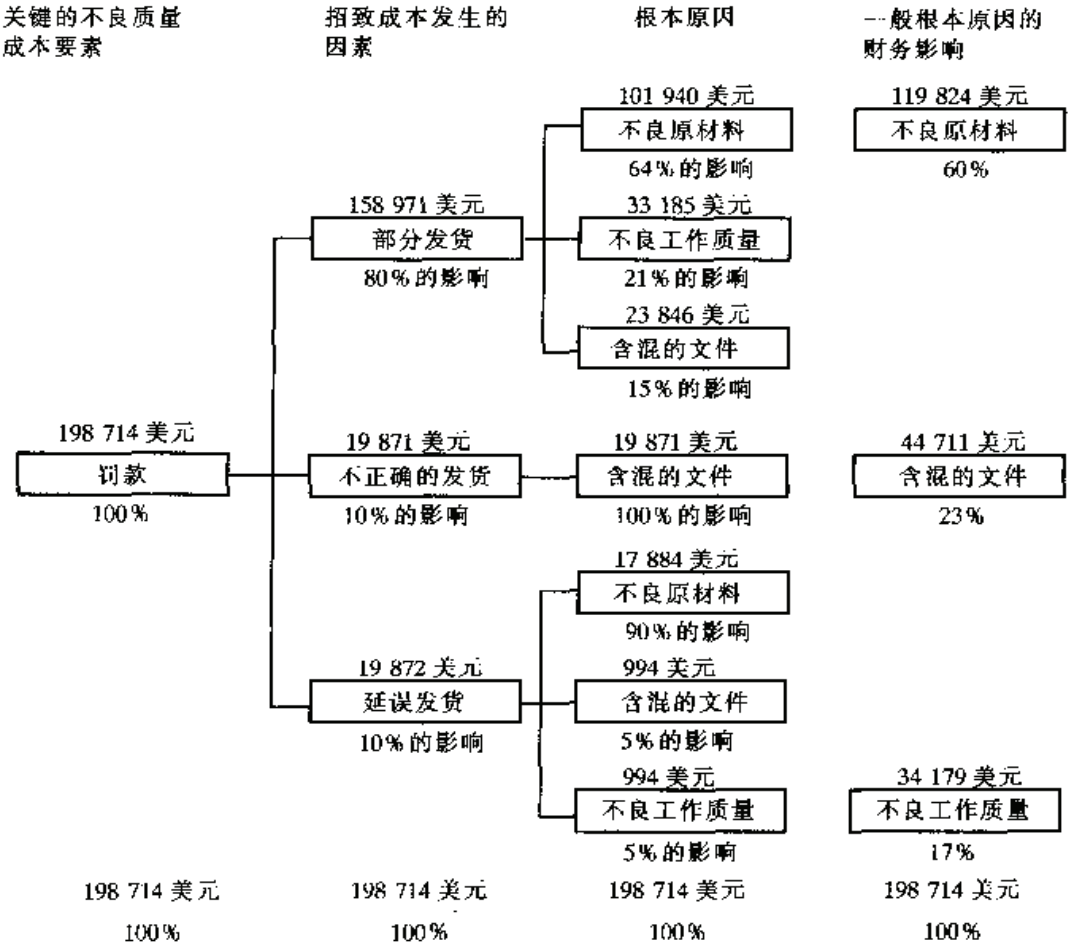


图 8—6 全面的成本致因分析

资料来源：Adapted from Atkinson, Hamburg, and Ittner, 1994, p.142.

1. 故障成本。它在产品 100% 合格时为零，当产品 100% 不合格时趋于不定。（注意图 8—7 中的纵轴代表合格产品的单位成本。当缺陷率为 100% 时，合格产品件数为零，故每个合格产品的成本为不定。）

2. 鉴定和预防成本。这类成本在缺陷率为 100% 时为零，会随着完美程度的提高而升高。

3. 曲线 1 和曲线 2 之和。曲线 3 称为“总质量成本”，代表每个合格产品的总质量成本。

图 8—7 表明，总质量成本的最小值处于产品 100% 合格处，亦即完美无缺时。但通常不会如此。在 20 世纪的大部分时间里，（易犯错误的）人类所具有的支配性地位，限制了人们以有限成本追求完美的努力。同时，由于不能量化质量故障对销售收入产生的影响导致了人们对质量成本的过低估计。这使得人们认为，符合性质量的最佳值处于图中小于 100% 的位置上。

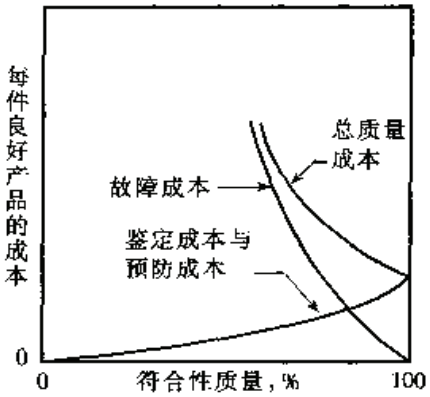


图 8—7　最佳质量成本的模型

完美无缺无疑是我们未来的向往，但这并不意味着它是近期的或所有情况下的最经济的目标。但产业界正面临着日益强大的达成完美的压力。这方面的例子包括：

1．生产对人们的安全和福利有重大影响的货品和服务的产业。药品的制造和共同基金报表的编制就是这方面的明证。

2．高度自动化的产业。通过对制造过程的精心计划以确保过程有充分的能力满足规格要求，这类产业通常能够达到很低的缺陷率水平。此外，自动化的检验方式通常能够实现经济的 100％检验以找出所有缺陷。

3．专做富有主顾生意的公司。这类顾客愿意付出更高的价格以获得完美的质量并避免缺陷可能会带来的哪怕是很小的风险。

4．努力优化用户成本的公司。图 8—7 的模型从生产者的角度描述了最佳化的概念。当将因产品故障导致的用户成本加到这一模型中时，将会进一步使惟有完美才是最佳点这一结论得到支持。如果将制造商损失的销售收入也包括在故障成本中，将会得出同样的结论。

展望未来，实现 100％符合性的这一趋势将会扩展到越来越多的复杂性越来越高的货品和服务中去。

为了评估质量改进是否已经达到了经济的极限，我们就需要把从特定项目中可能获得的收益同为了获得这些收益而付出的成本进行比较。当再也找不到值得去做的改进项目时，意味着已经实现了最佳化。

对不良质量成本的报告

有组织的质量改进团队已经成为一支强大的力量，他们遵循着项目的方式开展着活动，在这种情况下，报告不良质量成本的着重点主要在于对这些团队活动进行支持。这些报告所提供的信息有助于诊断问题，也有助于追踪为解决问题而

实施的治疗措施所引起的成本改变。以固定格式定期发布的报告一般难以满足改进团队的需要。改进团队所需要的信息可能具有高度的针对性而且可能只是一次性的需要。需要什么数据是由团队决定的，并且团队会经常去收集自己所需的数据（Winchell，1993）。

有些公司以记分牌的形式对不良质量成本进行定期的报告。这样的记分牌能发挥一定的建设性作用。但是，制作和维持记分牌要求支出相当大的时间和精力。在决定付出这样的支出之前，企业应当看得比提倡者们的断言更远一些，同时也应当对他人实践的现实效果加以考察。（由于未能实现提倡者们所鼓吹的效果，许多已经创立了质量成本记分牌的公司后来又不得不将之放弃。）在最终确定了质量成本记分牌的成本类别之后，就要精心计划数据的收集和汇总、比较基准的确立以及成本结果的报告。

汇总数据 最基本的方法是：

1. 根据产品、过程、元件、缺陷类型或其他可能的缺陷集中形式汇总。
2. 根据组织的单位汇总。
3. 根据不良质量成本的类别汇总。
4. 根据时间汇总。

所公布的汇总通常会是以上不同方式的综合。

比较基准 经理们在使用不良质量成本记分牌时，并不满足于只是看一下总的成本数字。他们还会拿这些成本数字和某些基准进行比较，这样的比较是一个机会指数，决定了创建这些成本的效用。表 8—5 示出了一些广泛使用的基准以及各自的优缺点。所选用的基准会对成本数据的解释产生很大影响。

在开始时最好多使用几个基准，之后，当经理们对报告熟悉以后，可以只留下最有意义的一个。文献通常强调将质量成本用占销售收入的百分数来表示。对某些目的而言，这是一个有用的基准，但并非总是如此。

表 8—5 质量成本的衡量基准

基准	优点	缺点
直接工时	容易获得且简明易懂	自动化影响很大
直接工资	易得易懂，有利于抵消通胀影响	自动化影响很大
标准生产成本	较上述各项更为稳定	固定的和变动的间接成本均包括在内
增值额	加工成本很重要时很有用	不便于不同类型的生产部门的比较
销售额	对高层管理者有吸引力	易受到价格、营销费用和需求等因素的影响
产品单位	简单明晰	不同产品难以比较

报告结果 报告结果所涉及的具体事宜和其他类型的报告一样，包括报表的

格式、报送频率、报表的分发、发布责任等。［Atkinson，Hamburg and Ittner（1994）论述了如何编制报表有助于促进企业质量文化的变革。Dobbins and Brown（1989）对编制成本报告提出了一些技巧。Onnias（1985）讨论了得州仪器公司所使用的一个报告系统。］

可能的趋势是，不良质量成本和其他与质量有关的信息，与组织的整个绩效报告系统整合在一起。卡普兰和诺顿（Kaplan and Norton，1996）提出，这样一个系统能提供一个“平衡的计分卡”。这样一种计分卡可以使经理们从四个角度来看组织：

1. 顾客是如何看我们的？（顾客的角度）

2. 我们必须在哪些方面实现卓越？（内部的角度）

3. 我们是否能够持续地改进和创造价值？（创新和学习的角度）

4. 在股东眼里我们的表现如何？（财务的角度）

这一计分卡中包含着有限的一些指标，其中既有有关财务成果的指标，也有决定未来财务绩效的运营性指标。

定期（可以按年度）发布不良质量成本的综合报告对于总结和巩固项目团队和其他改进活动的成果是非常有益的。这类报告的形式不必完全等同于起初的不良质量成本的研究报告，但应当（1）反映质量改进活动的成果；（2）为确定未来改进活动的主战场提供指南。

不良质量成本与经济模型

不良质量成本影响着两个方面，即货品或服务的提供者以及它们的使用者。本章所讨论的影响主要是针对提供者的，亦即制造商或服务企业。不良质量同样也会增加使用者的成本，其形式如保修期外的修理费用、因停工检修造成的各种损失等。格里纳（Gryna，1997）提出了一种分析用户不良质量成本的方法以及相关的案例。这些用户不良质量成本的大小程度，明显地影响着用户未来的购买决策，从而会影响产品提供者的销售收入。通过降低产品提供者因不良质量而导致的成本，降低因不良质量而造成的销售收入的损失，从而有效地实现利润状况的改进，这是本章所强调的重点。

通过应用经济学上的概念和原理，上述思考得到了进一步的扩展。科尔和莫加（Cole and Mogab，1995）从经济学的角度对“大规模生产/科学管理型公司”和“持续改进型公司”（continuous improvement firm，CIF）两者之间的差异进行了分析。持续改进型公司的一个明显的特征就是能够增加所售产品的净顾客价值。所谓净顾客价值，也就是顾客从购买和使用该货品或服务中所实现的总价值，减去为了购买和使用该货品或服务所必须做出的牺牲。［从国家的经济这一

角度出发，Brust and Gryna (1997) 讨论了质量与宏观经济之间的五种联系。]

在不良质量成本这一概念诞生时，其重点在于强调制造领域中的差错成本。这一概念现已扩展到成本要素的范围，并广泛应用于制造业及服务业，无论是营利性领域还是非营利性领域。

参考文献

AT&T (1990). *AT & T Cost of Quality Guidelines*. Document 500-746, AT&T's Customer Information Center, Indianapolis, IN.

Atkinson, Hawley, Hamburg, John, and Ittner, Christopher (1994). *Linking Quality to Profits*. ASQ Quality Press, Milwaukee, and Institute of Management Accountants, Montvale, NJ.

Atkinson, John Hawley, et al. (1991). *Current Trends in Cost of Quality: Linking the Cost of Quality and Continuous Improvement*. Institute of Management Accountants, Montvale, NJ.

Aubrey, Charles A., Ⅱ (1988). "Effective Use of Quality Cost Applied to Service." *ASQC Quality Congress Transactions*, Milwaukee, pp. 735–739.

Bester, Yogi (1993). "Net-Value Productivity: Rethinking the Cost of Quality Approach." *Quality Management Journal*, October, pp. 71–76.

Bohan, George P., and Horney, Nicholas F. (1991). "Pinpointing the Real Cost of Quality in a Service Company." *National Productivity Review*, Summer, pp. 309–317.

Briscoe, Nathaniel R., and Gryna, Frank M. (1996). *Assessing the Cost of Poor Quality in a Small Business*. Report No. 902, College of Business Research Paper Series, The University of Tampa, Tampa, FL.

Brust, Peter J., and Gryna, Frank M. (1997). *Product Quality and Macroeconomics—Five Links*. Report No. 904, College of Business Research Paper Series, The University of Tampa, Tampa, FL.

Campanella, Jack, Ed. (1999). *Principles of Quality Costs*, 3rd ed., ASQ, Milwaukee.

Carr, Lawrence P. (1992). "Applying Cost of Quality to a Service Business." *Sloan Management Review*, Summer, pp. 72–77.

Cole, William E., and Mogab, John W. (1995). *The Economics of Total Quality Management: Clashing Paradigms in the Global Market*. Blackwell, Cambridge, MA.

Dawes, Edgar W., and Siff, Walter (1993). "Using Quality Costs for Continuous Improvement." *ASQC Annual Quality Congress Transactions*, Milwaukee, pp. 810–816.

Dobbins, Richard K., and Brown, F. X. (1989), "Quality Cost Analysis—Q. A. Versus Accounting." *ASQC Annual Quality Congress Transactions*, PP. 444–452.

Esterby, L. James (1984). "Measuring Quality Costs by Work Sampling." *Quality Costs: Ideas and Applications*. Andrew F. Grimm, Louis A. Pasteelnick, and James F. Zerfas, eds., ASQC Quality Press, Milwaukee, pp. 487–491.

Finnegan, John T., and Schottmiller, John C. (1990). "Cost of Quality—Multinational and Multifunctional." *ASQC Quality Congress Transactions*, Milwaukee, pp. 746–751.

Garrison, Ray H., and Noreen, Eric W. (1994). *Managerial Accounting*. Irwin, Boston.

Grant, Eugene L., Ireson, W. Grant, and Leavenworth, Richard S. (1990). *Principles of Engineering Economy*, 8th ed., John Wiley and Sons, New York.

Gryna, Frank M. (1977). "Quality Costs: User vs. Manufacturer." *Quality Progress*, June, pp. 10–15.

Harrington, H. James (1986). *Poor Quality Cost*. ASQC Quality Press, Milwaukee, and Marcel Dekker, New York.

Hester, William F. (1993). "True Quality Cost With Activity Based Costing." *ASQC Annual Quality Congress Transactions*, Milwaukee, pp. 446–454.

Hou, Tien-fang (1992). "Cost-of-Quality Techniques for Business Processes." *ASQC Annual Quality Congress Transactions*, Milwaukee, pp. 1131–1137.

ISO 9004-1 (1994). *Quality Management and Quality System Elements—Guidelines*, Section 6, "Financial Considerations of Quality Systems." ISO, Geneva.

Ittner, Christopher Dean (1992). *The Economics and Measurement of Quality Costs: An Empirical Investigation*. Doctoral dissertation, Harvard University, Cambridge, MA.

Kaplan, Robert S., and Norton, David P. (1996). *The Balanced Scorecard*, Harvard Business School Press, Boston.

Keaton, Willie E., et al. (1988). "White Collar Quality Pinpointing Areas for Breakthrough." *IMPRO 1988 Conference Proceedings*, Juran Institute, Inc., Wilton, CT., pp. 3C-19 to 3C-24.

Krause, James D., and Gryna, Frank M. (1995). *Activity Based Costing and Cost*

of Poor Quality—a Partnership. Report No. 109, College of Business Research Paper Series, The University of Tampa, Tampa, FL.

Nickell, Warren L. (1985). "Quality Improvement in Marketing." *The Juran Report*, no.4(Winter), pp.29–35. O'Neill, Ann R.(1988). "Quality Costs In= Continuous Improvement Out." *ASQC Annual Quality Congress Transactions*, Milwaukee, pp.180–187.

Onnias, Arturo (1985). "The Quality Blue Book." *IMPRO 1985 Conference Proceedings*, Juran Institute, Inc., Wilton, CT, pp.127–134.

Quevedo, Rene(1991). "Quality, Waste, and Value in White-Collar Environments." *Quality Progress*, January, pp.33–37.

Reeve, J. M. (1991). "Variation and the Cost of Quality." *Quality Engineering*, vol.4, no.1, pp.41–55.

Rider, C. T. (1995). "Aligning Your Improvement Strategy for the Biggest Payback." *IMPRO 1995 Conference Proceedings*, Juran Institute Inc., Wilton, CT, pp.7E. 1-1 to 7E. 1-11.

Romagnole, Anthony J., and Williams, Mary A. (1995). "Costs of Poor Quality." *IMPRO 1995 Conference Handout*, Juran Institute, Inc., Wilton, CT.

Rust, Roland T., Zahorik, Anthony J., and Keiningham, Timothy L. (1994). *Return on Quality*. Probus, Chicago.

Schottmiller, John C. (1996). "ISO 9000 and Quality Costs." *ASQC Annual Quality Congress Proceedings*, Milwaukee, pp.194–199.

Schrader, Lawrence, J. (1986). "An Engineering Organization's Cost of Quality Program." *Quality Progress*, January, pp.29–34.

Shepherd, Nick A.(1998). "Cost of Quality and ISO Implementation Using Cost of Quality as a Driver for Effective Use of ISO 9000 and 14000." *ASQ Annual Quality Congress Transactions*, pp.776–783.

The Conference Board (1989). *Current Practices in Measuring Quality*. Research Bulletin No. 234, New York. The University of Tampa (1990). "Costly Mistakes." *Visions*, Fall, p.7.

Wasserman, Gary S., and Lindland, John L. (1994). "Minimizing the Cost of Quality Over Time: A Dynamic Quality Cost Model." *ASQC Annual Quality Congress Proceedings*, pp.73–81.

Wild, Cheryl, and Kovacs, Carol(1994). "Cost-of-Quality Case Study." *IMPRO 1994 Conference Proceedings*, Juran Institute, Inc., Wilton, CT, pp.3B-19 to 3B-29.

Winchell, William O.(1991). "Implementation of Quality Costs—Making It Easier."

ASQC Annual Quality Congress Transactions, Milwaukee, pp. 592–597.

Winchell, William O. (1993). "New Quality Cost Approach Gives Proven Results." *ASQC Annual Quality Congress Transactions*, Milwaukee, pp. 486–492.

Wolf, C., and Bechert, J. (1994). "Justifying Prevention and Appraisal Quality Cost Expenditures: A Benefit/Cost Decision Model." *Quality Engineering*, vol. 7, no. 1, pp. 59–70.

（刘东明　译）

第 9 章

测量、信息和决策

托马斯·C·雷德曼（Thomas C. Redman）

引言
经理们渴求信息
测量系统
关于本章的内容
测量系统及其要素
进行决策/采取行动
理解前提条件
对测量进行计划
收集数据
分析、综合、阐明结果并展示结果与建议
数据质量与测量保证
核对表
测量的层级
客观测量与主观测量
系统中的系统
管理者的直觉
启动并逐渐完善测量系统
原则归纳
致谢
参考文献

引言

经理们渴求信息 企业的领导人和质量经理们都会对最初由亚历山大大帝所发出的这个永恒的哀叹产生共鸣，即“数据，数据，数据！我被淹没在数据当中。有谁能拿出我真正需要的信息？”亚历山大需要的是对一些相当基本的问题的答案。“敌人在哪里？他们的队伍规模如何？他们的战斗力如何？我们的供给何时能够到达？”他手下的斥候、幕僚还有其他各种人员都在收集数据。但他们并非总是能够满足亚历山大对信息的需要。

当今的企业经理们对信息也有着一副贪婪的胃口（参见 Drucker，1995）。获取所需的信息是一件耗时、耗资且充满困难的事情。而且最终，经理们对情况的了解常常还比不上亚历山大大帝。诸如“顾客到底想要什么？我们对他们的需要满足得如何？竞争者正准备采取什么行动？”这样的基本问题并不容易回答。无

论我们具有多少令人眼花缭乱的测量装置、顾客调查、统计方法、数据库及网络技术，情况并不会有所改变。正如质量管理是一个永无止境的旅途一样，对所有能够有效利用的数据和信息加以了解、获取、选别、综合以及理解的这一工作也是如此。经理们对信息的欲望看来永无满足之日。

测量系统　我们通常根据经理们必须作的决策和采取的行动来考虑信息。信息在科学领域中扮演着类似的角色。所谓的科学方法在本质上是这样的一个过程，即提出假设，设计实验来从各个方面验证假设，收集数据进行分析，然后要么将假设继续往前推进，要么加以抛弃或修改。在这一过程中有着久经考验且极为严格的标准。绝大多数的企业环境不会要求如此苛刻的条件。这里讨论的测量系统与科学方法有类似之处，但标准不同。在科学研究领域中的座右铭是“谨慎”，而在企业经营领域中则是“成功”。（关于科学方法和实验设计的进一步讨论，请参见第 47 章）。

有些情况下，经理们所面临的选择是非常明确的。以下这一问题便是一个简单的例子，即“这一过程是否处于控制状态?”他要么决定该过程处于受控状态而无须采取任何行动，要么决定该过程已处于失控状态，从而采取行动找出并消除特殊的原因（见第 4 章“质量控制过程”）。但在其他一些情况下，选择的范围会很不清楚和/或没有限制。在许多情况下（也许是在大多数情况下），经理们可能会选择再去收集更多的数据。在几乎所有的情况下，信息越好决策就越好，这似乎是不言自明的。这里的“好信息”可能包括若干个属性，包括更完整、更准确、更有关联、更新、来自更可靠的信息源、更精确、更有说服力、以更引人入胜的形式展示等等。

获取所需信息的一个关键步骤便是测量。所谓测量就是“对程度、大小或能力的计算、估计或判明，特别是利用某种尺度或标准”（Webster，1979）。因此，测量就涉及原始数据的收集。许多种类的测量已经发展成为专门的领域，并积累起了相当的专门技能和知识。化学分析和消费者偏好测试便是两个这样的领域。数据收集可能会利用一些不太正式的手段，如到某个图书馆去查找，借用为其他目的而收集的数据，与顾客交谈，等等。就我们所讨论的主题而言，所有此类的数据收集都被看做是测量。

当然，开拓经理们所需的信息还有更多的事情要做，并不只是收集数据而已（确实，存在着亚历山大大帝所抱怨的情况）。例如，我们曾提到“更有关联”和“以更引人入胜的形式展示”作为好信息的属性。显然，选择什么进行测量、分析、归纳及展示其结果信息，正如测量活动本身一样重要。高质量的信息只能来源于设计、数据收集以及分析/综合/展示活动的高品质和综合作用。因此，我们应将测量行为和测量过程相区分，前者只是数据的收集，后者则包括了设计、数据收集以及分析/综合/展示诸项活动。图 9—1 示出了这一过程，它也是贯穿于本章始终的主题。

再好的信息也不是决策。图 9—1 所涉及的还要更为广泛一些。测量过程以“理解背景情况”这一步骤为先导，以“决策/采取行动”这一步骤为断后。这两个步骤使得测量过程处在了一个更为适当的较大场景中，分别代表着这一测量过程的供应者和顾客。最后，在图 9—1 中还有一个细微的思想值得注意。即大多数组织的决策者通常都太忙了，不可能仔细地考虑所有的数据并对各种备选方案加以评估。他们所需要的是建议，而不只是清楚列出的信息。这样说来，分析/综合/展示这一步骤最好改为对数据的结果和所提建议的分析/综合/建议/展示。把提出数据分析结果看做是决策的一部分或许会引起异议。但人们的确常常期望那些分析数据的人员也能够提出建议。而后者在实际中也会请求决策者采纳他们的建议。

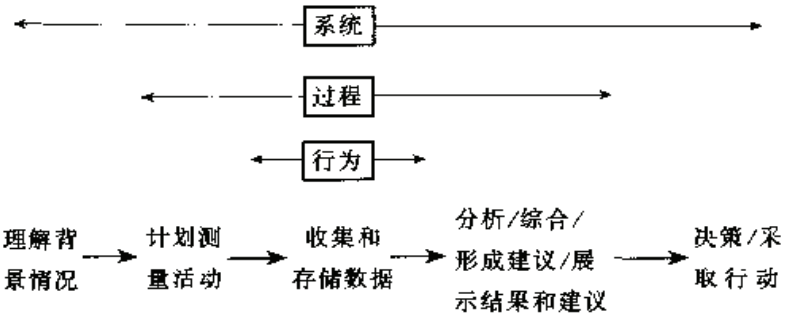


图 9—1 测量行为只是更大的测量系统中的一个步骤

说明：在此我们认为测量过程是由收集数据及展示结果所需的各个步骤构成的。在更大的测量系统中还包括了所作的决策以及过程的运作所处的前提条件。

正如将要讨论到的那样，决策就其本身而言通常就是一个复杂的政治过程。因此，据以产生信息的前提条件就是至关重要的。在较高的层次上，前提条件决定了作出决策的整个背景，其中包括了各种各样的因素，如组织的经营目标、竞争地位、可获得的资源；顾客的要求；决策者的目标和偏好；以及任何其他的与测量过程或决策有关的限制条件。对于任一特定的决策来说，前提条件包括了所涉及的具体的问题。综合起来，这五个要素（前提条件、设计、数据收集、分析/综合/建议/展示以及决策/行动）构成了一个“测量系统”。

归根结底，这一测量系统的目标是帮助组织始终如一地作出更好的决策，并采取更好的行动。在这里，更好的决策是从实现组织目标的结果这一角度而言的。良好的测量系统支持着大量的组织目标，而非只是少数几个（Kaplan and Norton，1992，1993；Meyer，1994）。“被衡量的，才是被管理的”这一说法确有道理。绝大多数组织都会同时追求多个目标，如使顾客满意，提供一个健康向上充满成就感的工作环境，实现财务目标等等。有些组织的财务指标是最完善、最充分的。在这类组织中财务考虑支配着决策也就毫不稀奇了（Eccles，1991）。

本章所强调的最重要的一点是，那些确定和运作测量过程的人员（即那些收

集和分析数据的人员或向组织提出建议的人员）必须把这个系统，包括其所在的环境在内，当做一个整体来加以考虑。仅仅在技术上优秀或有一两个要素卓越是远远不够的。[参见 Futrell（1994）关于顾客满意调查中的失败的讨论。] 对于整体的有效性而言，一方面取决于各要素之间以及各要素与企业其他系统之间联系的好坏，而在其他方面的卓越程度也有着同样重要的意义。下面的一桩个人逸闻可以用来说明这一要点。

这是发生在我职业生涯早期的事情。我被要求就我们部门应该购买哪种彩色绘图终端提出建议。我在测量过程中花费了大量的时间与努力。我同好几个用户探讨了他们的需要，给很多卖家打了电话，要求了许多次演示，还阅读了很多的文献。在那时（20 世纪 80 年代早期），这种设备所依据的技术尚处于发展的早期，还有许多问题尚待解决，而且一台终端的价格高达 1.5 万美元。此外，许多人士都预期该项技术近期会有巨大改进，价格也会大幅下降。于是我建议我们过一年后再考虑该项采购。我对自己所做的工作和所提建议颇为自负，将之呈报给了我的主管。他即刻表示我误解了他的问题。其问题并非“是否该买一台终端?”而是“该买哪种终端?”（不买不在答案之内。）回想起来，我本来应当先清楚地定义可能的选择，或先想清楚前提条件是什么。我的主管思路敏捷。他已经认识到了个人计算机的潜力并明确地要进行试验。稍稍考虑一下他的目的的话，就会很清楚“等一年”是一个不会被接受的建议。

关于本章的内容　本章的基本读者是那些希望帮助自己的组织作出更好的决策的人们。我前面提到过，取得相关的信息会是一件耗时、耗资且充满困难的事情。但另一方面，也有许多经济实用的办法，每个人都可借助于它们来缩小他们所期望拥有的信息与他们所实际掌握的信息之间的差距。

读者们也许会有若干种兴趣：

- 有些人其本身的测量和决策过程已经十分完备，他们会对将自身的过程与这里描述的“理想过程”相对比特别感兴趣。
- 有些人经常进行测量和/或决策但采用的都是专用过程，他们会对运用过程管理的技法来改进他们的测量和决策特别感兴趣。
- 有些人只是涉及一个单独的“项目”，他们会对于学会他们的项目应该运用的步骤特别感兴趣。

本章并不考虑过多的技术细节。有大量的文献讨论测量的技术细节。[如 Finkelstein and Leaning（1984）、Roberts（1979）、统计分析（如本手册的第 4、44、45 和 47 章）、图形数据展示等等。]

在下一节，我们会对测量系统进行更为详细的讨论。我们将定义每一步骤的输出，讨论产出这些输出所必需的活动。接着我们将讨论更为复杂的测量系统，包括测量的分级结构在内。在第四部分中会提供有关创建和完善一个测量系统的实用建议。最后一节用“测量系统的 10 条首要原则”对好的做法进行了总结。

在讨论中我们采用了三个复杂程度依次提高的例子用来佐证主要的观点。在所谓的“操作层”，讨论了图 9—2 所示的一个账单开具过程中的一个单独步骤的测量系统。在战术层，讨论了支持对发货单（账单开具过程的结果）有关特征的变革所必需的测量系统。还讨论了支持战略决策的测量系统。事实上，在三个决策层上的每一个人都以这样或那样的方式被涉及了进去。

一个中层经理会发现自己扮演着如下的角色：

- 用于操作层次的测量系统的设计者。
- 战术层次上的决策者。
- 战略决策的数据提供者。

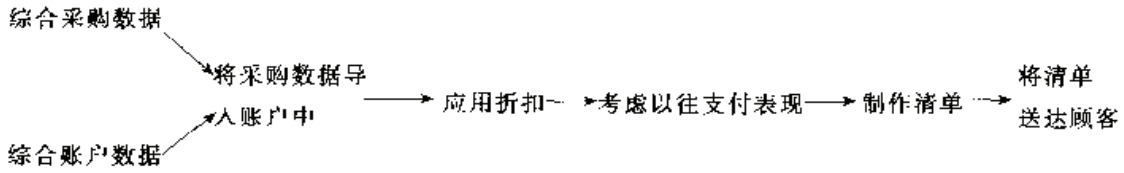


图 9—2 一个假想的账单开具过程

测量系统及其要素

图 9—3 从两方面对图 9—1 进行了扩展：它列出了每一步骤产生的工作成果，并且更详细地讨论了工作活动。头两个步骤（理解前提条件和计划测量）是有关计划活动的步骤。凡事预则立，所以我们大部分讨论集中在计划活动上。决策和行动是这一系统的最为重要的工作成果。其他的工作成果也旨在产出更好的决策和行动。所以我们从最后一步开始讨论，即进行决策/采取行动。

进行决策/采取行动 定义一个测量系统的第一步是搞清楚谁是决策者以及他将如何决策。许多的决策，事实上所有的重要决策，都不是由一个人作出的，而是由一个委员会或什么群体作出的。在某些情况下，这有助于决策的实施。还有一些情况下，它更多的是一种传递责任的载体。有些群体根据多数原则作决定，还有些群体则要求必须一致同意方能作出决定。大多数群体中都有几个关键人物。有些是善于思考的领导者，还有些则属于自我中心的专横跋扈者。很少有决策者能够做到完全的不偏不倚。大多数人都会在意自己的职业前程，最起码在某种程度上会如此。每个人在决策时都会出于直觉地依据某些准则。有些人喜欢冒险，而另一些人则厌恶风险；有些人只关心近期的财务影响，另一些人则会持较长期的考虑。而那些可能要承担实施责任的人还会有其他的想法。因此，决策也是一个政治的过程，测量系统的设计者必须对此有充分的理解。

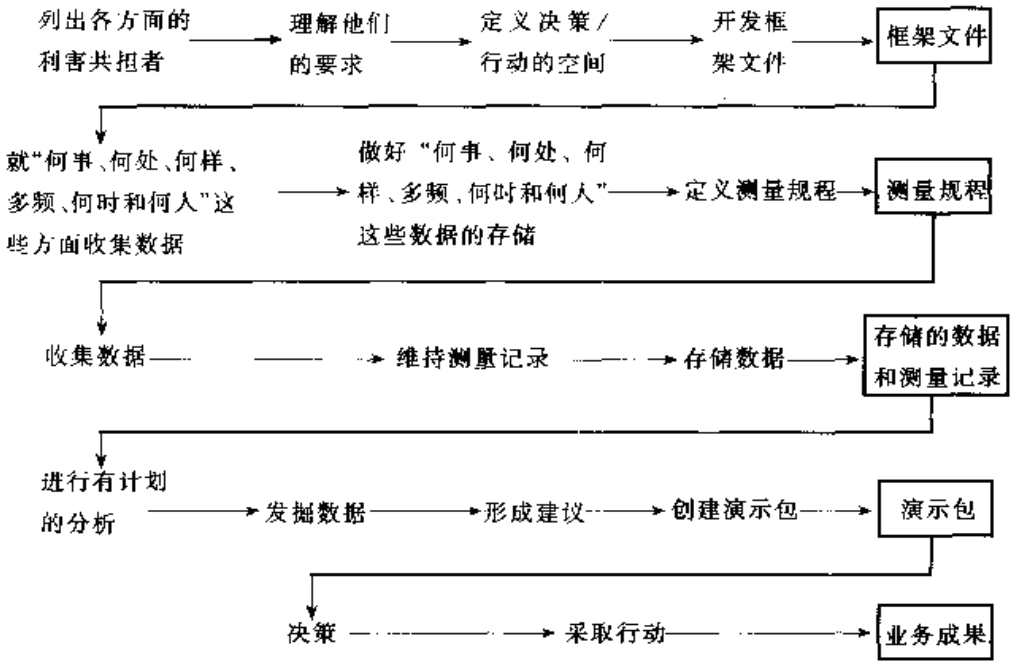


图 9—3　测量系统子过程的细节

说明：对每一个子过程来说，都给出了主要的工作结果和若干个步骤。

理解前提条件　在决定测量什么以及如何测量之前，对测量系统据以运作的总的前提条件加以厘清是非常重要的。我们已经强调了决策所具有的政治特征。进行决策和采取行动的人们都是组织的成员，每一个组织都有其自己的政治和文化，这种政治和文化决定了可接受的方向、风险、行为和必须遵循的方针。组织的这些特征形成了测量系统的大部分的背景或前提条件。良好的测量系统通常与组织的文化是相协调的。但它们也能反映出组织的文化需要加以根本改变的必要性。

前提条件的确定有些类似于战略计划中的利害共担者分析。利害共担者至少包括三个集团：顾客、所有者（可能还有社会）和雇员。每一个集团都对组织有着正当的要求，但它们之间有时是相互冲突的。这些影响着组织的经营模式，进而也影响着测量系统。我们逐个来加以讨论（见图 9—4）。

1. 顾客。绝大多数组织的目标之一便是维持和改善顾客的满意度、保持力和忠诚度。顾客的需要通常是以主观的词语表述的。在操作层，一个消费者可能只是想要"准确的账单"。在战术层，一个重要的要求可能是将发货单馈送给客户的发货单支付系统。最后，在战略层，企业客户也许想与他们信赖的公司建立起专一的供应关系。认识到在每个顾客的要求中会存在着主观性的要素是很重要的。技术人员常常会因为顾客没有能力给出清晰客观的要求而沮丧。但顾客及其沟通的能力显然是总的前提条件的一个组成部分。

2. 所有者。企业的所有者通常较少关心日常性的事务，而是更重视企业的

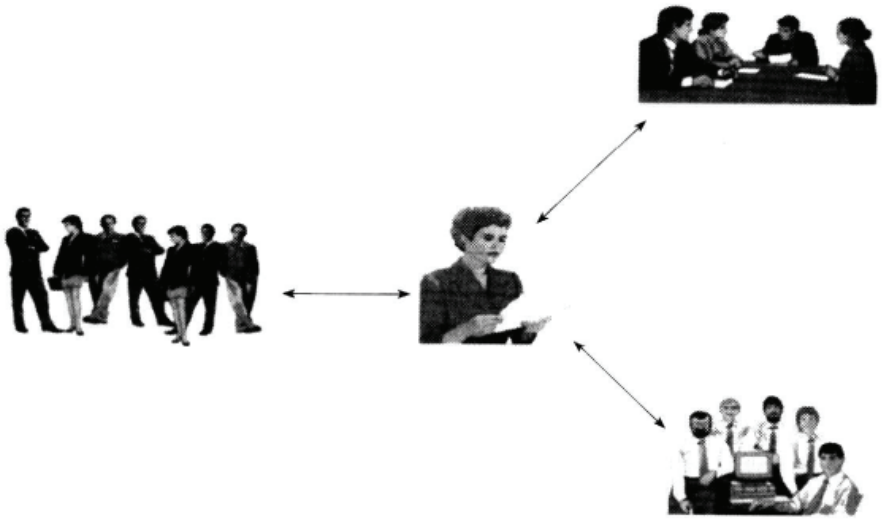


图 9—4　测量系统受组织里的所有系统影响并且也影响着所有的系统

长、短期经济生存能力。他们的兴趣反映在公司的方向、竞争位置和财务绩效上。他们通常希望成本保持在最低水平，即使未必在口头上公开宣示。

他们的兴趣会对测量系统产生这样的影响，即重视对某些事情的测量会甚于其他事情。我们可以来考察一下某个希望采取价格领先战略的公司。它希望被人们认为与某个主要竞争者“不相上下”，但要使成本尽可能地低。这样一个公司会围绕竞争情报来设计其测量系统。它不会投资去了解顾客喜好的账单格式。与此相对照，一个追求顾客价值和亲和力的公司会把其测量系统设计得更便于了解顾客，了解他们是如何使用本公司的产品和服务的，以及如何在缺陷预防方面应用这些测量。它会花代价了解如何能使其发货单成为一个竞争优势的来源。

3. 雇员。就测量系统所涉及的而言，雇员之所以成为利害共担者之一，是因为他们的生计依赖于组织。还有许多人是因为他们作决策和采取行动，另一些人是因为负责收集数据，等等。雇员会把测量系统看做管理控制的工具，但好的测量系统也还具有授权鼓动的作用。在我们的操作层的例子中，日常的决策者可以是支配部门的头头，账单开具过程的负责人，甚或是一个产品经理。或许有很好的理由当由过程负责人来作为决策者，如局部的惯习、所要求的技能、工会的条例等等。但决策最好尽可能地接近所要采取行动之所在地。因此除非有非常强有力的理由，否则最好由支配部门的主管来作为决策者。相反，不良的测量系统要求花费很多额外的时间，而其未必有什么价值。

要搞清楚前提条件的第二个方面涉及可能的决策和行动的范围。这些决策和行动的一个清单被称为“决策/行动空间”。有些情况下做出这个单子不是什么费力的事情，而在另外一些场合则近乎不可能。在最低层次，或者说操作层，通常有可能完整地描述出决策空间。这样，在我们的第一个例子中，可能的决策只有几种情况：

- 过程处于受控状态且运行在一个可接受的水平上，不应采取任何行动。
- 过程处于失控状态，必须重新使之置于控制状态之下。
- 过程处于控制状态但未运行在可接受的水平上，必须实施改进。

在战术和战略层，确定决策/行动空间的活动会变得非常困难。可能的决策的范围会非常的大，许多可能的决策会很难预先界定，某些决策则可能极度的复杂。在我们的第二个（战术层）例子中，可能的决策之一是对发货单不采取措施。但发货单也可以加以改进，事实上会有无数种改进方式。对于格式编制和会计代码可以有许多种小改小革。还可以对发货单全部重新设计，如可以用电子的方式来替代纸质发货单。最终甚至可能会被基于互联网电子商务的更为卓越的发货单所取代。

经验表明，决策/行动的空间定义得越仔细，最终作出的决策就会越好。对于战略层而言，这一结论与在操作层上完全一样。

不幸的是，确定这种前提条件并没有一个完全的模板可以参照。任何数量的其他的考虑都可能是相干的。例如，法律义务、安全规定或技术限制可能都会是非常重要的。

关于前提条件的文件　作为最后的结果应该得到一份关于前提条件的文件，其内容要包括这里所讨论的各项工作的要点。它应当描述出主要的经营目标、战略和顾客要求，应当确定出决策/行动空间和决策者（有时可用姓名，有时则可用工作类别），应当明确重要的限定条件（财务的或其他），还应附上更为详细的企业计划和顾客要求。而且随着业务的成长和改变，关于前提条件的文件也应当随之而改变。

对测量进行计划　一旦计划者清楚了决策空间以及测量系统据以运作的前提条件，便可作出测量过程的其余步骤的计划。这一步骤的产出是一份“测量规程”，即有关数据的收集、存储及分析的“对象、时间、场所、方法、频次”等内容的文件。也许最为重要的是，在该规程中还应当描述出“人员”，即每一步的负责人员。图 9—5 中描述了测量规程的主要构成。以下将讨论其中所涉及的一些要点。

	数据收集	数据存储	分析/综合/建议/展示
何事（what）			
何处（where）			
何时（when）			
如何（how）			
多频（how often）			
何人（who）			

图 9—5　测量规程的构成

数据收集：测量什么　前面我们曾强调过，大多数顾客的要求都是以主观性

的词语表述的。必须将这些要求翻译成一套客观性的指标。这方面的一个典型的例子是早期的电话。顾客的最基本的要求是能够“听得到和被听得到”。几乎会有无数的问题都可以阻碍这一基本要求的实现。另外，除了对着话筒讲话和从听筒中听到声音外，人们所讲的话是由电来传输的。人们通过一系列精巧的实验最终确定了三个参数，即损耗、噪声和回声。每个参数都可以从任何电话回路或线路的某一段中测量得到，这几个参数基本上决定了顾客能否听得到和被听得到。(Cavanaugh，Hatch and Sullivan，1976；AT&T，1982)

近年来，“质量机能展开”（Hauser and Clausing，1988）已被证明在将用户的主观要求转换为客观的过程性能准则方面是一种无价的工具。图 9—6 展示的是一个理想化的场景，在其中用户对“正确的账单”的要求首先被翻译成为少数几个客观的参数，然后再进一步转化为对开具账单过程的各个步骤的要求（特别是主导步骤）。

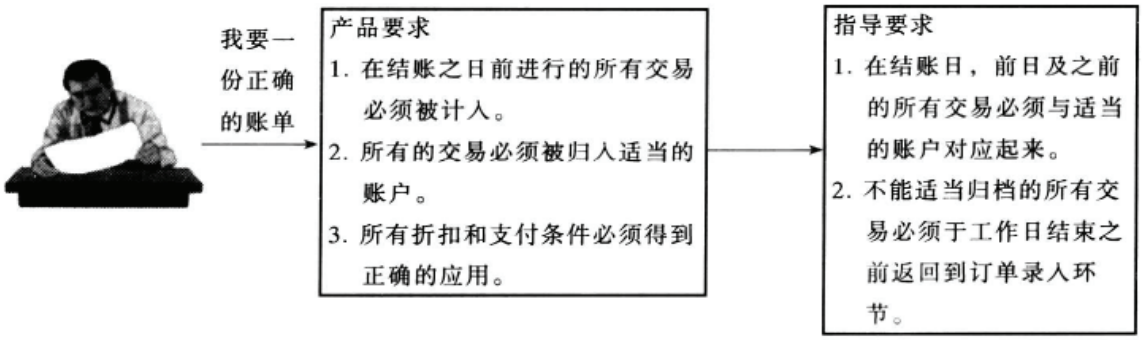


图 9—6　顾客的要求通常是主观性的

说明：顾客的要求需要被翻译成客观的可测量的参数。这里是对“我要一个正确的账单”这一要求以及账单开具过程的主导步骤进行的展开。

当然，有许多顾客的要求很难进行客观的测量。我们的第二个关于变更一组特征的例子便是这样一个例子。这里的主要数据来源包括顾客满意调查、顾客反馈、竞争者产品特征的观察、对相近的技术创新的了解等。

有些情况下，你想要测量什么是相当清楚的，只不过你办不到而已。一个有名的故事是说在第二次世界大战中希望搞清楚飞机在敌人火力下的弱点。目标是使更多的飞机完成任务并安全返回。理想地说，人们想确定的是未能返回的飞机是被击中了何处。但这些飞机却无法获得。在这种情况下就需要有好的代用测量方法。这一飞机问题的解决是通过检查回航的飞机被击中的部位，而认为那些没有回航的飞机是被击中了别的地方。

在几乎所有情况下，实际上都可能会有许多的测量指标。计划者应当选择那些“关键的少数”指标。随着测量指标的增加，其回报呈递减趋势，过多的测量指标会压垮整个测量系统。计划者应当列出可能的指标并对其排序。肯定会有少数几个指标是必须选择的。其他的一些指标只应根据情况来权衡取舍。在作出必

要的选择时对测量的前提条件加以参照通常是有帮助的。

许多计划者会陷入这样一个陷阱，即过度关注为某个过程的每个步骤确定几个好的指标，但却对总体的测量没有给予足够的重视。在开具账单这个例子中有一个引人注目的逻辑是说，如果每一个步骤都做得正确，那么整个过程就会运行得完美无缺。不幸的是这一逻辑常常是不正确的。有太多的问题会产生在步骤与步骤之间，这里的职责常常是不清楚的。账单准确性的一个总的指标和每一步骤的准确性指标都是必需的。业务过程管理的原理在第 6 章中进行了讨论。

对测量什么进行精确的定义是至关重要的。定义的些许变化都会带来非常不同的结果，这是做广告者精于利用的一个事实。［例子可参见 Schlesinger (1988)。］

数据收集：在何处进行　计划者还必须同时确定在何处进行测量。在质量管理中，最初的测量表现为对生产过程的末端的检验，以后逐渐演化为过程中绩效的测量。不太成熟的系统会更重视检验，随着系统成熟度的提高重点会向过程中的测量逐渐转移（Ishikawa，1990）。

数据收集：时间、方法、频次　有些情况下，无须收集新的数据，而只是使用“客户档案”或其他数据库中的现有数据。但计划者仍应了解数据收集的复杂性，因为为一个目的收集的数据未必适用于另一个目的。

计划者下一步要确定测量的方法、时间和频次。每一方面都应详细而具体。在“方法”中不仅只包括一个具体的测量如何进行，而且还要包括如何校准和维护测量装置，以及所要取得的数据准确度如何。“时间”和“频次”也应该加以确定以确保取得充分的数据。有兴趣的读者可以参看第 44、45 和 47 章。

数据的储存和访问　也许再没有什么比明知道“数据就在计算机里”但就是拿不出来更让人沮丧的了。计划者经常对这项活动不加重视，以至于数据的存储和取用成为了系统的阿基里斯腱。我们在这里只是强调，尽管数据库技术有了爆炸性的进展，特别是在易用性方面，但数据的储存和取用远不是一个容易的主题，应当加以精心的计划。

数据分析/综合/建议/展示　最后，计划者还必须对数据的分析/综合/提出建议/展示这一步加以考虑。尽管不可能对所要进行的所有分析都预先计划，但某些基本的内容还是应该预先计划。从而，在我们那个操作层的例子中，在控制图上按照预定的时间间隔打点，这是应当预先计划的。

人员　人员就如对象、场所、时间、方法一样重要。由谁收集数据，谁存储数据，谁在控制图上打点，谁以其他方式观察数据，这些都应加以明确。

测量规程　这一步骤的结果就是一个测量规程，亦即对数据的收集和存储、分析/综合/展示加以规定的一份文件。实际上，测量规程确定了在随后的步骤中要遵循的各个子过程。在制造业、服务业和健康保健领域的许多组织中，通常会有书面的测量规程。但在很多其他领域，特别是在服务领域，书面的规程则不甚

普遍。这是一种不好的做法，而且蕴涵着危险。测量规程应当是书面的，并且应当在那些必须遵循规程的人员中间广泛传阅。口头指示太容易被曲解和忽视。测量规程应当加以精心的维护。如许多有用的文件一样，它将处于不断的修订过程之中。

收集数据 当一切顺利时，收集数据无非就是按测量规程进行而已。但一切顺利似乎总是个例外，而非常规。由于这一原因，从事测量的人员应当维持详细的记录。在维持记录方面形成好的规矩是非常重要的。即使能够按计划进行校准和遵循测量程序，记录工作也必须保持进行。最重要的是，任何的例外情况都要仔细谨慎地记录下来。数据质量这一问题需要给予特别的重视（Redman，1996）。不幸的是，测量装置不会总是按计划作动。当数据跳到界外时操作者或许会再测一次。数据分析人员也会删去有疑问的数值。对搞错的数据加以探测和纠正这一活动有许多种叫法，如数据净化、数据核清、数据校订等等。最好在数据读出的当时就能探测和纠正错误，而不是以后再返回来进行。当然，对数据的收集就应当进行控制，以使差错在第一地点就能得到预防。但无论何时发现错误，对数据的改动都必须仔细加以记录。

战术与战略层次的测量系统的规程常常要求浏览文献、出席学术会议、与咨询人员讨论等等。当以这种方式收集数据时，很重要的是要记录下数据的来源。最好能够确定最初的来源。

分析/综合/阐明结果并展示结果与建议 一旦收集到数据，就必须对这些数据进行归纳，并以便于决策者理解的形式展示出来。这一步骤通常被称做“数据分析”。但这一说法属于用词不当。“分析”一词被定义为“把任何整体分解或分离为它的组成部分，以找出其属性、构成、功能、关系等等”。分析绝对是重要的，但它只是构成我们所需活动的1/4而已。其他3/4分别是“综合”、“阐明结果”和“展示”。综合是“合成，将两个或多个事物放在一起以形成一个整体；与分析相对”。亚历山大的手下（以及许多其他人）似乎没听说过综合。接下来，要制定具体的决策/行动的“建议”。最后，展示意味着将最重要的结果和建议归纳为一种易于理解的格式。

这意味着，我们可以用“分析”这个词作为分析、综合、阐明结果和展示这几项活动的简称。它有四个步骤：

- 进行预先计划的分析。
- 探索性数据分析（当适当时）。
- 结果与建议的阐明。
- 结果与建议的展示。

对于我们前面提到过的那个操作层的例子而言，预先计划的数据分析和展示无非就是要计算一下平均值和控制限，并将之与代表顾客要求的直线一道绘在一张图上而已。图9—7便是这样的一张图。居然如此的简明，控制图实在是理想

之极：

1. 它为主管指出了适当的决策。

2. 因为是图示（绝大多数人更容易理解图的含义）而一目了然。

3. 容易制作，不需太多计算（事实上，它在现场所发挥的效力大都缘于此）。

4. 它使那些制作或应用它的人得到了充分的授权。

5. 或许最重要的是，控制图并非只是解释过去，而是提供了一个预测未来的基础。而决策的目的之所在就是要对未来施加积极的影响。

不幸的是，在战术和战略层次上，这一步骤并非如此简单。我们已经强调过，许多分析都应当加以预先计划。还应当为数据的探索（也称为数据分析、探索性数据分析、数据的显现化）分配时间。经常有一些数据犹如“埋藏着的宝藏”，等待着人们的发掘。事实上，数据库和图形探索技术的爆炸性增长会增加所有组织探索数据的能力。人们能够取得越来越多的各种类型的数据，包括所有顾客交易和运作的细节在内。当然，工具并非最重要的要素，但沉迷于探索的那些好奇的人们需要用它来发现宝藏。

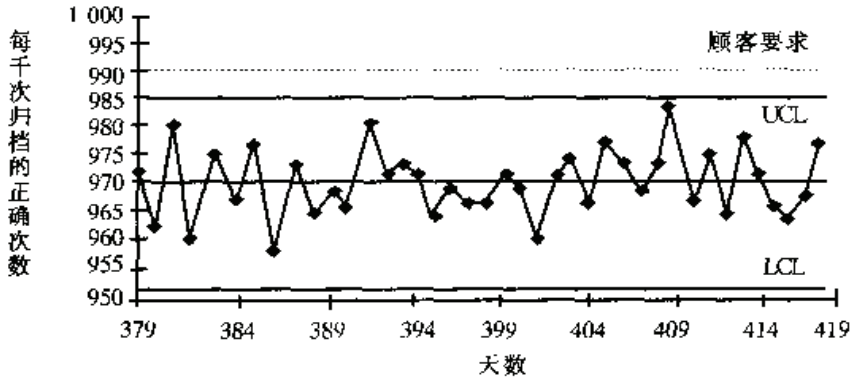


图 9—7 控制图

说明：虽然无言但或许是质量管理中最好的展示手段。

这一步骤的结果是一个“展示包”。或许它只不过是控制图而已。新的工具使得每一个组织都有可能以一种清晰、易懂、引人入胜的方式向其他组织展示结果。经验表明，良好的展示应当：

- 全面。展示要包容所有相关的利害共担者的观点。事实上，它就是一种“平衡计分卡”（Kaplan and Norton，1992；Eccles，1991）。
- 分阶展示。高阶的概况归纳以概要的形式展示，必要时还应当提供有关细节的详细展示。
- 图示。几乎所有的人都喜欢构思巧妙的图形归纳更甚于其他的展示形式。[有关应用技巧极好的例子请参见 Tukey (1976)，Tufte (1983)，Chambers et al. (1983)。]
- 公正无偏。

• 切中要点。所提建议应当具体而明确。

我们引用如下这句话来作为结论："我们也发现，即使形式很普通的数据展示，只要用心，也常常足以应用于复杂的分析……"（Hoaglin and Velleman，1995）。

数据质量与测量保证 显然，决策受制于它们所依据的数据。而一个数据质量规划有助于确保数据具有最高可能的质量。数据质量规划中的要素之一是测量保证。美国国家标准与技术研究院（NIST）将测量保证规划（a measurement assurance program）定义为"一个测量过程的质量保证规划，它量化了相对于国家标准或其他标准的总测量不确定度（随机误差要素和系统误差要素均包括在内），并证实该总不确定度小得足以满足该用户的要求"（Carey，1994，引用Belanger，1984）。其他一些定义（Eisenhart，1969；Speitel，1982）只是略微地或扩展、或压缩、或重新强调了这个定义。所有的定义都明确地主张"数据收集"其本身通常是一个可重复的过程，正如我们的用法一样。这适用于所有类型的质量方法。测量保证无疑是一个好的测量系统中的一个要素。

但是，数据质量规划应当扩展到整个系统，而非仅限于数据收集过程。测量系统有可能在任一点上劣化，而不只是在数据收集上。我们来看一下一位经理是多么容易作出一个不适当的决策。图9—8示出的是一个简单但很经典的情景。很显然，控制图清楚地表明这是一个稳定的过程，且完全能够满足顾客的需要。然而，在图上所标出的这一时刻，一位缺乏经验的主管注意到了"前面三个区间的绩效恶化"。该主管可能会判断需要采取纠正行动并真的这样做了，尽管图上并未显示出这样的必要。这样的一位主管是在"瞎鼓捣"。除非是天降大运，否则，最好的结果是浪费了时间和金钱而一无所获；最坏则可能使过程失控，绩效恶化。

"管理测量指标，而非测量过程"，这在许多组织中都是普遍的现象。例如，被急令降低差旅费的某部门经理很容易把这些费用转到他们的培训预算中去。在好的测量系统中，测量保证规划使得所有的要素都能按计划作动。

核对表 图9—9以前述的账单开具过程为例归纳了一个好的测量系统的各种构成要素。在途中按照由左至右的方向，计划者首先定义了预期的决策/行动空间。接着，确定了总的背景关系。它由三个要素组成：顾客的总要求和在这一步骤上的特殊要求，作为决策者的操作者的选择及其对控制图的理解，对这个装配线的质量控制所分配的预算。测量规程规定了数据收集方案，据此来收集原始数据。控制图是展示的工具。

作为本章的结论部分，图9—10给出了一个测量系统的核对表。它可以用来计划、评价或改善一个系统。表中所列项目并非在所有系统中都有着相同的重要性。

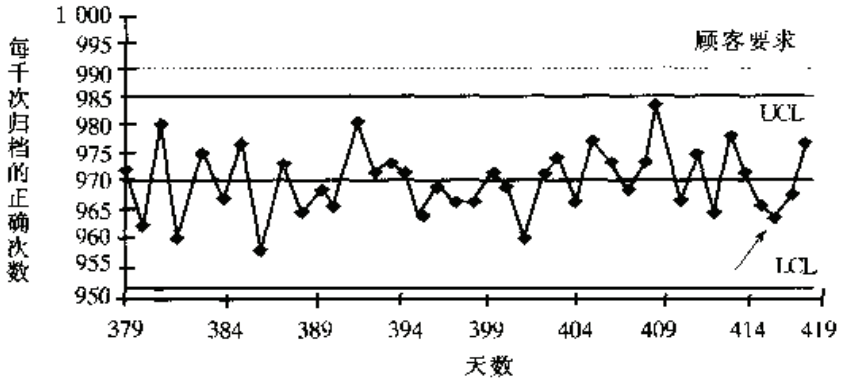


图 9—8　被错解的控制图

说明：在点 417 上，过于热心的主管看到了绩效滑坡的证据。

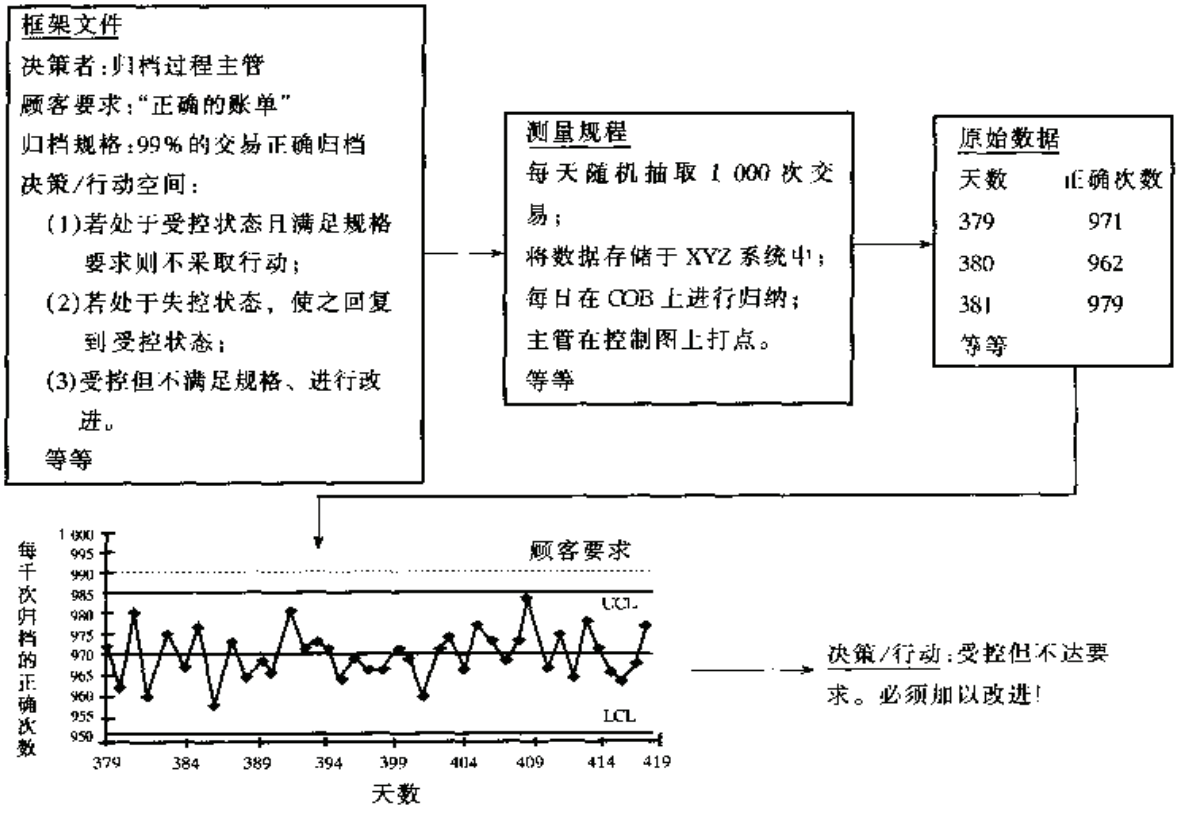


图 9—9　一个测量系统的主要要素

测量的层级

客观测量与主观测量　有关科学、管理和统计方面的教科书常常赞美客观测量的优点，而对于主观的"意见"则不甚了了，尤其是对于那些"是/否"类的问题。原因很简单：意见是不精确的，并且易于改变。

除了这些缺点以外，主观测量还有些不容忽视的优点。首先，也是最重要的，顾客的意见是质量管理的最终裁决者。其次，顾客总是会有无法用客观的词

计划者的核对表

决策/采取行动

- 决策/行动空间是否得到了尽可能清晰的定义?
- 所计划的行动与作为其前提的决策和数据是否一致?

确定前提条件

- 顾客的要求是否得到了清楚的确定?
- 所有者的要求是否得到了清楚的确定?
- 雇员的要求是否得到了清楚的确定?
- 是否辨识出了其他主要的利害共担者? 其要求有无明确?
- 是否指定了决策者?
- 前提条件是否制定了文件?

对测量的计划

- 进行测量的计划是否明确地安排了, 包括:
  - 将要测量什么?
  - 何时进行测量?
  - 在哪里进行测量?
  - 如何测量, 如何利用校准日程、数据校核以及测量记录?
  - 测量的频次如何?
  - 谁负责测量, 包括校准?
- 数据存储计划是否明确地安排了, 包括:
  - 将要存储什么数据?
  - 什么时候存储?
  - 存储在什么地方?
  - 如何完成存储?
  - 数据存储的频次? 数据备份的频次?
  - 谁负责数据存储和数据管理?
- 所计划的分析和数据展示是否确定了, 包括:
  - 计划了何种分析?
  - 何时进行所计划的分析?
  - 在何处进行分析 (即分析环境)?
  - 如何实施所计划的分析?
  - 例行分析的频次如何?
  - 谁来进行所计划的分析?
- 是否编写了测量规程?
- 进行测量的人们是否熟悉该规程?
- 该规程有无变更管理?

收集与存储数据

- 测量规程是否得到了遵守?
- 数据收集计划是否提供了高质量的数据?
- 是否保持着关于例外情况的测量记录?

分析/综合/展示结果

- 测量规程是否得到了遵循?
- 展示包是否清晰易懂?
- 结果的展示是否全面和公正?
- 数据的探索是否分配了足够的时间?

数据质量规划

- 数据质量规划是否全面? 是否涵盖了测量系统的所有方面?
- 数据质量规划是否制定了文件?

图 9—10 测量系统的设计者所参照的核对表

语表述的要求。一个相当典型的顾客要求是："我希望能够信任我的供货商。""信任"就很难翻译成客观的词语。当然，顾客也许能举例说明一个供货商如何能获得信任，但这些例子并不能成为测量系统的坚实基础。最后，在顾客意见中含有丰富的感情成分，很难翻译成客观的参数。如果讨论"信任"的那位顾客再加上一句："这个关键元件若是失效，我们的产品也会失效。这样的事情会使我们失去顾客，也会使我们失去饭碗"，这样就不会误解该顾客的重点所在，以及与该元件相联系的紧迫感。

尽管进行客观的测量仍然是必要的，但测量系统的设计者还应当努力保证使每个人都能听见"顾客的声音"(Davis，1987)。

系统中的系统 到此为止，我们在讨论有关我们的操作层、战术层和战略层的例子时，似乎把它们看做是彼此独立的。显然情况并非如此。理想地，在较低层次上的测量指标应当能够集成到较高层次的测量指标当中去，较高层次的测量指标则提供了背景（前提条件）以帮助诠释较低层次的测量指标。我们将这种性质称为"整合性"(integrability)。顾客对"正确的账单"这一要求应该导致对账单开具过程绩效的整体指标以及对这一过程中的每一个步骤绩效的指标。实现一定程度的整合性是有可能的。但在现实中，这种整合性要比人们所期待的难得多，即使对于财务指标也是如此。

管理者的直觉 测量系统能够带给管理者的东西只有这么多。即使有最好的测量系统也不会消除所有的决策风险。劳埃德·尼尔森（Lloyd Nelson）曾指出，"最重要的数据是未知的，也是不可知的"（Deming，1986)。公司的传统是由那些坚定的特立独行的领导者塑造的，他们敢于挑战数字，引领组织迈向新的成功的方向（尽管我怀疑也有许多组织由于类似的决策而消失已久)。盛田昭夫投资于随身听的决策便是这类传统的一个著名典范。所以，很清楚，有些时候必须依靠决策者的直觉。管理者们和组织必须承认存在着这样的情形。当然，人们更喜好的还是有数据支持的决策，但组织不可能要求所有的决策都得到充分的数据支持。当一个勤奋的主管在兢兢业业地寻求数据以支持一个十分明确的方向时，机会溜掉或危机剧增的危险可就太大了。组织必须支持那些善于适度冒险的主管们。而管理者们亦应当磨炼他们的直觉。

启动并逐渐完善测量系统

正如组织具有适应能力一样，它们的系统也是如此。测量系统必须是最具有适应能力的系统之一。逐渐地，它们与组织所有层次上的功能整合在了一起。仅仅满足于跟上变化的步伐，这对于测量系统是不够的。它们还必须预示出进行根本变革的必要性。在这一部分里，我们将提供一些启动并完善测量系统的实

用建议。

1. 通常，从现有的系统出发要比完全从头做起更好。所有生存着的组织都有着某种测量系统。即使刚开张的组织也会有一个初步的财务系统。所以几乎不可能从“一张白纸”开始。根本的业务变化会要求新的测量类型（现实来看，质量革命迫使许多组织扩展了它们的注意焦点以将顾客包容进来），但废除掉所有已经建立的测量指标或测量方式的做法着实少见。此外，在发生巨大变化时，测量系统是一位靠得住的老朋友，它能够提供一定程度的安全性。

2. 对新的测量指标、分析方法以及展示方式进行试验。了解别人在做什么，并把最好的思想体现在你的系统中。

3. 试点。导入新的测量指标是很困难的。借助于试点有助于区分好主意和坏主意，能够获得一个有助于总结技术细节的环境，并使人们学会如何使用所需的时间。

4. 主动取消那些不再有用的测量指标。这在某些组织中会是非常困难的。但我们已经强调过，好的测量系统不应是压制性的。类似地，我们也强调了创造新的测量指标的必要性。所以，那些已经失去生命力的测量指标必须加以清除。

5. 预见到冲突。我们在前面的部分曾强调过，测量系统的充分整合并非总是可能的。矛盾将会浮现出来。如果处理得当，它们会成为改良测量系统的一个很好的主意的源泉。

6. 就新的测量指标、它们的含义及用法方面对人们进行积极的培训。

原则归纳

我们用测量系统的 10 条首要原则来结束本章：

1. 作为一个整体的系统来管理测量，以及它与组织中其他系统的关系。
2. 了解谁作决策以及他们如何作决策。
3. 使决策和测量尽可能靠近它们所影响的活动。
4. 选择一套简单的测量方法，并保证它覆盖“职能之间”的活动。
5. 预先确定数据存储和分析/综合/建议/展示的计划。
6. 在测量、建议以及展示方面要追求简捷性。
7. 建立测量规程和数据质量规划并形成书面文件。
8. 对测量系统进行持续的改进和完善。
9. 帮助决策者学会管理他们的过程和责任领域，而不是管理测量系统。
10. 承认所有的测量系统都有其局限性。

致谢

作者对维拉诺瓦大学的阿纳尼·列维京（Anany Levitin）和田纳西州纳什维尔的查尔斯·雷德曼（Charles Redman）深表感谢，他们较早时对草稿的建议使本章有了实质性的改进。

参考文献

AT&T Engineering and Operations in the Bell System. Members of Technical Staff, AT&T Bell Laboratories (1982), Holmdel, NJ.

Belanger, B. (1984). *Measurement Assurance Programs: Part 1: General Introduction*. National Bureau of Standards, NBS Special Publication 676-1, Washington, D.C.

Carey, M.B. (1994) "Measurement Assurance: Role of Statistics and Support from International Statistical Standards." *International Statistical Review*, vol. 61, pp.27–40.

Cavanaugh, J. R., R. W. Hatch, and J. L. Sullivan (1976). "Models for the Subjective Effects of Loss, Noise and Talker Echo on Telephone Connections." *Bell System Technical Journal*, vol.55, November, pp.1319–1371.

Chambers, J. M., W. S. Cleveland, B. Kleiner, and P. A. Tukey (1983). *Graphical Methods for Data Analysis*. Wadsworth International Group, Belmont, CA.

Davis, S.M.(1987). *Future Perfect*. Addison-Wesley, Reading, MA.

Deming, W.E. (1986). *Out of the Crisis*. Massachusetts Institute of Technology Center for Advanced Engineering Study, Cambridge, MA.

Drucker, P. F. (1995). "The Information Executives Truly Need." *Harvard Business Review*, vol.73, no.1, January-February, pp.54–63.

Eccles, R. G. (1991). "The Performance Measurement Manifesto." *Harvard Business Review*, vol.69, no 1, January-February, pp.131–137.

Eisenhart, C. (1969). "Realistic Evaluation of the Precision and Accuracy of Instrument Calibration Systems," in Ku, H. K., (ed.). *Precision Measurements and Calibration—Statistical Concepts and Procedures*. National Bureau of Standards, NBS Special Publication 330-1, Washington, D.C.

Finkelstein, L., and M.S. Leaning (1984). "A review of fundamental concepts of measurement." *Measurement*. vol.2, January-March, pp.25-34.

Futrell, D. (1994). "Ten Reasons Why Surveys Fail." *Quality Progress*, vol.27, April, pp.65-69.

Hauser, R., and D. Clausing (1988). "The House of Quality." *Harvard Business Review*, vol.66. no.3, May-June, pp.17-23.

Hoaglin, D.C., and P.F. Velleman (1995). "A Critical Look at Some Analyses of Major League Baseball Salaries." *The American Statistician*, vol. 49, August, pp.277-285.

Ishikawa, K. (1990). *Introduction to Quality Control*. 3A Corporation, Tokyo.

Kaplan, R.S., and D.P. Norton (1992). "The Balanced Scorecard—Measures that Drive Performance." *Harvard Business Review*, vol. 70, no. 1, January-February, pp.71-79.

Kaplan, R. S., and D. P. Norton (1993). "Putting the Balanced Scorecard to Work." *Harvard Business Review*, vol.71, no.5, September-October, pp.134-149.

Meyer, C. (1994). "How the Right Measures Help Teams Excel." *Harvard Business Review*, vol.72, no.3, May-June, pp.95-103.

Redman, T.C. (1996). *Data Quality for the Information Age*. Artech, Norwood, MA.

Roberts, F.S. (1979). *Measurement Theory with Applications to Decisionmaking, Utility and the Social Sciences*. Addison-Wesley, Reading, MA.

Schlesinger, J. M. (1988). "Ford's Claims About Quality Show Difficulty of Identifying Top Autos." *Wall Street Journal*, March 14.

Speitel, K.F. (1982). "Measurement Assurance," in G. Salvendy, *Handbook of Industrial Engineering*. Wiley, New York.

Tufte, E.R. (1983). *The Visual Display of Quantitative Information*, Graphics Pres, Cheshire, CT.

Tukey, J. W. (1976). *Exploratory Data Analysis*. Addison-Wesley, Reading, MA.

Webster (1979). *Webster's New Twentieth Century Dictionary*, 2nd ed. William Collins Publishers, Simon & Schuster, New York.

(邹亚生 译)

第 10 章

计算机在质量体系中的应用[①]

弗雷德里克·I·奥尔金（Fredric I. Orkin）
丹尼尔·奥里维尔（Daniel Olivier）

引言
　通信与计算机系统
设计控制
　设计与开发计划
　设计控制的益处
测试与确认
　测试环境
　买者当心！
软件的属性
　模拟与模糊逻辑质量工具
计算机系统在统计方面的应用
　统计软件来源
计算机辅助检验
　环内度量
可靠性与安全性
　产品可靠性与安全性
　微处理器可靠性
　软件可靠性
　应用微处理器的系统的故障保险设计
　故障树分析的输入
　测试
　可靠性与故障保险设计规划
未来的趋势
致谢
参考文献

引言

今天，每一位从事质量工作的人员要么面对着计算机，要么面临着退休。在可预见的未来，计算机系统的指数式增长仍然会持续不衰，并会影响到我们工作的每一个方面。无论是身居经理层，还是实际工作者，都必须付出相当的努力来

① 在本手册的第四版中，有关计算机一章的材料是由弗雷德里克·I·奥尔金所提供的。

充实其计算机技能，并估量这种变化对公司的风险。计算机革命也是促使质量活动扩展到服务业和服务职能的主要力量。在通信和数据存储方面的突破性技术引发了从强大的单机技术向具有无限潜力的大型、虚拟机器技术的转变。互联网及由此而引发的各种事物将使这场革命呈现为一种爆发的状态。

本章将讨论受到计算机影响的若干质量活动的方面：（1）通信与计算机系统；（2）设计控制；（3）试验与确认；（4）软件质量；（5）统计应用软件；（6）计算机辅助检验；（7）可靠性与安全性；（8）未来的趋势。

本章还提供了一些例子和核对表以对那些应用计算机及相关技术的读者有所帮助。有关计算机对与质量活动的贡献的讨论遍及本手册的各个部分。尤其可参见第28章“高技术产业中的质量”。

通信与计算机系统 为了本章讨论的方便，我们把计算机系统定义为完成独立功能的一组交互作用着的硬件设备和软件。计算机系统可以很小，如家电或汽车之类产品中的应用独立软件的微处理器芯片；也可能会很大，如运行专门数据库管理软件的大型计算机。装有商用字处理和表格软件程序的个人计算机一般被认为是生产率工具而非计算机系统，除非该商用软件是为了执行某个独立功能而特别开发和测试的。这方面的例子如专用于分析财务、统计或工程数据的表格程序，提供用于登录特定数据信息的窗体的字处理程序。这类商用应用软件被称为“模板”和“宏”。

近年来，计算机系统经历了令人炫目的快速演进，从以中央主机处理器为主宰的独立处理系统发展到了能够提供几乎无限的通信能力的广泛分布式结构。诸如互联网这样的系统的爆发性普及为信息的存取开辟了惊人的新的机会。几乎任何主题都可以借助于互联网的搜索引擎来加以研究。互联网这样的系统在质量方面也向人们提出了新的挑战。

图10—1列出了一些可以随时通过互联网访问的著名质量团体和信息来源。图10—2是美国质量协会的万维网主页的标志。

美国国家标准研究院（ANSI）
美国质量协会（ASQ）
计算机器联合会（ACM）
戴明电子网络
电子产业协会（EIA）
欧洲标准研究院
电气和电子工程师协会（IEEE）
国际电工委员会（IEC）
国际标准化组织（ISO）
朱兰学院
国家标准技术研究院（NIST）
软件工程研究所（SEI）
保险商实验室（UL）

图10—1 在互联网上可以获得的质量方面的资源



图 10—2　美国质量协会主页上的标志

资料来源：http//:www.asq.org.

“企业内联网”（Intranet）正在得到日益普遍的应用。企业内联网是应用互联网技术的公司内部网络。互联网和企业内联网，再加上日益强大的在线文件管理系统的能力，彻底改变了公司的通信和运作的方式。未来将会以自动的在线服务为特征，对于存在于巨大的规格和参考资料的数据库中的信息，人们可以进行无限制的访问和迅速的取用。这些新的能力从质量的角度而言蕴涵着若干方面的含义：

- 个人信息，如薪水和考评资料等，被访问而涉及的隐私问题，引起了人们的日益关注。
- 公司的信息，如财务的和产品开发的数据，可能会被外部人员访问，引起了人们对于这方面的安全问题的日益关注。
- 对于可获信息的准确性和时效性的关心。

还有一个引起人们关注的问题是，通过这些渠道所导入的程序会引起数据的受损或毁灭。最为人们所熟悉的破坏者被称做“病毒”。所谓病毒也就是当受感染的程序运行时会被执行的计算机代码。在以往只有完整的程序（可执行文件）才会被感染。然而，近来病毒被嵌入了某些程序中，这些程序能使得非执行性的文件来传播病毒。

来自病毒的威胁决非虚言。到 1994 年底时已经有了4 000多种病毒，而新病毒的数目则按照稳定的速度增长着（McAfee，1996）。无论是大型的主机还是笔记本电脑中的数据都有可能被病毒感染。病毒可以由电子公告牌通过电话线而扩散，或者可以通过软盘进入计算机。感染病毒会摧毁文件。从受感染的程序中消除病毒或恢复丢失的数据可能会花费无数的时间。

质量工作也必须面对日益增长的病毒风险，这是日益增强的计算机系统的互联性所带来的结果。图 10—3 示出了一些防止病毒感染的方法。

设计控制

ISO 9001 标准是由国际标准化组织发布的用于设计/开发、生产、安装和服

通过密码控制，以使对系统的访问只限于授权用户
制定要求密码独特性和定期修改的密码规程
就如何探测病毒及通过控制手段来检查文件和磁盘的可靠性对人员加以培训
制定有关限制能够进入公司工作站和网络的程序的规程
利用病毒检查程序探测病毒的有无
利用无盘工作站来阻止把外部文件导入关键的计算机系统
对系统进行定期的扫描以探测病毒的有无
对系统访问和文件活动加以审核以探测病毒的存在与否
使用不同的磁带对系统进行定期的备份（用了受感染的磁带是无效的），以备数据丢失时可以对文件加以恢复

图 10—3　防止病毒感染的方法

务情景的质量保证模式。该标准[①]第 4.4 条的“设计控制”明确规定了质量体系中针对设计与开发的质量保证的要素。这些设计控制要素也适用于计算机系统的开发，且已被那些成功的公司用以确保其开发工作的高效和优质。设计控制要素包括了传统的工程活动，但是以 ISO 9000 所应用的过程导向的术语来描述的。设计控制的阶段是按照每个设计与开发阶段的输入和输出来讨论的，其中包括：对要求的定义；设计；编码与调试；单元、集成及接收测试；运行与维护。

设计与开发计划　设计控制的第一个要素是一个详细的计划。它规定了设计与开发的各项活动，还规定了对设计开发加以支持的各项活动以及相应的负责单位和人员。

组织与技术接口　进一步地，该计划还要规定各部门、各专业以及参与设计的分承包商之间的相互关系。还要规定有关各方所要制定的文件以及有关评审的责任。

设计输入　在设计输入阶段，要制定关于质量要求的规格。这一文件定义了产品的基本要素，它是在产品设计与开发完成时进行评价的依据。

设计输出　设计输出是所有文件、设计描述、分析、测试规程以及在实际设计活动中产生的测试结果的集合。对于硬件开发来说，其中可能会包括功能模块图、示意图、设计图纸，以及详细的元器件规格。对于软件来说，输出结果会包括设计说明、模块结构层次图、面向对象的各种框图，及其他程序内容（见第 20 章中关于软件开发的讨论）。

设计评审　由项目团队进行的非正式评审对于符合规格的情况、有无误解和差错等提供了迅速的反馈。正式的评审小组由独立的评审人员构成，它属于正式计划的分阶段活动，经常用于对设计阶段的区分。实践证明，与检验和测试相比，评审是一种更为有效的改进产品质量的方法（Wheeler, Brykczynski and Meeson, 1996）。评审是提高产品质量，改进设计开发效率的重要因素。评审所带来的最为重要的益处在于差错的早期识别。在设计过程中越能较早地识别出错误，纠正所花的代价就会越少（Boehm, 1985）。

① 指 1994 年版 ISO 9000 标准。——译者注

设计验证（design verification）　验证是在设计与开发过程中的每一阶段中所进行的经常性的校核，目的在于确保过程处于追踪之下以及低阶的衍生要求得到了正确的实施。验证所包括的活动有单元层次的测试、分析性研究、集成层次的测试，以及评审等。

设计确认（design validation）　确认也就是要保证产品符合规定的输入要求及顾客的需要。确认还必须包括在实际的或模拟的顾客使用环境下的加压测试。

设计变更(design changes)　对已批准设计的变更,要在类似于对初始开发过程所进行的控制之下实施。所变更的设计必须经历过设计与开发过程中的相同步骤。

设计控制的益处　在项目的早期阶段所增加的评审会占用项目的计划时间。有些人会抱怨减少了宝贵的编码及原型开发时间。然而，以往的实践表明，在评审上所花的投资换来的是增加了的顾客满意以及减少了的测试阶段的返工和维护阶段的差错，如图 10—4 所示（Olivier，1996）。由笔者提出的这一图表示意出了设计控制评审的两个关键特征。

其一是节约了投入在开发项目中的努力。在前面评审中多花的时间由图中左侧的阴影部分代表。因未评审而在以后阶段所多花的返工和调整产品的时间由右侧的阴影部分表示。很容易看出，左侧的面积小于右侧的面积，表明这样做付出了较少的努力，因而由于设计评审而减少了总的成本。纠正在开发过程的早期所发现的差错要容易得多。汉弗莱（Humphrey，1989）的研究指出，AT&T 贝尔实验室发现，在发现差错方面，第三方代码评审的效率是测试差错方式的 20 倍。

第二个方面的设计评审的益处是质量水平的提高，这从图 10—4 中很容易看出。质量的改进由维护阶段的曲线下的面积所体现出来。实施设计控制评审时的面积较小，说明差错和返工被减少了。弗里德曼和温伯格（Freedman and Weinberg，1990）指出，实施全系统评审的项目比分阶段测试方式的差错减少了 10 倍。

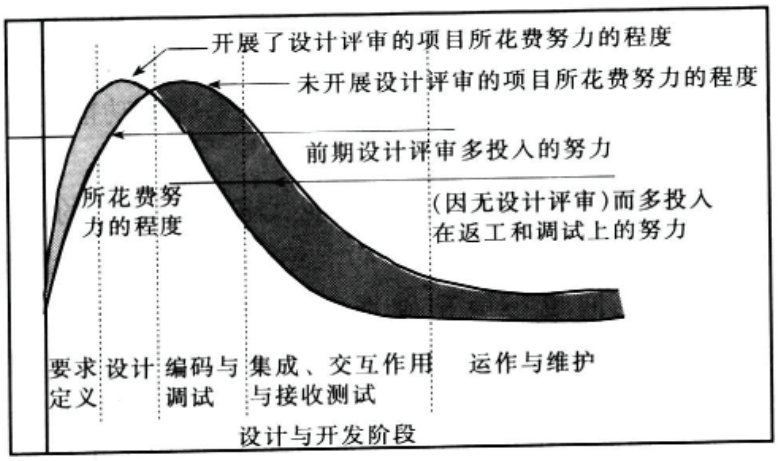


图 10—4　在设计评审活动上的投资对设计开发项目的影响

资料来源：Olivier，1996.

测试与确认

随着计算机程序复杂性和关键性的日益提高，传统的专项测试方法已经越来越难以满足要求。在目前的计算机系统的设计开发模型中加入了确认测试(validation tests)，以确保系统的要求能够得以满足。这些模型中同时也把验证评审与试验方法包括在内，构成了开发过程的组成部分（IEEE，1986）。图 10—5 示出了验证和确认在设计开发各阶段中的应用。

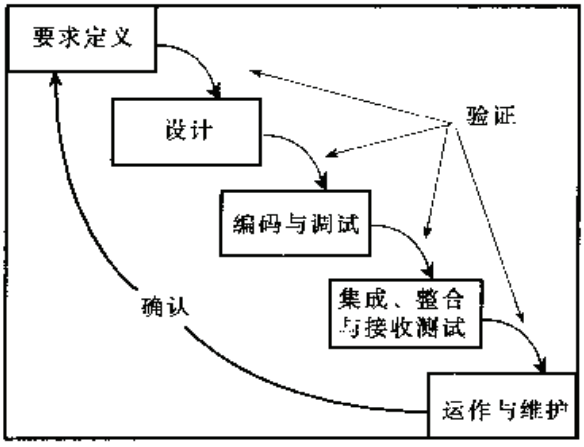


图 10—5 在设计开发各阶段中的验证与确认

资料来源：Olivier，1993.

测试环境 测试必须确保系统能够在实际的环境中正确地运行。若不可能进行实际环境下的测试，就要在一个模拟实际使用条件的环境中进行测试。在实际使用环境中的加压测试对于找出差错是非常有效的，若不如此这些差错在产品发布之前不会被探测出来。确保在用户环境下正确运行的有效方法还必须包括 β 测试，即将早期的产品版本提供给顾客试用，以保证系统的功能与实际使用环境相一致。

以性能要求为依据的测试条件或许并不能代表实际运行的情景，而且性能要求本身也未必没有差错(Collins et al.，1994)。绝大多数顾客对于计算机系统并不具备足够的知识，而且他们也不能精确地定义确认活动所需的性能要求规格(Kaner et al.，1993)。实验数据表明，相当多数的系统故障是来自性能要求本身的差错，而非未能满足性能要求(Leveson，1995)。系统最终也许是以一种开发过程中未曾预想到的方式被应用的。用户输入了意外的数值，使用了未曾预期的设备接口，误解了报告和屏幕显示，这些都会导致差错的出现。这些情况为软件提供商在行销方面造成了挑战，他们也许会忽视这些挑战而任由不完美的产品流入市场。

买者当心！ 在购买软件时，买者若能牢记以下的几条告诫或许会大有助益：

• 测试是否满足性能要求当然有助于了解软件的质量状况。但仅仅这样做已不再有效。可以认为每一件新发布的重要商业软件都包含着差错，即使执行过成千上万次以后也不例外（Collins et al.，1994）。

• 虽然适用性概念承认满足规定要求的重要性，但规定的要求本身也会有差错。

• 没有差错只是组成适用性的诸多特性之一。

微软公司及其他一些软件开发商的成功是基于这样一种认识，即顾客会为了及时升级产品、增加功能及降低成本而容忍软件中的错误（bugs）。这与同一顾客在面对硬件差错时的反应形成了鲜明的对照，人们对硬件的期望是零缺陷！

顾客的这种态度造成了许多的软件开发商更重视尽早的编程和费力的测试，而非对设计过程的精心计划。在微软公司有这样一种倾向，即通过在早期的编程、测试及随后的调试中集中投入大量的时间来加速新产品的推出。一份有关1993 年 4 月最后一周的 Windows NT 开发过程的资料显示，这一周共解决了1 132个错误，但同时又发现了 713 处严重的必须加以测试的新错误（*Wall Street Journal*，1993）。

计算机和软件系统复杂性日益增大的这种无止境的压力迫使产业界开始反思这一“蛮横”策略的代价与风险。在笔者看来，这种复杂性将会促使新的软件开发工具的逐渐涌现，也会促使那些成功的开发商们回过头来更加重视更有计划的设计方法。

当前可用于增强计算机系统测试计划有效性的方法有：

• 培训开发人员掌握有效的评审和测试的方法。测试者必须明白，测试的目标是尽可能多地检出差错，而非为了检测某个程序可否运行（Meyers，1979）。

• 对差错进行分析以找出其根本的成因。差错分析会有助于开发能够更有效地克服旧有差错原因的评审方法和核对表。

• 所设计的系统要注重其可测试性。这意味着在系统中要包括诊断例行程序和差错条件的记录，以及与核心系统功能的设计开发相关联的设计工具。

• 跟踪记录单位测试时间所发现的差错数目和严重程度。

软件的属性

各种质量方面的软件程序具有一些共同的属性，无论其编程语言和应用范围如何。在表 10—1 中列出了这些关键属性中的一部分（McCall et al.，1977）。在这些属性中既有主观的指标也有客观的指标，且它们只是软件程序的属性总体中的一个子集。在设计某个特定的程序时可以应用哪些要素，应当由质量专业人员来加以选择。

表 10—1　　软件质量属性

质量属性	描述
正确性	某个程序满足其规格要求及符合用户任务目标的程度
可靠性	能够期望一个程序按照要求精度执行其预期功能的程度
有效性	一个程序执行一个功能所需要的计算资源和编码的量
完善性	对于未经授权人员访问软件或数据所能够控制的程度
可用性	学习如何操作、准备输入，以及解释程序的输出所需要的努力
可维护性	在一个运作的程序中确定并且修正错误所需要的努力
易测性	测试一个程序保证其执行预期功能所需要的努力
机动性	修改一个运作的程序所需要的努力
易携带性	程序在不同的硬件配置和/或软件系统环境中转移所需的努力
可复用性	一个程序在其他与程序执行的功能包与范围相关的应用程序中可应用的程度
互容性	一个系统与另一个系统连接所需要的努力

资料来源：McCall，Richards and Walters (1977).

如今许多应用程序都是从货架上购买的。对这些程序的质量评估不同于内部开发的程序的情形。为了了解这些程序的质量，常常有必要与开发程序的软件商以及当前的用户进行联系。笔者建议在评估和选择这些货架出售的软件程序时可参照图 10—6 所列出的这些步骤来进行。

若程序购回后还要由内部人员修改，则还应当索取其他一些信息，包括：设计文件、源代码、测试规程以及用于开发和测试的一些支持工具。

若软件程序由内部自行开发，则开发者应该制定一个质量保证计划来明确将要实施的特定活动。其中应当包括图 10—6 所示的那些活动，以及：

- 确保内部设计规程得以遵守的内部审核。
- 过程与产品质量的测量。
- 对分承包商活动的监督和留意。
- 对编码和文件构型的管理。
- 对尚未解决的程序错误和改正行动的跟踪。
- 分析程序错误以辨识过程改进的机会。
- 程序发布的最终批准。

1. 明确自己当前的和未来的要求。
2. 调查可获得的软件包。
3. 详细审看文件和手册。
4. 确定数据和通讯与现有程序的互容性。
5. 调查现用户对产品的可接受性。（通过互联网的提问为获得该信息提供了一条最好的途径。）
6. 向开发商索取有关质量保证和测试的信息。
7. 索取已知差错（bugs）的清单。
8. 评审版权与许可要求。
9. 取得程序供内部试运行。
10. 就包括维护服务、升级等内容在内的合同进行谈判。

图 10—6　购买应用软件包时的参考步骤

模拟与模糊逻辑质量工具　模拟建模作为一种计算机工具正在获得广泛的接受。它实际上是利用数学模型来取代物理试验并预测试验结果。“改变一个模拟模型中的输入变量便可以创造出不同的构型，经过连续试验，每一个构型都能够通过分析用来衡量绩效的输出变量而得到评价”（Smith 1994）。

有限要素分析软件与试验设计（DOE）的结合，可以成为一种强大的质量工程工具。里佐（Rizzo）曾报道说，在对某个电子系统的一段动力导线的非线性扭曲行为的剖析中应用了模拟模型。该模型证明了最初的判断是错误的，这一发现使工程师们兴奋不已（Rizzo，1994）。沙尔马说，“计算机建模和模拟把汽车的许多测试推回到了设计阶段”（Chalsma，1994）。

“使以计算机为基础的系统更具有智能和更富于人性的努力无疑集中于模糊逻辑的应用方面”（Chen，1996）。“模糊逻辑”是数学（集合论）的应用，即用数学表示和处理那些具有非统计不确定性的数据。

模糊逻辑代表着一种处理日常生活中的含糊性的新途径，在未来的产品和过程开发中会担纲主要的角色（Bezdek，1996）。

扎德（Zadeh，1965）指出，随着一个系统变得越来越复杂，对之精确描述的必要性会随之而降低。诸如热、冷、近、远、很快、迟等这些主观描述符通过模糊逻辑进入了控制理论的设计方程中。

传统的控制系统是开环或闭环的（见图 10—7）。它们收集输入的数据，执行计算，然后提供一个输出。闭环系统将输出作用作为反馈应用于计算中。对于模糊系统来说，输入被“模糊化”了，这是通过将其置于交迭的组群或集合当中，如凉、温或热——而非特定的温度或温度范围——而实现的。这样，一个反馈控制系统就应用了一个由模糊逻辑成分（假定规则、变量、集合和翻译机制）构成的控制器，这一控制器描述了所期望实现的控制。其结果然后被“解除模糊”并生成为输出（Zadeh，1965）。

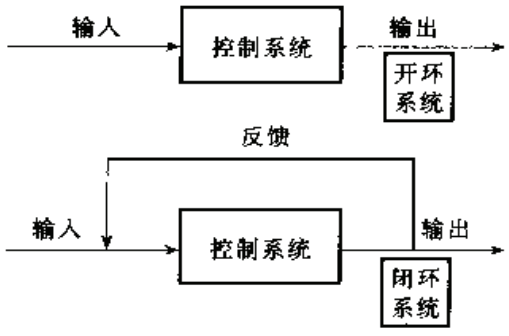


图 10—7　传统的控制系统

资料来源：Zadeh，1965.

图 10—8 给出了典型的模糊逻辑控制系统的块图（Miller，1996）。专门的电子硬件每秒钟能够处理 800～800 万条规则。

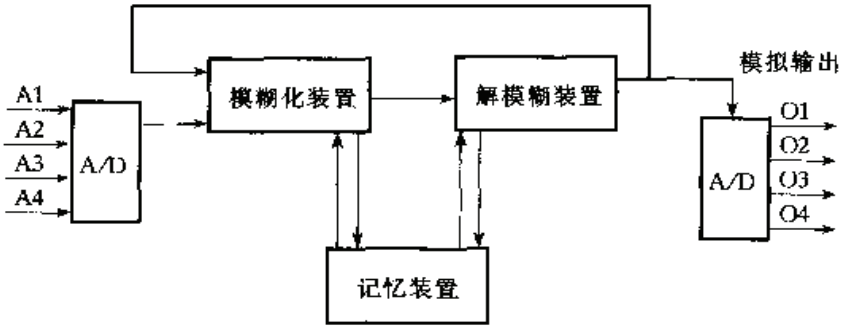


图 10—8 模糊逻辑块图

资料来源：Reprinted with permission from *Electronics Now* magazine, May 1996 issue. @Gernsback Publication, Inc., 1998.

模糊逻辑控制器在诸如家用电器、非破坏性试验、机床控制以及检验系统这样的领域中有着极为广泛的应用（见图10—9）。

可感受水的脏度并优化洗衣周期的洗衣机
具有可消除手动影响的电子影像稳定器的摄像机
可感受人数和负载热量及温、湿度环境条件的空调设备
可减少开门放入新食品时的热冲击的电冰箱
可感受脏污尘量并控制清洁周期的真空吸尘器
电吹风机的强度控制
运输系统的速度控制
汽水罐印刷缺陷检查
汽车刹车和传动控制

图 10—9 引人深思的模糊逻辑的应用

模糊逻辑在工业中的应用正呈现出指数的增长。其应用包括在工业机床设备、机器人系统、医疗设施以及流程性设备等的前馈控制。基尔斯坦（Kierstan，1995）介绍了模糊逻辑系统在具有严格温度要求的自动食品加工清洁操作间的温度控制应用，在厌菌大气中的环境控制，甚至还有对比萨饼的大小和形状的监测！

计算机系统在统计方面的应用

计算机在质量控制中的最早应用之一便是在统计分析方面，且至今仍然保持着同样的重要性（Besterfield，1979）。本手册中所讨论的绝大多数统计方法或许都可以应用某一标准程序语言加以编程。“休哈特控制图是前计算机时代的产物，当时所有的记录工作都是手工的。借助于今天市售的计算能力，其所需的整个技

术系统可以很容易加以处理”（Marquardt，1984）。

统计软件来源　《质量进展》（Quality Progress）杂志每年都会公布软件的商业来源。1996 年其列出了 183 家提供统计软件产品的公司，软件范围涉及（Struebing，1996）：

- 过程能力研究
- 实验设计
- 抽样
- 模拟
- 统计方法
- 统计过程控制

计算机辅助检验

计算机辅助设计（CAD）、计算机辅助工程（CAE）和计算机辅助制造（CAM）的迅速普及为引入计算机辅助的检验和试验提供了数据库和信息结构。企业对成本的关注也会加速检验和试验自动化的步伐，以使之与制造业自动化的进展保持同步。

将缺陷水平降至百万分之几的范围也常常需要借助于计算机辅助技术。越来越多的行业采用了与自动制造系统集成在一起的检验系统。“这一步骤闭合了计算机集成制造（CIM）的环路”（Reimann and Sarkis，1993）。

通常，自动检验会把一个传感器与计算机连接在一起。传感器可以采用尺寸位置显示器或诸如力、流量、振动、电特性及磁特性等物理效果的显示器的形式。美国国家标准研究院（ANSI）于 1990 年发布了将 CAD 与尺寸测量仪器集成在一起的标准（ANSI/CAM—I 1990）。

表 10—2 详细列出了有关自动检验及其设备以及相关的计算机功能的大量可能的应用。人们会发现笔者开发的这张表格对于启发可能的项目思路是很有用的。

环内度量　在一个数控机床的加工循环内应用触发式探针进行度量被称为“环内度量”。据赖曼和萨尔基斯（Reimann and Sarkis，1993）称，该技术最近的发展导致了一些新方法的出现，这些方法能够补偿机器的变异并建立起参数化的探针路径数据。

表 10—2　　自动检验的可能应用领域

产业应用	设备类型	传感器类型	计算机功能
尺寸度量	自动高速的非接触视频检验、光学比较仪	光学、激光、视频、电晶体照相机	视频影像处理；自动聚焦；无干扰循环执行的大规模储存；零件与工作台多维伺服定位；无排列零件的检验

续前表

产业应用	设备类型	传感器类型	计算机功能
	并列的测量机器	接触式探针	几何公差编程，公差分析，数据处理，多探针校准，激光校准，数学处理，轮廓描绘，操作员提示，编辑，反馈，接收/拒绝决策
	计算机协助度量	接触式探针，电子的，空气的	监督提示，自动掌控，放大装置，对准显示，统计，计数，规格比对，诊断测试
	与计算机连接的电子测量和度量系统	测径器，千分尺，快速拍摄器，测孔器，指示器探针，测高器，空气测量器，超声测量器，磁性量具，等等	直接的数字化输出，通过接口把测量结果传给主计算机
	数控机床的环内度量	接触式探针	本机测量，刀具磨损补偿，刀具偏移时的温度补偿自动检查，工作定位，工作台与轴杆关系
	工作台激光测微计	激光	激光自动扫描，数据处理，统计尺寸计算，零件分类，接收/拒绝决策
	全息摄影	激光	自动应力，张力，替换，图像处理
	激光干涉计	激光	自动温度和湿度补偿数据处理和存储，数学处理
	3—D 经纬仪，并列测量	光学	交互式操作员提示，自动角度测量，数据处理
	扫描式激光声学显微镜	激光，声学的	光束扫描，数据处理
电工与电子测量仪表	温度测量仪器	热电偶，电热调节器，温度阻抗探测器(RTD)	校准；数据获得、分析和处理
	自动印刷线路板测试	电子的	机器人控制，全自动线路板测试
	重量和平衡，填充与打包，检验	电子的	自动称重，统计处理，数据记录
	线路分析器	电子的	特殊目的的测试系统
	自动测试设备功能测试仪	所有类型	具有完全实时输入的特殊目的的测试系统，处理和输出数据
	电缆测试器	电气的	自动的利用持续性和高电压的测试
	半导体测试仪		对标准的或特殊目的芯片的自动测试
实验室仪器设备	套色复制	光学的	全自动预编程的抽样与数据记录
	材料强度	探针，力，替换，应力测量	预编程周期性作业；数据、图表和图形输出记录；多渠道记录；在线数据处理
	硬度测试	探针	机器人的全自动测试与记录、结果分析和预报
	分析器	所有类型	自动校准、测试和记录
	电子显微镜	电磁	处理与原料分析，预编程故障分析
光学成像	录像管道镜，光纤检验	光学的	数字化数据图像处理文件
	照相	光学的	全自动滤波，照相排序和处理
	录像显微镜	光学的	录像图像处理数据文件

续前表

产业应用	设备类型	传感器类型	计算机功能
	高速录像	光学的	自动的每秒钟 200～12 000 帧机器和手工过程的静动录像，动作分析和数据处理
环境和功能测试设备	测试室控制	温度，湿度，高度	预编程的周期性控制，时间和数据记录
	泄漏探测	真空，气体，声学的	自动对准，内置调校，自动排序，公差检查，数据处理和显示
	冲击和振动测试	加速计	自动周期性控制，内置调校，数据存入和显示
	内置设备	电气的，电子的	预编程部分和系统功能和环境循环，记录
	电磁干扰测量仪器	电子的，磁的	数据处理，数学分析，记录
材料试验设备	表面和粗糙度测量	探针从动件，气流	操作员提示，数据分析
	涂层厚度，覆盖厚度	电子的，视频的，超音速的，β 反向散射波	计算与数学处理；显示；自我校准；自动过滤变动和定位；提示自我诊断；反馈；接收/拒绝决策
	纸、塑料、涂层产品的孔、微粒、拖尾及厚度的过程检查	激光	自动高速处理，反馈控制，数据分析，以及警示
非破坏性测试设备	磁微粒，漩涡流	探针	自我调节，校准，数据处理，缺陷确认
	超音速缺陷探测	声波，振荡	自动定量分析，曲线匹配，自动化的程序，图形数据获得与存储
	扫描激光声学显微镜（SLAM）缺陷探测	激光，声学的	光束扫描，数据处理，流量探测
	X 光，荧光检查	光学的，电子的	自动校准，操作员提示，数据处理，统计，储存编程，缺陷确认
	声辐射	声学的	独立渠道监控和显示，线性的，分区定位，公差比较，预编程的测试，图形输出，三角测量，来源定位
	红外测试系统	光学的，视频的	校准，系统控制
	X 光照相，γ 射线	光学的，γ 射线	可编程的，自动的，自我诊断的，安全故障中断，自动故障确认，机器人零件处理，遗漏零部件自动探测
	计算机辅助 X 射线断层摄影术（CAT）	X 射线	数据获得，处理，解释及成像
	核磁共振（NMR）扫描仪	磁的	数据获得，处理，解释及成像

可靠性与安全性

产品可靠性与安全性　对开发中的产品加入微处理器，使得在质量、可靠性

和安全性方面设计目标的定义、管理和分析都发生了改变。应用了微处理器的产品包含了程序软件，从而使得设计分析活动增加了一个独特的因素。尽管存在着分析、预测和控制常规系统的方法，但作为一种实体存在的软件有着完全不同的特征，蕴涵着更大的困难，必须加以专门的对待。

虽然微处理器软件分析起来难度很大，但是，当产品中包含了微处理器后，其故障保险设计和自我检测系统的产品目标会更容易实现。某些产品由于其特殊的应用类型，从而会具有更高的危险程度。因而在各种类型产品上所付出的努力程度必须与其应用相适应。以下将重点讨论微处理器作为一个电子装置本身所具有的可靠性与质量，微处理器的软件程序的可靠性，还有关于微处理器所带来的设计上的优点。

微处理器可靠性 提供微处理器以及外围设施的制造商有许多。装置的成本根据所含的指令数目、执行时间以及所依据的技术而有所变化。这些硬件装置的质量水平对计算机系统的可靠性有着直接的影响。其采购可按照 MIL—M—38510D（1977）和 MIL—STD—883C（1983）所规定的质量水平来进行，这与 MIL—HDBK—217F（1991）所给出的预测可靠性与故障率的模型相符合。在这些规格中规定了合格测试、甄别测试及加压测试的水平。

商用微处理器一般也具有卓越的性能，但其测试方法没有统一的规定。不过，通常最起码会经过进货检验、视觉检查、电参数测试及加压测试。

软件可靠性 内置软件是整体产品中掌管计算或控制功能的要素。在程序开发过程中的每一个步骤都不可避免地存在着出错的可能。曲解、翻译错误或编码错误等都可能造成差错。若不能做到给予每一个步骤以特别的注意，就有可能产生大量的差错。在程序开发过程中，差错越是能够尽早地被找出并除掉，所花的代价就会越少。

图 10—10 示出了纠错的成本与找出差错的阶段之间的关系。该图表明，在运行阶段纠正一个差错所需的成本相当于在最初的设计阶段纠错成本的 75 倍（Anderson and Martin，1982）。

软件的可靠性比硬件的可靠性更难以衡量。硬件的可靠性通常遵循着“浴盆曲线”，即初期的故障率较高，然后是持续的低故障率，最后进入产品寿命周期的末端。但软件不会被磨损，其可靠性是差错排除情况的函数。程序中的软件差错可能是编码的错误，也可能是由于错解了性能要求而造成的。通过对检查出的差错数与仍存在着的差错数的比率的追踪，可以对可靠性进行预测。只要除错率超过了差错的发生率，则新差错被探测到的比率将会随时间的流逝而降低。这种关系使得我们能够通过追踪差错探测率来预测软件可靠性的水平。图 10—11 便是对这种关系的图示。

虽然人们期望在软件推出之前能够实现零差错的目标，但对于许多大型的软件开发项目而言，目前的工具很难做到这一点。若是在发布之前不可能去除所有

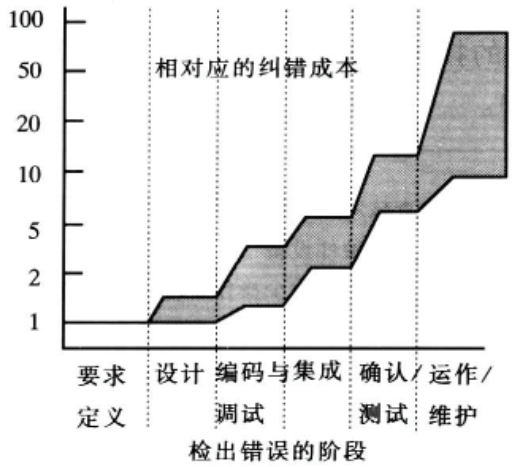


图 10—10　不同阶段纠错成本的比较

资料来源：Anderson and Martin, 1982.

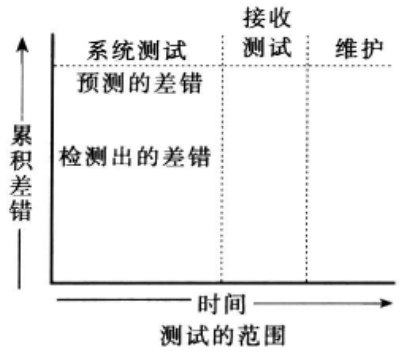


图 10—11　根据所发现的差错来预测软件的可靠性

的差错，则最起码那些事关安全性和关键性能的差错必须得到纠正。

应用微处理器的系统的故障保险设计　微处理器应用于产品，使得在设计系统时有了更大的自由度。在对用户造成重大损害之前，微处理器便可探测出某个电路元件的故障。类似于把关定时器、漂移分析以及冗余投票线路这些技术可以使系统在停止运行之前处在一个可预知的安全状态之下。

诸如危险分析、故障模式及影响与临界性分析（FMECA）这一类质量分析技术都属于重要的“预防性”工具（参见第 3 章“质量计划过程”和第 19 章“研究开发质量”）。

故障树分析的输入　故障树分析（FTA）是用于判别潜在的安全性风险的又一种方法。FTA 是一种旨在识别可能会导致某种不安全条件的原因或原因成分的由上至下的分析方法。这种分析主要是定性的，从而使之成为了 FMECA 的一个绝佳的补充。FMECA 在明确可能的故障情况及预测系统可靠性方面非常有效，与此相对照，FTA 有着另外的优势，它能够预测由于操作者的差错、误用或滥用条件而引起的潜在不安全状态。经常会有的情况是，不安全状态来自对系统的未曾预见到的使用，而不是系统的故障。

除了如 FMECA 和 FTA 这些已经确立了的分析技术之外，还应当采用一些期望会起到风险缓冲作用的控制措施。图 10—12 示出了这些控制措施中包括的一些步骤（Olivier，1995）。

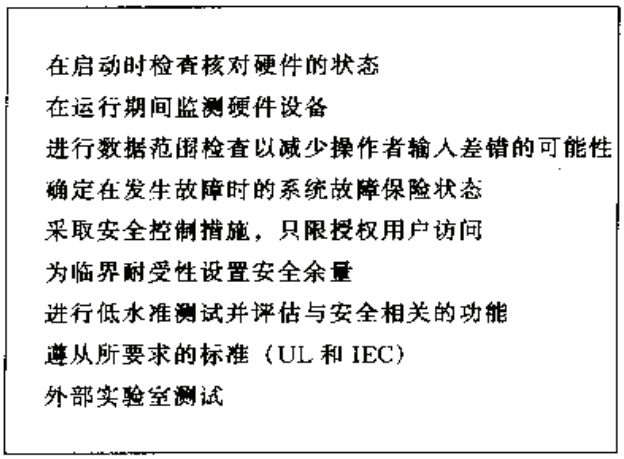


图 10—12　安全性检查控制措施

资料来源：Olivier，1995.

实施这类控制措施不仅是良好的工程实践的组成部分，而且也是有效的安全规划所不可或缺的重要要素。

有些标准化团体，如国际电工委员会（IEC）和保险商实验室（UL）等，设有测试实验室，并发布有关减少人身和财产伤害所必需的程序和控制措施的标准。[参见 IEC 601—1（1988），IEC 1025（1990）以及 UL 544（1993）。] 这些标准考虑了现有的各种标准，并且以广泛的用户和专业组织的输入为依据。这些标准会经常地加以更新，以保持与社会的和技术的进步相适应。标准内容涵盖了可能会影响安全性的广泛的状态，其范围从电气标准和电磁兼容性要求到警告和警示提示。IEC 和 UL 二者都发布了当前的标准名录，通过互联网可以与之联系。

符合 IEC 和 UL 标准的要求意味着产品安全性水平的一个底线。这些标准中所规定的对于电气系统、放射性安全水平以及标签使用等的要求，对于诸如医疗装置这样的产品来说，应当被作为最基本的要求加以采纳。可以通过实验室的测试来验证这些标准所规定的要求已经得到了实现。

在安全性风险分析规划中，应当认识到市场所具有的动态属性。本来预期使用于某一特定目的的某种系统，可能会被应用于更为广泛的目的，这就可能会经历新的潜在的安全性风险状态。在整个寿命周期中，系统都处在不断的演化之中，安全性风险分析规划也必须不断变化，且贯穿于始终。

测试　对最终设计的测试尽管会有些乏味，但还是能够验证某些令人讨厌的故障模式不致产生危险的结果。这类测试方法是要对某个内部的故障进行系统的模拟并观察系统的反应。

包含有微处理器的电子系统容易受到各种环境威胁的影响，因而要求有不同

类型的保护。在绝大多数运行环境中都存在着电磁干扰（EMI）和无线电频率干扰（RFI）。这些影响有时很难衡量并追踪其来源。EMI 和 RFI 都能够导致系统产生瞬间的、不可预计的行为，这些影响甚至大多数顶尖的故障保险电路设计也无能为力。必须预先考虑到必要的方法，以屏蔽和保护系统不受这些影响的侵害。

由于 EMI/RFI 所导致的故障常常具有不可再生的特性，人们很容易会将之归咎于微处理器的软件逻辑。因此，为了避免对软件问题的徒劳搜索，首先应当排除掉 EMI/RFI。静电放电、温度、湿度、振动之类的原因也需要加以考虑。

可靠性与故障保险设计规划　为确保产品可靠及故障无碍所需的投入多少，取决于该产品应用的关键性及其内在的复杂性。产品可以分成四个类别，如图 10—13 所示。

低复杂性且不关键　这些产品处于产品分类中的低端，它们相对简单且从应用的角度而言没什么危险性。大量简单的市售产品都属于这一类别。

低复杂性但关键　在产品分类的低复杂性一端还有那些相对简单但绝对关键的产品。这方面的一个例子是医用注射器，它必须无菌且足够锋利。这并非复杂的特征，但却非常关键。其他的例子还有电气保险丝或汽车轮子上的螺母等。

高复杂性但不关键　对于那些具有高复杂性但不危险的系统来说，必须把重点放在使其可靠性足以能够满足应用要求上。复杂系统之所以强调可靠性，是由于在复杂性与可靠性之间存在着反向关系。除非实施了充分的可靠性规程与规划，否则复杂系统在平均故障间隔时间（MTBF）方面的表现很容易让人大失所望。

高复杂性且关键　在产品分类的高端是应用于航空控制系统和与病人相连接的医疗装置中的微处理器系统。这类装置既复杂又关键，在开发过程中要求对设计细节和设计所遵循的规程给予更大的注意。对于这些既复杂又关键的产品的运行而言，微处理器的应用简化了一些问题，但在软件的确认方面也带来了其他的问题。

欧洲太空总署的“阿丽亚娜 5 号”火箭的处女航在发射后仅经历了 39 秒便遭毁灭的事实充分说明了此类产品所要求的苛刻程度。只因为一行代码漏掉了差错捕获和修复的屏障“+ +”，结果导致了两台导航系统计算机的同时停机。“一个差错，一场灾难。在计算机科学的编年史上记录下的所有的粗心的代码行中，这一行的效率应当算是最高的”（Gleick，1996）。

分类矩阵　表 10—3 对应于按照复杂性和关键性分类的四类产品，列出了可用于提高可靠性的一系列方案和规程。（请注意表 10—3 与图 10—13 的分类是相同的。）根据具体的开发项目目标的要求，这些规程应用的严格程度可以加以调整，也可以进行恰当的组合。

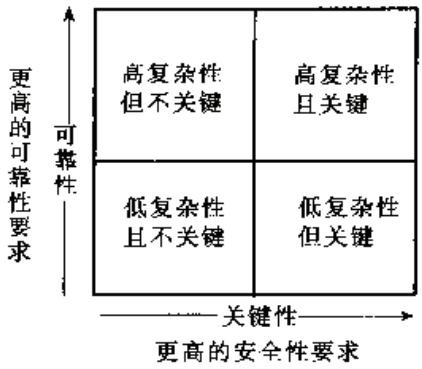


图 10—13 评估矩阵：复杂性与关键性

表 10—3 根据产品的复杂性和关键性所推荐的活动

	危险性	低	低	高	高
	复杂性	低	高	低	高
	要求的活动				
1	对使用要求进行定义	1	1	1	1
2	使用要求的可追溯性	1	1	1	1
3	环境耐受性	3	1	2	1
4	内置诊断	3	1	2	1
5	高可靠性元件	3	1	2	1
6	元件的减载运行	3	1	1	1
7	根据要求进行检验	3	3	2	1
8	故障保险设计	3	3	1	1
9	预先的损害分析	3	3	1	1
10	故障树分析	3	3		1
	实现与设计				
11	设计评审	1	1	1	1
12	可靠性分析模型	3	2	1	1
13	正规的元件测试	3	2	1	1
14	样机演示	3	2	1	1
15	正规的集成测试	3	2	1	1
16	正规的软件检验	3	3	2	1
17	程序校验	3	3	2	1
18	FMECA	3	3	2	1
19	隐蔽路径线路分析	3	3	2	1
20	运行和支持风险分析	3	3	2	1
	系统测试				
21	性能方面的要求	1	1	1	1
22	制造过程确认测试	3	1	1	1
23	环境测试	3	1	1	1
24	加速寿命测试	3	1	1	1
25	现场（β）测试	3	1	2	1
26	独立确认	3	1	2	1
27	实际/模拟使用测试	3	1	2	1
28	加压测试	3	1	2	1

续前表

	危险性	低	低	高	高
	复杂性	低	高	低	高
29	故障保险测试	3	3	1	1
30	对要求标准的符合性（UL，IEC，FDA，ISO 9000）	1	1	1	1

说明：1 代表强制性活动；2 代表建议性活动；3 代表选择性活动。

未来的趋势

虽然未来不可能被精确地预测，但有一件事是肯定的：计算机系统将会持续地改变质量活动的性质。最近的一些趋势包括：

- 源自完全不同的质量追踪系统的数据会日益被整合起来以提供对整个系统范围内的测量。
- 随着新的计算机系统的速度在可预见的未来每 18 个月就会翻一番，计算机系统的这种稳步增长的能力的获得将促使各行各业的自动化程度大为提高（Scientific American，1995）。
- 废品、返工、保修及产品责任方面的成本将会持续地使得人们重视对于确保产出质量的系统、过程和机器的监控（McKee，1983）。
- 无纸化工厂和自动文件管理系统将会使自动分析工具和文件控制得到更加的重视。[复印纸的成本约为每页 0.05 美元，而电子拷贝每页只需0.000 21美元（Gates，1995）。]
- 对软件质量体系有效性的评估将成为质量专业人员的一项日益重要的责任。
- “随着文件变得更加灵活、其多媒体的内容更加丰富且更不依赖于纸张，人们合作与沟通的方式将变得更加丰富，受场所的束缚将会更少”（Gates，1995）。
- 公司的网络将超越其雇员的范围而扩展到供货商、咨询专家和顾客的世界（Gates，1995）。

国际电气和电子工程师协会（IEEE）在 1995 年的一项调查中请学术界和产业界的专家们对软件的未来进行了展望。对质量工作者具有重要意义的预测有：

- “并行处理和联网计算”将促使计算能力的指数式扩展在可见的未来继续持续下去。工厂自动化也将会以类似的方式进行下去。
- “面向对象的技术将集成到‘企业信息导航者’的应用软件中”，这将会把内部数据库和世界范围内的外部数据库联系到一起。模糊逻辑搜索程序将会用句子的形式检索数据并回答问题。

• “随着工作人员转向远程办公，数据和视频式会议将会通行”。无纸化系统和视频通信将会使你的大部分工作都可以在家里完成。

• “信息超载”。

致谢

对于詹姆斯·温菲尔德（James Wingfield）博士在可靠性与安全性工程方面所做的工作深表赞赏和钦佩。

参考文献

Anderson, R. T., and Martin, T. L. (1982). *Guidebook for Management of Software Quality*. Reliability Technology Associates, Lockport, IL, P.8.

ANSI/CAM-I (1990). Standard 101-1990, *Dimensional Measuring Interface Specification*. Computer Aided Manufacturing—International, Inc., Arlington, TX.

Besterfield, Date H. (1979). *Quality Control*. Prentice-Hall Englewood Cliffs, NJ.

Bezdek, James C. (1996). “A Review of Probabilistic, Fuzzy, and Neural Models for Pattern Recognition,” in *Fuzzy Logic and Neural Network Handbook*, Chen, ed. McGraw-Hill, New York, pp.2.1–2.33.

Boehm, Barry W. (1985). “Verifying and Validating Software Requirements and Design Specifications.” *IEEE Software*, January, pp.471–472.

Chalsma, Jennifer K. (1994). “Better tests mean better cars.” *Machine Design*, vol.66, no.1, January 10, pp.36–42.

Chen, ed. (1996). *Fuzzy Logic and Neural Network Handbook*. McGraw-Hill, New York, pp.2.1–2.33.

Collins, W. Robert, Miller, Keith W., Spielman, Bethany, J., Wherry, Phillip (1994). *Communications of the ACM*, vol.37, no.1, pp.81–91.

Freedman, Daniel P., and Weinberg, Gerald M. (1990). *Handbook of Warkthroughs, Inspcctions, and Technical Reviews: Evaluating Programs, Projects, and Products*. Dorset House, New York.

Gates, Bill (1995). *The Road Ahead*. Viking Penguin, pp.63. 119.

Gleick, James (1996). “Little Bug, Big Bang,” *New York Times Magazine*, December 1.

Humphrey, Watts S. (1989). *Managing the Software Process*. Addison-Wesley,

Reading, MA, p.187.

IEC 601-1 (1988). IEC 601-1: *1988 Medical Electrical Equipment*, Part 1: *General Requirements for Safety*, 2nd ed. International Electrotechnical Commission, Geneva.

IEC 1025 (1990). *Fault Tree Analysis*, 1st ed., 1990-10, p. 11. International Electrotechnical Commission, Geneva.

IEEE (1986). IEEE Standard 1012-1986, *Software Verification and Validation Plans*. Institute of Electrical and Electronic Engineers, New York, pp.9–12.

Kaner, Cem, Falk, Jack, and Nguyen, Hung Quoc (1993). *Testing Computer Software*, 2nd ed. International Thomson Computer Press. p.59.

Kierstan, Mark (1995). "Food Hygiene, Quality and Safety: Toward the Year 2000." *British Food Journal*, vol.97, no.10, pp.8–10.

Leveson, Nancy G. (1995). *Safeware: system safety and Computers*. Addison Wesley, Reading, MA, p.157.

Marquardt, D. (1984). "New Technical and Educational Directions for Managing Product Quality." *The American Statistician*, vol. 38, no. 1, February, pp. 8–13.

McAfee (1996). "An Introduction to Computer Viruses and other Destructive Programs." McAfee, www.mcafee.com.

McCall, J., Richards, P., and Walters, G. (1977). "Factors in Software Quality—Concepts and Definitions of Software Quality." Joint General Electric and U.S. Air Force Report No. RADC-TR-77-369, vol.1, November, pp.3–5.

McKee, Keith E. (1983). "Quality in the 21st Century." *Quality Progress*, vol. 16, no.6, June, pp.16–20.

Meyers, Glenford J. (1979). *The Art of Software Testing*, Wiley Interscience, New York, p.5.

MIL-HDBK-217F (1991). *Reliability Prediction for Electronic Equipment*. U.S. Department of Defense, Washington, DC. Available from Department of Defense and NASA, Washington, DC 20301.

Miller, Byron, (1996). "Fuzzy Logic." *Electronics Now*, vol.67, no.5, pp.29–30.

MIL-M-38510D (1977). *General Specifications for Microcircuits*. U.S. Department of Defense, Washington, DC. Available from Department of Defense and NASA, Washington, DC 20301.

MIL-STD-883C (1983). *Test Methods and Procedures for Microcircuits*. U.S. Department of Defense, Washington, DC. Available from Department of Defense and NASA, Washington, DC 20301.

Olivier, Daniel (1993). "Required Documentation for Software Validation." *Medical Device and Diagnostic Industry*, July.

Olivier, Daniel P. (1995). "Software Safety: Historical Problems and Proposed Solutions." *Medical Device and Diagnostic Industry*, July.

Olivier, Daniel P. (1996). "Implementation of Design Controls Offers Practical Benefits." *Medical Device and Diagnostic Industry*, July.

Reimann, Michael D., and Sarkis, Joseph (1993). "An Architecture for Integrated Automated Quality Control." *Journal of Manufacturing Systems*, vol. 12, no. 4, pp. 341–355.

Rizzo, Anthony (1994) "Diagrams." *Mechanical Engineering*, vol. 116, no 5, pp. 76–78, May.

Scientific American (1995). "Microprocessors in 2020." *Scientific American*, September, pp. 62–67.

Smith, D.L. (1994). "The Leisure Industry." *Service Industries Journal*, vol. 14, no. 3, pp. 395–408, July (ISSN 0264-2069).

Struebing, Laura (1996). "Quality Progress'13th Annual QA/QC Software Directory." *Quality Progress*, vol. 29, no. 4, pp. 31–59, April.

UL 544 (1993). *Standard for Medical and Dental Equipment*, UL 544, 3rd ed. Underwriters Laboratories, Inc., Northbrook, IL, August 31.

Wall Street Journal (1993). "Climbing the Peak: 200 Code Writers Badgered by a Perfectionist Guru, Bring Forth Windows NT." *Wall Street Journal*, May 26, p. A12.

Wheeler, David A., Brykczynski, Bill, and Meeson, Reginald N., Jr., (1996). *Software Inspections: An Industry Best Practice*. IEEE Computer Society Press, pp. 10–11.

Zadeh, L.A. (1965). *Information Control*, vol. 8, pp. 338–352.

(邹亚生 译)

第 11 章

ISO 9000 族国际标准[①]

唐纳德·W·马夸特（Donald W. Marquardt）

概述
- 在促进国际贸易方面的作用
- 外部的动因
- 针对外部动因的内部反应
- “独立而又互补”的概念
- ISO 9000族标准的特性
- ISO 9001 的条款及其典型结构

产品质量的各个方面
质量管理与质量保证的异同
展望 2000
- 通用产品类别
- 接受性、相容性和灵活性
- 规避繁衍

超越“展望 2000”
质量体系认证/注册
- 起源
- 认证/注册层次上的活动
- 认可层次上的活动
- 包括相关活动在内的认可和注册流程图
- 国际的互相接受
- 正式的国际相互承认

合格评定与国际贸易
ISO 9000族标准的问题和机遇
- 机遇和问题
- 标准化的范围
- 持续改进的概念
- 持续改进在ISO 9000中的作用
- 统计技术的作用
- 标准的翻译
- 界定认证/注册的范围
- 认证/注册的其他途径
- ISO 9000标准在特定行业中的采用及扩充
- 其他应用领域

国家质量奖及全面质量管理与ISO 9000标准的关系
- 与 ISO 9001 的关系
- 与 ISO 9004 的关系

参考文献

概述

在促进国际贸易方面的作用　ISO 9000标准的主要目的是为了促进国际贸

① ISO 于 2000 年发布了 ISO 9000:2000 版标准。标准的内容和结构较 1994 年版标准有了较大的改动。——译者注

易。在ISO 9000标准问世之前，存在着众多的国家的和多国性的质量体系标准。它们是为满足军事工业和核能工业的需要而制定的，一定程度上，也用于商业的和工业的用途。这些标准有着许多的共同点和历史渊源。但是，由于它们在术语和内容上不完全一致，因而难以在国际贸易中得到广泛的应用。

ISO 9000标准对于国际贸易和各国的组织实施质量体系的活动产生了巨大的影响。这些国际标准已被 100 多个国家和区域性国家组织采用为国家标准。它们在众多的产业、经济部门和政府管制领域内得到了广泛的应用。ISO 9000标准是有关管理体系的标准，组织借助于这些管理体系来设计、生产、提供和支持它们的产品。这些标准适用于包括硬件、软件、流程性材料和服务在内的所有通用的产品类别。ISO 9000族标准中提供了质量管理指南、质量保证要求，或组织的管理体系的支持技术。标准就组织的管理体系应具备哪些特征提供了指南或要求，但并不限定应如何实施这些特征。这种非限定性的特点赋予了该标准对于各种产品和情形的广泛适应性。ISO 9000族标准不涉及任何产品技术规范。针对组织的管理体系的ISO 9000标准是对组织的产品或运作所应用的各种技术规范、标准或规章制度的补足。

ISO 9000族标准是由国际标准化组织（ISO）的 176 技术委员会来制定和管理的。ISO/TC176 于 1980 年举行了最初的会议。ISO 8402 术语标准于 1986 年首次发布。最初的ISO 9000系列标准于 1987 年发布，其内容包括：

- 基本概念和路线指南标准ISO 9000。
- 三个可选择的质量保证要求标准（ISO 9001、ISO 9002、ISO 9003）。
- 质量管理指南标准 ISO 9004。

1987 年以来，又相继发布了其他各种有关的标准。现在的ISO 9000族标准中包括了许多最初的系列标准的补充性标准，其中有些标准的编号采用了ISO 10000的范围。特别地，基本的ISO 9000系列标准的修订版于 1994 年发布，其中包括了从ISO 9000到 ISO 9004 的 5 个标准。本章内容是根据 1994 年修订版来讨论的。表 11—1 列出了至 1996 年初为止所发布的标准。进一步的标准仍在制定之中。

表 11—1　　ISO 9000族国际标准

ISO 8402	质量术语（1994）
ISO 9000	质量管理和质量保证标准 第 1 部分：选择和使用指南（1994） 第 2 部分：实施 ISO 9001、ISO 9002 和 ISO 9003 的通用指南（1993） 第 3 部分：ISO 9001 在软件开发、供应和维护中的使用指南（1991，1993 修订版） 第 4 部分：可信性管理的应用（1994）
ISO 9001	质量体系——设计、开发、生产、安装和服务的质量保证模式
ISO 9002	质量体系——生产、安装和服务的质量保证模式
ISO 9003	质量体系——最终检验和试验的质量保证模式
ISO 9004	质量管理和质量体系要素 第 1 部分：指南（1994）

续前表

	第 2 部分：服务指南（1991，1993 修订版） 第 3 部分：流程性材料指南（1993） 第 4 部分：质量改进指南（1995）
ISO 10005	质量管理——质量计划指南（1995）
ISO 10007	技术状态管理指南
ISO 10011	质量体系审核指南 第 1 部分：审核（1990，1993 修订版） 第 2 部分：质量体系审核员的评定准则（1991，1993 修订版） 第 3 部分：审核工作管理（1991，1993 修订版）
ISO 10012	测量设备的质量保证要求 第 1 部分：测量设备管理（1992）
ISO 10013	质量手册编制指南（1994）

资料来源：Marquardt，D.W.，et al.（1991）．"Vision 2000：The Strategy for the ISO 9000 Series Standards in the 90s，" *Quality Progress*，May，pp.25－31.

ISO 9001、ISO 9002 和 ISO 9003 标准得到了世界范围内的采用和实施，用以在双方合同的场合和第三方认证/注册的场合提供质量保证。ISO 9001 和 ISO 9002加起来占据了这一市场领域的绝大部分份额。它们的应用仍在持续增长，与此同时，认证/注册机构、认可机构、课程提供者、咨询人员以及经培训和批准从事审核的审核人员等也保持着同样的增长势头。各国间的相互承认也在持续发展，不久或许就会实现由 ISO 主导的质量体系互认制度。全球业经认证/注册的质量体系数目已超过了100 000个，且仍在不断增长。

作为世界各国第三方认证/注册制度的组成部分，定期的监督审核制度为供方组织提供了持久的动力，促进它们保持质量体系的完全符合并改进体系以不断满足其质量目标的要求。

质量管理和质量保证标准自身的市场也在增长，这在一定程度上是对于诸如欧盟（EU）、关贸总协定（GATT）和北美自由贸易联盟（NAFTA）这样一些贸易协定的回应。这些协定均依靠标准来减少非关税贸易壁垒。ISO 9000族标准对于这些协定的实施起着关键的作用。

某些行业和经济部门制定了其行业范围内的质量体系标准，这些标准是在 ISO 9001 的基础上加入了行业的补充要求。世界许多地区的汽车业、医疗设备业、政府管制机构和军事采购机构都采用了这种方式。

外部的动因　导致ISO 9000标准广泛应用的动因可以概括为一个短语，即经济活动的全球化。诸如"后工业经济"、"地球村"这样一些表述反映了近几十年来所发生的深刻变化。这些变化包括：

- 波及几乎所有产业和经济部门的新技术。
- 全球电子通信网络。
- 广泛的全球旅行。
- 世界人口的激增。

- 自然资源储备锐减，包括：
  可耕地、渔场、矿物燃料。
- 土地、水资源、能源和空气的更密集的使用；
  普遍存在的环境问题和担忧。
- 大公司及其他机构的规模缩减；
  扁平化的组织结构；
  组织的非核心职能的外包。
- 全球经济面对的大量复杂的语言、文化、法律及社会制度；
  多样性成了一个永恒的关键因素。
- 发展中国家在全球经济中的份额增大；
  新的类型的竞争者与新的市场。

这些变化加剧了经济的竞争，提高了顾客对于质量的期望，对于组织的产品质量满足更为苛刻的条件提出了更多的要求。

经济全球化甚至也成了许多中小型企业必须面对的现实。和大公司一样，这些较小的公司发现它们的某些主要竞争者常常是来自其他国家的。没有多少企业能够只考虑本地的竞争而生存下来。这种情况极大地影响着各种规模的公司的战略选择和产品考虑。

针对外部动因的内部反应 所有的企业都面对着变革的必要性。企业日益关注人力资源和组织文化，关注对员工的活性化和赋能以使人们更加胜任工作。戴明博士常说许多员工并不清楚自己的职责。实施ISO 9000涉及确立质量方针、设定质量目标、设计管理体系、建立程序文件、培训工作技能等。所有这些都是要明确人们的职责。

过程的观点在企业中日益深入人心。ISO 9000标准的1994修订版强调了这一概念。在ISO 9000标准的实施中，企业借助于流程图和其他工具来加强对于工作过程的诊断，寻求简化和改进过程的机会。为了更加有效地衡量产品质量和顾客满意，各种测量指标得到了日益频繁的应用。

企业正在实施更为优良的产品设计程序和工作过程设计程序以及大为改观的生产战略。标高分析和竞争评估得到了日益广泛的应用。企业建模、电子数据交换及其他信息技术方法的应用在范围和程度上正在不断扩大和增强。

人们或许会问，在这个迅速变化的世界中，这套ISO 9000族标准怎能适用于所有的产业和经济部门、所有的产品和所有规模的组织？

"独立而又互补"的概念 ISO 9000标准建立在这样一个概念之上，即通过同时应用以下两类标准能够最好地达成保证一致性的产品质量的目的。这两类标准是：

- 产品标准（技术规范）。
- 质量体系（管理体系）标准。

我将之称为“独立而又互补”，因为这两类标准既相互独立又彼此互补。要提供产品一致满足质量要求的信心，这两种类型的标准是必需的。

产品标准给出了技术性的规范，这些规范适用于产品的特性，常常也适用于生产产品的过程的特性。产品标准是针对特定产品的，既包括产品的预期功能特性，也包括产品将面对的最终使用情况。

管理体系是ISO 9000标准所针对的领域。正是由于产品规范和管理体系在性质上的这种差异，ISO 9000标准才适用于所有的产业和经济部门、所有的产品和所有规模的组织。

无论是指南还是要求，ISO 9000族中的各个标准规定了一个组织的管理体系应当具备哪些特征，但并没有限定如何实施这些特征。一个组织所选择的技术决定了相关的特征将如何体现在其管理体系中。同样地，一个组织可以自由决定自己的管理结构。

评述　就术语而言，目前使用的有三种表述，其基本含义是相同的。质量体系是 ISO/TC 176 的术语标准 ISO 8402 当前所规定的国际性的正式术语。管理体系是企业界频繁使用的日常用语。质量管理体系是一个使用频率不断上升的表述，用于人们从组织的整体绩效和质量目标的角度，来讨论组织的管理体系的场合。“质量管理体系”这一表述的好处在于它有效地强调了：

- 管理体系的特征中的共性。
- 组织的管理体系应用于不同领域时的目标差异（如质量管理体系和环境管理体系）。

ISO 9000族标准的特性　在ISO 9000族的各个标准中，有些是关于要求的标准，有些则是关于指南的标准。

ISO 9001、ISO 9002 和 ISO 9003 是关于要求的标准。这些标准是用于质量保证目的的质量体系模式，旨在提供对产品质量的信心。要求性的标准在如下的场合对公司或组织具有约束力：

- 在组织与其顾客间的合同中明确提出的场合。
- 当组织寻求获得第三方认证/注册时。

要求性标准的正文以动词“必须”（shall）来表述，意味着所述要求是命令性的。

ISO 9004 是指南性标准的一个例子。指南性标准是一种建议性的文件。在表述中使用了“应当”（should）这个词，意味着其内容是建议性的。ISO 9004 的范围要比 ISO 9001 为广，因为它不仅覆盖了向顾客提供关于产品质量的信心所必需的那些质量体系特性，而且还包括了与组织的效能有关的那些质量体系特征。

ISO 9000族中的所有标准都是通用的，这意味着它们适用于任何产品或任何组织。ISO 9000族中的所有标准都是非限定性的，即它们只是描述管理系统必须

或应当具备哪些功能，但并不限定应如何来实施这些功能。

ISO 9001 的条款及其典型结构 ISO 9000族标准因 ISO 9001 而闻名，ISO 9001是最全面的质量保证要求标准。如表 11—1 中列出的名称所表明的，除了不包含关于设计职能的要求（4.4 款）之外，ISO 9002 完全等同于 ISO 9001。就ISO 9000族各标准的应用情况来看，ISO 9001 和 ISO 9002 两者占据了最大的份额。第三个质量保证要求标准 ISO 9003 的包容性要小得多，只涉及了最终产品的检验。其占有的市场份额非常小，在世界上大部分地区都不会超过 2%。

ISO 9001 的条款标题如表 11—2 所示。实际的质量管理体系要求在第 4 条中由 4.1 到 4.20 的 20 个子条款给出了具体的阐述。ISO 9001 的范围集中于那些直接影响产品质量的管理体系特征上。这与 ISO 标准促进国际贸易的最基本目的是一致的。

表 11—2　　国际标准 ISO 9001：1994（E）

质量体系——设计、开发、生产、安装和服务的质量保证模式

	条款标题
1	范围
2	引用标准
3	定义
4	质量体系要求
4.1	管理职责
4.2	质量体系
4.3	合同评审
4.4	设计控制
4.5	文件和资料控制
4.6	采购
4.7	顾客提供产品的控制
4.8	产品标识和可追溯性
4.9	过程控制
4.10	检验和试验
4.11	检验、测量和试验设备的控制
4.12	检验和试验状态
4.13	不合格品的控制
4.14	纠正和预防措施
4.15	搬运、贮存、包装、防护和交付
4.16	质量记录的控制
4.17	内部质量审核
4.18	培训
4.19	服务
4.20	统计技术

为了说明 ISO 9001 的结构、内容及风格，特引用如下两项简短的子条款：

• 质量体系，总则（4.2.1）

供方必须建立质量体系，形成文件并加以保持，作为确保产品符合规定要求的手段。供方必须编制覆盖本标准要求的质量手册。质量手册必须包括或引用质量体系程序，并概述质量体系文件的结构。

• 文件和资料控制，总则（4.5.1）

供方必须建立并保持形成文件的程序，以控制与本标准要求有关的文件和资料，包括适当范围的外来文件，如标准和顾客提供的图样。

一些关键词及其含义如下：

供方：标准所针对的组织，亦即向顾客组织提供产品的组织。

建立：永久地设立。

形成文件：以可读的方式记录。

保持：时刻保持更新。

文件：例如总的质量手册、质量体系程序、特定岗位的工作指导书等（区别于行动记录、测量记录等）。

由于这些条款并不限定如何实施这些要求，可以预料在不同的供方之间会有很大的差异。采取何种实施方法取决于诸如产品类型、产品复杂性、因法律原因必须满足的强制要求、供方组织的规模等这样一些特性。

ISO 9000族标准尤其是 ISO 9001 标准的非限定性特征具有一个重要的好处，即对所有组织结构的全面适应性。ISO 9001 的要求有着同等的效力，无论供方组织的大小；集中还是分散；是否削减了规模，削弱了中间管理层；高度网络化，和/或合资经营；是否使用了分包商，兼职和/或临时人员；或具有多国的法律上的和/或经济上的安排。在组织方面的惟一要求是该组织必须具有“负有执行职责的管理机构”，该执行性管理机构要“在供方自身的管理层中指定一位成员”作为管理当局的代表，负责质量体系的建立、实施和保持并报告质量体系的绩效情况。

产品质量的各个方面

在ISO 9000—1：1994 这一指南性标准中，对于ISO 9000族标准中的许多基本概念进行了阐释，其中包括了关于产品质量的四个方面的概念：

1. 定义产品的需要方面的质量

• 定义产品并随时更新以应对市场要求和机会

2. 产品设计方面的质量

• 将能够应对市场要求和机会的特性设计到产品中去：

影响预期功能的特性

影响在变化的生产和使用条件下产品性能稳健性的特性

3. 对产品设计的符合性方面的质量

4. 在整个产品寿命周期中产品支持方面的质量

上述四个方面涵盖了产品生命周期的所有阶段。

ISO 9000系列标准于1987年的发布在国际范围内实现了必要的协调。作为当初的预期，ISO 9000系列标准最初应用的重点放在第3个方面，即消除供应给顾客的不合格品。但是，让许多人吃惊的是，ISO 9003几乎没有得到多少采用。到了20世纪80年代末，供应商们已经日益认识到，作为实现对产品设计的符合性质量的手段而言，着重于预防性的ISO 9001和ISO 9002要比单纯的最终检验更为有效。在ISO 9000系列标准被制定出来并投入到商业和工业应用之前的年代，相当于ISO 9003的各国标准占据着主导性的市场份额。这些标准主要着重于第3方面的单纯最终检验的方式。

在三个要求性标准中，ISO 9002占据了最大的市场份额。随着全球范围内对质量的日益重视，从事国际贸易的供应商们对于质量体系的理解也在不断加深。从而，ISO 9001的市场份额已在增长，反映了顾客和供应商们对第2方面质量认识的深化。

在1994年版的ISO 9000族标准中，对于质量管理体系的要求和指南的许多特征都作了重大变动。这些变动旨在强调上述所有方面对于质量的贡献。然而，主要重点仍然放在第3方面和第2方面的第一组特征上。下一次修订很可能会再次扩大重视的范围，以反映国际贸易中不断变化的需要。

质量管理与质量保证的异同

在国际范围内协调诸如“质量管理”和“质量保证”这些术语的含义，是ISO/TC 176早期工作中最为迫切的需要之一。尤其是这两个术语，在各国之间甚至在一国内部，都有着截然不同的含义。在担任ISO 9000：1987标准起草工作组的召集人期间，我于20世纪80年代初提议将“质量管理”作为包容质量控制和质量保证的术语引入ISO 9000标准。“质量管理”术语被定义并收入了ISO 8402中，获得了国际上的认可，现已得到世界范围内的应用。这反过来又促使对于“质量管理”和“质量保证”术语的定义达成了一致。

然而，TC 176在1995年的讨论表明，质量管理和质量保证这两个术语在本质上的异同仍未得到普遍的理解。原因可能是采用ISO 9000的国家已大大超过了80年代早期的数量，或者是对ISO 8402的参考不够充分，或者是ISO 8402的定义存在不足。毫无疑问，以上这些原因都有关系。无论如何，“质量管理”和“质量保证”术语的含义都必须仔细斟酌才能得到真正的理解。表11—3描述了

二者的核心思想，这与 ISO 8402：1986 和 ISO 8402：1994 中所表达的原意是一致的。作为“质量管理”这一包容性术语中的一个方面，质量控制着重于“实现”这一词汇，但是，表 11—3 左边一栏中的所有项目都至少间接地与质量控制有关。表 11—3 右边一栏表明，“质量管理”这一包容性术语的质量保证方面主要强调通过客观证据来证实和提供信心。

表 11—3　　质量管理和质量保证所关注的主要焦点

关注的主要焦点	
质量管理	质量保证
• 实现满足质量要求的结果	• 证实质量要求已经（能够）达到
• 由组织内部的利害共担者尤其是组织的管理层所推动	• 由利害共担者尤其是外部顾客所推动
• 目标是使所有的利害共担者满意	• 目标是让所有的顾客满意
• 旨在实现兼具效果效率并持续改进的与质量相关的整体绩效	• 旨在提供对于组织的产品的信心
• 范围遍及所有影响组织与质量相关的总体业务成果的活动	• 证实的范围遍及直接影响与质量相关的过程和产品结果的那些活动

展望 2000

“展望 2000”指由 ISO/TC 176 的专门任务小组所提交的报告（Marquardt et al.，1991）。该报告概括了 90 年代 TC 176 在ISO 9000标准上所采取的战略。该报告所提出的若干关键概念和战略对于关于ISO 9000标准的任何讨论而言都是至关重要的。

通用产品类别　该任务小组明确了四种通用的产品类别：

- 硬件
- 软件
- 流程性材料
- 服务

表 11—4 描述了四种通用的产品类别（Marquardt et al.，1991）。其中几项在 ISO 8402：1994 中已有正式的定义。这些类别涵盖了需要在质量管理和质量保证标准化方面明确关注的所有种类的产品。1987 年的第一版标准被认为继承了以往标准中对硬件产品的偏重。为了对此加以矫正而制定和发布了针对其余三种通用产品类别的补充标准（ISO 9000—3；ISO 9004—2；ISO 9004—3）（见表 11—1）。

表 11—4　　通用的产品类别

通用产品类别	产品种类
硬件	由加工出来的零、部件或其组合所构成的产品
软件	由书面的或其他可读的信息、概念、事务或程序所构成的产品，如计算机软件
流程性材料*	由固体、液体、气体或其混合所构成的（最终或中间）产品，包括粒状、块状、丝状或片状结构的材料
服务	无形的产品，它可以是所提供物的全部或主要部分，或是所提供物的内在特征，它与有形产品的计划、销售、指导、提供、改进、评估、培训、操作或维修这样的活动相关

说明：所有的通用产品类别都只有在处于顾客接触并察觉到产品的益处的时间和地点，才会给顾客提供价值。但是，服务的价值通常主要是由在特定的时间和地点与顾客的界面活动所提供的。

* 流程性材料通常采用诸如桶、包、罐、盒、管线或卷状物之类的包装进行交付。

资料来源：Marquardt et al.（1991）.

“展望 2000”中的一项基本战略如下：

我们预想，到 2000 年，在四种通用的产品类别中所用的术语、概念和技术将会不断交织和融合起来。这一设想意味着，到 2000 年，四种通用的产品类别分别编制文件的必要性将会消失。适用于所有的通用产品类别的术语和程序将得到人们普遍的理解和应用，无论他们处于哪个产业或经济部门。

因此，我们的 TC 176“展望 2000”主张，未来将制定单一的质量管理标准（一个最新的 ISO 9004 标准，其中会包含一些适宜的新题目）和一个外部质量保证要求标准（最新的 ISO 9001），并由一个路线图标准（最新的 ISO 9000）将它们联系起来。ISO 9004 和 ISO 9001 的概念和构成将会有高度的共性。ISO 9001 中的要求将持续地建立在对 ISO 9004 指南要素的选择上。必要时可由 TC 176 制定补充标准以提供进一步的指南。

这一战略将会持续地指导着 TC 176 下次的修订工作。

接受性、相容性和灵活性　“展望 2000”在ISO 9000族标准的维护方面提出了四个目标，以使这些标准能够持续地满足市场的要求。这些目标是普遍的接受性，得到全球范围内的采纳和应用；当前的相容性，有利于组合应用，没有冲突的要求；长远的相容性，为用户接受的持续修订；以及长远的灵活性，采用可随时纳入新特征的结构。

TC 176 不断地以这些目标为指导，同时也认识到，正如在“展望 2000”中所表述的，“有利于某一目标的提案可能会有损于另一目标。正如在所有的标准化活动中一样，折衷和模糊在某些特定情况下或许是必要的。”

规避繁衍　“展望 2000”认识到，一致性的ISO 9000族国际标准对国家标准的取代在世界范围内取得了显著而又迅速的成功，但是，只有在这一成功本身不致引发新一轮的标准繁衍时，ISO 9000族对于国际贸易的促进作用才能得以维持。对于这一问题有着如下的表述：

如果ISO 9000系列成为了内容和结构都相异的本地化标准的繁衍之源，那么所谓世界范围内的标准化便会名存实亡。众多的本地化的认证方案的增长

将使事情变得更为复杂。标准的繁衍和相互矛盾的要求将导致全球贸易的桎梏死灰复燃。

同时，“展望 2000”强烈地劝阻针对特定产业和经济领域制定补充或源于 ISO 9000系列的通用质量标准的做法。我们确信这种繁衍将会限制国际贸易并阻碍质量运动的进展。广泛传播本文件的主要目的就在于防止补充性的或派生性的标准的繁衍。

然而，众所周知，包含有针对特定产品、过程或产品测试方法的技术要求的特定产品标准是必要的，且必须在该产业或经济领域内制定。

由于取消了先前的国家标准而采用了ISO 9000族标准，以国家标准形式出现的标准繁衍事实上已经得到了消除。此外，ISO 9000族标准在其他的国际标准化领域中的基本作用已反映在了 ISO/IEC 的导则中，这些导则支配着 ISO/IEC 的所有技术委员会的运作。（ISO 和 IEC 一道，在所有的经济部门和所有的技术领域，协调和发布一致同意的志愿性国际标准。IEC，亦即国际电工委员会，主要涉及电工及电子领域的标准；ISO 则负责所有其他的标准化领域。）ISO/IEC 导则第 2 部分 6.6.4 条规定：

6.6.4　若某一技术委员会或分委员会希望在某个产品、过程或服务的标准中加入质量体系的要求，这些标准必须引用相应的质量体系标准（ISO 9001、ISO 9002 或 ISO 9003）。它不得增加、删除、更改或解释质量体系标准中的要求。

任何增加、删除、更改或解释的请求都必须提交 ISO /TC 176 / SC2 质量体系分委员会秘书处。

当该行业或领域的术语有着相当程度的差异时，可以制定一份用以解释质量保证术语和该行业术语间的关系的文件。

这一条款可以看做是避免标准繁衍的一个操作性的规定。它在 ISO/IEC 范围内的应用取得了良好的效果，这使得许多其他的 ISO 技术委员会未曾在特定的产业和经济领域提出有可能造成不必要的繁衍的新标准。然而，在其中的一个应用领域，ISO 技术管理理事会规定应成立一个新的技术委员会，这便是关于环境管理体系的 TC207。这应当被视为“展望 2000”所称的必要的“折衷和模糊”之一，本章对这一问题还会进一步深入探讨（参见“其他应用领域”）。

超越“展望 2000”

甚至在 1994 年的“第 1 阶段”修订版发布之前，TC 176 及其分委员会已经开始详细计划下一次的修订，这在“展望 2000”中被称为第 2 阶段修订。此外，TC 176 组建了一个战略计划咨询小组（SPAG）。SPAG 的研究中包括了一项正式

的战略计划活动，这一活动旨在分析 TC 176 的产品、市场、给用户带来的利益、这种标准化的价值的信念、外部的趋势、竞争因素和未满足的市场需要等。从这些分析中浮现出了许多的战略机会并最终形成了战略目标。

“展望 2000”的核心概念和战略再次得到确认。然而，该研究断言，ISO 9004本来应当在指导质量管理实践方面发挥更大作用的，并且它能够做到这一点。为此，必须有范围的扩大和方法的改变。1995 年，TC 176 通过众多的会议和研究小组，重新审查了ISO 9000族标准下一个修订版的制定方案。1995 年 11 月在南非德班的会议上，就ISO 9000、ISO 9001 和 ISO 9004 的修订版以及关于质量管理原则的一份新的文件制定出了规范。这些规范供代表各国的成员机构正式讨论之用。同时，TC 176 也就 2000 年版的ISO 9000族标准的结构和内容暂时达成了共识。其中的一项指导性议题主张，除了要避免发生在 TC 176 外部的标准繁衍之外，ISO 9000族自身的不必要繁衍也必须加以避免。出席德班会议的 40 多个国家的代表团的负责人花了几天时间来讨论这些议题，其中包括关于 TC 176的活动和产品的愿景、使命陈述以及关键战略中的细节内容。

质量体系认证/注册

起源 质量保证要求标准最早的使用者是像供电企业和军方机构这样的大型顾客组织。这些顾客经常要购买具有特定功能设计的复杂产品。在这种情况下，质量保证要求是以双方契约的形式提出来的，人们在这里把提供产品的组织（即供方）称为“第一方”，顾客组织则称为“第二方”。这种质量保证要求通常会包括要求供方组织进行内部审核的条款，这种审核由供方管理当局负责，目的在于证实其质量体系满足合同要求。这属于第一方的审核。同样，这些合同中常常也会规定由顾客组织的管理当局主持的外部审核以证实供方组织的质量体系满足合同要求。这属于第二方审核。在双方的合同安排下，必要时对要求项目加以裁减，在供需双方之间保持持续的对话，这些都是可能的。

当这种质量保证的做法成为整个经济中的普遍现象时，以双方的单个合同为基础的做法就会成为沉重的负担。由此会形成这样一种情形，在供应链上的每个组织都要被迫接受许多顾客的定期质量体系审核，同时也要让其自身的许多供应商接受审核。因为每个组织都要就本质上相同的要求接受多次重复审核，这使得在整个供应链上存在着大量不必要的多余活动。这种审核活动对于审核者和被审核者均构成了一项极大的成本要素。

认证/注册层次上的活动 质量体系认证/注册制度的建立为减少多重审核这种多余的非增值的活动提供了一个途径。这种制度是由一个第三方的组织来对供方组织进行正式的审核，以评估其对于相应的质量体系标准如 ISO 9001 或

ISO 9002的符合性。这种第三方的组织在某些国家被称为“认证机构”，有些国家（包括美国在内）则称之为“注册机构”。当供方组织被判断为具有完全的符合性时，第三方组织就会向供方组织颁发一个证书，并将该组织的质量体系注册在一个能够公开获得的登记表上。因此，“认证”和“注册”这两个术语在市场上具有同样的含义，因为它们是标志同一过程已经完成的相继两个步骤。

为了保持自身的注册地位，供方组织必须通过由注册机构定期进行的监督审核。监督审核通常每半年进行一次。这类审核或许不如全面审核那么详尽。若是如此，每几年将会有一次全面的审核。

世界上现有数百家认证团体/注册机构。其中的大多数是私立的营利性公司。它们的服务受到了它们所注册的供方组织以及供方组织的顾客的重视，因为这种注册服务在供应链上增加了价值。注册机构能够胜任地、客观地做好它们的工作，所有的注册机构符合它们的专业活动的标准要求，这是至关重要的。它们事实上是在经济中提供一种必要的服务产品的供方组织。

认可层次上的活动　为了确保注册机构的能力和客观性，世界上普遍建立了注册机构的认可制度。由认可机构来审核注册机构是否符合认证机构运营的标准国际指南。认可机构利用审核的方式来对注册机构的质量体系进行仔细的审查，审核覆盖了注册机构的文件化质量管理体系、注册机构所聘用的审核员的资质和证书、记录保持以及业务活动的其他特征。此外，认可机构还要有选择地在被审核供方组织设施中现场观察注册机构审核员所实施的审核。

包括相关活动在内的认可和注册流程图　图 11—1 描绘了这一过程在美国的运作方式。图中的三个列描述了注册机构认可委员会在三个领域中的活动，即对于注册机构的认可、对于希望成为审核员的个人的认证，以及对于培训课程的认可。这些课程是取得审核员认证的一部分要求。每类活动所应用的相应的 ISO/IEC 国际标准和指南也标注在图 11—1 上。审核质量体系所依据的 ISO 标准文件是ISO 10011标准的第 1、2、3 部分（见表 11—1）。ISO 10011 标准的第 2 部分规定了审核员的资格。

在美国，对注册机构的认可是由注册机构认可委员会（RAB）根据同美国国家标准学会（ANSI）的一个联合计划来进行的。这一联合计划被称为“美国国家质量体系注册机构认可计划”。图 11—1 中所示出的整个项目中的审核员认证和培训课程认可部分也由 RAB 负责。

有关美国国家质量体系注册机构认可计划的认可程序的资料可以从注册机构认可委员会获得。（通讯地址：P.O. Box 3005，Milwaukee，WI 53201－3005。）

国际的互相接受　其他的许多国家同样也实施了这三个领域的活动：

- 认证或注册机构的认可。
- 审核员的认证。
- 审核员培训课程的认可。

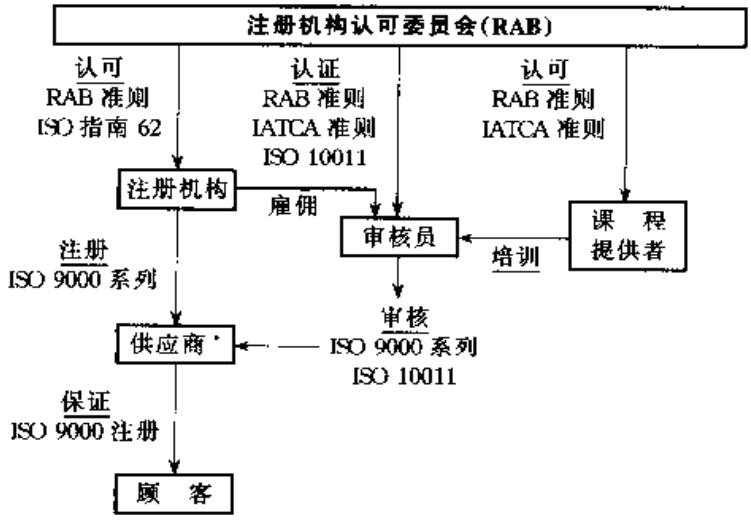


图 11—1 认可和注册过程

* 注册 ISO 9001、9002 或 9003。

荷兰和英国实施这一制度要比大多数国家都早。现在，某些国家之间已达成了各种双边的互相承认协议，根据这种协议，在一个国家获得了审核员认证后可在他国自动生效。在另一些情况下，两国的认可机构经过谈判达成了谅解备忘录，由此而使双方进入了达成正式的双边承认协议之前的运行合作模式。根据这一谅解备忘录，认可机构可以联合对注册机构进行审核，审核员可以共同将审核结果编制成文。然而，各认可机构将自行作出决策，决定是否授予或延长认可资格。

原则上，供方组织应没有必要取得一个以上的认证/注册证书。无论居于何处，一个经认可的注册机构颁发的证书原则上应为任何地方的顾客所接受。现实中，任何一个国家要建立诸如图 11—1 那样的基础制度都是耗时的。这一基础制度要成熟起来并能取得他国的信任会花费更多的时间（以年计算）。当然，并非所有的国家都会决定建立自己的基础制度，还可以选择利用其他国家的取得认可的注册机构来使本国的供方组织获得认证。

实际上，有许多注册机构都建立了全球运营体制，在多个国家提供服务。这些注册机构往往寻求多国的认可，因为它们的客户（供方组织）会期望由它们所熟悉并信任的制度所提供的认可。

现阶段，在注册机构的认可、审核员的认证和培训课程的认可是采取单一的还是多重的做法这一问题上呈现出了一种多样性的状态。整个制度正在朝着广泛的相互承认方向发展，但是，其可信度的终极检验是市场接受单一认证和单一认可的意愿。

ISO 和 IEC 自身正在推动建立和实施一个真正的国际性的认证/注册机构认可资格的相互承认制度。称为 QSAR 的这一制度通过国际谈判已经详细地设计完毕并将开始实施。人们期望 QSAR 协议将加速国际相互承认的进程。

目前的现状看起来存在着很多不必要的冗余活动，注册机构和课程提供者可能要经过多重的认定，审核员可能要接受多重的认证。但如果我们回过头去将现状与普遍的第二方供方组织质量体系审核加以比较，我们必须承认当前的情形在以下几个方面要好得多：

- 大为减少的审核中的冗余活动。
- 大为改进的审核的一致性。
- 通过采用国际标准和指南作为准则，并通过市场推动下的相互协调的努力，实现更少冗余和更大一致性的潜力。

正式的国际相互承认 对于美国而言，还存在着一个更为复杂的因素。美国的标准制度是民间行为，这在世界各国中几乎是独一无二的。美国国家标准学会（ANSI）属于民间组织，是在美国对标准加以协调的团体。在 ANSI 的架构下，许多组织都制定和维护着大量的美国国家标准。大多数这些标准都与产品的技术规范有关。在美国最大的标准制定者中，有美国测试和材料协会（ASTM）、美国机械工程师协会（ASME）、电气和电子工程师学会（IEEE）等机构，但还有许多其他机构制定针对某些特定产品或活动领域的美国国家标准。ANSI 体制提供了一个一致性的标准制定过程，该过程公开、公平，并允许会受标准影响的所有方面参与。美国经济的全球主导地位和美国标准在多个国家或全球范围内的广泛采用，证实了美国这一体制的成功。

然而，在国际贸易中的合格评定方面涉及三个层次的活动和制度。其中的两个层次已经讨论过了，即认证/注册层次和认可层次。第三个层次是承认层次。在这一层次上，A 国政府向 B 国政府确认 A 国的认证和认可制度符合国际标准和指南。在世界上的大多数国家中，标准体制由官方或半官方机构掌控，而认可活动也是由这一机构实施的，因此承认层次的活动在实质上是必然的。但在美国，就要要求各种政府机构提供正式的承认。

例如，欧盟通过欧盟指令对于具有卫生、安全及环境方面的隐患的产品加以管制，当涉及这些产品的交易时，欧盟坚持必须通过指定的政府渠道来进行。不同的欧盟指令会对应着美国的不同政府机构。在许多领域，承认的职责将由最近授权的“国家自愿合格评定制度评估”（NVCASE）计划承担，这一计划由商务部通过国家标准技术学会来运营。在本章成稿时，NVCASE 计划仍未启动。

合格评定与国际贸易

欧盟的合格评定方式代表着世界上的一个潮流。一个管制产品要在任何一个欧盟国家销售，都必须获得“CE”标志。在欧盟的模式下，要获得使用标志的资格，供方组织必须在以下四个方面提供合格的证据：

- 产品设计的技术文件。
- 型式试验。
- 产品监督（通过抽样或逐件检验）。
- 质量保证监督。

根据欧盟指令，欧盟将向供应商提供各种满足要求的途径（模式）。这些途径的范围从“内部生产控制”到“全面质量保证”，前者主要着重于产品监督，后者则通常着重于ISO 9001的认证/注册并依赖于ISO 9001中的产品设计能力的要求。在多数模式中，制造商必须向政府指定为“申报机构”的认证机构提交产品，和/或产品设计的技术信息，和/或质量体系信息。在某些模式中，申报机构还必须提供该模式所要求的产品试验。有若干模式都涉及了ISO 9001、ISO 9002或ISO 9003的认证。

欧盟（当时被称为“欧共体”）对于管制产品实施的这种模式合格评定，对于ISO 9001或ISO 9002认证/注册在世界范围内的迅速传播起到了最有力的、独特的早期推动作用。例如，美欧贸易额中的大约一半来自管制产品。

但是，正如本章前文所探讨的，全球在技术和质量要求方面的趋势，及第三方认证相对于普遍的第二方审核的费用节省，是第三方质量体系认证/注册制度能够得到稳固的全球性应用并不断增长的有力的动因和持续的力量。

此外，对于供方组织而言，试图建立两个质量管理体系来分别针对管制产品和非管制产品，这不是一种有效的做法。因而，存在着多重的动因，促使众多的直接或间接从事国际贸易的供方组织运行一套适宜的符合ISO 9001或ISO 9002的质量管理体系。

ISO 9000族标准的问题和机遇

ISO 9000族标准在全球范围内的迅速采用和实施，认证/注册机构、认可机构、课程提供者、咨询人员、审核员、专业杂志、书籍和ISO 9000刊物等这些基础构造的快速发展，的确在任何标准化领域中都从无先例。ISO 9000族标准是一个当之无愧的成功传奇。与这一成功传奇相伴的还有若干值得人们深思的问题和机遇。

机遇和问题 所有重大的努力都必然伴随着“问题”和“机遇”。要知道这是同一个硬币的两个面，这一点十分重要。每一个问题都是通往机遇的阶梯；而每一个机遇也总是会伴随着问题。这一普遍真理当然也适用于ISO 9000族标准。抓住这些问题和机遇，能够加深我们对ISO 9000标准本身的理解。这些问题和机遇将与我们长期相伴，因为它们源自国内及国际贸易中的基本经济问题。其中的某些或是全部问题，会成为ISO 9001成功的决定性问题，对于ISO 9000族也同样是如此。在探讨这许多问题和机遇之前，首先理解标准化这一概念的含义是至

关重要的。

标准化的范围　标准化包含了两个相关领域的活动：

- 标准的构思、计划、制定、推广和销售。
- 标准实施的构思、计划、执行、控制、推广和维护。

事实上，ISO 9000族标准与实施活动有关的标准化的问题和机遇，至少与标准本身的问题和机遇一样多。下文讨论的议题表现出了来自实施活动中的问题和机遇的突出地位。

持续改进的概念　过去这些年来，应用质量保证标准的理念已经发生了变化。20 世纪 60 年代的企业经理们的普遍看法是“没坏就不要拾掇”。在这种安于现状的思想氛围里，表 11—5 上半部所列出的特性统治着大多数的工商业领域。今天，正如 ISO 9003 几乎未被应用这一事实所表明的，30 年前的这些认识已经为持续改进的理念所取代。持续改进已成为在全球经济中生存下去的必然要求，同时它也正在成为人们普遍追求的目标。无论是需方还是供方，这已成为保持市场优势的惟一可靠途径。

如表 11—5 下半部分所示的，质量保证标准的重点在于不合格品的预防。这要求必须以“过程”为中心，标准的文本以及许多其他的特征都反映了这一观点。

表 11—5　　应用质量保证标准的理念

30 年前	
质量目标：	维持现状
经营目标：	做好每一笔交易
方法：	着重于最终检验
	将好坏产品分拣开来
	重视“记录”文书
顾客/供应商关系：	对抗的
现在	
质量目标：	持续改进
经营目标：	相互的市场利益
方法：	预防导向
	不生产坏产品
	重视“过程”文件
顾客/供应商关系：	合作伙伴

持续改进在ISO 9000中的作用　从 1987 年起，在最初几年的应用中，许多认证/注册机构及其审核员都抱有一种不恰当的认识。这种认识可以称之为“安于现状的认识”。这种认识使人联想起 60 年代，其特征从以下这一习惯说法中表现了出来：

“说你要做的。

做你所说的。”

这一简单的说法本身没什么问题，但它远达不到ISO 9000的 1987 年版和 1994 年修订版的要求。这句话只是强调了对现有程序的遵守。例如，这种安于

现状的认识忽视了证实质量体系在以下两方面的持续充分性的相关要求：

- 经营目标
- 顾客满意

ISO 9001 的 1994 年修订版的本质是表 11—6 所归纳的一套新的观念。这套新的观念表现为一个持续改进的循环，这一循环可以用经典的计划—执行—检查—处理（PDCA）管理循环来加以描述。在ISO 9000族标准的下一个修订版中，PDCA 循环预期将会得到明确的应用。

评述 PDCA 管理循环的形成可以同许多人联系起来，他们中既有美国人也有日本人（如休哈特、戴明、水野）。科莱萨尔对这段历史进行了回顾（Kolesar，1994，pp.14－16）。就对这一管理循环的形式和应用的描述来看，“PDCA 在日本人的思想中居于一个中心的地位”（Kolesar，1994，p.16）。近年来，PDCA 已被西方社会普遍接受为对于管理活动的一个简单而有效的比喻。尤其是，PDCA 管理循环非常符合“所有的工作都是由一个过程完成的”这一当代的概念（ISO 9000—1：1994，4.6）。

持续改进是实施 ISO 9001 或 ISO 9002 的一个必然要求。ISO 9001 中通过两组相关联的要求强调了持续改进。

在 ISO 9001 中这些要求之间的联系是一目了然的，若你不存成见的话。ISO 9000族标准将其要求看做是一个综合的质量体系的构成要素。对于实施任何体系而言，要素之间的相互关系或联系与这些要素本身同等的重要。

ISO 9001 中各项要求之间的联系可以从如下三个方面加以识别：

- 用括号“（参见××）”直接标出的关联条款间的交叉引用。
- 在具有关联要求的条款中应用的关键词或关键短语，如 4.1.1（质量方针）和 4.1.3（管理评审）中出现的质量“目标”。
- 使两个或多个条款中所要求的活动产生关联的内容关系，如 4.1.1（质量方针）、4.1.3（管理评审）、4.14（纠正措施）和 4.17（内部质量审核）。

共同确保持续改进的两组相关联的条款如下：

1. 通过质量目标和确保质量体系的效果来实现持续改进。在 ISO 9001 的 1994 年修订版中扩展和加强了对于执行性的管理职能的要求，并通过要求确立质量“目标”[4.1.1（质量方针）和 4.1.3（管理评审）] 和“确保质量体系的效果”[4.1.3（管理评审）、4.2.2（质量体系）、4.16（质量记录）和 4.17（内部质量审核）] 将许多条款联系了起来。在当今充满竞争的经济中，为了保持强有力的市场地位，质量目标必须持续地保持挑战性。不断提升的质量目标必然要求更为有效的质量体系。

2. 通过内部审核和管理评审来实现持续改进。在 ISO 9001 的 1994 年修订版中扩展和加强了 1987 年版标准中要求供方组织持续改进的四个条款，即内部质量审核（4.17）、纠正和预防措施（4.14）、管理者代表（4.1.2.3）和管理评审

(4.1.3)。这四项要求中的活动的交互作用为持续改进的制度化提供了一种机制。

将对于质量管理实践具有重大影响的三个管理过程加以对比具有重要的指导意义。这三个过程分别是 PDCA 循环、ISO 9001/ISO 9002 的要求以及朱兰三部曲。其内容概括在表 11—7 中。从这一视角来看，其相似程度令人震动。

ISO 9000的实施者们若不能充分把握标准中的持续改进要求，在一个全球化的市场中，标准本身所蕴涵的竞争性将会得到严重的削弱。

表 11—6　　新的观念

持续改进的循环（借助于相互关联的要求体现在了 ISO 9001 当中）

- 计划　你的质量目标以及实现目标的过程
- 执行　适当的资源配置、实施、培训和文件化
- 检查　是否
  正在按计划实施
  质量体系是有效的
  满足质量目标的要求
  你的质量目标与顾客的期望和需要相关联
- 处理　上述步骤的结果以改进体系

表 11—7　　三个管理过程的相似点

PDCA 循环	ISO 9001/ISO 9002 的要求	朱兰三部曲
计划	说出你要做的 • “计划、定义、建立、文件化” • “质量目标” • “提供资源”	计划 • 确定需求 • 确立产品 • 设计工序 • 改进工序 • 设立目标
执行	做你所说的 • “实施、维护” 记录你所做的 • 质量记录	控制（消除偶发性不良） • 运行过程 • 评估绩效 • 与目标相比较 • 对偏差采取措施
检查	检查结果与期望 • 管理评审 • 内部审核 • 外部审核	改进（消除慢性不良） • 确立项目 • 成立团队 • 运用改进过程 • 提供资源
处理	对不足采取措施 • 修正质量体系 • 预防措施 • 纠正措施	

资料来源：Kolesar (1994).

统计技术的作用　从质量运动的最初日子开始，人们便已认识到了统计技术的重要作用。事实上，在 20 世纪 40—50 年代，统计技术曾被看做是质量控制的主要方面。在此后的几十年中，管理体系逐步占据了核心地位。ISO 9001 的 1987 年版关于统计技术的 4.20 条只不过是口惠而已。质量保证标准在全球范围

内的实施，使得对于统计技术的重视已经淡化到了这样一种程度，许多实际工作者对于质量管理统计方法所取得的重要进展置若罔闻，他们宣称只需要一些最简单、最原始和最古老的统计技术，如果他们真想采用的话。然而，甚至这一点他们也未能做到！

必须改变这种状况，统计技术和管理体系两方面都应给予相应的重视。

令人欣慰的是，在 ISO 9001 的 1994 年修订版中包含了对于统计技术的明确而又实质性的要求（4.20，统计技术），并提及了它们与“过程能力”和“产品特性”的关系。回顾一下 ISO 9001 把条款联系起来的机制，4.20 与过程控制（4.9，尤其是 4.9g）有着直接的联系，同时与其他一些条款还有着间接的联系。如果能够得到认真实施的话，这些要求应该能够保证统计技术在 ISO 9001 的框架下获得应有的重要地位。

但不幸的是，就目前由审核员、注册机构、认可机构以及支持性的咨询人员、培训课程提供者等所构成的这一基础架构而言，其中的绝大多数人员在统计技术方面都没什么知识和经验。因此，尽管有 ISO 9001：1994 的 4.20 的要求，但这一条仍未能得到太大的重视。

与所有的问题一样，这一局面给那些具有开创精神的供方组织、注册机构、审核员、咨询人员和课程提供者创造了机遇。希望有许多人能在不久的将来抓住这些机遇（其实是义务）。此外，认可机构对这一问题负有责任。他们有责任确保第三方注册制度的实施符合适当的国际标准和指南。无疑，这包括了 ISO 9001 在内，当然还有 4.20。

在美国，注册机构认可委员会（RAB）已经为此采取了一些举措。其中之一是，RAB 向所有 ANSI/RAB 认可的注册机构发布了一份公告，表明 RAB 将会监督注册机构在关联要求和 4.20 的实施方面的工作。我在各种国家的和国际性的场合和出版物中（如 Marquardt，1995，1996a）一直在强调这一问题，促请其他国家的认可机构和认证/注册机构也采取类似的举措。ISO/TC 176 同样也面对着机遇。TC 176 正在与 ISO/TC 69（统计方法应用）合作，以提供实施ISO 9000 族标准时应用统计技术的指南文件。

标准的翻译 在实际应用中，ISO 标准是由 ISO 以英语和法语（经常还有俄语）发布的，这些是 ISO 的官方语言。ISO 要求“不同官方语言版本的文本必须在技术上等价，结构上等同”（ISO/IEC 导则，第 1 部分，1.5，1989）。ISO 自身有时也用官方语言之外的语言发布标准，这样“每一版本都可看做是原文版”（ISO/IEC 导则，第 1 部分，F.3，1995）。“但是，只有用官方语言表述的术语和定义才能看做是 ISO 的术语和定义”（ISO/IEC 导则，第 3 部分，B2.2，1989）。

当一国“采用”某项 ISO 标准时，首先要由该国的标准机构将之翻译为本国语言，然后根据本国的官方采标程序来进行处理。在美国，这种翻译工作是最低限的，有必要的场合，只是用美式的英语拼写或其他文体编辑上的细节来取代英

式英语（ISO 的官方英语）而已。美国的采标过程遵循美国国家标准学会的程序，该程序确保了客观、公平，不致偏向任何顾客群。这也是对所有的美国国家标准的要求。

在本国语言不是 ISO 官方语言的场合，ISO 目前并没有正式的程序来对一国标准化机构翻译的准确性加以验证。在含义要求高度精确的场合，由一种语言翻译为另一种语言总是会有挑战性的。翻译会在很多方面造成意思的改变。在国际贸易中这些改变有可能成为非关税壁垒的一个令人头痛的来源。

与ISO 9000族标准的翻译相关的问题和机遇远远超出了将标准翻译为 ISO 的非官方语言的问题范畴。在全球化的经济中会面对许多的使用情形。标准所意图的含义对于某些情形下的标准使用者并不总是很明确的。在这种情形下，每一 ISO 的成员国机构都会被期望建立解释程序。某些情况下还会要求 ISO 作出官方的解释。ISO 目前还没有制定和颁布这种官方解释的正式程序。ISO/TC 176 已经向 ISO 的中央秘书处提出了建立一个正式程序的动议。ISO/TC 176 终了应当成为ISO 9000族标准的最终解释者，这一标准正是由它制定和维护的。

当使用情形是供方组织和顾客组织双方合同的场合，应在早期阶段（如在合同谈判和合同评审时）将理解上的差异正式提出并由双方共同解决。在第三方认证/注册的情形下，官方的国际解释便变得更为必要。在第三方认证的场合，供方和顾客的谈判往往聚焦在产品的技术规范方面，必要时，会附加一些在相应的 ISO 9000要求标准范围以外的质量体系要求。

界定认证/注册的范围

背景　在供应商质量体系注册范围的文件界定上存在着巨大的变异性。这种变异性从同一注册机构所注册的不同供应商之间、同一国家的不同注册机构之间以及不同的国家之间均能够观察得到。

使注册范围的界定和文件化具有更高的一致性对于以下两方面而言是一个重要的前提：

- 建立 ISO 9001、ISO 9002 或 ISO 9003 质量体系认证/注册的市场信用。
- 实现各国之间的实质性的相互承认。

如果界定注册范围的基本规则对于所有各方都始终一致的话，除了市场信用的益处之外，对于注册机构也具有重要的益处。这一议题对于ISO 9000族标准而言是一个重要问题与机遇。

为了充分适宜地描述一个供应商质量体系认证/注册的范围，必须回答以下四个问题：

- 哪个标准？
- 哪些场所或运营单位？
- 哪些产品？
- 供应链中的哪些部分？

注册范围的头三个要素在 ISO/IEC 通用术语指南中有所规定。最后一个要素（供应链界限）没有在该指南中涉及，但也是同样重要的。

注册证书是一种原始记录，从中又衍生出了其他一些记录（如已注册质量体系名录）。对于注册证书和登记表的样本的检查表明，即使是前三个要素至今都仍未能实现普遍的或统一的文件化。

标准的选择 这方面的程序应当给顾客提供这样的信心，即供应商和注册机构在联合选择适当的标准时，既充分考虑了使产品增值的供应商的生产过程的性质，也充分考虑了供应商生产的产品所涉及的产品设计活动的程度及性质。有些场合下，本来应当选择一个更全面的质量保证模式，但却选择了 ISO 9003 或 ISO 9002。有些选择不当的情形对于该供应商的顾客来说并不是显而易见的。

必须加以明确的一个例子是关于分销商的运营活动。有许多分销商根据 ISO 9003标准进行了注册，理由是分销商自身并不生产（有形）产品。然而，分销商的产品是一种服务产品，它包括了产品采购、储存、维护、订货和交付等活动。因而 ISO 9002 很好地覆盖了这些服务产品的生产。自行设计其服务产品的分销商则应当根据 ISO 9001 来注册。

场所或运营单位的边界的说明 当供应商可能拥有多个场所或运营单位生产同种产品，而它们并非全已注册的情况下，应当向顾客明示，顾客所接收的产品是否是在所注册的质量体系中生产的。在场所和运营单位的范围描述上缺乏一致的程序常常是造成歪曲的根源。

所加工产品的边界的说明 当供应商在同一场所或运营单位生产多个产品，但并非所有产品都是由所注册的质量体系产出的情况下，应当向顾客明示，顾客所接收的产品是否是在所注册的质量体系中生产的。对于所加工产品范围的描述缺乏一致的程序常常是造成歪曲的根源。

在供应链上的边界的说明 应当向顾客明示以下内容：

- 供应商所注册的运营活动的起始点（如原材料、零件、部件、服务及分包商提供的中间产品）。
- 供应商所注册的运营活动的终点（即在到达最终消费者的过程中，排除在供应商已注册运营活动之外的最后一个步骤）。
- 由供应商所注册的运营活动所增加价值的性质。

如果所注册的质量体系仅代表供应商运营的一部分，或在产品中所增加的全部价值的一部分，就应在注册文件中加以声明，以使顾客了解这一事实。

在这方面的做法应避免招致这样的情况，即某些希望获得注册的供应商为了将其某一部分运营排除在注册机构的审查之外而宣称这部分是转包出去的，无论想排除在外的部分是位于另一国家，还是同国的其他地区，或只是同一场所的其他部分。

确定注册范围这一要素的程序同样适用于诸如检测实验室这样的对产品质量

起关键作用的那些支持性职能，这些可能并没有被包括在供应者按照 ISO 9001 或 ISO 9002 所注册的质量体系中。

指导原则　注册机构数量众多，每一机构会对许多的供应商质量体系进行注册，每一供应商又会与大量的顾客发生交易。只靠一个认可机构的定期审核来对这样一个系统的运行进行充分的监管是不现实的。因此，指导原则应当如下：

基本的依靠只能是“标示真实性”这一概念，这样，每个顾客可以方便地正常获取这些信息，从而对供应商所注册质量体系范围的全部四个要素加以判断。

认证/注册的其他途径　不同的组织开展质量管理活动的程度也大不相同。有些组织在成熟度和有效性上达到了很高的水平。有些几乎还尚未起步。大多数组织都处于中间状态。ISO 9000族标准的基本目的是促进国际贸易。因此，它旨在确保一定程度的成熟度和有效性水平，以满足削减国际贸易中的非关税贸易壁垒的需要。它所要求的成熟度和有效性水平将随着时间的推移而变化（这一点可以从 ISO 9003 的无人问津和 ISO 9001 的热销看得出来）。

在任何时候，都会有一些组织具有很高水平的质量管理体系，它们的这些体系超过了 ISO 9001 的要求。对于这些组织而言，采用通常的第三方认证/注册所付出的代价被认为超过了对于它们的质量管理体系所增加的价值。这是一个重要的问题和机遇，也将持续如此。

在美国有许多这样的公司正在与从事第三方认证/注册的机构合作，来设计一种能够获得国际认可的方式。这些公司都是一些主要的跨国经营的企业，尤以那些电子和计算机产业的公司为主。这一方式在以认证/注册所赋予的保证来支持这些公司的国际贸易的同时，必须考虑到其现行的质量管理水平并减少认证/注册的费用。

ISO 9000标准在特定行业中的采用及扩充

特定行业情况　在全球经济的某些领域中，有些特定的行业在采用ISO 9000族标准时对之进行了特别的修正和扩充。这些情况是一种典型的问题和机遇。就问题而言，这种修正和扩充损伤了避免标准繁衍的目标。就机遇来说，人们发现在极少数的行业中这种做法是很有效的。这些行业具有一些特殊的情况，在这些行业中能够协调一致地制定和实施适宜的基本规则。这些特殊的行业具有以下的特征：

1. 其产品对健康、安全及环境等方面具有严重的潜在影响。因此，大多数国家对于这类企业的质量管理体系都具有强制性的管理要求。

2. 在ISO 9000发布之前，已经有了完善的具有行业和企业特点的质量管理体系文件，并得到了国际范围内的应用。

值得庆幸的是，迄今为止，在为数极少的这几种情况下，ISO/IEC 导则中避

免繁衍的实施细则均得到了遵守。

医疗设备行业 第1种情况涉及医疗设备制造行业。例如，在美国，食品与药物管理局（FDA）制定并发布了良好制造惯行（GMP）规程。GMP是根据FDA法规依法批准实施的，这要早于ISO 9000标准的发布。FDA定期地检查医疗设备制造商是否符合GMP要求。这些要求中的多数都是质量管理体系要求，类似于后来发布的ISO 9002：1987的要求。GMP的其他一些规定性的要求主要针对健康、安全及环境方面。许多国家对于此类产品都有类似的强制性要求。

在美国，FDA对于GMP的修订已近尾声，修订版GMP非常类似于ISO 9001：1994标准与有关健康、安全或环境的特别要求的相加。将产品设计方面的质量体系要求包括进来的这种范围上的扩展，反映了全球医疗设备行业对于产品设计的重要性的认识以及总体上的质量管理水平的提高。其他国家也有类似的趋势，大多数国家都等同采用了ISO 9001作为相当于GMP规程的标准。

ISO成立了ISO/TC 210这一新的技术委员会，专门针对医疗设备方面的体系。TC 210已经制定了一些标准来对ISO 9001的条款加以补充。这些补充主要反映了对于医疗设备在健康、安全及环境方面的要求，基本上相当于各国的法规性要求。这些标准即将获准成为国际标准。

汽车行业 第2种情况涉及汽车行业。在1987版ISO 9000标准问世之前，汽车行业的许多原始设备制造商（OEM）已经制定了公司所有的质量体系要求文件。这些要求构成了用以从其供应链上的成千上万家公司购买零件、材料、部件的OEM合同内容的一部分。这些原始设备制造商们拥有着众多的第二方审核员，负责查证这些OEM要求是否得到了满足。

随着ISO 9001：1994的发布，美国的主要原始设备制造商们开始实施一个名为QS-9000的行业通用标准，这一标准相当于ISO 9001与针对行业的补充要求的相加。有些补充要求是对于某些通用的ISO 9001要求的限定性规定，有一些是经主要的OEM一致同意而添加的质量体系要求，还有少数是特定的OEM的要求。

这些OEM将QS—9000在其全球的运营体系中进行了推行。QS—9000注册是这一举措的一个组成部分。这种注册是由获准认可可以开展QS—9000注册的现行注册机构来进行的。这些QS—9000注册机构所聘用的审核员必须在那些特别的QS—9000要求方面经过专门的培训，这些要求要比ISO 9001的要求更具有限定性，或者是ISO 9001以外的要求。对于注册机构的认可是由特别指定的认可机构提供的，其中也包括了美国的注册机构认可委员会（RAB）。

QS—9000体系的实施消除了不必要的针对多项要求文件的多重第二方审核，使得OEM及其供应链上的大量组织均节约了成本。若是通过针对市场需要和要求的持续改进能够使其可信性得到维持，则在行业范围及全球范围内改进质量和

降低成本的目标就有望实现。

计算机软件　电子信息技术（IT）已经渗透到了全球经济中的方方面面。IT 行业在构成和推进全球经济中扮演着主要的角色。与过去的重大技术进步一样，世界看似已变得截然不同，但根本上却依然如故，这听起来颇为矛盾。计算机软件开发便处在这一矛盾的中心。

首先，应当注意的是，计算机软件开发作为一个产业尚不能与它作为一个学科的地位相提并论。

其次，许多 IT 业内人士强调，由于计算机软件质量对于供方组织经营活动的多方面的重要性，使得计算机软件问题被复杂化了。例如：

- 供应商的产品可能是由客户规定功能设计要求的复杂的软件。
- 软件产品的绝大部分可能确实由供应商编写，也可能会集成分包商出售的现成软件包。
- 供应商的产品主要是硬件和/或服务，但可能在其中嵌入了计算机软件或韧件（firmware）。
- 供应商的产品设计和/或生产过程中所用的软件可能自行设计也可能购自分包商。

然而，必须承认，硬件、流程性材料和服务同样也常常会以多种方式被涉及供方组织的业务活动中去。

那么，在计算机软件开发中应用 ISO 9001 的问题何在呢？世界各国就此达成了大体一致的意见：

- ISO 9001 中通用的质量管理体系活动及相关要求适用于计算机软件，正如适用于其他的通用产品类别一样（硬件、其他形式的软件、流程性材料和服务）。
- 将 ISO 9001 应用于计算机软件时在有些方面会存在一些差异。

那么究竟存在何种足以值得区别对待的差异以及对这些差异应当采取何种对策，到目前为止尚未有全球范围内的共识。

ISO/TC 176 制定和发布了ISO 9000—3：1991 作为处理这一重要的两难问题的手段。ISO 9000—3 为在（计算机）软件的开发、提供及维护中应用 ISO 9001 提供了指南。ISO 9000—3 颇为有用且已得到了广泛的应用。ISO 9000—3 提供了超出 ISO 9001 的要求之外的指南，并针对软件的开发、提供和维护的生命周期模式提出了一些假设。在英国，一项单独针对软件开发的认证计划（Tick IT）已经实施了几年时间，这项认证是根据 ISO 9001 和ISO 9000—3 的组合来进行的。这一计划在全球的使用者中毁誉参半。其赞同者认为它：

- 顺应了经济领域中的一项重要需要，即向顾客组织提供他们所购软件（作为单独产品或包含于硬件产品中）的质量要求能够得到满足的保证。
- 包括了在常规的 ISO 9001 认证以外的明确条款，确保了软件审核员的资

格、他们的培训以及认证机构对审核计划的管理。

• 提供了单独的认证计划和标志，以公告这种状态。

批评者则认为它：

• 缺乏灵活性，试图限定于某一特定的计算机软件开发生命周期，这与现行的许多类型的计算机软件的最佳开发方式是不合拍的。

• 对于审核员的资格在软件开发的技术方面提出了不现实的过严要求，这种技术深度对于软件开发管理体系的有效审核来说是不必要的。

• 相对于常规的 ISO 9001 第三方认证几乎是完全多余的。在 ISO 9001 认证中，认证机构/注册机构会对审核员的能力负责，认可机构作为认可程序的一部分还会对之加以验证。

• 在 ISO 9001 常规认证之外增加了大量的费用，但却未给供应链提供什么增值。

在美国，曾有人向 ANSI/RAB 认可计划提出了采用 Tick IT 软件计划的提案。该提案遭到了否决，主要原因在于没有 IT 行业以及 IT 用户群体的共识和支持。

就目前而言：

• 就短期来看，ISO/TC 176 正在修订ISO 9000—3 以使之与 ISO 9001：1994 保持一致并修正某些技术上的不足。

• ISO/TC 176 正在计划ISO 9000族的下一轮修订工作，长期的意图是要使 ISO 9001 质量保证要求标准能够同时满足所有四种通用产品类别的要求，而无须诸如ISO 9000—3 这样的补充性应用指南标准。

• 许多国家的及国际性的团体、会议和组织正在讨论是否有足够的差异值得实施一项特别的计划，如果有，那么这样一项计划应当具备什么样的特征。

目前惟一清楚的是尚未达成全球性的共识。

其他应用领域 本章曾讨论过环境管理体系这一特例及其与质量管理体系的关系。展望ISO 9000族标准的未来，这一局面也是一个典型的问题和机遇。企业的经营活动很可能不得不被笼罩在两套要求标准之下，即 ISO/TC 176 的 ISO 9000和 ISO/TC 207 的ISO 14000。抓住了彼此互利的一致性这一机遇，将会带来重要的益处。这种益处与企业在经营活动所涉及的两个领域中具有一个一致性的管理方式而带来的运作有效性有关，它可以转化为这种单一方式的成本效益。ISO 的技术管理理事会已经命令 TC 176 和 TC 207 必须使它们的标准达到相容性。

在美国及其他国家，ISO 9000族标准与ISO 14000标准的相容性构成了标准化工作的一个组成部分。就实施领域而言，各个国家必须在国际协调指南的指导下，在认可机构、认证/注册机构和审核员认证机构等这些基础架构方面建立起类似的协调性和相容性。目前来看，ISO 14000的基础架构尚处于起步阶段。

国家质量奖及全面质量管理与 ISO 9000 标准的关系

有许多国家和区域性机构都设立了质量奖。其中最著名的是日本的戴明奖、美国的马尔科姆·鲍德里奇国家质量奖（MBNQA）和欧洲质量奖。后者属于欧盟区域内的奖项。这些奖项均体现了全面质量管理（TQM）的概念和原则。

TQM 的含义因人而异。ISO 8402：1994 将 TQM 定义为：

> 一个组织以质量为中心，以全员参与为基础，目的在于通过让顾客满意和本组织所有成员及社会受益而达到长期成功的管理途径。

从本章的目的出发，鲍德里奇奖、戴明奖或欧洲质量奖的评奖准则可以看做是全面的 TQM 活动的一个实用性的定义。

人们常会问及这些奖项所基于的评比准则与ISO 9000标准内容之间的关系。这个讨论可以一分为二，即与 ISO 9001 的关系和与 ISO 9004 的关系。

总的来说，理解ISO 9000标准的目的旨在促进国际贸易这一点十分重要。为了实现这个目的，ISO 9000标准主要聚焦于供方组织中最直接地影响着产品质量的那些职能。ISO 9000标准意在获得绝大多数供方组织的实施。与此相对照，质量奖评奖准则的目的则在于：（1）从一国或一个地区的所有供方组织中选拔出少数代表质量管理最高成就的典范；（2）为其他希望争取成为优中之优并愿意进行实质性的投入以实现最高质量绩效水平的组织提供准则和指南。

与 ISO 9001 的关系　ISO 9001 是一个针对要求的标准，用于双方合同或第三方认证的场合，目的在于促进国际贸易。与这一角色相对应，ISO 9001 只是聚焦于最直接地影响着产品质量的那些职能。因此，它并没有涉及经济效果和成本效率这样的问题，而只是涉及那些直接影响产品质量的特定的人事方面和特定的销售及营销方面。这样，ISO 9001 的范围比上述的各种国家质量奖的范围要窄。例如，马尔科姆·鲍德里奇国家质量奖的准则要对七大类组织活动中的许多项目进行审查。这七个大类是：领导、信息与分析、战略计划、人力资源开发与管理、过程管理、业务成果、聚焦顾客与顾客满意。ISO 9001 的要求对于马尔科姆·鲍德里奇国家质量奖准则中的过程管理类别的活动给予了最大的重视，而对于其他类别的活动则关注不多。

由于 ISO 9001 与质量奖评奖准则的目的不同，对于供方组织质量管理体系的审查深度也有所不同。马尔科姆·鲍德里奇国家质量奖和 ISO 9001 都主张这样一个概念，即所有的工作都是由过程完成的，一个组织的活动可以看做是一个过程网络。马尔科姆·鲍德里奇国家质量奖和 ISO 9001 两者都认为，在对过程进行审查时，必须对方法（approach）、实施（deployment）和结果（result）三个方面加以审查（Marquardt，1996b）。

笔者于20世纪80年代末期编制了表11—8，以描述包括ISO 9001和评奖准则在内的各种水平上的评估问题的相对深度。这些问题分别针对着方法、实施和结果这三个方面。

表11—8　　用以评估的问题（适用于质量管理体系中的任何过程）

方法	实施	结果
初级水平的深度		
是否有明确的过程	该过程是否得到了充分的实施？	其结果是否符合要求？
第二级水平的深度（如ISO 9001要求）		
该过程是否符合该职能的需要？	组织实施这一通用职能时是否都使用了该过程？	是否定义了定量测量指标？
是否具有适合于每个组织层次的每个人需要的文件？	是否每位有关的员工都经过了培训？（理解过程，为什么存在，怎样使用）	是否每位有关的员工都明白并使用这些测量指标？
文件是否得到控制？（准时、及时、随时随地即可获取）	是否每个员工都为这一职能带来了价值？	测量值是否表明该过程符合质量管理和质量保证目的的要求？
第三级水平的深度（国家的或国际的评奖准则）		
对这一职能而言该过程是否达到了当今水准、世界级和优中之优？	该过程是否得到了一致而普遍的部署以便应用处处一致并可转移的培训以标准的形式实现这一职能？	这些测量指标的设计和实施是否能够激励增加价值的行为？
该过程是否具有创新、技术领先、成本领先、功能出众等特征？	过程结果的一致性是否提供了被顾客认为已超出其期望的价值超值？	测量指标的取值是否清楚地反映出了持续改进和世界级地位？
该过程的卓越是否提供了被顾客认为超出其期望的价值超值？		财务结果是否表明顾客认为这是价值超值？

比较一下ISO 9000注册（尤其是ISO 9001和ISO 9002）与马尔科姆·鲍德里奇国家质量奖的成就很有指导意义。如表11—9所示，ISO 9000注册在许多方面都更是些适度的要求，但它在更大的程度上强调一致、规范和文件化的质量体系的必要性，强调定期的内、外部审核以保持成果并使持续改进制度化。

表11—9　　ISO 9000注册与鲍德里奇奖相关的内容

ISO 9000的要求：
- 充分的质量体系
- 每个要求具有客观的证据
- 完整、受控、及时的文件
- 验证持续符合要求的定期监督审核

马尔科姆·鲍德里奇国家质量奖要求：
- 优中之优的质量体系
- 卓越的产品质量的清晰证据
- 顾客感知卓越的清晰证据
- 增加一次性审核可信度的历史趋势

与ISO 9004的关系　ISO 9004是ISO 9000族中为组织提供质量管理指南的标准，它比ISO 9001的要求所覆盖的范围更广，程度更深。超出的范围及深度朝着诸如马尔科姆·鲍德里奇国家质量奖这些奖项的准则的范围和深度趋近。为

了与ISO 9000族标准的目的一致，其范围和深度定在了全球经济中的大部分组织都能够实现的水平上。这样，ISO 9004 特意定位于介于 ISO 9001 和评奖准则之间的范围。ISO 9004 的市场独特性在于，它为组织提供了一个建立质量管理体系的框架，这一体系应当是效果效率兼具，并聚焦于直接影响产品质量的那些因素，这些因素与 ISO 9001、ISO 8402 及ISO 9000族的其他标准是完全一致的。这使得组织能够使用国际统一的一套一致性的术语，以及一个一致性的框架。

全球的许多组织都已认同了这样一个战略性的认识，即 ISO 9001 为它们提供了有效运营和满足市场质量要求的最起码的准则。ISO 9004 则提供了一个指南，指导组织丰富和提高其 ISO 9001 的基线，并实施精心计划的举措以向 TQM 方向发展。诸如马尔科姆·鲍德里奇国家质量奖这样的奖项的评奖准则则提供了一个综合的 TQM 的实施细则。由这一角度看来，标准与评奖标准彼此相容而互补。在全球经济中两者都是必不可少的。

参考文献

Kolesar, P. J. (1994). "What Deming Told the Japanese in 1950." *Quality Management Journal*, vol.2, issue 1, pp.9–24.

Marquardt, D. W. (1994). "Credibility of Quality Systems Certification: How to Deal with Scopes of Certification, Conflicts of Interest and Codes of Conduct." In Peach, R.W.(ed.), *ISO 9000 Handbook*, 2d ed. Irwin Professional Publishing, Fairfax, VA, chap.17.

Marquardt, D.W.(1995). "The Missing Linkage in ISO 9001: What's Being Done About It?" *ASQC 49th Annual Quality Congress Proceedings*, American Society for Quality Control, Milwaukee, pp.1056–1061.

Marquardt, D.W.(1996a). "The Importance of Linkages in ISO 9001." *ISO 9000 News*, vol.5, no.1, pp.11–13.

Marquardt, D.W.(1996b). "The Functions of Quality Management in Relation to the P-D-C-A Management Cycle." Manuscript submitted for publication.

Marquardt, D.W., et al.(1991). "Vision 2000: The Strategy for the ISO 9000 Series Standards in the '90s." *Quality Progress*, May, pp.25–31. Reprinted in *ISO 9000 Quality Management* (an ISO standards compendium containing all standards in the ISO 9000 family, plus the Vision 2000 paper), 5th ed. (1994), ISO Central Secretariat, Geneva. Also reprinted in a number of other countries and languages, and in the *ISO 9000 Handbook*, op cit., chap. 11.

（焦叔斌　游婷婷 译）

第 12 章

标高分析[①]

罗伯特·C·坎普（Robert C. Camp）
欧文·J·德托罗（Irving J. DeToro）

引言
标高分析的定义
标高分析的目标
标高分析的基本原理
行事方式与绩效水平
标高分析过程的十个步骤
阶段 1：计划
阶段 2：分析
阶段 3：综合
阶段 4：行动
阶段 5：完成
标高分析的触发因素
标高分析团队
步骤 1：对什么进行标高分析
文件化
步骤 2：对谁进行标高分析
内部标高分析
竞争者标高分析
职能标高分析和世界级领先者
伙伴关系
步骤 3A：收集数据
内部来源
外部来源
原始来源
步骤 3B：进行实地调查
步骤 4：分析绩效差距
步骤 5：预测绩效水平
步骤 6：沟通调查结果
确定哪些人员需要了解
选择最好的演示工具
组织调查结果
建议的陈述
步骤 7：建立职能目标
修订运营目标
分析对他人的影响
取得管理层的批准
步骤 8：制定行动计划
设定实施的先后次序
表示出对绩效偏差的修正
制定行动计划
步骤 9：执行计划及监测结果
步骤 10：重新标定绩效水平
成功的因素与管理上的考虑
行为方面的益处
竞争力
参考文献

① 标高分析（benchmarking）这一术语在我国尚无统一的译法。其他的译法还有“水平对比”、“标杆管理”、“基准评价”等。——译者注

本章阐释了标高分析（benchmarking）的含义并概述了标高分析过程的十个步骤（Camp，1989，1994）。本章还归纳了通常的标高分析团队所要进行的活动，包括其目标、任务和责任在内。

引言

“标高分析”是质量领域中一个最热闹，但也最不为人们所理解的一个新名词。施乐公司在开展这一活动，福特公司也在开展这一活动，GTE 公司、美国电话电报公司、美国数字设备公司、得州仪器公司、杜邦公司、惠普公司、J&J 公司、IBM 公司以及摩托罗拉公司等都在实施这项活动。它到底是怎么一回事？

标高分析是一场广泛开展的调研与取经的运动。它确保了最佳行事方式能够被发现、采纳和实施。标高分析是一个产业研究的过程，它能使管理者通过公司与公司之间的过程和行事方式的比较来识别“优中之优”，从而实现卓越水准或建立起竞争优势。

标高分析是一种依据产业最佳行事方式来确立业绩目标和质量改进项目的方法。它是质量领域中最令人鼓舞的新工具之一。找到最佳者并加以学习，会使每个参与其中的人都受到激发和鼓舞，从而时常会产生突破性的成果。

日语中有一个词叫做“段突”，是努力成为优中之优的意思，这个词最恰当不过地表达了标高分析的本质。它是以结构化的方式变革现状的一个积极、主动的过程。标高分析的目的就是要取得竞争优势。

标高分析的定义　标高分析的正式定义是“对照最强的竞争对手或公认的产业领先者持续地对本组织的产品、服务以及行事方式进行衡量的过程”。

标高分析的目标　之所以要开展标高分析，首先是因为企业必须确立可信的目标并进行持续的改进。它是一个设定方向的过程，但更重要的，它也是一种有助于找到并理解实现新目标所必需的行事方式的手段。

标高分析在确立目标时采用的是一种放眼外部的方式，而非从内部活动和以往趋势来外推的做法。外部环境的变化是如此之快，埋头于内部所设定的目标经常会难以满足顾客对于他们的供应商的期望。

顾客的期望是由行业中最优秀的供应商所达到的水准决定的，同时也受到对其他行业供应商的诸多体验的影响。因此，标高分析的终极益处在于它有助于实现领先的绩效水平，从而能够充分满足持续高涨的顾客期望。

标高分析是战略计划和运营改进活动中的重要组成。为了保持竞争力，长期战略要求组织必须适应持续改变着的市场环境。为了鼓舞和激励其成员，组织必须：

- 使人们认识到变革的必要性。
- 明确应当变革的对象。

• 描绘出一个组织将会变成怎样的图景。

这三点都可以通过标高分析来实现。通过辨识组织的竞争差距，标高分析明确了变革的必要性。通过搞清楚行业的领先者是如何行事的，标高分析有助于确定应当加以变革的对象。再者，通过阐释什么是可能的以及其他公司已经做到了什么，标高分析为人们描绘出了一幅经过变革之后组织将会怎样的图景。

标高分析的基本原理

开展标高分析活动要求人们理解以下基本原理：

• 了解自身。评估优势和劣势所在。这会涉及明确所用的重要绩效指标，还包括对工作过程步骤和行事方式的文件化。

• 了解行业领先者和竞争对手。只有清楚了领先者的优势和劣势，才能够对自身的能力进行差异化。

• 吸纳最佳经验以实现卓越。采用并消化最佳行事方式以取得领先地位。

行事方式与绩效水平 标高分析活动可区分为两个部分，即行事方式与绩效水平。从经验来看，现在的大多数管理者都懂得标高分析应当首先关注于行业的最佳行事方式。由这些行事方式所导致的绩效水平可以在随后加以分析和综合。通过对若干公司的最佳行事方式的剖析，所获得的启迪可以综合起来从而创造出世界级的工作过程。到了这一阶段，便能够从这些工作过程中产出所期望的绩效水平，从而确保所提供的服务水准能够优于竞争对手的最佳水平。

在打算开展标高分析活动时，使直线经理们参与进来是非常重要的，这有助于他们理解并接受活动的调查结果，并促使他们主动去采取行动。管理层的参与必须协调起来，与最后实施行动方案有关的单位的沟通必须加以仔细的计划。

标高分析过程的十个步骤

标高分析的十步骤由以下五个基本阶段构成（见图 12—1）。

阶段 1：计划

• 决定标高分析的对象。所有的职能都有其产品或输出。这些产品或输出是寻求绩效改进机会的优先候选对象。

• 辨识标高分析的对手。世界级的领先公司或具有优良行事方式的职能领域，无论存在于何处，都是适合的比较对象。

• 计划并实施调研。收集数据来源。数据的来源十分广泛，可以从某个商务图书馆开始。或许会需要采用电子搜索的方式来收集所关注领域的最新信息。

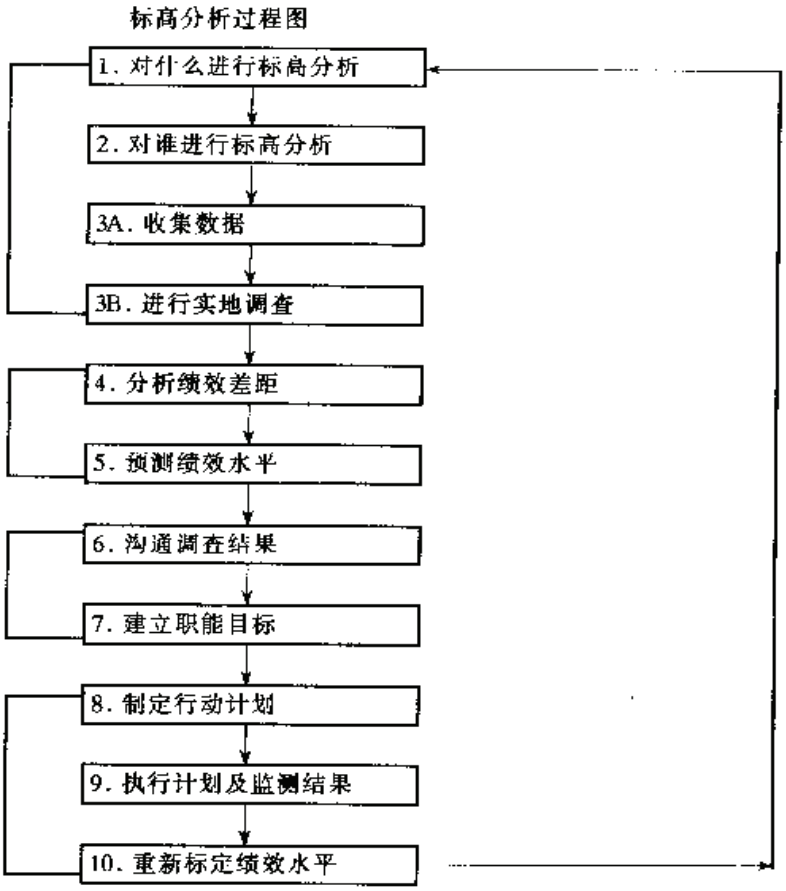


图 12—1　十步骤标高分析过程

资料来源：Quality Resources, a division of The Kraus Organization Limited, White Plains, NY, through ASQC Quarterly Press.

开始收集数据。观测最佳行事方式。

阶段 2：分析

• 在将内部的业务过程同外部组织比较之前，首先要对其给以充分的理解。在此之后，剖析其他组织的最佳行事方式，然后测量自身与其的差距。

• 设计未来的绩效水平。对绩效水平的比较提供了一个采取行动的客观基础，有助于确定如何达到一个绩效的制高点。

阶段 3：综合

• 重新定义目标并与计划过程结合起来。

• 沟通标高分析活动的调查结果，并获得高层管理者的认可。

• 修订绩效目标。

• 在你改进时别人不会止步不前。因此，目标必须反映出所需要的改进。

• 在标高分析所获调查结果的基础上，新的目标和战略应当被纳入到经营计划和运营评审中，并且要根据需要随时更新。

阶段 4：行动

- 实施最佳行事方式并进行定期的再衡量。
- 制定和实施行动计划。
- 监测进展状况。
- 重新标定绩效水平。

阶段 5：完成

- 确定达到了领先地位。当最佳行事方式被纳入所有业务过程中时，当标高分析成为指导工作的标准组成部分时，当绩效水平持续朝着领先地位不断改进时，标高分析便告完成。对标高分析的评定应作为一个持续的过程。

标高分析的触发因素 导致开展标高分析项目的事件通常有以下三类，即问题、创新或方针。

问题 如果组织发生了某种危机，如成本大幅上升或主要客户威胁要取消合约，这时，改进的话题自然会被提出来。

创新 如果组织注意到了其他组织所采用的一些创新技术、行事方式或过程，这类信息很容易引发组织启动标高分析研究。

方针 如果组织不存在太大的问题或必要性要求去了解某个创新性的行事方式，这时选择标高分析项目就会比较困难。那些推行全面质量管理（TQM）理念的组织尤其属于这种情况。然而，开展得很好的质量管理活动总是会包括战略计划过程。在开展这些活动的组织中，通常会从某个计划过程的输出中来选择标高分析项目。

标高分析团队 标高分析活动是由团队来实施的，团队的成员是对该过程有着直接的实践经验和知识的人员。这些成员应当具有分析、研究、过程的文件化以及团队协作的技能。从这些要求来看，比较适于选择那些具有工程和技术背景以及具有研究经历的人员。标高分析团队通常是由过程冠军来委任的。团队人数如果超过了 9～12 人便很难有效地开展活动。由 3～6 人组成的团队比较合适。人们常会倾向于构成大的团队，但很容易会分裂为小的工作组来分担某一部分工作。

步骤 1：对什么进行标高分析

在决定对什么进行标高分析时，第一步是要明确产品是什么，或者明确业务过程的输出或职能的输出是什么。这一步骤的前提是要制定一个清晰的使命陈述，其中要详细阐明组织之所以存在的理由，还要包括顾客所期望的以及成功实现使命所必需的关键输出。然后，每个职能的广泛目的应分解为可以进行标高分析的具体输出。输出应当加以文件化，文件化的详细程度要满足以下这些活动的要求，即分析关键任务、交接传递、过程中和结果的测量，以及质量、成本和交货期的分析。

确定哪些输出最有必要进行标高分析的一个好的方法是进行一系列的提问，这些提问有可能揭示出该部门当前所面对的问题。这些提问可以集中于对顾客的关照（包括服务）、成本，或对产品提供的感受。另一种确定关键输出的方法是将该部门面临的问题、议题和挑战转化为问题陈述，然后将这些问题制成因果图。因果图中的原因项都可以作为标高分析的备选课题。

一个标高分析项目能否成功取决于所选题目的价值。题目既不应太大或太小，也不应是一个不能获得绩效优势的项目。为了避免这些问题，在选题时要进行必要的分析，以保证组织资源能够得到合理的使用。步骤 1 的意图在于确证已选的题目、缩小或拓宽某个项目的范围，或选择一个能够最有助于组织成功的题目。

如果资源受到限制，就应该考虑选择某个过程中有可能最先得到改进的领域，因为这容易对所有后续的活动产生有益的影响。

候选的过程应该通过提出诸如这样的问题来验证其合理性：这是否是顾客抱怨最多的领域？有无成本显著超限的领域值得注意？有无若不立刻解决就会影响市场的事情？

文件化　团队必须通过制作详细的流程图来描绘出当前的工作是如何进行的。这项活动非常重要，因为它有助于团队就工作实际上究竟是如何进行的，完成该项工作所需要的时间、成本，以及当前的工作流程所造成的差错等达成共识。了解这些情况至关重要，若没有这样的了解和文件的存在，即使与一个卓越的系统进行比较也难以揭示出当前系统的不足。

应当编制一份 2～3 页的简明扼要的标高分析项目说明书，并将之在发起者、管理人员、利害共担者以及其他相关方面中间传阅。其中应当反映出在选择项目时考虑的所有问题，以及项目所需的资源和预期的结果。随着收集的信息越来越多，以及标高分析十步骤模型中的其他步骤的不断完成，项目说明书要随时更新并用作使发起者了解情况的一个手段。

步骤 2：对谁进行标高分析

困难之处在于辨识哪些领先的公司拥有真正具有最佳行事方式的过程。确定对照谁来进行标高分析是一个搜索的过程，开始时会着眼于主要的竞争者，以后会扩展到那些并非竞争者的领先公司。这是一个进行比较的过程，其目标是识别和了解在哪里采取不同的行事方式会产生突破性的成果。

有一种成功的分类方式是将标高分析区分为内部的、竞争的以及职能的标高分析这三种类型。内部的标高分析是对一个组织内部的相似活动的行事方式进行比较。内部标高分析的一个明显的好处在于，它促进了工作过程的文件化，工作过程易于比较，从而有利于找出最佳行事方式。竞争者标高分析是与最好的直接

竞争对手进行比较，有助于防止公司的自满。但是，就揭示和学习创新性的行事方式而言，职能标高分析具有最大的威力，它是关于职能活动的比较，甚至可以在不相干的行业之间进行。

内部标高分析 每个组织中都会有另一个部门从事着与标高分析团队的工作完全相同或类似的工作。如果是这样的话，第一个标高分析的伙伴就可能存在于同一组织中。例如，技术培训通常不会是组织中惟一的培训活动。一般还有管理培训、销售培训、计算机技能培训、多样性培训，以及特定的职位培训等等。

竞争者标高分析 任何类型的外部比较中都会包括对竞争对手的标高分析。然而，标高分析不是产业间谍，而是进行产业信息收集。因此，为了合法和合乎道德地研究竞争者，有几点需要加以注意的事项。一种方式是在不直接同竞争对手接触的情况下收集信息。公共领域有如此之多的信息，不一定非得通过直接交谈才能够了解竞争对手的最佳行事方式。[一部分这类的公共信息来源在第 3 步中加以讨论，有关搜索方法的详细讨论请参看 Camp（1994）。]

如果有可能直接与竞争对手进行互相的标高分析，为避免引起法律的和伦理的问题，在比较最佳行事方式时，应关注过程信息而非公司的数据。例如，有可能讨论的有账单差错率、每千件发货单的成本或运转时间，或比较过程的步骤或使用的计算机技术。询问或讨论每张发货单销售的产品数、每张发货单的收益值，或者每个会计期内发货单的数量，这都是不合适的。标高分析团队应当避免询问那些本组织也不愿提供的信息。

竞争者们有时通过合作参加由第三方主持的联合研究来尽量减少对行业内其他成员进行标高分析的难度。在这种情况下，互为竞争者的若干企业可以聘请一个咨询单位来收集和分析数据，保护信息来源，并发布来自参加者的行业范围内的信息。

自 20 世纪 80 年代初以来，正规的标高分析受到了伦理上的管理，其部分原因是由于“标高分析访谈接触规范”的存在，这是由国际标高分析交流中心（International Benchmarking Clearing House）所制定的（Camp，1989）。该规范中描述了可以在标高分析伙伴之间进行的交流的性质，包括信息的法律义务、交流、保密以及使用等问题。

职能标高分析和世界级领先者 当有其他行业的组织在类似职能上取得了卓越成果时，标高分析便不应只局限于本行业当中。这一方面的最佳行事方式的来源正是有可能取得大的收获之处。这里所寻求的不是相同的过程，而是那些能够应用于其他过程的方法或行事方式。

例如，西南得州航空公司的一条低成本航线开展了这样一个项目，即通过对飞机的地面停留时间进行标高分析来实现收益最大化。无论如何，飞机惟有通过飞行才能带来利润。该项目是要确定地勤人员如何能够以最有效的方式来安全地完成对飞机的清洁、服务、加油、换轮胎、送餐等活动，从而最大限度地减少地面停留时间。标高分析团队求教的是最精于此道的那些人员，他们是印第安纳波

利斯赛车场上的赛车维护人员。赛车专业技师绝对是这方面的专家，他们面对着同样的问题，且在快速服务方面积累起了特别的技能。

施乐公司开展了不少的富有创意的职能性标高分析活动。它和美国的几个最大的公司进行了合作，其中有美国运通公司（开具账单和收款）、美国医院供货公司（自动库存控制）、福特汽车公司（生产现场布置）、IBM 和通用电气公司（顾客服务支持中心）、L.L. 比恩公司、赫西食品公司（Hershey Foods）与玫琳凯化妆品公司（仓储和分销）、西屋公司（国家质量奖申请过程、仓库控制、条形码）、佛罗里达电力与照明公司（质量过程）。

最佳行事方式的来源确定之后，就应当应用于团队的标高分析项目当中。这意味着，针对标高分析对象过程的每个主要部分，团队要分别明确可进行内部的、竞争的和职能的比较的组织。一般地，团队可利用头脑风暴法来找出 20 个左右的内部的和竞争性的组织来进行标高分析。职能性和创新性的比较则需要进行更多的工作。始于此处的部分工作要到步骤 3A 才能完成。这里的关键点在于团队至少应确定 100 个可能的标高分析伙伴，从中将选择 3～4 个来进行详细的研究。开始时就限定候选者会导致以后选择不恰当的伙伴。

伙伴关系　与之进行标高分析的组织被称为“伙伴”。伙伴关系的概念是非常重要的，因为其中蕴涵了这样一种观念，即在标高分析中双方必须有所交换。或者双方都对某一过程具有兴趣，或者对方也会要求本组织协助安排参观本组织的某个部门。没有这样的互利互惠，长期的标高分析交流就不大可能取得成功。

步骤 3A：收集数据

标高分析团队需要利用以下的信息来源。

内部来源　有些公司有自己的图书馆。公共图书馆则是谁都可以利用的。利用计算机的在线能力，可以对在过去五年中发布的有关团队选题的所有信息进行查询。这种努力可以发掘出大量的信息，通过与最有关联的那些文章的作者直接联系还可以使这些信息得到进一步的扩展。其他的内部来源还有内部的市场研究或竞争性研究等。

外部来源　公共领域中存在着大量的可利用的信息，问题在于如何将之从堆积如山的数据中查找出来。诸如专业性协会、面向公众的讲习会、讲座、贸易展示以及公开演讲这样的来源都很容易加以利用。

原始来源　通过电话或邮件的调查与一些潜在的标高分析伙伴进行直接的联系或许是有必要的。这种方式是利用一系列逐步细化的问卷。例如，如果确定了 100 家组织为候选者，标高分析团队可以向每一家发一份简单的问卷，询问对象过程的绩效以及该组织对合作进行标高分析的意愿。团队应当将所问问题的本方

绩效数据提供出来。这可以营造一种有利于开放、共享以及合作的氛围。得到反馈后，再进一步寄出更加详细的问卷，直到标高分析团队确信已经找到了想要访问的少数几个组织。如果这些选定的组织同意进行标高分析交流，团队就要开始准备实地调查。

步骤 3B：进行实地调查

实地调查不是一项微不足道的活动。为确保对双方都有用且卓有成效，需要做大量的准备工作。简单地参观一下另一个组织可能会享受到社交的乐趣，但却不会有什么太大的收获。此外，世界级的组织收到的标高分析调查请求不计其数，它负担不起那种敷衍了事的调查。

实地调查时将要提出的问题加以预先的准备并在出行之前送达对方。这通常是对方了解请求方团队准备情况的第一次测试。

要准备好有针对性的问题需要动些脑筋。团队应当将准备提问的主题排出先后次序。有若干种问题的形式，如开放式、多项选择、强制选择、打分问题等。每种形式都有其相应的长处，所有形式都应加以利用以获取所需信息。

这些问题应该在内部标高分析伙伴中进行测试。一下子就开发出简洁、切题的问题是很难做到的，通过内部使用可以发现设计的缺陷。这些问题经过完善之后将用于实地调查。

要对所提出的问题进行充分的准备还有另外一个原因，即若是问某个伙伴一套问题，问另一个伙伴另外一套不同的问题，这是不会有用的。如果是这样的话，所收到的回答就不可能互相关联及进行归纳。

要制定一份实地调查的日程表并且同对方交换，同时要把参与调查的人员确定下来。作为现场调查准备工作的一部分，应当对标高分析的规程达成共识，以便在调查之前明确将要交流哪些信息，哪些文件可以获得。若请求的信息遭到了拒绝，说明这个团队不够专业。

一般来说，一个标高分析实地调查小组由少数几个人构成，比如可以是 4 个人，每个人都在会见中起着特定的作用。要有一位小组发言人，负责熟练地陈述项目团队当前的流程图以及相关过程信息。另一位小组成员负责提出已提交给对方的问题。第三位小组成员进行记录，应使用一个笔记本电脑记录下对所有问题的回答。

第四位小组成员可以起到几方面的支持性作用。若理解所获得的信息要求有专门的知识，小组就应邀请一位这方面的内行参加。有些项目小组常常邀请高层主管参加，因为这给了管理者亲眼观察世界级“选手”的机会。出席这种场合能够促使高层主管重新思考他们的组织需要做些什么。要把所有的小组成员组织起来进行演练，每个人都要做好现场调查的充分准备。

同样，标高分析伙伴也会有一个由两三个成员组成的小组，它们有自己的进程表，也会遵循同样的会议形式。这样，每个小组可能会用半天时间来讨论和回答问题，剩下的时间参观工作现场，获取第一手资料。当过程比较复杂时，要完成双方的日程安排就可能会没有足够的时间。满足双方日程安排的这一需要进一步说明了充分的准备对于确保信息交流成功的必要性。

一旦完成了实地调查，标高分析团队应当写出一份实地调查的报告。报告中应反映出记录员所记录的回答，同时也要反映出其他团队成员的印象和信息。很重要的一点在于，这一报告应该在会面的当天趁小组成员的记忆尚清晰时完成，可以利用宾馆的大厅、机场的休息室或任何其他可以进行小结的地方。这一报告，以及所有其他的实地参观报告，都会成为最佳行事方式报告的基础（见图 12—2）。正是依据这个报告，团队来作出提交给管理层的建议。

内容
引言
　项目的目的
　　研究的背景
　　所提出的问题
　　公司的经营目标
　　关键绩效指标
　　本次标高分析研究所关注的焦点
调查的方法
　对什么进行标高分析
　对谁进行标高分析
　项目的范围
　　研究的期间
　　标高分析团队
　　研究的费用
　　采纳的费用
标高分析调查结果的小结
　工作流程图的比较
　对最佳行事方式的说明
绩效差距和收获的分析
　当前的绩效差距
　　总的差距
　　发展的趋势
　　良好的培训的作用
　预计的绩效差距
　　实施标高分析行事方式的影响
　预计的绩效优势
附录
　标高分析研究的问卷
　实地调查报告
　定量的成本分析
　产业最佳行事方式的比较

图 12—2　最佳行事方式报告

资料来源：DeToro 1995，Table 14.5.

在这一点上，有些人会认为，标高分析研究要进行如此之多的工作，而日常的大量工作也必须加以完成，或许应将之委托给外部的咨询机构来承担。当时间压力非常大时，当外部资源更加可信时，或必须有某些专门的技能时，如在问卷设计时的场合，这种情况下雇用外部的咨询机构来承担这些工作可能就是适当的。但是，当利用外部资源时，不会产生多少组织的学习，而且可能对于研究成果也不能拥有多少所有权。许多对于开展标高分析活动比较熟悉的组织遵循着一个 70/30 的经验法则，即 70%的研究由自己承担，30%委托外部。

步骤 4：分析绩效差距

到此，团队必须对所有收集到的信息进行分析。这里的具体任务是要分析数据，确定标高分析的过程与研究伙伴相比是处于同一水平，还是领先或是落后。换句话说，团队必须明确团队自身的过程与同业之最和世界级组织的过程在绩效上的差距或差异。这一分析应当指出，哪些输入、输出、过程或过程中的步骤是占优的，以及通过哪些衡量指标说明这些要素是占优的。

“使用什么样的衡量指标”是一个重要的问题，因为如果采用了不同的计算方法，或是在计算时采用了不同的要素或假设，看起来大致相当的归纳数据实际上会有着巨大的差异。定量的指标常常是相当靠不住的，不同的收集数据的方法会使得很难进行任何有意义的比较。

分析绩效的另一重要部分是开发一个总括性的统计指标。这一数据要素通常是整体绩效的测量指标，对于在组织间进行初步的比较和预测数据颇为有用，在第 5 步中将会讨论到这一点。总括的统计指标是对生产率的简易度量，其计算与用涉及的人数去除组织的产出一样简单。如在仓库中，用人数去除所挑出的和包装好的商品数就是一个大致的绩效测量指标。

除了分析团队的过程与其伙伴的过程之间的绩效差距之外，团队还需要明确如果采用了所观察到的所有最佳行事方式，将会取得什么样的效果。这一点非常重要，因为如果从所有伙伴处获得的最佳行事方式都得到了应用，就有可能使该标高分析团队超越每个伙伴的绩效。

然而，有很多原因使得采用所有的最佳行事方式成为不大可能。转换成本、干扰、文化问题以及价值观的冲突等，都是组织通常只进行最小变革的原因。但是，因为同最佳行事方式进行了比较，取得卓越绩效的可能程度得到了明确，实现这些改进所需进行的步骤和方法也清楚了。要进行更为剧烈的过程改进和变革其难度是很大的。

团队需要比较过程的每一步骤，并明确标高分析伙伴所达到的成果。也就是说，如果项目团队采用了对方组织的最佳行事方式，那么对象过程的每个关键步

骤的价值、绩效优势或成本优势各是什么？表 12—1 提供了一个技术培训小组分析绩效差距的例子。

表 12—1　　绩效差距分析

小组：技术培训
过程：课程开发
绩效分析小结

现行的方法	最佳方法	绩效优势	所获价值	留意点
		工作步骤 1：需要分析		
同培训教员讨论存在的弱项	询问客户以明确当前的绩效不足，设定项目目标和顾客要求	在现场观察在职者方面节省了一整天	350 美元	开发新的调查表
	进行作业分析以明确职位职责并建立作业分析图	改进了学员目标的精确性，节省了半天撰写的时间	175 美元	培训课程开发团队
观察各个职位的在职者	观察各个职位在岗的在职者	同样	无	每年 2 500 美元的差旅费
主管和绩效最佳者调查	观察该职位的最佳表现者和一般表现者，衡量绩效的差异并计算可能的改进程度	为改进设定了可测量的目标，据此可以来评估进展状况	节省了一天	
制定学员目标	转化为学员目标	同样	无	

资料来源：DeToro 1995，Table 14.6.

评价标高分析数据的另一项重要活动是从视觉上比较双方企业的流程图。这种并肩比较可以反映出重要的改进机会。表 12—2 列出了一些典型的发现和含义。

表 12—2　　流程图比较

观察到的发现	含义
较少的步骤	减少了人数，降低了成本
不同的顺序	更好的工作流，缩短了运转周期
不同的交接	捷径，减少了差错
设计上的差异	改进了资产利用状况，降低了成本
自动化的步骤	理顺了过程，降低了差错
外包的步骤	利用了专门化的技能，降低了成本

资料来源：DeToro 1995.

团队应当针对所分析过程编写一个“最佳行事方式图”。这一图中包括，相对于目标工作过程的每个步骤的最佳行事方式的描述，与最佳行事方式相关的绩效优势，以及若采用了这一最佳行事方式的可能价值或收获。这些信息构成了第 6 步所要提出的建议的基础。

步骤 5：预测绩效水平

在分析这一步骤中，确定了当前的相对位置，但行事方式不是静止的。行业和竞争者都会持续地进行改进。因此，不仅需要对测量的当时所存在的差距进行分析，而且还必须预测所标定的榜样及差距在未来的状况（参见 Camp，1989，第 152 页的图示）。

在项目的这一点上，管理层应当向项目团队提出以下问题：

- 当前的本组织与行业最佳相比较状况如何？
- 本组织将如何获得绩效的优势？
- 这样做对于组织的运作来说意味着什么？对于组织本身又意味着什么？
- 进行这一转换需要付出多大的代价？

要回答上述这些提问，标高分析团队需要提出以下一些问题：

- 以往的绩效趋势如何？
- 当前的绩效差距如何？
- 行业绩效将会如何变化？
- 绩效差距会扩大、缩小还是保持不变？
- 这对于所分析的对象业务而言意味着什么？
- 组织如何能够获得显著的绩效优势？

团队在回答这些问题时，可以选择一个总括性的指标作为整体性的量度，来理解已经或将要发生的变化。通过比较和分析（本组织和整个行业的）历史数据及预计的改进来确定：

近来的趋势；

绩效差距的规模；

产生绩效差距的原因；

这一差距是否正在扩大或缩小，原因何在。

团队的下一项活动是要确定行业在未来所能达到的改进，并将行业的变化趋势与本团队在未来 2～5 年内预期将会取得的改进描绘在同一张图上。实际上，团队应当进行两方面的预测，一是当前过程不加改变的情况，再就是实施了通过标高分析所发现的最佳行事方式的情况。

在步骤 5 中的最后一项活动是评估实施变革对运作造成的影响以及对于消除差距所起到的财务方面的作用或价值。例如，预计的变化不仅会影响工作方法，也会影响到供应商、顾客以及员工。所有这些影响都需要加以明确，变革具体意味着什么要同有关的各方加以沟通。这对于确保那些受影响的各个方面能够有充分的机会吸收和调整是非常必要的。与此类似，对于财务方面的效果也要加以计

算，以便明确实施最佳行事方式的价值并向受到关联的各方传达。将实施最佳行事方式在运作和财务方面的益处转换为对于组织的长、短期目标以及未来愿景的贡献，这是能够真正打动高层主管的一种非常有效的方法。

步骤 6：沟通调查结果

收集和分析最佳行事方式的数据，并预测其对于运作的影响，这些都是很重要也很必要的，但仅此还不足以实现组织的绩效改进。标高分析团队还有责任取得管理当局对于所提改进建议的赞同。管理层对于接受团队的调查结果持怀疑、不情愿或直接反对的态度，这都是有可能的。因此，团队的任务就是要以一种能够获得接受的方式来沟通其调查结果。为了实现这一点，团队必须确保管理层能够理解自己的调查结果并认为团队是可信的，从而接受其提出的建议。这是通过以下的方式来进行的。

确定哪些人员需要了解　在每个组织中都有正式的决策者和非正式的决策者，有顾客、供应商、员工，还有和团队进行协作的方面。在所有这些方面中，团队必须决定哪些人员（姓名）需要了解其调查结果，他们分别需要了解哪些内容以及为什么需要了解。

选择最好的演示工具　组织的文化各不相同，一个组织能够接受的东西另一个组织未必会赞同。有些情况下要求有书面的报告，并且要附有详细的支持性文件。有些组织会要求利用投影仪来进行口头的陈述，且要预先拟好提纲并发给出席者。还有一些组织有一页的简介和非正式的讨论可能就足够了。团队应根据本单位的具体情况来选择适当的报告方式。

组织调查结果　团队应当将其调查结果全面归纳在最佳行事方式报告中（见图 12—2）。这一文件代表了团队所完成的所有工作的结晶，也是沟通活动的一个组成部分。这一报告之所以重要还在于其中凝结了可能对于其他标高分析团队有用的工作。最后，编制类似于最佳行事方式报告这样的文件是一种训练，有助于保证团队完整地总结其调查结果。

最佳行事方式报告中应包括描述性的和定量的数据；要提出事实，而不是观点；要强调对于绩效的益处，而非所用的调查方法；还要包括对于实施所提建议所需费用的初步估计。

建议的陈述　在进行最佳行事方式的陈述时，标高分析团队的所有人员都应在场。陈述内容的各个部分可以分别由不同的人员分担。这种方式为人们提供了一种提高的机会，而且是一种最高形式的认可。

团队的建议当然应当获得接受。但这并不是说每一个标高分析团队的建议都会不受争议地被自动接受，但是，在最终陈述之前，就应当让人们提出疑问并加

以解答，若有问题就要识别出来并加以解决。如果团队在整个标高分析研究过程中都能够始终保持让主管领导赏识，如果最高管理层已经检查了团队的工作并提供了指导和支持，团队所提出的建议就不大可能被摒弃。

步骤 7：建立职能目标

在管理层批准建议后，还必须确定改变行事方式会产生的影响并就此与有关人员进行沟通。管理层一般不关心过程改进中的日常细节，但却有必要了解所建议的变化对于单位、部门以及整个组织会产生什么影响。这方面的一个重要问题是：实施这些建议对于组织的今年会有什么影响？为了回答这些问题，团队必须完成以下三项任务。

修订运营目标 每个组织和其内部的单位对于必须完成的长、短期目标都会有清晰而明确的规定。预期的变化是通过一组修订了的目标反映出来的。在建议被接受后却未修订目标，这说明组织对于采纳所建议的措施并不当真。这反映出的并非是团队，而是管理层缺乏积极改进绩效的意愿。

分析对他人的影响 显然，变革并非是在真空中实施的，重大的变革会在整个组织中产生反响。受影响的群体通常包括顾客、供应商、管理层、员工以及合作者。关于未考虑到变革对于他人的影响的例子，有一个发生在施乐的销售部门。通过对 L.L. 比恩公司开展标高分析比较，施乐的搬运环节的效率有了显著的提高。但施乐没有考虑其生产率的改进所产生的影响。这使得包装部门在突如其来的增长面前显得手足无措。表 12—3 列出的是从技术培训部门的角度对所受影响的调查。

表 12—3　　标高分析活动对其他单位所产生的影响

由于施乐销售部门一个标高分析团队建议的实施而对其他单位的运营计划造成的影响

供应商
• 技术工程师必须向课程设计人员提供操作计划手册及手把手的培训。
• 制图部门必须在个人电脑上制作所有的图样。
• 外部的清扫服务公司每天必须多打扫两个教室。
内部的支持单位
• 咖啡室每周必须多准备 50 名学员的供应量。
• 公司的差旅部门必须多预定 25 个房间以应付班级的扩大。
• 午餐时间必须交错开来。
现场的组织
• 现场技术人员在参加集中学习之前必须完成一个预备的自修课程。
• 所有技术人员都必须集中到总部的培训中心。各地区的培训中心将会关闭。
• 差旅费预算必须增加 10% 以满足增加了的出差量的要求。
• 将要求现场主管来考核技术人员的预备学习合格与否。
整个公司
• 公司层次上的劣化会有所降低。
• 市场份额受到的侵蚀会有所下降。

资料来源：DeToro 1995.

变革以及这些变革所产生的效应是非常重要的。以下列出的几种变革的类型可被认为属于剧烈的变革，但并不仅限于此：

变革的类型	效应
临时解雇	重组
重新部署	所拨资金的减少
顾客要求的改变	报告关系的改变
优先次序的改变	供应商的变更
新的职位说明	新的输入要求

取得管理层的批准　再次重申，管理层必须签署、支持、批准并在一定程度上实施标高分析活动所提出的变革。当变革涉及组织目标的调整或对人们具有剧烈影响时，这是很显然的。

到了这一阶段，团队可以准备实施它们的建议了。

步骤 8：制定行动计划

标高分析团队现在必须评估实施活动的先后次序，制定行动计划，在获得批准后，开始正式的实施。遵循以下的步骤有助于增加团队成功的可能性。

设定实施的先后次序　并非标高分析活动所获得的所有行事方式都能得到相同的回报，有些行事方式实施起来会困难得多。有些变革的代价会十分高昂，有些还会涉及人事方面的变动。有些则会对上游的供应商及下游的顾客造成重大的影响。

考虑到这些因素，最佳行事方式的实施最好应当分阶段进行。但是，哪些最佳行事方式应当首先实施并非是一目了然的。处理这一问题的一种方式是首先决定选择最佳行事方式的准则，而非直接选择所要实施的最佳行事方式。一旦确定了准则，选择所要实施的行事方式就会变得十分清楚。表 12—4 列出了决定先后次序的准则。

表 12—4　　决定实施的先后次序的准则

准则	考虑
绩效改进	对于本单位的产出会有多大的贡献？
实施时间	这一过程多快可以导入完毕并看到成果？
实施费用	实施需要多大的花费？
所要求的培训	培训的人员、内容、场所、时间及期间？
成功的可能性	风险如何？取得成果的确定性如何？
所需要的控制	需要何种检验、测量和监测系统？
人员方面的变化	人员方面需要进行哪些变化？
影响	在内、外部会有哪些人员受到影响？
	设施是否需要扩展？
	公司是否必须重新部署？

资料来源：DeToro 1995.

团队可以制作一张工作表格来评价各个行事方式在每项准则上的分值。按照这样一种方式进行，决策所依据的是信息与分析，而非观念。表 12—5 的例子是关于一个技术培训团队如何来确定所要实施的最佳行事方式。对于每一个备选的行事方式都应进行这样的分析。

表 12—5　　一个技术培训团队决定实施的先后次序的准则

准则	+/-考虑
绩效改进	+节省了几周时间
	+提高了测试成绩
	-无
实施时间	+3 周
	+对当前工作没有影响
	-第一季度太忙
所需资源	+不需要增加人员
所需费用	+估计为 2 500 美元
	+不需要新的设备
	-要求预算分配
	-需要新软件价值为 4 500 美元
	-需要新的激光打印机价值为 1 万美元
所需培训	+5 位设计人员需要两周的培训
	-培训费用为 8 000 美元
成功的可能性	+非常高，不涉及新的技术
	+员工们喜欢新的方案
所需控制	+监测与再培训
人员的变化	+雇用课程设计专家
	+将一位编辑提拔为设计员
	-增加了 4.5 万美元的人工费用
影响	+没有直接的影响

说明：并非每次都需要所有的准则。某一特定的最佳行事方式或许只需要其中的两三个。

资料来源：DeToro 1995.

在此完成之后，便可以得出一个有待实施的各项行事方式的轻重缓急次序，如表 12—6 所示。

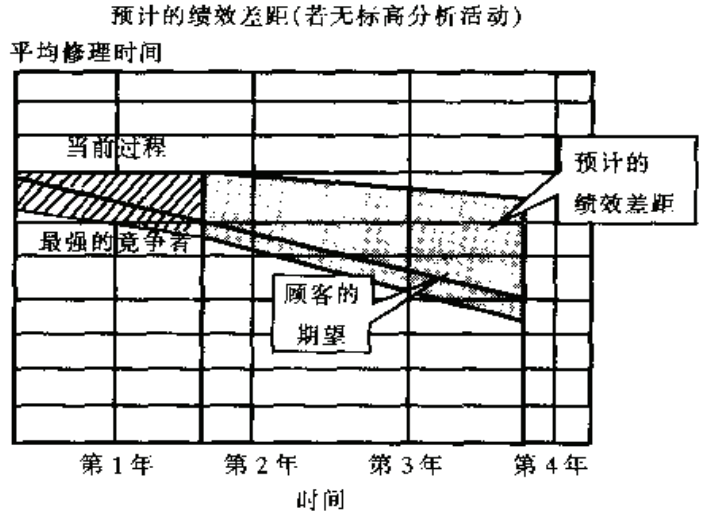
表 12—6　　实施与战略

工作行事方式	优先次序/战略
1. 需要分析	马上实施
2. 任务分析	30 天以内实施
3. 绘制项目蓝图	马上实施
4. 写作课程	在设计人员培训完 10 天以后实施
5. 试行项目的方法	在所有行事方式到位之后再实施
6. 评估方法	在首次试行之后实施

资料来源：DeToro 1995.

表示出对绩效偏差的修正　现在，标高分析团队需要将最佳行事方式的各个实施阶段与其对绩效偏差的影响联系起来加以分析。这样做的道理在于，先前对

绩效偏差的预测应当随最佳行事方式的阶段性实施而加以相应的修正。利用诸如图 12—3a 及图 12—3b，可以为团队及管理层清楚地示出在最佳行事方式实施期间的预期收获。

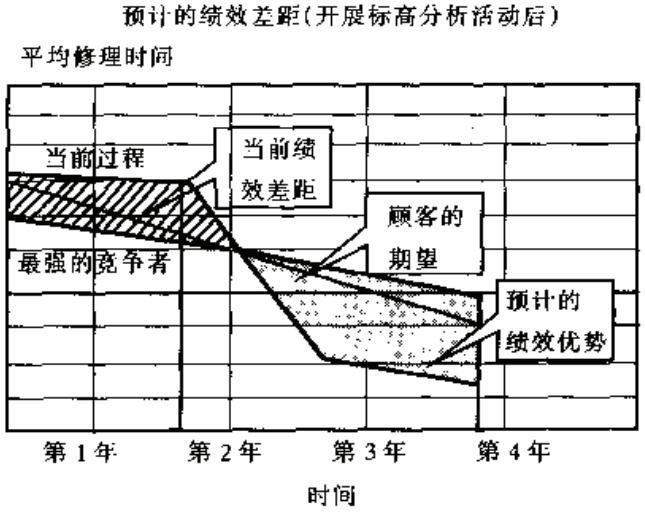


预测趋势的描述

- 我们的调查表明，竞争者正投资于计算机辅助的教学材料上。这会使他们的培训时间进一步由 3 天减少为 2.5 天，2 年内设备的平均修理时间会改进为 0.8 小时。
- 在同一期间内，若我们的培训方法没有战略性的改变，我们预计我们的每次召修时间会达到 1.2 小时。
- 若无战略性的变革，我们的竞争对手将会在 2 年内把竞争优势扩大到 0.4 小时（0.8 对 1.2）。

图 12—3a　预计绩效的影响——现行过程

资料来源：DeToro 1995, Figure 14.6.



采用标高分析最佳行事方式的影响

- 通过采用行业的最佳行事方式，我们能在 6 个月内实现 0.7 小时的平均测试成绩，这会使我们相对于竞争对手有 0.4 小时的绩效优势。
- 即使考虑了竞争对手的改进，我们也会在几年内维持一个≥0.1 的绩效优势。

图 12—3b　预计绩效的影响——变革

资料来源：DeToro 1995, Figure 14.7.

制定行动计划 团队需要完成以下工作：

- 描述必须完成的具体任务及预期的结果。
- 按时间先后对任务排序并指定完成日期。
- 评价实施最佳行事方式所需的资源。包括预算、人员、装备及材料在内。
- 将各项工作的责任分配到具体的个人。解释清楚如何完成这些任务。
- 建立一个监测系统，以追踪进展情况并在有必要采取纠正措施时对团队示警。其中包括建立适当的报告机制以使过程的主管在所有时间里清楚项目的进展状况。

图 12—4 是一个简化了的行动计划。

新行事方式	行动类目	责任人	所需资源	所需预算（美元）	完成日期
修订需要与分析需要	1. 写出新的程序手册	弗雷德·肯尼迪	电脑	1 500	10 月 6 日
	2. 设定审批点	弗雷德·肯尼迪	日程安排日历	—	10 月 8 日
	3. 编制进展图	卡罗尔·詹金斯	PERT	75	10 月 30 日
	4. 培训设计人员	比尔·帕特森	教室设施	500	11 月 15 日
	5. 向供应商解释程序	卡罗尔·詹金斯	程序手册	250	12 月 1 日
	6. 协调职工培训	弗雷德·肯尼迪	教学大纲	400	1 月 4 日

图 12—4 行动计划

资料来源：DeToro 1995，Table 14.15.

步骤 9：执行计划及监测结果

在实施计划得到批准后，团队现在就要开始实施最佳行事方式。为了帮助标高分析团队了解实施活动的进展，在这里有几点要加以考虑。首先，团队在展开全面实施之前，可以先挑一个最佳行事方式进行试行。试行可以像模拟一个新过程一样简单，可以通过在各个步骤中传递纸张，来帮助理解将要进行的信息的流向和活动的流向。在较复杂的过程中，可能会进行实际的试运行，数据或材料都采用新的方法来加以处理。在后者的场合，把试行的条件搞得苛刻一点以确定新过程能否承受高容量、复杂处理的压力，通常是一个好的主意。

团队还需要确立测量指标以衡量实施过程的进展状况。这些过程测量指标也被称为“效率指标”，包括成本、时间、质量（无缺陷）以及一系列有效性指标，这些指标决定着顾客的满意程度。

在实施阶段有许多质量工具可为团队所利用。应当应用七种基本工具和七种管理工具（参见 Camp，1994，p.137）来确保数据的收集和分析，以反映出新采用的最佳行事方式的绩效。

步骤 10：重新标定绩效水平

为了确保成功和有效性，必须对绩效水平加以定期的考虑和重新的标定。但进行重新标定的频率和方法并无一定之规。

有若干种方式可供选择。可以进行旨在收集不足信息的专项研究。可以针对所有关键的标定目标和最佳行事方式调查结果进行全面的再评估。还可以开展全新的更有收获的调查。重要的在于必须记住，在某些时点上，为保证信息的关联性和及时性，必须进行全面的再评估。

有一种方式是每年一次重新标定绩效水平。过于频繁的重新标定通常没有太大的价值，因为行事方式一般不会改变得那么迅速。间隔 3 年以上的重新标定会是一项巨大的事业，由于几乎所有的过程都要被影响到（每年一次的标定则只涉及部分过程）。某一程度上的适当维护或许是最有效的。每个业务单位和标高分析团队都需要根据本行业的情况和自身的需要来确定重新标定的频率。很显然，外部的变化越快，就要求更经常地开展标高分析的重新标定。然而，在最初研究过后的 3 年以内来检视有无必要进行重新的标定，这是一条有用的法则。

例如，A 公司每 3 年会对其应收账款处理过程进行检查。在最初的标高分析项目对过程进行了重大的再设计之后，6 年来只有一些小的调整。顾客服务过程则全然不同。因为可用于支持这一过程的技术的变化是如此之快，在过去 5 年中该过程团队几乎一直在进行着不停的标高分析研究。

每个业务单位和标高分析团队需要依据本行业状况和自身需要来确定重新标定的频率。外部的变化越快，要求开展标高分析活动的频率也就越快。

重新标定意味着再次实施标高分析过程的十个步骤。必须对所有步骤都进行重新的审视。任何一个步骤都不应被跳过去，想当然地认为事情未曾改变是危险的。来自内部来源的反馈应该能够很容易地揭示出不足以及需要新的信息的领域。

重新标定的全面价值不仅在于它更新了标高分析过程的输出，而且使得这一过程更为有效，更能对标高分析的需要作出反应。

成功的因素与管理上的考虑

让过程主管自己来开展其标高分析项目，这对于项目的成功是至关重要的。驾驭某一过程的人们也是最了解它的。他们几乎总是最有资格来分析过程的人。当过程主管来开展其自己的标高分析活动时，他们对该过程就承担起了某种义

务，并最终能够获得最佳行事方式。

成功的标高分析活动不会是由与过程无关的其他的职员来完成的。但有一些在这方面具有专门能力的人员，他们的作用是帮助确保标高分析活动按照程序进行。实际的标高分析活动是由过程主管或过程代表在他人帮助下完成的。

在管理标高分析活动时要考虑几方面的因素。其中之一涉及向人们沟通标高分析的方式。这一方式的不同会导致巨大的差异。当开展持续改进时，这意味着所有人必须共同努力以改进行事的方式，从而保证组织取得优异成果。标高分析是要寻求最佳行事方式并将之应用于工作过程中，这些过程将成为持续改进的对象。

开展标高分析的资源从何而来也必须加以考虑。尽管开展新的标高分析活动的确需要增加一些资源，然而也经常存在着另外一种选择。几乎所有的组织中，在某些领域都有一些资源是用于持续改进的。这其中的一些资源应当用于开展标高分析活动。标高分析应当被看成是持续改进活动的组成部分，是过程主管的职责之一。它不应被当做是另外的工作。有无限多的最佳行事方式，每一个最佳行事方式都会为改进、增长和卓越的绩效提供很大的可能性。过程的驾御者应当努力去找到它们。

要使标高分析活动取得最大的效果，盲目地照抄其他组织是不行的。卓越的绩效不会因此而出现，它只能来自对于最佳行事方式的创造性活用。标高分析的实施阶段应该是一个富有创造性的阶段。标高分析意味着运行过程的人们的创造性才能与最佳行事方式的结合。标高分析当然要揭示最佳行事方式。但其创新性的实施才是组织实现超越并建立竞争优势之路。

例如，施乐公司最关心的是顾客满意。当针对 L.L. 比恩公司开展标高分析时，施乐对于该公司的顾客满意政策自然非常关注。如果顾客不满意某一产品，L.L. 比恩会收回产品并退款给顾客。施乐相信这是一个最佳行事方式。但施乐并非只是照抄这种做法。施乐询问其顾客对这一最佳行事方式的看法并发现了一些有趣的结果。顾客并不想要回他们的钱，他们想要能够工作的设备。因此，施乐必须根据自己的顾客要求修正这一最佳行事方式。

最后，施乐推出了其“完全满意保证”的做法，如果顾客在购买后一定时间内不满意施乐的产品，施乐可以根据顾客的要求为其调换产品，直到其满意为止。所以说，施乐不只是照抄 L.L. 比恩的最佳行事方式。它还更进一步修正了这一最佳行事方式，以使之能够适应其自身顾客的需要。

行为方面的益处 标高分析从根本上来讲是一个学习的历程。它帮助企业聚焦于需要做什么以及如何来使之实现，并就此达成共识，而非只是争论应当做什么。通过一个关注外部的竞争性的情景，标高分析能够激励所有层次的人们进行改进，从而实现世界级的绩效以及不断增长的顾客满意。一旦人们清楚了需要做什么以及如何来做，没有什么人情愿居人之后。

竞争力　标高分析的最根本益处是竞争力的改善和顾客眼中的价值的提高。有效地利用标高分析来开发和实施改进行动有助于组织实现卓越的顾客服务水准。这进而又会带来市场份额的扩大和财务成果的改善。

参考文献

Biesada, Alexandra (1991). "Benchmarking." *Financial World*, 17 September, pp. 28–54.

Camp, Robert C. (1989). *Benchmarking: The Search for Industry Best Practices That Lead to Superior Performance*. ASQC Quality Press, Milwaukee.

Camp, Robert C. (1994). *Business Process Benchmarking: Finding and Implementing Best Practices*. ASQC Quality Press, Milwaukee.

DeToro, Irving J. (1995). *Business Process Benchmarking Workshop*. The Quality Network Inc., Rochester, NY, August.

DeToro, Irving J. and Tenner, Arthur R. (1997). *Process Redesign: The Implementation Guide for Managers*. Addison Wesley, Reading, MA.

Ishikawa, Kaoru (1980). *Guide to Quality Control*. Quality Resources, White Plains, NY.

Kelsch, John E. (1982). "Benchmarking: Shrewd Way to Keep Your Company Ahead of its Competition." *Boardroom Report*, December, pp.3–5.

Port, Otis, and Smith, Geoffrey (1992). "Beg, Borrow, and Benchmark." *Business Week*, 30 November, pp.74–75.

Rummler, G.A., and Brache, A.P. (1990). *Improving Performance: How to Manage the White Space on the Organizational Chart*. Jossey-Bass, San Francisco.

Tucker, Francis G., Zivan, Seymour M., and Camp, Robert C. (1987). "How to Measure Yourself Against the Best." *Harvard Business Review*, January-February, pp. 8–10.

"World-class Organizations: Xerox" (1990). *Industry Week*, 9 March, pp.14, 16.

（徐京悦　杨力 译）

第 13 章

战略展开 约瑟夫·A·德费欧（Joseph A. DeFeo）

引言
- 什么是战略展开？
- 战略展开的历史
- 战略展开的益处

启动战略展开
- 战略展开过程

战略展开的要素
- 建立愿景
- 就使命达成共识
- 制定关键战略
- 制定战略目标
- 确立价值观
- 沟通公司的方针
- 最高管理层的领导
- 目标的展开
- 利用关键绩效指标来测量进展状况
- 评审进展状况
- 经营审核

实施战略展开与否的决定因素
- 实施战略展开的益处
- 实施战略展开的风险与启迪

战略展开的开端

要点回顾

参考文献

引言

战略计划活动（strategic planning）是确立企业的长期目标以及明确实现目标的途径的一种系统化的方法。一个组织一旦确立了其长期目标，有效的战略计划活动就能够使其每年制定出年度的经营计划，其中包括必要的年度目标，还有实现未来目标所必需的资源及行动。

一个组织要推行任何形式的波及整个组织的变革活动（如一个年度的质量改进项目），都必须将之纳入到战略计划过程以及年度业务计划中。这将确保变革活动成为计划的一个组成部分，而不至于与已经确立的资源分配重点发生冲突。否则，无论有多么良好的变革意愿也还是会归于失败。

近年来，全面质量管理（TQM）已成为一种普遍深入的变革活动，且很自

然地被纳入了许多组织的战略计划方案当中。事实上，TQM 与战略计划的结合是如此自然，以至于人们已经有了专门的术语来描述这两者的结合。遗憾的是，不同的组织选用了不同的术语来描述这一过程。有些采用了“方针管理”这个日语词汇。有些则部分地翻译了这个术语，称之为“方针计划”。还有些则将其简单翻译为“方针展开”。在马尔科姆·鲍德里奇国家质量奖的早期版本中，这一过程被称为“战略质量计划”。以后，这一评奖的准则又被更名为“战略计划”。尽管在评奖指南的准则中清晰地定义了这一概念的展开性特征，战略计划这个术语还是被经常误解为战略计划方案的制定，而未能认识到它实际上是对战略目标、分目标、年度目标、资源安排和实现目标的行动所进行的详细部署。我们将努力突出这一区别，并在本章中使用战略展开这一术语。有许多组织通过战略展开而避免了变革项目的失败并取得了持久的效果。

本章将对战略展开过程加以阐述，并说明在组织中是如何对之进行管理的。主要讨论这样几个重要问题，即如何将战略目标与组织的愿景和使命相匹配；如何将这些目标在整个组织中加以展开；以及如何才能够从战略展开中受益。

本章的内容主要有：

1. 定义战略质量展开。
2. 讨论战略质量展开的益处。
3. 讨论战略质量展开的系统方法。
4. 讨论与组织中引入战略质量展开相关的一些问题。
5. 阐述高层管理者在实施战略质量展开并确保其成功中所起的具体作用。

什么是战略展开？　战略展开是将以顾客为中心的全组织范围内的改进活动与组织的战略计划方案整合在一起的一种系统化的方法。具体来说，战略展开是一个系统化的过程，组织借助于这一过程来确立质量方面的长期目标，并将这些目标与财务、人力资源、市场营销以及研发方面的目标一道在平等的基础上整合到一个综合的经营计划当中。然后，将这一计划在整个组织当中加以展开。

作为全面质量管理系统的一个要素，战略展开使得组织能够计划并实施战略性的组织突破。从长期来看，这些突破的综合效果是要获得竞争优势。

在 20 世纪 90 年代，战略计划已成为许多有组织的变革活动的不可分割的部分，尤其是在全面质量管理中就更是如此。广泛的全组织的全面质量管理系统依托于一定的基础，战略展开构成了这一基础的一个组成部分。图 13—1 示出了战略质量展开与这一更广泛的系统之间的关系。

在马尔科姆·鲍德里奇国家质量奖（见第 14 章）、欧洲质量管理奖以及其他的国际的和国家的奖项当中，战略展开同样也是一个关键的要素。这些奖项的评奖准则都强调，顾客驱动的质量和卓越的运营绩效同为关键的战略性经营问题，必须成为总体经营计划活动中的一个有机的组成部分。对于马尔科姆·鲍德里奇

国家质量奖获奖者的一个鉴定性评估表明，获奖者公司的绩效表现远优于未获奖公司（见图 13—2）。获奖者公司的投资回收期不足 4 年，质量的回报是巨大的。“鲍德里奇指数”远胜于“标准普尔 500 种股票指数”，几乎达到了 3∶1。这一指数体现了自从 1988 年以来获得美国马尔科姆·鲍德里奇国家质量奖的公司的整体增长。

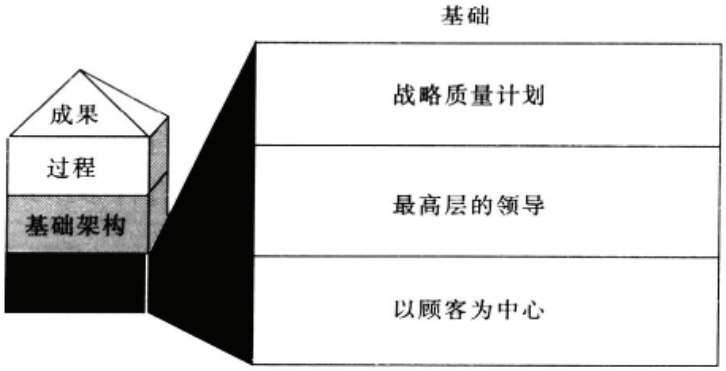


图 13—1　战略质量计划与管理系统的关系

资料来源：Juran Institute, Wilton, CT.

	1988—1996 年间投资	1997 年 12 月 1 日的价值	改变率（%）
所有获奖者	7 496.54 美元	33 185.69 美元	362
标准普尔 500 家	7 496.54 美元	18 613.28 美元	148

数据：国家标准技术研究院

图 13—2　马尔科姆·鲍德里奇国家质量奖获奖者绩效

资料来源：*Business Week 1998*, March 16, p.60.

戈弗雷（Godfrey，1997）指出，有效的战略展开应当作为实现目的的一种工具，一种手段，而不应当做目标本身。它应当成为使组织的全体人员都参与其中的一种努力。它必须立足于现行的活动，而不是使组织忙上加忙。它必须有助于高层主管面对困难的抉择，理清轻重缓急。它不只是要启动新的举措，而且还要消除许多不增值的现行活动。

战略展开的历史

战略计划的过去　直到最近，战略计划方案中一般还只是包括财务目标或市场目标。这种方式可以被认为是一种“全组织的财务计划”，它构成了大多数的战略计划活动的基础。这种方式主要包括：确立财务目标，制定实现这些目标的计划，提供所需资源，建立绩效衡量指标，对照目标来评价绩效，依据所取得的成果来论功行赏。通过战略计划活动而形成了年度经营计划和预算。这一计划起到了引导组织中的所有活动的作用。当一个计划跨越了 5 年或更长的期间时，它通常被称为是“战略性经营计划”。借助于这样一种方式，使得组织能够将所有员工的努力聚焦于财务目标和实现目标的途径上。

这一战略计划过程的主要要素包括：

• 一套层级化的目标体系。其中包括（但不限于）各种财务目标和支持它的较低层次的财务目标，如分公司和部门的预算、销售定额、成本标准、项目成本估计等。

• 一套正式的方法论。有关制定目标（这是一个按年度的预算过程）以及为实现战略计划和年度经营计划提供所需资源的一套方法论。

• 一套基础架构。这一架构中(通常)包括一个财务委员会;一位全职的会计长和辅助人员;以及所有的高层主管。他们定期开会评审计划并在必要时加以调整。

• 一个控制过程。该控制过程中包括了整个组织的财务评价指标；数据收集和分析系统；财务报告；对照目标对财务绩效的评估；以及必要时对计划本身的调整。

• 有关奖励的规定。在员工绩效管理及关键员工的奖励表彰体系中，依据财务目标来评价的绩效被给予了相当大的权重。

• 广泛的参与。财务的目标、报告和评价等都被设计为等级性的，与公司的组织层次相对应。这些按层次展开的目标使得各层次的管理者能够对最高主管的目标起到支持作用。

• 一套共通的语言。这一计划过程通常瞩目于那些主要的普遍性评价指标，即收益和利润方面的指标，使用货币单位这种通用的测量单位，如美元。还有其他一些普遍的评价指标也被广泛地采用，如投资回报率和销售收益率这样的比率指标。此外，类似于“预算”、“费用”、“利润”等这样一些关键的词汇也都具有了标准的含义，从而使沟通变得越来越精确。因此，组织创造出了一种它自己能够理解的语言。

• 培训。在成功的组织中，所有层次的雇员通常都会在各种财务的概念、过程、方法和工具方面接受培训，换言之，学会说和理解同种语言。与只是在财务部门中进行这种培训的公司相比较，那些对于所有部门所有层次的员工都进行如此培训的公司会处于十分有利的地位。

战略计划的现在　以往这一方法只是建立遍及整个组织的财务目标，现在则进化为旨在确立更为坚实的战略计划。为了在一个全球化的环境中能够更为有效地进行迅速的变革，许多组织将全组织范围内的变革活动，如全面质量管理，纳入了战略计划当中。管理年度经营计划所具有的一般性步骤和特性同样适用于对质量的管理。这也使得将全组织范围内的改进项目纳入到一个综合性的计划中更为容易。在马尔科姆·鲍德里奇国家质量奖的较早版本中，这被称为是战略质量计划（SQP)。战略质量计划中应包括：

• 质量目标。主要的质量目标都体现到了战略质量计划中，这些目标由一个层级化的较低层次的目标体系所支持着，如分目标、项目等。改进目标是这样

一类目标，它们旨在谋求在产品、过程或人员的绩效方面取得突破，这种突破是通过关注顾客、供应商以及股东的需要来实现的。战略质量计划将顾客的声音融入了质量目标中，并同整个计划整合在了一起。这种整合使得这些目标取得了正当性，并将财务目标（这对于股东是重要的）与那些对于顾客具有重要意义的目标进行了平衡。这也消除了人们对于财务计划和质量计划两套计划并存的担忧。

• 一套正式的方法论。这是设立改进目标并提供所需资源的一个系统化、结构化的过程。

• 一套新的基础架构。其中包括建立高层管理团队或“执行委员会”，一个质量办事部门及支持性人员，由他们来评审所有的目标。

• 一个评审和控制的过程。其中包括收集和分析顾客数据、报告关键的质量绩效指标以及进行评审的各个系统，用以监测实现目标的情况。

• 有关奖励的规定。改进目标的实现情况在考绩和表彰制度中被给予了很大的权重。要求对结构的变革，以鼓励正确的行为。

• 广泛的参与。目标、报告、评审等都被设计得有利于组织各层次人员的参与。这种参与包括各个层次上的每一个雇员，从而为变革活动提供了支持，并有助于实现预期的成果。

• 通用的语言。诸如质量、标高分析、战略质量展开这些关键性术语都具有标准的含义，从而使得沟通变得越来越精确。

• 培训。通常要对所有的雇员在各种变革的概念、过程、方法和工具等方面进行培训。与只将这种培训局限于质量部门或管理人员的公司相比，那些在正确的时机对于所有部门所有层次的员工都进行如此培训的公司会处于十分有利的地位。

看来必须进行大量的且深远的变革。在 20 世纪 80 年代之前，设立改进目标的益处通常并不能打动高层主管。他们的大多数理由无外乎以下几个方面：

• 推行全面质量管理或拓展战略计划意味着大量的工作量。

• 它不仅会增加较低层次主管人员的工作负荷，也会增加高层主管的工作负荷。

• 它会对存续已久的文化模式产生相当大的冲击。

• “我们已经试过，可是失败了。”

然而，为了进行全球性的竞争，组织必须从其资产和资源中获取最大限度的效用。战略展开为此提供了手段。

战略展开的益处 一个组织在开展战略展开的初始阶段常常会首先问到这个问题：为什么要这样做？它有助于我们成为一个全球性的竞争者吗？要回答这些疑问，可以看一下其他组织已经从战略展开中获得的益处。根据这些组织的报告，战略展开可以：

1. 将组织的资源集中在那些真正能够提高顾客满意、降低成本以及增加股东价值的活动上（见图 13—2）。

2. 建立起一个反应灵敏、灵活机动并训练有素的计划与实施系统。

3. 鼓励跨部门的合作。

4. 提供长年持续实施突破活动的过程。

5. 通过赋予实施所计划活动的职权来充分地激发管理人员和普通员工的首创精神。

6. 消除不在计划内的那些不必要的和浪费性的团队活动。

7. 消除各种计划中有可能存在的冲突，这些计划如财务计划、营销计划、技术计划以及改进计划等。

8. 集中资源确保财务计划的实现。

许多组织实施了全面质量管理及其他的变革管理体系。有些组织取得了令人瞩目的成果，有些组织因在基本经营指标和增加顾客满意方面收效不大而对结果感到失望。还有些活动则被认为是失败的。导致失败的基本原因之一是未能将这些“质量活动”融入组织的经营计划当中。其他的原因还有：

1. 战略计划工作被指派给了计划部门，而非由高层主管亲自承担。这些计划人员缺乏这方面概念和方法的培训，也不属于组织的决策者的行列。因此而导致了所制定的战略计划中未能包括旨在提高顾客满意及过程改进等方面的改进目标。

2. 各个部门只是追求本部门的目标，而未能将部门目标与组织的整体目标整合起来。

3. 带有老缺陷的新产品或新服务不断地被设计出来，这些缺陷由以前的设计中年复一年地被继承到新型号中。这些新设计未受到评估或改进，因此不是顾客所驱动的。

4. 跨职能的“再造”项目由于参与不充分及缺乏高层主管的早期预警，往往会造成耽搁和浪费，在良性的业务结果呈现之前便已经偃旗息鼓了。

5. 在有关大的业务过程缩短运转周期或减少浪费方面没有明确的职责。清晰的职责仅限于部门内的过程。

6. 改进目标仅局限在制造型产品和制造过程中。顾客之所以发怒不仅仅是因为收到了有缺陷的产品，他们也会因不正确的账单和发货延误而生气。由于在年度计划中没有相应的目标而使得开具账单和发货的业务流程未能开展现代的质量计划和质量改进。

以往的战略计划过程的这些欠缺其源头在于缺乏一个将各种活动整合到一个计划中的系统化、结构化的方法。随着越来越多的公司对于战略质量展开变得熟悉起来，许多公司采用了如同管理财务一样的技法在全组织范围的基础上来管理变革。这种做法便是我们所称的战略质量展开。

启动战略展开

要创建以顾客为中心的战略计划，要求领导者成为教练和导师，亲身参与，消除动辄责备的氛围，并且在最充分的数据基础上进行决策。朱兰(Juran，1988)曾说过：

> 你需要让会受到影响的人们都参与进来，不只是在计划方案的实施时，而是在计划之初就如此。你必须避免仓促，不要让人猝不及防，要进行试点，以便理解那些具有破坏性的事物并加以纠正。

战略展开过程 战略质量展开过程要求组织将对顾客的关注融入组织的愿景、使命、价值观、方针、战略、长期和短期目标以及项目当中去。项目是将质量改进活动、再造以及质量计划团队与组织的经营目标联系起来的逐日逐月进行的活动。

战略展开所要求的要素一般来说对于所有的组织都是类似的。但每个组织的独特性决定着各要素应用的次序和步调，以及必须增加的要素的程度。

在战略展开过程的沟通中，存在着很多的习惯说法。不同的组织在描述同一概念时可能会使用不同的术语。例如，某个组织称为愿景的东西，另一个组织可能会称之为使命（见图 13—3）。

定义摘录	
使命：	我们从事何种业务
愿景：	组织期望达到的未来状态
价值观：	符合愿景要求的原则或实现愿景所服务的原则
方针：	对顾客的承诺

图 13—3 组织的愿景/使命

资料来源：Juran Institute，Wilton，CT.

以下是本章所使用的几个定义，它们被应用得十分广泛：

愿景（vision）。组织未来期望达到的一种状态。想像力和予人以鼓舞是构成一个愿景的重要成分。通常，愿景可被看做是组织的最终目标，是需要花 5 年甚至 10 年来实现的目标。

使命（mission）。组织之所以存在的目的或理由，亦即要回答做什么以及服务于谁的问题。

战略（strategies）。实现愿景的手段。战略数量较少，它规定了诸如价格、价值、技术、市场份额，以及组织必须追求的文化这样一些关键的成功因素。战略有时是指“关键目标”或“长期目标”。

目标（goals）。组织在 1～3 年内必须实现的，是工作努力所指向的终点和结果。目标有“长期”（2～3 年）和“短期”（1～2 年）之分。目标的实现标志着

战略的成功实施。

价值观（values）。组织所拥护的和信奉的东西。

方针（policies）。采取管理行动的指南。组织在许多领域中都会有方针存在，如质量、环境、安全、人力资源等。这些方针指导着日常的决策。

项目（projects）。旨在实现某个分目标的活动，期限会持续 3～9 个月，其成功的完成有助于确保战略目标的实现。一个项目通常会意味着委派一组选定的人员组成一个团队，并赋予其实现特定目标的责任和权限。

展开计划（deployment plan）。为将愿景转化为行动，必须将愿景加以分解并转换成依次相继的更小更具体的部分，如关键战略、战略目标等，一直展开到项目层次甚至部门的行动。将愿景在整个组织中分解和分配的详细计划被称为是“展开计划”。它包括分派角色和责任以及确定实施项目并实现项目目标所需的资源（见图 13—4）。

关键绩效指标（key performance indicators）。在整个组织中都可见的测量指标，用以评价战略计划实现的程度。

战略展开的要素

建立愿景　战略展开始于一个以顾客为中心的愿景。

> 在我们所知道的成功地转变为更具有协作性的组织的那些公司中，其成功的关键是建立并依存于共同的战略愿景。当就总方向达成共识后，实现的途径则可以保持灵活……（Tregoe and Tobia，1990）。

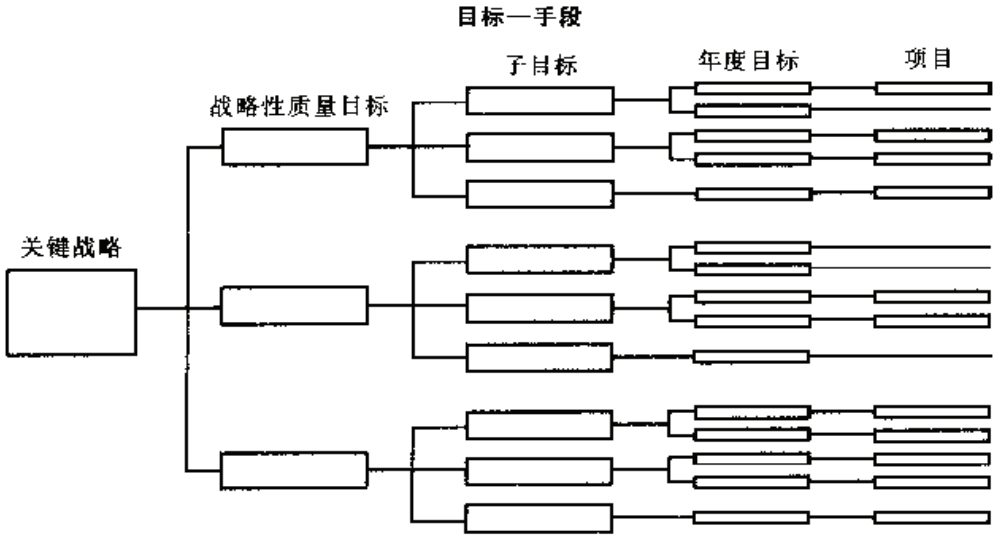


图 13—4　愿景的展开

资料来源：Juran Institute，Wilton，CT.

确有威力的愿景是简明扼要的。十诫、独立宣言、邱吉尔在第二次世界大战时的演讲，提出的讯息都是如此的简明和直率，你简直就能够触摸到它们。我们的公司战略同样也应当有这样一种力量（Roberts，1987）。

一个愿景应当阐明顾客、雇员、股东或社会能够期望从组织中获得的益处：

我们要在提供优质且可承受的医疗保健方面处于领先地位，我们所提供的服务和价值将超出顾客的期望。（Kaiser-Permanente）

成为世界领先的消费电池公司。（Duracell International）

设计、制造和销售世界上最好的汽车。（凯迪拉克轿车事业部）

成为组装型住宅的最佳生产者以及最容易做生意的厂商。（Schult Homes）

成为世界第一的眼科医疗设备提供者。（Howmedica）

上述每一个愿景都给出了关于该组织的方向和特征的一个独特的视角。每一个愿景都向顾客和雇员传达了组织将往何处去的一个总的印象。对于相应的组织来说，愿景为其提供了一个清晰的图景，常常是历史上第一次，描述了它将往何处去以及为何要到那里去。

好的愿景表述应当充满鼓动力，且在整个组织中为人们所共有。通常一个较好的主意是，使愿景对于组织来说具有一定的挑战性但有可能在3～5年内得以实现，并要指出一个可衡量的实现标志（例如，成为最佳）。在创建愿景时，组织应当将它的顾客、它要在其中竞争的市场、组织运营的环境以及组织文化的现状都考虑在内。

愿景的陈述就其本身而言不过是几句话而已。只是发布这样一个陈述并不能够让组织的成员认识到他们应当做哪些与以往不同的事情。战略展开过程和战略计划是使愿景化为现实的基础。愿景的表述只是提醒人们组织在追求什么。愿景必须落实到行为和行动上来。

在建立愿景时有一些容易犯的错误：

1. 愿景惟独关注股东。
2. 认为战略计划一旦写出来，无须进一步工作自然就会被执行。
3. 未能将愿景阐释为对顾客、员工、供应商以及其他利害相关者的益处。
4. 创建的愿景过于容易或是过于困难。
5. 未能考虑全球经济在未来3～5年将会发生的迅速变化的影响。
6. 在创建愿景时未让各层次的关键员工参与。
7. 未同竞争对手比较，或未能针对未来需要、内部能力及外部趋势考虑所有可能的信息来源。

就使命达成共识 大多数组织也都会有一个使命的陈述。考虑使命陈述时要回答“我们所从事的是何种业务?”这一问题。使命常常会与愿景相混淆，或者干脆就被当做一个东西来发布。使命陈述应当澄清组织存在的目的或理由。仅此

足矣。

下面是关于使命陈述的一些例子：

Ritz-Carlton 酒店是一个以向客人提供真诚关怀和舒适为最高使命的地方。(Ritz-Carlton 酒店)

我们的存在是为了创造、生产和销售有用的产品和服务来满足遍及全球的我们的顾客的需要。(得州仪器)

我们的使命是通过拥有共同的目标和价值观的高质量的服务网络和教育与研究项目，在满足我们社区的人们当前及未来的医疗保健需要方面成为领先者。(Sentara Health System)

在 Sentara 的例子中，有关领先和未来的说法可能会让读者把这个使命陈述(我们所从事的是何种业务）与愿景陈述（我们将成为什么）相混淆。只有组织自己才可以决定这些词是否应属于使命陈述。正是在对这些问题的争论当中，组织形成了对于其愿景和使命的共识。

愿景与使命结合起来，共同为整个组织提供了一个一致认同的方向。这一方向可以作为日常决策的基础。

制定关键战略　将愿景转化为可实现的计划的第一步是将愿景分解成为少数几个（通常四五个）关键战略。关键战略体现了组织针对如何去实现其愿景所要做出的最基本的选择。每项战略必须对实现整体愿景做出显著的贡献。例如：

领先地位要建立在这样一个质量平台上，即：顾客导向、雇员参与、标高分析、应用质量工具、质量计划及以顾客为中心。(施乐)

凯迪拉克的转变要通过实施三个关键战略：视团队精神和雇员参与为竞争优势的文化变革；通过将顾客满意融入总体计划中来体现的以顾客为中心；将全体雇员的努力聚焦于质量目标的训练有素的计划工作。(凯迪拉克轿车事业部)

实施这些关键战略的责任被分配（或展开）给组织中的关键的高层主管，这是一个连续的分解和展开过程中的第一步，借助于这一过程最终使愿景转化为行动。

为了确定关键战略应该是什么，必须对组织的以下五个领域加以评价并获得相应的数据：

1. 顾客忠诚，顾客满意。
2. 不良质量成本。
3. 组织文化（满意)。
4. 内部业务过程（包括供应商在内)。
5. 竞争性标高分析。

以上的每一项评价都能够构成一个企业平衡计分卡的基础（参见本章稍后讨论的计分卡的内容)。确立关键战略要求获得有关质量地位和环境的特定数据。

必须通过分析这些数据，找出从顾客、质量和成本的角度而言的特定优势、劣势、机会和威胁。一旦分析完成，关键战略就可以被制定出来或加以修正，以反映可测的和可观察的长期目标。

制定战略目标

战略目标的实质 下一步，组织要确立明确的、可测量的战略目标。关键战略要取得成功就必须实现这些目标。这些定量的目标将引导组织的努力以实现各个战略。在这里，所谓目标也就是一个瞄准的“靶子”。目标必须是明确的。它还必须是定量的（可测量），而且要在特定的时间段内实现。开始时，组织可能会不清楚怎样才算是明确的目标。过一段时间，测量系统就会改进，并且目标制定将会变得越来越明确和可测量。

尽管特定的行业和组织有其独特性，但设定目标的某些主题却是广泛适用的。为了制定出适当的目标，最起码以下的七个领域是必须加以考虑的：

• 产品绩效。这一领域的目标是和产品特征相联系的。它决定了对顾客需要的反应，例如，服务的及时性、耗油量、平均故障间隔时间、礼貌等。这些产品特征直接影响着产品的可销性，在很大程度上决定着销售收入。

• 竞争绩效。市场经济条件下总是会有这些目标，但它们很少成为经营计划的组成部分。尽管使竞争绩效成为长期经营目标只是最近出现的趋势，但确是不可逆转的。与其他目标不同，这类目标是参照竞争来设定的，在一个全球化的经济中，它们是一些快速移动的靶子。例如，与前五位竞争者的产品相比较，我们的所有产品在导入后一年之内都要成为“同业之最”。

• 质量改进。这一领域的目标涉及对产品不良、过程的故障的改进，或降低系统中不良质量成本的浪费。改进目标按照正式的质量改进项目的结构来展开，并委派以相应的责任。总的来说，这些项目关注于减少组织中的不良，以此来实现绩效的改进。

• 不良质量成本。与质量改进相关的目标中通常会包括减少不良质量成本或过程中的浪费的目标。这些成本尽管估计相当高，但并不能够精确地确定。尽管如此，还是有可能通过估计将这一目标纳入经营计划中，并将其成功地展开到较低的层次。一个典型的不良质量成本目标是在3年内每年降低50%的不良质量成本。

• 业务过程绩效。这一领域的目标只是在近期才进入战略经营计划当中。这些目标与那些跨职能的大过程的绩效有关。例如，新产品开发、供应链管理、信息技术，还有一些诸如应收账款和采购这样的子过程。对于这些大的过程来说，一个特殊的问题是决定由谁来承担实现这些目标的责任？我们将在后面的“展开给谁?”一节中讨论这个问题。

• 顾客满意。确立具体的顾客满意方面的目标，有助于使组织持续地关注顾客。很显然，要展开这类目标，必须在当前的满意/不满意的水准以及哪些因

素有助于提高满意和降低不满方面，获得大量的良好数据。如果知道了顾客最重要的需要是什么，就可以改变组织的战略以便更有效地满足这些需要。

• 顾客忠诚和保持。除了直接测量顾客满意度之外，理解顾客忠诚的概念要更为有用。顾客忠诚是顾客对一个特定供应商的反复购买行为。一位顾客对某产品的需要是由 A 供应商来提供的，若他只从该供应商处购买，则说他对 A 供应商表现出了 100% 的忠诚。对顾客忠诚的研究使得组织能够从顾客的角度更好地来理解产品的可销性，并且可以促使组织来考虑如何更好地满足顾客的需要。组织可以通过标高分析来揭示竞争者的绩效，然后制定目标来超越它的绩效（见图 13—5）。

产品绩效（以顾客为中心）：这些绩效特征决定了对顾客需要的反应，如服务的及时性、耗油量、平均故障间隔时间、礼貌等。（这里的产品包括货品和服务。）

竞争绩效：相当于或超过竞争者的绩效从来就是一个目标。这里的不同之处是将之融入了经营计划。

质量改进：这是一个新目标。这一目标之所以必要是因为以下这一事实，即质量改进的速率决定了谁将成为未来的质量领先者。

降低不良质量成本：这一目标涉及成本方面的竞争力。不良质量成本的测量必须以估计为基础。

大过程的绩效：这涉及主要的跨职能过程的绩效，如开具账单、采购、开发新产品等。

图 13—5　经营计划中的质量目标

资料来源：Juran Institute, Wilton, CT.

为年度经营计划所选择的目标是从由组织的各个层次所提出的一系列提案中来挑选的。这些提案中只有少数几个能够通过筛选过程，最终成为全组织经营计划的一部分。有些提案会进入组织较低层次的经营计划中。许多提案会被延后，因为它们未能获得必要的优先权，因此得不到组织的资源。

高层主管应当成为战略目标提案的重要来源，因为他们可以获得重要的输入，这些输入可能来自这样一些来源，如作为高层经理委员会的成员、与顾客的接触、定期的业务绩效评价、和其他组织高层管理者的接触、股东、雇员的抱怨等。

在设定影响产品可销性和销售收入的目标时，应当起码相当于或超过市场质量的水平。有些目标和长期项目有关。例如，周期长达几年的新产品开发，一个主要的业务流程的计算机化，以及几年内不会交工的大型建筑项目。在这样的情况下，目标的确定应该满足项目完成时估计达到的竞争情况，要“跃过”竞争者。

在自然垄断的行业中（例如，某些公用事业），组织经常能够利用行业数据库来进行比较。有些组织中还存在着内部的竞争，各地区分部的绩效可以进行相

互的比较。

有些内部的部门也有可能会成为内部的垄断者。然而，大多数的内部垄断者都有潜在的竞争者，即提供相同服务的外部供应商。内部供应商的绩效可以与外部供应商的提案相比较。

第三个广泛应用的设定目标的基础是历史绩效。对于一些产品和过程，历史基础有助于必要的稳定。而有些情况下，特别是涉及很高的慢性不良质量成本的场合，历史的基础起到了很大的破坏作用，因为它维持了存在慢性浪费的绩效。在制定目标的过程中，高层管理者应该警惕历史数据的误用。较高的慢性不良质量成本的目标应该以有计划的突破为基础，这种突破是通过第 5 章中所讨论的质量改进过程所实现的。

确立价值观 有些组织通过建立价值观陈述来进一步对自身加以规定。价值观是一个组织所拥护的和信奉的东西。开列出的价值观必须以管理层的行动和行为作为支持，否则它的发布只会在组织中造成人们的冷嘲热讽。对所有雇员进行价值观的培训和沟通是使人们参与计划过程的先决条件。组织的方针政策必须符合组织的价值观的要求。以下是几个价值观的例子：

> 以人为本，诚信不渝。(摩托罗拉)
>
> 我们依存于我们所建立的价值观，这是一种支持关注顾客、积极向上、授权赋能以及工作满意的文化。指导我们的价值观是：使顾客愉悦、承诺、团队精神、持续改进、信任和正直，以及相互尊重。(AT&T)

越来越多的组织制定了其价值观陈述。它时刻提醒着组织在实施战略计划时应当注重什么。

沟通公司的方针 这里所提到的“方针”是一种采取管理行动的指南。组织发布的方针陈述是管理层深思熟虑的结果，并得到了最高层的批准。在这一过程中，最高管理层或质量委员会起着非常重要的作用。

在重大的变革时期确立明确的方针是非常必要的，它起着引导组织行动的作用。20 世纪 80 年代以来，发布“质量方针”的活动达到了前所未有的高潮。尽管细节各异，但各公司所发布的质量方针还是有许多共性。例如，大多数质量方针都表达了满足顾客需要的意愿。方针的表述通常会明确所要满足的具体要求。例如，“本公司的产品应提供顾客满意”。

大多数公司公布的方针中都包括有与质量竞争有关的语言。例如，“本公司的产品必须达到或超过竞争产品的水准”。

质量方针中第三个经常会强调的领域与质量改进有关。例如，会声明公司持续改进的意愿。

在有些质量方针陈述中可能会包括对内部顾客的考虑，或强调改进努力将延伸到所有的业务阶段。例如：

> Reilly 工业致力于用我们的产品和服务来满足和超越包括内、外部顾客

在内的我们的所有顾客的要求。我们将通过持续改进我们的产品、过程和服务的质量来实现顾客满意，为此必须依靠所有雇员的全力以赴。我们必须确保提供必要的环境、培训和手段，以使人们能够做到这一点。

克莱斯勒公司的质量方针是：

永做最佳。这一方针要求每个个人和单位都要充分理解其顾客的要求，并以零缺陷的水准提供产品和服务，满足顾客的要求。(克莱斯勒公司)

由于文件化的质量方针相对来说还是一件新事物，因此方针的落实也是一个新问题。有些组织制定了一些规定，要求对方针的遵守与否进行独立的评审。质量保证的国际标准ISO 9000要求有质量方针，以此作为力图满足顾客需要的一个声明。为确保方针的实施还规定了一个强制性的审核过程。

最高管理层的领导　最高管理层的参与对于任何战略计划的制定都是一个不可或缺的步骤，这种参与是以执行委员会的方式来进行的。委员会成员通常来自最高层的关键人员。最高管理层必须结成一个团队来确定组织的战略方向并达成共识。成立这一委员会是要监督和协调旨在实现战略计划的所有战略性活动。该委员会来负责实施战略经营计划并监测关键绩效指标。在组织最高层的执行委员会应当每月或每季度召开会议。

该执行委员会还要负责确保其他的经营单位也有类似的低一个层次的委员会。在这种情况下，各委员会之间是相互连锁的，亦即较高层次的委员会成员出任较低层次委员会的主席（见图 13—6）。

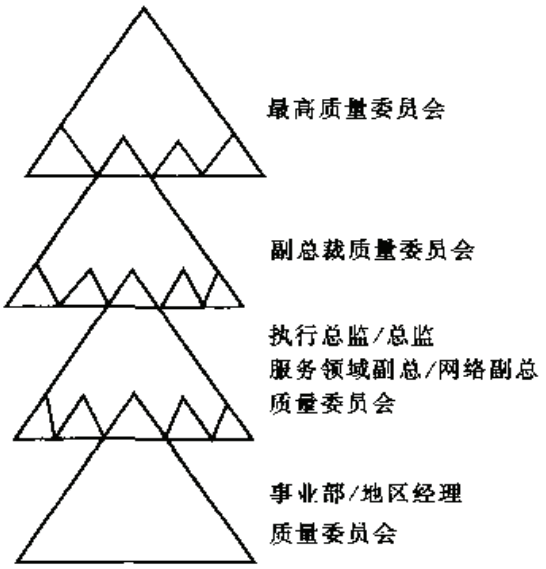


图 13—6　相互连锁的委员会

资料来源：Juran Institute, Wilton, CT.

如果尚没有这种委员会或其他类似的机构，组织就必须建立一个这样的机构。在一个全球性的组织中，其过程是如此的复杂以至于无法按照职能的方式来

加以管理。有这样一个委员会确保了有一个跨职能的团队来共同努力，从而使过程的效率和效果最大化。这说起来容易，但实际上却并非如此。高层管理团队的成员或许并不愿放弃其过去所享有的控制权。例如，销售和市场经理已习惯于决定顾客的需要，工程部经理已习惯于其设计产品的独享职责，制造经理则控制着产品生产的王国。短期来看，这些经理们很难轻易放弃他们的独享权力而转变为团队方式的局中人。

目标的展开 长、短期目标的展开也就是要将目标转换为操作方案和项目。这里的“展开”意味着将目标分解为子目标后再将之分配到较低层次上去。在转换时必须仔细注意这样一些细节，如要实现这些目标需要采取哪些行动，谁来采取这些行动，需要的资源，以及计划好的日程安排和重要的管理点。成功的展开要求建立一个管理展开计划的基础架构。目标最终将配置给跨职能的小组、职能部门以及个人（见图 13—7）。

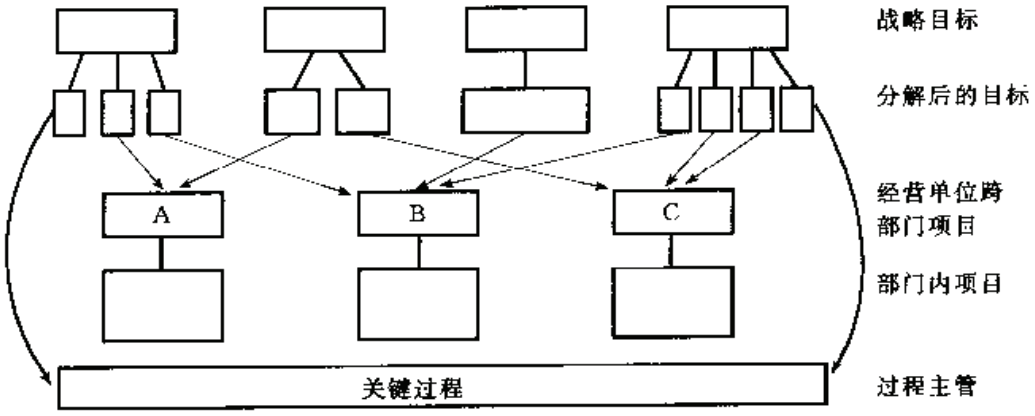


图 13—7 战略目标的展开

资料来源：Juran Institute, Wilton, CT.

目标的分解 在对战略目标达成共识之后，还必须将之进行分解并沟通到较低的层次上。展开的过程也包括将大目标分解为可管理的部分（短期目标或项目）。例如：

1. 某航空公司的实现 95% 的准时抵达这一目标将要求以具体的短期（8～12 个月）项目来处理以下这些问题：
   - 为等候延误的相接续航班而推迟出发的规定。
   - 在登机口进行决策的组织。
   - 清扫飞机所需设备的可获得性。
   - 修订部门程序的需要。
   - 员工的行为及意识的状态。
2. 某医院改进所服务社区的健康状况这一目标会要求进行这样一些项目：
   - 降低可预防疾病的发生率。
   - 改进患者的就诊方式。

- 改进慢性病的管理方式。
- 开发新的服务和计划以应对社区的需要。

这一展开达到了一些重要的目的：

- 目标的分解一直持续到确定了所要采取的具体行动。
- 目标的分配一直持续到委派了完成上述行动的具体责任。

被委派了责任的人员相应地确定其所需资源并就此同上级沟通。许多情况下，为了确保目标的实现，必须由委员会来决定具体的项目，制定出项目团队的“宪章”并确定团队的成员（见图 13—8）。（有关改进过程的详细讨论可参见第 5 章“质量改进过程”。）

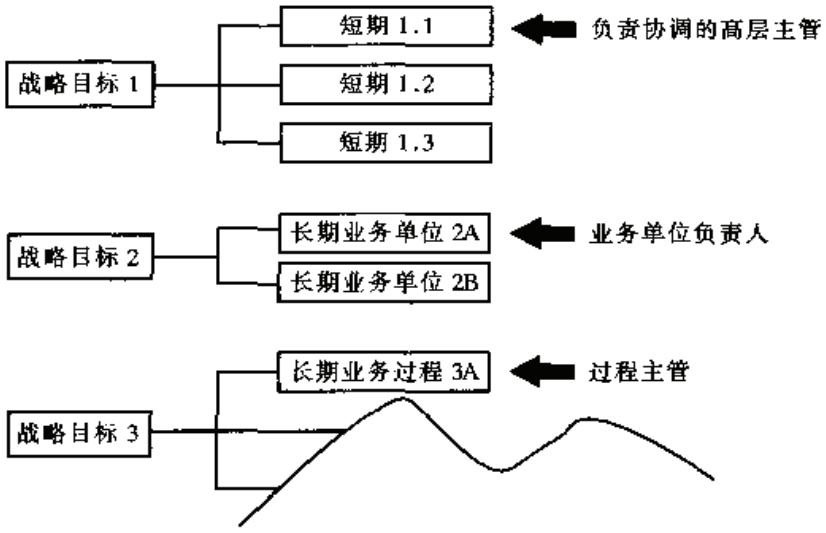


图 13—8　子目标

资料来源：Juran Institute, Wilton, CT.

展开给谁？　目标展开过程的起点是识别组织和高层管理者的需要。这些需要决定了所要采取的行动。通过考虑所需的资源，展开过程将产生出一整套最优的目标。子目标通过实施具体的项目而得以实现。例如，20 世纪 80 年代初，福特公司新设计的福特金牛/黑雕车型的目标是“同业之最”。这一目标被分解成为 400 多个具体的子目标，每个子目标都分别与一个特定的产品特征相联系。全部计划活动的工作量十分壮观，涉及了1 500多个项目团队。

在某种程度上，目标的展开可按照组织等级层次的职权线来进行，如由总公司到事业部，再由事业部到职能部门等。然而，当目标涉及跨职能的业务流程，或是影响到顾客的问题时，这种简单化的展开方式就会招致失败。

组织的主要活动都是通过利用相互联系的业务过程网络来实施的。每一业务过程都是一个跨职能的系统，由一系列的首尾相连的活动所构成。既然它是跨职能的，过程就没有单独的“拥有者”，对于展开给谁这一问题的答案就不是显而易见的。从而，球被抛到了跨职能团队的手中。在采用了项目团队这一结论的情

况下，便可以确定出一个过程的拥有者。监测和维护这一业务过程的重任便落在了这一过程拥有者（可能不止一人）身上。（参见第6章“过程管理”。）

展开计划的沟通：“传球” 目标一旦确立后，就要同适当的组织单位沟通。事实上，最高领导人会问最高层的同僚们：“你们需要什么来支持这一目标？”下一个层次的主管也会同其下属讨论目标并且提出类似的问题，依此类推。所得到的回答要进行归纳并反馈到最高层。这一过程可能会重复几次，直到对于最后的方案达到基本满意为止。

这一双向沟通的过程被称为“传球”（catch ball），传球是日本人的一个说法。传球包括以下工作：

1. 清晰地沟通最高管理层所提出的来年战略计划的关键核心领域。

2. 由最高层以下的各个层次的主管人员来辨识和提出组织应当重视的其他领域。

3. 决定计划所确定的领域分别由哪些部门和职能来承担。

要进行这种双向的沟通，必须对接受者应当如何作出反应进行培训。以前从事过质量改进的经历是最有用的培训。来自那些采用了传球方式的组织的反馈表明，这种方式要优于由高层主管单方面设立目标的做法。例如，联邦国民抵押联会（FNMA），一家金融服务公司，在导入战略质量计划方面非常成功。在6～9个月的期间中，它建立起了其战略质量计划，包括使命、愿景、关键战略以及战略目标在内。该公司利用传球方式作为一次团队建设的演练，同时这也是最高管理层清晰地阐述他们所期望的组织的方向和目标的一个机会。在最高主管拟出了有关愿景、使命和关键战略的草案后，他们要求中高层管理人员在高度互动的会议上进行讨论并提出意见。通过这些会议还形成了初步的战略目标。近百名中高层主管提出了大量的想法。接下来，最高管理层对这些战略目标进行了优化，并将大量的意见融入了愿景、使命和关键战略的下一稿中。接下来他们召集了由600多名包括基层监督员在内的各个层次的管理人员参加的高度互动的工作会议，以就将目标展开为子目标和具体的项目获得进一步的评论和想法。通过这一系列的活动，最高管理层得到了一个有关未来五年的关键战略和目标的最后版本。最后将这个版本提交给每一位有关的人员征求同意并签名。

联合电力公司（UE）在每个部门中组建了领导小组以将目标有效地展开到组织的最低一层（在UE就是部门层次）。这使得比以往任何时候都多的较低层次的人员参与到了经营计划过程中（Weigel，1990）。

战略展开的有用工具 树图是一种有助于展开过程的图示工具（见图13—4）。它展示出了愿景、关键战略、战略目标、长期目标、短期目标以及项目之间的层级关系，并显示了每一项分别被分配到了组织的何处。树图在将大小目标之间或团队与目标之间的关系可视化方面是非常有效的。它也为确定是否所有的战略都得到了落实提供了一种可视的手段。

利用关键绩效指标来测量进展状况

为什么必须测量？ 绩效的测量之所以必要并且应当以一种有组织的方式来进行，有以下几方面的理由：

1. 绩效指标显示出了目标实现的程度，量化了进展的情况。

2. 要监测持续改进的过程必须通过绩效的测量，这对于为了获得竞争力所必需的变革是非常关键的。

3. 管理当局为了进行定期的绩效评价必须对个人、团队以及业务部门的绩效进行测量。

一旦确立了目标并进行了分解，就需要建立关键的测量指标（绩效指标）。一个对照计划来监测绩效进展的测量系统具有以下一些特性：

1. 测量指标与组织的战略目标、愿景和使命有着紧密的联系。

2. 测量指标包含了对顾客的考虑，也就是说，测量指标关注内、外部顾客的需要和要求。

3. 关键过程的少数关键指标的测量能够方便地及时得到，以满足管理决策的需要。

4. 能够识别慢性浪费或不良质量成本。

例如，MetPath 公司在实施其经营计划时及早建立了过程的测量指标，从而能够对以下几个方面加以监测和量化：

1. 将患者的试样在检验之前就被丢失或损坏的过程差错降低了 10 倍。

2. 由于精湛的检验减少了差错而显著降低了成本。

3. 周转时间，亦即提供一项特定的医疗保健服务的时间降低了 8 倍。

对于战略计划过程的最好的测量应具有简单、定量和图示这几个特征。图 13—9 给出了一个简单的展开图，描述了关键测量及其实施状况。这只是对测量指标进行监测的一个方法。

当确立了目标并展开后，就必须仔细考虑实现每个层次目标所需的手段，以确保它们能够实现所支持的目标。所提出的资源需要必须与可能取得的成果加以对比，并且要评估其费效比。这方面的指标包括：

- 财务结果：
  收入
  投资
  投资回报率
- 人力资源：
  已培训人数
  在项目团队中的人数
- 项目的数量：
  已批准的

实施中的
已结项的
中途放弃的

- 新产品开发：

成功投放市场的产品数量或比率
新产品开发活动的投资回报率
开发一个产品的成本与它所替代的产品的成本比较
新产品带来的收益所占百分比
过去 2 年内产品投放市场获得市场份额的百分比
产品按时投放市场的百分比
与新产品开发有关的不良质量成本
投放市场后的 12 个月内所进行的工程更改数

- 供应链管理：

生产准备时间——充填率
库存周转
按时交货百分比
一次通过率
不良质量成本

年度质量目标	具体测量指标	测量频次	测量方式	数据来源	责任人

图 13—9 质量目标的测量

资料来源：Juran Institute, Wilton, CT.

以下是一家银行用于监测出纳质量的一些测量指标的例子：

- 速度：

1. 排队的顾客的人数
2. 排队的时间

- 及时性：

1. 每次交易时间
2. 无等候或邮寄交易的周转时间

- 准确性：

1. 出纳的差异

2．注销交易数/处理交易数

一旦测量系统到位，就要定期进行评价以保证目标的实现。

评审进展状况　正规而高效的评审过程能够提高实现目标的可能性。一个组织在计划所要采取的行动时，首先要搞清楚现状与目标间的差距。评审过程就是要确定已经达到的水准与所追求目标之间的差距（见图 13—10）。

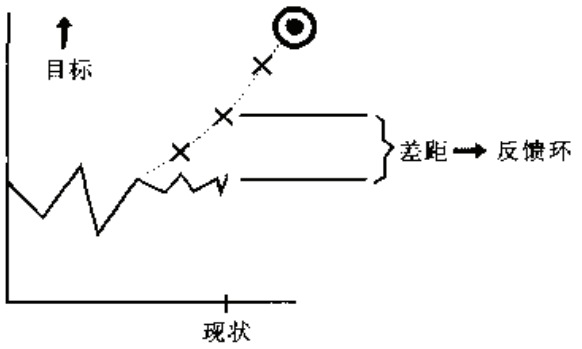


图 13—10　评审

资料来源：Juran Institute, Wilton, CT.

将对于战略展开的多次测量用图的形式展示出来有助于识别必须加以注意的差距。要成功地消除这些差距依赖于一个具有明确的责任和权限的反馈回路来对之采取行动。除了对结果进行评审之外，还需要对进行中的项目的进展状况加以评审，以便在还来得及采取措施之前把潜在的问题识别出来。每一项目都应有明确的预先计划好的评审点，基本上类似于图 13—11 所示的情况。

项目	项目负责人	基础值	目标值	初始计划	评审要点				评审负责人
					资源	分析	计划	成果	

图 13—11　进展评审计划

资料来源：Juran Institute, Wilton, CT.

当今的组织有以下几类关键绩效指标。

产品绩效　一种产品会具有多种多样的特征。对于绝大多数产品特征而言，都存在着绩效指标和技术性的测量装置，从而能够对产品进行客观性的评价。

竞争性质量　这些指标与影响产品可销性的那些质量有关。例如，服务的及时性、反应能力、售前和售后服务的态度、订单完成的准确性等。对于汽车来说，其质量包括最高速度、加速性能、刹车距离，以及安全性。对某些产品特征

而言，所需数据必须在谈判、说服和购买过程中从顾客处获得。还有些产品特征的数据可以从实验室测试中获得。在有些情况下，还必须进行市场研究。

为了与投放市场时的竞争状态相对应，在确立新产品目标时必须对发展趋势作出研究。

有些组织是在自然垄断条件下经营的，如区域性的公用事业单位。在某些这样的场合，行业协会会收集和发布绩效数据。在内部垄断的情况下（如工资发放、运输等），有时可以从提供类似服务的组织获得竞争性信息。

质量改进绩效 在以项目的方式进行质量改进的组织中，这类评估是非常重要的。由于项目之间缺乏共性，集中的评价只限于下面一些归纳性特征：

- 项目数。已批准的、进行中的、结项的、放弃的。
- 财务成果。所获收入、投资额、投资回报率。
- 出任项目团队成员的人数。组织的管理班子的成员实际参与改进项目的比例，这是一个关键的指标。理想情况下，这一比例应超过 90%。但在绝大多数组织中，实际的比例尚不足 10%。

不良质量成本 我们把“不良质量成本”定义为在产品和过程完美无缺、不造成任何浪费时就会消失的那些成本。这类成本是巨大的。在 20 世纪 80 年代，美国经济中大约有 1/3 的工作是因产品和过程达不到完美而对以前所做工作的返工。

这类成本无法精确地知道。大多数组织的会计制度只能提供测定不良质量成本的很少一部分信息。要将会计制度扩展到能够提供全面的信息的程度，需要投入大量的时间和努力。大多数组织都认为这种努力是不合算的。

要填补这一信息差距所能做的是进行估计，以此向高层主管提供有关总的不良质量成本的规模以及应集中注意的领域的大致信息。这些领域便成为选择质量改进项目的目标领域。此后，完成的项目将提供有关改进前后的质量成本的相当精确的数据。

产品和过程的不良 即使会计系统不能够评估不良质量成本，但通过衡量产品和过程的不良也还是可以进行很多评估，这种衡量既可以利用自然单位的指标，也可以利用货币单位的指标。例如，每 1 美元销售额中的不良质量成本、工作时数，或加工的产品单位数等。大多数测量指标都可以逐步在更高层次上进行累计。这一特征使得可以利用单位完全相同的指标来设定多个层次的目标，如公司层、事业部层和部门层等。

业务过程绩效 尽管业务过程广泛存在而且非常重要，但只是最近才开始对其绩效进行控制。如此重要的因素之一是由于其跨职能的性质。这类过程不存在一目了然的拥有者，因而其绩效也没有明确而独立的责任。只有那些从属性的小过程有着明确的责任。最高管理层的控制系统必须包括对大过程的控制。这就要求建立有关运转周期、不良等方面的目标，以及对照目标来评价绩效的手段。

计分卡　为了使高层管理者能够把握实现战略质量展开的“成绩”如何，必须设计一个用于报告的方案，或叫做计分卡。事实上，战略计划决定着所要评价的主题，并确定了最高管理层的计分卡所包括的测量指标。

计分卡中通常应当包括以下几方面的要素：

- 关键绩效指标（在组织的最高层次）。
- 以数据为依据的定量绩效报告。
- 对于诸如威胁、机会相关事件等的定性的报告。
- 所进行的审核（参见本章后面部分所讨论的业务审核）。

因为每一个组织都是独特的，所以这些通常的要素在必要时还要加以补充。最后应当得到一个能够帮助最高管理层实现质量目标的综合性的报告，正如财务报告可以帮助实现财务目标一样。

执行委员会对于计分卡的设计负有最终的责任。在大组织中，这种综合性报告的设计既要求有总部各部门的输入，也要求有事业部中的各部门的输入。在事业部层次上的输入应当来自跨职能的来源。

这种综合报告应当设计得一目了然，应当使人很容易看出需要注意和采取行动的那些例外情况。采用表格形式的这种报告应当显示出三方面的要素，即目标、实际绩效以及差异。采用图示形式的报告最起码应反映出绩效相对于目标的趋势。选用何种格式应当根据顾客的偏好来决定，这里的顾客也就是组织的高层主管。

管理性报告通常是按月或季度发布的。发布的时间安排应当同执行委员会或其他关键的评审机构的会议日程相一致。计分卡的编辑者通常由质量总监（或质量经理）来担任，他通常也会是执行委员会的秘书。

在得州仪器公司，其计分卡是一个质量综合报告（“质量蓝皮书”），特意设计得十分类似于公司的财务报告，甚至连封皮的颜色都是一样的（蓝色）。该报告的内容包括：

1. 先行指标，如外购元器件的质量。
2. 同期指标，如产品检测结果、过程条件以及顾客服务等。
3. 滞后指标，如顾客反馈和退货的数据。
4. 不良质量成本的数据。

报告按月发布，并作为每年评估管理者对质量贡献的依据（Onnias，1985）。

计分卡应当定期地进行正规的评审。正规化提升了这一报告的正当性和地位。定期的日程增加了评审的透明度。最高主管亲自参与评审有助于向组织的其他部门表明评审是非常重要的。

在过去几年中，许多组织将对财务、顾客、运作和人力资源的测量结合到一起形成了一个“仪表盘”或“平衡业务计分卡”。［详细讨论请参见 Kaplan and Norton（1992）或 Godfrey（1998）。］

经营审核 审核是高层主管采用的一种重要手段。这里的“审核”意味着独立的绩效评审。“独立”是表示审核员对于被审核绩效的充分性没有直接的责任。

审核的目的是为运作主管或其他需要的人员提供独立无偏的信息。就某些方面的绩效而言，需要了解的人员中还包括了最高主管。

为确保质量的实现，最高管理层必须确证：

1. 系统健全且运作正常。

2. 能够实现预期的结果。

Duracell 国际公司通过开展所谓的“全球质量审核”的活动，来评审其“永为最佳”这一愿景的实现情况。根据 Duracell 的前主席兼 CEO C.R. 基德尔（C.R.Kidder）所言，公司的做法是从全球的零售店匿名购买 Duracell 的产品进行检测，并与以同样方式购买的竞争者产品进行对比。测试在零售店购买的 Duracell 产品而非 Duracell 工厂的样本，确保了所测产品能够代表顾客所购买的产品，而且与竞争产品具有可比性。产品测试结果要使 Duracell 的最高层周知，期望如此能够增加产品竞争地位的透明性，并且强化必须改进的压力，以消灭检测反映出的任何竞争差距。测试信息经过整理从质量（泄漏、标签、尺寸等）和绩效（服务时数）两方面将 Duracell 产品与竞争产品进行了对比。1985 年的审核表明 Duracell 与竞争者基本处于同一水准。到 1993 年，Duracell 的产品是世界上使用寿命最长和质量最高的。

这些审核可以依据外部制定的标准、内部的特定目标或二者的结合来进行。在审核公司绩效方面有三套著名的外部标准，它们分别是美国的马尔科姆·鲍德里奇国家质量奖（MBNQA）、欧洲质量奖（EQA）以及日本的戴明奖。它们为评价整个组织的业务卓越程度提供了相似的标准。

传统上，质量审核是用于提供一种保证，使人们确信产品符合规格、运作符合程序。在最高管理层，质量审核的主题扩展到了要对以下这些问题作出回答：

- 我们的方针和目标与我们公司的使命是否一致？
- 我们提供的产品质量使我们的客户满意吗？
- 我们的质量在市场的靶子不断移动的情况下是否具有竞争性？
- 我们在降低不良质量成本方面有无进展？
- 我们的职能部门间的合作是否足以保证公司绩效最优？

这类问题不是用传统的技术性审核来回答的。再说，从事技术性审核的审核员很少会具有从事以业务为导向的质量审核所必需的管理经验和训练。因此，开展经营导向的质量审核的那些组织通常由高层管理者和外部顾问来担任审核员。

朱兰（1988）曾说过：

> 审核实现计划的管理过程的实施情况，这是最高主管应当做的事情之一。要进行审核需要做三件事情。其一是确定我们需要回答的问题。别人不能代劳，最高主管必须亲自来确定这些问题。其次是整理要给出上述问题的

答案所必需的信息。这可以授权他人去做，主要是要收集和分析数据。最后要根据这些答案来决定做什么，这是不可授权他人去做的。这是最高主管必须亲力而为的事情。

由总裁亲自参与的最高层审核通常被称为“社长诊断”（Kondo，1988）。这类审核会对整个组织产生重大影响。由于其主题事项在本质上是如此重要，以至于审核会深入到每一个主要的职能。最高主管的亲自参与简化了在最高层的沟通问题，增加了未来行动取得进展的可能性。（参见第 41 章的“全公司质量管理的教育和培训”。）最高主管亲自参与这一事实，向整个组织表明了质量在最高层的重要程度，同时也展现了最高主管身先士卒而非只说不练的领导方式（Shimoyamada，1987）。（有关质量审核的详细讨论请参见第 14 章“全面质量管理”。）

实施战略展开与否的决定因素

实施战略展开的益处　最高管理层是否应当采纳战略展开，这对每个组织而言都是一个独特的决策。起决定作用的在于将主要的变革举措或质量活动与战略计划结合到一起的重要性。战略展开可能带来的益处是很清楚的：

1. 目标更加清晰，战略计划过程使得任何含混的因素都得到了明确。
2. 计划过程使得目标具有了可达性。
3. 控制过程有助于确保目标的实现。
4. 通过质量改进过程减少了慢性浪费。
5. 通过修正业务计划过程，减少了新产生的浪费。

实施战略展开的风险与启迪　有关实施战略展开的风险方面，有一些重要的启迪。

1. 既有长期目标，又有短期目标，同时追求过多会冲淡结果并模糊组织的焦点。
2. 大量的计划和案头工作会挤占必要的活动，削弱管理者的士气。
3. 在缺乏有关顾客、竞争者及内部职工的充分信息的情况下开展战略计划，得到的或者是高不可攀的计划，或者是俯首可拾无助于改进财务绩效的计划。
4. 最高主管将责任过多下授，难以起到领导和掌舵的作用。
5. 组织将质量和顾客提到最优先程度会造成一种以往备受重视的财务重要性下降的印象。这种下降感尤其会使那些与此前至高无上的财务目标密切相关的人员无所适从。

战略展开的开端

将一种结构化的方式强加于那些对此不感兴趣的人员，这或许是最大的妨害。从一开始，对这种结构化的方式的抵制是十分明显的（见图 13—12）。

> 要导入一套持久、有效的全公司范围内的质量改进活动，一个最重要的前提便是创造一种有利于成功所必需的变革的环境。我们正在努力消除过去几年甚至几十年建立起来的樊篱。但变革需要时间，且变革只会以一个逐渐演进的过程发生（Delaplane，1987）。

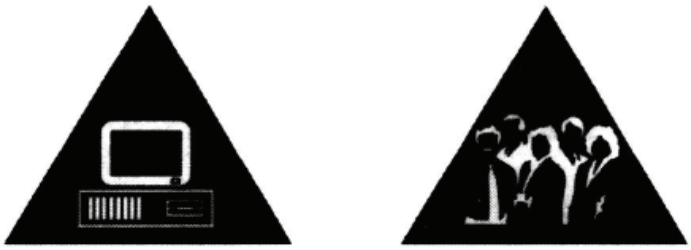


图 13—12 文化变革

资料来源：Juran Institute，Wilton，CT.

要点回顾

战略展开是将关注顾客和公司范围内的变革活动（如质量改进）与贯穿整个组织的战略计划整合在一起的一种系统化的方法。战略展开过程为组织提供了焦点，使得组织能够将改进的目标和行动与其愿景、使命和关键战略匹配起来。战略展开为最高管理层提供了一个基础，使他们能够依此进行正确的战略选择并确定组织的改进以及其他变革活动的优先次序。与组织的战略目标不一致的活动应当加以终止或消除。

参考文献

Delaplane, Gary W. (1987). "Integrating Quality Into Strategic Planning." *IMPRO 1987 Conference Proceedings*, Juran Institute, Inc., Wilton, CT, pp. 21-29.

Godfrey, A. Blanton (1997). "A Short History of Managing Quality in Health Care," In Chip Caldwell, ed., *The Handbook For Managing Change in Health Care*. ASQ Quality Press, Milwaukee, WI.

Godfrey, A. Blanton (1998). "Hidden Costs to Society," *Quality Digest*, vol. 18, no. 6.

Juran, J. M. (1988). *Juran on Planning for Quality*, Free Press, New York.

Kaplan, Robert S. and Norton, David P. (1992). "The Balanced Scorecard—Measures That Drive Performance." *Harvard Business Review*, January-February, vol. 70, no. 1.

Kondo, Yoshio (1988). "Quality In Japan." In J. M. Juran, ed., *Juran's Quality Control Handbook*, 4th ed., McGraw-Hill, New York. (Kondo provides a detailed discussion of quality audits by Japanese top managements, including the president's audit. See Section 35F, "Quality in Japan", under Internal QC Audit by Top Management.)

Onnias, Arturo (1985). "The Quality Blue Book." *IMPRO 1985 Conference Proceedings*, Juran Institute, Inc., Wilton, CT, pp. 127–131.

Roberts, Michael (1987). *The Strategic CEO*. New York, p. 334.

Shimoyamada, Kaoru (1987). "The President's Audit: QC Audits at Komatsu." *Quality Progress*, January, pp. 44–49. (Special Audit Issue.)

Treqoe, Benjamin and Tobia, Peter (1990). "Strategy and the New American Organization," *Industry Week*. August 6.

Weigel, Peter J. (1990). "Applying Policy Deployment Below the Corporate Level." *IMPRO 1990 Conference Proceedings*, Juran Institute, Inc., Wilton, CT.

(徐京悦　杨力 译)

第 14 章

全面质量管理

A·布兰顿·戈弗雷（A. Blanton Godfrey）

引言
全面质量管理概述
全面质量管理的结果
三个基本概念
三大推动力
质量管理的三个关键过程
全面质量管理的基础架构
全面质量管理的演变
产品质量
产品过程质量
服务质量
服务质量过程
经营计划
各国的和国际性的质量奖项对全面质量管理的影响
马尔科姆·鲍德里奇国家质量奖的创立
建立马尔科姆·鲍德里奇国家质量奖的策略
马尔科姆·鲍德里奇国家质量奖的核心价值
马尔科姆·鲍德里奇国家质量奖的准则
马尔科姆·鲍德里奇国家质量奖对结果的强调
马尔科姆·鲍德里奇国家质量奖的运营
欧洲质量奖
戴明实施奖
国家/国际质量奖与国际标准的比较
再造、六西格玛以及全面质量管理的其他延伸形式
参考文献

引言

在过去的一二十年中，有些公司实现了经营业绩的显著转变。它们所应用的许多概念和方法现在被统称为“全面质量”或“全面质量管理”。当然也还有许多其他的说法，如经营转变、业绩优化、经营优化、六西格玛等。这些公司的成功极大地改变了它们以及其他的公司对于当今的质量管理和企业管理的认识。它们正在重新思考它们应当如何组织，如何管理自己，甚至应当从事什么样的经营领域。

全面质量管理概述

在过去的 20 多年中，世界各地有许多组织都在承受着巨大的压力。有些经受着国际竞争者的剧烈挤压，有些则受到了那些改写业界规则的新创企业的冲击，还有些则面对着新技术的严峻挑战，这些新技术创造了可怕的替代产品和服务。一些领先的公司迅速地进行了改变。有些新创公司已经成长为业界的主角，有些则每天在为生存而争斗，还有不少的公司则已经销声匿迹了。

有许多公司发现，它们所采取的剧烈的重组、再造、减员等措施以及各种形式的质量活动或许会有助于它们的生存，但却并未使它们获得显著的质量优势。它们的未来将取决于三个关键的领域，这便是协调一致（alignment）、耦合（linkage）与复制（replication）。与质量管理的几个基本概念（持续改进、以顾客为中心和组织中每个成员的价值）一道，在这三个关键领域所进行的工作正在改变着当前管理整个组织的方式。

近年来，质量管理正在日益成为全球范围内的关注重点。在一个全球化的竞争性市场上，质量已经成为获取成功的最重要的因素。质量管理在许多组织中都成为了竞争的要点。朱兰对此表达得更为彻底，“正如 20 世纪是生产率的世纪一样，21 世纪将是质量的世纪”。

时任商务部下属的国家标准与技术学会（NIST）主管质量活动负责人的赖曼（Reimann，1992a）在向美国国会所做的证词中清楚地阐明了这一点：“人们现在已经深刻地认识到，质量是企业竞争力和国家竞争力的核心。”

在美国，总统和商务部长对于质量给予了亲自的支持和关注，将质量提升到了国家的议事日程上。他们的努力促使美国公众认识到，质量是国家竞争力的一个重要组成要素。在其他国家，如阿根廷、巴西、法国、希腊、马来西亚、墨西哥以及新加坡等，也有着来自政府和商界的最高层的领导，在增进人们的意识、培训和嘉奖方面都创建了全国性的计划。

一份主要的全球性商务杂志《商业周刊》1991 年 10 月推出了一期以质量为专题的增刊。其主编斯蒂芬·谢泼德（Stephen Shepard）称这期增刊为《商业周刊》62 年历史上“最具力度的项目”。斯蒂芬·谢泼德进一步评论说质量“或许是 20 世纪末 21 世纪初最大的竞争要点”。

这期增刊没过几天便销售一空。在美国，乃至全世界，对该刊的需求是如此之大，以至于《商业周刊》不得不又两次增印达数万册。这期增刊荣获当年的“年度杂志”，这是美国杂志中的最高荣誉。

1991 年间，美国总审计局（GAO）进行了一项针对马尔科姆·鲍德里奇国家质量奖获奖者企业以及已通过现场审查的公司的研究项目。GAO 的这一项目仔

细分析了质量管理活动与企业的成功和盈利能力之间的关系。这份报告，亦即GAO91—190报告，成为了GAO的最畅销报告。1995年初，美国商务部下属的国家标准与技术学会发布了一份新的报告，对于已经或将要获得马尔科姆·鲍德里奇国家质量奖的公司（已有部门获奖的公司和经过了现场审查的公司）与一般公司在股票市场上的成功进行了比较。其研究结果很有说服力。国家质量奖项目并不能保证某个特定企业的财务结果，但从整体上对获奖第4年的企业的股票情况进行的比较研究则显示出显著的差异（Port，1998）。马尔科姆·鲍德里奇国家质量奖得主企业作为一个群体，其绩效表现胜过了标准普尔500种工业股票，收益比较约为2.5:1（见图14—1）。获奖企业实现了362%的增长率，而一般公司的增长率只有148%（Port，1998，p.113）。

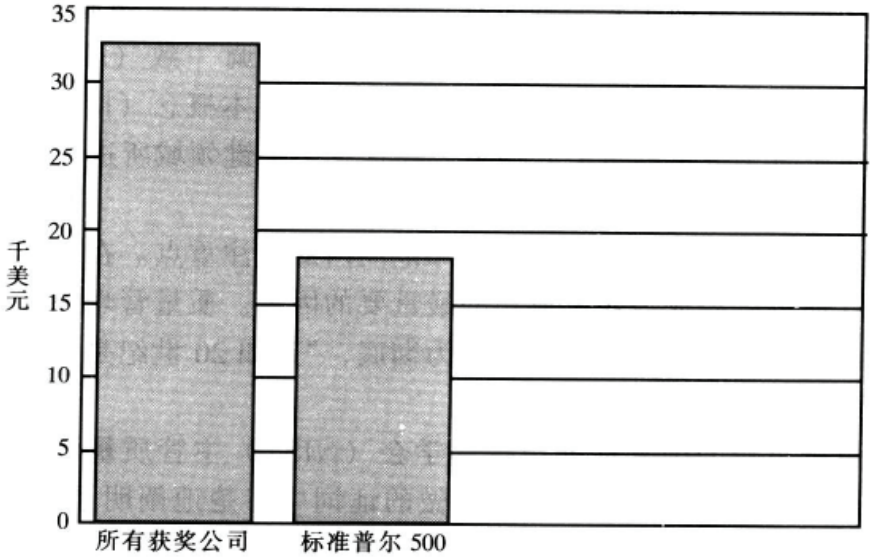


图14—1 MBNQA获奖公司投资增长率与标准普尔500的比较

资料来源：Port，1998，p.113.

在欧洲，欧洲质量管理基金于1988年的创立，对于促使人们认识到质量管理是一个重要的领先要点和竞争手段产生了重大影响。1992年设立的欧洲质量奖，对于提高组织的高层主管对质量管理概念和方法的意识和理解起到了显著的作用。当然，最早的奖项当属戴明实施奖，它是由日本科学技术联盟（JUSE）于1951年创立的。这一奖项促进了质量控制在日本几乎所有产业部门的普及。经过长时间的实践，其评奖准则逐渐演化为了公司范围的质量管理（company-wide quality control，CWQC）与全面质量管理（total quality control，TQC）的概念（Kondo，Kume and Schimizu，1995，p.4）。

在此值得一提的是，我们将使用“全面质量管理”（total quality management）这一普遍的提法来指称当今在全世界为了管理质量而应用的所用理念、概念、方法和工具的集合。经常被用到的也还有许多其他的提法。在美国，TQM应当是最常用的提法了；但在日本，直到最近，使用最多的提法还是TQC，虽然它也正

在发生着变化。“在日本，TQC 的提法正在为 TQM 所取代”（Kondo，1995，p.vi）。在近藤良夫最近出版的著作中，他自己使用了“公司范围的质量管理”（companywide quality management）这一具有相同含义的术语（Kondo，1995）。“持续质量改进”（CQI）也是有时会遇到的一个提法。1997 年，JUSE 正式宣布将 TQC 改变为 TQM（The TQM Committee，1997a，p.1）。这一名称的改变一方面意在采用一种更为国际上普遍认可的提法，另一方面也提供了一个机会，使得人们能够重新审视质量控制的本源，进而可以重建这个概念以使之满足经营管理环境中的新挑战。JUSE 的 TQM 委员会在四种出版物中对这一改变（TQM Committee，1997a，1997，1997c，1997d）进行了阐释。图 14—2 概括了他们的思考。

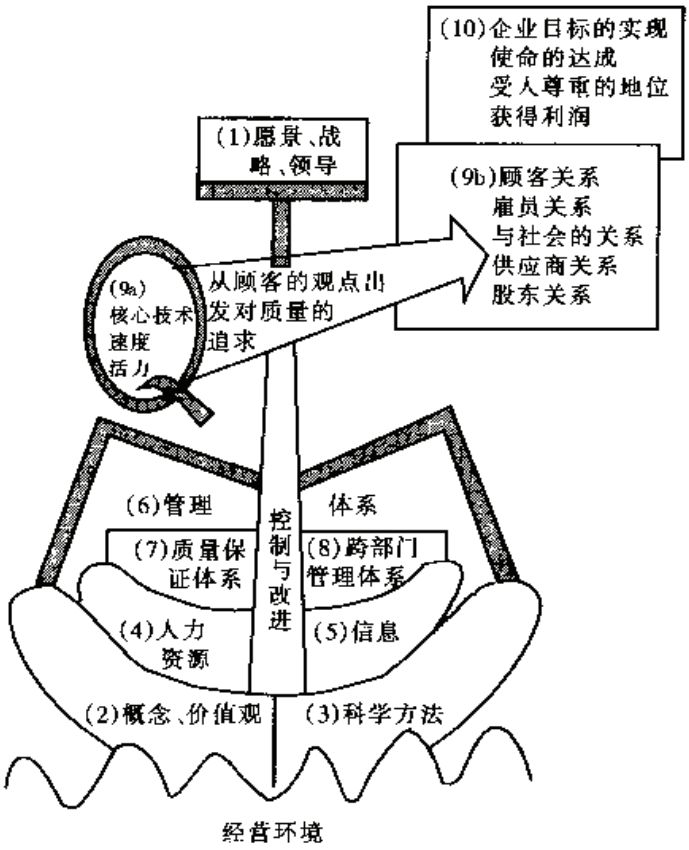


图 14—2　TQM 的总的轮廓

资料来源：TQM Committee，1997a，p.4.

按照 JUSE 的观点，TQM 是这样的一种管理方式，它在任何经营环境下都追求：

- 在强有力的最高管理层的领导下，建立明确的中、长期愿景和战略；
- 正确地应用 TQM 中的各种概念、价值观和科学方法；
- 把人力资源和信息视为组织的至关重要的基础架构；
- 在一个适当的管理体系中，有效地运作质量保证体系及其他的跨职能管

理体系，如成本、交货期、环境和安全方面的管理体系；

• 在诸如核心技术、速度和活力这类组织的基本能力的支持下，确保与顾客、雇员、社会、供应商和股东的健康关系；

• 持续地实现公司的目标，目标的实现应当有利于促进达成组织的使命，使组织成为一种受人尊重的存在并能够持续地获取利润。

对全面质量的讨论首先从以下这些基础开始是有益的，即我们所期望的结果、三个基本概念、三大推动力、三个关键过程以及全面质量基础架构中的关键要素。

全面质量管理的结果 得到普遍接受的全面质量的目标是更低的成本、更高的收益、悦服的顾客和活性化的雇员。这些目标需要稍作解释。图 14—3 对此进行了图示，该图引自朱兰学院研讨班教材《质量世纪的领导》。

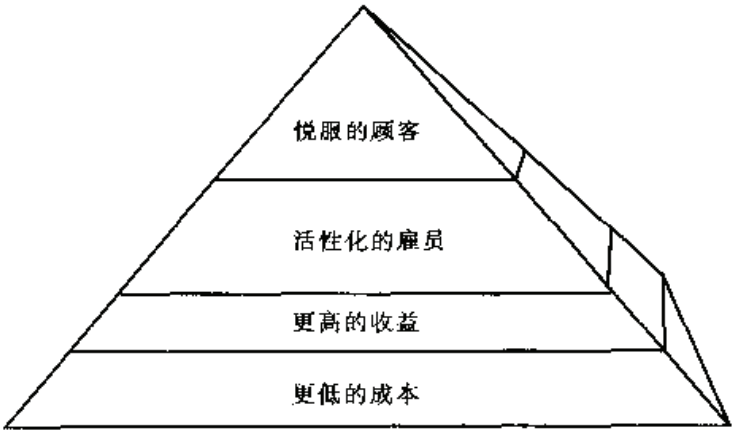


图 14—3 全面质量管理的结果

资料来源：*Leadership for the Quality Century*，1997，Juran Institute，Inc.，Wilton，CT.

在过去几年中，我们很快摒弃了认为管理质量只是意味着符合规格和要求这样的认识。质量还意味着满足甚至超越顾客的需要和期望。质量包括了具有适当特征的产品、正确的文件以及无误的发货单。它还包括了关键业务过程的正确作动，即准时的交货、友好准确的技术支持和无故障。质量也包括了降低所有的不良质量成本。

更低的成本 高质量会意味着更低的成本，因为它减少了差错、返工和非增值的工作。在过去的 15 年或 20 年间，世界各地的公司已经反复证明了更高的质量常常意味着更低的成本。在设计阶段所花费的预防差错的成本远低于在生产阶段纠正这些差错所需的成本，生产阶段预防差错的成本远低于最终检验之后纠正差错的成本，在最终检验中发现和纠正差错的成本远远低于在顾客接收了这些商品或服务之后处理这些差错所花费的成本。我们对这些成本的理解在过去十多年中有了迅速的提高（Godfrey，1998，p.18）。瑟尔奎斯特（Sörqvist，1998，pp. 36－39）将这些成本定义为五个基本类别，即传统的不良质量成本、隐藏的不良质量成本、失去的收益、顾客成本以及社会经济成本。有关质量与成本的详细讨论

请参见第 8 章。有关质量与收益的详细讨论请参见第 7 章。

更高的收益　高质量会意味着更满意的顾客，增加了的市场份额，改进了的顾客保持力，更忠诚的顾客，甚至还有更高的定价。顾客越来越期望和要求高质量的商品和服务。超越了市场上竞争者所提供的质量水平，组织可以增加新顾客，留住老顾客，以及进入新的市场。较高的质量水平或者提供了新的有用的产品特征，或者减少了总的寿命周期成本，了解情况的顾客通常愿意为此付出一个较高的价格。

悦服的顾客　这里的“悦服”（delighted）的顾客指那些一再重复购买的顾客，那些帮你推销货品和服务的顾客，那些会首先看一下你是否也提供他欲买的货品或服务然后决定到别处购买的顾客。忠诚的顾客常常会将他们的采购量增加到某种货品或服务只向单一的供应商购买的程度（Reichheld，1996）。

最近的市场研究证实了这类悦服的顾客所具有的巨大影响。在一项研究中，满意度评价为 5（按照从 1 到 5 的评分）的顾客与满意度评价为 4 的顾客相比，在未来 12 个月中不会离去的可能性是后者的 4 倍，而增加购买的可能性则是后者的 5 倍。事实上，2、3、4 的评分非常相似，基本上都属于不确定的。

活性化的雇员　多年来，活性化的雇员一直被组织视为实现更低的成本、更高的收益和悦服的顾客的一种手段。而现在，许多领先的组织都认识到，创造这样的雇员本身也是全面质量管理的一个重要目标。这些组织不仅着眼于解决今天的问题，而且还希望创造一个能解决，甚至避免明天的问题的组织。

活性化的雇员这个概念蕴涵着许多新的思想。活性化的雇员处于自我控制的状态。他们能够衡量自己的工作过程的质量，解释衡量的结果并与目标相对照，当过程与目标偏离时能够采取调整的措施。

但活性化的雇员这一概念远不止限于自我控制。这样的雇员也懂得如何来变革过程和改进绩效，包括同时改进过程的效果和效率。

他们还知道如何来计划质量。他们清楚自己的顾客是谁；顾客的需要、欲求和期望是什么；如何设计新的产品和服务来满足这些需要；如何开发必要的工作过程；如何开发和使用必要的质量测量手段；以及如何来持续改进这些过程。有关活性化的基本原理主要在第 15 章中讨论。

三个基本概念　过去几年中，世界上许多主要的公司都对以下几个质量管理的基本概念进行了重新的思考，这便是以顾客为中心、持续改进和每个雇员的价值。

以顾客为中心　以顾客为中心构成了质量管理的一个基本的概念，这看起来似乎一目了然。终究，组织只有为顾客提供货品和服务才能生存。所有的组织不都是以顾客为中心的吗？

对大多数组织而言，对这个问题的回答肯定是不。几乎在每一个行业演进的过程中，开始阶段关注的焦点只是最基本意义上的新产品的质量。目标是使产品

能够使用。早期的汽车、飞机和电话就是生动的例子。一开始时并不存在顾客，存在着的只是那些一意创造某种前所未有的新玩意儿的偏执的发明家们。在本章稍后的部分，我们将会回顾在典型的组织和产业中质量的基本演进过程。

这一阶段的顾客提供不了什么输入。大多数人甚至不确定他们是否需要这些商品和服务。他们压根儿不清楚这些产品或服务是什么，为什么要买它们或它们能干什么，对于如何把它们做得更好就更谈不上有什么想法了。不幸的是，许多组织一直都没有向前跨出这一阶段。那些技术驱动的公司和提供健康保健的机构是这类组织的最明显的例子。

当今经营领域中最流行的趋势之一是为大众市场创造定制的产品。自行车、牛仔裤、鞋子、地毯以及无数其他的物品都可以按照个人的喜好来提供。金融服务、酒店服务、餐饮甚至健康保健都正在按照某个个人的需要来设计和提供(Peppers and Rogers，1993)。

企业界当今面临的最大挑战是将对自己满足顾客需要的程度的测量与顾客的实际行为联系起来。只知道你的顾客满意分值是4.3毫无意义。真正重要的在于，这个4.3的得分是创造了商机还是丢掉了生意。

愈来愈多的公司发现，保持住现有顾客（减少流失）远比获得新顾客更容易获得利润。施乐公司的一项调查发现，对现有顾客的销售要比对新顾客的销售多获利20%以上。另一个关键的因素是在某个顾客的生意中你所占有的百分比。成为主导的供货商能够享有令人咋舌的业务结果。

赖克哈德（Reichheld，1996）汇编了许多公司是如何超越顾客满意和顾客保持的阶段而达到顾客忠诚的例子。建立顾客忠诚正在成为公司战略计划和过程管理的基石。

持续改进 朱兰（1964）归纳了许多公司用于实现突破性改进的结构性方法。近年来迅速变革已经成了一种生活方式。许多公司正在据此创造着成百上千的改进。

但情况并非总是如此。千百年来社会和政府一直是以一种防止变革的方式构造起来的。在有些社会中，采用不同的行事方式会被处以死刑。作家沃尔塔里(Waltari，1949）在其小说《埃及人》中，描写了古埃及如何训练一个医生来操作128种不同的疗法。只有这些疗法是允许的，每一疗法也只有一种方式。甚至画师也被训练得只能以惟一的方式来画一只鸟、一条鳄鱼或一个人。

在中世纪的欧洲，各种行会对每一种物品的生产都制定了严格的规定。胆敢试验不同的制造方法或材料的将被逐出行会。在拜占庭人的语言中，“变革”这个词与危险的含义是相同的。社会、生产实践、军队和政府的变化非常的缓慢。许多社会会忍耐愚笨至极的统治者，而不会冒险去变革政府。

组织和公司是社会的写照。厚重的政策手册和卷帙浩繁的管理指南操纵着公司。晋级提升的机会属于那些“循规蹈矩者”。为控制所有单位和个人的工作而

创建了坚固的层级制度。科学管理，亦即所谓的泰罗制，被用以详细规定工作过程的每一步骤和每个人的角色。职位说明书清楚地规定了一个人该做什么和不该做什么。

第二次世界大战以后情况开始发生迅速的变化。日本人在许多民用生产领域都是如此的落后，为了生存而不得不进行迅速的改进。他们所提炼出来的持续改进的方法论起到了良好的作用。面对严酷的竞争，许多美国公司开始模仿这些做法，有些因此而取得了巨大的成功。

现今的文献中充斥着大量的给人以深刻印象的改进事例。这些改进发生在制造公司、医院、通讯公司、各级政府机构、各种类型的服务性公司以及学校中。人们已经非常熟悉为了实现这些结果所使用的各种方法，如跨职能的团队、品管圈、再造、质量项目小组、新点子建议制度、过程改进小组、日常工作优化等等。

每个雇员的价值　组织中每个雇员的价值这一概念就其表面来看颇为简单。多年来企业界一直在明确地强调组织的实力取决于为其工作的人们，但大多数无非只是空洞的言辞而已。大多数公司仍然在盲从着泰罗制的做法。由少数的计划人员、主管或工程师来计划每一过程的所有步骤，编制精心措辞的职位说明，强调对指示的不经思考的服从。

即使对历史作最简要的回顾，也能看出以下的这一想法有多么的激进，即让每个人来思考、提出点子、挑战权威并变革系统。军队肩并肩行进，长矛以同一角度指向前方。弓箭手应命令同时发射。步兵列队行进，同时群射，装弹，再射。一切依令而行。

要求苛刻的师傅采用着漫长的学徒制度来对人们进行培训。书记员一丝不苟地抄写着原稿。在早期的工厂里一排排的工人以相同的方式做着完全相同的工作。

在美国，每年每个员工建议被采纳数平均只有 0.16。这相当于每年每 6 个雇员有 1 条建议被采纳。在那些真正重视每个雇员的想法和个人贡献的组织中，这一数字则高得惊人。丰田汽车公司在其美国乔治敦的生产厂中每年采纳的雇员建议数为每人 8 条。总体上，丰田公司每年从它的 8 万名雇员中收到的建议数为 400 万条。这些建议 95% 以上都会被采纳，这意味着每年每个雇员被采纳的建议数达 46 条之多（Yasuda，1991）。

有些美国公司也达到了类似的结果。全球冶金公司（Globe Metallurgical）和米利肯公司（Milliken）每周每位雇员被采纳的建议数平均达到了 1 条以上。米利肯公司每年每位雇员被采纳的建议数高达 68 条，现居于全国领先行列当中。马里奥特（Marriott）酒店的一位雇员在一个月当中曾贡献了 63 条改进建议（Fromm and Schlesinger，1993，p.8）。

但所提建议数只是对个人贡献的衡量之一。其他方面的贡献也许会更为重

要。这包括参与质量改进和质量计划团队，成为业务过程再造小组的成员，对自己的工作过程进行统计质量控制和自我控制，以及成为高绩效团队或自我导向的工作团队的成员。

当伊斯曼化学公司于 1985 年开始重构其文化、价值观和卓越质量之间的强有力联系时，它已经在其质量旅程上行进了 6 个年头。它的目标是在质量方针中确立、理解并强调人的因素。现在公司以内部开发的质量管理过程作为将所有雇员调动到改进努力中的一个载体。公司利用相互连锁的每一层次上的雇员团队来确定每一道工作过程是如何与下一道过程以及顾客的需要和期望相联系的。

伊斯曼化学公司还正式地将“活性化”定义为创建一种文化，“人们在这种文化中拥有所需的知识、技能、职权和愿望来决策、行动，为自己的行动结果负责，为公司的成功承担义务。”他们通过提供准时制的培训来实施这一明确且可操作的“活性化”定义，雇员们带着已经选定的改进项目来参加这种培训。质量教练们（促进者）对他们的工作提供直接的支持。

三大推动力 卓越绩效有三种基本的推动力，这便是协调一致（alignment）、耦合（linkage）与复制（replication）。为了实现突破性的结果，组织必须将努力集中于最重要的问题上，这意味着组织必须具有正确的战略，必须部署与战略相匹配的组织的目标、资源以及行动。组织还必须理解工作的跨职能本质，亦即遍及组织中的耦合关系。有时这被称为是“系统思考”或“过程思考”，这对工作的理解是至关重要的。组织中的成员还必须能够快速地复制成功。一个简单的改进或许只值几千美元，但若复制 100 次对于组织的成功就能成为巨大的贡献。

协调一致 美国管理咨询公司联合会新近的一份研究发现，企业的高层经理、管理咨询顾问和管理学院的教授们都一致认为，经营战略当前是一个最重要的管理问题，至少在未来 5 年中也会依然如此（Byrne，1996，p.46）。在过去的数年中，对战略的重要性已经有了一种新的理解。战略必须包括：

- 公司将往何处去的一个清晰的愿景，这一愿景必须用公司的每一个成员都能理解的语言明确地表达出来并沟通到每一个成员。
- 明确地定义那些关键的少数目标，这些目标是公司为了达成其愿景所必须实现的。
- 将这些目标分解到整个组织当中，使每个人都清楚做好自己的工作是如何与实现组织的目标相联系的。按照公司的最高优先事项来部署所有的雇员，这是至关重要的（Sugiura，1992）。

战略计划过程中一个最大的变化在于，在计划过程中包括了多重的参与者，他们是雇员、顾客、供应商甚至还有竞争者。这些变化导致了一整套新词汇的产生，如共同进化、企业生态系统、战略意图、经营设计、核心能力、博弈论、空白机会等等。与以往的主要区别在于与顾客、供应商以及竞争者之间所建立起的这种新的关系网络，目的在于获得新的竞争优势、新的市场和新的机会。

第二大变化是大量雇员在计划过程中的参与，这些雇员来自所有的年龄、层次及工作领域。数年前，电子数据系统公司（EDS）推出了一个重大的战略举措，有2 500名雇员参与了其计划过程，而其雇员总数为 5.5 万人。由 150 人构成的一个专职的核心队伍用了一年时间来协调参与者的输入。芬兰的诺基亚集团有 250 名雇员参与了其最近的战略评审。诺基亚公司的战略开发主管克里斯·杰克逊（Chris Jackson）报告指出，更多人的参与不仅仅强化了他们执行战略的能力，而且在这一过程中他们还获得了更高程度的使命感（Byrue，1996，p.52）。

有效的战略质量展开应当作为实现目的的一种工具，一种手段，而不应当做目标本身。它应当成为使组织的全体人员都参与其中的一种努力。它必须立足于现行的活动，而不是使组织忙上加忙。它必须有助于高层主管面对困难的抉择，理清轻重缓急。它不只是要启动新的举措，而且还要消除许多不增值的现行活动。

第三个变化是对顾客的极端的关注，这些变化有时甚至达到了偏执的程度。新型的战略计划始于顾客。惠普公司在进行战略计划时将顾客、供应商与许多来自不同的经营单位的总经理们集中到了一起。这些经理们有的来自为福特公司制作服务点诊断系统的部门，有的来自为汽车厂制作工作站的部门，还有的则来自为轿车开发电子元器件的部门。获得新商机的许多点子都直接来自顾客。

有许多公司只是止于战略计划的制定。它们制定了很好的计划并有着漂亮的包装，但却一无所获。这些公司有点想当然地以为，把计划制定出来并分配给选定的一班经理们自然就能够实现预期的结果。但事实上仅此并不会有任何收获。要想真正取得结果，就必须将这些计划在整个组织中认真地加以展开。每一位成员都必须同公司的目标一致起来，每一位成员必须能够理解公司的战略目标并且清楚自己应该怎样为此而努力。每一个战略目标必须分解为一系列的子目标，每个子目标又进而分解为年度目标。组织还必须确定具体的工作项目来支持这些年度目标。它们必须确定出明确的优先次序，建立专门的测量体系，并且为每个项目提供所需资源以实现预期的结果。有关战略展开的详细叙述请参见第 13 章。

耦合（过程管理或系统思考）　在过去的几年里，世界各地的许多公司都以无以言表的热情迷倒在了再造这一概念之下。从 20 世纪 80 年代初开始，一些超前的公司如 IBM、福特、AT&T、NCR 等公司就对此开始了探索，由于迈克尔·哈默的畅销书《再造公司》的影响而使之大为流行，再造现已成为全球企业界的普遍工具（Hammer and Champy，1993）。哈默把再造定义为“为了取得显著的改进而对业务过程进行的激进的再设计”，这一定义极大地抓住并激发了世界各地的经理们的想像力。最近，哈默又强调说“在再造定义中的关键词是‘过

程'，即一整套共同为顾客创造价值的首尾相连的活动" （Hammer，1996，p.xii）。

随着企业界重新认识到把公司所有部门和职能的活动连接起来的重要性，人们也认识到了搞清楚依序相连的活动实际上究竟有多少是多么的重要。除非我们能够把遍布于公司的所有努力都耦合起来，否则我们就难以实现我们如此渴望的结果。

由于对于耦合（或过程管理）的这种高度重视，全面质量管理的世界与再造的世界汇聚到了同一点上。自20世纪20年代的休哈特开始（若没有更早的人的话），对过程进行控制就一直是质量管理的一个基本信条。之后，戴明进一步发展了休哈特统计过程控制的思想，提出了著名的PDCA（plan-do-check-act）循环，朱兰则在其教科书《管理突破》（Juran，1964）中率先提出了过程改进的概念。在20世纪80年代，随着那些领先的公司纷纷跨入到了迅速的改进活动中，过程管理的必要性也愈加明确起来。在制造工厂中，工作的序列性本质是一目了然的。如果装配线上的任何一部分出了问题或产生了瓶颈，整条生产线都会受到影响。不甚明显的是，许多的管理性过程也是这样的序列性系统。订单录入步骤出了差错，产品或服务的提供就不可能及时正确地完成。

有关管理重要的耦合并对关键过程进行剧烈而持续的改进的步骤现在已经是相当的明确。第一个步骤首先是辨识组织的关键过程。实施这一步骤有着大量的方法，但所有这些方法的本质无非是要确定少数关键的过程并使每个人都能够知道。下一个步骤是要建立必要的测量指标。有许多公司对于组织中的几乎每项任务都有一长列的测量指标。这些指标中的大多数关注的都是部门内部的活动，许多与预算有关。但仍然是这些公司，对于其关键过程却几乎没什么测量指标，而正是这些关键过程决定了公司的成功。它们不知道从收到客户的订单开始到客户得到产品或服务为止究竟需要多长时间，而收到回款又需要多少时间就更不甚了了了。他们也不清楚处理订单、提供产品或相应的后续服务究竟需要多少成本。

在管理重要的耦合这一过程中，最后一个步骤是要真正、确实地来管理这些耦合。若没有组织结构的重大改变，没有任命过程的主管人，没有职权、责任和义务的重新部署，将不会有什么了不起的变化。

尽管质量管理多年来就一直着眼于对过程的控制、改进和计划，但上述这样一种新的管理方式所必需的一整套认识、工具和测量指标却尚未建立起来。这是未来的一个重要挑战。

在过程的定义中，"顾客"是最关键的单词。在过去十多年间有许多人已经认识到，一个公司就是一系列过程的组合，顾客只是根据这些过程的输出来认识某一个公司。顾客并不关心该公司究竟是怎样组织起来的，谁向谁报告，都有些什么头衔，以及各个部门究竟位于何处。顾客甚至不关心货品或服务的哪一部分

是由该公司生产的，哪一部分是由供应商或是竞争者提供的。顾客需要的只是产品，希望它们准时送到，在需要时能够获得所需要的服务，并希望账单准确无误。

如果一个过程没有向顾客提供价值，这个过程就是在产出浪费。一个公司里会存在许多旨在促进公司向顾客提供价值的子过程。大多数关键过程直接指向顾客，这些过程必须能够为顾客添加价值。

对过程进行管理的第二个关键在于准确地确定过程中的每一个步骤所添加的价值。当我们看到一份价值 30 美元的书籍的订单上有着耗时 6 周才得到的 6 个签名时，我们知道肯定会有更好的方式存在。这一过程添加了什么样的价值？当组织知道了其关键过程中有多少步骤、其中有多少无益、浪费了多少时间和精力时，它们会感到震惊。

只需看一下减少运转周期的效果，就足以说明我们的许多关键过程是多么的缺乏管理。英国皇家累斯特医院通过设计由 14 个部门的共同工作所构成的过程，使其一个神经学测试过程从 40 天减少到了 1 天，管理成本削减了 40%。摩托罗拉公司将寻呼机的订货、生产与装运这一过程的时间从 6 周缩短为不足 100 分钟。

对关键的耦合进行管理的第三个重要方面是要认识到几乎所有的关键过程都会贯穿公司的许多不同领域。要成功地管理这些过程，就必须采取一种团队的方式，参与团队的雇员要求具有新的技能，具有对于公司的战略、目标和竞争者的新的认识，具有完成迅速扩张的工作所必需的新的工具。

未来的挑战是要持续地辨识这些技能、工具和认识，并搞清楚哪些部分是公司的核心知识（必须使每一个雇员所了解），哪些是必需的新技能和新工具。有些公司几年前以为它们可以很快完成一个“质量培训计划”并足以凭此立足，但现在它们发现培训已经成为一种持续不断的活动。

有关过程管理、团队活动和解决问题的技能方面的许多思想都正在进入商学院和工程类院校的课堂中，但企业必须将关键过程、其测量方法以及公司持续挑战和变革过程绩效的方式等迅速地告知所有的雇员。有关过程管理的讨论详见第 6 章。

复制　就显著提高质量改进和生产率改进的效果而言，第三种推动力复制或许是最有效也是最不为人们所理解的一种方式。有一个主要的国际性服务企业的例子清楚地说明了这一点。该公司的 CEO 对其所取得的成就感到理所当然的自豪。某个单位解决了一个慢性问题，每年能节省 35 万美元以上。另一单位将另一个慢性问题减少了 75%，增加的收入也达数十万美元。

算术对于该 CEO 来说并不困难。如果其 250 多个单位中的每一个都能复制上述的结果，公司来年就会超越已经颇为大胆的财务目标。但是他深知，要使每个单位都理解上述两个单位所发生的事情，将这两个单位所用的方式进行修正以

适应本单位的具体情况，运用类似的解决问题的方法并取得类似的结果，绝不是一件容易的事情。

当你去开展推广时，你会深切地感知到人们对于变革的阻力、可怕的“非我所创”综合征、每个单位各不相同这种根深蒂固的信念，甚至许多公司害怕因指挥各业务单位或分支机构的行动而“抑制改革和创新”的顾虑。尽管在不断发明和尝试新办法，问题却依然故我，机会被白白错过，这些公司只能蹒跚在缓慢的变革和令人失望的结果中。而那些成功的公司善于采取行动，它们会努力使事情成功。它们利用温和的手段来鼓励复制，利用积极的方法来强制复制，它们使得复制成了一种义务而非选项。

在温和的手段系统中包括了共享、奖励和表彰、媒体宣传、团队发表等。质量改进项目的结果要做到在全公司中人所共知。在这样一个系统中，我们会认为那些有着类似问题和机会的人们会了解到有关的项目，获取所需的信息并采取行动。

在积极的共享系统中重视的是推行。在本田公司每年的促进者网络会议上(有来自世界各地的3 000多人参加)，要求参加者要贡献出一个完整的并经过详细书面总结的项目，并要仔细学习四个能够应用于本单位的项目。回到本单位后，要求能实施这四个项目。公司有适当的支持结构来协助参加者，期望他们能够取得结果。

质量管理的三个关键过程 这三个管理过程并不新鲜。它们与我们多年来管理财务所使用的过程是完全相同的。这种共性对于管理者颇为有用。他们在管理财务方面的长期经验有助于他们进入质量管理的世界中去。这是三个紧密相连的过程。

质量计划 质量计划应当是理所当然的起点。质量计划由一系列序贯性事件所构成，这被称为质量计划路线图。我们首先要确定顾客及其需要。然后要设计响应这些需要的产品（货品或服务）。接着要设计生产这些货品或服务的过程。最后，我们将计划转给运作单位，由它们来负责实施。它们来运转过程，生产货品和服务，并满足顾客的需要。图 14—4 归纳了质量计划过程的步骤。

质量计划过程在第 3 章中进行了讨论。在较后的章节中，我们将提供一些较有深度的更具有技术性的质量计划（也有人称之为设计质量）工具。这些工具包括实验设计（第 47 章）、可靠性预测及可靠性估计（第 48 章）。

不管我们质量计划的方法和工具应用得多么好，大多数过程都不是完美无缺的。它们总是会伴随着某种形式的慢性浪费，如时间延误、差错、返工、非增值的工作、废品等。这些浪费被植入了计划当中并不断地持续着。为了使质量达到计划的水平，我们必须首先具备必要的控制系统。接着我们必须寻找改进机会以使已有的质量水平实现显著的提高。图 14—5 明确了这些关系。

在图 14—5 中，我们用纵轴表示不良质量成本，点子越高意味着情况越糟。

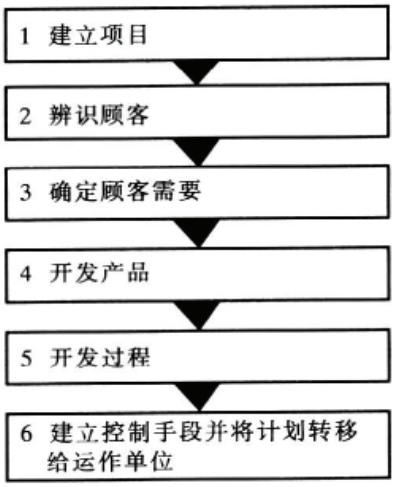


图 14—4　质量计划过程

资料来源：*Leadership for the Quality Century*, *1997*, Juran Institute, Inc., Wilton, CT.

图中存在着因不能做到完美而产生的成本。尽管我们在计划时付出了最大的努力，但本例中的这类成本仍达到了约 20%。这些成本可能是因缺陷所致，也可能会来自一些很难察觉的因素。这些难以察觉的成本的例子如过程中的库存、非增值的工作、未充分利用的能力、不必要的延误和交接。

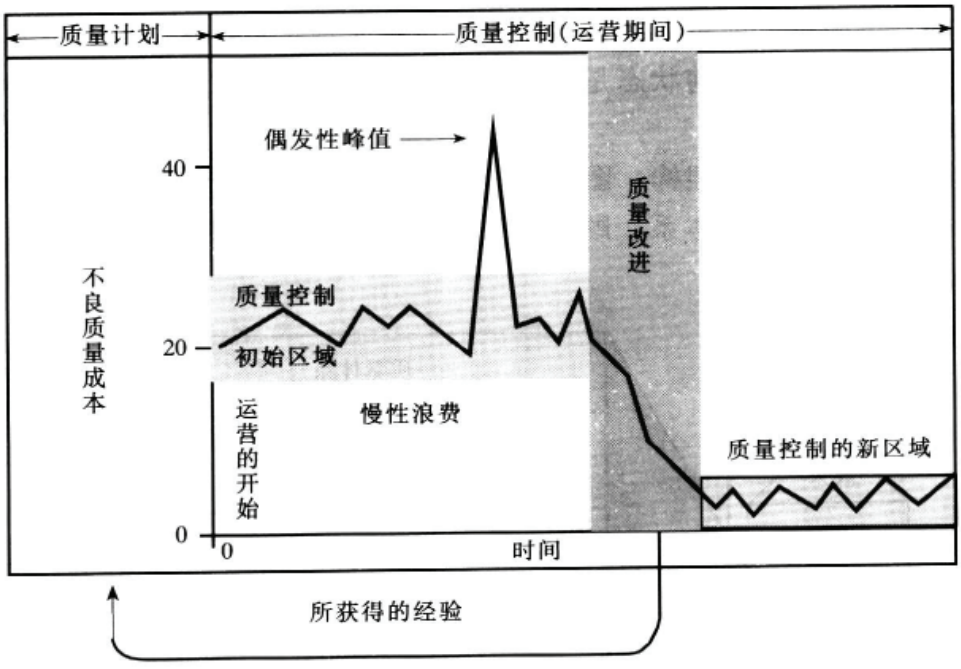


图 14—5　朱兰三部曲

资料来源：Juran Institute, Inc., Wilton, CT.

我们的首要任务是要建立起质量控制体系，以保证我们的质量最起码能达到计划的水平。在图 14—5 中，我们可以看到一个偶发性的峰值明显偏离了我们所计划的绩效水平。这是一个钉形的点子，表明及时发现了问题，迅速查明了原因

并很快消除了引起问题的原因。几乎没费多长时间质量绩效便回到了计划水平。

在现实中的许多情况下，我们的质量控制体系都做不到如此之好。当我们意识到存在问题时可能已经过了几天甚至几周时间。然后我们需要花费更多的时间来调查产生问题的可能原因，再花费更多的时间来制定治疗对策。在这一期间，新的不良质量成本水平一直持续着，从而对公司产生严重的损害。

质量控制 运作人员所能做的是使这类浪费最小化。他们通过质量控制来做到这一点。质量控制建立在五个基本要素上，即有一个清晰的质量定义；一个明确的目标；测量实际绩效的一套检测系统；一种解释测量结果并与目标相对照的方法；一种采取行动并在必要时调整过程的方法。在第 4 章中讨论了质量控制。统计过程控制是第 45 章讨论的内容。

质量改进 上述所有的努力都是为了把质量控制在计划水平上。如果我们要提高这一质量水平，我们就必须采取精心构思的专门行动。正如戴明曾指出的那样："扑灭某个饭店的火灾并不会使该饭店变得更好。"他在《走出危机》(Deming，1982，p.51）一书中写道："灭火并不是对过程的改进。通过失控点发现并消除一个特殊的原因也是如此。""这只不过是使过程回到它本来应当处在的状态而已。"（几年前朱兰博士提出的一个观点。）

朱兰（Juran，1964）将个人和组织所应用的质量改进过程描述为针对绩效水平进行的"突破性"变革。质量改进过程旨在实现长期持久的绩效水平。质量改进过程促使我们对于当前状态是否已是最好提出质疑。朱兰在第 5 章中详细论述了质量改进过程。

全面质量管理的基础架构 图 14—6 示出了全面质量管理基础架构中的主要要素。这些要素包括质量体系、顾客—供应商之间的伙伴关系、全组织的参与、测量和信息、教育和培训。

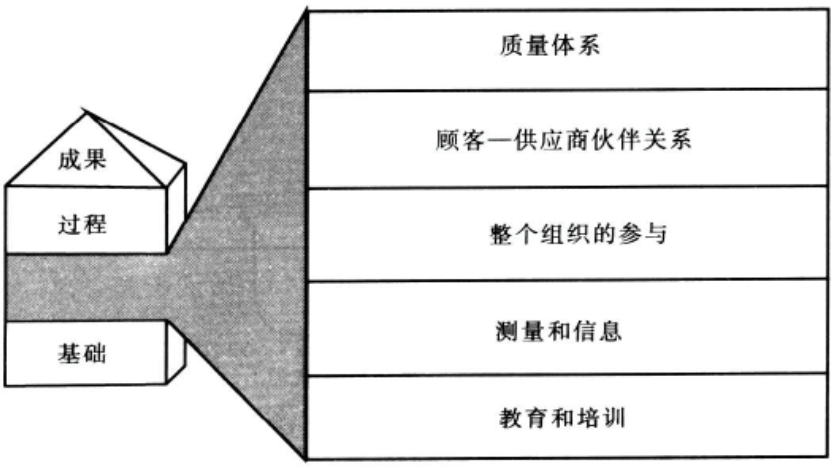


图 14—6 全面质量管理的基础架构

资料来源：*Leadership for the Quality Century*，1997，Juran Institute，Inc.，Wilton，CT.

质量体系　全面质量管理的基础架构中包括了几个关键的要素。第一个要素是质量体系，这是最重要的要素之一。质量体系的概念在 ISO 9004—1 标准中有着明确的定义，它是全面质量管理中的一个重要构成。第 11 章中详细讨论了 ISO 的质量体系标准。

一个好的质量体系中包含了顾客—供应商之间的伙伴关系。通过规定坚实的质量管理结构，ISO 9000 系列标准为合同关系提供了一个良好的出发点。但许多公司已经远远超越了单纯的合同关系。许多主要的美国公司中的顾客—供应商关系都发生了迅速的变化，十分类似于丰田及其他主要的日本汽车企业所开创的做法。

为了能够以革命性的步伐实现质量改进，我们必须有全组织的参与。哥伦比亚大学一个跨学科小组于 1988 年开展的一项有关全球竞争性的研究中认为 (Starr，1988)：

> ……我们总结出了使公司具有竞争性的一些基本原则，其中的第一点便是质量。
>
> 成功的企业不是将雇员看做生产的成本，而是生产的资源。虽然工作的不确定性永远不会消除，但必须认识到，来自员工的以及赋予员工的长期的承诺至少如同机器和技术一样重要。雇员参与生产率与质量的改进是至关重要的，他们也必须能够分享到结果。

在基础架构中的另一个关键要素是测量和信息。福特汽车公司的前主席唐纳德·彼得森 (Donald Peterson) 对于拥有正确的信息有多么重要具有深切的感受。当福特针对马自达公司进行标高分析时，马自达在这方面业务上的管理之好给福特公司留下了深刻的印象。彼得森对此叙述道 (Peterson，1992)：

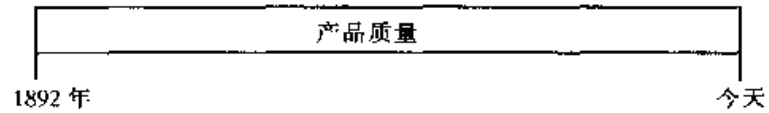
> 也许最为重要的是，马自达能够区分信息的类型并把真正有用的记录下来。它并不去费力收集其他数据。(在福特) 我们被深埋在堆积如山的无用数据当中，置于其上的过多的控制层次使我们窒息。

基础架构中的最后或许也是最重要的一个构成是教育和培训。组织必须培训团队，使他们学会如何按照团队的方式来工作，怎样诊断问题并提出治疗方案。这类培训应当着眼于改变人们的行为。培训应当恰适其时。最好的学习来自实践。关于怎样改进质量的培训应该通过实际的改进项目来进行。培训应当有助于团队迅速并成功地完成这些项目。关于培训的叙述详见第 16 章。

全面质量管理的演变

在许多的国家、行业和公司中，TQM 的发展表现为几个明显的步骤或阶段。这些阶段分别着重于产品质量、产品过程质量、服务质量、服务过程质量、经营

计划、战略质量计划、综合的战略质量计划。



产品质量 所有的组织都是从产品质量出发来开始它们的质量管理活动的。在某个产品首次推出时，从生产者的角度来定义产品质量是必要的。因为顾客尚不知有这一产品，他们对质量的定义不会有什么贡献。他们的需要和欲求或许曾被调查过，但在全新的产品的场合，他们的意见常常含糊不清和模棱两可。

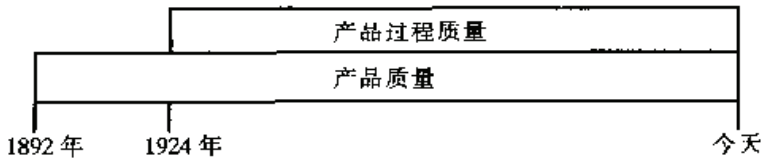
最近的一项有关通讯领域质量进化的研究表明，其实际情况确如上面所述(Endres and Godfrey，1994)。电话是一种真正的新产品。潜在的顾客对其居然能够作动而着迷，但对其应当如何却一无所知。对其质量加以定义的驱动力来自工程师们，他们努力使之好到能够成为一个卖得出去的产品。早在 1892 年，贝尔系统就开发了一套检验程序，以确保生产人员能够满足工程师提出的规格和要求(公司关于质量的定义)。

在诸如医疗保健这样的产业中情况也同样如此。许多年来，现代医疗关于质量的定义都集中在效果上。这是由医疗专家亦即大夫们所定义的。为了评估效果并区分未及完美的责任，人们制定出了详尽的质量保证程序，这些程序一般是以检验为基础的。在第 29 章中，有关汽车的质量进化过程也呈现出了类似的趋势。

其他产业（服务业或制造业）中的情况也大致如此。在早期的航空运输业中，其全部努力都集中在产品质量上，即提供从 A 地到 B 地的快捷的运输。航运的安全、快捷以及一定程度上的准时，构成了这个行业关于产品质量的基本定义。多年来，该行业的全部努力都集中于这一基本定义之上。

应当强调的是，对产品质量的这种注重一直持续到了当前。通讯行业的企业将它们的努力由最初的质量定义延伸到了现场可靠性、可用性、易用性、可维修性，以及其他的产品质量的定义方面。用于管理这些拓展了的产品质量的某些方法已经变得非常的复杂。

在医疗保健行业，近期的许多关于临床效果的工作都属于这一类别。研究者已经扩展了传统的效果定义，在其中包括了病人的状况、无疼痛和工作的能力等。这一扩展将传统的关于效果的定义远远延伸到了医院的高墙之外（Godfrey，1997)。



产品过程质量 1924 年随着控制图的出现，通讯领域的质量演化进入了又一个阶段。人们开始认识到通过最终检验来控制产品质量的方式是十分昂贵的。在迅速成长的美国电话电报中，其装配现场的口号变成了“一次成功”。在一台

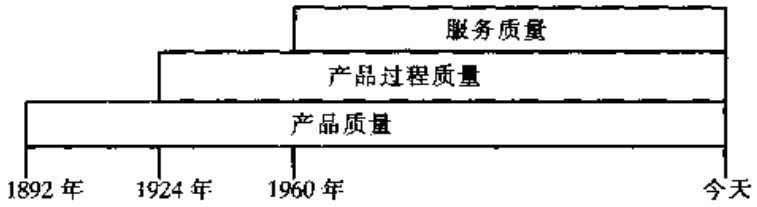
复杂的由开关电路构成的机器中，等到装配完毕后再去查找其中的线路差错是一个耗时且费钱的过程。确保所用的元件合格并认真控制装配过程远比回头查找问题要经济得多。

更早期的例子并不鲜见。有事实表明，在第一次世界大战期间，英国开发了相当复杂的控制规程以保证双翼战斗机两翼之间的连线松紧适当。

但是，是控制图的诞生才使人们清楚地认识到可以多么容易地将过程控制交由生产人员来担当。这可以减少对最终检验的依赖，从而能够解放出大量的人员使他们去从事更具有生产性的工作。按照这样一种方式，能够同时实现产品质量的提高和生产成本的降低。

产品过程质量这一阶段关注的是生产产品的过程，它也一直延续到现在。这一阶段为质量管理的武器库中添加了大量的新式武器，如工程过程控制、试验设计、调优运算、顽健性设计以及最近的过程简化和再造等。

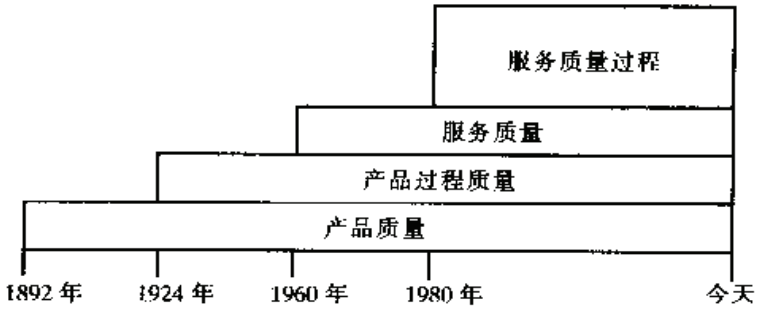
在医疗保健领域中也有大量的例子，如以患者为中心的护理、护理步骤图、临床指南、协议等。不管什么方法，只要它是通过对创造产出的过程的改进来实现对产出的改进，就可归于产品过程的范畴。在其他一些产业中，这类方法大多关注于产品生产的成本方面。



服务质量　对某些产业来说，其下一个阶段始于 20 世纪 60 年代初。有些产业会更早一些，还有些产业则是到了 80 年代甚至 90 年代才开始。这一阶段扩充了传统的产品质量定义，将围绕产品的服务包括了进来。对于通讯领域而言，这种扩充包括了维修保养服务、订单录入、账单开具，以及顾客能够便利地自行安装和保养的模块式电话。在医疗保健领域中也涌现出了许多新的概念，其中包括以患者为中心的护理，还有许多其他的方法，提供超出基本临床内容之外的服务。在入院、等候时间、床前服务、家务、洗衣、房间布置与装修、电话、电视、食品（基本营养需求之外的）、停车以及其他的基础产品之外的服务方面，涌现出了大量的新的概念。这些服务有时被称为质量的特征或可销性部分。

对许多制造性企业来说，20 世纪六七十年代是这方面质量的觉醒时期。购车的顾客已经不再只是关心汽车的质量。经销商所提供的服务、零件的供应情况、路边维修服务、购买体验、融资、租赁，以及在供应商—顾客关系中的许多其他方面，均成了质量竞争的组成部分。在 20 世纪 80 年代后期，伴随着特殊的经销方式、新型的服务关系以及新型的支持水准的日本豪华型轿车的进入，大大加速了这一趋势的发展。通用汽车公司已经将这些思想运用到了其土星事业部的

基本车型中。

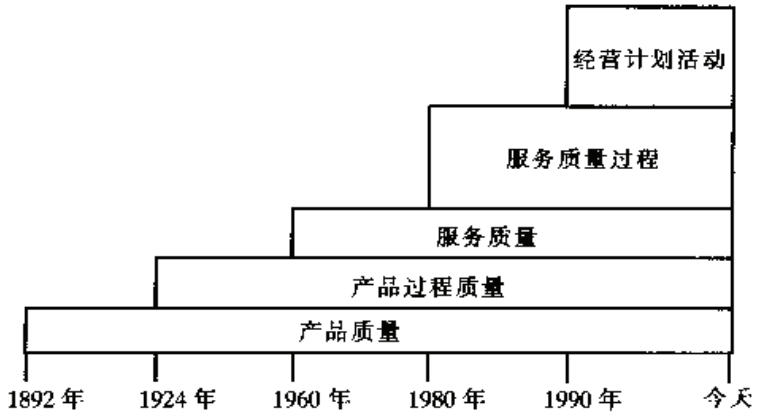


服务质量过程 20 世纪 80 年代，在质量方面出现了一个新的焦点。以 IBM 公司为代表的先行公司开始关注提供这些服务质量的成本，这亦称为业务过程质量管理或改进。在产品过程质量阶段所使用的许多方法（大多是相当标准的工业工程方法）首次被运用到了横跨组织的水平过程当中，这些过程大多压根儿未曾得到管理。

在这一阶段也出现了一些新的思想。过程主管和过程团队通过不断地审视和辨识团队介入关键业务过程的机会，而大大扩展了质量委员会的威力。这些过程团队在许多方面起着专项委员会的作用，负责在大过程或大过程的子过程中部署改进团队、控制团队和计划团队。

这里所关注的焦点主要还是在成本方面。这些再造活动或业务过程质量活动旨在缩减运转周期，减少作业步骤和交接环节，从整体上来提高效率。对业务过程所采取的许多措施同时也会改进输出的质量。

我们可以看出这形成了一个循环。全面质量管理的演变过程看起来是在关注质量与关注实现质量的成本这两方面之间的轮替。



经营计划 在过去几年中，我们观察到有许多公司开始将质量管理整合到它们的经营计划活动当中去。质量目标与财务目标的这种整合成了那些领先公司的一个重要举措。在企业圆桌会议最近针对 TQM 的一项调查中，这一整合被应答者列为当前正在开展着的主要活动。

对于许多公司来说，设定质量目标，将目标分解为子目标、年度目标以及项目并在整个组织中加以展开（这称为方针管理、方针计划、方针展开或战略质量计划），已经成为在全面质量管理中的重要突破之一。事实上，不仅是年度经营计划，有些公司将这些方法还运用到了 5 年或更长期的计划活动当中。

这自然会使我们面对这一问题，即全面质量管理演变过程的下一阶段会怎样？通往顶峰的下一个步骤十分明显，这便是战略质量计划。有些公司甚至走得更远，它们已经开始实施由顾客和供应商联合参与的综合性战略计划。第 13 章详细讨论了有关战略质量计划和战略展开的内容。

各国的和国际性的质量奖项对全面质量管理的影响

过去 10 年中所出现的最有益的潮流之一便是在遍及全球的许多公司中所开展的自我评估活动。这些公司正在应用马尔科姆·鲍德里奇国家质量奖、欧洲质量奖、戴明实施奖以及其他的国家质量奖的准则，对照一套合理的全面质量指南来评估各自的当前绩效。

这样的评估能够给高层经理提供有关本组织当前质量绩效水平的一个明确的基线。当他们愿意花时间去弄懂这些准则，明白自身评估分数的含义，并清楚为了提高这些分数应当做什么时，他们就能够制定出改进本组织的有效且现实的行动计划。

首先确定本组织的绩效水准并同其他组织的绩效水准加以比较，这是开展这一活动的一个极为重要的步骤。

最高管理层与实际的全面质量活动领导者之间联系的显著增加，是这些全国性的和国际性的质量奖项所带来的最令人振奋的益处之一。高层经理洗耳恭听别的公司在质量方面所达到的水准、它们是如何取得这些结果的以及在这一过程中最高领导者所扮演的角色，这在美国有史以来还是第一次。

这样一种标高分析是现代质量管理中的最重要的趋势之一，无论是从个人的层面还是从组织的层面而言均是如此。当被问及有无一件特别重要的事情可以被一个公司用来改变企业文化并实现卓越结果时，时任前福特汽车公司主席的唐纳德·彼得森回答说："当然有。每个公司都必须搞清楚在同行业中世界上有哪些公司是最优秀的。然后参照国内外那些最有效率、效益最好的企业，如施乐这样确实取得了不可思议的成就的公司，来对自己的经营活动进行标高分析。"

他接着解释道，在福特公司，"我们首先以最优秀的日本公司为参照，来对比我们的生产过程，对比设计、营销和财务管理，对比质量。"

彼得森说：

> 这种比较应当依据速度、资本投资、浪费掉的努力、雇员数量以及任何

其他的可用于衡量本公司以及其他公司业绩的尺度来进行。

下一步是让关键部门的主管认识到有别的公司在同一领域做得更好。如果CEO能够让人们知道他将标高分析看做是一种机会而非批评的话，会使之变得更为容易。好的经理们会被这一挑战激发起来。

接下来是派出由经理们组成的小组去参观那些具有卓越运作方式的公司。

福特公司将工会代表也包括在了前往参观的小组中。随后会将相关部门的关键人员组织起来讨论他们的收获。在此基础上决定可以采用哪些做法以及如何来采用。标高分析是第12章的内容。

马尔科姆·鲍德里奇国家质量奖的创立 20世纪80年代，在美国，人们对现在被称为“全面质量”的这类活动表现出了与日俱增的兴趣。有不少美国领导人都感到有一个类似于日本科学技术联盟的戴明实施奖那样的国家质量奖将有助于促进美国公司的质量活动的开展。

有许多个人和组织都提出了设立这样一种奖项的动议，从而导致了众议院科学、研究和技术小委员会的一系列听证会。最终，于1987年1月6日通过了马尔科姆·鲍德里奇国家质量改进法案。该法案于1987年8月20日获得了罗纳德·里根总统的签署，成为了100—107号公法。这一法案规定了马尔科姆·鲍德里奇国家质量奖计划的创立。设立该奖项的目的是通过以下措施来促进改进质量和提高生产率（议会决议812，美国国会）：

（A）促使美国公司为荣誉而改进质量和生产率，同时增加利润、获得竞争优势；

（B）表彰那些改进了其货品和服务质量的公司的成就，并为其他公司树立榜样；

（C）建立指南和准则，以使企业、行业、政府及其他的组织可以用来评估各自的质量改进活动的成效；

（D）通过提供得奖组织是如何变革其文化并实现了卓越的详细信息，为其他希望实现高质量的美国组织提供具体的指导。

这项法案规定为以下三种类别公司中的每一类别最多颁发两个奖项：

- 小企业；
- 公司或其附属机构；
- 以提供服务为主的公司。

该法案同时还规定企业必须提交一份书面的申请书来申请这个奖项。申请企业必须接受“对其经营及其他活动提升货品和服务质量的方式的严格的评估”。

1998年，对医疗保健和教育机构进行了试评。最近，马尔科姆·鲍德里奇国家质量奖的授奖对象已将教育和医疗保健机构组织包括了进来。

这一法案还要求国家标准局（现国家标准技术研究院）的局长要：

以具有充分能力的评审委员会的严格评估为依据。评审委员会必须详细审查申请者所提交的证据并进行现场参观，以确证该组织所宣称的质量改进的详情。对申请机构的审查应包括该组织为了实现未来目标的现行质量管理的所有方面。该奖项只授予那些显著改进了其产品或服务的质量（或两者兼有）的组织，以及那些通过所有层次的人员在质量改进方面的培训和参与而实现了有效的质量管理的组织。

除了成立评审委员会之外，该法案还要求成立一个指导委员会，该委员会至少由五名在质量管理方面的卓越人士所构成。

建立马尔科姆·鲍德里奇国家质量奖的策略　创立马尔科姆·鲍德里奇国家质量奖的第一步是建立一套用以对申请组织进行评估的准则。柯特·赖曼博士被国家标准局局长任命为马尔科姆·鲍德里奇国家质量奖的负责人。赖曼博士迅即呼吁美国和世界各地的人士和组织为创建上述准则及相应的评价程序出谋划策。赖曼博士与其下属收集了大量的其他奖项的信息作为背景资料，这些奖项如日本科学技术联盟（JUSE）的戴明奖和美国国家航空和航天局（NASA）质量奖等。接着他们组建了一个志愿人员小组来起草这一准则的最初草案。随后由来自全美各地的专家组成的各个专门小组来对这些草案加以详尽的评审（Reimann，1992b）。

在这一阶段，这位负责人、他的小组以及志愿人员们所采取的最重要的行动之一是为该奖项制定一个明确的设计策略。这一策略的要素包括：

- 创建一套全国性的质量价值体系。
- 为诊断和信息交流提供一个基础。
- 为跨组织的合作提供一种载体。
- 提供一套动态的奖励制度，该制度通过一致同意的方式来得以进化和不断的改进。

这一策略得到了细致的遵循。评奖准则每年都在改变和改进。本章只着重讨论该准则当前的，亦即 1998 年准则的内容，而不再赘述其演变情况。这些准则被详尽地刊载在一本小册子上，这本小册子可以从国家标准技术研究院免费获得（美国商务部，1998）。

马尔科姆·鲍德里奇国家质量奖准则是决定获奖者和向申请者提供反馈的基础。这个准则还有其他的三个重要目的：

- 有助于提高质量绩效标准和期望水平。
- 在对于关键的质量要求和运作绩效要求有着共同的理解的基础上，促进各类组织之间及组织内部的交流与共享。
- 作为计划、培训、评估及其他用途的工具。

马尔科姆·鲍德里奇国家质量奖的核心价值　在这个评奖准则当中体现了 11 种核心价值和概念，其内容分别如下。

顾客驱动的质量　这里强调的是产品和服务的特征要能够为顾客提供价值，

实现顾客的满意和偏好。这一概念超越了满足基本的顾客要求的范畴，它还包括了对产品和服务的特征的提升以及与竞争者的差异化。顾客驱动的质量因而被描述为旨在保持顾客和获取市场份额的一个战略性的概念。

对顾客的这种关注甚至获得了美国总统的强调（乔治·布什，1993 年评奖准则，国家标准技术研究院，马尔科姆·鲍德里奇国家质量奖）：

> 在工商业中只存在着一种质量的定义，这就是顾客的定义。面对国际市场上的激烈竞争，质量意味着生存。

以下的总统发言表明，在美国对质量管理和顾客的重视已经跨越了各届政府以及政党的界限（威廉姆·J·克林顿，1998 年评奖准则，国家标准技术研究院，马尔科姆·鲍德里奇国家质量奖）：

> 质量是美国工商业实现持久不败的成功的关键要素之一。马尔科姆·鲍德里奇国家质量奖象征了美国对于实现卓越的承诺，它突出了顾客满意、员工的活性化和生产率的提高。

领导 最高层主管人员的领导作用是马尔科姆·鲍德里奇国家质量奖所强调的一个关键部分。领导者必须营造顾客导向的氛围、明确且可见的质量价值观和高的期望。这一概念强调领导者个人的参与。这种参与扩展到了社会责任和企业公民的领域，扩展到了整个员工队伍发展的领域。这一概念也强调了诸如计划、沟通、公司质量绩效评审、表彰及榜样作用等方面的活动。

持续的改进与学习 这一概念包括了在公司的各个单位、职能和工作过程中的渐进性的和突破性的两方面改进。它强调改进可以通过以下诸方面而得以实现，如增加对顾客的价值，减少差错、缺陷及浪费，改进反应和运转周期方面的绩效，改进所有资源利用的生产率和有效性，改进企业在承担社会责任和企业公民方面绩效和领导地位。

在评奖准则的最近版本中，在核心价值中所增加的学习指的是对于会导致新目标和/或新方法的变革的适应。学习和改进必须体现在组织的运作方式当中。

对雇员的重视 这一概念强调了这样的事实，即企业的成功越来越依赖于其员工的知识、技能和激励程度。雇员的成功则日益取决于能否获得学习和实践新技能的机会。公司必须通过教育、培训并提供不断成长的机会来对雇员的发展加以投资。在美国人们正在不断认识到，整个组织的绩效越来越多地依赖于员工的质量和参与。涉及员工安全、健康、福利及士气的各种因素必须成为公司持续改进目标的组成部分。

快速的反应 缩短周期时间的重要性也得到了强调。对顾客的更快更灵活的反应正在逐年成为经营管理的关键要求。对这些领域的改进通常必须重新设计工作过程、消除不必要的工作步骤，以及更好地利用技术。时间绩效的指标应当被包括在组织的质量参数当中。有关反应时间、质量和生产率的目标应当有效地整合起来。

设计质量与预防 对于以预防为基础的质量体系的重要性的强调贯穿在整个

准则当中。设计质量是决定“下游质量”的基本要素。这一概念中包含了耐错(顽健性)产品与过程的含义，也包含了由概念提出至到达顾客的时间，亦即新产品和服务的设计、开发、生产、交付给顾客所需的整个时间。

这里还包含了针对“上游”的持续改进和纠正措施。这一概念强调为了实现最大限度的节约，变更应当尽可能地在上游进行。同时还主张由设计到投产的周期时间也是竞争中的主要成功因素。为了满足快速变化的国内、国际市场的需求，企业必须将从基础研究到商品化的各项活动实行“并行工程”。

长远的视野　这一概念强调必须对企业的未来有一个长远的看法，并能够综合考虑包括顾客、员工、股东及公众在内的利害共担者。计划活动必须考虑到新的技术、顾客需求的变化、不断改变的顾客构成、新的法规要求、公众或社区的期望以及竞争者的策略等因素。还必须重视员工与供应商的长期发展，承担社会责任，以及成为模范的企业公民。

依据事实的管理　这一概念强调了必须基于可靠的数据、信息和分析来进行决策。这些数据必须准确地反映顾客的需要、欲求、期望和认知，给出所售货品及服务的准确描述，清楚地反映市场状况，精确地描绘竞争者商品及服务的允诺条件、性能水平和顾客满意情况，清楚地揭示雇员所抱怨的问题，准确地描绘成本与财务方面的事务。关于分析的作用得到了强调。这里同样也强调了将本组织的质量绩效与竞争者或行业之最进行标高分析的重要。

这一概念还强调针对整个组织的绩效指标的必要性。这些指标是货品、服务、过程及企业运作的可测量特性。它们被用于评价、跟踪和改进绩效。必须将这些指标明确地联系起来以反映企业的战略目标与各种活动之间的关系。

建立伙伴关系　在马尔科姆·鲍德里奇国家质量奖的核心价值中，强调了为实现总体的目标，建立内、外部伙伴关系的必要性。这些伙伴关系可以包括员工与管理层之间的关系，企业与关键的供应商之间的关系，与技术学院、社区学院及大学间的工作协议，与其他组织间的战略联盟等。

公司的社会责任与企业公民的角色　马尔科姆·鲍德里奇国家质量奖的核心价值与概念还强调了公司的质量体系中应反映社会责任与企业公民角色的要求。其中包括了经营伦理，保护公众健康、安全及环境。当会对健康、安全和环境造成影响时，公司的日常运作以及所售产品的整个寿命周期都应当考虑在内。质量计划应当对来自设施管理、生产、分销、运输、使用到产品的最终处置的任何负面影响都加以预先的考虑。

公司的社会责任还涉及对以下这些方面的领导和支持，如教育、资源保护、社区服务、行业及企业行事方式的改进，以及非专利性的质量相关信息、工具和概念的共享等。

注重结果　该评奖准则始终贯穿着对结果的关注。它强调业绩测量必须聚焦于关键的结果。这些结果不仅仅是财务方面的结果，还应当包括顾客、雇员、股

东、供应商和合作伙伴、公众和社区在内的所有利害共担者的利益来引导和平衡这些结果。公司的战略中应当明确地将所有利害共担者的要求包括在内。平衡的绩效测量指标体系的应用，为在组织中有效地沟通长、短期优先事项，监测实际绩效状况及配置对改进结果的支持提供了一种有效的手段。

马尔科姆·鲍德里奇国家质量奖的准则 上述核心价值和概念体现在以下七个类目（category）：

1. 领导
2. 战略计划
3. 以顾客和市场为中心
4. 信息和分析
5. 对人力资源的关注
6. 过程管理
7. 业务结果

图 14—7 清晰地描述了这七个类目的内在联系，该图登载于 1998 年的评奖准则手册中。

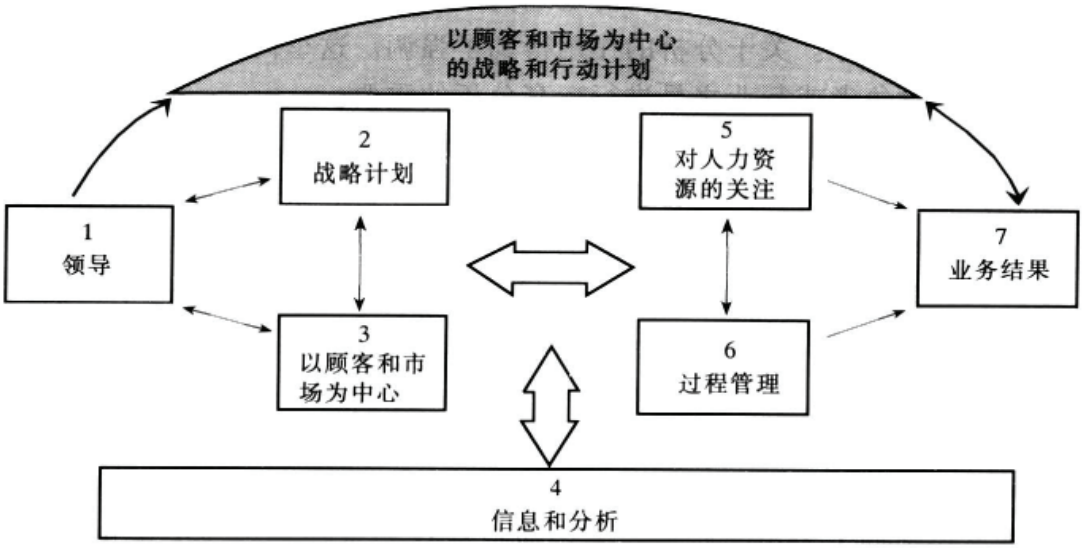


图 14—7 对马尔科姆·鲍德里奇绩效卓越框架准则的系统描述

资料来源：National Institute of Standards and Technology, 1998, p.43.

领导、战略计划以及以顾客和市场为中心代表着领导的三要素。这几个方面放在一起旨在强调聚焦于战略和顾客的领导的重要性。对人力资源的关注、过程管理和业务结果代表着结果的三要素。组织产出业务结果的工作是由公司的雇员和供应商伙伴通过其关键过程来实现的。公司所有的行动都指向着业务结果，这里的业务结果是由顾客方面的绩效结果、财务的以及非财务的绩效结果所构成的一个综合体，还包括了人力资源方面的结果和社会责任方面的结果。对于有效的管理和以事实为依据的企业业绩和竞争性改进体系而言，信息与分析起着至关重

要的作用，它构成了绩效管理系统的基础。

这七个类目被进一步细分为 20 个审查条目（item），各自对应着一个主要的要求。每一条目都针对着一个或多个关注方面（areas to addres）。总共有 29 个关注方面。表 14—1 中列出了这七个类目、20 个审查条目以及相应的分数。

表 14—1　　马尔科姆·鲍德里奇国家质量奖：1998 年绩效卓越准则

（美国商务部，国家标准技术研究院，国家质量计划，盖瑟斯伯格博士）

1995 年审查条目与分值
1.0　领导（110 分）
1.1 领导体系（80 分）
1.2 公司的责任与企业公民角色（30 分）
2.0　战略计划（80 分）
2.1 战略展开过程（40 分）
2.2 公司战略（40 分）
3.0　以顾客和市场为中心（80 分）
3.1 对顾客与市场的了解（40 分）
3.2 顾客满意与顾客关系强化（40 分）
4.0　信息和分析（80 分）
4.1 信息与数据的选择与应用（25 分）
4.2 比较性信息与数据的选择与应用（15 分）
4.3 公司绩效的分析与评价（40 分）
5.0　对人力资源的关注（100 分）
5.1 工作体系（40 分）
5.2 雇员教育（30 分）
5.3 雇员福利与满意（30 分）
6.0　过程管理（100 分）
6.1 产品与服务过程的管理（60 分）
6.2 支持性过程的管理（20 分）
6.3 供应商及合作伙伴的过程的管理（20 分）
7.0　业务结果（450 分）
7.1 顾客满意结果（125 分）
7.2 财务和市场结果（125 分）
7.3 人力资源结果（50 分）
7.4 供应商与合作伙伴结果（25 分）
7.5 公司的具体结果（125 分）
总分：1 000

资料来源：National Institute of Standards and Technology, 1998 Criteria for Performance Excellence, Malcolm Baldrige National Quality Award, Gaithersburg, MD, 1998.

审查条目所针对的这 29 个关注方面对于申请表中应当包含的信息给予了具体的说明。每一部分的注释还给出了进一步的解释与阐述。这些注释有助于申请人在面对几种可能时确定某些资料的正确填报方式。

图 14—8 是一个例子，示出了一个审查条目及其所针对的四个关注方面。

马尔科姆·鲍德里奇国家质量奖对结果的强调　在马尔科姆·鲍德里奇国家质量奖实施的前几年里，有些人觉得该奖项对于质量体系强调得过多而对于质量结果则强调得太少。康蒂（Conti，1992）在一篇尖锐的论文中对于戴明实施奖、欧洲质量奖和马尔科姆·鲍德里奇国家质量奖三者的优缺点进行了比较。康蒂对

于以体系为基础的评价的批评切中了要害。任何质量体系的有效性都必须依靠该体系所产生的结果来证明。

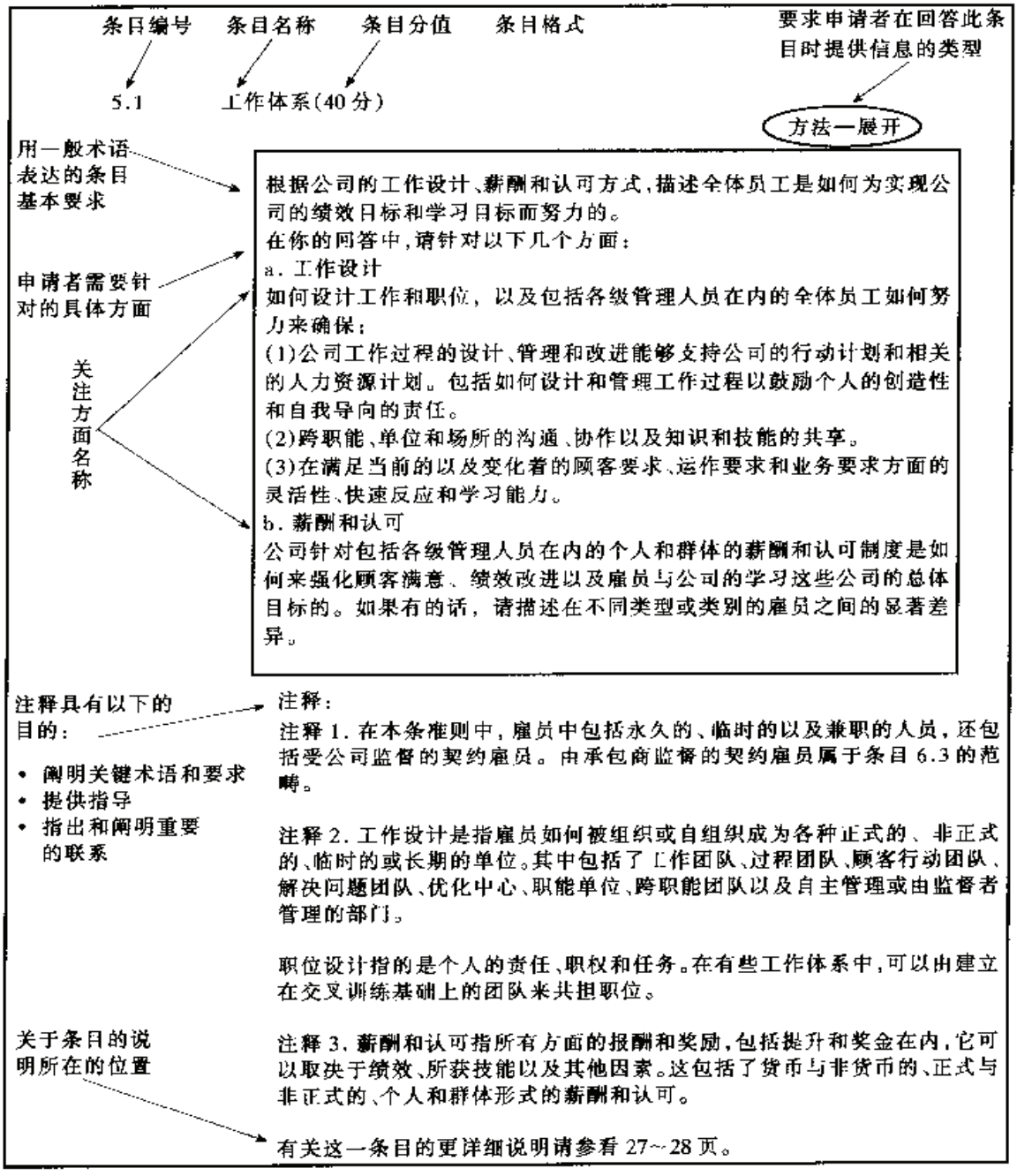


图 14—8　关注方面示例

资料来源：National Institute of Standards Technology, 1998, p.37.

康蒂指出马尔科姆·鲍德里奇国家质量奖明显地过度强调体系而忽视实际结果。而事实上，马尔科姆·鲍德里奇国家质量奖的申请者总是强调结果的，有时甚至会在申请表的不恰当的位置上插入图表和数据。评审员也几乎会在准则所要求的每一个领域去寻找结果。

然而，早些年的申请表中的语言并不明确，有可能会让人认为该申请程序对于顾客满意结果只赋予了 10% 的权重，对于内部结果也同样是 10% 而已。有些公司以及许多的评审人员都是以这种方式来解读该指南的。

1998 年的修订版绝对明确地强调了对结果的重视。类目 7 的“业务结果”一项在1 000分的总分中占到了 450 分。

实际的申请书中充满了用图、表及其他形式所表示的结果。那些获奖公司都十分精于“事实管理”，所以它们用充满事实的文件来报告自身的活动并不为奇。审查人员期望能够如此，没有具有说服力的数据支持的项目陈述很难赢得较高的分值。在经过评分的申请书中最常见的评语之一是“陈述缺乏事实的支持……”。

关于评分的另一误解是认为审查人员和裁定者会完全根据总分来对申请人作出最终决定。事实并非如此。对于所有的审查人员和裁定者来说，全部七个类目的分数赫然在目，每一单项得分都要讨论很长时间。单项得分很低的公司要想获奖绝非易事。

分值主要应用在评奖过程的早期阶段。获高分的申请被挑选出来进入合议评审阶段。合议评分之后的高分者被挑选出来进行实地考察。在经过实地考察之后，将不再计算分数。实地考察小组所获调查结果要提交给裁定者，裁定者会从考察组负责人或成员那里获取进一步的信息。在裁定这一阶段，分数将变得无关紧要且很少能用到。考察组的大量活动都集中在收集支持申请陈述的证据、核实结果以及审查支持性文件方面。这些现场考察主要关注的是结果，而非方法和展开。焦点在于考察该公司的方法是否奏效，是否在整个公司、在所有职能中都能够奏效。审查人员要验证数据、与雇员面谈，并要检查实际的运作和设施。

在实地考察中，审查人员要寻求对内、外部两方面质量的衡量。他们会衡量供应商的质量水平。他们通过与雇员面谈来确证培训、团队活动及质量改进过程的结果。他们要查看顾客满意数据、竞争评价和标高分析。他们要寻找实际的、持久的改进效果和世界级绩效的证据。

马尔科姆·鲍德里奇国家质量奖的运营　马尔科姆·鲍德里奇国家质量奖被置于美国商务部的技术主管机构国家标准技术研究院的管理之下，遵循着一套复杂的运营程序。该奖项的行政事务由美国质量协会承担。绝大部分的实际工作均由来自美国的公司、大学、政府部门、咨询机构和其他组织的数百名志愿者来进行，这些工作如对申请进行审查和评分、实地参观、裁定、制定管理程序等。这些志愿者发挥着几方面的关键作用。

指导委员会（The Board of Overseers）规模不大，其成员均是在质量管理方面建树卓越的人士。例如，指导委员会最近的主席是罗伯特·高尔文，他是摩托罗拉公司管理委员会的主席。摩托罗拉公司是马尔科姆·鲍德里奇国家质量奖的首批获奖公司之一。质量管理专家 A.V. 费根堡姆、威廉·戈罗斯基和 J.M. 朱兰均是指导委员会的成员。

指导委员会最为关心的主要是程序方面的问题。他们要确保建立起管理马尔科姆·鲍德里奇国家质量奖的适当程序，这些程序要卓有成效并能够得到不断的改进。他们对裁定者提出的程序改进建议进行审查，但不参与对申请者的具体评估和裁定。

指导委员会关注的问题包括评奖数目、奖项类别、法案修订以及在所获经验教训基础上的技术共享与转移。

审查委员会（The Board of Examiners）由200多人组成，这些人是根据技能、经验以及在同行中的声誉选拔出来的。他们不代表公司或组织，而是作为为了公众利益的志愿者来参与的。所有的审查委员会成员都要接受为期三天的严格培训，培训采取案例研究、打分训练和团队组建课程的形式。他们构成了一个遍及全美的强大的质量改进网络。

审查委员会由三类不同的人员构成，即裁定人、高级审查员和审查员。裁定人共有9名。他们对奖项运营的全过程加以监督、帮助选拔审查员、审核已评分的申请、挑选接受实地考察的组织、审核实地考察的结果。然后他们来决定哪些组织获得马尔科姆·鲍德里奇国家质量奖的提名，如果有的话。

最终的授奖决定是由商务部长在对提名组织进行进一步的背景评估之后作出的。这里的评估主要着重于考察一个组织是否面对着环境问题的指控，是否有司法诉讼或其他方面的问题。如果存在着这些问题，则部长会将该组织从推荐名单中划掉。部长不能往推荐名单中添加任何组织，对于评奖程序也不具有其他的影响力。

裁定者（Judges）主要负责监督马尔科姆·鲍德里奇国家质量奖评奖程序的每一个步骤，他们只有在审查员已经完成了许多小时的工作之后才会对实际的申请进行评审。这些评估、筛选和实地考察构成了一个基础，评奖程序便构筑在这一基础之上。

高级审查员（Senior Examiners）约有20～30位，他们扮演着关键的角色。他们是因个人的经验和技能而被选中的。许多人已担任了数年的审查员或是直接在获奖组织从事着质量管理。他们对申请进行评分并对合意评审过程进行管理。

审查员队伍有近200人。审查员为所有的申请评分，与高级审查员一道进行实地考察，为每年改进申请指南、评分过程以及整个评奖过程提供建议。

马尔科姆·鲍德里奇国家质量奖的评奖过程遵循着若干个仔细定义的步骤。首先是每年对准则、指南和整个评奖过程的改进。第二个步骤是由申请企业填报资格确认表格。申请者在参评之前必须获得资格的确认。然后每个申请者填表并提出申请。接下来参评申请会经过四个阶段的审查：

第1阶段：由至少5名审查委员会成员进行的独立评审；

第2阶段：对在第1阶段中得分高的申请者进行合议评审和评估；

第3阶段：对在第2阶段中得分高的申请者进行实地考察；

第4阶段：裁定人的审查与推荐。

审查委员会所用的评分系统在申请指南中有说明。它依据的是三个方面的评价尺度：(1) 方法；(2) 展开；(3) 结果。所有的审查项目都会要求申请者就这里的一个或多个尺度提供信息。评分指南如图 14—9 所示。

分　值	方法/展开	分　值	结　果
0%	• 看不到系统性方法的存在，只有传闻性的信息。	0%	• 在所报告领域没有结果或有些很差的结果。
10% — 30%	• 开始有了针对该项目基本目的的系统性方法。 • 由只是对问题的反应向全面改进导向转移的早期阶段。 • 在实施方面存在着会阻碍实现项目基本目标的差距。	10% — 30%	• 处于发展趋势的早期阶段；少数领域有一些改进和/或早期的良好绩效水平。 • 对申请者的关键业务要求重要的大多数领域都未报告什么太多的结果。
40% — 60%	• 有一个很好的系统性方法，针对着项目的基本目的； • 在关键领域具有基于事实的改进过程，更多地强调改进而非对问题的反应； • 在实施方面不存在重大差距，尽管某些领域或工作单位或许还会处在实施的初期阶段。	40% — 60%	• 对申请者的关键业务要求重要的大多数领域有许多改进的趋势和/或良好的绩效水平。 • 对申请者的关键业务要求重要的领域没有负面趋势的类型和/或不良的绩效水平。 • 根据相对比较和/或标高分析的评价，有某些趋势和/或当前绩效水平表现出了优势领域和/或好的及非常好的相对绩效水平。
70% — 90%	• 有一个很好的系统性方法，针对项目的全面目的。 • 有一个基于事实的改进过程以及作为重要管理工具的组织的学习与共享；明显可看出改进循环和分析所带来的优化和改进了整合性。 • 方法得到了良好的实施，没有重大差距，某些领域或工作单元的实施会有所变异。	70% — 90%	• 对申请者的关键业务要求重要的大多数领域，当前绩效达到了良好及卓越。 • 大多数改进趋势和/或绩效水平是持久的。 • 根据相对比较和/或标高分析的评价，许多及大多数趋势和/或当前绩效水平表现出了领先的领域和非常良好的相对绩效水平。
100%	• 有一个很好的系统性方法，完全满足项目的所有要求。 • 一个很强的基于事实的改进过程以及作为重要管理工具的广泛的组织的学习与共享；以出色的分析为支持的强有力的优化和整合。 • 方法得到了充分的实施，在所有领域和工作单元没有任何明显的弱点或差距。	100%	• 对申请者的关键业务要求重要的大多数领域，当前绩效都达到了卓越。 • 大多数领域都有着卓越的改进趋势和/或持久的卓越绩效水平。 • 在许多领域都有坚实的证据表明达到了行业领先和标杆水准。

图 14—9　鲍德里奇国家质量奖评分指南

资料来源：National Institute of Standards Technology 1998，p.35.

每年，当获奖公司的提名上报给商务部长后，裁定者们都会对整个马尔科姆·鲍德里奇国家质量奖过程加以评审。反馈来自审查委员会的所有成员、申请公司、评奖过程的行政主管（ASQ）、国家质量奖办公室的职员，以及其他有关的方面。所提出的改进建议都会被认真地考虑，每年的评奖准则、申请指南和评奖过程都会有许多的改变。这种持续的改进是马尔科姆·鲍德里奇国家质量奖所具有的最大优点之一。

欧洲质量奖

康蒂（Conti，1993）在其《构筑全面质量》一书中，对全面质量的体系提出了一个综合的观点。在这一富有见地的著作中，康蒂以欧洲质量奖作为全面质量的基本模型，并结合经营绩效将这一模型进行了许多的扩展。

康蒂对全面质量体系的见解很值得人们去理解。他将这一体系划分为了五个基本的子目，即管理当局的角色、公司的价值观与文化、基础架构、人力资源的参与/应用/作用、技术资源的充分性与应用。具体如图 14—10 所示。

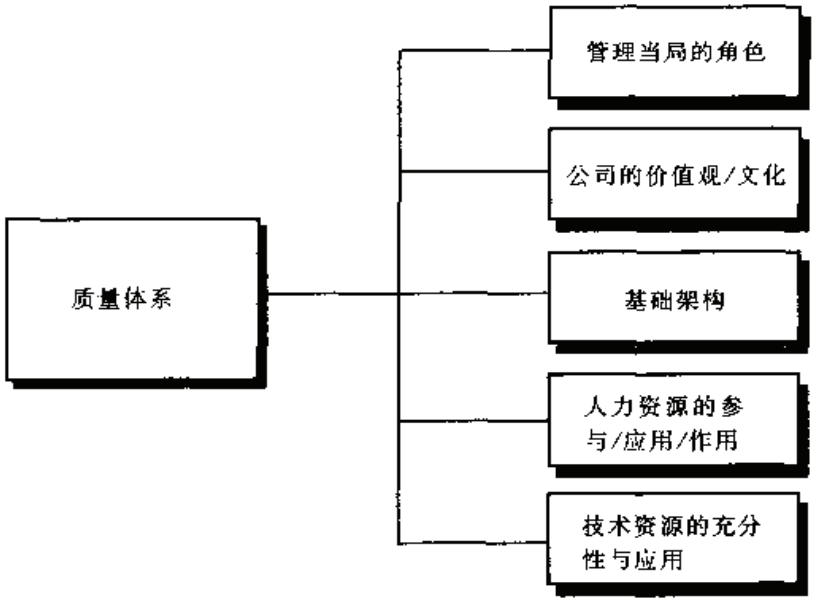


图 14—10　质量体系的第一层展开

资料来源：Conti，1993，p.112.

康蒂还建议将此模型的第一层次的准则进一步展开到第二层次的准则。他承认在这一层次上的准则的选择有很大的主观性，主要根据经验来进行。他建议不同的公司和/或不同的市场领域在应用时，必须对相应的准则给予适当的权重。事实上，某些公司可以对某些准则给予 0 权重。康蒂所提出的第二层次的准则如

图 14—11 所示。

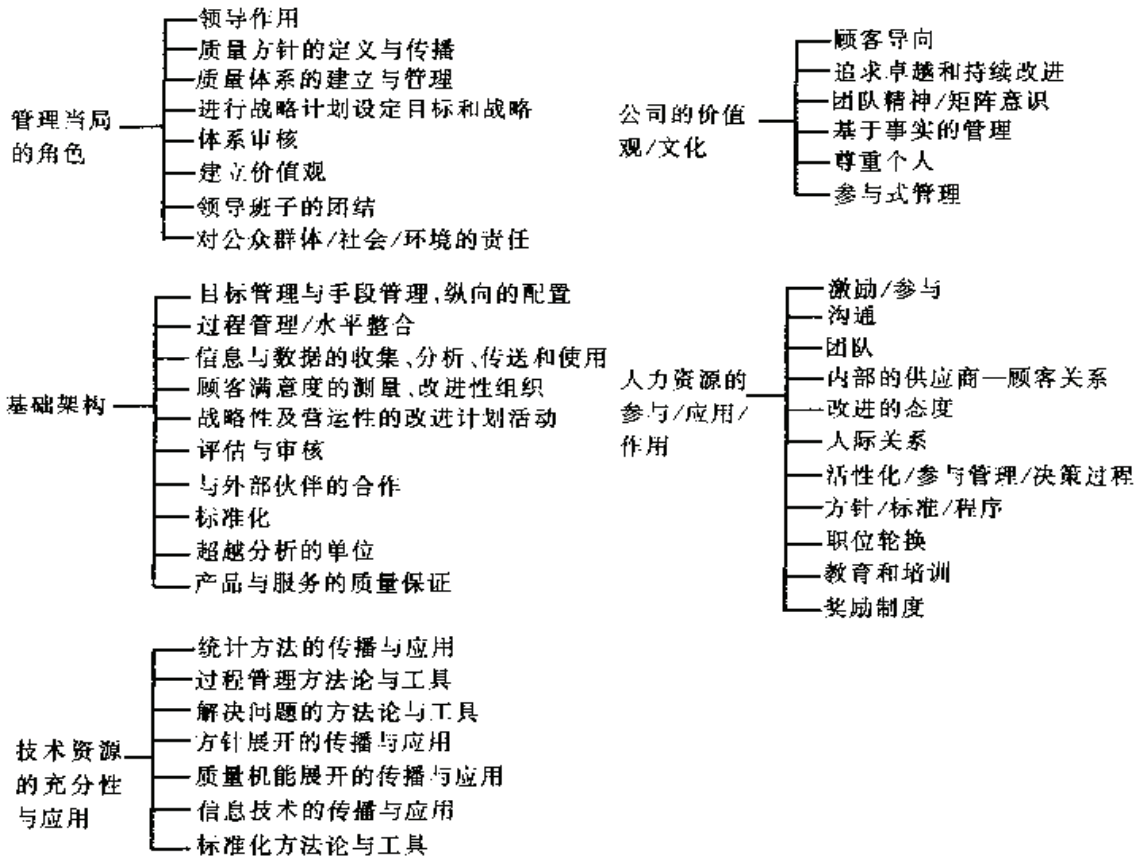


图 14—11　质量体系的第二层展开

资料来源：Conti，1993，p.113.

康蒂是创立欧洲质量奖的主要贡献者之一，因而他的模型与此奖项的模型的联系如此紧密也就不足为奇了。

欧洲质量奖（EQA）与马尔科姆·鲍德里奇国家质量奖有着许多相同的概念和准则，但这两个奖项在某些重要的方面还是有所不同。康蒂明确指出了其差异，坦率地讨论了两者的优、缺点，并将两者与戴明实施奖进行了比较。

欧洲质量奖的逻辑模型看起来一目了然（见图 14—12）。其第一要素是领导，它驱动着人员管理、方针与战略，以及资源。这些进而又驱动着所有的过程，这些过程决定了人员的满意、顾客的满意和对社会的影响。这三个方面又驱动着业务结果。

马尔科姆·鲍德里奇国家质量奖与欧洲质量奖之间的一个主要区别在于，欧洲质量奖十分重视自我评价。欧洲质量奖将自评原则作为公司申请此奖的先决要求。康蒂（1997）在其最近的著作《组织的自我评价》中对此进行了强调。

两者之间的另一差异在于，欧洲质量奖明显地漏掉了最为重要的内部结果这一栏目，康蒂认为这是欧洲质量奖的一个缺点。有人主张该奖项对内部结果的要求隐含在其他的栏目当中，但康蒂认为，“如此重要的一个栏目被漏掉或隐含在

了某些其他的栏目中，这是说不过去的。”（Conti，1993，p.289）

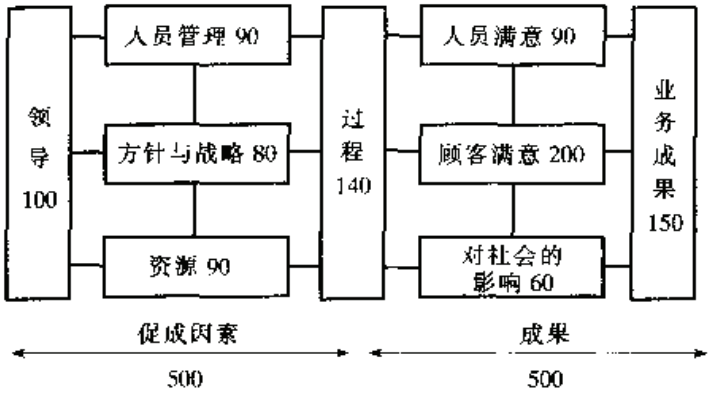


图 14—12　欧洲质量奖：评分程序

资料来源：*Leadership for the Quality Century*, Juran Institute, Inc., Wilton, CT.

两奖项之间的再一个区别在于奖项运营方式的不同。马尔科姆·鲍德里奇国家质量奖是竞争性的。在制造业、服务业和小企业这三种类别的企业中，每一类别最多只能有两家获奖。迄今为止这还没有成为一个问题，因为获奖公司的最大数目还未曾达到过。欧洲质量奖就其本质而言是非竞争性的，达到标准的每个公司都能够获得一个“嘉奖”。由最佳奖得主荣获欧洲质量奖。某种意义上这使得欧洲质量奖更具有竞争性，因为所有的公司都更渴望赢得欧洲质量奖称号而非只是一个什么“嘉奖”。

戴明实施奖

日本科学技术联盟（JUSE）的戴明实施奖对于全面质量管理的发展来说是另一个重要的贡献。近藤在其权威著作《公司范围的质量控制》一书中，阐述了戴明奖的创立和演变过程（Kondo，1995，pp.37－42）：

> 为纪念戴明对日本的友谊和贡献，在 JUSE 的提议下于 1951 年设立了戴明奖，用以促进 QC 在日本的发展。奖金最初来源于戴明的慷慨馈赠，这是他 8 天 QC 讲座的讲义稿酬和他的《抽样理论》一书的日文版税，另外还有一些其他的捐款。

戴明奖有两种类别，分别是针对个人的戴明本奖和针对公司或公司的分部的戴明实施奖（Kondo，1995，p.38）。

> 戴明实施奖授予那些以统计方法为基础，通过熟练实施 CWQC（公司范围的质量控制）而取得了杰出的结果，且在将来能够持续如此的那些公司。此处的 CWQC 被定义为“依据顾客导向的原则，通过充分考虑公众利益，以经济的方式设计、生产、提供满足顾客质量要求的产品和服务的活动”。

在戴明实施奖诞生后的 40 多年间，其评奖准则及运营方式经历了大量的修订和改进。戴明实施奖是非竞争性的，每一个申请被接受的公司都有可能获奖。审查人员由 JUSE 从一个小规模的学者群体和一些非营利性组织的杰出专家中挑选，他们对于质量管理有着深刻的且基本一致的理解(Conti，1993，p.286)。

康蒂就戴明实施奖的评奖模型给出了一个简要的第一层次展开的图示，对第二层次的展开也给出了一个例子（见图 14—13 所示）。

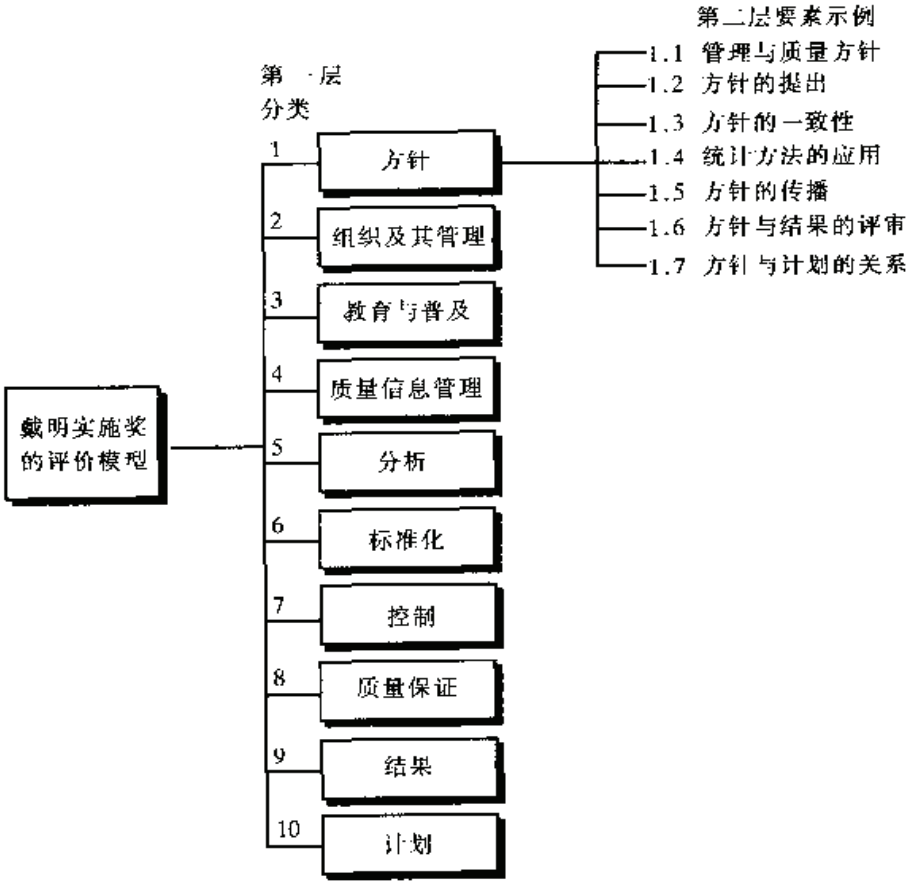


图 14—13　戴明实施奖

资料来源：Conti，1993，p.281.

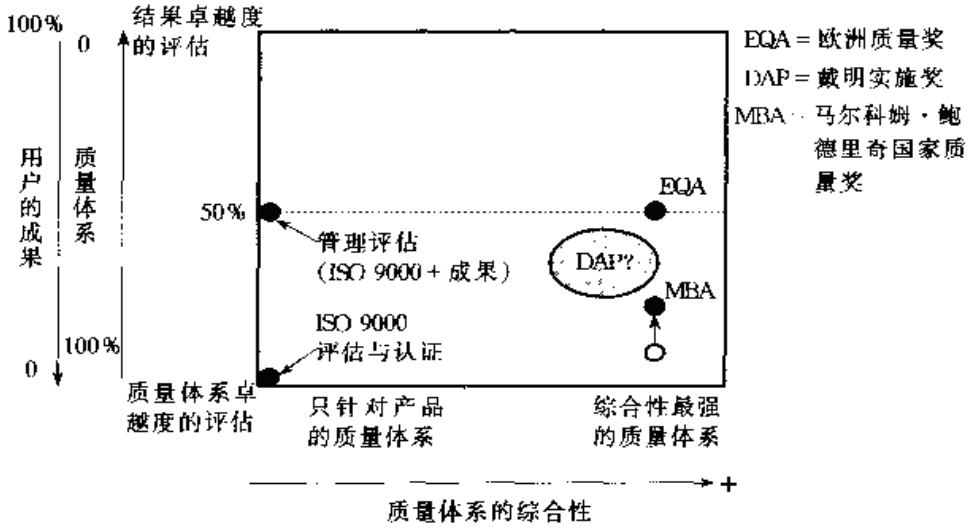
马尔科姆·鲍德里奇国家质量奖与戴明实施奖之间存在着若干差异。每年能够获得戴明实施奖的公司数目不存在限制。戴明实施奖比鲍德里奇奖更强调统计方法的应用。它由参评公司自己决定何时来接受一个客观的评估，以审查公司的活动是否达到了戴明实施奖的审查合格水平。在接受正式审查之前，通常企业会提前 4～5 年聘请来自 JUSE 的一个咨询小组为自己提供持续的指导。

近藤指出，戴明实施奖与马尔科姆·鲍德里奇国家质量奖之间的一个主要区别在于，鲍德里奇奖的申请者必须满足的审查条目清单更为详尽，多达 23 页。为了回应来自世界各地的要求，戴明奖委员会在 1984 年制定了新的规定，使得来自日本以外的申请成为可能。1989 年佛罗里达能源和照明公司成为第一个获

得戴明奖的海外公司，这是美国的一家电力行业的公用事业公司；飞利浦台湾公司于 1991 年成为了第二个获得戴明奖的海外公司；1994 年 AT&T 公司能源系统部成为了第三家海外的获奖者。

国家/国际质量奖与国际标准的比较

过去几年有大量的关于 ISO 9000 系列标准与马尔科姆·鲍德里奇国家质量奖、戴明实施奖和欧洲质量奖的比较。其中有康蒂（Conti，1993，p.283）所进行的比较（见图 14—14）。ISO 9000 系列标准在第 11 章中有详细的讨论。



14—14　奖项、评估与 ISO 标准的比较

资料来源：Conti，1993，p.283.

在康蒂的图中，ISO 9000 系列标准所给出的质量体系卓越度评价和认证位于 x 轴的最左端。也就是说，ISO 的体系只着重于产品，是一种综合性程度最低的体系。它在 y 轴上也位于最下方，表明只评价体系而不评价结果的卓越度。

康蒂认为，马尔科姆·鲍德里奇国家质量奖、戴明实施奖和欧洲质量奖在质量体系的综合性程度上大体相当，但欧洲质量奖对于结果更为重视一些。在康蒂的比较之后，马尔科姆·鲍德里奇国家质量奖已经变得更为重视结果，或许已相当于欧洲质量奖的水平。

再造、六西格玛以及全面质量管理的其他延伸形式

过去几年里出现了许多对全面质量管理的重新定义。TQM 已经成为许多不

同的概念、方法和工具的一个包容性的术语。新概念产生后，通常便被作为基本内容的延伸而追加进去。有时，这些新的概念和工具的创造者会努力地标新立异，力图将他们的思想与 TQM 区分开来。但大多数领先的公司会不断地将新方法与成功的老方法整合起来，并及时舍弃掉那些已不再适应的东西。

几年前，再造被极力宣称为不同于 TQM 的方法。有些公司的确在质量部门或持续改进部门以外创建了专门的再造部门。但这些努力不久便销声匿迹了。第 6 章“过程管理”中详细讨论了业务过程管理、业务过程质量改进以及再造的由来。

最近一段时间以来，人们对于“六西格玛”和“黑带”质量培训表现出日益增长的重视。六西格玛的概念是由摩托罗拉公司最初于 20 世纪 80 年代提出的，用以描述其将制造品缺陷减少到百万分之几的努力。后来，摩托罗拉将六西格玛的概念拓展到了业务过程和服务领域。摩托罗拉允许一个过程的平均漂移可以达到 1.5 个标准差，因此它的六西格玛这一术语实际上设定的目标在 4.5 个标准差上，这也相当于百万分之 3.4 的比率。

其他公司也采用了摩托罗拉以及其他领先公司的理念并加入了各自的内容，六西格玛变成了“一种旨在近乎完全消除每件产品、过程和交易中的缺陷的活动”（Tomkins，1997，p.22）。它已经成为了用于改进所有类型的产业和业务部门的运作的一种构造良好的定量方法。六西格玛方法对于许多具有成功的全面质量管理体系的领先公司而言会感到十分的熟悉，但那些过去只是稍微涉足质量管理的公司却会感到非常新鲜。

六西格玛过程的基本步骤非常类似于第 5 章“质量改进过程”和第 4 章“质量控制过程”所讨论的质量改进过程和质量控制过程。其五个基本步骤通常被解释为定义、测量、分析、改进和控制。这一活动的实施强调公司最高层的领导。对许多公司来说，这意味着在强调 CEO 的作用，如通用电气公司的杰克·韦尔奇，摩托罗拉的鲍勃·高尔文，还有联合信号公司的拉里·博西迪。实施过程要落实到每一个管理层次上，要建立起明确的责任（Hoerl，1998，p.36）。

像许多其他的质量举措一样，六西格玛主要关注降低成本和浪费、改进产出、改进产能以及缩短运转周期。它对于满足顾客需要给予了高度的重视。所有组织都会努力把握每种活动的财务效果。开展六西格玛活动的这些公司也要建立明确的绩效测量指标以衡量在成本、质量、产出和产能等方面的改进程度。财务数字是绝对必需的。所实施的这类项目通常会获得 5 万美元～10 万美元的成效。

六西格玛方法与许多全面质量管理活动的另一区别之处在于它要求指派专职人员。它要求认真选拔团队的牵头人和推动者（通常称为“黑带”和“教头黑带”），且他们 50%～100%的工作时间要用在改进项目上。对这些人员的培训十分严格，通常有 4～5 周严格的定量化的培训（Hoerl，1998，p.36）。有些公司的新“黑带”培训时间实际上会长达 6 个多月。

在过去几年里，有许多其他的概念、方法和工具已经成为了整个全面质量管理理念体系的一部分。这些概念中的许多已经成为了本手册的一部分。数千年来，组织一直都在试图了解他人成功的秘密，但只是在过去几年，标高分析才成为一个常用（有时是误用）的管理工具。第 12 章讨论了标高分析的内容。质量保证体系已经实现了标准化，第三方评价也已经变得十分普遍。第 11 章讨论了这些进展。组织将质量体系扩展到了它们的供应商，扩展到了创造真正的顾客/供应商关系的运营当中。这些扩展是第 21 章所讨论的内容。顾客服务、顾客满意和顾客忠诚已经成为所有质量体系的关键要素。第 25 章讨论了许多这方面的新进展。为了将质量管理扩展到信息系统中而开发出了许多新方法和新工具。第 34 章对此进行了讨论。

参考文献

Byrne, John A. (1996). "Strategic Planning." *Business Week*, New York, Aug. 26.

Conti, Tito (1993). *Building Total Quality*, Chapman and Hall, London.

Conti, Tito (1992). "A Critical Review of the Current Approach to Quality Awards." *Proceedings of the EOQ Conference*, Brussels, June, pp. 130 - 139.

Deming, W. Edwards (1993). *The New Economics For Industry, Government, Education*, Massachusetts Institute of Technology, Center for Advanced Engineering Study, Boston.

Deming, W. Edwards (1982). *Out of the Crisis*, Massachusetts Institute of Technology, Center for Advanced Engineering Study, Boston.

Endres, Al C., and Godfrey, A. Blanton (1994). "The Evolution of Quality Management Within Telecommunications." *IEEE Communications Society Journal*, October.

Fromm, Bill, and Schlesinger, Len(1993). *The Real Heroes of Business and Not a CEO Among Them*, Currency Doubleday, New York.

Garvin, David A. (1991). "How the Baldrige Award Really Works." *Harvard Business Review*, Nov.-Dec., pp. 80 - 93.

Godfrey, A. Blanton (1998). "Hidden Costs to Society." *Quality Digest*, vol. 18, no. 6, June, p. 18.

Godfrey, A. Blanton (1997). "A Short History of Managing for Quality in Health Care." *The Handbook for Managing Change in Health Care*, Chip Caldwell, ed., ASQ Quality Press, Milwaukee, pp. 1 - 9.

Godfrey, A. Blanton (1995). "The Malcolm Baldrige National Quality Award: Seven Years of Progress—7000 Lessons Learned." *Best on Quality*, vol. 5, Quality Press, Milwaukee, pp. 27 – 68.

Godfrey, A. Blanton (1992). *Testimony on the Malcolm Baldrige National Quality Award before the SubCommittee on Technology and Competitiveness of the Committee on science, Space and Technology*. U. S. House of Representatives, February 5, U. S. Government Printing Office.

Godfrey, A. Blanton (1992). "Malcolm Baldrige National Quality Award—The Spark of the Quality Revolution," *Electronics Buyers News*, January.

Godfrey, A. Blanton, and Myers, Dale H. (1994). "Self-Assessment Using the Malcolm Baldrige National Quality Award." *Proceedings of the First European Forum on Quality Self-Assessment*, March 3 – 4, Milano, Italy, pp. 67 – 77.

Hamel, Gary, and Prahalad, C. K. (1994). *Competing for the Future*. Harvard Business School Press, Boston.

Hammer, Michael (1996). *Beyond Reengineering*, Harper Business Division of Harper Collins Publishers, New York.

Hammer, Michael, and Champy, James (1993). *Reengineering the Corporation*, Harper Collins, Inc., New York.

Hoerl, Roger W. (1998). "Six Sigma and the Future of the Quality Profession." *Quality Progress*, vol. 31, no. 6, June, pp. 35 – 42.

Juran, J. M. (1995). *Managerial Breakthrough, 30th Anniversary Edition*, McGraw-Hill, Inc., New York.

Juran, J. M. (1992). *Juran on Quality By Design*, Free Press, New York.

Juran, J. M. (1989). *Juran on Leadership for Quality—An Executive Handbook*, Free Press, New York.

Juran, J. M. (1964). *Managerial Breakthrough*, McGraw-Hill, Inc., New York.

Juran, J. M., and A. Blanton Godfrey (1990). "Worker Participation—Developments in the USA." *Proceedings of the International Congress of Quality Control Circles*, Tokyo, November.

Juran, J. M., and Godfrey, A. Blanton (1990). "Total Quality Management (TQM)—Status in the U. S." *Proceedings on the Senior Management Conference on TQC*, JUSE, Tokyo, November.

Juran, Joseph M., and Gryna, Frank M. (1993). *Quality Planning and Analysis*, 3d ed., McGraw-Hill, New York.

Juran, Joseph M., and Gryna, Frank M., eds. (1988). *Juran's Quality Control Handbook*, 4th ed., McGraw-Hill, New York.

Kano, Noriaki, and Koura, Kozo (1991). "Development of Quality Control Seen Through Companies Awarded the Deming Prize." *Reports of Statistical Application Research*, Japanese Union of Scientists and Engineers, vol. 37, nos. 1－2, 1990－1991, pp. 79－105.

Kondo, Yoshio (1995). *Companywide Quality Control: Its Background and Development*, 3A Corpration, Tokyo.

Kondo, Yoshio, Kume, Hitoshi, and Schimizu, Shoichi (1995). "The Deming Prize." in *The Best on Quality: Targets, Improvement, Systems*, Quality Press, Milwaukee, vol. 5, pp. 3－19.

National Institute of Standards and Technology (1998). *1998 Criteria for Performance Excellence*, Malcolm Baldrige National Quality Award, Gaithersburg, MD.

National Institute of Standards and Technology (1992). *1992 Criteria for Performance Excellence*. Malcolm Baldrige National Quality Award, Gaithersburg, MD.

One Hundredth Congress of the United States of America (1987). "The Malcolm Baldrige Quality Improvement Act of 1987." *H. R. 812*, *Federal Register*, January 6.

Peppers, Don, and Rogers, Martha (1993). *The One to One Future: Building Relationships One Customer at a Time*, Currency Doubleday, Now York.

Peterson, Donald (1992). "How Donald Peterson Turned Ford Around," Interview in *Boardroom Reports*, New York, June 15.

Peterson, Wayne (1992). *Testimony on the Malcolm Baldrige National Quality Award before the Sub-Committee on Technology and Competitiveness of the Committee on Science, Space and Technology*, U. S. House of Representatives, U. S. Govermment Printing Office, Feb. 5.

Port, Otis (1998). "Quality Claims Its Own Bull Market." *Business Week*, March 16, p. 113.

Reichheld, Frederick F. (1996). *The Loyalty Effect*, Harvard Business School Press, Boston.

Reimann, Curt W. (1992*a*). *Testimony on the Malcolm Baldrige National Quality Award before the Sub Committee on Technology and Competitiveness of the Committee on Science, Space and Technology*, U. S. House of Representatives, U. S. Government Printing Office, Feb. 5

Reimann, Curt W. (1992*b*). "The First Five Years of the Malcolm Baldrige National Quality Award." *Proceedings of IMPRO 92*, Juran Institute, Inc., Wilton, CT,

November 11 – 13.

Sörqvist, Lars (1998). "Poor Quality Costing." Doctoral Thesis No. 23, Royal Institute of Technology, Stockholm.

Starr, Martin K., ed. (1988). *Global Competitiveness—Getting the U.S. Back on Track*, W.W. Norton, Now York.

Sugiura, Hideo (1992). "Productivity in the Work Place: The Honda Story." International Productivity Congress, Asian Productivity Organization, Tokyo.

The TQM Committee (1997*a*)"A Manifesto of TQM (1) — Quest for a Respectable Organization Presence." *Societas Qualitas*, vol. 10, no. 6, Jan./Feb.

The TQM Committee (1997*b*) "A Manifesto of TQM (2) — Quest for a Respectable Organization Presence." *Societas Qualitas*, vol. 11, no. 1, Mar./Apr.

The TQM Committee (1997*c*) "A M anifesto of TQM (3) — Quest for a Respectable Organization Presence. *Societas Qualitas*, vol. 11, no. 2, May/June.

The TQM Committee (1997*d*) "A Manifesto of TQM (4) — Quest for a Respectable Organization Presence." *Societas Qualitas*, vol. 11, no. 3, July/Aug.

Tomkins, Richard (1997). "GE Beats Expected 13% Rise." *Financial Times*, October 10, p. 22.

U.S. Department of Commerce (1998). *1998 Criteria for Performance Excellence*. National Institute of Standards and Technology, National Quality Program, Gaithersburg. MD.

Wadsworth, H. M., Stephens, K. S., and Godfrey, A. B. (1986). *Modern Methods for Quality Control and Improvement*, John Wiley and Sons, New York.

Waltari, Mika (1949). *The Egyptian*, Werner Söderström Osakeyhtiöm, Helsinki.

Yasuda, Yuzo(1991). *40 Years, 20 Million Ideas: The Toyota Suggestion System*, translated by Fredrich Czupryna, Productivity Press, Cambridge, MA.

(李朝霞 译)

第 15 章

人力资源和质量[①]

W.R. 加伍德（W.R.Garwood）
加里·L·哈伦（Gary L.Hallen）

人力资源与顾客满意
本章目的及对人力资源的定义
人力资源、全面质量管理（TQM）及企业成功
雇员参与、活性化与 TQM
人力资源和健康的人际关系
健康的人际关系：构成
公开的沟通
信任
职业的稳定性
绩效评价与指导
工作和组织的设计原则
将工作设计得使雇员、组织和顾客达到最大的满意
设计一种促进所有层次的雇员高度参与持续改进的系统
活性化的高绩效组织的主要特征
管理层在支持活性化组织中所起的作用
活性化的管理者与传统管理者的角色对比
雇员的选拔
对雇员的要求
选拔过程
向参与式工作环境的转变
全面质量组织中的培训
培训将形成能力
培训的有效性
培训有效性的衡量
为实现高绩效全面质量环境的培训
人员与全面质量系统的整合
构建技术方面的技能
培养社会技能以实现更好的人际交互作用
衡量成功的关键指标
积极地强化
绩效管理的定义及关键要素
积极强化的例子
内在激励
人力资源会成为最有效的持久竞争优势
参考文献

① 在本手册的第四版中，有关人力资源的材料是由爱德华·M·贝克所提供的。

人力资源与顾客满意

本章目的及对人力资源的定义　本章旨在讨论成功的组织据以有效地管理人力资源以实现优质产品（包括服务在内）的那些概念、结构、方法和工具。

“人力资源”这一术语在本章中意指人员以及所有相关的网络和结构的集合，人们在这样的网络和结构中共同工作而形成对质量的综合贡献。该术语中包含了遍及整个组织中的所有人际关系。（应当指出的是，“人力资源”普遍地被用作了过去所称的“人事部”这一部门的名称。有时也用来表示该部门的主要工作内容。在本章中不使用这些含义。）

人力资源在许多特性上不同于诸如资金、设备这些硬性资产，其中蕴涵着一种热切的精神，当人们懂得如何高效工作时，这种精神将会极大地促进组织中的持续改进活动。

人力资源、全面质量管理（TQM）及企业成功　大量事实说明，企业的成功与质量是密不可分的，而 TQM 则是实现这两方面目标的一种明智的战略。美国总审计局是美国政府运作状况的法定审计者，它曾对 20 家公司作过一项评估，这些公司都是马尔科姆·鲍德里奇国家质量奖的高分申请者（U.S.General Accounting Office，1991）。高分值的业绩意味着 TQM 在这些公司中的成功推行。研究表明，就受调查的相当一部分公司而言，质量的提高（表现在许多方面）及财务绩效的改善与推行 TQM 密不可分。

直接与人力资源相关的主要的 TQM 要素（如马尔科姆·鲍德里奇国家质量奖以及世界上其他主要的国家的和区域性的质量奖准则中所体现的那样）及其相应的鲍德里奇分值如下：

4.1 人力资源计划与评价	20‰
4.2 高绩效工作系统	45‰
4.3 雇员的教育、培训与发展	50‰
4.4 雇员的福利与满意	25‰
6.3 人力资源方面的成果	35‰

鲍德里奇奖中的其他每一项指标的实现在很大程度上都依赖于管理良好的人力资源，尤其是有关顾客满意的这些项目就更是如此。顾客的满意在很大程度上取决于组织与顾客的接触、服务以及产品的提供。

雇员参与、活性化与 TQM　全面质量管理促进了组织对于改进活动的重视。雇员参与是 TQM 的组成部分之一。一项对《财富》1 000家公司的调查表明，这些公司中的 80% 将雇员参与看做是 TQM 的组成部分，而仅有 20% 的公司将 TQM 视为其雇员参与活动的一部分。

雇员的活性化（empowerment）是雇员参与的一种高级形式。活性化是这样一种状态，在这种状态下，雇员在规定的限度内拥有作出决定和采取行动的知识、技能、职权以及意欲。雇员对其行动的后果以及对企业成功所作贡献承担责任。

在一个活性化的组织中，雇员将采取行动去应对他们每天面对的需要和机会，这些需要和机会涉及顾客满意，安全生产，产品和服务的质量与价值，环境保护，业务成果，过程、产品和人员的持续改进。在这样的活性化的组织中，当雇员活性化的潜能得以充分实现时，雇员的目标与更高层次的组织目标是一致的，他们拥有必要的职权和机会来使自己的贡献最大化，他们有能力采取适当的行动，他们会全身心地投入于实现企业使命的事业当中，他们也拥有实现目标所必需的手段。因此，活性化这一概念可以用以下这一方程来描述：

活性化＝协调一致×职权×能力×投入

协调一致 雇员要能够与组织的更高层次的目标步调一致，他们必须：

- 了解顾客以及其他利害共担者的需要；
- 了解、认同组织的战略、目标和计划并准备为之而努力。

职权与机会 雇员要能够拥有必要的职权和机会以使其贡献最大化，组织必须以适当的方式安排其事务以实现：

- 个人的职权、责任和能力相一致；
- 去除阻碍职权成功实施的障碍；
- 确保必要的手段和支持。

利兹-卡尔顿（Ritz-Carlton）酒店公司授权每位雇员在现场处理顾客碰到的问题以实现顾客的满意时，可支配高达2 000美元的金额。（这一活性化的例子非常频繁地为那些工作在前台的雇员所引用。）在沃尔特·迪斯尼世界以及其他的迪斯尼设施中，演职人员（迪斯尼对其“员工”的称呼）被授权可以为顾客更换丢失的门票、洒掉的食物以及损坏的纪念品，即使这些损毁是由顾客造成的。在利兹-卡尔顿酒店和迪斯尼公司中，这样的活性化被视为使顾客满意和强化雇员对公司的愿景、使命和价值观的认识的直接手段。从这种意义上而言，当雇员拥有解决这类顾客问题的职权和能力时，他们将获得一种作为组织的主人翁的感觉。

能力 让没有相应能力的雇员来采取某些行动，将是很危险的。例如，伊斯曼化学公司的经验表明，由那些未曾接受过适当的反馈技能培训的雇员所作的同事反馈听起来会特别刺耳且无建设性。如果雇员不知道应采取何种行动或如何采取行动，组织的目标就不可能实现。因此，雇员必须具有实现相应目标的能力。被激活的雇员懂得如何去做那些应做之事，并且拥有完成这些事情的信息和技能。

培训是开发雇员能力的重要手段。例如，在利兹－卡尔顿酒店，所有新员工在上岗面对顾客之前，都要接受48小时的入职培训。在工作21天后，还有一个

4 小时的后续培训，主要是对照公司的愿景来回顾和讨论这 21 天的经历。他们的愿景是："我们是服务于绅士、淑女的绅士、淑女"。

投入　投入（commitment）是一种精神状态，这种状态体现在当雇员承担起实现成功的责任，并采取主动时。例如，联邦快递公司的一个装有各种文件的包裹本应于周六上午 10 点之前由佛罗里达送达纽约奥尔巴尼，经对方签署后于周一下班前返回。但当地联邦快递的事务所将包裹放错了位置直到周一的下午才发现。一位从家里被叫来送货的司机及时送达了包裹，并自觉等着文件签署完毕装好之后将其带回了联邦快递的事务所，以保证其在下班之前及时踏上归途。

组织通过持续地强调雇员是其最宝贵的成员，并借助于适当的表彰和奖励，而获得雇员们的全身心投入。

人力资源和健康的人际关系　人力资源管理的最直接目标是在整个组织中实现健康的人际关系。健康的人际关系是开放的、积极的并且高效的。健康的人际关系会促进雇员的主人翁意识，实现良好的企业业绩，甚至会带来戴明所说的"工作场所的愉悦"（Deming，1986）。总而言之，在一种健康的人际关系的环境中，将会更容易实现组织的其他目标。

健康的人际关系：构成

许多组织多年后才认识到，一个成功的全面质量体系必须在组织中营造起一种特殊的文化以保持持续的改进。20 世纪七八十年代的文献对于有利于全面质量体系的文化和会阻碍全面质量管理活动的文化分别进行了描述。戴明在其著作中对这些文化进行了讨论，构成了他所提出的 14 点的基础（Deming，1986）。朱兰论述了诊断工作在一个开放系统中的重要性（Juran，1989）。今井主张"在全面质量管理（TQC）中，首先且最值得关注的是人的质量。塑造人的质量对于 TQC 而言是至关重要的。（一个组织）能够将质量注入其人员中的话，生产优质产品的征程就已经成功了一半"（Imai，1986）。他强调工人们不仅要使用他们的双手，更要运用他们的头脑。今井比较详细地讨论了变革公司文化这一主题，主张这种变革应促使每个员工积极地参与到持续改进当中，以促进组织竞争力的提高。

通过实践这些认识，世界各地的组织大大加速了全面质量体系的发展。在马尔科姆·鲍德里奇质量评价准则中，这些文化因素得到了极大的重视。人们辨识出了一些有利于促进全面质量体系的构成，它们是公开的沟通、信任、职业稳定性、绩效考评与指导。

公开的沟通　雇员必须能够毫无阻碍地获取有关的信息。在斯普林菲尔德再制造公司（Springfield Remanufacturing），"公开账本的管理"成为其强调的重

点，其中包括了对公司财务绩效的坦诚且制度化的公布。这一想法在于让每位雇员明白公司所考核的计分卡，并且让每个人为计分卡所要求的绩效做出贡献。

沟通必须做到明确、及时、可信，并且以数据和事实为依据。雇员们必须掌握那些以往曾被认为与其工作无关、“没必要了解”的信息。这些信息包括产品成本、能耗成本、资金的时间成本、浪费的程度、浪费的价值、顾客满意与不满的程度、人均成本、收益压力等等。在一个全面质量体系中，雇员被期望成为过程的主管、问题的解决者以及决策者。这种公开的沟通之所以必要，是由于雇员的日常决策必须要有信息。没有这些信息他们将很难担当自身的角色。

活性化的组织中的成员必须清楚地理解组织的愿景、使命与目标。在阿拉斯加锡特卡的芒特埃奇克姆学院，全体师生都参与了学院愿景的制定。与此相似，伊斯曼过滤器产品事业部的600多名雇员提出了4 500多条建议以帮助建立该事业部的使命、愿景、原则和价值观，这些东西在许多年以后都仍然在使用着。由于这种参与，雇员们才能理解这些东西，并以主人翁的态度监督着所采取的各种行动，以使其能够与组织的使命与愿景相一致（Hoogstoel，1996）。

组织的愿景、使命和目标应由最高管理层加以明确的定义，并将之清晰地传达至整个组织当中。相关的问题也应当加以沟通，如将来由于改进而使得一项工作不再需要，这时公司在雇佣方面会如何处理等。当经理们采取措施来打消恐惧、建立起以数据为依据的决策程序以及共享经营目标与成果的习惯时，这种公开的沟通就会得以实现。在戴纳（Dana）公司，各经营单位的经理们每季度都会同全体雇员开会来讨论目标，并对照这些目标来评价该季度的结果。在田纳西州士麦那的日产公司的工厂中，工厂经理每周一次利用中午时间与雇员小组会面，向他们传达一些有必要沟通的事情。在日产公司，各部门每个季度都要召开全体员工参加的业务会议，讨论绩效状况、成本以及其他的经营目标。

消除恐惧 来自雇员的建议和反馈是非常宝贵的。但这些建议和反馈惟有当员工们觉得不致受到反复无常的管理当局的责备、报复或其他的后果影响时才会得到。伊斯曼化学公司放弃其传统的绩效评估制度的原因之一，是有些员工表示他们害怕如果在正在形成的团队环境中与他人分享想法，将使自己难以获得平均以上的评分。他们担心自己的意见会被人嘲讽或被视为“麻烦制造者”。无论有无根据，管理层会视意见为叛逆的这样一种恐惧是一种可怕的障碍，它阻碍着雇员提出建议、挑战现状以及提出准确而真诚的反馈。组织中的这类恐惧会抑制雇员提出改进建议，他们会担心这样的建议会被管理层视为对现行管理的批判。恐惧也会阻碍人们改进效率，他们或许会认为这样的改进将使他们失去饭碗。自然地，出错的雇员会因害怕惩罚而掩盖其错误，如将不合格的产品流入到顾客手中。

戴明曾强调过驱除恐惧的重要性，惟有如此每个人才能够不惧后果地“表现出他们的最佳绩效”（Deming，1986）。有些组织采取了积极的举措，鼓励雇员通

过质疑结果、挑战旧的程序以及对管理方式提出疑问等方式来促进系统的改进。

人们估计有 80% 以上的质量问题是由于管理措施而引起的（其余的可归因于员工差错所致）。这意味着有 80% 以上的问题其根本原因会归结到管理领域中，如系统、程序、方针、设备等，这些都属于管理可控的因素。对于许多传统的经理而言，这种对问题的探究会使人如坐针毡。可能导致的困窘或许会超过以往所能忍受的限度。有意或无意地，这些经理们会作出阻碍问题解决团队活动的反应，导致团队不敢再继续深入下去。因此，要用公开的沟通来取代这些恐惧，就必须付出巨大的努力，必须进行文化上的变革。

以数据为依据　当雇员们掌握了充分的数据和事实时，他们就能够充分地参与，并实现顾客的满意和持续的改进。为了能够找出问题的根本原因，评估可能的解决方案，实现过程的改进，雇员们必须知道有关成本、次品率、生产及服务能力等相关因素的数据和资料。以数据为依据使得决策更加客观并且克服了个人色彩。员工们需要能够容易地获取这些数据。他们也需要培训和指导以理解这些数据的含义。为了作出正确的解释和决策，他们必须懂得并能够运用诸如变异理论这样一些统计概念。

在伊斯曼公司，每一个团队都拥有一套关键的结果指标，这些指标作为成功的关键量度而得到了管理层的批准。这些指标被标示于图表上，雇员有能力对其绩效状况采取措施。他们拥有完善的管理信息系统，所有的员工，无论是在实验室还是在工作站，都能够访问这些数据。

变异、一般原因、特殊原因、根本原因等这些概念构成了全面质量体系的核心概念。许多组织尽管付出了很大的努力，但却未能在解决问题方面取得成功，原因便在于他们缺乏对这些概念的理解。在认识到这一点之后，美国的公司大大加强了在统计分析技能以及解决问题的技能方面的培训。1993 年对《财富》1 000家公司进行的一项调查表明，这些领域的培训在 1990—1993 年间有了成倍的增长。

计算机方面的能力对于数据导向起着关键的作用。在活性化的组织中，雇员拥有计算机方面的能力是颇为普遍的。电子邮件、对图书馆数据的直接访问、分析软件以及其他的计算机方面的沟通手段大大强化了雇员访问数据、分析数据的能力。

在 TQM 活动开展良好的组织中，雇员解决问题团队系统、持续地改进着他们的过程。他们必须对过程提出问题，收集数据，通过分析数据以找出问题答案并消除缺陷。必须对团队加以培训以使他们学会提出问题、收集数据以及分析数据找出答案。由于训练有素且实现了活性化，这样的团队能够产出同业最佳的质量水准。无论制造业、服务业还是政府机构，以数据为基础是所有成功组织的共性。

在伊斯曼化学公司，工人们向鲍德里奇奖审查员以及成百上千的参观者们解

释他们如何定期收集和分析数据以理解并改进他们的工作。通常人们会不相信一般人能够学会做这样复杂的事情。但事实上，“一般人”可以做到，甚至会做得更好。但要促进这种广泛且高效的团队活动，就必须进行组织的变革，这一点将会在本章中详细论述。

共享经营目标与成果 自主的改进活动是一种“主人翁”行为。要真正感到自己是主人翁并能以主人翁的方式行事，雇员就必须了解企业的目标，亦即那些关于销售额、成本、收益、顾客满意等方面的目标。他们也必须清楚地知道自己的工作是如何对实现这些目标做出贡献的。进一步地，他们还应知道组织的这些目标实现得如何，他们必须清楚经营成果的状况才会持久地关注这些目标。

信任 信任是多方位的（在组织中存在着向上、向下以及横向的信任）。期望获得单向的信任是不现实的。除非下属信任管理层不会惩罚传递信息者，否则管理层将很难指望获得可信的信息。以下的三个例子颇能说明这一点。

弗龙特拉·格里尔(Frontera Grill)和托波洛万波(Topolobampo)是芝加哥两家最受欢迎的餐馆，其合伙人里克(Rick)和 D.G. 贝利斯(D.G.Bayless)对自己和员工实施着相同的出勤标准，因帮助朋友和家人而缺勤被视作是合理缺勤。

伊斯曼化学公司取消了打卡和门卫。他们相信雇员能够准时上、下班，不会未经批准而带走公司的财物。公司偶尔会对离去的员工进行检查，偷窃者一经被发现即会被除名。明尼苏达的一个主要客户从田纳西的伊斯曼酸类事业部购买的一些材料遇到了问题，一些生产人员必须被派到客户的工厂去解决问题。伊斯曼只是用公司的飞机送去了 1 名主管和一个由 6 名操作人员组成的小组，而非让一帮工程师或经理去解决问题。公司和客户都信任该团队代表着伊斯曼并有能力解决问题，团队成员也确实不负众望。

在士麦那的日产工厂，最高主管当面或通过公司的出版物持续地向人们传达着这样的信息，即善于思考和创造的员工极其重要。这种理念通过一种真诚信任的文化进一步得到了强化，这一文化的关键便是自我监督与良好的沟通。士麦那工厂只有 5 个监督层次，而非通常的 10～12 个层次。装配线上的雇员被赋予了很大的责任，质量与维护工作被委任给了线上的技师，必要时他们有权决定将流水线停下来。

有利于促进信任的管理行为有：

- 公开的沟通。
- 始终如一的沟通——对所有人员传达同一内容。
- 诚实——讲实话，尽管有时会很难。
- 公正——以同一政策对待所有人员，尤其是有关升职、休假、薪水、机会等方面。在莱克苏必利尔（Lake Superior）纸业公司，每个员工都有加薪资格。无论免责与否，所有人都享有同一福利计划，包括带薪病假、无考勤打卡、无专用车位、无特别餐厅、尽可能小的地位差异等。

- 尊重他人意见——倾听人们的呼声，理解他们的需要、想法和担忧。广开言路，如借助于雇员态度调查这样的形式。
- 正直——要在一套明确一贯的原则指导下行事。要做到言行一致，言之必诺。

诺言与协议是通过行动来证实的。亚里士多德曾说过："我们即我们之所为。"构筑信任需要长期地表现出大量的一致性的行动。

阻碍信任的管理行为包括：

- 不诚实——所言不实，或只有一半事实。
- 助长流言——制造流言；姑息流言；不提供信息。
- 使人们彼此孤立——从空间上使人们互相孤立而得不到充分的交流；因提供的信息过少而使人们形成一种社会的和心理的隔绝。
- 违背承诺和协议。

雇员必须相互尊重、彼此依靠。相互之间的公正对待、诚实关系以及信心将会营造起信任。信任对于建立健康的人际关系而言是绝对必要的。

职业的稳定性　在 TQM 的组织中，职业的稳定性是一个值得追求的目标，这有多方面的理由。最主要的是，这有利于保护企业在培训上的大量投入，保护费心营造起的 TQM 所依托的彼此信任的氛围。此外，随着就业市场上的职业保障日益稀薄，这样的承诺对于许多求职者而言就变得更为诱人。鉴于职业稳定性是一个重要的战略性因素，因此十分有必要对以下两个影响组织职业稳定性的问题加以探讨，其一是因改进引起的职位减少而带来的威胁；其二是周期性的就业波动。

因改进引起的职位减少而带来的威胁　当人们对于工作过程进行持续改进时，某些职位会变得不再必要。因此，在要求雇员全身心地投入到持续改进活动当中之前，首先应向人们保证其职业的稳定性。管理当局必须明确地向雇员讲清楚，若他们的职位因改进而变得不再必要，组织也绝不会中止对他们的雇佣。必要时组织会为员工提供转岗的再培训。阿尔卡特（奥地利）公司报告说，通过再培训和技能开发计划，公司成功地保留了其技术工人，即使在技术发展导致某些老技能完全过时的情况下也是如此（*European Foundation for Quality Management Special Report*，1995）。

周期性的就业波动　在许多产业中，因经营业务周期引起的企业活动的波动导致了对固定的职工队伍的职业稳定性加以计划的必要。"防护圈"的创意使得保持雇佣的稳定成为可能。笔者在参观康明斯发动机公司位于纽约詹姆斯敦的工厂时了解到了"防护圈"这一术语。在那里有一种共识，即应当保持雇佣的稳定性，而要实现这一点就必须有详尽的策略。为了保证基本职工队伍无法满足的高峰时的活动和需要，他们采用了替代性雇佣方案以补充正式职工的不足。这些替代方案包括：

- 加班。

- 利用临时雇员。
- 利用合同制雇员。
- 同时利用上述几种形式的一个综合方案。

保持雇佣的稳定对于企业经营的意义值得思考。常常可以见到这样的事情，公司花费了成千上万的费用来培训雇员，但当某一改进使得人员出现冗余时，先前的培训及经验也就随之而打了水漂。为了实现雇佣的稳定性必须进行周密的计划。这一点并非易事。这不是每个公司都能够做得到的，但要实现长期成功的TQM就必须如此。

绩效评价与指导 在人际关系体系中，绩效评价与指导既有可能成为一个积极的因素，也有可能会产生巨大的破坏作用。这种差异是由于其目的与实施方式的不同所造成的。如果绩效评价的目的是为了指导员工实现更高的绩效水准，它会起到非常有益的作用。如果只是为了决定加薪和升职而对雇员进行排序，则就又可能会起到负面的作用。

朔尔特斯（Scholtes，1987）推荐了一种更为积极的绩效评价制度，这一制度主要着重于其指导的作用。实施这样的制度要求承担评价工作的主管在如何指导他人方面具有相应的技能和训练。在一个开放式的沟通系统中，重要的评价输入还会来自同事和下级。这类信息对于指导人们改进行为大有助益。同事评价要求团队成员要接受培训，掌握进行这种同事评价的技能。在开始对同事进行评价之前，最好能够学习一些有关团队中的个性动力学的知识。诸如Myers-Briggs型指数这样的工具会很有帮助。（Myers-Briggs型指数是加利福尼亚心理咨询出版公司的注册商标）。

许多追求雇员活性化的组织都发现，传统的绩效评价制度已经成了障碍。与薪水和机会挂钩的年度员工考评形成了团体精神和持续改进的掣肘。在一个团队环境中工作的雇员，其个人的绩效很难精确地确定。绩效评价在活性化的组织中仍然十分普遍。但其评价的目的主要在于雇员的发展。涉及加薪、升职这些事宜是另行处理的。

雇员发展制度 20世纪80年代后期，伊斯曼化学公司用“雇员发展制度”取代了传统的绩效评价制度，这一新制度着重于雇员的发展和指导。这一过程如图15—1所示。其主要原则包括：

- 持续改进雇员的能力对于取得竞争优势具有重要意义。
- 雇员渴望完成出色的工作。
- 雇员对于自身的发展具有很强的参与意识和责任感。雇员在这一发展过程中的参与促进了对于个人发展的理解和义务感。
- 雇员必须清楚对其当前职位的期望，这一期望必须得到各主要方面（顾客、监督层等等）的共识。个人和团队的职责应当得到明确的理解。
- 必须对发展的机会加以辨识，以便制定高效的、有针对性的计划来改进

绩效。

- 经常的反馈、指导，积极的强化以及发展规划对于雇员能力的开发将大有裨益。
- 必须有一个正规的程序来促进有效的发展和指导。
- 发展与指导对于雇员和监督者应当是一种积极的体验。

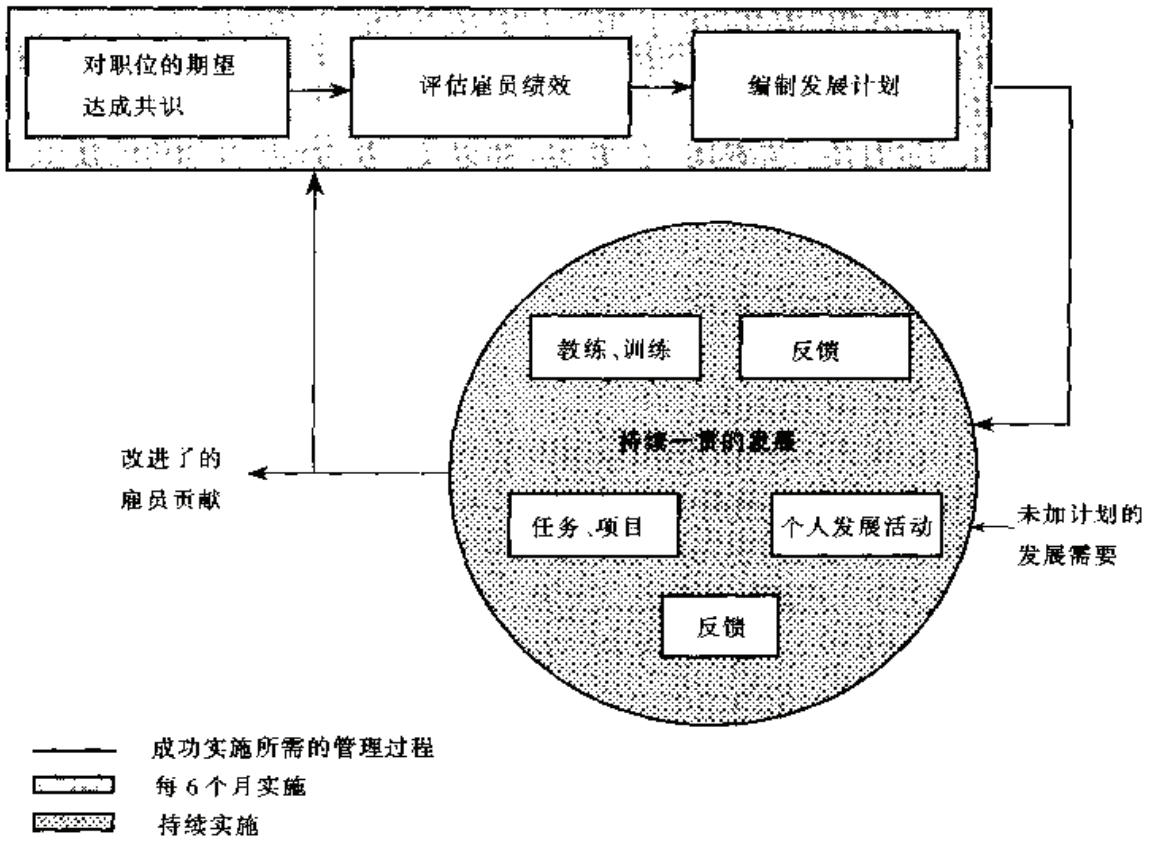


图 15—1　伊斯曼化学公司的发展与指导过程

资料来源：Eastman Chemical Company.

工作和组织的设计原则

将工作设计得使雇员、组织和顾客达到最大的满意　成功的组织在设计上应当着眼于顾客满意甚至顾客的心悦诚服，应当能够激发雇员高昂的奉献精神并实现卓越的组织绩效。适宜的工作设计能够促使人们采取必要的行动，以尽到他们在顾客满意和雇员满意方面的日常责任。

顾客满意　雇员们必须清楚顾客的需要。他们必须懂得这些需要是否得到了满足、如何加以满足，以及通过哪些改进能够使顾客获得进一步的愉悦。雇员必须有机会来努力确保顾客的需要得到满足，确保这方面绩效得到持续的改进。团

队必须具有提供这种机会的过程。组织必须设计得能够确保了解、理解并沟通顾客的需要，确保对于团队满足顾客需要的绩效有所反馈。组织的设计应当能够为雇员提供实现绩效持续改进的机会。改进绝不是靠运气来实现的。位于佛罗里达福利的宝洁公司（P&G）的工厂便是这种类型组织的一个例子。该工厂的员工们采用自我管理的团队这样一种工作方式，与关键顾客结成伙伴关系，来改进他们的产品，更好地满足顾客的需要（笔者 1988 年对该工厂的参观）。

雇员的满意 人们从本性上渴望着成长和学习。为了使之成为现实，环境应当为雇员提供：

- 有关工作的目的、实现这一目的的策略以及组织对他们的期望的领会。
- 充分的薪酬。
- 职业成长机会。
- 履行本职工作的充分职权。
- 足够的培训与手段。
- 在工作环境中的安全感。

组织的设计必须确保雇员的满意得到衡量并能够反馈给主管人员。主管人员必须常规地针对雇员满意反馈所提出的改进机会采取必要措施。

内塔斯（Netas）是土耳其的一家合资企业，由土耳其国家电话公司与加拿大北方电讯公司合办。内塔斯的理念认为雇员满意是实现顾客满意的关键（欧洲质量管理基金会，1995）。利兹-卡尔顿公司的数据表明，雇员满意程度最高的那些酒店其顾客满意程度也是最高的（Davis，1995）。霍尼维尔（Honeywell）公司以及许多其他的公司也都主张雇员满意与顾客满意之间存在着正相关关系。

除了雇员满意与顾客满意之外，组织的设计还必须确保安全作业，产品和服务的质量与价值，环境保护，以及过程、产品和人员的持续改进。

当然，企业的经营需要也必须得到满足。组织必须加以适当的设计以确保其能够满足财务的和经营的目标，包括成长目标在内。这种设计还必须促使组织的工厂、设施等能够以一种环保的方式，一种有利于雇员及公众的安全与健康的方式来运作。

诸多的经营业务目标必须加以明确和沟通以使之能够得以实现。还必须设定一个共有的具有现实意义的愿景。同时，组织的设计还必须有利于对照这些目标来衡量绩效以及向雇员进行反馈。

获取这些信息的途径是去衡量顾客、雇员以及组织的满意程度。采用调查的方式会非常有用，当面的访谈也同样有效。保持所使用的测量指标的均衡是非常必要的。

本章的一个重要观点在于，组织的设计必须均衡地满足顾客、雇员以及投资者各方的利益。对任何有关方面的忽视都会招致组织设计的失衡。

还需要就“满意”这一问题多说一句。米勒（Miller）主张有一种有益的不

满形式，他称之为“创造性不满”（Miller，1984）。感觉到创造性不满对于雇员而言是一件好事。例如，在 TQM 体系中，人们通力合作进行着持续的改进，系统难以每天都达到最佳运行状态便会引起一种有益的不满。使事情变得更好的动力便来自对现状的这种创造性不满。

设计一种促进所有层次的雇员高度参与持续改进的系统　传统的美国式管理是建立在泰罗的专业化教义的基础之上的。在 20 世纪初，泰罗提出管理制造业企业的最佳方式是将综合性工人的活动标准化为简单、重复性的操作，然后施之以严密的监督（Taylor，1947）。工人是“执行者”，而管理者则是“计划者”。在 20 世纪前半叶，这种专业化制度带来了生产率的巨大提高，导致了一个具有极高效能的经济体系。随着时间的流逝，工人的受教育程度在不断提高，机器设备也日益变得更加多样和复杂。许多组织逐渐意识到雇员之间的互动的必要性。职工队伍的训练与经验未能得到利用。雇员协同工作的团队制度在 20 世纪后半叶开始初露端倪，但直到 20 世纪 70 年代中期在许多组织都被迫改进其绩效的情况下，才真正形成气候。在 20 世纪 80 年代中期，自我导向的团队开始流行起来。

为了实现效能的最大化，工作设计必须实现雇员的高度参与。

活性化与人们的投入　在命令指挥型的管理系统中，上级专司发号施令，员工只管俯首执行。长期在这种制度中工作的员工很难指望能够很快适应那种具有高度参与和高绩效的工作系统。因为要学习如此之多的新技能，又要克服如此之多的老习惯。根据笔者的经验以及许多采用高绩效工作系统的组织的报告，这样的系统必须渐进地进化。这样的进化应当仔细管理，逐步进行，以使团队成员逐渐具备所必需的诸多新的技能和行为。图 15—2 描述了伊斯曼化学公司历经数年的进化过程的步骤。每进入一个新的阶段，所必需的参与程度就会有所增加，雇员的活性化程度也会相应提高。许多有经验的管理者也报告说，随着参与和活性化程度的增加，雇员对团队、工作以及组织长期目标的投入也会加深。

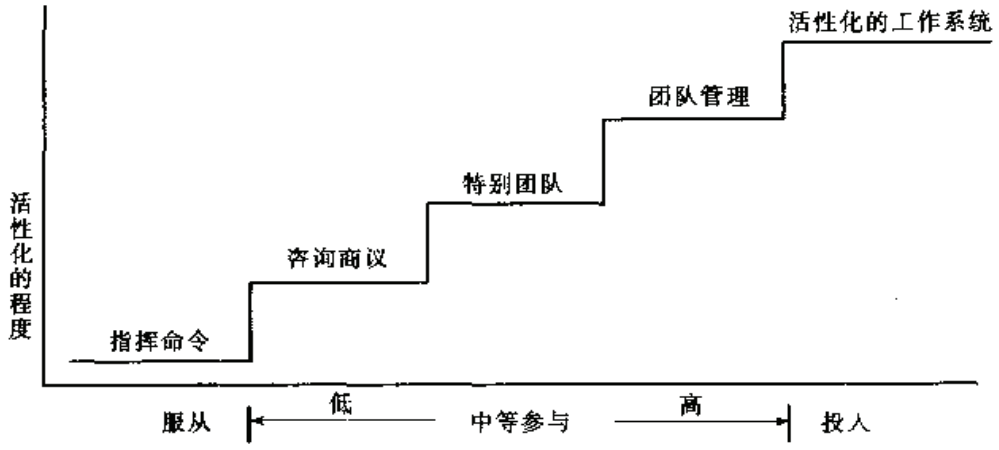


图 15—2　投入与活性化的关系

资料来源：Eastman Chemical Company.

指挥性的命令会令大多数人想到军队。命令不容置疑，只有遵循。它通常导致的是服从。

参与的第一阶段是协商式的环境，管理者在这种环境中会同有关人员协商、询问他们的意见并与之进行讨论，随后会单方面采取措施。

参与的较高程度是指派专题团队或项目团队来解决某个特定的问题，如改进反应器的清理周期。这种参与通常会使团队成员产生自豪感、投入精神和做主人翁的感觉。

新泽西州帕特森市圣约瑟芬医院的闪电团队便是一个专题质量团队的例子。作为该医院的 TQM 活动的组成部分之一，团队活动已经开展了一年多时间。尽管所有团队都取得了相当的成绩，但最高管理层仍对 TQM 的进展过慢而感到不耐烦。正是意识到组织在瞬息万变的市场中亟须迅速取得成果这种必要性，该医院开发出了“闪电团队”工作法（来自于德语中的一个说法）。

闪电团队工作法通过增设专职的推动者而加快了通常的团队解决问题的进程。由于采用了推动者而缩短了确定解决问题的重点、数据处理和群体动力这三个方面所需的时间。推动者对于解决问题的过程十分熟悉，团队可以要求推动者运用其经验提供比通常情况下更多的帮助和指导。这种方式使得该团队能够比往常更为关注成果，同时少走了许多弯路。为了加快速度，由推动者来负责两次会议之间的数据处理，从而缩短了团队会议的间隔时间。此外，在公司内培训方面，推动者会比一个业余人士更善于管理团队内的动态状况。

该团队在首次会议过后的一周内将问题的根本原因整理了出来。在随后的几周里制定并实施了一些纠正措施。该团队实现了医院的项目目标，有效减少了在急诊患者处理过程中的时间耽搁。急诊患者得到了更加及时的治疗，员工的挫折感也大为降低。

专题质量团队能够有效地聚焦于特定的问题。这种团队的成功依赖于团队中能够迅速执行解决方案的人员。选拔和委派适当的人选，在任何 TQM 系统中都是其系统设计的核心部分。对团队解决问题的技能加以培训则是这一系统设计中的另一组成部分。对于许多团队来说，必须有专职的推动者的帮助才能够实现最快的项目速度。

团队管理是运用团队来管理日常的经营业务以及经营业务的持续改进这样一种管理方式。它相当于自然团队的职权和责任的延伸。

自然团队是一种相互连锁的团队结构。这种结构为在组织中共享思想以及建立共同的目标营造了一种环境。就其概念而言，这种团队是“自然的团队”，由本来就在一起工作的雇员所组成。这些雇员组成了一个工作群体，他们工作在同一个工作过程中，拥有共同的目标，向同一个主管报告。这样的团队由一位主管会同直接听命于该主管的那些人员所构成（见图 15—3）。团队以每周一次或每两周一次的频率定期开会来监测自己的绩效状况，识别并实施持续改进团队绩效

的机会。这位主管既是该团队的领导者，同时又是由与其同级的主管和上一层的一位主管组成的一个团队的成员。每一位雇员都至少属于一个团队。例如，在得州仪器（欧洲）公司中，绝大多数主管都属于至少两个质量指导团队，并负责其中的一个团队（*European Foundation for Quality Management Special Report*，1995）。

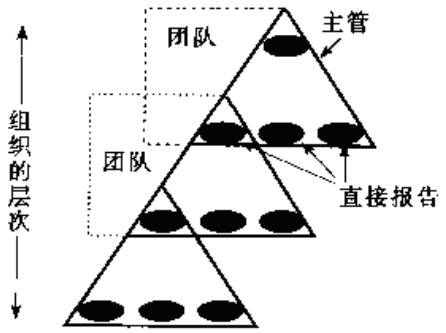


图 15—3　互相连锁的团队概念

资料来源：Eastman Chemical Company.

有关自然团队的一个非常成功的例子是伊斯曼化学公司的制冷团队（有 15 名成员）。该团队负责一个大型化工厂的制冷设备的维护工作。在 3 年当中，该团队将制冷设备的年维护费用每年降低了 100 万美元。节约来自对过程的改进，有些场合甚至采用了全然不同的设备维护与清洁方法。一项关键的活动是清洗设备每年的停工维护，以前每台设备会停工一周时间。团队通力合作寻求能够更有效地实施年度维护的办法，最终将总的停工时间减少到了 4 个小时，且停工前可以保持设备的满载运转，从而实现了巨大的节约。

实施团队管理方式要求一些额外的设计和培训。系统的设计必须明确谁在哪个自然团队、何时需要召集团队会议、是否要求参与、会议是否要求加班、如何组织会议、如何衡量团队的成就等。

每一团队都需要针对以下方面进行培训，即群体动力学、团队解决问题技能、统计思维、统计过程控制（SPC），以及团队的领导等。团队领导通常 6～12 个月轮换一次。因此，要进行一些培训以使人们做好承担任务的准备。随着团队的成熟，还需要就相互之间进行反馈的技能加以培训。

朱兰认为 TQM 的下一重要进展将是活性化的工作系统的广泛采用。这种系统中包括了各种名称的团队，如高绩效团队、自我管理团队、自我导向团队、活性化的团队、自然的工作小组、自我调节团队等，其中最普遍的是自我导向的工作团队。自我调节团队是一种永久性的团队，在这种团队中雇员被充分激活来管理自己以及自己的日常工作。团队的责任包括：工作的计划与安排，资源管理，预算，质量控制，过程改进，绩效管理，还有其他与人力资源相关的活动。可见，这些团队承担了传统上由监督员所承担的一些活动。现在的团

队中仍然有监督员，但只是充当着教练员的角色。自我调节团队管理着他们的业务。

这些团队并非专题性的。他们是永久性团队，常常是围绕着某一个工作过程组织起来的。他们将自身视为“创业型业务单位”，提供着增值服务，并对自己顾客的满意负责。对于那些正在向活性化的团队转变的组织而言，通常需要进行某些方面的工作系统的再设置。

这些团队将使组织提升到更高的绩效水平。活性化团队中的成员相互支持、通力合作，以实现组织和团队的目标（很多情况下他们参与了这些目标的建立）。彼得斯主张自我管理团队应当成为基本的组织构造模块（Peters，1987）。在活性化工作系统的设计中，团队得到了活性化（它们拥有能力、职权、意欲和对目标的理解），它们定位于满足顾客、企业以及雇员的需要上。

活性化工作团队的成员能够就团队所承担业务的80%～90%作出决策。团队对其自身的行动和业绩以及所提供的全部产品和服务负责。团队成员认可他们的职位内容扩展到了对团队工作过程的改进。随着团队的成熟，他们还会在解决问题、领导和团队发展方面承担更多的责任。诸如工作调度和培训这样的行政性事务由团队自身加以协调（在团队成熟过程中，必须有适当的指导）。

为了用高质量的输出来满足不断变化的顾客需要，团队通过交叉培训来使其成员具有多样化的技能和必要的灵活性。通过交叉培训而获得的“多项技能”，团队成员通常能够胜任两三项不同的工作。技能的多样化创造出了一个更加灵活的组织，因此也是一个更加高效的组织。与此相伴的还有对多变的顾客需要迅速作出反应的能力，以及用比技能多样化之前更少的人员运作的能力。对创新型组织的一项调查表明，与“传统”设计的组织和设施相比，这类新型的“试验田”组织单位或工厂设计通常会表现出50%～70%的绩效（盈利）优势（Macy，1995）。

活性化的自我调节团队监测着自身的进展，并以12～24个月的间隔对工作过程进行着定期的再设计。在密苏里州的开普吉拉多的宝洁公司的工厂中，团队进行着每两年一次的再设计，以反映对以前的工作设计的认识，如哪些方面有效，哪些方面无效等。这些团队已经活动了10多年时间，进行了若干次旨在持续改进的再设计。这些持续的改进将那些有效的因素保留了下来，修正了那些不适当的环节。对活性化团队进行指导是非常重要的，在刚开始活动的最初2～3年中尤其如此。

活性化的团队与传统的工作小组在许多方面都有所不同。例如，团队为了理解哪些因素使其顾客满意哪些因素使其顾客不满而付出的努力的程度。某公司的一个团队派出几位成员去访问客户，直接从使用其产品的工人那里了解顾客的反应。出去调查的这些成员借助于在客户单位拍摄的录像带，将他们的调查收获汇

报给团队。

活性化原则也适用于工程设计单位，在这样的环境中，雇员以跨职能团队的方式，以最短的时间、最高的效能，来设计一个新工厂或一件新产品。有时，在这些团队中包括了供应商、顾客、必要的公司职能部门以及外部的承包商。丰田公司、福特公司、本田公司以及通用汽车公司等都曾有效地利用这种团队在创记录的期间里设计出了新的车型。采用这种团队方式来进行设计有利于整个组织对设计建议作出迅速的反应，包括对更改设计给上、下游造成的影响的早期预警。一项变更对其他方面的可能影响能够得到迅速的评估。这些变更如采用了新的供应，缩小了尺寸公差，或改用了某种新的涂料。这一领域通常被称为“同步工程”。

这些原则也适用于公司的最高层。在一家公司中，由若干位事业部总裁组成的一个小组采用了自我管理的团队的工作方式，指挥着该公司在全球的生产活动。这些主管们定期开会来设计工作过程，并监测着衡量成功的考核指标。他们轮流主持。在这一场合的主人翁精神和投入感是显而易见的，这与由一组技术人员所组成的团队的情形别无二致。

这类团队管理的其他工作过程还有办理承保手续、制造化学制品以及在圣迭戈动物园开办生物气候区等。采用这种活性化的自我调节团队的组织有 AT&T 动力系统公司、伊斯曼化学公司、哈里斯（Harris）半导体公司、联邦快递公司等。

行为　在活性化团队的成员当中可以观察到大量的积极的行为，这些行为可归因于这种团队所营造的环境。对伊斯曼化学公司的这些团队的观察表明，团队的成员通常：

• 关注的是满足组织的使命（使顾客满意并实现财务目标），而不只是追求使上级满意。团队成员会讨论顾客的需要、企业的需要以及团队在满足这些需要方面的绩效。当所设目标的理由不清楚时，团队成员会向管理当局提出疑问，他们要知其然，也要知其所以然。成员们不怕向他人（如管理层）质疑或建议，因为他们的确是把企业的利益和顾客的利益放在了最优先的地位。

• 像组织的所有者一样行事。可以观察到组织中存在着许多的自主性努力。这方面的一个例子来自伊斯曼化学公司的纤维生产部门。有一位操作工需要一把扳手，回家的路上他便到五金店里去买了一把，甚至也没让公司报销。这是他对工作的特别贡献。雇员常常会去完成没有包括在职位说明书中的任务。团队成员会认真地观察绩效指标，因为这有助于他们把自己的活动与企业和团队的成功联系起来。有经验的老成员通过积极地分享思想与建议来指导新成员，确保团队中的每个人都能够百分之百地齐心协力，以实现团队绩效的最大化。团队中的纪律问题通常由团队成员积极地加以处理，无须外部的管理层的介入。这些问题如成员的迟到、无故缺勤或工作懒散等。倒班雇员会自愿早到以便于交接班信息的顺

利交流。这些行为清楚地表明团队成员对于组织的成功具有高度的责任心，他们更愿意承担责任，而不是将责任推给上级。可以说，这些行为是献身于组织目标的明证。

• 更具有创业精神和创新精神。团队成员发现了问题，他们会积极主动地去试图解决问题。如果他们想到了更好的行事方式，他们会寻求周围人员的建议以确保其想法的可行，并扩散这些想法的所有权（这会加深其他人对该想法的投入）。他们自主地努力去实施自己的想法，并乐于尝试可能会取得改进的新方法。团队成员在寻求问题的解决方案时常常会互相启发，集思广益。

• 在团队内外都有着良好的沟通。公开的沟通在上述所有例子当中都是关键的因素。

领导风格 活性化团队的成员共同分担着领导的职责，有时出于自愿，有时也不免勉强。决策的制定更带有合作性色彩，具有共同的目标。团队努力寻求双赢的共识。团体精神备受推崇。重点在于解决和防范问题而不是责备。在笔者参观宝洁公司在佛罗里达福利的工厂时，负责接待的那位雇员谈到，要是在几年前，他根本就不敢相信自己有能力进行这样的讲解。这种新型的领导角色给了他同顾客以及其他的外部人员打交道的信心。

团队成员的品格 诚实、公正、信任与尊重他人等品格很容易被观察到。在成熟的团队中，成员们关心的是各自在工作中的成长，亦即能否充分发挥他们的潜力。团队成员非常乐于分享他们的经验并互相指导，因为他们的目标关注的是团队的成功而不是个人的成功。成员们更容易认可和鼓励彼此（以及团队）的成功。伊斯曼化学公司还拟就了成员守则，提出了如何表现尊重与责任心。

高度投入的理由 如前所述，活性化团队的成员拥有职权、能力、意欲并清楚组织的方向。在伊斯曼化学公司，我们相信正是这些因素使得团队成员具有主人翁的感觉，并能够以主人翁的方式行事，同时乐意承担更大的责任。他们具有更多的知识，这也强化了他们承担责任的动机与意愿。

实现优异绩效的途径 我们观察到，随着雇员承担了更大的责任，具有了更强的动机，掌握了更多的知识，他们会为了企业的利益而更多地参与。他们开始确如主人翁一般行事，表现出极大的主动性和创造性。

如前所述，活性化团队的成员拥有职权、能力、意欲并清楚组织的方向。因此，团队成员具有主人翁感并以主人翁的姿态行事，同时乐意承担更大的责任。他们具有更多的知识，这也强化了他们承担责任的动机与意愿。图 15—4 是就活性化组织与传统的组织进行的一个比较。

要素	传统的组织	活性化的组织
指导	服从规则/程序	根据原则行动
雇员关注	使监督者满意	使顾客满意，实现经营业务目标
员工灵活性	单一技能	多方面技能
参与	有限的	高度参与
活性化	服从指示、请求批准	首创精神、善于行动的态度、自主性
雇员被视为	做规定工作的一双手	具有脑、心、手和精神的人力资源
工作过程的领导	管理人员独享	管理者与操作者共享
管理沟通方式	家长式的	成人对成人
持续改进的责任	管理层	管理者、职员与操作者共享
决定工作单位的依据	职能（如制造、销售等）	工作过程，可能会是跨职能的
行政事务决策	管理层	团队成员与管理层的共同责任（自我导向的团队会单独负责某些决策）
质量控制的责任	实验室	团队过程控制的能力

图 15—4　传统的组织与活性化的组织

资料来源：Eastman Chemical Company.

活性化的高绩效组织的主要特征　具有这些特征的组织的一个典型的例子便是芬兰的一家建筑清洁公司 SOL 公司。

营造一种环境　SOL 公司的负责人莉萨·约罗宁（Liisa Joronen）确信，一个组织要取得最佳的绩效就必须赋予其员工以所有可能的机会。为了达到这种境界，她努力去营造一种环境，以赋予 SOL 员工完成工作所必需的任何东西。包括：

- 雇员具有完全的自由来选择何时、何处以及如何工作，只要能够满足顾客的需要。雇员配有移动电话、语音信箱、电子邮件、手提电脑以及家用电脑，使得比传统方式更容易取得联系。
- 没有组织图、职衔和地位标志，包括秘书与公司专车在内（约罗宁常常骑着自行车去见顾客）。每一位办公室职员都有一个主要的负责领域，在假期或其他情况下，也会帮助从事其他领域的工作。
- 公司的绩效实行透明化。雇员每个月都会获得最新的信息，包括财务数据、缺勤、离职等。这些信息包括了个人的绩效在内。
- 整洁的办公桌政策。这一政策取消了专用的办公室，雇员可以使用任何可用的空间。工作完成后，要清理自己的东西，以便他人使用（Juran Institute, 1996）。

在过去 20 年中，许多活性化的组织取得了相当的进展，我们可以从中看出那些成功的活动所具有的关键特征。这些特征来源于许多咨询专家的经验，学者们对许多公司的访问，还有许多公开的著作和文章。这些关键特征有助于我们了解如何来设计新的组织，以及如何来对老组织进行再设计以使之更加有效。我们关注的重点在于关键的特征，而非对每个组织怎样运作的细节描述。这里所列的并非详尽无遗，但它却是一个有所帮助的对照表，对各种类型的组织都是有用的。

对外部顾客的关注　企业关注的焦点在于外部顾客、他们的需要以及满足这些需要的产品或服务。

- 组织具有减少过程和产品变异的结构和职位设计。
- 很少的组织层次。
- 以业务和顾客为中心。
- 设置边界以从源头减少变异。
- 具有很强的网络。
- 沟通能够自由流动而不受阻碍。
- 雇员清楚地知道谁是关键的顾客，他们的需要是什么，如何用自己的行动来满足顾客的需要。因此，所有的行动都旨在满足顾客的需要。雇员（操作者、技术员、工厂经理等）懂得他们的工作是为了顾客，而不是工厂的经理。
- 来自供应商和顾客的输入被用于管理经营业务。

以原则为指导

- 具有为组织的全体成员所接受和理解的一个共同的愿景。
- 所有的行动和决策都以一定的理念为基础，这包括了组织的使命、价值观和原则。

戴纳公司为我们提供了一个很好的例子。在20世纪70年代早期，戴纳以一页理念和方针声明取代了公司范围的程序。戴纳主张："我们不相信公司范围的程序。如果组织需要程序，会有相应的管理层负责制定。"（Dana Corporation，1994）

对持续改进和创新的不懈追求 摩托罗拉公司的前CEO与管理委员会主席罗伯特·高尔文曾说过，他在摩托罗拉公司多年来就质量所获得的最重要的认识即"完美是可以达到的"（Galvin，1996）。他付出了大量努力引导摩托罗拉通过持续改进与创新来实现完美。

鲍德里奇奖本身便是持续改进的一个典范。

- 组织及其支持系统鼓励所有雇员改进产品、过程、团队及他们自身。
- 持续地学习是工作的一个组成部分。
- 建立具有挑战性的改进目标。如摩托罗拉公司的"六西格玛目标"和施乐公司的"10倍改进目标"。
- 鼓励预先报告的冒险。
- 具有系统的手段来进行定期的组织更新。
- 有面向所有团队和个人的训练与发展制度。

管理当局可以通过适当的表彰认可来鼓励改进活动。例如，实现了阶段性的绩效目标或是达到了新记录都可以加以奖励和庆祝。

领导权的分享：操作者和管理者的新角色 在活性化的高绩效组织中，管理者们意识到自己在承担着新的角色，这些新角色包括对于团队和个人的指导与培养、明确业务期望与责任、管理团队与环境间的界面、在团队间分配资源，以及确保持续改进的进行。所有这些都意味着管理者的责任范围与以往相比大大增加了。

管理者要创造条件，使所有人都能够参与较大范围的组织决策，参与部门层次的计划过程。

关于领导方面的另一个启示来自内塔斯公司，这也许会成为未来的活性化组织中的一个管理原则。内塔斯的管理者们相信，领导者可以来自组织的任何地方，在组织的内部已经存在着许多的领导者，领导者可以缔造领导者。这种领导才能的开发必须有最高管理者的显而易见的参与。内塔斯的最高层管理人员通过领导团队、主持客户和分销商会议、出席持续改进团队的报告会等形式，来为组织的领导者培养做出贡献（*European Foundation for Quality Management Special Report*，1995）。

在伊斯曼化学公司，一位经理（我们可以叫他约翰）曾是一个团队的主管，统领着同一部门的 15 名技工。随着他的活性化程度的提高，约翰不久开始负责两个团队，接着又负责三个团队。他后来被从田纳西的工厂派往英国和西班牙的工厂，向其他的团队主管传授如何来训练他们的人员。

操作者也同样发现自己在从事着新的岗位，如安排工作，接待供应商，访问顾客，在跨职能的过程团队中工作，以及探索问题的根本原因等。

团队概念的浮现　所浮现的团队概念包括以下一些特征：

- 职工队伍的活性化。
- 从源头控制变异。
- 管理者与团队分享领导权和责任。
- 一致认可并明确界定的个人与团队的行为准则。
- 为了团队和个人发展而进行的建设性的同事反馈。
- 能够促使团队监测其绩效状况并采取必要行动的绩效评价指标。
- 团队对成品和服务所负的责任。
- 在聘用新成员过程中的团队参与。

活性化的组织有许多普遍性的支持系统，这些系统使组织能够更好地运作。其中包括：

- 对所期望技能和行为的奖励与表彰。
- 支持决策的业务和会计信息。
- 获得、维系以及发展合格人员的制度。
- 促使团队实现其使命的领导。

管理层在支持活性化组织中所起的作用　在活性化组织中，管理者是要营造使人们成长的环境，而不是去控制他们。成功的管理者善于“托起”雇员，使他们对自己的工作、自己的公司和自己感觉良好。时任田纳西士麦那日产工厂负责人的马文·鲁尼恩（Marvin Runyon）曾强调说：“管理工作就是提供一种使人们善其事的环境。”［参见 Bernstein（1988）。］

管理层的作用包含以下几方面：

创建一个企业的愿景并使之得到广泛的认同 鲍德里奇奖准则的第一条要求，作为一个活性化的高绩效组织，所有雇员都必须拥有一个共同的关于组织的愿景，这一组织应当使其顾客满意，应兼具效能和效率，并努力地持续改进。管理层的职责就是要创造这样一个愿景，使人们共享之并加以维持。戴明提醒我们，必须有持久的信念才能够实现组织的长期目标。

设定组织的目标和战略，并让人们共享

对组织加以构造和部署以实现其战略 让每个人在组织中都有自己的位置。

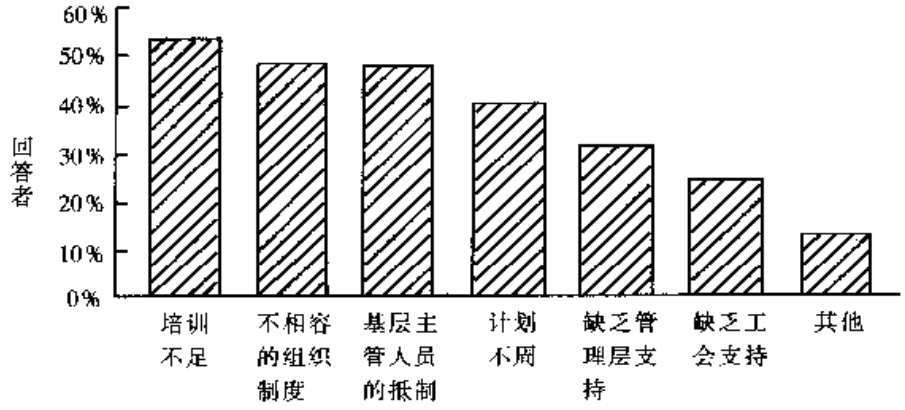
分配企业的资源 （包括诸如研究和教育这样的活动在内）。

沟通业务信息

倾听组织的需要 促进开放和双向的沟通是管理层的另一任务。这种沟通对于雇员全力以赴地实现组织的目标是至关重要的。在西班牙阿斯图里亚斯的杜邦工厂中，管理者会时常参加团队的会议并对团队领导者给予鼓励。

在整个组织中营造一种有利于共享思想和形成共同目标的环境

- 创建相互连锁的团队结构。
- 识别并消除阻碍团队精神的因素。把雇员群体区分为三六九等的标志会成为团队精神的巨大障碍。这些标志如佩戴名卡、车位特权、专用餐厅、钟卡、特殊的休假政策等，这还只是其中的一部分。在西班牙阿斯图利亚斯的杜邦工厂，为取消这些标志而投入了大量精力。无论职位层次如何，每一位雇员都会有自己的名片，但上面没有区别身份的头衔和其他说明。同一办公室中，所有人都有着相同的配备。雇员统一着装，不加区别。此外，传统的绩效评估制度也会成为团队精神的障碍。伊斯曼化学公司废除了其传统的着重于对雇员的年度评价的绩效评估制度，而代之以重视雇员的成长和培养的新制度。新制度旨在促进雇员间的合作而非竞争。不同群体之间利益的差异也会产生阻碍团队精神的障碍。这些差异应当加以辨识和消除。强调奖励个人建议的雇员建议制度会对团队成员造成矛盾的刺激。出于个人利益的驱使，团队成员会将有价值的建议保留给那些奖赏高的渠道。这种矛盾的刺激对团队的成功造成了不可逾越的障碍，必须在开展团队活动之前予以清除。图 15—5 列出了在一项对美国公司进行的调查中所揭示出的活性化团队的主要障碍。
- 强调和支持培训。当人员配置足够充分时，无需团队超时工作即可使雇员接受必需的培训。有些单位在设计其工作系统时安排了额外的人员，以顶替受训人员的工作。
- 为技能和知识付酬。薪酬制度的设计要体现出对多技能的认可和鼓励。员工学到的技能和知识越多，他们的报酬也应当越多。团队成员的收入由四部分构成：基本职位收入；取决于个人绩效、技能和知识的收入；取决于团队绩效的收入；取决于组织整体绩效的收入。在采用活性化团队的情况下，最简单的薪酬制度即决定一个底薪，然后通过职位设计的内在因素和对生产率成果的分享来实



活性化团队的障碍对美国企业界的调查

图 15—5　活性化团队的障碍

资料来源：*Industry Week*.

现对雇员的激励。

• 确保工作的稳定性。当绩效的改进会招致不再需要某些职位时，人们对于持续改进便很难做到全力以赴。在向活性化的自我调节团体转变的过程中，伊斯曼化学公司废除了 50 多个一线监督员的职位。但并没有人被解雇，这些监督员最终被安排到了公司的其他岗位上，通常这是通过再培训实现的。许多富余出来的监督员转变成了团队推动者和教练员。在转变过程中，有些富余出来的监督员在等待合适的职位空缺出现之前，成为了“待分配队伍”的一员。职位空缺通常来自自然减员。他们被安排到一些特别的项目上，甚至会在此待上几年。在这些被重新配置的监督员中，大部分人过后都认为新的机遇使他们的生活变得更好了。

强化积极的行为　奖励和强化有助于实现组织总目标的那些行为和结果是管理层的重要角色之一。这种强化可以使雇员们体会到他们的行为和结果的重要性。否则，他们会觉得自己的行为和成就无足轻重，因为并没对个人带来什么好处。他们会转而考虑是否有其他更为重要的事情，这会削弱对组织目标的关注。

活性化的管理者与传统管理者的角色对比　在伊斯曼化学公司，高压清洗团队的监督员受到了其团队成员的赞誉，他被认为非常善于进行积极的强化，能够有效地动员雇员进行在职培训以及鼓励雇员提出创新性的方法。团队赢得了大量的内部质量嘉奖。团队成员们用他们自己的方式来表彰这位监督员，他们称他为“杰出监督员”。

在伊斯曼化学公司的另一领域，一位主管对活性化这一问题进行了钻研。他在这方面的兴趣促使他阅读了 300 多篇有关的论文。最终，他开始向他人传授有关活性化的原理。

在活性化的高绩效工作系统中，管理者们在实施领导职能时采用了与传统等级制组织不同的方式。他们摒弃了过去代替下级决策的做法，而是激活他们，让

他们自己来作决定。主管们不再亲自指派工作，而是去教会他人如何来安排工作。他们不再密切地监督和评判工作绩效，而是着重于训练雇员来监测自己的工作绩效并进行持续的改进。他们也不再管理日常的工作事务，而是促使团队能够自我管理。

图 15—6 简要概括了管理者的角色转变。

转变前	转变后
指挥	激活（给予职权、信息、指导等）
指派	讲授
考评	训练
管理	培养能力
极窄的管理跨度（5～10 人）	很宽的管理跨度（15～50 人）
纵向地工作	水平地工作
发挥现有技能	改进技能
汇报数据	人员和过程的改进
推行管理层的主意	推行团队的主意
关注正确地做事	关注做正确的事
任务导向	改进和发展导向
重视方法	重视成果

图 15—6 管理角色的转变

资料来源：Eastman Chemical Company.

训练和指导对于活性化、团队精神和雇员的发展起着至关重要的作用。以下列出的这个有关任务、技能和行为的清单可以作为有关读者的一个有用的参照，这些读者包括那些需要对他人进行训练的人们，这实际上意味着各个层次的负有监督责任的人员，还有那些其自身对于这些问题感到困惑的人们。

对人们进行有效的训练包括五个方面的因素：（1）领导；（2）沟通；（3）团队发展；（4）边界管理；（5）个人管理。

领导 领导涉及四个方面的任务：

- 阐明愿景。这必须有大量的沟通，必须理解组织的长、短期目标，必须明确对团队和个人的要求，必须重点明确、始终如一。
- 适度的干预并保持人们的自主行动。
- 锻炼和培养团队领导。
- 用榜样来引导人们。

沟通 良好的沟通旨在：

- 阐明体现在组织的愿景、使命、价值观中的原则。
- 阐明上一级组织的目标。
- 明确地沟通组织对团队的要求与期望的成绩。
- 将个人的技能和知识有效地转换为团队成员的技能和知识。
- 倾听团队成员的想法，以理解他们的个人目标和兴趣。

- 提供鼓励，促进求胜的态度。
- 对个人、团队及自己的当前绩效给予并接受真诚、具体且及时的反馈。
- 促进所需信息的传播。

团队发展　这包括人员和技术两方面内容。在人员方面，指导者要：

- 引导团队走向成熟。
- 鼓励和帮助他人养成活性化的习惯。
- 促进不断学习。
- 提供建议。

在技术方面，指导者要：

- 提高团队理解制造和服务过程并完成日常工作任务的能力。
- 通过强调过程的标准化来提供指导。
- 稳定和控制过程。
- 确保持续改进。

边界管理　指导者在这一方面应当：

- 确保团队获得管理其自身运作所需的信息和资源。
- 帮助团队理解其决策职责的范围和限度。
- 帮助团队学会如何决策：明确所需信息及来源，需要考虑的问题，需要咨询的人员，以及如何在团队内外沟通决策结果。

通过这些环节，指导者帮助团队学会管理自己的领域且做得更为有效。

个人管理　指导者在这一方面付出时间和精力，以便：

- 持续地学习。
- 寻求工作的意义和乐趣。
- 理解管理者所承担的教练角色。
- 发展管理团队所必需的技术技能。
- 培养训练团队所必需的人员。

雇员的选拔

要成为一个活性化的高绩效组织，就必须拥有既有能力又有动力的雇员。雷克苏必利尔纸业公司声称其聘用过程是其成功的基础（Gilbert，1989）。为了能够对组织的目标做出充分的贡献，雇员必须具备相应的技能、文化水平、智力以及奉献精神。正如利兹－卡尔顿公司所指出的，雇员必须经过选拔，而不是简单地加以聘用。选拔过程对于确保人员与工作的匹配起着至关重要的作用。

对雇员的要求　活性化的高绩效组织是围绕对持续改进的执著追求而构造起来的。这种组织运作在一种多技能团队和共同领导的环境中。为了在这种环境中

有效地工作，雇员必须学会思考和沟通，必须能够熟练地参与群体解决问题和团队领导。为了有效履行整合顾客和供应商的作用，他们必须受到充分的以顾客为根基的教育。在这一基础上，还必须接受大量的培训。所招收的雇员在这些方面必须具有突出的潜质。

选拔过程 1992 年，伊斯曼化学公司开始着手为一个在建中的工厂配备人员。该公司对4 000人进行了面谈以填充 72 个操作岗位。公司采用了一个九步骤的过程来考察应聘者在解决问题和与人打交道方面的技能，这一过程包括了三次面谈和若干的模拟团队活动。从总体来看，所录用人员均具有良好的教育背景。40％的人员持有四年制大学学位，35％的人员有过从事管理工作的经历。为了强化他们的技术技能和团队活动的技能，从正式录用到上岗之前还对他们进行了为期一年的培训。根据该公司一个团队在 1996 年朱兰学院质量改进大会上的报告，该工厂四年当中无一人离职，产品的质量和生产率指标均达到了世界级的水准。

杜邦公司最近在西班牙新建的一个工厂则采用了一个五阶段的选拔过程：(1) 初选（最低要求两年制技术学校文凭）；(2) 考试；(3) 通过两次面谈来考察候选人的能力和意愿；(4) 模拟团队活动的交互式讨论；(5) 提议雇佣条件过程，包括讨论福利待遇、工作系统十要素、付酬程序以及其他的雇佣条件。招聘工作是由一个团队来承担的，这也体现了杜邦所极力营造的活性化的工作文化。新雇员也会参与以后的招聘工作。

若干重要的选拔标准包括：

- 良好的团队合作技能。
- 显著的首创精神。
- 良好的口头表达能力。
- 清晰的判断力和解决问题的能力。
- 迅速学习的能力。
- 对工作进行计划、组织和管理的能力。
- 适当水平的专业或技术知识。
- 良好的领导和影响技能。
- 对环境变化的适应能力。

就大部分标准来说，对候选人的评估可以通过观察他们的行为表现来进行，尤其是观察他们在相关的工作场景中与同事的合作性交互活动的情况（对于那些现已在职的候选人而言）。也可以根据面谈和专门设计的团队解决问题练习来对候选人加以评估。在雷克苏必利尔纸业公司，候选人要经过一个七人小组的面试来判断其是否能够同团队制度“匹配”。“在面试中，小组成员会对受试者施加一些压力。他们会提出一些使人发怒或厌烦的问题。有些技术技能颇为卓越的人员也会因不适合要求而被刷掉。只要有团队成员反对，该应聘者就不会得到雇佣。但是，反对者必须有充分正当的理由。”(Gilbert，1989)

在对某些专门性职位进行选拔时，会应用到一些特定的选拔标准，如服务意识、说服和推销的能力等。每一项标准都应有相应的评估手段，并且要实用和可靠。

向参与式工作环境的转变　以上的讨论大部分针对新建立的单位。一个现有的单位要向活性化的工作环境转变，就必须对其雇员进行不同于新建单位的培训。除了传授技术的和团队的技能之外，培训还必须致力于克服员工对变革的抵制。有些雇员会不喜欢甚至拒绝接受参与性的工作环境。这种情况下，组织或许就需要首先从那些愿意参与的雇员开始做起。那些不愿参与者最初可以“靠边”一段时间，以他们的传统方式承担一些较少参与性的岗位，同时也对参与性的工作环境加以旁观。这种情况下，许多人会因折服于团队的成功并受到额外培训的鼓舞而决定参与进去。

全面质量组织中的培训

培训不足是成功地实现活性化团队的最大障碍之一。对员工培训的高度重视是那些成功的组织所拥有的一个共同的特征。一项针对创新性组织的调查表明，一个高绩效的单位或企业在其新建成的头三年中，培训与再培训的时间占到了员工全年出勤时间的 20%～25%。这些培训包括了在岗培训、课堂培训以及对客户和供货商的参观等。此后，培训时间所占比重会减少至出勤时间的 12%，并保持在这一水准上。与此相比，《财富》1 000家企业这一数字平均为 3.5%（Macy，1995）。

培训将形成能力　在摩托罗拉公司，教育战略是公司战略的一个组成部分。雇员每年平均要接受 40 个小时的培训。培训科目针对公司目标而设。例如，针对缩减生产周期时间的培训内容包括：

- 成组技术与物流。
- 生产作业计划改进。
- 前拉式生产系统。
- 生产系统的改进。
- 工作地组织。
- 全面生产性维护。
- 换型时间缩减。

摩托罗拉的实验设计（DOE）方法的培训是一个 17 天的课程，该课程最初以讲授为主，以后逐渐演化成为一种借助于项目和实际工作来进行培训的模式。学员利用计算机软件来选择和应用这些方法（Wiggenhorn，1987）。

要成功地激活雇员，就必须有实现预期成果的欲望（来自雇员）、职权（由

管理层界定和授予）和工作能力。

雇员的多技能增强了组织的灵活性，促进了团队精神。多技能职工队伍是全面质量组织的关键特征，也是培训活动的主要目标所在。

开发多项技能的培训过程包括以下这些步骤：

- 明确所需技能的种类。
- 建立培训的方法。
- 建立一套评估体系。
- 提供持续的反馈和指导。
- 进行各种表彰以鼓励多技能的培养。

培训的有效性 今井（Imai，1986）曾提到过一句日本的格言：质量管理始于培训，终于培训。日本的主要企业都有着分别针对高层管理者、中层管理者和普通员工的制度化的培训。

培训方面必须考虑的重要事项包括频次、培训量和提供能力。在萨特恩（Saturn）公司，要求每人每年要有5%的工作时间用于培训。完成这一标准的员工将获得相当于工资额5%的奖金。温莱特（Wainwright）工业公司在培训上的投资相当于其工资总额的7%，这也是全美平均数字的7倍（Garwood，1994）。摩托罗拉的培训预算则高达其工资总额的10%以上。

摩托罗拉的培训始于组织的最高层。为了确保课程在创造性方面的有效性，接受培训的首先是最高管理层，接着是中间管理层，然后才轮得上更低层次上的人员。

培训有效性的衡量 高达工资总额5%～10%的培训预算称得上是一笔巨大的投资。主管们当然会要求培训的有效性。为了确证这种有效性，就必须进行衡量、测试和评估。在学徒制度方面长期积累的经验证明，技能培训的效果可以利用测试和演示的方法来加以评估。在一个多技能的高绩效系统中，雇员在被许可运用其技能开始工作之前，其技能水平必须得到一个培训小组的鉴定。鉴定包括口头测试和在工作岗位上的技能演示。在危险的环境中，安全问题成了关注的焦点，这种鉴定便尤为重要。

为实现高绩效全面质量环境的培训 有证据表明，在日益为人们所接受的TQM原则中，包括了对员工的培训。图15—7示出了对近300家公司在1985—1993年间的培训活动的调查情况。图中给出了在被调查的前三年中，有60%以上的雇员接受过技能培训的公司的百分比。这些技能通常是有效的雇员参与和全面质量管理所必需的那些技能。其中有三项技能属于人际的和群体的技能。这并不奇怪，因为有如此之多的雇员参与和TQM活动都涉及开会、人际交互作用、群体解决问题和对他人施加影响。同样重要的还有两个技术性领域的知识，即统计分析和对经营业务的理解。这两方面在有组织的改进和TQM活动中居于中心地位（Lawler et al.，1995）。

培训应以技术性技能和社会性技能的培养为中心。技术性技能是与岗位相关的技能，是完成该岗位的技术性任务所需要的技能。社会性技能是人际间交互作用和管理的技能，这两者的结合使得团队成员能够通力合作共同协调他们的业务。团队技能中包括了沟通、群体动力、冲突管理、有效会议、决策等方面的技能，还包括了诸如计算机应用、解决问题以及统计分析这些技术性的技能。管理方面的技能包括了招聘、分派任务、安排和调整休假、工作调度、安排培训等。

交叉培训使得雇员能够理解其他团队成员的岗位并在必要时加以顶替。它使得每个雇员能够更加完整地理解组织的全貌以及组织的各个部分是怎样彼此衔接的。通过对全局的了解，雇员更能以主人翁的姿态行事，更能够主动承担起使顾客满意和持续改进的责任。工作变得更加富有乐趣。这种了解使得雇员们能够更加有效地处理问题。圣迭戈动物园和沃尔特·迪斯尼世界是在交叉培训方面的典范。

培训类型	1987 年（323 家）	1990 年（313 家）	1993 年（279 家）
群体决策与解决问题技能	5	6	16
领导技能	4	3	8
业务理解技能（会计、财务等）	4	2	5
质量、统计分析技能	6	9	22
团队建设技能	5	8	17
岗位技能培训	无	35	48
交叉培训	无	无	13

图 15—7　过去三年中有 60％以上的雇员接受过培训的公司的百分比

资料来源：Lawler et al.，1995.

人员与全面质量系统的整合

整体必须大于各部分的简单相加。对于一支成功的运动队来说，无论每个运动员有多么优秀，只靠个人都难以使全队获胜。类似地，一辆性能优越的汽车也是如此，单个的零部件必须仔细地组装成为一个精心设计的系统才能实现预期效果。只有良好的变速箱、引擎、车轮等还远远不够，这些部分必须集成为一个平稳运转的系统才能够形成一辆世界级的汽车。同样，在一个高绩效的组织中，员工、结构、任务、信息、决策、奖酬制度等也必须整合为一个总的系统。高绩效组织中的雇员要接受广泛的技术技能和社会技能的培训。这些技能必须获得均衡的发展。

构建技术方面的技能　技术系统涉及工作过程在生产和服务方面的要求。该系统的要素包括过程运作、设备、方法、测试仪器、程序、知识、工具、技术等，供多技能员工应用。

培养社会技能以实现更好的人际交互作用　要满足工作在过程内部的人员的

需要，社会系统要考虑诸多因素，包括个人的态度与信念、劳资关系、群体间以及群体内成员间的关系、人员的学习与成长、群体准则、权力与政治方面的问题、个人的动机等。

沟通技能，尤其是倾听的技能，是最重要的社会技能之一。一种合作而不是竞争的关系对于团队成员来说是至关重要的。这方面的技能包括组织高效的团队会议、解决冲突及决策等。

衡量成功的关键指标 内塔斯公司拥有 77 个持续改进团队，包括 310 名雇员。他们在价值工程、实验设计以及 SPC 工具方面受到了良好的培训。他们在 5 年中将每千件缺陷数由 1989 年的 105 个减少至 10 个左右（*European Foundation for Quality Management Special Report*，1995）。这样的成就只有当组织借助于关键的衡量指标将注意力集中于成果时才有可能实现。

衡量的对象与方法 衡量成功的指标应当满足以下的标准：

- 团队行动应对关键指标具有显著的影响。数据的趋势和变化与团队的行为存在着联系。
- 这些指标应对顾客和团队都非常重要。团队应自豪地告诉其客户他们正在衡量什么。
- 这些指标的数据要便于获取、分析和理解。那些由多个指标组合而成的单一数字指数过于复杂难懂，对团队来说没什么用处。团队看不出它对一个复合指标的影响。
- 数据要及时。测量指标要能够有效警告即将发生的麻烦。
- 要具有足够的数据以使测量指标在统计上是有意义的。

满足这些标准的常见指标如准时供货百分率、连续无工伤停工天数、顾客调查评优百分数、无差错批次百分数等。

在联邦快递公司，有一个主要的衡量指标是“早 10 点前包裹送达百分比”，其目标是 99.9%。每一个雇员都会影响这一目标的实现，他们都可以查阅当前的数据（Garwood ca.，1990）。

伊斯曼化学公司通过每年调查全球2 000多客户来衡量顾客的忠诚与价值以及其他的 20 几项相关特性。衡量结果公布在人们都能看到的公司告示牌上。客户抱怨响应时间也是一项重要的测量指标，其目标是在 24 小时内对顾客的投诉作出答复。这一目标最初只有 20%左右能够实现，现在则改进到了 90% 以上。这一成绩归因于大量的过程改进，如指派专管人员并为他们配备 BP 机和移动电话以实现更迅捷的通讯。

一些常见的成果

- 提高质量和运作水平（减少了缺陷和差错，提高了人均产量）。
- 降低成本（降低了运作和维护成本）。
- 提高了雇员满意度（积极的自尊，明确的发展前景）。

积极地强化

正如本章前面所讨论并展示在活性化模型（见图 15—1）中的那样，活性化必须具备四个关键的要素：雇员必须明确组织的使命，并拥有采取行动的能力、职权和欲望。本章的这一节着重讨论雇员作为组织的主人翁来采取行动的欲望。积极的强化对于激发这种欲望起着至关重要的作用。

绩效管理的定义及关键要素　绩效管理以实现所期望的动机和行为为中心。丹尼尔斯（Daniels，1982）将绩效管理定义为“对工作人员加以管理的一种系统的、以数据为依据的方式，它以积极的强化作为实现绩效最大化的主要途径”。这种方式以 B.F. 斯金纳的研究工作为基础，斯金纳的理论主张人的行为是其结果的函数。正如许多组织所应用的那样，绩效管理遵循着以下五个步骤：

瞄准所期望的成果　目标和测量在此非常重要。要确保每个人都清楚。所瞄准的行为应当是可衡量的，是行为者可控的，并且对行为者和顾客均有价值。

评估所需要素　评估只靠激励能否实现所期望的绩效，是否尚需其他的活性化要素（如信息、技能培训、工具和设备、职权或对使命的了解）。若有需要就要加以提供。

识别强化因素　对预期行为的强化告诉了人们该行为是重要的。中止了对某一行为的强化会使人们认为该行为已不再重要。强化通常来自上级，但也会来自同级、工作群体、自我（内在激励）或下属。良好的强化对于预期行为应当是积极的、具体的，应真心实意且在行为之后迅速进行。积极的后果应当构成鼓励高绩效的工作环境的组成部分。

强化应当加以预先的计划。伊斯曼化学公司的制冷团队连续 3 年每年都实现了 100 多万美元的节约。该团队对此有所预计，从而预先对强化进行了计划，其中包括配偶参加的每年团队会餐。

绩效的衡量和沟通　应当明确以往的绩效基线。应设定可实现的适度费力的目标，目标应明确并易于理解。那些成功的团队通常会设立可达的而不是过高的目标。实现了一个目标，便重新设定另一个目标，如此这般进行下去，从而实现绩效的持续改进。人们通常能够比预期做得更多，因此，不管什么时候只要跳过了前面的目标，就应继续升高横杆。应利用记分牌和图表的形式将绩效状况醒目地加以公布。

提供强化　一旦人们做出了预期的行为就应当给予强化。成功的绩效在中途时总是与大量的积极的结果相联系。在体育、艺术、儿童的培养、经营等领域中均是如此。有关积极的强化的一个关键概念便是“驱使人们做正确的事情”（Blanchard and Johnson，1981）。对行为具有最强影响的那些结果应当是积极的、

即刻的和肯定的。这些积极的结果增强了人们持续改进的欲望。

积极强化的例子 成功的团队会庆祝他们的成功。有关积极的强化如何驱动持续改进的例子在体育界随处可见，得分的橄榄球队员、击出本垒打的棒球选手会马上获得队友的热烈祝贺。参加少棒联赛的孩子们会得到教练和家长们的欢呼鼓舞。

运动员不断努力以超越以往的成绩：接连地获胜，连续地比赛，选手不断地击出好球(棒球)，取得高分(网球)，降低杆数(高尔夫球)或射门得分(足球)。

组织中的成功团队也不断追求新的目标，并经常庆祝它们的成就。在伊斯曼化学公司，积极的强化是团队会议的普遍主题。例如，其中一项日程会讨论“我们有哪些工作做得出色?”对于实现目标的庆祝十分普遍，或许还会伴随着物质的或非物质的奖励（如T恤衫等)。快餐和纪念品常常是团队庆祝活动的组成部分。在田纳西伊斯曼公司，为团队庆祝活动所提供的餐饮每个月高达2万多人次。团队庆祝活动的一个重要组成是来自管理者和小组成员的评论，用以强化行为和所取得的成果。庆祝午餐和晚餐也十分普遍。此外，田纳西伊斯曼颁发了数百个“总裁奖”以表彰团队的成就，工厂到处摆放着这些让人自豪的奖章。

内在激励 对实施TQM的公司所进行的一项调查表明，人们受到了在改进和使顾客满意活动中所取得的成功的激励。在对TQM的有效性有着非常积极的认识的组织中，员工的满意程度也十分高涨。这种自然的奖赏非常有力。这种内在的激励因素使得工作变得更加有趣和刺激，使人感到满足和自豪，促进了自我控制，使雇员产生了使命感和成就感。例如，在降低制冷设备维护成本方面取得了如此成就的制冷团队便展示出了源于内在激励的驱动力和成就感。

人力资源会成为最有效的持久竞争优势

莱斯特·修罗（Lester Thurow，1992）在其《大脑对大脑》一书中阐述道：“职工队伍的技能将成为21世纪的关键竞争武器。智慧将创造出新的技术，但富有技能的员工将成为这些即将问世的新的产品和过程技术得以应用并易于驾御的功臣。”

从与来自美国、日本、拉美以及欧洲的诸多经理们的讨论中，我们可以看到人们对于以下这一信条有着共同的认识，即全面质量管理和企业的成功取决于人们对他们的工作系统的长期和积极的贡献。那些从它们的雇员中获得了最高绩效的组织将成为持久的最优者，这些雇员通过有效驱使所在系统中的技术而使之成为可能。

这不是一件轻而易举的事情。如果容易的话，每一个公司都会使自己成为高绩效的组织。以下所列出的这些特征或许可以解释很难成功实施的原因。高绩效

组织必须有：

- 彻底的观念转变。
- 新的文化。
- 长期的愿景。
- 废除管理层的控制。
- 在培训上投资。
- 仔细选拔雇员。
- 有效的沟通。

竞争优势的获得绝非轻而易举，有时则难以保持。高绩效的职工队伍这种竞争优势很难建构，而一旦拥有却会成为一种长久的优势。

参考文献

Bernstein, Paul (1988). "The Trust Culture." *SAM Advanced Management Journal*, pp. 4－8.

Blanchard, Kenneth, and Johnson, Spencer (1981). *The One Minute Manager*. William Morrow, New York.

Dana Corporation (1994). *The Philosophies and Policies of Dana*, Toledo OH.

Daniels, Aubrey C, and Rosen, Theodore A. (1982). *Performance Management: Improving Quality and Productivity Through Positive Reinforcement*. Performance Management Publications, Atlanta.

Davis, Susan Musselman (1995). "Communicating the Quality Message at the Ritz-Carlton." *IMPRO 95 Conference Proceedings*, Juran Institute, Inc., Wilton, CT.

Deming, W. Edwards (1986). *Out of the Crisis*. MIT Press, Cambridge, MA.

European Foundation for Quality Management Special Report (1995). European Quality Publications, Ltd. London, pp. 39, 42－46, 54－56.

Galvin, Robert (1996). Remarks made at satellite telecast, *J. M. Juran on Quality: Yesterday, Today, and Tomorrow*. October 10, 1996, produced by International Institute for Learning, Inc., and presented by PBS Business Channel, New York

Garwood, William (1988). Recollections of a visit to the Saturn automobile plant in Spring Hill, TN.

Garwood, William (ca. 1990). Recollections of a visit to Federal Express operations facility in Memphis, TN.

Garwood, William (1994). Recollections of remarks by the president of Wainwright

Industries at the presentation ceremony for the Missouri Quality Awards.

Gilbert, Gaye E. (1989). *Framework for Success: Sociotechnical Systems at Lake Superior Paper Industries*. Case Study of the American Productivity & Quality Center, Houston, TX, July.

Hoogstoel, Robert E. (1996). Personal recollection related to the authors.

Imai, Masaaki (1986). *Kaizen: The Key to Japan's Competitive Success*. Random House Business Division, New York, 1986.

Juran, Joseph M. (1989). *Juran on Leadership for Quality: An Executive Handbook*. The Free Press, New York.

Juran Institute (1996) "Maximizing Employee Assets." *Quality Minute*, vol. 3, no.9. Center for Video Education, White Plains, NY.

Lawler, Edward E., III, Mohrmann, Susan Albers, Ledford, Gerald E. Jr. (1995). *Creating High Performance Organizations: Practices and Results of Employee Involvement and Total Quality Management in Fortune 1000 Companies*. Jossey-Bass Publishers, San Francisco, pp. 13－14, 51－58, 76.

Macy, Barry A. (1995). *Survey of Innovative Organizations: New Organizational Start-Up/New Plant Design Characteristics and Site Selection Criteria*. The Texas Center for Productivity and Quality of Work Life, College of Business Administration, Texas Tech University, Lubbock, TX, December 5.

Miller, Lawrence M. (1984). *American Spirit*. William Morrow, New York.

Myers, Isabel, Briggs, Katharine (1987). Consulting Psychologists Press, Inc., Palo Alto, Cal.

Niedz, Barbara A. (1995). "The Blitz Team" *IMPRO 95 Conference Proceedings*, Juran Institute, Inc., Wilton, CT.

Peters, Tom (1987). *Thriving on Chaos: Handbook for a Management Revolution*. Random House, New York.

Scholtes, Peter R. (1987). *A New View of Performance Appraisal*. Joiner Associates, Inc., Madison, WI.

Stuck, Jack (1992). *The Great Game of Business*. Springfield Remanufacturing Company, Springfield, MO.

Taylor, Frederick W. (1947). *The Principles of Scientific Management*. Harper and Row, New York.

Thurow, Lester (1992). *Head to Head: The Coming Economic Battle Among Japan, Europe, and America*. William Morrow, New York, pp. 51－52.

U. S. Department of Commerce, *Malcolm Baldrige National Quality Award Criteria*. Technology Administration, National Institute of Standards and

Technology, Gaithersburg, MD.

U.S. General Accounting Office (1991). "Management Practices: U.S. Companies Improve Performance Through Quality Efforts." NSIAD-91-190, May.

Wellins, Richard S., Byham, William C., Wilson, Jeanne M. (1991). *Empowered Teams: Creating Self-Directed Work Groups That Improve Quality, Productivity, and Participation*. Jossey-Bass Publishers, San Francisco.

Wiggenhorn, William (1987). Remarks to visitors at Motorola University, November 12, 1987, as recorded by Robert Hoogstoel and shared with the authors.

Other suggested resources:

Ankarlo, Loren, and Callaway, Jennifer (1994). *Implementing Self-Directed Work Teams*. CareerTrack Publications, Boulder, CO.

Graham, Pauline (1995). *Mary Parker Follett: Prophet of Management*. Harvard Business School Press, Boston, p.127.

Greenleaf, Robert (1977). *Servant Leadership: A Journey Into the Nature of Legitimate Power and Greatness*. Paulist Press, Mahwah, NJ.

Juran, Joseph M. (1988). *Quality Control Handbook*, 4th ed., sec. 15. McGraw-Hill, New York.

Ketchum, Lyman D., and Trist, Eric (1992). *All Teams are Not Created Equal: How Employee Empowerment Really Works*. Sage Publications, Newbury Park, CA.

Kinder, Mickey (1994). *Motivating People in Today's Workplace*. CareerTrack Publications, Boulder, CO.

Nadkarni, R.A. (1995). "A Not-So-Secret Recipe for Successful TQM." *Quality Progress*, November, pp. 91 - 96.

Quality Progress (1995). July, p.18.

Senge, Peter M. (1990). "The Leader's New Work: Building Learning Organizations." *Sloan Management Review*. MIT Sloan School of Management, Fall, pp.6 - 101.

Wellins, Richard S., Byham, William C., Dixon, George R. (1994). *Inside Teams*, Jossey-Bass Publishers, San Francisco.

(刘东明 译)

第 16 章

质量培训[①]

加布里埃尔·A·帕尔（Gabriel A. Pall）
彼得·J·罗布斯泰利（Peter J. Robustelli）

引言
以往的方法
主要的问题
质量培训职能的管理
职责
关注顾客
制定质量培训计划
资源
预算
人员配备
课程设计
实施与提供
教学方式
提供培训所用的系统、媒介和设施
外部资源与内部资源
培训方法
学习实验室
协同性培训系统
评估
为何要进行评估？
培训评估的系统方法
培训失败的原因
质量培训的未来
资源
质量培训资源举例
参考文献

引言

传统上，企业界主要着重对技术性的知识和技能以及完成与职位职责相关的特定任务的能力加以培训。但在过去的 10 年中，只是从技术出发的这种传统的培训模式发生了重大变化，这是由于整体的职业发展这种需要的出现。职业发展以及“职业的”这一词汇反映了职工队伍中的教育分布的全面变化。有一大批受过良好教育的人员进入了职工队伍的行列，他们对继续教育和发展有着极大的需

① 在本手册的第四版中，有关质量培训的材料是由弗兰克·M·格里纳所提供的。

要。同时，人们对于国家的教育体系在为新的工作环境提供后备军的价值上存有极大的争议。这些因素使得组织肩负了巨大的责任和负担，它们必须对此作出反应。有些组织作出了很好的反应，还有许多组织则在对这种现象的“知”与“行”之间徘徊。信息技术的爆炸性进展使得事情变得更为复杂，这种技术进展仍以令人目眩的步伐持续地变化着。所有这些因素的结合形成了一种强大的力量，促使我们从总体上改变我们的培训方式，尤其是有关质量的培训。

以往的方法　大多数组织都设有固定的培训主管或培训部门。这一部门通常要负责所有人员的培训，培训内容囊括所有方面，既有关于如何应用顾客服务技术的技术性培训，又有针对高层主管的领导能力训练。采用何种方式能够最有效地满足某一培训需要，通常要同负责培训的人员或部门加以商讨。这会涉及指派来自一个或多个职能部门的一位或一组专家，来精心构思一种方式以满足该培训需要。这种方式可以是：

- 在职培训。
- 课堂培训。
- 利用录像资料、编程教具、家庭学习等的自我培训。
- 参观其他公司。
- 成为专业协会的会员。
- 基于计算机的学习。

绝大多数的大型组织（《财富》500 强这样的规模）都具有相当成熟的培训体制，能够对付它们所遇到的各种各样的要求。它们或者自己来提供满足这些需要的培训，或者与外部的专业人员签约，使其与本组织这一领域的内部专家合作，一道来提供有关的专业技能。但是，这些培训部门对于涉及质量方面的培训则采取了一种“放手”的方式。结果，绝大多数开展有组织的全面质量管理（TQM）的组织都建立了单独的质量培训机构。这成为了“质量部门”的一个构件，它属于质量经理的职责范畴。质量培训机构独立于公司的其他培训活动之外，负责建立课程，编制教材，实施并评估质量培训。

主要的问题　20 世纪 90 年代企业界开始认识到“大质量”的概念，即质量是涉及组织中的每一个部门和每一个过程的问题。这本身是一个巨大的突破！由于这一原因，对于以质量为重点的培训和教育的需求扩展到了整个组织当中，从而扩大了质量专业人员的活动范围，提升了这一领域知识的比重。在质量领域中的这种知识的增长滋生出了合作的障碍，在组织的质量培训与其他培训之间出现了显著的分离甚至是竞争。

最近 10 多年中，一个广泛的规模缩减运动席卷了企业界。这促使许多企业进行了部门的合并，并对它们的企业经营进行了全面的重新思考。质量和培训部门也未能置身事外。趋势是将质量、培训和人力资源方面的部门合并为一个统一的“职业发展”（professional development）团队，这使得各个领域都有失去自我

特征的危险。

规模缩减和合并使得更多的工作落在了更少的人头上,这使得时间变得比以往更为宝贵。从而,服务及生产活动以外的时间成为了组织各个部分所角逐的对象。

质量培训职能的管理

考虑到质量培训所面临的主要问题,在这样一种环境下,对于质量培训的管理就必须以一种有组织的综合性方式来进行。其中的一些关键要素包括:

- 对有关人员的职责的明确。
- 对于内、外部顾客的始终不渝的关注。
- 包括明确的战略、战术在内的详细质量培训计划。
- 支持培训计划的预算。

职责 只有当质量培训的实施及其效果具有明确的职责安排时,质量培训以及它所支持的 TQM 系统才有可能取得成功。如同在其他关键的竞争或发展战略的场合一样,对此承担责任的仍是最高领导层。他们必须负责就培训战略达成共识并确保它能够支持公司的其他战略,如运作战略、文化战略及财务战略等。他们还要负责对这一培训战略的效果加以评审和评估。具体的质量培训战略的计划、设计和实施不属于他们的职责范畴,它们通常是人力资源职能的一个组成部分,这方面的工作是在关键的质量专业人员的技术支持下进行的。

对于质量培训负有责任的有关方面有:

- 最高管理层。创建组织的质量文化是最高管理层的责任。质量文化是体现在工作中的行为、技能、工具和方法的产物。若不能明确地向人们表明"如何"来实施和维持这样一种文化,这种文化的变革便很难实现。因此,最高管理层在质量方面必须具有良好的训练,并要激励其培训开发团队能够提供质量培训的各种选项。在这些选项的基础上,最高管理层制定出质量培训工作的战略和战略目标并不断加以改进。所计划的质量培训活动可以是整个组织的长期活动(3~5 年),也可以是针对组织的某一特定领域的短期活动。
- 人力资源部门。人力资源部门负责质量培训战略的实施。实施活动中包括了选择课程、设计并提供培训以及建立评估的程序。质量培训的实施与公司的其他培训活动是整合在一起进行的,遵循着相同的实施程序。课程可以由内部提供,也可以外包给外部的质量培训提供者。现在的做法与过去的主要区别在于这样一个强烈的趋势,即将质量培训与职业发展课程有机地整合在一起,并具有高度的个性化以反映组织的文化。这一点在那些具有十分成熟的 TQM 体系的组织中尤为明显。
- 质量专业人员。质量专业人员(或质量部门)有责任与人力资源部门的专业人员合作,贡献他们在质量方面的技术专长,这与关键的销售专业人员在开发销

售培训课程时要贡献他们的专长极为相似。这也是与过去的不同之处。以往，组织设有专门的质量部门(有时是非常大的)，它们独立于培训部门之外，负责确定、开发和提供质量培训。这种做法阻碍了 TQM 与大质量所涉及的全面活动的整合，造成了 20 世纪 80 年代后期以及 90 年代初期的“质量与常规工作”的矛盾。

关注顾客　始终不渝地关注顾客是质量的一个根本原则。质量培训也同样如此。明确顾客是谁，他们的需要是什么，满足这些需要的培训战略以及培训科目的特征如何，这是质量培训的关键要素。组织要建立起一个具有现代感的、协调一致的质量培训体系，在设计这一体系时就必须遵循一个能够将质量计划活动中的所有基本要素都体现在内的程序。

明确地认识顾客意味着在设计和提供质量培训时，必须将参与质量培训或将从质量培训中受益的所有有关方面都考虑在内。组织常常很晚才发现，在开发质量培训的科目及其提供方式时，课程设计者关于顾客及其需要的认识依据的只是自己的感觉。反应灵敏的组织非常重视辨识顾客及其目标，并会同顾客就质量培训将如何有助于实现他们的目标进行仔细的沟通。许多情况下，由于缺乏明确的公司培训战略，企业在那些它们永远不会使用的工具和技术上，浪费大量的时间和金钱来开发培训课程和培训人员。用培训的人头数及培训的科目数来衡量在质量方面的成功，这在过去是一种十分普遍的做法。

制定质量培训计划　制定战略性的质量培训计划对于任何 TQM 活动的成功而言，都是至关重要的。一个战略性的培训计划必须考虑这样一些关键领域，即质量知识、最高管理层的教育、中基层管理人员的培训、技术培训、资源、预算、人员配备等。

质量知识　主要包括以下这些有关质量的基本知识和原理：质量的定义；质量计划、控制和改进的过程（朱兰三部曲）；以顾客为中心；测量和数据收集；奖励和认可；团队合作；有关质量工具的介绍。质量知识培训的目标是对以下几点达成一个基本的认识：

- 质量为何重要。
- 在我们的环境中质量意味着什么。
- 质量如何影响着我们的日常生活。
- 我们可以从何处着手应用质量的概念和技术。

各种组织以各种不同的方式来实施质量知识的培训：(1) 有的组织将这种知识培训看做是实施质量体系所必需的全部内容（只需讲给他们，他们自然就会去做的）。(2) 有的组织实施了各种各样的技术方面的培训（统计质量控制、质量改进过程、标高分析等），而忽略了使人们认识到这些知识之所以重要的原因，而这一点却是成人培训要取得成功的一个基本要求。(3) 有些组织的质量知识培训只是集中于组织中的某些层次，因此使得组织内部的各个层次在对基础知识的理解上出现了不平衡的情况。

质量知识培训对于 TQM 活动的成功具有至关重要的作用。这种培训应当从组织的最高层开始，应当作为最高管理层教育的基础部分。我们的经验表明，尽管许多高层经理对于质量的语言和方法已经变得颇为熟悉，但他们个人背景的差异却阻碍着他们找到普遍性的线索将所有的知识串在一起。设立综合性的质量知识课程，能够有效地促进高层领导班子对于质量的理解，同时也为启动针对组织的其他层次的质量培训过程奠定了一个良好的基础。

那些赢得了马尔科姆·鲍德里奇国家质量奖的组织，或曾经为之而顽强拼搏的组织，均针对所有雇员建立了明确而合理的质量知识培训课程。通常，这一培训要普及到企业中的每一个在职员工，进而会成为每一个新雇员上岗培训的组成部分。这些培训以非常基本的词汇展现出了该组织的质量理念以及对员工的要求。

美国海关总署开展了一个名为“人员、过程与伙伴关系”的质量运动。副总统阿尔·戈尔将海关总署称为美国政府再建的“先锋”，这一再建努力旨在使政府能够更加以顾客为中心，能够更加以企业的方式来运作。在“人员、过程与伙伴关系”活动中的质量知识培训重点放在第一线的监督人员上（一般职员与基层主管之间的人员）。特别值得关注的是第 3 天的培训（见表 16—1），这一天都用于说明和讨论现行的工会合同。许多公司把这个主题作为一个独立的问题来加以考虑，而没有认识到将其与质量培训整合在一起的价值。与工会之间建立起牢固的工作关系，这是美国海关总署在其再建活动中所采取的关键策略之一。

最高管理层的教育 如果质量知识培训是最高管理层培训旅程的起点的话，那么其终点何在？它没有终点！质量培训是一个系统的过程，它日益融入组织的职业发展过程当中。此前，针对最高管理层的教育按照与其他类型的质量培训同样的方式来加以实施。最高管理层的人员集合成为一个小组，由一位培训者或讲演者向他们灌输知识。由于目前经营环境的变化，这种方式已经有所改变，无论是在提供的方式或是提供的内容上都包括了大量的选项。在其培训内容中涵盖了一个 TQM 体系中所包括的基本主题：

- 质量知识。
- 质量领导。
- 任务和职责。
- 奖励和认可。
- 团队过程。
- 战略性的质量计划活动。
- 顾客满意和忠诚。
- 标高分析。
- 顾客与供应商之间的关系。
- 业务过程质量。
- 自我导向的工作团队。

表 16—1　　“人员、过程与伙伴关系”活动中的质量培训日程安排

时间	内容
第 1 天	
8:00—9:00	绪论：欢迎词，参加者介绍，课程说明，详细安排
9:00—10:00	为何变革：顾客为什么正在改变，哪些方面正在改变
10:00—10:15	课间休息
10:15—11:00	为何变革：监督者的职责
11:00—11:30	变革管理：讨论
11:30—12:30	午餐
12:30—1:45	变革管理：练习——变革的障碍，集体讨论
1:45—2:00	课间休息
2:00—2:30	领导技能：教练
2:30—3:15	领导技能：有效的团队，练习——有毒的垃圾场
3:15—3:45	领导技能：有效的会议
3:45—4:15	领导技能：决策，就异议进行协商
4:15—4:30	机动时间
第 2 天	
8:00—8:10	回顾
8:10—9:10	以顾客为中心：讨论
9:10—10:10	业务方法：BPM 三部曲，过程计划讨论
10:10—10:25	课间休息
10:25—11:15	业务方法：练习——制作纸飞机
11:15—11:30	业务方法：战略性问题的解决
11:30—12:30	午餐
12:30—1:10	业务方法：使命陈述的写作
1:10—1:45	测量：讨论
1:45—2:00	课间休息
2:00—2:25	测量：变异性
2:25—3:30	测量：过程控制用表，讨论
3:30—4:15	活性化：录像和报告
4:15—4:30	机动时间
第 3 天	
8:00—8:10	回顾
8:10—9:45	Part/IBN/合同：伙伴关系，讨论
9:45—10:00	课间休息
10:00—11:15	Part/IBN/合同：伙伴关系，练习——挑战
11:15—12:00	Part/IBN/合同：利益谈判，讨论
12:00—1:00	午餐
1:00—1:30	Part/IBN/合同：练习——第 2 部分：事实与臆想
1:30—2:00	Part/IBN/合同：与全国工程技术人员工会（NTEU）的合同
2:00—2:10	课间休息
2:10—3:20	业务分析工具：工具 1～4
3:20—3:30	课间休息
3:30—4:15	业务分析工具：工具（5），帕累托图讨论
4:15—4:30	机动时间
第 4 天	
8:00—8:10	回顾
8:10—9:30	业务分析工具：工具（6～10）
9:30—9:45	课间休息
9:45—10:45	比较：比较讨论，练习：远景预测
10:45—11:45	为何变革：前后呼应，讨论
11:45—12:00	机动时间

资料来源：United States Customs Service.

最高管理层教育的提供过程已经得到了强化。最高管理层质量培训的一个关键目标便是，最高层人员总要处于组织学习曲线的最前沿。高层人员不见得一定要了解某一主题的所有技术细节，更重要的是要能够辨识出该培训的本质是什么以及它为何重要。当今一些特别适合于高层人员培训的方法有：

• 模块式培训。将培训主题分解为不超过两小时的模块，使得能够将之插入到常规的会议当中。这种方式使得对于高层人员日程的影响降到了最低程度，对传统的会议议程提供了一个创举，使得培训主题内容更加容易展示和消化。同时也将高层人员置于了一个稳定的质量信息流当中。

• 即时式培训。即用即学是一种最好的方式。这样使接受者能够迅速学以致用（所学知识若能在培训环境以外得到迅速应用，其80%都能够被保持下来）。对于高层人员而言，即时式培训意味着他们能够在最适当的时机及时地获得所需培训以支持组织的质量活动。高层主管的职责是知道并懂得正在进行着的是何种类型的质量培训，以及为何必须学习和应用这方面的培训主题。他们的作用是在这些知识的应用方面身先士卒并促进组织中的其他人员的应用。高层人员以各种不同的方式来发挥他们的这种作用，如参与高层人员评审活动，参加质量培训的开幕（如以讲授某一培训课程的绪论的方式），在其日常工作中应用相关内容等。

• 私人顾问。请一位质量专家作为私人顾问或教练，是高层人员质量培训的一种实用且有效的方式。这使得高层人员能够得到一对一的专业指导，使得高层人员在将相关主题应用于特定问题时能够获得充分的支持。对相关概念和方法的质疑和挑战，有助于高层主管建立起亲身的理解和信心。这种方式克服了集体培训课程对于高层人员的时间安排所造成的困难。

• 同行讲演。大多数高层主管人员更习惯于“聆听与自己所处环境相似的人的现身说法”。同行讲演为质量主题增加了一种现实感。由其他的高层主管来讲述他们的经历和挑战，其效果是最好的，无论这些高层主管是内部的还是外部的。听取类似环境下同一层次其他人员学习和应用质量管理的经验，对于高层主管人员而言是一种有效的学习方法。

• 自我学习。另一种对高层主管颇为有效的个性化的学习方法是将有关的学习材料提供给他们，安排一个计划使他们置身于一个系统化的质量教育过程当中。这要由高层主管个人与内部或是外部的一位质量专家来共同加以精心地安排。采用这种方式要事先安排一些检查点，在这些点上由质量专家与高层主管交谈，以确保学习计划得到遵守，并帮助把握实际应用知识的机会。这种自我学习的方式通常会与私人顾问的方式结合使用。

• 会议学习。利用参加质量会议和公开讲座的方式来学习，有助于高层主管灵活地选择最适当的主题和内容。当高层主管能够将个人学习与公司的质量管理实施计划或特定的质量活动相结合时，这种方式能够发挥最大的效用。这些特定的质量

活动如业务过程质量、战略性质量计划、自我导向的工作团队等。

巴奇特（Budget）租车公司提供了一个高层管理人员质量培训课程的例子（见表 16—2）。最高层领导班子被称为质量委员会。该委员会设计了一个包括各种质量主题在内的综合培训方案，以支持一个三年期的 TQM 实施活动。

表 16—2 巴奇特租车公司质量委员会

单元	内容
	绪论
第 1 讲	研讨班的目标
第 2 讲	巴奇特为何开展 TQM
	概述
	目标
	机会与益处
	质量定义示例
	小结
第 3 讲	如何认识质量
	概述
	目标
	谁是顾客？
	如何认识全面质量
	成果
	什么是全面质量管理？
	质量的测量
	过程的测量
	小结
第 4 讲	巴奇特的 TQM 实施方案
	概述
	目标
	路线图
	巴奇特的基础工作
	任务与责任
	质量驱动的组织
	高层经理的任务
	质量责任的整合与分解
	是否会增加管理费用和事务性工作？
	团队活动
	项目使命陈述：发表
	项目团队
	对照的思考过程
	以团队的方式工作
	沟通技能
	小结
第 5 讲	质量改进
	概述
	目标
	质量改进示例
	渐进式改进

续前表

单元	内容
	巴奇特有组织的质量改进过程
	评估备选方案
	质量工具：纠正方法选择矩阵
	小结
第 6 讲	质量计划活动
	概述
	目标
	质量计划与质量改进
	质量计划活动的示例
	质量计划过程与工具
	“着急症”
	小结
第 7 讲	质量控制
	概述
	目标
	质量控制过程
	小结
第 8 讲	工作单位团队的质量
	概述
	目标
	小结
第 9 讲	选择正确的质量过程以引导你的项目
	概述
	目标
	选择正确的质量过程
	辨识项目类型指南
	三个质量过程之间的关系
	小结
第 10 讲	供应商的作用
	概述
	目标
	回归三重角色模型
	小结
第 11 讲	战略性质量计划活动
	概述
	目标
	何谓战略性质量计划活动？
	质量委员会在战略性质量计划中的角色
	小结
第 12 讲	质量委员会的会议
	对会议加以预先计划的重要性
	日程：首次质量委员会会议
	质量工具：机会选择矩阵
	日程：第二次质量委员会会议
	对评审活动加以计划

资料来源：Budget Rent-a-Car Company.

中、基层主管的培训 中、基层主管雇员通常是质量培训的首要对象。这一群体包括了从最高管理层以下到基层监督员之间的所有层次。这些层次上的人员在学习和使用质量管理概念和方法方面通常担负着“破冰”的使命。他们构成了最初的质量改进团队、业务过程质量管理团队、质量计划团队等的成员。最高管理层的培训着重于发挥领导作用所需的较广泛的战略和概念，而中、基层主管人员在这些领域的培训则较为简略，更注重在工具、技术和方法方面的内容。他们必须理解开展 TQM 活动的具体做法。

中、基层主管的培训同时注重技术的内容和有关人的因素的内容。他们的质量知识不仅要包括战略性的质量计划，还必须包括质量改进工具在内。此外，还必须通过培训使他们对于组织的文化具有充分的敏感性。大多数 TQM 实施的失败都可以归因于对这个群体的重视不足。这种重视不足或是表现为未能向他们提供培训，或是在重新定义质量文化时未能考虑他们的建议。对这一群体的培训既包括战略方面的内容也包括战术方面的内容。表 16—3 所列出的是其中的一些分类内容。表 16—4 是朱兰学院所提供的针对这类主管人员的一个日间培训方案。

表 16—3　　管理层的培训内容

战略性内容	战术性内容
建立战略考评指标和目标	质量过程
展开战略性质量计划方案	• 改进
理解业务过程	• 计划
质量体系	• 控制
质量文化	质量工具
• 质量价值观	辅助技能
• 活性化的雇员	沟通技能
• 以顾客为中心	数据收集和分析
• 合作	检验和测量
• 奉献	评估
• 创造性	质量成本
奖励和认可	统计方法
评审与审核	质量团队的作用与责任
	标高分析
	自我导向的工作团队

表 16—4　　管理人员的质量改进培训

时间	内容
第 1 天	
8:00—8:30	导论
8:30—10:00	模块 1：什么是质量？——概述，目标，什么是质量？谁是顾客？外部的顾客，三重角色，全面质量
10:00—10:15	休息
10:15—12:00	模块 2：什么是 TQM？——概述，目标，为何开展全面质量管理？悦服的顾客，活性化的雇员，更高的收入，更低的成本与不良质量的成本，不良质量成本的分类，经营成果，何谓全面质量管理？
12:00—1:00	午餐
1:00—2:45	模块 3：朱兰三部曲——概述，目标，财务类比，质量计划，质量控制，质量改进

续前表

时间	内容
2:45—3:00	休息
3:00—4:30	模块 4：质量改进的组织活动，质量委员会和项目团队——概述，目标，质量委员会，跨职能团队，任务和责任
4:30—5:00	提问和回答/小结
5:00	休会
第 2 天	
8:30—9:00	温习前一天内容
9:00—10:30	模块 5：诊断历程——概述，目标，症状分析，帕累托图，流程图，提出有关原因的假说
10:30—10:45	休息
10:45—12:00	模块 6：继续诊断历程——头脑风暴活动：激发创造性的想法，因果分析图，验证假说，分层，直方图，散布图
12:00—1:00	午餐
1:00—2:30	模块 7：治疗历程——概述，目标，治疗历程，考虑被选方案，设计控制机制，提供检测过程的手段，建立控制标准，确定与标准对照的实际绩效，保持成果
2:30—2:45	休息
2:45—4:00	模块 8：你在 TQM 中的作用——概述，目标，结果的变化，奖励与认可
4:00—5:00	提问和回答/小结
5:00	休会

技术性培训 这种类型的质量培训的内容中包括了多种类型的工具和方法，这些工具和方法旨在提升雇员收集数据、分析数据并展示相关的决策信息的能力。因为对质量的关注已经切实渗透到了每一个产业和组织当中，使得这方面的工具和方法的类型以及应用方式有着极大的差异。然而，其中的核心部分是能够应用于大多数行业的。这方面的一个典型例子便是佛罗里达动力与照明公司培训“应用专家”的一个样板课程（见表 16—5），这是一个用以培养内部的统计质量控制专家的系列研修课程。（佛罗里达动力与照明公司是 1989 年的戴明奖得主，也是获此殊荣的第一家非日本公司。）

资源 所有的质量培训项目都必须有资源保证。必须通过专门的活动来确定为了实现质量培训目标所必需的人员和物质方面的费用。人们已经认识到一个精心计划并重点突出的质量培训计划的价值所在。他们也已经认识到还必须作出资源的承诺，这种承诺应当使那些负责实施培训的人们能够看得见并足以激发他们的行动。制定了雄心勃勃的培训计划但却将之束之高阁的事例比比皆是。之所以如此无不是由于缺乏实施计划所需的资金、时间或者人员。为什么这些资源需求没有被考虑到？通常的做法总是首先制定这些计划，然后再从部门预算中挤出资金来加以实施。这些资金本来是用于其他活动的，从而培训计划的要求或者被拒绝，或者只是分到了一点残羹。质量培训必须如其他业务活动一样分配预算、配备人员和预先计划。如果这些资源要成为部门预算的一部分，部门就必须参与计划过程（作为顾客），理解其益处。世界级的质量组织，如那些马尔科姆·鲍德里奇国家质量奖得主，它们在质量方面的培训预算最低为 40 小时。它们中的许多组织只有很少的专职培训人员，大部分培训活动主要依靠来自部门的志愿者加以

实施。这些志愿者由质量培训专家来认定资质，他们为人们的培训体验带来了一种“可信”的氛围。质量培训所需的资金由培训部门或其他各个部门来加以计划和预算。培训部门通常负责为总的培训费用制定预算。质量部门为培训部门在教材开发和培训师资的资质方面提供技术咨询。

表 16—5　　技术性培训

应用专家——第一部分	
单元 1	全面质量控制的基本概念
单元 2	数据分析基础
单元 3	直方图与频数分布
单元 4	概率分布概述
单元 5	离散型概率分布
单元 6	正态分布
单元 7	平均值的估计
单元 8	假设检验导论
单元 9	总体方差已知时对均值的检验
单元 10	总体方差未知时对均值的检验
单元 11	单个总体方差的检验
单元 12	总体方差的估计
单元 13	两个总体方差的检验
单元 14	两个总体均值的检验
应用专家——第二部分	
单元 1	一个比率的检验
单元 2	两个比率的检验
单元 3	随机数表
单元 4	回顾与归纳
单元 5	抽样
单元 6	单因素方差分析
单元 7	双因素方差分析
单元 8	参数估计
单元 9	应用实例
单元 10	控制图导论
单元 11	$\overline{X}-R$ 控制图
单元 12	X　R 控制图
单元 13	$X-R$ 控制图（独立观测值）
单元 14	过程评估
单元 15	np 控制图
单元 16	p 控制图
单元 17	c 控制图与 u 控制图
应用专家——第三部分	
单元 1	实验设计
单元 2	相关（Ⅰ）
单元 3	相关（Ⅱ）
单元 4	回归（Ⅰ）
单元 5	回归（Ⅱ）
单元 6	回归（Ⅲ）
单元 7	回归（Ⅳ）
单元 8	可靠性概述
单元 9	可靠性——A 型
单元 10	可靠性——FMEA
单元 11	可靠性——威布尔
单元 12	可靠性——B 型

资料来源：Florida Power and Light Co.

预算 如同其他的关键活动一样，质量培训必须有专门的资金支持。这些资金的支持可以是集中的，也可以是分散进行的。但不管怎样，这些资金必须专用于支持质量培训的战略和战术上。许多组织选择了分权化的方式，由每个业务单位将其总的培训预算的一部分用于质量培训。各单位对于当年度所计划质量项目的培训需求加以分析，并排出优先次序。这些培训需求便构成了考虑质量培训预算的基础，是否增加、调整或减少质量培训的资源要由高层主管作出决策。根据实现特定目标的需要来安排培训预算，而不是由能够支配的钱数来决定培训的量，这种方式使得高层主管能够从一个不同的视角来看待质量培训及其预算。这样的决策是根据投资回报率来进行的，从而极大地改变了组织对于质量培训价值的认识。

人员配备 在过去的 10 多年中，支持质量培训所必需的人员需求发生了显著的改变。原先，从教材开发到内容讲授，质量培训的所有方面都配备有专门的人员。这些活动曾是“质量部门”所扮演的重要角色。随着质量培训需求的增加，这些部门也随之膨胀起来，有些场合下会有 20 人或 30 人以上。企业的再造活动使得这些部门成了改革的靶子，它们被合并和整合到公司的培训职能当中。目前企业界在这方面所应用的人员配置方式有许多种基本的类型。然而，一个普遍性的趋势是，质量部门和质量培训职能会变得更加精干，并且呈现出一种跨职能的存在。以下是若干种典型的人员配备方式：

• 集中式。这是传统的结构，由一个专门的群体来研究、开发、教授和评价质量培训课程。许多组织发现，这种构造常常会将质量培训策略与组织的总体教育策略割裂开来，会造成学习的障碍。参与者会将质量培训视为与其他职业发展活动截然不同的事物。

• 毂轮式。这是质量培训的一种更为普通的模式。总部单位有一个培训专员或培训主管，该职位与其他部门或业务单位中的培训专门人员是一种“虚线”关系。这些人员通常是质量部门的构成部分，但分散配置在整个组织当中。位于马来西亚吉隆坡的金色希望种植园所采用的方式便是一个典型的毂轮式构造的例子。该组织在其总部和四个主要的业务单位之间成功地运用了毂轮式模式。各个业务单位的培训专门人员直接向本单位的总经理报告，同时与总部质量及环境总监保持着一种“虚线”关系。质量及环境总监又与负责全面培训的人力资源总监有着密切的协作关系。这种毂轮式方式是一种非常富有成效的职业发展方式。

• 分散式。在这种模式中，每个部门、事业部或业务单位都各有其自身的质量培训方式。所遵循的战略是共同的，但每个单位负责自主开发其战术并加以相应的部署。这不是一种有效的质量培训方式，必须付出高得多的协调努力。

• 分担式。这种方式与毂轮模式颇为相似，但略有加强。培训者从组织中选拔志愿者来支持培训计划的落实。这些志愿者选自那些过去曾接受过质量培训的人员，他们作为促进者、团队牵头者或团队成员来支持质量体系的实施。

• 外部质量顾问。20 世纪 90 年代，可利用的外部质量顾问的数量呈现出了指数式的增长。对许多组织来说，这对它们的培训工作和业已十分精简的质量部门提供了一种有效的补充。外部质量顾问为组织提供了一种便捷合用的资源，可用于支持组织对于质量培训的计划、发展、提供和评价。

课程设计

课程设计是一个成功的质量培训体系的支柱。用以选择培训主题并形成课程的过程是非常关键的。这一过程的关键要素包括：

• 顾客需要分析。
• 教学方式设计。
• 内容开发。
• 试培训。

在质量培训中，培训课程及培训主题的设计者必须清楚地理解受训者的需要。受训者的业务需要在诸种需要中占据着首要地位。过去，质量培训仅限于一些工具和方法方面的基础课程。如何将培训内容最好地应用于具体的业务环境是交由顾客（培训的受益者）来决定的。今天的质量课程设计则重视通过质量来促进业务目标的实现，这种促进或者来自质量技能的运用，或者来自对质量理念的理解。

一旦明确了顾客的业务需要，设计者们就要确定学习目标（产出），并将之与教学方式（教学设计）联系起来。教学设计包括开发特定的“学习活动”或“教育战术”，通过这种活动或战术以帮助人们将书面语言转化为知识。这种学习活动可以采取多种形式，如解决问题的演习、角色扮演、案例分析、群体活动以及其他的交互式学习方法。其关键的目的在于，将传统的被动式学习方法（讲课和阅读）减少到最低程度，提倡更为交互式的“参与式”方法。一个有效的质量培训课程会从实现学习目标的要求出发，通过精心安排这些活动的时间、内容、次序和方法，成功地将这些学习活动穿插衔接起来。

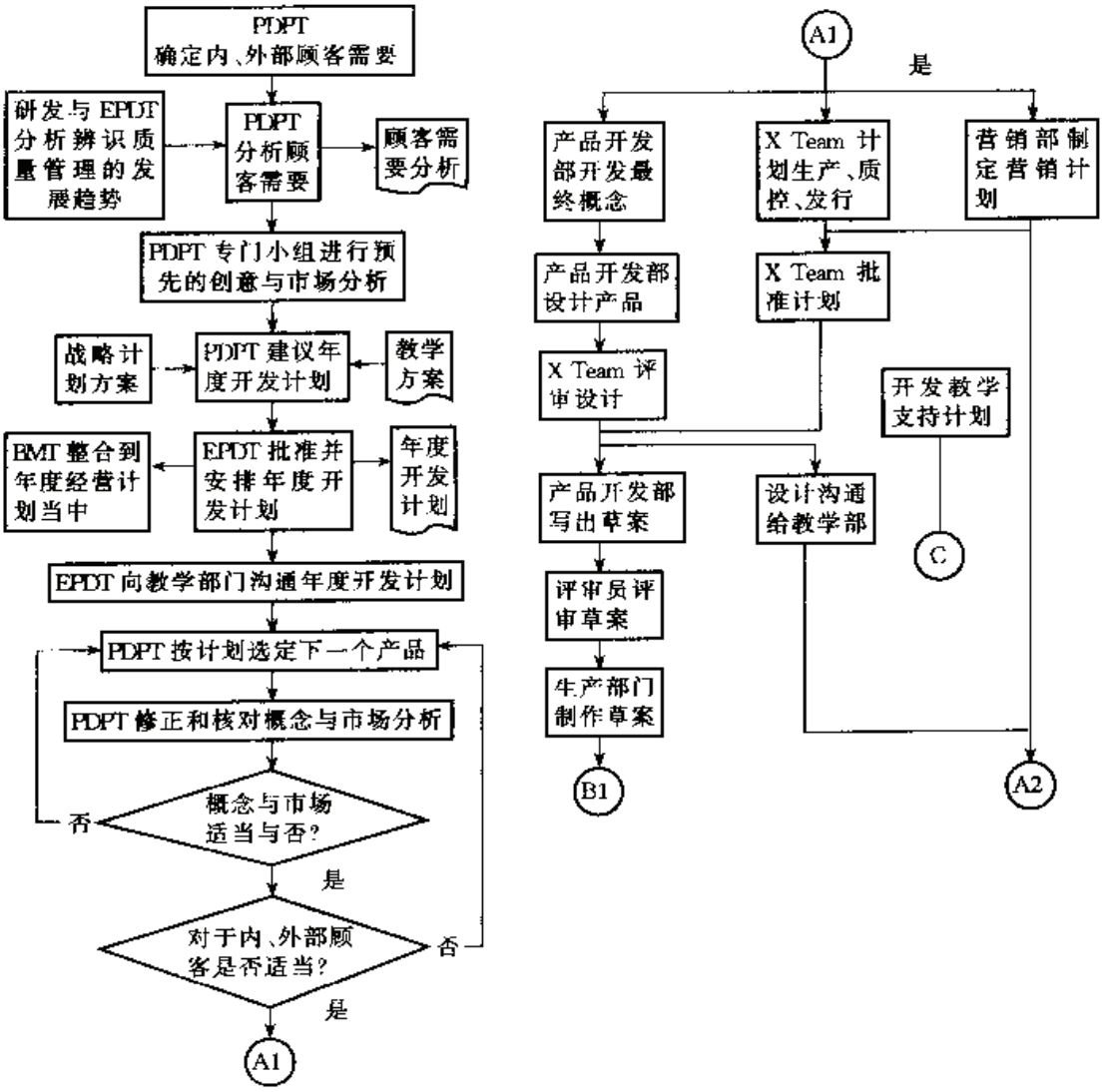
内容开发也是基于学习目标来进行的，它受到绩效需要、职位要求和听众这三个因素的影响。

绩效需要表示满足业务需要所要求的技能、知识和能力的水平与目标听众当前所具有的水平之间的差异。

职位要求能够反映出所缺乏的特定知识，决定了技能、知识或能力是如何应用于履行职位的。听众的知识水平将决定适宜的难度水平，以确保有效的学习体验。在考虑所有这些因素的基础上，设计者们便可以开始着手开发满足学习目标的课程，所开发的课程应当有助于创造一种有效且有趣的学习体验。

确立了培训内容之后，应选择一组客观的参与者来进行试培训。试培训的群体可以包括培训人员以及随机选择的一组目标学员。试培训成功的关键在于，参加者应当被给予一套明确的指示，来说明如何对课程的内容和设计进行评价。试培训非常耗时。如果计划不周，将很难取得效果。但是，如果准备得充分，它将成为课程设计过程中的一个有效步骤，将有助于开发出符合学习目标要求的有效的培训产品。

图 16—1 是朱兰学院所用的产品开发过程的流程图。该流程图中的若干步骤在上述讨论中未曾提及，主要是关于营销和年度计划的步骤。这些步骤之所以包括在朱兰学院的产品开发过程中，是因为它的质量培训产品（教材、录像带、软件及讲习班）除了内部应用之外还用于公开的销售。开发只供内部使用的产品的过程一般不包括这些步骤。



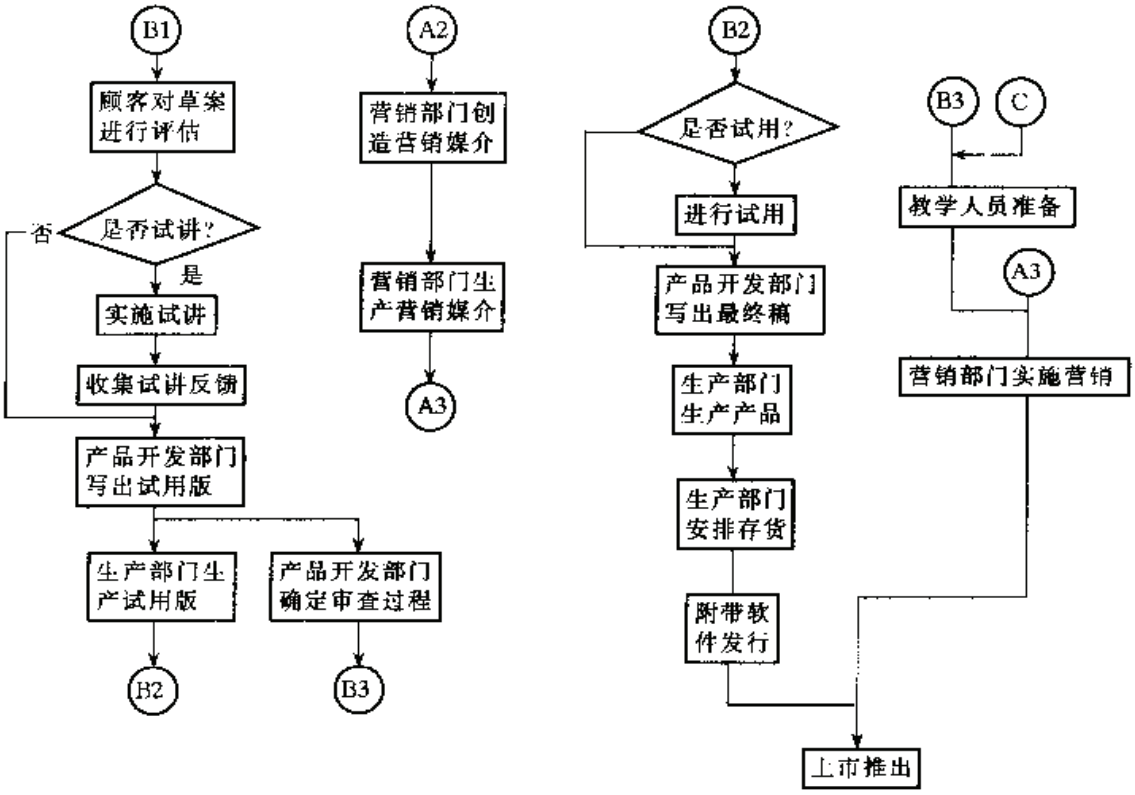


图 16—1　产品开发过程

说明：PDPT——产品开发过程团队；EPDT——高层产品开发团队；BMT——业务管理团队；X Team——专题产品开发团队成员。

实施与提供

质量培训通常通过以下两个步骤来提供：

1. 计划和准备培训的实施。培训所用的媒介、装置和设施的评价、选择及配置；基本物质条件和信息技术支持的建立；支持性人员及其他资源的安排。

2. 提供。采用个人的或群体的方式，将培训内容（主题）传递给学员。

教学方式　在选择培训的提供媒介之前，培训实施的设计者必须确定何种教学方式对于提供该培训来说是最适当的。当具备以下的诸种条件时，培训便能够最有效地传递技能和传播知识：

学员容易获得培训材料。

可以根据所获得的能力来对培训加以衡量。

提供有辅助措施（当培训以群体的形式进行时）。

培训材料有非常清晰的图解说明。

具有互动性的内容。

学习者对于培训的节奏和时间具有高度的控制。

培训包括了基于成绩的测验和评分。

培训材料可以重复使用并且可以修订。

培训具有实践和练习的支持。

其中有一些条件会与所选择的提供媒介发生冲突，此时就需要设计者加以权衡。例如，如果学习者可控是一个重要的要求，则由培训师进行的课堂培训可能就是一个较差的选择。

提供培训所用的系统、媒介和设施 对于一项特定的培训活动而言，教学方式的选择决定了什么样的提供系统、媒介和设施将会是最有效和最经济的。培训提供系统有三种选择，即以讲授为基础的系统、以计算机为基础的系统以及以录像为基础的系统，每种系统都各有其相应的媒介和支持技术。

可选择的培训媒介包括：

- 现场讲授。
- 听众应答系统（ARS）。
- 练习册和案例研讨。
- 录音磁带。
- 实况视频播放（TV）。
- 录像：磁带、视盘或 CD-ROM。
- 多媒体电脑（能够传送文本、声音、动画及图形）。

在选择培训提供系统和媒介时，成本是一个非常关键的因素。各种培训提供方式所要求的开发时间存在着巨大的差异。各种提供方式的开发时间是指创造一小时的实际培训（称为学员接触时间）所需要的时间。对于讲师讲授的培训提供方式而言，每小时接触时间平均要求 6～10 小时的开发时间。其他几种类型的培训提供方式每小时学员接触时间所需开发时间分别为：基于练习册的培训提供方式需要 40～50 小时，文本方式的基于计算机的培训提供方式需要 100～200 小时，而交互式多媒体光盘方式则需要 200～500 小时。

影响质量培训成本的其他因素包括：学员的薪水、差旅费用以及培训者所发生的有关费用（内部培训者的薪水和差旅费，外部顾问和辅助人员的酬金和差旅费）。

小结 当培训请求必须迅速回应、培训方式要求有较多的交互活动时，采取讲师授课的方式是比较适当的。基于计算机的培训对于大量受众来说效率较高，这样可以分摊成本。这种方式需要相当多的开发时间。含有多种活动（信息展示、练习、案例研讨、实验室或实践课等）的培训项目采用多媒体方式最佳。尽管费用很高，但多媒体方式有助于避免一些不良的做法，如在计算机屏幕上读书或只是“空讲”而不用图解等。

外部资源与内部资源　要取得最大限度的培训效果，培训提供系统的质量，特别是培训者的质量起着至关重要的作用。但最合适和最佳的提供系统或培训者并不总是能够从组织的内部所获得。因此，如何获取提供系统或培训者（包括指导人员有时甚至包括支持性人员）便成为培训实施计划活动中的一个重要决策。

这一决策通常取决于两个因素，即培训预算的规模与培训的政策。

在许多组织当中，质量培训预算的规模决定了其内部只能建立一些最基本的培训技能，通常限于质量控制、标准化和基本的质量保证方法的培训。一些专门化的学科知识和培训技能被许多组织认为是自己所负担不起的，这些知识和技能如业务过程设计和再设计、标高分析、质量成本分析、战略性质量计划等等。这些类型的培训科目和技能以及相关的提供系统便可能会从外部获取。

另一方面，有些组织，包括一些大组织在内，它们奉行不从内部承担有关岗位或技能方面的培训的政策，这也包括质量培训在内。作为常规，这些组织从外部来购买质量培训，这些培训是由受雇的指导者、培训者和咨询人员来进行的。学术团体是这类外购培训的一个很受欢迎的来源，有许多方面的质量培训都可以由商学院和工程学院的教员们来提供。

培训方法　在久经时间洗练的常规培训方法与以技术为基础的知识传递方法之间总是存在着竞争，后者是以另一种方式来解决问题的。这两类方法又都可以分别采取个性化的方式和群体培训的方式。

常规培训方法　在职培训（OJT）仍然是现时所用的一种有效的培训方法，尤其适用于质量改进团队和质量计划团队的培训。在一个 OJT 环境中，学员通过履行特定的职位内容来获得培训，这一过程是在一位经验丰富的培训者或导师的指导下进行的。这种方式对于诸如质量控制、质量保证、过程设计或再设计、标高分析和一般性问题的解决（如质量改进）这样的主题尤为有效。

顾名思义，独立研习（independent study）是指各种独自学习的方法。以自教自学（学员对自己的学习负责）的形式进行的独立研习常用于获得质量管理工具方面所需的知识和技能。

自我指导的学习（self-directed learning）是这样一种教学方式，它由受到高度激励的学员采取行动去掌握预先计划的培训材料。自我指导的学习可由单个的受训者借助于自训材料来进行，也可在培训者、指导者或导师的帮助下进行。学生被供之以一个学习计划以及执行这一计划所需的全部材料。这些材料通常有课本，偶尔会有图示的或视听的教具。这些东西综合起来通常被称为学习资源包（learning resource packages）。

群体学习（group learning）方法一般不要求特别的技术、设备或设施，但各种方法都必须有一位熟练的讲师来计划、准备、展示和促进各种学习活动。

当具备以下这些条件时，由讲师讲授的群体培训方法是较为合适的：

- 能够获得熟练的讲师。

- 必须将知识传递给大量的学员。
- 培训（内容和教授方式）必须在短时间内开发出来并加以提供。
- 学员缺乏基本的学习技能（如阅读和计算）。
- 培训主题理解起来困难。
- 学员能够按照预定的日程集中到某个地方。

群体培训的专门方法包括：讲授、讨论、展示和演示、案例研讨、角色扮演、教学游戏等。根据所要培训的质量主题的不同，各种方法都有其长处所在。

以技术为基础的培训 以技术为基础的培训（technology-based training，TBT）在教学过程中发挥着施教、管理与支持的作用。最为重要的在于，它能够使学习更为容易和更加有效。TBT 当中包括了计算机支持的学习资源、计算机管理的教学和计算机协助的教学。

计算机支持的学习资源（computer-supported learning resources）既不施教也不管理教学过程；它们代表了学员可以从中学习的图书馆或知识库。

计算机管理的教学（computer-managed instruction，CMI）是由计算机进行的教学管理。在一个 CMI 环境中，学习资源未必一定是以技术为基础的，CMI 能够独立地发挥教学过程管理者的作用。其要点在于，CMI 并不直接地包含学习活动，但它提供了使学习更加有效的能力。

作为一个管理系统，CMI 有三种运行模式，即测试、学习方案与记录。其中，学习方案是与实际教学过程最直接相关的模式：CMI 系统会针对每一个未达到的学习目标产生一个教学方案。相应地，每位学员可以获得一套个性化的学习方案。这使得每位学员所需的学习时间大为减少，构成了 CMI 教学效率的基础。

计算机协助的教学（computer-assisted instruction，CAI）在教学过程中应用计算机向学员传递知识。CAI 可以运行在若干种教学模式下，如辅导、练习和实践、教学游戏、建模与模拟、解决问题等。

在质量培训中，根据培训主题的不同，每种 CAI 模式都各有所长。练习和实践主要用于质量管理工具方面的培训。解决问题和辅导是诸如质量计划、质量改进和质量控制这些基本的质量管理方法论方面的培训所具有的主要形态。建模与模拟在有关业务过程的设计、再造和分析方面的培训中极为有效。教学游戏主要用于施教培训和促进技能、领导技能、合作性团队建设以及会议管理技能等方面。

远程学习是一种日益有效的 CAI 版本，这种方式向在地理上分布广阔的学员提供教育。它使得那些无法参加在某一场所同时进行的学习活动的人们学习有关的科目成为可能。远程学习也使得学员有可能根据自己的时间来参与学习活动。

远程学习的学员既可以以个人的方式（散布于多个地方）也可以以群体的方式（一处或几处）加以组织。

在实践中，质量方面的远程学习项目基于以下两种策略之一：（1）视频电信会议（群体同时方式，即所有学员同时参加）；（2）计算机会议方式（个人或群体，同时或非同时）。

国立科技大学（the National Technology University，NTU）是视频电信会议的一个典范，其中的一个模式为定期的课堂。视频电信会议课程由参与其中的30多所大学通过上行链路或播送站发射。接收点到大学课堂的直通电话线路保证了教学双方的交互活动。电子邮件和电话应答服务辅助了这种交互活动。NTU已经播出了大量的质量方面的课程，据报道这些课程极具挑战性且对于学员的工作环境具有高度的适用性。

学习实验室　大多数现代的质量管理过程和相关的工具都需要导入和应用新的技术，当涉及信息流和数据的管理时尤其如此。然而，许多组织都发现它们的雇员并不具备利用这些新技术的技能。

组织应如何将新技术与质量管理相结合？组织如何使其雇员应用新技术？哪些人需要培训？

要回答这些问题只有课堂的体验是不够的。动手性的学习体验必须被包括在培训中。学习实验室提供了实现这一目的的手段。它们专用于教育和培训而非技术性研究或生产。通过学习实验室进行知识转移的这一完整模型包括：

- 通过讲授、讨论和团队活动的质量管理概念的课堂导入。
- 培训训练和案例研究。
- 在一个具有现实性的类似于工作场所的环境中对于实际工具的实践和应用。

在质量培训中最常用的三种类型的学习实验室包括：（1）以计算机为基础的实验室；（2）可编程自动化实验室；（3）制造设备实验室。

协同性培训系统　协同性培训系统（collaborative training systems）是计算机电信会议的最先进形式。在过去10多年中，以下三个方面的主要进展促成了这种参与性的在线培训和协同性工作分担方式的增长：

1. 公、私组织内部培训需要的显著增加。

2. 基于诸如项目团队、活性化的跨职能团队和自我导向的工作团队这样的协同性结构上的工作过程导向关系的出现。

3. 使得团队内和团队间能够有效地沟通和协同实施项目的“群件”的发展。

雇员培训　在过去20多年中，内部雇员培训已经成为了实现经营成功的一个关键战略，许多场合下甚至成为了实现这一目标的前提条件，这是以往任何时候都不曾有过的情景。

在 *Across the Board* 杂志上登载的一篇文章中，布利克斯坦因（Blickstein，1996）指出美国企业界现在的教育培训费用估计在每年300亿美元以上。通用汽车公司的土星事业部每年为其9 200名员工提供平均90小时的培训。土星事业部

期望其所有员工每年要将5%的时间用于培训教育。英特尔大学目前的培训预算相当于职工工资总额的约5.7%。摩托罗拉大学每年的预算为1.2亿美元，它在美国有14个分部，在欧洲、亚洲和拉丁美洲还有许多分部。IBM奉行这样一个政策，即要求每位雇员每年最少要接受40个小时的培训。

许多组织在内部建立起了自己的世界级雇员教育计划，具有专门的培训机构和支持系统。一些组织宣称它们现在自己能够提供80%以上的雇员培训，而几年前大多数培训都还是由学校、咨询人员和其他的外部供应商提供的。

协同性工作方式 协同性计算技术在各种由多个个人或群体参与者共同分担的工作中的应用，导致了协同性工作方式的产生。对于由地理上分散或时间上冲突的参与者共同分担的工作而言，这种协同性工作方式代表了一种日益有用有效且省时省钱的工作方式。当无法就近组织起具有合理规模的群体时，经过专门训练的专家（培训者、促进者、团队领导或过程主管）也能够借助于协同性工作方式来施教，能够与其他专业的参与者一道致力于先进的解决方案。

协同性工作方式以团队作为基本的工作单位。团队的运作有两种模式：(1)以团队的方式来学习；(2)以团队的方式来干活儿——实施所学到的任务或活动，产出某种产品。在两种模式下，参与者都可以被组织起来，在地理位置上，或者以个体的方式存在（分布在许多场所），或者采用团队的方式（较大的团队可以由若干分处于不同场所的子团队或小组所构成）。

无论是团队中的小组还是个人，参与者的工作时间安排均可以采取以下两种方式之一，即同步（同时）或是异步（不同时间，通常按照各自的选择）。对于参与者以及实施协同性工作方式的组织来说，上述两种方式均有其长处。在现实中，协同性工作的实施在地理位置及时间的安排上是以混合的方式来进行的。

“群件”和协同性计算 群件（groupware）是专为群体以共享的方式使用而设计的软件的通称。协同性计算（collaborative computing）是由通讯网络及相应的应用软件的集合所构成的系统。这些系统不只是使不同步且地理上分散的活动得以实现，它们同样也支持传统的团队活动。这种系统可以就相关主题（如过程改进、编程、项目管理等）对团队成员进行培训，提供支持随后的团队活动的工具，为当前和未来的项目存档和检索。

培训和绩效支持 组织当前的培训努力面临着相当多的挑战：

- 如何在组织的内部复制成功？
- 如何衡量培训的效果？
- 如何使培训和学习资料是最新的且具有相关性？
- 如何降低培训和团队活动的成本？
- 如何确保新的技能和工具的正确应用？
- 如何提供“正当其时”的培训？

协同性培训系统能够起到促进培训的作用，无论是课堂环境的培训还是个人

桌面环境的培训。为这两种环境所设计的学习材料降低了开发的成本并在整个项目周期中提供了连续性。

衡量　培训以及协同性项目的成功与否不是一眼就能够看得出来的，它必须借助于专门的广为接受和理解的尺度来加以衡量。这些尺度包括：

- 学习成果尺度（如理解程度、保持力、实际应用等）。
- 周期时间。
- 工作—产品质量。
- 个人及团队的生产率。
- 成本。

这些尺度是根据构建协同性计算系统之前所确认的关键系统要求而确定的，在一定程度上，系统会自动地对这些尺度加以追踪、分析和报告。这些经验性数据能够与焦点小组或其他技术结合使用以确保系统处于最佳状态。

评估

为何要进行评估？　评估对于质量培训的效果起着至关重要的作用。评估绝不只是一个马后炮，而是一个有效的质量培训过程的必要的和系统的组成部分。良好的培训始于对于培训需要的准确评价，随后是需要分析、教学设计和培训活动内容的开发，终于源自培训的岗位绩效和组织绩效的提高。

以下给出了一些实用的指南以帮助专门的培训人员：(1) 选择和设计评估方法；(2) 评估成功指数；(3) 管理评估过程。

培训评估的系统方法　培训评估的经典框架是基于唐纳德·柯克帕特里克(Donald Kirkpatrick) 于 1976 年提出的四部分评估过程形成的。它主要评估：

1. 被培训者的反应。
2. 被培训者的学习成果。
3. 被培训者是否和如何应用了他们所学到的东西。
4. 学习成果的应用是否和如何促进了工作绩效。

多年来，有许多作者和培训专业人员对这一基本模式进行了修正，这些修正主要集中在对前端评估的强化方面。这些修正使得培训活动期间递增的学习成果能够得到更为客观的衡量。培训评估的另一领域是有关保持力方面，这只能在培训过后一段时间才能评价，如培训结束后 6～12 个月或更长时间。

在质量培训中，评估的功能要比只是简单地检查某一培训活动是否实现了学习目标更为宽广。质量培训的目的旨在提升组织的产品和服务的价值，这是通过系统地改进对这些产品和服务做出贡献的人员的技能和知识来实现的。提升顾客的满意度和忠诚度是质量培训的终极目的。

因此，在设计评估质量培训的方法时，必须确保评估活动符合改进产品和服务质量的战略要求。评估设计需要考虑：

质量培训的目标应当来自通过战略性质量计划活动所制定的组织的质量战略。

质量培训只有当接受培训的单位已经配置了其质量测评体系之后才应开始实施。

质量培训的实施应明确先后主次，直接影响顾客满意度的雇员应首先接受培训。被培训者应做好准备工作并具备先行知识。培训中的举例应联系到产品和服务的质量，培训活动应让学员有机会实践质量管理的技能及有关工具。学员应致力于培训中所获新知识的应用。一旦回到工作岗位上之后，学员对于组织绩效尤其是顾客满意的影响就应当有准确和及时的反馈。

在设计质量培训的评估方法时，应当实施何种程度以及何种类型的评估，这是需要回答的关键问题。评估设计是一个持续的过程，因为评估活动也必须持续改进并同不断变化的需要相适应。作为整体培训战略和培训设计的组成部分的评估才是最有效的评估。除了要用到有关的质量管理的知识和技能之外，如同对于任何具有一定复杂程度的过程一样，评估过程的管理也要应用到项目管理的概念、工具和方法。

总而言之，评估必须贯穿于整个培训过程当中，而非只是在培训的活动当中或之后进行。良好的质量培训评估有助于评价：

1. 质量培训的目标与主要的业务目标是否一致？质量培训的战略是否是由关键的业务需要所驱动的？

2. 培训计划是否在正确的时间以最有效的方式提供了所要求的学习成果？

3. 培训所预期的成果（如学到的内容、保持力以及为提升组织的绩效和顾客的满意度而在工作中的应用）是否正在实现？

只靠质量培训还不可能实现业务的需要，培训评估的合适作用便是帮助培训专门人员与其客户之间建立起一种稳定的伙伴关系。

培训失败的原因 质量培训会因为许多很普通的不足而失败，如在设施方面、培训资料方面、领导方面、预算方面等。这些方面的不足一般比较明显，足以使领导培训的人员产生警觉。那些更微妙一些的失败原因危险性也更大，因为这些原因只能产生一些细微的预兆，有时甚至根本就毫无预兆。这类微妙的原因包括（Juran，1989）：

- 直线主管缺乏事先的参与。
- 基础过于狭窄。
- 不能够改变行为。

管理当局有责任避免培训计划的失败。他们应明确必要的方针和指南，其中包括对战略性的质量培训计划的要求，包括对受训者在其工作中学以致用

的要求。

质量培训的未来

在任何组织当中，培训的主要作用都是开发与工作相关的技能、知识和专门技术。质量培训在全部培训活动中占据着一个特别的位置，因为它提供的是质量管理的专门技术，这些专门技术会对组织与其顾客之间的关系产生重大的影响。

质量管理活动影响着组织绩效的所有方面。在一个工业的和制造业的环境中，质量培训传统上主要着重于生产领域的绩效以及排除故障和麻烦这一层次，主要表现为质量控制方面的培训。

第二次世界大战以后，特别是由于戴明、费根堡姆、石川馨和朱兰这些专家的研究和实际工作的影响，质量管理的焦点转向了质量改进和质量计划方面，质量培训的重点也随之发生了相应的转移。

另一个最近一些的进展表现为质量培训的如下扩展，即包括了团队合作、团队建设、会议管理和团队促进这些内容。这些都是通过团队和个体雇员的活性化来促进质量管理的实施的必要方法和技术。

在 21 世纪，质量培训将会进一步扩展到技术领域，人工智能和协同性计算技术将会使解决问题的方法论得到补充和强化。另一个方面的进展将会是系统理论在质量培训中的应用，因为人们对于系统的认识从封闭系统的观点（如技术的和化学的过程以及相关的质量问题）转到了开放系统的观点（如组织的和业务的过程，以及质量、信息和人力资源方面的问题）。最后，经济、金融理论与质量管理之间日益增强的相关性将会使质量培训进一步扩展，从而将经济方面的和金融方面的主题（如质量成本分析、基于活动的管理等等）包括在内。

资源

质量培训资源举例　当前所能获得的质量管理培训方面的高效方式和资源的例子包括：

美国质量控制协会

美国培训和开发协会

各公司的大学（摩托罗拉、安达信等）

IBM 质量学院

朱兰学院

国立技术大学（NTU）

参考文献

Blickstein, Steve (1996). "Does Training Pay Off?" *Across the Board*, June.

Juran Institute (1992). *Total Quality Management: A Practical Guide*. Juran Institute, Wilton. CT.

Juran, J.M.(1989). *Juran on Leadership for Quality*. The Free Press, New York, pp. 342 - 343.

Kelly, L. (ed.) (1995). The ASTD Technical and Skills Training Handbook: McGraw-Hill, New York.

Knowles, M.S. (1980). *The Modern Practice of Adult Education*, 2nd ed. Cambridge Book Co., New York, 1980.

Senge, P.M.(1990). *The Fifth Discipline*. Doubleday, New York.

Swanson, R.A. (1994). *Analysis for Improving Performance*. Berrett-Koehler, San Francisco.

(焦叔斌 译)

第 17 章

项目管理及产品开发

杰勒德·T·保罗（Gerard T. Paul）

引言
项目管理的框架——三个阶段
　项目概念阶段
　项目确立阶段
　项目实施阶段
　验证阶段
最后一点忠告
参考文献
附加读物

引言

开发就是将研究成果或其他知识转化为全新的、改动的或改进的产品、过程和服务的方案或设计，不论它们是为了出售还是自用。它包括概念构思、进行设计、测试备选方案、制造原型、初始的小规模系统或实验厂的运行这些阶段（Industrial Research Institute，1996）。项目管理过程在新的实物产品开发中的应用是本章讨论的主题。

项目（project）是以一种有组织的方式所实施的任务（task）。项目将任务及相应的解决方案组织在同一框架内，这一框架清楚定义了所要进行的活动及其实施方案。进一步地，根据所用时间和资源与预设目标的对照，对于项目的进展状况便能够做到心中有数。项目方式还使得管理层能够在项目进程的关键检测点上加以监督和审批。

长期以来，项目管理方法主要应用在一些大型的、事关重大的活动上，如人力、时间和资源花费巨大的产品开发活动等。近来，项目管理方法在用来解决一些较小问题时也表现得颇为有效，尤其是在连续地应用以实现渐进性的变革甚至是如质量改进这样的突破时更是如此。在这种情况下，朱兰（1988）将项目描述为“一个安排待决的问题”。

本章以下的讨论是依据作者在开发技术性产品方面的经验来进行的。这里所描绘的管理过程主要针对产品开发，但也普遍适用于其他形式的项目性活动，无论是产品开发还是过程开发，或是服务领域产品的开发，例如希斯廷教堂天花板上的米开朗琪罗壁画的修复或是本手册的编写出版等。简言之，只需针对具体任务作一些适当的改动和调整，项目管理方法能够适用于任何需要此类努力的活动。

项目概念作为一种管理工具的最引人注目之处在于其对于结果以及实现结果的手段的关注。它是一种结构化的方式，有始点，有中间过程，也有终点。项目的成功完成意味着某种事物将会产生。一项新产品、一项新服务、一个经过改进的过程将会由无到有。

项目管理的框架——三个阶段

每一项目都存在着三个步骤或阶段，即开始、中间和结尾。它们分别是项目概念阶段、项目确立阶段以及项目实施阶段。在实施之后通常还会有第四个步骤，即验证阶段。每一阶段都是一项包含着多种要素的活动，有些要素对于项目过程本身的质量及其所产出的产品的质量具有特别的影响。实现卓越质量的各种手段必须自始至终贯穿于项目管理过程中。

项目概念阶段 有些项目的开端只是一些模糊的点子（ideas）。尽快地去除这种模糊性是很重要的。而且，在任何情况下，在项目的概念阶段都必须将关键的项目目标的模糊性予以去除。我们将会看到，有各种办法可以做到这一点。概念阶段包括了思考、讨论，以及那些使我们能够准确简明地将我们欲做之事描述并记录下来的活动。项目概念阶段的完成包括了如下活动，即编写项目概念陈述（project concept statement），阐释并细化项目概念陈述，编写产品要求文档（product requirements document），为项目确立阶段准备项目认可书（project authorization），获得进入项目确立阶段的正式批准。

项目概念陈述 项目概念陈述是我们的出发点。要使之尽可能地简单——随后将要面对的复杂性将足以使我们费力应付。明确的重点将有助于我们对之采取行动。概念陈述也是消除模糊性的一种重要手段。让我们来看一下以下的两个例子：

> 1296 年，大建筑师阿诺弗·德·卡比奥（Arnolfo di Cambio）受命修建佛罗伦萨雄伟的 Santa Maria del Fiore（St. Mary of the Flower）大教堂，如下的公告表述了市民们的要求："佛罗伦萨共和国希望建造一座宏伟的建筑，它将超出那些最权威的评论家之想像，其高度及美观将超越希腊及罗马最鼎盛时代所建造的任何建筑。"（McCarthy，1963）
>
> 这座教堂要求比人们所知的以往任何东西都更高更美。这一想法不同凡响，该城的长老们也深知这一点，但它却是明确且易懂的。更高当然就是更

高。更美在我们听来颇为模糊，但对于当时的佛罗伦萨人来说却并非如此，他们在模仿古希腊和古罗马的基础上，凭借其自身卓越的见识和努力，已经开始了其创造美的历程。处于文艺复兴初期的阿诺弗·德·卡比奥既是建筑师又是雕塑家，他深知人们对自己的要求。美的创造尚属容易的一面。

1961 年 5 月，年轻的约翰·肯尼迪总统在美国国会联席会议上以如下的挑战将这个国家的智力和管理能力指向了地球疆域之外："我们的国家将全力在这个 10 年结束之前将人类送上月球并使之安全返回。"(Chaikin，1994)

请注意总统的宏大设想是非常明确的：将一个人送到月球上，然后使他安全返回，并要在 9 年之内完成。在这个例子里，总统引入了时间要求作为目标的关键要素。

上述两个例子中均未设定费用的限制。这绝非常事。在这些非同寻常的例子中，费用只是第二位的因素，更重要的是国家和民族的名誉、荣耀和声望。这远非我们通常所从事的这些活动可以相提并论的。

项目概念陈述应简洁并切中要点。有时一句话足矣，正如上述例子中所表现的那样。有一页肯定足以容得下概念陈述的要点。要警惕冗长复杂的概念陈述。这往往是思路不清的表征，进而又会导致不恰当的目标设定。项目的实施是一个反复的过程。复杂的细节会逐渐显现出来。

项目概念描述的要点有：目标的描述，对实现这些目标所分派的时间（进度表），以及据以达成前两项的资源条件（人员、材料和资金）。以最简洁的方式将它们用书面语表述出来并就这些基本要素达成一致是非常重要的。将一个设想浓缩为简单的概念陈述的难度常常令人吃惊。在概念陈述被写出、达成理解和共识，并获得高层批准之前，跳过这"一小步"而启动项目的诱惑是很大的。最好牢记西奥多·莱维特（Theodore Levitt，1962）在这一点上的忠告："不知所去何处者，将为歧路所吞没。"在对未能达成预期目标的项目进行的一项调查中（见图 17—1），"产品要求定义不当"是最常提到的产品面市延误的原因（70%）(Product Development Consulting，1990)。

下面的例子取自作者于 20 世纪 90 年代初在仪器行业从事产品开发的经历。项目的目标和关注的焦点是一种装置，在此我们将之称为应用程序控制器。图 17—2 是该项目的概念陈述。注意此陈述中只是针对项目概念陈述所要求的三个要素，即目标、时间进度与资源。其细节留待后叙。

项目概念陈述的现实性检查　在跨过项目概念陈述这一主题之前，我们还必须面对一些现实世界中的考虑，有经验的项目经理对此了解颇深。事实上，为了使一项确具创新性或甚至只是一项脱离本行业、本公司或是本部门常规的建议书能够得到批准，人们会遇到相当的困难。我们必须承认，在许多这样的场合，高层管理部门都有很好的理由对那些显著背离常规的想法和建议表示谨慎和怀疑。

这种情况下，项目管理者一方会表现出一种现实而又合理的动机，即在适当的环境具备之前，他们会避免提出该项目概念及寻求高层的正式批准。

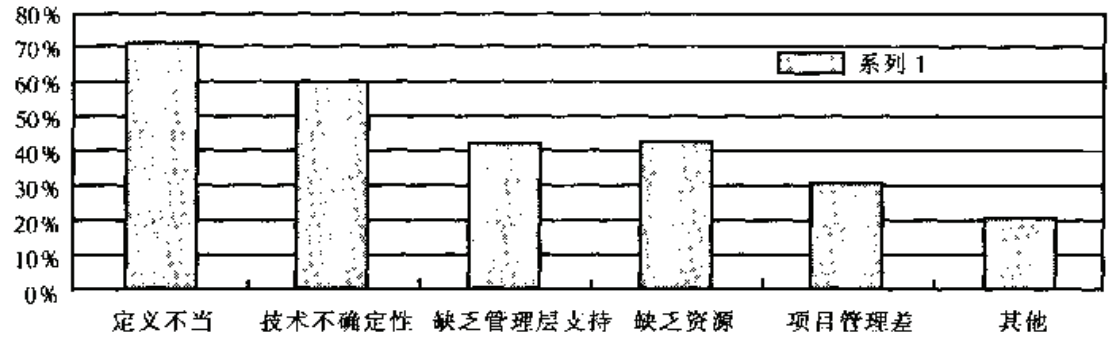


图 17—1　产品未能达到预期目标的原因

资料来源：*Product Development Consulting*，1990.

项目概念陈述

项目：应用程序控制器

产品目标：

1. 开发一种基于微机技术的应用程序控制器并投入市场，替代目前基于特殊应用技术的产品线，开发速度要超越竞争对手。

2. 所开发产品须完全具备当前产品的特征并带有 PC 机能力以及强化了的用户特征，尺寸更小且完全集成化，要包括顾客“即开即用”的功能。

3. 基本型号的目标成本为1 250美元。产品成本达到或超过1 500美元时将是不可行的。预期产量为每年2 000件或以上。

项目进度： 2 年内完成开发和市场导入。

项目开发费用： 项目开发费用不超过 200 万美元。预计回收期为 1 年，这是根据产品上市的第 1 个整年的累计毛利估算的。产品寿命周期预计为 5 年或以上。

图 17—2　项目概念陈述

彼得斯与沃特曼（Peters and Waterman，1983）在有关“臭鼬工作”（skunk works）的讨论中将这种现象描述为不为人注目、资金不足且常常是偷偷摸摸的点子孵化器。他们确信，美国公司中大多数真正好的新产品都是从这种孵化器中孕育出来的。不可控的臭鼬工作孵化器的存在似乎与项目开始前必须写出概念陈述并取得共识这一明确的要求有所矛盾。但臭鼬工作的存在也表明了警惕那些非常规点子的过早公开的必要性。我们必须与模糊性进行坚决的斗争，这适合于绝大多数标新立异的情况。

事实是，如果管理当局在每一个新的或非常规的点子尚未取得进展之前就将其粗暴除掉，结局将会逐走那些最优秀、最具有创造力的人员，最终将导致组织的毁灭。而另一方面，如果管理当局没有一种机制来进行有序的决策、设定先后次序并进行控制，这个组织也必将会衰败倒台。成功的项目管理者必须在这两个

极端之间的灰色且肥沃的地带做到游刃有余。

继续前进——转入下一阶段　从项目的一个阶段转入下一个阶段是一个重大的事件。因此，在完成概念阶段之后，进入确立阶段之前，应当取得管理层的批准。为了获得批准，除了项目概念陈述书之外，还需准备两个简单的文档，即产品要求文档和确立阶段的项目认可书。然后将这两个文档提交管理层签署。

产品要求文档　此文档的目的在于为项目建立起一个大体的轮廓。“产品”是项目的中心，是最终要交付的结果。从这一意义上而言，“产品”这个词有着更广泛的含义。

产品要求文档是项目概念陈述的扩展。要完全地描述产品还为时尚早，此时所作的描述还会受到修正甚至是根本的改动。这都是项目的确立阶段所要进行的事情。尽管如此，诸如项目牵头者或产品提倡者这些项目的推动者们仍会在产品要求文档里描绘出对于他们所要生产的产品或服务的憧憬。这一文档除了文本外，常常还会包括图形、表格等。产品要求文档不需过长或过细，通常 3～5 页足矣。例如，图 17—3 所示的应用程序控制器的产品要求文档的概要基本上涵盖了应当包括的内容。

产品要求文档概要

产品：应用程序控制器

1. 目标说明：
   1）性能说明；
   2）成本说明；
   3）进度要求；
   4）成功关键要素。
2. 用户界面与硬件。
3. 主要软件功能，即：
   1）对运行系统特性的要求；
   2）对内存、磁盘空间的要求；
   3）特殊的计算与报告；
   4）实时数据的获得。
4. 与其他产品及附件的兼容性。
5. 计划使用的新技术——病毒防范。
6. 产品的部分图解与框架。
7. 产品线位置——获利的潜力。
8. 可能需要的时间及资源粗略估计。
9. 可交付使用的清单。

图 17—3　产品要求文档概要

项目认可书——确立阶段　这是与产品要求文档成对的文档，它包括了对于项目确立阶段所需资源的扼要描述及所需时间的大致估计。在此还应对项目的总的范围作一粗略的估计。要注意这三个概念阶段的文档存在着重叠。重叠并不意

外，因为这些文档针对的是同一事物。但各个文档编制的角度有所不同。概念陈述基本上是站在最高层的立场上编制的，产品要求文档则主要从营销部门和业务管理部门的角度出发，而确立阶段的项目认可书往往是从负责具体实施的人们的角度出发的。

在一个中型或大型规模的公司里，项目概念陈述可以来自最高管理层、业务单位的负责人，或滋生于组织的内部而为某位产品倡导者所提出。产品要求文档可以由营销部门、产品部门或产品倡导者所编写。开发阶段的建议书通常来自开发工程部门。无论是哪种情况，提前一些时间将责任委派给那些负责编写项目文档的部门及人员是较为有利的。

图 17—4 仍是以应用程序控制器为例的一个项目认可书的范例。它可用于记录管理层对于进入项目的下一阶段的批准意见，本例的场合是项目的确立阶段。

项目认可书表格

项目名称：应用程序控制器

阶段认可：项目确立阶段

本阶段的活动与支出：

开始日期：＿＿＿＿＿＿　完成日期：＿＿＿＿＿＿

开发人员

工程＿＿＿＿＿＿　人—月数＿＿＿＿＿＿

电气设计＿＿＿＿＿＿　人—月数＿＿＿＿＿＿

机械设计＿＿＿＿＿＿　人—月数＿＿＿＿＿＿

总人数＿＿＿＿＿＿　人—月数＿＿＿＿＿＿

总费用：$＿＿＿＿＿＿

本阶段的主要目标：＿＿＿＿＿＿

＿＿＿＿＿＿

＿＿＿＿＿＿

＿＿＿＿＿＿

有关的签字：

工程经理＿＿＿＿＿＿

生产经理＿＿＿＿＿＿

运作副总裁＿＿＿＿＿＿

审计员＿＿＿＿＿＿

图 17—4　项目认可书表格

随着项目概念陈述、产品要求文档以及项目认可书获得管理层的批准，项目的活动便有了扩展。这时的花费将会增加，但尚属中等程度，资源将会进一步投入市场调查及技术研究中，或许还会包括可行性研究。这些活动将项目由概念阶段发展到了下一阶段，即项目的确立阶段（the discovery phase），一个更为广阔的、智力推动的动态阶段。

项目确立阶段　在图 17—3 中的产品要求文档里，我们面对着要同时着手若干相关事项的问题。我们需要更多的信息，而且此时必须开始明确一些细节性的内容。此时，对有关产品的可行性及市场生命力的关键性问题加以分析，是这种情况下取得显著进展的一个有用技法。

一个分析矩阵有助于平衡低成本和小型化这两个目标。它可以反映出每个主要的硬件构成对各个目标的贡献百分率。

成本这一因素与各元器件的所费金额有关，而尺寸因素则与每个元器件所占空间及最终装配方式有关。借助于百分比使得这种表示更具有一般性并突出了重要的影响因素。当然，项目刚开始时我们还不可能确切地知道成本与尺寸的贡献值。但即使近似的评价也有助于理解从成本与尺寸的角度而言的关键要素所在。在上面的例子中，成本方面的关键要素有印刷电路板、硬盘、显示器，尺寸方面的关键要素则为显示器、印刷电路板及电源。这些便是通过矩阵分析所确定出的“关键的少数”项目，要使产品具有市场生命力，就必须首先对这些因素采取措施。通过矩阵分析便能够提出许多具体的问题，如：

- 印刷电路板上是否有充足的空间？
- 是否需要高集成度的装置？
- 如何才能将产品的尺寸保持在合理的范围内？

重要的在于，这些提问是从矩阵分析中直接地依次得出的，尽管其可能的解决办法是相互作用、相互依存的。矩阵分析帮助我们识别出了重要的因素。这样，在项目负责人及项目团队的营销管理人员和产品管理人员在完善产品的性能规格时，团队的技术专家们则在通过一系列的“若……则……”的设计选择来改进、简化和完善产品的配置，尽管自始至终所有努力都是指向同一方向的。

项目团队　项目团队在我们所讨论的项目管理方法中处于核心地位。项目团队对项目负有管理责任，在从概念到导入的整个项目实施过程中扮演着重要的角色。团队的构成取决于项目的性质、项目发起单位的组成以及项目当前所处的阶段。举例来说，在加工性产品的场合，团队通常由来自以下各方的成员所构成：

- 营销（即产品要求、顾客沟通）
- 工程（即产品开发）
- 制造
- 质量保证
- 销售
- 服务

这一 5～6 人的核心团队负责引导项目的进程，确保各自所代表的方面的需要得到明确的表达和正确的回应。项目团队管理着项目。这个团队必须获得必要的资源来完成所承担的任务。团队中有许多成员是全职工作，但未必都是如此。团队定期召开会议。与项目有关的所有人员都将通过会议纪要和定期的项目评审

来掌握项目的进展情况。这些评审通常按月或按季进行，具体取决于项目的规模和所处的阶段。临近尾声的项目常常需要更为频繁的评审。

项目负责人在由平等成员构成的团队中处于一个特殊的位置。他负责召集会议、撰写和分发会议纪要并监督项目团队完成任务。他还要负责建立与保持项目的文件档案。在上例中，其档案中包括了项目概念陈述、产品要求文档、开发计划、性能规格、会议纪要、有关的备忘录等。这一档案构成了项目的文件记录。

老练的团队 对于团队的成功运行（对于项目本身也是如此）而言，或许再没有什么因素会比团队负责人的效能更具影响的了。在活动的进程中，必须使所有团队成员的努力都聚焦于关键的目标和重点任务。这意味着要召开会议，要使之尽可能短并与日常的要求相扣（应努力将成员的例会压缩到 1 小时内），要及时撰写和分发会议纪要。事实上，会议纪要的分发范围远不限于团队成员当中，尤其是在中型和大型的组织中就更是如此。就这种广泛分发而言，会议纪要就代表着项目本身。项目负责人对此必须加以重视。会议纪要容不得小视。

随着时间的流逝，这种运作模式会在团队成员中建立起一种稳固的工作关系，其特征表现为直率且有效的沟通、相互信任、相互尊重和相互支持。这种关系应当尽早建立起来，团队工作行为应充分形成并得到锻炼，这样在面对严重的，甚至威胁性的问题时（这是不可避免的情况），团队就能够顶住压力并有效而成功地加以对处。

事实上，在发生危机时，召集一帮互不了解的人开会并不会起到什么作用。更糟的是，在这种局面下，团队会议会充斥因急于抓住和解决严重问题而带来的压力和焦虑，而这类会议本来是应当带给人们积极的，有时甚至是令人愉悦的体验的。当发生严重的问题时，老练的团队更能够有效地应对和解决问题。之所以能够如此，是因为他们在一起经历了许多小的成功（进展），这使得他们的技能和信心得到了逐渐的提高，因此当面对“大问题”时，他们也能够做到泰然处之。

此外，训练有素的团队在那些严重的或破坏性的问题爆发、形成之前就能够预见到并加以避免，从而能够抵消和消除其影响。如果能够正确运用并坚持下去，这种方法论的累积效果将会大为有益。通过培育一种有着共同目标的而非对抗性关系的氛围，项目团队不仅能够有效地应对严重问题的发生，而且还能够善于面对变化并作出正确的反应，甚至在必须采取适当行动时作出创新性的跳跃。因此，老练的团队很适合孕育创新。

团队创新的一个例子——surface-mount 技术 上述的应用程序控制器最终要求必须有新型的具有更高集成度的电路。这种高集成度是通过应用一种称为“surface-mount”的封装技术来实现的。如何将利用 surface-mount 技术的集成电路装置的产品设计应用到围绕老式的穿孔印刷电路板装配技术的生产环境中去，这是当时所面临的挑战。

应用程序控制器开发团队的主要成员分别代表着制造、质量保证和服务这些

方面，他们是受即将导入的新技术影响最大的几个方面。大家都清楚这种新技术最终必须得到采用，这一点颇有助益。需要明确的问题在于，为什么是现在导入？为什么必须从我们开始？我们是否准备好了？组织是否准备好了？尽管如此，团队中的每位成员也还是接受了在 PC 主板上应用 surface-mount 装置的目标。没有这些装置，主板的布局在空间上将无法实现。这种装置的采用还有助于成本的节约和可靠性的提高。

团队中的所有成员都熟悉了这一问题的现状及细节，他们开始努力来促进变革的实现。最后，在采购部门的有效参与下，通过内部资源和外部供应商资源结合的方式而使问题得到了解决。对于内部开发支持人员及制造人员进行了应用这项新技术的培训和准备。第一批应用程序控制器的 PC 主板上采用了大约 15% 的 surface-mount 装置。而在 3 年后的改进产品中 surface-mount 装置的采用率达到了约 80%。至此，surface-mount 技术在该公司的应用成为了常规。

必须对变化作出回应，会使人产生期望、兴奋、热情还有随之而来的创造力的释放。然而，正如经常发生的那样，变化的要求也会引起焦虑、无力感和愤世嫉俗（他们决不会干成的），有些参与者甚至会感到无比的恐惧。大多数这些反应常常和变化本身并无太大的关联，而在很大程度上是和项目团队准备面对变化的方式和向组织提出提案的方式有关。应用程序控制器开发团队不仅仅是在项目中采用 surface-mount 技术方面取得了完美的成功，他们更为公司的过程和产品应用新技术取得了创新性的跳跃而兴奋和自豪。

可行性研究　项目的启动常常必须进行可行性研究。可行性研究的目标是要回答这一问题，即该项目是否有可能成功地完成？所进行的努力可能会是史无前例的：在当前的技术下，将人送上月球并使之安全返回地球，这是可能的吗？换一种方式表述，这一提问还可以更为具体：在我们的组织所具有（或有可能具有）的技能和资源条件下，该目标是可实现的吗？

明确可行性——IBM 360—50 型计算机系统的例子　20 世纪 60 年代初，笔者在 IBM 的纽约波基普西工厂任正在开发中的 IBM 360—50 型计算机系统的工程经理。每件事都是新鲜的：系统的架构、数字电路中所用技术、高集成度封装、相互关联的配置、电能分配、设计自动化支持工具等等。所面对的若干关键问题如：逻辑电路装置将会如何作动？运转周期如何？有无尚未发现的讨厌的潜在问题，如交流电噪音或相互干扰等？

高层管理当局决定建立一个可行性模型来获得这些问题的答案。开发团队欣然接受了此任务。方案十分周全。其方法很简单，即计算循环由始至终的电路逻辑电平。另外，由于导线长度影响着延迟与运转周期，因此必须对最终封装中的导线配置有一个合理的估计。相应地，电路封装、内部联结及布线要尽可能准确地符合最终架构，此时我们可以对之加以想像。

可行性模型中所用到的电路及封装单元的数目只占成品 50 型机所用数目中

的一小部分，可能还不足1%。另外，在此次可行性研究中，有一些重要的关键要素未加涉及。例如，用于指令序列控制的只读存储器在这次评估中没有涉及，这将留待以后进行。

然而，尽管有这些不足，也可以说正是由于这些不足，这次的可行性研究是一次巨大的成功。这一模型的设计、配置、制造和运行只用了相对较短的时间（几个月）。最高管理层和开发团队得到了他们所追寻的问题的答案，这些答案大体上肯定了原先的设计假设。事实上，整体电路大部分要比其设计者所作的保守预测更快，尽管模块互连对总延迟的影响远较预期为大而令人吃惊。总体说来，可行性模型所预示的性能使我们大受鼓舞，两年后，这一预示的性能在50型机的产品上变成了现实。

回顾一下这次经历，很明显在这次可行性研究中还涉及了更多的问题，其中一些只是部分提及或根本未能阐释。这其中如：该设计能否自始至终地支持实施系统的工作？某些关键元件（如设计自动化工具或封装）是否会出故障？团队能否排除问题？团队能否使可行性模型工作？能否及时交付？尽管有这些问题，但从对最高管理层注入信心和增强大家继续前进的决心这一角度而言，这样一个模型具有不可替代的意义，虽然它也许只是最终产品的一小部分而已。

明确可行性——布伦奈斯奇的突破 在具有历史意义的建造佛罗伦萨大教堂的概念陈述中，确立这项工程的技术可行性的要求是包含在项目目标本身当中的。大教堂的构思是由最初的建筑师阿诺弗·德·卡比奥完成的，尽管当他在14世纪初动工时，尚不具备建造教堂穹顶的方法。事实上，从阿诺弗·德·卡比奥为Santa Maria del Fiove（St. Mary of the Flower）大教堂奠基到1420年运用菲力普·布伦奈斯奇（Filippo Brunelleschi）的突破法建成宏伟的大教堂，用了100多年的时间（见图17—5）。

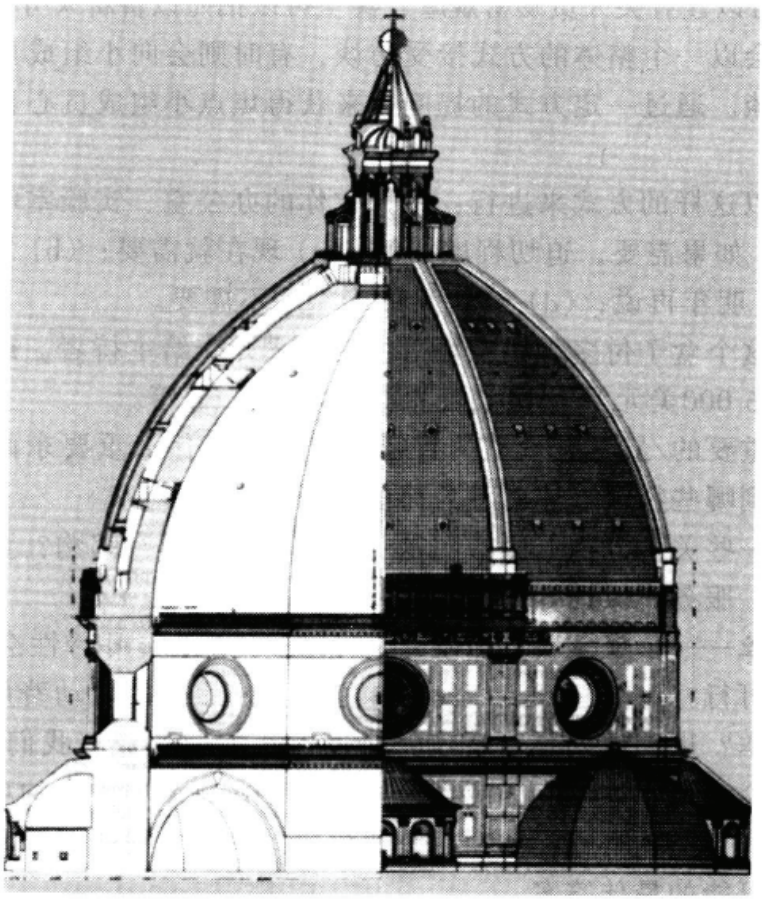
所面对的问题是如何在讲坛的广阔空域上盖上屋顶。在举国为此殚精竭虑期间，大教堂始终保持着这种未完敞开的状态。从无先例可循，从古至今从未吊装过如此巨大的穹顶，而古人所用过的方法也是神秘的（McCarthy，1963）。

为了解决这个问题，佛罗伦萨共和国的首脑们在1420年举办了一个设计竞赛，遍布意大利的每一角落的建筑师都受到了邀请。当时正在罗马学习建筑学的菲力普·布伦奈斯奇曾专门研究过古代建筑师用过的方法，他发现了一种不需外部砖石支撑的提升穹顶的办法，一种人们都认为是不可能的方法。

布伦奈斯奇提出了一种全新的创造性的建筑方案，并在经济性和实用性方面也有着令人意想不到的益处。在建成500多年之后的今天再来看它，很容易看出这一设计的成功是理所当然的。

但当时出资建造大教堂的羊毛商人和其他的城市首领们并没有欣然接受布伦奈斯奇的方案。这些在创新方面一向最为谨慎的人们选择了让布伦奈斯奇首先在当时正在修建的一个小得多的教堂上试验他的提升穹顶的理论和方法。只有在小

教堂上证明是可行的之后，他才被准许进行大教堂的施工。



17—5　佛罗伦萨大教堂的穹顶

资料来源：Used with permission of La Mandragora, Florence, Italy.

明确在市场上的可行性　可行性问题远不限于以上例子中所描绘的技术性方面，此外还有相对于现实世界中的需要的可行性问题，产品是在这个现实世界中优胜劣汰的。能够进行这种可行性研究的最好的也许是惟一的方式，就是到所计划产品的潜在顾客那里，同他们交谈，与他们交流，对他们的意见作出反应。拜访顾客（特别是潜在用户）并与之交谈，是明确市场上的可行性的基本工作。在这方面有一种被证明确有实效的结构化方法便是所谓的焦点小组方法。

焦点小组（focus group）　这是被挑选出来代表某个特定的顾客群的一个小组（一般很少超过 12 个人），他们的讨论集中在一个精心设计的问题上。运用焦点小组的目标是要获得顾客对于产品的反馈意见。与为了确保所设计产品的功能完备和运行可靠而在产品即将正式发布之前进行的 β 测试相比，焦点小组评估可以在从概念阶段一直到产品发布乃至发布之后的整个产品开发周期的任一时点上进行。此处的讨论主要关注的是产品的可销性。

焦点小组会议通常由一位咨询人员来负责安排。潜在的产品用户被精心挑选出来受邀参加焦点小组。产品照原样展示给焦点小组，适当时会做一些演示，小

组的成员可以实际用一下所推荐产品，通过一系列的提问来确定潜在顾客的反应。这种会议可以让有关人员秘密观摩，甚至可以拍照以备将来分析和记录之用。

有时小组会以一个整体的方式接受访谈，有时则会向小组成员单独展示产品并进行单个交谈。通过一定方式的提问，来获得焦点小组成员心目中的定性印象的量化答案。

例如可以以这样的方式来进行：(1) 在你的办公室、实验室等处你是否需要这一产品？(2) 如果需要，迫切程度如何：(a) 现在就需要；(b) 它很重要，很快就会需要；(c) 明年再说；(d) 在可见的未来并不需要。

你愿意为这个盒子付多少钱？写下你的答案并交给主持者。或者，你是否愿出7 000美元？6 000美元？5 000美元？4 000美元？等等。

什么是最重要的/最具有价值的特征？有无遗漏什么重要东西？对于这个产品你还希望看到哪些特征？你愿意为那些特征再多付多少？

还可以有一些关于分销方面的问题：通过当地商店？邮购？直接订购？通过互联网？等等。服务、保证等因素如何？

明确可行性——一项重要的任务 在最终分析中，可行性会涉及许多的问题：项目是否可行？可靠吗？我们能否承担开发和生产的启动费用？我们可否达到目标生产成本？进度计划是否现实？进度能否如期达成？我们有无竞争优势？潜在顾客是否会购买？这些问题应当及早提出，在每一项重要的项目活动期间都应加以考虑。对于与项目目标和项目绩效相关的关键性问题，项目的管理者应尽一切努力找出可能的最佳答案。

从项目确立阶段向实施阶段推进 进还是不进，这是个问题。但人们常常对此并无明确的发问，更谈不到回答了。饶有趣味的是，走到了确立阶段的终点上，这时终止一个项目会比使之继续下去更为困难。但是，如果某个项目应当停掉的话，此时正是时机。

通常，要通过确立阶段，一个项目必然已经跨越了多道关隘。在决策机构中已经有了该项目的支持者，主管们也有了或赞成或否定的立场，人们在跃跃欲试，甚至表现出了某种欲罢不能的局面。此时试图将项目停掉是有难度的。但一旦进入实施阶段以后再要中止项目，其所涉及的花费和其他投入将是不可同日而语的。现在是避免这种损失的最后时机了。

过分强调事物的某一方面或某一问题而无视或贬低其他方面，这是导致项目团队受挫的一种具有普遍性的误区。例如，一家技术导向型的公司在项目的确立阶段可能只关注技术方面的可行性，但对推出新的产品或服务所必然伴随的市场方面的和经营方面的问题却不能给予充分的重视。但显而易见的是，技术上的可行性并不意味着产品就会在市场上成功。反过来说，一家营销导向型的组织或许会过度热衷于其产品概念中的商业潜力而忽略了技术可行性和生产能力方面的工作，从而未将其新的产品或服务的推出建立在一个坚实的技术基础上。

因此，在这一时点应当进行一次正式的评审，以决定是继续下去还是就此打住，并获得管理层对于进入实施阶段的正式批准。这一评审必须在广泛的基础上进行，在继续往下走之前，对于欲开发的产品或服务在技术方面、市场方面和业务方面加以充分的审视。

项目建议书　项目建议书有助于将一个项目从确立阶段推动到实施阶段。这一文件的构成可以通过下面的例子来加以说明，这是由若干个产品开发项目综合而成的，其长度约为 30 页左右。其中的每个要素分别定义了相应的步骤，给出了进行各步骤决策的基本信息。

产品概念，1.5 页。此处的产品概念是对开发过程的初期所提出的几句话的进一步充实。但仍然要保持简洁并切中要点。

营销策略，2 页。提出市场导入概要。是直接进入还是通过中间商进入市场？市场推广和销售计划是什么？顾客得到什么益处？等等。

目标规格，3 页。产品即使不大且使用简单，其目标规格也会复杂而详细，其应用细节和用户界面规格尤为如此。

定价与竞争，1 页。新产品是独特的，至少当前不会有直接的竞争品。但间接的竞争产品为数众多。目标定价是在综合考虑市场竞争因素和目标制造成本的基础上决定的。

工程方法，9 页。这是包括有图表的产品详细说明。在本例的某个产品中，包括了复杂的光学部件、PC 机主板、详细的用户界面和系统的控制逻辑。

制造成本的工程估算，1 页。这是最初的成本估算，它通常由工程人员根据零部件成本和对组装及成品检验的经验估计而得出。随后，在项目实施阶段，还要由制造人员根据详细的生产工艺资料重新估算和确定。

可靠性、安装及保证成本，1 页。这是对预期可靠性的工程估计和安装、保证费用的估算。在随后的实施阶段，可靠性数据将由质保部门通过详细计算和试验方法来确定。同样，产品的安装及保证成本将由服务部门来确定。

进度安排，4 页。在此处，进度安排的要点是报告的主要部分。通常还会提供一个详细的计算机化的进度表。其要点为：

第 1 年：	
正式开始行动	1 月 1 日
完成概念陈述	2 月 1 日
进入确立阶段（管理层批准）	2 月 15 日
完成确立阶段	8 月 15 日
项目建议书（本文档）	9 月 15 日
进入实施阶段（管理层批准）	10 月 1 日
第 2 年：	
完成光学方面的设计	1 月 1 日

完成机械方面的设计	1月1日
完成电子方面的设计	1月1日
完成软件设计	2月1日
制造10个试生产的样机	3月1日
发布图纸	4月1日
测试样机	4月1日—5月1日
在内部及潜在用户中评估样机——β测试	5月1日—7月1日
开始投产	7月1日
开始首批发货	8月1日

近来，18个月的开发周期只能算是一个中等速度。按照笔者的经验，产品开发项目一般花1～3年时间。1年以内算是快的，超过3年则太慢了。但在个人电脑行业，某些项目的开发时间已缩短到了6个月以内。我们了解到，这个行业的公司中，在同一时间会有不止一个的项目团队运行着，彼此之间错开6个月时间。每个项目团队的开发周期为1年，但由于各个项目的完成会错开6个月，故公司每半年就会发布一个新产品。这一速度在目前的确算是够快的！这种情况下的项目确立阶段会短得多，管理层的批准时间只有1～2天而不是上例中的2周。

开发成本，1页。它包括了进度表所示周期中的工程人员成本的估计。因此，若周期拖长时，成本也会相应增加。还包括了样机试生产的费用，虽然样机通常是在工厂中装配的，但费用常常会算到工程开发预算当中。此外，还包括诸如行业设计咨询这样的外部咨询人员的费用。这也是为什么诸如现代商用飞机这样的大型、昂贵和复杂的产品的开发只有少数几家老牌的大型制造商才能承接的诸多原因之一。

资本成本及工具，1页。这里包括了实施项目所要求的资本型设备的费用估计。这些设备可能是用于工程或是用于生产，还可能是二者兼而有之。专用工具也包括在这一类别中，如制造仪器的塑料外壳和光学部件中的一些小零件所需的工具。在生产中制造和测试PC主板也要求有专用的工具。

风险因素和风险管理，5页。这是对一个给定的开发项目向前推进时存在的风险进行的全面评审。有时，在确立阶段便能够排除掉项目中存在的许多技术性风险。但在更多的场合下，有许多风险会继续存在，因为某些问题的解决或许会花更多的时间从而延误产品的上市。与不顾未知因素继续向前相比，这种延误常常会导致更多的支出和风险。这一向是需要作出判断的事情，有些未知因素若非继续前进是不可能得到解决的。因此，有些情况下管理层必须作出继续前进的决断，同时也要承担如此决策的风险。但首先他们必须认真地斟酌这些风险。

例如，某一项目建议书中所描述的风险有：（1）涉及光学方面的问题；（2）与按照特定标准进行认证检测相关的可能问题；（3）仪器的自行升温及可能的冷却问题；（4）产品测试及评价问题；（5）生产和分销方面的问题。

结局是，这些问题中没有哪个成为了非常严重的问题，但它们都有可能是十分严重的。认识到这一点是很重要的，以免没有任何的应急方案而盲目往前推进。

小结及变更记录　最后，在索引前要有一个实施小结，在索引后要有几页用来记录项目建议文档本身的变更。这个记录应定期更新，如按季度更新，还要在项目的历史档案中以电子的方式或是书面的方式存档。有一个小结的例子如下，它只用 1 页将以下这些条目用黑体字列了出来。

该产品是一个全新的概念。
预期每年销售 3 000 件。
预期成本是 2 500 美元。
售价将设定为 6 000 美元。
开发费用预期为 100 万美元。
工具投资约为 25 万美元。
首批产品的出货预计在 8 月 1 日开始。
主要风险是光学部件及应用软件。

这样，只需读一下这一页，管理层或其他有关人员便能够迅速把握全貌。接着他们可以再继续阅读细节，或跳到他们感兴趣的部分去。他们面对着项目的概貌、背景关系和建议书细节，被要求作出前进或是中止的决断。应当没什么正当的理由再来要求更多的信息了。

对各方面职能活动的详细要求　为使每个人都能为达到产品规格而工作，在项目进程中必须尽早就要求（requirements）达成一致。这一要求的陈述可以是文本的，不管是纸质媒介还是电子媒介；也可以包括图形或表格，还可参考现有的系统或产品。若有绩效方面的要求，则应尽可能明确而定量地表述出来。

对于交付品目的清单要加以明确。例如，对于加工制造型的产品来说，其中会包括：装配完毕的工作样机，以满足营销、制造、质量检测和认证的要求；移交给工厂的图纸及相关文件；有关制作、组装及测试方法的文件；零部件规格和相应供应商的名录；交付用户的配件数量及材料单，包括用户手册在内。

交付品目包括实现产品的完全导入所必需的一切东西，如试生产计划、初期生产件数及客户评估产品的分配；销售与服务培训的计划和日程安排；供向顾客演示的产品的准备；制作和分发营销介绍资料，包括宣传册子、顾客演示和广告资料等。

另外，在与项目有关的各类人员之间必须建立起紧密的联系，这些人员包括了项目中的产品开发人员，还包括了制造、质量保证、服务以及那些负责从最初加工直到最终检验导入新产品的人员。项目的所有费用以及支持者的声誉均系于导入的成效。若此时出错或发生遗漏，其代价将是最高昂的。因此，使产品顺利导入的计划便显得尤其重要，这样才能确保诸事齐备，从而实现产品导入的成

功。在需要交接时，如从产品开发团队向产品营销团队转移时，计划活动必须尽可能地周密和完整，以确保在此关键环节上的失误减少到最低限度。

项目实施阶段 项目实施通常是项目耗时最多和耗费最高的阶段。但这并非是必然的。事实上，如果实施的基础打得好，这一阶段能够成为最简单明了的阶段。其关键在于，在编制相应的文件上要仔细地下工夫，概念阶段和确立阶段的基础要打好，在一个稳固的基础上再来推进项目的实施阶段。

现在已有很多有效的项目管理工具可以帮助项目管理团队，如常用的文字处理和电子表格软件、项目管理和进度控制软件、e-mail 和其他交流方式、演示软件等等。还有许多有关这一领域的著作和论文，可以利用的东西可以说是与日俱增。本章末尾列出了一些附加读物可供读者更详细地了解这类问题，但它超出了现在讨论的范围。

尽管这些工具很有用，但它们并不能代替专门的分析，比如我们这里进行的这些分析。今天这些现代化的工具有助于人们工作起来更快和更有效率，但却不能指望它们来解决诸如确立项目目标和明确实现目标的手段这样一些基本性的问题。想想阿诺弗·德·卡比奥和菲力普·布伦奈斯奇，他们并没有我们今天这些现代化的技术支持，而他们在项目管理方面所取得的成就却令人敬畏，即使用 20 世纪后期的标准来衡量也如此。

顾客接受新产品的三个关键时期 工业测试设备和有关的计算机控制装置的开发、制造以及导入，是应用项目管理的典型活动。这些设备的应用非常具有专门性，产品本身也相当复杂。此外，我们还注意到，潜在顾客在训练、经验和能力等方面有着很大的差异性。有些顾客常常就是目标应用领域的专家或至少非常在行，虽说他们未必能够熟练操作测试设备或特别精通当前常用的控制现代测试系统的软件和环境。

从我们的经验来看，设计团队的成员，亦即那些工程师和技术应用专家们，其注意力倾向于集中在产品的规格和功能性上，主要考虑的是产品的长期使用方面的问题，但有时会有损于潜在顾客对于产品的初始接触。另一方面，销售人员和现场人员对于顾客对新产品的最初反应十分敏感，但常常只有到产品开发已经完毕或即将投放市场时才会去征求他们的意见。但此时要对产品“不完善”、“太复杂”、“用户界面友好不足”等批评作出回应却已为时太晚。不能够主动地从现场获得这些意见的原因通常不外乎以下几个方面：

1. 新产品是机密的事情。

2. 如果在完成之前就让现场人员得知，他们将会停止销售目前的型号，订单将会枯竭。

3. 现场人员（即使是我们的人）只是惯于处理眼前的具体事务，没法与之讨论概念和未来。

4. 就算是现场代表不喜欢新产品的用户界面，可我们现在没有对之改进的

时间或资源。不存在绝对的完美。给什么他们卖什么就行了。如果现在纠缠在这些问题上，我们的进度就全完了。

当然，上述每一条都有一定的道理，尤其是第一条。但是，如果对顾客接受产品的三个关键时期考虑不周，将会付出沉重的代价。这些关键时期是：

- 最初瞬间
- 首日
- 产品寿命的其余部分

事实上，与在产品的长期使用方面所作的考虑相比较，在前两个期间所付出的开发努力和相应的规格数量实在是微不足道的。但如果产品的最初瞬间未得到重视或适当的处置，我们就不能吸引到足够的顾客，就不可能使顾客体验到产品的深妙和精巧，也就难以使产品存活下去。再说，若能够尽早对这些关键时期加以专门的考虑，需要投入的开发时间和努力也并不会太高。

最初瞬间。顾客的关键性的第一印象正是在一睹产品的最初瞬间获得的。产品的披露可以通过销售人员的演示来进行，也可通过一场操作表演来进行，还可以将之装在包装箱中，由顾客来开箱、装配和设定调试。最初的瞬间可以融入产品的首日当中。

简洁性应当是处理最初瞬间问题的焦点所在。一种有效的方法是将操作支持置入销售人员的演示当中。例如在上述测试系统的场合，操作方法和相应数据可以处理成“预装”的。这些事先储存的方法和结果可以用于日后在现场演示仪器的功能。

另外，我们发现，使用测试系统来进行分析远比设定该系统和初始化其操作方法要容易得多。从一套预存的方法出发逐渐形成专用的操作方法要比从头开发更为快捷和简单。因此，厂商“预装”的方法会大大方便销售人员和顾客同产品的初始接触，它将形成符合顾客特定要求的专用方法的基础。采用这样一种方式，对于顾客理解、接受产品和最终掌握产品的操作建立起了一个坚实的基础。

一些产品，特别是那些以电脑为基础的产品，经常设置成自动演示。只需按一下键或点一下屏幕上的图标，内置的演示便会自动启动。对于那些电子键盘乐器来说，这是一种标准的做法，其效果是非常突出的。

产品的包装和文字说明对于顾客的第一印象有着非常重要的作用。开启地板上的包装箱将产品装好并使之运转起来，对于顾客而言可能会是一个可怕的挑战，对于初次接触该产品的用户就更是如此。一种有效的办法是将安装指南与用户手册或使用指南分开编制，因为后者是一种更让人挠头的资料。尽量使用一些图示和其他的视觉方法对于初次的安装和设置也是非常有帮助的。

笔者的一次经历颇能说明最初瞬间可能存在的问题以及相应的对处办法。当我们所开发的应用程序控制器首次被介绍给销售人员和现场应用支持人员时，该产品的构思和特征博得了人们发自内心的喜爱。但人们对于该产品明显存在的复

杂性也诚恳地表达了忧虑，因为该产品本来应当是一种定位于市场低端的易用产品。软件所缺乏的若干重要特性也使人们不安，开发人员说这些特性“以后会补上”。事实上，我们现场的销售人员和支持人员提出了如此多的忧虑，最后我们决定推迟几个月推出产品，以便着手解决人们所提出来的产品的不足。我们清楚这样做是值得的，因为销售人员真正喜欢这种产品。他们只是认为它还没有完成而已。

为此专门成立了一个工作小组，小组成员有内部开发专家，还有几个现场专门人员，他们分别代表其同事们的意见和顾客的要求。问题的快速解决有着至关重要的意义。小组对于必须采取哪些措施才能使产品成功面世迅速达成了共识，其速度令人吃惊。对于软件所缺乏的特征也取得了一致并迅速开发了出来，而且比我们的想像也要快得多。

同时，该工作小组的重点主要集中于产品的最初瞬间和首日上。他们决定设计两种预先确定的操作方法并将之存储在产品中，以使该产品能够做到开箱即用。用户只需打开电源，就会出现一个设有默认方法的控制屏幕。按一下开始键，产品就会开始检测并将结果显示在屏幕上，并自动打印出检测报告。

除了缺少的少数几项产品特征外，产品中已经没有什么影响性能的其他问题，只是产品启动的次序进行了改进。但是，这些针对产品的最初瞬间的简单调整完全改变了销售人员对产品复杂性的感受。产品从难以操作一跃成为了简单易用。这是我们对销售人员的意见作出的最为重要的反应之一，也是实施起来最简单和最快的。

按照调整后的进度，该产品于几个月后正式发布和出货。这是一次非常成功的产品导入，应用程序控制器的销售额增长迅速。我们推迟了产品的推出以处理现场销售人员指出的问题，并集中关注顾客对于产品的最初瞬间，这无疑是完全正确之举。

首日。对于一种相当复杂的新产品而言，处理其首日的方法实际上是处理其最初瞬间的方法和技巧的扩展。在这种情况下，随着对产品的把弄和练习，顾客与产品的交互作用时间更长，对于产品的理解也更深，这便是我们所要关注的重点。我们许多人都有过学习使用计算机软、硬件产品的经历。要掌握这些产品有时要花几个月的时间。实际上，这些产品有许多的特征是一般人压根儿就不学或不用的。他们只学完成当前工作所需要的那些特征。当他们需要了解更多时，他们会返回去学习那些额外的特征以满足新的使用要求。

因此，重要的是要给顾客以必要的控制手段，以使他们能够控制所涉及的信息水平以及所需的学习努力，在刚开始时尤为如此。同样重要的是，使顾客能够尽快地将产品以有意义的方式运转起来，可能的话应当在最初的瞬间做到这一点，但在首日当中是必须做到的。开始的成功能够使人迅速克服挫败和恐惧，并鼓励顾客向前继续其学习的进程。

“学习指南”的应用是这方面一种颇有助益的方法。这种学习指南中通常包括一份手册或流程图，还有一份预先编好的操作程序来指导顾客以一种有序的方式学习产品的功能。另外，预先存储的方法和数据可同学习指南一道并用，从而对顾客的学习起到支持作用。开发有效的学习指南是处理产品首日问题的绝好方法。事实上，前述的应用程序控制器就有一个内置的学习指南，此外还有一份专用手册，供与学习指南一道使用。

新技术，尤其是新的计算机技术，对这一领域有着非常重要的影响。在作者所知的某种新型计算机控制仪器产品中，CD-ROM 取代了原先的手册。该 CD-ROM中储存了控制软件、支持在线用户的帮助文档、说明整个系统如何安装的手册以及用户参考手册。CD-ROM 本身用醒目的折叠硬板纸包装，上面清楚注明了顾客安装 CD-ROM 以及启动和运行系统的详细说明。居然如此简单！另外，在这个应用软件包中，还提供了一种制备待分析样本的专用方法。CD-ROM中还包含有一个教学录像短片，用以在屏幕上演示如何正确地制备待分析的样本。这样，对于在第一天就支持新产品的顾客就再也不会跑掉了。

*产品寿命的其他部分。*产品开发团队最为关注的自然是产品的日常使用。这是人们通常所重视的地方。事实上，最初瞬间、首日再加上顾客与新产品将要共度的其他时间构成了一个连续的坐标轴。为了改进顾客对于产品的最初瞬间和首日的印象而做的工作会惠及产品使用的整个期间。例如，当一个有经验的操作人员要培训一个新手来操作产品时，内置的学习指南将使得这一切变得格外简单。

我们在上述的计算机控制仪器产品中曾指出过，这些产品中广泛应用了情景敏感的帮助文档，并配有很好的用户参考手册，从而在产品的整个使用生命周期中，为用户提供了一个坚实的支持基础。

毋庸置疑，在最初瞬间和首日上倾注再多的努力也无法掩盖产品的功能缺陷。在顾客对产品的最初印象方面所进行的改进，应当有利于促进产品在日常使用方面的绩效。

多语言支持 在有关顾客对产品的接受性方面，还应当强调的一点就是，有时可能会要求将产品或服务转化为另外的语言。在面对将我们的产品或服务转化为其他的语言或使用习惯这样的问题时，我们有时会处于左右为难的困境。将产品或服务加以转化以图增加或是防止降低我们的产品在国外市场上的销售，为此花费的时间和金钱是否划算？如果值得，又应当转化为哪些语言？优先次序应当如何？

问题的答案有时显然是肯定的。优先级高的语言通常是那些工业化国家的语言。当然也会有很多特殊的情况。有时只有当翻译完成并对潜在市场经过测试之后才会明确。有时显然不值得花费这种努力和金钱。无论哪种情况，要在全球市场上驰骋，对产品和服务的最终翻译加以谋划应当是明智的。

这一问题并非一眼看上去那样简单。事实上，从更广阔的角度来看这一问题

的话，要使当前所使用的术语能够支持其他的语言，与其说这是“翻译”，倒不如说是“本地化”更为合适。例如，逐字逐句的翻译常常不适合预留的空间。提问题可能会有其他的方式，而作答也是如此。日期和地址的表达格式会有差异。货币单位也因国家而异。这种差异举不胜举。因此，本地化的工作应在产品的计划阶段或在产品被排除在某些市场之外后就尽早进行。例如，如果在产品或服务上具有镌刻的文字，在将其翻译为另一种语言之前就应当提早计划。如果要求昂贵的加工的话就更要加以重视。最后，也是非常重要的一点，根据笔者的经验，尽管产品和服务的多语化改造属于内部的开发职责，但实际的翻译工作还是交给外部的专门供应商为好。

此种方法对于顾客的产品接受性的普遍适用性 我们相信此处所讨论的方法，即关注产品的最初瞬间、首日以及产品寿命的其余部分这种方法具有普遍的适用性。笔者的经验和实例表明了其在复杂的仪器产品领域的适用性。为使这种方法能够适用于更为广泛的领域，项目主管们必须在他们的特定领域思考这些问题。这通常意味着要接触现场的人们，接触该产品或服务的潜在用户，描述该项目，当然要注意平衡保密的需要和获取信息的需要，对于他们的回答要加以认真的考虑。

谨慎的项目主管会在对职能活动的详细要求中加入相关规定，以专门针对顾客接受新产品的三个关键时期。

验证阶段 尽管从本质上来说，验证阶段发生在产品建议书和职能要求编制完成之后，但产品测试计划应当与前面这两个文件同步编写。及早考虑测试计划有助于进一步明确产品要求。例如，假设某产品重量不得超过 6.5 磅（3 千克），或要求其必须经受得住从某一高度的落下，或它将暴露在户外使用。这要求必须从一开始就知道产品的测试要求，而不是等到产品已经设计完毕开始投产后才大吃一惊。

我们来看一下测试是否符合 CE 标志要求的这个例子，该例是测试无线电频率干扰（RFI）的产生和对 RFI 的敏感性。（CE 标志及其检测规程是由欧共体制定的。）人们可能会认为这只是高科技电子产品的事情。但事实并非如此。在一个独立的 RFI 检测实验室，笔者曾看到工作人员检测一台剪草机的 RFI 的发射和敏感性。为什么一台剪草机会出现在这里？这种新设计的剪草机点火系统是由微处理器控制的。要取得出口到欧洲的资格，该剪草机就必须符合 CE 标志的要求。

在此前可以采取许多措施。例如，可以在有可能发出辐射的电路上加上过滤板。可以将特制的过滤器部件设置在进出电子器件和 PC 主板的电缆连接器上。在进行产品设计之前，通常会花许多时间就将会受到的测试进行设计评审，当然这是在设计完成前和进行测试前很早就进行的。那些长期从事这类测试的人员会对那些对此不熟悉的人员提出很多的建议。有关测试和验证的一个早期的设计会

议和产品评审可以为日后省下大量的金钱、时间和焦虑。

产品测试计划　产品测试计划必须与产品开发计划同步制定，因为必须要使设计特征能够满足测试标准的要求。根据作者的经验，一个典型的测试计划应当包括以下几个方面：

1. CE 标志认证。其中包括 IEC—1010—1 所要求的安全性评审与测试；IEC—1010—2 所规定的 RFI 放射性与敏感性测试。当产品符合这些认证评审和测试所要求的标准后，就可申请使用 CE 标志。

2. 其他的认证还有 CSA（加拿大标准协会）和 UL（保险商实验室）认证。

3. 产品设计要求测试。例如：元器件分析；熔断率；电源开关周期；线路电压上下限及漏电率；在运输集装箱中的跌落测试；热性能；加速寿命试验。

4. 应用要求测试。如10 000小时的产品寿命测试或加压运行的无故障测试；平均故障间隔时间的分析与预测；在温度 35°与 80% 的相对湿度下的性能测试；在 10°的温度与 50% 的相对湿度下的性能测试；在 50Hz 与 60Hz 的高低频率操作测试；配件及外围设备的性能测试；关键部件的预测寿命测试。

5. 可维护性与可服务性。如可服务性分析；维修前平均时间的预测和分析；产品性能验证；维修点的建立和维修零部件策略；零部件互换性的保证；安装程序模拟；等等。

6. 文档。例如，检查所有手册和支持资料的完整性和准确性；检查广告措辞的主张；发布前的专利状况评估；工厂测试程序和规格评审；产品测试和诊断程序评审；等等。

上面列出的几个方面主要集中于产品的硬件组成上。但是，现在的许多产品都有着非常复杂和精密的控制机构，也都需要加以详尽的检测。很多时候，这些控制系统是通过连接在产品上的个人计算机或嵌在专用装置里的固件来作动的。这种专用的装置提供了用户界面，从而使得产品的控制得以进行。现代的检测设备和数控机械大多都是这种情况。

对于软件和固件的测试通常着重于测试受控输入与相应的产品读数条件的多种组合，而硬件则通常采用物理加压测试的方式。但也不尽如此。如数据库查询系统这样的产品，可能会有数十、数百甚至数千的终端与之相连。若这些终端的流量超过正常水平将会发生什么情况呢？系统是变慢、不稳还是垮掉？因此，有时做一下加压测试是适当的，即将所有终端同时打开，看看会发生什么情况。

但更为典型的则是，将测试的重点放在产品构造和用户输入的整个范围的功能性上。为此，就必须针对所要试验的全部功能以及相应的测试条件建立一个完整的核对表。这些测试程序常常会达到数十页甚至数百页的厚度。

在增加了新的特征、发生了变更或故障得到了排除时，这些测试就需要一遍又一遍地重复进行，测试人员会因此而变得非常疲惫从而导致差错。在 PC 机环境下的一些产品现在能够记忆测试程序并按要求重复进行测试。

还有一些产品（如莲花开发公司开发的 Lotus Notes），当发现有问题和错误出现时，能够对这些错误和问题加以追踪。这在当问题有多方来源的情况下是非常有价值的。在现代的开发环境中，报告问题的来源会有很多，如下一个环节的开发者、实验室里的检测人员、统计质量保证工程师、β 测试的评估者、服务人员、顾客等。横跨几大洲和若干个时区的问题报告系统在今天绝非罕见。相应地，要及时地报告问题、确定其优先次序并依序处置可能会有相当的难度。因此，就必须最大限度地利用所有可能的手段来有效地对付和理顺这些艰巨而复杂的活动。

β 测试 就其最初的含义而言，β 测试通常是用于试验和评估一个工作在实际运作条件下的完整的产品。β 测试通常是在产品正式发布和上市之前进行的。现在，β 测试已经被扩展到用于顾客评估和提出意见。有时它只是用作一种灵活的不拘形式的评估：试验一下，看看你喜欢到什么程度。有时它是以一种非常结构化的方式实施的，如：这件产品请您使用一周或一个月，请按照这里规定的方式来使用产品，并就其性能和您的感受来回答下列问题。

我们当然推荐后一种做法。β 测试之所以重要就是因其促成了开发者与顾客的交互作用。它必须以一种严肃和认真的方式进行。事实上，如同项目开发中的许多其他要素一样，β 测试本身也应当组织成一个子项目，项目管理的所有环节都可以适用于其中，尽管规模要小一点。应当有一个概念陈述来回答如下的问题：该测试是为了达到什么目的？需要接触多少顾客和检测者？需要多少件产品？应当提出哪些问题？如何来理解这些结果？

这里可以同焦点小组作一对照。焦点小组是在项目进程的很早阶段就成立了，而且可以认为是越早越好。而 β 测试却必须在实施阶段临近结束时进行，通常是在产品正式发布和上市之前。因此，对于来自 β 测试的信息常常有着严格的时间限制，因为开发者是据此来决定是否应（或能够）按照 β 测试的建议来变更和改善产品。如果没有条件处理这些测试的结果，那么也就没必要采取这种验证的措施。

β 测试虽说困难但却很有价值。如果能够以一种类似于项目的方式认真实施的话，它能够提供非常关键和有价值的信息，在新产品正式推出之前，可以根据这些信息对产品进行进一步的中途修改和完善。

项目管理——扩展产品 有时，项目团队和项目经理的注意力可能会过于集中在产品本身及其功能性上，而忽略了那些重要的支持性元器件和材料。在生产技术性产品的那些组织里，这种情况尤其突出。我们在讨论顾客接受性的三个关键阶段及其特定的支持需要时亦曾提及了这种倾向。

一种产品或服务绝不仅限于“产品”本身。我们将这个更大的实体称为“扩展产品”。这种扩展的一个经典例子便是品牌名称。一个全国知名的品牌通常会被认为要比一个初生的新品牌更有价值。将产品与某个已被广为接受的产品联系

起来，将会增加其价值和最初的接受性。同样，广告、资质证明、与本地的联系等也都会增加价值。产品或服务的包装，包括支持性资料在内，也是扩展产品的一个特征。政府或国家所给予的接受性（如被指定为政府承包商，某些欧洲国家的“皇室指定”标签等）也属于能够有助于产品成功的扩展特征。

有关扩展产品对产品营销的效果，博时公司（Bose Co.）和通用汽车公司的土星事业部的做法是两个很好的例子。博时公司在销售其波段收音机时，采用了一种直达顾客的营销方式而使得其产品大为扩展，其创新性不亚于其收音机本身的设计专利，从而大大提高了其产品的接受性，也得以以较高的价位销售。土星事业部 1985 年成立伊始就建立了一个以优质服务著称的经销商网络。土星产品的经销商多年来一直高居顾客满意度的榜首。这种服务大大扩展了其产品亦即轿车本身，使得该公司在初次购车者群体中构筑起了坚固的地位。

产品的外在包装确实举足轻重。对此重视与否或许决定着项目经理的成败。

最后一点忠告

没什么公式或秘诀能够保证这些复杂活动的成功。我们这里只是建议了一种行事的框架。在任何情况下，这种方法论都必须与特定组织的机制、技术和文化相适应，项目经理必须有效地协调这些因素才能推动项目的顺利前进。尽管不可能有绝对成功的担保，但遵循本章的建议将有助于促使项目经理和他的团队沿着正确的轨道前进。具有一个轨道，认清其本质，清楚它在何处，这具有至关重要的意义。前进的道路上必然会有阻力存在，有些阻力会来自项目本身，这些阻力会使团队偏离路线，对团队造成损害。具有明确的轨道将有助于项目经理及其团队一往无前，即使面临重重阻力也无所畏惧。请将此处介绍的原则当做矿工帽盔上的明灯，它的光芒会穿透黑暗，指明前进的道路。要活用，也要用活。

参考文献

Chaikin, Andrew (1994). *A Man on the Moon—The Apollo Astronauts*. Viking, New York.

Industrial Research Institute (July, 1996). *Industrial Research and Development Facts*, Section 19, Industrial Research Institute, Washington, DC.

Juran, J. M. (1988). *Juran's Quality Control Handbook*, 4th ed. McGraw-Hill, New York, p.22.19.

Levitt, Theodore (1962). *Innovation in Marketing*. McGraw-Hill, New York, p.75.

McCarthy, Mary (1963). *The Stones of Florence*. Harcourt, Brace & World, New York, p.68.

Peters, Thomas J., and Waterman, Jr., Robert H. (1983). *In Search of Excellence: Lessons from America's BestRun Companies*. Macmillan, New York, p.20.

Product Development Consulting (1990). Boston, MA.

Pugh, Emerson W., Johnson, Lyle R., and Palmer, John H. (1991). *IBM's 360 and Early 370 Systems*. The MIT Press, Cambridge, MA.

附加读物

Gouillart, Francis J., and Kelly, James N. (1995). *Transforming the Organization*. McGraw-Hill, New York.

Lewis, James P. (1995). *Fundamentals of Project Management*. American Management Association, New York.

Ludin, Ralph L., and Ludin, Irwin S. (1993). *The Noah Project: The Secrets of Practical Project Management*. Gower, Brookfield. VT.

Rummler, G. A., and Brache, A. P. (1990). *Improving Performance: How to Manage the White Space on the Organization Chart*. Jossey-Bass, San Francisco.

Shores, A. Richard (1994). *Reengineering the Factory*. Quality Press, American Society for Quality, Milwaukee.

（王维才 译）

第 18 章

市场研究与市场营销

弗兰克·M·格里纳（Frank M. Gryna）

引言

领先组织的市场营销职能中的质量活动

顾客满意与顾客忠诚

- 忠诚顾客的满意水平
- 忠诚顾客的经济价值

现场情报的概念

- 现场情报信息的来源
- 可获得的现场情报分析
- 对现场情报加以计划
- 数据计划
- 数据来源
- 抽样的概念

顾客行为的概念

- 顾客需要
- 顾客期望
- 顾客满意
- 顾客感知
- 顾客型谱

市场研究——工具与方法

- 电话访问顾客
- 对某些顾客的登门拜访
- 对某些顾客的特别安排
- 焦点小组
- 信函调查

通过现场研究来进行竞争性评价

- 现场研究的例子

美国顾客满意指数

将顾客满意结果与顾客忠诚分析和过程联系起来

- 询问顾客再次购买的意图
- 跟踪顾客保持和顾客忠诚的信息
- 确保对市场研究结果的理解
- 展示结果以便采取行动
- 将市场研究结果与过程联系起来
- 投诉分析
- 竞争性研究分析
- 确定顾客背离的原因

对新产品和改进产品的市场研究

- 明确用户需要并加以量化
- 分析产品的当前用途
- 走访产品使用现场
- 分析产品使用的整个系统
- 为新产品寻找机会
- 市场研究结果与新产品开发的联系

市场营销职能中的质量活动

- 销售活动中的质量：顾客关系过程
- 广告质量
- 客观证据
- 工业产品的保证
- 消费类产品的保证
- 市场营销职能在推出新产品时的作用

市场营销职能中的质量改进　　致谢
市场营销职能中的质量衡量　　参考文献
市场营销职能中的质量标高分析

引言

本章研究与市场营销职能有关的质量问题。我们的讨论分为两个部分，一是为实现质量而进行的市场研究，二是市场营销职能中的质量活动。

这里所讨论的概念和方法涉及顾客满意与顾客忠诚的区别；现场情报的概念；顾客的需要、期望、满意和感知之间的差异；针对现行产品和新产品的市场研究工具和方法；相对于竞争者的顾客满意度衡量的重要性；确定产品各种属性相对重要性的意义；销售与市场营销在质量活动中的作用；应用质量概念来改进市场营销职能的有效性。

我们仍将遵循使用产品这一术语来统称货品或服务的常规。

领先组织的市场营销职能中的质量活动

作为本章的概述，我们将要考察一些在质量方面领先的组织是如何将其市场营销职能由传统型转变为质量中心型的。赫尔利（Hurley，1994）通过深入调查收集了七家组织的大量信息，它们是联邦快递、全球冶金（Globe Metallurgical）、马里奥特、得州仪器防卫系统与电子、丰田汽车美国销售公司、施乐以及 Zytec 公司。其中有五家是鲍德里奇奖得主。其调查结果揭示了这些公司都能做到：（1）详尽知悉顾客眼中的质量；（2）清楚了解公司的核心过程及其与顾客满意的关系；（3）构筑有强烈的外部导向的企业文化。这些结果表明，质量管理的开展导致组织的市场营销职能发生了某些根本性的变化，例如，以一种整合的市场营销和销售的组织方式取代了传统的职能组织方式。有两种框架有助于实现这种转变，一种是战略性的，另一种则是战术性的。

战略质量计划（strategic quality planning）的概念（见第 13 章“战略展开”）适用于市场营销职能。数字设备公司的一个营销单位从其使命出发，制定了实现这一使命的六项战略（Kern，1993）。通过几个阶段的工作，用一个树图将使命、战略、顾客和需要联系了起来（见图 18—1）。这个图主要关注“顾客驱动的市场营销和质量”的战略以及“销售”的顾客。因此，“需要”这一栏代表了作为

市场营销职能的顾客的销售职能的需要。接下来的活动包括对每个需要的重要性进行评定，对于市场营销职能当前在满足这些需要方面的绩效、竞争者的绩效以及取得的改进对于促进销售职能满足最终顾客目标的影响加以评估。

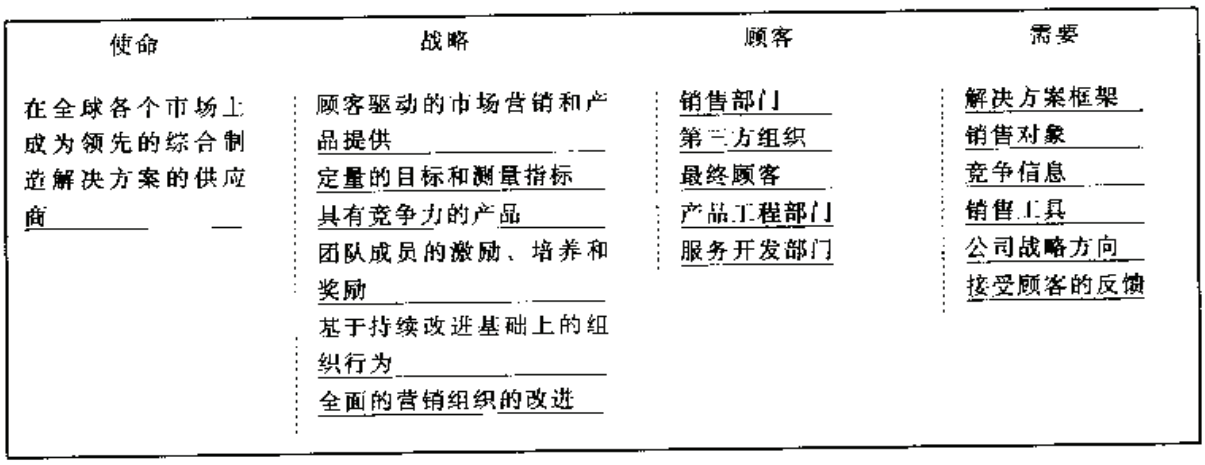


图 18—1　树图

资料来源：Kern，1993.

从战术层次上而言，我们可以确定出市场营销职能为了改进顾客满意度必须采取的步骤。斯托维尔（Stowell，1989）提出了以下的步骤：

1. 理解顾客的要求（例如，识别顾客、编制顾客决策过程的文件资料）。

2. 确认市场营销职能的产品和过程（如推广材料、市场研究、信息提供）。

3. 将市场营销职能的产品和过程同顾客要求匹配起来。

4. 消除无效的产品和过程（存在于市场营销职能中的）。

5. 对剩下的过程进行改进（例如，借助于过程管理的概念和工具来改进市场营销过程）。

6. 必要时增加新的市场营销过程（例如，为顾客提供某些信息以供顾客作出决策的过程）。

7. 针对每个新产品来评审过程（即每当组织向市场投放新产品或服务时，就对市场营销职能的产品和过程加以检查分析）。

8. 改进顾客的购买过程（例如，使顾客更容易获得和利用有关产品或服务的信息）。

9. 使雇员参与到市场营销职能的质量活动当中（例如，参加质量改进团队，如第 5 章“质量改进过程”所描述的那样）。

从旨在实现市场营销职能中的质量的这两个框架出发，我们将进一步讨论市场研究以及其他的营销活动对于实现顾客满意和顾客忠诚的作用。有一些市场营销方面的著作对于质量与整个市场营销活动的整合进行了讨论。[可参见 Churchill and Peter（1995）。]

顾客满意与顾客忠诚

强调实现顾客满意的重要性是本手册的一个关键主题。这一主题主张除了产品要符合正式的要求外，顾客的其他需要也必须得到关注才能使之成为满意的顾客。而且进一步对顾客满意和顾客忠诚加以区分是很有用的（见表 18—1）。简言之，一名满意的顾客会从我们这里购买产品，但也会光顾我们的竞争对手；而忠诚的顾客将主要或只从我们公司购买。不满意的顾客很难会是忠诚的顾客，但满意的顾客未必就是忠诚的顾客。

表 18—1　　顾客满意与顾客忠诚

顾客满意	顾客忠诚
顾客所说的——对产品的意见	顾客所做的——购买决策
顾客期望将来从几个供应商处购买	顾客期望将来主要从一两家供应商处购买
公司力求使广泛的顾客群体满意	公司辨识关键顾客并使之“悦服”
公司主要衡量广泛的顾客群体对产品的满意度	公司衡量与关键顾客互动的所有方面的满意度以及他们将来的购买意愿
公司主要测量现有顾客的满意度	公司还分析和了解顾客流失（背离）的原因
公司重视针对广泛的顾客群体保持质量的竞争力	公司通过适应关键顾客的需要变化来开发新产品以不断增加价值

忠诚顾客的满意水平　有时，顾客满意度尚可接受，但却仍然导致了新增销售额的大幅减少。表 18—2 展示了电话服务行业的两个例子。例如，在 AT&T 评出的“杰出”的顾客当中，有 92%可能会再次购买，但也有 8%可能不会这样做（这些是“背离的顾客”）。应当注意的是，即使顾客认为质量是“好的”，但现有顾客中仍会有 1/4 或更多将不再光临。因此，对于顾客的保持和顾客忠诚而言，顾客满意是必要条件而非充分条件。

表 18—2　　顾客满意和销售收入

顾客对质量的评价	在如此评价质量的 GTE 的团体客户中仍将推荐 GTE 做供应商的（%）	在如此评价质量的 AT&T 的顾客中愿意再次购买的（%）
优秀	96	92
好	76	63
一般	35	18
差	3	0

资料来源：For GTE data, Gillett (1989); For AT&T data, Scanlan (1989).

制造业中的情形也与此类似（Burns and Smith, 1991）。在哈里斯公司，对产品和服务特定特性的满意度用 1～10 的 10 个档次来衡量，忠诚度用愿意“继续购买”的顾客的百分比来衡量（见图 18—2）。请再次注意要获得较高的忠诚度所必需的高满意度水准。（据报告，当将哈里斯的商用事业部与政府采购和军

需事业部分别打点时，数据的符合度有了显著改善。）另外，忠诚度（满意度）与财务成果之间的联系也通过满意度与销售报酬率（ROS）的分别打点得到了证实。这些点子显示，满意度的一档变化相应会引起商用事业部 ROS 变化 10%，而政府采购和军需事业部的 ROS 会变化 1.5%。

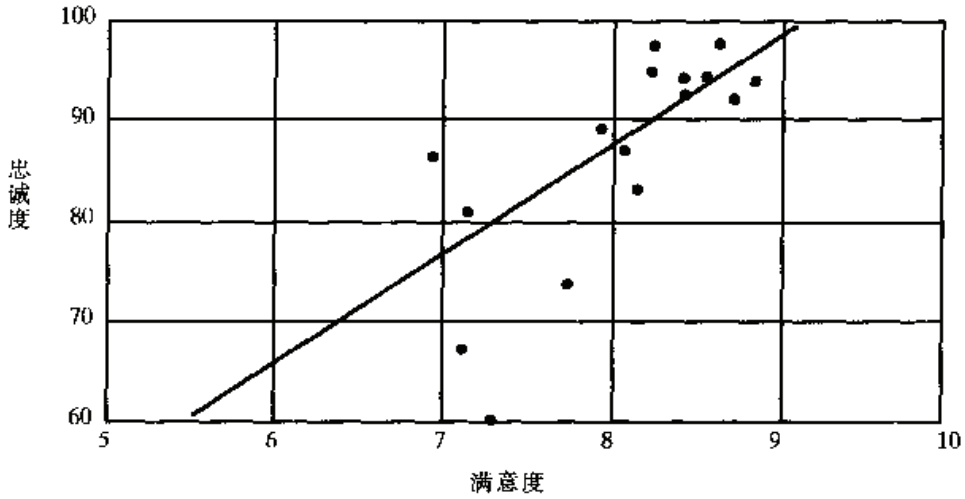


图 18—2　忠诚度与满意度评价之间的关系

资料来源：Burns and Smith, 1991.

一般而言，满意度的取值可以相差很大，那些不忠诚的顾客（“讨厌分子”）会因极度不快而公开抗议某一产品或服务；而忠诚顾客（“使徒”）会因心悦诚服而去劝说他人“皈依”（Heskett et al., 1994）。

忠诚顾客的经济价值　从一位忠诚顾客的重复购买中所获销售收入是相当可观的。例如，某种比萨饼的忠诚顾客每人可带来5 000美元的收入，喜欢入住某个连锁饭店的商人可带来25 000美元，而某一品牌汽车的忠诚者所带来的收入是30 万美元。

我们可以通过将收入预测与顾客在预期的重复购买期间的花费结合起来，来计算忠诚顾客的经济价值。（在变动剧烈的高科技产业，针对其不确定性的程度，考虑一个有限的期间是比较适当的，比如说 5 年。）经济价值用该期间净现金流量（利润）的净现值（net present value, NPV）来计算。净现值是未来一段时间内利润的现在价值。这可以利用一个具有净现值功能的试算表，填入一个确定的利率和预期的净现金流量来计算。通过了解净现值，我们就可以对不同的市场营销策略以及其他的策略加以评估，以吸引和保住顾客。

来自忠诚顾客的利润会随着时间的流逝而增加。再就是，忠诚顾客决定着顾客的“保持率”，不忠诚的顾客（那些转投竞争对手的顾客）决定了顾客的“背离率”。例如，60% 的保持率对应着 40% 的背离率。瑞奇赫德（Reichheld, 1994）提供了一个信用卡行业的例子。一家公司若能够降低其顾客的背离率，则其顾客的平均购买寿命和公司利润就会增加。

他还发现，尽管保持/背离率和净现值因产业而不同，但利润一般总是随着背离率的降低（保持率的增加）而增加的。图 18—3 显示了在多种产业中，5%的背离率的降低所导致的未来顾客利润流的净现值的增加（Reichheld，1996）。瑞奇赫德断定 5%的背离率的降低可以增加 25%～100%的利润。在同一研究中，瑞奇赫德还报告了一些有关顾客满意度与顾客忠诚度之间关系的客观事实。在某些行业中，有 90%以上的顾客认为他们“满意”或“非常满意”，但再次购买率却只有 35%。而且，有大约 70%的背离的顾客在他们背离之前的一次调查中声称他们满意或非常满意。

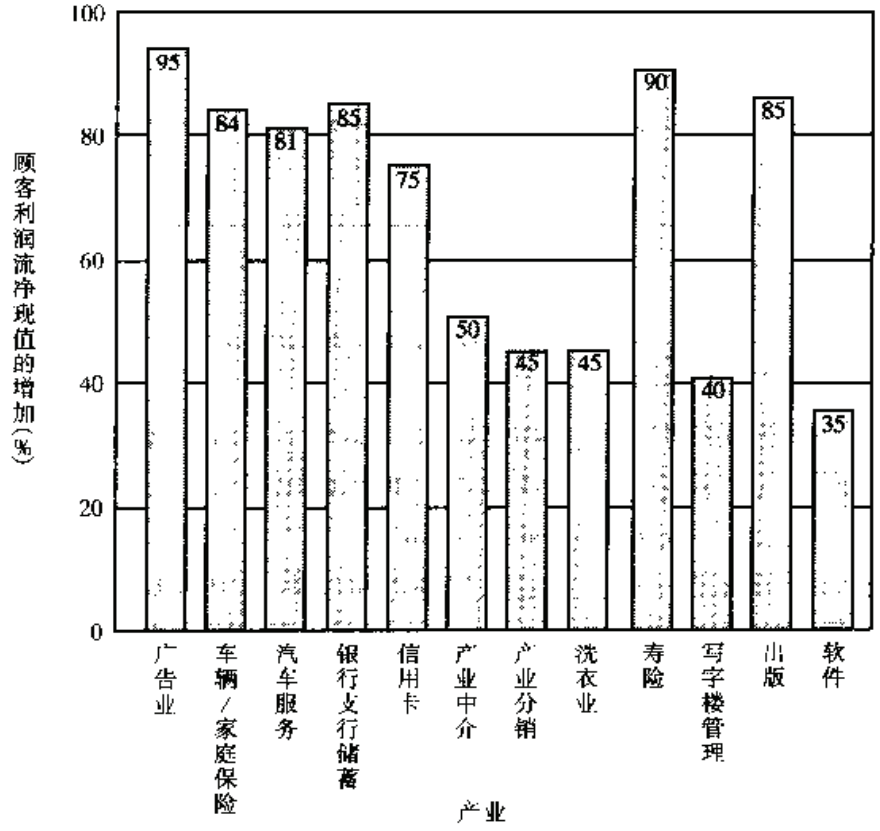


图 18—3　5%的保持率的增加对于利润的影响

资料来源：From Reichheld (1996). Reprinted by permission of Harvard Business School Press.

最后，古德曼（Goodman，1991）指出了其他的一些适合于许多的消费品和工业产品的重要的市场现象：

大多数的顾客在遇到问题时都不会投诉（50%的顾客遇到问题不投诉；45%会就地投诉；5%会向高层领导投诉）。

当问题给顾客造成的损失超过 100 美元且顾客投诉得到解决时，只有 45%的顾客会再次购买（如果投诉没有解决，只有 19%）。

话语行为不容低估。如果一个大问题得到解决且达到了顾客满意，顾客会将这一经历告诉大约 8 个人；如果顾客对解决结果不满，有 16 个人会听

说此事。

这些商业现实使得以下的活动变得非常重要，即通过市场研究来收集现场情报，从而解决好顾客满意、顾客保持和顾客忠诚的问题。

现场情报的概念

“现场情报”这一术语用来指有关产品使用的所有信息，不管是内部使用（其他部门、兄弟单位）还是外部使用（中间商、加工者、最终用户）。其中包括有关产品性能方面的信息，还包括这些性能对所有有关各方的影响的信息，这些有关方面如商业网络、使用者、服务网点、社会、政府、新闻界和拥护者等。

现场情报信息的来源　为了开发和营销其产品，一个组织必须把握有关市场质量方面的信息。其中有些信息可以轻易地以顾客反馈的形式得到。这种反馈包括了顾客的投诉，或因产品质量或其他参数而引起的市场份额的变化。这些信息有助于了解当前产品的表现，也可以作为开发未来产品的输入。

对于当前产品的反馈为设计未来产品和监测当前产品的表现提供了一个重要的信息来源。这些反馈信息常常能发出警报，提醒必须采取行动以维持良好的顾客关系。单个的警示信号（某位顾客的投诉）所起到的主要效果是刺激起使该顾客满意的行动。集中起来，这些信号提供了一种衡量总体上的顾客不满情况的方法。但就衡量产品质量而言，这是一种比较差劲的测度，因为有许多质量缺陷并不会引起警告信号。以下这些情况会表现为完全的沉默：

1. 径直转而购买竞争者产品的不满顾客。目前保有的顾客当然是未来业务的一个主要来源，但如果他们相信竞争者的产品更好，他们就会转而去购买竞争者的产品。这些顾客常常并不会对目前在用的产品加以投诉，但是会去寻求性能更好或更有价值的竞争产品。

2. 非顾客。有关那些并非顾客的人们的需要和态度的信息有着很大的不足。要了解他们为何未能成为顾客，采用何种措施才能使他们购买产品，就必须有相关的情报。

3. 超过保证期间的产品不满。所有的公司都有着跟踪保证期间产品状况的系统。但保证期间通常只占顾客预期的产品寿命的 10%～20%。一旦过了保证期，顾客对公司的信息反馈充其量也只是一些零星的反馈，因此公司缺乏产品整个寿命期内的信息。适用性是针对整个产品寿命周期而言的，因此在整个寿命期内现场情报信息都是必要的。

可获得的现场情报分析　这些情报包括：

销售额的下降　实践中，对销售额下降的原因下结论不是一件简单的事。这需要市场营销、质量及其他部门的共同努力才能得出适当结论。在第 7 章“质量

与收益”中，讨论了质量对销售收入的影响。

现场投诉 大多数组织都有收集和分析顾客投诉信息的系统（对于这些系统的详细讨论请参见第25章“顾客服务”中的“战略意图”部分）。对于现场故障、投诉、退货等所进行的帕累托分析，有助于确定当前和未来产品中需要加以解决的关键的少数质量问题（见第5章“质量改进过程”中“经营计划中的质量改进目标”）。这类分析有着广泛的应用。

销售人员的报告 销售人员、分销商以及营销过程中的其他人员是一个自然的现场情报系统，尽管不尽完美。

零配件的销售额 许多用户事实上是不得不进行这种更换的。制造商应该通过分析零配件的销售情况，以从顾客的角度来判断现场存在的主要问题。

来自顾客的数据 来自顾客的信息不仅是投诉，而且还有其他方面的质量信息，如顾客收到产品后寄回的保证卡等。这些卡片能够提供一些在收到产品时有关顾客对产品质量的感知的信息。

此外，贵重设备购买者通常都有详细的数据系统来记录维护和修理工作，如建筑、运输和制造加工装备。这些数据系统是设备制造商的信息金矿。

政府报告 政府所涉及的产品评价日益增加，这主要是其作为管制者而实施的。如对汽车安全性测试的报告就属于这类信息。

独立实验室 有些这种类型的实验室针对竞争性产品进行比较检测。它们公布实验结果给订阅者以帮助人们作出购买决策。

互联网 互联网上众多类型的信息正日益成为工业情报工作的另一输入来源。

信息应用不充分的原因 有些类型（不是全部）的现场情报的原始数据很容易得到，但有两个原因使得这些数据未得到充分的应用：(1) 在计划未来产品时未能认识到这些数据的价值；(2) 这些数据的存在形式不利于产品开发和其他方面的应用。

对现场情报加以计划 主要用以：

1. 发现在投诉或警告信号中表现并不明显的当前顾客的不满。
2. 发现顾客背离的原因。
3. 明确质量相对于其他产品参数的优先程度。
4. 明确相对于竞争者产品的质量状况。
5. 确定顾客特殊的适用性需要。
6. 识别通过改进适用性来提高收入的机会。
7. 识别在新的市场或细分市场上的机会。

如此广泛的用途要求我们必须认真计划收集情报信息的方法。这是通过市场研究来进行的。通常的步骤为：(1) 阐明问题；(2) 确定研究的方案；(3) 设计数据收集方法和表格；(4) 设计样本和收集数据；(5) 分析和解释数据；(6) 撰

写研究报告。[更详细的阐述请参考 Churchill（1991）。] 市场研究结果的最重要用户是设计和运作领域的人员而非营销人员。以下的讨论主要集中于对市场研究的设计。所有使用市场研究结果的人员都必须参与市场研究的设计，以保证研究结果的内容和深度能够满足他们的需要。市场研究决不能变成只是市场研究人员的事情。

数据计划　现场情报对于制造商改进其产品设计、过程、检验、现场服务和营销策略等方面有着广泛的用途。一个跨部门的团队可以归纳出如下一系列的数据需要：

需要信息的关键的少数质量特性。

这些关键的少数特性方面的产品性能，这些性能要使用一致同意的测量单位来表示。

有关用户的成本、满意及不满意方面的信息。

使用环境，既包括成功使用的环境，也包括不成功使用的环境。

此外，通过编制术语表和有助于数据录入计算机的代码编号系统，以及改善现场反馈的一些其他手段，能够使团队有效地解决数据的沟通问题。数据计划是有关收集何种情报以及如何使用这些情报的指南。

数据来源　除了运用前面所讨论的现场情报来源之外，还必须使用一些其他的数据收集途径：

1. 自然的现场接触。每家公司都有一些直接与现场接触的雇员，如销售人员、投诉调查员、技术服务专家、服务网点人员等。通过这些接触可以获得一些现场情报，但前提是制定了详细的数据收集计划并且为收集信息提供了时间保证。

2. 受控制的使用。有些情况下，一家公司能够充分利用自己的产品来建立起一个有关产品性能的有效的数据库。而在其他情况下，则需要通过让雇员或消费者小组试用产品来创建外部数据库。在这种情况下，就要设计一个数据计划以便获得有用的现场情报。

3. 数据的购买。可以通过合同的方式来向产品的使用者购买数据。合同中要明确必须遵循的数据计划。还要规定诸如人员培训、数据有效性的审查和无用样本的退还这样一些内容。例如，一家汽车制造商同意承担某汽车出租行的所有该品牌汽车的维修费用，以换取详细的修理数据。

4. 产品监测。能够在运行过程中监测产品“健康”状况的技术已经成为可能。在一个场合，有一种用来监测计算机性能的仪器已经投入使用。用户被要求安装这种仪器，作为收集差错率数据的手段。这些数据可以供客户比较竞争性系统及出售给该计算机的制造商。

5. 自设的服务中心。一些生产消费品的公司在全国设立服务中心用以维修其生产的产品。因此，有关产品性能、故障模式、修理费用等方面的信息就作为

提供维修服务过程的组成部分而累积了起来。一些公司还在这一过程中修理竞争对手的产品，同时收集竞争对手的信息。

6. 维护顾客的产品。自设服务中心的一个变例是移动服务中心。这种情况下，一组现场维修人员到客户处对产品进行保养和修理工作。这方面的例子如计算机和办公设备等。

7. 现场跟踪产品的进程。采取这种方式的公司“蹲”在产品使用现场观察顾客如何使用该产品。其目的是希望找出改进适用性的机会（参见下面的新产品的市场调查和修改产品）。

8. 利用“神秘购买者”。一些服务行业的公司聘请外部机构假扮顾客，然后报告与该公司人员打交道的过程。例如，一些银行利用这些“神秘购买者”来获得有关客户与银行柜员交互作用的数据。

9. 为获得顾客的质量感知而进行的连续衡量。服务业公司常常应用多种工具来评价顾客对质量的感知，这种做法在制造业中也在逐渐增多。参见以下的“市场研究——工具与方法”的讨论。

10. 特别的调查和研究。这类特别的调查和研究并不经常进行，其目的主要是要获得相对于竞争者的质量评估，回答关于某一产品的特定问题，或了解顾客对于质量（相对其他产品参数）的重视程度。这类研究的例子在稍后的“通过现场研究来进行竞争性评价”中加以讨论。

显然，现场情报信息和数据的组织形式必须使产品开发和其他职能能够容易和持续地访问这些信息。这将使对于特殊报告的需要降到最低程度。

抽样的概念 在获取现场情报方面的一个普遍而致命的错误就是对于100%数据的追求。通常，一个正确选择的样本能够提供足够的现场情报，其所需费用也比较合理而不至于高得离谱。

例如，某汽车制造商试图从其5 000家经销商处获得完整的现场数据。这些数据的质量很差但代价极高。该公司后来改变了做法，集中收集了由35家经销商构成的一个样本的数据，这些经销商地域分布合理，销售额占总额的5%。结果以低得多的费用获得了更为及时的反馈信息，增加了决策的有效性。

第44章的“基本统计方法”讨论了确定所需样本大小的方法。有关市场研究的可靠性和有效性的更详细讨论请参见第9章的内容。

顾客行为的概念

美国市场营销协会将市场研究定义为“通过信息把消费者、顾客和公众与市场营销者联系起来的职能，这些信息用于识别和确定市场营销的机会和问题，提出、优化和评估市场营销行动，监测市场营销的绩效，改进对于市场营销作为一

个过程的理解”。

当应用于货品和服务的质量时，市场研究就是要从顾客的角度出发，系统地收集、记录和分析有关质量的数据。这种研究应当针对质量的两方面内容，即产品特性和免于不良。为了解释市场研究的概念在质量中的应用，我们要首先明确几个有关顾客行为的术语。

顾客需要　顾客需要是指顾客对于生存和福祉在生理方面和心理方面的基本要求及欲望。A.H. 马斯洛是有关生理需要和心理需要的一个主要的信息来源。他把人的需要分为生理、安全、社会、受人尊重和自我实现五个层次（详见第 15 章“人力资源和质量”）。亨利·A·默里（Henry A.Murray）列有一个包括 20 种生理需要的清单，其中包括成就、秩序、自主等。[有关默里研究的概括及其在市场营销方面的运用，见 Onkvisit et al.（1994）。]

此外，对于表述的需要和真实的需要加以区分是很有用的。一位消费者表述了其对于一台“服装烘干机”的需要，但其真实需要却是“除湿”；另一消费者想要一台“草坪修整机”，但其真实需要是“保持草坪的高度”。在这两个例子中，用一个基本的动词加名词的方式表达的需要可能会孕育出新产品的构想。满足“保持发型”这一基本需要的发胶取代了发网便是这方面的一个例子。有些需要是被掩盖着的，甚至顾客在购买时自身都未意识到。这样的需要常常导致顾客以一种并非供应商预期的方式来使用产品，如紧急电话号码被用于常规问题；吹风机被用于冬日解冻门锁；拖拉机被用于异常的土壤条件。设计者常把这些用法当做是对产品的误用，但或许将之视为新的用途和新的市场机会要更合适一些。

有些这样的应用的确是误用，但对这类需要必须加以理解，有些场合下要考虑其他的设计构思。然而，还有一些需要远远超出了用途的范畴。有些需要可能是基于感知的［如现已成为经典的斯图·伦纳德（Stew Leonard）所举的超级市场顾客的例子，顾客确信只有摆放在冰上的鱼才可能是新鲜的］。一些需要可能涉及的是社会责任（如对“绿色”产品的需要是为了保护环境）。

顾客的需要可以是明确的，也可能是模糊的；可以是理性的，也可能不那么理性。要吸引和留住顾客，这些需要就必须被发掘出来并加以满足。

为了为随后的市场研究和产品开发确定具体的产品特性，就必须发现和理解顾客的需要。有时，使用一个标准的特性表来获得调查顾客满意度的输入资料。服务质量差距分析便是这方面的一个例子。这种分析仅要求顾客服务的数据，它旨在检查顾客服务是否符合顾客期望。它涵盖了服务质量的五个要素：有形因素（如设施和雇员的外观），可靠性（服务的可信性和准确性），响应力（敏捷性），保证（员工的知识和礼貌），移情作用（关怀、个性化的关注）。一份具有 22 个陈述句的问卷来获取顾客有关这五个要素的期望和感知的反馈信息。顾客的回答从“强烈反对”到“坚决同意”分为七档。[更详细的讨论请参见 Zeithaml et al.（1990）。]

顾客期望　顾客期望是预期的货品或服务的特性和绩效。

狩野和吉特洛（Kano and Gitlow，1995）指出，顾客对于产品特性的期望可分为三个层次（见第3章“质量计划过程”）。“期望的”质量层次代表最低限度的或“必需的”特性。这些特性不能带来顾客满意，因为它们被视为是理所当然的，但这些基本特性的绩效不好却会导致强烈的不满。在“一元的”（或渴望的）层次上，更好的绩效会导致更多的满意，但（在有限的一段期间内）变化通常是渐进的。在“魅力”（或惊喜）层次，更好的绩效将导致顾客的悦服，因为这一特性或绩效水平能给顾客带来意外的惊喜。当然，这些特性必须体现在产品设计中。

基于狩野的研究，美国Hospital公司发现辨识顾客期望的几个层次是非常有用的。这样，在层次Ⅰ，顾客会认为其基本需要将得到满足；在层次Ⅱ，顾客将达到满意；在层次Ⅲ，顾客会对服务感到心悦诚服。例如，假设一位病人必须接受33次放射线治疗。在治疗区的等候时间是门诊服务的一个特性。在层次Ⅰ，病人会要求放疗机每天能正常工作，不出问题；在层次Ⅱ，如果在治疗区等待的时间不长，比如说15分钟，病人就会感到满意；在层次Ⅲ，如果等待时间很短，比如1分钟，病人就会感到悦服。要获得独特的竞争优势，我们必须将注意力集中在层次Ⅲ上，亦即我们需要的是悦服，而不只是满意。[有关这三个层次应用于不同产品的其他例子和讨论请参见Hofmeister et al.（1996）。]

拉斯特等（Rust et al.，1994）主张期望可以分为六个层次，从“理想的”（最好情况下可能发生的）到“最坏的可能”（能够想到的最坏结果）。

顾客满意 顾客满意是指顾客相信其所得到的益处达到或超过了其期望的这样一种程度。满意取决于许多因素，但卡尔森（Carlzon，1987）建议要集中在“真实瞬间”。所谓真实瞬间是指顾客接触一家公司或其产品并形成正面或负面印象所用的时间。真实瞬间可能发生在产品的购买行为之前、其间或之后。

要注意顾客期望对于其满意有着强烈的影响。例如，设想人住豪华饭店的一位顾客遇到些微的不便。其满意度很可能会很低，因为顾客期望豪华饭店应该完美。我们来对比一下一位住在廉价汽车旅馆的客人。这家旅馆可能设施很简陋，但只要顾客获得了一夜安睡，顾客就会有很高的满意度，因为本来的期望很低。

顾客感知 顾客感知是指对产品形成的印象。在顾客对产品进行挑选、加工并理解有关该产品的信息后，便形成了感知。顾客的感知在很大程度上是基于以往的经验。但其他因素也会影响感知，这些因素可能发生在购买之前、购买当中和购买之后。

顾客型谱 我们将顾客定义为受产品或过程影响的任何人。因此就有了三种类别的顾客：（1）外部顾客，包括现有的和潜在的；（2）内部顾客；（3）作为顾客的供应商。所有这三种类别的顾客都各有其需要，在质量计划过程中必须加以了解和考虑。

下面的一节将讨论如何利用市场研究的工具与方法来收集有关顾客态度和顾客行为的情报。

市场研究——工具与方法

以下将主要讨论一些基本的工具与方法。[有关市场研究的更详细讨论请参见 Churchill(1991)。Rhey and Gryna(1998)主要探讨了在小企业中的应用。]

电话访问顾客　就是打电话给顾客，征询其对所购产品的质量的印象。所获信息可以作为对于质量的总的印象，但也有可能会导致具体的行动。有两个例子可以说明这种工具。

一家医院以季为单位给一个已出院患者的样本（约 3 个患者选 1 个）打电话，征询他们对于住院期间的意见。这种电话调查由 36 个问题或子问题构成，涉及护理、医生处置、医疗过程和业务过程。还包括一些是否向亲戚或朋友推荐这家医院和医生之类的问题。从收集到的信息（和其他研究）了解到，接受医院服务的等候时间过长是导致不满的最主要因素。等候时间过长的部分原因可以归为一个病人在医院里需要与之打交道的人数过多。在进一步分析的基础上，医院对于工作进行了重新的设计，并对护理人员进行了进一步的培训。这使得以 3 天的在院时间为基准，病人需要接触的人数从平均 60 人减少到了 24 人。

一家高技术公司的销售部门抱怨“大约 20% 的顾客认为质量很差，这使得我们很难有回头客，难怪我们难以实现销售目标”。设计和制造部门则因最近采取的实现优质的措施而惊喜。质量部门接触了一些顾客，了解到了不同的说法。问题出在新型号的一些早期产品上，但现已得到了解决，并且顾客反映“你们总的质量记录确实很不错”。因此，销售人员只听说了问题而漏掉了好的方面，因而得出了质量差的结论。

与顾客接触能够清楚顾客的感知，还会触发积极的行动。首先，销售人员获得的质量信息使他们确信质量的卓越，他们在销售活动中还会突出这些信息。其次，顾客的积极反应促使销售部门把更多的顾客名单交给质量部门，鼓励他们以一种有计划的方式同顾客联系。

对某些顾客的登门拜访　市场研究的另一种形式是由公司的营销或工程代表定期上门拜访重要顾客。这些拜访不是对顾客投诉的回应，而是用于了解顾客对产品的体验并对某些特定问题给出解答。（在实践中，这类拜访常常不是很有计划的，在收集有用信息方面只能说是部分成功。）

在某一场合，生产汽车蜡的厂商与顾客讨论以了解顾客如何对蜡的质量进行评价。在这家公司内部，对于蜡的“光泽性”给予了高度的重视。调查显示顾客并不认为这是汽车蜡的特性（尽管它是房屋用漆的特性）。即使当提出“光泽性”这一术语让顾客讨论时，也未引起什么反应。顾客热衷于谈的却是蜡的成“水珠”性。顾客描述“水珠”为“水滚过表面”。约 82% 的回答者说他们用“水

珠”作为蜡的测量标准。这一研究导致了制造商优先次序的改变，甚至影响到了蜡的名称的选择。

对某些顾客的特别安排 与少数顾客建立起某种特别的联系是获得深度信息的一个简单而又有效的方法。一家电子产品制造商在若干个行业中，与每个行业的两三个关键顾客建立起了这种联系。该制造商允诺将对客户工厂的设备绩效保持详尽的记录，当然是在客户（“质量伙伴”）的帮助下。这种记录将设备绩效与具体的使用状况和环境联系了起来，而不是只有假想的条件，从而使制造商大大受益。而顾客因建立起了与制造商的制造和工程部门的直接联系也获益匪浅。

焦点小组 为了更好地了解顾客对其产品的感知，一家食品公司召集小型的顾客群体举行会议讨论对产品的要求（该公司平均每天召集一次这样的会议）。这一方法被称为“焦点小组”法。一个焦点小组由大约 8～10 名当前的或潜在的顾客组成，他们聚在一起几个小时讨论一种产品。下面是这一方法的一些关键特征。

1. 讨论有一个焦点，其名称也由此而来。
2. 讨论可以集中于现有产品、拟议中的产品或未来产品。
3. 由一位擅长群体动力学的主持人来引导讨论。
4. 主持人对于所需信息有着清楚的目标并有一个引导会议进行的计划。
5. 公司的相关人员常常在用单向镜子隔开的隔壁房间观察和旁听讨论。

焦点小组可以对一个产品的多个侧面进行讨论，也可以只讨论产品质量。对质量的讨论可以很广泛（例如，获取有关适用性的构成因素的观点），也可以是一个较窄的话题（例如，确定顾客对银器表面不同抛光度的敏感性）。

根据目标的不同，焦点小组的参加者可以是普通顾客、非顾客或特殊顾客。有时参与者是社会的一个特殊的构成部分。例如，一家玩具制造商安排了一个由青少年组成的焦点小组，给他们提供各种各样的玩具在群体活动期间使用。通过观察孩子们玩玩具，可以了解哪些玩具能吸引大多数孩子的注意，可能会发生何种类型的误用。家长也有机会在另外的焦点小组里交谈。一家医疗用品制造商使用了由护士构成的焦点小组，让她们在模拟的医院环境下使用其产品并加以评论，同时产品设计者在单向镜子后面观察和倾听。产品设计者将护士的评论看做是基于经验的智慧结晶，而公司营销人员的反馈则被看做是道听途说。

焦点小组取得成功的一个关键因素便是焦点小组主持人的素质。这一工作仅凭热情是干不来的。格林鲍姆（Greenbaum，1988）提出了一个优秀的焦点小组主持人需具备的如下条件：

1. 迅速的学习者：能够吸收和理解所有的输入。
2. 一位“友善的”领导者：与群体建立亲密关系。
3. 博学但非无所不知：避免以专家的身份出现。
4. 出色的记忆力：在会议中能够把各种输入联系在一起。
5. 良好的倾听者：兼听谈话的内容和话外之音。

6. 促进者而非戏中人：旨在从参与者处获取信息。

7. 灵活：能够根据信息的流向随时调整。

8. 设身处地：能够同群体成员的情绪发生共鸣。

9. 有“大局观”：能够区分重要的信息与枝节问题。

10. 良好的写作能力：能够清晰简洁地归纳并得出有意义的结论。

电子会议支持（EMS）工具有助于记录和归纳焦点小组会议上的观点。通常的做法是让参加者集中在同一个房间里，每人配备一台计算机。参加者使用计算机来回答焦点小组主持人提出的问题，回答是同时和匿名的。回答可以有多种形式，如填数字、回答是/否、头脑风暴联想。计算机网络收集所有回答并在屏幕上显示出来使人们都能看到。在对这些回答加以评价后，可以进一步提出问题，而回答马上就可以汇总并显示出来。例如，可以要求参加者对上一轮头脑风暴提出的想法排出相对重要性。与面对面的会议相比，EMS 有许多优点：消除了参加者的压抑，节省了收集意见的时间，减少群体沟通过程中的无关输入（“噪音”），能够提供活动结果的文本。安德森和斯莱特（Anderson and Slater，1995）描述了在焦点小组中利用 EMS 的好处，并介绍了一个相关的案例。

焦点小组比较适用于在探索性的研究中查明问题，获得有关质量方面的特定信息，辨识需进一步研究的问题等。

信函调查　信函调查是收集现场情报的又一种方法。应用这种方法时，要设计一份列出产品各种特性的调查问卷。顾客使用不同的满意等级来进行回答，如极好（excellent）、很好（very good）、好（good）、尚可（fair）或差（poor）等。还要留有填写评论或建议的地方。例如，一家银行利用调查问卷来调查其服务的 20 个特性，这是通过请顾客对这些特性的相对重要性和满意度作答来进行的。

问卷方式常常在两个重要的情报领域有所欠缺。其一是关于各个质量特性的相对重要性。列出一组特性有助于使“质量”具体化但无法了解顾客认为的相对重要性，因为这种方式使人看起来各个特性是同等重要的，这当然不大可能。其二是关于顾客再次购买或再次推荐该产品和服务的可能性。满意未必意味着购买忠诚（参见前述的有关顾客满意与顾客忠诚的论述）。一种有用的提问类型是征询有关再次购买或再次推荐的可能性。这样，诸如“极有可能再次购买”的顾客百分比这样的情报信息所提供的便不仅是顾客满意的数据，而且还包括了顾客忠诚的数据。

以下的例子演示了调查问卷和焦点小组的运用。某公司每年对汽车顾客进行的信函调查揭示出大量的投诉集中在车门的闭合问题上。在公司内部这意味着“边距”（margin）和“平整性”（flushness）方面的问题。边距是指前门与挡泥板之间或前门和后门之间的距离。有时边距是不一致的，如门的上部比门的下部的空间为大。平整性是指车门关好后车门与车身闭合的平滑度。制造商采取了行动，但却注定要失败。他们在加工和装配中采取措施来改正边距和平整性问题，但这一行动并未解决问题，在稍后进行的调查中车门问题再次成为焦点。

幸运的是，该公司还定期召集焦点小组会议，有些人是以向其支付费用的方式被请来参加会议的，他们被要求回答问卷并详细讨论一些问题。问卷中将车门的闭合性作为一种问题类别，焦点小组中的一些顾客圈出了这一问题。他们会在现场被问及“你说的车门闭合性指的是什么?”他们的答案并非边距或平整性，而是其他的两个问题。首先，闭合意味着关上车门所需的努力程度。他们抱怨他们不得不“用力摔车门以便一次就能把车门关好”。其次，闭合意味着响声。当车门关上后他们希望听到沉稳踏实的声音，而非让人不能放心离去的金属般的松垮声（告诉你门没关好）。市场研究使得对这一问题有了更好的理解，公司抓住了真正的问题，这一问题的解决要求进行产品设计和制造工艺方面的变更。公司早就清楚车门闭合这一问题的重要性，但其一开始所采取的措施却用错了地方。

在设计问卷时有许多可以借鉴的经验。邱吉尔（Churchill，1991）建议了编制问卷的9个步骤，涉及了64个“是”和“非”。有关准备问卷的其他建议请参见拉斯特（Rust et al.，1994）的论述。

问卷只是收集质量情报的若干手段之一。在实践中，为了获得具有足够深度的情报，以解决现有的问题并为新产品开发提供信息，问卷方法还必须同与顾客的接触、焦点小组以及其他方法配合起来使用。威利茨（Willets，1989）提供了一个综合方法的例子。该例中的信息收集是连续地运用11种方法来进行的，其中包括了销售趋势分析、顾客投诉分析以及顾客焦点小组。正式的提问针对以下四个层次的顾客：

1. 批准购买的人员，如某位高层主管。
2. 影响购买决策的人员，如某位技术主管。
3. 签署订单的人员，如采购员。
4. 使用者，如使用计算机的商店经理。

作为现场情报的一部分，组织还必须了解其相对于竞争者的质量状况。实物产品可以通过实验室测试来获得有关的知识。但无论是实物产品还是服务产品，都有必要进行现场研究（见下一节的讨论）。

通过现场研究来进行竞争性评价

质量的最终评价是由市场中的用户来作出的。在这些评价中收集的现场情报必须基于事实而不是传闻。这些评价旨在搞清楚用户对适用性的看法，同时提供同竞争者比较的信息。用户是数据的主要来源，这是现场研究的最大特点。

计划这样的研究不应只是某一个部门的事情，而应当采取一种团队的方式。团队成员来自市场营销、产品开发、质量、制造以及其他的必要部门。这个团队必须就哪些问题需要通过现场研究来回答达成一致。需要考虑的问题类别有：

1. 在用户看来的各方面的产品质量的相对重要性如何？

2. 对于每种关键质量特性而言，在用户看来我们的产品与竞争者的产品相比结果如何？

3. 质量差异对用户的成本、福利及适用性的其他方面有什么影响？

4. 用户虽未抱怨但我们的产品却仍需补救的那些用户所面对的问题是什么？

5. 用户的哪些想法可能会对新产品开发有用？

以下是一些来自服务和制造领域中的例子。

现场研究的例子　GTE 采用几种方式（既有调查性的方法又有分析性的方法）来测量和分析顾客满意（Drew and Castrogiovanni，1995）。有一种方式是要求顾客对 GTE 的总体质量以及电话服务的五个特性来评级。其中的一个综合性的统计量是被评为“极好”的数目所占的百分比。其他的全国性的本地电话运营商作为比较的对象。表 18—3 显示了某一运营区域的评价结果。请注意其绩效状况参差不齐，得分通常在中等水平，没有最高的，但有一个（安装）是最低的。对于每个特性都可以设定一个目标，实现目标的进程可以根据拟议中的过程改进和顾客满意的结果来设定。在根据属性的相对重要性对数据加以区分的基础上，缩小市话服务的评级差距被设定为最优先的任务。

表 18—3　　**电话服务的比较数据**

特　性	本公司得分	竞争者得分
总体质量	38.6	36.6～46.3
市话质量	40.6	36.7～47.9
账单处理质量	34.5	28.7～37.2
安装质量	41.2	43.2～53.3
长途电话质量	47.5	40.9～55.3
接线员质量	41.5	35.0～47.1

资料来源：Drew and Castrogiovanni (1995).

在一个关于通用电气公司的某种工业产品的例子中，现场研究被用作战略计划分析的一个组成部分（Utzig，1980）。尽管故障成本和顾客投诉都很低，但几年来该产品的市场份额却在持续萎缩。公司将质量作为战略计划的五个方面之一进行了研究，以期提高市场份额。表 18—4 归纳了该研究的结果。质量是根据所列出的六个特性来综合衡量的。调查中要求顾客从两个方面来回答问题，一是每个特性的相对重要性，另一个是与两个主要竞争者相比的绩效评分。评分所用的是一个从 1 到 10 的尺度。通用电气的平均得分是最低的，不是某一个特性而是全部如此。这一不愉快的结果令人难以置信。（毕竟，故障成本处于可接受的水平而且也没什么投诉。）这一研究又重复了一次，结果仍没人相信。又是再次重复。直到研究了三个区域，覆盖了所有类型的顾客，其结果才被接受。详细研究揭示出，顾客不仅仅是希望故障更少，他们还渴望改进其自身的生产率，这意味着所购买的产品要有更高的效率和耐久性，以及更好的可维护性和可服务性。顾

客对于改进服务的渴望令人吃惊。通用电气公司以为它在服务上是领先的（因为它是一个综合的服务性组织）。然而，顾客认为它的服务的速度和质量不如其竞争者。所有这些结果最终导致该公司在产品设计、制造工艺、产品服务和质量保证体系方面进行改进。

表 18—4　　基于顾客立场的衡量

产品特性	平均重要性评分	竞争者绩效评分		
		通用电气	A	B
操作可靠性	9.7	8.1	9.3	9.1
有效的性能	9.5	8.3	9.4	9.0
耐用性/寿命	9.3	8.4	9.5	8.9
易于检查和维护	8.7	8.1	9.0	8.6
易于布线和安装	8.8	8.3	9.2	8.8
产品服务	8.8	8.9	9.4	9.2

资料来源：Utzig（1980），p.150.

一家保健品制造商也应用了“多特性研究”方法，顾客被要求对产品的几种特性加以考察，然后指出各种特性的相对重要性以及竞争性得分。产品每个特性的得分分别乘以该特性的相对重要性然后累加起来的分值，便成为每个制造商的总得分。［包括成本在内的进一步分析，请参看 Gryna（1983）。］建筑工业协会（Swartz，1995）推荐了一种类似的方法，根据对五个特性（成本、进度、质量、安全和管理）的评分来计算特定的建筑岗位的月指数。每个特性分配了权数来表示其相对重要性。通过汇总各个特性的加权得分便得到了总的指数。

盖尔（Gale，1994）主张市场研究不应只围绕质量而应围绕价值来进行。价值有两个构成要素，即质量与价格。表 18—5 显示了 Perdue 公司与鸡肉行业平均水准对照计算的“质量概貌”。比值栏显示的是 Perdue 公司的得分与行业平均得分的比值。其右边一栏是该比值与顾客赋予各个特性的相对重要度（“权数”）的乘积。“市场感知的质量比率”是各个加权比值之和，即 1.26（126.1/100）。

表 18—5　　Perdue 公司与鸡肉行业平均水准对照计算的“质量概貌”

质量特性	权重	Perdue	行业平均水准	比值	权数乘比值
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)=(3)/(4)	(6)=(2)×(5)
外观形状	10	8.1	7.2	1.13	11.3
肉—骨构成	20	9.0	7.3	1.23	24.6
无残留鸡毛	20	9.2	6.5	1.42	28.4
新鲜度	15	8.0	8.0	1.00	15.0
可获性	10	8.0	8.0	1.00	10.0
品牌形象	25	9.4	6.4	1.47	36.8
	100				126.1
顾客满意度		8.8	7.1		

资料来源：Buzzell and Gale (1987).

现假设 Perdue 公司的鸡肉售价是 69 美分/磅，而其他公司的售价是 59 美分/

磅。质量得分与价格数据结合起来便形成了一个顾客价值图（见图 18—4）。在图18—4中，“平均价值线”是质量和价格均衡点的连线。这条线的斜率是顾客在购买决策时分配给质量的权数与分配给价格的权数的比值（在本例中，质量权数是 1/3，价格权数是 2/3）。在这条线右下方的公司都能提供更好的顾客价值；在这条线的左上方的公司提供的顾客价值较差。盖尔对于如何应用顾客价值分析来帮助计划具有良好成本效益的质量和竞争力改进行动进行了探讨。

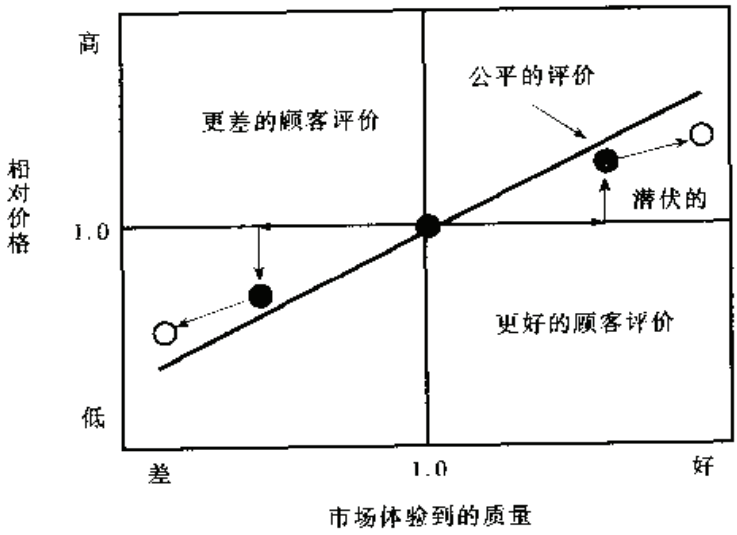


图 18—4　顾客价值图：鸡肉行业

资料来源：From Gale (1994). Reprinted with permission of The Free Press, a Division of Simon & Schuster.

伍德拉夫和加尔迪亚（Woodruff and Gardial，1996）将价值作为正面结果（如由产品带来的利益）和负面结果（如首付价格、修理费）的权衡进行了探讨，讨论了获取和分析顾客价值和顾客满意数据的概念和技术。

产品特性的相对重要性可以用若干方法来加以确定。其中一种方法是要求顾客将 100 分分配在不同的特性上。也可以运用一个系统的程序来优化分配过程，该程序中包括了核对所赋数字一致性的提问。这种系统的方法最初是由邱其曼（C.W.Churchman）、阿可夫（R.L.Ackoff）和阿诺夫（E.L.Arnoff）提出的，巴里什和卡普兰（Barish and Kaplan，1978）在第 13 章中对之进行了描述。最后，可以将产品特性的组合展示给顾客并请他们指出他们所偏好的。然后可以据此来计算重要性的评分。邱吉尔（Churchill，1991，附录 9B）阐述了联合测量（conjoint measurement）这种方法。

美国顾客满意指数

美国顾客满意指数（ACSI）是顾客评价产品和服务的一个全国性经济指标。

该指数是从约 5 万个电话调查回答中计算出来的，调查覆盖了七个经济领域中的 200 多家企业。对于大多数公司来说，针对每家公司约调查了 250 名顾客。评分采用了一个从 0 到 100 的标准，0 最低，100 最高。虽然 ACSI 是满意指数，但它并不只是诸如调查中将该产品评为最高级别的回答者所占的百分比这样的指标(Fornell et al.，1995)。ACSI 的基本模型由一系列描述六个子模型间关系的等式所构成，这六个子模型分别为感知质量、顾客期望、感知价值、顾客满意、顾客投诉和顾客保持。调查中向顾客所提的问题都是与该模型中的六个要素直接相关的。

该满意指数的重要用途有：

1. 比较不同的产业。

2. 比较单个企业与行业平均水准。

3. 进行不同时期的比较。

4. 预测长期的绩效。越来越多的证据表明了顾客满意与公司内部指标和股票市场行情的关联性。

5. 回答具体的问题。利用适当的假设条件，该模型可用于评估具体的质量改进活动的效果，如评估一项针对服务人员的培训计划。这样，这类活动对于顾客满意、顾客保持以及未来销售收入（净现值）的影响就能够进行定量的预测(详见 Fornell et al.，1995)。

对所有模型而言都是如此，重要的是要理解其中的假设条件及其他要素。有关 ACSI 的进一步信息（包括方法学的报告）可从美国质量协会获得。

将顾客满意结果与顾客忠诚分析和过程联系起来

顾客满意和顾客忠诚是两个不同的概念(见前述的有关顾客满意与顾客忠诚的论述)，但要实现高水准的顾客忠诚并将顾客背离降到最低程度，就必须将这两个方面通过行动步骤联系起来。有些行动能够提供顾客背离的早期预警并防止背离恶化的痛苦，还有些行动则是背离的“事后处置”。这方面的行动步骤可以包括：

询问顾客再次购买的意图 在顾客满意测量中，加入一个或多个有关顾客再次购买或推荐该产品的可能性的问题。重复购买的程度是顾客满意的关键指标。某服务性企业采用了以下四个指标，即服务的总体质量、对价格的满意度、服务是否物有所值以及再次购买的可能性。此外，有关顾客终身购买模式的研究可以依据重复购买行为来确定顾客忠诚。温切尔（Winchell，1996）探讨了如何计算能够提高顾客满意水平的改进活动的合理投资额。这种方法将有关顾客满意和再次购买意愿的数据（如表 18—2 中所示的数据）与购买模式的时间分布结合了起来。合理的投资额利用净现值的概念便可计算出来。

追踪顾客保持和顾客忠诚的信息 追踪并发布顾客保持和顾客忠诚方面的信

息。例如，某保险公司一向是测量那些不会因未付年保费而使保单失效的顾客所占的百分比。但该公司现在正在探讨顾客保持测量和顾客忠诚测量之间的区别。作为顾客忠诚测量，该公司正在试图估计在顾客购买的保险产品中从本公司购买的产品所占的百分比，从竞争者处购买产品的比重又如何？这实际上是在计算一个公司从其顾客的花费中所挣到的份额。最初的这一估计结果很低，从而明确了一个重要的市场机会。瑞奇赫德（Reichheld，1996，chap.8）讨论了这种“钱包份额”的测量以及其他一些顾客忠诚的测量指标。

确保对市场研究结果的理解　要确保市场研究的结果得到正确的理解，并成为产品开发、运作及其他领域的直线主管采取行动的依据。为了做到这一点，某银行利用了一套指南来帮助分行经理理解市场研究结果并依此采取行动。分行经理每次收到有关本分行的顾客满意报告，就针对顾客认为最重要的那些特性，运用该指南来分析本分行的优势和劣势。分行经理还与其职员对该指南进行了完善，并就结果与分行所有员工进行了沟通。

在这家银行，每月要对 14 个顾客满意指标进行考评。考评结果报给分行经理，一同上报的还有关于上个月的绩效、与本州的其他分行的比较以及与银行整体水平的比较。为了帮助理解这些结果，银行向经理们提供了一些推荐问题。随后要制定一个简要的计划，列出旨在改进顾客满意度的行动项目。

为了收集到足够详细的正确信息以使直线经理依据调查结果采取必要行动，一个重要的问题便是顾客满意调查及其他研究方案的设计。因此，在设计顾客满意调查（及随后的顾客忠诚分析）方案时，充分征求直线经理们的意见具有十分重要的意义。

展示结果以便采取行动　结果的展示应当采用能够刺激行动的形式。将市场研究结果加以图示是很有帮助的。在一个例子中（Rust et al.，1994），显示了顾客满意度和重要性评分的图示是如何将顾客的观点与潜在的行动联系起来的（见图 18—5）。在这种方法中，那些重要性很高但满意度很低的特性就代表了最大的收益潜力。

在图 18—5 中，两个坐标轴的平均值大致地划分出了四个象限。对每个象限可以作如下的理解：

左上方（满意度高、重要性低）：维持现状

右上方（满意度高、重要性高）：通过广告和人员推销来强化这一竞争优势

左下方（满意度低、重要性低）：不采取行动或不优先采取行动

右下方（满意度低、重要性高）：增加资源加以改进

这类图形还可以用重要性和顾客悦服（而不仅是满意）的百分比数据来绘制（Rust et al.，1994）。［有关顾客保持模型图的进一步例子请参看 Lowenstein（1995，chap.9）。］

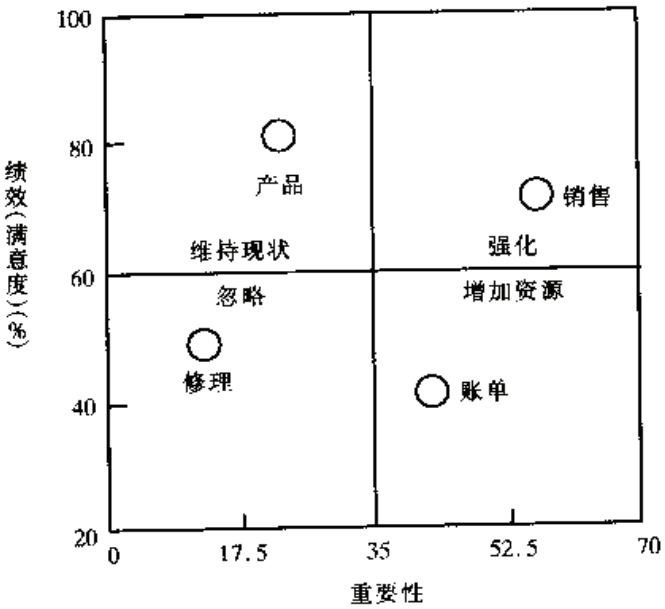


图 18—5　满意度与重要性象限图

资料来源：Rust et al., 1994.

米库拉克(Mikulak,1992)讨论了一个"二维调查表"在旅馆客人满意情况调查中的应用。某电池制造商用一张二维图来描述其电池质量与其竞争对手的电池质量的关系。这张图应用了质量的两个要素,即一个坐标轴是关键的产品特征(使用寿命)的刻度,另一个坐标轴是用来反映没有缺陷(各种缺陷的综合)的刻度。图上的每个点同时反映了产品特征和缺陷。这就有可能出现某个点同时代表本公司和竞争者公司质量的情况,而每一个点都代表着一家公司(或一个工厂)的质量。

将市场研究结果与过程联系起来　把顾客满意的结果与运作过程或具体的活动联系起来。科尔杜普斯基（Kordupleski et al., 1993）列举了有关 AT&T 公司的通用商务系统事业部的一个例子。

组织的总体质量是由各业务过程的质量综合而成的（见图 18—6)。在这个例子中，请注意：

总的质量波动的 30% 是由产品引起的，30% 是由销售引起的，10% 是安装问题，15% 是由于修理问题，15% 是计费问题。这样，质量波动的 70% 是由服务过程引起的。

针对这五个过程明确了相应的顾客需要，每种需要对于业务过程指标的相对重要性标注了出来。请注意这些需要是如何用顾客的语言表述的，如"准确，没有意外"、"第一次打电话就能解决"（顾客需要是通过焦点小组和其他方法来确定的，在前面的"市场研究——工具与方法"一节中已经有过详细的讨论。)

将顾客的需要与过程联系起来，监测内部的测量指标，以使指标的改进带来顾客需要的满足。

整个方法有助于确保改进活动是以顾客为中心的。

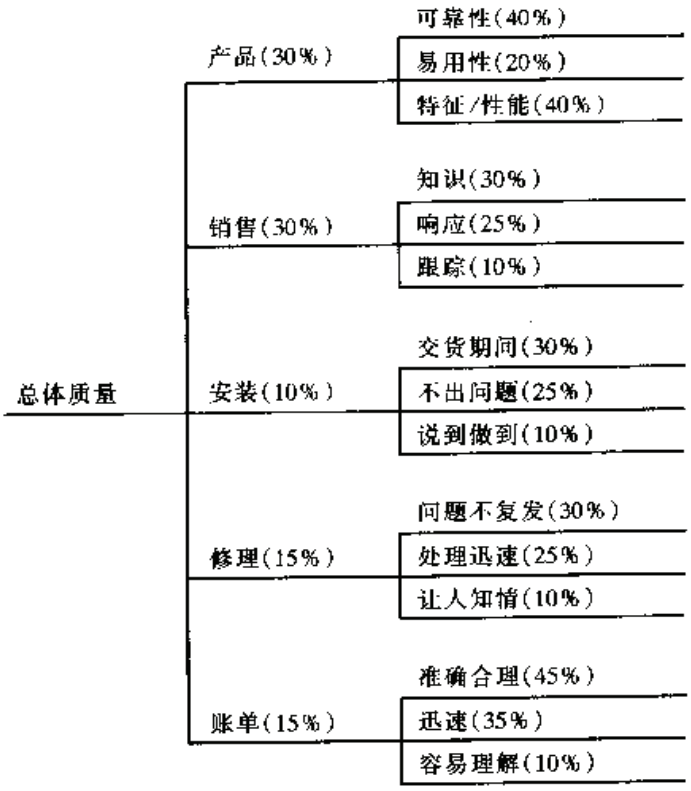


图 18—6　用于规划业务过程的战略性营销信息

资料来源：Kordupleski et al., 1993.

投诉分析　把顾客投诉看做是潜在的顾客背离的早期信号。很显然，投诉的频次和性质必须加以分析，请参见稍前讨论的“现场情报的概念”一节。此外，投诉处理过程的效果及其对顾客背离的影响也应加以考察。朱兰和格里纳(Juran and Gryna，1993，pp.518–520）解释了一个用于估计由于产品的问题以及对投诉的低效处理而造成的利润损失的程序。使用经济影响这类语言有助于促使高层管理者对于投诉和投诉处理过程的重视。

竞争性研究分析　分析质量方面的竞争性研究结果以辨识有可能导致顾客背离的顾客满意差异。稍前讨论过的多特性研究结果的分析可以提供顾客背离的早期预警，从而触发采取预防性措施。

确定顾客背离的原因　对顾客进行研究以确定顾客背离的原因。本质上而言，这意味着询问顾客他们为什么要离去。但经验表明，顾客表述的原因往往并非真正的原因。例如，价格是常提到的一个关键理由，但调查揭示出的却常常是其他原因。为获得可操作性的研究结果必须付出多大努力，这可以用顾客背离所导致的销售损失来加以考虑。了解背离的原因有助于防止被“挖墙脚”，即顾客被竞争者挖走。

瑞奇赫德(Reichheld，1996，chap.7)讨论了如何应用“失败分析”(顾客的背离

就是失败)来找出顾客背离的原因。这一分析包括应用传统的"五个为什么"的改进方法,即至少要追问五次某一事件为何发生以找出背离的根本原因。[有关顾客忠诚和顾客保持的概念和方法的进一步讨论请参见资料(Lowenstein,1995)。]

对新产品和改进产品的市场研究

针对新产品和改进产品质量的市场研究的大致步骤是:明确用户需要并加以量化,分析产品目前的使用情况,分析产品使用的整个系统,为新产品寻找机会,将市场研究结果与新产品开发联系起来。这些步骤将导致在市场上获得巨大成功。

明确用户需要并加以量化 需要是人们对生存和福祉在生理和心理上的基本要求(参见前述的"顾客行为的概念"一节)。

要足够深刻地理解顾客的需要,就要求通过专门的研究来倾听"顾客的声音",还必须对产品目前的使用情况加以分析。在一个专门研究的例子中,AT&T公司贝尔实验室的一个支持部门实施了对内部顾客需要的调查(Weimer,1995)。调查结果呈现为一个多重的需要层次构造。服务质量被确认为基本的(战略性的)需要之一。顾客将服务质量用10个次级的(战术性的)需要来加以明确,例如"没有繁文缛节"和"可以获得有关的服务信息"等。这一层次的需要进而又通过42个第三级的(操作性的)需要加以界定,如"与提供服务的人员直接打交道"和"知道是谁提供某个服务或掌管某个过程"等。

有时,这类研究需要由具有特定技能的人员组成的团队来进行。例如,飞利浦内华达公司派出一个由工业设计师、认知心理学家、人类学家和社会学家组成的团队,他们与成年人和孩子们一起进行"头脑风暴"活动,激发各种有关新的电子产品的创意,以满足人们不断变化的需要(McKenna,1995)。此外,企业还必须使这种对话持续下去,要确保与顾客接触的所有原始资料(如顾客打的"热线电话")转换为供给产品设计者的信息(McKenna,1995)。信息收集活动的进一步扩展将使顾客置身于产品开发的环路内。这跳出了传统的大规模生产的范畴,而涉及了产品的大规模定制这一概念。在这种方式下,各个顾客自己来设计满足自己个性化需要的产品,与此同时公司获得了有关顾客需要的信息。[有关诸如贺卡、窗户和衣服这样一些产品的例子,请参看Pine et al.(1995)。]福特汽车公司在开发其"金牛"车型时,就针对顾客进行了大规模的市场调查活动。其"顾客"包括了受该型汽车影响的任何人,如潜在的购买者、保险公司、政府管制机构、制造工厂等。这次市场研究活动获得了有关该车型的429个特征的市场调查信息,同时也包括竞争者的资料在内。在其"野马"车型的再设计中也采用了类似的方法(见第3章"质量计划过程")。

多特性顾客满意研究是有关顾客需要的一个重要的信息来源,这也包括那些

考虑竞争性数据的研究在内（参见稍前的“通过现场研究来进行竞争性评价”一节）。这类研究应当既包括顾客满意度评分，也包括对于各种特性的重要度的评分。

分析产品目前的使用情况　这包括了收集和分析产品当前用途的所有可获信息。有关这方面的一般性内容请参见第 25 章“顾客服务”。有时，有形产品或服务系统可以设计得能够收集、过滤和解释使用信息。例如，固特异公司开发了一种“聪明轮胎”，该轮胎有一个微型芯片可以收集和分析胎内气压数据；利兹-卡尔顿连锁酒店能够记录顾客的偏好（如对枕头过敏）并自动将信息传递到其位于世界各地的酒店。［有关“基于知识的服务提供”概念的讨论请参见 Davis and Botkin（1994）。］

走访产品使用现场　到产品实际被使用的地方去。我们需要“蹲在产品旁”，以搞清楚顾客面临的问题和发现机会。要做到这一点，要求与顾客建立起高度信任和亲密的关系。这种做法意味着要关注产品特征和没有缺陷这两方面质量构成要素的机会。通过走访产品的使用现场能够获得如下的信息：

1. 使用条件。实际使用条件可能会与产品设计者设想的全然不同，现场条件才是现实。

2. 用户报告的问题。这些问题会有多种类型，如安装困难、运转故障、使用不便等。

3. 用户未报告的问题。只有少部分不满的顾客不怕麻烦去投诉，大多数只是不言声地转而光顾某个竞争者。因此，找到那些背离的顾客搞清楚原因会大有帮助。此外，顾客可能会声称满意但却未觉察到问题或可能的改进机会。从顾客使用产品的成本信息中可以有不少收获。这些信息包括：

（1）有关产品使用寿命周期内用户使用和维护产品所花费成本的信息。其中所体现出的产品性能数据可以作为产品开发部门在未来产品设计中要超过的目标。

（2）有关使用该产品所需的雇员培训量的信息。未来的设计若能显著减少所需培训，则该设计就是更优的。

（3）有关支持该产品所需的技术服务数量的信息。例如，当产品出现故障需要修理时，所需的诊断和维修工作量。

4. 用户为改进产品已经采取的（或打算采取的）纠正措施。有关产品变更的这类信息的来源甚至包括一些内置于产品中的现场测试。

5. 用户目前无法解决的需要。这类需要对于产品开发部门而言意味着为市场开发一种新型且独特的产品设计的机会。

上门拜访顾客并不需要大量的资源，抽取一个顾客样本就足够了。但在访问实施之前，必须制定一个计划，以明确要求顾客回答的问题以及收集信息的程序。有些公司在实施这种深入的、个性化的研究时，采取了许多不寻常的措施。例如，Weyerhaeuser 公司派遣一些雇员前往顾客处为顾客工作一周。在某个顾客处，Weyerhaeuser 公司在现场的雇员发现条形码标签（Weyerhaeuser 公司贴在新

闻纸卷上的）经常会粘附在印刷机上。只是将条形码的位置移动了几英寸，这个问题就得到了解决（Jacob，1994）。摩托罗拉公司以及其他一些公司都鼓励高层管理人员上门拜访顾客。这种拜访通常按季度进行，其目的可以是针对某个投诉，也可以是使高层经理们对于顾客的发展前景有一个亲自的了解，以便辨识新的机会。

分析产品使用的整个系统 通过剖析使用产品的整个系统有助于对用户操作的研究。为此，就需要将构成系统的所有的步骤都编制相应的文档，分析这些步骤，并识别新产品开发的机会。桑德斯（Saunders，1992）描述了不同过程步骤的主管会有不同的，甚至彼此冲突的需要。因此，我们必须对顾客的这些声音加以整理、分类并确定优先次序，甚至要针对这些相互矛盾的需要对他们进行指导。

有关这种系统的方法有着大量的例子，能够使我们识别出一些具有显著特点的需要类别：

由分散处理向集中处理的转变（如冷冻食品、拍立得成相）。

模块化概念（例如，预制的建房模块）。

用户保养的取消（例如，自润滑轴承、铝制外壳）。

新的集中化服务（例如，集中供热、带有多个终端的中央计算机中心）。

延长产品保存时间（例如，通过制造过程的根本改变，某品牌炸土豆片的保质期从2个月延长到了1年）。

使产品能够兼容其他产品（例如，同计算机的联结）。

通过了解顾客的需要以及现有产品的当前用途往往能够导致新产品的诞生。

为新产品寻找机会 改进机会蕴藏于顾客使用产品的整个区间内，从最初的签收产品开始然后贯穿于运行和维护的始终。表18—6列出了在工业产品中改进存在的主要阶段以及改进创意的举例。

表18—6　　改进工业产品适用性的机会

阶　段	机　会
接收检验	通过提供数据可以取消进货检验
材料储存	产品和包装的设计便于识别和搬运
加工	对材料预加工（如混合好的混凝土）；设计的产品能够使顾客的制造系统发挥最大的效率
成品储存仓库和现场	产品和包装的设计便于识别和搬运
安装、调整和检查	采用模块设计或其他方法，可以由顾客而不是制造商组装
预防性维修	产品中内置预防性维修（例如，自润滑轴承）
排障性维修	产品的设计能够使用户自我诊断

博弗和蒂尔（Bovee and Thill，1992）提出了通过改善顾客服务来增加价值的五种方式，同时列举了它们在金融服务业和零售业中的应用（见表18—7）。

表 18—7　　通过顾客服务来增加价值

可能的增加价值方法（基本产品）	金融服务方面的实例（支票账户）	零售方面的实例（CD 盘）
灵活性	让顾客自己设计他们的支票	允许顾客退还他们不喜欢的 CD
允许顾客的失误	顾客偿还透支后不另收费用	当顾客忘记带钱时允许赊账
关注个人	帮助顾客的个人纳税问题	了解顾客的喜好并推荐其可能喜欢的新 CD
提供有用的信息	印制理财计划的小册子	派送评价新型立体声设备的小报纸
增加便利性	安装自动取款机	让顾客通过电话订购

资料来源：Bovee and Thill (1992).

特里西和维尔斯马（Treacy and Wiersema，1995）从更广泛的角度出发，建议企业应坚持以下的三个“价值法则”之一：

1. 运作卓越性。以具有竞争力的价格和最小限度的不便向顾客提供可靠的产品。

2. 产品领先性。向顾客提供最先进的产品。

3. 顾客体贴性。为每个顾客提供能够满足其特定需要的产品。

要注意的是，选择坚持哪一条法则不仅影响着对新产品机会的寻求，同时也影响着市场研究过程的本身。

将市场研究结果与新产品开发联系起来　深入的市场研究结果为新产品开发提供了基本的输入。两者的正式连接是通过运用质量机能展开（QFD）以及其他的将顾客需要转化为产品和过程要求的方法而实现的（见第 3 章“质量计划过程”）。本章所描述的市场研究讨论了如何把握顾客的期望、产品属性的相对重要性以及竞争者的地位，这与 QFD 直接连接了起来。为了确保市场研究能够满足产品开发的需要，在市场研究实施之前，产品开发人员必须为市场研究计划提供素材和建议（关于内容和深度），这是非常重要的。

绝大多数组织都采取措施来了解顾客的需要，并将这些信息应用于新产品开发当中。但与那些满足于现有竞争状况的组织相比，那些追求卓越的组织对顾客需要发掘的深度更深、范围更广。为了实现卓越，所必需的是“顾客亲密”，这远超出了“顾客满意”的范畴。实现顾客亲密要应用以上讨论的方法。但它还涉及更为广泛的内容，如与顾客分担责任、为单个（而非群体）顾客的需要“量身定制”解决方案、与顾客建立信任以分享运营信息、实践其他形式的真正伙伴关系等。这样一种深远的方式必须付出更多的时间和努力，它或许还意味着要挑选那些具有适合于这种伙伴关系的技术能力和企业文化的顾客（而拒绝其他的），从而为双方都带来经济上以及其他方面的显著效益。[这方面的详细讨论请参见 Wiersema (1996)。]

要评估对现有产品和新产品进行市场研究的益处，对市场研究结果的应用进行审核是有帮助的。这可能包括了评审研究结果接受者的名单，分析接受者是如何理解和应用研究结果的，了解他们对研究所选的主题和研究结果所提供的深度

的满意情况。

接下来，我们将要探讨在营销职能中的其他方面的质量活动。

市场营销职能中的质量活动

奥西尼（Orsini，1994）对于马尔科姆·鲍德里奇国家质量奖的七类要求进行了分析，明确了市场营销的专门技能中有助于提高各类别要求得分的领域。鲍德里奇奖评奖标准中的“以顾客为中心和顾客满意”以及“过程质量管理”这两类要求最能够从市场营销的专门技能中受益。对于12个领域的市场营销专门技能进行的帕累托分析表明，“研究方法”、“消费者行为”和“市场评估”这三个领域是对于质量活动最具有贡献潜力的领域。约翰逊和赫瓦拉（Johnson and Chvala，1996）提供了有关“全面质量”及其在市场营销职能中的应用的一个综述。

阿尔布雷克特（Albrecht，1992）描述了存储技术公司（Storage Technology）是如何运用四大推行原则和五项公司变革机制在地区性营销单位中推行质量活动的。这四大推行原则为：

1. 使用销售代表感兴趣的话题、主题和过程。
2. 先从感兴趣的人们做起。对于那些抵制的人以后再说。
3. 创造销售人员参与的机会。
4. 为销售账户管理提供增值服务。

然后将这些原则与五项公司变革机制联系起来。这五项机制分别为管理网络、教育、质量改进规划、沟通以及认可。

有些公司的营销部门（特别在服务行业）在质量活动中扮演着更为广泛的角色。这些角色包括采取明确顾客需要的行动，进行开始的计划活动，以及协调全公司的各方面质量活动。

如同对于组织中的所有职能一样，市场营销职能中的各项活动也能够从应用质量原理中获得益处。表18—8列出了一些营销活动以及与之相关的质量活动。其中的一些内容将在稍后讨论。

表18—8　　市场营销和与质量相关的活动

市场营销活动	与质量相关的活动
发布新产品	进行试销以找出产品和营销方案中的不足。
标签标识	确保产品符合标签标识的标注。 确保标签信息准确完整。
广告	识别有助于说服顾客购买产品的产品特征。 确证广告中宣称的质量的准确性。
对顾客选择产品的协助	提出有关质量的数据帮助顾客评估不同产品。

续前表

市场营销活动	与质量相关的活动
对商家的协助	向商家提供有关质量的信息供销售人员使用。 向商家提供有关产品储存、搬运和销售演示的技术建议。
准备销售合同	明确产品的性能要求，其他技术要求，质量水平（如每百万件中的缺陷数）。 明确合同履行的要求，如一项质量计划，规定文件的提供等。 明确保证条款。 明确在质量和可靠性方面的奖励条款。
订单录入和供应	应用质量改进方法缩短周期或减少缺陷。

销售活动中的质量：顾客关系过程　任何经营活动都存在着一个与顾客合作的过程，即“顾客关系过程”（CRP）。大多数组织都从未明确或分析这个过程，但有一些组织运用质量原理和工具定义，研究并文件化了它们的顾客关系过程。科科伦等人（Corcoran et al.，1995）阐述了一些组织是如何运用五个阶段来定义顾客关系过程的，这五个阶段分别为：建立关系、分析顾客的要求、提出解决方案并获得顾客的支持、实施所建议方案、关系的维持与扩展。对于组织的顾客关系过程进行管理将有助于：

明确和分析本组织的人员与顾客的交互作用。

对照顾客要求和竞争者的绩效来衡量本组织人员的绩效。

就组织如何改进其顾客关系过程才能更好地满足顾客需要同顾客进行对话。

建立一种能够在组织内部使用也能用来与顾客沟通的“共通语言”，用来描述当前组织是如何与顾客合作的以及将来会如何合作。

明确那些通过日常交互作用构建顾客关系的一线员工的作用、高价值活动以及资格要求。

将顾客最看重而且可以使组织有别于竞争对手的那些行动和行为标准化和进行复制。

确定改进的优先次序并相应地分配资源。

通过研究那些能最好地满足顾客需要的顾客关系过程，更好地领会和满足各个细分市场的需要。

在研究顾客关系过程的基础上，科科伦等人（Corcoran et al.，1995）得出了以下的结论，即最近在许多公司中所发生的这一趋势代表着从传统的销售方式向咨询式销售的进化。在咨询式销售方式下，销售人员扮演着三种帮助顾客的角色，即战略配合者、业务上的顾问和长期的盟友。

吸引、维持和改进顾客关系这一概念有时被称为“关系营销”。它强调的是长期的顾客保持而不是眼前的销售。《市场营销学会杂志》曾就关系营销增发了一期特刊。其中的一个子过程称为“数据库营销”，它是运用现代信息技术对顾客特性信息进行收集、整理和分析（见《商业周刊》，1994）。这种方式集中于吸引最可能的顾客，一旦他们成为顾客之后便施以针对性的促销活动，然后还要制

定忠诚计划以奖励人们的持续光顾。

因此，人员推销过程具有同质量相关的一面。但产品的促销还包括了广告、公共关系和特殊的销售促进活动。

广告质量 顾客满意是顾客的期望与所提供绩效相比较的结果（参见前述的“顾客行为的概念”一节）。顾客的期望形成于众多的输入，其中之一便是广告。因此，广告可以影响顾客满意。广告对于销售收入的促进作用可以来自：(1) 产品广告，旨在诱导人们购买产品；(2) 公司广告，旨在创建良好的公司形象。广告还可以提供信息来帮助顾客制定购买决策。广告（或销售人员）的过度承诺会导致顾客忠诚的极大损失。

客观证据 基于客观产品和质量数据的广告广泛应用在工业产品方面，某种程度上，消费类产品也是如此。这些客观展示有多种形式：

实验室的检验试验结果：拉伸强度、频率分布、威布尔图、安全等级、焦油和烟碱含量。

使用数据：平均故障间隔时间；燃料消耗；每单位产品的成本，如复印机复印的复印件；调整、更换和上门服务的最低频率。

产品所具有特征的列表（通常是要表明竞争者产品没有这些特征）。

所提供的保证（参见下面关于保证的论述）。

产品用途演示：利用电视或一系列的宣传画片。

用户满意的证据：署名用户的证明；市场份额数据，如“比所有其他制造商之和还多”。

独立实验室检验结果：由这些独立实验室出具的认证标志。

与竞争对手的产品特征进行对比的广告有着很长的历史。然而，传统上这类广告避免提及竞争者的名字，但最近指出竞争者名字的比较广告有了明显的增加。有些这类的广告激起了竞争对手向政府管理部门的投诉，后者会要求提交有关广告中说法的客观证据。另外，竞争者会提起法律诉讼以挽回损失。面对这种威胁，广告主被极力建议应确保广告的宣称要以客观检测的数据为根据。

工业产品的保证 保证（warranty）是一种担保形式，它旨在使人们相信产品具有适用性，或若发生故障，顾客可以得到一定程度的补偿。工业产品的销售所涉及的各方对于合同关系都有着丰富的了解，他们通过签订购买合同来表达他们的已知需要，并避免在以往的合同安排中曾经历过的意外。书面合同是双方对于包括保证在内的各种相关条款一致同意的结果。

工业产品的保证针对着每件产品或每类产品，有着惟一的对应。对许多日用工业品而言，保证条款会要求符合规格，保证有效期延伸至顾客正常接收为止。通常没有时限的规定。对其他工业产品，保证会包含时限要求以及关于损失的专门条款。有些场合下，保证会延伸至可预测的用户成本的上限。例如，某发电设备制造商对其工业客户保证发电成本不高于购电成本。否则由制造商支付差额部分。

消费类产品的保证　与大宗工业合同中的特制保证相对照，消费类产品的保证是相对标准化的。通常印制在带有艺术花边的优质纸张上，这些保证书看上去像是，实际上就是法律证书。保证书的导言中阐述了制造商的良好意图以及关心。接下来是制造商具体的书面责任声明。

消费类产品的保证或者是“全面的”或者是“有限的”。“全面保证”这一术语是指消费者的权利，而非所保证的物质产品，亦即它未必是要保证整个产品。全面保证具有如下的含义：

1. 制造商免费修理或更换任何有缺陷的产品。

2. 保证没有时间限制。

3. 保证不排除或限定对所致损失的赔偿。

4. 如果制造商不能够进行充分的修理，消费者可以选择退款或更换。

5. 制造商不能对消费者强加不合理的责任。例如，不能要求顾客把钢琴送到工厂（有制造商列出了这样的条款）。

6. 如果产品的损毁是由于不合理使用所致，则制造商将不负责任。

全面保证不仅仅是针对最初的购买者，只要在产品保证期内，转手后的产品拥有者也享有被保证的权利。

有限保证是指不能满足全面保证要求的保证形式。通常，有限保证会免除人工成本，可以要求购买者支付运输费用，而且只限于产品的初始购买者。在实际中，大多数消费类产品的保证都是有限保证且必须明确地标明。

有些组织提供了“无条件服务保证”。这种保证不仅仅是没有条件限制，而且易于理解，内容中肯，并易于实施。这类保证对销售具有很大的影响，并且有利于促进公司内部对顾客满意的重视。[有关的例子和讨论可参见 Hart（1988）。]

市场营销职能在推出新产品时的作用　在推出新产品时的一个关键因素就是这种产品满足市场需要的程度。

即使有卓越的现场情报和产品开发，新产品的最终考验也只能是在市场上。在产品的大规模生产和在全国范围内分销之前，许多公司采用了“试验市场”的做法。在试验市场上，该产品在一个有限的范围内销售，其目的在于：

1. 测量潜在的销售表现以决定是否进入全面的市场营销。

2. 找出该产品的不足。

3. 找出营销计划（产品名称、包装、广告）的不足。

进行市场试验花费很多，因此通常只有在预备调查显示这种产品可能在市场中获得成功后，才会进行市场试验。预备调查通常采用的一个方法是针对潜在顾客群的焦点小组（参见前述“市场研究——工具与方法”一节）。

在产品开发之前进行的现场情报收集活动中，由来自营销、产品开发、制造及其他部门的人员组成的团队必须决定哪些问题需要通过试验市场来给出答案。在就此达成一致后，营销部门（必要时要取得其他方面的帮助）开始在该市场上

收集信息。信息收集的工具包括调查问卷、电话访问、焦点小组及其他市场调查方法。

要作出是否采用试验市场的决策，要求进行成本和风险的比较。成本不仅包括收集数据的开支，还包括由于推迟全面投放市场而造成的销售收入损失。主要的风险就是投放市场的产品失败了。即使有了先前的市场研究，但有时新产品的不足不经投放市场是显示不出来的。惟有投放市场后才能显现出来的产品不足的例子如：

一些装糖果的袋子几乎打不开，顾客只好用牙去咬开袋子。

由于瓶底的形状问题，一些装饮料的长塑料瓶子立不起来。

有些垃圾袋很难使用，因为人们不知如何将其打开，而且也没有说明书。

利用试验市场有助于避免这样一些灾难。三维计算机图形技术的出现促进了消费类产品“虚拟购物模拟”的发展。借助于这种市场研究技术，可以在计算机屏幕上创建一种类似于实际的零售店的场景，购物者可以从货架上“拿起”一袋物品，可从各个侧面审视其包装，通过点击购物小车的图标来“购买”该产品。产品经理们可以无须花费制造及其他费用就能试验新产品以及市场营销构想。[更详细的讨论参见 Burke (1996)]。

推出新产品的过程是一项值得最高管理层过问的活动（参见第 19 章“研究开发质量”中“研究开发质量管理的组织”一节）。

市场营销职能中的质量改进

市场营销职能中也存在着识别和治疗市场营销中的慢性质量问题的机会。有关这方面的方法和具体的工具，请参见第 5 章“质量改进过程”。

我们来讨论一下其中的一个领域。夏皮罗（Shapiro et al., 1992）分析了不同行业的 18 家公司的订单管理周期（OMC)。在评估 OMC 的有效性时，明确了这一过程存在着 10 个步骤（从订货计划到售后服务），对于每个订单的进展情况进行了追踪，并分析了不同部门的责任。详尽的分析揭示出，在一个典型的订单管理周期中存在着四个问题：

1. 大多数公司都从未将 OMC 看做一个过程或系统。没有哪个人了解整个过程。

2. OMC 中的每个步骤都存在着责任的重叠。

3. 最高管理层与 OMC 几乎没什么接触。

4. 顾客同最高管理层一样远离 OMC。

在公司内部要改进订单管理周期，首先要从详细绘制过程步骤开始，然后再

实施适当的质量改进工具（参见第 5 章“质量改进过程”）。

市场营销职能中的质量衡量

所有活动都是如此，包括市场营销在内，只有能够衡量才有可能实现。图 18—6 显示了战略性营销信息活动的内部衡量指标。正如质量衡量在其他方面的应用一样，这里的衡量也应当是以顾客为中心的，既用来评估绩效，又用做自我控制的反馈。这里的测量指标包括了预报性的、当前的和滞后性的三类。

市场营销职能中的质量标高分析

第 12 章“标高分析”讨论了标高分析的一般概念和步骤。约翰逊和赫瓦拉（Johnson and Chvala，1996）明确了可以进行标高分析的 11 个市场营销的领域：销售管理、销售服务支持、直接营销、工业营销、服务营销、新产品开发、广告、销售促进、分销、供应商关系和零售。德鲁和卡斯特罗乔瓦尼（Drew and Castrogiovanni，1995）描述了市场研究调查在服务业的标高分析中的应用。这些公司将相同的问卷发给自己的顾客和竞争对手的顾客，收集了不同的服务过程（如收费、安装）的数据，每个过程的最高得分便成为该过程的标高水平。

致谢

笔者感谢坦帕（Tampa）大学的赫曼·拉斯托奇（Hemant Rustogi）博士对本章的有益评论。

参考文献

Albrecht, Thomas J. (1992). “Quality Deployment in a Marketing Organization.” *Proceedings IMPRO Conference*, Juran Institute Inc., Wilton, CT, pp. 6A-1 to 6A-9. Anderson, Elizabeth Scott, and Slater, Jill Smith (1995). “Electronic Meeting Software Makes Communicating Easier.” *Quality Progress*, April, pp. 83–86.

Barish, Norman N., and Kaplan, Seymour (1978). *Economic Analysis for Engineering and Managerial Decision Making*. McGraw-Hill, New York.

Bovee, Courtland L., and Thill, John V. (1992). *Marketing*. McGraw-Hill, New York, p.730.

Burke, Raymond R. (1996). "Virtual Shopping: Breakthrough in Marketing Research." *Harvard Business Review* March-April, pp.120-131.

Burns, Roger K., and Smith, Walter (1991). "Customer Satisfaction—Assessing Its Economic Value." ASQC *Annual Quality Congress Proceedings* pp.316-321.

Business Week (1994). September 5, pp.56-62.

Buzzell, Robert D., and Gale, Bradley T. (1987). *The Pims Principle*. The Free Press, New York.

Carlzon, Jan (1987). *Moments of Truth*, Harper and Row, New York.

Churchill, Gilbert A., Jr., (1991). *Marketing Research Methodological Foundations*, The Dryden Press, Chicago, pp.399-400.

Churchill, Gilbert A., Jr., and Peter, J.Paul (1995). *Marketing: Creating Value for Customers*. Austen Press of Irwin, Burr Ridge, Ill.

(时宝东 译)

第 19 章

研究开发质量　恩德雷斯(Al C. Endres)

引言
　研究和开发的使命
　研究开发过程的产品
　研究与开发的过程
定义研究和开发的质量
　定义研究的质量
　定义开发过程的质量
计划和组织研究与开发质量
　辨识和消除障碍
　确立领导作用和基础架构
　研究开发质量管理的组织
　研究开发中的质量培训
　确定 R&D 的质量现状
研究开发中的质量计划活动
　质量计划活动：设计和开发中的概念和工具
　实用质量计划工具
　考虑人的因素的设计：工效学和防错设计
　可靠性、可维修性和可用性的设计
　识别和控制关键的元器件
　技术状态管理
　设计的测试
　现场故障与加速寿命试验结果的比较
　故障报告和纠正措施系统
参考文献

引言

本章讨论研究机构和开发过程中的质量管理。本章的内容将着重于这两个领域中与同时实现改进顾客满意和降低成本有关的概念、基础架构、方法和工具方面。(软件开发过程的质量管理在第 20 章“软件开发”中讨论)。人们常常使用“研发”(R&D) 这个组合而成的术语来描述若干个跨部门的过程，这些过程将发端于研究职能的新知识和新技术与随后的新的（或改进的）产品和过程的开发整合了起来。而在本章中，将研究机构的质量管理和开发过程的质量管理加以区分是有益处的。

朱兰最初的质量螺旋 (Juran and Gryna, 1988, p.2.5) 着重描述了（制造性组织）包括新产品的“开发”在内的跨职能的活动流。从这一螺旋可以看出，对

新产品的要求源自市场研究。市场营销部门实施市场研究来确定顾客的需要，同时也获得有关组织满足这些需要的状况的顾客反馈。依据顾客的反馈和改变了的顾客需要，这一螺旋开始新一轮的旋转。

市场研究不是新的技术和产品创意的惟一可能源泉。实际上，即时贴便条（post-it notes）这一产品便是一次实验失败的产物，一位研究人员意识到了这一新产品的机会。另外，鲁塞尔等人（Roussel et al.，1991）强调了支持企业战略重点的前瞻性、探索性研究的重要性。努斯鲍姆（Nussbaum，1997）引用汤姆森公司消费类多媒体电子产品部门副总裁的话说就是，设计过程正在被用于“总体的战略性经营问题”。战略性研究正在日益以概念和技术的提供为中心，这些概念和技术将推动诸如激光技术和光电技术这样的新的或改进的技术的发展。这些技术将被应用于组织的新一代产品的突破上。新的技术和产品概念的这两类不同来源（市场研究和战略导向研究）按其特性可以分别描述为“市场拉动”和“技术推动”。

不管辨识顾客需要和新产品机会的途径如何，研究机构和开发过程中的质量管理已经越来越被人们认识到是一种日益重要的活动。在适用性方面除了对信息、技术、货品和服务的重视外，缩短研发周期和降低成本的必要性也变得与日俱增。日立公司便携式电脑事业部的总经理曾说过（Markoff，1996）：“速度是上帝，时间是魔鬼。”速度在汽车业新产品设计和开发过程中的重要性也同样得到了高度的重视（Reitman and Simpson，1995）。福特、本田和丰田都在力争将从概念批准到生产定型的周期缩短33%左右。显然，研发过程中的质量管理可以同时实现周期的缩短和成本的降低。金森和摩根（Jensen and Morgan，1990）发现，在壳牌公司的一个研究中心，一个致力于改进项目要求确立过程的质量团队的活动导致项目周期缩短了12个月。康宁（Corning）公司的实验室4年当中节省了2 100万美元的费用（Smith，1991），但新产品推出的速度却更快而成本也更低。一个旨在降低研究人员实验中的间歇时间的早期项目“轻而易举”地实现了120万美元的节约。类似地，赫顿和博耶（Hutton and Boyer，1991）认为，Mitel电信公司半导体部门的一个质量改进方案使得客户原型方式的产品交付周期从通常的22周缩短到了6周。

研究和开发的使命 为了管理研究职能和开发过程，就必须明确和理解其相应的使命。为了有助于区分各种类型的研究和开发活动，工业研究学会（the Industrial Research Institute，1996）给出了以下的定义：

- “基础性”（或“基本性”）研究由原创性的实验和/或理论性研究构成，旨在提升科学和工程领域的人类知识。
- “定向的基础性”（或“探索性”）研究是指原创性的科学或技术工作，它或是为了提升（与企业经营战略）相关的科学和工程领域的知识；或是要创造能够开发出具有商业价值的材料、过程或产品的有用的概念，从而在可预见

的未来为公司贡献利润。它未必直接针对某一具体问题或需要，但它是被精心挑选出来的，其所针对领域的进展将对公司未来的核心业务产生重大影响。

• “应用性”研究是指为了获取与现有的或计划中的商业性产品、过程、系统或服务有关的特定知识而进行的分析研究。

• “开发”是指将研究成果或其他知识转化为全新的、改动的或改进的产品、过程和服务的方案或设计，不论它们是为了出售还是自用。它包括概念构思、进行设计、测试备选方案、建造原型、初始的小规模系统或实验厂的运行这些阶段。

由鲁塞尔等人（Roussel et al.，1991）提出的有关研究和开发过程的以下基本定义是很有用的：

• 研究：组织用以获取新知识和新认识的过程。

• 开发：组织用以应用和结合从研究中所获得的科学知识的过程，其目的在于提供与组织的使命相一致的产品和/或服务。

后面的定义虽说宽泛但却十分有用。两者的构成均体现了“过程”这一词汇。全面质量管理（TQM）的信条之一便是改进关键过程，正是这些过程产出了符合组织内、外部顾客要求的产品。作为对这一观点的支持，努斯鲍姆（Nussbaum,1997）说：“除了产品之外，同时还关注过程，产业界的这一转变体现了设计领域的前沿动态。”类似地，希默尔法（Himmelfarb，1996a）也主张，高层管理者的一个重要职责便是确保产品开发过程能够得到明确的定义（借助于流程图）、文件化、理解、控制和改进。因此，定义研究和开发过程的“产品”和“顾客”是很有用处的，接下来便能据此来对过程的质量加以定义、测量、计划、控制和改进。

研究开发过程的产品　朱兰（Juran，1992）将产品定义为“过程的输出”，并强调“产品”这个词既可以用来指货品也可以用来指服务。根据本章的目的，产品将用于表示研究机构或开发过程的最终或中间输出。研究机构的基本“产品”为信息、知识和技术。开发过程的产品是新的或改进了的过程、货品和服务，它们源自知识和技术的应用。例如，一个研究项目的可能输出是一份包含了该项目的研究结论的报告。相应地，一个产品开发过程的最终输出就是用于生产的设计和规范。研究活动和开发过程两者均有中间的或过程中的输出。研究过程的可能中间输出是数学模型、公式、计算或实验设计结果。相应地，开发过程的中间输出一般会有实物模型、产品原型或设计评审会议的记录。

研究与开发的过程　霍姆斯和麦克拉斯凯（Holmes and McClaskey，1994）提供了伊斯曼化学公司所确认和改进了的关键研究过程的例子：经营单位的组织交互作用、顾客需要的确认和再确认、概念开发、技术转移、项目管理。图

19—1 是伊斯曼化学公司“创新”过程宏观层次的过程图。步骤 1 至步骤 4 表示宏观层次的研究活动，这些活动生成了步骤 4 的“新的或改进的产品和过程的概念”。最后一个步骤是宏观层次的开发过程，它产出了分别应用于运作和市场的过程设计和产品设计。

许多组织都应用流程图来描绘它们的产品开发过程，这些流程图反映了过程的主要阶段和“闸门”（决策点）。阿尔特兰德（Altland，1995）讨论了柯达公司所应用的“阶段—闸门”顽健（robust）技术开发过程，他们据此来确保过程和产品技术“具有制造能力并与预期的产品应用相符合”。

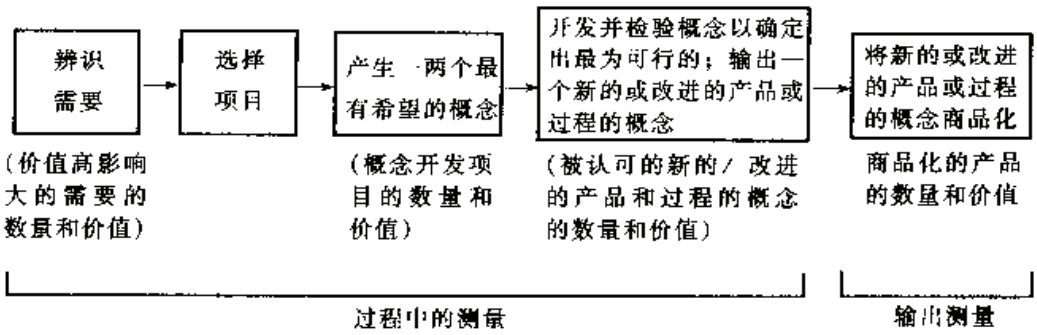


图 19—1 伊斯曼化学公司的创新过程

资料来源：Holmes and McClaskey，1994.

图 19—2 中的流程图描述了某组织新产品开发过程“再造”后的结果。

新的过程导致了“资源利用”的效率增加了 25%。罗卡（Rocca，1991）认为，在 IBM 的罗切斯特（Rochester）分公司，通过将其产品开发过程由序贯式的活动方式再设计为计划、设计和开发活动的交迭式方式，开发周期缩短了一半。惠尔赖特和克拉克（Wheelwright and Clark，1992）比较了柯达、通用电气和摩托罗拉的阶段化开发过程，并联系各组织的开发战略进行了讨论。希默尔法（Himmelfarb，1992）将这种交迭式多职能过程称为“快速的平行新产品开发”，并给出了 Deere、Eaton、AT&T、惠普、摩托罗拉和 NCR 的应用及其成果的例子。希默尔法（Himmelfarb，1992）和饭塚（Iizuka，1987）都强调了明确开发过程的现状和过程中的具体职责的重要性。饭塚（Iizuka）强调说：“将质量融入过程当中的最重要因素就是明确地定义过程……［并表明］每个部门在过程的各个阶段应当做些什么。”

美林保险集团（Merrill Lynch's Insurance Group Services，Inc.）的雷文（Raven，1996）提供了一个金融服务机构的产品开发的项目管理过程的例子。图 19—3 所描述的九步骤过程被佛罗里达的斯特林质量奖（Sterling Award）审查员引做“……卓越的样板”。表 19—1 列出了其每个步骤所涉及的活动。

教育考试服务机构（ETS）的斯万森（Swanson，1995）提供了另外一个服务类新产品开发过程改进的例子。他将该业务过程的再造划分为三个阶段，即数

据的收集和评价阶段、最佳惯行调查阶段以及过程设计阶段。在数据的收集和评价阶段，再造团队采用以往的项目及顾客感知方面的数据来辨识改进机会并确定其优先次序；在最佳惯行调查阶段，团队以排出优先次序的问题清单为基础，来挖掘“大量的优良的产品开发惯行方面的数据，使再设计活动立于当前最先进的水准之上”；在设计阶段，将针对当前问题的最佳惯行整合到新过程当中，同时要制定出相应的实施计划。整个再造项目持续了 6 个半月时间，预计将缩短 70% 的周期时间并降低 60% 的开发成本。希默尔法（Himmelfarb，1996b）提供了有关服务业新产品开发的其他例子。

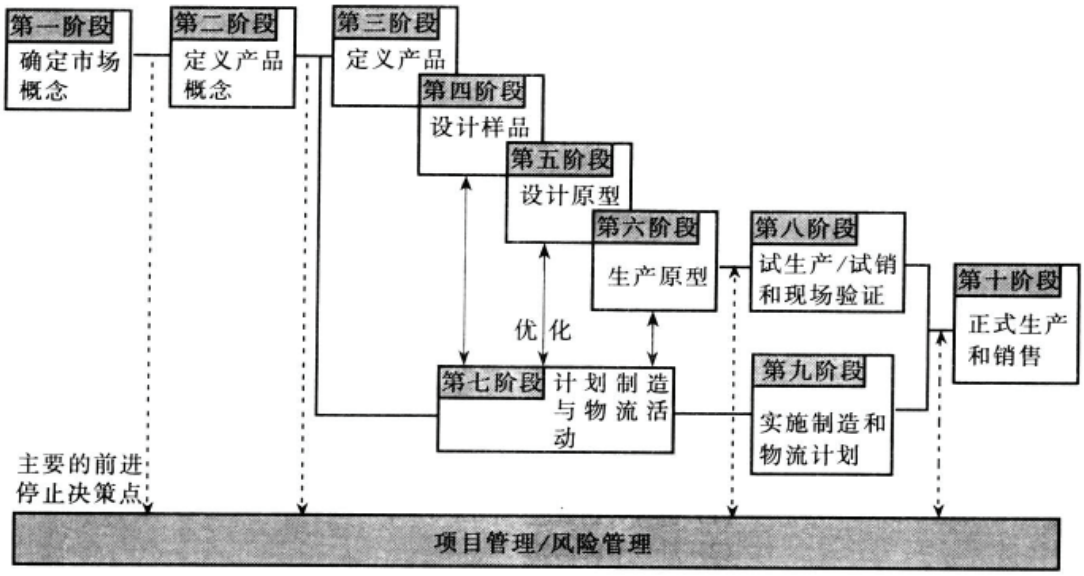


图 19—2　某新产品开发过程

资料来源：Boath（1993）.

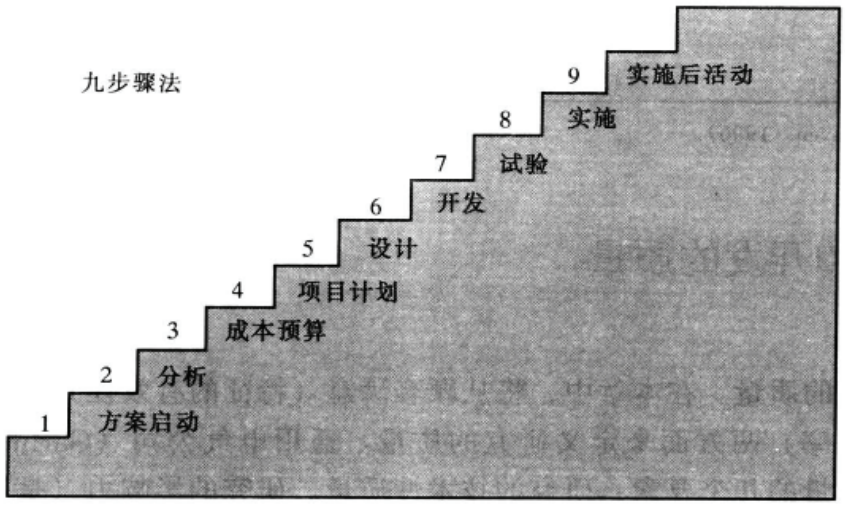


图 19—3　美林保险的项目计划和开发过程

资料来源：Raven（1996）.

表 19—1　　美林保险项目计划和开发过程中各步骤所包括的活动

步骤	活动
1. 项目启动	(1) 准备建议书 (2) 高层执委会的评审 (3) 决定批准与否（是/否）
2. 分析	(1) 确定范围 (2) 获取对于范围的批准 (3) 确立顾客要求 (4) 评审要求 (5) 进行市场研究
3. 成本测算	(1) 确定成本测算值 (2) 进行可行性研究
4. 项目计划	(1) 安排进度 (2) 开发行动计划 (3) 安排会议日期
5. 设计	(1) 开发系统设计 (2) 开发业务程序
6. 开发	(1) 备齐证交委和州的文件档案 (2) 完成系统设计 (3) 制定试验方案 (4) 开发工作流程、政策和程序说明书 (5) 编制培训、营销和销售材料 (6) 确定采购和打印要求 (7) 取得批准
7. 试验	(1) 进行大纲试验 (2) 进行系统试验 (3) 进行用户可接受性试验 (4) 进行回归试验
8. 实施	(1) 发放政策和程序说明书、培训材料、营销和销售材料 (2) 进行操作培训 (3) 实施新的系统、程序和过程
9. 实施后活动	(1) 实施后的项目评审和调查

资料来源：Raven (1996).

定义研究和开发的质量

定义研究的质量　在本章中，将从顾客满意（特征的有效性）和成本（提供这些特征的效率）两方面来定义研究的质量。通用电气公司（Garfinkel，1990）定义了研究质量的几个要素：研究的技术性质量、研究的影响力（是“规则改变者”还是渐变）、与企业经营业务的相关性、适时性（相对于目标市场需求的早或晚）。杜邦公司（Darby，1990）将研发（R&D）质量定义为“创造、预计和满足顾客的要求”，为此就必须“对于知识、知识的应用及其与企业经营目标的

一致性进行持续的改进”。

信息、知识和技术是探索性和应用性研究过程的基本产品。戈弗雷（Godfrey，1991）提供了有关信息质量的一般性讨论。因此，研究活动的产品质量可以从顾客对于该信息的特征的满意程度和该信息中所含不良的免除程度（这降低了成本并缩短了周期，因此提高了效率）这两方面来加以定义。研究信息的特征包括适时、效用、准确和成本。研究的不良既有可能发生在研究过程中，也可能反映在研究的最终产品中。在研究产品中可能的缺陷或许会表现为知识的滞后、不准确、不相关或投资价值不高等。在研究过程中的缺陷涉及过程中的“返工”或“废品”，如由于用错了公式而不得不重发进展报告的一部分，或由于检查出参照样品被污染而必须重做实验。

综合以上观点，研究质量可定义为由研究职能所提供的信息和知识的特征满足用户要求的程度。

定义开发过程的质量　开发活动的基本结果是新的或改进了的产品和过程。开发过程的质量可以定义为开发过程有效地提供能够重复地满足诸如成本、安全性和性能等设计目标的过程和产品特征的程度。

作为结果的产品和过程的特征必须从“大质量”的角度来加以认识。波特（Port，1996）论述了产品和过程的环境友好性所呈现出的日益增长的重要性。各种管制机构正在迫使设计人员正视这类问题，如德国规定制造商必须确保所有产品运输用包装的可处置性；而荷兰则要求制造商必须回收旧的或损坏的器具进行再生利用。

开发过程中的不良（和由此带来的低效率）与过程的返工或废品有关。贝雷佐夫塔等人（Berezowita and Chang，1997）引用了由休斯（Hughes，1992）讨论的福特汽车公司的一项研究的结论，即尽管在产品的设计阶段所做的工作成本通常只占到产品总成本的 5%左右，但它对未来的产品质量的影响却占到了 70%。博兹尼卡和德克尔（Boznak and Decker，1993）认为，与产品设计和开发过程中的不良有关的成本会达到惊人的程度。他们提到了一家计算机制造商的例子，该公司这方面的成本“超过了2 100万美元……这相当于 42 万小时的无效劳动……公司在一项产品上损失的毛利几乎高达5 500万美元。由于对于产品开发过程缺乏有效的管理，使得该公司总价值为 15.4 亿美元的国际业务岌岌可危”。该作者认为，该公司这些近乎导致灾难性后果的活动，若是能符合 ISO 9000 的要求的话，这种惨状本来是可以避免的。（参见第 11 章“ISO 9000 族国际标准”的讨论。）

设计“返工”的例子包括因过时的要求而导致的设计变更，以及由于未能满足一个或多个设计目标（包括进度和成本）而必须进行的部分重新设计。帕里和韦斯特伍德（Perry and Westwood，1991）根据技术目标的实现程度，如“满足特定过程能力目标的程度”和“满足顾客需要的百分比和程度，以及在产品开发

过程的各个阶段发现的问题数量”，测量了布兰特公司（Blount）开发过程的质量。在摩托罗拉公司的半导体部门，费埃罗和伯奇（Fiero and Birchr，1989）报告说，通过减少开发过程中的不良将制成的原型一次通过所有测试的百分比从25%提高到了65%。而且，通过10个职能领域的共同参与，摩托罗拉得以将开发周期从380天缩短到了250天。所报告的15万美元的投资每年能够增收800万美元。

计划和组织研究与开发质量

辨识和消除障碍 为了成功地在研究和开发活动中计划和实施质量管理，管理当局必须首先认识到在研发（R&D）环境中与开发和实施质量举措有关的可能误区和障碍，并加以相应的对应。胡珀（Hooper，1990）和恩德雷斯（Endres，1992，1997）讨论了必须加以面对的文化方面的和组织方面的障碍。例如，研究人员对于质量活动会抑制个人创造性并导致官僚控制的担心，可以通过选择试点项目来加以克服。可以选一个项目来证明，改进研究质量能给研究人员提供更好的资源和过程，从而使他们进行更有效的研究（如缩短收集参考文献所需的时间，利用统计实验设计可以从较少的试验中获得更多的信息）。胡珀（Hooper，1990）认为，R&D与顾客和经营业务传统上的隔绝是在改进R&D质量方面所存在的一种组织上的障碍。厄斯特曼（Oestmann，1990）讨论了卡特彼勒公司（Caterpillar）解决研究人员与顾客相隔绝问题的方式，“……让有经验的研究工程师到现场去，与大量的顾客相接触。赋予他们的任务是理解顾客——他们现在是如何使用机器的，将来又会如何使用，当前和未来是哪些因素影响着顾客的购买决策。这样做的目的就是要预见到为了制造优异的未来产品所需要的技术。”一旦研究部门开发出了最具有前景的技术，卡特彼勒公司就会采用跨专业的团队来开发所需要的产品概念。由来自营销、工程、制造和研究部门的人员所组成的团队来开发解决顾客需要的产品概念，然后“根据其对顾客的价值来评价每一个创意”。

针对开发人员，格里纳（Gryan，1988）讨论了将产品开发人员置于一种“自我控制”的状态的重要性。（参见第22章“运营”中的“可控性概念；自我控制”一节。）在做到让设计人员对其工作产品的质量负责之前，表19—2所提出的三个方面的主要标准必须首先得到满足。格里纳根据对设计人员的调查，确定了每一标准下的具体项目。此表可以用作一个检查表，用以辨识改进设计人员的工作产品及其质量改进的意欲的机会。

表 19—2　　设计人员的自我控制检查表

Ⅰ. 设计人员是否被提供了相应的手段以使他们清楚他们应当做的事情?
A. 他们是否清楚产品的各种应用情况?
1. 他们是否拥有有关操作环境的完全信息?
2. 他们有无接触用户的渠道以便与之讨论产品的应用情况?
3. 他们是否清楚产品在现场可能发生的误用?
B. 他们是否清楚地理解关于产品的各方面要求，如性能、寿命、保证期限、可靠性、可维修性、可达性、可用性、安全性、运行成本和其他产品特性?
1. 非定量特性是否以某种方式得到了定义?
2. 设计人员是否清楚适合相应用户要求的产品复杂性水平?
C. 是否具备充分的设计指南、标准、手册和分类目录?
D. 设计人员是否清楚他们所设计的部分与整个设计的其余部分的相互作用?
E. 他们是否清楚他们的设计的缺陷（或其他不足）对于整个系统的功能、保修成本和用户成本方面的后果?
F. 他们是否清楚各种元器件的相对重要性以及各种元器件的特性?
G. 他们是否清楚相对于设计公差而言的制造过程能力如何?
H. 他们在确定公差时是依据功能需要还是只使用标准公差?
I. 他们是否清楚不完美的设计规范或设计变更所导致的工厂成本和现场成本的程度?
Ⅱ. 设计人员是否被提供了相应的手段以使他们清楚他们正在做的事情?
A. 他们是否具有测试其设计的以下几个方面的手段?
1. 性能、可靠性及其他特性
2. 未知的设计交互作用或影响
3. 实物模型或试运行
B. 对于设计是否进行了独立的评审?
C. 详细设计图纸是否进行了审查?
D. 设计人员是否被要求对设计的分析加以记录?
E. 他们是否从开发测试、生产测试、试验场测试、验收测试和用户体验中收到了充分的反馈信息?
1. 可能的情况下有无提供量化的结果，包括问题的严重性和频次以及对于制造商和用户的代价?
2. 在故障信息中是否包含了有关原因的充分的技术细节?
3. 设计人员是否在需要时上门访问用户?
F. 设计人员是否知道材料的替换或过程的变更?
G. 当他们的设计规范在实践中未被遵循时，他们是否得到了知会?
Ⅲ. 设计人员是否被提供了相应的手段以使他们能够调整设计过程?
A. 是否向他们提供了新的可选材料或设计方案的信息? 他们有无手段评估这些替代方案?
B. 是否向他们提供了有关以往的设计方案的性能信息?
C. 有关新产品的研究活动的成果是否转移给了设计人员?
D. 采用新供应商的产品是否需要设计人员的认可?
E. 设计人员是否参与了确定产品出货的准则?
F. 设计人员是否可以建议涉及功能参数、可靠性和可维修性的权衡的变更?
G. 在设计公布前，设计人员有无被告知对其设计所作的变更?
H. 有无通过分析来确定产生设计故障的原因?
I. 设计人员是否被授予了相应的职权以追踪他们的设计至原型阶段并在需要时变更设计?
J. 设计人员是否可以实施设计变更?
K. 在决定变更设计之前，是否同设计人员一道评审现场报告?
L. 设计人员是否清楚变更设计的程序和系列指令?

确立领导作用和基础架构　上层管理者要成功地领导质量活动，就必须清楚自己在质量管理中的作用和职责。霍姆斯和麦克拉斯凯（Holmes and McClaskey,

1994）论述了在伊斯曼化学公司的情况：

分管研究的最高主管们的领导作用是最重要和最基本的成功因素。通过将注意力集中于主要的输出并亲自领导分析和改进影响这些输出的关键管理过程，研究主管们转变了他们管理研究活动的方式。自 1990 年以来，研究管理当局通过采用质量管理的方式来管理研究活动，实现了 QM（质量管理）的制度化。伊斯曼化学公司在管理研究活动方面的成功再次证明了朱兰博士的名言（J.M. Juran，1992b）："据我所知，没有哪个公司在缺乏最高主管掌舵的情况下能够实现世界级的质量。"

高级管理层在领导研究或开发领域中的质量活动时，其主要职责便是建立和培育一个在研究机构和开发过程中开展、推广和持续保持质量活动的基础架构。

研究开发质量管理的组织 若干研发机构已经建立起了有利于实现提高顾客满意和降低不良质量成本的目标的结构。伍德和麦卡梅（Wood and McCamey，1993）讨论了宝洁公司应用指导团队以"保持动力"的事例，指导团队的成员代表着组织的各个层次，其中又形成了多个小组以"管理诸如沟通、培训、计划、测量等领域"，并对组织的团队活动形成支持。"指导团队的作用就是要使各部门将注意力集中在业务成果上并设定清晰的、可测量的目标"。泰勒和朱尔（Taylor and Jule，1991）讨论了质量委员会在西屋公司的萨凡纳河实验室所起的作用，该委员会由实验室主席、各部门负责人、两位高级研究员和实验室 TQM 经理所组成。实验室委员会在各部门/小组的委员会的支持下，来制定、执行和追踪年度的质量改进计划。质量改进计划是由实验室一个经理小组来制定的，这一小组由主任发起，负责评估上年的质量进展并"根据雇员的建议来选择来年的主要改进领域……"。每位部门经理被委派一个领域并制定出相应领域的改进计划。各个质量改进计划经过评审后便综合成为整个实验室的质量改进计划。门格（Menger，1993）讨论了康宁公司技术部的"世界级质量"委员会的组织与活动，该委员会由直属康宁公司的副主席的五个主要部门的代表组成。这一世界级质量委员会负责确定改进的优先次序并评审各单位的进展情况，确立并改进有关运转周期、生产率、顾客和雇员满意方面的关键成果指标（key results indicators，KRI）。图 19—4 描述了其用于追踪和改进绩效的组织结构和过程。

图 19—5 是一个在利得勒-普雷克斯生物制品公司（Lederle-Praxis Biologicals）的研发领域管理关键业务过程所应用的结构，这些关键业务过程如临床研究、开发、向制造领域的产品转移等。（有关关键业务过程管理的详细讨论请参见第 6 章的内容。）高层质量委员会是在业务过程质量管理委员会和各现场质量委员会的支持下运作的。

除了组织结构以外，基础架构中为了持续推动研发领域质量活动所必需的其他要素还包括培训、委员会、团队、促进者、考评、奖励、表彰等。

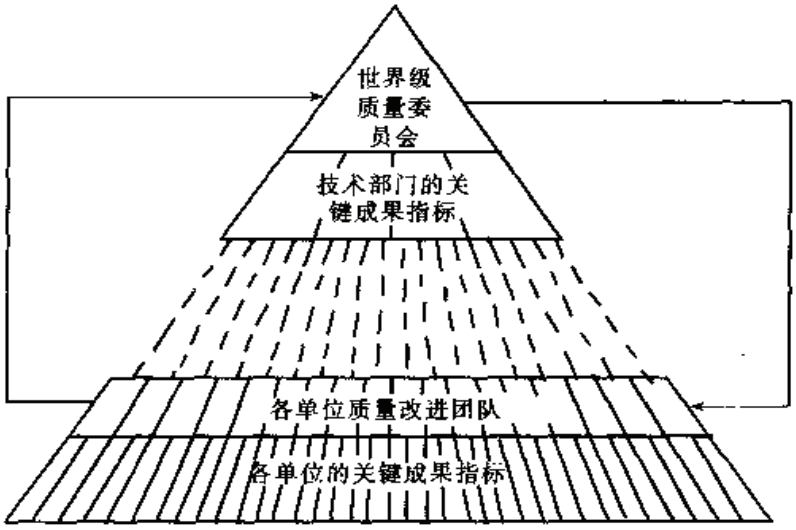


图 19—4　康宁公司技术部的质量组织与关键成果指标的改进过程

资料来源：Menger 1993，pp.1－14.

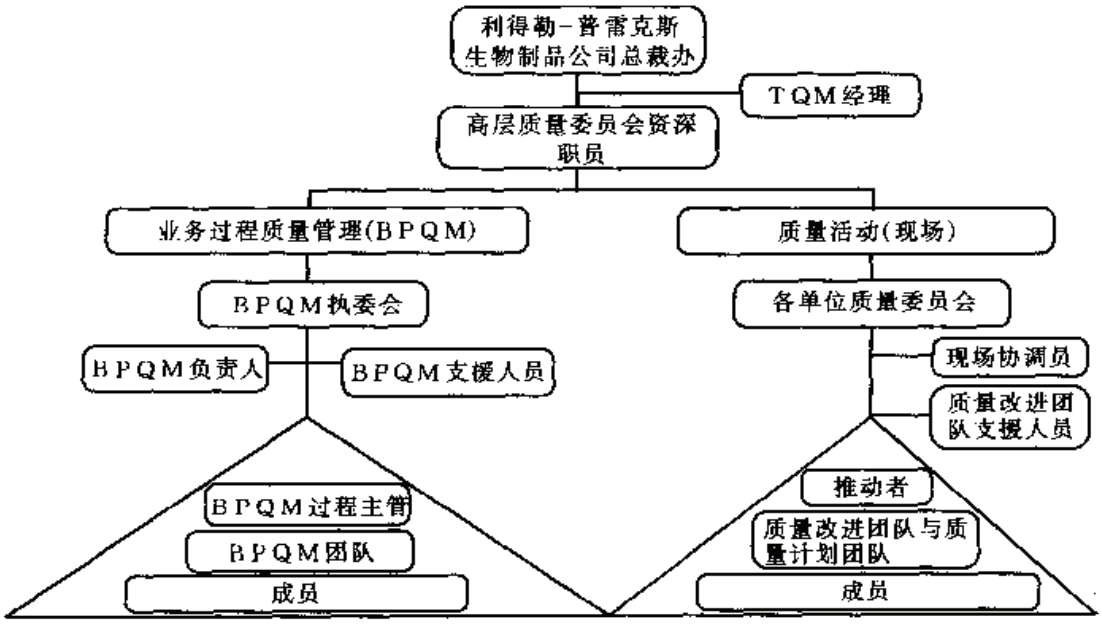


图 19—5　业务过程质量管理与现场质量委员会

资料来源：Hildreth，1993，pp.2A－14.

研究开发中的质量培训　在经理们或研究人员能够应用质量概念、过程或工具之前，他们的教育和培训的需要必须加以明确和满足。宝洁公司的伍德和麦卡梅(Wood and McCamey,1993)论述了使培训活动与 R&D 环境相适应的重要性：

> 我们的培训有两个关键特征：(1) 以业务需要为中心；(2) 根据听众的需要来量身定制。这些特征反映了我们从公司的其他方面所获得的启迪。例如，不能关注现实业务问题的培训是不受欢迎的，以及某个针对生产部门开发的培训方案不可能原封不动地移植到 R&D 机构中。

类似地，贝尔实验室的戈弗雷（Godfrey，1985）报告说，设计工程师在实验设计和可靠性统计方面的培训取得成功的一个关键因素就是采用基于现实问题的案例研究，这些问题都是“贝尔实验室的工程师们曾经遇到过的……”。对设计人员在现代化技术方面进行培训能够带来丰厚的回报。在帕金-爱尔默公司（Perkin-Elmer），德费欧（DeFeo，1987）报告道，对设计工程师进行的组装设计方法论（Boothroyd and Dewhurst，1987，1994）的培训，导致了“加权平均”的组装时间缩短了48%，组装效率增加了103%。

约斯特（Yoest，1991）报告了由阿诺德空军基地的阿诺德工程开发中心斯维尔德鲁普技术部门进行的一项研究得出的结论，即与那些其相关人员未曾接受过培训的团队相比，那些其促进者和团队领导者曾就其角色接受过专门培训的团队更容易成功地完成他们的使命。美国铝业公司技术中心的柯纳斯和艾斯（Konosz and Ice，1991）也指出：“攻关团队和质量改进过程的成功要求必须有三个关键要素：（1）管理层的领导与参与；（2）团队培训；（3）过程促进。”他们对于在R&D环境下选拔和培训团队的促进者还提供了进一步的细节。

确定R&D的质量现状 人们常常这样强调，即为了进行计划和改进，你就必须能够控制；为了能够控制，你就必须能够测量。开发良好的R&D质量的测量方法，已经被证明是改进研究职能和开发过程绩效的关键要素。为了便于区分各种类型的测量方法和测量过程，最好将专门用于管理特定的R&D过程和产品质量的测量与评价整个R&D质量状态的测量区分开来。

测量R&D过程的质量和产品的质量 用于R&D过程和产品的质量的测量指标，其用途和类型可以从几个方面加以分析。让德森和布朗（Gendason and Brown，1993）主张，任何测量指标要成为有效的管理工具，都必须具有三个性质：首先，它必须是可数的；其次，它必须在一定的时间框架内是可变的，以对一个有意义的“下降趋势”作出反应；最后，人们能够针对该指标来确定一个目标值。恩德雷斯（Endres，1997）从时间性、应用性和完整性三个方面对测量指标进行了分类。

测量指标：时间性。传统上用以衡量研究质量的指标一直是滞后性的指标，这样的指标所反映的是研究机构已经完成的事情。梅奥（Mayo，1994）讨论了贝尔实验室使用的一个指标，这是用给定年份的新产品收益除以该年度总的R&D成本。通用电气（GE）R&D中心的加芬克尔（Garfinkel，1990）讨论了GE使用每百万美元研究经费所能产出的专利数来作为一个衡量绩效的指标。

谢基和阿亚（Sekine and Arai，1994）提供了用以测量设计过程不良的指标的表格，这些指标与管理、前置时间、成本和质量有关。例如，所建议的测量设计质量的一个指标是计算因设计问题导致的不良质量成本的总额与因设计、制造及其他原因所导致的不良质量成本的总额的比值。其作者宣称，平均而言，60%的损失可归因为设计问题，30%的损失可归因为制造问题，10%的损失归因于其

他方面，如安装等。戈尔茨坦（Goldstein，1990）也提出了类似的测量设计质量的指标，例如，记录设计纠正变更与每一新产品的总图纸数的比例。

同时性指标的例子如同行评审（peer review）和设计评审的结果。罗伯茨（Roberts，1990）讨论了用于验证进展状况的同行评审，这是通过核对计算结果、试验数据推导和研究报告来进行的。博德纳尔丘南（Bodnarczuk，1991）对于费米国家加速器实验室的基础研究中所应用的同行评审进行了深入的剖析。

瑞典斯德哥尔摩伊莱克斯（Electrolux）AB 公司的希勒（Hiller，1986）将设计评审定义为："对于某个生产项目所进行的文件化的评审，这种评审是在预先确定的时间，由具有所期望的但不同于原设计者的背景和经历的参加者来实施的。"从阶段—闸门式的开发过程这一认识出发，希勒区分了四种类型的设计评审：

1. 预备评审（针对规范、图纸、早期的模型）。

2. 中期评审（针对原型试验结果）。

3. 最终评审（针对小型试验前的批次和 β 测试的结果）。

4. 生产评审（针对正式的小批试生产的产品）。

格里纳（Gryna，1988）提供了结构化的设计评审指南。在格里纳提供的表 19—3 中概括了设计评审小组的成员构成和职责。

表 19—3　　设计评审小组的成员与职责

成员	职责	设计评审的类型		
		预备	中期	最终
组长	召集、主持评审组会议，发布中期和最终报告	X	X	X
产品设计工程师	准备和提交设计并就有关测试和计算数据的决策给出论证	X	X	X
可靠性经理或工程师	就设计与目标一致的最佳可靠性作出评估	X	X	X
质量经理或工程师	确保检验、控制和测试职能能够有效地实施		X	X
制造工程师	确保设计以最低成本和最短时间投入生产		X	X
现场工程师	确保在设计中含有对安装、维修与用户的考虑		X	X
采购代表	确保备有符合成本和进度要求的部件和材料		X	
材料工程师	确保所选材料符合要求性能		X	
机器工程师	就所需的机器成本能满足公差及功能要求对设计作出评估		X	
包装及发货工程师	确保产品无损伤装卸，等等		X	X
营销代表	确保顾客要求现实可行并被各方充分理解	X		
设计工程师（与被评审设计无关的）	对设计是否能够充分满足顾客的全部要求进行建设性的评审	X	X	X
与元器件、价值、人力因素等方面有关的顾问、专家（根据需要）	对设计是否符合性能、成本和进度目标进行评审	X	X	X
顾客代表（可选）	一般就设计的可接受性发表意见并请求就特定项目深入调查			X

资料来源：Gryna（1988），adapted from Jacobs（1967）.

卡普（Kapur，1996）针对产品设计周期的六个阶段提供了一个类似的设计

评审职责矩阵。同时性指标也可以用于开发先行性的指标，以预测 R&D 的绩效，某些场合下还可以用来对之进行控制。其基本要求是，所确定的同时性 R&D 过程指标应与研究开发过程的结果具有显著的相关性，若非因果关系的话。例如，在柯达公司的科尔（Cole，1990）提出的图 19—6 中，显示了产品开发项目的得分与开发周期的长度之间的关系。这种相关关系非常明显，这将有助于识别导致开发周期延长的主要因素（在评分系统内的）。

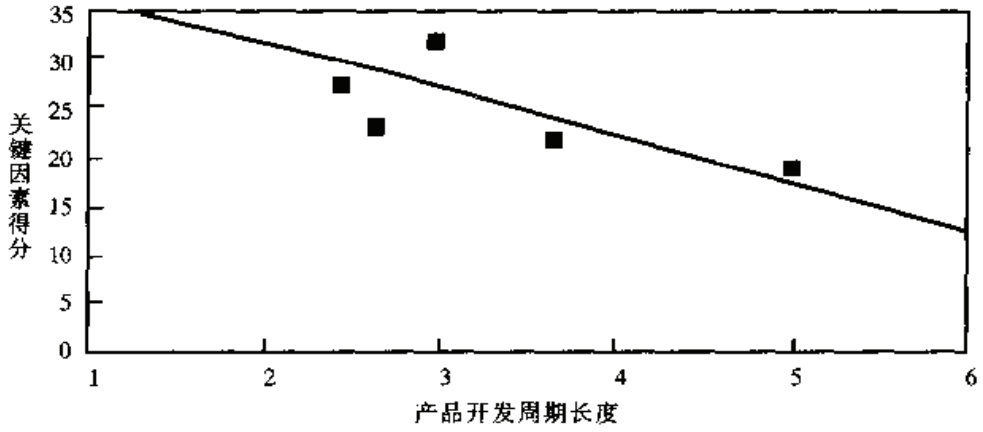


图 19—6 柯达的产品开发项目得分与开发周期长度的关系

资料来源：Cole（1990）.

贝尔实验室的拉贾塞克拉（Rajasekera，1990）讨论了一种相似的方法。他提供了一份清单，列出了他所识别出的在一个工业研究实验室里决定质量的主要问题：

1. 项目的使命。
2. 最高管理层的支持。
3. 项目进度表/计划。
4. 客户磋商。
5. 人员参与。
6. 技术性任务。
7. 客户的接受性。
8. 监测与反馈。
9. 沟通。
10. 排除故障。

同时还附有一个相应的评分方法，用以监测项目各个阶段的质量。

由伊斯曼化学公司的霍姆斯和麦克拉斯凯（Holmes and McClaskey，1994）提出的另一个评估研究有效性的先行性指标，是估计被接收的新的/改进的概念（产品由经营单位接收、过程由制造部门接收）商品化的净现值。图 19—7 表明，伊斯曼化学公司的研究部门实施 TQM 的效果实际上使得其研究的生产率实现了倍增。

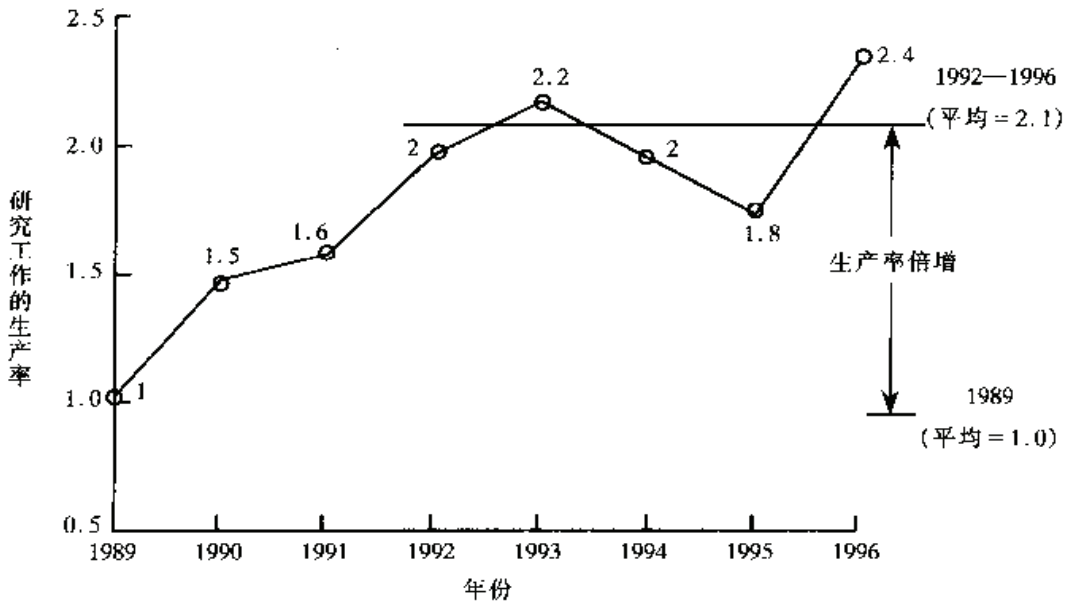


图 19—7　伊斯曼化学公司的 TQM 使研究生产率实现了倍增

资料来源：Endres (1997).

测量指标：应用性。除了从时间的角度考察每项 R&D 的测量指标（或测量过程，如同行评审）外，从预期的应用这一角度来加以评价也是有益的。也就是说，该指标是打算针对顾客的满意水平（这种情况下涉及的是 R&D 所提供的货品和服务的主要特征），还是准备用于顾客的不满和组织的低效率（这种情况下涉及的是辨识与量化货品和服务或者其 R&D 过程的主要不良）？朱兰讨论了产品特征与免于不良对于顾客满意和组织绩效的相应作用。

过程和产品的特征。与其他的 R&D 机构的最佳惯行进行标高对比，这是测量 R&D 质量的一个重要动因。兰德等人（Lander et al.，1994）讨论了一个工业研究机构开展标高分析的结果，这项研究概括了 R&D 机构在计划、开发和评审活动中的最佳惯行的特征。这项研究发现“拥有最佳惯行”的公司均表现出了一些共同的特征，它们均：

1. 测量 R&D 对于战略目标的贡献。

2. 应用决策—质量工具和技术来评估所提议的（和当前的）R&D 工作内容。

3. 协调长期的经营计划和 R&D 计划。

4. 具有达成共识的清晰可测的项目目标。

该研究还揭示出，在上述四个方面表现出色的公司：

1. 确立了旨在确保 R&D 与公司战略相一致并创造经济价值的明确的决策程序；

2. 应用各种测量指标来衡量这种一致性与价值的创造；

3. 维持一个有助于保障决策质量和有利于变革的充分活力的组织氛围。

图 19—8 在宏观层次上表示了拥有最佳惯行的公司在 R&D 工作的计划和评审方面普遍应用的过程的特征。

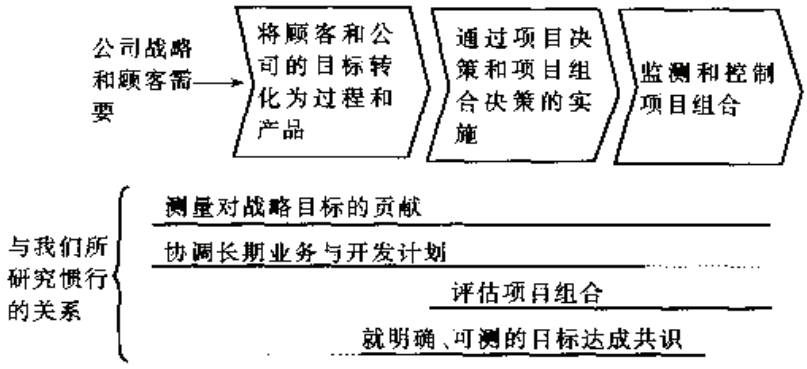


图 19—8 R&D 最佳惯行

资料来源：Lander et al.（1994，pp.3－14）.

被认为在“R&D 方面的决策质量堪称典范”的组织有 3M、默克、惠普、通用电气、宝洁、微软、英特尔等。马西森（Matheson et al.，1994）也提供了一些工具的例子，企业可以用来辨识在其 R&D 的计划和实施方面采用和改进最佳惯行的最大机会。赫什等人（Hersh et al.，1993）讨论了在美国铝业公司进行的内部顾客调查除了应用于最佳惯行的标高分析之外，还在确定和区分美国铝业公司技术中心的关键的 R&D 绩效特征方面的用途。他们采用该调查的结果确立了四个主要类别的顾客要求：

1. 有效地管理技术。
2. 将技术与经营战略结合起来。
3. 建立紧密的顾客关系。
4. 提供社会和法律均可接受的解决方案。

这些特征中的每一类别都包含着若干的活动，这些活动相对于顾客的优先次序也得到了确定。例如，在第一个类别中，亦即有效地管理技术，其中包含了优先度最高的要求，即“为实现共同确定的项目目标而承担义务”，以及优先度第二高的要求，即“满足顾客对成本和性能的期望”。沃森（Wasson，1995）也对应用该调查的数据来为美国铝业公司技术中心确立以顾客为中心的愿景和使命陈述进行了讨论。恩德雷斯（Endres，1997）对于这一调查及其结果提供了进一步的细节。

过程和产品的不良。确定顾客的要求是必要的，但还不够充分。R&D 机构还必须确定并实施提高顾客满意水平和过程效率的方法。弗姆等人（Ferm et al.，1993）也讨论了联合信号公司（Allied Signal）的研究与技术实验室（Research & Technology）应用对业务单位的调查（business unite surveys）来“创建一个概括而通用的顾客满意测量指标……运用测量结果来辨识改进机会，

评估内部对质量的感知，设定研究工作对顾客需要符合程度的基线"。（除了对业务单位顾客的调查外，实验室的管理当局对实验室的工作人员也进行了同样的调查。调查结果数据使得能够将内部雇员对于实验室绩效的感知与外部顾客的感知进行比较。）使业务单位确信实验室的项目资金一直在提供良好的价值，这是调查所确认的必须采取行动的关键的少数需要之一。对于业务单位所作回答的进一步分析表明，业务单位认为实验室的成果未能实现足够迅速的商业化。然而，实验室相信业务单位已经接受了对于商业化过程的责任。作为对这一观察结果的对应，他们成立了实验室与业务单位的联合团队，以在整个研究项目的进程中，以及后续的商业化和开发过程中，明确地定义和沟通责任。

美国铝业公司技术中心的沃森（Wasson，1995）也提供了几个用以确定顾客满意度的测量指标：

1. 项目如约交付的百分率。

2. 获得科技成果的百分率。

3. 顾客满意调查的结果。

测定指标：完整性。恩德雷斯（Endres，1997）使用"完整性"一词来表明测量指标全面（即这些指标综合起来要对 R&D 机构是否实现了其绩效目标作出回答）和一致（即所测量的指标与一个或多个目标之间有着直接的联系）的程度。朱兰（Juran，1994）和鲍斯（Boath，1992）都强调了建立一个全面的测量指标体系的必要性。图 19—9 便是一个 R&D 绩效测量指标的金字塔。

尽管多层次测量指标的概念颇为有用，但它不够完整。要做到完整，研究机构和开发过程的绩效测量指标还必须是一致的。门格（Menger，1993）讨论了康宁公司技术部的关键成果指标的开发和应用，研究、开发和工程职能均属于该技术部。康宁的世界级质量委员会为技术部确定关键成果指标。实施改进和测量的一般领域包括：

1. 运转周期。

2. 生产率。

3. 顾客满意。

4. 雇员满意。

世界级质量委员会要求技术部中的 15 个主要单位明确定义上述领域的绩效测量指标。"每年两次，委员会花两天时间去各单位……评审其关键成果指标的质量状况，各单位的关键成果指标与技术部指标的一致性，所取得的进展，以及改进计划。"

鲁默和布拉赫（Rummler and Brache，1995）提供了另外一些将 R&D 绩效测量指标结合起来的例子。其中一个综合性的例子描述了一个产品开发过程在组织层次、过程层次、职位/个人层次上的测量是如何联系起来的。

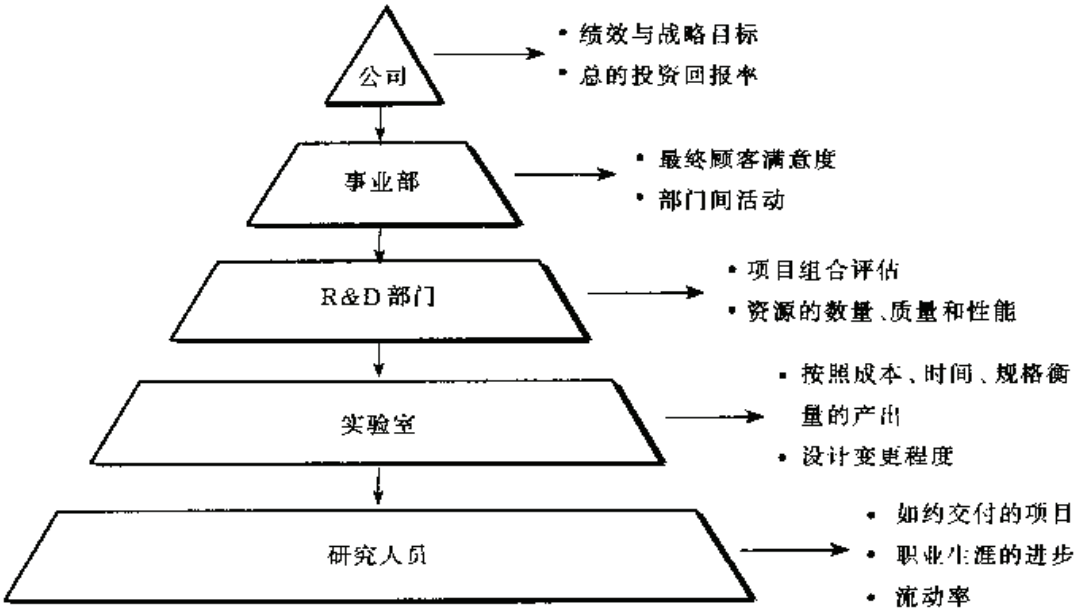


图 19—9 鲍斯的 R&D 绩效测量指标金字塔

资料来源：Booth，1992，p.2-4-4.

评估 R&D 的总体质量状况 前面关于测量的讨论集中在研究机构和开发过程的测量指标的分类和制定方面。朱兰和格里纳(Juran and Gryna,1993)曾阐述了确定组织的总体质量状况的益处。这一过程被定义为质量评估。质量评估包括：

1. 基于顾客的质量测量。
2. 质量文化评审。
3. 不良质量成本测定。
4. 质量体系评审。

前面已经讨论过确定 R&D 顾客的优先事项及绩效认识的例子。霍姆斯和麦克拉斯凯（Holmes and McClaskey，1994）提供的一个例子讨论了对于研究领域中的某些质量文化因素的评估问题。伊斯曼化学公司研究部门在 1989 年发现，尽管已经导入了 TQM 的许多要素（如对于许多过程进行了分析并用流程图描绘了出来，对于某些过程进行了定期的测量和评审），但以所接收的新的/改进的概念的净现值来衡量，研究工作的输出并未得到改进。上述资料的作者对研究人员进行了访谈，结果发现，尽管沟通情况有所改进，但是：

1. 过程改进基本上未曾实施。
2. 大多数基层主管和研究人员并未从质量活动中看到什么益处。
3. 雇员们对于研究部门管理当局期望他们提供些什么感到困惑。（研究的主要输出是什么?）

通过这次访谈活动，伊斯曼化学公司将其质量活动重新聚焦于关键过程的改进上，正是这些过程直接影响着其基本输出，即可商业化的新的/改进的概念。

质量活动的重点从关注团队活动和工具向使命和成果的转变所产生的效果反映在图 19—7 中。

不良质量成本已经由格里纳进行了综合的讨论（见第 8 章“质量与成本”）。科兹沃夫斯基（Kozlowski，1993）对于康宁公司应用质量成本数据确定高不良质量成本领域进行了讨论。例如，导致内部故障成本的一个主要因素是与必须重新做实验有关的“返工”。受命降低这方面成本的一个改进团队认识到，举办一个有关实验设计的内部培训项目对于提高效率是必需的，而且必须通过正式定义和分享实验目标来改进与各支持小组的沟通情况。

R&D 的质量体系评估。对于研发的质量体系评估可以依据鲍德里奇奖评奖标准或 ISO 9000 标准来进行。在第 14 章“全面质量管理”中，戈弗雷详细阐释了马尔科姆·鲍德里奇国家质量奖的用途和益处。马夸特在第 11 章“ISO 9000 族国际标准”中，对于质量体系的评审也提供了详细的说明。

对于 R&D 机构的鲍德里奇评估。科兹沃夫斯基（Kozlowski，1993）讨论了在研究机构中应用鲍德里奇奖标准来提供“对于质量过程的外部视点……这一外部视点，特别是对于顾客的重视，是 1985 年我们开始考虑质量问题时的立场与我们现在所处的立场之间的最大的不同。”范德·赫韦尔（Van der Hoeven，1993）讨论了 IBM 公司托马斯·J·华森（Thomas J.Wastson）研究中心开展鲍德里奇评估所使用的过程，以及将鲍德里奇标准根据研究机构的要求进行相应转化的重要性。他们在开展此项活动时，将每一类别的鲍德里奇标准要求分别分配给一位高级研究主管负责。例如，战略计划以及数据收集与分析这两个类别分配给了技术计划和控制副总裁，质量总监协调培训工作以及撰写该类别的评估报告。范德·赫韦尔（Van der Hoever）报告说：“说明和构思恰当的回答要求付出巨大的努力……从现存的部门过程和管理体系出发，仔细斟酌对鲍德里奇评奖标准问题的回答……是无可比拟的。通过评估使得过程和工作中存在的差距浮现了出来”。例如，评估揭示出了在战略计划、顾客满意和将质量数据收集到部门数据库等过程中实施改进的必要性。

麦克拉斯凯（McClaskey，1992）讨论了伊斯曼化学公司是如何应用鲍德里奇奖标准来加快研究进度的，并提供了将该标准有效地转化为行动的指南。其中一个例子是：“既奖励改进行动，也奖励质量水准。”恩德雷斯（Endres，1997）还提供了麦克拉斯凯论文中的另外一些材料。

在第 14 章“全面质量管理”中，戈弗雷对于鲍德里奇奖标准在组织中的应用方式从另外的角度进行了分析。

对于 R&D 机构的 ISO 9000 评估。鲍德里奇奖标准为组织改进质量体系提供了一套综合的评审方法，但有些组织认为这套标准对于启动它们的质量旅程来说过于复杂了。ISO 9000 质量体系标准比鲍德里奇奖标准采用得更为普遍的原因可以归结为这样一个事实，即 ISO 9000 标准主要集中在质量控制和纠正措施体

系上，因而其范围较为有限。再就是，ISO 9000 标准更多地被供应商们的顾客所要求。采用该标准的这些驱动因素导致了针对研究和设计机构来裁剪和实施 ISO 标准的必要性。

弗里德（Fried，1993）讨论了 AT&T 公司的传输系统业务部门（TSBU）为了取得 ISO 9001 注册所使用的过程。这要求 TSBU 的每一个设计单位都必须取得 ISO 9001 注册。每个 TSBU 设计实验室都任命了一位 ISO 协调员，在其两个主要地区还分别任命了 ISO 经理。最初作出的一个关键决定是对 ISO 9001 标准进行分析，以便确认哪些条款适用于设计单位。认为适用的每一要素再进一步被区分为“整体的”（适合于以通用的方式采用的）或“局部的”（适合于以适应局部单位要求的方式来采用）两类。表 19—4 归纳了这一分析过程的结果。

在开过由设计经理、工程师们参加的 ISO 9001 动员会议后，由各室的协调员和地区 ISO 经理负责开展了自评，并对随后的改进行动进行了计划。在 TSBU 成功的注册过程当中，对于设计程序所需变更进行的沟通、与制造单位的计划协调以及对于审核人员的培训被确认为最关键的几项活动。

表 19—4　　ISO 9001 要素与 AT&T 公司 TSBU 的 R&D 单位

ISO 9001 要素	适用与否	整体/局部
管理职责	是	均是
质量体系	是	均是
合同评审	否	
设计控制	是	局部
文件控制	是	局部
采购	是	局部
采购人员提供产品	否	
产品标识和可追踪性	否	
过程控制	否	
检验和试验	否	
检验、测量和试验设备	是	整体
检验和试验状态	否	
不合格品的控制	否	
纠正措施	是	局部
搬运、储存、包装、交付	是	局部
质量记录	是	局部
内部质量审核	是	整体
培训	是	局部
服务	否	
统计技术	否	

资料来源：Fried（1993），pp.2B 25.

恩德雷斯（Endres，1997）引用了 Duracell 全球技术中心（Duracell Worldwide Technology Center，DWTC）ISO 9001 注册的演示材料（Gibbard and Davis，1993）。当时该机构最初遇到的障碍主要来自技术负责人和技术人员，他们认为那些正规的程序是不必要的，而且会抑制创造性。作者建议对付这种阻力

的方式是由高级管理层以“自上而下”的方式去推动注册工作，其中包括高层主管参与的定期的进展审查。DWTC 报告其 ISO 注册的两大益处是它“迫使我们去准确识别我们中心所有项目的顾客”以及确立了“质量管理体系这一基础，只有在这个基础上才能够开展质量改进活动”。

研究开发中的质量计划活动

质量计划活动：设计和开发中的概念和工具　以下内容将重点提供一些有助于在设计和开发领域实施朱兰的质量计划过程的方法和工具的例子。

实用质量计划工具　如第 3 章所讨论的，朱兰的质量计划过程用于识别顾客及其需要，开发满足这些需要的产品设计的特征以及产出这些产品设计特征所必需的过程设计的特征，开发为了确保过程能够重复和经济地产出预期产品特征的过程控制。质量机能展开(QFD)便是一种用以收集和加工完成质量计划过程所需信息的工具。蔡德勒(Zeidler, 1993)提供了一个关于佛罗里达电力和照明公司在开发一种新型的声控装置时，应用顾客焦点小组、问卷调查和 QFD 来识别顾客需要和确定设计特征的例子，并总结道，QFD 不仅确保了顾客对于产品或服务质量的满意，而且减少了开发时间、启动成本以及昂贵的事后设计变更。由于它保证了组织的所有有关方面都成为 QFD 团队的成员，因此它还是一件有用的政治工具。

考虑人的因素的设计：工效学和防错设计　作为一项设计特征，其被建造/提供以及被顾客所使用的能力，必须从两个角度加以考虑，即运作（制造和服务）的角度和顾客的角度。从实施制造和服务的角度，设计人员必须考虑到操作者和提供人员的局限性。他们还必须考虑到在运作和使用中可能犯的差错的类型。工效学或“人类工程学”便是用来解决有关操作人员、服务提供人员和顾客的需要和局限性方面的问题的。塞勒（Thaler, 1996）介绍了在飞机舱门装配中应用工效学的一项改进项目的成果。起初操作者“一只手在调整或钻孔时，必须用另一只手将舱门固定到位并抬高几英尺”。这项工作设计导致了很高的工人背部受伤率。工作的重新设计包括设计一个通用的夹钳可以将飞机舱门固定在任何位置，为操作者提供可调节的工作椅和运输车。这类改进使得工伤事故减少了 75%，而给工人的赔偿费用也有了大幅度的降低。

与在计划时考虑便于装配、安装和使用相对照，poka-yoke 是一种预防或及时纠正差错的方法。该术语的英文含义是“预防疏忽出错”。poka-yoke 是一位名叫新卿重夫的日本制造工程师开发的。“制造网”网络通讯（网址是 http://www.mfgnet.com/poka-yoke.html）上提供了一家名为 Varian Associates 的半导体设备制造商的例子。起先，Varian 遇到机器装配、现场安装和服务方面的问题，只知道责备其装配工和服务人员。通过采用 poka-yoke 的概念，其大流量离

子注入设备的新设计做到了只能以“惟一的方法，亦即正确的方法”来装配、安装和服务。例如，在生产中，采用 poka-yoke 来确保一种关键部件的正确定位。该部件称做“控制器，用来使离子束聚焦”，“利用在铝板和石墨部件上的钻孔”而使得该部件的定位得到了确保。类似地，“注入器的前门设计也使得其安装只能有惟一的方式亦即正确的方式来进行。”在《防误加工手册》（Mistake-Proofing Workshop Participant's Manual，1995）中提供了开发 poka-yoke 设备的七个步骤。J. 格劳特（J.Grout）提供了多个案例、例子（附有说明性的照片），还有关于 poka-yoke 概念的参考资料。格劳特所提供的例子之一是关于 3.5 英寸计算机软盘的设计。软盘的斜角设计使得它只能以惟一一种正确的方式插入到计算机中。（查询格劳特有关 poka-yoke 信息的网址是：http：//www.Cox.smu.edu/jgrout/pokayoke.html#read.）科胡塞克（Kohoutek，1996b）也讨论了“以人为中心”的设计，同时还针对特定的活动提出了预测人的差错率的方法和参考资料。

可靠性、可维修性和可用性的设计

可靠性设计 可靠性是顾客对产品要求的特征之一。朱兰和格里纳（Juran and Gryna，1993）将可靠性定义为“产品在要求的时间正常工作的可能性”。埃里森（Ireson，1996）在引入操作环境的概念下，把可靠性称做“在指定环境中，在一个最短时间段或最低周期数或次数内，产品完成规定功能的能力或可能性”，其中提及了特定的操作条件/环境。顾客、设计师和可靠性工程师对于“故障”（failure）这一术语必须有一个准确且一致同意的定义，注意到这一点是非常重要的。MIL—STD—721C（1981）的通告 1“可靠性、可维修性术语定义”和 MIL—STD—2074（1978）“可靠性试验故障分类”，提供了进一步的定义和分类信息。质量管理中的许多常用术语的一个很好来源便是 ISO 8402（1994）《质量管理与质量保证——术语》这一标准。国际标准化组织的网址上列出了获取 ISO 标准的国际性来源。里斯（Rees，1992）还讨论了在定义故障之前，识别和明确预期的应用目的和试验程序的重要性。

以下的内容将讨论把可靠性“设计进”产品的方法和工具。（第 48 章讨论有关可靠性的概念以及统计工具在分析来自设计试验的可靠性数据以及现场故障数据中的应用。）MIL—STD—785B 的通告 2“系统和设备的可靠性大纲”，既提供了通用的可靠性大纲的要求，也规定了所必需进行的具体工作。朱兰和格里纳（Juran and Gryna，1993）讨论了可靠性大纲中的主要要素：

1. 设置可靠性目标。
2. 建立可靠性模型。
3. 分配可靠性目标。
4. 应力分析。
5. 可靠性预测。
6. 故障模式和影响分析。

7. 关键零部件的识别。

8. 设计评审。

9. 供应商选择。

10. 生产制造中的可靠性控制。

11. 可靠性试验。

12. 故障报告和纠正措施。

第 18 章中讨论了通过市场研究来确定质量和可靠性的目标。施坦丁格（Standinger，1990）讨论了应用竞争性标高分析和威布尔分布来分别针对新产品寿命周期的初始磨合期、随机故障期和磨损状态期建立可靠性目标。表 19—5 给出了典型的可靠性性能指标，据此可以设定具体的数字目标。

表 19—5　　典型的可靠性指标

可靠性指标	含义
平均故障间隔时间（MTBF）	可修复产品两次故障间的平均时间
故障率	单位时间的故障数
平均无故障时间（MTTF）	不可修复产品故障前的平均时间或 可修复产品首次故障前的平均时间
平均寿命	平均的寿命值（“寿命”与大修、磨损时间等有关）
至首次故障平均时间（MTFF）	可修复产品首次故障前的平均时间
平均维修间隔时间（MTBM）	特定类型的维修措施间隔平均时间
寿命	一件产品至彻底损坏的时间
可用性（availability）	运行时间占运行与修理时间的百分比
系统效能	产品满足用于要求的程度
成功概率	同可靠性（常用于“一次性”或与时间无关的产品）
b_{10}寿命	总体的 10% 将失效的寿命
b_{50}寿命	中值寿命，或总体的 50% 将失效的寿命
百小时修理次数	每运行 100 小时的修理次数

资料来源：Juran and Gryna（1993），p.262.

如前所述，设计评审可以用作设计方案可靠性的同时性指标。因此，对于设计评审会议的关键要求之一便是确保可靠性目标的建立，以及在该设计方案的演进、制造和使用过程中对其内在的和实际的可靠性的持续测量和改进。在供应商的选择和控制过程中，必须考虑采购原材料的可靠性，第 21 章讨论了对供应商业绩的管理。在选择和实施过程设计方案时，必须考虑到制造过程对于可靠性的影响。第 22 章“运营”提供了控制制造过程中的质量和可靠性的指南。

朱兰和格里纳（Juran and Gryna，1993）把可靠性量化分析的过程划分为了三个阶段，即可靠性分配、可靠性预测和可靠性分析。可靠性分配是将设计方案的总的可靠性目标在其主要的子系统之间，进而元件之间进行分解分配的过程。可靠性预测是应用可靠性模型和实际性能资料，对于在预期作业条件下和任务周期内的可靠性进行预测的过程。可靠性分析是利用可靠性预测的结果来寻求改进预期的或实际的可靠性绩效的机会。

可靠性分配 表 19—6 的前两部分提供了一个可靠性分配的例子。一个导弹系统在 1.45 小时的工作时间内可靠性目标为 95%，系统的这一目标必须分配到它的子系统和元件中去。表的第一部分显示了 95% 这一目标在导弹的 6 个子系统中的第一层分配。表的中间部分演示了其中一个子系统目标的分配。导弹爆炸子系统的可靠性目标 0.995 要分配到它的三个元件当中。点火电路分配的可靠性是 0.998，或 725 个小时的平均故障间隔时间。

科胡特克（Kohoutek，1996a）建议，考虑到设计余量，应将系统故障率的 90% 分配到其子系统和元件中。他讨论了另外五种可靠性分配方法。卡普（Kapur，1996）提供了若干个应用不同的分配方法的例子。科胡特克还讨论了可靠性政策对于支持单个产品和系列产品的目标设置和改进的应用。

表 19—6　　可靠性分配和预测的例子

系统细目分类

子系统	作业类型	可靠性	每小时的不可靠性	失效率目标*	可靠性
气动结构	连续	0.997	0.003	0.002 1	483
火箭发动机	一次性	0.995	0.005		1/200 次
发送器	连续	0.982	0.018	0.012 6	80.5 小时
接受器	连续	0.988	0.012	0.008 4	121 小时
控制系统	连续	0.993	0.007	0.009 4	207 小时
爆破系统	一次性	0.995	0.005		1/200 次
系统		0.95	0.05		

爆破子系统细目分类

单元	作业模式	可靠性	不可靠性	可靠性目标
组合电路	连续	0.998	0.002	725 小时
安全和瞄准装置	一次性	0.999	0.001	1/1 000 次
弹头	一次性	0.998	0.002	2/1 000
爆破子系统		0.995	0.005	

单元细目分类

组合电路元器件按作用分类	使用数量，n	每种元器件故障率 λ，千小时百分比	所有元器件故障率 $n\lambda$，千小时百分比
晶体管	93	0.3	27.90
二极管	87	0.15	13.05
薄膜电阻器	112	0.04	4.48
线圈电阻器	29	0.20	5.80
纸质电容器	63	0.04	2.52
钽质电容器	17	0.50	8.50
变压器	13	0.20	2.60
感应器	11	0.14	5.12
焊接和电线	512	0.01	71.51
$MTBF = 1/故障率 = 1/\Sigma n\lambda = 1/0.000\ 715\ 1 = 1\ 398$ 小时			

* 1.45 小时的任务时间。

资料来源：Juran and Gryna (1993), adapted form G.N.Beaton (1959), "Putting the R&D Reliability Dollar to Work," Proceedings of the Fifth National Symposium on Reliability and Quality Control, IEEE, New York, p.65.

可靠性的建模、预测、分析和改进　一般来说，在可靠性能够被预测之前，必须首先构建系统的模型，确定模型中的要素的应力水平，然后依据所估计的应力水平得出各要素的故障率，进而以此来估计子系统及系统的可靠性。蒂梅尔和加尔茨（Turmel and Gartz，1997）给出了一个包括零件的关键特性和规格界限在内的“细目质量计划”的方案。其中还包括所用的制造过程以及试验和检验程序，对于这些过程和程序的稳定性和能力的指标提出了要求。

可靠性建模。为了构建可靠性预测的模型，必须掌握系统的各子系统之间以及元件之间的相互关系。格里纳（Gryna，1988）提出了建立可靠性模型并据此进行可靠性预测的以下步骤：

1. 定义产品。系统、子系统和工作单元必须根据其功能结构和边界加以精确的定义。这一精确的定义可以通过绘制一个功能模块图（见图 19—10）来辅助完成。在功能模块图中展示出了子系统和更低层次的产品、它们之间的相互关系以及与其他系统的界面。对于大系统而言，或许有必要针对若干个层次的产品来分层绘制功能模块图。

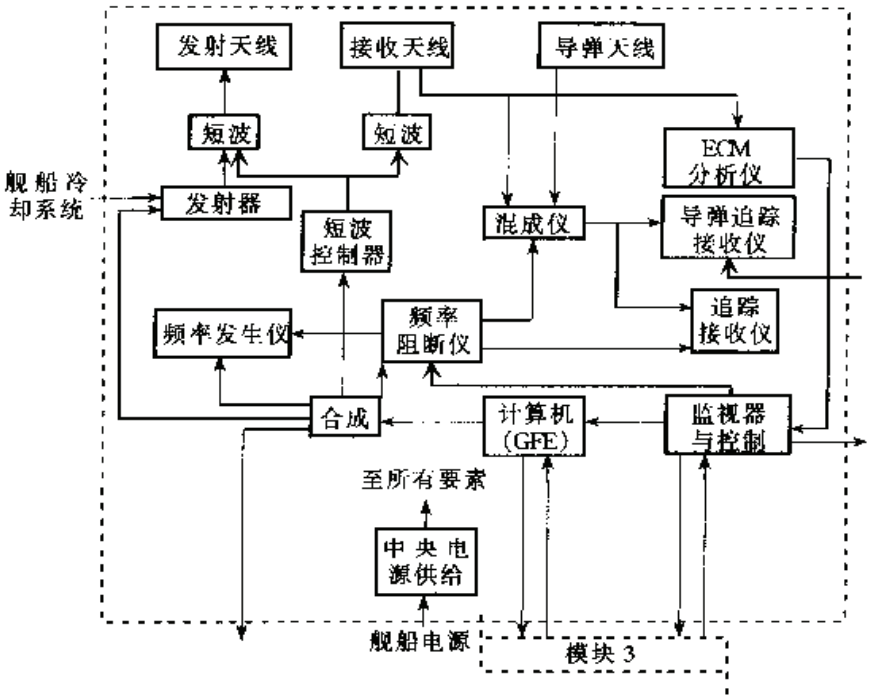


图 19—10　功能模块图

资料来源：From Handbook of Reliability Engineering, NAVAIR00-65-502, courtesy the Commander, Naval Air Systems Command.

在完成了功能模块图以及对产品的功能要求进行了仔细的定义之后，便可以对导致故障和性能不良的条件加以定义。功能模块图使得更容易确定每一单元的边界，确保了重要的项目既不会被忽略也不会被重复考虑。例如，一个用于连接两个单元的开关必须划归于其中的某一个单元（或作为一个独立的单元）。

2. 建立可靠性模块图。可靠性模块图（见图 19—11）与功能模块图类似，

但它特别强调那些影响可靠性的方面。该图依序显示出了使每个单元成功运行必须发挥功能的那些要素。图中必须将冗余路径和备选模式清晰地标示出来。那些对于成功运行无关紧要的要素无须包括在图中，如装饰性的孔罩等。另外，由于一件复杂产品是由成千上万个零件构成的，那些只是用于微小用途的零件必须从计算中剔除出去。这类零件对于产品可靠性的影响相对很小。通常可以忽略的项目如接线条、把手、底盘和面板。

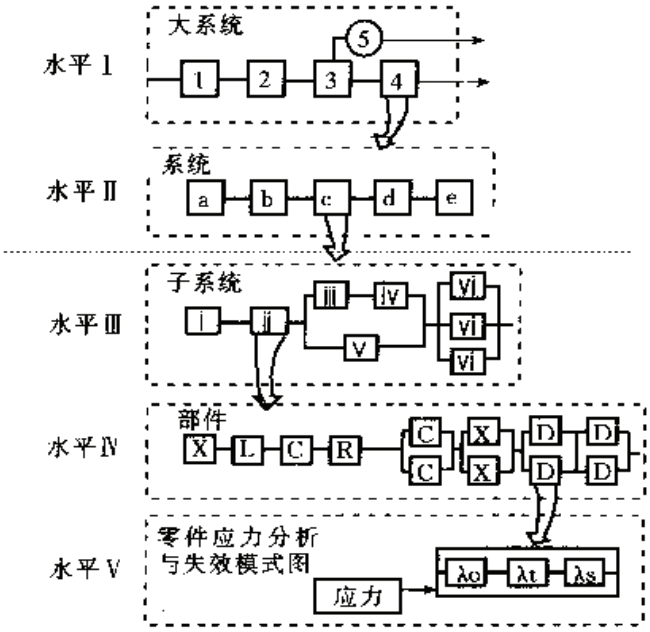


图 19—11 可靠性模块图

资料来源：From Handbook of Reliability Engineering, NAVAIR00-65-502, courtesy the Commander, Naval Air Systems Command.

3. 列出影响可靠性的因素。这些因素包括零件功能、公差、零件评级、内部环境和应力，以及负载循环时间。这些详细信息使得应力分析成为可能。利用应力分析不仅能够提供有关标准输入数据的调整信息，而且还有助于发现设计中的薄弱或可疑的领域。[一种被设计人员用来改进零件和产品的能力以使之能够在各种环境下正常发挥作用的设计方法被称为“顽健性设计”。Phadke（1989）和 Taguchi（1995）提供了相关的方法和实例。] 具有非独立故障概率的零件应组合在一起形成模块，以使据以进行预测的假设条件能够得到满足。

4. 确定零件可靠性数据。所需要的零件数据包括有关突变失效的信息和在已知的运行条件和环境条件下随时间的变异信息。这些数据的获取是设计人员所要面对的一个主要问题，因为没有类似于可以查找材料物理性能的手册那样的专门的可靠性数据库。这样，设计人员（或辅助技术人员）要么必须建立可靠性数据库，要么就得利用各种不同来源的可靠性数据。这些来源如：

在可控条件下进行的现场性能研究。

规范寿命试验。

从零件制造商或行业协会获得的数据。

顾客的零件鉴定和检验试验。

政府机构的数据库，如 MIL—HDBK—217F，其中包括了元器件在各种作业环境和应力水平下的故障率和故障曲线。该手册还提供了适合于各种设计演进阶段的可靠性预测程序的例子。

5. 进行估计。在缺乏基本的可靠性数据的情况下，根据以前对类似零件类型的经验，可以作出具有相当精确程度的估计。若缺乏这类经验，就必须通过零件评估试验来获取数据。

6. 确定功能块和子系统的故障率。在第 4 步或第 5 步获得的故障率被用于计算较高阶系统和整个系统的故障率。（相关的子系统或集合修正要素，如已确定的预防维修的影响，也要被应用进来。）

7. 确定适当的可靠性测量单位。这是要选择诸如表 19—5 中所列的可靠性指数或指标。

8. 应用可靠性模型和预测来确定设计方案的“弱点”以及可靠性改进所需的措施和职责。

可靠性预测。表 19—6 的底部部分提供了一个可靠性预测的例子，在这种情况下，零件数目已知，计算点火电路的每种元件的故障率。预测依据如下的假定，即元件的故障时间是统计独立的，服从指数故障分布，运行时间相等。所算出的单元故障率是每 1 000 个运行小时为 0.715 1 次或每小时故障次数为 0.000 715 1。后一个故障率的倒数便得出了1 398小时的估计平均故障间隔时间，这一数字超出了对于点火电路的 725 小时的要求。MIL—HDBK—217F（1991）的通告 2“电子设备的可靠性预测”中，提供了在不同运行环境中估计电子元件和微电路故障率的公式。来自空军、海军和陆军数据库的其他可靠性数据来源可查阅资料 Reliability Engineer's Toolkit（1993），该资料可从设于弗吉尼亚州斯普林菲尔德的国家技术信息服务处（National Technical Information Service）获得，资料编号为 ADA278215。（该处还可以提供有关可靠性预测的软件程序的来源。）政府产业数据交流计划（Government Industry Data Exchange Program，GIDEP）提供了一个访问可靠性和可维修性数据库的在线菜单，还向参与者提供已知零件问题的警告。GIDEP 的联系方式为：GIDEP Operations Center，Corona，CA 91718－8000，www.gidep.corona.navy.mil/data_inf/opscntr.htm。

可靠性分析

1. 故障模式、影响及危险程度分析及故障树分析。在计划产品的可靠性时，通过应用故障模式与影响及危险程度分析（FMECA）以及故障树分析（FTA），工程师们所做的有关运行条件对可靠性和安全性预期影响的分析常常能够得到很大的改善。第 48 章提供了对于故障模式与影响分析（FMEA）、FMECA 以及

FTA的综合性介绍。FMEA和FMECA用于产品和过程设计人员识别和处理潜在的故障模式及其影响。图19—12是针对一个移动式草坪洒水车实施的FMECA的例子，其中包括了每一零件的故障模式、故障模式的影响、故障模式的原因、故障模式的估计概率、故障模式的严重性、预防故障的对策措施。MIL—STD—1629A（1984）通告2“实施故障模式与影响及危险程度分析程序”中，提供了严重程度分类和危险程度编号的进一步细节和例子。

1＝非常低（<1/1 000）
2＝低（3/1 000）
3＝中等（5/1 000）
4＝高（7/1 000）
5＝非常高（>9/1 000）

T＝故障类型
P＝发生概率
S＝故障对系统的严重性
H＝液压故障
M＝机械故障
W＝磨损故障
C　顾客误用

产品　HRC—1

日期　1987年1月14日

制表　S.M.

组成零件代号	可能故障	故障原因	T	P	S	故障对产品的影响	备选方案
蜗杆轴承4224	轴承磨损	与基座配合不良	M	1	4	喷头抖动过度或减缓喷出	改进检验方法
Zytel 101		喷头抖动过度	M	1	3	同上	改进蜗杆轴承
轴承芯轴	磨损过度	材料配合不当	M	5	4	喷头抖动过度或能量损失	改变芯轴材料
铜衬垫		轴承区积有污水	M	5	4	同上	改进蜗杆密封区
		过度的喷头抖动	M	2	3	同上	改进操作说明书
止推垫圈4226	磨损过度	过高水压	M	2	5	喷头脱出	在说明书中知会顾客
Fulton 404		垫圈有污水	M	5	5	同上	改进蜗杆密封设计
蜗杆4527	轴承区磨损过度	材料配合不当	M	5	4	喷头抖动过度或能量损失	改变轴承芯轴材料
铜衬垫		轴承区积有污水	M	5	4	同上	改进蜗杆密封设计
		喷头抖动过度	M	2	3	同上	改进操作说明书

图19—12　故障模式、影响及危险程度分析

资料来源：Gryna（1988），from Hammer（1980）.

FMECA考察的是元件以上层次的所有可能的故障模式，FTA则重点关注特

别的已知的不希望出现的故障的影响，如火灾和撞击等，并进而确定导致不希望后果的所有可能的路径。图 19—13 是关于一个安全电路的故障树的例子。所担心的故障结果是当机器的门一直开启时会发生 X 射线的泄漏。底边是直线的铲形符号是一个“与门”，意味着只有当其下的所有事件均发生时其输出才会发生。底边是曲线的铲形符号是一个“或门”，意味着只要其下的输入事件有任何一个或几个发生，其输出就会发生。其具体的发生概率可以通过提供故障树上每一事件发生概率的估计值来加以估计。在第 48 章“可靠性概念与数据分析”中，米克等(Meeker et al.）引用了霍伊兰德等（Hoyland and Rausand，1994；Lewis，1996）所提供的含有事件发生概率的计算的例子。拉佐尔（Lazor，1996）也提供了 FMECA 及 FTA 分析的例子和比较，其中关于故障树与可靠性模块图之间关系的讨论颇为令人玩味。在第 48 章中，米克等人还推荐了有助于 FMEA/FMECA 和 FTA 分析的计算机软件。

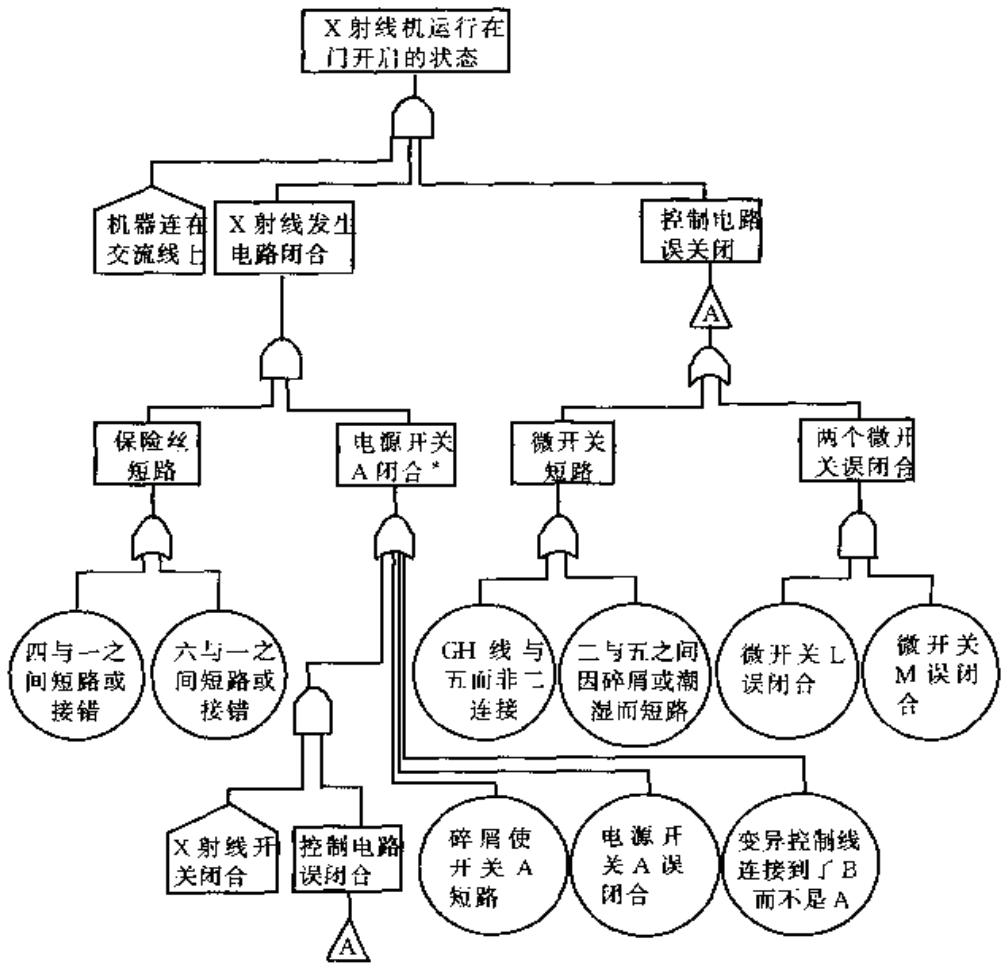


图 19—13　一个互锁的安全电路的故障树分析

* 只要出现这种状况，出错指示灯就会闪亮。

资料来源：Gryna（1988）.

2．其他的故障分析和预测方法。另有一些有助于分析产品故障的可能原因

的分析方法已经被开发了出来。电工电子工程师学会的可靠性学报是有关这方面的方法的一个很好的信息来源。以下将重点讨论最坏情形分析、统计容差计算以及寄生电路。

“最坏情形”分析是一种详细的环境分析，常常是借助于计算机软件来进行的。其目的是确定使元器件/电路承受最大应力时的条件，并验证产品在极端的电能条件和物理条件下或两者高度可能的组合条件下满足其目标的能力。

尽管最坏情形分析有利于识别什么样的条件组合会导致最为严峻的环境（或机械部件的相互干扰），但它并未对这些组合状态实际发生的概率加以考虑。在各种变动的假设条件下，统计容差计算可用来估计最坏情形条件发生的现实概率。设计人员可以利用这些估计数据来权衡公差与成本的设定。根据统计容差计算作出的决策通常会使得元件维持较大的公差。杜德韦克（Dudewicz，1988）讨论了统计容差计算并提供了与最坏情形分析进行比较的例子和指南。详细讨论可参见第45章的“统计估计”一节中“公差范围”的内容。MIL—STD—785B，(1988）的通告2中也提供了进一步的信息。

在电子电路分析中，寄生电路分析与最坏情形分析类似，它对于后者是很有价值的补充。寄生电路分析通常是使用计算机软件来进行的，目的是识别电路中的隐藏路径。即使电路中的所有元件都正常地发挥其功能，这些隐藏路径也可能会导致非预期的不希望出现的功能，从而妨害和劣化预期的性能。国防部 Rome 实验室的可靠性工程师工具箱（Reliability Engineer's Toolkit，1993）中提供了一个这方面的例子并介绍了一些可用的软件。

可靠性改进。就经济分析和管理工具而言，质量改进的方法（见第5章“质量改进过程”）也广泛适用于可靠性的改进。在用于诊断和治疗的技术性工具方面会有所差异。改进项目可以通过可靠性预测、设计评审、故障模式与影响及危险度分析，以及其他的一些可靠性评估方法来加以确定。

设计阶段的可靠性改进工作最好由设计人员来做。可靠性工程师可以通过定义需要改进的领域以及协助开发备选方案起到帮助作用。以下这些措施是改进设计的一些途径：

1. 评估用户的需要，以判断某些不可靠零件的功能是否确实必要。如果不是的话，就可以从设计中去掉这些零件。或者，分析一下所用的可靠性指数（或指标）是否正确地反映了用户的真实需要。例如，使用可用性指标有时比可靠性指标更有意义。若是如此，一个良好的维修保养计划就能够改进可用性指标，从而淡化可靠性方面的问题。

2. 考虑可靠性指标与其他参数的权衡，如性能或重量等。在这里或许可以再次发现这样的权衡能够更好地满足顾客的真正需要。

3. 应用冗余设计为完成某一给定任务提供一种以上的手段，以使只有当所有手段均失效时系统才可能瘫痪。

冗余的方式有若干种，其中一种常见的类型是平行冗余。人们所熟悉的一个例子是多引擎的飞机，这种设计保证了即使有一台发动机发生故障，飞机仍能继续飞行至安全降落。

在故障互相独立的条件下，并联设计的总可靠性可用下式来表达：

$$P_S = 1 - (1 - P_i)^n$$

式中，P_S = 系统可靠性；

P_i = 冗余设计中的各独立要素的可靠性；

n = 相同的冗余要素的个数。

图 19—14 显示了一些简单的串联—并联式和并联—串联式冗余的例子，并计算出了相应的系统可靠性，其数字显然要优于无冗余设计的场合。

4．重新审视所选的那些较新的且未经证实的零件。尽量使用其可靠性已经经过现场使用证实的那些标准零件。（但要确认以往的使用条件适合新产品的条件。）

5．降级使用零件以确保施于零件上的载荷低于其正常的承受能力。降级使用是设计工程师用于提高元件可靠性或提供较高的可靠性余量的一种方法。朱兰和格里纳（Juran and Gryna，1993）把降级使用定义为将某产品（元件）安排在低于正常的额定负载下工作，如将一个额定为 300V 的电容器置于 200V 下使用。

科胡特克提供了设计工程师在设计特定类型的集成电路时使用的降级使用参考图表的例子。在使用该图表之前，设计工程师首先要确定所考虑元器件的预期运行温度、电压、应力等，然后利用该图表来选择合适的降级系数。

6．应用能够使产品抵抗非预期环境的“顽健性”设计方法。

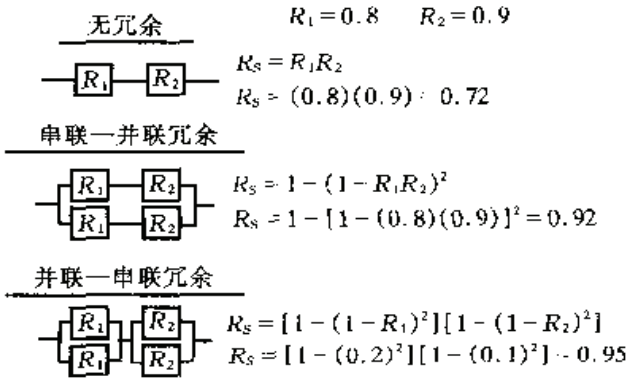


图 19—14　串联—并联与并联—串联的冗余设计

资料来源：Gryna（1988）.

7．控制运行环境以提供产生故障率低的条件。这方面的常见例子如：（1）对电子元器件进行封装处理以使之免受气候和震动的影响；（2）利用冷却系统来降低周围环境的温度。

8. 制定更换计划以使那些低可靠性的零部件在进入损耗阶段之前就能得到更换。很多情况下，只是根据判断退化是否达到规定程度的点检或试验的结果来随机地进行更换。

9. 规定筛选试验以探测出那些一用即坏的夭折件并剔除掉不合格的元器件。这种试验有多种形式，如工作台测试、“老化”、加速寿命试验。

詹森和彼得森（Jensen and Petersen，1982）提供了设计老化试验程序的指南。[Chien and Kuo（1995）对于如何取得最大化的老化效果提出了颇有见地的观点。]

10. 进行研究和开发活动以改进那些对于可靠性影响最大的元器件的基本可靠性。虽然这样的改进避免了随后的权衡的必要，但有可能需要从根本上提升技术水平，从而会要求难以把握的投资规模。对于故障机制的研究导致了一门称为“失效物理学”或“可靠性物理学”的知识体系的创立。由电工电子工程师学会资助的《可靠性物理学年会学报》是一份极好的参考资料。

虽说上述的措施中没有哪个能够称得上是一个完美的解决方案，但可选择的范围是很广泛的。有时设计人员能够独立地得出一个解决方案，但更多的时候则需要与其他公司的专家们的合作。还有些情况下因要考虑的范围更广从而必须得到客户和/或公司管理当局的合作。

可维修性设计 尽管设计开发过程可以产出安全且可靠的产品，但仍然不够充分。用户还要求产品能够随时可用。因此，设计人员还必须考虑预防维修和修理的便捷性问题。可维修性是一个用于描述和量化预防维修的必要程度和修理的便捷程度的广为接受的术语。

MIL—STD—721C（1981）提供了一个关于可维修性的正式定义：

> 由具有特定技能水平的人员应用预先规定的程序和资源，在每一规定的维修和修理水平下对某一对象进行维修后，使之保持在或恢复到规定状态的能力的量度。

该定义强调了作为一个设计参数的可维修性与作为一项操作活动的维修之间的差别。

平均维修时间（MTTR）是一个量化的可维修性指标，类似于可靠性指标中的 MTBF。表 19—7 概括了可维修性的 11 个可用指标。

MIL—HDBK—472（1984）《电子设备的可维修性预测》，可用来估计各种设计方案的可维修性。科瓦斯基（Kowalski，1996）提供了一个将某系统的可维修性要求在其各个子系统中加以分配的案例。可维修性分配的方法与可靠性分配类似（参见前述的“可靠性分配”）。科瓦斯基还讨论了可测性（testability）对于实现可维修性目标的能力的影响。MIL—STD—2165A（1993）“系统和设备的可测性大纲”将可测性定义为“使得某一对象的状态（可运行、不可运行或降级运行）可被确定以及该对象中的故障的分解能够及时实施的一项设计特性”，并提

供了对于可测性进行计划和评审的指南。伊斯曼·柯达的蒂梅尔和加尔茨（Turmel and Gartz，1997）针对特定的试验方法提供了一个测试能力指数（TCI），用来衡量某一测试/测量方法的内在变异占所定公差范围的比例。其提出的指南是要使测试变异不超过总公差范围的 25%。

表 19—7　　可维修性指标

指标	含义
平均修理时间（MTTR）	修复一次故障所需的平均时间
平均服务时间	完成一次作业以保证产品处于正常状态的平均时间
平均预防维修时间	计划预防维修的平均时间
百小时运行修理时间	产品每运行 100 小时需要的修理小时数
预防维修行动率	单位运行时间或日历小时数需要的预防维修行动的数量
停机概率	在特定停机时间内将故障产品修复到正常状态的概率
可维修性指数	产品设计方案的可维修性特征的评估分值
维修成本率	单位运行或日历时间的预防和纠正维修成本

资料来源：MIL—STD—721C（1981）.

可用性设计　设计的可靠性和可维修性均影响着当产品需要使用时的可使用概率。可用性是用运行时间除以运行时间与停工时间之和来计算的。而停工时间可以分两种情况：

1．总停工时间。其中包括了实际修理时间（诊断和修理）、预防维修时间和后勤保障时间（花在等待人员、备品备件等方面的时间）。当使用总停工时间来计算时，所算出的比率称为作业可用性（operational availability，A_o）。

2．实际修理时间。当使用实际修理时间来计算时，所算出的比率称为“固有可用性”（intrinsic availability）（A_i）。

在一定条件下，可以计算“稳态”可用性：

$$A_o = \frac{\text{MTBF}}{\text{MTBF} + \text{MDT}}$$

$$A_i = \frac{\text{MTBF}}{\text{MTBF} + \text{MTTR}}$$

式中，MTBF＝平均故障间隔时间；

MDT＝平均总停工时间；

MTTR＝平均实际修理时间。

这些公式表明，特定产品的可用性可以通过提高产品的可靠性（MTBF）或减少诊断和故障时间（MDT 或 MTTR）来加以改进（提高）。这些改进效果的任何组合的实现都必须在是增加可靠性还是提高可维修性之间进行权衡分析。格里纳（Gryna，1988）提供了一些具体的权衡决策，设计人员在提高可维修性（减少诊断和修理时间）时应当对之加以关注。其具体内容包括：

• 模块或是非模块构造。模块设计需要花费更多的努力，但可以减少现场诊断和维修的时间。故障只需被定位到模块水平，然后就可以将故障模块加以更换。这一概念已经为诸如电视机这类的消费类产品制造商所采用。

• 修理或是废弃。对某些产品或模块而言，现场修理的费用超出了工厂生产新品的费用。这种情况下，采用丢弃设计可以经济地提高可维修性。

• 内置的或是外接的测试设备。具备内置测试能力减少了诊断时间，但通常要求额外的成本。然而，通过向用户提供诊断设备或软件所诊断出的各种故障模式的简单修理指南，额外多出的成本却实现了总修理成本的降低。例如，办公用复印机所提供的在何处和如何消除夹纸的信息便起到了这样的作用。

科瓦斯基（Kowalski，1996）提供了另外的关于可维修性设计准则的例子。

上述的稳态可用性公式的优点是简洁易懂。然而，它们必须基于如下假定：

1. 产品运行在其寿命周期内故障率恒定的区间上，此时故障间隔时间呈指数分布。

2. 停工时间和修理时间同样服从指数分布。

3. 查找系统故障的努力不会改变故障率。

4. 不会发生可靠性的增长。（这样的增长可能是因为设计的改进或去除了可疑零件。）

5. 预防性维修安排在可用性计算的时间框架之外。

根据这些条件，奥康纳（O'Connor，1995）给出了针对各种可靠性模块图的公式和例子，如串联、并联和并联—备用结构等。马利克（Malec，1996）则提供了计算瞬时可用性和任务期可用性（mission interval availability）的通用公式和实例。后一概念是指一件产品在其整个任务期间都能够可用的概率。

识别和控制关键的元器件 设计工程师会将某些元器件确定为关键性的，亦即它们对于可靠性、可用性和可维修性（RAM）或成本目标有着决定性的影响。这些关键的元器件是通过各种适当的分析识别出来的，如可靠性模块图、应力分析、FMEA/FMECA、FTA 以及 RAM 的研究。之所以这些元器件被认为是关键的，是由于它们对设计 RAM 和成本的预期影响，由于人们对其实际性能所知不足或是其供应商绩效的不确定性。保证性能和解决不确定性的方法之一是制定一份关键元器件的清单（CCL）并对之加以持续的管理。在设计活动中应当尽早制定关键元器件的清单。将这一清单正规化，列出每一关键的元器件的关键特性的本质，制定出控制和改进其性能的计划，这是一种通用的做法。关键元器件清单对于以下几个方面起着基础性计划文件的作用，即：（1）对于零部件把关的测试大纲；（2）应用研究和方法的设计指南；（3）零部件、电路或子系统的冗余设计指南。

技术状态管理 技术状态管理是用于定义、识别及控制产品的构成和成本的一个过程。在特定的时点上所确定的技术状态被称为是一个“基线”。基线文件包括了图纸、规格、测试程序、标准、检验或试验报告等。技术状态管理始于产

品的设计阶段，贯穿着产品的整个寿命周期。当应用于产品的设计阶段时，技术状态管理在产品的总体层次上，颇类似于上一段所描述的识别和控制关键元器件的过程。格里纳（Gryna，1988）指出："技术状态指一件产品的物理的和功能的特性，这里的产品既包括硬件也包括软件"，他同时还定义了构成技术状态管理的三项主要活动：

- 技术状态识别：定义和识别产品的每一要素的过程。
- 技术状态控制：管理从提出变更建议到批准实施变更的设计变更过程。
- 技术状态纪实：详细记录所提议变更的状态以及所批准的变更的实施状态的过程。

技术状态管理之所以必要，是为了确保：

1. 质量螺旋中的所有参与者了解服役产品的当前状态以及设计或设计变更中的所建议产品状态。

2. 在产品原型、运作和现场服务的详细记录中反映所做的设计变更。

3. 根据最后的技术状态来进行设计和产品测试。

设计的测试　一旦应用了前述的设计质量的工具和分析方法，就必须确保所做的设计最终能够被制造、提供、安装和服务以满足顾客的要求。要确保这些能够得以实现，在最后批准批量生产之前，对于产品的设计原型和试生产的产品就必须进行实际的测试。表 19—8 概括了设计评估测试的各种类型和目的。

米克等在第 48 章讨论了环境压力试验、加速寿命试验、可靠性增长试验的目的和设计，以及对这些试验数据的可靠性示范试验和分析。格雷夫斯和门顿（Graves and Menten，1996）及希恩纳（Schinner，1996）就可靠性测量和改进的实验的设计以及加速寿命试验也分别进行了类似的讨论。可靠性工程师工具箱（Reliability Engineer's Toolkit，1993）对于从 MIL—HDBK—781（1987）"工程开发、鉴定和生产的可靠性测试方法、方案和环境"中选择和应用试验方案进行了讨论。

表 19—8　　**用于设计评估的测试**

测试的类型	目的
性能	确定产品满足基本性能要求的能力
环境	评估产品抵抗规定的环境水平的能力；确定因产品运行产生的内部环境；验证所指定的环境水平
压力	确定产品能够抵抗的压力水平以便确定设计的固有安全余量；确定与时间无关的故障模式
可靠性	确定产品的可靠性并同规格要求比较；监测变化趋势
可维修性	确定进行修理所要求的时间并同规格要求比较
寿命	确定产品至彻底用坏所经过的时间以及与时间或运行周期有关的故障模式
试生产	确定加工和装配过程能否满足设计要求；确定可靠性会否退化

现场故障与加速寿命试验结果的比较　为了在可行的时间范围内验证设计可

靠性，通常必须利用各种环境压力因素来“加速”故障模式的出现。在引人压力因素时，要关注的一个关键问题就是要保证所产生的故障模式与实际使用中观察到的故障模式相同。格里纳（Gryna，1988）提供了一个通过在概率纸上打点来对试验结果和“现场”故障进行比较和联系的例子。图 19—15 中涉及的是两种型号的空调机，图中表示了估计的累积故障百分率与加速试验的天数和实际的现场使用天数的对应关系。由于这两条直线基本上是平行的，因此表面加速试验所产生的故障模式与现场使用环境下的故障模式是相对应的。图中试验数据的时间轴的刻度是 10 天。一条粗的垂直线表示的是 5 年的保证期。从这条粗线与现场数据相交处向右边的水平方向延伸，与加速试验数据的线条相交，图中反映出为了预测 5 年保证期内现场故障的发生百分率所需的加速试验时间对于这两种空调机而言分别是 135 天和 175 天。

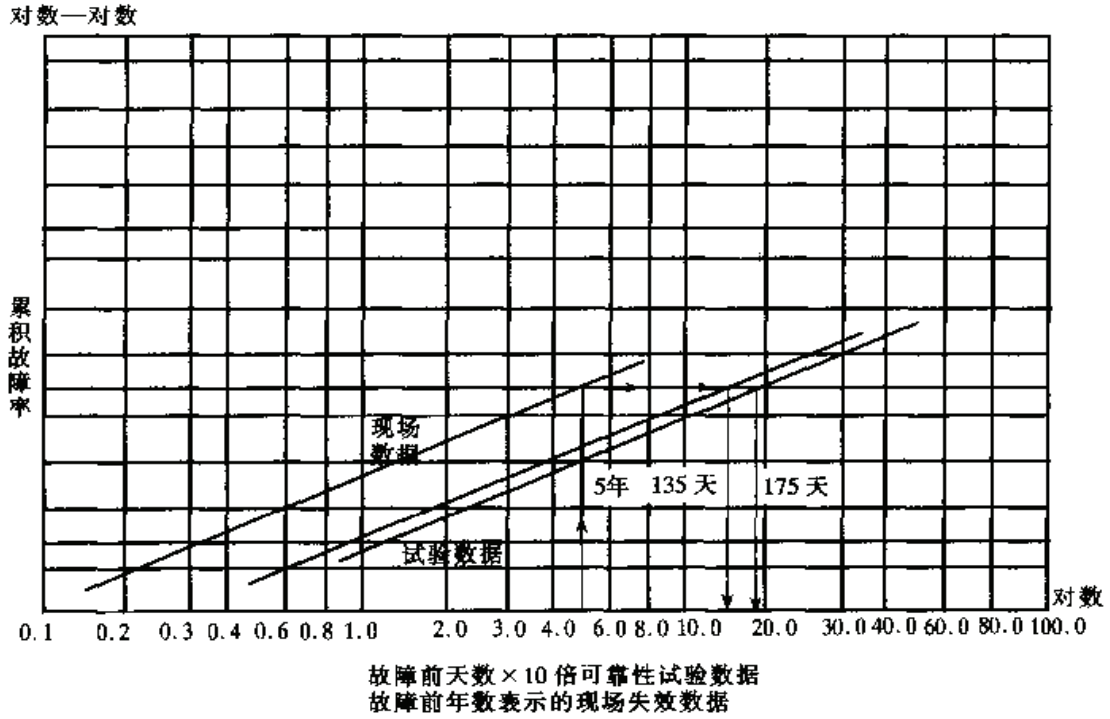


图 19—15　两种型号空调机的加速测试威布尔值与现场故障数据

资料来源：Gryna（1988）.

故障报告和纠正措施系统　为了促进设计的 RAM 和安全性的改进，组织必须定义和建立一个正式的过程，用以报告、分析和改进这些设计参数。这一过程在许多组织中被称为“故障报告和纠正措施系统”（FRACAS）。图 19—16 是一个高阶的一般性 FRACAS 过程的流程图。除了过程的步骤之外，还确定了各个职能的职责。同一资料还提供了一份用于辨识现行 FRACAS 过程中的差距的核对表。艾尔森（Ireson，1996）提供了可靠性信息收集和分析的进一步指南，讨论了在设计、开发、生产和使用各阶段中对于数据的要求。亚当斯（Adams，

1996）重点描述了识别故障根本原因及推动纠正措施的细节内容，还提供了一个“经营计划”的例子，用于证明投资于支持一个故障分析过程所需的设备和人员的必要性。

事件	职能	措施
	操作者：	识别问题，要求维修，说明情况
故障或失灵	维修人员：	纠正问题，记录故障
↓	质量部门：	检查纠正措施
故障报告	维修人员：	提出带有支持性数据（时间、地点、设备、品目等）的故障报告
↓	质量部门：	确保完整，并给失效件指派传送标签以利审核控制
记录数据	可靠性与可维修性部门：	记录所有故障报告，确认故障及其形式，对故障分类（内生的、诱发的、误报等）
↓		
故障评审	可靠性与可维修性部门：	确定故障趋势（即同一零件或类似零件中的若干故障）
↓	设计部门：	评审操作程序中的差错
	可靠性与可维修性部门：	决定对哪些零件进行破坏性分析
故障分析	故障分析部门：	进行故障分析以确定其原因（自身的或外部的）
↓	质量部门：	检查该零件的进货检验数据
	设计部门：	必要时对硬件进行再设计
过往数据评审	供应商：	新的零件或新的监测程序
	质量部门：	评估进货检验程序，检验经过再设计的硬件
	可靠性与可维修性部门：	收集和评估已过去的试验数据以备故障的再发，完成循环

图 19—16　FRACAS 流程图

资料来源：Reliability Engineer's Toolkit（1993）.

参考文献

Adams, J.（1996）. “Failure Analysis System—Root Cause and Corrective Action.” *Handbook of Reliability Engineering And Management*, 2nd ed. Ireson, W., Coombs, C., and Moss, R., eds. McGraw-Hill, New York, chap. 13.

Altland, Henry（1995）. “Robust Technology Development Process for Imaging Materials at Eastman Kodak.” *Proceedings of Symposium on Managing for Quality in Research and Development*, Juran Institute, Wilton, CT, p. 2B-15.

Berezowitz, W., and Chang, T.（1997）. “Assessing Design Quality During Product Development.” *ASQC Quality Congress Proceedings*, Milwaukee, p. 908.

Boath, D. (1992), "Using Metrics to Guide the TQM Journey in R&D." *Proceedings of the Symposium on Managing for Quality in Research and Development*, Juran Institute, Wilton, CT.

Boath, D. (1993). "Reengineering The Product Development Process." *Proceedings of Symposium on Managing for Quality in Research And Development*, Juran Institute, Wilton, CT, p. 2B-36.

Bodnarczuk, M. (1991). "Peer Review, Basic Research, and Engineering: Defining a Role for QA Professionals in Basic Research Environments." *Proceedings of Symposium on Manging For Quality In Research And Development*, Juran Institute, Wilton, CT.

Boothroyd G., and Dewhurst, P. (1987). *Design for Assembly*, BDI, Wakefield, RI.

Boothroyd G., and Dewhurst, P. (1994). *Design for Manufacture and Assembly*, Marcel Dekker, New York.

Boznak, R., and Decker, A. (1993). *Competitive Product Development*. Copublished by ASQC Quality Press/Business One Irwin, Milwaukee, p. 53.

Chien, W., and Kuo, W. (1995). "Modelling and Maximizing Burn-in Effectiveness." *IEEE Transactions on Reliability*, vol. 44, no. 1, pp. 19－55.

Cole, R. (1990). "Quality in the Management of Research and Development." *Proceedings of Symposium on Managing for Quality in Research and Development*, Juran Institute, Wilton, CT.

Darby, Robert A. (1990). "R&D Quality in a Diversified Company." *Proceedings of Symposium on Managing for Quality in Research and Development*, Juran Institute, Wilton, CT.

DeFeo, J. (1987). "Quality Training: the key to successful Quality Improvement." *Proceedings, IMPRO Conference*, Juran Institute, Wilton, CT, pp. 4A-15 et. seq.

Dudewicz, E. (1988). "Basic Statistical Methods." Section 23, *Juran's Quality Control Handbook*, 4th ed., McGraw-Hill, New York.

Endres A. C. (1992). "Results and Conclusions fron Applying TQM to Research." *ASQC Quality Congress Proceedings*, Milwaukee.

Endres, A. C. (1997). *Improving R&D Performance The Juran Way*. John Wiley & Sons, New York.

Ferm, P., Hacker, S., Izod, T., and Smith, G. (1993), "Developing a Customer Orientation in a Corporate Laboratory Environment," *Proceedings of Symposium on Managing for Quality in Research and Development*, Juran Institute, Wilton,

CT, pp. A-13－A-22.

Fiero, J., and Birch, W. (1989). "Designing Cost-Effective Products." *ASQC Quality Congress Proceedings*, Milwaukee, pp. 725－730.

Fried, L. K. (1993). "AT&T Transmission Systems ISO 9001 Registration: The R&D Compliance Experience," *Proceedings of Symposium on Managing for Quality in Research and Development*, Juran Institute, Wilton, CT, pp. 2B-21－2B-27.

Garfinkel, M. (1990). "Quality In R&D." *Proceedings of Symposium on Managing for Quality in Research and Development*, Juran Institute, Wilton, CT.

Gendason, P., and Brown, E. (1993). "Measure of R&D Effectiveness: A Performance Evaluation Construct." *Proceedings of Symposium on Managing for Quality in Research and Development*, Juran Institute, Wilton, CT, pp. 2A-17－2A-25.

Gibbard, H. F., and Davis, C. (1993). "Implementation of ISO 9001 in an R&D Organization," *Proceedings IMPRO Conference*, Juran Institute, Wilton, CT, pp. 3B. 3-1－3B. 3-11.

Godfrey, A. B. (1985). "Training Design Engineers in Quality." *Proceedings, IMPRO Conference*, Juran Institute, Wilton, CT, p. 166 et seq.

Godfrey, A. B. (1991). "Information Quality: A Key Challenge for the 1990's." *The Best on Quality*, vol. 4, Hanser Publishers, Munich.

Goldstein, R. (1990). "The Cost Of Engineering Design Corrections." *ASQC Quality Congress Proceedings*, Milwaukee, pp. 549－554.

Graves, S., and Menten, T. (1996). "Designing Experiments to Measure and Improve Reliability," *Handbook of Reliability Engineering and Management*, 2nd ed. Ireson, W., Coombs, C., and Moss, R., eds. McGraw-Hill, New York, chap. 11.

Gross, C. (1997). "Ergonomic Quality: Using Biomechanics Technology To Create A Strategic Advantage In Product Design." *ASQC Quality Congress Proceedings*, Milwaukee, pp. 869－879.

Gryna, F. (1988). "Product Development." Section 13, *Juran's Quality Control Handbook*, 4th ed. McGraw-Hill, New York.

Hammer, W. (1980). *Product Safety Management and Engineering*. Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ.

Hersh, Jeff F., Backus, Marilyn C., Kinosz, Donald L., and Wasson, A. Robert (1993). "Understanding Customer Requirements for the Alcoa Technical Center,"

Proceedings of Symposium on Managing for Quality in Research and Development, Juran Institute, Wilton, CT.

Hildreth, S. (1993). "Rolling-Out BPQM in the Core R&D of Lederle-Praxis Biologicals, American Cyanamid." *Proceedings of Symposium on Managing for Quality in Research and Development*, Juran Institute, Wilton, CT, pp. 2A-9 – 2A-16.

Hiller, L. (1986). "Using Design Review to Improve Quality." *Proceedings, IMPRO Conference*, Juran Institute, Wilton, CT.

Himmelfarb, P. (1992). *Survival of the Fittest – New Product Development during the 90's*. Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ, p. 14.

Himmelfarb, P. (1996a). "Senior Managers'Role in New-Product Development." *Quality Progress*, October, pp. 31 –33.

Himmelfarb, P. (1996b). "Fast New-Product Development at Service Sector Companies." *Quality Progress*, April, pp. 41 –43.

Holmes, J., and McClaskey, D. (1994). "Doubling Research's Output Using TQM." *Proceedings of Symposium on Managing for Quality in Research and Development*, Juran Institute, Wilton, CT, pp. 4 –7.

Hooper, J. (1990). "Quality Improvement In Research and Development." *Proceedings of Symposium on Managing for Quality in Research and Development*, Juran Institute, Wilton, CT.

Hoyland, A., and Rausand, M. (1994). *System Reliability Theory: Models and Statistics Methods*, John Wiley & Sons, New York.

Hughes, J. (1992). "Concurrent Engineering: A Designer's Perspective." Report SG-7-3, Motorola University Press, Schaumburg, IL.

Hutton, D., and Boyer, S. (1991). "Lead-Time Reduction In Development—A Case Study." *ASQC Quality Congress Proceedings*, Milwaukee, pp. 14 –18.

Industrial Research Institute (1996). *Industrial Research and Development Facts*, Industrial Research Institute, Washington, DC, July, p. 7.

Iizuka, Y. (1987). "Principles of New Product Development Management." *Proceedings, International Congress on Quality Circles*, Tokyo, pp. 177 –182.

Ireson, G. (1996). "Reliability Information Collection And Analysis." *Handbook of Reliability Engineering and Management*, 2nd ed. Ireson, W., Coombs, C., and Moss, R., eds. McGraw-Hill, New York, chap. 10.

ISO 8402(1994), Quality Management and Quality Assurance—Vocabulary.

Jacobs, R. (1967). "Implementing Formal Design Review." *Industrial Quality Control*, February, pp. 398 –404.

Jensen, Ronald P., and Morgan, Martha N. (1990). "Quality in R&D—Fit or Folly." *Proceedings of Symposium on Managing for Quality in Research and Development*, Juran Institute, Wilton, CT.

Jensen, F., and Petersen, N. (1982). *Burn-in: An Engineering Approach to the Design and Analysis of Burn-in Procedures*. John Wiley & Sons, New York.

Juran, J. M. (1964). *Managerial Breakthrough*, 1st ed., (2nd ed., 1995). McGraw-Hill, New York.

Juran, J. M. (1992a). *Juran On Quality By Design*, Free Press, New York, p. 5.

Juran, J. M. (1992b). Closing speech at Impro Conference, Juran Institute, Wilton, CT.

Juran, J. M., and Gryna, F. (1993). *Quality Planning and Analysis*, 1st ed. McGraw-Hill, New York.

Kapur, K. (1996). "Techniques of Estimating Reliability At Design Stage." *Handbook of Reliability Engineering and Management*, 2nd ed. Ireson, W., Coombs, C., and Moss, R., eds. McGraw-Hill, New York, p. 24. 5.

Kohoutek, H. (1996a). "Reliability Specifications And Goal Setting." *Handbook of Reliability Engineering and Management*, 2nd ed. Ireson, W., Coombs, C., and Moss, R., eds. McGraw-Hill, New York, chap. 7.

Kohoutek, H. (1996b). "Human-Centered Design." *Handbook of Reliability Engineering and Management*, 2nd ed. Ireson, W., Coombs, C., and Moss, R., eds. McGraw-Hill, New York, chap. 9.

Konosz, D. L., and Ice, J. W. (1991). "Facilitation of Problem Solving Teams." *Proceedings of Symposium on Managing for Quality in Research and Development*, Juran Institute, Wilton, CT.

Kowalski, R. (1996). "Maintainability and Reliability." *Handbook of Reliability Engineering and Management*, 2nd ed. Ireson, W., Coombs, C., and Moss, R., eds. McGraw-Hill, New York, chap. 15.

Kozlowski, T. R. (1993), "Implementing a Total Quality Process into Research And Development: A Case Study," *Proceedings of Symposium on Managing for Quality in Research and Development*, Juran Institute, Wilton, CT.

Lander, L., Matheson, D., Ransley, D. (1994). "IRI's Quality Director's Network Takes R&D Decision Quality Benchmarking One Step Further." *Proceedings of Symposium on Managing for Quality in Research and Development*, Juran Institute, Wilton, CT, pp. 3-11 to 3-18.

Lazor, J. (1996). "Failure Mode and Effects Analysis (FMEA) and Fault Tree Analysis (FTA) (Success Tree Analysis—STA)." *Handbook of Reliability*

Engineering and Management, 2nd ed. Ireson, W., Coombs, C., and Moss, R., eds. McGraw-Hill, New York, chap. 6.

Lewis, E. (1996). *Introduction to Reliability Engineering*. John Wiley & Sons, New York.

Malec, H. (1996). "System Reliability." *Handbook of Reliability Engineering and Management*, 2nd ed. Ireson, W., Coombs, C., and Moss, R., eds. McGraw-Hill, New York, chap. 21.

Markoff, J. (1996). "Quicker Pace Means No Peace in Silicon Valley." *New York Times*, June 3, 1996.

Matheson D., Matheson, J., Menke, M. (1994). "SDG's Benchmarking Study of R&D Decision Making Quality Provides Blueprint for Doing the Right R&D." *Proceedings of Symposium on Managing for Quality In Research and Development*, Juran Institute, Wilton, CT, pp. 3-1 to 3-9.

Mayo, J. (1994). "Total Quality Management at AT&T Bell Laboratories." *Proceeding of Symposium on Managing For Quality in Research and Development*, Juran Institute, Wilton CT, pp. 1-1 to 1-9.

McClaskey, D. J. (1992), "Using the Baldrige Criteria to Improve Research," *Proceedings of Symposium on Managing for Quality in Research and Development*, Juran Institute, Wilton, CT.

Menger, E., L. (1993). "Evolving Quality Practices at Corning Incorporated." *Proceedings of Symposium on Managing for Quality in Research and Development*, Juran Institute, Wilton CT, pp. 1-9 to 1-20.

MIL-HDBK-217F(1991). *Reliability Prediction of Electronic Equipment*. United States military handbooks, specifications, and standards documents are available from the Defense Automated Printing Service, 700 Robbins Avenue, Building 4, Section D, Philadelphia, PA, 19111-5094.

MIL-HDBK-472(1984). *Maintainability Prediction of Electronic Equipment*.

MIL-HDBK-781 (1987). *Reliability Test Methods, Plans and Environments for Engineering Development, Qualification and Production*.

MIL-STD-721C(1981). *Definitions of Terms for Reliability and Maintainability*.

MIL-STD-785B (1988). *Reliability Program for Systems and Equipment Development and Production*.

MIL-STD-1629A (1984). *Procedures for Performing a Failure Mode, Effects, and Criticality Analysis*.

MIL-STD-2074(1978). *Failure Classification for Reliability Testing*.

MIL-STD-2165A(1993). *Testability Program for Systems and Equipments*.

Mistake-Proofing Workshop Participant's Manual (1995). Productivity, Inc., Portland, OR.

Nussbaum, B. (1997). "Annual Design Award Winners." *Business Week*, June 2.

O'Connor, P. (1995). *Practical Reliability Engineering*, 3rd ed. John Wiley & Sons, New York.

Oestmann, E. (1990). "Research On Cat Research Quality." *Proceedings of Symposium on Managing for Quality in Research and Development*, Juran Institute, Wilton, CT.

Perry, W.; and Westwood, M. (1991). "Results from Integrating a Quality Assurance System with Blount's Product Development Process." *Proceedings of Symposium on Managing for Quality in Research and Development*, Juran Institute, Wilton, CT.

Phadke, M. (1989). *Quality Engineering Using Robust Design*. Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ.

Port, O. (1996), "Green'Product Design." *Business Week*, June 10.

Rajasekera, J. (1990). "Outline of a quality plan for industrial research and development projects." *IEEE Transactions on Engineering Management*, vol. 37, no. 3, August, pp. 191–197.

Raven, J. (1996). "Merrill Lynch Insurance Group Services' Project Management Process." Handout distributed at Florida's Sterling Award Conference, May 29, 1996, Orlando.

Rees, R. (1992). "The Purpose of Failure." *Reliability Review*, vol. 12, March, pp. 6–7.

Reitman, V., and Simpson R. (1995). "Japanese Car Makers Speed Up Car Making." *The Wall Street Journal*, December 29.

Reliability Engineer's Toolkit: An Application Oriented Guide for the Practicing Reliability Engineer (1993). ADA278215. U. S. Department of Commerce, National Technical Information Service, Springfield, VA.

Roberts, G. (1990). "Managing Research Quality." *Proceedings of Symposium on Managing for Quality in Research and Development*, Juran Institute, Wilton, CT.

Rocca, C. J. (1991), "Rochester Excellence...Customer Satisfaction." *Proceedings of Symposium on Managing for Quality in Research and Development*, Juran Institute, Wilton, CT.

Roussel, P. A., Saad, N. K., and Erickson, T. J. (1991). *Third Generation R&D*, Harvard Business School Press, Boston, MA.

Rummler, G., and Brache, A. (1995). *Improving Performance—How to Manage the White Space on the Organization Chart*, 2nd ed. Jossey-Bass, San Francisco.

Schinner, C., 1996. "Accelerated Testing." *Handbook of Reliability Engineering and Management*, 2nd ed. Ireson, W., Coombs, C., and Moss, R., eds. McGraw-Hill, New York, chap. 12.

Sekine, K., and Arai, K. (1994). *Design Team Revolution*. Productivity Press, Portland, OR, p. 191.

Smith, Geoffrey (1991). "A Warm Feeling Inside." *Business Week: Bonus Issue*, October 25, p. 158.

Standinger, H. (1990). "Validating Marketing Specifications: A Foundation for the Design Process." *Proceedings of Symposium on Managing for Quality in Research and Development*, Juran Institute, Wilton, CT.

Swanson, L. (1995). "New Product Development: A Reengineered Process Design." *Proceedings, IMPRO Conference*, Juran Institute, Wilton, CT, pp. 3A. 3-1 – 3A. 3-12.

Taguchi, G. (1995). "Quality Engineering (Taguchi Methods) for the Development of Electronic Circuit Technology." *IEEE Transactions on Reliability*, vol. 44, pp. 225 –229.

Taylor, D. H., and Jule, W. E. (1991). "Implementing Total Quality At Savannah River Laboratory." *Proceedings of Symposium on Managing for Quality in Research and Development*, Juran Institute, Wilton, CT.

Thaler, J. (1996). "The Sikorsky Success Story." *Workplace Ergonomics*, March/ April.

Turmel, J., and Gartz, L. (1997). "Designing in Quality Improvement: A Systematic Approach to Designing for Six Sigma." *ASQC Annual Quality Congress Proceedings*, ASQC, Milwaukee, pp. 391 –398.

Van der Hoeven, B. J. (1993). "Managing for Quality in IBM Research." Unpublished paper provided by author.

Wasson, A. (1995), "Developing and Implementing Performance Measures for an R&D Organization Using Quality Processes," *Proceedings of Symposium on Managing for Quality in Research and Development*, Juran Institute, Wilton CT.

Wheelwringht, S., and Clark, K. (1992). *Revolutionizing Product Development*, Free Press, New York, pp. 151 –161.

Wood, L., and McCamey, D. (1993). "Implementing Total Quality in R&D." *Research Technology Management*, July-August, pp. 39 –41.

Yoest, D. T. (1991). "Comparison of Quality Improvement Team Training Methods

and Results in a Research and Development Organization." *Proceedings of Symposium on Managing for Quality in Research and Development*, Juran Institute, Wilton, CT.

Zeidler, P. (1993). "Using Quality Function Deployment to Design and Implement a Voice Response Unit at Florida Power and Light Company." *Proceedings of Symposium on Managing for Quality in Research and Development*, Juran Institute, Wilton, CT, pp. A-45－A-56.

（李朝霞　王明明 译）

第 20 章

软件开发[①]

劳伦斯·伯恩斯坦(Lawrence Bernstein)
C.M. 尤哈斯 (C.M. Yuhas)

引言
软件产品开发透视
一个永恒的目标
编写程序的人员
伦理问题
挑战
历史
设计过程
开发工具
数据管理
体系结构
将技术与过程联系起来
软件寿命周期
要求分析
初步设计和详细设计
设计的简化
编码
测试
安装
维护
软件寿命周期内可能出现的问题
不充分的相关领域知识
不现实的进度计划和预算
草率的要求分析
糟糕的用户界面
外供组件的短缺
难以管理的开发团队的规模
缺乏软件动力学的理论
标准
结论
参考文献

引言

软件开发如同美国西部扩张一般是一个独特的美国式传奇。它无章可循，只是被一种“征服”的态度所驱动。四处点缀着开拓新疆界的英雄形象。其产品总

① 在本手册第四版中有关软件开发的内容是由帕特里克·J·福琼 (Patrick J. Fortune) 编写的。

是使人惊叹和震惊，形成一种无可匹敌的神秘感。只是在不久之前，人们才闯入了这一领域，如同西部时期的孤独的枪手、打抱不平的游侠和浮华低效的快马驿车一般，不同的只是有一些文明的规则。这便是在过去的 30 多年里出现的这片天地，而这还只是开始。在早些年每一个孩子都爱看西部片，但现在的孩子们则流连在互联网中。原因很简单。创造和使用被称为“软件”的这种魔物是如此的迷人、棘手并令人亢奋。

但正如在西部小镇上的纷争与最高法院之间的距离一样，一个电脑黑客的个人程序与一个系统、一个为客户提供的经过必要的测试和证明的真正的软件产品之间也横亘着一条漫长的道路。这一正在行进中的领域便呈现为如是的景观。

软件产品开发透视

一个永恒的目标 或许与蛮荒西部的类比多了一些，我们还是想说弗雷德·布鲁克斯（Fred Brooks）是编程方面的马克·吐温。1975 年，他撰写了 *The Mythical Man-Month* 一书，该书在最近修订再版（Brooks，1995）。他是一个既清醒又敏锐的观察者，对于程序编写的光与影均有透彻的认识。他说道：“一个清晰优雅的程序产品，在其功用方面，在完成该功用的战略方面，在用来确定动作和参数的用户界面的战术方面，必须向每位用户都呈现出一个连贯一致的思维模式。产品在概念上的完整性，从用户的角度来看，是构成易用性的最重要的因素……只因所涉及人脑的数目的不同，而使得管理大型程序项目与管理小型程序项目有着本质上的不同。为了实现这种连贯一致，就必须有周密的甚至是超人的管理措施。”

生产一个程序所需的时间和努力取决于如此之多的因素，这使得软件系统开发的进度拖延和预算超支成为了一种长期而普遍的现象。大型的在线数据服务器的软件系统与个人程序相比需要多得多的工程量，但预估需要多出多少工程量的技术相对还不够成熟。所涉及的沟通、测试和生产方面的工作量至少会上升十多倍。即使是凑合能够工作，大型系统的开发也是昂贵、迟缓的，很难令人完全满意。

编写程序的人员 在有关未来的各种概念里，有些主张转了一圈又回到了对于被认为是怪僻难处的个人主义者的推崇上。“家庭手工业”情结一向是团队编程的毒药，但在原型开发时却要求有一个彼此观点相通的小团队。勃姆（Boehm，1988）提出的螺旋式软件开发模型（见图 20—1）就是以一个不断扩展的想法（idea）为核心开始的。

“大批量定制”这一概念使人一见倾心，由于从客户开发转为了现成组件与定制系统的集成，从而将导致成本的降低和质量的提高。互联网便是由小的部分

聚合而成的终极的大型系统。这使得人们又重新将注意力集中在了优秀的程序设计师上。正如陈（Chen，1995）在《从软件艺术到软件工程》一文中所指出的，这是一个有关软件项目经理的问题。质量理论主张生产率的低变异，但事实上，有若干的研究都发现了个人绩效所表现出的巨大差异。尤当（Yourdon，1979）在一项研究中发现，表现最好的人比最差的人在编写代码和调试程序方面要快28倍，从CPU和内存的利用的角度来看，最好的软件程序比最差的程序要有效10倍。程序设计师的实际表现与其从事编程的年限之间没有显著的相关性。

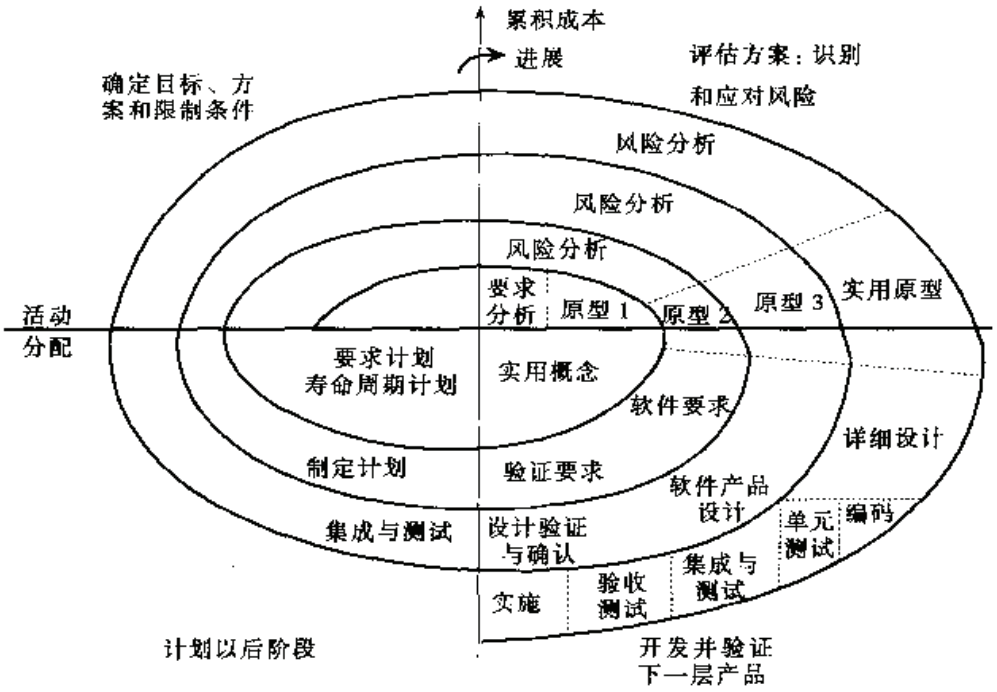


图 20—1　勃姆提出的螺旋式软件开发模型

资料来源：Boehm（1988）.

在所有的程序设计师中或许有百分之一的可以称得上是名家。他们具有如下的共同特征，即具有广泛的才能并至少在某一个领域有着深刻的实质性的创新；具有教导同事的能力；具有自下至上设计（bottom-up design）的技能；拥有对于一个系统的空间认识；活跃的智力；对一个系统反复提炼简化的能力，正如爱因斯坦所言“尽可能简单至不能更简单”。纵使最具有希望的开发大型系统的方法，其成功与否也依赖于能否获得这样的领袖人物。经理们必须学会运用高质量的工作、公司文化和使人有重要感的尊重去吸引和奖励这类人员。

伦理问题　回头重新强调个人和小团体的好处之一是，它掌握着改进软件开发所处的伦理环境的潜力。一个拥有数以百计的统一面孔的工作人员的大项目不属于任何人。一个由少数几个人构思的大项目则拥有一个所有者，一个最终能够作出抉择的人。这里有两个有关缺乏所有者的项目的例子，其结果相信会使纳税人心碎。

美国军方中止了某个系统的开发，这一系统本来是要到 2002 年取代3 700套旧系统的。在花掉了 1.58 亿美元和 3 年的努力后，新系统的进度远远落后于计划，预算也大为超出。挑选开发商的方法鼓励人们压低投标价格来获取合同，结果却误了进度又赔了金钱。军方因无法知道项目进展是否顺利而招致了失败。开发商则因并不比客户更了解问题的范围而栽了跟头。而无人最终负责则是双方的败招。若能够任命一个项目经理，将大项目细分为有人负责的小项目，并同时进行风险管理，是可以成为一种更为合理的做法的。

第二个例子的结果更糟，因为它威胁到了生命。能源部（DOE）对于每一盎司的钚、富集铀和其他可能产生危险的放射性物质在美国的生产、运输和买卖都留有记录。这些记录的重量总计有几百吨。因其跟踪系统过于陈旧，能源部签订了对之加以取代的合同。国会一年之后要求总审计局（GAO）检查该项目。总审计局报告说该系统的开发商对于问题本身、用户需要以及最终运行费用等未经充分的分析便开始了程序的编写。更糟的是，开发商甚至提供不出规格、测试结果以及项目状况的报告。总审计局建议取消这个项目，因为“软件开发的历史上堆满了相似情形下失败的软件。”尽管如此，能源部还是切换到了这一新系统，甚至没有要求该软件通过任何验收测试。显然，这三个机构都涉及了伦理问题，但伦理是由个人而非机构来贯彻的。

挑战　软件所面临的挑战是多方面的：

1. 在高风险、危及生命的系统中，必须清楚地阐明其伦理方面的责任。

2. 在软件职业人员中定义最低技能标准和强制对新技术的掌握这一问题仍未得到解决。

3. 所有系统的用户，包括那些其生活受系统影响但并不完全理解其后果（想一下超级市场的扫描仪或音像店租金）的人们在内，其个人隐私权问题除了对于密码系统的一些简单的测试之外几乎未能得到进一步的解决。

4. 另一个重要的挑战是系统集成问题。基于组件的开发与为提供开发应用程序所需的基础架构而构建平台所面对的技术性问题必须加以考虑。在评估设计和开发大型系统所需资源方面，项目经理需要了解都有些什么样的可以应用的工具。

5. 最后一个巨大的挑战是可靠性的问题，这一问题得不到解决，讨论别的问题就没有意义。如何对大型的集成系统进行充分的测试才能确保其可信？诸如软件再生（software rejuvenation）这样的计划也承认要找出所有的错误是不可能的。能够确保一个安全操作窗口的测试方法必须与分析人的因素结合起来，以确定当这些窗口被破坏后应当如何对处。例如，应用飞机的自动驾驶系统来补偿因机翼结冰造成的倾斜是没有好处的，因为它一旦不加警告地脱离，交回到驾驶员手中的将会是一架失控的无法恢复的飞机。在计算机技术成熟和可信得足以使人们能够只关注任务而不是手段之前，这些问题必须加以解决。

历史

设计过程 软件开发作为一个正式的过程开始于20世纪60年代北大西洋公约组织（NATO）的一次讨论会，这次会议为早期的大规模系统的开发方法奠定了基础。巴里·勃姆（Barry Boehm）的线性开发的瀑布模式（见图20—2）便诞生于这次会议。在波姆的模式中，这一过程如瀑布一般，从要求的定义阶段落入下一阶段的数据库设计，数据库设计再进而流入编码阶段，再后依次经过测试、安装、验证，最终滚落入实际运行阶段。所有的软件当时都是为某一特定的场所而定制的。当系统的应用跨越多个场所时，各现场的技术人员会剪裁出独特的配置。在20世纪60年代中期，身着蓝装的IBM人员可以说是无处不在，他们在各处调整操作系统以满足各开发群体的需要。此后10年出现的显而易见的要求是，软件必须在没有这种昂贵的“保姆”照料下能够同时运行在多个场所。针对特定场所的测试被加入到了测试软件包中，软件经过预先的测试，被安装到了多个场所。在20世纪70年代这10年中，软件制作从打孔卡片/批处理发展到了在线分时系统。

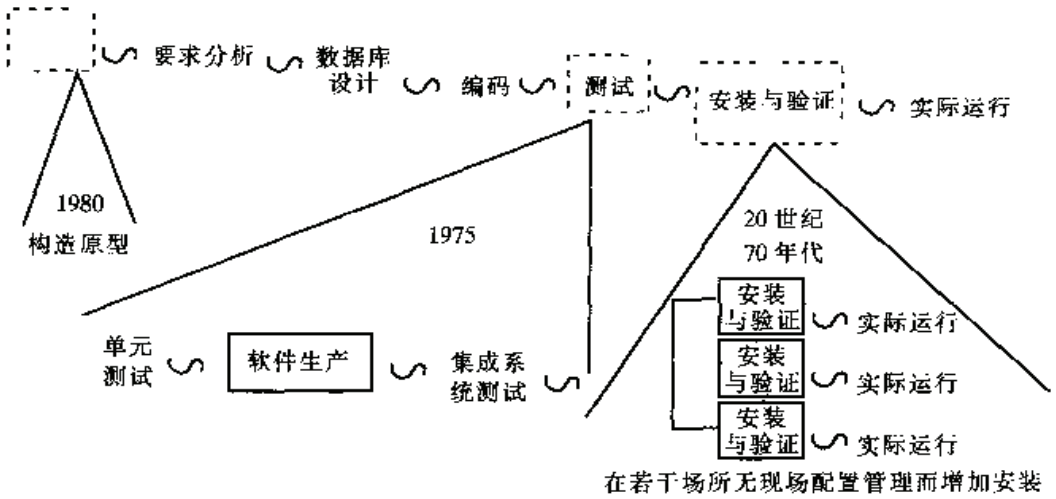


图20—2 软件开发周期的早期演化：在20世纪60年代的线性系统开发的瀑布模式上叠加上了1970年、1975年和1980年的想法

资料来源：Bernstein（1981）.

这是一个里程碑式的成就，系统开发人员能够在多个场所安装同一软件而无须现场配置管理。通用目的操作系统的开发是最主要的成果。起先，根据不同的应用来裁剪用户输入、输出和调度。现在操作系统提供了程序调度、内存管理、输入/输出管理和访问二级存储设备。通用化的操作系统，再加上诸如IBM的作业控制语言（Job Control Language）和UNIX的命令解释程序（Shell）这样的脚

本语言，使得装载和连接各种独立的应用程序成为可能。

到了 1975 年，比较高级的软件制作采用了渐进式开发与正式的配置管理的方式。一个程序的管理、控制和功能建造这些活动被称为是“软件制造”。它与开发环境的集成使得管理不同的配置成为可能。制造多种配置的想法源自全面软件配置管理（total software configuration management）的概念，其中包括了从开发者到系统集成测试者的现场发布和更新。这使得在软件产品全部开发活动的管理方面达到了一个新的可靠性水平。最终的验证和建造可以在开发现场进行，到了客户的场所只需进行现场接收测试。

这迅速创造出了一种新的需要。从现场建造的混乱中解脱了出来，不需再为了使系统能够工作而绞尽脑汁，顾客现在有精力关注他们实际得到了什么，他们说这不是他们真正想要的那个，但如果能稍微加一些东西的话或许……由此而诞生了前置的原型设计（见图 20—2）。制作软件在绝大多数情况下都是为了以新的方式做事，所以无论是用户还是开发者都不可能在一开始时就写出一个不可变更的要求，以图能够全面满足最终的每一个期望。然而，交付后的变更使得进度和费用的估计很不可靠。系统的发展要求软件也不得不进化。到 1980 年，产业界已经接受了这一认识，即不良的要求分析是导致大多数后期维护工作的根源。使客户参与原型使用的做法使得在要求分析方面的效能第一次得到了改善。巴里·勃姆等人（Barry Boehm et al.，1984）在南加州大学的实验显示，在瀑布式设计方法中导入一个正式的原型设计步骤，可以节省 40% 以上的费用和工作。勃姆在阐述其渐进式螺旋开发模式时，再次卓越地将许多开发者的经验碎片进行了概念化（见图 20—1）。原型构成了这一模式的基础。来自原型经验的反馈指示着定义阶段的方向，同时也知会了随后的每一个阶段。有时开发过程要返回若干个阶段以便在这一反馈的基础上来修正问题。这种方式在 20 世纪 90 年代的成功系统中广为运用，构成了今天的风险管理定义的基础。早期认为实施比设计更为重要的观念导致了管理人员更青睐由上至下的分解方式。20 世纪 90 年代的管理者们修正了他们的认识，现在崇尚的是一种由上至下的设计与自下至上的原型设计相结合的方式。

开发工具　与设计过程的演变相并行，在开发环境的支持性本质方面也发生了类似的演变。IBM 和 AT&T 的研究都表明，如果软件开发人员在一个在线系统中能够有亚秒的反应时间（subsecond response time），他们的生产率便能够提高 30%。建立在肯·汤普森（Ken Thompson）和丹尼斯·里奇（Dennis Ritchie）的 UNIX 操作系统（Ritchie，1984）之上的程序员工作台（The Programmer's Workbench），是 20 世纪 80 年代中期的一个重大突破，它提供了编辑、格式化和照相排版的工具。大量调试工具和高级语言的出现，使得每一比特代码的能量都有了巨大的扩张。其中的一些促成了软件系统体系结构的根本性变革，如毕加尼·斯图斯特拉普（Bjarne Stroustrup，1994）的 C++ 等。

数据管理　在 20 世纪 70 年代早期，问题领域知识和数据管理知识是与应用

软件的程序控制结合在一起的。这需要为每一个应用软件开发一个单独的文件管理系统和一个单独的数据参考系统——换句话说，是完全定制化的一次性软件。每一个应用程序都必须知道如何从二级存储器中访问数据，如何保持追踪其自身的索引，如何管理数据文件，包括建立自身的备份和恢复系统。20 世纪 70 年代末的数据库管理系统使这一方法发生了革命，将数据文件的管理与物理访问从应用程序中分离了出来。程序控制和解决问题的知识包含在应用程序当中，但数据管理和布局的细节则是通用的。这种方式解除了开发人员管理文件和磁盘空间的工作，使得若干个应用程序能够容易地分享某些文件。在改进软件开发效率方面，数据库管理与操作系统的通用起到了同样重要的作用。

数据库管理系统首先根据数据的层次（hierarchies）来模型化数据间的关系，因为分层容易做到。机票预订和薪水册十分符合这种方式，但在存货和工作管理等方面则存在许多方面的问题，这些领域的数据不能被分层模化。标准化机构提出了一种更为普遍的网络式模型。其间，IBM 的戴特（Date，1982）也在研究一种关系型的模型以使查询更为容易。他针对数据要素间的关系提出了一种更加通用的模型，得到了非常广泛的接受。到了 1985 年，关系型数据库已经十分普遍，导致了一个新的产业的诞生。诸如 Oracle、Ingress、Sybase 和 Informix 这些公司生产的软件产品便是基于戴特的理论。

与此同时进行的一个进展是专家系统的发展，它使得执行程序的规则从数据和程序控制结构中分离了出来。开始时只是应用独立的专家系统，到了 1995 年，这些技术已经全面集成到了主序列指令的开发当中。日本的软件业在诸如汽车发动机这类的硬件的控制系统中成功地运用了模糊逻辑技术。专家系统的潜能尚未得到充分的实现，因为它过于复杂而无法使知识库保持在最新状态，并且计算机的能力（在 1998 年所能达到的）也不足以执行复杂的知识规则。

到了 20 世纪 90 年代，人们开始理解了戴维·帕纳斯（David Parnas，1979）早在 20 年前就作为编程原理阐述过的信息隐藏（information hiding）的观点。他主张代码模块应当用明确定义的界面加以封装，模块的内部应当是编程者的私有财产，从外部是不可辨别的。他的观点是，如果屏蔽掉那些来自非自身模块内部的工作，程序员将是最有效的。他的信息隐藏理论实际上是面向对象的设计（object-oriented design）所主张的想法。这种方式将数据和在数据上运行的程序一道置于了称为“方法”（methods）的小程序中。这种方式面对变化具有顽健性（robust），因为对于简化的组件（component）设计进行的变化很容易传遍运用所谓“遗传”技术的整个系统。从面向对象的设计中得到的大部分好处来自这样一个事实，即为重复使用的目的而设计和测试了预制的模块和类（class）的库。

尽管数据更新中的重复使用和遗传的概念是面向对象的设计所具有的显而易见的好处，但迈克尔·杰克逊（Michael Jackson，1983）指出，避免模块之间的不希望的交互作用是使面向对象的设计发挥效能的关键部分。他的想法是标准化所

有的语法，保持单一的语义学，但要标准化到核心含义从系统性能角度而言是太昂贵了。就这一目的而言，支持杰克逊的概念的一个重要的进展便是提供模块间数据标准化的 UNIX 管道，虽然它只是针对文本格式的数据而言。UNIX 选择使用文本作为界面媒介。并发人员可以充分地利用模块库建造非常复杂的软件。在建造一个模块之前无须定义模块之间如何一起工作的详细规范。对于建造复杂系统的另一个贡献是“标签值”（tag-value）方法。当某个字段的描述与数据本身联系到一起时，不需要知道传输过界面的数据的秩序或顺序。标签值方法在有限的范围内实现了杰克逊的去耦（decoupling）想法。面向对象的设计是一个有关模块间界面的一般化的概念，各个模块将数据项目的含义携带在其方法当中。若将标签值嵌入其方法中并加以标准化，则任何数据结构（不仅是文本）都能够在模块间传输。媒介物是一个沟通的对象，一个特别为模块间实现沟通并保持模块的独立而创造的专门化的对象。

体系结构　在 1757 年，本杰明·富兰克林乘船从纽约前往伦敦，他有足够多的时间去思考一个常识性的航海知识，即一艘船在建成并经过试验之前，人们不可能知道它将会如何航行。我们的这位哲人断定，问题在于“一个人建造船体，另一个人给船装上索具，第三个人装船出航。他们当中没有谁知道全部其他人的想法和经验，因此不能够将全部知识组合起来推出结论”。富兰克林想到，对于这类问题来说，一套向着共同目标的联合进行和实施的精确实验，远比试错（trial and error）的方式更为有效。他本来会建立一个极好的体系结构的。在 20 世纪 90 年代这 10 年中，产业界的行动才刚刚开始基于这样一种理解，即在急于着手建立程序要求之前，先有一个结构更为重要。

克鲁奇滕（Kruchten，1995）运用了五个并存的视角描述了一个“4＋1”的软件体系结构模型，每一视角都对应着系统中的某一方面所关心的一套特定的问题。最终用户体现了第一个视角，亦即逻辑的视角，它创造出了面向对象的设计的对象模型。这一视角作为驱动力帮助系统集成人员和程序设计人员在体系结构设计时找出体系结构的要素。最终用户描述了必须提供的服务。系统集成人员体现了第二视角，亦即过程的视角，它考虑的是并发和同步方面。这一视角确认和阐明体系结构设计，它是原型测试的始点，并推动着系统工程师的工作。它所关心的是，从处理能力、反应时间和可用性的角度衡量，该软件在目标机上的运行情况。系统工程师体现的是第三个视角，亦即实体的视角，它将软件映射（map）到硬件上并考虑分布的情况。程序设计人员体现的是第四个视角，即执行的视角，这是软件在其开发环境中的静态构造。软件被构造成为可管理的模块，它是利用良好定义的界面来实现的。

这里的意图是，围绕这四个视角来构造一个对于体系结构决策的描述，然后用少数应用的事例来展示该系统的工作情况，这种事例称为场景（scenario），它便是那个“＋1”或第五视角。这些场景是围绕那些最重要、最常用的功能建立

的，表现出的是最为重大的技术风险。图 20—3 所示的是从所有这四个视角来运行这些场景的体验，它为编写要求奠定了基础。

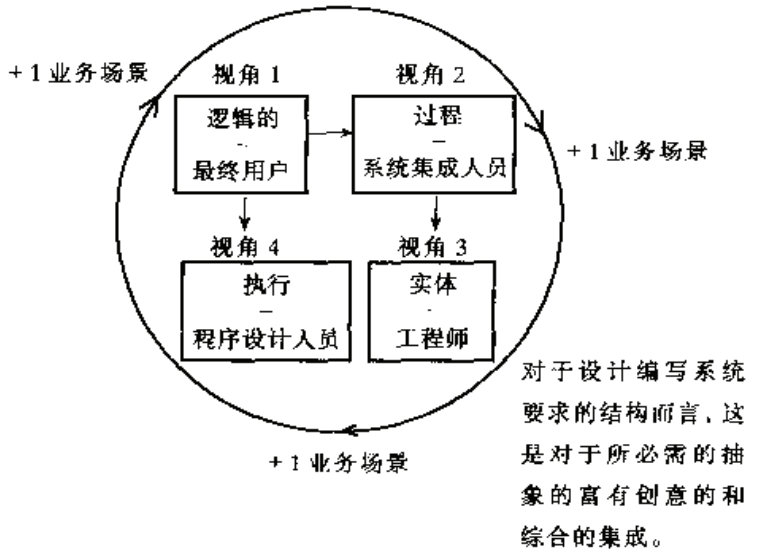


图 20—3 克鲁奇滕提出的建立软件体系结构的"4+1"模型

资料来源：Kruchten (1995).

将技术与过程联系起来 软件工程研究所（SEI），附属于卡内基－梅隆大学的一个国立实验室，以良好软件惯行（good software practices）的仲裁者而享有盛誉。人们普遍认为，技术只有在成熟的方法和惯行的框架内运用，才能够带来生产率、可靠性、速度和一致性。在其人员能力成熟度模型中，SEI 将涉及开发过程的组织成熟度划分为了以下几个层次(Software Engineering Institute,1995)：

第一层次——初始的：处于无政府状态。程序员视自身为创造性的艺术家，不受任何规则和一般规程的约束。即使有标准存在他们也视而不见。项目规划被视为建议。无人能够确定交工日期或系统的质量水平。SEI 估计，其评估过的组织中有 75%的组织处于这一层次上，何其不幸的结果。

第二层次——重复型的：开发过程稳定可控。项目的决策、成本、进度和变更都得到了严格的管理。组织热衷于"部落神话"。

第三层次——确定型的：开发过程实现了法规化、制度化，存在着过程的改进。通常有一个独立的软件工程过程小组。

第四层次——管理型的：对软件的评价指标不限于成本和进度。所考评的项目如特定开发阶段（设计、编码、测试）所花时间、定义要求所用时间、编码检查所用时间、每阶段发现的缺陷数等。瑕疵的识别和纠正活动得到了开展。

第五层次——优化型的。其特点是强调用第四层次收集的数据进行持续的过程改进。对适当过程的反馈是自动的。SEI 发现在其评估过的组织中只有两家处于这一层次，一是休斯敦的 Loral（原属 IBM）航天飞机小组，另一个是印度班加罗尔的摩托罗拉印度电子编程组。

这些评估开发过程的准则尚未得到广泛的接受。再往上是对所制作的平台或套装产品的精细化，像 Microsoft Office 这种真正过硬的软件产品，经得起考验的可靠性是这类产品的特征。

软件寿命周期

一个软件的一生要经历构思、诞生、生存和最终被替代诸个阶段。对于这一寿命周期有多种不同的描述。勃姆的螺旋式模型是最广为接受的一个，其他的任何对于这一寿命周期的描述也必须包括要求分析、初步设计、详细设计、编码、测试、安装、维护等环节。从工程的角度可以把系统分解为概念、功能和技术运行构件，以减少其复杂性并促进其效能和效率。对于许多系统在各个寿命周期阶段资源分配的分析揭示出了两个一致的事实：其一，几乎一半的开发资源（维护除外）用在了测试上；其二，在软件寿命周期内总资源的几乎 70% 用在了维护上。显然，只有当具备了一开始就能够产出高质量编码的方法和工具并严格控制随后的变更，成本的节约才有可能实现。如果在开发阶段修改 1 个错误或做 1 个变更要花费 1 个单位的话，那么在测试时发现并纠正 1 个错误则要花费 3 个单位。安装后在现场发生的每个错误或变更更要花费 30 个单位的代价。从项目的一开始质量工作就是最重要的事情，比生产率、财务、进度等更为重要，因为所有这些东西都是以质量为前提的。

软件开发的复杂性和高度的专业化意味着专业的系统人员会继续代表用户群体来生产各种各样的系统。大量的数据处理、过程控制以及其他的实时系统将会继续由专业人员来参与，即使这一产业正在不断向个人电脑的方向发展，情况也仍然如此。

要求分析　要求分析（requirement analysis）是要清楚地说明一个系统必须做些什么。这一环节的产品包括了一份清楚而又有意义的对于问题范围的陈述，一份关于该问题的现状与不足的描述，一份对于约束条件的陈述，及一份所需新特征的清单。罗伊斯（Royce，1975）描述了这项活动的困难性以及许多使顾客和要求分析人员产生误解的机会，而这些误解又被开发人员进一步搅和在了一起。他认为仅仅有书面要求还是不够的，这些要求需要根据开发者对于问题领域的知识、仿真或原型加以确认。德马科（DeMarco，1978）描述了编写要求的方法，其中还包括对于数据流程图和结构图的描述。

对系统的每个特征进行的成本—效益分析是顾客决策的有用工具。一个称为“质量机能展开”的过程颇有价值，但过于费力。使这一方法简化和自动化的努力有利于使之获得广泛的应用。惠普公司在以经营业务的盈亏平衡点作为系统开发的指标方面取得了很大的成功。

所需要的工程活动是多种多样的，这取决于问题环境的约束条件（见图20—4）。PC机仅需要厂商的软件和用户程序。工作站可以加一些可重用的软件，也许还有一些面向对象的设计。这一比例会随着服务器规模的增加而变化。代替了部门数据库的应用服务器受益于专业的软件工程。大型数据服务器要求的软件工程量也最多。服务器处理的企业数据越多，在软件工程上的投资也就越大。数据是最重要的企业财产，所以其可靠性、保护（protection）和保密性均是至关重要的。

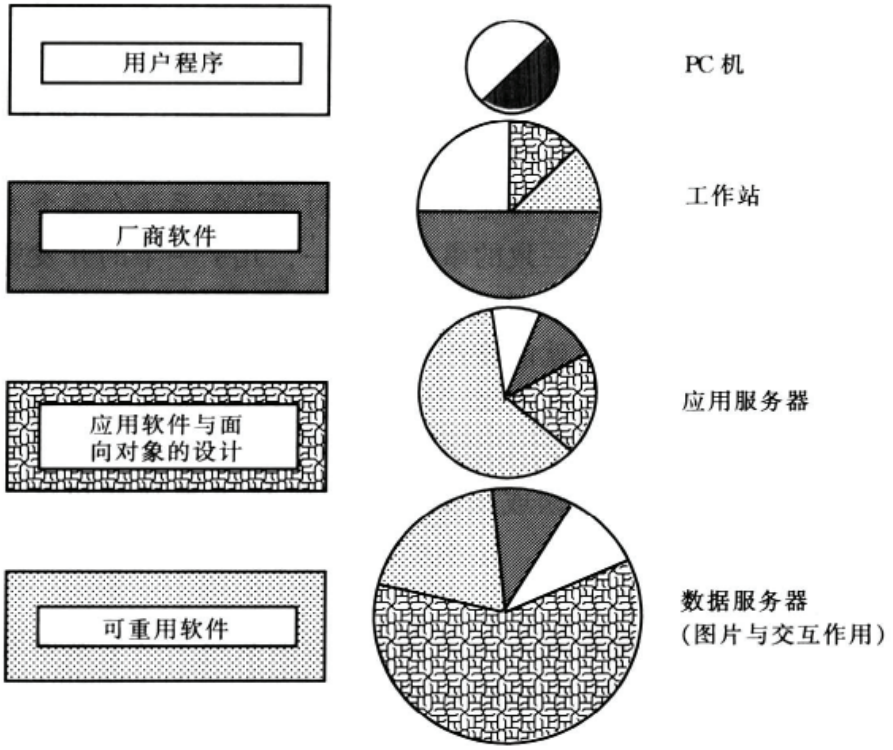


图 20—4　不同环境下所需的软件工程量的程度

说明：圆环的大小代表了所需的相对工程量，所需的努力程度依问题环境约束条件而变。

资料来源：Bernstein（1981）.

初步设计和详细设计　设计阶段直接始于要求。由要求所规定的功能将被赋予逻辑软件模块。这些模块要从用户的观点加以审视，如克鲁齐滕的4+1模型所描述的那样。在面向对象的设计中，系统的建构者此时要对对象类别加以合成。

模块的描述包括了对模块的输入和输出的处理过程的说明。在这些描述中常常会包括对可靠性和性能的特别考虑。这些信息转录到程序的注释中成为程序记录文件。诸如流程图和手册等其他形式的文件已被证明是令人厌烦而无用的东西。

系统的集成者现在可以开始编写详细的足以开发物理数据库和文档的程序规范，由此出发来为应用模块编写编码。这一阶段要从计算机的角度来确认和阐明系统的体系结构。这些模块将被综合在一起以便在目标机上运行系统。由文档描述、数据要素布局和安全性要求组成的数据字典可以作为建造数据库和文档的技

术规范。

设计评审　设计评审穿插于所有上述的阶段中。设计组可以进行自己的评价，也可以由客户、雇员、问题领域专家、软件构造者或正式的质量评审员组成外来评审组进行评审。在设计评审中，应用各种场景来考验系统以得出对预期和非预期扰动的响应，还有对系统的计划性能数据和可靠性指标加以审视。设计评审是静态（不在机器上运行）测试的最重要的部分。正规化的静态测试将有助于使设计错误降低到最小程度。

设计的简化　有人问米开朗琪罗他是怎么创作他的雕塑的，他说他在石头上锯出轮廓，然后只是把所有多余的东西去掉而已。在系统寿命周期中的一个成功的设计阶段也应如此，即去掉多余功能、简化算法并重用公共库中的模块。在开发复杂系统方面的一位先驱者维克·魏索托基（Vic Vyssotlky）曾说过："使之动起来，然后使之干得更好。"通过仿真、原型设计及费/效分析已经能够去掉许多不必要的东西。然而，软件项目经理总会面对这样的现实，即在得到系统之前，客户感兴趣的是价格、功能和进度，但在交货之后他们关注的却是处理能力、响应时间和可用性。40% 的配置之后的变更是因为要求的变更而作出的。巴克尔（Buckle，1980）在其经典著作《管理软件项目》一书中，将项目经理的职责定义为：通过推动人们在进度、资源、功能和性能之间作出不可回避的权衡，来及早满足价格、功能、进度、处理能力、响应时间及可用性这六个方面的要求。

编码　通过编码将详细的设计规范转化为计算机可以执行的形式。这一阶段包括了源语言和命令解释程序的脚本（shell script）的开发，进行代码的编译，引入连接规则以将所有模块连接成一个单个的可装入模块。最终代码得以执行。

此时，设计处于正规化的变更控制之下。只有纠错的变更是允许的。设计评审的重要性显而易见，因为现在才发现的错误其代价已经是静态设计评审时所发现差错的代价的两倍了。

牢记着减少测试阶段发现的差错数量和减少维护工作量这两个目标，开发组可以从以下三个方面来简化编码：（1）认真仔细地完成寿命周期的前面阶段工作。（2）优化理顺程序的内部结构，将控制活动从头到尾均衡配置起来。（3）选用尽可能高级的编程语言。

结构化编程把从上到下的流控制与明确定义的数据类型和由循环和条件语句构成的一组控制原语结合在了一起。限制入口和出口点创造了简单的控制流，就如同将程序的子函数从头到尾区分为程序块一样。分支回较前的语句是不鼓励的。每一约束都减少了复杂性，改善了清晰度，维护也变得更为容易。有些观点将结构化编程几乎视同为没有 GO—TO 语句（如 Knuth，1974；Dahl，1972）。迪杰克斯特拉（Dijkstra，1979）的解释则更有普遍性。他说结构化方法也就是逐层抽象的思考，这样使得在任何一点上，只需考虑与该层次有关的特征。不允许不相关问题影响软件开发的速度和质量。

开发者能够影响编程质量的最后一个方面是在语言的选择上。某一特定项目可选用的语言取决于所选硬件能否支持以及问题本身的参数。语言的特性在一定程度上决定了数据和逻辑结构。例如，面向对象的设计在诸如C++、Smalltalk、Eiffel等这些能够使之明确表达的语言出现之前是不可能存在的。使用最接近英语的高级语言的明智性从20世纪60年代一直争论到今天。尼古拉斯·沃斯（Nicholas Wirth，1998）在那篇关于PL/360的里程碑式的文章中指出，中级语言能够提供简洁的语法但仍使得程序员能够触及机器的体系结构。或许会有异议，但一般来说高级语言既能保护又能防止程序员对于机器的访问。

语言的选择是一个权衡的问题。当处理能力和响应时间的要求不超过目标机的能力时，高级语言能够发挥很好的效能。当项目遇到性能方面的问题时，程序员往往会通过降格于汇编语言或机器的目标码而诉诸利用机器的能力。这种不良做法应当加以避免，因为它在系统的源代码中引入了断点，而且在为几个场所生产多版本软件的过程中造成了难以控制的复杂性。开发系统中必须含有用于建造和测试系统的所有工具。这些工具必须一起工作，而且在升级时应容易变更。因此，预期将使目标机发挥到70%或更多的那些项目应使用中级语言。C语言及其支系C++是最常用的中级语言。常用的高级语言有FORTRAN、COBOL、Ada和Java。

测试 测试所耗费的资源在整个开发阶段是最多的。在当前的时点上，较早阶段的静态测试将为动态测试所取代。动态测试分为四个部分，即单元测试、串测试、系统测试和强度测试。

单元测试 每个模块都要单独地用通过检查它的源代码而选取的数据进行测试。程序内部的细节是至关重要的，所以单元测试（或叫“白箱”测试）最好由编写代码的程序员进行。所选数据应确保程序的每个分支都被运行到。要通过使用规定数据范围以外的数据来形成额外的应力，远远超出范围的数据至少要有一点，在边界上或接近边界的区域也至少要有一点。模块应按照规定的方式运行。用该模块的源代码将测试用数据和测试结果写成文件是一种好的做法。

当程序很复杂时，可能会有过多的分支因而难以全部测试。这时，在选择实验数据时，就要检讨系统预期应用的场景并考虑潜在的失效模式。另外，测试范围必须包括规定数据范围内、范围外以及边界上的数据。采购来的组件也适宜于采用单元测试，其源代码的结构和组成都应加以检查。

串测试 在串（string）测试中，几个模块同时运行。因为在一个逻辑序列中会要求某些尚在开发的模块的存在，这时可使用称为占位程序（stubs）的哑程序（dummy programs）来对接受试验的串加以调用或接收和检查其结果。当项目库中有了这些缺失的模块时，就可以替换掉占位程序来继续进行串测试。

系统测试 在系统测试中，硬件和软件被综合在一起接受测试，判断能否满足要求。系统测试所用的测试实例（test cases）是与程序设计平行开发的，所用数据来源于系统要求和根据预期用途的场景。因为系统测试是一个“黑箱”过

程，它不检查代码，所以最好由独立的小组来实施。文档资料是与硬件和软件一起提供的，也要在系统测试时加以评审。

强度测试　在强度测试中，要分别施以大于预期最大值的负荷、完全无负荷以及非常短时的一定负荷对软件进行测试。还要在比规定运行时间更长的时间内做运行测试。当数组（array）或文件耗光所分配的空间、磁带和磁盘的物理容量或超出缓冲区时系统将会失败。短期缓冲容量可能会被超出或者临时数组也许会溢出。这类故障会对实时数据获取、控制系统或必须定时回转的批系统（batch system）造成问题。特定的可靠性测试是依据预期的运行场景（operational scenarios）来进行的。

迪杰克斯特拉的评论表达了系统测试人员的挫败感，即“测试测出的是差错（bug）的存在，而非它们的不在”。表明有“bug”时系统测试将受挫，否则不会出现这种情况。一个有限状态的机器所需的测试数取决于其状态数。测试路径（test trajectory）的长度取决于系统的内存。但在某一点上，进一步的测试便不再实际。正因为如此，有必要开发一种软件动力学的理论，稍后将对此作更充分的讨论。

安装　将某个系统装到某个场所，然后又在此处或别处安装后续版本，这有可能会在组织中造成巨大的混乱。软件生产是一个系统的过程，包括建造系统、编制用户手册和其他应提交的文档，准确地鉴别系统的配置，控制变更并将软件打包以便提交（见图 20—5）。

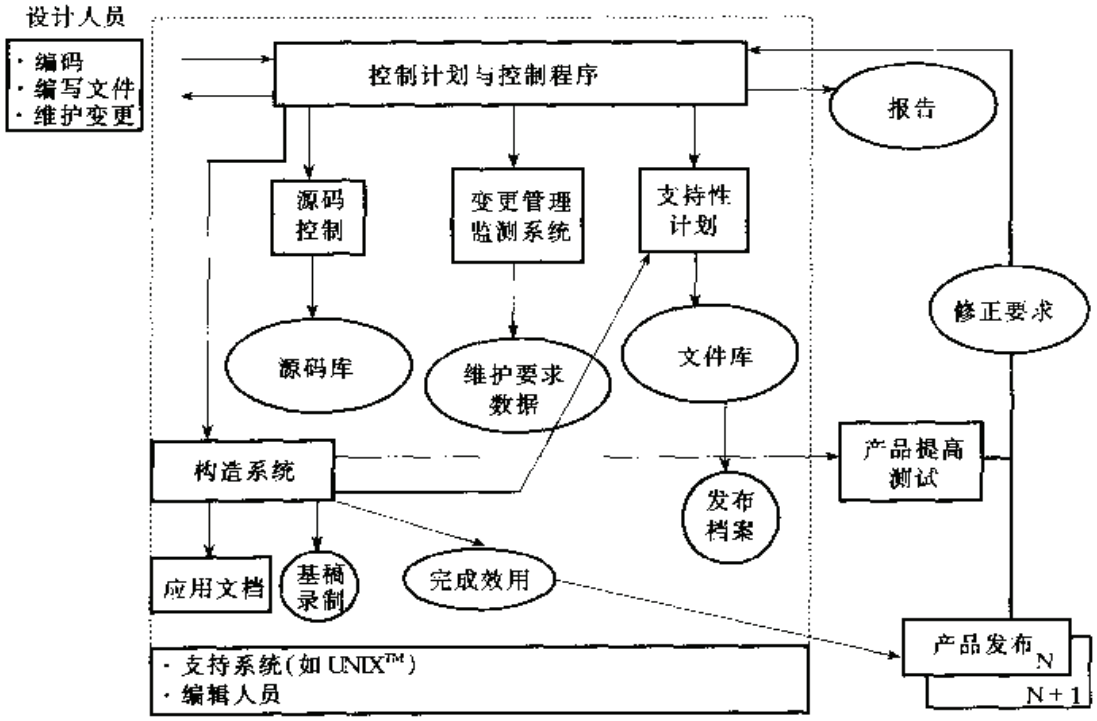


图 20—5　软件生产的过程

资料来源：Bernstein and Yuhas（1989）.

生产过程始于开发者提交一个完成的功能设计（completed functional unit）这一刻。一个生产单位（group）将成为整个软件的一个单独的集合点，并控制着各种环境的源代码。一个生产单位可能会控制几个项目。

无论开发机与目标机是否使用相同的物理硬件，开发工作所使用的操作系统通常与运行该软件产品使用的操作系统不同。开发机应按最大的开发生产率和软件制作进行优化。目标机应按运行产品进行优化。

为了确定某个项目是否值得有一个认真的软件生产单位，应当考虑以下几方面的问题：

- 该项目或项目组是否大到足以要求一位专职的第二层次的项目经理，也就是说是否有 25 个设计人员和编程人员？
- 未来对该软件的升级是否在已有的工作基础上进行？
- 该产品是否要提交到远离开发所在地的一个或多个场所，但维护要从开发所在地进行？
- 是否由客户的雇员来承担运行和维护系统的主要责任？

维护 系统的维护包括在产品移交给客户后为确保系统持续正常发挥功能所需的全部活动。维护活动消耗掉了赋予某一工作系统的全部努力的 70% 之多。为了减少这类费用，开发阶段的质量控制的重要性再怎么强调都不为过。

要满足新的要求和改错都会要求对系统加以修改，当出现这两方面的需要时，在软件开发的第一阶段所应用的过程就必须重复进行。当系统老化时，其结构开始劣化。这时 20% 以上的维护人员都要投入到对于基本体系结构的改造中，以减少内存和 I/O 的使用，加速程序的运行。

软件寿命周期内可能出现的问题

项目寿命周期的某些阶段出现了问题都会有哪些迹象和征兆？有许多的项目跟跄而行，病状显见但却未加诊断，因为管理层害怕面对已不可救药的局面的可能性。事实上，许多问题都有其治疗的工具、方法和技术。还有一些领域也已具备了成熟的条件，能够研究开发有助于预防问题发生的规程。

有些迹象可以反映出项目的问题。没有一位对工作的成功全面负责的项目经理，几乎肯定会导致最终产品不具备概念上的完整性，而布鲁克斯（Brooks，1995）认为这对于用户的满意起着至关重要的作用。管理人员之间对于事实的看法没有共识，与客户也达不成共识，特别是在交货日期方面，这都反映了存在着严重的沟通上的问题。人们老是在为救火而疲于奔命，或甚至更糟地因受挫而离去，这表明优秀的人员未能得到良好的使用。当投入（commitment）成为问题时

（如几乎没为项目做什么事情，做了的事情也未同项目成员沟通，在系统特性尚未明确之前就仓促决定，或在尚不具备开发力量的情况下就承诺），这都意味着管理当局对于该项目并未真正重视。当细节问题的管理松松垮垮时，意味着控制工作做得不好。例如，软件应测试完再交货，模块应有主管，关键问题要有跟踪，但这些都未做到。设计方面的问题会以不同的方式表现出来：程序的打印件没什么用途，因为有过多或过少的评论；盲目地强调应用标准但却不理解其用途；软件寿命周期的后期还在发现差错；软件设计方案似乎有太多的选择，设计与编程之间没有显著的关联。

由外部人员实施的项目审核可以辨别出这些警告信号并鼓励项目组设法治疗。审核取代不了合格的管理，而只是有助于明确项目的现状。审核的目的是发现和明确组织方面的问题，并促动组织提出自己的治疗方案。审核能够以一种不具威胁的方式，鼓励从多个角度来确切地认识项目并达成共识。在软件系统的开发中，有许多风险会使项目陷入困境，以下所讨论的是其中最主要的一些风险。

不充分的相关领域知识　没有足够的高素质的人才，特别是缺乏那些具有相关领域知识的人才，这是最严重的风险。将质量管理能力或软件技术注入到组织中的方法包括即时的培训，项目启动时委派技术专家到开发小组待几个月加以协助带动，雇请有经验的咨询人员，建造原型。

对那些曾发挥过显著影响的工具、过程和技术的回顾表明，过去所取得的每项进展都使得程序员扩展了其所写的每行代码的功效，这里的功效是以执行的机器指令数来衡量的。其相应的生产率用扩展因数（expansion factor）来描述，这是一个比率，表示所写的每行代码扩展出的实际机器指令数。扩展因数越高，程序员为完成某一工作所必须编写的代码就越少（见表 20—1）。

每一进展最终都必须为一般的程序员所掌握，组织必须进行资本投资以免落后。面向对象的设计所导致的生产率的三倍增长是最近的一个大进展。虽然最初只是那些最优秀的人们的领地，但到了 1995 年，Java 使得这一方法的应用突破了开始时只限于各领域中 1% 的高手的局面。模块的大规模重用将会成为下一次飞跃，但这要等到其不良交互作用和软件行为不一致的问题有所突破之后。

不现实的进度计划和预算　软件商们为了赢得合同而费尽心机，这在供需双方之间造成了一种紧张。双方都没有充分的数据基础来估计预算和进度。项目经理必须采取周密的办法来克服这方面的欠缺。

从项目开始时的功能原型设计和性能建模，到进行中跟踪问题的设计评审和每周项目会议，再到采取措施的清单，这些对于顾客和设计者来说，都是实实在在的控制手段。比较有效的衡量指标有系统的现场可用性、用处理能力和反应时间来衡量的性能、故障报告、修理次数、顾客使用系统的反映、每项特性的成本、面市时间等。

表 20—1　　软件技术的每次重大突破所对应的扩展因数

事件：效力	采用时间	扩展因数
宏汇编程序：机器指令：3:1	1965	3
FORTRAN/COBOL：宏汇编程序：5:1	1970	15
数据库管理：文件管理：2:1	1975	30
衰减测试：大冲击测试：1.25:1	1978	37.5
在线开发：批开发：1.25:1	1980	47
原型设计：自上至下设计：1.6:1	1985	75
自动成组测获（AGL）：联机报告：1.08:1	1988	81
亚秒时间共享：在线开发：1.4:1	1990	113
UNIX 库重用：无重用：1.35:1	1992	142
面向对象设计：程序化编程：3:1	1995	475
投影法		
大规模重用：小规模重用：1.5:1		638

资料来源：L. Bernstein.

草率的要求分析　一旦开始时开发出了错误的功能，将其实现为特性的冲动便难以抑制。开发成本压缩得再多，再乘一个系数 5 也难抵花在分析问题难点上的费用。与基本的报告生成软件相比较，在线软件的制作难度是其 5 倍，而通讯或实时软件的难度则会高达 10 倍。问题难点的研究始于要求分析中对功能点数量的计算。功能点的数量从用户的角度来看是对软件功能的一个合乎逻辑的测量指标。目前尚未计算功能点数量的标准方法，这一领域是属于已有条件建立规程的领域之一。新加坡的国家计算机管理委员会（National Computer Board）已经制定了一种快速计数的方法，能在 3～4 天内为一个由1 000到2 000个功能点组成的系统得出可接受的估计值。功能点的力量在于其对外部观点的强调。它们展示出了软件的基本价值是什么以及它是如何工作的。它们能够在开发阶段的早期获得，从而构成了一个估计项目所需努力和成本的基础。

迅速地建立原型和进行设计分析能够简化设计并发现含有多余功能的模块，从而能够减少新软件必须考虑的功能点的数目。对于要求分析的仔细而彻底的审视有利于缩短最终的开发周期并降低系统的成本。

糟糕的用户界面　软件设计人员对于项目中应当包括专攻人的绩效方面的工程人员这一点很难接受。忽视人的因素（这种趋势常常从一开始就主导着他们的编程行为）导致了所开发的系统充满哑谜，难以理解。顾客所要求的系统是一个能够为他们解决问题的工具，而不是为了发掘其中的秘密和特质。人的因素这一问题存在于开发过程中的所有阶段。只有当系统设计人员和人的因素方面的专家之间的合作能够贯穿于一个设计项目的始终时，才能产生最好的结果。人的因素方面的专家将使如下的因素体现在过程当中：

- 将问题一般化的研究基础和理论。
- 预测人为行为和描述任务的模型。
- 体现对特定设计参数的共识的标准。

- 指导设计过程的原则。
- 明确用户及其任务以及他们使用系统的方式的方法。
- 创建并测试系统设计方案的方法。
- 设计用户界面和评估设计方案的工具。

人的因素方面的专家可以建造通向客户的桥梁。与客户间享有团队关系的项目所具有的生产率两倍于只是合同关系的项目。生产率与其产品质量直接相关，因为对系统原型的频繁演示使得客户和开发者保持在同一轨道上，有助于在不可挽回之前提前预防误解。设一个专人全职负责与最终用户的联络，其花费与其益处相比是微不足道的。这个人能够将问题领域的方方面面传达给设计团队，同时也是客户了解设计细节的一个信息管道。

外供组件的短缺　与通用组件打交道的不愉快经历会激起人们完全自己动手的欲望，现实有时确实会如此。但每次都从草稿开始来制作标准构件是一种很大的浪费。可是，无论是买现成的还是自己动手，都要付出一定的管理精力以确保其符合要求。为了确保这些组件能够在目标系统的环境中发挥预期的功能，必须有严格的设计评审。要使供应商能够对问题作出快速的反应，就必须重视供应商管理。一些项目的失败可归因于“馋嘴小孩”综合征。他们走到了另一个极端，远不止凡事另起炉灶。他们的毛病在于过快地引入新的技术，远在这些新技术还不完善、不稳定或会耗尽计算机系统资源时，他们就匆忙行事。

有关重用这一问题在缺乏实用的软件动力学理论的情况下很难说得清楚。即使只是增加了一点新代码，经验丰富的软件经理也会通过详尽的衰减测试和功能测试来对系统的运行进行重新的测试和验证。一个程序员若不是亲自设计了该重用模块会发现很难排除其出现的问题。这经常会导致重做而非重用该软件。国家太空总署（NASA）和 AT&T 贝尔实验室的数据表明，模块直到第三次使用且基本未作变更的情况下，重用才会有利可图。与重新制作相比较，未加变更地重用一个模块的成本是 5%，最轻微的变更也会使成本飙升至 60%，如图 20—6 所示。

当充分的模块隔离成为普遍的做法，当人们对软件动力学有了更深刻的理解时，重用将会成为下一个充满潜力的技术飞跃。在此之前，以下的风险尽管是可管理的，但将依然存在：

- 惟有当处理能力和反应时间不是高于一切的要求时重用才会成功。
- 目前只有 C 语言且具有的是效用功能的软件模块才是有用的储存。
- 重用的模块库要转换到新的技术是很困难的。

难以管理的开发团队的规模　小又重新成了时尚。小团队在生产率方面具有优势，因为其实施质量控制要容易得多。开发人员不超过 50 人的团队是最有效率的，超过了这一规模随之而来的沟通问题将会抵消掉多余人手带来的任何好处。当问题的规模要求必须有更多的人员时，最好将系统分解为较小的子系统，

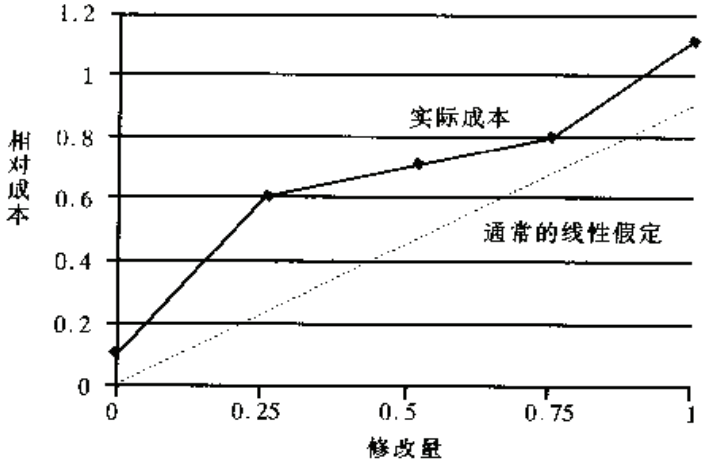


图 20—6 修改过的模块的重用成本——NASA 的 2 954 个模块的数据

资料来源：Adapted from Selby (1988).

并在模块之间建立起明确定义的界面。帕特南（Putnam，1992）提出的数据表明，如果显著减少开发人员的数量，开发时间会有所延长，但项目所需的按“人—月”来衡量的开发努力会大大减少。更重要的是，差错率也变得更低，这等于是可靠性有了显著的改善。对于客户来说，最终的可靠性才是最重要的。

在 20 世纪 90 年代，产业界纷纷尝试围绕产品团队来进行组织的方式，通过自负盈亏来调动团队的积极性。企业将产品细分为足够小的单元以便由 50 人规模的团队来承担，开发、支持和销售都一并包括在内。产品再进而组成产品线并交由一个单独的管理群体分管。这种做法对于一个单独的产品线而言颇为有效。每一产品线都各有其单独的财务核算，但是，这对于跨产品线的技术或过程的转移起不到促进作用。这种做法谈不上重用，也没有整个公司的效率。由于营销人员实质上是在公司的内部相互竞争，也造成了不少冗余特性的开发。这些问题成为了产业界的普遍问题。它们导致了日本软件厂商的衰落。对这一想法从人的因素的角度进行分析可以揭示出其缺陷所在。

缺乏软件动力学的理论 重用的日益增长的作用促进了对于软件动力学的研究。零部件的互换性促进了工业革命的进程，这是通过采用建立在坚实的分析方法基础之上的配合标准和设计约束而得以实现的。同样，直到反馈控制理论诞生之前，电子系统不得不采用手工调整的方式以预防其间断性的失效。今天的许多软件也备受这种超敏性的折磨。程序中的不同部分间存在的微小的矛盾导致了偶发性故障的发生，即使是最严格的调试也难以将之消除。有了软件动力学的理论才能够确保软件的可测、结实和可靠。巴托（Batory，1993）认为依靠当前的方法是不可能的，尤其是在大量的具有丰富特性的软件组件正在被源源不断地开发出来的情况下就更是如此。故障可能会表现为瞬时性的，软件在同一输入数据下运行也未必会再次发生。软件每一次运行的内部状态都可能是不同的。这种现象

可归因为信息、信号和干扰的时机和交错，每次运行所共享的变量都会发生变化。残留的缺陷会被偶然地触发，从而导致称为“海森差错”（Heisen bugs）的瞬时性故障的发生。

在问题发生后可以采取反应性的方法来加以恢复，但有一种称为“软件再生”（software rejuvenation）的先手方法可以预防故障的发生。它是通过温和地定时将过程中止的方式来实现的。通过重新的设置和启动，它使得能够以一套完全预期的状态来重新开始。软件动力学的这一重要方面驱使状态成为周期性的。若没有软件再生，过程就是非线性和非稳定的，现实上就不可能加以分析。按照软件动力学的做法，一年的系统运行将为 365 次的一天运行所取代。通过避免未经测试的域的出现，使得故障能够得以克服。通过开发分析性的基本的设计约束条件来实现软件在其运行域中行为的周期性和稳定性，这是软件动力学所面临的一个重大挑战。

标准

那些管理公私网络的人们每刻都处在挑战之中，他们必须使网络维持在其雇主、顾客、供应商和政府设定的参数范围内运行。标准是防止上述的各个集团的不适当压力的一种方式。例如，作为对 IBM 的专有系统的直接反应，“开放系统”成为了 20 世纪 90 年代的口号。标准也规定了供应商应遵循的方式，以对不同类型的网络加以管理。对于这个问题的一个国际性的标准解决方案是建立在表 20—2 所示的“开放系统互联（OSI）参考模型”的基础之上的。

当将之应用于两台计算机之间时，OSI 协议栈使得数据在层与层之间能够分离开来，这一协议栈被包含在两台计算机中，它是层的物理体现。协议栈然后将应用层与物理层分离开来。这成为建造分布式软件系统平台方法的技术基础。这一模型让传输数据的计算机与其协议栈将数据分离出来，将应用层与物理层分离开来，而接收传输数据的计算机则沿协议栈向上从物理层到应用层重建数据。这将机器间的通讯细节与应用程序的预期功能分离开来。大多数的客户/服务器应用程序在第 3 层使用网际协议（IP），在第 4 层的传输层使用传输控制协议（TCP）。界面采用“TCP/IP”的应用程序与第 3 层和第 4 层保持一致。这种方式的威力在于在各个网络应用程序没有觉察的情况下网络中可以同时使用不同的传输介质。参见文顿·塞弗（Vinton Cerf）在补充报道中对于互联网的生动说明。客户/服务器体系结构在美国成了主流，而欧洲则主要接受了 ISO 的方案（ISO/IEC，1991）。

表 20—2　　开放系统互联模型——分布式软件系统平台的基础

层	层标题	功能
7	应用层	用户界面和网络
6	表示层	消除数据格式差异
5	话路层	逻辑连接和会话连接
4	传输层	数据流和传输误差
3	网路层	打包和路由
2	数据链路层	共享传送介质和低级错误处理
1	物理层	传送和通道

资料来源：L.Bernstein.

互联网

（互联网的发明者文顿·塞弗对于其工作原理的阐述）

互联网是一个巨大的全球互联的计算机网络（1996 年初约有 10 万个）的集合。约有1 000万台计算机“连在”互联网上。这些计算机有时被称为“主机”，因为历史上大多数应用程序都是装在大型的中心计算机上，由其提供各种服务。今天，“主机”可以是客户机，也可以是服务器，或者有时二者皆是。网络之间通过称为“路由器”的特殊计算机来相互连接，其作用是将交通流量从一个源“主机”经由介于其间的一定数量的网络传送到目的地“主机”。

互联网上用于促进计算机间通讯的规程被统称为“协议”。这些协议是决定信息在源计算机与目的地计算机之间的网络上如何组织和传送的协定、格式和规程。

在互联网上所用协议中有两个关键协议分别称为“TCP”和“IP”。网际协议，或称“IP”，是最基本的，其他的互联网协议都基于其上。传输控制协议（TCP）是 IP 之上的一个“层”，提供网际协议所没有的服务。这两者通常合称为“TCP/IP”。

互联网上的“交通量”是由数据“包”构成的。每个包只有有限的但不固定的长度（内容），还有一个“寄出”地址和一个“寄至”地址。把这些包看做是具有明信片的所有特征的“电子明信片”会有助于对其的认识。

当你将一张明信片投入邮筒，你会预期明信片被投递并最终抵达目的地。你不知道它是通过何种方式被投递，可能是船、飞机、汽车或火车，也可能四种方式并用。你不能肯定它是否会被投递，或者若被投递，将会花多长时间抵达。如果你向同一地址寄出多封明信片，它们的到达次序或许会同你寄出的次序不同。

网际协议包正如明信片一般，但要快数十亿倍（假定明信片花一两天的话）。你向互联网中发送一个包，但并没有一定能够送达的保证。如果你发出若干个包，它们的递送顺序可能会被打乱，甚至偶然可能会被复制（明

信片的邮递可不大容易出现的情况)。网际协议提供的是所谓的“最大努力”的通讯服务。

通常当人们了解到互联网并不能保证送达时都会感到惊讶。但下一个协议层包含了 TCP 协议，它会补偿网际协议层可能有的不足。理解 TCP 协议作用的最好办法是设想你要寄给朋友一本小说，但只能用一系列的明信片来寄。

首先，你要将书页剪下以使它适合贴在明信片上。然后注意是否每张明信片都有编号，由于通常明信片不是顺序到达的，你要将每张明信片编号以使你的朋友能够按顺序还原以便阅读。其次，你知道明信片可能会丢失，你最好每张都有副本，以防不得不寄送副本以弥补丢失。

你怎能知道有无丢失？很方便的办法就是你的朋友每收到若干张明信片比如说 X 张就给你回一张。一旦收到其明信片你就可以丢掉你所保存的一直到第 X 张的副本。当然，你朋友的明信片也可能会丢失，这样你还需要某种形式的“超时”，这个时间一过你就开始重新发送尚未得到确认的明信片副本。你的朋友可能的确没有确认，因为他丢失了一些明信片。

如果你的朋友收到了重复的明信片，这没什么，因为卡片是编号的，所以重复的可以忽略或丢弃。最后，你还要知道朋友的邮箱容量是有限的。如果你一次就把载有整本小说的明信片都寄出去，或许会有奇迹一下子全部寄过去可邮箱却装不下。有些就可能掉在地上，被狗叼去，你还得重送它们。所以最好一次比如说只送 100 封，等到收到返回的明信片确认已收到之后再继续发送。

传送控制协议在基本的网际协议服务之上通过做所有这些事情来可靠地传送数据。这就是它所做的一切。当然，我省去了诸如路由（数据包如何能够到达预想之处）和命名规则这样一些重要的细节，我将之留待下次机会讨论。

Vinton G. Cerf, 1995, 1996.

结论

20 世纪末的热门话题是通过面向对象设计的重用、组件选择和系统集成，还有就是互联网。采用互联网进行通讯是使之与分布式计算系统融为一体的第一步。Java 语言给了 HotJava 的使用者以编制小型专用的应用软件程序或称“applet”在互联网上传播的力量。以互联网为支柱使得大规模网络计算成为了现实。诸如太阳微系统的 Java、微软的对象链接环境（OLE）和 OpenDOC 标准这些新兴的编程方法正在竞逐分布式组件计算的标准地位。

根据弗雷斯特研究所（Forrester Research）的预测，到1997年互联网服务器软件将会增长3倍。在线交易将会有巨大的增长。到2000年，近半数的应用程序将专门为互联网开发，旧式系统的存在将会不断减少。由网络型软件与专门设计的网络服务器构成的混合方案看来将最有可能成为未来的主流。

与这种对新领域的热情相并行，在敏锐地意识到软件必须有更多的科学和更少的艺术的那些开发者当中交织着一股急切和失望的情绪。没有一种正规化的设计规则，软件的质量只能依靠项目经理对于细节的高度重视。

全国软件理事会1995年11月2日向美国国会递交的报告中坦言美国在开发大型复杂系统方面仍然有很多问题（见图20—7）。

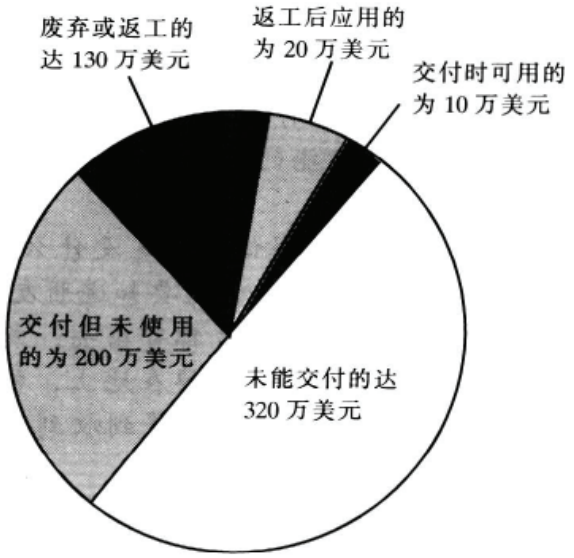


图20—7 顾客发现他们仍然难以得到物有所值的东西

说明：全国软件理事会发现这一状况一直到1995年都基本未能改变。美国审计总署（GAO）1979年的一份报告（FGMSD—80—4）披露，对9个价值680万美元的联邦软件项目的分析结果表明，只有2%的软件在提供时可用。

在理论基础建立起来之前，在能够改进软件质量的以下四个领域的投资有望获得效益：（1）培养编程人员的技能；（2）分析和尽可能简化问题的难点；（3）改善客户关系；（4）取得现有的最好工具和技术。在每一因素上的支出都能够显著改进所产软件的质量。

除非主要的问题能够得到解决，这些终归都是一些权宜的措施。所谓的主要问题就是，有太多的掌权者既没有经验又没有受过有关管理软件项目的实用方略的教育。美国的竞争优势一向依赖于约每四年一次的技术创新。掌权者们不懂得软件开发是如何进行的，没有管理，只是僵硬的控制，一味缩减先进的应用研究，这种状况若持续下去，美国的优势注定会消失殆尽。管理当局对于管理软件项目的严重无知，造成了令人窒息的恐惧气氛，阻碍着事业的进步。使软件值得

信赖是不容推卸的当务之急，这要求产业界、政府和大学必须通力合作。必须加强对于现场负载下的软件行为的研究，以建立起软件动力学的原理。高层主管们必须清楚靠不住的软件是不会赚到钱的，他们要学会如何来鼓励人们成长，以推动这门未成熟的科学不断前进。

参考文献

Arnold, Ken, and Gosling, James (1996). *The Java Programming Language*, Addison-Wesley, Reading, MA, May.

Arthur, Lowell Jay (1983). *Programmer Productivity: Myths, Methods, and Murphology, A Guide for Managers, Analysts, and Programmers*. John Wiley & Sons, New York, pp.25–27.

Batory, D., Singhal, V., Sirkin, M., and Thomas, J. (1993). "Scalable Software Libraries," Department of Computer Sciences, The University of Texas at Austin, SIGSOFT'93, December.

Bernstein, L. (1981). "Software Project Management Audits." *Journal of Systems and Software*, vol.2, no.4, December, pp.281–287.

Bernstein, L., and Yuhas, C. (1989). "Software Manufacturing." *UNIX Review*, vol.7, no.7, July, pp.38–45. Boehm, Barry W., Gray, T. E., and Seewaldt, T. (1984). "Prototyping Versus Specifying: A Multiproject Experiment." *IEEE Transactions on Software Engineering*, vol.SE-10, no.3, May.

Boehm, Barry W. (1988). "A Spiral Model of Software Development and Enhancement," *Software Management*, 4th ed. Donald J. Reifer, ed. IEEE Computer Society Press, Los Alamitos, CA, order number 3342-01. (Reifer's compendium is a first-rate collection of software papers.)

Boehm, Barry W. (1979). "Software Engineering," *Classics in Software Engineering*. Yourdin Press, New York, p.325.

Brooks, Frederick P., Jr. (1995). *The Mythical Man-Month: Essays on Sofware Engineering Anniversary Edition*. Addison-Wesley, New York.

Brown, Eric, Colony, George F., O'Herron, Rich, and Smith, Nicole. (1995). *Software Strategy Service, Web Server Strategies*, vol. 6, no. 8, November. Forrester Research, Cambridge, MA.

Buckle, J. K. (1984). *Managing Software Projects*. Robert E. Krieger Publishing, Malabar, FL.

Buxton, J. N., and Randall, B. (1969). "Software Engineering Techniques,"

report on a conference sponsored by the NATO Science Committee, Rome, October 27–31. Scientific Affairs Division, NATO, Brussels 39, Belgium, April 1970.

Carnegie Mellon University/Software Engineering Institute (1995). *The Capability Maturity Model: Guidelines for Improving the Software Process*. Addison-Wesley, Reading, MA.

Chen, Stephen(1995). "From Software Art to Software Engineering." *Engineering Management Journal*, vol.7, no.4, December, pp.23–27

Cusumano, Michael A. (1991). *Japan's Software Factories: A Challenge to US Management*. Oxford University Press, New York.

Dahl, O. J., Dijsktra, E. W., and Hoare, C. A. R. (1972). *Structured Programming*. Academic Press, London.

Date, C. J.(1982). *An Introduction to Database Systems*, 3rd ed. Addison-Wesley, New York.

DeMarco, T.(1978) *Structured Analysis and System Specification*. Yourdan Press, New York.

Desmond, John (1994). "IBM's Workgroup Hides Repository," *Application Development Trends*, April, 25.

Dijkstra, E.(1979)"The Humble Programmer." 1972 ACM Turing Award Lecture in Classics in Software Engineeing.

Duvall, Lorraine(1995). "A Study of Software Management: The State of the Practice in the United States and Japan." *Journal of Systems Software*, vol.31, pp.109–124. Elsevier Science, New York.

Fairly, Richard(1994). "Risk Management for Software Projects," *IEEE Software*, May.

Fayad, Mohamed E., Tsai, Wei-Tek, and Fulghum, Milton L.(1996). "Transition to Object-Oriented Software Development." *Communications of the ACM*, Februay, vol.39, no.2, pp.108–121.

Fulton, N. D., et al.(1994). "A Reusable Module for Software." *Rejuvenation*, January 31. BL011267-940131-01 TM.

Gibbs, W. Wayt(1996). "Battling the Enemy Within: A Billion Dollar Fiasco Is Just the Tip of the Military's Software Problem," *Scientific American*, vol.274, no. 4, April, pp.34–36.

Gibbs, W. Wayt(1996). "Systematic Errors," *Scientific American*, vol.274, no. 5, May, pp.30–31.

Gleick, James(1987). *Chaos: Making a New Science*. R. R. Donnelley & Sons, Harrisonburg, VA.

Gray, J., and Siewiorek, D. P. (1991). "High Availability Computer Systems." *IEEE Computer*, vol. 24, no. 9, September, pp. 39–48.

Hines, John R. (1996). "Java: Jive?" *IEEE Spectrum*, vol. 33, no. 3, March. World Wide Web http://java.sun.cor.

"HOTJ, The HotJava Browser," (1995). White paper available from Sun Microsystems, sunsoft @ tbsmlet. com

Huang, Y., Kintala, C. M. R., Kolettis, N. and Fulton, N. D. (1995). "Software Rejuvenation: Analysis, Module and Applications." *Proceedings of the 25th International Symposium on Fault-Tolerant Computing* (FTC-95), Pasadena, CA, June, pp. 381–390.

ISO/IEC(1991). International Standard "Information technology software product evaluation—Quality charac-teristics and guidelines for their use," 1st ed. December 15. Reference number ISO/IEC 9126 : 1991 (E), Case Postale 56, CH1221, Geneva 20, Switzerland.

Jackson, Michael A. (1975). *Principles of Program Design*. Academic Press, New York.

Jackson, Michael (1983). *System Development*. Prentice Hall International, Englewood Cliffs, NJ.

"Jave, The Java Language," White paper available from Sun Microsystems, telephone(800) 433-4224.

Jones, Capers (1994). *Assessment and Control of Software Risks*. Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ.

Jones, Capers(1986). *Programming Productivity*. McGraw-Hill, New York, pp. 83–210.

Knuth, D. E. (1974). "Structured Proguamming with 6070 Statements," *Computing Surveys*, vol. 6, pp. 261–301.

Kruchten, Phillipe B. (1995). "The 4 + 1 View Model of Architecture." *IEEE Software*, vol. 12, no. 6, November, pp. 42–50.

Lutz, Robyn R. (1993). "Targeting Safety-Related Errors During Software Requirements Analysis," Jet Propulsion Laboratory, California Institute of Technology, *SIGSOFT*, December.

Mills, Harlan (1988). *Software Productivity*. Dorset House, New York, pp. 13–18.

Neumann, Peter G. (1995) *Computer-Related Risk*, ACM Press, New York.

O'Brien, Larry(1996). "Java Changes Everything," *Software Development*, vol. 4, no. 2, February.

Parnas, D. L. "On the Criteria to Be Used in Decomposing System into Modules," *Classics in Software Engineering*. Yourdin Press, New York.

Penzias, Arno (1995). *Harmony: Business, Technology, + Life after Paperwork*. HarperBusiness, New York.

Poulin, J. S., Aruso, J. M., and Hancock, D. R. (1993). "The Business Case for Software Reuse." *IBM Systems Journal*, vol. 32, no. 4, pp. 567–594.

Putnam, Lawrence H., and Meyers, Ware (1992). *Measures for Excellence, Reliable Software on Time, Within Budget*. Yourdin Press, Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ, p. 103.

Ritchie, Dennis (1984). "The Evolution of the UNIX Time-Sharing System," *AT&T Bell Laboratories Technical Journal*, vol. 63, no. 8, part 2, p. 1571, October.

Ross, Philip E. (1994). "The Day the Software Crashed," *Forbes*, April 25, 150.

Royce, Winston (1975). "Software Requirements Analysis: Sizing and Costing," *Practical Strategies for Developing Large Software Systems*. Ellis Horowitz, ed. Addison-Wesley, Reading, MA.

Selby, R. (1988). "Empirically Analyzing Software Reuse in a Production Environment." *Software Rerse: Emerging Technology*. W. Tracz, ed. IEEE Computer Society Press, New York, pp. 176–189.

Software Engineering Institute(1995). "Overview of the People Capability Maturity Model (P-CMM)." CMU/SEI-95-MM-02, September, pp. O-13 to O-32.

Stroustrup, Bjarne(1994). *The Design and Evolution of C + +*. Addison-Wesley, Reading, MA.

Van Hoff, Arthur (1995). *Hooked on Java*. Addison Wesley, Reaking, MA. (Discussion of applets.)

Van Hoff, Arthur, and Sami, Shaio(1996). "What Is This Thing Called Java?" *Datamation*, vol. 42, no. 5, March 1, p. 45.

Walston, C. E., and Felix, C. P. (1977). "A Method of Programming Measurement and Estimation," *IBM Systems Journal*, vol. 16, no. 1, pp. 54–60.

Weinberg, G. (1971). *The Psychology of Computer Programming*, Van Nostrand Reinhold, New York.

Weinberg, Gerald M. (1988). *Understanding the Professional Programmer*. Dorset House, New York, pp. 69–79.

Wirth, Nicholas (1968). "PL/360, A Programming Language for the 360 Computers." *Journal of the ACM*, vol. 16, p. 37.

Yochum, Doreen S., Laws, Elaine P., and Barlow, Gretchen K. (1995). "An

Integrated Human Resources Approach to Moving Information Technology Professionals Towards Best-In-Class." *AT & T Technical Journal*, 1995.

Yourdon, Edward Nash(1979). *Classics in Software Engineering*, Yourdon Press, New York, p.122.

(李朝霞 周建峰 译)

第 21 章

供应商关系[①]

J.A. 多诺万（J.A. Donovan）
F.P. 马雷斯卡（F.P. Maresca）

引言
采购的传统角色
质量革命
定义供应商关系的概念
　采购
　供应商关系
　供应链
　质量和价值的定义
　总占有成本
将质量融入传统的采购活动中
　作为战略性过程的采购
　供应商质量的重要性
　向战略性采购的转变
　总的占有成本
供应链优化
　供应链优化的基本原理
　供应链优化的目标
供应商关系的组织工作——内部
　供应过程
　基于过程的组织取代职能型组织
　职能卓越性与过程导向的结合
　组织供应商关系的 10 条原则
　采购专业人员所要求的技能
　活性化、外包、规模缩减与企业再造
供应商关系的组织工作——外部
　供应策略模型
　供应策略模型的益处
朱兰三部曲在供应商关系中的应用
　供应商关系的计划
　供应商关系的控制
　供应商关系的改进
　供应商关系中的法律问题
参考文献

引言

这真是一个悲剧，西方国家的买卖双方之间……一直是一种敌意和对抗的

① 在第四版中，有关供应商关系一章的内容是由弗兰克·M·格里纳所提供的。

关系……买主因碰到了更便宜的供应商便随意抛弃一向忠心服务的供应商的现象不是少数。供应商在卖方市场或火爆时期勒索顾客的情况也绝非罕见……从长远来看，这种你死我活的哲学会使双方都成为输者（K.R.Bhote，1987）。

对于许多行当而言，外购货品和服务在成本中占据了一个巨大的份额。通常，这些货品和服务是那些（1）被用掉、耗费或成为最终产品组成部分的产品（如原材料和化学制品）；（2）对生产过程本身或所参与的人员起支持作用的产品（如车间的机器设备、计算机设备、旅行服务及办公用品等）。

这些外购货品和服务的质量或适用性能够严重影响某个组织的成品质量。而且，质量差的供应商会成为一个组织的总不良质量成本的主要贡献者。据估计，对于一般的美国制造商来说，供应商的不良质量成本通常占到了销售额的10%～30%，这是一个令人惊骇却又常常为人们习以为常的巨大漏洞（参见第8章的“质量与成本”）。制造商们对这罐“黄金”视而不见，在不知不觉中造就了全面的顾客不满和不忠，反过来也影响了他们自己的竞争地位。

管理供应商关系历史上一直是组织的采购部门（或称供应、外供或材料管理）的责任。本章将首先回顾采购部门的传统角色和职责，然后讨论质量革命是如何重新定义采购部门的角色的，亦即是如何从征用者与提供者之间的一个被动的信息传递者转变成为我们所说的供应链的推动者的。我们还要论证通过对这一供应链的管理，如何将质量计划、质量控制和质量改进运用于供应商关系，从而实现持续改进、顾客满意、价值以及最终的竞争优势。

只有当供应商被视为与顾客追求共同目标的伙伴，而非针对价格的输赢争斗中的敌手时，供应商关系的全部价值才能够实现。构建这种供应商关系的基础是合作、协作和信任。不愿在此基础上构筑供应商关系的人士无须继续阅读下去。

采购的传统角色

第二次世界大战之后，随着对货品和服务日益膨胀的需求为不断提高的产能所满足，生产运作被视为了组织的战略性组成。采购则被归类为一种参谋辅助角色。采购的使命就是确保供应商适时适价不中断地供应所要求的货品和服务，这里的“适价”通常被理解为“最低的价格”。

采购人员在供应商谈判、投标评价与分析、文件管理及市场知识等方面建立起了相应的能力。供应商谈判被看做是采购部门的主要增值性活动，供应商关系正是诞生于这类谈判当中。这样产生的往往是一种对抗性的供应商关系，主要着眼于短期的行为。评价供应商绩效的最重要标准是可用性和低价格。正如卡莱尔和帕克（Carlisle and Parker，1989）所述：“这种对抗性的倾向……导致双方大

量的管理精力都花在了如何从对方挖一块利润上面。”

在更换供应商时，因此而付出的代价很少被考虑到。新供应商的产品或服务与原供应商或许会有所差异，这会转化为生产过程其他领域的成本。这种更换供应商的倾向会给购买者带来许多的不利，包括：

- 因产品过时而造成的过多存货。
- 因安装或操作要求而造成的生产中断。
- 诸如培训、维护、测试和处置之类的转换成本。
- 试验之后才发现的不良质量而引起的生产混乱。
- 成品中变异性的增加。
- 废品、缺陷或顾客不满的增加。

人们很少去识别、计算、分析并降低这些费用。而且，正如戴明所言(Deming，1981)：“无人能看出不满的顾客对企业的未来所带来的损失。”在这种对抗性氛围盛行之时，共同合作来分析问题的根本原因几乎没有可能。“最低价格”采购所付出的代价变成了一般管理费用的组成部分，并且被管理部门作为经营活动的一项成本所接受。如果需要采取措施，或许就会想到再次更换供应商，从而导致更多的隐性占有成本（见图 21—1）。

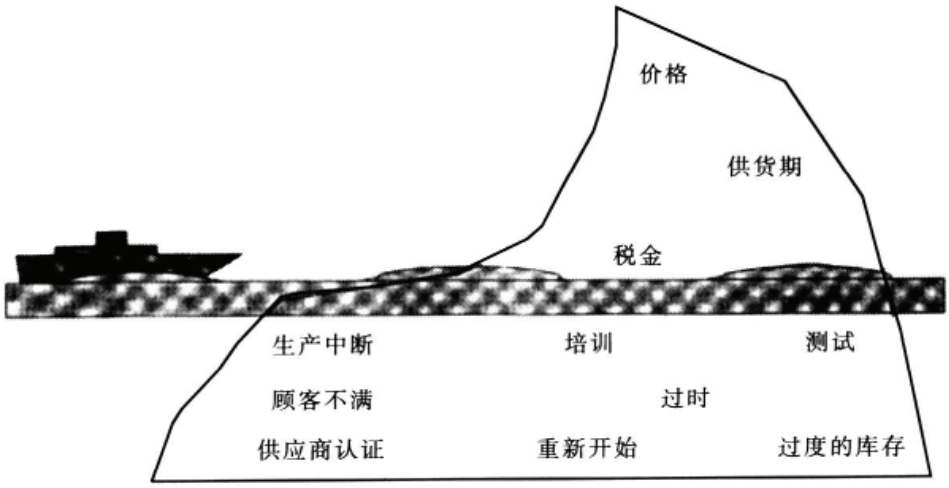


图 21—1　更换供应商的总成本

因这种价格偏执而导致质量问题并非什么新的问题，法国路易十四的防务专员沃邦（Vauban）1865 年 9 月 1 日给他的大臣罗沃伊斯（Louvois）所写的信件生动地说明了这一点。该信描述了要塞工程中的质量问题：

……仍有许多前些年的建筑尚未完工，或许会永远如此，若我们继续相信那些营造商的话。阁下，所有这些都归因于您的建筑合同中的频繁降价而造成的混乱。事实是，所有中止的合同、未履行的协议及更改的裁定只是吸引了那些白丁、无赖和蠢货当上了承包商，那些懂行的人们对于这样的合同甚至想都不会去想。更糟糕的是，这实际上是抬高了价格和耽搁了工期……

支付该付的价格。长期来看，这是你能做的最合算的交易。

质量革命

在20世纪70年代后期和80年代初期，美国企业界终于认识到了质量对于长期成功是至关重要的这一现实。诸如钢铁和橡胶这样的基础工业，以及汽车、家电和光学产品这些主要产品的生产商，将市场份额拱手让给了进口产品，尤其是来自日本的产品。市场份额所受的这种侵蚀并非是美元坚挺、外国劳动力廉价或非法“倾销”（以低于制造商成本的价格销售商品而赢得市场）所造成的低价所能解释的。

这些进口商品的成功很大程度上可归功于优异的质量。说起来令人痛苦，美国生产的产品已经比不上进口的商品。通用、福特和克莱斯勒的汽车70%的零部件购自外部。对这些公司而言，其成品的质量在很大程度上取决于外购的货物和服务的质量，这是一个合乎逻辑的结论。因此，这些公司的高层开始重视供应商质量，质量成了选择供应商的一个关键的甄别标准。

随着采购部门开始关注供应商质量，戴明14点当中的第4点“停止（只是）依据价签来决定生意的做法”（Deming，1986）便成了采购者购买货品和服务的基本思路。供应商关系开始从对手之间的对抗演化为合作伙伴的协助，双方携手努力以实现共同的顾客，即最终产品或服务的终端用户的满意。由于这种变化所表现出的益处，汽车业中在供应商质量方面所采取的这种新的举措形成了一套在发达国家的产业界中广为传播的模式。

定义供应商关系的概念

鉴于采购的角色已经从征用者与提供者之间的一个被动的信息传递者转化为供应链的推动者，采购职能的适用定义也随之而发生了变化。

采购 为促进最终用户所需货品和服务的取得和提供所要求的任务、活动、事项和过程。

供应商关系 为促进货品和服务的供应商与这些货品和服务的最终用户之间的良性动态界面所要求的任务、活动、事项和过程。

供应链 在特定货品和服务的开发、采购、生产、提供和消费过程中由所有的供应商和所有的最终用户所实施的任务、活动、事项、过程及交互作用。对这一供应链的协调、整合和监控就叫做“供应链管理”。供应链所延伸到的企业包括了某一产品或服务的最终用户、最初的供应商或分销商、最初的制造商，以及

给这些最初制造商和分销商提供货品和服务的多重供应商，如图 21—2 所示。

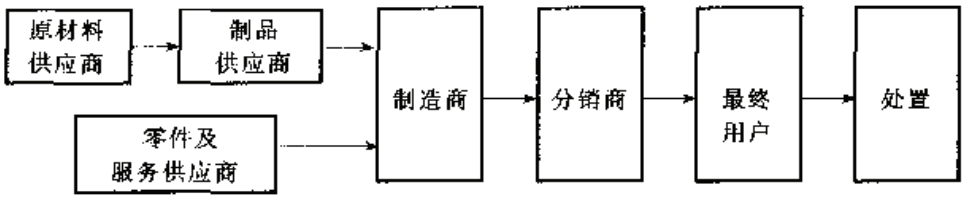


图 21—2 供应链的组成要素

采购人员发现他们的工作范围被大大扩展了。人们对采购的期望不再只是购得货品和服务，而是对供应商关系的前瞻性管理，以寻求在整个供应链中增加价值的机会。但价值是什么？它怎样才能被明确地表述、识别、测量和控制？

质量和价值的定义 “质量”可以定义为适用性。某个获取行为的适用性只有依据对于相关顾客及其需要的透彻理解才能够加以评价。价值是所获质量的相对成本。如果两个不同的供应链生产某一产品具有完全相同的适用性，那么能够以较低的总占有成本达到所要求适用性的供应链就是价值较大的供应链。因此，以较低的总占有成本（如因实施了降低不良质量成本的措施）提供特定质量水平的能力总是能产生价值。

总占有成本 总占有成本有时也称为寿命周期成本或总系统成本，是有关某一货品或服务的获取、安装、运转、维护、报废等所有成本的总和。

将质量融入传统的采购活动中

作为战略性过程的采购 考虑一下若时间、资源、精力和管理重点聚焦于这些货品和服务的计划、设计、生产和采购的过程而非只是盯着购买会有什么样的潜在机会。改进质量和降低成本的机会可以被识别、测量和管理。对于在同一市场上竞争的两个企业而言，一个企业比另一企业能够更迅速地识别、测量和管理这些机会的能力能够创造出显著的竞争优势。

因此，传统上一直被看做有用但并不增加价值的采购职能正日益被认识到是一种战略性的职能，是过程管理和改进的机会所在，也是获得竞争优势的重要手段。

平均来看，制造商每实现 1 美元的销售收入便有 55 美分支付在了从原材料到邮寄等各种外购货品和服务上。这笔费用若减少 5% 便能够增加近 3% 的净利润。这一算术对于服务业也不例外。

削减采购成本与恫吓供应商没什么关系，这似乎有些出人意外。像美国电话电报公司（AT&T）和克莱斯勒公司这样的采购者旨在追求降低所购每一零件或服务的总成本，而非只是其价格。它们与供应商建立起了持久的伙伴关系，从而能够年复一年地削减关键成本。这些公司将以往零敲碎打的货

品和服务的采购整合起来由公司的集中合同来进行采购。

联合信号公司的高超采购能力据认为能够对利润具有高达 21% 的贡献。当该公司与某个供应商签约时，它会提出降价要求，而且还要求供应商承诺每年要降低元器件总成本的 6%。

有一种方式将使得采购会重塑美国的工商业：期待着超级供应商的涌现，当客户从少数供应商处购买得越来越多时。

供应商质量的重要性　要识别供应商关系的机会并加以把握，首要的是对供应商质量的了解。考虑一下以下几点：

- 与劣质供应商相关的成本是极高的。对一个家用设备制造商来说，所有保证支出当中的 75% 可以归因为外购品目的不良质量。
- 在识别与把握诸如“即时”（JIT）供货、电子数据交换（EDI）、电子数据转账（EDT）、运转周期缩减和外包措施等机会方面，供应商与最终用户之间日益增加的相互依存性。
- 最大限度减少进货检验的趋势。
- 日益增长的根据产品或服务的全部占有成本而非最低价格来进行采购决策的趋势。

这些因素要求采购职能必须放弃其以往的交易绩效管理的角色。有两家著名的美国公司对于其采购职能的表述颇能体现正在日益成型的新方式的特点。

AT&T 在 1995 年宣称：

使命：在全球范围内提供对 AT&T 及其顾客都构成竞争优势的专业的采购服务。

愿景：成为卓越采购的典范。

克莱斯勒：

使命：为了克莱斯勒及其顾客的最大利益来管理和提供外延的企业。

这种角色的变换有着深远的意义：

- 供应商的选择不再是采购部门独享的特权。
- 在内部顾客、采购以及供应商之间的合作、协作和联合解决问题成为必要。
- 采购人员的注意力集中在了过程上，摒弃了只关注交易的做法。
- 在最终用户的公司内部，采购职能提升到了一个战略的高度，而其交易活动和职责则被最小化或消除。

要实现采购职能向这种战略性方式的成功转变，组织中的每一成员都必须接受一套有关采购的新的信念。在实现这一转变的过程中，组织的最高管理层必须积极地提倡以下的观念：

采购已成为我们组织的一个关键的战略性过程，必须由训练有素的专业人员投身于与我们的最终用户和供应商的共同工作当中，在一个合作性的、解决问题的环境当中，来推动提高质量和持续的改进。

向战略性采购的转变 传统的采购观点与战略性采购观点之间的差别是巨大的。其内容概括在了表21—1当中。这些差别要求在文化和行为方面必须有一些重大的变革。

表21—1 采购过程的传统观点与战略观点的对比

采购过程中的各个方面	传统的观点	战略的观点
供应商/买主间的关系	对抗、竞争、没有信任	合作的、伙伴关系、以信任为基础
关系的时间长度	短期	长期，不限定
关于质量的标准	符合规格	适用性
质量保证	验收检查	不需要进厂检验
与供应商的沟通	很少，正式，注重采购订单、合同、法律观点	频繁，注重计划、意见和问题解决机会的交流
存货估价	一项资产	一项负债
供应商基数	多家供应商，成堆管理	较少供应商，谨慎选择和管理
供应商与最终用户间的界面	不赞成	必需的
采购战略	管理交易，排除障碍	管理过程及关系
采购业务计划	独立于最终用户单位的经营计划	与最终用户单位的业务计划整合在一起
供应商的地理范围	有益于促进举债经营	有利于解决问题和持续改进
采购决策的着眼点	价格	总的占有成本
采购成功的关键	谈判的能力	识别机会和合作解决问题的能力

总的占有成本 在采购专业人员行为方面的最显著转变是采购决策建立在了总的占有成本的基础之上。从整个过程出发（而非只盯着交易）来量化总的占有成本，将要求识别供应商、最终用户以及必须识别和测定的联合成本。通过联合解决问题，这些成本中的大部分都会降低。表21—2是总的占有成本要素明细表的一个例子。

表21—2 总的占有成本核对表示例

类别	子类	成本要素
购前	购前成本	工程/设计 供应商调查 供应商审核/现场参观 产品测试/技术评审 法律法规的符合性 市场评估 顾客评审/简要说明
购置	材料设备成本	材料/设备的价格 专门特征的成本 发货/搬运/储存 备品备件 租用项目 税负

续前表

类别	子类	成本要素
	新技术成本	修改/翻新
		额外培训
	国外采购成本	外国附加税
		进口关税
		外汇风险
		额外的测试要求
	安装启动成本	劳动力
		分包商
		特别测试
		建设设备
		所要求的管理费用
		培训
		专用工具
		服务工程
		检验
所有权	运行/维护成本	行政管理/一般费用
		进行中的劳动力
		常规测试要求
		进行中的培训
		能源耗费
		预防维修
	库存成本	所要求的人员
		库存搬运成本
	故障成本	预期停工成本
		更换零件
	老化成本	能源效率
		生产率损失
	其他占有成本	环境影响
		许可、牌照
		环境控制设备
		符合性成本
		标准化成本
处置	处置成本	拆卸
		清理费用/残值
		处置

供应链优化

战略性采购职能的目标是促进供应链的绩效。这一促进过程中包括了最终用户和供应商的参与。供应链优化是对于供应链绩效所进行的动态的管理和持续的可测量的改进，从而为有关各方创造价值。整个供应链都必须被考虑到，包括间接的供应商、制造商、分销商和最终用户。请注意定义中的关键词：

- 动态的：供应链优化不是一个事件，而是一个进行中的过程。
- 可测量的：供应链优化的成果是具体的收益。

- 改进：供应链优化的基础是持续的改进。
- 有关各方：供应链优化要求有关各方的参与，从而共享收益。

供应链优化的基本原理 位于得克萨斯州阿灵顿市的先端制造联盟国际集团（the Consortium for Advanced Manufacturing—International，CAM—I），是为了推动在竞争性经营实践和促进性技术方面拥有共同兴趣的公司的合作研究与开发而于 1972 年成立的一个非营利性组织。1992 年，CAM—I 的成员开始关注供应链的绩效与优化。他们对于在客户—供应商方面的最佳惯行进行了细致的标高分析。他们开发出了成功的供应链优化的基本原理（见图 21—3）。

1. 必须对于满足共同的最终消费者具有共享的特别关注。
2. 必须对于愿景加以部署展开。
3. 必须具有基本程度的对于绩效和信任的合作和承诺。
4. 必须有公开和有效的沟通。
5. 决策应当依据能否最大限度地发挥双方关系的能力和知识。
6. 所有各方都应致力于实现长期的共同收益。
7. 对于如何衡量成功要具有共同的认识。
8. 双方都应投身于持续的改进和突破活动。
9. 只要环境中存在着竞争的压力就应允许其存在于延伸的企业当中。

图 21—3 成功的供应链优化的基本原理

最后一条基本原理涉及竞争，它旨在消除那些担心供应链关系会导致供应商与市场失去接触的那些人们的恐惧。

供应链优化的目标 供应链优化是以质量为中心的，其压倒一切的目标是通过在供应链中联合（供应商和最终用户）创造价值来增进顾客的满意。在供应商一方，参与诸如供应链优化这样的活动已经不只限于业务经理，还包括了那些实际上制造与提供产品的人们。

此外，在最终用户一方，对这种活动的参与也不限于采购部门，而且还包括了核心的经营单位。事实上，尽管这类团队活动通常会有采购人员的推动，但团队的领导角色以及对于活动成果的责任应当由核心经营单位的成员来承担。更详细的内容将在稍后的供应商关系的组织当中阐述。

供应链优化为以下的六个领域创造了价值：

- 质量改进。不断减少产品波动，提升将质量计划和建造到每一元器件和服务中的能力，实现可测量的成果。
- 运转周期缩减。持续减少关键决策的制定和实施以及完成各种过程所需的时间。
- 不良质量成本缩减。持续地测量和降低因不良质量所导致的预防、检验和故障方面的成本。
- 总占有成本的降低。采购决策的制定要依据包括购前、购置、运行和处

置成本在内的总占有成本，而非只考虑价格。通过确认和消除构成总占有成本的根本成本致因来持续地管理动态的采购过程。

- 技术/创新。通过联合计划和开发来持续辨识和配置增值性的技术。
- 风险共担。持续地辨识机会来识别和共担供应链上的风险。

成功的供应链优化要求供应过程作为一个无缝的整体来运行，而不是一系列离散的过程。供应链中的成员来设立目标，通过共同努力来实现这些目标，最终旨在满足顾客的需要。正如帕克和多伊尔（Parker and Doyle，1995）所述："供应链优化的目标是使相互联系的三个或更多的职能形成一个有机的整体，以实现在整个供应链上的实时决策。"

供应商关系的组织工作——内部

以下我们来回顾一下成功地开展、实施和持续地维护在供应链中创造价值的供应商关系所必需的内部组织构造的特征。第一，我们将简要地讨论一下供应的过程。第二，我们要讨论一下时下在用的两种经典的组织结构，即以职能为基础的和以过程为基础的组织结构，并简要归纳其各自的优缺点。第三，我们将明确在高度有效的采购组织当中促进供应链的 10 条原则。第四，我们将讨论战略性采购所要求的技能。第五，我们会讨论若干当代组织问题对于成功的供应过程管理的可能影响。

供应过程　如前所述，我们将供应商关系定义作为促进货品和服务的供应商与这些货品和服务的最终用户之间的良性动态界面所要求的任务、活动、事项和过程。历史上来看，这些过程被认为是体现在购买过程当中的，采购部门也因此成了采购员们集中的单位，他们的工作就是以尽可能低的成本去购买所求购的品目。这些关系如图 21—4 所示。

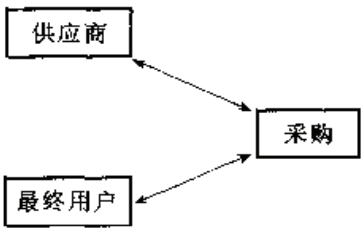


图 21—4　采购部门的传统角色：管理供应商与最终用户之间的交易

组织在长期的管理供应链的过程当中对于其中的增值性的活动有了日益深刻的认识。逐渐地，企业界认识到为促进货品和服务的供应商与这些货品和服务的最终用户之间的良性动态界面所要求的任务、活动、事项和过程包括：

- 质量计划活动。

- 经营计划活动与顾客目标的协调。
- 市场评估与分析。
- 顾客识别。
- 顾客需要评估。
- 设计规范的确定与分析。
- 采购活动的预测。
- 对于所预测的采购活动的整理。
- 供应商评价与选择。
- 供应商协议的确立。
- 供应商协议的沟通。
- 为应付紧急事件的现货购买。
- 发货与物流活动的计划与优化。
- 存货控制与优化。
- 质量控制。
- 应付账款。
- 价值分析。
- 顾客满意评估。
- 质量改进。

采购活动现在成了供应过程的促进者，要求采购、最终用户及供应商的共同参与。新型的采购关系如图 21—5 所示。

重新定义的采购的角色以及促进供应商关系的活动应当是这样的，即对这些过程的成功的计划、控制和改进将为最终用户提供更高的价值。此外，整个企业范围内对这种战略性供应商关系管理方式的承诺将使得企业与那些按照传统的、非战略性角色来运用其采购部门的竞争对手相比而获得竞争优势。

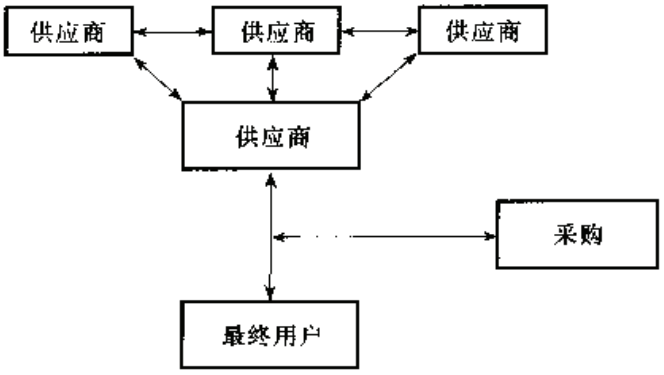


图 21—5　修正的采购部门的角色：管理供应商与最终用户之间的交易

基于过程的组织取代职能型组织　在确定了上述的战略性采购角色和供应链优化的目标的情况下，如何来组织采购人员才能使得这一过程在更长的期间内运

行在优化的水平上呢？今天的企业在不断地重构其工作小组、部门、事业部甚至整个企业，试图以此来实现生产率的提高、运转周期的缩减、收入的增加或是顾客满意程度的改善。在企业再造项目或规模紧缩活动的促动下，近年来的变革趋势常常表现为从以职能为基础的组织向以过程为基础的组织的转变。

以职能为基础的组织　在以职能为基础的组织内部，部门是依据专门化的技能和能力建立起来的。对于过程和成果的责任通常是零碎地散布在各部门之间。图 21—6 描述了一个职能型的制造设施的组织机构。

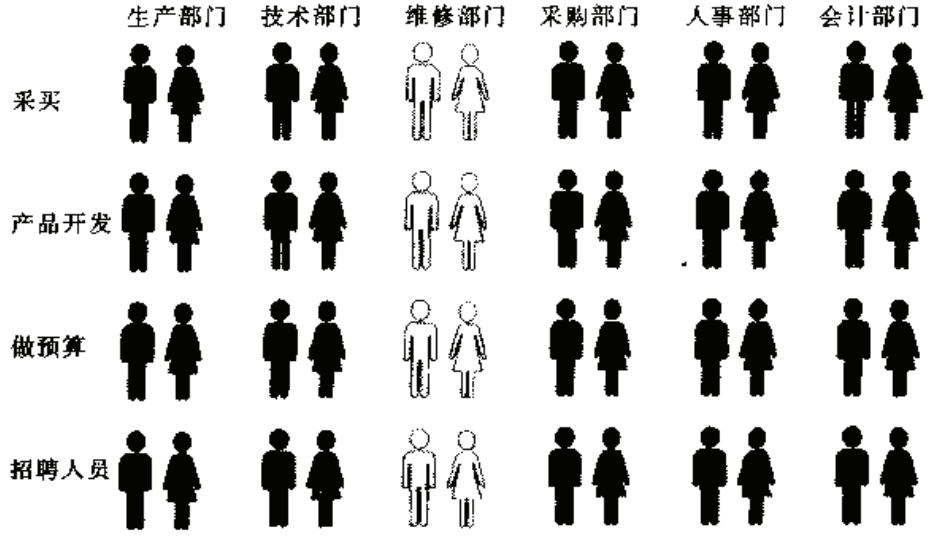


图 21—6　以职能为基础的组织

以职能为基础的组织一般在本部门的内部培养和训练专才，促进专业技能和内部的卓越程度。因此，它具有若干长期的益处。然而，职能型组织会导致一种迟钝的、官僚化的决策机制，还可能创造出与整个战略经营单位的计划和目标不一致的职能范围的计划和目标。许多组织正在开始尝试对职能型组织加以代换，以对今天的“快速反应”的世界作出回应。越来越多的组织正在转弯九十度而成为以过程为基础的组织。

以过程为基础的组织　在以过程为基础的组织中，报告职责与过程相联系，相应的责任赋予了过程的主管。在以过程为基础的组织中，每一个过程都被供之以所需的职能专业化的资源。这具有消除传统的职能壁垒的作用，使得创建跨职能的团队来持续地管理过程更为容易。图 21—7 便是对这样一种组织的描述。这个例子中描述了四个过程，即供应、产品开发、预算和人员招募。

以过程为基础的组织单位通常要对一个经营单位或涉及该过程的若干单位负责。因此，以过程为基础的组织通常都与反应敏感、高效和关注顾客联系在一起。

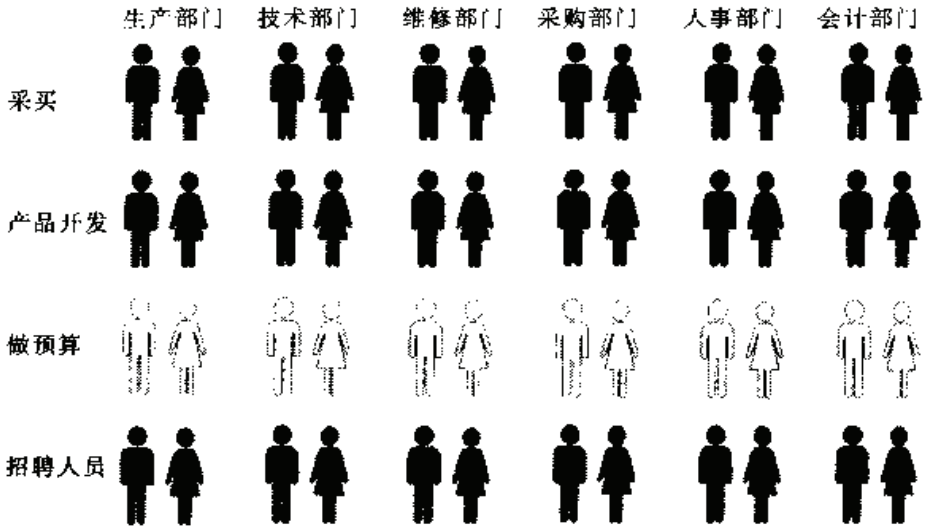


图 21—7 以过程为基础的组织

但是，随着时间的流逝，纯粹的过程型组织却有可能会弱化和降低各种职能的技能水平。而且，会发生过程标准化程度不足的情况，从而导致低效和组织的重叠。另外，这类组织常常要求一种矩阵式的报告结构，如果不同经营单位的目标相互冲突的话，将会导致某种程度的混乱。

职能卓越性与过程导向的结合 没什么确切的办法能够从内部将采购部门组织得可以系统地将供应商关系培育和发展到最佳的水准。我们所要求的是这样一种组织，它能够以一种反应灵敏及顾客导向的方式，来识别和发挥供应链优化的益处，同时能够促进和培育所需的专门技能，在不断前进中来管理和持续改进供应过程。

这种组织将很可能是一种职能型与过程型组织的结合，由经营单位对目标、优先事项和成果负责，职能部门对过程的管理与改进以及资源的开发负责。尽管企业与企业之间的组织结构会各有不同，但在组织供应商关系时以下的原则应当得到遵守。

组织供应商关系的 10 条原则

1. 要认识到采购职能是组织的一项战略性的、高增值的职能，必须配备以训练有素的专业人员。

采购所实现的增值并非发生在获得和管理交易当中，而是通过促进商业机构之间的关系成为一种持续增值的关系而实现的。采购部门决不应成为安置其他配置不当的专业人员的“垃圾场”。

2. 采购部门的领导责任要委派给那些富于想像并注重成果的人员，他们应得到公司高层的全力支持，同时也能够得到经营单位的信任。

采购的管理班子必须建立起有关供应活动的愿景并进行有效的沟通，推动供应过程绩效的巨大突破，并消除障碍，确保供应过程绩效的持续改进。

3. 制定与经营单位的战略协调一致的采购战略。

只有当采购活动为更大的经营单位战略所驱动并最终贡献于该战略时，采购部门战略的价值才能得到承认和体现。

4. 要使经营单位的管理层对供应战略的成功实施负有责任。

采购战略的落实能够造就竞争优势。当实施采购战略同时也成为那些对经营战略负责的人员的焦点时，那么其成功的可能性将大大提高。

5. 使采购职能的管理层对供应过程的绩效和持续改进负责。经营单位对采购战略的成果负责，而职能管理则应对供应过程的实施负责。具体包括：坚持采用正确的过程，过程应反映出行业的最佳惯行，人员要受到管理供应过程的充分培训，过程要保持测量、控制和改进。

6. 组建跨职能的团队来管理货品和服务的采购。

采取跨职能团队的战略规划方式在建立和实施与整个经营单位目标一致的采购战略时，有助于推动顾客驱动和基于事实的工作方式。

7. 保持跨职能团队持续地关注整个供应链的绩效，包括总占有成本、增值机会的识别以及竞争优势的辨识和实现。

8. 通过尽可能地跨越战略经营单位的边界来合并和分配采购活动，以此实现采购战略的制定、实施和管理。

如果要在整个企业范围内长期地优化所需货品和服务的总占有成本并最大限度地减少多余的采购活动，这条原则就是必不可少的。

9. 与最终用户及在最终用户之间保持公开、诚实和经常的沟通。这对于持续地确立和实施采购战略至关重要。

要了解和明确顾客的需要，衡量顾客的满意状况以及识别和抓住持续改进的机会，都必须有公开、诚实和经常的沟通。

10. 采购战略的制定和实施应建立在经营单位之间的合作与协作、以事实为依据的决策过程以及一个测量系统的基础之上。这一测量系统促使持续改进融入了用户与供应商之间的持续关系当中。

如果要实现加强供应商关系的全面和长期的利益，那么影响采购的总占有成本、供应商选择和持续改进活动的分析与决策就必须建立在事实和合作的基础上。

采购专业人员所要求的技能　随着产业界对以交易为基础的采购部门的背离，采购部门专业人员所要求的技能也发生了变化。过去的办事员式的技能和“你死我活”式的谈判技巧正在为领导、促进、沟通、取得共识，以及创造力方面的技能所取代。采购专业人员被日益要求要领导团队活动，制定支持企业经营战略的采购战略并协助信息技术的实施。这些信息技术涉及采购、物流活动、应付账款活动或是向高层管理会议进行演示。毫无疑问，“传统采购模式”的技能远不能满足这些战略性活动的要求。

谢弗（Shaver，1993）提出采购专业人员应具备下列的技能和才智：

- 适应能力。
- 成果导向。
- 对细节的注意。
- 训练与培训。
- 沟通（非语言的、口头的、书面的）。
- 倾听。
- 决策。
- 授权。
- 道德品质。
- 专家权力（技术能力）。
- 信息能力。
- 人际关系。
- 智力（记忆力、正规教育、创造力）。
- 领导能力。
- 会议管理（推动和控制）。
- 管理和监督（监控个人和群体的行为）。
- 谈判能力。
- 说服技能。
- 当众演说。
- 奖励权力（提供资源、成果的能力）。
- 敢于冒险。
- 服务能力。

在由先进采购研究中心（the Center for Advanced Purchasing Studies）资助的一项研究中，科尔钦和琼尼佩罗（Kolchin and Giunipero，1993）提出了21世纪对采购专业人员所要求的头10项技能：

- 人际沟通。
- 以顾客为中心。
- 决策能力。
- 谈判。
- 分析技能。
- 管理变革。
- 冲突解决。
- 解决问题。
- 影响力与说服力。
- 计算机方面的训练。

琢磨一下这两个清单可以看出，采购专业人员已不再仅仅被视为“采购员”。

为了推动商业机构之间及内部的持续关系以及识别和利用增加价值的机会，就必须具备在今天的劳动力市场上不太容易找到的一些技能。

活性化、外包、规模缩减与企业再造　始于 20 世纪 80 年代初期的这些公司变革的举措有各种名称，如重组、再造或规模缩减等，它们造成了劳动力队伍突然且常常是剧烈的调整、变化和减员。导致这些运动的原因尽管有些复杂，但一般来说不外乎技术的迅速发展、自动化所带来的简化高效以及在一个全球化市场中的成本压力等。这些压力迫使各家公司重新思考它们所提供的服务，也重新来思考这些服务的提供者。

以下是这些变革中的一些最普遍的主题：

1. 活性化。管理当局开始认识到它没有而且也不可能有关于成功的供应链管理的全部答案。因此，它们正在给予由个人组成的团队以及每一个个人以更大的责任，让他们对自己的决策以及自己的绩效负责。活性化不仅促进了运转周期的缩减，而且也减少了运营一个单位所需的管理者的人数。

2. 外包。将目前由内部实施的过程转包给外部的供应商的做法。外包的目的是降低成本或提高质量，或是二者皆有。一般而言，外包大多限于一些辅助性的过程（那些虽然需要但并不构成竞争优势的过程，如保安、设施维护和修理、实验室测试、纳税填报及法律事务等）。

3. 规模缩减。出于降低成本的目的而减少职工人数或撤销组织内部的整个部门，叫做规模缩减。

4. 企业再造。为了取得显著的成果而对业务过程进行的根本性的变革和剧烈的再设计称为企业再造。

应当加以注意的是，企业再造和规模缩减是两种完全不同的活动，常常会引起人们的混淆。企业再造的焦点是过程和过程的再设计，而规模缩减则纯粹是一种降低成本的举措。作为再造的结果的确常常会导致规模的缩减，但两者并非一回事。[进一步的讨论请参见 Champy（1995）或 Hammer and Champy（1993）。]

对于供应商关系的组织而言，这些剧烈的人员调整会产生巨大的影响，如果考虑不周，对供应商关系会造成严重的挫折。在进行这类组织变革时，如有不慎，已有的战略性供应过程和供应商关系就有可能受到重创。这些重组活动的重点应当放在尽量减少交易性活动上，以便重新配置资源，从而显著改进战略性供应过程的效率和效能。

供应商关系的组织工作——外部

一旦企业为获取供应链管理所允诺的竞争优势而完成了内部的组织工作，那么下一步需要做的就是组织好自己的供应商群体以实现这些利益。对供应商进行

的帕累托分析表明，战略性供应链管理的80%的利益是通过将注意力集中于20%的供应商而实现的。供应链管理要求这些关键的少数供应商必须支持和配合旨在管理和降低总的系统成本的这一过程。

企业总是会有些“现货”采购的需要，最终使用者会需要即时购买某些未曾预期的品目。此外，还有些采购涉及一些不经常的、非重复性的东西，如某些工程设备。因此，并非所有商品都是积极的供应链管理所针对的对象。供应链管理针对的是那些对于企业具有战略性意义的重要商品。

供应策略模型 启动供应链管理可以首先从分析以往的采购开销情况开始，通过分析要确定所购商品的两个因素。第一个因素是“采购商品的重要性”。这是对某种商品对于企业的重要性的主观评价。例如，原材料或正式的员工可能会被认为是非常重要的，办公用品或工具的重要性则会相对较低。商品的重要性评价是一种主观的排序，应当由一个由资深采购管理人员组成的团队来进行，同时要与高层直线主管进行密切的磋商。

需要把握的第二个因素是每类商品的花费情况。一家石化工厂可能会在诸如管子、阀门之类的品目上支出巨大，而其差旅费开支则相对较低。与此对照，一家咨询公司不会在管子、阀门上花钱，但差旅费却不是小数目。

在收集了这些信息之后，将它们分成四个组，如图21—8所示。

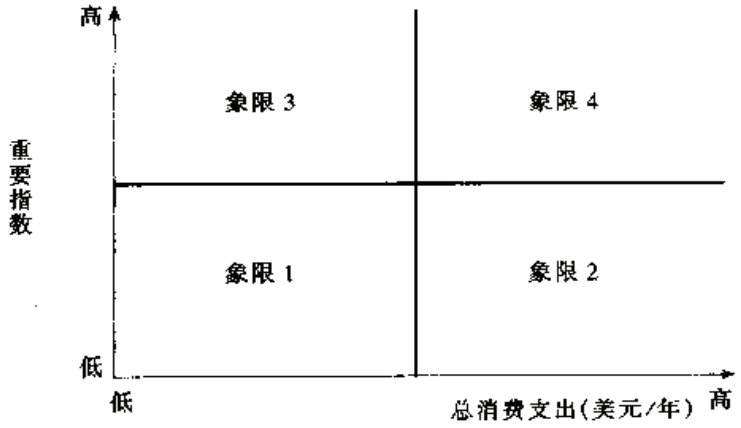


图21—8 采购商品的分类

为了以与价值相当的成本从战略性供应链管理中获得最大的益处，应当将以下的策略分别应用于每一个象限：

象限1（低重要性/低花费）。通常，这类支出代表那些低战略价值和低成本的品目。典型的例子如办公用品、书籍杂志和饮食服务等。这类商品和服务的采购不会创造什么竞争优势，但会带来大量的非增值性交易。这一象限代表着辅助性的活动，而不是创造竞争优势的活动，因此是考虑外包的主要对象。最起码，通过某种自动系统或诸如采购卡这样的机制，这些交易能够而且也应当避免最终使用者的直接购买。

象限 2（低重要性/高花费）。这类支出比象限 1 具有较高的战略价值，同时也是传统采购职能中的主要交易活动组成。这一象限的典型例子如导管、阀门、配套装置、各种混杂的电料或合同工人等。对于这类商品的总占有成本的分析常常会揭示出，大宗的成本构成来自采购的非标准化、过量库存以及计划工作的不充分。这类商品是供应部门持续管理的主要对象。但是，这些商品的低复杂性和常规性决定了它们作为供应链管理的焦点的局限性。至少，为了最大限度地减少这类采购的交易活动，MRP（物资需求计划）信息系统、电子数据交换（EDI）、电子资金转账（EFT）、供应商基数缩减以及直接从已签供应协议领用等手段都可以加以应用。

象限 3（高重要性/低花费）。这一象限包括高级工程设备、某些加工材料，或特别合同员工。这些品目单个而言成本很高，但因其购买频次低从而总量成本也比较低。对总占有成本的详尽分析常常会揭示这一象限的某些成本降低的机会，特别是当涉及那些过度专门化和非标准化的品目时。这类采购的低频次和低总值使得与这类商品的供应商联合的价值不大。组织即使转变为战略性的采购职能，这类交易活动也仍然会继续存在。

象限 4（高重要性/高花费）。这一象限是战略性采购大有作为的象限。传统上，这类采购所采取的方式阻碍着供应商与最终使用者之间的交互作用，采购职能客观上成为了妨碍合作的楔子。战略性采购通过促进供应商与终端使用者的关系，来实现供应链管理的突破效果。针对这类商品应建立供应团队，鉴别和选择战略性供应商，应当通过由最终使用者、采购部门和供应商参与的持续的团队式努力来管理这类商品的采购，重点关注在供应链上创造价值。

供应策略模型的益处　表 21—3 总结了这些策略的内容以及应用这一供应模型的作用。

表 21—3　　供应模型的作用

象限	策略	策略的作用
Ⅰ	通过自动化、最终使用者直接购买或外包使交易活动减至最少	减少在非增值性活动上的资源投入
Ⅱ	关注过多库存，确定总占有成本的主要构成因素。标准化并合并跨业务单位的采购，与优质供应商订立长期协议	减少交易活动。降低存货。最终使用者根据与供应商订立的协议进行购买
Ⅲ	关注规格和设计以确定总占有成本的主要构成因素	减少过度专门化品目的风险
Ⅳ	关注基本的供应链管理的机会	通过最终使用者与供应商合作改进质量、缩减运转周期及不良质量成本来获取价值；最大限度减少总占有成本的构成因素的影响；辨识技术、创新和风险共担的机会

朱兰三部曲在供应商关系中的应用

一旦建立起了推动优质供应商关系的组织机构，由质量计划、质量控制和质量改进所构成的三部曲便可应用于供应链中。表 21—4 中描述了质量三部曲与供应商关系之间的联系。

供应商关系的管理是通过辨识和满足顾客的需要来进行的。在供应链管理中应用质量三部曲很容易有序地按照计划、控制和改进的阶段来进行。“计划阶段”涉及辨识、理解和实施满足顾客需要的供应策略；“控制阶段”涉及管理过程的绩效以及过程中的供应商的绩效；“改进阶段”则是要识别和把握供应链中的增加价值的机会。

以下是有关供应商关系管理这三个阶段所包括的活动以及各个阶段产出的一个比较详细的说明。

表 21—4　　朱兰三部曲在供应商关系中的应用

过程	定义	过程	定义
质量计划	开发满足顾客需要所要求的产品和过程的活动	供应商关系的计划	有关识别顾客需要、分析和制定满足这些需要的供应策略方面的活动
质量控制	有关评价实际绩效、将实际绩效与目标进行比较、采取措施纠正偏差等方面的活动	供应商关系的控制	评估供应商的绩效、选择关键的少数能够优化绩效的供应商并确定供应商绩效的评价指标
质量改进	将质量绩效提升至前所未有的水准的活动	供应商关系的改进	辨识供应过程的改进机会并加以实施的活动

供应商关系的计划

> 本田公司在北美大陆所取得的成功是该公司的制造理念的直接结果……制造的成功依赖于两类人：生产产品的人们和提供产品所需零部件和原材料的供应商（Kevin Fitzgerald，1995）。

供应商关系的计划是指有关识别顾客需要、分析和制定满足这些需要的供应策略方面的活动。计划过程的关键输出之一是一个详细描述对象商品的顾客总占有成本的初始模型。因此，在整个计划过程中还会要求进行数据的收集和分析。这一计划过程的核心在于识别顾客和评估这些顾客对于目标商品的现时需要和未来需要（见表 21—5）。此外，计划过程最终要提出一个供应过程的流向方案，因此对于该供应产业的结构、动态关系和变化趋势必须有一个透彻的理解。

表 21—5　　计划过程的输入/输出

输入	输出
顾客需要	建议的供应策略
行业数据	统一的购买
支出数据	供应商基数的缩减
占有成本数据	总占有成本的模型

计划过程要求必须：

1. 顾客对于确定当前及未来的供应需要的尽早参与。

2. 针对满足这些需要可用的备选过程方案进行充分的研究与数据收集。

大多数成功的供应计划活动都遵循了类似于下述的这样一种方法论：

第 1 步　整理汇编有关组织过去的、当前的和未来的采购活动的各种文件资料。

若没有对于供应商关系的计划活动，人们会想当然地认为，采购活动采取的一种反应式的业务过程，满足的是迅即的、局部的业务需要。在跨越组织诸多经营单位的范围下对于过去、现时和预期的采购活动加以文件化，这使得组织为实现采购活动的杠杆作用、组织业务单位间的协同配合以及战略性的、协作主动的管理供应过程的方式，而迈出了必要的第一步。

可利用的工具：数据收集，趋势分析。

第 2 步　从采购活动中识别那些对于企业经营既具有高的重要性又有很高支出的商品（第 4 象限的商品）。

一个简单的帕累托分析便常常会揭示出那些驱动着一个组织的采购需要和成本的关键的少数商品。将资源集中于这些关键的少数商品，将使一个组织能够尽早地开始获取供应链管理的价值。

可利用的工具：帕累托分析，数据直方图，分层分析，向管理层的陈述。

第 3 步　针对该商品组建跨职能的团队，团队中要包括顾客的代表，还要包括公司职能部门的代表，如技术、采购、质量、财务等。该团队的使命是明确顾客对该商品的供应需要并制定能够满足此需要的供应策略。

可利用的工具：头脑风暴法，团队建设，流程图编制。

第 4 步　通过数据收集、调查和其他的需要评估活动来确定顾客的供应需要。这是关键的一个步骤，如果做的不正确或不完全的话，会使任何意图良好的跨职能团队偏离轨道。想当然地以为顾客的需要显而易见常常会导致致命的错误。通过调查、顾客访问以及焦点小组的方式进行的充分的数据收集活动会在将来得到不菲的回报。

可利用的工具：头脑风暴法，数据收集，流程图，因果图，力场分析，构造假设，试验。

第 5 步　分析供应行业的结构、能力和趋势。

一旦顾客的需要得到了确认和证实，进行行业分析便成为必要。是供应链而非采购通过提供适用性和价值而使顾客最终得以悦服。因此，必须对各种可利用的供应链及其绩效与成本结构加以充分的理解。这一活动在计划过程中是一个密集的研究阶段，可能会要求团队临时地分成几个子团队来开展工作。

可利用的工具：行业数据收集和分析，编制流程图，标高分析，过程能力分析。

第 6 步 分析商品的总占有成本的成本构成。

这也要求进行充分的数据收集与分析甚至是标高分析，以搞清楚别人是如何管理该商品的。在该商品管理团队的整个存续期内，总占有成本的模型将会得到不断的重新定义、改进和完善。

可利用的工具：数据收集与分析，头脑风暴法，流程图，因果图，直方图，帕累托分析。

第 7 步 将顾客的需要转化为一个供应过程，该过程将使顾客满意并提供管理和优化总占有成本的机会。

要将第 4 步识别出的顾客需要与第 5 步确认的各种备选供应过程详细地对应起来。通过优化总占有成本，即在第 6 步的基础上，就能够确定一个最佳的供应策略。这种转化要求广泛的对话和反馈以识别和评价供应策略的适当与否。

可利用的工具：数据收集与分析，头脑风暴法，流程图，因果图，直方图，帕累托分析，力场分析，顾客和供应商访问。

第 8 步 获得管理当局的批准以将所制定的供应策略转入运作部门加以实施。

现在应将此策略由跨职能团队转入运作管理部门以便加以实施。由于有关各方自始至终的充分参与而大大减少了为促进变革而常常需要的“推销工作”。该策略至少应包括下列内容：范围（如全球的、地区的、本地的）；协议的条款和条件；最终使用者领用的方法。应通过预演或小规模试点来证明其可行性。一旦进行了小规模试点且可行性得以证明，就应当通过逐点验收试验和实施的方式来执行修正后的过程。这会要求进行某些培训工作。

可利用的工具：行政指令，小规模试点，过程调试，验收试验，培训。

对供应活动的计划工作几乎肯定会导致某种程度的供应商基础的合并整合，这是由于通过跨部门或在多个业务单位之间的联合分析，而将类似的采购集中到了少数的供应商处，从而得以实现规模经济效益。

下面是一个金融机构采购个人电脑的计划过程的例子。

数据分析表明，该机构的大多数个人电脑是通过三方竞价的方式从本地的电脑商店采购的。这使得该机构所用的硬件和软件几乎没什么标准化。该机构个人电脑的采购一向批量很小，但却为采购部门、付款部门和信息技术支持部门带来了相当的工作量。这些部门负责采购、付款、安装、维护以及

管理这些设备。

分析显示出采购价格实际上只是个人电脑总占有成本中的一小部分。设备支持、软件评估、培训以及存货控制等都代表着一些重要的隐匿成本。

在这种情况下，所建议的供应过程是将设备和软件标准化，与一家具有广泛的地理覆盖范围的电脑分销商谈判采购和服务协议，并限定每半年批量采购一次。当地的几家慈善机构被指定为淘汰设备的捐赠对象。获得了合同的供应商现在有了专门的关键绩效指标以便测量和监控其绩效表现。

供应商关系的控制　控制在供应商关系中用于评价供应商的绩效和选择能够优化其绩效的关键的少数供应商。与计划一样，控制活动也必须以满足顾客需要为中心。然而，作为已完成的计划过程的结果，已经有了若干用于绩效评价和测量的准则。控制的目的是维持可接受的绩效水平。用在供应商关系中，控制的目的就是将顾客满意水准维持在计划过程所确定的水平上。

计划过程中所确定的供应商通常是那些有能力实施改造后的供应过程的供应商。由一个跨职能团队进行的周密持续的评估进一步缩小了供应商的基数，有助于选出那些的确能够降低商品的总占有成本的少数供应商。因此，正是在控制的实施中，开始了由传统的采购方式向供应链管理的进化。

控制过程要求有：

- 明确定义的供应链质量目标，这些目标是通过计划活动确立的。
- 对照这些供应链质量目标对供应商绩效的充分、持续的数据收集和评价。
- 必要时的纠正措施。

大多数成功的供应控制过程都遵循着类似于下述步骤的一个方法论：

第 1 步：创建一个跨职能的团队　这个跨职能的团队包括了顾客、采购部门以及运作部门的人员。其使命是对由计划团队在计划阶段确立的供应链过程的绩效进行持续的管理、测量和评价。跨职能团队首先需要确定质量目标和关键绩效指标。该团队的活动应当有充分的顾客参与。

可利用的工具：头脑风暴法，团队建设，流程图，数据收集，向管理层的陈述。

第 2 步：确定关键的绩效测量指标　绩效测量指标应当在计划阶段就有所考虑。但是，控制团队还需要明确和建立获取和报告这些信息的过程。这一步应当有广泛的供应商参与。

可利用的工具：数据收集，流程图，核对表，趋势图，散布图，过程能力指数。

第 3 步：确定最起码的绩效标准　除了关键绩效指标之外，在考虑对供应商做进一步的战略发展之前，团队要建立起最起码的供应商绩效标准。这些标准将会包括一些财务上的、法律上的和环境方面的考虑。还会提出一些最起码的可接受的质量标准，如缺陷率、保证情况以及交货期等。这些最起码标准与第 2 步

确定的关键绩效指标一道，都要同顾客和供应商进行沟通。

可利用的工具：头脑风暴法，数据收集与分析，向管理层、供应商及顾客的陈述。

第 4 步：减少供应商的基数 团队要去掉那些不能达到最起码绩效标准的供应商，将活动集中到那些符合标准的供应商身上。通过实施最起码绩效标准，控制过程提供了减少供应商基数的另一个机会。

可利用的工具：数据收集与分析，向管理层的陈述。

第 5 步：评价供应商的绩效 根据实际的供应商绩效，开始对保留下来的供应商的绩效实施持续的评估和评价。这通常会涉及评估供应商的现行质量体系、供应商的产能和过程能力以及所提供商品的适用性。

供应商评价由跨职能团队来实施，其内容由三类相互关联的不同的评价组成。这些评价确保了对于质量标准和绩效标准的符合，并建立了改进过程的基线。

评价之一：供应商质量体系评价。这是对供应商现有的质量体系进行评价。它要求派出一个评估小组或由能够对质量体系进行认证的第三方对供应商进行实地访问。这一评价主要考察供应商的以下方面：

1. 对顾客需要的关注。
2. 管理当局对全面质量管理的承诺。
3. 明确定义的、文件化并充分实施的质量体系。
4. 就监控自身工作缺陷而言的雇员活性化。
5. 在调查和纠正质量问题时基于事实的根本原因分析的运用。
6. 鼓励和评价其供应商质量改进的方案。
7. 对经营的所有方面的持续改进的承诺。

从成本考虑出发通常会偏重于采用第三方的供应商认证而非采购方雇员进行的评价。若是这样的话，最终用户组织必须清楚地了解这种认证具体包括什么和不包括什么。

供应商认证最常采用的标准有：

1. ISO 9000 族标准（ISO 9001、ISO 9002、ISO 9003），用作一个有效的质量体系的最起码要求的模式和指南（参见第 11 章“ISO 9000 族国际标准”）。

2. ISO 14000 标准，用作一个有效的环境体系的最起码要求的模式和指南（参见第 11 章“ISO 9000 族国际标准”）。

3. QS—9000 质量体系要求是由克莱斯勒、福特和通用汽车公司供应商质量要求工作组（Chrysler/Ford/General Motors Supplier Quality Requirements Task Force）制定的。它以ISO 9000标准为基础，并加入了汽车业的理解和要求（如持续改进、先行产品质量计划等）。

4. 马尔科姆·鲍德里奇评估，它是为申请美国马尔科姆·鲍德里奇国家质量

奖而制定的。它评估组织的现行过程体系、领导方面的组织与文化的问题、活性化的程度、信息和信息技术的应用等，目的是促进质量计划、质量控制和质量改进（参见第 14 章“全面质量管理”）。

评价之二：供应商经营管理。这是评价供应商作为一个持续的经营实体满足其最终用户当前和未来的业务需要的能力。它包括了对于供应商当前和未来的财务和运营绩效的评估。这种评价应考察供应商的以下方面：

- 研究与开发举措，以确保与其顾客的需要和未来计划的一致性。
- 成本结构，以确保财务安全。
- 产能，以确保持续生产和发运所要求的产品和服务的能力。
- 信息技术，以评价引入诸如电子数据交换（EDI）和电子资金转账（EFT）等促进信息共享的举措的愿望和能力。

这类评价包括了对于这样一些指标的测量，如负债与所有者权益的比率、利润再投资的百分率、存货对销售额的比率、员工流动率、产能利用率等。

评价之三：供应商产品的适用性。这是评价供应商所提供的商品或服务的适用性。评价的焦点在于质量、交货期和服务。特别地，这一评价应考察：

- 对顾客要求的符合程度。
- 过程能力（C_{pk}）（参见第 6 章“过程管理”）。
- 关键绩效指标。

这类评价应包括对以下指标的测量：

- 交运产品的不合格率。
- 关键过程的运转周期。
- 顾客满意度。
- 确定的和测量的不良质量成本。

可利用的工具：对供应商的现场访问，数据收集与分析，第三方评估。

供应商关系的改进　改进阶段包括：

- 供应过程的管理、测评和持续改进。
- 在供应链内控制的扩展和持续改进的启动，以确保价值的创造。

改进活动建立在计划和控制阶段已经奠定了的质量、总占有成本和供应链管理的基础之上。在供应链上从供应商到最终使用者的所有各方之间建立起信任，这对于整个供应链的绩效改进有着至关重要的意义。改进阶段的目标是将供应链建成为犹如一个有机的整体一般行事的供应链，建立共同的目标，进行实时的决策，依据一套统一的关键绩效指标来测量绩效，共同对最终用户的需要作出反应。

以信任为基础，供应链的管理和优化就能够持续下去。这种信任感单靠签订一项长期的合同或是竖起一面重视质量的大旗是不可能获得的。它必须通过长时期表现出来的行为和行动来证明。随着合作气氛的日益增长，所有供应链参与者

之间的信任程度也会加深，创造价值、联合解决问题以及创新的机会便能够被识别和认识。

五个进展层次 在控制阶段，最终使用者和供应商已经确认了整个供应链并绘制出了流程图。持续改进阶段一般沿着五个合作层次向前推进：（1）组成联合团队；（2）降成本；（3）提升价值；（4）信息共享；（5）资源共享。

第 1 层：组成联合团队。改进阶段始于一个联合团队的建立。尽管该团队可以有多个目标，但其最初的焦点应汇聚在：

- 目标的整合。
- 供应链业务过程的分析。
- 慢性问题的识别和治疗。

目标的整合保证了供应链中的每一环节的目标和举措能够与最终顾客的需要相一致。此外，目标的整合以及与其相关的活动是建立促进供应链进一步发展所必需的协同和信任的当然起点。

在进行供应链业务过程分析时，团队首先要识别供应链的要素并收集数据用以测量其绩效。数据的收集应当将注意力集中于供应链中最有可能产生质量问题的领域，如过长的运转周期、返工、废品或容易导致顾客不满的方面。

供应链业务过程分析体现了明确供应链（通常利用流程图）和收集反映该供应链绩效数据的初始步骤。数据的收集应重点关注质量问题的高发区域，如运转周期、返工、废品或是顾客不满等。

慢性问题的识别与治疗提供了在这种联合团队的环境中协作解决问题的初始机会。这为由供应链各方成员所组成的质量改进团队提供了绝好的机会。该团队的努力将很容易带来迅即的过程改进和顾客满意的提高，从而提供了在供应链内进一步培育协作和信任的机会。

有关质量改进方法论的进一步论述请参阅第 5 章“质量改进过程”。

第 2 层：降成本。第 1 层次上的活动，特别是联合解决问题团队的成果，有助于在供应商与最终用户之间创造一种信任和协作的文化。这些团队的建立是为了识别和摘取“长在低处的果子”，也就是说，是为了减少那些在其联合业务过程中已经识别出且相对容易解决的慢性问题的发生。第 2 层要求一种更为深入的过程改进的方式，常常会涉及供应商的供应商，或最终使用者的顾客。在这一时点上，主动的供应链管理开始取代最终用户与供应商之间的双边关系。

对供应链开展的不良质量成本的研究为组织的降成本活动提供了有力的指南。这些成本通常可分为三个类别：

- 外部故障成本（即担保、顾客不满、召修成本）。
- 内部故障成本（即废品、返修、被拒收的原材料、停工成本）。
- 鉴定成本（即检验、试验、验证成本）。

针对供应链中所揭示出的不良质量成本，应当组建联合团队，采用一个项目

一个项目的方式来降低这些成本。

有关不良质量成本的进一步讨论请参见第 8 章“质量与成本”。

当活动进入到一个更高的层次时，低层次的活动也仍在继续。例如，当供应链进入到第 2 层开始测定和管理成本降低的机会时，第 1 层次的工具和活动仍在持续。这种累积效应持续贯穿了所有五个层次。

第 3 层：提升价值。当联合团队开始降低不良质量成本时，供应链自身开始作为一个统一的业务过程而非一系列单独的过程运行起来。此时，联合团队需要编制供应链中活动的流程图并评估供应链每一环节所增加的价值。在这个阶段要提出两个问题：“这一步骤是否增加价值?”和“若跳过这一步骤又会怎样?”这样便可识别和删除不增值的步骤。

第 4 层：信息交换。在供应链改进进展的这一点上，传统上被作为机密情报对待的东西得到了常规的分享以及在整个供应链上的广泛发布。而且，诸如 EDI、互联网和内联网应用软件、Lotus Notes 这样的群件等电子商务工具正在推动着信息的传输、思想的合作以及实时的决策。

第 5 层：资源共享。在供应链管理和改进的后几个阶段，传统上分隔机构、部门和公司的“墙”已经被拆除。没有多少人还工作在公司碉堡当中。供应链开始像一个单个的过程一样运行，参与的人员涉及了供应链上的不同供应商，涉及了顾客组织以及用户组织。供应链上的人员常规地就思想和改进机会进行着合作，其绩效持续地得到测量。来自供应链内各供应商的人员常常配置在他们的顾客所在地以进一步推动这种合作。

在供应链管理的最高层次上，数据、资源的共享和风险共担的程度已经提升到一个相当的水准。不仅人员与顾客同地配置，而且技术计划、风险创意与投资在整个供应链上也是共享的，收益和损失也一同承担。一个无缝隙的供应链过程开始呈现，既为顾客也为供应商创造着价值。

敏捷供应链实施工具　《车轮：对话的手段》（The Wheels: A Vehicle for Dialogue）是一套综合的供应商评价工具，旨在帮助组织与供应商一道识别、管理供应链绩效并实现突破。这套工具是由罗切斯特技术学院（Rochester Institute of Technology）的一个小组开发出来的，格雷厄姆（Graham，1996）对之进行了讨论。对供应链的一个关键性的要求是敏捷性，它意味着在当今高度竞争的全球化经济当中必须要有迅速机敏的制造系统。

利用这套工具所进行的评价使得在顾客与供应商之间能够进行一个推动供应链绩效改进的对话。这套工具是围绕六个问题设计的。通过以这六个问题对顾客、供应商和供应链的考察，我们能够勾画出有关供应链和其成员公司的一个完整图画。这六个问题是：

- 我们是否正在开发和生产正确的东西?
- 我们是否正在很好地生产该正确的东西?

- 我们是否在足够快地交付该正确的东西？
- 我们是否正在营造最好的经营氛围？
- 我们是否正在共同地领先和改进？
- 我们是否都在变得更加成功？

有关这些工具的进一步信息可从纽约罗切斯特技术学院集成制造研究中心（The Center for Integrated Manufacturing Studies, Rochester Institute of Technology, Rochester, NY）获得。

供应链管理的成果 帕克和多伊尔（Parker and Doyle, 1996）报告了一些选自他们自身经历的供应链优化的突出成果：

- 质量：变异性减少了 20%～70%。
- 运转周期：缩短了 30%～90%。
- 浪费：不良质量成本降低了 15%～30%。
- 技术：由于发挥整个供应链的作用，研究与开发资源增加了 3 倍或更多。
- 风险：通过风险共担使得危险/障碍全面降低。

*克莱斯勒公司的经验。*戴尔（Dyer, 1996）介绍了克莱斯勒公司与其供应商之间通过持续协作、信任以及共同解决问题而获得的经验和重大收益。1989 年，克莱斯勒公司开始实施一个识别和发展供应商伙伴关系的项目。那时，公司的生产供应商基数是2 500个供应商。供应商伙伴化的第一步要求果断地减少供应商的数量，该公司在 1989—1994 年间供应商基数削减了 54%。到 1996 年为止，留下的供应商当中的 90%以上被允诺了他们所提供零部件的车型寿命期（甚至更长）的生意。据报告，其供应商合同的平均期限是 4.4 年，是 1989 年的 2.1 年两倍以上。而且，克莱斯勒公司用更具弹性的口头协议取代了详细的供应合同。

根据戴尔的报告，克莱斯勒公司与其供应商协作寻求降低汽车制造成本的途径，同时向供应商保证任何节约都将在克莱斯勒/供应商之间共享。克莱斯勒公司对应其五种汽车平台（大型轿车、小型轿车、小型箱式车、吉普车、卡车）将自己组建为了跨职能的团队。每一团队在汽车的概念开发阶段就尽早选择其供应商，并赋予供应商以设计某一部件或系统的近乎全部的责任。

克莱斯勒公司还采用了一个叫做“目标成本计算法”的概念。从预测某一车型的市场价格开始，跨职能团队来倒推每一系统、子系统及部件的容许成本。利用目标成本计算，克莱斯勒公司将其供应商关系从对抗式的竞价购买完全转变成了共同合作降低成本的伙伴关系。

克莱斯勒公司还实施了一项称为“供应商降成本努力”的成本降低计划。此计划使得供应商能够识别和正式提出成本改进的建议，这些建议随之得到克莱斯勒公司的管理部门的评审和认可。供应商关系中这种战略性的转变所产生的结果给人以深刻的印象：

- 产品开发周期时间。克莱斯勒公司开发新车型所需的时间从 20 世纪 80

年代的 234 周降到了近 160 周。

• 成本降低。从 1990 年开始实施“供应商成本降低努力”计划以来，作为该计划的一部分，克莱斯勒公司已经实施了来自其供应商的5 000条以上的建议，并产生了超过 17 亿美元的节约额。

• 采购交易成本降低。从 1988 年开始，克莱斯勒公司已经减少了 30%的采购人员，每一采购人员所采购的金额有了巨大的提高。这主要是通过供应商基数的减少和竞争性出价过程的近乎消除来实现的。

• 收入和利润提高。从 1989 年开始，克莱斯勒公司在美国的市场份额从 12.2%上升到 14.7%。此外，它生产的每辆汽车的利润从 250 美元上升到2 110 美元。

• 持续改进。长期的供应商关系，再加上可测量的绩效改进、目标成本计算以及成本降低，在整个供应链当中产生了一种不断发展的持续改进的文化。

克莱斯勒公司与其供应商下一步要做的事情就是将这种供应商关系文化提升到供应链中更高的层次。克莱斯勒的供应商们被期望向它们自己的供应商复制诸如早期供应商参与、目标成本计算、跨职能团队及“供应商成本降低努力”这样的计划。最终，整个供应链中将充满主动与合作性的努力。

供应商关系中的法律问题　“法律”由那些为社会整体所正式接受和强制的原则、惯例、规则、条例以及行为要求所组成，目的是维持一个有序的社会的存在。法律可以细分为公法（涉及调整个人与作为整体的国家间的关系的领域）和私法（涉及调整个人或群体相互之间的关系的领域）。合同法包含在私法当中。

合同在经济领域的商业交易活动中仍然保持着其基本的促进作用。因此，对于任何从事管理和推动供应商关系的专业人员来说，对合同法的概括理解是必不可少的。一般性的合同法有《统一商业法典》（the Uniform Commercial Code，UCC）中的成文法。《统一商业法典》指导着商品的销售，适用于全美 50 个州中的 49 个（路易斯安那州是惟一的例外）。

数量和战略重要性都在不断增长的国际性的交易活动是由《国际商品销售公约》（the Convention of the International Sale of Goods，CISG）所制约的。

在供应商联盟和供应链管理的不断发展当中，仍然存在着供应商与顾客之间的关系究竟应当正式到何种程度这一恼人的问题。供应链管理实践当中的几个先驱者，如美国本田公司，已经有效地理顺和简化了这种关系。本田公司的典型合约中不涉及协议时间的长短，也不涉及数量或金额。这种和约基本上是一个没有具体的品目和时间限制的向某个供应商购买的合同。本田公司与其主要的供应商已经有效地创造了这样一种合同，它建立了某种关系，而没有传统合同中通常会有的限制性的或惩罚性的语言。

然而，其他公司仍然墨守着传统的冗长合同，其中包含了补偿、抑制性担保、终止条款和其他的限制性条款，这些都要求有充分的法律评审、修订和谈判。

为了推动持续的协作、合作和信任关系，人们更青睐便于制定和管理的简短简洁的合同。这或许在发展供应商关系的早期阶段并不实际。但是，随着供应商关系的发展，供应链内信任的增加，有关各方将会发现合同评审过程可以简化；冗长的合同文件可以更简洁，某些情况下甚至可以取消。

供应链管理中的几个先驱者几乎完全放弃了使用过长的合同，并已选择采用他们自己的标准采购订单格式，其中使用的是概括而简练的语言，这使得供应链几乎没有受到什么法律要求的限制而得到了最佳化。问题的关键在于，必须建立一种协作、合作和信任的关系并大力支持和促进这样一种环境的形成。简化合同的日益增多反映出不断增长的相互信任和风险共担，也象征着成功的供应链的回报。

参考文献

Bhote, K. R. (1987). *Supply Management*, AMA Publications Division, New York.

Carlisle, J. A. and Parker, R. C. (1989). *Beyond Negotiation*, John Wiley & Sons, Chichester, England.

Champy, James(1995). *Re-engineering Management*, Harper Business, New York.

Deming, W. Edwards(1981). Seminar notes for "Japanese Methods for Productivity and Quality," Course No.617, W. Edwards Deming, Washington, DC.

Deming, W. Edwards (1986). *Out of the Crisis*, Massachusetts Institute of Technology, Center for Advanced Engineering Study, Cambridge, MA.

Dunard, Michel(1995). "How the French Arms Industry Mastered Quality." J. M. Juran, ed., *A History of Managing for Quality*, Quality Press, Milwaukee, WI, p.421.

Dyer, Jeffrey H.(1996). "How Chrysler Created An American Keiretsu," *Harvard Business Review*, July-August, vol.74, no.4, pp.42–56.

Fitzgerald, Kevin (1995). "For Superb Supplier Development," *Purchasing Magazine*, September 21, pp.32–40.

Graham, Robert(1996). *The Wheels: A Vehicle for Dialogue*, Rochester Institute of Technology, Rochester, NY.

Hammer, Michael, and Champy, James(1993). *Re-engineering the Corporation*, Harper Business, New York.

Juran, J. M.(1995). "A History of Managing for Quality," *Quality Progress*,

August 1995, pp. 125–129.

Kolchin, Michael, and Giunipero, Larry (1993). *Purchasing Education and Training Requirements and Resources*, Center for Advanced Purchasing Studies, Tempe, AZ.

Parker and Doyle (1995). "Strategic supply-chain Management Program of the Consortium for Advanced Manufacturing—International," Rochester Institute of Technology, Rochester, NY.

Shaver, Robert(1993). "Potential Sources of Power, Influence and Control in Your Career," teaching notes. Madison School of Business, University Of Wisconsin, Madison, WI.

Tully, Shawn(1995). "Purchasing's New Muscle," *Fortune Magazine*, vol. 131, no. 3, Feb. 20, pp. 75–83.

Zampino, Boykin, Doyle, Parker & CAM-I (1995). *Axioms of Supply-chain Management*, Consortium for Advanced Manufacturing International, Arlington, TX.

（张雁 译）

第 22 章

运营 弗兰克·M·格里纳（Frank M. Gryna）

引言
未来的运营职能中的质量问题
计划运营职能中的质量
　计划的职责
对质量的最初计划
　浮现中的技术
　进入运营前对产品设计的评审
　产品特性的相对重要性
　关键项目的确认
　特性的分级
　过程图示
　过程变量与产品结果的关联
过程能力：概念
　基本定义
　过程能力信息的用途
　过程的类型
　过程的混合
　过程能力的标准公式
　与产品规格的关系
　能力指数
　过程能力研究及过程绩效研究
过程能力衡量
　控制图
　通过控制图分析来确定过程能力
　统计控制的假设及其对过程能力的影响
过程绩效的衡量
　测量当前的过程绩效
　过程绩效指数
　对 C_{pk} 的理解
　频数分布及直方图
　单个测量数据的打点
　直方图及概率纸分析的局限性
　过程能力的六西格玛概念
　计数值数据分析
过程能力的其他方面
　服务业的过程能力
　过程能力与质量改进
　对过程能力研究加以计划
过程的防误
　防误的方法
　防误的原则
对装备及作业方法中的其他要素加以计划
　安排过程调整
　预防性维护
对制造计划活动的全面评审
　产前试验
　产前试运转
　过程的故障模式、影响和危害性分析
　过程的评估
　过程运转周期的评估及缩减
对过程控制加以计划
　控制标准
　与产品控制的关系
　控制系统及主导因素的概念
　拟议中的控制工具的评估
计划产品的评估
自动化的制造

对产品质量的益处
计算机集成制造中的主要职能
成组技术
柔性生产系统
自动化过程的质量计划
计划选拔、培训及留住人员
人员的选拔
人员培训
留住人员
运营的组织形式
可控性概念：自我控制
有关“应当做什么”的知识
产品规格
过程规格
制造业的核对单
服务业的核对单
有关“做得怎么样”的知识
过程所固有的测量
由工人进行的测量
由检验人员进行的测量
与工人采取措施相关的反馈
对监督人员的反馈
自动化的质量信息
制造业的核对单
服务业的核对单
调节的能力
过程控制工具
制造业的核对单
活性化
服务业的核对单
有关自我控制的各种核对单的用途
故障的排除
慢性故障与偶发性故障
排除故障的职责
自我检验
自我检验的标准
落实自我检验概念的次序
对符合性决策的审核
自我检验的成果
运营质量的审核
体系审核
谁来实施审核
产品审核
对运营活动的全面质量测量
坚持对持续改进的重视
质量与运营文化
确定当前的质量文化
改变质量文化
致谢
参考文献

引言

运营（operations）这一词汇在本手册中涉及两个领域：制造业中的生产制造活动和服务业中的后台支持活动。在制造业中，运营是指把原材料转换成最终产品的那些活动，这些活动通常是在工厂进行的。在服务业中，运营是指处理顾客交易但不同外部顾客直接接触的那些活动（如处理顾客的订单和支出的那些后台活动）。这两个领域都各有其特定的需要。本章的讨论既包括运营活动的计划也包括运营活动的实施。

与外部顾客直接接触的那些活动毋庸置疑是需要优先考虑的活动。在本手册中，这些活动在第 25 章、第 27 章至第 34 章的有关产业的部分加以讨论。

本章中产品一词兼具货品和服务两方面含义。

未来的运营职能中的质量问题

对于许多产业而言，无论是制造业还是服务业，正在浮现的诸多因素都要求21世纪应采用不同的质量管理的方式。这一系列因素包括：

1. 对于更低的缺陷或差错水准的要求。随着产品及过程变得日益复杂，新的“世界级质量”水准已日渐普遍。对于许多产品而言，1%－3%的水准正在为百万分之一至百万分之十的水准所取代。而对于许多过程而言，则必须满足“良好制造惯行”（good manufacturing practices，GMP）以及其他形式的各种规章的要求。

2. 对于降低库存水平的重视。在“准时制”（JIT）生产系统中，大批量的概念受到了缩短调整时间、重新设计过程及职位标准化等的挑战。结果将导致更小的批量和显著的库存降低。这样的系统依赖于具有充分能力满足质量要求的过程，因为很少或几乎没有什么库存用以替换缺陷产品。因此，除非产品质量能够得到保证，否则JIT是不可能存在的。舍恩伯格（Schonberger，1996）对于JIT及其对产品质量的影响进行了阐释。

3. 基于时间的竞争。运营的绩效不只是用成本和质量来衡量，而且还要用对于顾客需要的反应灵敏度来衡量。反应灵敏意味着以更低的成本和用更短的时间来提供更多的产品（亦即更多的产品特性）。时间的要求对于产品开发过程施加了压力，这可能会导致对于新设计评审的不充分。然而，经理们已日益认识到，产品质量会成为影响交货过程的瓶颈。斯托尔和豪特（Stalk and Hout，1990）针对包括质量在内的许多因素对于基于时间的竞争的影响进行了讨论。

4. 技术的影响。技术（包括计算机信息系统）通过使产出更加多样化和更具有一致性而显著改进了货品和服务的质量。其影响之一是降低了对于运营中的直接劳动效率的强调。技术的渗透大大提高了某些职位的复杂性，从而要求更加高度的职位技能和充分的质量计划活动。技术还会使得另一些工作变得更为简单甚至单调。

5. 灵活性竞争。灵活性竞争建立在以下这些相互关联的概念基础之上，如能够适应不断变化的顾客机会，能够迅速更换产品品种，能够根据顾客的订单提供任意批量的货品和服务，能够为单个顾客定制货品和服务，能够在一个公司或多家合作公司范围内调用具有不同专业技能的人员和设施。显然，这无论是对产品特性还是对缺陷水平都会产生深远的影响。戈德曼等人（Goldman，Nagel and Preiss，1955）对这一概念进行了讨论并列举了相应的实例。其中的一个是关于服装业的例子，在展销会上，顾客订购了某种款式的套裙，厂家现场为顾客量体，然后设计、裁剪、印染、缝制并当场交货。

6. 外包（outsourcing）。有许多组织通过将某些职能全部转移给供应商（外包）而减少了自身的职工人数。在一项调查中，接受调查的公司1995年有86%实施了外包，而1992年时这一比例只是58%（*Business Week*, April 1, 1996）。在一家约8 000人的金融服务公司中，有74%的人员是“包工”制员工，他们大多来自同一家供应商。该公司为确保所提供服务的质量采取了严格的措施。外包出去的活动如制造活动、处理账单、提供服务、人力资源业务等。显然，必须采取相应措施来确保这些活动的质量。贝蒂斯等人(Bettis, Bradley and Hamel, 1992)讨论了外包对于竞争力的影响，并提出了一些注意事项和建议。包工制员工及外包对质量的影响已被全国科学基金会(National Science Foundation)选为一项研究项目。

这些并非彼此孤立的“精益生产”因素表明，运营过程中的质量不再只是以检验检查为中心。当我们在运营职能中贯彻以顾客为中心、持续改进、雇员活性化等令人兴奋的普遍性的原则时，还必须认识到上述这些因素的存在。

舍恩伯格（Schonberger, 1996）对于世界级制造的未来进行了探索；戈弗雷（Godfrey, 1995）强调了服务质量中的一些关键性问题。

计划运营职能中的质量

运营实施之前首先对质量进行计划，这日益被人们认识到是必不可少的活动。诸如ISO 9000及ISO 14000这样的国际标准为计划活动提供了一个最低限度的框架（详见第11章“ISO 9000族国际标准”）。这些标准所要求的重要事项有过程控制、检验和试验、材料控制、产品的可追溯性、计量设备的控制、不合格产品的控制、质量文件、过程的环境条件、过程对外部环境的影响等。

计划的职责 这种计划的职责由谁来承担因行业而异。在机械及电子行业，这一工作通常由制造职能中的专业部门来完成（如制造工程、工艺）。在流程性行业中，这项工作通常分为两部分。概括性的计划（如制造过程的类型）由研究开发职能承担，详细的计划则由制造职能负责。同样，服务领域在计划职责的安排上也有很大差异。例如，在金融服务业的后台运营中，由地方分部的运营经理负责计划活动；而在快餐业中，食品制作的计划活动则通常是由总公司的计划职能来承担的。

影响计划职责如何安排的主要因素有：所制造产品的复杂程度，制造过程的构造，员工的技术文化水平，以及“是依靠制度还是依靠人”的管理理念。

在有些工业化国家中，只将一小部分制造计划工作授予部门的基层主管或一般员工。在美国，这种情形在很大程度上来自将制造计划与执行相分离的泰罗制的影响。这种制度导致了制造计划活动被赋予了不同的部门。

泰罗制是在20世纪初期，劳动力的受教育水平很低，而产品和生产技术却变得日益复杂的背景下诞生的。这种制度因在提高生产率方面取得了巨大的成功而在美国获得了广泛的采用。在制造计划工作中，不仅是在跨部门的层次上，而且在一个部门的内部也是如此。泰罗制可以说是根深蒂固，且仍然维持着其统治地位。

但时代发生了变化。“劳动力缺乏技术知识”这一泰罗制的基本前提已经过时，因为人们的教育水准已有了显著的提高。许多公司认识到，有大量的实际生产知识蕴藏在职工队伍当中，它们正在采取各种措施以充分利用这些知识。制造计划工作应当是一种合作性的活动，应当使职工也有机会对计划工作贡献才智。在美国，由于泰罗制的广泛影响以及由此而产生的利益要求，这种合作仍然十分缓慢。

有些公司采取了剧烈的组织方面的措施来将对于质量的考虑整合到制造计划活动中。在一个公司的做法中，撤销了独立的质量部门，其人员及活动并入了研究和工程部门（Kearney，1984）。通过分析影响关键产品特性的材料和过程的变量，每一运营过程都建立起了正式的制造控制计划。这一文件是由一个专门的团队来完成的，其成员来自研究、工程（包括质量人员）及各个生产领域。每个产品组合都采用了这样一个团队。

对质量的最初计划

计划活动始于如下的一些活动，即评估浮现中的运营方面的技术，评审产品设计，确定产品特性的重要程度，用过程图来描述过程，以及使过程变量与产品结果相互关联起来。

浮现中的技术 有时，组织需要评估一些必须与整体业务计划同时开发的正在浮现中的运营技术。此时，会有许多伴之而来的问题。如这些技术与现行运营体制的相容性，对于推出新产品造成的困难，对市场容量及产品结构变化的适应性，对人员的需求，当然还有增加投资的问题。沙尔拉肯（Scharlacken，1992）提出了一种用于评估这一问题的四步法（见图22—1）。该方法首先是要成立一个由多专业人员组成的团队，其成员代表了会受到新技术影响的各个方面。该团队要提出一个未来3～5年的技术轮廓文件，其中要反映出管理当局对于关键产品线的策略，如是成长策略还是维持或收割策略。在评估备选技术（任务2）时，应注意其中的子任务3。这项子任务要求在计算机上用模拟软件来模型化所建议的过程。这种模拟使得在对该过程实际投入资源之前就能够揭示出有关过程特征的信息，如产量、可靠性、瓶颈和停工期等。这一四步法是为制造业的技术计划而开发的，但也适用于服务业。

进入运营前对产品设计的评审 无论是制造业还是服务业，在一个新产品

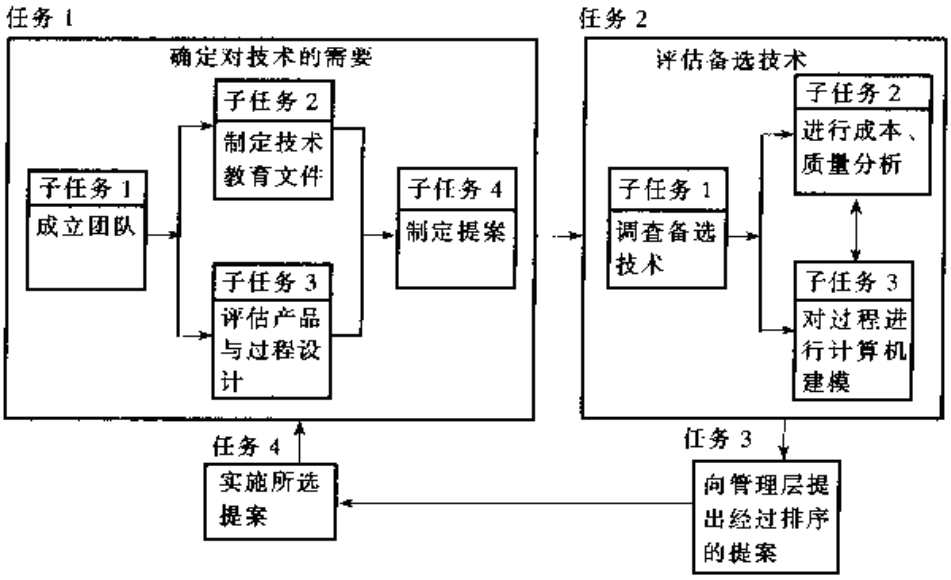


图 22—1 制造业技术计划的方法

资料来源：Adapted from Scharlacken (1992).

设计最终完成之前由运营人员对之进行可行性的评审，这样做有着显而易见的好处。在实际工作中，这种评审所进行的程度有着很大的差异，有时是基本上不做（“扔给墙那边”的运营人员），有时则是相当正规化的评审（根据正式的标准对未决问题进行评审并进行后续跟踪）。对实物产品而言，设计要求体现在产品的规格当中。这一规格要经过设计评审过程的审查（参见第 19 章中的“可靠性设计”）。评审的重点在于产品设计的现场性能。对于服务业的后台运营而言，对于新的服务产品的要求可能是由一份服务水准协议（service-level agreement）所描述的。该协议要概括列出为了满足顾客的需要后台所提供服务的形式和数量。哈特（Hart，1995）阐述了内部担保（internal guarantees）的概念，这种担保如组织的某个部门作出的保证为某个内部顾客提供完全满意的货品或服务的一个承诺，它伴随着一定的金钱或其他形式的惩罚的风险。

设计评审中必须包括对于可生产性的评估，具体应包括以下有关运营的事宜：

1．明确所有的设计要求。

2．确定各个产品特性的相对重要性。

3．面向可制造性的设计（design for manufacturability，DFM）。这一方法主要关注的是对设计的简化，以使之更加容易生产。其强调的重点在于减少零件总数、零件的种类数，以及生产运营活动的数量。这种类型的分析并非什么新东西，如价值工程方法在简化设计方面就一直发挥着重要的作用。[这方面的例子可参见 Cooper and Slagmulder(1997)。]然而，一点新颖之处在于已有了这方面的计算机软件，可用来对设计进行分析并寻找简化组件的机会。利用这种软件可以对装配件进行一步一步的分解，针对零件和组件提出疑问，就零件数、装配时间和零

件或部件的理论最小值提出一个概括的答案。利用这种软件能够使设计人员了解简易制造供进行可靠性、可维修性及安全性分析的类似物的原理。在某个例子中，应用面向可制造性的设计(DFM)软件对于一种新的电子现金出纳机的产品设计进行了分析。结果，零件数减少了65%。一个人被蒙上眼，不用螺栓或螺钉在两分钟之内便能装好这种出纳机。这一简化了的终端在24个月内便投放到了市场上，创下了一项记录。这种设计简化还减少了生产过程中导致质量问题的其他根源。

4. 过程的顽健性（robust)。某个过程若适应性强，易于运行，不易出错，且其绩效能够抵抗过程内外部因素的不可控变异，则称其是顽健的。这样一种理想可以通过仔细的过程计划来实现。斯尼（Snee，1993）提供了一些可用于创建顽健性过程的措施的举例。也可参见第47章的“田口线外质量控制”中有关应用田口方法来实现过程顽健化并使过程变异最小化的讨论。

5. 过程满足设计要求的可用性。在制造业中，这意味着过程有能力生产具有基本及特殊性能的产品。这些特性的规格限通常都有必要进行技术和经济上的评估。在服务业中，其后台过程也必须具有生产精确结果的能力，通常还要求在规定的时间内。

6. 特殊需要的明确。例如，制造过程中的搬运、传送及储存。

7. 评估设计要求的可测量性。在制造业，这可能涉及基本的和专门的质量信息设备。在服务业中，通常需要测量时间，如等候服务的时间、完成服务所花时间等。

8. 运营人员所要求的专门技能。

上述每一事项都应制定特定的标准。这种针对产品设计的评审必须与针对过程设计的评审相结合。有关过程设计评审的内容在本章稍后讨论。这些评审为预测运营中的困难起到了早期预警的作用。

产品特性的相对重要性 当计划人员对于产品不同特性的相对重要性有了充分的了解后，他们就能够将可用的时间及资金加以更好地分配。确认关键项目和产品特性分类是这方面的两个非常有用的方法。

关键项目的确认 关键项目是那些需要高度注意以保证达到全部要求的产品特性。某公司运用了诸如零件复杂度和高失效率零件这样一些特别的准则来识别“质量敏感零件”。对于每个这样的零件都要进行专门的质量计划，如合同前及合同期内的供应商参与、过程能力研究、可靠性验证及其他的活动。

特性的分级 在这种体系下，产品的每一特性或特征的相对重要性都要加以确定并标示在图纸和其他的文件里。这种分级可以简单地分为“功能性的”或“非功能性的”，也可以分为几个重要度级别。后者的一个例子如按重要程度分为四个等级的一种体系，四个等级分别为至关重要、比较重要、次要及无关紧要。分级所用标准是以对于安全、运营故障、绩效、服务及制造等方面质量特性的影响来确定的。所用数据来自对零件及其使用的研究，现场及测试数据，可靠性设计分析，保修经验，以及过去类似的设计经验。谢诺伊（Shenoy，1994）按照

强、中、弱三个档次阐释了各种顾客需要与产品控制特性之间的相关关系（见表22—1）。萨默顿（Somerton and Mlinar，1996）解释了如何获得、整理并区分来自顾客的数据以确定关键的产品特性和过程特性。他们在分析中应用了许多工具，如“质量机能展开”（QFD）、“故障模式、影响及危害性分析”（FMECA）等。

表 22—1　　顾客需求与最终产品控制特性的关系矩阵

顾客需要	GSM	湿度	亮度	拉伸系数	爆裂系数	撕裂系数	伸展性	酸度	涂层
等级	强		中	弱	弱	弱			中
厚度	强								中
光滑度			弱						强
白度				强					中
墨染性		中						强	弱
尺寸稳定性		中		弱	弱	中	强		
折痕				强	中	强			
耐久性					强	强	强		

资料来源：Shenoy（1994）.

产品特性分级应当由那些对于产品的功能拥有充分的背景知识的人员来进行。对于大多数产品而言，必须有来自产品开发部门的技术人员的参与。然而，他们对于花时间来进行特性分级常常会提出两条反对的理由：

1.“所有的特性都是重要的”。然而，现实是大量的特性不可避免地需要设定优先次序以便生产和检验。确定优先次序就需要知道特性的相对重要性。如果这些不是由开发工程师来提供的话，就注定只能由那些没有多少设计背景的人员来作决定。

2.“公差范围的大小已经提供了相对重要度的一种分级”。事实上，某个特性关键与否与所允许的公差范围并无太大关联，而更多地取决于偏离公差范围对于装配系统的功能所产生的影响。举例来说，假如某尺寸的设计公差为2.000cm±0.010cm。如果零件尺寸为 2.020cm（偏离值为设计公差的两倍），设计工程师就可能会被要求就这一结果对于系统功能的影响进行预测。这一数值足以使设计工程师对于该特性的重要性得出一个观点。

利用过程能力指数作为标准，这种分级的方法也可适用于制造过程（参见稍后的“过程能力：概念”一节）。然后，可进行产品—过程合并研究，以确定高风险领域，如至关重要—至关重要，至关重要—比较重要，比较重要—至关重要。

特性分级经常会导致产品开发部门与制造计划部门在生产开始前的有益对话。例如，某个特性被设计人员归类为“无关紧要”，但却需要一个成本很高的过程来满足其规格要求。经过讨论，设计工程师增加了规格范围，又重新进行了分级。扩大了的规格范围使得能够使用成本更低的过程。有关特性分级的进一步讨论，请参见第 3 章中的“针对关键因素及人为差错的设计”。

在服务行业，一项隔夜递送服务不仅确认了其服务质量的 12 个指标，而且

还针对每项指标赋予了相应的权数（见表 22—2）。这些指标每天都要评价，既评价单个指标，还要评价指标整体。

表 22—2　　联邦快递服务质量指标

指标	权数	指标	权数
电话挂断	1	未取到包裹	10
投诉复发	5	丢失送达证据	1
包裹损坏	10	迷失货物（失而复得）	5
国际的	1	未过日晚送	1
要求发票	1	追踪	1
包裹丢失	10	过日晚送	5

资料来源：American Management Association (1992).

过程图示　将全部过程绘制成流程图（类似的图还使用位置图、逻辑图或蓝图等术语）会有助于对过程的理解。有几种类型的图颇为有用。

有一种类型的流程图表示出了工作的路径，原材料顺着这条路径逐步向前最终变为成品。计划人员利用这种图将流程划分为称为工作站的逻辑部分。对每一工作站都要编制一份正式的文件，其中列出要执行的操作、操作的顺序、要用的设施和设备以及须保持的过程条件等。这份正式文件就成了生产监督及作业人员执行的计划。它是检查人员进行控制活动的基础，也是进行过程审核的标准。图 22—2 展示了一个涂层过程的流程图示例。

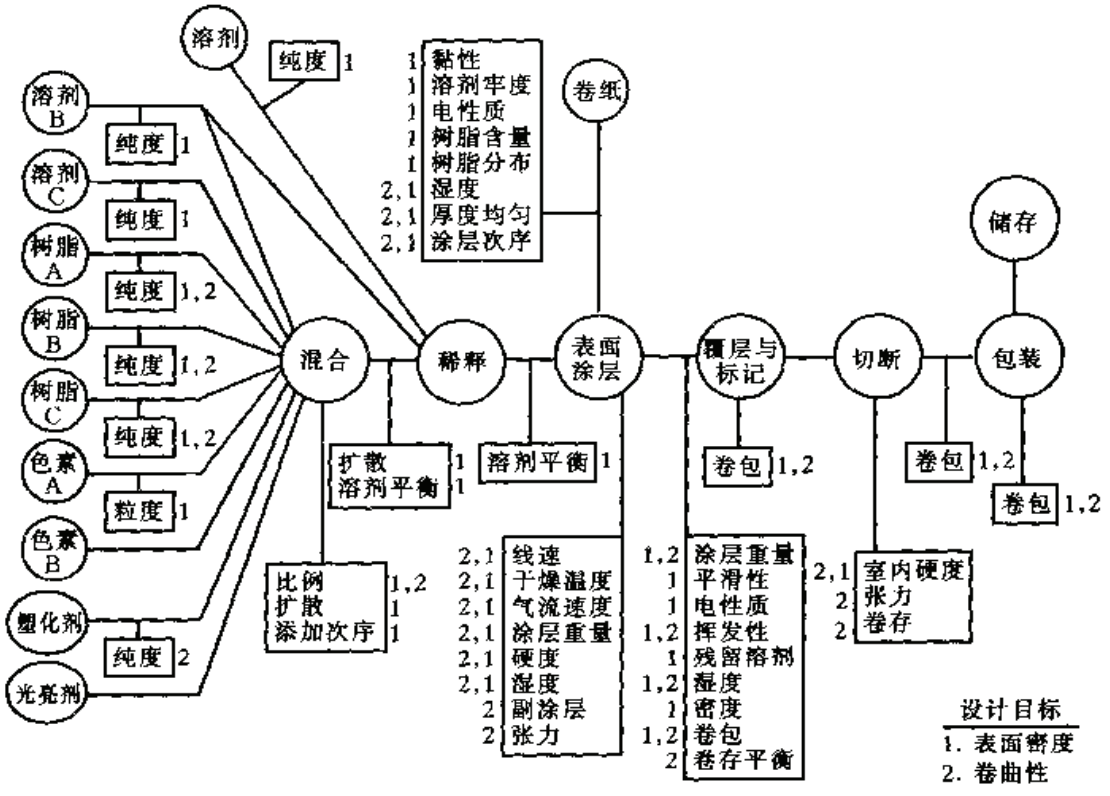


图 22—2　用于控制的战略性计划：产品和过程分析图（P－PAC）

图 22—3 是来自服务业的一张描述一家贴现经纪行处理一笔交易的流程图（称为蓝图）。请注意在该图中与顾客接触的活动（有形服务）与“可视线”下的后台活动已分割开来。符号 F 标示出了“故障点”，所标出的这些步骤比较容易出问题，需要通过增人、设施布局或其他方式予以特别的关注。同时请注意图中还对部分活动列出了服务的时间标准。

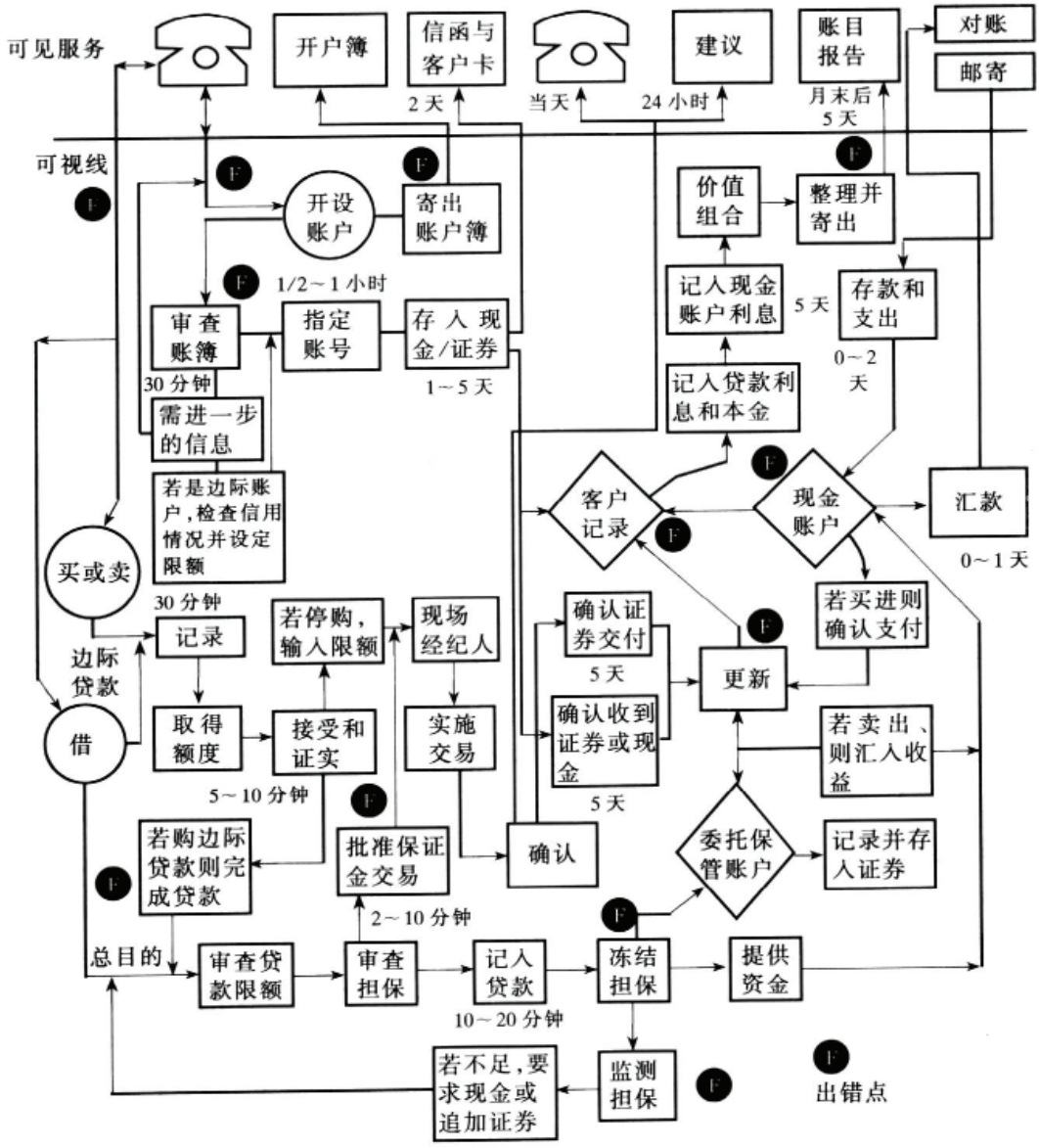


图 22—3　反映贴现经纪商运营的一个服务提供系统的蓝图

资料来源：Shostack（1984）.

图 22—4 中的流程图描述了一个编制账单的过程中的主要职能和关键活动。该流程图不仅显示出了过程随时间的流动（从上至下），也显示出了在各部门间的流动（从左至右）。注意该流程图的每一项均标出了序号，以便于参照描述该活动的更详细的流程图或工作指导书（Juran Institute，1995）。

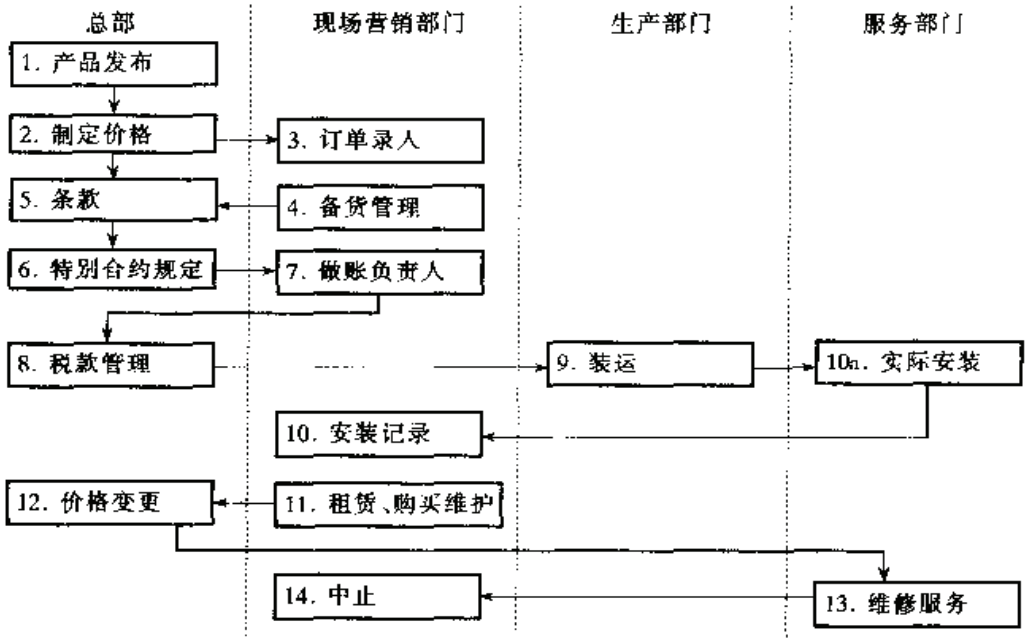


图 22—4 编制账单的过程

过程变量与产品结果的关联 通过数据的收集与分析来找出过程变量或参数与产品结果之间的相互关系，这是制造过程中计划活动的一个重要方面。有了这方面的知识，计划人员就能够针对各个过程变量设定特定的控制措施，以取得预期的产品结果。图 22—2 中，过程变量标示在与代表运营活动的圆圈相连的矩形框里，产品特性则列在两项运营之间的矩形框里，在这一点上可以对符合性加以确认。有些特性（如涂层重量）既是过程变量又是产品特性。在过程中的每一控制点（control station）上，设计人员要确定出用于实施控制的各个受控对象（control subject）。每一受控对象均要求有一个由多重过程控制特性组成的反馈回路。一个过程控制展开表有助于将有关细节概括出来。图 22—5 是一个过程控制展开表的示例。详细的说明请参见资料（Juran，1992，p.286）。[包括确定制造过程关键控制点的内容在内的有关质量计划的更为深入的讨论，参见克拉克和米利根（Clark and Milligan，1994）的论述。他们运用了许多有用的质量工具来讨论蜂蜜这种简单产品的生产。]

要确定过程变量的最佳设置和公差范围，有时需要收集和分析大量的数据。卡彭特（Carpenter，1982）讨论了一个对 33 个参数的数据进行统计分析的案例，该分析是为了确定一个铜矿冶炼过程的关键过程变量。多德森（Dodson，1993）提出了一个附有表格的程序，用来确定一个过程上下规格限的最佳目标值，规格限的确定考虑了产品的经济价值。

缺乏这些知识（即过程变量与产品结果间的相互关系）的后果可能是十分严重的。在电子元件制造中，有些元件的产出很低，除非对过程变量加以深入的解析，否则这种状况不会改变。无论在什么产业中，强迫接受新的质量要求（如减

过程控制特征/控制对象	测量单位	测量手段的类型	目标	测量频次	样本容量	决策准则	决策职责
波焊条件：焊料温度	°F	热电偶	505°F	连续	N/A	510°F升温 500°F降温	操作者
传送带速度	英尺/分	仪表	4.5英尺/分	1/小时	N/A	5英尺/分减速 4英尺/分提速	操作者
合金纯度	百分比含量	实验室分析	1.5%最大	1/月	15克	焊池达5%时更换焊料	过程工程师

图 22—5　过程控制展开表

轻汽车零部件的总重量）都会引起废品的急剧增多（从而使成本上升），因为对于如何使过程变量迅速适应新的要求了解不足。

只有最高管理层才能够提供以下这些必不可少的基本条件：

1. 所必需的全职人员的预算。由这些全职人员来协助分析现有的数据，决定是否需要进一步的研究，设计实验，收集新的数据，进行分析，等等。

2. 质量方面的专业培训的预算。无疑，全职分析人员须接受这方面的深入培训。此外，过程工程师掌握质量知识也是十分有用的。所必需的培训项目到处都可以获得。

对于这些投资的回报将会是更多的产出、更高的生产率、更低的成本和更好的质量。

有些行业必须符合政府部门颁布的有关制造活动的规章，在制造计划活动中必须清楚地认识到这些要求。这方面的一个例子是对于与健康有关的行业所要求的良好制造惯行（GMP）。

过程能力：概念

过程能力是所测出的过程生产产品的固有的再现性(inherent reproducibility)。

基本定义　经验告诉我们这一定义中的每一关键词都必须加以明确的定义。

过程：指参与生产过程的机器、工具、材料和人员的特定组合。过程的产出可以是有形的货品，如一个集成电路芯片或某种化学品；也可以是一项服务产品，如信用卡对账单或顾客热线的应答。

能力（capability）：该单词意指能够生产符合质量要求的产品的能力，是基

于对绩效的测试而言的。

测出的：过程能力是从数据计算出来的，这些数据是对过程所做工作的测量结果。测量可以针对某种物理特性，如化学品的 pH 值。服务产品的测量如制作一份信用卡对账单所需的时间。

固有的再现性：这是指处于统计控制状态下的过程产出的产品的一致性。统计控制状态是指没有随时间的偏移或其他可归因的（特别的）变异原因下的状态。

产品：测量是针对产品（货品或服务）来进行的。因为我们是应用作为测量结果的产品变异来计算过程能力的。

机械能力与过程能力：有些专业人士对这两个术语加以区分。机械能力指在一组过程条件下（如一个操作者、同一批原材料、统一的生产操作条件）的再现性。过程能力指的是在具有正常的人员、原材料及其他过程条件的变化下的很长一段时间内的再现性。

过程能力信息的用途 过程能力信息可用于多种目的：

1. 预测过程所具有的变异性的范围。这样的能力信息提供给设计人员后，将十分有助于使所确定的规格限具有现实性。

2. 从备择的过程或设备中选出最能满足规格要求的。

3. 计划序列性过程间的相互关系。例如，某一过程有可能会破坏前一过程已取得的精度，如轮齿的淬火。通过量化各个过程的能力通常能为我们指出答案。

4. 为安排定期的过程控制检查和调整的日程提供了一个定量的基础。

5. 在质量改进活动中验证对于缺陷原因的假设。

6. 作为采购产品或设备的质量绩效要求的一个根据。在鉴定供应商时，有些组织将能力指数（见后）列为认证标准的一个因素。在这些应用中，期望供应商所具有的这个能力指数的取值可能会是所购买商品类型的函数。

从上述的这些目的中，可以理解过程能力概念得到日益广泛应用的原因。

过程的类型 通过考察常见的过程类型可以更好地理解过程能力的概念。为进行这一考察，我们可以测量一个样本，将数据归纳为一个直方图，并将测量结果与规格限加以比较。

典型的直方图如图 22—6 所示。我们可以重点考察以下三部分：

1. 直方图的居中点。这确定了过程的目标。

2. 直方图的宽度。这确定了相对于目标的变异性。

3. 直方图的形状。大多数特性都表现为一个正态的或钟形的曲线。任何对正态的显著偏离都有某种原因存在，这种原因一旦能够确定，就基本上可以解释过程的变异。例如，有两个或多个峰值的直方图表明有多个“总体”被混在了一起，如不同的材料或服务的供应商。

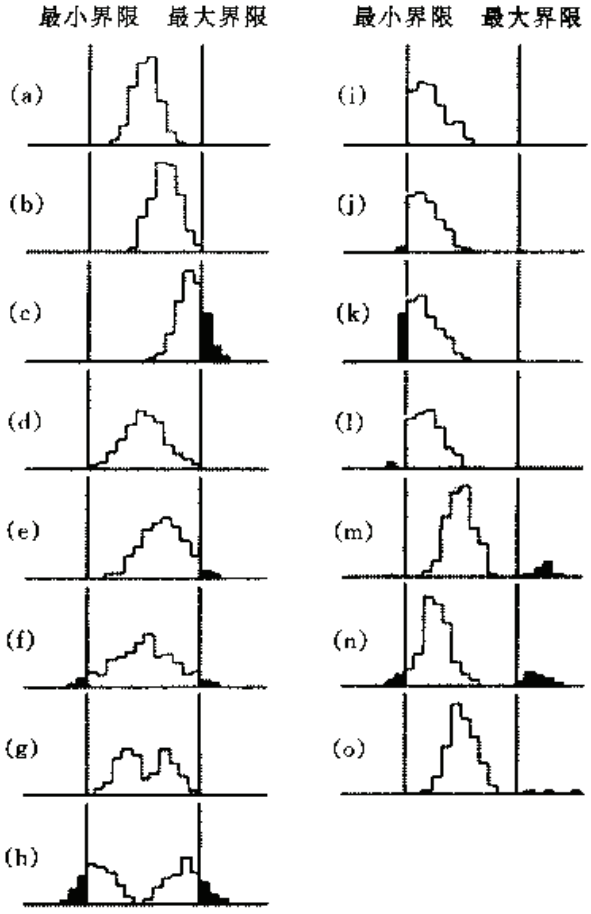


图 22—6　直方图的分布类型

过程数据的直方图以及依照时间顺序的描点图显示了有些过程不能够满足规格限要求的若干原因。它们是：

1. 过程的内在变异性相对于所规定的规格限而言过大。若过程处于统计控制状态，所能够采取的措施便只能是修改过程、放宽规格限，或接受一定程度的缺陷率。

2. 过程受到了误导。此时计划人员必须为操作人员提供必要的手段，以使他们能够评估过程的误导程度并对过程进行补偿性的调整。

3. 测量过程本身不够完善。

4. 存在着过程的漂移。这种情况下需要做的是量化给定时间段内的偏移量，设法重新设置过程以补偿所发生的偏移。

5. 过程存在着周期性的变化。必须找出其背后的原因，然后将之消除或减轻其对于过程的影响。

6. 过程不稳定。过程中会发生突然的变化。过程能力的研究可以量化这类变化的幅度并有助于找出其原因，可对症采取适当措施：

（1）暂时性现象（如冷设备升温至运行温度的过程）可通过设定升温时间加

上预期将稳定时刻的检查来加以解决。

（2）持续性现象（如因新的材料供应引起的变化）可通过规定在导入这种变化时进行重新核准来加以对处。

要注意过程生产合格产品的能力有两种不同的类型：

1. 达到预期平均值（常被称为目标规格或名义规格）的能力。这种能力可通过将实际平均值与目标对比来加以衡量。

2. 一致性地再现结果的能力。这种能力可通过测量直方图的宽度来加以评估（如根据 6σ 来加以衡量）。这一“过程能力”被用来与规格进行比较以判断过程有无不足。

过程的混合 应用内在的过程能力进行分析有一个常见的障碍，这就是出于生产率的考虑，来自许多过程的产品数据往往是混在一起的。这方面的例子非常普遍，如多槽塑料成型、电子元器件的多单元镀层沉淀、多头的容器灌注等。这些过程的共同之处是安装在单个框架上的多个“机器”。生产源的这种多重性造成了一种流间变异（stream-to-stream variation），对过程满足规格要求的能力产生了实质性的影响。

在这种情况下，任何常规的抽样方法得到的数据都具有两个不同的变异来源：

1. 流间变异，可根据成型槽、芯轴及注嘴等的区别加以辨识。

2. 流内变异（within-stream variation），表征了一个单独的“纯”过程的特性。

要量化流间的变异，就必须将来自不同流（如型槽、芯轴、铸型或加工头）的产品分离开来。经过分离之后，每个流的数据便可以按照常规方式来加以处理。塔弗（Tarver，1984）提供了研究多流过程的过程能力的步骤。

图 22—7 是来自服务业的这种混合数据的一个例子。例中将数据在图上打点以分析百翰妇科医院（Brigham and Women's Hospital）实验室个室的转换时间（Laffel and Plsek，1989）。这里的转换时间定义为自所有导管及护套从前一位患者身上取下到局麻剂注入下一位患者之间的这段时间。从简单收集的数据中得出的结果有些出人意料：平均时间为 78 分钟（通常估计为 45 分钟），变异范围为 20～150 分钟。在其中的一部分分析中，对数据按个室进行了分层，同时按个室描出了相应转换时间的直方图（见图 22—7）。请注意总的数据按照个室分层后我们了解到的情况：第 1 室比第 2 室的平均时间要短得多，变异范围也小得多。进一步分析表明，当护士在前一位患者结束之前就召唤下一位患者时，转换时间会相对较短。在对这些数据进行记录和分析之前，没有人会察觉到召唤时间是决定转换时间的关键因素。

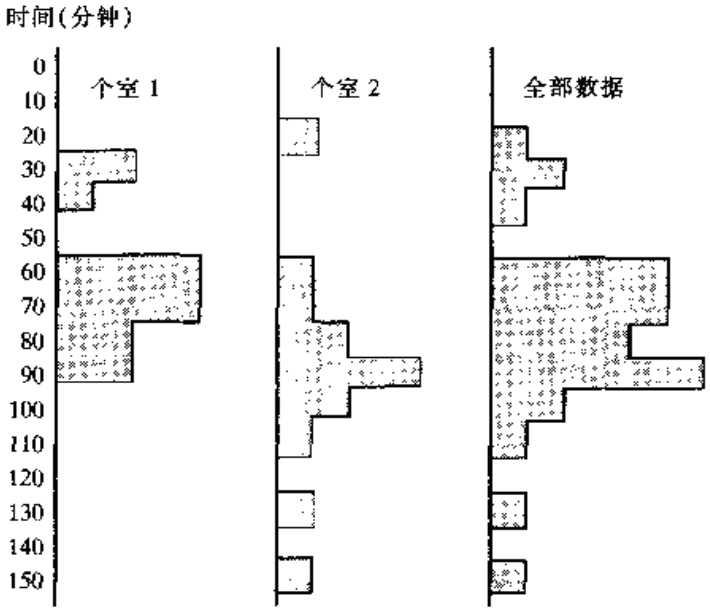


图 22—7　个室转换时间

资料来源：Laffel and Plsek（1989）.

过程能力的标准公式　最广为采用的过程能力计算公式是：

过程能力 $=6\sigma$

这里的 σ 是过程在统计控制状态下，亦即没有偏移和突然变化的状态下的标准差。

如果过程以名义规格为中心并服从正态概率分布，则 99.73% 的产出将落在名义规格的 $\pm 3\sigma$ 范围之内。

有些工业过程的确是在统计控制状态下运行的。对于这样的过程来说，所计算出的过程能力 6σ 可以直接与规格公差相比较，来判断过程的能力是否充分。然而，绝大多数的工业过程都确实存在着偏移及突变的现象。这种对理想状态的偏离才是我们所面对的现实，才是必须与之打交道的对手。

尽管如此，一个基于统计控制状态的过程能力的标准公式仍然具有十分的价值。在这样一种状态下，产品的变异是众多微小变量共同作用的结果（而非单个大变量的影响），具有随机性变异的特征。掌握了这种量化形式的极限状态，对于计划人员而言有着莫大的帮助。

标准公式（过程能力 $=6\sigma$）假定有一个正态的概率分布。很多情况下的确如此，但也并非是放之四海而皆准。例如，接近物理极限的一些尺度，如“不圆”度（期望其取值为 0），便呈现为一种“偏态”的分布。这种情况下，$\pm 3\sigma$ 的范围并不能将 99.73% 的总体包括在内。无论分布是否为正态分布，借助于图示的方法对于理解分布的类型总会是很有帮助的，有时单靠定量的分析便很难做到。（参见下述的“频数分布及直方图”。）

与产品规格的关系　对过程能力（亦即过程变异）加以量化的一个重要理由

是因此而能够计算过程满足产品规格的能力。对于处于统计控制状态下的过程（见下），用 6σ 值与规格界限的比较使得利用常规的统计理论便可容易地计算出缺陷百分比（参见第 44 章中的“连续型概率分布”）。通过过程能力与规格界限的比较可以得出一些概括性的行动方案（见表 22—3）。

表 22—3　　应采取的行动

	产品满足规格		产品不满足规格	
	过程变异小于规格	过程变异大于规格	过程变异小于规格	过程变异大于规格
过程处于受控状态	考虑通过降低过程精度来降低成本；考虑设计师加严规格的价值	严密监测过程的设定条件	过程被“误导”到了错误的均值上。通常很容易根治	过程可能是被误导，也可能是因为变异太大。考虑有无误导。考虑提高过程精度、放宽规格限和分拣产品的经济性
过程处于失控状态	过程不稳定且不可预测。调查失控的原因。根据纠正措施的经济性来作出纠正措施的决策		过程被误导或不稳定或兼而有之。纠正误导。找出失控的原因。考虑加大过程精度、放宽规格限与分拣产品的经济性	

能力指数　对多数的过程而言，不仅会存在对于统计控制状态的偏离这种情况，而且未必能够在最佳产出的状态下运行，例如，过程的平均值没有位于规格上下限的正中心。考虑到这种现实，计划人员努力选择具有 6σ 过程能力且很好地居于规格范围内的那些过程。这两个因素可用能力指数 C_p 来表示：

$$C_p = \frac{\text{规格范围}}{\text{过程能力}} = \frac{\text{USL} - \text{LSL}}{6\sigma}$$

式中，USL 表示规格上限；LSL 表示规格下限。

过程变异性与规格限之间存在着许多种关系，图 22—8 列举了其中的四种关系以及相应的行动方针。请注意所有这些场合的过程平均值均位于规格限的中点上。

表 22—4 列出了一些 C_p 值及相应的缺陷水平，条件是假定过程平均值正好落在规格限的中心。刚好与规格限（规格范围 $= \pm 3\sigma$）相合的过程的 C_p 值为 1.0。由于许多实际应用问题的关键性以及过程平均值并不会位于规格范围的中心这一现实，建议 C_p 值至少应为 1.33。请注意 C_p 指数衡量的是过程的变异性是否与规格范围相称。它并不表明过程是否确实运行在规格限内，因为该指数并不包括对过程平均值的衡量（这一问题在稍后的“过程绩效的衡量”一节中讨论）。

表 22—5 列出了常用的三种能力指数。其中最简单的是 C_p。这些指数的取值越高，落在规格限之外的产品数量就越少。

皮尼亚蒂耶洛等（Pignatiello and Ramberg，1993）对各种能力指数给出了一个非常出色的讨论。博思（Bothe，1997）提供了一本内容详尽的参考书，书中包括了大量的数学方面的讨论。这些参考资料对于如何计算各种过程能力指数的置信限给出了解释。赫尔曼（Herman，1989）对于在流程性行业中应用能力指数提出了重要的告诫，在这个行业中批次间的变异性和测量的变异性是彼此相关的问题。

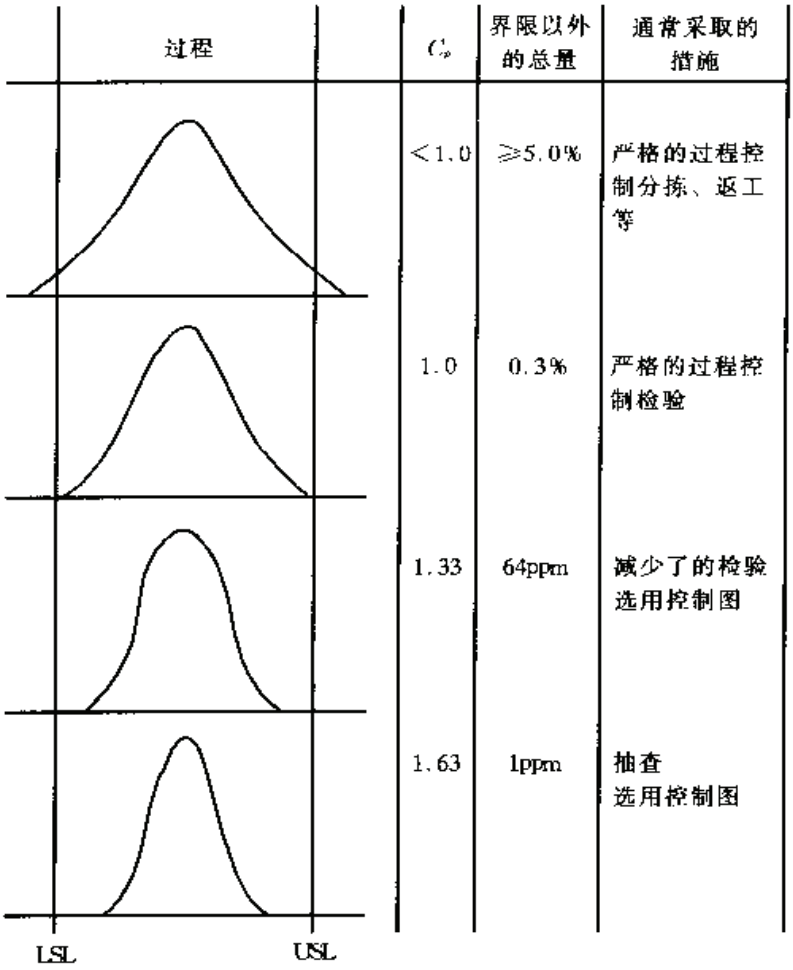


图 22—8　过程变异性的四个例子

表 22—4　　过程能力指数 C_p 和落在产品规格限之外的产品

过程能力指数 C_p	落在双侧规格限外的产品*
0.5	13.36%
0.67	4.55%
1.00	0.3%
1.33	64ppm
1.63	1ppm
2.00	0

* 假定过程居于规格限的中心。

过程能力研究及过程绩效研究　两种类型的过程研究区别如下：

1. 过程能力研究是确定固有的或潜在的过程能力，亦即在一定条件下过程所能做到的。接下来我们将对此加以讨论。

2. 过程绩效研究是衡量过程的当前绩效，亦即过程正在做的。本章稍后的“过程绩效的衡量”一节将讨论这一题目。

表 22—5　　过程能力指数和过程绩效指数

过程能力	过程绩效
$C_p = \frac{\text{USL} - \text{LSL}}{6\sigma}$	$P_p = \hat{C}_p = \frac{\text{USL} - \text{LSL}}{6s}$
$C_{pk} = \min\left(\frac{\text{USL} - \mu}{3\sigma}, \frac{\mu - \text{LSL}}{3\sigma}\right)$	$P_p = \hat{C}_{pk} = \min\left\|\left(\frac{\text{USL} - \bar{X}}{3s}, \frac{\bar{X} - \text{LSL}}{3s}\right)\right\|$
$C_{pm} = \frac{\text{USL} - \text{LSL}}{6\sqrt{\sigma^2 + (\mu - T)^2}}$	$P_p = \hat{C}_{pm} = \frac{\text{USL} - \text{LSL}}{6\sqrt{s^2 + (\bar{X} - T)^2}}$

过程能力衡量

要衡量固有的或潜在的过程能力就要求过程必须是稳定的。控制图可用于评定过程的稳定性。

控制图　控制图是过程绩效数据与统计控制界限的图示比较，而非与产品规格限的比较。绩效数据由一组组的测量值（合理子群）所构成，这些测量值在生产过程中按一定间隔选取，并保持其顺序。通过首先评估过程是否运行在其最小的固有变异状态下，统计控制界限有助于我们对过程能力的评估。

过程的变异基于两方面的原因：(1) 随机性原因，亦即纯粹的“一般性”或偶然性原因；(2) 可归因的原因，亦即可找出的“特殊性”原因。理想情况下，过程中只应存在随机性原因，因为这意味着在给定的一套过程条件下可能出现的最低限度的变异。一个过程当运行在没有可归因原因的变异下时被称为处于统计控制状态。在计算 6σ 作为过程能力的量度之前，首先应进行控制图分析以消除过程中的可归因原因。只有如此，6σ 才能代表内在的过程能力。若未作控制图分析就来计算 6σ，所计算出来的 6σ 值很可能就会被夸大。即使在生产人员宣称过程运行在可能的最小变异状态时，许多的控制图分析仍揭示出了可归因原因的存在。第 45 章“统计过程控制”对于控制图方法及相关公式、程序等进行了阐述。

通过控制图分析来确定过程能力　当且仅当过程处于统计控制状态时，有以下的关系式存在：

$$\sigma \text{ 的估计值} = \frac{\bar{R}}{d_2}$$

附录Ⅱ中的表 A 给出了 d_2 的值。知道了标准偏差，可将 $\pm 3s$ 作为过程能力的界限，来作为对 $\pm 3\sigma$ 的估计。（本计算式中将 $\bar{R}$ 转化为了一个个取值的标准差。控制限为样本均值的 3 倍标准差。）

统计控制的假设及其对过程能力的影响　在过程失控且造成失控的原因不能简单地去除的情况下，仍然能够算出标准偏差和过程能力界限（失控点也包括在

内)。但这些界限是被夸大的，因为过程并未处于其最佳状态。此外，过程的不稳定性也表明了估计值的近似性。

过程处于统计控制状态并不等同于过程符合规格要求，对于这两者加以区分是十分重要的。过程处于统计控制状态并非一定就意味着其产出的产品符合规格要求。样本均值的统计控制界限并不能直接等同于规格界限，因为规格界限涉及的是具体的对象。某些过程未处在控制状态，但能够满足规格要求，这时不需要采取措施；有些过程虽处在控制状态下但不满足规格要求，这时仍需要采取措施。总之，我们需要的是既稳定（处于统计控制状态）又具备能力（满足产品规格）的过程。

过程能力指数的广为应用不可避免地会伴随着一些应用上的不严谨，有时人们对于一些重要的假设条件缺乏理解和验证，而这些假设条件对于结果的统计有效性起着十分关键的作用。以下是四个重要的假设条件：

1. 过程稳定性。这意味着过程处于统计控制状态，没有偏移及摆动（参见前面内容）。

2. 所测特性的正态性。要对总体进行统计推断就需要满足这一条件。

3. 样本的代表性。这包括了对于抽样的随机性的要求。

4. 测量的独立性。这意味着相继进行的测量彼此间不能相关。

实践中，人们对于这些假设条件常常不加验证。稍加考察就很可能会发现在人们的应用中有某个或几个假设条件并未得到遵循。这些假设条件并非理论上的严谨，它们是正确使用能力指数的重要条件。[在运用能力指数之前，建议读者一定读一下 Pignatiello and Ramberg（1993）这篇论文。另外，《质量技术月刊》(Journal of Quality Technology) 1992 年 10 月号主要针对的是有关能力指数方面的统计问题。] 麦科伊（McCoy，1991）对此问题作了十分精辟的总结，即能力指数有效与否取决于人们的应用方式以及对于所涉及风险的了解情况。通过统计及直观地将具有充分数据基础的能力指数与在直方图中描出的规格限相比较，可以将这些风险降到最小程度。

过程绩效的衡量

如果过程处于统计控制状态，所测出的过程绩效也就确定了过程的能力。以下讨论的几种确定过程绩效的方法使用了与前述的过程能力相同的计算方法（区别在于对统计控制的假设，这一点，下面将要说明）。门蒂思（Mentch，1980）将过程分析进一步细分为四类，分别讨论了每一类的方法和例子。

测量当前的过程绩效 这方面的工具包括过程绩效指数、频数分布与直方图、概率纸、单个测量数据的打点，以及定性数据分析。定量的数据比定性数据

更为可取，亦即要尽量用数字化的测量结果而非“接受或拒绝”的定性信息。

过程绩效指数 表 22—5 中列出了相对于先前讨论的过程能力指数 C_p 的过程绩效指数 P。凯恩（Kane，1986）通过例子讨论了过程绩效指数 C_{pk} 的应用。C_{pk} 反映了当前的过程均值与上规格限 USL 或下规格限 LSL 的接近程度。C_{pk} 由下式来估计：

$$C_{pk} = \min\left(\frac{\bar{X} - \text{LSL}}{3s},\ \frac{\text{USL} - \bar{X}}{3s}\right)$$

在凯恩的例子中，

$\text{USL} = 20$　　$\bar{X} = 16$

$\text{LSL} = 8$　　$s = 2$

则标准的过程能力指数可估计为：

$$C_p = \frac{\text{USL} - \text{LSL}}{6\sigma} = \frac{20 - 8}{12} = 1.0$$

这意味着当该过程在规格限中恰好居中（位于 14 处）时，只有很少一部分产品（约 0.27%）是不合格的。

可是，当计算 C_{pk} 时有：

$$C_{pk} = \min\left(\frac{16 - 8}{6},\ \frac{20 - 16}{6}\right) = 0.67$$

这警示我们过程均值当前更接近于 USL（注意若过程居中于 14 处，则 C_{pk} 就为 1.0）。一个过程要能够被接受，就要求其要有小的标准偏差，及/或要使均值居中。

对 C_{pk} 的理解 在应用 C_{pk} 来评估过程时，我们必须认识到 C_{pk} 是平均值及标准偏差这两个参数的综合。这一综合可能会无意中掩盖掉这些参数的重要细节。例如，三个极端不同的过程会得到相同的 C_{pk} 值（详见 Juran and Gryna，1993，p.402）。

要增加 C_{pk} 值，就要改变过程平均值或过程标准差，或两者都加以改变。对某些过程而言，改变平均值（也许只需简单地改变一下过程的目标值）会比减少标准差（需调查诸多的变异原因）更为容易。应经常地考察过程的直方图，以随时把握过程的均值和离散程度。

对于这些绩效指数的计算和分析不要求满足统计控制或正态分布这些假设条件。过程能力指数有利于估计未来的绩效（基于一定假设条件），过程绩效指数则用来衡量以往的绩效。在这两种情况下，将数据按时间顺序打点都有助于识别趋势和评估改进活动的效果。

频数分布及直方图 在这种类型的研究中，连续抽取 50 个单位的样品构成一个样本，抽样期间设备和工具没有调整。对每一个单位样品进行测量，将数据记录在频数分布表中，计算标准差 s 作为 σ 的估计值。所测特性认为遵循正态分布，在 $\pm 3\sigma$ 的范围内包含了 99.73% 的总体。过程的绩效便确定为 $\pm 3\sigma$ 或 6σ。

例如，分析 60 个测量值得出：

$$\bar{X}=9.6 \qquad s=2.5$$

有各种计算机程序可用来计算平均值和标准差，绘制直方图，基于正态分布的假设上进行各种检验。此处计算出来的过程能力为 ±3（2.5），或 ±7.5，或总计为 15。

过程绩效可借助于正态概率纸（参见第 44 章中的“正态分布”一节）用图解的方式来加以确定。将过程数据描绘在正态概率纸上，则均值和 3 倍标准差就会从图上估计出来。有些正态概率纸分别用上下两条水平线来代表 $\pm 3\sigma$。处理非正态分布的问题可使用威布尔概率纸。

莱尔曼（Lehrman，1991）对利用概率纸来确定过程能力作了深入的讨论。他阐述了打点的详细步骤，对于正态分布和偏态分布以及能力指数的置信区间都进行了讨论。

单个测量数据的打点 将一个个测量数据按生产次序打点形成的一个简单的趋势图便有可能揭示不少问题。

在一项针对机加工过程进行的经典研究中，对于每个手表零件的五个质量特性进行了测量。所测数据按时间顺序标示在图上，同时将五组规格限也分别标示出来。该研究显示，过程没有足够能力来满足规格限的要求。研究还表明，差劲的绩效（12% 的不合格产品）是由于没有为作业人员提供充分的手段所致。在备齐了充分的手段之后，缺陷率减少到了 2%，检验员的测量工作量也大为减少（J.M. 朱兰的咨询经历）。

直方图及概率纸分析的局限性 这些评价过程绩效的方法并不评价过程的内在能力，因为在进行这些分析之前并不首先评价过程是否处于统计控制状态。数据中也有可能包括了来自多个总体的测量结果。可能会存在随着时间进行的变化，如溶液变淡，工具磨损等。这样的过程条件使得观察到的分散程度要比内在的过程能力为宽。若要评估内在的过程能力，需要应用控制图来进行（参见上述的“过程能力衡量”）。

过程能力的六西格玛概念 对某些过程而言，过程平均值的偏移是如此的常见，因此在设定可接受的 C_p 值时应对这些偏移加以确认。在有些行业，过程平均值偏离 ±1.5 个标准差并非罕见。为了承受这样的偏离，就需要有较高的 C_p 值。例如，若规格界限是 $\pm 6\sigma$（而非 $\pm 3\sigma$），如过程平均偏移 $\pm 1.5\sigma$，则超出规格限的将只有 3.4ppm。摩托罗拉公司的“六西格玛”方法承认过程平均值这种偏移的可能性，并利用大量的质量工程方法来改变产品、过程或同时来改变两者，以使 C_p 值起码达到 2.0。克雷格（Craig，1993）阐述了应用于电子产品制造的一种七步法。

计数值数据分析 前面讨论的方法都假定对过程可以进行定量的测量。计量值数据是在进行过程能力研究时人们更偏爱的一种数据类型。但有些场合仅能够

获得计数值数据，如不合格品数、合格品数等。计数值数据要求有很大的样本，只有当定量的测量难以进行时才应使用。

作为说明，我们来分析一下来自一个编制保险单的过程的数据。空白的保险单由保单填写员填入各种有关数据。然后，由审核人员来检查保单中有无差错。在一段给定的时间中，审核人员在 6 位填写员的工作中发现了 80 处差错，涉及了 29 种差错类型（见表 22—6）。以差错作为测量单位，则计算出的过程绩效为 80/6，或每位填写员 13.3。注意没有哪位填写员接近于平均值。

表 22—6　　保险单填写员差错矩阵表

差错类型	保险单填写员						合计
	A	B	C	D	E	F	
1	0	0	1	0	2	1	4
2	1	0	0	0	1	0	2
3	0	16	1	0	2	0	19
4	0	0	0	0	1	0	1
5	2	1	3	1	4	2	13
6	0	0	0	0	3	0	3
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
28							
29							
合计	6	20	8	3	36	7	80

当前的过程绩效可描述为每位填表员 13.3 个差错，但经过分析可以揭示出这并非过程能力：

- 对于 B 填写员而言，20 个差错中有 16 个因误解了操作程序所致。问题澄清后，该填写员的第 3 类差错便不再出现。
- 与之相对照，E 填写员的 36 个差错遍及所有 29 个类型。该人被调换到了其他岗位。
- 所有填写员都出现了第 5 类差错。分析表明，这是由于填写员与审核员对于作业指导书的不同理解所致。当这一问题澄清后，第 5 类差错便消失了。

通过排除前述的非正常情况，即 B 填写员的第 3 类差错、第 5 类差错和 E 填写员的差错，现在便可以将过程能力计算出来。剩下的 5 位填写员的差错数据分别是 4、3、5、2、5，人均差错 3.8 个。因此过程能力的估计值就为 3.8，而起初过程绩效的估计值为 13.3。

注意本例中过程能力是用差错或错误而非过程参数的变异来计算的。欣克利和巴坎（Hinckley and Barkan，1995）指出，在许多装配性的过程中，不合格产品可能是由于一个或多个参数的过量变异所致，也可能是由于犯错所致（例如，漏装、错装或其他处理差错）。在基于变异性的过程能力计算中，犯错并不包括在内。对有些过程特别是复杂过程而言，犯错可能会成为达不到顾客质量目标的主要原因。减少犯错所需的措施与减少参数变异性所需的措施是不同的。

过程能力的其他方面

这些方面包括复杂过程、服务业、质量改进以及进行研究的计划。

服务业的过程能力 过程能力分析的概念是在制造业中发展起来的。这一概念主要是通过评价过程的变异性（6 倍的标准偏差）来作为对过程能力的衡量。这一概念事实上适用于任何的过程，包括制造业中的非制造性过程和服务业中的所有过程。但除了在制造过程中的应用外，有关过程能力在其他领域中的应用却几乎没什么公开的发表。

对于服务过程中的某些参数来说，过程能力可以使用 6σ 和其他各种能力指数来加以衡量。例如，在某个借贷机构，完成贷款审批过程的运转周期十分关键，对此可以加以分析。为计算 6σ 所需的时间数据很容易定量获得。

还有些服务过程则可能很难获得定量的数据。例如，某家公司向顾客在零售商处开出的支票提供担保服务。是否担保的决策是基于一个采用六因素在线评估的过程来作出的。公司所担保的一定比例的支票没有足够的资金，必须向顾客追索。不偿付支票（“遭银行退票”）的百分比可视为对于过程能力的一个量度。这时所使用的是离散性数据，而非根据定量数据来计算 6σ 的传统方法。稍前关于保险单填写的例子也列举了在计算服务业过程的过程能力时计数值数据的使用。

随着质量管理中对于过程的日益重视，对过程能力不仅要进行基于变异性的评价（如 6σ），而且还要求有更宽的视野。朱兰（Juran，1992，pp.240－256）对于开发一个更为广泛的理论框架所涉及的问题进行了讨论。

过程能力与质量改进 能力指数在量化过程满足顾客质量目标的能力方面起到了作用。然而，重点应该放在对过程的改进上，而不只是确定某一产品特性的能力指数。实现顾客的质量目标（特别是 1～10ppm 这样的质量水准）意味着满足所有的计量值和计数值特性的要求。对于计量值特性而言，降低其变异性具有莫大益处（即使在满足规格限时）。朱兰和格里纳（Juran and Gryna，1993）讨论了这方面的六大益处。要降低变异性就必须做到基本的和先进的改进技术并用。第 3、4 和 47 章讨论了许多这方面的技术。田口方法应用实验设计来确定最佳的过程变量值，以使在保持目标均值的同时，使过程变异达到最小。希纳（Shina，1991）阐述了该方法在某个波形焊过程中的一个应用实例。根据每周每百万个零件的焊接缺陷数来对过程进行测量。应用田口方法前后的结果对比如下：

	平均值	标准差
之前	808.50	213.80
之后	98.50	55.30

因为缺陷的显著降低，随后的一些项目如计算机过程控制和增添额外设备等便不再必要。田口方法在第 47 章中讨论。

对过程能力研究加以计划 进行能力研究的原因多种多样，如回答顾客关于能力指数数值的问题或评估和改进产品质量。在收集数据之前，必须首先明确研究的目的以及实现该目的的步骤。

有些情况下，能力研究只是针对一个相对简单的过程来确定直方图和能力指数。这里所需要的计划活动便是确保过程条件（如用料、速度、温度及压力等）得以完整的定义和记录下来。所有其他的输入显然必须具有代表性，亦即特定的设备、材料，当然，还有人员。

对于更为复杂的过程或期望达到 1～10ppm 的缺陷水准的情况，建议采取如下的步骤：

1. 建立过程描述，其中要包括投入、过程步骤和产出的质量特性。简单的话可能只需确定所用设备，复杂的话可能要开发一个数学公式以表示出每一过程变量对质量特性的影响。

2. 确定每一过程变量的过程条件。简单的情况下，只需说明温度和压力的设定。但对某些过程而言，却意味着要确定每一过程变量的最佳值或目标值。统计实验设计为此提供了方法论（参见第 47 章“实验设计与分析”）。同时，还需确定过程变量围绕最佳值的运行范围，因为这将影响到产品结果的变异性。

3. 确保每一质量特性至少有一个过程变量可用于对其进行调整。

4. 确定测量误差显著与否。这可以通过独立的测量误差研究来加以确定（参见第 23 章中的“测量误差”一节）。有些情况下，测量误差可作为总的研究的一部分来进行。

5. 确定过程能力研究是只限于计量值变量（6σ），还是也要考虑引起质量问题的错误或差错。

6. 对应用控制图来评估过程的稳定性加以计划。

7. 编制数据收集计划，将质量特性数据及相应过程条件（如全部过程变量的取值）加以明确，保持测量顺序的信息，以便进行趋势评估。

8. 在开始研究之前，要计划好采用何种方法分析研究数据，以确保分析所需数据能够获得。分析不仅会包括关于计量值数据的过程能力计算，还包括关于错误的计数值数据分析以及研究中的统计实验设计的数据的分析。

9. 要准备花时间对在过程能力能够计算之前的中间结果加以调查。这些调查包括对于过程变量的理想值和变化范围的分析、对于控制图的失控点或其他异常结果的分析等。这种调查有助于过程改进这一最终目标的实现。

要注意的是，上述这些步骤的重点在于过程的改进，而不只是确定能力指数。

班默德弗在其一篇经典性论文中阐释了一个用于生产前评估新过程的八点规划（Bemesderfer，1979）。米德尔顿（Middleton，1992）给出了一个更为广泛的过程能力研究的例子，该研究综合了能力指数、计数值衡量和实验设计。基南（Keenan，1995）讨论了在常规生产启动前的产品开发阶段进行的过程能力研究。博思（Bothe，1992）描述了一种针对整体产品进行能力研究的方法，这种方法首先确定每一产品特性符合规格的概率，然后计算所有特性均符合规格的综合概率，这一综合概率便被称为 C_{pk} 的一个值。

过程的防误

通过防误设计来实现过程的无差错，这一概念是制造计划活动中的一个重要要素。在这类设计满足经济性要求时，它能够：

预防因人类普遍易犯的错误而导致的缺陷或不合格。

使得某一诀窍发挥出更大的效率，从而省去大量的培训工作。

防止由于粗心大意等原因所导致的缺陷或不合格。

通过找出无需究其原因的解决方案而省却复杂的原因分析。

防误的方法 一些常用的防误方法总结如下。

自动防故障装置 其中包括：

1. 连锁环节。例如，为确保 A 操作得到执行，而将后续的 B 操作定位于由 A 操作单独所打的孔中。

2. 警报和切断。用于当物料供应耗尽、线路中断或其他异常发生时向人们发出信号。警报本身也是自动防故障的，惟有一切正常时才会安静。一有疑问，警报便会作动。

3. 解除警报的信号。用于当所有纠正步骤均已完成后向人们发出信号。

4. 自锁固定装置。这些不仅用作固定装置，而且还是检查先前操作的工作质量的手段。

5. 限制性机制。例如，可以防止过度拧紧的滑动转矩扳手。

感官放大 这方面的例子如：

1. 定位标志及装置以辅助人的动作的准确性。

2. 增进视觉的光学放大。

3. 利用遥控观测（闭路电视）来观测因距离、高温、气味等影响而难以观测的过程。

4. 设置多重信号来增强认知和反应能力，如同时响铃和闪灯；视听系统。

5. 用图画取代号码（如装配线上的汽车引擎盖上用以图示该车所需设备的卡片）。

冗余 这是一些纯粹为保证质量而实施的额外工作。例如：

1. 多重特征标志。其目的是防止产品的混淆，如药品标签、工具钢、铝板等所用的颜色标志或其他的识别方法。

2. 冗余的措施和审批。例如，在制药业中要求配方的设计和审批必须由两位独立工作的注册药剂师来进行。

3. 对评审和检查的程序进行审核。该方法被广泛用于确保计划能够得到遵循。

4. 为进行确认而设计的措施。产品中包含了专门用于确认的设计（观察孔、试样等）。其中包括了日益得到广泛应用的核子追踪装置。

5. 多重测试站。例如，罐装线上利用测高、称重和喷气（将空罐从传送带上吹掉）等手段来检出空罐。

倒计数 这里是设置一个与操作程序并行的结构化的判断和报告程序，以根据判断和报告的要求来核对操作步骤。一个典型的应用例子是航天飞机发射时的倒计时。外科手术时也要求倒计数，以核对所有用过的材料和工具（如药棉、手术器械等）。应用倒计数的一个有用原则是采取主动的而非被动的计数，如焊工在从一个焊区向下一个焊区焊接时要大声地一个一个数出焊点。当数到 17 时，最后一个焊点正好完成，正如规格所要求的那样。

特殊的检查和控制设施 下面是几个服务行业的例子：

1. 自动分发装置，如快餐业的饮料灌装和其他的份额控制装置。

2. 检查错误的信息和数据的软件，如文字处理的拼写检查，检查诸如多收费用或多出的数据位数的软件。

3. 检查遗漏的信息或数据的软件。

4. 检查或计算用的手提设备，如读数仪表或租车计费器。

5. 信息的自动记录，包括超市收款台使用的条形码设备和投递服务中使用的条形码读出器。

6. 自动计时装置，如快餐店控制烹调的自动计时装置。

班罗斯（Binroth，1992）介绍了有关汽车制造中的三类差错的研究，即漏件、错件和误操作。

防误的原则 一条有用的防误原则是向操作者提供反馈，即将工作结果的信息传递给操作者。例如，操作者按下控制板上的一个开关便会收到三个反馈：对开关把手形状的感觉，表示开关已经合上的喀嚓声和具有一定颜色及形状的可见视觉。

中条和久米（Nakajo and Kume，1985）在一项经典的研究中提出了五条防误原则，这些原则主要是从来自装配生产线上的1 000多个实例中总结出来的。这些原则是排除、替代、辅助、探测和缓解（见表 22—7）。

表 22—7 防误原则总结

原则	目标	例子
排除	消除可能发生的差错	重新设计过程或产品以使该操作不再需要
替代	用更可靠的过程取代工人	使用机器人（如在焊接或油漆时）
辅助	使工作更容易完成	用颜色标志零件
探测	在继续处理之前探测出差错	当键盘输入有误时能够通知操作者的计算机软件
缓解	使差错效果降到最低限度	在过载电路中使用保险丝

对装备及作业方法中的其他要素加以计划

对装备加以计划远不限于过程能力的研究。其他因素还包括安排过程的调整和预防性维护。

安排过程调整 许多过程需要定期调整。计划人员应：（1）确认那些必须加以监测以备必要调整的过程变量；（2）提供确定何时有必要调整的准则；（3）提供确定调整量的指导；（4）为调整提供方便的物质手段。

每一产品特性都应有一个可以对其调整的过程变量。作为这一原则的推论，班默德弗（Bemesderfer，1979）建议：

1. 单一的过程变量应当对应着单一的特性。
2. 给定的特性变化所要求的过程调整量应是恒定的。
3. 可能的调整范围必须与用途所需要的范围相一致。
4. 设定的精确度必须与产品公差要求相一致。
5. 过程设定后所控制的精确度必须与产品公差要求相一致。

这些要求如果不能达到的话，工人将很难控制过程。

预防性维护 设备维护通常被认为是十分重要的，但生产的压力可能会使原计划的预防性维护推迟。有时这种推迟是无限期的，最终导致设备瘫痪，维护变成了修理而非预防。

计划活动应确定预防性维护的必要频次、采取的形式以及如何对过程进行审核以确保预防性维护计划得到遵循。

如果遇到以成本为借口对所提议的预防性维护方案的反对，则有关过程的不良质量成本的数据将会有助于支持维护方案的正当性。

全面生产性维护（TPM）这一概念旨在通过排除因设备故障而导致的浪费和损失来最大限度地发挥设备的效率。谢诺伊（Shenoy，1994）确认了一家造纸厂存在的六种主要的过程损失并将之与设备效能的三个指标联系起来，如图 22—9 所示。

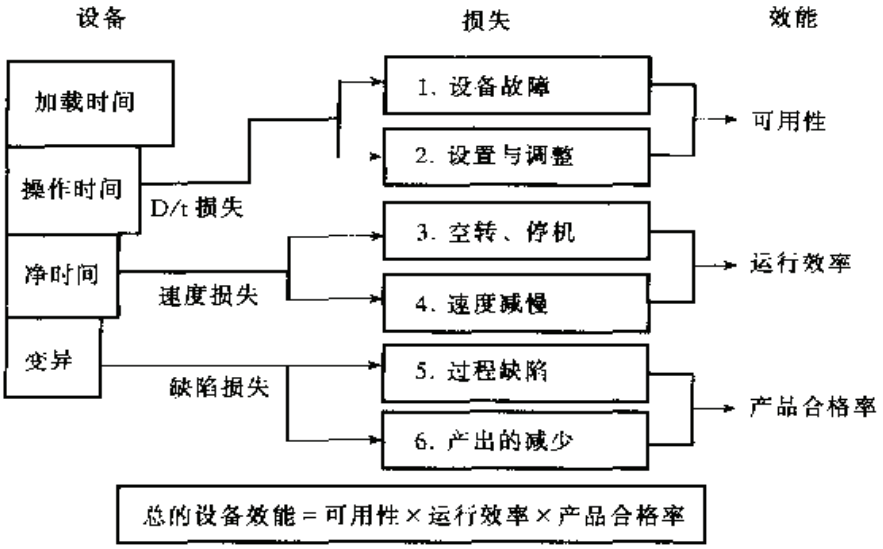


图 22—9 六种主要损失与设备的效能

这一模型提供了一个量化生产率和质量的方法。

计算可用性：

- 可用时间：4 272 小时
- 因设备故障、设定和调整造成的停工时间：560 小时
- 可用性 = （4 272 − 560）/4 272 = 0.869

计算运行效率：

- 理论运转周期：0.4 小时/吨
- 产量：7 773 吨
- 运行时间：3 712.5 小时
- 运行效率 = （0.4 × 7 773）/3 712.5 = 0.837

计算缺陷损失：

- 可销售产品：7 621 吨
- 产品合格率：7 621/7 773 = 0.98

总的效能为：

$$0.869 \times 0.837 \times 0.98 \times 100 = 71.2\%$$

可以看出停工损失与运转周期（速度）是造成 71.2% 这一低效能的主要因素。尤其是在服务业的后台运营活动中，计算机故障正在成为主要的运营问题。

对制造计划活动的全面评审

对于所提出的过程的评审可以通过产前试验（preproduction trials）及试运转来有效地完成。诸如故障模式、影响及危害性分析（FMECA）这些技术在产品

开始制造之前就能够提出更为早期的预警。用于对过程进行评审的各种检查表（checklists）也是十分有用的。以下将讨论这些方法。

产前试验 制造计划在开始时只是观念上的产物，进入到大规模生产阶段将会使之扩大许多个数量级。从观念性的计划直接进入到生产阶段存在着巨大的风险，因为这有可能导致质量方面的失效。为降低这种风险，许多公司采用小批量试产（又称试验厂生产、试制等）的方式，以便在完全投产前发现并修正计划中的不足。在有的行业中，这一概念已转化为量产化的常规阶段。

生产的量产化实际上是从产品概念到建造原型或模型，再到测试这一过程的延续。从模型间制出的模型的记录并不能判断大规模生产计划的充分与否。模型间的基本宗旨是证实工程技术上的可行性；生产车间的宗旨则是要满足质量、成本和交货期的标准。模型间的机器、工具、人员、监督及激励等方面的情况完全不同于生产车间的情况。

工具的试用（tool tryout） 在工作站层次，新的工具完成后，需要经过试用程序的验证，绝大多数公司已将这一程序正规化。试用就是用新工具来加工足够多的产品，以证明其在车间生产条件下能够满足质量标准。

这类正规化的试用最后要制作一份正式的文件，文件要有相应的数据支持，当然包含有质量数据在内。新工具可否放行用于大规模生产取决于这份文件能否得到批准。

有限的试验批（limited trial lots） 除了单个工作站的试产外，还有必要进行综合性试产。这要求采用小批试生产的方式，其主要目的是对于生产过程进行验证。试验批通常是在正常的生产车间中制造的，这种方式能够有力地揭示在大规模生产时可能会遇到的问题。在流程性产业中，相应的量产化中间阶段是试验工厂（pilot plant），它被广泛用于提供决定是否或如何投入大批量生产所需的（有关质量、成本、生产率等）重要信息。

软件的验证（software verification） 用于过程的软件也要和新工具一样要求加以试用——经过同等正规化的审批过程。

小批次实验（experimental lots） 试验批的概念为计划人员测试其他备选方案提供了机会，他们常常将实验的概念与非实验性试产中的验证结合起来。

获得良好的过程产出是小批次实验的最重要的目的之一。这些实验可以应用第47章“实验设计与分析”以及本手册有关统计方面的章节中所讨论的所有方法。

产前试运转（preproduction runs） 理想地，在进入量产阶段之前，产品批次应流经整个系统以找出并纠正不足之处。但在实践中，人们常常会就此妥协。产前试产或许只是首轮的常规生产，只不过做了一些即时反馈和纠正所发现差错的特别准备而已。或者，仅限于对产品和过程设计中的一些新特性的试验，因为依靠先前的经验不足以判断这些新特性的风险。有些公司的确严格地坚守着通过小批量试产来验证产品和过程的规则，但普遍而言人们采用的还是一种更为弹性

的方式。试产取决于：

1．产品中含有新的或未经测试的质量特性的程度。

2．制造过程的设计中含有新的或未经试用的机器、工具等的程度。

3．在就过程、产品和使用难度得出具有说服力的证据之前所需产出的产品的数量和价值。

这些试产中有时还会包括“生产确认测试”（production validation tests），以确保大规模生产时的过程符合设计意图。图 22—10 是福特汽车公司的一个例子。

生产确认方案和报告 #3　　1.14—21812—A　　第 1 页(共 3 页)

系统 1.00 车身　　部件 车门锁套　　程序 _____　　加密工程师 S. 马丁

子系统 1.14 门锁机构　　零件 N/A　　加密水平 AA　　校核 W.R.

测试	接收准则	测试结果	加密	样本容量		实际接收准则		时间		备注
				要求	测试	要求	实际	计划	实际	
寿命周期 ES 销 -652181 AB	35 000/次 最小 650# 回弹 250#	21 完成 120 000/次	AA	21	21	$P_{0.90}$ - 0.90	$P_{0.90}$ - 0.90	7 - 15	7 - 20	
静态强度 FMVSS (ES)	经 3 000 2 250 纬 4 000 2 700	-3σ 大于最低强度要求	AA	60	60	$-3\sigma >$ 要求	$-3\sigma >$ 要求	7 - 24	7 - 20	
耐蚀性 (ES) 48 小时盐喷	运行力不得高于图纸规格的 25%	$+3\sigma$ 小于允许最大力	AA	40	40	$+3\sigma <$ 要求	$+3\sigma <$ 要求	7 - 30	8 - 15	

图 22—10　生产确认报告

资料来源：Ford Motor Company.

过程的故障模式、影响和危害性分析　故障模式、影响及危害性分析对于所建议的产品设计进行分析时是十分有用的（参见第 3 章和第 48 章）。这一方法同样可用于剖析一个过程的潜在故障模式及其影响。石山（Ishiyama，1977）讨论了故障模式及影响分析方法在汽车业的产品设计与制造过程中的运用。

故障树分析方法对设计分析也是十分有用的（参见第 3 章和第 48 章）。这一方法也可用于制造过程的分析。拉海亚（Raheja，1982）讨论了这一方法。故障树分析有助于确认一个过程中需要防错的领域。

一家电信服务供应商要实施一个复杂的过程以向顾客提供新的服务（Plesek，1989）。一个由现场运营人员组成的小组受命在实施前对该过程进行评估。小组制作了流程图并进行了 FMEA（见图 22—11）。FMEA 被用于确定潜在的故障模式中的优先次序。辨识优先次序时考虑三个因素，即发生的概率、对最终顾客的影响，以及对于内部成本的影响。每一因素被赋以从 1 至 5 的得分（很低至很高）。则

优先度得分 = 发生的概率 ×（顾客影响 + 成本影响）

过程步骤	可能故障模式	发生概率	影响		优先度	后果
			顾客	成本		
	预订过早	4	5	5	40	不能用 1 + 10 位拨号
	预订过晚	4	5	5	40	账单出错
	关于交换终端的信息出错	1	1	2	3	订错设备 延误服务

图 22—11 电信服务业过程的 FMEA

优先度得分的范围是从 2 到 50。那些最可能发生且对顾客和内部成本具有严重影响的故障模式所得到的优先度分数最高。利用 FMEA，研究小组辨识出了数十种在过程中未得到充分重视的潜在故障模式。其中有八个故障模式是关键性的，有可能会导致重大的顾客不满以及高的成本。

这类分析或许不能使我们找出和防止所有潜在的故障模式，但我们可以找出和预防一些可能会为传统的过程设计技术所忽略的严重故障。

故障树分析法对分析某个设计也是十分有用的，因为它可以追踪可能导致某一特定故障的所有可能的原因组合。这一方法同样可用于分析某一制造过程。拉海亚（Raheja，1982）讨论了这一方法。故障树分析有助于确认一个过程中需要防错的领域。

制造或服务运营计划的最终评审由一个实际测试所构成。该测试可包括在实验室条件下的小规模试产，对过程的一部分进行的模块测试，计算机模拟测试，使用常规操作人员进行的模拟运行，或在典型过程条件下并包括对于过程产出的接收或拒绝在内的全面过程测试。

过程的评估 对过程的评估（evaluation of processes）应当针对以下四个方面的参数来进行，即（产出的）有效性、效率、适应性和运转周期。IBM 公司在其业务过程管理活动中开发的一种评级方法便是一种评估过程的方法。该方法规定了五个水准的过程成熟度。一级为最高水准，这是运行在最佳的有效性、最高的效率下的业务过程，扮演着标杆或领先者的角色；五级为最低水准，指的是有效性极差、效率极低且未实施过程管理方法的过程。梅兰（Melan，1993）确定了划分每一水准的具体标准。标准中既包括了组织方面的问题（如过程主管），也包括了技术方面的问题（如有效性及效率的测定）。

布莱克（Black，1993）描述了卡特彼勒公司的一个制造过程认证计划。该计划要求过程必须是有效的，产品必须满足规格，所有的顾客都必须得到满意，必须有持续改进的证据。每年都要进行重新的认证。

在一个12步的认证程序中包括了以下的步骤：辨识关键的产品特性，确定这些特性是否处于控制状态，确定过程能力，辨识关键的过程参数及其界限，确定过程参数是否处于受控状态及是否处于界限之内，制定控制过程参数的行动计划。该程序相当详尽，足以保证过程的控制。例如，关于一个制作发动机机体的铸造过程，熔化态金属的温度限设定为2 650℉～2 675℉。

当产品要向另一个“利润中心”转移时，这一内部认证程序尤其有用。根据“利润中心”的概念，事业部自主选择其供应商。这些供应商可以是卡特彼勒公司内部的，也可以是外部的。例如，上述的铸造利润中心将一台发动机机体发送给发动机装配利润中心。如果发动机机体铸造过程经认证满足产品要求，则装配部门无需进一步的进货检验便可接收该机体。该认证程序因而降低了成本并保证了质量，从而有助于使铸造利润中心将装配部门保持为自己的一个内部顾客。

过程运转周期的评估及缩减 缩减运转周期的竞争压力现已成为一股强大的动力，促使人们对过程进行审视以求得改进。朱兰（Juran，1992）阐释了如何借助于流程图以揭示出：

受影响的职能部门的个数。

关键的少数顾客与有益的多数顾客对同一大过程的应用程度。

先前的工作是否存在着重复。

诸如过多的签字之类的瓶颈所在及其程度。

对于关键的少数步骤（子过程）还要进行进一步的分析。这里的分析重点在于：

在这个步骤里所做的工作是否有一个顾客？

这一步骤可否在为该顾客服务之后而非之前进行？

有什么办法可以减少完成这一步骤所需的时间？

缩短宏观过程的运转周期有着许多的途径，其中包括：

1. 提供一个简化的过程以满足众多的有用的多数用途。
2. 减少步骤和交接的数量。
3. 排除无谓的迂回。
4. 缩减换型时间。
5. 变依次的处理为并行的处理。

当然，上述种种措施均可以从技术变革中获益。无论在何种场合下，技术进步都导致了运转周期的显著缩减。

对过程控制加以计划

计划人员所制定的过程规格、程序和指导书构成了制造计划活动中的软件。

其目的是使生产人员懂得如何建立、运营和调节过程以产出好的产品。反过来，生产人员应当遵循这些计划，否则就可能难以获得好的产品。

许多公司通过实施过程控制以确保计划得到遵循。这些控制有若干种类型，它们是由制造工程师、质量工程师、生产监督人员以及工人的某种组合而建立起来的。这些具体的组合在不同的公司中会有显著的差异。

过程控制的基础是第 3 章中“反馈环的设计”一节中所讨论的反馈环。计划制造过程控制的步骤完全遵循反馈环应用的通用方法。

控制标准 虽说控制计划的实施一般授权给作业人员，但通常在过程允许运转之前要规定必须达到的标准。这些标准主要包括以下三个方面：

1. 设置（setup）标准。对一些过程而言，必须满足一些设置方面的标准（如连续五件产品应检测合格）才能开始生产。在一些关键的场合，这种早期预警保证形式也许要求监督人员或检验人员对于设置加以独立的批准。

2. 运行（running）标准。许多过程都需要对运行进行定期的点检，以确定过程是继续运行还是停产调整。这方面的标准设计诸如点检的频度、样本的大小、抽样的方式、所做的测试以及需满足的公差等。

3. 设备维护（equipment maintenance）标准。有些过程，如果要保证产品质量，设备本身必须严加控制。这种控制从性质上说是预防性的，与损坏设备的维修在概念上有很大的区别。预防性的设备维护涉及一套精心制定的标准，其中规定了设备的基本运转特性。然后，根据严格的时间表，对照这些标准来点检设备。在美国，设备维护的这一方面做得不是很好，需要采取进一步的措施来加强。

与产品控制的关系 过程控制有时易与产品控制相混淆，但事实上是有明显区别的。过程控制要作的决策是，某个过程应继续还是停止运行？产品控制要作的决策则是，某一产品是否符合规格？通常这两方面的决策都需要产品的抽取和测定方面的信息（过程本身很少能够直接测定）。然而，选取样本的方法通常是不同的。生产部门通常要作的决策是决定“过程是运行或是停止”，一般倾向于采取最能反映过程的抽样方式。检验部门通常（在美国）作的是“产品是否符合标准”的决策，因而倾向于采取最能反映产品情况的抽样方式。

在抽样方法方面的这种差异很容易导致对“同一”产品的不同结论。生产部门的抽样通常按照预先安排的时间表来进行，在抽样的时刻，产品仍然可以追溯到过程的某个特定源头。检验部门的抽样则常常是随机地进行，此时的可追溯性一般已变得模糊起来。

尽管所追求的目的不同，这两个部门进行联合计划也还是可行的。通常他们都能够建立各自的控制机制以达成各自的目的，双方的数据还能够彼此支持。

控制系统及主导因素的概念 控制特性的特定系统与一些过程中起主导作用的一些内在因素有关。主要的主导因素（dominance）的类别如下所述：

1. 设置方面的主导因素。这类过程在整个批次的生产期间都具有高度的再现性和稳定性。因而，控制系统就强调生产开始之前的设置验证。这类过程的例子如钻孔、贴标签、热封、印刷等。

2. 时间方面的主导因素。这类过程会随时间的推移而变化（工具的磨损、试剂的损耗和机器的发热）。相应的控制系统就要特别重视对于过程的按时点检并及时反馈点检信息，以使作业者能够作出补偿性的调整。以时间方面的主导因素为主的过程如攻丝、灌装、锯木和造纸等。

3. 元件方面的主导因素。在这种场合下，所投入的原料及元件的质量起着决定性作用。此时的控制系统除了强化进货的检验和不良批的分拣之外，还高度重视与供应商的关系。许多装配性生产和食品生产都属于这一类情况。

4. 人员方面的主导因素。这类过程的质量主要在于生产工人所掌握的技能和窍门。控制系统强调诸如培训课程、工人资质认定、防误措施、工人和质量评级等因素。人员占主导因素的过程如焊接、油漆和配货等。

5. 信息方面的主导因素。在有些类型的过程中，工作信息经受着频繁的变化。于是，控制系统的重点在于保证提供给工人（及其他人员）及时而准确的信息。这方面的例子如订单编制、单件小批产品的加工等。

不同类型的主导因素其过程控制所用的工具也不同。表 22—8 列出了过程主导因素的类型及其通常使用的过程控制工具。与过程主导因素有关的控制工具将在第 45 章作进一步的讨论。

表 22—8　　各种类型的过程主导因素及相应的控制工具

设置主导因素	时间主导因素	元件主导因素	人员主导因素	信息主导因素
过程条件检验	定期检验	供应商评级	验收检验	计算机生成信息
	$\bar{X}$ 图	进货检验	p 图	文件运行测试
	中位数图	生产前控制	c 图	条形码与电子录入
首件检验	$\bar{X}$ 和 R 图	验收检验	操作评分	过程审核
	预先控制	模型评价	复审工人资质	
批次标定	窄限测量		过程审核	
预先控制	p 图			
窄限测量	过程变量检查			
	自动记录			
计数值外观检验	过程审核			

拟议中的控制工具的评估　对拟采用的控制工具必须通过评估以判定其是不足还是过度。某保健用品生产商利用“过程故障分析法”来对控制工具进行分析。首先绘制流程图以明确生产系统的要素以及产出。可能的故障机制被列了出来，然后根据以下几个方面来对控制系统进行分析：

1. 故障。发生的概率、严重性、影响等。

2. 测量。方法、频次、文件记录等。

3. 比较的标准。选择、界限等。

4. 反馈。方法、内容、速度等。

针对每一故障机制拟采用的控制方式进行分析，以判断其是不足、适当还是过度。

计划产品的评估

计划活动必须明确对于产品进行正式评估的必要性，以确定其是否适合市场要求。这里涉及三项活动：

1. 测量产品是否符合规格。

2. 对不符合规格的产品采取措施。

3. 沟通关于不符合产品的处理结果。

这些活动将在第 23 章“检验与试验”中讨论。然而，这些活动对制造计划过程会具有影响。首先，确定产品是否符合规格有几种方式，如由生产工人来完成，或由独立的检验人员来完成，也可由两者的结合来共同完成。其次，对不符合产品的处置涉及生产人员的参与，如将产品在车间中隔离，填报有关文件等。最后，所作决策的沟通应包括对生产部门的反馈。

自动化的制造

在许多生产设施中，计算机正领导着迈向自动化的进程。下面是几个重要的术语：

• 计算机集成制造（CIM）：从产品的设计到制造和装运，以一种有计划的方式全程应用计算机的过程。CIM 具有非常广的领域。

• 计算机辅助生产（CAM）：用计算机来计划和控制特定设备的工作的过程。

• 计算机辅助设计（CAD）：利用计算机来辅助设计方案的创建和修改的过程。

[Chang, Wysk and Wang（1991）提供了这一领域的基本参考资料。]

对产品质量的益处 自动化会像电能的导入一样极大地提高工厂的生产率。产品质量也将从以下几个方面受益：

1. 自动化消除了某些人工极易出错的单调或易疲劳的工作。例如，机器人取代了人工焊缝操作后，废品率从 15% 骤降至 0（Kegg，1985）。

2. 通过对过程变量的自动监控和不断调整而减少了过程的变异。

3. 机器调整次数这一重要的过程影响因素可以得到减少。

4. 机器不仅能自动地测量产品，而且还能为直线操作人员和职能人员记录、整理和展示数据。对工人的反馈是即刻的，从而能够为即将发生的问题提供预警。

5. 随着单元制造（见下面）的出现，追溯某个零件直至其源头变得更为容易，这有利于强化对于质量的责任。

6. 有了 CAD，质量工程师早在设计阶段便可做出贡献。一旦某个设计方案被置于计算机中，质量工程师便可以反复地评审该设计，并随时把握设计的变更。

要实现这些益处，要求有一系列的概念和方法的支持。下面讨论其中的三种：CIM 的主要职能、成组技术和柔性生产系统。

随着互联网带来的电子信息网络的出现，多家公司能够如一家虚拟工厂似的运营。这使得各个公司可就有关库存水平、交货时间、供应商清单、产品规格和测试数据等信息进行交换并对之作出反应。这也意味着 CAD/CAM 信息及其他制造过程信息可加以交换，数据可以传输至供应商工厂中的机器设备，供应商的软件可用于分析生产可行性和用于启动实际的生产。

计算机集成制造中的主要职能 从设计直到装运的计算机集成涉及由多个职能及相关计算机系统构成的一个网络。威利斯和沙利文（Willis and Sullivan, 1984）将之描述为八个方面的功能，即设计与制图（CAD/CAM），生产调度与控制，过程自动化，过程控制，原材料搬运与储存，维护日程安排与控制，分销管理，财务与会计。这样的 CIM 系统建立在一个数据库的基础之上，数据库中既包括制造数据，也包括产品数据。

李（Lee，1995）从全球制造竞争力的角度讨论了制造领域可采取的举措。CIM 必须将工程和生产与供应商和顾客在全球范围内整合起来，以交互地设计、计划和开展制造活动。全球化的 CIM 系统包括下列这些技术：

1. 并行的产品设计。实时的设计工具，支持远在他处的创新，可消除时间障碍从而使设计方案能够迅速投产。

2. 制造计划。迅速选择资源和最佳过程步骤的工具。

3. 虚拟制造。一系列计算机建模和模拟工具，用于评估或预测产品和过程的绩效，消除生产延误并确保一次成功。

4. 远程绩效监测、控制和诊断。用于远程监测机器设备以控制制造过程的行为的传感和控制工具。

5. 知识的学习与获取。获取和加工过程数据并与其他制造场所共享的智能工具。该系统允许对过程数据的全球接入。

6. 沟通与集成。在不同地域的参与者之间处理和转移信息的多媒体信息环境。

7. 自然语言的翻译。不同语言文本的自动翻译。

李同时还阐述了为进一步发展这些技术而正从事的研究。

许多制造过程中都包括了带有实时闭环控制的自动化的自校准系统。这些过程在实现产品特性目标值的同时也减少了围绕目标值的变异程度。

成组技术 成组技术是这样一种过程，即通过核查分析一个公司生产的所有品目以辨识出那些具有充分的相似性的品目，从而可以对这些相似的品目应用共同的设计方案或制造计划。其目的是减少新设计或新的生产计划的数目。除了节省资源外，通过采用经过检验的设计和生产计划，成组技术还可改进设计质量及符合性质量。在许多公司，在被认为需要新设计的零件中，只有 20% 是真正需要新设计的，有 40% 可根据现有的设计生产，另有 40% 可通过修改现有设计生产。

柔性生产系统 柔性生产系统（FMS）是一组计算机控制的机床，这些机床由一个物料处理系统和一台计算机连接起来，可适应不同的产品要求。该系统可重新编程以适应设计的变更或新的零件。该系统不同于固定的自动化系统，后者的机器、物料处理设备和控制装置是为生产单个零件或有限的几个零件而组织和编程的。

自动化过程的质量计划 对自动化的过程加以计划必须特别注意以下几个方面：

1. 为了适应自动化制造的要求，产品的设计可能必须作些变更。例如，机器人拣起随机放入箱中的零件会有困难，但重新设计一下该零件可能就会解决这个问题。

2. 自动化的制造设备都是复杂的设备，具有大多数复杂产品所共有的可靠性及维护等方面的问题。设计计划和评估工具（参见第 19 章“研究开发质量”）应当成为自动化设备设计过程的一个组成部分。

3. 所有的软件必须经过彻底的测试（参见第 20 章“软件开发”）。

4. 过程能力的知识、精确的设备设置和预防性维护等都是基本要求。

5. 如有可能，在线自动检验应集成到运营当中。对于人工操作的过程而言，工人能够观察到缺陷并采取措施。自动化过程会发生机械的、程序的或其他方面的问题，有些问题若不能及时发现就有可能酿成灾难。

6. 必须专门做好测量方面的准备。包括量规的防滑、测量表面的清洁、测量尺的可靠性以及遵守校准日程等。

7. 在自动化制造条件下，有些人员的责任将变得更大，特别是当工人利用计算机录入数据和进行过程控制时就更是如此。所有这些都必须加以培训。

要实现自动化工厂的潜在益处需要花费大量的时间和资源进行计划。然而，自动化不可能取代一切。例如，工厂里永远也不会有机器人水管工。因此，除了确保操作人员具有自动化设备所要求的新的技术技能外，我们还必须重视那些常规过程中的人员要求，并且计划好这些过程中的人员招聘、培训和留住人员的工作。

计划选拔、培训及留住人员

选拔、培训和留住人员的原则是众所周知的，但在包括运营在内的许多职能当中并未得到充分的贯彻。然而，这种状况正在改变，各公司为了达到质量目标而在这些人的问题上投入越来越多的时间和资源。首先我们来看一下关于人员的选拔问题。

人员的选拔 Norrell是一家人力资源公司，它为客户公司提供常规的临时性帮助、管理性职员以及外包服务。根据对1 000多家客户所进行的一项调查，理清了客户关于优秀人员的几项“质量”标准。表22—9分别列出了关于文员及技术人员的这些标准。这些标准被用于挑选和培训派给客户公司的人员。在另一个基于对5家服务性机构和9家制造厂商的调查的例子中，杰弗里（Jeffrey，1995）确认了15种能力，这15种能力被这些机构及其顾客看做是一线员工在从事顾客服务活动时必须具备的。这些能力中有许多既适合一线人员也适合后台人员。

表22—9 人员优秀的标准

文书型工作	技术型工作
准时	及时
生产率	不缺勤
职位技能	有正确的技能
态度	工作紧凑
工作着装	遵循安全规程
沟通技能	高效
员工的准备就绪	协同工作
部门的快速反应	及时反应

为了帮助挑选派给客户公司的人员，某人力资源公司拟定了由50～100个问题构成的一系列问卷来向候选人进行提问。该公司拥有每一位雇员的客户满意度的数据（来自市场研究）。客户评价较高的雇员对某些问题的回答不同于那些客户评价不高的雇员。（大多数雇员对其他的问题的回答基本相同。）对这些“差异性”问题的回答有助于选拔新的雇员。

麦当劳公司使用一个独创性的面试程序来招聘新的“同舟者”。接见者通过有目的的提问来了解申请者在顾客满意、团队意识、工作标准及职位适应性方面的取向。要求申请者从自己的工作经历来回答问题。此外，还要设置各种“目标情景”，要求申请者回答在特定情形下他个人会采取何种行动。这些情景包括了与顾客及同事的互动。

对于运营职能中的许多（并非全部）职位来说，人的个性都是一个很重要的因素。随着团队组织的日益普遍，这种倾向就更是如此。一家化学品制造商甚至

将应试者置于团队解决问题的情境中，以此作为选拔过程的一个部分。

Myers-Briggs 类型指数是评价个性类型的一种工具。这项个性测试根据四组倾向描述了 16 种类型的个性，这四组倾向分别是外向或内向（extrovert or introvert）、体察或直觉（sense or intuition）、思考或感觉（thinking or feeling）以及判断或感知（judgment or perception）。这样，某人倾向于外向、体察、思考和判断，这便是一种个性类型。分析候选的或现雇员对测试问题的回答，有助于确定人们的个性类型。组织需要许多种个性类型，Myers-Briggs 方法描述了这 16 种个性类型对组织的贡献。通过了解人们的个性类型并安排相应的工作，组织可以发挥所有的个性类型的作用以实现高的工作绩效。麦克德莫特（McDermott，1994）对于这 16 种个性类型进行了阐释，并说明了如何应用该方法来帮助招聘新员工和安排现有人员。

下面我们将讨论一些有关质量的培训问题。然而，应当强调的是，即使是计划周密的培训计划也不能弥补人员个人特性的缺陷。对某些职位来说，人的个性是至关重要的。这也是必须对选拔过程给以高度重视的理由。

人员培训 质量培训的一般性内容在第 16 章“质量培训”中进行了讨论。运营人员所要求的培训取决于人们所承担的工作职责。主要的培训领域有：

1. 职位技能。这是最基本的培训。这类培训必须随时准备更新内容，一旦获得了有关特定诀窍的知识或其他的过程信息就要列入培训中去。诸如焊接之类的重要技能应当规定正式的技能测试，以证实作业人员能够应用所受培训生产出符合规格的产品。通过这类测试是担任相应职位的条件。测试若有弄虚作假的场合，则必须采取措施以确保结果的有效性。

2. 解决问题的工具。根据在运营中承担的职责的不同，可能会有必要进行解决问题的培训。一个典型的例子是向品管圈提供的培训（数据收集、因果图、帕雷托分析、直方图及其他图示方法等）。

3. 过程控制工具。生产工人现正日益普遍地接受到控制图及其他的过程控制的常规分析方法的培训。

4. 符合规格的重要性。不断强化人们对于符合规格的重要性的认识是十分有用的。一家化工公司经常组织工人到客户单位参观。每次参观后工人们要立即举行“反思会”讨论他们的见闻，并决定如何将他们的感受传达给其他的人员。

5. 基本技能。要在一个技术迅速发展，信息日益复杂的世界中有效地发挥作用，运营人员必须具有沟通和数学方面的基本技能。沟通技能包括阅读、书写、讲话和倾听；数学技能包括基本运算以及数据的记录和图示。1993 年的全国成人文化程度调查（National Adult Literacy Survey）显示，有 47% 的美国成年人的文化程度是如此之差，甚至不能完成比填写银行存单或在城市街道地图上找出一个十字路口稍困难一些的工作。如果你碰到某个员工不知道8¾即 8.75 时，不必感到吃惊。我们不能认为全部人员都具有特定职位所需的基本技能。有关基

本技能对质量的影响的进一步讨论，可参见珀金斯的论述（Perkins，1994）。

某个机构规定其5%的工作时间要用于培训，当培训完成时，人们会得到5%的奖金。这个规定适用于该机构所有层次的人员。

为确保培训活动满足被培训者的职位要求，就培训的优先次序加以正式的规定是有帮助的。图22—12示出了一种方法。所涉及的职位是社区银行的某个部门中对营销和人力资源活动加以协调的工作。为使职位能力与培训优先次序相一致，该部门经理和这位员工一道制作了图22—12所示的矩阵图。重要度从1到10，10是最重要的。“雇员现状”一栏表示该员工当前每种能力的水平；“改进计划”一栏表示得到认可的一个能力提升计划的目标；“改进指数”一栏指的是前两栏的差；“优先度权重”一栏是“相对重要性”和“改进指数”的乘积。在最后一栏中，原始的优先度得分被换算为百分比，以便进行比较。这一确定培训优先次序的方法取自一个名为培训功能展开的八步骤过程中的两步。培训功能展开类似于质量机能展开［详细的讨论参见Stampen and Stampen（1995）］。

步骤1	步骤2					
识别能力	确定培训优先次序					
	相对重要性	雇员现状	改进计划	改进指数（计划—现状）	权重（重要度指数）	优先度
协调教育内容	9	9	9	0	0	0%
建立演示材料	6	8	9	1	6	3%
雇员利益跟踪	6	1	7	6	36	19%
团队参与和支持	7	4	6	2	14	7%
未来的人力资源项目	8	2	7	5	40	21%
工资单备份	9	1	7	6	54	29%
沟通设计与布局	5	3	5	2	10	5%
促销努力	10	6	8	2	20	11%
建立与印刷业者、广告业者和旅馆业者的关系	8	7	8	1	8	4%

图22—12 培训的优先次序

资料来源：Stampen and Stampen（1995）.

一家全国性的餐饮连锁店为新员工提供四个级别的培训。每一级别都要求进行正式的考试（书面考试加上实际操作）。员工自主决定何时参加考试。员工达到某一级别后，工资和福利就得到相应的增加。

Solectron公司是马尔科姆·鲍德里奇国家质量奖的得主，拥有员工约3 000人，分别来自20个民族，操着40种语言。伊和马塞尔怀特（Yee and Musselwhite，1993）阐述了该公司的培训方法及其在质量技能、沟通技能、领导能力、人际训练等方面所取得的成果。

有些公司，如 IBM，将正式的技能认证延伸到了各个管理层次上。这意味着即使是经验丰富的经理人员也要接受新的管理技能培训并且须通过认证考试。这样的认证结果被输入到技能数据库中，用于为新职位挑选经理人员。

留住人员　由于在选拔及培训方面投入了越来越多的资源，因此必须努力留住这些拥有技能的人员。待遇对于留住人员当然起着关键的作用，但其他一些因素也是重要的，其中包括：

1. 职业生涯计划与发展机会。
2. 自我控制的职位设计（参见下面的讨论）。
3. 为员工进一步超越提供充分的活性化和其他手段。
4. 清除产生工作压力及过度劳累的根源。
5. 为员工提供不断的训练。
6. 提供参与部门计划的机会。
7. 提供与顾客（包括内部和外部的顾客）互动的机会。
8. 给予各种形式的奖励和认可。

留住优秀的运营人员对于达成质量目标无疑是十分重要的，特别是在快节奏的运营环境中就更是如此。这意味着要雇用最好的人员，向他们提供所需的工具，培训他们，并给他们以有形和无形的奖励。

运营的组织形式

许多公司采用职能部门的方式来进行组织，这种方式会有一个构造精细的管理层级。这种方式既适用于主要的职能（如运营、营销、产品开发等），也适用于一个职能部门中的部分，如运营部门中的内部构造。

采用职能的方式来进行组织具有一定的优点，如职责明确，职能内部的活动具有效率等。但这种组织形式也形成了部门之间的“墙壁”。这些墙壁有时可见有时不可见，它们常常会造成严重的沟通障碍。其结果是部门内部的运营效率很高，但提交给外部（和内部）顾客的成果却未必理想。

显然，员工参与计划与改进已经成为了一种生存方式。看起来自我管理的团队似乎会取代泰罗制（参见第 15 章的“活性化与承诺：自我调节的团队”）。

“未来的组织”将受到两种系统交互作用的影响，这两种系统并存于所有的机构中，这便是技术系统（设备、程序等）和社会系统（人、角色等），于是便有了社会技术系统的称谓（STSs）。

大多数 STSs 研究都集中于设计新的工作组织的方式，尤其体现在基层操作者层次上。例如，监督员越来越像个“教练”，他们更多地是在指导和激活而非分排和指挥。操作者则成了“技师”，他们的工作要求多种技能，包括广泛的决

策，而不再是一种只包括有限决策的简单工作。团队的概念在这些新方法中起着重要的作用。一些公司报告说，在指定的年份中，它们有 40% 的员工都参加了团队。有些公司的目标是将这一比率达到 80%。永久性的团队（如过程团队、自我管理的团队）对于包括质量指标在内的所有的产出指标负责；专题性的团队（如质量项目团队）通常负责质量改进。表 22—10 给出了一些最常见的质量团队的类型。

表 22—10　　典型的质量团队类型

	质量项目团队	品管圈	业务过程质量团队	自我管理的团队
目的	解决跨职能质量问题	解决部门内的问题	计划、控制和改进关键的跨职能的过程质量	对工作进行计划、执行、控制，以便得到规定的输出
成员	来自多个部门的管理人员、专业人员、一般员工	主要是来自同一部门的普通员工	主要是来自多个部门的管理人员和专业人员	主要是来自一个工作领域的普通员工
成员来源及成员的规模	强制方式；4～8 人	自发方式；6～12 人	强制方式；4～6 人	强制方式；该工作领域的所有成员（6～18 人）
持续性	项目结束后团队就解散	团队持续存在，不因项目而变化	永久存在	永久存在
别名	质量改进团队	雇员参与小组	业务过程管理团队，过程团队	自我监督团队；半自治团队

有关运营及其他职能的组织形式的文献汗牛充栋且仍在持续增加。有关团队研究方面的讨论，可参见卡岑巴赫和史密斯的论述（Katzenbach and Smith, 1993）。曼恩（Mann, 1994）阐释了在过程导向的运营中的管理人员开发其作为教练、培训者和“边界管理者”的技能的必要。

可控性概念；自我控制

当工作的组织方式能够使某人对于所期望的结果具有完全的掌握时，我们就说此人处于一种自我控制的状态并能够对结果承担责任。自我控制是一个普遍的概念，它适用于对盈亏负责的事业部总经理，对于达成工厂各种目标负责的工厂厂长，操作一个化学反应器的技师，或某个签发支票的银行职员。这一概念也适用于工作团队。

为实现自我控制，必须供之以必要的手段以使人们：

1. 知道他们应当做什么。例如，提供产品规格或工作程序。

2. 知道他们实际做得如何。例如，提供设备用于测定过程变量或合格品数量。

3. 调节过程。例如，调控工作过程的职权和能力。

这三个基本的自我控制标准使得我们可以将缺陷划分为不同的“可控性”类别，其中最为重要的是：

1. 工人可控型。如果三个自我控制的标准全都满足则称缺陷或不合格为工人可控的。

2. 管理可控型。如果三个自我控制标准至少有一个未被满足，则称缺陷或不合格为管理可控的。

这种分类背后的主张在于，只有管理当局才能够提供满足自我控制标准的手段。因此，任何未能满足自我控制标准的情况都是管理当局的失败，由此而导致的缺陷是工人所不能控制的。这一主张并非百分之百正确。工人照说有责任提请管理当局注意控制系统的不足之处，但有时他们并不这么做（有时他们做了，但管理当局没有采取行动）。不管怎么说，这一主张的正确成分比起不足来还是要多得多。

澄清工厂中的缺陷或不合格是属于管理可控的还是工人可控的具有高度的重要性。减少前者所需要的是这样一种计划，其主要的贡献必须来自经理、监督人员和技术专家。减少后者需要的只是另一种不同的计划，其主要贡献主要来自工人。这两种计划之间的巨大差异表明，管理人员在推动重大计划之前必须对于可控性状态具有充分的了解。

表 22—11 是一个可控性研究的示例。一个诊断小组对于 6 个机加工车间 17 个工作日的废品和返工报告进行研究。负责收集数据的质量工程师在每份报告中都列出了造成缺陷的原因。当原因并非一目了然时，小组要对缺陷进行分析并在必要时咨询其他专家（管理层已强调过该项目的重要性）以找出原因。该项研究的目的是解决对废品和返工率长期居高不下的原因看法不一致的问题。问题得到了解决。该研究对于就改进计划的焦点达成共识起到了决定性作用。在不到一年的时间里节约了 200 多万美元，并且在减少生产积压方面取得了显著进展。

可控性评估也可以通过针对自我控制的三条标准分别加以提问来进行（可供提问的典型问题将在随后列出）。尽管这种方式并不给出管理可控和工人可控缺陷的定量评估，但它还是明确了这些缺陷究竟主要是属于管理可控性的还是工人可控的。

根据笔者的经验，约有 80% 的缺陷都是管理可控的。这一数字在行业之间差异不大，但却显著地因过程而异。日本、瑞典、荷兰、捷克斯洛伐克等国的一些调查也得出了类似的结论。

尽管现有的定量研究明确了缺陷主要是管理可控的，但许多产业经理并不知道这一点，或者不能接受这个数据。他们一向确信的是：大多数缺陷都是由于工人疏忽、大意甚至是故意造成的。这类经理们偏向于接受激励工人的一些措施，但这些措施一般来说瞄准的只是问题的一小部分而已，充其量也只能获得微不足

道的效果。问题的关键不在于明确工业中的质量问题是否是管理可控的。需要解决的问题是给出有关特定工厂的答案。除非有确凿的事实，只是观念不足以给出令人确信的回答，最好是如表 22—11 所示的那样对实际的缺陷进行可控性研究。

表 22—11　　有关机加工车间的可控性研究

管理可控的	
培训不足	15
设备不足	8
设备维护	8
其他过程问题	8
材料处理	7
工、夹、量具的维护	6
工、夹、量具的不足	5
错误的材料	3
运作秩序混乱	3
其他	5
小计	68
工人可控的	
没有进行检查	11
不当操作	11
其他（如工件的错装）	10
小计	32

自我控制的概念使人们关注制造计划的重要性。制造质量计划活动是生产现场管理可控缺陷和工人可控缺陷的预防手段。

柯林斯（Collins and Collins，1993）给出了取自制造业和服务业的六个例子，列举了一些起初被归罪于人但实际上却是管理可控的（常称为系统可控的）问题。在服务业存在着类似的情况。贝里等人（Berry，Parasuramen and Zeithmal，1994）给出了在改进服务质量过程中的十个教训。其中的三个分别是服务设计（“真凶是低劣的服务系统设计”）、雇员研究（询问雇员为什么会出现服务问题以及他们要做好工作需要什么条件）以及服务式领导（经理必须通过训练、指导并倾听雇员来进行服务）。要注意的是，这三个教训直接与自我控制的概念有关。

在实践中，这三条自我控制的标准并不见得能够得到完全的满足。例如，有些规格含糊不清或遗漏不全（第 1 条标准）；数据的反馈不充分、不清楚或者太晚（第 2 条标准）；人们不知道如何来纠正某个过程（第 3 条标准）。

本章主要针对的是工厂的生产车间和服务机构的后台运营。但自我控制的概念同样也适用于与顾客接触频繁的一线运营活动。

工作在自我控制状态下的人员被赋予的自由会激发起人们的主动性、创造性以及愉悦感，这些都将促使人们的自我发展。设计并保持工作活动以使之满足自我控制的三条标准是激励人们实现质量目标的前提。只有管理当局才能够创造和维持这些自我控制的条件。以自我控制的方式来设计职位，管理当局将会听到工

人们大唱赞歌，并伴随着质量上的大获全胜。自我控制与工作场所的民主这一更为广泛的概念是联系在一起的［详见 Rubinstein（1993）］。以下将对自我控制的三条标准加以进一步的讨论。

有关“应当做什么”的知识

这些知识通常包括以下方面：

1. 产品标准，其形式可以是书面的产品规格、产品样品或其他形式的关于最终应达到的结果的规定。

2. 过程标准，其形式可以是书面的过程规格、书面的过程指导书、口头指示或其他形式的关于“达成结果的手段”的规定。

3. 有关职责的规定，即有关作什么决策、采取什么行动等的规定（本章较前已作讨论）。

产品规格　用户的用途是其理想的来源。大多数情况下产品规格是由用户用途转换而来的。在制定产品规格时，必须注意以下的一些方面。

提供准确的信息　这方面可能会存在两个障碍：

1. 规格含混不清。例如，玻璃纤维罐采用车辆运输时，支架的表面应该是平滑的。由于支架的表面形成了焊接的斑点，因而规定了一项将支架表面刮“平”的操作。但由于没有明确应当有“多么平滑”，而导致了许多产品被拒收。

2. 规格内容存在冲突。信息被监督人员“吞掉”不是什么新鲜事。规格的变更，特别是频繁地变更，会得不到有效的沟通。例如，检验人员因产品没有加工装配要求的一个倒角而加以拒收。但最后发现，检验人员使用的是 D 号修订图，生产人员使用的则是 B 号修订图，而设计室在三天前才发布了 E 号修订图。

提供重要信息　所有的规格都包含有多种特性，这些特性并非同等重要。当告知人们的只是那些关键的少数信息时，人们自然会清楚轻重缓急。

阐明“为什么”　对于产品及规格的目的的阐明将使人们更好地了解“应当做的事情”，相应而来的参与感也会起到激励作用。

例如，一项关于重量的规格要求公称重量值为 40.0 克，公差为 ±0.5 克。尽管 1.0 的总公差也能够满足上述规格要求，但几乎用尽了全部的公差范围，因而造成了后续装配的问题。过程能力研究表明该过程的能力为 0.10 克，远比 1.0 克的公差范围为好。但为什么公差范围会被用尽呢？经过讨论发现：（1）重量的不一致会对后续装配产生什么影响并没有告知工人们；（2）工人们也未曾被要求以规格的公称值作为过程的中心。

提供标准　在规格不能量化的情况下，就必须提供实物的或图片的标准。这一要求极具普遍性，特别是对于诸如产品外观这样一些广泛的一般性特性就更是

如此。(过去的许多年，大量的电子电路的焊接都是在没有明确的验收标准的情况下进行的。) 如果管理人员及工程师不能提供这些标准，那么标准便会自发地由检验人员和生产工人们所形成。

过程规格　工作方法和过程条件（如温度、压力、时间周期）必须毫不含糊地明确无误。某钢铁厂采用了一种高度结构化的系统来确认关键的过程变量，确定过程控制标准，向操作层沟通信息，监测执行情况，并在出现问题时进行诊断。过程规格是一组过程控制标准程序的集合。每一关键过程变量（要符合产品规格限的要求必须加以控制的变量）的控制都要建立相应的程序。这些程序应回答下述问题：

1. 过程标准是什么?
2. 为什么需要控制?
3. 谁负责控制?
4. 如何进行测量?
5. 何时进行测量?
6. 日常的数据如何报告?
7. 谁负责数据的报告?
8. 审核如何进行?
9. 谁负责审核?
10. 对不符合规格的产品采取何种措施?
11. 标准是谁制定的?

通常情况下，只有当工人们对于过程具备了一定的经验后，才能明白详细的过程指导书。基于职位经验，很容易对过程指导书加以更新，可以在运营部门张贴一张因果分析图（参见第 5 章中的“形成推测”一节中的“整理推测”的内容），请雇员在图上加贴必要的卡片。

伊斯曼化学公司的 Primester 事业部使用电子手段将产品及过程标准的变化迅速通知运营部门，其软件中包括了对于理解、消化和保持这些变化的检查。

福特和利德（Ford and Leader，1989）阐述了在统计过程控制活动中，整合群体动力、沟通技能、冲突管理以及其他的“人际动力”方面的问题的经验。纽伯格和尼尔森（Newberg and Nielsen，1990）阐述了“操作人员控制”的一种做法，这是一个生产汤料的过程，操作人员参与排除妨碍其控制的障碍，建立过程控制，接受特定的职位培训。在这一参与活动中，操作人员使用流程图来建立该过程的“关键控制点”。

制造业的核对单　前面讨论了自我控制的第 1 条标准。人们必须有适当的手段了解他们应当做什么。为了评价是否满足这一标准，可以利用包括如下问题的一个核对单来进行：

1. 是否有书面的产品规格、过程规格和工作指导书? 如果这些东西出自不

同来源，它们是否一致？是否清晰易懂？是否便于工人们获得？

2. 规格是否明确了不同质量特性的相对重要性？过程的建议性公差与产品的强制性公差是否有明确的区分？如果使用控制图或其他的控制方法，它们与产品规格之间的关系是否明确？

3. 可视缺陷的标准是否展示在了工作现场？

4. 提供给工人的书面规格是否与检验人员的标准相一致？是否经常允许偏离规格？

5. 工人是否了解所生产的产品是如何使用的？

6. 工人是否受过足够的培训，以理解规格并完成满足规格所必须的操作？有无通过考试或其他手段来评估工人是否具备资质？

7. 工人是否清楚不符合规格对未来的加工及产品性能的影响？

8. 工人是否能够自动和迅速地收到有关规格变更的信息？

9. 工人是否知道如何处理有缺陷的原材料和有缺陷的最终产品？

10. 有关决策和行动的职责是否有明确的规定？

（制造业运营活动的自我控制核对单最初是由 L.A. 塞德在本手册第二版中提出的。）

制造业中将有关质量和其他方面的要求编制为产品及过程规格、工作程序以及其他形式的书面信息已有很长的历史。服务业中质量要求以及其他相关文件正处在一个正规化的进程中。高度详细的产品规格和过程规格目前还没有成为服务业企业的常规文件。即使如此，在服务业中向人们提供“应当做什么”的知识对于实现自我控制也是十分必要的。

一个基本的框架始于受控对象（control subjects）的识别。受控对象是指那些为了满足顾客要求而必须加以关注的特征或特性。受控对象是以下几个方面的组合：

• 产品特性。有些控制是通过评估被加工产品本身的特性（如处理一份申请所需的时间或一份报告的完整性）来进行。制造业中，这些特性是用产品规格来描述的。

• 过程特性。大量的控制是通过评估直接影响产品特性进而影响顾客需要的那些过程的特性（如设备的可用性、服务人员的配备水平、出现“脱销”的频次等）来进行的。在制造业中，这些特性是由过程规格来描述的。为便于操作人员的使用，这种规格要转换为程序。加斯（Gass，1994）介绍了一种编制和实施程序的办法，有助于促进程序在生产现场的应用。皮日德克（Pyzdek，1994）阐述了一个服务系统工程的框架。

• 副作用。有些特性不直接影响所加工产品但会产生讨厌的副作用（如惹恼雇员、冒犯邻居或威胁环境），这些特性也可以是受控对象。

表 22—12 列出的是一些受控对象的示例及其与产品和过程的关系。选择受

控对象需通过下述步骤：辨识主要的工作过程，找出过程目标，描述该过程，确认该过程的顾客，明确顾客的需要，最终选定受控对象（详见第3章中的“第六步，开发过程控制方式并向运作转移”）。

表 22—12　　受控对象

主要工作产品	主要工作过程	控制对象
冲洗照片	胶卷的处理	化学药剂的维护 胶卷在卷轴上放置的准确性
医疗保险	赔付处理	赔付表格的准确性 辅助文件的完整性
印刷	开具账单过程	发票的准确性 客户信息的维护
非处方感冒资料	药瓶的包装	安全的密封 每瓶药片的数量
饮食服务	食物的制备	配料的新鲜程度 炉火的温度
工业制管	制管加工	制管机的速度 设备的温度
24小时银行服务	ATM机的维护	现金的可得性 服务人员的人数

资料来源：Juran Institute，1995，pp.1—45.

为了实现自我控制，这些受控对象应当是定量的，应当采用适当的测量单位和测量装置来进行测量。这里涉及两类过程的运营人员必须十分清楚的指数，即：

1. 绩效指数。这类指数测量过程的输出及其符合用受控对象的测量单位定义的顾客要求的情况。

2. 过程指数。这类指数测量影响绩效指数的过程中的活动或变异。

为使过程的操作人员更加清楚，这些指数应当规定目标值，必要时还要明确最大和最小界限。

服务业的核对单　根据对金融服务业的后台运营人员的研究（Shirley and Gryna，1998），以下这些提问有助于评估人们是否“清楚自己应当做什么”：

工作程序

1. 是否发布了职位说明书？是否能够获得？有无及时更新？

2. 人们是否清楚他们的顾客是谁？是否曾与他们会面？

3. 履行某一职位的人员是否对于工作程序的编制具有影响？

4. 工作所需的技术及所用术语是否与人员的背景和培训相一致？

5. 是否有指导和帮助信息（如电脑提示）引导工作人员进行下一步工作？

6. 是否有对操作程序定期审查和修改的措施？是否就变更同所有相关人员进行了沟通？

7. 是否有措施可以偏离“总部”指令以满足当地条件？

8. 操作程序是否通俗易懂?

9. 监督人员是否具有充分的运营知识，以便在出现问题时能够提供帮助?

10. 给人们的程序是否完全适用于他们实际所做的工作?

11. 人们有关决策和行动的职责是否得到了明确的规定?

12. 人们是否了解不正确的工作会对下一环节的输出带来何种影响以及后果如何?

13. 有无采取必要的工作轮换制度?

绩效标准

14. 是否需要正式的质量和数量方面的工作标准? 如果需要实际存在的话，是否采用了书面的形式?

15. 人们有无被告知产出的质量和数量的相对重要性? 人们是否真正理解了这些解释?

16. 当职位内容增加之后，工作标准是否进行了重新评审和变更?

17. 人们觉得是否可以对他们的产出负责，还是认为缺陷不是他们所能够控制的?

18. 监督人员发出的有关如何工作的信息是否总是与更高层的经理人员的信息相一致?

培训

19. 人们是否得到过有关组织整体情况的介绍?

20. 是否有常规的培训计划以向人们提供有关顾客需要和新技术的信息?

21. 人们以及他们的经理是否对于他们的培训需要提供意见?

22. 培训内容是否还包括“为什么”而不仅仅是“是什么”?

23. 培训计划的设计是否考虑了培训对象的背景?

24. 从事培训的人员是否提供了足够的细节? 他们是否懂得如何做好工作?

25. 必要时是否为新手配备了师傅?

有关“做得怎么样”的知识

这是自我控制的第 2 条标准。要做到自我控制，人们必须有办法知道他们的绩效是否符合标准。这里的符合标准包括两种情况:

1. 产品特性符合产品规格。

2. 过程变量符合过程规格。

对于“做得怎么样”的了解主要通过三个来源，即过程所固有的测量、由工人进行的测量以及由检验人员进行的测量。

过程所固有的测量 许多过程中都设有大量的测量仪器。所测的信息为工人

提供了反馈，使得他们能够完成反馈控制的循环。即使在反馈信息进入自动化系统的场合，作为监测人员的工人通常也能获得这些数据。

由工人进行的测量 在由工人应用测量仪器的场合，必须就如何测量、使用何种抽样标准、如何记录、如何图示、采取何种纠正措施等向他们提供培训。激励工人遵循这些指示是一个普遍的难题，有许多公司在这方面走得很远，他们通过采用无需或很少需要人的行动的仪器来测量、记录和控制，从而将对人的行动的需要降到最低程度。

当这些测量仪器提供给工人时，同样有必要保证这些测量仪器与检验人员以及后续过程所用的仪器是相容的。

在某个建设项目中，给制模工人提供的是木工用的水平仪和尺子，用于浇注水泥前设定模板的高度。给检验人员提供的则是复杂的光学仪器。测量的不同引发了众多的争端。

如果给工人提供的测量工具能够对特性进行定量的测量而不仅仅是合格与否的信息，则会更有利于过程的控制。

当用于过程控制的测量必须在远离生产现场的实验室进行时就会产生问题。将样品送到实验室，进行分析后再将数据传回到生产部门要花费时间，这样势必会导致适当的过程控制的延误。一种解决办法是开发能够被生产工人在现场使用的辅助性测量仪器以便提供即时的反馈。作为例子，我们来看一下控制玉米制品中氯化物浓度的一个过程。以往的做法是，在原材料经离心机处理过程中，抽取一份样品送往实验室分析，将测试结果送回到生产部门，必要时调整离心机的载荷。（氯化物水平主要取决于离心机上喷出的结晶液的载荷。）采用新的装备后，工人在现场取样，用离子分析仪对产品进行氯化物分析，必要时直接调整过程。加工一批产品并获得测定结果所需的时间由原先的 90 分钟骤降为 20 分钟。因而，大大减少了因过程调整不及时而产生的次品量。

帕克(Parker,1981)介绍了某造纸厂是如何利用在线测量克服抽样困难的。

由检验人员进行的测量 当检验部门进行测量以便为运营部门采取措施提供依据时，测量结果通常既要反馈给监督人员，也要反馈给工人。

反馈良好的标准 生产工人（不同于监督人员及技术人员）所需要的反馈必须一目了然，只针对少数重要的缺陷，只针对工人可控的缺陷，提供有关症状及原因的即时信息，提供足够的信息指导其纠正。反馈良好的标准有：

1. 一目了然。生产现场的节奏很快。工人应当能够在匆忙中领会反馈的信息。

当工人需要随时间推移的过程绩效信息时，图表是一种绝妙的反馈形式，如果图表能够设计得与工人的职责相适应的话（见表 22—13）。利用视觉上的展示来强调常出现的问题是非常有效的。诸如“外漏斗的开关装反了”这样的问题用大号黑体字显示在墙上的图表上比只是记录在工作日志上更容易引起人们的注

意。加里斯（Carlisle，1981）讨论了这类系统的有效性。

2. 只针对少数重要的缺陷。将工人淹没在所有的缺陷信息中，将使人们分散对于关键的少数问题的注意力。

3. 只针对工人可控的缺陷。提供任何其他的无关信息只会引起毫无结果的争论。

4. 提供有关症状和原因的即时信息。及时性是对良好反馈的基本要求。越是接近于“实时”信号的系统就越是好的系统。

5. 提供充分的指导纠正行动的信息。反馈信息应当有利于人们确定纠正措施。

表 22—13　　工人责任与图表设计

工人的责任：	图表的设计必须显示：
使每单位产品符合产品规格	各个产品的测量结果与产品规格限的对比
保持过程条件符合过程规格的要求	过程条件的测量结果与产品规格限的对比
使均值和变化范围满足特定的统计控制界限	均值和变化范围与统计控制界限的对比
保持不合格率低于预先规定的水准	实际的不合格率与限定水准的对比

软件有助于实时地进行过程数据的收集、分析和展示。图 22—13 中的控制图展示的是 Group Technologies 公司印刷电路生产过程中的操作人员反馈示例。测量单位是每百万机会缺陷数（DPMO）；“警戒线”是计算出来的 DPMO 平均值。警戒线的不同颜色向操作者提供了控制过程的指导信息。黑色表示可以接受，操作人员可将过程保持在目前的状态下；黄色警示操作人员需要注意；红色指示操作人员停止过程，寻求监督人员或“快速反应小组”的帮助。每一区域的界限均由过程工程师根据顾客规格来加以设定。

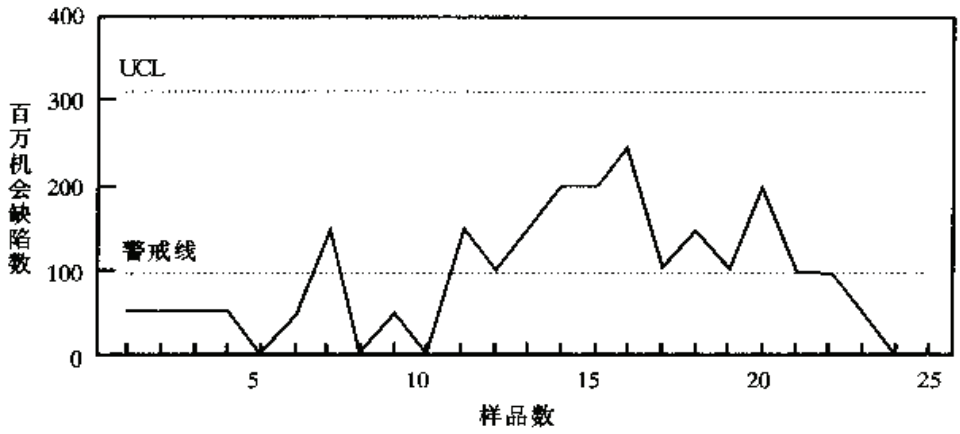


图 22—13　操作者反馈图

资料来源：Group Technologies Corporation internal document.

控制图只是许多统计过程控制（SPC）工具中的一种。SPC 为运营人员提供了必须掌握和运用的一个工具库。详细讨论参见第 45 章“统计过程控制”。

与工人采取措施相关的反馈　工人需要知道针对某一产品偏差应当采取何种

过程调整。这些知识来自：

1. 过程规格。

2. 工人实践中的经验。

3. 产品和过程的测量单位相同这一事实。

如果没有这些，工人就只能作进一步的试探或中止过程发出警告。

有时，我们可以利用其他的图示信息作为数据反馈的补充，这些图示信息能使过程人员针对过程状况确定并采取适当的措施。福斯特和齐克（Foster and Zirk，1992）说明了如何将复杂的研究开发信息转换成“多曲线图”，以利于生产工人使用。图 22—14 是一个示例。这是一个烃裂解过程，操作人员可控的两个变量分别是燃料容量和炉子通风量（BAO）。这个图可作为工人调整这两个变量的操作指南。

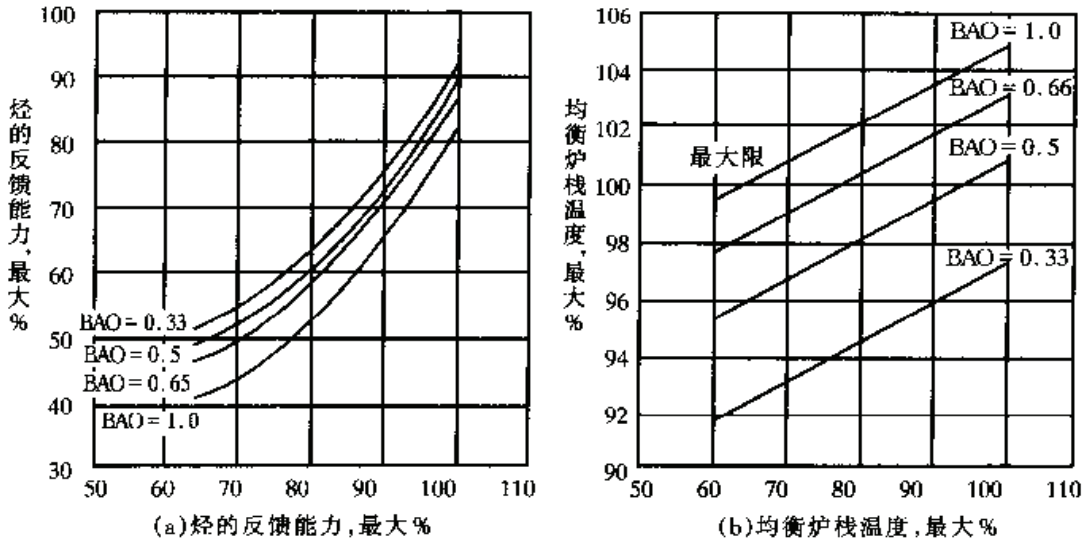


图 22—14

说明：参数：炉子通风量，分区；固定条件：炉子抽力 = 0.065 英寸 H_2O。

资料来源：Foster and Zirk（1992）.

对监督人员的反馈 除操作现场需要反馈信息外，监督人员也需要及时的简明信息。这些信息可采取如下一些形式。

矩阵表式的概要信息 一种常见的矩阵表是工人与缺陷的对照表，垂直栏的表头是工人的姓名，水平列的表头是缺陷的类型。这种矩阵表清楚表明了哪种类型的缺陷最多，缺陷最多的工人是哪位，两者间的关系如何。其他形式的矩阵表还有机器号码与缺陷类型对照表、缺陷类型与日期对照表等。

概要信息做成之后，为突出需要加以注意的关键的少数情况，通常要将与之相对应的矩阵单元圈出来。对矩阵表的进一步标注是将单元格用对角线分开，填入两个数字，如缺陷编号和缺陷数量。

帕累托分析 有些公司倾向于尽量少涉及细节，而是提供一天中总缺陷的信

息，同时列出排在前三位（左右）的缺陷类型以及各自出现的次数。日渐普遍地，监督人员可以在自己的办公室里通过察看个人电脑上的概要的和详细的过程数据来实施对过程的监控。某制造商甚至使得有关人员可以在家中电脑上阅读数据，以便必要时帮助解决过程问题。

特殊的多参数图表 传统上倾向于追踪单个的过程参数。这种关注单个指标的做法往往导致片面强调数字，但却忽略了实现预期绩效的行动。马迪根（Madigan，1993）提出了一种图表，提供了一种“理解运营的整体方法”。首先，确定那些描述运营成功的关键因素的指标。例如，在一个大厦服务运营中，有关培训、清洁、安全、工资和缺勤率等方面的指标。数据收集自四家工厂。针对每一指标，得分最高的工厂便成为最佳基准。测量指标矩阵图由同心的环组成，这些环由五个指标的数据构成，给出了平均值的轮廓和每一工厂的轮廓。伊斯曼·柯达公司将这种方法既用于服务业也用于制造业。［详细讨论参见 Madigan (1993)。］

自动化的质量信息 生产规模及复杂性是决定计算机所扮演角色的重要因素。但即使在相对比较简单的过程当中，这一角色也可能是十分重要的。例如，在一家快餐店，响应顾客订单所花费的时间显示在计算机屏幕上（目标值是 45 秒）；在某保险服务中心，等待应答的电话呼叫数清楚地显示出来。第 10 章“计算机在质量体系中的应用”阐述了在生产及产品寿命周期的其他阶段计算机在分析和报告数据方面所起的作用。

制造业的核对单 用于评估自我控制的第 2 条标准的核对单包括以下问题：

1. 是否给工人提供了测量手段？是定量的测量还是只能分拣好坏？是否足够精确？是否定期检查精确度？

2. 工人是否被告知多长时间抽样一次？是否有足够的时间？

3. 工人是否被告知如何评估测量结果，从而决定何时调整过程，何时保持现状？

4. 对于工人是否按规定抽样和进行过程调整有无检查？

5. 检验结果有无提供给工人，监督人员有无同工人一道分析这些结果？

服务业中也可以找到有关自我控制的第 2 条标准的例子。这些事例集中在服务指标的确定和测量方面。一家信用卡机构明确了涉及所有活动在内的 18 个关键过程：2 个业务过程，6 个支持性过程，10 个产品与服务生产和提供过程。信用调查和支付处理是两个生产过程的例子。针对全部 18 个过程，设计了 100 多项内部的和供应商过程指标。（此外，还进行了外部顾客满意研究。）每日和月度的绩效结果可通过视频系统看到，同时还有张榜公布。每天早上，运营部门的负责人和高级经理都要开会讨论最近的结果，找出问题并提出解决办法。雇员可通过电话或电子邮件阅读这些会议的纪要。

为强调质量的重要性，测量系统通过一个逐日奖励系统与报酬挂钩，非管理

职位可获高达基本工资的12%的奖励，经理人员为8%～12%。[详见资料 Davis et al.（1995）。]

赫斯塔德（Hestand，1991）解释了某银行是如何使用“报告卡”测评为内部顾客提供的服务的。质量指标的绩效评分为从A（优秀）到F（不合格）五个等级。对于每一参加测评的分支机构，其评分由分支机构的经理、运营经理和顾客服务代表共同进行。表22—14是两个测量指标的结果示例。这样，对于校验项目编码准确性这一指标而言，所报告的各个等级的总频次便分别为2个A、38个B、0个F等等。（字母分级也以数字的形式表示出来。）随后有一个追踪程序来报告所采取的措施，被评为D和F的有关细节便会相应地给出。

表 22—14　　来自内部顾客的质量衡量的例子：校验部门

72. 对特定要求反应的迅速性								
	A	B	C	D	F	N/A	?	
小计	7	26	30	5	0	22	3	2.51
分支机构经理	1	7	10	2	0	11	0	2.35
运营经理	3	9	12	1	0	6	0	2.56
客户服务代表	3	10	8	2	0	5	3	2.61
73. 对于分支机构交易的校验项目编码的准确性								
	A	B	C	D	F	N/A	?	
小计	2	38	23	3	0	26	0	2.59
分支机构经理	1	10	6	1	0	13	0	2.61
运营经理	1	20	9	0	0	1	0	2.73
客户服务代表	0	8	8	2	0	12	0	2.33

资料来源：Hestand（1991）.

某快餐公司创建了“伙伴”（同一场所工作的员工）团队，并培训他们在没有专职经理的情况下来自我管理（Harvard Business School，1994）。这意味着不仅要引入提供诸如备餐时间这类信息的在线技术，还要像对待管理餐厅的总经理一样，向团队提供同样的运营和财务信息。在这些“团队管理的单位”中，诸如订购食品之类的事情均由团队成员作决定。从而长期以来区分“劳心者”和“劳力者”的这些知识信息现在驻留在了生产现场的电脑中。

洛克纳（Lochner，1995）阐述了在医疗保健活动中一组平衡的测评指标的应用，并对过程测量指标（病房占用率）与结果测量指标（入住等待时间）进行了区分。洛茨科（Latzko，1993）介绍了一家银行的零售借贷部门如何应用质量测量指标来识别重要的“质量偏差”。厄里（Early，1989）提出了在服务业中建立质量测评指标的指南。

服务业的核对单　下面的这个核对单是通过与金融服务业中的后台运营人员讨论而提出来的（Shirley and Gryna，1998）。

对工作的评审

1. 是否向人们提供了对自己的工作进行自我评审的时间和指示？

2. 差错能否被容易地发现?

3. 是否需要独立的质量检查? 是否在进行检查? 这些检查是由同事还是由他人来进行?

4. 对工作的评审是在过程中的各个检查点进行, 还是仅在工作结束时进行? 样本容量是否充分?

5. 有无对整个过程的独立审核, 以确保每个人的工作都是与达成过程目标相一致的?

6. 有无就顾客的合同进行必要的详细记录?

反馈

7. 高层管理人员与基层主管是否就质量与数量的重要性给出了相同的信息和行动?

8. 有无必要的对于产出加以纠正的标准?

9. 必要时个人与群体是否都能得到反馈? 有无提供与监督人员进行讨论的时间? 是否进行过这样的讨论?

10. 是否向需要的人员反馈信息? 是否及时? 是否因人而异?

11. 反馈是否详细得足以满足纠正问题的需要? 是否询问过人们他们需要反馈什么细节?

12. 有无来自顾客 (外部或内部) 的反馈以表明产出及其质量的重要性?

13. 反馈是否既包括质量信息又包括数量信息?

14. 是否提供了正反两方面的反馈信息?

15. 负面的 (纠正性的) 反馈是否是私下里进行的?

16. 是否向人们提供明确差错类型的详细差错报告?

17. 必要时, 报告有无说明质量 (出现特定差错) 的趋势? 是针对个人还是针对由一群人来完成的整个过程?

18. 有无利用来自外部顾客的反馈来追踪某些特定类型的差错? 这其中有没有能够根据内部的早期指数来加以追踪的?

调节的能力

这是自我控制的第 3 条标准。对过程进行调节 (regulate) 既涉及调节的权限也涉及调节的能力。过程的调节取决于许多的条件, 包括:

1. 过程必须有能力满足规格。(参见前述的“过程能力: 概念”一节。)

2. 过程必须以一种可预测的因果关系来对调节机制作出反应 (这对于使变异最小化是至关重要的)。在一个制造聚乙烯胶片的过程中, 工人被要求满足多个产品参数。设备有众多的调节装置, 每种装置都能改变一个或多个参数的绩

效。但工人们不能预设一个能够满足所有参数的设置状态。他们必须通过尝试来同时满足全部参数的要求。在尝试期间，机器生产出了大量的不合格品，以至于影响到了生产率及交货标准。工人们无法预计在达到完全的一致之前还需要尝试多长时间。最后形成了如下的做法，即经过一段合理的时间后就停止尝试，无论产品符合与否，先让过程运转起来。

斯克伯克（Skrabec，1991）阐述了如何将因果图与过程流程图相结合，以确定关键的输入变量与关键的输出变量之间的联系。这种分析结果为过程调整提供了指南。

3. 工人必须就如何应用调节机制和程序接受培训，培训应当覆盖需要采取的所有措施。在什么条件下进行调整，进行何种类型以及多大程度的变更，如何应用调控装置，以及为什么要进行这些变更等。

在某个食品加工过程的三位有资质的工人中，只有一位是每周都在运行该过程，因而成为了熟手。另两位只是在第一位工人休假或生病时才会当班，因而他们永远也不能熟练起来。对替班人员的不断培训被认为是不经济的，与工会达成的协议也禁止使用他们，除非出现了上述的休假或生病的情况。这个问题是一个管理可控的问题，通过增加培训或修改与工会的协议可以使之得到解决。

4. 调整措施不应使工人产生厌恶，如不应要求不当使用体力。在某玻璃瓶生产厂，一项调节措施安排在炉区附近。这一区域在夏天非常热，工人们都希望离此地越远越好。

当调节涉及改变运营人员的组成时，又会出现另一形式的过程能力问题：工人有无进行调整的能力？这一重要问题在第 5 章“技术性差错”中曾经讨论过，其中还包括一些发现工人“诀窍”的例子。

5. 过程必须加以充分的维护以保持其内在能力。没有充分的维护，设备就会出故障且需要经常进行调整，这常常又使得缺陷增多和对公称值的偏离度增大。很明显，这里的维护必须既包括预防性的又包括纠正性的。维护的重要性促进了全面生产性维护（total productive maintenance，TPM）这一概念的形成。这种方法要求组成团队来确认、分析和解决维护方面的问题，其目的在于最大限度地提高过程设备的可用时间。这类团队由生产工人、维修人员、过程工程师以及其他必要人员组成。所针对问题的范围要窄，以促使扎实地进行一系列小的改进。这类改进的例子如丢失工具数量的减少、过程调整的简化等。

过程控制工具 所选的工具通常与一个过程中的五种主导因素之一有关，即设置、时间、元件、工人和信息。与每种主导因素相关的特定的过程控制工具的介绍参见本章的“对过程控制加以计划”一节。

制造业的核对单 对自我控制的第 3 条标准的核对单主要包括如下一些问题：

1. 有无针对过程的内在变异及随时间的变异对过程的质量能力进行了测量？

过程能力是否进行定期的检查？

2. 有无告知工人多长时间要重新设定过程或如何评估测量结果以决定何时对过程进行重新设定？

3. 有无工人可以实施的旨在消除缺陷的过程调整？工人在什么条件下应对过程加以调整？何时工人应关闭机器并寻求帮助？寻求谁的帮助？

4. 会引起缺陷的行为以及必要的预防措施是否告知了工人？是否采用了书面形式？

5. 有无针对过程的充分的预防性维护计划？

6. 有无尚未发现的只为某些工人所掌握的窍门需要加以发掘并予以推广？

下面对活性化作一简短的讨论。之后对于服务业也给出一个类似的核对单。

活性化 进行过程调控需要向人们提供充分的权限。活性化的概念在此起着重要的作用。所谓活性化（empowerment）就是将决策权限授予组织中的较低层次的人员的过程。一线员工的活性化尤为引人注目。但活性化远不限于授权和提供额外培训。它意味着鼓励人们采取主动行动并拓宽他们的领域；同时也意味着对于人们的错误采取支持性的态度。

雇员在工作中的活性化程度越高，他们的主人感和责任感就会越强。而且，激活雇员的这种行为展示出了管理当局的信任。另外，当管理人员与雇员共享机密性的商业信息时，也会展示出这种信任。对于许多组织而言，采取这种做法意味着企业文化的显著改变。

活性化的概念既适用于个人也适用于员工群体。自我管理的团队（参见第15章中的“活性化与承诺：自我调节的团队”）便是员工群体活性化的一个例证。活性化概念的出现导致了对于高层管理人员、中层管理人员以及基层员工的基本角色的重新定义。某银行的模式大致如下：

> 高层管理人员扮演着塑造者和教练员的角色。作为塑造者，他们创建、沟通和支持着组织的使命。作为教练员，他们在人们求助时提供帮助，但应避免插手中层管理的日常问题。
>
> 中层管理人员不仅要管理好他们的职责领域，还要作为一个群体来整合组织的所有部分。此外，他们还通过排除进程中的障碍来支持基层员工。
>
> 基层员工是向顾客提供产品的主要生产者。他们对自身工作的接近和了解，意味着他们可以通过活性化来决定做好工作的最佳方式。

一线员工活性化的典型例证如工人有权将生产线停下来，银行职员有权决定支票的兑现，这些例子可以在所有的行业中见到。谢伊等人（Shay et al., 1991）对一家不寻常的公司活性化的历史、做法和成果进行了描述。这是一家有着百年历史及七个联盟单位的制造工厂。该公司的新体制采用了自我管理的团队，监督人员、操作人员和检查人员都担当着新的角色。海斯（Hayes, 1994）说明了如何建立雇员问卷以了解某一公司的活性化水平。西蒙斯（Simons, 1995）阐释了

在一个由活性化的人员构成的环境中公司可能会面对的一些商业风险，通过遵循他所描述的四种方法可使这些风险降到最低程度。

服务业的核对单 下面是雪莉和格里纳（Shirley and Gryna，1998）提出的一个针对第3条标准的核对单，这是通过与金融服务业的后台运营人员的讨论做出的。

职位设计

1. 提供给人们的过程（包括程序、设备、软件等）是否有能力满足产品的质量及数量标准？这一能力有无通过正常运营条件下的测试而加以验证？

2. 职位的设计是否应用了防误的原理？

3. 职位设计是否将单调、令人不快的任务减少到了最低的程度？

4. 职位设计中是否有必要的措施以预见因工作周期中的正常干扰而导致的差错并将之降到最低程度？

5. 能否建立监测差错的特别检查（如账目的平衡）？

6. 能否将防止错误输入的步骤设计到数据登录过程中？

7. 职位设计中是否包括了对于职位输入信息的错送或遗失的防范措施？

8. 是否定期审查文书工作并及时销毁过时的记录以简化工作环境？

9. 当工作量发生重大改变时，有无措施来调整个人职责或增加资源？

10. 是否存在着影响工作做好的外部因素（如支票没有号码，收到的是现金而非支票等）？

11. 有无人员接受不同工作的交叉培训，以便在必要时提供有经验的替补人员？

12. 是否每天安排有一段必要的不受电话及其他因素干扰的“生产率时间”，从而有时间可以离开工作现场去完成其他任务？

13. 包括软件在内的设备的设计是否与人员的能力及局限性相适应？

14. 人们使用的电脑及其他设备是否制定了适当的预防性维护计划？

15. 是否存在尚未发现的只被有些人员掌握的窍门需要去发掘和推广？

16. 对于要求特殊技能的职位，人员的选拔是否能够确保人员技能与职位要求的最佳匹配？

职位设计的变更

17. 欲进行的变更是否受到了技术的限制？

18. 当人们举证了变更的好处后他们可否对职位实施变更？是否鼓励人们提出改变的建议？

19. 要实施所建议的变更需要得到哪一级管理层的批准？某些类型的改变可否确认为无需任何批准？

20. 管理层的行动是否能够让人们相信他们对所有员工的建议都持开明态度？

问题的处理

21. 是否为人们在辨识问题、分析问题和制定解决方案方面提供了时间和培训？是否包括了诊断差错类型和确定其来源和原因的培训？

22. 如果员工认为有必要时，是否允许他们超出规定的过程界限（如与顾客通话的最长时间）？

23. 在工作中遇到障碍时，人们是否知道去何处求助？这种帮助是否便于获得？

有关自我控制的各种核对单的用途 上述的核对单在运营中有若干用途。

1. 为预防差错并使人员处于自我控制状态而设计新职位和再设计老职位。核对单可作为用于评估职位中所有与质量有关的因素的一种工具，如评估正式的要求和职位指导书是否明确，为控制工作所进行的反馈是否充分，过程本身的能力以及调控过程的手段等。在开展再造活动时，应用自我控制的标准对过程中的特定工作进行的设计，可确保职位要求与员工需要的协调。

2. 分析和诊断当前有质量问题的职位。找出当前质量问题的根本原因是一件困难且费时的事情。核对单给出了一份详尽的待查清单，从而有助于找出潜在的原因。

3. 监督人员用来和员工讨论其职位。在评审一般的职位绩效和当前的职位问题时，核对单可将焦点集中在职位的某些特定方面，有些方面处于该人的控制之下，有些则不是，从而有助于监督人员起到“教练员”的作用。类似地，核对单对于自我管理的团队也是非常有益的。

4. 为财务活动的审计做好准备。审计人员会检查许多财务领域的输出和程序。例如，资金由一个账户到另一个账户的转移。核对表有助于计划这些审计过程。

5. 有助于将注意力放在更加广泛的改进策略上。在使用核对单评审当前的职位时，会揭示出许多职位设计上的基本缺陷，如质量要求和职位指导书不够明确，关于产出的反馈不够及时和相关，或者过程本身能力不足。因而要求有关人员对照核对单进行评审并将特定的问题领域排出优先次序便是十分有用的。

6. 用于质量培训班。自我控制的概念有助于计划新的职位和分析当前职位中的质量问题。对自我控制的三个要素的练习可作为培训课程的组成部分。由参加者自己列出的核对单或本章所提出的核对单可以作为受训者讨论的基础。

为了满足自己所在组织的需要也许希望对核对单进行进一步的完善或另行制作专门的核对单。这可以通过将核对单在内部传阅来进行，请人们往上添加必要的内容，确认关键的项目，增添任何使核对单更为有用的内容。通过在质量培训班上使用核对单进行练习和讨论，还可能会产生一些新的想法。

故障的排除

慢性故障与偶发性故障 质量故障有两种不同的存在形式，即慢性故障和偶发性故障。慢性故障是因为从未找到使之消除的办法而一直存在着。例如，某个过程多年来一直运行在 10% 的不合格率的水平下。没有人能够降低这个水平，我们只好学会与之共处。

偶发性故障是由一些负面的突然变化所引起的。例如，某个过程的不合格率突然由通常的 10% 跃升为 25%。这一变化触发了许多的警报信号，要求立即采取措施以恢复原状（回到通常的 10%）。排除故障（也称为救火）就是处理这种偶发性问题并将质量恢复到原先水平的过程。第 5 章的“质量改进过程”讨论了一种解决慢性问题的结构化的方法。第 4 章的“质量控制过程”则提出了一个解决偶发性问题的结构化方法。

对那些没有采取正式行动来减少慢性的及偶发性问题的组织而言，运营经理常常要将他们 30% 的时间花费在排除故障上；对于向这些运营经理报告的监督人员来说，他们花在这方面的时间常常要超过 60%。

排除故障的职责 运营部门对于排除故障的责任是毋庸置疑的，但履行这种责任的能力则各不相同。负面变化的复杂程度和运营人员在使用诊断工具方面的训练程度的不同是造成这种差异的主要原因。

对于复杂的负面变化而言，所需要的数据收集和分析能力可能会超出运营人员的训练和经验。这种复杂性同时也要求有大量的时间去收集和分析数据，而运营部门的监督人员们则没有这样的时间。

在这种复杂的场合，可能就会需要采取团队的方式。团队通常由下列人员组成：

- 运营人员，给出假设和准许收集数据。
- 技术人员，实施数据收集。
- 诊断人员，设计数据方案并分析随后的数据。
- 外部人员，必要时包括在内。

创建这种团队的责任在于运营部门。

发展的趋势是对运营人员进行培训以使之能够自力更生解决问题。如果非管理职位的人员通过培训能够排除他们自己工作领域中的故障，则监督人员就能够有更多的时间参与跨部门的项目团队，这些团队通常是解决慢性故障问题所必需的。所需的培训与运营人员处理一般质量问题所需的培训相同。向质量团队提供的解决问题的训练是十分有用的（参见第 5 章的“诊断历程”一节）。在这一旅程的每一个步骤所提到的工具和方法均可选作培训的题目。

自我检验

货品或服务一旦生产出来，就产生了这样一个问题，即它们是否符合规格？在制造业中，确定是否符合规格的活动被称为检验或试验（参见第 23 章“检验与试验”）。服务业常用的术语有检查、审查、评审、核对等。

在美国的制造业中，产品是否合格的决定是由独立检验部门的检验人员负责作出，但这种做法正在迅速改变为伴随有独立检验员的审核检验的工人在过程中的检验。在服务业中，产出是由创造该产出的人来检查的，通常也没有独立的检查。仅有的独立检查常常是由顾客（内部或外部的）来做的。

根据自我检验的概念，制作产品的工人同时也对产品进行测量并决定其是否符合规格。（特别的或复杂的试验则由独立的部门来完成。）

需注意的是，工人并没有被赋予决定不合格品的处置的责任。同时，自我检验并不涉及把专职的检验员划归生产部门。它导致的是专职检验员职位的废除，检验工作由生产工人兼职进行。关于审核也进行了专门的规定（参见稍后的“对符合性决策的审核”）。

自我检验比起传统的专职检验部门的做法有着莫大的好处：

1. 使得生产工人对于他们的工作质量更具有责任感。

2. 绩效反馈及时，因而便于过程的调整。传统的检验还有心理方面的不利面，即由“外来者”向工人出具缺陷报告。

3. 减少了独立检验部门的费用。

4. 工人的生产活动中增加了检验工作，扩大了工作范围，减少了许多工作中固有的单调和乏味。

5. 专门的产品检验点的取消缩短了总的制造周期。

当前对组织缩减规模的强调，再加上自我检验的这些益处，从而在制造业产生了缩减检验部门的压力。但有时对独立检验活动的缩减是不成熟的。

自我检验的标准 要采用自我检验就必须满足一些基本的标准：

1. 质量是组织中的第一优先事项。如果这一点不明确，工人就会迫于时间和成本的压力而接受本该拒收的产品。

2. 管理人员与工人之间具有相互的信任。管理人员必须充分相信工人，愿意将决定产品是否符合规格的职责委托给他们。另一方面，工人对于管理人员也必须具有充分的信任，乐意接受这项职责。

3. 满足自我控制的标准。未能消除管理可控的原因，表明管理当局并没有把质量看成最重要的优先事项，这会影响工人在检验中的判断。

4. 工人受到了培训能够理解规格和从事检验活动。在一些公司，只有当工

人表明他们具备了相应能力后，才会发给（从事产品符合性决策）的“证书”。

5. 规格没有歧义，清晰明确。

6. 工人了解产品（在内部和外部）的用途，以便把握符合性决策的重要性。

7. 过程能够做到将决策职责进行明确的分工。

[有若干参考文献对于这些标准作了详细的阐述：Ziegler（1995）探讨了成功的自我检验所共有的六个要素；Whittingham（1987）对一些实施细节进行了说明，包括“工作条件问卷调查”的应用（评估自我控制的标准），以及对工人进行信息反馈的重要性。]

落实自我检验概念的次序 自我检验的诸多益处表明，应采取措施以使之得到广泛的应用。然而，上面所列举的这些标准并不容易满足。在实践中，不大可能让所有的产品、所有的操作和所有的人员都满足这些标准。最好将这一概念的运用限于那些稳定而满足产品规格且人员具有相应能力的产品和过程。

可通过一段时间的试验来验证人们具有相应的能力，在试验期间，工人作出产品符合性的决策，同时还要由检验人员进行双重的决策。这种双重决策的目的是为了通过数据来发现哪些工人能够一贯地作出正确的产品符合性决策。

对符合性决策的审核 试验期间的检验活动有两方面的目的：

1. 逐批批准产品的放行。

2. 比较检验人员和工人的检验结果。

随着比较结果证实了工人决策的有效性，重复检验的频次就可以相应减少，到最后其主要目的只是为了确定工人能否持续地作出正确的决策（于是就称之为决策的审核）。在这一阶段，有关产品的任何信息都有可能出现。如果审核发现工人作出了错误的决策，那么，自上一次审核之后所评估的产品便都要受到怀疑并须着手调查。

自我检验的成果 在一家生产纺织纱锭的公司中，传统的检验方法经常导致成品纱锭在检验部门搁置好几天，因而延误了对生产部门的反馈。在自我检验的条件下，工人收到的是即时的反馈，因而可以更迅速地修复机器并改进设置。总而言之，自我检验计划使得不合格品率从8%降到了3%。对工人放行产品进行的审核检验表明，他们的判断结果完全正确。在这家公司，工人还可将产品归类为“可疑产品”。在一次分析中，工人检验划分出了3%的可疑产品，后来独立的检验人员对这些可疑产品进行了审查，结果其中的2/3被判定为可接收的，1/3为不合格品。

某药品制造商在将一种胶囊投放市场之前要进行一系列的试验和检验。这些检查包括化学试验、重量检查和目测检验。过去通常是由检验部门进行100%的目测检验。缺陷依次从“严重的”（例如，空胶囊）到“轻微的”（例如，印制不完美）。这种检验方法非常费时，常常导致延误生产流程。该制造商试行了由操作者进行的自我检验。操作者对由500粒胶囊构成的一个样本进行了目测检验。

如果样本可接收，操作人员就将整箱产品入库；如果样本不能接收，就将整箱胶囊送到检验部门进行 100％的检验。在试行期间，样本和整箱的胶囊均被送到检验部门作 100％的检验，样本的复验结果分开记录。实验得出两个结论：（1）操作人员对样本的检验结果与检验人员对样本的检验结果是一致的；（2）500 粒胶囊样本的检验结果与 100％检验的结果相一致。

实验结果使得有关各方都同意将检验改为由操作者进行的抽样检验。在新制度下，合格产品的入库大为加快，临界性的产品接受重点突出的 100％检验。此外，缺陷水平也得到了降低。质量水平的改进，归因于操作人员责任感的加强（他们自己决定产品是否能够销售）和操作人员从自我检验中获得了迅速的反馈。还有一个好处，这就是检验人员减少了 50 人，这 50 人被安排了其他的工作，包括对各种缺陷类型的实验和分析活动。检验员变成了分析师。

席林（Schilling，1994）对检验的重要性及其与验收抽样、验收控制和过程控制的关系作了清晰的说明。

在服务业中，很少使用专职人员对工作结果进行检查。员工检查他们自己的工作，监督人员或许会作一下抽查。银行资金结算部门的运营监督人员每天会花 1.5 个小时，每次 10 分钟对各个职员最后完成的工作进行复核，酒店的客房主管会抽查若干客房来验证服务人员的工作质量。

服务业中没有大量的检查和检验活动并不意味着所有的产出都符合要求或目标。特别是在后台运营活动中，服务过程中有许多的重复处理。例如，某公用事业机构的地区分部一个拥有 32 人的部门就是一个重复工作严重的例子。设立该部门的惟一目的是稽查来自本机构其他部门的内部账单中的差错。查出的差错所实现的节约很容易说明该部门预算的必要性。但这里有两个明显的问题：（1）那些提出账单的人们是否进行过任何形式的检验？（2）有没有预防这些差错的计划？

运营质量的审核

质量审核是对质量绩效的各个方面进行的独立评估，其目的是向那些需要对于这些绩效的保证的人们提供信息。质量审核在制造业中有着广泛的应用，它包括对于活动的审核（体系审查）和对产品的审核（产品审核）。对于受到政府管制的那些产品（如医药、金融），审核常常是针对是否遵守了这些法规而进行的。

体系审核 体系审核（有时称之为过程审核）可以针对影响产品或服务的最终质量的任何活动来进行。通常是对照某一特定的文件来对相应的活动加以审核，如过程运行指导书、雇员培训手册、关键岗位人员的资质证书、采购文件中的质量条款等。本章前述的自我控制三标准的核对单可以提出有用的具体审核对

象。影响顾客满意的那些方面应当予以优先的关注。虽然通常强调对现有程序的遵循，但体系审核通常会揭示出不充分或不存在的程序。

培尼亚（Peña，1990）介绍了一种过程审核的做法。审核分为两种类型，即工程审核与监测审核。工程过程审核由质量保证工程师来实施，要对所有的过程步骤进行详细的评审，包括设备参数、操作方法和统计过程控制在内。表 22—15 列出了审查所用的核对单。监测过程审核由有资格的审核员实施，涉及了范围广泛的问题，如规格是否正确，是否填写了记录，是否保持了记录等。差异（关键的、主要的和次要的）要编制成文，要求要有书面的纠正措施。关键缺陷必须立即纠正；主要和次要的缺陷必须在 5 个工作日内解决。

表 22—15　　审核用的核对单

1. 生产人员是否可以接触到规格？
2. 当前的修订是否有记录？
3. 文件的页码是否齐全？
4. 设备上所贴的各种说明文件是否与规格相一致？
5. 如果规格要求要有日志表，在规格中是否给出了样子？
6. 操作者有无按照规格要求填写日志表？
7. 超限的产品批次是否得到了工程部门或适当的主管的书面形式的批准和关注？
8. 对文书工作的纠正是否是根据规格来做的？
9. 设备的时间设定有无遵守规格？
10. 设备的温度设定有无遵守规格？
11. 设备上所贴的校验标签是否过期？
12. 规格规定的化学品或气体是否符合生产线的要求？
13. 规格规定的数量是否与生产线设置相匹配？
14. 化学品或气体的变更是否是根据规格来进行的？
15. 生产操作人员有无相应资质？若没有，是否有上级主管的批准？
16. 生产操作程序与规格是否一致？
17. 生产操作人员的清扫程序是否与规格一致？
18. 如果规格中规定了安全方面的要求，它们是否得到了遵守？
19. 如果规格中规定了过程控制程序，所采取的过程控制措施是否得到了验证？
20. 如果规格中规定了设备保养程序，所采取的措施是否得到了验证？是否遵循了规格？

资料来源：Peña（1990）.

麦当劳公司采用由训练有素的咨询人员访问餐馆的形式（事先通知的和未通知的），对各餐馆进行体系评估。评估内容包括质量、服务、清洁和卫生。审核条款非常细致，包括了食品加工变量的定量标准。这一全面的体系评估所覆盖的关键问题包括培训、订餐、时间安排、生产控制、设备以及领导职能。围绕运营标准和顾客期望划分了全套的等级（分为 A、B、C 或 F）。

一家主要的航空公司在审核中从三个方面来对服务进行评估，即进港和离港、飞机内部和外部以及机场设施。47 项活动受到定期的审核，绩效得到衡量并与定量目标进行比较。关于飞机的规定有两个例子，即飞机内地毯的状况（外观）和飞机表面的油漆保持状况。

德迪亚（Dedhia，1985）介绍了某电子产品制造商的审核系统。该审核由 14 个子系统组成，每一子系统都有一份审核的核对单。常规的审核由质量审核人员定期进行。每年还选定一些活动进行年审，这项工作由一个专门小组来完成，小组由来自生产、质量、检验、采购和其他有关部门的人员组成。该系统根据差异的大小作出定量的评分。评分低于 90% 要求立即采取纠正措施。格拉纳（Craner，1994）介绍了某医疗器械公司的管理人员（及其他人员）是如何实施审核的。莱恩（Lane，1989）阐述了某微电子公司如何减少大量的检验工作，同时将资源转用于缺陷预防活动，包括对体系、单个过程和产品的审核。

谁来实施审核 体系审核可由以下几类人员来担当：

- 生产管理人员。在这种情况下，中、高层运营经理根据计划来实施审核。由于大多数生产活动是高度可见的，有经验的观察者只需在车间转一转就可以了解到很多东西。一般来说，运营经理具有这种技能，并且也重视直接的观察。
- 检验人员。有些检验不是测量产品而是为了观察过程（这方面的例子参见第 23 章中的“巡查检验”）。这类观察本身是对计划的实施情况进行的评审。常常可以将这种巡查检验用来评审其他领域的实施情况。
- 独立的审核人员。对于关键性的工作，审核最好由不属于检验部门的人员来执行。这些审核人员通常既要评审生产工人的工作，也要评审检验人员的工作。

与运营经理或检验人员的审核相比，独立审核通常会计划得更加周密。此外，独立审核的概念有高层管理人员的支持，他们会审阅审核报告。更详细的讨论参见第 11 章中“质量体系认证/注册”的内容。

自我审核与独立审核可结合起来进行，提供双重的审核，每一审核都有其审核的计划、实施和报告。其好处包括，可以利用负责该项活动的人员的专门技术，可以确保独立审核人员的客观性，可以最大程度地减少人际关系上的问题。无论是自我审核还是独立审核，目的都是要建立一种信任的氛围，审核人员的声誉、审核所用的方法、对于帮助受审活动的强调，这些构成了建立信任的基础。

在审核方面有两种趋势值得注意。第一，审核常常超出了确定是否符合特定程序和要求的范围，包括诸如过程的效果、效率和适应性（参见第 6 章“过程管理”）这样一些更为广泛的问题。第二，审核更加强调帮助运营现场满足顾客期望和要求。迈尔斯和赫勒（Myers and Heller，1995）阐明了更为广泛的审核如何有助于使业务过程与顾客的要求相一致，同时也有助于对于雇员努力的认可。更广范围的审核常常被称为评估（assessments）。

前述的对于符合性决策的审核要求对于产品符合相关文件进行常规的检查（产品审核）。这项工作不太容易由独立的审核人员来完成，他们很少到现场。这

项工作要由一类特殊的审核员来完成，这类审核员是在把符合性决策的权限授予生产工人的同时创设的。

产品审核 这类审核提供有关产品符合规格和适合使用的情况的信息（详见第 11 章）。

对运营活动的全面质量测量

关键的工作过程的管理必须包括有关测量的要求。在确定测量单位时，读者应当温习第 9 章“测量、信息和决策”所讨论过的有关质量测量的基本要点。

表 22—16 给出的是制造活动和服务业后台运营的例子。注意这里的测量既包括对于运营产出的测量，也包括对于运营投入的测量；同时也要留意这些例子中的绩效指标包括了早期的指标、同步的指标与滞后的指标。

表 22—16 中的单位成了运用诸如控制图这样的统计工具进行数据分析的备选。更为重要的是，测量单位的选定和定期地收集和报告数据，让操作人员看到了管理当局对于质量的高度重视。这有助于强化人们对于下面将要讨论的改进的关注。

表 22—16　　运营中的质量测量的实例

运营输出的质量
初步检验时符合规格的产出百分率（“第一次产出率”）
中间和最终检验时符合规格的产出百分率
废品和返工的量（数量、成本、百分比等）
因差错而退回的发票的百分比
完成客户对产品或文件的订单所需的平均周期时间
因运营中的差错而招致的担保和调整的成本
质量的总的衡量（每百万件缺陷数，每单位的加权缺陷数，以标准差表示的变异等）
运营输入的质量
符合规格的进厂材料的百分比
完整且无差错的输入数据的百分比
加工设备、计算机系统和其他支持设备的停工时间
具有有资质的雇员的关键运营的百分比
发布后需要变更的规格或过程指导书的百分比

许多质量测量的控制对象都采用了工作产出的形式。在评审当前在用的测量单位时，一个富有成效的起点是生产率的测量。生产率通常定义为相对于所投入资源的产出量。令人吃惊的是，有些组织仍然错误地仅仅测量一种产出指标，即总量（可接收的和不可接收的均包括在内）。很明显，正确的产出指标应当是顾客可用的产品（可接收的产出）。

坚持对持续改进的重视

历史地看，运营部门总是陷在排除偶发性问题当中（参见上述的“故障的排除”一节）。当辨识出慢性质量问题之后，可以有多种解决方法，如采取质量改进团队的方式（参见第 5 章“质量改进过程”）。改进采取的措施通常会涉及对于质量的计划或再计划（参见第 3 章“质量计划过程”）。表 22—17 对于这三种类型的措施进行了归纳。

表 22—17 三种类型的措施

措施的类型	何时采取措施	基本步骤
排除故障（质量控制的一部分）	绩效指标落在控制限之外 绩效指标有着明显的趋势指向控制限 绩效指标一般符合其目标但现在不符合 过程指标落在目标范围或控制限之外 过程指标存在趋势指向目标或控制界限	识别问题 诊断问题 采取资料措施
质量改进	控制限过宽有可能会处于控制状态却偏离其目标 绩效指标常常达不到其目标	识别项目 立项 诊断原因 治疗原因 维持收获
质量计划	该过程的许多绩效指标都经常偏离目标 顾客具有该工作产品满足不了的重要需求	立项 辨识顾客 发掘顾客需要 开发产品 开发过程 设计控制系统

资料来源：Adapted from Juran Institute (1995, pp.5-7).

全球竞争的压力和其他方面的力量将导致人们对于改进的更为强烈的重视。未来的持续改进将需要：

1. 利用许多的信息来源发现改进的机会，这种机会远不限于不符合规格的情况。这些信息来源包括对于不良质量成本的研究（参见第 8 章“质量和成本”），针对顾客满意和顾客忠诚进行的市场研究（参见第 18 章“市场研究和市场营销”），质量文化的评估（参见第 15 章“人力资源和质量”），以及根据诸如鲍德里奇奖标准这样的准则所进行的更为广泛的评估（参见第 14 章“全面质量管理”）。

2. 着眼于过程的效果、效率、适应性和运转周期来进行过程改进（参见第 6 章“过程管理”）。

3. 追求根本性的改进（“再造”），而不只是渐进式的改进方式（参见第 6 章

“过程管理”)。

4. 有效并迅速地获取、分享以经验为基础的信息并据此采取行动。某快餐公司正在创建一个“智能化的网络”，在计算机信息公告栏上交流有关最佳做法的信息。人们可以每周 7 天每天 24 小时利用这一系统。雷特迈尔（Rethmeier, 1995）介绍了一个由 300 家医院组成的联盟如何利用“学习中心”来创建和传递持续改进的信息。也可参阅《哈佛商业评论》（1994 年 9/10 月号）中的一个名为《重获制造业的领导地位》的专栏。这一专栏是根据 4 年来对 20 个开发项目的研究组成的，其中总结出了 7 个学习要素（核心能力、导向愿景、组织与领导、主人翁精神与承诺、创新、原形、整合)。

5. 运用所有的改进工具，无论是技术的还是行为的，是简单的还是复杂的。改进项目中最易获取的成果都已被采撷殆尽。下一轮将必须有更深层的分析。

本手册的许多章节都既介绍方法论又提供质量改进方面的案例实例，这一点在第 5 章“质量改进过程”和第 45 章“统计过程控制”中尤为明显。文献中给出了几乎所有行业的运营实例。[有关制造业的例子如 Kitamura et al.（1994）讨论的丰田生产系统；Hays and Gander（1993）介绍的有关某印刷电路板生产线的产出和周期的改进。服务业的例子如 Aubrey and Gryna（1991）介绍的某银行 1 000多个质量团队的经验；Anderson et al.（1995）描述了某健康保险公司应用计算机模拟来改进赔付处理过程及其他方面的经验（正反两方面均包括)。]

质量与运营文化

一个组织要在质量方面做到卓越超群，就必须进行以下两方面的联姻：

1. 满足顾客需要的创建产品和过程的技术。(满足自我控制标准的）单个职位的设计便是其中的一个部分。

2. 一种贯穿整个组织的视质量为基本目标的文化。质量文化是人们与质量有关的习惯、信念和行为的模式，是一种思维的背景。设计并保持满足自我控制标准的职位，是实现积极的质量文化的必要前提。

有些公司有着很强的但却是负面的质量伦理。这方面的例子众多，如藏起不合格的产品，把拒收的颜料放在最底下；与检验人员要手腕，只要检验人员没有发现，就一直生产次品。这样的不良行为常常是为了达成诸如生产定额等目标而采取的。建立强烈的质量文化要求两个步骤：(1）收集信息以确认当前的质量文化；(2）采取必要措施改变这种文化。

确定当前的质量文化 了解一家公司当前的质量文化可通过一项周密计划的质量态度调查来完成，调查针对公司运营管理的各个层次和作业工人来进行。然而，要做好面对令人震惊的结果的思想准备。有关质量文化的一般性讨论请参阅

第 15 章。普利和韦尔什（Pooley and Welsh，1994）讨论了针对美、俄工厂工人进行的一个问卷（20 个问题）调查的结果。亚瓦什等人（Yavas and Burrows，1994）用 33 个问题对美国和亚洲的制造业经理的质量态度进行了比较。塔夫拉迪略等人（Tabladillo and Canfield，1994）介绍了某医院应用的一份由 25 个提问构成的问卷调查。特纳等（Turner and Zipursky，1995）介绍了一项由 20 个提问构成的用于衡量“雇员承诺”的问卷调查。对这些结果的分析利用了若干种工具，包括因果图、绩效手段与因素重要度分析、回归分析、相关图、质量机能展开等。建立积极的质量文化的道路艰苦而漫长，但这是生存的必由之路。第 15 章中有关质量组织、经理的角色等一般性的做法与质量文化有着密切的关系。

改变质量文化 建立积极的质量文化包括五个关键的要素（详见 Juran and Gryna，1993，chap.8）：

1. 质量意识的建立与保持。这就是说我们必须建立并传播有关我们当前质量状况的信息。这个信息必须传达到高层、中层和基层的管理人员以及其他的人员，要采用各层次人员能够理解的语言。

2. 让人们看到管理当局对于质量的领导。这意味着不仅要做拉拉队，而且还要参加质量委员会，进行战略性的质量计划活动，提供质量所需的资源，以及做大量的其他工作来计划和配置质量目标。

3. 为自我发展和活性化提供条件。这包括设计自我控制的职位，为职位选拔和培训人员，运用诸如自我管理的团队等自我发展方式来组织工作，鼓励人们对质量的承诺。

4. 提供参与以激发行动。参与的形式几乎是无穷的，如参加质量委员会、品管圈或质量改进团队；担任过程主管，参加产品或过程的设计评审；进行有关质量的展示活动。

5. 提供表彰和奖励。这种形式的尊重对在质量方面激励员工有着十分重要的作用。表彰是针对卓越的质量绩效的当众认可。奖励意味着看得见的质量益处（加薪、奖金、升职等）。除了上述这些特定的方式之外，一些正在推动工作场所民主化的国家，在其改变质量文化的努力取得成功之前，必须解决基本的“生活质量”问题（如清洁的卫生间和其他的工作条件）。

建设积极的文化是使员工保持忠诚并留住关键的运营人员的一个重要因素。瑞奇赫德（Reichheld，1993）阐述了忠诚的雇员对于实现顾客的忠诚的重要性。

致谢

谨此感谢麦当劳公司的查尔斯·阿马拉尔（Charles Amaral）与杰克·贝蒂

(Jack Beatty)，Group Technologies 公司的埃里克·布雷达尔（Erik Bredal）和金·奥哈弗（Kim O'Haver），Mercantile/Bancorp 公司的德雷克·S·格里纳（Derek S.Gryna），J.S.Alberici 建筑公司的罗恩·罗格（Ron Rogge），感谢上述人士的意见与评论。

参考文献

American Management Association (1992). *Blueprints for Service Quality*. American Management Association, New York, pp.51-64.

Anderson, DeAnn, Abetti, Frank, and Savage, Phillip (1995). "Process Improvement Utilizing Computer Simulation: Case Study." *ASQC Quality Congress Transactions 1995*. American Society for Quality Control, New York, pp.713-724.

Aubrey, Charles A., Ⅱ and Gryna, Derek S.(1991). "Revolution Through Effective Improvement Projects." *ASQC Quality Congress Transactions 1991*. American Society for Quality Control, Milwaukee, pp.8-13.

Bemesderfer, John L.(1979). "Approving a Process for Production." *Journal of Quality Technology*, Vol.11, No.1, pp.1-12.

Berry, Leonard L., Parasuraman, A., and Zeithmal, Vllerie A. (1994). "Improving Service Quality in America: Lessons Learned." *Academy of Management Executive*, Vol.8, No.2, pp.32-52.

Bettis, Richard, Bradley, Stephen P., and Hamel, Gary(1992). "Outsourcing and Industrial Decline." *Academy of Management Executive*, Vol.6, No.1, pp.7-22.

Binroth, William.(1992). "Fail-Safe Manufacturing for Assembly Operations." *ASQC Quality Congress Transactions 1993*. American Society for Quality Control, Milwaukee, pp.107-115.

Black, Sam P.(1993). "Internal Certification: The Key to Continuous Quality Success." *Quality Progress*, January, pp.67-68.

Bothe, Davis R.(1997). *Measuring Process Capability*. *McGraw-Hill*, *New York*..

Bothe, Davis R.(1992). "A Capability Study for an Entire Product." *ASQC Quality Congress Transactions 1992*. American Society for Quality Control, Milwaukee, pp.172-178.

Business Week. (1996). "Has Outsourcing Gone Too Far?" *Business Week*, April, 1, pp. 26–28.

Carlisle, Rodney (1981). "Shirt-Sleeve Quality." *Quality*, March, pp. 48–49.

Carpenter, Ben H. (1982). "Control of Copper Ore Roasting Exit Gas Quality." *ASQC Quality Congress Transactions 1982*. American Society for Quality Control, Milwaukee, pp. 748–755.

Chang, Tien-Chien, Wysk, Richard A., and Wang, Hus-Pin (1991). *Computer-Aided Manufacturing*. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ.

Clark, J. M., and Milligan, G. W. (1994). "How Sweet it Is—Quality Management in a Honey House: The Stickey Quality Problems of Honey." *Quality Engineering*, Vol. 6, No. 3, pp. 379–400.

Collins, William H., and Collins, Carol B. (1993). "Differentiating System and Execution Problems." *Quality Progress*, February, pp. 59–62.

Cooper, Robin and Slagmulder, Regine (1997). *Target Costing and Value Engineering*. Productivity Press, Portland, OR and Institute of Management Accountants, Montvale, NJ.

Craig, Robert J. (1993). "Six Sigma Quality: The Key to Customer Satisfaction." *ASQC Quality Congress Transactions 1993*. American Society for Quality Control, Milwaukee, pp. 206–212.

Craner, Barrett C. (1994). "Managers' Audit System: Managers Just Do It." *ASQC Quality Congress Transactions 1994*. American Society for Quality Control, Milwaukee, pp. 920–928.

Davis, Robert, Rosegrant, Susan, and Watkins, Michael (1995). "Managing the Link Between Measurement and Compensation." *Quality Progress*, February, pp. 101–106.

Dedhia, Navin S. (1985). "Process Audit System Effectiveness." *European Organization for Quality Control Annual Conference*. EOQC, Berne, Switzerland, pp. 159–173.

Dodson, B. L. (1993). "Determining the Optimal Target Value for a Process with Upper and Lower Specification Limits." *Quality Engineering*, Vol. 5, No. 3, pp. 393–402.

Early, John F. (1989). "Strategies for Measurement of Service Quality." *ASQC Quality Congress Transactions 1989*. American Society for Quality Control, Milwaukee, pp. 2–9.

Ford, J. I. and Leader, C. R. (1989). "Integrating Human Dynamics and Statistical Process Control." *Quality Engineering*, Vol. 1, No. 2, pp. 179–189.

Foster, Robert D., and Zirk, Wayne E. (1992). "Getting Operators to Really Use SPC: MCPS Can Help." *ASQC Quality Congress Transactions 1992*. American Society for Quality Control, Milwaukee, pp. 201–207.

Gass, K. C. (1994). "How to Make Procedures Work." *Quality Engineering*, Vol. 7, No. 2, pp. 337–343.

Godfrey, A. Blanton (1995). "Critical Issues in Service Quality Management." Address for the Fourth Annual Service Quality Conference of the American Society for Quality Control, Baltimore.

Goldman, Steven L., Nagel, Roger N., and Preiss, Kenneth (1995). *Agile Competitors and Virtual Organizations*. Van Nostrand Reinhold, New York.

Hart, Christopher W. L. (1995). "The Power of Internal Guarantees." *Harvard Business Review*, January-February, pp. 64–74.

Harvard Business School (1994). *Case 9-694-076*, *Taco Bell*. Boston.

Hayes, Bob E. (1994). "How to Measure Empowerment." *Quality Progress*, February, pp. 41–46.

Hays, Thomas J., and Gander, Mary J. (1993). "Total Quality Transformation on a PCB Manufacturing Line." *ASQC Quality Congress Transactions 1993*. American Society for Quality Control, Milwaukee, pp. 112–118.

Herman, John T. (1989). "Capability Index—Enough for Process Industries?" *ASQC Quality Congress Transactions 1989*. American Society for Quality Control, Milwaukee, pp. 670–675.

Hestand, Randy (1991). "Measuring the Level of Service Quality." *Quality Progress*, September, pp. 55–60.

Hinckley, C. Martin, and Barkan, Philip (1995). "The Role of Variation, Mistakes, and Complexity in Producing Nonconformities." *Journal of Quality Technology*, Vol. 27, No. 3, pp. 242–249.

Jeffrey, Jaclyn R. (1995). "Preparing the Front Line." *Quality Progress*, February, pp. 79–82.

Juran Institute, Inc. (1995). *Work Team Excellence*. Wilton, CT.

Juran, J. M. (1992). *Juran on Quality by Design*. Free Press, New York.

Juran, J. M., and Gryna, Frank M. (1993). *Quality Planning and Analysis*, 3d ed. McGraw-Hill, New York.

Kane, Victor E. (1986). "Process Capability Indices." *Journal of Quality Technology*, Vol. 18, No. 1, pp. 41–52.

Katzenbach, J. R., and Smith, D. K. (1993). *Wisdom of Teams: Creating the High Performance Organization*. Harvard Business School Press, Boston.

Kearney, Francis J. (1984). "Management of Product Quality without a Quality Department." *ASQC Quality Congress Transactions 1984* . American Society for Quality Control, Milwaukee, pp.249-252.

Keenan, Thomas M.(1995). "A System for Measuring Short-Term Producibility." *ASQC Quality Congress Transactions 1995* . American Society for Quality Control, Milwaukee, pp.50-56.

Kegg, Richard L. (1985). "Quality and Productivity in Manufacturing System." *Annals of the CIRD International Association for Production Research*, Vol.34, No.2, pp.531-534.

Kitamura, Toshiyuki, Hiller, Dennis E., and Ingram, Larry J. (1994). "Lean Production System Implementation at Supplier Base." *Impro 94 Conference Proceedings*. Juran Institute, Wilton, CT, pp.4C-1-4C-23.

Laffel, Glenn, and Plsek, Paul E. (1989). "Preliminary Results from a Quality Improvement Demonstration Program at Brigham and Women's Hospital." *Impro 89 Conference Proceedings*, Juran Institute, Wilton, CT, pp.8A-21-8A-27.

Lane, Patricia A.(1989). "Continuous Improvement—AT&T QA Audits." *ASQC Quality Congress Transactions 1989* . American Society for Quality Control, Milwaukee, pp.772-775.

Latzko, William J. (1993). "A Bank Quality Model." *ASQC Quality Congress Transactions 1993* . American Society for Quality Control, Milwaukee, pp. 38-44.

Lee, Jay (1995). "Perspective and Overview of Manufacturing Initiatives in the United States." *International Journal of Reliability, Quality and Safety Engineering*, Vol.2, No.3, pp.227-233.

Lehrman, Karl Henry(1991). "Capability Analyses and Index Interval Estimates: Quantitative Characteristics (variables)." *Quality Engineering*, Vol.4, No.1, pp.93-130.

Lochner, Robert H.(1995). "Developing a Balanced Set of Measures in Healthcare." *ASQC Quality Congress Transactions 1995* . American Society for Quality Control, Milwaukee, pp.293-300.

Madigan, James M. (1993). "Measures Matrix Chart: A Holistic Approach to Understanding Operations." *Quality Management Journal*, Vol.1, No.1, pp. 77-86.

Mann, David W. (1994). "Re-engineering the Manager's Role." *ASQC Quality Congress Transactions 1994* . American Society for Quality Control, Milwaukee,

pp. 155–159.

McCoy, Paul F. (1991). "Using Performance Indexes to Monitor Production Processes." *Quality Progress*, February, pp. 49–55.

McDermott, Robin (1994). "The Human Dynamics of Total Quality." *ASQC Quality Congress Transactions 1994*. American Society for Quality Control, Milwaukee, pp. 225–233.

Melan, Eugene H. (1993). *Process Management*. McGraw-Hill, New York.

Mentch, C. C. (1980). "Manufacturing Process Optimization Studies." *Journal of Quality Technology*, Vol. 12, No. 3, pp. 119–129.

Middleton, David H. (1992). "Accrediting a Machine for a Lifetime of Quality." *ASQC Quality Congress Transactions 1992*. American Society for Quality Control, Milwaukee, pp. 151–157.

Myers, Dale H., and Heller, Jeffrey (1995). "The Dual Role of AT&T's Self-assessment Process." *Quality Progress*, Vol. 28. No. 1, pp. 79–83.

Nakajo, Takeshi, and Kume, Hitoshi (1985). "The Principles of Foolproofing and Their Application in Manufacturing." *Reports of Statistical Application Research*, Vol. 32, No. 2, pp. 10–29.

Newberg, Craig K., and Nielsen, James R. (1990). "The Pathway to Operator Control." *ASQC Quality Congress Transactions 1990*. American Society for Quality Control, Milwaukee, pp. 723–728.

Parker, H. V. (1981). "A Paper Mill Solves a Quality Control Problem with Process Control Data." *Quality Progress*. March, pp. 18–22.

Peña, Ed(1990). "Motorola's Secret to Total Quality Control." *Quality Progress*, October, pp. 43–45.

Perkins, Nancy S. (1994). "Can TQM Be Derailed by an Enemy from Within?" *ASQC Quality Congress Transactions 1994*. American Society for Quality Control, Milwaukee, pp. 731–738.

Pignatiello, Joseph H., Jr., and Ramberg, John S. (1993). "Process Capability Indices: Just Say No." *ASQC Quality Congress Transactions 1993*. American Society for Quality Control, Milwaukee, pp. 92–104.

Plsek, Paul E. (1989). "FMEA for Process Quality Planning." *ASQC Quality Congress Transactions 1989*. American Society for Quality Control, Milwaukee, pp. 484–489.

Pooley, John, and Welsh, Dianne H. B. (1994). "A Comparison of Russian and American Factory Quality Practices." *Quality Management Journal*, Vol. 1, No. 2, pp. 57–70.

Pyzdek, Thomas (1994). "Toward Service Systems Engineering." *Quality Management Journal*, Vol. 1, No. 3, pp. 26–42.

Raheja, Dev (1982). "Fault Tree Analysis—How Are We Doing?" *ASQC Quality Congress Transactions 1982*. American Society for Quality Control, Milwaukee, pp. 355–359.

Reichheld, Frederick F. (1993). "Loyalty-Based Management." *Harvard Business Review*, March-April, pp. 64–73.

Rethmeier, Kenneth A. (1995). "Creating the Learning Organizations." *Impro 95 Conference Proceedings*. Juran Institute, Wilton, CT, pp. 3C. 1-1–3C. 1–11.

Rubinstein, Sidney P. (1993). "Democracy and Quality as an Integrated System." *Quality Progress*. September, pp. 51–55.

Scharlacken, John W. (1992). "The Advantages of Manufacturing Technology Planning." *Quality Progress*. July, pp. 57–62.

Schilling, Edward G. (1994). "The Importance of Sampling in Inspection." *ASQC Quality Congress Transactions 1994*. American Society for Quality Control, Milwaukee, pp. 809–812.

Schonberger, Richard J. (1996). *World Class Manufacturing: The Next Decade*. Free Press, New York.

Shay, Michael E., White, G. Randy, and Blackman, Paul (1991). "Team Work and Empowerment at the A. O. Smith Corporation." *ASQC Quality Congress Transactions 1991*. American Society for Quality Control, Milwaukee, pp. 801–807.

Shenoy, Muralidhar (1994). "Machine Monitoring for Quality Assurance." *ASQC Quality Congress Transactions 1994*. American Society for Quality Control, Milwaukee, pp. 439–445.

Shina, S. G. (1991). "The Successful Use of the Taguchi Method to Increase Manufacturing Process Capability." *Quality Engineering*, Vol. 3, No. 3, pp. 333–350.

Shirley, Britt M., and Gryna, Frank M. (1998). "Work Design for Self-Control in Financial Services," *Quality Progress*, May, pp. 67–71.

Shostack, G. Lynn (1984). "Designing Services that Deliver." *Harvard Business Review*, January-February, pp. 133–139.

Siff, Walter C. (1984). "The Strategic Plan of Control a Tool for Participative Management." *ASQC Quality Congress Transactions 1984*. American Society for Quality Control, Milwaukee, pp. 384–390.

Simons, Robert (1995). "Control in an Age of Empowerment." *Harvard Business*

Review, March-April, pp. 80–88.

Skrabec, Q. R., Jr. (1991). "Using the Ishikawa Process Classification Diagram for Improved Process Control." *Quality Engineering*, Vol. 3, No. 4, pp. 517–528.

Snee, Ronald D. (1993). "Creating Robust Work Processes." *Quality Progress*, February, pp. 37–41.

Somerton, Diana G., and Mlinar, Sharon E. (1996). "What's Key? Tool Approaches for Determining Key Characteristics." *ASQC Quality Congress Transactions 1996*. American Society for Quality Control, Milwaukee, pp. 364–369.

Stalk, George Jr., and Hout, Thomas M. (1990). *Competing Against Time*. Free Press, New York.

Stampen, John O., and Stampen, Jacob O. (1995). "Training Function Deployment: A New Approach for Designing and Evaluating Employee Development Programs." *ASQC Quality Congress Transactions 1995*. American Society for Quality Control, Milwaukee, pp. 933–946.

Tabladillo, Mark F., and Canfield, Susan (1994). "Creation of Management Performance Measures from Employee Surveys." *Quality Management Journal 1994*, Vol. 1, No. 4, pp. 52–56.

Tarver, Mae G. (1984). "Multistation Process Capability-Filling Equipment." *ASQC Quality Congress Transactions 1984*. American Society for Quality Control, Milwaukee, pp. 281–288.

Turner, Robert B., and Zipursky, Lorne S. (1995). "Quality Tools Help Improve Employee Commitment." *ASQC Quality Congress Transactions 1995*. American Society for Quality Control, Milwaukee, pp. 770–776.

Whittingham, P. R. B. (1987). "Operator Self-Inspection." *ASQC Quality Congress Transactions 1987*. American Society for Quality Control, Milwaukee, pp. 278–286.

Willis, Roger G., and Sullivan, Kevin H. (1984). "CIMS in Perspective = Costs, Benefits, Timing, Payback Periods Are Outlined." *Industrial Engineering*, Vol. 16, No. 2, pp. 23–26.

Yavas, Burhan Fatih, and Burrows, Thomas M. (1994). "A Comparative Study of Attitudes of U. S. and Asian Managers Toward Product Quality." *Quality Management Journal*, Vol. 2, No. 1, pp. 41–56.

Yee, William, and Musselwhite, Ed (1993). "Living TQM with Workforce 2000." *ASQC Quality Congress Transactions 1993*. American Society for Quality Control, Milwaukee, pp. 141–146.

Ziegler, August H. (1995). "Self-Inspection Implementation: Beyond the Rhetoric." *ASQC Quality Congress Transactions 1995*. American Society for Quality Control, Milwaukee, pp. 618–621.

(戴淑芬 刘晓军 译)

第 23 章

检验与试验 E.F. 古金斯（E.F. Gookins）

引言

检验和试验的目的

- 符合性决策
- 适用性决策
- 沟通的决策

生产前的评价

- “批”产品的性质
- 对检验和试验的要求的评审
- 检验和试验的计划者
- 制定检验和试验计划
- 检验和试验的设备
- 检验和试验的场所

检验和试验的文件资料

- 作为控制计划的输入信息
- 检验和试验程序
- 对检验数据的计划
- 防止错误
- 过度的计划
- 人员、机器和系统
- 程序手册（包括流程图在内）
- 指导手册

确立检验和试验体制的准则

- 有关产品或服务性能的前期知识
- 有关过程的前期知识
- 产品的同质性
- 经济方面的影响
- 来自外部的检验和试验活动的输入

所需的检验和试验的程度

- 无需检验
- 跳批抽查
- 抽样方案
- 100%检验与试验
- 对照核对单进行的检验

其他类型的符合性检验

- 模拟
- 自动化的检验和试验
- 集成化的过程检验和试验
- 计算机辅助检验
- 语音输入
- 影像输入
- 光学传感

检验和试验职能

- 进货检验和试验
- 过程检验和试验
- 设置检验
- 巡查检验
- 关卡检验
- 成品检验
- 装货检验
- 出货审核
- 破坏性试验

质量标准

- 严重性分级
- 层数或级数
- 对每一级的界定
- 缺陷的分级

特性的分级
谁来分级？
感官质量
顾客敏感性试验
视觉质量特性
视觉检验与试验标准
试验和检验条件的标准化
感官试验：设计与分析
创造测量感官质量的新仪器
测量质量：简介
测量基准
基本参考基准
基准的层级体系
测量误差
准确度
精密度
误差的来源
综合误差
校准控制
新设备控制
盘存与分类
校准时间表
遵守时间表
校准的实施
校准结果的记录和分析
校准控制的组织
检验中的人的因素
机器视检
重复性的影响
检验中的差错
技术性差错
技术性差错的纠正措施
检验人员的无意识差错
检验人员的无意识差错的纠正措施
程序性的差错
有意识的检验和试验差错
检验人员及测试准确性的测量
检验和试验软件
培训
统计过程控制的界面
数据收集
测量器具的校准
模拟
参考文献

引言

当与某一特定的要求有关时，检验和试验总是要涉及对某个特性的评价。这里的要求可以是标准、图形、书面指示、可视的样本或其他任何能够表达特性规格的方式。

检验和试验职能可以以自动的、人工的或两者相继进行的方式来完成。这一评价过程由以下的步骤所构成，这些步骤适用于各种特性（Juran，1945，p.23）：

1. 对规格的理解。
2. 对相关特性质量的测量。
3. 比较第 1、2 项。
4. 判断符合与否。

5. 已符合品目的处理。

6. 不符合品目的处置。

7. 所获数据的记录。

这些步骤既适用于产品也适用于服务。

检验和试验评价可以通过人类自身的感官（如嗅觉、味觉、听觉、视觉和触觉）来做出，也可以借助于一种非变量式量规、一种非变量式电子的或激光的仪器、一种非变量式化学的或物理的试验装置以及任何其他的只是根据简单的“接收”或“拒收”结果来作出结论的方法进行。这种检验方式通常被称为计数检验（attribute inspection）。

检验和实验评价还可以通过使用测量装置，无论是机械的、电子的、激光的或是化学的，或任何其他通过实际测量特性而得出数据的方法来进行。此时的决策是根据实际的测量值来做出的。这种检验方式通常被称为计量检验（variable inspection）。

检验和试验的基本目的是确定产品或服务符合规格与否。这一目的通常被称为接收检验和接收试验。检验和试验职能的构成可以加以进一步的细分。最典型的划分如表 23—1 所示。

表 23—1　　产品和服务检验和试验职能的细分

类型	主要职能
收货（或进货）检验和试验	确保外来品经检验或试验符合特定要求后才可使用或加工
过程中检验和试验	确保过程中的产品经检验或试验符合特定要求后才可移送到下一个环节
最终检验和试验	确保所有活动均已圆满完成之后已完工的零部件和/或产品才可以发货
配置检验和功能测试	确保所有顾客加工材料和性能标准在生产开始之前得到了评价
装运检验和试验	确保所有装运产品符合特定要求
鉴定检验和试验	判断产品的服务能力和可能的极端应用情况
交货检验和审核	确保交付顾客的产品及其测试（包括与产品相关的包装、产品编号、信息编码等）符合所有要求
服务检验（健康检验员、环境检验员等）	确保所有规定要求得到满足，对于系统中发现的不符合项加以评估和测量
非生产性检验和试验	评估质量保证所要求的特定任务，如量规的可重复性和可再现性、过程能力，100％鉴定等
首批样本检验要求（ISIR）	使顾客确信首批生产将会符合他们的所有设计特性并向顾客提供实际测量结果以供他们确认和批准
生产要素批准过程（PPAP）	顾客要求厂商说明对所有特性的首批生产检查的检验水准，说明实际尺寸、量规的可重复性和再现性研究、能力研究、材料验证或其他的外加工情况，如热处理、电镀等，并提交顾客批准（主要应用于汽车业）

专职从事检验工作的人员通常有着检验员的头衔，但在一些生产制成品的组织中他们常常也被称为产品评价员、产品审核员和产品校验员。对于不从事产品生产或提供服务的组织而言，检验工作被看做是属于某种特殊的职能，如安全检验员、环境检验员、健康检验员等。那些兼职从事检验工作的人们通常被提及的还是他们所从事的主要活动的头衔，如机工、安装工、装配工、焊接工、电镀工、铸工等。专职从事试验工作的人们通常的头衔为试验员，但又常被称为化验员、实验室技师、化学师、金相师等。

目前，有许多制造业组织已经发展到了全自动的或半自动的检验和试验方式，同时得到了有效的运营评价体系的支持。在向这种主动式的产品验收方式的进化中，检验和试验被集成到了运营活动当中，有一类称为审核检验员的新型检验员发挥着把关校验的作用。

检验和试验的目的

检验和试验的目的是确定产品或服务是否符合标准或特定要求，并根据评价结果对这些产品或服务作出处理。其最终涉及三种主要的决策（Juran and Gryna，1980）：

符合性决策，判定产品是否符合规格。

适用性决策，判定不符合规格的产品是否适于使用。

沟通的决策，决定向内、外部沟通的内容。

符合性决策　如果企业规模不是很小的话，则每年要进行的符合性决策是一个巨大的数字。监督部门不可能深入到如此之多的决策细节中去，因此，这项工作以这样一种方式来加以组织，即让检验员或生产工人进行这些决策。为了实现这一点，就要对他们进行培训，让他们了解产品、标准及检验手段。经过培训之后，便将从事检验和判别符合性的工作委派给他们。（很多场合下这一工作被委派给了自动化的仪器。）

与符合性决策相关的是对合格产品的处理。检验人员被赋予了标明（盖上戳记）某一产品为可接受产品的权限。这种标识起到的作用是告诉包装人员、装运人员等这些产品可以进入到其下一个目的地（下一工序、仓库或顾客）。严格来讲，这一“发货”的决策不是由检验人员而是由管理当局作出的。除了少数例外的情况，符合规格的产品通常也具有适用性。因此公司的程序（这是由管理人员制定的）将符合规格的产品可以发货作为一个常规。

适用性决策　当出现不符合规格的产品时，就会产生一个新的问题，即这些不符合的产品是否适合使用？有些场合下的答案是显而易见的，不符合情况是如此严重，产品显然不能使用。这些产品只能报废，或是修复为合格产品（如果合

算的话)。可是，在很多情况下是否适合使用的答案并不是一目了然的。在这种情况下，如果确实举足轻重的话，就要通过一个研究来确定适用与否。这一研究就要取得如表 23—2 所示的这样一些信息。

表 23—2　　适用性决策所要求的输入

输入	通常的来源
谁将是使用者?	营销部门
将如何使用该不合格品?	营销部门、客户
是否存在着人身安全或结构一致性方面的风险?	产品研发和设计部门
紧迫性如何?	营销、客户
对公司及用户而言最经济的是什么?	所有部门、客户
使用者判定适用性的标准是什么?	市场调查、营销、客户

当收集并分析了所有相关信息之后，便可以进行适用性决策。如果涉及的产品数量不多，这一决策权将会授予某个职能专家、质量经理或诸如材料评审委员会这样的常设机构。涉及数量巨大时，这类决策通常是由一个高层经理小组来作出的。

沟通的决策　检验和试验服务于两个目的，即就产品进行决策和获取数据，这些数据为诸如表 23—1 中所列的大量不同用途提供重要的信息。符合性决策和适用性决策均为重要的信息来源，虽然其中一些未能得到良好的沟通。

不合格产品的数据通常要反馈给生产部门以帮助它们避免此类情况的再次发生。在更为详细的数据收集系统中，可能会有定期的总结，以找出“惯犯”或“前 10 位”，以此作为专题研究的对象。

当不合格产品作为可用产品发出时，便有必要进行两种类型的沟通：

1、向“外人”的沟通。这些“外人”（通常是顾客）拥有知情的权利和需要。有太多的场合制造商在交运不合格产品后都忽略了通知顾客。这可能会是因为有过不好的体验所致。如有些顾客会抓住不合格品这一事实来要求折扣，即便使用这些产品并不会增加其成本。通常，这种忽略还表明了对于向顾客沟通什么这一问题的不清晰。记录决策过程所用的表格的设计在此是一个重要的因素。可以说没有什么例外，这些表格几乎都没有相关的条款，要求参加者就是否通知外部以及向他们沟通什么内容作出决定和建议。

2. 向内部的沟通。当不合格品作为适用品来发运时，其理由常常并不向检验人员尤其是生产工人进行沟通。人们已经发现由此而产生的知识真空滋生了一些不良的惯例。当同一类型的不合格品几次都被放行时，检验员（在不知原委的情况下）可能就会得出这样的结论，即报告这种不合格只是在浪费时间而已。但在将来的一些情况中，这种特别的理由（这是某些不合格品被放行的依据）也许将不复存在。类似地，生产工人也会认为费力去避免一些反正总会被放行的不合格品只是在浪费时间。如果公司能够认真地面对如何向内部沟通这一问题，善意的雇员们所作出的这类反应便会减少到最低的程度。

生产前的评价

检验和试验职能是生产过程中的关键要素。如果没有精确而具体的标准以判断产品或服务是否满足顾客要求，将会使组织的活动置于失控、低效和昂贵的境地当中，也会给顾客一种负面的认识。通过在生产和提供服务之前的评价，上述的局面即使不能完全避免也可以降至最低程度。

计划检验和试验的方法严格遵循质量计划的原理，这些原理是在第 3 章“质量计划过程”中讨论的。这些原理在检验工作中的应用已经得到了充分的研究，有许多有效的工具可以用于辅助检验计划工作。

“批”产品的性质　对批这一术语加以定义并简要讨论一下当其应用于检验和试验时的情况将是有益的。“批”通常与有形产品相联系，尤其与抽样检验和试验有关。那些要求针对标准进行符合性决策的产品通常是由“批”构成的。真正意义上的“批”是在一个共同的原因系统下制造出来的产品的集合。当满足这一理想条件时，批具有来自共同的原因系统的内在一致性。批符合这种理想状态的程度极大地影响着产品符合性决策的方式尤其是抽样的类型和程度。

作为其最单纯的形式，严格意义上的批产生于由同一个操作者，操纵同一台机器，加工同一批材料，且完全处于统计控制状态下的情况。例如，一次配制出来的一剂药品，同一台机器用同一根棒材一次加工出来的螺栓等。有大量的工业生产都是由这种真正的批产品构成的。

然而，还有大量的其他生产形式的产出是由产品的混合构成的，它们在不同程度上都不符合理想的批的定义。有的产品来自不同的几批材料，有的出自不同的几台机器，而有的则是由不同的几个操作者加工的，这些产品可能会被装入同一个容器当中。习惯的说法常常把这种混合称为是一“批”，但确切地说，这只是一个“混合”。在连续性的过程或传送带式生产中，过程可能是一致和恒定的，但投入的原材料却未必如此。

为了作出准确而经济的产品符合性决策，保持次序将是非常有益的。这意味着要将产品按照严格意义上的批加以隔离，或至少按照共同的形成原因来加以区分。此外，对于那些表现出随时间的变异或“漂移”的过程（如溶液的稀释、工具的磨损等），保持次序还包括保持批的各个部分加工的时间顺序。有关加工次序信息的任何遗失都相当于对于先前的内在一致性知识的损失。（在第 22 章“运营”中的“过程能力：概念”中“过程的混合”部分，讨论了产品混合对于过程改进的影响，也包括在服务业中的应用。）

有些产品从本质上就是流动的，因这种流动性而形成了一种同质性。从这种新的原因所滋生出来的同质性也可赋予该产品以严格意义上的批的资格，这对于

抽样过程有着重要的意义。

当出于验收的目的而将若干真正的批次混在一起时，这种混合被称为是一个大批（grand lot）。这类混合非常普遍，如来自浇筑作业中的多个模子的产品，或攻丝机上的多个转轴的产品。单个的产品要素的两种分类（如离散的产品单位与样品）同样表现在批的两种类别当中。

作为离散的产品单位的集合的批 这种批是由大量的螺栓、茶杯或冰箱之类的产品所构成的，批的每一单位产品都要受到规格的约束。在批量型（batch）生产中，批一般是由明显的批次边界所决定的。在连续型生产中，批一般就是任意决定的产品数量或在任意的时间间隔内产出的产品数量，如一个班次、一周内产出的产品。

作为聚结体的批 这里的批可由一个批次所组成，如一炉钢铁。在连续型生产中，批可以是一些任意的选择，如一吨或是一天的产量。

对检验和试验的要求的评审 一些组织生产的是标准的或专门性的产品，其产品的构造、用料以及加工过程几乎不会有什么变化，有些组织的产品或服务却是处在不断的变化或改变之中，甚至还有些组织采取的是“逐件制作”（job shop）的形式，即根据某个顾客的规格和要求来生产专门的产品。但不论相对于当前的检验和试验要求的变化频率或形式如何，在首批产品出货之前或是随后的修正之前，都要对之进行一次评审。

有些测量参数要求应用与当前测量方法不同的特别的度量和测试设备来进行测试，在评审中应当对所有这些参数加以审查。任何能够使人们确信顾客的要求能够得到满足或生产前评价发现的异常已得到解决的材料都应反映到评审当中。

检验和试验的计划者 这里的计划活动可以由理解被检产品的适用性的任何人来进行。但是，通常情况下，这种计划活动是由质量保证部门的计划职员、检验或试验主管，有些场合下甚至是由检验员或试验员来进行的。

在由计划职员来进行计划的场合，建议在计划实施之前，计划职员提出的方案首先要得到检验或试验主管的认可。计划职员有其相应的确定其工作内容的职责范围。这一范围决定了检验和试验计划活动所要包括的方面，即检验指南、仪器设备、成本估计、工作场所设计、文件编制等。在大组织中，计划活动有时是由各方面专家分头进行，而不是按项目来分配。在较小的组织中，可能会由质量部门负责人或委托一位检验员或试验员来进行计划。

如果是面向服务的，则检验或试验计划活动通常由实施检验/试验工作的职能人员或是直接上司来进行。如果是面向制造的，则检验或试验计划活动通常可以划分为五种类型：

1. 单个部门完成的零部件，小规模生产——检验员/试验员进行计划。

2. 单个部门完成的零部件，大规模生产——检验/试验部门的主管进行计划。

3. 简单零配件或服务，外购或内部热处理、电镀、铸造——检验/试验部门的主管进行计划。

4. 复杂产品单元，小规模生产（机加工）——检验/试验部门的主管进行计划。

5. 由多个部门顺序生产的零部件，子系统试验，或跨部门产品单元——质量计划人员来进行计划。

制定检验和试验计划　针对每一检验站，计划人员都要列出待检验的质量特性。为此，计划人员就要考虑有关产品信息的各种不同来源：

- 适用性需要。
- 工程设计人员确定的产品和过程规格。
- 顾客的订单，这些订单提及了产品规格，但可能需要作一些修改。
- 适用的行业标准和其他的通用信息来源。

对于试验站，计划人员必须考虑功能参数和可靠性参数，如：

- 行业标准。
- 第三方的要求。
- 应用环境要求。
- 顾客的期望。

对于服务业中的应用，计划人员必须考虑核对单评价中的特性标准，例如：

- 顾客的需要。
- 服务行业标准。
- 组织的长短期目标。

规格中的信息很少能够充分地满足检验员/试验员所面对的实际情况的需要。检验/试验的计划者可以从以下的几个方面来缩小这种差距：

1. 澄清所用词语的含义。用于描述感官质量的术语常常是含糊不清的。在一家公司中，通常使用“美观缺陷”这一术语来描述产品上的瑕疵。有些瑕疵（如光学仪器焦点上的刮痕）使得产品不能使用。有些瑕疵尽管不影响功能，但会被顾客看到并以不美观为由拒绝接受。还有些不影响功能的瑕疵，公司的检验员能够看出但顾客看不出。可是，由于术语“美观缺陷”的多重含义没有加以区分，检验人员拒绝所有带有瑕疵的产品。数据分析显示，大部分的瑕疵都不影响功能，也不会使顾客反感，因此公司提出了新的术语以便区分不同的瑕疵影响。对术语的澄清改进了产出，也为制造过程的改进提供了条件。[根据 J.M. 朱兰的咨询经验，其他相关事例可参见 Juran（1952）。]

2. 提供辅助信息。在规格含混不清或未加规定的方面要提供必要的辅助信息，如工作技巧方面。通常通过最低限度的个别分析便可以解决整个商品系列或零配件系列的问题。对于辅助标准的最大需要来自新兴的和快速变化的技术领域，在这类场合检验人员收到含混不清的标准的情况颇为普遍。标准的模糊在部

门之间乃至企业之间造成了混乱。可参见米勒（Miller，1975）对于明确试验方法和规格的讨论。

3．明确特性的严重性程度。这将有助于人们将重点置于最重要的产品特征上。（参见本章稍后的“严重性分级”一节的内容。）在有关过程特性的场合，可应用主导因素的概念。这一概念是在第22章“运营”中的“对过程控制加以计划”一节中讨论的。

4．提供样品、照片及其他参照手段。这有助于说明规格的含义，对于视觉标准而言有着最主要的效果（见稍后的论述）。

检验和试验的设备 每一种产品类型在生产之前都要求对于度量和试验设备加以评审。使用标准的检验试验设备可以满足许多规格要求的检验或试验评价。不过，有些特性要求要有专门设计的检验试验设备。计划人员在生产之前就要就此决策并安排相关的日程。生产前评价应当在生产启动前进行，所有的不足都应在首件产品检验之前迅速纠正。

检验和试验的场所 检验和试验站点通常设在：

货品于公司间移动之处，通常称为供应商检验或试验。

一项昂贵的或不可逆的操作开始之前，通常称为开工检验。

货品于部门间移动之处，通常称为过程检验或过程试验。

作为过程中的自动化检验或试验的组成部分。

产品完成之处，通常称为成品检验或最终产品试验。

复杂产品的验收会要求对于机械相容性、电力匹配性、特定环境条件下的产品性能及最终产品的配置加以测试，这些通常被称为系统检测。

这些一般性的规则并不能解决设置检验和试验站点的所有问题。复杂的供应商关系可能会要求在供应商的工厂里设置检验点。有些过程的运营可能会要求设置检验点以使检验员能够巡视较大的区域。还有些过程可能处于相当有效的控制之下，从而在部门之间无须设置检验点，而只是在所有操作的终点设一个检验点。在装配线上，检验点可设在线上也可设在末端。还有些场合下，在包装完工处或在客户的设施中可能还需增设一个检验点。

对于每一个检验站点来说，都应使检验员（或试验员）理解检验的目的及方法，包括：

检验或试验站点的确切使命是什么，亦即要检查哪些质量。

如何确定一件产品是否符合标准。

如何确定一批产品是否可以接收（批产品验收标准）。

合格的和不合格的产品分别应当如何处理。

应当进行哪些记录。

虽然以上所列的这些指南对于各种岗位似乎都很相似，但具体的详细程度还是有着很大的差异。

在各种不同的检验站点配置检验工作时，计划人员应当警惕“自作主张”做法的存在。有些尺寸超限的零部件可能会装不到机器上或夹具中进行进一步的加工或无法进行装配。有些零部件在加工过程中可能比在使用过程中还要承受更大的应力。有些电路检测会发现使用了有缺陷的元器件。油压检测会发现尺寸不足的零部件。[Trippi（1975）讨论了检验资源的最优配置；Ballou and Pazer（1982）讨论了检验站点的最佳设置；Eppen and Hurst（1974）讨论了在多阶段生产过程中的检验站点的最佳设置。]

检验和试验的文件资料

产品的生产是伴随着复杂性与技术进步而实现的，对于在这一过程中产生的一致而重复性的信息加以整理和归档具有非常重要的意义。要使决定接收或拒收的标准被人们认为具有说服力和强制力，能够持续地以完全相同的方式来评价产品或服务的能力将是非常必要的。

作为控制计划的输入信息　有关检验和试验计划活动的最终成果要落实为某种形式的书面方式。

检验和试验程序　这是为某一具体的元器件或产品类型而特制的计划。该计划总是会标明所要检验的特性、检验的方法（如视觉的、测量的等）及所使用的仪器。此外还可能会包括特性的重要性分级、公差及其他的单件检测标准、可用标准的清单、检验操作的次序、检验的频次、样本容量、容许缺陷数及其他的批产品检测标准、所使用的检验印戳。

检验和试验程序在工业生产中有着广泛的应用。在制造复杂的系统或设计变更频繁的企业中，这些程序的数量惊人，其编制工作需要耗费大量的人力。

计划人员还必须注意在诸如材料的搬运、保管、包装和运送这些环节的检验点的设置。如果产品质量受到影响的话，从事上述这些活动的部门不属于生产部门这一事实也并不能成为推脱责任的托词。

检验计划活动要考虑的方面包括：

- 内部搬运。使用适当的容器和其他搬运设施；要避免产品的腐蚀和污染等。
- 内部保管。充分的标志及可追溯性。
- 包装。产品标志、批号、可追溯性；抵御不良环境的保护；防止因搬运、运送和开包等造成的损坏；提供备品件及说明性资料。
- 运送。小心轻放；应顾客要求加以特别的标记。

当计划人员编制好检验程序后，就可以召集有关的部门负责人就检验计划中各自分担的部分达成一致。

对检验数据的计划 计划人员也应确定每一检验站点的检验数据记录的要求。大多数情况下，标准的检验报告表格就可以满足数据记录的需要。对于成品而言，通常还要提供一份专门的检验文件。此外，计划人员还必须考虑到有关频数分布、控制图、认证、可追踪性等方面所需要的特殊数据记录。

如果应用得当，将检验计划工作与实施工作相分离的概念具有重要的价值。如果计划不足，就有可能会造成产品故障的逐级放大。如果计划过度，又会造成成本过高和内部冲突增加。要实现这两者间的良好平衡，就要求定期地评价矛盾的各个主要方面，并及时分析常规的预警信息，如人工成本的提高、部门间摩擦的加剧等。此外，不断变化的工作状况也影响着所需的正式的计划活动的程度，这些因素主要包括：(1) 受教育程度、工作经验、人员的培训情况等；(2) 过程的稳定程度；(3) 产品要求的严格程度。

防止错误 计划人员面对着两方面的检验差错责任：(1) 避免产生差错的内在来源；(2) 提供主动的手段来有效防止检验差错。更详细的讨论参见稍后的“检验中的差错”一节中有关“检验人员的无意识差错”的内容。

过度的计划 有些公司中所制定的检验计划极为广泛。诸如新客户订单、新产品设计、新的过程变更、新的法规等等，这些都要经过质量工程师仔细审视之后，才能签发检验计划。随着这种方式走向极端，计划的成本将会上升，过度的规定会增加检验员所需的培训时间，会强化人们对繁文缛节的关注，文书工作量会大为膨胀，总的控制努力也会大大增加。由此造成的对检验成本和检验员士气的负面影响，会导致差错率的升高。

解决计划成本过高可以有多种形式。方法之一是使用计算机或其他手段来使原先主要由工程师人工完成的大部分工作能够自动完成。方法之二是尽可能地应用有着广泛用途的检验和试验手册，最大限度地减少专门计划的数量。详见稍后讨论的“指导手册”。

方法之三是将部分计划工作授权于检验负责人和检验员来完成。这需要事先制定出检验计划手册并培训检验人员来进行计划工作，那些要由专门的计划人员负责的关键的少数特性除外。此外，还有一种方法是根据具体所面对的情况来就所需计划的详细程度达成共识。

人员、机器和系统 计划活动中需要作出的一个主要决策便是将任务交由人员或机器来完成的程度，以及将任务授予人员或系统的相关决策。那些能够明确定义的行为以及要求高度的注意才能使细节重复的行为最适合由机器来执行。

表 23—3 是一个对智能性活动进行比较的清单，同时就在检验和试验方面的人和机器的分工提出了建议。[也可参见 Thompson and Reynolds (1964)。]

有关人、机器和系统间的相互关系的研究具有众多的名称，如人的因素、生物力学、人机工程、人类工程学和工业心理学。企业的经理，包括质量经理在内，在理解有关人的能力尤其是人的行为方面一般来说都是外行。行为科学家是

这方面的“专业人士”，但这一领域还很难说是一门科学。此外，在所使用语言尤其是文化背景方面的巨大差异，极大地限制了产业实践中的经理与行为科学家之间的沟通。

表 23—3　　机器与人的分工

低智能性活动	高智能性活动
能够确切描述的事物	不能确切描述的事物
能够预先作出的决策	不能预先作出的决策
算术、代数和对弈式数理逻辑	类型识别、判断、创造力、预见性、领导能力等诸如此类的思维
高度重复性的，单调的	随机性、具有很大自由度，绝不会完全一样
可归纳出逻辑性并通过机器作程序化处理	不能准确程序化但可以借助于启发式逼近
可以完全由一台小型机器来更快、更确定地加以处理的事物	不能完全由机器来处理，否则其工作量将变得巨大且不经济
其设计及程序化需要高度的智能，而一旦完成将无需重复智力活动	问题绝不会完全相同，每次决策都需要重新考虑、重新思考
涉及有关包括对或错的决策；人在推测时机器监督着使其避免犯错误；适宜应用于安全系统中	人们使用着机器驱动的显示器或是一台单独的计算机来帮助他们作出最好的决定，这要用到最先进的数学方法
要求高度的条理性	关心那些不能被归入到任何形式的程序当中的事物
包括在拥塞和紧急情况时机器必须迅速作出的决策	涉及那些进展很慢，但或早或晚要求有一个深思熟虑的决定的情形

程序手册（包括流程图在内）

流程图　产品越复杂，就越有必要编制一份流程图来说明所使用的各种材料、零部件以及那些共同或依次施加于最终产品上的过程。为了编制流程图，计划人员要走访各种场所，会见关键的人员，观察各项活动并加以详细记录。为了使所绘制的图形简明易懂，计划人员要善于运用各种符号。常用的一套符号如：

○　操作　　D　延迟

⇨　运输　　▽　储存

□　检验　　◎　活动的组合

（也可参见第 3 章“质量计划过程”中对于绘制流程图的讨论。）此外，计划人员还要提出改进建议，将流程图送达所有相关方面，并随时准备与他们就流程图和改进建议展开讨论。

检验和试验活动的程序用于确认产品的规定要求是否得到了满足，这些程序收集汇编在检验和试验程序手册当中。流程图应当体现在程序内容当中，它应当反映出产品通过的路径以及沿此路径所要求的检验类型。对于程序的任何变更都应当随时记录在一个文件变更系统中。生产过程的每一方面都应当通过相继的程序描述出来，这些程序具有明确规定的编制轨迹，可以一直回溯到主程序或总程序上。每一组织都应对照流程图以确定其进货检验、过程中检验（有时称为巡检）、最终检验（有时称为成品验收或出厂审核）或特殊检验（如磁性粒子检验、

荧光透视等）是否适当。

将过程中检验（in-process inspection）的职能体现到操作者的职责当中甚至集成到机器或过程当中的情形并非罕见。如果这样做的话，也应当用程序加以明确的规定。

指导手册 指导手册中详细阐述了检验和试验职能中的每一领域的工作，包括对某项工作如何进行的详细说明。其中应明确说明检验和/或试验的正确方法，还应详细指出如何填写检验或试验的记录、报告及任何其他的数据保存记录。所有的详细信息都应加以明确的定义，要明确其与质量体系手册以及检验和试验指南两方面的联系。

确立检验和试验体制的准则

评价产品或服务的方法以及职能的确定取决于来自多个源头的知识。

有关产品或服务性能的前期知识 有些场合下，采取了“决策审核”的制度，供应商、独立实验室、工人等取得了进行可靠的产品符合性决策的资格，并且这种做法已经广为接受。在这种场合下，将不再需要进一步的产品检验（除了“决策审核”以外）。有关内容可参见第22章“运营”中的“决策审核”一节。

有关过程的前期知识 我们以一个制作10 000件产品的冲压加工过程为例来进行讨论。如果在首件和最后一件产品上按规格要求所打孔的尺寸和位置都正确，则可以认为中间的9 998个孔的尺寸和位置也都正确。这是压模的本质特性。用统计的语言来说，这里的样本容量是2件，容许缺陷为0。样本容量确实很小，但就所给例子中这些特性的检验而言，这是一种合理的方式。

这里的冲压加工是一个非常简单的例子。在更为复杂的情形下，就有必要测量过程能力并根据生产的次序按照专门的方法来抽取样本。用于过程控制的常规控制图方法是一种成形的方法。对于产品的符合性决策而言，这种方法还不够充分。

这里所言的有关“过程”的前期知识包括对于供应商以及运行该过程的工人的资质的了解。与那些没有资质的工人相比，有合格的资质证书的工人所做的工作所要接受的检验可以不必那样严格。供货记录良好的供应商不必像缺乏这种记录的厂商一样接受严格的检查。

产品的同质性 当产品是某种流体时，其流动性促进了其同质性。采集多个样品并计算其离散度（另一种过程能力研究的形式）可以确定产品的同质性程度。由于流动而造成的一致性的存在大大减少了对于随机抽样的要求，因而也极大地减小了样本容量。

即使产品是固态的，检验计划人员也应当注意其由于先前的液态状态而具有

同质性的可能性。例如，一个离心浇注过程被用来浇注金属圆柱体。在测试产品强度时要进行破坏性试验。可是，后来发现，在同一个环上进行的几次强度试验的离散性与环与环之间的离散性没有什么差异。这一发现使得在检验过程中需要被破坏的产品的数量得到了减少。

经济方面的影响　当必须分配有限的检验资源给那些替代成本很高的零部件时，可以采取特别的检验策略，充分利用以前的检验结果、生产线及生产现场的历史。[Wambach and Raymond（1977）讨论了这一策略在可靠性—关键性零部件方面的应用。]

来自外部的检验和试验活动的输入　“前期知识”不会自动地向检验计划人员或检验人员报到。有些这样的知识作为其他活动的副产品的形式已经存在，只需花费一些程序性的费用即可获取。还有些知识尚不存在，必须通过进一步的努力来加以创造。需要付出的努力通常是进行一个一次性的研究，但却可以持续受益。

所需的检验和试验的程度

显然，“进行多少检验”的决定只有当对于产品知识的其他投入进行评价之后才能作出。通过这种评价决定了若干的检验水平。

无需检验　已经有了产品和服务符合规格的充分证据，因此无需进一步的检验。

跳批抽查　已经有了产品和服务符合规格的充分证据，但由于被检测特性的性质或顾客要求进行某种形式的确认，因此偶尔需要对于一些产品批进行抽查。只要没有不合格情况出现，这种跳批抽查就会继续下去。否则，检验或试验就将返回到逐批抽样的方式。

抽样方案　在没有或只有很少的前期知识且不存在产品的流动性的情况下，通过随机抽样的方式对产品进行的检验便成为了有关产品知识的主要来源。一旦验收产品时的可容许缺陷水平得到了明确的规定，需要检验的产品数量便能够“科学地”加以确定。但是，检验水平的选择在很大程度上是主观的，常常是通过协商来决定的。检验水平由 AQL（合格质量水平）、AOQL（平均出厂质量水平）等抽样参数来表示。理论上而言，抽样参数可以从经济的角度来决定，如考虑测试不合格批的成本与未能测出所造成的成本的比较。在实践中，“检测成本”很容易确定，但“未能测出而造成的成本”却不易确定。诸如顾客印象这样的无形因素，尚没有已知的方法能够对其进行有意义的精确测量。

100%检验与试验　这种方法通常用于关键产品或复杂性产品的最终测试中。在非常关键的场合，即使 100% 检验也仍然不是完全可靠的，这时要求有进一步

的冗余储备。这种情况下的检验量可能会是200%或更多。在以“零缺陷”为目标或要求的场合，就需要进行100%的自动检测。[参见 Nygaard（1981）及本章稍后将讨论的机器视检（machine vision）系统。]有些情况下，要求100%的检验是为了满足法律的或政治的要求（Walsh，1974）。还有些情况下，100%检验是最节约成本的方法。[参见 Walsh et al.（1976，1978）中有关大量生产及测试成品钢圈硬度的例子，在这些例子中，100%检验是最为划算的方法。]

当过程能力先天不足不能满足产品规格的情况下也可能会采用100%检验。这种情况下，抽样不再有什么意义，因为所接收的批未必比被拒收的批好多少，差异只不过反映了不同样本的统计波动而已。这不同于当过程处于高度不稳定时的情况，在后者的情形下，有些批次的确是合格的，而不合格的批次也并非只是由于统计上的意外所造成的。对于这类过程来说，抽样检验是区分合格批与不合格批的有效方法。

无论选择100%检验是出于何种动机，只是选择检验方法或检测设备并不足以保证有效的实施。这涉及物质安排和人员程序方面的改变。在许多情况下，必须通过再教育来改变内部员工和卖方人员的态度。[参见 Walsh et al.（1979b）。]

随着基于计算机的检验的问世，100%检验正在日益成为现实（Schweber，1982）。然而，即使在技术上能够实现的情况下，这种方法也不见得在任何情况下都是合算的（Walsh et al.，1979a）。若考虑到总的质量成本的话就更是如此（Gunter，1983）。

对照核对单进行的检验 当不存在需要对其尺寸、外观或各种参数进行评价的硬件产品时，评价的原始资料便会采用核对单（check list）的形式。诸如旅馆、餐馆、银行、医疗保健机构这样的服务业要求的只是符合某一特定标准与否的证据。

其他类型的符合性检验

面对着以最小的检验成本来实现最大程度的质量控制这一目标，管理者们必须对于非传统的符合性决策检验具有充分的敏感性。

模拟 随着数字化计算机的进步，系统模拟方法正在被用作实验方法或分析方法的一种替代（Wang et al.，1981），相应的应用实例如：

验收检验模拟。

印刷电路板装配检验模拟。

照相机组件检验和最终检验模拟。

自动化的检验和试验 自动测试的首次大规模应用或许是由西方电气公司于

20 世纪 20 年代进行的。当代在微电脑、人工智能（AI）、计算机集成辅助制造系统（ICAM）、机器人和软件等领域的进展，使得自动化检验日益成为现实且具有成本效益。[参见 An Outlook for 3D Vision (1984) 和 ASD's Quality Assurance Program Rates in Top 10 (1984)；还可参见前面的 100% 检验以及稍后的“检验中的人的因素”中有关“机器视检”的讨论。]

自动化检验和试验常用于降低成本，提高精确度，缩短时间间隔，缓和劳动力短缺的矛盾，克服检验的单调性等，当然还有其他的优点。在某些行业中，若没有自动化检验的话，劳动力问题看来是难以解决的。自动化检验的应用已经相当广泛且仍在不断扩展之中，看上去前景无限。

自动化的经济性涉及在专用设备上投入巨资以获得运营成本的降低。这一投资是否合算，关键在于所购设备所承担的重复性工作的数量。因此，对于预期的检验工作量的估计应当加以审慎的核对。

要找出可以应用自动化检验的机会，通常的起点是对于所应用的检验和试验的类型进行帕累托分析。通过分析可以找出那些关键的少数类型。然后对于与这些检验相关的人员、成本以及其他一些问题进行估算。进而，采用自动化能够实现的节约便可以估计出来。这些可比的数字便成为决定是否转换为自动化的一个参考依据。对于那些涉及库房保管和现场维护的复杂设备而言，自动化检验本身的使用就是一个高度复杂的问题，需要进行一定程度的专门研究。

技术上来说，这种检验“机器”本身也存在不少问题。其适应性比它所替代的人要差，这样就需要对产品进行一些改变以补偿其刻板性。例如，机器在进行检验时要抓住产品的某些表面，这些面的尺寸本来是无关紧要的。现在要求产品的这些面要符合严格的尺寸要求，因为机器不如检验员那样能够适应。要么，就要对产品设计加以改变以留出充分的位置。

除了初始的设计、建造和调试的工作之外，机器还必须针对每一次的任务来加以设置。不过，模块式测试头和预编程序大大缩短了机器的设置时间，并使得其再现性大为改观。印刷电路板和其他的标准组件的应用大大提高了机器的可靠性，缩短了“平均修复时间”，这些设计良好的机器其停工检修时间一般都低于 5%。

自动化的度量和测试广泛应用于机械行业。在电子行业的应用也极为普遍，尤其是在电子元器件的检测方面。这种场合下元器件与自动检测设备的连接便是一个十分重要的问题，产品的原始设计常常必须为此而变更。

在化学工业中的相应进展表现为自动分析仪（autoanalyzer）。它使得大幅的成本降低成为了可能，并解决了实验技术人员招聘困难的问题。自动分析仪应用了各种试验普遍使用的一些装置，如传感器、转换器、记录仪和计算机等。不过，为了将受检测材料转换成某种适合认知的形态，每种分析都有其独特的程序。

从数控机器到计算机数控的快速进展伴随着许多相关的新技术。现在的机器可以将机器的调整状态不断地通知其操作者。计算机数据库中储存的规格数据不断地与测量传感器提供的工件测量值进行比较，当需要调整时提醒操作者，有时甚至自动进行调整。这种新的控制技术具有可编程的逻辑，使得操作人员的工作大为简化。就从源头降低不符合程度并为检验者提供更为丰富的信息流而言，它也具有减少检验工作量并提高检验可靠性的前景。通过在机床刀具磨损补偿控制系统中应用可编程逻辑，可以延长机床的寿命，并大大提高产品的质量和一致性。

这些新的计算机数控机器也能在“高速”制造环境中发挥作用，单独的一台机器或加工单元可以在无人操纵的情况下运转很长时间和多个工作周期，犹如自动驾驶系统操纵的飞机一般。正在开发的新技术将使设置审批成为设置过程的一个组成部分，并将设置作为客观证据文件的一个模式在存储器中记录下来。只有当设置得到批准之后，软件才会对机器放行以开始生产。如果设置未得到批准，软件就不会对“启动”命令作出反应。这一技术将使得制造业组织能够创建一种完全无纸化的系统并仍然满足ISO 9000标准的要求。

随着新世纪的到来，我们将会看到经过编程能够对声音作出反应从而能够在无人干预的情况下进行自动调整的机器。所有这些技术都将有助于提高一致性和生产率，同样重要的是，它们也将有助于改进产品质量。

有关自动度量和测试如何改进了缺陷检测和产品可靠性甚至全面降低了单位产品的检测成本和拒收率的成功事例近来时有报道。这些自动化系统通常是特制的且构造精密，尤其适用于存在以下这些条件时的情况：

- 稳定的生产输出。
- 长期处于控制状态下的过程。
- 一向有着较低的废次品率。
- 产品需要个别的评价。

自动化的检验和试验可以分为五种主要的类型，即过程末端度量、过程中度量、试验、检验，以及装配与试验系统（Quinlan，1996）。在所有这五种类型的检验和试验中，自动化或半自动化的概念提供了高度可信的可重复性以及更快的可与机器或过程直接连接的分析模式，它可以将高出或低于控制限的过程变异采用视觉或声音方式展示出来，可以立即显示出是否有必要对于生产过程采取纠正行动。

在高速外观检验过程方面也取得了巨大的进展，自动化的电子检测站要么与制造活动集成在了一起，要么稍许离线。高速相机捕捉着监测器上显示的影像，以微秒速度通过镜头的零件或是连续过程的某个片段会自动地接受多个特性的检查。在检验环的末端，计算机显示器会告诉操作者产品或过程的片段是否通过了检验。显示器还会显示出未能通过检验的原因，同时不断更新质量统计的结果。

以往的检测方法只能测出 85%～90%的重要缺陷。有了这种新型的高速外观自动检测技术，实质上能够找出所有的缺陷。这种先进的技术提高了生产率，减少了浪费，并大大减少了流到顾客手中的有缺陷产品（Lincoln，1996）。

集成化的过程检验和试验　越来越多的企业正在开发能够直接集成在过程中的检验和/或试验设备（integrated process inspection and test）。这种方式不再要求将检验对象搬送至检验站，在加工机器或过程设备上直接就可以对某些特性或试验参数进行评价。例如，某公司将一个测量系统集成在了过程当中。该系统由一台统计分析仪以及与之相连的一个标准测量仪和其他一些特制装置所构成。这种方法使得企业可以不必花费大量的时间将产品运送到检验站，也不需要检验设置时间，就可以对产品作出评价。由于弥合了制造与检验间的差距，从而改进了生产率，实现了成本的节约。用于评价所需的时间越短，用于生产的时间就越多，从而就越能生产更多的优质产品。

人们已经开发出了能够直接集成到某些加工机器当中的专用测量和控制监测设备，也可以作为现有机器的组件或外置来销售。可参见图 23—1 所示的例子，该图显示了一台集成在冷压成型机床中的过程控制监测仪，它持续地监测着过程的波动。如果荷载压力数值落在了规定的参数之外，仪器就会发出关机信号。只

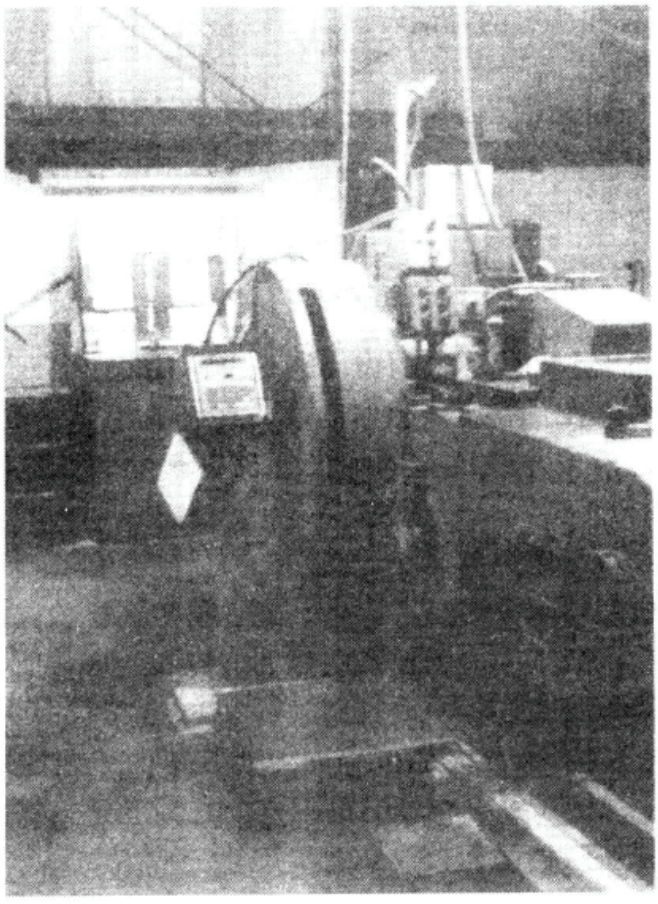


图 23—1　过程控制监测仪

有当进行了质量评价并确定合格之后，检测仪才会对插入的钥匙作出反应，这种钥匙通常由质量保证部门保管。

计算机辅助检验 计算机与检验员的联姻为检验工作带来的好处有以下的形式：(1) 信息；(2) 有助于几乎所有检验环境下的符合性决策的帮助，或两者兼有。计算机与检验员的结合采取的形式为：(1) 提供信息；(2) 提供有助于各种检验环境下的符合性决策的帮助。在精密机器部件的检验和装配检验时尤其如此。[进一步的探讨可参见 Holmes (1974) 和 Linn (1981)。] 计算机辅助检验技术 (CAI) 的选用可以最大限度地减少极度单调重复的检验工作，把更多的人力资源 (检验员) 用在预防性的质量控制方面。

语音输入 另一项独特的计算机辅助技术的进展是语音数据输入系统 (voice data-entry system，VDES)。该系统可被应用于进货检验、过程检验和最终产品检验，也适用于一些试验作业。虽然目前的应用还处于初期，但 VDES 的不断发展必将为检验和试验领域提供许多实际的益处，例如：

- 通过取消手工录入而节省时间。
- 减少对劳动力的需要。
- 提供即刻的反应。
- 接受多种语言和所有的说话者。
- 实现远程控制。
- 实现在线、实时控制。

影像输入 波纹造影 (Moiré contouring)，一种用于增强一般的影像应用的影像检验技术，作为一种视觉检验方法正在得到日益增加的应用。这一系统使用一台装有投影系统和摄像机的光学头、一台显示器和一台装有图像处理电路的计算机，操作者可以借此获得非常密集的三维测量数据的集合。这种深度信息技术用于探查零件的不同维度和轮廓上的表面缺陷。

作为曲面视觉的增强，波纹传感器已被一些企业用于检测产品的难测部位，检查一些没有明显边沿或光线反差的加工特征以判定诸如斜面、锥形等一些形状。

由于波纹的条纹数据区分为二个维度 (2D)，高度信息也编码为二维 (2D) 的线条，计算机分析变得十分容易。此外，这种技术在检验方面的应用使得厂商可以应用高密度的三维数据来检测任意的零件瑕疵和变形，而且可以从高速线外检验转变为高速在线检验及过程中的控制 (参见 Kennedy，1996)。

光学传感 在一些要求更大的传感能力而其他的一些方式又难以达到的场合，会采用光学传感 (optical sensing) 的方式。这种光学扫描技术可以通过计量通过扫描区域的物体所阻挡的光束数来测量尺寸。

光学扫描系统通常由三个部分所组成，即发射器、接收器和控制器。发射器包括一组线性排列的发光二极管 (LED)。控制器依次把每个二极管置于“开”

的状态，产生连续的平行红外光束。

带有相对应的光电晶体管线性组合的接收器由同一控制器（多路复用的）调节，每一光电晶体管只检测来自发射器中相应二极管的光束。当某一物体改变了某个接收器的状态时，控制器就会产生一个模拟的、数字的或序列的输出(Strack，1996)。

检验和试验职能

检验职能所配备的人员通常是对检验部门负责的专职检验人员或试验人员。但这并非是惟一的方式。某些最终检验或试验职能所配备的是对生产部门负责的专职检验人员。许多过程检验站点配备的人员是生产工人，他们的主要职责是从事生产活动。

进货检验和试验　对于来自供应商的产品的检验程度在很大程度上取决于预先对于供应商质量控制的计划情况。在只对供应商的符合性决策进行监督和审核的这种极端的场合，除了验明产品的身份之外，实际上没有进货检验。而另一极端则是，大量的“常规”产品都要通过进货检验来控制供应商的质量。

检验员及其设施均被配置在验收区域，以配合其他与供应商相关的活动，如材料验收、称重、计数和入库等。根据产品的体积和重量的情况，或是对整批产品或是只对样本来加以检验。根据文件管理程序，按照供应商名称归档的采购订单以及产品规格要提供给检验人员。

正如在前面“检验数据计划”中讨论的那样，检验计划活动是常规性的。可是，有关过程能力的知识、产品加工的次序等资料常常是残缺不全的。结果，抽样方案总是要求随机的大样本，应用标准的随机检验表。在批量很大的情况下，无论是散装与否，抽样的随机性都是一个严重的问题。不过，与供应商之间可以达成特殊的安排。合格质量水平（AQL）的设定是一件棘手的事情，以至于逐步出现了一些行业性的标准。在没有这类标准的情况下，AQL 只能根据先例、以往的表现或仅仅是主观判断来加以确定。如果拒收率过高，则通过与供应商的谈判来对 AQL 或其他的验收准则加以调整。对供应商的数据反馈遵循常规的反馈做法来进行。

过程检验和试验　这种方式通常是为了同时实现两个目的：

1. 为进行产品决策提供数据，如该产品是否符合规格？

2. 为进行过程决策提供数据，如该过程是应该运行或是中止？

由于过程变量与产品变量间的交互关系，过程检验既包括对过程变量的观测也包括对产品的检验。生产人员和检验人员均可以进行这样的观测和检验。

生产过程中的产品验收可以在若干阶段当中的任一阶段进行，也可能是这些

阶段的组合。这些阶段如下：

设置检验 某些过程本身非常稳定，如果其设置正确，只要产品批的容量在一定限度以内，生产出的整批产品将正确无误。对于这样的过程来说，对设置的批准便可以视为对于产品批的批准。在比较重要的场合，通常要将设置检验（setup inspection）作为正式的程序，规定只有当检验人员对于设置加以正式的批准之后，过程才能够得以启动。这种批准可以采取签字的方式，首件产品加盖印记的方式等等（Garfinkel and Clodfelter，1984）。

巡查检验 对于在批产品的加工期间不能保持稳定的过程，通常的做法是随着生产的进程来进行定期的抽样检验，检验采用第 24 章所描述的各种方法。在用中的众多方案主要由以下四种类型的变种所构成：

1. 使加工秩序保持如图 23—2 所描述的这样一种安排。在此例中，机器加工出来的产品被置于一个称为“盘子”的较小容器中。操作人员定时将盘子腾空，零件分别被放入三个较大的容器中。

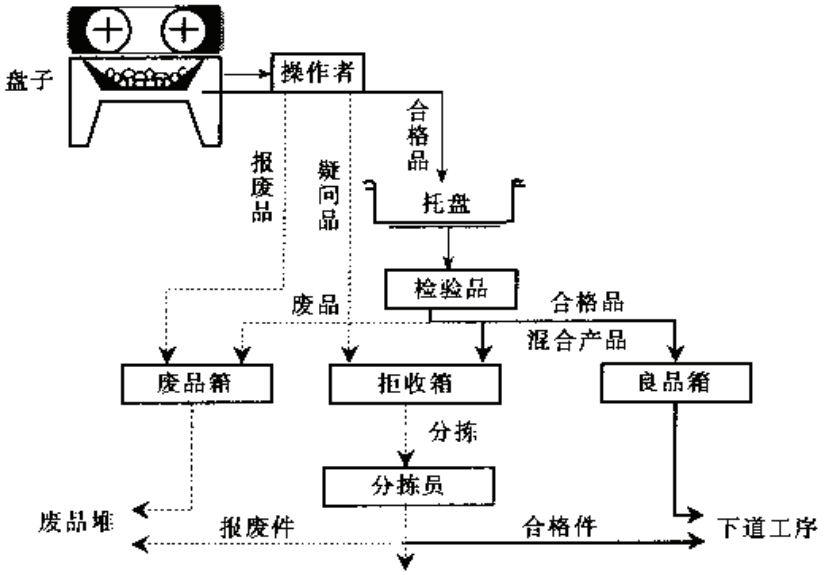


图 23—2 依据特定秩序的巡检方案

（1）报废的零件放入废品箱中。

（2）有疑问或好坏混杂的零件放入拒收箱中。

（3）认定是良好的零件放入托盘中。

经过该机器的巡检员对于刚加工出的几件产品进行检查（也许会从托盘中抽样）。根据检查结果，对于托盘中的产品采取如下三种处理方法之一：

（1）如果是废品则将托盘倒入废品箱中。

（2）如果可疑或是好坏混杂则将托盘倒入拒收箱中。

（3）如果合格则将托盘倒入放置好产品的箱中。这个箱子将进入下道工序。

只有检验员可以处理托盘中的产品，也只有检验员才能向放置好产品的箱中

放入产品。拒收箱由分拣工负责处理，处理方式有三种：

（1）废品发至废品处理部门。

（2）返工件由生产部门重新加工。

（3）好零件移送至下道工序。

2. 这种方法类似于第一种，但是将对最后几件产品的检验数据绘制在一个控制图上。如果过程保持在控制状态下，上次检验后加工的所有产品都加以接收。

3. 应用标准抽样方案对于所累积的产品（如图 23—2 的托盘中的产品）进行随机抽样，参照抽样准则来决定产品的合格与否。

4. 对照过程规格来检查过程的变量，若过程符合规格则接收其产出的产品。这种方法通常限于后续的阶段，还有对产品的直接检验的场合。

关卡检验　关卡检验（tollgate inspection）是一种逐批的产品验收程序。通常在生产部门已完成其加工之后进行。有时要将产品搬送至检验地点，按顺序接受检验。样本的抽取依照标准抽样表随机抽样。

关卡检验减少了在机器处的拥塞，明确了部门的责任。不利之处是增加了材料的搬运、占用了更多的地盘、打乱了生产秩序，也使得个人的责任更难以确定。

成品检验　大多数成品要作 100％的最小限度的模拟使用测试。试验通常是自动的，数据记录也是如此。试验既可以在生产线上的检验站进行，也可在单独的检验场所进行。

装货检验　对于持续、稳定且/或在装运之前不要求多重操作的过程，在容器封装之前进行的装货检验（shipping inspection）和/或试验可以提供关于符合性的保证。

出货审核　出货审核（dock audit）是对可以发运的产品进行的一种随机抽检，这类审核可以按天、按周、半周或隔周进行。不管按照何种频次审核，在审核时不仅要审核产品特性，对于产品的标签、装运和搬动方式以及其他一些要求也都必须加以审核。

破坏性试验　产品的生产处于稳定状态，其组件或整体产品的功能特性要求破坏性试验，此时就要对成批的或成组的产品进行随机的破坏性评价。如果出现了失效，该批或该组产品就要被隔离起来以备将来的分析。

质量标准

规格是质量控制的基石。规格体现了质量要求的最大取值和最小取值（Bader，1980）。但它们通常又是不完全的。它们常常会忽略视觉质量特性，或

只是将标示出来的特性视为技艺方面的东西。

严重性分级 有些质量特性和缺陷对于适用性非常重要，而有些则不然。乡村的工匠和小店主具有有关适用性的第一手知识，他们能将努力集中于最重要的质量上。而在现代的大型复杂的组织中，工人、检验员和相当多的监督人员都缺乏有关适用性的完整知识，他们并不很清楚重点应当放在何处以及如何进行决策。

例如，一家研究机加工零件的制造和检验的公司将质量特性分为了四级。表23—4显示了这种分级对于产品公差和检验项目数的影响。检验时间从215分钟减少为120分钟。此外，由于降低了返工成本、加工成本以及不合格产品的处置成本而带来了更大的节约［也可参见Allen（1959）］。

表23—4　　特性严重性分级的影响

特性分级	分级对设计公差的影响	分级对检验数量的影响	检验项目数	
			分级前	分级后
关键	无	无	154	154
主要	无	无	110	110
次要A	如零件安装符合要求，公差会增加特定数量（加倍等）	检验在增大的公差范围内正常进行	66	15
次要B	如零件安装符合要求，公差会被忽略	检验将取消	352	0
全部			682	279

严重性分级（seriousness classification）要考虑来自多方面的信息：

• 规格。这是首先要考虑的。因为规格很少能反映来自顾客及其他方面的最近的输入，因此必须积极地寻求来自顾客的信息。

• 顾客的输入。当能够将来自所有类型的顾客的生产前直接输入都考虑在内的时候，分级将成为更为有益的决策指南。这里的顾客包括了购买者、最终使用者、与制造有关的各个内部部门，如检验、包装、装运等。这样的话，这种分类就能够更准确地反映出顾客的需要和对产品的期望。

• 产品的制造经验。问题和不足，包括制造中的不合格，有助于澄清棘手的特性。

• 寿命试验与功能试验。当这些功能是生产周期的组成部分时，应将之包括在分级过程中并包括在正式分级模型的构造中。试验结果对于分级的决定是极为有用的输入。在存在产品误用的可能性时，即由于大量难以预计的原因，顾客最初的预期用途经常会被改变，这时试验就能有助于预测和防止此类误用，或至少减轻其影响后果。适当的分级将保证受影响特性会得到适当的注意。

• 使用故障。使用故障是最根本的不受欢迎的质量结果。任何与使用故障相联系的特征都被认为是关键的特征。

严重性分级对于控制计划和总的质量计划都是有用的输入。某些质量特性在

其严重性标准中是有多级的。例如，直径规格为“1.000 ± 0.001”的轴会产生两类缺陷，即过粗或过细。这些缺陷根据不符合的程度和影响不同可以判为不同的严重性级别。有些产品的缺陷列表与其规格中的特性列表几乎没什么相似性，如玻璃瓶便是这样。

有些公司对于质量特性和缺陷采用同一套分级体系。但是，仔细分析一下这两者便能够看出它们具有相当大的差异，因此应采取相互独立的分级体系。例如，严重性分级对于设计决策的影响和对检验决策的影响有着相当的不同，从表 23—4 中显然可以看得出来。

正式的严重性分级体系最初都是为了服务于特定的目的而开发的。（贝尔系统最初开发了一个能够对成品质量进行评级的体系。美国军方所开发的体系是为了简化对承包商产品的验收管理工作。）然而，当这些体系问世之后，人们发现它们可用于从产品设计到使用的整个过程中，如质量规格、制造计划、供应商关系、工具、生产、回收、产品审核及实施报告等。人们有更大的把握辨识出那些真正关键的质量，将分级的决策和行动进行更大范围的授权也变得更加可行。例如，所有的 C 级缺陷都可以采用一个共同的抽样方案，从而避免了发布众多的专用方案的必要性。

严重性分级体系的多重用途使得有必要由一个跨部门的委员会来指导这一体系的开发活动，由该委员会来负责起草方案，加以修订并建议采用。这一委员会有一系列的任务：

1. 决定所用的严重性的级数或层数。

2. 对每一级加以界定。

3. 将每个缺陷归入某个级别。

层数或级数　理论上而言，这个数目可以很大，如某一缺陷的严重性可以从 1 000到 1。在实践中，这样大的数目对于管理者来说实在是过于复杂了。实际应用的方案中仅有几个等级构成。虽说选择实际的级数可以是任意的，但大量的经验表明三级或四级已足以满足众多情形的需要。

对每一级的界定　这将因产品的性质、过程等因素的不同而不同。然而，现有的方案表明它们在分级的定义上有着惊人的相似，这部分是由于贝尔系统的分级方案的影响。这不仅是因为这一开拓性的方案确有过人之处。该方案的设计者们在第二次世界大战期间曾任美国军方的顾问，他们的思想影响了军方采用的分级方案。这些方案继而又影响了军方的承包商们所采用的方案。

在表 23—5 中示出了贝尔系统所采用的标准定义［也可参见 Dodge（1928）和 Dodge and Toreey（1956）］。对这些定义的研究揭示出这些基本定义存在一个共同的内在模式（见表 23—6）。

表 23—5　　缺陷的严重性分级（贝尔系统）

A级：非常严重（缺陷分值，100）
1. 肯定会导致部件在使用中运转失灵，且在现场难以纠正，如继电器线圈断开； 2. 肯定会导致间断性的故障，且在现场难以确认故障所在，如连接松开； 3. 会导致部件完全不合用，如拨号盘在拨号后回不到正常位置； 4. 正常使用条件下容易造成人员伤害或财产损失，如暴露部分有锐利的边缘。
B级：严重（缺陷分值，50）
1. 可能会导致部件在使用中运转失灵，且在现场难以纠正，如同轴插头的保护层缺损； 2. 肯定会导致部件在使用中运转失灵，但在现场易于纠正，如继电器接触不良； 3. 肯定会导致诸如性能不佳之类的尚未严重到运转失灵程度的麻烦，如保安器组件在指定电压下不能作动； 4. 肯定会导致维修的增多和寿命的降低，如单接点盘缺失； 5. 将大大增加顾客安装的困难，如安装孔错位； 6. 外观或表层缺陷极为严重，如零件间的表面不能匹配，需要重新加工。
C级：中等严重（缺陷分值，10）
1. 可能会导致部件在使用中运转失灵，如接触间距低于下限要求； 2. 可能会导致诸如性能不佳之类的尚未严重到运转失灵程度的麻烦，如在规定限度内振铃不能作动； 3. 可能会导致维修的增多和寿命的降低，如接触部位肮脏； 4. 可能会稍许增加顾客安装的困难，如安装托架变形； 5. 外观、表层、做工有严重缺陷，如表层明显有划痕，标示缺失或难以辨认。
D级：不严重（缺陷分值，1）
1. 不影响部件在使用中的运转、维护或寿命（包括对工程要求的小的偏离），如套管太短； 2. 外观、表层或做工上的小缺陷，如表层上的轻微划痕。

表 23—6　　内在模式：严重性分级体系

缺陷级别	缺陷分值	导致人员伤害	导致运转失灵	导致现场难以查找的间断性的运转麻烦	导致性能不佳	导致维修增多和寿命降低	导致顾客安装困难的加大	外观、表层或做工方面的缺陷
A	100	易于	肯定*	肯定				
B	50		肯定		肯定	肯定	显著增加	
C	10		可能		可能	可能	微小增加	显著
D	1		不会		不会	不会	微小增加	不显著

* 不易在现场纠正。

表 23—7 所示的是食品行业的公司所用的一套定义。很明显，在产品、市场等方面行业与行业之间存在着差异，从而就要求各个行业采用适合自身特点的说法。此外，这个列表并非是固定不变的。政府管制的增长进一步影响了这些定义，如长寿命产品所面对的维修和保证的问题。

表 23—7　　食品行业严重性分级的定义

缺陷	对顾客安全的影响	对使用的影响	顾客关系	公司损失	对维护政府关系的影响
关键的	肯定会导致人员伤害或疾病	将导致产品完全不适于使用	由于气味或外观等会影响顾客的感觉	将失去顾客，将导致超出产品价值的损失	不符合有关纯度、毒性及标识的规定

续前表

缺陷	对顾客安全的影响	对使用的影响	顾客关系	公司损失	对维护政府关系的影响
重要的 A	不太可能导致人员伤害或疾病	可能会导致产品不适用或可能引起顾客拒绝接受	可能会引起顾客的注意并降低产品的可销性	可能会失去顾客并导致超出产品价值的损失；必然会降低产品产出	不符合有关数量、重量或批量控制方面的规定
重要的 B	不会导致人员伤害或疾病	将使得产品难以使用，如拆掉了包装，或需要用户的改动，影响外观、整洁	可能会引起一些顾客的注意，且一旦注意到便会成为他们的烦恼	不大可能会失去顾客；可能会要求退换产品；会导致与产品价值相同的损失	轻微违反有关数量、重量或批量控制的规定，如文件的完全性
次要的	不会导致人员伤害或疾病	不影响产品使用但影响产品的外观或整洁	不会被顾客注意，注意到也不会在意	不会有什么损失	完全遵守规定

同样明显的是，在分级中必须同时考虑诸如功能特性、使用者觉察程度、财务损失等多方面因素。例如，一架无线电接收器发生缺陷的影响和使用者觉察程度如下所示：

缺陷	影响	使用者觉察程度
电源供给开路	装置失效	完全觉察到
电阻器中短路	能耗增多	很少觉察到
外观加工粗糙	没有影响	通常会觉察
排列或布线粗糙	没有影响	很少觉察到

缺陷的分级　这项基础工作很耗时，因为有许多的缺陷需要分级。假如每一级的定义十分明确的话，这项工作就会容易得多。

在分级中，许多混乱会得以澄清。人们发现重要的视觉缺陷的严重性并不取决于检验人员能否看到，而是取决于顾客能否发现。人们还发现某些描述缺陷的词汇必须加以细分，一个瑕疵根据严重程度和位置的不同，可以归入两三个等级当中。通过缺陷分级工作，能够澄清错误的概念，能够给参与者以新的视角，这一工作有着多方面的益处。

特性的分级　在有些公司中，正式的严重性分级并非针对缺陷而是针对规格中的特性来进行的。这种分级可以有多种方式。

1. 功能的或是非功能的。在一套图纸中既有功能性的（“最终用途”）要求也有非功能性的（实现目的的手段）要求时，明确将两者加以区分是非常重要的。（这里的功能不要与机械的、化学的或电子的功能相混淆。在诸如珠宝或纺织品这样的产品中，外观便是最重要的功能要求。）这两类特性所服务的目的通常在整个产业界都是十分相似的。

功能性要求旨在：	非功能性要求旨在：
确保预期用途的性能	告知车间制造的方法
确保长的可用寿命	降低制造成本
将事故危险降至最低限度	便于制造
保护生命或财产	提供制造现场的互换性
提供现场使用的互换性	给工具制造者提供信息
提供销售中的竞争优势	

将两者加以明确的区分变得十分重要，因为这支配着过程设计的优先次序，决定了许多方面的制造经济性，左右着有关免责的权限。当工程师进行这种分级时，他们通常在功能性特性前面增加一个诸如 E（工程）这样的标识。所有其他的特性就可以被认为是非功能性的。

在有关过程的规格中也存在着类似的情形，但此时的需要是区分强制性的要求和建议性的要求，这大致与产品的功能性要求和非功能性要求相对应。然而，在过程规格中很少进行这样的区分。

2. 严重性分级。当这种方法被采用时，它非常类似于对于缺陷的分级，即将特性划分为关键的、重要的及次要的几个级别。（有一种常见的论点是规格中的公差就是一种自动的严重性分级的形式，即任何规定有公差的特性都必须加以满足，“因而”它便是关键的。还有一种论点主张，公差的严格程度是严重性分级的一个关键，即最为关键的质量特性应当赋予最窄的公差范围。对于这些论点进行更为详细审视的话，就会发现它们中包含有太多的例外，很难以此作为公司的特性分级准则。）

这样作出的分级便成为了规格的补充，或用一些符号标示在图纸上，例如：

关键 ⊕
重要 A ①
重要 B ○
次要 无标志

某大型汽车公司应用两个不同的符号对于管制性的和非管制性的关键特性进行了区分。

3. 功能性要求的单独隔离。通常放在单独的文件中，如“工程规格”或“试验规格”等。

4. 车间实践公差与特殊公差。这种方法主要是要编制一份车间应用手册，在其中列出通常使用的公差，这些公差根据通常使用的机器和工具的过程能力来加以规定。这种手册一旦发布以后，所有的特性便是由这些车间实践公差而非特别规定的公差来支配的。

谁来分级？ 对于缺陷分级而言，一个理想的选择是一个跨部门的委员会。采用这种做法的话，每一个部门都能够从积极的评审过程中获得益处，这也能够

产出一个更好的最终结果。（有时委员会的工作还会更进一步，他们会建立一个产品评级方案，包括规定每一等级的缺陷分值。参见第 8 章中的“评价成本”一节。）然而，也有些公司委派职能专家来编制关于分级的建议草案，然后再由所有有关的部门来加以评审。这里的专家通常会是一位质量控制工程师。

当分级只是针对规格中的特性，如功能性的与非功能性的这样的特性分级时，通常会由设计人员来编制草案。

感官质量

感官质量是指我们缺乏技术性的测量手段因而必须以人的感官作为测量手段的质量类型（出于某些特别的目的，如毒性的检测，调查对象可能会由动物构成）。感官质量包括：

- 产品的技术性能，如防护性涂层的黏着力，滑动配合的摩擦力。
- 消费类产品的感官特性，如食物的味道、香水的气味、地毯的外观、空调的噪音。

与其他类型的质量一样，感官质量要求：

1. 找出为了满足适用性的需要所要求的特性以及这些特性应当达到的程度。
2. 设计具有这些特性的产品。
3. 建立产品和过程的标准以及模拟适用性的试验手段。
4. 判断对于产品标准和过程标准的符合性。

这种任务的多样性就要求在所使用的感官试验调查对象、试验设计方案的选择等方面也具备相应的多样性。

顾客敏感性试验　在这种形式的试验中，目的是要揭示出顾客能够察觉到感官质量特性存在的临界水平。接受试验的质量特性可能是“所期望的”。例如，在某个产品配方中加入了一种昂贵的成分，弄清能让顾客察觉到这种成分存在的临界浓度水平就是十分有用的。受试质量特性也可能是“不希望的”。例如，某产品显示出了不同程度的视觉上的瑕疵。搞清楚会使顾客对该产品作出负面反应的临界缺陷程度将会有很大的作用。

在顾客敏感性试验中，要准备一套分为不同等级的试样，这些试样依次代表了所调查的质量或不足的逐渐增大的程度。作为一种有组织的研究的组成部分，这些试样将提供给一组接受调查的顾客来加以测试。

例如，有两家分别生产纯银器和人造珠宝的公司试图通过研究来明确顾客对于视觉缺陷的敏感度。两家公司各自有一个由关键人员（来自营销、设计、制造和质量部门）组成的委员会设计了如下的研究方案：

1. 选择能够反映主要的视觉缺陷、生产线上的主要产品以及主要的价格水

平的一组产品。

2. 将样品交由工厂常规检验员检验，根据各类产品被拒收的频次来确定缺陷的严重性。

3. 将这组产品展示在若干位顾客调查对象面前。这些人选自那些代表重要的顾客群的细分人群，如市郊的妇女、大学生等。人们在模拟的产品使用条件下，如将银器摆放在餐桌上，来审视这些产品。顾客受到类似于这样的指示（印在卡片上）："假定你此前订购的这些产品已经交付到你手中。你当然会检查一下这些产品看看是否满意。请你详细地检查一下这些产品，如果你发现了任何令你讨厌的东西，请向我们指出来好吗？"

所收集到的数据表明，受调查顾客对于某些缺陷呈现出高度的敏感。对于这些缺陷而言，必须保持严格的视觉标准。对于还有一些类型的缺陷，顾客的敏感度比工厂的检验员要低得多。这类缺陷的标准就要加以放松。此外，有些工序被故意省略了，但顾客对这些省略的后果并不敏感。因此便取消了这些工序。

顾客敏感性试验是"顾客总是对的"这一法则的延伸。这一法则还可以细分如下：

1. 对于其能够察觉到的质量，顾客当然是对的。对于这类质量而言，制造商应当采取行动以使这类质量是顾客可接受的。

2. 对于其不能够察觉到的质量，顾客也是对的。制造商不应花费成本创造顾客察觉不到的感官效果。

3. 对于某一给定的质量而言，顾客只有在不超出某个限定水平之内时才是敏感的，制造商应采取行动在这个限度之内达成质量，而没必要超出这个限度。

中间的销售环节有时会损害这些法则。销售人员精于强调产品的差异而不管其重要与否。经销商善于抓住这些差异迫使相互竞争的厂商妥协。作为常见的结果，所有的制造商都被迫采用充满浪费的标准，从而造成了无谓的高成本。例如，对非功能表面或非可见表面进行的抛光处理。要克服这样的尽善尽美主义，就要求制造商从顾客那里直接获得数据，并利用这些数据来赢得分销商的信心。这些数据也可以用来说服那些具有完美主义倾向的非顾客群体，如高层管理人员、设计人员、销售人员、检验人员等等。

视觉质量特性 这些特性构成了感官质量一个特殊类别。（视觉检验一直是检验活动中的最为广泛的形式。）就这些特性来说，书面的规格很少能够完整地描述出所想要的东西，检验人员常常被迫给出自己的理解。这种情形下，检验人员实际上是在同时进行两方面的判断：

1. 规格中的这一视觉特性的含义是什么，如标准是什么样子的？

2. 这件产品是否符合该标准？

当检验人员对于适用性具有充分的理解时，他们是能够胜任这两方面的判断的。若某个检验员缺乏这方面的知识，他就只能胜任第二个方面的判断，而不管

其从事这一工作有多长时间。大量的经验表明，缺乏这方面知识的检验人员在设定标准时差异很大，不能保持一致性。（如朱兰以往的咨询经历中的一个例子，某光学公司对于 18 位检验人员、工程师等应用的方法进行了研究，结果表明在点算“不规则条纹”的数目时存在着六种方法。）计划人员有若干种方法可以用于明确视觉特性的标准。

视觉检验与试验标准　视觉标准的最基本形式便是极限样品（limit sample），即一件显示可接收的最差条件的产品。采用这种标准，可以从两个方面对检验人员加以辅助：

1. 样本比书面规格传递了更为精确的含义。

2. 检验是通过比较来进行的，众所周知，与没有比较的判断相比，这样能够获得更为一致的结果。

还有一种更为精致的视觉标准的形式，要求准备一个系列的不同缺陷程度的产品展示，其范围从显而易见的缺陷品一直到明确无误的可接收产品。利克（Leek，1975，1976）给出了一个有关焊接的例子，描述了马丁·玛丽埃塔（Martin Marietta）公司和诺思拉普（Northrup）公司在材料加工中如何用系列品或“间距品”来提供加工范围，同时还确定了视觉属性的最大和最小限度。这样的产品展示用来获得与标准有关的所有方面的综合判断，这些方面包括顾客、管理人员、工程师及检验员。根据这些判断，人们就标准达成一致，同时选定出极限样品（对于任何一种程度的缺陷类型，通过抽样还可能估计过程的产出量以及这些缺陷的成本）。

以感官特征作为卖点的产品，外观是其适用性的主要因素，通常也是其成本的主要因素。在这种情况下，不同缺陷程度的产品与完美产品混合而成的一组样品的展示，便成为测量顾客对于不同缺陷的敏感度（或感受度）的一个手段。利用顾客调查对象来对这样的产品混合进行判断，无疑会确证原先的一些认识，但也会推翻一些管理人员以及检验人员长期以来坚信不疑的信念。

在上述的银器的例子中，顾客对于某几种类型的缺陷相当地敏感，他们辨别出了 22% 的这些类型的缺陷。然而，顾客对于大部分的缺陷类型相当不敏感，他们只发现了 3% 的这样的缺陷。售货员通常能够找出相当于顾客两倍的这样的缺陷，但比起工厂的检验员来还是要少得多。

各种缺陷样品的另一应用是用来建立缺陷等级（grades）。当工厂制造的产品表面相似但具有广泛的不同用途时，区分等级便是至关重要的，这些不同用途如用于精密仪器的滚珠轴承和用于四轮滑冰鞋的滚珠轴承，用于精密仪器的透镜和用于简单放大镜的透镜；纯银制品和镀银制品等。除非对等级进行明确的定义并以权威的形式加以表达，否则检验人员就有可能用同一个标准来衡量所有的等级。

当就极限样品达成一致之后，剩下的问题便是将工作标准提供给检验人员。

有时可以将正式的标准样品保存在实验室中，采用复制品用于检验。还可以制作这些标准的照片（有时是立体的）并分发给人们来替代原标准。

试验和检验条件的标准化 视觉检验的结果在很大程度上受到类型、颜色、照明强度、观察角度、观察距离等的影响。对这些条件的标准化是获得一致性的检验结果的重要步骤。在涉及感觉性的视觉质量的情况下，决定检验条件的指导准则是模拟使用条件，但要有一个安全系数。

确立一个“盲距”(fading distance)。在某些产品中，视觉缺陷的种类是如此之多，其严重性程度的范围是如此广阔，这使得视觉标准的建立变得极端复杂。一个替代方案是将检验条件标准化，并对每一主要的缺陷类别规定一个盲距。缺陷便可定义为“在盲距处能够看到的任何东西”。[该方法可能是 1951 年由圣里吉斯（St.Regis）纸业公司的 N.O. 兰根伯格（N.O.Langenborg）提出的。]

感官试验：设计与分析 感官试验的设计方案多种多样，其中的一些是相当复杂的。以下讨论其中的一些基本形式。

差异或相似试验 其中包括：

1. 成对比较试验。产品以成对的样品形式提交给测试小组的成员。其中的一个样品确定为标准或对照物，另一个则是被测试样品。要求测试小组成员判断并记录两者的差异程度（如无差异、轻微差异或显著差异）。有些对子没有差异，即两者都是对照物。

2. 三角试验。一组三个产品，其中两个是相像的。要求测试员从中辨识不成对的那个样品。测试员会被要求估计差异的程度并描述不成对的样品与另两个相似样品间的差异。

3. 二重—三重试验。要求测试员从两个样品中辨别出与先前曾向其提供过的对照物相像的一个。例如，制酒厂家要求其每批产品的口味都与以往的批次没有差异。此时便采用二重—三重试验作为产品的接收试验。每位测试人员首先品尝“对照物”的味道，这被告知是来自以前生产的批次。然后要求每位测试员品尝另外两个样品，其中之一是“对照物”，另一个则是取自受检测的批次。但是，测试者并没有被告知哪个是哪个。如果数据表明，测试小组不能够将新批次与对照批区别开来，则该批次就被接受。否则就要被重新勾兑。

4. 排序试验。将编号的样品提交给每位测试者，要求他们根据浓度来加以排序。

创造测量感官质量的新仪器 许多原先由人的知觉来判断的感官质量现在已经由仪器来测量了。新仪器的开发基本上是通过以下的途径迅速进行的：

1. 准确地定义所讨论的质量特性的含义。这必须在所有有关各方的共同参与下进行。

2. 通过分析研究来找出这些特性的子特性，并以这样一种方式来对之加以定义，即从理论上来讲能够用某些无生命的仪器来对之加以测量。

3. 查询文献以了解现已存在或正在开发中的这些子特性的测量方法。这种查询会揭示出一些可能的测试方法。

4. 选择或制作具有各种程度的子特性的产品样品。应用每种测量方法来测试有限数目（10～50 个）的样品，并将这些测试结果与由人组成的试验小组所作的评价相互联系起来。这里的人员评价的目的不在于测量个人的偏好，而是要评价样品具有所研究的变量的程度。这里对试验小组的主要要求便是它能够对于所研究的子特性加以区分。缺乏精确性或不能反映人的评价的那些测量方法将遭到淘汰。

5. 应用保留下来的那些更具有前途的测量方法，就更大数量的样品（100～1 000）来进行试验，这些样品的选择要反映质量变异的整个范围。此外，由人员试验小组来对相同样品进行试验。

6. 将仪器测量结果与人员试验小组的评价相互联系起来，选出那些具有很高相关性的方法。（多重相关方法可能是必要的。）

7. 通过进一步的试验和相关分析来改进和简化所选择的测量方法。

8. 利用人员感官试验小组来建立等级刻度。在这个阶段，人员试验小组的主要目的是表述出沿着测量刻度的偏好。对这一试验小组的主要要求便是它能够代表产品的生产者和使用者。

9. 根据人员评价结果来衡量各个子特性。

10. 开发应用该测量方法所需的抽样程序。

测量质量：简介

质量职能的实施在很大程度上取决于对于产品特性和过程特性的测量。这种量化是通过一个系统化的方式进行的，包括：

1. 定义称为测量单位的标准单位，据此可将抽象的概念（如长度、质量）转化为能够被量化的形式（如米、千克等）。

2. 根据这些标准测量单位来校准测量仪器。

3. 应用这些仪器来定量或测量产品或过程具有所研究的特性的程度。这一量化过程便称为测量。

测量这一词汇具有多重含义，主要有：

1. 量化的过程，如“测量是在实验室进行的”。

2. 所测得的数字，如“测量落在公差范围内”。

测量建立在一个构造精密的科学基础之上，这一基础被称为计量学，亦即有关测量的科学。它以彻底的系统方法为基础，借助于此，我们来对质量特性加以量化。

测量基准

表 23—8 中列出了测量所应用的国际单位制中的七个基本单位。可以看出除了千克之外，所有其他的单位都是以自然现象来定义的。（千克被定义为一个特定对象的质量。）

表 23—8　　国际单位制（SI）中的基本单位的定义

单位	定义
米（m）	光在 1/299 792 458 秒内在真空中通过的路径长度。
千克（kg）	质量的单位，等于法国塞夫勒的国际千克原器的质量。
秒（s）	铯—133 原子基态的两个超精细能级间跃迁所对应的辐射的 9 192 631 770 个周期的持续期间。
开尔文（K）	水的三相点热力学温度的 1/273.16。
安培（A）	流经两根无限长的、在真空中相距 1 米的圆截面不计的平行直线导体时，将在两导体间产生每米 2×10^{-7} 牛顿的力的恒定电流。
坎德拉（cd）	一光源在给定方向上的发光强度，该光源发出频率为 540×10^{12}Hz 的单色辐射，且在此方向上的辐射强度为（1/683）W/sr。
摩尔（mol）	是一系统的物质的量，该系统中所包含的基本单元（原子、分子、离子、电子及其他粒子，或这些粒子的特定组合）数与 0.012kg 碳－12 的原子数目相等。

基本参考基准　所有工业化国家中都设有国家标准机构，其职能包括基本参考基准（primary reference standards）的建立和维护。这些基准由国际千克基准的复制件加上按基本单位的定义所规定的测量体系所构成。

此外，专业性协会［如美国测试与材料协会（the American Society for Testing and Materials）］建立了用于测量成百上千的质量特性的标准试验方法。这些标准试验方法描述了试验必须满足的条件、设备、程序等。众多的国家标准机构及各种实验室所建立的基本参考基准中便收录了与这些标准试验方法相对应的测量单位。

基本参考基准具有明确的法定地位，因为商业合同中通常会要求“测量与试验设备必须根据参考基准来进行校准……必须证明这种校准可溯源到国家标准与技术研究院”（the National Institute of Standards and Technologies，NIST）。实际上，美国国家标准与技术研究院不可能校准和认证如此之多的应用在生产现场及测试实验室中的试验设备的准确性。现实的做法是采用由副基准（secondary standards）和实验室构成的一个层级体系（hierarchy），并附有一套文件化的准确度认证制度。

基准的层级体系　基本参考基准处于整个参考基准等级体系的顶点上（见图 23—3），位于这一体系底部的则是数量众多的试验设备，亦即实验室人员、工人

及检验员，用来控制过程和产品的仪器。这些仪器是根据工作基准（working standards）来加以校准的，这里的工作基准专用于校准实验室和车间所使用的仪器。依次地，将工作基准与基本参考基准相联系的是介于其间的一层或多层的副基准或传递基准（transfer standards）。这一层级体系的每一个层次都起着将测量准确性向下一层传递的作用。



图 23—3　基准层级体系

在上述的基准层级体系中，这些基准无论是其有形构造还是其精确度均存在着差异。基本参考基准只是为极少数具有高度技能的计量专家所驱使，他们的技能是这些基准能够高度精确的保证。在这个层级体系中，越往下走，各层次所涉及的技术人员的人数就越多，在最基层使用测试设备控制产品和过程的有成千上万的工人、检验人员和技术人员。由于这众多人员在培训、技能和责任心方面的巨大差异，测试设备的设计和构造必须体现出耐用、稳定和防错的特征，以最大限度地减少由使用设备的人员而造成的差错。

在基准层级体系中各个不同层次的测量精度有着很大的差异。在基本参考基准这一层次上，其精度是由当前的技术发展水平所决定的。例如，图 23—4 表示了美国国家标准局（现在的国家标准与技术研究院）在 10^{-10}～10^{6} 千克的范围内称重时所达到的精密度（National Bureau of Standards，1965）。

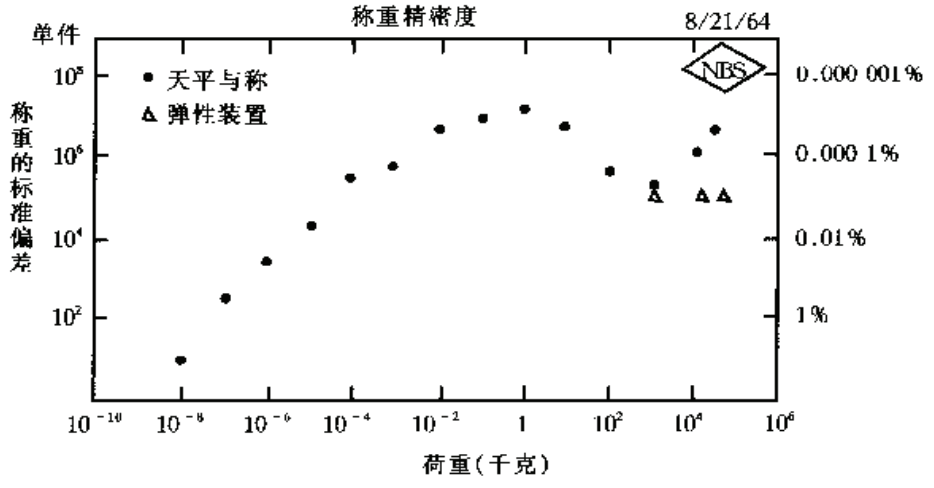


图 23—4　称重的精密度

在基准层级体系的底部，测量的精度则是由产品和过程的公差所反映的适用性要求所决定的。有些专家强调试验设备应当能够将“公差区分为十等份”，但这一想法在实践中并非总是能够实现。但是，在过去的若干个世纪中，公差范围确已有了大幅度的收缩，这种收缩一般来说是与测量技术的进步并行的。例如，就长度米的测量精度来说，15 世纪末时的测量误差为百万分之1 000，而当我们步入 21 世纪时这一误差则降到了百万分之0.000 1。

测量误差在工作基准和传递基准中的分配这一问题得到了广泛的讨论，但却仍未能很好地标准化。基本参考基准与产品试验设备之间的精确差距从一个到几个数量级不等。这一差距必须在各个层次的基准和实验室（传递基准加上工作基准）之间加以分配。（人们已经开发出了一些模型用以表示以下几项因素之间的相互关系，即开发更高精度的基本参考基准的费用、实现每一层次传递实验室的精度的费用以及每一层次的实验室的个数。）当人们最初面对这一分配问题时，很容易会主张每一层次的精度应当是其所校核层次精度的 10 倍。近来人们对于多个层次精度的结合机理逐渐有了更为深刻的认识，亦即其综合精度应当是各项精度平方和的平方根，而非各项精度的简单相加。这一新的理解使得许多的实践者都认识到，工作基准与产品公差之间的精度关系应当是 5:1 而非 10:1。这一比率同样也适用于各级传递基准。

测量误差

产品与过程的符合性是由位于基准等级体系底部的试验设备所进行的测量来决定的。很显然，测量过程中的任何误差都会直接影响判断符合性的能力。在研究中，测量误差的本质是很复杂的，甚至其术语也是混乱的。要清楚地理解测量结果的含义，对于测量误差的本质就必须有一个最低限度的了解。为此首先就要明确准确度与精密度的本质属性。图 23—5 通过例子和模拟来表示这些术语的含义。与此相关联，请参看 ASTM177—71（附录Ⅲ）在材料特性的测量中术语准确度与精密度的用法。也可参看马瑟（Mathur，1974）有关零部件大量生产中测量变异的影响的讨论。

准确度 假设我们对同一件产品进行多次的测量，并计算出这些测量值的平均值。这一平均值与该产品“真值”的符合程度被称为我们所使用的仪器或测量系统的准确度（accuracy）。平均值与真值之间的差被称为误差（或称系统误差、偏差、不精确度），它是仪器偏离校准值的程度。误差可以是正值也可以是负值。使仪器回到校准值所需进行的更正与误差相等，但符号相反。若误差小于该级别仪器的公差或最大允许误差，则仍然认为该仪器是准确的。

准确度与误差用多次测量的平均值与真值这两者之间的差值来衡量。正如我

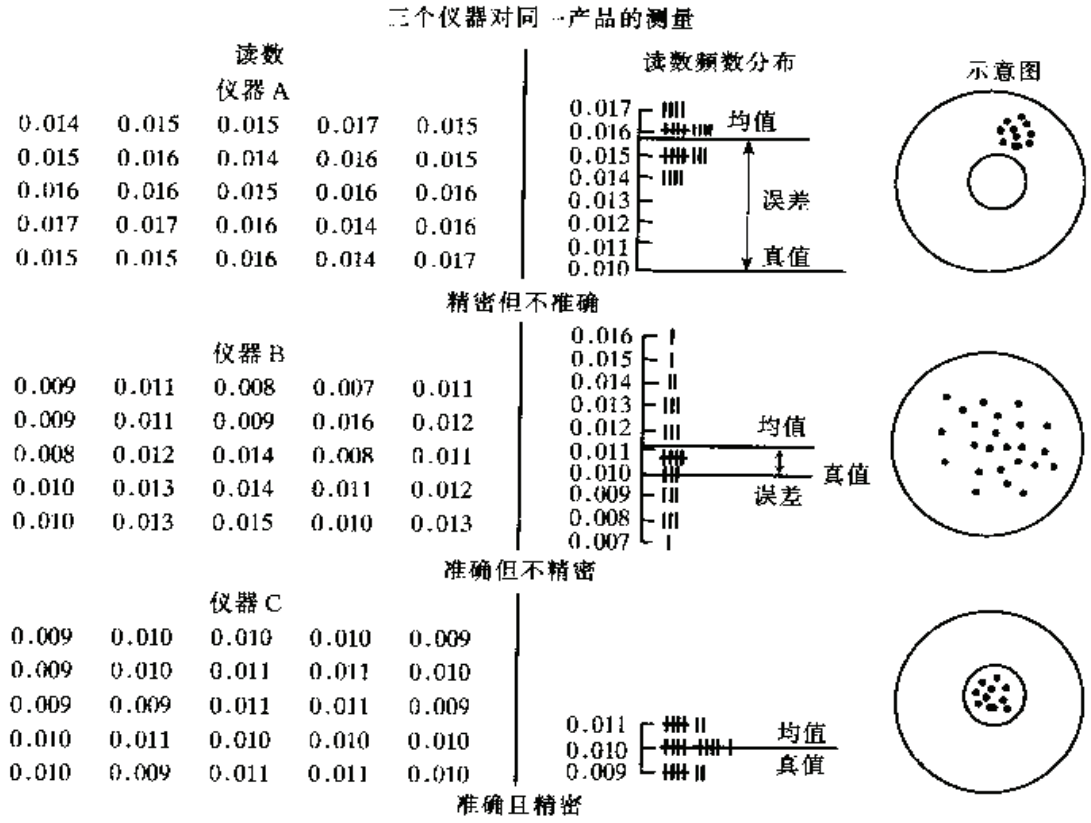


图 23—5　准确度与精密度

们将会看到的那样，每一个这种数字总是会存在着一定程度的疑问。因此，准确度的表述必须指出这种可疑的程度，如果这些数字的全部含义都要得到表述的话。

精密度　不管校准的准确度如何，即使是对同一件产品进行的多次测量也不会得出完全相同的读数。实际上，测量值是分散在平均值周围的，如图 23—5 所示。仪器再现其测量值的能力被称为其精密度（precision），它与多次测量值的离差呈反向变化。

经验表明，任何测量系统都有其固有的离差，这种离差本身是可再现的、可测的，因而是可预测的。这种固有的测量精度与机器设备固有的过程能力相对应。（这种对应有一个要求，即系统处于统计控制状态之下。）精密度以重复测量值的标准偏差来加以衡量，其表示符号为 σ，即总体标准偏差的统计学符号。

正常情况下，重新校准能够降低误差改善仪器的准确度。但是，重新校准通常并不能改善仪器的精密度，因为精密度在整个工作范围内是相对恒定的。

误差的来源　有若干人们熟知的测量误差要素构成了测量的系统误差和离差的根源。（在某些产业中，如化学工业，测量问题是如此的重要，以至于有效的测试程序构成了开发新产品或新过程中的一个重要步骤。）

操作者自身的变异　即使是同一个操作者、检验人员或技术人员，使用同一测量系统，测量同一产品，所测数值也仍然会产生偏差。这种变异通常被称为操作者自身的变异。

操作者间的变异 两个操作者使用同一测量系统测量同一产品，他们通常也会表现出可归因于各自的技术的差异。这种差异被称为操作者间的变异，它既可以表现为系统性误差，也可以表现为不同的离差。

材料变异 许多情况下都难以对“同一产品”进行重复的试验。产品在试验中会被改变或被破坏。还有些情况下，基准本身是可消耗的（如硬度试块），因此材料的变异也会影响到基准。在这些情况下，重复试验是不可行的，源于操作者、设备和试验方法的变异与源于材料的变异交织在一起。有时这种交织的变异可以分解为相应的组成要素，有时则是不可能的。还有一种更为复杂的情况是那些易腐的材料，此时可能会要求确定材料变坏程度与经过时间之间的关系。

试验设备的变异 仪器会有众多的误差来源，既有单个仪器的也有仪器间的误差，如非线性性、滞后性（如齿轮的回差）、温度升高造成的漂游、对外来噪声（如磁的、热的、电场的）的敏感性。每种技术都有其自身的问题。将这些仪器连接成为更大的试验设备，将试样连接起来以供测试，由此而形成的组合问题将会使单一的仪器问题被放大许多倍。这些组合性的问题如进行良好的电子连接、机械耦合的紧固、探针的准确定位等。

试验程序变异 有些场合下，测量的实施存在着一个以上的试验程序，这时就必须确定各种程序间的相对变异，因为这构成了判断所用程序充分性的准则之一。

实验室间的变异 这在公司内部和公司之间都是一个重大的问题。有些主要的计划必须等待这一问题的解决才可以得出结论，如材料、试验设备和试验程序的行业标准化。同样地，买方和卖方实验室之间的变异可能会成为主要质量问题的根源。降低实验室间变异的要求是如此的迫切，为此而开发出了相应的标准程序（参见本手册第四版第 18 章中的“实验室中的试验计划”一节）。

综合误差 观测到的测量值当然是各种变异的综合结果。这一结果或综合值与其各组成变量之间的关系通常符合下面的公式：

$$\sigma_{\text{obs}}^2 = \sigma_w^2 + \sigma_b^2 + \sigma_m^2 + \sigma_e^2 + \sigma_f^2 \cdots$$

式中，σ_{obs}是观测到的测量值的标准偏差；σ_w，σ_b，σ_m，σ_e，σ_f 等则是反映影响精密度的各个变量大小的标准偏差，这些变量如操作者自身、操作者间、所用材料、试验仪器、试验程序等。

上述关系式只有当上述变量彼此独立的条件下才是成立的，通常这一条件是满足的。当两个或多个变量彼此相关时，等式就要加以修正。例如，若变量 A 和变量 B 彼此相关，则有：

$$\sigma_T^2 = \sigma_A^2 + \sigma_B^2 + \rho_{AB}\sigma_A\sigma_B$$

式中，σ_T^2 代表总的方差；

σ_A^2 代表 A 的方差；

σ_B^2 代表 B 的方差；

ρ_{AB}代表 A 与 B 的相关系数。

在很多情况下，通过简单的实验设计，就有可能将构成变异来源的某些因素的影响加以定量化。当使用一台仪器测量一系列不同的产品时，所得到的观察值会呈现出一种离散的形态，它是由测量系统的变异和产品自身的变异所构成的。这一关系可表示为：

$$\sigma_{obs} = \sqrt{\sigma_{prod}{}^2 + \sigma_{meas}{}^2}$$

式中，σ_{obs} = 观测值的 σ；

σ_{prod} = 产品的 σ；

σ_{meas} = 测量方法的 σ。

现在可以求出 σ_{prod}：

$$\sigma_{prod} = \sqrt{\sigma_{obs}{}^2 - \sigma_{meas}{}^2}$$

很容易看出，假如 σ_{meas}小于 σ_{obs}的 1/10，则其对 σ_{prod}的影响将小于 1%。这便是仪器应能将公差分为十份这一经验法则的基础。

对此可以举例说明。某一车间的一台新型仪器的有效性受到了人们的质疑，因为人们认为它缺乏足够的精密度。观测值的变异 σ_{obs}是 11。对此进行了如下的实验，即使用该仪器对同一产品进行了重复检查。测出的 σ_{meas}为 2。那么，

$$\sigma_{prod}{}^2 = \sigma_{obs}{}^2 - \sigma_{meas}{}^2$$

$$\sigma_{prod} = \sqrt{121 - 4} = \sqrt{117} = 10.8$$

这是令人信服的证据，表明该仪器的变异并未显著夸大产品的变异。

另一个例子是关于一台冷气装置的效率，观测值的变异 σ_{obs}为 23，重复测试的变异 σ_{meas}为 16。于是有：

$$\sigma_{prod} = \sqrt{23^2 - 16^2} = \sqrt{529 - 256} = \sqrt{273} = 16$$

这表明测量变异与产品变异相同。进一步的研究揭示出测量变异可以分解为：

变量	该变量的 σ 值	σ^2
A	14	196
B	5	25
其他	7 +	52
		273

事情很清楚，只有变量 A 得到了改进才会取得实质性进展，工程师们据此采取了相应的措施。

要量化变异的个别组成要素，就必须进行更为仔细的分析，通常要通过专门的实验设计来进行（参见第 47 章“实验设计与分析”）。[也请参见 McCaslin and Grusko (1976) 中有关一个量规研究程序的讨论以及 Ezer (1979) 中所介绍的医学实验室中测试瓶间变异的统计模型。]

误差的表述 在公布测量结果时，必须说明结果中误差的大小。如果没有清楚的约定和表述，人们在评阅数据时就无法判断所提供数据的正当性。为了明确数据中的误差程度，计量学家采取了一些得到广泛应用的准则。

参考基准的影响 仪器的准确度可以表述为真值 T 与重复测量值的均值 $\bar{X}_m$ 之间的差值。测量所使用的参考基准的取值被认为是真值，当然这并非完全正确。基准实验室也只是能够得到一个相当接近的近似值而已。理论上而言，“真值”是不可能得到的。可是，误差的程度可以通过重复测量及其他统计手段加以确定。只要基准的系统误差小于其所校准的仪器的误差（通常如此），基准的误差就可以忽略不计。如果有必要提及基准误差时，所发布的测量值可以采用类似于“相当于国家标准与技术研究院所维持的水准”这样的形式来对所使用基准加以说明。

显著系统误差的影响 当系统误差大到需要说明的程度时，公认的说明方式是对数据采用附加说明的方式，如“该数值的准确度为 $\pm x$ 单位”或“该数值的准确度为 ± 百分之 y”。[参见 National Bureau of Standards (1965)。] 必要时，可以通过阐明诸如温度范围这样的适用条件来对这一说明加以进一步的限制。

只是不加说明地以 $a \pm b$ 的形式给出结果的方式是错误的。这样一种形式无法明确 b 是系统误差的量值，还是重复测量值的标准偏差的表述，又或是概率误差的表示。

不精密的影响 精密度是通过标准误差（标准偏差）来度量的，这是衡量离散程度的主要方法。要公布一组数据的标准误差，必须留意澄清可能的理解错误。

1. 该标准误差是适用于单个的观测值还是观测的平均值？除非另有说明，否则就应将发表的标准偏差与发表的平均值联系起来，并标明该平均值所对应的观测值数目。

2. 如果用多重的标准误差来表达测不准性的话，那么是多少重？一种公认的表达方式是“……总的测不准性是 ±4.5km/s，这是从 ±1.5km/s 的标准误差中导出的”。

3. 该标准误差所依据的是否只是所提供数据，还是更为广泛的历史数据？要澄清这一点就需要更为详尽的措辞，因为只是根据当前数据所得出的离差其本身就是不确定的。

系统误差与不精密度相结合的影响 在这些情况下，在所发表结果的表述中，必须明确这两类误差都存在且是显著的。艾森哈特（Eisenhart，1986）建议采用诸如这样的表述：“……基于 0.5% 的标准误差和 ±1.5% 的允许系统误差的 ±3% 的总测不准量”。

可以不提的误差 测量结果也可以用这样一种形式发表，即用有效数字本身来反映测不准性的程度。例如以下的这种表述，“电阻值为3 942.1欧姆，准确到5位有效数字”。其通常的含义是指“真值”位于所述值的 ±0.05 欧姆范围内。

校准控制

测量基准的准确度（以及精密度）在使用中会发生劣化，在储存中也会如此，但程度会较轻一些。准确度的保持必须有一个持续的校准控制系统。构成这一系统的要素已为人们所熟悉，下面将会加以陈述。

（有关校准控制方面的术语目前尚未标准化。要使一件仪器呈现为准确的状态，首先就要对它进行测试，看其是否保持在校准限度内。这种测试通常被称为对仪器的检查。在检查中，如果发现仪器超出了校准限度，就必须进行校正或调整。这种调整有各种叫法，如校准、再校准或复原等。在有些特定的说法中，校准这一词汇就是指对仪器进行检查和调整以使之保持在准确度公差范围之内。）

尽管这一系统适用于基准等级体系的各个层次，同时也适用于检测设备，但在应用的细节上却存在着一些显著的差异。传递基准无一例外是在基准实验室的控制之下，这些实验室配备的是专业技术人员，他们关心的主要是保持校准的准确度。与此相对照，测试设备掌握在生产、检验和试验人员手中，他们主要关心的是产品和过程的控制。工作基准在一定程度上也是如此。观念上的差异影响着这些人们对于控制系统的需求的反应，从而要求在这一系统的设计和管理方面必须有适当的保障措施。

新设备控制　校准控制系统会经常接纳新的要素，如添加的测量基准、新的检测设备及消耗性的材料等。在允许进入系统之前，这些要素的准确性应当得到证实。根据新的项目的性质的不同，可以采取不同的做法：

1. 外购的精密基准。其中包括高准确度的量块、标准电池等。对这类基准的校准控制是基于供应商的校准数据及证明其校准可溯源到国家标准机构的证书。当这类外购基准代表了买方公司的最高准确度水平时，随后的再校准必须由外部的实验室来承担，如供应商、独立实验室或国家标准机构等。

2. 外购的工作基准。这类基准要通过买方公司的进货检验。如果供应商展示出了卓越的表现，则可以采取决策审核的方式（参见第 21 章的相关内容）。

3. 新的试验设备。这类设备的预期用途是检查产品和过程（如图 23—6 所示）。然而，它通常包括了各种类型的测量仪器，甚至还可能包括工作基准在内，如试件（用于对校准情况进行检查的“原版”）。

4. 试验材料。这些包括了损耗性基准及膨胀性的供应品，如试剂或照相软片等。这类材料的变异性会直接影响相关的测量和校准。

例如，某砂纸制造商需要一种统一的材料来测试砂纸的研磨质量。工程师调查了使用塑料块的可能性，却发现塑料制造商正在用同类型的砂纸作为检验塑料韧度的手段。在这类材料中，其中的某些供应商可以提供有关其变异性的数据。

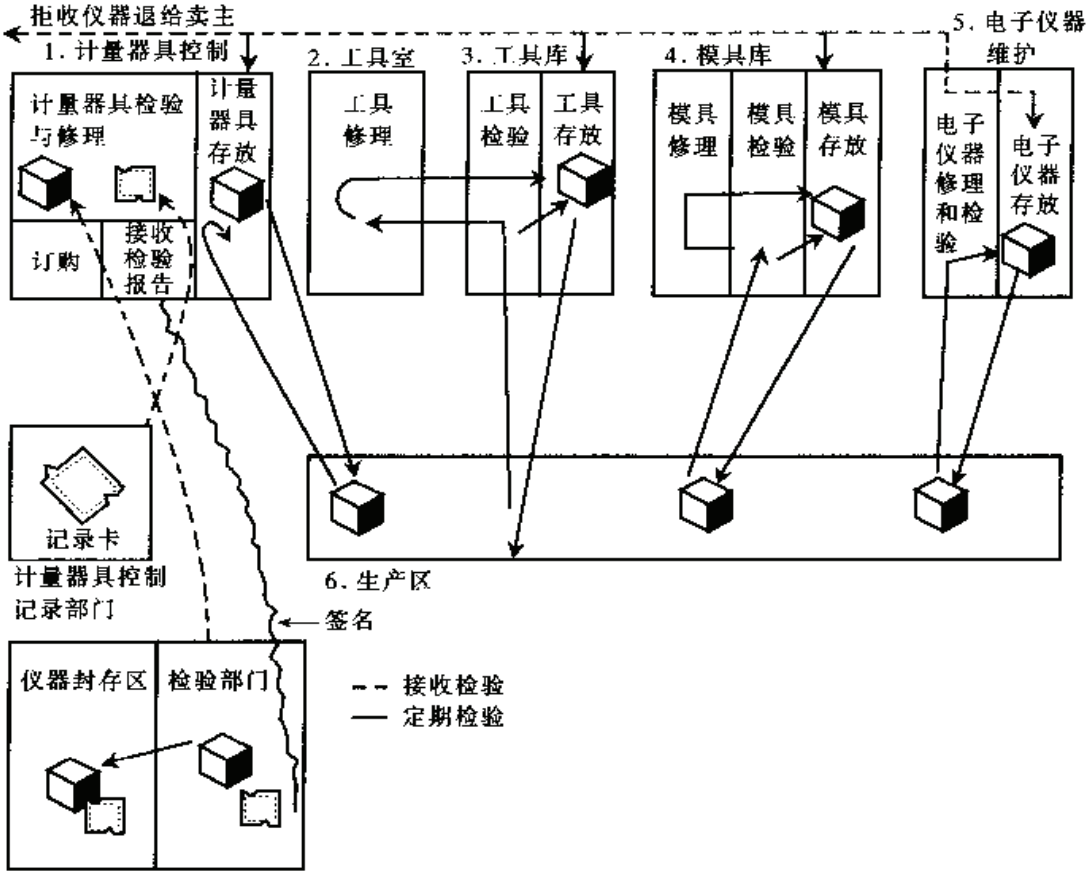


图 23—6 计量器具控制的流程图

而另一些材料则需要通过分析来找出其变异性，这些分析方法在前面的“测量误差”一节中曾经有过讨论。

盘存与分类 系统的校准控制始于对所有的基准、仪器和试验设备的实地盘存。（当工装被用作产品检验的一种手段时，这些工装通常也包括在要求系统控制准确度的品目清单中。）

进入控制系统的每一品目，均应创建数据库记录。记录中包括该品目的来历、所赋予的序列号码、检查时间表以及其他相关信息。记录的设计还应当能够容纳有关检查结果和维修需要的信息［也可参见资料 Woods（1978）］。测试设备也要标上序列号码，以便系统的识别和溯源。

校准时间表 校准时间表根据设备的等级来建立，并且因精密度、性质、使用程度以及其他的因素而有所不同。开始时，这些时间表是通过判断和协商建立起来的。以后，当检查结果的数据可以利用之后，就能够对时间表加以调整，以获得更大的效果和经济利益。

校准时间表的主要目的是探测超出准确度限度的劣化。造成劣化的主要原因是使用，再就是时间的流逝。因此，校准时间表用以下几种方式来描述使用的程度或经过的时间：

1. 经过的日历时间。这种方法应用得最为广泛。它规定一个固定的日历期间作为检查周期，如三个月。在第三个月的月末，即按照日程安排来采取措施检查设备。

2. 实际的使用量。这里根据的是实际的使用量，如该设备所检查过的产品单位数。使用量的计数可以由（1）检验人员人工进行；（2）安装在设备上的自动计数器来进行；（3）程控计算机根据生产进度来显示检测的数量。

3. 测试准确率（test accuracy ratio，TAR）控制。这是一种系统性的方法，用来分析相互关联的参数能够被识别并被控制在溯源锥形内的程度。每一个可溯源参数的最小 TAR 值都要被衡量和控制。

遵守时间表　整个校准控制系统的成败系于这一至关重要的细节之上。通常，传递基准以及大多数工作基准在遵守时间表方面不会有什么问题，因为它们是由少数的基准实验室和相对少数的技术人员所掌握的。与此相对照，试验设备（还有一些工作基准）则是广泛分散于许多场所，并且是在成千上万的工人、检验人员和试验人员的掌管下。他们中有一些人在遵循时间表方面是可信赖的，但大多数人并非如此。

问题的部分成因在于人们不清楚何时应当进行校准。要知道某日有哪些设备应当测试，现场的人员需要有一个记忆系统的帮助。人们能够想起每类设备的检查周期，但上一次的校准是哪一天却很难回忆起来。

某些旨在辅助人们遵守校准时间表的系统用富有创意的彩色代码或标签来标明每台设备投入使用的日期（这些代码还用来区分基准本身的等级，是基本基准还是二级基准等等）。对于大的设备，可以在设备所附的保养卡上填入使用截止日期。这样做有助于人们遵守检查时间表。

然而，还有一个问题是关于人们的激励方面的。绝大多数的试验设备的使用者在遇到麻烦时都会非常关心校准工作，但在事情看上去进展顺利时就很少会关注这一问题了。在后一种情况下，停工校准甚至会使人们感到讨厌。

这一问题的解决方案是将（遵守时间表的）责任赋予基准实验室而不是交给生产、检验或试验人员。仅仅是从组织理论的角度提出的话，经理们很少会接受这一建议。但若建议随机抽取一个仪器样本进行校准检查（作为对现存的校准控制“系统”的检测）的话，还是这些经理们，他们会很乐意做这样的试验。测试所揭示出的样本（25～100 台仪器）实际校准状况足以使经理们确信有必要对现行的校准时间表落实制度加以修正。在采取了这一方案的情况下，实验室就要制定出与校准时间表所规定的工作负荷相协调的检查方案。

在按照周期制来执行这一检查方案时，下周要检定的基准和设备的清单通过使用校准日期查询数据库来决定。

校准的实施　为了保证准确度并建立溯源性，控制实验室已经确立了一些得到广泛应用的程序。通过要求所有相关人员对他们所采取的行动签字，每个人的

责任得到了明确。这些签名签在设备记录中以及设备的标签上。设备记录可以是硬件方式，也可以是软件方式。鉴于经过时间在校准程序中所起的作用，所有活动的日期都要加以记录。

要建立规定有准确度公差及校准方法的实施手册。对于某些类型的试验，其校准方法必须十分的详尽，如温度或湿度的控制、时间周期、人员的技能等等（详见美国材料与测试学会有关某些试验方法的标准）。

要建立人员的培训计划，（有些情况下）包括证明熟练程度的正式的资格认证。通过封住调节螺栓来防止人们随意摆弄设备（封条处要加盖实验室的印章）。类似地，试验设备的面板和抽屉要用金属丝绕紧并加以铅封。（若铅封被损坏，实验室将不再承担责任。公司采取严格的措施来防止密封的损坏。）质量保证审核要评审校准控制程序，它起到了辅助实施的作用。

校准结果的记录和分析 记录校准检查的结果以及为恢复准确度而采取的措施是非常有用的。通常，这种记录要列出：

观察到的设备缺陷。

超出校准条件的原因。

修理时间和重新校准时间。

对这些资料的定期分析便成为以下情况的基础：

1. 减少对于那些表现稳定的设备的检查；

2. 重新设计设备以消除屡发故障的原因。

校准控制的组织 保证测量装置处于正确的校准状态是确保产品符合顾客要求的关键。最优秀的检验人员也只能够像其计量器具一样好。如果计量器具有问题，我们就可能会拒收好产品或接受坏产品。这两种结果都会给公司带来惨重的损失，也都会给顾客这样一种信息，即该公司缺乏基本的控制系统。

在计量学（测量科学）方面训练有素的技术人员是保证仪器准确度的决定性因素，这些仪器要同公认的基准进行校准，这些基准在美国要能够溯源到国家标准和技术研究院（NIST）或类似的国际机构。校准过程要遵循专为科学仪器而建立的一套试验程序。

公司的质量体系可以决定将所有测量仪器的校准在内部进行，也可以送到商业校准机构或是原制造商处校准，或是以上各种方式的结合。选择何种方式主要取决于校准所需的成本、所需校准的频率以及外部校准所花费的时间。

无论实际的校准职能如何配置，每台测量设备的校准频次都必须由一个系统的校准频次计划来具体地规定。这一计划规定了所覆盖的检验、测量和试验设备的种类，并明确了执行计划及维持记录的责任。

关于测量仪器的检查频率如何确定并没有标准的规则或是专门的知识。使用量和运转不良是采取校准行动的决定性因素（Palumbo，1997）。

对于实验室工作场所的具体设计由于众多专门试验的剧增而变得异常的复

杂，这些专门的试验如超声波、X 射线、振动、冲击、加速度、热、湿度等等。这些设计的详细情况超出了本手册的范围。实际工作人员必须向各类可以利用的专家咨询，如仪器制造商、研究人员、计量专家或其他专业人士。这必须是一个持续的过程，因为新的基准和试验的开发处于不断的进步当中。

检验中的人的因素

有无数的因素会影响到检验人员的行为，贝克（Baker，1975）对此进行了归纳，如表 23—9 所示。视觉灵敏度或视力这一因素是人类的主要官能，检验工作对此有着极大的依靠。视觉应用的效能在很大程度上取决于眼睛将受检材料的显著特征的影像捕捉到视网膜的最敏感部位的动作。然而，经验和研究都表明，表 23—9 中的其他因素对于检验人员的有效性、生产率、可靠性及准确性也有着交互的影响。[参见 Megaw（1978）在纺织工厂所作的相关研究。]

表 23—9　　影响检验员行为的因素

1. 个人的能力
   (1) 视觉活动
   (2) 一般性的智力和理解力
   (3) 检验方法
2. 任务
   (1) 缺陷概率
   (2) 错误类型
   (3) 同时发生的错误的数目
   (4) 检验可用的时间
   (5) 休息时间的频率
   (6) 照明
   (7) 一天中的时刻
   (8) 符合性标准的目标
   (9) 检查点的分布
3. 组织的和社会的因素
   (1) 培训
   (2) 同行的标准
   (3) 管理当局的标准
   (4) 生产该品目的操作者或小组的知识
   (5) 检查人员的相似性情况
   (6) 对即刻装运程序的复验

在讨论了有关人的因素之后将会详细讨论检验人员的差错。但首先探讨一下旨在改进检验可靠性的一些技术和测量方法的进展或许更为适当。

机器视检　机器视检（machine vision）或非接触性检验这一术语，涵盖了广泛的光电传感方面的技术，从相对简单的三角测量及轮廓描绘，到三维对象识别与容器盛装物的检选，后者是基于复杂的计算机图像分析程序的方法。这类技术

的应用十分广泛，既有一般性的探测和测量，也包括了成熟的机器人控制领域（见表 23—10）。

表 23—10　　机器视检的应用

1. 检验
   (1) 尺寸的准确度
   (2) 孔的位置与准确度
   (3) 元件的确认
   (4) 元件缺陷
   (5) 表面瑕疵
   (6) 表面轮廓的准确度
2. 零件的识别
   (1) 零件的分类
   (2) 堆垛
   (3) 特征识别
   (4) 存货监测
   (5) 传送带分选（重叠，无重叠）
   (6) 容器盛装物的选别
3. 导向与控制
   (1) 滚焊轨迹的确定
   (2) 零件定位
   (3) 处理/加工
   (4) 坚固/装配
   (5) 碰撞避让

之所以导入诸如机器人之类的基于机器的系统，其动机是显而易见的，这就是要消除因人的因素而导致的差错。[参见 Spow（1984）有关机器人技术在汽车装配中的应用的讨论。] 促使机器视检行业成长的关键动因还包括检验员能力、检验员生产率及检验费用方面的因素。[参见 Nelson（1984）有关机器视检设备的讨论，有些设备的采用除了防止人的差错之外，还旨在消除过程的污染。] 表 23—11 针对印刷电路板的检验对这些因素进行了讨论。[参见 Ken（1984）对于印刷电路板（PCB）的自动光学检验（AOI）进行的详细讨论，Denker（1984）对于印刷电路板的自动光学检验的投资合理性也进行了详细的探讨。]

表 23—11　　印刷电路板的自动光学检验在选定的几个因素方面的影响

制造检验成本	检验费用在复杂的双面或多层电路板的制造成本中占到了 30% 以上
检验能力	由于疲劳，检验人员的能力在远未达到 5 个密耳之前就大大降低了
检验生产率	自动光学检验使得每个班次的检验数从 30 减少为 7，产量增加了 1%，检验速度增加了 5 倍

基于视觉的系统（vision-based systems），无论是人的系统还是机器的系统，都会涉及一个检验程序，这便是对于景物（scene）的检查。这种检查的结果会导致对于某个对象或特征的认识，导致一个质量决策，或是导致对于某一复杂机制的控制（Schaffer，1984）。当这一过程具有检验人员的参与时，人的判断和知觉对于质量评价过程便会产生影响。

视觉检验系统的最普遍的应用包括测量重要的尺寸，找出缺陷，计数/分类，

装配检验，位置分析，特征或条形码读取/验证，确定零件特性的有无等等。

若零件是运动的且未加标记，可能就需要有电子快门照相机。许多系统都能够随机地处理定向的零件，但处理定向零件的速度会低于处理固定零件的速度，若需要对零件的一个以上的侧面或区域进行检验，可能还需要有另外的照相机。

重复性的影响　在高度重复性的主观性检验中（如检验自动喷涂生产线上的零件），知觉过程会因重复造成的高度单调而变得麻木或被催眠。在某种程度上，分选过程与标准之间不再有什么关系，观察者所看到的只是他期望看到的，对于不想看到的东西则置若罔闻。这种情形常常会导致坏的零件通过检验，因此在采用之前应对其有效性加以严格的评估。克服这种情形的常用措施有：

- 借助于暂停来打破单调的节奏。
- 在工作中导入更多的可变性。
- 通过强化手段增加对于差错的注意力。
- 提供背景和对照性的提示。
- 安排经常性的职位轮换。

对于那些明显而严重但却罕见且难以预测的差错，警觉性是一个大问题。对于乘机旅客随身携带的行李和个人物品所进行的 100% 的 X 光和金属探测检验所提供的保护真的可以不加质疑吗？1993 年美国总审计署针对机场安检措施所进行的一次审查的结果显示出了美国机场的一些“安全”区域可被突破的轻易程度。在对安检的数百次突破企图中，有 75% 获得了成功。其中的一些成功可以归因于 100% 检验的失效。审查官员曾经成功地携带着一枚真手榴弹通过了检查系统，这一事例令人瞠目（Gleick，1996）。

检验中的差错

作为检验过程中的人的因素，检查人员构成了检验差错（inspection errors）的重要来源。本节讨论因检验人员而引起的检验差错，亦即检验员的差错。在较前有关人的因素一节中曾经讨论过检验人员的可靠性问题（与非接触性机器检验或机器视检系统相对照）。诸如规格模糊、标准缺乏、仪器不精确之类的检验差错来源在本手册的其他地方会加以讨论。（注意：人员的差错这一问题是操作人员、检验人员以及其他各种类型的人员所共有的问题。有关工人差错问题的讨论可重点参见第 22 章中的“可控性概念；自我控制”一节。）

检验人员的差错可分为几种类型：

- 技术性差错（technique errors）。
- 无意识的差错（inadvertent errors）。
- 有意识的差错（conscious errors）。

每一类差错都有其独特的原因和纠正措施。总的说来，检验人员的这些差错决定了差错的发现只能达到80%的准确性，即检验人员只是找出了产品缺陷中的80%而忽略了另外的20%。[编者（朱兰）注：在不同国家进行的有关检验人员准确性的大量研究都得出了这一80:20的比率，如Konz and Coworkers (1981)发现检验人员只能找出玻璃组件中的80%的缺陷。]然而，人们对于每类检验人员差错的相对重要性却仍然知之甚少。[有关的进一步讨论请参见Tawara (1980)。]

技术性差错 这类差错中包括若干个子类：担任该项工作的能力的缺乏，如色盲；因教育或岗位培训不足而造成的知识缺乏；因天资不足或因不掌握该项工作的窍门而导致的“技能”缺乏。技术性差错可以应用以下几种方式来加以识别：

复核检验（check inspection） 由复核检验员对检验员所做的工作加以复查，既复查已接收的产品，也复查拒收的产品。图23—7列举了针对几位检查员工作的复查的结果。显然检验员C和F掌握标准比较松，检验员B的标准则较紧，检验员E则在两方面均表现出较差的辨别能力。

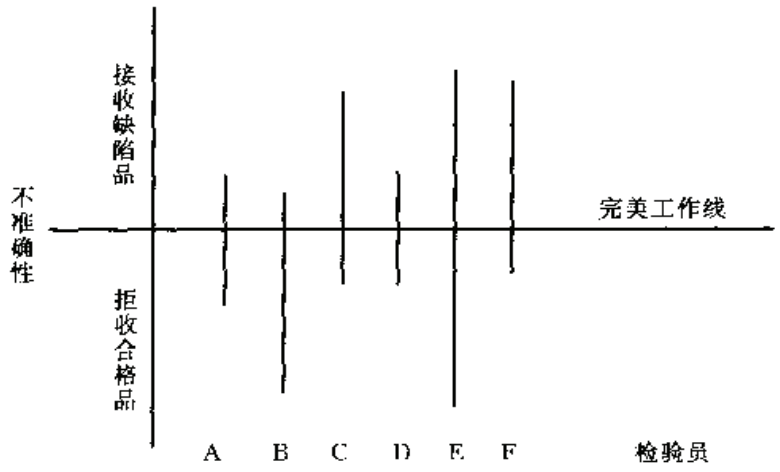


图23—7 检验员差错的分析

循环检查（round-robin inspections） 在这种方法中，同一个产品受到多个检验员的独立检验。用矩阵形式排列的检验数据（通常一根轴为缺陷的类型，另一根轴为各个检验员）便可以显示出在一组检验员中每位检验员所找出的缺陷。

重复检验（repeat inspections） 这种方法是让检验员在不知其先前检验结果的情况下对已检验过的产品进行重复的检验。对于所得数据的分析可以揭示出该检验员的判断的一致性程度。

标准样品族（standard sample array） 这种方法是让检验员来检验一组事先准备好的产品组，该产品组由合格产品和各种缺陷产品混合而成。标准样品族有各种叫法，如加工样本（job sample）等。一个专家小组事先将所有的产品单位仔细加以分级和编号，以便对结果进行分析。每位检验员的得分和差错的类型都

可以反映出需要进行的培训或其他的纠正措施。（实际上，在进行这种检验之前要进行复核检验。）

例如，在一家制作玻璃瓶的公司中，曾试图找出过程变量与退火炉冷却端检验员所发现的缺陷类型和频率间的相关性。这一试验因不同班次间的检验员的变异性超过了产品自身的变异性而招致了失败。这使得人们对于生产线终端成品分检员的检验准确性产生了疑问。该公司于是制作了一套由 500 个瓶子构成的标准样品族用于测试检验人员。（测试由培训部门在一个小型的退火炉上进行。）人们的疑问由此而得到了证实（此例源自 J.M. 朱兰的咨询经历）。

技术性差错的纠正措施　这里所需做的是向检验人员提供其所缺乏的技能或知识，并就检验人员如下的正当提问给出答案，即“我应当采取哪些与目前不同的做法?”除非检验人员自己能够找出答案，否则管理当局就必须提供答案。如果不提供答案，就不会有绩效的改进。

先前讨论的各种分析方法均能就应当采取的纠正行动给出一些提示。特别地，有关寻找窍门的概念尤为有用。根据这一概念，经过分析检验员的绩效数据可以发现哪些检验员总是表现得十分优秀，哪些检验员表现得总是较差。接下来对这两类检验员的工作方法进行分析以发现在工作方法上的差异。对这些差异的分析常常能发现获得卓越绩效的秘诀（或导致不良绩效的误区）。最终，通过培训［参见 Czaja and Drury（1981）以及 Cooper（1980）］或是将之体现在技术中（Kusch，1979）而能够将这种秘诀传授给所有的检验人员。

当技术性差错是由于缺乏工作能力所致时，上述这些办法可能就是无效的，这时所需做的可能是要简化操作（参见下面的叙述），或是重新分派该检验员去从事其具有充分能力的岗位。

检验人员的资质　在涉及检验员的判断的关键检验中（如解读重要焊缝的 X 光成像），日益普遍的做法是要求检验员要通过符合该岗位要求的正式认定。［有关检验员资格的进一步讨论可参见 Gibson（1983）。］资格认定过程遵循着相当标准化的一系列步骤：

一个正式的有关如何履行该职位的培训计划。

一个正式的考试，其中包括能够成功履行该工作的实际展示。

一份证明考试通过的正式证书。

一份在规定期限内从事该工作的执照。

一个评审工作表现并作为更新执照的依据的审核计划。

在有些公司中，这种资质认定的依据是“漏检率”，即缺陷未被检出的程度，这是由随后的复核检验来确定的（参见下文的“检验人员及测试准确性的测量”）。当采用这种方法时，检验人员被给予一份限定的“执照”（如 2 个月），如果复核检验结果良好，执照便会得到更新。

检验人员的无意识差错　这类差错具有这样的特征，即当差错发生时，检验

人员甚至没有意识到自己正在出错。同时，检验人员有着良好的意愿，他并不想造成任何差错。无意识的或不可避免的这些用词暗含着这样一种事实，即人类很难达到完美，无论有多么好的意愿。（这一话题与工人的无意识差错密切相关。进一步的讨论可参见第 5 章中的“无意识的差错”内容。）

有关不经意（inadvertence）的认识时有起伏。多年来，不少检验主管都坚信，采用 100% 的产品检验能够使检验员找出所有的缺陷。大量公开或不公开的研究都表明，检验人员找不出所有存在着的缺陷。总的说来，检验人员大约只能发现所存在缺陷中的 80%，但却漏掉了其余的 20%。

虽然 80:20 这一比率已经广为人们所接受，但仍有许多方面尚未得到充分的研究，如该比率如何随产品的缺陷率、检验类型（如视觉检验、机械测量和电子检测等）、产品复杂性、检验可用时间等因素而变化。哈里斯和钱尼（Harris and Chaney，1969，pp.77-85）从人的因素的角度对此进行了讨论，其中包括了一些支持性的数据（如产品复杂性的增加将导致检验员差错的增多）。

检验中的易错性在产业界的培训课堂上很容易加以演示。下面的句子曾被使用过数千次：

FEDERAL FUSES ARE THE RESULTS OF YEARS OF SCIENTIFIC STUDY COMBINED WITH THE EXPERIENCE OF YEARS

将这个句子用 30 秒或 1 分钟时间在观众面前闪过。要求每个人数出并记下字母 F 出现的次数。将这些纸片收集起来并加以清点，统计的结果总是永恒的。在存在着的字母 F 中，实际上只有约 80% 能够被发现。

如此程度的差错率的存在，促使人们从以下的几个方面来采取措施：

1. 探索检验人员为什么会造成这些差错。迄今为止，这些研究还不足以给出一个结论性的答案，工业心理学家们对于其主要原因究竟何在尚未达成一致。

2. 衡量差错的程度。现在已经可以获得这方面的技术。参见下文的“检验人员及测试准确性的测量”。

3. 降低这些差错的程度。如下文将讨论的，有多种多样的纠正措施存在。

检验人员的无意识差错的纠正措施 在对造成这些差错的原因尚无令人信服的认识的情况下，经理们诉诸各种各样的纠正措施，所有这些措施都会涉及某种形式的职位改变。这些纠正措施包括：

防错措施（error-proofing） 在检验工作中广泛应用着几种类型的防错方法，如冗余、倒计数、自动防故障装置等。在第 22 章“运营”中的“过程的防误”一节中对此有详细的讨论。也可参见前文关于检验计划的论述。

自动化（automation） 这实际上是用自动化来取代重复性的检验工作，只要自动化装置的设置正确并稳定，就不会产生无意的（或其他的）差错。自动化的经济性和技术的状态对于这种措施的应用给予了严格的限制。参见本章中的“自动化的检验和试验”。

感官放大装置（sense multipliers）　利用光学放大镜、声音扩大器等装置能够强化无助的人类探知缺陷的能力。开发新的仪器来探测缺陷是这种放大措施的最终形式。这种感官放大的程度显然存在着一个最佳水平，通过试验能够找出这个最佳水平。［有关某些产业研究的情况请参见 Harris and Chaney（1969，pp. 124－126，137－142）。］

转换为比对（conversion to comparison）　在很多类型的检验中，检验人员必须根据他们对于标准的记忆来对产品作出判断。若能给这些检验人员提供某种实物标准以进行直接的比对，他们的准确性会有显著的提高。例如，在光学行业中，划痕是用宽度来分级的，划痕的公差因产品要素（镜头、棱镜等）的功能而有所不同。为了辅助检验人员的工作，采用了刻有不同宽度划痕的标准片，以使检验人员能够将产品与这些实物标准加以比对。

用作比对的标准有着广泛的应用：各种色彩的塑料片、织物布样、锻造试样、有凹痕或其他视觉缺陷的产品单位等等。有时会用照片来代替实际产品。有一些专门的光学仪器可以将视野划分以便将产品与标准比对。

有些场合下，以某种方式将一个个产品排列起来便会使得不正常之处变得十分明显，例如可以将孔洞排成一列（孩子们玩的锡兵行列中，断臂的尤为扎眼）。一些业内人士推崇应用比对的原理来成对地检验产品。

模板（templates）　这是计量器具、放大器和挡板的组合。放在接线端子板上的硬纸模板便是一个例子。模板上的孔洞与突出的接线柱相配合，并起着尺寸计量器具的作用。任何多余或错位的接线柱都会使模板不能正确就位。漏装的接线柱也变得十分显眼，因为相应的孔洞是空的。

挡板（masks）　这是用来遮盖与检验人员无关的特性区，以使其将注意力集中于自己的真正责任上。有些心理学家认为当受检的特性数上升至很多时，检验人员的差错率也会上升。

覆盖层（overlays）　这是用描绘有引导线或公差线的透明纸来起到视觉辅助的作用。这些引导线使得检验人员对于产品的尺寸或形状的判断大为简化，因为它为检验人员判断尺寸和位置提供了一个很方便的参照物。

核对清单（checklists）　这种清单或许会如同你在商店用来确认确已买齐了计划购买的物品的购物清单一样简单。在极端的情形下，这种清单也可以复杂如太空飞船升空时的倒计数清单。［参见 Walsmann（1981）对各种清单的目的、优缺点以及建立和使用的讨论。］

工作的重新组织（reorganization of work）　有关检验人员无意识差错成因的一种解释便是疲劳，人们不能长期间地保持注意力的集中。对于这一解释的回应便是将这种长期间用以下的几种方式打破，即引入休息时间，一天中在几种检验工作中进行调换，职位的扩大化，如增加任务种类或赋予更多责任。有些行为科学家敦促在激励理论的更广泛基础上来重组工作，他们还提供了支持这一理论的

数据［参见 Harris and Chaney（1969，pp.201-229）］。然而，迄今为止，尚无结论性的证据表明在西方文化中工作的重组（提供更多的参与等）能够在工作中带来可衡量的卓越成果。（这一问题可参阅本手册第四版第 10 章中“处理系统的设计”一节。）

产品的重新设计（product redesign） 有些情况下，产品设计造成了检验的困难或是给检查人员增加了无谓的负担。这种场合下，产品的再设计既有助于减少操作人员的差错也有助于减少检验人员的差错。这方面的例子可参见第 22 章“运营”中的“过程的防误”一节。

除错校核（errorless proofreading） 除了第 22 章“运营”中“过程的防误”一节中所讨论的方法之外，在检验工作中还有一些特殊的防误问题。其中的一种主要的形式便是对一些非常关键的特性，亦即那些涉及人身安全和健康的特性的读出校核。这种场合下，对于差错率的严格要求促使许多公司采用了冗余复核的方式，即使如此也还是会有一些差错通过检查。

进一步的审视可以看出，校核存在着两种非常不同的形式：

1. 被动式校核。这里校核人员不采取明显的行动。例如，当某人朗读原件的同时，校核人员则默读副本。或者，由校核人员默读这两种文本并加以比较。这种情况下，外部事物很可能会干扰或暂时支配其注意力。

2. 主动式校核。这里校核人员必须采取某些明显的举动，如大声朗读，进行计算等。这种主动的行动会支配校核人员的注意力，减少出错的可能性。

作为第二种情况的例子，献血中心以往的做法通常是从献血者处取得鲜血后，将血液送到另一场所，从中离析出所需成分后，再将血液其余部分输还给献血者。这要求绝对保证返回血液输还给了献血者本人而不是他人。所用的系统用管子来输送献出血液和返回血液，管道上标有重复的 10 个数位的数字。当输出的血液送去离析时，管道就会被切断。在返还前，两位技术人员会比对管子切口两端上的号码。一位技师主动地读出与献血者相连的管端号码，另一位技师则是被动地听着并将所听到的号码同与血袋相连的管端上的号码加以对照。

有时能够设法使两位技师都成为“主动”。例如，在设备条件具备时，要求两者将所看到的号码均输入到键盘中。这些信号输入到计算机中，由计算机来比较两个号码，指示是继续进行或是发出警告。比对两个独立的主动信号装置这一原理可以推广运用到所有校核问题上去。

今天，另一项技术已经完全消除了这一校核应用的必要。现在的献血者通常直接连接到分离设备上。血液由一只手臂上抽出，加入抗凝剂，然后流经一台用来收集特定成分的分离设备。余下的血液成分从另一只手臂上返还给献血者。

尽管以上这些被列作纠正检验人员无意识差错的措施，但其中的大多数也可以用于减少因技能缺乏而导致的差错或是一些带有故意性质的差错。

程序性的差错 除了在发现缺陷方面存在这些无意识的失误之外，还会因无

意识的差错而导致未检产品的放行甚或是拒收产品的发货。这些差错通常都是装运程序松散的结果。例如，一个装满未检产品的容器可能会不经意地与已检产品一起搬运。装满缺陷产品的箱子会被无意中移到发货区域。这类差错可以通过对于鉴别和装运程序采取防误措施来降低：

1. 检验人员在检验时必须对产品加以标志。检验人员有时将好产品放在一个箱子里而将不良产品放在另一个箱子里，或是将好产品横着放，而将不良产品竖着放。如果没有标志的话，总是会有可能因倒班、休息等原因而将未加标志的产品放到错误的地方。

2. 产品的标志应当醒目到能够使包装人员和运输人员一目了然的程度。在适宜之处应采用条形码。

3. 标记好产品所用的颜色不应再用做其他用途。这类标记只有在当检验人员确定已无遗漏事宜可以发货时才可以附上去。

4. 用于标志好产品的标识的签发应只限于特别选定的人选。（这些标志是公司封印的一种形式。）对于特别重要的产品，可采用序列号作为进一步的控制措施。

5. 标志中应提供检查员的身份。有些公司的识别系统中还包括了操作者和包装者。

6. 发货人员对于发出任何未经检验人员认可的货物均应承担责任。

有意识的检验和试验差错

管理当局引发的差错　检验人员的有意差错的显著特征在于，检验人员清楚自己正在造成差错并打算继续下去。这类有意识的差错可能源于管理当局，也可能源于检验人员，或者是这两种情况的结合。然而，鲜有例外的是，那些重大的质量差错或过失都可以追溯到管理人员和工程师的决策上去，根子并不在那些基层的检验人员身上。管理当局引发的差错有若干种形式，且均导致了检验人员有意识的差错。

相互冲突的管理重点　管理当局面对着多重的管理目标（质量、成本、交货期等），其重点随经济周期的状态而发生着改变。当管理当局的重点使得符合质量标准居于满足其他标准之下时，检验人员的行为不可避免地就要受到影响，因为他们也被赋予了多重的目标要求。

管理当局对于规格的重视程度　当管理当局对于不符合规格的现象和缺陷原因未能采取行动时，检验人员就会从这些行为而不是从宣传中来判断管理当局对于质量的真实意图。例如，若监督层或材料评审委员会一贯地将某种不合格情况判为满足适用性要求，检验人员就会不再报告这些缺陷，因为它们反正都会被接收。

管理当局的冷漠　当管理层对于有关质量的建议或对检验人员就信息模糊、仪器不充分等抱怨没有积极的回应时，检验人员就会认为管理当局的真正兴趣是在其他方面。结果，检验人员只能依据他们认为是不充分的信息和条件尽自己所

能而已。

管理当局的欺骗行为 公司的管理人员不时会试图通过虚构或伪装的质量数据来欺骗顾客（或行政当局等）。管理人员很少能够独自实施这种欺骗行为。管理人员需要有服从命令的同伙，通常会向他们明确所做事情的性质。心甘情愿作为同犯的检验员（如因受贿）也将负有法律责任。然而，这位检验员也可能是一位极为勉强的从犯。例如，是顶头上司要求他起草与事实不符的报告或采取明显不符合规定的行动。在这种情况下，检验人员不可避免地要面对某种风险，要么参与共谋，要么不参与而面对报复的威胁。这些由管理当局引发的差错与工人的有意识的差错极为类似。参见第 22 章“运营”中“可控性概念；自我控制”一节。

检验人员引发的差错 这类差错同样也有多种形式，有些是出于“好的”理由而发生的。弄清楚各种形式的差错之间的区别是很重要的，因为任何的误解都会是不良的工业关系的温床。

检验人员的欺骗行为 检验人员处于各种各样的压力之下。其中最基本的形式就是生产主管或操作人员请求“破例”。有时在涉及计件付酬的情况下会为了质量和数量的证明而形成共谋。再上一个层次的欺骗行为涉及那些直接面对供应商的检验人员，有问题的产品批次对于其供应商而言具有重大的利害关系。甚至检验人员在直接与级别高于自己的生产主管打交道时，也会受到本不应由他们所承受的巨大压力。

另一种形式的检验员欺骗行为是检验员仅仅为了显示自己的效率或图一时之便而虚报结果。例如，图 23—8 显示了某个检验员从 49 个批次中每批抽取 n 件产品作为样本检验后的报告结果。每批的样本有三个缺陷（正好是最大允许数）这种情形出现得最多。后来发现是该检验员不愿意做拒收产品所要求的文书工作而导致了这种现象。

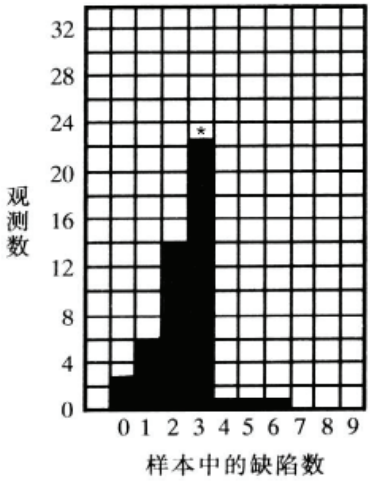


图 23—8 检验人员出于个人便利而造成的差错

* 最大允许缺陷数。

在图 23—9 的例子中，检验员在每批产品中抽取 100 件作为样本，不允许有缺陷品。如果有一件或一件以上的缺陷品，就要抽取一个由 165 件产品构成的追加样本，在总的 265 件样品中允许有 3 个缺陷品。可以看出，在第一批 100 件样品构成的样本中，检验员几乎总是会报告发现了缺陷。

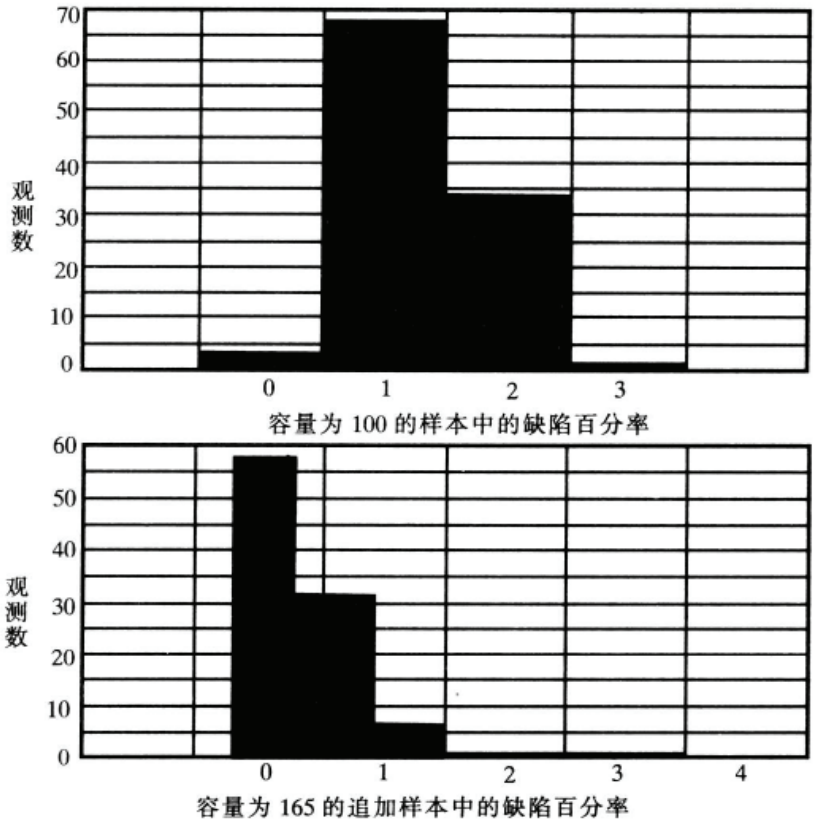


图 23—9　检验人员为了提高个人效率而造成的差错

然而，在大多数第二次抽取的（较大）样本中都报告没有缺陷。后来发现，检查员通过抽取第二个样本能够提高个人的效率，因为第二次抽样的允许时间更为宽泛。检验人员的欺骗行为能够通过以下措施降到最小程度：

1．只用被证明是正直的人来担任检验工作。

2．将基层检验员的职责只限于发现事实，与其他主管或上级交涉和谈判的职责由检验主管负责。

3．轮换检验员和工人的工作以便使这两类雇员能够亲身评估行动和决策的后果。

4．让检验人员参与到向顾客展示或拜访顾客的活动中。

5．进行常规性复核检验和定期的独立审核以发现欺骗行为。

6．发现有欺骗行为时要采取迅速的举措。

检验员的取巧　检验员自作主张地省略某些其有理由怀疑其有用性的操作。例如，偶尔地忽略并未曾出现问题的迹象。有些情况下，出现这种现象的责任不是单方面的，管理当局所赋予的是一项极为令人生厌的任务。例如，在一家制造

“马口铁罐”的公司中，有一道检验要求要用手持的马口铁剪刀将罐子切开，将罐子浸入氯仿中以脱去瓷釉，再用千分尺来测量洗净部分的厚度。剪切的过程令人沉闷难耐，而氯仿对皮肤又有刺激作用，所以检验人员会尽可能避免这道操作。当代之以更好的剪切工具和新的溶剂之后，这一问题才告消失。

缩水（flinching） 这是指检验人员伪造边缘产品检验结果的趋势。当人们在报告实现目标的情况尤其涉及的是自己的表现时普遍会有这种缩水的现象存在。图 23—10 所示的是电子接收器音量效率测量值的频数分布。在规格最大限 30 处的读数显著增多，但却根本没有 31、32 或 33 处读数。重新测试表明检验人员将这些“略微超差”的产品记为了 30。这种缩水使得检验员在事实上将规格的最大限由 30 改为了 33。这是一个严重的差错（Juran，1935）。

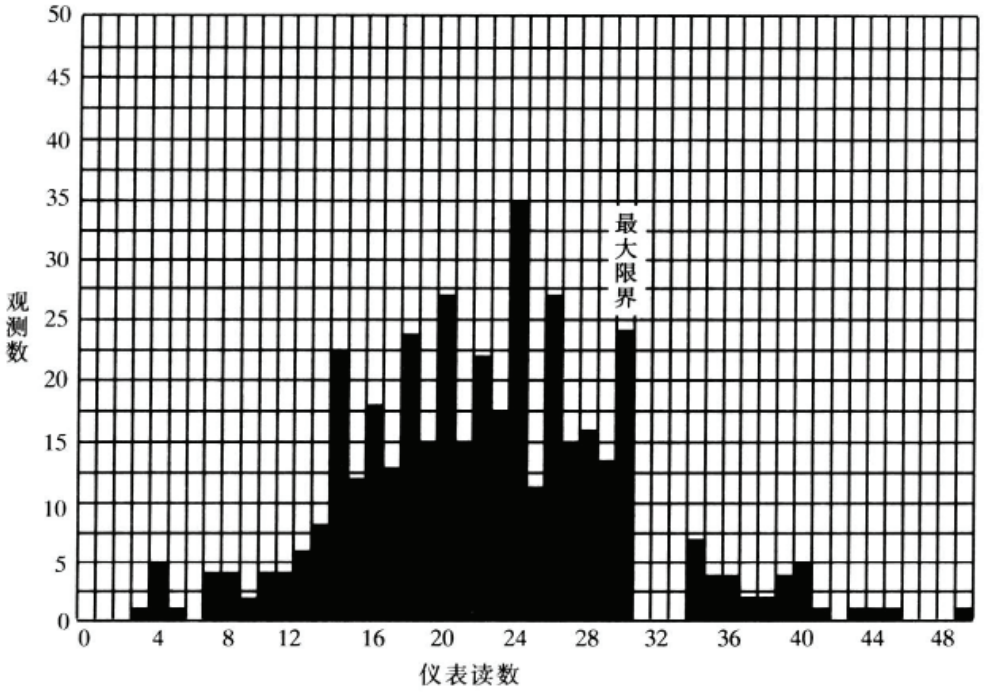


图 23—10 检验人员在设计限处的缩水

计量值测量中的缩水现象很容易通过复核检验揭示出来，这里的复核检验也是按照计量值的测量方式进行的。对检验人员得出的计量值数据的分析便能够发现这种缩水（如先前的例子）。

要纠正这种缩水问题，就要营造一种尊重事实的氛围作为检验部门的伦理基础。检验主管起到榜样作用是实现这一点的主要途径。

以读数的分布不符合随机性为由来批评检验人员，这对消除缩水问题于事无补。这种批评可以被理解为是指向症状（不自然的读数分布）而不是弊病（记录捏造的而不是真实的读数）。其危险在于，检验人员会试图使假结果看起来更自然以回应这种批评，因此这消除的是症状而非弊病本身。

在计数值检验中也会发生这种缩水。众多的研究都表明，在检验人员的差错

中，拒收好产品的差错要超过接收坏产品的差错。部分原因在于好产品多于坏产品，因而出错的机会也会更多。然而，其原因还在于这样一个事实，即接收缺陷品常常更容易招致更高管理层的注意，而拒收好产品却很少会发生这种情况。同样的研究还表明，当引入复核检验且接收产品和拒收产品均进行复核时，拒收的好产品数会减少，而接收的坏产品数则不受影响。

缩水的另一种形式是修改检验结果以使之符合检验人员期望的结果。例如，某种视觉检验是在抛光操作之后进行。人们进行了这样一次试验，即在检验人员不知情的情况下省略了抛光操作，结果只有不到三分之一的未抛光产品被拒收。

有些情况下，检验人员的缩水实际上是起因于管理当局，由于经理人员的压力使得检验人员觉得别无选择。在某公司中，测量硬度的检验人员的缩水行为被发现达到了令人吃惊的程度。这种做法已经持续了多年。其根子在于，公司的制造副总裁在任工艺工程师时亲自设计了这个硬化工序。当时他对该工序的能力自以为是，因而成为了这一长期作为的始作俑者。

圆整　省却不必要的精确度的过程通常称为圆整（rounding off）。如图 23—11 所示，检验人员经常会将仪表的读数修整到最接近的刻度上。圆整的效果可以从图 23—10 的“尖桩篱栅”状的频数分布上看出。

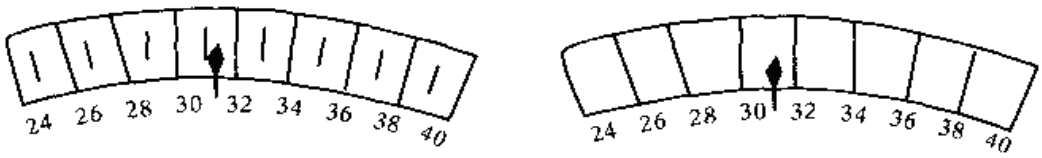


图 23—11　圆整

通过对检验数据的分析，很容易发现经过圆整的数据。一个好的分析者无需看到刻度盘，仅凭数据就能够再现仪器的刻度标记形式。

圆整通常是一件好事，因为它避免了对个别读数的过度注意。但有时对个别读数的精度要求会特别高，这时就不应该进行圆整。计划人员和检验监督人员应留心识别在什么情况下圆整是不容许的，并加以相应的规定。

仪器和计量器具应当根据具体的应用情况来加以适当的选择。［Churchill (1956) 对于刻度区分和指针的清洁度进行了定量的讨论。］一种做法是要求“记录最接近的读数……”。

检验人员及测试准确性的测量　因各种原因造成的检验人员的差错之影响是如此之大，因而有必要对差错程度加以测量并利用这些数据来控制检验人员的有效性。如果这种测量只是偶尔为之，则可以利用标准样品族（见上文的“技术性差错”）以及检验员间的交叉检查及复核检验。若这类测量是定期实施以发现绩效表现中的趋势，则必须采用复核检验的方式。

在常规的复核检验中，第二位检验员，亦即复检员，通过重新检查已被检验过的产品对前一位检验人员的决定作出审查。早期的这方面的例子可参阅泰勒的

论述（Taylor，1911）。最好的做法是既复查拒收的产品也复查已接收的产品。

检验差错可以是接收了缺陷品或是拒收了好产品。此外，若复核检验对于检验人员所遵循的程序加以评审，可能还会发现其他的差错，如使用了错误的规格、不恰当的仪器、不正确的填表等。

使用复检数据来量化检验员准确性的便利做法是清点差错、分配权重，用合成的差错数作为准确性（或不准确性）的指标。［有关的例子可参见 Gilman (1963)。］在有些方案中，在后续的操作或顾客的投诉中发现的差错也列入到这一数据中。合成差错可以用（已检产品中存在的）缺陷的百分率或每单位产品所含缺陷来表示。［Weaver（1975）报告了在生产过程中进行的一项检验人员准确性的研究，该研究是基于对当前生产的产品所作的接收或拒收的决策所进行的。］在这两种方式中，评分系统都存在着如下的欠缺，即检验员的准确性在很大程度上取决于过程所提交产品的质量，这意味着提交的产品缺陷越多，漏掉某些缺陷的可能性就越大。

与来货质量无关的一种测量检验员准确性的方案是由 J.M. 朱兰和 C.A. 梅尔斯海默（C.A.Melsheimer）在 1928 年提出的。［关于该方案最初的公开说明请参见 Juran（1935）。］按照这种方案，复核检验员按照常规方式来重新检查已检产品，接收的产品和拒收的产品均包括在内。

此外，复检员取得前一检验员自己关于该批产品构成的初始数据，即总件数、好产品的件数及缺陷品的件数。根据这些数据，可将以下的公式应用于经过复检的单批产品：

$$\text{检验员的准确性} = \text{正确鉴别的缺陷品的百分率} = \frac{d-k}{d-k+b}$$

式中，d = 该检验员报告的缺陷数；

k = 该检验员报告为缺陷而复检员确认不是缺陷的产品件数；

$d-k$ = 该检验员找出的真正缺陷数；

b = 该检验员漏掉而经复检确认的缺陷数；

$d-k+b$ = 产品中实际存在的真实缺陷数。

图 23—12 演示了准确性百分率是如何确定的。检验员所报告的缺陷数 d 为 45。其中，复检员发现有 5 个是好产品，即 $k=5$。这样 $d-k=40$，这是该检验员发现的真实缺陷数。然而，该检验员还漏掉了 10 个缺陷，即 $b=10$。因此，实际存在的缺陷数 $d-k+b$ 便是 50，即该检验员找出的 40 个缺陷再加上 10 个漏掉的缺陷。从而：

$$\text{准确性百分率} = \frac{d-k}{d-k+b} = \frac{45-5}{45-5+10} = 80\%$$

应用这一方案，定期对检验人员的工作进行复核检验。利用一段时间内收集的 d，k，b 数据来总结检验员的准确性，如以下的例子：

工号	总件数	d	b	k
3	1 000	10	0	0
19	50	3	1	0
42	150	5	1	0
48	5 000	10	4	0
总计		200	30	0

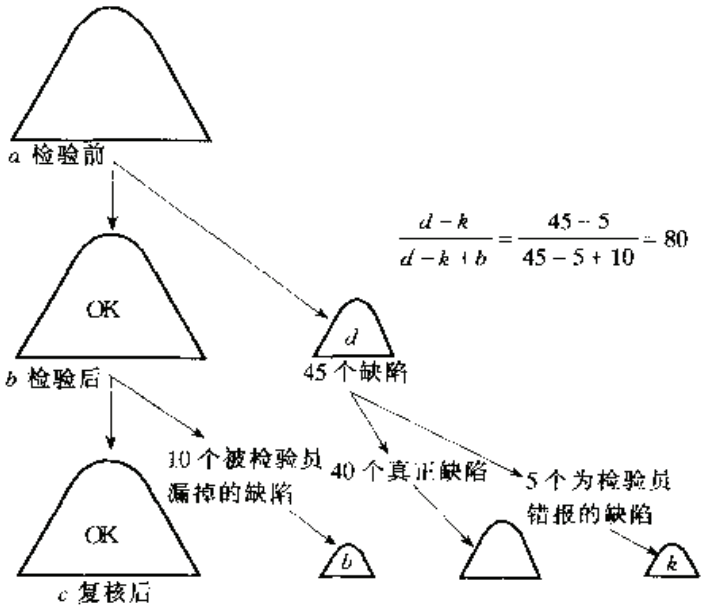


图 23—12　测定检验人员准确性的过程

从总计中可以得出准确性百分率为：

$$\frac{d}{d+b}=\frac{200}{230}=87\%$$

显然，这种方法只需要进行简单的数据累计而已。然而，为了避免对所检查的某一批产品的过分强调，要对其进行一些折衷。若在 6 个月以上的期间内，累计复核达到或超过 50 次，则这种折衷或加权的必要性就会降低。

复核检验员也会发生差错。但这对检验人员准确性的影响只是次要的。在前述的例子中，若复检员只有 90% 的准确性，则检验员漏掉的 30 个缺陷只有 27 个能被发现。该检验员的准确性将变为：

$$\frac{200}{227}=88.1\%\ \text{而不是}\ 87\%$$

有些情况下，因 k 很小而可以忽略。但有些情况下，尤其是感官检验的场合，检验员会有拒收边界处产品的倾向。在这种情况下，作为一个补充的尺度，可以用检验员拒收好产品的程度来衡量其准确性。这被称为“损耗”（waste）。这一术语在此是指：

$$\text{损耗}=\text{拒收好产品的百分率}=\frac{k}{n-d-b+k}$$

式中，n 表示受检产品的总件数。

准确性百分率也就等于经正确检验过的材料的百分率。这一特征使得该方案可以用来确定检验人员的收入报酬。

在此检验员准确性尺度的基础上，一些研究人员又开发出了可应用于视觉检验的变种。其中有些是基于概率理论的尺度（Wang，1975），还有些则是工业检验分析中的信号检测理论的运用（Ainsworth，1980）。

当拒收一件好产品与接收一件坏产品的成本相等时，检验员作出正确判断的比率显然是衡量检验员效率的一个良好指标。

王（Wang，1975）提出的评价检验员效率的两个指标分别为：

$$N_\alpha = \frac{\text{由检验员发现的真正缺陷数}}{\text{真正的缺陷数}}$$

$$N_\beta = \frac{\text{由检验员发现的真正缺陷数}}{\text{由检验员发现的全部缺陷数}}$$

如果上述两项成本不等，信号检测能力理论（TSD）为分析检验人员的绩效提供了一种较好的尺度。然而应用这一理论有一个假设，即要求总体要符合偏差相等的正态分布，还得计算出“好产品”总体和“缺陷品”总体的概率密度函数。[包括 Wang（1975）所提出方法在内的有关各种人员绩效衡量指标优缺点的讨论，可参看 Johnson and Funke（1980）。]

不管应用何种方法来检查检验人员的准确性，确保这种检查的随机性都是至关重要的。无论是检验员还是复核检验员都不应事先知道检查的时间安排。应采用掷骰子或抽签的办法来加以决定。分清责任也具有同样的重要性。因上头的命令或不精确的仪器而接收了缺陷产品之类的情况，责任不能算在检验员的头上。

检验和试验软件

培训 我们正在跨入 21 世纪，我们必须学习以计算机为基础的各种技术的原理及其应用。基于计算机的培训正在成为许多组织的常用培训工具，这种方式不要求讲师与学员间的双向沟通，它为组织提供了一种无需依赖设施和师资队伍的替代培训方式。基于计算机的培训的软件有着从 PC 磁盘、交互式 CD/ROM 一直到互联网资源的多种形式，其内容涵盖了从仪器的校准到 100% 准时供货分析的广泛范围。

统计过程控制的界面 软件对于所收集的数据加以整理并追踪着制造过程的绩效符合标准的情况。许多制造商已将测量系统直接集成到机器中，这样使得操作者能够通过图示数据来即时分析过程的变异情况。

数据收集 软件从周边装置中收集数据并从收集装置中取出数据集中到一台主机当中。这些数据便能够用于趋势分析或解决问题。

测量器具的校准 软件用来监测和记录测量装置的准确性、报告能力及测量

器具的性能。其所描述的特征包括计量器具的类型、使用日期、下次校准日期、场所、责任人、器具检定者（计量人员）、既往的校准史等。

模拟 软件可用于生产前的模拟，以进行机器冲突检查，验证机器材料的装卸，分析设备的寿命周期、检验和试验站点的布局以及其他的检验和试验与生产加工间的界面等。参阅 Software for Manufacturing (1996)。

参考文献

Ainsworth, L. (1980). "The Use of Signal-Detection Theory in the Analysis of Industrial Inspection." *Quality Assurance*, vol.6, no.3, September, pp.63–68.

Alaimo, A. P. (1969). "A Total Inspection System." *ASQC Technical Conference Transactions*, Los Angeles, pp.71–78.

Allen, P. E. (1959). "Evaluating Inspection Cost." *ASQC Technical Conference Transactions*, Los Angeles, pp.585–596.

"An Outlook for 3D Vision."(1984). *Assembly Engineering*, *Newsline*, August, p.6.

"ASD's Quality Assurance Program Rates in Top 10." (1984). *Assembly Engineering*, *Newsline*, August, p.6.

Bader, M. E. (1980). "Quality Assurance and Quality Control, Part 1: Specifications." *Chemical Engineering*, vol.83, no.3, Feb.11, pp.92–96.

Baker, E.M. (1975). "Signal Detection Theory Analysis of Quality Control Inspector Performance." *Journal of Quality Technology*, vol.7, no.2, April, pp.62–71.

Ballou, D.P. and Pazer, H.L. (1982). "The Impact of Inspector Fallibility on the Inspection Policy in Serial Production Systems." *Management Science*, vol.28, no.4, April, pp.387–399.

Churchill, A.V. (1956). "The Effect of Scale Interval Length and Pointer Clearance on Speed and Accuracy of Interpolation." *Journal of Applied Psychology*, vol 40, December, pp.358–361.

Cooper, J.E. (1980). "The Care and Training of Your Inspectors." *ASQC Technical Conference Transactions*, Milwaukee, pp.674–676.

Crow, E. L., (1966). "Optimum Allocation of Calibration Errors." *Industrial Quality Control*, November, pp.215–219.

Czaja, S.J., and Drury, C.G. (1981). "Training Programs for Inspectors." *Human Factors*, vol.23, no.4, pp.473–484.

Denker, S. P. (1984). "Justifying Your Investment in Automatic Visual PCB

Testing." *Circuits Manufacturing*, October, pp.56,58,60,62.

Dodds, L.B.(1967). "Workmanships." *ASQC Technical Conference Transactions*, Chicago, pp.249-252.

Dodge, H.F.(1928). *A Method of Rating Manufactured Product*. Reprint B-315, May, Bell Telephone Laboratories.

Dodge, H.F., and Torrey, M.N.(1956). "A Check Inspection and Demerit Rating Plan." *Industrial Quality Control*, vol.13,no.1,July, pp.5-12.

Eisenhart, C.(1968). "Expression of the Uncertainties of Final Results." *Science*, June 14, pp.1201-1204.

Eppen, G.D., and Hurst, E.G., Jr.(1974). "Optimal Location of Inspection Stations in a Multistage Production Process." *Management Science*. vol.20, no. 8, April, pp.1194-1200.

Ezer, S.(1979). "Statistical Models for Proficiency Testing." *ASQC Technical Conference Transactions*. Houston, pp.448-457.

Garfinkel, D., and Clodfelter, S.(1984). "Contract Inspection Comes Into Its Own." *American Machinist*, October, pp.90-92.

Gebhardt, C.(1982). "Color Me Calibrated." *Quality*, March, pp. 62 - 63.

Gibson, J.D.(1983). "How Do You Recognize a Qualified Inspector?" *Quality Assurance for the Offshore Industry (London)*, April, pp.55-56.

Gilman, J.R.(1963). "Quality Reports to Management." *Industrial Quality Control*, May, pp.15-17. [In this demerit scheme of check inspecting the work of inspectors (who are paid by piece work), the accuracy is expressed in a form equivalent to the number of demerits found per lot checked.]

Gleick, Elizabeth (1996). "No Barrier to Mayhem," *Time*, July 29,p.42.

Gunter, B.(1983). "The Fallacy of 100% Inspection." *ASQC Statistical Division Newsletter*, vol.5, no.1, September, pp.1-2.

Hains. R.W.(1978). "Measurement of Subjective Variables." *ASQC Technical Conference Transactions*, Chicago, pp.237-244.

Harris, D.H., and Chaney, F.B.(1969). *Human Factors in Quality Assurance*. John Wiley & Sons, New York, pp.107-113.

Holmes, H.(1974)."Computer Assisted Inspection." *The Quality Engineer*, vol, 38, no.9, September, pp.211-213.

Johnson, S.L. and Funke, D.J.(1980). "An Analysis of Human Reliability Measure in Visual Inspection." *Journal of Quality Technology*, vol.12, no.2, April, pp.71-74.

Juran, J.M.(1935). "Inspector's Errors in Quality Control." *Mechanical*

Engineering, vol. 59, no. 10, October, pp. 643–644.

Juran, J. M. (1945). *Management of Inspection and Quality Control*. Harper & Brothers, New York.

Juran, J. M. (1952). "Is Your Product Too Fussy?" *Factory Management and Maintenance*, vol. 110, no. 8, August, pp. 125–128.

Juran, J. M., and Gryna, F. M., Jr. (1980). *Quality Planning and Analysis from Product Development Through Use*. McGraw-Hill, New York, pp. 357, 360–361.

Juran, J. M., and Gryna, F. M., Jr. (1988). *Juran's Quality Control Handbook*, 4th ed. McGraw-Hill, New York.

Karabatsos, N. (1983). "Serving Quality." *Quality*, vol. 22, no. 9, September, pp. 65–68.

Ken, J. (1984). "The (Artificial) Eyes Have It." *Electronic Business*, Sept. 1, pp. 154–162.

Kennedy, M. S. (1996). "Inspection-Focused for the Future." *Quality in Manufacturing*, vol. 7, no. 4, May-June, pp. 22–23.

Konz, S., Peterson, G., and Joshi, A. (1981). "Reducing Inspector Errors." *Quality Progress*, vol. 14, no. 7, July, pp. 24–26.

Kramer, Amihud. (1952). "The Problem of Developing Grades and Standards of Quality." *Food Drug Cosmetic Law Journal*, January, pp. 23–30.

Kusch, J. (1979). "Robots and Their Advantage in Inspection." *Proceedings, Society of Photo-optical Instrumentation Engineers*, vol. 170: *Optics in Quality Assurance*, vol. Ⅱ, pp. 40–42.

Leek, J. W. (1975). "See It as It Really Is." *ASQC Technical Conference Transactions*, San Diego, pp. 41–43.

Leek, J. W. (1976). "Benefits from Visual Standards." *Quality Progress*, December, pp. 16–18.

Lincoln, M. (1996). "Automated Inspection Boots Productivity, Quality," *Quality in Manufacturing*, vol. 7, no. 5, July/Aug., p. 18.

Linn, R. D. (1981). "Computer-Aided Inspection—Its Time Has Come." *ASQC Quality Congress Transactions*, San Francisco, pp. 599–602.

Mathur, C. P. (1974). "The Influence of Measurement Variation in Mass Production of Precision Parts." *Q. R. Journal*, January, pp. 1–5.

McCaslin, J. A., and Gruska, G. F. (1976). "Analysis of Attribute Gage Systems." *ASQC Technical Conference Transactions*, Toronto, pp. 392–400.

Meckley, D. G., Ⅲ (1955). "How to Set Up a Gaging Policy and Procedure."

American Machinist, vol.99, no.6, March 14, p.133.

Megaw, E. D. (1978). "Eye Movements in Visual Inspection Tasks." *Quality Assurance*, vol.4, no.4, December, pp.121-125.

Miller, E. M. (1975). "Test Methods and SpecificationRequirements." *ASQC Technical Conference Transactions*, San Diego, pp.229-230.

Montville, V. L. (1983). "Color Control from Start to Finish." *Quality*, March, pp.36-38.

National Bureau of Standards (1965). "Expression of the Uncertainties of Final Results." Chapter 23 in *Experimental Statistics*, NBS Handbook 91. U. S. Goverment Printing Office, Washington.

Nelson, A. V. (1984). "Machine Vision: Tomorrow's Inspections with Today's Equipment." *Evaluation Engineer*, vol.23, no.9, October, pp.21, 24, 26, 29, 30, 34, 37.

Nygaard, G. M. (1981). "Why 100 Percent Inspection?" *Quality*, October, pp. 38-39.

Ohta, H., and Kase, S. (1980). "Evaluation of Inspectors in Sensory Tests—Qualification by Geometrical Methods and Classification by Bayesian Diagnosis Rule." *Journal of Quality Technology*, vol.12, no.1, January, pp.19-24.

Palumbo, R. (1997). "Gage Calibration Is an Investment in Quality Production." *Quality Digest*, vol.17, no.2, February, p.60.

Papadopoulos, N. (1983). "Instrumental Color Control—Where to Start." *Quality*, December, pp.44-46.

"Portable Gage Lab Provides Flexibility and Minimizes Downtime."(1971). *Quality Management and Engineering*, November, p.23.

Quinlan, J. C. (1996). "Automated Gaging, Test, and Inspection." *Quality in Manufacturing*, vol.7, no.3, April, pp.8-9.

Riley, F. D. (1979). "Visual Inspection—Time and Distance Method." *ASQC Technical Conference Transactions*, Houston, pp.483-490.

Sataro, Pat (1997). American Red Cross Blood Service, Farmington, Conn., in private correspondence with the editors.

Schaffer, G. (1984). "Machine Vision: A Sense for CIM." *American Machinist*, Special Report 767, June, pp.101-120.

Schweber, W. (1982). "Programming for Control—Computerizing Measurement and Control." *Quality*, March, pp.38-42.

Shainin, D. (1972). "Unusual Practices for Defect Control." *Quality Management and Engineering*, February, pp.8,9,30.

Smith, J. R., and Duvier, H., Ⅲ (1984). "Effect of Inspector Error on Inspection Strategies." *ASQC Quality Congress Transactions*, Chicago, pp. 146–151.

"Software for Manufacturing." (1996). *Quality in Manufacturing*, vol. 7, no. 3, April, p. 36.

Spow, E. E. (1984). "Automatic Assembly." *Tooling and Production*, October, pp. 46–47.

Strack, Charles M. (1996). *Scientific Technologies*, vol. 2, no. 3, November.

"Tape Controlled Machines at Sunstrand Aviation." (1970). *Quality Assurance*, June, pp. 30–34.

Tawara, N. (1980). "A Case Study on Measuring Inspection Performance for Inspection Job Design." *International Journal of Production Research*, vol. 18, no. 3, May-June, pp. 343–353.

Taylor, F. W. (1911). *Principles of Scientific Management*. Harper & Brothers, New York, pp. 80–96.

"The Vision Thing." (1996). *Quality in Manufacturing*, vol. 7, no. 4, May-June, p. 10.

Thompson, H. A., and Reynolds, E. A. (1964). "Inspection and Testing as a Problem in Man-Machine Systems Control Engineering." *Industrial Quality Control*, July, pp. 21–23.

Tobey, D. (1979). "Metrology = Calibration." *ASQC Technical Conference Transactions*, Houston, pp. 513–520.

Trippi, R. R. (1975). "The Warehouse Location Formulation as a Special Type of Inspection Problem." *Management Science*, vol. 21, no. 9, May, pp. 986–988.

Walsh, L. (1974). "Back to One Hundred Percent Inspection?" Editorial comment. *Quality Management and Engineering*, March, p. 9.

Walsh, L., et al. (1976). "100% Inspection at Production Line Rates." *Quality*, November, pp. 30–31.

Walsh, L., et al. (1978). "Steel Wheel Maker Tests Hardness 100%" *Quality*, November, p. 37.

Walsh, L., et al. (1979*a*). "Can 100% Testing Be Eliminated?" *Quality*, May, pp. 42–43.

Walsh, L., et al. (1979*b*). "100% Inspection Plus." *Quality*, September, pp. 102, 104.

Walsmann, M. R. (1981). "The Check List—A Powerful Inspection Tool." *ASQC Technical Conference Transactions*, pp. 348–351.

Wambach, G. W., and Raymond, A. S. (1977). "The Optimum Sampling Plan."

ASQC Technical Conference Transactions, Philadelphia, pp.574-578.

Wang. S. C. (1975). "Human Reliability in Visual Inspection." *Quality*, September, pp.24-25.

Wang, S.H.S., and Seppanen, M.S. (1981). "A System Simulation for Inspection Planning." *ASQC Quality Congress Transactions*, San Francisco, pp.769-776.

Weaver, L. A. (1975). "Inspection Accuracy Sampling Plans." *ASQC Technical Conference Transactions*, San Diego, pp.34-39.

Woods, D. G., and Zeiss, C. (1981). "Coordinate Measuring and Finite Metrology." *ASQC Quality Congress Transactions*, San Francisco, pp.232-237.

Woods, K.C.(1978). "Calibration System for Measuring and Testing Equipment." *Quality Progress*, March, pp.20-21.

（周星 译）

第 24 章

逐件加工行业

伦纳德·A·塞德（Leonard A. Seder）

逐件加工生产
逐件加工生产的质量管理
加工数据
加工计划活动
　加工计划活动的组织
　加工计划活动中差错的检查与纠正
　加工计划活动的改进
逐件加工生产的控制
　总的控制系统
　数据反馈与纠正措施
　当前加工控制法
　重复加工控制法
服务业中的逐件加工生产方式
金属加工技术及计算机化方面的进展的影响
　新的进展
　新进展的影响
　加工计划与控制
质量改进
　针对慢性症结的方法
　针对产品族的方法
　针对非加工的方法
　诊断技术
逐件加工生产中的质量问题的纠正措施
　挑战基本前提
小型逐件加工生产厂商
参考文献

逐件加工生产

“逐件加工生产”（job shop）和“大量生产”（mass production shop）这些术语虽被广泛使用，但并未被确切地加以定义。使用这些术语的经理们对于逐件加工方式和大量生产方式之间的区别心知肚明。这种区别影响到了质量的创造、控制和改进方面。本章旨在明确逐件加工生产方式的性质，并对逐件加工生产方式下解决质量问题的方法加以阐释。

没有一个单一的参数能够将逐件加工生产与大量生产区分开来。逐件加工生

产既可以是很小的规模，也可以是很大的规模。它既可以是一个附属的机构，也可以是独立的存在。有些服务于老练的产业客户，有些则面向缺乏经验的一般消费者。其产品既可以是一样一件的非重复品目，也可以是批量颇大的频繁订货的存货型品目（stock item）。有些生产的是自行设计的专利产品，有些则是与客户的设计人员共同设计产品。许多情况下甚至难以用前述的术语来加以确切的分类，因为其产品组合包罗万象，涉及所有类型的客户、设计责任、批次规模和加工重复率等等。

尽管分类困难，但还是能够确定逐件加工生产的某些基本类型并辨识出其共性和差异，这些共性和差异影响着各种情况下的质量控制方式。表 24—1 确定了逐件加工生产的四种常见类型，并列举了各种类型所对应的典型产品或作业。

表 24—1　　逐件加工生产的类型

		典型产品或作业	
		加工重复率	加工重复率
类型	说明	低～中	中～高
Ⅰ	大型复杂设备	机车 化工成套设备 建筑物 自动化生产设备 雷达装置	农业设备 飞机 机床 印刷机
Ⅱ	小型、简单的成品和部件	时尚织物 工业配件 电路板 金属制品 书籍	轮胎 鞋 服装 墙壁覆层 小型器具 金属模具 汽车部件 电子元件 自有商标食品 家具
Ⅲ	定制零件	机加工件 锻造品 焊接件	冲压件 铸件 成型塑料件 自动车床零件 模压橡胶件 模压件 容器
Ⅳ	转包的服务	工具制造 冲模制造 模具制造 印刷 机加工 测试	热处理 焊接 电镀 包装 电解抛光

加工重复率（percent repeat jobs）　表 24—1 表头上“加工重复率”这一术语是描述逐件加工生产方式的一个通用参数。加工重复率是指工厂在任一个月的加工总数中重复先前订单的数目所占的百分比。

加工重复率可分为低、中、高三档，其近似值如下："低"为 35% 以下，"中"为 35%～80%，"高"为 80% 以上。

大型复杂设备　表 24—1 中的类型Ⅰ中的公司生产大型复杂装置，这些设备由成千上万种不同的零部件所构成，这些零部件又由其自身的"图纸图号"所确定。由于这类订单或合同所涉及的产品数量非常少，常常只是一件，故这类公司称自身为逐件加工生产。只有当加工重复率达到中高程度时，才有可能按照备货方式生产并按照经济批量来制造（或采购）相应的零部件。由于没有成品或零部件的库存，因而必须从"头"开始生产，其面临的时间压力便十分严峻。

小型的成品和零部件　类型Ⅱ中的公司通常其每一订单都要求生产大量产品。但通常因其产品线的尺寸、形状、颜色、式样或结构变化不定，这类公司认为自己是逐件加工生产。即使是那些具有标准的产品线的公司，其产品目录中也常常载有数百种不同的"型号"。那些针对客户的不同要求制造"专门产品"的公司，其技术档案中会有成千上万种图纸。

定制零件　类型Ⅲ中的公司主要是那些为类型Ⅰ和类型Ⅱ公司充当供应商的公司。这类公司专精于表中所列的一个或多个过程，它们的产品表现为成千上万种由客户设计的各种结构和形状的零件。它们往往只需开动几个小时就能够满足某个客户对某种零件的一年需求量。如图 24—1 所示。[Furukawa, Kogure and Ishizu（1981）很好地刻画了这种类型的生产所面临的问题的特征。]

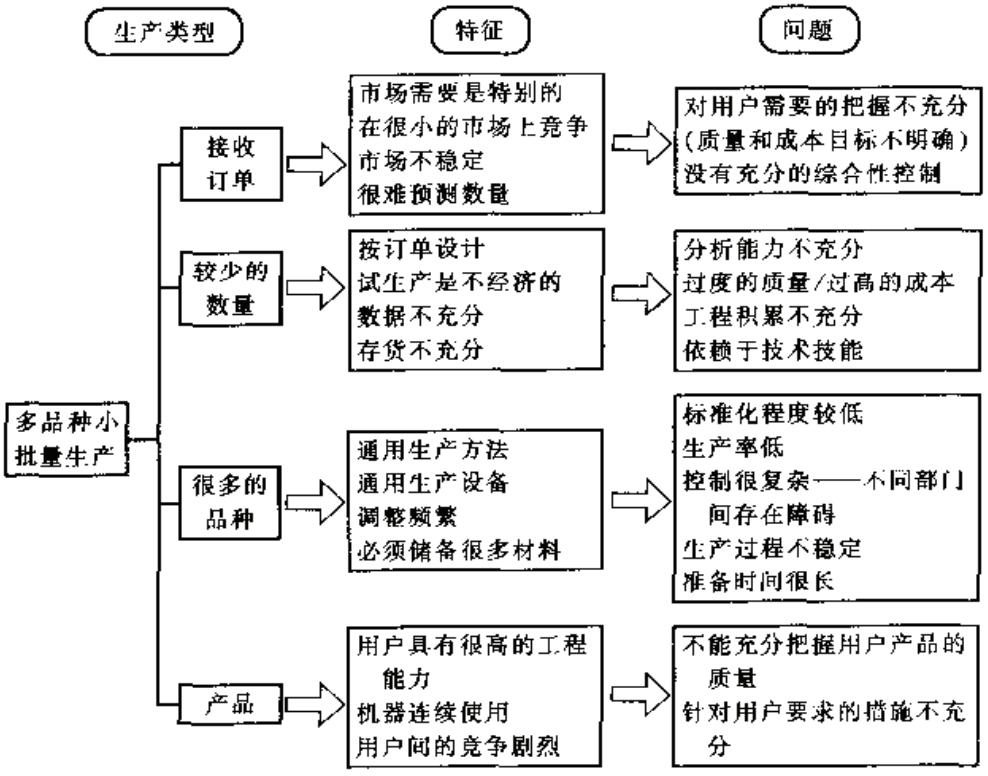


图 24—1　按订单生产的工厂中质量管理所面对的问题

转包的服务 类型Ⅳ中的公司与类型Ⅲ中的公司的差异仅在于它们往往是专长于某种特殊作业的小型独立机构，通常对顾客所提供的原材料进行加工。从事这类生产的附属性机构通常为某个大型的Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ型公司的内部部门。加工的高度变异性仍然是其特征，每次的加工通常只需要几小时的生产时间。

每工人每周加工数（jobs per worker per week） 所有这四种类型的逐件加工生产方式均表现出两方面的共性：

1. 种类繁多的设计（由于结构、配置、颜色、尺寸、形状、型号的多种多样）。

2. 对于任何一种加工的任何一项任务而言，生产时间都很短。

这两方面因素可以方便地合成为“每工人每周加工数”这一个参数，以反映每个工人在一周内所处理不同订单、调整设备或设置变更的平均次数。（随着与设置变更有关的工人技能、记忆和决策越来越多地为计算机和自动调整装置所取代，这一参数的名称将肯定改变为“每台机器每周加工数”。）无论属于哪种类型，逐件加工情况下的这一参数的取值都要比大量生产情况下的这一参数的取值高得多。这一事实对于逐渐加工生产中的质量管理有着直接的影响。

加工重复率（如上定义）在逐件加工的不同类型之间以及同一类型之内其大小也都不同。然而，作为整体而言，逐件加工生产的加工重复率通常要比大量生产低得多。从表 24—1 可以看出，逐件加工生产的某些类型的加工重复率要比另一些类型更高，如类型Ⅱ要比类型Ⅰ高。然而，在整个范围内，以及在逐件加工生产的某一类型内，这一比率也都是不同的。

逐件加工生产的方格图 将“每工人每周加工数”与“加工重复率”这两个参数在同一张图上联系起来时，就可以得到一个可以定量区分逐件加工与大量生产的简便方法。图 24—2 中的逐件加工生产方格图便用来反映这种关系。

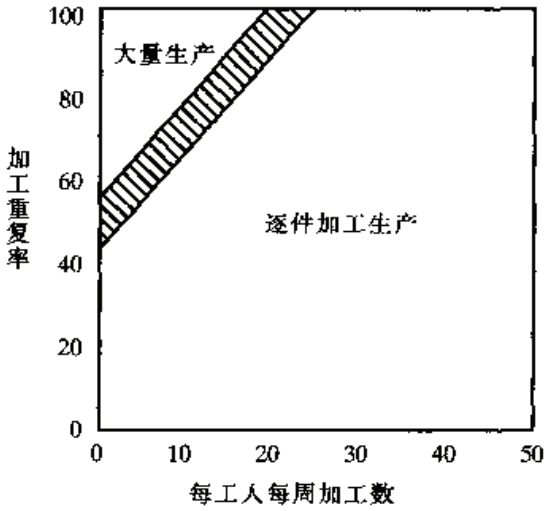


图 24—2 逐件加工生产方格图

逐件加工生产方格图为设计和应用质量控制方法开辟了通路，这些方法对于

定量参数有着重要的意义。很显然，大量生产方式的每工人每周加工数很小，而加工重复率很高。当每工人每周加工数在 20 以上的水平上时，无论加工重复率多少，我们都将之视为逐件加工生产。同样，当加工重复率低于 50% 时，即使每工人每周加工数很低，我们也认为它是逐件加工生产。

逐件加工生产的质量管理

广义而言，逐件加工生产中质量管理所面对的问题与任何其他生产方式下质量管理所面临的问题是相同的，亦即：

1. 计划全新的或改良的产品和过程的质量。

2. 控制制造过程中的质量。

3. 改进质量水准以减少质量损失。

其解决质量问题的概念和原理同样便是第 3、4 和 5 章以及相关章节中所阐述的那些概念和原理。然而，众多的加工活计（因此而导致了较高的每工人每周加工数和较低的加工重复率）对于逐件加工生产方式下的质量管理的细节有着极大的影响。

加工活计众多的影响并不在材料、过程或人员上，这些方面的影响对于所有加工而言均是一样的。这种影响也不在于体系、做法和程序，在这些方面同样也是一般性的。（然而，这些一般性“因素”可能蕴涵着慢性质量问题的根本原因。）应该说，这种影响类似于每周都推出许多的“新产品”的情况。对于这里的每一种“新产品”，都必须找出：（1）什么是“新的”；（2）它对产品设计、制造计划、专用工具、质量要求等有什么影响；（3）应当采取何种行动以确保所有部门都能够正确地识别这种“新情况”并与之协调。

换言之，数目众多的加工活计主要影响了产前计划活动，特别是影响了制造计划活动。这一计划活动中面临着一个相当重要的沟通问题，即如何向有关各方沟通每批活计的“新情况”以便采取相应的行动。这种沟通的工作量将会因以下因素的乘数效应而巨幅增大，这些因素即：（1）加工活计的数目；（2）每种活计的差异数；（3）这些差异所影响的过程、工具等的数目。这种巨量的沟通工作所造成的结果便是，这种情况下的质量控制问题不仅表现为常规的过程与产品的质量控制问题，同时也是一个沟通质量的问题。因此，当发现产品的符合性问题时，所采取的纠正措施往往是针对加工计划（job plan）的某些细节，而不是针对产品或制造过程的。

根据上述讨论，在逐件加工生产中，质量管理必须采取以下几方面的专门措施：

对于向有关各方沟通重要的质量信息加以计划。

对于这种沟通中的差错和不妥加以控制。

不仅要改进过程和产品，而且还要改进计划活动和沟通。

加工数据

如前所述，产前计划活动是逐件加工生产中的一项主要活动，它涉及每一项加工。由于每一项加工在设计上都各不相同，都要求有各自的产品规格，来详细规定材料、配方、结构、形状、成品的物理特性、质量与可靠性要求以及其他事项。（在以下的情况下可以采取简化的做法，即可以采用一个规格来规定彼此之间非常相似，只是在某些具体的尺寸、颜色等细节上有所差异的整个“族”的品目。）

因为各项加工所遵循的具体制造过程也各不相同，都要求有各自的制造计划（manufacturing plan），以便向生产部门和检验部门传达各种必要的细节，这些细节涉及所用原材料、作业次序、检验或试验点、专用或特制的工具、加工性能要求、必须遵守的加工规定等等。

对于某项特定的加工活计而言，似乎没有公认的专门术语可以用来概括产品和制造过程的所有细节。“加工文件”较为接近一些，但这一说法的含义有时还包括所记录下的质量数据，而这一点不属于我们的定义之内。因此，作者构造了“基本加工数据”（primary job numerics）这样一个词汇来充当这样一个概括性的术语。表 24—2 归纳了这些“基本加工数据”并给出了典型的例子。显然，大量生产（mass production）方式也同样具有这些数据。然而，在大量生产的情况下，这些数据的数目较少，变动不大，易于为生产现场人员所记忆。而在逐件加工生产中，这些数据数目很多，经常变化，因而必须经常查阅书面文件。

并非所有的逐件加工生产都要准备用来规定产品和制造计划的这些数据。类型Ⅲ和Ⅳ（见表 24—1）一般从它们的客户处接受产品规格，因此只需准备制造计划。类型Ⅰ和Ⅱ需要为其自己的产品准备这两类数据，但对那些外购的原材料和零部件则只需准备产品规格。

基本加工数据一向都被认为是十分重要的，并表述在各种类型的生产“立法”文件中。产品规格、加工图纸、材料规格、配方或配料单、工具图、装配剖视图、工序卡、作业单、检验明细单、测试程序、作业次序卡等，都是向生产现场人员沟通必要加工数据的各种手段的普遍名称。

在不断发展的计算机辅助制造技术（CAM）中，向生产现场沟通并更新基本加工数据的问题已经得到了解决。工程师或技术人员一般借助于来自制造或工艺工程师的输入来规定其基本加工数据。这些数据通过计算机传递给生产人员。因而，从作出变更决策到通过“变更单”的传递使人们周知这一一度恼人的时间

延迟问题得以消除。

表 24—2　　基本加工数据

定义事项	典型例子
	对产品的规定
材料	金属、化学品、农产品等的材料规格编号
配方	所用各种材料的特定比例
结构	表示尺寸、零部件、装配细节的图纸或简图
成品可接受性	尺寸的、物理的、化学的、光学的、金相的、电的、视觉的等方面的公差 功能试验要求
可靠性	在规定的耐久试验中的最大失效率或降级程度 对制造计划的规定
进厂材料	源头、转包者
作业次序	初始作业、二次作业、最终作业、包装等确切次序 特定机床、浴器、烘箱（要求时）
检验点	检验站或试验点的位置
专用工具	特定形状的工具、模具、冲模、装配夹具等的设计
加工性能	特定作业所要求的尺寸、厚度、密度、颜色、电气性质、化学性质、强度等
强制性加工规定	烘焙、热处理、反应、干燥、硫化、消毒等所要求的温度和时间

表 24—2 中所列出的基本加工数据是定义和制造产品所必需的最低限度的细节。对于确保最终产品的质量或实现经济有效的作业而言，还远远不够充分。为使产品的缺陷、拒收、修理、生产损耗和顾客不满降到最低程度，还需要有进一步的辅助加工数据来提供必要的信息。

表 24—3 中给出了其中一些辅助的加工数据。对于产品和过程定义的每一方面来说，都存在着特定的细节。这些细节因加工活计而异，对于生产人员具有重要的价值。这些细节为生产人员提供了进一步的知识，这些知识常常决定着能否满足最终产品的要求以及质量成本的高低。

在逐件加工生产中，预防产品缺陷的关键在于对于辅助加工数据的重视，这或许并不夸张。一旦理解了这一点，为基本加工数据所用的计算机化方法便可同样应用于辅助数据。这从根本上消除了先前发生过的许多“争论”和误解。并非所有的加工活计都需要所有这些辅助加工数据。事实上，逐件加工生产环境下的经理们所面临的实际困境之一便是决定在这个方向上做到什么程度（见下述）。

表 24—3　　用于预防产品缺陷和损失的辅助加工数据

定义事项	典型例子
材料	过程控制中供应商规定的特别要求 特殊的度量或测试方法 包装要求 特性分类 可接受质量水平 必要的认证
作业次序	特殊的工作指导书 重要手工操作的确切细节 对作业次序的允许偏离
检验点	特殊的度量或试验方法 特性分类 可接受质量水平
特殊工具	验证号码 工具检验细则 允许的工具误差
过程特性	过程变量的最佳设置 特殊的度量或试验方法 包括设置核准规定、运转核准规定在内的运营控制计划所用的统计控制方案
强制性工艺	时间、温度等的允差 必需的认证
产成品的可接受性	特殊的度量或试验方法 顾客特别要求的“特性” 特性分类 可接受质量水平 客户数据提供或认证 外观缺陷的允许限度 客户要求的抽样方案
可靠性	试验细节

加工计划活动

要建立、沟通并遵从所有这些加工数据，就要求在逐件加工生产环境下的质量管理规划必须以各项加工的计划活动（individual job planning）为主要要素。这涉及：(1) 加工计划活动的组织；(2) 检查并纠正加工计划活动中的差错；(3) 改进加工计划活动。

加工计划活动的组织　计划要达到何种完善程度，这是人们要回答的一个主要问题。通常的做法是，全面完成基本加工数据的计划或仅留少数细节在生产运行过程中完成。但是，辅助加工数据的确定则要求在计划过度与计划不足之间寻求适度的平衡。这些数据的预先确定有利于在生产过程中避免差错和误判。然而，细节的分量巨大以及缺少某些方面的恰当信息（如特定的缺陷、程序偏差、

工具偏差等发生的期望率，有关过程变量的最佳设置的知识等）使得要补全所有细节是不经济或不可能的。

在这种决策中，一个主要的考虑因素是“加工重复率”。对于加工重复率很低的场合，必须把主要精力投入到辅助加工数据的计划上，因为舍此将不存在“第二次机会”。而加工重复率较高的场合则可以把重点放在控制而不是计划上，因为在一段时期内，控制活动将会促使正确的加工数据的形成。图 24—3 显示了这两种情况的对比。

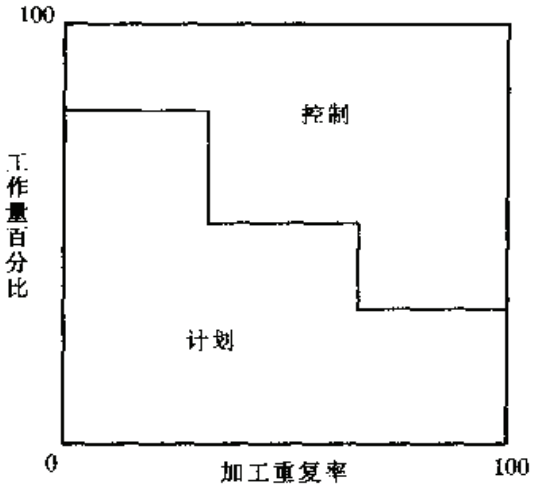


图 24—3　加工重复率对于在计划方面所花努力的影响

决定计划活动的程度的另一个考虑因素是时间进度问题。当制造周期允许在正式加工生产之前进行批量试制以确定大多数辅助加工数据时，或加工运行时间长得足以利用反馈数据并采取纠正行动以达到同一目的时，计划活动便可以不必过于完美。（参见下面的“逐件加工生产的控制”一节。）

不同类型的逐件加工生产中，加工计划活动的职责归属会有很大的差异。除了那些规模最小的场合，基本加工数据通常均由独立于生产部门之外的一个职能小组来开发和发布。这种小组有多种称谓，如研发、工程或技术（特别是产品定义作为其工作内容时）、制造工程、过程工程、生产工程、预估、计划或工业工程（当计划主要限于确定制造计划时）。但是，有关建立辅助加工数据的职责划分并没有通用的做法。有些情况下，由属于职能部门的质量工程师或工艺工程师承担这一职责。而有些情况下则是由生产主管、检验主管，甚至是工人和检验人员来承担的。还有些情况下，辅助性的检验数据由职能专家来建立，而任由生产监督员自行建立和传递有关工具、设置、过程变量设定等方面的信息。

就组织活动而言，明确清晰通常要比合乎逻辑或整齐划一更为重要。既然存在着提供辅助加工数据的必要，做这件事情的职责就应该是清晰的。在这个问题上，含混不清的那些加工车间通过理清这一问题将会做得更好。作为一个普遍的规则，若将建立和维护部分辅助加工数据的职责授予了生产部门，相应的责任和

方法就必须清晰无误。否则，就会流于疏忽、维护不当和缺乏效率，这是作者的经验所在。

通常，工作的多样性使得有必要和可能根据加工生产的规模和复杂性来选择性地进行计划。超过一定规模、涉及新的制造技术或期望成为新的标准产品的加工生产由职能小组来加以计划，而小型的，或与“标准品目”只是略有变异的，或以往做过的那些加工生产的计划则由直线生产人员来进行。

加工计划活动中差错的检查与纠正 基本加工数据和辅助加工数据所涉及细节的这些绝对的数字不可避免地会使加工计划活动中出现差错。有些差错是出于疏忽，如点错了小数点，掉换了位数、计算错误等。还有些差错则是由于计划人员缺乏有关过程、制造的经济性、能力和可靠性方面的充分知识而造成的。

为使计划活动中的差错尽可能最小，对于计划活动采用某种适当的方式来加以评审是很有用的。对于大型的加工生产，这种评审常常会非常精细和正式。计划文件要交由关键部门传阅，而后还要召开正式的评审会议。这种会议不仅仔细检查差错并作出改善，还要识别可能出问题的领域。此外，它还可能决定在全面投产前，是否采用“样品”或“试验批”评估。这种评审会议还可以确立相关的指南，以便把建立辅助加工数据的工作委派到较低级的单位。

对于小型的、低重复率的加工生产，计划文件同样要交由关键部门传阅。但是，其评审及批准通常不采用正式的评审会议的形式。

鼓励工人参与以辨识差错已成为许多质量活动的一个目标。谢弗（Schafer，1978）描述了在某机械厂实施的一个成功的鉴别差错的质量规划。“操作核对”卡（见图 24—4）就是为在机加工、焊接、装配、电工、油漆、包装和装箱等操作中辅助工人进行系统性的检查而开发的。一旦发现差错，工人们就会填写一个问题报告，该报告将传送至计划人员以设计纠正措施。

操作核对卡

检查印制工序		检查机器	
· 蓝图	· 信息	· 速度	· 水平设置
· 工艺	· 未知/问题	· 进给	· 加工功能
· 工艺与印制	· 加工区域	· 纵向设置	· 加工能力
检查工具、紧固、位置		检查材料/零件	
· 工具	· 检验工具	· 材料	· 上道加工
· 紧固	· 定位表面	· 规格/形状	· 零件齐全
· 紧固能力	· 加工夹持方法	· 状态	· 外观
首件抽检核对		过程抽样核对	
· 印制零件	· 损坏情况	· 印制零件	· 零件移动位置
· 零件可用性	· 加工	· 机器滚移	· 机器设置
· 超差情况	· 外观	· 工具磨损	· 每 10 件状态

图 24—4 操作者用于发现计划差错的“操作核对”卡

对于高重复率的加工生产，重点则更多地放在控制系统上（参见以下的“逐

件加工生产的控制”一节)。

加工计划活动的改进　对于这一计划活动的改进，限于制造领域而言，涉及机器的准备和使用，以及有关确定公差、选择过程、特性分类等方面的过程能力知识。其方法通常是常规性的，其内容在第 22 章讨论。

一个被称为“成组技术”的概念涉及对于加工工作的计划活动，这是通过依据作业的共性来确定零件“族”进行的。这种共性被用作对图纸、工具等进行标准化的基础，对于质量计划有着显然的作用。成组技术的思想扩展到了计划活动之外的机器布局、产品流、加工中心和柔性制造系统。参见第 22 章的“成组技术”部分。

逐件加工生产的控制

逐件加工生产中的“加工”性质源于产品的多样性。然而，出产这些不同产品的生产过程在材料、机器、工具和人员方面显示出了高度的共性。因此，逐件加工生产中的制造质量控制系统与大量生产情况下所用的系统非常的相似，只不过要因特定的逐件加工生产的规模和需要加以调整。此外，每工人每周加工数的巨大取值，以及加工数据中所包含的大量细节，使得在数据反馈和纠正行动方面必须采取特别的方式。

总的控制系统　以下列出的是与大量生产系统相对应的逐件加工生产的最小系统，还列出了这些常规方法可参阅的章节。

控制系统	参考章
供应商材料	21
批的特性和流量	23
过程控制的决策	45
工具和设备的审查及维护	23
测量设备的校准和维护	23
不合格材料的处理	23
顾客投诉的分析和追踪	25

为了使这些系统正规化，就必须将它们编入质量控制手册，并分发给相关人员。按照ISO 9000的要求，这是必须进行的（参见第 11 章中ISO 9001的条款，以及质量手册中ISO 9000要求的典型结构)。

在逐件加工生产中，就过程的运行或停止的决策提供一个健全的计划，并明确生产现场的决策责任，有着非同寻常的重要意义。同样重要的是，由于要用有数的劳动力面对众多的加工，逐件加工生产厂商必须理解和利用主导因素的概念(见第 22 章中“控制系统及主导因素的概念”部分)，以实现劳动力效能的最大

化。设置“主导”，对于小批量加工生产中的大多数质量特性而言，尤其是类型Ⅲ和Ⅳ，是一个普遍的模式。其主要原因在于，运行时间通常是如此之短，以致过程中随时间的变异非常之小。因此，“如果设置正确，该批都将正确”。相应地，加工设置是至关重要的一个控制点，要求运用经过统计验证的方案来取得设置的核准。

较早前，人们采用了一些简化的控制方案，如加严测量（narrow limit gaging）、预先控制、控制图等，但这些方案并未得到人们广泛的理解。计算机的应用现已进入到了这个领域。这使得统计手段的应用变得简单，实现了自动化。这方面有为数众多的实例。

在制造昂贵的机加工部件时，其中包括那些多维的部件，采用了一些专用的量规以确保设置的正确性。测量中获得的数据自动输入到装有专门程序的计算机中，生成直方图、能力指数、控制图以及其他的统计估计，以进行预测并在必要时据此采取行动，确保批的符合性（见图 24—5）。

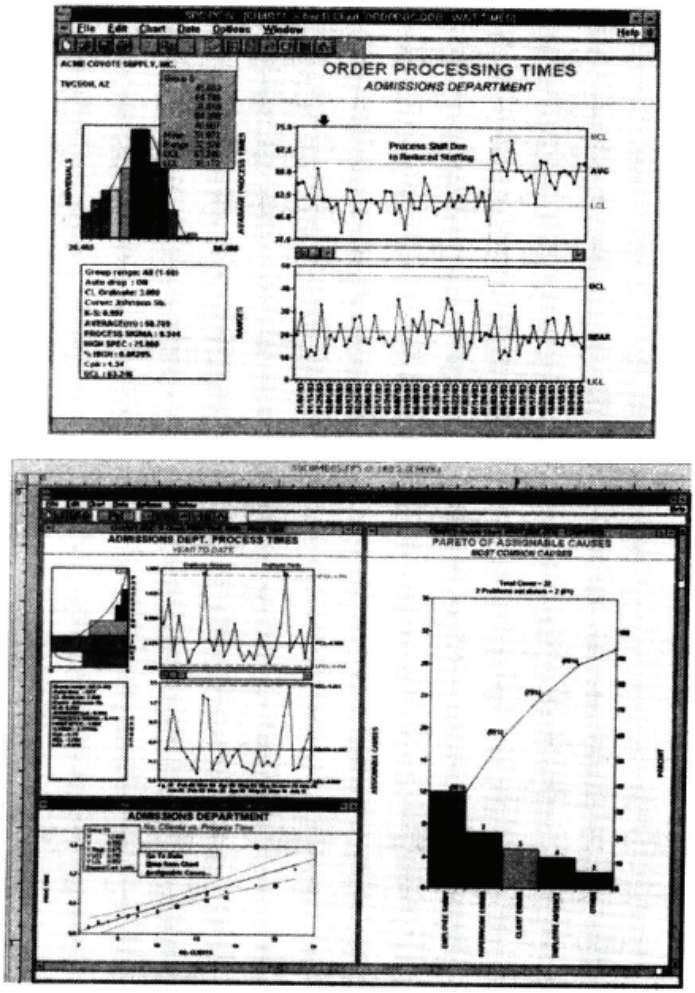


图 24—5　计算机软件使得 SQC 工具在逐件加工生产中得到了有效的应用

这里图示的是由质量美国（Quality America）公司提供的一些典型例子。

更普遍地，对于任何过程而言，可以由数据收集者把从常规测量仪器或视觉

检验中获得的数据键入手提电脑中。片刻之间，反映出该设置产出的产品批的质量的统计“图像”便闪现在计算机的屏幕上。使用者无须懂得统计学，从图上可以一目了然！

这些进展加速了操作者自我控制的趋势，判断设置妥当性的职责现在可以授权于他们（参见第 22 章的“自我检验”一节）。

数据反馈与纠正措施　许多逐件加工型企业的经理们都落入了这样一个误区，以为一旦建立起了检验系统（尽管在小企业中这只不过意味着雇佣了第一个检验员而已）就有了“质量控制”，就可以松口气了。这样的“质量控制”可以使他们避免购买劣质的原材料，阻止不良品的制造，监测发出去的产品。这些事情可以做得很好，但还应当对之有一个更重要的要求，这便是应用从检验中得到的信息来改进质量。如果建立起适当的反馈机制，便可以从几个方面来达到这一目的：

1. 防止一项加工中未制造部分的缺陷。
2. 防止一项加工中的重复批次的缺陷。
3. 防止同一“族”中其他加工的未来批次的缺陷。
4. 纠正所有加工的共同“成分”（即政策、体系、程序、惯行）中的问题。

某个特定的逐件加工型厂商能够在多大程度上获得这些益处，取决于“每工人每周加工数”、“加工重复率”以及其他的因素。对这些因素的考虑产生了“当前加工控制法”和“重复加工控制法”作为实现反馈和修正行动两种基本方法。

当前加工控制法　这是通过同一加工的已制造部分的信息反馈来防止该加工的未制造部分的缺陷的一种方法。只要一项加工的运行时间长于给出反馈信号、诊断原因、确定并实施纠正措施所需的时间，就能够应用这种方法。参看图 24—6 的顶端部分。这种预防手段的价值是如此显著，因而促进了有关质量故障的数据的迅速反馈，促进了基于该反馈的纠正措施的迅速实施。

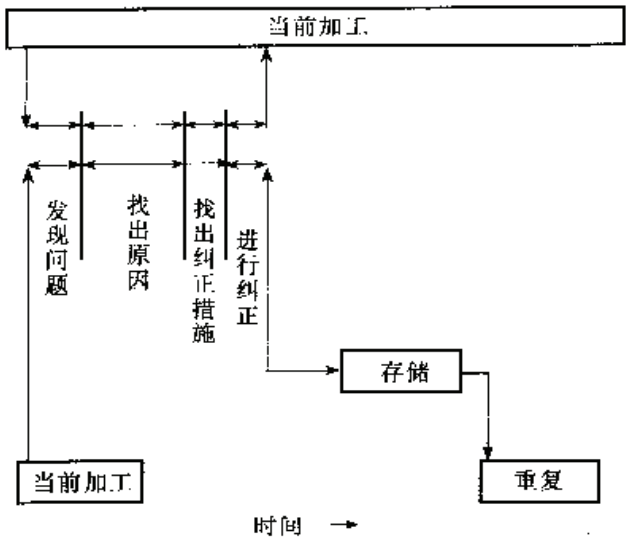


图 24—6　当前加工与重复加工纠正

图 24—7 显示了一个电器装配厂运用这一机制，来实现这种快速的反馈和纠正。子单元、单元及系统的测试结果按照偏差的项目及性质依序记录下来。质量控制工程师每天检查测试记录单，确定每项偏差的性质，并向设计工程师、制造工程师、部件工程师、测试主管、试验设备维护人员、供应商联络员或能够采取必要措施的其他人提出“纠正措施要求”（见图 24—7）。该质量工程师会追踪他所提出的每一项纠正要求以及相关答复，直到问题得到解决或是决定没必要再采取行动为止。

有利于未完产品的纠正措施，或者表现为加工数据的改变，或者是对于加工数据的遵从情况的纠正。

检验报告		仪器开发实验所（IDL） 马萨诸塞州艾特尔博罗市麦开尼克街 67 号					报告号 日期：
批量： 154		件号： 401185	品名： 镜头筒				供货者： IDL
接收数 0	拒收数 全部	检验员 J. 库奇	P.O.	R.R.	W.O. D801B	A.O. 0502	检验日期
所要求的鉴定				作业编号 150-完工			

级别	合格质量水平	样本量	拒收数	样本中缺陷数	合格件接收人： M. 泰勒——库房 日期：
主要	1.0%	35	2	2	
次要	4.0%	25	3	4	废品件接收人： W. 彭德格斯特——生产控制部 日期：
其他					

废品	处理
报废原因：_____ 项目表：_____	项目表：_____
1. 1.595 +001 为 1.594 7~1.595 6 −000	1. 选出直径小于 1.595 的进行返工
2. 0.125 ±005 孔为 0.126~0.133	2. 0.125 的孔不会影响功能和配合，可作为合格品使用
	分拣结果：143 接收 11 拒收
	纠正措施
	工业工程部门修改工具 归档，12 月 2 日再检查
	材料评审委员会
	质量控制：日期： W. 沃尔德
	产品工程师：日期： C. 洛根
	管理部：日期： L. 索特泰——AFQCR

图 24—7 典型的拒收、处置和纠正措施计划

当存在下列各种情况的组合时，当前加工控制法最为适用：

1. 预防未完成品中的缺陷所获得的经济收益明显大于反馈和预防设备的成本，也就是涉及大的批量或昂贵的产品时。

2. 缺陷原因明显得足以快速诊断出来。

3. 反馈与追踪的组织简单易行，如具有明确职责的一个雇员。

在加工重复率很低的逐件加工生产中，即便是当正常运行时间短得难以应用当前任务法时，有意创造机会来加以应用也是值得的。整单任务不是作为一个批来加工，而是在大批次加工之前首先运行一个较小的“试制”批或单件产品，这样就有时间进行反馈和纠正。

小批试制的想法在逐件加工生产中的应用由来已久。然而，在其早期的做法中，试制批只是按照完全相同的方式进行加工。之后对生产结果进行检查。如果未发现生产中有何问题，就认为一切正常，尝试性的加工数据将被作为正式数据。试制批常常只被当做旨在获得客户许可的制作样品的手段。但经验表明，再多用一些努力来计划试制批，收集特定数据并加以分析，使用这些结果来修正加工数据，这将是非常有价值的。

例如，一个机加工的件要经过一系列的作业，所有这些作业都可能影响一个关键尺寸。试制批的 10 件产品有 9 件符合规格这一事实似乎足以确认加工数据的适当性，但过程能力不足或加工中心错位会使整批活儿的缺陷率轻易达到 30%。通过每道作业后测量 10 件产品，并对其均值和级差进行统计处理，机敏的分析人员会很容易发现问题，进一步还能够鉴别出哪道作业应当对问题负责，从而避免了加工其余产品而造成的更大损失。

重复加工控制法　有许多加工的运行时间是如此短促，在“分析、反馈、纠正”这一序列活动完成之前，该项加工已经完毕。在这种情况下，从分析得来的知识就不能应用于“当前”的加工。然而，这些知识可以被用于重复性加工中，其前提是有一个存储系统可以用来：

1. 储存知识。

2. 在收到重复加工订单时提供现成数据。

图 24—6 下半部分图示出了这种时间关系，即“重复加工控制”（repeat job approach）意味着将从先前订单中获得的知识为未来订单所利用。由于这种方法涉及维护一个存储系统的费用，所以当加工重复率在 75% 或更高时，这种方法最为适用。如果加工重复率很低，比方说 25% 或更低时，这种做法在经济上可能就是不合算的。当加工重复率介于二者之间时，必须从经济上对这种情况加以考察，以决定是否能以较小的代价对所有可能的重复加工提供保护，或是承受较小数目的重复加工任务重复差错的损失。此外，还存在一些必须应用存储系统的特殊情形，例如复杂设备研制过程中的小规模初始试制，因为在收到生产订单前找出和消除加工数据中的缺陷通常是非常重要的。

加工数据存储系统 在计算机走上舞台之前，已有种类极为繁多的存储系统被发明出来以满足这种需要。在设计计算机系统时，如果能够熟悉这些系统，理解什么是真正的需要，设计人员的工作将会做得更好。这里所需要的不只是规格，而且还有从过去加工中所获得的经验。例如，在一家生产定制飞机零件的工厂中（类型Ⅲ），制造职能小组建有一份“加工历史档案”。进入这一档案的有客户的图样和/或规格、加工数据、每次加工的过程数据和最终检验数据、不合格记录、所遇到的问题、所采用的纠正措施、排除故障的调查结果、建议、所提出的正式变更要求。当接到重复订单时，计划人员在发出新的制造通知前，将查阅这个档案，评审数据和记录。其他厂商也有类似的计划存储系统，其内容覆盖了购自供应商的品目和/或转包给类型Ⅳ厂商的品目。所有这些信息的目的在于，对于重复性订单，必要时设计者能够修订产品规格，而计划者能够修订其他加工数据。

有关这些存储系统的经验给出了一个重要的结论，即在当前的加工进行中或完成后的即刻，就“消化”这些数据和记录，并做好针对未来批的变更，这样做的存储系统才是最有用的。若是这些数据和记录在接到重复订单之前一直不加消化，这样的存储系统便算不上是成功。等到那时，未经领会的信息已经大大失效，生产重复订单的时间压力也常常会妨碍利用系统的努力。

实现这种“消化”就必须确立对于纠正措施进行探究和追踪的规矩，即使当前的加工可能已经完成也必得如此。探究工作的组织不妨像控制当前加工一样。如果涉及的技术简单，就只设一个分析人员。但如果缺陷原因及所需的纠正措施并不明显时，就需要多几个能干的人员。无论是哪种情况，由谁来对调查与决策负责都应当加以明确的分派。它可以是材料审查委员会、纠正措施委员会、工厂服务小组、质量工程部门或其他专门的小组。商定好的纠正措施通常都要做好记录，并明确负责的部门以及预定完成的日期（见图 24—7）。然后还需要有一个遵循系统化规程的不懈的追踪系统，以保证在前后订单的间隔期间贯彻这些意图。因此必须指定专人对需要执行的纠正措施“做好记录”，直到完成为止。

制造用的存储系统 这类系统通常是由生产部门建立的，用以提醒人们注意以往的实施差错的危害性，并建立更多适宜的辅助性加工数据。例如，对于操作者可控缺陷，常以特殊的“警告”或“注意”纸条贴在工厂加工档案中的蓝图或指导书上。负责重复生产的操作者将因此而特别留意某一特定的加工。图 24—8 所示的“易错单”便是一个例子，这是弗莱彻和诺维（Fletcher and Novy，1972）所描述的一家大型的逐件加工型企业所应用的。

还有个例子是某些过程所建立的加工“设置卡”档案。每张卡片都是针对某项加工的记录。卡片记录了加工中的过程条件，也记录了试验和检验的结果。例如，在压光塑料薄膜时，加工设置涉及的数据如辊速、辊温、辊距、进料速率以及许多其他方面的要求。在运行过程中，往往根据领班的判断来更改某些参数

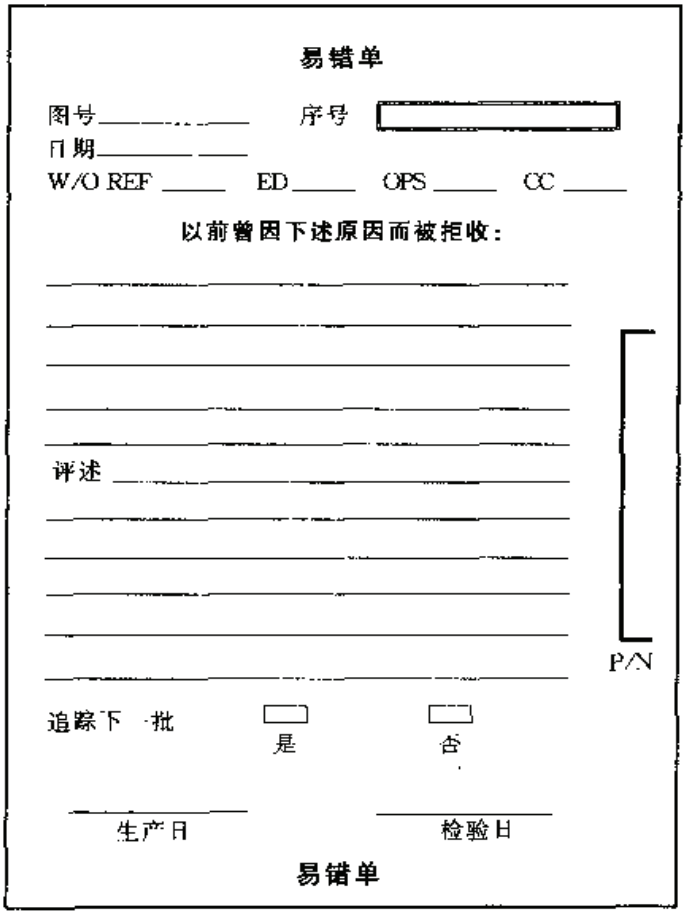


图 24—8　针对操作者的提示单

(并及时记录下来)，以改进生产中的薄膜质量。随后的检验或试验结果同样也要记录在卡片上。

当同样的塑料薄膜再次重复订货时，设置人员就会参阅卡片档案，找出显示最好测试结果的批次，然后努力重现生产这批好产品时的过程条件。建立了卡片档案之后，就可以进一步借助于更加高级的统计方法来分析数据，这些方法如回归分析（参见第 44 章）等。计算机程序为针对下一项加工“实时”地实施这种分析创造了优越的手段。

检验用的存储系统　这种存储系统通常由记录有检验结果的加工历史卡片所构成。有关加工质量水平和特定缺陷发生频次的信息可应用于各种类型的质量改进中。它有助于引起人们对于检验差错的注意，导致缺陷分类和可接受质量水平的修正，推动检验试验方法或测量仪器的改变，提供更多的供货说明或注意事项，对每种加工中的关键的少数缺陷提出帕累托分析摘要，识别出可以降低检验或试验程度的加工，等等。

此外，存储系统的概念为在逐件加工生产中诊断“疑难”缺陷的起因、确定过程能力、找出主导因素以及进行各种其他的统计分析等提供了途径。例如，在

大量生产的情况下，几天甚至几小时所产生的缺陷就足以为结论性分析提供所需的数据。逐件加工型企业的经理们通常会对在这样短的时间内有这样的收集和分析数据的机会心怀妒羡，他们常常会放弃将这些方法应用于加工型工作的努力。但是，重复性的较小批量加上一个存储系统，再加上耐心，同样也能够提供数据、分析和解决方案。当数据按照加工中心而非缺陷类型来组织时，分析的经济性可能会更加显著。

计算机存储系统 这些存储系统的计算机化使得所需加工数据和有用信息的积累更为有效，生产作业人员可以实时访问这些信息。与此同时，所存数据能够很便利地进行帕累托分析以及进行上面提及的更为复杂的分析。因计算机而成为可能的快速分析，在诊断逐件加工生产中的质量改进问题时可以大显神威，以往这些问题被认为过于复杂和耗时而难以解决。

然而，计算机程序并不会自然而然地服务于这些存储系统，除非上述的这些自然产生的“非正式”的存储系统的重要性为人们所认识。这些系统是对实际存在着的需要的一种原始的反应。这种需要现在必须由周密计划的计算机化的系统来加以满足。

服务业中的逐件加工生产方式

“逐件加工”这一术语源自制造业，这一领域所独有的问题在应用质量控制方法方面进展颇慢。制造业是本章针对的重点。然而，许多服务业事实上也属于逐件加工方式。在旅馆、医院、保险公司和许多其他机构中，其每一天都是由大量的不同活动、病人、保险单或客户所构成的。本手册这章中所讨论的加工的计划与控制方法的适用性由帕特里克·梅尼（Patrick Mene）给出了令人信服的证明，他是利兹-卡尔顿连锁酒店的副总裁。他将这些方法应用到了“活动”(event)（即会见和会议）的计划和组织当中。他将“基本活动数据”（他自己的命名）定义为“规定活动的产品和工作的最低限信息”。他定义产品的基本数据包括如下这些项目：

1. 所要求的客房类型。
2. 功能型房间的布置和容量。
3. 特别的视听器材要求。
4. 食物的菜谱和规格。
5. 饮料的品牌和包装大小。

工作计划的基本数据包括：

1. 所需的外购原材料。
2. 食谱与上菜次序。

3. 检验点、预演与品尝。

4. 展示品、装饰等。

但是，像在制造业中一样，“基本活动数据对于确保活动的质量而言很少可以说是充分的……为了最大限度地减少错误、返工、故障、延误、低效、波动、顾客抱怨和折扣，还必须有进一步的数据”。预防缺陷和损失的第二类活动数据包括：

1. 特供商品的品牌名称、原材料要求、测试方法、合格质量水平。

2. 重要作业的次序和细节，特别的工作指示。

3. 特别的测试方法、控制方案、合格质量水平、时间、温度、人员要求等等。

4. 特别顾客的喜好或厌恶。

在利兹-卡尔顿酒店的质量规划中包括了对各种活动进行计划的程序，目的在于使差错降到最小程度。对于大型活动，其中还包括了正式的审查会议和对书面计划的核准。对于较小的、简单的或重复性的活动，要制定书面的计划，但无需正式会议。控制程序涉及了检测活动数据中的差错的方法，或纠正活动数据执行中的差错的方法。人们将努力集中于在差错尚“历历在目”时，诊断出其原因。这种知识尽管应用于当前的活动已显太迟，但可用于未来的同样或同类的活动上。可参见第 30 章至第 34 章有关各种服务业的质量的内容。

金属加工技术及计算机化方面的进展的影响

在金属加工生产技术和过程决策的计算机化方面的进展，对于从事金属零件制造的逐件加工生产有着重大的影响。尽管绝大多数这些进展是致力于提高生产率的，但它们也极大地改变了一向作为金属零件小批量生产的特征的基本的人—机关系。

新的进展　从质量的观点来看，各种新进展的作用在于从多个方面提升了过程能力，并大大减少了在过程控制决策中对工人判断力的依赖。这些新的进展主要表现为：

- 改进了的工具、夹具和工件移动方法，如气动和液压固定装置。
- 数控加工机床。在这种机床中，由打孔纸带或计算机来确定和设置机器的加工速度、进料和其他切割条件。
- 工具的自动选择和安装。从旋转支架上多达 60 多种的工具中，自动选择合适的并装入到机器夹头中，这极大缩短了加工设置时间，并使得小批量生产变得更小。
- 机器动作的计算机控制，以完成从简单钻孔到复杂的成形加工等各种预

期功能。

• 单套机床和设备的产出多样化。这是通过可编程自动化实现的(Blumenthal and Dray, 1985)。

• 复杂机器人在装配作业和部件尺寸检验中的应用(Blumenthal and Dray, 1985)。

• 高速多维量具的应用。这不仅使得高难度测量得以加快,同时精确度和准确性也提高到了一个新的水平。

• 上述测量的结果直接输入到了计算机中。

• 计算机程序在即刻加工数据方面的令人难以置信的能力,过程中心值、过程能力、控制图、位置图、多变量图、量具的可重复性和可再现性以及其他有用的信息都可以迅即生成出来。

新进展的影响 金属加工技术的进展所产生的主要影响在于,对加工进行计划的工作量剧增,而传统意义上的控制加工活动的工作量大为减少,尽管还远未达到彻底消除的程度。根据本章先前的讨论,许多辅助加工数据已经成为必需并融入到计算机程序当中。虽然这种发展令人鼓舞,但它也在控制方面带来一些新的需要:

> 程序员通常在远离生产现场的办公室工作。其中仅有极为少数是有经验的机械师……程序常常出错……错误引导的钻头会在错误的位置钻孔或钻成碎片……无论何处要排除程序中的故障都将花费两小时到两周的时间(Blumenthal and Dray, 1985, p.34)。
>
> 机械师仍然必须设置待加工工件,根据磨损情况来调整工具,发生故障时关闭机器(Shaiken, 1985, p.18)。
>
> 操作者可能会发现铸胚比程序预期的大因而要求更多的切削量。某种合金比预期的更硬而必须放慢切割的进给量(Shaiken, 1985, p.19)。

加工计划与控制 这些进展中的大多数都使得探测和纠正加工计划中的错误比以往任何时候都更为必要。软件开发与质量保证,这是在第 20 章中讨论的,在采用上述各种新技术的逐件加工型生产中已经成为了一项新的常规任务。

第二个方面必须做的事情是确认包括软件在内的所有计划细节的正确性,这是通过对自动化过程首件产品的严格设置认可(setup acceptance)来进行的。过程中心和过程能力的确定利用某个软件包来完成,这方面可以有大量的选择。除了提供对于设置的认可之外,这还建立了一个判断后续加工的比较标准。

这样,针对随后的每一个加工订单的设置认可便可以简化为一个简单的判断,即加工设置自从上次确认以来没有发生变化,亦即工具保持着锋利、工件位置正确、进给和速度对这批材料而言是最优的等等。

质量改进

为了保持竞争力，除了确保质量符合性这些日常性问题之外，逐件加工型厂商还必须持续地进行改进或“突破”。大批量生产厂商同样也必须进行突破。有关突破的概念方法对这两类产业组织来说是完全相同的。其差异之处主要反映在改进“项目”的性质上。由于其巨大的产量，大批量生产中的质量改进项目通常针对的是某个特定产品的某种特定的缺陷，如 3KL 圆筒在 2.500 英寸（63.5mm）处失圆。比较而言，逐件加工生产中的质量改进项目通常关心的是修正那些诸多加工所面临的共性原因。

对个别加工的过分专注往往会不利于组织逐件加工生产中的质量改进工作。某个共性原因或许会对 25% 的加工产生负面影响（参见下面“电感器不合格”的例子）。拘泥于某一项加工的“纰漏”或“纠正措施”，会使管理人员看不到共性原因的存在，从而失去更大的改进机会。

在逐件加工生产中，合理的改进项目的确定在很大程度上是对帕累托原理的巧妙运用（参见第 5 章中的“帕累托原理”一节）。亦即要找出造成逐件加工生产中的绝大部分问题的那些共通的根本性原因，从而能以最少的分析成本获得最大的改进价值。一旦选定了项目，通常阻碍问题解决的更多的是管理而非技术。必须有人从日常的关注于各个加工的问题中解脱出来，使其全力去审视各个改进项目。

以下是逐件加工生产中确定改进项目的三种方法：

针对慢性症结的方法。

针对产品族的方法。

针对非加工（non-job）的方法。

针对慢性症结的方法　在这种方法中，首先应用帕累托分析来找出造成大多数质量损失的那些少数加工。“慢性症结”这一说法指的就是这些少数的加工。

例如，一家地板磨光机生产商发现，冲压废料是质量成本的一项重要构成。按照零件号对这种废料进行的帕累托分析（见图 24—9）表明，有六种零件所造成的冲压废料占到了总数的一半。因此，减少由这些慢性症结造成的废料便成为一个合乎逻辑的质量项目，因为其“加工重复率”很高。（第 5 章“质量改进过程”讨论了分析原因和找出对策的详细办法。）

在复杂的装配型逐件加工生产中，我们关心的重点是单个的装配缺陷，而非各项加工本身。每类加工中的缺陷可能会数目众多，且因加工不同而异。因此，纠正措施必须集中于那些造成经济损失最大，或对客户造成的后果最严重，或两

者兼有的那些反复出现的缺陷上。分析时要针对每一主要加工绘制一种“慢性症结”图，显示出那些最突出的缺陷。当同时涉及很高的经济损失和严重性时，所列出的清单便可能是“五种经济损失最大的缺陷”与所有那些最严重缺陷的综合。

慢性症结的纠正措施遵循前文“重复加工控制法”中所讨论的一般性方法。此外，还要把慢性症结清单列表公布，以引起经理、监督员、分析人员、生产工人、检验员等有关各方的注意和重视（某工厂的缺陷大多是工人可控的缺陷，在每个生产部门张贴慢性症结清单的做法收到了良好的效果）。在实施这项做法的过程中，该工厂经理每周会收到一份有关攻克这类高损失问题的进展情况的通报。

慢性症结的清单不是固定不变的。有些项目因问题得到解决而从清单中消失。有些新的项目加入进来是因为有新的顾客要求或竞争者的行为所致。相应地，必须定期修订有关“最坏”症结的名单（这与执法者修订十大首要通缉犯名单的做法类似）。

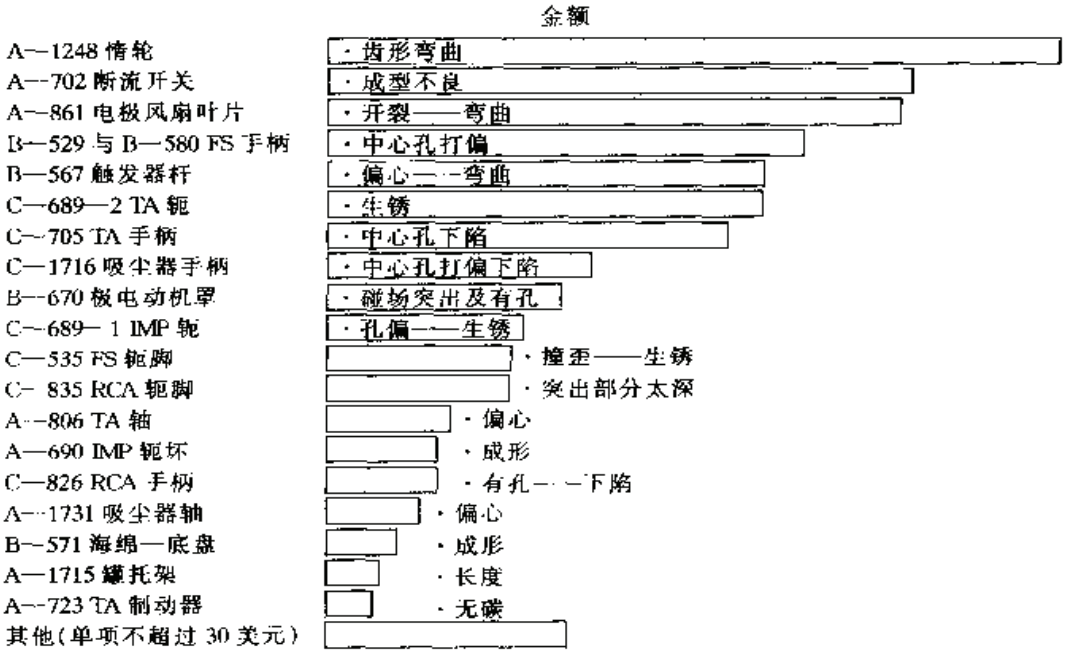


图 24—9　根据零件号的帕累托分析

针对产品族的方法　这种方法利用了这样一个事实，即一个产品族中的所有加工都有类似的顾客要求、设计规范、作业次序、过程变量、检验要求或其他的加工数据。在这样的条件下，任何加工都是同一产品族中的其他加工的一个重复。由于这个关系，加工重复率便大为提高。因而，诊断和纠正的努力便被分施到了更多的加工上。这种分施使得这种方法对于加工重复率中等甚至较低的情况而言都是经济的。

“产品族”的例子为数众多。轮胎制造商备有成百上千的加工规格，涵盖了

所有的品牌、尺寸、织物、构造、等级、内壁颜色、胎面设计等的组合。然而，以四层尼龙胎为例，其绝大多数加工数据对于该产品族中的所有成员而言都是相似的（尽管尺寸大小不同）。在压延乙烯基塑料生产中，无数的美术印制和压花应用于层压的、无衬的或涂膜的等为数不多的十多个产品族中。同样，在印制和压花之前，每一产品族的加工数据在很大程度上都是相似的。在机加工生产中，产品族的概念发展成了成组技术方法，即识别出一大群零件中那些共通的操作、尺寸、材料等，然后再重新构造制造计划。

针对产品族的方法的重点集中于改进整个产品族的加工数据。这可以通过几种途径来实现：

1. 将从“当前加工控制”方案中获得的知识推广到同族的所有成员中。一旦掌握了某一加工的纠正措施，同样的知识便可以惠及产品族中的其他成员。

2. 应用产品族概念来建立“重复性加工”的存储系统。这种做法可在较短时间内提供更多的数据，有助于确定慢性症结和缺陷的集中情况。进而，对“关键的少数”产品族问题的诊断将有助于获得可应用于整个产品族的纠正办法。

3. 在没有存储系统的情况下，设置一个特别项目来提供上述第 2 条中的信息，并解决这些“关键的少数”问题。

针对非加工的方法　这里所说的“非加工”方法，其含义是指通过发现和消除与具体加工无关的共同原因，即诸多加工共同面对的那些原因，来减少慢性症结的一种方法。由于影响诸多加工的共同原因为数甚多，应用非加工方法的第一个步骤便是应用帕累托分析来找出那些值得进一步分析的共同原因。帕累托分析可以从多个角度进行，如缺陷类型、故障模式、过程、部门、偏差、“基本原因”等等。通过这些研究，可以获得值得进一步探究的路径，通常这便是反映要为绝大多数问题负责的极少数的缺陷类型（或其他原因）的帕累托分布。

通常的出发点是，根据共同症状来研究废品或损失的分布情况。根据常理，进一步的分析会发现共同的症状背后有着共同的原因。例如，某电子产品装配车间发现（在局部装配中），按照缺陷类型排列的帕累托分布为进一步研究提供了一个很好的基础，因为有一种缺陷（焊接）占到了缺陷总数的约 37%（见图 24—10）。按照故障模式、错误类型、偏差等所进行的分析在本质上都是相似的。

对许多产品来说，即使是在探索性阶段，这种研究常常也能够向前推进一步。只要主要症状类别的原因从其本质来讲是“显然的”（即所有内行一致同意），就可以按照基本原因类别来进行分析。（这些显然的原因很好辨认，从缺陷的名称上就可以反映出来，如“刀痕”、“抛光不足”、“硫化不足”或“双刻痕”等。）

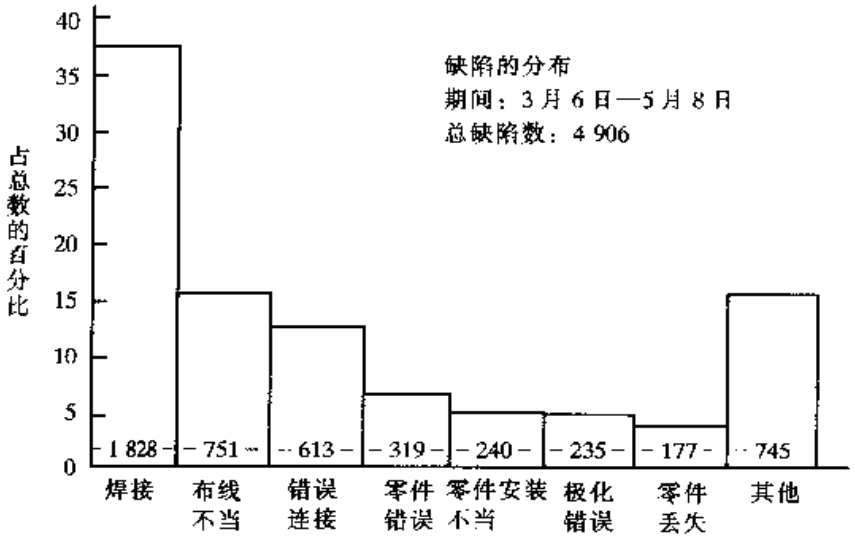


图 24—10　按照共同症状进行的帕累托分析

在一家汽车轮胎厂，一个按照缺陷类型排列的帕累托分布没有取得效果，因为在 85 项辨识出的缺陷类型中，没有充分的集中可以用来解明大约 20 种主要缺陷。然而，通过将 85 种缺陷重新分组成 7 个基本的原因类别（见图 24—11），很明显就看出有一道作业（硫化）需要有更好的控制系统，而另一项作业（精加工）则需要对设置更加关注。同时还可以看出，叠层的角度与宽度的关系要求工程部门对于辅助加工数据加以更加完备的计划。

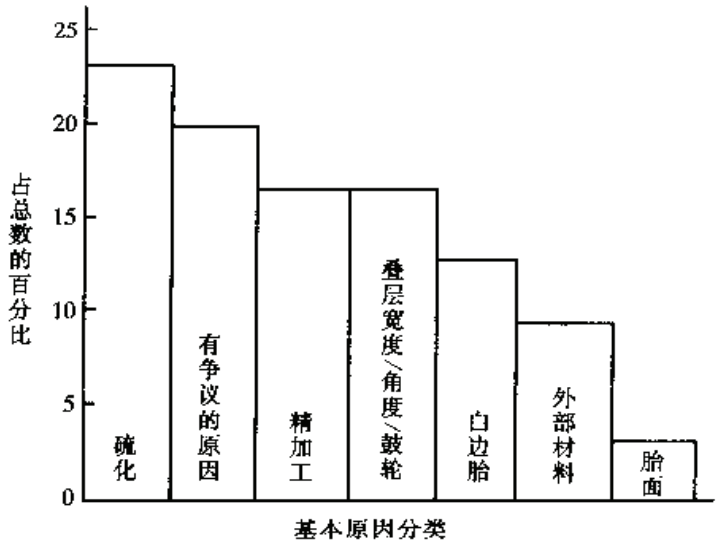


图 24—11　汽车轮胎次品基本原因的帕累托分析

有些情况下的缺陷原因并不明显，缺陷可以是几个可能原因中的任何一个的结果，但即使在这种情况下依照基本原因类别来进行分类也仍然是有益的。可以在一个限定的期间内（如一周或一个月）安排一项特殊的研究，在此期间内，由一个专门小组来追踪每次不合格或差错的原因，该小组由工程、生产和检验部门

的人员共同组成。小组根据发掘到的事实，来对原因的分类达成一致。

例如，一家薄钢板加工厂以这种方式研究其废品，获得的帕累托分布如图 24—12 所示。可以看出最有价值的研究方向是“操作者差错”这一基本原因类别，因为操作者差错（所有情况下都为操作者所认可）无论怎么说都是最大的一个类别。

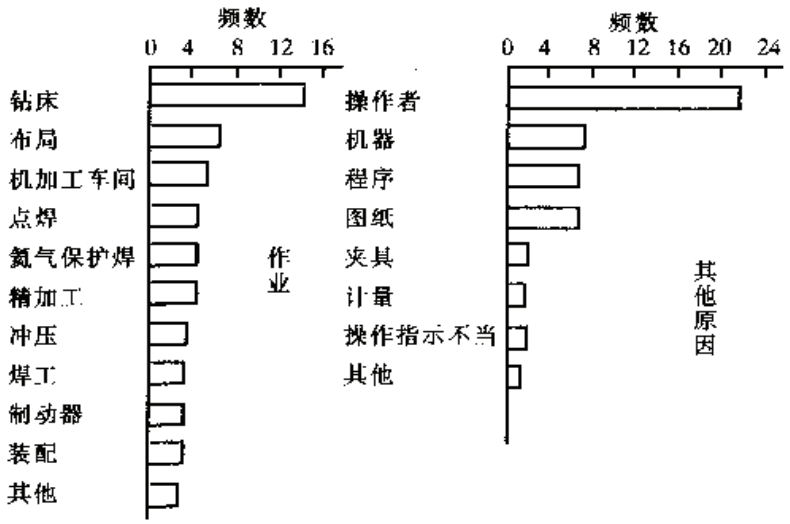


图 24—12　根据作业和基本原因类别进行的帕累托分析

一家机床制造厂设计了一种检核单（check sheet）来帮助领班们分析缺陷原因。该检核单要求每位领班要：

根据规格以及对装配或顾客的影响描述缺陷。

辨识过程中主导因素的来源（参见第 22 章中“对过程控制的计划”的内容）。

确定用于探测不合格情况的方案。

确定缺陷发生于何处以及被发现在何处。

确定工人自我控制的程度（参见第 22 章中“可控性概念”的内容）。

确定缺陷的基本原因（见图 24—13）（参见第 5 章中“诊断历程”的内容）。

缺陷的基本原因是什么？

——技术要求不清晰
——操作者对规格的曲解
——程序错误
——机加工图纸差错
——带尺差错
——加工差错
——夹具差错
——操作者设置差错
——布局差错
——上道操作差错
——其他（下述）
——工具磨损
——操作者装料差错
——操作者可重复性
——机械可重复性
——测量方法
——测量差错
——偏离程序
——供应商材料缺陷
——机器故障
——进给和速度差错
——操作者疏忽

图 24—13　一家机床制造厂的基本原因分析检核单

这样所获得的数据为许多可能的帕累托分析创造了条件。

在一家制造电感器的公司，“感应系数超出规格”是迄今为止最常见的缺陷。一打拒收率高的批次的频数分布显示，存在着两种不同的症状类型：

1. 某些批次的批内变异性适当，但分布中心发生位移，造成所有超出其中一个界限的产品被拒收。

2. 有些批次的批内变异性过大，导致超出两边界限的缺陷发生。

该情形下的共同原因是工程部门负责确定产品公差（如电感系数、阻抗）及决定导线规格和圈数的制造指导书“样品车间”。样品车间的做法是按照客户要求制作一个能够满足要求的试验线圈。然后，将制作试验线圈的导线规格和圈数编入到制造指导书中。这样一种体制是有缺陷的，因为它没有考虑线圈到线圈间的生产可变性的影响。一个试验线圈的结果提供不出赖以建立公差范围的线圈间可变性的信息；样品线圈的取值也未必如工程部门以为的那样，正好位于公差范围的中心。因此，当生产部门按照制造指导书的线圈尺寸和圈数生产时，就必然地出现了上述所观察到的症状。当样品车间考虑到预期的可变性，将程序改为制作三个线圈后，不合格品便迅即有了实质性的降低。

从这些例子，尤其是最后一个例子，可以明显看出，逐件加工生产中的质量改进并不仅局限于改变加工数据，或在该加工下次运行时为生产部门提出警示。“共同原因”常常随机地与各项加工发生交互作用，它可能在任何时间影响任何加工。对这样的共同原因的追踪一旦走上正轨，诊断的方向常常就会回到编制规格、确定公差、报价或预估、控制过程等这一最最基本的系统上。

诊断技术 逐件加工生产中诊断和纠正慢性问题的技术类似于其他任何的生产方式中所用的技术，第 5 章详细探讨了这些技术。然而，逐件加工生产的场合下，诊断人员很少能够如愿收集到大量的数据，因为这种情况下的批量太小了。这就要求诊断人员创造性地从一项加工的重复订单中或从一个产品族的几个成员那里收集到所需的数据。某种“存储系统”（见上文“重复加工控制”）利用其在一段时间内所积累起来的数据常常能够提供答案。

例如，某一逐件加工生产厂商的机器能力可以以如下的方式确定，即测量每项加工的 5～10 件产品，而后将一系列加工的数据积累起来。随着数据的积累，便可以形成估计机器能力的适当统计基础（参见第 22 章的“过程能力”一节）。

类似地，把存储系统中一系列加工的“最初”和“最后”的 5～10 个工件的测量结果记录下来便可以识别出主导因素。对于一个给定的机器或过程而言，如果一系列加工在两组测量值之间并未显示出任何显著的变化，则表明设置是主导因素，否则的话，则时间为主导因素。在后一种情况下，所积累的数据对于各次运行间随时间的变异是否稳定提供了重要的定量信息。

通过对小批次数据的积累，缺陷的“件内”或位置的集中甚至都可以被发现。在一家生产泵和空压机的大型铸件的工厂里，铸件的渗漏问题只有在逐月耐

心地记录渗漏位置之后才得以纠正。在这家工厂中，每次只生产几件铸件，经整修后交付。其存储手段是图纸的副本，诊断人员在上面记录了所有的渗漏位置。

逐件加工生产中的质量问题的纠正措施

若识别出的质量问题与加工有关，则纠正办法也是如此。在慢性症结方法和产品族方法中，诊断所指出的纠正办法通常是改变加工数据。当识别出的问题与加工无关时，如在非加工的方法中那样，则纠正的办法就必须更深入一步。例如，修正制定规格及进行计划和控制的整个系统。

挑战基本前提　难度最大的纠正措施是涉及必须质疑支配管理当局思想的基本前提或公理的那些办法，这些前提往往由来已久，几乎没有人会去尝试改变，甚至质疑它们。这些前提又因其跨部门的影响而愈加根深蒂固，亦即它会涉及公司的多个主要部门。因此，要加以改变，就要得到公司上层的认可或正式批准。

下面列出了一些必须挑战基本前提的广泛事例。在考察这些例子时，应当认识到，这些前提大多是在过去的年代建立起来的，随着难以察觉的缓慢的时事变迁已经变得过时。

不实际的技术要求　每工人每周加工数的数值是如此之大（逐件加工生产中常见的情形），这使得生产和检验人员要面对非常大量的质量特性。在这种情况下，“执行宽松的不实际的技术要求”这一系统变得无法管理，因为生产现场的人员必须在脑子中装入如此之多的有关如何宽松执行技术要求的细节。

对于生产定制产品的逐件加工生产厂商而言，那种避免（认为公差不现实或不重要的工人）不断违反技术要求的方式，表面上看给予了技术要求以约束力。然而，如果过程能力不足，再多的批评、恐吓或乞求都不会确保其得到遵从。这里的麻烦在于，这种制度是建立在一个有缺陷的前提上的。解决的办法不在于对目前制度的更认真的应用，而在于改变这种基本制度。

这并不像听上去那么容易，因为只要其基本前提被接受，这一制度就是符合逻辑的。通常人们在讨论强调执行公差时并不会质疑其基本前提本身。这种讨论可能会应一时之需，但却不会解决更为广泛的问题。只有当“是松散执行严格的公差，还是严格执行现实的公差”这一问题作为正式的题目列入重要议事日程上时，才能引起人们的注意。

非正式的沟通　在很小的模型间和特制品厂商中，设计人员、计划人员与加工人员的沟通是高度非正式的，包括有许多的口头沟通。随着规模的扩大，这种密切的关系逐渐被规模和复杂性所侵蚀，这时需要有更大的正规性，更多地依赖于书面的沟通。但是，有些逐件加工生产的厂商其沟通仍然保留着模型间和特制品厂商的那种非正式方式，尽管这种方式事实上早已过时了。正如较前的“加工

数据”一节中所探讨的，辅助加工数据的沟通是对现代产业世界的多样性要求的一个必要的反应。

报价的评估 向顾客报价的主流做法是由估价人员运用基于历史数据的成本标准作出的成本估计来进行的。

某些类型的产品所要求的精确度达到了如此的地步，以至于保证公差的能力成为了满足成本和交货要求的决定性因素。然而，估价员却很少能够掌握充分的标准信息（有关精确度的成本），以取得能够反映实现精确度要求的现实的报价。

当然，应当建立充分的标准数据并使之易于为估价员所用，估价员也应当接受如何应用这些数据的训练。在此之前，逐件加工型厂商最好能够让质量部门进入到报价程序中，以便有关现有质量能力的知识得到应用。这些知识的应用有助于识别不现实的公差，预计成本，预知测量问题，明确含混的特性，以及改进检验计划工作。

这里的基本前提在于，估价员应当具有进行报价的能力。但是，只有当估价员掌握了正确的报价赖以实现的数据时，这一前提才是合理的。

质量计划 这里的“基本前提”问题主要是一个计划与执行相分离的问题。然而，这个问题涉及多个方面，如方法选择、工具控制、量器控制、职责确定、反馈制度等等。真正决定性的问题在于是否正规化。一旦决定要正规化，所涉及的人员通常都会找到符合各自需要的适当的方式。

将质量的计划与执行结合在一起的一个例子是工程部门的模型间。车间配备了熟练的制模工，他们直接与工程设计人员在一起工作。这里的气氛是高度非正式的，很少依赖图纸、公差、工艺卡或其他形式的书面沟通。工厂期望制模工使用通用机器来制作模型，通过巧妙的设置来省却工具方面的开支，与设计人员自由地讨论未解问题，甚至为设计出谋划策。在这样一种组织形式中，质量更多地依赖于制模工而不是什么正规的制度。

随着逐件加工生产组织规模的成长，将计划与执行在更大程度上分离的要求便会逐渐提高。这种要求是通过设置独立的计划人员和计划部门来达成的。（在质量管理方面，与此相对应的是独立的质量工程师和质量工程部门。）计划人员很快就会发现（犹如制模工在之前发现的那样），计划工作不应千篇一律地施用于所有的加工或职能。某些加工与其他的相比更易于出现缺陷，更为昂贵，更不稳定，因此就有必要有一个基本的原理或逻辑，以确定哪部分计划应由计划人员来做，哪部分则交由车间人员去完成。

过时的工厂组织 许多逐件加工生产是按照集群方式来布置机器的，例如将所有车床集中在一间厂房，所有的冲压机则安装在另一厂房，等等。这样做的意图是节省在机器上的投资，并发展相应过程中的技能。这种集群式机器安排方式大大增加了建立加工数据方面的问题，并增加了出错的可能性。（它还增加了过程中的库存、整个制造过程中的间歇次数，以及过程控制的复杂性。）

这里的基本假设是，随着逐件加工生产的成长，集群式的组织方式必须继续保持下去。这一假设已经从根本上受到质疑，人们主张成长应当通过创建“单元”式的组合来实现，这种方式应用特殊的机器设计以最大限度地减少繁重的加工数据准备工作，增加机器的利用率，改善协作关系等等。这种单元式组合的高度自动化形式被称为“柔性制造系统”，正在被人们所应用，它能够显著降低生产成本和质量成本。布莱克（Black，1983）对此有详细的阐述。

例如，某卷烟设备制造商实施了如下的计划：

1. 采用轻合金以提高金属切割速度。

2. 根据数控原理设计专用机器，以便通过一次设置来完成多种作业。

3. 设计专门的检验机器来验证设置的适当性。

4. 把企业组织成多个小而精的小组（见上文“加工计划活动的改进”中有关“成组技术”的讨论）。

多方取得供应　就小规模的逐件加工生产而言，材料的使用量较少，因此当某种特定材料已经确定适当的供应来源后，便不会再去寻找第二个来源。随着企业的发展，材料使用量也随之增大，对某些材料来说，也许就有必要从独家供应转向多家供应。然而，单一供应商的这种认识也许已经根深蒂固，以至于压制了对多家供应的考虑。

工人的激励　逐件加工生产倾向于在更大程度上授权于工人，授权在逐件加工生产中比在大批生产情况下更容易做到。这种授权减少了工人工作中普遍存在的单调乏味，也提高了工人可控缺陷的程度。（参见第 15 章，尤其是有关“开放的沟通”的内容，以及第 22 章的“可控性的概念”一节）。一旦出现了这些缺陷，经理人员就会断定是工人的疏忽和失误等造成了这些缺陷（的确常常如此），因此只要多加注意等就会消除所有的缺陷。这一逻辑的一个推论便是，改进质量的途径就是惩罚发生缺陷的工人。然而，这一逻辑是建立在一个有问题的前提上的，因为即使消除了所有工人的差错，管理可控的缺陷依然会继续存在（这些缺陷通常占到了总缺陷的大约 80%）。

事实上，将责任广泛地赋予现场工人，这种在逐件加工生产中普遍盛行的做法，为增加工作兴趣、提升工人士气的新的探索创造了一种良好的氛围。因此，对于某些改善激励机制的现代方法而言，逐件加工生产厂商是一个良好的测试实验室。

小型逐件加工生产厂商

本章所讨论的有关计划、控制和改进质量的方法所要求的技术和努力，大大超出了设计和生产产品的基本活动。在大型的逐件加工生产厂商中，这些额外的

工作大多是由“质量工程”部门的职能专家来完成的。可是，小型的逐件加工生产厂商很少能够用得起这样的全职专家，他们同样也承受不起高额的质量损失。因此对所有的小型企业来说，解决这一难题的答案便是使人们身兼数任。这样，必需的质量职能活动得到了实施，但这只是某人的工作内容之一，这个人同时还有许多其他的工作要做。

例如，表 24—4 列出了一个小型的逐件加工厂商的各种质量工作的安排情况。

表 24—4　　小型逐件加工企业各种质量工作的安排

任务	安排
进货检验与工序检验试验	生产部门的检验员和试验员
计量器具的控制与采购	一位专职技师
可靠性试验和评价，检验计划工作，试验设备设计，统计方法	一位质量工程师
质量实验室，特殊过程控制	一位实验室技师
供应商控制，故障排除	实验室技师和质量经理
新设计的评审	质量经理
部门的指挥	质量经理

参考文献

Black, J. T. (1983). “Cellular Manufacturing Systems Reduce Setup Time, Make Small Lot Production Economical.” *Industrial Engineering*, November, pp. 36–48.

Blumenthal, Marjory, and Dray, Jim (1985). “The Automated Factory: Vision and Reality.” *Technology Review*, Vol. 88, no. 1, January, pp. 30–37.

Fletcher, O. L., and Novy, E. (1972). “Application of Hypergeometric Sampling Plans in a Large Job Shop.” *ASQC Technical Conference Transactions*, Milwaukee, pp. 489–500.

Furukawa, O., Kogure, M., and Ishizu, S. (1981). “Systems Approach to QC System of Job Production.” *ASQC Quality Congress Transactions*, Milwaukee, pp. 225–262.

Groover, M. P., and Zimmers, E. W. (1980). “Energy Constraints and Computer Power Will Greatly Impact Automated Factories in the Year 2000.” *Industrial Engineering*, November, pp. 34–43.

Schafer, Reed (1978). “Error Reduction in the Job Shop.” *ASQC Technical Conference Transactions*, Milwaukee, pp. 162–166.

Shaiken, H. (1985). "The Automated Factory: The View from the Shop Floor." *Technology Review*, vol. 88, no. 1, January, pp. 17–24.

Swaton, Lawrence E., and Green, Carl P., Jr. (1973). "Automated Process Audit and Certification Program." *Quality Management and Engineering*, vol. 12, no. 3, March, pp. 24–28.

（王明明 译）

第 25 章

顾客服务[①]

爱德华·富克斯（Edward Fuchs）

引言
顾客服务中的质量考虑
战略意图
AT&T——卡通公司
新英格兰电话公司
惠普公司
摩托罗拉公司
设计
系统设计
组织结构
人力资源
电子数据系统（EDS）公司
结构
顾客帮助中心的实例
运营
过程与系统
外包
测量与测量单位
IBM 公司
人力资源
雇员因素
持续改进
L.L. 比恩公司
参考文献

引言

20 世纪 80 年代，在许多追求领先战略的公司中，顾客服务日益成为了成功的关键因素。使得顾客服务如此重要的背后逻辑并不复杂（Grant and Schlesinger，1995）。由于迅速的运转周期（cycle time）弱化了供应商差异化其产品的能力，顾客服务成为了能够激发影响企业的销售与利润的顾客行为的少数几种方式之一。顾客服务包括了与顾客之间的交易活动以及在产品或服务的售前售后与顾客之间发生的关系。这些交易与关系因产品和服务的类型而异。如表

① 在本手册的第四版中，有关顾客服务一章的材料是由弗兰克·M·格里纳所提供的。

25—1 所示，很容易将顾客服务的要素区分为创新性的和传统性的。

应当明确的是，表 25—1 中所列并非一个完整的顾客服务要素的清单。事实上，追求领先的公司总是在努力探求能够提供竞争优势的新要素。我将这些要素称为“关键的顾客满意要素”（key customer satisfiers，KCS）。有些情况下，KCS 涉及向顾客的价值转移。其他的情况下，涉及的是与顾客之间的关系。对于不同的市场而言，传统性要素与创新性要素的划分并不总是相同的。某一市场上的创新性要素在另一市场中则可能是传统的。

一种产品的“价值主张”（value proposition）是被顾客感知到有价值的服务与有形产品的要素的总和，这些要素会引导顾客作出购买某厂商提供的产品而非其竞争者产品的决策。大量证据（Grant and Schlesinger，1995）表明，许多产品和服务的营销趋势都表现为价值主张的不断扩充，包括了更多的交易性（价值转移）项目和越来越多的关系性的服务。之所以如此，是因为许多行业的产品越来越变得无差异化和普遍化了。那些成熟性的产业自不待言，消费类电子产品和个人电脑行业中也日益表现出这种趋势。因为这种原因，传统上那些用来区分产品（制造）与服务领域的标准正在消失。产品通常表现为有形的货物与实时服务和持续的信息提供的结合。购买与安装了个人电脑软件包的任何人都会意识到这种拓展了的“价值主张”。

表 25—1　　顾客服务的传统性要素与创新性要素

传统性的售前要素	创新性的售前要素	传统性的售后要素	创新性的售后要素
销售信息	有关关键的顾客满意	包装	报告卡
订购	要素的市场研究	运输	顾客关爱
		送货	增值信息提供
		安装	
		维护	
		处理投诉	
		解决问题	

本章讨论的内容包括有关顾客服务的质量问题，顾客服务作为一种战略性差异化因素的应用，以及高质量的顾客服务绩效的设计、构造和运行等。行为科学、组织设计、系统工程的要素都会应用到这些主题上（Pyzdek，1994）。必要时可参阅本手册的其他章节。

顾客服务中的质量考虑

在顾客服务中必须考虑质量问题的有四个重要领域：战略意图、设计、组织结构以及运营。首先的一点便是战略意图。作为战略规划的一个部分，它决定了有关产品或服务的总的质量思路。应用顾客服务要素作为战略性差异化因素便是

这一总思路的一个部分。提供增值的顾客服务能够取得诸多的市场优势，如减少顾客的流失，增加重复的购买，增加产品或服务的用途，以及顾客的口碑。增值的顾客服务也能够产生更高的利润并增加市场份额。顾客服务的战略是作为年度经营计划或产品计划的一部分而确立的。顾客服务要素是根据对行业及其市场的了解中所获得的洞察而假定的。这些洞察要应用系统的方法来加以验证。验证的结果可能会肯定所建议的顾客服务方案确实是实现市场优势的机会，或者会发现经过修正的方案或是替代的方案具有更大的增值能力。在对拟采取的战略取得结论并达成共识之前，可能会需要多次的反复。

设计领域是必须考虑质量的第二个重要领域。重视顾客服务的公司将顾客服务能力设计为产品/服务生命周期的一个组成部分。在设计阶段，要设计出实施战略规划中所确定的顾客服务战略的结构与过程。这里所提出的设计方法参照了皮日德克（Pyzdek，1994）提出的服务系统工程框架。该框架综合了系统工程、组织设计和行为科学领域的概念与方法。要实现顾客服务提供能力的有效设计，所有这些内容都是很重要的。

组织结构是必须考虑质量的第三个领域。正是在此处，依据产品或服务生命周期设计的要求，质量被体现到了组织的顾客服务提供结构中。这里要考虑的重要因素包括促进性技术与培训、过程的设计与再设计、累计财富的转移、外购（outsourcing）等等。非常普遍地，顾客服务能力的过程模型几乎涉及了每一个业务部门以及组织的每一个部分。这为以顾客服务来整合公司的质量活动创造了机会。然而，在许多公司里，这种普遍的特性也带来了以下的问题，即为了实现有效的顾客服务应如何分配职责和责任。

运营领域是必须考虑质量的最后一个重要领域。在这一领域中，人们获取、测量并改进着结果。顾客服务过程的运营取得持续的绩效是非常重要的，这里的绩效包括了人员的业绩、过程控制、过程能力、过程改进与业绩指标等。一个有效的全程的生命周期设计取决于三个方面。第一个方面包括对于面对顾客的人员的持续沟通、奖酬、认可与培养；第二个方面是持续地监测过程以发现因过程老化、顾客需要的变化，或与设计意图及实施准则不一致的其他因素而产生的漏洞。第三个方面是对环境的持续审视，以发现市场变化、新机遇和新的竞争威胁的预警信号。所有这些都要求必须有收集和分析信息的手段。

此处提出一种以顾客服务作为战略性差异化因素的模型。为了说明这一模型的应用，本章给出了一些数据和实例，这些数据和实例取自各种文献资料、公开发表的先进经验以及鲍德里奇奖获奖公司。读者可参照第 3、13 和 18 章的有关内容作为对这一主题的一个准备。

图 25—1 所示模型有助于我们认识顾客服务作为实现一种产品或服务或者一类产品或服务的战略目标的手段（Innis，1994）。在计划一种具体产品时，或在制定来年的经营计划时，顾客服务将作为一个竞争的差异化因素考虑进去。适合

于某种特定类型的产品或服务的顾客服务要素将被选择出来。这些要素构成了针对相应产品或服务所提出的 KCS（关键的顾客满意要素）的一个子集。这一思考步骤中有关 KCS 的设想可以来自对先前产品的经验，来自诸如抱怨或建议之类的顾客反馈，来自竞争分析与环境审视，或者来自新的技术或业务能力。这一步骤所涉及的一个方法，即所谓的服务蓝图绘制（service blueprinting），将在稍后的“战略意图”一节中的“AT&T 一卡通公司”中加以讨论。

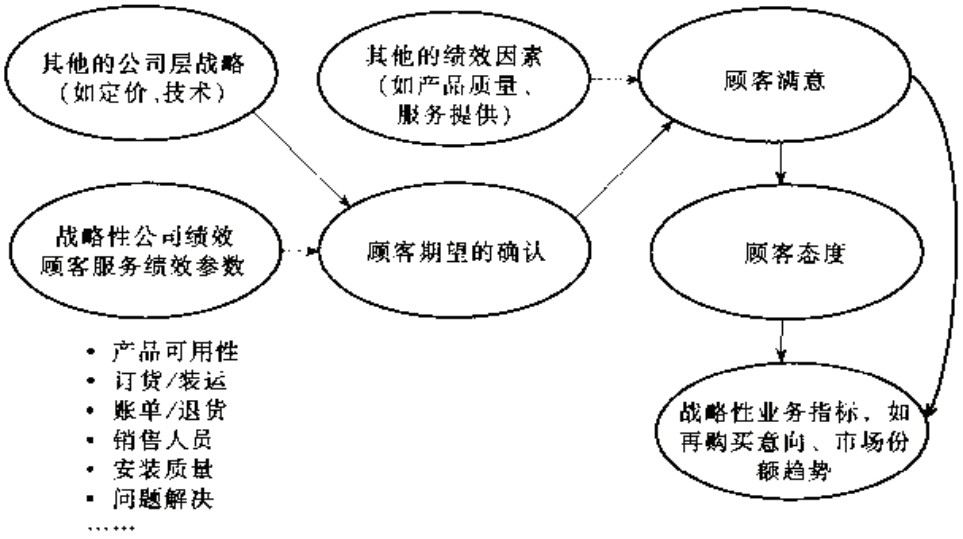


图 25—1　顾客服务的 Lisrel-Dresner 综合模型

这些设想应当在战略制定过程中的这一时点上加以验证。此时的验证常常为人们所忽略，而只是让市场来进行最终的验证。这种超捷径的代价有时是非常高昂的。因此，必须尽最大的努力来加以验证。必须获取有关该行业或特定的产品或服务的 KCS 数据。辨识关键的顾客满意因素并针对其采取相应的行动是实现顾客满意的决定性步骤。KCS 数据通过对适当细分市场的市场调研来获得。这些 KCS 数据折射出了对于某一细分市场的顾客而言非常重要的那些特定的产品和服务属性，以及顾客对每一属性所赋予的重要程度。根据行业、其市场特性以及产品或服务的类型的不同，在获取 KCS 时通常会采用两类市场研究中的一种或是两种兼用（参见第 18 章）。

许多情况下，可以通过采用焦点小组（focus groups）、市场研究调查或有限原型试验等预实施技术来验证所提出的 KCS。还有些情况下，必须通过实施快速试生产以获取反馈信息。这在某些产业中被称为 β 试验。还有一个较传统的说法是现场试验（field trial）。图 25—2 的 Lisrel 扩展模型中标示出了这些做法。

著名的质量机能展开技术常被用作将以下两个重要方面结合起来的一个工具，即用顾客的语言表达出来的顾客认为重要的那些属性（如 KCS 数据）及这些重要属性间的相互关系，以及用设计者的语言表达出来的具体的产品和服务的属性（参见第 3 章）。

当顾客服务的战略方案被验证、改进、更新并形成文件时，通常便会纳入到

一个业务预案（preliminary business case）当中。

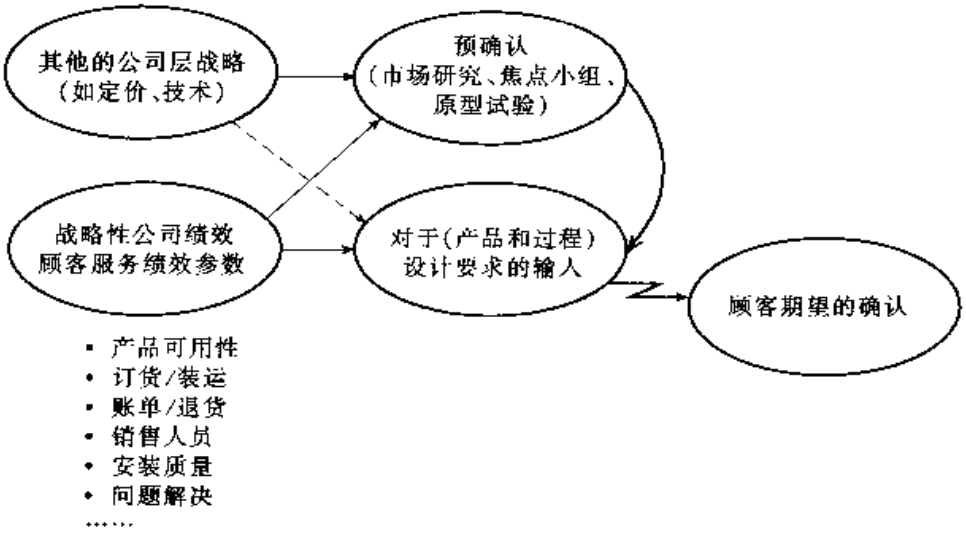


图 25—2　顾客服务的 Lisrel 扩展模型

战略意图

AT&T 一卡通公司　AT&T 一卡通公司给我们提供了一个令人叹服的例子。从 1990 年 3 月创立以来，它仅用了 30 个月便成为全美第二大信用卡发行商。AT&T 是如何来使这项已经成为常规产品和服务的业务差异化的呢？是什么因素在最初推动 AT&T 突入这一领域并全力构筑起了这一成功的信用卡事业？AT&T 一直在寻求如何来提升其长话服务的品牌忠诚度。信用卡与电话卡的合一看起来是很自然的联姻。可是，实际上存在着有待克服的障碍。顾客对他们所持有的信用卡感到不满。信用卡用户不喜欢高额的使用费，也普遍不满意他们所得到的服务。他们愤怒地抱怨那些不友善的服务代表，这些人要用几周来处理一项变更，他们使遗失了卡的焦虑的顾客陷入了无数的文牍和电话中。AT&T 认为它能够做得更好。借助于下面讨论的服务蓝图绘制过程，AT&T 选择了一项持卡人以往从未曾得到过的差异化的能力，这便是世界级的顾客服务。为了显著地实现顾客服务的差异化，他们在顾客服务蓝图中选择了若干个重要的“瞬间感受”(moments of truth)。市场研究清楚地表明，一项“瞬间感受”将是不充分的。

图 25—3 简要阐述了服务蓝图绘制过程。服务蓝图通常表现为一个特定过程的流程图。流程图被加以区隔以清楚地表明服务与顾客间的交互作用线以及所谓的无形线(line of invisibility)。无形线是顾客直接面对的子过程与支持顾客面对要素的“后台”子过程间的界限。借助于这种蓝图，图 25—3 中提出的问题便能够得到回答。这些答案为选择关键的“瞬间感受”并作出其他的实施性决策奠定了基础。

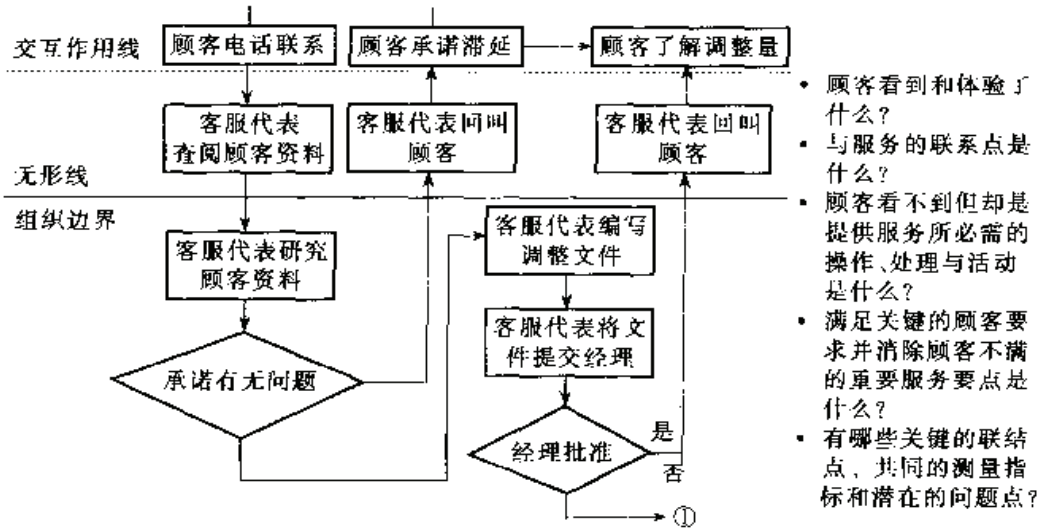


图 25—3　顾客服务蓝图示例

在作为一个过程实施的服务蓝图中，包括了迅捷、准确、富于支持和帮助的顾客服务代表。公司激活并奖励服务代表去帮助顾客。第一，他们建立了一个严格的每日顾客满意度测量过程，与之相配合的还有一个每日奖金计划。图 25—4 给出了一个某一时期的实发奖金的例子。若某日服务代表没有拿到奖金，则其经理也同样拿不到当日奖金。第二，顾客服务过程得到了先进技术的支持。这使得服务代表能够容易且快速地取得支持顾客所需的各种信息。第三，顾客得到了差异化的价值，这表现为比其他供应商低得多的利率。第四，公司担当了顾客与信用机构及其他的信用信息用户之间的代理人。

员工优质日与奖金

季度	优质工作日所占百分比	奖金占工资百分比
1990 年第四季度	76.1%	6.4%
1991 年第一季度	87.8%	11.4%
1991 年第二季度	92.3%	9.9%
1991 年第三季度	96.7%	12.0%
1991 年第四季度	95.7%	11.6%
1992 年第一季度	60.0%	10.6%
1992 年第二季度	75.8%	7.5%
1992 年第三季度	76.1%	7.9%
1992 年第四季度	95.7%	10.8%
1993 年第一季度	84.4%	9.4%

管理层优质日与奖金

1991 年	87.9%	5.6%
1992 年	66.1%	4.7%
1993 年第一季度	76.6%	5.6%

图 25—4　一卡通的优质日：业绩与奖励

资料来源：From AT&T Operations (1998).

近几年中，AT&T 一卡通每月新开账户超过了 30 万户。这种增长的源泉部分来自其销售事迹，这是前端的顾客关系构筑过程的组成部分。它同时也是运营良好的顾客服务的结果，这是其战略业务设计的一个部分，并处在持续的改进和提升之中。这种顾客服务战略是 AT&T 的鲍德里奇质量奖创奖策略的一个组成部分。

新英格兰电话公司 1988 年，新英格兰电话公司的交换顾客服务中心（ICSC）意识到它必须进行变革。ICSC 是地方电话公司和交换传输商之间的接口。其顾客有 AT&T、MCI、Sprint 以及移动电话、无线电广播和电视的传输商。顾客对该中心所做工作感到不满，也不喜欢其管理当局或其雇员（Clarke，1992）。中心士气低落。该单位实施了一次顾客评估并制定了服务蓝图。评估发现顾客认为新英格兰电话公司是被动的而不是主动的。公司未能把个人的工作与顾客的需要联系起来。从服务蓝图中揭示出，其组织设计是一种多品种小批量的组织计划。雇员们在依次传递的文件上作业。每个人都依据自己的岗位说明书干活儿，但只有最高层对于工作结果负责。这种做法不可能把每项工作与顾客的需要联系起来，也难以协调和追踪顾客服务的请求和结果。ICSC 建立了这样的战略愿景，即“……通过向我们的顾客提供最高水平的服务质量来击败竞争对手。我们将成为我们这一行业中的优中之优……”。其解决方案是再造其运营体制，构造一种以顾客为中心的团队结构，这种团队结构对于某一顾客群的全部处理工作和服务支持负责。这些变革不仅影响了 ICSC，而且影响到了提供技术和运行服务的所有公司单位，如网络部门、会计部门等。

惠普公司 惠普公司用两个缩略词概括了其总的质量战略（Spechler，1988）。第一个缩略词是 FURPS，其中每一个字母定义如下：

- F＝functionality 功能性。特征、能力、可比性与安全性。
- U＝usability 可用性。人的因素、产品的一致性与文件。
- R＝reliability 可靠性。失效频次与严重性，产品的可预测性与精确性。
- P＝performance 性能。产品的速度与效率、资源消耗性能。
- S＝supportability 支持性。产品的可维护性与可服务性及其安装能力。

第二类质量属性用 AART 这一缩略词来表示。AART 涉及与顾客之间的关系。其中每一个字母的含义如下：

- A＝anticipation 预期。在成为问题之前，辨识、理解并帮助解决顾客需要的能力。
- A＝availability 可用性。产品和服务无中断地提供充分功能的程度。
- R＝responsiveness 响应。对顾客的求助提供及时、准确、完整的信息和/或解决方案的能力。
- T＝transitions 转换。产品和服务为适应新的需要和新的技术而改变和不断改变的容易程度。

这里的大部分属性都与顾客服务强烈相关。惠普公司借助于卓越的顾客服务来差异化自身的两个实施领域分别为现场客户工程师（CE）和反应中心工程师。负责提供现场硬件维护的现场客户工程师配备有便携式终端。通过这些终端，他们接收需要提供服务的指示。他们利用终端来“上传”症状并下载“诊断”。通话结束后，客户工程师将维修详细情况键入终端，如所修正的故障症状、所用零

件、所费工时等。这些信息进入到一个相关的数据库，以用于零件库存管理、人员能力管理、确定培训需要并生成作为战略目标的组成的质量指标。

惠普公司用来制定、展开和追踪战略计划和目标的方法论被称为方针管理计划过程（hoshin kanri planning process）。方针管理引入到惠普公司是从其在日本的子公司开始的。方针这个词被粗略地译成了英文，在西方国家一般被称为“policy deployment”（方针展开）。

摩托罗拉公司　摩托罗拉公司的战略性顾客服务举措是由其 CEO 对重要顾客的亲自走访的结果而促成的（Motorola，1989）。摩托罗拉的 CEO 在 1988 年的 5 个月内走访了 10 个最重要的公司客户，并将调查结果提交给了摩托罗拉公司质量委员会（the Motorola Corporate Quality Council）。质量在 20 世纪 80 年代是企业竞争的战场，但该理事会得出了这样的结论，即服务正在演变为下一个竞争焦点。作为对这一挑战的应对，该公司在其某个事业领域中成立了一个服务战略特别工作组，以重点审视顾客服务领域并提出建议。这一特别工作组由 8 位资深经理所组成，包括 7 位高级职员。第 8 位成员是该事业部门的主席，他负责推进和协调此项任务。他们离开了当前的岗位，在公司以外的某处待了 3 个月。特别工作组采用正式的调查方法对顾客和公司同时进行了调查。他们调查了全球范围内的 54 位客户和 220 名摩托罗拉业务部门的雇员。顾客调查的结果显示，快速反应能力正在成为一项竞争要点（competitive issue），顾客视完美质量和准时送货为理所当然。与此相对照，雇员的回答则认为准时供货是最重要的要点（在当时，他们在这一方面是最弱的）。雇员们还确信服务和反应能力属于公司的强项，只需改进团队协作、沟通以及目标的一致性来进一步形成支持而已。

该工作组将调查数据所揭示的问题分成了六个类别。通过帕累托分析，工作组识别出了应当采取行动的问题。（参见第 5 章“质量改进过程”中的“经营计划中的质量改进目标”一节）。工作组归纳出了 52 条行动项目，其中的前 10 项被认为是最为迫切的。在上述六类问题中，准时供货是其中之一。这一领域中的关键行动项目的例子包括了以下的三个声明（Motorola，1989）：

1. 合格绩效水平是百分之百准时送货，这是计酬的依据（这取代了渐进的改进目标）。

2. 不折不扣地遵循准时供货目录。这意味着除非顾客同意，否则不得调整订单，不得提前发货，不得部分发货。

3. 所有单位都要培训和应用短运转周期的生产和订单实现方法，要有相应的考评指标和目标。

六类重点问题中的另一类是反应能力。工作组针对这类问题决定了以下的关键行动项目（Motorola，1989）：

1. 正式走访所有重要客户的日程。

2. 无问题退货政策。

3. 建立在世界任何地方订货发货的制度与程序。

4. 从储备字库中取消“将建议”、“将安排”和“摩托罗拉建议”这类说法。

这些措施以及其他类似的措施所产生的效果，反映在摩托罗拉所荣获的众多质量奖中以及独立的第三方顾客满意评定中，它们都揭示了令人信服的业绩改进。

设计

许多应用于顾客服务过程的设计方法亦适用于任何其他的业务过程的设计，第 6 章“过程管理”中的关于再造、人力资源因素、组织设计等方面对此都有相应的讨论。皮日德克（Pyzdek）将系统工程、组织理论、人力资源等整合在一起提出了一个他称为服务系统工程的综合设计范式。服务系统工程这一说法实际上在诸如运输和通讯这些行业中已沿用了几十年，用来描述运输系统和设施。在系统工程和运筹学中应用了源自应用概率统计领域中的方法。皮日德克方法的特别之处在于，他将这些方法与非常重要的行为因素和组织因素整合在了一起(Pyzdek, 1994)。

皮日德克将服务提供系统（service delivery system）定义为旨在创造成功的服务际遇的人力资源与技术的系统性安排。服务际遇（service encounter）是零售或服务公司与客户之间的直接交互作用。如前面章节所述，成功可以利用一系列业务绩效准则来加以衡量。

系统设计 表 25—2 指出了服务提供系统设计过程中的主要输入、活动和输出。要管理这些实现质量的步骤，就必须知道如何将最终的顾客服务的精确而可测量的质量目标转化为这些输入、输出和活动的具体而可测的绩效标准。

表 25—2　　服务提供系统的主要输入、活动与输出

输入	活动	输出
来自业务案卷的信息，包括：	分析/阐明用户的需要与服务目标	制定服务要求文件，包括：
• 细分市场		• 职能
• 通用的服务定义		• 绩效
• 需求或数量的预测		• 质量与可靠性标准
• 质量、可靠性及其他绩效目标		
服务活动与顾客需要	创建一个职能的框架	高阶的服务架构
服务约束	创建职能的与费用的边界	高阶的费用目标
技术路径	分析可用的技术	高阶的技术架构
可行性分析与探索性服务开发结果	计划服务开发	服务设计与实施文件

组织结构 与特定的顾客服务相联系的计划与管理控制，旨在指导和支持组织中所有部门的管理者和员工在他们所规定的有意义的任务中和程序规范中，监控他们的工作能够有效地完成。从这一角度出发，很容易理解组织结构的高度重

要性。职责与每人所承担任务的性质相关联。组织结构的设计过程是以一种协调的方式来识别企业所面临的主要任务并将这些任务以最有效的方式组织起来的主要手段（Hax and Maluf，1984）。

履行顾客服务职能的组织结构可以如此加以定义，即“相对持久的工作角色的分派与创造某种相关联的工作方式并使得组织得以实施、协调和控制其工作活动的行政管理机制”（Jackson and Morgan，1978）。管理顾客服务工作有三种普遍的基本组织类型，还有两种较新的渐成气候的做法。几种普遍性的组织类型包括职能型的、分部型的以及矩阵型的。这几种类型是重要的设计基础，因为这些组织结构得到了广泛的检验和研究，它们的优点和缺点已经广为人知。矩阵型结构是职能型与分部型的混合构造。过程性组织和网络型组织是两种较新的、正在成形的组织设计。

与顾客服务的分部经理、职能经理、过程经理和网络经理相关联的这些组织设计的特性在表 25—3 中作了概括。有越来越多的证据表明，分部型和职能型组织缺乏适应快速变化的市场或技术变化的灵活性。那些大公司中的较大型的服务单位尤其呈现出这样的表现。基于这个原因，在大公司中有一种外包其顾客服务职能的趋势，这是稍后将要讨论的一个论题。

人力资源　行为科学有助于我们在设计顾客服务系统时理解人类的能力、才能和需要。这种理解因以下几方面原因而变得日渐重要。首先，现代技术，尤其是信息技术，为顾客服务系统提供了基础。这些系统要取得成功，就必须设计有效的人—机结合方式。其次，现代技术日益体现在产品和服务当中，对顾客提出了新的不同寻常的要求。这些产品和服务的成功，离不开用户友善的人—机界面。最后，由于产品和服务的用户友善不够完美，顾客将利用顾客服务来克服困境。

表 25—3　　顾客服务单位中各种角色的属性

	分部经理	职能经理	过程经理	网络经理
战略导向	企业家的	职业的	跨职能的	动态的
焦点	顾客	内部	顾客	变化的
目标	适应性	效率	效果	适应性、速度
行使职责	跨职能的	狭窄的	广泛全组织的	灵活的
职权	小于责任	等于责任	等于责任	基于领导力的特别工作组
相互依存	可能高	通常高	高	非常高
个人风格	主动式的	反应式的	积极的	主动抢先
任务模糊	中等	低	变化的	可能高

资料来源：The first two columns are adapted from the work of Financial Executive Research Foundation, Morristown, N.J. The last two columns represent the work of the author.

因为新的顾客服务系统比以往涉及更多的用户与支持系统之间的交互作用，因而使之方便易用且不出错便成为系统设计的主要目标。设计巧妙的信息输入方式、易读的屏幕、提示、定时、指示等提高了用户的接受性，减少了差错，促进

了有效的利用。对顾客服务代表的培训以及便于顾客理解及使用的说明书都是极为重要的。

新的顾客服务系统的设计，可以通过以下的协同研究，来对用户友善程度进行评估（Bell，1983）：

- 现有顾客服务系统的分析。
- 与最佳顾客服务系统的比较。
- 用户的面谈。
- 用户系统相互作用协议的实验室研究。
- 顾客服务的现场试验。
- 为了持续改进在服务过程中的跟踪研究。

对那些最优秀系统的调查尤为有用。在顾客服务领域，某些公司因其所用方法的功效而声名远播，如 L.L. 比恩的订单录入，Fidelity 投资公司的账户查询，通用电气公司对顾客的广泛支持，等等。

很显然，顾客服务代表以及所有其他的工作影响到顾客对于服务的感觉的雇员是顾客服务设计的关键要素。企业中的个人角色的设计，包括那些工作与顾客服务有关的个人角色的设计，必须在企业的人力资源架构的框架之内。图 25—5 是这样一种架构的一个实例。为了使顾客服务设计得以成功，设计的考虑必须超越与服务相关的职能过程和系统。图 25—5 中所指出的有关人的因素的考虑必须包括在设计当中，或者直接地，或者参照总的人力资源架构设计文件。

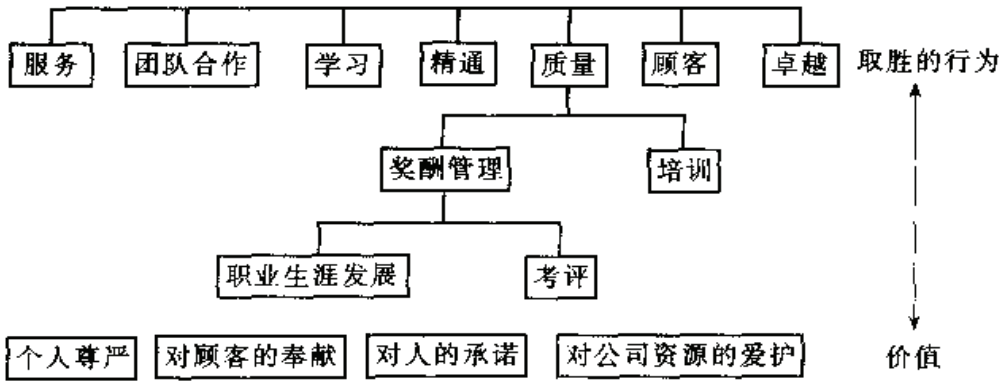


图 25—5 人力资源架构

电子数据系统（EDS）公司 1992 年，EDS 导入了一种矩阵制组织结构，这是一种与大多数成功的美国公司大相径庭的做法。这种矩阵结构是一种混合型结构，兼具分部式设计和网络式设计的要素。这种结构包括了 35～40 个战略业务单位（SBU）。这一数字因业务需求的变动而频繁地变动着，这也是网络式设计的特征。还有大约相同数量的战略支持中心（SSC），对 SBU 的要求提供支持。SBU 与 SSC 之间的组织关系构成了矩阵。SSC 构成了矩阵的列，SBU 构成了矩阵中的行。斯坦福大学商学院将这种组织设计列入了其核心课程案例。在这种组

织设计中，关键顾客服务团队处于 SBU 中，是利润中心，而商品生产服务（如 EDS 信息处理中心）处在利润中心之外，属于支持性单位。战略支持中心 SSC 拥有具有专门技能的人员，他们承担着 SBU 的关键职能。SBU 的经理拥有专门的预算来支付他们所提供的支持服务。EDS 的人力资源政策建立在以顾客为中心和奖励制度基础之上。这些是 HR 架构的关键要素。

- 以顾客为中心。公司使其人员保持对于重要事项的关注，即优质的提供。公司对雇员的配置实行着一种严格的方式，“如果不能改变他们，就更换他们!”
- 奖励制度。自从 1993 年以来，EDS 更改了其奖励制度以强调团队奖励。这有些与前述的 AT&T 一卡通公司所实施的方法相类似。

结构

售前顾客服务系统支持诸如销售信息、订货和市场调查这类服务（见表 25—1）。这些服务既有发出的服务，也有叫出的服务，因为它们涉及了顾客代表向顾客发出的“呼叫”和顾客请求服务的“呼叫”。在本章所讨论的不同产品与服务的诸多领域中，“呼叫”这个词应概括地理解为既可以指人员间的联络，如销售人员走访顾客，也可以指远程联络，如顾客打电话订货或索要销售信息。售后顾客服务系统支持诸如投诉处理和解决问题这些服务，见表 25—1。这些系统通常主要是叫入服务，包括来自顾客或安装、维护人员向支持系统的联络。

本章稍后给出了有关这类系统构造的实例。有多种多样的工具可用来帮助顾客服务人员和顾客。表 25—4 按类别给出了各种工具的实例。

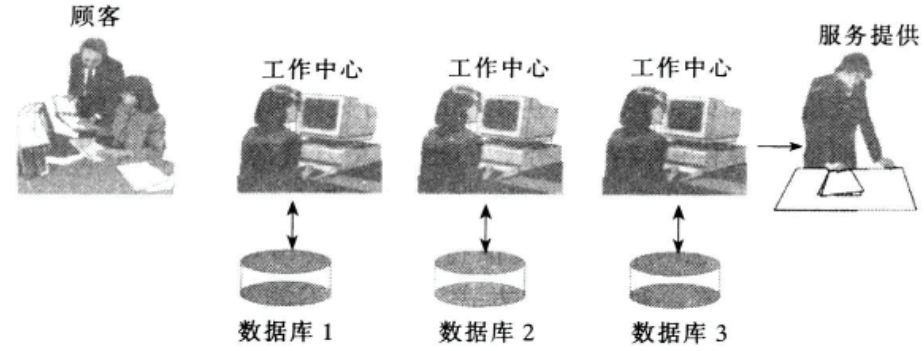
表 25—4　　顾客服务系统中的一些重要手段

访问工具	处理工具	强化工具
自动电话分配器	顾客信息资源数据库	产品内的智能代理软件
语音应答装置	远程访问工具	用以记录请求、检查状态等的在线支持服务
在线布告板传真服务器	外包供应商	用户对知识库的访问综合的语音识别/应答

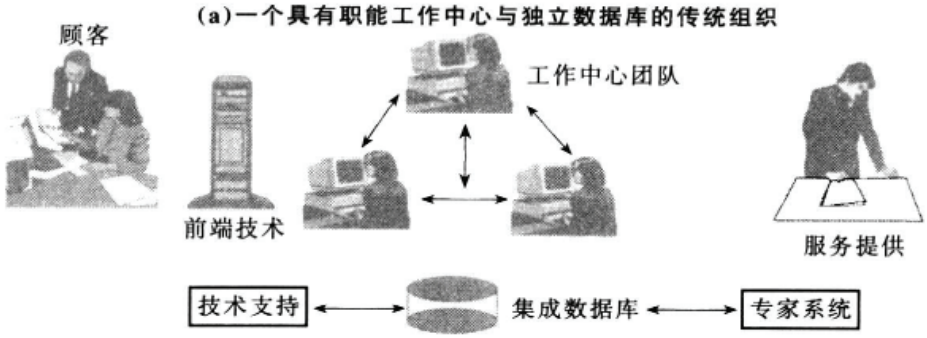
执行顾客服务过程的顾客服务手段的结构可以有多种形式。图 25—6 中举出了其中的两种。图 25—6（a）中的结构是一种传统的方式，其每一职能由其自身的工作中心支持。图 25—6（b）中的结构是一种很先进的安排，这种方式通常来自 TQM 或业务过程的再造。

工作中心团队是由提供顾客服务所要求的主要工作职能组成的在同一地点的工作小组，这些工作职能从服务要求的启动开始，到向顾客提供服务。高质量绩效的工作中心团队的设计特征是：

- 团队中包括了所有必要的工作职能。
- 团队对于使顾客满意负全部责任。相应地要对该团队绩效加以测量。



(a)一个具有职能工作中心与独立数据库的传统组织



(b)一个具有团队协作中心与综合数据库的先进的组织

图 25—6

• 团队应用着在设计步骤中所建立的一套工作过程，这些过程消除了返工和检查，满足提供服务的质量目标。

• 团队装备了使其成员能够实现目标的技术和系统。

• 根据设计过程中的准则确定团队规模并加以培训。

在结构上我们可以认为这些团队以及相应的系统和工具是从过程的角度对于企业的定义，如图 25—7 所示。正如我们所看到的，这些过程可以有大量的方式组织在一起工作。

来看一下某企业的顾客服务过程，该过程向所购产品出现问题的顾客提供“服务台”或“顾客帮助”之类的服务。这里的产品可能是一个令人不满的 PC 软件包、一个有故障的洗碗机或一件邮购的尺寸不符的衬衫。让我们来看一下图 25—7 所示的顾客服务过程会是怎样的一个情况。这一过程所用的是表 25—4 所述的工具，按照图 25—6 所描述的方式组织起来的。图 25—8 对于此类架构作了进一步的说明。

顾客打进来的电话首先遭遇的是一个语音应答装置（VRU），该装置通过与打电话者对话来确定电话的性质与重要程度。依据这一信息，电话被转接到第一位空闲的分析人员。分析员审视来电中所描述的症状，或者直接加以解决，或者将电话转给服务台的这方面的专家。如果是很复杂的问题，分析员还可以获得技术上的协助。如果问题过于错综复杂或非同寻常，还可以要求该产品的生产商给予支持以便使问题得到解决。

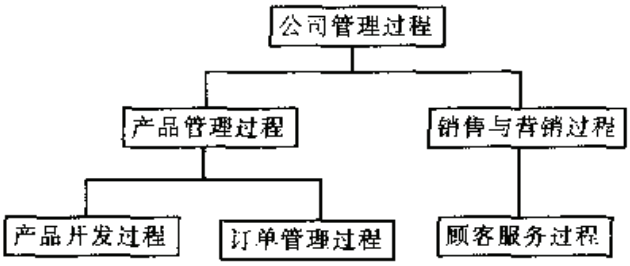


图 25—7　用主要过程所描述的企业

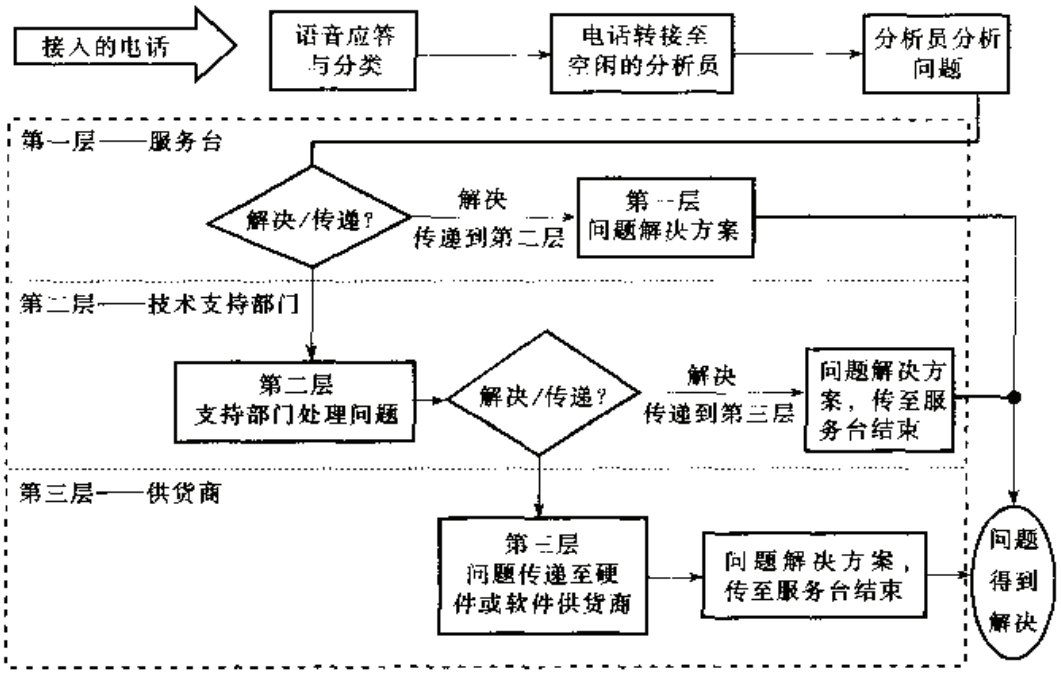


图 25—8　“顾客帮助”或“服务台”组织

资料来源：From AT & T Operations (1998).

顾客帮助中心的实例　质量机能展开（QFD）是将顾客满意因素与设计过程耦合起来的一种有效的工具。QFD 所采用的方法之一是所谓的“质量屋”。图 25—9 便是某企业的一个再造团队所建立的一个质量屋的例子，这是一家向企业客户提供桌上计算服务的企业。有关顾客要求（customer requirements）的数据是通过与顾客的面谈获得的，这些数据是用用户的语言表达出来的。将这些数据转到质量屋上，然后由再造团队来决定设计特性与绩效目标。顾客的需要属于知识与响应这一类别。就响应而言，顾客又确认出了许多子类特性，如快捷、完工估计、状态、接续和通讯。针对每一绩效类别，顾客与再造团队共同拟出了一个或多个绩效指标，这些指标适当地表达出了顾客的需要。然后，再造团队建立了一套设计特性并给出了权重，由此这一质量屋便搭建了起来。注意图 25—9 中的行的特性可分为三种设计类别，即系统、人力资源和组织结构。

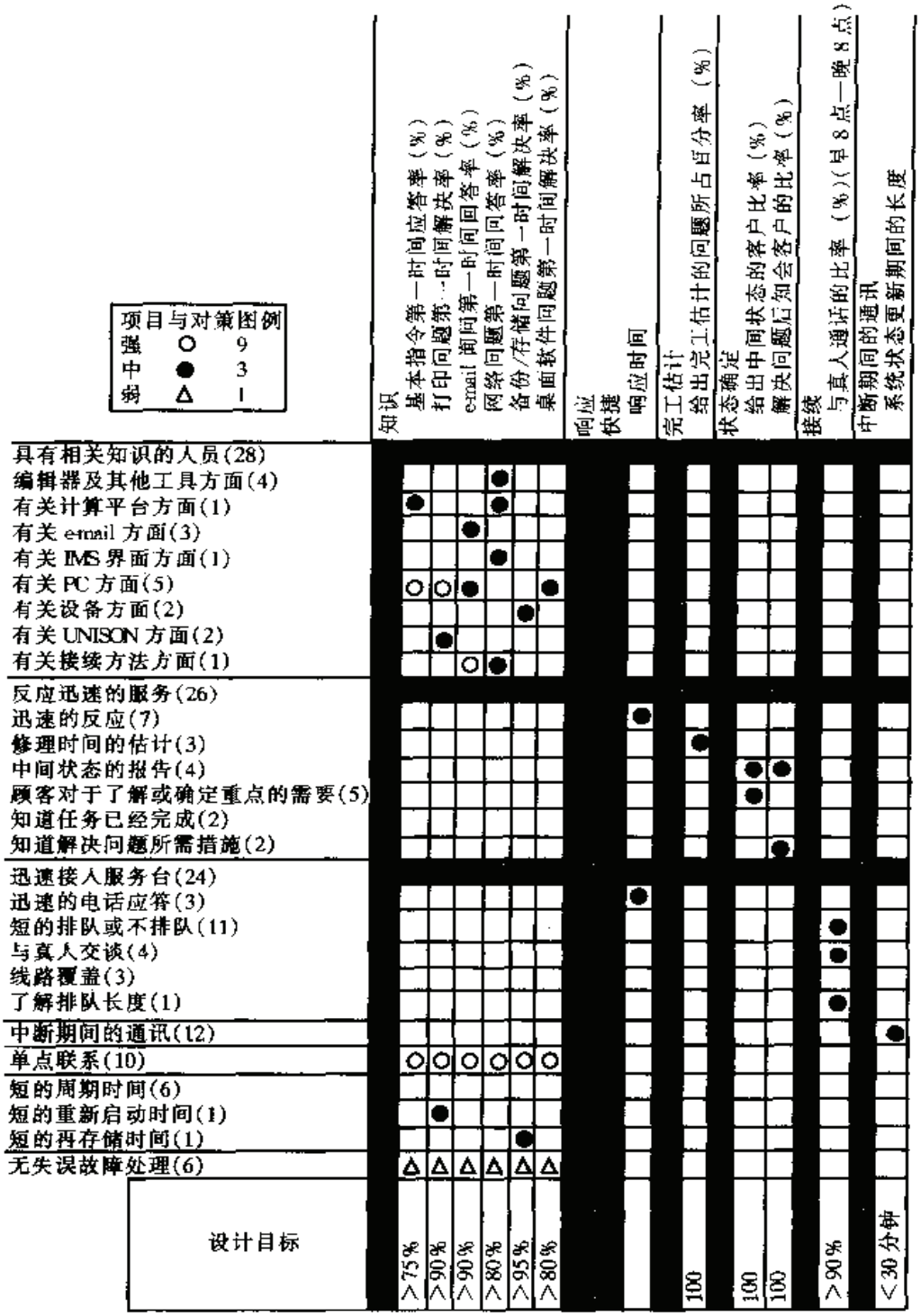


图 25—9 质量屋

资料来源：From AT&T Operations (1998).

图 25—9 中的设计特性然后由再造团队转化为了设计概念，如图 25—10 所示。具体的设计概念看起来与图 25—8 的假想设计相类似。在 QFD 练习中所确认的关键需要也是设计概念中所针对的重点，这些需要包括：

- 顾客帮助中心职员们的知识的增加。

- 提供更高响应能力的系统和资源。
- 使顾客帮助中心更具可达性的系统。
- 对顾客问题的准确而完整的回答。

该小组也建立了设计概念的绩效目标，借此可用来检验设计对顾客需要的符合程度。以下是关于呼叫中心的一些目标的实例：

- 呼叫中心无需第二或第三层支持便能够解决 60% 的顾客服务请求。
- 呼叫中心将用 10 分钟时间解决一个一般性的呼叫。
- 呼叫中心将作为一个学习型组织来运作。
- 呼叫中心将由两类人员构成，一类是常勤的固定职员，另一类是来自呼叫中心所支持的职能服务单位的轮换职员。
- 固定职员将提供一般性的顾客服务，同时负责质量和培训职能。
- 轮换职员向呼叫中心提供专门性技能，同时也支持一般性顾客服务以便熟悉“顾客的声音”。
- 所有呼叫中心的成员都要接受顾客接触技能和解决一般问题的技能的培训。
- 所有顾客问题的解决方案都将输入系统知识数据库中。
- 所有与顾客间的交互活动都要记录下来以便分析并确定根本原因及支持质量改进。

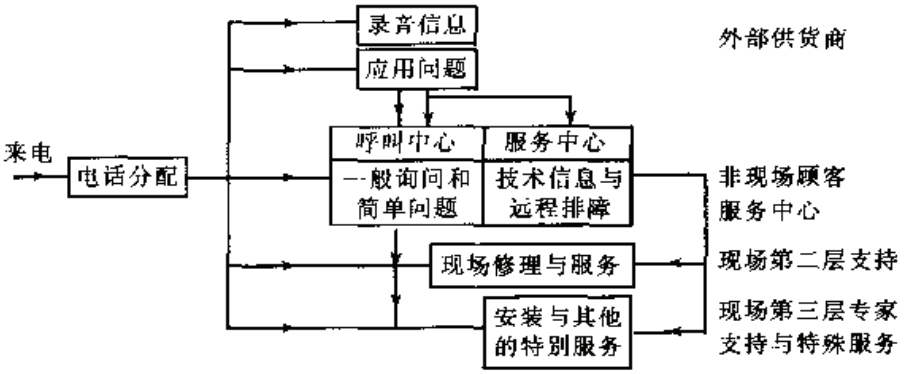


图 25—10　过程设计的概念模式

资料来源：From AT&T Operations (1998).

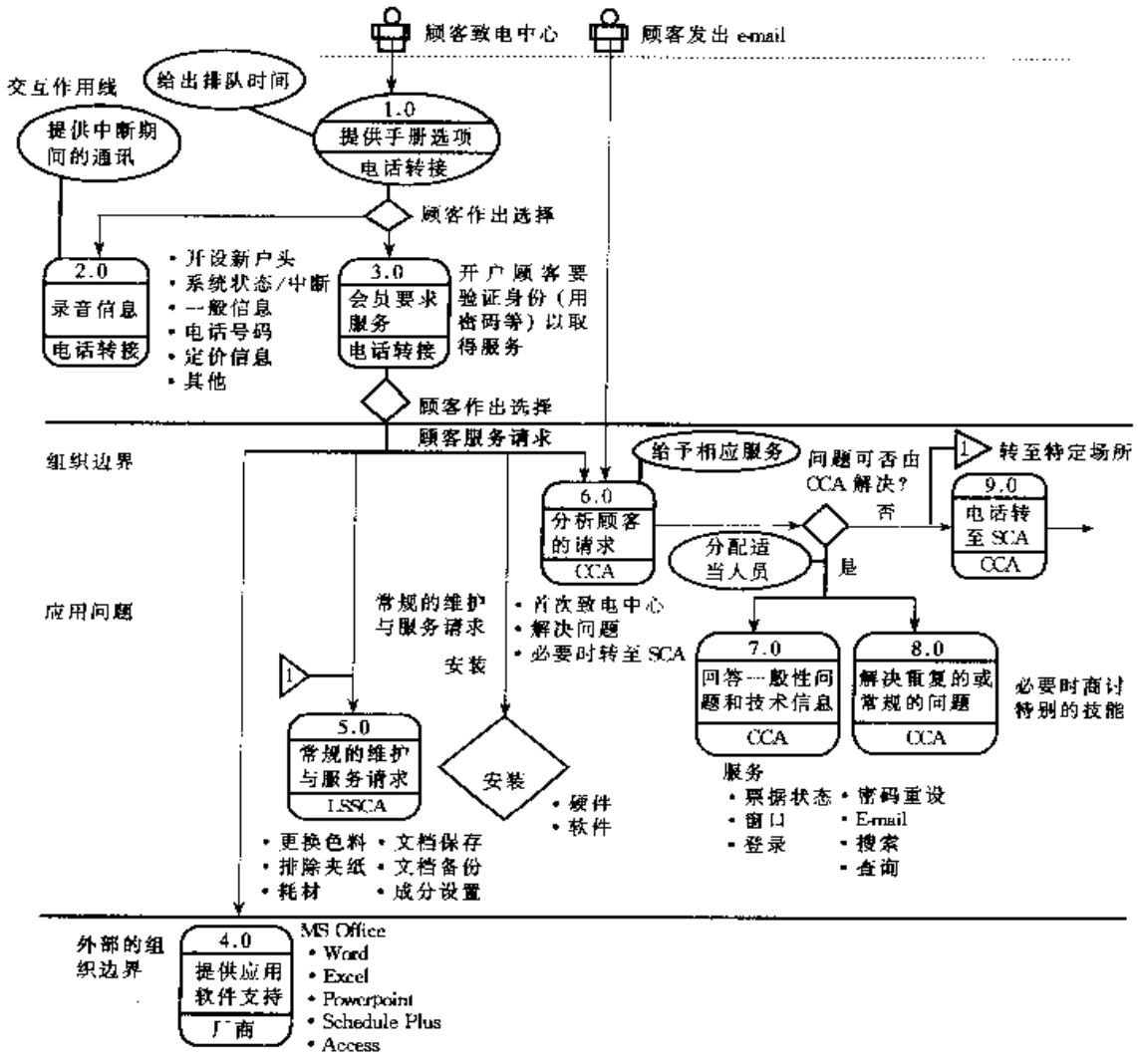
运营

必须考虑质量的最后一个重要领域是运营领域。这是获得、测量并改进结果的领域。顾客服务过程运营的持续绩效包括了人员的绩效、过程控制、过程能力和过程改进之类的因素。绩效测量指标在此有着非常重要的作用。实现顾客服务的这些绩效与大多数其他的业务职能一样要求同样的质量方法。因此，有兴趣的读者可参考前面的章节以理解这些普遍性的方法。以下这些章节尤为重要，即第

4章，“质量控制过程”；第5章，“质量改进过程”；第6章，“过程管理”；第9章，“测量、信息和决策”；第15章，“人力资源和质量”；第16章，“质量培训”。本章将主要着重于讨论应用前面章节中的方法设计良好、构造合理的顾客服务能力运行的例子。

过程与系统

对过程的明确定义和深入理解，是成功地管理、控制和改进顾客服务过程的首要要求。人们常常对过程不加定义就去实施质量管理和质量改进，因为没有人去花时间思考工作进行的方式并将之描绘出来，尤其是将之描绘成过程图的方式。理想地，此类文件应当作为服务设计的一部分来加以制定。图25—11所示过程图的例子描述的便是图25—10中的过程。



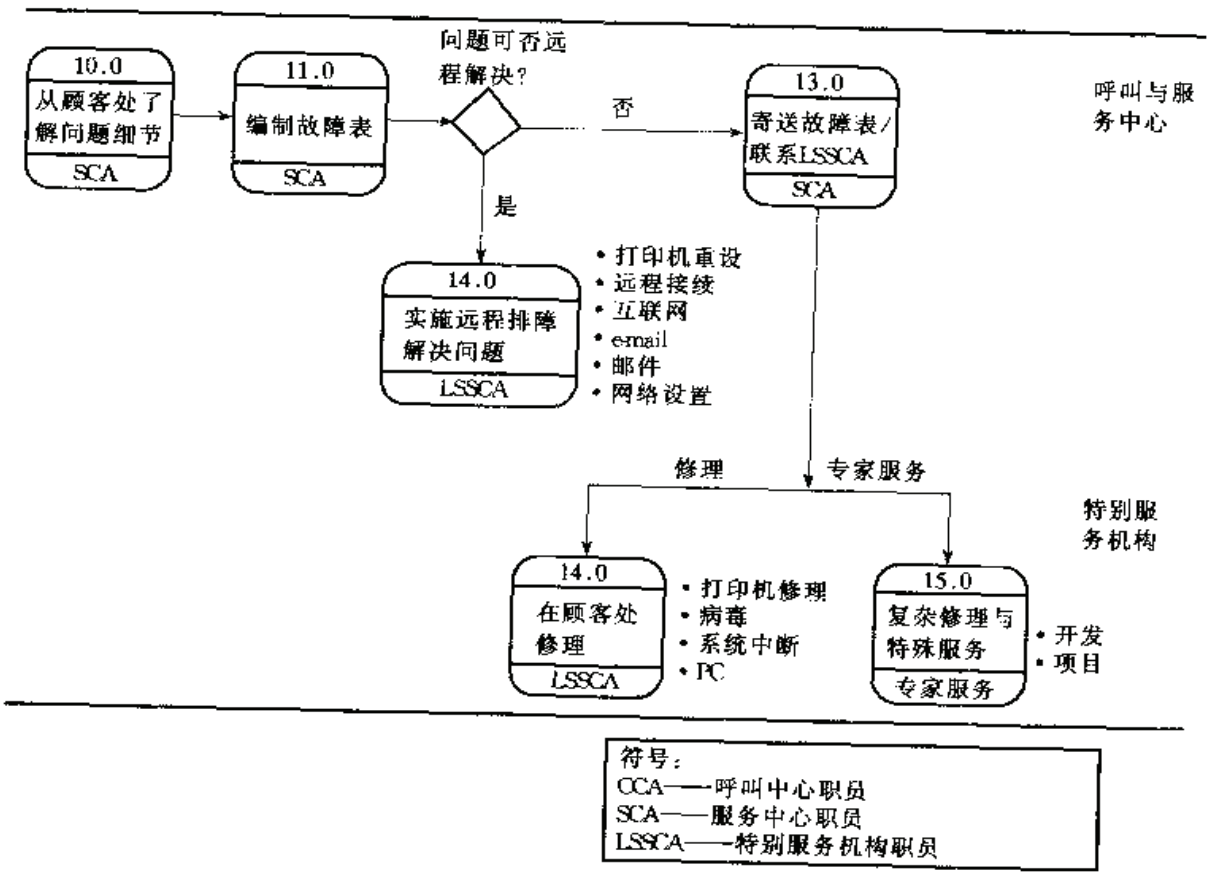


图 25—11　顾客帮助中心:概览

资料来源: From AT & T Operations (1998).

这里的过程图采用了特别的过程绘制规则（《AT&T 运行工程手册》)。过程绘制的规则和工具有很多种类型。本章所使用的规则在图 25—12 中进行了概括。

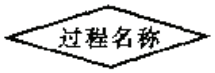
图 25—11 中所采用的绘制规则的详细含义在此并不重要，其中的文字和箭头足以说明我们的目的。真正重要的在于记住没有对过程的描述和相应的测量指标，就不可能控制和改进顾客服务的运行。没有对过程的描述和测量指标就企图进行控制和改进，这只能是在撞大运而已。只是测量而没有对过程的明确定义，也只能使人们更加忙乱，没有什么真正的价值。更为糟糕的是，没有对过程的认识，就更容易诱使对提供顾客服务的人们绩效的衡量。这样的做法酿成了严重的后果。人们会努力将工作做得使指标看起来很好看，而不是去提供使顾客更加满意的服务。人们会想方设法去达成那些欠妥的指标，尽管这也许同顾客需要或是业务要求丝毫无关。

除了过程的控制和改进之外，必须认识到，随着企业的成长或顾客服务的扩展和增加，还必须对过程的能力加以监测。这包括持续地审视顾客服务过程以找出各种可能的漏洞，造成这些漏洞的原因可能会是过程的老化，顾客需要的变化，或是与设计意图和实施标准不一致的其他因素。有关过程能力研究的内容在第 4 章讨论。当对过程的要求超过了过程的能力时，该过程就必须重新加以设

计。过程的再设计也会使效率或效果得以改进，尤其是当吸收了新的或改进的技术时。

符号

QEW过程描绘符号旨在使所绘制流程图能够在反映最大限度信息的同时，看上去又能十分清晰。同时确保不同过程描述的一致性和统一性。



过程用内部写有过程名称的菱形符号表示。



待改进过程的外部过程用切割四角的菱形符号表示。外部过程的名称写在该菱形符号的内部。



待改进过程外部的组织名称（如顾客或卖主），用切割四角的正方形符号表示。

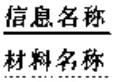


组织或工作中心实施的职能，用一个带圆角的竖长方形符号表示。该长方形符号分割为三部分。顶部注明该职能的缩写和序号；中间部分注明该职能的名称；底部注明实施该职能的组织。



已改进的职能在其序号前加注“*”号。

仅由计算机系统实施的职能用分割为三部分的圆形表示。顶部和中间部分的含义同上，底部为相应计算机系统的名称。



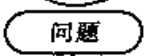
有两种类型的接口（输入／输出）。实线用来表示信息，而虚线用来表示材料。信息或材料的名称写在线的上面。



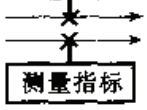
支持系统用一个内部注明信息系统名称的圆形符号表示。这一符号用于该系统是支持某一职能时。两条垂直平行的箭号线表示系统与职能间的输入输出流。



一个分割为两半的圆形符号表示某一系统使用的数据库。上半部分注明该计算机支持系统的名称，下半部分注明该数据库的名称。



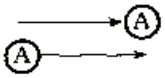
过程中任何已识别的问题，用一个在其出现点的上方或下方的椭圆形符号表示。问题出现点用“×”标示，并用一连线将其与椭圆形符号相连。



过程某部分的测量指标，用一个在测量发生点的上方或下方的长方形符号表示。测量点用“×”标示，并用一连线将其与长方形符号相连。

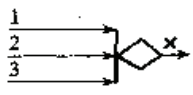


反馈符号用来防止流程图变得过于复杂。反馈始终用数字加以注明。反馈流的两端，必须使用同一数字。



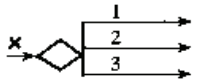
当流程图必须分开画在不同页码时，使用连接符号。连接符号是一个带有大写字母的圆形符号。被分割开的两端，必须使用同一字母。

决策点：



决策点用一个小的菱形符号表示。决策点是指那些按照事先规定的条件（称为决策规则）作出选择的地方。它们经常用于支持性职能的描述。

在这种情况下，决策规则是在递送职能上，基于输出命令1，2和3决定×点将发生什么。例如，决策规则可以是：如输出1和3均发生，则将输出2送至×点，否则不采取行动。



在这种情况下，决策规则是在逆送职能上，基于输出×，决定 1，2，3 点将发生什么。例如，决策规则可以是，如果×大于 10，则将×送至 1；如果×在 5 与 10 之间，则将×送至 2；其他情况下，将×送至 3。

OE 过程描绘规则确保了复杂的流程图只有惟一的解释。同时还有助于保证不同项目之间的一致性和统一性。

说明： 过程流程图表示了功能实施的时间顺序。前进方向是从左至右。

绘制过程流程图时，可能会出现以下情况：考虑 A，B，C，D，E 五种职能。A 和 B 从外部供应商接收材料并分别对其进行操作。他们的产品送到“储存”职能 C 并在送至职能 D 进一步加工之前在此存放一段时间。当职能 D 产品完工后，被送到职能 C 再存放一段时间，然后送至职能 E 作最终检验并向外部顾客装运发货。

图 25—12　过程描绘：符号与规则

资料来源：AT & T Operations （1998）.

外包

在许多企业中，业务过程再造（BPR）的举措会带来破旧立新和外包方面的问题。破旧立新意味着顾客服务系统从其传统的过程和相关系统向现代的、领先的过程和系统的转移。传统方式所拥有的硬件、软件、培训和文化等必须用建立竞争优势的现代方式来有效地加以替代。随之而来的一个问题便是，顾客服务职能是全部由企业内部来实施，还是应当将之外包给那些专门从事这些职能的公司。那些专业提供顾客服务的公司在顾客服务的竞技场上常常技高一筹，它们所从事的许多相关的职能都具有极高的水准。通常对这一问题的明智思路便是，如果顾客服务职能对于企业的经营战略具有战略性意义，如前文的“战略意图”所讨论的，则这一职能就应在内部实施。这很容易理解，因为这一职能构成了在某些关键的服务方面优于最强的竞争者这一战略的组成部分。另一方面，如果这一职能不是战略性的，则实施这一职能的质量与成本可否与外界公司相比较便成为一个判断的准则。许多质量奖得主公司的顾客服务职能都是由不为顾客所知的外部公司所提供的。

测量与测量单位

实现卓越顾客服务的所有方法都有一个共同点，这便是都要求有信息收集和分析的手段。首先我们来看几个基本的定义。

- 测量单位（metric）：测量的单位。日常生活中的常用测量单位如长度测

量单位为英里（或千米），重量测量单位为磅（或千克）。

• 统计特征值（statistical metric）：某个计算程序的结果。例如，最普遍使用的统计特征值如一组数值的算术平均数。你很容易算出与你一同乘电梯的众人的平均体重，即询问每个乘梯人的体重，把这些数字相加，当然还要加上你的体重，然后用这个总和除以乘电梯的总人数便可以得出结果。当然，电梯中的人也许不知道自己的确切体重，所以这个体重平均数是一个估计值。

• 数据（data）：一组独立的测量值。数据通常是统计特征值的输入。数据的例子如：乘电梯的每个人的体重构成了一组数据。

• 分析（analysis）：将数据与统计特征值进行比较的结构化方式。例如：汤姆的体重超过了乘电梯人的平均体重。

借助于这些定义，我们来考察一下图 25—13 所示的这一定义、收集和分析测量单位的过程图（这里的材料大多引自 AT&T OE 过程管理顾问处，在此谨致谢意）。在以下的解说中，假设图 25—13 最左边所示活动已经发生，过程描述已经完成，用目标表达的业务需要已经确定为战略规划和服务定义的组成部分。

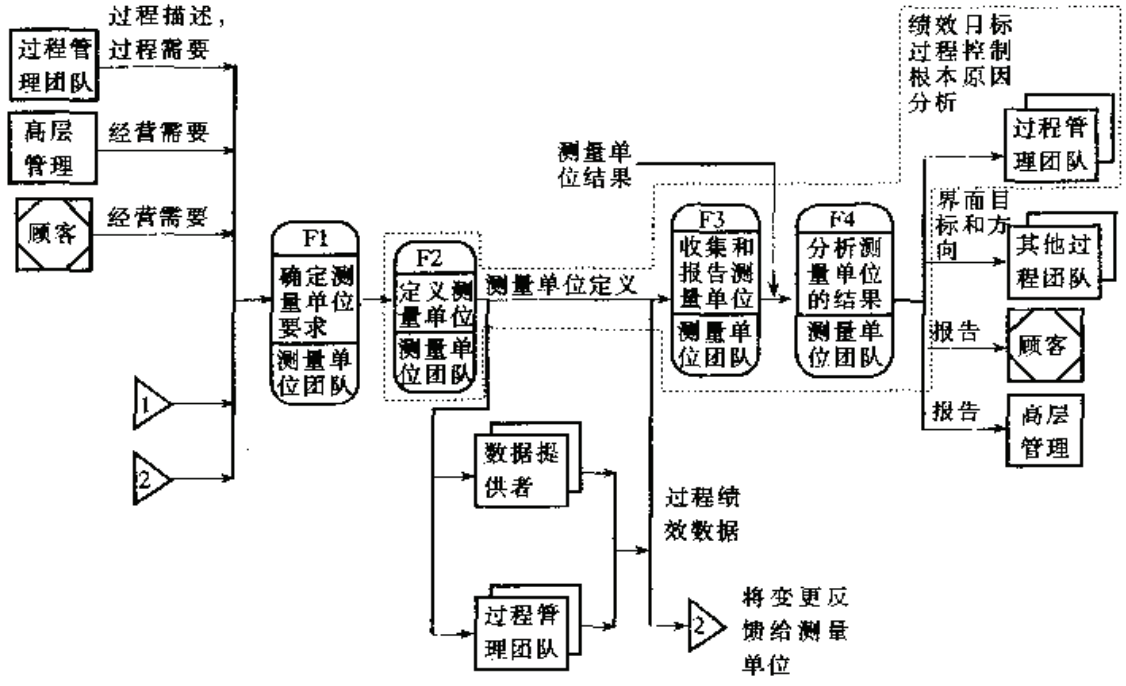


图 25—13 测量单位的定义、收集和分析

设计顾客服务测量单位的第一步，就是识别对于测量单位的要求并进而确定满足这一要求的具体测量单位。通常，测量单位会涉及过程的以下三方面因素中某些或所有方面：

• 顾客服务过程的效果（effectiveness）。该过程步骤的输出是否满足顾客需要？这里的测量单位可以是对过程中溢出的缺陷的量化。

• 顾客服务过程的效率（efficiency）。该过程是否充分利用了资源？这时的测量单位可以是对过程内部缺陷的量化，如返工。

• 供方的效果（effectiveness）。该过程的输入是否满足需要？这时的测量单位可以是对进货缺陷的量化。

以上建议的测量单位都集中在缺陷上。就这些测量单位意图表达的意义而言，一个缺陷是指不能满足或超过顾客、业务或过程要求的任何情况。这里关注的缺陷主要是内部的缺陷，而非影响顾客的缺陷，因而对缺陷的强调是一种预防性的思路，即在其影响到所提供给顾客的服务之前就消除问题。因此，关于缺陷的现实的界定便具有非常重要的意义。

当规定测量单位时，确保计算这些测量单位所要求的数据要能够迅速而可靠地收集到，这是很重要的一点。因而在设计时必须考虑到数据的来源、可能的收集方法、如何识别缺陷、所需工作量以及收集数据所需的时间。所有的关键特性都应使用测量单位来描述，即使开始时未必全部实施。还应考虑到每种方法是如何影响行为的以及必要时应如何修正，以确保这些测量能够导致所期望的行为。

IBM 公司　诸如 IBM 这样的强调顾客服务的大公司在建立其测量过程时，采取的是一种非常综合的方式（Edosomwan，1988）。IBM 的顾客服务质量测量是针对影响顾客的四个领域进行的：

- 有关顾客的要求
  1. 与顾客的伙伴关系
  2. 质量保证
  3. 可靠性
  4. 设身处地
  5. 持久性
  6. 反应能力
- 有关任务的要求
  1. 供方选项
  2. 卖方选项
  3. 运作选项
  4. 部门选项
  5. 职能间选项
  6. 跨职能选项
  7. 生产选项
  8. 供货选项
  9. 消费选项
- 有关组织的要求

1. 管理当局的承诺
2. 教育和培训
3. 规定的角色和责任
4. 表彰与奖励
5. 沟通
6. 设定目标的过程

- 有关过程控制的要求
  1. 测量工具
  2. 评价工具
  3. 改进工具
  4. 信息
  5. 资源配置
  6. 计划活动
  7. 反馈机制
  8. 环境监控手段

这四个领域的测量被分成了五个水准，如表 25—5 所示。IBM 公司在实施中所应用的具体的测量单位的类型，如表25—6所举的例子（Edosomwan，1988）。

这些例子中既有客观性的测量单位，如缺陷水平和错误率，也有主观性的测量单位，如竞争性质量评级。在这两种情况下，数据的有用性均取决于构成缺陷或差错的定义，顾客问卷和调查的设计及其实施方式，在计划、改进和控制中如何分析和利用数据等领域的有效性程度。因此，对各层次人员的教育与培训是非常重要的。根据 IBM 的介绍，表 25—7 中所概括的教育与培训要求适合于一个中等规模的事业部门。注意这里列出的内容、时间分配和预算是 1988 年的数据。

表 25—7 中所列的教育与培训并不包括针对面对顾客的顾客服务人员的专门培训。顾客服务人员的培训由特定的业务单位根据其所销售和支持的产品和服务所使用的具体方法、系统及策略来具体安排。

表 25—5　　顾客服务质量的影响

服务质量的水准	受影响的领域
对使用的适宜性	顾客
对标准的适宜性	运作过程
对需求的适宜性	运转周期
对计划的适宜性	服务质量变量的计划
对控制的适宜性	对顾客要求的维护

资料来源：Edosomwan (1988).

表 25—6　　IBM 顾客服务中所用的某些质量指标的类型

测量单位的类型	数据来源
系统的内部绩效缺陷	制造、工程和质量保证部门
系统的现场绩效缺陷	顾客服务和市场营销部门
由于服务故障造成的现场更换	备件和营销部门的数据
竞争性质量评级	顾客报告卡
设计变更与更新	开发、制造和工程的质量报告
厂内绩效差错率	工厂控制图
现场绩效差错率	系统绩效控制图

资料来源：Edosomwan (1988).

表 25—7　　IBM 顾客服务的教育与培训

层次	培训重点	培训时间	培训的预算
高层管理	顾客伙伴关系 顾客的要求 目标的设定 关键顾客服务质量项目	初次 1 周 每次 3 小时的定期强化	总预算的 9%
中层管理	顾客伙伴关系 资源分配 顾客服务项目开发	初次 1 周半 每次 5 小时的定期强化	总预算的 23%
基层监督员	项目监督 质量管理工具 反馈过程	初次 2 周 每次 1 天的定期强化	总预算的 23%
技术人员与操作员	可靠性、持久性与顾客满意度方面的工具	初次 3 周 每次 2 天的定期强化	总预算的 45%

资料来源：Edosomwan (1988).

人力资源

旨在实现卓越的顾客服务的企业人力资源问题，既涉及面对顾客的职员，也涉及企业中所有支持面对顾客的职员以及顾客服务战略与过程的人员。

表 25—8 中归纳了有关顾客服务人员的关键问题。这些问题的实施框架应当包括目标、测量单位以及每一 HR 问题的改进措施。这种框架的实例总结在表 25—9 中。

表 25—8　　人力资源：顾客服务部门的质量举措

人力资源的要点	关键的实施举措（例子）	关键的战略举措（例子）
招聘	与顾客服务招聘供应者的主动关系	明确顾客服务岗位和职能所要求的能力与技能
教育与培训	进行技能评定和差距分析	开发和提供职能技能及人员技能
工具与技术	装备信息技术与工具以便实施改进和奖酬的测量	获取和配置信息技术和工具以支持顾客服务职能
参与	实施反馈与激励构筑过程	建立以团队为中心的顾客服务组织结构
活性化	提供领导、榜样和实例以促使制度化的活性化	在顾客服务人员与企业之间建立利害共担的关系
绩效与认可	对良好的表现提供即时而可见的反馈和奖励	确保认可与奖励过程确实强化了所期望的行为和业务成果

表 25—9　　人力资源：质量举措的实施框架

人力资源的要点	目标	测量单位	改进方法
招聘	48 小时内 100% 的追踪	决策所需周期时间	减少周期时间的过程改进
教育与培训	完全合格的一线人员	接受最新教育与培训的顾客服务人员的百分比	方针目标展开
技术与工具	在15 秒内接听 100% 来电的系统	开始应答超过 15 秒的百分比	换班会上职员与经理的每日绩效评估
参与	每个个人和团队所分担的目标	每位职员的改进建议	顾客服务团队
活性化	每位职员都具有使顾客满意的手段和职权	领导力调查得分	360°评估
奖励与认可	每位职员都有书面的明确目标	根据目标和实现程度对管理人员和职员的评分	目标应兼有共同的团队目标与个人目标

雇员因素

《质量进展》杂志公布了一项由 Abt 的成员对于 5 万名顾客服务雇员所作的研究。该研究发现顾客满意度取决于顾客服务人员对于他们所具备的能力、手段以及组织对顾客需要所提供支持的相信程度（Struebing，1996）。同一文章还报道了一个专家评估，认为顾客服务举措的成败从其一开始就有了苗头，这便是对面对顾客的雇员的招聘。在此，人员的个性是一项非常关键的要素。

持续改进

顾客服务的持续改进所涉及的理念、方法和手段与其他的职能相类似，在第 6 章中具有详尽的讨论。必须强调的是，持续改进既包括了渐进性的改进，也包括了必要时的非连续性的改进。改进过程的内容之一包括了对环境的持续的审视，以发现市场变化、新机遇和新的竞争威胁的早期预警。有些情况下的改进需要或机会是由顾客驱动的，有些情况下则是由竞争者驱动的，还有些情况下则来自新涌现的技术能力。在所有这些场合下，改进都应当成为本章稍前所讨论的战略计划过程的一个组成部分。

L.L. 比恩公司　为了在其顾客服务领域营造起持续改进的氛围，L.L. 比恩公司所采取的第一个步骤是指派一名专职的促进者来帮助顾客服务经理在这方面的工作（Customer Service Newsletter，1995）。公司成立了一个变革团队以再造顾客服务过程，构建持续改进的能力。该团队基于以下四个方面的基本能力所

组成：

• 以顾客为中心。团队成员是否致力于满足内、外部顾客的需要，并能够与所有顾客建立有效的关系？

• 团队能力。团队成员是否愿意与他人共享知识和信息？“我们不要那些独占信息以强化自己的工作安全的人。”团队的促进者如是说。

• 良好的沟通技能。

• 对于多变的工作条件的柔性和适应性。

该团队首先从理解当前的顾客服务过程入手。团队发现该过程建立在顺序传接的基础之上，这些传接有许多都是不必要的。无论何时，只要有一线人员不能处理的事务，这种传接便成为了问题的祸根。这种情况下，雇员会将顾客移转给另一部门。这种移转是离线进行的。接收部门做完其必要的工作后，又会把案卷返回给顾客。大多数情况下，这要花 2～3 天的时间才能完成。

在全公司准备实施变革之前，该团队首先制定了一个试验方案。人们认识到，一下子就将未经测试的过程改进在1 200人当中全面铺开未免风险太大。这一变革包括了一个具有如下特征的一线顾客服务组织结构：

• 聚焦于外部顾客。通过消除不必要的传接来最大限度地方便顾客，将顾客迅捷有效地置于能够满足其需要的人员面前。

• 过程导向型结构。此前的组织结构是职能导向型的。新结构中，顾客服务代表对于从一开始顾客上门到最终解决问题的全过程负有全部责任。

• 学习型组织结构。最低限的传接和全程负责的组织设计高度重视了学习的机会。服务代表现在能够建立充分的知识储备以辨识顾客服务问题的根本原因以及从源头预防再发的方法。顾客服务部门成为了论坛，人们在一起讨论当日的活动，哪些做得好，哪些做得不好，而且主要着眼于预防问题的再发生而非更好地解决问题。

经过两个月试验后，试行的顾客服务团队的生产率提高了 38%。这一结果令团队负责人感到意外，他曾预计初始时生产率会有所降低。试验中的最重要的发现在于，生产率、优质服务和工作满意度是彼此互补的结果。

参考文献

AT&T Operations. “An Action-Oriented Approach to Implementing PQMI.” *AT&T Operations Engineering Workbook*. (Available in *Process Quality Management*, Lucent Technologies Publications, Indianapolis, IN, 1998).

Bell System (1983). “Human Factors and Behavioral Science.” *The Bell System Technical Journal*, vol. 62, no.6, part 3, July-August.

Clarke, J. Barry, Eileen F. Mahoney, and Susan E. Robishaw (1993). "New England Telephone Opens Customer Service Lines to Change." *National Productivity Review*, Winter. The authors describe this effort as a reengineering project and discuss in some detail the problems encountered and the countermeasures that led to ultimate success. Although the term *service blueprinting* is not used, the approach is described as part of the overall solution.

Customer Service Newsletter (1995). "You're Not Giving 'World-Class' Customer Service Until You Can Prevent Problems," vol. 23, no. 5, May.

Edosomwan, Johnson Aimie(1988). "A Program for Managing Service Quality," in Jay W. Spechler (ed.): *When America Does it Right: Case Studies in Service Quality*. Industrial Engineering and Management Press, Norcross, Ga.

EDS Homepage Internet (www). "A Yankee Group profile: Outsourcing Leadership Series. In Electronic Data Systems Corp."

Grant, Alan W. H., and Leonard A. Schlesinger. (1995). "Realize Your Customers' Full Profit Potential." *Harvard Business Review*, September-October, pp. 59–72.

Hax, Arnaldo C., and Maluf, Nicolas S. (1984). *Strategic Management*. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, N.J.

Innis, Daniel E. (1994). "Modelling the Effects of Customer Service Performance on Purchase Intentions in the Channel." *Journal of Marketing Theory and Practice. Spring*. Combined Lisrel model. Note that this model is a particular application of the "service satisfaction model" presented as Figure 3 in "Toward Service Systems Engineering," by Thomas Pyzdek, in *Quality Management Journal*, April 1994. Pyzdek attributes the model to Wirtz and Bateson.

Jackson, J. H., and Morgan, C. P. (1978). *Organization Theory: A Macro Perspective for Management*, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, N.J.

Motorola, Inc. (1989). Benchmarking visit to AT&T, August 16.

Pyzdek, Thomas (1994). "Toward Service Systems Engineering." *Quality Management Journal*, April.

Spechler, Jay W. (1988). *When America Does it Right: Case Studies in Service Quality*: Industrial Engineering and Management Press, Norcross, Ga.

Struebing, Laura (1996). "Customer Loyalty: Playing for Keeps." *Quality Progress*, February, pp. 25–30.

(何兆伟 译)

第 26 章

行政与支持性活动

詹姆斯·A·F·斯多纳（James A. F. Stoner）
查尔斯·B·万克尔（Charles B. Wankel）
弗兰克·M·沃尔纳（Frank M. Werner）

引言
　摘要与结论
　定义与识别行政和支持性过程
　改进的必要性
　与本手册其他章节的关系
行政与支持性服务中质量改进的进展
　概述
　历史的视角
　质量进展的历史性障碍
　障碍的衰落和上升的期望与压力
行政与支持性服务中质量改进的变化
　概述
　三种类型的基于质量的改进
　消除非增值性行政工作的意外收获
　对行政与支持性领域工作的援助
内部审计：行政与支持性领域一个深刻变革的实例
　概述
　改进的实例
提升行政与支持性活动的质量
　概述
　质量计划活动
　质量控制活动
　质量改进活动
行政与支持性活动中的其他质量改进实例
　概述
　会计、审计和内审
　财务
　人力资源
　信息系统
　法律服务
　市场营销
结论
参考文献

引言

要实现超越顾客的期望，涉及整个组织中的众多的活动。在“质量运动”的

早期，人们的注意力主要集中于那些对产品或服务有着最直接影响的活动（如设计、物资采购、制造、检验）。然而，还有许多活动尽管对产品或服务质量的影响是间接的，但却都对顾客的满意有着重要的影响。随着对产品和服务质量的改进变得如此的广泛和普遍，人们开始越来越重视对顾客满意的影响未必那么直截了当的那些因素的质量的改进。

这些活动无论是在学术文献上还是在组织的实践中尚未形成为人们广为接受的通用术语。本手册将使用“行政与支持性活动”（administrative and supportive operations）这一说法来描述这些活动。这些活动的职责通常落在诸如财务、人力资源、公司法律这样的“参谋”或行政部门中。这些活动的具体例子如：人力资源部门处理工资单以使职员能够领到薪水；法务部门对于研究和开发部门的研究人员的专利申请提供支持等。这些活动在本章稍后会有更加详细的定义，但我们并不特别强调“行政性活动”与“支持性活动”之间的区别，因为从其本质上而言，所有的行政性活动和支持性活动的作用无非是支持组织的其他部门创造和交付超越顾客期望的产品和服务而已。

摘要与结论 在全力实现并持续保持在质量和顾客满意方面的革命性的改进速率的过程中，企业界发现在组织结构、系统、相互关系和组织文化的所有方面都发生了巨大的变化（参见第 5 章和第 15 章）。在诸如财务、人力资源和法律这些行政和支持性部门中所发生变化的深远程度同样不亚于组织的任何其他部门。本手册的这一章将考察组织中的行政和支持性活动的改进作为全球质量革命的一个组成部分应当如何进行并加以持续下去，以及这些活动传统上所在的职能部门是如何变化的。

质量引入到行政和支持性活动中，带来了三种广泛的变化。有些变化涉及行政与支持性工作的过程，有些涉及这些工作的内容，有些则涉及这些工作的实施所依存的背景条件。

过程（process）：利用质量管理工具对于由来已久的（“传统的”）行政和支持性活动进行深入剖析并常常加以重大的改进。

内容（content）：新的活动被纳入进来，旧的活动被取消或转移到了组织的其他部门，使得行政和支持职能中的工作内容发生了变化。

背景条件（context）：随着行政和支持性领域越来越重视服务于内、外部顾客，随着他们工作性质的改变，随着他们日益注重向组织的其他部分的学习，行政与支持性人员的角色以及他们与组织的其他部分的关系也在改变着，同时也产生了新的角色与新的关系。

本章的主要结论是：

行政和支持性职能，如同组织的其他部分一样，当然能够而且也正在使用完全相同的质量改进工具，以完全相同的方式，取得完全同样的成果。

顾客满意程度的提高来自传统服务的改进，如缺陷的减少、运转周期的缩短

以及成本的降低，也来自新的服务的发展。

这些质量改进的受益者包括了内部和外部两方面的顾客。

部门及其成员的角色和关系的转变具有特别重要的意义。

总体上而言，提供行政和支持性活动的这些职能部门是在跟随而非领导生产和运营职能，有时甚至会落后很多。

随着组织在不断发明和发现与全面质量文化更为一致的结构和关系，本章所描述的职能部门的改变会持续地演化为新的方式（参见第 15 章“人力资源和质量”）。

这些结论表明，所有的组织成员都应当期待和谋求在所有行政和支持性活动中实现革命性的质量改进速率，正如他们在提供给外部顾客的产品和服务方面可以且应该期待这样的改进一样。

定义与识别行政和支持性过程　组成组织的行政和支持性活动的过程可被视为发生于以下三个相关的领域，即管理组织的内部活动，支持组织的成员服务于外部顾客，支持外部的顾客做好他们与本组织之间发生的业务。这里的外部顾客是广义的，包括了供应商和其他的外部利害相关者。

这些活动的行政性的一面包括了组织维持自身的持续存在以便能够服务于其顾客所要求的那些活动。行政性活动包括了那些主要或全部影响内部顾客的过程。他们可能会影响内部顾客作为组织的雇员的角色，或者作为服务于外部顾客的生产者的角色。影响作为内部顾客的雇员的行政性活动的例子如，人力资源部门处理工资单以便雇员能够拿到薪水。其他的例子如年金管理、退休计划、职业生涯发展制度、工资制度、培训计划、医疗保健计划等等。

影响雇员作为生产者角色的行政性过程包括建立、维持以及使用各种制度和活动，如管理信息系统和工厂维护，以促使组织的雇员能够做好服务于最终顾客的工作。这方面的例子如设施管理部门为保持清洁、舒适的工作环境所做的贡献。

这些活动的支持性的一面包括更加直接地贡献于其他部门的工作这样一些活动，他们或者服务于组织的外部顾客，或者从事了确保组织竞争力的其他必要活动。例如，法务部门帮助研发部门的研究人员起草和提出专利申请。支持性活动也有助于顾客和其他的利害共担者与本组织打交道。这方面的例子如向外部顾客开具发货清单和处理付款事宜。

改进的必要性　在本手册的前一版本中，格里纳（Gryna，1988）指出，在行政和支持性系统的运行过程中，在减少差错及缩短运转周期方面存在着大量的改进机会。他曾提及一家电子仪器公司所进行的一项研究，该研究表明“50％的计时卡片存在着错误”，“一个月当中所作的旅行预订有 40％发生了变动”，而其中有两项居然更改了九次；抽查某个月的业绩考评情况，其中有 10％因未签名而被退回。他指出：“针对支持或行政性活动中的差错成本几乎未曾做过什么量

化。笔者确信这些活动中的不良质量成本与产品方面的不良质量成本一样高。"

正如格里纳所指出的，在正当的有价值的行政性活动中存在的因缺陷和缓慢的运转周期所致的成本可能是相当巨大的。然而，这些成本可能要远低于因无效的或不必要的行政性过程所导致的成本。组织工作中由于过时的、不必要的、无效的行政和支持性活动的存在而产生的冲突，是尚未被量化的不良质量成本之一。不增加价值的行政和支持性程序很容易产生并固化在组织的系统和计划中。无效或无用的制度不仅浪费负责执行的行政和支持人员的资源，而且还浪费了大量的其他人员的时间与精力，他们负责收集所要求的数据，填写所要求的表格，等待着所要求的批复等等。

对行政与支持性活动的改进不仅仅在于减少不良质量成本，而且还存在着这样的必要性，即使这些活动与组织中正在形成的质量管理体系和文化相一致。与组织的其他部分不相容的行政和支持性过程可能会成为许多活动的巨大障碍，而与组织的其他单元和过程的协调一致将催生卓越的绩效。

与本手册其他章节的关系 因为行政和支持性活动中使用的质量工具和实施过程与组织中的其他部分所使用的工具和过程是同样的，因此，第3、4、5、6、12、13、14、45章所讨论的质量计划、质量控制、质量改进、过程质量管理、标高分析、战略性质量计划、全面质量管理和统计过程控制这些内容都与本章密切相关。因为行政和支持性人员的工作、角色、关系中的变化可能会很大，而且是组织文化变革的组成部分，第15章"人力资源和质量"与第16章"质量培训"也同本章有着密切的关系。

行政与支持性服务中质量改进的进展

概述 尽管从历史上来看，行政与支持性领域的改进比起许多生产性活动要慢，但变革一旦开始，其进程便会十分的迅猛。最近的证据表明，组织在行政与支持性领域也能够取得同在生产领域中一样的改进速率。每月签发支票的错误可以从几百件减少到一两件；完成信用分析或起草合同的周期能从几周减少到几分钟；大型跨国公司结算公司账目的费用每年能够减少数千万美元，而且更加准确和迅速。本章的这一部分首先从历史的视角来对行政与支持性活动中的质量改进加以讨论。然后探讨在行政与支持性活动中的质量改进为什么要比那些与最终顾客直接打交道的领域中为慢的原因，以及这些历史性的原因正在发生着怎样的变化，从而导致了当前这样的状况，即在行政与支持服务过程中的改进速率开始趋同于其他活动中的改进速率。

历史的视角 制造或服务公司的使命是连续地生产超越顾客期望的产品和服

务，并将这些产品和服务有效地投放到市场上去并提供支持，从而获得维系组织生存的收入，并给予组织的各类利害共担者以回报。

对产品和服务质量影响到收入的早期意识，导致公司在其传统的运营活动中建立质量控制部门。这些活动最初集中于对成品的最终检验，随后扩展到了生产过程中的质量保证。这些质量控制活动在制造业公司中开展的最为迅速和广泛。进一步地，在制造业公司内，也是在对于用户和生产者最为瞩目的那些产品形成领域，如原材料、生产活动和最终性能特征等方面，质量控制活动取得了最为迅猛的进展。行政与支持性活动对于产品质量和顾客满意的影响不是那么耀眼，或许正是这种不太耀眼导致了在这些“间接性”的活动中质量控制的较慢发展。

沙利文（Sullivan，1986）曾将全公司范围内的质量控制的进展描述为一个七阶段过程。在他的模型中，行政与支持性职能比较多的会在第三阶段积极地参与进来，但在之前则不大可能。第一阶段是“以产品为中心的”，包括“生产后的检验、对成品的审核和解决问题的活动”。第二阶段是“过程导向”，涉及“生产过程中的质量保证，包括 SPC、防误操作等在内”。在第三阶段中，注意力开始转到组织的其余部分。这一阶段他称之为“系统导向”，所有的部门都参与了进来。尽管他只提及了设计、生产、销售和服务，但系统导向的不断发展必然地会将行政与支持性活动包括进来。

沙利文提出的其余四个阶段分别是：“人文主义的”，“通过教育与培训改变所有雇员的思想”；“社会导向的”，“产品和过程设计的最优化，以实现更低的成本和更加顽健（robust）的功能”；“成本导向”，包括将田口的社会损失函数的概念整合到设计过程和全面质量管理体系中，以在一个全面的社会成本的基础上，生产出具有高度竞争力的产品和服务；“消费者导向”，包括通过“质量机能展开将‘顾客的声音’融入到运营的词汇当中”（Sullivan，1986）。

20 世纪 80 年代后期和 90 年代公司质量管理的发展，可能与沙利文在 1986 年的文章中所描述的过程有着显著的不同，但他的框架的确反映了行政与支持性职能中所发生的众多变化。沙利文的框架将行政与支持性职能在导入质量管理方面描述为一个“追随者角色”而不是“领导者角色”，这一点看起来尤为确切。在行政与支持性活动中存在着的大量历史性的质量改进障碍决定了这种“追随者角色”。

质量进展的历史性障碍　在大多数公司中，导致行政与支持性职能这种追随者角色的最重要的因素，也许便是其长期以来缺乏竞争的这种本质性特征。行政与支持性活动主要服务于别无选择的内部顾客，这些内部顾客通常没有接触其他供应商的机会。不像许多行业在面对以日本人为代表的质量卓越的外国竞争者卓绝竞争时所形成的那样一种“觉醒呼号”，这些内部的供应商并没有面对明显的竞争氛围。行政与支持性活动被屏蔽在竞争压力之外，而正是这种压力驱动着质

量革命扩展到了整个公司、行业部门与国家。

促使形成这种追随者角色的还有其他的因素，如缺乏关于行政与支持性过程质量内涵的理解，缺乏行政与支持性活动的利润影响的敏感性，缺乏改进这些过程的成功经验，缺乏实施改进的有经验的领导者，缺乏过程意识，等等。

比起产品质量、成本对组织的盈利能力和竞争力的影响而言，无效的行政与支持性活动的影响远没有那么清晰。激发许多公司投身于质量改进的早期的成功传奇大多发生在熟悉的竞争对手的生产现场中，导致的是获得相似成果的努力。向一个又一个公司传授质量管理的有经验的质量专家通常是来自生产领域的专家，他们中很少有改进行政与支持过程的经历。事实上，一个广为人们抱有的信念便是，公司在财务、市场营销或法律事务方面无法进行“质量管理”。许多行政人员还难以认识到，行政与支持性活动也是通过富有生产性的过程来实现其使命的，正如组织中的其他部门的工作一样。质量管理高度重视的便是对于过程的改进，那些尚未意识到自己事实上是在参与一个过程的人们，便很难谈得上对于质量管理的重视。

在行政与支持性职能中，这种过程意识的缺乏尤为有趣，其存在可能有各种各样的原因，包括：

有关系统和过程方面的培训水准很低，如在工程以及其他的专业领域中。

过程不明显，因为它们只是间断性地偶尔发生的（如起草法律合同，分析重大投资项目，处理项目组中的人员跳槽等）。

主张行政与支持性活动根本不是过程，是“艺术而非科学”，这主要取决于创造性或职业性的技能（如策划广告活动、编写专利申请、管理投资组合等）。

传统的职能碉堡的存在。这种碉堡影响了过程的自然流程，掩盖了职能活动间的内在联系，认为职能碉堡理所当然或不可避免（如认为所有市场研究活动应集中在一个由市场研究专家构成的部门中）的信念使得这种碉堡的存在受到了进一步的支持。

障碍的衰落和上升的期望与压力 质量改进的许多障碍正在迅速地衰落，而对于质量改进的期望与压力却在不断上升。在应用质量管理方法进行改进并向有效的角色转变方面所取得的成功表明，这方面的进步是可能的，也是富有收益的。组织内、外部在改进方面的培训与咨询资源有了巨大的增长。从事行政与支持性活动的许多人现在都意识到了过程的存在以及为内、外部顾客服务的重要性。

此外，在20世纪80年代和90年代发生的两方面变化，即公司日益增大的竞争压力和外包的兴起，可能会缩小行政与支持性职能方面的“追随者差距”，并造成了近来对质量举措的更为积极的采用。随着公司所面临的竞争形势的进一步加剧，“小投入大产出”这种压力也日益落在了行政与支持部门头上。同时，

对外包的潜在价值的日益重视也削弱了这些领域的受保护性质。行政与支持性部门的成员正在日益面对这样一种抉择，即或是在质量、运转周期、成本、效益方面进行剧烈的改进，或是任由它们的职能由外部的合同单位来提供，外部组织常常能够以更低的成本与更高的质量来提供它们的服务。[这方面的例子参见 Alexander and Young (1996)，Harkins et al. (1996) 以及 Lacity et al. (1996)。] 正是因为这些变化，行政与支持性领域中的质量改进正在以极快的速度不断增长。

行政与支持性服务中质量改进的变化

概述　在很大程度上，行政与支持性活动中所取得的质量改进的类型与组织中的其他部分所取得的改进的类型是相同的。然而，有一种类型的改进对于行政与支持性活动来说略显“特别”，因为比起组织的其他领域，它更容易发生在行政与支持性活动中。在本章的这一部分中，我们将讨论前三大类改进，并用取自各种行政与支持性活动的实例来加以说明。然后我们将讨论不太常见的改进领域。我们还将辨识组织其他领域的质量先锋能够为行政与支持领域的质量改进做出贡献的机会。

三种类型的基于质量的改进　行政与支持性活动中基于质量的改进可分为广为接受的三大类别：(1) 源于分析传统活动并使之做得更好而取得的改进；(2) 源于做不同的事情而获得的改进；(3) 源于角色与关系的变化而获得的改进（参见第 15 章“人力资源和质量”）。

图 26—1 是关于这三种改进类型的一个模型。可以看出，组织的行政与支持性活动处于一种转变之中，即起初时运行在以金字塔符号所代表的传统管理 (TM) 中，然后处在了用一个浅的圆底锅符号所代表的系统的质量管理 (SQM) 当中。看一下这一浅的圆底锅符号，浅代表着消除了不必要的组织层次，圆底锅是金字塔的反转，表明经理们的角色从简单的命令式向对组织中的其他部分的支持的转变，这代表着质量管理水准的当前状态，亦即 20 世纪 90 年代后期的戴明奖与鲍德里奇奖得主公司的最佳实践。

图中带箭头的虚线指向右上方一个不规则的形状。这里反映出了质量管理的范式朝着任何现有的组织都尚未达到的一种管理实践状态持续演变的性质。虚线箭头的路径可以理解为组织从全面质量的水准向着霍杰茨等人 (Hodgetts et al., 1994) 所讨论的世界级演化的过程。

在图 26—1 中，有两条箭线表示应用质量管理的观点审视传统工作而获得的改进。有些工作（箭线 1a）未加变动，还有些工作（箭线 1b）则进行了重新的设计。另外两条箭线则代表通过做不同的事情而带来的改进，要么是实施了新的

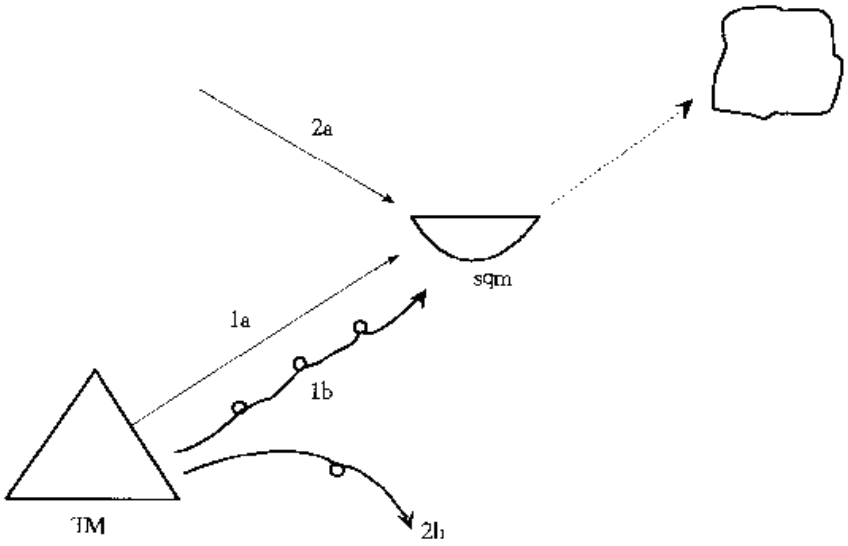


图 26—1　基于质量的改进的类型

增加价值的活动（箭线 2a），要么是削减了不增加价值的活动或是将工作转移到了能够做得更好的组织的其他部门（箭线 2b）。图的周遭是组织的其余部分，代表着第三种类型的改进，即行政与支持性人员的角色和关系的变化（Stoner and Werner，1992b）。

将同样事情做得更好而获得的改进　第一种类型的改变始于审视组织单位目前正在进行着的工作以寻求改进的机会。尽管部门中有些活动会达到最佳惯行和系统化的质量管理的境界，但大多数情况下都会有很多的改进质量、顾客服务以及降低成本的机会。这种改进是通过小规模的持续改进［今井（Imai，1986）称之为“改善（kaizen）”］和大规模的非连续改进（今井称之为“创新”，还有的人称之为“再造”）来实现的。

改善是以渐进的步骤对现行的活动进行的持续的改进。例如，许多组织利用质量改进团队来改进其差旅费报销的做法。联邦快递公司通过用计算机处理取代人工填表对其费用报告制度进行了重新的设计，消除了数据的遗漏和计算的错误。结果，现在的报销只需一天，且当前的过程消除了大多数的现金垫付的需要（Stoner and Werner，1993，p.44）。无疑，随着时间的推移，一系列的小变化也会聚集成为了不起的大变化。

今井所讲的创新指的是针对该职能的内容或实施方式而进行的剧烈的、非连续的、大规模的改变。正如第 6 章所讨论的，创新，亦即过程再造，是对现有过程的再设计，是以完全不同的方式来完成同一（或不同）任务。IBM 信用公司对其信贷批准过程进行了剖析，以弄清为什么处理顾客的请求要花整一周时间，结果发现一周的大部分时间花在了文件等待下一位专业人员的处理中。IBM 信用公司放弃了现行的过程而设计了一套全新的系统，新系统中由一位客户代表来负责过程中的所有部分。现在，由一个人来处理文件，只需几个小时就可处理完贷款

请求（Hammer and Champy，1993，pp.36-39）。

通过做不同事情而获得的改进　第二种类型的改进涉及做不同的事情，即引入新的活动，并消除那些不增加价值或很少增加价值的活动。当这些改变的范围与影响非常大时，也可以称之为再造。这些改变通过减少无效、挫折以及时间与精力的浪费而增加了组织的有效性。当行政与支持性部门承担了由组织的其他部门能够做得更好（或根本不需要做）的那些工作，或者未做他们最擅长做的那些工作时，便产生了这些无效、挫折与浪费。例如，当行政与支持部门执行并不增加相应价值而只是导致延误和费用的检查、审批和监督时，这便是无效率的一种主要形式。

当行政与支持人员开始质疑他们的活动所增加的价值时，他们常常发现能够向组织的其他部门（或是外部的顾客）提供新的产品与服务。美国标准公司发现了一个改进其内部业务过程的机会，这便是模拟那些成功地在制造领域中导入的优质过程。该公司成立了一个专门的推广小组，负责在其世界各地的行政部门实施为期五天的培训，以教授和推广这些新方法。

在行政与支持性职能中，最大的一项变革便是停止那些过时的活动。例如，许多财务部门在开展质量改进活动后不久就发现，它们正在编制组织中没有人使用的定期报告，而且要花很大的代价。察觉到这一点之后，斯坦利工具（Stanley Tools）公司的首席财务官（CFO）决定停止发送所有的财务报告。几乎没有人对此抱怨，这确证了他的判断。斯坦利公司废除了许多这类报告，有些报告进行了重新的设计以提供人们真正需要的资料（1990 年 10 月 9 日在福德姆大学作的报告）。

改变角色与关系而获得的改进　第三种类型的改进涉及行政与支持人员的角色以及与组织中其他人员之间关系的变化，这种转变改变了个人与群体共同工作的方式。当行政人员开始将其所支持的组织部门视为内部顾客，并增加（或开始）对于组织的其他部门的了解时，便发生了这样的变化。

基廷等人（Keating and Jablonsky，1990；Stoner and Werner，1993，1995）论述了某些公司中财务人员同组织的其他成员之间的工作关系的显著变化。财务人员放弃了公司警察的角色，不再把自己看做是“公司内仅有的成人”。相反，他们更像是同组织中其他成员进行合作的“商业伙伴”。基廷和雅布隆斯基将此与一个成功的运动队相类比。赢得比赛的当然是场上的运动员，但一支能获胜的队伍也必须有有效的指导和提供支持资源的有力的赞助商。他们指出：

> ……财务专业人员所面对的独特挑战……是学会怎样成为运动员和教练员。当你在学校接受了作为一个专业的记分员或独立评论员的科班训练并一直从事这一行时，作出改变绝非轻而易举的事情。贴近业务意味着要上场成为管理团队的一员（Keating and Jablonsky，1990，p.15）。

消除非增值性行政工作的意外收获　有一个特别的行政与支持性活动的领

域，对于组织的竞争能力、改进顾客满意度的能力、提供令人愉快的工作环境（戴明称之为“工作中的乐趣”）的能力而言，在这一领域中开展的质量活动往往会做出不同寻常的且常常是重大的贡献。这种不同寻常的改进来自行政与支持性职能对于非增值性工作的消除。组织的任何一个部分消除掉一些不太重要或无用的活动所取得的结果都有相似之处，但经常也会略有不同。

当组织的某个直接服务于顾客的部门，亦即一线部门消除了不增加价值的工作时，主要的受益者通常便是消除了不增值工作的这一部门本身，尽管外部顾客或许也会获益。然而，当行政与支持性部门消除了不增加价值的工作时，其主要的受益者则通常为他人，即行政与支持职能的顾客以及整个组织。

之所以有这种受益者的不同，是因为行政与支持性部门常常要求组织的其他部门要完成某些工作，以满足政府的规定，符合有关的程序与方针，提供组织的内、外部人员所需的数据，等等。行政与支持性职能不只是服务于内部的顾客，他们也会向其他的组织部门提出可能会妨碍其业务的要求，如要求其他单位提供数据的报告；内部审计检查并提出变更要求，这些变更可能会非常繁复或不值得去做；延误招聘而妨碍了工作的完成；为了防止或防卫诉讼的冗长的法律文件和其他措施等等。当无效地设计和实施这些行政性要求时，将会对组织的其他部门造成实质性的负担，而且未必有益于改进顾客服务。

福特公司在20世纪80年代初期对马自达公司进行了研究，以搞清楚为何马自达公司能够以如此低的成本生产出高质量的汽车。这一次研究现在已经是声名远播，它使福特公司发现了其因不增加价值的行政性工作而招致的巨大成本。一个重要的结论是：“……马自达公司的效率所获源自其将许多的核算活动分散到了非财务职能中……根据这项研究，‘这一环境有助于消除重复的工作。马自达公司的各个活动单位担负着与其运营相关的广泛的责任，没有必要将详细的信息传递给会计部门来加工、录入和制作报告’”（Keating and Jablonsky，1990，p.79）。

这种行政性的负担通常会有副作用，甚至会有荒谬的影响，它们会使人们改进组织的能力和主动性丧失殆尽。福特公司的一个雇员曾讲过：“人们在这种情况下会说……控制成本不是我的职责，这是那些财务人员的事情。”（Keating and Jablonsky，1990，p.87）AT&T公司的会计主任伯尼·拉格兰（Bernie Ragland）如此谈及该公司的行政管制的历史以及相关的内部符合性程序：“与管制有关的最主要的负面成本并非维持复杂的财务制度而支出的美元；其最大的负面成本是‘由这些规定所滋生出的循规蹈矩’。”这种结果“影响深远而尤为恶劣，长此以往它会塑造出一种习惯性的行为方式，即使认识到这一点也很难打破……结果使人们对所从事工作不假思索”（Keating and Jablonsky，1990，p.168）。

行政上强加的要求，如向参谋机构的不必要的报告，尤其令组织的其他成员烦恼，因为行政部门是摆脱不掉的无需付费的顾客。外部顾客经常可以把他们的

生意带到别处，以免受不增值工作之苦，但内部顾客很少会有这样的机会。开展质量管理的主要贡献之一便是从行政与支持性职能中消除许多不增值的要求。虽然在行政与支持性单位的内部预算中节约的时间和资金也是十分显著的，其他的组织单位因免于行政负担而产生的节约往往会大得更多。就这个意义而言，在评估行政与支持性活动中质量改进的价值时，这种类型的变革更值得人们特别地重视。

对行政与支持性领域工作的援助　行政与支持性领域为来自生产和质量部门的传统的质量能手建功立业提供了特别肥沃的土壤。质量工具与方法已经成为组织的生产与运营领域中的文化的一个组成部分，它们同样也可以在行政与支持性领域大有所为，并取得可与组织的其他领域相媲美的成果。

在组织的其他领域所取得的质量成功，为鼓励行政与支持领域中取得快速的进展至少提供了三方面的激励。这便是对于质量改进速率的期望、对于质量举措的接纳性以及实施质量改进的资源。

期望。随着组织的其他部门实施质量改进，他们对于行政与支持职能的质量绩效的期望也在提升，他们开始鼓励或（施压）要求行政和支持部门实现类似的改进。

接纳。组织中其他部门所取得的成功向行政与支持人员证明了质量改进技术在他们自己的公司中确实是有效的（减轻了“非我发明”的综合征）。

资源。在组织中的其他领域取得成就的个人与团队是可以利用的资源，他们是公司内部的质量咨询师人才库，他们熟悉组织及其内部运作。

内部审计：行政与支持性领域一个深刻变革的实例

概述　基于质量的三种改进类型（把事情做得更好，做不同的事情，改变角色与关系）以及消除非增值性工作的价值，可以在所有的行政与支持性活动中找到例证。然而，在这些变革中，其范围与影响给人印象最为深刻的例证之一，发生在内部审计职能中。从诸多的理由来讲，这都是说明在公司的质量旅程中，行政与支持性职能的变化方式的一个极好的实例。

首先，内部审计被看做管理系统中的质量控制单元，同生产运营中的质量控制活动具有完全一样的改进潜力。然而，在许多公司中，审计职能实施的方式与组织实现革命性的质量改进速度和增加顾客满意所要求的文化、角色以及工作方式极不相容。在这些公司中，内部审计已经成了公司的一支警察力量，其价值以及超级的影响力是通过在被审计部门挑错和找漏而造成的不断增加的压力和紧张而证明的。这些部门通常不是在构筑合作和消除壁垒，而是在反其道而行之。在一些内审单位发生的变化标志着对以往做法的彻底的纠正，这是旨在促成组织

的成功而发生的剧烈改变。其次，在内部审计中发生的变化还在于，显著地增加这一职能所增添的价值，而同时减少实施这一职能的成本。再次，这些变化正在促使组织的其他部门修正其工作的方式，导致了显著的成本降低和工作简化。最后，内部审计中进行的变革成了其他的行政与支持性领域实施变革的榜样。

改进的实例 以下的实例是内部审计部门中所发生的令人鼓舞的变革的典范，它验证了前面讨论的基于质量的四种改进类型。

将事情做得更好而获得的改进——改进存在已久的过程 美国标准公司是通过重新设计其审计报告过程以缩短运转周期的诸多公司之一。新的过程废除了制定草案，甚至还废除了传统的审计建议。他们开发并采用了计算机辅助的审计程序，并将之与运营部门共享，这使得对于大量数据组的检查成为可能，而不必依靠不符合统计学要求的小样本。

摩托罗拉公司的内部审计单位成功地将该公司的六西格玛管理与10倍运转周期缩减计划应用于其活动中，对于审计过程进行了剧烈的再设计和简化。尽管该公司近几年来的成长惊人，但内部审计部门的规模却保持未变，而其工作的范围与深度却大大增加了。摩托罗拉公司采取了这样的做法，它将内部控制过程构筑进了其运营活动当中，使得各运营单位能够进行自我审计，而内部审计的焦点则从审计交易业务转到了审计自我审计过程上。在其另一项举措中，内部审计的改进方案被摩托罗拉公共合同监督处用来与其一家关键客户——美国国防部合作。这一合作将政府审计的周期从1年减少至2～3周，而审计结果的质量更高，双方所付成本均有大幅度的降低。

将事情做得更好而获得的改进——以显著不同的方式实现传统的目标 内部审计部门的主要目标常常被表述为对内部控制环境的改善。在海湾加拿大资源(Gulf Canada Resources)公司，一个称为“控制自我评估”(control self-assessment，CSA)的过程取代了一些传统的审计活动，同时提高了保留下来的活动的有效性。在CSA中，被审计单位以一种团队会议的方式，借助于计算机化的调查反馈方法，来确定自身的控制主题(control issues)。这使得控制成了该运营单位的内部事务，并且是一种内在的激励，而不再是以外部警察的方式所提供的外在激励。关于CSA的研讨会揭示出了这种做法与传统审计相比有更多的和不同的控制重点，描绘出了一幅更为宽广的公司文化的图景。CSA比传统审计取得了更多的审计结果以及更大量的高质量的审计结果(Makosz and McCuaig，1990a)，而且发现了严重的、隐藏着的关乎公司整体的问题(“游荡着的离群猛象”)，这些问题在公司中看上去模糊不清，掩盖了其严重性和整体的累积影响(Stoner and Werner，1995)。

从做不同的事情中获得的改进——从事新的活动 美国标准公司的审计部门通过改变其工作的框架和内容来对公司采用准时制(JIT)生产系统作出响应。审计员的培训内容中包括了准时制的概念，而且审计员现在在全公司范围内传播

JIT 的概念，并利用相关的测量制度来协助运营单位。

作为公司质量管理举措的最早的支持者和采用者之一，巴克斯特国际（Baxter International）公司的内部审计部门很快发现，开展质量活动的关键益处之一便是省下来的时间和精力，这使得有可能向审计客户和组织提供超值的价值。其利用这些资源的最引人注目的方式之一便是实施各种“特别项目”，这些项目所涉及的领域是如此广泛，如电子数据交换、公债过程、管理重叠的职责与权限，以及帮助公司的最终顾客等。这类项目使得内部审计部门将其传统的审计职责与内部咨询的角色融合起来，就后者而言，其相对于外部咨询来说具有显著的成本及知识方面的优势。现在，对于内审部门的服务的要求远远超过了该部门所拥有的资源，这与当初内部审计部门被视为敌手的情况相比，的确是一个巨大的变化。

从改变角色与关系中所获得的改进——增强组织学习并成为组织变革的推动者 在雷切姆（Raychem）公司，内部审计部门将审计看做是一个含有许多“持续学习环”的过程，并认为其活动便是构筑和加强这些环（Stoner and Werner, 1995）。在某一层次上，这些活动旨在使内部审计成为创造高度信任、自律、持续改进的控制环境的一种工具。在另一层次上，内部审计部门是要努力使其自身以及公司的其他部门成为优秀的学习型组织。这种持续的学习环在雷切姆公司的审计过程中至少追求五种类型的变革：

- 预期的变革。提前回应审计客户的需要。
- 自我控制。将被审计者的自我控制直接构筑入审计过程。
- 信任。通过使信任更可预测和实现双赢，增加审计过程中的信任度。
- 价值增值。以高增值性审计活动取代低增值性活动来提高自身的增值能力。
- 多样性。通过使用客座审计员和非传统背景的审计人员，来提高内部审计部门的专业多样性。

作为组织变革的推动者也许是内部审计部门最令人振奋的新角色。美国标准公司创造了一种类似于生产领域中的“准时制”的做法，促使该公司步入了一种准时制的办公环境。内部审计部门正在积极地在整个公司中推广各种最佳的惯行，例如，在看到“看板”制度在生产领域中的成功应用之后，它在公司办公领域建立起了这种制度。由于比起公司的其他部门而言内部审计部门有着更多的时间裕度，它们正在成为变革的思考者，在公司整体的演变过程中发挥着日益重要和持久的作用。

消除非增值工作所获得的改进——识别因组织的变革而过时的传统活动 当美国标准公司引入“准时制”生产系统后，公司的审计部门认识到其许多传统的工作对于公司或顾客而言几乎不再增加什么价值（如果不是完全无用的话）。如存货单的结余验证，随着库存的进一步减少，将会自然地消失。其内部审计部门

立即取消了这一工作，以便将资源充分用于真正能增加价值的工作中去。

消除非增值工作所获得的改进——不做他人能够做得更好的活动 内部审计报告的传统组成部分之一是审计员的“建议”，审计员向被审计部门的管理层指出需要改进的管理弱点或控制不够充分的地方。传统上，审计发现以及相应的建议已成为证明审计员工作好坏的重要方式。对贯彻审计员建议取得的节约额的估算成为有些公司用来计算审计过程价值的一个尺度。例如，有些审计部门设定了创造三倍于审计费用的节约的目标，并通过计算其建议的实际实施值，来验证它们的成功。

有些审计单位，包括雷切姆公司和美国标准公司在内，确信这些建议成本惊人但价值无几，它们不再做这种事情。取而代之的是，公布它们的报告，其中包括了审计中的发现，该部门的管理当局为纠正审计中发现的问题而承诺要采取的行动、责任人的姓名，以及完成行动的时间表等。

这些变化背后的推理很是有趣。原先的建议经常遭致审计方和被审计方之间的扯皮，并且会延误公布审计报告和解决问题。例如，美国标准公司在分析其审计过程时，发现在过程中最耗时的活动之一是与被审计方就所作建议达成一致。当审计员和被审计部门就解决控制问题所倾向的方式出现分歧时，要就建议达成一致的措辞常常是冗长费时的。即使就建议达成了一致，是谁首先提出了某个改进的措施也不总是清晰的。被审计的部门很容易会觉得审计员在抢功，因为某个措施是该部门已经提出的甚至是已开始实施的。进而，提出实施起来花费巨大但却没有必要的建议，或是与管理层见解相左的建议，都很容易破坏审计员和被审计方之间的关系。美国标准公司确信，将建议包括在审计报告中这种长期以来的做法实际上已经不再增加价值，反而会产生多余的工作和延误，这是美国标准公司在剖析自身的审计过程中得到的一个非常有价值的重要认识（Stoner and Werner，1995，pp.7-36）。

那些将审计建议从其审计报告中废除的公司相信，是该单位的经理而非审计员更理解他们的业务的本质，经理才是最适合设计改进控制措施的人选，尤其是他们最终要对变革的成功负责。

提升行政与支持性活动的质量

概述 完好的质量计划、质量控制和质量改进过程在改进和维护行政和支持性过程方面的作用与在改进组织的其他过程时一样有效。在本章的这一部分中，我们将特别强调在行政和支持性活动的计划、控制和改进中某些值得特别注意的方面。

质量计划活动 行政与支持性活动中的质量计划过程与制造领域中的质量计

划过程在本质上并没有什么不同，但在其背景环境和动机方面却常会有所差异。本手册的第 3 章讨论了质量计划过程的基本步骤，朱兰在多处对之有过概括（如 Juran，1988（Planning），p.14）。简单而言，可将之概括为："辨识顾客及其需要。开发满足这些需要的产品。建立有能力生产出该产品的过程。"这些步骤同样适用于行政与支持性服务，正如它适合于设计和生产一辆汽车或是进行心脏手术一样。

尽管行政与支持性活动中的质量计划过程与制造活动中的质量计划过程在本质上并无二致，但在其背景上还是存在着以下的差异，即从零开始设计全新过程的频率较低；顾客要求改进质量的力量较弱；从内部顾客收集顾客满意度的关键要素信息相对容易。

建立新系统的情况很少发生，内部顾客要求他们的内部供方改进质量的力量较弱（因为内部顾客通常很难将他们的业务转移到别处），这两方面因素都趋于降低对于质量改进进行系统的计划的可能性。另一方面，与内部顾客的接近简化了针对他们的需要收集数据的活动，这使得质量计划活动更为容易也许还更加有效。

每种新的有形产品或新的顾客服务为从头开始设计质量提供了明确的机会，但行政与支持性服务经历的常常是一种无规律的增长，在得到系统化的质量管理注意之前，它们已经在整个组织当中牢固地树立起来。例如，20 世纪 90 年代初，当一个质量改进团队在路德教援助协会（Aid Association for Lutherans，AAL）研究其做账和收费过程时，发现了许多的改进机会。（在稍后"行政与支持性活动中的其他质量改进实例"的"财务"中将进一步讨论有关 AAL 的经验。）该过程设计于 1960 年，当时 AAL 只提供终身保险这一种产品。随着新产品的增加，每种产品都有了自己的账目，相应有着各自的做账周期。"随着新产品的一件件增加而产生的做账程序显然太不方便了；手工程序常常被要求要使支付'符合'现在的终身保险系统。这个系统令所有人烦恼。AAL 发现其在财务方面效率低下，顾客收到了多重的账单，但可供选择的付款方式却很少。"（Sharman，1995，p.30）

并非所有组织都任其行政与支持性活动以一种非计划的方式诞生和成长，这方面的一个著名的例外便是 AT&T 一卡通（UCS）公司，它成立于 1990 年，并于 1992 年荣获了鲍德里奇奖。UCS 公司最初的商业计划就是一个整合的战略性经营和质量计划，从一开始就设计了高质量的内部行政与支持性过程（Kordupleski et al.，1993）。在它的卡推出一年之后，最高管理层在征求职工意见的基础上，修订了其价值观、使命和愿景（Kahn，1995）。UCS 的行政过程之一，其报酬与奖励制度，从一开始就设计得符合质量管理原则并支持高质量的绩效（Davis et al.，1995）。这一制度将在本章稍后讨论。

在行政与支持性活动的质量计划活动中有三个重要方面值得强调，这便是突

破性目标的作用、标高分析的应用，以及行政与支持人员在跨职能过程再造项目中的参与。

设定突破性目标 一些公司通过设定突破性的改进目标来挑战自身，重新思考其各项活动的实施方式，这为在行政与支持性活动方面取得重大改进创造了有利的环境。摩托罗拉公司在20世纪80年代提出的将缺陷降至原来的1/10和1/100的目标，以及90年代提出的将运转周期缩减至原来的1/10的目标都是众所周知的例子。当这些目标是针对全公司时，便涉及了行政与支持性职能。例如，摩托罗拉减少缺陷的目标触发了财务部门的首个主要的质量项目，即缩减结清公司账目所需的时间；而且对其内部审计部门是一个原动力，促使其以新的和具有创造性的方式来衡量其绩效，并要求其质量达到与公司生产部门相同的水平。结果，内部审计部门将每次审计活动所需的时间缩减到了原来的1/10，实现了公司的运转周期缩减的目标（Stoner and Werner，1994，pp.153-154）。

开展竞争性标高分析来识别改进机会 通过竞争性的标高分析来辨识和统筹安排持续的和大规模的改进活动，这在行政与支持性职能领域已成为一种普遍的惯行。20世纪80年代初期，在竞争性标高分析成为一种广泛应用的质量工具之前，摩托罗拉公司就开始邀请各个领域的领导者来给公司员工演讲。摩托罗拉邀请了西屋公司来传授质量改进任务小组（task force）的开展方法（Stoner and Werner，1994，p.152）。这种任务小组的一个显著的成功便是将竞争性的标高分析引入摩托罗拉整个公司的质量管理工作中。早期做过标高分析的行政与支持性职能有应收账款、应付账款和发货清单的处理过程。

当南部太平洋运输公司于1990年秋季启动它的质量旅程时，它创造性地利用了州际商业委员会的R1报告，即所有铁路公司的详尽的运营数据和成本数据的年度报表。该公司正在从前一时期的倒霉扩张中挣脱出来，一次并购努力的失败和被托管五年是其厄运的顶点。R1报告显示其成本在大多数科目上都比其竞争者为高。作为应对措施，南部太平洋公司的财务部门逐项将自身的R1数据与竞争者的运营和财务数据进行了比较。在比较中计算了两个数字，一是如果南部太平洋公司在每个项目上均赶上其竞争对手的绩效水平时所获得的节约，二是如果能够赶上最佳的竞争对手的绩效水平时所能获得的节约。最后，南部太平洋公司得出了如下的结论，即如果南部太平洋公司的每项业务活动的绩效水平在几项最重要的特征上能够达到与自己最为接近的竞争对手的标准，则它至少能够节省4亿美元（Stoner and Werner，1995，p.213）。每年只要一得到新数据，就要进行这种比较，它被南部太平洋公司用作排定质量活动的优先次序的手段。以往公司有许多人相信要在质量与成本上进行成十倍的重大改进是不可能的，这种比较成为了打破这一成见的有利因素（Stoner and Werner，1995，pp.205-229）。

跨职能的过程再造项目 许多跨职能过程的再造团队都包括了来自行政与支

持领域的成员。例如，一个致力于改进订单完成过程的团队逻辑上自然要包括来自财务与会计部门的成员。这为行政与支持性人员提供了学习和实践质量活动的机会，即使在他们自己的部门中没有实施质量举措。

通过参与这些团队的项目，行政与支持人员接触到了许多质量改进技能。他们亲身体验了成功的质量实践。他们懂得了更好地扮演行政职能对组织其他部门的工作的支持角色。他们通常会受到鼓舞而在他们自己的过程中开展类似的质量活动。

质量控制活动　典型的质量控制工具和“新七种工具”（Mizuno，1988）在行政与支持性领域与在其他领域中一样适用。格里纳（Gryna，1988，pp. 8-20）提供了一系列的在行政与支持性职能中利用七种典型质量控制工具的实例（流程图、直方图、帕累托图、运行图、因果图、控制图和散布图）。图26—2是一个由国际造纸公司提供的工资表变更的流程图。图26—3提供了一个针对处理货运发票的时间的控制图。

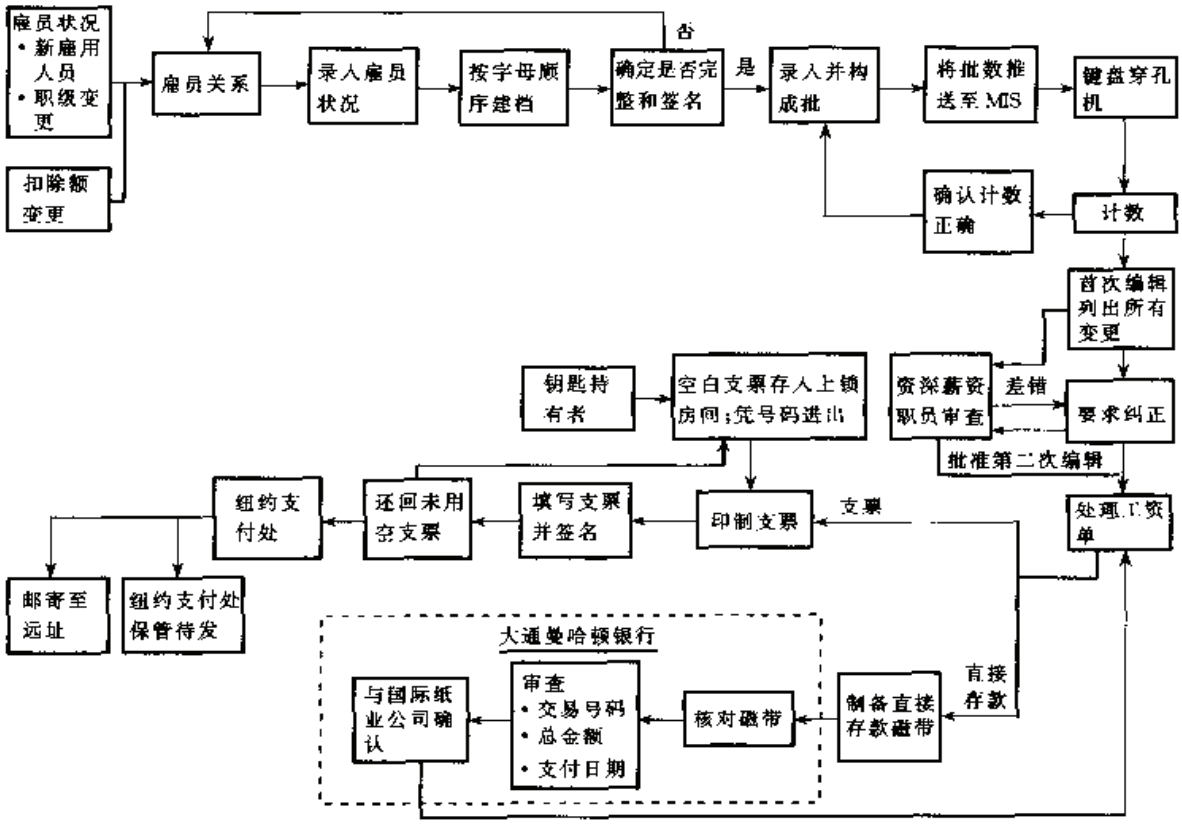


图 26—2　工资表变更流程图

资料来源：Courtesy of International Paper Company.

质量改进活动　质量改进过程对于质量问题是一种不可改变的宿命的看法提出了挑战（见第 5 章）。它针对那些存在于稳定过程中的绩效不良，这些不良已经为组织的成员接受为不可避免的，甚至当这些不良是不可接受的时候。质量改进过程的目标是剖析产生不良的过程以找出形成不良的根本原因，并消除或减轻

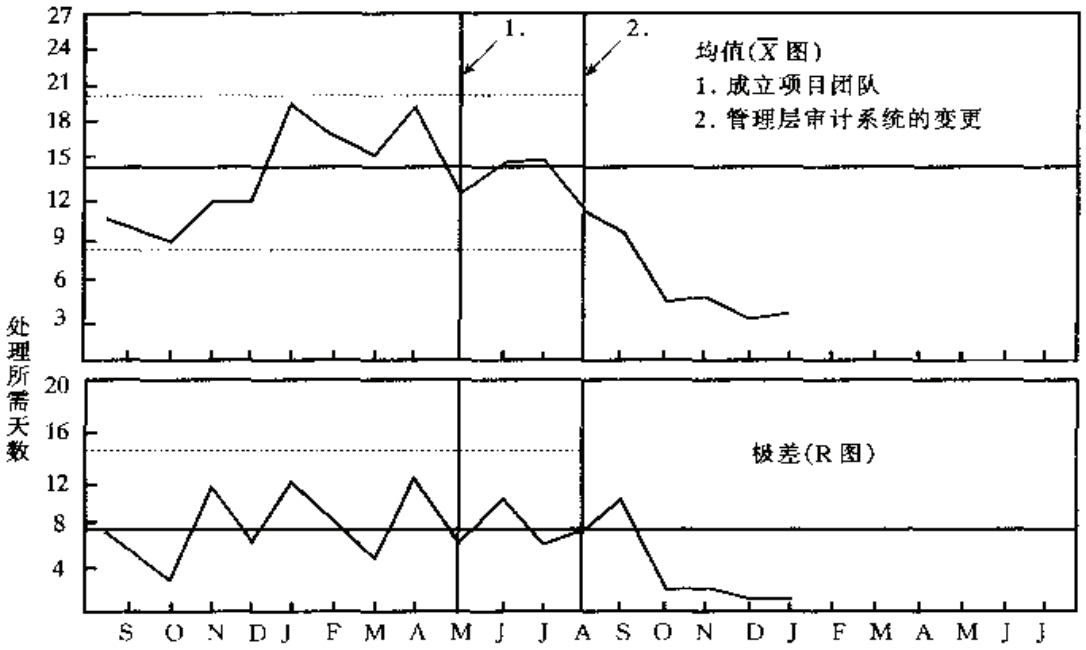


图 26—3 处理账单时间的控制图

资料来源：From Baker and Artinian (1985).

这些根本原因的影响，即永久地改进过程绩效并降低这些不良所带来的不良质量成本。这样的改进是以一个项目一个项目的方式来实施的。质量改进过程为同时达成多个目标提供了一种便利的工具，这些目标如改进质量、降低成本、人员的参与与培养、质量管理的培训，以及为在全球化经济中基于持续改进的质量的竞争所要求的全面的组织转型做出贡献。

正如先前所指出的，系统化的质量改进方法中，既包括有时被称为改善的小规模的、持续性的改进活动，也包括通常被称为“再造”的大规模的、非连续性的改进。有关再造及其在质量管理中的作用存在着相当多的混淆。科尔（Cole，1994）对这种混淆给出了富有价值的讨论，并对于如何将再造与质量管理工具协调起来提出了建议。

无论是持续性的还是非连续性的改进努力，这两种方式均为团队导向的，并寻求改进过程的绩效。非连续性的改进努力通常倾向于通过激进的变革来获得激进的收获，它是一种所谓的“清盘”的方式。持续性的改进努力着眼于取得重要但不甚耀眼的绩效收获。它们通常适用于那些在用的、尚不准备对整个过程大动干戈的过程。这种持续的改进方式从两个方面来看，其破坏性较小。首先，这种变化通常是渐进式的，过程有所改进但仍然令人熟悉。其次，改进过的过程的实施所要求的组织变革相对于非持续改进来说规模一般较小。因此，无论改进后的过程是否有效，所引起的短期不确定性都比较小。而非连续性的改进涉及更为深远的组织变革，必将带来短期内的组织波动以及对于新东西和不熟悉的不确定性。有关非连续性改进所涉及的一些困难，霍尔等人（Hall et al.，1993；Hammer

and Stanton, 1995）均有所讨论。

行政与支持性活动中的其他质量改进实例

概述　在本章的稍前部分我们通过描述发生在内部审计部门中的创新性变革对于质量改进进行了阐述。在本章的下面这一部分，我们将要考察遍布于行政和支持性领域的其他质量改进的实例。

这些实例按职能领域划分为会计、审计和内审、财务、人力资源、信息系统、法律服务和营销。然而，很少有哪个改进是仅仅发生在传统的职能碉堡中的。相反，许多改进实例都展现了质量改进通过打破这些结构障碍来实现改进业绩的威力。

会计、审计和内审　会计在测量和报告业务绩效方面的传统角色使其很自然地成为了许多质量改进努力的中心。因为收集组织的数据涉及很多重复性的步骤，从而会计部门便成为了过程改进的一片特别肥沃的土壤。而且，正如许多人所强调的那样，“有测量才能有管理”，会计在沟通有关组织内什么重要什么不重要方面扮演着非常重要的角色。

结账　许多公司已经显著减少了结清公司账目所需的时间。这样做，它们也降低了这种重复性活动的成本，并将空出的资源用于了能够增加更大价值的活动。

摩托罗拉公司在减少每月结清公司账目所需时间方面进行的改进算得上是一个最早的知名例子。在该项目于 20 世纪 80 年代初启动时，每月结账时间平均需要 9 个工作日。结果，有关下个月的更新预测要到该月过去 11 个或 12 个工作日时才能提供出来，而当运营委员会能够评审上月的活动和本月的计划时，该月通常已过去了三分之二的时间。

摩托罗拉公司发现，其大部分时间花在了纠正错误百出的流水分录、等待海外单位的数据和在总部的计算机上输入与纠正数据上。“在过去，流水分录的准确率只要大于 98.6%就认为可以接受了。然而，公司每月在全世界要作约 60 万条分录，就算达到了 98.6%的准确率，每月仍会有8 000条分录是错误的。月末时有大量时间用在纠正和调整这些目录上。”改进活动使得每月分录中的错误从 8 000条降至 2 条。海外的数据开始直接送到总部，而不再需要通过三个中介站进行常规的核准，这常常会造成相当的延误。通过收回先前外包出去的数据录入活动而减少了本地的数据录人的步骤。这些改变使得公司结账的时间在 1990 年减少到了 4 天，到 1992 年则进一步减少到了 2 天。摩托罗拉公司估计，结账时间从 6 天减少到 4 天每年可节约2 000万美元，从 4 天再减少到 2 天又可节约 1 000万美元（Stoner and Werner, 1994, pp.154-155）。许多公司都开展了相似

的项目，如雷切姆公司的“五日冲刺——雷切姆会计结算工程”便是其中一个（Stoner and Werner，1995，p.158）。

非传统数据的报告 随着系统化的质量管理对于顾客和过程的重视已经广为人们理解，组织因而扩展了其传统的基于会计的测评制度，以反映和覆盖这些新的绩效方面。顾客满意数据是通过直接的提问和调查的方式收集的，并以多种方式加以概括总结，包括 Solectron 公司的评分系统（在下面的“财务”一节讨论）和 AT&T 公司的顾客增值指数（CVA），该指数将 AT&T 公司的顾客满意度与其竞争对手的顾客满意度进行了对比（Kordupleski et al.，1993）。过程的效能通常可以通过衡量总的差错数来进行，一般要根据相对于顾客的重要性来加以权重，如联邦快递公司在其服务质量指数（SQIs）上的做法一样；也可以利用失效机会来测量失效数，如摩托罗拉公司广泛传播的六西格玛测量系统便是如此；还可以通过计算过程的运转周期来进行（Stoner and Werner，1993）。

> 认识到这些新的测量指标及其显在化的重要性，IBM 信贷公司的首席财务官要求每一业务部门要支持会计部门在其每个月的业绩报告中加上一个顾客满意度指标和一个过程指标。（与斯托纳和沃纳的面谈，1991 年 11 月 22 日）

改进内部审计 在许多公司的内部审计中所发生的改变是如此之多和如此之剧，我们在稍前将之用作了一个综合性的例子。这些改变使得这些审计单位从传统的公司警察的角色转变为了新的支持性角色，新的角色在产生出对于公司控制系统的更大程度的遵循的同时，也为组织增添了更大的价值。

财务 以下实例反映的都是在财务方面的质量进展，这些例子证明了在改进财务过程、配置财务工作使其更接近顾客、财务分析与其他活动的整合，以及改进组织的财务目标与其利害共担者的目标间的协调方面所取得的各种成功。

改进应付账款过程 在 20 世纪 80 年代初期，福特汽车公司对于改进其应付账款的过程进行了探索。公司制定了引入自动化的计划，该计划预期将使福特公司在北美的经营单位负责向供应商付款的 500 名员工减少 20%。然而，当时进行的一项标高分析表明，马自达公司为其全球的供应商付款的业务只需要 5 名雇员，这迫使福特公司重新考虑其改进计划（Hammer，1990）。

对该付款过程的随后一系列研究表明，付款部门的成员将他们的大部分时间花在了解决每次交易所需的三个文件之间的不一致上，这三个文件分别为订货单、收货报告单和发货清单。如果这三个文件彼此一致，则向供应商签发支票。如果文件不一致，就要展开调查以解决这种差异。因为这些文件中包括了 14 条数据项，所以不一致的情况是很普遍的，调查起来十分耗时。

福特公司后来重新设计了其应付账款过程，取消了收货报告单和发货清单，并将需要核对的项目减少到了三项，即供应商代码、零件号码和数量。采购单仍然要发送给供应商，但不再需要将副本送达应付账款处理，而是将这些数据录入了所有收货单位都可访问的数据库。当货物运到时，收货人员核对计算机以确定

货物是否与订单相符。如果不符，他们将拒收并退回给供应商。如果相符，就接收货物，并将收货信息录入数据库，该数据库自动地适时将货款付给供应商。新的过程只需要 150 名员工，而且每年可节约数百万美元。

改进做账和收费过程　路德教援助协会（Aid Association for Lutherans，AAL）的简易的做账和收费（billing and collection）过程是于 20 世纪 60 年代为其终身保险这一单一的金融产品而设计的，这一过程与当时公司的情况及其顾客的需要是相适应的。但是，到了 20 世纪 90 年代初，AAL 这一美国最大的共济社团，向其成员提供着寿险和伤残险、年金和退休产品、共同基金、长期介护和医疗补充险种、储蓄以及通过信用联盟的借贷产品。多年过去了，公司使每一种新产品和新的产品特征都将就于老的系统。然而，许多新的产品和产品特征的做账方式都不同于寿险，这导致了极为繁重的手工调节和软件修补。例如，顾客购买了一种以上的产品，就会收到各种具有不同记账周期的独立账单。

AAL 成立了一个由做账和收费方面的经理、专家组成的团队，来研究和测绘该过程，识别该过程的顾客并通过调查确定他们的要求，依据顾客要求来绘制过程，对 50 多种产品或过程特征排定了优先次序。顾客要求对其所有具有某种特性的账目只开出一张清单，要能够清楚地识别出是一张账单，要准确、准时、易读、易理解并有多种付款方式可供选择。同时平行进行的一项研究辨识出了作为主要问题的各种不良质量成本的要素，即内部故障成本（AAL 的内部返工）和外部故障成本（由外部顾客引起的或影响到外部顾客的返工）。

在 15 个月内，该团队开始再造这一过程的主要部分，同时也在现有的部分中进行渐进式的改变。在这些渐进式改进所取得的效果中，通过提高电子资金结转的利用预期每年可节约 7.5 万美元，通过提供更加灵活的付款方式和改进退休计划记账系统，预期每年又可节约 5 万美元～8 万美元。AAL 希望经过再造后的过程将包括，每位客户一个单一的记账户头、新业务申请书由现场人员到本部办公室处理系统的电子传送、应用图形处理技术以使申请书的处理达到最大程度的简化和自动化。所有这些都将带来巨大的成本节约和更高的顾客满意程度（Hooyman and Harshbarger，1994）。

核实客户的信誉　1991 年的马尔科姆·鲍德里奇国家质量奖得主 Solectron 公司，是一家电子元件和系统的合同制造商。这家公司在早期并不需要有正式的程序来核实客户的信誉情况。该公司当时与客户间未曾专门构筑什么关系，也没有实力做太多的信用生意。其客户要么是大的老牌公司，要么是与 Solectron 的管理层有私交的小公司。然而，到了 20 世纪 80 年代中期，Solectron 及其顾客群都有了相当的发展，信用管理变得越来越重要和迫切。

其财务部门的最初应对是建立了一个细致且传统的信用分析过程，这种过程类似于商业银行系统的做法。但这种系统用起来十分烦琐。因为具有必要的财务技能或能从销售活动中抽出时间的销售人员极少，所以信用分析由财务部门承

担。销售人员在争取公司惟一的信用分析员的注意、游说信用核准和被迫等待授信决定时，要花费相当多的时间。对于潜在的商机很难作出适当的反应。更糟的是，否决意味着投入开发潜在客户的时间被浪费了，这使得销售人员以及被否决的潜在客户感到挫败和恼怒。

Solectron 对这一过程进行了简化。如今，财务部门将潜在的客户划分为了三种类型，“A 类客户”是那些无需信用核实的财务状况良好的大型公司；“B 类客户”是那些中等规模的可能客户，核实其信用状况十分重要；“C 类客户”是那些财务状况疲弱的公司，除非存在着特殊的战略性关系，否则不应争取。销售人员现在可以放手去争取 A 类客户而无需进一步的财务评审。对 B 类客户而言，财务部门设计了一种利用易于获得的数据的信用评分表，便于销售人员在开始争取客户时迅速填写，算出的得分可以直接与 Solectron 的信用底线比较。

这一新过程改变了先前系统的令人沮丧的状况。销售人员不再浪费时间去争取具有不可接受的信用风险的顾客，而且现在可以清楚地知道财务部门关于一位新顾客的回复。因为其非常容易理解，表格本身就可以使销售人员明白财务部门是怎样作出的信用决定及其理由。财务人员现在被视为一个支持系统，不再被认为是干预销售的“坏家伙”了。通过向销售人员培训财务技能，公司的信用专家已省掉了大量的常规性工作，现在可以把更多的时间用于支持战略性营销决策上（Stoner and Werner，1994，pp.186-187）。

资本预算 一些公司现在将它们的资本预算活动视为过程活动。在 1989 年，美国铝业公司启动了一个项目，以改进公司的资本支出决策过程，以回应标高分析和其他资料所显示出的状况，即该公司在资本利用率方面落后于竞争者。一个由包括 7 位副总裁在内的 16 人的跨职能、跨部门的高层团队对于过去的数据进行了分析，并剖析了资本支出决策欠佳的潜在原因。该团队最后得出结论，认为公司的核准申请过程存在着严重的缺陷，因为它不能一致性地提供决策所需的技术和商业信息；不能揭示出用于提出建议的解决质量问题的过程；不能提供来验证项目结果的定量数据；或不能明确谁对项目的成功负有责任。作为改进措施之一，是要制定一份决策分析提要，以向项目评审员提供更加详细的分析，以及有关战略、市场和制造过程的背景情况（Rosenfeld，1990）。

商业预案法（business case approach，BCA）是联邦快递公司所采用的一种项目分析过程，它强调的是一个广泛的公司整体的视野，而非只是狭窄的财务的或某个部门的观点。采用分析团队的形式使得分析过程一开始就纳入了多样性的观点。大部分财务分析都是在项目概念和设计的完善过程中反复进行的，而非只是在项目设计完成时的终点进行。在这一过程中，建立起了该项目的财务模型及对其意义的理解，所以在反复进行的过程中可以对各种备选方案加以分析。一个完整的提案呈报给最高管理层，或是最高层作出了决策，并不意味着 BCA 过程的结束。其实际的做法是将该项目的模型及文件保留下来，以便在该项目被接受

时，在关键的决策点上用来评估实施方案；或是以备被否决项目又获得了新的技术的或市场的数据时，来重新考虑该项目（Stoner and Werner，1994，pp.131－137）。

优化股东构成　在投资人关系职能中，对卓越的股东服务的追求触发了创新性的做法。在这些职能中，有一项日益受到重视的活动，这便是在公司的财务目标、公众所有权的宽度以及公司股东的投资需要之间创造一种更好的匹配。

MCI 公司创建之初是一家长途电话运营商，公司最初吸引的是那些追逐这一行业的这种高红利低风险模式的投资人。然而，随着公司进一步进入市话服务、媒体服务和通讯外购等领域，其盈利和分红模式便不能再指望遵循原来的那种方式了。作为对这种变化的应对，MCI 公司的投资人关系部门通过建立和利用机构投资者偏好数据库来寻找潜在的新投资者（Berner，1996）。

EMC 公司是一个精于技术创新的计算机数据储存系统制造商，在公司最初的飞速发展时期，其股票吸引了大量注重短期的技术交易者。随着公司增长率的回落，公司作了相应的调整，开始追求那些注重长期投资收益的股东（Berner，1996，pp.60－61）。

在 1992 年，GATX 公司启动了一个提升投资人流动性的项目，这是通过扩大其股东基数来实现的。当时，5 个机构股东拥有公司 51％的已发行股票，他们的交易活动常常引进股价的大幅波动。到 1996 年时，这 51％由 28 个机构投资者所有，另外的 20％由其他散户拥有，公司股票的日交易量大幅上升，大的机构投资者对于公司的股价不再有显著的影响力（Berner，1996）。

人力资源　在本手册的第 15 章中，人力资源（HR）这一术语用于表达这样一种含义，即为了持续地实现高质量的绩效所必需的组织中的文化、关系和行为。本章这部分内容建立在第 15 章的基础上，主要讨论公司及部门层次的人力资源职能应如何来实现这种类型的文化、关系和行为。

人力资源职能对于促使组织实现这类技能、态度、价值观以及其他的文化变革，起到了关键的作用。这里的文化变革是从传统的命令和控制式管理系统向现代的基于质量的管理系统转变所必不可少的。这种转型所涉及的深层次的文化变革要求必须发生大量的“人的变革”。人力资源职能所处的地位特别有利于促进这种转型，因为这一职能高度地涉入了多个层次的组织变革的设计与管理中，如招募、选拔、培训、开发、奖励、报酬和提升等。这一职能之所以有利于促进变革还在于长久以来 HR 人员始终倡导的价值观，如团队精神、合作、权力均等、勇于承担风险、诚信、相互尊敬、追求卓越等等，这些价值观更适合于正在涌现的基于质量的现代管理系统，而非传统的命令和控制式管理系统。

尽管一些成熟的人力资源活动还将一如既往地持续下去，但如果这些职能要在组织的质量转型过程中扮演重要角色的话，对于几乎所有的组织而言，其 HR 的实践和理念都必须进行大量的变革。在一些公司里，这些变革正在发生着。舍

恩伯格（Schonberger，1996）讨论了在那些正在追求世界级制造地位的组织中，有关 HR 的信条与惯行是如何改变的，并提供了许多实例。布莱克本和罗森（Blackburn and Rosen，1993）研究了八家鲍德里奇奖得主的 HR 惯行并报告了“发生在这些组织的 HR 政策中的思维方式转变的例证”（p.50）。他们发现这些公司已建立了促进战略性质量管理目标的人力资源管理方针“组合”（portfolios）。其他的公司看起来与之差距甚远。例如，针对美国诸多行业和地区的 245 家公司的人力资源部门的调查表明，大多数 HR 经理都是“讲话的巨人、行动的矮子”（Blackburn and Rosen，1995）。

以下的讨论着重于传统的人力资源工作的改进方法；HR 的理念、从事传统工作的方式及其传统的角色正在发生着怎样的变化；以及正在浮现出的人力资源职能的新角色。

传统的人力资源工作的改进 长期以来实施的人力资源工作为应用经典的质量改进方法进行改进提供了良好的基础。伦纳德（Leonard，1986）报告了罗杰斯（Rogers）公司的一个跨职能小组如何制作流程图来分析和改进非定薪人员的招募过程。质量改进过程也被用来减少雇员对储蓄和投资计划的不满，以及减少管理这些计划的费用。AT&T 一卡通公司自成立开始，就一直采用质量团队来改进过程的衡量，如人力资源部门答复求职信、签发雇员薪水支票的速度等。

改变 HR 的理念以及完成传统工作的方式 许多 HR 部门都在致力于进行必要的变革以使其理念和惯行同质量驱动型公司的需要和质量驱动的全球竞争环境的要求匹配起来。例如，哈德迪克（Haddock et al.，1995）利用对先前理论和实践的研究，制定了一份全面致力于质量管理的组织所奉行的 HR 理念特性清单。这些特性如图 26—4 所示，其中包括了视雇员为宝贵资源和合作伙伴；长远考虑雇员对组织的适宜性；积极的雇员参与；鼓励远超出传统的职位要求的雇员成长和贡献（Cardy and Dobbins，1996）。

- 雇员与专业人员被视为宝贵的资源，强调他们在改进质量中的中心作用。
- 雇员与雇主之间的心理契约更多地成为了一种合作伙伴关系，在这种关系中雇员被视为构成竞争优势的重要资源。
- 始终如一地强调雇员对组织的适合性和长远的考虑。
- 适合组织具体情况的雇员参与的思想和方法与持续的质量改进活动整合为一体或相互协调起来。
- 鼓励雇员在组织需要的框架内而非具体的职位要求内，从质和量两方面尽其所能地求得发展和取得成就。

图 26—4 与质量管理相协调的人力资源理念

资料来源：Adapted from Haddock et al.，1995，p.144.

有关传统的命令与控制式的泰罗制管理系统与质量驱动型管理系统在管理理念和惯行上的差异，彼得里克等人（Petrick and Furr，1995）都进行了讨论。与传统的管理系统相比，在质量驱动型的系统中，信息的共享更为容易和广泛，顾客和雇员得到了更多的关心，教育与培训远不限于狭窄的职位范围。

布莱克本等人（Blackburn and Rosen，1993；Haddock et al.，1995；Petrick and Furr，1995；Schonberger，1996）提出了许多与质量管理相一致的 HR 惯行。其中包括：

• 人员配备（招募、选拔和使用）。不限于主要或只是考虑技术性的岗位技能，而是寻求那些具有团队协作、解决问题和质量改进的兴趣和技能的候选人；不限于某一具体的岗位，而是看雇员对于更大的组织范围的适合性；强调组织人力资源的持续发展和有效的使用。

• 绩效的衡量与评价。强调发展性的反馈而非只是当前绩效的判定，应用顾客与同事的评价，重点放在团队和组织的目标上而非个人的目标上。

• 报酬。提供针对每个个人特制的“价值篮”，而非只是基本工资加福利（Schonberger，1996），重视团队和组织的刺激，而非个人的刺激；强调非金钱的奖励，包括自我管理和赏识的机会；依据所掌握的技能而非职位头衔付薪；设法避免因绩效评价与报酬挂钩而产生的问题；设法避免因关注外在的奖励而弱化内在的动机（Kohn，1994）。

• 培训与发展。提供综合的和持续的教育和培训，就全体雇员每年的培训量设定不断提升的更具挑战性的目标，设计跨职能以及多职能的工作，提供有关群体技能和质量改进技能方面的培训。

• 管理人员的发展。培养管理者发挥推动者和教练的作用；培训团队建设、战略和愿景制定方面的方法；领导力、自我领导与自我管理方面的培训（Dipietro，1993）。

• 与组织起来的劳动者间的关系。寻求与工会间的合作关系而非敌对的关系，尤其是在与质量和持续改进相关的活动中（Redman and Mathews，1998；Wikinson et al.，1998）。

• 人力资源职能在管理中的作用。强调在获取和发展人力资源方面人力资源职能的关键的战略性作用，淡化 HR 对常规人事活动的过度关注，训练雇员自身来完成许多传统的人力资源管理活动，寻求能够促进雇员实施新兴的 HR 活动的方式。

变化着的角色和关系　在那些已成为世界级制造商的公司 HR 部门中，舍恩伯格注意到了角色与关系的许多变化。尽管规模有所缩小，但 HR 更多地参与了高层的和战略性的决策。传统组织中 HR 那种以建立职位说明和职位分类之类的活动为重的颇浓的官僚导向变得日渐淡薄。取而代之的是对选拔和发展的日益重视。HR 专业人员不再致力于成为其他雇员和经理的主要“培训师”，而是将重点转到了基于团队的、自我导向的培训和教育上。他们作为促进者的角色变得更为显著（Schonberger，1996）。诸如 IBM 这样的组织所采用的一种做法是将 HR 职能分散到每一个主要单位，旨在使服务的针对性更强而非“千篇一律”的做法（Caudron，1993）。

英国的一项对 HR 职能和质量管理的研究（Wilkinson et al.，1993）指出了向质量型组织转型的五个阶段，并提出了 HR 职能在每一阶段中能够扮演的角色。转型的起始为“规划或开发”阶段，HR 职能可以帮助确定整个组织欲追寻的质量管理道路（quality management approach）。当组织投身于某种质量管理的道路时，这称为“入门”阶段，HR 的角色转移到了对经理和骨干培训质量管理技术，并开发使之应用于质量管理的手段。当各种质量管理的举措已经取得了显著的进展时，便达到了“维持和强化”阶段，HR 此时的作用便是要维持各种新旧质量举措的动力和势头。要做到这一点，一项重要的措施就是提供刺激性的报酬结构，以奖励在质量管理征程中取得的进步，并随着时间的进程来评估和改进这些结构。还有两个阶段是与前三个阶段重叠或同时发生的，其中一个是全公司范围内的评审，再一个是 HR 职能活动的评审。在全公司范围的“评审”阶段，HR 的作用在于利用诸如内部调查和外部标高分析这样的方法，对于公司质量管理的基础架构进行持续的评估。最后，是对 HR 活动的评审阶段，由 HR 职能对于其标准的 HR 运营活动以及其对于内部顾客实施质量管理的支持情况进行评价与改进。

承担（几乎）全新的角色 HR 在各个阶段可以扮演各种不同的角色表明，在促使组织由传统的命令与控制式管理系统转向现代的基于质量的管理系统的进程中，HR 处在了一个扮演主要角色的非常有利的地位（Wilkinson et al.，1993）。威尔金森等指出，通过在组织的战略决策层次发挥显著的作用，HR 可以扮演一个“变革推动者”的角色。这种可能的变革推动者的角色类似于 20 世纪 60 年代以来为组织发展（organizational development，OD）部门和团队所设计的角色，在组织结构上，这一部门通常处于人力资源职能内或者与人力资源职能有着密切的联系。虽然某些“OD 变革”活动取得了巨大的成功，但大多数都未能如此。OD 部门所经历的坎坷部分归因于缺乏高层的持续支持和承诺（类似于戴明所呼吁的“持久使命”），但还有一个主要的因素则是缺乏一种类似于全球质量革命所创造的强有力的综合管理“技术”（Mooney，1986；Stoner and Wankel，1990，1991）。随着这种全球化的新型管理技术日益深入人心，随着其竞争威力日趋显著，现在的 HR 职能能够更好地扮演原期望由组织发展部门所承担的这种促进组织转型的角色。

信息系统 对于持续改进而言，信息系统的角色就是“支持性的角色，是一种提供数据收集、分析和决策支持的职能”（Jurison，1994，p.13）。“考虑到统计数据对于质量改进举措的这种绝对的重要性，这意味着具有获取、处理和传播数据的能力的信息技术必须（在持续的质量改进中）扮演一个关键性的角色。”（Jurison，1994，p.4）

在实施重大的过程变革中，信息技术通常是“一个非此便不可能再造过程的促成因素（enabler）。它具有减少组织的复杂性、取消不必要的工作、简化并理

顺沟通和协调以及促进团队协作的潜能。许多业经再造的过程在其取代已过时的过程时，都利用了信息系统，这些过时的过程均产生于现代计算机和电信技术出现之前”（Jurison，1994，p.13）。

除了在改进过程中所具有的关键性作用之外，信息系统对于质量管理的许多其他领域也同样极其重要。这包括收集顾客满意数据并传播到整个组织内；建立有效的沟通过程，诸如组织与其顾客、供应商以及其他的利害共担者之间的电子数据交换；促成个人与团队之间利用电子邮件、基于团队的群件（team-based groupware）和其他计算机网络工具进行有效的内部沟通。例如，许多质量型组织都将它们的信息系统与顾客和供应商的系统连接起来。现在，一旦顾客发出了订单，公司及其供应商立刻就能看到，并可就材料供应及工作排程等作出反应。借助于这种无缝隙系统（seamless system），使得假如顾客要求分析、发出订单、材料供应、生产计划等活动必须等待其他的更为复杂更易出错的信息流时可能会发生的延误和差错得以大大减少。利用信息系统和技术来实现质量目标的例子，在本手册中比比皆是。

法律服务　在支持性活动中最令人激动的质量改进领域之一便是公司的法律活动。对于某些公司悲观论者而言，“法律服务”这一术语是一个矛盾修饰法，因为许多法律人士的态度，在法律服务方面实现高质量的努力似乎注定会失败。在关于鲍德里奇国家质量奖的一篇文章中，戴维·加尔文（David Garvin，1991，p.86）提到“评审员利用各种方法来评估横向展开的情况”（质量活动在整个组织中的贯彻）。“其中一个检查员提到，在现场审查时，他首先便会去公司的法务部门或其他的支持性单位看其在质量活动方面的表现”。

在有些公司，评审员会看到在那些对于质量伦理有着热切投入的法律人士的率领下的剧烈的改进。Lyondell 石化、摩托罗拉和 AT&T 是其法务部门在实施质量举措方面取得了坚实成功的三家公司。

担任 Lyondell 公司首席律师和副总裁的杰弗里·彭德格拉夫特（Jeffrey Pendergraft）将质量管理在 Lyondell 的法务部门中的演化描述为继起的几个阶段，即顾客导向、团队协作、员工活性化、过程分析与解决问题、标高分析，以及与供方的合作伙伴关系（Stoner et al.，1993，pp.9－10）。在该公司申请鲍德里奇奖时，其法务部门“参与到了这一创奖过程当中并……开始明白过程分析是什么含义”。

> 至于涉及过程分析时，我们就采用我们自称的“土豆分析”法（帕累托分析对于我们这些律师来说过于复杂了）。部门中的每一个人都在记录最花费时间的活动。那些得分最多的职能便成为分析的对象。因为都在忙于灭火，因而要迫使人们花时间来考虑这些过程是很困难的事情。当做到这一点时，人们发现了提高生产率的巨大机会（Stoner et al.，1993，p.9）。

法务部门大大简化了原料采购合同（这常常是由双方律师在交易完成数月后

审查和批准）的批准过程，他们资助美国企业律师公会的一个特别工作组起草了一份原油采购协议草案，标准化后可供行业中的所有公司使用，这使得可在两天内处理完这些合同，从而大大缩短了化工产品长期销售合同的谈判时间。以前的合同谈判是如此耗时，往往销售已经完成一年了，律师们才能达成协议。

通过将这种商业交易的条款和文件标准化，我们才能够在两天之内处理完这些合同。我们可以在一个文件制作系统上将各种文献装配起来，这使得每一份合同看起来都是原创的，而不是一份标准表格。这一文件制作系统是由一位法律助理建立的，在这一行业中它已成为一项关键的竞争优势。

摩托罗拉公司前高级副总裁、首席律师和秘书长理查德·H·魏泽（Richard H. Weise），对于摩托罗拉公司刚开始其质量旅程时的情况，曾如此写道：

质量变成了一种宗教，法务部门也被期望归顺。开始时，我们通过创建法务部门的质量举措来虚应故事，以使之看起来类似于公司所做的这些事情（以礼待人、诚信不渝、通过调查和标高分析来制定标准、六西格玛质量、衡量、运转周期缩减、过程设计等等）。

令人吃惊的是，我发现公司的每一项举措和要求确实都很适用于法务部门。我们开始设计系统和建立过程，这改变了我们做事情的方式。我们观察并衡量了生产率和成本效益的提高，我们见证了我们的工作产品质量、我们的士气的质量和我们的思维质量的显著提高（Weise，1993－1996，vol. Ⅰ，p. XXVⅡ）。

改进专利保护过程 1990 年，摩托罗拉公司的文森特·劳纳（Vincent Rauner）报告了其法务部门在摩托罗拉质量改进过程中的“首次试练”，这便是专利申请书的编制（Rauner，1990）。专利对于摩托罗拉全球竞争力的重要性再怎么强调都不为过，劳纳提及公司“每年都有几十位律师来准备几百份申请”，这对于公司以及公司的知识产权部门来说的确是一项重大行动。关于该过程中影响质量的因素，劳纳描述了在项目开始时人们如何只是关注法务部门内部，然后像许多其他的质量改进项目一样，又怎样扩展到了一个广泛得多的认识。该部门：

……测绘了知识产权部门的活动，最初始于收到一项发明公布，然后是对先前技术的检索，接着开始专利起草工作，获得专利图纸，从发明者手中获取更多的信息，完成文件，发明者签字，最后填写美国专利与商标事务署的文件。我们调查了各个步骤所需的时间，并找出有可能取得显著改进的那些步骤。我们的思路变得越来越广，真正的问题开始浮现出来。

首先，我们认识到整个过程必须从头到尾用图形描绘出来。真正的起点实际上是该工程师的创意概念，然后是他的初始记录，他对该创意的测试或实验，寻求专利与否的决定，所有这些必须在项目报到我们部门之前完成。在我们将专利申请编制完成之后，当然，是提出申报或与专利署的审查员讨

论，随后通常是专利的发布，所有这些都还不算是真正的考验。对其最终的考验是该专利是否经得起侵害谈判或法庭诉讼。

其次，在先前的分析中，我们提到了各个步骤所用的时间以及如下的这一事实，即在许多情况下，这些时间都不必要地而且是有害地过于冗长。

最后，这里的顾客是显而易见的。顾客之一是发明者，专利文件必须使之满意。另一顾客是专利署的审查员，他也必须满意，否则专利不会得到批准。最后，侵害者必须承认侵害事实且找不出专利中的缺陷，否则将不能成为被保护的技术。如果不得不面对诉讼时，法官也必须找不出缺陷（Rauner，1990）。

这第一个专利过程举措在质量和运转周期方面取得了一系列的改进。这一过程图催生了专利申请模板的建立，这一模板使得“申请文件的格式和写法”实现了标准化。该模板在大多数国家只需极小的改动便可应用，它大大节省了时间并增加了申请被批准的可能性。经过改进的这一过程使得能够“将更多的注意力和时间集中在专利申请的最困难的部分，即对发明的定义和发明声明的起草”，这才是专利律师真正露脸的地方。

在不到一年时间内，从提出发明概念到作出专利申请决定之间的时间减少了约 30%，用公司所采用的指标来衡量，法务部门在收到发明构思后采取行动的时间减少了 74%，这还包括在起草声明和定义发明上多花的时间（Rauner，1990）。在 20 世纪 90 年代，在质量与运转周期方面的改进一直在持续。

AT&T 公司在其法务部门的诸多质量举措之一也涉及了在知识产权方面的巨大投资。该公司在全球约有 2.5 万件有效专利，专利特许收入巨大，对公司具有非常重要的意义。1994 年该公司成立了一个知识产权过程质量改进团队。该团队受命对 AT&T 与知识产权相关联的过程进行综合的评审，以判断这些过程是否最大限度地增加了公司的专利和技术资产的价值（Greene，1995）。该团队所作出的结论之一是“AT&T 在其知识产权资产方面能够获得的经济回报应当是实际所获的 5 倍”（Greene，1995，pp.4－34）。

最初的团队后来分成了七个质量改进团队（QIT）来改进以下这些过程，如专利主张过程（定义和改进确认专利用户和强化 AT&T 专利权的过程）；许可出让过程（确定许可过程的改进，以指导知识产权团队和新组建的跨职能知识产权部门的许可出让活动）；征收过程（监督和确保对知识产权协议的遵守）。格林断言“质量原则在一个公司总部部门中的积极应用能够产出巨大的改进，尽管总部部门常常面对着利害共担者期望的变化和预算的不确定性”（Greene，1995，pp.4－30）。

通过知识的再利用来改进合同编制过程　在 20 世纪 90 年代初期，摩托罗拉公司的法务部门决定改进其在计算机和沟通方面的能力。在这一过程中，该部门的焦点对准了律师们常常从头去做那些重复性的过程这一倾向，如在起草合同时便是如此。图 26—5 描述了改进合同起草过程的两个主要举措，一是建立一套样

板合同（“格式库”），再就是一个最优合同条款库（“条款箱”）。该图引自法务部门1990年年末的一份改进活动报告。在20世纪90年代，这里的格式库和条款箱一直在扩大和改进着。最近，该部门建立了在计算机数据库中获取有关实质性法律问题的详细分析的机制，并使之更容易查询，以备将来所用。

法务部门

加速组织变革和改进绩效的重点领域

法务部门在履行职能的方式方面正在进行持续的根本性变革。其重点在于部门的计算机和通讯能力的分步功能的改进上。

合同的起草是法务部门所承担职能的一个重要部分。利用计算机辅助起草在运转周期缩减和质量改进方面的可能性，1990年我们分别在两个计算机辅助起草项目上取得了显著的进展。

第一个项目是“格式库”的建立。这由记录在软盘上的100多个“填空”合同所构成，摩托罗拉的所有律师都可以通过个人电脑加以利用。“格式库”对于相对简单的标准化合同具有良好的效果。

对于较为复杂的定制化合同，法务部门建立了一个“条款箱”。这是一个计算机起草系统，它将法务部门最佳合同中的最小可复用单元以索引形式编入计算机内，以便快速提取和互换使用。比起作为某一具体合同的组成而言，这些单元可以在更多情况下复用。我们期望持续扩大“条款箱”数据库，并因此持续提高合同起草的质量和缩短其运转周期。

图26—5 创建摩托罗拉的“格式库”和“条款箱”

资料来源：From Weise，1993，pp.11-27，exhibit 2B.

预防质量问题 除了改进其多个法律过程之外，摩托罗拉的法务部门还从四个方面重点强调了质量问题的预防，即从被动的姿态转为主动的姿态，从强调解决问题到强调避免问题，建立矩阵式管理系统，以及改进法务部门的管理人员发展过程。每一方面所包含的程序及理念在资料（Weise，1993-1996）中予以了讨论。

摩托罗拉的法务部门在顾客满意、质量改进、减少缺陷和缩减运转周期方面的许多举措都反映了从被动姿态向主动姿态的转变。其危机管理举措和旨在管理该部门的内部客户关系的年度客户评审会议是需要特别提及的两个方面。

法务部门牵头与组织的其他部门合作来预计和计划可能出现危机的领域。当潜在的破坏性事件能够被预计和有所准备时，它们不再被认为是危机，因为危机可以避免或当其发生时，有相应的计划与有效的培训来加以应对。以相同的模式、预先的计划和通用的危机管理培训减少了未能预期的危机所造成的损失。作为这种有备无患的做法中的一个关键因素，便是及早在意外事件发生之前，就对那些未曾接受过有关危机事件所涉及法律问题及其影响的培训的公司官员及直线人员进行预先的培训（Weise，1993-1996，vol.Ⅲ，chap.22）。

法务部门所采取的主动姿态还表现在与其主要的公司内顾客，亦即运营部门所举行的客户评审会议。这些会议用于评估其顾客满意度、报告所提供服务的成本、评估服务的效能、联合开发降低成本改进服务的计划，并预计和计划来年该部门的法务工作（1996年6月11日与魏泽的个人交流；Weise，1993-1996；Stoner et al.，1993，pp.30-33）。

作为法务部门质量管理努力所获得的最大收益之一，该部门将选择性争端解

决（alternative dispute resolution，ADR）的理念和机制成功地筑入了摩托罗拉的公司文化当中。ADR 包括两种主要的争端解决方法，一是利用诸如仲裁人、调解人或私下调停这样的裁判程序取代传统的强制性的法官或陪审团的裁决；二是诸如调停会议、简易庭审、微型审判和调解这样的简易化或结构化的协商（Weise，1993，vol. Ⅰ，pp.6-23）。ADR 要比缓慢、昂贵和破坏性的传统诉讼程序具有更多的好处。除了大量节约时间和金钱外，ADR 过程更有利于有效的组织间和组织内的学习，提高了采取单方面或联合步骤以避免将来类似争端的机会（Weise，1993，vol. Ⅰ，chap.6）。

重新设计法务部门　摩托罗拉公司的法务部门正在采用矩阵式管理方式以减少部门内官僚作风的危害。魏泽相信：

> ……所有的公司法务部门都应当考虑矩阵管理。律师不需要传统的管理，公司的法务部门极易被过度管理。法律事务所传统上就充斥着法律创业家，纵向很强，但横向则很弱。公司法务部门的成长则更容易形成官僚作风，这种倾向必须避免（与魏泽的个人交流，1996 年 6 月 11 日）。

建立更为灵活的组织结构以及非等级性非正式工作氛围的努力，包括了对参与式管理的坚强支持，这长期以来就是摩托罗拉管理方式的一个组成部分，还包括许多质量改进团队和专门任务小组的应用，培训和激活非律师人员接管传统上律师担当的工作，若这些工作不能取消的话。摩托罗拉的这些做法与桑博恩（Samborn，1994）描述的授权非律师人员完成通常由律师所做的工作并参与质量改进活动的律师帮办方式相一致。桑博恩报告有许多律师帮办机构都推行了系统的质量改进活动，有些已成为法务部门和法律事务所的质量领先者。

摩托罗拉公司最近的主要举措之一涉及改进法务部门中的专业人员和管理人员的发展过程。1993 年，一项调查结果表明法务部门的成员对于其职业生涯方案和路径具有相当的忧虑。这使得该部门对于这些过程进行了认真的评审和再设计。对现有的“人事类”规划的评审发现，这方面的规划数量令人吃惊，有相当多在意图和目的上都是重叠的，但却没有清晰的职位说明和全面的职位绩效标准。他们建立了一个法律机构人事活动流程图，借助于此流程图得出了以下的结论，即这些过程必须进行全面的修整。据此，一个由管理人员组建的专门小组受命来建立一个综合的专业人员绩效系统（Weise，1993-1996）。

市场营销　赫尔利（Hurley，1994，p.45）指出，营销部门通常在开展系统的质量活动方面要落后一拍，造成这种情况的部分原因在于他们的这样一种信念，即市场营销部门已经是在“干质量”了，因其传统上的工作重点即在于外部顾客。然而，有许多的领域在这方面都正在取得实质性的进展。

倾听顾客的声音　那些擅长系统的质量管理的公司，在顾客的要求与其组织的所有部门之间几乎不存在什么障碍。丰田公司销售部门的美国分部在构建其营销职能时，这一原则发挥了重要的作用。其所有质量信息都保存在一个中央数据

库中，组织的所有部门都能访问，在所有现场的工作站中都可以从该数据库中生成定制的报告和图表。数据的收集通过每年成千上万次与顾客的接触来进行，这些接触如调查、电话访问等。这些数据按照经销商来加以分层，并回馈给经销商以刺激其对于顾客不满的纠正。顾客满意委员会每月开会评估顾客满意水平，评审改进满意度的方案，向最高管理层沟通现状和进展情况。根据这些结果，最高管理层来设定优先次序并分配资源以实现顾客满意的改进（Hurley，1994，pp.47-48）。

施乐美国公司在安装完产品后会对每一位顾客进行调查，对顾客进行全年的随机电话访问，并每隔一年对其服务的主要指标与其竞争者进行标高分析。高层管理人员要定期接听顾客的投诉电话（Hurley，1994，p.48）。

Solectron公司请求顾客填写每周报告卡并传真回去，报告卡调查公司产品各个方面的性能、准时送货、沟通、服务反应等方面的业绩以及公司的整体表现情况。顾客按照字母分级给公司打分，每一字母对应一个分数，即A（100分），A-（90分），B（80分），B-（75分），C（0分），D（-100分）。A是惟一可以接受的分数。Solectron公司每周召开早间会议，所有雇员都可以参加，讨论数据情况，分派调查和纠正低分情况的责任，报告并共享改进成果（Stoner and Werner，1993，p.38）。

用顾客的术语定义质量 那些深度发掘其顾客需要的公司通常懂得如何将它们对于自身产品和服务的定义扩展至它们的竞争优势上。联邦快递公司懂得其服务不仅仅是包裹的递送，还包括包裹的追踪、分类整理以及可选的付款方式等。得州仪器防御系统与电子装备公司发现其顾客想要的是一个总体价值的解决方案，而不总是在技术上最先进的什么新奇玩意儿。丰田美国公司意识到，顾客对于他们进行购买和接受服务的体验质量与他们对汽车本身一样感兴趣（Hurley，1994，p.49）。

质量型组织所进行的市场调查有助于确定各种质量因素对于顾客的相对重要性。例如，施乐公司发现复印机市场上存在着三个细分市场，分别都有其不同的质量定义。处于低用量细分市场的顾客（每月复印量少于5 000页）主要要求的是可靠性。高用量细分市场的顾客（每月复印量超过10万页）重视可靠性，但也要求诸如故障时的快速反应时间这样的服务特性（Hurley and Laitamaki，1995，p.65）。

联邦快递公司通过调查编制了其“厌恶分级”——顾客最在意的服务故障的一份清单。这些项目根据顾客所报告的重要性来给出权重，然后用来创建一个每日服务质量指数（daily service quality index，SQI），这是用来反映全公司服务质量的一个指标，要在整个组织中公布。联邦快递的目标是将SQI降至为零，这要通过系统化地消除在满足顾客期望的过程中的故障，尤其是那些最令顾客烦恼的故障来加以实现（Hurley，1994，p.48；Stoner and Werner，1993，pp.42-43）。

AT&T 公司通过调查来明确每一业务过程及其特性对顾客的相对重要性，然后利用这些数据来确定公司质量改进活动的优先次序（Hurley and Laitamaki, 1995, p.49）。

培养长期的客户关系　系统化的质量管理所导致的营销惯行的变化之一是从“短期征服型的营销，即一次次地重复获取潜在顾客，转变为创造忠诚买主的一种长期方式，这是通过在公司整个生命期内向顾客始终如一地提供质量和价值而实现的”。联邦快递公司辨识出其最具盈利潜力的顾客，并围绕理解和满足他们的业务需要来进行组织。全球冶金（Globe Metallurgical）公司创建了由顾客和其职员组成的跨组织团队来使自身的运营与客户的战略计划匹配起来。马里奥特公司利用计算机系统来追踪其最佳客户的偏好和购买情况，以便雇员能将与这些顾客的交往私人化并预计其需求，从而创建一种更为坚实的关系（Hurley, 1994, p.46）。

改进营销过程　当 Zytec 公司发现其销售人员处理一份订单要比公司生产这些产品更耗时时，便重新设计了其订购过程以缩减运转周期和降低成本（Hurley, 1994, p.44）。

当将其寻呼机的制造周期缩减到一天以内后，摩托罗拉公司发现它已经创造了一个重新设计其订购过程的机会。在这种新过程中，配有便携式电脑的销售人员上午获得一个订单，中午时将之传至工厂，并承诺通过次日的早班航空快递交货。

竞争与质量　对一些公司而言，具有一个运行良好的质量规划是竞争成功必不可少的。许多公司，包括联邦快递、福特、施乐等，现在都期望甚至是要求其供应商满足其日益提高的质量标准。这些公司报告说，它们自身声名远播的质量规划因增加了其可信性而为争取潜在顾客提供了更多的途径。（Hurley, 1994, p.47）。

结论

系统化的质量改进在行政与支持性领域内一向落后于在生产和运营领域的进展。然而，越来越多的组织发现，在行政与支持性领域中收获质量成果的机会常常与在组织的其他领域中不相上下。行政与支持性职能正在学着以与组织其他部门相同的方式应用同样的质量改进工具。所取得的成果也是一样的，即质量、顾客满意度和收入的提高，因降低缺陷、缩减运转周期、开发新服务和减轻顾客与供方的负担而降低了的成本。质量改进使得内、外部顾客都成了受益者。

在实施系统化的质量管理中，行政与支持性人员发现他们自身、他们的部门角色以及与他人的关系均发生了显著的变化。也许最根本的变化便是从传统的记

分员和公司警察的角色转变为了团队成员与促进者。

随着组织发明和发现越来越符合全面质量文化的新机制、新结构和新关系，本章所描述的这些变化仍然会继续演变下去。所有的组织成员都应该对整个行政与支持性领域的突破性质量改进有所期盼和计划，正如对于他们提供给外部顾客的产品和服务中的这种改进应当有所期盼和计划一样。

参考文献

Alexander, M., and Young, D. (1996). "Strategic Outsourcing." *Long Range Planning*, vol. 29, no. 1, pp. 116–119.

Baker, Edward M., and Artinian, Harry L. (1985). "The Deming Philosophy of Continuing Improvement in a Service Organization: The Case of Windsor Export Supply." *Quality Progress*, June, pp. 61–69.

Blackburn, Richard, and Rosen, Benson (1993). "Total Quality and Human Resource Management: Lessons Learned from Baldrige Award-Winning Companies." *Academy of Management Executive*, vol. 7, no. 3, pp. 49–66.

Blackburn, Richard, and Rosen, Benson (1995). "Does HRM Walk the TOM Talk?" *HRMagazine*, vol. 40, no. 7, pp. 69–72.

Brenner, Lynn (1996). "Shareholder Targeting." *CFO*, February, pp. 57–61.

Cardy, Robert L., and Dobbins, Gregory H. (1996). "Human Resource Management in a Total Quality Organizational Environment: Shifting from a Traditional to a TOHRM Approach." *Journal of Quality Management*, vol. 1, no. 1, pp. 5–20.

Caudron, Shari(1993). "How HR Drives TQM," *Personnel Journal*, vol. 72, no. 4, pp. B48ff.

Champy, James(1995). *Re-engineering Management*. Harper Business, New York.

Cole, Robert E. (1994) "Reengineering the Corporation: A Review Essay." *Quality Management Journal*, vol 1, no. 4, July, pp. 77–85.

Davis, Robert, Rosegrant, Susan, and Watkins, Michael (1995), "Managing the Link Between Measurement and Compensation." *Quality Progress*, February, pp. 101–106.

DiPietro, R. A. (1993). "TQM: Evolution, Scope and Strategic Significance for Management Development." *Journal of Management Development*, vol. 12, no. 78, pp. 11–18.

Garvin, David A. (1991). "How the Baldrige Award Really Works." *Harvard*

Business Review, November-December, pp. 80–95.

Glasser, Gerald J. (1995). "Quality Audits of Paperwork Operations—The First Step Toward Quality Control." *Journal of Quality Technology*, vol. 17, no. 2, pp. 100–107.

Greene, R. Michael (1995). "Intellectual Property Management in a Dynamic Organizational Context." *1995 Management for Quality Research and Development Symposium*. Juran Institute, Wilton, CT, pp. 4-29-4-38.

Gryna, Frank M. (1988). "Administrative and Support Operations," in Juran, J. M. (ed.). *Juran's Quality Control Handbook*, 4th ed. McGraw-Hill, New York, pp. 21.1–21.23.

Haddock, Cynthia Carter, et al. (1995). "The Impact of CQI on Human Resources Management." *Hospital and Health Services Administration*, vol. 40, no. 1, pp. 138–153.

Hall, Gene, Rosenthal, Jim, and Wade, Judy (1993). "How to Make Reengineering *Really* Work." *Harvard Business Review*, November-December, pp. 119–131.

Hammer, Michael (1990). "Reengineering Work: Don't Automate, Obliterate." *Harvard Business Review*, July-August, pp. 104–112.

Hammer, Michael, and Champy, James (1993). *Reengineering the Corporation*. Harper Business, New York.

Hammer, Michael, and Stanton, Steven A. (1995). *The Reengineering Handbook*. Harper Business, New York, pp. 14–33.

Harkins, Philip J., Brown, Stephen M., and Sullivan, Russell (1996). *Outsourcing and Human Resources: Trends, Models, and Guidelines*. LER Press, Lexington, MA.

Higgins, Brian K., and Dice, Christopher M. (1984). "Quantifying White Collar Functions." *National Productivity Review*, Summer, pp. 288–302.

Hodgetts, Richard M., Luthans, Fred, and Lee, Sang M. (1994). "New Paradigm Organizations: From Total Quality to Learning to World-Class." *Organiational Dynamics*, vol. 22, no. 3, pp. 5–19.

Hooyman, Judith A., and Harshbarger, Richard W. (1994). "Re-engineering the Billing and Collections Process." *IMPRO-94 Conference Proceedings*. Juran Institute, Wilton, CT, pp. 7A-3-7A-18.

Hurley, Robert F. (1994). "TQM and Marketing: How Marketing Operates in Quality Companies." *Quality Management Journal*, July, pp. 42–52.

Hurley, Robert F., and Laitamaki, Jukka M. (1995). "Total Quality Research: Integrating Markets and the Organization." *California Management Review*. vol.

38, no.1, pp.59-78.

Imai, Masaaki (1986). *KAIZEN: The Key to Japan's Competitive Success*. McGraw-Hill, New York.

International Paper Company (1985). "CTQ Flow Charting," in *Quality Management Concepts*. IPCO, New York.

Juran, J.M.(1988). *Juran on Planning for Quality*. Free Press, New York.

Juran, J.M.(1989). *Juran on Leadership for Quality: An Executive Handbook*. Free Press, New York.

Jurison, Jaak (1994). "The Role of Information Systems in Total Quality Management." *Knowledge and policy*, vol.7, no.2, pp.3-16.

Kahn, Paul G.(1995). "Pacing the Quality Race," *Credit World*, vol.83, no.5, pp.24-26.

Keating, Patrick J., and Jablonsky, Stephen F. (1990). *Changing Roles of Financial Management—Getting Close to the Business*. Financial Executives Research Foundation, Morristown, NJ.

Kohn, Alfie(1994). *Punished by Rewards*. Houghton Mifflin, Boston.

Kordupleski, Raymond E., Rust, Roland T., and Zahorik, Anthony J.(1993). "Why Improving Quality Doesn't Improve Quality (Or Whatever Happened to Marketing?)." *California Management Review*, vol.35, no.3, pp.82-95.

Lacity, Mary C., Willcocks, Leslie P., and Feeny, David F.(1996). "The Value of Selective IT Sourcing." *Sloan Management Review*, vol.37, no.3, pp.13-25.

Latzko, William J.(1985). "Process Capability in Service and Administrative Operations." *ASQC Quality Congress Transactions*. Milwaukee, pp.168-173.

Leonard, Joseph W.(1986) "Why MBO Fails So Often." *Training and Development Journal*, vol.40, no.6, June, pp.38-39. Makosz, P.G., and McCuaig, B.W.(1990*a*). "Is Everything under Control? A New Approach to Corporate Governance." *Financial Executive*, January-February, pp.24-29.

Markosz, P.G., and McCuaig, B.W.(1990b). "Internal Audit—Ripe for a Renaissance." *Internal Auditor*, December, pp.43-49.

Mizuno, Shigeru (ed.)(1988). *Management for Quality Improvement: The 7 New QC Tools*. Productivity Press, Portland, OR.

Mooney, Makta(1986). "Process Management Technology," *National Productivity Review*, vol.5, pp.386-391.

Petrick, Joseph A., and Furr, Diana S.(1995). *Total Quality in Managing Human Resources*. St. Lucie Press, Delray Beach, FL.

Rauner, Vincent J.(1990). "Pursuing Quality in Patent Applications." *IMPRO-90*

Conference Proceedings. Juran Institute, Wilton, CT, pp.2c-1-2C-9.

Redman, Tom, Mathews, Brian (1998). "Service Quality and Human Resources Management: A Review and Research Agenda." *Personnel Review*, vol.27, no.1.

Redman, Tom, Mathews, Brian, Wilkinson, Adrian, and Snape, Ed (1995). "Quality Management in Services: Is the Public Sector Keeping Pace?" *International Journal of Public Sector Management*, vol.8, no.7, pp.21-34.

Rosenfeld, Manny (1990). "A Quality-Based Capital Decision Process." *IMPRO-90 Conference Proceedings*. Juran Institute. Wilton. CT, pp.7D-24-7D-36.

Samborn, Hope Viner (1994). "Total Quality Management." *Legal Assistant Today*, November-December, pp.40-43.

Schonberger, Richard J. (1996). *World Class Manufacturing: The Next Decade*. Free Press, New York.

Sharman, G.K. (1995). "Breaking Through in the Finance Function." *The Total Quality Review*, March-April, pp.29-33.

Stoner, James A.F., and Wankel, Charles B. (1990). "World Class Managing: Two Pages at a Time," Book I. Graduate School of Business, Fordham University, New York, unpublished manuscript.

Stoner, James A.F., and Wankel, Charles B. (1991). "Teaching the New Global Management Paradigm: Five Years' Experience." *Academy of Management Best Papers Proceedings*. Miami Beach, pp.126-130.

Stoner, James A.F., and Werner, Frank M. (1992*a*). *Remaking Corporate Finance—The New Corporate Finance Emerging in High-Quality Companies*. McGraw-Hill, New York.

Stoner, James A.F., and Werner, Frank M. (1992*b*). "Changing Roles of Finance: Strategies for Bringing Finance into Quality Management." CFRI Conference. Financial Executives Institute, New York, November 16.

Stoner, James A.F., and Werner, Frank M. (1993). *Finance in the Quality Revolution—Adding Value by Integrating Financial and Total Quality Management*. Financial Executives Research Foundation, Morristown, NJ.

Stoner, James A.F., and Werner, Frank M. (1994). *Managing Finance for Quality: Bottom-Line Results from TopLevel Commitment*. ASQC Quality Press, Milwaukee, WI, and Financial Executives Research Foundation, Morristown, NJ.

Stoner, James A.F., and Werner, Frank M. (1995). *Internal Audit and Innovation*. Financial Executives Research Foundation, Morristown, NJ.

Stoner, James A.F., et al. (1993). "The Quality Revolution in Legal Practice: Removing the Oxymoron from 'Legal Service.'" Graduate School of Business,

Fordham University, New York, unpublished manuscript.

Sullivan, L. P. (1986). "The Seven Stages in Company-Wide Quality Control." *Quality Progress*, May, pp. 77–83.

Weise, Richard H. (1991–1996). *Representing the Corporate Client: Designs for Quality*, vols. Ⅰ, Ⅱ, Ⅲ, and periodic supplements. Prentice-Hall Law and Business and Aspen Law and Business, Aspen Publishers, Englewood Cliffs, NJ.

Wilkinson, Adrian, Marchington, Mick, and Dale, Barrie (1993), "Enhancing the Contribution of the Human Resource Function to Quality Improvement." *Quality Management Journal*, October, pp. 35 46.

Wilsinson, A., Redman, T., Snape, E., and Marchington, M. (1998). *Managing with Total Quality Management*. Macmillan, New Youk.

(何兆伟 译)

第 27 章

流程性产业

唐纳德·W·马夸特（Donald W. Marquardt）

流程性产业中的质量管理
流程性产业的特征
大的测量变异性
基本概念
　通用产品类别
　任何产品都是某个过程的结果
　质量的各个方面
　产品设计的质量
　符合产品设计的质量
实现卓越质量的一种均衡方式
　质量管理成功三组合
　质量理念、文化和方针
　质量管理体系
　质量技术体系
流程性产业中的质量问题
　系统性问题与员工造成的问题
　慢性质量问题
　偶然性质量问题
　表象为偶然事件的慢性质量问题
　目标控制与界限控制的比较
设计生产过程
　规模经济的诸战略性方面
　将灵活性融入生产过程
生产排程与库存控制的作用
对质量管理至关重要的一些生产过程
　抽样过程
　测量过程
　决策/控制过程
　计算过程
标准过程与标准产品的概念
　生产过程规格
　作为保单的标准过程
　生产过程和测量过程的控制
　质量管理体系中的每一过程必须加以审核
　合格产品
基于产品关键特性的变异性真值的质量评估
客观描述产品规格的重要性
　产品规格——内容与格式
　有关产品单位术语的定义
测量相对于产品设计的符合性质量
　符合性的量化定义
　作为产品规格的固定参照的目标符合性
　衡量持续改进的经验曲线
测量校准与生产控制的参照基础
　参照基础的等级
　作为参照基础的公认基准
　作为参照基础的对照样本
测量过程的控制
　测试方法管理
　校准手段的有效性

目标点 X_0 规格
其他的统计过程控制参数规格
SPROCM 估计
抽样频率与测试程序
对照样本的选择与制备
对照品的选择
对照样本的制备
复合、多重、交错的对照样本
多于一个水平的对照样本
对照品的应用
作为计算参照的对照样本
多重测量过程的配置
验证测量调整或校准的有效性
测量过程偏离目标状态时的产品测试
确认新测量方法的有效性
估计与维护产品及测量的方差分量
应用生产过程数据进行的方差分析
获取方差分量数据的指南
来自生产过程数据的方差分量估计
从维护性抽样方案来估计 VWP、VST 和 VLT
针对测量方差分量的维护性抽样
方差分量估计的对比法
VLL 和 VPP 的估计与维护
产品评定
方差分量在质量管理体系改进中的应用
方差分量在常规抽样设计中的应用
质量管理体系的更新
更新的目的、界定和时间
审核
低层审核与高层审核
数据审核与程序审核
致谢
参考文献

流程性产业中的质量管理

与在其他经济部门一样，在流程性产业中，质量管理也是产品质量的保护伞的骨架。其管理理念、管理程序和管理技术应当为营销、研发、生产以及支持性人员满足日渐严格的顾客要求而进行共同努力提供一个赖以成就的系统。

这一系统必须覆盖一个产品生命期中从产品构思到其商业化直至后续的改进的所有方面，如图 27—1 所示。在产品开发初期，侧重点在于通过优化其功能性和可生产性以将设计质量体现到产品当中去。对于已有的产品，其重点则在于保持并持续改进产品对于质量要求的符合性。

最为显著的质量改进发生在普遍实施质量管理体系的那些企业当中。这一体系具有如下的特征：

- 它提供了一个实施的过程。
- 它使得各项业务方法相互连接起来。

- 它要求并推动组织中的沟通。

这样一些系统特征是驱动作为一项经营战略的质量改进的手段。这样一种系统的方式对于流程性产业尤为重要。

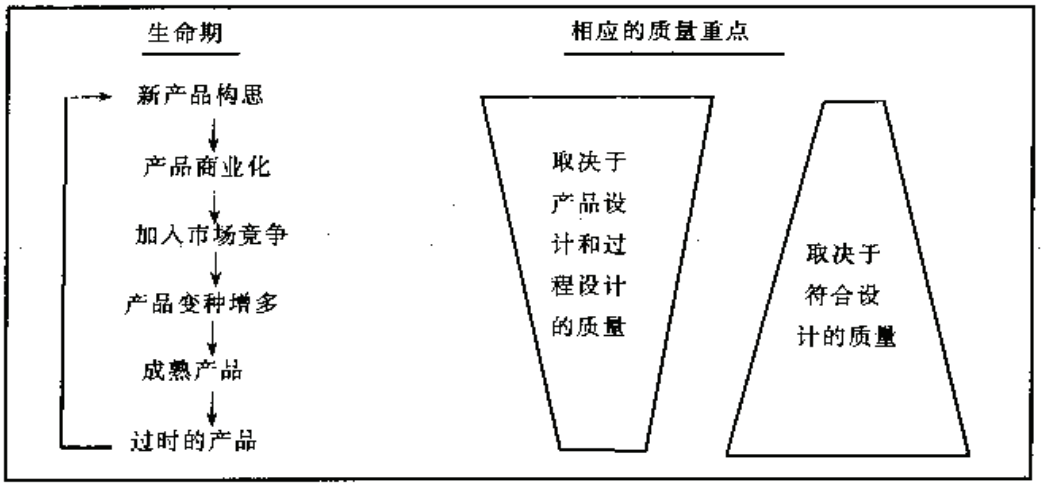


图 27—1　产品的生命期

资料来源：From Marquardt (1991).

流程性产业的特征

流程性产业对于质量管理的技术具有特别的要求。流程性产业通常具有的是连续性的过程或批次性的过程。就批次性过程而言，某类产品每年会生产许多的批次。

流程性产业的典型产品包括：

- 固体材料：
  块状、粒状、粉状的材料。
  连续或不连续的薄片状材料。
  切碎的或连续的丝状物。
- 液体材料：
  高黏性和低黏性的物质。
- 气体材料。

这些产品可以在特定的生产点上抽取特定的容量或重量来测某个质量特性。这种特性值会在一定容量或数量的产品中有所变异，也会随时间而变化。所测出的特性与最终产品的功能性之间的关系常常并不是完全清楚的。

对于客户的过程而言，流程性产业的产品常常是作为某种输入的原材料。该产品必须既满足其客户的加工要求，又满足最终产品的最终用户的要求。这些产

品在通用产品分类中便属于“流程性材料”的例子。

这些特征使得流程性产业与机械工业有着明显的不同，后者的重点在于零部件的制造或装配，亦即通用产品分类中的“硬件”。

由于现行的质量管理方法论本来是针对机械行业中的硬件产品而开发的，因此如果发现本章的着重点与方法论常有与传统的质量管理文献不同之处也就不足为怪了。然而，那些以极大数量制造的小零件常常会得益于在流程性材料中所应用的统计方法论。

大的测量变异性

流程性产业与机械产业之间的一个重大差异在于源自测量过程的变异性的大小。在机械产业中，测量的变异性通常是或被认为是较小的或可以忽略不计的，一般小于总变异性的 10%。机械产业中的许多测量是基于具有绝对或近似绝对的参考基准的那些特性，如尺寸、重量、电子的或光学的性征。这些测量通常具有非破坏性的特征，所以同一样本可以被测量多次。

在流程性产业，测量的变异性通常会大到总变异性的一半，有些情况下会高达总数的 80%。大多数流程性产业中的测量都是复杂的、高度专业化的，并且不可回溯到绝对基准。这类测量的例子如：

- 聚合物的相对黏性。
- 纱线的可着色性。
- 胶片的感光速度。
- 塑料胶片的强度。

这些测量中的许多都涉及破坏性试验，这样，某处产品的不一致性便无法从测量的变异性中分离出来。因此，在流程性产业中，几乎在所有的质量管理活动中都必须考虑到测量的变异性。这包括了设定产品规格，控制生产过程，产品的品质鉴定和出厂，计划改进实验等。

近年来，对于机械产业的产品而言，所要求的制造公差越来越紧，日益要求部件或机构的一体化。这种要求带有流程性产业的特点。对于面临上述趋势的机械工业的厂商来说，本章中所讨论的技术应当具有特别的吸引力。

基本概念

通用产品类别 国际标准中的术语（如 ISO 9000—1：1994）确定了术语“产品”中包含四个“通用产品类别”：

- 硬件。
- 软件。
- 流程性材料。
- 服务。

（细节参见第 11 章的表 11—4。）

任何产品都是某个过程的结果　“生产过程”这一术语具有广泛的适用性。例如，一个生产过程的产品可以是：

- 来自某流程性产业公司的“流程性材料”。
- 来自某硬件制造商的“小器具”。
- 来自某个实验室的“实验结果”。
- 来自某旅游社的“经确认的预定”。
- 来自某个销售单位的“出售品”。
- 来自某个分销单位的“完成的送货”。

所有这些场景都涉及一个生产过程。每一过程都创造了具有与顾客感知质量相关的可测特性的产品。例如，某个分销单位的顾客所感知到的质量有交付及时性、交付地点以及所送物品的物理状况等。

从“所有工作都是由过程完成的”这一观点出发来认识质量问题具有非常重要的意义。无论是营销、制造、交付、研发、人事还是其他职能，都不例外。参见 ISO 9000：1994。

质量的各个方面　由于未能明确区分关于质量的四个方面（参见 ISO9000：1994），涉及质量的讨论和沟通常常会不知所云。在第 11 章中对于质量的这四个方面进行了阐释。鉴于在流程性产业的特别需要，其中的两个方面（“产品设计的质量”和“符合产品设计的质量”）在本章中将进一步予以讨论。

产品设计的质量　为了满足顾客的需要，产品设计必须提供所期望的特性和功能性。比如，为同一市场设计具有不同化学成分的流程性材料时，我们可以判定某一产品的产品设计具有卓越的质量，因其提供了改进功能性的额外特性或增强特性。产品设计的质量可以是诸如强度、速度、抗化学性等这样的可定量测量的特性，也可以是一些主观性的特性，如风格、质地或气味等。

在产品设计的质量与符合设计的质量之间有着重要的联系。如果某一产品无论其生产和使用的环境有多大的变异，仍能持续地提供其预期的功能，该产品设计便被认为是“顽健的”（robust）。近年来产品设计的顽健性备受重视。

符合产品设计的质量　符合产品设计的质量（或简单地称为符合性质量）是指日复一日生产出的所有产品的特性的统一性（uniformity of the characteristics）与功能性的一致性（consistency of functionality）。良好的符合性质量意味着特性、性质、特征和功能性能够一贯地满足其预定的规格。

实现卓越质量的一种均衡方式

质量管理成功三组合 质量管理必须有三个对等的、相互联系的方面（Marquardt，1984）：

- 质量理念和方针。
- 质量管理体系。
- 质量技术系统。

这三方面构成了质量管理成功三组合（见图 27—2）。为了在管理产品质量中实现持续的卓越，所有这三个方面及其相互间的联系都必须加以均衡的关注。但在很多情况下，质量管理体系中只是强调其中的一个或两个方面而已。

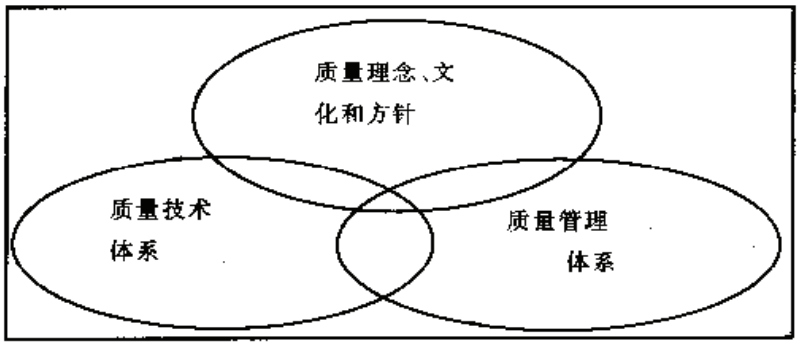


图 27—2 质量管理成功三组合

资料来源：From Marquardt (1991).

质量理念、文化和方针 任何企业的经营活动都是其领导者的理念的反映。因而，理念构成了第一个方面。它影响着财务系统的运行、产品类型的选择、对外部的社会问题的态度、处理雇员健康和安全问题的方式以及企业的许多其他方面。简而言之，管理理念塑造了组织的文化。

对于最高管理层的角色而言，战略计划过程是其最核心的过程。如果质量管理的原则能够有效地应用于最高管理层的战略计划活动中，这一过程就会成为在全企业中推动质量第一的机制（参见第 14 章“全面质量管理”）。

质量管理体系 这第二个方面是企业用于实现、监测、控制和改进其财务方面、人际关系方面以及其他职能方面绩效的管理程序。管理程序包括了资源的分配、组织和改进的机制。

管理程序中应当内化有量化的测量指标及其他准则（“报告卡”），用以监测和评估组织单位和人员的绩效。单纯地强调成本、产出和产量的那些指标对于人们追求产品质量具有负面的作用。因此，报告卡的设计是质量管理中的一个关键要素。这是一个虽然重要但却很难的领域，因为在质量体系设计中许多负面的因

素都比较微妙且难以预见（Marquardt，1991）。

质量技术体系　质量管理战略只有包括了上述第三个方面，亦即用来实现、监测、控制和改进产品质量的技术，它才是完整的。只需看一看新技术对整个世界历史的影响就不难认识到这第三个方面的重要性。新技术多次成为引起艺术、哲学和生活方式发生重大变化的驱动力。新技术带来了影响经济成本和经济机会的新工具，是改变个人、企业或国家间竞争战略的驱动力量。

流程性产业中的质量问题

系统性问题与员工造成的问题　许多具有丰富经验的质量专家（Deming，1967，1972，1982；Juran，1974）都指出，质量问题中的约 85% 是管理或系统造成的问题，只有 15% 是工人的问题。这一认识同样也适合于流程性产业。管理的问题或系统性问题是那些单个的生产工人不会造成，也影响不了，一般也没有适当的信息和工具加以诊断的那些问题。诊断和纠正这些系统性的问题是管理当局的职责，尽管生产工人常常可以发挥重要的作用。

慢性质量问题　在流程性材料生产中，明确区分慢性质量问题与偶然性质量问题具有特别重要的意义。对于已经生产了一段时期的成熟产品，良好的质量管理体系可以大幅度减少或消除“慢性”质量问题（参见第 5 章“质量改进过程”）。流程性产业中一些慢性质量问题的征候有：

- 在总产量中有很大一部分都会受到影响。
- 借助于“特别批”、“子编号”等委婉的方式有很大一部分产品降等降级。
- 为向特定顾客根据其特定要求送货而挑选产品成为了一种常规的做法。
- 一次出货的头等品率一向较低。
- 固守根据顾客和/或批次定价的复杂做法，并非基于制造成本和营销成本的差异。

最严重的慢性质量问题的征候或结果是：

- 市场份额被侵蚀，尤其是由于竞争产品有更高质量所致的侵蚀。

偶然性质量问题　与慢性质量问题形成鲜明对照的是偶然性质量问题。偶然性质量问题是在正常产品中根本不应出现的那些不合格的根源。在流程性材料中这多是由于偶然性的设备故障、偶然性的不良原材料以及类似原因所造成的不合格情况。这些偶然性问题通常称为偶发性（sporadic）问题（参见第 5 章“质量改进过程”）。这类问题的主要特点包括：

- 在总产量中只有极小一部分受到影响，一年通常也只是不足全部产品 1% 的一小部分。偶然性问题在产品总体中不具有代表性。
- 每次质量问题都可以认为是由于某一特别的故障所造成的。这些故障应

当被查出和纠正。其原因通常只有通过分析较长一段时期内所记录的故障类型才能够诊断出来。

常规的产品抽样根本不足以找出和消除大部分注定要发生的“偶然事件”。当由于某种类型的事件在经济上影响很大而必须加以探测时，最好是持续监测适当的生产过程的状况，在过程出现故障时发出警报（最好是启动自动纠正措施），而非试图通过大量测试最终产品而去“大海捞针”。消除偶然性事件的职责主要应由产品设计、生产过程设计和维护人员来承担，而不应交给过程控制和产品检验人员，他们在其自身的职责范围内既不可能发现也不可能纠正大多数偶然性问题。

表象为偶然事件的慢性质量问题 在流程性产业中常常会遇到看似偶然性问题但实质上却是慢性质量问题的情况。这些“显然的偶然性事件”会如此出现：

• 过程平均的漂移。如图 27—3（a）所示，一个“受观察”过程输出的任何产品特性（性质）都有一个取值的分布。如果因漂移发生导致过程均值偏离目标点，则处于分布曲线尾部的一小部分产品就可能会超出接收限，如图 27—3（b）所示。如果其质量管理体系未能将均值的漂移向生产人员示警，则这些看似偶然

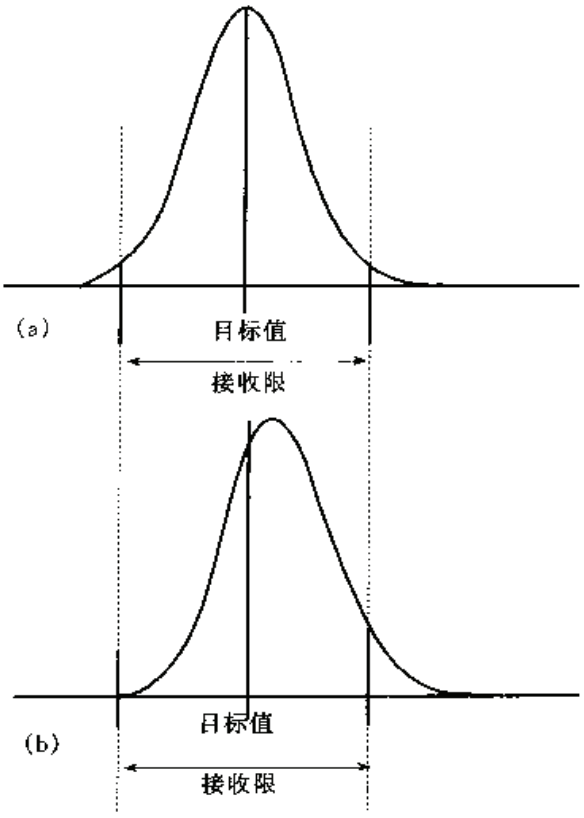


图 27—3 过程均值的漂移

说明：(a) 过程均值处于目标值；超出接收限的产品可以忽略不计。

(b) 过程均值偏离目标值；很大一部分产品超出了接收限。

资料来源：From Marquardt (1991).

的事件就只能由顾客来发现，从而导致顾客的抱怨。当这种漂移发生时，这些看似偶然的事件值属于其正常的产品总体。借助于应用常规抽样的标准质量管理程序，这些问题可以及早发现并加以消除。

• 出现次数低的缺陷。许多重要的产品特性，如缺陷或不符合，只有通过清点一个产品样本中发生的频次来加以定量。尽管是出现次数低的产品特性（每个样本中的平均不符合数或许少于一次），也可能会是产品中通常或是持续存在着的，即使在通常的常规抽样中不经常能够记录得到。这种计数也属于正常的产品总体，当其频次增加时（过程漂移的一种形式），可以通过质量管理程序加以发现并消除。

在许多生产组织中，花在追逐真假偶然性问题的“灭火”上的努力超过了花在实际解决慢性问题上的努力。有一些灭火工作几乎是不可避免的，但更大的危险在于那些慢性问题没有被认识到是需要解决的问题，反而将之看成了理所当然的事情。然而，迄今为止，造成更大经济影响的正是慢性问题。

目标控制与界限控制的比较　传统上在流程性产业生产现场所使用的过程控制这一概念，当然地意味着使之“处于界限之中”的含义。按照这种理解，过程要进行定期的测量。所测数据只要落在产品的接收限内的任何地方，则认为该过程的状态是可接受的。通常，“处在接收限内”的决策所根据的是每一个相继进行的测量结果或者一组测量结果的平均值。这种测量程序忽视了内在的变异性，这种变异性导致了图 27—3 所示的即使过程均值恒定的情况下也会有的分布情况。根据“使之处于界限之内”这种控制思路，可接受限通常等于产品的规格限，且通常比内在的过程变异范围为宽。过程允许在图 27—3（b）所示的条件下无限制地运行。这种厂商的顾客也学会了适应超出上控制限的分布尾巴。比如，顾客会调整自己的生产过程的条件，以补偿厂商过程均值的真实位置。相应地，厂商原材料和过程程序的改变会引起过程均值漂移到目标值以下，但仍在可接受限内。这样，顾客又必须面对一个尾巴超过另一侧界限的分布，或是混在一起的两个分布。这种摇摆必然地会导致顾客抱怨和生意的丧失。

设计生产过程

规模经济的诸战略性方面　在流程性产业，生产过程的设计对于持续实现高的产品质量的能力具有极大的影响。生产过程的设计既影响产品的预期特性，也影响产品的一致性。实现所期望的产品特性的均值是生产过程设计的一个主要目标。同样，在单一品种产品生产过程的持续运行中，实现产品的一致性也是过程设计的一个主要目标。遗憾的是，在多品种生产的非连续运行过程中，实现产品的一致性常常并未体现为生产过程设计的一个主要目标。由此而引起的质量问题

及其对长期财务绩效的影响常常为人们严重低估。

在生产过程设计中，追求规模经济对于设计者而言是显而易见的。这导致了大型的单一产品线的连续过程或大批次的成批生产过程的出现。一般地，在为新产品或为现有产品扩大产能而设计过程时，新的能力要求似乎只是关注于一个或少数几个品种上。因此，过程设计的趋势便表现为设计大型的单一产品线的连续过程（a larger single-line continuous process）或大批次的成批生产过程（a batch process with very large batches）。由于大型过程所涉及的产量，以及复杂装置及其控制的经济可行性，这些因素的混成使得这样的过程设计对于保持良好的产品一致性而言具有较高的能力。但是，随着产品线的成熟，市场通常会要求更多的产品品种。良好的营销战略可以将产品品种的扩展控制在最低程度。即使如此，一个成熟的市场通常也会包含许多个要求不同产品品种的细分市场。

将灵活性融入生产过程 惟一能够令人充分满意的答案就是将灵活性融入最初的生产过程设计当中。“一开始就设计到位”意味着要充分认识到产品类型扩展的必然性。这就要求将过程设计得具备如下的特征：

- 较小的过程中产量（in-process volumes）。
- 较短的滞延时间。
- 无混合的容器。
- 快捷、可靠的转换程序。

一个看来可行的策略是建设一系列产量较小的工厂（small-volume plants），需要时，在线生产能力可比现有产量稍有增加，并通过将发展市场要求的产品组合所需的特征体现在过程中，来保持设计的灵活性。每一连续过程生产线，或每一批次设施能够允许（所生产的某一品种的）一个生产周期（a production run）的长度即可，其中包括足够的抽样间隔，以便进行有效的过程控制。多工厂生产策略（multiplant production strategy）兼具多品种产品组合的灵活性，也具有一致性的良好的符合性质量。这对于长期财务绩效将有良性的影响。

连续流制造（continuous flow manufacturing）的概念有助于促进这一策略。根据这一概念，每一小容量生产线的设备和设施专用于该种产品。如果有多种产品要同时生产，则每种产品都有各自的专属设备。这消除了每种产品在每次生产过程中使用不同的设备组合所带来的不必要的变异。设备的这种专属策略（人员也可以如此）促进了诊断和纠正因特定的生产设施而导致的过程偏离目标的情况。

过程的可控性具有根本性的意义。就可控性的角度而言，常年运行的生产单一产品的连续过程是最理想的。生产数百个批次单一产品的成批过程也同样不错。在这两种情况下，经常而频繁地对中间产品和最终产品抽检，使得有可能采用各种控制策略，在小的质量偏差或趋势变得严重之前就能探测到，并根据反馈采取纠正措施防止发生严重偏差。出于可控性的目的，生产周期的长度必须按抽

样间隔数来加以衡量。为了取得良好的可控性，一个生产周期时间必须比系统中各种滞延时间的综合影响要长得多。这些滞延包括了因物理的停顿量和化学反应时间所引起的过程的固有滞延，由于抽样和测量产品特征所产生的滞延，由于控制程序的反应时间造成的滞延等。通常这意味着对于大规模生产线而言，为了达到良好可控性的最短生产周期为数周时间。具有完全自动化的、计算机控制的抽样、检测和反馈的小规模生产线，可以在较短的生产周期内实现良好的可控性。

另一可行的策略是建立高产量的工厂，这种工厂的设计注重于快捷、可靠的转换程序。许多机械行业中都设计和应用了这种长于转换的生产设施，如汽车装配工厂的情况。通过采用模块化设计，使得不同产品间的换模能够快速、可靠地实现。控制设置的变更可采用计算机来进行。其关键要求在于，过程在变更之后能够可靠地迅速启动到位，使得所有的产品特征都能保持在目标值上。

在流程性产业中，具有较小的过程产量、较短的滞延时间、无混合的容器、快捷可靠的转化程序的连续过程设计，与在机械产业中得到成功应用的柔性制造系统（FMS）属于同一回事。FMS 支持准时制（JIT）库存管理的目标。然而，除非供应商具有柔性的生产过程，否则 JIT 不会有效地发挥作用。没有一个与有效的质量管理体系结合在一起的灵活的生产过程，客户的 JIT 只不过是将其原材料的库存转变为了供应商的最终产品库存而已。在这种情况下，总体的经济性未必会比以前好到哪里去。

总体上而言，流程性产业中尚没有实施具有这种模块化程度的过程设计以实现快速、可靠的转换。

生产排程与库存控制的作用

用大型连续的过程设备或大型的批次生产设备武装起来的现行生产设施，将被迫适应多品种产品组合发展的要求。生产计划人员通常倾向于采用只是优化直接库存成本和顾客响应时间之类指标的生产策略，而忽视质量不合格造成的非直接成本。对于这种连续过程而言，采取多品种产品频繁轮换的策略是其不可避免的宿命。这意味着必须有很多较短的生产周期。由于每一生产周期在达到和保持其目标运行之前就几乎要结束了，所以产生严重的质量问题几乎是必然的。很长的过程停顿时间会使所有的过程控制策略都束手无策。这种情况下，（在一个连续过程中）每一周期开始时所制造的“换型”产品要占到总产量的很大一部分。人们采取了诸多的举措试图来对付这些问题：

- 使用大型的混合容器来混合最终产品，以消除性能变异，特别是由于换型造成的变异。这会增加投资、增大过程中库存以及增加制造劳动力，从而增大了产品的工厂生产费用。此外，性质经混合平均的流程性材料，其功能性与在预

期水平下一致性地产出的产品的功能性并不是一回事。

• 换型材料可通过返工或再循环之类的进一步处理，以使之符合规格要求。这种做法会增加生产成本，降低净生产能力。此外，经返工的流程性材料通常与一开始就合格的材料不具有相同的功能性。

• 部分换型或再生材料可包含或混合到例行交付的正常产品当中。这会增加库存和搬运成本，增大不符合顾客使用功能要求的风险。

• 换型或再生材料可被丢弃或降价出售。这显然会造成经济损失。

对于生产多品种产品的大批次成批生产设施而言，也会发生类似的问题。每一品种产品可能一年只生产一批或很少的几批。这降低了将生产人员和程序调整到稳态的“标准过程”运行的能力。每一批都如同试验运行一样。这造成的典型后果便是批与批之间的很大的变异性。

无论是连续生产过程，还是成批生产过程，都会遇到慢性质量问题的征候。明显的治标办法有减少经营品种，修改生产计划以获得更长的生产周期（连续过程）或增加每年生产的相似批的批次，以及改进启动控制策略以使过程尽可能快地处于目标状态。根本的解决方法则必须来自更好的生产过程设计策略。

对质量管理至关重要的一些生产过程

尤其是在流程性产业，“生产”运营中的若干过程对于实现符合性质量是十分关键的。这些关键的生产过程要产生数据也利用数据。各种路径的信息流贯穿着整个过程网络。

图 27—4 中描述了这些关键的生产过程。生产过程本身也属于五个共同运行的过程之一：

• 生产过程。
• 抽样过程。
• 测量过程。
• 决策/控制过程。
• 计算过程。

除非所有这些关键过程能够适当地结合在一起运行，否则出厂的产品不可能取得一致性的良好的符合性质量。除了生产过程之外，其他的每一个过程也都必须加以精心的考虑。

抽样过程 当出于图 27—4 所示的任何目的抽取样本时，都必须定量决定样本的构成和容量。抽样方案取决于产品和测量变异的主要来源。另外，抽样的方式必须使样本真正具有代表性，因此：

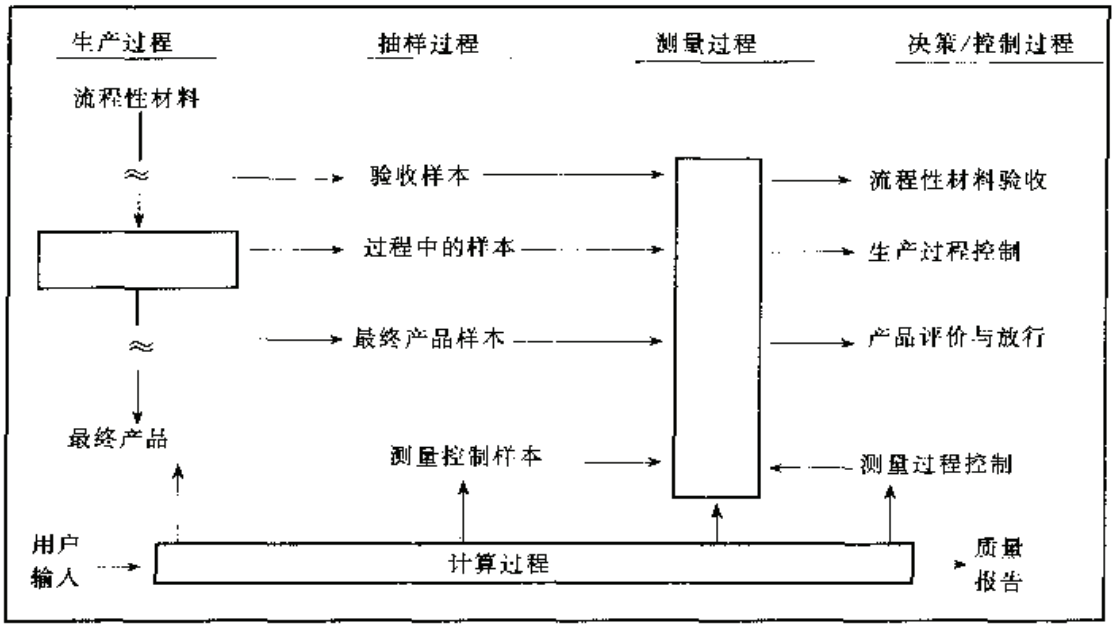


图 27—4　各个关键的生产过程

资料来源：From Marquardt (1991).

• 进厂材料的“验收样本”会被要求，以证实其与相应规格相符合。在一个成熟的质量体系中，供应商的测量数据可以加以信赖，这使得验收抽样的数量大为减少，从而减少了供应商与厂商间的整个增值链上的多余支出。

• “过程中的样本”是生产过程控制所需要的。

• “最终产品样本”是生产过程控制、产品评价与放行所需要的。

• “测量控制样本”是保持测量过程准确性所需要的。

取自上述过程中的样本必须加以明确的标识，说明从何处、如何以及什么时间抽取的。

大部分质量管理程序都是一次针对一个性质。虽然在实际工作中，单个测试样本常被用于获取多个特性的试验结果，但在本章中术语“样本”通常指单个产品特性的样本。

测量过程　测量过程的输出是数字（对所提交的每一样本的特征检测值）。有些测量过程是在实验室进行的，而其他一些测量则是在生产现场进行的。有些测量过程是高度自动化的，而另一些则是劳动密集型的。测量过程通常与生产过程一样复杂，同样也会处于失控的状态。如果所报告的测试结果有很大的测量误差，就有可能导致决策过程产生不适当的行动。这有可能会使产品的一致性比不采取行动还要糟糕。

决策/控制过程　这里的决策过程有两种类型：

• “过程控制”决策导致采取使生产过程和检测过程处于目标值的措施。

• “接收和放行”决策导致有关产品处置的行动，确保只使用符合要求的材料，只有合格的产品才能放行。

计算过程 所有上述这些过程的一部分是由计算机硬件和软件来承担的。测量过程中产生的数据可以录入和存储在一个计算机数据库中，数据的录入既可以是自动的，也可以是手工的。自动化的仪器可用于获取样本的测量值。从这些过程中收集的数据而后用作决策和控制过程的输入。诊断性的数据分析软件可以生成图表、报告及其他量化的结论，以便发现质量问题，监测质量状态。

这些任务所涉及的计算机软、硬件过程可能会很复杂。必须对用于这些计算系统中的软、硬件的可靠性和充分性给予足够的注意。

标准过程与标准产品的概念

生产过程规格 为确保生产出能够一致性地满足顾客要求的产品，生产过程必须日复一日、月复一月地保持一致。列入产品规格中的各种产品特征，应当尽厂商之所能，将影响满足顾客需要的能力的全部产品特性都包括进来。然而，能够始终满足所定的产品规格限仍然是不足以依赖的。这是由于以下的两个原因所致：

- 规格所确定的产品性质有可能会没有覆盖影响产品预期使用功能的全部特性。
- 有些顾客使用产品的最终用途或环境有可能是厂商所没有预计到的，这些用途可能会是适当的，而厂商的测试没有直接保证产品在这些应用方面的功能要求。在这种情况下，就算是厂商有着最好的意图，也会出现符合性质量的问题。这就需要有一张“保险单”。

作为保单的标准过程 坚持遵守同一性的生产过程（a uniform production process），是厂商确保防范上述未知风险的主要机制。一个同一性的生产过程在不同的时刻、不同的生产设施间，都会确保厂商未曾检测的产品性质的一致性，以同样的方式也会确保厂商检测的那些性质和特性的一致性。因此，就有必要有一个“生产过程规格”来定义一个“标准过程”。这是对于产品规格的补足。这种“标准过程”是取得符合性能力的重要工具。有关标准过程的要求应加以文件化，并保证所有的生产人员可以随时使用。在遵从 ISO 9001 或 ISO 9002 国际标准运营的那些组织中，这些要求包含在各种“程序文件”和“作业指导书”当中，所有相关人员可以方便地加以利用。如果将这种标准过程当做了一个秘密，则标准过程也将不复存在。

每一个过程和每一种产品类型都应当规定其“标准过程”条件，同时规定有关过程设定或过程程序的“过程界限”。标准过程与过程界限应该正式编制成文档化的“标准作业程序”。出于过程控制的目的，“标准作业条件”中规定的可控变量允许加以变动，但只限于允许的程度，且要有必要的授权。如果同一类产品

由一条以上的过程线生产，为了使每一过程线的产品特征保持在目标状态，这些过程可以运行在标准过程要求范围内的不同条件上。

过程界限的确定有时需要人的判断。但只要有可能，都应该通过统计设计的过程校准实验，围绕标准过程条件为中心点，来确定过程控制变量的界限（参见第 47 章“实验设计与分析”）。当依据判断来确定过程控制变量的界限时，一个经验法则是，先确定过去一段时期所用的能够一致性地生产出可接受产品的过程条件，然后将其极端的 2% 排除在外，便得到了所确定的界限。

标准过程的概念还包括以下几个方面：

• 在知会可能会受到影响的所有职能之前，不得以“测试”或“试验”为名来改变任何生产过程的运行条件。根据定义，测试和试验条件下制造的产品并非标准过程的产品。

• 以下项目不得改变：

产品本身的设计（或新产品的导入）。

生产过程设备。

原材料或外来零部件（除了常规的消耗性品目或材料的替代）。

这两项“不得改变”的前提是，没有预先知会所有可能会受到影响的组织各职能。根据定义，发生这些改变之后所生产的产品不是标准产品，除非这些改变得到了批准。这种批准意味着，产品可在一段长时间内满足所有的顾客要求并符合为所有正常的成品特性所规定的产品规格这一事实得到了验证。

生产过程和测量过程的控制　对生产过程的持续的目标控制（on-aim control）是标准过程的一个部分，也是做好质量管理的一个基本思想。生产过程控制就是要迅速地探查过程平均值与目标点的偏离是否超过了规定程度。控制系统的设计应确保所规定的过程偏离值与产品规格界限是相容的。

对测量过程的准确性的连续控制也是标准过程概念的一个重要组成部分。系统的设计应确保发现测量值偏离规定幅度的情况能够比发现生产过程的偏移更快。只有这样，这些测量方面的问题才能在引起生产过程控制的问题或产品出厂决策问题之前，就得到迅速的发现和纠正。

质量管理体系中的每一过程必须加以审核　质量管理体系使得对于产品功能性的真实状态的评估具有了客观性和完整性。其作用类似于财务系统对产品的经济状态所进行的客观和全面的评估。

定期的财务审计作为确保厂商的财务管理系统的完善性的工具已经得到公认。同样，在质量管理体系中对每个过程进行定期的审核对于保证质量体系持续的完善性也至关重要。

合格产品　根据定义，合格产品是符合产品设计规格、使用符合标准过程的标准材料生产的产品。只生产合格的产品是质量管理体系的终极目的。必须为评估产品的符合性以及解决现有过程绩效不能持续地满足绩效目标的问题提供各种

必要的工具。

基于产品关键特性的变异性真值的质量评估

每一个产品特性都可以按照其在厂商的质量管理体系中被管理的方式来加以归类。其中所谓的关键特性是指在所制造产品中其总的变异性很大，以至于在满足当前或预期的顾客需要方面造成持久性困难的那些特性。某一关键特性为了符合规格所必须遵守的上限与下限可以被称为是“单位公差界限”（unit tolerance limits）。这是有关产品特性真值的界限，是出厂产品单位必须遵从的界限。图27—5所示的产品规格格式中表示出了为了充分地陈述定量的产品特性真值的单位公差界限所必需的信息。

特性	产品单位	预定值	单位公差界限		测试方法
			下限	上限	
1					
2					
3					
……					

图 27—5　产品特性真值规格格式

资料来源：From Marquardt (1991).

顾客和厂商均根据最终产品的质量特性来评估产品质量。顾客需要确定所收到的产品满足其使用需要的情况。厂商需要准确评估其出厂产品的质量。关键的产品特性的变异性是符合性质量的大敌。关键产品特性的测量中的变异性会使得质量的实现变得异常困难。然而，每一个观察到的定量值都受到产品特性的抽样与测量过程中带来的变异性的影响。亦即每一观测值都具有如下的结构：

观测值＝真值＋测量误差

“测量误差”这一统计术语指的是，导致观测值背离真值的所有来源的抽样或测量变异性的净影响；这一说法并不意味着犯了什么错误或差错。因此，一项产品特性的真值是指不包含任何抽样误差或测量误差的值。根据关键特性的真值来评估质量，这一信条是质量管理体系的一个最基本的概念。

顾客和厂商都在寻求讨论和评估质量的一个共同的基础，一个没有任何抽样误差或测量误差的可量化的“真值”基础。有效的统计方法为我们提供了将产品本身的变异性与测量的变异性分别量化的程序。这些程序要求一些额外的努力。但是，对于其符合性质量影响着市场成败的那些关键的、难以控制的特性而言，这些努力是值得的。依据真值来描述产品符合性质量的这些程序，对于厂商和顾客双方而言都是颇有价值的。

测量变异性的不可避免的存在是在质量管理中必须应用统计方法的原因之

一。另一个原因是产品特性的真值在产品单位之间也存在着变异。因此，我们总是必须面对含有误差的测量值来就变异性的产品作出决定。尤其是在流程性产业，测量的变异性相当于或大于产品的变异性的情况并不鲜见。方差分析就是用于把某一产品特性所观测到的总方差分解成有用的“方差分量”的方法。这样就能够将产品的变异性与测量的变异性分别加以定量，并估计出每一方差分量对于总方差的贡献。对于关键特性而言，人们期望能够根据真值来表述产品的规格。

客观描述产品规格的重要性

要设计和生产能够满足顾客要求的产品，我们就必须明确这些要求具体如何。产品规格的必要内容和形式构成了一个基本的交流工具，厂商和顾客可以借此来沟通有关满足顾客要求的问题。产品规格是将顾客的需要和要求转化为可测量的产品特性的最接近的文档。厂商借此可以对其生产过程加以管理。尤其是在流程性产业中，规定一小组可测的产品特性并不总是能够描述所有最终用户的需要和要求。因此，产品规格必须视为一个不断进化的文件，它反映了厂商和顾客作为合作伙伴在转化过程中的当前理解程度。

厂商在设置规格界限时，常常会忽略三个关键性的问题：

- 产品单位的定义。
- 所用测试方法的定义。
- 对变异性各个来源作用的认识。

只有当全面考虑了产品单位、测试方法和方差分量后，才能够建立起有意义的、技术上合理的产品规格界限。

产品规格——内容与格式　产品规格既是顾客与厂商之间达成的（明确的或隐含的）协议的文本，又是关于产品信息的一个概要（ASQC，1996b）。理想情况下，顾客应直接参与到产品规格的制定当中。但多数情况下，这种协议是由厂商的营销部门与生产部门之间达成的，由营销部门来代表许多顾客的需要。规格中包含了两类信息：

- 对产品的描述性信息。名称、识别编号、化学成分、工程设计和工程图、用途和功能、测量单位、提供单位和条件、其他的产品定性特性，必要时还要有有关安全搬运和存储的信息等。
- 产品可测特性的定量规格。预定特性及其范围或界限的数值。大部分产品的产品规格中列有 10～100 个这样的测量特性。许多产品有一个或几个“关键的少数”特性。

这些量化的规格（预定值和界限）要：

用可测量的术语，描述出用来满足顾客需要、可由厂商运用当前的技术和设

施进行商业化提供的该产品的最新定义。

规定一个指定的测量方法。

只适用于出厂产品的可测特性。

一个规格若不能全部提供这些项目就是不完整的。“检测方法”这一项通常是一个参照代码，指明描述该标准测试方法的某个文件（包括测试设备、材料和程序）。有些关键的特性，如不纯度水平，只需要规定一个公差的上限或下限。

某些场合下，规格中的三个术语可以互换使用，但有些情况下可能数字会有所不同（如图 27—6 所示）。为了不至于混淆，要注意每一术语的适用场合。

在生产过程控制中，目标值 X_0 通常设定为等于预定值。

对于非关键特性，其产品规格格式中的单位公差界限，由观测值界限来代替，通常为某个测试结果在预定值上下的 3～4 个标准差。可采用图 27—7 中所示的格式。

术语	应用
预定值	这个特征量值表明了由产品设计（和产品规格说明书的编写）所预定的每个产品单位的功能。
目标值 X_0	这个特征量值表明了由预定的生产过程所能达到的制造每个产品单位量值。
平均值	这个特征量值说明了由生产过程所实际达到的，许多产品单位的平均值。

图 27—6　产品规格术语的定义

资料来源：From Marquardt (1991).

特性	预定值	观测值界限		测试方法	产品单位
		下限	上限		
1					
2					
3					
……					

图 27—7　观测值定量规格格式

资料来源：From Marquardt (1991).

有关产品单位术语的定义　一种产品可以根据不同的目的而构成各种不同的单位数量，如一个库存单位、一个装运单位或一个顾客使用单位。准确地定义产品规格所适用的最终产品的“产品单位”是十分重要的。这是定量确定产品质量、应用适当的抽样系统和统计程序的基础。“产品单位”这一术语同样适用于实物产品、软件产品或是服务。在给定情况下，选择流程性材料的最终产品单位应考虑以下两方面特征：

- 厂商所处理的最终产品的实物单位（包、卷、瓶、箱等）。
- 顾客使用产品的实物单位。

产品规格中的产品单位最好选择便于处理的最小的产品数量，这样一个单位使得顾客很容易察觉到与预期功能的显著偏离，如果存在偏离的话。出于质量管理的需要确定产品单位时，可以有相当多的选择。产品单位可以小至“所抽取材料的单位数量”，从中可以得到一个单一的“测试结果”，也可以是上述单位数量的许多倍。虽然产品单位的选择会因产品特性而异，但一个给定产品线内的所有产品类型和特性均选择同一产品单位在实际工作中将会是非常方便的。

产品单位与单位公差界限的一般概念　术语“一般产品单位”和“一般单位公差界限”（generic unit tolerance limits，GTL）可用于讨论产品的定量真值规格而不必提及任何特定形式的产品单位。在这里的大多数说明性讨论中，产品指的是可以在产品单位的各个点上进行抽样和测量的流程性材料。GTL 适用于整个产品单位特性的真值平均值。如果该产品是这样一种品目（item），其特性只有在该产品单位的某一个点上才可以实现和测量，则 GTL 就适用于这一点上的真值。相应地，这里的产品单位的概念对于流程性产业的产品和机械工业的产品是同样适用的。

产品规格中对于受时效影响的产品特性的规定必须加以特别的澄清。“交运产品”这个术语通常并不意味着包含了时效变化，除了从产品生产到产品评价和出厂的这一正常的间隔期间所发生的时效变化外，但这个时间通常不会超过几天。当涉及时效的场合，时间间隔应该成为产品规格的一个组成。

单位包装——通常的情况　在最一般的情况下，产品单位的适当选择就是“单位包装”。关键特性的单位公差界限适用于整个单位包装的交运产品特性的平均值真值。单位包装应当是其包内变异性不属于支配性变异性来源的一个产品的单位。需要指出的是，流程性产业的产品在顾客正常使用时通常要经受物理上的混合，导致特性值的某种程度的平均化，而这一特性值会因产品单位而有所变异。

这类产品的例子及其典型包装的定义如图 27—8 所示：

产品	单位包装
长绒纤维	长绒大包
粉状颜料	粉末包
颗粒弹性体	颗粒包或每箱数包
油漆	液体罐或每盒数罐
杀虫剂	液体桶
连续细纱线	线管
照相胶片	胶片盒或卷

图 27—8　典型产品及其单位包装

资料来源：From Marquardt (1991).

关于连续细纱线一例需要特别讨论。此例中，最终用途产品（纺织品）由多个单位包装通过一个过程（针织或编织）制成。虽然由于织物中相邻纱线线管的任意分布而发生了某种“混合”，但每条线的连续性仍然保持着。其最终的混合并不像长绒纤维混合那样可以有效地减少织物的外观缺陷，长绒纤维线较短并且是杂乱地混合起来的。不管怎样，大量经验表明，就质量管理的目的而言，线管是一个十分适当的产品单位。

在这种情况下，单位公差界限就是单位包装的公差界限。如果包内变异性必须加以控制，则其自身便可以作为该包装单位的一项特性。为了简化在本章中提出的概念和术语，这里的讨论仅限定在包装构成。只有有特殊的需要时，才选择其他的产品单位的定义。

单位包装情况下的方差分量 术语“方差”和“方差分量”分别指产品特性和测量方法的整体的、总的变异性，和其中的有意义的来源构成的变异性。这些术语有着用于计算的严密的数学定义。

当产品单位是一个包装单位时，该产品的方差分量如图 27—9 所定义。这些分量总是存在的，尽管其大小会因产品及其特性不同而不同。不论产品单位的选择如何，其测量方差分量总是存在的。

方差分量	符号
过程平均真值的批间方差	VLL
批平均真值的包装间方差	VPP
单位包装平均真值的包装内方差	VWP
额定测试时间内测试的同一的、匿名样本的短期测量方差	VST
长期测量方差；所有超过短期的测量的方差	VLT

图 27—9 单位包装的方差分量定义

资料来源：From Marquardt (1991).

对应于“额定测试时间”的时间间隔必须根据前后联系而定。许多情况下，它应该是一个实验室班次。通常，一个“额定测试时间”是同时提交的一组样本正常测试所经过的时间间隔。以这种方式定义的 VST，包括了所有影响测试结果的短期的测量变异性来源，其中包括被指定对这些样本进行分析的多台仪器设备和多个操作人员间的差异。如果测量是破坏性的，VST 的分量则除了短期测量变异性本身外，毫无疑问地还包括了测量结果所用的产品数的本地产品变异性。VLT 包括了所有长期的测量变异性的来源。

一个“测试结果”（test result）只是一个数值，它是针对某个具体特性实施某种测试方法的最终结果。“测试方法”（test method）是规定的（文件化的）测试设备、测试材料、测试程序（test protocol）的一个集合，其输入是规定的单位数量的抽样材料。测试程序会要求一个以上的试样来产生一个测试结果。比如，该程序会要求几个试样的平均测量值。

包装单位的五项方差分量可以简单地用图 27—10 所示的连锁式结构来加以

描述。

总方差	总的产品特性方差	批次外部的（VLL）	
		批次内部的	批内包装间的（VPP）
			包装内的（VWP）
	总的测量方差	短期的（VST）	
		长期的（VLT）	

图 27—10　单位包装的方差分量构成

资料来源：Marquardt（1991）.

产品规格与市场要求　产品规格界限的设定一向没有统一的做法。在流程性产业，无论是定义顾客的要求，还是定义对进厂材料的要求，都是非常困难的，因为这种要求很少能够准确地知道，一直是根据经验和判断而定的。

当组织的某一个部门在规格设定方面具有垄断地位时，将规格建立在不完全信息的基础上这样的问题便尤为突出。当规格最初是由研发部门提供时，规格所反映出的可能就是研发部门依据有限的实验室经验或项目试行所作出的技术性判断。当由营销部门提出规格时，它可能反映的就是营销部门对于满足顾客要求的渴望，而没有顾及生产部门的技术能力。当由生产部门主导规格设定时，这些规格会比较易于生产，但可能就会忽视顾客的需要或者未能考虑到新技术所外加的条件。这些由某一个部门单方面搞出的东西永远不会令人完全满意，因为所涉及的部门中谁都不具有作出恰当判断的全部必要信息。正因为如此，在日常的营销和生产活动中，产品规格界限常常就成为摩擦的根源或都不去理会的事情。

一旦清楚了顾客关于某一关键特性的需要，规格就应当以这些需要为依据。如果顾客的需要不能准确地知道，规格就应当是在生产部门、营销部门和顾客之间达成一致的结果。在这一过程中，研究与开发部门应该扮演一个明确的支持性角色。生产部门应该提供描述最终产品和测量过程的固有变异性大小的数据，数据的提出不应根据理想的过程能力或测量能力，而应当根据实际的历史资料。所有各方都应当清楚，较宽的规格可以增加生产者的产量、符合性并降低成本。另一方面，较严的规格可以提升产品的竞争力，获得更大的市场份额，可以减少顾客抱怨以及由于出厂产品功效与预期不符而导致的赔付。

实践中，好产品与差产品之间通常没有一个截然的界限。大多数情况下，那些偏离规格不远的具有实际水准的产品足以实现其预定的用途。因此，在规格中应该使用“符合”（conforming）和“不符合”（nonconforming）这样的术语，而应避免使用好、坏以及缺陷等。这种用法与目前的质量体系标准中（ISO 8402：1994）的术语是一致的。

随着过程的改进，产品的变异性应当不断地下降，且应当明显窄于规格界限。有些顾客可能会根据窄于规格文件的“事实上的规格界限”（de facto specification limits）来开发相应产品的用途。这时就必须认可这一更窄的规格界

限，以接受这种新的实际需要。相反，如果过程绩效一致地优于实际需要，则该产品特性可能就会被从“关键特性”名单中清除。

常常，在流程性产业中，对于实际需要的了解不甚清楚，或由于最终用户是如此之多，且各有自己的规格要求，这时要建立有关所有细分市场实际需要的定量数据是不现实的。在这种情况下，厂商的过程绩效可以作为厂商与顾客之间（或者在厂商的生产部门与营销部门之间，只要能够恰当地代表顾客）讨论的起点，其目的在于达成双方均接受的规格界限。

测量相对于产品设计的符合性质量

符合性的量化定义 “符合性”可以量化地定义为在适当的时段内，所评价的产品中满足规格的产品单位数占总数的百分比。这一量化的符合性定义适用于其规格以产品真值为依据的关键特性。在各种相关的情况下，我们需要区分：

- “所制造产品的符合性”，指所制造的所有产品单位中，满足产品规格界限的产品单位所占的百分比。
- “所交运产品的符合性”，它适用于出厂交运的产品单位，指的是出厂的产品单位中满足产品规格界限的产品单位所占的百分比。在实施正规的放行程序的情况下，所交运的产品单位数不一定等于所制造的全部产品单位数。

本章中，“符合性”这一术语总是指所制造产品的符合性，除非特别指明它指的是所交运产品的符合性。所制造产品的符合性与所交运产品的符合性均可以运用合适的计算方法来加以估计。“所交运产品的符合性”这一定义本身包含一种假设，即交运的产品单位数与放行的产品单位数是一样的。

作为产品规格的固定参照的目标符合性 一个适当的“目标符合性”水平应当加以选定。一旦选定了这个水平，目标符合性就成为了固定的参照点，对照这个参照点对产品的符合性质量来进行判断。

典型的目标符合性的取值为99%或99.7%，但具体数字取决于产品特性及其他因素。为了营销和内部管理的方便，同一产品线中的所有产品的目标符合性水平应该是相同的。随着产品一致性的改进，产品的规格范围可以缩小，但目标符合性保持恒定。

这里所建议的做法不同于机械行业广泛应用的“6σ”法。在“6σ”法中，产品的规格限是恒定的，人们朝着100%的目标追求对于符合性的百分比的持续改进。此处所建议的做法则保持目标符合性为恒定（99%或99.7%），追求持续缩小产品规格的范围。这里的目标符合性可以借助于中等容量的样本加以评价。两种做法的最终目的是相同的。

衡量持续改进的经验曲线 为了展示持续改进的进展（或不足），一个有用

的工具便是将某个产品单位（包装）的标准差按照时间在图上来打点。这些点子便构成了一条“经验曲线”的例子。

经验曲线可用于基于产品真值的规格特性，也可用于基于观测值的规格特性。后者的场合，所描出的标准差中既包括了产品的变异性，也包括了测量的变异性。有许多种这样的经验曲线可供选用。

比如，对于具有依据产品真值的规格界限的特性，产品规格范围的宽度提供了一种正式的符合性质量的测量。对于任何特性而言，这一宽度是产品单位真值标准差的特定倍数。随着产品的一致性得到改进，这个规格范围的宽度应该定期地不断缩小。

测量校准与生产控制的参照基础

参照基础的等级　每一常规的测试测量方法其本身就是一个连续承受生产过程所遭遇的各种不利因素影响的过程。每一个这样的过程都需要有一个参照的基础。测量过程就是生产过程的参照基础。“公认基准”和/或“对照样本”被用作测量过程的参照基础。使用参照基础的目的在于，使测量程序和设备保持在进行常规分析所必须满足的条件之下。

作为参照基础的公认基准　许多测试方法都是对于尺寸、重量、时间、温度、电量及类似特性的直接测量。这些测量值常常是许多“机械工业”产品的最重要的特性。这些测量方法必须在各生产厂、各个测试实验室对照高精确度、稳定性和一致性的副基准进行定期的校准。副基准再依次由最精确的原始基准，例如，在国家标准与技术研究院（NIST），按照可追溯的步骤来加以校准。如果适当地注意以下几个方面，可以使这种测量的方差或偏移更小：

- 依照公认基准进行定期的校准。
- 维护测试设备。
- 建立标准化测试程序。
- 培训操作人员。

有些产品要求这种直接的测量有极高的精确度。这种情况下，有可能会产生严重的问题。这时也许就要有完善的计量工作规划，以确保充分的校准、标准程序、维护和培训。

作为参照基础的对照样本　在流程性产业中，许多测试方法都不能直接追溯到公认的基准上。由于它们是对顾客使用条件的模拟，因此是间接的、多步骤的、因产品而异的，或者说是无标准的。

这些测试方法通常会包括一些可以分别精确校准的直接测量，但作为一个整体的测试程序则无法进行这种校准。这些测试方法的充分维护，只靠良好的计量

工作规划、定期的校准、设备维护、标准化的程序以及操作人员的培训还是不够的。对于这类测试方法而言，必须采用“对照样本”来作为参照基础，必须采用相应的控制程序来保持对照条件。

对照品（control supply）是经过适当的评定和确认的一定数量的常规一级品，它被保持下来以持续用于随后的制成品的测试。测量中的许多问题都集中表现为对于对照样本以及从中取出的对照品的适当选择和使用方面。

测量过程的控制

测试方法管理 不论是在实验室还是其他任何地点，良好的测试管理都要求对照公认基准对测试装置进行定期的校准。有关这些基准的例子如：

- 用于校准称重仪器刻度零值设定的标准重量。
- 用于校准色度表的标准白色反射盘。
- 用于标定化学测试装置的标准溶液。

然而，必须明确的是，在抽取、制备和检测常规生产样本时要受到诸多的影响变异性和偏移的来源的作用，而这些校准程序则没有面对这些影响。因此，几乎所有的测试方法都需要在整个测量过程中进行统计过程控制，如双重度量对照（twin metric）控制或累计和（CUSUM）控制等。（有关 CUSUM 控制的讨论可参见第 45 章的有关内容。）

双重度量对照控制是 CUSUM 控制的形式之一，这种控制形式在控制方案性能、简洁性和直观的用户界面方面表现得特别的平衡。本章将双重度量对照控制（Marquardt，1993，1997；Marquardt and Ulery，1991，1992）视为在当今计算机化的工作环境中统计过程控制的最高水平的典范。（有关统计过程控制的进一步讨论，参见第 45 章“统计过程控制”。）

校准手段的有效性 通过在测量过程中使用合适的对照品，诸如双重度量对照控制这样的程序，可以非常有效地发现漂移、水平变化以及灵敏性变化，从而有利于采取适当的纠正措施。在生产过程中的应用也十分相似，双重度量对照控制或 CUSUM 不仅适用于测量过程，对于有预先确定的校准按钮存在的情况以及没有这种指定好的控制变量可用的情况都是同样有效的。

目标点 X_0 规格 诸如双重度量对照控制这样的测量过程控制，通常使用对照品的标称值作为目标点 X_0。通常，与平均值的真值相比，不同仪器使用该对照品或同一仪器在不同时间使用该对照品所进行的测量的一致性要更为重要。因此，对照品特性水平随时间变化保持稳定，或至少其变化能够充分地评定，便显得特别重要。测量控制目标点 X_{0M} 应该接近于生产过程的控制点 X_0。为此，当该测量用于几种具有不同特性水平的产品时，多个测量对照品和统计过程控制方

案可能就是必要的。

其他的统计过程控制参数规格　测量过程控制方案的设计与生产过程控制计划的设计间的关系很重要。

缩略语 ARL（average run length，平均运行时间）被普遍用来表示在控制方案发出信号之前，过程对照样本间隔的平均数（Bissell，1986；Champy and Woodall，1987；Kemp，1961；Lucas，1973，1976，1982，1985a，1985b；Marquardt，1997；Page，1961）。ARL（0），意味着过程平均值处于目标点时的 ARL 值，它应当是很大的。ARL（1），意味着当过程平均值偏离目标点一个过程标准差（SPROC）时的 ARL 值，它应当是较小的。例如，经典的以正负 3 个 SPROC 为控制限的休哈特控制图中，ARL（0）＝370，ARL（1）＝44。双重度量对照控制和 CUSUM 把 ARL（0）和 ARL（1）结合了起来，这远优于休哈特控制图。如果需要的话，用抽样间隔数（无量纲）来测定的 ARL 值，可以转化为经过的时间单位或产量单位。为了保证日常生产过程中的产品质量，生产过程控制和测量过程控制之间的关系应该作为一个明确的设计要素。图 27—11 显示了生产过程控制参数与测量过程控制参数的关联。

生产过程控制参数	转换	测量过程控制参数
X_0	过程目标点	X_{0M}
ARL（Δ）	当过程偏离（Δ）（SPROC）时，测量要产生一个信号时的 ARL_M（Δ）的平均数	
SPROC	过程标准差	$SPROC_M$

图 27—11　生产控制和测量控制的参数

资料来源：From Marquardt (1991).

马夸特（Marquardt，1997）所阐述的双重度量对照设计程序，既用于为生产过程控制选择参数，也用于为测量过程控制选择参数。但是，所应用的选择准则有所不同。

必须设计一个测量过程控制方案，以便当测量水平从 X_{0M}发生变化时，在该变化导致生产过程发出控制信号和触发不必要的生产过程调整之前，可以发出信号并采取纠正措施。

令 D 为一个固定的生产过程漂移量，它对于迅速探测被测产品的特性水平是非常重要的。

进一步地，令 $\Delta = D/\text{SPROC}$。

ARL_M（Δ）应该比 ARL（Δ）小。一个比较实际的起始点是设 $D =$ SPROC（亦即 $\Delta = 1$），然后试着使 ARL_M（Δ）$\leqslant 1/2$ ARL（Δ），式中，ARL 和 ARL_M 以相同的时间单位表示。这里的意图是当测量问题被发现时，在生产过程信号产生以前有采取纠正的时间。

为了满足上面所期望的不等式，可利用如下几个设计变量：

• SPROC 和 $SPROC_M$。因为测量对照品肯定要比常规产品的一致性为好，即使是在良好的生产过程控制期间也是如此，所以对于相同的抽样间隔、样本容量和样本结构，$SPROC_M$ 大多要比 SPROC 更小。

• ARL（Δ）和 ARL_M（D）。由于各个 ARL 是在同样的经过时间单位下进行比较的，所以，如果测量控制的抽样间隔短于生产过程控制的抽样间隔，那么前述不等式更容易满足。

• ARL（0）和 ARL_M（0）。通常，（对于处于目标位置的测量过程）ARL_M（0）的值要比（处于目标位置的生产过程）ARL（0）的值为小，这是因为测量过程通常比生产过程更易于抵抗假警报。出现 ARL_M（0）＜ARL（0）将使 ARL（Δ）和 ARL_M（Δ）的关系趋向于满足前述不等式。

这里关于设计变量对 ARL 的影响的讨论适用于任何形式的统计过程控制（如双重度量对照控制，CUSUM，甚至休哈特控制图）。

SPROCM 估计 有关测量过程标准差 SPROCM 的一个简单、顽健的估计可利用均方相继差（mean square successive difference，MSSD）方法来确定。马夸特（Marquardt，1993）讨论了 MSSD 方法并进行了有效的概括。

抽样频率与测试程序 作为一般规则，测量过程的双重度量对照或其他的统计过程控制的样本应当每天（或每班）进行测试，抽样时间最好随机决定。一个例外情况是那些不常测量的特性，当常规生产的样本由测量过程处理时，只需抽取对照样本。例外之二是某些要求频繁再校准的测试方法。这种情况下，可能需要频繁地对对照品进行测量。

测量对照品的测试结果，应该与生产样本的测试结果一样，应用同一测试程序来获得。

对照样本的选择与制备

对照品的选择 测量控制所用的对照品应当取自日常生产中的常规典型产品。在最终选定为对照品之前，各个候选的对照包应该得到“确认”。确认过程包括以下几项标准：

• 在备选对照包生产期间，生产过程应被证实处在“标准过程”界限之内，且运行在“目标值”状态。

• 被选对照包所有特性的测试结果均应落入产品规格限内。

• 用于估计对照品的 X_0值和 $SPROC_M$ 值的样本应当分布在多次额定测试时间中，以保证更好地体现长期的测量变异性。通常，X_0值必须根据对照品本身的至少跨越 30 个日历天数的序列测量值的平均值来估计。X_0值应该基于至少跨

越 90 天的不少于 60 组的测量数据之上。

• 当对照品用于一个以上的生产现场时，以实验室间的方式加以确认可能更为适宜。

对照样本的制备　对照品应存放在一个不易损坏和退化的环境中。若产品是不连续的、粒状的，或液体的材料，在某一指定日期测量的对照样本应随机取自原对照包，要么是每次取自一个随机的位置，要么是通过对对照包的充分搅拌和混合。若产品是连续的薄片、丝之类的，则用于实际测量的对照样本就应分布得足够广泛以代表整个包的产品。当这样不可行时，采用多重的或复合的对照样本便特别的重要。

对照样本的标记不应因明显不同于常规生产样本而招致特别的注意。这样做的目的在于避免测量人员的特别关照（而导致水平或变异性的失真）。

复合、多重、交错的对照样本

复合对照样本　有些检测方法中，允许样本取自若干个对照包中，然后混合或复合成一个单一的对照样本，并得到一个单一的测试结果。如果混合或复合是可行的，则为减少对照包内的变异性（通过两个以上的产品包复合）和包间的变异性对 SPROCM 的影响，提供了一个有用的程序。这种复合不能减少短期和长期测量变异性对 SPROCM 的影响。

多重对照样本　多个对照样本的单独测试结果的平均值，比复合对照样本的单个测试结果能够更有效地减小 SPROCM。多个对照样本的单独测试结果的平均值，在最大程度上减少了对照样本内或对照样本间的变异性对 SPROCM 的影响，并减少了来自检测误差的影响，特别是短期测量方差分量的影响。通常，多重对照样本的更大效力要比从复合对照样本中获得的成本节约更为重要。

交错对照样本　当对照品采用多重对照包的情况下，最好是采用交错的方式，而不是一次全部更换。例如，如果保持八个对照包（无论是用于复合对照样本或是多重对照样本），一个可行的方案是每次更换（最旧的）两个。当控制水平会因时效作用而变化时，这种交错有助于维持一个稳定的对照品的平均年龄，从而可获得一个稳定的对照品的平均水平。

多于一个水平的对照样本　当多重产品的检测结果有着广泛的水平分布，或生产两个系列的产品，一类的数据范围偏于高端，另一类的数据范围偏于低端时，则建议分别采用两个测量控制程序，如采用两个水平的对照品的双重度量对照控制等。

对照品的应用

作为计算参照的对照样本　有些测试程序在不同的测试时间上有较大的变异

性，但这些系统性误差在同一次测试中对于同时处理的所有样本的影响是均等的。处理这些问题的最好方法是严格控制这些测试方法的运行条件和程序，以减少因时间而产生的变异性，这些变异加大了长期测量的方差分量。在尚未可行的途径来减少因时间而产生的变异性的情况下，通常是通过同时分析一些对照样本，来校准所有的给定时间内的常规样本。而后，通过将原测试结果与同一时间测试的对照样本的结果核对，来确定所报告的测试结果。在最简单的情况下，这种参照只是做一个减法：

$$\text{所报告测试结果} = OV_{PS} - OV_{CS}$$

式中，OV_{PS}为过程样本的观测值，OV_{CS}为对照样本的观测值。

利用这种方法的后果在于，所报告测试结果的短期测量方差分量是过程样本观测值的短期测量方差分量的两倍。这是因为，一个差的方差是原方差之和，假定观测值与短期变异性来源是统计独立的话。在常规样本与对照样本具有相同方差的假定下，其相减的方差将是观测值方差的两倍。因此，仅当长期测量方差的减少显著大于短期测量方差的两倍时，利用对照样本作为计算的参照才是有益的。利用若干同时分析的对照样本的均值来作为计算参照，可以使短期测量方差的增大小于两倍。

有时，观测值与对照样本的参照是以比例的方式而不是以差的方式来进行的。误差传播理论表明，比例运算导致的短期测量方差分量的增大数量上类似于差值运算，因此其注意事项是相同的。

多重测量过程的配置 当诸多测量过程配置（configuration）中的任何一项，如多种仪器或多个操作人员，用于同一产品特性的常规测试时，就必须将所有这些测量过程配置项目保持在同一个 X_0值上。为了保持相同的 X_0值，就希望所有项目利用同样的对照。这有助于迅速地探测仪器间或操作者间的偏离（biases）。例如，当涉及多种仪器的场合，可针对每一仪器、所有仪器的平均，或每一仪器与所有仪器均值的差，来应用双重度量对照方案。显然，在一次应用中并非是全部都要进行的。

验证测量调整或校准的有效性 当某个测量过程接收到双重度量对照或CUSUM 的信号，并采取了纠正措施之后，最好针对对照样本再进行测试以确认所采取的纠正措施确实使测量过程回复到了目标状态。当知道对于测量过程的调整或校准不够精确，或有过不良表现的历史时，这样的验证步骤就尤其值得采取。

测量过程偏离目标状态时的产品测试

当发现测量过程偏离并根据这一信息采取了行动，使得测量过程及时回复到

了目标状态时，则对于产品和生产过程不需要采取什么特别的措施。如果该测量过程未能迅速回复到目标状态，则该测量过程的结果就不应被报告或用于控制生产过程，或用来进行产品的评定。简而言之，当测量过程偏离目标状态的时间太长时，则意味着此时的产品是在非标准操作程序下生产的，应该采取特别的营销措施。

紧急情况下可以采用备用的测量方法（这种方法通常自动化程度较低，速度慢，花费大）。这种备用测量方法本身也必须定期加以确认，以保证在需要时的准确性。

确认新测量方法的有效性

如果不能充分地测量一个问题，也就不可能对其进行纠正。因此，不断引入新的或更好的测量方法是质量改进的一个主要途径。

当提出以一个新的测量方法来取代现有方法以测量同一产品特性时，就必须确定这一新的方法能够满足特定的需要。新的方法只是更廉价，更快，需要更少的劳动力，等等，这些还不够，还必须具有以下三方面的绩效特征：

- 该测量过程相对于所测特性的平均响应斜率（灵敏度）必须足够大，以提供所需的平均响应性（average responsiveness）。
- 该测量过程的变异性与平均响应斜率相比必须足够小，以获得充分的信噪（signal-to-noise）比。
- 该测量过程应具有成文的测量协议及定期校准的程序，必须被证实在实际应用中是稳定的和可靠的。

前两方面绩效特性只有通过实验设计才能够证明（参见第 47 章“实验设计与分析”）。

第三个方面的绩效特性可以通过一个重叠的新、旧方法并用的延长期来加以证实，这样可以在实际应用条件下来估计新测量方法的变异性来源（即 SPROCM 及 VST、VLT）。在为估计新方法的 X_0 值和 SPROCM 值收集数据期间，旧的测试方法必须保持正常应用以实施过程控制和产品的评定。

新旧测试方法之间的关系通常利用散布图或计算来加以演示。然而，必须明白，因两种方法的测量方差的影响，所观察到的两种方法间的相关系数的数字将会低于实际的平均响应（Hald，1952，p.615）。此外，新的方法未必能够像旧方法一样对于同一产品特性作出精确的测量。对于许多流程性产品而言，这是一个恼人的问题。由此而提出了任何应用于最终产品的测量方法必须达到的第四个方面的绩效特征：

- 新方法作出的测量必须与顾客的使用要求是相关的。

还是同样的结论，即实验设计方法是确立测量方法的充分性的工具。

估计与维护产品及测量的方差分量

在本章前面的内容中，确定了产品单位的“包装”形式以及相应的五项方差分量。一种称为“方差分析”（ANVOA）的统计分析方法，可以将被测产品特性的总的观测变异性分解为各个变异来源，并估计各个来源所导致的变异的大小（参见第 47 章“实验设计与分析”）。

方差分析可以应用于许多方面，包括：

- 分析用来监测过程平均和变异性的“日常生产过程数据”，并为定期更新质量体系设计提供数据。
- 分析持续的“维护性数据”（maintenance data），这些数据是用来维护对测量过程和包内方差分量的当前估计的。当维护性数据与日常的生产过程数据结合起来时，所有的五项方差分量都可以分别加以估计并定期更新。

应用生产过程数据进行的方差分析 单向方差分析，亦称“组间或组内 ANOVA”，是用于分离被测产品特性的两个变异来源，并估计两个来源各自所造成的变异量大小的一种统计分析方法（参见第 47 章“实验设计与分析”）。本章的讨论着重于突出 ANOVA 的相关概念，并说明当产品单位为一个包时所要求的计算。在实践中，ANOVA 计算应该作为软件系统的一部分实现计算机化。

获取方差分量数据的指南 方差分量的估计应当基于符合如下要求的数据：

- 对每一分量的估计至少提供 60 个自由度。
- 至少覆盖 60 个生产天数。
- 至少覆盖 90 个日历天数。

当日常生产数据与维持性数据是定期（如每天）收集时，可以直接遵循这一指南。该指南具有充分的理论根据和实践根据。

理论上讲，对于确保有足够的数据以使方差分量估计能够充分接近其真值而言，遵循这一指南是特别重要的。自由度对于随机样本简单方差（单个方差分量）的估计精度的理论影响如表 27—1 所示。

据此，要获得一个具有合理置信度的在真值的 25% ～30% 的范围内的方差估计，必须要有 60～90 的自由度。自 ANOVA 计算出的较小的方差分量估计可能会具有更大一些的统计变异性。这样的精确度水平对于方差分量的各种用途而言既是必要的，也是充分的。

表 27—1　　方差估计的置信限

自由度	90% 的置信限时，估计的方差值与真实的方差值的比：
4	0.18，2.4
10	0.39，1.8
60	0.72，1.32
90	0.77，1.25

资料来源：Donald W. Marquardt (1991). *Product Quality Management*. DuPont Engineering, Wilmington DE.

从实践中来看，这一指南也是重要的。根据各种各样应用的经验发现，只有当抽样能够覆盖该指南所提出的经过期间时，过程方差和测量方差的充分稳定性才能够获得。

来自生产过程数据的方差分量估计　在单向 ANOVA 中计算出的两个均方值，其本身并非方差分量（即 VLL、VPP、VWP、VST 和 VLT）。批内（within-lot）均方值仅受到一个批内所产生的变异性来源的影响。另一方面，批间（lot-to-lot）平方和则不仅受到批与批之间变异性来源的影响，同时也受到批内变异性来源的影响。

对于以包装为产品单位的场合，令批内方差分量为 VPPU，其中 U 表示“未经矫正的”。VPPU 是计算 VPP 的来源，但对于其他的批内方差分量的影响必须加以“矫正”。令批间的方差分量为 VLLU。如果每批抽取三个包装单位，则批间均方值是下式的估计值：

$$\text{VPPU} + 3 \times \text{VLLU}$$

这样，便可以完成单向 ANOVA 表，如第 47 章“实验设计与分析”所讨论的那样，均方期望值的表达式便可用于求解 VPPU 和 VLLU 的估计。

这些均方期望的表达式便是均方及方差分量的真（总体）值。方差分量的估计便可以通过代入总体值的估计，及求解 VPPU 和 VLLU 来获得。由图 27—12 中的均方期望表达式可以直接看出，VPPU = MSWL，故 VLLU = (MSLL − VPPU) /a。

我们期望得到的是 VLL、VPP、VWP、VST 和 VLT 这五个包产品单位的方差分量，VPPU 和 VLLU 均非其中任何一个的估计值。VPPU 和 VLLU 均为组合的方差分量的估计。如前所述，VPPU 包括了发生在一个批内的所有变异的来源，亦即 VPP、VWP 和 VST，而 VLLU 则包括了所有发生在批外的变异来源，亦即 VLL 和 VLT。这意味着：

VPPU 是 VPP + VWP + VST 的估计

VLLU 是 VLL + VLT 的估计

从维护性抽样方案来估计 VWP、VST 和 VLT　利用系统持续运行中积累的数据来定期地估计和更新方差分量是非常重要的。除了估计和更新方差分量之外，常规的生产过程数据通常用于生产过程控制，有时则用于产品的出厂放行。

如前所述，估计值：

$$VPPU = VPP + VWP + VST$$

$$VLLU = VLL + VLT$$

便来自常规的生产过程数据。

来源	平方和	自由度	均方值	均方期望值
批间	SSLL	DFLL	MSLL	$VPPU + a \times VLLU$
批内	SSWL	DFWL	MSWL	VPPU
合计	SSTOT	DFTOT	MSTOT	
说明：a 为每批中所抽取的包装数				

图 27—12　包括均方期望值的 ANOVA 表

资料来源：From Marquardt (1991).

为了能够估计所有的五项方差分量，还需要定期地抽取生产外的样本，即“维护性样本”（maintenance sample）。一般地，只要过程在生产产品，每天就要将一组维持性样本提交给测量设施。这种维护性数据用于估计 VWP、VST 和 VLT 的取值并定期地对之予以更新（维护）。

针对测量方差分量的维护性抽样　为了能够充分地维护 VWP、VST 和 VLT，最低限度地补充抽样，要求按照预先计划的间隔（如每天）定时提交一组四个样本，来对每个抽检特性加以检测，这就是所谓的 ABCD 方案。ABCD 方案的四个样本分别指定为 A、B、C 和 D。在抽取 A、B、C 和 D 样本时要遵循一个固定的抽样策略。比如：

- 样本 A 总是从包装的“顶部”或“外侧”抽取。
- 样本 B 总是按照一个固定的与 A 的相邻关系抽取，如其紧“后”或紧“下”抽取。
- 若 A 是从“顶部”或“外侧”抽取的，则 C 就应该从“底部”或“内侧”抽取。
- 样本 D 总是从 C 的紧“后”或紧“下”抽取。

若“今天”测试 A 和 C 的话，则 B 和 D 要在稍后测试，如“明天”。

理想地，(A，C) 与 (B，D) 的测试间隔应该长得足以使所有长期的测量变异性来源都表现出来。一天的间隔有时会不够充分，若不能采用一个更长的间隔的话，VLT 可能会被低估。

注意：在确定“测试时间”的含义时应多加小心。若常规的生产过程样本是每天抽取测试的，则维护性抽样的测试时间也应当为一天；若常规的样本是在每个班次中测试的，尤其是分班次来控制过程和放行产品时，则维护性抽样的测试时间就应当是一个班次。在任何情况下，都首先测试 A 和 C（在规定的测试时间内），B 和 D 则随后测试（通常为下一个班次或明天）。

当根据下一段概述的程序来估计 VWP、VST 和 VLT 时，要牺牲掉一个自

由度以消除所有的固定影响。

方差分量估计的对比法　ABCD 方案的数据可使用通用的 ANOVA 程序来加以分析，第 47 章对此有专门的说明。这里针对 ABCD 结构所建议的简要计算程序称为“对比法”，它利用的是方便的数字程序，可以提供有用的诊断信息。这种方法与通用 ANOVA 所产生的结果完全相同。

对于第 i 个维护性数据集，$i = 1, 2, \cdots, R$，式中，R 为维护性数据集中的数据个数，计算三个数（对比）：

$$WP_i = (-A_i - B_i + C_i + D_i)/2$$

$$LT_i = (-A_i + B_i - C_i + D_i)/2$$

$$ST_i = (+A_i - B_i - C_i + D_i)/2$$

当按照所建议的固定抽样方式抽取样本时，则有可能：

- 测试一致性的包内平均斜率（从上到下或从外到内等情况）的存在或监测其大小。
- 测试“今”、“明”所分析的样本之间的一致性的退化或偏移的存在或监测其大小。
- 测试一个包内的一致性的平均斜率变化(相互影响)的存在或监测其大小。

这些类型的一致性的倾向或偏移的存在，并不会使方差分量的估计值增大。但是，这些一致性的倾向或偏移象征着在产品或测量过程中可能存在着的严重缺陷。如果其大到实践中难以忽略的程度，则应当采取技术性的行动以消除这些偏移。

在用对比法确定方差分量时，下一个步骤是计算下列的三个平均值：

$$\overline{WP} = \frac{1}{R}\sum_{i=1}^{R} WP_i$$

$$\overline{LT} = \frac{1}{R}\sum_{i=1}^{R} LT_i$$

$$\overline{ST} = \frac{1}{R}\sum_{i=1}^{R} ST_i$$

接着，计算三个均方值：

$$MSWP = \frac{1}{R-1}\sum_{i=1}^{R}(WP_i - \overline{WP})^2$$

$$MSLT = \frac{1}{R-1}\sum_{i=1}^{R}(LT_i - \overline{LT})^2$$

$$MSST = \frac{1}{R-1}\sum_{i=1}^{R}(ST_i - \overline{ST})^2$$

最后，方差分量的计算为：

$$VWP = \frac{MSWP - MSST}{2}$$

$$VLT = \frac{MSLT - MSST}{2}$$

$$VST = MSST$$

式中每一项具有 $R-1$ 个自由度。

在包内因素与长期因素相互交叉且只包括一种数据重叠的情况下，ABCD 方案的 ANOVA 计算结果与双向交叉 ANOVA 的计算结果严格符合。上面的均方期望值适用于双向交叉 ANOVA 模型。短期的“因素”实际上就是交互影响因素加上短期测量因素。根据更加综合的情况下的经验，这一因素的影响从未达到统计上的显著程度。

VLL 和 VPP 的估计与维护 VLLU 和 VPPU 的估计，与 VWP、VST 和 VLT 的估计综合起来如下：

$$VPP = VPPU - VWP - VST$$

$$VLL = VLLU - VLT$$

至此，便全部给出了五种包产品单位方差分量的计算。

在实践中，方差分量的更新程序（包括计算所有分量的初始估计）应使用计算机来进行。所获得的数据按批（每天、班次等）输入计算机数据库。所使用的 ANOVA 软件，不论是常规的 ANOVA 还是维护性 ANOVA，均应包括诊断程序，以便对任何不正常的测试结果 、偏离中心的均值、异常的数据类型发出预警 。有用的诊断程序包括样本序列打点和直方图、CUSUM 序列打点、批平均及维护性对比值的序列打点。

如果常规生产过程数据的观测有遗漏，则必须对常规 ANOVA 公式加以修正。在常规的 ANOVA 和维护性 ANOVA 中，只要有至少 60 个完整的数据集，则最好直接放弃那些不完整的常规数据集或维护性数据集。当发生数据遗漏的情况下，应该运用诸如帕累托分析之类的方法来定期调查发生遗漏的原因。

这里所讨论的用于收集和分析常规生产数据和维护性数据的程序，将推导出 VLL、VPP、VWP、VST 和 VLT 的取值，这些取值估计了所面对的工厂过程和测量设施的变异性。

产品评定

在前面的内容中已经定量地确定了五项方差分量的基础上，便很容易计算所制造产品的合格情况。如果过程运行在目标值状态下，首先可计算：

$$SPROD = \text{产品标准差的真值（即产品特性真值与一个个产品单位间的标准差）} = \frac{VLL + VPP}{2}$$

而后计算：

$$Z = \frac{UTL\ (\text{高}) - ULT\ (\text{低})}{2\ (SPROD)}$$

式中，UTL 为单位公差界限（见图 27—8）。然后利用双侧累积正态分布表便可以查出所制造产品的合格情况。

表 27—2 中列出了一些有代表性的数值。

表 27—2　　与代表性的 Z 值相对应的产品合格率——过程处于目标状态

Z	合格率（%）
1.00	68.3
1.50	86.6
2.00	95.5
2.50	98.8
2.58	99.0
3.00	99.7

资料来源：Donald W. Marquardt (1991). *Product Quality Management*. DuPont Engineering, Wilmington DE.

例如，如果 UTL 是 X_0 加减 2.5 倍的 SPROD，那么 Z 值为 2.5，则所制造产品的合格率便为 98.8%。

如果该过程在偏离目标值的状态下运行，则必须计算 Z 的两个值，各对应着分布曲线的一个端部。

$$Z_1 = \frac{\text{过程平均值} - \text{UTL（低）}}{2\ (\text{SPROD})}$$

$$Z_2 = \frac{\text{UTL（高）} - \text{过程平均值}}{2\ (\text{SPROD})}$$

利用单侧累积正态分布表便可以查到对应于 Z_1 和 Z_2 值的合格率。表中一些代表性的数值列入了表 27—3 中。

表 27—3　　与代表性的 Z 值相对应的产品合格率——过程偏离目标状态

Z	合格率（%）
1.0	84.13
1.5	93.32
2.0	97.72
2.5	99.38
3.0	99.86
3.5	99.98

资料来源：Donald W. Marquardt (1991). *Product Quality Management*. DuPont Engineering, Wilmington DE.

而后，两个合格率值相加再减去 100 即得出所制造产品的合格率。随着过程平均偏离目标的程度增大，所制造产品的合格率也会不断降低。

例如，假定实际的过程均值为 X_0 以上 1 倍的 SPROD。如果 UTL 是 X_0 加减 2.5 倍的 SPROD 值，那么，Z_1 的值为 3.5，Z_2 的值为 1.5。则所制造产品的合格率便为 99.98 + 93.32 − 100 = 93.30%。

如果存在着有效的过程控制，过程均值在生产某个客户订单的整个周期内都

偏离了 1 倍的 SPROD 是不大可能的。但在整个周期内过程均值始终恰好处于目标值也是不大可能的。因此，就这一假想的例子而言，所制造产品的基于产品真值的有效合格率大致处于 98.8% 和 93.3% 之间。

在此应当再次提醒我们的是，只有关键特性才以产品真值为基础来进行处理。通常对于这些特性来说，其测量方差（VST + VLT）占到总方差（VLL + VPP + VWP + VST + VLT）中的相当一部分。那么，UTL（高）- UTL（低）这一间距将会比典型的常规过程测量的范围要小得多。统计过程控制的难度更大，通过只放行处在“放行界限”内的产品来改善合格率的任何企图将从本质上变得没有作用。在流程性产业中这是这类关键特征所面对的最常见的情形。

这种情形如此普遍，正是诸如双重度量对照或 CUSUM 这些最有效的统计过程控制程序在流程性产业中能够发挥重大作用的原因之一。

方差分量在质量管理体系改进中的应用

只有那些“关键”特性，即要求细心控制和亟需改进的那些特性，才计算和维护其方差分量。

五项方差分量是质量管理体系改进的无价信息。第一个步骤要做的是一个简单的帕累托分析，即将五项方差分量从最大到最小进行排列。假设 VPP 分量最大，比如说占到了五项方差分量总和的一半。则很显然，这里的最大的质量管理问题与产品本身有关，特别地，批中的包间的变异便是产品变异性的最主要的来源。了解了这一点，质量改进的重点便可直接集中到会增大批内变异性的那些生产过程的特性上。再假定 VST 是最大的，占到了五项方差分量总和的一半或更多。这表明最大的质量管理问题在于测量系统，且来自短期的测量变异性来源。因此，改进的注意力便应该指向测量过程中可能会增大短期测量变异性的那些方面。

由于缺乏这样的有关主要变异来源大小的定量信息，许多企业多年来一直在系统的错误的位置上做着文章，因而未能达成它们所追求的改进目标。对于方差分量的定期更新，为质量改进活动的成功程度提供了量化的证据。

方差分量在常规抽样设计中的应用

本章稍前曾推荐采用 MSSD（均方相继差）方法作为过程控制时估计标准差 SPROC 的一种工具。MSSD 方法既可以用于对关键特性也可以用于对非关键特性的统计过程控制（SPC）中。

对于那些建立并维护方差分量的少数特性，方差分量为设计双重度量控制或CUSUM 抽样方案的结构提供了指南。为此，可以利用下列公式考虑抽样方案结构与 SPROC 值之间的预期关系。其中：

NPP = 每批抽取的总包装数

NWP = 每批截然不同的样本的总数

NST = 每批测试结果的总数

NLT = 每批测试次数的总数

例如，每批抽取四个包装各观察一次，然后送交实验室分两组在不同时间进行分析。这里 NPP = 4，NWP = 4，NST= 4 ，NLT = 2。

目标是使 SPROC 尽现实可能地小。公式中的各项便描述出了常规的 SPC 抽样方案。上述公式表明，在大多数情况下，每个包一次观察是最优的，除非 VST 是最大的方差分量。类似地，除非 VLT 是一项很大的方差构成，否则通常将 VLT 设定为 1。在必须有一个正式的产品放行系统的情况下，方差分量对于有效的放行系统的设计与评估是至关重要的（参见 Li and Owen，1979；NBS，1959；Owen and Boddie，1976；Owen and Wiesen，1959）。

质量管理体系的更新

更新的目的、界定和时间 如果质量管理体系的所有功能都设计适当并按设计得到了实施，则该体系便会可靠地产出所宣称的质量水平。为了保证持续地与质量管理体系设计相符合，所有体系要素都必须定期更新。完成更新所要求的活动构成了体系内部审核的一部分。为确保各项必要的准备能够及时、正确地完成，管理程序和责任分工的文件化是极为重要的。

在更新过程中所进行的各项活动常常会辨识出特定的数据问题、质量管理体系设计问题或其他类似的问题。对其中任何问题的纠正都会导致体系或其应用的改进，从而导致产品的改进。通过这种应用方式，更新成为了持续改进的出色的创意来源。

更新是指：

- 数据的汇编。
- 利用最新数据计算方差分量、SPROC 等。
- 计算自上一次更新以来的系统的绩效标准（合格率、产出和成本）。
- 计算预计的系统绩效标准。
- 记录下这些信息。
- 在生产、营销及其他合适的人员之间展开讨论，决定质量管理体系中是否需要对什么要素加以改变。

- 编制所采取决策的文件。

在为更新做准备时，生产人员要分析自上次更新以来累积的数据。对于高产量产品的关键特性，方差分量及其他的统计量应该按季度更新。对于低产量产品的更新，可以较长的时间间隔实施。

审核

质量管理体系中的每一个过程都要定期审核，以确保系统绩效的客观性和完整性（参见第 11 章）。许多情况下，内部质量审核起到了为满足外部质量保证要求而进行的外部审核的先行者的作用。

当审核及审核结果报告得到明智的管理时，所有参与者都会认为审核是改进质量体系和产品质量的一种双赢的有益工具。

制定审核计划时应包括对实施质量体系应做的所有事情的详细评审。

很显然，并非所有的事情都能频繁地加以审核。审核计划应该确定审核的优先顺序和审核日程表。高优先级项目的审核会较为频繁，低优先级的项目则不然。

低层审核与高层审核 在组织的每一个层次上，审核小组都应由那些了解被审核活动以及审核程序的人员组成。为了保证审核的客观性，在每个审核层次，审核小组都不应全部由本地人员组成。非本地的人员包括：高层管理者，来自其他的相应机构的技术人员或监督者，本地的有关系但不属于同一机构的技术人员或监督者，以及诸如研发、统计、营销及质量管理体系等方面的职能专业人员。

数据审核与程序审核 在讨论质量体系的定期更新时曾指出，更新所要求的活动在质量体系内部审核中有关数字的审核方面起到了重要的作用。

在进行常规的体系更新时，定量数据的完整性应使用图示数据检查方法来加以验证。特别地，维护性数据和常规的产品数据要作出直方图来加以审视，以发现漂移、偏聚等异常现象。将这些数据按照时间来打点常常也能够说明问题，特别是在揭示数据的长期趋势、周期性或其他类型方面。数据录入、存储以及处理的准确性应当加以抽查。

程序审核必须包括对于实际的质量程序的现场观察。目的在于协助被审核单位与质量管理原则相符合。虽然检查的细节因具体情况而异，但应包括以下的内容：

- 确认原始数据未加歪曲地准确及时地录入到了数据库系统（计算机或手工）。
- 确认双重度量对照或 CUSUM 的信号得到了迅速而有效的响应。
- 确认是否有关于产品放行的决定以及是否得到了适当的遵守。

• 确认是否有关于过程材料接收的决定以及是否得到了适当的遵守。

• 确认必要处具有双重度量对照或 CUSUM 的设计以及产品放行设计，并得到了恰当的更新。

• 确认标准操作条件和标准操作程序得到了遵守。

• 确认标准程序得到了适当的文件化且有关人员可以方便地获得其当前版本（且只能是当前版本）。

• 确认在保持准确的记录。

• 确认生产操作人员、检验人员、实验室技术人员及其他人员遵循适当的程序，包括：

生产设备检查与控制；

过程仪器校准；

样本抽取；

样本制备与处理；

实验室仪器校准；

实验室对照样本确认与使用；

产品包装与搬运；

产品标记。

• 确认已经采取了行动以纠正先前审核中发现的质量管理体系的缺陷。

每次审核后应当形成书面的报告，并建立追踪程序以确认审核中发现的任何质量体系缺陷都已得到纠正。

致谢

本章的内容摘取并改编了有关产品质量管理的一本综合著作的部分内容，该书由本人于 1964—1991 年间管理的杜邦公司属下的一个部门所编写，相继出了 10 版。有 16 名部门的成员共著了该书。他们都是熟练的统计学者，拥有大量的解决流程性产业问题的实际经验。

选编为《朱兰质量手册》本章内容的那一部分是由我主编的，我也是其中大部分内容的主要作者。其中有些题目选自 15 位共著者中几个人的早期技术创新。特别地，在 20 世纪 60 年代，查托（K.A. Chatto）和斯克鲁比（R.E.Scruby）是方差分量应用、方差分量的综合结构、真值规格的应用以及 ABCD 维护方案方面的先导者。费尔纳（W.H.Fellner）和其他人进一步扩展了这方面的工作。本章的讨论只是描述了该项工作主体部分最直接的实际用途。20 世纪 70 年代，J.M. 卢卡斯（J.M.Lucas）在有关 CUSUM 的应用，以及促进其在过程控制中的应用的带有实用设计方法的人机友好的计算机化表格方面，处于领先地位。

CUSUM 方法在流程性产业中特别重要。本章在阐述时只是参考了文献中的一些重要论文。作者在编写本章时，意图是专注于流程性产业中的关键的质量管理问题，这也是在《朱兰质量手册》的其他章节的基础上进行的。

参考文献

ASQC (1987). *Quality Assurance for the Chemical and Process Industries: A Manual of Good Practices*. American Society for Quality Control, Milwaukee, WI.

ASQC(1996*a*). *ISO 9000 Guidelines for the Chemical and Process Industries*, 2d ed., American Society for Quality Control, Chemical and Process Industries Division, Chemical Interest Committee, Milwaukee, WI.

ASQC(1996*b*). *Specifications for the Chemical and Process Industries*, American Society for Quality Control, Chemical and Process Industries Division, Chemical Interest Committee, Milwaukee, WI.

Bissell, A, F. (1986). "The Performance of Control Charts and CUSUMs Under Linear Trend." *Journal of the Royal Statistical Society*, Series C, vol. 35, p. 214; corrigendum to ibid., vol. 33, pp. 145–151.

Champ, C. W. and Woodall, W. H. (1987). "Exact Results for Shewhart Control Charts with Supplementary Runs Rules." *Technometrics*, vol. 29, pp. 393–399.

Deming, W. E. (1967). "What Happened in Japan." *Industrial Quality Control*, vol. 24, pp. 89–93.

Deming, W. E. (1972). "Report to Management." *Quality Progress*, vols. 5, 2, 3, and 41.

Deming, W. E. (1982). *Quality, Productivity, and Competitive Position*. Massachusetts Institute of Technology, Center for Advanced Engineering Study, Cambridge, MA.

Hald, a. (1952). *Statistical Theory with Engineering Applications*. John Wiley & Sons, New York.

ISO 9000 (1994). International Standard. Quality *Management and Quality Assurance Standards—Guidelines for Selection and Use*, International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland. Available through American National Standards Institute, New York; also available as ANSI/ASQC Q9000:1994 from American Society for Quality Control, Milwaukee, WI.

Juran, J. M., ed. (1974). *Quality Control Handbook*, 3rd ed., McGraw-Hill, New

York, p.18-3

Kemp, K. W. (1961). "The Average Run Length of the Cumulative Sum Chart When a 'V' Mask is Used." *Journal of the Royal Statistical Society*, series B, vol.23, pp.149-153.

Li, L. and Owen, D.B. (1979). "Two-Sieed Screening Procedures in the Bivariate Case." *Technometrics*, vol.21, pp.79-85.

Lucas, J.M. (1973). "A Modified V-Mask Control Scheme." *Technometrics*, vol. 13, pp.833-847.

Lucas, J.M. (1976). "The Design and Use of V-Mask Control Schemes." *Journal of Quality Technology*, vol.8, pp.1-12.

Lucas, J. M. (1982). "Combined Shewhat-CUSUM Quality Control Schemes." *Journal of Quality Technology*, vol.14, pp.51-59.

Lucas, J. M. (1985*a*). "Counted Data CUSUMs." *Technometrics*, vol. 27, pp. 129-144.

Lucas, J. M. (1985*b*). "Cumulative Sum (CUSUM) Control Schemes." *Communications in Statistics, Theoretical Methods*, vol. 14, no. 11, pp. 2689-2704.

Marquardt, D.W. (1984). "New Technical and Educational Directions for Managing Product Quality." *The American Statistician*, vol.38, pp.8-14.

Marquardt, D. W. (1991). *Product Quality management*, Dupont Engineering, Wilmington, DE.

Marquardt, D.W. (1993). "Estimating the Standard Deviation for Statistical Process Control." *International Journal of Quality and Reliability Management*. vol.10, no.8, pp.60-67.

Marquardt, D.W. (1994). "Report Card Issues in Quality Management." *Quality Management Journal*. vol.1, no.3, pp.16-25.

Marquardt, D.W. (1997). "Twin Metric Control-CUSUM Simplified in a Shewhart Framework." *International Journal of Quality and Reliability Management*, vol.14, no.3, pp.220-233.

Marquardt, D.W. and Ulery, D.L. (1991). "Twin Metric-A Strategy for Improved SPC." *IMPRO 1991 Conference Proceedings*, Juran Institute, Inc., Wilton CT.

Marquardt, D.W. and Ulery, D.L. (1992). "Twin Metric Control-Improving SPC to Meet Supply Chain Realities of the 1990s." *Transactions of the 46th Annual Quality Congress*, American Society for Quality Control, pp.367-373.

NBS (1959). "Tables of the Bivariate Normal Distribution Function and Related Functions." *Appiled Mathematics Series 50*, National Bureau of Standards, U.

S. Government Printing Office, Washington. DC.

Owen, D. B. and Boddie, J. W. (1976). "A Screening Method for Increasing Acceptable Product with Some Parameters Unknown." *Technometrics*, vol. 18, pp. 195–199.

Owen, D. B. and Wiesen, J. M. (1959). "A Method of Computing Bivariate Normal Probabilities." *The Bell System Technical Journal*, pp. 553–572.

Page, E. S. (1961). "Cunulative Sun Charts." *Technometrics*, vol. 3, pp. 1–9.

（陈运涛 译）

第 28 章

高技术产业中的质量

M.K. 德特拉诺（M.K.Detrano）

引言
鲍德里奇奖要求　类目 1：领导
　学习能力
　组织部署
　产品创新
　决策
鲍德里奇奖要求　类目 2：战略计划
　计划的制定
　展开与实施
鲍德里奇奖要求　类目 3：聚焦于顾客与市场
　在关注顾客与关注产品之间取得平衡
　系统调查
　信息通达的 R&D 职工队伍
　顾客期望
鲍德里奇奖要求　类目 4：信息与分析
　衡量指标
　信息技术
　标高分析
　管理体系评估
鲍德里奇奖要求　类目 5：人力资源开发与管理
鲍德里奇奖要求　类目 6：过程管理
　过程管理
　技术性职工队伍的参与
鲍德里奇奖要求　类目 7：业务成果
总结
致谢
参考文献

引言

为了理解质量在高技术产业中的作用，首先就必须定义“质量”和“高技术”在本章中的含义。“质量”这一术语可以非常广义地理解，可认为是“经营卓越”的同义词，是企业的经营系统和过程的特性，这些特性促成了企业成功且持久的经营成果，这里的经营成果包括了雇员、顾客、股东和其他利害共担者

（公众、环境等）价值的综合。

“高技术”这一术语被用于描述这样一些产业，它们或者生产具有“高技术”特征的产品，或者应用依赖于“高技术”生产方法的过程，或者针对一个具有“高技术”产品或服务需要的市场。那么，这些“高技术”的产品、过程或市场需要具有什么样的特性呢？从产品的角度而言，“高技术”产品可被定义为受强有力的技术学习曲线所驱动的，具有高的特性密度、高速度和/或高的带宽要求的复杂构造的这样一种类型的产品。

电子和通讯产业的产品无疑是高技术的典型，但上述高技术的定义可以做更广泛的理解，尤其是当涉及过程和市场特征时。例如，高技术过程通常会面临以下多方面的挑战：

- 产品开发周期和寿命周期较短，面市速度极快。
- 拥有受过良好教育、技术卓越、多元文化的劳动力。
- 不断增长的全球性的事实标准（de facto standards）。
- 倚重于高质量的供应商和复杂的制造系统。

以上特征代表了高技术的内在方面。其外在的或市场需要方面的特点有：

- 对产品或技术了解很少或没有了解的顾客群。
- 乐于用创新性的解决方案来解决其或许尚未意识到的问题的市场。

也许没有哪个“技术”产业的某方面全面质量管理（TQM）原则不适用于“高技术”产业的，因此，本章并不打算阐述产业中的所有 TQM 活动，而只是着重于讨论那些与高技术产业特别相关的质量管理原则。

本章的讨论将基本因循美国马尔科姆·鲍德里奇国家质量奖 1997 年评奖标准的框架，突出讨论那些反映在以下鲍德里奇奖的各项要求中的主题：

- 类目 1：领导
- 类目 2：战略计划
- 类目 3：聚焦于顾客与市场
- 类目 4：信息与分析
- 类目 5：人力资源开发与管理
- 类目 6：过程管理
- 类目 7：业务成果

这与将“质量”定义为“经营卓越”的意图是一致的。鉴于人们对于质量影响的理解在不断地成熟和扩展，广泛探讨涉及经营卓越的所有方面是适宜的。在高技术产业中尤其如此，这些领域中，在面市速度、产品和服务的质量、竞争价值以及实施方面的无所作为已经越来越难以为人们所容忍。

鲍德里奇奖要求　类目 1：领导

速度在高技术产业中无疑是一个重要的差异化因素。这一点对于领导和管理系统来讲具有重要的意义。

速度的重要性体现在诸多的重要方面，包括：

- 组织及其领导者的学习能力。
- 组织实现步调一致的过程及所需的时间。
- 将技术突破转化为创新性产品的时间。
- 基于可靠信息作出决策的速度。

以下将顺序探讨这些问题。

学习能力　首先，好的领导者不仅能够学习，而且也很愿意让别人看到他们总是在学习。他们处于一种周期日渐缩短的持续的学习模式当中。他们创造出一种适宜于学习和变革的环境，并期望组织中的人们能够如同自己一样表现。这就使得领导者和职工队伍都能够持续、迅速地找到他们的高技术世界所要求的更好的答案。

组织部署　其次，领导者必须设定方向，但不能管理过度。持久的使命还必须结合以对明确的目标的不断强调。应用方针展开（或类似的）过程来获得上下协商的目标、衡量尺度、逐级分解的目标，并进行经常的评审会，这是非常有效的一种方式。这样一个过程可以很快贯穿到组织中的各个层次，这在高技术环境中是尤其有益的，因为技术创新常常会导致明显的目标冲突。此外，它有助于领导者对于短期和长期目标进行系统的分析。它还有助于充分沟通对于组织的成功至关重要的那些关键的少数突破项目。有助于雇员了解什么是重要的，以及自身与组织的目标是如何相联系的。

图 28—1 是一个组织的方针展开矩阵结构的例子。通常，这些要在组织中层层向下展开，一直覆盖到整个组织，它有一个可以参照的方案，使得较低的层次，包括个人在内，能够将他们的目标与上一层次联系起来。相应地，每一个机构，以其上级机构和其周边机构的展开矩阵为指南和参照，来建立起自身的矩阵，必要时要通过与上层机构的协商来进行。因此，构造这种矩阵的实质，便是要建立起具有如下特征的一整套目标：

- 它们专门针对特定机构的职责范围和领域。
- 它们与组织的整体业务目标是协调一致的。
- 它们要落实到合理数量的明确理解并达成共识的项目和/或指标上。
- 它们与相邻机构之间是协同作用而不是彼此冲突。

公司目标	子项目	项目责任人	衡量指标	指标报告人	本年度目标	长期目标
1.0 提升顾客满意度	1.1 实施更加严密的调查方法	J. 史密斯	1.1a 月度调查结果	K. 安德森	10 个月	每月 1 次
			1.1b 季度调查分析	B. 贝克	4 个季度 3 次	每季度
	1.2 创建顾客反应团队	R. 约翰逊	1.2a 顾客投诉解决率	V. 琼斯	60%	95%
	1.3 实现 ISO 认证	D. 怀特	1.3a 外部审核通过	O. 汤姆森	第 3 季度	无（应有长期目标）
2.0 强化雇员的参与	2.1 试行自我导向的团队	E. 爱德华	2.1a 选择和培训试验组	E. 爱德华	1 季度末	无
			2.1b 问卷赞成回答百分率	P. 布朗	80%	95%
3.0 增加股东价值	3.1 减少应收账款	W. 格林	3.1a 产品应收账款降低率	Q. 迪莱特	75%	99%
		R. 约翰逊	1.2a 见上面			
	3.2 降低总成本	C.I. 沃威	3.2a 制造成本降低率	T. 本德	10%	35%

图 28—1 方针展开矩阵

在此基础上，每一个雇员，以来自上级的输入和组织的矩阵为出发点，制定出自己的一套个人目标。这些个人目标，反映了雇员与其上级之间经相互协商而达成的共识，也同样应具备上面的组织目标所具备的四个关键特征。在某些情况下，同一套“个人”目标可以无差别地应用于一个雇员团队，团队作为一个荣辱与共的整体而工作。图 28—2a 给出了一个基于更高一层矩阵的个人目标的标准模板。图 28—2b 是运用这一模板从图 28—1 例子中的上级组织目标推演出的一个目标实例。

目标展开模板

目标：（用一句话来陈述。）

目标参照编号：（为了使编号前后一致，使用可以回溯到方针展开矩阵的编号。）

完成目标的方案/步骤/过程：（简要列出完成该目标所需要的步骤。注意：这并非对于详细工作计划的替代，而只是帮助明确应当进行的努力的手段。）

可能需要克服的障碍：（确认任何可能阻碍成功的问题或局面。注意：这有助于雇员及其主管经理明确需要特别注意的领域。）

达成目标的可能性：（高、中等、低）（确认成功的可能性。注意：大多数目标都有“高的”成功可能性。然而，如果该目标是一个难度很大需要特别努力的目标，“中等”或“低”成功可能性就比较现实。这并不意味着雇员将不努力去争取实现目标，而是要让雇员感觉到来自其上级的支持，即上级了解该目标的难度。在这种情况下，对于上述的“步骤”和“障碍”两部分内容要给予进一步的讨论，以设法增加成功的可能性。）

目标展开给谁：（注意：通常会是某雇员本人，但也常常会包括该雇员希望影响或与之密切合作的人。）

衡量进展的指标：
　名称：（确认能够显示进度或完成状况的可测的指标）
　来源：（确认指标的来源有助于消除模糊不清的指标）
　目标：（有助于现实地评价目标和指标的有用性）
　目标责任人：（对目标负责的人，可以是该雇员、该雇员的经理等）
认可签字：
雇员：　　日期：
目标责任人：　　日期：
经理/支持人员：　　日期：

图 28—2a　目标展开模板

雇员目标展开
目标：在新的顾客响应项目中成为一个胜任的团队成员
目标参照编号：1.1
完成目标的方案/步骤/过程：接受培训，获得掌握产品知识的认证。参加“与不快乐的顾客交谈”研讨班。制作可以帮助分析顾客访问统计数据的电子表格。
可能需要克服的障碍：培训材料可能不能及时得到。可能需要找一些非正式的途径去了解产品。（我的经理可以代表新团队去协助谈判培训计划。）
达成目标的可能性：（高、中、低）高
目标布置给谁：张科员
衡量进展的指标：
　名称：课程完成率
　来源：培训记录
　目标：两门课，每季度一门，第二季度末完成
　名称：电子表格的用途
　来源：月度报告
　目标：从第二季度起所有的团队报告都使用该软件
目标责任人：张科员
认可签字：
雇员：张科员　　日期：
目标责任人：（同上）　　日期：
经理/支持人员：李总监　　日期：

图 28—2b　雇员目标展开示例

需要强调的一点是，方针展开既可以用于确定和追踪渐进式的业务目标，同样也可以应用于突破性的业务目标。最好将突破性的目标控制在很小的数目，如 2～3 个，因为太多的大项目将会分散人们努力的焦点。明确哪些目标是突破性的，哪些是渐进式的，将有助于按照目标的类型来规划合理的力量、人员、计划进度、预期成果和奖励。

在此处借助于计划—实施—检查—处理这一经典模式，将有助于显示出将战略计划活动与方针展开相结合的重要性。组织的方针展开过程中的整个目标制定与分解工作应当在预算年度开始前完成，并应当与该年度的战略计划过程融为一体。这可以看做是“计划—实施”阶段，即通过战略性计划方案和更加战术性的展开指标而进行的“计划”，而后通过方针展开矩阵在整个组织中的分解而完成

"实施"。方针展开过程的评审部分，即"检查"和"处理"步骤，应当合理地安排，以使组织的每一个指标每天、每月和（或）每季度都能够得到评审，亦即检查。图 28—3 是一个月度指标报告表的例子。报告中要求给出趋势性的数据，当趋势朝着错误的方向发展，或数据超出了预计的控制限时，就要针对根本原因来实施纠正措施，此即"处理"部分。（有关战略计划活动的详细讨论可参见稍后"鲍德里奇奖要求　类目 2：战略计划"，以及第 13 章的有关内容。）

指标：顾客投诉解决百分率　　督促者：R. 约翰逊

参照号码：1.2a

方针展开目标：　第一层：提高顾客满意度

第二层：创建顾客响应团队

第一层：

质量改进方案　第一步：需要对顾客投诉加以响应的系统方式

第二步：当前状况的数据显示不存在可重复的"系统"

第三步：根本原因分析显示需要正规化的责任分派等

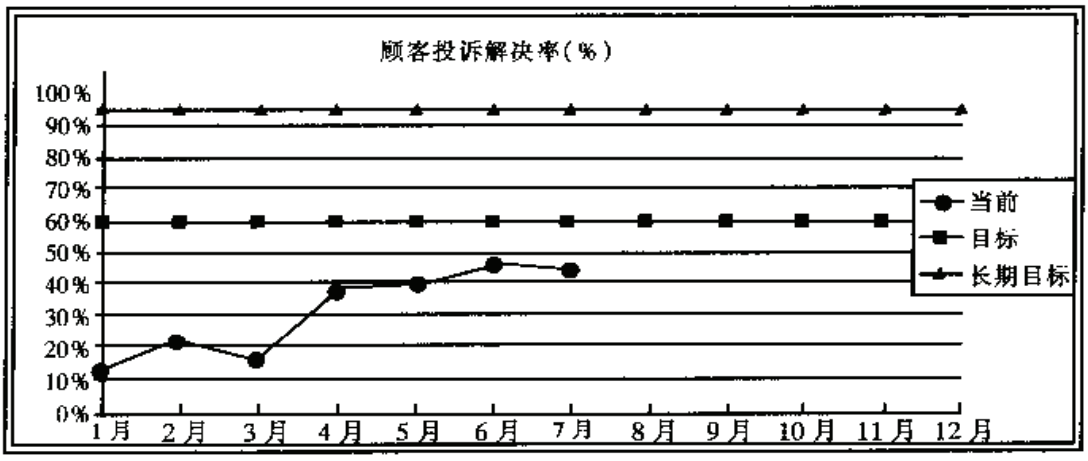
第四步：当前实施的必要措施

第五步：初始效果表明开始出现改进的迹象

第六步：若持续可行则明年要予以制度化

第七步：朝着 95% 的远期目标开始下一阶段工作

趋势图：（标出本年度目标、长期目标或竞争性标高绩效）



数据追踪人员：　V. 琼斯

折线升降说明：　3月份开始实施改进措施。

4月份开始显现出改进效果。

8月份全部措施到位。

图 28—3　月度指标报告

这种类型的月度指标报告，或其浓缩形式，可以使之成为全体雇员能够"看得见的"，以不断地提醒人们目标是什么，重点何在，即保证对于持久使命的追求。实现"看得见"的方法的一个简单例子便是，在人流密集的通道处安装显示器。信息每天更新，编排简洁，以引起人们的注意。这种展示可以作为方针展开进度状况的简报，也可以发布公告，如新职员的加盟，即将来临的 ISO 标准审

核等。

关于方针展开的报告工作需要谨慎对待。许多常见的方针展开的失败都在于，整个过程变成了一大摞神秘的月度报告的制作。它们没人看，没人回应，或没有人负有责任。这可以反映出诸多的根本原因的存在：

- 指标选择错误。
- 缺乏合适的评审和行动的节点。
- 追求持久使命的注意力正在衰退。

头两种原因可以通过运用问题解决技术来加以解决。第三种原因可能会是领导力在弱化的征兆，它需要的是直接的领导行动。

最后，在雇员个人层次，与目标对照的绩效评价是整个人力资源绩效管理过程的一个主要工具。（参见“鲍德里奇奖要求　类目 5：人力资源开发与管理”。）个人目标应当至少每季度评审一次，必要时要进行修订，因为与整体组织目标相比，个人的职责与目标可能会变动得更为频繁。

产品创新　第三个领导方面的挑战是将技术上的卓越快速转化为创新性的产品。方针展开，结合一套有助于确保顾客的需要能为研发群体很好理解的系统方法，将有助于实现这一目标。（参见“鲍德里奇奖要求　类目 3：聚焦于顾客与市场”中关于研发力量的内容。）在这方面，一种具有双重报告制度的组织方式在某些领域中取得了成功。在这种方式中，项目经理（负责管理新产品或新服务）充当联结研发（R&D）部门与顾客之间的纽带，行政性事务则交由一位职能经理负责。还可以通过更加关注围绕该产品或服务的团队和团队协作，来进一步加强这种方式。团队的成员包括了业务、营销和销售人员。所有的团队成员都必须对于该领域的技术有着充分的理解。对于任何人的作用缺乏理解都将减慢或误导技术能力与顾客需要之间的信息流。（更详尽内容可参见“鲍德里奇奖要求　类目 5：人力资源开发与管理”。）

决策　最后，领导和管理系统还必须能够在充分掌握信息的基础上进行快速的决策，尤其是当涉及新产品时。一个严格遵循并细心维护的“门过程”（gate process）具有迅速推进产品决策的作用。门过程的基本目的（参见图 28—4 中的过程流）是利用核对清单在每一个门处评审（包括从资金审批到产品装运时必需的各种文件等所有事项），确保在正确的时间完成正确的事情。但事实上，门过程还有一个附加的益处，这就是它为产品通过各个不同阶段或“门”创建了一种节奏。通过遵循这一过程，并为通过每一阶段设定富有挑战性的日期，就可以期待新产品能够更加顺利地早日面市，而开发费用更合理，并能将错误及早消灭在萌芽状态。

每一个项目，在被允许进入下个阶段前，即通过一个“门”时，必须经过“门评审”。（注意：这要求必须有详尽的项目日程计划，在项目启动时就要规定好每个门评审的日期。）

“门评审”是一个正式的会议，有仲裁人主持，并有一个书记员做助手，按要求的项目清单系统地进行评审，以决定是否允许项目通过这道门。评审由一组“守门人”，亦即由代表对项目某一部分负责的部门的人员组成的一个跨职能小组，来加以实施。

“门过程”设一个正式的过程负责人，与该部门一起制定五个核对清单和其他的过程细节，追踪评审统计资料（项目、计划等），并在需要时提出过程改进建议。

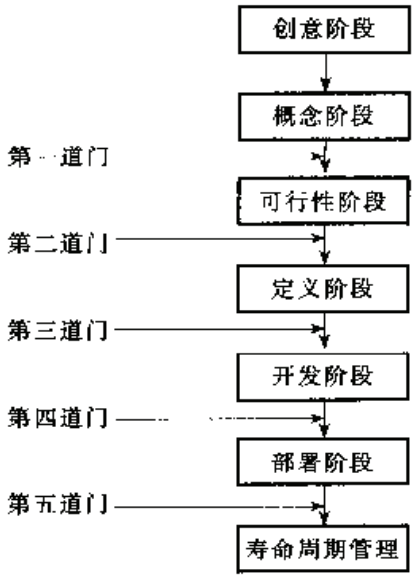


图 28—4 门过程

鲍德里奇奖要求 类目 2：战略计划

这一领域涉及战略计划活动的两个方面：（1）包含反馈回路在内的全面而详尽的计划制定过程；（2）展开与实施过程。如果两者中任一方面不够完善或运行偏离了正常的业务流向，则活动将无法达到其应有的效果。必须指出的是，在这一计划过程中应当包含更新循环的能力。高技术产业中的变化的高速率要求必须进行持续的评估与改进。

计划的制定 计划的制定过程必须包含多方面的考虑，但在高技术产业中，首先应当将技术（即技术将向何处发展，需要进行何种突破，以及技术的变化会有多快等）作为主要的组成部分。要做到这一点，就必须有真正的集思广益。在高技术产业中，并非所有的战略思路都是从顶层“发端”的。因此，排除等级观念将组织方方面面的“多样性”都包括进来是非常重要的。[《哈佛商业评论》中的一篇文章（Hamel，1996）对这一问题进行了详细的探讨。]

高技术的第二个方面的影响，也是这种多样化的派生物，就是必须确保研发的突破性项目计划和与业务目标明确相关的基础性技术工作包含在战略计划当中。

高技术产业中制定计划必须考虑的第三个方面的因素是，在计划中必须包括应变性计划。当面市速度成为重要因素，而产品又基于新技术时，产品开发过程，以及产品提供和顾客期望管理过程，都必须考虑未知性所隐喻的风险。

然后是最后一点，但却是最重要的一点，即来自顾客的输入，同时还有市场和销售渠道的输入。这一反馈的环路是至关重要的。随着高技术产业越来越“顾客化”，观察、倾听和适应“作为一个人的顾客”，亦即每一顾客的个别需要的能力是很关键的。而且，当设计一个新的产品概念时，理解其对先前产品所创造的顾客/市场的影响是很重要的。之所以如此，是因为考虑到高技术新产品所具有的创造全新市场或吞噬旧的市场的能力。一个综合的“顾客之声”系统可以满足这种对于系统的全面的顾客输入的需要。（有关该主题的进一步讨论参见“鲍德里奇奖要求　类目 3：聚焦于顾客与市场”。）

展开与实施　战略计划的展开与实施阶段，可以直接联系到方针展开和人力资源绩效管理活动，也是由此而完成的。方针展开矩阵中设定的目标体系可以直接从战略计划方案中获得。如前所讨论过的，定期地对照这些目标来评审进展情况，对于维护战略计划与持久使命的一致性，是很关键的。

鲍德里奇奖要求　类目 3：聚焦于顾客与市场

顾客在高技术环境中的重要性与在任何其他环境中是一样的。然而，由于在高技术产业中产品或过程的技术更具有诱惑性，有关顾客满意的有些方面就更应当加以强调，这些方面包括：

- 在关注顾客与关注产品之间取得平衡。
- 系统的调查活动。
- 信息通达 R&D 职工队伍。
- 管理顾客期望。

注意“顾客之声”这一说法已被非正式地使用了多次。这一说法隐含着这样一种认识，即顾客的输入有着多种形式和许多不同的渠道，这些来源应当系统地加以分析和综合。

在关注顾客与关注产品之间取得平衡　在高技术产业中，对于技术领先的重视有着显而易见的必要性。然而，如果要使新产品能够满足实际的应用，注重顾客的声音便是一个不容忽视的同样重要的因素。应当认识到，新技术的导入会创造出市场的不连续性，因此，兼听现有顾客/市场和作为将来新技术的使用者的

潜在顾客的声音，是成败的关键。（人们可以随身携带而不必再被其羁绊在某个具体位置的无线电话便是这种不连续性的一个典型例子。计算机技术从主机和分时向 PC 机和客户/服务器的转移是又一个例子。）

尽管要十分重视从顾客要求到产品提供这个可追踪的链条，但对于高技术公司而言，将这一链条的起点置于顾客甚至尚未真正清楚其所望或所愿之前，可能会更为有益。盖尔（Gale，1994）讨论了产品属性及其七阶段寿命周期的概念，这一周期从“基本”属性，亦即那些必不可少但并不成为竞争优势的属性，一直到“潜在”属性，即市场上尚不可见或不明确的那些属性。表 28—1 描述了这七个阶段。

理解了这七个阶段的存在，在搜寻和倾听顾客的声音时，高技术企业便可以基于被顾客描述为“独特的”、“期望的”或“潜在的”那些属性来追寻可能的新产品的线索。这些属性代表了顾客那些有要求但尚未被满足的需要，因而有可能会是新产品的机会。

表 28—1　　产品属性寿命周期的各阶段

阶　段	描　述
1. 潜在	尚不可见或不明确
2. 期望	知道但目前还未供应
3. 独特	只有首创者独占鳌头
4. 同步	前面已经有一家供应商
5. 关键	性能差异决定竞争成败
6. 衰退	追赶浪潮开始夺走绩效最优者的优势
7. 基本	所有供应商表现良好，不构成竞争优势

资料来源：Gale（1994）.

系统调查　高技术产业中的变化速度和变化的加速，也影响着在顾客/市场环境中进行倾听的时机和对象。与市场和技术变化节奏同步的定期性的系统调查是非常有益的，它可以显示出市场和竞争的演变趋势。调查及调查方法的对象要贯穿顾客群的整个管理等级，包括关键的决策者、技术主管和生产技术人员在内，从而描绘出有关理解和满足顾客需要的一个完整的图景。接着，要向顾客进行反馈，以澄清听到了什么、哪些东西确实是顾客所期望的，这种反馈将有助于管理因错误假设而浪费过多时间的风险。最后，必须有一个消化顾客意见并作出反应的积极的行动计划，这将使顾客相信他们所花的时间是值得的。

信息通达的 R&D 职工队伍　高技术产业中必须有一条宽广的、使用频繁的、有效的沟通渠道，以使顾客的声音可以为整个技术群体清晰地听到。由于 R&D 与顾客之间的距离（顾客—销售—营销—产品管理—产品计划—设计—开发—研究），这种渠道的建立会有难度，但这方面已经有很多的范例，如用户群体计划、技术研讨会、正规化的顾客访问过程、创造性合作伙伴项目等等。高技术产业中的领导者，如果能够对顾客和技术团体同样高度尊重，并认识到将双方

结合起来的必要性，就为有效地实施这种渠道打下了良好的基础。

顾客期望　聚焦于顾客是双向的。由于新技术的不确定性和不熟悉性是内在的，因此，公司对顾客/市场的“说”和“听”同样重要。对顾客/市场传授新技术的知识，并协助使他们的预期指向新技术的能力，是高技术公司或产业必须承担的责任。

鲍德里奇奖要求　类目 4：信息与分析

这里所要探讨的主题属于以下四个广泛的领域：

- 找到和应用正确的指标。
- 运用信息技术。
- 标高分析的作用。
- 组织整体评价的方法和益处。

衡量指标　找到正确的指标并不容易。联系到前述的方针展开，任何用于评估的指标，都应当符合方针展开矩阵中的某些方面的目标的要求，并支持最高阶矩阵所追求的更大利益。举个例子来说，假定某个组织的最高阶目标之一是增加顾客的满意度。进一步假定，顾客反馈数据的根本原因分析表明，许多顾客反映的问题之一是安装时间太长。作为应对，组织中产品支持部门的工具组决定发明减少现有产品安装负担的工具。（产品再设计当然是设计部门的目标之一，但那是较长期的。）因此，工具组的一个指标，可能就必须与它们开发工具的速度相关联。这一开发速度指标将符合更高阶的顾客满意度指标和安装时间指标，同时符合组织追求的更大利益要求。可是，如果工具组选择以“制作的工具数量”为指标，这就可能会出现这样的情况，即它们制作了很多不大适用的工具，但指标完成情况看上去却很好。避免局部的优化，这是组织的更大利益所要求的。因此，可以理解，尽管从最高层次来看某个指标可能过于细微和模糊，但如果它能够直接影响高阶指标的绩效的话，它仍然是一个有效力的低阶指标。

另外要讨论的一个问题是，指标还必须可以测量和定量表示，有些指标为了可测量还必须分解成几个部分。例如，对于 R&D 群体而言，技术上的优秀尽管很重要，但其本身却颇为含糊。然而，它可以分解为个人优秀、团体优秀和技术领导优秀。那么，组织又如何测度诸如个人优秀这样的事情呢？因此，个人优秀又可以进一步分解为有关雇人、育人和留人等方面的属性，为这些属性而特定的测度指标就可以量化了，如从目标学校或市场的雇人数、减员率、参加培训项目等等。

高技术产品的产品开发指标具有特别重要的意义。有一类产品开发指标涵盖了整个开发过程，如新产品导入频率或开发过程的收益效果等。对高技术产品特

别重要的第二类指标是针对处于开发周期不同阶段的产品，如有关测试与性能不确定性的指标。举例来说，在许多情况下，硬件测试数据结果对可用测试仪器的分辨率有很强的依赖性，而在高技术领域，该分辨率可能会接近产品的公差。因此，因为其存在着的很高的不确定性，从现场试验和样机制造等环节得来的经验的和测试的数据从最开始的阶段就是非常重要的。

总之，组织中的每一个层次或职能都各有其自己的一套指标，其中有一些是组织中共有的，而另一些则与局部特定的目标直接相关。确定正确的指标，尤其是保证指标会延伸到顾客，可能会要求对任务进行分析，并深入考察哪些行为和结果是所追求的。典型的指标类目可能包括收入、顾客价值、运转周期、生产率、成本（包括质量成本）、可靠性、缺陷率、及时交货、技术优秀、产品开发指标和生产指标等。

信息技术 劳动力的全球化和对速度的追求结合在一起使得信息系统的技术显得十分的重要。这一系统必须是综合的，能够快速地收集、处理、分配和共享数据。这有助于缩短地理距离，使雇员更有知识，并强化对当前局势的意识。所有这些方面都有助于更快地将全球化的劳动力队伍结合在一起。硬件开发的过程可以说明这一点。例如，传统上，研发小组设计一个电路板，然后创建一个工作模型，进行测试，最后把它送到工厂去制造。随后，工厂的工程师对电路板的外观进行重新设计，以更好地适应供应商和生产中的问题，而这些都是研发中容易考虑不充分的。今天，一个高度综合的数据库与“并行”工程过程结合在一起，即 R&D 和工厂基本上同时利用同一个设计数据库工作，就使两个工作组从设计阶段的最开始便结合了起来，即使它们的地理位置并不在一起。这样不仅缩短了周期，而且还带来了其他好处，如更好的整体设计和更强的协作意识等。

标高分析 产品性能的标高分析有时是难度很大的，因为新产品的性能特征一般是被严密保守和控制的知识体。然而，高技术公司可以对过程进行标高分析。标高分析有助于一个组织在他人经验的基础上快速地学习、消化和改进过程。由速度驱动的高技术公司尤其可以从中受益，因为这有助于减少用传统试错方法造成的时间损失。

标高分析的领域几乎包括了所有的过程，它已经成为了日常业务的一个组成。一个著名的例子便是六西格玛改进过程，它已被许多有志于降低缺陷的公司所采用。

管理体系评估 最后，一个系统化的管理评估过程对于保持领先优势是至关重要的。在高技术产业中，由于其创新和变化的高速度，必须提防组织因不能持续地成长、学习和改善而导致的落后。在方针展开过程中，建立起一个有效的能够不断改进的定期评价方法，是一个好的对策。有许多不同的模式可以用于企业的自我审核。美国的马尔科姆·鲍德里奇国家质量奖和欧洲质量奖便是两个这样的模式。

这些模式可以经修正而应用于正式的评奖目的之外，将评估过程直接引入企业的管理和治理结构中。对于其生存依赖于速度和质量的高技术公司来说，一个综合的评估过程可以作为定期衡量公司健康状况的诊断仪。在这种环境下，评估过程的实施在时间上可以根据需要来确定（如领导班子可以在训练有素的审核人员的指导下，定期地进行自我评价），可以重点关注某一个特定的领域（如 R&D 群体可以重点评估其创新能力）。图 28—5 是一个评估过程的例子，它介于正式的国家质量奖申请过程与一个简单的领导头脑风暴会议之间。它预示着还存在着其他的有益做法。

步骤 1：辅导员（coach）运用鲍德里奇标准，来制作一套提问的问题。然后辅导员组织进行第一轮的焦点小组会议（焦点小组是指组织中某一主题方面的专家所组成的一个小组，成员最好来自领导团队）。会议用两个相连的半天完成，要有一个记录人来：

- 将每个问题展示在视图上，阅读 2 分钟。
- 5～10 分钟进行头脑风暴，“我们正在做什么?”
- 5 分钟总结重点。

步骤 2：辅导员就焦点小组对每个问题的结果进行小结。

步骤 3：辅导员重新召集原焦点小组来：

- 评审和确认讨论结果。
- 针对每一问题打分。
- 基于结果确定差距。
- 提出可能的对策。

步骤 4：辅导员针对每一问题来加以总结，确定每个问题的优势、差距并打出分数。

步骤 5：（可选）辅导员组织一个独立的评审组来评价焦点小组的结果，并给出独立的分数，将之与焦点小组的分数相比较，分析差异。

步骤 6：辅导员作最终总结，并与领导班子分享评估结果。

图 28—5　简化的鲍德里奇评估过程

鲍德里奇奖要求　类目 5：人力资源开发与管理

高技术产业面临的最明显的挑战是，要确保组织在一个全球化的经营环境中，在需要的时间和地点，保有士气高昂、训练有素的人员。这不仅限于研发人员，而且也适合于工厂、销售和顾客服务人员。完成这个任务需要一定的时间，这应当是战略计划过程和方针展开过程中的一个重要考虑因素。

另外，训练有素的技术人员还创造出了对于人力资源方面的过程的需要，尤其是涉及以下需要的过程：

- 由行业学校、大学和研究伙伴等形成的一个知识蓄水池的滋养。
- 预期到退化并通过恒久的学习意识来加以避免。
- 驱动力和对创新的刺激。

• 稀缺资源的保持力。

那些将技术专门知识、公司教育和人力资源职能结合在一起的创新性的过程，能够产生出对于核心能力技能的洞察力，也能够设计和提供最好和最快的方式去获取、开发和保持这些必需的技能。

另外，为了快速而有效地发挥出庞大、训练有素和广泛分布的劳动力的潜力，很重要的一点是要避免建立“线性系统”。(线性系统在这里是指将事件在各个群体的人员之间序贯处理的那些过程。) 利用“并行过程”，如方针展开或并行工程，以及分布式的信息网络，有助于促进并行而相互协调的活动的进行。这里还要强调的是，并行系统成功的关键在于这样的一种管理方式，即要设定明确的方向、期望并确立责任，但不事无巨细、管理过度，亦即“有缰绳但轻挽之”的方式，正如在“鲍德里奇奖要求　类目 1：领导”中所强调的那样。如果一个组织其经理深入到每一项决策中，使得决策的频率压制到了与其自身“带宽”相称的程度，没有几个人会喜欢看到这样的组织！

如果雇员们没有被激励起来去为企业的成功贡献力量，那么，不管有多少的过程、领导导向、培训策略等等，也都不会成功的。广泛的认可系统是将激励、资源保持和经营目标部署等举措联结起来的一项技术。假定通过领导活动和方针展开过程已经清晰地将企业价值观、目标进行了明确的沟通，则一个正式和非正式地奖励符合价值观和目标的行为的后续系统本身就是具有激励作用的。对于高度技术性的劳动力队伍来讲，认可感通常来自其知识性的常常也是个人化的成就，但认可计划能够突出对于团队参与、速度和创新等方面价值的重视。无论认可“事件”(从一个简单的感谢条到贵重礼物或带薪假期) 的金钱价值如何，这样一个全面的计划可以在全体雇员中对于个人和团队贡献的力量和价值起到强化作用。

一种更为有力的做法是始于雇员的选拔，企业运用一个测试系统来衡量个人的倾向与公司的核心价值是否相符。简而言之，只有那些与组织的价值观相一致的人可以被录用到团队中来。例如，如果团队成员间的合作被认为是一个成功的必要因素的话，那么在雇用或邀请他们加入团队之前就应当确认他们是愿意合作的。只有那些不仅具有所需的技术技能，而且展示出了所期望的态度的人，才是该位置可以接受的。这种做法的前提是存在着这样一套用来衡量候选者的原则或核心价值观。

尽管在某种程度上所有的招聘活动中都会包含这种做法的一部分，然而，若能在整个组织中全面而系统地一致性地加以运用，就能够迅速营造起一种有利的环境，使得人们按照规定原则和核心价值观行动的可能性大为提高。在高技术公司中，团队精神、合作、受人尊重、尊重他人、热衷新事物的倾向以及对成就和赞美的需要，都是对组织的生产率有积极影响的价值取向。这种做法中还有另外两个关键成分，一是要有一个“结构”来支持和滋养这种环境，如也许是一个独

立的场所，或无特权的泊车（顾客除外）；二是每个人都身体力行这些原则。若察觉到有违反现象，则任何人都能够并且愿意对违反者指出来，而不论其级别如何。与这种做法相关的另一要求是过程原则的运用。已经采用的任何过程，都要严格地不折不扣地加以遵循。

鲍德里奇奖要求　类目 6：过程管理

以往，“过程”一向被许多技术人员所厌恶。然而，在实践中，无论是正式的还是非正式的过程，都是组织学习的知识库。过程管理得越好（但并不意味着不必要的复杂性或管理费用），系统地产出优质结果的能力就越强。因此，在讨论促使技术群体关注过程之前，首先要探讨一下高技术产业中的过程管理。

过程管理　为适应速度、全球化的劳动力需求和其他方面的高技术产业面临的挑战，过程就必须很好地形成文件，要有效、快速、皮实，产出变异要小，要易用、易改，彼此之间协调一致。另外，围绕着过程的还需要有一个支持性的环境，如工具、责任人、教练以及相关的“呵护”，如管理层支持和表彰计划等。伴随有健康的纠正措施过程的ISO 9000认证，有助于促使组织考虑到上述的各个方面，并将过程原则应用到它们的活动中。

根据 ISO 9000 标准的要求，应当对过程加以监控以防止出现敷衍了事的趋势。（敷衍了事在此是指诸如丢失质量记录、不遵循程序、领导参与的退化等。）一旦发现有这样的趋势，就应当进行根本原因的分析并实施纠正措施。但是，如果不能经常实施纠正措施以使过程得到不断完善，实际上就会容忍，甚至更坏地，是在愚弄一个已经变得愚笨和阻碍进步的过程系统。

曾经有这样一种说法：“同一件事情同样做两次，那你就没有什么长进。”这里的主张颇值得玩味。表面上看来，这一认识与重复性的要求是冲突的，但事实上却与之相当吻合，这可以从表 28—2 所示的简化的过程管理流程中看出。

表 28—2　简化的过程管理流程

步骤	行动	效果
步骤 1	定义并配置过程	固化过程、定义基线
步骤 2	使用一个周期	测试并获得过程运行情况的经验
步骤 3	通过纠正措施过程变更它	根据使用经验来改进过程
步骤 4	将变更加以配置	系统地追踪过程的状态
步骤 5	回到第二步	创造再次改进过程的机会

注意该流程中的“周期”是一个定义宽泛的概念，指同类工作实施的某个时间段，如一种软件的发行、一个重要合同的签订，或一个年度绩效评审周期。在某种意义上，周期越短，说明改进越有成效，组织在学习、创新和变革方面的表现就越好。然而，必须注意不应使人们因变革而陷入一种混沌无序的感觉。但

是，技术上的巨大变化，会使一个过程的部分或全部都变得过时，或竞争要求必须有更为显著的绩效改进。在这种情形下，就要求对过程进行剧烈的再造。

除了 ISO 9000 标准和过程管理的一些特别要求外，其他的有助于建立一个健康的过程管理系统的支持性工具和环境还包括：

• 领导者的持久使命。不断强化和奖励过程的改进。领导者本身应当掌管突破性的过程变革。

• 方针展开。这对于集中人们的注意力和推进突破性过程再造活动的势头是一个非常有益的过程。

• 质量改进七步法（Qualtec，1991）。这是一个过程改进活动的七步骤工具。表 28—3 是对此的一个简要说明。

表 28—3　　质量改进活动简化流程

步骤名称	说明
第一步：明确改进原因	确定主题（问题域）和对其进行改进的原因。确定工作组和计划。
第二步：确定当前现状	选择一个问题（问题陈述），设立一个目标，收集关于该问题所有方面的数据。
第三步：分析	通过因果分析确认并证实问题的根本原因。
第四步：对策	针对问题有选择的根本原因，规划并实施对策。
第五步：结果	进一步确定问题及其根本原因已经减少，目标已经达到。
第六步：标准化	系统地预防问题及其根本原因再次发生。如适当，在其他领域复制该解决方案。
第七步：未来计划	规划任何解决仍然存在的问题。评价工作组的有效性。

资料来源：Qualtec，Quality Services，Inc.（1991）.

技术性职工队伍的参与　现在来讨论一下关于技术群体在过程中的参与这一问题。科学方法本身就是一个过程，但未使用这样的名称而已。在软件业，越来越多的证据显示，认真地应用过程原则能够显著改善生产率和质量。一些著名的过程如质量机能展开（QFD，也称为“质量屋”）为 R&D 清晰地提供了有关顾客需要的可靠的（对他们而言）理解。这些向技术界明确地展示了将过程作为产品开发的日常方式的益处。领导的强化，加上一个反应灵敏的纠正措施系统，向这个群体表明过程是一个可接受的做法。除了 ISO 审核，其他的一些过程审核如卡珀斯·琼斯（Capers Jones）的 CHECKPOINT 软件衡量方法（Jones，1991）、软件工程学院的能力成熟度模型（the Software Engineering Institute's Capability Maturity Model）（Paulk，1995）等，都是有助于促进过程改进的做法。最后，当与顾客相联系时，过程还具有进一步的益处，这便是确保顾客的输入能够系统地到达技术群体，这是一件人们普遍渴望但却未必总能做到的事情。

谈到与顾客的联系，销售/市场机构与 R&D 机构之间的密切关系，为卓有成效的顾客—R&D 间的交互作用提供了一个基础，或者说是 R&D 人员与顾客群体探讨技术愿景并获得对于这种愿景的反馈的一个论坛。为了更为深刻地理解产品，诸如 QFD 这样的过程工具能够从产品定义的视角为开发过程提供系统的

支持。之后ISO 9000就将起到重要作用，因为它在创造和部署发端于顾客的产品的开发和制造环境中拥有着巨大的潜力。

总之，也是最根本的，所有这些都回到了组织接受和改进过程的能力上。在不损害效率、集成性和其他方面的过程要求的前提下，过程的小改进或大突破融入运营主体活动中的速度便成为过程管理能力的真正度量。

鲍德里奇奖要求　类目 7：业务成果

成果才是一个过程或一套过程在创造持续的绩效方面表现好坏的真正终极的衡量。应当强调的是，成果这一尺度不仅是指财务方面的成果，还意味着股东、雇员、顾客和其他利害共担者的一个均衡的价值。对于高技术产业来讲，诸如创新、劳动力效能、产品质量、供应商质量、过程管理（尤其是速度）和顾客满意度这些指标都是至关重要的。那么，剩下来需要回答的主要问题便是，“成果是否达到了战略和方针展开所规定的目标？这些目标对于维持企业在期望的轨迹上持续发展是否有足够的进取，即是同业之最、突破性的还是渐进性的？”

总结

讨论高技术产业中的质量问题，必须综合考虑以顾客为中心，过程的管理和改进，训练有素的雇员在支持明确并分层的目标方面的参与和姿态等等。有些特定的工具和方法有助于实现所期望的成果。在本章中主要强调的一些工具和方法包括：

- 方针展开。
- 过程管理和 ISO 9000 认证。
- 采用鲍德里奇标准进行的管理体系评估。
- 顾客交互作用计划。
- 雇员参与过程，如培训、表彰等。

企业或产业的领导者通过其行为决定了上述这些的应用方式。企业或产业的顾客最终决定着这些方式的有效与否。

致谢

我要感谢以下这些无私地与我分享他们的思想和经验的朗讯科技的同事们所

做出的富有创见的贡献，他们是：产品实现总监奥吉·科尔西科（Augie Corsico）；公司质量与顾客满意经理佩吉·德林杰（Peggy Dellinger）；产品实现部门顾客满意经理马莎·赫斯（Martha Huss）；贝尔实验室技术主管鲍勃·马丁（Bob Martin）；消费者产品部门质量总监莱克斯·麦卡斯克（Lex McCusker）；北美区质量总监（鲍德里奇奖得主 AT&T 传输系统的前质量总监）卢·蒙莱福特（Lou Monteforte）；商务通讯系统（接受了鲍德里奇奖现场审查）质量总监迈克·彭诺蒂（Mike Pennotti）；副总裁，首席质量与顾客满意官员约翰·皮特曼（John Pittman）；顾客满意总监黛安娜·里塞尔（Diana Risell）；贝尔实验室和网络系统质量总监比尔·罗宾逊（Bill Robinson）；网络系统无线产品开发部副总裁比尔·斯基恩斯（Bill Skeens）；尖端技术系统质量与策略经理鲁斯·斯波尔丁（Ruth Spaulding）；无线部门首席技术官乔治·齐斯曼（George Zysman）。

参考文献

Gale, Bradley T. (1994). *Managing Customer Value*. The Free Press, Old Tappan, NJ.

Hamel, Gary (1996). "Strategy as Revolution." *Harvard Business Review*, July-August, pp. 69-82.

Harry, Mikel J. (n. d.). *The Nature of Six Sigma Quality*. Government Electronics Group, Motorola, Inc., Schaumburg. IL.

Jones, Capers (1991). *Applied Software Measurement*. McGraw-Hill, New York.

Paulk, Mark, et al. (1995). *Capability Maturity Model*. Addison-Wesley, Reading, MA.

Qualtec Quality Services, Inc. (1991). *Total Quality Management, Q I Story: Tools and Techniques*, Marshall Qualtec, Scottsdale, AZ.

（王明明 译）

第 29 章

汽车产业[①]

石坂义雄（Yoshio Ishizaka）

引言
- 汽车质量的历史回顾
- 汽车业的质量
- 产业结构
- 外部环境
- 质量保证的概念
- 精益生产

产品计划
- 时间方面的计划
- 关键的质量问题
- 设计计划
- 设计评审
- 实验室测试
- 实际条件下的评估
- 安全性评估
- 全面的评估
- 生产准备
- 新型号计划活动的组织

供应商管理
- 供应商关系
- 供应商基数的削减
- 供应商选择
- 供应商的质量保证
- 对供应商的控制

制造
- 制造方法的发展
- 生产准备
- 过程管理
- 过程改进
- 看板

检验
- 缺陷的严重程度分类
- 检验的组织

现场服务
- 经销商的作用
- 车辆服务体系
- 现场质量信息的反馈
- 保证期过后的现场服务

质量审核
- 标准设置
- 顾客验收
- 道路测试
- 水密测试

汽车质量的展望
- 持续的进展
- 下一步骤
- 新的战场

致谢

参考文献

① 在本手册第四版中，有关汽车产业的一章所用材料是由 J. 道格拉斯·伊金斯（J. Douglas Ekings）提供的。在第三版中，有关汽车产业的材料是由丰田总一郎（Soichiro Toyoda）提供的。

引言

过去20多年来，质量一词在汽车产业中有了新的含义。质量不再只是一个有关缺陷多少的统计表，或对符合与完美的衡量。如今质量具有了广泛得多的含义，包括了顾客对产品以及提供该产品的公司的内在感受。

这种质量的新定义以性能、舒适、环境适应性以及承付能力为基础，但还添加了某些其他的要素，包括与制造商持续保持绩优的能力相关的所谓“生产质量”，以及与顾客满意有关的“拥有质量”。

近年来发生的另外两个重大转变，使得汽车产业中质量和质量意识的水平得到了提升。其一是产业中在预计顾客的要求，而不再像过去那样只是回应他们。汽车制造商越来越多地采用了复杂的人口统计方面的及其他方面的研究来更多地了解明天的顾客；而以往这一产业在收集产品开发信息时依赖的只是顾客的意见。

另一重要的转变是汽车制造商与其主要供应商之间的关系日渐紧密。以往，供应商只是被当做一个卖主，主要依据价格和交货能力来加以选择。而今，行业中的主要零部件供应商几乎成为了他们所供货的主要公司的全面合作伙伴，汽车制造商与供应商共同参与对方的设计、计划以及质量改进的机制。这种不断增强的信心、信任以及依赖促使彼此间成为了命运共同体的关系，而这对于汽车产业中的质量改进有着至关重要的影响。

汽车质量的历史回顾 汽车业由昔日的手工业时代发展到了由征战全球的汽车业巨人所构成的这样一种复杂的构造。图29—1描绘了汽车业成长的五个时代。

1. 传统的质量	手工艺人
2. 大生产的质量	亨利·福特
3. 顾客满意	阿尔弗雷德·斯隆
4. 保护消费者运动的兴起	安全性
5. 绿色运动	自然保护和净化空气

图29—1 质量——历史的回顾

最早期的汽车大多是用手工制造的，每个零件的质量都取决于某一个或某几个技工。装配需要技艺，且耗时、耗钱。所出的活儿质量很高，但价格昂贵，一致性很低。汽车是只有富人才买得起的东西。

亨利·福特被公认为大生产质量之父。他设计出了无需太高技能的人就能够快速、均质并廉价地生产的可靠汽车。福特的车子达到了当时的顾客满意水准。随着汽车进入普通家庭，美国成为了车轮上的国家。

阿尔弗雷德·斯隆进一步推进了大生产的概念，但他注意到了消费者是一直在抬高他们的满意标准的。他认识到质量已经开始意味着产品必须能够满足顾客的期望，而不只是制造商自己的标准。于是他创造了许多品种的汽车，他的通用汽车公司通过为不同财力和用途的顾客提供不同的汽车而成长壮大起来。

再往后，便是保护消费者运动的兴起，接着又是环保主义的抬头。这些将在随后讨论。

汽车业的质量　汽车业中的质量体现在三个方面，即产品质量、生产质量与拥有质量。

产品质量是指产品完成规定功能的总的能力。就汽车而言，这意味着某些性能方面的能力。例如在一定时间内加速到 60 英里/小时的能力；舒适和娱乐特性，如安静、平稳的驾乘，可调的环境温度，按人体功效学原理设计的配置，如音响设备；环境的适宜性，指车辆的燃料节省、清洁和安全；可购买性，即对顾客支付能力的适合。

生产质量是指在符合产量及成本目标的情况下，按照设计生产一致性的质量的能力。这一方面又包括了四个方面的职能。第一是生产优质产品，用每百单位缺陷数来加以衡量。第二是确保运营质量。这是指工厂在改用新型号、保持灵活性并仍维持一致性的能力。第三是效率。这是当产量增加时生产更高质量的关键。第四是成本。工厂必须生产出人们能够买得起的产品并获得利润。

拥有质量（quality in ownership）是指使顾客在其拥有产品的整个寿命周期内得到满意的总的能力。这是质量的一个关键方面，但也是最不为人们了解的一个方面。所有权（ownership）的取得本身是其第一项职能。这方面的表现是根据买主在所有权取得过程中的每一阶段的体验来衡量的，其中包括了以旧换新和后续买主的再购买。它包括了购买体验、车辆的日常使用、服务、维修以及以旧换新销售等多方面的质量。拥有成本（cost of ownership）是其第二项职能，指的是从定金、月供到运行费用、维修费用、保险等全部合计中减去最终转售价后的成本。第三项职能涉及的是这一体验所具有的无形的心理上的价值，主要指拥有的自豪感、自我感觉以及这一人车关系所造成的其他的特别感觉。

产业结构　汽车产业所经历的集中在第二次世界大战后大大加快。目前，世界上有 65 个国际性汽车厂商，其中的 22 个角逐在美国。由于成本、汇率及政府贸易平衡要求的压力，在过出 20 多年中，很多国际性公司都在美国开办了制造及装配工厂。目前美国有 61 家轿车装配工厂。

设计及制造　由于汽车产品的复杂性、制造中要求的严格的质量及安全标准，再加上必须进行的严密测试以及设计的频繁变更，汽车产品设计及制造的成本是相当高昂的。因此设计和制造是在为数极少的大公司中进行的。近年来，主要的汽车厂商与其供应商公司分担部分产品设计职能的做法日益盛行。此种分担为质量保证的责任增加了一个变数。

市场营销 大多数厂家都设计和生产多个品种以吸引有不同财力和爱好的顾客。车辆由遍布全国的经销网络销售，有的经销商出售不止一家制造商的产品。到1998年1月1日为止，美国有22 650家经销商，其中的大多数还出售旧车，拥有服务和维修设施。

外部环境 第二次世界大战后，外部因素对这一产业的影响变得越来越大，其中包括如日益增长的消费者运动、安全问题、产品责任、政府管制以及对环境的关心。

保护消费者运动 随着20世纪五六十年代汽车型号的每年更替趋于成熟，改变更多是出于时尚而非功能，在为改变而改变的竞赛中，产品的改进往往遭到了忽视。消费者开始抵制这种趋势，他们要求车辆不仅要在交货时满足质量标准，而且要在整个寿命周期甚至是在转卖时也应如此。在这种保护消费者运动的时代，汽车质量开始被按照更长的时限来衡量。

安全 与消费者运动相伴而来的是新的安全标准。在安全玻璃成为美国汽车的标准多年以后，一场有关安全的改进突入到市场中，其中有先进的消极保护装置、防抱死制动器、能量吸收转向柱、防撞压损区、儿童安全座椅以及更强的侧面碰撞保护等等。由于保护了人的生命和肢体，这些改进进一步抬高了汽车设计和生产中所要求的质量标准。

除了旨在提高能见度、避免事故以及提高碰撞存活能力方面的改进之外，还有些改进则着眼于简化事故修理工作以及降低费用等。某些安全性改进，特别是乘客安全带以及其他的防碰撞装置，已证明是成功的，这些装备现已成为美国联邦法律的强制性要求。

产品责任 制造商被迫必须考虑产品责任问题，这已引起了人们的极为关注，尤其是在美国。这一问题在产品的设计和制造中扮演了重要的角色。由于消费者越来越了解厂家的法律义务，且这种法律制度在当过错产品成为人身伤害的疑凶时鼓励法律行动，汽车厂商不得不变得越来越谨慎，不仅在产品的设计和制造方面，而且在与产品有关的文件方面也是如此。

政府管制 政府的管制对于汽车产业的影响是深远的。在美国，国家公路交通安全管理局（NHTSA）负责规定联邦安全要求，这些要求能够影响车辆的设计、价格以及消费者的期望。政府规章还规定了在美国出售的机动车辆的燃料效率标准。虽然服从这些管制的成本难以估计，但NHTSA日益增加的规定及其他的措施确实大大提高了制造商的成本和车辆的售价。

环境问题 两个因素的结合促成了绿色运动：一是世界燃料供应的不确定性的发展，再就是全球范围内对于空气污染问题的意识。随着20世纪70年代中期到80年代初期的石油危机，以及美国很多大城市的空气污染达到了影响健康的水平，产业界在衡量质量时已不能再忽视燃料效率及废弃物排放问题。现在所有在美国销售的机动车厂家都受到有关提高燃料效率及降低排放量的联邦法律的

制约。

质量保证的概念　如前所述，质量的概念已远远超出了符合顾客的期望和适用性。这一概念扩展到了可服务性、成本及情感问题，而且一直延伸到车辆使用寿命终了时的最后处置。丰田公司采用了如图 29—2 所示的一种制度，这也是大多数汽车厂商的共同特点。

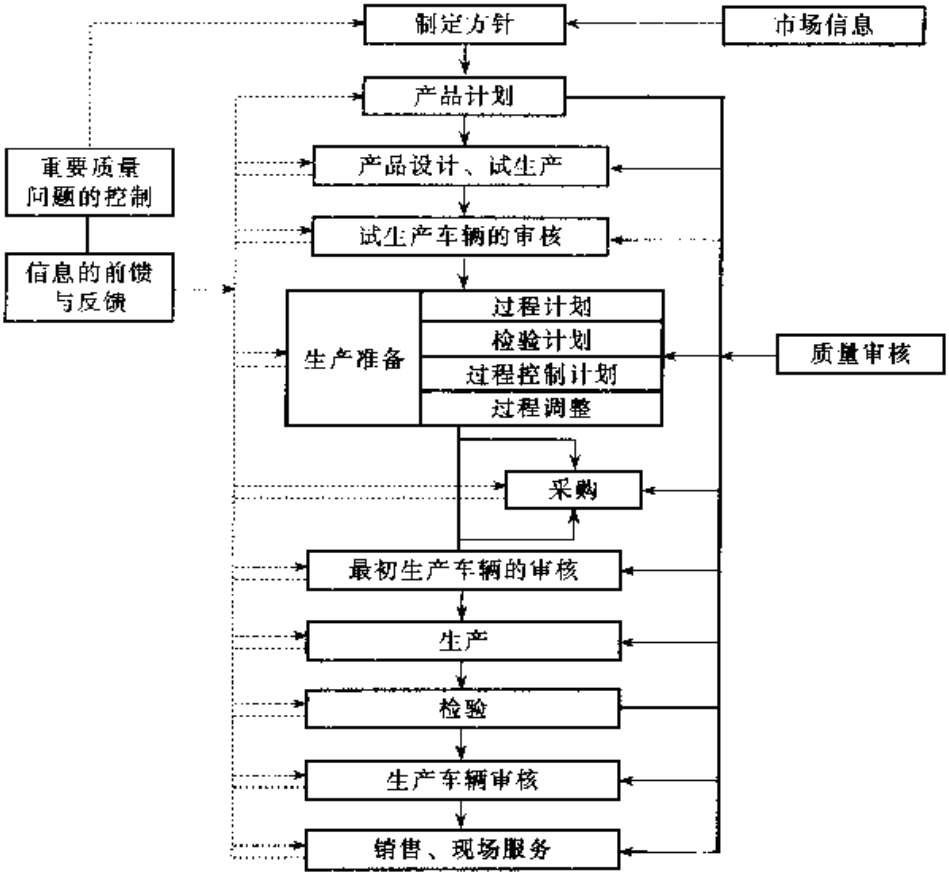


图 29—2　丰田的质量概念

资料来源：Toyoda, Soichiro. *Automotive Industry* 3d ed.

这种质量保证制度在丰田汽车公司是与该公司著名的丰田生产方式同时发展起来的，两者有着密切的关联。随着产品和过程的标准化已成为稳定优质生产的关键，某些沟通方面的规定便成为质量保证的关键。这一制度的核心在于有关设计和生产车辆的整个过程中的审核、检验、测试和分析方面的信息的持续反馈。

基于消费者喜好的柔性制造成为了标准做法。在此之前，汽车业不是从顾客的需求，而是根据自己的产能的推动，来制造巨大的车辆库存。这些改变，以及伴随着精益生产和准时制理念而来的库存缩减，已经使生产活动有了剧烈的变化。

精益生产　丰田生产系统中的几个方面的结合导致了所谓的“精益生产”的诞生，这一概念现在为美国汽车厂家所广泛仿效。精益生产就是要消除在生产链

条上的所有环节中的浪费，即在能源、操作、时间以及资源方面的浪费。它以大野耐一（Taiichi Ohno）20 世纪 50 年代在丰田公司所设计的现称为“准时制”的拉式库存控制方法为基础。

通过培训及与供应商的合作，当厂家和供应商按照一个拉式系统或顾客驱动的系统来订货、制造及发运材料及车辆时，双方都取得了显著的成本降低。由于库存减少，隐匿的问题即刻表面化，需要立即加以处理。这有时被称为“放低水位”。这将使过去未知的或隐藏的礁石（问题）被暴露出来。以这样一种方式，精益生产在质量保证方面带来了重要的好处。

产品计划

消费者的认识和需求的提高加剧了不断增多的汽车公司之间的竞争，产品计划工作也必须紧跟大生产系统中所发生的改进。随着生产系统的改进，竞争迫使必须经常地进行或大或小的换型，新型号的计划及推出的时间必须缩短。因此，首席工程师（chief engineer）、产品平台（product platforms）、同步工程等概念便成为了所有公司的标准做法。

在丰田公司，首席工程师的概念是指领导一个由多学科专家组成的团队的一个角色，由这样的团队来兼具效率和效果的计划和推出新的车型。作为领导者，这位首席工程师必须组织人力资源，促进讨论以解决复杂问题，并最终对车辆研制成功负责。为了高效设计和生产车辆，促使首席工程师要使用通用零部件，并注意根据车辆的内容来区分类别。对于工程能力及装配简化也给予了重视。

美国的许多公司应用了产品平台的概念，从而显著改进了研制工程的质量和效率。进而，在准时性和人员效率方面又采取了进一步的措施，以加强竞争力。

一向被视为正常的 36 个月的研制周期现已成为不可接受的。利用首席工程师与产品平台的概念，克莱斯勒公司和丰田公司已实现了 23～28 个月的研制周期。丰田的新目标是 18 个月，仅为历史标准的一半。前期时间的缩短又支持了顾客满意方面的改进，因为现在他们能够对经济环境及顾客的偏好作出及时的反应，而经济环境与顾客偏好这些因素会在不足三年的周期内发生变化。

图 29—3 所示的是一个基于三年期的典型的产品研制方式，三年的研制周期曾一度是产业界的标准周期时间。

时间方面的计划 长期计划的初始步骤是市场调研。为了说明顾客的购买趋势，图 29—4a 及图 29—4b 表示的是对顾客购车模式的研究。新型号的提案要提出详细计划阶段，要进一步定义车辆的参数。这些参数包括了车辆类型，如轿式小客车、单排座小客车或零担货车；车辆的功能、性能、可靠性、保养及维修的规格；开发的时间安排；成本及财务项目，包括售价、利润等。

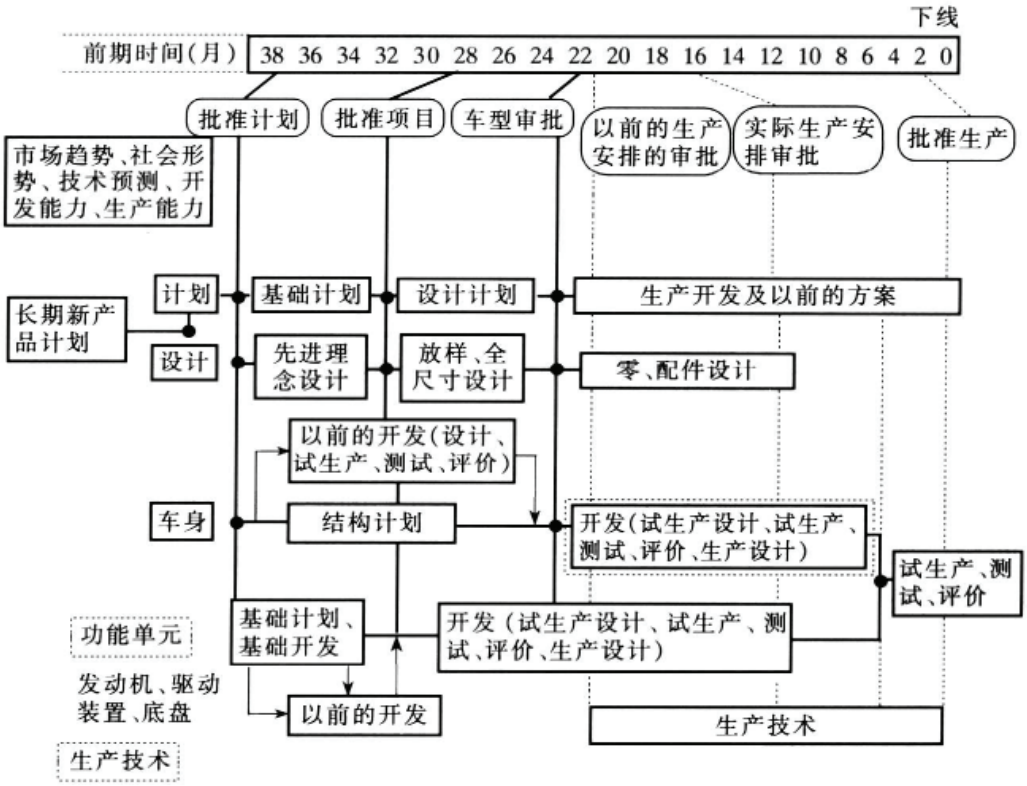


图 29—3　产品计划活动的时间安排

资料来源：Toyoda, Soichiro. Automotive Industry.

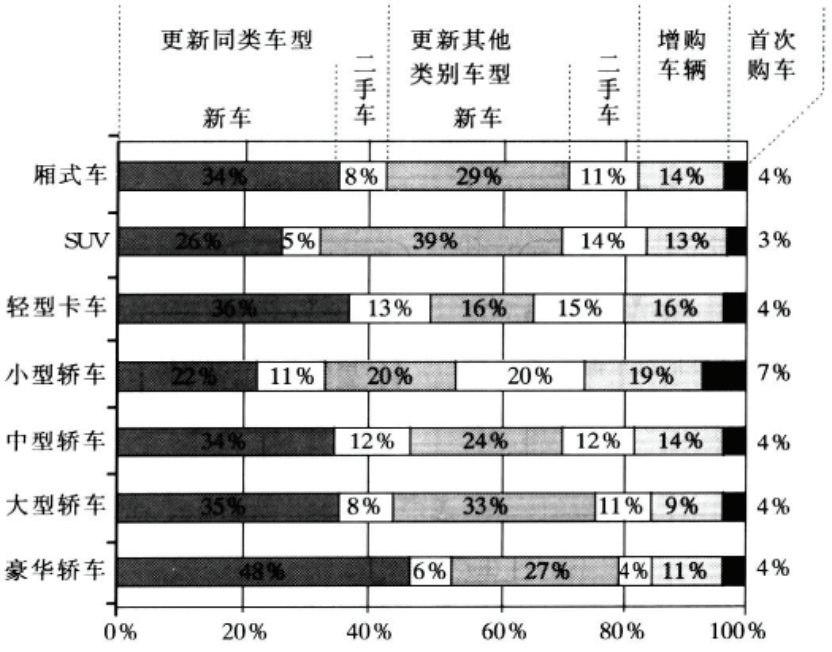


图 29—4a　顾客购车模式

资料来源：1996 *Toyota New Buyer Survey*.

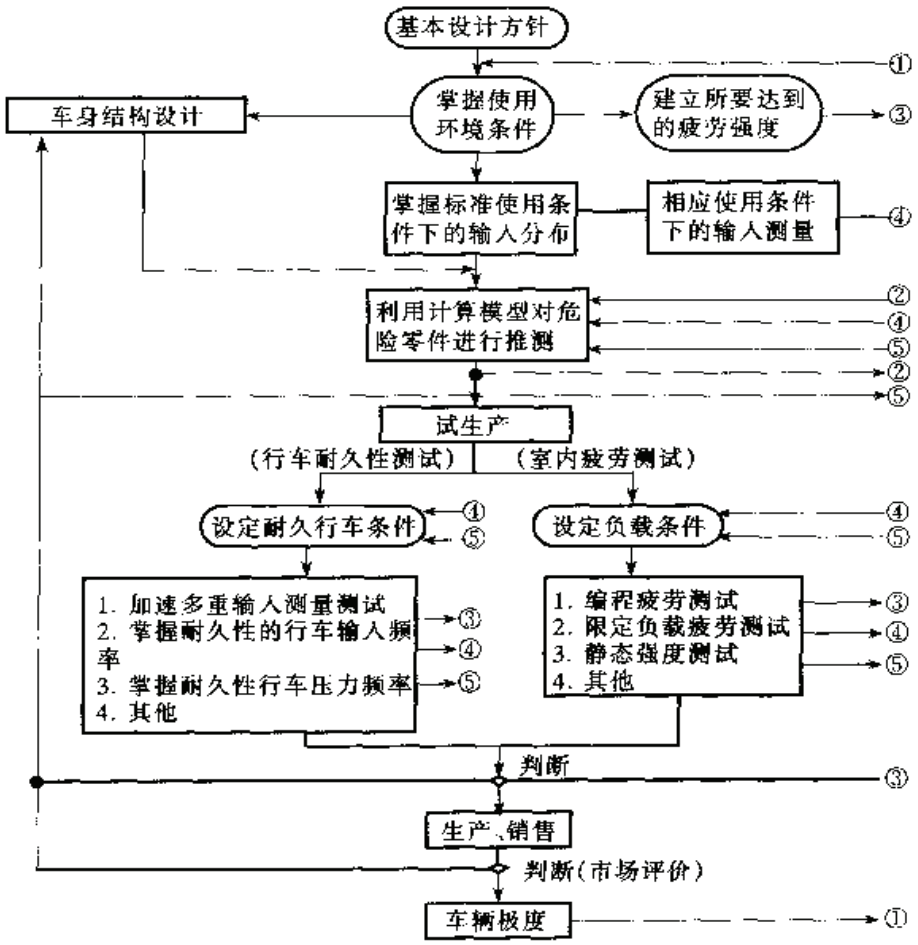
类　型	换车				增购车辆	首次购车	合　计
	同类车型		不同类车型				
	买新车	买旧车	买新车	买旧车			
厢式车	30	10	32	13	14	1	100
SUV	20	5	43	17	14	2	100
轻型卡车	36	15	17	16	15	2	100
小型轿车	23	11	21	23	17	5	100
中型轿车	30	8	30	15	13	3	100
大型轿车	34	6	28	10	10	2	100
豪华轿车	48	7	28	4	12	2	100

图 29—4b　顾客购车模式（按百分比）

说明：由于四舍五入误差，行中的数字合计可能不会是 100。

资料来源：*Toyota New Buyer Survey*，1996.

关键的质量问题　在新型号提案中，一个重要的步骤是要明确必须解决的关键质量问题。图 29—5 描述了这一步骤。设计小组必须提供数据以支持此项活动，并跟踪其及时完成。



①现场数据　②计算方法　③确定项目的记录　④测量结果　⑤推测性计算所得分析结果

图 29—5　理想的车身强度模型

资料来源：Toyoda, Soichiro. Automotive Industry.

设计计划　设计计划（design planning）阶段包括制定零部件的详细规格以及与车身/车架尺寸的界面，这些是同步开发的。要绘制出图纸，并考虑同类车辆开发及制造的历史数据，以使防误措施（foolproofing）内化到设计中或从根本上消除此类问题。

设计评审　设计评审（design review）阶段是设计工程中的一个关键步骤。由一个跨部门的团队代表各个专业来对设计进行仔细的评审。该团队要辨识和确认出涉及安全的及关键的特性，以确保规格的明确制定，以及所有辅助功能符合规格的要求。营销以及其他的实际问题也要加以评估。各方面意见必须达成统一，以确保一切活动及输入都与总的计划指南一致。在设计阶段及早发现和处理问题所花的努力，可以使项目后期节省巨大的成本并避免延误。

实验室测试　在设计及原型阶段，对所有的新产品、材料、新的或更改的工艺装备，或新的供应商等都必须进行实验室测试。由于供应商参加这些测试，因此在零件最终定下来之前，能够对与功能、耐久性、环境条件、模拟驾驶条件、抗撞性能等相关的关键特性加以测试。

实际条件下的评估　零件样品可以在现有车辆上测试，以获得实验室条件下测不到的数据，测试可以在试验场中或是在实际道路条件下进行。这一工作对于担保设计或长期耐久性设计都是非常重要的。将此项工作安排在顾客车队或雇员车队中实施，公司便可以获得在实际使用条件下的广泛数据，包括极其严峻的条件或用途的数据，如出租车或货车的场合。在向顾客供货之前，或在改进产品时，都要进行这种测试。

安全性评估　零部件及成车要进行彻底的测试，以确保最大限度地保护乘员。在实验室中要采用多种手段来测试零部件。车辆的测试包括了测试正面碰撞、障碍物冲击、倾翻以及侧面冲击的效果，最近常采取从不同角度迎面碰撞的方式来进行测试。很多这些信息用于使保险公司能够计算损坏车辆的维修费用，以及确定与安全有关的广告论据。

全面的评估　不断的反馈与沟通对于设计评审、实验室测试及使用测试等活动的成功至关重要。图 29—6 描绘了支持这些活动的反馈过程的步骤。在这一过程中，沟通越多收到的效果就越好。

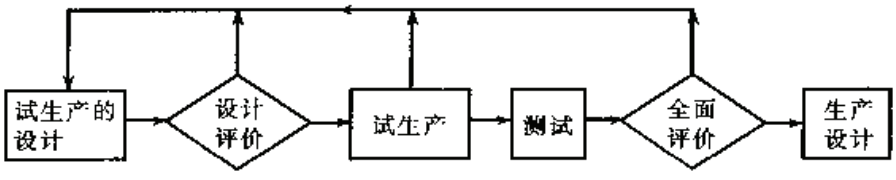


图 29—6　设计评价沟通系统

资料来源：Toyoda, Soichiro. Automotive Industry.

生产准备　在计划阶段，生产人员作为代表在跨职能团队中支持着对于生产

活动的准备。这一阶段是对新车型的投产进行直接的支持。生产人员还会在各个设施中或在生产线上来帮助协调试制活动。通过试生产来收集有关信息以协助向全面生产的转移。参加者可以是将来负责培训生产工人的人员。其他以后会承担培训任务的人员也可以参加。这种活动的重点是要确认诸如生产过程、工装、质量控制参数之类的问题已得到妥善安排。

新型号计划活动的组织 支持这一活动的组织不仅会因公司而不同，而且也会因型号及复杂程度而有所不同。公司越大且变动越复杂，则组织就越庞大，涉及的部门就越多。通常，这一活动的协调可以通过以下方面来提供：

1. 专职负责某种型号的计划人员。
2. 由各方代表参加的任务小组或委员会。
3. 包括所有部门及所需支持的正规的书面计划。
4. 诸如核准这样的过程及程序。

供应商管理

在精益生产环境中，供应商的支持与伙伴关系变得日益重要（参见第 21 章“供应商关系”）。汽车制造商与供应商之间相互对立的日子已经成为过去。虽然日本公司在与供应商的合作方面有着多年的实践，但克莱斯勒公司及福特公司正在迅速赶上。通过在制造商与供应商之间构筑信任，能够取得许多双赢的好处。

供应商关系 零部件供应商们在提供专业设计技术方面能够给予汽车制造商以极大的帮助。如果制造商将性能规格要求提供给供应商，由零部件公司接手设计，那么汽车制造商就能够大大降低成本。为了支持这样的活动，汽车制造商就必须允许供应商在车辆开发的早期就参与进来，这是合作理念上的一个飞跃。这还要求达成这样一种协议，即供应商在开发上投入经费，作为回报是有关将来生意的某些保证。其他的建立信任的要素还有，供应商公开其账目共享成本资料以支持制造商的目标。

这不是一项短期的活动，它要求供应商与制造商双方的管理团队密切合作以建立起所需要的信任及支持。对于在汽车竞技场上的长期竞争力而言，这种合作是至关重要的。

合伙伙伴关系长期以来一直是丰田系统的强项。通过与丰田的密切关系，供应商可以变得更加强壮和有效率。丰田的各个集团都与其供应商分享丰田生产系统（TPS）的专有知识。在美国的丰田的关联单位受到了来自日本丰田汽车公司的专家们的 TPS 训练，而且与供应商分享这种知识已证明是有益的，因为丰田尝到了供应商显著改进的甜头。例如，以下是某公司通过与丰田公司合作实施丰

田生产方式两年后所取得的改进：

制成品库存减少	82%
在制品减少	59%
工厂生产率提高	32%
质量指标改进	58%
研制周期缩短	74%

彻底的改进取决于在项目初期时供应商的系统，但经验表明像上例中的这样的成果并非少见。这样的活动要花费许多的时间，要求供应商一方要作出大量的投入。金钱方面的投资通常都很小，但在培训、研究、重组方面会要求大量的时间投入。所有如此行事的供应商都获得了比投入高得多的收益。

制造商常常将与供应商之间的敞开式的双向沟通视为理所当然。但很多情况下，为了显得不过问顾客的决策，供应商并不愿共享思路。要使双方的合作伙伴关系能够顺利地运行，顾客必须依靠供应商就其设计、过程以及任何可能影响合作关系的产出的其他问题给予忠实的反馈。供应商则有权要求自己的忠实反馈得到公正的听取。

供应商基数的削减　如果要让供应商相信他们会因在顾客的产品开发中投入资源而获得回报，他们就必须看到能够获得相当数量的生意的机会。这往往意味着供应商的数目必须减少。通过减少供应商的数目，制造商的定员及支持也可以减少，因而降低了成本。减少供应商的数目有众多的方法可用：

1. 分层。利用大型的第一层的供应商来提供完成了的组件而非只是零件，这可以提高生产效率，降低材料处理成本以及与供应商的界面费用。第一层供应商再与其他的零件供应商建立关系，而成为该完成组件的最终的设计、开发与装配点。

2. 排他性合同。随着合作伙伴关系的成长，演化为了某些特定零件专由某些供应商来制造，只要他们能够承担起伙伴关系中的相应部分。对于这种关系而言，沟通路径、开发技能以及对整个系统的理解都是非常关键的。有些场合，供应商的代表在制造商处有办公室及专职雇员以支持这种活动。

3. 外包。在很多情况下，由汽车制造商自制各种零部件要比依靠外部供应商更为昂贵和麻烦。如果制造商的设施陈旧，生产方法过时或专门技能落后，那么与专精于所需零件生产的供应商联手将是有意义的。

供应商选择　当新产品、新过程以及日益增加的产量开始要求增加供应商资源时，则必须制定一些遴选的准则。对供应商的调查可以由某个部门来进行，但最好由一个代表所有专业的跨职能团队来承担，以确保对该公司各方面的能力都能够考虑到。选择供应商时可能要考虑许多因素，例如：

1. 过去与该供应商打交道的经历。

2. 与关联公司打交道的经历（母公司、姊妹公司、合资公司等）。

3. 声誉或其他公司的推荐。

供应商的质量保证 如同对于其他的供应商活动一样，沟通对于供应商及制造商双方了解供应商的质量保证活动是至关重要的。这始于供应商参与到开发过程当中。一旦产品被认可、设计、开发及制成原型，要确保顾客对于产品的满意还有四个关键的步骤。

1. 产品批准。

(1) 确认规格得到了理解并达成了一致。供应商必须了解制造商的期望，并能够及时而稳定地保质保量交货。供应商还必须对更大的系统有较好的了解，知道每个零件是如何相互配合的。

(2) 最初的试样的批准。供测试的试样必须来自正常生产的批次，而不是来自实验室或原型制造，这样才能够正确地衡量生产的能力。所有的系统都要求对首件生产的产品进行确认。有关样本容量、测试要求以及报告格式等进一步的要求可以有所不同，但意图是一致的，即供应商必须应用这一过程来确认顾客的期望在连续大生产的条件下能够满足。这一活动完成后，供应商要向制造商提供该零件及其资料，以便进行评审。如果所有准则及期望都得到了满足，该供应商将获得开始生产的书面的正式批准文件。如果有所疑虑，必须立即着手处理，以确保该零件满足要求以及时间不致延误。

(3) 测试方法比较。批准过程应包括对测试方法兼容性的检查。供应商应随样本提供带有测试证书的测试数据，包括有关加速寿命试验以及破坏性试验的信息在内。汽车制造商公司应将测试结果返回给供应商，以便其发现和纠正测试方法中的差异。

2. 过程评审。对于新供应商的通常做法是，在给予生意之前首先审核其生产过程。现有供应商的过程评审也应当定期进行。在审核中，要根据与其他供应商的比较和审核员的经验来就改进问题加以讨论。另外，供应商的某些过程改进或变更还需要得到制造商的批准或现场评审。对供应商的现场访问是很有用的，因为持续的改进活动会强化过程、伙伴关系及产品质量。制造商应将此视为未来关系的一个机遇及小额投资，这一点再怎么强调都不为过。这种活动对于双方公司都是提高，面对面的洽商还有助于建立起彼此间的信任。供应商也许会在某个过程上遭遇困难或需要帮助，应当鼓励与制造商联系和求助。制造商的人员中，应当有专家可以派出以对供应商提供支持。对于制造商了解的有能力支持过程改进和管理改进活动的外部咨询力量，供应商也可以寻求其协助。

3. 反馈。汽车制造商公司与供应商之间的沟通必须是开诚布公的，无论什么话题。供应商希望从制造商处得到忠实的、以事实为基础的反馈。所提供的信息越好，供应商的反应就会越快，越适当。这是对合作双方提供详细信息并作出详尽具体的行动计划的能力的真实考验。没有什么生产体系能够永远完美无缺，因此当出现问题时，及时的反应和支持便成为最重要的事情。

4. 持续的改进或改善。供应商企业的成员应当认识到，只是维持现有的质量水平是不够的，必须用持之以恒的努力来追求改进。制造商的质量保证部门能够通过各种方式帮助供应商将持续改进活动在整个组织中全面开展起来，如提供培训者及培训资料，推动班次、部门和团队间的质量改进竞赛；与供应商的团队聚会讨论有关的质量问题；利用现场供应商奖颁奖式来表彰持续改进等等。如果制造商与供应商的管理当局都能以这样的方式频繁地展示他们对于改进活动的全身心的支持，职工们就更容易接受诸如团队解决问题、质量管理小组等确保持续改进的方法。

对供应商的控制　汽车制造商采取若干种方式来对供应商加以控制。其中一些是在生产前实施的，如供应商选择过程、共同质量计划、供应商质量保证等。其他的一些措施则是在开始供货以后实施的。

接收检验　大规模生产条件下初期产出的零件在生产的头 1～3 个月内要接受随机抽样。如果发现了缺陷，则抽样数量就要增加，必要时要采取相应措施。如果随机抽样显示质量在认可的标准范围以内，则抽样就会减少，直至最终停止。此后，汽车制造商将依赖供应商的测试证书及定期的质量审核。当双方关系发展到这一点时，重复抽样得以避免，供应商对于产品质量及其证明将负有更重要的责任。

供应商质量审核　对供应商设施的年度评审是常规性的，以确保供应商在系统测试及文件管理活动方面遵循联邦的要求以及质量控制计划。根据合同规定，供应商必须将过程的变更知会制造商，以便在现场审查时对相关文件及实际过程加以评审。现场审查包括很多项目，图 29—7 中列出了其中的一些。

供应商评分　涵盖各种供应商活动的一个评分系统可用于质量改进活动及奖励。这一系统可以将供应商与期望、其过去表现以及其他的供应商加以比较。作为一个例子，图 29—8（a）及图 29—8（b）给出了由丰田汽车美国销售公司管理的丰田质量联盟评分系统的目录页。

组织	进货检验程序
质量控制方针	过程偏差
产品识别	供应商绩效记录
批产品的识别及可追溯性	表面验收标准
测试程序	缺陷材料的处理
测试结果	供应商缺陷知会
过程流程图	图纸管理
工程变更程序	规格文件
检验标准	规格偏差

图 29—7　供应商审核内容

说明：此图未包括全部内容。

(a) 供应商评价评分类型

产品质量	
质量保证	20
担保	15
运营质量	
交货	15
错包/毁损处理	5
购置	20
产品支持	
营销	12
计划项目管理	5
技术开发	8
总分 100	

(b) 相对于评分类别的公司内部责任分工

类别	集团	部门
产品质量		
1. 质量保证	美国产品	供应商开发
2. 担保	服务/美国产品	担保管理
运营质量		
1. 交货	零件	零件供应
2. 错包/毁损处理	零件	零件清单
3. 购置	美国产品	采购
产品支持		
1. 营销	零件	零件营销
2. 计划项目管理	美国产品	计划项目管理
3. 技术开发	美国产品	零件及辅件工程

说明：供应商对于评估的任何一部分存有疑问可直接问其相应的采购者联系。

图 29—8

资料来源：Toyota Quality Alliance Rating System, Toyota Motor Sales, USA, Inc.

制造

制造方法的发展 这些年来，汽车生产产量的大幅度增长导致了大量的生产线活动的自动化，使得生产的经济性变得越来越好。自动化的机械及与之配合的传送设备改进了输入零部件的一致性以保持连续的生产，这带来了一个必然的好处，便是质量的显著提高。自动化不仅带来了更高的生产率和人力资源的更加经济的利用，而且也带来了大大改进了的质量。

这种效果随着计算机越来越多地应用于引导设计和制造过程而愈加明显。与单纯的机械手段相比，计算机可以实现更大的再现性和一致性，这对于质量保证而言是至关重要的。

生产准备 汽车厂商有一些部门负责进行生产准备步骤，以使生产能够保持

所期望的质量水平，这些步骤包括了设施与过程计划、规模化试生产。

设施及流程安排　过程计划步骤规定了所要完成的操作、所使用的工具和机械以及生产技术的其他方面。在这一步骤中还包括对于过程的质量能力的审查，以确定其是否符合设计中所规定的公差和可信性。对于与车辆基本功能及安全性有关的零部件，应采用最稳定最不易出错的生产和检验系统。

大规模试生产　当生产的一切准备就绪后，便要进行大规模试生产，以确认在大量生产进程中仍能够持续地满足质量标准的要求。从零部件的制造到最终装配和成车检验，在所有阶段中都要严密地测量产品的变异性或离散趋势。离散数据可用于辨识那些需要改进一致性的过程。大规模试生产还有助于确定需要变更的工艺装置。

过程管理　工作的计算机化的进程使得制造过程的控制变得日益简化。过程控制依赖于迅速的信息反馈，质量数据的计算机处理很好地促进了过程控制的实施。有些生产职能依靠指令，而常规的过程受制于人的变异性，给不出多少反馈。这时，当产量不断增加时，对工人的培训和激励便变得比以往更为重要。

过程能力的概念广泛地应用在汽车业中。因为过程能力会随着过程条件而发生变异，保持过程能力的记录以及调查任何明显的变异特别是恶化的情况，都是非常有用的。

近年来，授权于操作人员进行过程控制及产品验收变得日益普遍。机械操作人员装备了质量标准信息，他们被赋予更大的权限来调节过程以满足标准。操作人员还被授权来决定接收或是拒收产品，这便是所谓的操作者自检的概念。操作人员可以决定过程是继续还是停止以及产品是否符合质量规格。

在很多情况下自动化的过程调整代替了人的判断，它依靠自动化的测量和反馈来调节过程而无需人的干预。这种系统的维护则要求人员的定期干预，根据对过程能力的检查结果，进行必要的修理、调整及更换。

过程改进　历史上，产业界一直依赖的是工程师及监督人员来变更产业的过程。工人的作用仅限于意见箱中的意见，没受到什么重视。

在 20 世纪 60 年代期间，日本产业界针对所有层次的工人开展了广泛的教育活动，内容主要着重于过程的控制与改进。丰田汽车公司的这种活动始于 1961 年，其内容包括了质量控制、帕累托图、特性要因图、直方图、控制图、相关图等。丰田公司开展了质量管理小组活动以促进部门内的过程的改进，获得了显著的效果。后来开展的以消除由于过程不良及操作人员失误所造成的缺陷及索赔的运动，也极大地推动了质量的改进。

看板　看板（Kanban）是准时制系统中的主要工具之一，它用于促进在制造及运输的各个阶段中的生产均衡及工件的均匀分布。针对成千上万种品目，如发动机零部件、传动件、板金件、座位以及其他各种内装零件，看板在整个制造流程中使货物、材料、信息保持着有序且有效的流动。

看板通常是一种包有透明封皮的印制卡片，载有诸如零件描述、零件编号、数量或批量之类的信息。这种卡片与各种盛放零件的容器、箱子及架子相配合。看板用来从上一道过程中抽调进一步的零件来补充本过程已用掉的零件。其思路是“卖一个，买一个”。通过采用这样的做法，在适当的时间只使用适当数量的适当产品。可以将之视为一种无浪费的生产和输送材料的手段。

检验

生产线内的检验员和最终检验员多年来在汽车制造业中一直是一个重要的构成。检验人员通过检查材料、零件及组件的质量以确保其符合标准。检验职能所提供的数据有利于促进产品及过程的改进，防止产品中出现缺陷。信息首先用于直接的操作者反馈和机器调整。这种信息还用于向管理层的报告，以便进行对比和跟踪，并支持机器、产品及过程改进的成本依据。根据检验反馈的信息可以将管理层的支持引导到那些需要改进的领域。这种引导能够极大地帮助管理层的工作，从而使整个过程受益。在相当的程度上，在有些汽车制造企业中，检验员已经为生产线上的操作人员所取代，这是稍前提到的将过程控制和产品验收向操作者授权的一个组成部分。

缺陷的严重程度分类 汽车业已建立了广泛接受的分类系统，所有缺陷都可以归入三大类别当中：

A. 涉及安全性或关键功能的缺陷。这些缺陷会危及操作者或乘坐者的安全，或致使车辆功能失灵，如制动功能、电力或转向等。

B. 影响车辆基本功能的操作故障或大多数顾客都不会接受的重大外观缺陷，如锁闭机构无法操作；油漆退色、开裂或剥落；发动机或制动杂音很大。

C. 第三类包括不影响车辆功能的项目或不致引起顾客抱怨的外观项目，如标签或衬条扭曲、车底的锈蚀或杂物箱灯光不亮等。

就顾客满意情况而言，A 类缺陷肯定会退回来修理，B 类缺陷一般也会退回，C 类缺陷如果发现的是仅有的问题的话，则几乎不会返回。这种严重性分类有助于汽车公司集中解决主要问题。

检验的组织 进货检验、过程中检验和最终检验是汽车厂所采用的三种主要形式。检查方法通常是分类制定以利于顾客满意，分别关注产品、过程及操作方面。在很多情况下，必须遵循正规的程序规定，这些程序会要求提供书面文件[如联邦机动车安全标准（FMVSS）的要求，或其他的安全性规定]。很多这些方面的问题可以用机器来验证，不能由机器验证的那些项目要由检验人员施以百分之百的检查。机器过程要由检验人员施以随机的审核，以确认机器的结果及读数的准确。

• 进货检验是针对原料或购买的零部件进行。不同的原材料要制定不同的测试要求，分别针对硬度、强度、透明度及其他因素。

• 过程中检验包括尺寸检查（冲压、机加工、成型）；设备的温度、压力、时间（铸造、锻造及成型）；配合性确认；功能性确认。主要的功能件如轴、传动件、发动机等在最终装配之前要进行试运行，以节省装完后发现故障而导致的修理时间和成本。

• 最终车辆检验是在所有的零部件都已装配完毕、车辆完成后进行的。要求进行很多的功能性检查、调整和确认。由于车辆的复杂性，有些额外的功能性项目需要加以确认。其中包括：

水密测试。保证车辆不漏水。

前轮定位校准。确认车轮的缘趾、主销后倾角及外倾角定位适当，以确保最佳的操纵性能及轮胎的高寿命。

制动功能。保证无泄漏以及所有元器件功能正常。

前灯瞄准。

全面的功能检查。

出厂之前要进行全面的外观检查，以确保送达顾客手中时无破损、涂漆或配合问题。尽管大多数检验都属于冗杂琐碎的活动，但通常都被汽车厂商视为保证顾客满意的一项必要活动。

现场服务

车辆的销售和服务是所有汽车制造厂商的忧心之处。因为大多数车辆都是通过独立经营的经销商来进行的，制造商对这些活动没有直接的控制。

经销商的作用 向顾客提供处于良好、清洁状态的车辆，并重视在销售过程中及销售后的顾客满意，这是经销商的义务。制造商花费了大量的时间、精力和金钱来建立支持经销商的销售和服务活动的程序。除了车辆的性能之外，这些活动或许是顾客对于制造商的仅有的体验，为此，汽车厂商为销售和提供活动给予了大量的培训。这帮助经销商改进了与客户的初始接触活动，也为留住顾客以获得未来的生意起到了作用。与销售培训相比，制造商提供车辆技术服务培训的力度要更大。针对维修服务技术人员的认证制度已经建立起来，以便在技术人员当中划定水平和促进竞争。制造商支持销售人员和技术人员的培训，旨在希望或期望使经销商的人员成为更好更强的资本，从而使顾客更加满意。

车辆服务体系 在保证期内，经销商几乎能够确信，顾客需要时将回到经销商处维护或保修。大部分这些费用是由制造商直接支付给经销商的。在保证期内，经销商必须满足顾客的需要，才有可能期望顾客在保证期满后会回来进行维

护及修理。通过使顾客满意来创造将来的商机，服务业务可以成为经销商的极佳的利润中心。

随着汽车制造商延长保证期限及扩大保证范围，经销商被赋予了更多的服务活动，这些活动能够带来保修期满后业务的增加。图 29—9 表示的是一个典型的制造商的原始保修记录。保证期满后，经销商可以有很多的零件来源可用。但在保证期内，制造商要求使用原始设备（original equipment，OE）零件。所有制造商都有广泛的零件配送系统，以及时地支持经销商对这些零件的需要。例如，丰田公司建立了自己的“北美零件物流事业部”，以改进本地的零件供应，同时作为一个零件配送网络，来供应整个北美的丰田经销商、出口市场以及某些通用汽车的车辆。

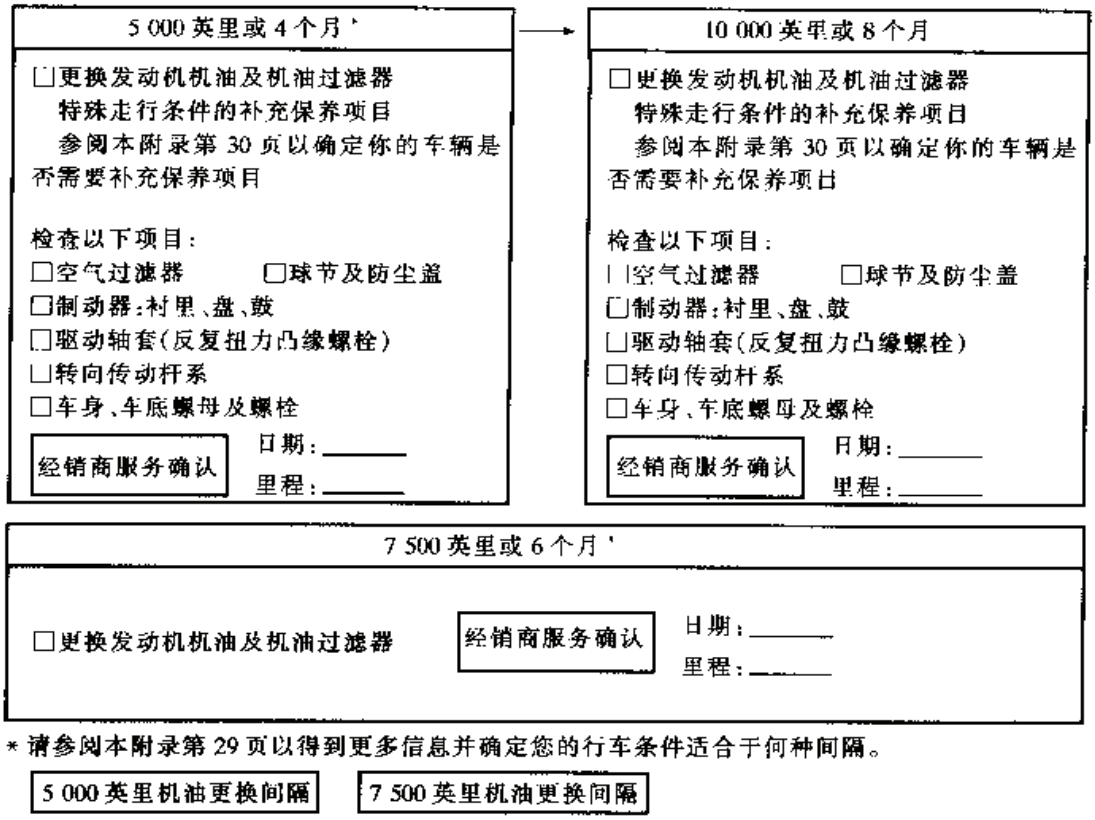


图 29—9 保养记录

保证期过后，经销商可以自主决定零件的采购。由于 OE 零件满足经销商的需要且价格有竞争力，因此制造商鼓励经销商继续使用这些零件。这种做法对制造商是有好处的，因为：

1. 使用了高质量的零件；
2. 配合与功能两方面的规格都是正确的；
3. 长期业务对于制造商的配送系统起到了支持作用。

原厂零件的使用还有助于支持高的顾客满意度。

现场质量信息的反馈　有关车辆及零件在现场的性能信息对于制造商而言是非常重要的。这些信息不仅关系到对现有零件及将来设计的持续改进，而且对确保顾客满意起着至关重要的作用。政府主管机构，例如美国的 NHTSA（国家公路交通安全管理局），通常会对安全问题进行监控，制造商必须向该机构沟通所有相关的活动以重视这一问题。对于非安全性的问题，顾客满意是主要的关心事项，召回活动的处理方式对于顾客满意而言是关键的。图 29—10 表示的是制造商的典型反馈系统。

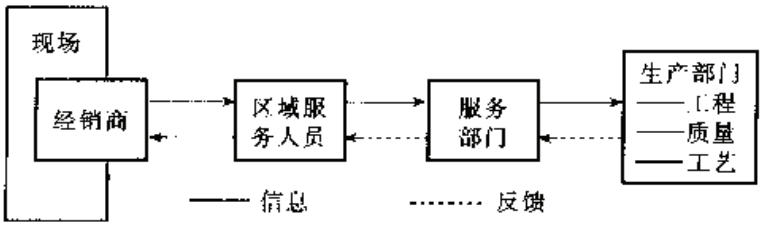


图 29—10　反馈

保证期过后的现场服务　当在保证期内修理顾客的车辆时，会要求大量的信息作为经销商支付的依据。这种信息对于改进零件、决定是采取召回修理还是更换有缺陷的零件，或依据现场数据设定现实的零件性能期望都是有帮助的。图 29—11 表示的是保修结算需要填报的许多内容。所有厂商要求的信息都很类似。

车型	交货日期
型号生产年	销售地区
组装厂	修理日期
序号	修理时里程
车身形式	零件编号
发动机类型	缺陷代码
变速箱类型	供应商代码
驱动桥降速比	修理成本
生产的月份	

图 29—11　保修结算信息

制造商要求将许多被更换的零件退回拆解分析。负责的工程师和/或供应商利用收回的这些零件按照“计划—执行—检查—处理”（PDCA）的模式（见图 29—12）来分析根本原因。这种信息要比修理技师的书面意见有用得多。

车队反馈　顾客或汽车制造商雇员的车辆也都是信息的来源。从那些行车里程高或使用条件严酷的顾客的车队中可以获得更多的反馈。

原型或改进的零件可以安装在雇员的车上测试，以确认变更的效果。

顾客抱怨　所有制造商都设有免费电话以供顾客获取信息和协助以及进行投诉。很多情况下，这种信息可用于支持产品或过程的改进。另外，由相关人员作出的快速反应能够确保维持较高的顾客满意度。这种活动的总的目的是改进产品质量和提高顾客的满意度。

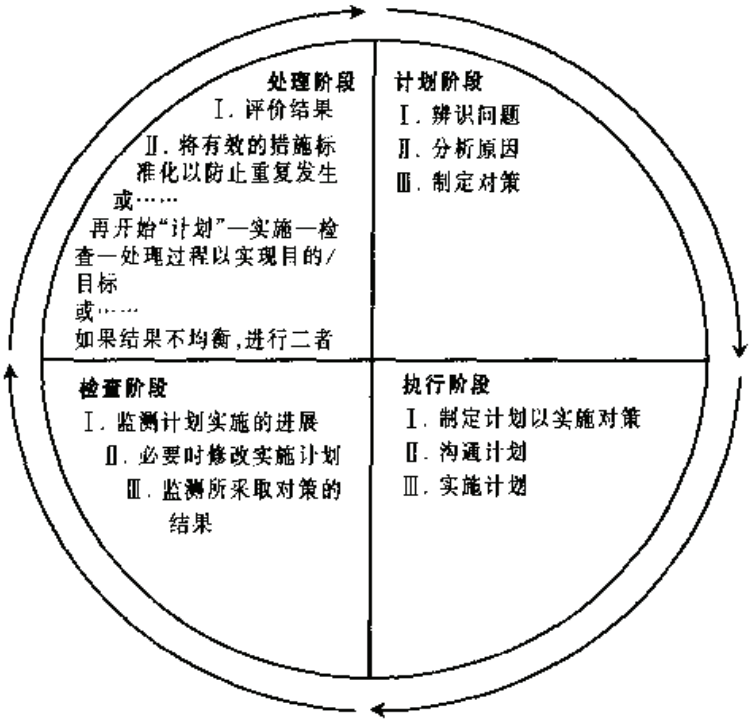


图 29—12 PDCA 循环

质量审核

作为车辆交付给顾客之前的进一步的检查，制造商要进行随机抽样的车辆审核。虽然有很多的审核是在厂内进行的，但分析最终装配好的车辆能够确认整个生产系统的产品及过程的质量。最终的车辆审核可划分为若干个领域。

标准设置 其中包括各种紧固件的扭力测试，确认零部件的校准程度，为了确定功能在规定范围内的功能测试，如停车制动或换挡调整，空调功能，以及泄漏测试。

顾客验收 这包括配合、清洁以及功能。

道路测试 测量走行中的车辆的噪声、振动、粗糙（noise，vibration，harshness，NVH）以及功能性和动力性问题，如前端或车轮的平衡。

水密测试 确保所有密封都是完善的。这方面发现问题要立即分析根本原因并考虑对策。最终车辆审核在生产设施中具有很高的优先度，因为选出来的这些车辆是已经为整个系统所批准且将交付顾客的车辆。

其他的系统内的补充检查可由生产、工装以及其他部门的人员分别进行，以确认各自的领域是否符合要求。所有这一切都是为了同一个目的，即无缺陷的质量与提高了的顾客满意。

汽车质量的展望

持续的进展 世界汽车产业曾面临由手工业向大生产转变的挑战，这一期间在产品质量方面不断地实现了无数的改进。在大规模生产的早期年代，随着生产线运转得越来越快，更好的过程、材料、设备以及工人培训产生出了更大的一致性。面对保护消费者运动的兴起和人类环境意识的高涨，产业界又以在产品质量和安全性方面的重大改进以及车辆及工厂的排放物及废弃物的减少作出了很好的回应。

下一步骤 在 20 世纪的最后几年以及 21 世纪，汽车产业将在产品质量、可靠性以及环境可接受性方面巩固和加强这些进展。进一步的质量进展将会来自团队生产方法、机器人的使用、准时制生产控制和其他的丰田称之为“丰田生产系统”的技术。汽车业的供应商关系将会更加紧密，尽管在很多方面这种关系已经非常密切，制造商与供应商甚至会共享它们的产品计划、生产方法以及质量技能。

智能化运输系统的成长，意味着智能化的车辆行驶在智能化的高速公路上，将带来新的质量问题和机遇。远距离传感器、“聪明”的巡航控制、车载导航系统、内置诊断装置以及其他的电子设备装置将增加质量测量的复杂性，对工厂的过程控制及质量保证方法提出了新的要求。许多这些装置的供应商目前也许尚未加入到汽车业中来，也不熟悉汽车业所采取的诸多质量举措。

新的战场 但是，主要的质量战场将由生产厂转移到零售领域。越来越多的调查、研究以及焦点小组的意见都表明，汽车购买者所关心的质量不仅是产品，而且还有与之相伴的购买和服务体验，这些也是顾客满意的构成元素。

在零售战场上取得成功，这也许是对汽车业的最大挑战，因为在整个设计/生产/分销/销售链条上，这一块是汽车制造商控制得最薄弱的领域。虽然汽车制造商对这部分施加着影响，但潜在买家要变成顾客仍然依赖于独立的经销商。

如果汽车厂商要满足购买者的需要，就要更多地了解购买者人口要素上的变化，了解汽车对新的生活方式的适应形式。制造商必须考虑到购买者的时间和财力资源所面对的新的更大的压力、通勤习惯的变化、创业者群体的成长、在家工作的现象等等。

然而，对那些有志于改进销售和服务体验的汽车制造商而言，也存在着可以利用的机会。经销商培训也许是其中最大的一个机会，因为制造商在提升经销商的销售和服务人员的知识水平及专业水准方面能够做很多事情。许多制造商都没有这类培训计划。这方面的工作正在不断得到加强，因为竞争迫使着企业必须有更多更好的顾客关系。

另一改进的领域是对于“精益分销”的重视，这类似于生产领域的精益生产。制造商将设法改进其对于车辆订单的反应能力。这将会起到双重的效果，既因为迅速的供货而取悦了顾客，也大大降低了经销商的昂贵库存。

最后，制造商将能够通过对顾客的教育与沟通来提高购车体验的质量，这主要是借助于互联网来实现的。越来越多的汽车购买者最初对汽车信息的搜寻是在家中用电子化的方式开始的。这使得顾客与制造商进入了一种直接而双向的沟通状态，这是一种前所未有的方式。互联网通讯所带来的新的能力有着广泛的范围，简单的可以让购买者亲眼看到其所选车型的颜色及外形的各种样子，复杂的如对性能、材料、担保细节等高度技术性问题的详细回答。

汽车产业正在受到下述变化的挑战，即必须从基于产品的质量考虑转变到对拥有体验（ownership experience）的所有方面的考虑。用何种姿态来迎接这一挑战，将是对我们的反应能力、适应能力以及真实的顾客服务态度的试练。

致谢

对于丰田技术服务部门的戴维·L·皮尔斯（David L. Pearce）对本章所做的贡献谨致谢意。

参考文献

本章采用了来自五个资料来源的信息、图、表和数据。它们是：

Hiller, Dennis, Ingram, Larry, and Kitamura, Toshi (1994). “Production System Implementation at Supplier Base.” *IMPRO 1994 Conference Proceedings*, Juran Institute, Wilton, CT.

Sakai, Shinji (1994). “Rediscovering Quality—The Toyota Way.” *IMPRO 1994 Conference Proceedings*, Juran Institute, Wilton, CT.

Toyoda, Soichiro (1979). “Automotive Industry—Section 42.” *Quality Control Handbook*, 3d ed. McGraw-Hill, New York.

Waltz, Robert (1996). “Managing Customer Loyalty.” *IMPRO 1996 Conference Proceedings*, Juran Institute, Wilton, CT.

Womack, James, Roos, Daniel, and Jones, Daniel (1990). *The Machine That Changed The World*. Harper Collins Publishers, New York.

（李朝霞 译）

第 30 章

旅行与宾馆业

帕特里克·梅内（Patrick Mene）

旅行与宾馆业的使命
旅行和宾馆业产品质量的定义
旅行和宾馆业中的典型质量挑战
　非功能性期望的重要性
　过量设计
　旅行计划者的常识
　产品的易逝性
　对过程管理的有限认识
行业的动态特性
分析问题的障碍
　多种类型的过程
　物流很复杂
　短期的经济压力
现行质量惯行的发端
　很少全国性的运输商或旅馆公司
　产品的非标准化
　社会变革
该产业对社会变革的反应
　联合：全国联盟和宾馆连锁
　共同管理
政府的影响
　1978 年的《航空公司解除管制法案》
　1981 年的《经济复苏法案》
在旅行和宾馆业中的质量计划活动
　如何考虑旅行和宾馆业中的质量计划
　设施与设备的质量计划
　对于服务质量的计划
　对特殊加工进行的质量计划
　“见机行事”在旅行和宾馆业的计划活动中的作用
在旅行和宾馆业中控制质量
　设施和设备的质量控制
　服务质量控制
　特殊加工或专项活动的质量控制
　食品生产中的质量控制
　美国航空业的质量监测
旅行与宾馆业中的质量改进
　克服对变革的抵制
　质量改进：新产品开发
　质量改进：服务、专项活动与加工
供应商质量
　背景
　如何选择供货商
　依据规格和品牌
　依据收货检验
　有关所选供应商数量的考虑
　旅行和宾馆业的标杆
旅行与宾馆业质量的展望
　工作组织方式的巨大变化
　强调过程控制
　效率至上的电子世界的威胁
参考文献

旅行与宾馆业的使命

虽然旅行业和宾馆业是两个不同的行业，但它们密切相关。两者的使命有着显著的差异。旅行业为旅行计划者提供旅行建议，为旅行者提供交通及旅行关联的服务。宾馆业则为旅客提供食宿、会议场所及宾馆关联服务。

这两个产业因彼此间的相互依赖而联系在一起，宾馆业依靠旅行业来输送客源，旅行业则依靠其输送的目的地（包括休养地、会议场所）来证明自己作为旅行提供者的存在必要。由于这个原因，这两个行业的公司也常常通过联合营销而联系在一起。（比如说，常常能看到会议登记材料上有若干条款，规定乘坐指定航空公司的飞机能享受优惠票价，及住在会议场所或附近的指定宾馆有折扣优惠等。）

在本章中，旅行、宾馆业中的质量实践分别通过航空公司和宾馆来体现。也有一些例子来自这些行业中的其他参与者，如旅行计划者和旅游路线等。

本章将讨论如下这些广泛的领域：

- 质量的定义。
- 质量的挑战和存在的障碍。
- 该产业的简单历史，包括对质量管理具有影响的那些社会、法律方面的变化，重点放在 1950 年以后。
- 质量管理过程，即质量计划、质量控制和质量改进，在这些产业中的实践。
- 供应商质量的重要性及其管理。
- 标杆——这些产业中的最佳绩效。
- 对这些产业的质量的预测。

旅行和宾馆业产品质量的定义

在这些产业中，质量一向是以产品的特性或等级来定义的。其产品线中常常有三个基本的等级，即豪华、高档和经济，从中可以看出其做法。这三个等级是以顾客所期望的特征、利益和优点为基础的。豪华是最高一级，而经济型是最低一级。虽然某一特定产品的等级名称会有所不同，等级结构中可能会包括更多或更少的分类，但通常都会让顾客知道，通过广告、销售说明书等，存在着这样的等级结构。这种等级结构可以通过品牌名称或一个品牌中的服务等级表示出来。表 30—1 通过几个方面描述了这三个产品等级。

表 30—1　　产品等级

等级	豪华	高档	经济
特征（向用户允诺产品所具有的）	美丽、正宗、舒适的环境	诱人、清洁、舒适的环境	温馨、清洁、舒适的环境
	高档的个性化服务	礼貌的服务	礼貌的服务，诱人的价位
	及时提供	及时提供	及时提供
	迅捷、完全地解决问题	解决问题	解决问题
根本益处（产品给予了用户什么）	正面的、令人回味的体验	没有负面体验	最低的价格
个人收获（用户可从产品中得到什么）	更有效、舒适和尊贵	有效、舒适	对他们自己以及对别人来说都说得过去

旅行和宾馆业中的典型质量挑战

非功能性期望的重要性　航空公司、旅馆和游船的许多顾客都有着超出所使用产品或服务的功能要求以外的期望，尤其当其旅行是一个较长的期间或特殊的时机时。他们的最终渴望是一个使他们感觉良好的“值得回味的体验”(Cleveland，1988)。这种体验的特征是诸多心理感觉的积累，如对周围环境的所见所感、问候时的温馨、舒适和被重视的感觉等等。这些感觉性的事物创造出了顾客的个人收获，对于他们的忠诚以及情愿支付高价有着重要的影响。

这种感觉很容易被破坏，如冷漠的态度、不洁的地毯、令人心烦的噪音、虚情假意的微笑，或任何不当的表情如令人不快的“禁止”示意等。这种破坏是复合性的，因为人们常常会通过他们的所见来判断看不到的事物。用汤姆·彼得斯（Tom Peters）的话来说：“航班餐盘上的咖啡渍反映出发动机的糟糕保养。”这种破坏的程度会迅速倍增，因为（讨厌的感觉质量）消息会不胫而走。

把顾客忠诚作为研究课题的文化人类学家拉贝尔（Rapaille）解释了非功能性要求的重要性。在拉贝尔看来，顾客在选择任何产品或服务时的决策过程是以情绪或他所谓的“情感逻辑”为基础的。［有关其理论的基本概要，请参阅 Bernowski（1996）。］有关非功能性要求的基于数据的研究，参见下文“质量改进：服务、专项活动与加工”中有关荷兰皇家航空公司的例子。

过量设计　顾客经常会抱有不现实的期望，而高等级产品的开发者和营运者则经常将非功能性标准设定在顾客感觉之上的水准，这增加的是成本而非价值。有一个例子是纽约一家有名餐厅以前的做法。它的菜单印刷在一种名为“象皮”的进口纸上，这种貌似羊皮纸的纸张有着超乎寻常的光滑触觉。虽然这种纸的价格是一般绘画用纸的两倍多，但用餐者触觉感受到的却很普通。这种产品只增加

了成本，而非价值。

旅行计划者的常识 旅行和宾馆业产品的消费是通过许多中介的旅行计划者而发生的（虽然有些消费是直接由旅行者进行的）。这些旅行计划者包括各种组织的行政支持人员、旅行社和会议主办者。航空公司、宾馆和游轮面临着这样的挑战，即它们不仅要针对旅行者，而且还要针对整个旅行计划链中的所有中介计划者建立起它们的产品优势（无论实际上优势如何）。每个中介在判断质量和影响旅行者的能力上都有所不同。以下概括了这些计划者的常识和经济强项（本章这部分并不试图阐述该产业的整个复杂的分销体系）。

会议计划者可被视为旅行计划者中的“关键的少数”。他们通常代表着数量不多的一些机构，但却常年在不同地方举办大量的且经常是大型的会议。其经济实力不容忽视。他们的技术知识非常高，其原因有以下几点：（1）行业的培训和认证；（2）计划和管理重复性会议的广泛经验；（3）会议数据的收集和分析。

公司旅行计划者和会议计划者具有同样的经济实力。他们的任务是制定旅行政策（一般是在旅行机构专家的咨询下）。值得注意的是，旅行和娱乐开支通常是机构中的第三大开支，仅次于工资和数据处理开支。有些质量专家和旅行计划者认为，仅仅着重于节省旅行开支的公司旅行政策是与雇员生产率相左的。他们主张仅根据价格来选择的旅行会导致拖拉、复杂、压力和疲劳。对旅行雇员产生的最终影响是生产率的降低。

旅行社在1978年航空公司解除管制法案通过之后获得了经济实力（参见下文“政府的影响”部分）。大多数独立的旅行社都已成为了通常被称为联盟的各种特许或行业协会品牌的会员，来跟主要的全球性品牌竞争。对于会议计划者、旅行社而言，由于其具有大量的旅行经验，他们具有判断质量的能力。

到1995年，旅行社行业，尤其是在美国，受到了若干的威胁。随着互联网（即计算机信息高速公路）的介入，旅行顾客可以直接了解旅行产品并可即刻获得旅行安排的确认。此外，大多数主要的美国航空公司开始限制所售国内机票中给旅行社的佣金。这一政策向国际航班的扩展也正在检讨之中。为了应对这一变化的环境，大旅行公司开始针对其团体顾客以基于费用的安排的形式来捆绑价格。

机构中的行政支持人员通常为其机构中的人员来计划行程。这可能会包括来访的宾客和外出旅行的高层领导。总而言之，这些中介是非常重要的。他们的技术知识很有限，因为他们并不常规地评估产品质量。

在所有的情况下，航空公司、宾馆和游轮都提供有关产品信息及魅力四射的销售人员，以协助旅行计划者评判产品质量并向旅行者指出显著的差异之处。

产品的易逝性 航班上的座位、宾馆的客房和游轮的舱位是旅行和宾馆业中最易失去价值的产品，比食品更易失去价值。（今天没卖出去的半个苹果第二天

还能吃，而今天未售出的航班座位或宾馆客房却永远失去了价值。）库存管理必须精心地计划和实施，以免昂贵的过时损失。

舱室和客房的装饰也会随着时间的流逝而逐渐破旧，直到最终被淘汰。因此必须进行定期的过程点检并采取必要的纠正措施（即定期的清洁和维护）。

对过程管理的有限认识　传统上，通过强调所提供产品的特征和优点，这一产业的公司将其大部分目标和资源都放在吸引和留住顾客上。对于创造和提供这些特征和优点所必需的过程，则很少有什么认识。事实上，多年来，行业中的主流认识一直不承认“过程”概念在该行业中有何用途。（“那是制造业的事，我们不一样。”）结果，他们的过程便普遍地成为了低效率、过时、非常官僚，甚至根本不存在的东西的结合体。没有了“过程”的概念，就相当于剥夺了一个机构运用与过程有关的逻辑和工具来预防或纠正质量及相关的生产率问题的武器。没有这种预防或纠正性的措施，大量严重的慢性问题就将导致横跨组织多个部门的复杂过程陷入瘫痪。“事情本来就是如此”的认命态度使得组织对这些问题熟视无睹。如此而形成的通常是一个多层级的管理宝塔，这种制度下有的组织单位中工人与管理者的比例为 7:1 并不鲜见。这种比例使得组织承担了巨大的工资成本，并导致一种对质量和人际关系起到破坏作用的思维定势。这种官僚制做法造就了这样一种社会系统，在这种系统中，工人是极易替换的不熟练工人，岗位是定义极为狭隘的岗位，这样的工人在这样的岗位上执行着由管理者制定的计划。由这种低质量的工作生活转变而来的是跨部门过程的低质量产品以及高额的组织成本费用。有关这一题目的详细讨论，请参见第 6 章“过程管理”。

行业的动态特性

一般来说，顾客作出的旅行预定中有 30% 将会变更或取消。这种高比例的变化会引起排程和信息方面的问题，也会导致更多的工作量与成本。这种信息主导的境况强调了以下几方面的必要，即：（1）在预定系统和生产系统中建立灵活性；（2）要有一个控制系统来向有关各方提供准确且最新的信息。这些挑战对于销售收入和成本有着重大的影响。这些影响按照等级归纳在表 30—2 中。

分析问题的障碍

多种类型的过程　航空公司和宾馆的产品应用着三种基本的过程：（1）连续生产；（2）特殊加工（special job）；（3）服务提供。这些过程中的每一种都因不同的理由存在，各有其显著的特点。它们并非相互排斥的。

表 30—2　　典型的质量挑战

挑战	等级		
	豪华	高档	经济
心理特性和益处不够充分	S	S	S
外观标准设定得超过了顾客能够感受到的水准	C	C	C
产品的卓越性不是与旅行计划者一道建立的	S	S	S
航班座位、客房和舱位若未售出其价值便会消失	C	C	C
家具和装修会变旧	C－S	C－S	C－S
过程的低效、无用、过时、官僚或不存在	C·S	C－S	C－S
过程计划与控制依赖于一个复杂的管理宝塔结构	C－S	C－S	C·S
不熟练的工人在定义狭窄的岗位上被动地执行着管理者制定的计划	C－S	C－S	C－S
顾客订单信息有着频繁的变化	C	C	C

说明：挑战影响的对象 C＝成本；S＝销售收入。

1. 连续生产过程是产品具有必须重复生产的标准设计情况下存在的。这些过程与生产和装配工作具有许多相似之处。例如：

- 完成航班和旅馆预定请求。
- 提供航班座位分配。
- 分配旅馆客房。
- 飞机的清洁与再补给。
- 旅馆客房的清洁与再补给。
- 准备航班或旅馆的食物。
- 处理航班的行李。
- 提供旅馆泊车服务。

虽然这类工作一般提供的是有形的产品（如预订信息卡、重新安排的客房或一盘食物），同时也会涉及服务提供过程。

2. 特殊加工过程存在于当一种产品具有多种设计，每一生产周期具有新的或不同的要求的场合。例如：

- 制定游轮路线。
- 提供包机飞行。
- 组织聚会、会议或宴会。

这种过程在很大程度上依赖于向所有相关方面沟通重要信息，其生产周期通常很短。另外，仍然会涉及服务提供过程。

3. 服务提供过程存在于供应者与顾客相遇进行面对面的办理的场合。它一般包括了下列一项或多项事项的提供：（1）增加舒适和幸福感的个人努力；（2）解决某个问题的信息；（3）有形的产品。有关航空公司和宾馆业的一些例子如：

- 对旅客的欢迎。
- 提供指南。

- 接过旅客的行李。
- 提供一杯饮料或一份食品。
- 提供旅客忘带的东西。

必须注意的是，服务提供过程可以被嵌入在连续生产过程和特殊加工过程中。把服务提供理解为一个连续的统一体是很有帮助的。在这个连续体的一端是一台银行机的单个化服务（individualized service）。这一机械化的过程可以通过银行卡号识别某个人并处理其单个的请求。这个连续体的另一端是可以在家里为客人提供的热情、舒适的个人服务（personal service）。因为服务提供对于宾馆类组织至关重要，尤其是高等级的服务机构就更是如此，其服务提供过程是高度个人化的，并处在精心的计划和管理之下。

物流很复杂　几乎旅行/宾馆企业的所有工作都与服务提供有关联。因为服务是被顾客即刻消费掉的（在提供的时刻），在对问题进行分析时会有三个物流方面的问题需要考虑：

1. 对问题的分析很容易妨碍顾客的满意。
2. 不可能通过停止提供来识别问题的原因。
3. 收集的信息一般是再次的收集而非实时的观察。

服务提供所经过的时间一般都很短，以致许多问题（如为旅行者提供了不准确的说明）在服务提供已经完成时仍未察觉到。

短期的经济压力　航空公司和宾馆都是资金密集型企业，它们的绩效处在外部财务分析师的紧密监视之下。对这些投资的财务绩效评估至少是按季实施的。因此，表现出正面的季度财务绩效要比找出好结果的原因和提升竞争力更为优先。用一位著名的咨询师的话来说就是："计算金蛋的个数要比使鹅更健康还重要。"表 30—3 概括了过程特征和分析问题的障碍。

表 30—3　　航空公司和宾馆的过程与分析慢性问题的障碍

过程类型	产品设计	生产/提供周期长度	障　碍
连续生产	标准设计	长	众多的需要控制的功能性和感觉性的变量
特殊加工或专项活动	多种设计	短	大多数分析不能应用于当前的加工中
服务提供	顾客—雇员界面	简要	测量只有在提供之后才可以进行（即数据是回头收集的）

现行质量惯行的发端

某些机构做了大量工作来描绘这一产业的历史进程（Abbey，1995；Forsyeth，

1995)。对这些工作稍作解释如下。

很少全国性的运输商或旅馆公司 在20世纪30—40年代，美国没有几家全国性的承运商或宾馆业公司。航空承运商在旅行市场只占很小的份额，且主要是地方性的；很多宾馆规模都非常小，并且独立经营。运输航线和旅馆处于人口繁华的商业中心，海上航运则是国际性的、跨大西洋的航线。

产品的非标准化 尽管存在着同一所有权的航空公司及宾馆，其中最优秀者也缺乏标准的政策、程序、产品设计或查询网络。

社会变革 从20世纪50年代起，社会开始经历了人口构成以及与住、行有关的习惯与惯行的巨大变化。

1. 人口增长。第二次世界大战以后，家庭构成比率上升，人口开始高速增长（以平均每年1.35%的速度），尤其在南部、山区和太平洋沿岸地区。

2. 人口结构变化。除了增长率之外，人口结构开始发生变化；阳光地带（尤其是佛罗里达和得克萨斯）和西部的州（尤其是科罗拉多、亚利桑那和加利福尼亚），经受了大量的人口涌入。

3. 更长的预期寿命。人口增长的另一个原因是增加的预期寿命，同时这也是制药业与公共卫生措施进步的一个反映。

4. 收入的增高。在第二次世界大战后的经济中，个人的实际收入提高了，双薪家庭变得更加普遍。在窘迫的战后年代之后，家庭突然有了更多的钱花在旅行和休闲上。

5. 休闲时间的增加。战后的早期年代，每周40小时的工作时间开始变得普遍，工人们被赋予了额外的法定假日，人们的业余时间增加了。诸如零工制、职位共担等职业市场的因素也增加了人们的空闲时间。

6. 会议中心的增加。美国经济在19世纪50—60年代经历了一个繁荣时期。随着商业、商业机构及相关机构的发展，人们需要集会和会议的场所。有些城市设有市政中心或礼堂，可以容纳许多人。当商业扩展到郊区或超过了小城市会议中心为主的有限设备时，与会议相关的旅行和服务业产品的需求（或供应）就开始出现了剧增。这种需求发生在城市、区域或休闲胜地等。

7. 高速公路系统的扩张。州际高速公路系统的建设始于1956年。不久，这个长达42 000英里的系统就在美国人的商业或度假旅行上起到了重要的作用。机动车登记数迅速增长，大量的美国人走上了公路。

8. 航空旅行的增加和机场设施的增多。乘飞机旅行成为美国商业和度假中很普通的一部分。到19世纪80年代初，已有700多家机场获准为旅客服务，其中包括23家大型中心机场（在芝加哥、纽约市、达拉斯、亚特兰大等等）。大型中心机场是许多人的目的地，还是国内、国际航班的中转地。另外，35个中转站也为西南或西北地区服务；62个小中转站为日益增长的商业和娱乐旅行者提供了州内的中转。

9. 越来越多的内行。消费者变得越来越博知、精明，在作旅行和服务决策时越来越挑剔。旅行者越来越不愿意接受有限制的舒适，不管产品等级如何。

10. 国际海运业的衰落。成本的上涨和航空旅行与日俱增的吸引力导致国际海运业的衰落和几近消亡。

该产业对社会变革的反应

联合：全国联盟和宾馆连锁　这些产业在迅速地演化以适应社会变化所带来的挑战。独立的或区域性的航空公司和旅馆企业开始寻求联盟以更有效地进行竞争。参加全国联盟的基本动机是增加知名度（能以联盟的优质效应交易）和增加采购的实力。

共同管理　直到 20 世纪 50 年代，全国性的承运商或宾馆公司才开始采用共同管理来协调所有的商业活动。在航空公司或宾馆公司这一结盟阶段中，结盟的组织各自建立了自己的政策、程序、产品设计、礼仪和预订网络。

20 世纪 50 年代，为了满足公路旅行者的需求，住宿业顺应了连锁发展的潮流。假日旅店（Holiday Inn）、拉马达旅店（Ramada Inn）和豪威·强生旅店（Howard Johnson's）是州际高速公路沿线住宿业的先锋。希尔顿酒店则选择通过建设和收购大型会议设施来满足日益增长的对会议中心的需要。

到了 20 世纪 60 年代，大型航空公司试图利用其知名度将宾馆业纳入它们的产品线中。美国联合航空公司（UA）、美国环球航空公司（TWA）和美洲航空公司（AA）都各自建立或收购了一个宿泊品牌。尽管这种做法最终在美国被放弃，但其他国家的航空公司后来却采用了这种做法。这里有一些例子如：

航空公司	宿泊产品
法国航空公司	南欧酒店（Meridien）
日本航空公司	日光酒店（Nikko）
荷兰皇家航空公司	金郁金香（Golden Tulip）
瑞士航空公司	瑞士酒店（Swissotel）

联合的增长和信息科技的发展为 20 世纪 60 年代第一批免费预订系统创造了条件。这些自动化系统提供了旅行和住宿安排的即时确认。

回顾过去，早期的质量活动的特征表现为产品设计的标准化，目的在于以此区别于其他竞争者的产品，这是对管理要求的回应。要使管理者意识到对顾客要求的回应是更为有效的竞争策略，对于长期的业务健康更为重要，看来尚待时日。

政府的影响

有两个法案在很大程度上形成了美国今天的宾馆/旅行业的经济格局和竞争格局，这便是1978年的《航空公司解除管制法案》和1981年的《经济复苏法案》。

1978年的《航空公司解除管制法案》 随着这第一个法案，航空公司不再被归为公共事业。经济控制的逐渐取消是为了鼓励竞争和提高美国航空公司的服务质量。这一举措所带来的有些影响是可预见的，有些却令人吃惊。

可预见的影响

1. 乘客交通量的上升。1977年，美国的航空公司运送了2.4亿乘客。到了1994年，这个数字增加到了6.05亿。

2. 航空旅行的价格下降。以1995年为例，大约90%的航空旅客买的是打折票。乘客乘坐低价航班的比例由1980年的3%增加到了1993年的12%。目前这仍然是一个方兴未艾的趋势。

3. 竞争加剧。紧随着管制的解除，一大批新航空公司就挺进了这一市场。虽然大部分新进入者都遭到了失败或被其他航空公司兼并，但竞争依然很激烈。

4. 大航空公司放弃了一些小的区域。主要航空公司把小城市的服务留给了支线航空业者，由它们将客人转运到中心机场。1977年，这些支线航空公司运送了920万名乘客。到1994年，这一数字已上升到5 650万。

令人吃惊的影响

1. 尽管交通量的增长对大型、服务全面的航空公司有利，但最大的三家航空公司经历的大部分增长都是在1978年解除管制后不久发生的。由于不利的经济条件与低价航空公司的吸引力，对全面服务的航空公司的需求似乎已经乏力。

2. 第11条的重组规定影响了定价。自从解除管制之后，航空业已有117宗申请破产保护的案子，包括18家大型航空公司在内。在第11条下营运的航空公司免受债权人影响。这使它们能够提供折扣费率，迫使竞争者将价格压低到几乎没有利润的地步。

3. 航空业正在分化成两个主要部分：一部分以便利的日程为特点，另一部分则以诱人的价格为卖点。

1981年的《经济复苏法案》 为了鼓励在美国的资本投资，国会批准了投资课税扣除以及更短的折旧和摊销安排。结果是，大量旅馆未考虑市场需求而盲目上马。这种状况在1986年的《税务改革法案》之后得到了改变。但仍然有40%的客房空置（到1995年），这种过剩有望持续到21世纪。

在旅行和宾馆业中的质量计划活动

如何考虑旅行和宾馆业中的质量计划　一架新飞机、一家新旅馆或一艘新游轮的启用都是一项资金密集、高风险的事业。不充分的质量计划将导致不必要的费用，甚至有可能招致灾难。

机场中办理登机手续的长长队列、宾馆中的不舒适环境、新机场跑道的碎片、食物中毒、海里倾覆的船只等，都是不充分的质量计划的可能后果。[更多的例子，请参见朱兰学院质量教育录像系列（1994）]。

对因这种糟糕的质量计划而付出代价的最有力的例子发生在美国一个旅游胜地的旅馆。那里以户外泳池和日光浴区而闻名，有数百位客人在此住宿。所提供的最受欢迎的产品包括了由泳池服务区的机器制作的冰冻酸奶和酸奶冰淇淋饮料。一个慢性问题是酸奶机的不可靠。故障频出，引起销售损失、返工、多余的步骤、事故、雇员的疲劳和流失，还有顾客的不满。管理当局断定再购买一台新的酸奶机便会解决问题。因为有5 000美元的折扣，他们买下了一台价值12 000美元的新机器。

管理当局对于泳池区工人对新设备的抱怨感到惊讶。有些经理憎恨这些抱怨，甚至声称工人们“贪得无厌”。宾馆采购人员做的一项调查揭示了以下的事实：

1. 新机器的容量不能满足生产的需要。

2. 工人们在一个操作细节上未受过训练：在 30°F～45°F间储存酸奶混合原料。储存不当使得机器无法运转。

3. 工人们正在换用比较贵的原料。

4. 采购这种替代原料导致了加班，从而要付加班费。

5. 泳池酒吧的顾客对于夏季酸奶时有时无的现象感到不满。

用一名工人的话来说：“花了 12 000 美元，事情反而更糟了，但管理当局还以为他们省了5 000美元呢。”在酸奶生产的最初计划和后来的再次计划中，不考虑工人意见都是一个重大的遗漏。健全的质量计划所产出的过程和产品不易招致失败，并可避免因失败而带来的成本损失。

设施与设备的质量计划　飞机、旅馆和游船都是向有能力的厂商定制而非简单的购买。这样一项投资的计划通常会涉及精心组织的共同努力。它要求组建一个由各领域专家构成的团队，如营销、财务、结构、工程、建造、运营等等。团队通常从专精于某领域的外部公司来获取专门领域的特别技能，如结构方面的技能等。计划团队的营销和运营方面的技能通常来自买主的内部。该团队的使命是确认并实现必要的产品特性，同时辨识并避免在最终设施中的潜在失败因素。除

了提供其营销和运营知识之外，买方组织的代表还承担着另外两方面对于项目的成功起着关键作用的角色。其一是在团队中维持项目的经济要求；其二是提供一个一致性的管理过程，以使团队能够有效地实施项目。

对一个新饭店的设施进行计划的过程能够看出一些经过验证的做法。一般来说，团队会采用两种基本做法之一来开发一个新的设施，即：（1）最新建造模式；（2）标高分析“最佳”模式。

最新建造模式做法是以最新建成的宾馆作为下一步持续改进过程的出发点。标高分析模式是当该酒店公司寻求一个具有新意的设施设计做法时所采用的。专家团队辨识出行业之最或甚至是业外的一流设施。航空业标高分析了酒店的设备，游轮则瞄准了宾馆的内装修设计，而酒店则标高分析了游轮的设施设计和设备。英国航空公司雇用了一家以设计豪华游轮著称的工业设计公司来重新设计它的头等舱（Goldsmith，1995）。从这些标高分析的经验中，专家团队辨识出了其新产品的最重要的设施特征，不论是功能性的还是感觉性的质量。进一步的讨论请参见第 12 章“标高分析”。

通常这些产业利用现有产品或竞争产品作为回答以下问题的灵感之源：哪些产品特性最能回应顾客的需要？这种做法不同于家用设施制造商，比如说，后者一般采用大量的市场调查来了解顾客的需要，并以此作为设计其新产品的基础。最新建造模式法促进了产品设计的一致性，也降低了计划和实施的难度。但是，这种做法不仅可能会继承失败，还可能会遭致产品的过时。标高超越法则能够产生突破性的改进，但要管理新的、未经尝试的东西也是最困难的。

有些旅行产品和旅行产品规格与质量水平的联系是如此的知名，以至于它们的名称和术语成为了日常语言的描述符。利兹是高雅和精致的同义词，因为有了塞萨·利兹（César Ritz）豪华酒店的缘故。Posh（时尚、豪华之意——译者注）这一说法原是海外班轮右舷屋（port outbound starboard home）的缩略语，特指往返于美国东海岸和欧洲大陆的航船上双程都可以免受日晒的舱室。

一旦确立了基本的概念，就要用一系列彻底的评审和测试来评估新设施或设备的性能。这些关键的审查主要着眼于四个方面的特性：（1）人身安全；（2）外观；（3）可行性；（4）可靠性（与时间相关的性能）。

人身安全特性的确认通常要在相关机构的监督下实施。外观问题由建筑师的感官评价来确认，经济可行性分析则由财务分析专家来监督。可靠性的验证比前几项更为棘手。因为该行业的设施和设备都是采购品，其可靠性主要依赖于：（1）供应商的可靠性数据（现在许多厂商使用它们的内部可靠性数据作为产品性能的营销根据）；（2）调查使用该产品的顾客。

另一种设计保证的形式是建造产品的模型。航空公司、酒店和游轮建造舱室和客房来进行试验。有些可以在实验室模拟，还有些则是在现有设施中进行的小型测试。香港暨上海酒店公司，半岛酒店集团（主要在远东）的所有者和经营

者，针对小型的未曾试验过的设备采用“家庭测试”的方式。新的、未用过的客房设备在安装之前必须在高级经理的家中实际使用一年。这种做法克服了使用最新科技的压力，也对预期的用途和顾客的实际用途有了更深的理解。

因为新设施的最终测试是顾客的使用，该行业中的大多数企业都对新产品采用某种形式的项目后评估。这些评估一般都包括某种的顾客反应和成本分析。

不幸的是，根据我的经验，这些产业尚未看到对产品开发过程本身的持续评估和改进的价值。高层管理者的“一日评审”形式（由日本厂商推广开的）会使整个组织受益。这种评审在有些组织中得到了企业总裁的亲自重视。无怪乎这种评审常被称为“社长诊断”。这种评审使得新产品更具有可销性，并消除了浪费，节省了开支，改善了投资回报。

一旦新设施通过了设计确认阶段，就要开始常规运营的准备工作。因为建造和安装的进度和成本会压倒一切，因而确保启动过程的可靠就是至关重要的。相应地，大多数企业采用诸如倒计时或核对清单之类的准备就绪核对系统（像在医院手术室和飞船升空时那样），以使新产品有一个良好的开端。

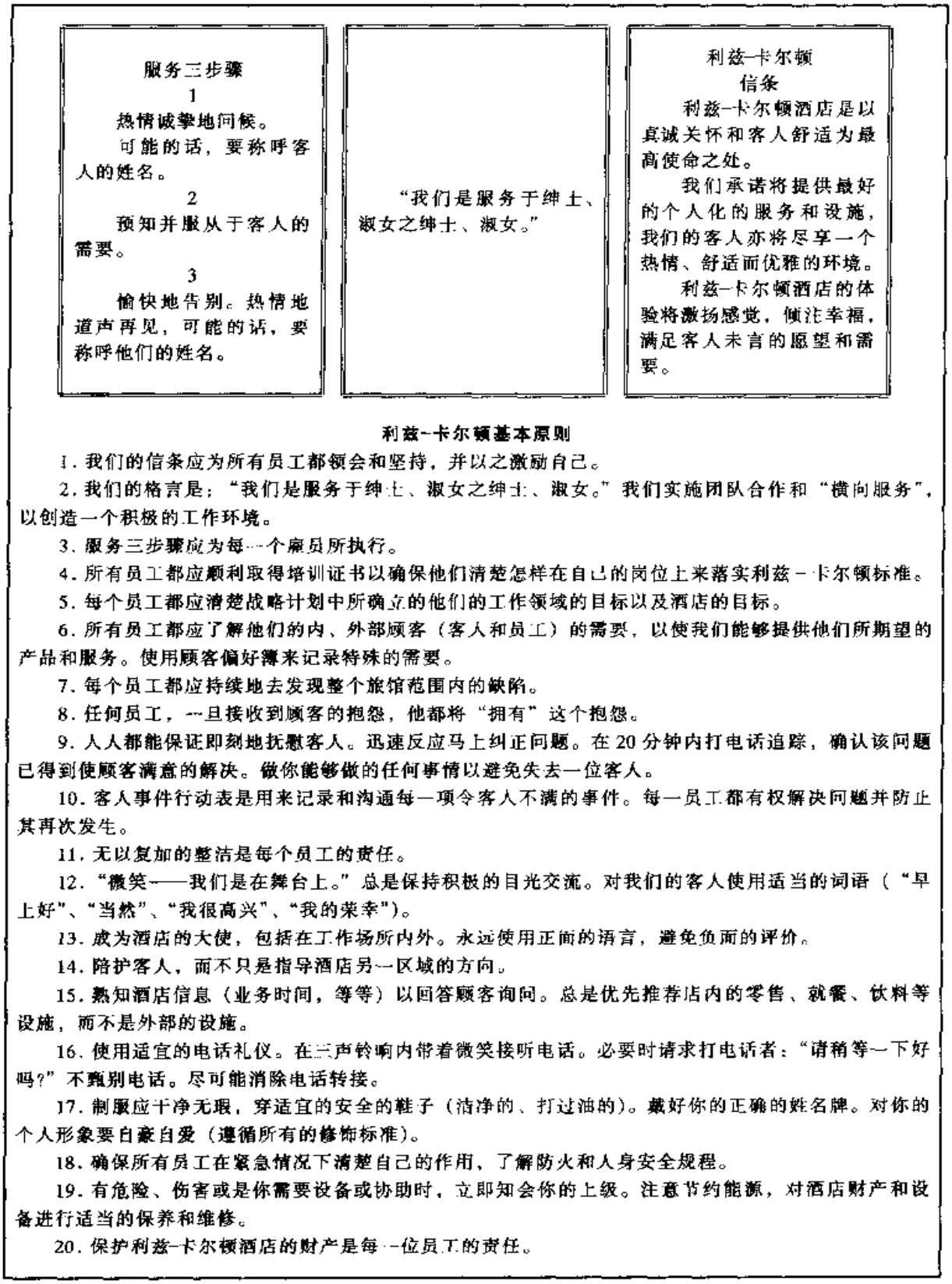
宾馆和旅行业的产品通常是一种周期性的需求模式。新产品一般在峰值需求到来之前投入使用，这样可以有时间发现和纠正缺陷。

正如本章稍前所提及的一样，设施/设备的库存（如航班的座位、宾馆的客房、游轮的舱室等）管理是一个很复杂的课题。这种复杂性是由两个相互影响的因素引起的：（1）其库存比食物更易失效，且一经失去便是永远失去；（2）30%的预订会被变更或取消。如今，该产业的库存管理是非常科学的。其目标十分清晰：今天把所有品目（如座位、客房和舱室）以尽可能好的价格都卖出去。航空业是这种特殊形式的库存管理的先行者。它是第一个使用自动化的库存管理系统来对控制库存流和价格水平提供决策支持的。毫不夸张地说，提高设施和设备的产出对于宾馆和旅行业企业的利润率有着极为重要的影响。

对于服务质量的计划　设施/设备的计划是由咨询专家来支配的，而新服务的计划则是由企业的主管来决定的。最经常地，他们担任职位的资历便是他们在顾客服务方面的经验。（在工业公司的服务计划中备受重视的工业工程师的训练和经验，在宾馆和旅行业的服务计划中则被视为无关紧要，除了少数主要的航空公司之外。）

马尔科姆·鲍德里奇国家质量奖得主利兹－卡尔顿酒店公司的高层主管会亲自参与每个新酒店的服务计划工作。他们经营的基础是“黄金标准”（见图 30—1）。这些标准规格和过程引导着整个组织的活动和决策，尤其是在个人服务提供中时常遇到的不确定的情况下。当新酒店开发开始时，有经验的主管便会转移到新地点，来科学地挑选一个能够分享组织的价值观的专门工作小组。这一科学的选拔过程应用一个经验方法来筛选合适的管理人员和员工，该过程是由供应商合作伙伴开发的。这种筛选方法是将候选人的个性特质（亦即自发的行为）与利

兹-卡尔顿的持续绩效卓越者相比较。



服务三步骤

1

热情诚挚地问候。

可能的话，要称呼客人的姓名。

2

预知并服从于客人的需要。

3

愉快地告别。热情地道声再见，可能的话，要称呼他们的姓名。

“我们是服务于绅士、淑女之绅士、淑女。”

利兹-卡尔顿

信条

利兹-卡尔顿酒店是以真诚关怀和客人舒适为最高使命之处。

我们承诺将提供最好的个人化的服务和设施，我们的客人亦将尽享一个热情、舒适而优雅的环境。

利兹-卡尔顿酒店的体验将激扬感觉，倾注幸福，满足客人未言的愿望和需要。

利兹-卡尔顿基本原则

1. 我们的信条应为所有员工都领会和坚持，并以之激励自己。

2. 我们的格言是：“我们是服务于绅士、淑女之绅士、淑女。”我们实施团队合作和“横向服务”，以创造一个积极的工作环境。

3. 服务三步骤应为每一个雇员所执行。

4. 所有员工都应顺利取得培训证书以确保他们清楚怎样在自己的岗位上来落实利兹－卡尔顿标准。

5. 每个员工都应清楚战略计划中所确立的他们的工作领域的目标以及酒店的目标。

6. 所有员工都应了解他们的内、外部顾客（客人和员工）的需要，以使我们能够提供他们所期望的产品和服务。使用顾客偏好簿来记录特殊的需要。

7. 每个员工都应持续地去发现整个旅馆范围内的缺陷。

8. 任何员工，一旦接收到顾客的抱怨，他都将“拥有”这个抱怨。

9. 人人都能保证即刻地抚慰客人。迅速反应马上纠正问题。在 20 分钟内打电话追踪，确认该问题已得到使顾客满意的解决。做你能够做的任何事情以避免失去一位客人。

10. 客人事件行动表是用来记录和沟通每一项令客人不满的事件。每一员工都有权解决问题并防止其再次发生。

11. 无以复加的整洁是每个员工的责任。

12. “微笑——我们是在舞台上。”总是保持积极的目光交流。对我们的客人使用适当的词语（“早上好”、“当然”、“我很高兴”、“我的荣幸”）。

13. 成为酒店的大使，包括在工作场所内外。永远使用正面的语言，避免负面的评价。

14. 陪护客人，而不只是指导酒店另一区域的方向。

15. 熟知酒店信息（业务时间，等等）以回答顾客询问。总是优先推荐店内的零售、就餐、饮料等设施，而不是外部的设施。

16. 使用适宜的电话礼仪。在三声铃响内带着微笑接听电话。必要时请求打电话者：“请稍等一下好吗？”不甄别电话。尽可能消除电话转接。

17. 制服应干净无瑕，穿适宜的安全的鞋子（洁净的、打过油的）。戴好你的正确的姓名牌。对你的个人形象要自豪自爱（遵循所有的修饰标准）。

18. 确保所有员工在紧急情况下清楚自己的作用，了解防火和人身安全规程。

19. 有危险、伤害或是你需要设备或协助时，立即知会你的上级。注意节约能源，对酒店财产和设备进行适当的保养和维修。

20. 保护利兹-卡尔顿酒店的财产是每一位员工的责任。

图 30—1　利兹-卡尔顿酒店公司的“黄金标准”

在顾客即将入住酒店之前的 7 天里，高层管理者扮演着非常积极的角色。在受雇的头一个小时中，由总裁或首席运营官向所有新雇员断然地灌输和示范“黄金标准”。新雇员接下来将接受 2 天的培训师课堂培训。通过课堂培训，新雇员会对“黄金标准”有更好的理解。本质上，利兹-卡尔顿酒店公司的每一位新员工都必须掌握图 30—2 所示的雇员—顾客界面过程。这一过程要求并允许员工中的每一个人都：(1) 在顾客不满或要求不属于标准产品系列之内的事物时，脱离常规岗位；(2) 提供即刻的积极行动；(3) 记录下该事件以备以后分析；(4) 迅速返回到常规岗位中去。(组织的任何层次的) 新雇员在开始职能性培训或任何的顾客接触之前，上述的关系管理过程培训是一个严格强化的前提准备。

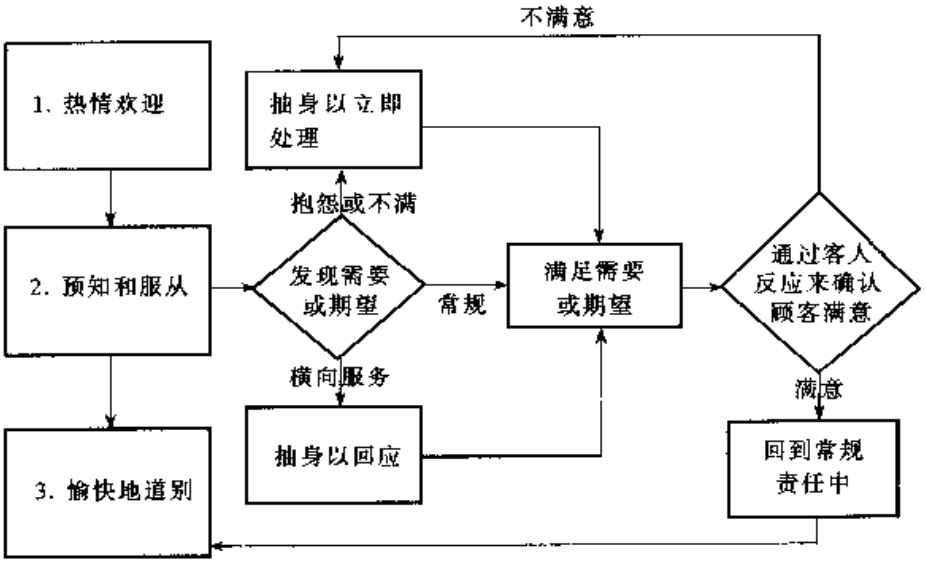


图 30—2　利兹-卡尔顿酒店公司的“服务三步骤”

英国航空公司提供了另外一个高层管理人员亲自参与服务提供计划工作的例子。在第二次世界大战之后，这家英国国有航空公司采取了雇佣退役军队人员的做法。结果是，该航空公司的文化和组织绝对地都是军队式的。它的核心信念是围绕着传统等级制、对规章制度的服从和安全性构筑起来的。尽管这家航空公司有着强大的核心技术能力，但却需要由政府来弥补其巨额的亏损。

该公司调查了 45 000 名顾客来了解关于其服务的意见和态度。结果并不出人意料：“你们这些人，虽然技术上还行，但很冷淡，目中无人，官僚习气浓厚。”根据这些调查结果，英国航空公司采取了文化上的和组织上的措施，从而大大改进了该公司的财务绩效。

对特殊加工进行的质量计划　一旦飞机、宾馆或游轮开始正常运营，就会出现要求特别计划和协调的特殊加工 (special jobs)。这些加工的形式如包机旅行、特别的航海旅程、会议或宴会之类的专项活动等。这些特殊加工经常会占到企业收入的 50% 或更多。事实上，这些产业的每个机构都有专门的特殊加工或专项

活动的计划人员，这些人清楚组织的能力，也了解特殊加工或专项活动的经济规律。这些内部计划人员通常通过私下的会商和历史资料来确定顾客的要求。计划人员然后编制实施该项任务所必需的文件并交由有关各方传阅。看起来简单！但是，即使是一个知识丰富且富有经验的内部计划者，整个过程也会因种种原因而充满潜在的困难。专项活动计划者尽管是组织中的一个高层协调人员，但他没有任何的等级职权。工作通常会横跨多个部门和单位，在这些相应的权限内部或之间注定会有困难存在。事情做得过头或是不足，对于内部计划人员而言是很容易发生的事情。

一个过头计划的例子是，计划者针对某个特殊加工制定了一个 150 个要点的核对单。这张单子不仅要求许多详细的检验和试验，而且这些过度强调的琐碎结果顾客也察觉不到。极端来说，过头地计划一个专项活动或加工增加了计划的费用、对细枝末节的过度关注、文件量和控制的工作量。

反过来而言，计划不足则增加了该加工或专项活动达不到顾客要求的可能性，从而使工作比必要更为昂贵。有一个计划不足的例子曾导致了昂贵的诉讼。某宾馆未能确定一项专项活动的座位要求。操作人员手头没有规程，只好擅自决定每桌安排多少张椅子。他们的安排和主办机构的座位方案完全不一样。计划不足的恶果毁掉了声誉及顾客与宾馆双方的目标，也使双方在经济上都蒙受了损失。

主办专项活动涉及的沟通量会上涨到巨大的程度，导致信息的不准确和遗漏。更为严重的是，加工或专项活动出现的问题常常只是被敷衍过去，而非长期的纠正措施。结果是，整个专项活动或加工会充满错误、返工、故障、延误、无效、变异、退款和很大的检验工作量。为了消除或减少这些问题以及它们所造成的成本，高层管理者必须在计划人员与实施计划的人员之间建立起一种无间的界面。组织应建立关于专项活动的规格，以使内部的专项活动计划者了解定义和生产一个专项活动以及一个特定的专项活动所必需的最低信息，以避免缺陷和额外的费用。只有实施该工作的人员才能为计划者提供有关该专项活动或加工的重要信息。

这种无间的组织还必须规定常规的和特殊的会议来评审有关专项活动或加工的计划。常规会议的主要目的是对传阅的文件信息进行进一步的确认。特殊会议是关注于某一个专项活动或加工来辨识可能的失败。当该加工或专项活动是新的、未曾尝试过的时，这种特殊评审会议就尤为重要。当识别出可能的失败后，在顾客听说情况及知会顾客状况之前，组织就要努力纠正这些问题。

表面上看来，通知外部顾客可能会显得没有必要甚至是有害的。然而，研究表明，专项活动计划者期望了解所有方面的进展情况（Power, 1994）。

最终，当问题确实发生时，组织必须首先根据专项活动的特殊情况来具体问

题具体分析，因为大多数问题都是在专项活动计划本身中就埋下了祸根。通过这样做，组织能够防止在同样的或类似的加工中此类问题的再次发生。

利兹－卡尔顿建立起了一个简单但很有效的专项活动计划辅助工具。设置次序（setup sequence）（见图 30—3）和操作次序（operations sequence）（见图 30—4）提供了一个适用于所有专项活动的清晰的概念框架。设置次序，借用于工业中的逐件加工生产中的物流领域，表明了构成一项专项活动的四类要素、每类要素的通用计划步骤，以及每类要素的计划目标。对于任何专项活动而言，其计划的最大目标是一种万事俱备的状态，当每一计划要素的目标都达到时，这种状态也就实现了。

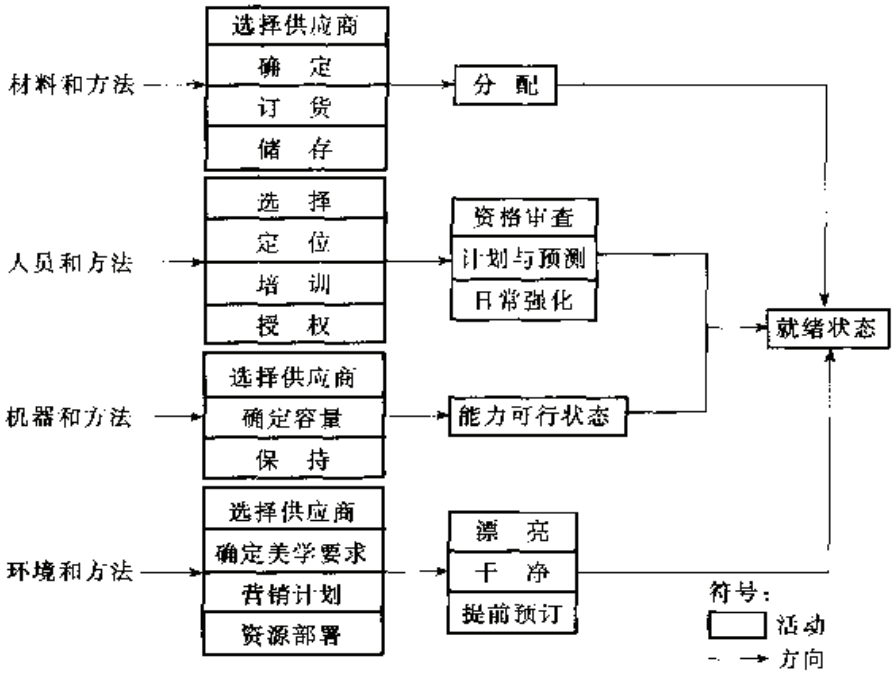


图 30—3　专项活动的设置次序

资料来源：Courtesy of The Ritz-Carlton Hotel Company.

操作次序以简单的术语展示了宾馆组织与主要的外部的供应商之间的界面，以及在实施该专项活动的计划时各主要方面的责任。操作次序也提供了一个图形的（或许是舒适的）提醒，即管理一个“特殊”专项活动的大部分工作由协调性的任务所组成，这些任务是宾馆的日常业务的组成部分，如洗衣、制作账单、打扫房间等等。

在利兹－卡尔顿，那些必须通过重复的参与来掌握专项活动的计划与执行的管理者们都非常欢迎设置次序和操作次序的导入。管理者们发现这些工具在很多时候都非常有用，如在和他人讨论专项活动计划时，在培训经验不足的计划者有效地计划和实施专项活动时，以及在缩短新手计划者达到专项活动计划和实施的最高生产率所需时间时。随着他们认识到这些工具在应用于专项活动的计划和实施中的效力，管理者也开始普遍地把这些概念应用到所有的工作流中。而且，这

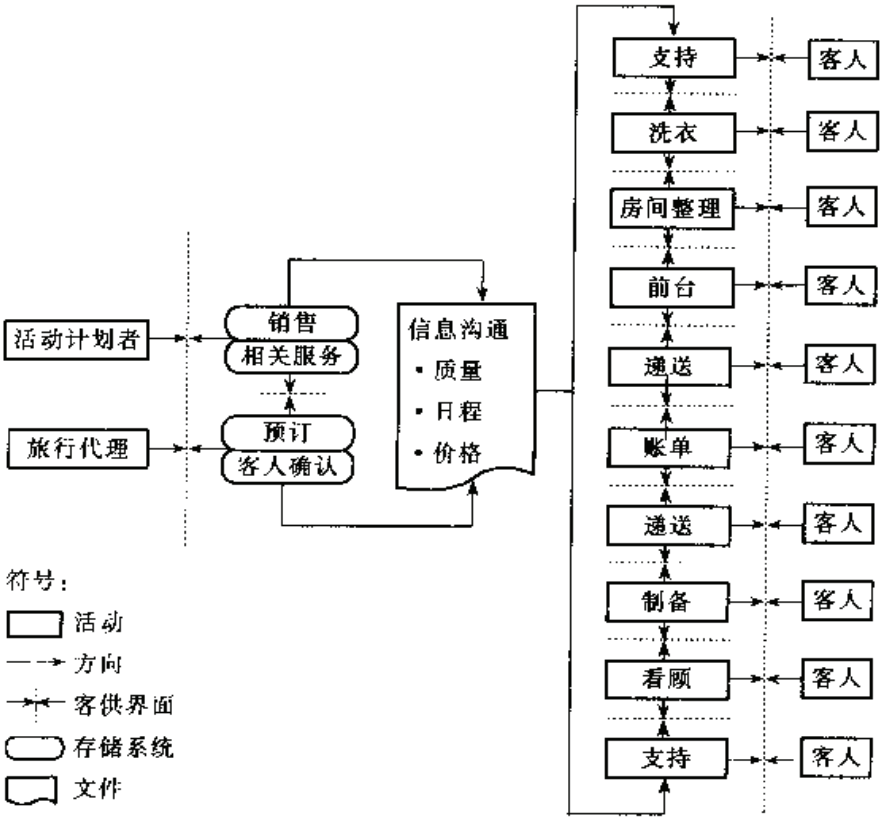


图 30—4 专项活动的操作次序

资料来源：Courtesy of The Ritz-Carlton Hotel Company.

些工具提供了一个跨领域学习的突破性的例子。管理者们意识到，这些从工业上逐件加工生产的经验中而来的图形工具，当应用在宾馆业中的问题中时也是非常有效的。这些认识提醒人们从宾馆业以外的领域中去发现其他的有用概念。（有关特殊加工或专项活动质量的全面讨论，请参见第 24 章“逐件加工生产行业”。）

专项活动或加工的计划可能对餐馆也是非常有用的。在这种情况下，每一有人的餐桌都可以认为是一项特殊加工。为了充分理解每张桌子订单的区别并无故障地实施订单，餐厅的功能和厨房的功能必须加以横向地整合。他们必须就以下事情达成一致：

- 定义和生产一个用餐订单所需的最低限度信息。
- 为防止用餐订单出错所需的额外信息（如肉烹制的鲜嫩程度，每种食物要送到的位置，等等）。
- 一个协调系统，协调每一订单的最终食物制作与食物提供开始的系统。

饭店在协调食品的新鲜制作与及时提供方面已经迈出了很大的一步。这一成功是高质量的计划的结果，而不是因为高水平的人员或自动化的结果。今天，大多数餐馆的厨房都应用着如图 30—5 所示的质量计划的某种变种。

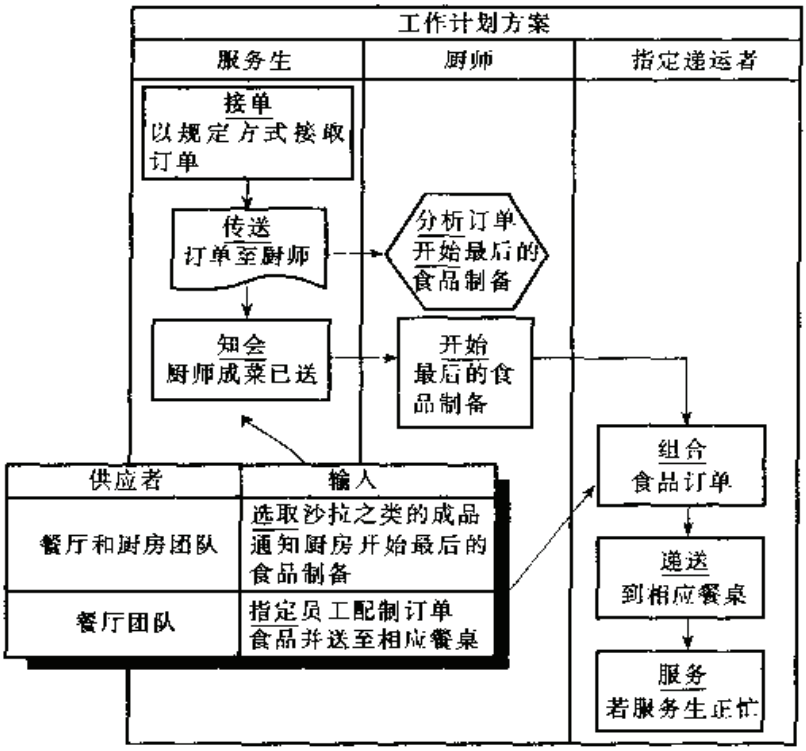


图 30—5　优质食品提供计划

"见机行事"在旅行和宾馆业的计划活动中的作用　要洞察每个顾客的偏好显然是不可行的。因此，关于情调、程序和总的适宜性的许多决策有待旅行或宾馆组织作出。基于这一原因，在这些行业的大多数高档产品中，都配备了有能力在任何社会情形下说或做正确的事情的能人。这种本事（懂得见机行事）是后天所学，往往是通过模仿某人早期生涯的某个榜样而获得的。

在旅行和宾馆业中控制质量

虽然质量控制的主要规则通常也适用于旅行和宾馆业（Juran，1988），但公平地来说，这些行业中的质量绩效并未如进度或财务之类的指标一样受到同等的控制。只有理解了该行业的过程特性，才有可能确定最适当的控制方式。

工人主导的过程：当过程由人来主导时（如服务提供），控制系统主要依赖于各个工人的才能、技巧和诀窍。

材料主导的过程：当过程由材料来主导时（如制服的采购或某种形式的食品生产），控制系统主要依赖于供应商关系和旨在识别不可接收品的货物检验。

时间主导的过程：当过程随时间而变化时（如失去价值的未售舱室或客房，或正在锈蚀的机器及装修等），控制系统主要依赖于频繁的过程检查。

信息主导的过程：当过程承受频繁的信息变化时（如旅行预订、筹划专项活

动或加工），控制系统强调的是信息的精确和时效（详见稍前“对特殊加工进行的质量计划”）。

设置主导的过程：当过程是由设置主导时（如特殊活动或宴会的安排，或行李运送机器的安装），控制系统依赖于对于设置的确认（即设计）。

设施和设备的质量控制 当设施和设备符合运行条件时，其质量由四个尺度来加以衡量：（1）人身安全；（2）电子/机械服务的连续性；（3）库存管理的效果；（4）环境外观。由于所测量的许多东西随时间而变化（如未售出的舱位和客房等），频繁的评估可能是必要的。这些评估通常采取定期的过程检查的形式。表 30—4 是一个设施/设备质量控制的矩阵。

表 30—4 设施和设备的质量

人身安全方面				
时间安排	评　价	评价者	目　的	例　子
预先安排	过程测试和校验	管理层	防止潜在故障	火警系统的检查
电子、机械装备运转的连续性				
预先安排	过程大检查	设备操作人员	防止潜在故障	中心工厂空调系统的大检查
预先安排	过程测试和校验	巡视人员	防止潜在故障	通风系统护罩的每月检查
不作预先安排	过程缺陷辨识	整个职工队伍	即刻的纠正措施	报告有空调机不能运转
舱位/客房库存管理				
预先安排	计划评审	管理层	纠正措施	当库存销售低于计划时降价
环境外观				
预先安排	感官评价	管理层	防止装修老化	决定下年哪些内装必须更新或更换
不作预先安排	感官评价	整个职工队伍	纠正不可接受的外观	报告有污损的地毯

在飞机维护方面已经取得了根本的改进。航空公司放弃了预先计划的大检查，而更赞同以可靠性为中心的维护［也称为随情况的维护（on-condition maintenance），因为 89% 的失效类型与时间是无关的］。这一问题在第 7 章“质量和收益”，第 25 章“顾客服务”中都有所讨论。有关感官检验的进一步讨论，请参见第 23 章“检验与试验”。

服务质量控制 在旅行和宾馆业中，控制服务提供的活动应集中在控制工人的行为、技能和诀窍上。例如，服务人员应善解人意并有高度的解决问题的能力。（不能够善解人意的工人将不能够充分地实施顾客导向的方针和程序。）如果没有适当的过程，以控制或筛选不能够善解人意者的程序，建立必要的技能和诀窍以实施顾客所要求的服务，则大量的检验和纠正措施就是必不可少的。检验通常采取管理评审的形式，同时实施日常检验和绩效评估制度。这种方式有着内在的欠缺。

就检验而言，经验表明检验活动只能找出 80% 的缺陷，但却把工人从对质量的责任中解脱了出来，它是增加的费用，而且经常因工人们所不能控制的问题而责备他们。一种更明智的做法是对于服务提供的设计加以确认，然后将员工队伍置于一种自我检验自我控制的状态之下。这种做法是招募能够在礼貌、及时提

供和解决问题方面共享组织的价值观的人员。通过日常地对这些价值观的强化，工人们能够自发地控制自己的态度，在服务提供之前作出最终的合格性评估，并进而尽自己所能去解决顾客的问题。工人和管理人员会定期地评估顾客对服务提供的评价，以识别那些慢性的、严重的问题。走得快的一些组织还向其雇员进行有关质量理念、工具和过程方面的教育，以防止或纠正问题。

通常，旅行和宾馆业中的基本的质量培训计划覆盖了许多的工具和主题：

1. 服务质量的逻辑和过程（即面对面的雇员与顾客间的交互作用）。

2. 一个解决问题的过程，包括识别问题原因的诊断旅程和消除原因的纠正旅程在内。

3. 解决问题过程中所包括的统计工具，以收集信息，分析数据，展示数据和计划行动。

更高级的一些内容可能还会包括某种形式的质量计划过程，即提供初次做某事的逻辑或改进一个过程。这些过程和工具是这一行业的企业中对于任何领域进行计划、控制和改进的有力的武器。

特殊加工或专项活动的质量控制　特殊加工或专项活动的控制有两方面的突出特点。其一是因为其过程经受着频繁的信息变更，故控制系统重视的是信息的准确和时效性。第二个突出特点是其处理问题的方式。大多数连续生产过程和服务提供过程首先关注的是慢性的、严重的问题，专项活动或加工则关注于活动或加工内部的问题。管理一个个专项活动的一种有效方式就是在专项活动前后与客户进行会议沟通。通过这些会议，当前的专项活动中的大多数问题都可以辨识出来。企业可以将每一个问题都记录在专项活动记录中。每一个问题都要派专人“对症下药”。涉及专项活动中的问题的所有数据资料（即推测、测试、可能的解决方案等）都保存在一个有关专项活动或加工的主数据档案中。因为专项活动或加工中的大多数问题都源自该活动的计划活动，纠正措施通常会涉及重新确定哪些是重要的沟通事项，必须向谁沟通等。这种做法可以避免在重复举行的专项活动或类似的加工中再次发生类似问题。

食品生产中的质量控制　如果你看过在包装食品厂商的制作间用来控制生产的感官方面的先进技术设备，那么对于旅行和宾馆业的组织仍然依赖于食品制备人员的感官评价（如专业厨师）你会感到惊奇。由专业厨师进行的这种评价在很大程度上要受到与供应商的关系、较差的原材料的整理、过程设置的确认、时常的过程点检等的影响。厨师主要评估的是是否符合标准或符合顾客要求。通常，组织的领导层要使专业厨师真正认识到，质量的最终评定不是由厨师而是由市场作出的。

在这一行业中高度应用统计过程控制的一个例子是一家大型的航空给养企业。作为全球范围内的“飞行厨房”，这一企业进行了大量的过程分析（在专业咨询机构的协助下）以提高“一次通过率”（即在规定时间内所做工作的百分比）。作为这种分析的结果，组织清楚了“飞行厨房”到底应达到什么水准。如

果一个厨房的表现高于或低于标准，该厨房就会受到高层经理们的特别关注。为确保其“飞行厨房”能够持续地保证质量与相关的生产率目标，该企业还进行了内部的过程审核。这使得该公司的盈利在18个月内翻了一番还多。

美国航空业的质量监测 美国交通部对于美国航空业的顾客满意情况进行着监测。每个月航空实施与进展（Aviation Enforcement and Proceedings）办公室都要颁布一份《航空旅行消费者报告》。该报告目的在于帮助顾客了解航空公司所提供的服务质量的有关信息。该报告分为四个部分。各部分分别针对班机延误、行李错误、过度售票和顾客投诉问题。该报告通常在每月第一个周末发布。如欲获得复件可向该办公室索取（U.S. Department of Transportation, 400 7th Street, C-75/Room 4107, Washington, DC 20590.）。

旅行与宾馆业中的质量改进

克服对变革的抵制 一直到20世纪80年代，这一行业的质量改进还基本上局限于人员的技术培训和设施与设备的更新与替换方面。行业的管理一直以商业效益为中心。这是典型的商学院的模式，即全力推销、提高价格、降低成本、灵活地运用资金。对这种模式的信念由于以下几个原因而受到了动摇。第一，越来越多的企业领导人看到了那些实施全面质量管理的公司所取得的巨大改进。第二，他们开始意识到自己的企业是在生产有形的可重复的产品，而不仅是服务。第三，他们认识到所有的产品（无论是功能性的产品还是感觉性的产品）都是由某种过程生产出来的。第四，他们对于在变化的环境面前如何进行剧烈的改进束手无策。旧的信念不是轻而易举地可以改变的。许多的这些信念已经流传了近一个世纪，行业权威们的自尊也并非可以小视的事情。触动变革的动力只能来自强有力的领导者。这些领导者一方面要对组织施加进行改进的压力，同时还要再确认企业适应新的挑战的能力。最后，这些领导者还要说明改革会为职工队伍带来什么好处。这种压力、潜力和回报并重的做法对于克服变革的文化抵制是非常有效的。目前，改进项目表现得越来越多样化，反映出有越来越多的工具可用于实现现代质量管理的原理，即以顾客为中心、周密的计划、再设计的过程、实践和团队合作。

质量改进：新产品开发 由于旅行者偏好的变化和众多的细分市场的出现，为了提升竞争力，这些行业重新定义了自己的目标顾客，也对自身进行了重新的定位。这使得行业的产品超出了传统的豪华、高档和经济的划分。现在的产品（尤其是设施和设备）都是针对特定的顾客群而设计、开发并销售的。这种目标顾客群是存在于现有细分市场中的更小的细分市场，相应的产品及其形象也给人以焕然一新的感觉，从而导致了竞争力的提高。这种产品分化通常采取了分层（tier）或利基细分（niche segmentation）的形式（Abbey, 1995）。在这方面的一

个例子是游轮业。航空旅行的便捷便宜加上海运成本的飙升导致了豪华游轮国际航行的衰落。该行业中的许多公司通过为特定的目标顾客设计和开发新的设施和设备来谋求自身的再生。市场上诞生了众多的针对特定顾客群体的游轮旅游产品：(1) 阳光与购物游——1 周以内；(2) 季节游——1～2 周；(3) 停靠多个港口并有多种陆上活动的异国情调游——10 天～3 周 (Kaznova, 1995)。在 1995 年，对游轮旅游产品的需求超过了供给。

在宾馆业中一个关于分层和利基细分的例子发生在 20 世纪 80 年代初期的西洛杉矶。一家独立公司设计并建设了一个由六家“全套房”酒店组成的酒店连锁，这种酒店设有从经济到豪华的六个档次的产品。每一家套房酒店都是专为创造性行业（如电影、音乐和广告）的顾客而设计的。在洛杉矶这些创造性行业的旅客的要求已不只是过夜，因此这家酒店所推出的这种所谓的“艺术港湾”要比传统的酒店产品更受青睐。

新型的波音 777 飞机是在预计了该飞机的使用者和操纵者的需要的基础上而设计的。更为舒适的座椅、安静的卫生间、可由空乘更换的阅读灯，以及更易于修理的机械系统构成了其主要特征。

并非所有的产品开发分层都是大投入的情况。高度顾客导向的旅行社公司也辨识出了新的细分市场并为之开发了相应的新产品。以往，企业界往往以家用器皿、器具、电器等作为对表现卓越的雇员的激励。随着时间的推移，优秀者家里积攒了各种各样的能够想像得到的奖品，他们不再希望有更多这样的东西。旅行社注意到了这一变化了的需要，设计开发出了综合的奖励型的旅游产品，从而创造了一个新的行业。

质量改进：服务、专项活动与加工　曾几何时，高质量的服务还被认为是高档品和高价格的专属。而现在，企业在每一个产品档次上都在努力改进服务质量以赢得竞争。

在这一行业中，提高服务以及专项加工的质量有两种截然不同的做法。第一种做法把重点放在发展积极的雇员与客人间的关系方面。这种方式要求首先选拔在建立积极的人际关系方面具有突出才能的雇员，然后通过在关系管理方面的培训来进一步培养这种能力。图 30—6 给出了一些例子，说明的便是在旅行和宾馆业所采取的这种“由里及表的改进策略”。

由里及表的策略	目　的
选拔具有目标“性格特质”的雇员	选择与组织价值观相符的新雇员
个人的提高教育	重塑职工队伍的个体行为和人际间行为
指导、认可和奖励	对行为的积极强化或矫正

图 30—6　由里及表的策略示例

资料来源：Frequent Flyer/J.D. Power and Association Airline Customer Satisfaction Study—U.S. Flights, J.D. Power, Agoura Hills, CA.

第二种做法是重新设计服务提供过程来强化对顾客的关注。这种做法要取得

成功，就必须有团队合作以及员工参与到计划和实施活动当中。这类做法可以改善雇员的自豪感和投入精神，提高管理效率以及促进顾客的忠诚。这种做法称为“由表及里”（即着重于提高过程的能力）。以下是产业中实施这种“由表及里”策略的一些相关例子。

马里奥特酒店与休闲地（Marriott Hotels and Resorts）公司将其下属的一家酒店的最佳惯行实施了标准化。它们的质量目标是缩短办理入住手续所需的时间。实现这一目标的途径是将酒店前台的职能与引导侍者（即引导登记过的客人进入房间，同时帮助客人拿行李的侍者）的职能加以整合。在可能的程度上，前台为即将到来的客人预先分配好客房。登记表和客房钥匙一起置于侍者便于拿到之处。客人到达后，侍者即迎上去招呼，同时拿上适当的钥匙小包，陪同客人（并帮助拿上行李）直接进入客房（Hadley，1995）。

密歇根州迪尔伯恩的利兹－卡尔顿酒店通过开展活动来降低客房缺陷的同时提高房间清洁和补给的生产率。一个跨职能的团队在一名顾问的指导下重新设计了房间整理的过程，再设计是基于以下的数据：（1）清洁及补给的缺陷；（2）运转周期；（3）雇员的走动时间。新的过程中的改进如表 30—5 所示。

表 30—5　　客房整理过程的改进

过程特征	以前的做法	现在的做法	得到的益处
干净的卧具提供到客房区	干净用品从洗衣房被“推”到客房区储物点	干净用品根据预测从洗衣房“拉”出	较少的库存需求 没有备品不足 更少的耽搁
客房清理和补给的次序	员工随意	基于客人要求的总清洁计划表	前台耽搁的减少 更少的房间分配缺陷
	房间清理与迷你酒吧的补给是分割开的	迷你酒吧补给与房间清理结合起来	降低劳动成本 减少对客人的打扰
	一名服务员逐步完成各项工作	并行团队的做法	职位丰富化 更少的疏忽差错
质量的控制	100％的检验	自我检验和随机审核	提高了职工的注意力和责任感
质量的改进	非正式的	员工参与的正式过程	缺陷降低 50％ 职工走动时间降低 10％ 生产率提高了 25％ 雇员满意度从 75％提高到了 91％

荷兰皇家航空公司把定性的服务转化为了定量的管理。它把乘客调查数据概括为了十个项目，起名为服务十项运动（见图 30—7）。

A 类项目是顾客的个人感受，B 类项目涉及人体的舒适程度，C 类项目是关于如何使飞机旅行有趣。

新加坡航空公司因其突出的机组人员而备受称赞，维珍航空公司则在娱乐方面居于头筹。荷兰航空公司追求的是全面的卓越。正如奥林匹克比赛中的十项全能运动，要当冠军未必项项领先。荷兰航空公司将这些服务感知数据用在了产品改进当中。

类别	服务十项全能项目	比例，总分
A	1. 乘务员的态度	25%
A	2. 乘务员的效率	18%
B	3. 地面服务	9%
B	4. 膳食服务	9%
B	5. 饮料服务	9%
B	6. 座位舒适性	9%
B	7. 舱内环境*	9%
C	8. 娱乐	4%
C	9. 准时	4%
C	10. 信息	4%
	总分：	100%

图 30—7　荷兰航空公司旅客调查数据

* 清洁、舱温、内装饰等。

供应商质量

背景　由于旅行和宾馆业使用着大量的采购物品，所以供货质量是值得管理高层注意的问题。大宗的采购品对于公司的形象和财务资源都有重要的影响。这些产品如设施、家具、装置、设备等。其中还包括自动化的系统和诸如广告、公共关系之类的创造性的服务。在很多企业中，食品、酒精及非酒精饮料也属于大宗采购品。次要采购品通常涉及的是运营补给品，如制服、纸制品、化学品和清洁剂之类。次要采购品中还包括外包出去的服务，如预防性维护、园艺、复印机租用和除虫等。在航运业，有一个日益增长的趋势是将“翅膀下”的支持性服务都外包出去，如加油、行李搬运、维修等等。

如何选择供货商　旅行和宾馆业通常根据以下标准来选择它们的供应商：(1) 及时及次次满足顾客要求的能力；(2) 了解客户企业将如何使用其产品；(3) 产品的成本。根据这三个参数，对供应商的评价通常是：(1) 参观供货商的设施，根据数据评审、访问和观察来评估其能力；(2) 访问供货商的顾客。不是很常有，有时也根据供应商改进质量和生产率的意愿和能力来选择供货商。

大多数旅行和宾馆业的企业都期望与供货商建立伙伴关系，但仍有一些公司为获得最大短期收益而不惜维持一个敌对的关系。大多数组织懂得购买产品的真正成本还必须包括检验和纠正问题的成本。不过，有的公司还是只根据原始价格来采购商品（较前讨论的有关宾馆冰淇淋机采购的事例是只根据原始价格采购的一个典型例子）。

依据规格和品牌　这一行业中的企业要购买成千上万的产品。这些组织通常用规格来定义它们的产品要求，或是接受可信的知名品牌的特性。通常，规格的确定会有几种方式，这取决于所购产品是已有产品还是新产品。对于已有产品而言，通常是选择一个适合使用要求的样本，然后请供应商将该产品描述或规定下

来。新产品则是始于描述组织的要求，供应商然后据此开发一个供试验的样品。顾客组织选定符合使用要求的产品，然后由供应商来描述或规定该产品。值得注意的是，规格的制定是涉及设计质量的事情。只有通过大量的试验以及在实际条件下的应用，企业才能够了解供货商的能力或质量管理的水平。

依据收货检验 制造类企业都清楚可通过各种方式来对采购品的质量加以控制。如评审供应商的过程而不只是检验最终产品。过程评审包括过程审核（由供应商或客户），以及与所提供产品相伴随的过程数据的评审。不幸的是，旅行和宾馆业的大多数组织都完全依赖于专门人员的100%检验。对于这种低效率方式的依赖可能有几方面的原因。第一是因为许多产品只有为数不多的供应商。由于供不应求，供应商没什么改进的动力。第二是因为许多的供应商和顾客都乐于维持一种彼此敌对的关系。第三是没有几家供应商和顾客懂得不良质量的成本和相关的生产率的损失。

有关所选供应商数量的考虑 每种产品通常都会有大量的供应商可供选择，但组织倾向于尽可能少的供应商数量。对于单一供应来源的利弊存在着争论。图30—8列出的便是这方面的争论。

支持单一供应来源的论点	反对单一供应来源的论点
• 减少了与供应商间的谈判、处理订单以及接收货物的时间 • 在供应商与客户之间建立起了信任 • 这种安排反映出了双方合作的协同效应 • 创造了规模经济的机会 • 供应商会提供全面的特有技能	• 在组织内部缺少了对于每一种产品的专门的或专家的信息 • 产品的选择余地可能会减少 • 客户可能会放弃价格杠杆

图 30—8 单一供应来源的分析

旅行和宾馆业的标杆 美国航空业具有最易取得、最完备的有关旅行和宾馆业中顾客满意的数据。这些数据是由J.D. 鲍尔（J.D.Power）等自1993年以来每年所作的“美国航班航空旅客满意度研究”的结果。该项研究针对的是每年平均搭乘飞机25次以上的常旅客。研究衡量了顾客满意度中的10个项目的相对重要性，以及9大航空公司在这些项目上的表现。表30—6中列出了这10项指标的相对重要程度以及1995年度每一项的领先者。

表 30—6 乘客对美国航空公司的评价

评价项目	重要性（%）	最佳航空公司
准时性	17	西南航空公司
飞机/乘务员	16	美洲航空公司/德尔塔航空公司
按航班时刻表预订座位	14	美洲航空公司/联合航空公司
机场登机手续	13	德尔塔航空公司
常旅客计划	9	西北航空公司
膳食服务	9	美洲航空公司
乘坐舒适性	8	环球航空公司
登机指引	6	德尔塔航空公司
飞行后的服务	5	西南航空公司
飞行中的服务	3	德尔塔航空公司
合计	100	

国际航空运输协会（IATA）在主要航空公司往返于北美和欧洲的跨大西洋航线上进行了同样的顾客满意度调查。尽管各家航空公司的得分是保密的，但还是能从 IATA 发布的总体数据中看出一些端倪。

旅行与宾馆业质量的展望

工作组织方式的巨大变化　未来几年中，旅行与宾馆业中的企业将大规模地调整工作方式以便改进质量、提高生产率、创造更大的利润。它们将不再是把公司的需要放在首位然后要求员工加以适应，它们将首先考虑职工队伍的社会需要以增加其活力和注意力，促进对于公司使命的投入。这些社会需要被归纳为六项关键的人性方面的要求（Cabana，1995）：（1）主人翁感；（2）在工作中学习和持续学习的机会；（3）一个理想的多样化水平；（4）相互的支持和尊重；（5）工作的意义感；（6）值得追求的未来。通过自我导向的工作设计和控制，亦即自我导向的工作团队，这些需要能够从总体上得到最好的关注。“自我导向的工作团队”也就是有共同目标的一个小群体。它可以自主决策，决策是基于团队共识作出的。成功或失败都归于群体。团队不再是依赖一个经理来领导，每一个团队成员都掌握着一定的管理职能，大家学着彼此依赖。自我导向的工作团队的责任包括识别顾客的需要，设计并改进做工作的方式，设定目标监测进展，对工作进行计划和安排，管理预算和利润，以及设计、生产、销售、分销产品和服务。就所完成工作的质量而言，这种自我导向的工作方式使员工和组织双方都得益。而且，管理人员将比以往有更多的时间去琢磨新思路。自我导向的工作团队也会带来观念上的更新。整个职工队伍将成为由多技能的个人组成的群体，人们从事着广泛的富有意义的事情，而不再是由易于取代的简单劳动者从事定义狭窄的工作。毋庸置疑，员工所学的技能越多，他的前途就越乐观。

这一行业中有些公司已经开始尝试自我导向的工作团队。马里奥特酒店、休闲地和套房公司（Marriott Hotels，Resorts and Suites）在其位于新泽西州的预订办事处采用了这种自我导向的工作团队的形式。结果，该办事处的绩效得到了改进，尤其是减少了顾客中途放弃的电话数。

利兹-卡尔顿酒店公司已经同意其下属酒店为改进质量、生产率和利润而重组。其在弗吉尼亚泰森斯科纳（Tysons Corner）的酒店将在两年内把所有工作领域从传统的等级制转化成自我导向的工作团队。因为自我导向的工作团队很容易过度强调自己在组织中的作用，该酒店把各个自我导向的工作团队联结成为五个无缝隙的过程团队。这些过程团队是依据顾客与酒店的不同联系方式而构建的：（1）抵达前团队；（2）入住、停留和起程团队；（3）饮食服务团队；（4）宴会服务团队；（5）工程和保安团队。由于这几方面的努力，酒店在质量、生产率和利

润方面取得了显著的改进。

强调过程控制 公司自身的需要也会改变。旅行和宾馆业企业将会更加重视过程管理，这构成了其适应变革，实现更好的质量、生产率、可销性和盈利性战略的有机组成。

效率至上的电子世界的威胁 对未来派而言，未来商业的图景已经显出轮廓，发达的通讯技术和对效率的追求将导致一个虚拟的公司办公空间的实现(Cleveland，1996)。这个图景一旦成为现实，旅行与宾馆业将会被永久地改变。其原因在于，进入新世纪之后，全息摄影技术将成为现实。全息摄影是一种实时、三维、可以在其他地点再现的激光图像。这意味着人们可以进行面对面的电子接触，虽然在实物世界中不在一处。他们可以自由地选择在哪里工作，比如在自己的家里。有了家里的虚拟办公室，加上他们与同事或顾客虚拟联系的能力，旅行将会很少，入住酒店的夜晚将大为减少，人们每年旅行的英里数将会越来越少。

因为人们对于降低成本、提高效率、创新等的不懈追求，这种剧烈变化的可能性是很大的。变化还将持续下去。由于人们可以在家里上班，公司将不再需要办公室。之所以这会成为可能，是因为你家中的数码屏幕将不仅是把你和其他人的办公室联系起来，它还可以使你进入到虚拟办公室当中与人沟通，如同你在1996年时所做的一样。

同时，未来派也认为这种高效率的办公方式是有局限的，因为人们会感觉孤独和压抑。高效的电子世界的这种压力和沉闷会引起以人为主导的办公方式的回归。无论如何，旅行与宾馆业的长期经营战略都应把这些强大的未来趋势考虑在内。

参考文献

Abbey, James R. (1995). *Sales and Marketing for Hospitality Operations*. American Hotel and Motel Association, Lansing, MI, pp. 3–7, 8, 11.

Bernowski, Karen (1996). "America's Nostalgic Affair with Loyalty." *Quality Progress Magazine*, February.

Cabana, Steven (1995). "Participative Design: Effective, Flexible and Successful, Now!" *Journal for Quality and Productivity*, January-February.

Cleveland, Charles (1988). *Decision-making: Super Luxury Hotels 1988*. Communications Development Inc., Des Moines, IA.

Cleveland, Charles (1995). *The Future 1995*. Communications Development, Inc., Des Moines, IA.

Forsyeth, Steven E. (1995). "Effects of Airline Deregulation in the Airline Industry." Presentation to Edison Electric Institute, Delta Airlines, Atlanta, GA.

Geojiales, Nick (1995). "Quality Management at British Airways." Presentation to Coopers Lybrand, Venice, Italy.

Goldsmith, Charles (1995). "Jet Ahoy! First Class Flyers Go 'Yachting.'" *Wall Street Journal*, December 4.

Hadley, Helena (1995). Light, private communication to Patrick Mene, Marriott Hotels and Resorts, Washington.

Juran Institute (1994). *The Alligator Hatchery*. Quality Minute Video Education Series. Center for Video Education, North White Plains, NY.

Juran, J. M. (1988). *Quality Control Handbook*, 4th ed., McGraw-Hill, NY.

Kaznova, Brian (1995). Private communications to Patrick Mene. Kaznova Consulting, Atlanta, GA.

Nichols, Robert (1995). Private communication to Patrick Mene: "Quality Practices in the Airline Industry." Sky West Airlines, Phoenix, AZ.

Power, J. D., & Associates (1994, 1995). *Meeting Planner Market Research*, 1994; *Annual Frequent Flyer Airline Research*, 1995. Aurora, CA.

The Ritz-Carlton Hotel Company (1993, 1994). "Malcolm Baldrige National Quality Award Application Summary 1993," Atlanta, GA; Dearborn Housekeeping Project 1994, Dearborn, MI.

(李朝霞 译)

第 31 章

政府服务：联邦政府的再造

阿尔·戈尔（Al Gore）

政府转变的迫切需要
总统管理委员会的作用
政府再造的第一阶段
政府再造的第二阶段
显著改进顾客服务
加强行政执法的合作伙伴关系
创建基于绩效的合作伙伴基金
建立与社区的单一联系点
改造联邦工作人员队伍
政府再造的第三阶段
加强信息技术的应用
着眼于主动遵循而不是强制
创建一个更像企业的政府
结论
版权放弃声明

政府转变的迫切需要

正如克林顿总统告诉国家的，他和他的团队自 1993 年以来一直致力于创建一个更加精干的，而不是更加平庸的联邦政府，这个联邦政府将同州、地方、企业、社区、市民团体携手努力，更加明智地管理资源，同时帮助那些不能自助的美国人。总统曾于 1996 年 1 月声明道："我们清楚一个大的政府不可能解决所有的问题。我们清楚没有能够包治百病的计划。我们知道，并且正在努力着，我们要给美国人民一个更小的、更少官僚习气的华盛顿政府。我们也必须给予美国人民这样一个不再平庸的政府。大政府的时代已经结束。但我们不能退回到一个我们的公民只能靠自力自保的时代。"

许久以来我们头一次生活在一个预算平衡的时代，虽然我们或许会不能苟同实现这一目标的途径，但我们共享着一个共同的结果。预算即将平衡。这种新的环境，伴随着信息经济的诞生，冷战的结束，以及各种各样的世纪末躁动，为我们提出了一个带有新的紧迫感的古老问题：联邦政府应该怎样运行？

克林顿总统在他第一任期的早期即认识到了这一问题，3 年前他请我就此展

开工作。我为我们的联邦雇员为政府再造所做的努力而感到骄傲。依靠他们的帮助、他们的思想、他们的领导力，我们废除了16 000页的规章制度。我们正在实施一线联邦雇员给我们提出的那些建议，那些从未曾以一种持续的方式被清楚地听取过的建议，甚至因人们顾虑报复而未曾真正提出的那些建议。无论怎样，在我们的再造努力的第一阶段，通过听取和实施他们的建议，我们创建了一个从肯尼迪政权以来的最小的政府。事实上，从 1993 年至今，我们已经削减了超过 35 万个职位，从而缩小了联邦雇员队伍的规模。由于我们的努力以及与联邦雇员们的合作，政府工作人员在公职人员中所占的比例是 1933 年以来最少的。

我们不仅缩小了政府规模。通过与联邦雇员们的合作伙伴关系，我们还使之能够工作得更好。我们还有很长的道路要走，我们非常清楚这一点，但是我们已经取得了进展，而且我们已经开始取得更为迅速的进展。例如，联邦紧急事务管理局已经改变了其拖沓官僚的名声，它现在已改造了其灾难救助反应工作，它的每一次反应都获得了两党一致的赞许。社会保障管理署如今为我们的年长公民提供了世界级的服务。小企业管理署缩减了其规模，消除了大量文牍工作，增加了其发放的贷款。与我们国家已经习以为常的持续多年的官僚作风的不断增长相比，1993 年以来所取得的成就是令人瞩目的，它代表了一种新的模式。

总统管理委员会的作用

对于我们的政府转变努力的领导主要是由总统管理委员会（PMC）提供的，这是由克林顿总统在 1993 年其第一任期开始时建立的一个新机构。总统要求我出任 PMC 的主席，PMC 由各个内阁部门和若干其他机构的首席运营长官所组成。这些成员直接就该机构的总体管理需要向机构首长作出建议，并负责制定该机构的具体转变计划。PMC 的成员还负责实施与政府再造相关的政府总体管理改革。这些总体的改革旨在改进顾客服务，优化人事、采购和预算系统，分析地方派出机构的结构，缩减联邦工作人员的规模，同时确保执行各机构主要使命的大系统更有效率和效果地运行。

PMC 与雇员代表和政府管理人员协会的密切工作使得劳动方—管理方的伙伴合作关系成为现实。他们还与高级联邦管理官员以及国会成员密切合作，对与改革相关的机构计划、系统、运营及产出进行分析。作为总统管理委员会的代表，联邦质量咨询部负责开发指南和培训材料，以便使政府机构的质量管理活动与私营部门所应用的马尔科姆·鲍德里奇国家质量奖的评价标准相一致。总统质量奖也应用了同样的评价标准。联邦质量咨询部借用联邦高级主管持续为各机构提供指导并协助他们的再造活动。

政府再造的第一阶段

在过去的年代中，有关政府计划的争辩多集中于政府应该花多少，而不是这些花费能够获得什么。然而，对于大多数美国人而言，这些都不过是些空论而已，因此在过去的十几年里，公众一直在说政府什么也不做。很明显，我们必须采取有力的措施来恢复公众对政府的信心。

再造联邦政府的第一阶段是在总统的第一任期内进行的。这一阶段的特征是各机构对卷帙浩繁的规则规章进行了审查、整理和取消。各机构试行了众多的改进服务质量的举措，主要针对主管及监督人员进行了培训和技能开发，新的质量举措开始发挥效力。

质量管理的最初步骤旨在使政府变得更小，管理得更好，更有效率。当局宣布了我们对联邦政府的愿景，“创建一个运作良好且花费更少的政府”。我们将再造政府的这第一阶段称为“创建一个由顾客驱动的政府”，并在各机构的质量改进活动中采用了以下的模型。

这一模型是灵活的，允许各机构从大量的质量举措中加以选择，来用于质量型组织的创建和评价。如图 31—1 的模型所示的“学习与改进循环”一样，我们认识到我们的改进努力必须是持续进行的。

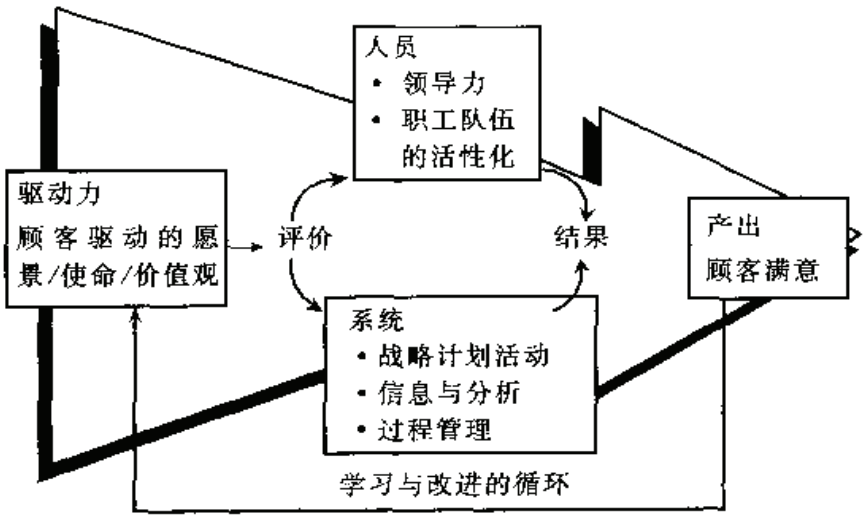


图 31—1　创建一个顾客驱动的政府——转变文化与系统

政府再造的第二阶段

美国人民期望并且也应得到一个具有良好判断力的政府，这个政府应当运行

良好，能够明智地使用他们的税金，将他们看做是有价值的顾客，不施以过度的负担，当处理犯罪、贫困等问题以及应对就业和教育这些挑战时，能够对人们的生活起到正面的影响。

因此，在再造政府的第二阶段中，我们实施了五个基本步骤来进行改革，并决定联邦政府未来应如何运行：

1. 显著改进顾客服务。
2. 加强行政执法的合作伙伴关系。
3. 创建基于绩效的合作伙伴基金。
4. 建立与社区的单--联系点。
5. 改造联邦工作人员队伍。

显著改进顾客服务　在一个预算平衡的时代，实行政府改革和建立质量型组织的第一步非常关键。这一步旨在重新恢复美国人民对于联邦政府的信心。1996 年 3 月 4 日，我代表克林顿总统向美国公众保证，联邦政府将马上在顾客服务方面开始实施看得见的、公认的、可以衡量的改进。例如，美国国务院护照处的一项努力大大缩短了办照人群的队列。

各机构转变其运作和服务的承诺将会公布在互联网上，以使纳税人更容易监督我们的责任。我们也希望了解纳税人在接受联邦机构和部门的服务时的经历，特别是有关我们如何履行那些在互联网上作出的承诺方面。我们的网址是 www.whitehouse.gov。在“What's new”栏目中你会找到这些承诺。

在再造政府的第一阶段中，当我们最初与政府机构谈及顾客服务时，他们中没有多少人真正了解我们所使用的“顾客服务”这个短语的含义。第一线的雇员们将顾客服务视为就是使他们的上司高兴，而过去的组织文化往往会加强人们的这种认识。对于许多机构的头头们来说，顾客服务就意味着取悦国会尤其是国会中的拨款小委员会。整个联邦计划在设计和实施中，一开始就没有真正认识到什么是顾客的需要。另外，由于政府压根儿不太了解谁是其顾客，因此设定可衡量的顾客服务标准的想法确实是一个陌生的概念。

通过与联邦雇员们的共同工作，我们改变了这一切。我们走出去并观察第一流的企业是如何提供一流的顾客服务的，我们开始为我们的顾客做同样的事情。大多数政府机构第一次建立并公布了顾客服务的标准，并且设计了他们的过程来解决如何达到这些标准并加以持续地改进。现在，正如联邦快递公司的顾客知道他们的包裹肯定会隔夜送达一样，纳税人到社会保障部门将会知道他们会在 10 分钟内被接见，学生打电话询问直接贷款的信息时也会知道在 35 秒内他们的电话将会被接通。

这些和其他上千项的可衡量的标准标志着政府在看待和对待其顾客的方式上的一个显著的改变。我们已经看到了成功的迹象。例如，在一项关于 800 免费服务热线完备情况的独立调查中，社会保障管理署的一个地方机构的得分高于该地

区的任何一个美国企业的得分。

最近我们通过美国商务顾问公司建立起了联邦政府的一个门户的互联网通路。我们正在重新设计电话簿的蓝页，使人们能够在字母“P”下面找到护照一词，而不是在“S”下面找到国务院。我们制定了一个目标向各机构发出挑战，那就是“让每个在美国的人都知道”政府机构已经改进并且会变得更好。

加强行政执法的合作伙伴关系 我们转变政府的第二个方面是使与私营部门的合作伙伴关系成为惯例而非例外。迄今为止，这类合作伙伴关系一直是以试点项目的形式由各个管理机构分散进行的。我们将使这种合作伙伴关系成为我们的行政管理的主流形式。

绝大多数美国人都相信，政府在保证他们的安全和保护环境中起着重要的作用。政府的监督使得我们的工作场所更为安全，保证了我们的食品安全和我们的健康。环境法令的强制实施有助于恢复河流的清洁以及挽救秃鹰。我们所面临的挑战在于不只是维持这一进程，而且是要做得更好。

我们清楚通过兼重过程和结果，行政管理机构可以做得更好。我们已经见到了这种效果。在缅因州，职业安全与健康管理署（OSHA）认识到，其所有针对不遵守工作场所健康和安全规定的企业的收费和罚金的确带来了一大笔收入，但这种做法并没有给工作场所的安全带来任何改进。因此 OSHA 放弃了这种陈旧的工作方式，开始与企业的管理当局和劳工结成联盟，并将重点集中于结果。OSHA 发现和纠正的违规达到了过去采用老方法时的 14 倍。开展工作的效率大为提高，最为重要的是，在他们的管辖范围内的工作场所的伤害减少了三分之一。

在迈阿密，过去海关迫使企业完成政府各种文书所需的时间可以与他们做生意的时间相提并论。一个公司每年必须填写 70 万页表格。后来，海关与这些公司坐下来讨论，确定哪些必要哪些不必要。现在，公司每个月只需填写一份表格。通过优化工作过程以及追求更好的结果，海关因查出率大为提高而能够查获更多的非法药物，同时还促进了合法交易的增加。那些下了国际航班后排队等候的人们的移动速度比以往更快。事实上，他们现在所抱怨的是必须等他们的行李，因此各航空公司将它们的行李处理人员集中起来，要求他们重新设计其工作方式，以使他们能够赶上政府的工作。

通过诸如 XL、绿色之光和 33/50 这样的计划，我们看到环保署与数百个公司合作防止了 10 亿磅的污染物被排放到大气当中。我们说过：“如果你能够将事情做得更为清洁和便宜，那你就去做。抛开条条框框。给我们一个衡量手段，你承诺了你要超越的目标，让我们看看你的进展如何。”

为什么这些合作伙伴关系能够运转？因为他们将重点集中于结果。目标是减少伤害，禁止毒品，杜绝泄漏，而不是确保企业的表格填写得完美。这些合作伙伴关系能够有效是因为政府与产业界在携手合作，而不是互相争斗。政府确知许

多企业的领导人拥有着同样的目标，他们愿意共同合作以使之实现。私营领域长于创新，他们对于他们的业务的了解要比政府好得多，他们也最清楚应当如何来解决他们的问题。视之为对手等于是在浪费其积极的意愿，这会使联邦的资源过于分散，而不能集中解决一些重大的问题。

这种合作伙伴关系对于政府以及产业界的许多人来说都是一种新事物。旧习惯有时很难打破，新办法也不会一帆风顺。但不管怎样，我们已经目睹了它的效果，我们将使之持续下去。

创建基于绩效的合作伙伴基金　在一个预算平衡的时代进行政府再造的第三个阶段是与各个社会共同体构筑新的关系。在 1996 年 3 月 4 日，我宣布了以下的政府决定，即每当一个基金项目提请重新批准时，我们将要求国会将其转化为绩效合作伙伴关系，必要时还要用其他相关项目加以支持。

到目前为止，已有 600 多个独立的联邦基金项目参与了进来。这些项目各有其规则和要求。我们仍然要把重点从过程转移到绩效。联邦、州和地方政府将共同来制定目标，而由社会共同体来决定如何能够使之更好地实现。

我们的目标是要追求更好的结果，增加对公众和对产出的责任感，减少官样文章和事无巨细的管理，给予服务设计和提供的方式以更大的灵活性。例如，在这 600 多个基金项目中有些是关于儿童免疫的项目。其中有些是提供资金帮助儿童到诊所，以使他们接种他们的父母所知道的疫苗。但是，儿童免疫计划的本来目标应该是增加两岁儿童接种达标的百分率。

总统已要求将 271 个分散的基金项目合并为 27 个绩效合作伙伴基金。我们建立了 105 个“自主区域”和“事业共同体”以突出当地的需要。我们已开始与各州签署协议以创建这种新的合作伙伴关系。几年前我们在俄勒冈州建立起了这种新型的合作伙伴关系，以促进儿童健康、家庭稳定和劳动队伍的技能的改进。我最近到了康涅狄格州以建立类似的合作伙伴关系，以图通过一个全新的合作背景下的发展经济和社区复兴的方式，来改进这个州的最贫穷的社区。目前我们正在全国范围内推广这种合作伙伴关系。

建立与社区的单一联系点　几年前，我宣布对于人口超过 15 万的每一个社区，住房与城市发展部都将选派一个人作为一个单一的联系人。我们将使被传说为“无名、无面的官僚机构”的该部给予每一个这样的社区一个名字和一张脸，一个具体的个人，由他来促进这些社区与联邦政府有关的问题的解决。

社区与联邦政府之间在许多不同的事务上都存在着交互的作用，这些事务的范围从“争取先行”一直到高速公路。为了完成其与联邦政府有关的工作，社区必须一扇门一扇门地逐个去敲。为什么呢？因为这些交互作用现在是根据联邦政府的构造而不是社区的需要来决定的。在政府的管理部门没有处理社区事务的聚焦点，因此我们现在正在建立更多的这样的社区聚焦点。

改造联邦工作人员队伍　转变联邦政府的第五个步骤是转变联邦工作人员自

身。本届政府的再造努力已经实现了1 370亿美元的节约，削减了 35 万多个联邦职位。

为了实现这一点，我们提请国会立法以极大地扩大行政事务法的行政权限。这一权限的扩大使得大量的政府机构能够设计符合他们的使命的人事制度。同样，我不认为有什么党派会反对这一举措。任何一个 CEO 都可以告诉你，再造只有与员工的合作才能取得成功。我要补充强调的是，我们的联邦工作人员队伍是任何私营机构的管理者都会赞许的。但是，将他们罩于其下的人事制度却不会如此。

我们如同任何巨型的集团企业一样有着一套多样化的使命，甚至更加复杂，但我们只有一套法律规定的人事制度，一套规定适用于从专利律师到公园护林员的所有联邦雇员。设计于 19 世纪的这种“所有体型，一个尺码”的做法，显而易见不会满足 21 世纪的挑战。没有哪个公司会采用这样的方式。例如，通用电气公司制作灯泡，经营按揭贷款，还提供汽车出租服务。它不会将如此多样化的职工队伍塞入一套单一的人事制度之中，联邦政府也不应该如此。

我们需要一个新的模式，分权并注重每个机构的使命。它应该使联邦工作人员能够最大限度地负起责任，并给予直线主管以更多的人事决策的权限。正因为如此，我们希望修改法律以将人们解放出来，以构筑一个做得更好但花费更少的政府。

政府再造的第三阶段

今天，联邦政府为其拥有的最为长期并最成功的政府改革努力而自豪。这是通过政府内外的合作，通过应用新的技术而实现的。我们成功的关键是在一线的直接向美国人民提供服务的人员在再造政策方面的创意和实践。历史上第一次，联邦政府有了可衡量的公众服务标准。我们有了更安全的工作环境，更低的犯罪率，更容易的购买方式，更迅速的药物核准，更快捷的邮件运送。我们砍掉了不必要的法规和过时的程序，削减了我们自己的工作人员，并为纳税人节省了数十亿美元。我们的再造努力被更名为“全国合作的政府再造”，以反映我们对于“至善美国”这一愿景的承诺。

我有着透过白宫和国会两方面观察政府工作的特别地位。随着行政进入了一个预算平衡的新世界，国会也必须加入进来。这或许意味着国会内部的一些再造。

两党成员都在谈论改革国会的委员会结构，以使国会能够更加适当地监督行政机构。一个要向多个董事会报告的私人企业将很难确定其使命并改进其效率，但我们的许多行政机构要向国会的多个委员会或分委员会报告。尽管我们知道某

种程度的重叠是不可避免的，但目前的情况却十分荒谬。例如，环保署目前要例行地向 28 个委员会和 43 个分委员会报告。有 19 个国会委员会和 33 个分委员会对于联邦的儿童和家庭项目拥有管辖权。显然，这里有着巨大的调整和改进的空间。

目前我们已经为总的预算制定了多年目标，我们仍需要坚持每年的批准吗？我们能否改变为数年批准以使政府管理者有一个更为稳定的环境去计划和投资？这样每年都等待着联邦政府决定其年度计划的地方和州政府也能有更大的灵活性去预先地筹划。答案当然应当是“是的”，尽管我知道这些是有争议的话题。

国会两党都提出了一些令人感兴趣的听起来合理的改革建议。然而，我想强调的是，在再造的努力中，国会必须和我们联合起来。1994 年《政府绩效和成果法案》获得了国会的通过和克林顿总统的签署，这一法案为几乎所有的联邦机构的战略性计划提供了框架。这一得到两党支持的历史性立法，将我们置于了一个基于绩效的政府的轨道上。国会为行政方面通过的法案应该与其内部的自身审视匹配起来。只有共同合作，国会和行政，包括州和地方政府在内，才能在一个预算平衡的时代实现政府的再造并更好地提供美国人民所必需的公共服务。

加强信息技术的应用　今天的信息技术是再造的极大促进因素。它促使我们从根本上重新思考人们如何工作以及我们如何为顾客服务。例如，在迈阿密，美国海关总署的官员可以用电脑来比对旅客和当前的危险人物名单。在飞机降落之前，官员们可以鉴定出他们需要审查的重点。类似地，在互联网上，社会保障署让你建立个人福利预算，你只需花 5 分钟在屏幕上填一个表格。

并非所有的技术应用都要求高端的技术。大多数美国人通过电话而不是其他途径与政府联系。因此美国国税局建立起了电话申报方式，使得2 000万人能够使用语音提示电话来提交他们的 1040EZ 税表。这只需要 8 分钟，不用纸张，差错率只有书面填表的几分之一。

技术的潜在回报是巨大的，但不是自动发生的。通过遵循以下的原则，可以以合理的开支获得较满意的结果，这些原则来自私营和公共部门的最佳惯行：

- 不要将旧的过程自动化，而要再造。新技术带来了新的可能性，例如可以将服务放到网上，让顾客在需要时随时可以得到。
- 购买经过验证的产品。商业产品呈现为巨大的品种和能力，新产品也在与日俱增。放弃部分性能特点，追求那些经过彻底验证且花费较少的东西，这通常是比较明智的。
- 对投资进行检查。不仅跟踪成本和进度，还要看该技术是否提供了预期的回报，在或大或小的政府项目中花纳税人的钱时以及应用好的管理原则时，这一点是非常重要的。
- 整合信息。许多机构复制他人收集的数据。例如，有 40 个机构都收集商业信息。我们持续地寻求机会使机构之间共同分担工作并共享数据，从而在为顾

客提供杰出服务的同时，减少联邦项目和活动的数目。

着眼于主动遵循而不是强制 总统签署了指令要求部门首脑遵循以下五个策略：

- 废除过时的规章制度。
- 奖励结果而非繁文缛节。
- 走访基层合作伙伴。
- 协商而不要命令。
- 减少管制性汇报。

第一项战略涉及制度手册中的东西。我们正在采取措施以废除那些过时的东西，同时用简明易懂的英语来改写其他的。我们相信，当人们理解对他们的要求时，他们才会更好地去遵循。

其他的策略涉及的是在行政管理再造中的最重要的东西，改进管理者与被管理的社区之间的关系。经验表明，大多数企业和社区都确实希望遵守有关法规，如果它们能够清楚要求它们做什么的话它们是会去做的。通过与新伙伴合作，对目标达成共识，为改进留有余地，为那些希望遵循的人们提供所有可能的帮助，众多的政府机构正在证明着这一点。我们正在看到，由于行政执法的时间不再浪费在好人的身上，行政机构能够更好地将其注意力集中于少数的欺诈者身上。

创建一个更像企业的政府

我们要求各机构采取措施以使它们的项目和运作更加类似于企业。为了帮助它们这样做，我走访了我们国家的许多最好的公司，从它们的 CEO 那里就如何实现一个更加像企业的政府得到了指导。这些公司如通用汽车凯迪拉克部、迪斯尼、联邦快递、哈雷-戴维森、利兹-卡尔顿、沃尔玛、施乐等。从它们那里得到的帮助使我们在创造一个企业式的环境方面迈出了最初的步伐。

所有这些来自美国最优秀公司的帮助都回馈给了美国人民：

- 社会保障署的 1－800 电话服务被评为“同业之最”。
- 总务管理局的库存管理可与通用电器媲美。
- 国家航空航天局的火星探测器通过一个市售的摩托罗拉调制解调器即可与地面联系。
- 美国农业部农村开发署像花旗银行一样运营着其贷款项目。
- 食品与药物管理局与医学研究者们合作，使那些确实急需获得治疗的人们能够获得安全有效的治疗。

我们相信美国人正在从顶级的美国公司获得良好的服务和价值。这些美国人同样也有权利对政府拥有同等的期望。我们非常感谢那些优秀的美国公司帮助我

们以同样卓越的方式为人们提供服务。

结论

总之，在我们再造联邦政府的进程中，我们知道我们所面临的挑战是巨大的，但并非不可战胜。我们挑选了一些典型的机构，即本报告中所提到的那些机构，来说明目前正在再造进程中的机构的范围和类型。挑战是巨大的，但是联邦雇员和这些政府机构的委托人的期望更大，即实现一个更加顾客友善的、简洁有效的政府。如果希望在再造我们的政府这一挑战中获胜，我们就必须与企业领袖、州和地方政府以及大学共同体携手共进。

版权放弃声明

本章任一部分及全部都可不经许可地复制。复制费用由使用者负担。

（焦叔斌　译）

第32章

医疗保健服务

唐纳德·M·贝里克（Donald M. Berwick）
莫琳·比索尼亚诺（Maureen Bisognano）

引言
变革的举措
预付的医疗财政
健康维护机构
“把门”及其他形式的医疗手段评审
医疗计划方面的创新
“报告卡”和衡量系统
改进过程的四个领域
健康状况
服务特性
普及程度，浪费水平
进一步的可能的改进
医疗保健质量控制的做法：历史的和主流的方法
质量改进
案例1：北新英格兰心血管疾病研究小组
案例2：降低延误的协作
未来
参考文献

引言

在美国，医疗保健行业近年来在结构、重点和过程上发生了显著的变革，其变化之巨大是其他行业所无法比拟的。综合提供系统（integrated delivery system）作为提供医疗保健的强大力量而取代了医院。这一系统的目标从照顾伤病患者转移到了提高整个社区的健康水平方面。过程的再设计使得所提供的医疗类型、接受医疗的地点，以及病人作为一个积极的参与者参与医疗计划的程度都发生了改变。

医疗保健行业是美国第二大产业，其总支出仅次于教育。每年用于购买医疗产品和服务的费用高达10 000亿美元，医疗服务由6 300多家医院、1 000多个健康维护机构、720 000个护理之家以及200 000个医疗诊所提供，涉及600 000名医生、1 900 000名护士、155 000名牙医以及来自许许多多其他相关的卫生职业及

支持服务的数以万计的人。

与其他产业相比，这一系统的复杂性显而易见：一个雇佣4 000人的制造公司其雇员的职位头衔大约为 50 余种，而一个典型的4 000人的医疗机构则使用着 500 种头衔。这种高度的专门化，起初的意图是为了改进质量，而如今对于任何医疗程序而言，它都造成了多重的传递，从而导致了质量过程的断裂。

美国的医疗行业的经济规模使其他国家相形见绌。按照人均数字，美国花在医疗保健方面的支出比第二大医疗保健支出国（加拿大）多大约 40%，是其他西方国家支出的两倍以上。美国国内生产总值的 15% 以上花在了医疗保健上面，与之相比，加拿大为 11%，英国为 8%，丹麦为 6%。纵观 20 世纪后半叶，美国的医疗保健支出的增长比经济整体的增长要快得多。就总金额而言，在 20 世纪 70 年代的十年中翻了一番，而后在 1980—1989 年间又翻了一番。在本世纪（20 世纪，下同——编者注）的后 1/3，平均医疗价格指数，即医疗产品和服务的市场价格比消费价格指数的增高快 2～3 倍。一位卫生经济学家在 1970 年时曾写道：对于美国的医疗支出会很快上升至 GDP 的 7% 感到沮丧和难以置信。更加难以置信的是，到本世纪末这一数值还会再翻一番以上。

然而，尽管拥有巨大的规模，美国的医疗保健服务还远远未能满足社会的需要。由于美国医疗保健的财政体系的不健全，在 20 世纪 90 年代末，有3 000万以上的美国人缺乏支付其医疗支出的保险，人群健康状况的简单指数令人吃惊地将美国人的健康状况置于了低于其他发达国家的水准。1995 年婴儿死亡率（出生后 30 天内死亡）美国排全球第 21 位，美国人的寿命预期与居世界之首的日本相比，男性低 3.4 岁，女性低 2.8 岁。根据对美国人关于其卫生保健的满意度的调查，他们对这一体系给出了矛盾的评价：他们对自己的医生评价很高，但是对美国整体的医疗卫生质量和支出表现出了强烈的不满。

变革的举措

由于对高额的支出和医疗保健结果的不一致的不满，在 20 世纪最后 25 年中，导致了在医疗保健的公共政策、财政和组织方面推出了大量的变革举措，所有变革都致力于衡量、控制和改进医疗服务的价值，并增加医疗保健的提供者对于公众和保险支付者的责任。

预付的医疗财政　医疗提供机构被规定一个预期的年度预算来满足患者中的在册人口的需要，而不是简单地无限制地花多少就向保险商报多少。这种预付的财政被认为可以将医疗提供者的动机从“越多越好”（在费用报销支付制度下）转变为“节省资源”（在预付支出制度下），从而将成本增加的风险从支付者转移

到了医疗提供者方面。

健康维护机构 这种做法是设计一种“受控医疗”体系，以按期收费的方式来向成员人口提供医疗保健服务，而不论所要求服务的程度如何。在这种受控医疗保健体系下，通常会着重于提高其成员人口的健康状况，降低可预防慢性疾病和伤害的支出。

“把门”及其他形式的医疗手段评审 医疗服务的提供者必须向保险商证明其所选用的各种手段的正当性，包括昂贵的检查手段、外科手术、专家安排等，特别是当其使用模式与同行的通行模式相悖时。资源消费的控制权掌握在临床医生的手中，他们担负着医疗管理者的作用，协调着提供给患者的检测和服务的水平。

医疗计划方面的创新 例如，在过去的几十年中，医疗服务的场所发生了巨大的变化，以前只能在院内设施中进行的检查和程序，现在以低廉的价格在门诊或诊所就可以安全地进行。仅在 15 年前，白内障手术还要求住院一周并在家中静养康复一段时间。今天，由于技术的进步和方法的变化，这样的手术可以在医生的诊室或手术中心进行，诊断处置时间总共只需要两小时。使人更为兴奋的创新发生在扩展计划方面，这些计划将技术性的服务延伸到了患者的家中，借助于新的通讯方式可以使患者更直接地参与到他们自己的治疗决策中，例如前列腺疾病和乳腺癌的内外科治疗的选择。远程医疗将专家与偏远地区的医生联系起来，可使病人获得最先进的诊断能力而无需再长途跋涉。

“报告卡”和衡量系统 医疗保健机构的绩效由标准化的方式来评价，衡量结果通常会公开，以帮助支付者和患者的选择。地处全国主要城市的商业联盟已经积累起了有关费用和效果的比较性数据，以帮助企业领导人决定其员工的医疗保健的提供者。在许多公司中，员工医疗保险的费用在成本增加中居于首位，上述这些数据被认为是控制所谓的“不可控”成本的一个重要工具。

医疗保健机构的领导者也在运用这些可比数据以及内部的“平衡计分卡”来确定组织改革的优先次序，并用于向主要的利害共担者展示其进展情况。

改进过程的四个领域

有关医疗健康服务的研究至少突出了在四个方面改进医疗保健过程绩效的主要机会，即健康状况、服务特性（满意度指标以及利用系统的便易性）、普及程度（包括种族和社会经济群体间的平等）以及浪费水平。

健康状况 谈到健康状况，在已有的科学知识的情况下，美国人并没有达到他们应有的健康程度。意外伤害是未成年人死亡的主要原因，其中的许多事故都

是可以通过简单的措施来加以避免的，如系好汽车安全带，骑自行车或摩托车时戴头盔，以及将游泳池围起等。医疗保健提供者们的简单建议可以使许多人的生活方式更为健康。在美国，每年死亡人数的几乎一半是由于可改变的生活方式和行为造成的。单单抽烟一项，通过诱发心脏病、癌症和呼吸性疾病所引起的死亡，即占全国死亡总数的 19%（见表 32—1）。

表 32—1　　美国人死亡原因一览表（1980 年）

原因	死亡人数	
	估计数字	占总死亡人数的百分比
香烟	400 000	19
节食/运动模式	300 000	14
酒精	100 000	5
微生物感染	90 000	4
毒物感染	60 000	3
火器	35 000	2
性行为	30 000	1
机动车辆	25 000	1
药物使用不当	20 000	<1
总计	1 060 000	50

医疗技术也应该比目前更安全有效。负面的药物事件，亦即药物使用的并发症在所有住院病人中的发病率超过了 6%，其中许多是由于可避免的系统性差错造成的。不必要的手术和检查增加了危险而对许多病人毫无益处。例如，一项调查发现，根据科学文献，一半以上的颈动脉手术都是不必要的。对于许多频繁使用的治疗措施来说，“不适当”治疗率（有科学基础，但对病人没有帮助的治疗）居于 10%～15%之间。美国的剖腹产术从 1970 年的 5%上升到 1995 年的 23%以上，而没有对母婴有益的任何有力的证据。这样的不当治疗既增加了开支又引入了危险因素。

服务特性　医疗保健行业的服务特性也落后于其他行业。等待时间通常都会很长，无论是预约等待时间还是约定时间在现场的等待。由于不全面的沟通、冷淡的接触，以及持续医治中的不周等原因，许多医疗机构会经常受到病人及其家庭的投诉。看一次普通的内科要花几个小时，涉及几组人员的诊治，要经过 23 道不同的程序。医疗保健机构的信息系统常常使得这种复杂性更为增加。不像在其他服务行业那样，医疗保健行业信息系统的应用未能通过确保将所有适当信息传达给参与治疗患者的关键人员，而产生一种信任和友善感。

普及程度，浪费水平　在美国，接受医疗服务的途径总体上是较好的，但并非对于全部人口都如此。医疗保险系统仍然将3 000万以上的美国人置于医疗保险之外。有些人非常健康，不会引人瞩目。但有些人则面对着机构的风险，他们或是会遭受沉重的医疗费用之苦，或是因无力支付而延误其获得及时的治疗。对于低收入群体来说，在接受医疗服务方面的差距是严峻的。在美国的内城贫民

区，几乎有四分之一的妊娠妇女缺乏充分的产前保健。

总之，美国的医疗保健开支还远算不上是最佳。我们在前面已经指出，美国与其他的发达国家之间在医疗保健开支上的差别有多么巨大。某些差别可能与美国的体系特征有关，这些特征是其他国家所不具备的。例如，我们拥有更多的“高技术”影像仪器以及通常都更新的医院设施。但是，在很大程度上，美国更高数额的医疗开支代表了更大的浪费，是不良质量的成本。与其他国家相比，美国作了更多的实验室检测，使用了更多的医院床位，施行了更多的手术，更多地去找大夫看病。我们常常不能充分地使用我们的资本（高昂的诊断仪器、昂贵的医院空间及设备），我们在人们生命的最后阶段使用了过多无谓的介入。不像其他市场，医疗保健经济在很大程度上是“供给驱动”的。这意味着，诸如医院床位、专家服务、影像设备等的可获得性，看来是这些资源的使用率的最大决定因素。由于历史的原因，与其他国家相比，美国积累起了更多的专门化的医疗服务，许多卫生经济学家相信这是高使用率的原因，而不是其结果，因此也是我们的高支出的原因。更为重要的是，高支出的医疗服务的增加显然并没有给美国人带来更好的健康状况。

进一步的可能的改进

以下根据本章作者之一贝里克于 1994 年对医疗保健服务研究的结果，简单列举了在美国的医疗保健中有可能进一步改进的 11 个主要方面。这里列出的单子只是作为一个例子，有的研究也举出许多其他的方面。

目标 1：提高医疗措施的对症性。减少不当的手术、住院和检查。最重要的切入点可能包括：乳腺癌 1 期和 2 期的处理、前列腺切除、颈动脉内膜切除术、冠状动脉搭桥手术、腰痛的处置、子宫切除术、内窥镜检查、输血、X 线胸透以及产前超声诊断。

目标 2：增加有效的预防措施。通过减少引起疾病的“上游”原因来改进健康状况，这些原因尤其如抽烟、武器暴力、儿童的可预防性伤害以及酒精和可卡因的滥用。

目标 3：降低剖腹产率。在不危及母亲以及增加婴儿死亡率的前提下使剖腹产率降低到 10% 以下。

目标 4：减少在生命末期的无益的治疗。在生命的末期阶段减少无益的和无效的医疗技术的使用。

目标 5：合理用药。采用简化的配方，并简化药物的使用，尤其是抗生素和老年人处方药。

目标 6：让患者参与决策。增加病人积极参与治疗方法选择的频率。

目标 7：减少等待状态。减少各种形式的毫无意义的等待。

目标 8：高技术服务的减少、合并和区域化。减少高技术医疗和手段的总的供给量。将高技术医疗服务合并为区域中心和社区中心。

目标 9：减少浪费的和重复的记录。减少重复的数据录入和在医疗记录及管理系统中没有用处的信息记录的频率。

目标 10：降低存货成本。降低存货水平。

目标 11：降低因种族和经济原因的健康状况的不平等。降低婴儿死亡率及低出生体重的种族间差异。

美国的医疗保健有着巨大的改进机会。尽管如此，我们必须承认，美国人的医疗保健在许多方面仍然是世界上最好的。世界各地的能够承受得起费用的患者到美国的医疗设施来接受治疗。美国的生物医学研究是世界上改进治疗有效性的新知识的最大的源泉。世界许多医疗保健系统的领导人都是在美国的设施中接受的训练，包括发达国家和发展中国家在内的许多国家，其预防和治疗疾病的系统的设计以及具体的做法都建立在美国模式的基础之上。

医疗保健质量控制的做法：历史的和主流的方法

自从有医学记录以来，医疗的质量就一直是这一领域的领导者们关心的事情。质量学者约翰·威廉森（John Williamson）报告了公元前 2000 年在《汉穆拉比法典》中记载的“质量控制”的内容。“如果医生在对身负重伤之人施行手术时使其致死，或在割开眼部脓肿时致人失明，他们就应割掉其（医生）手指。”道德行为标准是在公元前 4 世纪于《希波克拉底誓言》中建立的。中世纪，在法国、德国、意大利等地的法律中规定了什么人可以什么人不可以施行手术、助产和开药方。在美国，医生执照的实施始于 1760 年，美国的第一个专业团体医师学会（the College of Physicians）成立于 1787 年。

美国医疗保健质量的现代时期大约始于 20 世纪初。随着 1910 年弗莱斯纳（Flexner）报告的发表，医学向前迈进了一大步。该报告记载了当时医疗训练的不足，并基于对医疗实践的科学观点制定了新的医生教育标准。作为弗莱斯纳报告的结果之一，美国当时的医学院校有一半关门了之，此后的医学训练被置于了严格的认可程序之下。

大约在同一时期，医学专业机构开始统治专业认证的领地。其中的一个主要机构便是美国外科医师学会（ACS），该机构从 1916 年就开始实施一个广泛的项目，主要是研究医疗质量，并制定美国医院在医护人员组织、建立记录和诊断治疗设施的可用性方面的标准。1919 年，最初的所谓的医院标准化计划的结果令人困扰，被调查的 100 张床位以上的 692 个医院中只有 89 个医院达到了美国外

科医师学会的新标准。

ACS的工作，加上其他的在自我审查方面的专业努力，导致了20世纪50年代医院认可联合会的成立（后更名为医疗保健机构认可联合会，JCAHO），并很快成为全国医院的主要认证团体。JCAHO的宗旨多年来基本未变，这就是建立医院的诊疗标准，并开展调查评价以教导和促进医疗体系的改进和安全。其工作范围从有形设施审查到医疗文件的评审，以及与医院职员和医生面谈以确认他们的组织参与水平和有效完成及改善其工作的能力。直到今天，三年一次的JCAHO小组现场审查仍然是大多数美国医院的重大事件。外部审查的其他主要形式还包括那些来自州和地方卫生部门的审查，这些审查旨在评审和强化医院和诊所执行法规的情况，以及根据州的执照管理机构的规定对医生和其他医疗从业人员核发执照和再发执照的通常程序的管理。

当联合会、州的卫生部门和专业注册机构作为医院的外部质量审查的主要形式发展起来之时，在医院组织的内部，一套内部审查的常规形式逐渐成为了惯行甚至是传统。这些内部监督系统，许多是为联合会所要求的，主要由医疗人员中产生的委员会所组成，每个委员会分别有着审查某个特定的医疗过程和结果的权限。例如，组织委员会，主要审查外科处置中切除的器官和组织。药品和治疗委员会负责评审药品的使用及制定药品政策。发病率和死亡率委员会，主要是在外科部门，负责调查手术死亡和并发症的病例。为了给这些质量控制团体配备人员，通常也协助准备联合会的调查，许多医院都保有质量保证部门，其成员负责收集必要的数据、准备材料以及进行特殊的质量相关问题的研究。其成员传统上主要来自具有护理背景的人员。

伴随着这些认可和审查活动，在20世纪中积累了大量的有关医疗质量的文献。研究者们开发了各种审查的方法。例如，医疗质量保证术语中的“显式评审”和“隐式评审”。显式评审是对照书面评价标准对于医疗过程的评审。例如，这样的一个评审可能会问：筛选检验中发现的贫血患者随后是否根据现有程序得到了恰当的实验室检查？隐式评审是根据临床专家对治疗适当性的评估而作出的总括判断，不参照具体的现有标准。

医疗保健质量研究史上开拓性的作者之一，阿韦迪斯·多纳伯迪昂（Avedis Donabedian）教授，于1966年提出了用以定义可能的审查对象的主要的分类框架，即“结构、过程和结果”，无论是显式评审还是隐式评审。这一框架至今仍然是主要的分类框架。多纳伯迪昂指出，质量评价可以研究其医疗资源和组织架构（结构），诊断和治疗活动的次序（过程），或者健康状况、死亡率和治疗的功能后果（结果），每个研究对象都能够反映出总的医疗质量模式的某个方面（Donabedian，1966）。

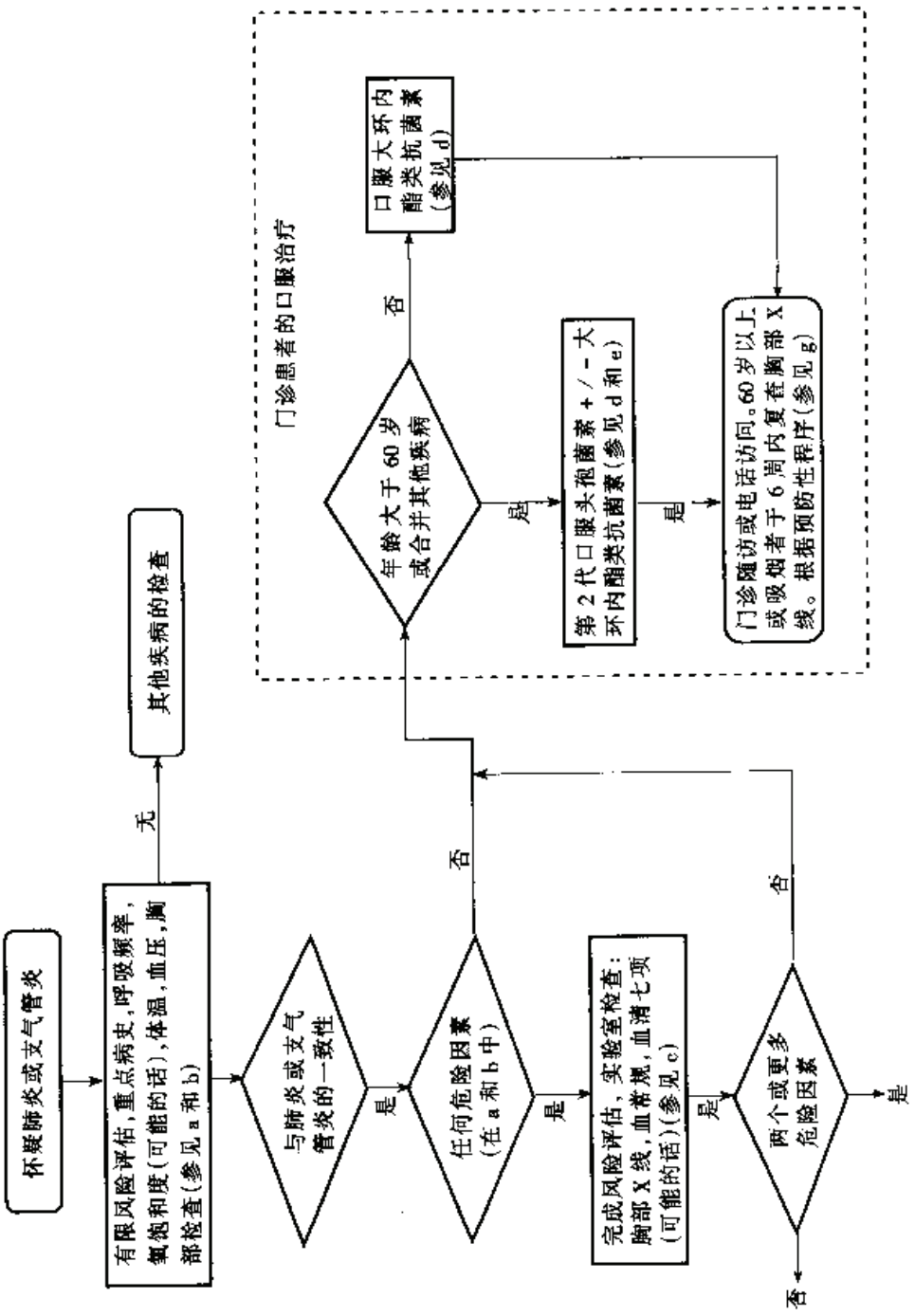
医疗保健领域中基于审查的所谓的质量保证，在20世纪70—80年代迈出了走向成熟的关键一步，这在很大程度上得益于兰德公司的研究。该研究采用了一

种实验设计来评价不同形式的医疗保险对于医疗过程和结果的影响（Brooke et al.，1979；Lohr and Brooke，1984）。作为其主要研究计划的一种重要的副产品，兰德公司的研究者们开发了一套评价质量的完备的调查方法和测量指标。他们使用了“医疗质量”这样一个非常广义的概念，包括了患者满意、易于获得、措施得当以及更传统的健康结果的定义。他们通过描述一些特性如情感状态良好、社会的和个人的功能、生理舒适等，而不是只限于单纯的单一的健康度量，而拓宽了“健康结果”的定义本身。例如，除了术后出院时的并发症之类这些内省性的指标外，该方法还要分析手术 6 周后的工作损失时间以及能够有效工作的程度。尤其重要的是，这些研究者们发现，简单的调查表和记录摘要表却有着卓越的特性，即有效性、可靠性和对时间变化的灵敏性。到本世纪末，其他研究中心的同行们基于这一工作，建立了一套相对完备的工具，用于对客户的医疗效果进行有效的衡量。

同时，研究者们主要将目标集中在医疗过程（按照多纳伯迪昂的定义）上，他们认识到，医疗从业者诊断和治疗的做法之间存在着极大的变异性。达特茅斯大学的约翰·温伯格教授等人（Wennberg and Gittelsohn，1973）的探索性研究表明，在对“病例组合”（年龄、性别等）加以校正后，受治人群的实验室检测与外科手术的施用率以及住院天数，因医生、医院、地区、某个州内或是州间，而存在着极大的变异性。例如，温伯格在 80 年代中期的一项研究中发现，在缅因州相距不到 100 英里的两个城市之间，70 岁以下妇女的子宫切除率的差异为 350%。

温伯格的工作，连同随后许多确认性研究一起，提升了人们对于制定处治标准以降低这种难解的变异的兴趣。在 20 世纪的最后 20 年中，美国的公共和私人团体形成了一个事实上的亚行业，它制定和传播医疗指南和程序，其中部分基于科学文献，部门根据专家意见，还有些则根据主流的处治模式。一些管理机构采用这些指南作为其外部医疗质量监督体系的组成要素，付款人们（保险公司和负担员工医疗费用的公司）也开始广泛使用这些指南来帮助他们决定该支付哪些医疗或不支付哪些医疗。治疗如心绞痛、腰痛以及糖尿病之类常见病的全国性指南也诞生于几个联邦机构的工作中（参见图 32—1 的例子）。

借助于更加现代化的信息系统和付费数据库，许多健康医疗系统最近开始直接向医生个人或群体提供反馈报告，显示他们的资源使用率，或有时是遵循诊疗程序的程度。对这些反馈的反应不一。在有的文化背景中，医生们对于这种明显侵犯其职业自主性的做法表现出害怕、谨慎或愤怒。而有些体系中的医生显然欢迎这一反馈，并利用它来进行相互讨论或制定个人的学习计划。最成功地应用医生绩效数据反馈的一个例子是迈阿密医疗评价基金会的工作（Wennberg and Keller，1994），该基金资助由专家组成的同行小组的合作。这些专家秘密地收到信息，然后用来探索各成员间的变异原因，常常能够快速地降低变异并纠正不恰当的模式。


怀疑肺炎或支气管炎
有限风险评估，重点病史，呼吸频率，氧饱和度（可能的话），体温，血压，胸部检查（参见 a 和 b）
无
其他疾病的检查
与肺炎或支气管炎的一致性
是
否
任何危险因素（在 a 和 b 中）
是
否
完成风险评估，实验室检查：胸部 X 线，血常规，血清七项（可能的话）（参见 c）
是
否
两个或更多危险因素
是
否
门诊患者的口服治疗
年龄大于 60 岁或合并其他疾病
是
否
第 2 代口服头孢菌素 +/- 大环内酯类抗菌素（参见 d 和 e）
是
口服大环内酯类抗菌素（参见 d）
门诊随访或电话访问。60 岁以上或吸烟者于 6 周内复查胸部 X 线。根据预防性程序（参见 g）

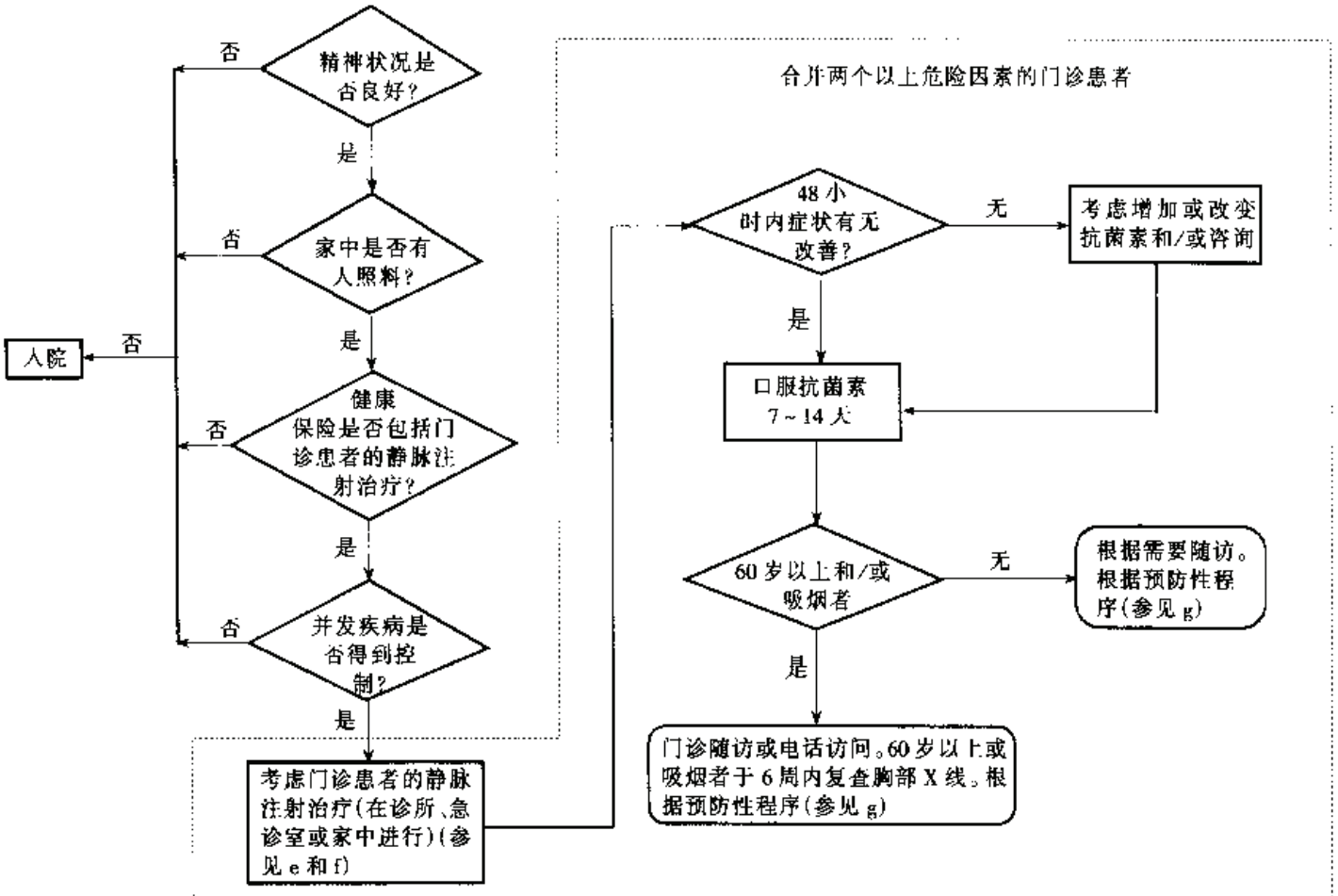


图 32—1　肺炎患者的治疗指南

患者的风险因素：

(a) 病史

并发疾病：

——慢性阻塞性肺气肿；

——慢性心力衰竭；

——糖尿病；

——慢性肾功能衰竭；

——慢性肝功能衰竭；

——12 个月内有过住院史；

——脾切除术后；

——饮酒或营养失调；

——结核；

——支气管炎；

误吸；

年龄大于 65 岁。

(b) 体检

重要指症

成人：呼吸频率大于 30 次；

血压低于 90/50；

体温超过 101°F；

血氧饱和度小于 66 或动脉血氧分压小于 50；

精神状态的急性改变；

肺部以外的感染（如败血症、关节炎、脑膜炎等）；

并发疾病的发现。

(c) 实验室检查

复杂的胸部 X 线：

——多叶性；

——空洞；

——渗出；

全血检查伴有：

——白细胞少于 4 000 或多于 20 000；

——血色素低于 9 或血球容积低于 30；

尿素氮和肌氨酸酐：

——尿素氮大于 20，肌氨酸酐大于 1.2；

并发疾病的异常实验室检查。

治疗

(d) 大环内酯类

红霉素 500mg 口服，每日四次，10～14 天；

克拉霉素，250mg，口服，每日两次，10～14 天；

阿奇霉素，第一天，500mg，口服，250mg，每日一次，4 天。

如果对大环内酯类不耐受，改用强力霉素 100mg，口服每日两次，10～14 天。

(e) 头孢菌素口服治疗：

头孢呋辛 250mg～500mg，每日两次，10～14 天；

如果对其过敏，改用克拉霉素，250mg，口服，每日两次，10～14 天；或林可霉素，300mg，每 8 小时一次，口服；

静脉注射治疗：

第二代抗菌素：

——头孢呋辛 1.5g，每 8 小时静脉注射一次；

第三代抗菌素：

——头孢氨噻肟 2g，每 8 小时静脉注射一次；

——菌必治 1g～2g，每 24 小时一次。

如果对青霉素类过敏，改用林可霉素，900mg，静脉注射，每 8 小时一次＋妥布霉素，静脉注射，每 8 小时一次（剂量根据患者调节）。

注意：

(f) 医疗保险和公共医疗制度非常复杂，家中治疗措施需确认保险覆盖情况。

(g) 评估是否应用肺炎双球菌和/或流感杆菌的免疫接种，必要时进行随访。

总之，医疗卫生系统对于质量管理问题的熟悉通常来自其所应用的各种形式的审查，这些审查有内部的也有外部的，既针对工作程序（指南、认可和认证），也在较小程度上针对其结果。医疗保健业的资深领导人主要通过对设备和人员的认可，通过定期的依据标准的内、外部审查以及对特殊事件和并发症的研究来确保质量。在正规的质量控制统计方法成为许多行业的常规数十年后，大多仍未应用于医疗保健领域。有一些例外是在少数的技术领域中，局部应用着一些统计过程控制的理论，如趋势图、控制图等，发挥着其监测作用。例如，在临床实验室（使用控制图来保持仪器的校准）和放射科（常规使用着图表来控制 X 光胶片显影液的温度）。

质量改进

医疗保健传统上依赖于内、外部审查来保证质量，以达到预期的效果。广泛的审查非常昂贵，但医疗提供者和局外人都公认，这是所能做的最好的办法。审查确实能引起人们对一些严重问题的注意，其中一些问题得到了恰当的纠正，有些则招致了过度的反应，这可能会增加治疗的费用和复杂性，而并未改善质量或效率。这类浪费的一个最好的例证便是有关建立医疗记录的要求和指南的增长，这导致了当今医疗记录的规模、复杂性和形式阻碍了其精确并有效的使用。没有哪个现代的产业在建立记录方面像在医疗领域那样浪费。总体上而言，质量保证在医疗保健领域被视为麻烦事，有时会暴露内情，是一种不得已而为之的事情。

然而，在更深层次上，尽管其坐次被排在了审查之后，但质量改进的概念在医学中并非新鲜事物。联合会自身曾开发和完善了一个改进程序，并推荐给医院作为其内部的质量保证程序，这一程序体现了现代的“计划—执行—检查—处理”（PDCA）的循环（如图 32—2 所示）。

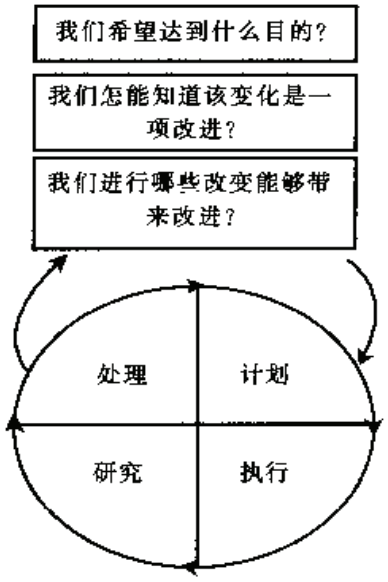


图 32—2　改进模型

在超越审查模式的另一个例子中，美国医疗保健质量研究会主任约翰·威廉森将成人学习模式应用于其工作中，极力主张质量保证应包括一个“控制论”（即反馈）过程，在此过程中绩效数据被系统地用来辨识进一步改进的机会。威廉森的建议发生在 20 世纪 60 年代，显而易见是现代质量改进和设计方法的先驱（Williamson，1971）。尽管如此，20 世纪的大部分时间，医疗保健领域的质量活

动仍然局限在审查方面，稳定是其主要的目的。

20 世纪 80 年代中期，重新出现了对于改进机会的重视。部分是由于全国医疗保健质量改进示范项目的开拓性工作（Berwick et al.，1990），部分是由于工业界质量专家进入了医院董事会和医疗机构管理层中的具有影响力的位置，医疗机构开始逐渐接受这一观点，即只有稳定是不够的，在成本和质量方面的显著改进是有可能的，诸如质量管理这样的新型管理方法能够在医疗保健领域发挥作用，尽管这些方法首见于其他行业。

这一类型的最早尝试，如记录在国家示范项目“对医疗保健的医治”报告中的那些活动，主要集中在医疗机构同样具有的那些典型的业务过程方面，如排定日程、设备保养、运输等过程。例如 1987 年的一项极其成功的项目，密歇根医院大学在来自科宁公司（Corning）的质量专家的帮助下，在很短的几个月中将其门诊部的等候时间缩短了 89%。盐湖城 Intermountain Health Care's LDS Hospital 的改进活动，将手术伤口感染率从 1.9%降低到了 0.4%，而与之相比，全国平均感染率为 4%。旨在减少全髋置换修补术的种类的一项标准化项目，在患者取得更好的功能性结果的同时，每年可节省约 100 万美元（Pestotnik et al.，1996；James，1993；Morrissey，1996）。

在最初的这些成功的基础上，质量改进方法迅速传播到几十家、几百家医院和其他医疗卫生机构。高层管理人员组成了质量委员会，各种正式的质量改进团队成为普遍现象，更为根本的医疗再设计开始使系统更具有患者友善性。总体上，医疗保健领域管理改进活动的模式与其他行业中的模式更为接近。可能正因为这个原因，这一模式在那些结构本来就很像企业的医疗保健部门中运行得更为顺利。

在管理环境不太好的那些环境中，如医院的医务人员、基于坐诊的诊疗活动、护理部以及跨专业的过程（如那些同时涉及医生和护士的过程）中，对于重新包装过的工业质量改进方法较难接受。他们将自己视为医院的顾客，而不是合作者或雇员。例如，医生很难理解和接受协调一致的总体目标。他们拒绝作为参与者定期参加改进团队会议，并反对重新设计他们自己的工作以更好地适应整体的系统。医疗保健领域中培植起来的各种特殊的行话和势力范围（专业认证过程出于保护质量的努力而倔强地对之加以维护）阻碍了进行系统改进的全力合作。在医院的记录中仍时常保持着“护理诊断”和“医疗诊断”的区分。不同专业的人员甚至不共用休息室、餐厅和开会时间。在同一份医疗记录中，“护理提示”和“医生提示”分别写在不同的部分，这在医院仍然是很常见的现象。

因此，也许与其他行业相比，医疗保健领域更容易受到断片式的努力的影响，这妨碍了系统的视野和整体的优化。而且医疗领域中的旧的习惯很难改变。医生、护士和其他人员接受的都是高度保守的工作模式的训练。他们通常把变化

视为危险，除非其成为了标准，而这种标准要远较其他行业更为严格。质量改进的学习循环（计划—执行—检查—处理）特点，对于医疗卫生领域的专业人员便特别具有威胁，他们所受的最基本的训练便是“做无害的事情”。

正如其他初次面对改进方法的行业一样，医疗机构常常会直觉地怀疑显著改进的可能性。许多人倾向于将疾病结果视为是生理决定的，患者对舒适和服务的期望是“不现实的”，过度的医疗费用是不可避免的。（当然，所有这些束缚都是非常真实的，除非工作过程能够加以系统的变革并在数据的基础上加以改进，亦即除非对质量加以积极的管理。）

然而，尽管存在有文化壁垒，医疗领域中质量改进的前景仍然是巨大的。对于两个质量改进项目的深刻考察可以看出在最好的情况下它可以起到怎样的作用。

案例 1：北新英格兰心血管疾病研究小组 20 世纪 80 年代中期，施行开胸心脏手术的北新英格兰三个州（缅因、新罕布什尔和佛蒙特）的 5 个中心医院和 17 个心胸外科开始从医疗财政管理署（HCFA）收到一些令人不快的消息，HCFA 是负责管理享受政府医疗保险的 65 岁以上的美国人的医疗支出的联邦机构。HCFA 的领导者们启动了一项对医院的年度反馈计划，对特定诊断类别的政府医疗保险患者的死亡率进行反馈。北新英格兰这些中心医院的最初结果表明，与冠状动脉搭桥术相关的死亡率具有极大的变异性，在这 5 个机构间的变异为 4%～9%，而医生之间的变异性则为 2%～11%。

外科医生们对 HCFA 的“病例组合校正”程序的充分性表示怀疑，这一程序是在一个统计模型中调整诸如年龄、性别和联合发病率等变量以使各个医院之间和各个医生之间的医疗结果有一个共同的“运动场”。如果医生 A 的患者总的来说要比医生 B 的患者年长，那么只有对因年老而加大的手术风险加以调整后，再宣布与这两个医生的医疗“质量”相关的死亡率的差别才是公正的。因此，当 HCFA 公布死亡率时，外科医生们会很自然地怀疑其中的任何差别是由于患者组合中未加测量的外在差异造成的。出于防卫，外科医生们开始与达特茅斯的一个流行病专家合作，通过使用一个预期的全面的数据库，来建立一个更好的病例组合调整模型。

由此而诞生了一个强有力的病例组合调整模型，它能够解释某些观察到的死亡率差异，但各中心医院和医生之间的残余差异仍然很大，即使在使用新的模型调整之后。到 1989 年，北新英格兰的心血管外科医生们面对着这样一个问题：即使按照他们自己的测量，冠脉手术死亡率的差异在各医院之间仍然为 300%，在各个医生之间则为 500%。

医生们以非凡的勇气和诚实决定继续他们的合作，但现在不再是为了防卫 HCFA 发布的数据。他们决定使用其数据来促进自身的改进活动。他们开始了过程的比较。由外科医生、护士、开胸泵技术员和其他人员组成的跨学科团队对各个机构进行了现场参观（虽然各个机构之间为了患者的口碑而互相竞争），目的

在于研究手术的技术方法和周围支持系统的差异，后者包括患者选择、准备、外科技术、术后护理及康复等。他们观察到的过程中的变异令他们感到震惊，强化了他们发现和编制治疗中的“最佳惯行”的欲望。他们在自己的群体中发现了众多的重要创新，这些创新涉及出血控制、心脏旁路仪施用时间的缩短、药物用法、患者教育等方面。

经过一年时间，这一协作性改进活动开始初见成效。得益于他们精细的前瞻性数据收集系统，医生们很快在他们自己的图表上记录下了所取得的改进。从他们的改进活动开始的 1989 年起，到 1991 年之间，新英格兰心血管疾病研究小组在用他们自己的统计学模型处理和调整了病例组合之后，记录到这一地区冠脉搭桥手术的患者死亡率降低了 40%。而且，这种降低不仅发生在原先 HCFA 报告中差别最大的医院和医生之间，而且发生在所有的医生和医院中。甚至原来最好的也变得更好了。

尽管他们没有用典型的工业上的质量改进的术语和形式，但北新英格兰心血管疾病研究小组还是使用了许多最基本的原理，如标高分析、随时间测量过程和结果的变量、打破部门间的壁垒、设定积极的改进目标、利用控制图来正确地区分变异、在小的 PDCA 循环上的创新、维系一个从自身经验中学习和反省的系统等。（在项目实施期间小组通常每年要召开四次会议，直到 1996 年，他们仍在定期地举行会议。）

案例 2：降低延误的协作　1995 年年末，美国和加拿大的 28 个机构联合进行了改进活动，以减少等候时间和延误。这些机构，从社区医院到大型的综合提供系统，都深受手术开始时间和周转时间、急诊室等候时间、诊室预约时间的延误的困扰，它们开始基于一个共同的目标，即在一年中将延误降低 50%，来试验一项重点改进模式（见图 32—3）。

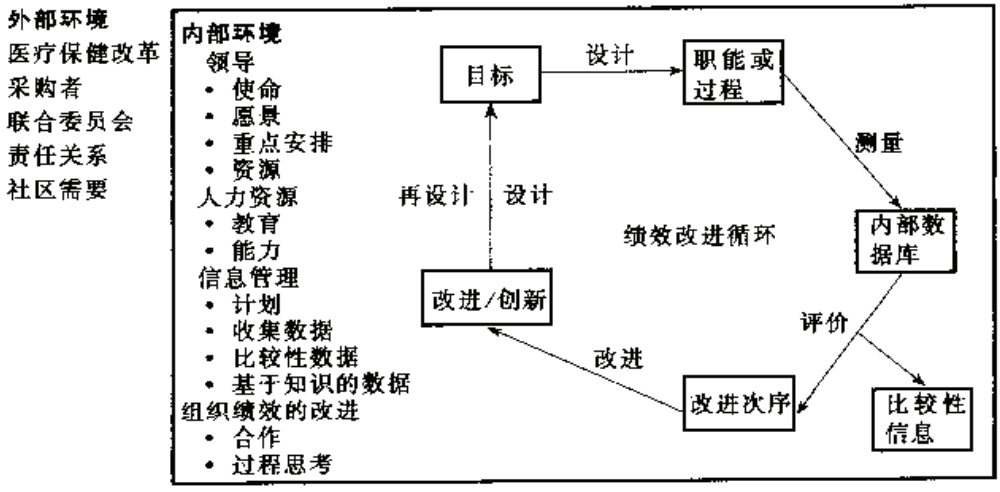


图 32—3　绩效改进的框架

来自各个机构的小组参加了医疗保健改进协会组织的学习会议。各小组怀着

各自组织的目标，向专家学习精益过程方法和改进交接及排队的原理。每一小组致力于学习和应用这些概念去试验自己所在机构进行的相关变革。塞威克利－瓦利（Sewickly Valley）医院试验了在改进手术室流程上的如下变革：

- 将意外的病例安排在每天的最后或是一个单独的手术室中。
- 努力优化手术小组的使用而非手术室的使用。
- 平行地完成任务，将内部任务转换为外部任务以降低病例间周转时间。
- 错开一天中首例病例开始的时间（Nolan et al.，1997）。

小组成员们既从自己所在机构中试验的快速循环中学到了东西，也吸收了其他小组的试验收获（见图 32—4）。随后还有两次学习会议来强化技能并鼓励变革试验的多次循环，在许多组织中，这些变革积累起来而形成了巨大的进展。

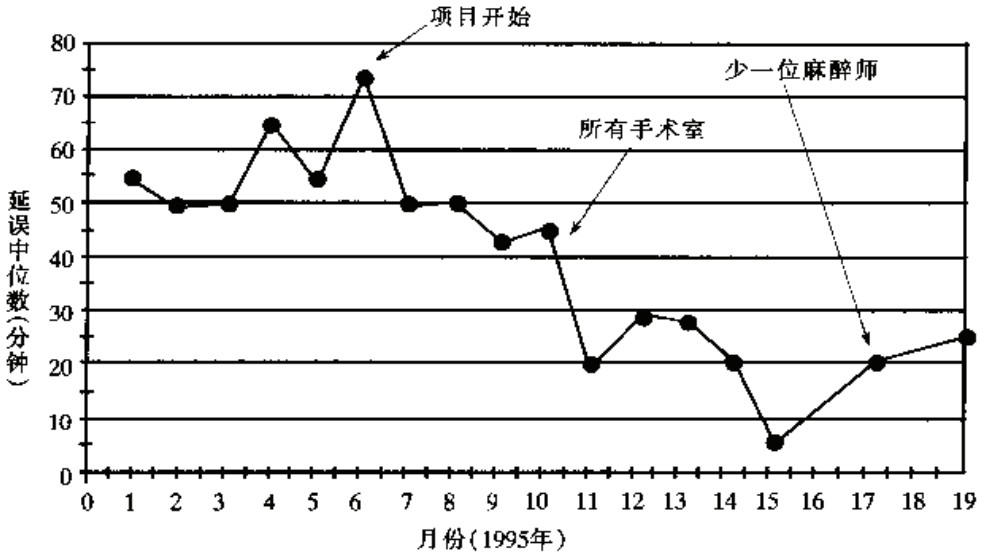


图 32—4 塞威克利医院：延误时间中位数（上午 11 时至下午 2 时）

延误长期以来一直是医疗体系中的一个痼疾，这些机构现在在这方面都取得了成果，通过内部的分享而拓宽了各个项目的影响范围。所取得的这些结果为医疗领域降低开支的斗争提供了力量。这些小组证明了提高顾客满意和降低浪费是可以同时实现的。这里的例子，以及早期在医疗领域中应用质量改进的其他数以百计的成功（和不成功）的经验揭示出了以下的一些启示。

1．医疗保健领域如同任何其他实现了成功改进的领域的例子一样，领导者的作用是至关重要的。改进必须是在领导和管理之下的活动，而不是偶然发生的。这一领导力的挑战在医疗保健机构尤为剧烈，因为这里常常有着将领导力加以分割的传统（例如在护士、医生、行政人员之间）或不同职能领域间的壁垒。

2．打破职能间的壁垒是实现有效的系统变革所必需的。医疗领域中存在着

强烈的职能次优化的传统，特别是那些高度专业性的（医疗、护理、药剂、理疗等）。这一专业自主性的优势是巨大的，因为每一专业中都凝练了其技术技能和专业感觉。但同时其代价也是很大的，因为每一专业的特有行话、技术重点、有形空间和特权的结合使得任何人都很难把医疗系统视为一个整体。成功的医疗团队的成员已经跨越了专业的疆界，在共有的过程中开辟了新的窗口。一位波士顿的医生，罗伯特·马斯特（Robert Master）博士，通过取消这些专业界限，为罹患严重疾病的一群患者重新设计了医疗方式。被诸如晚期神经肌肉失调、脑麻痹以及四肢瘫痪等严重慢性疾病困扰的患者，在医院中一向接受的都是极为昂贵的治疗。他们许多人都是住在医疗中心由专家直接治疗，其治疗的模式并非指向病人的自立。马斯特博士对这一切提出了挑战，他主张这样的患者应该住在家中，而不是医院。他创建了一个提供者小组，由护理专门人员担任合作和管理角色。这种角色的调整显著地改善了成本和质量。如今这些病人医疗接触的 87% 是在家中进行的。轮椅车、救护车、门诊费和专家费几乎都已是过去的事情。专家利用降低到每人每月 26 美元，大致相当于一个正常的健康保险人口接受一次普通卫生维护机构的专家诊疗的花费（22 美元）。政府健康保险支付数据显示，通常给予此类患者的费用有 55%～70% 都流入了医院的各部门，而在马斯特博士的项目中，这一数据降到了 30%（Master，1997）。在他的项目中，每人每月花在护理服务上的费用为 26 美元，主治医师费用为 60 美元，而专门治疗费用仅为 26 美元。质量评审显示比以前具有更好的结果和更高的满意度，并且没有主动退出的人（Berwick，1996）。

3. 合理的数据与合理的分析在医疗保健领域的改进中如同在其他任何行业一样重要。大量的医疗记录、持续的生理监控、对严格的报告要求的遵循以及计算机化水平的提高，医疗保健被淹没在了数据的海洋当中。但改进小组经常发现，大量的数据常常放置不用、未作加工，显示为看不出头绪的单子或图表，而不是用直方图、趋势图和控制图这样能够“讲出故事”的形式，以这种形式的数据为基础才能够提出改进的假说并加以验证。从文化上而言，医生们似乎特别能够接受以数据为基础的改进方法。医生们面对质量改进原理的哲学解释会置若罔闻，但有关变异证据的一个简单展示或是缺陷原因的假设检验则会使他们兴趣倍增。随着测量和信息展示的潜在好处被人们所认识到，医疗保健领域中的改进活动将会更为普遍。

4.“以顾客为中心”的认识在医疗保健行业中如同在其他任何行业中一样有意义。“顾客”的概念最初被质量顾问引进医疗机构时，产生了一种过敏的反应。它遭到了医生和护士们的愤怒拒绝：“我没有顾客”，“我只有‘患者’”，这种反应似乎来自对“以顾客为中心”这一认识的错误理解，他们认为这在一定程度上降低了医生的专业技术的重要性或漠视了对专门知识领域的尊重。

但以顾客为中心的概念与医疗领域在 20 世纪最后 25 年质量研究的趋势是完

全吻合的。兰德健康保险实验以及其他研究项目的研究人员在20世纪70年代和80年代创立了对于医疗质量的“基于患者的衡量”，主张患者对健康状况和功能的自我报告是最可靠最有效的评价医疗结果的形式。(在那之前，大多数“结果”的衡量都是医生观察到的变量，如血压、脉搏和体温等，而不是由患者直接报告的变量。)

“以患者为中心的治疗”这一概念（医疗方面持续地从患者的观点观察自身并校正过程以满足要求）也渗入了医疗系统，最令人印象深刻的是在诸如实验性的“梧桐树单位”这样的场所，这是美国少数医院所建立的用以试验全新的医患互动形式的单位。在梧桐树单位的环境下，患者穿着便服而不是病号服，他们被邀请来阅读或填写他们自己的医疗记录。

这一概念正在得到广泛的接受，医疗机构的领导人开始理解他们为多方面的“顾客”提供服务，其中包括了患者、家庭、支付者、社会、咨询机构，每一类顾客都有着合法的重要的需要。每类顾客对于“质量”的定义都会有所不同。对于患者和家庭来说，“质量”包括了健康状况结果的尺度、易用性、沟通、舒适、尊严、清洁、方便、解决问题以及尊重个人时间等。支付者们看重所有这些因素(作为保险人群的代表)，但同时也坚决坚持在合理的节俭和降低浪费的基础上控制开支，坚持及时准确的账目信息及利益管理。越来越多地，社会共同体作为一个整体向医疗保健界要求新的参与形式，来合作致力于健康改进，尊重环境，协同服务，特别是为老人和有多重困难的人们。

由于各机构中的病人人群越来越复杂，对于选用方式的平稳合作的要求越来越高，既要求病人从初级治疗资源（比如在这里她们被诊断为患了乳腺癌），转移到次级治疗（开始最初的检查和治疗），到三级治疗（着重于高技术手段）以及社区服务（康复、职业支持、社会服务、家庭治疗等）的“无缝化”。20世纪90年代医疗系统再设计和改进的口号是“综合”，这一时期出现了许多形式的各种医疗提供者的结合物，如相互合并组成的医院，医生医院联合机构，由医院、诊室、实验室和护理之家垂直集成的系统，由此而生出将以前分割的片段创建为一种无缝系统的必要。

5. 医疗保健领域通过改进是可以实现成本降低的。但是对于成本和质量之间的良性关系的认识还处于蒙昧阶段。几十年来，“越多越好”的态度统治着有关医疗质量的认识。美国过度发展的医疗保健所提供的技术、病床、专业服务以及实验室能力，正如前文所述，不仅远远超出了其他发达国家所提供的服务，而且充当了需求和费用的驱动器。在按需报销的财政融资环境下，医疗机构很容易保有过多的库存、低效率的人均利用项目、大量的浪费，以及与工业过程相比很低的过程生产率。

随着对过程改进方法的日益熟悉，许多医疗机构都将降低成本作为了改进的首要目标。还没人知道通过在医疗体系中针对浪费的全面战斗来改进质量能够达

到何种节约水平，但有关不恰当的治疗、多余繁杂的过程、过多的存货和极其浪费的等待的证据是大量的。表 32—2 列举了医疗改进团队通过相对简单的过程变革而达到成本节约的一些例子。

表 32—2　　Intermountain 医疗质量改进措施

1994 年最大和最小降低手术开支计划的若干例子	
项目	降低开支
系统项目：	
血液学过程标准化	259 000 美元的供应
化学试剂标准化	58 000 美元的设备
降低冠脉搭桥术开支	209 000 美元的供应
	245 000（1993 年以来）美元
具体设施的项目：	
急诊检验的周转率	18 000 美元的薪水和开支
气管插管的快速拔除	575 500 美元的短期留置
降低 X 线重摄率	11 200 美元的胶片开支
长期临床治疗改进计划	
• 1991 年以来，用药错误降低 50%，大多数来自第一年。计算机化的警报系统是避免对患者造成危害的药物的关键因素。	
• 术后伤口感染率降低了 80%，事故约从 1990 年的 2%降低到 1994 年的少于 1%。	

资料来源：Intermountain Health Care application for the National Quality Health Care Award.

波士顿的迪科尼斯（Deaconess）医院采用通用汽车公司的一个改进了的方法降低了手术室的过多存货，节约了 20 万美元。标准化的手术室分类装置帮助梅奥(Mayo)诊所降低了成本。许多医院通过改变护士、临床医师、营养师的组合方式而显著降低了感染和皮肤溃烂之类的并发症，导致了成本的节约以及更好的预后。

6．标高分析是有效的。尽管医疗机构和专业人员具有各专业共同掌权这种特点，但传统上他们彼此之间却相当的孤立。很少有医生经常拜访同行来发现差异和创新，医院和健康维护机构很少有办法能够找出最佳惯行并加以推广。这种情况正在得到改变。健康医疗机构正在结合成一个综合的体系，其成员可以更容易地彼此接触，医疗体系质量管理的学生通过拜访、职业协会和协作，已经发现了标高分析的力量。有时，最初的"觉醒"呼唤来自支付者共同体，例如在辛辛那提、旧金山和芝加哥，支付者联合体收集和公布其所管理的医疗计划的绩效数据。有一次，支付者数据首先向医疗机构显示，他们的子宫切除率在最高水平计划与最低水平计划之间相差 8 倍，这是在支付者公布之前他们从来不知道的一个事实。

一旦对这种差异有了警觉，善于探索的医疗机构就能够很好地应用标高分析来改进它们的工作方法。有时，最好的标高分析完全在医疗行业之外。梅奥诊所的领导者们对于马尔科姆·鲍德里奇国家质量奖得主公司进行了富有成果的访问，这些公司如 AT&T、IBM、伊斯曼化学、米里肯等，并将有关的过程做法直接嫁接到了诊所的工作当中。

7．全体成员参与改进的力量是强大的。各个层次的医疗工作人员对卓越绩效的贡献并不令人称奇，但直到最近，大多数机构仍然很难做到将人们的力量转

向对于系统性改进的支持上来。因而，由于缺乏全面参与的促动，医疗机构的改进进展仍然非常缓慢。但相反的例子正在出现。在堪萨斯州威奇托的韦斯利医疗中心，作为其参与一项全国协作的标高分析活动的一个部分，该中心实施了一个降低手术室等候时间的改进项目，医院领导者决定用其得到的收获来支持内部85个部门所开展的减少延误的项目，从而使这一项目在几个月之内在内部进行了推广。

8. 财务体系可能成为改进的主要障碍。医疗体系中专业和职能的次优化倾向也反映在了传统的支付体系中。例如，我们来看一下在一个包干体系中（这一体系存在着缩短病人的停留时间以节省开支的强烈动机）医院报酬制度的不当刺激。在这个体系中，医生是按照对每一个住院病人的诊疗次数来领取薪水的（因此缩短停留时间减少了医生的收入）。

医院的目标是要降低资源的消费，而医生（控制着所有的检验指示和患者停留的时间）则偿付着每天的停留，有些情况下医生所指示检查的妥否常常会引起争执。最近有这样的情况，一家医院通过在急诊室更好地鉴别那些曾有过（或没有）心脏病发作的胸痛患者，而成功地降低了不必要接收住院的频率。因为没有心脏病发作的人更可能避免被收入院，他们的成功导致了治疗胸痛的总开支的降低，住院的人数减少了，但却自然地引起了每个住院病例的开支的增加。（毕竟，收住患者的绝大部分被证实患有心脏病，需要利用医院的所有资源去进行诊断和治疗。）一个不明智但却很重要的医疗保险公司注意到了每个病例开支的增加，但却未注意到总体基础上的节约，保险公司因为“过度开支”而要削减偿付，这一威胁在医院引起了严重危机。

有三分之一甚至更多的不当的财政安排影响着特温福尔斯的马吉克瓦利医疗中心。医院的领导承诺要协助马吉克瓦利成为“美国最健康的社区”，他们通过在社区内倡导使用自行车头盔，来减少骑自行车受伤造成的头部损伤。头盔使用的增加，使儿童头部损伤在三个月内降低了大约50%，医院的成就在于满足了挽救生命的需要，同时因为费用巨大的头部损伤病例的急剧减少，造成急诊部门收入的降低和严重的经济困难。只有一种坚定的使命感使他们坚持这一道路（Roessner，1993）。

尽管存在着这样荒谬的支付矛盾，但明智的管理者仍能够保持改进的动力。但是，从长远来看，医疗的支付者和医疗的提供者将意识到，美国医疗体系的基本财务结构与其他行业相比，不太有利于快速的、战略性的改进。旨在合并支付制度的创新已经开始，这也使得合理的系统化改进更具吸引力。这些改变中最显著的是包干支付的扩张，在这种制度下，根据总体的医疗和疾病的总费用而支付给医疗提供系统，因此，在系统中某一点的合理节约可以被再分配到其他地方，同时，对于专业人员、机构和医疗消费者的刺激得到了更好的协调。

未来

医疗保健质量的不断提高将成为主流的趋势。综合提供系统、更加高级的信息系统和包干支付系统皆有助于将注意力集中在改进上，特别是集中于降低浪费上。消费者和支付者对于医疗机构的绩效有了更好的了解，他们开始根据技术、服务质量以及价格来选择在哪里接受治疗。新的世纪将会见证质量驱动的医疗体系的成熟，这一体系至少具有下列几方面的特点：

1. 服务质量大大改善。在医疗领域，顾客必须容忍或忍受等待、沟通缺乏和过程失败，这一时代即将结束。这些现象在其他行业中早已成为不可忍受的东西。如果租赁机构、旅馆、航空公司或零售商店的等待时间与医院或诊所的等候时间相同的话，很快就会被逐出业界。医疗保健领域中的质量改进将促使新的医疗保健服务标准的出现。

2. 总开支降低。随着对浪费本质更深入的理解，主要的医疗机构在未来的十年便有可能实现前所未有的生产效率。最起码国际间的比较可以令我们确信，用远低于当今美国的开支水平而获得卓越的医疗服务是能够实现的。早期的个别性的团队的成功，能够在改进顾客体验的同时获得 6∶1 或 10∶1 的投资回报，只需将之纳入战略性的系统化的改进活动中，整个系统就能够实现巨大的节约。随着时间的推移，医疗行业的领导者们具有足够的精明以实现这种成功。

3. 医疗领域将会减小规模，特别是在高技术服务方面。由于医疗行业这种“供应—驱动开支”的与众不同的特点，要实现有效的开支控制，就必须有一个比 90 年代末期规模更小、更紧凑的行业。在下一个十年之内，我们可以预计将会有更少的专家、医院病床以及人均的高技术服务位点。这并不意味着质量或服务的降低。相反，研究显示“数量越多—结果越好”的关系存在于许多形式的技术性医疗中。那些每年只做比较少的次数的复杂诊疗的医院比起次数较多的医院的效果要更差。从开支和结果两方面而言，通过将先进的技术医疗资源强化成为更少、更大的专业化中心，美国公众将会得到更加良好的服务。

4. 预防将呈现新的活力。引起疾病的“上游”原因在很多情况下是可以控制的，但却不在经典的医疗提供领域之内。一个理性的公众群体将会在预防伤害、停止抽烟、减少酒精和药物滥用、锻炼身体以及合理饮食上保持和增加投资。目前的医疗财政体制对于这些方面没有任何支持，但是健康结果的质量将依赖于投资方式的改变。

5. 参与性决策将变得更为广泛。重要研究显示，当患者参与到其自身治疗

的决策中时（如前列腺疾病的药物或外科治疗的选择，乳腺癌的治疗方式的选择以及糖尿病和哮喘的自我监控），满意度、预后和开支都倾向于改善。这一趋势是如此的强烈，医疗机构在设计未来的医疗体系时将这种合作伙伴的理念体现为其核心概念将是十分合理的。

6. 信息系统和远程通讯将更加进步。下一阶段医疗发展的最大的技术进步可能在信息管理领域，而不是在诊断和治疗方面。到 21 世纪初，我们可以预期自动化的患者记录、计算机化的指令输入、对医疗过程和预后的定期监测以及远程的“电子医疗”的普遍应用。世界上最好的 MRI 扫描或 CT 图像的解释装置已经有可能在线接收来自世界任何地方的影像并进行当场解释。训练有素的护士在半夜接听一个焦急的母亲的电话，无论是在附近或是千里之外，都能够同样有效地协调治疗。我们离远程指导程序只有几步之遥，在这一程序中专家不但能够远距离谈话，而且能够行动。这在开支、预后和服务方面的改进潜力是极其巨大的。

7. 职位界限将改变。医疗行业传统的职业分类——医生、护士、呼吸病专家、实验室技术人员以及许许多多其他职业——反映了医疗体系的历史结构。随着结构的变化，职位的设置也会发生变化。这种变化进展得比逻辑或所要求的要缓慢得多，这主要是由于牢固的专业自我管制的缘故。但这种界限正在发生冲突，根本的变化迟早会到来。目前由医生完成的许多任务或程序很容易加以再分配。重复性的技术工作可由技术员更加出色和经济地完成。正如以前只能由医生操作的静脉注入如今可由护士更舒适地完成一样，将来的结肠镜检查、疝气修复、骨折固定以及血管造影术也将由受过集中训练的人员来出色完成。出于控制之下的医疗系统以及运行良好的诊所正在将以前只有医生才能完成的工作交给医生助手或护士来完成。计算机专家系统已经用来协助医生选择抗生素或进行复杂的诊断，将会与传统的诊断方法更好地互补。［充满梦想的拉里·威德（Larry Weed）博士主张，期望医生记住所有相关的诊断选项就像期望旅行社职员记住航空公司的班次一样。他认为这两者在计算机时代都是无意义的（Weed，1968）。］

8. 组织界限将发生变化。随着专门职业的演化，组织也在变化着。实际上，作为 20 世纪美国医疗体系的心脏和核心的医院在 21 世纪或许将成为恐龙。逐渐地，病得没有严重到需要住监护室的患者将不再需要医院的病床。更好的替代物将出现。将来，整个医院可能就是一个监护单位；其他的患者可能只需在家中或在一种新型的次级设施中治疗。哮喘患者已经能够熟练地在自己家中使用设备和药品，而在 10 年前这些只有在急诊室中才有。

9.“越多越好”将让位于“首先，证明有效”。在未来几年中将会更加要求对于医疗措施的证明。科学证据和公众意识正在趋向于同一个认识，即医疗系统通常并没有提供人们最需要的东西，即健康，过多的治疗导致了过多的风险。再

加上高费用的问题，这一意识应使提供者和患者双方对于技术要比以往更加警惕，更倾向于去质疑某种检验或治疗的必要性而不是单纯的要求。这种新的、更谨慎的态度的一个例子是美国预防服务专题工作组所做的工作，该工作组于1989 年和 1995 年两次编制了《临床预防服务指南》，对于 200 多个预防服务的正反两方面科学证据进行了检证，其中包括了筛选检验、危险因素告知和免疫等。该工作组报告对于某些预防措施提出了强烈的证据，但更令人印象深刻的是，许多其他的措施很少或没有证据支持，而其中一些正在被普遍地使用着。表 32—3 列举了 1995 年指南中的一些建议。从总的趋势来看，医疗是在向着“基于证据的处治”发展；这将标志着临床工作中一个新的、更加科学的时代。

10. 突破性绩效将出现。最终，其他行业质量改进背后的动力不是来自理论，而是来自证据，尤其是由竞争而来的证据。是竞争者的伟大的汽车，而不是有关汽车的伟大的概念，导致了汽车工业的改变。在医疗领域中也会如此。这只是个时间的问题。当医疗领域中也出现了类似于汽车业的丰田这样的存在时，关键的转折点便会到来。丰田是一个突破性的例子，它运营在一个前所未有的绩效水平上，做出了到那时为止无人能够想像之事。在医疗领域中我们还没有这样的榜样。我们在过程、成本降低以及新设计方面取得了突破。但所有这些成就仍保持在个别过程、产品或服务的层次上。我们改进了一部分，有时是十分显著的改进，但还没有人从根本上来改进整个医疗系统。

这些正是 21 世纪早期医疗领域的领导者们可以做的事情。回报将会是巨大的，并且，作为这一成就的结果，在 21 世纪的早期，医疗保健以及健康本身都将会发生彻底的改变。

表 32—3　　临床预防服务指南

干涉	证据水平	推荐指数
高血压筛选		
21 岁以上人口定期血压检测	Ⅰ	A
看病时检查儿童或青少年血压	Ⅱ—2，Ⅱ—3，Ⅲ	B
乳腺癌筛选		
每 1～2 年定期乳房 X 线检查，有或无年度临床乳房检查		
妇女年龄40～49 岁	Ⅰ	C
50～69 岁	Ⅰ，Ⅱ—2	A
70～74 岁	Ⅰ，Ⅱ—3	C
≥75 岁	Ⅲ	C
每年乳房检查而没有定期的乳房 X 线检查		
妇女年龄40～49 岁	Ⅲ	C
50～59 岁	Ⅰ	C
≥60 岁	Ⅲ	C
定期乳房自检	Ⅰ，Ⅱ—2，Ⅲ	C

续前表

干涉	证据水平	推荐指数
	宫颈癌筛选	
有性行为的妇女定期分泌物检测	Ⅱ—2，Ⅱ—3	A
65岁以上非连续性定期分泌物检测	Ⅲ	C
常规宫颈或阴道造影	Ⅲ	C
常规检查HPV感染	Ⅲ	C
	前列腺癌筛选	
定期直肠指检	Ⅱ—2	D
常规前列腺特异性抗原或其他血清肿瘤标志	Ⅰ，Ⅱ—2，Ⅲ	D
常规经直肠超声	Ⅱ—2，Ⅲ	D
	肺癌筛选	
常规胸透或痰检	Ⅰ，Ⅱ—1，Ⅱ—2	D

推荐指数

A. 具有良好证据支持在定期健康检查中给予特别考虑。

B. 具有相当证据支持在定期健康检查中给予特别考虑。

C. 没有充分理由支持或反对在定期健康检查中包括此项内容，但是可以在其他基础上实施。

D. 具有相当证据支持在定期健康检查中不予进行此项内容。

证据水平

Ⅰ. 从至少一个恰当的随机对照实验中获得的证据。

Ⅱ—1. 从设计完善的对照实验而无随机化的实验中获得的证据。

Ⅱ—2. 从设计完善的群组或对照个案分析中获得的证据最好来自一个以上的中心或研究小组。

Ⅱ—3. 从多时相有或无干扰中获得的证据。在非对照实验中获得的特别结果也归于此类（如20世纪40年代青霉素的引进）。

Ⅲ. 有威望的权威的建议，基于临床经验、描述性研究或专家会议报道。

参考文献

Berwick, D.M., Godfrey, A.B., Roessner, J. (1990). *Curing Health Care: New Strategies for Quality Improvement*, Jossey-Bass, San Francisco.

Berwick, D. M. (1996). "Changing the Boundaries of Health Care." *Quality Connection*, Summer; vol.5, no.3, pp.1-3.

Brooke, R.H., Ware, J.E., Davies-Avery, A., Stewart, A.L., Donald, C.A., Rogers, W.H., Williams, K.N., and Johnston, S.A. (1979). "Overview of Adult Health Status Measures Fielded in Rand's Health Insurance Study." *Medical Care*, vol.17, no.97 (suppl.), pp.1-131.

Donabedian, A. (1966). "Evaluating the Quality of Medical Care." *Milbank Memorial Fund Quarterly*, vol.44, no.3(suppl.), July, pp.166-206.

James, B. C. (1993). "Implementing Practice Guidelines Through Clinical Quality Improvement." *Frontiers of Health Services Management*, vol.10, pp.3-37.

Langley, G. J., Nolan, K. M., Nolan, T. W., Norman, C. L., Provost, L. P. (1996). *The Improvement Guide: A Practical Approach to Enhancing Organizational Performance*. Jossey-Bass, Inc., San Francisco.

Lohr, K. N., and Brooke, R. H. (1984). "Quality Assurance in Medicine." *American Behavioral Scientist*, vol.27, pp.583-607.

Master, Robert (1997). Personal communication with the author.

Morrissey, J. (1996). "IHC Sets Pace On Quality Improvement." *Modern Health*, January 29, p.42.

Nolan, T., and Schall, M. W. (1996). *Waits and Delays Throughout The Healthcare System*. Institute for Healthcare Improvement, Boston, MA.

Nolan, T. W., Schall, M. W., Roessner, J. (1997). *Reducing Delays and Waiting Times Throughout the Healthcare System*, Institute for Healthcare Improvement, Boston.

O'Connor, G. T., Plume, S. K., Olmstead, E. M. (1996). "A Regional Intervention to Improve Hospital Mortality Associated With Coronary Artery Bypass Graft Surgery." *Journal of American Medical Association*, vol 272, pp. 841-846.

Pestotnik, S. L., Classen, D. C., Evans, R. S., Burke, J. P. (1996). "Implementing Antibiotic Practice Guidelines Through Computer-Assisted Decision Support: Clinical and Financial Outcomes." *Annals of Internal Medicine*, vol. 124, pp.884-890.

Roessner, J. (1993). "The Healthiest Place in America." *Quality Connections*, vol. 2, pp.10-11.

U. S. Preventive Services Task Force (1996). *Guide to Clinical Preventive Services*, 2nd ed. Williams & Wilkins, Baltimore.

Weed, L. L. (1968). "Medical Records That Guide and Teach," *New England Journal of Medicine*, vol.278, pp.593-600, 652-657.

Wennberg, J. E., Gittelsohn, A. (1973). "Small Area Variations in Health Care Delivery." *Science*, vol.1823, pp.1102-1108.

Wennberg, J. E., Keller, R. (1994). "Regional Professional Foundations." *Health Affairs*, vol.13, pp.257-263.

Williamson, J. W. (1971). "Evaluating Quality of Patient Care: A Strategy

Relating Outcome and Process Assessment." Journal of American Medical Association, vol. 218, pp. 564–569.

（焦鸿丽　潘静 译）

第 33 章

金融服务业

查尔斯·A·奥布里二世（Charles A. Aubrey Ⅱ）
罗伯特·E·霍格斯图尔（Robert E. Hoogstoel）

引言
金融服务部门
　构成、边界与历史
金融服务业中的质量定义
　特征
　缺陷或不良
　金融服务业中的质量挑战和障碍
改进的必要性——金融服务业质量问题的例证
　美国顾客满意指数（ASCI）
　质量成本
　顾客忠诚和顾客保持
设计世界级的金融服务
　顾客驱动还是技术驱动的产品开发？
　开发世界级的产品和服务
质量控制与顾客服务
　从顾客的视角衡量——他们认为最重要的事情
作为供应者的顾客
　教会顾客成为好的供应者
　防误
　监控和测量顾客的输入
质量改进——永无止境的历程
　持续的顾客输入——顾客监听岗哨的进一步作用
　顾客投诉与处理
　持续改进——以项目的方式实施
全面质量管理在金融服务业中的贯彻实施
　培训与资源投入
　战略计划工作
　管理者的参与——内行与身体力行
　革命的晨曦
参考文献

引言

什么是金融服务？金融服务是有关现金和其他金融资产的服务。金融服务机

构从事的服务有七种类型。其中的前四类是名副其实的金融服务：

1. 保管顾客的货币或其他资产并承担对于顾客的信托责任。

2. 货币和其他顾客资产的兑换、转账和变换。

3. 通过诸如以下的方式使顾客的资产增值：

（1）存款回报。对顾客存人、信托或投资于金融机构的资本或资产提供回报。

（2）投资和贷款。向顾客提供资本或其他资产以使其获利。

（3）保险。在预先确定风险的事件发生时保护顾客免受其金融损失。

4. 通过提供建议、买卖顾客证券（如股票和债券）和担保最低限的金融支持（提供信贷额度、购买一定量股票或为一定损失保险）的某种形式的结合，为顾客项目提供保险或担保。

后面的三类服务则是很多服务机构都共有的而非金融机构独有的。

5. 与顾客之间的多种方式的交互作用，包括销售展示、回答顾客询问和提供建议等。

6. 详细核算、报告并总结涉及顾客关系的交易，包括开具账单和税负信息。

7. 向公司的所有者，亦即那些提供运营资本的人提供利润（所有公司均是如此）。

金融服务部门

金融服务部门由那些创造并提供金融服务的企业所构成。传统上，这些企业是按行业组织的，每一行业集中于某类共同业务领域，如商业贷款、信用卡服务或灾害保险。商业银行、存贷款机构、经纪公司、投资公司、投资银行机构、保险公司、信用卡公司以及赊购公司（包括典当行）都属于金融服务部门。

对于金融服务部门构成的这种简单的描述提供了一个便利的出发点。应当记住的是，正如下文（部门的“构成、边界与历史”）将要讨论到的那些，这一部门正在经历着迅速的变化，因而这种描述并非总是能够与正在日趋复杂的金融服务机构相吻合。

构成、边界与历史 有关区分金融服务部门中各种行业的边界，其历史、现状，以及这些边界对于行业活动的影响，有必要加以特别的说明。大多数商业和零售业的顾客习惯于根据对金融机构的最近印象来称呼金融机构。像“银行”、“存贷款”和“信用合作社”这样的叫法都是些一般的说法，但这些词在美国都曾有过精确的定义，这些定义是由那些管理金融服务部门的条令所规定的。美国的消费者看到这些机构就会联想到相应的产品，如贷款、存款及相关的交易活动。类似地，保险公司会使人联想到其创造和销售的保险产品，经纪公司和投资公司会使人联想到对于股票、债券和诸如不动产之类的其他资产投资的包装、促

销及销售活动。

金融服务业的构造现状有其深刻的历史原因。1933 年，在大萧条最严重的时期（这是 1929 年的股市崩溃以及随后的银行破产累计而成的结果），美国国会通过了《格拉斯-斯蒂格尔法案》（Glass-Steagall Act）来对遭受重创的经济作出反应（Werner and Stoner，1995）。由于国会认为大萧条的根本原因是银行卷入了证券的推销，因此《格拉斯-斯蒂格尔法案》限制这种活动。这项法案以及其他的各种管制措施在金融服务部门内的各个领域之间筑起了藩篱并禁止各领域中的公司从事各自领域以外的经营。这样，银行被禁止经营债券业务，经纪公司被禁止从事某些银行活动，等等。由此而导致的泾渭分明的金融业分业模式在很大程度上已为国际上许多国家采用和实施。

在美国，现在有多种立法分别对《格拉斯-斯蒂格尔法案》的不同部分进行了修正。上述模式在 1980 年开始了改变，这一年通过了《储蓄机构解禁和货币控制法案》（the Depository Institutions Deregulation and Monetary Control Act），从而迈出了缩小商业银行和储蓄机构之间差距的第一步。1994 年，随着里格尔-尼尔（Riegle-Neal）州际银行业务及《里格尔-尼尔开办分支机构效率法案》（the Riegle-Neal Interstate Banking and Branching Efficiency Act）的通过，消除了银行分支机构跨州经营的限制，维持老的金融服务模式达半个多世纪的法规体系彻底被取消了。20 世纪 80 年代后期和 90 年代遍布整个金融服务业的合并、收购和重组活动清楚地印证了于 1980 年开始的重新定义和重新构造金融服务业的努力。

作为这种解除管制的结果，金融服务业内部的划分界限开始变得模糊起来。例如，今天的银行通过经营保险业务所获得的收入可以占到其年收入的 10%。它们可以销售证券以及其他公司的保险（尽管它们不能承保）。但它们被禁止作出相关的投资决策或持有相应的证券。

界限模糊不清的另一个例子是银行可以销售共同基金或是允许保险公司的销售人员在银行的分支机构里营业。这种合作安排使得银行能够提供更为全面的金融服务产品线以维持和吸引顾客。这种部门内的合作使得竞争超出了原存于一个部门内的组织间的竞争；现在的竞争发生在多个部门之间。表 33—1 简要概括了 1996 年《财富》500 强企业中的金融服务公司按行业划分的活动情况。

顾客对于金融服务的提供者现在有着广泛的选择，而这些服务曾经只是专属于某一个行业的公司。例如，活期存款账户曾经是商业银行的独家领地，如今在合作银行、储蓄银行甚至股票经纪公司或共同基金投资公司都可以开设。

金融服务业中的质量定义

我们将采用朱兰（参见第 2 章“如何认识质量”）对于质量概念提出的定义。

质量是由以下两项因素综合而成的，即：（1）吸引顾客并满足其需要的特征；（2）免于不良，从而避免顾客的不满。

表 33—1　　金融服务部门概貌

行业(组织的数目)	年收入(10 万美元)	利润(10 万美元)	利润率			雇员	人均年收入(美元)
			年收入	资产	股本		
商业银行(55)	271 691	32 728	13	1	15	1 041 623	260 834
保险：寿险与健康保险(互保)(21)	180 286	4 438	3	1	11	255 396	705 908
多种金融业(15)	105 264	9 660	10	1	18	232 804	452 157
保险：财产与灾害保险(股票)(27)	100 947	13 953	8	2	13	296 814	340 102
保险：寿险与健康保险(股票)(20)	89 053	4 426	7	1	11	209 567	424 938
保险：财产与灾害保险(互保)(9)	60 337	2 657	8	3	11	116 187	519 309
经纪(7)	53 957	2 452	5	0	10	105 561	511 145
储蓄机构(8)	16 373	1 226	8	1	10	41 983	389 991

资料来源：*Fortune*, April 28, 1996.

特征　特征是组成产品的那些属性或特性。

出售给顾客的东西是某些服务的集合，通常被称做“产品”。通常，产品包括某些有形的要素（一份报告、一张收据、手中的现金）以及很多无形的要素（安全感，电话信息的速度，答复询问的速度、准确率和热情）。在很多情况下，无形的要素比有形的要素对顾客来说更为重要。

具有可销性的服务必须具备顾客渴望和需要的特征。销售和收入取决于在供应商与顾客交互作用期间对于上述渴望和需要的理解，这一期间从最初的询问，到销售介绍、购买决策，再到以后顾客有意识或无意识的维持关系或进一步购买的决策。

金融产品和服务所提供的特征的种类每年都在增长。这种增长受到计算机硬件和软件不断提高的能力的驱动。其中一个结果就是针对单个顾客和不同层次顾客需要的金融产品的日益增长的定制化。

除了通常与服务有关的特征外，还有三个对于金融服务尤为重要的特征，即信用责任、投资者的投资回报（ROI）（从借款人的角度来看这是对贷款所支付的利息），以及风险。

信用责任、投资者的投资回报和风险三者的适当结合是一个重要的特征，顾客用以：（1）决定与哪家公司做生意；（2）从所选定的每家公司中选择可利用的产品和服务；（3）所要利用或购买的产品或服务的数量。

特征：信用责任　信用责任意味着要从顾客的最大利益出发进行谨慎的判断及采取行动。它包括保证顾客及公司资产的安全，在顾客和公司愿意承受的风险

下获取最大可能的回报。这些责任都清楚地写在公司的政策和程序中。在大宗交易的情况下信用责任要写入合同当中，如包销股票或债券，进行商业贷款，信托，安排大宗的顾客投资组合，或管理大宗的公司保险业务等。

信用责任对于任何金融交易而言都是一个重要的特征。顾客对于某个公司信用责任的感知与其实际的信用责任情况具有同样的重要性。一旦顾客对某个机构的信用责任失去了信任，那么这种信任可能就是不可恢复的。很多顾客同时失去信任的结果对于该机构而言将是灾难性的。在 20 世纪 80 年代初，大陆伊利诺伊国民银行被迫“注销”超过 10 亿美元的贷款。(注销是管理当局对于贷款已没有希望收回本金和利息的承认。) 这笔巨额注销败露的后果是刺激了向银行“挤兑”，许多存款人由于担心他们的财产遭受损失而从银行抽回他们的资金。由于抽走了如此多的现款，银行开始缺少流动资金。联邦储备银行介入并给予该银行以满足储户要求所需的贷款，但该银行未能避免损失惨重的后果。其股票价格从每股 20 美元跌落至 2 美元以下，直到采取了包括重新注册在内的各种剧烈的措施之后才有所好转。许多顾客再也没有回头。该银行16 000名雇员中的半数失去了工作。

特征：回报；所付利息　投资回报率（ROI）和所付贷款利息率（I）是从投资者和举债人这两个不同角度对同一数字（百分数表示的货币的年成本）的计算。当贷款（或投资）期限为一年时，计算是很简单的：

$$I = \text{ROI} = \frac{S - P}{P}$$

式中，P 为借入的金额（或投资的金额）；S 为每年底返还（或收回）的金额。

当利息期、费用、复利、币种换算、税收等都考虑在内时，计算的复杂性也随之增加。随着计算变得越来越复杂，顾客要对相互竞争的金融产品加以比较也就变得更加困难。

精于此道的大客户会用复杂的模型来进行计算和比较，而小的零星客户则必须尽力去获取信息并进行计算。举例来说，尽管在零星消费者融资服务方面有许多法律以简化金融产品并便于消费者比较，但是要比较购车贷款和租赁两者的利息成本仍然很困难。由于有这些困难，一些消费者会依赖他们的金融机构并且单凭信任接受其关于投资回报和利息率的意见。

高度可信的信用责任与其他一些极为重要的特征如做生意的便易性、通过计算机的访问、个人化的服务等相结合，有可能降低投资回报或利率的重要性。只要这些利率与竞争产品相比差距不大，就有可能成为不太重要的特征。

特征：风险　风险是报酬的伴生物。高风险常常是与高回报相伴随的。所有的金融交易都伴随有风险，即那些威胁交易成功和报酬实现的条件。

一项交易的风险通常用概率和统计学的语言表示为成功的不确定性。对特定的交易而言，要用所能获得的最好数据来建立预测交易结果的统计模型。风险是

用这些交易结果的离散度或离差来表述的。

风险的量化可用投资于一个假想的股票指数基金的风险来举例说明。（指数基金是挑选出来的一组普通股票所构成的一种模拟某些股指的价格行为的共同基金，这些股指如标准普尔 500 等。）这种假想基金将模拟道琼斯工业平均指数（“道”指），后者在股票指数中代表了美国股票市场的行为，并且历史最长，是在一百多年以前建立的。尽管对于广阔的市场而言道琼斯指数并非完美的代表，但仍可用来阐明收益和风险的关系。

虽然每一本投资指南和共同基金章程都告诉投资者过去的绩效并不能保证未来的绩效，但事实上却是过去的绩效非常重要，而且常常是未来绩效的惟一参照。表 33—2 是 1914—1990 年的道琼斯指数年终值数据表的一部分。假定从我们的股票所获股息与股价的增值相比很小。同样，假定为保持我们的证券组合与道琼斯一致而支付的交易成本可以忽略不计。这样，我们将某一给定年份的基金收益定义为当年的资本增值。根据这些数据可以计算出相对于 1 年的 76 个期间、2 年的 75 个期间、3 年的 74 个期间，依此类推，全部 76 年的 1 个期间的有效的年投资回报率。对于每一个期间组，我们能够计算出其样本标准差 s。

表 33—2　　道琼斯工业平均指数：1918—1990 各年收盘价

年份	收盘价	不同投资期限的年收益率				
		1 年	2 年	3 年	4 年	5 年
1914	56.76					
1915	99.15	74.68				
1916	95.00	-4.19	29.37			
1917	74.38	-21.71	-13.39	9.43		
1918	82.20	10.51	-6.98	-6.06	9.70	
1919	107.23	30.45	20.07	4.12	1.98	13.57
1920	71.95	-32.90	6.44	-1.10	-6.71	-6.21
1921	81.10	12.72	13.03	-0.45	2.19	-3.11
1922	98.73	21.74	17.14	2.72	4.69	5.83
	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
1984	1 211.57	-3.74	7.60	11.46	5.88	7.63
1985	1 546.67	27.66	10.85	13.91	15.30	9.92
1986	1 895.95	22.58	25.09	14.63	16.02	16.72
1987	1 938.83	2.26	11.96	16.97	11.41	13.12
1988	2 168.57	11.85	6.95	11.92	15.67	11.49
1989	2 753.20	26.96	19.17	13.24	15.51	17.84
1990	2 633.66	-4.34	10.20	10.75	8.56	11.23
平均值		5.18	5.18	5.18	5.18	5.18
最小值		-61.69	-44.01	-37.75	-33.15	-21.61
最大值		74.68	38.14	33.98	31.63	25.72
标准差		22.37	15.24	11.64	10.14	8.97
第 99 期百分点		57.24	40.64	32.26	28.78	26.05
第 95 期百分点		41.98	30.25	24.33	21.86	19.93

续前表

年份	收盘价	不同投资期限的年收益率				
		1 年	2 年	3 年	4 年	5 年
第 90 期百分点		33.86	24.72	20.10	18.18	16.68
第 50 期百分点		5.18	5.18	5.18	5.18	5.18
第 10 期百分点		-23.50	-14.36	-9.74	-7.82	-6.32
第 5 期百分点		-31.62	-19.89	-13.97	-11.51	-9.58
第 1 期百分点		-46.88	-30.28	-21.91	-18.42	-15.70

资料来源：Dow-Jones Averages 1885-1990, Phyllis S. Pierce, ed, Business One Irwin, Homewood, IL, 1991.

这些计算的综合结果对于道琼斯指数在 76 年间的行为给出了一个统计学的描述。那些确信道琼斯指数在长期间内将继续如此表现的人们可以利用这一模型来预测其未来表现的统计学图景。无论如何，这些数字让人们对于这一假想基金的投资者所面临的风险有了一个大小的判断。

76 年中每年的年利率的分布，可合理假定为近似服从于标准正态分布。在此基础上，我们把样本标准差 s 作为标准偏差 σ 的估计，并估计该“基金”获得任何范围内的投资回报的概率。例如，对任一给定年份，不计任何其他的有关市场条件的知识，我们可以说投资收益有 95% 的概率会落在 $\pm 1.645s$ 的年平均收益区间内。从而可计算出 -39.56% 和 +49.92% 的边界值。

在因这一区间太大不能用于决策而失望之前，最好记住在从本年的立场预测来年的绩效时，我们有比这些数据所提示的多得多的可以依据的信息。此外，经过进一步的分析，这些数据会提供更多的信息（见图 33—1）。

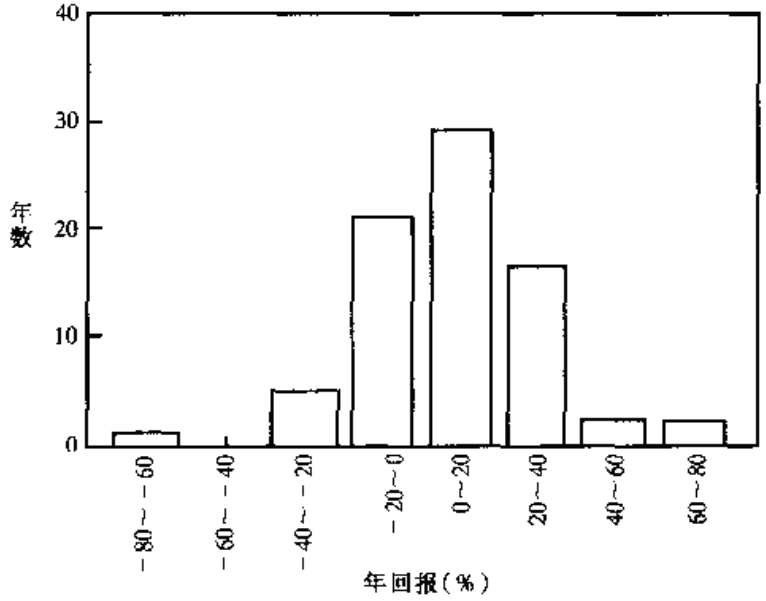


图 33—1　一个道琼斯工业平均指数假想基金在 1918—1990 年间的平均年 ROI 的分布

资料来源：Adapted from Dow-Jones Averages 1885-1990, Phyllis S. Pierce, ed., Business One Irwin, Homewood, IL. 1991.

数据告诉我们，在所观察期间内，期望（平均）年收益率是9.5%。有5%的年份收益率低于-4.0%；95%的年份收益率低于29.0%；这样，有90%的时间年收益率分布在-4.0%和29.0%之间。在没有更好的预测根据的情况下，这些数值便成为我们对于一个1年期的时间范围的概率的估计。类似地，我们可以针对2年期、3年期、4年期等来估计出N年期的90%置信度下的概率。

图33—2中所绘出的数据有助于我们把握和量化这些数字所示意出的不确定性和时间对不确定性的中和效应。9.5%的长期平均收益率的确十分诱人，但绝不意味着一项1年期的投资能够获得这个收益。从-4.0%到29.0%这一范围也许宽得令人难以接受。这样一种不确定的前景可能会使我们干脆投资于银行存款，虽说其收益率仅为5%，但不确定性范围却要窄得多。

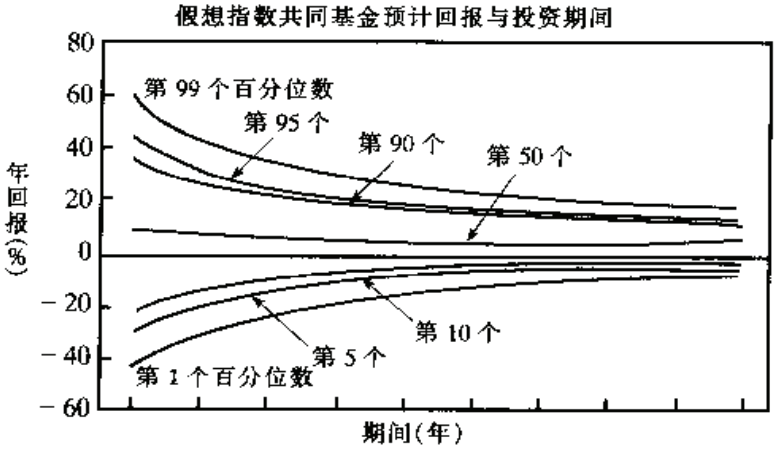


图33—2 风险与投资的时间期间

资料来源：Adapted from Dow-Jones Averages 1885-1990, Phyllis S. Pierce, ed., Business One Irwin, Homewood, IL, 1991.

贷款申请数据可以和贷款人还款行为数据的统计模型相比较，依据贷款拖欠风险来评价贷款申请人的信用情况。对于人寿保险产品，要对死亡率数据建模，依据保险有效期内受益人死亡风险的估计，来开发寿险产品并加以定价。

*风险及风险评估。*准确的风险评估是盈利的一个关键因素。一家金融机构承担了某一个项目的财务责任，它就是在为该项目能以预期的有竞争力的回报顺利完成而投资。某种程度的风险总是与收益相伴的，无论产品、服务或提供产品和服务的行业如何。因其产品本身直接涉及的就是钱，故金融服务业中的风险也更为明显。

金融交易的双方都必须能够评估交易中的可比风险。在某些事例中失误造成的损失甚至会超过投资的金额。双方都寻求使风险成本与回报的比率达到一个可以接受的低限。这一比率是一个重要的指标，顾客依此来选择金融服务提供者，选择相互竞争的金融产品以及在所选金融产品上分配投资等。换句话说，风险成本与回报的比率的估计是金融服务的一个重要的质量指标。

缺陷或不良　只要产品未能满足设计或承诺，就意味着发生了缺陷或不良。缺陷可以是有形的（如贷款文件中的不正确条款，货币存入或付出时的金额错误，缺页的保单，因股票或债券凭证送达过晚而致使不能完成交易，自动柜员机失灵），也可以是无形的（如银行职员或客户问询服务员的无礼行为，说错贷款申请费，在公告时间未能开门或接通电话总机，电话总是占线，不接打进的电话等）。

上面提到的许多特征和不良是所有服务都共有的。与金融服务最为相关的重要特征是信用责任、风险和财务回报（或所付利息）。

金融服务业中的质量挑战和障碍　在金融服务领域中有若干与质量相关的问题值得关注，这便是创造一致性的服务，与其他服务领域的领先者的比较，质量举措的懈怠，缩小规模和合并，以及自动化。

创造一致性的服务　许多金融服务组织都有分支机构和广泛的电话服务网络。在这样的环境中，创造和保持高水平的一致性服务是有很大难度的。在某处接受了过度服务的顾客遇到另一处的服务不足会大失所望。在大多数的金融服务公司中，其服务主要都是由人员的行为和态度所构成的。对于单个雇员的信任与对于机构和分支机构的信任同样重要。因此，招聘、培训、发展、激励和奖励等都是非常重要的。

与其他服务领域的领先者的比较　其他的服务性公司甚至来自其他领域的公司的表现也会对本组织造成影响。快餐店、干洗店或汽车修理店的快速、能干、友善和高价值的服务会使人们对银行、经纪行、保险商产生同样的期望。许多调查显示，金融服务在这方面是落后的。（参见后文的“美国顾客满意指数”）

质量举措的懈怠　许多金融服务机构在过去的 30 年中都在经历各种“质量”的历练：60 年代的“微笑训练”，70 年代的质量管理小组，80 年代的文化修正，等等。这些都尝试过之后，他们要么是觉得都已做过了，要么是对来来去去而又没有多大效果的质量举措感到了厌倦。

缩小规模和合并　同其他许多领域一样，金融服务业也正在经历着缩小公司规模和合并的洗礼。举例来说，1980—1990 年间，美国的商业银行总数从14 000家减为了12 000家，到 1996 年则降到了9 800家，短短 16 年间减少了 30%。尽管其他西方国家的模式，如加拿大和英国，是合并为 5～6 家大型机构，但美国的专家预言这个国家的几千家商业银行将长期并存下去。事实上，在银行业，每年都有成打的银行成功开业专为那些合并后的大银行不能满足的顾客提供服务。

合并也是其他领域金融服务机构的主流趋势，这些公司的业种如经纪、储蓄银行、保险、信用卡、抵押、信托等。

人员的缩减要比机构数目的缩减大得多。一场合并通常会使合并后的职员数缩减 10%～20%。此外，在提高生产力和降低成本方面的持续努力造成了整个部门的劳动力减少幅度在 5%～8%之间。这些变化对于保留下来的职员已造成了明显的负担，许多情形下反映为对于顾客服务的减少。

自动化 金融服务业效率和生产力的大幅度提高来自服务的自动化。例如，在银行，计算机化的顾客界面和交易活动有效地降低了成本。但不幸的是，这也使顾客置身于营业场所之外，而新服务的销售通常都是在营业场所面对面进行的。股东要求提高利润的压力促使许多公司通过作业的自动化和解雇职员来降低成本。

改进的必要性——金融服务业质量问题的例证

顾客对金融服务质量不满的证据有很多。下面是其中的一部分：

美国顾客满意指数（ASCI） 这一指数是一个跨行业的指标，反映了美国普通顾客对他们所用产品和服务质量的满意情况。这里的产品和服务包括了美国国内生产的和市场份额或销售额巨大的进口的外国公司的产品和服务。这一指数对于金融服务业以及其他产业所需的改进提供了一个客观的经济度量。ASCI 由密歇根大学商学院和美国质量协会（ASQ）共同举办，前者负责方法论的开发。基于 1994 年 5 月 10 日到 7 月 22 日所收集的数据，第一次 ASCI 评估结果于 1994 年 10 月发布。

ASCI 使用一个取值为 0～100 的统一尺度来衡量顾客的满意度，100 为最好。首次测得的全国 ASCI 值是 74.5。这一基线指标成为了以后比较顾客满意度的基准。ASCI 覆盖了七个经济部门以及每个部门内的关键产业。这些部门是：（1）制造业/非耐用品；（2）制造业/耐用品；（3）运输/通讯/公用事业；（4）零售业；（5）金融/保险业；（6）服务业；（7）公共行政/政府。这些部门的生产总值占到了国内生产总值的 75%。（若需要详细的 ASCI 的说明，请与美国质量协会联系：American Society for Quality, 611 East Wisconsin Avenue, Milwaukee, WI 53201-3005；phone 414-272-8575.）

表 33—3 示出的是有关金融服务公司的 ASCI 指数值，这里包括的公司是一些足够大的且收到了来自全国的足够的调查回答的那些公司。这里的取值可以理解为是相对的评估。值得关注的一个事实是其连续三年呈略微下降的趋势，反映出存在着通过质量管理来获取竞争优势的机会。

质量成本 在第 8 章“质量和成本”中提出了四类与质量相关联的成本，即预防成本、鉴定成本、内部故障成本和外部故障成本。下面是有关金融服务部门中的这四类成本的实例：

预防成本。新产品评审，质量设计或质量计划活动，培训项目，书面方针和程序的编制，质量信息分析，质量改进项目的实施。

鉴定成本。购入的作业、供应品和原材料的检验，过程中的作业的定期检验，账户交易的核对、平衡、查证及最终检查，顾客调查，顾客来信或投诉的分析。

内部故障成本。设备停工，处理不当的表格或报告的废品和浪费，返工。

表 33—3　　代表性的金融服务业公司的 ASCI 分值

商业银行		保险：寿险		保险：财产和火害	
公司	ASCI 值	公司	ASCI 值	公司	ASCI 值
Banc One 公司	74	艾德纳生命与灾害保险	73	Allstate 保险集团	73
美洲银行公司	67	大都会寿险公司	73	Farmers 集团公司	71
大通曼哈顿银行	70	美国 Prudential 保险公司	74	State Farm 保险	79
花旗银行	70	旅行者公司	无	其他公司	75
第一州际银行公司	71				
第一联合公司	73				
Key Corp.	76				
国民银行公司	73				
西北公司	76				
威尔斯法戈公司	71				
其他银行	77				

资料来源：American Society for Quality, Milwaukee.

外部故障成本。投诉调查时间，利息罚款的支付，项目的返工，处理不当或错误的表格或报告废品，花费于不满顾客的时间，由于服务不好而失去的业务。

故障成本之和加上高的故障率所必需的鉴定成本被称为“不良质量成本”。如果产品或服务无缺陷的话，这些成本也就不复存在。

所有四类质量成本之和构成了总的质量成本。经验表明，后三类成本，亦即“不良质量成本”占到了销售收入的 10%～30%或营业费用的 25%～40%，不包括资金成本在内。这一规模常常得到证实，它代表着巨大的改进机会。诸如 Banc One 公司、美国运通公司、Prudential 保险公司这样的组织都利用不良质量成本来推动质量改进。表 33—4 中的数据是一家大型的银行机构中的各类质量成本的示例。

表 33—4　　按活动区分的质量成本

部门/服务	质量成本，总支出的%	占总质量成本的百分比		缺陷率(%)	改进机会的衡量(美元)
		预防/鉴定	故障		
银行卡服务	94	10	90	25	119 000
信用卡处理	NA	36	64	10	93 240
文字处理	25	43	57	0.69	77 480
商业信贷	48	56	44	NA	40 810
一般会计	49	45	55	5	29 200
自动柜员机	37	32	68	0.02	25 200
顾客问询中心	26	64	36	NA	18 000
商业贷款作业	50	42	58	NA	16 660
消费者信贷回收	14	77	23	2	11 280
商业借款	17	64	36	NA	8 620
分期付款	NA	66	33	NA	5 400
培训	NA	89	11	NA	4 800
储蓄服务	NA	30	70	0.01	NA

说明：NA－无相关数据。

顾客忠诚和顾客保持 顾客忠诚是顾客将其大部分金融服务业务交与某一金融服务机构来做的这样一种购买行为。顾客保持意味着将顾客保持为服务的购买者。

金融服务公司的顾客忠诚和顾客保持的比率常常是如此之低，每年流失的顾客占到了顾客基数的30%，相当于3年多一点就将全部更换一遍。通常的美国家庭会利用6家不同的金融服务机构，其中的1～3家能够提供所要求的服务。导致这种显然没有必要的分散的主要原因是服务质量的低劣。金融服务公司过于将其产品视为一般的日用品。它们常常不情愿或不能够将自己的产品与竞争者的产品区别开来，也不能在其顾客中建立起一种对于产品、品牌或是公司的忠诚。在这种情形下，顾客消解其不满的策略便是把业务转至另一公司。与此同时，虽然公司不能够留住自己的顾客，它们却发现竞争者们也面对着同样的问题。这导致了它们旨在从其他公司的不满顾客手中夺取业务的营销努力，其手段如鼓吹转换户头的便易、提供免费的支票、现有保单的迅速更换，或是免除新的经纪账户的转换费等等。

一旦劣质服务转化为了顾客忠诚和顾客保持力的缺乏，其代价几乎总是要比起初看起来更大。对某个已失去的账户的随意分析或许会发现它只是个小账户，带给公司的损失不大。更深入的分析常常会揭示出，在更早些时候，比如说6～12个月以前，该顾客曾有多个账户，且都有相当大的余额。顾客每次转移一点，而不是一下子走人，在一段时间内转走了绝大部分业务。

进一步而言，更替一个顾客的成本要比保留一个顾客的成本更大，这可以加以证实。取得销售收入和市场份额的最经济的手段是善待现有的顾客，而不是努力去发掘新顾客来替换。

有关顾客忠诚和顾客保持的进一步讨论请参见第7章“质量和收益”。

设计世界级的金融服务

顾客驱动还是技术驱动的产品开发？ 新的产品和特性以两种截然不同的方式进入到市场当中。第一种方式依赖于某种基于“伟大构思”之上的产品，这种“伟大构思”是孕育着巨大潜在利益的全新的思路，围绕这一构思来展开公司的市场营销活动。自动柜员机（ATM）便是这类产品的一个实例。借助于一张磁码身份识别卡，顾客能够在任何时间从任何一台联网的机器中取出现金。对银行来说，其主要的吸引力在于取款交易的大量劳动成本的减少（处理面对面交易的出纳员成本，以及加工、传送和存储交易产生的书面记录的成本）；对顾客来说，最引人注目的好处就是在无论昼夜的任何时间中支取现金的迅捷和方便。

这种产品开发策略的缺点之一便是其对于所谓伟大构思的依赖性。伟大的构思是很难获得的，而推动这些伟大构思所要求的投资常常也会令人望而却步。

开发产品的第二种方式是首先清晰地把握顾客的需要，然后将最能够体现这些重要需要的产品特征设计到产品中去。以这种方式设计出的产品可能不会产生剧烈的突破，但能使公司就产品线维持一个合理的改进率，并使每一项改进的推出和持续维持一个合理的成功率。

还应提一下开发新产品的第三种方式。这就是以模仿竞争者的方式来推出新产品而不是自主开发全新的产品。有人将此称为“旅鼠”过程，以传说中的不顾后果随大流的旅鼠的行为命名。这样的过程使得其追随者永远也体会不到伟大构思所能带来的成功，或者甚至体会不到基于对顾客要求的透彻理解而带来的成功。旅鼠总是赶不上初见端倪的趋势所带来的益处。当趋势成为热潮，而热潮招致生产能力过剩时，旅鼠常常会成为随之而来的破灭的最初的牺牲者。

开发世界级的产品和服务　产品开发过程始于识别当前的和潜在的顾客。接下来，建立“监听岗哨”，亦即发现这些顾客需要的机制。这些监听岗哨可以是特别安插的个人（如销售人员或客户服务人员）、顾客调查、电话监听/记录、投诉、顾客座谈、焦点小组、现场服务人员、咨询委员会等等。

有些组织中，销售人员和客户交易人员利用每一次交互作用来作为探查和问询特定问题的机会（见表 33—5）。

表 33—5　　发掘顾客需要的提问

是否还有什么别的事情我可以帮您？
您现在在管理自己的金融事务中是否存在什么问题或需要？
有没有什么产品或服务您希望我们能够提供？
您是否知道市场上有什么产品是我们所没有提供的？

当监听岗哨设计得很好且所产生的信息也得到了很好的协调时，那么他们的贡献便能够帮助开发新产品和销售尚不为顾客所知的已开发的现有产品。

USAA 和美国运通公司是对所有类型的顾客接触所产生的信息加以收集和分析的公司。所有书面的和电话的投诉、称赞以及问询都要加以收集、分类和分析。从所生成的信息中将会了解到，公司哪些方面进行得不错，哪些方面需要改进，以及顾客正在产生什么样的新的需要，等等。

来自这些监听岗哨的信息有助于识别顾客的需要并确保这些需要与相应的顾客相联系，以此来改进服务、增加新的产品特性和开发新产品。

例如，资金转账对于在同一银行的多个账户间转账的个人与对于一家在几百个账户间转账的业务广布的公司来说，同样都是常用的产品。尽管对这两类顾客来说基本业务都是一样的，但所要求的文件却有很大的不同。一份月度的交易和余额报表就能使个人得到很好的服务。但对于公司来说可能就需要有每天的日报表，而且还要送往不同的场所。

顾客的需要一经得到识别，就必须将之转化为可测量的术语。针对服务的场

合就更是如此，这种场合下常常会有这样的信条，即“无形的”便等同于“不可测量的”。因而，“快捷”的交易必须用天数、分钟数或秒数表达出来。“容易的”投资清算必须表达为由谁负责、什么时候、在什么条件下清算等字眼。

一旦对顾客的需要进行了如此的转化，所转化的结果还必须由顾客来证实或修正。表 33—6 是将顾客的需要转化为与支票略记（check truncation）这一产品相关的术语的一个例子。（支票略记是与活期账户对账单有关的一项特征。对于一个具有支票略记特征的账户，账户结算单中包含了每张结清支票的重要信息，但实际填写与处理的支票则不再返回。）

表 33—6　　支票略记：需要及其转化

需要			转化	测量单位	测量手段
第一层需要	第二层需要	第三层需要			
安全	账户保险		机构，账户受到 FDIC 的保障	已保险，已公告；是/否	消费者
	财务稳固		健全的财务报表	专家判断	专家
效用	可接受性		所有接受者都会接受支票	是/否	市场调查
	灵活性		可通过邮寄、当面支付，可获现金，可储存	是/否	产品设计
便利	账户信息可访问	通过电话	可用电话访问账户信息	每次打电话平均等候时间（秒）	电话记录
	资金存取	通过 ATM	可在任何地点 24 小时存取款	ATM 月停机率（分钟×100/43 200）	ATM 记录
	文件齐备	支付收据	必要时可获得支付的证据	要求但未找到的项目的百分率	质量绩效报告
	解决问题	具有充分知识的职员	被视为有能力解决顾客问题的职员	调查结果	消费者调查
		通过电话	电话可获得的问题的解决方案	投诉数目	投诉记录
				问题电话放弃率	电话记录
	透支保护	保证合理的行为	保证合理的透支	调查结果	顾客调查
				投诉数目	投诉记录
	可获得的超额度信贷	可获得的超额度信贷		是/否	产品设计

顾客的每项需要都要明确地阐述出来并且是可衡量的，每项需要都要用适当的产品特征来加以对应。当所有的产品特征都被开发出来时，该产品也就基本开发出来了，接着便是产品提供过程的开发。世界级的公司都已认识到，在这个开发过程中的每一步都应向顾客咨询，以保证正在开发的产品能够持续地满足需要。表 33—7 将上述支票略记的例子进一步扩展到了产品特征和过程特征方面。

表 33—7　　支票略记：产品与过程特征

产品特征	产品目标	过程特征	过程目标
结算单	准确：差错率	支票编码	<0.005%的错码
	<0.01%	支票阅读/过账	<0.005%的错辨
		对账单设计变更	无差错
			顾客驱动
	及时：打印日邮寄	对账单印刷	按计划时间
	的在 99%以上	对账单信封印刷	无延误
			按计划时间
	可读性	格式设计	可读
		遣词造句	无投诉
		对账单印刷	清晰可读

质量控制与顾客服务

从顾客的视角衡量——他们认为最重要的事情　控制服务的质量依赖于对绩效的测量，这种测量是依据那些顾客最看重的特征来进行的，顾客主要指外部的顾客，但也包括内部的顾客。

确定测量指标以及满足顾客需要的绩效水平的时机是在产品的设计期间。对于那些已经开发出来正在向顾客提供的现有产品来说，那些确实存在的绩效指标在很多情况下只是为了满足内部顾客的需要。

建立顾客导向的绩效指标以确保产品满足顾客要求，这项工作需要得到前文提到的监听岗哨的帮助。最为有用的是顾客满意调查过程。

顾客满意调查始于对于需要建立绩效指标和标准的产品的整个服务循环的研究。图 33—3 从顾客的视角表示出了某个产品在其整个生命周期中的全部特征。然后每一项特征都要接受有关“满意”和“重要”与否的提问（见图 33—4）。接着，每一项特征要回答有关其实际绩效如何的问题。图 33—5 提供了一个这方面的实例。

在图 33—5 的例子中，假定支付时间 48～72 小时为“满意”，24～48 小时为“非常满意”。资金转账的目标应是达到“非常满意”，相应的数字目标便是 24 小时。目标的设定应当始终着眼于创造非常满意的顾客。顾客忠诚研究表明，只是满意的顾客是谈不上忠诚的。满意的顾客再次购买的可能性为 51%，几乎等同于没有可能，而非常满意的顾客再次购买的概率则为 85%。这组数字说明了为什么有如此之多的个人和公司会有多个金融服务供应商。对于一个组织或其产品来说，要使顾客保持在“非常满意”的水准上是很困难的，从而顾客才会向多个组织购买。

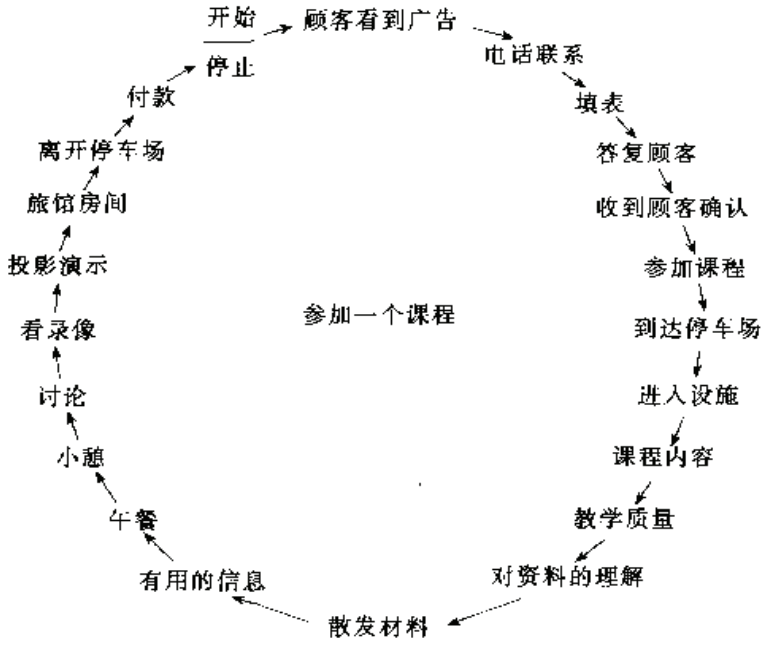


图 33—3 服务循环（参加一个课程）

A. 你对支行职员服务的各项特征的满意情况如何？

	非常满意	还算满意	有点不满	非常不满
1. 向你微笑打招呼致意	1	2	3	4
2. 重视和关心	1	2	3	4
3. 富有帮助	1	2	3	4
4. 友好	1	2	3	4
5. 称呼你的姓名	1	2	3	4
6. 有效地处理电话交易	1	2	3	4
7. 回答提问并解决问题	1	2	3	4
8. 无差错地处理交易	1	2	3	4
9. 熟知银行的产品和服务	1	2	3	4
10. 为你带来的生意道谢	1	2	3	4
11. 在辨识你的财务需要和解决办法时富有帮助	1	2	3	4
12. 帮你计划、提出备择方案并解决财务问题的能力	1	2	3	4

B. 下列各项服务特征中哪五项对于你判断绩效是最为重要的？圈出你认为最重要的五项特征。

1. 向你微笑打招呼致意	2. 重视和关心
3. 富有帮助	4. 友好
5. 称呼你的姓名	6. 有效地处理电话交易
7. 回答提问并解决问题	8. 无差错地处理交易
9. 熟知银行的产品和服务	10. 为你带来的生意道谢
11. 在辨识你的财务需要和解决办法时富有帮助	12. 帮你计划、提出备择方案并解决财务问题的能力

图 33—4 顾客满意调查

资金支付的及时性

非常满意	满意	不满	非常不满
□	□	□	□

收到所支付资金的时间长度

24～48 小时	48～72 小时	72 小时或更多
□	□	□

图 33—5　顾客评价——主观的和客观的

利用从图 33—4 的问题中所获得的调查数据，可以以一个简单的尺度（最低为 1，最高为 4）来评价每项特征的重要性并衡量顾客满意的情况，这将是非常有用的。表 33—8 显示的是一个 2×2 的矩阵，可以将重要性和绩效情况这一对数值填入矩阵中来指导测量的工作。每一个象限都提示了一种行动。重要性高（3 或 4）的特征落在右边的栏中。所有这些重要特性都必须加以测量。若还有尚无测量指标的特性，则必须想法来设计测量指标。绩效标准可以将顾客所报告的绩效数字与顾客所报告的满意水准联系起来加以确定。

表 33—8　　服务改进测量矩阵

绩效	重要性：低（1，2）	重要性：高（3，4）
高（4，3）	忽略	测量；继续
低（2，1）	忽略	测量；改进

通过实施和分析定期的调查活动，通过由调查结果所引导的对于服务的持续改进，可以预期上述提问的范围将会缩小到少数的几个反映顾客绩效评价本质的问题。持续地以一个较小的随机样本进行的月度调查将确保服务保持在“非常满意”的水准或是不断地向其逼近。

在内部，为了追踪那些对于顾客而言最为重要的特征，就需要有一些代用的测量指标。在金融服务领域，随着信息技术的广泛而深入的运用，有许多测量可以实时地 100％地自动进行。自动测量所节省的时间可以用于改进活动。在需要人工测量的场合，应当采用抽样的方法。（有关抽样的详细讨论可参见第 46 章“接收抽样”。）

绩效的测量要在一个反馈环中加以处理。无论是通过抽样还是通过自动系统，收集到数据之后，就要将实际的绩效与标准进行比较，并对偏差采取行动。

有关这种测量的详细计划，即由谁来进行，多长时间做一次，抽取多大样本等，要编制成一个控制矩阵或控制计划。表 33—9 是这种计划的一个实例。该计划

中包括了抽样及与标准进行比较的程序，还规定了当绩效与标准不符时要采取行动。将实际数据与标准相对照的图示可以显示出质量水平，这种图示便于理解及采取相应行动。最常用的这类工具就是控制图（参见第 45 章“统计过程控制”）。

表 33—9　　控制矩阵/计划

特征	测量指标	绩效标准	测量方法	样本大小	参数	措施	责任人
准确度	全面衡量	误差在 2.00 美元之内	职员核算	100%	<2.00 美元	无	无
					>2.00 美元	审查找出差错	结算职员
					每班次多于两次	知会上级及改进团队	结算职员

一些成功的组织利用绩效报告来促进持续的改进。例如，业务完全相同的机构希望能在机构内部找出最佳惯行以使之成为全面的绩效标准。表 33—10 是一个有多家分支机构的银行的绩效报告的例子。表 33—11 显示的是一家业务全面的具有多家分支机构的商业银行的测量指标及标准的实例。表 33—12 和表 33—13则是一家信用卡公司的测量反馈报告的实例。

表 33—10　　一家多分支机构的大型银行的绩效报告

项目名称/分行	描述	计划或实际			改进					年节省或年收入额（美元）
		开始日期	结束日期	实施日期	顾客	质量	服务	环境	产品	
储蓄债券/达拉斯 联系人：	改进公司客户的公司储蓄债券的处理	11/96	8/97	10/97		×	×		×	4 125
NSF 与透支/休斯敦 联系人：	评审透支政策以使收费最大化，银行损失最小化，并提供相称的服务水准	3/96	1/97	1/97	×	×	×			100 000
附加卡/戴顿 联系人：	找出更有效的方法来处理持卡人对现户头提出的附加卡请求	1/96	6/97	7/97	×	×	×			7 280
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮		⋮	⋮
房屋抵押服务，间接质量改进团队/哥伦布 联系人：	制定营销计划以发放通过中介的房屋抵押贷款，满足消费者以房屋抵押购买消费品的需要	9/97	12/97	2/98	×	×	×			54 000
贷款审批/克利夫兰 联系人：	改进信贷程序以提升顾客服务，减少延误，提高生产率，编制新的程序	3/97	10/97	11/98	×	×	×		×	142 740
总成果					18	20	21	13	19	1 696 131

表 33—11　　一家多分支机构的商业银行的质量测量指标

业务内容	测量指标	标准（%）
小额存款	有差错的新 DDA 账户数/新 DDA 账户总数	0.50
小额存款	有差错的新 IRA 账户数/新 IRA 账户总数	0.50
零售分行	交易差错数/总的交易数	0.10
零售分行	余缺总金额数/总的现金交易量	0.01
抵押贷款	未及时提交的申请数/申请接受数	0.30
抵押贷款	未及时办理完毕的申请数/办理完毕的申请总数	0.20
商业贷款	通知错的支付额/贷款支付总额	1.00
商业贷款	积压的支付次数/收到的支付次数	0.04
小额分期付款贷款	45 天内未结清的贷款额/结清的贷款总额	0.10
小额分期付款贷款	未按标准答复的完成的贷款申请数	1.00
会计/财务	GL 录入差错数/总的 GL 录入数	0.05
会计/财务	GL 报告提交延迟数/总的 GL 报告数	0.15
人力资源	工资支付差错数/总的雇员支付总数	1.50
人力资源	正规培训的天数/雇员总数	0.05
人力资源	绩效评估延迟数/应做的总的绩效评估数	0.02

表 33—12　　月度质量报告

质量测量指标	标准	9 月	8 月	7 月	6 月	5 月	4 月	平均绩效
平均应答时间（秒）	20.00	36.00	40.00	25.00	21.00	20.00	18.00	
相对于标准的绩效（%）		55.6	50.0	80.0	95.2	100.0	100.0	82.0
放弃的电话数/总的电话数（%）	2.00	4.00	3.40	2.60	3.10	3.20	3.10	
相对于标准的绩效（%）		50.0	58.8	76.9	64.5	62.5	64.5	62.9
处理取消请求的天数	5.00	3.00	4.00	6.00	6.00	4.00	3.00	
相对于标准的绩效（%）		100.0	100.0	83.3	83.3	100.0	100.0	100.0
处理书面调查的天数	5.00	6.00	5.00	3.00	4.00	4.00	4.00	
相对于标准的绩效（%）	33.0	33.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.	
未决的对政府主管机构的查询数	0.00	26.00	41.00	37.00	42.00	40.00	57.00	
相对于标准的绩效（%）		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
状态插入差错数	0.00	0.05	0.02	1.00	0.02	1.00	8.00	
相对于标准的绩效（%）		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
塑料卡插入差错数	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
相对于标准的绩效（%）		100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

作为供应者的顾客

在服务性组织中，顾客常常也是供应者。经纪行的顾客在委托一笔交易时，必须提供详细的交易资料，如在每股价格不超过 150 美元时购买 100 股通用汽车的股票。带着一堆硬币和纸币来存款的银行顾客为银行的分拣和清点过程提供了输入的原材料。如果作为供应者的顾客在提供输入时出错，那么服务的提供者就

不能够提供满足该顾客需要的输出。

表 33—13　　质量趋势报告

指标编号	质量指标	总缺陷	总量	缺陷率或缺陷	标准	相对于标准的绩效（%）	权重	加权绩效
148	放弃电话数/总的电话数	8 594	214 862	4.00%	2.00%	50.0	1	50.0
454	接起电话平均时间（秒）	36	NA	36	20	55.6	1	55.6
455	处理取消请求的天数	3	NA	3	5	166.7	1	166.7
456	处理书面调查的天数	6	NA	6	5	83.3	1	83.3
457	未决的对政府主管机构的查询数	26	NA	26	0	0.0	1	0.0
458	状态插入差错数	11	209	0	0	0.0	1	0.0
459	结算不合标准的天数	1	NA	1	0	0.0	1	0.0
460	未按标准处理的申请数	0	NA	0	0	200.0	1	200.0
462	信用署纠正请求数	1 725	NA	1 725	0	0.0	1	0.0
463	顾客关于收货的投诉	5	NA	5	0	0.0	1	0.0
464	未按标准处理的贷款询问数	2	NA	2	0	0.0	1	0.0
465	系统停机的小时数	2	NA	2	0	0.0	1	0.0
466	信用卡系统停机小时数	1	NA	1	0	0.0	1	0.0
467	未通知的支付数	1 154	NA	1 154	0	0.0	1	0.0
468	未通知支付金额（千美元）	10 787	NA	10 787	0	0.0	1	0.0
478	塑料卡插入差错数	0	NA	0	0	200.0	1	200.0
479	其他的插入差错数	2	211	0.01	0	0.0	1	0.0
		8 594	214 862				17	755.6
	总体缺陷率（%）		4.00			全面的绩效（%）		44.4

说明：NA＝无该项数据。

金融服务提供者防范因输出出错而招致顾客责备的最好办法就是防止顾客在输入时出错。金融服务提供者为此所采用的三种做法分别是顾客教育、顾客输入的防误以及监控顾客输入的质量。

教会顾客成为好的供应者　在一家大的银行里，一项对于钱数不符的存款作业（顾客声称的存款数与银行清点数不符）的研究揭示，发生此种情形的一个主要原因是存款中纸币和硬币混在一起。此外，除了使款和数平衡所需的额外工作

外，纸币和硬币的分拣也增加了作业本身的成本。由此而造成的总的效应是使得存款作业的成本翻番，这一成本是由所有的顾客来负担的，尽管成本的增加只是由 10％的顾客所造成的。

这些少数的顾客是需要培训的对象。银行的存款部门派人到客户的公司去培训负责存款的人员。结果减少了一半以上的银行处理时间，进而降低了成本。存款差错率从 15％降到了 1％的 1/10。顾客报告其存款准备时间减少了 30％以上。银行和顾客双方都从顾客教育中得到了益处。

防误　防止顾客失误有许多可用的方法。通过邮件、传真或当面交接的顾客输入所伴随的表格起到了确保输入完整的核对单的作用。屏幕或语言提示的菜单引导着顾客通过电话或计算机终端的输入。“帮助”键可以协助电子录入。要求顾客对于录入数据的回放验证是防误的又一形式。还有一种方法是让顾客重复一次输入数据或信息并对不一致的数据录入加以确认。将防误作为培训内容的一部分将有助于有效地减少顾客的输入差错。

监控和测量顾客的输入　在运用培训和防误的同时，还必须对于顾客的输入加以监测以验证上述措施的效果并揭示进一步改进的必要。监测应当尽可能地接近输入作业以尽快纠正差错并降低差错成本。最理想的是在顾客录入时来监测其输入。这可以给予顾客以即时的纠正反馈以及下次应当如何准备和进行作业的培训。培训也可以包括一些现场防误技巧，如复核、核对单等。

质量改进——永无止境的历程

持续的顾客输入——顾客监听岗哨的进一步作用　除了在产品开发和质量控制方面的重要作用之外，顾客监听岗哨对于辨识改进的需要也是非常有用的。顾客投诉窗口对于获取改进思路而言也是一个特别有效的监听岗哨。顾客满意研究和顾客忠诚研究也都能为质量改进活动提供有用的输入。

顾客投诉与处理　有几方面的理由支持对于顾客投诉和问询的集中管理。首先，缔造一支专家力量处理顾客投诉是非常有用的。当顾客前来联系时，最好是由非常专业的人员来接待，这些人员掌握有所需的所有工具并知道如何使用。可用性和能力在处理顾客问题时是极端重要的。解决问题的速度对于顾客的最终满意有着重要的影响。顾客打头一个电话就能够解决问题，这是一个值得追求的目标，任何情况下，都不应让问题过夜。研究表明，每一次需要重新与顾客联系或是将顾客的问询转手，顾客满意度就会下降 8％～10％。

为顾客解决问题的过程被称为“修复”。集中化的顾客投诉处理部门利用大量的对策进行修复，以使顾客的不满降到最小程度。这些对策包括道歉、迅速更换产品（包括服务）、传递一种理解和同情的感觉、赔偿损失、提供补偿，随后

的进一步追踪以确保为纠正问题而采取了所有合理的努力。

修复活动之后仍然遗留下来的顾客不满至少代表着五个方面的损失：（1）他们很容易会终止与所不满的组织做生意；（2）他们可能会将未来的业务交给竞争者；（3）他们会向作为潜在顾客的同僚讲述自己的不满经历而让使他们不满的组织名誉遭损；（4）他们对该组织可能再也不会有什么好听话，就算是后来的修复经历不错也于事无补；（5）他们与让他们不满的组织间的关系被破坏，这种关系表现为再购买的意向，通过对问题的适当的修复，这种关系本来是有可能得到加强的。

表 33—14 是关于一个金融服务公司的有过不满的修复经历的顾客和有过非常满意的修复经历的顾客的再购买意向的比较。

表 33—14　　再购买意向

顾客类型	愿意再购买的百分比	愿意推荐他人购买的百分比
没有问题，典型的满意顾客	51	65
有问题，对修复不满的顾客	30	46
有问题，对修复非常满意的顾客	79	88

资料来源：TARP.

这种再购买行为表明，有效的修复是留住顾客的努力的一个重要组成部分。通过好的修复来设法获得顾客的谅解，就相当于以有效而廉价的办法创造了取代被蹩脚的修复而赶走的顾客的新的顾客。重视有效的修复具有重要的意义，有关发展一个新顾客，失去一个老顾客以及补偿失去的收益所涉及的成本的研究清楚地表明了这一点。此外，金融服务机构发现，某个问题得到修复之后，很容易向顾客销售别的服务（有 10%～20%的顾客会购买）。与只是修复问题相比，当问题修复之后伴随有一项销售努力时顾客满意度会上升 3%～5%；如果销售成功的话，满意度会上升 5%～10%。

还应当认识到，随着顾客与金融服务提供者之间建立起关系，其业务对该公司利润的贡献将会增加。长期的顾客有更大的业务范围、更高的业务规模，会使用更多的服务，因此而带来了更高额的手续费，并为一定的账户和结算带来了规模经济效益。

与解决顾客问题所具有的当前意义一样，同样重要的是以长期的视野来捕捉该问题的信息，加以系统的整理，将所有这类信息构成一个数据库，以便识别哪些过程需要加以改进。反映这种数据库特征的一个投诉和问询管理过程的例子如图 33—6 所示。

持续改进——以项目的方式实施　在第 5 章“质量改进过程”中，对质量改进的一般原则已有详细的讨论。本章只举几个在金融服务领域中应用这些原则的例子以及所获得的体会。

将改进的努力集中于顾客服务质量，将能够为一个组织带来高额的回报。

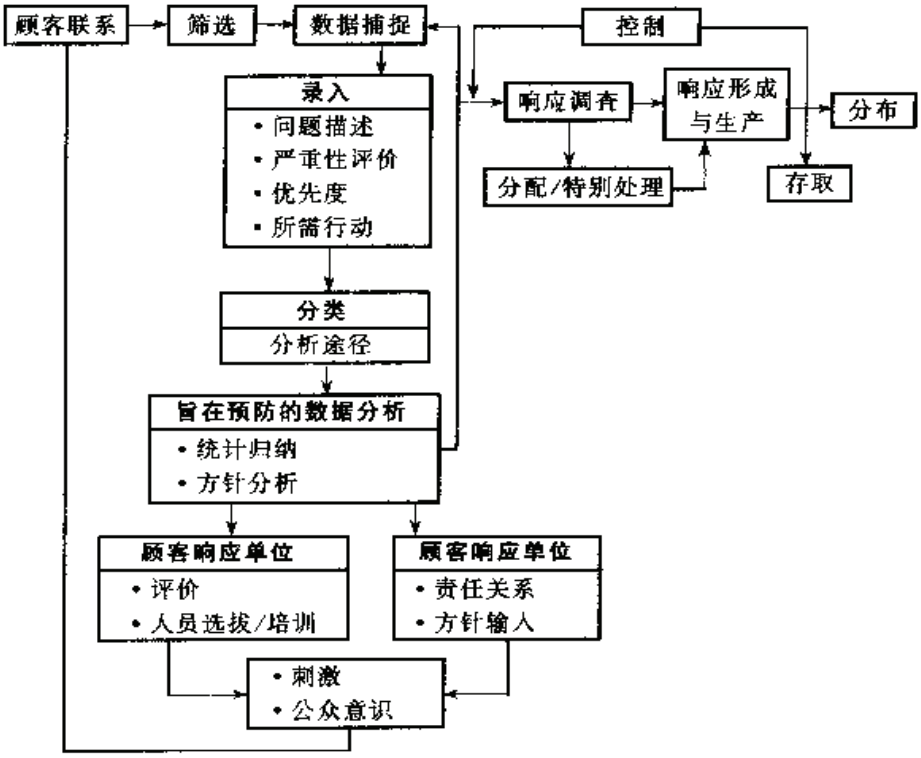


图 33—6　顾客响应结构图：投诉/问询管理

在实施质量改进过程的头一年，Banc One 公司即实现了净节约和收入增加 75 万美元；第六个年头，其净节约和收入增加超过了1 600万美元。

1991 年，有一项针对 35 家金融机构的1 000多个质量改进团队的研究(Aubrey and Gryna，1991)。用节约和收入增加、缺陷减少、顾客满意度提高以及雇员满意度上升来评价，最成功的团队有这样一些共通的重要特征：

• 团队组成。组成为 75%的高级职员/管理者，25%的普通职员；团队平均人数 7 人；“理想的”团队人数为 4～5 人。

• 团队成员选择。管理当局。

• 培训。最少两天。

• 项目选择。管理当局或质量委员会。

• 项目持续时间。3～4 个月，每周一次 90 分钟的会议。

• 所用改进工具。头脑风暴法、帕累托分析、调查、因果图、数据收集、流程图、工作简化、成本/效益分析。

表 33—15 是一家大型的州际银行在一年内所完成的部分项目的列表。

在一些大、中型机构中，对项目的进程加以追踪使得能够管理这些项目的进展，与组织的其他部分分享与该项目有关的重要信息，并在适当时复制解决办法。表 33—15 中示出了一个质量改进的跟踪报告系统。

表 33—15　　某大银行的质量改进项目

项目编号	部门/分支	项目名称	成本降低和收入增加（美元）
1	会计服务	计算机输出团队	466 000
2	消费者信贷回收	小额收款作业描述	366 421
3	财务管理	雇员支出报账	341 040
4	银行卡	迟收费用评审	288 388
5	商业银行业务	账户盈利性/个人银行业务	220 303
6	运营业务	现金团队	220 124
7	商业贷款	商业贷款服务	212 610
8	行内/跨职能	现金管理	168 364
9	公司银行业务	小企业放贷	161 000
10	支行	备用现金	153 138
11	运营	MICR 否决	146 656
12	商业贷款	商业贷款标准化	145 446
13	银行卡	信用程序评审	142 740
14	特殊行业部门	信用服务	138 000
⋮	⋮	⋮	⋮
61	资产/会计	抵押保护保险	27 400
62	银行卡/回收款	FCS/CMS 非拖欠账户	26 926
63	商业银行业务	商业贷款文件	25 650
64	运营分析	PC 维护	25 640
总的成本降低机会			6 054 895

项目的报告采取带有查询模式的在线形式是最为有效的。除了一般性的通过内部的新闻或媒体的公布之外，以有利于那些有可能受益的领域直接复制的方式来公布项目将会非常有用。组织应寻求一切可能的机会来复制其改进项目。

全面质量管理在金融服务业中的贯彻实施

第 14 章“全面质量管理”详细讨论了 TQM 的计划和导入过程。本章提供几个来自金融服务业的实例。

培训与资源投入　培训必须首先自组织的首席执行官（CEO）和首席运营官（COO）做起，然后要一直渗透到组织的所有层次的管理者。例如，质量培训被 NatWest USA 公司视为最重要的事情。其全部2 500名员工，包括董事会主席、总经理以及每一位高级执行副总经理都接受了培训。

NatWest USA 公司的所有员工都参加了为期 1～2 天的培训课程。这种培训使人们拥有了一种共同的语言和方法，并向人们提供了一套标准的工具和技术，用于把握手边的机会。每一堂课都包括了广泛的讨论，讨论的内容如创建共同的质量定义，顾客/供应商关系，顾客需要的辨识与满足（内、外部顾客均包括在内），质量成本，质量的测量和报告，用于数据收集和分析的工具和技术。应用

实际的银行数据和过程进行案例研究是培训的关键要素。

不同类型的雇员必须给予具有不同目标的不同类型的培训。图 33—7 列出的是一家位居《财富》500 强的金融服务公司的培训课程列表，该公司有着相对成熟的质量管理过程。

某些业绩最好的金融服务公司报告其每个员工每年要培训 10～15 天。

顾客服务质量的管理
团队的领导和推动
顾客满意测量
质量测量
质量成本测量
第一印象
超越顾客满意
顾客第一团队
顾客问询处理
市场损害测量

图 33—7　某金融服务公司质量培训的内容

战略计划工作　战略计划工作是维持和推动全面质量管理的一个非常重要的要素。因此，质量必须被整合到金融服务公司或任何其他公司的经营计划中。这将使质量不至于成为运营、财务、营销等活动的一种附属性的活动，使其重要性得以提升到其应有的地位。

质量战略可以单独成为一个战略，也可以整合到其他的战略当中。在实施战略时，诸如测量、目标、标准、项目、培训、团队等这样一些质量活动使得战略计划得以实现。有关战略计划的进一步讨论可参见第 13 章“战略展开”。

管理者的参与——内行与身体力行　要有效地领导质量改进的过程，高层管理者就必须在其组织中树立榜样并设定基调。在有些公司中，通常要任命一位首席质量官员，其职责类似于首席财务官在财务方面的职责。这些职责包括制定组织的质量计划并确保其得到执行，保证质量按计划管理与控制，保证质量改进的持续进行。当直接向公司的首席执行官、总裁或是首席运营官报告时，这一职位是最有效的。

革命的晨曦　越来越多的金融服务正在日益变得自动化起来，这一现象在零售服务领域尤为显著。银行业中正在发生着一场根本性的转变，正在从钢筋水泥的楼房中的人员密集型的服务向完全电子化的服务转变。根据美国银行协会的报告，在 1996 年有 40% 的交易都是电子化的；到 1998 年这一数字将会是 60%。在不久的将来，为你服务的银行、经纪公司或是保险公司无论是在波士顿、北京或是在巴塞罗那都将不再有什么关系。

• 要申请一笔贷款，惟一要求的有形文件是原始的签字申请文件；它可以交由快递业者送达银行。货币与所有其他的信息可以通过传真、互联网以及有线

传输装置发送。

• 通过传真、互联网和有线传输装置便可以开设一个存款和投资的账户以及进行交易。

• 人寿保险的申请和支付也可以通过传真、互联网和有线传输装置来完成。到写作本文时为止只有体格检查还在抗拒着自动化。尽管如此，其结果仍可以通过传真传送给保险公司。可以派一位护士到申请者家中为其验血、量血压和脉搏等等。

随着电子能力的提高，伴之而来的成本、运转周期、缺陷和差错的减少使得利润却增加了。

在 20 世纪 80 年代，在家开办银行业务的企图是失败的。现在，40% 以上的美国家庭拥有个人电脑；对企业来说这一比例则要高得多。这种装备基础为电子化的金融服务创造了远比 10 年前更为适宜的条件。图 33—8 显示的是美国的银行所勾勒的 1998 年的计划，资料来自美国银行协会。

个人电脑/调制解调器服务	58%
互联网服务	53%
可视电话服务	47%
个人电脑/第三方网络	42%
交互电视服务	26%
其他的自动化	25%

图 33—8　1998 年美国银行的服务计划

一项具有改变金融服务的巨大潜力的电子化创新是智能卡。这种智能卡在外观上类似于信用卡，但与信用卡的根本不同是其内部所包含的电子电路，这使得其能够以电子的方式充入金额数值。它相对独立，只需一个简单的装置用来读出并从中转账。个人可以用卡领取工资或奖金，进行支付和转账，服务消费以及提取现金。这种服务的扩展对于顾客有着巨大的吸引力。除此之外，这种卡还将使得服务种类更多，成本更低，而且更快、更可靠、更精确。

在全球范围内正在进行着许多的智能卡的试验。智能卡正在法国和西班牙试用，1996 年的亚特兰大奥运会也试用了此卡。荷兰的银行正在发行智能卡并希望到 1998 年底能推广到全国。美国运通公司用其自己开发的智能卡给员工发放奖金。

智能卡和其他的电子化革命的要素预示着金融服务业的巨大变化。顾客服务的改进将伴随着金融服务工作的本质和数量的巨大变化。毫无疑问，将会有更多的工作要求有更高的技能水平，如顾客服务、编程、电脑操作等等。相应地，简单的办事员式的岗位将会越来越少。

金融服务领域的公司将会发现，质量管理的工具将为更好地把握这一创新与变革的潮流提供有力的帮助，并且会成为竞争的优势。

参考文献

Aubrey, Charles A., Ⅱ (1988). "Effective Use of Quality Cost Applied To Service." *ASQC Quality Congress Transactions*, Dallas.

Aubrey, Charles A., Ⅱ (1989). "Continuous Improvement To Meet Customer Needs." *ASQC Quality Congress Transactions*, Toronto.

Aubrey, Charles A., Ⅱ (1988). *Quality Management in Financial Services*, 2nd printing. Hitchcock, Wheaton, IL.

Aubrey, Charles A., Ⅱ, and Felkins, Patricia K. (1988). *Teamwork—Involving People in Quality and Productivity Improvement*. Quality Resources, White Plains. NY.

Aubrey, Charles A., Ⅱ and Gryna, Derek S. (1991). "Revolution Through Effective Improvement Projects." *ASQC Quality Congress Transactions*, Milwaukee.

Berg, Eric N. (1987). "Improving Banking Machines." *The New York Times*, September 9.

Berg, Sanford V., and Lynch, John G., Jr. (1995). "Regulatory Measurement and Evaluation of Telephone Service Quality." *Quality Control and Applied Statistics*, March-April.

Berry, Thomas H., et al. (1995). "Quality In Financial Services: The Vanguard Story." *IMPRO 1995 Conference Proceedings*, Juran Institute, Inc. Wilton, CT.

Brennan, John J. (1991). "Investing in Quality at the Vanguard Group. If It's Not Broken, Improve It Everyday Anyway." *IMPRO 1991 Conference Proceedings*, Juran Institute, Inc. Wilton, CT.

Bulkeley, William M. (1987). "News Flash! Firm Has Bad Year and Tells Shareholders about It!" *The Wall Street Journal*, May 4.

Butterfield, Fox (1987). "North's $10 Million Mistake: Sultan's Gift Lost in a Mixup." *The York Time News*, May 13.

Calian, Sara (1995). "Firms Unveil Prospectuses Readers Can Digest." *The Wall Street Journal*, July 31.

Deutsch, Howard, and Metviner, Neil J. (1992). "Quality in Banking: The Competitive Edge." *Bank Administration*.

Feder, Barnaby J. (1988). "Securities Firms Streamlining Computer Systems Despite the Crash." *The New York Times*, March 2.

Frigo, Robert, and Janson, Robert (1994). "GE's Financial Services Operation Achieves Quality Results through 'Work-out Process'." *Quality Control and Applied Statistics*, vol.39, no.6, November-December.

Gryna, Frank M. (1995). *Exploratory Research on Quality Assessment in Financial Services*. The University of Tampa.

Gwin, John M., and Lindgren, John H., Jr. (1993). "Reaching the Service-Sensitive Retail Consumer." *Journal of Retail Banking*.

Henderson, G.L. (1992). "GIROBANK: The First Bank to Win a British Quality Award." *Quality Forum*, vol.18, no.2, June.

Hestand, Randy (1991). "Measuring the Level of Service Quality." *Quality Progress*, September.

Johnson, Randall (1991). "Centralized Customer Service Functions Boost Service, Create Cost Efficiencies." *The Service Edge*, vol.4, no.11, Lakewood Publication, November.

Klein, Jerilyn, and Wiseman, Paul (1992). "NationsBank, Dean Witter Form Venture." *USA Today*, October 27.

Kleinfield, N.R. (1993). "The Check-Cashing Industry is Growing—And Not Just in Poor Neighborhoods." *The New York Times*.

McClure, Beverley J. (1991). "USAA's Culture of Quality: Keys to Making Quality a way of Life." *IMPRO 1991 Conference Proceedings*, Juran Institute, Inc. Wilton, CT.

Myerson, Allen R. (1992). "NationsBank Will Create a Firm with Dean Witter." *The New York Times*, October 27.

Oxman, Jeffrey A. (1992). "The Global Service Quality Measurement Program at American Express Bank." *National Productivity Review*, Summer.

Smith, Priscilla Ann (1987). "Americus Philip Morris Trust Faces Risk of Extinction as Stock Price Surges." *The Wall Street Journal*, August 28.

Stankard, Martin (1992). "Critical Success Factors for Bank Improvement Projects." PDG, Inc. *Productivity Views*, January-February.

Stankard, Martin (1993). "Sponsoring Employee Teams—23 Tips." Productivity Development Group, Inc., vol.10, no.2.

Stewart, Steve R. (1987). "First National Bank of Chicago: Commitment to Quality Cuts Costs, Adds Customers." *American Productivity Center*, October.

Stoner, James A.F., and Werner, Frank M. (1995). "Managing Finance for Quality: Bottom-Line Results from Top-Level Commitment." *American Society for Quality Control*, ASQC Quality Press, Milwaukee.

Weinstein, Michael (1989). "Consumers Give Their Banks Lower Grades Than Last Year." *The Daily Financial Services News*, October 5.

Welch, James F. (1992). "Service Quality Measurement at American Express Traveler's Cheque Group." *National Productivity Review*, Autumn.

Werner, Frank M., and Stoner, James A.F. (1995). *Modern Financial Managing*, preliminary edition, Harper Collins College Publishers, New York.

(张雁 译)

第 34 章

第二代数据质量体系 托马斯·C·雷德曼（Thomas C. Redman）

引言
这份报告是错的！
数据的性质
　数据质量的意义
第二代数据质量体系的商业状况
　数据是无处不在的
　大多数数据都质量不佳
　查错和纠错成效不佳
　数据的重要性将不断增加
　第二代数据质量体系
数据定义与数据质量的要素
　数据定义
　数据质量的要素
第二代数据质量体系
　管理基础
　技术能力
结论
致谢
参考文献

引言

本章将讨论无所不在的数据及其低劣的质量，特别是解释经理人员关注低劣的数据质量的必要性，并探讨相应的改进方法。大多数人都认为，如果数据中有错误，就应该加以纠正。事实上，好的软件包的确有助于发现即使是最大的数据库中的某些错误。但是，新数据在以无与伦比的速度被产生出来，因此，检查和纠正差错的工作永无止境。领先的企业通过运用所谓的第二代数据质量体系，即把重点放在预防未来的差错上，已经取得了卓越的成效。对于那些希望升级到第二代数据质量体系并实现更高的顾客满意、更低的成本和更可信的决策的领导者们，本章将会起到一个向导的作用。

本章首先勾勒出了一个企业主管为此必须采取的步骤。接着总结了数据与其他资源的关键差异以及由此而引起的数据质量的复杂性。然后对于第二代数据质

量体系所面对的商业状况进行了描述。最后讨论了明确和实施第二代数据质量体系的良好惯行。

这份报告是错的！

为了描述第二代数据质量体系的实施方式，首先来设想一下一个很大的由若干个业务单位和职能部门所构成的服务性企业的情况。该企业是盈利的，但其所在行业的竞争非常激烈，且竞争与日俱增。在这个例子中，某个业务部门的负责人为财务业绩总结的延迟、不完整和不准确而深感困扰。重要的决策常常被耽搁，最后只能匆忙决定。结局只能是难以实施的糟糕决策。

这位主管决定启动一个较小的项目来探索第二代数据质量体系的益处。他选择了一个重要的数据驱动的业务问题。（经验告诉我们，那些涉及钱的领域和问题，如账单、收入、顾客账户、营销等，特别容易受到低劣数据的影响，容易产生出具有明显的财务效果的典型。）首先要做的是“顾客需要分析”，以确定对这一问题感兴趣的人们，并理解他们的数据需要。其次，要“识别数据的主要来源(内部的)”。然后要进行的是一个计划性的项目，由此而找出两三个重要的差距。此后是“改进项目”。当这些都完成后，通过实施“控制”来使改进能够保持下去。

负责这些项目的人们与该主管的职能人员分享了他们取得的成功。该主管敦促实施进一步的项目，每个职能都同意实施一两个试验性的项目。在这些试验的过程中，有一些职能人员认识到数据是跨职能的，于是开始探讨以过程管理作为共同工作的手段。还有些人则从一个外部商务来源获得了重要的数据，从而开始试行供应商管理。

并非所有的项目都是成功的，但确有不少取得了成功，最初困扰该主管的那些报告现在也大为好转。各职能决定把每两周举行一次的职能会议的一部分时间拿出来讨论数据质量，使之成为一个有效的“数据理事会”。在该主管的不断敦促下，他们决定进一步加大努力的力度。经过高层次的计划活动，他们就更高的改进目标达成了共识，并且决定必须采用正规化的做法以使之实现。数据理事会的成员们还意识到了明确愿景和方针的必要性，此后的几个月中他们花时间对此进行了精心的构思。

与此同时，我们这位主管决定该是时候让 CEO 知道本部门的数据质量项目了。他当然希望得到认可，无论是对他个人，还是对那些领导改进活动的人们。更重要的还在于，项目越来越需要其他部门的合作，而他们却不情愿提供这样的合作。（这里很重要的一点是，几乎没有什么数据质量体系的影响能够超越其最高支持者的控制范围之外。）由此，这一循环在整个企业中不断地重复开来。

该企业及其主管及时地发现了上述的技术。他们还会了解到数据的一些重要特征。

数据的性质

上述企业及其主管所用的技术在许多方面与本手册所描述的是一致的。但数据与其他的资源在一些关键方面是有差异的，这些差异对数据质量体系有着重要而微妙的影响。这些差异包括以下方面（Levitin and Redman，1998）：

- 可消耗性。与其他资源不同，数据是通过使用而消耗的。
- 可复制性。数据记录可以原成本的极小部分加以复制，其他资源是不可能做到的。
- 计算机储存。不像其他资源，数据能够以几乎无限的量便宜而方便地储存于计算机中。
- 贬值性。从原则上讲，数据是不灭的。尽管它们的值不会因使用而减少，大多数数据的效用却会随时间而很快贬值。
- 易损性。纸质数据记录有时会意外损毁，而且更易于丢失。储存于计算机中的数据则更为易损。
- 无形性。也许数据与其他资源最明显的差异就是其无形性。尽管数据记录可以看到和摸到，但数据本身却是无形的。
- 不可替代性。可替代意味着一单位的某种资源能够容易地用另一单位替代，如果有另一个单位的话。但数据“单位”从本质上讲是独一无二的。一个人的出生日期你不可能用另一个人的来替代。
- 更新性。只要真实世界的相关特征发生变化，数据的值就会随之变化，或是产生出新的数据。新数据产生于日常的业务中，如与顾客的每一次交互作用，每一次装运。事实上所有的活动都会产生新的数据。新数据发生的速度惊人地快。数据的这一特性即“更新性”，这是其他资源所没有的。大多数情况下，数据库的更新都存在着一个固有的滞后时间。
- 共享性。数据可在比其他资源大得多的程度上被共享。
- 来源。与其他资源形成对比，数据的来源极其广泛，在许多情况下，许多数据的原始来源没有记录甚至是未知的。互联网加剧了这一问题。
- 传输性。数据可以以不同于传输任何其他资源的范围、便捷和速度被长距离传输。
- 估价。对大多数数据来讲，无论是市场的还是标准的会计算法都尚不存在。
- 通用性。为某一个目的收集和使用的数据经常可以他用。数据驱动的市场营销就是这样的例子。但有些数据的互用是非法的。如关于某人年龄的数据，

不得使用于雇用决策中。

数据质量的意义　以下是数据性质影响数据质量项目的一些更明显的方式。第一，“看不到的也想不到”。由于数据储存在计算机中，所以常常就很难使人注目，尤其是当公司正面对着其他更急迫更显眼的问题时。如此之多的公司甚至没有意识到它们的数据质量问题。由于缺乏公认的估价方法而进一步加剧了这一问题。醒目的货币成本和收益更容易激发管理层的行动。

第二，由于数据比其他任何事物产生（更新）的速度更快，使得查错和纠错难以做好。

第三，由于数据是无形的，没有物理属性，这使得其测量十分复杂。经理们和技师们知道如何测量物理属性，如长度、黏性、时间和阻抗等，但所有重要的数据质量特征都是抽象的，因此难以测量。例如，对于大多数数据，你不能通过直接的检查分辨其对错。

数据的一些属性引起了政治困局（参见 Davenport et al., 1993; Strassman, 1994）。有趣的是，虽然数据是可共享的，但在大多数企业中共享只是个例外而不是常规。倒是由于数据的储存、复制和传输相对便宜，企业中的各个机构常常自己采集、储存和管理数据。而且还使得对于数据的任何形式的集中规划和标准化都难以实施。

许多属性（可复制性、传输性、不可替代性、易损性和储存成本）造成了备份的增加，促使人们形成了一种习性来“保存一切”，包括已没用的数据在内。然而，也并非所有备份都不好。例如，备份使得使用者能够在他们所选择的环境中利用数据工作（例如，它使得“在家工作”成为现实）。

第二代数据质量体系的商业状况

第二代数据质量体系在企业活动中具有重要的意义。其应用状况可总结如下：

- 企业进行的所有活动都要用到数据。
- 大多数数据的质量是差的。
- 目前的查错和纠错的努力效果不佳。
- 置之不理会使问题变得更为严重，因为数据的重要性在与日俱增。互联网激化了这个问题。
- 第二代数据质量体系成本更低，效果更好。

以下将详细解释这些要点。

数据是无处不在的　在前面的例子中，低劣的决策刺激了“要求行动”的追求。显而易见，决策绝不会比其依据的数据质量更好，也不可能指望任何其他活

动输入低劣的数据会产出卓越的结果。但是，数据无处不在，事实上企业所进行的任何活动都要求有数据。考虑以下情况：

• 数据是企业进行的几乎所有“工作”的重要的输入和输出。数据用于服务顾客、生产产品、管理库存，如此等等。

• 数据支持着管理的和专业的工作，而且是企业各个层次上几乎所有决策的重要输入，正如前面的例子所描述的那样。数据是企业了解其财务、人力资源等其他资源的手段。

• 在寻求新机会、新市场、过程改进以及新产品和服务时，数据能够以几乎无限的方式结合起来。

• 由于常见的术语如“顾客”、“服务”等是用数据来描述的，数据促进了企业的文化。它们在组织图中“填补了空白”。

• 企业致力于将隐性“知识”转化为数据。例如，也许公司的一个销售人员与公司最重要的顾客有着很好的个人关系，而作为公司整体来说，要服务好这些顾客，这种关系的某些重要方面必须用数据加以规定。（有些作者曾指出，数据是信息的原材料，而信息是知识的原材料。其反向的过程更为重要，尤其是某个人或群体创造或发展起来的知识必须最终变成结构化的数据，以使其他人能够运用这种知识。）

有趣的是，这些活动可以使用同样的数据同时进行。图 34—1 描述了一个典型的情况。信息供给、新数据的产生、处理和使用形成的首尾相接的过程称为“信息链”。“信息产品”是过程的产出，即各种记录在数据库、报告、分析等形式中的数据。

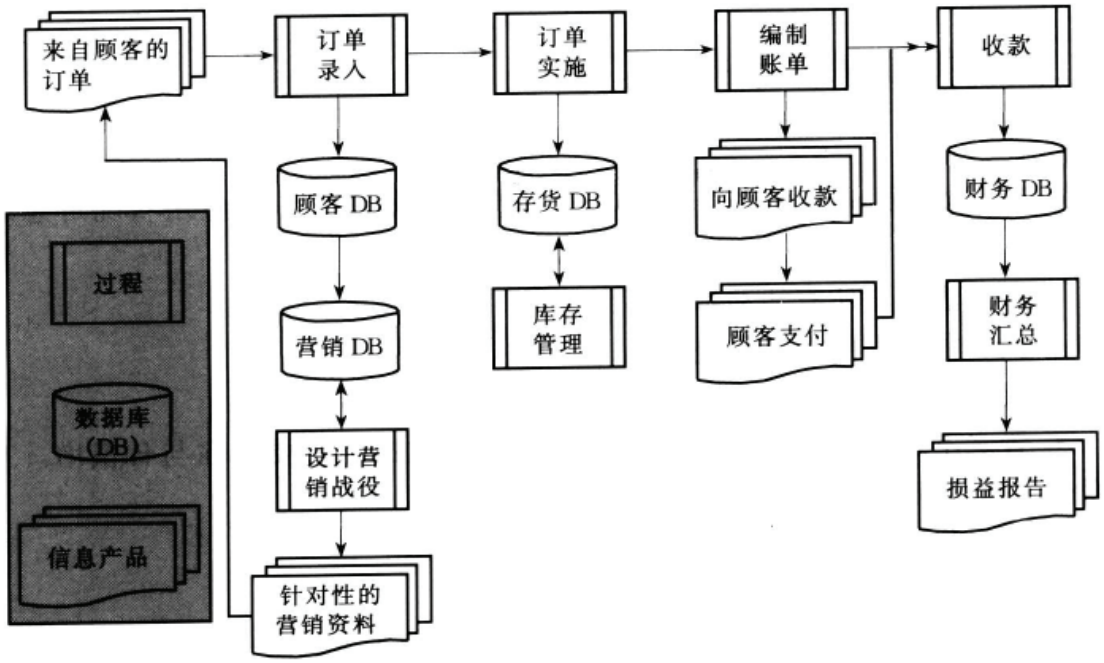


图 34—1 一个信息链的示例

大多数数据都质量不佳　在本章写作之际，最广为人知的数据质量问题即所谓的“2000 年问题”。其他常见的数据质量问题的例子还包括：

• 准确性低。准确性也许是研究得最为充分的数据质量问题。众多的研究得出各种数据的差错率从 1% 至 75% 不等。邮购商发现它们有高达 20% 的广告因无法投递而被退回；顾客会发现账单的错误；调查者发现错误的价格；等等。

• 不一致。同一银行的两个部门各自“拥有”的数据库中的数据值不一致。这两个部门不能确定谁是它们的共同顾客。

• 难以解释。成衣商提供四个尺码的衬衫：小号、中号、大号和特大号。在辅助制造的计算机系统中，这些尺码被分别编码为“1”，“2”，“3”和“4”。但过后，操作员也忘记了“1”是表示小号还是特大号。

• 无法管理的备份。许多公司都有同一数据的数量不等的拷贝。L.P. 英格利希（L.P. English，1998）提到一个公司拥有 43 个这样的备份数据库。除了增加复杂性和成本外，备份还使得保持数据的一致性更加困难。

低劣的数据质量就像病毒一样在攻击着信息链，下一次将攻击何处，或是会造成什么样的后果，你都无法准确预测。

查错和纠错成效不佳　自然地，许多公司对低劣的数据质量也不是没有察觉。它们也在致力于查错和纠错。直接检查是一种办法。许多组织检查上游组织提供给它们的数据时，会找出那些它们“知道是错误的”数据，因为数据值不在可接受的范围内。另一种方法是通过检查一组或几组数据中的不一致性而发现错误，如果一个顾客电话号码的局域号是 999，那么这个电话号码肯定是错误的；或者如果他的电话号码局域号是 212（纽约），而邮政编码却是 90210（加利福尼亚），那么至少有一个数据是错误的。检查不一致性有时是很复杂的，可能涉及数目众多的领域、多个数据库和复杂的错误逻辑。这些检查可以被计算机化，现在已有一些这类好的软件程序。一旦错误被发现，就必须纠正，在某些情况下，纠错逻辑可以帮助纠正错误。但纠错常常比发现不一致性更难。有时，公司必须回到实物世界去核对正确的数值。

即使是有意识地采取行动去查错和纠错，结果也并不令人满意。在美国仅因“2000 年问题”而引起的诉讼就将花费10 000亿美元（Thompson，1997）。当然，日常的问题也是有代价的。表 34—1 列出了在一个典型公司中的各项代价。

有些代价可以用财务数字定量表示。有些涉及顾客或雇员的代价不易量化，但也许更为重要。首先是不良数据对于顾客满意的影响。许多数据是作为附属物在顾客购买商品或服务时得到的，如发出产品的清单。许多顾客对账单（或其他数据）上的错误特别难以原谅，认为账单都会搞错的公司不可能提供好的商品或服务。

其次是对雇员的影响。当酒店职员面对因订单丢失而大发脾气的客人时，很难想像他会有很高的工作满意度。而许多公司存在着几十甚至几百个这样的必须“安抚顾客”的岗位。这个问题在部门层次上也会发生，当一个部门依赖另一个

部门输入数据，而这些数据又经常出错时，很自然对于后者的评价就会很低，这将危害它们未来协作的能力。

表 34—1　　低劣的数据质量给企业带来的代价

典型的问题
不准确的数据
各数据库之间的数据不一致
不恰当的格式
数据难以理解
无法管理的备份
典型的代价*
操作层的代价：
顾客满意度降低
成本增加：在几个认真剖析的案例中，增加的成本占收入的 8%～12%。对于服务性组织，成本的增加达到了费用的 40%～60%。
雇员满意度降低
战术层的代价：
不良的决策；要花更长时间才能作出的差劲决策
增加了实施数据库的困难
增加了“挖掘”数据和重构的困难
增加了部门间的不信任
战略层的代价：
增加了制定和执行战略的困难
引起数据拥有权问题
破坏组织协作能力
分散组织注意力

* 操作、战术和战略是对工作实施的一个粗略的层次划分。操作层是指日常的工作如订单录入、顾客服务和记账等；战术层指短期或中期决策，通常是由中层经理作出的；战略层则涉及长期的方向。

资料来源：After Redman (1998).

数据的重要性将不断增加　数据对于商业一直是重要的，而它们正在变得更加重要。数据是信息时代经济增长的燃料。

重要的数据在不断地被计算机化。近几十年来，受数据库、网络和通讯技术飞速进步的驱动，这一趋势也在不断地加速。计算机化使得不熟练的新手也可以很容易地获得数据，从而使得数据质量低劣的问题更为严重。许多人常常会倾向于认为“既然是计算机里的，就一定是正确的”。这些人更易于成为劣质数据的牺牲品。即使是老练的使用者也不见得能识别出他们碰到的所有数据的细微差别。互联网对这些现象的影响尚不明了。特别地，公司正在把其迄今为止一直紧紧把持的数据直接让互联网用户访问，这些用户是具有完全不同需要的一个相当多样化的群体，他们的需要与内部用户的需要也会完全不同。因此，数据质量问题将变得更加尖锐和困难。

第二代数据质量体系　近年来，人们开发出了一些卓越的做法，这些做法关注的不是个别的差错，而是着眼于辨识和消除造成所有类型差错的根本原因。企业发现，它们常常能通过解决一些相当简单（只要能被识别出来）的问题，就能

够取得数个数量级的改进。按照石川馨（Ishikawa，1990）的提法，我们把着眼于查错和纠错的技术称为“第一代技术”，把注重消除根本原因的技术称为“第二代技术”。

我们所说的“数据质量体系”是指企业用以管理、控制和改进数据质量的所有努力的总和。这一体系包括：

- 旨在理解顾客需要的活动。
- 旨在查错和纠错的活动，以及旨在预防未来差错的活动（包括控制和改进）。
- 旨在建立有效地实施上述活动的管理基础的活动。

第二代数据质量体系强调的是对未来差错的预防而非单纯地查错和纠错，并着重于有效实施这种预防活动的管理基础的建设。

企业界的实践者们已经认识到，第二代数据质量体系的成本更小，而效果更好。通过认真地实施，第二代数据质量体系帮助许多组织成十倍甚至成百倍地减少了差错率，缩短了一半的运转周期，降低成本高达 75%。顾客服务变得更好，雇员对工作的参与程度也更大，从而导致了士气的显著改善。表 34—2 对这些效果作了一个总结，这些结果与表 34—1 的基线形成了鲜明的对比。

表 34—2　　实施第二代数据质量体系的典型效果

典型的改进
准确性改进了 1～2 个数量级
易于阅读的格式
最低限度的备份和不一致性
典型的收益
操作层的益处：
消除了导致顾客不满的一个主要来源
降低了成本：消除了 2/3～3/4 的查错和纠错成本
重要的运转周期时间缩短了一半
雇员感到被激活了
战术层的益处：
更加自信的决策
再造的机会显现了出来
新技术的实施更为容易
部门间通过合作而增进了信任
战略层的益处：
数据归属权的问题得到了缓和
战略的制定和实施更为容易

数据定义与数据质量的要素

数据定义　这里的“数据”（或“数据集合”、“数据集”等）由相互关联的

两个部分所组成，即“数据模型”和“数据值”（Fox and Redman，1994）。数据模型是对实体、属性及其相互关系的规定，企业借助于此来构造其对于真实世界的看法。现实世界的某一给定部分常常会被赋予不同的模型。例如，某一个个人会被雇主视为雇员，而在国税局的眼中他则是一个纳税人。在这两种情况下，这个人是真实世界中的同一个实体，而雇主和国税局所感兴趣的是其不同的属性。数据值是特定实体的数据模型中的某个属性的表达。如某个纳税人的社会保险号码是“123-45-6789”，则其数据值就是123456789。

“数据记录”不同于“数据”本身，它是数据存储的物理实现形式，如文件、电子表格、数据库等等，对使用者而言表现为一定的（人们希望）易于存储和使用的方式。这里要注意的是，数据（即其模型和值）是抽象的，而数据记录是其有形的载体。

很显然，数据并非只是随机的事实和数字，而是相当结构化的。尤其是计算机化的数据，必须完成几个步骤，数据才能够使用。这些步骤包括建立模型、取值、存储、选择使用者希望看到的部分、展示给使用者，图34—2是对这些步骤的总结。所有这些都会影响顾客的满意，虽然有些步骤更适于计算机系统，而不是数据本身。而且，许多步骤是由不同的部门分别完成的。建立数据模型是由开发数据库的那些人负责的，他们有众多的不同称谓，如信息技术、信息系统或信息管理系统（这里都简称为IT）。数据值可以是内部产生的，也可能是由直线部门或业务单位在日常运营过程中从外部获取的。IT部门通常也负责解决记录数据以及向使用者展示的方式。

以下讨论有关数据质量的一些共通的重要要素。

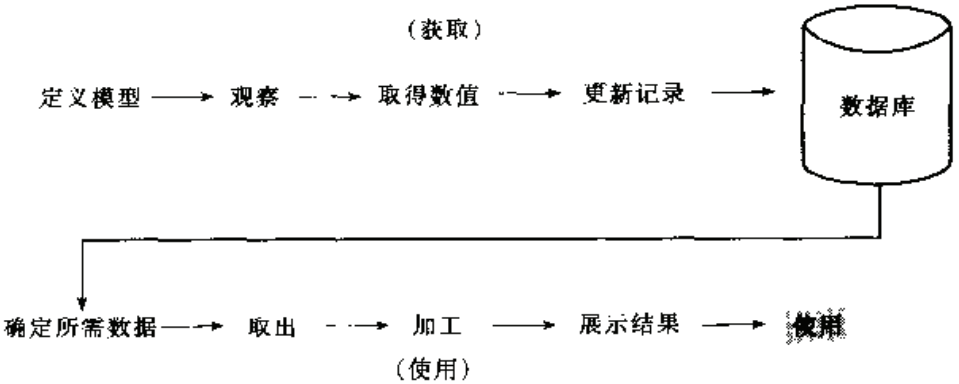


图34—2 数据生命周期模型中的特征活动

（定义数据模型，获取数据值，存储和处理数据，向使用者展示其所需内容）

数据质量的要素 数据质量的“要素”起源于顾客的需要。上述的数据“性质”是数据所固有的。顾客自然地会具有与数据的每一构成（模型、数值和记录形式）有关的需要或要求。因此，有必要对这些彼此紧密联系的需要加以区分，如数据的可访问性更多地与支持技术有关，而另一些性质则是直接与数据相关的。表34—3列出了最重要的“数据质量的要素”。[有许多要素的定义技术性很

强，有兴趣的读者可参阅资料 Fox and Redman（1994）以及 Levitin and Redman (1995)。]

总之，高质量的数据是能够符合其在操作、决策、计划和战略中的预期作用的那些数据。如图 34—3 所描述的，数据模型及其展示形式规定了高质量数据的特征。数据值应当是无缺陷的。支持技术必须保证数据安全，且容易访问并确保隐私。

表 34—3　　数据质量的要素

	数据模型的质量要素	
范围	全面性	本质性
详细程度	属性粒度	域的准确性
构成	当然性	可辨别性
	同质性	简洁性
内容	关联性	可获取性
	定义清晰性	
观察一致性	语义一致性	结构一致性
对变化的响应	顽健性	灵活性
	数据值的质量要素	
	准确性	完整性（实体及属性）
	一致性	实时性（周期时间）
	数据记录和展示方式的质量要素	
格式	适合性	格式准确性
	存储的使用	正确的解释
	灵活性	可携带性
	零位值的表示	
物理要求	表示的一致性	
	其他经常与数据相关的要素	
	可访问性	适用
	隐私性	备份
	安全性	

资料来源：Fox et al.（1994）and Levitin and Redman (1995) for an alternative formulation, *see* Wang and Strong (1996).



图 34—3　高质量的数据

数据能够适用于其在操作、决策和其他方面的预期作用。适用性意味着既无缺陷，又具有所期望的特征。大多数使用者都把与数据模型相关的要素视为所期

望的特征，而将其他特征的缺乏视为缺陷。

第二代数据质量体系

要推进第二代质量体系，就要求持续不断地识别并预防造成未来差错的最重要的根本性原因。这既要求具有适当的技术，也要求具备一定的管理基础。本节讨论第二代数据质量体系的各个要素（见表 34—4）。每个企业都必须精心构思并不断改进自身的数据质量体系。这就必须有高层的领导及支持、质量计划、质量控制和质量改进这四个要素。其他要素则根据企业面临的机遇和挑战、企业的文化与组织以及企业最重要的数据的来源而选择。

表 34—4　　第二代数据质量体系的要素

管理基础	过程描述
高层的领导及支持	测量
数据质量愿景	质量计划
数据质量方针	质量控制
供应商管理	质量改进
过程管理	过程（再）设计
变革管理	检验和测试（数据编辑）
记录的数据库	质量保证
战略性数据质量管理	文档保证
培训与教育	奖励和认可
技术能力	领域知识
信息链的辨识	标准
消费者需要分析	质量手册

管理基础

高层的领导及支持　正如我们所观察到的，对于数据的跨部门性置若罔闻，以及由此而产生的各种争斗掣肘，将会使情况变得十分糟糕。因此，高层管理者的领导、支持以及对于必然会出现的冲突的干预就是必不可少的。这些可以通过数据理事会（或质量委员会）的方式来实现。最高管理层对于构思数据质量体系以及领导其实施负有最终的责任。它要确保有关数据质量的工作与最紧迫的业务问题和机会相适应。为此，它就必须建立和部署数据质量的愿景及方针（参见以下两段），设定质量目标，选择计划、控制和改进的“项目”，并为各项目提供必要的跨职能的协调。最高管理层还要为数据质量工作分配资金，并确保企业得到适当的培训。

数据质量愿景　人们需要知道企业“向何处去”。数据质量愿景就是企业在数据和信息方面所期望的未来状态的一幅“图画”，这也是人们所要努力创造的未来状态。建立了愿景会迫使数据理事会考虑企业长期的数据和信息需要，以确

保企业的成功。在广泛的沟通支持下的愿景有助于使企业实现步调一致，能够激励人们互相协作去实现所期望的未来景象。

数据质量方针　数据质量方针（或数据方针）是企业的管理当局对于长期的数据和信息质量的意图的表述。它起到了“管理行动的指南”的作用。它应当把数据视为“经营资产”，并规定改进的目标和实现这些目标的管理责任。最好的第二代数据质量方针按照信息流链条来配置责任，即从建立数据模型，到数据取值，最终再到数据的使用者（Redman，1995，1996）。与愿景一样，方针的制定也能够促使数据理事会广泛而深入地认识数据的管理责任。广泛沟通的方针有助于企业步调一致，并为较低层次的经理决策提供了一个基础。

供应商管理　几乎所有的企业都会从外部接受数据。有些数据是购买来的，另一些数据，如发票等，则是其他商品和服务的副产品。这些数据的质量是非常重要的。供应商管理是管理供应商的总体计划，包括了供应商的选择，确保他们理解他们的期望，对照期望来衡量绩效，与供应商协商改进事宜以消灭偏差。

过程管理　管理完善的信息链确保了各处所产生的数据值的高质量。过程管理（参见第 6 章）为此提供了所需的基础和方法。经验证实，在单个的组织内的大多数独立的职能都行使得很好。但是，一旦跨越组织的边界（如图 34—1 所示，数据跨越了组织间的界限），就会出现问题。过程管理将重点放在组织的界面上。它为应用下一节提到的诸多方法提供了一个结构化的框架，被证明是获得和保持数据质量改进的有效办法。

变革管理　大多数的企业（组织）都拥有第一代数据质量体系。第二代数据质量体系要求企业或组织变革思维和行动方式，而变革总是困难的。经验显示，对变革进行管理能够减少风险（Kotter，1996）。企业应重视这方面的问题，并积极地加以解决。

记录数据库　大多数企业都有过多的备份数据。如何管理和减少备份？试图在整个公司内规定一个正式的“标准”数据源来达到这一目的是很自然的做法。但是，人们会抵制他们认为独断的指令，尤其是当指定的数据来源有使用困难、难以访问、数据过时或其他方面的低质量问题时。记录数据库直接针对这一问题。它提供一套质量标准（如准确性大于 99.5%）和一个负责保证数据源满足标准的经理（或称“监管人”、“管理人”、“管理员”）。只有这样，这一数据库才能被指定为数据的“批准的主来源”。

战略数据管理　在大多数企业中，目前的数据并不能满足企业当前的需要。而通常预期未来的企业数据需要将呈指数增长。战略数据管理的目的就是确保企业的最高经营战略是有“数据支持”的，亦即企业拥有能够实现战略目标的数据和信息资产（尤其是数据源、信息链和挖掘数据的能力）。

培训和教育　管理层必须确保所有涉及的人员都拥有改进数据质量所需要的知识、技能和工具。

技术能力 我们现在把注意力转到技术能力上来，这是使改进活动重点突出，实现并保持成果，以及确保持续性所必不可少的。

明确信息链 并非所有数据都生来平等。企业应当确立和实施一个过程（正式或非正式的），以辨识对于企业最为关键的那些数据和信息链。数据质量管理活动应当将注意力集中于这些资产上。

顾客需要分析 顾客是质量的最终评判者。因此，理解谁是顾客，他们的需要是什么，将这些需要排出优先次序，与相关人员进行沟通，这是至关重要的。好的第二代质量体系持续地将数据的使用者作为关注的重点，规范地记录和保存顾客的需要，并实时加以更新。

过程描述 尽管数据在组织的边界间的流动路径非常使人眼花缭乱，但管理者还是必须了解这些路径。过程描述就是获得和记录对这些路径的了解的一种方法。完成这项工作有很多方式。对信息流的好的描述中应当包括供应商、产出信息产品的步骤、顾客以及其他所有会影响绩效的重要方面（包括数据、组织、支持技术等）。描述清楚实际所发生的事情，这样一个简单的做法往往能使不协调之处暴露出来，而这些不协调就是需要改进的机会。

测量 数据质量的管理也是在事实的基础上进行的（参见第 9 章）。企业的许多层次都需要有事实。在较低的层次上，测量就是量化信息链绩效的过程，包括配置测量顾客需要的各个指标，规定测量方法，收集数据，以及提出测量结果。好的第二代数据质量体系的惯行重视信息链内新数据产生处的测量。“数据追踪”就是这方面的一个办法（Redman，1995，1996）。它还有助于解决前述的一些无形的问题。在企业层次上，测量也指追踪总体进展情况的测量过程和管理总结的整个系统或集合。不良质量成本便是一个重要的总体测量。

质量计划 在企业层次上，质量计划是定期（如每年）制定质量目标和改进方案，并部署实现目标的途径的过程。在“项目”层次上，质量计划是一个创造或重新规划新的信息产品、信息链或控制方式以满足特定的顾客需要的基于团队的过程。“再造”项目的最初步骤也是由质量计划构成的。

质量控制 质量控制是评价（质量）绩效，将绩效与标准或目标进行比较，并针对差距采取相应措施的过程（参见第 4 章）。建立和保持质量控制对于确保未来不发生差错是至关重要的。

质量改进 良好的第二代质量体系要求运用结构化的团队过程来减少信息链和信息产品中的差错和其他缺陷。这一过程包括识别和选择改进机会（项目），设立团队进行改进，完成项目，并保持“成果”（参见第 5 章）。正如朱兰三部曲中的其他要素一样，质量改进对于第二代数据质量体系也是至关重要的，参与并完成质量改进项目是使大多数人融入“质量文化”的途径。

正确认识计算机、网络和数据库技术在数据质量改进中的作用是很重要的。这些技术对于使构造优秀、管理完善的信息链运行得更快和成本更低是非常有效

的。但是技术本身并不是改进数据质量的关键［参见资料 Landauer（1995）和 Strassman（1997）］。而且过度地依赖技术还会使问题更加恶化。在应用最新技术之前必须使信息链首先置于合理的工作秩序当中。许多年来，质量大师们一直反对那些无效工厂的自动化。因此，这里也只是把这条久经考验的准则运用于数据而已。

过程（再）设计　有些信息链注定会产出差劲的结果，因为它们在设计上就有缺陷。一个需要把原始数据手工输入多台计算机中的信息链就是这样的例子，它的效果和效率肯定不会好。一个信息链（包括供应商、工作活动的次序、界面、支持技术、管理职责以及交付给顾客的信息产品）的设计“蓝图”应当体现良好设计的原则。例如，过程拥有者所需的工具（即测量和控制）就应当体现在过程设计中。［其他的最佳惯行参见资料 Redman（1996，chap.14）。］

检验和测试（数据编辑）　数据编辑是确定数据值是否满足一致性准则的过程。数据编辑通常应用在数据清除中，因此，它更多的是属于第一代技术。在第二代数据体系中，编辑可以应用于数据的产生和录入环节，以防止有缺陷数据的进一步蔓延。故障（和纠正）必须记录下来加以分类，以用于控制和改进项目中。数据编辑也可以用来作为供应商项目的一部分，有时在复杂的信息产品中也是必要的。

质量保证　质量保证计划包括了各项审核，以确定数据质量体系按计划部署和作动的程度。

文档保证　与数据质量体系的要求相关的文档和数据（信息）需要用一定的程序加以控制。尤其是有关所有当前的方针、程序和结果的正式的清单，应当能够随时为那些需要它们的人员所利用。

奖励和认可　正如前已述及的，第二代数据质量体系要求人们变革思维和行动方式。因此，强化和反馈卓越绩效的奖励和认可制度应当成为企业的报酬评价系统的组成部分。特别地，有关提薪和提拔的决策应当把雇员对数据质量体系的贡献考虑进去。

领域知识　企业应当重视对于数据系统方面的知识的深刻领会，更深刻地理解数据是一种资源［参见 Levitin and Redman（1998）］，理解他们所使用的数据，理解数据创造价值的途径以及管理数据的技术。正如我们已经指出的，数据与其他资源不同，深刻理解数据的性质是非常关键的。

标准　标准是公认的规定、规则和进行比较的基础，通常是由专门的权威机构制定和共同认可的。标准能够推动数据质量项目。例如，诸如“顾客”这样的一般术语的标准定义，有助于减少部分性的备份和不相关的数据库的数目。但是，在大多数企业中，标准很难发挥作用。不同的部门常常对于常用的定义不能达成一致。这个问题的根源似乎在于不同的部门对于其顾客有着不同的认识，而这些不同的认识就会反映在其数据模型中。他们害怕标准定义会损害他们与顾客

间的关系。

这一问题不存在简单的解决办法。一个比较实用的做法是，在企业第二代数据质量体系的相关要素均就位之前，最好是暂缓制定标准。而数据理事会应首先在争论相对较少的标准上获得一些经验。

质量手册 当一个质量体系成熟后，就应当把它编辑成一本“书”，内容包括企业的质量方针、重要的概念、定义及程序。理想的状况是，手册是为特定企业定制的，它具有普遍性，能够广泛使用，同时又是专有的，有助于突出该企业努力的重点。

结论

有一个重要的比喻，将数据库比作一个湖。水代表着数据，流入湖中的溪流代表着信息链。在湖中饮水和嬉戏的动物代表着使用者。如果这是一个被污染的湖泊，公众有三种选择：

- 忍受这样的结果。
- 滤清湖水。
- 消除上游的污染源。

经验证明，第三种做法可以获得最好的结果。就数据而言，这个比喻准确地说明了为什么第二代数据质量体系会如此的成功。

致谢

作者对于朱兰学院的比尔·巴纳德（Bill Barnard）、AT&T 实验室的鲍勃·保特克（Bob Pautke），以及田纳西州纳什维尔市的查尔斯（Charles）和琼·雷德曼（Joan Redman）给予本章的卓见、建议和改进深表谢意。作者也感谢其妻子南希（Nancy）对于草稿的仔细校对。

参考文献

Davenport, T.H., Eccles, R.G., and Prusak, L. (1992). “Information Politics.” *Sloan Management Review*, vol.34, no.1, pp.53-65.

English, L.P. (1998). “The High Costs of Low Quality Data.” *DM Review*,

January.

Fox, C., Levitin, A., and Redman, T. (1994). "The Notion of Data and Its Quality Dimensions." *Information Processing and Management*, vol.30, no.1, pp.9–19.

Ishikawa, K. (1990). *Introduction to Quality Control*. 3A Corporation, Tokyo.

Kotter, J.P. (1996). *Leading Change*. Harvard Business School Press, Cambridge, MA.

Landauer, T.K. (1995). *The Trouble with Computers: Usefulness, Usability, and Productivity*. The MIT Press, Cambridge, MA.

Levitin, A.V., and Redman, T.C. (1993,1995). "A Model of Data (Life) Cycles with Application to Quality." *Information and Software Technology*, vol.35, no.4, April, pp.217–223.

Levitin, A.V., and Redman, T.C. (1995). "Quality Dimensions of a Conceptual View." *Information Processing and Management*, vol.31, no.1, January, pp.81–88.

Levitin, A.V., and Redman, T.C. (1998). "Data vs. Traditional Resources: Properties, Implications, and Prescriptions for Management." submitted to *Sloan Management Review*.

Redman, T.C. (1995). "Opinion: Improve Data Quality for Competitive Advantage." *Sloan Management Review*, vol.36, no.2, winter, pp.99–107.

Redman, T.C. (1996). *Data Quality for the Information Age*. Artech House, Norwood, MA.

Redman, T.C. (1998). "The Impact of Poor Data Quality on the Typical Enterprise." *Communications of the ACM*, vol.41, no.2, February, pp.79–82.

Strassman, P. (1994). *The Politics of Information Management*. The Information Economics Press, New Canaan, CT.

Strassman, P. (1997). *The Squandered Computer: Evaluating the Business Alignment of Information Technologies*. The Information Economics Press, New Canaan, CT.

Thompson, R.J. (1997). "The Unspeakably High Cost of Noncompliance." *Information Week*, June 30.

Wang, R.Y., and Strong, D.M. (1996). "Beyond Accuracy: What Data Quality Means to Data Consumers." *Journal of Management Information Systems*, vol.14, no.4, spring, pp.5–34.

（王明明 译）

第 35 章

质量与社会 J.M. 朱兰（J.M. Juran）

背景
质量大堤下的生活
保护消费者权益运动的兴起
消费者问题及人们的认知
有关纠正措施的建议
购买前获得信息
消费者资助的产品检验
政府资助的产品检验
公司资助的产品检验
有关商业行为的数据库
消费者教育
标准化组织
消费者产品的标准
检验服务的客观性
所产生的信息
购买后的补救措施
没有补救
对于消费者运动的认识
政府的质量管制
标准化
公民的安全和健康
国家的安全和经济健康
公民的经济
立法的量
管制方案
管制的有效性
管制的代价与价值
产品安全与产品责任
问题的增长
防御行动
对诉讼的防御
通过保险的防御
今后的预测
个人责任
环境保护
参考文献

背景

有史以来，人类社会就依赖于质量。在原始社会，这种依赖表现为对于自然货品和“服务”的质量的依赖。人类只能生存在一个非常狭窄的气候温度、空气质量、食物质量等的范围内。在大多数原始社会社区中，甚至在这个狭窄范围内

生命都处于边缘状态。多数原始社会的人类生活得都非常艰辛。工作漫长而疲惫不堪。营养不良、疾病、自然灾害等使他们的寿命缩短。为了减少这些危险，原始社会借助于一些非自然的手段来提高人类的智能和体能，这些手段如：

- 劳动分工。
- 社会的集聚形式，如村庄。
- 人工的栖身处，如房屋。
- 对自然物质进行加工以生产非自然的物品，如陶瓷、纺织品、工具、武器。
- 所获得的启迪。过去的经验一代代传了下来，如种植时，哪种浆果有毒等。

随后的商业和科学技术的发展极大地扩展了非自然货品和服务的范围和种类。从而处于现代工业社会的人类变得寿命更长，生活更安全。他们在很大程度上远离了其祖先所面对的危险。然而，所有这些非自然的货品和服务创造了一种新的依赖性，因而创造了新的危险。

质量大堤下的生活　多年前，作者杜撰了“质量大堤下的生活”这一短语来描述这些新的危险（Juran，1969）。在工业社会，大量的人群将其安全、健康甚至日常的幸福都置于了许多保护性的质量控制“堤坝”之下。例如，现在人们的日常安全和健康完全依赖于制造品的质量，这些产品如药品、食品、飞机、汽车、电梯、隧道、桥梁等等。另外，我们的生活方式的连续是建立在各种重要服务的连续性基础之上的，如动力、运输、通信、水、垃圾处理等。一次大的电力故障会使数百万人的生活陷于瘫痪。

在质量大堤上有着许多的微小损坏，即货品或服务偶然出现的故障。这些故障令人气恼而且代价昂贵。那些使人恐怖的重大决口便更为严重，如切尔诺贝利、博帕尔等事件。

不只是个人，各个国家以及它们的经济也都危险地栖身于质量控制大堤之下。一国的生产力依赖于其产品及过程设计的质量。一国的国防依赖于复杂的武器装备的质量。一个国家经济增长的关键在于其能源、通信、交通等系统的可依赖性。

当技术给予社会极大好处的同时，它也使社会更依赖于科技产品和服务的持续的性能和良好行为。这是一种处在质量大堤之下的生活，一种获取了利益但却使生活置于危险之下的生活方式。我们从技术中获取利益，正如荷兰人从海洋中攫取了大量陆地一样。然而，我们需要有好的堤坝，亦即要有好的质量来保护我们免受许多服务中断或意外灾难的危害。这些危险也导致了立法手段的介入，而开始时这些立法曾遭到工业公司的强烈反对。由此表明，公众对于这些担忧是认真的。令人鼓舞的是，用户（无论是个人或是国家）愿意为好的堤坝付费。

处理质量大堤破损的能力因用户不同而有巨大差异。大型机构（工业公司、政府）动用技术专家或它们的经济、政治实力去计划、控制和改进质量。与此相对照，个人（消费者、公民）发现他们与之抗衡的力量是如此的神秘而强大，正如远古时他们的祖先在面对自然力时的那种感觉一样。

任何的个人在对付这些力量时都只有极其有限的能力。然而，这些个人为数众多。集中起来的他们的经济的和政治的力量是可怕的。这些集中出现的力量表现为了一个运动，这便是通常所称的保护消费者权益运动。这一运动，虽然组织松散，但在为社会的个体成员提供面对质量大堤破损的保护和资源方面已经非常具有影响力。

保护消费者权益运动的兴起[①]

保护消费者权益运动是通过集体行动来帮助消费者解决其问题的这一运动的俗称。

没有人知道消费者的不满率在过去几个世纪是否增加了。但我们知道由于商品和服务总量的增加已使得消费者不满的总量增加到了一个巨大的数目。到20世纪中期，消费者的不满已经增加到了这样的程度，工业公司有关其对于消费者问题负责的声称遭到了人们的攻击。大多数公司都未能采取恰当的行动，由此而形成的真空吸引了众多的斗士来争夺保护消费者权益运动的领导权，其中包括了政府机构、政治家、社会改革者、消费者运动人士、消费者协会、标准化组织、独立的检测实验室等等。这样便产生了一个风险，即在工业公司与其顾客之间将会介入一个谈判的代理。

消费者问题及人们的认知 从20世纪70年代开始，研究者们开始鉴别那些主要的消费者问题以及相关利益群体对之的认知，这些群体如消费者、消费者组织、政府、企业、保险公司等等。表35—1列举了这方面的一项研究（Sentry，1976，p.5）所举出的一些主要的质量主导的消费者问题。

表35—1　　主要的质量问题

许多产品的低劣质量
不能达到广告宣传的性能
售后服务和维修的低劣质量
误导性的标签和包装
投诉毫无用处：不会做什么实质性的事
不充分的保证或担保
公司不能适当地处理投诉
太多的危险产品
对于不同的产品和服务缺乏可信的信息
当所购产品出问题时不知如何是好
难以在同类产品面前作出选择

资料来源：Sentry（1976），p.5.

① 关于这一主题的内容引用了朱兰（1995，chap.17）中的一些段落和讨论。

消费者的期望有时候比市场的改进速度升高得更快（Sentry，1976，p.30）。另外，消费者的认知也可能会不同于现实。例如，有许多消费者认为产品质量变得越来越差了，“产品不如从前耐用”。但作者对某些产品系列的研究总是发现质量在不断地改进。

关于企业对于消费者问题的态度，消费者通常持有的是否定的而不是正面的认知。他们极力赞同以竞争作为确保产品质量更高、更安全、价格更低的一个手段。他们也感到大多数广告具有误导作用，有相当多的是在严重地误导（Sentry，1976，pp.7，8，12）。

20 世纪 70 年代，消费者有关各个行业表现的认知差异极大。认为比较好的有银行、大型百货商场、小商店、电话公司、超级市场、食品店和航空公司。另一方面，消费者感觉较差的有汽车制造商、广告公司、石油公司、汽车修理厂、二手车经销商等（Sentry，1976，p.13）。

虽然消费者的认知有时是有差错的，但这种认知却有着极为重要的作用。人们根据自己的认知行事，因而了解消费者的认知是什么就是非常重要的。有关消费者认知的其他发现，可参见由美国质量控制协会资助的研究（ASQC，1980）。

消费者总的认为，在质量方面他们能够做很多事情以帮助自己。他们认为必要的产品信息是能够获得的，但消费者却没有加以利用。对于产品的安全性也具有类似的观点。他们总的认为如果使用得当大多数产品还是安全的；许多产品安全问题的发生都是由于没有正确地阅读说明书而引起的（Sentry，1976，pp.9，10）。

有关纠正措施的建议　有许多这方面的建议，但观点差异很大。差异的产生部分是由于对成本和价格的影响（见下文）。另外，还有由于权力竞争而产生的差异。各种消费者组织和政府部门都觉得它们理应承担更大的作用，某些传统的企业权力应当加以限制。

理想地，纠正行动应当从源头上消除产生消费者问题的原因。保护消费者权益运动对于工业公司能够主动采取这种预防持怀疑态度。因此有关纠正行动的主要建议是设法使消费者能够事前判断他们是否是在购买麻烦。

购买前获得信息　如果消费者能够了解各类产品的检测数据、使用性能等信息，他们就能够作出更好的购买决策。许多工业公司拥有这样的信息但并不愿意透露，而将其视为私有。它们有选择地进行部分的披露，主要是为了帮助产品的销售。存有偏见的可能是显而易见的。

消费者对信息的需要也延伸到售后服务、对投诉的反应等方面。同样地，公司也把这些信息视为私有。

缺乏来自工业公司的信息制造了一个真空，从而诱发了产品信息的替代来源，以帮助消费者判断购买或者避免购买什么样的产品。其中的一个来源是独立于制造和销售产品的公司的测试实验室。

按照这一概念，合格的实验室可以对产品质量作出权威而独立的评价，从而使消费者能够获得所需的公正的信息以作出合理的购买判断。充分的消费者检验服务要求必须有专业和熟练的技术人员、装备良好的检验实验室、可获得用以测试的产品，以及对检验信息的通报。这些活动所需的资金是如此严峻的一个问题，以至于融资的方式决定了其组织的形式和检验服务的政策。

消费者资助的产品检验 这种形式的检验实验室通过发布其检测结果而获得收入，通常是按月发行的杂志加上一个年度的总结。通过主张能够从中获得作出更好购买决策所需的信息而省钱，来鼓励消费者订阅这些杂志。这类实验室的广告会表现为这样的提问，如“独立检验显示这个 75 美元的用具同另一种一样好，你还愿意付 100 美元购买另一种吗?”

这类消费者资助的实验室的运营方式是，他们购买和检验同类产品，评价其性能和缺点，将这些评价与产品价格比较，根据某种相对的尺度来对产品进行评级。评级情况、检验结果摘要、检验方式等都公布在实验室的月刊上。工业公司不参与产品的检验和评价。另外，不允许公司引用这些刊物公布的评级情况、检验结果或其他材料。

其提供给消费者的服务通常包括：

1. 实验室的检验结果，大体上是客观而不带偏见的。

2. 价值判断。这是主观的，有可能会带有偏见，即其广告强调（告诉消费者某些低价产品与高价产品一样好）造成了对于高价产品的偏见。更重要的是，这些判断未必是典型的消费者判断。

尽管由大量消费者订阅所支持的检验服务存在着这些明显的问题，但在富国甚至发展中国家中仍有许多这样的服务存在。在美国，最广为人知的这类检验的一个来源便是“消费者联盟”，其检验结果发表在《消费者报道》月刊上。

政府资助的产品检验 政府涉足产品质量的事务已有很长历史，最初的目的是保护公民的安全和健康，随后又包括了保护环境。细节见下文“政府的质量管制”一节。

最近的延伸是在消费者经济领域。部分原因是由于保护消费者权益运动的刺激。由此而带来的一个副产品便是获得了某些产品的检验结果以及其他有关质量的信息。公众可以获得这些信息，或者以公布的形式，或者应要求提供。

政府资助的检验 在一些国家，政府资助检验实验室进行消费者产品检验并将结果公布以帮助消费者。这一做法的基本原理是，对这些信息存在着公众的需要，因此，其花费应该由公众来负担。

强制性政府认证 在这种做法下，法律要求产品在销售给公众之前，要被独立地证明其合格。在许多国家中，这一做法适用于那些对于人身安全至关重要的消费产品（如药品、食品）。对于其他产品，在具体做法上有着很大的差别。一般来说，市场经济国家反对对于非关键消费品进行强制性的政府认证，而是依赖

于市场竞争的力量来达到质量要求。与此相对照，计划经济国家，如苏联，对消费品的标准进行了严格的规定并利用政府实验室来推行这些标准（具有法律效应）的实施。

公司资助的产品检验　在这种形式中，工业公司向独立实验室购买检验服务以获得对其产品的标志（证书、印章、标签）。有些产品类别没有取得合格的检验服务标志而投放市场是非法的。有些情况下没有标志是合法的，但出于经济的原因而必须有标志，如保险公司会收取极高的保费或根本不提供保险。

一个广受欢迎的标志的例子是保险商实验室（UL）的标志。UL（现在是独立的）最初是由全国火灾保险商理事会为了有助于预防火灾而创立的，现在它涉足火灾保护、盗窃保护、危险化学物品以及其他与安全有关的事务。其活动包括：

- 制定和发布材料、产品和系统的标准。
- 检验制造商的产品是否符合这些标准（或其他认可的标准）。
- 对于检验合格的产品授予 UL 标志。这被称为将产品“上榜”。

还有许多其他的实验室也类似地参与了安全事务，如蒸汽锅炉和航海的安全事务。有些实验室在它们所在的专业领域中享有了独特的地位，从而在该领域的检验中形成了事实上的垄断。

从独立实验室获得标志的另一个目的是帮助促销产品。对于这些“非官方”的标志的价值，各公司看法不一。强大的公司会认为它们自己的品牌和标志要更有威望，检验实验室的标志只是对于较弱小的公司具有价值。提供这类标志的检验服务在目的和客观性方面存在着很大的不同。

有些国家的这种志愿性的标志是由国家标准化团体来提供的，如日本标准化协会或法国标准化协会（AFNOR）。其标志授予那些满足各自标准的产品。希望使用 JIS（日本工业标准）或 NF（法国标准）标志的公司必须提交产品检验并为检验付费。如果产品合格，公司即被授予使用标志的权利。

有关商业行为的数据库　许多消费者的抱怨可归因于公司的商业行为，例如逃避履行规定的保证等。帕累托原理在此仍是适用的，造成大量投诉的只是那些相对少数的公司。根据这个原理，一个有关公司商业行为的数据库有助于人们识别少数的那些“坏家伙”，从而减少他们的影响。

一个叫做良好商业事务所（Better Business Bureaus，BBB）的机构建立了这样的一个数据库。以下的引文（*Consumer's Resource Handbook*，1980）给出了有关 BBB 及其所做事情的描述：

> BBB 是一个由私人企业发起的非营利性组织。在全美各地现有 147 个 BBB 分支机构，由各地方或全国性的企业资助。尽管各地的 BBB 机构会有所差异，但大多数都会提供一系列的基本服务。其中包括：产品或服务的一般信息、可靠性报告、当地的企业和组织的背景信息、公司投诉处理绩效的记录等。按照每个 BBB 的政策，它可能会也可能不会告诉你针对某个企业

的投诉的性质。BBB 接受书面投诉，并可代表你与企业接触。

BBB 从消费者（或其他来源）获得对于不道德商业行为的投诉，并作为一个监督者努力使这些行为得到改变。市民打电话给 BBB，就可以了解到是否存有针对所查询公司的投诉记录。

BBB 也积极帮助消费者和当地的企业解决消费者投诉问题（见下文）。

消费者教育 除了产品检验和商业行为数据库之外，消费者还可以获得其他形式的购前信息。一些政府部门从总体上发布描述产品的优点（或缺乏优点）的信息。然而，最常用到的产品信息来源是来自有相关经验可以共享的亲朋的建议。消费者相信这些建议是可靠的（Sentry，1976，p.55）。

消费者利用现有的独立数据来源的限制因素是消费者自身。在美国只有不到10%的家庭订阅《消费者报道》。不能有效利用有帮助的信息（其中有很多对消费者是免费的）的根源可能会追溯到学校体系中，这个体系中很少有措施来教育儿童扮演他们成年后的一个主要的角色，即消费者的角色。

有些观察家认为“不明智”的消费行为的原因在于教育以外。他们指出，许多消费者花钱购买麻醉剂、酒精、烟草；由于超速驾驶或酒醉驾驶送了自己或他人的性命；嗜吃高热而无营养的零食；赌钱。一些怀疑论者断言那些易受骗上当或者愚蠢的消费者只能从他们的错误中学到东西，这是可以理解的。

消费者组织非常清楚“大多数消费者都不会为了决定购买哪种产品，而使用提供给他们的关于不同产品的信息”（Sentry，1976，p.10）。然而，消费者组织从不认为消费者（他们的主顾）是易受骗和愚蠢的（*Consumer Reports*，1977）。

标准化组织 有许多这类的机构，例如，在美国对消费者很重要的机构包括：

- 主要的制造商和销售商，它们的标准对其供应商和竞争者有着广泛的影响。
- 行业团体，如美国天然气协会或日用品制造协会。
- 专业性机构，如美国测试和材料协会。
- 独立性机构，如 UL。
- 美国国家标准学会（ANSI），是一个公认的制定国家标准的各种委员会的信息中心，并是标准的正式发布者。
- 国家标准和技术学会（NIST），前国家标准局，建立和保持度量衡标准的政府机构。

消费者产品的标准 授予某种标志，意味着必须有相应的标准，以便在客观的基础上对产品进行检验。但是，与给予度量衡、基础材料以及其他的技术和工业需要的重视相比，为消费者产品提供这些标准所受到的重视则远不能与之相提并论。然而，保护消费者权益运动已极大地促进了制定这些标准的步伐。特别是行业协会承担了更多的这种类型的活动。

制定消费者产品的标准有一个严重的局限性，这便是产品过时的步伐过快而制定标准所需的时间太长。由于必须获得有关各方的一致意见，制定一个标准常

常要历时数年。对于计量或基本材料这样的领域所制定的标准可以有很长的使用期限。然而，对于消费者产品而言，其标准的寿命受到产品过时的速度的限制，许多产品的标准寿命都非常的短暂，从而制定产品标准的经济性受到了严重的质疑。

有些情况下的产品过时可归因于商人的狂热。例如，检验机械手表质量的一个指标是钻石的数量。一些制造商为了宣称其质量更高，就将非功能性的钻石也包括了进来。因此必须重新定义“钻石”这个词。

消费者产品标准所面对的另一个问题是，标准化机构传统上将重点都放在“零时刻”上，即产品使用前的检验状态。然而，许多产品，特别是那些非常昂贵的产品，是预期要提供多年服务的。许多消费者的问题可追溯到使用中的现场故障，而多数消费者产品标准并没有充分地重视这方面的“能力”，即可靠性、可维修性等等。

检验服务的客观性　除非检验服务是客观的，否则消费者就很可能被他们所信赖的组织所误导。客观性的标准包括：

- 财务独立。检验服务的收入对于检验结果不应有影响。当收入来源与生产被检验产品的公司无关时，这种独立性处于最佳状态。即使做不到这一点，公司的付款也只能是为了检验，绝不能与检验结果有关。

达不到这一准则的一个例子是那些从事双重活动的检验机构，它们一方面根据产品检验合格情况授予公司一个标志，另外还出版公开发行的杂志，从而要求获得标志的公司在杂志上刊登广告。在这种情况下，利益冲突的风险是非常高的，因此消费者应该谨慎而不应轻信这些标志。

- 组织独立。检验服务的人员不应从属于接受产品检验的公司。
- 技术能力。这一显而易见的要求中包括了合格的专业人员、充分的检验设备以及有能力的管理人员。对于管理人员是否应是这一能力的惟一的判断者存有质疑。

客观性这一问题是如此的重要，因此在政府对实验室的质量进行控制的情况下，通常在法令中要求规定一个合格的检验实验室应当满足的标准。这一法令的执行者负责对照这一标准来判断实验室合格与否。

所产生的信息　消费者检验服务为消费者提供广泛的信息。其主要形式包括：

- 针对竞争性产品在价格、适用性以及相对的价值判断方面的比较性数据。这种形式的信息也是一种行动建议。
- 有关产品符合标准的数据。面对这种形式的信息，要求消费者自己来判断不同产品的价格与适用性。对于许多消费者而言，这类信息是一种负担。
- 产品符合标准的证明（通过标志）。在这里消费者被要求将标准等同于适用性，而要求通过其他途径去发现不同产品的差异和价格对比情况。

有关符合标准的信息对于产业购买者是非常有用的，但对于一般消费者则不尽然。对于消费者来说，最佳的信息包括了适用性的对比性数据，以及有关使用费用的对比性数据。

一些消费者面对的重要的质量问题，如产品到货时有缺陷，产品在使用中坏掉以及对于消费者的投诉反应较差等，传统的检验服务不能提供确切的信息。

- 产品到货时的缺陷。检验服务的测试通常是针对一个小样本，亦即一个或少数几个产品单位进行的。这种检验能够判断产品设计是否能够提供适用性。然而，由于样本量太小，无法提供有关产品到货时的缺陷频率的信息。
- 产品在使用过程中发生故障。传统上，检验服务是在“零时刻”，即使用前对消费产品进行评价的。对于使用寿命长的产品，这种做法不够充分。还有必要提供有关现场故障率的信息。现在有一些检验服务会进行一定程度的寿命试验，但所测试的产品单位数太少，不足以预测现场的故障率。有一些这方面的做法是通过向消费者发放问卷来获得这些信息。另一个替代的信息来源是从修理店获取信息。
- 对消费者投诉的差劲反应。这是最糟糕的一种情况。这与检验实验室及其手段没有关系，因为所需的是与服务机构的能力、迅速和诚实相关的信息。

购买后的补救措施 在产品保证期内遇到质量问题的消费者可以有多种选择。他们可以无需帮助而自行解决问题，如通过研究产品的信息并发挥自己的技能和灵巧来解决问题。更为普遍的情况是，他们必须去与直接相关的某个公司打交道，即卖商品的经销商或是产品的制造商。如果这些都无法解决问题，消费者仍然具有其他可以求助的途径（见下文）。

担保（warranties） 质量担保对于消费者而言是一项主要的售后帮助。然而，有许多消费者感到担保不易理解。另外，有许多人认为担保文件的行文主要是为了保护制造商而不是消费者。但即使这样，消费者也越来越多地把担保作为了进行购买决策时要考虑的要素。这也意味着担保越来越成为了重要的营销工具（Sentry，1976，pp.14，15）。

一般消费者投诉更多地是去找销售商（商店、经销商）而不是制造商。第三个方面的选择则是向 BBB 投诉（Sentry，1976，p.15）。

良好商业事务所（BBB） 以下的叙述引自 *Consumer's Resource Handbook*（1980）。

BBB 致力于解决消费者针对当地企业的投诉。当满足以下条件时，BBB 即认为消费者的投诉得到了解决：

1. 顾客达到了满意。
2. 顾客获得了合理的调整，换句话说，得到了相应的赔偿。
3. 公司提出了表明顾客的要求不合理或无担保的证据。

BBB 不从事：针对个别商品或品牌的判断，处理有关商品或服务的价格

的投诉，或提供法律建议。

在 147 个 BBB 机构中，有 100 多个提供约束性的仲裁活动，其他的也正在开始筹划。仲裁是人们通过一个公正的个人或委员会（与决定没有得失关系）来决定纠纷结果的一种解决纠纷的途径。仲裁决定对于各方都有约束作用，仲裁决定可由法庭强制执行。不要轻易仲裁，因为你必须服从其决定。

BBB 也处理虚假广告案件。你所在地的 BBB 机构负责监督当地的广告，而 BBB 的全国广告事务部（NAD）则调查有关全国性广告的投诉。

查询方法：从当地电话簿、当地的消费者机构或图书馆均可以找到 BBB 的联系方式。

巡视专员（Ombudsman）　Ombudsman 本来是一个瑞典词汇，用来指专事接受公民投诉并帮助他们要求政府机构采取行动的官员。这一角色熟悉政府的机构渠道，能够找到有权或有责任采取行动的政府官员。它没有强迫采取行动的职权，但具有公布行动不当的权力。

巡视专员的做法也应用到了产品质量问题上。有些公司设立了内部的巡视专员并公布了其姓名和电话。消费者可以免费拨打，提出不满或获得信息。在美国这一角色的更常用的头衔是消费者事务（关系）经理（总监）。这种经理职位还负有促进变革以改进与消费者的关系的责任。在一个公司中，这些努力导致了一个消费者“权利法案”计划的实行，这些权利包括了安全、知情、选择、发表意见以及要求赔偿。[细节见 Peterson（1974）。]

另一种形式是行业巡视专员。这方面的一个例子是由“家用器具制造商协会”创立的“主要器具消费者行动小组”（一组独立的消费者专家），专门负责接受在当地没有获得满意解决的消费者的投诉。

还有一种形式是“产业与消费者联合投诉委员会”。这方面的例子如有些北欧国家所实施的由政府提供资金的消费者争议调停和裁定委员会。这种委员会没有强制执行其裁定的职权，而是采取公布不满意的执行情况的方式。他们受到了工商界人士的广泛接受和支持。

巡视专员这一概念从根本上而言是很有道理的。它受到消费者、政府主管部门的广泛支持，同时也受到工商界经理中的一个坚定的少数派的支持。一些报纸提供了巡视专员的服务，作为其读者来信部门的一个部分。

调停　调停这一概念是指由第三方的调停者来帮助争论双方获得一个解决的办法。调停人没有强制执行的权力，没有约束性的协议要求要遵守调停者的意见。尽管如此，调停还是促进了问题的解决。贝恩特（Best，1981）报告说，纽约市的人身事务部在 1977—1978 年间达到了 60% 的调停解决率。

调停过程有助于开辟一个交流的渠道从而清除误会。此外，富有经验的调停者发挥了一种缓和的影响，鼓励了双方对于解决方案的寻求。

仲裁　仲裁时，双方同意受第三方决定的约束。仲裁是一种有吸引力的解决

争议的形式，因为它避免了在大多数诉讼案件中的高昂花费和长期拖延。在大多数消费者索赔中，诉讼的费用远远超过了索赔的数目。尽管这样，使用仲裁程序仍然有一些障碍。双方必须就约束性的仲裁达成一致。必须建立地方的低花费的仲裁中心并以象征性的费用或者免费来获得志愿性的仲裁员的服务。这些障碍限制了在消费者投诉中仲裁应用的增长。

消费者组织 有许多形式的消费者组织。有些组织着重于特定的产品和服务，如汽车安全和借贷信用等。有一些则是诸如工会或农会这样的大型组织的附属机构。还有不少其他的专门处理各种消费者问题的组织。此外还有主要的消费者联盟，有全国性的也有国际性的，它们主要是努力提升所有地方的和专门的消费者组织的集体的力量。

政府机构 有国家、州和地方层次的政府机构。所有机构都鼓励消费者提交未解决的投诉并检举不良的商业惯行。消费者的这些投诉有助于这些政府机构识别具有广泛性的问题并依此：

1. 进行更加深入的调查。
2. 提出新的立法。
3. 发布新的行政法规。

这些政府机构同时也努力帮助投诉的消费者，或者以巡视专员的方式，或者通过采取法律行动的威慑。但在实践中，由于消费者不满的巨大数字，大多数政府机构不可能卷入到解决具体消费者抱怨的事务之中。见下文“政府的质量管制”一节中的“执行过程”。

没有补救 在由自由企业构成的竞争性市场体系的制度下，有许多正当的消费者投诉没有得到满意的解决。尽管这样，在这个体系中包含着一些内在的调节因素。不能够提供满意服务的公司也无法获得回头的生意。这些公司要么及时修正其行为，要么就将输给具有更好的满意记录的那些公司。根据作者的经验，所有其他的体系都更加糟糕。

对于消费者运动的认识 “消费者运动使得产业界和企业保持了正确的方向”，这已成为包括企业经理在内的人们的广泛共识。同时也有广泛的观点认为消费者运动的要求“导致了更高的价格”。即使如此，公众中的大多数仍然感到“所发生的变化值得付出这些额外的花费”。消费者也强烈地感到，消费者运动活动家们应该考虑到其提议的代价。然而，肯定有占少数的消费者坚信，那些活动家们没有考虑成本（Sentry，1976，pp.39，40，42，47）。

政府的质量管制

从远古开始，“政府”就建立和执行质量标准。这些政府有些是政治性的，

如国家、区域和地方的政府；有些是非政治性的，如行业协会、商会、标准化组织等。或者是通过授予政治性权力或者是由于长期的习惯，这些主管团体获得了一种地位，使得它们能够执行以下所要讨论的各种管制方式。

标准化　随着技术的进步，产生了对于某些概念和惯行进行标准化的需要。

• 度量衡：标准化的一个早期的应用是针对诸如时间、质量和其他的基本常数的测量单位进行的。这些标准是如此的基础，它们现在通行在全球范围内。

• 互换性：这种层次的标准化使得在诸如家用电压之类的日常事务以及无数的工业社会物品的互换性方面，由混乱而形成了秩序。符合这类互换性标准是经济的必需。

• 技术定义：标准化的进一步应用是定义了各种物质、过程、产品、检验等等。这些标准是由来自社会各个相关部分的人员所组成的委员会来制定的。尽管是否遵守通常是自愿的，但经济规律决定了对于这些标准的高度接受和应用。

政府管制的上述领域都是与标准化有关的，遇到的阻力最小。而其他的领域将会遇到不同程度的阻力。

公民的安全和健康　政治性的政府法规的一个主要部分就是保护其公民拥有安全和健康。最初的重点是放在对于“既成事实”的惩罚上，法律对于那些因其质量问题而导致伤害或死亡的人员给予惩罚。几个世纪以来逐渐形成了一个“事前”管制的趋势，其本质在于预防。

例如，在美国，对于房屋建筑、远洋轮船、采矿、飞机、桥梁以及其他结构等，有相应的法律规定其必须执行相关的安全标准。有些法律是针对与火、食品、药品、危险化学品等相关的灾难而规定的。还有些法律是针对从事有关公共安全和健康的活动的资质，如行医资格、职业工程师、飞机驾驶员等。最近这些法律繁衍到了许多领域，如消费品安全、高速公路安全、环境保护、职业安全和健康等等。

国家的安全和经济健康　政府历来对于事关国防的质量给予高度的优先权，如军队的招募和训练、军备的质量等。随着商业的发展，保护国家经济健康的法律也被制定了出来。这方面的一个例子是为了保护一国的质量声誉而制定的管制出口商品质量的法律。另一个例子是保护造币制度统一性的法律（只有政府有权降低铸币的成色）。在政府作为采购者的场合（如防御武器、公共设施等），政府的管制包括了一个购买者要求确保质量的通常权利。

公民的经济　与公民的经济有关的政府管制在市场经济中有极大争议。一些反对意见是基于意识形态的基础，他们认为竞争性的市场经济比政府机构的调节要好得多。另外的反对意见来自已知的政府管制的缺陷（见下文）。有些管制法规的增加是由于受到了保护消费者权益运动的促进。

立法的量　总体来看，与质量相关的立法量已增加到了一个极大的比例。这一点从一本常用参考书（Kolb and Ross，1980）的附录中的一个清单中可见一斑：

- 对毒性物质的限制　　共 29 页
- 危险物质及相关运输标准　　共 93 页
- 美国国家安全与健康标准　　共 24 页
- 联邦记录保持要求　　共 36 页
- 制定标准的组织　　共 38 页

在美国，大多数这些立法都在联邦贸易委员会的职权范围内，他们对于“商业中的不公平或欺诈行为”负责行使一定程度的监督。这导致了有关产品担保、包装和标签以及借贷信誉等方面的专门的立法和行政行为。

在某种意义上，这些行动都与工业公司针对消费者的陈述有关。在其监督中，联邦贸易委员会强调两方面的主要要求：

1. 广告、标签和其他产品信息必须清晰无歧义地陈述销售者意欲表达的意思。

2. 产品必须与其陈述相符合。

这些形式的政府管制是对多少个世纪以来的“买者当心”的惯习的一个突然的终止。这种惯习在发展中国家的乡村市场上是颇为明智的。然而，它已经不再适合发达的工业化国家的情况。有关这一问题的进一步讨论可参见朱兰的论述(Juran，1970)。

管制方案　一旦决定了要在某些新的领域中对质量加以管制，实施管制所遵循的便是一个久经历练的途径。以下按顺序列出了所要做的各项活动，尽管这些活动是用政治性的政府管制的语言来描述的，但也同样适用于非政治性的政府管制。

法令　相关的法案规定了管制的目的，尤其是所要管制的主题内容。它确定了“游戏规则”并确立了执行法案的机构。

行政官　设立行政官的职位并授予其设定标准和监督执行的权力。为此并赋予其对于被管制产业的重大事务进行奖惩的手段。

标准　行政官有权力设定标准也可以决定采用现有的工业标准。这些标准不局限于产品，还可能针对材料、过程、检验、描述性文件、广告、人员资格等。

检验实验室　行政官被授权来设定判断“独立的”检验实验室资质的标准。一旦确立了标准，他还可以有权为符合标准的实验室签发资格证书。有些场合，行政官有权建立自己的实验室。

检验与评价　这方面的做法有着很大的差异。对于有些管制领域而言，主管机构的批准是进入市场的前提，如新药品的应用或一个新的飞机机队的运行和维护方案。有些机构重视的是监督，即检查公司的控制计划以及对这些计划的遵守情况。另外一些机构则注重最终产品的抽样和检验。

印章或标志　被管制产品常常必须标有某种印章或标志以证明其遵守标准。当主管机构实施了检验之后，便会打上这种标志，如政府的肉类检查员要亲自为

屠宰后的畜体加盖戳记。

更常见的情况是，主管机构不针对产品进行检测和盖章，而是通过检验来确定产品设计的充分与否。还可通过监督来确定公司的控制体系的充分与否。那些体系充分的公司将被授权使用印章或标志。法令规定了对于未经授权而使用标志的惩罚条款。

制裁　管制机构具有广泛的执行权力，如：

- 调查产品故障和用户投诉。
- 调查公司的过程和体系控制。
- 在分销的各个阶段对产品进行检验。
- 召回已卖给用户的产品。
- 撤销公司销售产品或使用标志的权力。
- 告知用户有关缺陷的情况。
- 发布失效和终止的命令。

管制的有效性　管制者面对着两难的问题，既要保护消费者的利益，同时又要避免制造会损害消费者利益的负担。由于各团体之间彼此冲突的利益，这种困难部分而言是不可避免的。但是，很多的困难可以溯源到主管机构在实施管制的过程中不明智的政策和惯行。这些主要涉及管制的思路、标准的制定、执行过程和管制的成本几个方面。

管制的思路　这方面的一个例子如国家公路交通安全管理局（NHTSA）为执行 1966 年制定的两项法律而采用的政策。这两项法律为：

1.《全国交通和机动车安全法案》，主要是针对车辆制定的。

2.《高速公路安全法案》，主要是针对驾驶员和驾驶环境制定的。

甚至在 1966 年之前，汽车制造商、道路建设者等已经将技术改进到了这样的程度，为驾驶者提供了手段以避免“第一撞击”，即由于相撞、驶离路面而发生的事故。安全带的投入使用则为驾驶者提供了更为改进了的手段以防止“第二撞击”。这一撞击即当因碰撞而突然减速时乘客被抛向方向盘、挡风玻璃等而发生的撞击。

在国家公路交通安全管理局成立时，美国的交通事故死亡率在所有工业化国家中是最低的。同时还从压倒性的数据中发现，驾驶员是交通安全的限制因素：

- 有约半数的致命事故都与饮酒有关。
- 年轻驾驶者（24 岁以下）在驾驶者人口中占 22%，但事故发生率却占事故发生总数的 39%。
- 超速和其他形式的“不当”驾驶被报告为 75% 的事故的原因。（在 1974 年的石油危机期间，高速公路行驶速度的强制降低导致交通事故死亡率减少了 15%，而车辆没有任何变化。）
- 当安全带为可选配置时，大多数驾车者都未购买。而当安全带为标准装

备时，大多数人都没有佩戴。

面对这些压倒性的证据，国家公路交通安全管理局并没有将注意力放在主要的问题上，即改进驾车者的行为上。相反，它全力为车辆设计制定了大量的标准。这些标准确实提高了一些二次撞击中的安全性。然而，收获却甚微，而增加的成本则达到了数十亿美元，这些成本最终还是由消费者以更高的购车价格的形式所支付。

这一政策看上去只是在严格地对付大的政治性目标——汽车制造商，而避免与大量的选民发生冲突。这在政治上是安全的，但对于安全性却效果甚微。[有关的详细讨论请参见 Juran (1977)。]

标准的制定 是制定设计标准还是性能标准，这是管制所面对的一个重要的问题。

- 设计标准有着精确的定义，但也有严重的不足。其性质和数字通常缺乏灵活性，难以理解，数量庞大，难以保持更新。
- 性能标准通常没有上述的缺点。然而，它把决定如何达到性能标准的负担，亦即创造或实现某个设计的负担，加到了使用者身上。性能标准还要求具有相当水平的监督官员，他们必须具有对于是否达到标准进行主观判断所必需的教育、经验和训练。

这些选择方案由一个专门负责评审职业安全和健康管理署的安全法规的总统特别工作组来加以审查。该工作组提出了一个“性能/危险”的概念。根据这一概念，标准将“写入对以下事实的要求，即只有确保雇员不受与使用机器有关的危险威胁时，才能实现工作场所的安全。依据这样的标准，使用者可以自由决定最适当的避免所存在危险的方式，但通过确定雇员是否受到危险的威胁，可以对其遵守要求的情况进行客观的衡量”。[细节见 OSHA Safety Regulation (1977)。进一步的讨论可参见 Tye (1988)。]

执行过程 管制过程中的一个重要的缺陷是不能集中于那些关键的少数问题。管制机构收到了大量的有关不满的报告，如消费者的投诉、伤害报告以及对个别产品的控告等等。其总数是个天文数字。要详细地对每一宗都加以处理是不可能的事情。试图如此行事的机构都毫无希望地陷入了困境之中。由此而造成的瘫痪成为了批评的靶子，并威胁到行政官的位子甚至机构的存在。

在美国，职业安全和健康管理署在 20 世纪 70 年代中期面临的正是这样的威胁。作为应对，职业安全和健康管理署根据对安全和健康的威胁程度建立了案件的分级制度。同时还废除了1 000多个安全法规，这些法规被抨击为只是增加了产业成本而基本没有改进工人的安全状况。

根据经验，主管机构开始依据帕累托原理来区分关键的少数和有用的多数。这使得它们能够集中资源并获得切实的成果。

关键的少数因素的选择通常是基于诸如伤害频率或消费者投诉频率之类的定

量数据来进行的。但是，主观的判断起着很大的作用，这使得善于发挥影响力的特定恳求者的案子就容易获得高的优先度，而其本来是够不上作为关键的少数的资格的。

如何处理“有用的多数”的求助需要，这是所有机构都面对的一个复杂的问题。最实际的做法看来是让人们明确该机构不是解决该类问题的。同时为消费者提供旨在帮助其自助的信息和教育材料，如到哪里去寻求帮助，如何来寻求帮助，消费者的权利是什么，该做什么不该做什么，等等。这方面的例子可参见 *Consumer's Resource Handbook*（1980）。

管制者不能迅速地处理这些消费者问题无疑使公众形成了管制机构平庸这样一种印象。针对这一问题，你认为哪些（四个选项）应当是监督消费者能够获得公平交易这一工作应负的主要责任？[详见 Sentry（1976，p.70）。]

选择重大少数的规则　作者于 1972 年提出了以下的定量基础，用以在涉及安全事务的问题中选择关键的少数因素：

任一小时中人的生命都应如其他任何时候同样安全。

为了实行这样的一个政策，首先必须基于一些共同的基础如每百万工时的伤害等在全国范围内将安全定量化。总的来说，这些量化的数据已经存在，但有时需要进行一些变换以使测量单位能够一致。例如，关于学校的安全性的统计是以每 10 万名学生每天的伤害来表示的，机动车的统计按每行驶 1 亿英里的伤害来表示，等等。

由此而算出的全国平均数中便包含了远高于平均数的相对少数的场合以及低于平均数的绝大多数场合。高于平均数的那些场合便自然地被归入关键的少数当中，而低于平均数的则进入不了其中。若有些特殊的事件尽管低于全国平均数但却获得了优于明显的关键的少数事件的优先地位，则其提出者便有义务提供相应的证据。[有关的详细讨论可参见 Juran（1972）。]

管制的代价与价值　管制的成本大致由主要的两部分所组成：

1. 管制机构的运行成本。这些成本都有已知的确切数字。在美国每年的这一费用已上升到几十亿美元。这些成本由消费者以纳税的形式支付，然后拨付作管制机构的经费。

2. 执行管制的成本。这些成本并没有确切的数字，但可以确信这一成本是管制机构运行成本的许多倍。这些成本起初由工业公司支付，但最终则要由消费者以更高的价格的形式来支付。[有关产业界成本的一个研究的例子，可参见 The Business Roundtable（1978）。]

所有这些管制的价值是难以估计的。（对于一个人的生命有多大的价值并没有一个共识。）安全、健康与清洁的环境被普遍认为具有无法估量的价值。向消费者提供诚实的信息和迅速的赔偿也同样被认为是无价的。但这些一般性的共识并不能为某个具体的事件应当如何处理提供指导。理想而言，每一事件应依据其

成本—价值关系来加以考虑，尽管法律并未要求管制者这样做。管制者一般会避免面对量化成本—价值关系的情况。

直到1994年前，研究成本—价值关系的支持者还主要来自工业公司。例如，有关一项强制的车辆安全体系的研究发现（Crain，1980）：

……实施强制性定期检验的州并不比没有此项要求的那些州的事故率更低。

……只有一小部分（大致为2%～6%）高速公路事故可归因为机械故障。

……人的因素（如超速行驶）是远比车况要重要得多的一个高速公路事故原因。

管制者对于成本的漠不关心不可避免地导致了一些法规及其实施是如此的荒谬，以至于在适当时机它便会成为改变政策的突破口。企业界促使这种荒谬引起媒体的注意，而媒体则乐于将之公之于众（媒体对学术性的研究不会有什么兴趣）。问题的曝光将使调节者处于防御地位，从而促使立法机构开始举行听证。在听证过程中（还依赖于政治气候），开辟了获得更好的成本—价值平衡的途径。

在唤起人们对于成本—价值关系的关注时，政治气候是一个重要的变量。在20世纪60—70年代，美国的政治气候通常对管制立法有利。然后，在20世纪80年代，气候发生了变化，随之出现了要求合理开支的潮流。这一趋势到了1994年年底得到了加速，当时选举使得反对管制的人在立法机构中占据了多数席位。[进一步的讨论参见Dowd（1994）。]

产品安全与产品责任

问题的增长 直到20世纪早期，还很少见到因使用产品（商品和服务）造成伤害的诉讼。即使有一些，也多半是不成功的。就算是打赢了官司，伤害赔偿的程度也是非常轻微的。

在20世纪期间，这类诉讼的数量在美国有了极大的增加。到20世纪60年代中期，这类诉讼估计已达到了每年6万起，而到了70年代，每年便超过了10万起（大多在庭外得到了解决）。与诉讼数量增长相伴随的还有个别诉讼的索赔额和赔偿额的同样显著的增长。每起事件的赔偿金额从数千美元增加到了动辄便超过10万美元的程度。100万美元以上的赔偿也不再罕见。

在一些领域中，产品责任的成本迫使公司放弃了某些产品线以至整个生意。

20年前，美国有20家制造橄榄球头盔的公司。从那时算起，由于产品责任的高额成本，有18家公司已不再制造这种产品。

几个因素的结合导致了诉讼数量和判决额度的增加。主要的因素有：

• 产品“数量的爆炸”。工业社会把大量的技术性产品放到了外行手中。其中的一些产品本质上就是很危险的。还有些则会被误用。伤害率（每百万小时使用发生的伤害）可能是降低了，但伤害的总数却在升高，从而导致了总的诉讼数量的增加。

• 公司防御的侵蚀。当这些诉讼进入审判时，法庭进而侵蚀了以前给予公司的法律防御。

先前，原告起诉制造商的权利基于两个主要基础之一：

具有确切的或隐含的无危险保证的产品销售合同。根据这一合同关系，原告必须证明其“合同地位”，即属于合同的一方。法庭事实上现已废除了证明合同地位的需要而采取了这样的立场，即认为隐含的保证是依附于产品的，而不论使用者是谁。

公司的疏忽。先前，原告需要提供证据证明公司的疏忽。法庭现在则倾向于采取“严格责任”的原则，这是基于这样的基础，即有缺陷的产品所导致的伤害成本应由“将产品投放到市场上的制造商而不是无力保护自己的受伤者来承担”。事实上，一旦使用不合理的危险产品而导致了伤害结果，即使制造商没有疏忽也有可能会被判为负有责任。（有时受伤者并非没有能力。有些是由于其自身原因而导致了伤害。然而，陪审团对于受伤原告的同情是众所周知的。）

有关这类日益增长的问题有着大量的文献，有关纠正建议的文献也不亚于此。［尤其可参见 Harrington and Litan（1988）及其引用文献。同时也可参见 Grant（1994），Smith（1991），Egington（1989），McGuire（1989），Wargo（1987）。］

防御行动　对诉讼的最好防御是从源头上消除造成伤害的原因。公司的所有职能和层次都可以做出各自的贡献，以使产品更加安全，并增强公司对于诉讼的防御能力。各方面所起的作用分别为：

• 最高管理层：制定产品的安全方针；组织产品安全委员会和正式的行动计划；要求产品的日期和可追溯性；建立对于整个计划的定期审核；支持超出公司能力的行业的相关计划。此外还应有一个记分卡，以某个适当的基准来测量公司产品的伤害率。一个有用的测量单位是每百万使用小时的伤害数量，因为大多数伤害数据库都是以这一形式表达的或是能够转化为这一形式。

• 产品设计部门：将产品的安全性作为设计参数；采用防误设计的理念；组织正式的设计评审；遵守既定的规范；从成熟的实验室获取设计要求清单；公布评估结果；应用现代设计技术。

• 制造部门：建立有效的质量控制，包括涉及产品安全性的防误措施；将产品用途的培训作为监督员和工人激励计划的一个部分；鼓励针对产品安全性的建议；建立提供可追溯性和历史证据所需的文件。

• 营销部门：提供有关警告、危险和解毒剂的产品标签；就合同条款对现

场人员进行培训；向分销商和经销商提供安全信息；建立安全程序演示；进行安装后测试，就安全事项对使用者进行培训；公布安全方面必须做的和必须避免的事项清单；建立良好的顾客关系，最大限度地减少仇视和索赔。合同应最大限度地避免不现实的承诺和保证，并包括明智的免责声明以消除不正当的索赔。

• 广告部门：要求技术和法律部门对于合同草案进行评审；通过教育和警告来宣传产品安全。避免“夸张”，如宣称“绝对安全”的广告，这在产品责任诉讼中会招致适得其反的后果。在广告审查中应提出这样一个问题，即“这个说法在法庭上听起来如何?”

• 顾客服务部门：观察产品的使用以发现产品使用（和误用）的潜在危险；把信息反馈回有关方面；为用户提供培训和警告。

• 文件部门：安全立法和产品责任的增长极大地促进了对保留文件证据的需要。法律要求大量的这类文件以及相应的保存期限。

消费者的产品知识差别极大，有的只是在最低的限度。因此，产品的真正使用可能会与预期的用途大相径庭。例如，一些活梯设有一个平台用来放置工具或材料（如油漆）但不能承载使用者的重量。然而，一些使用者还是要站在这个平台上，结果导致了受伤。

大多数现代的策略都要求根据实际的使用而非预期的用途来设计产品。[进一步的讨论可参见资料 Farrow（1991）；有关产品标签的讨论参见 Scofield (1986)。]

对诉讼的防御 产品责任诉讼的增加导致了对于如何最好地防御诉讼的重新审视。经验表明这种防御必须有特殊的准备，包括：

- 对于导致伤害的事件的再现。
- 研究相关的文件，包括规格、手册、程序、通信、报道等。
- 分析相关产品和过程的内部性能记录。
- 分析现场的性能信息。
- 对相关设施的实际审查。
- 分析失效的硬件。

所有这些都应由具有资质的专家迅速进行，并及早知会保险公司。[详细的讨论可参见 Gray et al.（1975，pp.67-93），Kolb and Ross（1980，pp.275-286)。]

是否以及如何进入审判涉及了大量的专门知识和经验。[一般地可参见 Gral et al.（1975），Kolb and Ross（1980，pp.275-286)。]

通过保险的防御 保险被广泛用作抵御产品责任的防御手段。但保费在急剧增加，同样也是由于诉讼数量和赔偿金额的增长所致。某些领域中保险已成为运营成本的主要构成。(高涨的保险费率迫使一些外科医生选择了提早退休。)

有关产品责任方面的保险问题有若干综合性的研究。[这方面的资料可参见 McGuire（1988），Harrington and Litan（1988）；也可参见 Interagency Task Force

Final Report on Product Liability (1978, chap.3) 以及 Kolb and Ross (1980, pp.287-327)。]

今后的预测　直到 20 世纪 90 年代中期，在产品责任方面仍然有一些艰难的悬而未决的问题。在许多观察家看来，美国的司法制度存在着一些严重的缺陷：

- 外行的陪审团缺乏判断技术性事件责任所要求的技术能力，在许多其他的发达国家，这种决定是由法官作出的。
- 外行的陪审团在决定赔偿数额时很容易受感情左右。
- 在美国，与补偿性赔偿和“痛苦”赔偿相伴随的还有“惩罚性赔偿”。正是这种惩罚性的赔偿造成了赔偿金额的飞涨。
- 在美国，允许律师按照事故所涉费用来收费，通常认为因此而刺激了诉讼。这种安排在许多国家是非法的。
- 这种审判的敌对制度重点在于赢得官司而非公正。
- 只有少部分赔偿金落到了受害人手中。大多数都交给了律师和支付了行政费用。

到 20 世纪 90 年代中期，这一法律体系中的某些要素在国会得到了活跃的讨论。然而，支持这些缺陷的这一制度深深地根植于美国文化之中，因此是否要作巨大变革仍然有着疑问。一个主要的障碍是律师。他们在这个体系中具有巨大的经济利益，而且他们在立法过程中具有强大的影响力——许多立法者都是律师。

大多数发达国家有关产品责任的法律体系一般都没有上述的缺陷。这些国家也没有发生类似于美国这样的因产品责任而对经济造成如此广泛的损害。

有关美国法律制度的一些深刻的评论，参见格兰特的论述 (Grant, 1994)。

个人责任　绝大多数的产品责任诉讼是针对工业公司的，它们和它们的保险人有着巨大的赔付能力。其结果是，这些民事诉讼很少针对个人，如设计经理和质量经理等。这些个人没必要担心相关的民事责任。他们虽不能免于诉讼，但实质上却与赔付无关。

刑事责任有时是另一回事。其违犯（如果发生的话）是针对国家的，国家是原告。直到 20 世纪 60 年代之前，产品伤害的刑事责任的起诉都是专门针对公司而不是管理人员。在 20 世纪 60—70 年代，公诉人对于所涉及的个人变得更为激进起来。其特定的靶子主要是公司的头头，但有时也包括有选择的分部门（如产品开发或质量）的经理。

导致这种局面的一个因素是较早的《食品、药品和化妆品法案》中的一项条款将生产假药或将药品贴上假商标的行为定为犯罪。美国高等法院解释该条款适用于公司的首脑，即使其没有参与或甚至对事件一无所知。[这方面的分析可参见 O'Keefe and Shapiro (1975)，也可参见 O'Keefe and Isley (1976)。]

刑事责任的威胁对于绝大多数企业经理而言都很遥远。在发现这些责任之前，这些经理肯定已被发现在以下方面是有罪的，即：(1) 故意地实施了非法的

活动；(2) 严重地玩忽职守。这些事情必须向陪审团证明而不仅仅限于合理的怀疑。要找到证据并非易事。(许多罪犯由于这一困难而逃脱了罪名。)

环境保护

环境保护是政府管制的一个特殊类型。表面上来看，环境保护是诞生于20世纪的一个现象。但是，有学者指出环境保护起源于十七八世纪的保护土地不为欧洲殖民者开拓的保守运动。详见格罗夫的论述（Grove，1992)。

18世纪中叶的工业革命开启了工业产品的大规模生产和消费之门，其增长呈现出指数的方式。为了支持这种增长，就必须有能源和原材料生产的相应的增长。由此而产出的商品为接受工业化的社会带来了许多的利益。但伴随而来的还有不受欢迎的副产品，这些同样也在以指数的速度增长着。

为了生产所需的能量而产生了污染空气和水的排放物。核能的利用带来了核废料的处置问题以及放射性泄漏的危险。原材料的开采破坏了陆地，也带来了有毒废料的处理问题。臭氧的损耗和全球变暖造成了不祥的威胁。废旧产品和过时产品的处置也在日益成为严重的问题。与所有这些问题相伴的还有因产品使用故障而导致的许多的不便和偶发的灾难。(见前述的“质量大堤下的生活”。)

工业公司通常清楚它们在制造这些问题，但它们有其他的优先问题。公众的意识滞后一步，但到了20世纪中叶环境问题的证据已变得非常的明显。出于对公众压力的反应，政府制定了大量法律以避免使这一问题更加恶化，同时提供经费以消除一些损害。

开始时由于新的立法造成了成本的增加而遭到了工业公司的强烈反对。随后环境保护逐步成为了一个不容回避的现实，产业界开始寻求从源头来解决问题，应用技术以避免对环境的进一步破坏。这方面的一个显著例子是日本在能源保护方面所取得的成就。在1973—1990年间，尽管工业生产在持续地增加，但能源的消耗并没有增加（Watanabe，1993)。

公众和媒体对于某些环境破坏事件的特别关注促成了治理这些损害的资金的分配。然而从长期的趋势来看是致力于源头的预防。一项最近的调查估计，在1991年美国工业公司的研究和开发预算中，有13%用在了最大限度地减少环境破坏的技术上。

对于环境保护重要性的认识表现在多个方面。如：

- 许多国家建立了新的政府部门来处理环境保护问题。
- 许多工业公司出于同一目的而建立了高层次的职位。
- 在政府、产业界和学术界的参与下召开了许多的会议，包括国际层次的会议。

• 涌现了广泛而大量的文献。其中一些是非常专门的。例如，有关石棉方面的文献（Mossman et al.，1990）；有关再循环设计的文献（Bylinsky，1995；Penev and de Ron，1994）。

• 公司也发展起了解决环保问题的专门过程。一般包括：

建立环保领域的方针和目标。

建立公司各职能所实施的行动计划。

进行审核以确保行动计划得到实施。

此外，机敏的公司开始寻求降低解决问题的成本。表 35—2 列举了一些辨识出的问题以及相应的解决问题的机会。

最佳的解决方案是与产业的效益相一致的，这正在日益成为人们的共识（Strong，1993）。

表 35—2　　美国工业的环境问题与解决机会

问题	解决的机会
功能性化学品和原材料	
空气污染	排放控制催化剂、清洁汽车燃料
有毒物质	石棉替代物、氯替代物、PCB 替代物
土壤污染	污水池底衬
石油泄露	石油吸收剂、表面活化剂
臭氧层破坏	CFC 替代物、UV 毒性降解技术
VOC 排放	能量涂层、防放射涂层、水涂层
水污染	水处理化学品
食物	
咖啡因	超临界液体提取
废弃包装污染	再循环和可降解包装
脂肪	脂肪替代物、“清淡”食品
短的储存期	抗氧化剂、灭菌包装、真空包装
糖	低热量甜味剂
环境管理	
有毒物质处理	石棉去除、废料补救
有毒物质预防	过程再设计、废油再循环、废物预防和最小化
污染检验和监测	实验室分析服务、探测器
固体废料储存和处理	废物再循环、焚化
水供应	低水耗过程、水净化、水再循环
医疗保健与人身安全	
汽车安全	气囊、防抱死制动系统（ABS）
生物不相容性、排异	抗血栓生物材料、可降解生物植入物
疾病诊断和治疗	诊断试剂、仪器、服务
设备安全	检验和试验服务
医疗废弃物污染	医疗废料最小化、焚化
个人安全	防火材料、保护性服装
产品损害	防损害包装
药物副作用	可控释放的给药系统、生物传感器

参考文献

ASQC (1980). "Consumer Attitudes on Quality in the United States." American Society for Quality Control, Milwaukee.

Best, Arthur (1981). *When Consumers Complain*. Columbia University Press, New York.

The Business Roundtable (1978). *Cost of Government Regulation Study for the Business Roundtable*. This is a study of the direct incremental costs incurred by 48 companies in complying with the regulations of six federal agencies during 1977. The Business Roundtable, New York.

Bylinsky, Gene (1995). "Manufacturing for Reuse." *Fortune*, February 6, pp. 102-112.

Consumer Reports (1977). "Laetrile, the Political Success of a Scientific Failure." *Consumer Reports*, August, pp. 444-447.

Consumer's Resource Handbook (1980). A publication of the United States Office of Consumer Affairs. Includes: a "complaint handling primer"; where to go for assistance; functions, services and information available from Federal offices; directories of federal, state, and local offices. Available from Consumer Information Center, Dept. 532G, Pueblo, CO 81009.

Crain, W. Mark (1980). "Vehicle Safety Inspection Systems. How Effective?" American Enterprise Instiute for Public Policy Research, Washington, DC.

Dowd, Ann Reilly (1994). "Environmentalists Are on the Run." *Fortune*, September 19, pp. 91-104.

Eginton, Warren W. (1989). "An Overview of Federal and State Legislative Developments in Torts and Product Liability." *1989 ASQC Quality Congress Transactions*, Toronto, pp. 922-931.

Farrow, John H. (1991). "Product Liability." *ASQC Quality Congress Transactions*, Milwaukee, pp. 51-56.

Grant, Eugene L. (1994). "Why Product-Liability and Medical-Malpractice Lawsuits Are So Numerous in the United States." *Quality Progress*, December, pp. 63-65.

Gray, I., A. L. Bases, C. R. Martin, and A. Sternberg (1975). *Product Liability: A Management Response*. (Emphasis is on defense against product liability suits.) American Management Association, New York.

Grove, Richard H. (1992). "Origins of Western Environmentalism." *Scientific American*, July, pp. 42–47.

Harrington, Scott, and Robert E. Litan (1988). "Causes of the Liability Insurance Crisis." *Science*, February 12, pp. 737–741.

Interagency Task Force on Product Liability; Final Report (undated; about 1978.) (A comprehensive study on product liability, including the impact, the legal implications, the insurance problems, and especially, the merits of various proposals for remedy.) Distributed by National Technical Information Service, Springfield, VA 22161.

Juran, J. M. (1969). "Mobilizing for the 1970s." *Quality Progress*, August, pp. 8–17.

Juran, J. M. (1970). "Consumerism and Product Quality." *Quality Progress*, July 1970, pp. 18–27.

Juran, J. M. (1972). "Product Safety." *Quality Progress*, July 1972, p. 30–32.

Juran, J. M. (1977). "Auto Safety, A Decade Later." *Quality*, October 1977, pp. 26–32; November, pp. 54–60; December, pp. 18–21. Originally presented at the 1976 Conference of the European Organization for Quality, Copenhagen.

Juran, J. M. (1995). *A History of Managing for Quality*. Quality Press, 1995.

Kolb, John, and Steven S. Ross (1980). *Product Safety and Liability—A Desk Reference*. (A comprehensive reference treatise: attaining safety throughout the product life cycle; defenses against lawsuits; insurance; reference tables.) McGraw-Hill, New York.

McGuire, E. Patrick (1988). "The Impact of Product Liability." Report 908, The Conference Board, New York.

Mossman, B. T., J. Bigbon, M. Corn, A. Seaton, and J. B. L. Gee (1990). "Asbestos: Scientific Developments and Implications for Public Policy." *Science*, January 19, pp. 294–301.

National Business Council for Consumer Affairs. (1973). *Safety in the Market Place*. (Makes 14 recommendations. along with details for implementation.) Superintendent of Documents, Washington DC, Stock No. 5274–00009.

O'Keefe, Daniel F., Jr., and M. H. Shapiro (1975). "Personal Criminal Liability Under the Federal Food, Drug and Cosmetic Act—The Dotterweich Doctrine." *30 Food-Drug-Cosmetic Law Journal 5*, January.

O'Keefe, Daniel F., Jr., and C. Willard Isley (1976). "Dotterweich Revisited—Criminal Liability Under the Federal Food, Drug and Cosmetic Act." *31 Food-Drug-Cosmetic Law Journal 2*, February.

OSHA Safety Regulation (1977). This is the report of a presidential task force assigned to review the safety regulatory practices of the Occupational Safety and Health Administration. American Enterprise Institute for Public Policy Research, Washington, DC. 1977.

Penev, Kiril D., and Ad J. deRon (1974). "Development of Disassembly Line for Refrigerators." *Industrial Engineering*, November, pp. 50–53.

Peterson, Esther (1974). "Consumerism as a Retailer's Asset." *Harvard Business Review*, May-June, pp. 91–101.

Rushton, Brian M. (1993). "How Environmental Protection Affects U.S. R&D." *The Bridge*, National Academy of Engineering, Washington, DC, Summer, pp. 16–21.

Scofield, Eugene L. (1986). "A Quality System for Labeling Excellence." *ASQC Quality Congress Transactions*. Anaheim, pp. 159–161.

Sentry (1976). *Consumerism at the Crossroads*. Results of a national opinion research survey on the subject. Sentry Insurance Co., Stevens Points, WI.

Smith, Lee (1991). "Trial Lawyers Face a New Charge." *Fortune*, August 26, pp. 85–89.

Strong, Maurice F. (1993). "The Road from Rio." *The Bridge*, Summer, pp. 3–7.

Travelers Insurance Company (1972). *The Act and Its Principal Features*, Explanation of the Consumer Product Safety Act. The Travelers Insurance Companies.

Travelers Insurance Company (1973). *A Management Guide to Product Quality & Safety*. Sets out contributions and responsibilities of various company functions, relative to product safety. The Travelers Insurance Companies.

Tye, Josh B. (1988). "The Anatomy of a Voluntary Safety Standard." *1988 ASQC Quality Congress Transactions*, Dallas, pp. 238–244.

Wargo, John J. (187). "Product Safety and Product Liability—An Overview." *1987 ASQC Quality Congress Transactions*, Minneapolis, pp. 77–83.

Watanabe, Chihiro (1993). "Energy and Environmental Technologies in Sustainable Development: A View from Japan." *The Bridge*, Summer, pp. 8–15.

(焦叔斌 译)

第 36 章

质量和民族文化　J.M. 朱兰（J.M. Juran）

引言
资本主义经济中的质量
　质量竞争
　直接的市场反馈
　社会保护
　文化差异
　多国合作
　参考文献

引言

追求高质量的目标对于所有国家都是共通的。这一共通的目标必须与处在政治的、经济的和社会的巨大力量的影响之下的国家的其他目标相竞争，这些力量决定着一个国家的优先次序。本章将讨论这些力量以及它们对于实现高质量这一问题的影响。

国际贸易和跨国公司的成长要求必须注重理解一国的文化对于质量管理的影响。为了促进这种理解，有关这一主题的内容将按照以下分类来组织：

发展中的经济。在这种经济形态中的质量管理问题将在 37 章“质量在发展中国家”中讨论。

其他的经济。其他特定的经济形态中的质量管理问题将在以下章节中讨论：

- 第 38 章　质量在西欧
- 第 39 章　质量在中东欧国家
- 第 40 章　质量在美国
- 第 41 章　质量在日本
- 第 42 章　质量在中国
- 第 43 章　质量在拉丁美洲

在所有类型的国家经济形态中，都存在着影响其目标优先次序的自然资源状

况和其他限制。然而，一个更为巨大的影响力量是人的领导力和决心。从历史上来看，人的力量在决定目标能否实现方面要比自然资源起着更加重要的作用。

“资本主义”、“社会主义”和“发展中的”这些说法是贴在一些极其复杂的概念之上的简单标签。“资本主义”的宽泛定义是生产和分配手段的私人所有制，这是与社会主义的国家所有制相对照而言的。但是，所有自称的资本主义国家都有某种程度的国家所有，例如在健康、教育、交通以及通讯等事务方面。类似地，所有自称为社会主义的国家也在不同程度上含有一些生产产品和服务的私有企业。同样，从工业的意义上而言的那些“发展中的”国家，在其他方面可能是高度发达的，如在政治或社会方面。这里必须提醒读者的是，诸如“资本主义”、“社会主义”、“发展中的”等的使用只是相对的含义，不能被认为是绝对的概念。

本章以及相伴随的第 37～43 章的主题显然会令那些从事（或预期从事）国际性经营活动的人士感到有兴趣和重要。随着贸易壁垒的逐渐消除，这类经营活动正在变得日益广泛。然而，政府壁垒的消除对于文化壁垒的影响甚微。这将持续作为一个问题存在下去，除非人们能够认识、理解和重视文化模式（及其背后的原因）。

就经济意义上而言，资本主义发达国家属于“关键的少数”。发展中国家是绝大多数，它们占陆地面积的绝大部分，包括了地球上的大部分人口。然而，世界上的大多数商品和服务却是由资本主义发达国家生产出来的。这种更大的重要性（在经济意义上）表明，那些从事国际贸易的人士必须对于相应国家的主导文化有一个基本的了解。

资本主义经济中的质量

所有的资本主义经济都表现出了一些基本的相似性，它影响着质量相对于其他的经济目标的重要性。

质量竞争 资本主义社会允许甚至鼓励企业间的竞争，包括质量的竞争。在质量方面的竞争具有多种形式。

创立新企业 新企业诞生的一个常见的原因便是货物或服务的质量低劣。例如，某个社区的人口已经超过了当地食品店或餐馆的服务能力，因此顾客必须排长队等候以获得服务。在这种情况下，创业者就会意识到市场的机遇而创办一个新的企业，用更优质的服务来吸引顾客。

创办新企业的简易对于质量改进而言是一个远比人们通常所认识到的大得多的促进力量。所有的经济，无论是资本主义还是社会主义，在商品短缺时都会面对质量低劣的问题。创立新企业是缓解短缺的一个途径，这意味着消除了导致质量低劣的一个基本的原因。

产品改进　质量竞争的一个通常形式是通过改进产品以使之对用户更具吸引力，从而面对现有产品的竞争能够成功地胜出。这些产品的改进主要是由公司内部的产品开发进行的。此外，有些产品改进是由一些独立人士所设计的，他们或者会创建一个新的公司，或者将他们的构思卖给现有的企业。

新产品　其中既可以包括“产品”，甚至还可以包括新的系统性方法，如最大限度减少用户维护的设计方案。今天的工业巨头有许多是建立在新的系统概念上的。正如产品改进一样，新产品可以内部开发，也可以自外部购买。

质量竞争会导致产品和设施的重复。有些经济学家认为这些重复是一种浪费。然而，它的总的效果是促使生产者优胜劣汰，从而为用户带来利益。

直接的市场反馈　在资本主义经济中，企业的收入取决于其销售产品的能力，不管是直接到达用户还是通过中间销售环节。如果低劣的质量导致了过多的退货、投诉或是商品卖不出去，这对制造商就是警告的信号，这是采取纠正行动的前提条件。

低劣质量对于制造商的收入所带来的严峻而直接的影响具有有益的副产品，这便是迫使制造商持续改进其市场研究和早期预警信号，以便能够及时地对麻烦作出响应。

与市场的直接连接不只是接收投诉和其他的质量不好的信息，尽管这的确很重要。但更为重要的是，在产品投放市场和制定销售计划之前与市场的联系。在资本主义经济中，自主经营的公司都是自己来预测预期的销售量。它们的繁荣的能力依赖于它们实现其预测的程度。潜在的利益与损害均迫使公司重视市场的需要，因为这是它们收入的源泉。

社会保护　资本主义企业的自主经营可能会导致企业虚假宣传产品，销售不安全的产品，破坏环境，达不到其保证，等等。这些做法的影响如此之大，以至于引起了广泛的预防性立法。有关这方面的内容请参见第 35 章“质量与社会”。

文化差异

文化差异表现在许多方面，包括：

- 语言。许多国家有多种语言和许多的方言，这成为了沟通的严重障碍。
- 习惯和传统。这些以及相关的文化因素提供了指导决策和行动的先例和前提。
- 公司的所有制。所有制的形式决定了长、短期战略的结果如何，以及所有者与非所有者的动机差异。
- 管理企业的方法。管理的方法取决于许多的因素，如是依赖于系统还是人员；经理接受专业培训的程度；计划与实施分离的程度；单一公司的职业生涯

和非固定的职业生涯等等。

• 猜疑。有些国家中，存在着因远古的战争、宗教差异、不同部族等导致的仇视的历史。由此而导致的相互猜疑一代代流传了下来。

显而易见，在同某一文化的成员进行谈判之前，了解其文化特征是非常重要的。公司在把雇员派到境外之前，为其提供专门培训的做法已变得日益普遍。类似地，当公司在国外建立分支机构时，它们通常会培训当地人使其能够有资格担任高级职位。

多国合作

跨文化的合作是一个多面性的问题。例如，某个系统在A国设计，但其子系统的设计可能来自其他国家。相应地，来自多个国家的公司供应零部件，进行生产、营销、安装、维护等等。

有众多的方法来协调这样的多国性的活动，其中被广泛应用的包括：

• 标准化。这是通过诸如国际标准化组织（ISO）、国际电工委员会（IEC）等来实现的。这方面的一个特别的应用是所谓的联合质量保证颁布（the Allied Quality Assurance Publication，AQAP）标准，这种方式在北大西洋公约组织国家中被广泛应用于多国合同的场合。各类组织所使用的一些标准列在附录Ⅲ“质量标准、规格与相关文件选录”中。

• 财团。这种形式包括创立来自不同国家的公司的联盟。财团通常致力于某一专门的项目，如空中客车的例子［详见 Debout（1978）］。

• 合同管理。在许多情况下，主承包商为分包商（其中也可以包括财团）提供的协调性的服务。［参见 McClure（1979）有关 F16 战斗机的讨论。也可参见 McClure（1976）。］

• 技术转移。这方面有很多广为人知的途径：国际性的专业社团及其委员会；联合会；交换访问；培训课程和研讨班。这类活动在大型的多国公司的内部也有实施。［有关多国质量委员会的例子请参见 Groocock（1978）。］

参考文献

Debout, E. (1978). “European Aerospace Cooperation and Quality.” *International Conference on Quality Control*, Tokyo, pp. A1-11 to A1-16.

Groocock, J. M. (1978). “Quality Councils—A Means for International Cooperation.” *International Conference on Quality Control*, Tokyo, pp. A1-17 to A1-22.

McClure, J. Y. (1976). "Quality—A Common International Goal." *ASQC Technical Conference Transactions*, Milwaukee, pp. 459–466.

McClure, J. Y. (1979). "Procurement Quality Control Within the International Environment." *ASQC Technical Conference Transactions*, Milwaukee, pp. 643–649.

（焦叔斌 译）

第 37 章

质量在发展中国家

伦纳特·桑德霍姆（Lennart Sandholm）

不同的国家群体
贸易全球化与自由化
发展中国家的技术
阻碍质量改进的因素
- 购买力低下
- 商品短缺与缺乏竞争
- 外汇的制约
- 基础设施落后
- 领导不力
- 知识不足

产业发展阶段与质量
- 阶段Ⅰ：仅能维持生存的经济
- 阶段Ⅱ：原材料的出口
- 阶段Ⅲ：加工材料的出口
- 阶段Ⅳ：集成制造国内需求产品
- 阶段Ⅴ：工业产品出口

质量活动
质量管理
- 发展阶段
- 关注领域
- UNIDO 质量计划

国家质量推进
标准化
- 国家层次的标准化
- 区域性的标准化
- 国际标准化

认证
- 产品认证
- 体系认证
- 认证的全球互认

出口检验
立法
国家质量促进
- 国家质量奖

教育与培训
- 国家层次的教育培训
- 国际层次的教育培训

外部援助
- 来自国际组织的援助
- 双边援助
- 来自跨国公司的援助

制度基础
- 国家标准机构
- 国家质量委员会

专业社团
结论
致谢
参考文献

不同的国家群体

国家常被人们区分为“发展中的”或“发达的”。这种说法颇易产生误解，因为有些国家虽被归类为发展中的国家，但在许多方面比某些所谓的发达国家要更为先进。例如，当考虑诸如道德、文化、社会关系、民主权利和平等机会等这些人类生活的要素时，情况便是如此。较为确切的划分应该是“工业化”和“欠工业化”国家，或者代之以“经济发达国家”和“经济欠发达国家”。事实上，这才是发达国家与发展中国家类型划分的真实含义。

无论是发展中国家还是发达国家，都不能被视为形成了一个完全同质的群体。同一群体中的各国在工业发展水平、自然资源状况、国家大小、经济实力、市场渠道、国家政策、人力资源和其他方面都有所不同。

发展中国家之间的差异从其他的分类体系中也可以反映出来。在联合国讨论时，“最不发达国家”这一说法是用来指称 50 几个国家。这些国家是国际大家庭中最弱小的成员，存在着严重的结构性问题。“新兴的工业化国家（和地区）”，一般缩写为 NIC，是指近年来从发展中的状态跃升为发达状态的那些国家（和地区）。这一群体中包括了被称为“亚洲小龙”的一些东南亚国家（和地区）。由于苏联的解体，出现了“向市场经济转型”的国家（和地区）。这一群体曾实行集中化的计划经济，目前正在向市场经济转型。

贸易全球化与自由化

关贸总协定（GATT）在 1986—1993 年进行了多边贸易的乌拉圭回合谈判。这些谈判的结局是于 1994 年 4 月在摩洛哥的马拉喀什（Marrakesh）召开的会议上签署了《马拉喀什宣言》。宣言强调，乌拉圭回合谈判的结果将“强化世界经济并在世界范围内带来更多的贸易、投资、就业机会和收入增加”。尽管在 GATT 的框架下一直在推进着关税的降低，但贸易自由化受到了日益增加的诸如出口限制、进口配额等这样的保护主义措施的威胁。乌拉圭回合谈判在抑制保护主义措施方面取得了实质性的成果。

发展中国家积极地参加了乌拉圭回合的谈判并发挥了重要的影响。与此前只是与工业化国家有关的协定相比，新协定对于发展中国家将会在更大程度上产生影响。

新的贸易环境包括了减少补贴以及关税和非关税壁垒，没有保护的更加开放和公平的贸易，商品、服务及“知识产权”的贸易规则。这将使得进入新市场的难度大为降低，同时进口的增加也将使国内市场的竞争更为加剧。在新的竞争环

境下，质量对于发展中国家而言将比以往任何时候都更为重要。

发展中国家对于全球产出的贡献正在迅速增加。根据世界银行的报告（*Global Economic Prospects and the Developing Countries*，1995，p.65），在1995—2010年间，全球产出增长的38%将归功于发展中国家，而在20世纪80年代，这一比例只有22%。到2010年，发展中国家产出在全球产出中的比重将由1994年的21%上升至27%。该报告同时还指出，“发展中国家与全球经济的日益融合，对于无论是发达国家还是发展中国家而言，都是提升长期福利的重要的也许是最重要的一个机会。”

发展中国家的技术

在许多发展中国家，其制造业都可以划分为分别采用不同技术的现代部分、正在现代化的部分和非现代部分。

- 现代部分。这部分由最大的应用现代技术的工业企业所构成，大多坐落在城市地区，这里具有必要的基础设施以及包括熟练工人在内的充分的劳动力供应。这类企业中也包括了跨国公司的分公司。现代部分主要存在于工业化程度最高的发展中国家。
- 正在现代化的部分。这部分主要包括中、小型的工业企业，它们大部分位于城市地区，但也有一部分在农村地区，其所采用的是各种中间水平的技术。处在这一部分中的企业可能会是更大企业的供应商。
- 非现代部分。主要由小型的工业企业和手工作坊组成，它们大多位于农村地区，但也有一些在城市地区，其所采用的是传统技术和改良的传统技术。

有关发展中国家工业发展技术基础的讨论，常常是聚焦于适宜技术的选择以及这些技术的开发、转移和应用。

“适宜技术”一词对于发展中国家来说常常意味着简单的和劳动密集型的技术。这一概念建立在如下观察的基础之上，即工业技术是在发达国家设计的，这些发达国家的状况和发展中国家迥然不同。适宜于发展中国家状况的才是最需要的技术。

适宜技术这一概念中所包含的要素远不限于经济效率和经济增长，还包括诸如就业、工作条件和基本需要供给等因素。这意味着，由于各种影响因素的重要程度不同，不同的国家会有不同的适宜技术。

阻碍质量改进的因素

发展中国家在质量方面面临着若干的问题。这些问题的性质因该国所处的发

展阶段而异。因此，这些问题的解决办法也不尽一致。

越来越多的发展中国家实行了经济的自由化并采取了出口导向的政策。这种变化使得人们对于质量的重要性有了日益深刻的认识。

作者与许多发展中国家的代表的讨论表明，有若干的因素阻碍着发展中国家的质量改进，其中的一些主要因素有：

购买力低下　大部分人都很贫穷。他们的购买决策主要基于价格的考虑。制造商也因此只是追求低价格，使用廉价和质量低劣的原材料。

商品短缺与缺乏竞争　商品的短缺让制造商感到有一种保证，即他们生产出的任何东西都可以卖掉，因此他们对于质量没什么兴趣。对进口的限制以及很高的关税壁垒保护着本地商品不受工业化国家所生产商品的竞争。

外汇的制约　大多数发展中国家的外汇都很紧缺，工业领域只得和其他经济领域争夺并不宽裕的国家外汇。由此而造成了工业部门的过时技术、落后机器设备和劣质原材料，所有这些都对质量有着负面的影响。

基础设施落后　基础设施难以令人满意。大多数发展中国家的能源供应、交通、通讯、教育等都存在缺陷。此外，对于质量的提高非常重要的一些专门服务领域都比较落后，如标准化、测试、培训、咨询等，不能满足企业的需要。

领导不力　商业活动的视野比较短浅，由此而形成了一种数量导向的管理文化。企业领导人主要依靠的是少数关键的人员。忽视企业活动的全面协调。质量被看做只是技术性的问题，由技术人员负责管理。企业的所有者以及高层经理人员没有意识到质量的战略性作用。

知识不足　工业部门中的人员的技术和管理知识普遍有限。在一些发展中国家，职工队伍的流动性与知识不足的问题交织在一起（在 3～6 个月内有 20%～50%的员工被置换的情况并不罕见）。在这样的情况下，很难建立起一支熟练的职工队伍。许多发展中国家的高文盲率使这一问题更是雪上加霜。

产业发展阶段与质量

从原始的仅能维持生存的农业经济一直到生产出口产品的高级经济形态，产业的发展通常以一种明显的阶段性方式向前进行。这一过程可以区分为如下的五个发展阶段（Juran，1975）。

阶段Ⅰ：仅能维持生存的经济　经济活动主要表现为供当地消费的生活必需品的生产（农业、渔业等等）。质量很低，缺乏质量标准、技术、检测设施等。质量控制主要表现为乡村市场上的消费者对于产品的检验。

阶段Ⅱ：原材料的出口　在这一阶段，经济活动主要以诸如水果、纤维品和矿产品之类的天然原材料的出口为主。要在国际市场上出售这些产品，就必须达

到通常高于国内的国际的质量标准。质量的改进就成为了必做的事情。出口合同中通常包括了必须满足的质量规格、所采用的测试方法以及遵循的抽样程序。为此就要求有测试实验室、仪器设备以及相应的知识。为了提供必要的服务，出现了国家的标准机构。

阶段Ⅲ：加工材料的出口 这一阶段开始了原材料的本地加工，经济转向了加工材料的出口，而不再出口原材料。例如，金属取代了矿石，木材取代了原木，罐头制品代替了新鲜水果。经济活动中现在必须有技术性过程的获取、运行和维护。加工产品的国际性质量标准必须得到满足，因而必须引入过程控制。涉及质量的供应商关系必须建立，因为包装材料、原材料等是由国内的其他企业提供的。标准机构的传统工作得到了扩展。此外，随着质量管理专门工具（统计方法、质量计划、供应商质量活动、质量的组织等）的引入而出现了新的需要。这对培训和咨询提出了要求。

阶段Ⅳ：集成制造国内需求产品 这一阶段的经济担负起了国内所需的现代工业产品和消费品的集成制造。产业界必须在工业生产的各个环节来管理质量，从确定市场需要开始，一直到产品的开发、设计、制造和营销等。这不仅需要有培训和咨询服务，而且还需要通过研究工作、交流会和研讨会、出版、质量社团活动、同行交流等方式，来发展专业领域。

阶段Ⅴ：工业产品出口 最后，工业产品销往国际市场，在此必须与来自工业发达国家的产品进行竞争。国外买主日益要求供应商要符合质量管理体系的系列国际标准(ISO 9000)。产业界必须建立、文件化和导入这一体系。在许多场合下还必须使体系获得授权机构的认证。这意味着产生了 ISO 9000 培训和审核质量管理体系的需要。认证机构也必须获得认可，这又意味着审核员必须获得注册。

质量活动

不同的产业发展阶段要求以不同形式的活动来获得、改进和控制质量。这些活动在仅能维持生存的阶段主要表现为消费者的检验活动。

工业化的早期阶段对于标准化活动有着不断增长的需要，这些活动如包括规格、测试方法、抽样方法在内的标准的制定等。同时还必须建立应用计量、法制计量以及国家的测试能力。有时还要导入对于规定产品的认证要求。这些任务通常都由国家标准机构来承担。

随着工业化的进行而出现了新的需要，这些需要完全依靠传统的国家层次的标准化活动已经难以满足。这些新的需要不得不主要依靠内部的质量活动，如质量计划、设计评审、新产品测试、供应商调查与控制、过程能力分析、检验计划、质量审核、质量评价、质量数据反馈、不良质量成本分析、标高分析、质量

改进项目和组织发展等等。有关这些活动的知识以及相应的工具（质量管理方面的）便十分必要，由此而产生了教育与培训、质量专家与质量经理的培育、咨询帮助等方面的需要。这些需要是通过包括培训课程、交流会和研讨会、研究委员会、出版和/或质量社团等多方面的措施来满足的。

所以，质量活动的范围非常广泛，各种活动的重要性取决于所处的产业发展阶段。基本上，这些活动可以分为如下几类：

- 消费者检验：消费者在市场上检验产品。
- 标准化：术语、抽样方法、测试方法、规格、惯行规范和质量管理体系的国家标准；应用计量与法制计量；国家测试设施；认证；立法。
- 质量管理：应用管理工具来计划质量，实现和控制质量，追踪和改进质量，成立质量组织机构并建立该领域的能力。

图 37—1 表明了在产业发展过程中的质量措施的发展。图 37—2 说明了这些活动的相对重要性。显然，重点是逐渐从消费者检验向标准化，再由标准化向质量管理不断转移的。

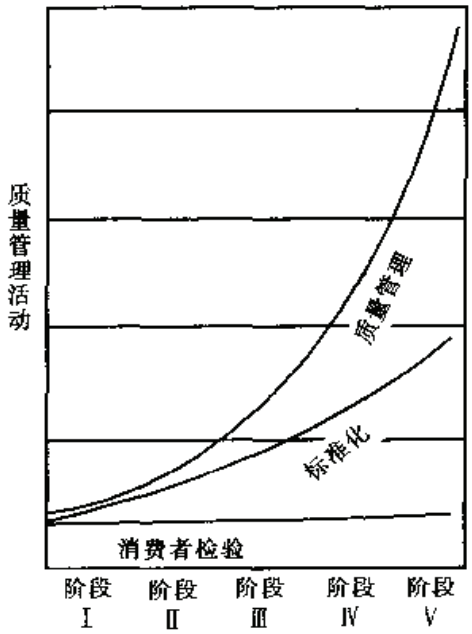


图 37—1　产业发展过程中的质量活动的增长

资料来源：Juran（1975）.

质量管理

发展阶段　人们对于质量领域的兴趣在不断增加。在过去的十多年间，工业化国家中越来越多的公司都开展了各种形式的质量活动。管理类刊物用大量的篇

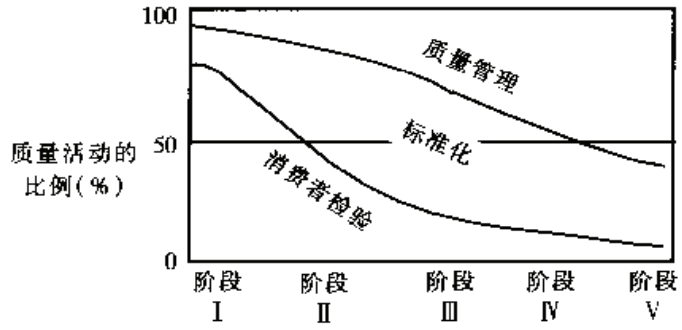


图 37—2 质量活动的相对重要性

资料来源：Juran (1975).

幅来讨论质量问题。以质量为主题的全国性及国际性的会议也在频繁举行。

这一发展态势也同时影响着发展中国家。那些工业化程度较高的发展中国家对于质量的兴趣可以与发达国家相媲美。其他的国家也正在表现出这方面的兴趣。

在制造企业和服务机构中的质量活动的发展可以分为五个阶段（Sandholm, 1996）。

• 静止阶段：公司没有感受到来自市场的任何威胁。它们能够获得过得去的收入。高层主管对于企业的业绩感到满意。他们觉得没必要特别地关注什么质量。

• 清醒阶段：局面有了巨大的改变。市场份额被蚕食，收入在减少，盈利变成了亏损。高层主管开始清醒地意识到他们正面临危机。

• 求索阶段：清醒之后，高层管理人员认识到他们必须在质量方面有所作为。做什么呢？有很大可能他们会选择那些流行的工具和方法，这些东西在各种管理文献、研讨会、交流会上备受瞩目。由于缺乏对于质量管理的知识，高层管理人员只能选择手边的东西。求索阶段是一个试错的时期。

• 行动阶段：有些公司发现时髦的工具和方法并不能带来卓越的成果。它们于是开始实施改变局面的有效计划。这样的计划包括了重塑企业的内部文化以及对于产品和过程的改进。

• 成熟阶段：成熟的一个显著标志便是企业不再谈论质量。通过组织所有领域的完善过程而实现了完全的顾客满意。质量概念不只是应用于产品，亦即所生产的货物和服务，而且应用到了所有支持性的活动。质量举措是全面的，包括了全部的过程和职能以及组织的所有成员的参与。质量只是工作的一个自然的方面，渗透在了整个组织中。高层管理人员以看待财务的同样方式来看待质量。那些成功的日本公司已经步入了成熟阶段。在西方，美国的马尔科姆·鲍德里奇国家质量奖和欧洲质量奖的得主可以认为已经进入了成熟阶段。

在西方工业化国家，静止阶段一直延续到 20 世纪 70 年代末，直到与日本的竞争导致了清醒阶段的到来。日本的清醒阶段发生在 30 多年前。西方正处在求

索过程中。西方的大部分公司仍未到达成熟阶段。

大多数发展中国家由于其政府保护本国制造业免受外国企业竞争的政策而仍处于静止阶段。不过，在 20 世纪 90 年代初期，许多发展中国家的政府采取了经济自由化和向外国竞争者开放市场的政策。对本国企业而言，这意味着它们开始进入清醒阶段，紧接着的便会是探索阶段。

西方工业化国家的进展强烈地影响着发展中国家在质量领域中的举措，特别是那些工业化程度较高的发展中国家。在西方国家的探索阶段所流行的那些方法和工具同样也将在发展中国家得到应用（尽管稍晚一些）。

这些流行的方法和工具包括：零缺陷、品管圈、统计过程控制、质量机能展开（QFD）、七种工具、全面质量管理（TQM）、ISO 9000、标高分析、过程再造等等。这些类型的方法和工具通常会表现为由崭露头角到万众追捧再到销声匿迹这样一个轨迹。

这一领域中的一场真正的爆发发生在 20 世纪 80 年代，当时许多西方企业发现它们正在被日本公司逐出竞技场。这些西方公司感到它们必须做些什么并愿意尝试任何东西。

这些方法和工具本身并没有错。错在采用的方式上。它们被用作质量改进的通用方法和工具，但这样一种方式却只能带来一些边际的成效。只有当分析表明它们是消除特殊问题的适当措施或是能更好地满足顾客的需要时，这些方法和工具才应当被应用。对于所有其他的那些尚未流行开来的质量领域中的方法和工具，即使它们可能会具有更大的效果，这一点也依然如此。

关注领域　在 20 世纪 90 年代，有三个领域受到人们越来越大的关注，这便是全面质量管理、ISO 9000 标准和国家质量奖。在这一方面，工业化程度较高的发展中国家与市场经济发达的国家相比没有什么两样。

全面质量管理　先前，质量概念只是与产品，亦即一个组织生产和提供的货品和服务相关联的。现在，质量概念日益应用在一个更为广泛的意义上。这一概念最为普遍的内涵是指全面的质量，它包括了企业的所有内部过程和职能以及组织内的每一成员参与的质量。

正是在这样一种意义上，人们频繁应用着“全面质量管理”这一短语。日益增多的以全面质量管理为题的会议论文被提交上来。但其中的许多论文并非在讨论全面质量管理。它们只是针对某些狭窄的概念和工具而已。有关确实是在实施全面质量管理的发展中国家企业的经验介绍，事实上是非常罕见的。

ISO 9000　ISO 9000 这一质量体系的系列国际标准业已产生了巨大的影响。越来越多的发展中国家的企业从这些标准中获得思路来作为建立和引入质量活动程序的基础，当然主要是针对与产品质量相关的活动。越来越多的质量活动倾向于围绕 ISO 9000 来进行。

对大多数企业来说，依据 ISO 9000 系列标准的要求来建立、文件化和实施

质量体系的背后驱动力量是商业性的。发展中国家的企业发现，如果不实施文件化的质量体系，它们就不能被发达国家的客户接受为供应商。或者它们会发现公司的市场份额正在被那些具有基于 ISO 9000 标准的质量体系的竞争者所夺去。

在促进 ISO 9000 标准的应用方面，国家标准机构是非常积极的。推广材料分发频繁。由于这些机构的推动，ISO 9000 在媒体上获得了广泛的关注。交流会、研讨会此起彼伏，以宣传 ISO 9000 的价值所在。

应用 ISO 9000 这一质量举措的前提是要有一个国家层次上的基础架构(参见下文"制度基础")。企业需要国家提供咨询、培训、审核和认证方面的服务。此外，这一架构还要提供认证机构的认可和质量体系审核员的注册(参见下文"认证")。

联合国工业发展组织（参见下文"外部援助"）在发展中国家和拉丁美洲与加勒比海地区、非洲、亚洲、东欧的新兴经济体中，就 ISO 9000 系列标准以及标准对于这些国家贸易活动的影响进行了一项调查活动(United Nations Industrial Development Organization,1996)。调查对于中小企业给予了特别的关注。调查结果表明拉丁美洲对于 ISO 9000 的认识程度最高,而非洲则最低。跨国公司和大型的全国性企业的认识程度最高,中小企业的认识程度则很低。ISO 9000 被出口商视为至关重要的,尤其是在拉丁美洲和亚洲。非洲的情况则不同。ISO 9000 对于进口商几乎没有什么重要价值,对于面向国内市场的生产商也没有太大的关联。

UNCTAD/WTO 国际贸易中心（参见下文"外部援助"）已出版了两本关于在发展中国家的中小企业中实施 ISO 9000 的著作。一本是与国际标准化组织(参见下文"外部援助")联合出版的指南（International Trade Centre UNCTAD/WTO and International Organization for Standardization，1996），该书提供了实施 ISO 9000 质量管理体系要素的方法论的指南，以及企业如何准备第三方认证的指南。第二本书是关于质量管理基本概念的一本手册（International Trade Centre UNCTAD/WTO，1996)。该书介绍了 ISO 9000 标准的结构与内容，并讨论了质量管理体系的建立、实施、审核和第三方认证。

国家质量奖 为了促进质量，越来越多的发展中国家建立了国家质量奖计划。20 世纪 90 年代早些时候，这些计划首先出现在一些工业化程度较高的发展中国家。这些计划大多以美国的马尔科姆·鲍德里奇国家质量奖或者欧洲质量奖为蓝本。

质量奖已成为推动制造商、服务提供商质量意识的国家计划的重要组成部分(参见下文"国家质量促进")。

UNIDO 质量计划 联合国工业发展组织（UNIDO）为发展中国家企业的质量发展设计了一项计划（Maizza-Neto et al.，1994)。这一计划称为 UNIDO 计划，它基于一种系统性的做法，旨在持续改进组织生产过程的每一方面以提高质量并降低成本。该计划认为产品质量差和生产率低下是影响发展中国家许多企业生存能力的主要障碍。

该计划提出的体系主要包括两部分：内部质量环和外部管理环（见图37—3）。内部质量环包括了实现规格和顾客满意的主要活动。外部管理环涉及企业的运行绩效。企业的运行指标要建立起来，以此使企业的决策者来监测和纠正重要的战略决策的效果。其实施始于调查企业决策者所关注的重要事项。一旦变革的优先次序得以确定，便可以获得 UNIDO 的技术援助，这种援助采取国内或国际咨询人员的专家建议的方式，以此支持试点企业的现代化。效果将依据运行指标来连续加以评价。为了评价这些指标，UNIDO 开发了两套计算机软件：经营环境战略工具包 BEST（business environment strategic toolkit）和财务改进工具包 FIT（financial improvement toolkit）。BEST 协助经营者来经营和管理企业，FIT 则协助与战略相关的财务决策。

上述这一方法已在 10 个拉丁美洲国家的 95 家从事生产资料生产的公司得到了成功的应用。同一方法正计划应用于 7 个非洲国家的食品加工业中。

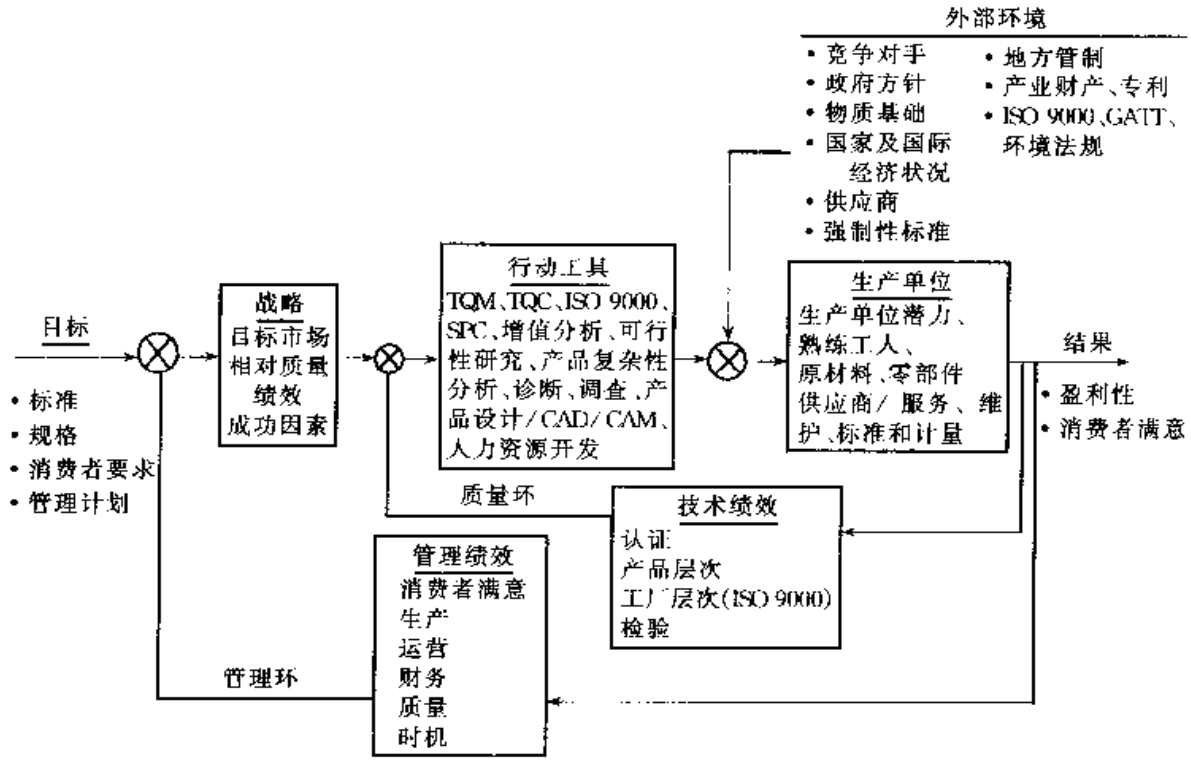


图 37—3　UNIDO 质量计划的内部质量环和外部管理环

资料来源：Maizza-Neto et al., 1994.

国家质量推进

发展中国家的质量问题具有这样的性质，即它无法在一个公司的层次上得到解决。事实上，在国家层次上的努力是必不可少的，这在很大程度上依赖于一国的国家政

策。在有些国家,是由政府带头来建立有效的质量活动的途径。全国性的活动包括:

• 标准化。制定包括术语、抽样方法、测试方法、规格、质量管理体系和惯行规范等在内的国家标准。

• 认证。通过认证以证明产品符合标准以及与质量相关的各项活动是依据某些质量管理体系标准实施的。

• 出口检验。确保某些出口商品的质量通过离岸前的检验。

• 立法。通过国会和立法机关的法案来实施标准化、认证、认可、出口检验和其他的要求。

• 国家质量促进。推动普遍的质量意识的全国性计划。

• 教育和培训。培训必要的知识和技能,并对人们的态度产生积极影响。

• 外部的援助。通过国际组织的援助、双边援助项目、多国合作以及其他的来源以缩短发展的历程。

• 制度基础。由机构在标准化、认证、认可、测试、计量、质量咨询和培训等方面提供服务。

• 专业社团。建立质量专业人员和实践者的专业能力。

在全国层次上所要采取的措施,主要依赖于各发展中国家的政府。具体的实施方式取决于政府的政策。有些发展中国家实行的是集中的计划经济,在这些国家常常可以看到对于政府机构和立法的高度依赖。有些国家只有某些最基本的需要(如标准化、教育)是由政府来满足的。在发展中国家有一种朝着更少的政府干预和更多的解除管制这一方向发展的明显趋势。

标准化

标准化在促进一国的产业和经济发展过程中扮演着重要的角色。许多发展中国家已经认识到这一点,因此而建立起了全国性的负责标准化事务的机构。

标准化是指对特定活动制定和实施标准的过程。一般存在着若干种类型的标准:

• 术语标准。在技术的和法律的文件中所用的术语必须加以明确的定义。术语和符号是沟通的工具。

• 基础标准。有关计量单位的标准是贸易、工程、医疗保健等活动的前提。在诸如土木工程、电机工程和机械工程等领域中也存在着相应的基础标准。

• 尺寸标准。元器件只有制造得符合一定的标准尺寸才有可能实现互换性。

• 性能标准。对消费者来说,反映产品适用性的评价标准是非常重要的。这些以及有关安全的要求都要反映在性能标准当中。

• 试验和检验标准。试验和检验数据会因所采用的方法而异。所以,标准必须说明所用的设备、所遵循的程序以及所获数据的评价方法。其中还要包括所

用的抽样程序。

• 质量体系标准。在采购机器设备和原材料过程中，工业品采购商日益要求供货方满足质量体系的系列国际标准（ISO 9000）的要求。为此，越来越多的发展中国家将这些标准采用为了本国的国家标准。

国家层次的标准化　国家层次的标准化活动由国家标准机构来组织实施。这一机构，通过政府的全面认可（许多发展中国家则通过立法），负责制定和发布国家标准，以及负责国家标准的及时修订。在制定标准中，国家标准机构要充分应用来自制造商、用户、政府部门、大学等各方面的知识和经验。这通常是通过建立具有广泛代表性的技术委员会来进行的。

以下是国家标准机构在制定国家标准过程中所遵循的程序（International Organization for Standardization，1994a，pp.32–42）：

1．明确标准化的主题。

2．项目可行性分析以及确认任务的优先次序。

3．批准项目并列入国家标准机构的工作计划中。

4．制定标准。

5．国家标准机构批准标准并公开发布。

作为一个制定标准的例子，图 37—4 给出了津巴布韦标准协会（the Standards Association of Zimbabwe，SAZ）所采用的程序。

图 37--5 给出了一个用以确认国家标准的主体以及确定优先事项的核对表。国家标准可以是强制性的，也可能是自愿性的。强制性标准常常为实行集中控制经济的国家所采用，而实行自由企业经济的国家一般是自愿性标准。但在大多数国家，国家标准的实施则采用一种混合的或选择性的做法。这意味着标准是自愿性的，但那些涉及安全和健康方面的标准除外，这些标准是强制性的。

这种混合的或选择性的做法可满足具有如下特征的许多发展中国家的需要（International Organization for Standardization，1991，p.21）：

1．在产品和服务的生产、分配领域标准意识较低，且整体上人们受教育程度较低。

2．现代工业和传统工业同时并存。

3．小型的或未得到承认的工业，由于其数量众多而构成了实质性的生产规模。

4．在制造和加工能力上存在着广泛的差异。

5．能够保证质量的原材料的供应存在着不确定性。

6．消费者对于标准质量的要求很低或只是偶尔出现。

7．难以确保一个充分的实施机制。

8．必须对消费者的基本健康和安全予以保障。

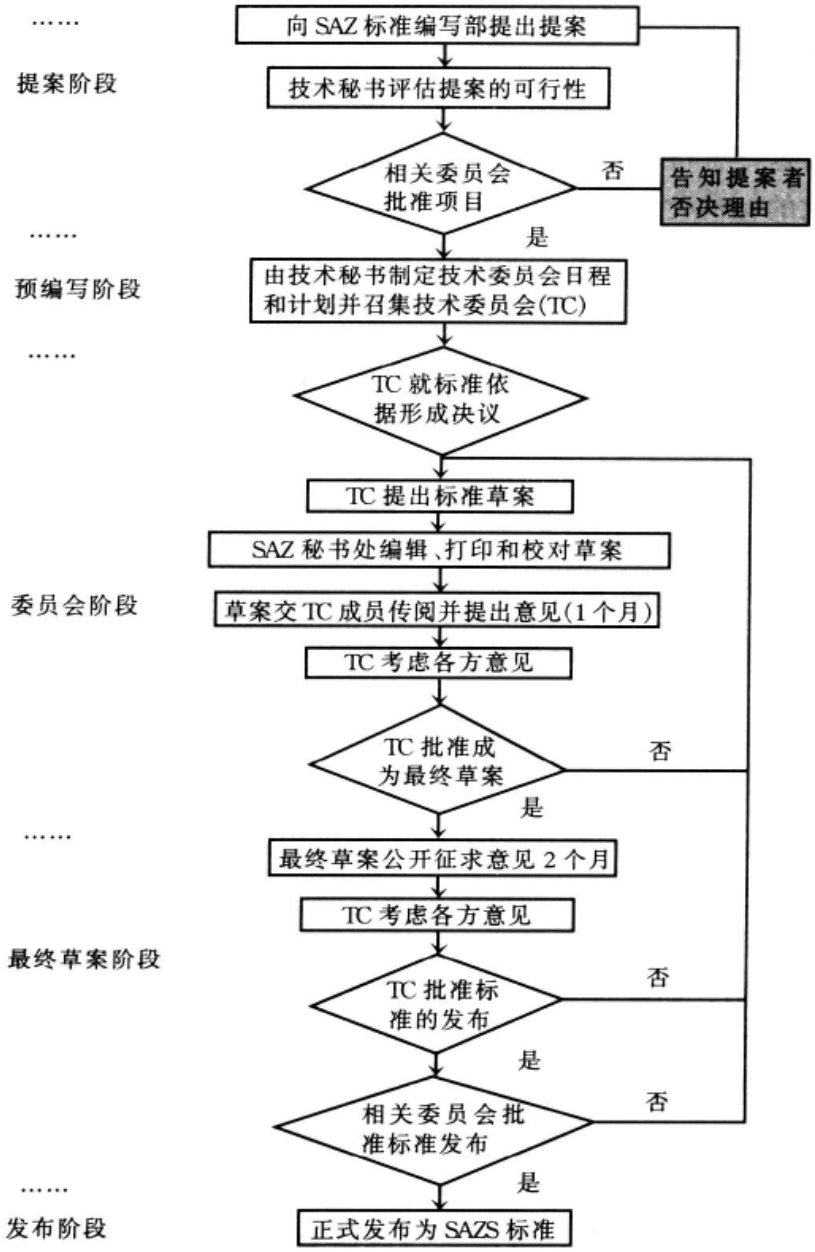


图 37—4　津巴布韦标准协会所采用的标准化程序

资料来源：Mhlanga (1995, p.56).

区域性的标准化　同一地区的发展中国家在气候、文化、政府政策、消费、工业生产等方面有着相似之处。因此，这些国家可能需要有共同的标准。为了承担这些区域性的标准化事务，形成了区域性的标准化组织。

区域性标准化组织存在于非洲（非洲区域标准化组织，ARSO）、阿拉伯国家（阿拉伯标准与计量组织，ASMO）、加勒比海国家（加勒比海共同市场标准理事会，CARICOM）和拉丁美洲（泛美标准技术委员会，COPANT）。

国际标准化　国际标准是国际商业和贸易中一种重要的交流工具。随着贸易全球化的发展，对国际标准化的需要也在与日俱增。

1. 以下哪些目标应包括在标准中？
   相互理解
   健康、安全、环境保护
   界面、互换性
   符合目的
   品种控制
   其他（请说明）
2. 以下哪些方面要进行标准化？
   (1) 术语、符号/记号
   (2) 特性
      • 尺寸
      • 机械
      • 化学（包括微生物）
      • 热
      • 电
   (3) 营销、标签、包装、运输
   (4) 抽样
   (5) 测试
   (6) 其他（请说明）
3. 该标准的具体目标是什么？举例说明。
   (1) 政府的要求，以支持：
      • 公共采购
      • 立法
   (2) 国际/区域性的协调
   (3) 涉及以下方面的商业因素
      • 出口
      • 进口
      • 国内贸易
   (4) 认证
4. 有哪些专业技术技能可以获得？
   (1) 研究机构/大学
   (2) 制造商
   (3) 用户（消费者）
   (4) 独立人士
   (5) 政府部门
   (6) 其他（请说明）
5. 是否设想过这些方面可以概括在
   单独--册
   或有些部分
6. 在 4 或 5 中列出的这些方面是否有哪些方面被规定在国家的立法中？
   请说明该法律的名称
7. 是否有哪些方面被包括在现有的：
   (1) 国际标准
   (2) 国家标准
   (3) 其他的书面规格
8. 标准中包括的要求中有无哪条被你的组织认为是特别重要的？
9. 完成该项目估计需要多少时间？
10. 与其他的技术委员会或外部机构需要有哪些联络？
11. 谁将是该标准的最终使用者（数量和/或姓名）？

图 37—5　确定制定国家标准的领域的核对表

对于发展中国家最为重要的国际标准化机构有以下三个：

• 国际标准化组织（ISO）。国际标准化组织是110多个国家标准机构的世界性联盟，其成员中的相当一部分都是发展中国家。ISO的使命是："推动标准化及相关活动在世界范围内的发展，以促进国际间商品和服务的交换以及建立在知识、科学、技术和经济活动领域的合作。"这些工作导致了以国际标准的形式发布的国际间的共识。

• 国际电工委员会（IEC）。这是一个在电工领域制定国际标准的机构。IEC与ISO之间有着紧密的合作关系。

• 食物标准委员会（The Codex Alimentarius Commission，CAC）。这是由联合国粮农组织（FAO）和世界卫生组织（WHO）为制定食品领域的国际标准而共同建立的一个机构。

标准的制定是一项耗时费钱的工作，发展中国家可以通过采用或改编国际标准作为自己的国家标准而获益。许多发展中国家都不具备制定某些领域标准所必需的专业人才资源。

采用或改编国际标准作为国家标准具有若干的好处（International Organization for Standardization，1986，p.5）：

1. 有助于出口。

2. 带来了进口的灵活性并确保进口的产品和服务等的质量。

3. 促进了技术的转移。

4. 对于制定国家标准起到了补足作用。

5. 为采用国际标准赋予了国家的权威。

国际标准为进入国际市场提供了钥匙，对发展中国家来说，能够看到对本国经济发展至关重要的产品已经制定了国际标准是非常重要的。此外，它们也会关心事关本国居民的安全和健康方面的标准。

发展中国家可能出于如下的一项或多项目的而需要国际标准（International Organization for Standardization，1994b，p.3）：

1. 为了某些重要的出口商品。确保获得与所供数量、质量相一致的公平价格并避免由于不符合不同出口市场的条件而使出口受阻。

2. 为了某些可能影响使用者健康和安全或影响环境的进口商品。为保护消费者和生态环境的政府法规提供技术合理且广为接受的基础。

3. 为了某种在本国向当地或外国顾客提供的服务。维持在一个可以接受的水准上，这一水准将能够确保安全（如房屋建筑、卫生保健等）和/或相对于提供类似服务的其他国家的竞争力（如旅游服务）。

4. 为了与其他国家进行贸易的产品和零部件。确保配合和互换的能力。

5. 为了信息、商业、文化和其他类型的交流。促进国家间的相互沟通。

发展中国家要在它们感兴趣的领域提出国际标准的建议并获得接受可能是很

难的事情。为了帮助发展中国家能够以一种较易为其他国家接受的方式提出其建议，ISO 就如何提出标准动议已出版了一些指南（International Organization for Standardization，1994b）。

认证

认证意味着证实符合特定的要求。它可以有多种形式，最简单的可以只是制造商对其产品符合规格的简单声明，一直到由独立机构证实制造商的运作符合公认的质量管理体系标准的第三方认证。

国家层次的认证常常与标准化结合在一起。这意味着国家标准机构除了从事国家层次的标准化事务之外，还会在国家的层次上进行第三方的认证。

产品认证　这意味着检查并证实产品符合标准。一项产品认证计划的目的是让购买者相信产品达到了一定的质量或是满足特定的质量要求。这种认证超出了卖主关于其产品符合要求的保证，也超出了买主的自行验证，而是采用由公正的机构所运行的系统（第三方认证）来进行。公正的认证机构可以是政府组织，也可以是非政府组织。在发展中国家，通常由国家标准机构来承担这一职责。

在发展中国家，第三方认证项目存在的理由有很多。因为货物的短缺和竞争的缺乏，这在发展中国家的经济中是常见的，产品质量经常是很差的，一个强制性的认证制度能够保证一个最低限度的质量水平。第二个方面的理由是为了促进出口。认证制度对于促使发展中国家打开外国市场的通道是一个极为重要的因素。第三个方面的理由是阻止劣质产品的进口。一些发展中国家非常不幸地被不道德的外国制造商当做了垃圾处理场。

第三方认证可以有多种形式：

- 型式测试。对产品样品根据试验要求进行测试以证实其符合规定的质量要求。型式试验一般由认证机构或公认的测试机构或实验室来进行。
- 审核测试。型式测试后可接着对从市场上购买的或从制造商交运前的产品中抽取的样品进行审核测试，以提供进一步的保证。
- 批次测试。对生产的批次进行的测试。可以是抽样测试，也可以是 100% 测试。
- 现场评价。认证机构的专家视察制造商的工厂以了解其质量控制活动的开展情况。

这些形式可以组合成为各种认证体系（见图 37—6）。经认证符合标准的产品由认证机构（大多数情况下是国家标准机构）许可授予认证标志。产品制造商在申请认证时必须提供如下文件：

1. 公司的章程。

体系 1——型式测试。
型式测试是指根据事先确定的测试方法对样品进行测试以证实产品符合规格的一种方法。这是从制造商和主管当局的角度出发的一种最简单最有限的产品独立认证形式。
体系 2——型式测试加上以审查测试购自公开市场上的样品为形式的随后监督。
以型式测试为基础（见体系 1），但伴有检查随后的生产符合性的跟踪措施。公开市场审查测试意味着对于购自分销商或零售商的备货中的型式测试型号产品的随机审查测试。
体系 3——型式测试加上审查测试工厂样品的随后监督。
以型式测试为基础（体系 1），但伴有检查随后的生产符合性的跟踪行动。审查测试工厂样品意味着定期地审查测试选自制造商出厂前的型式测试型号的产品样品。
体系 4——型式测试加上以对工厂和市场的样品的测试为形式的随后监督。
这一体系基于型式测试（体系 1），但伴有检查随后的生产符合性的跟踪行动。要对取自工厂和市场的样品进行审核测试。
体系 5——型式测试和工厂质量控制评价与验收加上随后的以工厂质量控制审核和对工厂及市场的样品测试为形式的监督。
这一体系是以型式测试为基础（体系 1），结合对制造商的工厂质量控制体系的评价和核准，并伴随有随后的以检查工厂质量体系和审核测试取自工厂和市场的样品为形式的定期监督。
体系 6——只是工厂质量控制评价和验收。
有时被称为是对所审查的企业或制造方法的认证。这一体系是对制造商按照所要求规格生产某种产品的能力，包括制造方法、质量控制组织、其类型和常规的测试设施在内，进行评价和核准。这一体系特别适用于如下的情形，即该规格涵盖了某一类制造业，很可能是某种原材料的制造，但其最终产品有多种不同形式且没有特定的规格。
体系 7——批次测试。
批次测试是指以产品的一个批次作为测试的样本进行测试，据此作出产品符合规格的判断。
体系 8——100%测试。
100%测试是指按照技术规范的要求对认证的每一件产品进行测试。

图 37—6 第三方认证的各种体系的描述

资料来源：International Organization for Standardization and International Electrotechnical Commission, 1992, pp.156-171.

2. 公司组织结构图。
3. 质量控制人员的数量、职衔、资格、已培训的课程和接受培训的小时数。
4. 公司员工通常进行的内部培训课程或接受外部培训的课程清单。
5. 表明检验点、检验频率和所检验的主要质量特性的流程图。
6. 制造过程的简要描述。
7. 管理方针的复印件或摘要。
8. 公司所用的测试计划或规格的复印件或描述。
9. 抽样方案的复印件。
10. 工作指导书或其他相关文件的复印件或范本。

11. 频数表、直方图和/或控制图、检验/测试记录的样品复印件。

12. 针对缺陷所采取措施的概述。

13. 所有项目的保存、隔离和搬运的系统的简要说明。

14. 每一检验点及成品检验所使用的标有公称能力的测量和试验设备清单及其产权归属证明。

15. 校准计划（包括校准频率）的简要说明。

16. 设备维护计划的简要说明。

体系认证　有一种由产品认证向体系认证转变的趋势。这意味着供应商的信誉将通过质量体系的评价和注册而展示出来。

供应商质量体系评价是由独立的认证机构根据公认的质量体系标准来判断供应商的质量体系是否符合标准要求。这里的标准通常是指质量管理体系国际标准中的 ISO 9001 和 ISO 9002（或与此相对应的国家标准）。如果评价表明该供应商的质量体系符合相关标准的要求，则该供应商就进入了一个已认证公司的注册记录当中。这便使得这一注册记录的用户了解到该供应商有能力生产某种产品或产品系列。质量认证机构通过对供应商质量体系的定期复审监督来维持注册的有效性。这将确保质量体系能够持续地与标准保持一致。

在一些发展中国家，国家标准机构承担起了质量体系认证的职责。一旦人员的审核能力培养起来，必要的管理结构建立起来，质量体系认证便成为发展中国家的国家标准机构的主要任务之一。由于对质量体系认证的巨大需求，许多外国认证机构（主要是欧洲）都在发展中国家开展了商业性的质量体系认证。认证成为了当地咨询业的商机。有些不规范的便成立了两个机构，一个为其客户建立质量体系和编写质量手册，另一个则按照质量体系标准 ISO 9001 或 ISO 9002 来认证这些质量体系和质量手册。这些认证机构自身很可能只是由欧洲的某个机构以相当宽泛的条件给予了认定，这使得其颁发的认证证书的效力令人生疑。

对于质量体系认证有效性的怀疑，还在于其对于表现为质量手册、工作程序、工作指导书以及质量体系运行中的各种记录的文件的高度依赖。产品质量和顾客对于质量的认知则未加考虑。这种怀疑在发展中国家比在发达国家要更有根据（Lal，1996a）。在发展中国家，高层管理人员经常只是在口头上关注质量问题，他们把 ISO 9000 认证视为开启本企业产品出口市场之门的“神奇钥匙”。对他们来说，最重要的是获得正式的证书。企业的质量文化并没有因此而有根本性的改变，企业的产品质量也没有实质性的提高。发展中国家的咨询人员、审核人员在质量管理方面的缺乏经验，同样也造成了对认证有效性的怀疑。

认证的全球互认　国际标准化组织和国际电工委员会在 1985 年成立了合格评定委员会（the Committee on Conformity Assessment，CASCO），以鼓励世界范围内从事合格评定活动的组织的最佳惯行。CASCO 有三项基本目标：（1）研究依据适当标准或其他技术规范对产品、过程、服务和质量体系进行符合性评价的

手段；（2）针对产品、过程和服务的测试、检验和认证，质量体系、测试实验室、检验机构、认证机构及其运行和可接受性的评价来制定国际指南；（3）促进各国的和区域性的合格评定体系的相互接受和认可，推动国际标准在测试、检验、认证、评价和其他相关方面的应用（Donaldson，1996）。这些指南可向国际标准化组织索取（参见下文“外部援助”）。

世界范围内的企业 ISO 9000 认证的增长，导致了建立一个全球性的认证互认体系的需要。有鉴于此，ISO 和 IEC 依据 CASCO 的提案，建立了一个称为质量体系评价认可（QSAR）的志愿性全球体系。QSAR 的目标是：确保为 QSAR 计划所认可的任何质量体系认证机构在世界任何地方为任何企业所颁发的认证证书在世界任何地区都得到承认。一旦 QSAR 自身有效运行起来，发展中国家的产品和服务出口便可以从这一世界性的互认体系中获益。

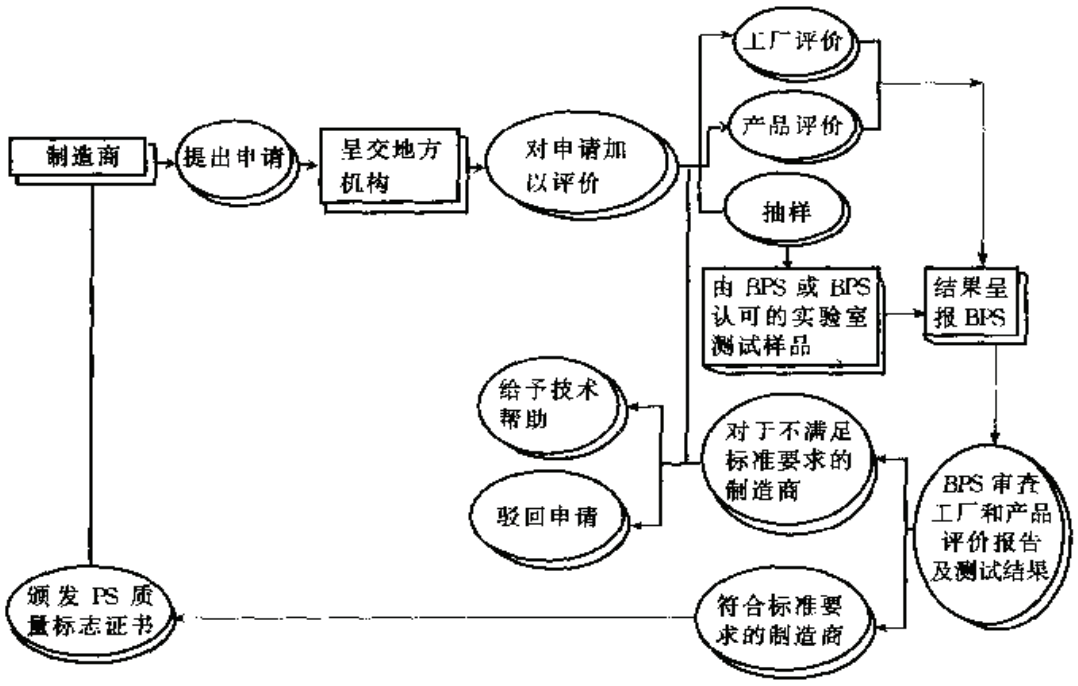


图 37—7　菲律宾所应用的产品认证程序

资料来源：Courtesy Bureau of Product Standards, Philippines.

出口检验

为了向国外购买者保证商品的质量而采用在离岸前对商品进行试验和检验的计划。一些发展中国家为商品出口检验制定了专门的法律。这些法律一般针对那些对国民经济发展具有举足轻重作用的特殊出口商品（椰子、咖啡、可可、水果、黄麻、橡胶等）。

随着市场管制的解除，法律强制的出口检验制度正在逐步被取消。出口检验正在被市场力量所取代，这意味着由贸易双方（出口商和进口商）来就如何确保供货质量达成一致。与此相适应，第三方认证得到了广泛的应用。

一个成功地推动了出口的出口检验计划的例子是泰国的鱼类出口检验计划(Suwanrangsi，1995)。1992 年渔业部成立的鱼类检验和质量控制部（FIQD)，由于其在控制水产品出口质量方面的积极工作，已经获得了澳大利亚、日本、加拿大、欧盟等主要进口国的认可。

泰国的鱼类检验计划包括了养殖检验和离岸前检验。养殖检验一年进行 2～4 次，涉及养殖条件、设施维护、设备、处理操作、卫生和员工状况等方面。离岸前的检验包括对交运批次的抽样检验。根据进口国的要求，还会进行外观、微生物、污染和带毒情况等的测试。FIQD 也向水产业提供有关质量方面的咨询和培训服务。

立法

发展中国家的国家标准机构是根据议会或立法机关制定的法案建立的。这种法案通常被称为“标准法案”，它规定了国家标准机构在促进全国范围内的标准化活动中的作用。有些法律中有时包括了有关标准实施的条款，如食品法案或认证标志法案等。

标准法案也可能会涉及度量衡方面。在一些发展中国家，这些标准由一个单独的度量衡法案所涵盖，其中也包括了重量的测定以及确保其适合贸易要求的测量设备等。

有些发展中国家也有针对某些商品的出口检验的立法。

国家质量促进

越来越多的发展中国家，在有关政府部门和行业及消费者组织参与下开展了旨在全面提升人们的质量意识的全国性计划。这些全国性的计划通常包括如下一些要素：

- 高层的认可。内阁和重要的国家机构予以支持，甚至政府首脑也参与其中。
- 宣传。应用报纸、杂志、广播、电视等公共传媒。
- 交流会、研讨会和其他会议。政界、产业界的领导人物以及质量专家等进行演讲。

• 标语。通过标语牌、小册子、招贴、徽章等来传播诸如“质量第一”这样的口号。

• 徽章标识。活动通常有共同的标识，印在标语、旗帜、小册子等上面。

• 奖励表彰。表现突出的公司和个人通过表彰奖励来加以认可，这些奖项有着很大的知名度。

• 质量月。质量促进活动可以集中在某一个特定的月份开展。

国家质量奖 近年来，通过国家质量奖计划来促进企业质量工作已经成为许多发展中国家提高产业竞争力的重要途径。经验表明，这些计划对于质量和生产率的促进效果在一定程度上超过了 ISO 9000 的作用。评奖标准已成为企业评价自身的形势和引导质量改进工作的尺度。

一些发展中国家如阿根廷、巴西、哥伦比亚、印度、韩国、马来西亚、菲律宾等也都开展了国际质量奖计划（Stephen，1995）。在大多数情况下，这些发展中国家的质量奖计划都是以美国马尔科姆·鲍德里奇国家质量奖或欧洲质量奖为范本来建立评奖方式和评奖标准的。

有些发展中国家的国家质量奖计划由政府机构来负责实施，还有些国家则是由民间的基金会来运营的。阿根廷和巴西采用的是后一种模式。阿根廷的国家质量奖计划是由国会通过立法建立的，其运营则委托给了一家私立的基金会（国家质量奖励基金会）来负责，其资金来源于成员企业和政府部门（Bertin，1996）。

在印度，以其前总理命名的拉吉夫·甘地国家质量奖设立于 1991 年。该奖项由印度政府所推动并由印度标准局负责管理。其授奖仪式由总理主持。表 37—1 描述了该奖项的评价标准以及分数分布。

表 37—1　　印度拉吉夫·甘地质量奖标准

评奖标准	评分
领导	100
经营政策与战略	100
人力资源管理	50
资源	100
工艺	150
顾客满意	200
员工满意	50
社会影响	100
经营业绩	150
合计	1 000

资料来源：Rajiv Gandhi National Quality Award. Procedure and Application Form, Bureau of Indian Standards.

印度的质量奖分设为四个类别，分别针对大型制造业企业、小型制造业企业、服务型组织以及综合的最佳奖。此外还设立了六项荣誉证书，分别按业种授予大型和小型制造业企业，这些业种为冶金、电力与电子、化学、食品与医药、

纺织、机械制造及其他。该奖项的目标如下：

- 鼓励印度公司为最大限度地使消费者满意和成功地应对全球市场的竞争而显著地改进质量。
- 表彰那些已经显著提高了其产品和服务质量的企业所取得的成就，并为其他企业树立榜样。
- 建立可为产业界评价自身质量改进所用的指南和评价标准。
- 为其他希望学习如何实现卓越质量的组织提供帮助，这是通过提供有关获奖组织在改造其文化并实现卓越成效中所应用的“质量管理做法”的详细资料来进行的。

教育与培训

提高质量水平的一个关键是教育和培训，其中包括发展必要的知识和技能，以及改变人们的态度。在发展中国家，这种活动不仅要针对产品制造商和服务提供商，而且还要针对广大消费者。从而，这种活动是非常广泛的。这些国家普遍很高的文盲率使得活动的开展具有很大的难度。

国家层次的教育培训　发展中国家的质量教育和培训可以采取不同的途径来开展：

教育机构　质量管理科目正在逐步被列入工科院校的课程之中，特别是在那些工业化程度相对较高的发展中国家更是如此。所提供的课程主要是关于那些流行的质量管理工具，如统计过程控制、质量机能展开、标高分析和 ISO 9000 等。涉及高层管理的内容很少。讲授这些课程的教授在工业和管理实践中的经验都很有限。本地编写的教材也非常不足。

在由三所欧洲大学参与的一个欧盟项目中，一门关于全面质量管理的本科课程已经在新德里的印度技术学院开发出来（van der Wiele，1996）。如图 37—8 所示，该课程是以模块的方式构造起来的。每一模块都包括了印度产业界的案例分析。该课程主要是为了满足如下的目标：

- 面向所有专业的工科学生从总体上介绍有关质量的基本原理。
- 介绍全面质量管理领域中的国际发展动向。
- 了解质量领域的前沿性进展的主要因素。
- 向学生展示质量管理的重要工具和方法。
- 强调标准在保持和提高质量过程中的作用。
- 掌握质量管理原理并应用这些原理来实现个人的进步。

模块 1　基本原理（6 讲）
一般导论（定义、历史演变等）；质量先驱者们的贡献；全面质量管理的主要结论和一般框架；公司实例；工具和技术；质量成本。
模块 2　人力资源管理（8 讲）
总的框架；态度、价值体系与行为模式；激励模型；团队理念；人力资源开发；质量管理小组；质量教育和培训；雇员的活性化。
模块 3　工具和技术（12 讲）
重要性；质量控制七种工具；帕累托分析；控制图；七种管理工具；准时制生产；质量机能展开；统计过程控制；过程能力；公差与干扰；质量与维护。
模块 4　体系与程序（8 讲）
质量体系结构；质量相关标准；认证、测试、注册和认可；质量手册；质量信息系统；质量审核；ISO 9000。
模块 5　实施（7 讲）
作为竞争工具的质量战略；顾客—供应商价值链；质量方针展开；系统战略和战术；领导；激励因素；突破性改进；持续改进；质量奖和自我评价；标高分析；雇员的活性化；实施中的障碍；对社会的影响。

图 37—8　印度技术学院开设的全面质量管理课程内容

资料来源：Courtesy of Indian Institute of Technology, New Delhi, India.

协会、学会及其他组织提供的课程和学习班　在工业化程度已达到较高程度的国家，提供相关课程和学习班的有国家标准化机构、生产率机构、专业性协会（如制造商协会、国家质量学会）以及咨询公司等。有些国家热衷于聘请外国专家讲学。由于对 ISO 9000 认证的极大兴趣，大部分课程都是围绕这一主题（如 ISO 9000 的实施、ISO 9000 认证准备、质量体系评审等）。国际性的咨询和注册机构（主要是总部设在欧洲的那些机构）提供主任评审员培训，通过这些培训有可能获得国际注册审核员组织（the International Register of Certified Assessors, IRCA）的注册。

各种类型的会议　全国性质量机构的一项重要的工作就是组织各种类型的会议以便同行之间的观点和经验的交流。产业相对较发达的国家一般都设有一个质量协会来做这项工作，如智利质量协会、中国质量协会和菲律宾质量控制学会等。

自我教育　通过独立地学习有关著作和期刊可以获得相当多的质量管理知识，对于管理人员和工程技术人员尤其如此。但由于缺少国际交流和全国性的语言不普及等原因，许多发展中国家都缺少这方面的文献。有些国家的质量组织出版了杂志和报纸，以此作为提高其成员专业水准的手段。

企业内部的培训计划　工业国家的成功企业采用的做法是进行大规模的内部培训，目标在于改变每个人的态度，并培养新的技能和知识。在这些企业中，每个人都要接受质量培训，无论部门和层次。培训始于企业的最高层，然后一层一层渗透到整个组织当中。这类大规模的培训活动在发展中国家很少见。在一些大型企业中，有一些有关狭窄的概念和工具的培训。

在职培训　即使在发展中国家，在职培训也是培训工人和检验人员的主要方法。通常由监督员或经验丰富的检验人员来指导。培训的效果取决于两方面，主讲人的技术能力以及传授知识、激发受训人员参与的能力。一般来说，在工业传

统非常有限的国家，这类能力的差别会很大。

国际层次的教育培训　发展中国家还有机会通过向工业化国家派出受训人员而获得国际层次的培训。诸如联合国工业发展组织（UNIDO）、国际标准化组织（ISO）、亚洲生产率组织（APO）等国际组织专为发展中国家组织了质量培训。（有关这些培训项目的信息可向国际贸易中心和国际标准化组织咨询。）

联合国发展组织与日本政府（通产省）及日本海外技术者研修协会（AOTS）合作每两年组织一次为期 5 周的关于工业产品质量改进的培训项目。该项目的结构如图 37—9 所示。该项目主要面向质量经理和生产经理，侧重于解决问题方面的训练。

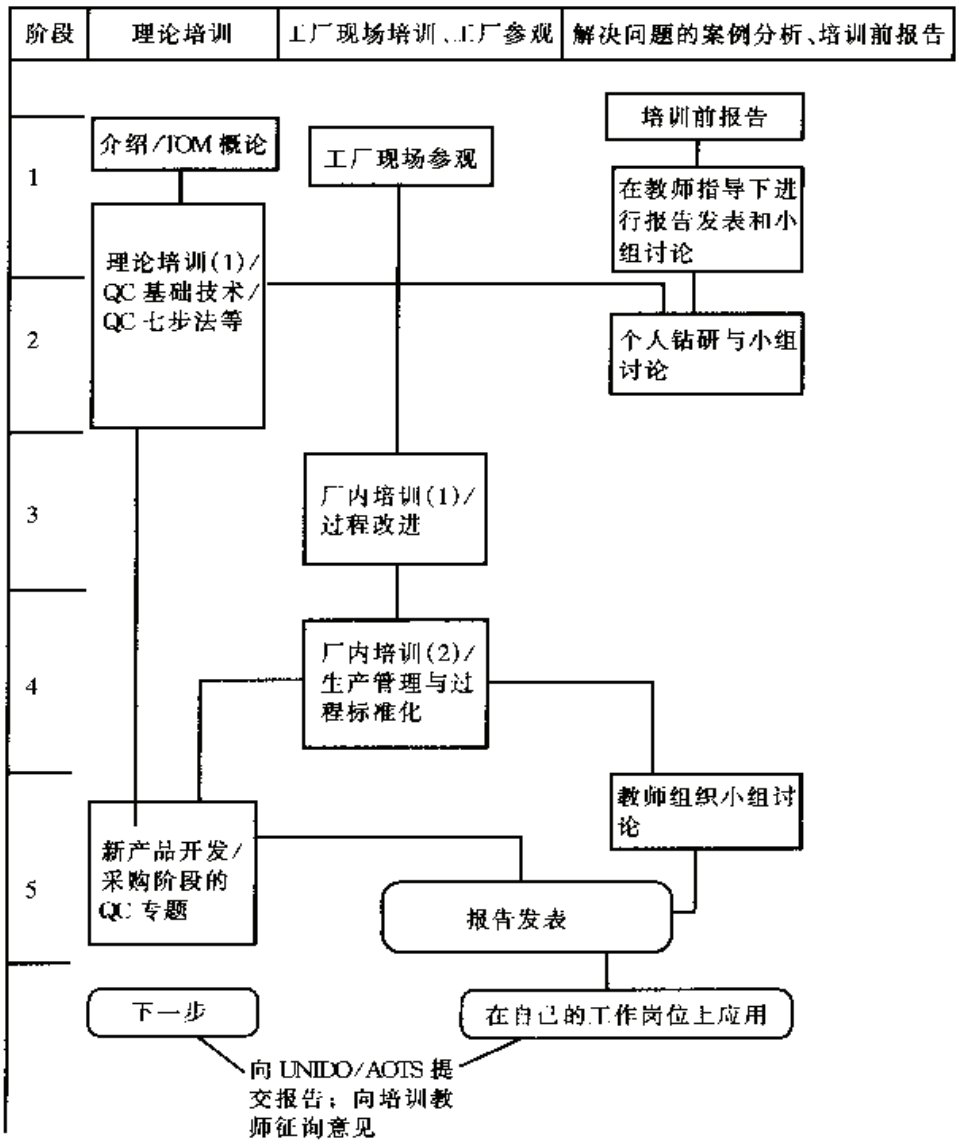


图 37—9　日本工业产品质量改进培训项目结构图

资料来源：Courtesy UNIDO, MITI, and AOTS.

从 1973 年起，瑞典政府开始为发展中国家组织质量领域的培训项目。一个

名为“全面质量管理”的为期7周的课程每年在瑞典开设两次；每年还有一次名为“质量领导”的为期3周的高层培训班。培训包括了讲授、案例分析和参观学习。图37—10列出了“全面质量管理”课程的理论培训部分的主要内容。来自非洲、亚洲、欧洲、拉丁美洲和加勒比海地区80多个国家的质量专家和经理人员先后参加了在瑞典举办的培训。（瑞典国际发展部的地址信息列在参考文献中。）

- 概述：质量；质量职能；质量管理；高层管理的作用；质量计划；全面质量的概念；质量专业的发展；盈利能力与质量；质量战略；名词术语
- 统计工具：基本概念、统计工具箱；整理数据的方法；概率分布；过程能力；过程研究工具；控制图；验收抽样；点估计与区间估计；假设检验；数据的变换；回归与相关分析；实验设计
- 测量：测量技术；测量误差；校准控制
- 检验：检验的性质；检验中的统计工具；自动检验；检验的准确性；检验场所；检验反馈；操作者检验；检验计划；进货检验的计划；过程检验的计划；最终检验的计划
- 可靠性与可信性：可信性概念；可靠性要求；失效与失效机理；可靠性预测；故障树分析（FTA）和安全性分析；失效模式与影响分析（FMEA）；通过测试来确定可靠性；可靠性的提升与筛选；可靠性验证；可维修性要求、预测与测试；可用性要求与测试；维修支持条件；一般环境测试
- 新产品质量：产品所处阶段与开发项目；早期预警的方式、设计评审；概念与定义阶段；预设计与开发阶段，最终设计阶段；试生产阶段；系列生产；销售与安装；使用与维修阶段；新产品质量的项目管理；新产品计划
- 质量规格：目标与内容；要求设定；修订；标准
- 供应商关系：供应商关系；采购文件；供应商选择；联合质量计划；供应商工厂质量活动；进货检验；供应商监督；供应商认证；抱怨；供应商质量改进；单一供应商
- 制造质量：制造计划；过程性质；提供能力充分的过程；提供能力充分的设备；过程控制；自检；向生产人员的检验反馈；过程改进；可追溯性；工厂现场的质量职责；自动化的制造
- 顾客关系：顾客；现场情报；抱怨；营销；产品安全与产品责任；保护消费者权益运动；政府质量管制
- 质量评价：为什么进行评价；市场中的位置；以顾客为中心的质量分析；质量文化；质量活动评价；利用质量奖的评价标准；质量审核；不良质量成本；质量数据；标高分析
- 质量审核：质量审核的概念；产品质量审核；过程质量审核；体系质量审核；全面质量审核（质量调查）
- 质量经济学：质量与经济；质量与收入；质量成本；用户成本；生命周期成本耗费
- 质量数据：基本概念；工厂现场数据；使用数据；质量成本数据；质量报告
- 质量改进：控制与突破；质量改进的必要性；质量改进的次序；信息获取；项目确认；诊断；纠正；跟踪与反馈；质量改进的组织；对变革的抵制；质量改进的培训；七种工具
- 质量控制中的人的因素：可控性；激励理论；人力资源管理惯行；管理者的作用；工人的作用；团队的作用；经理人员的激励；培训；检验准确性
- 质量领导：工人的推动者与潜在的推动者；战略性质量管理；质量战略；高层管理的作用；质量方针；质量目标；全面质量的实施
- 质量体系：质量体系术语；体系的概念；体系要求与标准（ISO 9000）；质量手册；ISO 9000的重要性
- 质量组织：基本概念；质量工作要素；质量组织演变；验收的组织；预防的组织；改进的组织；协调的组织；保证的组织；质量部门的作用
- 质量咨询：质量职能的效率；质量职能效率的研究；评估；报告；由谁进行评估
- 发展中国家与质量：发展中国家的情况；工业发展与质量；全国性质量活动；标准化；认证；出口检验；立法；全国性质量推进；教育与培训；外部援助；制度设施；全国性质量社团

图37—10　瑞典全面质量管理培训课程理论部分的内容

外部援助

通过促使发展进程的缩短，外部援助在发展中国家的工业和经济增长中发挥了重要作用。外部援助有多种形式。

来自国际组织的援助 在质量领域，有众多的国际组织向发展中国家提供援助。有些是在全球范围内活动的（主要是在联合国的系统内），还有些则是区域性的。在这些国际组织中比较重要的有：

欧盟（UN） 欧盟为发展中国家的发展项目提供资金援助，地址是：

Rue dc la loi 200 电话：+32 2 2991111
B-1049 Brussels（布鲁塞尔） 电传：+32 2 2950138
Belgium（比利时） e-mail：http：//europa.eu.Int

联合国粮农组织（FAO） 联合国粮农组织针对农村人口来改善营养、提高生活水准、改进农业生产率和生产条件。该组织的活动涉及土地和水资源的开发、种植业和养殖业、林业、渔业、经济和社会政策、投资、营养、食物标准以及相关商品和贸易等。地址是：

Viele delle Terme di Caracalla 电话：+39 6 52251
00100 Rome（罗马） 电传：+39 6 52253152
Italy（意大利） e-mail：webmaster@fao.org

国际标准化组织（ISO） ISO是一个由100多个国家的国家标准机构所组成的世界性联盟，其宗旨是促进世界范围内的标准化和相关活动。ISO设有发展中国家事务委员会（DEVCO），目的是协助发展中国家并成为这部分国家讨论各方面事务的论坛。ISO/DEVCO在针对发展中国家的规划中（ISO，1995）明确了六项主要的内容：确认并满足发展中国家的标准化需要；培训手册的编制与出版；培训；参与ISO标准委员会会议；制定发展中国家所需的国际标准；文件资料和信息系统。ISO也组织ISO 9000方面的区域性的课程和讲习班。地址是：

P.O.Box 56 电话：+41 22 749 01 11
CH-1211 Geneva 20（日内瓦） 电传：+41 22 733 34 30
Switzerland（瑞士） e-mail：central@isocs.iso.ch

国际贸易中心 UNCTAD/WTO（ITC） 国际贸易中心（ITC）与发展中国家和转型中的经济体合作来建立有效的贸易促进计划以扩大出口改善进口。其中包括了在质量管理领域的帮助，以促进产品质量和国际竞争力的提高。所提供的服务项目主要包括顾问团、咨询、培训项目、研究、出版等。ITC还有可资利用的计算机数据库，其中有关于出口质量管理信息的“质量资料”（Qualidata），还有有关世界范围内的质量相关机构的资料的“质量链接”（Qualicontacts）。地

址是：

Palais des Nations
CH-1211 Geneva 20（日内瓦）
Switzerland（瑞士）

电话：+41 22 730 01 11
电传：+41 22 733 44 39
e-mail：itcreg@intracen.org
互联网：http：//www. unicc.org/itc/

联合国发展计划署（UNDP） 联合国发展计划署主要负责整个联合国系统中的各个发展项目的协调工作。UNDP的活动主要集中在如下的六个方面：消除贫困与基础开发；环境与自然资源；管理培训；发展中国家间的技术合作；技术的转移与适用化；发展中的妇女问题。地址是：

One United Nations Plaza
New York，NY 10017（纽约）
USA（美国）

电话：+1 212 9065000
电传：+1 212 9065001

联合国工业发展组织（UNIDO） UNIDO是联合国的一个专业机构，旨在促进发展中国家的工业发展，以帮助这些国家克服社会和经济问题，使其在全球市场上占据更重要的地位。UNIDO的质量、标准化和计量项目在诸如全面质量管理、准时制生产、统计质量控制、经营战略等方面为发展中国家提供多专业的服务。地址是：

Vienna International Centre
P.O.Box 300
A-1400 Vienna（维也纳）
Austria（奥地利）

电话：+43 1 211310
电传：+43 1 235156
e-mail：omaizza-neto@unido.org
互联网：http：//www.unido.org

世界银行 世界银行集团包括五大组织。其中的两个，即国际复兴开发银行（IBRD）和国际开发协会（IDA），为发展中国家的开发项目提供贷款。地址是：

1818 H Street，NW
Washington，DC 20443(华盛顿特区)
USA（美国）

电话：+1 202 4771234
电传：+1 202 4776391
e-mail：http：//www.worldbank.org

世界卫生组织（WHO） WHO是联合国在国际卫生工作方面的领导和协调机构。该组织拥有广泛的职能，包括促进技术合作；改善营养和环境卫生；改善医疗卫生及相关专业的教育和培训标准；制定生物制品和医药制品标准。地址是：

20，Avenue Appia
CH-1211 Geneva 27（日内瓦）
Switzerland（瑞士）

电话：+41 22 7912111
电传：+41 22 7910746
e-mail：postmaster@who.ch

双边援助 对发展中国家的大量援助是由发达国家通过双边援助的方式进行的。以这种方式，质量专家在众多的开发和培训项目上提供了帮助。

这种援助方式的一个典型事例是美国国际开发署（USAID）资助的一个三年

期的援助项目，这一项目主要是帮助埃及企业实施和认证 ISO 9000 标准。在南部非洲国家的一个类似的项目是由挪威政府资助的。瑞典政府资助了在发展中国家组织的质量管理培训项目。日本的通产省（MITI）在东南亚的发展中国家的全面质量管理培训中发挥了重要作用。

来自跨国公司的援助　外部援助还可以采取同外国制造商合作的方式，以从合资企业中获得技术诀窍、设施设备的进口或者咨询服务等。这种援助方式对于发展中国家同样是非常重要的。

制度基础

企业需要有一种能够提供广泛服务的制度基础，这些服务如标准化、认证、认可、测试、计量、质量咨询和培训等。工业化进程中的发展中国家也必须提供这样的制度基础。

国家标准机构　在大多数发展中国家，国家标准机构的主要任务是在标准化、认证、测试和计量方面提供服务。与西方国家的标准机构不同，发展中国家的标准机构通常是由政府依法组建的。由于标准化对公共和私营领域都具有重要意义，一些发展中国家将其国家标准机构重建为了公私合作的机构。在工业发展的初期阶段，某种形式的政府支持是必需的。在标准化中应当考虑到相关的所有方面，即产业、行业、消费者、专业协会、政府等。

对综合性的国家标准机构来说，其主要的任务包括如下方面（International Organization for Standardization，1994a，p.11）：

- 国家标准的制定和颁布。
- 促进国家标准在全国范围内的各个层次上的采纳和应用。
- 标准化作为一项技术活动以及一项重要的管理职能在全国的推广。
- 通过国家产品认证计划来推动并在必要时提供第三方的产品符合性保证。
- 促进工业和服务业提高质量并承担对于工业企业和服务业企业的质量管理体系第三方认证。
- 提供用来收集和传播国内外标准及相关事项信息的手段。
- 通过提供出口市场的标准和法规信息来支持出口促进计划，通过产品检测及认证相对于出口规格的符合性来促进质量的提高。
- 保护消费者利益，特别是保护消费者的安全和健康。
- 借助于标准来支持那些保护环境不受产品和过程侵害的努力。
- 保护本国免受劣质的以及不安全的和破坏环境的商品的损害。
- 推动作为标准化必要附属的计量活动。
- 为了本国利益协调在公司、国家、区域和世界范围内的标准化与相关

活动。

- 推动并在必要时运行测试和校准实验室的认可体系，以促进其检测结果的精确性和工作的可信性的提高。
- 为产业界提供测试服务。
- 向政府和产业界提供技术性的建议。
- 组织标准化及相关事务的培训工作。
- 论证标准化的效益并发布相关的信息。

国家标准机构传统上并不向产业界提供有关质量咨询和培训方面的服务。由于对 ISO 9000 认证和注册有极大兴趣，越来越多的发展中国家的国家标准机构开始提供与 ISO 9000 相关的培训，如质量体系的实施和审核等。

图 37—11 给出了有关国家标准机构的使命的一个实例。

产品标准局的使命

我们产品标准局致力于在同其他机构的合作下，通过标准化来帮助产业界提升其产品的质量和竞争力，通过保护消费者和环境，通过向客户提供我们的资源所能够实现的服务质量，来推动国家的经济和社会发展。

局长：雷纳托·V·纳瓦雷特
1993 年 3 月 22 日

图 37—11 国家标准机构的使命陈述

资料来源：Courtesy Bureau of Product Standards, Philippines.

大多数国家的国家标准机构由一个负责制定政策和批准标准的委员会来管辖。标准草案置于由制造商、用户、院校、研究中心等各方面代表组成的技术委员会的监督之下。通常，各相关领域都设有专门的技术委员会，如电力、机械、土木工程、医药、纺织等。

国家标准机构的人员由一位首席行政长官或局长领导，由其全面主管标准化、认证（有时称为质量控制或质量保证）、计量、实验室服务、信息和行政事务工作。图 37—12 列出了一个成熟的国家标准机构的组织结构图。

国家质量委员会 随着人们对于质量是一国经济增长的重要要素这一事实的认识的深化，越来越需要有全国性的机构来主管以下的活动(Lal,1996b,p.167)：

- 提升人们对于质量及其经济效益的认识，包括管理国家质量奖。
- 促进对于质量管理中的新概念的理解。
- 相关的质量主题的培训。
- 认证机构的认可。
- 质量体系审核员的注册。

这些活动不应全部交由政府机构负责，尽管政府必须在这些领域发挥重要的作用。这方面的机构应当是自治的，游离于政府体制之外，并且与私营部门有着密切的合作。

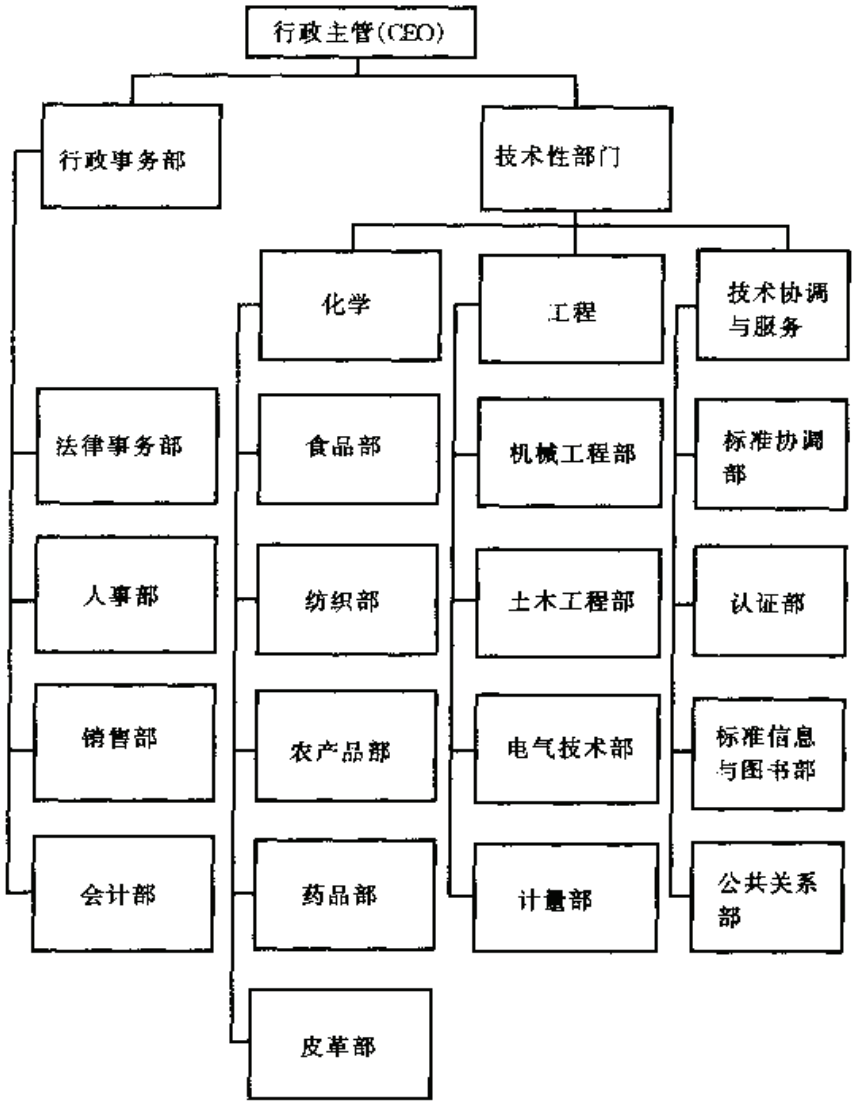


图 37—12　国家标准机构的组织结构图

资料来源：International Organization for Standardization，1994a，p.22.

印度质量委员会是这类委员会的一个例子。它是一个自主的实体，其中的 10 多个成员来自政府部门，有 20 几个成员来自产业和行业组织、学术机构、消费者协会、认证机构、质量奖励得主企业等。委员会主席由政府总理任命。其结构如图 37—13 所示。

专业社团

全国性的质量团体在推动全国的质量活动方面发挥着重要的作用，无论是发展中国家还是工业发达国家均是如此。越来越多的国家成立了质量协会或学会等。有些全国性的社团只吸收个人会员，还有些只吸收团体成员，但大部团体是

面向两者的。

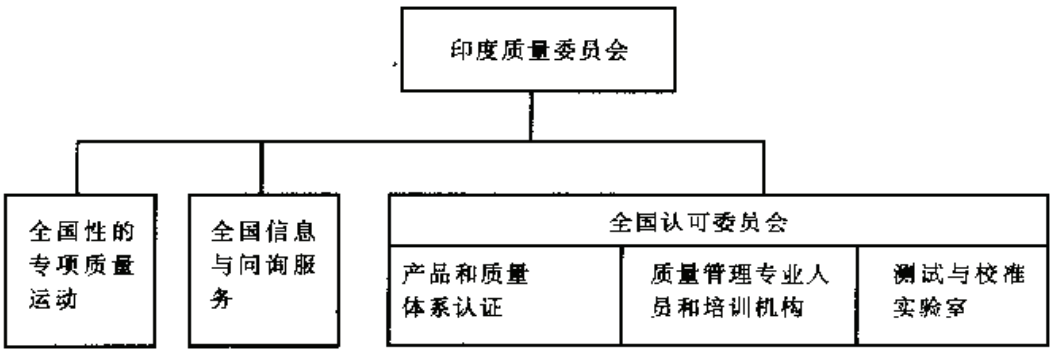


图 37—13 印度质量委员会

资料来源：Lal，1994，p.21.

有些国家的质量团体是非常活跃的，如阿根廷质量控制学会（IACC）、巴西质量控制协会（ABCQ）、智利质量协会（ASCAL）、中国质量协会、马来西亚质量控制学会、菲律宾质量管理协会（PSQC）等。这些团体的活动包括组织交流会和研讨会、提供培训项目、传播信息（报纸和杂志）等等。

值得一提的一个例子是菲律宾质量管理协会，该协会成立于 1969 年。到 1996 年底，它拥有 300 个团体会员和 100 名个人会员。菲律宾质量管理协会的使命如下："我们是全力推动质量成为我们的产业界、政府、学术界、非政府组织和社区中的文化和生活方式的一个国际知名的组织。我们通过积极地推动全面质量管理的实践，来引导和影响菲律宾向着世界级国家的转变。"其价值观为："本组织坚持不懈地追求卓越。这将通过以下几方面来实现，即尊重和关心人民、持续改进、顾客导向和团队精神。"

菲律宾质量管理协会的目标是：

- 通过研讨会、主题会议、出版物和宣传活动来促进私人部门和公共部门的质量意识和质量实践。
- 推动质量领导和质量技术方面的人才的培养。
- 与国际组织保持联系以把握当前的趋势和最新的技术。

菲律宾质量管理协会的计划与活动有：

- 组织讨论会、座谈会、讲习班和培训项目。
- 在 10 月的全国质量月活动中组织全国质量论坛。
- 通过协会的季刊"Q...Point"来传播质量信息并强化协会影响。
- 在促进质量活动方面建立与政府部门的联系。
- 与成员企业联系组织举办工厂参观，推广企业成功的经验。
- 在大学成立青年质量支部，使青年加入到以质量为生活方式的行列中来。
- 主办每年的菲律宾质量奖的评选。

理事会任期两年，但每年要进行一次选举以更换 6～9 名成员，以保证平稳

过渡，避免成员一次全部变动。干事每年从理事中选举产生。然后干事组织其他成员组成工作委员会，以落实当年的计划。刚卸任的主席是以顾问身份参与理事会的第 16 位成员。

菲律宾质量管理协会是区域性的亚太质量管理组织（APQCO）的成员。另一个由国家质量团体组成的区域性组织是拉丁美洲质量组织（OLAC）。这些区域性的组织定期举办本地区的大会。

结论

被称为发展中的这些国家处在经济和产业发展的各种阶段，有些国家的制造业刚刚起步，而有些则几乎已经实现了工业化。无论是处于哪个发展阶段的国家，其产品和服务的质量对于经济增长都是至关重要的。就广泛的意义而言，质量管理将确保产品和服务更适合国内市场的使用、减少稀缺资源的浪费并促进本国产品的出口。

对于发展中国家而言，在质量工作中采取正确的方法是非常重要的。在大多数情况下，简单的基本方法要比流行走俏的方法更为有效（流行方法会受到更多的关注）。在决定采用什么方法之前，必须首先明确实际的需要是什么。这似乎是显而易见的事情，但却经常被忽略。人们关注的重点应当从对方法的重视转变为对结果的重视上来，并且要更加重视对于事实的把握。这样一种做法才能够为成功奠定更好的基础。

显然有进一步的必要来深入研究如何在发展中国家推进质量管理，包括对于国家层次的质量举措、企业层次的质量管理以及两者间的关系的研究。应当建立起针对不同的产业发展水准、不同的产业结构、不同的产业部门的模式和方案。这是一项重要的国际性任务。

致谢

感谢狩野纪昭博士（日本东京工业大学教授）、根·H·拉尔（Gen.H.Lal）（印度工商联合会 FICCI 质量论坛执行理事）、奥克塔维奥·马伊扎-内托（Octavio Maizza-Neto）博士（联合国工业发展组织工业质量部协调员），昂里克·西耶尔（Enrique Sierra）先生（国际贸易中心出口质量管理高级顾问）和安瓦尔·塔维勒（Anwar El-Tawil）博士（国际标准化组织发展中国家项目总监），他们在发展中国家的质量管理方面的经验为作者提供了许多有用的信息。作者在发展中国家的工作经历中，曾有幸接触了许多人士，他们中既有同事也有学生，由于人数众多

而难以尽数他们的姓名。对于他们的贡献深表谢意。

参考文献

Donaldson, John L. (1996). "Profile of ISO/CASCO Committee on Conformity Assessment." *ISO 9000 News*, vol. 5, no. 2, pp. 3–6.

Global Economic Prospects and the Developing Countries. (1995). The World Bank, Washington, DC.

International Organization for Standardization (1986). *Guidelines for Selecting and Adopting/Adapting International Standards for National Use*. International Organization for Standardization, Geneva.

International Organization for Standardization (1991). *Development Manual 6. Application of Standards*.

International Organization for Standardization, Geneva.

International Organization for Standardization (1994a). *Development Manual 1. Establishment and Management of a National Standards Body*. International Organization for Standardization, Geneva.

International Organization for Standardization (1994b). *Launching a Standards Initiative. Guidelines for Developing Countries*. International Organization for Standardization, Geneva.

International Organization for Standardization (1995). *ISO Programme for Developing Countries 1995–1997*. International Organization for Standardization, Geneva.

International Organization for Standardization and International Electrotechnical Commission (1992). *Certification and Related Activities*. International Organization for Standardization and International Electrotechnical Commission, Geneva.

International Trade Centre UNCTAD/WTO (1996). *Applying the ISO 9000 Quality Management System*. International Trade Centre UNCTAD/WTO, Geneva.

International Trade Centre UNCTAD/WTO and International Organization for Standardization (1996). *ISO 9000 Quality Management Systems. Guidelines for Enterprises in Developing Countries*, 2nd ed. International Trade Centre UNCATD/WTO and International Organization for Standardization, Geneva.

Juran, J. M. (1975). "Standardization and Quality." *Quality Progress*, vol. 8, no.

2, pp.4,5.

Lal, H. (1994). "National Quality Council." *Quality Quest*, vol.3, no.2, pp.15–22.

Lal, H. (1996a). "Is certification at risk from lack of standardization?" *ISO 9000 News*, vol.5, no.1, pp.19–22.

Lal, H. (1996b). "Quality Strategy for Globalising the Economy of Developing Countries." In *Quality Without Borders, Silver Jubilee Book*. Sandholm Associates, Djursholm, Sweden, pp.163–169.

Maizza-Neto, Octavio, et al. (1994). *Quality, Standardization, and Metrology*, UNIDO, Vienna.

Mhlanga, Kinnios En (1995). *Quality in Zimbabwe*. Standards Association of Zimbabwe, Harare.

"National Quality Award, Argentina." In *Quality Without Borders, Silver Jubilee Book*. Sandholm Associates, Djursholm, Sweden, pp.37–41.

Sandholm, Lennart (1996). "Maturity in Quality—Still to Come?" In *Quality Without Borders, Silver Jubilee Book*. Sandholm Associates, Djursholm, Sweden, pp.187–195.

Stephens, Kenneth S. (1995). "National Quality Awards: A Developing Country Perspective." In *The Best on Quality*. Book series of International Academy for Quality, vol.5. ASQC Quality Press, Milwaukee, pp.179–210.

Suwanrangsi, Sirilak (1995). "Fish Inspection and Quality Control in Thailand—A Model for Developing Countries." *ITC Export Quality*, no.47, October.

United Nations Industrial Development Organization (1996). *Trade Implications of International Standards for Quality and Environmental Management Systems. Survey Results*. United Nations Industrial Development Organization, Vienna.

van der Wiele, Ton (1996). "TQM Initiatives at the Institute of Technology in Delhi." *Institute of Directors, Conference Proceedings*, New Delhi.

Lists on quality training programs offered for developing countries can be obtained from:

International Trade Centre UNCTAD/WTO
Functional Advisory Services Section, Division of Trade Services
Palais des Nations
CH-1211 Geneva 10
Switzerland

Telefax + 41 22 733 44 39
International Organization for Standardization
Director, Programme for Developing Countries
ISO Central Secretariat
P.O. Box 56
CH-1211 Geneva 20
Switzerland
Telefax: + 41 22 733 34 30

The governmental agency responsible is the Swedish International Development Agency (Sida). The program director is the author. Information is available from Swedish embassies and consulates, as well as from:

Sandholm Associates
P.O. Box 28
S-182 05 Djursholm
Sweden
Fax: + 46 8 755 19 51
e-mail:quality@sandholm.se

(李东红 译)

第 38 章

质量在西欧 蒂托·康蒂（Tito Conti）

引言
第二次世界大战后的欧洲质量发展趋势
欧洲单一市场的诞生及其对质量文化演进的影响
欧共体理事会 1985 年 5 月决议案
对“欧洲堡垒”的恐慌
强调 ISO 9000 及认证的中期影响
20 世纪 90 年代：设定新的方向
按国别分析
质量在法国
质量在德国
质量在英国
对其他国家的评述
欧洲的质量组织
欧洲质量组织（EOQ）
欧洲质量管理基金会（EFQM）
欧洲质量讲坛
欧洲质量奖
欧洲环境管理体系
参考文献

引言

欧洲包括了众多不同的国度、文化和语言。无论从哪一个角度来看，这些国家间的差异都比它们之间的共性更为明显。当前的经济、政治一体化的进程将在保持各国立法的差异和文化特征的同时，消除经济和社会领域中现存的落后方面，发扬这一大陆在政治、经济方面的长处。这是一个漫长而艰难的历程。质量首先是一个文化问题，其次才是技术问题，就其所涉及的多样性而言也绝无例外。没有什么欧洲的质量这样的东西。在各国之间甚至一国内部都存在着巨大的差异。各国的总体质量情况也千差万别。例如，德国的产品质量久负盛名。许多北欧国家则以其卓越的服务质量而见长。其他国家在某个特定的领域提供上乘的质量，法国和意大利便是典型的例子。法国以高档女装、烹饪和葡萄酒而闻名，意大利则在设计、时尚和黄金首饰方面享有盛名。尽管有这些巨大的差异，但在

过去的十多年间，与美国和日本相比较，欧洲也已筑起了一个巨大的基础。在20世纪80年代后期，大公司还是仰仗欧洲以外的专家来帮助其规划全面质量管理（TQM）战略。到了90年代中期，企业界和咨询领域的质量专家已经能够与美国甚至日本的同行比肩而立。尽管还是少数，但在欧洲已成为普遍的情况。

本章在对西欧的质量相关问题的讨论中，简要概括了主要的发展趋势，然后着重分析了一个特有的重大问题，即单一市场对质量文化的影响（单一市场这一说法在欧洲是指由原欧共体的12个成员国所组成以后逐步扩展成为自由贸易区的这一市场，这一市场随着新成员不断加入今天的欧盟而仍在不断扩展之中）。在单个国家的层次上，只对德国、法国和英国进行了单独的分析，因为这代表着第二次世界大战后欧洲质量演化的三种典型并且涵盖了其他国家的主要发展趋势。在对这几个国家分析之后，还对其他西欧国家的特色之处进行了一个概括。再后介绍了欧洲质量组织，它在近年欧洲的质量发展过程中发挥了重要作用。接着讨论了欧洲质量奖。本章的最后部分对环境质量进行了分析。

第二次世界大战后的欧洲质量发展趋势

在西欧，如同在其他西方国家一样，在20世纪50—70年代之间，认为质量是一个重要的主题的领域主要是国防、航空、通讯、核电和一般能源工业、化工等高科技部门。作为对于质量管理（特别是在统计质量控制方面）感兴趣的标志，在20世纪50年代早期，许多欧洲国家都成立了全国性的质量协会。耐用消费品和一般消费品领域正处在一个需求高度旺盛的时期，因而这一领域主要考虑的是创新和大量生产低成本的产品。健全的市场表现意味着大致符合相关的价格/性能档次的公认质量标准（通常是一般的要求），在缺乏竞争刺激的情况下，这种做法颇具代表性。有些特定的领域、品牌甚或是整个地区，其产品在质量和可靠性方面表现突出，但总的来说，高质量在同类产品中也意味着较高的价位。例如，像德国这样的国家，有着闻名遐迩的产品质量，特别是在某些特定的领域（如高档汽车、家用电器等）。但是，由于其高质量来自很高的专门技能和手艺，因此产品价格通常也较高。（参见下文“质量在德国”。）

由于前一类部门所具有的战略意义，质量、可靠性和安全性是至关重要的，而价格则是第二位的因素。许多供应商使用其军品销售的利润投资于一般商品生产的研发活动。另一方面，这些部门在当时的欧洲有着重要的战略意义：国防部门与冷战相关，其他部门涉及战后重建以及新的增长所必需的基础设施。这些因素综合起来，说明了主要基于这些部门的特有性质之上的质量文化和质量惯行的发展情况。

第一个特性是供应商与顾客之间的合同关系。供应商向特定的顾客提供商品，顾客在合同条款中以尽可能准确和清晰的方式来提出他们的要求。供应商负责提供合同所要求的东西，因此他们会认为质量就是符合预先确定的规格和标准。这导致了一种符合标准满足规格的质量文化。其重点在于实施（工程与生产）而非设定目标，目标是既定的。这是一种“反应”式的做法：顾客发出订单，供应商按订单供货，绝不多做（可能的话），因为多做了也是白做。

这类部门的第二个特征是其质量和可靠性要求一般都很高。避免故障是至关重要的。确保可靠性的重点放在设计技术的改进方面。生产领域的改进进展缓慢，这一领域中所要求的质量和可靠性通常不是通过过程改进而是通过最终的产品测试和筛选（延长测试、试车、极限测试）来实现的，这使得成本大幅增加。随着产品质量要求的提高，制造商获得了大量的与固有技术和产品相适合的质量技术方面的技能。在客户方面，20 世纪 60 年代专门从事产品和工厂审查的检验人员不断增加。（参见下文“质量在英国”，该部分讨论了英国国防部的作用。）

随着由检验向预防性的供应商质量体系评价的转变，质量管理向前大大迈进了一步。这一进展同样起源于国防领域，是随着北约（NATO）APAQ 标准（1968）的采用而兴起的。与此相似，在国防部的建议下，英国制定了 BS 5750 标准（1979），这使得无休止的第二方审核为第三方认证所取代（Hutchins，1995）。

因此，在 20 世纪 80 年代初期，欧洲的质量文化和质量惯行与对标准或预先确定的规格的一致性密切相关。表 38—1 概括了 20 世纪 80 年代的质量标准状况。

表 38—1　　质量标准

	市场部门	
标准种类	战略性的（如国防等）	商业性的
产品	有顾客规定	由有时并不关心质量的市场所确定
质量体系与过程	通过该部门内的合作来制定；便于获得，被广泛采用	不常见也不常用

然而，在 20 世纪 70 年代后半期，日本人的成功变得广为流传起来，他们所采用的是一种“主动”的做法，质量被视为竞争的因素。朱兰博士的论文《日本与西方的质量：比较研究》（Juran，1979）在许多方面都是一个启蒙。在激烈竞争的国际市场上角逐的那些大公司是其忠实的信徒。这些大公司在 80 年代初开始了全面质量管理的尝试，但开始时成功者不多。在其后的数年间，基于标准的质量文化以及持续改进、顾客导向和过程控制之类的新理念各自都在相对独立地演化着，犹如两条交汇的支流，其水流的温度、速度和构成是如此的不同，以至

于虽然比肩而流却绝不混杂。在这一时点上，欧共体理事会开始审视这一单一市场中的技术壁垒问题。

欧洲单一市场的诞生及其对质量文化演进的影响

欧共体理事会1985年5月决议案 1985年5月7日，欧共体理事会采纳了一项关于技术协调和标准化的决议案，该决议案旨在迅速消除（至1992年底）技术壁垒，这些壁垒与物质的和金融的壁垒一道阻碍着单一市场的形成。欧共体的战略建立在如下的几项原则之上：

1. 强制性的技术法规只限制在涉及安全、健康和环境保护方面的重要问题。

2. 通过各国的和欧洲的标准化机构的讨论来实现成员国自愿性技术标准的和谐。理事会实施专门措施来为这些机构提供指南并强化其作用。

3. 迅速确定测试和认证的战略以推动认证的双边认可。

4. 一旦某个制造商的质量体系经认证符合欧洲质量保证标准，即接受其关于标准符合性的声明。

然而，此时有关ISO 9000（1987年发布）的工作已经进展到了相当的程度。

随着1993年1月1日，亦即欧洲单一市场正式启动的日子的临近，欧洲的政治体系欣喜地发现有一个应用于全球范围的管制工具即将问世，这为扫除欧洲范围内的技术壁垒铺平了道路（McMillan，1994）。欧洲标准化委员会（CEN）立即将ISO 9000标准作为EN 29000（现在叫EN 9000）采用到了欧洲标准体系中，并启动了紧急的程序来完成其余的标准（EN 45000）。各国政府，除了少数例外之外，此前对于来自私营部门的有关全面质量管理的各种倡议一向不以为然，ISO 9000却以一种更接近于其思维习惯的方式将质量展示了出来。认证以及互相认可这种简明易懂的做法具有巨大的吸引力，特别是对于在质量管理方面此前未曾有过经验的人们就更是如此，他们常常高估认证方式所具有的潜力，将之视为欧洲质量振兴的魔杖。

在这一期间，欧洲质量管理基金会（European Foundation for Quality Management，EFQM）宣告成立（参见下文），其宗旨在于推动企业界的高层主管以及政府对于全面质量管理的重视。尽管欧洲质量管理基金会的倡导者们档次很高（14个欧洲顶级企业的总裁），但其从政界和媒体所吸引到的关注还是远不能与认证相提并论。欧共体向各国的标准化机构投入了大量的资金，以加速欧洲的标准一体化进程。也许未必值当，这些资金推动了一种基于标准的质量文化的传播，这种做法明显落后于时代的步伐。

由1987年的单一市场法案所批准的1985年欧共体理事会决议对于欧洲内外的质量演进将起到未曾预料到的作用。

对“欧洲堡垒”的恐慌　1987 年，马尔科姆·鲍德里奇奖开始启动。该奖项所应用的全面质量管理模式成为了此后若干年中美国人关注的焦点，许多公司将其作为了自我评价的依据，而不是为了去争取获奖。因此，ISO 9000 标准在美国的引入几乎未曾引起关注。尽管如此，马尔科姆·鲍德里奇奖标准中还是将产品和服务的质量规定在了第 5 类别的条款当中，这是 ISO 9000 标准的关键主题。一直到 1990 年，欧洲对 ISO 9000 的狂热才唤起了美国人的兴趣。此时，欧洲正专注于 1993 年的大限，这更加刺激了欧洲以外的政治和经济体对于“欧洲堡垒”的怀疑。ISO 9000 标准，以及与日俱增的按照该标准对供应商质量体系符合性的预防性认证，无论怎么看都像是这一堡垒所构筑起来的围墙。

1990 年 5 月，ASQC 邀请欧洲质量专家参加其大会，同时与会的还有朱兰研究院和其他组织的成员，以图发现欧洲的 ISO 9000 热背后的原因。此后在北美也兴起了一股加入 ISO 9000 阵营的热潮，这一趋势从商业的角度倒能够说得过去。若就该标准的内容而言，则很难解释这一现象。在全面质量管理和持续改进搞了十多年之后，质量保证这一最基本的主题，固然很重要，但毕竟只是全面质量管理的一个方面，居然获得了如此之大的关注，这一点确实令人称奇。

日本人的反应没有这么极端。他们对 ISO 9000 标准进行了仔细的研究（Kume，1990）并将之与当前的实践进行了对比。日本人无疑抓住了认证的商业意义以及在合同关系中，尤其是在顾客与供应商之间难以建立合作关系的那些地区，采用 ISO 9000 标准的价值。他们对 ISO 9000 标准的判断是，在有以下的附加条件的情况下它是有益的，即持续改进的概念应当整合到该标准当中。

强调 ISO 9000 及认证的中期影响　对 ISO 9000 标准及认证的这种政治性的关注对于欧洲的质量管理具有正反两方面的影响。就市场统一这一主要目标而言，其影响是积极的。至于对质量本身的发展而言，现在要作出结论还为时尚早，但是可以进行一些简要的分析。

质量保证基本诀窍的迅速传播是其带来的主要益处。由于产业客户、分销商以及公共事业部门的客户的影响，主要在国内市场或那些尚未开放国际竞争的领域从事经营的众多中小企业纷纷将注意力转向了质量体系认证。还有些卷入这股大潮的企业则是受到了诸如行业协会之类的较间接的影响。毋庸置疑的是，若非消除统一市场中的技术壁垒具有如此之高的优先度的话，这种质量信息能够到达的公司数目将会少得多。

这一大潮的负面影响在于，对于 ISO 9000 及认证的重视在很长时期内分散了人们对于有竞争力的质量的关注。认证固然重要，但这只是参与竞争的前提条件。而且，这种“分心”出现在全面质量管理的理念刚刚开始在企业文化中生根发芽的关键时期。两条道路之间常常会发生毫无意义的对抗，这只能被解释为质量事务的政治干预（这一时期政府的经济干预在许多欧洲国家都扮演着重要的角色）和诱人的认证商机所导致的结果。

不幸的是，许多质量机构也在追赶这一时髦。几年来，认证成为了许多国家的质量协会惟一关心的重点。20 世纪 80 年代末期的 EOQ（参见稍后的“欧洲质量组织”）大会的议题几乎完全集中在基于标准的质量方面。一直到 1992 年，欧洲质量组织开始采取积极的措施来重新调整与全面质量管理的平衡问题，这种局面才有了重大的改变。欧洲质量管理基金会（EFQM）对于重新实现这种平衡发挥了重要的作用，这一机构成立于 1988 年，其宗旨便是致力于推动全面质量管理的发展。

表 38—2 反映出了欧洲国家对于认证的偏重程度。

表 38—2　　欧洲发出的 ISO 9000 认证证书

国家/地区	1989	1993 年 1 月 *	1995 年 3 月 *	1995 年 12 月 *
奥地利		101	667	1 133
比利时		180	1 226	1 716
丹麦		326	1 183	1 314
芬兰		185	646	772
法国		1 049	4 277	5 535
德国		790	5 875	10 236
希腊		18	162	248
爱尔兰		100	1 410	1 617
意大利		188	3 146	4 814
荷兰	250（KEMA）	716	4 198	5 284
挪威		91	679	890
葡萄牙		48	257	389
西班牙		43	942	1 492
瑞典		229	871	1 095
瑞士	150（SQS）	410	1 520	2 065
英国	10 000（BS5750）	18 577	44 107	52 591
欧洲其他国家和地区		41	751	1 419
全欧洲		23 092	71 917	92 610
除英国之外的欧洲		4 515	27 810	40 019
世界其他国家和地区		4 829	23 559	34 779
全世界		27 921	95 476	127 389

资料来源：The Mobil Survey，6 August 1996.

20 世纪 90 年代：设定新的方向　在 1994 年前后，欧洲及各国政府开始设定新的方向。经过广泛的咨询，欧洲委员会第Ⅲ执委会（分管内部市场和产业）于 1994 年发布了一份题为《欧洲质量促进方针》的工作文件。该文件指出，随着旨在创建适当的统一市场运行条件的调整阶段的结束，欧盟委员会将推动开始一个新的阶段，以推动和支持所有的欧洲企业在一个均衡的欧洲式的竞争环境中来追逐它们的目标。该文件列出了如下的战略目标：

- 满足消费者及整个社会共同体的期望。
- 人员潜力的开发。
- 对环境的尊重。

- 对资源的谨慎利用。
- 效果、效率兼具的企业管理。
- 提供就业机会的能力，特别是通过创造力和创新。

该文件中列出的战略大部分源于 TQM 战略。同时还确定了三套主要的衡量指标，即人力资源开发、生产结构优化和欧洲质量形象的树立，来支持企业及政府机构的 TQM 战略。

1996 年 11 月，欧洲质量促进方针得到了欧盟工业委员会的批准。

1995 年，欧盟主推了如下一些举措：设立中小企业欧洲质量奖与原先的奖项相配合，原先的奖只是针对雇员人数在 250 名以上的企业。举办年度欧洲质量周（11 月份的第二个星期）。这些活动在欧洲质量讲坛（参见下文）的统一指导下，由 EOQ 和 EFQM 这两个欧洲质量组织来具体组织实施。

按国别分析

质量在法国 许多法国大公司在战后不久都实行了国有化（如 1945 年的雷诺），还有些公司的国有化则是在 20 世纪 80 年代的初期。自 20 世纪 90 年代中期以来，这一趋势发生了逆转。许多欧洲国家曾经历过的与国有化相伴的质量滑坡并未在法国出现。在 20 世纪 80 年代和 90 年代，有许多国有的法国公司都是欧洲质量的领先者，雷诺公司便是一个典型的例子，其 Espace 汽车和一级方程式（Formula I）发动机的成功便是其领先地位的象征。这可能要归功于法国一些著名院校所培养的高素质的管理人员，该国一些主要的大公司有 80% 的管理人员出自这些机构（Gogue，1988）。

从 20 世纪 40 年代到 90 年代中期，法国的质量管理具有如下一些主要的特征：

1. 由于在经济生活中的主导性地位（上述的国有化便是例证），政府在促进质量方面发挥了核心的作用。其政府干预看上去是有益的，这可能同样归因于其高素质的管理队伍（其政府机构人员的素质要高于其他欧洲国家）。

2. 对于地方尤其是中小企业的重视。这激发了各地区的积极活动，造成了一种充满活力的由下至上的质量运动。

3. 法国质量奖的独特之处。该奖项设立于 1993 年，它主要针对中小企业（雇员少于 500 人的企业），按照从地区到国家的两级选拔程序来评选。

这是自 1957 年法国质量协会（AFCIQ）成立以来法国的质量运动的发展背景，法国质协的成立是一个值得记忆的事件（Dragomir and Halais，1994）。

1975 年，工业部设立了工业产品质量和标准化办公室。1978 年，通过了《Loi Scrivener 消费者保护法案》。1980 年，法国标准化协会（AFNOR）发布了

NF X50—110 质量管理和保证标准，该标准于 1987 年采用 ISO 9000 国际标准后废弃。还是在 1980 年，法国质协与其他若干个团体一道设立了“工业与质量”奖。

1981 年被工业部宣布为质量年。次年，工业部与高等教育部一起创立了“质量培训俱乐部”。

如同其他欧洲国家一样，法国在 80 年代涌现了大量的质量协会。但 1991 年，这些团体合并为法国质量运动（MFQ），这是法国区别于其他国家的另一个积极的要素。一家大型法国公司 Rhône Poulenc 的总裁，让-勒内·富图（Jean-René Fourtou），被任命为 MFQ 的主席。

1984 年，法国政府出台了第一个推动法国产业质量改进的计划。1993 年又出台了第二个计划，这一计划更加完备，涵盖了质量、认证、安全和培训各个方面。其举措包括了环境标志和食品标志的导入以及设立了新的质量奖。

推动地方参与的措施包括了 1985 年的质量列车活动和 1987 年的“巡回法国”活动。1993 年，配合新的质量奖的启动，又组织了一次影响更为广泛的巡回活动。每次大致有2 000多家企业参与活动。

法国质量奖于 1993 年由法国工业部和法国质量运动（负责质量奖的运营）所设立。法国质量奖的一个特别之处在于，尽管其在概念上与欧洲质量奖相关，但它主要针对中小型企业，并采取地区和国家两个级别的评定（Français de la Qualité，1994）。申请质量奖的企业必须首先在地区的竞争中胜出才有资格参与国家层次上的角逐。（仅在第一年就有约1 000家公司来争夺 22 个地区奖。然后 36 个地区的优胜者接着角逐国家质量奖，最后只有 1 家公司可以获得国家奖。）还有 3 家公司可以获得特别表彰（Qualité en Mouvement，1993）。

对地区奖的高度参与反映了法国对中小企业的重视。这些公司通常很难参与国家级奖的竞争，更谈不上欧洲质量奖了。对它们来说，地区性奖是一个很自然的起点。获得地区质量奖的公司同时获得了一定的经验、自信和决心，并发现达到国家奖的要求也更容易了。1995 年，当欧盟委员会要求 EOQ 和 EFQM 这两个欧洲机构就设立欧洲中小企业奖加以酝酿时，它们将法国模式作为了参照。事实上，这一奖项成为了地区奖和国家奖之后的第三个层次上的奖项。

总的来说，在整个欧洲的质量模式中，法国因其在地区层次和国家层次上的更强更主动的政府推动而十分耀眼。也有少数例外的情形，汽车便是如此，这一领域的企业响应不力，在产品和服务质量方面所获进展与中央和地方政府的努力不相称。

质量在德国 尽管像在其他国家一样，随着广泛的工业化进程，科学管理和泰罗制也传入了德国，但它们受到了德国制造业文化的过滤。这种文化深深地扎根于行会、技能训练和学徒制度的土壤之中。行会为其成员以及工匠及店主的培训建立了完备的质量标准。这些标准，通常以 3～4 年的学徒制为基础，仍然构

成了今天的基本模式。对这一体系的优点的认知，以及随之而来的维护其价值的决心，使得德国的工业化建立在了该国工人技能的基础之上。这也是许多德国企业甚至是大、中型企业中存在着“师匠”的原因。常规性的任务由技能较低的劳动者（通常是临时性的流动工人）完成，而拥有高度技能的专家则总是在保证质量方面发挥着关键的作用。

德国的大、中型公司，尤其是中型公司中保持着高技能的“师匠”式方式，而小型公司（雇员少于 10 人）则仍然留有明显的行会制度的烙印。这些小公司提供了约 12% 的国内生产总值（GDP），雇佣了 16% 的劳动力并承担了 40% 以上的徒工培训任务（Schlötel，1988）。

德国工业体系合理化中的另一重要因素是对标准化的高度重视，这对提高质量具有相当的好处。发布德国标准（DIN）的德国标准委员会（DNA）成立于 1926 年。DNA 一向积极地贯彻德国的产业政策。在这种政策中，政府的干预与私营部门的利益交汇在一起，使得整个经济体系产出了巨大的竞争优势。DIN 标准将德国人的理性应用于工业体系中，以从总体上优化消费者和制造商的利益。他们在标准的制定中扮演了重要的角色，不仅是在德国，而且在欧洲和世界范围内也是如此。

还有一个重要的机构是 VDE（德国电工协会）测试和认证协会，它是由 VDE 于 1971 年设立的，其前身是成立于 1920 年的一个测试实验室。VDE 根据一定的规则授予电气产品 VDE 质量和安全性标志，这些规则大多已成为了 DIN 标准。VDE 标志无论是在德国国内还是在国外都被认为是向消费者作出的有关质量和安全性的保证。

工业体系合理化的又一重大步骤是德国经济合理化委员会（RKW）的成立，它负责协调所有的合理化机构的活动。RKW 是以委员会方式协调社会和经济团体的共同利益的又一例子（Lerner，1995）。

德国产品一贯的高质量还与这一体系中的另一独特的特征相关联，即其商标和质量标志。利用商标来对产品质量作出保证这种做法起源于行会制度。在德国市场上，索林根的 Fugger、Welser 和 Henkel's Zwilling 工厂都是家喻户晓的名字，它们的产品会被人们不假思索地接受，而无须任何形式的检验。具有讽刺意味的是，英国议会的一场抵制运动（1887 年的商品标识法案）加深了德国以外的人们对于德国产品的认识。人们开始将“德国制造”的标志与高质量联系起来，尤其会令人们联想到超乎寻常的可靠性和坚固性（经常还有重量）。

无论是过去还是现在，更高的质量和可靠性常常都是与较高的价格相伴随的，寻求优质产品的买主愿意支付这种价格。高价通常是高成本的结果，这些产品中含有更多的材料和高技能劳动。因此，德国产品常被人们视为精工细作的特制产品，具有很高的质量和可靠性。这类市场中的许多都是高度成熟的，有大量的中小型高技术企业为之服务，这些企业常常是世界范围内的市场领先者

(Simon，1996)。

就质量标志而言，还有建立于 1925 年的 Rdichs-Ausschuss für Lieferbedingungen (RAL)。RAL 确保了产品和服务的质量标志的正确使用，这是公私领域广泛关注的又一问题。今天，它还监督着由联邦内政部 (Federal Ministry of the Interior) 设立的环境标志的使用，以保证产品对环境的友好性 (Schlötel，1988)。

对产品质量的另一保证是 Stiftung Warentest，这是于 1961 年建立的一个产品检测基金会，它对不同竞争者的产品进行系统的检测并在《测试》杂志上公布检测结果。其检测数据常常被媒体报道或者被用在广告宣传中，是对于消费者的购买决策具有重要影响的一个因素。

因此，产品质量在德国一向受到高度的重视。迄今为止质量一直是德国工业界的关注焦点，在能够预见的未来也将会继续如此。尽管如此，与那些将质量与效率更成功地结合起来并有效解决了质量与大规模生产间的明显冲突的工业体系相比，这种体系所具有的风险也不容忽视。

从这一角度来看，德国产业界在领会质量管理的重要性方面步伐较慢，起初是在质量保证的层面，之后是在全面质量管理的层面。在技术质量方面的领先地位似乎使得它们在建立系统的、综合性的质量观方面相形见绌。就 ISO 9000 标准而言，德国迅速追回了落后的时间，到 1995 年为止已经约有10 000家公司获得了认证。缺乏一个很强的军事工业部门以及对这一市场的相应关注，可能是其先前对质量体系标准相对重视不够的原因，而这些体系是处理军工、核能和航天工业中的顾客和供应商关系的重要因素。与英国的情况对照一下，就可以看出这一分析所具有的说服力。

德国刚刚进入了 TQM 时代，它能否像在 ISO 9000 领域那样以很快的速度赶上来尚有待进一步观察。若德国公司对于专业技能的这种执著继续下去，还有可能出现更大的问题。强烈的专业意识产生了强烈的职能认同感（比如在研发部门或生产部门工作的雇员对于其专门技能特别地引以为荣)。这使得在过程层次上实现职能间的整合变得更加困难，而这种整合对于优化成本、时间以及质量都是至关重要的。在试图获得显著改进的活动中也会出现类似的困难，因为这类改进通常要求由跨职能的小组来完成。如何将质量和效率更好地结合起来，将是未来几年中许多德国公司要面临的挑战。

德国质量协会 (DGQ) 在传播德国的质量文化过程中发挥了重要的作用。它成立于 1952 年，从 EOQ 一成立就是其正式的成员组织。到 1995 年时，它已经有了6 000多个会员，其中 25% 是公司会员，75% 是个人会员。DGQ 的总部设在法兰克福，有 60 多名专职工作人员。其主要的活动是从事教育和培训，每年要提供约1 500门次的课程，接受培训的人员超过了30 000人。这是 1993 年的数据，这一年向受培训者颁发了7 500张证书，这些发证课程已经成为了劳动力市场上

的事实上的资格要求。DGQ 还设有一个研究机构，主要与企业和大学合作进行应用性的研究。

对于德国质量管理发展与现状的介绍不能不提及沃尔特·梅森（Walter Masing），这位企业家、演讲家和欧洲的质量先驱，是欧洲质量组织的创建者之一，也是第一任主席。除了从全国性的各种社团和大学获得各种荣誉之外，梅森博士于 1996 年被授予了欧洲质量组织金质奖章，这一殊荣以前只授予过 J.M. 朱兰博士。

质量在英国　英国在 20 世纪 70—90 年代的质量举措的主要特征无疑便是其对于基于标准的质量和认证的高度重视。这并不是说它忽略了质量的更为先进的方面。事实上，英国是最早引入新的 TQM 理念的欧洲国家之一，特别是那些处于高度竞争领域中的大公司就更加领先一步。然而，在英国分为两叉的质量观中，认证无疑处于主导地位，至少在数量化上和形象上是这样的。其认证的数量比所有其他欧洲国家认证之和还要多（见表 38—2）。事实上，一个时期以来，联合王国已成为那些基于标准的质量举措的支持者们的象征和典范。基于标准的观念与 TQM 的观念之间的分歧在 1987—1995 年间成为了欧洲一种典型的现象，这种现象在英国表现得尤为突出，因此剖析英国颇有助于对这种现象的理解。英国对于基于标准的质量举措的极端重视或许可以解释为什么 TQM 在这里的出现是作为一种对立物而不是补充支持。对标准的重视本身是大客户在经济中所占的关键分量而造成的，作为大客户典型的国防部是标准的大支持者，在 1973 年《质量保证国防标准》发布时，国防部的采购合同控制了英国制成品的约 10%（Hutchins，1995）。

到了 70 年代末期，一种新的质量思路开始浮现，这一思路以那些征战在高度竞争的公开市场上的公司的经验为基础，强调顾客满意和持续改进（这与只重视产品符合规格的那种客户主导的思路正好相对）。这一新的思路一方面直接来源于英国产业界的经验，另一方面也间接地来源于当时正处在日本严峻的竞争压力之下的美国企业界的经验。两种思路的对抗导致了这样一种局面，一方面是基于标准的思路对于质量控制、质量保证的一门心思的重视，以至于常常忘掉了顾客；另一方面则是 TQM 的思路有时会走极端，以致忽略了通过严格监控生命周期的每一阶段以确保产品和服务质量的这一基本需要。尽管这种分歧显然没有什么合理的基础，但还是出现了这种分歧并对每一个欧洲国家的质量进展造成了负面的影响。

这一现象可以在讨论英国的质量发展历程时加以分析，因为它在这里表现得是如此的突出。这种分裂的正式形成是在 1992 年，这一年英国质量协会（BQA，成立于 1981 年，主要针对企业）从质量保证学会（IQA）分离了出来（IQA 成立于 1919 年，1972 年冠以现名，它是 EOQ 的正式会员组织，代表着这两个机构）。表面上来看，两个机构的分立是为了按照政府的要求组建一个负责英国质

量奖运营的新机构。英国质量奖以欧洲质量奖为基础，因而包含了大量的 TQM 的内容。这样，质量奖的运营被赋予了 BQA，机构的名称也改为了英国质量基金会（BFQ）。尽管按照正式的说法这一分立是由于质量奖这样的偶然原因，但事实上，这是支持 TQM 的新团体对于多年来一直致力于推动质量保证的传统核心的有意疏离的最后表现。这是一种人为的意识形态的区分，对于欧洲质量文化的正确发展而言，这并非是一个可以忽视的障碍。

由于失去了针对企业质量的机构，IQA 废除了只接收专家成员的规定，现在开始吸收企业会员加盟。迄今为止，质量保证仍然是其主要的使命，但该协会已经明确地认识到其工作领域覆盖从质量控制、质量保证一直到全面质量管理的整个内容范围的必要性。

BS 5750 标准与认证热潮 对于战后英国和德国质量发展的对比分析表明，一边是英国与美国之间存在着相似性，另一边是德国和日本也具有某种相似。这里基于对无须进一步调查的历史事实的合理理解，对此给出一种可能的解释。如同美国一样，英国也是第二次世界大战的战胜国之一，它也像美国一样把国防置于了最优先的地位，这部分是出于对冷战的反应。就像美国在世界范围内的角色一样，英国在欧洲范围内建立了最强大的军事工业，其国防部在其中扮演着关键的角色。作为这种类型的合同关系的一个基本的要求，即对于规格符合性的高度强调，必然地对其质量文化的发展产生了决定性的影响。而德国与日本一样，其军事工业在整个产业中不再占有如此显赫的地位。在德国和日本，推动工业发展的首先是战后的重建，再后是其开拓国际市场的欲望，因此它们将质量视为竞争性的提供给顾客的附加价值，而不只是对标准的符合。但这种相似性不应看得太过，日本较多地着眼于争夺量大的市场，因此重视基于过程的质量，强调成本最低。与此相对，德国则将目光集中于高附加值的利基市场，这种市场中的高质量常常涉及较高的成本。但显然这两个国家的质量举措都是由扩大市场份额的需要所驱动的，而不只是符合标准和规格。

英国对于基于标准的质量的关注可以追溯到 1968 年的拉比（Raby）报告。国防部当时成立了拉比委员会以解决来自各个方面的检验问题，其工作揭示了检验在保证采购产品质量方面的内在局限性。拉比报告导致了 1973 年《质量保证国防标准》的制定和发布，该标准以北约 AQAP 标准（联合质量保证条款）为基础。

同一时期，公共部门和私人部门的许多大型组织，包括中央供电委员会（Central Electricity Generating Board）和一些汽车制造商在内，都制定了它们自己的审核供应商的质量体系和过程的标准。多重审核由此而成为了许多公司所面临的一个严重的问题。1979 年，BSI 发布了 BS 5750 标准，这一标准立即为国防部所采用（Hutchins，1995）。在克服了最初的一些困难之后，大批的组织和企业也都采用了这一标准。这是英国质量认证现象的开端，这将对英国乃至整个欧洲

的质量发展史产生重大的影响。

1987 年 ISO 9000 标准（以 BS 5750 标准为基础）问世时，获得认证的机构大致为7 000家。1993 年，这一数目上升到了19 000家，到了 1995 年年末达到了约53 000家（见表 38—2）。

直到 1994 年才对英国在认证上的姿态进行了首次详尽的审视（以面对反对团体的时常批评）。由英国皇家工程协会和皇家工程学会提出的 SEPSU 报告（SEPSU，1994）以及同年由 BFQ 提出的一项报告指出了如下的问题：

- 在许多情况下，BS 5750（或 ISO 9000）认证被错误地视为一种几乎神奇的活动，似乎企业据此就能自然而然地实现高质量，而未认识到这只是实现具有竞争性的质量的第一个步骤。
- 认证与顾客满意没有关系，它有效地转移了人们对于产品质量和顾客满意的注意力。
- 认证生意导致了过剩的认证机构（1995 年超过了 40 家），这必然地导致了平均质量水平的下降。由于数量多和国家认可委员会（NAB）的缺陷，这些认证机构所采用的做法上存在着显著的不一致。
- 政府对认证的经济支持助长了 ISO 9000 咨询人员的商人做法。
- 对于认证咨询人员的高的需求导致了其所提供服务的质量下降，造成了不顾具体情况和需要的差异而出售千篇一律的标准方案的趋势。
- 有一种忽视具体的技术特征和部门特征的一般趋势。

随着认证热潮扩展到欧洲和世界各地所创造的巨大的咨询商机，英国认证生意的快速增长得到了进一步的促进。英国在认证方面的领先者形象对于这种商机的增加也起到了增强作用。英国的认证和咨询机构也在强化人们的这种印象，这有时是应得的，有时则未必尽然。起作用的当然还有英语在世界上被使用得如此广泛这一事实。公司以及评审人员在英国之外的咨询与认证已经达到了一个如此巨大的程度，创造出了一个迷人的市场，并刺激着进一步发掘需求的欲望，这使得标准和认证扩展到了一个病态的程度（如 TQM 标准的出现）。

英国政府为推动标准和认证而采取的最重要的步骤是其《标准、质量和国际竞争力》白皮书的发布以及与此同时启动的全国质量推进运动，这一运动旨在促进 BS 5750 质量保证体系标准在英国工业界的贯彻。从 1983—1989 年间，英国贸易和工业部将1 900万英镑花费在了一系列的质量活动上（Lascelles and Dale，1989）。事实上，在 1983 年，像日本人那样对于质量竞争加以研究的必要性已是显而易见，这时开展一场重大的旨在推进标准和认证的全国性运动很是令人寻味。用戴维·哈钦斯（David Hutchins）的话来说就是，“不是去找出这种做法不能挽回英国相对于远东竞争地位衰落的原因，（这场运动的）倡导者们却在讲只需将同一味药加大剂量便可。”（Hutchins，1995）

今天，要判断这种大规模的标准和认证推进运动的成效为时尚早。给人的印

象是，就产品和服务的改进以及生产率的提高而言，其效果远低于预期的要求。就认证而言，英国当然是最重要的检测地，因为没有哪个国家达到了如此的规模。我们只能期望，在英国以及其他欧洲国家，人们能够从欧洲产业界的竞争力出发，以一种基于适当平衡所有要素的全球的视野，来使质量保证与其他的重视顾客和持续改进的做法被人为分割开来这一问题能够得以解决。（朝着这一方向变化的迹象已经出现。）

公民宪章 在政府的公民服务领域，英国政府在欧洲是最早地导入系统的质量推进计划的先驱者之一，当时是作为其政府服务私有化计划中的一个部分来进行的。在20世纪90年代的私有化浪潮中，英国一直是其他欧洲国家政府效仿的对象。

在20世纪80年代，英国政府对于公共服务的组织和运营方式进行了重大的改革。这些改革措施主要针对中央政府、地方政府和全国医疗卫生部门的效率和效果方面的问题。

第一个目标是撤销不承担有用职能的机构。留下来的机构可以区分为两类，即要私有化的机构和仍将留在公共部门中的机构。在1994年几乎有100万个职位转到了私营部门。此外，在仍然由公共部门负责提供职能的领域，也要进行评估，以判断是由政府直接提供服务还是委托私人部门来进行。其目的是显然的，即通过引入竞争来改进效率。

公民宪章旨在确保公民得到充分满足标准的服务，而不论服务的提供者是谁。从根本上讲，其思路是尽可能地创造一种竞争的环境，以此形成提高质量的前提条件。既然焦点是面向公众的服务，政府希望能够保证因竞争而成为可能的质量真正成为现实。在无法创造竞争的场合，则采取包括激励计划在内的措施，以保证能够达到所要求的质量水平。

公民宪章于1991年出台。这是一个改进公共服务的10年滚动计划，它基于如下一些原则（Hilton，1994）：

- 建立和监测服务标准并公布绩效结果。
- 就服务的运行方式和花费情况提供透明性和充分的信息。
- 尽可能地提供多种选择。
- 使所有有资格的人们都能够平等地获得服务。
- 提供礼貌和帮助。
- 把事情做对。
- 使物有所值。

每一主要的公共服务领域都制定了专门的宪章。到1994年，有38个部门已经发布了其宪章，包括中央和地方政府、学校、大学、医院、警察、铁路、监狱、税收以及一般公用事业如天然气、电力、供水、电信等。

同时还设立了宪章标志以表彰那些用户认为提供了卓越服务的组织。服务运

营者的收入也与绩效挂起钩来。

公民宪章已经实行了数年，有关其成效的评价多种多样。但又一次，其成果低于预期。人们的态度是很难改变的，尤其是在政府管理部门。尽管如此，也还是取得了一些可喜的成绩，例如邮局，在 1989—1990 年间，一级信函在投递后的第二个工作日可以送达的占 78.1%。这一数字在 1991—1992 年间上升到了 89.8%，1993—1994 年上升到了 92%。

英国的公民宪章运动的一个显著优点是其带动了欧洲其他国家的政府引入类似的计划，向一向极其死板的一个部门注入了新的活力。这也是之所以在这里花大量篇幅讨论这一宪章的原因。尽管事实上，就公共服务的质量而言，一些北欧国家做得更为出色。

对其他国家的评述　尽管不可能对每一个西欧国家都加以详尽的讨论，但这里还是进行一些评论和澄清以使这一图景更为完整。

我们不妨从瑞士开始，该国制造业产品的质量可以说是闻名遐迩（如手表、大型电机设备、化工产品等）。瑞士是欧洲最早成立国家质量体系认证机构（SQS，1983 年成立）的国家之一，也是认证率最高的国家之一。其许多的制造业企业和服务业企业都遵循着 TQM 的战略。

荷兰也是一个具有长期的质量传统的国家，同时也是最早引入认证的国家之一（1982 年）。荷兰质量基金会可以追溯到 1953 年，它是 EOQ 的创建成员。1984 年，荷兰政府实施了其第一个国家质量计划项目，主要是针对中小企业，这是该国经济的支柱。1988 年开展了第二个计划项目，政府出资 50% 资助 100 多个旨在促进质量原理和方法在企业中应用的项目。荷兰的大学也发挥了重要作用。最后，还有必要提及荷兰质量奖（该奖项以欧洲质量奖为基础但引入了不少有趣的差异），该奖项具体由成立于 1992 年的荷兰质量学会来组织实施。

斯堪的纳维亚地区也是在 80 年代开始重视质量问题的。1984 年，瑞典在 Linköping 大学设立了第一个 TQM 教席。1990 年，瑞典质量学会成立，并在 1992 年开始组织实施以马尔科姆·鲍德里奇奖模式为基础的瑞典质量奖。在整个工商界，90 年代开始的私有化浪潮促进了 TQM 的传播。认证也得到了同样强劲的推动，特别是在丹麦。三个斯堪的纳维亚国家都对服务质量非常重视，最著名的是在卫生保健和环境质量方面。瑞典对顾客满意问题尤其重视，无论在学术层次还是在实际应用中。瑞典是最早引入国家顾客满意衡量体系的国家，1989 年提出的瑞典顾客满意量表（SCSB）是 1994 年启动的美国顾客满意指数的原型。SCSB 被用于监测一些行业和这些行业中的各个公司的顾客满意度。它有五个主要目标：

1. 行业对比。
2. 个别企业与行业平均水平对比。
3. 进行不同时间的对比。

4. 长期绩效预测。

5. 回答特定的问题。

德国也有一个顾客满意指数，是在 1992 年建立的。目前正在研究探讨建立一个欧洲顾客满意指数的可能性。

认证在爱尔兰和意大利也有着重要的地位。意大利的情形（意大利的国家认证机构是 AICQ，EOQ 的五个创建者之一）值得简要地评论。在企业界，各部门的协会（机械行业、电子行业、化工行业等）有效地控制着本部门的认证，尽管市场对于任何希望加入认证领域的机构都是敞开的。很明显，这些协会为了自身的利益维持了认证的高质量，而且，由于评审人员经常是招募自在特定行业中长期工作过的资深人员，他们能够判断出真正重要的因素，避免了只是熟悉标准但对特定的过程却不甚了了的那些评审人员所采取的教条方式。这些因素的结合使得意大利的认证水平与那些认证的商业因素较为浓厚的国家相比要高出许多。

欧洲的质量组织

欧洲的质量组织多年来对于欧洲质量意识的迅速增长起到了重要的作用。因此，这部分内容需要专门予以介绍。这里只能简要地加以讨论，希望详细了解这些内容的人士可直接与这些机构联系。在全欧洲层次上主要有两个这方面的组织，即 EOQ 和 EFQM。在国家层次上活跃着的组织通常是 EOQ 的会员协会和一些负责运营质量奖的组织。

欧洲质量组织（EOQ） 欧洲质量组织是欧洲国家质量组织的联盟。其目标主要体现在以下的使命陈述中：

> 促进欧洲范围内的质量理论和最佳惯行的信息和经验的交流，以提升欧洲经济体的竞争力，并特别关注中小企业的情况；促进公共服务和教育系统中的质量改进。

为了实现上述使命，EOQ：

- 推动并协调成员组织及所有工作单位的活动。
- 组织年会、研修班和论坛。
- 出版《欧洲质量》杂志。
- 参加和推动欧洲层次的项目。

EOQ 由法国、联邦德国、意大利、荷兰和英国的国家质量机构于 1957 年发起组建，当时称为欧洲质量控制组织（EOQC）。从那时起，会员组织逐步扩展到了其他国家的质量机构，详情如下所示。到 1996 年为止，已有 31 个国家的质量协会成为了 EOQ 的正式成员。

时间	国家
1961	丹麦、瑞典
1962	挪威
1963	捷克斯洛伐克
1966	南斯拉夫
1970	民主德国
1971	葡萄牙
1972	匈牙利
1974	比利时
1976	土耳其
1979	奥地利、希腊
1980	爱尔兰
1989	冰岛
1991	苏联变为俄罗斯，联邦德国与民主德国合并
1992	南斯拉夫分裂成不同国家，斯洛文尼亚成为分裂后第一个加入 EOQ 的国家
1993	克罗地亚和爱沙尼亚；捷克斯洛伐克分裂为捷克共和国和斯洛伐克共和国
1994	南斯拉夫马其顿共和国
1995	拉脱维亚
1996	乌克兰

1989 年，EOQC 更名为欧洲质量组织（EOQ），以反映质量保证、质量管理和全面质量管理这些质量控制之后的质量理念的新发展。

EOQ 早年的一个显著特征是其在欧洲大陆被深深地割裂开来的时期，从包括东、西欧在内的整个欧洲接收会员的政策。推动两个极端不同的经济体中的质量专家的经验交流被认为比铁幕两边的政治分割更为重要。早在 1969 年，于捷克斯洛伐克举行的年会和 1978 年一位苏联公民当选为主席的事件，向全世界表明了这一点。

EOQ 接受瑞士法律的管制。其总秘书处设在瑞士的伯尔尼，现由三人构成。这一人数凸显了 EOQ 与其他的质量组织，如 ASQC 的不同。后者是一个全国性的协会（覆盖了整个美国的领土，尽管它是由地区性组织构成的一个高度分权的组织），而 EOQ 是一个全国性协会（正式成员组织）的联盟。EOQ 反映了欧洲这一由独立的主权国家构成的大陆的政治结构，这些国家（欧盟 15 个创始成员国以及其他逐步加入的国家）正在逐步地实现经济一体化和一定程度上的政治统一，起码现今尚未不顾每一国家各自的民族特性。与此相似，在 EOQ 内部，各国的质量协会都注意保持其各自的优势并将大部分的注意力和资源用在本国的活

动上。向 EOQ 提供的非常有限的资源（用于会费和其代表参加法定的机构、委员会或工作组的会议）使得这一联盟能够在事关整个欧洲的特定的战略性举措上，或在那些通过集中组织而能提高各个机构的协同效应进而改进效率的那些活动方面，提供协调、整合和领导。

正式成员机构的全国性活动相对于 EOQ 组织的全欧活动的优势从工作人员的人数上可以得到证实。31 个国家机构的工作人员加起来总共约有 250 人，这与 EOQ 秘书处的 3 个人形成了鲜明的对照。各国的机构还依靠着许多志愿者的工作。不过，EOQ 的执行机构感到其中央结构应当加以强化，以满足因欧盟的经济、政治日益整合而催生的全欧洲层次上的活动扩张的需要。

表 38—3 列出了 EOQ 的正式成员机构的名单以及各自的个人会员和公司会员的数目。

结构与活动 EOQ 的决策机构是会员大会。它由正式会员单位的代表、执委会成员和秘书处的成员所组成。会员大会每年召开两次，即年会期间的夏季会议和冬季会议。执委会由主席、上届主席和四位副主席组成。EOQ 的活动主要是通过以下的方式进行的：

- 年会。
- EOQ 的官方刊物《欧洲质量杂志》。
- 委员会和分会。
- 质量专业人员的注册和资格认定机构。
- 质量工作组的演进。

年会 从 1957 年开始，EOQ 年会每年举行一次，由会员国轮流承办。第一次年会于 1957 年在巴黎举行，由沃尔特·梅森担任主席。目前年会的日程已安排到 2005 年（1997 年，挪威；1998 年，巴黎；1999 年，西班牙；2000 年，匈牙利；2001 年，土耳其；2002 年，英国；2003 年，荷兰；2004 年，保加利亚；2005 年，意大利）。

年会通常在 6 月份召开，每两年在闭会时选举产生新的主席和执委会。

《欧洲质量杂志》 《欧洲质量杂志》是 EOQ 的正式刊物，双月刊，1994 年取代原先的《EOQ 杂志》开始发行。杂志隶属于 EOQ，由 J.&M. 凯利（J.&M.Kelly）欧洲质量出版社发行。其社论页根据一个由编辑、秘书长和其他的 EOQ 代表组成的编委会来决定。杂志还有一个由欧洲、美国和日本专家组成的顾问委员会的支持。该杂志侧重于管理而不是技术，面向公私部门的各种营利或非营利组织的管理人员以及学术界。

委员会和分会 根据需要和正式成员的资源可能性，这些年委员会和分会的数目一直有所变化。1995 年，分会主要有：自动化、制药业、建筑业、咨询业、医疗卫生；委员会主要有：教育和培训、可信性、术语、统计方法、软件、质量管理中的人的因素、环境质量、服务质量。

表 38—3　　EOQ 的正式成员　　1996 年 1 月

正式成员	个人	公司
奥地利	40	430
比利时		1 900
保加利亚	N.A.	N.A.
克罗地亚	240	60
捷克共和国	1 350	25
丹麦	1 011	744
爱沙尼亚	86	23
芬兰	2 400	300
法国	1 000	2 000
德国	6 000	1 500
希腊	3 980	382
匈牙利	850	260
冰岛	188	282
爱尔兰		2 200
意大利	2 000	800
拉托维亚	176	52
马其顿（南斯拉夫除外）	60	55
荷兰		350
挪威	1 910	1 010
波兰	N.A.	N.A.
葡萄牙	1 487	928
罗马尼亚	15	265
俄罗斯	320	—
斯洛伐克	115	151
斯洛文尼亚	650	—
西班牙	3 211	1 113
瑞典	3 500	160
瑞士	30	1 820
土耳其	1 701	3 661
英国	13 000	600
合计	45 320	21 071

说明：N.A.＝没有数据。

质量专业人员注册和资格认定机构　这一部门负责质量专业人员的资格认定和注册的统一计划项目，这一项目是 EOQ 在 1994 年 1 月导入的，目的是在全欧洲范围内建立质量专业人员培训和资格认定的高标准并为所有相关专业人员资格的互相承认铺平道路。1996 年，这一 EOQ 计划确认了三类质量领域的人员，分别是质量专业人员、质量体系管理人员、质量体系审核员。这一计划基于许多正式会员单位的培训经验，这些会员单位在 1991 年决定实施一个融合过程以创建一个共同的项目计划。这一计划也为那些未曾参与该项目设计的正式成员所采用，从而成为了正式的 EOQ 计划。如果能够为相关机构所接受，它还可以成为全欧洲的计划。今天，这一计划是由 EOQ 根据 EN 45013 标准和 ISO 10011 标准

的要求来组织运营的。EOQ 成为了一个事实上的认可机构，若这一计划纳入欧盟体系中的话，它的这一地位将得到正式的确认。EOQ 的各正式成员负责本国的质量专业人员的认证。根据欧盟的规则，这一职能并不只限于由 EOQ 的正式成员组织来承担，满足 EOQ 相关文件规定的其他机构同样也可以从事这一业务。尽管如此，EOQ 的正式成员组织是 EOQ 在本国的代理，是使计划正确实施的保证。图 38—1 示出了该计划的申请要求和认证过程。

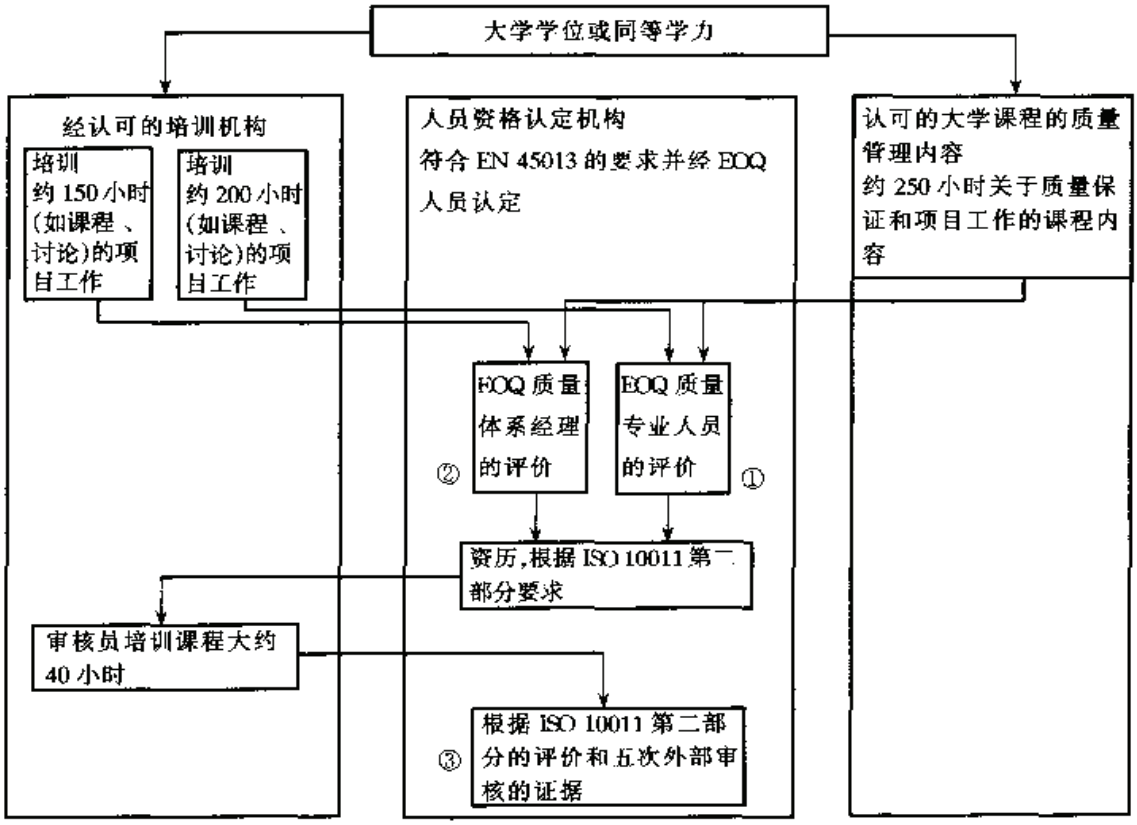


图 38—1 EOQ 质量专业人员注册和认证计划

说明：①1 = 质量专业人员；②= 质量体系管理人员；③= 质量审核人员。

质量演进工作小组 这一小组对于质量理论和实践的演化加以监测，可能的情况下还要加以预测，以使欧洲保持在发展的前沿。这一小组组建于 1994 年。组建这一小组的原因之一在于人们的这样一种意识，即在过去这些年中质量在欧洲和 EOQ 系统内部是以一种一边倒的方式发展过来的，结果导致这一组织正面临着失去其愿景和使命所描绘的领导地位的危险，历史也证明了这一点。1987 年以后，基于 ISO 9000 标准的质量体系认证成为了欧洲和 EOQ 会议的主要题目。对认证的越来越高的需求为各国质量协会创造了新的机会，使得它们能够输出其在质量培训中的经验，并在评审人员认证领域开展新的活动。这些活动的增长不仅提高了各国质量组织的重要性和存在价值，而且也导致了其组织机构的扩大，结果是技术结构逐渐压过了专业性的技能。越来越多的时间被用于解决与预算、扩张、内部组织和与新商机吸引来的其他机构的竞争等方面的问题。专门人

员、专业性事务被忽视或经常未被意识到。由于对于认证的这种过度的重视，全面质量管理领域的开发研究成为了各国机构以及 EOQ 的副业。

成立质量演进工作小组，是要为 EOQ 提供一个观察哨以辨识和分析质量发展的主要趋势，而非只是偶尔关注某些问题，尽管这也是合理的；也非着眼于某些机构重视的商机或最新的流行。因此，这一小组是 EOQ 和其各国成员机构的一个参照点，为其作出正确的决策和避免盲目追赶时尚提供支持。工作组每年大致举行三次会议，还举办一次论坛，讨论当前感兴趣的特定问题。它同时还向承办 EOQ 年会的国家质协提供支持，帮助它们选择讨论的主题，挑选演讲人并评审所征集的论文。还要在论文提交执委会讨论之前对其关键的论点加以审查。

欧洲质量管理基金会（EFQM）　在 20 世纪 80 年代，许多欧洲公司都接触到了新的质量理念，不少质量经理率先体验到了其益处。但是面对的一个主要的困难是如何使高层管理人员以及广大的直线经理参与进来。在意识到这一问题后，质量协会曾试图努力将企业最高层主管和政治家们的注意力拉到新的质量理念上来，但收效甚微。

1987 年，荷兰的电工电子业跨国巨头飞利浦公司的总裁与另外 13 家欧洲大公司（创建 EFQM 的 14 家公司）联系，提出创建一个全欧洲的组织以促进企业界对于全面质量管理的兴趣，这被视为恢复欧洲产业竞争力的重要战略举措。14 位总裁指派他们的质量战略主管对项目进行了分析。作为其结果，提出了组建一个机构的建议，这一机构将作为质量界业已运行的机构的补足。如果说现有协会的优势在于质量经理、质量专家的技术诀窍和实践经验，劣势是缺少高层管理的参与的话，那么新机构的目标便是最高管理层的高度可见的直接的存在。1988 年 9 月 15 日，14 个公司的总裁共聚布鲁塞尔签署了成立欧洲质量基金会的意向书。基金会于第二年的 10 月 19 日在瑞士正式成立，同样是 14 位总裁亲临现场。这次会议的文件确定了 EFQM 的愿景、使命和目标。基金会的使命如下：

- 第一，为西欧公司的管理当局提供支持，以使它们尽快使质量成为实现全球竞争优势的决定性因素。
- 第二，激励并在必要时支持西欧社会的各个层面参与质量改进活动及强化质量文化。

头五年，EFQM 置于一个由创始公司的总裁所组成的指导委员会的领导之下。指导委员会提出的方针由总裁代表所组成的执行委员会转化为具体的举措，具体的执行则由秘书长所领导的职员来负责。执行委员会闭会期间由一个顾问委员会来辅佐秘书长。1994 年，EFQM 的会员资格有了改变，只区分常规会员（公、私立公司或政府机构）和参与会员（非营利组织）。相应地，指导委员会和执行委员会从会员中选举产生。基金会的总部设在荷兰的艾恩德霍芬，但自

1992 年以来，其秘书处（秘书长与 20 多位职员）一直在 EFQM 的布鲁塞尔代表处办公。

到 1996 年为止，EFQM 有约 500 名会员。

EFQM 的活动 EFQM 的主要活动有如下方面：

- 表彰：包括欧洲质量奖的管理工作（这也是其最重要的活动）。
- 为管理者提供服务：EFQM 年度代表大会、质量管理公开日、研讨班、专题日、工作小组等等。
- 交流：《质量联系》（Quality Link）通讯和专题论文集的出版。
- 教育、培训和研究：组织每年的“学习前沿大会”和其他活动。
- 获奖者报告会：由质量奖得主介绍其实现卓越的经验，以便为其他欧洲公司所借鉴。报告会由各地的 EFQM 成员来组织。
- 与质量奖相关的培训活动：质量奖评审员和企业内部评审员的培训。

在 EFQM 覆盖的主要国家中，已经成立了当地的活动团体，负责翻译文件和协调本国的质量奖评审团体的活动。

年度论坛 这是 EFQM 的主要公众活动。第一次论坛于 1989 年在蒙特勒举办，第二次是 1990 年在伦敦，第三次是 1991 年在巴黎。自 1992 年的马德里论坛以来，欧洲质量奖的颁奖仪式被纳入了其中。以后的论坛分别在意大利的都灵(1993)、荷兰的阿姆斯特丹（1994）、德国的柏林（1995）、英国的爱丁堡(1996)、瑞典的斯德哥尔摩（1997）和法国的巴黎（1998）举办过。

尽管欧洲质量奖的颁奖是活动的一个高潮，论坛还安排了十分充实的活动，这些都是许多的欧洲经理们感兴趣的，其中包括由欧洲的公司老总们宣读论文，仔细选择主题的研讨班等。论坛同时还是基金会指导委员会年会的召开地。

EFQM 2000 年计划 1996 年，EFQM 重申了它的愿景和使命，并制定了长期计划。

基金会的新愿景是：

> 在建立和推动作为欧洲组织实现卓越绩效的途径的坚实的全面质量管理方法论方面，成为全球公认的领先组织。

其使命是：

- 激励和支持全欧洲范围内的组织参与改进活动以在顾客满意、社会影响和业务绩效方面实现卓越。
- 为欧洲组织的管理者提供支持，支持其强化作为实现全球竞争优势决定性因素的全面质量的作用。

在 EFQM2000 计划项目中，基金会的目标主要有：

1. 推动欧洲经营卓越模式被公认为管理一个组织并辨识改进机会的关键战略框架，无论组织的性质和规模如何。

2. 推动荣获欧洲质量奖（Award）和欧洲质量嘉奖（Prize）成为全球公认的

重大成就，以及获奖者被公认为卓越经营的典范。

3．通过提供物有所值的服务赢得会员的满意。

4．使全面质量的理念、方法、工具和技术成为欧洲各个层次教育、培训的关键内容。

5．与各国质量组织、欧洲质量组织和欧盟之间建立起建设性的关系。

6．在合理的财务水准上运营。

EFQM 还设立了 2000 年达到 800 个会员的目标。

欧洲质量讲坛　鉴于其互补作用，EOQ 和 EFQM 于 1994 年 9 月 1 日联合创立了欧洲质量讲坛，作为优化它们的活动的整体效应的手段。这一讲坛的愿景是：

- 欧洲质量讲坛是全欧洲在质量领域沟通和协调方面的龙头团体。
- 欧洲质量讲坛服务和支持欧洲委员会以及欧洲的所有公、私组织在各层次各领域推动质量的努力。

讲坛设立理事会，由两个组织分别选派三位代表组成，定期召开会议。它是 EOQ 和 EFQM 秘书处间的一个常设的纽带，也是双方联合活动的形式。这些活动通常由其中的某一个组织牵头，但计划和监督则由双方组成的一个专门的实施委员会来联合进行。1994—1996 年，讲坛的联合活动主要有：

- 专为中小企业设立了新的欧洲质量奖。
- 欧洲质量周活动。
- 编写有关欧洲公司 TQM 战略的案例研究的著作。

这三项活动是欧洲委员会（DGIII）项目的组成部分，因此得到了欧洲委员会基金的支持。讲坛的未来计划中包括了教育和培训活动、有关质量方面的信息的公开出版、质量专业人员的素质提高等。

欧洲质量奖

欧洲质量奖和欧洲质量嘉奖是 EFQM 于 1991 年在 EOQ 和欧洲委员会的支持下设立的。EFQM 负责奖项的管理和资金。要获得嘉奖，一个组织必须“……表明在过去若干年中其全面质量管理活动对于满足顾客、雇员和其他相关方的期望发挥了显著的作用……”。候选者之间没有彼此的竞争，而是对照预先确定的卓越水准来分别评价，同一年度可以颁发许多的嘉奖。其中的“优中之优”将获得欧洲质量奖。欧洲质量奖最初是针对大、中型工商企业。1996 年，专为公共服务提供者设立了一个奖项。1997 年设立了针对中小企业的奖项（请参阅参考文献中提到的关于质量奖的小册子）。

如果申请者是一个独立的公司，惟一的一项资格要求就是过去五年间其至少

50%的活动是在欧洲进行的。如果申请者是某个大组织的一部分，则还必须符合如下的条件：（1）申请者必须有独立的公司名称和自己独立的品牌；（2）申请者雇员人数必须超过250人（从1997年开始，这不再是一个条件。250人成为了大型企业奖和中小企业奖的分界线）；（3）申请者供应母公司的产出不得超过全部产出的50%；（4）申请者必须履行足够广泛的经营职能（欧洲质量奖）。

以下是1992—1995年间的欧洲质量奖得主（每年的名单中的第一家公司是欧洲质量奖得主，其后的是受嘉奖者）：

- 1992：兰克施乐公司；BOC公司，Special Gases，Industria del Ubierna SA，UBISA，米利肯欧洲分公司。
- 1993：米利肯欧洲分公司；ICL制造分公司（现D2D公司）。
- 1994：D2D（Design to Distribution）；爱立信SA，IBM SEMEA。
- 1995：得州仪器欧洲公司；TNT Express英国公司。
- 1996：Brisa-Bridgestone Sabanci Tire Co.SA；英国电信；Netas，Northern Electric Telekomunikayson AS。
- 1997：汤姆逊电子；英国电信；TNT英国有限公司；Netas，Northern Electric Telekomunikayson AS。

1997年也是第一次颁发中小企业欧洲质量奖，质量奖得主：Beksa；受嘉奖者：Gasnalsa，Gas Natural de Alava，DiEU，ABB半导体，DD Williamson，Prec-Cast Foundry有限公司，Landhotel Schindlerhof。

欧洲质量奖的工作日程安排大致如下：提交预申请材料（公司信息和符合申请资格要求的资质证明），1月底结束；提出最终申请文件，3月初；现场审查，6月；宣布获奖名单，10月或11月。

每份申请书由一个评审小组来审查，评审小组由5～7名评审员组成，由一位资深评审员负责。在每位评审员独立地审查完申请书之后，由资深评审员召集“共识会”，以达成定性（有关优点和有待改进的方面）和定量（分数）的一致意见。所达成的“共识报告”由资深评审员提交EQA评判团，评判团审查所有的共识报告并选出进入现场评审的申请者。在完成现场评审之后，EQA评判团开会作出最终判决。在这一过程中所需的评审员人数因申请者数目而异。

欧洲质量奖建立在图38—2所示的模型之上。这一模型表达了这样的理念，即领导作为驱动力驱动着方针与战略、人员管理、资源管理以及过程，这使得实现了顾客满意、人员（雇员）满意和积极的社会影响，而这些又最终导致了卓越的业务成果。各占50%权重的促成因素（enablers）与结果（results）的明确划分是欧洲质量奖的独特之处。

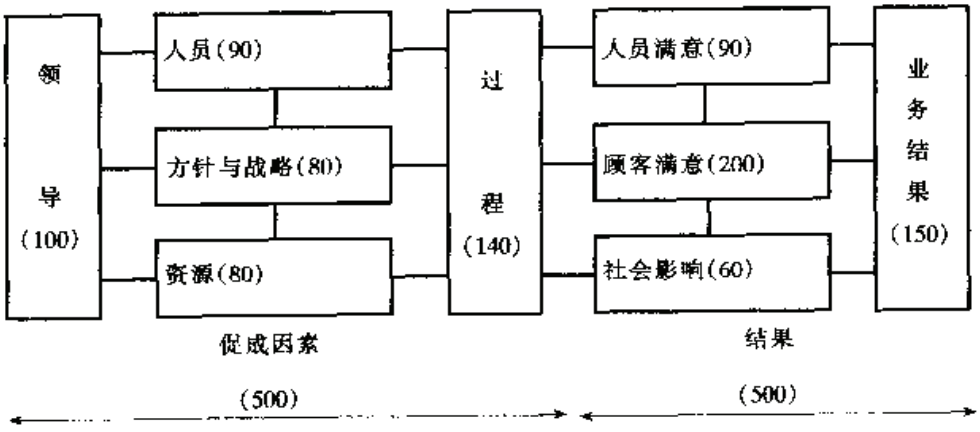


图 38—2　欧洲质量模式(权重)

欧洲环境管理体系

世界上第一部环境管理体系标准 BS 7750 是由英国标准学会（BSI）在 1992 年制定的。之所以成为世界上第一个制定环境标准的组织，BSI 显然充分利用了其在质量体系标准方面的多年的经验（BS 5750 和后来的 ISO 9000）。

在欧洲层次上，欧共体于 1992 年 12 月 3 日在这一领域通过的第一个决议表达了这样一种理念，即与市场经济相适应的一个预防性的环保指南有利于产业的竞争力，应当尽最大可能加以采用。第二年，发布了关于工业公司自愿遵守一个社区环境管理和审核计划的欧共体 1836/93 号裁定，该计划旨在提升工业活动的环境效率。为帮助实施这一计划，1836/93 号裁定提供了一系列法律的、技术的和管理的指南，涵盖了公司“环境管理体系”的建立、必要审核的实施、面向公众的信息等方面。《环境管理与审核计划（EMAS)》于 1995 年开始实施。因此，到 1996 年时，存在着三个体系：BS 7750 标准、EMAS 和 ISO 14000 标准，最终草案于 1995 年 6 月在奥斯陆通过。正式的 ISO 标准预期将于 1996 年下半年发布（Kiesgen，1995)。

尽管这三个体系在许多方面都非常相似，但各自强调的重点不同。由于 ISO 标准要寻求国际范围内的广泛接受而必须作出妥协，从而被认为约束性最低。EMAS 标准被认为是最严格的。欧洲的许多观察家都确信，EMAS 注册应是最终的目标，而 BS 7750 和 ISO 14000 标准都应当被视为一个中间站。但 CEN（欧洲标准化机构）正在探讨缩小 EMAS 和 ISO 14001 的差异的可能性，以最终采用 ISO 标准。

欧盟裁定所勾勒出的针对工业活动环境效率认证体系的思路，类似于在欧盟内自由流通的商品所采用的质量体系认证的思路。EMAS 注册的路线图如下所述

(Mullins, 1996)。

1. 确立一个环境方针。这必须是一项用来确保以下事项的全公司的方针：

- 符合相关的环境法规。
- 对持续改进作出承诺。

2. 实施现场环境评审。目的在于确认现场的环境影响和相关问题。

3. 制定环境计划（program)。该计划应符合公司的环境方针及现场环境评审的结果。

4. 建立环境管理体系。

5. 按照 EMAS、BS 7750 或 ISO 14001 标准的要求进行环境审核。审核频率根据业种而定，但至少每三年一次。

6. 制定用以公开的环境声明。目的是使所有相关方了解其现场环境影响以及公司的环境管理方针。

7. 确认（validation)。由一个经认可的环境审查机构来审查公司的环境方针、计划、管理和审核程序，确保符合 EMAS 的要求。

参考文献

Brochures about the awards can be requested from the EFQM, European Foundation for Quality Management, Avenue des Pléiades 15,1200 Brussels, Belgium.

Dragomir, Rado, and Halais, Bernard (1994). *Quelques Points de Repère sur l'Histoire de la Qualité en France*. Ministère de l'Industrie des Postes et Télécommunications et du Commerce Extérieure, Paris.

Gogue, Jean-Marie (1988). "Quality in France." *Quality Control Handbook*, 4th ed. J.M.Juran, editor. McGrawHill, New York.

Hilton, Brian (1994). "The Citizen's Charter." Paper presented at 38th EOQ Quality Congress, Lisbon.

Hutchins, David (1995). "History of Managing for Quality in the UK." *History of Managing for Quality*, J.M.Juran, ed. Quality Press, Milwaukee.

Juran, J. M. (1979). "Japanese and Western Quality: a Contrast." *Quality*, January and February.

Kiesgen, Gerrit (1995). "The Marriage of Environment to Quality." *European Quality*, vol.2, no.2.

Kume, H. May (1990). "Quality Management: Japan and the West." *Quality*, May, p.16.

Lascelles D. M., and Dale, B. G. (1989). "The UK Department of Trade &

Industry National Quality Campaign: 1983 to January 1989." *International Journal of Operations and Production Management*, vol. 9, no. 6.

Lerner, Franz (1995). "History of Quality Assurance in Germany." *History of Managing for Quality*, J. M. Juran, ed. Quality Press, Milwaukee.

McMillan, J. (1994). "The Usage of the EN 29000/ISO 9000 Series of Standards in Community Legislation." Paper presented at the 38th EOQ Quality Congress, Lisbon.

Mullins, Sandra (1996). Choice of Clean-Up Acts. *European Quality Publications*, vol. 3, no. 2.

Prix Français de la Qualité (1994). Mouvement Français pour la Qualité, Paris, April.

Qualité en Mouvement (1993). Paris. Special Dossier on the Prix Français de la Qualité, March-April.

Schlötel, Ernst (1988). "Quality in the Federal Republic of Germany." *Quality Control Handbook*, 4th ed. J. M. Juran, editor. McGraw-Hill, New York.

SEPSU (1994).

SEPSU Report on Quality Management. Royal Society, London.

Simon, Herman (1996). *Hidden Champions: Lessons from 500 of the World's Best Unknown Companies*. Harvard Business School Press, Boston, MA.

The European Quality Award, Application Brochure, European Foundation for Quality Management, Eindhoven, The Netherlands.

(李东红 译)

第 39 章

质量在中东欧国家

罗伯特·E·霍格斯图尔（Robert E. Hoogstoel）

本章目标
中东欧国家的近期历史
中东欧国家的界定
最近的历史
共产主义下的政治、经济组织
政治、经济组织的影响
1945—1990 年间的质量管理：
政府质量控制
当前的质量管理及未来的展望
起作用的力量
全面质量管理、顾客和民主传统
参考文献

本章目标

本章对于质量在中东欧发展历程的讨论有两个主要的目标：

1. 回顾该地区的历史，特别是有关质量管理的方式方面。
2. 识别当前工作对未来的质量管理具有影响的力量。

中东欧国家的近期历史

中东欧国家的界定 本章中的“中东欧国家”特指第二次世界大战之后不久即宣称其是一党专政下的社会主义或共产主义的那些欧洲国家所在的地区。这包括苏联（U.S.S.R.）阵营的那些国家，如保加利亚、捷克、民主德国、匈牙利、波兰、罗马尼亚和斯洛伐克，或事实上被并入苏联社会主义共和国当中的那些国家，如白俄罗斯、立陶宛、拉脱维亚、爱沙尼亚、乌克兰。还包括与苏联保持距离的社会主义国家南斯拉夫和阿尔巴尼亚。由于俄罗斯作为苏联当时的核心，如同在其他方面一样，在质量方面对这一地区有着决定性的影响，我们也将其包括

在内。这并非一个完整的名单，我们也不企图预计这一地区会因谈判或内战而出现新的国家。就讨论质量而言这个名单已经足够了，其中已经包括了这一地区工业化程度最高因而也是在质量方面最具影响的那些国家。

最近的历史　记住这一地区近年的历史是一段动荡的历史，无论是在经济还是在政治方面，这是很有必要的。1989 年之前这些国家的自治是短暂而零散的。在这些曾在奥匈帝国或普鲁士帝国统治下的国家里，自治只限于 1918 年第一次世界大战结束后的这段时期。当时新独立的国家有奥地利、匈牙利、波兰、捷克斯洛伐克、南斯拉夫以及爱沙尼亚、拉脱维亚和立陶宛这几个波罗的海国家。随着纳粹德国在 1935 年前后的兴起，这些国家的自治很快便画上了句号。这一地区再往后便是占领、第二次世界大战，以及更多的占领。1945 年第二次世界大战结束后不久，除奥地利外，这一地区的所有国家再加上民主德国都成了共产主义国家，处在了各国共产党的统治之下，大多数都受着苏联借助于军事力量支持下的经济和军事协定的主宰。满打满算，也就有十多年时间来建立民主的形式，这么短暂的一段时间很难建立起民主的传统。此外，在 1989 年前的 40 多年的时间里，在中东欧国家中对于基于市场的经济形式的体验只限于黑市，这是政府控制以外的交易，是作为犯罪而受到谴责和制裁的。

正是这段共同的历史以及这段历史所带来的挑战将这些国家与质量联系在了一起。其中的每一个国家，无论其正在奔向的新的组织形式如何，都渴望着能够生产出在世界市场上有竞争力的产品，包括有形产品和服务产品在内。每一个国家都必须设法来缔造一种能够使渴望成真的环境。

共产主义下的政治、经济组织　欧洲的这一部分正处在转型之中。与其猜测其未来，不如回顾和审视影响今天这一地区质量状况的那些共同因素要更为有益。

在 40 多年中（俄罗斯要更长一些），这一地区处在与西欧国家截然不同的一种政治经济模式的统治之下。这一模式以及其实施的后果形成了其产业质量氛围。这种模式的特征深刻地影响着质量管理。其遗留的管理习惯和思维仍然影响着质量管理。其中的一些特征及其影响有：

- 经济是集中计划的。史密斯（Smith，1976）讨论了俄罗斯对于由政治宝塔的顶层发布并向下逐层传达的计划的热衷而产生的某些影响。经理人员有一种“必须完成计划”的压力。对于完不成计划受罚的恐惧和完成计划而获得奖励的期待，驱使整个经济体中的经理们会尽一切手段完成计划或将未能完成计划的责任转嫁他处。这种扭曲导致了不切实际的计划，并由此而导致了整个经济体中的原材料短缺，经理们不得不采取变本加厉的欺瞒来加以应对。
- 政府是事实上的惟一顾客。就消费品而言，这意味着庞大的中央机构代表着全体人口的需要和期望。在产品的设计或服务的提供中没有顾客的直接意见，也没有产品现场性能的有效反馈。顾客惟有接受所能得到的东西并遭受低劣

质量之苦（Smith，1976）。

• 着眼于产量。中央计划要求必须完成生产的数字指标。完成计划（或超额完成计划争当生产明星）的最显而易见的捷径便是牺牲质量。赫鲁晓夫（Khrushchev，1970）描述了他对不合格汽车轮胎成灾的调查。他发现，该工厂在前来参观的运输部长的要求下，减少了轮胎边缘增加强度的金属线和胎面下的骨线。这种行为是由一个实现计划和节约材料的要求所激发的。不幸的是，就汽车轮胎的技术要求而言这是愚昧的。尽管这一事情发生在1939年，但它一直是共产主义体制下困扰工业生产的普遍问题。

• 相当部分的工业生产是为军事目的服务的。军方，作为受欢迎的顾客，总是享受着对工厂直接提出要求的特权。它既有自己的“封闭”工厂，也有军民两用的工厂。军事需要的高优先度必然意味着经济的其他部门受不到重视。这导致了实践中的双重质量体制。第一层是军工产品，第二层是其他所有产品。

• 计划推动着政府发展重工业。在苏联共产主义体制的早期，这一政策的出台是基于将农业经济转变为工业经济的目标之上。这一政策的实施超出了实际的需要，出于宣传的目的，其自身成为了目的（Smith，1976）。这使得拥有庞大工厂的整个地区无法对迅速变化的市场需要和急剧变化的技术作出及时的反应。

• 很少有或几乎没有私有财产。公有制的最明显的后果是，人们对于诸如工厂、住宅区、下水系统等公共事物的损毁不加维护。该地区的一位专家（Behrman，1998）曾指出，“当所有者是‘大家’时……没有人觉得有责任加以维护。”相关的一个后果便是恶劣到极点的工作伦理，以工人们的一个笑话来总结就是：“我们假装工作，他们假装付酬。”

政治、经济组织的影响 实施这种体制以及其计划和目标包括了对于文化的前所未有的变革。其激励或许是以共同利益而非个人利益为基础的，但这种激励根本就是不充分的。最起码，一位在苏联的西方学生（Figes，1997）曾指出，这种做法企图实现不可能的事情，即改变人的本性，这注定是要失败的。

从一开始，政府的强制力就在推动计划的实施中发挥了巨大作用。政府控制了信息和文化事务，这一点可以从对于对政府不利的出版物的封杀和对持不同政见行为的惩罚方面反映出来。在工厂这一层次上则盛行着独裁式的管理。

信息的控制对于质量有着许多负面的影响。1986年的切尔诺贝利核反应堆的爆炸充分揭示了这一点。在事故发生之前，政府的政策便是向一般公众隐瞒核电站的事故，并禁止“有关能源设施对操作者、大众和环境的不良生态影响的信息”的披露。这导致了在事故发生时一种普遍的自以为是。再就是，1985年新上任的能源部长撤销了该部的中央协调机构，进一步阻止了信息的交流，削弱了预测和防范核反应堆事故的能力。最糟糕的是，事故发生后，当局未能及时警告当地以及居住在下风向的人口，导致了不必要的严重核辐射（Medvedev，1991）。

到1995年时，受影响地区的儿童甲状腺癌的发病率据报道是事故前的285

倍（Crossette，1995）。一位俄罗斯核能专家梅德韦杰夫（Medvedev，1991），在其切尔诺贝利核灾难报告的前言中对于政府的信息控制谴责道："……切尔诺贝利映衬出了这种行政指挥系统的无耻失败和绝对的愚蠢。"

经济信息和决策权集中在少数人手中，这相比之下不是如此的骇人，它导致了对于微观经济和财务概念的普遍无知，也使人们对于在市场经济条件下的生活准备不足。

1945—1990 年间的质量管理：政府质量控制

经济互助委员会（Council for Economic Assistance，CMEA）　在共产党执政时期，这一地区的大部分国家在苏联的领导下形成了一个贸易联盟，这便是经济互助委员会。除了其他各种共同重视的事务之外，这一联盟在工业产品的质量举措方面也进行了合作。在 1971—1980 年间，经互会实施了旨在推动成员国经济整合的项目计划。要取得成功的一个重要要求就是要制定和实施广泛的统一的质量标准。

国家质量控制统一体系（Unified System of State Quality Control，USSQC）　这一地区在质量方面的做法是基于俄罗斯于 1978 年建立的一个称为国家质量控制统一体系（USSQC）的模式之上的。在 USSQC 体系下，质量控制是中央政府涉及经济计划（包括对于经济的所有层次的质量控制的计划）的协调方面的一项职能。埃格迈尔在本手册第四版中曾详细介绍了 USSQC 体系（Egermayer，1988）。

在实践中，这些政府质量控制采用得最为广泛的职能便是产品的认证，认证是根据特级产品、一级产品和二级产品这三种质量类型或等级来进行的。特级产品是指产品质量水平达到或者超过国内、国际同类产品质量的那些产品；一级产品是指产品特性符合当前的技术标准要求的那些产品；二级产品是指其特性达不到当前的要求，质量不好的那些产品。[这些类别划分可能对应着 Smith（1976）所报告的一位俄罗斯的机加工工人早前的说法：最好的，用于军工；次好的，用于出口；再次的，供人民享用。]

各国之间在细节上情况各异，但特级品和一级品通常都带有某个国家实验室的认证标志。

尽管官方报告这一体系的推行取得了产品质量的总体改进，但埃格迈尔（Egermayer，1988）报告说，在经互会国家实施的产品质量认证是"不统一的，认证结果也不是国际范围内有效的"。

根据对工厂产品认证测试的结果，政府对于相应的工厂采取了价格上的奖励或惩罚。这种做法的本意是推动制造厂取得认证和改进产品质量的动机和兴趣。但事实上的效果却微乎其微。

在 USSQC 体系中也包括了在操作者层次上的直接质量控制，这基于以下的三项原则，即：（1）员工在工作中所犯的大部分差错都是可以避免的；（2）每位

员工对其所做工作的质量都负有责任，因而有义务对之加以控制；(3) 每位员工都应清楚自己的工作职责，并且应当被赋予履行职责所需的所有条件。在实施中，这一体系还逐渐包括了员工的自我检验资格认证，获得这一资格认证的金钱奖励和员工质量绩效的考核等。

这一体系被各国修正以适用于各种不同的文化环境，它在民主德国被称为“Fehlerfrei Arbeit”（无缺陷工作），在波兰则称为“DO-RO”（波兰语中“良好工作”的缩写），等等。

USSQC 体系符合苏联集中化的计划和控制的理想。但却很难找到什么证据来证明这一体系带来了什么竞争性的效果。

关于双层体制的进一步分析 一些军事产品是成功的，而且一直如此，甚至在出口市场中也是如此。俄罗斯的火箭就是一个典型的例子。商用通讯卫星的发射对其火箭的需求很大。俄罗斯火箭对于商业用户的吸引力并非因其领先的尖端技术（这一点他们没有），而是因其使用的高可靠性、很低的初始成本和便于维护的性能。这些特性可归因于其简单皮实的设计，这是许多俄罗斯军工产品的典型特点（Broad，1996）。

但消费品不是这样，西方市场对之冷落至极。例如汽车产品中苏联的拉达（Lada）、南斯拉夫的南斯拉夫牌和罗马尼亚的达西亚（Daccia）等，以及农用拖拉机中苏联的别勒斯（Belorus）和波兰的厄休斯（Ursus）等，尽管有价格上的具大优势，但在与日本以及西方的产品竞争中，其质量上的弱势是无法克服的。

USSQC 体系未能实现其宣称的大幅的质量改进。其激励结构主要倾向于军事产品，而从不顾及民用消费品。而且，这一体系与存在于工厂中的社会条件完全是格格不入的。首先，消费品所用的标准是集中制定的技术标准，这些标准与使用这些产品的消费者有着很大的距离，也几乎没有来自他们的信息输入。其次，度量的作用在很大程度上取决于所用标准的适当性。如果标准不当，如缺乏消费者的信息输入，则对产品的衡量无论有多么的精确和准确或产品是多么的符合标准，这些衡量都没什么意义。再就是原材料和零部件的长期性的短缺条件意味着管理当局的主要精力都集中在完成产量上，而不是提高产品质量上。最后，对于检验的重视与近年来的西方的经验形成了鲜明的对照。在西方，工厂的经理们懂得依靠检验来提升质量是没有效果的。人们已经普遍放弃了将产品检验作为实现质量的途径的做法，而更加重视的是对于生产产品的过程的控制。

有关产品质量低劣的事例大量充斥在前经互会国家的技术文献、各种期刊和一般性文章中，以及旅游者的描述中。在赫德里克·史密斯（Hedrick Smith）的著作《俄罗斯人》(1976) 和《新俄罗斯人》(1990) 中，他把生产率和质量问题作为了研究俄罗斯人民的一部分内容。

这一体系的运行方式 朱兰（Juran，1994）以一个实例归纳了苏联在消费品领域的质量管理方式：

以鞋子这样一种产品为例。生产什么样的鞋子（样式、尺寸、数量、进度等等）由一个计划部来决定；一个生产部来制定鞋子生产计划，将不同的工作分配到各种不同的生产设施；销售部决定鞋子的分配和销售。消费者买鞋则在零售网点，可能是其工作单位附近的商场或商店。（事实上，面对着大量的制定标准的需要，政府部门自身也有生产标准的定额。）同时，标准部门的执行机构进入工厂进行检验。工厂的收入部分取决于由检验人员所确定的质量等级。将低于标准的产品出厂是非法的行为。

在这样一种体制下，如果某个消费者发现一双鞋子中有一个缺陷，他可以去向出售鞋子的商店经理投诉。这一投诉必须通过销售部门的等级体系逐层上传，即从消费者到商店经理，再到销售部门的当地派出机构，一直沿着该部的链条上传至部长，然后会进入生产部的等级体系中，比如说由生产部到轻工业局，再到鞋子处，最后传达到生产这双鞋子的厂家。这一过程会需要数月的时间，在这一路传递的过程中，原先的投诉或许已经发生了非常奇妙的扭曲（另见 Kamm, 1995）。鞋子的问题能否得到解决，或事实上最后工厂所获得的信息能否还有什么用处，这是很值得怀疑的。因此，这一体系在实践中丧失了有效的质量控制所必需的两个关键的因素，一是对于与标准间的差异的迅速、直接的反馈，二是来自顾客的直接的输入。

苏联时代消费品商业的一个特征就是，卖方——工厂人员和零售服务的提供者——顾客意识的缺失以及消费者在促进改变方面的无力感，这一点在几乎所有研究苏联消费品市场的文献中都得到了体现。事实上，在当时的体制中，“顾客”这个词隐约含有着非革命的意思，还是回避为上。以克制著称的俄罗斯的购物者，以及这一地区的他们的伙伴们，只是忍着——站在长长的队列中，忍受着商店店员（他们出门为自己购物时再忍受同样的待遇）的恶劣态度，压制着对于货物差劲和无从选择的失望——并尽其所能坚持着。

USSQC、此前的各种制度以及将它们催生的意识形态，在俄罗斯持续了 70 年，在其他经互会国家也存在了 40 多年，这些东西都渗透到了它们所存在的经济体系当中。在如此长的时期影响如此广泛的一个体系不可能轻而易举地就被丢弃，即使这些国家的经济体系已经开始了向着某种非共产主义的体系的转型。在前经互会国家中的领导者们必须对这一体系加以评价，找出其中那些有助于促进质量的因素，同时也要明确和抛弃那些无助于提升质量的东西。

当前的质量管理及未来的展望

起作用的力量　今天，在中东欧国家中存在着众多力量的作用，这些力量在有力地影响着质量管理的进程。

• 日本和西欧产品在本地的存在。在新开放的市场中开始出现了西方国家的产品，包括制成品、食品，甚至还有服务。在开始时这些产品对于大部分居民来说都显得非常昂贵而无力购买。但这些商品的存在本身常常创造出了与当地产品相对照的标准。

• 本地市场具有了购买日本和西方国家产品的能力。随着向市场经济的转变，质量标准开始由市场来决定，而不再是在标准组织的会议室和实验室来决定。本地的产品要想生存就必须采取措施把产品质量提高到可以参与世界市场竞争的水平。西方汽车的输入大大降低了本地制造汽车的可销性。例如，当民主德国和联邦德国合并时，联邦德国政府同意以 1:1 的汇率来兑换东德马克。东部有一定存款的公民突然富足了起来。西方汽车的卓越质量吸引了许多现在能够买得起的人们解囊购买。民主德国的两大汽车品牌 Trabant 和 Wartburg 不久即宣告关门。

• 在国内市场与西方进口产品竞争的必要和欲望。这一地区的政府清楚依靠高关税来抵制进口保护本地工业只是权宜之计。长期来看，本地工业必须提高产品的竞争力，否则就难免被挤出竞技场。

• 在国际市场上出售高价值产品的必要和欲望。这些国家的政府明白，经济长期健康成长的关键是积极地参与到国际市场中去。要在全球市场上竞争就必须有世界级质量的产品。

• 与国际企业组建的合资企业。在包括质量管理在内的市场导向的管理中，合资企业已被证明是技术转移的重要途径。

为其市场潜力和低成本的高素质人工所吸引，许多成功的国际企业进入这一地区已有数年时间。它们已经培养起了本地的合作伙伴，建立了合资企业或其他的商业关系，这使得本地的人员除了接触外国的商品和服务之外，还直接参与到了外国（西方和亚洲）的质量举措、标准和程序当中。诸如 ABB、通用电气、通用汽车、惠普、本田、丰田等这些公司向这一地区提供的不只是现代化工厂的投资，还有包括质量体系在内的商业运行规则，这些规则已经经过了几十年的发展，正是这些东西使得上述公司能够制造出质量位居世界榜首的产品。

纳什（Nash，1995）所描述的可口可乐进入罗马尼亚的例子颇为典型。一直到 1991 年年底，也就是在齐奥塞斯库政权被推翻两年之后，该国还没有可乐公司的存在。到 1994 年，有多达25 000个商亭和其他形式的小商店都在做着可口可乐的生意。罗马尼亚总统的一位经济顾问在接受采访时曾说过，他将像可口可乐这样的跨国公司的进入视为转移组织和管理技术的重要途径。可口可乐公司在当地发展供应商的决策意味着瓶子、塑料箱和商标这些东西的生产商都要开始体验西方的质量标准和质量理念。

在莫斯科普希金广场的麦当劳快餐店于 1990 年开业，5 年间该店成为了麦当劳公司在全球业务中最为繁忙的餐厅。为了这一目标，麦当劳必须按照其标准

在当地建立起原料的采购系统，必须按照公司的服务标准来训练一支服务人员队伍。或许最具有长远意义的，是一家名为 Russkoye Bistro 的俄罗斯餐厅对于麦当劳模式的模仿，这家提供传统的俄罗斯食品的公司采用了同样的形式和同样的质量举措，即新鲜的原料、优质的服务和相对较低的价格（Specter，1995）。

从当地的角度来看，对于采用这样的管理体系可能会有两种认识，一方面可能会被视为应当抵制的对当地文化和自治的侵蚀；另一方面也可能会被视为迈向具有竞争力的质量的第一步，是一种应当欢迎的机会。事实上，显然每一观点都有其支持者。对于某人属于哪一阵营的最可靠的判断因素是其年龄，老年人很可能会采取抵制的态度，而年轻人则倾向于欢迎。在旧制度向新制度转变之际，年龄越大，观念就越难于转变，也就越容易出现抵制。（这种现象并不新鲜和奇怪，也并非这里所讨论的制度变迁所特有的问题。对于各种文化变革及其所刺激出来的个人行为这一主题的论述不胜枚举，从农业经济向工业经济的转变，从手工劳动到机器辅助劳动，从制造业经济到服务业经济，等等。）

洛伯（Lorber，1993）讲述了其被任命为惠普公司布拉格办事处的经理时人们对他提出的建议。他被建议要“忘掉老人，和年轻人一起工作”。当他询问“多大是老”时，他的朋友回答说 25 岁以上就有些太老了。这似乎是一个极其悲观的观点，但有一点是正确的，这就是比起那些终身适应于另一个经济和政治结构的人们来说，年轻人适应市场经济所要求的调整期要容易得多。年老的雇员需要更多的帮助来学习和应用新的观念。

全面质量管理、顾客和民主传统　全面质量管理（TQM）的思想是在市场经济和民主传统下发育起来的。在基于市场的经济中，顾客的性质很容易明确，生产者可以自由地使用一切手段来确定（甚至是影响）顾客的需要。在一个中央集权的计划经济中，有关谁是顾客以及顾客的需求是什么这些问题的答案是被遮盖起来的。顾客是 TQM 最重要的基石，前计划经济的这些国家若要采用 TQM，就必须恢复对于市场交易和“顾客”这一术语的尊重，必须对参与者培训有关市场经营的基本道理。

民主传统影响着信息的流动。TQM 依赖着组织中信息的自由交流。如果缺乏这样一种鼓励自由交流的环境，TQM 就是不可能实现的。在不鼓励自由交流的政治体制下，就必须对其参与者加以培训以克服防卫交流的习惯。

TQM 标准的理念　TQM 的主要目标是实现具有竞争力的（或世界级的）质量。马尔科姆·鲍德里奇国家质量奖的评价标准提供了一个广泛接受的综合的质量管理界定。鲍德里奇评价标准支持着的是包括如下理念的一个模式：

1. 以忠实的顾客、活性化的雇员、更高的收益和更低的运营成本所衡量的成功。

2. 通过质量计划、质量控制和质量改进这一管理过程来实现成功。

3. 支撑这些过程的组织的基础条件，包括文件化的质量体系、顾客与供应

商之间的合作伙伴关系、组织质量活动的全员参与、关键业务项目的测量和信息系统、对组织内的全体成员的教育和培训等。

4. 一个质量活动的基础，包括战略计划和计划的管理、最高管理者的率先垂范，对顾客、顾客的欲望及需要的关注等。

鲍德里奇模式的这些要素为评价一个组织向着 TQM 进发的能力提供了一个框架。

TQM 标准的实践

忠实的顾客。在旧政权下，顾客的概念是异己的，甚至是带有破坏性的。同样地，“消费者”这一概念也不流通。在 1982 年波兰出版的《大众百科全书》中，消费者这一概念只是从生物学的食物链的角度进行了定义（Lanigan and Bielska, 1994）。从单一供应者和长期短缺的时代延续下来的相对于顾客（或消费者）的思维和行为习惯，仍然经常能够从顾客所受到的粗鲁待遇中体现出来。

要使顾客心悦诚服，就必须认识到顾客的存在，认识到经营的成功依赖于对顾客服务的好坏程度。对于那些一生都在政府垄断事业中工作过来的雇员，当他们被突然置于一个开放的市场中时，没有理由期望他们能够表现出适当的行为。这与西方的情形并没有那么大的差异，那些因从来不曾直接面对外部顾客而认为自己没有顾客的员工并不鲜见，更不要说从未体验过顾客概念的雇员。这种认识是要建立全面质量管理举措的那些组织首先要克服的障碍之一。

必须教育所有的雇员，从经理人员到普通员工，无论他们是直接面对外部顾客，还是只与内部打交道，使其将他们为之提供产品和服务的人员视为商业意义上的顾客，以此作为鼓励合作的一种途径，从而更好地服务最终的外部顾客，亦即购买最终产品和服务的那些顾客。

在波兰，作者遇到的一个例子很典型地说明了向市场经济的转变所发生的变化。隶属于某主要汽车制造商的一家汽车部件装配厂，为其他的汽车厂商提供的产品数量超过了为其母公司所提供的产品。该厂的厂长做到了这样的程度，他按照顾客来分区进行装配作业（这也降低了将不同顾客的产品互相混淆的可能），并在厂房内、外的相应区域醒目地插上客户的标识来突出这些区域。

活性化的雇员。1994 年，一位波兰工厂的厂长曾介绍说，在过去从他的工厂发出的每一份传真都要求批准签字。尽管他已下令取消了这种签字的要求，有些雇员仍会爬到他在四楼的办公室要求签字。他们太习惯于老规矩，以致很难忽略这些老规矩而适应新方式。这些员工缺乏一种活性化的意识。

雇员的活性化意味着三个方面的含义。首先，雇员处于一种自我控制的状态，亦即能够知道对自己的期望，知道相对于这一期望的当前绩效如何，以及知道如何调整当前的过程以使之符合期望的要求。其次，雇员能够进行纠正，亦即在一定限度内具有自主权，可以在出现差错时加以纠正。再次，员工有机会参与对其工作的计划和改进。活性化的关键条件有：（1）及时、准确的信息；（2）员

工和管理人员之间的信任；(3) 对于追求质量的行为的激励。

在参观波兰一家多厂公司的过程中，无论是在工厂参观还是在会议室座谈时，常常被问到如何获得准确、及时的信息，亦即从顾客、供应商、员工、管理人员那里来获得信息。有的人问到如何让人讲真话。从管理者的角度来说，这有点让人们认错的意味。工人则似乎是在表明他们在为他们所不能控制的事情而遭受责备。诸如这样的提问反映出了员工与管理人员之间以及不同管理层之间的非常正式的关系。在西方人看来，这种正式的关系是极端的，只能阻碍企业内部信息的自由流动。(这里值得一提的是，一个波兰供应商高层主管访问团在参观康涅狄格州一家管理有方的工厂时，他们对于管理人员和员工之间的非正式关系和显而易见的便捷沟通给予了十分积极的评价。)

上述这些提问也反映出了其公司内部不能共享信息的历史。这种信息不能共享的状况可以追溯到当年的旧体制时期。在涉及财务信息的场合，从来不曾有过能够应用于市场决策的财务和成本信息这一事实也使得问题更为复杂。此外，这里还有一个惩罚那些提供不受欢迎的信息的人的历史，这在西方被称为“枪毙信使”的做法。在管理者的生存和提拔与产量目标的实现密切相关的时代这种现象是非常普遍的，报告坏消息在当时很可能意味着报告者是实现目标的障碍。

至于信任，人们经常指出，在过去 50 年中，前共产主义社会的信任遭到了严重的摧毁。常有的情况是，一些国有企业中，先前的党的官员仍然占据着企业具有影响的位置，这一事实使得这种缺乏信任的状况更为恶化。

就激励而言，从波兰的雇员和管理人员向作者提出的较多的问题判断，人们有这样的信念，即：(1) 质量活动将要求员工做更多的工作；(2) 员工应当为多做的工作而得到报酬。(我们的观点则是，质量是每一位员工工作的重要组成部分。将“质量工作”和“一般工作”区分开来是一种人为的做法，这种区分将会损害质量活动的开展。)

要找到一种解决的办法来改变这些状况需要时间和耐心。这样的公司（很可能是典型的）的管理当局首先必须意识到这一状况的存在，承认这样的状况是一个有待解决的问题，找出问题的原因并达成一致意见，然后制定消除这些原因的策略。这需要教育，更重要的是，需要各个层次的管理者持续地向人们表明，参与和信息共享不仅是安全的，而且对于组织的未来以及每个人的工作保障也是至关重要的。

对于许多正在进行这种转型的公司来说，雇员的参与与传统的管理模式很难相容。但如果期望变得尽可能地有效，参与就是必不可少的。在团队活动启动后必须有熟练的领导和支持。管理人员需要进行许多基本技术的培训，包括财务、激励、顾客识别和评价、信息共享等等。

雇员的活性化还必须有能力充分的过程。在工厂里，这涉及当前的制造技术能否持续一致地满足预期的质量目标的问题。在那些运行了许多年而未曾更新甚

至没有适当的维护的企业中，能力问题将是非常突出的问题。在东欧国家的汽车行业中这是一个非常典型的问题。

成本降低和利润增加。过程能力不足所造成的负面影响还有比对于雇员活性化的影响更为严重的，这便是对于单位产品成本的影响，特别是由于返工所造成的影响。例如，在某汽车厂的喷漆车间，车身喷涂普通金属漆需要在喷漆棚中过三遍，每道喷漆之间还需要大量的手工涂抹。

还有一个极端的例子是南斯拉夫的一个汽车厂，该厂是如此的混乱不堪，一位咨询顾问对作者描述道：装配线上一辆装配完毕的汽车其车轮居然是松动的，还有一辆车的前座是蓝色的但后座却是棕色的，喷漆棚中出来的汽车颜色深浅不一，看上去惨不忍睹。所有这些问题都被归结为资金短缺，如无法购入气动扳手，不能保持足够的座椅库存，不能购买喷漆过滤器，等等。但该咨询顾问则认为更主要的原因是该工厂缺乏一致性的管理和监督。这里实行着广泛的“职工民主”，工作小组可以自由地经多数表决来撤换他们不喜欢的主管。任何试图改进其部门工作的主管都是一个撤换的候选对象。（由于各种各样的原因，该公司连一辆最起码可以被接受的汽车都没卖出去。在这位咨询顾问访问过后不久，这家公司就无声无息地成为了工业发展的历史遗物。）

起步　各层次管理人员必须为质量活动提供领导，这绝非一项可以小视的挑战。在向市场经济的转型开始时，在这些国家的公司中除了产量指标之外别无其他任何的管理经验。许多管理人员对于学习如何来进行质量管理抱有兴趣，这是一个令人鼓舞的信号。

如果最高决策者和各级管理人员就目标达成了共识（这是鲍德里奇评价标准的出发点），则鲍德里奇模式的其他要素便为组织实现目标所必需做的提供了指南，这包括过程的确立和对过程的遵守，各种基础工作，以及计划、领导和顾客导向这样一些基本内容。具备这些支持性的要素是非常困难的。所有这些要素都完全不同于管理人员先前的经验，计划、领导和顾客导向这些基本的东西对于他们的经历而言都是新鲜的。总之，必须记住的是，即使在西方的企业中，按照鲍德里奇标准来经营的例子也并非如此的普遍。

当这些国家开始向市场经济转变时，它们并没有顾客关系或依赖顾客的传统。顾客满意之类的概念即使不被认为是荒谬的也会被认为是毫无意义的。对于这种迅速改变的前景，在西方有相当的怀疑主义者，如果说还不是彻底的悲观的话。

今天，有很多充满希望的征兆表明这种改变是能够实现的。上述的可口可乐和麦当劳的经历就是典型的例子。米尔班克（Milbank，1994）报告了这一地区迅速的出口增长，特别是波兰、捷克和匈牙利这几个国家。这些出口的增长是以质量的巨大改进为前提的，西方合作伙伴在财力和技术上的帮助使之成为了可能。有三家匈牙利公司是典型的例子，一家印刷和包装公司、一家饮料灌装厂和

一家冷冻食品公司，它们都成功地参与了国外市场的竞争。

我们曾经指出，从顾客角度来看，这一地区要改进质量及其管理，有些方面就必须加以变革。越来越多的公司正在开始进行这种变革。只有时间能够说明这种变革进行得有多快，以及何时就足以使这一地区作为一个整体走上完全参与世界市场的可靠道路。

参考文献

Behrman, Jack (1998). "In Praise of Maintenance." *The Chapel Hill News*, May 3.

Broad, William J. (1996). "Russian Rockets Get Lift in U.S. From Cautious and Clever Design." *The New York Times*, October 29.

Crossette, Barbara (1995). "Chernobyl Trust Fund Depleted as Problems of Victims Grow." *The New York Times*, November 29.

Egermayer, F. (1988). "Quality in Socialist Countries." *Quality Control Handbook*, 4th ed., J. M. Juran, editor. McGraw-Hill, New York.

Figes, Orlando (1997). *A People's Tragedy: A History of the Russian Revolution*. Viking, New York.

Juran, J. M. (1994). In response to a question at a seminar, December 1994, based on his discussions with industrial managers in Russia during the Soviet period.

Kamm, Henry (1995). "Poland Reawakens to Its History as Communism's Mirror Shatters." *The New York Times*, January 26, 1995.

Khrushchev, Nikita S. (1970). *Khrushchev Remembers*. Little, Brown and Company, Boston.

Lanigan, Edward P., and Bielska, Ewa (1994). "Quality Renaissance in Poland: A True Ethic Shines Through the Tarnished Image." *Proceedings, 38th EOQ Annual Congress*, Lisbon, Portugal. Portuguese Association for Quality, Lisbon.

Lorber, Franz (1993). Remarks during the question period following presentation of "How to Successfully Establish Quality Management in a Start-up Operation." *IMPRO 1993 Conference Proceedings*. Juran Institute, Wilton, CT.

Medvedev, Grigori (1991). *The Truth About Chernobyl* (English translation by Evelyn Rossiter). Basic Books (no city indicated).

Milbank, Dana (1994). "New Competitor: East Europe's Industry Is Raising Its Quality an Taking on West." *The Wall Street Journal*, September 24.

Nash, Nathaniel C. (1995). "Coke's Great Romanian Adventure." *The New York Times*, February 26.

Smith, Hedrick (1976). *The Russians*. Quadrangle/The New York Times Book Co., New York.

Smith, Hedrick (1990). *The New Russians*. Random House, New York.

Specter, Michael (1995). "Borscht and Blini to Go: From Russia's Capitalists, an Answer to McDonald's." *The New York Times*, August 9.

（李东红 译）

第 40 章

质量在美国　J.M. 朱兰（J.M.Juran）

背景
　早期的质量管理
　泰罗制及其影响
第二次世界大战及其影响
日本的质量革命及其影响
对日本质量革命的反应
　限制进口
　降低成本
　放弃
质量改进的举措
　动员
　统计方法培训
　质量改进，以项目的方式进行
　20 世纪 80 年代的各种举措的效果
成功的榜样
启迪——核心策略
　聚焦于顾客
　高层主管掌管质量
　战略性质量计划
　“大质量”的概念
　不良质量成本
　质量改进
　业务过程质量管理（“再造”）
　质量培训
　质量测量
　标高分析
　活性化
　激励、表彰、酬劳
　全面质量管理（TQM）
未来的展望
　榜样的出现
　推广普及的迫切性
　推广普及的障碍
　质量的世纪
致谢
参考文献

背景

美利坚合众国的经济主要建立在大量自主经营的产品和服务的生产者和销售者的基础之上。这些自主经营的公司具有如下的特征：

1. 产业高度集中于相对少数的公司。公司的数目有百万之多，但排在前列

的1 000家公司产出了绝大部分的产品和服务。

2. 这些大公司呈现为高度的私人所有。一家大公司通常有成千上万个股东，但没有哪个股东能够拥有公司股份的百分之几。

3. 实行“职业化”的管理。公司由职业经理经营，他们把管理视为自己的职业生涯。由于股东人数是如此之多，这些经理人员把握了公司的实权。而且，在通行的董事会制度下，经理人员通常控制着公司董事会。经理人员和职业化管理的理念成为了美国经济的主要强项。

自主经营的公司以及管理公司的职业经理人员，这种特点对于质量管理的方式具有相当的影响。在“无政府的市场”所允许的灵活性下，各个公司自行决定生产或者不生产什么，决定采取什么样的质量方针，等等。由于这个国家的不同寻常的产业发展历史，创新发挥着广泛的作用。

早期的欧洲殖民主义者所面对的问题和机遇涉及的都是从这块广阔无垠的大地中攫取自然资源的问题和机遇。一种勇于创新的精神发端于早期的农业时代，并一直延续到这个国家实现工业化之后。自力更生和勇于冒险渐渐成为了人们所崇尚的传统。这些传统使得企业家精神和个人主义受到人们的尊重。在这一基础上所建立的公司更加倾向于将职责委任于个人而非团队的方式来加以组织。自力更生的传统也刺激了工作的流动性。美国的工人、工程师和经理人员更换工作的频率远远超过了其他国家。职业生涯通常被视为与某个行业、某类工会或专业相联系，而与某个特定的公司无关。

早期的质量管理 18世纪后期，殖民主义者与他们的欧洲宗主国决裂而建立了一个独立的合众国。国内经济被管理州际商品贸易往来的法律统一了起来。这些法律避免了当时西欧国家所普遍面对的因国界而产生的障碍，如护照、海关、进口关税等，这些障碍使得欧洲国家几个世纪以来深受其害。没有这些壁垒的存在使得美国形成了一个统一的共同市场，使得其能够以如此的速度成长为一个经济超级大国。

在这些殖民地开始工业化进程时，它们通常遵循着发源于原宗主国的技艺的概念。学徒学艺合格后转成为工匠。如何实现质量是学徒所学到的基本技能之一。确保产品质量的一个主要力量来自社会的乡村组织模式。在乡村，手艺人整天要与用户照面。在各种规模的作坊中，师傅都会进行某种形式的产品检验或过程审核，这提供了进一步的质量保证。作为替代，师傅可将这一职责委任给一位检验人员来实施。

当18世纪中叶兴起的产业革命从欧洲传到美洲大陆时，殖民者再次沿袭了欧洲人的实践。许多工匠变成了工厂的工人，许多师傅成为了工厂的工头。质量的保证和先前没什么两样，主要依靠工匠的技艺，再加上监督审查或是部门检验。

泰罗制及其影响 19世纪末，大批的美国公司由于采用了泰罗的“科学管

理”制度而与欧洲的传统发生了决裂。这一制度的基本理念是计划与执行的分离。这种分离使得生产率的大幅度提高成为可能，也是使美国成为世界生产率的领先者的一个主要原因（详见 Juran，1973）。

泰罗制也有一些负面的作用。它大大削弱了技艺的作用。此外，对于生产率的新的重视对质量也有着不良的影响。为了保持平衡，工厂中成立了由主任检验员领导下的中心检验机构。在经过同生产部门的激烈争斗之后，各部门的检验员集中到了新设立的专职检验部门。在后来的发展进程中，检验部门演化成为了各种各样的机构，如质量控制部门、质量保证部门、质量管理部门等等。从这些机构中成长出了专门从事质量工作的专业人员，如质量工程、可靠性工程等。

这些以质量为主的部门的中心活动仍然是检验和试验，即将好产品与坏产品区分开来。这一做法的主要好处是降低了将不合格产品交付给顾客的风险。然而，也有着严重的弊端：

- 这种质量部门的集中活动更使得人们相信质量的实现是质量部门的事情。
- 这样一种认识削弱了消除次品原因的努力，因为它混淆了责任。
- 这使得易出问题的产品和能力不足的过程依然存在并产生了很高的不良质量成本。

这实际上滋生了如下的这种事实上的质量管理理念，即：

- 每一个部门履行其自身的职责，并将工作结果依序传递给下一个部门。
- 质量部门守在最后将好产品和坏产品分离开来。
- 对于流向顾客的不合格产品，通过基于保证的客户服务向顾客提供补偿。

从以后的标准来看，这种主要依赖检验和试验的做法是有问题的。但如果竞争者也采取这种做法的话，它倒也不是什么不利因素，事实上也的确如此。尽管这种“依靠检验”的做法存在着内在的缺点，但美国产品还是被认为质量不错。在有些产品上，美国公司还成为了质量的领先者。而且，美国经济扩张到了超级大国的规模。这些增长的实现与质量也有着若干的联系：

企业家们精于通过多种途径来创造销售。例如，向市场提供新的、改进的产品；扩大生产能力以消除短缺。（消除了短缺也就消除了质量低下的一个必然的原因。）

管理者乐于通过设备投资来提高生产率。其中的一些投资（例如，机器设备、工具、仪器等的改进）也改进了质量。

美国成为了“职业化”管理的先导者，这包括了对于管理人员和专门人员的广泛培训。

越来越多的质量专家提出了大量有关质量管理的新方法和工具。但这些方法的应用受到了职能化组织形式的局限，特别是受到高层管理者对于质量管理的有限认识的局限。

第二次世界大战及其影响

在第二次世界大战期间，美国工业部门面临大幅度增加军工产品生产的压力，许多产品的生产需要采用新式的尖端技术。然而，质量管理的基本体系并没有发生变化。各个部门只管完成本部门的工作，然后依序向下一个部门传递。最后，通过检验和测试将好产品和坏产品区分开来。

军方的客户主要通过严格的检验和试验来实现质量保证。直到第二次世界大战结束后，军方才提出了要求承包商遵守的强制性的质量体系的概念。

作为美国在第二次世界大战期间的总体战略的一部分，就是停止众多民用产品的生产，如汽车、家用器具、娱乐设施等。这导致了商品严重短缺的局面。供给赶上需求用掉了这个 10 年（40 年代）剩下的时间。在这期间，制造业厂商将交货期放在了第一优先地位，从而导致了产品质量的下降。（短缺时质量通常会下降。）高度重视交货期的这种习惯在短缺结束后很长时间依然存在着。

在这一过程中，给予产品质量的优先考虑显著下降。而且，对于质量职能的领导变得模糊和混淆。高层管理者与质量管理过程割裂了开来。[有关第二次世界大战对质量管理的影响的详细讨论可参见 AT&T（1989），Grant（1991），Juran（1991），Wareham and Stratton（1991）。]

日本的质量革命及其影响

第二次世界大战以后，日本走上了一条通过贸易而不是军事手段来实现国家目标的征程。日本的主要制造商一度都大批生产军工产品，战后转向了民用产品的生产。在国际市场上销售这些产品的主要障碍是该国产品质量的不良声誉，这是由于战前日本出口劣质产品而造成的。

日本人采取了一系列策略来改进质量（参见第 41 章“质量在日本”）。根据作者的判断，其中有几方面的策略对于其成功的质量革命起着决定性的作用：

- 高层管理者亲自领导这场革命。
- 针对所有的层次和职能进行质量管理的培训。
- 培训统计过程控制的专门人员。
- 以持续的、革命性的步伐来改进质量。
- 为员工参与控制和改进质量提供手段。

战后初期，受到影响的美国公司在逻辑上认为日本的竞争是价格的竞争而不是质量的竞争。它们的反应是将劳动密集型的产品转移到生产成本较低的地区，

很多场合下是转移到国外去。其后，随着时间的推移，价格竞争逐渐减少而质量竞争则越来越成为主流。然而，美国公司普遍未能认识到这一趋势或是注意到预警的信号。1966 年，作者在欧洲质量控制组织（EOQC）年会上曾经发出过这样的警告：

> 日本人正在朝着世界质量领导者的地位进发，他们将在未来的 20 年间实现这一点，因为无人以同样的步伐去追求这一地位（Juran，1967）。

在 20 世纪 70 年代和 80 年代，许多日本制造商极大地提升了它们在美国的市场份额。一个主要的原因便是其卓越的质量。美国许多行业受到了影响，如汽车、家用电器、钢铁、机床等等。有一些研究项目定量分析了当时美日间的质量差异。[参见 Juran(1979)关于彩电的论述以及 Garvin(1983)关于室内空调的论述。]

对日本质量革命的反应

日本质量革命最显著的成效就是对美大量出口产品。这些产品由于其卓越的质量以及具有竞争力的甚至更低的价格而深受消费者的欢迎。然而，正是这些产品对于美国的经济部门造成了打击。

- 相关的制造商由于销售额的下降而受到的打击。
- 工人及其工会因此造成的“职位外流”而受到的打击。
- 因此造成的贸易不平衡使得国民经济受到的打击。

某些美国公司针对日本人侵所作的反应却无助于改进美国的质量竞争力。

限制进口　某些受到影响的美国公司企图以减少或停止进口来作为应对。它们要求国会制定限制性的进口配额和关税；它们要求以“倾销”（以低于成本或“公平价值”的价格销售）的名义来起诉日本商家；它们以不公平贸易惯行的名义提起民事诉讼；它们呼吁人们“买美国货”。

这种反应并未在广大购买者中唤起广泛的同情。有影响的专栏作家、经济学家、立法议员等都指出，限制进口会产生严重的负面效应：购买者被剥夺了更好的价值；引起对方的报复性限制；公司会丧失提高竞争力的动力等等。[有关进口管制对于意图保护的行业造成损害的例子可参见 Lvinson（1987）。]

降低成本　一些公司将问题归结为源于日本普遍较低的工资率的价格竞争。这些公司通过将生产转移到低工资地区来作出反应，包括在海外设厂。这些措施常常确实降低了劳动力成本，但未能解决真正的问题，亦即质量竞争这一问题。

放弃　还有些公司则断定提高质量竞争力需要花钱（在产品设计和生产设施方面），但这些投资带不来充分的回报。因此，这些公司要么卖掉要么关门。

> 在 20 世纪 60 年代，美国有 30 多家公司生产彩电。但到 90 年代初只剩下了 1 家公司。

质量改进的举措

到了20世纪70年代末期，美国的质量危机已经达到了非常严重的地步。这一问题引起了立法机构和政府部门的关注。质量问题更是媒体关注的焦点，常常被置于“头版”位置。这使得许多的CEO们参与到了质量管理当中。

在20世纪80年代，许多的美国公司采取了旨在解决质量危机的举措。这些举措主要集中于三方面的策略：

动员 一些咨询专家提出了一种彻底的解决方案，这便是倡导员工不出错，“第一次就把事情做好”。这种简单化的办法对于那些认为质量问题源自员工粗枝大叶和对工作漠不关心的管理人员来说，颇具说服力。事实上，各种各样的质量问题各有其管理的和技术的原因。这种做法注定到一定时候就会被抛弃，但它却造成了大量的分歧。

统计方法培训 在20世纪80年代期间，许多美国公司开展了解决质量问题的统计方法的培训。“统计过程控制”（SPC）这一术语成为了这些培训的流行商标。

SPC的确是有用的工具，但大部分公司都听信其倡导者的鼓吹，将之视为包治百病的灵丹妙药。当认识到质量领先来自多方面的策略，没有哪种策略是灵丹妙药时，这些公司已经失去了相当多的时光。更为糟糕的是，一些公司还没有辨识出公司的质量问题，还未曾设定公司的质量目标，就着手进行了培训。在某种意义上，这相当于是在不知道病情的情况下对人们进行治疗方法的培训。

> 伊斯曼化学公司（1993年马尔科姆·鲍德里奇国家质量奖得主）在提及其质量管理的做法时曾指出，他们对自己的10 000名员工进行了SPC的培训。不过，许多培训者缺乏应用的机会，因此大部分内容很快就忘掉了（Eastman Chemical，1994）。

质量改进，以项目的方式进行 朱兰学院，一家咨询机构，制作和出版了一系列名为《朱兰论质量改进》的录像带（Juran，1980）。这些方法在许多公司进行了试验。有些公司取得了显著的质量改进，但有些则不尽如人意。这些差别的决定性因素是高层管理人员提供的个人领导力的程度。到20世纪80年代末期，上述录像带所描述的改进过程已成为绝大多数公司所采用的持续质量改进过程的基本模式。

20世纪80年代的各种举措的效果 回顾过去，20世纪80年代的质量举措非常令人失望。大部分都远未实现预期的目标。有些还产生了负面的效应，公司失去了本来有可能取得进展的数年时间。效果不佳要么是因为公司的战略选择不当，要么是有效战略的实施不力。这些问题又可以追溯到公司的高层管理人员在

质量管理方面缺少培训和经验而导致的领导不力。一些观察家认为，20 世纪 80 年代所吸取的主要是“什么事不可为”的教训。

成功的榜样

同样是在令人失望的 20 世纪 80 年代这 10 年间，有少数的公司在质量改进方面取得了辉煌的成果。这些公司实现了质量领导地位，亦即达到了“世界级质量”，因此而成为了其他美国企业学习的榜样。

这样的榜样在数量上并不多。它们包括了马尔科姆·鲍德里奇国家质量奖得主以及取得了类似成就的一些公司。它们在整个经济中只占很小比重，但这些公司已经足以证明在美国的文化中是有可能实现世界级质量的，“既然它们做到了，肯定就是可以做到的。”

这些榜样公司所取得的成功激发了公司的高层经理们以及渴望了解这些卓越成果是如何实现的有关各方的极大兴趣。这些榜样企业也非常愿意与人共享有关它们实现这些成果所采用的策略方面的信息。此外，它们还采取措施来分享所获得的各种启迪，这些措施如公司参观、交流会、出版物等。

启迪——核心策略

每个榜样公司都各不相同。在探索实现世界级质量的过程中，每个公司都像是一个实验室一样来试验各种各样的策略，有些策略得到了采纳，有些得到了修正，还有些则被放弃了。就这一意义而言，每个公司都是独一无二的。然而，尽管这些榜样公司情况迥异，分析显示出它们所采取的策略还是有很多共性，存在着一些为大多数榜样公司所广泛采用的策略。这些策略值得仔细研究，这是人们所获得的宝贵的启迪，正是这些关键的策略使得那些榜样公司取得了卓越的成果，以下列出了其中的一些。

聚焦于顾客　所有的榜样企业都接受了顾客对质量具有最终评判权这一理念。接受这一理念又促使人们来确认谁是顾客，包括内部顾客和外部顾客在内；顾客的需要是什么；为了满足顾客这些需要要求有怎样的产品特征；顾客在同类产品中如何作出购买决策等等。（详见第 3 章“质量计划过程”。）

过去的许多质量问题都可以归结为未能满足内部顾客的需要。因此，聚焦于顾客这一理念越来越扩展到了包括内、外部顾客在内的全部顾客。

一个广为传播的例子是关于产品设计。设计者将设计结果“扔过墙头”，让内部顾客，亦即公司的其他部门去生产、销售和提供服务。

聚焦于顾客这一理念促进了参与概念的更为广泛的应用。这最大限度地减少了因计划人员不知道（或不关心）其计划给顾客造成的问题而造成的损害。它提供了早期的预警，受计划影响的人们可以指出："如果你这样计划的话，我们就会碰到这样的问题。"这种参与的理念还进一步扩展到了供应商关系当中，一种流行的说法便是"伙伴关系"。

高层主管掌管质量 所有的成功都呈现出来的以及大多数的失败中都缺乏的一个要素便是高层管理人员的亲自参与。实际上，高层管理人员对于质量的掌管是通过发挥以下几方面的职责来进行的：

- 参加质量委员会。
- 制定战略质量目标。
- 提供所需的资源。
- 提供质量方面的培训。
- 激励质量改进。
- 评审进展情况。
- 给予表彰认可。
- 修改奖励制度。

有许多高层主管对于在他们的工作职责中加入这些方面采取抵制态度。他们更愿意制定宽泛的目标然后要求下属去实现这些目标。然而，那些榜样企业的经验表明，上述这些职责是不可以下授的，高层主管必须亲自来执行这些职责。

战略性质量计划 那些榜样企业认识到，给予质量这种新的重视要求扩展经营计划以将质量方面的目标包括进来。然后将这些目标加以展开，以明确所需的措施和资源，确定采取措施的职责，等等。由此产生的计划和那些长期以来用于实现销售目标和利润目标的计划并列了起来。这一概念通常被称为"战略性质量计划"（strategic quality planning）。（详见第 13 章"战略展开"。）

"大质量"的概念 那些榜样企业认识到，质量管理不应仅仅局限于制造业厂商和制造过程，还应当包括服务业公司及其业务过程在内。这一认识拓展了"质量大伞"之下的领地（详见第 2 章的表 2—1）。一些公司称这种扩展了的概念为"大质量"，与之相对照，传统的质量概念被称为"小质量"。

不良质量成本 不良质量成本是指如果所有事情都完美无缺，亦即没有差错、没有浪费、没有现场故障等情况下，便会消失的那些成本。

随着高层经理对质量管理的亲身参与，他们获得了大量的有关不良质量成本的认识。其中的一些发现令人触目惊心：

*与大质量的关系。*许多高层经理一直以为，不良质量成本也就是质量部门的运营成本，或者不良的产品和过程的成本。现在，人们已经普遍认识到，不良质量成本包括任何不良所导致的成本，即大质量概念下的不良所造成的成本。

*不良质量成本数额惊人。*在 20 世纪 80 年代初期，作者估计在美国有近三分

之一的工作是对以前工作的返工。不良质量成本消耗掉了总活动的 20%～40%，数字因行业性质而异。转换为财务数据的话，不良质量成本的金额是惊人的。从其他角度来衡量，其影响同样是惊人的，如新产品面市或服务提供的延误，对客户关系的损害，对公司士气的打击，等等。

质量越高成本越低。许多高层管理人员长期以来一直认为，要获得更高的质量就必须增加成本。当“更高的质量”意味着有助于促进销售的更好的产品特征时，这种信念常常是正确的。但“更高的质量”意味着更少的差错、返工、现场故障时，这种认识便通常是错误的。在后一种情况下，高质量几乎总是伴随着低成本，而且常常是低得多的成本。

深入参与质量管理的高层管理人员对于不良质量成本有了新的认识。他们意识到高额的不良质量成本代表了一种成本降低的机会，其投资回报要比其他任何管理活动的投资回报更大。（进一步的讨论可参见第 8 章“质量和成本”。）

质量改进　毫无例外，这些榜样企业都深入开展了质量改进活动，其非凡成就中的大部分都来自质量改进项目。这些项目延伸到了大质量伞下的所有活动。它们降低了成本，提高了生产率，缩短了运转周期，改善了顾客服务。

质量改进要求有专门的组织形式。关键的少数项目是由管理人员和专业人员组成的跨职能团队来实施的，有用的多数项目是由较低层次的包括一般员工在内的小组来完成的。

这些榜样企业还接受了这样的理念，即质量改进必须一年一年地持续进行下去，必须纳入到公司文化中去。因此，它们将质量改进目标列入了年度经营计划当中。这些企业还重新设计了表彰和奖励制度以给予质量改进更高的重视。（详见第 5 章“质量改进过程”。）

业务过程质量管理（“再造”）　质量改进的重要拓展就是延伸到了业务过程领域。这一拓展源自对于职能组织中普遍存在的跨职能过程的重新思考。

图 40—1 揭示了典型的纵向的职能组织和横向的大过程之间的关系。各种事务正是由这种横向过程所完成的。

每一横向的大过程都是由众多的步骤或“微过程”所组成的，它们彼此之间串接起来散布在多个职能当中。每一微过程都有其“责任人”，但整个大过程却没有明确的责任归属关系。

这些榜样企业得出的结论是，每一个关键的大过程都应有一个责任人，这些企业采取了实际的措施来建立这种责任人（个人或团队）的角色，同时清楚界定了责任人的职责，包括了对于大过程进行改进的责任。这些榜样企业所取得的“惊人成果”中的相当一部分来自业务过程。（详见第 6 章“过程管理”。）

质量培训　最早的质量培训是早先的学徒制度，年轻人出徒后成为工匠。再往后，随着检验人员和检验部门的激增，出现了针对检验人员的专门培训，包括理解规格、使用测量仪器等方面的培训。

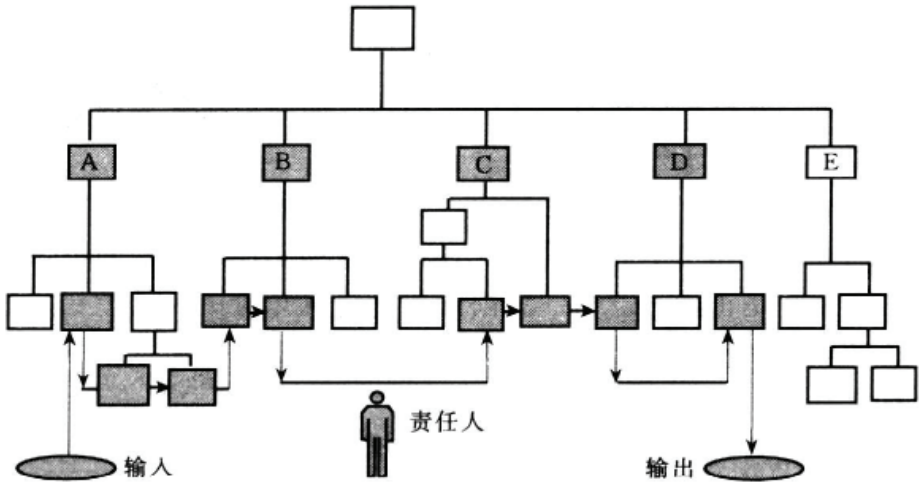


图40—1 纵向的职能与横向的过程之间的关系

资料来源：Adapted from Re-engineering Processes for Competitive Advantage: *Business Process Quality Management*, 2nd ed. (1994). Juran Institute, Inc., Wilton, CT, pp.3-35.

第二次世界大战期间，美国政府举办了统计质量控制的课程，这些课程以休哈特的控制图和 AT&T 在 20 世纪 20 年代开发的其他工具为基础（Working, 1945)。战后，一些院校（作为选修课程）以及诸如美国管理协会（American Management Association, AMA)、美国质量控制协会（American Society for Quality Control, ASQC）这样的团体和一些咨询机构仍持续在教授这些课程。后来，随着质量部门范围的拓展，出现了主要针对这些部门需要的课程，如检验与试验、质量工程、可靠性工程以及实验设计和方差分析等统计方法论的课程。

在 20 世纪 70 年代，日本的质量革命触发了美国的质量危机。各个公司试图对此作出反应，显然，质量培训已不应再局限于质量部门，而应扩展到组织的所有职能和所有层次。同样很明显的是，这种扩展要求必须设计新的课程，特别是有关对于质量进行管理的课程。

例如，在计划新产品或新过程时，通常要指派一位项目计划者来计划众多的参数，如技术、财务、进度、质量等等。这些计划人员常常是技术专家，但很少是质量计划方面的专家。这被称为“由业余者进行的质量计划”。这方面的解决办法之一便是培训计划人员学会如何进行质量计划，正如第 3 章“质量计划过程”所描述的那样。

(一些大公司将质量管理培训的概念延伸到了它们的供应商那里，它们要求甚至命令供应商向有关人员提供质量管理培训。)

在 20 世纪 80 年代所进行的培训大部分都没有产生预期的效果，主要原因在于：

- 直线管理人员（顾客）通常不参与课程的计划。
- 通过鼓动（旗帜和标语）来进行的培训通常是反生产率的。

• 有关“质量意识”的培训未能向员工提供“我应当做什么与我一向所做的不同的事情”这一问题的答案。

• 过分强调改变态度而忽视改变行为。

• 有关工具应用方面的培训常常是在识别质量问题或设定质量目标之前进行的。

• 质量改进的培训是培训统计工具的应用而不是通过组建质量改进团队来进行。

到了 20 世纪 90 年代，出现了各种类型的质量管理培训。对于这些课程并没有一致的共识，其中有三类课程应用得最为广泛：

一类是以马尔科姆·鲍德里奇国家质量奖评价标准为基础的课程。

第二类是基于戴明的统计讲座及其“14 点”的课程（Deming，1986）。

第三类则是基于朱兰的三部曲，即将内容组织为质量计划、质量控制和质量改进这三个基本过程。（详见第 2 章“如何认识质量”中“如何管理质量：朱兰三部曲”一节。）

企业界也日益感觉到，尽管质量的重要性在不断上升，但全国的教育体系却未能及时跟上这一趋势。这使得大学毕业生缺乏这一领域的知识，迫使公司不得不通过培训来填补这方面的空白。各个层次的学校已经开始来着手解决这一问题。此外，有些公司选择某些学校建立了联盟，协助它们来重新设计课程门类，提供培训材料、培训大学教师以及提供其他方面的支持。（有关质量培训的详细内容参见第 16 章“质量培训”。）

质量测量　长期以来，质量的测量一直停留在技术层面。与以往不同的是对经营业务领域的质量测量，如顾客满意、竞争者质量、关键业务过程的绩效等等。为了满足这些需要，就要求设计新的测量指标以及新的分析方法、新的展示方式。同时，质量测量的需要也要求建立全国性的质量指数（National Quality Index），这一指数将与目前在用的其他指数如消费品价格指数、失业指数和生产率指数等一道发挥作用。（详见第 9 章“测量、信息和决策”。）

标高分析　标高分析的概念由来于根据事实而非经验确立质量目标的需要。这一方法是要针对所研究的过程找出最佳绩效，无论是在本公司内外，在竞争者公司，还是在某个完全不同的行业中。

> 例如，某公司中表现最好的仓库完成客户的订单平均需要 5 个工作日。而领先的竞争者需要 4 天时间。另一行业的某公司只需要 3 天时间。则标定的目标就是 3 天。可能会有“这不可能做到”这样的反应，现有的过程可能的确如此。但如果回答是“现在就要做到”，则接下来的问题便是创造（或再创造）能够实现这一标定目标的一个过程。标高分析这一概念在美国已经得到了广泛的接受。人们正在就各方面的最佳绩效以及实现这些绩效的方法来建立数据库。（详见第 12 章“标高分析”。）

活性化 在20世纪90年代初期，许多公司仍然坚持着泰罗的科学管理所提出的计划与执行的分离。这些公司未能充分利用巨大的潜在资产，即职工队伍的教育、阅历和创造性。对于泰罗制已经过时应当加以取代有着广泛的共识，但用何来取而代之尚未有一致的认识。

取代泰罗制就要求把任务从专业人员和监督人员转移到非管理职位的员工手中。“活性化”一词已经成为了这种转移的标志说法。活性化有着多种形式，所有这些形式都在经受着试验。最为常见的活性化形式有：

*建立员工的自我控制。*这要求向员工提供使其做好工作所必需的所有基本条件，包括：使其了解质量目标的途径；了解当前过程绩效的途径；在质量水平不符合目标时对过程加以调整的途径。达到了自我控制使得员工能够针对过程来进行如下的决策，即该过程是否符合要求？该过程是应当继续运行还是使之停止？理想地，这些决策应当由普通员工作出。如此将使得反馈回路最短。

*建立员工自我检验。*这使得关于产品符合质量目标与否的决策赋予了员工。这使得反馈回路得以缩短，使得员工对于工作有一种所有意识，消除了使用检验员而造成的警察气氛。

*扩大了员工的职位内容。*这种扩大可以是横向的，即在同一职能内赋予员工以更多类型的任务，从而降低高度重复工作的单调性；也可以是纵向的扩大，即围绕核心任务委以多项职能。一个广为人知的例子是电话接线员的培训和活性化，这使得他们能够为打入电话的顾客提供“一站式服务”。

*建立员工自我导向团队。*根据这一概念，通过培训员工团队来使他们完成由多种职能多种任务构成的活动。授权的范围包括了对过程的计划、制定工作进度安排、为每位员工分配任务、招募新的团队成员、维护纪律，以及其他通常由专门人员和监督人员所完成的工作。

自我导向团队的概念得到了广泛的试验。所发布的结果表明这种方式使得质量和生产率取得了显著的改善。员工与管理人员的比率也大为提高。职位跨越了职能的界限，形成了团队式职位。员工成为了团队成员。所有这一切都要求更加大量的培训。

活性化涉及到工作由专门人员和监督员向普通员工的大幅度转移，因此会遇到很大的文化抵制。还会有来自工会的抵制。他们感觉到，活性化在管理当局与职工队伍之间建立起了一种新的沟通方式，这会削弱工人和工会之间的联系。

作者认为，取代泰罗制这一理想的时机已经成熟。同时，上述的所有活性化的方式都将得到发展，而泰罗制的主要继承者将是员工自我导向的团队。

激励、表彰、酬劳 为了满足新一轮质量竞争的需要，要求公司员工必须努力适应各种急剧变化，如：

- 质量即将成为最优先的事务。
- 员工将接受与质量相关的多方面领域的培训。

- 质量改进这一新的职责将被列入传统的职责范围内。
- 团队的广泛应用要求员工学会作为团队成员应该如何行事。

一般来说，美国公司已经认识到，为了接受这些变化，就必须修改企业的激励机制。这些公司通过增加表彰的应用和修改酬劳制度来作出反应。

表彰是对卓越绩效的公开认可。公司更加广泛地采用了奖金、奖状、庆祝餐会、张榜公布等方式来进行表彰。通常它们在这方面做得很是老到和得体。

表彰涉及的是员工的自愿性行为，而酬劳则是针对职位说明所规定的本职活动。企业在这方面的做法还不够老到，因为应当如何变革尚无先例可循。在大多数情况下，公司是在年度雇员绩效衡量指标中增加一些诸如“质量改进绩效”之类的新指标而已。(有些公司甚至未能认识到改变酬劳制度的必要性。)

全面质量管理（TQM）　在 20 世纪 80 年代后期，企业的高层管理人员已经越来越认识到，蜻蜓点水式的方式，即今天应用这种技术明天采用那种方法，是无法实现竞争力和质量领先的。要实现上述目标，企业就必须在所有的职能和所有的层次上应用（从成功的企业）所获得的启迪，并以一种综合协调的方式来进行。上述这些启迪综合起来便通称为全面质量管理（TQM）。[日本人通常用全公司范围的质量管理（Company Wide Quality Control，CWQC）来表达这一概念。]

目前对 TQM 还没有统一的标准定义，因而造成了公司内部、课程培训以及一般文献中的沟通的混淆。在国家标准和技术学会（NIST）用来评价美国马尔科姆·鲍德里奇国家质量奖申请的评价标准发布之后，这种混乱明显减少了。NIST 是组织实施美国马尔科姆·鲍德里奇国家质量奖的机构。

上述评价标准得到了广泛的传播，NIST 根据人们的索取提供了 100 多万份申请表。只有相对少数的申请书用于了质量奖的申请，但有许多的公司都对照评价标准进行了自我审核。此外，随着各州和各种地方性的质量奖大量出台，这许多奖项都把鲍德里奇质量奖标准作为了其评奖标准的主要内容。在作者看来，到 20 世纪 90 年代初，这种广泛的传播使得鲍德里奇奖标准成为了关于 TQM 内容的最广为接受的定义。

未来的展望

在进入 80 年代之前，对于美国未来的展望一直是灰暗的。日本公司以具有卓越质量和价值的产品成功地进占了美国的市场。由此而带来的公众认知本身也成为了一种力量，继续打击着那些反应缓慢的美国公司。

榜样的出现　在 20 世纪 80 年代，尽管许多公司都采取了质量方面的举措，但大部分公司的质量举措都与目标相去甚远，质量危机进一步加剧了。令人欣慰

的是，这一阶段出现了榜样企业，并明确了使这些企业成为质量领先者的策略。今后所面临的任务便是如何推广的问题，这意味着要将所获得的启迪普及到整个经济体中，包括庞大的服务产业在内，如卫生、教育、行政等领域。

推广普及的迫切性 到20世纪90年代初，几股强大的力量都汇聚在了成功质量举措的推广上。不断加重的质量危机，各种质量奖尤其是马尔科姆·鲍德里奇国家质量奖的成长，都极大地强化了人们的质量意识。对照鲍德里奇标准的自我评价使得许多公司认清了自身的优势和劣势。那些榜样公司所取得的优异成绩激发了许多企业实现类似成就的欲望。广为传播的“启迪”指明了取得这种成绩的道路。榜样公司向其供应商提出了更高的质量要求，这些供应商又进而将这种要求传递到了整个供应链上。供应商的数量发生了萎缩，决定供应商能够生存下去的一项重大考验便是能否实现世界级的质量水平。

还有一种日益增长的力量便是美国的高层管理人员的内行化。数十年间，他们一直对质量职能敬而远之，这项职责被授予了他们的质量经理们。如此的结果是，高层管理人员对于质量管理成为了名副其实的一无所知。

随着质量危机的加深，高层管理人员被迫参与到了质量管理工作中。最初，他们的无知导致了战略抉择的不当。但他们一旦参与进来就不会一直无知下去，他们从自身的错误中，从榜样企业中学到了很多的东西。

另一种更强大的力量是对“购买美国产品”的期待的出现。大部分美国人当然都愿意购买美国产品，但是在其他条件都一样的前提下。在20世纪60年代和70年代，其他的条件并不一样，因此购买美国产品的意愿被日本产品的高质量和高价值所征服。我们可以期待在新世纪中产品质量的差距将会缩小。一旦顾客的认知跟上了现实，将会转为美国公司市场份额的增长。这种情况已经开始出现。

还有一种促进推广的力量是，质量已经在公众心目中上升到了主导的地位。以下多方面趋势的汇聚使得质量走上了舞台的中心：

- 对于质量重要性的日益增长的公众意识。这不仅反映在竞争性行业中，而且也出现在诸如国防这些领域中。
- 消费者组织的压力。它们要求更高的质量，要求产品出现问题时要迅速地补偿。
- 对于质量问题所导致的严重灾难和重大损失的恐惧。
- 对于环境破坏问题的日益增长的关心。
- 法庭的严格责任判决（详见第35章“质量与社会”）。

推广普及的障碍 尽管有上述各种力量推动着普及推广，但进展不会很快。美国的经济体系非常庞大，就像一架巨型飞机一样，要求有很大的转弯半径。大部分公司都有着相当多的待改进问题，要将之全部清理完毕可能要花费它们几年时间。而改进质量计划过程以最大限度地减少制造新的浪费也还需要几年时间。

从企业达到榜样公司的位置所需的时间可以看出推广普及的步伐。就作者所知，没有哪家公司能够在不到 6 年的时间内成为榜样企业，通常都需要 8～10 年的时间。这样长的时间跨度通常消耗在以下几个共通的步骤上：

- 进行所选战略的试运行。
- 分析结果。
- 进行必要的中期修正。
- 推广普及。

质量的世纪　20 世纪可被恰当地称为生产率的世纪。在这一世纪里，美国成为了地球上最具生产力的国家，这部分要归功于泰罗制的应用。生产率仍然是竞争的一个重要因素，但质量已经上升到了舞台的中心。21 世纪或许将被人们称为质量的世纪。

从榜样企业中所获得的启迪指明了质量领先的源泉所在，例如：

高层经理通过发挥其责无旁贷的作用来直接掌管质量（见上文“启迪——核心策略”一节中“高层主管掌管质量”）。

质量改进要以革命性的速度一年一年地持续推进。

在作者看来，美国正处在分享新世纪世界质量领先地位的最佳位置。从 20 世纪 80 年代的失败中获得了不应做什么的教训。榜样企业则提供了应做什么的启迪。现在已经走上了普及推广的轨道，而且步伐似乎还在加快。

尽管如此，这种普及推广要渗透到如此庞大的美国经济体中可能需要 10 多年时间（正如日本一样）。此外，公众的认知会落后于事实，有时可能会落后几年的时间。在“美国制造”被普遍认同为世界级质量的象征之前，也许还需要另外的二三十年。

致谢

本章引用了 J.M. 朱兰主编、朱兰基金会赞助、威斯康星密尔沃基质量出版社于 1995 年出版的《质量管理简史》（A History of Quality）一书中的部分内容。作者对于朱兰基金会同意使用这些内容谨表谢意。

参考文献

AT&T (1989). “A History of Quality Control and Assurance at AT&T, 1920 – 1970.” This series of 14 videocassettes contains interviews with W. Edwards Deming, J.M. Juran, Ralph Wareham, and others who played significant roles in

quality control during the 50-year span 1920 - 1970. Available from AT&T Customer Information Center, phone 1-800-432-6600, select code 500-721.

Deming, W. Edwards (1986). *Out of the Crisis*. Massachusetts Institute of Technology, Center for Applied Engineering Study, Cambridge, MA.

Eastman Chemical Co. (1994). Papers presented at Quest for Excellence Conference. National Institute for Standards and Technology, Washington, DC.

Garvin, David A. (1983). "Quality on the Line." *Harvard Business Review*. September-October, pp. 64-75.

Grant, E. L. (1991). "Statistical Quality Control in the World War II Years." *Quality Progress*, December, pp. 31-36.

Juran, J. M. (1967). "The QC Circle Phenomenon." *Industrial Quality Control*, January, pp. 329-336.

Juran, J. M. (1973). "The Taylor System and Quality Control." A series of articles in *Quality Progress*, May through December (listed under "Management Interface").

Juran, J. M. (1979). "Japanese and Western Quality—A Contrast." *Quality*, January and February. Also published under the same title, in *Proceedings of the International Conference on Quality Control*, Japanese Union of Scientists and Engineers, Tokyo, 1978, pp. A3-11 to A3-25.

Juran, J. M. (1980). "Juran on Quality Improvement." A series of 16 videocassettes plus associated manuals. Published by Juran Institute, Inc., Wilton, CT.

Juran, J. M. (1991). "World War II and the Quality Movement." *Quality Progress*, December, pp. 19-24.

Juran, J. M. (1995). ed., *A History of Managing for Quality*. Sponsored by Juran Foundation Inc., Quality Press, Milwaukee, WI.

Levinson, Marc (1987). "Asking for Protection Is Asking for Trouble." *Harvard Business Review*, July-August, pp. 42-47.

Wareham, Ralph E., and Stratton, Brad (1991). "Standards, Sampling and Schooling." *Quality Progress*, December, pp. 38-42.

Working, Holbrook (1945). "Statistical Quality Control in War Production." *Journal of the American Statistical Association*, December, pp. 425-447.

(李东红 译)

第 41 章

质量在日本

近藤良夫（Yoshio Kondo）
狩野纪昭（Noriaki Kano）

日本现代质量管理的发展
- 现代质量管理自美国的导入
- CCS 课程
- 日本科学技术联盟的成立
- 戴明奖
- 质量管理的概念拓展为全公司的质量管理
- PDCA 循环
- 一线工人的教育、培训和 QC 小组的诞生
- 日本产业界的质量革命——突破
- 能源危机后的全公司质量管理
- 海外公司戴明实施奖

日本的全公司质量管理
- 日本全公司质量管理的两个基本特征
- 全公司质量管理的教育和培训
- 日本公司的方针管理
- 最高管理层的内部质量管理审核

质量保证与新产品开发
- 顾客导向的概念
- “当然”质量与“魅力”质量
- 质量成本与制造商的良知
- “适用性、环保性”与“过剩质量”
- 自我检验
- 过程能力与控制图
- 创造性与工作标准化
- 部门间的团队合作关系
- 与相对少数的供应商之间的团队合作关系
- 质量信息——质量抱怨与系统、积极地收集质量信息
- 新产品开发
- 市场研究与设想验证
- 设计评审——对设计对象和过程采取纠正措施
- 批量试制

参考文献

日本现代质量管理的发展

现代质量管理自美国的导入　第二次世界大战以前，日本对于现代质量管理的研究和应用是有限的。相对于国际水准而言，日本产品的质量是比较低劣的。

这些不怎么样的产品只能以低得令人可笑的价格出售，而且很难赢得回头客。有些例外是某些日本企业生产的主要供军用的高技术产品，但这些产品也未能成功地应用大批量生产技术。

现代质量管理的概念和方法是第二次世界大战刚结束时从美国引入的。盟国驻日本占领军司令部（GHQ）为日本通讯系统的糟糕状况以及购自日本制造商的通讯设备及零部件的差劲质量和缓慢的交货期而大伤脑筋。为此，GHQ 的民用通讯部（CCS）受命向通讯设备制造商提供工商管理的指导，其中也包括质量控制方面的建议。日本的许多制造企业都受到了该部成员的帮助，这些人如弗兰克·波尔金霍恩（Frank Polkinghorn）、查尔斯·普罗茨曼（Charles Protzman）、W.G. 马吉尔（W.G.Magil）和霍默·萨拉索恩（Homer Sarasohn）等。

CCS 课程 为了统筹这些活动，普罗茨曼和萨拉索恩于 1949 年秋季举办了名为 CCS 课程的研习班，主要面对通讯设备制造企业的最高层经理人员。这一课程旨在提升管理的质量，质量控制是其中的一部分内容（Ikezawa et al.，1990；Hopper，1985）。

当时人们认识到，质量控制活动中所使用的统计方法对于日本工业的重建和发展是非常有益的，事实上是不可缺少的。应当指出的是，日本的工业在战争中几乎被毁灭殆尽。日本没有丰富的自然资源，而其人口密度在世界上是最高的，因此，设计和制造优质的工业品并出口到国外，就成为了国家的头等大事。现代质量管理正是提高和保持工业产品质量最重要的、不可或缺的手段。

日本科学技术联盟的成立 日本科学技术联盟（the Japanese Union of Scientists and Engineers，JUSE）成立于 1946 年 4 月，它是日本质量管理活动的核心（Kondo，1978）。这一非营利性的机构并没有政府的财政支持，也不受政府控制。创建这一机构的目的在于“通过广泛推进科学技术进步所必需的各项事业和活动，来对文化和产业的发展做出贡献”。为了实现这一目的，科技人员的密切合作得到了高度的重视，这从其名称上就可以看出。

在 JUSE 的早期活动中，重要的有质量管理研究小组于 1949 年的成立，该小组由企业、大学和政府的人员组成。同年启动了“质量管理基础课程”（第一期为期 12 个月，后来改为 6 个月），目的是将质量管理研究小组的收获传达给产业界。该课程从开始到 1996 年 4 月共举办了 89 期，有29 741位工程技术人员参加了学习，这些人员成为了本企业从事质量管理活动的核心人物。

1950 年，一位著名的美国人，W·爱德华·戴明应 JUSE 的邀请访问了日本。他在 JUSE 为技术人员讲授了为期 8 天的质量管理课程，并在日本的几个大城市为企业的高层经理进行了讲座。戴明在这些讲习班上的讲课帮助听课的学员理解了统计质量管理（SQC）在制造业中的重要性（Deming，1986）。

戴明奖 为了表彰戴明对于日本的友好和贡献，在 JUSE 的提议下，日本于 1951 年设立了戴明奖，以促进日本质量管理的发展。JUSE 担当着戴明奖委员会

秘书处的角色。戴明奖包括本奖和实施奖两类，戴明本奖每年授予在统计方法的理论研究和实际应用方面做出突出贡献的人士，在工业界推广应用统计方法的人士也可入选。

戴明实施奖每年授予那些通过实施基于 SQC 的全公司的质量管理而取得了最突出的绩效改进的公司（包括公共机构）或其分部。戴明实施奖对于促进日本企业的质量管理活动具有强大的激励作用。

自戴明奖设立以来，已有 140 家公司和 5 个分部获奖。戴明奖的颁奖程序由 JUSE 的委员长负责。

质量管理的概念拓展为全公司的质量管理　日本的工程技术人员认识到，统计方法对于把握制造过程中的变异原因，确定制造条件与产品质量之间的相互关系是非常有效的，抽样检验技术的引入减少了所需要的检验人员，另外还有许多其他方面的好处。可是，自 20 世纪 40 年代末从美国引进之后的头 10 年间，这些方法的应用仅限于制造和检验领域。

尽管在上述领域中的应用取得了惊人的效果，但很显然，对于实现顾客满意这一质量管理的主要目标而言，它并非充分条件。为实现这一目标，无疑必须重视制造前的过程（如市场调查、研究、计划、开发、设计和采购），而且还必须强调在检验之后的过程中（如包装、储存、运输、销售和售后服务）应用质量管理方法。

例如，在顾客对家用电器的抱怨中，设计缺陷通常高居帕累托图的首位。因此，消除这些缺点，明确其原因并防止在新产品设计中再次发生，这不仅是消除顾客不满的重要措施，而且对于公司本身的健康发展也是至关重要的。在 20 世纪 50 年代中期，随着贸易自由化日益成为现实，越来越多的人认识到了这一道理。全公司的质量管理（CWQC）的重要性开始为制造业企业所重视和理解。日本自然资源短缺，要依靠在竞争激烈的国际市场上的贸易来支付资源的购买，因此就必须将产品质量提升到出口可接受的水准。

1954 年，应日本 JUSE 的邀请，J.M. 朱兰到访日本为中高层管理人员讲授质量管理课程。这些课程把质量管理的理念引申到了公司活动的几乎每一个领域，并将质量管理明确定位为一种管理工具，从这个意义上来讲，它对日本质量管理的影响之大是无法估量的。以这些课程为先导，JSUE 于 1955 年开设了中层经理质量管理课程，又于 1957 年开设了高层经理特别质量管理课程。这些课程经过了不断的改进，时至今日仍在提供着（Ishikawa and Kondo, 1969; Mizuno and Kume, 1978）。

帝人公司（一家合成纤维制造商）和住友电气工业公司分别获得了 1961 年和 1962 年的戴明实施奖。在这些公司里，质量管理活动被广义地解释为包括营销、设计、制造、检验、销售、行政等部门和子公司的活动，公司取得了显著的甚至是划时代的成就，这也是它们获奖的原因。这些成功激发了其他的日本企

业，对它们拓宽质量管理活动的范围是一个强有力的刺激。

20 世纪 50 年代后期出现在许多公司的质量管理社长诊断也被发现对于促进和改进 CWQC 活动是非常有效的。日本的这种 CWQC 有两个主要特点。其一是质量管理活动覆盖范围广泛；其二是全体员工参与质量管理活动和辅助活动。稍后将对此进行详细的解释。

PDCA 循环 控制这一术语的一种常见的定义是检查和纠正。这意味着将某项活动的实际结果与标准或目标进行比较，监测二者之间的差异，如果差异大到一定程度则采取纠正措施。这一过程便是为人们所熟悉的计划—执行—检查—处理（PDCA）循环，如图 41—1（a）所示。

与一门心思制定毫无缺陷的计划这种完美主义的做法相比，遵循 PDCA 的循环要更为有效。除了可被精确控制的因素之外，通常还可能会有许多其他的外界因素影响着结果，要对所有这些因素都设立标准几乎是不可能的。有鉴于此，即使计划可能近乎完美，我们仍需要按 PDCA 循环的方式进行检查和采取纠正措施。

“第一次就把工作做好”这种克劳士比式的断言值得怀疑（Tsuda，1990），如果这样就足以实现高质量的话，我们真可以优哉游哉了。但实际上，很少能够立刻就判断出事情是否做得正确。PDCA 循环意味着持续地去寻求更好的做事情的方法。通过遵循 PDCA 循环，可以预期将会取得成果，而过程本身将会以一种螺旋式上升的方式得到改进。

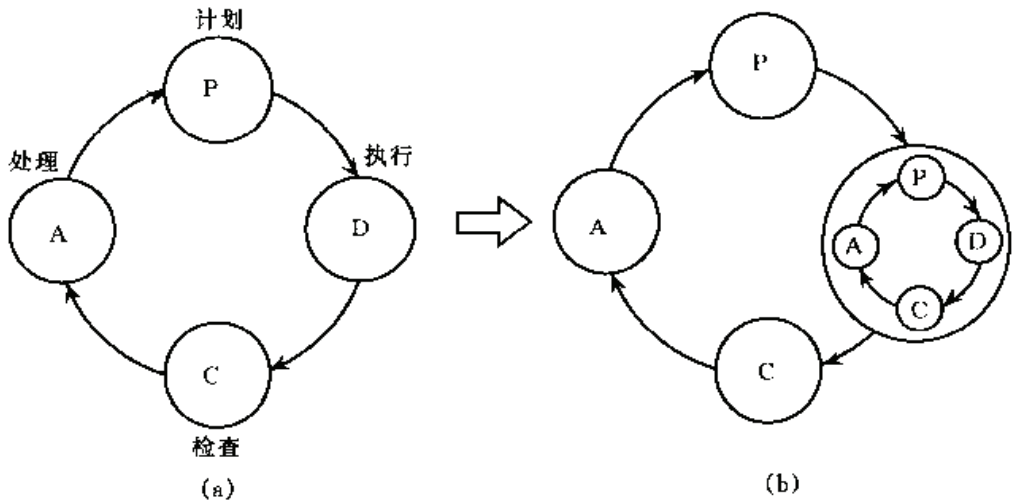


图 41—1 PDCA 循环

资料来源：Kondo（1977）.

在某些类型的制造计划（P）中，质量标准和操作规程是由工程技术人员和管理人员制定的，工人只要求按照规程规定的去做。这样，计划和实施就被分开了。

这种情况下，如果发现制造出来的产品有缺陷，基层管理人员就会去寻找原

因，并责备工人。工人可能会回答："产品缺陷不是我的责任。我可是完全按照您交给我的规程去做的。您要对结果负责。"显然，当工人只是负责按照规程的规定去做时，他们对质量的责任就变得模糊了。这种模糊的责任感不利于实现高的符合性质量。只有当工人有着强烈的质量意识和高度的责任感时，质量才能够实现。

的确，工人被委派去执行（D）生产职责。但是，这一职责的工作绩效也包含着一个 PDCA 循环，正如图 41—1（b）所示。这部分工作遵循 PDCA 循环的程度被认为是反映了工人自我控制的情况。每个人都程度不同地处在一种自我控制的状态之中。幸亏这种自我控制的能力，我们人类才能够享受我们的生活，包括运动和休闲在内。当然，为了培养工人自我控制的能力，一定程度的教育和培训就是必需的。

关于检查（C），我们倾向于强调找出过程中的不良。我们主张要量化涉及质量、数量、成本的不良，并将之表述为数据的形式，因为这是改进过程的第一个步骤。但是，应当强调的是，过程在具有不良的同时，也一定会有相应的长处。发现不良找出原因以防止其再发生固然重要，但找出长处并通过标准化使之重复应用也是同样重要的。

纠正措施（A）有两种类型，即临时性的措施和永久性的措施。前者着眼于结果，后者则瞄准过程。因为临时性的纠正措施是对过程的调整或返工，这种措施可以在一开始尚不知产生异常的原因时来实施。而另一方面，永久性纠正措施是要对异常进行分析，辨识其发生的原因，通过原因的消除或标准化来防止或规范其再发生。这使得对于原因的理解变得至关重要。因此，永久性的纠正措施是着眼于过程而非结果。人们常说开展质量管理的理由是为了促进公司的健康发展。为此，企业只是能够产出可接受的产品还远远不够，产出这些产品的内部过程也必须符合要求。我们每天在我们的工作中所采取的一项项永久性纠正措施单独看起来可能微不足道，但这些小的改进累积起来便成为了使得企业健康发展的重大改进。从这一点来看，永久性纠正措施当然要比临时性纠正措施重要得多。

一线工人的教育、培训和 QC 小组的诞生　随着全公司质量管理活动的深入，人们日益认识到发挥一线工人作用的重要性。没有这些工人的日常努力，就不可能实现所制造产品的符合性质量。为了向工人提供培训，在 1956 年 10—12 月间，播出了一个名为《现场管理人员质量管理》的为期 13 周的系列广播讲座节目。NHK（日本广播公司）后来将这一讲座一直播放到了 1962 年。在播出的头一年中，该讲座的教材就卖出了约 10 万册。1959 年又开始播出每周一次的质量管理电视系列讲座。1960 年由 JUSE 出版的石川馨主编的《班组长质量管理教材》，到 1967 年底卖出了 20 万册。对于基层管理人员和一线工人的教育培训就这样积极地开展起来。这为 QC 小组（quality control circle，也译作"品管圈"）

运动的诞生奠定了重要的基础。

1962 年，作为创刊于 1950 年的《品质管理》杂志（统计质量管理）的姊妹刊物，JUSE 开始发行月刊《现场与 QC》杂志（面向班组长的质量管理）。这份新刊物的目的在于：

1. 对现场管理人员和工人进行教育和培训，普及统计方法；

2. 建立 QC 小组；

3. 促进工人在日常工作中应用所学知识，达成所设定的目标，提升其能力。

QC 小组是由工人和基层管理人员组成的小团体，他们自愿结合起来去解决与本职工作有关的质量问题。这些活动与全公司质量管理活动紧密联系。QC 小组活动是一线工人在工作现场开展的质量管理活动，它们对于使所生产产品达到设计质量负责。QC 小组的成员用《现场与 QC》杂志作为教材，在车间现场开展活动，他们成为了活动的核心。

1962 年 5 月，第一个 QC 小组在东京 JUSE 的 QC 小组本部注册，从那以后，QC 小组的数目和成员数逐年增加。到 1996 年 5 月底，注册的 QC 小组为 397 216个，注册的成员达3 038 038人。

对于 QC 小组成员的日常努力的认可是很重要的，JUSE 承担了组织 QC 小组大会的任务，在会上发表 QC 小组成员的成果。1962 年 11 月，也是第三个全国质量月期间，在东京举行了第一届班组长质量管理大会，会上发表了 12 篇成果报告，有 235 位班组长出席了会议。与这次大会相呼应，第一届全国 QC 小组大会于 1963 年 5 月举行，会上宣读了 19 篇论文，有 193 人出席了会议。这种全国性的大会和地方的 QC 小组会议一直延续下来，并取得了巨大的成功。来自不同企业的 QC 小组成员之间的相互观摩和讨论对于激励工人和拓宽他们的视野是非常有效的。这种观摩和互相学习始于 1963 年 3 月，需要时由 JUSE 协助安排。

根据 JUSE 于 1980 年出版并于 1990 年和 1995 年两次修订的《质量管理小组纲领》所述，QC 小组活动的宗旨是：

1. 提高一线管理人员的领导和管理能力，鼓励通过自我启发来实施改进；

2. 提升员工的士气并创建一种人人关心质量问题、人人具有改进意识的氛围；

3. 作为全公司质量管理（CWQC）在现场的核心发挥作用。

其蕴藏在这一使命背后的基本目标是：

1. 发挥人的能力，引申出无限的可能性；

2. 尊重人性，创建有意义的明快的现场；

3. 为企业素质的改进和发展做出贡献。

在朱兰的建议下，JUSE 自 1968 年开始派出由 QC 小组组长和成员组成的班组长质量管理代表团到国外访问。他们参观国外的许多工厂并在各种会议上发表

他们自己的现场研究成果。“质量管理海洋大学”始于 1971 年，成员用两周的时间在船上旅行，参加在船上举行的研讨和讨论会。旅行期间，他们访问了东南亚的许多国家。

关于 QC 小组活动的主要效果，首先是一线员工的觉悟、创造性和视野得到了强化或拓展，这使得在制造过程中形成了质量管理活动的中心。员工士气的提高和人际关系的改善也是显著的。生产缺陷也明显减少，从而提高了质量保证的水准。工程技术人员和主管也可以放心地将排除生产线故障这样的曾经占据了自己大部分时间的职责委托给班组长和工人去执行，而将精力集中到自己最适当的职责上，如开发新产品和新技术等。

以后的 QC 小组的活动具有如下一些特征：

1. QC 小组分化为子小组和微型小组。随着工人通过学习而使能力不断提高，QC 小组通常会分解成较小的小组。一些工人成为了这些较小的 QC 小组的组长，而作为以前的大 QC 小组组长的班组长则成了顾问或推进者。

2. 形成了 QC 小组联合体。QC 小组联合体通常由 QC 小组按生产线组织在一起，或者是制造 QC 小组，或者是检验 QC 小组等结合在一起。这些 QC 小组联合体在发现和解决新的质量问题方面效果更好。

3. 工人成为 QC 小组的组长。以前，习惯上是班组长担任 QC 小组组长。可是，当 QC 小组成员在质量管理研究中取得成绩时，他们中许多人担任了 QC 小组的组长。在日本的许多企业中，QC 小组成员轮流担当组长也成为了惯例。

4. QC 小组活动的自主管理体系的建立。QC 小组的各种会议均由分工负责的成员来主办。企业的主管和大学教授只是担任顾问的角色。

5. QC 小组活动选题的扩展。选择课题时，不仅包括减少缺陷、提高生产率、降低制造和检验成本，还包括设备维修、生产计划以及其他方面的改进。

6. 所用技术得到了改进。在 QC 小组活动中，基本的统计工具称为“七种工具”，它们是：分层法、排列图、检查表、直方图、因果图、控制图和散布图。此外，也常用到诸如回归分析、过程能力研究、方差分析、价值分析等技术。

7. 支持性领域中的 QC 小组活动。QC 小组活动的范围正在逐步扩大，不仅仅局限于制造和检验，还包括仓库、运输、采购、行政、接待、电话接线等辅助领域。前面提到的统计方法对于这些领域的 QC 小组活动也是颇有帮助和富有成效的。

8. 外协厂的 QC 小组活动。生产零部件或中间半成品的附属公司的 QC 小组活动对保证产品质量是很重要的，也是必不可少的。母公司鼓励子公司建立 QC 小组，母公司和子公司 QC 小组成员之间的相互走访和讨论对于解决质量问题是非常有效的。

随着日本的全公司质量管理活动延伸到服务业，QC小组活动也在医院、宾馆、餐饮、银行、百货、超市、零售业公司中显示出了活力和良好的效果。

日本产业界的质量革命——突破 第二次世界大战结束后，战前的日本军政领导人不再掌权，取而代之的大部分是相对年轻的实业家，他们希望日本发展成为工业化国家，不要再退回到一些发展中国家常见的农业经济老路上去。可是，在作出如此决策后，他们所面对的是一条艰难的道路。产品质量低劣是一个主要的障碍，没有人愿意去买这种低劣的产品。对一个原材料如此匮乏的国家，不能将成品出口就意味着不能赚取外汇，也就不能购买所需原材料以形成一个工业发展的良性循环。因此，一场产品质量方面的革命就成为必然（Juran，1981）。日本这场质量革命发生在20世纪50年代初期，这是在全公司范围内应用统计质量控制的概念和方法的结果。对于这场革命为何会在日本相对容易地实现，通常有三个方面的解释：

1．日本是一个由同种语言同一种族构成的单一的社会；

2．日本有着一个全面的义务教育体系，总体上教育水准很高；

3．日本公司实施着终身雇佣的惯行，员工跳槽率较低。

这三点中，第二点将来还会持续下去，教育水准会进一步提高。可是，劳动力短缺问题变得越来越严峻，很难说第一项还会持续下去，尽管这取决于对于劳动力短缺问题的解决方式。第三点在将来也会不那么一定，因为年轻人变得不愿再在工厂就业，即使进入了工厂的人也更倾向于频繁地更换工作。这些趋势值得关注。除了以上三点原因之外，人们还给出了许多其他的原因。

在日本，除了诸如医学或法律等少数的职业外，职业倾向不像西方国家那么强烈。各国的特点各有其短长，但是因这些特点的存在而引起了某些值得注意的差异。

例如，在美国，人们通过跳槽改善自己的地位，而其专业特长不会改变太大。与此相对照，在日本，尽管也会有例外，但通常人们是通过在同一家公司内调换工作而得以提升。这种提升的过程使得人们必须学会从事一系列不同的工作。因此，从某一角度而言，这对他们来说是十分严酷的。但是，在公司中的丰富经验和对各部门间的关系的深入理解却有着很大的好处。不管将来会怎样，终身雇佣这种做法在日本仍然在持续着，这或许是因为这种公司内提升的过程使得人们能够有更多的机会来体验各种不同的岗位，也使得他们能够长时间保持对于工作的兴趣的缘故。

质量革命对于日本产业的生存是必不可少的。但是，如下的这些“权衡论”观点却经常能够听到：

改进质量是好事，但这会增加成本，因此要审慎为之。

符合性质量相对于制造成本有一个最佳的值。如图41—2中的实线所示，增加符合性减少了缺陷造成的损失，但是，当质量趋近于完美状态时，

符合性提高所要求的质量改进成本会急剧上升。由于当缺陷百分率趋近于零时总成本会迅速上升，因此，质量的最佳值总是落在不够完美之处。

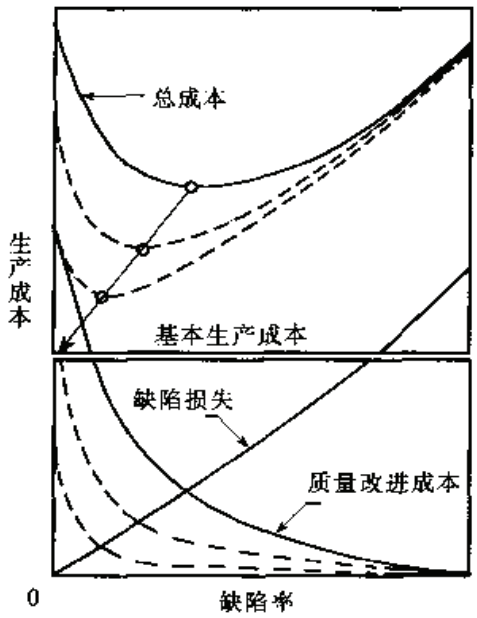


图 41—2　似是而非的最佳制造成本

资料来源：Kondo (1977).

但是，这里的最佳是有疑问的。基本生产成本和缺陷损失成本很容易确定，但质量改进成本通常是不确定的。如果能够采用以较低的成本来增加产品符合性的创造性的做法，质量改进成本的曲线就会向下偏移，如图中的虚线所示。这样总成本就会降低，最佳值就会向零缺陷趋近。因此，这个最佳点是不定的，可变的。我们应当做的是去寻求能够以最低成本来减少缺陷的方法和手段，而不是去费力寻找什么不定的最佳。这种做法可以说是一种“突破”，它完全不同于那种表面上的最佳化。显然，成功的突破总是伴随着人们的创造性思维和坚强的意志(Kondo，1977)。

将质量区分为当然（must-be）质量和魅力（attractive）质量两大类，这是实现顾客满意的重要一步（Kano et al.，1984)。我们将会讨论到，当然质量与成本的降低相联系，魅力质量则涉及市场规模和份额的扩大及利润的增加。对这两类质量的全面认识对于质量革命而言是必不可少的。

朱兰（Juran，1981）把引起日本产业界质量革命的质量管理活动归纳为了三个特点：

1．大规模的质量培训活动；

2．按年度进行的质量改进项目计划；

3．高层经理对于质量活动的领导。

能源危机后的全公司质量管理　世界经济从 20 世纪 60 年代后半期到 70 年代初期总体上呈现出显著的增长，尽管因国家和行业的不同会有所差异。这种快

速增长受到了分别发生于 1973 年和 1979 年的两次能源危机的影响。日本在经济上尤其脆弱，因为其原油及其他自然资源的供给都依赖于其他的国家。在能源危机期间，有些地区甚至出现了囤积诸如洗衣粉和手纸之类的商品的企图，但日本政府和企业采取了种种应对这种局面的措施。

当时采取的节约能源的措施大致可分为生产过程中的节能以及开发节能产品。此外，企业还不得不在全公司范围内建立全方位的对策。这些措施包括对于（由于产量下降）富余出的生产部门和工程部门的人员进行教育和培训，将他们调派到销售部门以提供进一步的支持。对这些措施的重视带来了各方面的好处。例如，派到销售部门的技术人员对市场有了更好的理解，公司实施的教育和培训使得他们在经济好转时能够以极快的速度生产出产品。

日本经济随后又因日元迅速升值而动摇。不过，许多日本公司经历了这些困难的历练而变得更加坚强。从这个意义上而言，20 世纪 70 年代的能源危机可被看做是 80 年代和 90 年代新的曙光的预兆。

按照朱兰的说法（Juran，1981），日本在 20 世纪 70 年代中期在制造优质产品方面已经赶上了它的西方对手。日本产业界在应对能源危机和制造优质产品方面的成功努力或许可以看成是 80 年代初期的产业重组的最早预示。此外，这些努力和重组标志着日本正在超越其他国家而成为世界产品质量方面的领先者，指出了日本新的使命和责任。

从 20 世纪 80 年代初开始，多角化经营成为了日本企业的一个普遍特征。但是，向着新的经营领域的扩张是以一种典型的日本方式来实现的。某个企业虽说可能特别热衷于转移到新的业务领域中，而这种转移可能意味着缩减原来的成熟的业务，但是只有在极特殊的情况下，公司才会完全放弃原来的老行当。这是因为，日本企业常常会觉得，只要顾客对它们还有要求，它们就应当持续这方面的业务，即使这种领域已经成熟且需求量在减少。许多公司甚至坚持在这些成熟的领域里积极开发新产品并获得了相当的成功。

日本与西方在对公司的态度上有着显著的差异。在日本，即使是私有企业，也被看做是一种公共机构，而较少被看做是其所有者的私有物。日本的经营者似乎更强烈地认为他们是在为社会利益而照管公司。

日本企业在新产品开发方面的一个有趣的特点是它们对于新产品尤其是非军用品的应用开发的重视。与军事方面的新产品相比较，民用产品的使用条件不是那么严格，质量和可靠性方面的要求通常也要低些。但是，民用产品的需求远超过军用产品，这使得企业更容易进入这些领域经营。在这一领域中也有更多的机会来生产改进版的产品，也容易获得产品在各种使用条件下的质量信息。开发碳纤维在钓鱼线和网球拍上的应用就是一个很好的例子。

由于在全球和国内市场上的激烈竞争，公司在开发新产品和新技术方面的能力就成为了其奠定市场竞争优势的非常重要的而且是必不可少的因素。没有这种

能力，一个公司要想通过多角化和进入新的领域来获得持续的成长是极其困难的。为了获得重要的收获，越来越多的日本公司在日本或海外建立了研究和开发机构。

日本的直接海外投资自 20 世纪 60 年代中后期开始增多，尤其在 80 年代末以后有了更加迅速的增加。这种海外的活动建立在自 20 世纪 70 年代以来的日本与国外公司创办合资企业的长期而成功的经验之上。有趣的是，有许多日本子公司的卓越的质量管理活动对其海外母公司产生了良好的影响，大大促进了这些公司的质量管理。事实上，在日本的许多合资企业，如爱新华纳、富士施乐、横河惠普和日本得州仪器等都获得了戴明实施奖，这也加速了它们的母公司质量管理活动的进程。

松下电工在 1961 年应泰国政府邀请前往当地生产干电池，该公司遇到并克服了许多的困难，使企业取得了成功（Tsutsumi，1988，1991）。松下根据这些宝贵的经验制定了海外经营的基本方针：

1. 我们所进行的是受所在国欢迎的经营活动。

2. 我们的经营活动要符合所在国政府的政策要求。与此同时，我们将不懈地努力以确保所在国政府能够理解松下的理念。

3. 我们要通过人员、原料、财务、技术的本地化来推动负责任的自我管理精神。

为此，松下着力于促进一种积极的参与性的态度，以期提升当地的雇员。它确保所有雇员热爱其日常工作并找出其价值，培养对于生产活动的责任感。松下促使他们懂得他们正在通过自己的活动来为自己的国家的进步贡献着力量。这些方针得到了具体策略的支持，这些策略在松下的海外企业中得到了积极的推进。

以这种方式，越来越多的日本公司建立了海外的制造基地，越来越多的用于日本国内的零部件也是购自国外。如何在这类全球化的产业中，尤其是在日本企业的海外基地中来有效地应用 CWQC 的经验，可能仍是一个需要不断研究的重要课题。

海外公司戴明实施奖　戴明实施奖最初只是颁发给日本公司。但是，日本以外的公司对戴明实施奖也表现出了浓厚的兴趣。作为对此的反应，戴明奖委员会于 1984 年修订了戴明实施奖的规定，使得日本以外的企业也能够申请。这为海外公司通过审查获得海外公司戴明实施奖开启了大门。获得此奖的第一家公司是美国佛罗里达电力公司，时间是 1989 年。接着是中国台湾飞利浦公司于 1991 年获奖，第三家是 1994 年美国 AT&T 动力系统公司。这些成功的事例表明，日本的管理体系可以应用于世界上任何国家和地区的任何产业，因而引起了世界范围内的广泛关注。

日本的全公司质量管理

日本全公司质量管理的两个基本特征 日本的质量管理活动从狭窄的制造和检验领域逐渐扩展到了公司的几乎所有领域。如前所述，人们普遍认识到，要确保产品质量和实现顾客满意就必须“适合使用和适合环境”（fitness for use and environment），而要实现这一点，就不仅要改进产品的符合性质量，还必须改进产品的设计质量。

例如，戴明奖委员会将全公司质量管理（CWQC）定义为：

> 基于顾客导向的原则并充分考虑到公众的福祉，经济地设计、生产和提供具有顾客所要求质量的产品和服务的活动。它通过全体员工在所有保证质量的活动中，包括调查、研究、开发、设计、采购、检验等一系列活动以及公司内外的其他相关活动中，理解和应用统计思想和方法，有效地重复计划、执行、检查和处理的PDCA循环而实现企业的目标。

在20世纪60年代，日本产业界的质量管理活动扩展到了以下各方面（Ishikawa，1965）：

1. 确立最高管理层的质量方针并制定实现该方针的全公司的长期质量管理计划；
2. 质量管理的概念和方法应用到新产品开发上；
3. 建立覆盖整个公司的质量保证体系；
4. 开展质量管理诊断；
5. 将质量管理活动延伸到包括代理商、商社、商店在内的销售和营销活动中。

日本质量管理的第二个特点是职工参与公司质量管理活动的主动性。例如，上述的QC小组运动就来自这种思路。在日本企业中，质量管理活动不只是质量管理人员的事情，而是包括了从社长到工人和销售员在内的公司的全体人员。其中，高层的领导对于质量活动的开展和持续是必不可少的。因此，我们称为“全公司质量管理”的日本企业的质量管理活动是一场涉及整个公司的运动。

全公司质量管理的教育和培训 对现代质量管理的教育和培训在日本始于1949年。在JUSE质量管理研究小组的成员中，一个主导思想就是必须建立日本的质量管理模式，因为日本的背景和文化与西方国家不同（Ishikawa，1972）。例如，公司所有员工都参与的全公司质量管理就是一种日本式的做法。在1949年那个时代，在西方国家非常普遍的这种专门化的概念在日本尚未建立起来。

全公司质量管理这一概念的导入和推进引发了管理理念的革命，这要求进行持久不懈的教育和培训活动。因此，自20世纪50年代初期开始，质量管理的教

育和培训就一直针对公司的全体人员来进行，从最高管理者一直到基层的每一个员工，涵盖了所有的部分，包括研究、开发、设计、制造、检验、采购、营销、销售和行政管理等等。作为例子，表 41—1 给出了 JUSE 所举办的培训课程的内容。目前，由一些非营利机构如日科技联（JUSE）、日本标准协会（JSA）和日本海外技术研修会（AOTS）等举办的不同种类的质量管理培训课程有 60 多种。

此外，许多的日本公司都热中于对其母公司和子公司的雇员进行质量管理教育。许多公司都有自己的教育培训项目。全公司质量管理的教育培训通常始于最高层，一直贯穿到中层管理人员、基层管理人员和一线工人。人们常常强调，全公司质量管理的进展情况反映了公司最高管理层的领导力。

表 41—1　　JUSE 培训课程的内容

课程名称	每年次数	开始年份
质量管理［QC］		
高层经理 QC 课程（5 天）	3	1957
主管 QC 课程（5 天）	5	1962
中、高层管理人员 QC 导论课程（3 天）	5	1981
中层管理人员 QC 课程（12 天）	7	1955
部门助理 QC 基础课程（6 天）	4	1992
QC 基础课程（30 天）	5	1949
QC 导论课程（8 天）	8	1957
质量机能展开 QC 导论课程（4 天）	5	1989
班组长 QC 基础课程（6 天）	16	1967
小组长 QC 基础课程（4 天）	12	1974
TQC 讲师课程（6 天）	3	1976
采购部门 QC 课程（10 天）	1	1971
采购部门 QC 导论课程（4 天）	1	1983
销售部门 QC 课程（10 天）	1	1968
销售部门 QC 导论课程（4 天）	2	1983
中层管理人员 QC 七种管理工具课程（4 天）	2	1993
QC 七种管理工具导论课程（3 天）	15	1984
销售部门 QC 七种管理工具导论课程（4 天）	2	1989
方针管理 TQC 研讨班（3 天）	4	1989
产品计划七种工具研讨班（4 天）	1	1995
制药行业 GMPQC 课程（2 天）	1	1977
制药行业 GMPQC 导论课程（2 天）	1	1977
QC 小组［QCC］		
高层管理人员 QC 小组课程（1 天）	1	1994
中层管理人员 QC 小组课程（2 天）	11	1980
QC 小组讲师课程（6 天）	11	1972
QC 小组组长课程（3 天）	42	1977
服务业 QC 小组组长课程（3 天）	2	1990
QC 小组巡游研讨班（13 天）	1	1971

续前表

课程名称	每年次数	开始年份
可靠性［RE］		
可靠性管理课程（3 天）	2	1960
可靠性课程（15 天）	2	1960
基础课程（4 天）	5	1960
可靠性六日课程（6 天）	1	1980
机电系统可靠性研讨班（3 天）	1	1995
可靠性课程——FEMA-FTA（2 天）	13	1976
可靠性课程——设计评审（2 天或 3 天）	12	1977
可靠性课程——检查表（3 天）	1	1989
可靠性课程——检验（3 天）	2	1983
可靠性课程——失效分析（3 天）	2	1985
可靠性课程——计算机辅助可靠性工程（3 天）	1	1991
实验设计［DE］		
DE 东京课程（12 天）	1	1955
DE 大阪课程（20 天）	1	1962
DE 导论课程（8 天）	6	1963
多变量分析［MA］		
MA 研讨班（7 天）	1	1984
MA 高级课程（4 天）		1970
MA 基础课程（4 天）		1984
运筹［OR］		
公司战略经理课程（6 天）		1962
OR 导论课程（5 天）		1987
工业工程［IE］		
IE 研讨班（16 天）		1963
班组长 IE 基础课程（6 天）		1971
营销［MR］		
MR 研讨班（16 天）		1963
软件生产控制［SPC］		
管理人员 SPC 课程（6 天）	1	1988
工程师 SPC 课程（8 天）	2	1980
设计评审的 SPC 课程（3 天）	1	1994
感官检验［SI］		
感官检验研讨班（11 天）	1	1957
感官检验研讨班导论课程（3 天）	1	1995
产品责任［PL］		
产品责任预防导论课程	5	1973
工程师产品安全高级课程	2	1994
促进者产品安全高级课程	2	1994
其他管理技术		
临床检验统计应用研讨班（7 天）	1	1972
新型有限元方法导论研讨班（3 天）	1	1987
流体力学有限元方法研讨班（3 天）	1	1977
降低成本研讨班（6 天）	2	1981

续前表

课程名称	每年次数	开始年份
其他管理技术		
班组长价值工程基础课程（5 天）	1	1984
层次分析方法研讨班（2 天）	1	1992
物流系统设计研讨班（3 天）	1	1993
其他管理技术		
数据包络分析研讨班（2 天）	1	1994
制药数据生物统计应用研讨班（24 天）	1	1989
ISO 9000 标准（JIS Z 9900 标准）		
JAB 认可 ISO 9000 评审员培训课程（5 天）	5	1995
ISO 9000 标准内部审核员课程（4 天）	10	1994
ISO 9000 标准推进者课程（2 天）	4	1994
ISO 9000 标准导论课程（1 天）	3	1994

资料来源：Ishikawa (1969).

岗位培训也受到了广泛的重视。这方面的一个例子是通过最高管理层的内部质量管理诊断而获得的培训，这对于获取公司内部的事实和采取适当的纠正措施是非常有效的。另外一个例子是工程技术人员的岗位培训。朱兰对于负责彩色电视机设计的工程师的培训曾有如下的评论（Juran，1978）：

> 培训设计人员的第二个方面是“实践经验”。获取这种经验的一个主要领域便是生产车间，在这里设计人员能够体验到生产人员所面对的某种现实，因此对于如何设计出具有“可生产性”的产品有一个更好的理解。设计人员获取经验的第二个主要领域是现场服务工作。通过这些体验，设计人员更多地了解了使用条件、现场故障诊断中存在的问题、维修的难度等等。通过这些实践，他们更好地理解了如何设计具有良好的可靠性和可维修性的产品。
>
> 关于这种“通过实践经验的培训”，日本和西方有着很大的差异。通常，尽管并非总是这样，日本公司要求设计人员在担当关键的产品设计职责之前要有过车间和现场的经验。在西方则很少见到这种要求。

出于上述拓宽设计人员和技术人员视野的目的，日本企业还非常重视雇员的岗位轮换。日本社会中专门意识的淡薄被认为是有利于这种轮换的。

日本公司的方针管理　日本企业的质量管理是全公司范围的质量管理，最高管理者处于领导和促进其公司的质量管理活动的位置。他们负责制定产品质量和服务质量的总方针，并建立实现这一方针的全公司质量管理的长期计划。此外，他们还要评价方针和计划是否正在按计划实现，是否需要最高管理层采取什么纠正措施。在日本企业界，这些活动是公司范围内的 PDCA 循环的一种形式，被称为“方针管理”。虽然不是全部，但许多日本企业都遵循着方针管理的概念。后面将讨论的社长诊断是评估其效果的一种有效方式，也是采取适当的纠正措施的依据。

近年来，许多日本公司在每个财政年度的开始都要研究和确立未来三五年的长期计划和目标，第一年的目标和计划与现财政年度的相一致。以这种方式，在确立每年或每半年的计划和目标时，将长期计划考虑在内。

一个公司的基本经营理念是最根本的，因为它是企业年度和长期计划的基础，并为其雇员衡量自身的行为提供了一个标准。将来，每个公司确立能够让全体员工接受和认同的基本理念可能会更为重要，这被顾客视为具有吸引力的特征，也构成了公司全体员工所共享的目标的基础。

公司的基本理念与公司制造出的质量有着紧密的联系。在人类生活中，质量的历史比成本和生产率的历史要长得多，它也是三者中惟一为公司和顾客所共同关心的一个（Kondo，1988）。正是由于这样的原因，质量才被认为是比成本和生产率都更具人性的一个概念。今后，尽管质量并非一切，但它肯定会是吸引顾客的一个基本属性，也是全体员工共同努力的核心。如前所述，借助于创造性方法所实现的质量改进可以带来更低的成本和更高的生产率，开发出能够满足顾客要求的具有魅力质量的新产品，扩大市场并增加企业的利润。

高层管理者必须向公司的每一个成员明确本公司有关产品和服务质量以及公司所开展的质量管理活动的基本理念。在方针管理过程中，质量方针对于确立新产品的具体质量目标和现有产品的质量改进计划起着指南的作用。

计划活动应当是结果导向而非程序导向，这一点人们都清楚。例如，某项提升标准化程度的计划在年底可能产生了 100 件新的程序手册。如果所有这些努力都未能改进经营结果，就证明该计划是程序导向的。在年度计划草案的调查和讨论阶段，要鼓励相关人员提出许多不同的备选建议。在这个阶段，彻底讨论所建议方案的真正目的，并明确“结果性问题”是非常重要的。前面提到的提升标准化程度就只是一个程序。结果性问题则是较高的次品率和返工、较低的生产率和产量等。在搞清楚结果性问题后，就要收集数据进行分析。借助于帕累托图可以进一步明确“关键的少数”问题。两阶段的帕累托分析便能使问题和纠正措施更加清晰。一旦如上所述的程序导向的方针转变为结果导向的方针，这样的方针就应包括以下三方面的内容：

1．目的，实施该方针的理由；

2．目标，前进的方向、走多远以及最后期限；

3．重点程序，所使用的方法。

目标应当是鼓舞人心的，若非如此，人们就不会对它特别关注，目标就不会实现。这里给出两个日本公司的例子。

在松下电工的汽车音响部，技术人员和包括部长在内的全体管理人员正在讨论某汽车公司要求汽车音响降价 10％这一未能达到的目标。前任董事长松下幸之助到访该部时说了这件事情，他说：“顾客要求降价 10％，你就必须考虑将成本降低 15％。”因为他是公司的创始人且所有员工都将他当做“教父”来尊重，

人们开始更加彻底地研究降低成本的可能性，最后成本降低了 13%。听到这一成功后，松下幸之助前往上述汽车公司向他们表示感谢，他说："谢谢你们要求降价 10%，这使我们的成本降低了 13%。非常感谢你们。"

位于大阪附近的坂东化工公司中井工厂生产三角皮带，以前是厂长宣布每月的生产任务并强烈要求全厂上下完成目标。然而，尽管人们竭尽全力，甚至月底加班加点，但目标却从未达成过。在外部咨询人员的建议下，该厂将确定月度目标的程序改为由厂长提出目标草案，然后请各车间的员工认真研究完成任务的可能性、途径和方法。在实施这种做法的最初阶段，雇员们提出的单个目标的汇总比厂长提出的初始目标还要高。厂长将职工们所建议的目标作为了月度目标，因为这是他们仔细调查后得出的。有趣的是，员工们总是能够实现他们的目标。而且，几个月后由职工们提出的总的目标开始逐月升高，半年左右便超过了以前从未完成过的厂长目标。

有两种确定目标的方式，即自上而下的方式和自下而上的方式。松下的例子是自上而下，而坂东公司的例子则是自下而上。两者都非常成功。最高管理者考虑的是公司的未来，自上而下的目标通常是根据公司的需要来确定的。另一方面，员工通常从可行性的角度来仔细研究最高层规定的目标。如果上面提出的目标未经员工的认真研究，当目标未能实行时，他们很容易会找出一些单方面的借口。

许多日本公司在制定年度计划或半年计划时采用了一种自上而下与自下而上相结合的方式。最高层提出计划草案，然后由高层管理者们和部门领导在一起进行讨论。经过讨论，产生每个部门的计划草案。接下来再由部门领导和下属科室的领导讨论部门计划草案，最后由基层管理人员和 QC 小组组长一起讨论。经过这些讨论和研究，形成了详细的计划草案。然后由最高层来决定最终的公司年度计划。在日本公司，这种将年度计划或半年计划在全公司展开的过程被称为"传接球"。这种做法据信在确立年度计划方面是非常有效的，尽管有些耗费时间。通过这种过程，原先被视为由高层强加的定额，变成了每个员工的自愿目标。这种改变对于激励员工是特别重要的。

结果导向的计划评价起来比较容易，目标值所用的特性成为了各部门经理评审的基础。纠正措施是协调一致的。比如，当某个目标明显不能完成时，公司为了在限定时间内完成目标，通常会采取追加预算和人力的对策。尽管这也可以被称为一种改进措施，但实际上却是一种治标的对策或是调整。更重要的是要找出导致失效、缺陷、返工和延误等的原因并加以消除。这是"治本"的措施，这对于基本过程的改进是至关重要的。

关于目标的分解有一个小松制作所的例子，这是一家建筑机械制造商。该公司高明地将帕累托图和因果图结合在一起发明出了一种"旗图"（Kondo，1977），如图 41—3 所示。

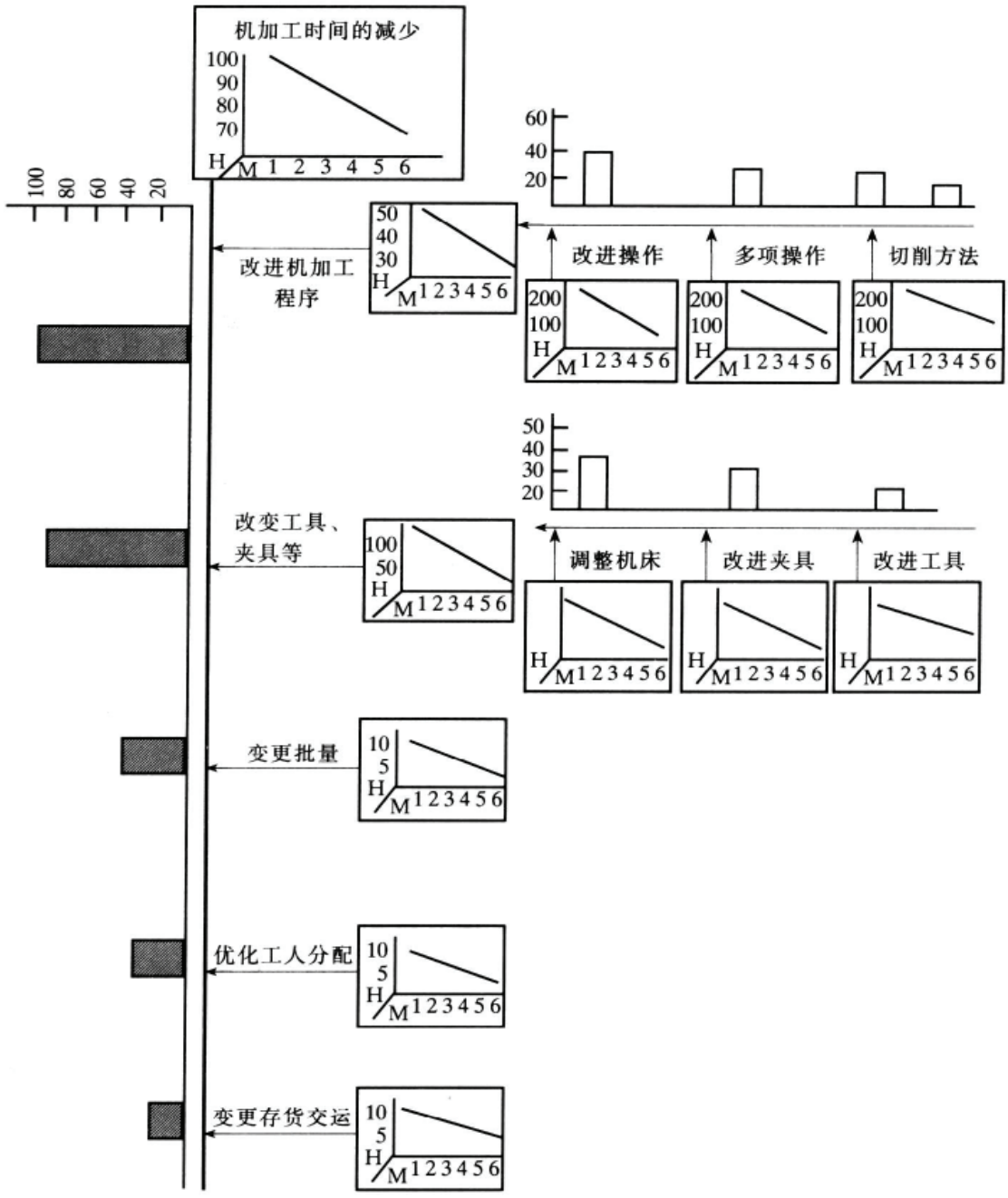


图 41—3 “旗图”的例子

资料来源：Kondo（1977）.

从图中可以看出，机加工时间根据帕累托原理被分成了几大项目，每一项目接着又分解成了若干小项目。在每一项目的图中画出目标线。随后的绩效也画在同一张图上与各自的目标值进行对照。每个图就是一个评审项目，由主管经理负责评审，并在出现重大绩效偏差时采取适当的纠正措施。这种图表使得所有相关人员很容易把握自己所面对的状况、同事的职责和相互之间的关系。这种理解促进了总体的利益。有着共同利益的同事之间的相互讨论很容易产生出新的和有价

值的创意，还可以从不同的角度来审视问题。

最高管理层的内部质量管理审核　最高管理层的内部质量管理审核是日本全公司质量管理的显著特点之一（Kondo，1969）。它类似于前述的方针管理中的检查和采取纠正措施的活动。内部质量管理审核的目的不同于外部审核，它不仅是要员工“通过检查”，还要激发审核者与相关人员的相互讨论，以寻求改进现状的方法和手段，双方都要求采取纠正措施。因此，内部审核具有教育的性质，除了调查检查本身之外还包括了在岗培训。内部质量管理审核可定义为：内部质量管理审核是对全公司质量管理体系及全部过程的质量职能的现状的审查，以发现并采取必要的纠正措施。这也是许多日本公司更愿意将内部质量管理审核称为“质量管理诊断”或“（实施者）与最高管理层之间的质量管理讨论会”的原因。

实施内部审核的程序并非一成不变，而是根据受审核的事业部、部门、工厂或分支机构的情况而定，也可根据公司所实施审核的类型而定。正如下面将要讨论到的，一个公司通常会有几种不同层次的审核。

日本企业的最高管理者处在领导和推进公司质量管理活动的位置上。他们负责确定公司有关产品和服务质量的总方针，并负责确立实现这一方针的长期质量管理计划。内部审核的目的就是确定质量方针和计划是否正在按计划实现或达成，并确定最高层是否有必要采取什么纠正措施。

水野滋（Mizuno，1967）将这种审核的目的解释为：

> 在质量管理职能中，实施有效的日常检查并找出重要的公司质量管理的问题以便采取纠正措施，这是绝对应当进行的工作。一个公司如果对于所存在的问题始终是浑然不知，这是很窘迫的事情。内部审核的目的就是系统地调查和分析日常检查发现不了的隐蔽的质量问题的原因。任何形式的审核都是有代价的，审核者和协作者必须追求物有所值的最终成果。

这种审核所起到的教育作用是巨大的。审核为最高管理层系统地把握那些暴露出来的事实提供了最好的机会。受审核的员工也获得了审视和调整其日常工作的机会。此外，内部审核还促进了员工之间的相互理解和人际关系的改进。在日常的汇报和会议中很难有这样的机会。基于这些理由，事先公布审核的主题和具体检查项目往往是很有效的。

这种审核通常以如下的某种方式进行。有些公司的审核是由社长和董事会成员分别进行的；还有些公司则是由包括社长在内的一个最高层审核组来实施的。由董事进行的审核一般着重于公司的总体管理，而由管理层实施的审核其着眼点通常要更加具体一些。这两种审核的意图彼此关联。通常，审核者是在质量管理专业人员或某位大学教师作为第三方的陪同下来进行审核的。审核可以预先确定主题，也可以不预定主题。当审核的主题预先未加确定时，所涉及的范围通常会十分广泛。

例如，在日本东芝公司，据报告（Sugimoto，1968）其总裁在工厂巡视时通常要检查以下的项目：

1. 车间的整理整顿——清洁和工作环境；
2. 车间和机器的布局；
3. 物料的流动和均衡；
4. 物料的处理；
5. 操作标准；
6. 工装夹具、机械化、自动化的高效利用；
7. 机器和检测设备的维护保养；
8. 在制品、材料和零部件的库存；
9. 工人的工作态度和积极性；
10. 仓库管理；
11. 降低小差小错；
12. 辅助工作的内容和工时；
13. 生产控制；
14. 质量保证；
15. 分包方的监督管理；
16. 建筑物、道路和辅助设备的维护保养。

如果审核者的经验不够丰富的话，覆盖如此之广的审核就会流于形式而不会带来效果。这也是许多公司更倾向于采用预定主题的审核的原因，这样的审核会更加深入细致。也有一种由部门审核转向职能审核的倾向，意在强调各部门间的职能联系。

内部质量管理审核的频次通常为每年一次或两次。这与公司的年度计划（“方针管理”）相关，审核安排应与计划同步。

审核者通常会要求被审核部门对该部门的现状作简短的汇报。这种汇报使得审核员能够以适当的形式来调整其思路。尽管有时要准备一个审查单，但审核内容并非总是照单进行。因为这个审查单概括了审核的思路和重点，在审核前予以公布往往会收到很好的效果。

虽然实施审核的方式是灵活的，但通常都会包括一次工厂巡视和圆桌讨论，这是在受审核部门介绍情况后进行的。审核组成员在巡视工厂时必须非常留心，不漏过任何细节。巡查整个生产过程，如从仓库一直到最终检验，这是发现和“逮住”问题的一种有效方式。高层经理与班组长和工人进行交谈，对其加以鼓励，这也是非常重要的。审核为他们之间的对话提供了一个绝佳的机会，这种机会在日常工作中是很难得到的。

在圆桌讨论前宣读一个简短的报告，对被审核部门针对以前的审核所提建议采取的措施进行评议。基于这一报告和工厂巡视中所观察到的事实所进行的讨

论，是这种内部审核的最重要的构成。

在讨论之后，审核组的组长要进行总结，提出意见和建议。咨询人员（通常是大学教授）也会提出一些建议。除了建议被审核部门要采取纠正措施之外，还要给出有关所采取的纠正措施的建议。同样重要的还有，审核不但要指出问题，而且也要指出优点。当然，被审核部门对于审核小组所提建议要加以认真的考虑，在随后的审核中要对结果加以检查（Itoh，1974）。

质量保证与新产品开发

顾客导向的概念　质量保证是日本企业中最为重要的全公司的质量管理活动。下面讨论日本式质量保证的几个特点。

日本人强调的第一个重点是要求质量保证活动必须是顾客导向的。尽管这是一个众所周知的概念，但许多公司却用对顾客投诉的赔付金额来评价质量保证的充分性。这实际上是在用企业的成本而非顾客的成本来判断质量保证的充分与否。“用户的质量成本”，如格里纳（Gryna，1977）所讨论的那样，考虑的是顾客的要求，是一种基于顾客导向观念的做法。但是，尽管这一用户成本的概念是很有用的，但它却未考虑某些不能用货币术语来衡量但对建立顾客信心却有着很大作用的顾客满意因素。

当然质量与魅力质量　石川馨主张（Ishikawa，1978）将产品质量划分为回顾质量和展望质量。狩野纪昭等人（Kano et al.，1984）以后又对这一双向的质量认识进行了进一步的思考，将前者称为了当然质量，后者称为了魅力质量。它们之间形成了对偶关系：有的产品虽然投诉很多，但却卖得很好，因为这些产品对顾客具有吸引力；而有些产品虽没有什么投诉，但却卖不出去，因为它缺乏吸引力。

因此，为了实现积极的顾客满意，我们不仅要消除缺陷和顾客抱怨来实现当然质量，而且还必须赋予我们的产品以魅力质量。当然质量可以用诸如缺陷率、返工率、顾客抱怨数等这样一些指标来表述。它是一种普遍的属性，不同类型的产品可以用相似的方式来描述。而另一方面，魅力质量通常是高度个性化的，会因产品的不同而不同。因此，控制图之类的统计工具可以有效地控制前一种类型的质量，而要获得后一种质量则要尽可能多地对成功和失败的个案加以了解。

竹中工务店，一家日本建筑公司，实施了广泛的过程改进，大大减少了诸如混凝土开裂和漏水等缺陷和返工。竹中的设计人员提出了如下的问题：这些就足以使我们的顾客满意了吗？为了得到答案，他们走访和调查了他们所设计和建造的医院的员工。通过交谈，他们第一次了解到，护士们每天在使用医院设施时会

碰到什么麻烦，靠窗的患者因抱怨道路噪声而希望转到安静的病室，以及每年夏初时空调维修方面的严重问题（这些都是在医院院长和某些医师们表示对于大楼和设施都很满意的情况下发生的）。调查到的这些问题立刻报告给了设计部门，设计部门采取措施修订了设计手册和检查清单。结果，这使得该公司在医院建筑市场中的份额获得了显著的增加。

质量成本与制造商的良知 在谈及企业质量保证活动时常常会讨论到质量成本的概念。在有关质量成本分类的诸多提案中，最著名的当数费根堡姆的提法（Feigenbaum，1983）。他将质量成本分为了以下四个类别：

1．预防成本；

2．鉴定成本；

3．内部损失成本；

4．外部损失成本。

若能将这些质量成本降低并保持在尽可能低的水平上当然是再好不过的事情。然而，正如朱兰等人将这样的成本称为“不良质量成本”（Juran and Gryna，1988）所隐含的那样，它们涉及的主要是当然质量，削减这些成本的活动并不能赋予产品以魅力质量。这样的活动有助于降低成本，但仅靠这些活动并不足以扩大市场规模和份额以及增加盈利性。所以两方面的活动都是非常重要的，因为最低的质量成本未必就意味着最大的利润。

以质量成本作为衡量质量保证的指标存在着两方面的主要问题。首先，它只是考虑了当然质量而未考虑魅力质量。因此，仅此并不能够说明使顾客满意所需的条件。

其次，质量成本表示了制造商为保持和改进质量的花费，但并未表示出因质量低劣而使顾客蒙受的损失和维护费用。尽管质量是制造商和顾客所共同关心的一个问题，但双方看待质量的角度却有着显著的不同。例如，当发生对于质量的抱怨时，顾客所承受的经济损失通常要远远超过制造商处理顾客抱怨的支出。因此，尽管这类质量成本可以作为衡量制造商降低成本活动的一个有效指标，但其是否适于衡量顾客质量保证的效果是值得怀疑的。

有一些研究试图从用户的立场来考虑质量成本，而不只是考虑制造商有关当然质量的成本。例如，格里纳（Gryna，1977）列出了有关工业品的用户质量成本的以下七个项目：

1．修理成本；

2．效能损失成本；

3．由于考虑到失效而维持额外能力的成本；

4．因失效品目而导致的损害成本；

5．收入的减少；

6．与竞争产品相比的额外投资成本；

7. 与竞争产品相比的额外使用和维护成本。

与上述的制造商质量成本相比，这些用户质量成本或许是更适当的评价质量保证的指标。另外，由于环境问题的日益重要，还必须考虑产品在制造过程、使用过程和达到使用寿命后因保护环境所支付的成本，第三项如废弃或回收利用的成本。

与制造商的质量成本一样，这些用户质量成本也主要着眼于当然质量。因为魅力质量更多的是因产品而异的质量，它不如当然质量那样直观明显，如前所述，魅力质量很难用质量成本的形式来加以评价。但是，魅力质量也是重要的产品质量，它可以扩大市场容量，提高市场份额，增加制造商的利润，采取积极措施开发具有魅力质量的产品是非常重要的。

总的说来，减少用户质量成本对于顾客质量保证来说，既是重要的也是必需的。但是，仅此还不够充分。确保积极的顾客满意（包括提供具有魅力质量的产品）取决于赢得他们对于制造商的信任和信心，这是金钱所买不到的东西。在涉及顾客质量保证时要赢得这种信任，对制造商而言首要的事情就是基于良知来行事。

“适用性、环保性”与“过剩质量”　适用性的概念在日本被扩大到了包括环保要求在内。例如，在人口密集的城市中广泛使用着室内空调。除了舒适的温度和湿度的需要外，还有着静音和省电的要求。当这种产品刚问世时，许多抱怨来自使用空调家庭的邻居，因为隔壁的噪音打扰了他们。

制造商与顾客对于质量有着不同的认识，从这一角度对于过剩质量的问题稍作一些讨论。过剩质量可区分为以下的两类：

1. 对制造商和顾客显然都过剩的质量；

2. 对制造商来说显得过剩但却是顾客强烈要求的质量。

就第一种情况而言，制造商与顾客合作确立抽样限度并对之加以严格控制，这是非常重要的。

当为了保证客户自动生产线的生产率而对所用零件有着十分严格的质量要求的场合，未能通过检验的零件中也可能会含有合格的零件。电视机使用大量的电子元件，为了确保电视机整机不合格品率十分低，对电子元件会要求一个极低的缺陷率（1ppm 或更低）。在这种情况下，尽管可以通过一些措施来减少所用元件的数量（如将零件组合或模块化）并努力使检验过程自动化，但最重要的还是使元件缺陷率降至最低程度，可能的话要降低至零。

尤其是现今，迅速的新产品面市速度使得产品的寿命越来越短，使新产品从一开始就达到零缺陷以应对质量竞争，这一点正在变得日益重要。

极低的甚至零缺陷的实现，乍一看似乎是过剩质量，它代表着制造商在开发尖端技术和生产优质产品方面所取得的成功。既然历经艰辛开发出了这些新技术和新产品，企业就必须通过积极开发新的应用领域来有效地加以应用。

自我检验 不必说，制造的任务就是生产出符合设计质量的产品，也就是要生产合格的产品。这一制造的定义中包括了自我检验的含义，即由工人检查自己所生产的产品以判断其是否符合要求。这是自我检验的基本前提。

为了实现自我检验就必须满足各种条件。最重要的是要决定实施自我检验的方法（包括抽样）；明确自我检验和代理检验（后面描述）的责任分工，包括在制造工时中自我检验所占工时；提供所需检验设备；对人员进行必要的培训。

自我检验并不意味着要求制造过程中的人员去检验他们在产品中实现的每一项质量。有些质量只是在下一道工序加工或装配时才进行检验，还有些检验要求很多的时间或很高的技能因而不是生产人员所能够胜任的。有些质量由后续工序或专职的检验人员检验而不是由直接制造该产品的人员来检验。因为这种检验是代表产品的加工者进行的，因而被称为“代理检验”。代理检验的结果应即刻反馈给加工者以起到激励作用，并用来确定制造过程的控制状态。同时，也希望在作业人员和代理检验人员之间培养起一种协作与团队精神。

自我检验，包括代理检验在内，还具有以下的特点：人们能立刻知道自己所生产产品的质量。产品合格会使他们感到高兴，如果产品不合格或生产过程中发现异常，他们会希望知道哪儿出了问题。这样，由于产品一生产出来就知道结果，自我检验肯定能激发人们的好奇心和进行质量改进的欲望，并鼓励他们努力改进现状。

过程能力与控制图 不必说，为了制造出符合设计质量要求的产品，也就是生产出合格产品，就必须满足下面的两个条件：

1. 不产出缺陷；

2. 不允许出现异常。

为了了解是否满足这两个条件，就需要应用过程能力指数和控制图。

另一方面，近年来工厂自动化的进展带来了许多过程能力指数比以往任何时候都要好的自动化过程和机械化过程。然而，这却意味着有一种危险，这就是人们会因为过程能力得到了改进，就错误地以为不会再有缺陷发生，控制图也不再需要了。这里要再一次强烈地强调，缺陷和异常是不同的。

为了确定产品质量和各种可能的影响因素之间的关系，就要搞清楚因果关系。必须通过对变量检验相关关系和对属性进行数据分层，来确认影响产品质量的主要因素。对于由这些方法所确定的对质量有着显著影响的因素加以严格的控制，就能够使我们降低产品质量的变异并减少异常的发生。这种控制源头的技术的熟练运用是极为重要的（Ishikawa，1962）。

创造性与工作标准化 很明显，工作的欲望和创造性是紧密相连的，事实上也是不可分割的。另一方面，从提高工作效率和保证质量的角度出发，要经常强调工作标准化的必要性和重要性。不过，关于工作标准有以下两类问题：

1. 工作标准化与能动性相冲突，因为它约束了员工工作时的创造性和独创性，减少了人们施展才华的机会。

2. 尽管在工作方法标准化上花费了大量的时间和精力，标准却并非总是能够得到遵守。一项调查表明，虽然大多数日本公司以抽象的语言规定了应该遵守的内部标准，但其中的半数以上并没有明确的程序来确保其事实上得到执行。制定标准是一件费时又费力的事情。要工人们遵守他们的作业标准就如此困难吗？

要用更确切的术语讨论创造性和标准化的问题，让我们来审视一下制造过程中的工作标准。工作标准通常包括以下三方面内容：

1. 工作目的。在制造过程中，这相当于过程所生产产品的质量标准。

2. 完成工作的约束。最重要的是旨在保证员工安全和上游过程的产出质量的那些限制。

3. 完成工作所用的方法和手段。

在这三项中，第一项必须要做到，第二项是任何负责完成工作的人员都必须认真遵守的。很显然，每个人都必须生产合格产品，还要安全生产。但第三项是否也同第二项一样每个负责完成工作的人员都要认真遵守呢？前面曾强调过，规定作业方法和手段并要求人们执行，这会鼓励人们逃避失误的责任，并辩解失误不是他们的过错，因为他们是按照规定方法做的。要警惕出现这种情况。

主张第三项必须被遵守的理由之一是，标准化的方法和手段是最有效率的，不管使用者是谁。至少起草标准的人是如此认为的。然而，考虑到人们的个性和习惯，任何一个标准都很难做到对每个人都是最有效的，无论其描述得多么细致。

我们知道，这种行为的标准化在体育运动中是做不到的。为了在某个项目上获胜，我们必须先通过读书上课去掌握基本动作，但仅靠这些是绝对不可能创造出新的世界记录的。不断改进成绩的惟一方法就是在这些基本动作的基础上，通过艰苦的努力，不断练习，充分发挥自己的聪明才智，寻求最适合我们自己的方法。

如此说来，上面的第三项应视为初学者的指南，相当于上述的体育运动中的基本动作，而非必须服从的严格的指令。第三项是用来帮助人们理解基本动作并促使人们学习工作的过程更加有效。

在应用这些训练指南时，还必须明确的是，所有的受训者在基础训练结束时所学到的工作方法，只不过是对提高成绩有提示作用的标准动作而已。一旦掌握了这些方法，他们就应进一步积极地开发的确适合他们个人的方法。他们应当被告知这有助于改进他们的技能，管理者应积极地支持和鼓励他们这样做。相反，强迫人们如初学时一成不变地去完成标准动作是荒谬的，这不仅会导致逃避责任，也妨碍了人们提高他们的技能。

如果要鼓励工人提高技能，就要要求他们发挥自己的首创精神来开发用于实际工作的标准动作，并发现有效工作的秘诀。创造性和标准化并非互斥的，而是互补的。如此鼓励和推进标准化，管理者将帮助人们在工作中充分发挥创造力，并找出能够把工作做得更好的方法。

部门间的团队合作关系 为了实现质量保证的目标，最重要的，甚至必不可少的是首先要改进设计质量以满足适用性和环保性目标的要求。其次，所生产出的产品质量还必须符合设计质量的要求。

虽然这一保证产品质量的程序为人们所接受，但在日本还强调另一个基本原则，这就是所有部门间的团队合作。换句话说，计划、执行、检查、处理的循环应当将包括营销、设计、制造、检验和销售等活动均包括在内。质量保证是公司整体最重要的职能之一。必须牢记质量保证、成本和利润的控制以及交货期、产量、生产率等因素的控制是紧密相关的。这些活动常常被视为跨职能的管理，它们由以下一些步骤所组成：

1. 制定公司各重要职能的计划；

2. 将计划送交具体实施的直线部门；

3. 在这些直线部门中应用方针管理和日常管理来实施计划、检查结果并采取必要的纠正措施；

4. 进一步从全公司的角度评审计划的实施结果并采取必要的纠正措施。

跨职能管理的关键在于，从全公司角度为每一职能制定的行动计划，不应只是由负监督责任的总部或事业部去实施。这些计划必须分解到公司内的所有相关的组织单位并反映在各单位的职责当中，通过不同单位间的团队合作来实施和评估计划并采取必要的纠正措施。通过综合各个单位在某一职能方面的实施结果并将之与全公司的跨职能目标进行对照，每一职能都在全公司范围内进行 PDCA 循环。这样，实施跨职能管理的责任不再只是由总部或主管部门单独承担，而是由公司所有的直线分部在各司其职的基础上来共同承担。

公司通常在总部或事业部内设立诸如质量保证部这样的监督部门来计划这些活动，对其实施加以支持，并从全公司的立场上进行评价。但是，这些监督部门通常都不会太大。

还有一种普遍的做法是分别针对不同职能来设立质量保证委员会，以加强不同部门间的联系，有效地推动跨职能的管理。每个职能委员会的主席由主管该职能的总监担任，总部或事业部的监督部门通过担当各委员会的秘书处来对每一职能负责。

与相对少数的供应商之间的团队合作关系 现代复杂产品的质量和可靠性在很大程度上取决于零部件的质量和可靠性。这种产品的质量单靠 100％检验是不可能完全保证的。为了改进和保证零部件的质量，日本的制造商一向致力于建立与维持同供应商之间的合作关系。随着新产品面市数量的增长和产品寿命周期的

缩短，这种要求或许会变得更为强烈。

如此严格的质量要求依靠基于常规抽样检验的供应商出厂检验和制造商进货检验是不可能满足的。除了实施自动化的筛选检验之外，制造商对于延伸至包括供应商质量保证在内的质量管理给予了越来越高的重视。

从而，建立零部件供应商与使用零部件的制造商之间的团队合作关系受到了日益高涨的重视。建立团队合作关系是从选择供应商开始的。通过问卷调查或走访，根据诸如财务状况、设施条件、最高管理层的基本理念和方针、对质量改进的热情、雇员的教育培训水准等方面来对供应商进行筛选。日本的大公司通常都有供应商选择程序和标准化的审查清单。

与供应商之间的良好的团队合作关系是建立在彼此间的信任和信心的基础之上的，一般不可能在短时间内建立起来，至少要花好几年时间。高层管理人员的基本理念和热情具有很高的重要性。因为对于较小规模的供应商企业而言，有了最高管理层的积极领导，其质量管理活动、产品的质量和可靠性会有相当快的提高。重视的是供应商的独立的理念和态度，而非对买主公司的依从关系。买主公司清楚供应商会主动地去努力，因而慷慨地向它们提供积极的引导和质量管理的教育。教育和培训得到了高度的重视，它将会随着时间的流逝而发挥更大的作用。

日本近年来有这样一个趋势，生产零部件的小公司设立了自己的测试实验室，在采购商设计部门规定其最终产品将采用自己的零部件之前，就确保其质量和可靠性是充分的。零部件生产商的这种实验室活动对于采购商的新产品开发也是有效的。在日本，供应商将有关过程能力指数和生产过程控制图的数据提供给采购方，不仅供质量管理部门使用，还供制造、检验和设计等部门使用，这种情况是相当普遍的。由最高管理层实施的内部质量管理审核是供应商主动进行的。在这种审核中，采购公司的有关代表有时也会受邀参加审核并作为外来专家发表意见。

石川馨于 1960 年提出了“从质量管理角度出发的买卖双方关系十原则”，并在 1969 年的东京国际质量管理大会上作了发言（Ishikawa，1969）。其内容如下：

序言：买卖双方必须互相信任和合作并树立“共存共荣”的理念和高度的社会责任感，双方应忠实地遵循以下的“十原则”。

原则 1：买卖双方均有责任互相理解对方的质量管理体系，密切合作，实施质量管理。

原则 2：买卖双方应相互独立并尊重对方的独立性。

原则 3：买方有责任向卖方提供明确而充分的信息和要求，以使卖方清楚应当生产什么。

原则 4：买卖双方在进行交易时，必须就质量、数量、价格、交货期和支付

条件等签订合理的合同。

原则 5：卖方有责任确保提供使买方完全满意的质量。必要时，卖方还有责任根据买方的要求提供必要的和确切的数据。

原则 6：买卖双方必须预先确定令双方都满意的各种项目的评价方法。

原则 7：买卖双方必须在合同中规定产生问题时用于解决争端的方法和程序。

原则 8：买卖双方必须考虑对方的立场，交换搞好质量管理所必需的信息。

原则 9：买卖双方必须充分做好诸如订货、生产与库存计划、文书工作等业务控制活动，以使双方的关系保持在友好和满意的基础上。

原则 10：买卖双方在进行交易时必须始终考虑到最终消费者的利益。

这些原则是通过采购方和供应方之间的真诚合作和充分协商而产生的。其含义是显而易见的，尽管未必总是能够被人们所遵循。希望它能够被尽可能地用作改善制造商与供应商关系的基本指南。

质量信息——质量抱怨与系统、积极地收集质量信息 在一篇有关质量设计的论文（Aiba，1966）中，强调了从市场上的顾客处获取外部质量信息的重要性。这样的原始信息可以转换成为可度量的质量特性。

与此相关，外部的质量抱怨是质量不良的集中反映，它要求对之采取迅速的纠正措施。它反映的是顾客对于当然质量的不满。利用质量抱怨来衡量质量时，经常会遇到以下几方面的问题：

1. 抱怨受到产品单价的影响；

2. 包括抱怨在内的任何信息经口头传递后很容易被歪曲；

3. 抱怨也受到顾客的类型和经济形势的影响；

4. 有的抱怨消失在了传递给制造商的过程当中。

顾客的抱怨可能会表现为有关当然质量的零散的和消极的信息。然而，对于改进我们的产品质量而言依然是有价值的信息来源。

除此之外，系统、积极地收集和利用以下这些外部质量信息也是非常重要的：

1. 顾客的需求，即顾客使用商品的方式及使用条件；

2. 竞争对手生产的同类产品的质量；

3. 批发商和零售商的实际运输、储存条件；

4. 现在和将来的市场趋势。

在日本 Gunze 公司的棉制内衣部门，部长收到一位老年男性顾客的来信，来信对 Gunze 公司的棉内衣产品质量和耐用性赞誉有加，说他的一件棉内衣穿了十多年。这位顾客还要求开发这类耐穿的新产品。部长向咨询人员问及开发这种产品的意见。咨询人员问："你们生产的内衣顾客通常要穿多久？"因为该部门从未调查过这种内衣的寿命范围，就进行了一次市场调查。调查结果被表示为直方图

的形式，其使用寿命显然呈正态分布，平均值为3年，标准差为0.5年。从这一直方图上可以看出，将一件内衣穿4.5年以上的顾客占1‰～2‰。数据表明，具有更高耐穿性的新产品的市场是非常有限的。

为了避免对于零散的顾客信息作出反应可能会产生的偏差，就必须以一种系统的方式来收集市场质量信息。这种系统的信息收集对于单价较高的产品来说相对比较容易，正如前面提到的竹中工务店的情况那样。对于低价位的产品，就必须采取一些具有独创性的方法。商品中常常会附有一张调查卡，询问顾客购买的原因、商店名称、对产品性能的印象、使用条件等等。在日本，顾客经常在购买产品后尚未使用就马上将这种卡片给寄出去了。因此，他们对产品质量和可靠性的意见是没有意义的。而且，只有少数的卡片能够返回到制造商处。一种较好的办法是利用这些返回的卡片来设计追踪调查，然后根据不同的顾客和使用条件来进行抽样调查。与顾客交谈通常要比邮寄问卷更有收获。

除了一些特殊的情形，外部质量信息通常是由公司的销售人员或营销人员来收集的。可是，尽管收集和反馈外部质量信息是其质量保证任务中的重要部分，但这并非他们惟一的工作，并且通常是在繁忙的日常销售和服务工作的间隙挤时间来完成的。

因此，如果收集信息的目的不明确，或是费心得来的信息只是闲置着而没有用在新产品开发和质量改进上，或是费心费力收集到了信息却未被告知利用这些信息取得了什么效益，这些人员按照设计和工程部门的要求去收集信息的热情就会消散。

作为这些好不容易才得来的外部质量信息的用户，工程和设计部门应当向负责收集信息的销售人员提供积极的反馈。应当告诉他们这些信息的效果如何以及希望有哪些改进。如果沟通不畅，无论提供了多少信息，收集外部信息的销售人员都得不到设计部门的任何回音，他们就会感到自己的努力是没有价值的。相反，如果他们费尽心血得来的信息在公司得到了有效的应用并且被告知应当如何加以改进，这将会提高他们收集信息的热情。这种反馈对于无论是人员的激励还是质量信息系统的顺利运行都是非常重要的。

新产品开发 由于日本自然资源缺乏，惟一的生存和发展的方式就是积极地开发、生产和出口高附加值的产品以赚取必要的外汇，这些产品必须能够满足顾客现实的和潜在的需要并使顾客乐于使用。把产品质量只是简单地看做减少涉及当然质量的用户质量成本，这一目的是不可能实现的。它还要求必须采取以积极的方式去满足顾客需要的行动，包括开发新产品在内。通过这些举措，我们不仅要将质量成本降到最低，而且还要使公司的利润最大化。

质量机能展开（QFD）（Kogure and Akao，1983；Akao et al.，1987）是一种建立在推理演绎基础上的设计方法，近年来被广泛用作一种有效的新产品开发

方法，其效果令人吃惊。但同时，我们也不能忘记，应用 QC story 的分析方法也是非常有效的。我们必须充分利用从过去的成功和失败中所获得的那些有价值的东西，而不能因为只是当前的项目与以往不同就将之轻易地抛弃掉。

我们知道，如果让曾经在以前的项目中取得成功的某人担任团队领导就可以增加成功的可能性，即使他以前的项目与现在的项目不同。因为，这样的人不仅对于他们具有取得成功的能力这一点具有信心，而且还知道如何在当前项目中运用过去的经验，换句话说，他们遵循着 PDCA 的循环。

许多公司试图通过收集过去的失败案例并让当前从事开发的人员加以研究来避免新产品开发时重蹈覆辙。这也是应用基于 QC story 的分析方法的一种尝试。不过，除了收集失败的案例外，收集过去那些成功的例子并加以充分的利用也同样是重要的。一个项目成功的理由通常并非失败原因的反面，两者常常是不同的。公布失败的案例当然可以减少重蹈覆辙的机会，但能否增加成功的可能性却值得怀疑。

长于新产品开发并具有较高成功率的那些公司通常都会任命一位副总裁或资深总监来担任新产品开发的经理。人们常说，新产品开发的敌人往往在公司内部。当某项新产品或新技术开发工作开始时，总是会有人提出相反的意见，如“这样做莫名其妙”或“我们知道这是不可能的”。新的创意犹如花蕾，很容易被毁掉，除非允许其发展到一定程度，否则我们很难知道它到底有多好。新产品开发经理的最重要的职责就是要鼓励人们认为是重要的、有可能在将来有用的那些创意，保护其在公司内不受批评，并使之取得成功。

在许多日本公司里，新产品按其“新奇”的程度可分为以下几类：

1. 第一类，在世界范围内的新产品；
2. 第二类，日本的新产品；
3. 第三类，公司内新产品；
4. 第四类，现有产品的改型等。

这种分类对于确定新产品开发的层次和重点是有效的。对于第一类新产品，其质量，包括安全性和可靠性在内，必须得到严格的保证，即使需要投入时间和资金也必须如此。这些产品的新用户也应当加以广泛的探求和开发。

在考虑新产品开发时，绝不能忽视其新应用的开发，这一点时常为人们所强调。考察一下近期开发的许多新材料，新材料的开发都先于其用途的开发。简言之，这些开发是“先播种”，再来开发需求。这方面的一个例子是最近开发的一种使用形状记忆合金的胸罩，这种产品十分畅销，尤其是在美国市场上。这表明了在开发新的用途方面，我们必须全面了解新开发的新材料和新技术的特性，并识别那些隐含着的现有技术满足不了的顾客需求，从而汇聚思路形成解决目前困境的办法。

与之相对照，第三类和第四类的重点在于迅捷，以便缩短产品开发周期，适

应市场竞争的要求。

在设计质量时，有必要将顾客所要求的真实质量特性转化为可衡量的代用特性（Aiba，1966）。上述的 QFD 技术被广泛应用于这一目的。通过将真实的质量特性转化为可衡量的代用特性，就很容易确定每个项目的质量要求。

可衡量的代用质量特性进而转变为制造过程和检验过程中的各个检查点的焦点。在设计阶段和制造过程的试运行阶段，为保证制造过程中的质量，要建立一个“质量控制过程图”。图 41—4 给出了这样一个过程图的例子，可以看出它使用的是代用特性。质量职能就是这样在全公司得以实施(Kogure and Akao，1983)。

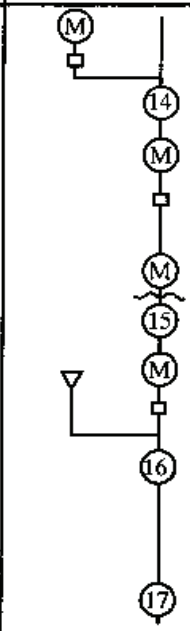
零件名称	流程图 物料过程　主过程	过程名称	操作手册	项目	方法	责任人	抽样方案	测量手段
铝芯片		预成型	32—2—RC—1	T.W.	X—R 控制图	F	每批随机抽样 5 个	自动平衡
				T.dia.	检查表	F	每批随机抽样 10 个	量规
				外观	P 控制图	F	每批共抽样 300 个	肉眼观察
				温度		F	每天 2 次	
				恒速		F	每天 2 次	敲击
		预热	22—RCG —005 —006	温度	检查表	S	每天 2 次	
		成型	222—RCG	长度	X—R 控制图	S	每批随机抽样 5 个	卡规
				温度	检查表	S	每天 1 次	
				压力	检查	S	每天 1 次	
		老化	222—RCG 6—1	温度	检查表	S	每天 1 次	

图 41—4　一个固态电阻器的质量控制过程图

资料来源：Ishiwara（1975）.

新产品开发的步骤大致如下：

1. 市场研究；
2. 形成概念；
3. 实验，市场研究；
4. 申请专利；
5. 质量设计；
6. 小批试制和鉴定试验；
7. 过程设计；
8. 批量试制和试销；
9. 大批量生产；

10. 初期预警系统结束；

11. 大批量生产结束。

这些步骤和所涉及的公司部门可以用一张质量保证体系图来概括（见图41—5）。这张图根据产品的新奇性不同而不同。

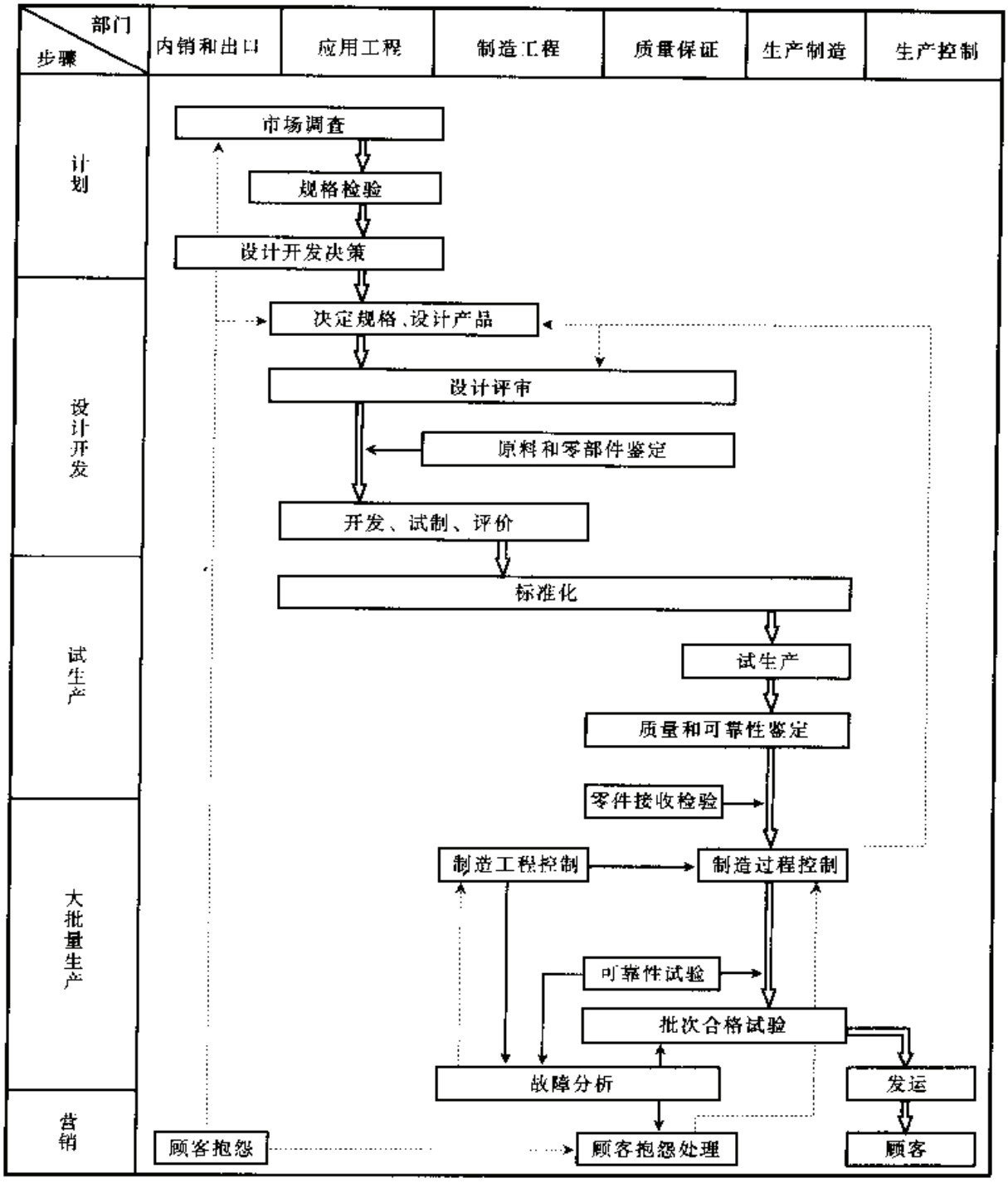


图 41—5 质量保证体系图

资料来源：Takanashi (1978)。

新产品开发通常是一项非常耗时的事情，包含了许多试行错误的过程。不过，其各个阶段中实施的评价、鉴定、评审等都可以标准化，这成为了在新产品开发中导入质量控制的第一个步骤。

市场研究与设想验证　上述的新产品开发步骤中列出了两个市场研究的阶段（步骤 1 和步骤 3）。初始的市场研究是相当概括性的，由此而获得有关新产品的某个创意。后一阶段的市场研究则是要证实这种创意的有效性。

例如，在 20 世纪 60 年代后期（Yoneyama，1969），为普通相机一半大小的照相机在日本很是流行。第一家生产这种相机的是 A 公司。B 公司的高层管理者们讨论开发一种新的小型相机与 A 公司竞争。Y 受命担任开发小组的高级成员。首先，他按月收集了官方公布的有关照相机销售量的统计数据，并将普通相机和小型相机的数据进行了区分。他发现总销量的增加主要来自小型相机销量的增加。将小型相机的需求量增加拟合为对数曲线表明，这种产品需求量的增加不会放慢。据此，最高管理层决定要开发一种新的相机。

然后他们开展了第二个市场研究项目（步骤 3）。恰巧 B 公司也在销售彩色胶卷，这种胶卷是由公司的中心试验室开发出来的。对所开发的胶卷的分析发现，小型照相机在室内拍出来的照片经常会模糊。根据这一事实，决定新的照相机应当使用更好的镜头。

Y 每个星期日都在口袋里装上两个计数器到户外去。他在东京街头和郊外的度假地闲逛，统计携带照相机的人数。两个计数器一个用来计算使用普通相机的人数，另一个则用来计算使用小型相机的人数。他发现小型照相机与普通照相机的比率在市内比在郊外要低。很明显，顾客买小型照相机是因为其重量轻、携带方便。于是 Y 决定他们要开发的新相机要比 A 公司的更轻。

B 公司新推出的小型相机具有的这两个特点成为了非常赚钱的卖点。应当注意的是，上述步骤 2 设想出的创意需要在步骤 3 的市场研究中加以检验与确认。从市场上系统而积极地收集质量信息，对于确定鉴定试验条件，以及通过中间阶段的设计评价和评审来改进设计项目，都是非常重要的。

设计评审——对设计对象和过程采取纠正措施　日本公司一般都在新产品开发的适当阶段进行设计评审、评价和验证，如上述的步骤 5、步骤 6 和步骤 8。这种评价旨在确定：

1. 设计质量是否适当；
2. 前边的程序的设计是否充分。

对于出口商品，有关国外市场的质量信息特别重要，因为其环境条件（如温度、湿度、灰尘等）、法规、重量和尺寸、习惯、使用条件、顾客的身体条件等与国内市场相比有相当的差异。尽管有关国外市场的这些数据不能在交易的早期就得到，但却可以积累以前的各种失败的记录，尽可能用来防止重蹈覆辙。改进设计、检验和评价程序的那些纠正措施是最有效的。

批量试制 批量试制是新产品开发的最终阶段，其目的并不总是很明确的。它常常由熟练的工人进行，并能得到很满意的结果。可是，当大批量生产开始时，制造部门总是担心制造过程会出问题。原因很明显，因为在批量试制和大批量生产过程中的工人的熟练程度是不同的。零部件的质量分布有时也有差异。因此，必须明确批量试制的真正目的并加以实现。其最重要的目的之一便是要彻底消除制造过程中的薄弱环节，并在批量生产开始前就采取纠正措施。

这一认识进一步深入，便涉及了前面曾讨论过的源头管理的概念。我们不仅要通过大生产条件下的批量试制，在开始大生产之前消除掉所有存在着的问题，我们还应仔细调查这些问题，以确定其是否只能在批量试制阶段才能发现，还是在前面的过程中就有可能发现并在其一发生时就加以消除。我们还应当思考为此应当对开发过程进行哪些改进。我们应当实施这些改进，检查效果，并找出任何仍存在着的问题。我们的 PDCA 循环将如此一直持续下去。

参考文献

Aiba, K. (1966). "Significance of Quality Designing." *Hinshitsu Kanri* (*Statistical Quality Control*), vol.17. pp.88-89 (Japanese).

Akao, Y., Ofuji, T., and Naoi, T. (1987). "Survey and Reviews on Quality Function Deployment in Japan," *Proceedings of International Conference on Quality Control '87*, Union of Japanese Scientists and Engineers, Tokyo, pp.171-182.

Deming, W. E. (1986). *Out of the Crisis*, Massachusetts Institute of Technology, Center for Advanced Engineering Study, Cambridge, MA.

Feigenbaum, A. V. (1983). *Total Quality Control*, 3rd ed. McGraw-Hill, New York, p.109.

Gryna, Frank, M. (1977). "Quality Costs: User vs. Manufacturer." *Quality Progress*, vol.10, no.6, pp.10-13.

Hopper, K. (1985). "Quality, Japan and the U.S.: The First Chapter." *Quality Progress*, vol.18, no.9, pp.34-41.

Ikezawa, T., et al. (1990). "The Origin of Japanese Quality Control." *Hinshitsu Kanri* (*Total Quality Control*), vol. 41, no. 1, pp. 173 - 178; no. 2, pp.171-177; no.3, pp.263-270; no.4, pp.362-368; no.5, pp.457-464; no. 6, pp.547-551; no.7, pp.1064-1071 (Japanese).

Ishikawa, K. (1962). *Kanrizu-ho* (*Control Chart*). Japanese Union of Scientists and Engineers, Tokyo (in Japanese).

Ishikawa, K. (1965). "Recent Trend of Quality Control." *Reports of Statistical Applications and Research, Japanese Union of Scientists and Engineers*, vol. 12, no. 1, pp. 1–17.

Ishikawa, K., and Kondo, Y. (1969). "Education and Training for Quality Control in Japanese Industry." *Quality*, vol. 8, no. 4, pp. 90–96.

Ishikawa, K. (1969). "Ten Principles of Vendee-Vendor Relations from the Standpoint of Quality Control." *Proceedings of International Conference on Quality Control*. Japanese Union of Scientists and Engineers, Tokyo, pp. 333–336.

Ishikawa, K. (1972). "Quality Control Starts and Ends with Education." *Quality Progress*, vol. 5, no. 8, p. 18.

Ishikawa, K. (1978). "Quality Control Specialists and Standardization." *Proccedings, International Conference on Quality Control*. Japanese Union of Scientists and Engineers, Tokyo, pp. A6-5–A6-10.

Ishiwara, K. (1975). "Process Flow Chart for Management." *Hinshitsu Kanri* (*Statistical Quality Control*), vol. 26, pp. 332–333 (Japanese).

Itoh, S. (1974). "Executive Reports on Quality: Audit Reports and Quality Reports." *Reports on Statistical Applied Research*, vol. 21, no. 3, pp. 65–77.

Juran, J. M. (1978). "Japanese and Western Quality—A Contrast." *Quality Progress*, vol. 11, no. 12, pp. 10–18.

Juran, J. M. (1981). "Product Quality—A Prescription for the West." *Proceedings, 25th Conference European Organization for Quality Control*, Paris, June, vol. 3, pp. 221–242.

Juran, J. M., and Gryna, F. M. (1988). *Quality Control Handbook*, 4th ed. McGraw-Hill, New York, p. 4.18.

Kano, N., Seraku, N., Takahashi, F., and Tsuji, S. (1984). "Attractive Qualities and Must-Be Qualities." *Hinshitsu* (*Quality*), vol. 14. no. 2, pp. 147–156 (Japanese).

Kogure, M., and Akao, Y. (1983). "Quality Funciton Development and CWQuality Control in Japan." *Quality Progress*, vol. 16. no. 10, pp. 25–29.

Kondo, Y. (1969). "Internal Quality Control Audit in Japanese Companies." *Quality*, no. 4, pp. 97–103.

Kondo, Y. (1976). "The Roles of Manager in Quality Control Circle Movement." *Reports of Statistical Applications and Research, Japanese Union of Scientists and Engineers*, vol. 23, pp. 71–81.

Kondo, Y. (1977). "Creativity in Daily Work." *ASQC Technical Conference*

Transactions, Philadelphia, pp.430-439.

Kondo, Y. (1978). "JUSE—A Center of Quality Control in Japan." *Quality Progress*, vol. 11, no.8, pp.14-15.

Kondo, Y. (1988). "Quality Through Millennia." *Quality Progress*, Vol,21, no. 12, p.83.

Mizuno, S. (1967). "Execution of internal Quality Control Audit." *Hinshitsu Kanri* (*Statistical Quality Control*), vol.18, pp.835-839 (Japanese).

Mizuno, S., and Kume, H. (1978). "Development of Education and Training in Quality Control." *Reports of Statistical Applications and Research, Japanese Union of Scientists and Engineers*, vol.25, pp.36-60.

Quality Control Circle Koryo (1980). Quality Control Circle Headquarters, Japanese Union of Scientists and Engineers, Tokyo.

Sugimoto, T. (1968). "Quality Control Audit by the Top Management." *Hinshitsu Kanri* (*Statistical Quality Control*), vol.19, pp.1136-1140 (Japanese).

Takanashi, M. (1978). "Quality Assurance System for the Integrated Circuit." *Proceedings of International Conference on Quality Control*, Japanese Union of Scientists and Engineers, Tokyo, pp.C1-51-C1-56.

Tsuda, Y. (1990). "The Qualiy Situation in Europe—A Communication from Belgium." *Hinshitsu Kanri* (*Total Quality Control*), vol. 41, pp. 241-251 (Japanese).

Tsutsumi, S. (1988). "Quality Control Training for Local Staff of Japanese Companies Abroad, Including Top Management." *Proceedings of 46 th JUSE Quality Control Symposium*, pp.35-47 (Japanese).

Tsutsumi, S. (1991). "Basic Business Principle of Our Company and Quality Activities at the Overseas Plants." *Proceedings of Asian Quality Symposium*, Tokyo, pp.27-32.

Yoneyama, T. (1969). *Hinshitsu Kanri no Hanashi* (*Some Topics on Quality Control*). Japanese Union of Scientists and Engineers, Tokyo, pp. 115-118 (Japanese).

(张晓东 译)

第 42 章

质量在中国　刘源张（Yuanzhang Liu）

质量三千年——引言
历史背景
性质
内容
局限性
对未来的启示
中华人民共和国建国后的质量
建国初期的质量（1949—1952 年）
从苏联引进的质量管理（1953—1960 年）
中国自力更生时期的质量（1961—1965 年）
“文化大革命”（1966—1976 年）
改革开放（1977 年至今）
质量与向市场经济的转型
世界市场对中国的挑战
中国质量现状评价
结束语
质量与速度
《质量振兴纲要》
参考文献

质量三千年——引言

历史背景　中国有文字记载的历史可以追溯到 4 000 多年前的公元前 21 世纪。其政治史初具雏形始于长江盆地为两个伟大的封建王朝相继统治的时期。这两个封建王朝，第一个是商朝，其统治从公元前 1600 年—公元前 1046 年。第二个是周朝，它于公元前 1046 年征服了商朝并一直统治到公元前 256 年。

周朝最后两个世纪的统治中充斥着各诸侯国之间的战争，中国是当时的人们对于长江流域的称呼。大的诸侯国吞并了弱小的诸侯国。周朝覆灭于公元前 3 世纪，带来了一段政治秩序的暂时终结。公元前 221 年，始皇帝，西部的秦国的国王，第一次从政治上统一了中国，成为了短命的秦王朝（公元前 221 年—前 206 年）的缔造者和其第一个皇帝。（尽管秦王朝随着其缔造者之死而终结，其名称

却流传了下来，这便是取其谐音的“China”。）

在其后的两个千年里，中国处于一系列相继更迭的王朝的统治之下。清朝（公元1616—1911年）于1911年结束了其统治，中国4 000多年封建王朝统治的时代也随之画上了句号。

追溯质量管理的历史，没有必要去探究中国所有朝代的兴衰交替。必要的只是指出这一交替的事实。一个朝代的兴起一般都标志着一段相对稳定时期的来临，这时无论是内部争斗还是外部入侵的威胁都较小，从而使得社会和技术的发展成为可能。一个朝代的衰落，涉及巨大的权力转换，通常伴随着军事行动和社会动乱，威胁着各方面的发展。

商朝和周朝是和中国最早的高度文明的表现联系在一起的，尤其是其丰富的宗教和礼仪生活。青铜祭祀用品的生产是其传统的一个重要组成部分。在商朝初期，就已经有了生产这些物品的手工业。其辉煌的成就记载于中国的古典文献中，并得到了考古发现和流传下来的文物的佐证。这种手工业是在以后的世代兴替中一直延续下来的制造传统的基础。

所有这些证据都确凿无疑地表明了中国自古以来就有着对于产品质量管理的认识和实践。可是，西方对于古代中国人的质量管理实践的细节知之甚少。金等人的著作（Jin et al.，1995）是一个罕见的例外。

为了更好地了解当今中国的质量管理实践，有必要对已知的质量管理的历史作一个简要的回顾。

性质 在古代，质量管理只是应用于手工业。手工业在当时包括了许多行业，如冶金、车辆、船舶、纺织和皮革、陶器和木器、武器、乐器和建筑等等。如《左传·成公十三年》（周朝编年史）所述：“国之大事，在祀与戎。”严格的质量控制最初首先是在那些用于祭祀和战争的产品上开始应用的。商朝和周朝所制造的青铜器、编钟和剑的高质量举世闻名，这也是当时对质量的重视的具体证据。

中国古代的手工业处于支配地位的是封建主特别是皇帝所拥有的作坊（为简单起见，我们将这种作坊称为“官办作坊”）。这并不意味着在漫长的中国历史上没有民间的手工业品。但无论是规模、技术复杂程度或是管理，民间手工业都无法与官办工业相媲美。民间手工业主要表现为小型的家庭作坊。为了创办这样一个事业，一个家庭要投入大量的精力和承受巨大的风险。朝代更替的混乱时期，这种风险就更为巨大。缺乏官方的保护，个体作坊常常过于弱小而无法生存。另一方面，官办作坊得到了每个朝代统治者的承认和重视，具备了生存和发展的实力。作为官办作坊延续下来的一个重要因素，正式的质量控制和质量管理制度几乎原封不动地得到了存续，随着时代的变迁只是有一些微小的变化。这有助于解释贯穿中国3 000年封建历史的质量管理制度的连续性。

在这一古老的质量管理制度中，有三个根本的方面值得探讨，即其内容、局

限性以及对于未来的启示。

内容　关于中国的质量管理制度的内容，有四个要点必须指出：

概念　从一开始，中国的质量管理制度就是建立在一个明确的质量概念基础之上的。在公元前 403 年的《考工记》（有关产品检验的记载）中叙述道："天有时，地有气，材有美，工有巧，合此四者，然后可以为良。"认为质量是许多影响因素的结果这一认识反映在了以后时代的作坊的实践中，其中也包括了劳动分工与协作以及管理概念的应用方式。

培训　该制度非常注重劳动技能的培训。在封建制度下，中国的工人作为一个阶级从未得到过很好的待遇，也未获得过较高的社会地位。事实上，在早期的朝代中的工匠是奴隶。虽然如此，皇帝常会造访他们的作坊以检查他们的产品质量，并询问他们的技术和技能。随着奴隶制的逐步废除，官办作坊开始使用招募的方式来补充工匠。秦朝以后的许多朝代都采用了这种招募办法。在奴隶制时代，官办作坊的工匠们被迫生活在一起，以便于其上司对他们的管理和培训。招募来的工匠从一开始就具备相对较高的技术能力，而集中生活使得他们可以通过传授和学习来提高自身的技艺。此外，这种集中的安排使得官方的生产、质量标准和规则更加容易推行，保证了产品的合格和优质。

标准　自从秦始皇统一了中国的度量衡制度以来，以后的朝代都颁布法律和规章来推行统一的度量衡标准，这大大促进了全国所有行业中质量控制的统一实施。例如，根据编于公元 635—640 年的《唐律疏议·杂律门》的记载，法律规定测量工具必须每年八月进行检验，只有经过检验并带有检验印记的方可使用。进一步地，标准化的概念远不限于在测量工具上的应用。通过零部件互换性的导入，标准化的应用还扩展到了生产惯行以及工业产品本身。著名的秦陵兵马俑实际上就是由部件组装而成的。

表 42—1 列出了从公元前 403 年（周朝）一直到清朝（最后一个王朝）末年保存下来的涉及质量管理的典籍。所有这些书籍均编辑有工业标准和规范。表 42—1 中最后一项列出的《天工开物》，是一本特别重要的中国技术著作，深受闻名于世的《中国科学技术史》的作者李约瑟博士的赞赏。

表 42—1　　中国古代有关质量管理的著作举例

《考工记》	公元前 403 年	认为质量是"天有时、地有能、材有美，工有巧"的综合结果
《唐律疏议·杂律门》	公元 635—640 年	法律规定测量工具必须每年八月接受检验，只有经过检验并带有检验印记的方可使用
《武经总要》	公元 650—950 年	主题：武器制造
《营造法式》	宋朝（公元 960—1279 年）	主题：建筑
《梓人遗制》	元朝（公元 1206—1368 年）	主题：纺织
《龙江船厂志》	明朝（1368—1644 年）	主题：造船
《琱琤作法规则》	清朝（1616—1911 年）	主题：建筑施工
《天工开物》	公元 1637 年宋应星著	主题：制造

责任 这一体系对于相关责任规定得非常严格。从周朝以后，中央集权的国家就对整个手工业品生产过程实施了一套中央质量控制体系。从行政部门一直到地方作坊，从事生产事务的各种机构都任命了专门的官员来负责管理。这些官员与工匠一道对产品的质量负有责任。为此目的，早在周朝就规定了制品必须刻有制作该产品的工匠和负责官员的姓名的独特措施，这种规定一直延续到以后的朝代。若有人制造了劣质的产品，便可以将其追查出来并施以相应的惩罚。为了公正和公平起见，还设计了一套产品检查制度，其中包括过程中的互查、巡查和最终检查。一种抽样检验方法被发明出来并成为了这一制度的一个组成部分。中国古代的质量管理，尽管在早期十分原始，但在其后的发展中，变得相当系统和有效。

局限性 这一制度有其局限性。在从周朝到清朝的3 000多年中，基本的政治制度几乎没有什么变化，控制产业的基本组织结构也同样如此。这些产业大体上是官办官僚管理的工商业的集合。尽管这些工商业不面对竞争且受到国家政权的保护，但其质量的控制和管理还是相当的严格。可是，由于所有的产品要么是作为宫廷的奢侈品之用，要么是为了满足国家之需，所以生产成本完全不在考虑之内。进一步地，从周朝开始便采取了“重农轻商”的国家政策，此后的2 000多年这一政策一直延续下来。这一2 000年前的以牺牲商业为代价的重农政策的确值得商榷，但毫无疑问的是这一政策对中国封建时代国家制造业的发展造成了严重的障碍。

由于这些因素的作用，质量管理的发展停滞不前，进一步的创新被认为是不必要的。另一更为严重的后果是中国的科学和技术也开始停滞不前并逐渐趋于落后。因此，尽管到16世纪中国还是世界上最先进的国家之一，此后却开始进入了一个衰落的时期，或许这可以归结为其封建制度以及“自给自足”的小农经济所导致的结果。

对未来的启示 认识不到创新的必要，没有先进的科学和技术的帮助，质量管理不可能向前发展。考察一下当今的中国，我们可以发现在其国有产业中，在各个部门的行政管理中和在政府法规推动的质量管理中，还存在着与古代制度非常相似之处。当然，这并不令人惊奇，因为中国毕竟是一个有着悠久传统的国家。

尽管传统有时会抑制进步，但也可以促进进步。中国古代质量管理制度的历史展现出了其在手工业生产的应用中所取得的杰出成就。今天，中国面临一个新的政治、经济和科学的环境。这一新环境的挑战之一便是创立新的质量管理制度。研究这一历史必将为面临这一挑战的中国人提供有益的启示。

中华人民共和国建国后的质量

建国初期的质量（1949—1952年） 当中华人民共和国于1949年成立时，

根本任务是最大限度地利用战争中保存下来的弱小的工业来生产尽可能多的物品，满足国家和人民的需要。所有的私营工厂都被收归国有并改造为国营企业。如何经营这些再生的企业成了一个问题。没有经验可循，没有教训可资借鉴，也没有相应的知识可供参考。可以依靠的只有工厂的工人，他们刚刚获得解放，充满了生产的激情。必须建立新的工厂组织形式，提出新的质量和生产率的概念。

工人地位　首先，全国范围内开展了民主管理运动，废除了残酷剥削工人的封建工头制度。例如，燃料工业部 1950 年向全国的矿山发布了这样的命令。此后，一种称为“管理委员会”的新的组织在每个工厂中建立起来。这种“管理委员会”由工厂的工人和政府指派的干部组成，共同讨论和决定工厂的重要事项。不用说，产品的数量和质量是列入议事日程的最重要的事项。工人们享有了新的地位。他们是工人，但在某种意义上又是管理者。管理人员和工人之间形成了一种非常和谐的关系。

正是在这样一种背景和环境下，工人们开始创建自己的团队。通过团队活动他们开始意识到了自己的责任，并开始改善劳动纪律和劳动技能。一个合理化建议运动同时在全国各地开展起来。1950 年 8 月，中华人民共和国政务院通过了嘉奖发明、技术革新和合理化的决议，使这一运动走上了更加有效的轨道。工人的觉悟的确使得工业生产率得到了提高，民用产品的质量总体上也达到了一个相当的水准，但从更严格的要求，尤其是军工产品而言，情况并不令人满意。曾有报告指出 1950 年生产的炮弹的弹着点分布非常不准确，原因是各工厂所用火药不均匀。官方的观点表明，检验和质量控制没有得到认真而恰当的实施。根据 1950 年 9 月针对 29 家军工厂的统计报告，只有 21 家工厂有质量检验部门。其中，只有 5 家工厂的质量检验部门是直接向工厂厂长报告，有 8 家工厂没有任何形式的检验体系。仅仅依靠工人个人的质量和生产率意识，而没有一个协调的质量管理体系，被证明是远远不够的。

纠正措施　1951 年 4 月，中央政府开始在各工厂建立独立的检验部门。同时还要求中央工业部门及其在地方的分支机构要建立质量监督部门。1951—1952 年间，一个完整的质量管理和监督体系得以建成，其中包括三层，即中央政府、地方主管部门和工厂管理当局。当时的首要任务是针对缺乏互换性和可维修性的大部分产品来统一试验检验程序和标准。为此所作的努力反映在中央政府 1951 年 10 月颁布的决定中。该决定明确了检验部门的权利和义务，并要求统一试验设备，实施过程中检验，编制详细的检验规范文件。

一方面抓检验和标准化，另一方面强调改进操作，这是中国在朝鲜战争期间实施质量管理所依赖的两个方面。工人们集中精力来改进他们的操作，因为他们知道在机器设备如此陈旧，原材料如此低劣的情况下，保证产品的质量和数量所能做的惟一的事情，就是更加有效地操作。他们懂得这是满足前线和后方需要的惟一方式。在纺织厂、煤矿、钢铁厂、机器制造厂以及铁路运输部门都产生了大

量的工人模范，他们不仅创造了先进的操作方法，同时也以他们的献身精神激发了同事们的士气。自然地，出现了一个开始是自发的，其后是由国家组织的向劳动模范学习的运动。这种学习运动从此作为一个传统成了中国质量管理的一个重要组成部分。

从苏联引进的质量管理（1953—1960 年） 中国于1953年朝鲜战争结束后，开始了其第一个“五年计划”。这一五年计划的基本任务是围绕苏联援助的 156 个主要项目初步建成国家的工业化基础。数千名苏联专家作为顾问来到了各个工业建设工地，他们带来了所必需的技术知识和管理经验。到 1957 年底，诸如汽车、飞机、机床、发电设备、高质合金钢等这样一些中国过去从未有过的工业都成功地建立了起来。正是在这一时期，质量管理作为一项系统和科学的活动的大致轮廓被首次提了出来。从此以后，质量管理开始对中国后来的经济发展产生了巨大的影响力。

质量管理的组织

*集中领导。*完善的质量管理体系是产品质量的制度保证，而领导的支持则是其中最关键的。根据苏联的经验，包括政府和工厂在内的工业管理系统的每一层次上的一把手被要求承担全面的责任和绝对的领导，这便是所谓的“一长制”。工厂的厂长在包括质量管理在内的工厂管理中处于这种地位，检验部门负责人相对于其本部门而言也处于同样地位。中共中央发布的与此有关的通知中，要求每一工厂的党组织要协助加强这一制度。工厂中的每个成员要服从其所属的班组、车间、部门和工厂负责人的一切命令。虽然“一长制”对于完成生产任务给予了高度的关注，但它被批判为忽视了民主管理并妨碍了工人的首创精神。这种苏联式的集中领导最终于 1961 年遭到废弃，代之以一种在协商基础上的领导。

*质量管理的组织等级。*在建国初期，全中国划分为六大行政区。每个行政区有其相对独立的行政区政府。1952—1954 年间，中央政府逐渐取消了行政区的划分，加强了对于工业的统一管理，以更加有力地推进“五年计划”。中央对各工业部进行了重新调整并赋予其相应的权限和责任。国有工厂被置于这些工业部门的直接而严格的行政管理之下，每个工业部门都有一个质量或技术监督部门。在省市政府中，也设有地方工业局和相应的部门来实施中央部门所委托的行政监督。除了中央和地方的主管部门之外，还设立了国家经济委员会来制定质量管理的方针政策并协调各部门各地区的质量管理工作。在工厂，质量管理在厂级、车间和班组几个层次上得到了实施。检验部门的负责人有自己的职员和检验人员派驻在车间、生产线和班组中。质量管理就是这样从中央政府，通过地方主管部门一直延伸到工厂的基层。在中国的计划经济时代一直保持着这样一种方式。

*质量管理的各种职能。*中国的工厂这样一种生产单位是独特而简单的，诸如采购和销售这类重要的工作不是它们的职责。每个工厂按产品和规模分类，并根

据所在类别分别向相应的中央部门和地方机构报告。这些行政主管部门负责计划和委派工厂的生产定额。其他的商业部门以政府规定的价格向工厂提供物资并从工厂取得产品。既没有市场也没有商品交换，只有通过官方流通渠道的产品供应。工厂不能被视为企业。事实上，它们仅仅是生产车间，因为工厂无须冒任何的风险。利润，如果有的话，上交国家；亏损，无论多少，由国家补偿。就质量管理而言，质量标准（有时甚至是产品规格和图纸）由每个工业部的主管部门提供给工厂。工厂主要关心工艺规范和控制、设备控制和维护、运行和工作指令、检验（进货检验、工序检验和出厂检验）和不合格产品的处理。

在各工厂中，由总工程师负责质量管理的技术方面的工作，而检验部门负责人只负责检验工作。检验部门的独立地位保证了检验工作的权威性，但同时也带来了检验工作与工程技术部门和生产部门相脱节的负面问题。于是，产品质量的责任就成了一个争论不休的问题。检验部门，特别是其负责人，被认为应对产品质量负最终责任，但他却对产品设计和过程控制没有相应的权力和职责。质量应是所有部门工作的综合结果。可是，当时的质量管理制度成了实现这一理想的障碍。

由重视产品转到重视工序

*制造工序设计。*1953 年，机械工业部颁布了《检验部门工作条例》和《新产品的试制条例》，这两个条例奠定了工业部门和工厂两个层次上的质量管理的基础。尽管这些条例将检验放在了质量管理中第一的位置，但也体现了苏联式的技术监督。这一监督始于产品的规范和设计，然后延伸至工序的规范和设计。成立了试制委员会，并请检验部门参与测试方法研究和测试结果的分析。检验部门协助起草技术标准以及修正在合格测试阶段发现的缺陷。所以可以说，检验部门以这种方式发挥了预防性作用。还应该补充的是，工厂在质量管理中同时也受到了部委的具体帮助和指导，在这些部委中集中了一大批具备良好教育和专业技术知识的人员。所以，当时中国的质量管理不仅仅是由工厂实施的，而是在工厂及其主管部委之间的密切合作下进行的。

*制造规范。*通过试制产品的实践，人们逐步认识到只是检验程序和标准还不能够保证产品质量。产品质量还取决于良好的工作质量和适当的工序控制，这两方面都应以书面的标准、工作指导书和其他的说明书等加以规定。工业界开始系统地制定工序规范和操作指导书。在每个工厂，检验部门组织其人员学习工艺规范和工作质量准则，并与工艺技术人员和班组长一道监督其实施。检验部门因此而增加了一项职责，即检查由其他工程技术部门起草的工序规范的完整性和适用性。这种做法的意图在于减少检验部门与其他部门的隔离程度和在工厂中的孤立程度。但事与愿违，因为产品质量的责任问题未能获得共识和解决，制造与检验之间的争议这一长期存在的问题变得更为紧张起来。这一问题不得不等待许多年才能够得到完全的解决。

建立计量体系。强权的入侵给旧中国带来了不同的计量体系。新中国工业化早期遇到的问题之一便是计量工作的混乱状态。随着行业和工厂一个一个地兴建起来，主管当局认识到了统一计量制度的重要性。从1954年开始，工厂中设立了专门的计量和标准化部门。安装了测量和试验设备，并培训了符合条件的人员。到1957年，国营工厂中的计量体系开始初步成形。国务院于1955年成立了国家计量局来统一管理全国的计量工作，并于1959年颁布法令，正式规定采用国际单位制。

"大跃进"的灾难 质量管理的各个方面看来都进展顺利。苏联模式的管理尽管存在着缺点，但最终还是使新建工厂的质量管理走上了正轨。同时，美国发展起来的现代质量管理也被引入了中国。1957年，中国科学院内部成立了一个运筹学研究小组。他们从统计质量控制研究开始，开设课程，培训人员，并在工厂中进行应用实践。1958年8月，被工业化的成功（尽管这个成功事实上是非常初步的）冲昏了头脑，中国共产党中央政治局发动了"大跃进"运动。小土窑"大炼钢铁"和"人民公社"这两个"土"发明在运动中得到了推进。运动的本意是希望以此来加速中国的经济发展和帮助中国赶上先进国家。但是，这一运动却未估计到客观条件和科学规律。结果，国民经济遭受了严重的打击。工业管理被当成多余而遭到抛弃。在工厂，检验部门全部被撤除，质量管理被迫取消。这场闹剧持续了两年。当它终于结束时，谁也想不到更大的浩劫还在后头。

中国自力更生时期的质量（1961—1965年）

与苏联及苏联式管理决裂 1960年，中苏关系突然恶化。所有苏联专家奉命撤离中国，几乎一夜之间，他们带走了尚未完成的工业建设项目的所有图纸和技术文件。这一事件，激发了中国人民的自力更生精神。从一开始，苏联的"一长制"——苏联式管理的核心，在中国工人当中就不受欢迎。1959年，已有一些工厂悄悄地将"一长制"改为了一种基于协商的管理方式。所以，1960年3月，作为对这一运动的支持，中国共产党中央委员会发布了所谓的"鞍钢宪法"，强调通过工人和管理人员的密切联系，实行协调的领导。之所以如此命名，是因为此前有一部代表了苏联式僵化管理制度的"马钢宪法"被引入了中国。中国版的"宪法"与苏联版的"宪法"形成了鲜明的对照。其意图在于将人们的思想从对未经实践检验的事物的盲目崇拜中解放出来。实践证明它是符合中国当时的条件的，它鼓励群众性的技术革新和管理改革运动。

中国模式的出现 1961年9月，中国共产党中央委员会颁布了《工业七十条》。在总结了前些年经济发展和行政管理实践正反两方面经验、教训的基础上，这一《工业七十条》明确了必须加以实施的工业管理原则。这实际上是社会主义经济管理探索的第一次全面的总结，它对以后的年代有着深远的影响。

工厂厂长的职责。这个《工业七十条》明确规定工厂厂长在厂党委的领导下对工厂的管理负责。这一决定留下了一个从始至终没有答案的问题。原来期望党

委能够激励工人并建立高昂的士气，而厂长可以从专业领域管理其副职和部门负责人。事实上，如果党委书记和厂长之间相互协商合作，那么这一制度可以良好运行。如果相反，他们之间因为任何原因不合作，这一制度将会导致不稳定甚至非常有害的局面。

不管怎么说，这一责任制度还是建立在厂长负责和规范的部门管理的基础之上的，并且它澄清了来自各方面的混淆和障碍。至于质量管理，检验仍然扮演着主导的角色，但置于了一个较此前更好的框架之中。除了通常的首件检验、巡检和最终检验以外，还实施了一种自检、互检和专职检验相结合的检验制度。

民主管理。“鞍钢宪法”的核心被称为“两参、一改、三结合”，即管理人员参加劳动，工人参加管理；通过群众运动实施改革；管理人员、技术人员和工人相结合以解决技术和管理问题。在上述《工业七十条》中还规定了体现党委指导和工人委员会监督下的厂长负责制原则的民主管理制度。与此同时，一场“工业学大庆”的运动在全国开展起来。大庆是 1960 年发现的第一个大油田，在三年之内，在那里建成了一个大型的炼油厂。不用说，大庆对中国的经济做出了巨大的贡献，但更大的贡献是其民主管理制度。这一制度的主要内容是培训全体员工的“三老四严一个样”。“三老”是指“做老实人，说老实话，办老实事”；“四严”是指“组织严格，要求严格，态度严明，纪律严明”；“一个样”是指“白天和晚上一个样，天气好与天气坏一个样，检查与不检查一个样，领导在场和不在场一个样”。

归根到底，大庆经验是将革命精神和科学精神统一了起来，以此来保证工人的生产热情和企业管理的有效。这一精神在日常的质量管理中首先体现于预防。例如，由于一线检验员是从质量意识较高和经验较丰富的一线工人中挑选出来的，他们被要求起到三重作用：首先是宣传员，向一线工人解释为什么质量是第一位的；其次是指导员，告诉一线工人如何操作以防止不合格品的发生；最后是检验员，决定产品是否符合标准。这是一种预防不合格产品的有效措施，同时也被证明是一种防止生产人员和检验人员之间过去经常出现的争议的好办法。

一场全国性的运动。从中华人民共和国成立开始，人们就在探索工厂中的民主管理问题。最好的情况下，民主管理也是易说不易做；对于当时占主导地位的专制的苏联管理模式的广泛不信任使之变得更加困难。早在 1957 年，统计质量管理（SQC）已经由从美国留学归来的学者介绍到了中国。当时开设了这方面的课程，培训了技术人员，并在某些工厂进行了试验。可是，若 SQC 只限于对于负责检验的技术人员和工程师有用时，它会受到管理人员和工人的拒绝。当时，已认识到了这一教训。随着“理论联系实际”的呼声响遍全国，SQC 人员、研究者、大学教授等纷纷下到了基层单位，他们认识到如果 SQC 要成为质量管理的一个有用要素的话，就必须与当时正在兴起的民主管理运动相结合。例如数据的收集，如果没有一线工人全心全意的合作就将变得毫无意义。再例如，当工序能

力研究这一概念通过讲课和试验介绍给工厂人员时，工人们立即理解了其含义并直觉地认识到这是工程技术人员、生产人员、检验人员为保证产品质量而可借以沟通的共同语言，并且是实施“两参”、“三结合”的民主管理的切实可行的方式。

随着从产品检验向过程控制的进步，管理人员、技术人员和工人结合在一起讨论质量及相关问题，例如产品规格、设备维护、工作标准、生产成本等。技术人员因此可以获得车间第一手的数据和资料，而工人则可以与管理层更好地合作。对这一新的质量控制的认同得到了逐步的扩展。1964 年，机械制造部决定在其所属的全部工厂中推广通过工序能力研究的工序控制。

“文化大革命”（1966—1976 年） 所谓的“文化大革命”的发生、发展和结束，都超出了人们理性的想像。那是一场闹剧，悲剧。是一场噩梦，一场灾难。日常生活，无论是政治生活、经济生活还是社会生活，都完全陷入了混乱。从中央到地方的经济管理制度都遭到了严重的破坏。工作和生产秩序被彻底打乱。《工业七十条》的每一条原则，如国家集中管理与企业自主管理之间的正当关系，管理责任制等等，都被批判为对工人阶级进行“管、卡、压”的罪恶制度。取而代之的是没有上级管理，没有内部管理，没有任何规章制度的“三无工厂”。在这种形势下，推行了一段时间并已经有了很大进展的质量管理成为了一个“禁区”。1972 年，鉴于工业产品质量状况的严重恶化，国家计划委员会提出了重新强调“质量第一”的建议，但遭到了否决。“文化大革命”给工厂带来了无序、责任松懈和士气低落，将中国的经济推向了崩溃的边缘。更为严重的是，知识分子、工程师和技术人员被贬为“臭老九”，他们努力接受国外先进国家的知识，并将学来的知识应用于自己国家的经济建设的行为被诬蔑为“崇洋媚外”。什么 SQC 或 TQC，在那个悲哀的年代都属于禁忌。

改革开放（1977 年至今）

“文化大革命” “文化大革命”于 1976 年 10 月结束。人们采取了种种努力，恢复十年动乱期间被破坏了的秩序。政府组织机构逐渐恢复和加强。工厂逐步恢复正常的生产秩序和正当的领导。1977 年 4 月，国务院召开的“全国工业会议”决定在全国范围内开展“质量信得过”活动。这场活动旨在提高工人的质量意识和责任感，要求工人们在自己生产的产品上打上自己的姓名，这一做法与封建时期实施的标识制度非常相似。尽管这一要求存在着使工人们过度关注于生产线的倾向，而且也不可能长久坚持，但它确实教育工人们认识到了质量的重要性。从那以后，这一活动逐渐演变为工厂的一项常规的团队管理活动，工作质量和产品质量均表现突出的小组或团队被授予“质量信得过班组”的称号。1978 年 4 月，出台了新的《工业三十条》。其要点是整顿工厂的领导和管理，工厂在完成国家计划的生产任务时要将产品质量摆到首位。责任制度再次被提了出来，这次明确规定要有一名副厂长负责产品质量及相关工作。许多老大难工厂在《工业三十

条》发布后不久面貌便有了改变。

清河毛纺厂　事实上，在中国自己的专家帮助指导下，全面质量管理已于1976 年和 1977 年在清河毛纺厂和北京内燃机厂独立地开展了起来，它们取得的成功引起了全国的关注。1978 年夏在石川馨博士的带领下，世界著名的日本制造业公司小松制作所的质量专家来到北京内燃机厂指导工作，这给中国的全面质量管理工作以巨大的推动。很快，企业界都吃惊地听说了有一个必须全员参与的质量管理体系，来自全国各地的人们纷纷前往北京内燃机厂去了解这到底是怎么一回事。翌年，应小松制作所会长川井洋一（Ryoichi Kawai）先生的诚挚邀请，北京内燃机厂的一组技术员和工程师来到其小山（Koyama）发动机厂，在小松制作所的 TQC 氛围中来进修 TQC。该考察组的成员还撰写了一本记述他们在小山工厂的经历的书，回国后正式出版。这本书获得了广泛的流传，以致中国早期的 TQC 总是与小松制作所和北京内燃机厂的名字联系在一起。

改革开放　1978 年 12 月，中国实行了改革开放的政策。大力提倡人们要解放思想，同时也要坚持实事求是。要求要认真研究和解决管理方法、管理制度和经济政策问题。人们普遍认识到，管理和技术是经济发展之车的两个轮子，中国的技术落后，但管理更加落后。新的政策大力鼓励中国人民要更好地了解外部世界，要努力探索建设祖国的更好方法。一个又一个的高规格代表团被派往日本、美国和西欧各国去考察学习企业管理。他们带回了新的知识和新的刺激。在这些考察团的建议下，中国企业管理协会和中国质量管理协会分别于 1978 年和 1979 年宣告成立。中国质量管理协会及其各地方和各行业分会的宗旨是促进企业的全面质量管理活动，并向各级政府部门提供咨询和建议。在计划经济时代，国家经济委员会开始负责推动国营企业的全面质量管理活动，中国质量管理协会事实上成为了国家经委在这一领域的实施机构。

1978 年，国务院批准了由质量专家提出的将每年 9 月设为“质量月”的建议，并在“质量月”中表彰奖励那些在产品质量和质量管理方面取得杰出成就的企业。全面质量管理的宣教活动在全国范围内开展起来。各种媒体都发动了起来。1980 年，全面质量管理的电视教学节目首次开播，并在随后的几年里以不同的版本重复播出。这一全面质量管理的电视教学节目是非常具有特色的一门教学课程。

学员由各行业部门招收，如果他们通过了中国质量管理协会及其他主管部门的考试，则发给合格证书。据报告，在过去的 15 年中，共计有超过1 000万来自各种不同职业的人员观看了 TQC 电视教育节目。到 1980 年国家经济委员会发布《工业企业全面质量管理暂行办法》时，全面质量管理（TQC）已在全国范围内有了广泛的传播。从 1978 年开始，在国有企业中开展了质量管理小组（QC circles）活动，此后每年都举行地方的和全国范围内的质量管理小组代表大会。1983 年，国家经委发布了《质量管理小组暂行条例》，使得质量管理小组活动的

基础更加扎实，也大大提高了质量管理小组活动的影响力。1980 年，据估计有 40 000余个质量管理小组；到 1995 年，正式登记的质量管理小组已增至 1 360 000个，为企业带来了 200 多亿元的经济效益。到 1985 年底，已有来自各个行业的38 000个国营企业推行了全面质量管理，各企业都设立了负责这项活动的专门部门。“七五计划”（1986—1990 年）再次强调了质量管理的重要性和必要性，在此基础上，国家经委决定在 5 年计划期间对于8 200家大中型企业的全面质量管理工作进行检查和强化。尽管从企业数量上来说并不算大，但这些企业的年产值占到了全国工业企业年生产总值的 60%。推动这项工作的繁重任务由中国质量管理协会来承担。为此而专门制定了一套重在强调建立质量保证体系的新的评价准则。

新的时代 作为改革开放政策的结果，迎来了质量管理的一个新的时代。最重要的突破是与外国质量专家和组织在理念和经验上的交流。正如前所述及的，石川馨博士于 1978 年首次来华，此后在他于 1988 年去世之前几乎每年都要来访。桑德霍姆博士、田口玄一博士和近藤良夫博士等都是最先访问中国的专家。1982 年朱兰博士在北京举行了为期一周的系列讲座。尽管朱兰博士已届高年，但讲座仍极具鼓动力。詹姆斯·哈林顿博士的热情帮助亦值得称道。久米均博士也是经常来访。他们的讲座和建议对于中国全面质量管理的发展起到了宝贵的作用。费根堡姆博士尽管未曾到过中国，但慨然应允担任了中国质量管理协会的荣誉顾问。提供帮助的外国专家是如此之多，很难将他们的姓名全部一一列出。此外，诸如日本科学技术联盟（JUSE）和美国质量管理学会（ASQC）等质量组织也都热情地给予中国以帮助。同时有大量的中国代表团和考察团前往国外访问，值得一提的是，1983 年应美国科学促进协会（the American Association for the Advancement of Science）的邀请，中国第一个官方质量管理代表团访问了美国，并在美国国家科学院（the American National Academy of Science）和美国国家工程院（the American National Academy of Engineering）的安排下，有幸会见了美国的知名科学家和企业家。再一件大事应当是 1985 年在北京召开的亚太质量组织第一次大会，中国的质量工作者得以在家门口结识了如此之多的海外同行。知识和经验的交流不仅开阔了中方质量管理专家的视野，而且也加强了不同国家的质量专家之间的相互理解，后者也是更富有价值的收获。

再次调整 1977 年以后几年的改革中，中国经济经历了“调整、整顿、巩固、提高”几个阶段。每一阶段都强调企业应通过提高质量而不是单纯追求数量扩张来强化自身。这些要求无疑推动了全面质量管理的开展。尽管如此，对于全面质量管理的认识并不总是很清楚的。例如，1988 年颁布的《全民所有制工业企业法》将企业的所有权和经营权作了明确的界定，赋予了企业管理者以更大的权力和责任。

在实施这一法律的过程中，政府主管部门的行政职能从对企业管理的紧密控

制转变为了为企业的发展创造良好的外部环境。这一转变本来对于企业推行全面质量管理是非常有利的，但许多企业管理者都误解了该法律的精神，利用扩大了的权力，以牺牲产品质量为代价，一味扩大产品数量，追求短期效益。在这种情况下，质量管理遭到了削弱，甚至出现了取消检验部门的情况。从这一沉痛的现象中可以总结出几条教训。首先，全面质量管理（TQC）必须是“头 QC”，意思是要切实有效地实施 TQC，最高管理层首先必须懂得并全力支持 TQC。其次，产品质量对于其他方面的生产绩效必须具有否决权。在计算员工的工资和奖金时，其工作质量应比数量和其他事项处于更优先的地位。最后，质量终归是把握在员工的手中。因此，在对员工进行技能培训之前首先必须强化他们的质量意识。同样重要的还有产品质量和质量管理方面的立法。1989 年 4 月 1 日生效的《标准化法》鼓励采用国际标准。1993 年 12 月，国家经贸委、国家计委、国家科委与国家技术监督局联合发布了《采用国际标准和国外先进标准的规定》，规定给予采用国际标准和国外先进标准的企业提供优惠政策。

早在 1988 年 12 月，中国就将 1987 版的 ISO 9000 系列标准转化为了质量管理的国家标准，增加了少量技术性的补充并更改了标准的编码。转化后的国家标准由于跟国际标准不完全一致，在与国外专家交流和合作时，带来了一些问题。1989 年 12 月，中国成立了与 ISO /TC 176 相对应的全国技术委员会（TC / 151），负责质量管理和质量保证标准化技术工作。1991 年 5 月，国务院发布了《产品质量认证条例》，将具备质量管理体系作为企业申请产品质量认证的必备条件。截至 1996 年 5 月，中国国家承认的认证机构共发出质量体系认证证书 721 张。国外机构，如美国的保险商实验室（UL）、加拿大标准协会（CSA）、英国标准协会（BSI）以及其他一些机构，也在中国开展了质量认证服务。认证制度有助于中国企业按照国际标准生产质量更好、更安全的产品。1992 年 8 月，国务院发布了《进一步加强质量管理的决定》。这个《决定》总结了实行改革开放政策以来质量管理所取得的成绩，指出了存在的缺点，强调了质量和质量管理的重要性。要求各级政府部门和企业，在质量方面要有紧迫感和危机意识。

国务院这一《决定》的精神实质强调了三点：充分利用市场机制促使企业改进产品质量；为指导和规范企业质量管理提供法律规定；教育人民行使他们在产品质量方面的法律权利。紧接着，1993 年 9 月，全国人民代表大会通过了《产品质量法》。《产品质量法》中规定了生产者的权利和义务，在中国第一次引入了产品责任的概念。一个月后的 1993 年 10 月，全国人民代表大会通过了《消费者权益保护法》。《消费者权益保护法》明确了消费者投诉的权利以及针对劣质产品的索赔权利。尽管还不够完善，这两部法律已给生产者施加了要注重产品质量的压力，并鼓励消费者面对劣质产品积极索赔而不是保持沉默。

始于 1992 年的“质量万里行”活动，是消费者权益教育的一个生动事例。新闻记者在全国范围内采访并播出消费者有关产品质量的观点，同时追踪报道被

投诉企业的反应。这一活动在让广大消费者明确自己的法定权利，保护自身利益不受劣质产品损害方面，以及在警示生产者生产质量合格产品方面，起到了很好的作用。“质量万里行”活动现已成为每年“质量月”中的全国性正式活动，并从 1995 年开始，邀请专家进行有关质量的巡回讲座。“质量月”中的另一主要活动“中国高层质量论坛”也开始于 1992 年。政府的高层官员、企业代表和质量专家与学者通过论坛的形式，就有关质量的重大问题进行研讨，并提出中肯的建议。1992 年，当时的国务院副总理朱镕基在论坛讲话中指出，质量是中国经济的生命。1993 年，另一位副总理李岚清在论坛上提出，只有质量才能兴国。这些讲话极大地鼓舞着中国的质量工作者为提高产品质量、服务质量和生活质量而努力。

质量与向市场经济的转型

中国的质量和质量管理与中国的经济体制密不可分。为了更好地讨论质量和质量管理，有必要对中国经济体制的变化作一简要的介绍。从第一个“五年计划”（1953—1957 年）期间到第五个“五年计划”（1976—1980 年）期间，中国实施的是中央计划经济体制。1978 年，也就是第五个“五年计划”的中期，宣布实施改革和对外开放政策。

1980 年，在邻近香港的一块很小的区域深圳，开始了不同的经济体制的首次试验。1982 年的中共第十二次全国代表大会提出了“计划经济为主，市场调节为辅”的方针，这相当于承认了市场的法则和功能。1987 年的中共十三大又将之表述为“有计划的商品经济”。

这两种表述之间有多大区别是一个令许多人困惑的问题。但有一点是肯定的，那就是中国的经济体制正在改变。1992 年中共第十四次代表大会提出了“社会主义市场经济”，1993 年全国人民代表大会上通过并正式确立了新的经济体制。在经济体制变革的整个过程中，政府对企业的行政管理和企业自身的管理也在随之而改变。质量管理的情况也同样如此。

世界市场对中国的挑战 从中央计划经济向社会主义市场经济的转型既是一个挑战，又是一个机遇。挑战来自市场。如果中国能够在这一挑战面前取得胜利，中国就将走向繁荣。在这个意义上，市场也提供了机会。为了应对挑战，中国必须深化改革，扩大开放。

国有企业的性质和状况 最重要和最紧迫的任务是重组和搞活国有企业，它们在近 30 年的计划经济体制下失去了活力。1988 年的《国有工业企业法》规定的所有权与经营权的分离，必须通过将国有企业改造为公司制企业才能够实现，这将使得企业能够自主决策并对盈亏承担全部责任，通过自身的努力和资源来发

展壮大，通过遵守法律、法规来实现对自身的约束。1992 年，政府发布了国有企业转换经营机制的法律、法规，并确定企业改革的目标就是建立现代企业制度。1994 年，从上万家国有企业中选择了 100 家大中型国有企业作为现代企业制度改革的试点。试点中的最关键也是最困难的任务，就是要将政府与企业之间的行政管理关系转变为经济关系，也就是说，政府是企业财产的所有者，而其经营则交由企业经理来进行。试点取得了令人满意的结果，并且于 1996 年开始在全国推广。尽管国有企业改革还存在着许多问题，如产权问题、巨额债务问题、下岗职工问题等等，但改革的目标随着宏观经济调控的成功一定能够达到。

民主管理与法制的统一　根据 1988 年的《国有工业企业法》的规定，国家保护企业职工的主人翁地位，企业应通过职工代表大会实行民主管理。企业中的工会应代表和保护职工的利益，并应组织他们参与民主管理和民主监督。这在历史上是第一次通过法律的形式对民主管理加以规定。1994 年 7 月 1 日生效的《公司法》进一步阐明了企业的所有者、经营者和职工之间的关系以及职工代表大会的权力，并规定在企业董事会讨论涉及职工利益的事项时，工会可派代表出席董事会的会议。1995 年 1 月 1 日生效的《劳动法》规定了工人的权利和义务。根据这一法律，民主管理不仅要保证职工参与管理的权利，同时也规定了职工要承担遵守企业规章制度的义务。

国际经营环境　改革开放以来，特别是向市场经济转变以后，对外贸易有了迅速的增长。中国已成为一个高度依赖对外贸易的国家：1995 年，进出口贸易总额占国内生产总值（GDP）的比例超过了 40%。同年，外国在中国的投资总额达到了1 500亿美元。国内和国际市场上的竞争变得越来越激烈。近年来，中国进口关税的大幅度降低，更加速了外国商品的进口，反过来又给国有企业增加了压力。竞争是一件好事，但中国的商品生产者还缺乏竞争力。这是国家加速国有企业改革以提高产品质量、降低产品成本的真正意图之一。这也是目前 ISO 9000族质量管理和质量保证标准受到普遍欢迎的原因。

中国质量现状评价　针对中国各个经济发展阶段的质量管理情况已进行了相当的论述。让我们再来探讨一下有关中国的质量现状以及上述的经济体制与质量管理的变化对质量的影响这些问题。

制造业的质量　在计划经济的早期阶段，产品质量从总体上来说是有保证的，尽管质量标准较低，产品品种有限。但是，伴随着经济改革的进展，集体和私营企业如雨后春笋般大量涌现，企业职工队伍迅速扩大，但却没有事先的必要培训，缺乏管理资源和产品质量监督。国有企业也以质量为代价来扩大产品数量，追求短期利润。市场上甚至出现了假冒伪劣产品。国家技术监督局每季度进行产品质量国家监督抽查，得出了被抽查产品相对于相应标准的抽样检验合格率。1985—1995 年间一些有代表性的年份的抽查结果如下：

1985	65.4%
1987	77.0%
1991	80.0%
1992	70.1%
1993	70.9%
1994	69.8%
1995	75.4%

由于每次抽查的产品和生产企业不同，所以，严格地说，抽查结果是不可比的。抽查尤其针对那些引起消费者投诉的产品的生产企业。所以说，这一结果并不能完全反映质量的总体状况，而是反映那些质量管理较差并常常忽视国家标准的企业的产品质量状况。国有大型企业的质量状况通常要好得多。例如，1996年上半年的监督抽查结果表明，抽样产品平均合格率为80%，比合格率最低的年度高出10个百分点。在这次监督抽查中，大型国有企业的产品抽查合格率达到了91%。

服务业的质量 也许是受“文化大革命”残余的影响，国有企业提供的服务可以说是声名狼藉。由商业部、邮电部、铁道部等部门联合主办的中国服务业全面质量管理电视节目从1987—1992年一再播出。节目介绍了服务业优秀质量管理小组的活动和一些非常简单的改进服务质量的质量控制技术。社会上对这一活动的反响好得出乎意料。北京市政府要求电视台在北京亚运会前夕对北京居民重播这一节目。1995年播出了另一个介绍ISO 9004—2标准的节目，并由国家技术监督局局长李传卿发表了开播致辞。

政府服务的质量 中国40年的经济建设可以划分为三个阶段：第一阶段（1949—1952年）政府接管经济；第二阶段（1953—1978年）政府运营经济；第三阶段（1979年至今）政府着手改革经济。现在，经济改革已经走到了一个十字路口，要求对政府本身进行改革。如上所述，建立现代企业制度的关键是政企分开。1993年开始实施了一个旨在改革行政管理体系和政府部门职能的“三年计划”。其首先是要将国务院直属机构的行政管理人员裁减20%，省、市地方政府机构的行政管理人员裁减25%。（第一个目标到1995年中期已经完成，根据各省、市给中央的报告，第二个目标的完成情况也基本看好。）

接着开始重新调整政府机构的职能和不同机构之间的关系，防止职能交叉重叠，以提高政府机构的办事效率。中央机构调整已基本完成。内部的部门和岗位的设置已经到位。政府部门通过价格、税收和其他经济手段，加强对经济发展的监督和宏观调控，而不干预企业的具体事务。政府部门可能是惟一没有引入全面质量管理的领域，尽管大多数部委下设有作为外围组织的质量管理协会，通过这些协会，部（委）对企业的质量管理提供指导，并进行质量管理方面的信息和经验的国际交流。

结束语

质量与速度　回顾过去，中国的产品质量并不能令人满意，其原因是多方面的。但是，一个主导性的原因便是政府官员或明或暗地对于“速度”的偏爱以及企业经理们对这种政策的追随。过去，在评价部门或地方负责官员的政绩时，经济增长几乎成了惟一的考核指标。库存、未售出产品甚至无用的产品都被列入产值的事例并不鲜见。结果导致了产值很大而经济效益却很小。

全国人民代表大会于 1996 年 4 月通过的《国民经济和社会发展“九五”计划（1996—2000）和 2010 年远景目标纲要》指出，“高速度”应建立在经济效益和质量的基础上，为保持国民经济持续、快速、健康的发展，提出要实现两个根本的转变，第一个转变是从传统的计划经济体制向社会主义市场经济体制的转变；第二个转变是经济增长方式从粗放型向集约型转变。为此，有必要全面发挥市场机制的作用，改革国有企业，从粗放型管理转变为集约型管理，以使它们在市场中建立起竞争优势。全面质量管理作为一种质量改进的有效手段和管理理念，无疑可以很好地为集约型增长方式的要求服务。

《质量振兴纲要》　1996 年 9 月 3 日，国务院第 50 次会议讨论并通过了一个全国性的计划，即《质量振兴纲要》。这一文件是在国家技术监督局的领导下由来自各方面的质量专家于 1993 年 7 月起草的。草案曾发送给所有部门征求意见，其最终稿又于 1995 年 8 月由国家经济贸易委员会成员进行了再次的讨论和修改。漫长的起草、讨论、修改和批准过程反映了质量性质的复杂性。每个人都知道一点，每个人都能说一点，但却很少有人能够真正讲清楚。

这一《纲要》指出，质量问题是国民经济发展过程中的战略性问题。如果忽视质量，经济将要付出沉重的代价。它确定了 2010 年产品质量和质量管理必须达到的目标。继续推动全面质量管理和切实贯彻 ISO 9000 标准是这一《纲要》的两个重要内容。引进国外先进的技术和管理也得到了强调。

1996 年 9 月 3 日，从这一天开始，中国终于有了一个全国性的质量振兴规划。

参考文献

Jin Quipeng, Chen Meidong, and Lin Wenzhao (1995). “Ancient China's History of Managing for Quality.” *A History of Managing for Quality*, J. M. Juran, ed. Quality Press, Milwaukee.

Schafer, Edward H., and the editors of Time-Life Books (1967). *Ancient China*, 6th printing, Time-Life Books, New York, 1976.

（何兆伟 译）

第 43 章

质量在拉丁美洲

马科斯·E·J·贝尔廷（Marcos E.J. Bertin）

从经济到质量
质量的演变：按国别的讨论
阿根廷
　质量与卓越企业基金会（FUNDECE）
　三个 FUNDECE 项目
巴西
智利
哥伦比亚
墨西哥
秘鲁
乌拉圭
结论——四个关键因素
参考文献

从经济到质量

拉丁美洲的工业化过程于 20 世纪 50 年代后期开始加速。当时，对经营成果负责的企业领袖们（公司董事长、总经理、所有者）对于管理过程表现出了前所未有的关心。他们以极大的兴趣和热情来学习工商管理的各方面要素，如营销、财务、成本和人事等。他们对于质量控制的兴趣不大。他们的大部分时间被用于就有关贸易问题对政府进行游说和就有关劳工问题与势力强大的工会进行谈判上。他们对于任何问题的关心程度都是不定的，依当时的通货膨胀、经济政策、价格和工资控制、进口税率、出口税率、外汇控制、利率、本地货币贬值的可能性等因素而变化。这些领袖们还不得不与庞大的政府所有的垄断集团（全部由巨大的政府财政赤字负担）打交道，他们的生意有赖于其提供的各种关键的产品和服务。其中最重要的垄断集团有石油（开采、生产和销售），公用事业（供电、供水），通讯，交通和钢铁。控制着如此之多的垄断集团，政府同时也是一个主要的买主，拥有众多的供应商，从而对于这一地区的经济又施加了另外一种形式的影响。所以，无怪乎企业领袖们完全处于政府法规和控制的影响之下。

在任何特定的时刻，要判断哪些商业因素是最重要的，一个可靠的指标便是去看报纸招聘广告中所要求的资历。某一天，广告可能强调的是销售经验；另一天强调的是财务；而又一天强调的则是政府关系。

拉丁美洲在很长的历史中不乏有能力的企业家，他们知道如何保证公司的增长、利润，以及在非常困难的时期公司的生存。他们中的许多人确实取得了成功，尽管面对着不确定甚至是敌意的商业环境。

1950—1980 年间，质量和卓越并非商业环境中的关键要素。在那时的经济环境下，工业增长极大地依赖于政府的保护；在高通货膨胀和高进口关税的时代，软贷款的条件十分优厚，促进了对当地生产的投资。除了少数的例外，质量，无论是产品质量还是服务质量，均低于国际水准。

质量控制只是一个工厂内部感兴趣的主题。成为拉丁美洲质量先驱者的人们是那些在当地工厂中工作的工程师和技术人员。他们对于所报道的制造业中所取得的改进非常感兴趣，当然主要是美国的情况，并且非常热心地学习了据信是导致了这些改进的那些新的方法。

早在 1959 年，美国质量控制协会（ASQC）和后来的欧洲质量组织（EOQ）以及日本科学技术联盟（JUSE）就帮助阿根廷、巴西、智利、哥伦比亚和墨西哥建立新的专业协会。在 20 世纪六七十年代，来自美国、欧洲和日本上述组织以及国际质量研究院（the International Academy of Quality，IAQ）的专家们，在一些领先企业的资助下，到拉美国家讲授课程并参加有关的会议。但是董事长总经理们不出席这种场合。他们不认为质量是一个关键的商业要素；的确，在金融危机的时代，很难对这种观点提出质疑。

1989—1992 年间，巴西的年通货膨胀率高达2 500%，而阿根廷则为1 700%（1992 年 3 月达到了每月 96%的高峰），企业最高层全身心地集中在保护企业的金融手段上。稍不注意便会全盘皆输。主要经济体制的遗产是巨额的政府预算赤字、国际贸易平衡的赤字和持续上扬的破坏性的通货膨胀。

在 20 世纪 80 年代，拉丁美洲经历了巨大的变革。在政治方面，军政府被民主政府所取代。在经济方面，为严重的金融危机和高度竞争的全球经济的要求所迫，政府必须按照自由市场经济的原则来实施经济改革。

最重要的变化有：

- 政府垄断集团的私有化。
- 回应企业的要求，全国的基础设施的质量和生产率都有了改进。
- 减少了管制。
- 削减了政府预算赤字（某些国家削减为零）。
- 通货膨胀被控制在低水平上。
- 削减了制成品、原材料和设备的关税。
- 为企业创造了更多地参与国际贸易的机会，这归功于诸如 NAFTA（北美

自由贸易协定，1993 年在加拿大、墨西哥和美国之间签订的减少贸易限制的贸易协议）和 MERCOSUR（阿根廷、巴西、巴拉圭和乌拉圭共同市场）这样的贸易协议以及设备和原材料进口关税的降低。

- 私营领域资本投资的显著增加。
- 制定了有利于竞争的政府政策。

在整个拉丁美洲地区，自由选举使得民主候选人当选的事实，被广泛解释为支持上述变化的社会共识。

经济环境发生了巨大的变化，相应地，许多商业规则也随之而发生了变化。许多公司和机构未能挺过这场危机，要么它们的文化被剧烈地改变，要么它们整个被新公司接管。随着环境的变化，大部分 CEO 的注意力从公司的生存问题转移到了提高公司竞争力的战略性问题上来。质量、生产率和成本成为了关键的战略主题。许多公司的董事长、总经理第一次参与到了公司和全国性的质量项目中。但是，仍然有许多的所有者和 CEO 有待觉悟，特别是数百万家的中小企业，它们贡献了拉丁美洲 GDP 的约 40%，同时雇用了约 60%的劳动力。

1995 年的一项研究认为："简要而论……智利和阿根廷领导了拉丁美洲的复兴。"（*The World Competitiveness Report*，1995）巴西、哥伦比亚、秘鲁和墨西哥在 1990—1995 年间也取得了显著的经济发展。（这一地区的墨西哥在 1994 年和 1995 年遭受了政治和经济上的挫折，目前正在逐步恢复之中。）

质量的演变：按国别的讨论

拉丁美洲近些年来的质量历史可以由以下四个关键因素反映出来：

1. 企业竞争力。
2. 经济环境。
3. CEO 的参与。
4. 质量专业人士的参与。

阿根廷

质量与卓越企业基金会（FUNDECE）　在 20 世纪 80 年代早期，一些 CEO 预见到了经济上正在发生的变化。在经过几年的非正式活动之后，他们于 1987 年成立了质量与卓越企业基金会，其使命是：

1. 通过开展正式的质量活动来促进企业竞争力的提高。FUNDECE 特别强调 CEO 的承诺和参与。

2. 改进教育、医疗保健和政府部门的质量。

FUNDECE 的会员资格仅限于 CEO。经验表明，CEO 之间更容易互相倾听并分享思想。只有 CEO 可以出席 FUNDECE 的会议。当非会员组织应邀参加会议时，也只邀请该组织的 CEO。有时，政府高官也会受到邀请。

会议参与者对于这一仅限于 CEO 的政策给予了高度评价，因为它有助于将讨论的重点保持在最高层次的方针上。偶尔也会有中层经理请求参加，但这些请求均被委婉而坚定地回绝了。有些人在担任较低级别的经理时曾被拒绝过，以后做了总裁才成为了 FUNDECE 的成员。其中有一位还被选入了董事会。那些因职位低而被拒绝过的人士承认，即使在他们被拒绝的当时，他们也认为这一政策是有道理的。以作者的观点，无论是谁，要想创立与 FUNDECE 具有类似使命的组织时，都应考虑这种会员资格限制的意义。

到 1995 年时，FUNDECE 的会员中包括了 130 家企业的董事长和总经理。从参加的企业来看，约三分之二是大企业（公司雇员在 200 人以上，工业企业的销售额至少4 000万美元，服务业企业的销售额至少2 400万美元），三分之一是中小企业（达不到大企业条件的企业）。从公司类型来分，大约 60% 是工业，40% 是服务业。在大企业中，工业企业和服务企业的比例是 2:1；而在中小企业中，服务企业的数量比工业企业略多。工业企业中包括了诸如 IBM、通用汽车、惠普、Reckitt & Colman 等跨国公司在阿根廷的分支机构，也有在国外不那么知名的阿根廷公司。服务类公司中包括了私立大学、银行、保险公司、办公设备经销商、医疗保健机构、广告公司、会计师事务所等。

FUNDECE 的战略委员会，一部分主要的阿根廷公司的董事长、总经理组成的一个小组，创立了 FUNDECE 的战略模型（见图 43—1）。这一模型成为了 FUNDECE 制定每年行动计划的基础。

FUNDECE 最重要的活动有：

- 每月举行的早餐会，主要是为了交流经验和思想。在 FUNDECE 资助的来访期间，外国专家（来自国际质量研究院、美国质量协会、欧洲质量组织和日本科学技术联盟）经常参加这些早餐会。早餐会是 FUNDECE 最富有成效的活动。
- 专门项目。正在开发的两个项目中，一个是建立咨询数据库，另一个是建立一个图书馆，其中包括收集各种参考案例。FUNDECE 对这些项目的支持包括委派具体的项目负责人并从资金上予以支持。专门项目是 FUNDECE 的第二类富有成效的活动。
- 为专业人员、中层经理和学术界举办讲习班。
- 远程会议，包括卫星播放的“国家质量论坛”——每年由美国质量协会和《财富》杂志合办的产业界质量专项活动。
- 美国质量协会在阿根廷的认证项目的管理。

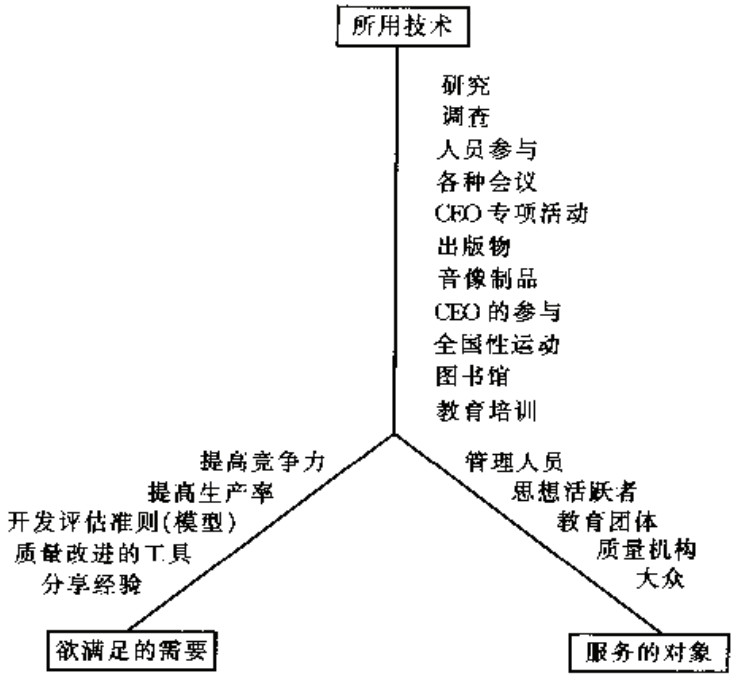


图 43—1　FUNDECE 的战略模型

资料来源：FUNDECE (1995).

- 发布有关当地和国际质量信息的快讯。
- 发行音像磁带。这些磁带是由各个委员会制作的，委员会由一位 CEO 任主席，包括来自广告机构和其他机构的会员。这些磁带以质量实施、问题诊断和一般经营问题为主题，面向会员和非会员组织。同时，与阿根廷广告协会（一家由广告机构和其他热心于广告事业的公司组成的协会）和阿根廷政府合作，FUNDECE 帮助制作了以质量为主题的两个电视广告，在阿根廷所有的电视频道中播放。
- 与诸如 ASQC、IAQ、EOQ、EFQM、JUSE 这些国际性的质量组织以及拉美和其他地区的国家质量组织保持密切的关系。

三个 FUNDECE 项目

国家质量奖　1992 年，政府要求 FUNDECE 在促进工业、服务、教育和医疗卫生的质量方面起带头作用。目标是建立一个有效实施这一促进运动的全国性基础架构。第一步就是与国家立法机构众议院的一个委员会合作，一道来创建国家质量奖。该质量奖的评价标准将为企业及其他组织提供质量模式。项目小组由众议院委员会的成员、美国国家标准与技术学会（NIST）的鲍德里奇国家质量奖助理总裁、FUNDECE 中的美国国家质量奖得主公司（如施乐、IBM 等）的分支机构成员等组成，由一位 FUNDECE 的项目牵头人负责领导小组的活动。这位牵头人后来成为了阿根廷国家质量奖基金（FUNDAPRE）的总裁，这一基金是依法建立的管理私营企业质量奖的一个私立机构。

针对政府领域单设了一个奖，由公共事务秘书处来管理。评奖标准所给出的质量模式得到了 FUNDECE 成员和政府的好评。这一标准在用于自我评价时是一个有效的工具，特别是当评奖标准的计分方式能够给予对自评企业来说重要的那些项目以更大的权重时。

在政府、FUNDECE 和美国鲍德里奇国家质量奖管理机构的大力支持下，阿根廷国家质量奖于 1994 年开始启动。

阿根廷国家质量奖与美国鲍德里奇国家质量奖的主要区别在于 FUNDECE 坚持阿根廷奖的评分要更强调业务成果。这些 CEO 们在制定评奖标准和确定评分权重方面发挥了主要作用。在阿根廷的评价标准中，某些项目的分值与鲍德里奇奖非常接近（如在顾客和计划方面的要求），还有些项目的分值则与欧洲质量奖标准类似（如领导、人员满意、社会责任等方面）。这里是根据 1992 年的标准来比较的。自那以后，为了响应参与评奖企业的建议和经验，所有的国家质量奖的评分都有所变更。到本文写作时为止，不同国家质量奖管理机构之间的经验和思想交流都还很少。1996 年，在利马的一次会议上，来自阿根廷、巴西、哥伦比亚、智利和秘鲁的各国家质量奖主管们决定每年举办一次由各国质量奖经理和获奖公司参加的“追求卓越国际大会”。会议的目的是交流经验和成果，同时讨论针对教育和医疗卫生设立的新奖项。第一次“追求卓越国际大会”于 1997 年 9 月在巴西召开。

质量专业协会（the Professional Institute for Quality） CEO 们认识到有必要组建一个新的机构，以使其质量经理、关键领域（如营销、财务等）的中层经理和大学教授得到培训，更新知识，交流思想，从事研究，与其他国家类似组织相互交流，并对国家质量奖和其他未来的项目提供支持。针对这一需要，FUNDECE 设立了一个项目以将其技术力量组织起来，这便是成立一个提供质量“办法”的专业社团。为此目的而成立了阿根廷质量与卓越专业协会。该项目的牵头人后来成为了协会的总裁。

全国质量运动 1995 年的 FUNDECE 项目是关于关键领域的全国性质量与卓越活动的整合问题。许多政府的和私人的机构都在进行着这类活动。这说明有越来越多的人们意识到了质量的重要性，这是一件好事。但有些领域需要加以协调以使人们和各机构的努力指向同一个方向。

工商界的领袖们应承担起引导变革过程的责任，这有两方面的理由：（1）必须说服更多的 CEO 们（CEO 更容易听进其他 CEO 的意见）；（2）CEO 们的训练和知识（know-how）是有效领导组织和项目的法宝。过去，国家质量项目之所以失败，正是因为缺乏这样的有效领导；专业人员和政府专家将那些项目引入了质量并非关键的经营因素的经济环境中。

1994 年 12 月，FUNDECE 发起创立了一个综合的国家质量运动（见图 43—2）。它由六个关键的机构所组成：（1）FUNDECE；（2）国家质量奖基金会；

(3) 质量专业协会；(4) 国家工业技术学会 (INTI)，一个致力于从技术和计量方面为企业界提供支持的政府机构；(5) 阿根廷材料合理化学会，标准化机构，同时也从事 ISO 9000 质量体系认证；(6) 总裁秘书处，负责传播质量信息，促进对质量感兴趣的主要机构的参与与合作，优化政府措施的效果。

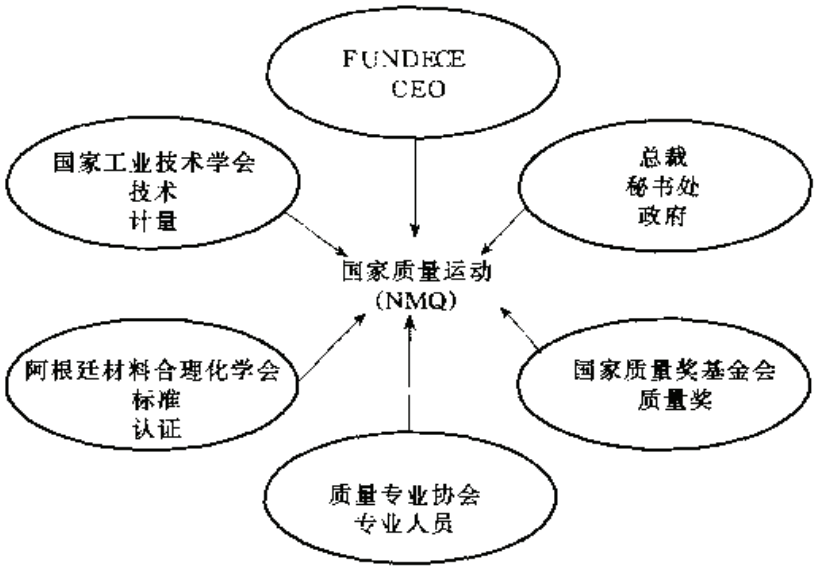


图 43—2　国家质量运动

资料来源：FUNDECE (1995).

国家质量运动 (NMQ) 的使命是协调主要的质量活动，提高各政府和私人机构主要项目的有效性，确保所有的组织和企业从国家文化价值的高度来看待质量。为完成这一使命，就必须有共同的愿景和文化，必须有适当的结构、足够的资源和协调一致的战略。

和世界上许多国家一样，在阿根廷关于什么是正确的国家质量模式的问题始终争论不休。有些人支持采用国家质量奖评价标准，还有些人则认为 ISO 9000 族标准是更合适的质量促进模式。FUNDECE 的观点是，尽管 ISO 9000 认证有时从商业角度来说是必要的，而且对于新企业而言是导入质量活动的一个良好开端，但在高度竞争的当今世界中取得 ISO 9000 注册并不能必然地带来可以接受的质量水平。阿根廷获得 ISO 9000 认证的企业数量很少。但是，在 1995 年 3—11 月间，认证企业从 37 家上升到了 69 家，表明认证有上升的趋势，特别是对中小企业而言。

在教育领域，大学已经表露出对于质量这一主题及其应用的兴趣。有三所大学的校长已经是 FUNDECE 的会员。布宜诺斯艾利斯技术学院已设置了质量学科的硕士学位；其他几所大学则开设了质量管理的研究生课程。教育部长正在与 FUNDECE 和国家质量奖基金会一道对美国最近的教育机构质量奖，如由 NIST 和纽约市授予的教育机构质量奖的进展进行研究。

巴西

自 1990 年以来，参与质量活动的 CEO 们大量增加，这一年政府推出了“巴西质量与生产率计划”，作为使巴西经济现代化计划的一部分，以使巴西不落伍于区域内的其他主要国家。

巴西质量与生产率计划由政府领导，参考的行业与机构如下：

- 企业：国家工商业联合会和报纸、广告、广播与电视协会。
- 专业协会：巴西质量管理协会和其他的咨询及专业性协会，包括人力资源、研究、标准、工业工程等。
- 政府机构：国家计量、标准与质量局、巴西微小公司支持署、国家工业培训署以及其他的有关解除管制、科学技术与健康领域的机构。
- 国有公司：巴西电信、巴西电力、巴西矿产、巴西石油等这些通信、电力、矿业和石油领域的大型垄断公司。
- 政府部门：经济部、教育部、劳动部、农业部、卫生部以及涉及科技、教育和质量的其他机构。图 43—3 反映了巴西质量与生产率计划的协调结构，它是一个通用分项目与领域分项目的矩阵。

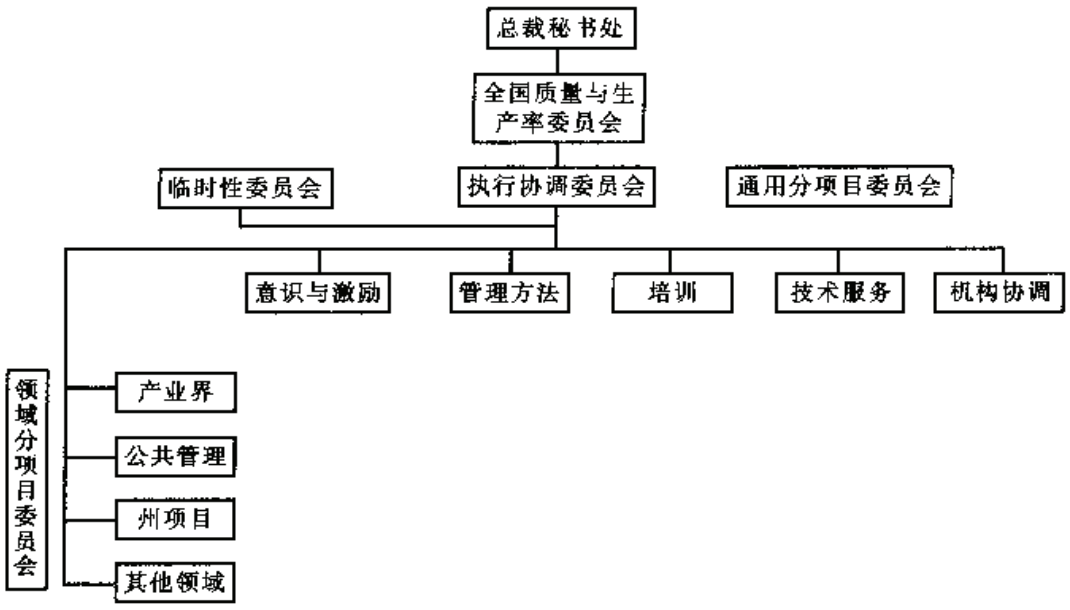


图 43—3　巴西质量与生产率项目结构

资料来源：Industrial Policy Secretary, Ministry of Industry, Commerce and Tourism of Brazil (1990).

通用分项目有：

- 意识与激励——促进社会各领域的质量。
- 现代管理方法的开发与促进——促进私有及国有企业以及政府机构采用

现代质量与生产力的管理方法。

- 培训与质量和生产力有关的人员。
- 质量技术服务——改进诸如标准、质量认证、计量、测试与技术信息等基础性的服务。
- 机构间的协调——促进政府、工业、商业、服务、学术和科学技术机构间的质量与生产力的协调活动。

领域分项目是专为特定领域设计的项目，这些领域如工业、公共行政、政府机构等等。每一领域要制定一份包括以下内容的参考计划：

- 质量与生产率的诊断。
- 国家与国际的质量、生产率趋势。
- 目标。
- 战略与行动计划。
- 所提议项目。
- 管理计划。

巴西质量与生产率计划通过国家质量与生产力委员会（由四位政府官员和三位由政府指定的私人企业代表组成）提供一份对于各领域分项目的评审，并为该领域建立支持结构和实施分项目提供指南。1995 年，对巴西质量与生产率计划进行了修订（见图 43—4），在协调机构中增加了消费者与员工的声音。指标的制定和发布也作为一项单独的职能。通用分项目中增加了供应商开发与财政支持，领域分项目中增加了旅游业、农业、畜牧业、服务业和商业。

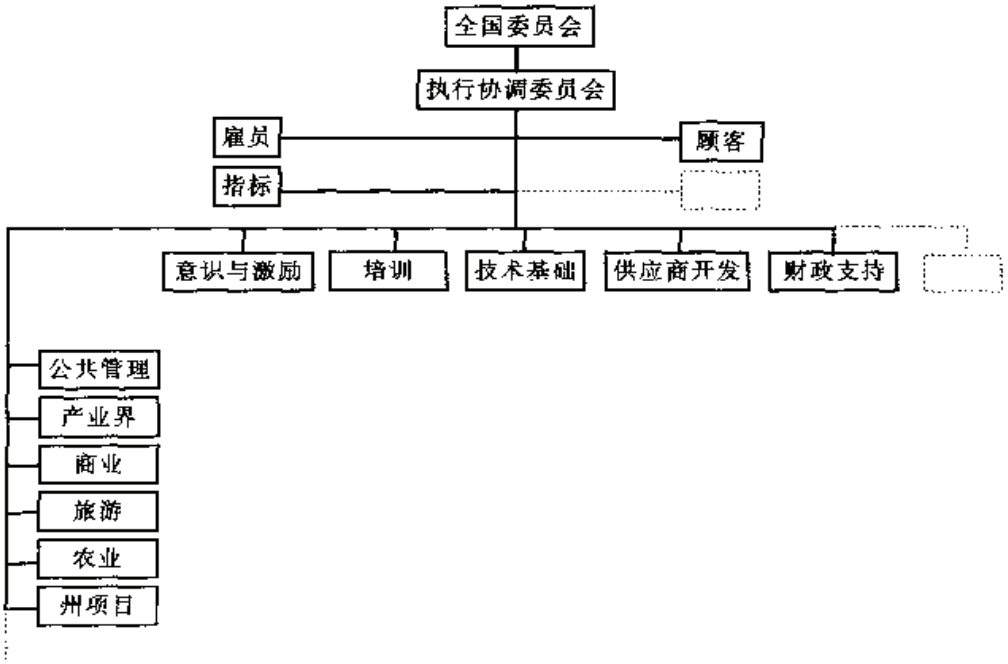


图 43—4　巴西质量与生产力委员会巴西质量与生产率计划 2000 规划结构

资料来源：Industrial Policy Secretary, Ministry of Industry, Commerce and Tourism of Brazil (1995).

巴西质量与生产率计划中最有效的部分，正如工商联合会和某些 CEO 们所指出的那样，是在私营领域所采取的行动，这些行动在行业有代表性的商会的场合（如化工、钢铁、皮革等）是由行业商会牵头开展的。每一行业商会都有质量与生产率委员会来专门致力于行业的改进和与巴西质量与生产率计划的合作。如今有 240 个企业与技术机构在行业分委员会的领导下正在实施这些计划。CEO 们越来越多地参与了这些活动。

巴西质量与生产率计划还做出了另一贡献，其重要性也许对于区外的读者来说很难理解。历史上，拉丁美洲地区的国家发展计划一向集中于人口密集的中心城市——布宜诺斯艾利斯、里约、墨西哥城等地。将计划项目选在具备工业基础的地方实施是很自然的事情。但这常常就忽略了其他的地区，尤其是那些偏远地区。然而，巴西质量与生产率计划由于所有的州都参与了进来，因此其效果是覆盖全国的。

巴西质量与生产率计划的实施对于质量与生产率的主要贡献有：

- 增强了政府与私营机构间的合作。
- 推动了许多私营公司实施质量与生产率计划。
- 对于帮助企业适应新的高度竞争的环境提供了一种及时可靠的信息资源。
- 揭示了商会具有的一种新的作用，通常它们只是注重游说。
- 强化了标准、计量和认证的重要性。
- 强化了顾客服务的重要性。
- 增进了顾客与供应商之间的关系。
- 强化了培训工作，对转变管理思想做出了贡献。

但它还存在着某些缺点：

- 政府领导力较弱，各政府部门的现有行动几乎未得到什么支持。
- 工会的参与程度很低。
- 计划活动的协调较差。
- 不充分的基础设施，政府经营的企业必须私有化以改进交通、能源与通信领域的效率，并转变政府的角色。
- 大学与技术中心参与程度很低，这些组织对于支持质量和生产率改进活动而言具有巨大的潜力但未发挥出来。
- 计划项目中缺乏设计与创新方面的主题。
- 高层主管接受的程度还不够，尤其是在中小企业中。
- 政府提供的资源不足。

这些努力带来了巴西商品在国际贸易中受欢迎程度的增加。1992—1994 年间，巴西的工业产品出口额在出口商品总价值中的比率上升，从出口商品总量的 73.4%上升到了 76.6%（见图 43—5）。

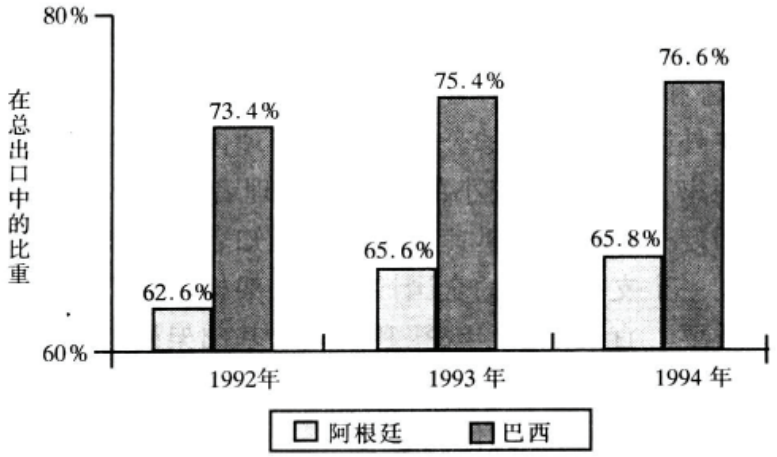


图 43—5　工业品出口在全部出口中的份额

资料来源：Secretary of Industrial Policy, Ministry of Industry, Commerce and Tourism, 1995; Argentina: National Institute of Statistics and Census (1995).

考虑到这一时期世界传统商品出口价格显著上涨，这种上升便尤其突出。在同一时期，阿根廷也表现出了相对的增加，从 62.6% 到 65.8%。MERCOSUR 协议对此结果也有一定的影响。随着成员国（巴西、阿根廷、乌拉圭和巴拉圭）之间关税壁垒的消除，这些国家间的贸易量有成倍的增加，而且，由于受到巨大的市场潜力的吸引，有许多新的投资进入了这一地区。

在所有拉美国家中，巴西获得 ISO 9000 认证的企业最多，超过了1 000家，而且在 1995 年又有所增加（占该地区认证企业总数的 63%）。巴西企业把认证看做是导入质量活动或是满足出口或国内销售的商业需要的有效开端。

正如世界上其他国家一样，巴西的重点正在从满足 ISO 9000 的要求转向国家质量奖评价标准所体现的绩效。

巴西国家质量奖创建于 1992 年。如该地区其他国家一样，其评奖标准也是借用了鲍德里奇质量奖评价标准，但稍作了修改。美国国家标准与技术学会（NIST）提供了所需的一切信息，如评奖标准、审查员的选拔与培训、评判员的选择、伦理规范、评价过程等等。负责管理这一奖项的巴西质量奖基金会主要由私人企业所支持。基金会已培训了大约1 000名审查员，并致力于改进评奖过程，如引入了简化审查员评价的计算机系统等。这一奖项现在是由巴西总统来颁发的。

智利

智利是这一地区最早进行经济改革的国家，其改革始于 20 世纪 70 年代初期。不断的改革提供了一个非常有利的经营环境，这可以从其不断的增长与繁荣

中反映出来。多年来第一次，CEO 们能够将他们的精力集中于管理公司和增加销售上，尤其是对美国、欧洲、亚洲和拉美其他国家的出口上。一些较大的公司开始在阿根廷、秘鲁和巴西投资办厂。顾客的要求迫使那些从事国际贸易的公司，亦即出口商品和在外国投资办厂的公司将质量管理体现到它们的经营当中。如同这一地区的其他国家一样，许多较小的公司的管理者们仍认为质量与他们的经营没有什么关联。即使是那些正在迅速成长为国际知名公司的较小公司，其 CEO 们也不愿花精力建立一个支持质量的全国性的基础架构。他们觉得把精力用在自己的生意上要更为重要。直到 1994 年，智利的质量基础架构也只是初具雏形：

- 智利质量协会。质量专业人员的组织，其在举办会议、培训课程和出版方面非常活跃。但 CEO 们基本没什么参与。
- 有几所大学提供质量管理的研究生课程（智利大学、圣地亚哥大学）。天主教大学有一个非常活跃的生产力与质量中心。
- 政府通过行业促进机构既为中小企业提供良好的经济环境，又为质量改进项目提供财政援助。工业生产率中心，一个代表3 000家中小企业的私立机构，管理着这项促进活动的基金。

1995 年，政府与一些感兴趣的 CEO 合作，成立了国家质量与生产力中心。该中心由经济部长担任主席，由企业首脑（工业、商业和服务业企业的 CEO）、大学校长、若干政府部门的领导和工会代表组成。一些领导人察觉到了某些企业有着对于早期的一些微小成功颇为骄傲自满的危险趋势。他们觉得这样一种现象暴露出了产业界面对快速变化和充满竞争的全球市场而未意识到持续改进的必要。这一中心便是为此而作出的反应，他们认为这对进一步完善质量基础架构、创立诸如鲍德里奇质量奖标准这样的模式以及研究最适用于智利的质量管理工具是必要的。

该中心的第一项措施（1996 年）便是颁发其首届国家质量奖。美国国家标准与技术学会对于发展这一奖项给予了协作。

有关智利国家质量与生产率中心的组织、战略和计划的详细资料无从获得。该中心可能会为企业所引导，首先致力于改进质量教育和培训的全国性基础架构，协助 ISO 9000 认证的导入和实施，以及促进质量意识，尤其是中小企业的质量意识。

哥伦比亚

哥伦比亚的“国家质量周”始于 1975 年，此后每年都颁发国家质量奖。有名的私立质量机构是“哥伦比亚技术标准协会”（ICONTEC）。ICONTEC 的 15 位董事当中有 10 位来自企业，5 位来自政府部门。除了咨询、出版和培训外，ICONTEC 同时还是一个 ISO 9000 标准的注册机构。它是政府和私营企业在质量

活动方面的一个界面。历史上，企业对这一组织的参与绝大部分限于中层经理层次，但CEO的参与程度正在日益提高。

其他与质量相关的机构还有哥伦比亚质量协会——一个质量专业人员的组织；哥伦比亚质量小组协会；一些企业和政府组织；以及两家医疗卫生领域的机构——卫生管理（GEHOS）和健康促进公司（EPS）。

该国在促进质量方面未来还需要增加中小企业的参与以及创造更多的教育培训机会。

墨西哥

1988年，一些主要的工业和服务业公司共同创建了“墨西哥全面质量基金会”（FUNDAMECA），从意识到创立基金会的必要性到其成立只用了一年时间。今天，FUNDAMECA已有500多个个人和团体会员。会员资格并不只限于CEO。

1989年，FUNDAMECA在同商业与工业促进部长密切合作下，创立了国家质量奖。第一个国家质量奖于1990年由墨西哥总统亲自颁发。FUNDAMECA从一开始就负责管理国家质量奖。在这一年中，FUNDAMECA还创立了一个质量专业人员的组织“墨西哥全面质量经理协会”。

在墨西哥，CEO们之所以开始抓质量的动机与其南方邻国的情况一样：他们的公司需要在自由市场经济中和新近成立的共同市场内，特别是北美自由贸易区内具有竞争力。由于与墨西哥的紧密关系以及它加入了北美自由贸易区，美国通过诸如国家标准与技术学会、质量与生产率管理协会和美洲国家质量和生产率中心网络等机构与其展开了合作。

FUNDAMECA的会员企业在头几年中进展很快，取得了许多成功。但要使许多尚未加入FUNDAMECA的企业参与进来尚有许多工作要做。

一些墨西哥的大学，如蒙特利技术大学，开设有全面质量管理的研究生课程。在墨西哥和美国多年的高强度专业培训造就了许多在质量领域具备很强能力的专业人才。

1994年和1995年的经济危机是对变革的一个强烈刺激，而墨西哥已经确立了针对这一过程的必要制度。

秘鲁

成立于1896年的国家工业协会（NSI）声称其现拥有2 000个公司会员。该

协会早在1980年就开展了质量方面的工作。但由于当时的经济环境所限而未能取得成功。当深刻影响这一地区的经济变革于1991年在秘鲁发生时，国家工业协会组织了质量研讨班并创立了一项质量奖。1992年政府将这一质量奖转化为了官方的质量奖。在这一年，政府与国家工业协会共同创立了一家与政府有着密切关系的私立机构——工业发展中心，负责管理质量奖的有关事宜。1995年，一个由政府和国家工业协会成员组成的联合小组与美国标准与技术学会共同工作，学习、借鉴美国马尔科姆·鲍德里奇质量奖的经验，并将这些经验纳入秘鲁的国家质量奖中。国家工业协会中的公司会员的CEO们是这些组织的创立和发展的有力的推动力。

乌拉圭

面对乌拉圭加入MERCOSUR的新挑战，乌拉圭的CEO们于1993年创立了“乌拉圭全面质量协会”（AUECE）。截至1995年，这一协会的会员超过了50位CEO。阿根廷的FUNDECE与AUECE有着密切的合作，帮助促进了该组织的发展。

由乌拉圭总统秘书长担任主席的“国家质量委员会”负责开发和管理国家质量奖。乌拉圭总统于1993年亲自颁发了第一个国家质量奖。

乌拉圭全面质量协会与阿根廷的FUNDECE一样，在乌拉圭的质量活动中处于领导地位。

结论——四个关键因素

构成拉美国家质量紧迫性的四个关键因素是：企业的竞争力；良好的经济环境；企业领导尤其是CEO的领导力与参与；以及合格的质量专业人员的数量。

第一个关键因素，公司的竞争力，是比较而言的。在今天的全球经济中，世界上每一个具备类似能力的公司都必须考虑其潜在的竞争者。竞争力是对一个公司在全球市场上相对于其全部潜在竞争对手生产和销售产品的能力的一个量度。质量是决定这一能力的一个重要的因素。诸如NAFTA和MERCOSUR这样的共同市场所提供的机会和挑战再加上质量的重要性，是企业改进质量业绩的强有力的推动。这些企业改进了的质量业绩对于国家的整体质量业绩进而又产生了积极的影响。

质量成功的第二个关键因素是良好的经济环境。大多数拉美国家自从1990年以来都实施了类似的经济改革。经济环境朝着开放、自由和非管制市场的方向发生了迅速的变化。政府已经认识到其政策必须能够鼓励竞争力。制定这样的政

策意味着政府将扮演一个新的角色，即要求政府与企业界共同工作，而不是对之颐指气使。

第三个关键因素是 CEO 们的参与，既要领导他们自己公司的质量改进活动，同时还要促进整个国家的质量改进努力。

第四个关键因素是获得有能力的专业人员的充分参与，以对质量活动的实施起到有力的支持。

到目前为止，拉丁美洲国家已取得的主要成就有：建立了国家质量奖制度，ISO 9000 认证呈现上升的态势，在 CEO 们的合作下建立了国家级的质量机构。接下来还需要做的工作包括：

- 进一步深化经济改革。
- 促使较小企业的领导实施质量规划。
- 改进所有层次上的教育的质量。
- 将质量科学纳入大学课程中。
- 在所有的层次和领域强化质量培训。
- 将质量的概念和方法引入那些尚未受到影响的领域中。

在阿根廷，FUNDECE 仍然是质量运动的核心，并为其他拉丁美洲国家树立了榜样。FUNDECE 的主要活动是为其成员、专业人员（通过质量专业协会）以及社会其他领域（通过国家质量运动）提供有关阿根廷和世界其他国家的质量动态信息。

FUNDECE 通过其在美国质量协会中的永久会员的方式，帮助 FUNDECE 会员参与美国质量协会的活动，并保证会员获得质量学科的最新进展情况。

作为 FUNDECE 所发挥作用的一个例子是阿根廷的医疗卫生领域，这是一个多年一直未改变其传统质量方式的领域。现在，已有好几家医疗卫生机构积极地参与了 FUNDECE 的活动。这些机构正在收集信息准备推出一项新的质量举措。

在其他国家中，与 FUNDECE 类似的组织也在持续地将质量领域的最新进展情况提供给各领域的领导者，为上述必须进行的工作的实现提供了希望。

参考文献

The World Competitiveness Report (1995). World Economic Forum and IMD, p. 16.

（何兆伟　译）

第 44 章

基本统计方法 爱德华·J·杜德韦克（Edward J. Dudewicz）

统计工具箱

数据的来源与整理

- 数据收集和分析的计划
- 历史数据及其用途与局限
- 计划实验数据
- 数据筛选
- 数据整理的描述统计学
- 描述性统计学中的精确计算

实验的概率模型

- 样本空间
- 事件
- 概率法则
- 条件概率；贝叶斯定理

离散概率分布

- 离散均匀分布
- 二项分布
- 超几何分布
- 泊松分布
- 负二项分布
- 多项分布
- 离散分布的选择

连续概率分布

- 连续均匀分布
- 指数分布
- 威布尔分布
- 正态分布
- 对数正态分布
- 混合分布
- 多维正态分布
- 扩展通用 λ 分布
- 连续分布的选择
- 自助法

统计估计

- 点估计
- 置信区间估计
- 预测区间
- 公差区间
- 贝叶斯估计
- 具有固定宽度和精度的区间

统计假设检验

- 基本概念，错误类型
- 应用 OC 曲线选择接受域
- 样本容量预先确定时的假设检验
- 样本容量预先不确定时的假设检验
- 由假设检验中得出结论
- 确定假设检验所需的样本容量
- 与置信区间的联系
- 标准问题
- 统计显著性与实际显著性

其他统计工具

- 数据转换
- 蒙特卡洛抽样法
- 自助法
- 广义自助法
- 聚类与判别

异方差判别　域、外推；拟合不良——重复
优选法与假设检验　观察
回归分析与相关分析　置信区间
简单线性回归　多元回归
残差、离群值、置信度和预测　参考文献

统计工具箱

如同现代人类活动的其他领域一样（如新的医疗方法的评估和药品的筛选、科学的民意测验的设计、营销与投资策略，等等），质量控制中的大多数决策都建立在统计学的基础之上。狭义而言，统计学即数据的收集、分析和判读，广义地可以将其定义为“不确定状况下的决策科学”。对于实际工作者而言，统计学可被认为是用来帮助解决问题的一个工具箱。表 44—1 中的统计工具箱列出了所要解决的问题以及可用的统计工具及其在本手册中的页码。[①]

表 44—1　　统计工具箱

问　题	统计工具	页码或章节
设计一项统计调查	解决特定问题的数据计划和分析	44.2—44.4
整理数据	频数分布、直方图和相应指标	44.7—44.17
用一个样本来预测未来的结果	概率分布	44.23—44.41
确定涉及若干事件的概率	概率论的基本定理	44.17—44.23
确定两组数据之间或一组数据与标准值之间的差异的显著性	假设检验	44.58—44.81
确定某个假设检验所需的样本容量	假设检验的样本容量的确定	44.78—44.79
确定用某个样本的结果来估计真值的能力	置信限	44.41—44.46
确定估计真值所需的样本容量	估计的样本容量的确定	44.45—44.46
确定单个特性的公差限	统计公差限	44.47—44.51
确定配合尺寸的公差限	配合尺寸的公差限	44.50—44.54
结合过去的信息来预测未来事件	贝叶斯定理	44.21—44.22
结合经济后果来定义决策准则	统计决策理论	44.54—44.58
变换数据以满足统计假设条件	数据的变换	44.22
预测系统的绩效	蒙特卡洛抽样方法	44.81—44.84
确定组的关系	聚类和判别	44.84—44.85
确定最优	最优的选择	44.86—44.87
通过确定一个用其他变量的信息来估计某个变量的方程来评价两个或多个变量间的关系	回归分析	44.88—44.108
通过对过程变化的早期探测来控制过程的质量：		
1. 使用测量数据	计量值控制图	第 45 章

① 指英文版页码。——译者注

续前表

问　题	统计工具	页码或章节
2. 使用属性数据	计数值控制图	第 45 章
根据预定的质量水平来评价批的质量：		
1. 依据属性值来衡量的质量	计数值抽样方案	第 46 章
2. 依据变量值来衡量的质量	计量值抽样方案	第 46 章
3. 通过抽样来确定可靠性	可靠性抽样方案	第 46 章
4. 散货产品	散货抽样方案	第 46 章
实验设计与分析：		
1. 研究改变一个因素的影响	单因子实验	第 47 章
2. 研究改变两个或多个因素的影响	双因子或多因子实验	第 47 章
3. 研究实验室测量值的变异性	实验室间的检验	第 47 章
4. 在过程条件下进行实验以确定变量的最佳设定	调优运算（EVOP）	第 47 章
5. 确定影响某个应变量的一组变量的最佳设定	响应面方法（RSM）	第 47 章
预测无失效绩效（可靠性）	可靠性预测与分析	第 48 章

本章将会尽可能地给出大量的实际应用例子，这一方面可以向读者提供解决问题的模型，同时也给出了经过正确分析的数据以便读者验证其所用的计算机软件的准确性。许多例子中使用了诸如 SAS 或 BMDP 这些软件包中的计算机程序的输出结果。

除了本章所讨论的基本统计方法之外，还有另外 4 章分别讨论一些专门的领域，这便是第 45 章“统计过程控制”，第 46 章“接收抽样”，第 47 章“实验设计与分析”和第 48 章“可靠性概念与数据分析”。许多其他的章节中也包括了其他一些应用。同时，附录Ⅲ的“相关质量标准、规格和文件”中也列出了有关统计方法和程序的名录。

数据的来源与整理

我们在解决问题时所要分析的数据集合的来源是一个非常重要的考虑因素。我们所涉及的也是最常见的两类来源是历史数据和计划实验数据。研究者使用历史数据时犹如盲人摸象，其理由将在下面的“历史数据及其用途与局限”和“计划实验数据”部分讨论。要注意的是，所有的数据都必须仔细地审查，如下面的“数据筛选”部分所讨论的那样。

数据收集和分析的计划　表 44—1 中的工具必须以一种有效的方式加以利用，以便取得与其使用成本相称的回报。只是将数字代入公式中还不足以取得这种回报。整个过程中还必须包括对于数据收集和数据分析的精心计划，借助于数据分析我们才能够获得有关的统计结论，进而可以转化为对于本来的技术问题的解答。下面给出的是一个为了达到这一目标的一些关键步骤的对照清单。

1. 收集充分的背景信息，将有关工程问题的陈述转化为能够用统计方法来

评估的陈述。

2. 对于数据的收集加以计划。

(1) 确定所需数据的类型。变量数据（某种测量尺度的读数）可能会比属性数据（通过或不通过类型的数据）要昂贵得多，但其信息也更为有用。

(2) 确定是否有适用于当前问题的过去数据；但必须留意历史数据所具有的危险性。

(3) 如果该问题要求对若干决策方案加以评估，则要获取有关错误决策所导致的经济后果的信息。

(4) 如果该问题要求估计某个参数，则确定该估计所要求的精度。

(5) 确定测量误差是否大到足以影响样本容量或数据分析的方法；实验室误差常常会使实验的变异性相形见绌。

(6) 定义计算所要求样本容量所需的假设条件。

(7) 在考虑结果精度、统计风险、数据变异性、测量误差和其他因素的前提下，计算所要求的样本容量。

(8) 当时间是一个关键参数时，规定保持测量次序的必要要求。

(9) 确定针对用来评估不同情况的分组来收集数据的必要要求。

(10) 规定数据分析方法以及必要的假设条件。

(11) 规定针对所需的计算机程序的要求。

3. 收集数据。

(1) 使用能够确保抽样的随机性的方法。

(2) 记录每一个观察的数据及其伴随的所有情况。

(3) 检查样本的数据以确保过程呈现充分的稳定性从而使其对于将来的预测是有效的。

4. 分析数据。

(1) 筛选数据。

(2) 评估为确定样本容量和分析数据而预先规定的假设条件。必要时采取修正措施（包括追加观察在内）。

(3) 应用统计方法来评估原先的技术问题。

(4) 确定是否需要进一步的数据和分析。

(5) 通过在分析中改变关键样本估计量和其他的因素并注意其对最终结果的影响来进行灵敏度分析。

5. 审查数据分析的结论，确定原先的技术问题是否已得到了评估或是否为了适合于统计方法而发生了改变。

6. 提出结果。

(1) 写出报告，其中要包括一个实施的概要。

(2) 以一种有意义的形式来陈述结果，着重于原问题而非分析中所使用的统

计指标。

(3) 适当时要以图形的方式来给出结果。报告正文中只使用简单的统计方法，复杂的分析放到附录中。

7. 确定该问题的结论是否适用于其他的问题，或数据及计算是否可作为其他问题的有用输入。

历史数据及其用途与局限 历史数据是我们已有的并且似乎与所面对问题相关的数据。这些数据有时也被称为已有数据集。例如，在生产过程中常常会储存数据。如果一个不错的过程在经过几年运行之后发生了失控，人们常常会建议对历史数据进行统计分析，这会大大节省时间和费用，而不是通过实验来获取校正过程的数据。我们的已有数据的构成可能为某个测量值 Y（比如过程的产出，某种加工材料的强度）和相关的过程变量 x_1，x_2，…，x_k（例如 x_1=压力，x_2=酸度，$k=2$）。

这种情形完全不同于在预先根据统计设计准则选定的一系列 x_1，…，x_k 的组合下进行的实验，即使最彻底的统计分析也很难从这些数据中得到什么东西。其中的几点原因如下：

各个 x 变量之间可能是高度相关的，因此或许不可能分离出其中的某个变量（如 x_1 或 x_2）所造成的影响。

各个 x 变量可能会因控制过程的输出 Y 而受到了调整（有些可能已经达到不利于过程输出的程度），因此在分析时会给出错误的信息。

这些 x 变量或许只是覆盖了可能的运行范围的非常小的部分，任何的因 x 的变化而引起的 Y 的变化的迹象都可能为过程变异（用稍后讨论的“标准差”来衡量）的规模所压倒。

影响过程输出的其他变量（如时间、空气条件、操作者等）或许并未保持恒定，事实上这才是所观察到的过程变化的真正原因（只是依据几个 x 变量进行的分析可能就会得出一个没有现实依据的模型）。

出于这些理由，一个精心计划的实验通常要比深入分析在未加控制的条件下收集到的历史数据能够获得多得多的信息。对这些历史数据的分析充其量也只不过能够提示出在设计实验时应当包括哪些最重要的变量而已。

作为上述这些问题的一个例子，我们来考察一组历史数据，这些数据由表 44—2 中的 5 对（x_1，x_2）值和相应的 Y 值所构成。我们看到 x_1（酸度）值散布在 80～110 之间，x_2（压力）值散布在 105～144 之间。但是，对于(x_1，x_2)数值的描点表明，5 个数据点全部处于同一条直线上，如图 44—1 所示。因此，对于这些数据的分析很难告诉我们某个影响是由于 x_1 还是由于 x_2 所造成的。这些点压根儿没有覆盖取值在 80～110 之间的 x_1 和取值在 105～144 之间的 x_2 所形成的空间。另外，为了解决生产中的问题，也许还需要对于这一历史运行空间的外部加以探索，但借助于这里提供的历史数据却做不到这一点。

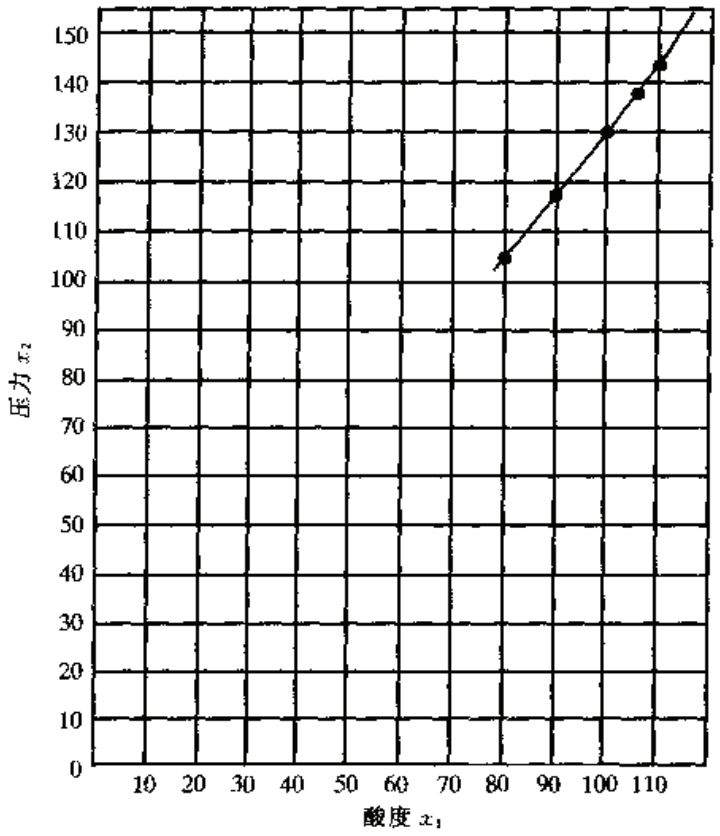


图 44—1　一个历史数据集 (x_1, x_2) 的描点图

图上描出了 5 个数据点，通过这些点描出了一条直线。

诸如图 44—1 中所出现的问题被称为数据点的多重共线性，这里的数据点即我们用来分析的数据集合 $(x_1, \cdots, x_k)$。当 $k=2$ 时，这样的问题用诸如图 44—1 的图形很容易判断出来，我们应当随时制作这样的图形。当 $k=3$ 时，可以用计算机图形软件包来判断这种情况。但是，k 常常要比 2 或 3 大得多，因此就需要通过统计分析来判断多重共线性。近似多重共线性（即数据点当 $k=2$ 时几乎落在一条直线上，当 $k=3$ 时几乎落在一个平面上，或当 k 大于 3 时，落在 $k-1$ 维超平面上）是一个同样大的问题，且更难判断。[有关这一问题的进一步的文献以及对于计算机程序的评论，可参见 Hoerl and Kennard (1981)。最近的一些成果，可参见 Huh and Olkin (1995)，其中包括了使用 Longley (1967) 中的经典数据的数值说明。]

表 44—2　　历史数据

数据点	x_1 (酸度)	x_2 (压力)
1	100	131.0
2	90	118.0
3	105	137.5
4	110	144.0
5	80	105.0

计划实验数据 计划实验数据（data from planned experimentation）是在研究一个所面对或所考虑的问题的活动中所收集的数据。这些数据收集自那些被认为较重要的变量（x_1，…，x_k）的各种取值，同时使有可能对输出产生影响的所有其他变量（x_{k+1}，…，x_m）保持恒定（可能的话，并记录下各种情况下的数值）。例如，气压在多数情况下可能是不可控的，但如果预先认为它可能会对输出有影响，则应在每次实验中加以监测和记录。（如果是不相关的，以后就可以将其忽略；如果相关而没有记录，我们就不能够发现这种相关性。）所使用的设计细节，亦即一旦选定了实验变量后如何来选择（x_1，…，x_k）的取值，将在第47章“实验设计与分析”中加以讨论，也可参见杜德韦克等人（Dudewicz and Karian，1985）的论述。

数据筛选 一旦在前面的数据收集和分析对照清单中第2步中所描述的数据已经收集到（第3步），则对其进行分析的第一步（第4a步）便是对这些数据进行筛选。我们将讨论这一关键步骤（但却经常被忽略）的必要性和一些常用的筛选方法，还要讨论一种带有较大危险的非常普遍的方法。

数据筛选的必要性 在一个数据集中，如果其中不含有录错的数值，不含有技术上正确但由于某种原因（如设备故障）而导致实验有偏的数值，且其基本模型在实验区域内不会改变形式，这样的数据集就被称为一个纯净的（clean）数据集。实验者普遍希望通过仔细认真地实施和记录实验就能够得到这样的数据。然而，与实验者的期望相反，没有几位统计学家见到过纯净的数据集（尽管对许多领域中的众多数据集进行了多年研究）。因此，这意味着，在数据分析的第一阶段，所有的数据集都需要加以检查，以防有可能导致无效推断结果的数值留在数据集中。进行这种检查的程序被称为数据筛选方法（data screening methods）。在这些方法中最有效的是用于回归分析结果的那些方法（本章稍后将会讨论）。

也有许多方法可以而且应该在一开始时，在进行回归分析之前就加以应用，目的是找出离群值（outliers），亦即明显偏离其他数据的那些观察值（或观察值组）。有许多的检验可用来找出离群值［Sheesley（1977）介绍了其中的一些］。有一个简单的法则是，如果某个观察值处在均值的2.5个、3个或4个标准差之外，则可将其称为离群值（Draper and Smith，1981）。下面将会对此加以进一步的讨论。

数据筛选的方法 如果观察值处在了均值的 L 倍标准差区间之外，则将其看做是离群值，这是最常用的数据筛选方法之一。（标准差将在下面的“样本特征值”部分加以讨论。）数值 L 通常取2.5、3或4。L 越大，找到离群值的可能性就越小；而 L 越小，好的观察值就越有可能被划为离群值。例如，从附录Ⅱ的表B中，我们可以看出，如果 $L=3$，那么即使数据集中没有离群值，观察值中也会有 $100\times0.002\ 7=0.27$（个）百分点将处在均值的3个标准差之外，这里假设观察值服从正态分布。因此，如果使用 $L=3$，对于1 000个数据点的数据

集，则可以预期将会发现大约 3 个可能的离群值（1 000的 0.27 个百分点是 2.7，约为 3）。所考虑的数据集越大，找出的离群值就可能会越多，即使数据本身并不存在问题（这是不大可能的）。出于这一原因：

只有当离群值能够追溯到特定的原因时（如记录错误、实验误差等），才可以在分析中将之剔除。

通常，根据所筛选数据集的大小来选取 L 的取值；当 $n=1\ 000$个数据点时，取 $L=3$ 是合理的；当 $n=100$ 时，可以取 $L=2.5$，如果数据没有问题的话，预期只能找出（100）（0.012 4）=1.24（个）离群值。

在将坏的数据剔除或替换（希望如此，若实验可在实验计划规定的条件下重做）之后，应对数据进行再次的筛选：随着“最坏的”数据点被剔除或修正，不太极端的点便会成为可能的离群值。下面将讨论另一种常用的方法，即散点图。

交叉图及其危险性　交叉图（crossplots）也称散点图（scatter plots），是将数据集中的每一对变量的值描绘在坐标图上。例如，在表 44—2 的例子中，可以描出 Y 与 x_1，Y 与 x_2，以及 x_1 与 x_2 的交叉图。图 44—1 给出了 x_1 与 x_2 的交叉图（其中反映出了数据的一些已讨论过的问题）。要注意的是，当应用这一方法时，要使用所测量的所有变量［而非只是那些被认为重要的变量；参见 Nelson（1979，chap.4）］。

使用这样的图要高度谨慎。当点看上去异常时（如远离大多数数据点）就应当对其进行审查，看其是否存在什么问题，不应使用这些图来得出有关产出与 x_1 和/或 x_2 的关系的结论。例如，假设我们有表 44—3 中的数据集，那么，Y 与 x_1 和 Y 与 x_2 的交叉图（见图 44—2）可能会使人们误认为 Y 是 x_1 的减函数和 x_2 的增函数（这样，为了使产出最大化，就可能将 x_1 设得尽可能低，将 x_2 设得尽可能高）。然而，很容易验证，表 44—3 中的数据正好来自于关系式（模型）$Y=10+x_1+2x_2$。因此，事实上 Y 却是 x_1 的增函数（而非交叉图所显示的减函数）。丹尼尔（Daniel，1977）指出，从表 44—4 的数据集中可以获得进一步的启示。图 44—3 给出了这一数据集的交叉图。这样，可以看到，即使确实存在着很强的关系（仍是 $Y=10+x_1+2x_2$），但其交叉图却毫无显示。更糟糕的是，通过对于点（x_1，x_2）加以选择，很明显人们能够得出任意斜率（负数，如表 44—2 和图 44—2；零；或正数）的 Y 与 x_1 的关系，或以任意方向或复杂度来光滑地描绘出这一关系。（本章后面讨论的回归方法将不会为表 44—4 的数据关系所蒙骗，它们会给出其真实的关系。）因此，交叉图对于找出可能的离群值是有用的；然而，它并非回归的替代，并且很容易被误用。

数据整理的描述统计学　许多整理数据的实用方法在概念上是相当简单的。视数据整理的目的而定，有时用一种方法便可给出有用的和完整的整理。更多的情况是，为了获得所希望的清楚的描述，要使用两种或更多的方法。一些重要的

方法如：依照数据时间顺序的描点图、频数分布和直方图、样本特征值（均值、中位数、众数、方差、标准差和百分位数）、集中趋势/位置的度量、分散的度量等。

表 44—3　　交叉图示例的数据集 *A*

数据点	x_1	x_2	Y
1	−2	1	10
2	−1	−2	5
3	0	−5	0

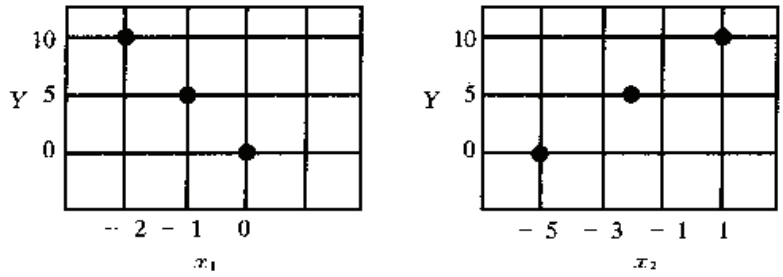


图 44—2　表 44—3 的数据集 *A* 中的 *Y* 与 x_1 和 *Y* 与 x_2 的交叉图

表 44—4　　交叉图示例的数据集 *B*

数据点	x_1	x_2	Y
1	−2	1	10
2	−1	−2	5
3	0	0	10
4	1	2	15
5	2	−1	10

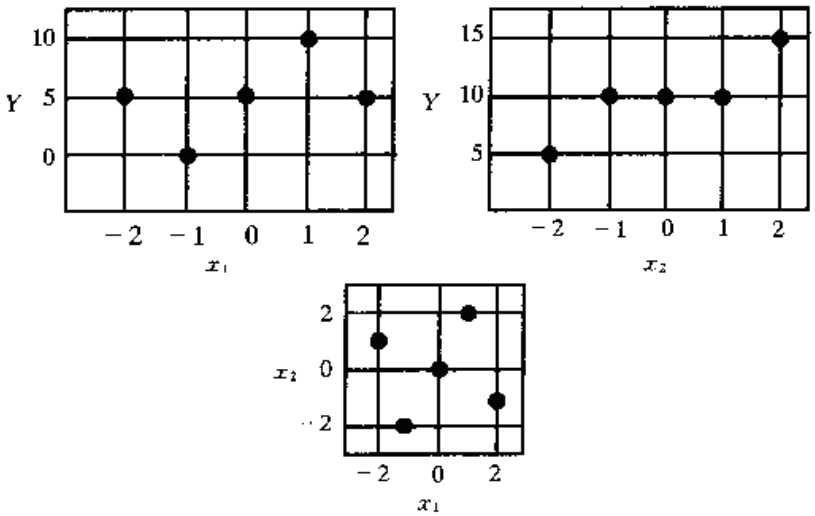


图 44—3　表 44—4 的数据集 *B* 的交叉图

描点图与数据的时间顺序　在很多场合下，当得到一个数据集后，将产出 Y 按照实验进行的时间顺序进行描点（实质上就是作出 *Y* 与时间 *t* 的散点图）将会

是非常有启发的。这个描点图中可能会引起我们注意的现象包括：

一些观察值，通常是在实验开始时，远离其他值；通常这代表着实验者对于实验条件的学习曲线，可能的话，这些实验应该加以重复。

在每天（或每周，等等）中存在着趋势；这可能代表着如机器或过程的发热、操作者的疲劳或类似的与时间相关的趋势。

变异性随时间递减（或递增）；这或许可以归因为学习曲线或原材料的特性（当一批材料用完后，下一批有更少或更多的杂质）。

当甚至在 Y 的原始观察值相对于时间的描点图中趋势也很明显时，在回归分析后的观察值的残差（观察值与预测值的差）的描点图中，通常就更容易发现这些趋势。详见本章后面的“回归分析”的内容。

频数直方图　频数直方图（或频数分布）是一种将众多的数据加以展示的统计工具，它能够使得沿着测量值的数轴上的集中趋势和离散更加清晰，同时还表示出了不同数值发生的相对频率。

表 44—5 给出的原始数据是 100 个线圈的电阻测量值。单看这 100 个数字是很难把握其中的意义的。

表 44—5　　100 个线圈的电阻值　　单位：Ω

3.37	3.34	3.38	3.32	3.33	3.28	3.34	3.31	3.33	3.34
3.29	3.36	3.30	3.31	3.33	3.34	3.34	3.36	3.39	3.34
3.35	3.36	3.30	3.32	3.33	3.35	3.35	3.34	3.32	3.38
3.32	3.37	3.34	3.38	3.36	3.37	3.36	3.31	3.33	3.30
3.35	3.33	3.38	3.37	3.44	3.32	3.36	3.32	3.29	3.35
3.38	3.39	3.34	3.32	3.30	3.39	3.36	3.40	3.32	3.33
3.29	3.41	3.27	3.36	3.41	3.37	3.36	3.37	3.33	3.36
3.31	3.33	3.35	3.34	3.35	3.34	3.31	3.36	3.37	3.35
3.40	3.35	3.37	3.32	3.35	3.36	3.38	3.35	3.31	3.34
3.35	3.36	3.39	3.31	3.31	3.30	3.35	3.33	3.35	3.31

表 44—6 给出了经过列表整理后的同一套数据。可以看出，分析人员在“计数”栏中画出的签数使得集中趋势和离散情况变得更加的明显。“频数”栏只是将这些签数改记作了数字。“累积频数”栏是表示等于或大于相应电阻值的线圈的个数。

表 44—6 中表示了从 3.44 到 3.27 的数值范围，或宽度为 0.01Ω 的 17 个区间。如果我们希望减少这些区间的个数，则可以将数据划分为若干个“小组”。表 44—7 表示的是将同一套数据划分为 6 个小组的频数分布，每一小组宽 0.03Ω。将数据分组简化了对其分布的展示，便于研究，但会失去某些细节。（然而，必要时仍可查阅原始数据。）

建立频数分布的步骤如下：

表 44—6　　100 个线圈的电阻值的计数

电阻值(Ω)	计数	频数	累积频数
3.45			
3.44	丨	1	1
3.43			
3.42			
3.41	丨丨	2	3
3.40	丨丨	2	5
3.39	丨丨丨丨	4	9
3.38	正丨	6	15
3.37	正丨丨丨	8	23
3.36	正正丨丨丨	13	36
3.35	正正丨丨丨丨	14	50
3.34	正正丨丨	12	62
3.33	正正	10	72
3.32	正丨丨丨丨	9	81
3.31	正丨丨丨丨	9	90
3.30	正	5	95
3.29	丨丨丨	3	98
3.28	丨	1	99
3.27	丨	1	100
3.26			
合计		100	

表 44—7　　电阻值的频数分布

电阻值（Ω）		频数	累积频数
分组界限	中点		
3.415～3.445	3.43	1	1
3.385～3.415	3.40	8	9
3.355～3.385	3.37	27	36
3.325～3.355	3.34	36	72
3.295～3.325	3.31	23	95
3.265～3.295	3.28	5	100
		100	

1．决定分组数。表 44—8 给出了适合于大多数情况的分组指南。这些指南并非硬性的规定，必要时可以加以调整。其目的不只是提供一个清晰的数据概括，而且还要揭示出数据中的内在形态。

表 44—8　　频数分布的分组数

观察值数目	建议分组数
20～50	6
51～100	7
101～200	8
201～500	9
501～1 000	10
1 000 以上	11～20

2．计算出近似的分组区间 i。分组区间等于最大观察值减去最小观察值再除以小组数。将计算结果圆整后取一个适当的数值。

3．列出组限，建立小组。为了方便以后的计算：

(1) 组限应比原数据多取一位小数，应以 5 结尾。

(2) 在整个频数分布中，所有小组的区间应当相等。

4. 将每一观察值在其相应的小组中标记，并写出每一小组的总的频数 f。

将频数分布用图形表示出来可以有若干种方式。其中最普遍的便是频数直方图。图 44—4 便是以直方图形式表示的表 44—7 的电阻值数据。这种图的做法简单，容易理解，因而在基本的数据分析中有着广泛的应用。

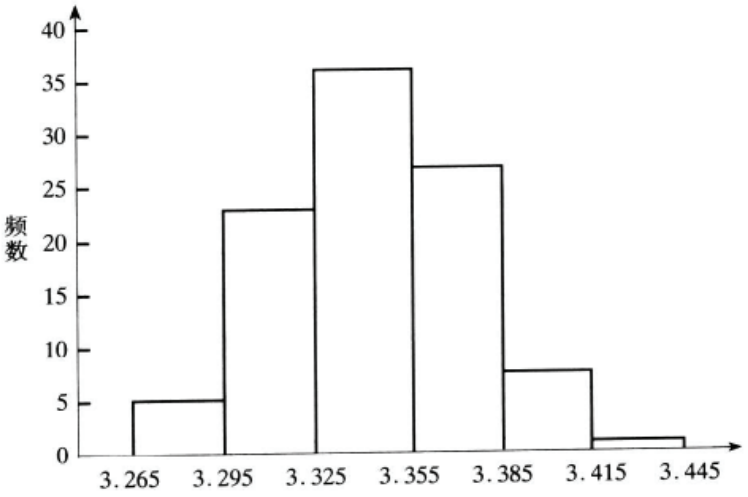


图 44—4　电阻值的直方图

频数直方图有着广泛而有效的应用。其中的一个例子便是用它来比较过程能力和公差限。图 44—5 的直方图显示出该过程的内在能力完全能够满足图上所标公差限的要求。之所以其缺陷率很高，是因为该过程的运行设置使得其分布中心并未放在公差限的中点上。(其他的例子可参见第 22 章“运营”。)

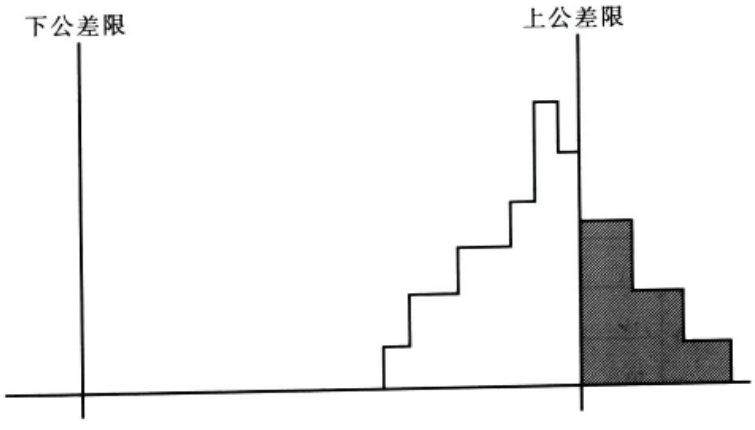


图 44—5　某过程的直方图

要从直方图分析中得出样本数据范围之外的结论，通常至少要有 50 个以上的测量值。

样本特征值：均值、中位数、众数、方差、标准差、百分位数　面对一个很大的数据集，一眼看上去只是一堆无规律可循的没有意义的数字，描述统计学为

我们提供了一种从中萃取信息的简单方法。数据的这些特征值可能会涉及一个“典型（或中心）值”（均值、中位数、众数），一个变异性大小的测度（方差、标准差），或一个频数的测度（百分位数）。前两类特征值（典型值与变异性）将在随后讨论，我们首先给出关于百分位点的概念。

百分位数曲线（percentile curve）是数据的百分位数秩相对于数据值的描点图。例如，在表 44—6 给出的 100 个线圈的电阻值的数据中，有 1% 的数值等于或小于 3.27，2% 的数值等于或小于 3.28，5% 的数值等于或小于 3.29，等等，如表 44—9 所示。图 44—6 给出了这些数据的百分位数秩图（或百分位数曲线）。要注意的是，尽管从数据中得出的是一个“不光滑”的曲线（因为数据的百分位数曲线在每个数据点处跳跃并且在实际的数据点之间是不变的），但是，贯通数据的一条光滑曲线将会更好地代表现实，这便是图 44—6 中用虚线作出的曲线。（这样，当我们的样本中没有出现数值 3.42 和 3.43 时，我们预期它们会在一个更大的样本中，从而我们可以用这条光滑的曲线来评估其出现的可能性。）注意在作一个数据集的百分位数曲线时，我们并没有丢弃（或组合）任何数据。从这一意义上而言，这是一个比建立数据直方图更为精确的过程（因为这一过程中没有“丢失”信息）。大多数统计工作在应用百分位数曲线时都将其称为数据的分布函数。（在早先的文献中这被称为累积分布函数。）由于分布给出了数据落在或小于每个值的比例，故分布图与分布曲线是同一回事；只是纵轴上的刻度变作了从 0 到 1（因为 0 到 100 的刻度除以 100 为 0 到 1）。

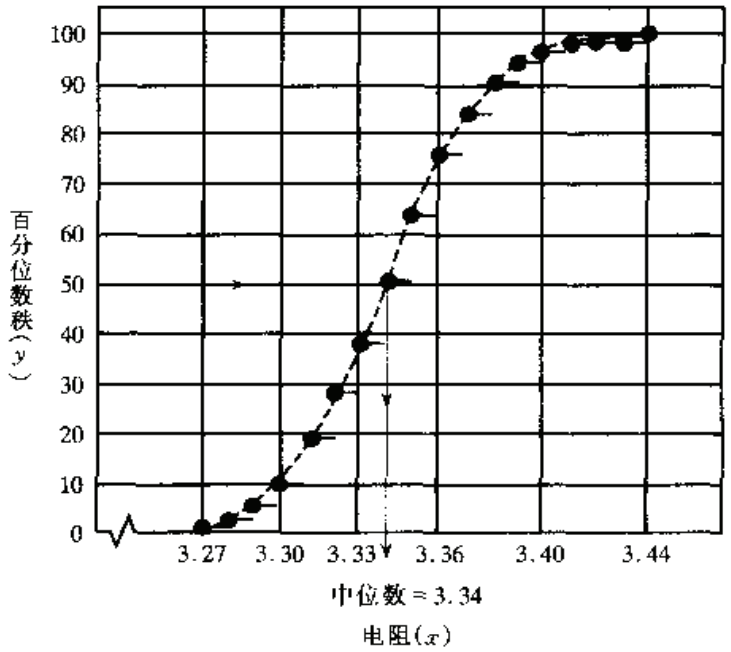


图 44—6 一个数据集的百分位点曲线

表 44—9　　表 44—6 中的电阻值的百分位数秩

电阻（x）	3.27	3.28	3.29	3.30	3.31	3.32	3.33	3.34
百分位数秩（y）	1	2	5	10	19	28	38	40
	3.35	3.36	3.37	3.38	3.39	3.40	3.41	3.42
	64	77	85	91	95	97	99	99
	3.43	3.44						
	99	100						

集中趋势/位置的衡量指标　大多数频数分布都显示出一种集中趋势，亦即大量的观察值积聚在两个极值之间的区域上。集中趋势是所有统计分析中的两个最基本概念之一。

有三个主要的关于集中趋势的衡量指标：算术平均值、中位数和众数。算术平均值（通常所说的“平均”）用于对称或近似对称的分布或没有一个具有明显优势的单峰存在的分布。算术平均值 $\bar{X}$ 是质量工作中最常用的指标。它在报告平均规模、平均产出、平均缺陷率等方面使用得如此广泛，为了对其进行分析和追踪而设计了专门的控制图。这些控制图能就中心值的显著变化给出早期的预警（参见第 45 章“统计过程控制”）。

平均值是通过将观察值累加并除以观察值的个数来计算的。下面“离中趋势的衡量指标”部分中的一个例子给出了计算平均值的一种简便方法。

中位数（数值按大小排序后的中间值）用于减小极端值的影响或用于可排序但不能经济地进行测量的数据（颜色深浅、外观、气味等）或特定的检验场合。例如，在用五个零件的平均值来确定是否达到了某个寿命试验的要求的场合，第三个零件的失效寿命有时可用来预测所有五个零件的平均值，这样的话便能够更快地得出检验的结论。如图 44—6 所示，中位数就是百分位点曲线达到 50% 时的水平刻度值。

众数（数据中出现最多的值）用于严重偏斜的分布，描述的是出现了两个峰顶的不规则情形，或用于剔除极端值的影响。这些指标有着不同的统计“效率”。[详细的说明可参见 Dixon and Massy（1969，chap.9）或 Dudewicz（1976，pp. 221-222）。]

离中趋势的衡量指标　数据总是围绕在集中趋势的周围散布着的，这种散布的程度被称为离中趋势（dispersion）或变异（variation）。离中趋势的衡量指标是所有统计分析中两类最基本的衡量指标中的第二类。

有关离中趋势的衡量指标有若干种。其中最简单的一个指标便是极差，即数据中的最大值与最小值的差。因为极差只是基于两个值，故在观察值的数目较少时（10 个或更少）是非常有用的。

衡量变异的最重要的指标是标准差。样本标准差的定义为：

$$s = \sqrt{\frac{\sum (X - \bar{X})^2}{n - 1}}$$

其中：s = 样本标准差；

$\sum$ = “求和”；

X = 观察值；

$\bar{X}$ = 算术平均值；

n = 观察值的个数。

为了计算方便，采用一个等效的公式：

$$s = \sqrt{\frac{n\sum (X^2) - (\sum X)^2}{n(n-1)}}$$

标准差的平方称为方差（variance）。还有一个指标称为协方差，它给出了有关变量 X 和 Y 的成对观察值之间的关系的信息。协方差定义为：

$$s_{XY} = \frac{\sum [(X - \bar{X})(Y - \bar{Y})]}{n - 1}$$

有关两个或多个变量间的关系的进一步讨论将在本章后面的“回归与相关分析”部分进行。

当把数据整理为频数分布表的形式之后，就可以采用下面的简便算法来简单地得出均值和方差的计算。表 44—10 演示了这一算法。首先是要任意假定一个原点 A，我们将 A 设为 3.37。然后在 d' 栏的这一行上填入一个零值。该栏中的其他数字分别表示其所在行居于零值之上或之下几个单位。当该行数据值小于指定值 3.37 时为负号。第（4）栏 fd' 的数值是第（2）栏和第（3）栏的数值之乘积。类似地，$f(d)'^2$ 是第（3）栏和第（4）栏的数值的乘积。注意最后两栏的总和分别由公式 $\sum fd'$ 和 $\sum f(d')^2$ 所确定，i 为分组区间长度。由于这里的乘法十分简单，用心算即可得出答案，整张表很快就可以完成。

$$\bar{X} = A + \left(\frac{\sum fd'}{n}\right)i = 3.37 + \left(\frac{-87}{100}\right)0.03 = 3.344$$

$$s = i\sqrt{\frac{n\sum f(d')^2 - (\sum fd')^2}{n(n-1)}}$$

$$s = 0.03\sqrt{\frac{100(185) - (-87)^2}{100(99)}} = 0.031$$

对于容量只有 10 或更小的样本的观察值，标准差可利用极差来近似算出，计算式为 R/d_2，d_2 是附录Ⅱ的表 A 中的一个因子。例如，假定表 44—5 中的第一栏的值代表一个容量为 10 的样本。其极差为 3.40 − 3.29，或 0.11。从附录Ⅱ的表 A 中可以查得，$d_2 = 3.078$。标准差的估计则为 $0.11/3.078 = 0.036$。这比直接按照上述公式来计算标准差要简单得多。本章后面的论述中还会进一步说明极差的这些特性。[Dixon and Massey (1969, pp.136−140) 给出了有关各种极差

应用的程序和表格。]

有关变异的最后一种衡量指标是变异系数。它定义为标准差除以平均值，因而是对变异的一种相对测度。当对均值不同但相对变异具有某种共性的若干数据集进行比较时，这一指标是很有帮助的。

上述的各种数据整理的方法都可以用计算机来实施，下面将会对此加以讨论。(有关质量控制的计算机程序方面的进一步信息也可参见本手册第 10 章的内容。)

表 44—10　　均值和标准差的计算

中点 (1)	频数 f (2)	d' (3)	fd' (4)	$f(d')^2$ (5)
3.43	1	+2	2	4
3.40	8	+1	8	8
3.37	27	0	0	0
3.34	36	−1	−36	36
3.31	23	−2	−46	92
3.28	5	−3	−15	45
	$\sum = 100$		$\sum = -87$	$\sum = 185$

茎叶图、箱形图和其他的统计图示　通过观察数据来找出其中的类型及其他特征是非常重要的。事实上，人们常说“统计学的第一准则就是观察数据”。这并不意味着不加仔细审视就将数据输入到某个计算机程序中。它意味着要亲眼观察数据，计算重要的特征值，检查是否满足已知的有效性指标，并用图形来描绘某些数据特征。在数据分析的这些最初阶段，存在着许多的方法和途径，不同的统计流派喜好不同的方法，所有这些方法都有某种用途，其总体的数目和效用是惊人的。茎叶图和箱形图都是广受人们重视的方法（除了先前详细介绍的那些方法之外），许多导论性的统计教材都可以加以参考。这些都属于所谓的统计图示的组成部分，可进行这种计算的计算机程序比比皆是。但是，要充分发挥其全部的潜力，这些方法还需要加以精心和明智的使用（例如我们前面讨论过的交叉图）。[Schmid (1983) 是这一领域中的很好的参考资料（其中例子很多，并对数据图示的优劣有着详细的点评）。]

描述性统计学中的精确计算　即使是简单统计量的精确计算也并非如看起来那么简单，正如下面的“数据变换”部分中的例子所表明的那样。特别地，

手工计算是一个极易出错的过程，尤其是当数据点等于或多于 10 个时就更是如此。

编制用于计算的计算机程序既要有统计学和数据分析方面的知识，同时还需要懂得计算机编程；因此大多数情况不建议自己去做。

许多计算机（尤其是微机）软件的质量都不算高。

因此，在所有这些分析中都应使用高质量的统计软件包程序。具体而言，

SAS、BMDP、STATPRO 和 LABONE 这几个软件包是值得推荐的。这些软件质量不错，其可应用的范围覆盖了许多不同种类的计算机（包括 IBM 和 Data General 主机，APPLE 和 IBM PC 以及各种小型机）。另外一些得到广泛应用的软件包还有 MINITAB 和 SPSS。还有许多其他的软件包，有些是专为特定的统计领域（如实验设计）而设计的。应当注意，这些软件的质量差异很大。SAS 被许多人认为是这些软件中的“黄金标准”。

［有关 SAS 的详细介绍可参见 SAS Institute, Inc.（1982）。关于 BMDP 可参见 Dixon（1983）。关于 STATPRO 可参见 Pinsky（1983）。关于 LABONE 可参见 Levy and Dumoulin（1984）。］有关各软件包所适用的计算机类型的当前信息和相关的许可信息可通过电话询问。

第 10 章“计算机在质量体系中的应用”中给出了有关统计软件包的进一步信息。这些软件包中的图表功能（如 SAS 中的 SAS/GRAPH）的质量常常会让人觉得物超所值。美国质量协会（ASQ）每年都会出版一本《质量保证和质量控制的软件指南》。（ASQC, 1996）。

数据变换 假定我们有表 44—11 所示的 5 个观察值 $X_1, \cdots, X_5$，我们希望计算其均值和标准差。那么借助一个袖珍计算器或一台大型机，我们可以得到：

$$\sum_{i=1}^{5} X_i = 49\ 345 \qquad \sum_{i=1}^{5} X_i^2 = 4.869\ 858\ 1 \times 10^8$$

$$\bar{X} = 9\ 869 \qquad s^2 = 0.985 \qquad s = 0.992$$

这些答案的惟一问题是它们都是错误的。例如，9 869小于所有的观察值，因此它不可能是均值。标准差是数据分散的测量指标，数据最大至最小的差异是 0.000 08，因此 0.992 是太大了。导致这种不精确的问题在于，所使用的计算机只保留了八位小数，因而丢弃了精确计算所需的小数位数。要精确地计算 5 个数字的均值和标准差都如此困难，很显然，有效数字的问题必须如上面所讨论的那样进行仔细的精度分析，也正是基于这一原因，必须对软件的能力进行认真的分析，否则不应轻信某个软件。上面推荐的四种软件包其质量是很不错的。

如果不得不使用未经测试的软件，则建议应对数据进行变换，亦即用 $Y_1, \cdots, Y_5$ 来进行计算，$Y_i = a(X_i + b)$。例如，如果选择 $a = 10^5$ 和 $b = -9\ 869$，我们就有 $Y_1 = 13$，$Y_2 = 7$，$Y_3 = 15$，$Y_4 = 8$，$Y_5 = 9$，我们可以（在同一台计算机上）计算出：

$$\sum_{i=1}^{5} Y_i = 52, \sum_{i=1}^{5} Y_i^2 = 588, \bar{Y} = 10.4, s_Y^2 = 11.8, s_Y = 3.435\ 1$$

这些结果是绝对正确的。$\bar{X}$，s_X^2 以及 $\bar{Y}$，s_Y^2 之间的关系便为：

$$\bar{X} = \frac{1}{a}Y - b, \quad s_X^2 = \frac{1}{a^2}s_Y^2$$

表 44—11　　5 个数据点

$X_1 = 9\ 869.000\ 13$
$X_2 = 9\ 869.000\ 07$
$X_3 = 9\ 869.000\ 15$
$X_4 = 9\ 869.000\ 08$
$X_5 = 9\ 869.000\ 09$

因此我们得出（应当说是再次得出）：

$$\bar{X} = 10.4 \times 10^{-5} + 9\ 869 = 9\ 869.000\ 104$$

$$s_X^2 = 11.8 \times 10^{-10}\ （因此\ s_X = 0.000\ 034）$$

这种数据变换的方法可以在许多其他更为复杂的统计计算（如回归）中保持精确性。事实上，对于许多高质量的统计软件包而言，这种变换是自动完成的。如果你所用的不是上面所推荐的几种高质量的软件包时，就应当进行数据的变换。此外，如果人们能够遵守统计学中“仔细观察数据”（look at the data）这一重要准则的话，就可以提早发现由于不精确的软件而造成的许多荒谬的错误。（很多场合下，人们拿到数据后，不顾本章所提出的告诫，看都不看就输入到计算机中进行分析，许多公司因此而造成了许多严重的问题。）

关于数据变换中 a 和 b 的选择，最好采用 $a = 1/s_X$ 和 $b = -\bar{X}$。如果这些值通过软件不能够可靠地获得，可使用下一段所讨论的简单估计来加以替代。

集中趋势与离中趋势的简单估计　我们经常需要简单地估计有关一组数据的中心值和分散（比如，为了上述的数据变换，及在时间很紧的情况下对数据的快速分析）。中位数（$\tilde{X}$）和极差中点是两种简单的集中趋势的衡量指标，可表述为：

$$\frac{\text{Maximum}\ (X)\ + \text{minimum}\ (X)}{2}$$

有关变异性的一个简单的衡量指标为：

$$\frac{\text{Maximum}\ (X)\ - \text{minimum}\ (X)}{4}$$

对于表 44—11 的数据，$\bar{X}$ 的真值为 9 869.000 104。用两种简便方法得出的结果分别是 9 869.000 09 和 9 869.000 110。类似地，标准差的真值为 $s_X = 0.000\ 034$，简便方法得到的估计值为0.000 020。（如果采用附录Ⅱ中的表 A，用极差除以 d_2 来代替极差除以 4，可以得到一个更好的估计。对于这 5 个数据点，$d_2 = 2.326$，因此 s_X 的估计便为0.000 080/2.326 = 0.000 034。）

实验的概率模型

样本不同于总体。样本（sample）是从一个大的来源中抽取的有限数目的测量值。总体（population）是测量值的一个大的来源，样本便取自其中。（要注意

的是，总体可以是实际的存在，例如某个批中的全部音响设备。它也可以是概念上的，如可能进行的所有实验。）

概率分布是将某个特性的取值与其在总体中出现的概率联系起来的一个数学公式。图 44—7 中简要概括了几种分布。当所测量特性能够取任意数值时（当然受到测量过程的精密度的限制），其概率分布就称为连续的概率分布。例如，表 44—7 中的电阻值数据的概率分布就是一个连续的概率分布的例子，因为电阻值能够取任何数值，它只是受到测量仪器的精密度的限制。经验表明，大多数连续的特性要么服从于某个常见的概率分布，如正态分布、指数分布或威布尔分布，要么可以用某个经验估计加以拟合，如本章后面将会讨论到的那样。这些分布可以给出某一特性实际值发生的概率。其他一些连续分布（如 t 分布、F 分布和卡方分布）在数据分析中也非常重要，但并不给出实际值发生的概率。

当所测量的特性只能取某些特定的值时（如整数 0，1，2，3，等），其概率分布就称为离散的概率分布。例如，在一个由五件产品构成的样本中，其不合格品数 r 就是一个离散的概率分布，因为 r 只能为 0，1，2，3，4 或 5。常见的离散分布有泊松分布、二项分布、负二项分布和超几何分布（见图 44—7）。

以下各节将阐述观察值样本的概率分布是如何用来预测更大的总体的情况的。

样本空间 统计学所针对的是实验的结果。进行一次实验，就会得到某种结果，我们用字母 e 来表示一个典型的结果。这样的一个结果被称为一个简单事件。如果将我们的实验的所有可能结果都列出来，这个集合就称为该实验的样本空间。

举例来说，如果我们的实验是投掷三枚硬币观察是正面（H）还是背面（T），则该样本空间便包括以下八种可能的结果：

HHH HHT HTH THH HTT THT TTH TTT

为了简化标记，我们将这些结果分别表示为 e_1，e_2，e_3，e_4，e_5，e_6，e_7，e_8。

我们赋予每一简单事件一个称为概率的数字。我们认为这个数字代表了每个简单事件所发生的次数在这种次数非常大的实验中所占的比例。例如，在我们投掷三枚硬币的实验中，HHH 的概率通常为 $1/8=0.125$，因为在多次投掷三枚硬币的实验中出现 HHH 的次数约占八分之一。我们将简单事件 e 的概率表示为 $P(e)$，这样便有 $P(\text{HHH})=1/8$。

由于在每次实验中总是会出现某种结果，当我们将样本空间中的每个 e 出现次数的比例加总时，我们肯定会得到总和为 1。由于概率代表着事件在大量实验中的比例，将所有结果都考虑在内时的概率加总也肯定为 1。例如，在我们投掷三枚硬币的这个例子中，

$$P(e_1)+P(e_2)+P(e_3)+P(e_4)+P(e_5)+P(e_6)+P(e_7)+P(e_8)=1$$

事件 我们常常感兴趣的并非简单事件而是其组合，这种组合被称为组合事件。例如，在我们投掷三枚硬币的例子中，“正面多于反面”这一事件当且仅当简单事件 e_1，e_2，e_3，e_4（亦即简单事件）中的一个发生时才能发生。“正面多

于反面”的频率将等于 e_1，e_2，e_3，e_4 的相对频率之和。因此，我们说“正面多于反面”这一事件的概率是组成“正面多于反面”这一事件的简单事件的概率之和：

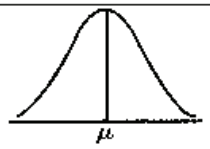
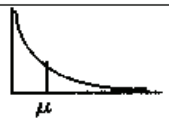
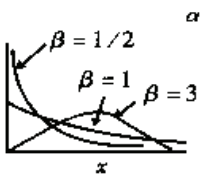
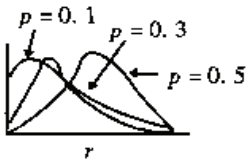
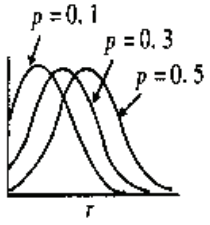
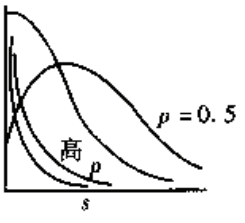
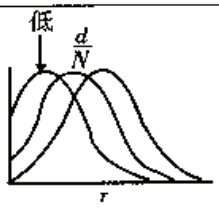
分布类型	分布形状	概率函数	应用范围
正态分布		$y=\frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}}e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}}$ μ = 均值 σ = 标准差	适用于当观察值集中在均值周围且出现在均值两边的可能性相等的场合。观察值的变异通常是众多微小原因作用的结果。
指数分布		$y=\frac{1}{\mu}e^{-\frac{x}{\mu}}$	适用于观察值出现于平均值之下较之出现于平均值之上为多时的场合。
威布尔分布		$y=\alpha\beta(x-\gamma)^{\beta-1}\cdot e^{-\alpha(x-\gamma)^{\beta}}$ α = 尺度参数 β = 形状参数 γ = 位置参数	适用于描述各种不同的变异类型，包括背离正态分布和指数分布的情况。
泊松分布*		$y=\frac{(np)^r e^{-np}}{r!}$ n = 实验次数 r = 发生次数 p = 发生概率	应用范围与二项分布相同，但特别适用于某一事件有许多发生的机会，但每次发生的概率都很小（小于 0.10）的场合。
二项分布*		$y=\frac{n!}{r!(n-r)!}\cdot p^r q^{n-r}$ n = 实验次数 r = 发生次数 p = 发生概率 $q=1-p$	适用于定义某一事件在 n 次试验中发生 r 次的概率，该事件每次试验中发生的概率为 p。
负二项分布*		$y=\frac{(r+s-1)!}{(r-1)!(s!)}\cdot p^r q^s$ r = 发生次数 s = 实验次数与发生次数之差 p = 发生概率 $q=1-p$	适用于定义某一事件发生 r 次需要 $r+s$ 次试验的概率，该事件在每次试验中发生的概率为 p（注意试验总次数 n 为 $r+s$）。
超几何分布*		$y=\frac{\binom{d}{r}\binom{N-d}{n-r}}{\binom{N}{n}}$	适用于定义某个事件在 n 次试验中发生 r 次的概率，已知在总体 N 中该事件发生的总数为 d。

图 44—7　常见的单变量概率分布一览

说明：星号表示离散型分布，为了便于与连续型分布比较，其曲线画成了连续的。

$$P\ (\text{正面多于反面}) = P\ (e_1) + P\ (e_2) + P\ (e_3) + P\ (e_4)$$

为了书写简单，我们常用一个符号来表示相应的事件，比如用 A 表示事件“正面多于反面”。从而，

$$P\ (A) = P\ (e_1) + P\ (e_2) + P\ (e_3) + P\ (e_4)$$

这样，组合事件的概率便是组成该组合事件的所有简单事件的概率之和。（注意简单事件总是相互排斥的。）在上述投掷三枚硬币的例子中，有 $P\ (e_1) = P\ (e_2) = \cdots = P\ (e_8) = 1/8$，从而有：

$$P\ (A) = 1/8 + 1/8 + 1/8 + 1/8 = 1/2$$

也就是说，有大约 50% 的这种实验我们可以预期正面将多于反面（当投掷三枚硬币时）。

在投掷三枚硬币的这一例子中，我们有着等可能的简单事件，即对于所有的 i 和 j 都有 $P\ (e_i) = P\ (e_j)$。当此为真时，对于任何复合事件 A，我们有：

$$P\ (A) = \frac{A \text{ 中的简单事件数目}}{\text{样本空间中点的数目}}$$

在上述三枚硬币的例子中，这可得到与前面相同的结果，即 $P(A) = 4/8 = 1/2$。

如果没有 e_i 既在复合事件 A_1 中，又在复合事件 A_2 中，我们即称 A_1 与 A_2 相互排斥。例如，如果 A_1 是事件“2 个正面”，A_2 是事件“反面多于正面”，则 A_1 和 A_2 是相互排斥的，因为 $A_1 = \{e_2, e_3, e_4\}$，与 $A_2 = \{e_5, e_6, e_7, e_8\}$ 之间没有共同的点。我们通常用简写 $A_1A_2 = \varnothing$ 来表示事件 A_1 和 A_2 是相互排斥的。

如果 A_1 和 A_2 相互排斥，那么对于事件“A_1 或 A_2”（当且仅当 A_1 和 A_2 中有一个发生时则发生），我们有：

$$P\ (A_1 \text{ 或 } A_2) = P\ (A_1) + P\ (A_2)$$

这个式子成立是因为 $P\ (A_1 \text{ 或 } A_2)$ 等于在事件“A_1 或 A_2”中的事件 e_i 的个数除以总的简单事件数，因为在 A_1 和 A_2 中不存在共同的点子，这等同于在 A_1 中的点子数加上在 A_2 中的点子数再除以总的简单事件的数。在本例中，$P\ (A_1 \text{ 或 } A_2) = P\ (A_1) + P\ (A_2) = 3/8 + 4/8 = 7/8$。

在我们的例子中，我们讨论了如下事件：

A：“正面多于反面”

A_1：“2 个正面”

A_2：“反面多于正面”

这些事件表示在图 44—8 所示的样本空间中。这里的 A 与 A_1 不是互相排斥的，所以概率的简单加法并不适用，因为 $P\ (A) + P\ (A_1) = 4/8 + 3/8 = 7/8$ 将点 e_2，e_3，e_4 的概率计算了两次。因此，在 $P\ (A \text{ 或 } A_1)$ 的正确式子中应该减去这个重叠的部分，即 $P\ (A \text{ 或 } A_1)$，这是在实验中结果 A 和 A_1 都发生的概率，$P\ (A \text{ 和 } A_1) = 3/8$。这样我们可以推出，任意的事件“$A$ 和 A_1”的加法法

则为：

$$P\ (A\ 或A_1)\ =P\ (A)\ +P\ (A_1)\ -P\ (A\ 和A_1)$$

对于互斥事件，$P\ (A\ 和\ A_1)$ 为0，这就是 $P\ (A)$ 和 $P\ (A_1)$ 简单相加的情形。

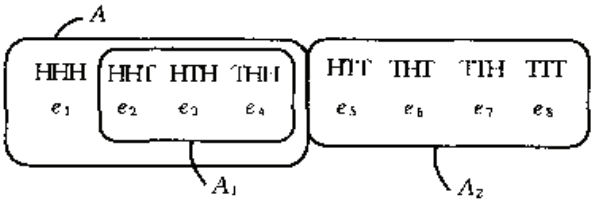


图 44—8　投掷三枚硬币的实验中的事件和样本空间

概率法则　概率论构成了所有基于抽样的决策的基础。正如我们所看到的，概率被表述为在 1.0（事件必然发生）和 0.0（不可能发生）之间的一个数字，最直观的概率定义是以频率为基础的一个定义。假定实验结果一共有 n 个等可能的基本事件，事件 A 由其中的 s 个基本事件组成，在这种简单的情况下，事件 A 发生的概率为：

$$P\ (A)\ =s\ /n=A\ 的有利事件数\ /基本事件总数$$

有利事件数 s 和基本事件总数 n 的计算会十分的复杂，它涉及所谓组合论的问题。

示例：一个批由 100 个零件所组成。从中随机抽取一个零件，这意味着 100 个零件中的每个零件都有相同的机会被抽到。假定批中共有 8 个不合格的零件。则抽取一个零件恰好抽到不合格品的概率便为 8/100，或 0.08。

以下的定理在解决有关概率的问题时是非常有用的：

定理 1：若事件 A 发生的概率为 $P(A)$，则 A 不发生的概率便为 $1-P(A)$。

定理 2：若 A 和 B 是两个事件，则 A 或 B 发生的概率便为：

$$P\ (A\ 或B)\ =P\ (A)\ +P\ (B)\ -P\ (AB)$$

A 和 B 不能同时发生（亦即 A 与 B “互斥”）时是这一定理的一个特殊情况。此时“A 或 B”发生的概率为：

$$P\ (A\ 或B)\ =P\ (A)\ +P\ (B)$$

示例：对于缺陷率为 5% 的批产品，一个由六个单位产品组成的样本中有 r 个缺陷产品的概率服从二项分布。缺陷品为 0 个的概率是0.735 1；缺陷品为 1 个的概率为0.232 1。缺陷品为 0 个或 1 个的概率为0.735 1 + 0.232 1，或0.967 2。

定理 3：如果 A 和 B 是两个事件，则 A 和 B 同时发生的概率为：

$$P\ (A\ 和B)\ =P\ (A)\ \times P\ (B|A)$$

这里 $P\ (B|A)$ =在 A 发生条件下 B 发生的概率。

两个事件相互独立，亦即一个事件的发生不影响另一事件发生的概率，是这一定理的一个特殊情形。如果 A 和 B 相互独立，则 A 和 B 同时发生的概率是：

$$P\ (A\ 和B)\ =P\ (A)\ \times P\ (B)$$

示例：一个复杂系统由两个独立子系统所构成。第一个子系统成功运行的概率是 0.95；第二个子系统的相应概率为 0.90。两个子系统必须同时正常运行才能实现整个系统的运行。则整个系统成功运行的概率便是 $0.95 \times 0.90 = 0.855$。

前面的定理是以两个事件来阐述的，但可以推广到任意数目的事件。

条件概率；贝叶斯定理 在条件概率中，我们希望回答这样的问题，即“如果已知 A_2 已经发生，则在 A_2 已经发生情况下的实验中，A_1 发生的频次会如何?”我们使用一个特殊的缩写符号来表示这种条件概率：

$$P\ (A_1 | A_2)$$

读作“在已知 A_2 发生的情况下，A_1 发生的概率”，其计算采取下面的公式：

$$P\ (A_1 | A_2) = \frac{P\ (A_1 \text{ 和 } A_2)}{P\ (A_2)}$$

如果 $P\ (A_1 | A_2) > P\ (A_1)$，我们说 A_2 带来关于 A_1 的“正面信息”。

如果 $P\ (A_1 | A_2) < P\ (A_1)$，我们说 A_2 带来关于 A_1 的“负面信息”。

如果 $P\ (A_1 | A_2) = P\ (A_1)$，我们说 A_2 未带来关于 A_1 的信息或 A_1 和 A_2 是“独立的事件”。在最后一种情况下，知道 A_2 发生（或未发生）并不改变 A_1 发生的机会。

功能强大的条件概率逆转公式，亦即

$$P(A_1 | A_2)P(A_2) = P(A_1 \text{ 和 } A_2) = P(A_2 \text{ 和 } A_1) = P(A_2 | A_1)P(A_1)$$

是贝叶斯定理的基础。在最简单的情况下，它可表达为：

$$P(A_2 | A_1) = \frac{P(A_1 | A_2)P(A_2)}{P(A_1 | A_2)P(A_2) + P(A_1 | \text{非 } A_2)P(\text{非 } A_2)}$$

（这里，“非 A_2”指 A_2 不发生这一事件。）对于求解概率问题，参见杜德韦克（Dudewicz，1993）的论述。

本章“假设检验”部分中给出的方法就是要分析一个观察值的样本并作出接受或拒绝某个假设的结论（带有限定的抽样风险）。实验者要考虑到错误的结论可能会造成的后果，在一定程度上，还要考虑总体参数的极端值发生的可能性。然而，这通常是在一个定性的基础上进行的，涉及人的判断。在实践中，样本容量受到经济因素的限制，实验者会用数字规定第Ⅰ类错误发生的可能（通常 0.05 或 0.01），同时必须接受由经济因素所固定的样本容量而带来的第Ⅱ类错误。关于确定第Ⅰ类错误和第Ⅱ类错误的后果以及极端值发生的可能性，存在着一套系统的方法。这种方法涉及贝叶斯定理和统计决策理论。

统计决策理论 这一概念要求必须有在经典分析中未曾正式应用过的两条信息：

1. 产生第Ⅰ类错误和第Ⅱ类错误的经济后果。

2. 总体参数的不同值出现的概率。（经典方法中没有关于总体参数的不同值的假设。）

基于贝叶斯定理或统计决策概念的统计表和抽样方案并不普遍，但这些概念有着重要的作用，这方面的开发工作迫切而有价值。奥利弗等人（Oliver and Springer，1972）给出了一个贝叶斯验收抽样表的例子。哈德利（Hadley，1967）提供了一些背景材料，包括了有关假设检验、置信限和验收抽样方案的例子。伦茨等（Lenz and Rendtel，1984）比较了 MIL-STD-105D、跳批抽样和贝叶斯抽样方案的性能。也可参见第 46 章“贝叶斯程序”一节中的讨论。

辛普森悖论　辛普森悖论（Simpson's Paradox）是由 E.H. 辛普森（E.H. Simpson）在 1951 年发现的。从那以后，人们发现这一悖论在工业、医药和许多其他的重要领域都有着重要的意义。杜德韦克等人（Dudewicz and Mishra，1988，pp. 55－57）对此进行了讨论，在沃德罗普（Wardrop，1995）在其论述及其引用文献中给出了相关的例子。这里将用一个例子来说明这一问题并讨论如何加以避免。

假定某公司有两个工厂分布在世界的不同地区。两工厂都制造一种尖端产品，人们对这种产品的理解尚不够深入（有许多的返工或废品）。两个工厂要试行一种新的过程，新过程的试行与现行方法的应用并行进行。试验有了结果之后，管理当局将之概括如下：新方法的成功率为 46%（在11 000个产品单位中），而现行方法的成功率则只有 11%（在10 100个产品单位中）。这里要问的是，你是否已经有了足够的信息？如果有的话，关于将来的方法选择你会作出什么决策？

采用新过程的抉择令人心动。毕竟，在大量试验中，新过程的成功率是现行过程的 4 倍。但是，假定我们还要求提供有关两个工厂的信息，而不只是管理当局的总结报告。这样的话，实际的情况可能是在两个工厂中均是现行方法更优，如表 44—12 所示。我们看到新方法将工厂 1 的成功率从 10%降到了 5%，将工厂 2 的成功率从 95%降到了 50%。因此，事实是现行方法在两个工厂中都更优（工厂 1 因条件较差而使得成功率较低，工厂 2 成功率较高因而被分配了10 000件新材料用作试验）。

表 44—12　　两个场所的两种方法所产生的辛普森悖论

		工厂 1	工厂 2
现行方法	成功	1 000	95
	失败	9 000	5
新方法	成功	50	5 000
	失败	950	5 000

这看起来是矛盾的，现行方法在两个工厂中均更优异，但两个工厂的结果汇总却使之变差了。事实上，如果没有研究诸如我们这里所给出这样的用数字所表达的例子，人们通常会认为这是不可能的。要避免错误决策（如选择了差的方法），可以采取许多的措施。首先，在设计在不同设施进行的试验时，每一设施的试验数目应当相等。（这不见得总能做到，因为各设施的规模、预先的投入等

因素会有不同。）其次，在评估来自几个（两个或两个以上）场所、机器、人员、状态等的结果时，要强调不能只是提供一个总括的报告（还需要审查不同的位置、机器、人员、状态等的结果）。这样做的话就能够使人们避免因辛普森悖论而造成的错误（还能够使人们发现不同的场所、机器等条件下可能出现的成功率的不一致性）。

离散概率分布

离散概率分布用来描述所观察的结果只能取一些离散值的情形（比如用 0 或 1 来描述失败或成功，或用 0，1，2，3，…来表示所观察的某个事件的发生次数）。下面将讨论若干最常用的离散分布的模型并考虑如何来得到其概率的数值及其在质量控制中的用途。

离散均匀分布 如果实验结果中每个 x_1，…，x_n 都是等可能地发生，我们就说所得值服从数值集合 x_1，…，x_n 的均匀分布。在这种情形下，x_i 的概率为 $1/n$。由于其概率十分简单，故不需要专门的用表。

均匀分布的模型 均匀分布的模型为从一个有限总体中的随机选择，总体中每个值发生的次数是相等的。（这使得样本中的取值是等可能发生的。）

随机选择的用途 随机选择常用于抽样检验中。例如，假定有一个由1 000件产品构成的产品批，其中的产品从 500 到1 499顺序编号。则从中随机抽到编号为 i（500 到1 499之间的任意的 i）的产品的机会是 1/1 000 = 0.001。所抽产品的编号至少为1 400的概率为 100/1 000 = 0.10。

二项分布 如果某事件在 n 次独立试验的每一次试验中发生的概率 p 都是恒定的话，则该事件在 n 次试验中出现 r 次的概率便为

$$\frac{n!}{r!\ (n-r)!}p^r q^{n-r}$$

式中，$q = 1 - p$。

在实践中，当总体的容量至少是样本容量的 10 倍时（此时从一次试验到下一次试验间因总体损耗所致的概率变化可以忽略），事件发生概率为恒定的这一假设可以认为是合理的。

附录Ⅱ的表 F 给出了部分的二项分布用表，同时还给出了有关更完整的用表的参考文献。[King（1971，chap.20-22）讨论了二项概率。]

二项分布的模型 在某个实验的 n 次独立试验中，某事件每次发生（常称为成功）的概率为常数 p，则其发生次数服从二项分布。因其概率中的因子

$$\frac{n!}{r!\ (n-r)!}$$

在数学中称为二项系数，故得此名。

二项概率及其用途　例如，某供应商提交的一个产品批由 100 个单位产品构成，其过去的质量为不合格品率约为 5%。从该批产品中随机抽取一个由 6 个单位产品构成的样本。表 44—13 中给出了不同抽样结果的概率。

在应用公式时，要注意 0! = 1。附录Ⅱ的表 F 给出的是累积形式的二项概率，即事件在 n 次试验中发生 r 次或少于 r 次的概率。从表中可以查出，在上例由 6 个单位产品构成的样本中，出现 1 个或少于 1 个不合格品的概率为0.967 2。注意这是 $r=0$ 和 $r=1$ 的概率之和，即0.735 1 + 0.232 1 = 0.967 2。

表 44—13　　**二项概率表**

r	P（6 件中恰好有 r 件不合格）$=[6!/r!(6-r)!](0.05)^r(0.95)^{6-r}$
0	0.735 1
1	0.232 1
2	0.030 6
3	0.002 1
4	0.000 1
5	0.000 0
6	0.000 0

超几何分布　有时，泊松分布或二项分布的假设条件无法得到满足。这时可以考虑采用超几何分布，它只需假定样本是随机的。在一个由 N 件产品构成的批中，其中有 d 个不合格品，则根据超几何分布，在 n 次试验中恰好出现 r 件不合格品的概率为

$$\frac{\binom{d}{r}\binom{N-d}{n-r}}{\binom{N}{n}}$$

这里的$\binom{N}{n}$是从 N 件产品中一次取 n 件的“组合数”，它等于 $N!/[n!(N-n)!]$，其中 $N!=[N(N-1)(N-2)\cdots 1]$和 $0!=1$。有现成的用表(如 Lieberman and Owen, 1961)可供查阅，从而可以省去烦琐的计算。邓肯（Duncan, 1974）对应用泊松分布、二项分布和超几何分布的结果进行了比较。

超几何分布的模型　当每次试验彼此独立，但因为有限总体的损耗而使每次试验中事件发生的概率会变化时，应用超几何分布是适当的。在这种情况下，由于二项分布或泊松分布的形式更为简单，如果其假定条件能够满足的话，通常会使用二项分布或泊松分布。

超几何分布概率及其用途　例如，某供应商提交的一个产品批由 100 个单位产品构成，其过去的质量为不合格品率约为 5%。从该批产品中随机抽取一个由 20 件产品构成的样本。计算这 20 件产品中没有不合格品的概率，注意在该批产品中有 5 件不合格品，95 件合格品。那么

$$P\ (20\text{ 个中 }0\text{ 个缺陷}) = \frac{\binom{5}{0}\binom{95}{20}}{\binom{100}{20}} = \frac{\left[\dfrac{95!}{20!\ (95-20)!}\right]}{\dfrac{100!}{20!\ (100-20)!}} = 0.319$$

要求 P（20 件中有 r 件不合格）可将 r 代入公式进行计算，本例中 r 可以是 0，1，2，3，4，和 5。

泊松分布 在实际应用中，最为重要的离散分布是泊松分布。它是对更精确的概率分布（超几何分布和二项分布）的近似。它的适用条件是，样本容量至少为 16，总体的容量至少是样本容量的 10 倍，每次试验中事件发生的概率 p 小于 0.1。（这些条件通常会得到满足。）

图 44—7 中给出了泊松概率函数，但在实际应用中，一般都是应用累积概率表来计算的。

泊松分布的模型 泊松分布不仅只是对更精确分布的近似，当满足某些假设条件时，它本身就是精确的分布。这些假设条件是：事件是随机发生的（比如在时间、空间、位置上），其发生的概率大致与时间长度（或体积、面积）成比例并且没有“聚集”(Dudewicz, 1976)。例如，已知在一个 10 平方英里的区域内有一个大小为 0.1 平方英里的目标，随机地对这一区域进行炮轰（一次发射一枚炮弹，因而没有聚集），每发击中的概率为 0.1/10 = 0.01。击中次数服从泊松分布，发射次数可以设定为有八发以上炮弹击中目标的概率至少为 0.95；实践中，当已知有八发以上击中就能够有效地摧毁目标且期望得到一个 95% 的摧毁概率时，经常如此来进行。

泊松分布概率及其用途 例如，某供应商提交的一个产品批由 300 个单位产品构成，其过去的质量为不合格品率约为 2%。从该批产品中随机抽取一个由 40 件产品构成的样本。附录Ⅱ的表 E 中给出了容量为 n 的样本中有 r 个或 r 个以下的不合格品的概率。（这些概率的应用将在第 46 章的“抽检特性曲线”部分中加以阐述。）在该表中代入 np 等于 40（0.02），或 0.8 便得出了表 44—14。表中数字为累积概率，各个单独的概率可通过将相邻的累积概率相减而得到。例如，恰好有两个不合格品的概率便是 0.953 − 0.809，或 0.144。

表 44—14　　泊松概率表

r	样本中有 r 个或少于 r 个不合格品的概率
0	0.449
1	0.809
2	0.953
3	0.991
4	0.999
5	1.000

负二项分布 在样本容量不是预先设定而是根据实验进程而确定的情形下，

负二项分布是一种最为常用的分布。

负二项分布的模型　如果在每次试验中事件发生的概率是恒定的，试验一直进行到事件发生 m 次为止，则需做 r 次试验的概率是

$$\frac{(r-1)!}{(m-1)!\ (r-m)!}p^m\ (1-p)^{r-m}$$

其中 r 可以取 m，$m+1$，$m+2$，…。这个式子与图 44—7 中所给出的那个较复杂的式子是等效的。[Johnson and Kotz (1969, chap.5) 讨论了其他的服从负二项分布的情形。在直接计算比较困难时，可使用 Williamson and Bretherton (1969) 所给出的用表；Johnson and Kotz (1969) 给出了有关的其他用表的参考文献。]

负二项分布的概率和用途　例如，对一个大的产品批进行检验，直到发现第一个不合格品为止（$m=1$）。如果这发生在前五次试验中，则拒收该批。如果前五次试验中未发现不合格品，就接收该批（这样第 6、第 7……等试验就不再进行，根据这个方案我们无需检验 5 个以上的产品）。如果该批的不合格率为 10%，则从表 44—15 中可以得出，该批被接收的概率为 $1-(0.10+0.09+0.081+0.072\ 9+0.065\ 61)=0.590\ 49$。

表 44—15　　负二项分布概率表（$m=1$，$p=0.10$）

r	发现 1 个不合格品（$m=1$）需要 r 次试验的概率
1	0.10
2	0.09
3	0.081
4	0.072 9
5	0.065 61
6	0.059 049
7	0.053 144
8	0.047 830

多项分布　我们到现在为止所讨论过的离散概率分布（均匀分布、二项分布、超几何分布、泊松分布和负二项分布）涉及的都是单变量的情形，也就是说，观察结果是一个变量的值（如二项分布的情况下容量为 n 的一个样本中的缺陷数）。但是，也有一些重要的场合观察结果涉及的是多个变量。这方面的一个例子是，在一个容量为 n 的样本中，既要观察需要返工的数目，又要观察废品数目，由于有两个量，因此称为两变量情况。当观察对象存在着若干类别时，便可以使用多项分布。

多项分布的模型　进行 n 次独立试验，如果每次试验中有事件 E_1，…，E_k 之一发生，其发生概率分布为 p_1，…，p_k（有 $p_1+\cdots+p_k=1$，故其中必有一个发生），则事件 E_1 发生 x_1 次，E_2 发生 x_2 次，…，E_k 发生 x_k 次的概率（这里 $x_1+x_2+\cdots+x_k=n$，由于共有 n 次试验且每次试验中必有事件 E_1，…，E_k 之一发生）是

$$\frac{n!}{x_1!\ x_2!\ \cdots x_k!}p_1^{x_1}p_2^{x_2}\cdots p_k^{x_k}$$

这种分布的计算没什么具有普遍性的用表，通常直接根据概率公式来加以计算，或是（如果 n 很大）采用多变量正态分布（本章后面将要讨论的一种连续的多变量分布）来近似计算。

多项概率分布及其用途 假设每天要生产和检验 $n=5$ 个大型组件。每次检验的结果有合格、返工或废弃。过去的结果表明有 80% 的合格，15% 的返工，5% 的废品。一天的产出中各种可能结果的概率是多少？

图 44—9 显示了直接从概率公式中计算出的各可能结果的概率。要注意的是，一旦确定了返工数（例如 1）和废品数（例如 0），则合格数（5－1－0＝4）也就确定了。我们必须应用这种多项概率分布是因为所分的类别是非独立的（一件产品不可能既是合格又是废品）。

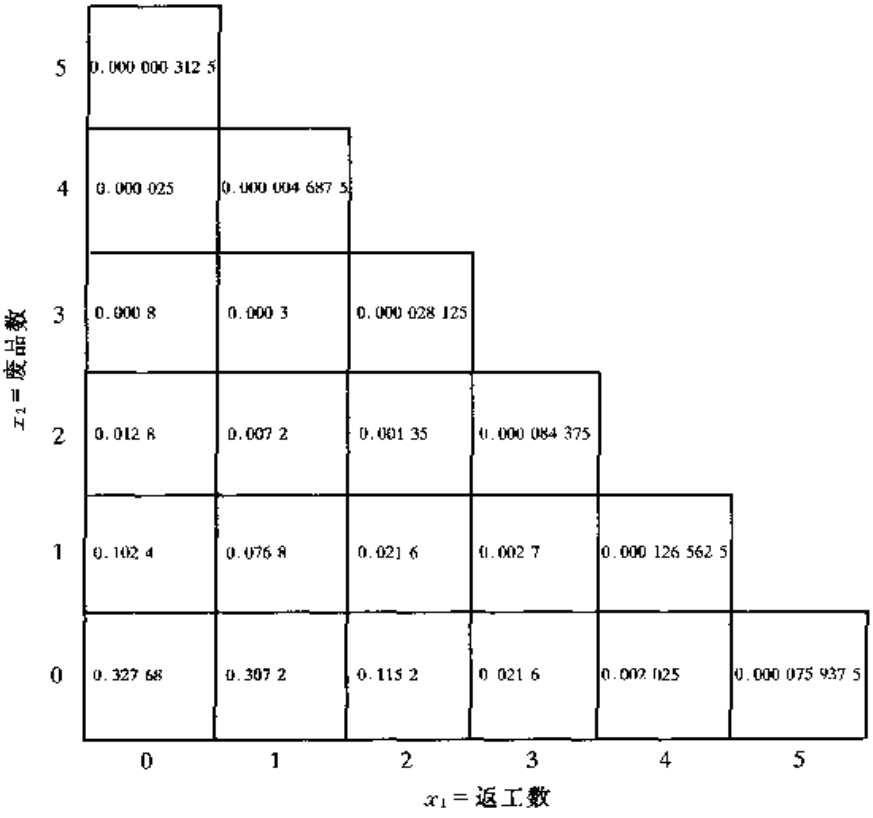


图 44—9 多项分布概率表

说明：$k=3$ 类别，$n=5$，$p_1=P$（返工）$=0.15$，$p_2=P$（废品）$=0.05$，$p_3=P$（合格）$=0.80$。

离散分布的选择 选择应用哪种离散分布，通常是根据对于相应状况的了解，或是由相对频率概率中拟合一个模型。无论是哪种情况，都要对所选的模型进行检验，以判断其有效性如何。

根据实际情况来选择模型 在许多情形下，人们知道（或假定）实际的情形服从我们曾讨论过的哪种分布模型。例如，如果从一个具有 $100p\%$ 个不合格品

的很大的批中随机抽取 50 件产品，人们就会想到每次抽取到的不合格品的个数服从 $n=50$ 而概率为 p 的二项分布模型。

模型有效性的（卡方）检验　为了检验其单元 i 发生概率为 p_i 的一个设想的离散模型，可以用后面讨论的卡方检验来比较观察到的单元总数与该模型所预测的单元总数（检验 12b）。除非人们愿意冒险采用一个没有多大现实基础的模型，否则这种确证性的检验是不可省略的（Dudewicz and Mishra，1988）。

经验模型与相对频率概率　如果没什么理由采取上述的某个特定的模型，可以应用过去所观察到的相对频率拟合一个模型。例如，如果观察到在过去生产的 100 件产品中存在着瑕疵，其数目如表 44—16 所示，则可以用过去的相对频率来估计出现 r 个瑕疵的概率，如表 44—17 所示。这一模型应通过抽取新的样本实施前述的卡方检验来进行验证。也可参见本章后面的“自助法”。

表 44—16　过去工作中每件产品中的瑕疵

瑕疵数	发生次数
0	50
1	25
2	25

表 44—17　瑕疵概率与相对频率估计

瑕疵数	概　率
0	0.50
1	0.25
2	0.25

连续概率分布

连续概率分布用来描述观察结果在一个连续的区域内取值的情形（比如连续运转的马达的失效时间的取值）。下面将讨论最为常见的这类分布的模型并考虑如何获得其概率值以及它在质量控制中的作用。

连续均匀分布　如果在 a 和 b 之间的所有取值都是可能的，且在某个子区间上取值的机会与其长度成比例，此时便可以认为取值服从于均匀分布。概率函数在区间（a，b）上是水平直线，而 $y=1/(b-a)$。则在长度为 c 的子区间上取值的概率便是 $c/(b-a)$。因其概率很简单，故不需要专门的用表。

均匀分布的模型　在区间（a，b）上的连续均匀分布的模型是对 a 与 b 之间的取值的随机选择。例如，一个输水管线的阀门随机地在 0 磅/平方英寸（关闭时）与 100 磅/平方英寸（全开时）之间承受着压力，则所承受压力便是在（0，100）上的均匀随机变量。

随机数字的用途　在区间（0，1）上的均匀随机变量被称为随机数字。这

种变量常用于驱动数字计算机模拟模型，它在质量系统的模拟研究中有着重要的应用。有关高质量随机数字的来源的详细讨论可参见杜德韦克等人（Dudewicz and Ralley，1981）的论述。杜德韦克等人（Dudewicz et al.，1985）还给出了有关微机模拟的一些特别说明。

指数分布 指数概率函数是

$$y = \frac{1}{\mu} e^{-X/\mu}$$

图 44—7 中示出了指数分布曲线的形状。可以看出正态分布与指数分布的形状是完全不同的。查一下两者的分布面积表就可以发现，在一个正态分布的总体中，有 50%高于平均值，50%低于平均值。而在指数分布的总体中，则有 36.8%高于平均值，63.2%低于平均值。（这推翻了认为平均值总是位于 50%点的直觉。）如果数据中有较大一部分是落在平均值以下，那就提示我们应该采用指数分布来处理。例如有些构件的载荷形态便服从于指数分布，因为较小的载荷一般总比大的载荷为数更多。在描述某些复杂设备的失效时间分布时，指数分布也是很有用的。

指数分布的模型 可以说明，当失效是“随机”发生时（不是由于磨损而是由于诸如随机的震动之类的原因），失效时间服从于指数分布。事实上，指数分布是一种“无记忆性”的连续分布，即产品另外存活 t_0 时间的概率仅取决于 t_0 的长度，而非其已使用时间［更详细的讨论可参见 Dudewicz（1976，p.88、p.106）］。

应用指数分布来进行预测 基于指数分布总体的预测只要求有一个总体均值的估计值。例如，测量某种复杂装置的相继故障间隔时间并绘制成直方图，结果发现颇类似于指数分布曲线的形状。抽样测定的结果显示，故障间平均时间（通常称为 MTBF 或平均故障间隔时间）是 100 小时。则这台装置两次相继的故障间隔时间至少为 20 小时的概率是多大？

这一问题是要我们求出指数分布曲线下大于 20 小时这部分的面积（见图 44—10）。附录Ⅱ的表 C 给出了指数分布曲线下大于任意的某个 X/μ 值的面积。在本问题中，

$$X/\mu = 20/100 = 0.20$$

由此可以从附录Ⅱ表 C 中查得 20 小时以上的面积为0.818 7。两次相继的故障间隔时间大于 20 小时的概率为0.818 7，这意味着该装置将有 82%的概率能够无故障地连续运行 20 个小时以上。我们同样还可以计算出连续运行 10 个小时以上的概率为0.904 8。在第 48 章“可靠性概念与数据分析”中，针对产品的规定使用时间来计算这一概率，计算结果被称为可靠性。这种分析也可应用指数概率纸来进行。

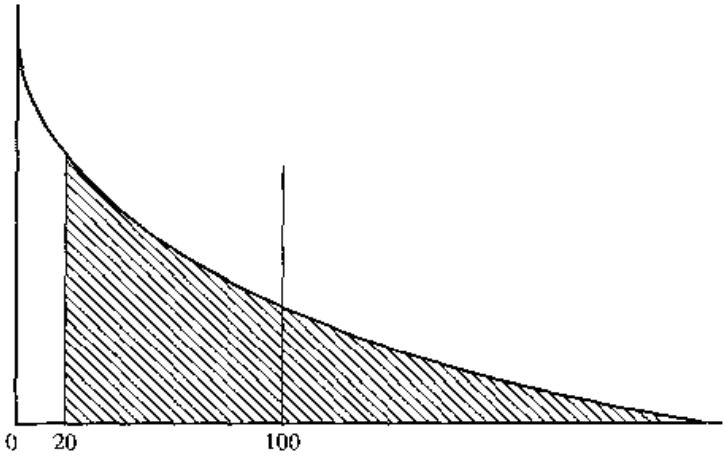


图 44—10　故障间隔时间的分布

示例：部件与系统可靠性间的关系　通常认为生存概率 P_s（系统可靠性）是系统中的 n 个部件的可靠性的乘积：$P_s = P_1 P_2 \cdots P_n$。这被称为乘法法则。该公式假定：(1) 任何部件的故障都会导致系统的故障；(2) 部件的可靠性是相互独立的，即一个部件的可靠性不依赖于另一个部件的可靠性。埃万斯（Evans，1966）对此进行了详细的讨论并给出了有关可靠性计算的其他假定条件。挂在圣诞树上的一串灯泡便是对这一乘法法则的例证。这些假定通常并非 100% 正确。然而，该公式是一个很方便的近似，当有关部件之间以及部件与系统之间的相互关系的信息可以获得时，就应该对该公式加以进一步的优化。[冗余公式（参见下面的“示例：冗余”一段的讨论）便是这方面的一个例子。] 我们将对这个乘法法则来加以说明。

下面是对一个通信系统的子系统提出的可靠性要求：

子系统	可靠性（4 小时）(%)
接收机	0.970
控制系统	0.989
电源系统	0.995
天线	0.996

如果上述要求得到满足，则整个系统的可靠性如何？

$$P_s = (0.970)(0.989)(0.995)(0.996) = 0.951$$

即整个系统无故障运行 4 个小时的概率是 95%。

若假定每一部件服从指数分布，则有：

$$P_s = e^{-t_1\lambda_1} e^{-t_2\lambda_2} \cdots e^{-t_n\lambda_n}$$

进一步，如果每一个部件的 t 是相同的，则有：

$$P_s = e^{-t\sum\lambda}$$

这样，当故障率是常数时（因此可应用指数分布），便可基于部件故障率之和来对系统实施“可靠性预测”。第 19 章的“可靠性、可维修性和可用性的设

计”部分中对此进行了讨论。

示例：冗余 有许多的系统设计都试图通过增加冗余来提高系统的可靠性。最简单的这种系统便是并联系统，在这种系统中，只要至少有一个部件运转，系统就会运转。如果每个部件的可靠性为 $R\ (t_0)$，则由 m 个部件组成的并联系统的可靠性便等于（Dudewicz，1976，p.39）：

$$1-\ [1-R\ (t_0)]^m$$

这一结果要比 $R\ (t_0)$ 大。

还有许多其他的强调可靠性和成本并重的设计，如 k-out-of-n 系统。[有关可靠性的这些问题的详细讨论可参见 Zacks（1983）、Ireson（1982）和 Lloyd and Lipow（1982）。]

威布尔分布 威布尔分布是一个分布族，其密度函数为

$$y=\alpha\beta\ (X-\gamma)^{\beta-1}e^{-\alpha(X-\gamma)^{\beta}}$$

式中 α = 尺度参数，β = 形状参数，γ = 位置参数。

这一函数的曲线因参数的取值不同而有很大的区别（如图 44—7 所示）。其中最重要的是形状参数 β，它反映了曲线的形态。要注意的是，当 β 为 1.0 时，威布尔分布化为了指数分布；而当 β 约为 3.5 时（$\alpha=1$，$\gamma=0$），威布尔分布就很接近于正态分布。在实际应用中，β 的取值在 1/3～5 之间变化。尺度参数 α 涉及曲线的陡度，改变 α 会使曲线变得更平缓或更陡峭。

位置参数 γ 乃是 X 的最小可能取值。通常假定 γ 为零，以便简化方程式。一般没有必要去确定这些参数的值，因为可以借助于威布尔概率纸来直接进行预测。金（King，1971，pp.136-140）介绍了用图示方法求出 α，β 和 γ 的程序。

威布尔分布中包括了许多种分布的形态。它在实际应用中很受欢迎，因为它无需去审查数据以判断哪种常用分布（如正态或指数分布）拟合得最好。尤其是，它既包括了 IFR（递增故障率）的情况也包括了 DFR（递减故障率）的情况，分别对应着 $\beta>1$ 和 $\beta<1$（Dudewicz，1976，pp.88-89）。

威布尔分布的模型 可以看出，指数分布变量如果被赋予一个幂便成为威布尔分布，也就是说，如果 Y 服从指数分布，则 $Y^{1/\beta}$ 便服从于威布尔分布（Dudewicz，1976，p.89）。

应用威布尔分布进行预测 从解析的角度来应用威布尔分布是非常麻烦的（即使有表可查），一般在进行预测时都是采用威布尔概率纸。举例子来说，对五套经过热处理的轴进行应力试验，直到每一套都失效为止。其疲劳寿命（以失效时的运转周数来表示）如下：

10 263
12 187
16 908
18 042

23 271

要回答的问题是，对于不同的疲劳寿命值所对应的总体失效百分率进行预测。对这一问题的解是将数据在威布尔概率纸上打点，观察点子是否大致落在一条直线上，如果是的话，从图中读出概率的预测值（失效百分率）即可。

尽管威布尔作图也可以采用正态概率纸的平均值秩方法（参见下面“应用正态分布进行预测”部分），但大多数有关威布尔分布应用的文献都使用“中位数秩”。附录Ⅱ的表 D 给出了各种样本容量的中位数秩的值。（注意平均值秩方法并不需要专门的用表。）上述例子中所必需的中位数秩是基于一个容量为 5 的样本，表 44—18 给出了其数值。（平均值秩的估计数也一并列出以供比较。）在威布尔概率纸上标出至失效时的运转周数以及相应的中位数秩的数值（见图 44—11）。这些点子大致落在一条直线上［King（1971，pp.126－128）对于如何来修正所描点子以使之成为直线进行了讨论］，因此可以假定威布尔分布是适合的。图中的横轴表示各种不同的失效时间，纵轴则表示与之相对应的总体中的累积失效百分比。例如，总体中约 50% 的轴会在不足17 000周的运转中失效。总体中约 90% 会在少于24 000周的运转中失效。通过把某两个累积百分比相减，就可以得出任意两个失效寿命界限内的失效百分比。

表 44—18　　中位数秩和平均值秩表

失效数 i	中位数秩	平均值秩 $=i/(5+1)$
1	0.129 4	0.166 7
2	0.314 7	0.333 3
3	0.500 0	0.500 0
4	0.685 3	0.666 7
5	0.870 6	0.833 3

如此之后我们常常会希望在概率纸上进一步外推，尤其是希望以此来预测寿命。例如，假定规定最小失效寿命为8 000周，而得出上述五个测量值的试验就是要评估设计性能是否能达到8 000周。由于所有五个试验都超出了8 000周，该设计看起来是充分的，因此应当投产。然而，在威布尔概率纸上的外推可以看出总体中约有 8% 的轴会在8 000周以内出现失效。这表明在投产前有必要进行进一步的评审。因此，上述的这个小样本（都在规格内）给出了一个带有欺骗性的结果。

这种外推也可以往另一个方向进行。要注意的是，寿命试验数据的概率描点并不要求在开始描点前就做完所有的试验。每有一个单元失效，就可以将该失效时间对应中位数秩描在图上。如果前期的点呈现为一条直线，我们就希望先把这条直线画出来，而不必等到所有试验都完成。这条直线就可以外推到实际试验数据的范围之外，无需积累大量的试验时间就可以进行寿命预测。这种方法已被用于对于复杂产品中的那些最为重要的甚至尚在保证期内的“关键的少数”部件进行预测。然而，外推是有风险的。为此就必须将统计理论、工程经验以及人的判断力明智地结合起来。

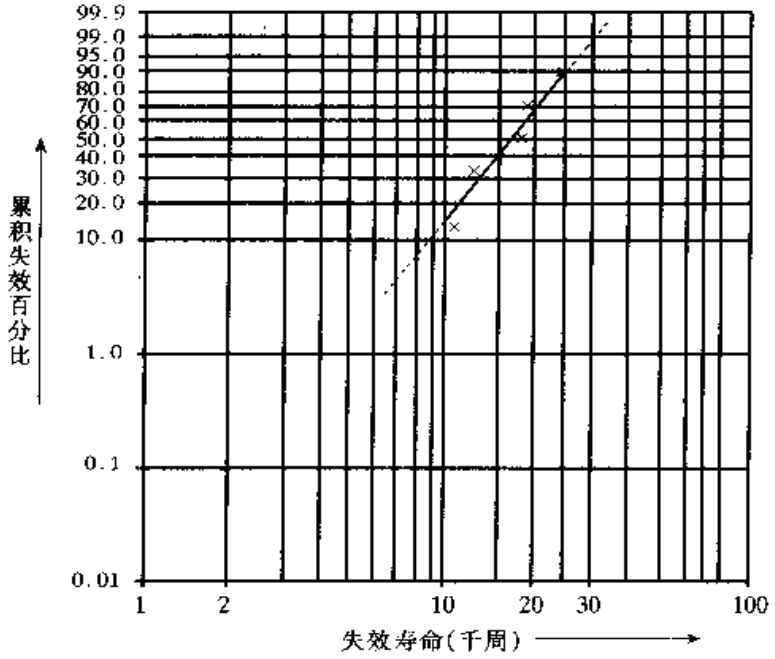


图 44—11 威布尔概率纸上的失效寿命分布

莫尔特（Moult，1963）描述了威布尔作图在比较两种轴承用钢的适宜性中的应用。图 44—12 给出了相应的图形。纳尔逊（Nelson，1982）讨论了威布尔概率纸。有关正态分布、指数分布、威布尔分布以及其他的概率分布的概率纸均可以获得（其中一个来源是美国新罕布什尔州塔姆沃思市的TEAM，Technical and Engineering Aids for Management，Box 25，Tamworth，NH 03886）。尽管数学公式和数表给出了相同的信息，但图形却揭示出了很难从算式中看出的概率与 X 值之间的关系。例如，总体中的缺陷率随着公差限变宽而减少，这在图纸上可以轻易地标示出来。

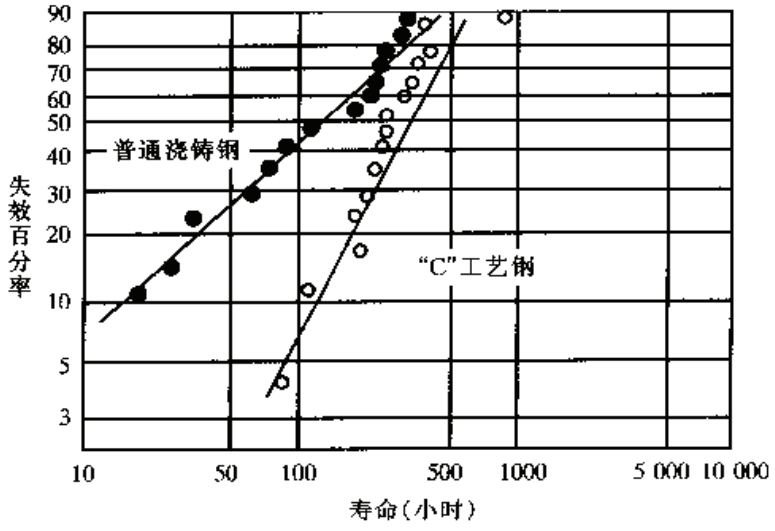


图 44—12 综合疲劳耐久性——"C"工艺脱气与普通浇铸 AISI 8620

正态分布　有许多的工程特性都能用下面的正态分布来加以近似：

$$y=\frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}}e^{-(x-\mu)^2/2\sigma^2}$$

式中：e=2.718，π=3.141，μ=总体均值，σ=总体标准差。

利用正态分布来解决相关问题通过查表就可以进行，但须注意的是，为了推测总体，必须有关于总体的均值 μ 和标准差 σ 的估计值（希腊字母用来表示总体的数值，而罗马字母用来表示样本，除非另有说明）。正态概率分布曲线可以联系到频数分布和直方图。随着样本越来越大，每个分组的宽度越来越小，直方图就会愈趋近于一条光滑的曲线。如果测量了整个总体（实际上，总体通常被认为是无限的，犹如某个生产过程的可能产出一样），且它服从正态分布，则其结果就会如图 44—7 中所示那样。样本数据直方图的形状给出了有关总体概率分布的某些显示。如果该直方图呈现出图 44—7 所示的“钟”形，这便是推知该总体服从正态概率分布的一个依据。（样本直方图没必要是完全正态的——正态假定只适用于总体，随机样本对正态的小的偏离是可以预见的。）哈恩（Hahn，1971）对于正态性的判断给出了切合实际的讨论。（正态分布这一名称可以追溯到这样一个时代，当时人们错误地以为所有其他的分布都是不正常的。现在仍有人喜欢使用高斯分布这一名称。）

正态分布的模型（可加性错误，中心极限定理）　可以证明，如果变量 Y 是许多其他的变量相加的结果，而这些变量彼此间又非高度依存的话，则 Y 近似服从正态分布。[这一结论称为中心极限定理（Dudewicz，1976，p.149）。] 统计学家常常建议应当将 10 项或 10 项以上相加才可以放心地产生出正态性；然而，有许多的应用研究表明，有 3 项相加就可以显示出很好的结果。

应用正态分布进行预测　进行预测必须有两个估计值和一张表。这两个估计值是

$$\mu\text{ 的估计}=\bar{X}\text{ 和 }\sigma\text{ 的估计}=s$$

样本的 $\bar{X}$ 和 s 的计算可应用前面讨论过的方法。

例如，某生产商从过去的经验中断定其所生产的某种灯泡的使用寿命服从正态分布。抽取由 50 个灯泡构成的一个样本进行试验，得出平均寿命为 60 天，标准差为 20 天。问：在整个灯泡的总体中，预期将有多少灯泡在 100 天寿命之后仍能工作？

现在的问题是要知道曲线下在 100 天以上的面积（见图 44—13）。两个已知界限间的分布曲线下的面积代表某个事件发生的概率。因此在本题中，超过 100 天以上的那部分面积便是灯泡寿命超过 100 天的概率。为求出这个面积，就要计算出某个特定的值 X 与分布曲线平均值的差是多少个单位的标准差：

$$K=\frac{X-\mu}{\sigma}$$

在本题中，$K=(100-60)\div 20=+2.0$。查附录Ⅱ的表 B，当 $K=2$ 时，其概

率为0.977 3。在本题中这意味着，灯泡将持续工作 100 天或以下的概率是 0.977 3。正态曲线是围绕均值对称的，全部面积为 1.000。灯泡工作时间超过 100 天的概率则为1.000 0 − 0.977 3，或0.022 7，或总体中有 2.27% 的灯泡会在 100 天后仍能工作。

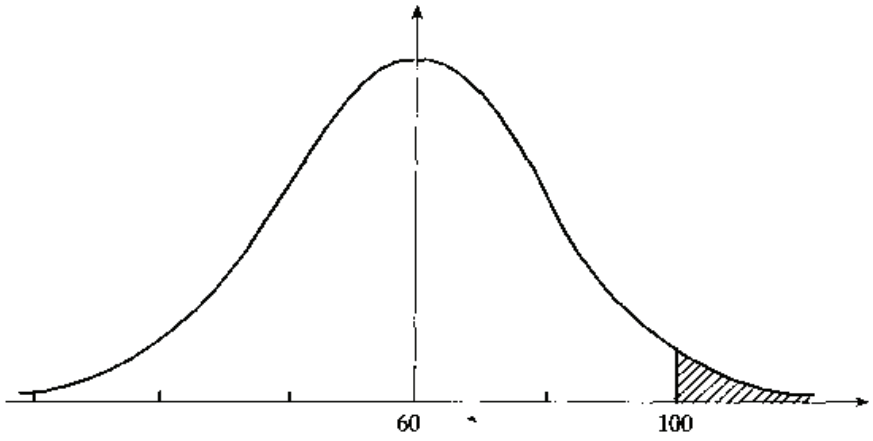


图 44—13 灯泡寿命的分布

类似地，如果某个特性服从正态分布，并且能得到总体的均值和标准差的估计值，这种方法也可以估计出总产量中落在规格限范围内的产品所占的百分比。

图 44—14 给出了在正态分布曲线之下的几个有代表性的面积（这些都可从附录Ⅱ表 B 中推出）。比如说，总体的 68.26% 落在总体均值加减一个总体标准差的范围之间，总体的 95.46% 落在均值 $\pm 2\sigma$ 范围内，而均值 $\pm 3\sigma$ 的范围内将包括总体的 99.73%。样本在某两个界限内的百分比与总体在同样的界限内的百分比会有很大的不同。这一事实在假设检验中有着关键性的意义（本章稍后将会讨论）。

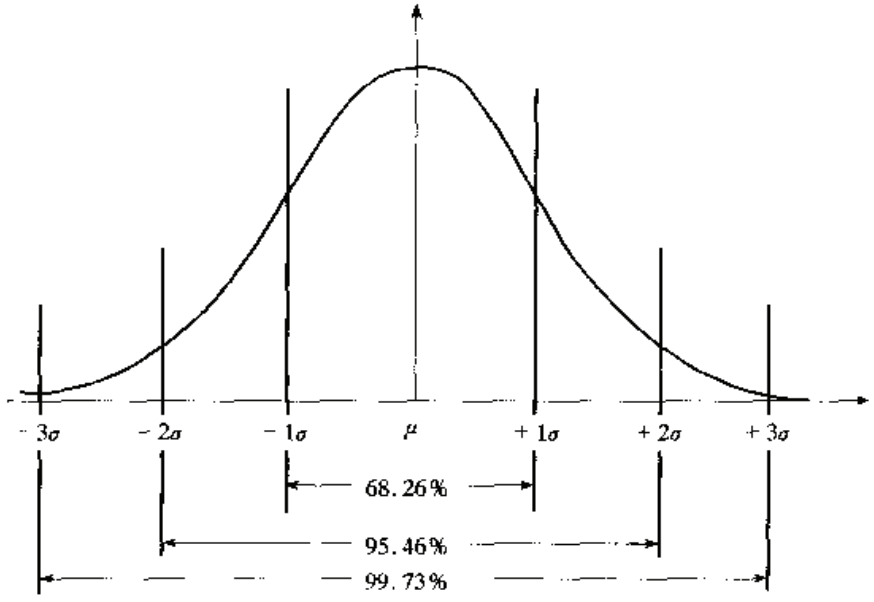


图 44—14 正态分布曲线下的面积

基于正态分布的另一种预测方法是应用概率纸来进行预测。概率纸的构造是要使某一特定分布的数据描点在图上后成为一条直线。也就是说，取自正态总体中的样本数据描绘在正态概率纸上后近似为一条直线。（因为数据代表着总体的一个样本，故与直线有小的偏差是可以预见的。）以下是在概率纸上将观察值描点的步骤：

1. 将观察值由小到大排列。把最小值的秩取为 $i=1$，最大值的秩为 $i=n$。

2. 对每一个数值，计算其累积频数。

3. 对每一个数值，计算

$$\frac{\text{累积频数}}{n+1}\times 100$$

这就是将数据往图上描点时所用的以百分数表示的平均值秩概率估计。

4. 把观察值相对于其平均值秩概率估计描点到概率图上。

如果观察值是采用频数分布的形式，其步骤也是一样的，但不是用观察值，而是用概率估计值对照组界来进行描点。这可用表 44—19 的电阻值数据来加以说明。

表 44—19　　**电阻值**

分组限	频　数	累积频数	$\frac{\text{累积频数}}{100+1}\times 100$（%）
3.415～3.445	1	1	0.99
3.385～3.415	8	9	8.90
3.355～3.385	27	36	35.60
3.325～3.355	36	72	71.30
3.295～3.325	23	95	94.10
3.265～3.295	5	100	99.00
	100		

这一描点图如图 44—15 所示。图的纵轴是各分组的下组限值，在横轴上标出的是表 44—19 的最后一栏的数字，采用的是图上端的刻度（% 以上）。图中的直线是凭目测作出的，看上去拟合得不错。这条直线代表着对总体的估计，从正态分布概率表中所得到的那些预测值可以直接从图上读出。例如，总体中有 5% 的线圈的电阻值会大于 3.39。类似地，95% 的值将会大于 3.29。（因此，有 95% − 5% 或 90% 的值是在 3.29 与 3.39 之间。）

图 44—16 是一张“正态分布分析表”的示例，这张表将概率纸描图与诸如置信限、控制限等进一步分析结合了起来。[这种表最初是由 E.F. 泰勒（E.F. Taylor）开发的。]

金（1971）对于正态分布及其他的重要分布的概率纸作图方法进行了实用性的讨论。在比较明显的情况下，用目测就可以评估拟合的好坏（如图 44—15），在不太明显的情况下，有相应的统计检验方法可用，也应当应用这些统计检验方

法。[有关可应用这种分析的图形以及进一步的详细探讨可参见 Iman (1982)。]

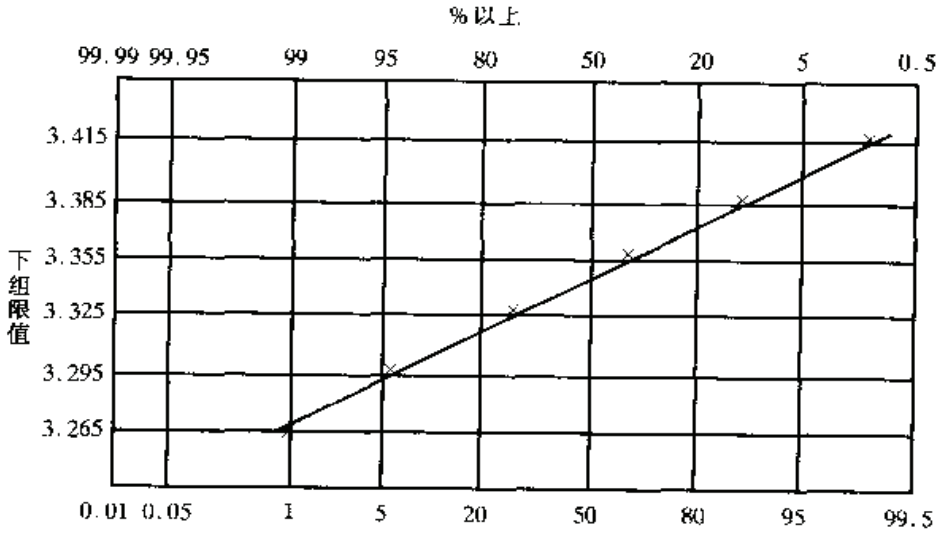


图 44—15　表 44—19 数据的累积概率图

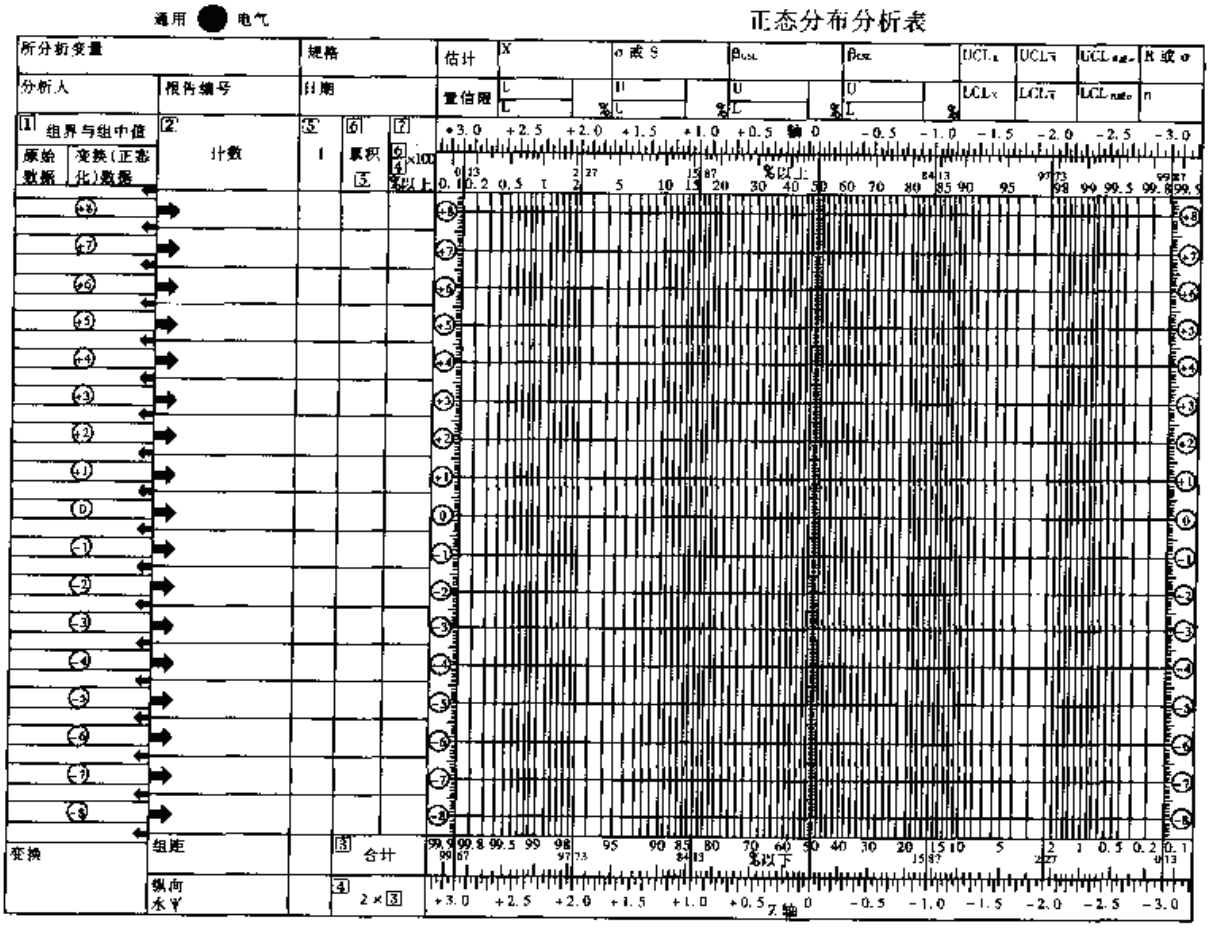


图 44—16　正态分布分析表

对数正态分布　如果 $Y = e^Z$，其中 Z 服从正态分布，则 Y 服从对数正态分布（由于 Y 的对数服从正态分布）。

对数正态分布的模型（倍数或分数的影响）　当影响为倍数或分数时便呈现为对数正态变量，这在生物和许多其他领域中是很常见的。例如，在每个时间段内一批产品中会有一个随机的百分率的产品变坏，经过大量（10 倍或更多）的时间段后，仍然为好的产品的百分率便会服从对数正态分布。（这一结果可从考察正态分布时所讨论的中心极限定理得出，由于乘积的对数是乘积中各项对数的和。）

用对数正态分布进行预测　如同在正态分布的情况下一样，用对数正态分布进行预测也必须有两个估计值。[详细的讨论可参见 Cohen and Whitten (1981)。]这里要注意，对数正态分布是正偏的，它被广泛应用作寿命期间、反应时间、收入分布以及其他的经济数据的模型。

通常，对数正态变量 Y 的均值、标准差和概率是在分析时关心的基本问题，因此，即使能够轻易地针对 Z（$Y=e^Z$ 的对数）求出上述这些估计，但这回答的并非真正的问题。例如，假设 Y 是某个系统的寿命，人们希望估计的是该系统的平均寿命，而非 Y 的对数的均值。这便是针对这一分布开发上面所参照的专门方法的原因。

混合分布　如果 Y 在 $100p_i\%$ 的时间里取自来源 i（$i=1, 2, \cdots$），则称 Y 服从混合分布。

导致混合分布的模式　当来自若干个来源的产出被混合在一起（例如来自于若干家供应商、若干个工厂、若干台机器、若干的工人等来源的产出），则所导致的混合体的质量特性具有混合分布。如果进入混合体的每一个构成都具有同一种分布，则该混合体也具有这种分布。但是，如果该混合的各构成部分有不同的分布，则该混合体便具有一个混合分布。

混合分布的拟合　如同从图 44—7 中可以看出的那样，我们至此所讨论的分布都是单峰的（有一个峰）。在实际中当看到直方图呈现出两个或两个以上的峰时，人们便会怀疑该数据服从混合分布。在某些情况下，这会导致对于构成该混合体的单元的研究，这种研究通常是要找出混合体中的某个同质产品的流中所存在的问题。

还有些情况下，构成混合体的流是不可分离的（或不希望加以分离），人们更希望将 Y 的密度拟合为 $p_1f(Z_1)+p_2f(Z_2)+\cdots+p_kf(Z_k)$，其中的 k 为 2 或者 2 以上。全部的 p_i 加起来为 1（混合体的 100%），Z_i 通常服从正态分布。为拟合 Y 的分布，必须选择 $k-1$ 个 p（因其加起来为 1，故最后一个是确定的），k 个均值和 k 个方差。这一过程必须应用诸如 LABONE 这样的计算机软件。作为例子，我们来考察一下表 44—20 中的数据。这些数据的直方图表明，它可能涉及了混合分布（有两项的混合分布，因为有两个峰值）。这些分布看起来似乎是正态的。应用 LABONE 专家统计程序（Expert Statistical Programs，ESP），我们能够轻易地将其拟合为一个正态分布的混合。

表 44—20 供混合分析用的数据

3.37	3.34	3.48	3.32	3.33	3.38	3.34	3.31	3.43	3.34
3.29	3.46	3.30	3.31	3.43	3.34	3.34	3.46	3.39	3.34
3.45	3.36	3.30	3.42	3.33	3.35	3.45	3.34	3.32	3.48
3.32	3.37	3.44	3.38	3.36	3.47	3.36	3.31	3.43	3.30
3.35	3.43	3.38	3.37	3.54	3.32	3.36	3.42	3.29	3.35
3.48	3.39	3.34	3.42	3.30	3.39	3.46	3.40	3.32	3.43
3.29	3.41	3.37	3.36	3.41	3.47	3.36	3.37	3.43	3.36
3.31	3.43	3.35	3.34	3.45	3.34	3.31	3.46	3.37	3.35
3.50	3.35	3.37	3.42	3.35	3.36	3.48	3.35	3.31	3.44
3.35	3.36	3.49	3.31	3.31	3.40	3.35	3.33	3.45	3.31

多维正态分布 到现在为止所讨论的连续概率分布（均匀分布、指数分布、威布尔分布、正态分布、对数正态分布和混合分布）涉及的都是单变量的情形，亦即我们所观察的结果只有一个要素（如寿命）。如果我们感兴趣的还有其他的要素（如重量和高度），则其结果便是多元的（此处所列举的情况便是三元的）。当每一个要素都为正态分布时，便适用于多维正态分布，它在连续多变量分布中有着广泛的应用。

导致多维正态分布的模式 当测量一个以上的要素时，导致单变量正态分布的同一种相加过程导致了多维正态分布。

应用多维正态分布进行预测 在大多数情况下用多维正态分布进行预测都必须依靠计算机软件包。[Siotani et al.（1985）讨论了这方面的细节，并给出了有关的计算机代码和例子。]

扩展通用 λ 分布 单参数的 λ 分布是由 J. 图基（J. Tukey）于 1960 年提出的，J.S. 兰贝格（J.S. Ramberg）和 B. 施迈泽（B.Schmeiser）分别于 1972 年和 1974 年对其进行了推论，兰贝格等进行了进一步的发展并制作了相应的用表（Ramberg et al., 1979）。尽管它适合许多的曲线形状并可以拟合任何的均值和方差，但它不能用于所有的斜度和陡度的组合。因此，在适合使用时它是很有效的，但它不适用于某些数据集。[近来，Karian et al.（1996）给出了其一种扩展形式，称为扩展通用 λ 分布（the extended generalized lambda distribution, EGLD），它适合于任何的均值、方差、斜度和陡度的值；Dudewicz and Karian (1996) 给出了在应用中所需要的用表。因此，所有的单变量数据集现在都能够享用这种经验分布族的益处。Karian and Dudewicz（1999）中将这些方法扩展到了两变量的 GLD 情形。]

连续分布的选择 在决定选用何种连续分布时，通常要么是根据对于实际情况的了解，要么是对直方图进行拟合（通常借助于在最常见分布的概率纸上作图来进行）。无论是哪种情况，都应对所选模型的有效性加以检验。

从现实情况的模式来选用 在许多情况下，人们会知道（或断定）实际情况

中的会导致某个我们曾讨论过的分布的模式。例如，如果所研究的某种设备的寿命分布在过去能够较好地用威布尔分布拟合（尽管参数会有所改变），便可以以威布尔分布来作为开始。

对分布假设进行检验（描绘概率图，检验某个特定的分布）　在实际中，选用哪个分布是通过评价某个样本的数据来进行的。对于直方图的形状或概率纸描点的直线程度的评估常常便是很充分的。因为样本不可能是完全符合的，从而这些便利的方法必须有人的判断（如线有多“直”）；应当对概率图加以定量的检验（参见 Iman，1982）。“完美的”拟合应当引起对数据的怀疑。应用定量准则的“拟合优度”检验（参见本章后面的“假设检验”部分）可以对任何的分布假定进行评估。

对经验概率分布进行拟合　如果没有什么依据可以让我们选用上述的某个特定模型，或它们都被拒绝了（例如在概率纸上拟合很差），这时可以采取的做法是拟合某个经验模型。这类模型能够适用于广泛的分布形状，包括上面讨论的许多特定模型在内。最广为应用的一种经验分布族便是通用 λ 分布（GLD）族。然而，如前面讨论的，新的 EGLD 增强了 GLD 的能力，因此应当优先采用。两者通常会给出相同的结果，但在应用 GLD 有困难的场合，EGLD 仍能给出总体的样本矩。

我们来看一个例子。表 44—21 给出了某种金属的 250 个样本的摩擦系数数据（Hahn and Shapiro，1967，p.219）。[应用 Ramberg et al.（1979）给出的程序和用表可以建立起相应的概率函数。]

表 44—21　　摩擦系数数据

范　围	频　数
小于 0.015	1
0.015～0.020	9
0.020～0.025	30
0.025～0.030	44
0.030～0.035	58
0.035～0.040	45
0.040～0.045	29
0.045～0.050	17
0.050～0.055	9
0.055～0.060	4
大于 0.060	4
合　计	250

为了检验拟合优度，应总是将概率函数与直方图画在同一张图上，以便对拟合情况进行视觉上的评估（需要时可补充以卡方检验）。结果如图 44—17 所示，可以看出拟合情况是非常好的（卡方检验也得出了相同的结论）。

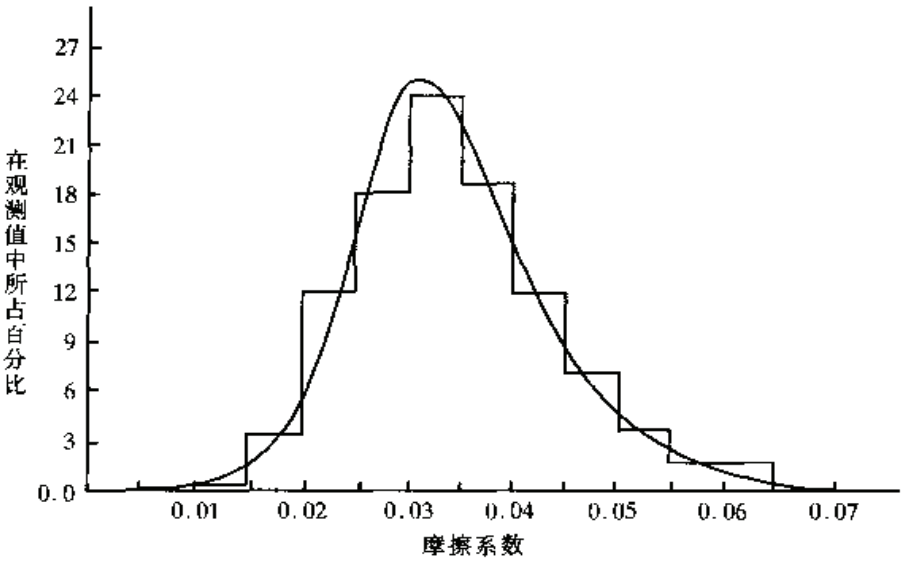


图 44—17 摩擦系数的相对频数直方图以及所拟合的分布

自助法 自助法（bootstrap methods）建议采用诸如 EGLD 这样的模型来对数据进行拟合，若拟合通过了检验，则可应用所拟合模型来进行“自助”分析。（参见本章后面的“广义自助法和自助法”。）

统计估计

在统计估计中，我们从样本数据中来推断总体的参数。例如，如果我们从一个很大的批中随机抽取一个 100 个单元的样本，关于样本的信息便可用来推断关于批的缺陷比例 p 的信息。这种推断要么采取单个数值的形式（点估计），要么采取一对数值（区间估计）的形式；根据我们的目的不同，可以有几种区间估计的形式。如果我们发现样本的 100 件产品中有 15 件是缺陷品，则 p 就可估计为 $15/100=0.15$（点估计）；一种典型的区间估计则是说我们有 95% 的置信度可以认为 p 是在 0.08 到 0.22 之间（置信区间估计）。因此，置信区间对于未知的参数，在这里则是比例 p 设定了界限。另外两种经常用到的区间是预测区间和公差区间。设 X 表示未来样本中的缺陷数，预测区间为 X 设定了如下的界限：

$$P\left[L_1 \leqslant X \leqslant U_1\right]=0.95$$

在上面的例子中，预测区间是说 X 将会在 5～25 之间；这是两个界限，人们可以有 95% 的把握认为一个由 100 个单位产品构成的样本中的缺陷数将落入这个区间之中。公差区间设定了界限（L，U），以使人们可以有 95% 的把握认为至少有 99% 的总体将包括在这个界限内。在上例中，总体是抽取了 100 件产品的这一过程所生产的所有的批；至少有 99% 的批的缺陷率将落在 $L=0.05$ 和 $U=0.25$ 之间。下面还要对此进行更详细的讨论。

点估计　点估计通常是区间估计的中心点。在许多情况下，都倾向于要给出一个区间估计，因为这种估计告诉了我们估计所伴随的确定性有多大。例如，如果我们观察到从一个非常大的批中随机抽取的 100 件产品中有 15 个是有缺陷的产品，则我们就估计这个批的缺陷率是 15/100 = 0.15。类似地，如果我们在一个由 20 个产品构成的样本中观察到 3 个缺陷产品，我们将估计其缺陷率为3/20 = 0.15。然而，前一种情况下 p 的区间估计（95% 的置信度）是在 0.08 到 0.22 之间，但后一种情况下 p 的区间估计（95% 的置信度）则在 0.00 到 0.31 之间。在这两种情况下，如果一定要用一个单个的数值来估计批产品的缺陷率，则数值都是 0.15。然而，用较小的样本所得的估计的不确定性（最大有 31% 的总体可能有缺陷）要比用较大样本所得的估计的不确定性（最大有 22% 的总体可能有缺陷）大得多。下面讨论典型的点估计，它是相应区间的中心值。

置信区间估计　估计是分析样本结果以预测相应的总体参数值的过程。例如，有某种绝缘器，取 12 件作为一个样本，其平均冲击强度为 4.952 英尺·磅 (6.714 9牛·米)。如果这是过程的一个代表性的样本，则对这种绝缘器的整个总体的真正的平均冲击强度的估计如何？

1. 点估计是用来估计总体参数的一个单个的值。例如，4.952 英尺·磅 (6.714 9牛·米) 便是总体平均强度的点估计。

2. 置信区间是包括（以一个称为置信水平的事先确定的概率）总体参数真值在内的一个值的范围。置信限是置信区间的上下边界。置信水平是从长期来看关于总体参数值的断言正确的比例。

邓肯 (1974) 给出了有关置信限的全面的讨论。这里的解释旨在说明计算背后所隐藏的思路。

如果总体均值是 μ，样本均值落在

$$\mu \pm 1.96 \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$$

内的概率等于 0.95，即：

$$P\left(\mu - 1.96 \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \leqslant \bar{X} \leqslant \mu + 1.96 \frac{\sigma}{\sqrt{n}}\right) = 0.95$$

这等效于，样本均值加上 1.96 个均值的标准差大于 μ 和样本均值减去 1.96 个均值的标准差小于 μ 的概率：

$$P\left(\mu \leqslant \bar{X} + 1.96 \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \text{和} \bar{X} - 1.96 \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \leqslant \mu\right) = 0.95$$

或

$$P\left(\bar{X} - 1.96 \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \leqslant \mu \leqslant \bar{X} + 1.96 \frac{\sigma}{\sqrt{n}}\right) = 0.95$$

或 μ 的 95% 的置信区间是 $\bar{X} \pm 1.96\ (\sigma/\sqrt{n})$。在抽取样本之前，这一区间以 0.95 的概率包括总体的值，亦即有 95% 的这些区间会包含总体的值。在实际中，

我们将其解释为有 95% 的“把握”认为基于样本的这一界限将会将总体的真值包含之内。

对于上述由 12 个绝缘器构成的样本的例子，设 $\sigma=0.25$，那么其 95% 的置信限便为

$$\bar{X}\pm 1.96\frac{\sigma}{\sqrt{n}}=4.952\pm 1.96\frac{(0.25)}{\sqrt{12}}=4.811\text{ 和 }5.093$$

这意味着有 95% 的把握认为 μ 在 4.811 到 5.093 之间。这里的 95% 便是置信水平（实践中常用 90%、95% 和 99% 这几种置信水平，一些统计学家将其称为“圣”数），4.811 和 5.093 是置信区间的上下限。置信水平与基于实际测量值的断言联系在一起，它衡量了从长期来看这种断言正确的比例。置信限是以预先确定的置信度（置信水平）将总体真值包括在内的界限。

表 44—22 概括了常见参数的置信限公式。下面的例子说明了这些公式的用法。

示例：61 件黄铜样品的平均硬度为 54.62，标准差的估计值为 5.34。试确定其均值的 95% 的置信限。

解：

$$\begin{aligned}\text{置信限}&=\bar{X}+t\frac{s}{\sqrt{n}}\\&=54.62\pm 2.00\times\frac{5.34}{\sqrt{61}}\\&=53.25\text{ 和 }55.99\end{aligned}$$

因此有 95% 的把握认为这批黄铜的真正平均硬度是在 53.25 到 55.99 之间。

表 44—22　　置信限公式

参　数	公　式
1. 正态总体的均值 （标准差已知）	$\bar{X}\pm K_{\alpha/2}\frac{\sigma}{\sqrt{n}}$ 这里 $\bar{X}$ = 样本均值 K = 正态分布系数（见附录Ⅱ表 B） σ = 总体标准差 n = 样本容量
2. 正态总体的均值 （标准差未知）	$\bar{X}\pm t_{\alpha/2}\frac{s}{\sqrt{n}}$ 这里 $t=T$ 分布系数（自由度为 $n-1$） （见附录Ⅱ表 G） $s=\sigma$ 的估计值
3. 正态总体的标准差 （1）使用样本标准差 （2）使用样本极差	上置信限 $=B_U s$ 下置信限 $=B_L s$ 这里 B_U 和 B_L 是纳特雷拉（Natrella，1963，p. T-34）和狄克逊等人（Dixon and Massy，1969，p.140）所给出的数值系数

续前表

参　数	公　式
4. 基于计数值数据的总体不合格率（样本不合格率）	见附录Ⅱ表 N
5. 基于计量值数据的总体不合格率（样本 $\bar{X}$，s）	参见 Krikpatrick（1970）
6. 两个正态总体均值的差（已知标准差 σ_1，σ_2）	$(\overline{X_1}-\overline{X_2}) \pm K_{\alpha/2}\sqrt{\frac{\sigma_1^2}{n_1}+\frac{\sigma_2^2}{n_2}}$ 这里 K = 正态分布系数（见附录Ⅱ表 B）
7. 两个正态总体均值的差（$\sigma_1=\sigma_2$，但未知）	$(\overline{X_1}-\overline{X_2}) \pm t_{\alpha/2}\sqrt{\frac{1}{n_1}+\frac{1}{n_2}} \times\sqrt{\frac{\sum(X-\overline{X_1})^2+\sum(X-\overline{X_2})^2}{n_1+n_2-2}}$ 这里 $t=T$ 分布系数（自由度为 n_1+n_2-2）（参见附录Ⅱ表 G）
8. 两个正态总体均值的差（σ_1，σ_2 都未知）	$(\overline{X_1}-\overline{X_2}) \pm t'_{\alpha/2}\sqrt{\frac{\sum(X-\overline{X_1})^2}{n_1(n_1-1)}+\frac{\sum(X-\overline{X_2})^2}{n_2(n_2-1)}}$ 这里 $t'=T$ 分布系数（以 n_1-1 和 n_2-1 中较小者为自由度）
9. 平均故障间隔时间（基于服从指数分布的平均故障间隔时间）	置信上限 $=2T/\chi^2_{\alpha/2}$ 置信下限 $=2T/\chi^2_{1-\alpha/2}$ 这里 T = 所有单元的总的试验时间 $DF=2r$，r 是预先确定的故障数 χ^2 = 卡方分布的系数（见附录Ⅱ表 L）
10. 可靠性（基于威布尔分布的总体）	参见 Thoman, Bain, and Antle（1970）
11. 有效性（基于服从指数分布的故障间隔时间和服从对数正态分布的修理时间）	参见 Gray and Lewis（1967）

示例：一套雷达系统运行了1 200个小时，其间共发生了 8 次故障。则该系统的平均故障间隔时间的 90% 置信限是什么？

解：

m 的估计值 $=1\,200/8=150$（小时）

置信上限 $=2(1\,200)/7.962=301.4$

置信下限 $=2(1\,200)/26.296=91.3$

故有 90% 的把握认为，该雷达系统的平均故障间隔时间的真值落在 91.3 小时到 301.4 小时之间。[Epstein（1960）讨论了根据寿命试验数据进行估计的若干例子。]

在应用置信水平这一概念时，容易与可靠性指标，如平均故障间隔时间，产生混淆。我们用一个不同的例子来加以说明。假设某个可靠性要求的数值部分为“平均故障间隔时间（MTBF）在 90% 的置信水平上至少为 100 个小时”，这一要

求的意思是：

1．MTBF 的最低限度必须为 100 小时。

2．必须对产品进行实际的试验以 90％的把握来证实达到了 100 小时 MTBF 的要求。

3．必须计算出观察到的 MTBF 以及 MTBF 的 90％置信限的下限来分析试验数据。

4．计算出的置信下限必须≥100 小时。

从统计的观点来看，置信水平这一概念对于试验方案有着非常重要的意义。这里要注意的是，如果置信下限要求≥100，则所观察的 MTBF 就必须大于 100。置信水平的意思是说，必须进行足够多次数的试验，以从统计有效性上说明某个要求已经被达到。置信水平并不是指关于达到某个要求的定性的判断。同样，置信水平绝非降低要求，即“90％的置信水平下 100 小时的 MTBF”并不意味着要求达到 100 小时但 $0.90\times100=90$ 小时也是可以接受的。这样的严重误解曾经发生过。当使用这一概念时，必须保证对它的理解是正确的，绝不能自以为是。

确定达到特定的估计精度所需的样本容量 增加试验次数能够提高从试验中所获估计的精度。精度的提高通常并非与检验次数呈线性关系，检验次数的倍增并不会带来精度的倍增（即使是近似的）。再者，如果样本是随机抽取的且样本容量小于总体容量的 10％，则精度将主要取决于样本的绝对容量，而非依赖于样本容量在总体中所占百分数。因此，从容量为100 000的总体中抽取 1％所构成的样本要比从容量为1 000的总体中抽取 10％所构成的样本更为精确（参见 Hahn，1972）。

精度的提高必须与因试验次数增加而造成的成本增多相权衡。置信限有助于确定在估计某个产品特性时一定的精度所要求的试验样本的容量。例如我们希望估计某种电池的使用寿命的真值。估计值必须在真值周围 2.0 小时范围内。标准差已知为 $\sigma=10.0$。要求有 95％的置信水平。2.0 小时便是置信区间宽度的一半，因此：

$$2.0=\frac{(1.96)\ (10)}{\sqrt{n}},\quad n=96$$

这就是说，一个由 96 个电池构成的样本将（有 95％的把握）给出一个将在真值的 2.0 小时范围之内的均质的估计。这里所需要的信息是：（1）所要求的置信区间的宽度（估计值所要求的精度）；（2）所要求的置信水平；（3）所分析特性的变异性。只有具备了这些信息才能够确定所需的试验次数。

表 44—23 概括了确定按照规定精度估计总体参数所需样本容量的有用的公式。下面再举一些例子来说明一些公式的用法。

表 44—23　　计算样本容量的公式

参　数	公　式
1. 正态总体的均值（σ 已知）	$n=\frac{K_{\alpha/2}^2\sigma^2}{E^2}$ 其中 K = 正态分布系数 E = 估计最大容许误差（要求精度）
2. 正态总体的均值（σ 为估计值）	见附录Ⅱ表 S
3. 正态总体的标准差	见附录Ⅱ表 T
4. 总体的不合格品率	$n=p\ (1-p)\left(\frac{K_{\alpha/2}}{E}\right)^2$ 其中 p = 总体不合格品率的估计。 如果没有可用的 p，则假定“最坏结果” $p=0.5$

示例：今要抽取一个样本来估计某零件的总体平均长度。假定该零件的长度服从正态分布。我们没有关于标准差的估计，但对该过程的了解显示“几乎所有”产品落入 2.009 英尺到 2.027 英尺之间。作为初步的近似，标准差可估计为 $(2.027-2.009)/6=0.003$。在 95% 的置信水平上，要求 μ 的估计值在真值的 0.001 英尺范围内。查附录Ⅱ的表 S，$E/s=0.001/0.003=0.33$，故所需的样本容量约为 37 件。计算一下在其他的 E 和 s 的取值下的 n 值是有启发性的（见表 44—24）。这样的灵敏度分析有助于评估提高精度与试验费用增加之间的关系。

表 44—24　　E 和 s 对 n 的影响

最大误差 E	标准差 s		
	0.002	0.003	0.004
0.000 8	27	56	98
0.001 0	18	37	64
0.002 0	7	12	18

示例：估计某个总体的标准差 σ，要求在 95% 的置信水平下，估计值不超出真值的 20% 范围。查阅附录Ⅱ的表 T，所要求的自由度约为 46，故样本容量应为46 + 1，即 47 件。

预测区间　当我们需要的不是直接估计某个总体特性，而是希望预测当我们从总体中再抽取一个单元会发现什么时，这时可以使用预测区间。例如，在上述的黄铜的例子中，样本容量 $n=61$，平均硬度为 54.62，标准差估计值为 5.34，我们曾计算出均值的 95% 的置信限为

$$\bar{X}\pm t\frac{s}{\sqrt{n}}=53.25\text{ 和 }55.99$$

现在我们要问的是：对于下一个抽取的样品，其硬度将以 95% 的把握落在什么限度内？相应的区间应当为：

$$\bar{X} + ts\sqrt{1+\frac{1}{n}} = 54.62 \pm (2.00)(5.34)(1.008\ 2)$$
$$= 43.85 \text{ 和 } 65.39$$

哈恩（Hahn，1970a，1970b）给出了进一步的讨论和相应的用表。

公差区间 统计公差界限（statistical tolerance limits）类似于过程能力，它表示出了过程变异的实际边界（参见第 22 章“运营”），因而是确定工程设计公差界限（对产品可接受界限的规定）的一个重要的考虑因素。计算统计公差限的方法有两种，即需要有正态分布假定的方法和不需要任何分布假定的方法。表 44—25 中概括了这些方法的特征。

表 44—25　　统计公差限的计算方法

方　法	分布假设	计算统计公差限的公式	公式中因子的来源
1. 测量一个容量为 n 的样本，计算其均值 $\bar{X}$ 和标准差 s	正态	双侧限：$\bar{X} \pm ks$ 单侧限：$\bar{X} + ks$ 或 $\bar{X} - ks$	附录Ⅱ，表 V 附录Ⅱ，表 V
2. 测量一个容量为 n 的样本，并计算其均值 $\bar{X}$ 和极差 R	正态	双侧限：$\bar{X} \pm K_1 R$	附录Ⅱ，表 U
3. 测量 N 个容量为 n 的样本，计算其总的均值 $\bar{\bar{X}}$ 和平均极差 $\bar{R}$	正态	双侧限：$\bar{\bar{X}} \pm K_2 \bar{R}$	Bingham（1962，p.37）
4. 确定总体中必须包含在两个公差限之间的百分数 P。测量一个容量为 n 的样本，观察其最大值和最小值	无	双侧限：至少有 P% 的总体落入样本两极值间的概率是 γ 单侧限：至少有 P% 的总体小于样本最大值（或大于样本最小值）的概率是 γ	附录Ⅱ，表 W Natrella（1963，p.T-76）

表 44—26 是用来说明这些方法的数据。它是容量为四的五个样本的阴极棒的外围尺寸。要求置信水平 95%，总体百分数为 99%。

应用表 44—25 中的方法 1 和标准差，算出的统计公差限为：

$$\bar{X} \pm ks = 1.002\ 87 \pm 3.615\ (0.000\ 34) = 1.001\ 64 \text{ 和 } 1.004\ 10$$

应用方法 2 和全部数据的总极差 R，算出的统计公差限为：

$$\bar{X} \pm K_1 R = 1.002\ 87 \pm 1.005\ (0.001\ 34) = 1.001\ 52 \text{ 和 } 1.004\ 22$$

应用方法 3 和极差的平均值，算出的统计公差限是：

$$\bar{X} \pm K_2 \bar{R} = 1.002\ 87 \pm 1.783\ (0.000\ 78) = 1.001\ 48 \text{ 和 } 1.004\ 26$$

表 44—26　　阴极棒尺寸数据

样本 1	样本 2	样本 3	样本 4	样本 5	
1.002 63	1.003 06	1.002 93	1.002 91	1.003 10	$\bar{\bar{X}} = 1.002\ 87$ $s = 0.000\ 34$（20 个关于 $\bar{X}$ 的观察值的标准差）
1.002 98	1.003 28	1.003 43	1.002 47	1.002 81	
1.002 93	1.002 74	1.002 39	1.002 68	1.002 56	
1.002 85	1.003 03	1.002 74	1.003 65	1.002 31	
$\bar{X}$1.002 85	1.003 03	1.002 87	1.002 93	1.002 69	$\bar{R} = 0.000\ 78$
R0.000 35	0.000 54	0.001 04	0.001 18	0.000 79	$R = 0.001\ 34$

以上这几种方法均假定所用特性服从正态分布。方法 4 是“自由分布”，只是假设分布是连续的和样本是随机抽取的(这两个假定适用于所有方法)。这种方法所求出的统计公差限十分简单，它是全部数据中的极小值和极大值，亦即1.002 31和1.003 65。附录Ⅱ的表 W 表明，至少有 78.4% 的总体包含在这两个界限之内。(要注意，附录Ⅱ表 X 给出了要包括 99% 的总体在内所必需的样本容量，即要使这两个极值以 95% 的置信度包含 99% 的总体，就需要一个容量为 473 的样本。)

当有可能假定正态分布时，最好采用方法 1，因为这一方法算出来的公差限通常是最窄的，且考虑了样本中的变异性。方法 2 和方法 3 也都是很好的近似。如果不能假定正态分布，则可采用方法 4，但其样本必须取得很大。在实践中，可以先用一个部分的样本来评估正态分布假定。如果正态分布的假定能够成立，就可以直接用这个部分的样本来确定统计公差限。否则，就用抽取全部的样本并采用自由分布方法（方法 4）来确定公差限。

公差区间也可应用于其他的情形，比如指数分布的情形。[Ranganathan and Kale (1983) 给出了不受观察值中的离群值影响的这种区间。该资料的第 5 章中给出了一个例子，所用数据是关于波音 727 飞机的空调可靠性的数据。]

在上述的所有方法中都涉及两个概率，即置信水平 γ 和数据落入公差限内的概率 P。这很容易使人混淆，但是要在数学上对公差限作出正确的表达就必须有这两个概率。还有一种近似的方法，它使用样本均值 $\bar{X}$ 和标准差 s，并将其视为 μ 和 σ 的高度可靠的估计值。如果正态性假定能够成立，则 99% 的统计公差限便可计算为

$$\bar{X} \pm 2.58s$$

式中的 2.58 的值是从正态分布表中查出的（附录Ⅱ表 B)：

$$\bar{X} \pm 2.58s = 1.002\ 87 \pm 2.58\ (0.000\ 274)$$
$$= 1.002\ 16 \text{ 和 } 1.003\ 58$$

这一对公差限的意义可理解为，总体中的 99% 落在1.002 17～1.003 57之间。还有一种方法是将公差限设定为 $\bar{X} \pm 3s$。但这充其量只是近似，因为 $\bar{X}$ 和 s 不会恰好等于 μ 和 σ。[Bingham (1962) 讨论了 $\bar{X} \pm 3s$ 近似。]（通过计算置信限可以显示出可能误差的大小。)

还有一种可以简化概率式的方法便是应用契比雪夫 (Chebyshev) 不等式定理，这个定理适用于所有的连续分布。该定理是说，获得一个偏离 μ 大于 k 个标准差的值的概率小于 $1/k^2$。要使公差限能够包括 99%，则有：

$$0.01 = \frac{1}{k^2}$$

或

$$k = 10$$

这样，其 99% 的公差限便可用 $\bar{X} \pm 10s$ 计算出来。这一对公差限不受分布形态的限制，其预测的表述也是很简单的，即至少 99% 的总体落在 $\bar{X} \pm 10s$ 之内。然

而，这个倍数 10 太保守了，它所计算出的公差限结果要比用其他方法算出来的宽得多。

表 44—25 所列出的方法中，并没有规定剩下的 100（1 − P）% 部分在分布的上尾和下尾间应当如何分配。[Owen and Frawley（1971）给出了在设定公差限时控制在两个界限外的百分数的程序和用表。]

统计公差限有时很容易与工程和统计中使用的其他界限相混淆。表 44—27 概括了五种类型的界限的区别。哈恩（Hahn，1970a，1970b）应用例子和图表对于这几种界限之间的区别进行了精辟的论述。也可参见哈特（Harter，1983）的论述中“统计公差限”部分的内容。

表 44—27　　各类界限的区别

界限名称	含　义
公差限	由工程设计部门设定，旨在确定为使产品正常工作所允许的最小值和最大值。
统计公差限	根据过程数据计算，旨在确定过程所展示出的变异量。整个总体的一个规定的百分比就落在这两个界限当中。
预测限	根据过程数据计算，旨在确定能够包括所有未来的 k 个观察值的界限。
置信限	根据数据计算，旨在确定总体参数将落在其中的区间。
控制限	根据过程数据计算，旨在确定围绕某个中心值的随机变异的界限。

配合尺寸的公差限　配合尺寸是指那些与其他的尺寸结合或合并而形成一个最终结果的尺寸。以下的段落将讨论这些尺寸的公差限的设定。至于非配合尺寸公差限的设定则使用本章中有关“统计公差限”的讨论中所给出的方法。

有关配合尺寸公差的常规方法　我们来看一下图 44—18 中所描述的一个简单的机械部件。图中的三个组件 A，B，C 的长度都是配合尺寸，它们共同决定了整个部件的长度。

常规的计算配合尺寸的方法就是简单的相加。对于图 44—18 中的例子，有：

$$\text{最终尺寸的公称值} = \text{公称值}_A + \text{公称值}_B + \text{公称值}_C$$

$$\text{最终尺寸的公差 } T = T_A + T_B + T_C$$

$$\text{部件长度的公称值} = 1.000 + 0.500 + 2.000 = 3.500$$

$$\text{部件长度的公差} = \pm 0.001\ 0 + 0.000\ 5 + 0.002\ 0 = \pm 0.003\ 5$$

这种方法是假定组成部件的组件有 100% 的互换性。只要组件公差满足要求，则所有装配成的部件都会满足由简单的算术加法所确定的部件公差。

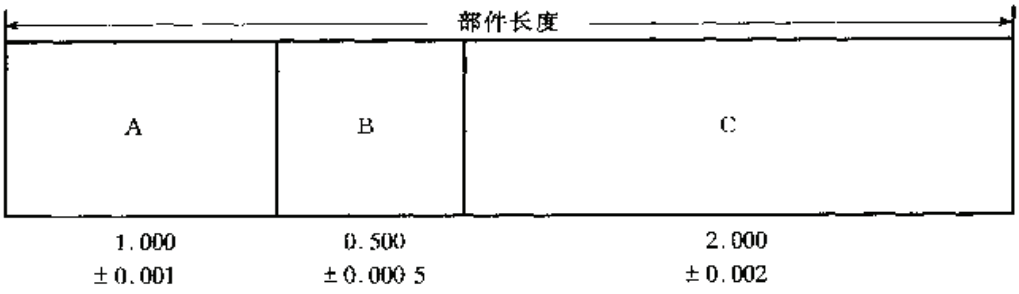


图 44—18　机械部件

将各组件公差相加的做法在数学上没什么问题，但在实际应用上却往往过于保守。假定约有 1% 的 A 组件会落在下公差限之外，并假定组件 B，C 也是同样的情况。如果组件 A 是随机选取的，那么平均意义上它只有 1% 的可能会低于下限，而组件 B，C 也是类似的。这里的关键在于，如果部件的装配是随机进行的，而且各组件都是独立制造的，则一个部件的三个组件同时低于下公差限的可能是

$$\frac{1}{100}\times\frac{1}{100}\times\frac{1}{100}=\frac{1}{1\,000\,000}$$

也就是说，三个组件都太小，从而装配起来的部件也太小的机会只有百万分之一。因此，按照简单相加来设置组件和部件的做法是保守的，它没有认识到，一个部件所包含的组件都过于小（或都过于大）的概率是如此之低这一事实。

有关配合尺寸公差的统计方法　这种方法应用到图 44—18 的例子中将有：

$$\text{最终尺寸的公称值}=\text{公称值}_A+\text{公称值}_B+\text{公称值}_C$$

$$\text{最终尺寸的公差 } T=\sqrt{T_A^2+T_B^2+T_C^2}$$

于是：

$$\text{部件的公称值}=1.000+0.500+2.000=3.500$$

$$\text{部件的公差 } T=\sqrt{(0.001)^2+(0.000\,5)^2+(0.002)^2}=\pm 0.002\,3$$

几乎所有（但并非 100%）的部件会落入 3.500 ± 0.002 3 的范围之内。这比 3.500 ± 0.003 5（算术方法得出的结果）要窄。

问题常常在于，在实际应用中，是首先规定最终的结果（如部件的长度），然后再设定零件的公差。假定要求部件的公差为 ± 0.003 5。表 44—28 中给出的是两套可能的组件公差，如用上述的二次公式计算，会得出一个部件公差 ± 0.003 5。应用常规公式的组件公差也列在了表中。

表 44—28　　统计方法与常规方法的比较

组件	统计方法		常规方法
	方案 1	方案 2	
A	± 0.002	± 0.001	± 0.001 0
B	± 0.002	± 0.001	± 0.000 5
C	± 0.002	± 0.003	± 0.002 0

统计公式的优点是组件的公差可以比较大。在表中的方案 1 中，组件 A 的公差放宽了 1 倍，组件 B 的公差放宽到 4 倍，组件 C 的公差与原先采用简单相加方法时的公差相同。如果采用方案 2，各组件的公差也可以显著放宽。由此可见，使用这个公式可以在不改变生产过程和不改变部件公差的情况下，而让组件的公差放宽。

二次公式的不足之处在于它要求满足几个假设条件，而且即使这些假设条件得到满足，也仍然会有一个很小的部分（理论上为 0.27%）不符合公式所计算

出的公差限。这些假设条件是：

1. 组件尺寸互相独立，组件在装配时是随机进行的。这一假设在实际中通常是满足的。

2. 每个组件的尺寸服从正态分布。对这一假设的某些偏离是允许的。

3. 每一组件的实际均值等于规格规定的公称值。对于上例而言，组件 A，B，C 的实际均值必须分别为 1.000、0.500 和 2.000。否则的话，部件的公称值 3.500 就无法实现，按照 3.500 所设定的公差限也就是不现实的。因此，必须对各个配合尺寸的均值加以严格的控制。这意味着采用计量值测量的过程控制技术就是必需的，而不能只是通过或不通过式的测量。

表 44—29 对这两种公差方法进行了概括。

表 44—29　　常规公差方法与统计公差方法的比较

因　素	常规方法	统计方法
各单元组装不合适的风险	无风险；100%的互换性	少部分落在公差限以外（但有时可通过选择性装配来修正）
全部公差范围的利用	方法是保守的；配合尺寸公差比必要程度更严	允许配合尺寸有较大的公差
特殊过程控制技术	无	必须应用计量值测量来控制每个相互配合尺寸的均值
统计假设条件	无	配合尺寸相互独立且服从正态分布
组件的检验批大小	任意数量	数量须适当大一些（确保极端尺寸的影响能够得到平衡）

上述统计公差公式既适用于由单独组件构成的部件，也适用于在一个实体单元中的若干个配合尺寸。另外，尺寸配合的结果既可以是一个外形尺度（部件的长度），也可以是一个内部的结果尺度（轴与孔之间的间隙）。

统计公差方法的进一步应用　人们很容易得出错觉，认为统计公差方法只不过是将原来按照各组件的公差限的形式表述的公差改变为了

1. 对大批组件的均值 $\bar{X}$ 规定上下限要求；

2. 对于组件的分散 σ 定出一个上限。

这种改变远比规格的形式要更为深远。它影响着制造计划、生产、检验、质量控制、服务等的整个循环。事实上，它是一种新的工业生产理念。

最早发表的有关统计公差方法的大规模应用的例子应该是 L-3 同轴系统（一种电话多信道或电视多频道的宽带传输系统）。道奇（Dodge et al.，1953）对此进行了详细的讨论。

其一般性方案是：

1. 找出系统中每一组件的关键质量特性。

2. 确定测量精度，将过程和产品的变异性与测量变异性区别开来。

3. 收集有关关键质量特性的过程能力数据，以有助于建立现实可行的公差。

以上是预备性工作，在此基础上，

4. 建立关键质量特性的公差，以标准差 σ 的最大值和均值 $\bar{X}$ 的上下限的双重形式来表示。X 的上下限确定为公称值 ± （1/3）σ。

5. 建立控制程序。

当时认识到，为使生产部分能够贯彻设计者的意图，还必须对 σ 和 $\bar{X}$ 的界限加以进一步的阐释。为此，建立了三种形式的产品验收方式：

1. 控制图。休哈特的 $\bar{X}$ 和 σ 控制图可用于产品的验收，但必须确定其“合格性”标准（7 个相邻的子组，每个子组为 5 件，都能满足 $\bar{X}$ 和 σ 的控制限），并保持以后的统计控制的持续（基于图的结果和过程中无重大变化）。

2. 批控制。这是根据对约 50 个单元所构成的样本的检验来进行的，检验采取计量值测量的方式，$\bar{X}$ 与 σ 的界限与样本容量相适应。每一批能否通过取决于其自身样本的检验。

3. 详细分类。不适合上述两种做法的产品要进行详细的测量。测量合格的单元根据其特性的取值情况划分成 3 个等级。在打包时即按照这种分类来分别包装。

格兰特等人（Grant and Leavenworth, 1980）讨论了统计公差方法及其在轴与孔方面的应用实例。西方电器公司（The Western Electric Company, Inc., 1982）在其《统计质量控制手册》（pp.122－127）中给出了例子和对假设条件的讨论。彼得（Peter, 1970）讨论了统计公差方法，其中包括了一种识别各组件成本差异的方法。[Choksi（1971）对应用计算机模拟确定最优公差进行了讨论。]

上述概念可应用到一个工程关系中的若干相互作用的变量上。这种关系的性质不一定是加（组件例子）或减（轴与孔的例子）。该公式可用于预测由若干变量的乘积或商产生的结果的变异情况。[Mouradian（1966）对于这些应用进行了讨论。]

贝叶斯估计　当被估计参数可被认为是已知分布的随机变量时，可应用贝叶斯估计。例如，在抽样检验中，一批产品的缺陷率 p 可能是一个随机变量，我们可以通过长期的抽样检验来对之拟合一个分布。通过这样做，将来借助于较少的抽样，这些信息就可以提供质量保证（参见 Lenz and Rendtel, 1984）。

当不可能对一个平稳过程累积信息时，有人建议可用对于参数的“感觉”来为该参数选择一个统计分布，然后将该参数当做服从这一分布的随机变量来加以处理。这种做法被称为“个人概率方法”，其应用者被称为“贝党”（Bayesians）。一些推崇者主张，这是所有明智人士应当采取的惟一方法，由此而导致了激烈的争论和对立。在本章作者看来，尽管担任管理职位的人士可能觉得这是一个定量表达其灼见的合理的方式，但在多数情况下这是一种不科学的方式，它只是将成见加入到了决策过程中，常会导致代价昂贵的错误。这种方法在一些通用的统计决策理论中有一些应用（Dudewicz, 1976, chap.12），但在应用时会有包括所有好的准则在内的一整套决策准则，而非只是一个基于某人的“感觉”的准则。只

要一个稳定的过程能够收集到随时间进程的信息，就应当考虑采用贝叶斯方法。

具有固定宽度和精度的区间 在迄今为止我们所考虑的区间中，通常要么有一个随机的宽度（如表 44—22 中的第 7、第 8 部分），要么要求知道诸如方差之类的参数（如表 44—22 中的第 6 部分）。如果能够采取两阶段的观察，就既能控制宽度又能控制置信度。让我们来讨论一下在方差未知（且其是否相等也未知）时的两个正态均值的情况。我们按照如下的两个阶段来进行：

从 $k=2$ 个总体中的每一个中各抽取 n_0 个观察值（n_0 至少为 10）。

确定总体 i 的总的样本容量为：

$$n_i=\max\left[n_0+1,\ (ws_i)^2\right] \qquad \text{这里 } w=h_{n_0}\left[2,\ (1+P^*)\ /2\right]\ /d$$

其中 h 查自表 44—30，是所期望宽度的一半，$k=2$ 个总体，P^* 是所期望的置信水平。

再从总体 1 中抽取 n_1-n_0 个观察值，从总体 2 中抽取 n_2-n_0 个观察值。

计算 n_1 个观察值的样本均值 $\bar{X}_1$、n_2 个观察值的样本均值 $\bar{X}_2$ 以及区间 $\bar{X}_1-X_2\pm d$（即我们有 $100P^*$% 的把握认为两个总体均值的差落入样本均值的差的上下 d 个单位之内）。计算过程参照后面的“选优”部分的示例。

表 44—30　　解两阶段检验、置信区间和选优问题所需的乘子

k	P	n_0												
		2	3	4	5	6	7	8	9	10	15	20	25	30
2	0.75	2.00	1.37	1.21	1.14	1.10	1.07	1.05	1.04	1.03	1.00	0.99	0.98	0.98
	0.80	2.75	1.76	1.54	1.44	1.38	1.35	1.32	1.30	1.29	1.25	1.24	1.23	1.22
	0.85	3.93	2.27	1.94	1.80	1.72	1.68	1.64	1.62	1.60	1.55	1.53	1.51	1.51
	0.90	6.16	3.04	2.50	2.29	2.18	2.11	2.06	2.02	2.00	1.93	1.90	1.88	1.87
	0.95	12.63	4.57	3.50	3.11	2.91	2.79	2.71	2.66	2.61	2.50	2.45	2.42	2.41
	0.975	25.42	6.54	4.59	3.94	3.63	3.45	3.33	3.24	3.18	3.02	2.95	2.91	2.88
	0.99	63.7	10.28	6.31	5.14	4.60	4.30	4.11	3.98	3.89	3.64	3.54	3.48	3.45
3	0.75	3.52	2.15	1.86	1.74	1.67	1.63	1.60	1.57	1.56	1.51	1.49	1.48	1.47
	0.80	4.59	2.59	2.20	2.04	1.95	1.89	1.85	1.83	1.80	1.75	1.72	1.71	1.70
	0.85	6.31	3.17	2.62	2.40	2.28	2.21	2.16	2.13	2.10	2.03	1.99	1.98	1.96
	0.90	9.64	4.05	3.22	2.90	2.73	2.63	2.57	2.52	2.48	2.39	2.34	2.32	2.30
	0.95	19.40	5.86	4.29	3.75	3.48	3.32	3.21	3.14	3.08	2.94	2.87	2.84	2.81
	0.975	38.7	8.25	5.50	4.63	4.22	3.98	3.82	3.72	3.64	3.43	3.35	3.30	3.27
	0.99	96.2	12.83	7.44	5.91	5.23	4.86	4.62	4.46	4.34	4.04	3.92	3.85	3.81
4	0.75	4.77	2.66	2.25	2.08	1.99	1.93	1.89	1.86	1.84	1.78	1.75	1.74	1.73
	0.80	6.16	3.13	2.59	2.38	2.26	2.19	2.14	2.11	2.08	2.01	1.98	1.96	1.95
	0.85	8.41	3.77	3.03	2.75	2.60	2.51	2.45	2.41	2.37	2.28	2.24	2.22	2.21
	0.90	12.80	4.75	3.66	3.26	3.06	2.93	2.85	2.80	2.75	2.63	2.58	2.55	2.54
	0.95	25.76	6.80	4.80	4.14	3.81	3.62	3.50	3.41	3.34	3.17	3.10	3.06	3.03
	0.975	51.4	9.53	6.10	5.05	4.57	4.29	4.11	3.99	3.90	3.67	3.57	3.51	3.48
	0.99	128	14.79	8.21	6.40	5.62	5.19	4.92	4.74	4.60	4.27	4.13	4.05	4.01

续前表

k	P	n_0												
		2	3	4	5	6	7	8	9	10	15	20	25	30
5	0.75	5.95	3.05	2.53	2.32	2.21	2.14	2.09	2.06	2.03	1.96	1.93	1.91	1.90
	0.80	7.65	3.56	2.89	2.63	2.49	2.40	2.35	2.30	2.27	2.19	2.15	2.13	2.12
	0.85	10.43	4.25	3.34	3.00	2.83	2.72	2.65	2.60	2.56	2.46	2.41	2.39	2.37
	0.90	15.90	5.32	4.00	3.53	3.29	3.15	3.05	2.99	2.94	2.81	2.75	2.72	2.69
	0.95	32.04	7.58	5.20	4.42	4.05	3.84	3.70	3.60	3.53	3.34	3.26	3.21	3.18
	0.975	64.1	10.61	6.58	5.37	4.83	4.52	4.32	4.18	4.08	3.83	3.72	3.66	3.62
	0.99	160	16.47	8.82	6.78	5.90	5.43	5.13	4.93	4.79	4.43	4.28	4.20	4.14
6	0.75	7.10	3.39	2.76	2.52	2.38	2.30	2.25	2.21	2.18	2.10	2.06	2.04	2.03
	0.80	9.12	3.93	3.13	2.82	2.66	2.57	2.50	2.45	2.42	2.32	2.28	2.26	2.24
	0.85	12.43	4.66	3.60	3.21	3.01	2.89	2.81	2.75	2.70	2.59	2.54	2.51	2.49
	0.90	18.96	5.82	4.28	3.74	3.47	3.31	3.21	3.13	3.08	2.93	2.87	2.84	2.81
	0.95	38.29	8.26	5.53	4.66	4.25	4.01	3.86	3.75	3.67	3.46	3.38	3.33	3.30
	0.975	76.7	11.56	6.97	5.64	5.03	4.69	4.48	4.33	4.22	3.95	3.83	3.77	3.73
	0.99	192	17.97	9.34	7.09	6.13	5.62	5.30	5.09	4.93	4.55	4.39	4.30	4.25
7	0.75	8.23	3.68	2.96	2.67	2.53	2.44	2.37	2.33	2.30	2.21	2.17	2.14	2.13
	0.80	10.58	4.25	3.33	2.99	2.81	2.70	2.63	2.58	2.54	2.43	2.38	2.36	2.34
	0.85	14.42	5.03	3.81	3.37	3.15	3.02	2.93	2.87	2.82	2.70	2.64	2.61	2.59
	0.90	22.01	6.27	4.51	3.92	3.62	3.45	3.33	3.25	3.19	3.04	2.97	2.93	2.91
	0.95	44.53	8.88	5.81	4.85	4.41	4.15	3.98	3.87	3.79	3.57	3.47	3.42	3.39
	0.975	89.3	12.43	7.32	5.86	5.20	4.84	4.61	4.45	4.34	4.05	3.93	3.86	3.82
	0.99	223	19.34	9.79	7.35	6.32	5.78	5.44	5.21	5.05	4.64	4.48	4.39	4.33
8	0.75	9.36	3.95	3.13	2.81	2.65	2.55	2.48	2.43	2.40	2.30	2.25	2.23	2.21
	0.80	12.02	4.55	3.51	3.13	2.93	2.81	2.73	2.68	2.63	2.52	2.47	2.44	2.42
	0.85	16.40	5.37	4.01	3.52	3.28	3.13	3.04	2.97	2.92	2.78	2.72	2.69	2.67
	0.90	25.05	6.68	4.72	4.07	3.75	3.56	3.44	3.35	3.29	3.12	3.05	3.01	2.98
	0.95	50.76	9.45	6.06	5.03	4.54	4.27	4.09	3.97	3.88	3.65	3.55	3.50	3.46
	0.975	101.9	13.24	7.63	6.05	5.35	4.97	4.72	4.56	4.44	4.13	4.00	3.93	3.89
	0.99	256	20.62	10.20	7.58	6.49	5.91	5.56	5.32	5.15	4.73	4.55	4.46	4.40
9	0.75	10.49	4.20	3.28	2.93	2.75	2.64	2.57	2.52	2.48	2.37	2.33	2.30	2.28
	0.80	13.47	4.82	3.67	3.25	3.04	2.91	2.82	2.76	2.72	2.60	2.54	2.51	2.49
	0.85	18.37	5.68	4.18	3.65	3.39	3.23	3.13	3.06	3.00	2.86	2.80	2.76	2.74
	0.90	28.08	7.06	4.91	4.21	3.86	3.66	3.53	3.44	3.37	3.20	3.12	3.08	3.05
	0.95	57.0	9.99	6.29	5.18	4.66	4.37	4.19	4.06	3.96	3.72	3.62	3.56	3.53
	0.975	114.5	13.99	7.91	6.22	5.48	5.08	4.82	4.65	4.52	4.20	4.07	4.00	3.95
	0.99	287	21.8	10.58	7.79	6.64	6.03	5.66	5.41	5.23	4.80	4.62	4.53	4.46
10	0.75	11.60	4.43	3.42	3.04	2.85	2.73	2.65	2.60	2.55	2.44	2.39	2.36	2.35
	0.80	14.90	5.08	3.82	3.36	3.13	3.00	2.90	2.84	2.79	2.66	2.60	2.57	2.55
	0.85	20.34	5.98	4.33	3.77	3.48	3.32	3.21	3.13	3.08	2.92	2.86	2.82	2.80
	0.90	31.12	7.41	5.09	4.33	3.96	3.75	3.62	3.52	3.45	3.26	3.18	3.14	3.11
	0.95	63.2	10.49	6.50	5.32	4.77	4.47	4.27	4.14	4.04	3.79	3.68	3.62	3.58
	0.975	127.1	14.70	8.17	6.38	5.60	5.17	4.91	4.73	4.60	4.26	4.13	4.05	4.01
	0.99	318	22.9	10.92	7.98	6.77	6.14	5.75	5.49	5.31	4.86	4.68	4.58	4.51

续前表

k	P	n_0												
		2	3	4	5	6	7	8	9	10	15	20	25	30
11	0.75	12.72	4.64	3.54	3.14	2.93	2.81	2.72	2.66	2.62	2.50	2.45	2.42	2.40
	0.80	16.34	5.32	3.95	3.46	3.22	3.07	2.98	2.91	2.86	2.72	2.66	2.63	2.61
	0.85	22.31	6.25	4.48	3.87	3.57	3.40	3.28	3.20	3.14	2.98	2.91	2.87	2.85
	0.90	34.15	7.75	5.25	4.44	4.06	3.83	3.69	3.59	3.51	3.32	3.24	3.19	3.16
	0.95	69.4	10.97	6.70	5.44	4.87	4.55	4.35	4.21	4.10	3.84	3.73	3.67	3.63
	0.975	139.7	15.38	8.41	6.52	5.71	5.26	4.99	4.80	4.66	4.32	4.18	4.10	4.05
	0.99	350	24.0	11.25	8.16	6.90	6.24	5.84	5.57	5.38	4.91	4.73	4.62	4.56
12	0.75	13.84	4.85	3.66	3.23	3.01	2.88	2.79	2.73	2.68	2.55	2.50	2.47	2.45
	0.80	17.77	5.54	4.07	3.56	3.30	3.14	3.04	2.97	2.92	2.77	2.71	2.68	2.66
	0.85	24.27	6.52	4.61	3.97	3.65	3.47	3.35	3.26	3.20	3.03	2.96	2.92	2.90
	0.90	37.17	8.07	5.40	4.54	4.14	3.91	3.76	3.65	3.57	3.37	3.28	3.24	3.21
	0.95	75.6	11.42	6.88	5.56	4.96	4.63	4.42	4.27	4.16	3.89	3.78	3.72	3.68
	0.975	152.3	16.02	8.63	6.66	5.08	5.34	5.06	4.86	4.72	4.37	4.23	4.15	4.10
	0.99	382	25.0	11.55	8.32	7.01	6.32	5.91	5.64	5.44	4.96	4.77	4.67	4.60
13	0.75	14.95	5.04	3.77	3.31	3.08	2.94	2.85	2.78	2.73	2.60	2.54	2.51	2.40
	0.80	19.21	5.76	4.19	3.64	3.37	3.21	3.10	3.03	2.97	2.82	2.76	2.72	2.70
	0.85	26.24	6.77	4.74	4.06	4.73	3.53	3.41	3.32	3.25	3.08	3.01	2.97	2.94
	0.90	40.20	8.38	5.54	4.64	4.22	3.97	3.82	3.71	3.63	3.42	3.33	3.28	3.25
	0.95	81.8	11.86	7.05	5.67	5.05	4.70	4.48	4.33	4.22	3.94	3.82	3.76	3.72
	0.975	164.8	16.64	8.85	6.78	5.90	5.42	5.12	4.92	4.78	4.42	4.27	4.19	4.14
	0.99	413	26.0	11.84	8.47	7.11	6.41	5.98	5.70	5.50	5.01	4.81	4.71	4.64
14	0.75	16.06	5.23	3.87	3.39	3.15	3.00	2.90	2.83	2.78	2.65	2.59	2.55	2.53
	0.80	20.64	5.97	4.30	3.72	3.44	3.27	3.16	3.08	3.02	2.86	2.80	2.76	2.74
	0.85	28.20	7.01	4.86	4.14	3.80	3.60	3.46	3.37	3.30	3.12	3.05	3.01	2.98
	0.90	43.23	8.67	5.67	4.73	4.29	4.04	3.87	3.76	3.68	3.46	3.37	3.32	3.29
	0.95	88.1	12.27	7.22	5.77	5.12	4.76	4.54	4.38	4.27	3.98	3.86	3.80	3.75
	0.975	177.4	17.24	9.05	6.90	5.98	5.49	5.18	4.98	4.83	4.46	4.31	4.22	4.17
	0.99	445	27.0	12.11	8.61	7.21	6.48	6.05	5.76	5.55	5.05	4.85	4.74	4.68
15	0.75	17.17	5.41	3.97	3.46	3.21	3.05	2.95	2.88	2.83	2.69	2.63	2.59	2.57
	0.80	22.07	6.17	4.40	3.80	3.50	3.32	3.21	3.13	3.07	2.91	2.84	2.80	2.77
	0.85	30.17	7.24	4.97	4.22	3.86	3.65	3.52	3.42	3.35	3.16	3.09	3.01	3.01
	0.90	46.25	8.96	5.80	4.82	4.36	4.09	3.93	3.81	3.72	3.50	3.41	3.35	3.32
	0.95	94.3	12.68	7.37	5.87	5.20	4.83	4.59	4.43	4.32	4.02	3.90	3.83	3.79
	0.975	190.0	17.81	9.24	7.01	6.06	5.55	5.24	5.03	4.88	4.50	4.34	4.26	4.20
	0.99	476	27.9	12.37	8.75	7.30	6.55	6.11	5.81	5.60	5.09	4.88	4.78	4.71
16	0.75	18.28	5.58	4.06	3.53	3.26	3.11	3.00	2.93	2.87	2.72	2.66	2.63	2.60
	0.80	23.50	6.36	4.50	3.87	3.56	3.37	3.26	3.17	3.11	2.94	2.87	2.83	2.81
	0.85	32.13	7.46	5.07	4.29	3.92	3.70	3.56	3.47	3.39	3.20	3.12	3.07	3.05
	0.90	49.28	9.23	5.92	4.90	4.42	4.15	3.97	3.85	3.77	3.54	3.44	3.39	3.35
	0.95	100.5	13.07	7.52	5.96	5.27	4.88	4.64	4.48	4.36	4.06	3.93	3.86	3.82
	0.975	202.6	18.37	9.42	7.11	6.14	5.62	5.29	5.08	4.92	4.53	4.38	4.29	4.24
	0.99	508	28.8	12.62	8.88	7.39	6.62	6.16	5.86	5.65	5.12	4.92	4.81	4.74

续前表

k	P	n_0												
		2	3	4	5	6	7	8	9	10	15	20	25	30
17	0.75	19.40	5.74	4.15	3.59	3.32	3.15	3.05	2.97	2.91	2.76	2.69	2.66	2.63
	0.80	24.93	6.55	4.59	3.94	3.61	3.42	3.30	3.21	3.15	2.98	2.90	2.86	2.84
	0.85	34.09	7.68	5.17	4.37	3.98	3.75	3.61	3.51	3.43	3.24	3.15	3.11	3.08
	0.90	52.30	9.50	6.03	4.97	4.48	4.20	4.02	3.90	3.81	3.57	3.47	3.42	3.38
	0.95	106.7	13.45	7.66	6.04	5.33	4.94	4.69	4.52	4.40	4.09	3.96	3.89	3.85
	0.975	215.3	18.90	9.60	7.21	6.21	5.67	5.34	5.12	4.96	4.57	4.41	4.32	4.27
	0.99	542	29.6	12.86	9.00	7.47	6.68	6.22	5.91	5.69	5.16	4.95	4.84	4.76
18	0.75	20.51	5.90	4.23	3.66	3.37	3.20	3.09	3.01	2.95	2.79	2.72	2.69	2.66
	0.80	26.36	6.73	4.68	4.00	3.67	3.47	3.34	3.25	3.19	3.01	2.93	2.89	2.87
	0.85	36.05	7.89	5.27	4.43	4.03	3.80	3.65	3.55	3.47	3.27	3.18	3.14	3.10
	0.90	55.3	9.76	6.14	5.04	4.54	4.25	4.06	3.94	3.84	3.60	3.50	3.45	3.41
	0.95	112.9	13.81	7.80	6.13	5.39	4.99	4.73	4.56	4.44	4.12	3.99	3.92	3.87
	0.975	227.7	19.43	9.77	7.31	6.28	5.73	5.39	5.16	5.00	4.60	4.43	4.35	4.29
	0.99	571	30.5	13.09	9.12	7.55	6.74	6.27	5.95	5.73	5.19	4.98	4.86	4.79
19	0.75	21.61	6.06	4.32	3.71	3.42	3.24	3.13	3.04	2.98	2.82	2.75	2.71	2.69
	0.80	27.79	6.91	4.77	4.06	3.72	3.51	3.38	3.29	3.22	3.04	2.96	2.92	2.89
	0.85	38.01	8.09	5.37	4.50	4.08	3.85	3.69	3.59	3.51	3.30	3.21	3.16	3.13
	0.90	58.4	10.01	6.25	5.11	4.59	4.29	4.10	3.97	3.88	3.63	3.53	3.47	3.44
	0.95	119.1	14.17	7.93	6.20	5.45	5.04	4.78	4.60	4.47	4.15	4.02	3.95	3.90
	0.975	240.2	19.94	9.93	7.40	6.34	5.78	5.43	5.20	5.04	4.63	4.46	4.37	4.32
	0.99	604	31.3	13.31	9.23	7.62	6.80	6.31	5.99	5.77	5.22	5.00	4.89	4.81
20	0.75	22.72	6.21	4.39	3.77	3.46	3.28	3.16	3.08	3.02	2.85	2.78	2.74	2.72
	0.80	29.22	7.08	4.85	4.12	3.76	3.56	3.42	3.32	3.26	3.07	2.99	2.95	2.92
	0.85	39.98	8.29	5.46	4.56	4.13	3.89	3.73	3.62	3.54	3.33	3.24	3.19	3.16
	0.90	61.4	10.25	6.35	5.18	4.64	4.34	4.14	4.01	3.91	3.66	3.56	3.50	3.46
	0.95	125.3	14.52	8.05	6.28	5.51	5.08	4.82	4.64	4.51	4.18	4.04	3.97	3.92
	0.975	252.9	20.43	10.09	7.49	6.40	5.83	5.48	5.24	5.07	4.66	4.49	4.40	4.34
	0.99	635	32.1	13.52	9.34	7.69	6.86	6.36	6.03	5.80	5.25	5.03	4.91	4.84
21	0.75	23.83	6.36	4.47	3.82	3.51	3.32	3.20	3.11	3.05	2.88	2.81	2.77	2.74
	0.80	30.65	7.24	4.93	4.17	3.81	3.59	3.45	3.36	3.29	3.10	3.02	2.97	2.94
	0.85	41.94	8.48	5.54	4.62	4.18	3.93	3.77	3.65	3.57	3.35	3.26	3.21	3.18
	0.90	64.4	10.49	6.44	5.24	4.69	4.38	4.18	4.04	3.94	3.69	3.58	3.52	3.48
	0.95	131.5	14.86	8.17	6.35	5.56	5.13	4.86	4.67	4.54	4.21	4.07	3.99	3.95
	0.975	265.7	20.92	10.24	7.57	6.46	5.88	5.52	5.28	5.11	4.68	4.51	4.42	4.36
	0.99	667	32.8	13.72	9.44	7.76	6.91	6.40	6.07	5.84	5.27	5.05	4.93	4.86
22	0.75	24.94	6.50	4.54	3.88	3.55	3.36	3.23	3.15	3.08	2.91	2.83	2.79	2.76
	0.80	32.08	7.40	5.01	4.23	3.85	3.63	3.49	3.39	3.32	3.12	3.04	2.99	2.96
	0.85	43.90	8.67	5.63	4.67	4.22	3.97	3.80	3.69	3.60	3.38	3.29	3.24	3.20
	0.90	67.4	10.72	6.54	5.30	4.74	4.42	4.22	4.08	3.98	3.71	3.60	3.54	3.51
	0.95	137.7	15.19	8.29	6.42	5.61	5.17	4.89	4.71	4.57	4.23	4.09	4.02	3.97
	0.975	278	21.39	10.39	7.65	6.52	5.92	5.56	5.31	5.14	4.71	4.53	4.44	4.38
	0.99	700	33.6	13.93	9.54	7.83	6.96	6.44	6.11	5.87	5.30	5.07	4.95	4.88

续前表

k	P	n_0												
		2	3	4	5	6	7	8	9	10	15	20	25	30
23	0.75	26.05	6.64	4.61	3.92	3.59	3.39	3.27	3.18	3.11	2.93	2.85	2.81	2.78
	0.80	33.51	7.56	5.08	4.28	3.89	3.67	3.52	3.42	3.34	3.15	3.06	3.03	2.99
	0.85	45.86	8.85	5.71	4.73	4.27	4.00	3.83	3.72	3.63	3.41	3.31	3.26	3.22
	0.90	70.4	10.95	6.63	5.36	4.78	4.46	4.25	4.11	4.00	3.74	3.63	3.57	3.53
	0.95	143.9	15.51	8.40	6.49	5.66	5.21	4.93	4.74	4.60	4.26	4.11	4.04	3.99
	0.975	291	21.85	10.53	7.73	6.57	5.96	5.59	5.35	5.17	4.73	4.56	4.46	4.40
	0.99	730	34.3	14.12	9.63	7.89	7.01	6.48	6.14	5.90	5.32	5.10	4.97	4.90
24	0.75	27.16	6.78	4.68	3.97	3.63	3.43	3.30	3.20	3.14	2.95	2.88	2.83	2.81
	0.80	34.93	7.72	5.15	4.33	3.93	3.70	3.55	3.45	3.37	3.17	3.08	3.04	3.01
	0.85	47.82	9.03	5.78	4.78	4.31	4.04	3.87	3.75	3.66	3.43	3.33	3.28	3.24
	0.90	73.5	11.17	6.72	5.42	4.82	4.49	4.28	4.14	4.03	3.76	3.65	3.59	3.55
	0.95	150.1	15.83	8.51	6.55	5.71	5.25	4.96	4.77	4.63	4.28	4.14	4.06	4.01
	0.975	303	22.30	10.67	7.80	6.63	6.01	5.63	5.38	5.20	4.76	4.58	4.48	4.42
	0.99	762	35.1	14.31	9.73	7.95	7.05	6.52	6.18	5.93	5.37	5.12	4.99	4.92
25	0.75	28.27	6.91	4.74	4.02	3.67	3.46	3.33	3.23	3.16	2.98	2.90	2.85	2.83
	0.80	36.36	7.87	5.22	4.38	3.97	3.74	3.58	3.48	3.40	3.19	3.11	3.06	3.03
	0.85	49.78	9.21	5.86	4.83	4.35	4.07	3.90	3.77	3.68	3.45	3.35	3.30	3.26
	0.90	76.5	11.38	6.80	5.47	4.87	4.53	4.31	4.17	4.06	3.78	3.67	3.61	3.57
	0.95	156.3	16.14	8.62	6.62	5.75	5.28	4.99	3.80	4.66	4.30	4.16	4.08	4.03
	0.975	316	22.74	10.80	7.88	6.68	6.05	5.66	5.41	5.23	4.78	4.60	4.50	4.44
	0.99	794	35.8	14.49	9.82	8.01	7.10	6.56	6.21	5.96	5.37	5.14	5.01	4.94

资料来源：The table entries are from Table 4 on pp.17–23 of "New Tables for Multiple Comparisons with a Control (Unknown Variances)," by E.J. Dudewicz, J.S. Ramberg, H.J. Chen, *Biometrische Zeitschrift*, vol. 17 (1975), pp.13–26. Reprinted with the permission of Akademie-Verlag, Berlin.

统计假设检验

统计假设是指对某个总体所作的一个断言，这种断言通常是针对总体的某些参数的。假设检验（也称为显著性检验）旨在使实验者不致把单纯的随机变异引起的数据波动（不需要有原因来解释）归咎于某种特定的原因。因此，统计假设检验实际上是中世纪奥卡姆（William of Occam）的剃刀原理的现代翻版，该原理是说"人不应无事自扰"。[奥卡姆是一位英国圣方济各哲学家，卒于约 1349 年。] 例如，某过程产出的产品每件平均重为 14.90 磅，现在对过程加以改进以提高产品的重量。抽取由 10 件产品构成的一个样本（取自过程改进后），测得其平均重量为 15.10 磅，但这未必说明过程均值有了提高。有可能平均重量并未变化（甚至还降低了），我们看到的只不过是过程随机性所导致的波动而已。在这种可能性面前作出正确的推断是假设检验的要旨所在。

基本概念，错误类型　这里所说的“假设”是指对某个总体所作的断言。通常这一断言针对的是总体某些参数的取值。例如，一个假设宣称某种电池的总体平均寿命为 30.0，写作H: $\mu_0 = 30.0$。这一断言可能正确也可能不正确。假设检验就是对这个断言的真实性的检验，这是通过分析样本数据来实施的。

对于样本的结论必须加以仔细的评估，这有两方面的理由。其一，还有许多其他的样本也是有可能被抽中的。其二，我们实际所抽中的样本的数字结果能够很容易地与几个不同的假设相符合。为此，我们就要辨识在评估一个假设时可能会犯的两种类型的错误：

1. 当假设为真时拒绝该假设。这称为第Ⅰ类错误，其概率称做显著性水平，用 α 表示。

2. 当假设为伪时接受该假设。这称为第Ⅱ类错误，其概率通常用 β 表示（有作者将其称为 $1-\beta$）。

我们可以将犯这两类错误的概率控制在一定的范围内。

在假设H: $\mu_0 = 30.0$ 的例子中，发生第Ⅰ类错误的概率图示在图 44—19 中。图中的两条垂线之间的曲线下所包括的区域代表该假设检验的接受域。如果样本的数值落在接受域内，则接受该假设；反之，则拒绝该假设。注意曲线有一小部分落在接受域之外。这一部分（α）表示即使当假设为真时，我们得到一个样本数值有可能落到接受域之外的概率。

现在假定我们规定第Ⅰ类错误不得超过 5%。这是当实际平均寿命确为 30.0 时，上述假设遭到拒绝的概率。当平均寿命的真值为 30.0 时，我们通过设定样本值超出界限的机会为 5%便可以确定出接受域。进而，假定我们抽取一个由四个测量值构成的样本，其 $\sigma = 10.0$。

要记住图 44—19 中的曲线代表一个样本均值的总体，我们的决定是以样本均值为基础作出的。由 $\sigma_{\bar{X}} = \sigma/\sqrt{n}$ 可知样本均值的变动小于单个测量值的变动。

再者，即使单个测量值（构成均值的）的分布不是正态分布，其样本均值也近似服从正态分布（Grant and Leavenworth, 1972, pp.69－71）。样本容量 n 越大，这种近似性也就越好，事实上当 n 达到 4 时就相当地充分了。

附录Ⅱ的表 B 表明，曲线下两尾端 2.5% 的面积的分界点分别在 30.0 加减 1.96 倍的标准差处。于是，在假设 $\mu_0 = 30.0$ 下，有 95% 的样本均值将会落入 $30.0 \pm 1.96\sigma_X$ 之内，即：

$$\text{上限} = 30.0 + 1.96\frac{10}{\sqrt{4}} = 39.8$$

$$\text{下限} = 30.0 - 1.96\frac{10}{\sqrt{4}} = 20.2$$

因此接受域确定为 20.2～39.8 之间。于是，我们随机抽取一个由 4 个电池组成的样本，若样本均值落在这个接受域之内，则接受该假设；若样本均值落在接受

域之外，则拒绝该假设。这一决策准则规定了第Ⅰ类错误的概率为0.05。

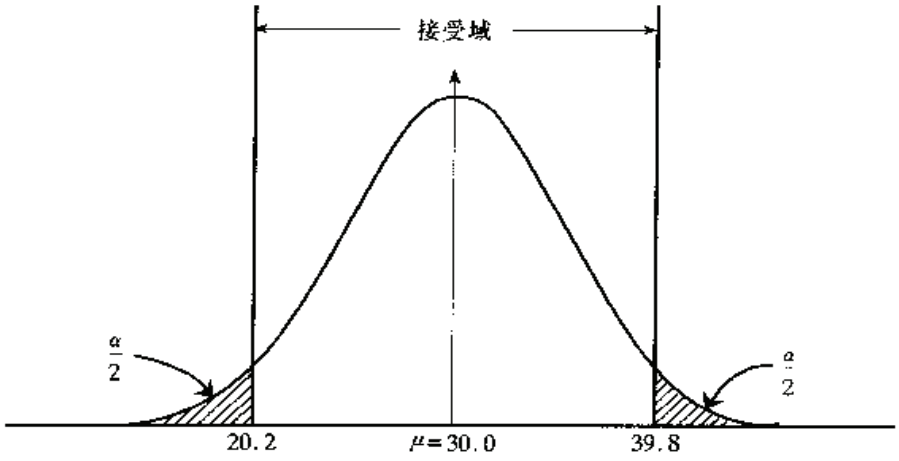


图 44—19 $H:\mu_0=30.0$ 的接受域

图44—20的阴影部分表示第Ⅱ类错误或β错误的概率，即当某个假设为伪时却将其接受的概率。可以看出，即使某个总体的实际均值不等于假设中的值，其样本的均值也有可能落入接受域中。β的数值取决于总体均值的真值（也与n，σ和α有关）。这从抽检特性曲线（operating characteristic curve，OC曲线）中可以体现出来。

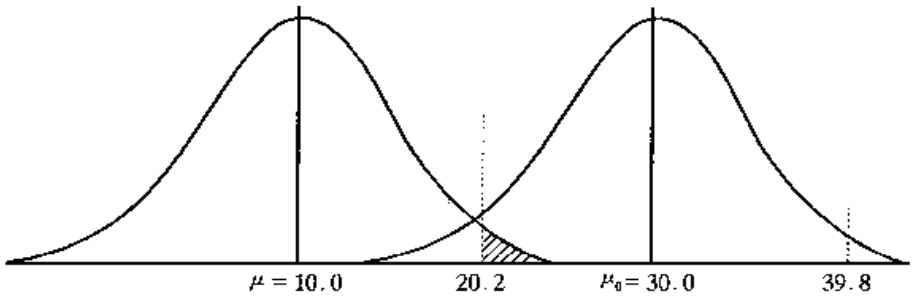


图 44—20 第Ⅱ类错误或β错误

现在的问题便是要建立一条抽检特性曲线来评估第Ⅱ类错误（β错误）的大小。因为β乃是当原假设（$\mu_0=30.0$）为伪时却被接受的概率，所以我们必须求出当总体均值的真值不等于30.0时，其样本均值落入20.2至39.8之间的概率。我们对许多不同的总体均值进行了计算，其结果如图44—21所示。[不要将这一曲线与测量值的正态分布曲线相混淆。有些情况下这两种曲线的形状很相似，但OC曲线与分布曲线的含义是全然不同的；朱兰等人（Juran and Gryna，1980，pp.410-412）给出了详细的计算；也可参阅杜德韦克的论述（Dudewicz，1976，pp.272-275）。]由此可见，OC曲线乃是原假设被接受的概率作为总体参数真值（和给定的n，σ和α）的函数而画出来的图形。

应用OC曲线选择接受域 接受域是通过将5%的可允许α错误分为两等分来确定的（见图44—19）。这称为双尾检验。也可以把这5%的概率全部放到分布曲线的左尾或者右尾（见图44—22）。若是这样则称为单尾检验。

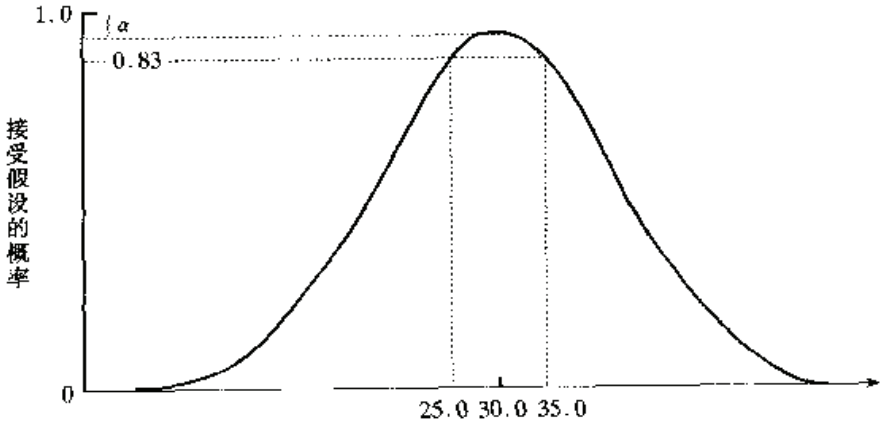
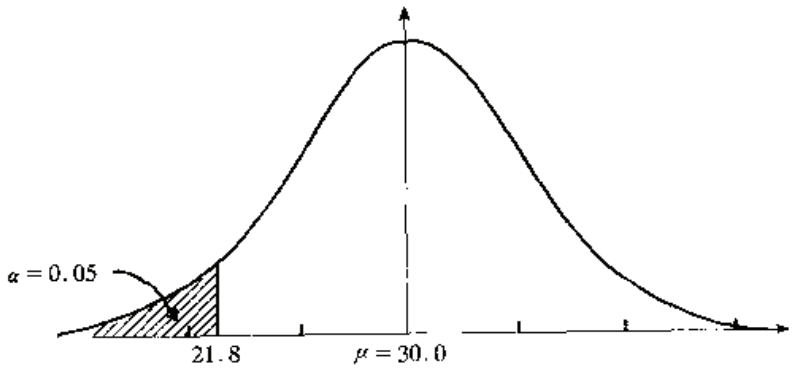
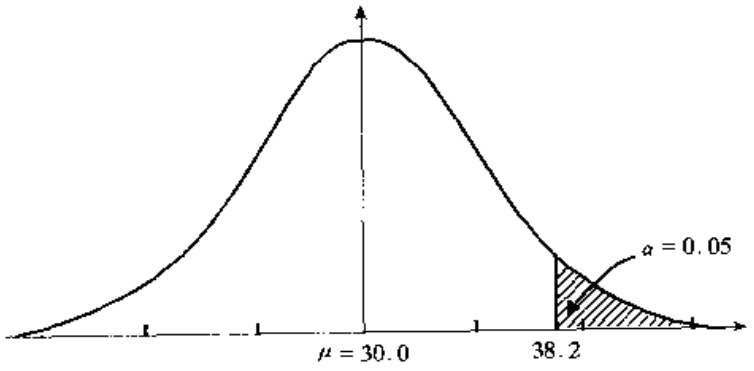


图 44—21　抽检特性曲线



(a)5%的出错概率全部在左尾



(b)5%的出错概率全部在右尾

图 44—22

接受域为单尾的检验所用的抽检特性曲线的建立可按照双尾接受域时的做法来进行。在双尾检验、左单尾检验和右单尾检验这三种检验中，虽然犯 α 错误的概率是相同的，但犯 β 错误的概率则各不相同（Dudewicz，1976，p.275）。

在有些问题中，若总体均值不等于假设中的值，则我们可以得到有关的信息来判定其位于假设值的哪一侧。比如说，我们预期某种新材料的平均强度将等于或大于当前的材料。知道了这一点，就可以有助于我们决定是选择单尾检验还是双尾检验，以使犯 β 错误的概率尽可能地小。以 OC 曲线分析为基础，可以给出以下的指导原则：

使用全部 α 风险在右尾的单侧检验的场合。(1)已知总体均值不等于而是大于

μ_0，或(2)总体均值小于 μ_0 是可接受的，我们只对总体均值是否大于 μ_0 感兴趣。

使用全部 α 风险在左尾的单侧检验的场合。(1)已知总体均值不等于而是小于 μ_0，或(2)总体均值大于 μ_0 是可接受的，我们只对总体均值是否小于 μ_0 感兴趣。

使用双尾检验的场合。（1）预先不了解有关总体均值的真值所在位置的信息，或（2）我们所感兴趣的是判断总体的均值是小于还是大于原假设中的 μ_0。(双尾检验的假设有时表述为：原假设$H_0:\mu_0=30.0$，而备择假设$H_1:\mu_0\neq30.0$。在单尾检验中，若 α 在左尾，则 $H_0:\mu_0=30.0$，备择假设$H_1:\mu_1<30.0$；若 α 在右尾，则$H_1:\mu_1>30.0$)。

每一假设检验都有其相应的 OC 曲线。邓肯等人（Duncan，1974；Natrella，1963）对 OC 曲线有详尽的介绍。[有些文献中给出的是“功效”（power）曲线，但这里的“功效”只不过是 1－（接受概率）$=1-\beta$ 而已。]

有了以上的背景知识，我们就可以接着来讨论有关假设检验的步骤。

样本容量预先确定时的假设检验 理想的情况是，首先确定了所希望的第Ⅰ类错误和第Ⅱ类错误的值，然后再来确定所需的样本容量（参见本章后面“确定假设检验所需的样本容量”部分的讨论）。如果由于费用和时间的限制而预先决定了样本容量，那么通常的做法是先把所希望的第Ⅰ类错误确定下来，然后再按以下的步骤进行：

1. 提出假设。

2. 选择第Ⅰ类错误的概率，通常为 0.01、0.05 或 0.10。

3. 选择检验该假设所用的检验统计量。

4. 确定检验的接受域，即决定接受该假设的检验统计量的取值范围。

5. 取得观测值的样本，计算检验统计量并与接受域比较，决定接受或拒绝原假设。

6. 作出工程上的结论。

在样本容量固定的情况下，说某个假设被“接受”，其含义是没有充分的证据来拒绝该假设。但是，这并不意味着该假设就是正确的。（参见前面的“统计假设检验”的开头一段以及下面的“由假设检验得出结论”部分的讨论。）由于这一理由，人们常常使用术语“不能拒绝”而不是“接受”。

表 44—31 中概括了一些常见的假设检验。[这些检验在文献中出现得最多，在实际中应用得也最广。其中有许多都是以正态分布为前提的，哈特等人（Harter and Dubey，1976）定义了基于威布尔分布的均值和方差的检验，威布尔分布实际上是一个分布族。]以下的例子对于假设检验的程序给予了说明。进一步的讨论及例子可参见狄克逊等人（Dixon and Massey，1969；Johnson and Leone，1964；Duncan，1974；Dudewicz，1976；Natrella，1963）的论述。表44—31中还针对某些检验给出了独特的或附加的参考文献。关于非参数检验请参阅吉本（Gibbons，1997）的论述。

表 44—31　　假设检验列表

检验统计量及其分布	假设条件	备　注
检验法 1. 总体均值等于 μ_0（H：$\mu=\mu_0$）		
(a) $U=\dfrac{\bar{X}-\mu_0}{\sigma/\sqrt{n}}$ 正态分布（附录Ⅱ，表 B）	X 可以服从任何分布，但应连续且只有一个众数。	总体标准差已知。
(b) $t=\dfrac{\bar{X}-\mu_0}{s/\sqrt{n}}$ t 分布，自由度 $DF=n-1$（附录Ⅱ，表 G）	X 服从正态分布。	由样本 s 估计总体标准差
(c) $r_1=\dfrac{\bar{X}-\mu_0}{R}$ r_1 分布（附录Ⅱ，表 H）	X 服从正态分布。	由样本极差估计总体离差。
(d) r＝双尾检验中出现次数较少的符号的数目（或单尾检验中正号数或负号数） r 分布（附录Ⅱ，表Ⅰ）	分布不限，但总体连续且对称。	通过计算（X，μ_0）的符号分析数据。[这叫做“符号”检验，参阅吉本斯（Gibbons，1997，p.112）的论述。]
检验法 2. 两总体均值相等（H：$\mu_1=\mu_2$）。		
(a) $U=\dfrac{\bar{X}_1-\bar{X}_2}{\sqrt{\sigma_1^2/n_1+\sigma_2^2/n_2}}$ 正态分布（附录Ⅱ，表 B）	X_1 和 X_2 分布不限，但应连续且只有一个众数。如果总体不是服从正态分布，则样本容量 n_1 和 n_2 应该较大以使抽样分布 U 近似服从正态分布。	总体标准差已知。
(b) $t=\dfrac{\bar{X}_1-\bar{X}_2}{\sqrt{\dfrac{1}{n_1}+\dfrac{1}{n_2}}\sqrt{\dfrac{[(n_1-1)s_1^2+(n_2-1)s_2^2]}{n_1+n_2-2}}}$ t 分布，自由度 $DF=n_1+n_2-2$（附录Ⅱ，表 G）	$\sigma_1=\sigma_2$。X_1 和 X_2 均服从正态分布	总体标准差由样本标准差 s_1 和 s_2 估计。
(c) $r_d=\dfrac{\bar{X}_1-\bar{X}_2}{0.5(R_1+R_2)}$ r_d 分布（附录Ⅱ，表 J）	X_1 和 X_2 均服从正态分布。	由样本极差估计总体离差。

续前表

检验统计量及其分布	假设条件	备　注
(d) $t'=\dfrac{\bar{X}_1-\bar{X}_2}{\sqrt{s_1^2/n_1+s_2^2/n_2}}$ t 分布，自由度 $DF=\min(n_1-1,\ n_2-1)$（附录Ⅱ，表 G）	X_1 和 X_2 均服从正态分布。	由样本标准差 s_1 和 s_2 估计总体标准差（没有假定 $\sigma_1=\sigma_2$）。
(e) $t=\dfrac{\bar{d}}{s_d/\sqrt{n}}$ t 分布，自由度 $DF=$ 对子数 -1（附录Ⅱ，表 G）	总体服从正态分布。	数据共有 n 对，计算每一对数据的差 d。
(f) $r=$ 双尾检验中出现次数较少的符号数目（或单尾检验中正号数或负号数） r 的分布（附录Ⅱ，表 I）	n_1 和 n_2 均≥6。总体必须连续且对称；每一对观察值必须在相同条件下取得。	通过计算 (X_1-X_2) 的符号分析数据。（这叫做"符号"检验。） r 的分布（附录Ⅱ，表 I）
检验法 3. 一种产品的两个特性具有规定的总体均值（H: $\mu_x=\mu_{x_0}$ 且 $\mu_Y=\mu_{Y_0}$）(Johnson and Leone, 1994)		
$T^2=\dfrac{s_Y^2}{s_X^2s_Y^2-s_{XY}}(X-\mu_{X_0})^2-\dfrac{2s_{XY}}{s_X^2s_Y^2-s_{XY}}$ $(X-\mu_{X_0})(Y-\mu_{Y_0})+\dfrac{s_x^2}{s_X^2s_Y^2-s_{XY}}(Y-\mu_{Y_0})^2$ 其中 $s_{XY}=\dfrac{n\sum(XY)-\sum X\sum Y}{n(n-1)}$ T^2 的临界值 $T^2=\dfrac{2(n-1)F}{n-2}$ F 分布的自由度 $DF_1=2$；$DF_2=n-2$ （附录Ⅱ，表 K）	二元正态分布。	由 s_X 和 s_Y 估计总体标准差 （T^2 称为 Hotelling T^2）。
检验法 4. 总体标准差等于 σ_0（H: $\sigma=\sigma_0$）		
$\chi^2=\dfrac{(n-1)s^2}{\sigma_0^2}$ 卡方分布，自由度 $DF=n-1$（附录Ⅱ，表 L）	总体服从正态分布。	由样本标准差 s 估计总体标准差。

检验法 5. 两总体标准差相等（H: $\sigma_1^2=\sigma_2^2$）		
(a) $F=\frac{s_1^2}{s_2^2}$ F 分布，自由度 $DF_1=n_1-1$ 且 $DF_2=n_2-1$ （附录Ⅱ，表 K）	两总体均服从正态分布。	由样本标准差 s_1 和 s_2 估计总体标准差。
(b) $F'=\frac{R_1}{R_2}$ F' 分布（附录Ⅱ，表 M）	分布不限，但 X_1 和 X_2 均连续。	由样本极差估计总体离差。
检验法 6. 总体中显示出某一特性的比例为 p_0（H: $p=p_0$）		
(a) $U=\frac{x-np_0}{\sqrt{np_0(1-p_0)}}$ 正态分布（附录Ⅱ，表 B）	$n\geqslant 100$。只适用于大样本。	由样本比例估计总体比例。
(b) 确定置信限（附录Ⅱ，表 N） 并观察 p_0 是否落入置信限内		由样本比例估计总体比例 （当 $n<100$ 时使用）。
检验法 7. 两个总体的比例相等（H: $p_1=p_2$）		
$U=\frac{X_1/n_1-X_2/n_2}{\sqrt{\hat{p}(1-\hat{p})(1/n_1+1/n_2)}}$ 其中 $\hat{p}=\frac{X_1+X_2}{n_1+n_2}$ 正态分布（附录Ⅱ，表 B）	对每个总体均有 $np>5$。样本容量 n_1 和 n_2 必须足够大，以保证 U 的抽样分布近似服从正态分布。	由样本比例估计总体比例。
检验法 8. 感官评价中作出正确决定的比例为 p_0（H: $p=p_0$）		
(a) $U=\frac{X/n-0.50}{\sqrt{0.50/n}}$ 正态分布（附录Ⅱ，表 B）	$p=0.5$，n 应 >30。	要求鉴别两个样品中哪一个与最初所给的对照样品相同。 （这称为“两重一三重”检验。）
(b) $U=\frac{X/n-0.33}{\sqrt{0.22/n}}$ 正态分布（附录Ⅱ，表 B）	$p=0.33$，n 应 >30。	要求鉴别三个样品中哪一个与另外两个不同。 （这称为“三角”检验。）

续前表

检验统计量及其分布	假设条件	备　注
检验法 9. 样本来自于分布相同的总体［H：$F(X_1)=F(X_2)$，其中 $F(X)$ =分布函数］(Johnson and Leone, 1964)		
(a) 对均值的评估，T' =较小样本的秩和 T'分布（附录Ⅱ，表 O）	分布不限；若 $n_1>8$ 且 $n_2>8$，则统计量 T' 的分布可以很好地用正态分布近似。	通过把两样本的观察值混合起来并按大小排序评估数据（最小值为 1，第二小为 2，等等）。然后求较小样本的秩和。拒绝假设表示均值存在差别。（这称为“秩和”检验。）
(b) 对标准差的评估，T' =较小样本的秩和 T'分布（附录Ⅱ，表 O）	分布不限；若 $n_1>8$ 且 $n_2>8$，则统计量 T' 的分布可以很好地用正态分布近似。	混合观察值按大小排序，序号 1 表示最小的观察值，2 表示次小的观察值，3 表示第三小的观察值，等等。计算较小样本的秩和。拒绝假设意味着标准差之间存在差别。（这称为“秩和”检验。）
检验法 10. 样本观察值是从单个总体中随机抽取的 (Bennett and Franklin, 1954, and Dixon and Massey, 1969)		
(a) u = 游程的数目 游程分布（附录Ⅱ，表 P）	$n_1\geqslant 10$，$n_2\geqslant 10$。	根据中位数以上或以下的序列数或“游程”数评估数据。（这称为“游程”检验。）
(b) $M=\dfrac{\sum_{i=1}^{n-1}(X_{i+1}-\bar{X}_i)^2}{\sum(X_i-\bar{X})^2}$ $U=\dfrac{1-M/2}{\sqrt{(n-2)/[(n-1)(n+1)]}}$ 正态分布（附录Ⅱ，表 B）	1. $n\geqslant 4$。 2. 正态分布。	根据一个序列中相继观察值的差（$X_{i+1}-X_i$）来评估数据。（这称为“均方相继差检验或 M 检验。”）
检验法 11. 样本中某个观察值与其他观察值同属于同一总体 (Dixon and Massey, 1969; Grubbs, 1969)		
若两个方面（太大或太小）的观察值极端值都不能接受，则对 X_1 和 X_n 都要进行评估。 n 与 r： $3\leqslant n\leqslant 7$：$r_{10}=\dfrac{X_2-X_1}{X_n-X_1}$ $8\leqslant n\leqslant 10$：$r_{11}=\dfrac{X_2-X_1}{X_{n-1}-X_1}$ $11\leqslant n\leqslant 13$：$r_{21}=\dfrac{X_3-X_1}{X_{n-1}-X_1}$ $14\leqslant n\leqslant 25$：$r_{22}=\dfrac{X_3-X_1}{X_{n-2}-X_1}$ r 的分布（附录Ⅱ，表 Q）	X 服从正态分布。 总体均值和方差均未知。	按大小排列数据，以可变性指标比较一个极端观察值与其他观察值的距离，以此评估数据。 （这称为离群值检验。）

检验法 12. 数据样本来自一个具有规定概率函数的总体

(a) D = 实际累积频数百分比与理论累积频数百分比之间的最大偏差 D 的分布（Gibbons，1997，表 C）	分布应是连续的。	首先在概率纸上将数据描点。评估所描各点与直线的最大偏差。本检验法特别适用于 $n<30$ 的情形。[这称为“柯耳莫哥洛夫-斯密尔诺夫（Kolmogorov-Smirnov）拟合优度检验”。]
(b) $\chi^2=\sum\frac{(f_o-f_e)^2}{f_3}$ 所有分布的检验统计量均服从卡方分布（附录Ⅱ，表 L）	$n>30$，最好 $n>100$。	首先建立一个频数分布。对每一分组（基于假定分布）计算理论频数。比较实际频数（f_o）和理论频数（f_e）。这个检验对连续型分布和离散型分布均适用。若某分组的理论频数小于 5，则将之并入一个或多个邻近分组中。（这是 χ^2 拟合优度检验。）

分　布	自由度 DF
正态分布	分组数减 3
指数分布	分组数减 2
威布尔分布	分组数减 4
泊松分布	分组数减 2
二项分布	分组数减 2

示例：对 8 台实验性发动机进行的测试表明，用 1 升某种燃料分别可运行 28、26、31、29、25、27、28、27 分钟。根据规格要求，该发动机平均运行时间必须不低于 30 分钟。问这种发动机是否能够达到要求？假定显著性水平为 5%。

解：使用表 44—31 中的检验法 1b，

H_0：$\mu = 30.0$

H_1：$\mu < 30.0$

检验统计量：

$$t_1 = \frac{\bar{X} - \mu_0}{s/\sqrt{n}}$$

接受域：

自由度 $DF = 8 - 1 = 7$

$$t \geqslant -1.895$$

有关自由度的数学推导超出了本手册的范围，但其基本的概念可表述如下：自由度是对用样本标准差来估计总体标准差的肯定程度的一种测度。当标准差的真值已知时，自由度 $DF = \infty$。更一般地说来，自由度 DF 等于确定样本标准差所需的测量值的个数减去为计算标准差而从数据中所估计的常量的个数。本例中，为计算标准差只需要估计一个常量（样本均值）即可，所以 $DF = 8 - 1$。

分析：

$\bar{X} = 27.6 \quad s = 1.86$

$$t = \frac{27.6 - 30.0}{\frac{1.86}{\sqrt{8}}} = -3.65$$

结论：拒绝原假设。有充分的证据可以得出结论，认为这批发动机不能满足设计要求。

示例：用极差代替标准差解答前例。

解：使用表 44—31 中检验法 1c，

H_0：$\mu = 30.0$

H_1：$\mu < 30.0$

检验统计量：

$$\tau_1 = \frac{\bar{X} - \mu_0}{R}$$

接受域：

$$\tau_1 \geqslant -0.230$$

分析：

$$\tau_1 = \frac{27.6 - 30.0}{6} = -0.40$$

结论：拒绝原假设。有充分的证据可以得出结论，认为这批发动机不能满足设计要求。

示例：应用符号检验法来解答前例。

解：使用表 44—31 中的检验法 1d，

H_0：$\mu = 30$

H_1：$\mu < 30$

检验统计量：正号数目 r。

接受域：

$r > 1$（单尾检验）

分析：

X	$X - \mu_0$	
28	−	
26	−	
31	+	
29	−	$r = 1$
25	−	
27	−	
28	−	
27	−	

结论：拒绝该假设。有充分的证据可以得出结论，认为这批发动机不能满足设计要求。

示例：用两种不同的配方各生产五批橡胶，测得每批橡胶的抗拉强度如下：

配方 1	配方 2
3 067	3 200
2 730	2 777
2 840	2 623
2 913	3 044
2 789	2 834

试对两种配方的平均强度相等这一假设进行检验。假定显著性水平为 5%。

解：首先应用表 44—31 中的检验法 5a 来检验方差相等的假设。然后再用这一检验的结果来决定是应采用检验法 2b 还是检验法 2d 来解决平均抗拉强度的问题。

H_0：$\sigma_1^2 = \sigma_2^2$

H_1：$\sigma_1^2 \neq \sigma_2^2$

检验统计量：

$$DF_1 = 5 - 1 = 4 \qquad DF_2 = 5 - 1 = 4$$

$$F = \frac{(s_1)^2}{(s_2)^2}$$

接受域：

$$\frac{1}{9.60} \leqslant F \leqslant 9.60$$

分析：

$$s_1^2 = 16\ 923.7$$

$$s_2^2 = 51\ 713.3$$

$$F = \frac{16\ 923.7}{51\ 713.3} = 0.33$$

结论：接受原假设。这用来确保接下来的检验中关于方差相等的假定。应用检验法 2b，

H_0：$\mu_1 = \mu_2$

H_1：$\mu_1 \neq \mu_2$

检验统计量：

$$t = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}\sqrt{\frac{[\ (n_1 - 1)\ s_1^2 + \ (n_2 - 1)\ s_2^2]}{n_1 + n_2 - 2}}}$$

接受域：

$$DF = 5 + 5 - 2 = 8$$

$$-2.306 \leqslant t \leqslant +2.306$$

分析：

$$t = \frac{2\ 867.8 - 2\ 895.6}{\sqrt{\frac{1}{5} + \frac{1}{5}}\sqrt{\frac{(5-1)\ 16\ 923.7 + \ (5-1)\ 51\ 713.3}{5+5-2}}} = -0.237\ 3$$

结论：接受原假设。没有充分的证据表明两种配方在平均抗拉强度上存在差别。

示例：用极差代替标准差解答前例。

解：首先，利用表 44—31 中检验法 5b 检验方差相等的假设。

H_0：$\sigma_1^2 = \sigma_2^2$

H_1：$\sigma_1^2 \neq \sigma_2^2$

检验统计量：

$$F' = \frac{R_1}{R_2}$$

接受域：

$$0.32 < F' < 3.2$$

分析：

$$R_1 = 3\ 067 - 2\ 730 = 337$$

$$R_2 = 3\ 200 - 2\ 623 = 577$$

$$F' = \frac{337}{577} = 0.58$$

结论：接受原假设。这用来确保接下来的检验中关于方差相等的假定。使用检验法 2c，

$$H_0: \mu_1 = \mu_2 \qquad H_1: \mu_1 \neq \mu_2$$

检验统计量：

$$\tau_d = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{0.5\ (R_1 + R_2)}$$

接受域：

$$-0.493 \leqslant \tau_d \leqslant +0.493$$

$$R_1 = 3\ 067 - 2\ 730 = 337$$

$$R_2 = 3\ 200 - 2\ 632 = 577$$

分析：

$$\tau_d = \frac{2\ 867.8 - 2\ 895.6}{0.5\ (337 + 577)} = -0.061$$

结论：接受原假设。没有充分的证据表明两种配方在平均抗拉强度上存在差别。

样本容量预先不确定时的假设检验　在前一部分“样本容量预先确定时的假设检验”中曾指出，理想的情况是预先确定第Ⅰ类错误和第Ⅱ类错误的概率值，然后再确定所需的样本容量。然而，如果预先固定了样本容量，则在大多数情况下这种理想情况就不可能达到，人们就只能控制第Ⅰ类错误（而非第Ⅱ类错误）。当样本容量没有预先固定时，两类错误均可加以控制，正如下例中关于两总体均值是否相等（H：$\mu_1 = \mu_2$）的检验所表明的那样。

对于第Ⅰ类错误为 α、第Ⅱ类错误为 β 而均值差的绝对值为 δ^*（正值）的情况，可以按照如下的步骤进行：

从每个总体中（$k=2$）各抽取 n_0 个观察值（可能的情况下要求 n_0 最小要等于 10）。

确定总体 i 的总样本容量为：

$$n_i = \max\ [n_0 + 1,\ (ws_i)^2]$$

其中的 w 是以下等式的解（通过试算求解）

$$P_{n_0}\ (-h - \delta^* w) + P_{n_0}\ (-h - \delta^* w) = \beta$$

其中 $h = h_{n_0}\ (2,\ 1 - \alpha/2)$ 可从表 44—30 查得。表 44—32 中列出了 P_{n_0}

（t）的值。

再从总体 1 中取 $n_1 - n_0$ 个观察值，从总体 2 中取 $n_2 - n_0$ 个观察值。

若（基于所有数据的）样本均值的差大于 h/w，则拒绝均值相等的假设。

例如，假定我们的初始样本容量为 $n_0 = 15$，当均值的差为 $\delta^* = 4.0$ 时希望第Ⅰ类错误 $\alpha = 0.05$，第Ⅱ类错误 $\beta = 0.10$。由表44—30 得 $h = h_{n_0}(2, 1 - \alpha/2)$ $h_{15}(2, 0.975) = 3.02$。

我们通过两个步骤来从下面的等式中求出 w 值：

$$P_{15}(-3.02 - 4w) + P_{15}(-3.02 + 4w) = 0.10$$

首先，使用表 44—32 来求解方程 $P_{15}(-3.02 + 4w) = 0.10$，从而求出 w 的近似值。由于表 44—32 中的数值均大于等于0.499 9，我们利用 $P_{n_0}(-v) = 1 - P_{n_0}(v)$ 对所有的 v 都成立来变换方程，得到：

$$1 - P_{15}(3.02 - 4w) = 0.10 \quad 或 \quad P_{15}(3.02 - 4w) = 0.90$$

由于 $P_{15}(1.9) = 0.896\ 8$ 而 $P_{15}(2.0) = 0.907\ 9$，w 的值（第一次近似）将在下面方程的解的范围之内

$$3.02 - 4w = 1.9 \quad 且 \quad 3.02 - 4w = 2.0$$

也就是，$w = (3.02 - 1.9)/4 = 0.28$ 且 $w = (3.02 - 2.0)/4 = 0.255$。因此，我们试一下 $w = 0.255$。对该值有：

$$\begin{aligned} &P_{15}[-3.02 - (4)(0.255)] + P_{15}[-3.02 + (4)(0.255)] \\ &= P_{15}(-4.04) + P_{15}(-2.0) = 1 - P_{15}(4.04) + 1 - P_{15}(2.0) \\ &= 1 - 0.994\ 6 + 1 - 0.907\ 9 = 0.005\ 4 + 0.092\ 1 \\ &= 0.097\ 5 = 0.10 \end{aligned}$$

（这一近似过程仍可继续下去，但对大多数实际应用而言，这一 w 值已足够充分。）于是，若 $s_1 = 17.3$，则我们所需的总样本容量为

$$n_1 = \max\{15 + 1, [(0.255)(17.3)]^2\} = \max(16, 19.46) = 20$$

（因为样本容量必须为整数，所以我们向上舍入）。因为我们已经有了 15 个观察值，所以还需要从总体 1 中再取得 $20 - 15 = 5$（个）观察值。类似地，若 $s_2 = 10.4$，则我们所需的总的样本容量为

$$n_2 = \max\{15 + 1, [(0.255)(10.4)]^2\} = \max(16, 7.03) = 16$$

因为我们已经从总体 2 中得到了 15 个观察值，所以我们还要取得 $16 - 15 = 1$（个）观察值。基于所有数据计算的样本均值分别表示为 $\bar{X}_1$ 和 $\bar{X}_2$，如果样本均值差大于：

$$\frac{h}{w} = \frac{3.02}{0.255} = 11.84$$

则我们拒绝 $\mu_1 = \mu_2$ 的假设。在本例中，$\bar{X}_1 = 38.3$，$\bar{X}_2 = 50.2$，样本均值的差为 11.9，故我们拒绝两均值相等的零假设。

表 44—32　　两阶段检验两均值是否相等所需的概率 $P_{n_0}(t)$

t	n_0							
	2	3	4	5	6	7	8	9
0.0	0.499 9	0.499 9	0.499 9	0.499 9	0.499 9	0.499 9	0.499 9	0.499 9
0.1	0.515 8	0.520 8	0.522 9	0.524 1	0.524 8	0.525 4	0.525 7	0.526 0
0.2	0.531 7	0.541 5	0.545 7	0.548 1	0.549 6	0.550 6	0.551 4	0.552 0
0.3	0.547 3	0.562 0	0.568 4	0.571 9	0.574 2	0.575 7	0.576 8	0.577 7
0.4	0.562 8	0.582 2	0.590 7	0.595 4	0.598 4	0.600 4	0.601 9	0.603 0
0.5	0.577 9	0.602 1	0.612 6	0.618 4	0.622 1	0.624 6	0.626 5	0.627 9
0.6	0.592 7	0.621 5	0.634 0	0.641 0	0.645 3	0.648 3	0.650 5	0.652 1
0.7	0.607 1	0.640 4	0.654 9	0.662 9	0.667 9	0.671 3	0.673 7	0.675 7
0.8	0.621 1	0.658 8	0.675 1	0.684 1	0.689 7	0.693 6	0.696 4	0.698 6
0.9	0.634 5	0.676 5	0.694 6	0.704 6	0.710 8	0.715 1	0.718 2	0.720 6
1.0	0.647 5	0.693 5	0.713 4	0.724 2	0.731 1	0.735 7	0.739 1	0.741 7
1.1	0.660 0	0.709 9	0.731 3	0.743 1	0.750 4	0.755 4	0.759 1	0.761 8
1.2	0.672 0	0.725 5	0.748 5	0.761 0	0.768 8	0.774 2	0.778 0	0.781 0
1.3	0.683 4	0.740 5	0.764 8	0.778 1	0.786 3	0.791 9	0.796 0	0.799 1
1.4	0.694 3	0.754 7	0.780 3	0.794 2	0.802 9	0.808 7	0.813 0	0.816 2
1.5	0.704 8	0.768 1	0.795 0	0.809 4	0.818 4	0.824 5	0.828 9	0.832 2
1.6	0.714 7	0.780 9	0.808 8	0.823 8	0.833 1	0.839 3	0.843 9	0.847 3
1.7	0.724 2	0.793 0	0.821 8	0.837 2	0.846 7	0.853 2	0.857 8	0.861 3
1.8	0.733 2	0.804 4	0.834 0	0.849 8	0.859 5	0.866 0	0.870 7	0.874 2
1.9	0.741 8	0.815 1	0.845 4	0.861 5	0.871 4	0.878 0	0.882 7	0.886 3
2.0	0.749 9	0.825 2	0.856 1	0.872 5	0.882 4	0.889 1	0.893 8	0.897 4
2.1	0.757 7	0.834 7	0.866 1	0.882 6	0.892 6	0.899 3	0.904 0	0.907 5
2.2	0.765 1	0.843 6	0.875 4	0.892 0	0.902 0	0.908 7	0.913 4	0.916 9
2.3	0.772 1	0.852 0	0.884 1	0.900 7	0.910 7	0.917 3	0.922 0	0.925 4
2.4	0.778 8	0.859 9	0.892 2	0.908 7	0.918 7	0.925 2	0.929 8	0.933 2
2.5	0.785 2	0.867 3	0.899 6	0.916 2	0.926 0	0.932 4	0.936 9	0.940 2
2.6	0.791 2	0.874 2	0.906 6	0.923 0	0.932 7	0.939 0	0.943 4	0.946 6
2.7	0.797 0	0.880 7	0.913 0	0.929 3	0.938 8	0.945 0	0.949 3	0.952 4
2.8	0.802 5	0.886 8	0.919 0	0.935 0	0.944 4	0.950 4	0.954 6	0.957 6
2.9	0.807 8	0.892 5	0.924 5	0.940 3	0.949 5	0.955 3	0.959 4	0.962 3
3.0	0.812 8	0.897 9	0.929 7	0.945 2	0.954 1	0.959 8	0.963 7	0.966 5
3.1	0.817 6	0.902 9	0.934 4	0.949 7	0.958 3	0.963 8	0.967 6	0.970 3
3.2	0.822 1	0.907 6	0.938 8	0.953 7	0.962 2	0.967 5	0.971 1	0.973 6
3.3	0.826 5	0.912 1	0.942 9	0.957 5	0.965 7	0.970 8	0.974 2	0.976 6
3.4	0.830 7	0.916 2	0.946 6	0.960 9	0.968 8	0.973 7	0.977 0	0.979 3
3.5	0.834 7	0.920 1	0.950 1	0.964 0	0.971 7	0.976 4	0.979 5	0.981 7
3.6	0.838 5	0.923 8	0.953 3	0.966 9	0.974 3	0.978 8	0.981 7	0.983 8
3.7	0.842 2	0.927 3	0.956 3	0.969 5	0.976 6	0.980 9	0.983 7	0.985 7
3.8	0.845 7	0.930 5	0.959 1	0.971 9	0.978 8	0.982 9	0.985 5	0.987 4
3.9	0.849 1	0.933 6	0.961 7	0.974 1	0.980 7	0.984 6	0.987 1	0.988 9
4.0	0.852 4	0.936 5	0.964 0	0.976 1	0.982 4	0.986 1	0.988 5	0.990 2
4.1	0.855 5	0.939 2	0.966 2	0.977 9	0.984 0	0.987 5	0.989 8	0.991 3
4.2	0.858 5	0.941 7	0.968 3	0.979 6	0.985 4	0.988 8	0.990 9	0.992 3

续前表

t	n_0							
	2	3	4	5	6	7	8	9
4.3	0.861 4	0.944 2	0.970 2	0.981 2	0.986 7	0.989 9	0.991 9	0.993 2
4.4	0.861 4	0.946 4	0.972 0	0.982 6	0.987 9	0.990 9	0.992 8	0.994 0
4.5	0.866 8	0.948 6	0.973 6	0.983 9	0.989 0	0.991 8	0.993 6	0.994 7
4.6	0.869 4	0.950 6	0.975 1	0.985 1	0.989 9	0.992 6	0.994 3	0.995 3
4.7	0.871 9	0.952 6	0.976 5	0.986 2	0.990 8	0.993 3	0.994 9	0.995 9
4.8	0.874 3	0.954 4	0.977 9	0.987 2	0.991 6	0.994 0	0.995 4	0.996 4
4.9	0.876 6	0.956 1	0.979 1	0.988 1	0.992 3	0.994 6	0.995 9	0.996 8
5.0	0.878 8	0.957 8	0.980 3	0.988 9	0.993 0	0.995 1	0.996 4	0.997 2
5.1	0.881 0	0.959 3	0.981 3	0.989 7	0.993 5	0.995 6	0.996 7	0.997 5

表 44—32　　两阶段检验两均值是否相等所需的概率 $P_{n_0}(t)$（续）

t	n_0								
	10	11	12	13	14	15	20	25	30
0.0	0.499 9	0.499 9	0.499 9	0.499 9	0.499 9	0.499 9	0.499	0.499 9	0.499 9
0.1	0.526 2	0.526 4	0.526 6	0.526 7	0.526 8	0.526 9	0.527 2	0.527 4	0.527 5
0.2	0.552 4	0.552 8	0.553 1	0.553 3	0.553 5	0.553 7	0.554 4	0.554 7	0.555 5
0.3	0.578 3	0.578 9	0.579 3	0.579 7	0.580 0	0.580 3	0.581 5	0.581 8	0.582 2
0.4	0.603 9	0.604 6	0.605 2	0.605 7	0.606 1	0.606 5	0.607 7	0.608 5	0.608 9
0.5	0.629 0	0.629 9	0.630 6	0.631 2	0.631 7	0.632 2	0.633 7	0.634 6	0.635 2
0.6	0.653 4	0.654 5	0.655 4	0.656 1	0.656 7	0.657 2	0.659 1	0.660 1	0.660 8
0.7	0.677 2	0.678 5	0.679 4	0.680 3	0.681 0	0.681 6	0.683 7	0.684 9	0.685 7
0.8	0.700 3	0.701 6	0.702 7	0.703 7	0.704 5	0.705 1	0.707 5	0.708 9	0.709 8
0.9	0.722 4	0.723 9	0.725 2	0.726 2	0.727 1	0.727 8	0.730 4	0.731 9	0.732 9
1.0	0.743 7	0.745 3	0.746 6	0.747 8	0.748 7	0.749 5	0.752 3	0.753 9	0.755 0
1.1	0.764 0	0.765 7	0.767 1	0.768 3	0.769 3	0.770 2	0.773 2	0.774 9	0.776 1
1.2	0.783 3	0.785 1	0.786 6	0.787 9	0.788 9	0.789 9	0.793 0	0.794 8	0.796 1
1.3	0.801 5	0.803 4	0.805 0	0.806 3	0.807 5	0.808 4	0.811 7	0.813 6	0.814 9
1.4	0.818 7	0.820 7	0.822 3	0.823 7	0.824 9	0.825 9	0.829 3	0.831 3	0.832 6
1.5	0.834 8	0.836 9	0.838 6	0.840 0	0.841 2	0.842 2	0.845 7	0.847 8	0.849 1
1.6	0.849 9	0.852 0	0.853 8	0.855 2	0.856 4	0.857 5	0.861 1	0.863 1	0.864 5
1.7	0.863 9	0.866 1	0.867 9	0.869 3	0.870 6	0.871 6	0.875 3	0.877 4	0.878 8
1.8	0.877 0	0.879 2	0.880 9	0.882 4	0.883 7	0.884 7	0.888 4	0.890 5	0.891 9
1.9	0.889 0	0.891 2	0.893 0	0.894 5	0.895 7	0.896 8	0.900 4	0.902 5	0.903 9
2.0	0.900 1	0.902 3	0.904 1	0.905 6	0.906 8	0.907 9	0.911 5	0.913 6	0.914 9
2.1	0.910 3	0.912 4	0.914 2	0.915 7	0.916 9	0.918 0	0.921 5	0.923 6	0.924 9
2.2	0.919 6	0.921 7	0.923 5	0.924 9	0.926 1	0.927 2	0.930 7	0.932 7	0.934 0
2.3	0.928 1	0.930 2	0.931 9	0.933 3	0.934 5	0.935 5	0.938 9	0.940 9	0.942 1
2.4	0.935 8	0.937 9	0.939 5	0.940 9	0.942 1	0.943 0	0.946 4	0.948 2	0.949 5
2.5	0.942 8	0.944 8	0.946 4	0.947 8	0.948 9	0.949 8	0.953 0	0.954 8	0.956 0
2.6	0.949 1	0.951 1	0.952 6	0.953 9	0.955 0	0.955 9	0.959 0	0.960 7	0.961 8
2.7	0.954 8	0.956 7	0.958 2	0.959 4	0.960 5	0.961 4	0.964 3	0.965 9	0.967 0
2.8	0.959 9	0.961 7	0.963 2	0.964 4	0.965 4	0.966 2	0.969 0	0.970 6	0.971 6
2.9	0.964 5	0.966 3	0.967 6	0.968 8	0.969 7	0.970 5	0.973 2	0.974 6	0.975 6
3.0	0.968 6	0.970 3	0.971 6	0.972 7	0.973 6	0.974 3	0.976 8	0.978 2	0.979 1
3.1	0.972 3	0.973 9	0.975 1	0.976 1	0.977 0	0.977 7	0.980 0	0.981 3	0.982 1
3.2	0.975 6	0.977 1	0.978 2	0.979 2	0.980 0	0.980 7	0.982 8	0.984 1	0.984 8
3.3	0.978 5	0.979 9	0.981 0	0.981 9	0.982 6	0.983 3	0.985 3	0.986 4	0.987 1
3.4	0.981 1	0.982 4	0.983 4	0.984 3	0.985 0	0.985 5	0.987 4	0.988 5	0.989 1

续前表

	n_0								
t	10	11	12	13	14	15	20	25	30
3.5	0.983 3	0.984 6	0.985 6	0.986 4	0.987 0	0.987 5	0.989 3	0.990 2	0.990 8
3.6	0.985 4	0.986 5	0.987 4	0.988 2	0.988 8	0.989 3	0.990 9	0.991 7	0.992 3
3.7	0.987 1	0.988 2	0.989 1	0.989 8	0.990 3	0.990 8	0.992 3	0.993 0	0.993 5
3.8	0.988 7	0.989 7	0.990 5	0.991 2	0.991 7	0.992 1	0.993 4	0.994 1	0.994 6
3.9	0.990 1	0.991 1	0.991 8	0.992 4	0.992 8	0.993 2	0.994 4	0.995 1	0.995 5
4.0	0.991 3	0.992 2	0.992 9	0.993 4	0.993 8	0.994 2	0.995 3	0.995 9	0.996 2
4.1	0.992 4	0.993 2	0.993 8	0.994 3	0.994 7	0.995 0	0.996 0	0.996 6	0.996 9
4.2	0.993 3	0.994 1	0.994 7	0.995 1	0.995 5	0.995 8	0.996 7	0.997 1	0.997 4
4.3	0.994 2	0.994 9	0.995 4	0.995 8	0.996 1	0.996 4	0.997 2	0.997 6	0.997 9
4.4	0.994 9	0.995 5	0.996 0	0.996 4	0.996 7	0.996 9	0.997 6	0.998 0	0.998 2
4.5	0.995 5	0.996 1	0.996 6	0.996 9	0.997 2	0.997 4	0.998 0	0.998 3	0.998 5
4.6	0.996 1	0.996 6	0.997 0	0.997 3	0.997 6	0.997 8	0.998 3	0.998 6	0.998 8
4.7	0.996 6	0.997 1	0.997 4	0.997 7	0.997 9	0.998 1	0.998 6	0.998 9	0.999 0
4.8	0.997 0	0.997 4	0.997 8	0.998 0	0.998 2	0.998 4	0.998 8	0.999 1	0.999 2
4.9	0.997 4	0.997 8	0.998 1	0.998 3	0.998 5	0.998 6	0.999 0	0.999 2	0.999 3
5.0	0.997 7	0.998 1	0.998 3	0.998 5	0.998 7	0.998 8	0.999 2	0.999 3	0.999 4
5.1	0.998 0	0.998 3	0.998 6	0.998 7	0.998 9	0.999 0	0.999 3	0.999 5	0.999 5

资料来源：The table entries are from p.52 of E.J.Dudewicz and S.R. Dalal (1975), "Allocation of Observations in Ranking and Selection With Unequal Variances." *Sankhya*, vol.73B, pp.28 – 78. Acknowledgment is made to the Indian Statistical Institute for permission to reproduce these tables.

由假设检验中得出结论　进行这些假设检验的意义在于得出有用的结论。表 44—33 给出了“拒绝原假设”或“接受原假设”的含义以及解释这些含义的细微之处的一些类推。

表 44—33　　从假设检验所得出的结论的含义

	若假设被拒绝	若假设被接受
观察值样本中的证据的充分性	足以断定假设是错的	不足以断定假设是错的；假设是合理的，但并未被证明是正确的
样本结果（如 $\bar{X}$）与假设值（如 μ_0）之间的差别	差别不大可能是由于偶然（抽样）的原因引起的	差别很容易归因于偶然（抽样）的原因
法庭中的有罪无罪类推	有罪的判定不只是基于一个合理的怀疑	不能令人信服地判定有罪
棒球运动中的平均击中次数的类推	击球手在 1 000 次击球中击中 300 次，这足以得出其总的击中均值为 0.300 的结论	击球手在 10 次击球中击中 3 次，这并不足以得出其总的击中均值为 0.300 的结论

某个假设被拒绝，实际的结论便是“该假设中所规定的参数值是不正确的”。这一结论的得出具有相当的把握，也就是说具有 100 $(1-\alpha)$% 的置信水平。于是现在的关键问题就是：怎样才算是一个良好的总体参数的估计值？计算该参数的“置信限”可以对这个问题有所帮助，这一点曾在“统计估计：置信区间估计”部分讨论过。

当一个假设被接受时，该假设中所声称的参数值并没有得到证明，但也未被推翻。该假设有 100（1－α）%的置信水平被证明为真这一说法是不正确的。对于某个观察值的样本，可以有许多其他的假设同样被接受，但只可能有一个假设是真的。因此，接受一个假设并不意味着有很高的概率可以证明它是正确的。（在其他因素都相同的条件下，样本容量越小，假设就越可能被接受。较少的证据当然不能是证明。）基于这一理由，人们现在更多地是说“在显著性水平 α 下不能拒绝该假设”，而不是说“在水平 α 下接受该假设”。只是当样本容量事先不固定时，我们有迹象表明在风险 β 下，真值与假设的值之间的偏差不会超过 δ^*。

当接受一个假设时，我们所面临的一个关键问题便是：就该假设中的参数值我们可以得出什么结论？如果可以得出结论的话。这里建议两种方法：

1．根据样本数据算出置信限（参见前面的“统计估计”部分）。这些置信限确定了总体参数真值的取值区间。如果这个区间较小，则对原假设作出的接受决定就意味着总体真值等于或是非常接近于假设的值。我们可以认为假设中所确定的参数值确实是正确的，并据此来决定我们的行动。如果置信限相对较宽，那么这实际上是一个警告，说明假设中的值并没有得到证明且总体真值有可能与假设值相差很大。

2．建立并评价假设检验的抽检特性（OC）曲线。这一曲线规定了其他可能的总体参数值为假设检验所接受的概率。了解与原假设相对接近的这些值的概率将有助于我们从接受原假设中得出进一步的结论。例如，图 44—21 给出了确定总体均值为 30.0 的这一假设的 OC 曲线。注意当总体均值 μ 确实等于 30.0 时接受该假设的概率为 0.95（或 1－α）。而当 μ 实际上等于 35.0 时，接受假设 $\mu=30.0$ 的概率仍然是比较高的（约为 0.83）。如果 μ 的值实际为 42.0 时，则接受假设 $\mu=30.0$ 的概率只有约 0.33。

在由统计结论得出工程上的结论时必须非常小心，特别是当接受一个假设时。[Rutherford（1971）对于作出结论的程序进行了讨论，它要求在作出结论时要从两种方略中进行抉择，一是保守的方略，一是较宽泛的方略。]

确定假设检验所需的样本容量 在前面的讨论中，我们假定样本容量是根据非统计的原因事先固定的，并假定我们事先只确定检验中的第Ⅰ类错误。而理想的情况是希望事先确定所要求的第Ⅰ类错误和第Ⅱ类错误，然后再计算能够涵盖这两类错误的样本容量。

所需的样本容量将取决于：（1）所希望的抽样风险（α 和 β）；（2）要鉴别出的实际差别的最小程度；（3）所测量特性的变异性。样本容量可利用该检验的“抽样特性”曲线来加以确定。表 44—34 概括了确定某些双侧检验的样本容量的方法。[更多的 OC 曲线的来源请参见资料 Duncan(1974)和 Natrella(1963)。]

在前述的电池的例子中，假定我们必须了解其平均寿命是否为 35.0。具体而言，我们希望有 80%的把握能够鉴别出这种改变（$\beta=0.2$）。再者，若均值的

真值为 30.0（如该假设所设定的那样），则拒绝该假设的风险应只有 5%（$\alpha=0.05$）。从附录Ⅱ的图 R 中查得 d 值为：

$$d=\frac{\mu-\mu_0}{\sigma}=\frac{35.0-30.0}{10}=0.5$$

当 $d=0.5$，$P_a=0.2$（β 风险）时，曲线表明所需样本容量约为 30。

表 44—34　　确定样本容量所用的图表

假设	图表
1. 一个总体的均值 $=\mu_0$（σ 已知）	附录Ⅱ的图 R
2. 一个总体的均值 $=\mu_0$（σ 用 s 估计）	Duncan（1974），p.539
3. 两个总体的均值相等（σ_1 和 σ_2 已知）	Natrella（1963），p.T-16、p. T-17
4. 两个总体的均值相等（$\sigma_1=\sigma_2$ 但由 s_1 和 s_2 估计）	Natrella（1963），p.T-16、p.T-17
5. 一个总体的标准差 $=\sigma_0$	Duncan（1974），p.324
6. 两个总体的标准差相等	Duncan（1974），p.572

邓肯（1974）讨论了同时满足第Ⅰ类错误和第Ⅱ类错误要求所需的样本容量的计算。然而，在实际上，人们常常并不能肯定所希望的两类错误的大小。分析一下不同样本容量的抽样特性曲线，这有助于我们确定一个能够反映出两类风险的相对重要性的样本容量。我们既要考虑 α 也要考虑 β，否则会得出毫无意义的结果。（这里要注意的是，随机化以使 H_0 以 $100\alpha\%$ 被拒绝便产生了一个显著性水平为 α 的检验。若不考虑 β，就其本身而言是没有什么价值的。）

与置信区间的联系　置信限提供了总体参数取值（在一定概率下）的界限。假设检验是对关于总体参数的某一特定的陈述所进行的评估。这两种方法之间是有联系的，大多数假设检验也可以利用计算置信限的方法来进行。

示例：由 12 个绝缘器组成的一个样本，其平均强度为 4.95 英尺·磅(6.714 9 牛·米)。已知总体标准差为 0.25 英尺·磅（0.34 牛·米）。现在的问题是：对于总体均值为 5.15 英尺·磅（6.983 4 牛·米）这一假设进行检验。

利用假设检验方法来求解：表 44—31 确定了检验统计量 1a 与 $(\bar{X}-\mu_0)/(\sigma/\mu)$，且 U 服从正态分布。若 $\alpha=0.05$，则接受域为 U 落在 ±1.96 之间。于是：

$$H_0:\ \mu=\mu_0=5.15$$

$$H_1:\ \mu\neq\mu_0$$

$$U=\frac{4.95-5.15}{0.25/\sqrt{12}}=-2.75$$

因为这一样本的指标落在接受域之外，所以拒绝该假设。

应用置信限方法的步骤则为：

1. 提出关于总体参数的假设。

2. 得到样本数据并计算总体参数的置信限。

3. 如果假设的值落入置信限以内，则接受该假设；如果假设的值落到置信限以外，则拒绝该假设。

利用置信限方法来求解：由表 44—22 的参数 1，可知置信限为

$$\bar{X} \pm K_{\alpha/2}\frac{\sigma}{\sqrt{n}}$$

95% 的置信限为 $4.95 \pm 1.96\ (0.25/\sqrt{12}) = 4.81$ 与 5.09。由于原假设的值落在该置信限之外，所以拒绝原假设。这与应用假设检验方法得出的结论相同。

因此，置信限方法与假设检验方法是评估一个假设时均可采用的方法。[对于某些假设而言，这两种方法所产生的第 I 类错误会有细微的差别（Barr，1969）。] 如我们在“由假设检验得出结论”部分所述，置信限方法是对假设检验方法的一个有力补充。例如，在上面的例子中，置信限不仅告诉了我们 μ 不等于 5.15，还告诉了我们 μ 值在 4.81 和 5.09 之间。

标准问题 表 44—31 中涵盖了在实际应用中非常重要的一些问题，即：

二项分布的比例	检验 6，8
两个二项分布的比例	检验 7
正态分布的均值	检验 1
两个均值	检验 2
二元正态分布均值	检验 3
一个正态分布的标准差	检验 4
两标准差	检验 5
两分布相同	检验 9
观察值随机次序	检验 10
离群值检验	检验 11

以上这些问题中有许多也可用序列检验的方法解决。那样的话，样本容量不是预先设定，而是根据数据来决定需要多少观察值。例如，某人检验固定数目的产品，如 100 件，并决定若发现 15 件以上的不合格品就拒绝这个批，显然一旦发现了 15 件不合格品，他就会马上停止抽样。在上面所列出的大部分标准情况中，类似的思路使得可以减少观察的数目。当抽样费用较高或十分耗费时间时，这种思路就显得尤为重要。[详细的讨论请参见 Govindarajulu（1981）。]

成对数据与不成对数据 表 44—31 中的检验 2e 给出的检验适用于当数据是成对抽取且每对数据的差作为基本数据时的场合。这种方法常用于“排除”那些可能有影响但其影响我们并不想研究的变量。

例如，假定对于某种机器而言，操作者的不同会产生影响，我们希望比较该机器的两种运行方式，但并不想评价操作者的影响程度。让每位操作者均实施两种运行并取得其差，这样我们就排除掉了操作者的影响。（若一位操作者实施一种方法，而另一操作者实施另一方法，则观察到的差就有可能不是因不同方法而是因不同操作者而引起的。）

再例如，在评估不同广告案的邮寄名单检验中，通常会用到“A/B 拆分”的

方法。也就是说，将一类广告邮寄给名单中的 1、3、5、7…，另一类广告则寄给 2、4、6、8…。因为（邮编上）邻近的对象要比远隔开的对象更为相似，所以这是一种适当的组对方式。

如果没有对数据的预先组对，则不能使用这种组对的方法。例如，将项目按其数据表中的次序（数据表中常常是根据其他一些特性来分类的）来组对是不正确的。

统计显著性与实际显著性　假定我们应用表 44—31 中的检验 1a 来检验均值等于 30.0 这一假设，且希望进行显著性水平为 0.05 的双尾检验。若 U 落到区间（－1.96，1.96）之外，我们将拒绝 H。若我们得到 $U=3.15$，则作为报告检验结果的方式之一，我们说在水平 0.05 下拒绝 H。

报告检验结果的另一方式是找出接受域为（－3.15，3.15）的显著性水平。由附录Ⅱ的表 B，我们可以得到显著性水平为（2）（0.000 82）＝0.001 64。这称为我们所做检验的显著性概率。这是我们根据观察数据拒绝 H 的最小的显著性水平。

显著性概率的一个优点是，我们可以在无需选定显著性水平的情况下来报告显著性概率为 0.001 64。看到我们的报告的人们可以使用其认为合适的显著性水平：如果其显著性水平小于 0.001 64，则不拒绝该假设；如果其显著性水平大于或等于 0.001 64，则拒绝该假设。

显著性概率的一个缺点是，即使当均值的真值与 30.0 很接近时它也可能会非常小（会使人们认为结果“非常显著”）。例如，当 $\bar{X}=33.15$，$\sigma/\sqrt{n}=1.00$ 时 $U=3.15$，而当 $\bar{X}=30.013\ 5$，$\sigma/\sqrt{n}=0.01$ 时也有 $U=3.15$。显著性概率在这两种情况下均为 0.001 64（即 0.164%）。第一种情况下，均值的 95% 的置信区间为(31.19 35.11),而第二种情况下，均值的 95% 的置信区间为（30.011 9，30.051 1）。就实际的显著性而言，在实际工作者看来，后者与前者相比其差别实在是算不上什么。然而，显著性概率则不能将这两种情况区分开来。基于这个原因，建议最好是将置信区间计算并表示出来。

其他统计工具

今天，在质量控制中应用着大量的统计工具。前述的统计工具箱（见表 44—1）着重于数据的收集、分析和判读的统计基础。下面将要讨论的转换，是用于保证数据符合统计方法的假设条件的一种常用的方法，而蒙特卡洛抽样法和聚类与判别法都是非常有力的方法，它们在质量控制中的应用也在不断增加，分别应用于最少假设条件下的分析和多变量特性的分析。自助法（bootstrap method）则是一种旨在简化建模和分析的较新方法；广义自助法（generalized

bootstrap method）则在实现预期目的的同时也使得其缺点达到了最小化。选优（selection of best）是当实验具有可选目标时应采用的一个替代目标（相对于假设检验和置信区间而言）。

数据转换 本章所提出的大部分统计方法都假定质量特性服从某个已知的概率分布。因此，所作出的分析和结论只有在关于分布的假定是正确的限度内才是有效的。在假设检验中，要通过“拟合优度检验”来定量评估数据以判断某个分布假设的正确性。由于抽样变异性的存在，观察值样本与理论总体假设之间存在一定程度的偏离是正常的。这种拟合优度检验可以判定样本与理论假设之间的偏离是否可归因于抽样的变异性。如果不能，则可以断定该假设条件是错的。

有时，一组数据并不符合某个标准分布，如正态分布。这种情况下，一种可能的做法是采用“不限分布”的统计方法来进行进一步的分析。在“假设检验”一节中列出了一些这样的方法［Natrella（1963）和 Gibbons（1997）提供了更多的相关资料。］然而，在相等的统计风险下，这些方法通常要比常规方法要求更大的样本容量。此外，还有一些其他的分析方法：

1. 审视数据，看看是否对其特殊的分布类型可以找出非统计的解释。例如，对于几台被认为是相同的机器，其每一台的产出可能服从正态分布。若各台机器具有不同的均值与标准差，则其混合在一起的产出就可能呈现出一种不寻常的分布模式，如本章中曾讨论过的混合分布。这种情况下，可以对每台机器分开进行分析。

2. 从平均而非单个值的角度来分析数据。如在“基本概念，错误类型”一节中所述，即使单个值的总体不服从正态分布，其样本均值也会非常逼近正态分布。如果根据平均值足以就某一特性得出最终的结论，则可以应用正态分布的假定。但是，所得出的结论只适用于均值而非总体中的单个值。（对于总体落到工程界限之外的百分比的预测表明，基于均值的分析是不充分的，因为工程界限涉及的是单个值而非均值。）

3. 应用威布尔概率分布。威布尔分布实际上是许多连续分布的一个组合，每一个分布均由威布尔概率函数的参数值惟一确定（如，β 值为 1.0 表示一个指数分布）。如果一组数据在威布尔概率纸上的描图呈现为一条近似的直线，则这条直线便直接给出了对于总体概率的估计。概率分布的确切形式是正态分布、指数分布还是其他分布就变得次要了，因为所描出的直线给出了所需的概率估计。

4. 将原特性转换为一个正态分布的新特性。图 44—23 中概括了几种这样的数学转换。这种转换可用于：（1）实现所测量结果的正态性；（2）满足某些检验所要求的总体方差相等的假设条件；（3）满足某些检验所要求的效应可加性假设条件。［Natrella（1963）对所有这些用途的转换都进行了讨论。Romeu and Ozturk（1996）给出了正态性的图形检验（甚至包括多变量的情形）。］

实现正态性的最常用的转换有：

$$\zeta_1(X_1) = \sqrt{X_1 - \alpha}$$
$$\zeta_2(X_1) = X_1^{1/3}$$
$$\zeta_3(X_1) = \log_{10}(X_1)$$
$$\zeta_4(X_1) = \arcsin\sqrt{X_1}$$
$$\zeta_5(X_1) = \sinh^{-1}\sqrt{X_1}$$

如果其中一个，如 $\zeta_1(X_1)$，服从正态分布，则 $Y_i = \zeta(X_i)$ 的均值和方差可作如下的估计：

$$\overline{Y} = \sum_{j=1}^{n} \frac{Y_j}{n} \qquad s_Y^2 = \sum_{j=1}^{n} \frac{(Y_j - \overline{Y})^2}{(n-1)}$$

然而，在很多情况下，我们关心的并非期望 $E\zeta(X_1)$ 和方差 $\mathrm{Var}\zeta(X_1)$，而是原问题的 EX_1 和 $\mathrm{Var}(X_1)$。只需应用逆转换就可得到一个无偏估计，如 ζ_1 的场合，可用 $\overline{Y}^2 + \alpha$ 来估计 EX_1。表 44—35 给出了有关 X 均值的良好估计。X 的方差的良好估计使得我们能够找出近似的 X 均值的 95% 置信区间；表 44—36 给出了这些估计。例如，当应用 $\sqrt{X_1 - \alpha}$ 时，X 均值的 95% 的置信区间为：

$$\overline{Y}^2 + \alpha\left[1 - \frac{1}{n}\right]s_Y^2 \pm 2\sqrt{\lambda}$$

其中

$$\lambda = \frac{4}{n}s_Y^2\overline{Y}^2 + s_Y^4\left\{\left(1-\frac{1}{n}\right)^2 - \frac{n-1}{n+1}\left[1 - 2\left(1-\frac{1}{n}\right)^2 + 3\left(\frac{1}{n}\right)^4\right]\right\}$$

表 44—35　　转换及 $E(X_1)$ 的估计*

$\zeta(X_1)$	$E(X_1)$ 的估计
$\sqrt{X_1 - \alpha}$	$\overline{Y}^2 + \alpha + \left(1 - \frac{1}{n}\right)s_Y^2$

* 有关 $\log_{10}(X_1)$；$\arcsin\sqrt{X_1}$、及 $\sinh^{-1}\sqrt{X_1}$ 的估计请参阅资料（Dudewicz 1983）。

表 44—36　　估计量 $E(X_1)$ 的方差的估计*

$\zeta(X_1)$	估计量 $E(X_1)$ 的方差估计
$\sqrt{X_1 - \alpha}$	$\frac{4}{n}s_Y^2\overline{Y}^2 + s_Y^4\left\{\left(1-\frac{1}{n}\right)^2 - \frac{n-1}{n+1}\left[1 - 2\left(1-\frac{1}{n}\right)^2 + 3\left(1-\frac{1}{n}\right)^4\right]\right\}$

* 有关 $\log_{10}(X_1)$、$\arcsin\sqrt{X_1}$ 及 $\sinh^{-1}\sqrt{X_1}$ 的估计请参见资料（Dudewicz，1983）。

杜德韦克（Dudewicz，1983）给出了大量的参考文献，同时还讨论了正态数据方差不相等时的方法。即使对于正态数据也建议对数据变异性相等与否进行调查，这是一种标准做法。有关方差不等时的方法直到近年才得到应用。杜德韦克等人（Dudewicz and Dalal，1983）讨论了在这种情况下如何将几种新的处理方法与标准方法进行对比，其中给出了一个带有解决方法的例子，讨论了非正态性和有详细数量特征的数据集（第 5 章）及其正态概率图的情况。

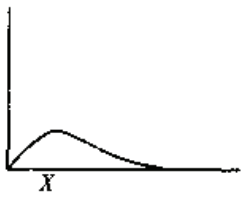
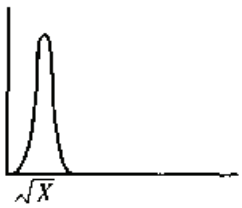
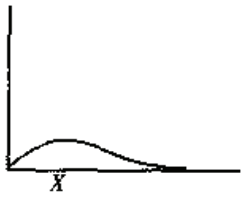
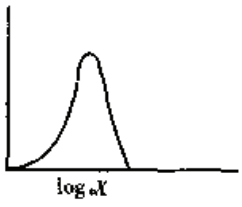
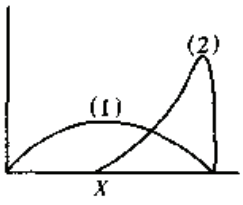
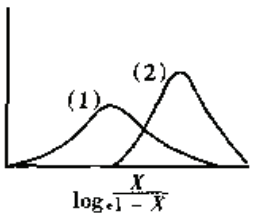
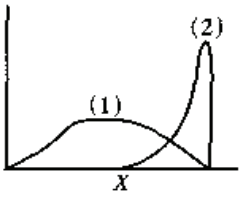
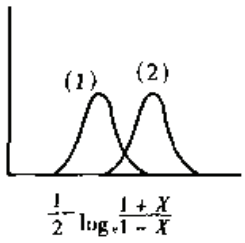
转换	变量范围	原分布	转换后的分布
$\sqrt{X}$	$0 \leqslant X \leqslant \infty$		
$\log_e X$ 或 $\log_{10} X$	$0 \leqslant X \leqslant \infty$		
$\log_e \frac{X}{1-X}$ 或 $\log_{10} \frac{X}{1-X}$	$0 \leqslant X \leqslant 1$		
$\frac{1}{2}\log_e \frac{1+X}{1-X}$ 或 $\log_{10} \frac{1+X}{1-X}$	$-1 \leqslant X \leqslant +1$		

图 44—23 几种数学转换的概括

蒙特卡洛抽样法 蒙特卡洛（Monte Carlo）抽样法在质量控制中呈现出了日益广泛和重要的应用。例如，格特等人（Gutt and Gruska，1977）应用该方法来预测源自于生产和装配中的变异的质量问题。这种方法是用某种分布来拟合数据（如在“连续概率分布”一节所讨论的 GLD 分布），再利用随机数从中抽样（前面曾讨论过），应用抽出的数据来评价该模拟系统的性能（这使得在构建和修改系统之前就可以对之进行优化）。该方法还应用于最优化（Golden et al.，1984）、模型定位（Golden and Eiselt，1992）、车辆路由选择（Golden，1993）及存货管理（Dudewicz，1997）。例如，近来一种被称为 ARSTI 的应用随机区间的最优化方法（Edissonov，1994）与早期的方法对比就有着很好的效果。人们可以选择使用几种方法而取较优的结果，这些新方法只有应用到实际工作中去才能够取得收获［Edissonov（1994）给出了 ARSTI 的一个 FORTRAN 计算机程序而支持了其应用］。

自助法 在已知概率分布的前提下，很多质量控制问题都建立起了完整的解

决方案。而在实践中，人们往往并不知道分布，所以就需要估计概率分布（参见本章前面的“离散分布的选择”和“连续分布的选择”部分）。而在自助法中，无需由数据集（像在平均强度的检验中所用的由配方 1 生产的 5 批橡胶的强度值：3 067、2 730、2 840、2 913 及 2 789）来估计概率分布。也就是说，人们无需对数据进行（譬如）正态性检验并（在检验未拒绝假设时）应用基于正态概率分布假定的方法。取而代之的是，自助法用随机放回抽样的方法从我们所拥有的数据中抽取样本并以此来回答所关心的问题。例如，若关心的是配方 1 生产的橡胶的平均抗拉强度的 90% 置信区间，则可以按照如下的方式来进行：由基本数据中重复抽取容量 $n=5$ 的样本，直到抽得 N 个这样的样本为止（一般选 $N=500$——见下面“注 1”）；计算样本的均值，这样得到 $N=500$ 个样本均值，即 $\bar{X}_1$，$\bar{X}_2$，…，$\bar{X}_{500}$；从这 500 个样本均值中去掉最小的 25 个（5%）和最大的 25 个（5%）［因为（0.1）（500）=25］；则可以认为平均强度介于余下的 450 个样本均值的最小值与最大值之间。

自助法简单易用，引人注目。它可以（无需复杂的统计或数学方法）给出复杂问题的答案，亦即给予我们的是“无条件的馈赠”。但世界上没有免费的午餐，我们应保持怀疑的态度。事实上，样本容量不大时该方法的表现很差（该理论的很大一部分是立足于样本容量无穷的前提下）。例如，我们有 5 年的数据，希望以此对 100 年中的最大降雨量进行研究。若应用自助法，对这 5 年数据的再抽样永远也不会观察到比这 5 个观察值中的最大值更大的降雨量。很明显，研究将会因此而受到巨大的误导（如提出的水坝或防洪堤可能会能力不足）。因此，尽管自助法在一定条件下是有用的，但它充满危险。下面将讨论的广义自助法是一种更稳固的方案（大样本时结果与自助法相同而在小样本情况下则不像自助法这样脆弱）。

自助法这一类型的方法早在 1967 年就得到了应用，但直到 B. 埃弗龙（B.Efron）在 1979 年给出了自助法这一名称以后才得到了广泛的接受，其后受到了巨大的关注。它在一定程度上是对克努耶（Quenouille）在 1949 年所提出的方法的引申，该方法被图基于 1958 年命名为刀切法（jackknife method），其后得到了广泛的接受。杜德韦克（Dudewicz，1992）讨论了这一方法的历史、参考材料和缺陷（及弥补方法）（Dudewicz and Mishra，1988）。

广义自助法　作为对自助法的引申，杜德韦克（Dudewicz，1992）提出了广义自助法，它在小样本（观察值很少）情况下有更好的性质。［规范的讨论请参阅 Karian and Dudewicz（1991）的 6.6 节。］基本上而言，在广义自助法下，首先取得观察值，然后从较宽的分布类中对之拟合一个恰当的概率分布，如本章曾讨论过的扩展通用 λ 分布（EGLD）。然后可以从所拟合的分布中抽取随机样本。于是，在前面讨论的 5 批橡胶的例子中，便可以对 $n=5$ 个数据点拟合一个 EGLD。然后从所拟合的 EGLD 中（而非 5 个原始数据中）抽取容量为 5 的 $N=500$ 个随

机样本，接下去的分析过程同自助法。最近的研究［如 Sun and Dietland-Müller (1996) 基于真实数据的例子给出了出色的说明］表明，这种方法在数据点很少时表现更好（而在数据很多的情况下与自助法一致）。

自助法，特别是广义自助法，建议对数据拟合某个模型（如泊松分布或其他模型），然后（假定模型的拟合通过了检验；参见上述的“模型有效性检验”）利用该模型来进行分析，分析过程可用自助法进行。（只因在现有的数据集中没有观察到 3 个或更多的瑕疵，自助法——不推荐使用——便认为观察到 3 个或更多瑕疵的可能性为零。广义自助法则使得有可能在将来某个时刻发现 3 个或更多的瑕疵。）

注 1：统计文献建议使用最少 $N=200$ 的复抽样本。孙等人 Sun and Müller-Schwatze (1996, pp.482–483) 的研究则指出，若有至少 $N=500$ 的复抽样本，精确度可得到相当的改善。由现有数据集得到的复抽样本数不应与实际数据集的容量相混淆（见“注 2”）。

注 2：自助法广泛应用于样本容量很小的情况下［如 Sun and Müller-Schwarze (1996) 中的样本容量为 9］，这是从小数据集中［通常是付出相当的努力在相当长的期间内收集到的，如 Sun and Müller-Schwarze 的数据花了 10 年］获得可靠结论的需要使然。对于数据个数不足 100 的情况，这里强烈推荐使用广义自助法。

聚类与判别 聚类与判别 (clustering and discrimination) 方法属于统计学中的多元分析领域 (Siotani et al., 1985)。在质量控制中适合应用这种方法的一类典型的问题是，生产设施中有几种不同的故障导致产品落到了公差限之外。在发生故障的情况下，通常很难断定故障的原因。这时，将若干种情况加以归类或许能够揭示出类别中的共同因素的因果联系。（也就是说，这种方法使得我们能够提问：“各种类型的故障情况有何共性?”）

费希尔 (Fisher, 1936) 给出了表 44—37 中的数据，作为说明“判别”方法的效力的一个例子。［狄克逊 (Dixon, 1983, p.520) 给出了全部的数据。］这些数据由每一品种的两个长度和两个宽度的测量值所组成，共涉及同一场所的三种不同品种。我们希望知道：这些品种（它们可以通过更加深入的分析准确分类）在多大程度上可以仅根据两个长度和两个宽度的测量值加以分类？将这些数据输入到计算机中，可应用 BMDP 程序集中的程序 7M (Dixon, 1983) 来回答这个问题。图 44—24 给出了该程序的源码。在输出结果中，我们最为关心的是所谓的“典型变量” (canonical variables)，即 L_1，L_2，W_1 和 W_2 的线性组合，这种变量最好地区分了三组数据的情况。本例中的典型变量为：

$$V_1 = 2.105\ 10 + 0.829\ 38L_1 + 1.534\ 47W_1 - 2.201\ 21L_2 - 2.810\ 46W_2$$

$$V_2 = -6.661\ 47 + 0.024\ 10L_1 + 2.164\ 52W_1 - 0.931\ 92L_2 - 2.839\ 19W_2$$

图 44—25 给出了 150 个数据点的 (V_1，V_2) 描点图，A，B，C 三个字母

分别表示类型 1、2、3 的情况，从图中可以看出所得结果是显著的。之所以认为这些结果很好，是因为它使得我们能够以很高的概率把将来的观察值正确分组。例如，若我们发现 $V_1 = 7.20$ 和 $V_2 = 1.00$，则我们可以肯定所涉及的是 A 组。（这个描点图是由程序 7M 生成的。）

表 44—37　　对 150 个单位（三种类型 T，每类 50）所测的两个长度（L_1，L_2）和两个宽度（W_1，W_2），单位为 0.01 厘米*

L_1	W_1	L_1	W_2	T
50	33	14	02	1
64	28	56	22	3
65	28	46	15	2
67	31	56	24	3
63	28	51	15	3
46	34	14	03	1
69	31	51	23	3
62	22	45	15	2
59	32	48	18	2
46	36	10	02	1
61	30	46	14	2
60	27	51	16	2
65	30	52	20	3
56	25	39	11	2
65	30	35	55	18
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮

* 为节省篇幅，表中只列出了 15 个单位的测量值。

```
//   EXEC    BIMED, PROG =BMDP7M
/problem title is 'fisher data'.
/input variables are 5. format is '(4f3.1, f3.0)'.
/variable names are L1, w1, L2, w2, t.
grouping is t.
/group codes(5) are 1 to 3.
names(5) are set, ver, vir.
/end
```

图 44—24　数据集分析的 BMDP 7M 程序

异方差判别　传统的判别方法假定已知方差相等，且不能够将错误分组的概率规定到（比方说）0.01 之内。然而，由于异方差判别（heteroscedastic discrimination）方法的发展（Dudewicz，1995），这在某些情况下已经成为可能，而且有望在未来几年取得更大进展。而在有些情况下，目标可能是估计重叠（而非直接判别总体）；这方面的一些方法请参阅米什拉等人（Mulekar and Mishra，1997）的论述。

优选法与假设检验　在假设检验中，人们可以评估是否能够拒绝两总体均值相等的断言（如表 44—31 的检验法 2）。这在某些情况下是一个适当的问题，而在另外一些情况下，我们的问题则是在两总体中择一且希望选择均值较大的总体

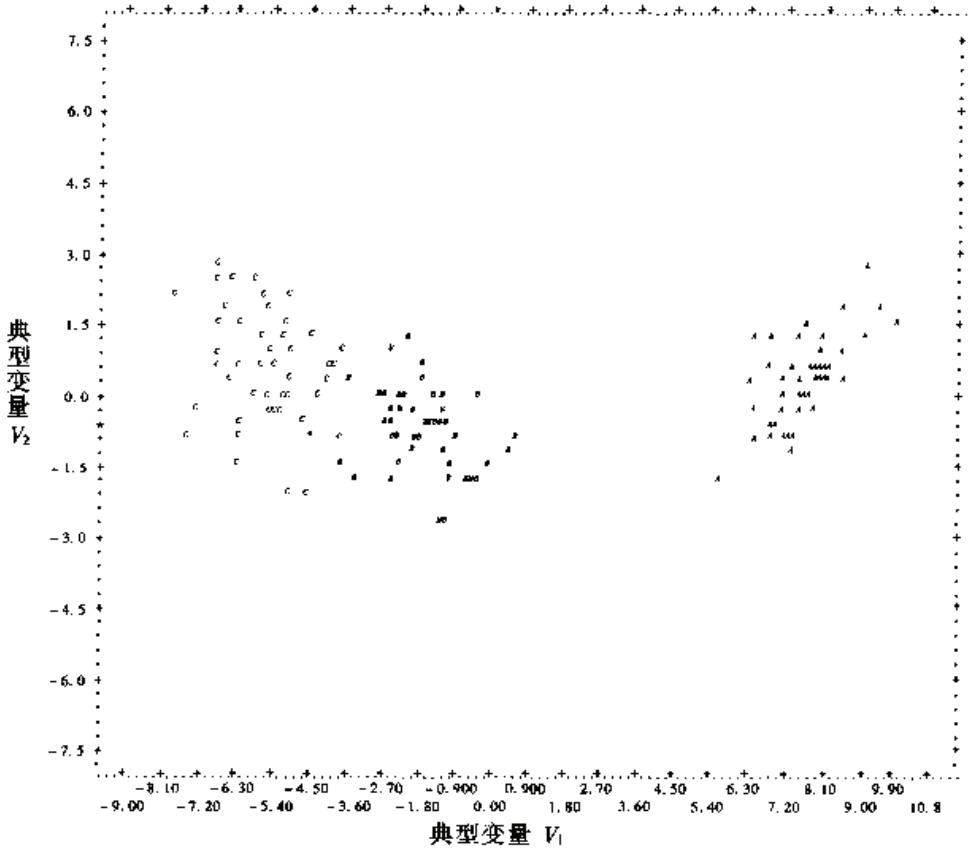


图 44—25 由“典型变量” V_1 和 V_2 所判别的组(A，B，C)

说明：重合的点子标有★。

(称做“最优”总体)。R.E. 贝克霍弗 (R.E.Bechhofer) 在 1954 年首先发表了这类问题的解决方法，从那时起围绕这一问题已有 500 多篇论文和若干的著作问世。[对此的分类及评论请参阅 Dudewicz and Koo (1982)。]

优选法示例：假定我们正在研究两种橡胶配方且希望选择产品抗拉强度较大的一种配方。每种配方生产 $n=5$ 批，测得其抗拉强度如下：

配方 1	配方 2
3 067	3 200
2 730	2 777
2 840	2 623
2 913	3 044
2 789	2 834

我们希望至少有 95% 的概率保证我们所选配方的均值的真值与最佳配方之间的差别不大于 $\delta^* = 120$ 单位。对最初的样本计算得 $s_1^2 = 16\ 923.7$，$s_2^2 = 51\ 713.3$。接着获取进一步的观察值 (因为我们预先不知最初样本的方差，我们也不知道总共需要多少样本)。总的样本容量应为：

$$n_1 = \max[n_0+1, (s_1 h/\delta^*)^2] = \max\{5+1, [(130.09)(3.11)/120]^2\}$$
$$= \max\ (6,\ 11.4)\ = 12$$

$$n_2 = \max[n_0 + 1, (s_2 h / \delta^*)^2] = \max\{5 + 1, [(227.41)(3.11)/120]^2\}$$
$$= \max(6, 34.7) = 35$$

其中 $h = h_{n_0}(k, P^*) = h_5(2, 0.95)$ 来自于表 44—30（$k = 2$ 是因为我们是在两个总体中寻找最优，$p^* = 0.95$ 是因为我们希望有 95% 的概率保证，$n_0 = 5$ 是因为最初样本的观察值个数为 5）。于是我们从配方 1 中再取得 $12 - 5 = 7$（个）观察值，从配方 2 中再取得 $n_2 - 5 = 35 - 5 = 30$（个）观察值。计算配方 1 中所有 12 个观察值的样本均值 $\bar{X}_1$ 和配方 2 中所有 35 个观察值的样本均值 $\bar{X}_2$，选择样本均值较大的配方，即认为该配方的平均强度较大（或该配方的平均强度与最佳配方的平均强度之差不大于 120 个单位）。例如，我们若算得 $\bar{X}_1 = 3\ 067$，$\bar{X}_2 = 2\ 895$，则我们将选择配方 1。我们可以认为至少有 95% 的把握保证配方 1 或者是最佳配方或者（起码）其平均强度与最佳配方的平均强度之差不超过 120 个单位（如果它不是最佳的话）。

从两个以上的总体中选优的问题也存在着相应的方法［参见 Karian and Dudewicz（1991）的 6.3 节］；处理方法在本质上是一样的，只需选择恰当的 k 值，h 值由表 44—30 可以查得。

回归分析与相关分析

许多质量控制问题都需要估计两个或多个变量之间的关系。我们所关心的焦点常常在于找到一个能够反映某一变量与另外一个或多个变量之间关系的方程。譬如说，刀具的寿命如何随切削速度而变化？或汽油中的辛烷含量如何因其纯度而变化？

回归分析这种统计方法是对于描述某一特定变量与一组变量之间关系的方程的参数加以估计。（有些作者将其称为最小二乘或曲线拟合。）所得方程称为回归方程。

表 44—38 给出了刀具寿命的一些实验数据［引自 Johnson and Leone（1964）p.380］，图 44—26 则是这些数据的描点图。刀具寿命为响应变量（亦称为因变量或预报量）。切削速度为自变量（亦称为预测变量）。在这种情况下，自变量是可控的，亦即它是由实验者或机器操作者所确定。而在上述的第二个例子中，辛烷含量与纯度都是随机的。表 44—39 给出了这个例子的数据［引自 Volk（1956）］，图 4—27 则是其描点图。因为我们的目的是预测辛烷的含量，所以将辛烷含量作为因变量，而将纯度作为自变量。（许多问题中自变量会有若干个，有些情况下，这些自变量中既有随机变量也有可控变量。）

表 44—38　　刀具寿命（Y 分钟）与切削速度（X 英尺/分钟）

Y	X
41	90
43	90
35	90
32	90
22	100
35	100
29	100
18	100
21	105
13	105
18	105
20	105
15	110
11	110
6	110
10	110

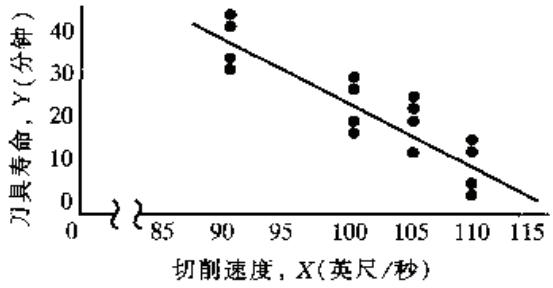


图 44—26　刀具寿命 Y 与切削速度 X

表 44—39　　辛烷量 Y 与纯度 X

Y	X
88.6	99.8
86.4	99.7
87.2	99.6
88.4	99.5
87.2	99.4
86.8	99.3
86.1	99.2
87.3	99.1
86.4	99.0
86.6	98.9
87.1	98.8

两变量回归问题的计算可利用计算器很容易得到解决，但在多个变量的情况下，计算量就变得非常大。（即使在两变量情形下，许多计算机程序也不能够给出精确的计算结果。这里强烈建议在处理回归问题时不要自己编写程序，而应使用诸如 SAS，BMDP 等这样的比较成熟的软件包。）有了现代的数字计算机多元

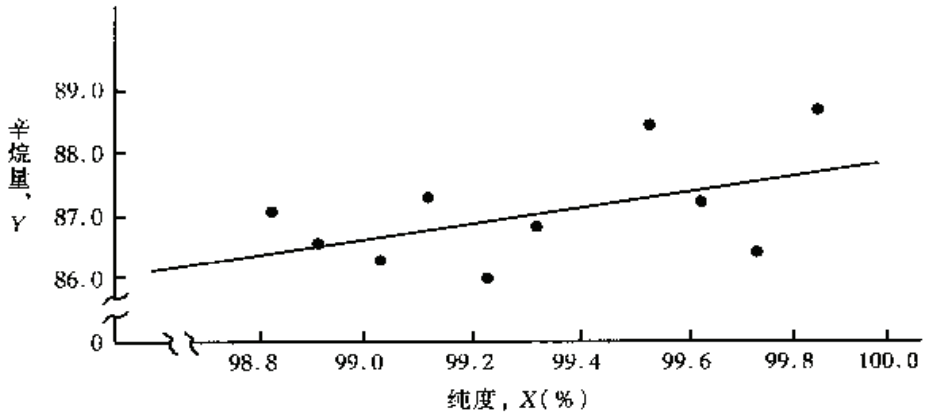


图 44—27　辛烷含量与纯度

回归程序，变量的数目已不再成为限制因素。为了更好地理解和判读多维问题的结果，必须具备有关两个变量和三个变量情况的充分知识。

建立回归方程可以有许多的理由。虽然动机并不影响计算，但却影响着对于结果的判读。有些情况下，回归分析被用于定量地描述某种关系的性质。但通常其目的要更为具体。在上面的头一个例子中，切削速度是可控的，分析的目的可能是要找出某个切削速度的数值，以使工具磨损程度最低或是因工具磨损而造成的费用最小。最小二乘回归也可用于确定某一过程中的那些重要的自变量，例如，诸如湿度、压力或温度这些过程变量是否影响产品的某个质量特性，如强度等。

在自变量不可控的一些问题中，分析的目的可能是预测因变量或响应变量的值。之所以如此，有可能是因为自变量比因变量更容易测量。或是自变量的取值比因变量为早，因此希望在因变量发生之前预测其取值。还可能是因为这样做有可能将破坏性检验替换为非破坏性检验。

下面列出了有关回归方程的一些用途：

1．预测和预报。

2．定量描述某一特定变量与其他变量之间的关系。

3．在某函数数值之间插入数值。

4．确定重要的自变量。

5．确定最优操作条件。

6．对可选模型作出判别。

7．估计特定的回归系数。

对于上述这些目的而言，进行回归分析的基本步骤也就是本章一开头列出的计划实验对照清单中的那些步骤。特别涉及回归分析的步骤可归纳如下：

1．对研究目标作出明确的陈述。确定哪个变量作为因变量，哪些变量可以作为自变量。另外，要确定一些用来衡量所得结果的精确度的指标，不见得非用统计术语不可。（必须很好地理解回归方程的用途，这将有助于确定回归方程中

应包括哪些变量，也有助于理解项目所需的投入和费用。）

2，3. 确定数据收集的程序。收集数据。（最终结果依赖于其所基于的数据。认真计划这一步骤是非常重要的，同时也有助于简化数据的分析。）

4. 绘制数据的交叉图（一个变量相对于另一变量的描点图）以获取有关变量间关系的信息；筛选数据；计算回归方程；评价其对数据的拟合程度（包括对变量加以转换以使拟合更好，或从回归方程中剔除某些不能提高预测效果的变量）。给出方程的精确性度量指标以及应用方程的程序。还要给出更新方程以及检查确定方程是否仍然适用的程序，包括残差（观察值减去预测值）控制图在内。（有关控制图的内容在第 45 章“统计过程控制”中讨论。）

5，6，7. 如同计划实验对照清单中所列的内容。

[有许多有关回归的著作，Danide and Wood（1971）、Draper and Smith（1981）等。这些著作中包括了相应的计算机程序及输出结果。Dudewicz and Karian（1985）还详细讨论了有关设计的问题。除了回归之外，人们还设计出了其他的一些多变量数据分析的方法，有关的详细论述可参见 Kramer and Jensen（1960，1970）及 Siotani et al.（1985）。]

这里关于回归的讨论首先从单个自变量的问题开始，然后再涉及多个自变量的问题，还要讨论相关的计算机程序、其输出结果以及相应的解释。虽然有许多著作强调回归的高等数学方面，但这对于实际的理解是不必要的，现在有高质量的软件可用，我们无需涉及这些数学内容。这使得大多数质量工作者都能够运用这一重要方法。

简单线性回归 有许多问题中只涉及单一的自变量 X。（因变量 Y 通常还与其他一些自变量相关，这些变量要么在实验过程中被固定为恒量，要么其影响比 X 小得多。）这些问题通常被称为简单线性回归问题。

图示数据 所有对变量间相关关系的研究，其第一步就是将数据描点到图上（通常称为散点图）。按照常规，纵轴表示因变量，横轴表示自变量。这种图能够提供有关变量间相互关系的大量信息，常常还能显示出数据的可能模型。图 44—26 所描绘数据显示，在实验范围内，Y 与 X 呈现为线性关系。（若非如此，还可以考虑各种数据转换和曲线关系。通过对两变量之一或两个取对数通常会使其关系“线性化”。）

这种图形还可显示出观察值中有无离群值，即明显偏离其余数据的观察值。（离群值出现的原因可能是测量误差或记录错误，这种情况下应对离群值加以纠正或剔除。还可能是由于过程的变动或其他原因，对这些变动或原因的调查能够比分析其余数据提供更多的信息。）图 44—26 中没有明显的离群值。

对于图形的仔细观察可以看出相对于给定的 XY 的变异性。另外，还可以看出在整个 X 的取值范围内，这种变异性是保持恒定还是在随着 X 的变化而改变。在后一种情况下，加权最小二乘法［参见 Draper and Smith（1981）］或许比这里

所讨论的标准最小二乘法要更为优越。

模型　将数据描图之后，我们希望得到一个将 Y 与 X 相联系的方程。为此，就必须对数据先假定一个模型。（要强调的是，这里所提出的模型在研究进程中可能会被修正，它只是一个起点。）

图 44—26 中的数据的一个可能模型为：

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X + \varepsilon$$

其中，β_0 和 β_1 分别为回归直线的未知常数项和斜率。该模型假定 Y 是 X 的线性函数加一个随机误差项 ε。这个随机误差可能来自于 Y 的测量误差和/或未包括进模型中的其他变量的影响，后者称为方程误差。假定 X 的测量误差可以忽略。对图 44—26 的数据，X 的取值是固定的；不过，对图 44—27 中 X 是随机的情况，该模型同样适用。

估计预测方程　我们的目的是找出未知参数（β_0，β_1）的估计（b_0，b_1），进而得到一个预测方程

$$\hat{Y} = b_0 + b_1 X$$

其中 $\hat{Y}$ 是给定 X 时 Y 的预测值。

最小二乘法提供了一个由 N 组观察值，（Y_1，X_1），…，（Y_N，X_N）中得出未知参数估计的方法。这样得出的估计称为最小二乘估计，因为这使得因变量的观察值与预测值的离差平方和 $\sum(Y_m - \hat{Y}_m)^2 = \sum(Y_m - b_0 - b_1 X_m)^2$ 达到了最小。图 44—28 对此进行了说明。（有关这些估计的数学推导，可参见所推荐的各种著作。）

如果（1）各观察值相互独立，（2）对所有观察值来讲，误差的方差是恒定的，且（3）假定的线性模型是正确的，则最小二乘估计值就是“最佳线性无偏估计”，亦即在参数的线性无偏估计中，最小二乘估计的方差最小。（即使这些条件不能满足，仍然可以应用最小二乘法，尽管修改法或其他方法有可能得出更好的估计。）要注意的是，这里并未假定有关随机误差的分布，尤其是没有假定正态分布。在建立置信区间和进行假设检验之前没有必要对误差项设定假定条件。

线性模型 $Y = \beta_0 + \beta_1 X + \varepsilon$ 的参数的最小二乘估计为

$$b_1 = \frac{\sum(X_m - \bar{X})(X_m - \bar{Y})}{\sum(X_m - \bar{X})^2}$$

$$b_0 = \bar{Y} - b_1 \bar{X}$$

其中 $\bar{X} = \sum X_m / N$ 和 $\bar{Y} = \sum Y_m / N$ 是样本均值。求和范围均为从 $m = 1$ 到 $m = N$。（除必需之处之外，标注符号为印刷方便予以省略。）

由前面公式可以看出，b_1 与样本相关性系数

$$r = \frac{\sum(X_m - \bar{X})(Y_m - \bar{Y})}{\sqrt{\sum(X_m - \bar{X})^2 \sum(Y_m - \bar{Y})^2}}$$

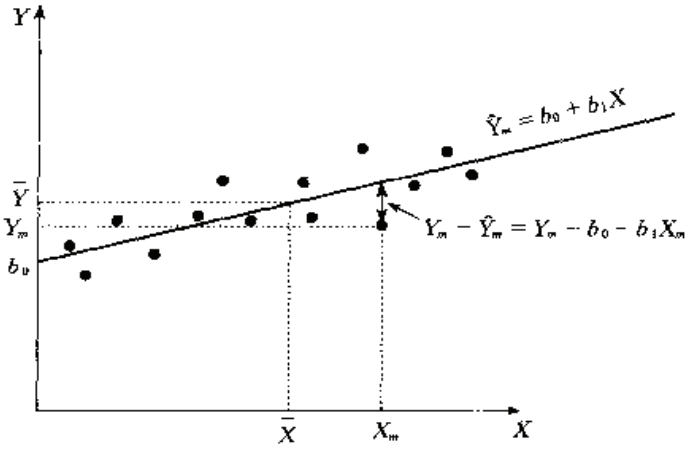


图 44—28 最小二乘法

有如下关系：

$$b_1 = r\sqrt{\frac{\sum(Y_m - \bar{Y})^2}{\sum(X_m - \bar{X})^2}}$$

然而，相关的概念只有当两个变量均为随机变量时才有意义，而作为 X 的单位变化引起的 Y 的变化率的最小二乘估计，b_1 则对随机的 X 和可控或固定的 X 这些情况都有意义。

表 44—38 中数据的和、平方和及交叉乘积和分别为：

$$\sum X_m = 90 + 90 + \cdots + 110 = 1\ 620$$

$$\sum Y_m = 41 + 43 + \cdots + 10 = 369$$

$$\sum X_m^2 = 8\ 100 + 8\ 100 + \cdots + 12\ 100 = 164\ 900$$

$$\sum Y_m^2 = 1\ 681 + 1\ 849 + \cdots + 100 = 1\ 0\ 469$$

$$\sum X_m Y_m = 3\ 690 + 3\ 870 + \cdots + 1\ 100 = 36\ 170$$

（注意回归的计算因其复杂性而易受人为差错或数字误差的影响。因此应该使用好的软件。本节的数字示例既可用于检验对软件的理解，又可用于检验其精确性。）

用下列计算公式可算出各概括统计量的值：

$$\bar{X} = \sum X_m/N = 101.25 \qquad \bar{Y} = \sum Y_m/N = 23.06$$

$$\sum(X_m - \bar{X})^2 = \sum X_m^2 - \frac{(\sum X_m)^2}{N} = 164\ 900 - \frac{(1\ 620)^2}{16} = 875.00$$

$$\sum(Y_m - \bar{Y})^2 = \sum Y_m^2 - \frac{(\sum Y_m)^2}{N} = 10\ 469 - \frac{(369)^2}{16} = 1\ 958.94$$

$$\sum(X_m - \bar{X})(Y_m - \bar{Y}) = \sum X_m Y_m - \frac{\sum X_m \sum Y_m}{N}$$

$$= 36\ 170 - \frac{(1\ 620)(369)}{16} = -1\ 191.25$$

由以上结果即可算出最小二乘估计：

$$b_1 = \frac{-1\,191.25}{875} = -1.361\,4$$

$$b_0 = 23.06 - (-1.361\,4)(101.25) = 160.901\,8$$

因此可得预测方程为：

$$\hat{Y} = 160.90 - 1.361\,4X$$

预测方程有时表示成偏离均值的形式，即，$\hat{Y} = \overline{Y} + b_1(X - \overline{X})$，在本例中为

$$\hat{Y} = 23.06 - 1.361\,4\ (X - 101.25)$$

审视预测方程　估计出预测方程的系数之后，应在数据范围内对该方程作图以检查总的计算误差。大致应有一半数据落在这条直线之上，一半数据落到这条直线之下。另外，方程应恰好通过点（$\overline{X}$，$\overline{Y}$）。

判断预测方程是否适当存在着很多的标准。关于预测方程适当性的一个常用测度指标即为其所说明的变差比例 R^2。要计算出 R^2，须把 Y_m 关于 $\overline{Y}$ 的离差平方和分解为两部分，即回归平方和与残差平方和：

$$\begin{aligned}\sum(Y_m - \overline{Y})^2 &= \mathrm{SS(REG)} + \mathrm{SS(RES)} \\ &= \sum(\hat{Y}_m - \overline{Y})^2 + \sum(Y_m - \hat{Y}_m)^2 \\ &= b_1\sum(X_m - \overline{X})(Y_m - \overline{Y}) + \sum(Y_m - \hat{Y}_m)^2\end{aligned}$$

这样，由回归所说明的变动 $\sum(Y_m - \overline{Y})^2$ 的比例可计算为

$$R^2 = \frac{\mathrm{SS(REG)}}{\sum(Y_m - \overline{Y})^2} = \frac{b_1\sum(X_m - \overline{X})(Y_m - \overline{Y})}{\sum(Y_m - \overline{Y})^2}$$

$$= \frac{(-1.361\,4)(-1\,191.25)}{1\,958.94} = 0.828$$

因此，在这个例子中，回归方程说明了刀具寿命变动的 82.8%。

对于 R^2 的另外一种理解（当自变量与因变量均为随机变量时）为，它是样本多重相关系数的平方。当自变量只有一个时，就是前面所定义的样本相关系数 r 的平方。

虽然 R^2 是对预测方程适当性的一个有用的测度，但对于 Y 关于回归方程的变动的估计则更为重要。此时可以使用样本方差 s_e^2 或其平方根 s_e，即估计标准误差。通常后者要更为合用，因为其测量单位与 Y 一致。这两个值连同其他结果均可由表 44—40 给出的方差分析（ANOVA）中得到。

表 44—40　　方差分析（ANOVA）表（线性模型）

变差来源	平方和	自由度	均方
1. 回归（b_1）	$b_1\sum(X_m - \overline{X})(Y_m - \overline{Y})$	1	$\mathrm{MS(REG)} = \mathrm{SS(REG)}/1$
2. 残差	$\sum(Y_m - \hat{Y}_m)^2$*	$N - 2$	$\mathrm{MS(RES)} = \mathrm{SS(RES)}/(N - 2)$
3. 修正总均值	$\sum(Y_m - \overline{Y})^2$	$N - 1$	

* 由（3）减（1）得到。

修正总平方和与回归平方和可以从概括统计量和回归系数的估计值算出［有些作者将未经修正的总平方和也包括在 ANOVA 表中，并将其分为两部分——修正的平方和与归因于（或 b_0）的平方和（参见 Draper and Smith，1981）］。残差平方和虽然可以直接计算，但由修正总平方和与回归平方和之差可以更容易地得到。这些平方和中每一个都有相应的自由度（参见“样本容量预先确定时的假设检验”）。修正总平方和有 $N-1$ 个自由度，因为在估计均值时用去了一个自由度。对于这种一个变量的模型，回归平方和只有一个自由度，这样留给残差平方和 $(N-1)-1=N-2$（个）自由度。平方和除以相应的自由度即为均方（MS）值。Y 相对于回归直线的方差的估计值为 $s_e^2=\text{MS (RES)}$，因此这一估计值的标准误差便为 $s_e=\sqrt{\text{MS (RES)}}$

由均方值可算得一个统计量为：

$$F_{\text{CALC}}=\frac{\text{MS (REG)}}{\text{MS (RES)}}$$

如果（1）原始模型中的 ε 服从正态分布且方差相等，（2）各观察值相互独立，且（3）所假定的线性模型是正确的，则可对该回归进行显著性检验，即通过将 F_{CALC} 的值与适当的显著性水平下 α 的查表值 F_{TAB} 进行比较，就可以对照备择假设：

$$H_1:\ \beta_1\neq 0$$

来检验统计假设：

$$H_0:\ \beta_1=0$$

如果 $F_{\text{CALC}}>F_{\text{TAB}}$，则我们就断定该回归是显著的，其预测方程是一个比 $\bar{Y}$ 更好的 Y 的预测。虽然核对上述的有关假定条件比较困难，但如果观察值数目相对比较多，则这里的显著性检验就不会对于 ε 对正态分布的偏离过于敏感。若 X 是随机变量，则必须作为一种条件，即当 X 值给定时，来理解这种检验。

表 44—41 给出了上例的方差分析（ANOVA）表。（参见第 46 章“接收抽样”。）在显著性水平 $\alpha=0.01$（$F_{\text{TAB}}=8.86$），$s_e=\sqrt{24.08}=4.91$ 时，所得回归方程是显著的。

必须注意的是，即使回归是显著的，未经说明的变异仍有可能很大，预测方程也可能会没有什么实际价值。

表 44—41　　方差分析示例

变差来源	平方和	自由度	均方	F_{CALC}
1. 回归	1 621.80	1	1 621.80	67.35
2. 残差	337.14	14	24.08	
3. 修正总均值	1 958.94	15		

残差、离群值、置信度和预测域、外推；拟合不良——重复观察　如果能够重复，亦即对应于一个或多个 X 的值能够获得多个 Y 的观察值，则模型的适合

性也能够得到检验。（对纯误差的估计有时可以从实验之外的来源获得。）在这种情况下，可将回归平方和 SS（RES）分为两部分，其一是纯误差平方和 SS（PE），再就是拟合不良（lack or fit）平方和 SS（LF）。

假定对应于 X_m 的 Y_m 有 N_m 个读数 $Y_{m1}, Y_{m2}, \cdots, Y_{mN_m}$，其中 $m = 1, 2, \cdots, k$。则由于 X_m 的纯误差对平方和的贡献为：

$$\sum_{j=1}^{N_m}(Y_{mj} - \bar{Y}_m)^2 = \sum_{j=1}^{N_m} Y_{mj}^2 - \frac{\left(\sum_{j=1}^{N_m} Y_{mj}\right)^2}{N_m}$$

相应的自由度为 $N_m - 1$。而纯误差平方和 SS（PE）就是这 k 个贡献之和，相应的自由度（DF）为

$$\sum_{m=1}^{k}(N_m - 1) = \sum_{m=1}^{k} N_m - k$$

对于表 44—38 所给例子，有

X_m		SS（PE）	DF
90	$41^2 + 43^2 + 35^2 + 32^2 - (151)^2/4 =$	78.75	3
100	$22^2 + 35^2 + 29^2 + 18^2 - (104)^2/4 =$	170.00	3
105	$21^2 + 13^2 + 18^2 + 20^2 - (72)^2/4 =$	38.00	3
110	$15^2 + 16^2 + 6^2 + 10^2 - (42)^2/4 =$	41.00	3
	总计	327.75	12

拟合不良平方和 SS（LF）可由下面的减法得出：

$$\text{SS（LF）} = \text{SS（RES）} - \text{SS（PE）} = 337.14 - 327.75 = 9.39$$

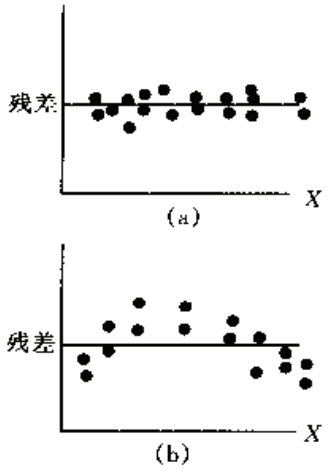
用类似的方法可得拟合不良自由度为 $14 - 12 = 2$。将平方和除以相应自由度可求得均方，且有：

$$F_{\text{CALC}} = \frac{\text{MS（LF）}}{\text{MS（PE）}}$$

如果算出的 F_{CALC} 大于 F 的查表值，则说明拟合不良是“显著”的，就需要有一个更好的或更完全的模型（如，$Y = \beta_0 + \beta_1 X + \beta_2 X^2$）。残差（$Y_m - \hat{Y}_m$）对应于 X_m 的描点图特别有助于进一步的模型选择。图 44—29 给出了一些例子。[Daniel and Wood（1971，pp.19－24）给出了许多非线性函数的图形及相应的“线性化”的变换式。] 假设其模型均为 $Y = \beta_0 + \beta_1 X$，并描出了相应的残差的图形。

如果计算出的 F_{CALC} 小于 F 的查表值，则接受该模型。这并不意味着该模型中不应再考虑其他的变量，而只是说明在该模型中 X 变量的形式是适当的。

表 44—42 概括了上例的计算。在显著性水平 α 为 0.05（$F_{\text{TAB}} = 3.89$）时，可判定拟合不良无显著性。所以接受原假定模型，且将残差平方作为方差的估计。



1. 拟合不良无显著性
2. 线性回归有显著性
3. 采用模型 $Y=\beta_0+\beta_1X$

1. 拟合不良有显著性
2. 线性回归有显著性
3. 尝试拟合新模型：
$Y=\beta_0+\beta_1X+\beta_2X^2$

图 44—29 残差与拟合不良

表 44—42 方差分析拟合不良示例

来源	平方和	自由度	均方	F_{CALC}
不充分拟合	9.39*	2	4.695	0.172
纯误差	327.75	12	27.312 5	

* 由 SS（PE）和 SS（RES）相减而得。

若不可能重复观察，如 X 是随机的而非可控的，则可利用相对于许多非常接近的 X 值的 Y 值来取得关于变异程度的估计，进而对于拟合不良的情况作出判断。[参见 Daniel and Wood（1971），pp.123-125。]

置信区间 R^2 和 s_e^2 均可作为预测方程的可靠性或适合性的度量，而置信区间则是对不同估计值的可靠性的另一种度量。所有这些置信区间均是基于残差均方的平方根。斜率 β_1 的（$1-\alpha$）双尾置信区间为

$$b_1 \pm \frac{ts_e}{\sqrt{\sum(X_m-\bar{X})^2}}$$

其中 t 值由附录Ⅱ表 G 查得，自由度为 $N-2$。分母这一项所起的作用相当于总体均值置信区间中 $n^{1/2}$所起的作用。在本例中，β_1 的 95% 的置信区间为

$$-1.36 \pm \frac{(2.145)\ (4.91)}{\sqrt{875}} = -1.36 \pm 0.356$$

其中 $s_e/\sqrt{\sum(X_m-\bar{X})^2}$ 的部分通常被称为回归系数的标准误差。

除了 β_1 的置信区间之外，更重要的，还可对给定 X 下的 Y 的均值来建立置信区间。在给定 X 下 Y（或 $\beta_0+\beta_1X$）的均值的（$1-\alpha$）置信区间为

$$b_0 + b_1X \pm ts_e\sqrt{\frac{1}{N}+\frac{(X-\bar{X})^2}{\sum(X_m-\bar{X})^2}}$$

其中 X 是构造置信区间处的取值，t 的自由度同样也为 N 2。（令 $X=0$，即可

求得 β_0 的置信区间。）

除了前面曾提出的假定之外，这些置信区间还要求：(1) 自变量是固定的而不是随机的；(2) 误差服从正态分布。不过，即使 X 是随机的，我们仍然可以计算出置信区间，只是要将其理解为一定条件下的置信区间。当样本容量充分大时，置信区间对偏离正态并不敏感。但对下面这两种区间来说，情况却并非如此，其对正态性假定是非常敏感的。最小绝对值（LAV）和 Chebyshey 估计是对最小二乘估计的两种可能的替代，它们不像最小二乘估计那样容易受模型偏离的影响。［有关带有详细数字范例的有效的计算机算法的来源可参见 Dielan and Pfaffenberger (1984)。］

除了给定 X 下的 Y 的期望值的置信区间外，有时还需要给出 X 处的 Y 的某个将来观察值的置信区间。［Draper and Smith (1981) 给出了关于置信区间的更加全面的讨论。有关同时包括整个回归线的置信区间的讨论参见 Daniel and Wood (1971)。Dudewicz (1976), p.427 给出了对于称为预测域的所有 X 取值的置信区间的描点图及其应用。］在这种情况下，置信区间还必须考虑 Y 相对于 $\beta_0 + \beta_1 X$ 的变动，其结果为

$$b_0 + b_1 X \pm t s_\epsilon \sqrt{1 + \frac{1}{N} + \frac{(X - \bar{X})^2}{\sum (X_m - \bar{X})^2}}$$

其中 t 有 $N-2$ 个自由度。表 44—43 给出了对不同 X 值的置信区间的计算。

多元回归　虽然有许多问题只涉及一个自变量，但具有多个自变量的情况却更为普遍。对上述的最小二乘法的推延可用来估计多变量预测方程的系数。这一问题被称为多元回归。

一般模型　对于具有 k 个自变量的问题，其模型可以写为

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \cdots + \beta_k X_k + \epsilon$$

其中 β 的是未知参数，ϵ 为随机误差。这些变量也可以是原始数据的变换。例如，由特定比重和气压的原油数据预测汽油得率时，Y 可以是汽油得率的对数，X_1 为原油的比重，X_2 为原油气压，X_3 为原油比重与气压的乘积。

一般模型中包括了一个或多个变量的多项式模型，如

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_1^2 + \beta_4 X_2^2 + \beta_5 X_1 X_2 + \epsilon$$

这被称为 Y 相对于 X_1 和 X_2 的完全二次模型，在实验设计中特别有用。［参见 Dudewicz and Karian (1985)。］这仍然是一个线性模型，因为术语线性模型指的是模型对 β 来说是线性的。［有关非线性模型的讨论参见 Draper and Smith (1981)。］

估计预测方程　这里的目标是找到未知参数（β_0, β_1, …, β_k）的最小二乘估计（b_0, b_1, …, b_k）并得出一个预测方程

$$\hat{Y} = b_0 + b_1 X_1 + \cdots + b_k X_k$$

其中 $\hat{Y}$ 是对应于给定的 $X_1, \cdots, X_k$ 的 Y 的预测值。令 $x_i = X_i - \bar{X}_i$，并使用下式

表 44—43　　置信限的计算

X	$b_0 + b_1X$	$\frac{(X-\bar{X})^2}{\sum(\bar{X}_m-\bar{X})^2}$	$\sqrt{\frac{1}{N}+(3)}$	$ts\times(4)$	自变量取 X 时 Y 的均值的90%的置信限		$\sqrt{1+\frac{1}{N}+(3)}$	$ts\times(8)$	自变量取 X 时 Y 的90%的置信限	
					下限	上限			下限	上限
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)
90	38.37	0.144 64	0.455 1	3.94	34.43	42.31	1.098 7	9.50	28.87	47.87
100	24.76	0.001 76	0.253 5	2.20	22.56	26.96	1.031 6	8.92	15.84	33.68
($\bar{X}$) 101.5	($\bar{Y}$) 23.06	0.0	0.255 0	2.17	20.89	25.23	1.030 8	8.91	14.15	31.97
110	11.15	0.087 50	0.387 0	3.36	7.79	14.51	1.072 4	9.27	1.88	20.42

注：括号内的数是指相应各列。$t_{14,0.95}=1.761$。

$$b_0 = \bar{Y} - b_1\bar{X}_1 - \cdots - b_k\bar{X}_k$$

该预测方程可写成下面的形式

$$\hat{Y} = \bar{Y} + b_1 x_1 + \cdots + b_k x_k$$

为简化公式，这些观察值也可表示为对其样本均值的离差，即对第 m 个观察值有 $x_{im} = X_{im} - \bar{X}_i$ 和 $y_m = Y_m - \bar{Y}$。这样，多元线性模型 $Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \cdots + \beta_k X_k$ 的 $k+1$ 个参数的最小二乘估计可以通过解下列 $k+1$ 个线性方程得到：

$$\begin{aligned}
&b_1\sum x_{1m}^2 + b_2\sum x_{1m}x_{2m} + \cdots + b_k\sum x_{1m}x_{km} = \sum x_{1m}y_m\\
&b_1\sum x_{1m}x_{2m} + b_2\sum x_{2m}^2 + \cdots + b_k\sum x_{2m}x_{km} = \sum x_{2m}y_m\\
&\quad\vdots \qquad\qquad\qquad\qquad\qquad\qquad\qquad\qquad \vdots\\
&b_1\sum x_{1m}x_{km} + b_2\sum x_{2m}x_{km} + \cdots + b_k\sum x_{km}^2 = \sum x_{km}y_m\\
&b_0 = \bar{Y} - b_1\bar{X}_1 - \cdots - b_k\bar{X}_k
\end{aligned}$$

（上面各式求和均是对 m 求和，范围均为 1 到 N。）

同时求解这些“简化正态”方程十分烦琐，很容易出错，要用到矩阵代数的知识。许多参考书都强调了如何精确完成这些计算。对于精确的现代统计软件的使用者而言，这些计算就没有直接的重要性了：他们可以相信这些计算的结果，而将注意力集中到模型的适合性、解释及其应用等这些统计方面。

对预测方程的审视　得到（b_0，b_1，…，b_k）之后，就可以构造 ANOVA 表并根据一定准则对预测方程的适合性予以评价。表 44—44 给出了其方差分析表的形式，它实际上是单个自变量的方差分析表的推广。其中的第三行与表 44—40 中的第三行是一样的。注意当 $k=1$ 时，第一行就简化为表 44—40 中的第一行。

因为模型中有 k 个变量，相应的回归平方和就有 k 个自由度。另外，因为需要估计 k 个系数及一个常数项，所以相应的残差平方和的自由度为 $N-(k+1)=N-k-1$。F 统计量的算法与前面一致，即 $F = \mathrm{MS(REG)}/\mathrm{MS(RES)}$，而 $s_e = \sqrt{\mathrm{SS(RES)}/(N-k-1)}$。这样，就可以使用 F 统计量，对照备择假设：

H_1：有些 $\beta_i \neq 0$　（$i=1, 2, \cdots, k$）

来检验统计假设

H_0：$\beta_i = 0$　（$i=1, 2, \cdots, k$）

这里与简单线性模型的惟一区别是查表求 F_{TAB}时所用的自由度（由 1，$n-2$ 变为了 k，$n-k-1$）。

由回归方程可说明的变异的比例（R^2）可从方差分析（ANOVA）表中获得。这里要注意的是，R^2 不依赖于方程中变量的个数，但 s_e^2 则要依赖之。事实上，如果一个新变量加入到模型中（最小二乘估计和方差分析表要重新计算），R^2 的值不会减少。然而，s_e^2 既可能增大也可能减少，因为除了残差平方和之外，它还依赖于残差自由度，模型中加入一个新变量会使残差自由度减少一个。

表 44—44　　方差分析（ANOVA）表（线性模型）

来源	平方和	自由度	均方
1. 回归	$b'a^*$	k	MS (REG) = SS (REG) / k
2. 残差	$\sum(Y_m - \hat{Y}_m)^{2**}$	$N-k-1$	MS (RES) = SS (RES) / $(N-k-1)$
3. 修正总均值	$\sum(Y_m - \bar{Y}_m)^2$	$N-1$	

* 回归平方和可写为 $b'a = b_1\sum x_{1m}y_m + b_2\sum x_{2m}y_m + \cdots + b_k\sum x_{km}y_m$。[注意 b' 是向量 b 的转置，即 $b' = (b_1\ b_2 \cdots b_k)$。对矩阵符号不熟悉的读者可把 $b'a$ 看做是脚注中求和的简写方式。因为计算通常由计算机软件来完成，故这里未给出有关矩阵符号的详细内容，这对大多数读者而言是不必要的。]

* * 由（3）减（1）而得。

置信区间　每个的置信区间可由下式给出

$$b_i \pm ts_e\sqrt{c_{ii}}$$

其中，t 有$(n-k-1)$个自由度，的定义在下面给出。然而，因为 b_i $(i=1,\cdots,k)$具有一个联合分布且通常是不相关的，所以在理解这些置信区间时必须倍加注意。[有关的例子可参见 Draper and Smith（1981）。]

在点 $x=(x_1,\cdots,x_k)$ 处（其中 $x_i = X_i - \bar{X}_i$）回归方程的置信区间为

$$\bar{Y} + b_1x_1 + \cdots + b_kx_k \pm ts_e\left(\frac{1}{N} + x'C_x\right)^{1/2}$$

其中 t 有 $N-k-1$ 个自由度，而 $x'C_x$ 是考虑 b 的协方差和方差的二次项。（这里的 C 在下一段定义。）

类似地，X 处的一个将来的 Y 值的置信区间为

$$\bar{Y} + b_1x_1 + \cdots + b_kx_k \pm ts_e\left(1 + \frac{1}{N} + x'C_x\right)^{1/2}$$

其中 t 有 $N-k-1$ 个自由度。（这里 $C = S^{-1}$，S 为第 i 行第 j 列元素为 $\sum X_{im}X_{jm}$ 的 $k\times k$ 矩阵。在实践中，如我们所看到的那样，这些矩阵的计算均由计算机完成，无需人们操心，甚至无需理解矩阵及逆矩阵的概念。）

示例：上述的方法可由梅森·E·韦斯科特（Mason E. Wescott）提供的一个具有 $k=2$ 个自变量的例子来加以说明（梅森·E·韦斯特科的《油印讲义》中的例5，纽约罗切斯特技术学院）。这里的问题是分析电流断路器弧形板的湿压强度（烘干前的弯曲强度）与其成形时所需水压及酸的浓度之间的相关关系。表 44—45 中给出了 20 次观察数据，水压和湿压强度的单位为 10 磅/平方英寸，酸浓度为标称百分率。图 44—30、图 44—31 和图 44—32 给出了变量两两之间的描点图。表 44—46 给出了原始数据及修正数据的各个概括统计量，包括和、平方和及交叉乘积，同时还给出了样本均值。

各估计值为：

$$b_2 = 4.162\ 940$$

$$b_1 = 1.571\ 779$$

$$b_0 = \bar{Y} - b_1\bar{X}_1 - b_2\bar{X}_2 = 16.274\ 75$$

C 矩阵为

$$c_{22}=0.000\ 489\ 16$$

$$c_{12}\ (=c_{21})\ =-0.000\ 058\ 099$$

$$c_{11}=0.000\ 297\ 87$$

所以

$$C=\begin{vmatrix}297.869 & -58.099\\ -58.099 & 489.160\end{vmatrix}\times 10^{-6}$$

可算出预测方程为

$$\hat{Y}=16.277+1.572X_1+4.163X_2$$

$$\hat{Y}=641.600+1.572\ (X_1-131.400)\ +4.163\ (X_2-100.600)$$

（后一式子将在后面的计算中使用。）

表 44—45　　弧形板数据

湿压强度 Y （10 磅/平方英寸）	水压 X_1 （10 磅/平方英寸）	酸浓度 X_2 （标称率）
665	110	116
618	119	104
620	138	94
578	130	86
682	143	110
594	133	87
722	147	114
700	142	106
681	125	107
695	135	106
664	152	98
548	118	86
620	155	87
595	128	96
740	146	120
670	132	108
640	130	104
590	112	91
570	113	92
640	120	100

表 44—46　　概括统计量

$N=20$		
$\sum Y_m=12\ 832$	$\sum X_{1m}=2\ 628$	$\sum X_{2m}=2\ 012$
$\sum Y_m^2=8\ 286\ 988$	$\sum X_{1m}^2=348\ 756$	$\sum X_{2m}^2=204\ 500$
$\sum X_{1m}Y_m=1\ 693\ 226$	$\sum X_{2m}Y_m=1\ 300\ 253$	$\sum X_{1m}X_{2m}=264\ 785$
$\bar{Y}=641.6$	$\bar{X}_1=131.4$	$\bar{X}_2=100.6$
S		a
$s_{11}=3\ 436.8$	$s_{12}=408.2^*$	$a_1=7\ 101.2^{**}$
$s_{22}=408.2$	$s_{22}=2\ 092.8$	$a_2=9\ 353.8$

* $s_{12}=\sum x_{1m}x_{2m}=\sum X_{1m}X_{2m}-(\sum X_{1m}\sum X_{2m}/N)=264\ 785-[(2\ 628)(2\ 012)/20]=408.2$

** $a_1=\sum x_{1m}y_m=\sum X_{1m}Y_m-(\sum X_{1m}\sum Y_m/N)=1\ 693\ 226-[(2\ 628)(12\ 832)/20]=7\ 101.2$

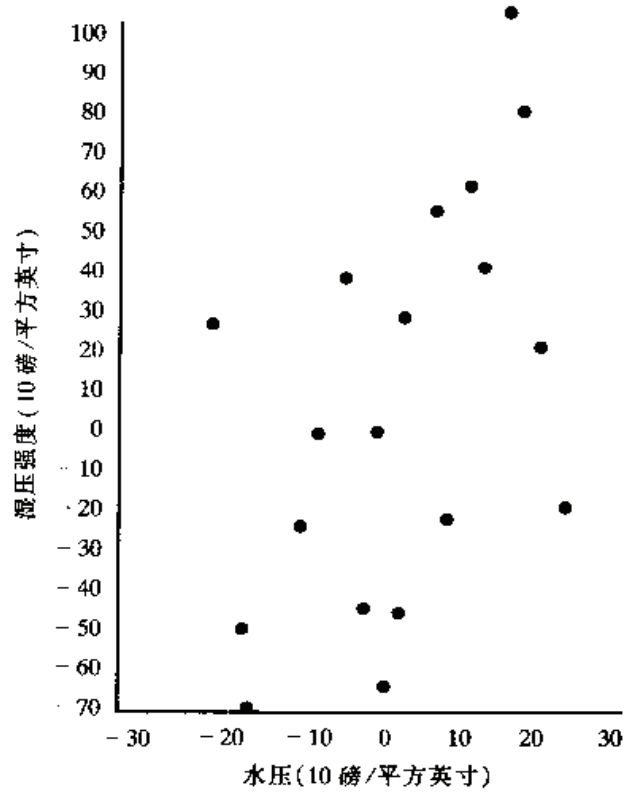


图 44—30 湿压强度与水压(与均值的偏差)

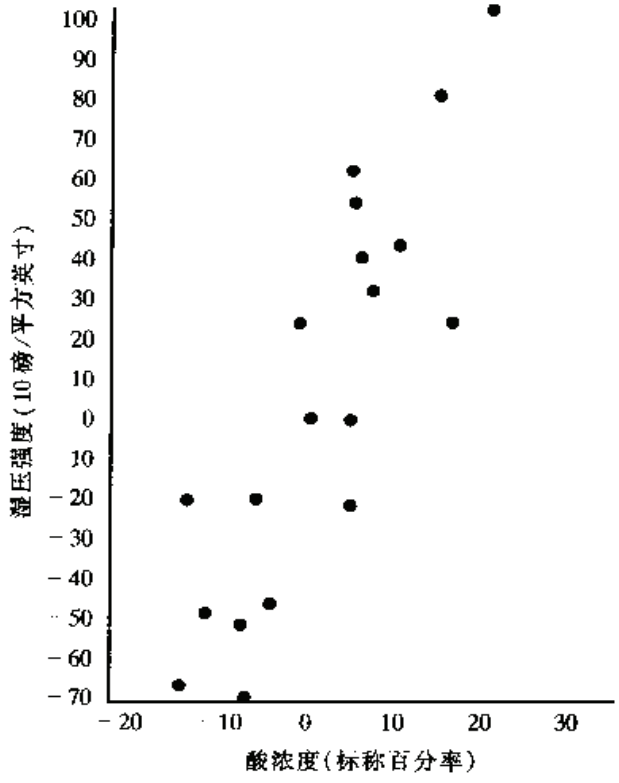


图 44—31 湿压强度与浓酸度(与均值的偏差)

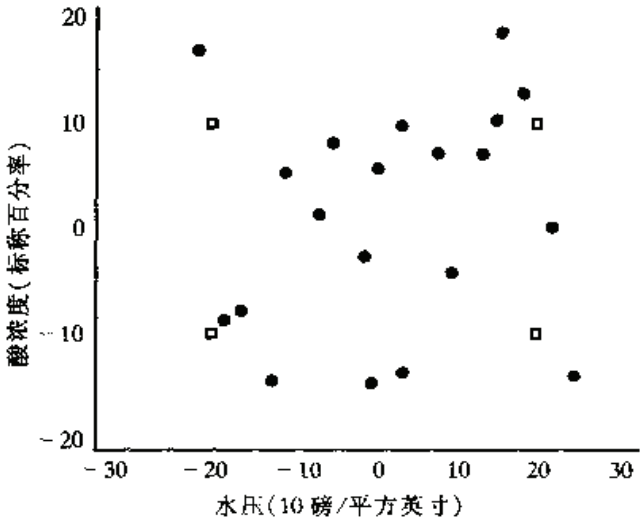


图 44—32　酸浓度与水压(与均值的偏差)

说明：矩形表示计算置信区间的点。

本例的方差分析（ANOVA）表（见表 44—47）可直接由表 44—46 的概括统计量及表 44—44 中导出。残差均方误差为 228.0，所以标准差 s_e 为 15.100。

β_0 和 β_1 的 95%的置信区间如下：

$$1.572 \pm 2.110 \times 15.100 \times \sqrt{297.869} \times 10^{-3}$$
$$= 1.572 \pm 0.550 = 1.02 \text{ 和 } 2.12$$

以及

$$4.163 \pm 2.110 \times 15.099\ 7 \times \sqrt{489.16} \times 10^{-3}$$
$$= 4.163 \pm 0.705 = 3.46 \text{ 和 } 4.87$$

表 44—47　　方差分析（ANOVA）表

来源	平方和	自由度	均方
1. 回归	50 100.8*	2	25 050.40
2. 残差	3 876.0**	17	228.0
3. 修正总均值	53 976.8	19	

* (1.571 779)(7 101.2) + (4.162 94)(9 353.8) = 50 100.825

** 相减可得。

表 44—48 中给出了 $\beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2$ 及 Y 的将来观察值对于 X_1 和 X_2 的 5 种组合的置信区间。(图 44—32 中也标示出了计算该置信区间的 5 个点。)

戈登和沃希尔（Golden and Wasil，1992，pp.227－245）给出了另一个很好的例子，该例应用了收集自切萨皮克海湾 34 个观察站的37 000个观察值，建立了关于盐分动态特征的 10 个回归模型。对数据质量、建模、模型结果以及模型有效性均作了讨论。

表 44—48　　置信区间的计算

X_1	X_2	$\hat{Y}$	$(x'C_x)$	$\sqrt{\frac{1}{N}+(4)}$	$ts\times(5)$**	自变量取 X_1, X_2 时 Y 的均值的95%的置信限 下限 (3)−(6)	上限 (3)+(6)	$\sqrt{1+\frac{1}{N}+(4)}$	$ts\times(9)$	自变量取 X_1, X_2 时 Y 的95%的置信限 下限 (3)−(10)	上限 (3)+(10)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)
111.4	90.6	568.53	0.145 7*	0.442 4	14.10	554.43	582.63	1.093 5	34.84	533.69	603.37
111.14	110.6	651.79	0.192 2	0.492 1	15.68	636.11	667.47	1.114 5	35.51	616.28	687.30
131.4	100.6	641.60	0.0	0.223 6	7.12	634.48	648.72	1.024 7	32.65	608.95	674.25
151.4	90.6	631.41	0.192 2	0.492 1	15.68	615.73	647.09	1.114 5	35.51	595.90	666.92
151.4	110.6	714.67	0.145 7	0.442 4	14.10	700.57	728.77	1.093 5	34.85	679.82	749.52

注：括号内的数是指相应各列。$t_{14,0.95}=1.761$。

* 因为 $x'=(111.4-131.4,\ 90.6-100.6)=(-20,\ -10)$，所以

$$x'C_x=(-20,\ -10)\begin{bmatrix}297.869 & -58.099\\ -58.099 & 498.160\end{bmatrix}\times 10^{-6}\begin{bmatrix}-20\\ -10\end{bmatrix}=(-5\,376.39,\ -3\,819.62)\times 10^{-6}\begin{bmatrix}-20\\ -10\end{bmatrix}=0.145\,7$$

** 自由度为 17 的 t_{TAB}值为 2.110，$s=15.100$。

计算机程序　由于应用回归方法的广泛普及，几乎所有的计算机设施都至少有一个回归程序，有很多则会有多个回归程序。这些程序有些是本地编写的，有些则来自其他来源。在后一种情况下，通常会对程序进行某种方式的修改，以使其可以在本地计算机系统上运行并满足本地用户的需要。

隆利（Longley，1967）与万普勒（Wampler，1970）的研究指出，用户应尽量使用诸如 SAS 和 BMDP 这样的软件。某个程序手册中给出了一个数据问题示例绝不意味着该程序通过了校验。遗憾的是，这些程序中所用的许多算法都直接取自台式计算器的指令。这些算法常常并不好，容易得出不精确的数字结果，甚至双倍的精度也会如此。例如，有许多程序使用公式 $\sum X_m^2 - (\sum X_m)^2/N$ 而非 $\sum (X_m - \bar{X})^2$ 来计算变量的偏差平方。因为这些量是大多数回归计算的基础，因此可能会对所有的结果都造成误差。

因为用户不能（或不愿投入时间）来校验某个程序，所以下面针对这一目的给出若干简单的校验方法。这些方法可用来帮助用户了解某个程序的局限性。然而，这里再一次提出强烈建议，若 SAS，BMDP 及（也许）其他一些很好的软件可以以合理的价格获得并且能够跟上统计学的发展，就一定“不要自找麻烦”。

1．对回归直线的残差求和，它在不计舍入误差的情况下应当为 0。

2．如果残差和为 0，对每个变量加上 10，100，1 000，10 000 等再运行程序，则舍入误差发生点的系数将开始改变。

3．作为对反演程序精确性的检验，对于具有两个变量 X_1 和 X_2 的某个问题进行运算。然后用两个新的自变量 $X_1^* = X_1 + X_2$ 和 $X_2^* = X_1 - X_2$ 对同一因变量进行再次的运算。所得结果应满足：$b_1 = b_1^* + b_2^*$ 和 $b_2 = b_1^* - b_2^*$。

隆利（1967）给出了另外一些校验方法，万普勒（1970）则列出了许多回归程序的结果。

通常可以获得有关回归程序的报告，其中应包括对所需输入的完整的讨论和对输出及可用选项的解释，同时还应包括对于计算公式的完整表述以及一个示例问题。（编制程序说明文件的确是一项困难的工作，但差劲的说明文件通常也意味着该计算机程序的差劲或不当。）

尽管回归程序的输入格式各不相同，但大多数程序都会有一个选项，允许用户确定数据的转换类型，如对数、幂或交叉乘积等。典型的回归输出结果包括 ANOVA 表、残差图、回归系数的估计值以及此外的其他统计量。返回校验，亦即将原始数据和变换数据打印输出，是非常重要的，虽然常常会被省略。“奇怪”的回归结果常常可以追溯到观察值的小数点放错、读入了别的变量或是变换的不当使用。（如果某个程序没有这种打印功能，可要求计算机中心修改程序以便能够自动打印出来，除非用户自己删除不用。）

模型选择的 R^2 及 C_p 准则　在很多情况下，一个模型会有大量的可能变量，

这时所面对的问题在于从这些“有用的多数”中选择“关键的少数”，而非追求完美的回归方程。不将所有变量都引入模型有很多的理由。例如，部分变量能够比全部变量提供一个更好的预测方程，即使全部变量会使 R 更高，因为全部变量同时也将包括更大的变异性。再者，变量较少的方程更容易理解，因此也更容易被接受和应用。

除非数据来自于设计适当的实验，否则对变量的显著性就没有简单的检验。因为总共有 2^k-1 个可能的预测方程要加以评估，所以对于较大的 k 只靠蛮干显然是不可行的（例如，若 $k=20$，则 $2^k-1=1\ 048\ 575$）。

逐步回归方法是一种避免这种计算性问题的启发性的方法。它首先选择一个“最佳的”自变量，这里的“最佳”是说它能够使 R^2 最大化。然后按重要性程度依序向模型中添加变量。每一步引入的变量均最大程度地使回归平方和增加（从而 R^2）或使残差平方和减少。这个过程不只是选择变量，还包括剔除前面所选的变量，如果在某一时点上它们已不再重要的话。

逐步回归并不能担保“最佳”的那套变量将包括在最终方程中。但是，它的确为将变量个数 k 减少到可把握的限度提供了一种有效的方法。例如，若 $k=100$，则可以利用逐步回归选出其中的 25 个或更少的最佳变量以进行更加详尽的研究。[很容易获得有关逐步回归的程序，详情请参阅 Draper and Smith (1981)。]

除了逐步回归方法之外，还有许多其他的方法已被开发出来。有一种潜力极大的方法是由霍克林和莱斯利（Hocking and Leslie，1967）所提出的，雷蒙特和霍克林（LaMotte and Hocking，1970）又对其作了改进。他们的算法是找出个数为 1，2，…，k 的“最佳”的变量子集，其中 k 是提出的变量总数。虽然其计算比逐步回归要花费更多的时间，但这种方法可以保证就 R^2 意义而言的最佳变量子集，此外还给出许多“竞争性的”变量子集。（当然，若变量数较少，我们可以计算出所有的回归。）BMDP 程序提供了这些“最佳”回归算法，可以处理 k 取 20 或 25 的情况而不存在计算时间的问题。

可能变量的选取应根据各因素对因变量的影响的预先调查来进行。不加区分地应用回归分析去寻求实际上并不存在的相互关系，常常导致毫无意义的结果。遗憾的是，常常是当预测方程在预测未来的观测值惨遭失败时，这个问题才会被发现。

如果具有大量的数据，其中一部分可用来选择变量和估计系数，而余下的数据则可用来检验所推导的方程。在任何情况下，当获得新数据时都应对方程进行定期的评审。

现代回归分析中一个强有力的工具便是 C_p 统计量［参见 Dudedic and Karian (1985，p.236、p.413)］。R^2 衡量的是回归方程对于建模数据集中的数据点进行预测的优良性，C_p 则是估计利用该模型所做出的未来预测的方差。往模型中添

加变量，R^2 将会增加（即使这一变量确与我们的预测完全相关），而 C_p 通常则是先减小再增大。因此，在所有可能的回归方程中寻找最小的 C_p 统计量便是一种可取的合理方法。虽然适度的 C_p 增加有可能会使 R^2 增加很大，也仍应选取 C_p 值最小的模型。

参考文献

ASQC(1996). "QA/QC Software Directory." *Quality Progress*, April, pp. 31–59.

Barr, Donald R. (1969). "Using Confidence Intervals to Test Hypotheses." *Journal of Quality Technology*, vol,1, no.4, pp. 256–258.

Bennett, Carl A., and Franklin, Norman L. (1954). *Statistical Analysis in Chemistry and the Chemical Industry*. John Wiley & Sons, New York, chap. 11.

Bingham, R. S., Jr. (1962). "Tolerance Limits and Process Capability Studies." *Industrial Quality Control*, vol. XIX, no. 1, pp. 36–40.

Choksi, Suresh (1971). "Computer Can Optimize Manufacturing Tolerances for an Economical Design." *ASQC Technical Conference Transactions*. Milwaukee, pp. 323–330.

Cohen, A. Clifford, and Whitten, Betty Jones (1981). "Estimation of Lognormal Distributions." *American Journal of Mathematical and Management Sciences*, vol. 1, no. 2, pp. 139 – 153.

Daniel, Cuthbert (1977). Personal communication, August.

——and Wood, Fred S. (1971). *Fitting Equations to Data*. John Wiley & Sons, New York.

Dielman, Terry E., and Pfaffenberger, Roger C. (1984). "Computational Algorithms for Calculating Least Absolute Value and Chebyshev Estimates for Multiple Regression." *American Journal of Mathematical and Management Sciences*, vol. 4, nos, 1 and 2, pp. 169 – 197.

Dixon, W. J. (1983). *BMDP Statistical Software, 1983 Printing with Additions*. University of California Press, Berkeley, CA.

——and Massey, Frank J., Jr. (1969). *Introduction to Statistical Analysis*, 3rd ed. McGraw-Hill, New York.

Dodge, H. F., Kinsburg, B. J., and Kruger, M. K. (1953). "The L3 Coaxial System—Quality Control Requirements." *Bell System Technical Journal*, vol. 32, pp. 943–1005.

Draper, N. R., and Smith, H. (1981). *Applied Regression Analysis*, 2nd ed,

John Wiley & Sons, New York.

Dudewicz, Edward J. (1976). *Introduction to Statistics and Probability*. Holt, Rinehart and Winston, New York. (Currently published by American Sciences Press, Columbus, OH. Address: P.O. Box 21161, Columbus 432210161.)

——(1983). "Heteroscedasticity." In N. L. Johnson, S. Kotz, and C. B. Read (eds.), *Encyclopedia of Statistical Sciences*, vol. 3. John Wiley & Sons, New York, pp. 611–619.

——(1922). "The Generalized Bootstrap." In Jöckel, K.-H. Rothe, G., and Sendler, W. (eds), *Bootstrapping and Related Techniques*, vol. 376 of Lecture Notes in Economics and Mathematical Systems. Springer-Verlag, Berlin, pp. 31–37.

——(1993). *Solutions in Statistics and Probability*. 2nd ed. American Sciences Press, Columbus, OH.

——(1995). "The Heteroscedastic Method: Fifty+ Years of Progress 1945–2000." In Hayakawa, T., Aoshima, M., and Shimizu, K. (eds.), *MSI-2000 : Multivariate Statistical Analysis*. vol. I. American Sciences Press, Columbus, OH, pp. 179–197.

——(ed.) (1997). *Modern Digital Simulation Methodology, III: Advances in Theory, Application, and Design—Electric Power Systems, Spare Parts Inventory, Purchase Interval and Incidence Modeling, Automobile Resources Case Studies*. American Sciences Press, Columbus, OH.

——and Dalal, Siddhartha R. (1983). "Multiple-Comparisons with a Control when Variances Are Unknown and Unequal." *American Journal of Mathematical and Management Sciences*. vol. 3, no. 4, pp. 275–295.

——and Karian, Zaven A. (1985). *Modern Design and Analysis of Discrete-Event Computer Simulations*. IEEE Computer Society Press, Los Angeles, CA. (Address is P.O. Box 80452, Worldway Postal Center, Los Angeles 90080; Order No. CN597.)

——and——(1996). "The EGLD (Extended Generalized Lambda Distribution) System for Fitting Distributions to Data with Moments: II. Tables." In Dudewicz, E.J. (ed), *Modern Digital Simulation Methodology, II: Univariate and Bivariate Distribution Fitting, Bootstrap Methods, and Applications to CensusPES and CensusPlus of the U.S. Bureau of the Census, Bootstrap Sample Size, and Biology and Environment Case Studies*. American Sciences Press, Columbus, OH, pp. 271–332.

——and Koo, J. O. (1982). *The Complete Categorized Guide to Statistical*

Selection and Ranking Procedures. American Sciences Press, Columbus, OH.

——and Mishra, S. N. (1988). *Modern Mathematical Statistics*. John Wiley & Sons, New York.

——and Ralley, Thomas G. (1981). *The Handbook of Random Number Generation and Testing with TESTRAND Computer Code*. American Sciences Press, Columbus, OH.

——, Karian, Zaven A., and Marshall, Rudolph James, III (1985). "Random Number Generation on Microcomputers." *Proceedings of the Conference on Simulation on Microcomputers*. The Society for Computer Simulation (Simulation Councils, Inc.), La Jolla, CA, (Address: P.O. Box 2228, La Jolla 92038.)

Duncan, Acheson J. (1974). *Quality Control and Industrial Statistics*, 4th ed. Richard D. Irwin, Homewood, IL.

Edissonov, I. (1994). "The New ARSTI Optimization Method: Adaptive Random Search with Translating Intervals." *American Journal of Mathematical and Management Sciences*, vol. 14, pp. 143–166.

Epstein, Benjamin (1960). "Estimation from Life Test Data." *Technometrics*, vol. 2, no. 4, pp. 447–454.

Evans, Ralph A. (1966). "Problems in Probability." *Proceedings of the Annual Symposium on Reliability*. IEEE, New York, pp. 347–353.

Fisher, R. A. (1936). "The Use of Multiple Measurements in Taxonomic Problems." *Annals of Eugenics*, vol. 7, pp. 179–188.

Gibbons, Jean Dickinson (1997). *Nonparametric Methods for Quantitative Analysis*, 3rd ed. American Sciences Press, Columbus, OH.

Golden, Bruce L. (ed.) (1993). *Vehicle Routing 2000: Advances in Time-Windows, Optimality, Fast Bounds, and Multi-Depot Routing*. American Sciences Press, Columbus, OH.

——and Eiselt, H. A. (eds.) (1992). *Location Modeling in Practice: Applications (Site Location, Oil Field Generators, Emergency Facilities, Postal Boxes), Theory, and History*. American Sciences press, Columbus, OH.

——and Wasil, Edward A. (eds.) (1992). *Fisheries: Control and Management via Application of Management Sciences (with a Comprehensive Annotated Bibliography of Applications)*. American Sciences Press, Columbus, OH.

——, Assad, Arjang A., and Zanakis, Stelios H. (eds.) (1984). *Statistics and Optimization: The Interface*. American Sciences Press, Columbus, OH.

Govindarajulu, Z. (1981). *The Sequential Statistical Analysis of Hypothesis Testing: Point and Interval Estimation, and Decision Theory*. American Sciences

Press, Columbus, OH.

Grant, E. L., and Leavenworth, R. S. (1980). *Statistical Quality Control*, 5th ed., McGraw-Hill, New York.

Gray, H. L., and Lewis, Truman (1967). "A Confidence Interval for the Availability Ratio." *Technometrics*, vol. 9, no. 3, pp. 465–471.

Crubbs, Frank E. (1969). "Procedures for Detecting Qutlying Observations in Samples." *Technometrics*, vol. 11, no. 1, pp. 1–21.

Gutt, J. D., and Gruska, G. F. (1977). "Variation Simulation." *ASQC Technical Conference Transactions*. Milwaukee, pp. 557–563.

Hadley, G. (1967). *Introduction to Probability and Statisical Decision Theory*. Holden-Day San Francisco.

Hahn, G. J. (1970*a*). "Additional Factors for Calculating Prediction Intervals for Samples from a Normal Distribution." *Journal of the American Statistical Association*, vol. 65, no. 332, pp. 1668–1676.

——(1790*b*). "Statistical Intervals for a Normal Population: I. Tables, Examples, and Applications; II. Formulas, Assumptions, Some Derivations." *Journal of Quality Technology*, vol. 2, no. 3, pp. 115–125; vol. 2, no. 4, pp. 195–206.

——(1971). "How Abnormal is Normality?" *Journal of Quality Technology*, vol. 3, no. 1, pp. 18–22.

——(1972). "The Absolute Sample Size Is What Counts." *Quality Progress*. vol. V, no. 5, pp. 18–19.

——and Shapiro, S. S. (1967). *Statistical Models in Engineering*. John Wiley & Sons, New York.

Harter, H. Leon (1983). *The Chronological Annotated Bibliography of Order Statistics*, vol. II: *1950–1959*. American Sciences Press, Columbus, OH.

——and Dubey, Satya D. (1967). *Theory and Tables for Tests of Hypotheses Concerning the Mean and the Variance of a Weibull Population*. Document AD 653593, Clearinghouse for Federal Scientific and Technical Information, U. S. Department of Commerce, Washington.

Hocking, R. R., and Leslie, R. N. (1967). "Selection of the Best Subset in Regression Analysis." *Technometrics*, vol. 9, no. 4, pp. 531–540.

Hoerl, Arthur E., and Kennard, Robert W. (1981). "Ridge Regression—1980. Advances, Algorithms, and Applications." *American Journal of Mathematical and Management Sciences*, vol. 1, no. 1, pp. 5–83.

Huh, M.-H., and Olkin, I. (1995). "Asymptotic Aspects of Ordinary Ridge Regression." In Hayakawa, T., Aoshima, M., and Shimizu, K. (eds.), *MSI-*

2000 : *Multivariate Statistical Analysis*, vol. I, American Sciences Press, Columbus, OH, pp.239–254.

Iman, Ronald L. (1982). "Graphs for Use with the Lillefors Test for Normal and Exponential Distributions." *The American Statistician*, vol.36, no.2, pp.109–112.

Ireson, W.Grant (ed.) (1982). *Reliability Handbook*. McGraw-Hill, New York.

Johnson, Norman L., and Kotz, Samuel (1969). *Discrete Distributions*. Houghton Mifflin, Boston.

——and Leone, Fred C. (1964). *Statistics and Experimental Design*, vol.I. John Wiley & Sons, New York.

Juran, J.M., and Gryna, Frank M., Jr. (1980). *Quality Planning and Analysis*, 2nd ed. McGraw-Hill, New York.

Karian, Z., and Dudewicz, E.J. (1991). *Modern Statistical, Systems, and GPSS Simulation*. Computer Science Press/W.H. Freeman and Company, Book Publishing Division of Scientific American, New York. Currently published by American Sciences Press, Columbus, OH.

——, Dudewicz, E.J., and McDonald, P. (1996). "The Extended Generalized Lambda Distribution System for Fitting Distributions to Data: History, Completion of Theory, Tables, Applications, the 'Final Word' on Moment Fits." *Communications in Statistics: Simulation and Computation*, vol.25, pp.611–642.

——and Dudewicz, Edward J. (1999). *Fitting Statistical Distributions to Data: The Generalized Lambda Distribution (GLD) and the Generalized Bootstrap (GB) Methods*. CRC Press, Boca Raton, FL.

Kececioglu, D., and Cormier, D. (1964). "Designing a Specified Reliability into a Component." *Proceedings of the Third Annual Aerospace Reliability and Maintainability Conference*. Society of Automotive Engineers, Washington, p.546.

King, James R. (1971). *Probability Charts for Decision Making*. The Industrial Press, New York.

Kirkpatrick, R.L. (1970). "Confidence Limits on a Percent Defective Characterized by Two Specification Limits." *Journal of Quality Technology*, vol. 2, no. 3, pp.150–155.

Kramer, C.Y., and Jensen. D.R. (1969, 1970). "Fundamentals of Multivariate Analysis." *Journal of Quality Technology*, vol. 1, no. 2, pp. 120–133, no. 3, pp.189–204, no.4, pp.264–276; vol.2, no.1, pp.32–40.

LaMotte, L. R., and Hocking, R. R. (1970). "Computational Efficiency in the Selection of Regression Variables." *Technometrics*, vol. 12, no. 1, pp. 83–93.

Lenz, H.-J., and Rendtel, U. (1984). "Performance Evaluation of the MIL-STD-105 D, Skip-Lot Sampling Plans, and Bayesian Single Sampling Plans." In Lenz, H.-J., Wetherill, G. B., and Wilrich, P.-Th. (eds.), *Frontiers in Statistical Quality Control* 2. Physica-Verlag, Rudolf Liebing GmbH & Co., Würzburg, Germany, pp. 92–106.

Levy, George C., and Dumoulin, Charles L. (1984). *The LAB ONE NMRI Spectroscopic Data Analysis Software System: Revision 2.00 User's Manual*. Department of Chemistry, Syracuse University, Syracuse, NY (Address: Dept. of Chemistry, Browne Hall, Syracuse University, Syracuse 13244).

Lieberman, G. J., and Owen, D. B. (1961). *Tables of the Hypergeometric Probability Distribution*. Stanford University Press, Stanford, CA.

Lloyd, David K., and Lipow, Myron (1982). *Reliability: Management, Methods and Mathematics*, 2nd ed. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ.

Longley, J. W. (1967). "An Appraisal of Least Squares Programs for the Electronic Computer from the Point of View of the User." *Journal of the American Statistical Association*, vol. 62, no. 319, pp. 819–841.

Lusser, R. (1958). *Reliability Through Safety Margins*. United States Army Ordnance Missile Command, Redstone Arsenal, AL.

Martin Marietta Corp. (1966). *Reliability for the Engineer*, book 5: *Testing for Reliability*. Martin Marietta, Orlando, FL, pp. 29–31.

Moult, John F. (1963). "Critical Agents in Bearing Fatigue Testing." *Lubrication Engineering*. December, pp. 503–511.

Mouradian, G. (1966). "Tolerance Limits for Assemblies and Engineering Relationships." *ASQC Technical Conference Transactions*. Milwaukee, pp. 598–606.

Mulekar, Madhuri S., and Mishra, Satya N. (1997). "Inference on Measures of Niche Overlap for Heteroscedastic Normal Populations." In Hayakawa, T., Aoshima, M., and Shimizu, K. (eds.), *MSI-2000: Multivariate Statistical Analysis*, vol. III. American Sciences Press, Columbus, OH, pp. 163–185.

Natrella, Mary G. (1963). *Experimental Statistics, National Bureau of Standards Handbook 91*. U.S. Government Printing Office, Washington, DC.

Nelson, Wayne (1979). *How to Analyze Data with Simple Plots*. Volume 1 of Dudewicz, E. J. (ed.). *The ASQC Basic References in Quality Control: Statistical Techniques*. American Society for Quality Control. Milwaukee.

——(1982). *Applied Life Data Analysis*. John Wiley & Sons, New York.

Oliver, Larry R., and Springer, Melvin D. (1972). "A General Set of Bayesian Attribute Acceptance Sampling Plans." *Technical Papers of the 1972 Conference, American Institute of Industrial Engineers*. pp.443–455.

Owen, D.B., and Frawley, W.H. (1971). "Factors for Tolerance Limits Which Control Both Tails of the Normal Distribution." *Journal of Quality Technology*, vol.3, no.2, pp.69–79. See also Frawley, W.H., Kapadia, C.H., Rao, J.N.K., and Owen, D.B. (1971). "Tolerance Limits Based on Range and Mean Range." *Technometrics*, vol.13, no.3, pp.651–656.

Peters, J. (1970). "Tolerancing the Components of an Assembly for Minimum Cost." ASME Paper 70-Prod.-9. *Transactions of the ASME Journal of Engineering for Industry*. American Society of Mechanical Engineers, New York.

Pinsky, Paul D. (1983). *Statpro: The Statistics and Graphics Database Workstation, Statistics User's Guide*. Wadsworth Electronic Publishing Company, Boston (Address: Statler Office Building, 20 Park Plaza, Boston 02116).

Ramberg, John S., Dudewicz, Edward J., Tadikamalla, Pandu R., and Mykytka Edward F. (1979). "A Probability Distribution and its Uses In Fitting Data." *Technometrics*, vol.21, no.2, pp.201–214.

Ranganathan, J., and Kale, B.K. (1983). "Outlier-Resistant Tolerance Intervals for Exponential Distributions." *American Journal of Mathematical and Management Sciences*, vol.3, no.1, pp.5–25.

Rich Barrett G., Smith, O.A., and Korte, Lee (1967). *Experience with a Formal Reliability Program*. SAE Paper 670731, Farm, Construction and Industrial Machinery Meeting, Society of Automotive Engineers, Warrendale, PA.

Romeu, J.L., and Ozturk, A. (1996). "A New Graphical Test for Multivariate Normality." In Hayakawa, T., Aoshima, M., and Shimizu, K. (eds.), *MSI-2000: Multivariate Statistical Analysis*, vol. II. American Sciences Press, Columbus, OH, pp.5–48.

Rutherford, John R. (1971). "A Logic Structure for Experimental Development Programs." *Chemical Technology*, March, pp.159–164.

SAS Institute, Inc. (1982). *SAS User's Guide: Basics*, 1982 Edition, SAS Institute, Gary, NC (Address: P.O. Box 8000, Cary 27511).

Schmid, C.F. (1983). *Statistical Graphics, Design Principles and Practices*. John Wiley & Sons, New York.

Shcesley, J.H. (1977). "Tests for Qutlying Observations." *Journal of Quality Technology*, vol.9, no.1, pp.38–41.

Siotani, Minoru, Hayakawa, T., and Fujikoshi, Y. (1985). *Modern Multivariate Statistical Analysis: A Graduate Course and Handbook*. American Sciences Press, Columbus, OH.

Sun, L., and Müller-Schwarze, D. (1996). "Statistical Resampling Methods in Biology: A Case Study of Beaver Dispersal Patterns," *American Journal of Mathematical and Managemen Sciences*, vol.16, pp.463–502.

Thoman, D.R., Bain, L.J., and Antle, C.E. (1970). "Maximum Likelihood Estimation. Exact Confidence Intervals for Reliability and Tolerance Limits in the Weibull Distribution." *Technometrics*, vol.12, no.2, pp.363–371.

Volk, William (1956). "Industrial Statistics." *Chemical Engineering*, March, pp. 165–190.

Wampler, R.H. (1970). "On the Accuracy of Least Squares Computer Programs." *Journal of the American Statistical Association*, vol.65, no.330. pp.549–565.

Wardrop, R.L. (1995). "Simpson's Paradox and the Hot Hand in Baskeball." *The American Statistician* vol.49, no.1, pp.24–28.

Wescott, M.E. *Mimeo Notes*. Rochester Institute of Technology, Rochester, NY.

Western Electric Company, Inc. (1982). *Statistical Quality Control Handbook*, American Society for Quality Control, Milwaukee.

Williamson, E., and Bretherton, M.H. (1963). *Tables of the Negative Binomial Probability Distribution*. John Wiley & Sons, New York.

Zacks, Shelemyahu (1983). *Workshop on Statistical Methods of Reliability Analysis for Engineers*. Center for Statistics, Quality Control, and Design, State University of New York, Binghamton, NY.

（何晓群 译）

第 45 章

统计过程控制[①]

哈里森·M·沃兹沃思（Harrison M. Wadsworth）

引言
　定义
　符号
统计过程控制理论及背景
控制图制作步骤
建立计量值控制图以实现控制状态（无给定标准的控制图）
　$\bar{X}$ 与 R 图
　s 图
控制图的判读
单值控制图
　计算控制界限
　移动极差值
　标准差
在给定标准的条件下建立计量值控制图
计数值控制图
　不合格品率控制图（p）
　不合格品数控制图（np）
　缺陷数控制图（c）
　每单位产品缺陷数控制图（u）
累积和控制图
　平均值的 CUSUM 控制图的制作
　应用列表法的 CUSUM 控制限
指数加权移动平均控制图
短周期控制图
博克斯-詹金斯手调图
多变量控制图
预控法
自动化过程的统计控制
　统计过程控制软件
参考文献

引言

本章介绍有关过程控制的统计技术的应用。历史上，进行统计控制的过程都是制造过程。但近年来，其他类型的过程，如主要从事服务业的那些组织的过程，也已认识到了这些技术所具有的巨大作用。本章首先给出若干定义和符号说

① 在本手册第四版中，统计过程控制一章的材料由多里安·谢宁（Dorian Shainin）和彼得·D·谢宁（Peter D. Shainin）提供。

明。这里的定义尽可能使用最常用的术语标准中的定义。此类标准在此是指美国国家标准，但也包括编号相同的一些国际标准。所用到的标准有：

- ANSI/ISO/ASQC A8402-1994，质量管理与质量保证——词汇表
- ANSI/ISO/ASQC A3534-1993，统计学——词汇与符号

第一部分：概率及一般统计术语

第二部分：统计质量控制

如需查找其他术语的定义，请读者参阅这些标准。本手册以前的版本中所涉及的 ANSI/ASQC A3 已被 ANSI/ISO/ASQC A8402-1994 所代替，ANSI/ASQC A1 和 A2 已被 ANSI/ISO/ASQC A3534-2 所代替。

定义

- 过程（process）：将输入转化为输出的相关的资源与活动的集合。［注：资源可以包括人员、资金、设施、设备、技术和方法（ANSI/ISO/ASQC A8402-1994，第 1.2 款）。］
- 统计控制状态（state of statistical control）：所观察到的抽样结果的变异可归因于不随时间变化的偶然原因系统的状态。［注：这样一种偶然原因系统的结果通常表现为犹如来自同一总体的简单随机样本一样（ANSI/ISO/ASQC A3534-2-1993，第 3.1.5 款）。］
- 受控过程，稳定过程（process in control，stable process）：其每一质量特性值（如产品或服务的平均值和方差、不合格率或平均不合格数）均处于统计控制状态的过程。
- 偶然原因（chance causes）：通常数量很多但每一项都不甚重要，其引起的变异不必加以辨识的那些因素。［注：偶然原因有时被称为变异的一般原因（common causes）（ANSI/ISO/ASQC A3534-2-1993，第 3.1.9 款）。］
- 可归因原因（assignable causes）：可以被探测到和辨识出引起了质量特性或过程水平的某一变化的因素（通常是系统性的）。［注：（1）可归因原因有时被称为变异的特殊原因（special causes）；（2）有许多微小的变化原因也是可归因的，但有时对之加以考虑或控制可能是不经济的，在这种情况下应将之视为偶然原因（ANSI/ISO/ASQC A3534-2-1993，第 3.1.8 款）。］
- 控制图（control chart）：具有上控制限和/或下控制限，某个统计指标的一系列样本或子组（subgroup）的取值通常按照时间或样本号的顺序标在其上的图。这种图通常标有一条中心线，以便监测打点值朝向两条控制限的趋势。［注：某些控制图的控制限是根据图上所标的样本内数据或子组的数据而确定的；还有些控制图的控制限则是根据与图上打点的统计指标相对应的标准值或规定值而确定的（ANSI/ISO/ASQC A3534-2-1993，第 3.3.1 款）。］

符号

本章将尽可能采用标准统计符号。即质量特性的测量值用 x 表示，参数用

希腊字母表示，统计量用罗马字母表示。单顶线表示均值，双顶线表示均值的均值。其他符号在用到时再加以定义。

统计过程控制理论及背景

贝尔实验室的 W.A. 休哈特博士出于对西方电气公司所制造的产品变异的关注和对抽样结果的研究，早在 1924 年就开发出了控制图。在休哈特于 1924 年 5 月 16 日所撰写的一份未曾发表过的备忘录中记载着已知的最早的控制图。在随后的论文中，休哈特将此概念发展得更为完善。[有关这些早期工作的细节，请参见 Shewhart（1926a，1926b，1927，1931）。] 休哈特于 1931 年发表了其经典著作《制成品质量的经济控制》。休哈特最初将控制图应用在西方电气公司霍桑工厂的保险丝、加热控制和电站装置的生产上。在 1927—1928 年期间，在西方电气公司的许多其他的应用是由贝尔实验室质量保证部的另一成员 H.F. 道奇所发起的。这些应用是作为抽样检验计划的辅助，也作为定期的质量保证评价中所用的单位缺陷数图的一个基础工具。

1935 年，道奇编制了《美国材料与试验协会数据展示手册》（ASTM Manual on Presentation of Data），其中涉及了多种类型的控制图。该文件现称为 ASTM MNL 7（1990），它已被产业界使用了多年。1941—1942 年间，道奇是美国标准协会 Z1 委员会（American Standards Association Committee Z1）的主席，该委员会发布了有关控制图的 ASA 标准 Z1.1，Z1.2 和 Z1.3。随着这些标准的发布，控制图得到了广泛的应用。现在，可以从美国国家标准协会（ANSI）和美国质量协会（ASQ）得到这三个标准的修订本（见 ANSI/ASQC 1985a，1985b，1985c）。第二次世界大战期间，战时生产委员会生产研究及开发处（Office of Production Research and Development of the War Production Board）曾举办过有关质量控制原理的培训，作为保持质量和促进不断改进的手段。多年来休哈特的基本控制图已经有了许多的扩展和修改。这些控制图现在广泛应用在各行各业中。它们是统计过程控制的主要工具。

休哈特在其研究中观察到，自然界以及工业产品中的所有事物都会发生变异（variaton）。研究这种变异并加以减少是质量改进的主要手段。控制图是实现这一目的的最重要的工具。虽然不存在完全相同的两个事物（变异性），但成组的观测或者会形成可预测的形态，或者根本形不成什么形态。后者的情况显示出过程需要加以改进。这使得休哈特总结出了两条重要的原理：（1）变异是不可避免的；（2）单一的观测几乎不能构成客观决策的依据。为了判定观测值的形态，可以将这些观测值以若干种方式描绘出来。一种方式是将观测值绘制成直方图，这可以展示出观测值的分布情况；另一种方式是按照观测数据取得的顺序将之在图上打

点。这样便形成了一个线状图，这对于观察数据的趋势或周期是非常有用的。

休哈特主张用线状图来观测数据。他进一步指出存在着两类变异的原因。其中一类他称之为偶然原因。这些是只会引起数据很小的波动的那些因素。每一项这种因素所产生的影响非常之小，其出现与否无足轻重，或是要加以纠正并不经济。尽管每一项因素所引起的波动相当小，但是大量汇聚起来，它们会呈现出某种形态。休哈特根据中心极限定理和经验观测推断它们通常形成近似正态分布。变异的第二种原因他称之为可归因原因，即可被认为是引起了所观测到的波动的原因。这些正是导致数据显著偏离偶然原因所形成的分布形态的变异的根源。休哈特所建立的控制图为围绕假想的偶然原因所形成的正态分布中心的一组控制界限。任何落在这些界限之外的观测值都表明存在着可归因原因。此外，由于观测数据是按照发生的顺序描点的，所以若存在着趋势或其他的异常形态很容易观测出来。

因此，控制图是对过程所产出的统计量的变异性的一种图示描述。它相对于以直方图形式表示的数据有一个明显的优点，即控制图显示了数据产生的顺序。它揭示了变异随时间的变化量和属性，显示出过程是否处于统计控制状态，使得人们能够解释过程的形态并发现可能发生的变化。休哈特所建立的基本控制图为平均值和标准差构成的控制图。此外还针对样本极差、不合格品率和单位不合格数或百单位不合格数等建立了控制图。多年来，基本控制图得到了进一步改良和修正。诸如累积和控制图及指数加权移动平均控制图使得对于所观测参数的很小偏移能够更快地检测。本章将对所有这些控制图类型加以简要介绍。

控制图制作步骤

1. 选择控制图所要描绘的质量特性。在选择时，要考虑以下几点：

(1) 选择当前不合格品项目或不合格品较高的质量特性。帕累托分析有助于作出这一选择。

(2) 确定影响最终产品特性的过程变量，以辨识建立控制图的可能性。

(3) 选择那些能够提供适当数据的特性（characteristic），以辨识和诊断出问题所在。在选择特性时必须记住，属性（attribute）数据给出的是总括性的数据，可应用于任何数目的特性。另一方面，变量（variable）数据只应用于每一控制图中的一种特性，但它是诊断这一特性的问题并提出相应措施所必不可少的。

(4) 在生产过程中确定一个适当的点来建立控制图。这一点应足够靠前以便及时地预防不合格品的产生并避免因不合格品而增加的额外工作量。

2. 选择控制图的类型

(1) 首先要决定是使用计量值控制图（variables chart）还是计数值控制图（attributes chart）。计量值控制图是用来控制单个的可测量的特性，而计数值控

制图则可以用于判断合格与不合格类型的检验。计数值控制图用于控制不合格品率、不合格品数或每单位不合格项数。计量值控制图提供了所检测的单位产品的最大限度的信息。它用来控制过程的水平和过程的变异性。计数值控制图通常提供一些总括性的数据，这些数据可用于控制各个特性而改善过程。

（2）选择所用的控制图的类型。若使用计量值控制图，则要确定是平均值—极差控制图还是平均值—标准差控制图。如果平均值的微小变化都是很重要的，则可以使用累积和控制图或指数加权移动平均控制图。后两种控制图的缺点在于其难度较大，不易为实际工作者所理解和应用。如果不能应用子组数据，可以使用单值读数，但要尽可能避免。若使用计数值控制图，则可以选用不合格品率控制图或不合格品数控制图。某些情况下，采用每检验单位不合格数要更为合适。所有这些类型的控制图将在后面一一加以讨论。

3. 选择控制图的中心线和计算控制界限的基准。中心线可以是过去数据的平均值，或是将要收集的数据的平均值，或者是一个期望（标准）值。控制界限通常设置为 ±3 倍的标准差，但考虑不同的风险因素也会采用其他倍数的标准差。采用 3 倍的标准差使得可以忽略关注本不存在的问题的风险，亦即误报警的风险。但是，随之而来的另一风险则是有可能忽略所监控参数的微小变动。较小的倍数会增加误报警的风险，但减少了漏掉小变动的风险。没事找事要比漏掉某些小的问题的代价大得多，正是基于这一事实而通常选择 $\pm 3\sigma$ 的控制界限。

4. 选择合理的子组（subgroup）或样本。应该指出的是，“样本”这一术语通常意味着不包括单个值的情况，制作控制图时应尽可能地使用容量为 1 以上的样本。计量值控制图的样本量通常为 4 个或 5 个，而计数值控制图的样本量通常则为 50～100 个。计数值控制图事实上可以采用 100% 检验来反映出所涉及的过程。除了样本量之外，样本的选择应当采用这样一种方式，即过程变动（shift）在取样期间发生的机会要最小（因此要采用小样本），在两次取样之间发生的可能性最大，如果变动注定要发生的话。这便是合理分组（rational subgrouping）的概念。因此，定期地多次采集小样本要比一次采集大样本更好。通常经验才是决定取样频率的最好办法。即在作出决定时，应该考虑到化学变化的已知速率或工具磨损的已知速率。如果没有这种经验，就要频繁地抽取样本，直到获得这种经验为止。

5. 提供一个收集数据的系统。如果控制图要作为车间的工具，则数据的收集必须是一件很容易的任务。测量必须简便且相对不容易发生差错。测量仪器必须能给出迅速而可靠的读数。如有可能，测量仪器实际上应该记录下数据，因为这会消除一个常见的误差来源。数据表应精心设计以使数据容易获得。数据表一定要保管在安全可靠的地方，避免沾染灰尘或油渍。

6. 计算控制界限并向有关各方就其结果的含义和理解提供充分的说明。当控制图显示出有必要采取措施时，生产人员必须理解并能够采取纠正措施。

建立计量值控制图以实现控制状态（无给定标准的控制图）

在这种情况下，我们假定对过程一无所知，但我们希望判定它是否处于统计控制状态，即观察是否只是存在着偶然的变异原因。建立各种控制图的步骤均为：

1. 从过程中连续采集 20～30 个样本。

2. 在采集样本时，精确地记录下过程中的任何变化，例如操作者、机器及原材料的变化。

3. 从这些数据中计算出试行的控制限（trial control limits）。

4. 将数据在标有试行控制限的图上打点以判断是否有失控的样本，亦即是否有点子落在控制限外。

如果没有点子落在试行控制限外，我们就可以说此过程处于“受控”状态，这些控制界限就可以用做维持控制状态。另一方面，如果某些点子落在了试行控制限外，我们就说此过程处于“失控”状态，亦即存在着可归因的变异原因。在这种情况下，我们就必须确定每个点子失控的原因，如果可能的话要从上述第二步的记录中来加以确定，从数据中剔除这些样本，并重新计算试行控制限。如果仍有点子落在新的控制限之外，则必须重复上述步骤，直到没有点子落在控制限外为止。最终所得出的一组控制限便可用于以后的过程控制。

$\bar{X}$ 与 R 图 这两个图的组合是最为常用的统计过程控制程序。只要有希望加以控制的质量特性，就可以采用 $\bar{X}$ 与 R 图，因为这种图每次只要有一个质量特性就可以使用。此外，数据必须是测量值或计量值。大多数应用过程控制的人们感兴趣的都是产品的个别单位（individual items）和这些单位的少数质量特性的取值。自个别单位产品的小样本或子组中计算出的平均值和极差值为其后的总体的属性提供了很好的量度。它使得我们可以对生产这些产品的过程进行控制或决定是否需要采取措施。平均值控制图用于控制过程的均值或集中趋势，极差控制图则用于控制变异性。有时会用样本的标准差来代替极差值，但极差值（样本中的最大值减去最小值）更容易为操作者计算和理解。

利用 $\pm 3\sigma$ 的常规控制限，$\bar{X}$ 控制图的控制限可设定为：

$$\mu \pm 3\sigma_{\bar{X}} = \mu \pm 3\sigma / \sqrt{n}$$

其中：μ = 过程平均值；

σ = 过程标准差；

n = 样本量。

由于参数 μ 和 σ 为未知数，我们必须利用数据加以估计。μ 的最佳估计值为 $\bar{\bar{X}}$，$\bar{\bar{X}}$ 是样本平均值 X 的平均值，$\bar{X}$ 用下式计算：

$$\bar{X} = \sum x / n$$

过程标准差可用样本极差 $\bar{R}$ 的平均值的函数值来估计。对于小样本，即小于 12 的样本来讲，平均极差值是标准差的良好估计值。标准差的估计值为平均极差除以常数 d_2，此处的 d_2 是样本量的函数。故此，$\bar{X}$ 控制图的控制限可计算如下：

$$\mathrm{UCL}_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} + 3\bar{R} / (d_2\sqrt{n}) = \bar{\bar{X}} + A_2\bar{R}$$

$$\mathrm{LCL}_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} - 3\bar{R} / (d_2\sqrt{n}) = \bar{\bar{X}} - A_2\bar{R}$$

其中：$A_2 = 3/(d_2\sqrt{n})$。

极差控制图的控制限也可类似地计算为 $\mu_R \pm 3\sigma_R$，其中 μ_R 和 σ_R 分别是样本极差分布的平均值和标准差。极差平均值可用 $\bar{R}$ 来估计，而极差值的标准差为 $\sigma_R = d_3\sigma$。这可以用 $d_3\bar{R}/d_2$ 来估计。因此，我们可计算出极差控制图的控制限为：

$$\mathrm{UCL}_R = \bar{R} + 3d_3(\bar{R}/d_2) = (1 + 3d_3/d_2)\bar{R} = D_4\bar{R}$$

$$\mathrm{LCL}_R = \bar{R} - 3d_3(\bar{R}/d_2) = (1 - 3d_3/d_2)\bar{R} = D_3\bar{R}$$

这里的因数 A_2，D_3 和 D_4 是样本量 n 的函数，这几个因数与 d_2，d_3 以及本章稍后将要用到的其他因数一并列于表 45—1 中。附录Ⅱ的表 A 是一个包括内容更多的表。

为使用这组控制图，从过程中要采集样本量均为 n 的 20～25 个样本。通常这组控制图采用的样本量为 4 个或 5 个。计算出每个样本的平均值和极差。然后再对 20～25 个平均值和极差求平均以求出总平均值和极差平均值。接着便可以计算出每一控制图的上下控制限。注意在表 45—1 中，$n = 6$ 或 6 以下时，D_3 的值为 0。之所以如此是因为如果计算的话，下控制限会是负值。这是没有意义的，因为极差值总是正的。此因数为零这一事实并不意味着极差的下控制限为零。它的含义是对这些小样本而言极差控制图没有下控制限。

文献中有许多这类控制图的例子。《统计质量控制手册》（AT&T，1984）一书中收入了许多西方电气公司用过的控制图的例子。[其他的一些书籍对于控制图及其应用范例也有出色的描述，如 Grant and Leavenworth（1996），Ott and Schilling（1990），Wadsworth et al.（1986）等论著。]

表 45—1　　控制图的因数

n	d_2	d_3	c_4	c_5	A	A_2	A_3	B_3	B_4	B_5	B_6	D_3	D_4
2	1.13	0.85	0.80	0.60	2.12	1.88	2.66	0	3.27	0	2.61	0	3.27
3	1.69	0.89	0.89	0.46	1.73	1.02	1.95	0	2.57	0	2.28	0	2.58
4	2.06	0.88	0.92	0.39	1.50	0.73	1.63	0	2.27	0	2.09	0	2.28
5	2.33	0.86	0.94	0.34	1.34	0.58	1.43	0	2.09	0	1.96	0	2.11
6	2.53	0.85	0.95	0.30	1.23	0.48	1.29	0.03	1.97	0.03	1.87	0	2.00
7	2.70	0.83	0.96	0.28	1.13	0.42	1.18	0.12	1.88	0.11	1.81	0.08	1.92
8	2.85	0.82	0.97	0.26	1.06	0.37	1.10	0.19	1.82	0.18	1.75	0.14	1.86
9	2.97	0.81	0.97	0.25	1.00	0.34	1.03	0.24	1.76	0.23	1.71	0.18	1.82
10	3.08	0.80	0.97	0.23	0.95	0.31	0.98	0.28	1.72	0.28	1.67	0.22	1.78

例 45.1：图 45—1 和图 45—2 是 X 和 R 图的应用举例。显而易见该图遵循

控制图数据表

零件号：102J									品名：轴							
批号：195				订单号：7—18					机床号：SBL－20				部门：M			
加工：定长加工				操作者：布朗					班次：1		日期 12－17－1948		检验员：史密斯			
样本#	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	序号	$\bar{X}$	R
	0.938 2	0.938 2	0.938 5	0.937 9	0.938 4	0.938 5	0.938 7	0.938 7	0.938 8	0.938 1	0.938 6	0.938 5	0.938 6	1	0.938 00	0.001 0
	0.937 8	0.938 0	0.938 2	0.938 0	0.938 5	0.938 5	0.938 5	0.938 6	0.938 2	0.938 5	0.938 7	0.938 4	0.938 6	2	0.938 10	0.000 2
	0.938 5	0.938 0	0.938 3	0.938 4	0.938 7	0.938 5	0.938 5	0.938 5	0.938 6	0.938 3	0.938 7	0.938 5	0.938 6	3	0.938 22	0.000 6
	0.937 5	0.938 2	0.937 9	0.938 4	0.938 6	0.938 5	0.938 7	0.938 2	0.938 6	0.938 6	0.938 5	0.938 4	0.938 1	4	0.938 18	0.000 5
														5	0.938 55	0.000 3
合计	3.752 0	3.752 4	3.752 9	3.752 7	3.754 2	3.754 0	3.754 4	3.754 0	3.754 2	3.753 5	3.754 5	3.753 8	3.753 9	6	0.938 50	0.000 0
$\bar{X}$	0.938 00	0.938 10	0.938 22	0.938 18	0.938 55	0.938 50	0.938 60	0.938 50	0.938 55	0.938 38	0.938 62	0.938 45	0.938 48	7	0.938 60	0.000 2
R	0.001 0	0.000 2	0.000 6	0.000 5	0.000 3	0.000 0	0.000 2	0.000 5	0.000 6	0.000 5	0.000 2	0.000 1	0.000 5	8	0.938 50	0.000 5
														9	0.938 55	0.000 6
样本#	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25		10	0.938 38	0.000 5
	0.938 2	0.938 6	0.938 8	0.938 5	0.938 7	0.938 8	0.938 5	0.9386	0.938 4	0.938 7	0.938 7	0.939 0		11	0.938 62	0.000 2
	0.938 7	0.938 7	0.938 7	0.938 7	0.938 7	0.938 5	0.938 7	0.939 0	0.938 6	0.938 8	0.938 7	0.938 9		12	0.938 45	0.000 1
	0.938 8	0.938 7	0.938 8	0.938 5	0.938 3	0.938 6	0.938 6	0.939 0	0.938 6	0.938 8	0.938 9	0.938 9		13	0.938 48	0.000 5
	0.938 8	0.938 6	0.938 6	0.938 4	0.938 9	0.938 6	0.938 5	0.938 9	0.938 8	0.938 6	0.939 0	0.939 0		14	0.938 62	0.000 6
														15	0.938 65	0.000 1
合计	3.754 5	3.754 6	3.754 9	3.754 1	3.753 8	3.754 5	3.753 8	3.748 3	3.754 4	3.754 9	3.755 3	3.755 8		16	0.938 72	0.000 2
$\bar{X}$	0.938 62	0.938 65	0.938 72	0.938 52	0.938 65	0.938 62	0.938 65	0.938 88	0.938 60	0.938 72	0.938 82	0.938 95		17	0.938 52	0.000 3
R	0.000 6	0.000 1	0.000 2	0.000 3	0.000 6	0.000 3	0.000 3	0.000 4	0.000 4	0.000 2	0.000 3	0.000 1		18	0.938 65	0.000 6
														19	0.938 62	0.000 3
														20	0.938 65	0.000 3
														21	0.938 88	0.000 4
														22	0.938 60	0.000 4
														23	0.938 72	0.000 2
														24	0.938 82	0.000 3
														25	0.938 95	0.000 1
														合计	23.463 53	0.009 0

平均值图的控制限

上控制限 $= \bar{X} + A_2\bar{R}$

下控制限 $= \bar{X} - A_2\bar{R}$

$\bar{X} = 0.938\ 541$，$\bar{R} = 0.000\ 36$ } 由检验数据计算得出。见本表最后两列

常数 A_2 查表所得。样本量为 4 时，$A_2 = 0.729$

$A_2\bar{R} = 0.729 \times 0.000\ 36 = 0.000\ 262$

$UCL = 0.938\ 541 + 0.000\ 262 = 0.938\ 803$

$LCL = 0.938\ 541 - 0.000\ 262 = 0.938\ 279$

极差图的控制限

上控制限 $= D_4\bar{R}$

下控制限 $= D_3\bar{R}$

$\bar{R} = 0.000\ 36$（见本表最后一列）

常数 D_3，D_4 查表所得

样本量为 4 时，$D_3 = 0.000$，$D_4 = 2.282$

$UCL = 2.282 \times 0.000\ 36 = 0.000\ 82$

$LCL = 0 \times 0.000\ 36 = 0$

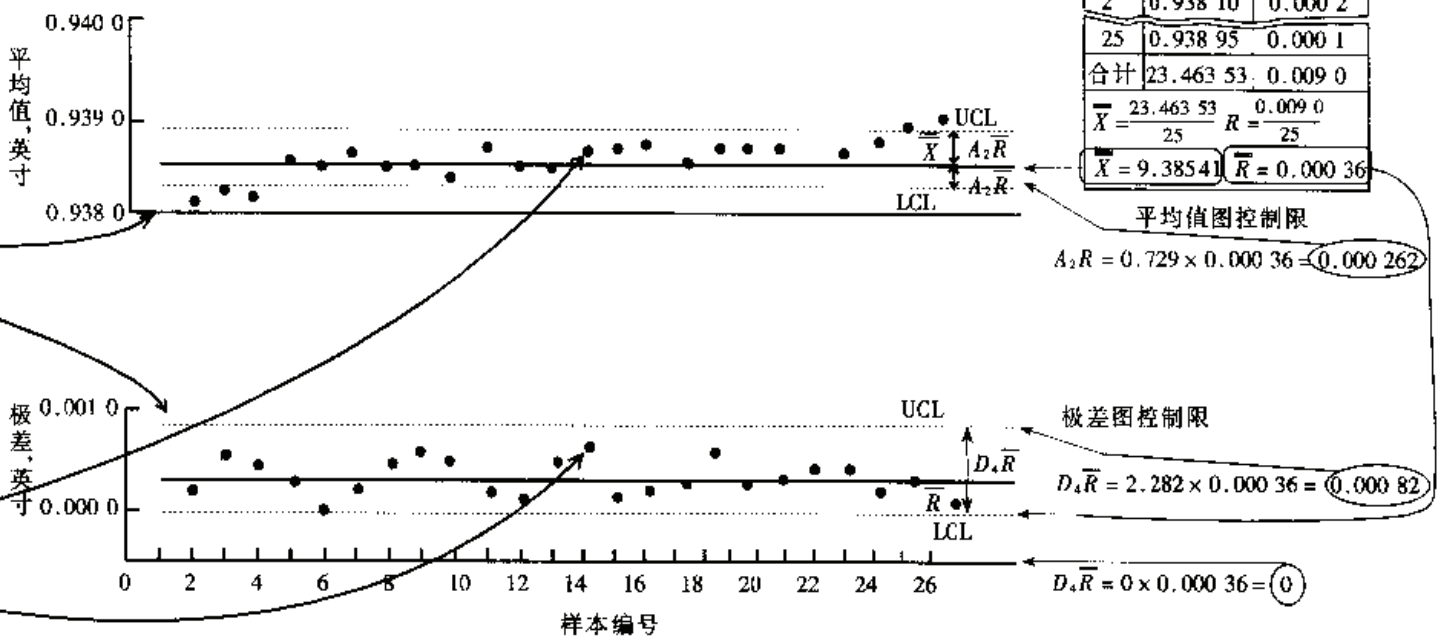
$\bar{X} = \frac{23.463\ 53}{25}$　　$\bar{R} = \frac{0.009\ 0}{25}$

$\bar{X} = 0.9385\ 41$　　$\bar{R} = 0.000\ 36$

图 45—1　判断过程受控与否的数据表

引自控制图数据表

零件号：102 J		
批号：195		
加工：定长加工		
样本号	1	2
	0.938 2	0.938 2
	0.937 8	0.938 0
	0.938 5	0.938 0
	0.938 5	0.938 2
合计	3 .752 0	3.752 4
$\overline{X}$	0.938 00	0.938 10
R	0.001 0	0.000 2
样本号	14	15
	0.938 2	0.938 6
	0.938 8	0.938 7
	0.938 8	0.938 7
	0.938 8	0.938 6
合计	3.754 5	3.754 6
$\overline{X}$	0.938 62	0.938 65
R	0.000 6	0.000 1



引自控制图数据表

部门：M		
检验员：史密斯		
序号	$\overline{X}$	R
1	0.938 00	0.001 0
2	0.938 10	0.000 2
25	0.938 95	0.000 1
合计	23.463 53	0.009 0
$\overline{X}=\frac{23.463\ 53}{25}$		$\overline{R}=\frac{0.009\ 0}{25}$
$\overline{X}$ = 9.385 41		$\overline{R}$ = 0.000 36

平均值图控制限

$A_2\overline{R} = 0.729 \times 0.000\ 36 = 0.000\ 262$

极差图控制限

$D_4\overline{R} = 2.282 \times 0.000\ 36 = 0.000\ 82$

$D_4\overline{R} = 0 \times 0.000\ 36 = 0$

图 45—2　如何建立休哈特控制图

了前述的所有程序。可以看出，极差控制图处于受控状态，而 $\bar{X}$ 图的点子初始靠下，稍作调整之后，表现出一段良好的控制状态。但最后 8 个点均处于中心线上方，其中的 3 个点跳到了上控制限外。

s 图　用样本标准差 s 可代替样本极差与 $\bar{X}$ 控制图一道来测量过程的分散程度。在这种情况下，我们要计算每一个样本的标准差，求出样本标准差的平均值，并用下面的公式来计算出控制限：

$$\mathrm{UCL}_s = B_4\bar{s}$$

$$\mathrm{LCL}_s = B_3\bar{s}$$

其中的 B_3 和 B_4 的值可在表 45—1 和附录Ⅱ的表 A 中查到。

标准差要比极差具有更为优良的数学特性，很容易借助于计算器或计算机来计算。但对于那些只接受过有限的统计学训练的操作工而言，极差值要更容易理解。正因为如此，极差控制图在控制过程的变异性时是最常用的控制图。

控制图的判读

通常 $\bar{X}$ 图直接置于极差图（或标准差图）之上，这使得从每一样本中计算出的两个统计量很容易标注，二者间的关系也很明显。我们在两个图中的数据描点中，观察是否有任何异常点或异常形态的存在。为了对此加以考察，让我们首先来了解控制图数据的自然形态。一个稳定的过程，亦即一个处于统计控制状态下的过程，一般不会产生出可辨别的异常形态。它会产生出具备若干特性的随机的数据排列。我们前面已经讨论过，控制限是设定在所研究统计量的分布的极端处。因此，将受控过程的数据在控制图上打点时，它应该具备以下特征：

- 绝大多数点子出现在中心线附近。
- 少数点子靠近控制限。
- 仅有一个偶然的罕见的点子出现在控制限以外。
- 所描点子呈现出一种不成串、不构成趋势的随机方式，无其他的偏离随机分布的形态。

在考察了控制图上所描点子的自然形态之后，现在我们再来讨论其非自然形态。当然地，缺乏上述一项或多项特征的形态便是非自然的形态，但让我们首先依次来考虑每种情况并探讨数据未遵循这些规则的可能原因。

$\bar{X}$ 图上的大部分数据都不在中心线附近可能会出于若干原因。如果平均值随时间而变化，数据会围绕中心线上下的两条线集聚成串。当有两台机器或两个人以略微不同的操作水平馈入生产流时，就可能发生这种情况。

缺乏受控过程的上述第二个特征，即并非只是少数点子靠近 $\bar{X}$ 图的控制限附近，这种情况可能是由于具有不同均值的两个过程混淆在同一样本中而引起

的。样本的平均值将在中心线附近波动，但每一样本的极差值将增大，进而引起控制限的距离拉大。在这种情况下，也许平均值控制图看起来是处于良好的受控状态，但极差控制图则会呈现出过度的变异。不符合上述第三个特征的数据形态，即不符合只有一个偶然的罕见的点子出现在控制限之外这一特征，则表明要么是过程平均值在频繁变化，要么是分散程度在增加。

对于上述自然形态的第四个特征，非自然形态的例子，如突然的水平变动、呈现出趋势、成串或成束等。就此话题的详细讨论请参阅 AT&T 的《统计质量控制手册》(1984)，该书中包含有一个控制图的形态汇集。

如果过程处于受控状态，因为一个点落在一侧控制限之外，而将并无变化的过程误断为失控的风险约为0.001 3或 0.13%。一个点落在另一侧控制限外的情况有着相等的风险，这就使得去寻求并不存在的可归因原因的总的风险成为了 0.002 6或 0.26%。通常将这种类型的风险称为第一类错误的风险或 α 风险，也称为生产方风险。如果过程确实是失控了，则有一个点子落在控制限外的情况是很有可能的。可能性有多大取决于过程失控的程度。此时，如果因点子并未落在控制限之外而未能发觉过程变动的风险被称为第二类错误的风险或 β 风险，也称为消费者风险。

控制限的设定通常是为了降低 α 风险。采用比 3σ 宽得多的控制限只能减少有限的徒劳调查，但也许会延误对于失控状态的调查。控制限过窄会增加无谓的调查，但不会明显减少对于失控状态调查的延误。因此，对于落在 3σ 控制限之外的每个点子进行调查这一规则是一种折中的办法。

一旦控制限确定下来，就可以从控制图中获得若干信息，前述的规则对此未加探讨。当过程处于受控状态时，发生下列事件的可能性将非常小且彼此相等：

1. 有 1 个点子落在 3 倍标准差控制限的一侧之外；
2. 连续 3 个点子中有 2 个点子落在了 2 倍标准差之外；
3. 连续 5 个点子中有 4 个点子落在了 1 倍标准差之外；
4. 连续 8 个点子落在中心线的同一侧。

出现上述任何一种情况，都应该认为是失控状态的信号，需要引起注意。

上述四种规则可以任选使用，在许多情况下都被证明是很实用的。这些规则是在 1956 年西方电气公司的质量控制计划中提出的。后三个规则仅适用于有对称控制限的控制图。总的来讲，使用这些规则当过程受控时增加了 α 风险，而当过程失控时则减少了 β 风险。

单值控制图

有时，从过程中抽取子组产品是不实际的。这对于化工或其他连续性过程或

者在研究诸如温度、压力之类的变量时尤为如此。另外，会计数据、效率、比率、费用或质量成本等情况，单个观测值更具有意义。在这类情形下，如果同时从过程中采集若干个样本，这实际上只是在检查我们的测量装置而不是加工过程本身。在这种场合下，我们只需在每次采样时抽取一个观测值。根据一个观测值制成的控制图称为单值控制图或 X 控制图。由于我们没有使用样本平均值，所以我们就不能利用中心极限定理的益处。中心极限定理告诉我们，样本平均值的分布近似为正态分布，而不管随机变量的分布如何。因此，X 图对于总体分布的非正态性要比 $\bar{X}$ 图敏感得多。

因为仅取一个观测值，所以我们没有一个明显的标准差估计值的来源以确定 X 图的控制限。我们有两种可能的选择：可以使用移动极差值，如两次连续观测值之差；或者可以计算 20 个或更多的连续观测值的标准差。如果过程没有偏移，这两个统计量将给出几乎相同的答案。但若过程存在着偏移，则使用移动极差将会最大限度地减少这种偏移的影响。因此，此种方法是通常所采用的。

建立 X 图的基本步骤如下：

1. 选择欲加研究的可测量的特性值。

2. 收集供试验研究所用的足够的观测值（20 个或以上）。观测的间隔应大得足以使该过程发生可能的偏移。

3. 应用下面给出的公式来计算该试验研究的控制限和中心线。

4. 利用中心线和控制限来建立试行控制图，并将第二步中得到的观测值在图上打点。如果所有点子均落在控制限之内并不存在非自然的形态，则该控制限便可用于以后的控制。

5. 必要时修改控制限和中心线（通过剔除出界点或观察趋势等）以协助改进过程。

6. 定期评估控制图的效果，必要时进行修改或终止使用。

计算控制界限 X 图控制限的计算类似于 $\bar{X}$ 图。我们亦将控制限设定于距离中心线 ±3 倍的标准差位置上。控制限将位于：

$$\mu \pm 3\sigma$$

通常用观测值的平均值 $\bar{X}$ 来估计过程平均值 μ。对于给定标准的场合，已知的标准差便可应用在上面的公式中。对于未给定标准的情况，则必须估计标准差。如前所述，可以用移动极差值或样本标准差来进行估计。

移动极差值 移动极差值是两个连续观测值中的最大值与最小值之差。因此，对全部 n 个观察值来讲，有 $n-1$ 个移动极差值。我们取这些移动极差值的平均值，得到平均移动极差值 $\bar{R}$。与具有子组情况下的控制图类似，这里的控制限便可设定为：

$$\mathrm{UCL}_x = \bar{X} + 3\bar{R}/d_2 = \bar{X} + E_2\bar{R}$$

$$\mathrm{LCL}_x = \bar{X} - 3\bar{R}/d_2 = \bar{X} - E_2\bar{R}$$

其中，$E_2=3/d_2$ 的值可由附录Ⅱ的表 Y 中查出。若遵循应用样本量为 2 的移动极差的一般规则，附录Ⅱ表 Y 中的 E_2 便为 3 除以 1.13 即 2.66。单值控制图的控制限便可设定在：

$$\mathrm{UCL}_x=\bar{X}+2.66\bar{R}$$

$$\mathrm{LCL}_x=\bar{X}-2.66\bar{R}$$

标准差　作为移动极差值方法的替代方法，有时要计算所有试验观测值的标准差 s。在这种情况下，控制限将设定为：

$$\bar{X}\pm 3s$$

如果过程平均存在着偏移，例如存在着趋势的情况下，标准差法会夸大变异性。如果过程平均相对保持恒定，则两种方法产生的控制限将大致相同。

在给定标准的条件下建立计量值控制图

如果给出了参数的标准值，这种情况下的控制图我们通常称之为给定标准控制图。在这种场合，平均值的标准值表示为 $\bar{X}_0$。标准差的标准值表示为 σ_0。X 图的控制限便为：

$$\bar{X}_0\pm 3\sigma_0/\sqrt{n}=\bar{X}_0\pm A\sigma_0$$

其中，A 为样本量 n 的函数，其值列于表 45—1 和附录Ⅱ的表 A。对单值控制图，即 X 图，其控制限是相同的，只是由于样本量为 1，故控制限为 $\bar{X}_0+3\sigma_0$。

计数值控制图

计量值控制图要求进行实际的测量，例如长度、重量、拉伸强度等等。因此，诸如合格不合格类型的数据就不能应用此类控制图。在只希望对样本中不合格品数或不合格数进行点数的情况下，我们可以使用计数值控制图(control chart for attributes)。计数值控制图相对于计量值控制图而言具有几方面的优点：

1. 计数值控制图可用于同时涵盖许多不同类型的不合格，而计量值控制图则必须对每一个质量特性分别制图。

2. 计数值控制图所要求的检验一般比计量值控制图所要求的检验要容易得多。我们只需要知道被检验的产品单位是否满足规格要求。

3. 计数值控制图可用于诸如对清洁度、标记、颜色等这类属性的视觉检验。

4. 计数值控制图不依赖于所服从的统计分布。

另一方面，计量值控制图需要的样本要小得多。在前面讨论的计量值控制图

中，我们所用的样本量仅为4个或5个，而计数值控制图需要的样本量至少为50个。计数值控制图通常用于100%检验，而这对于计量值控制图来讲是很困难的。最常用的计数值控制图是针对不合格品率的 p 图，针对不合格品数的 np 图，针对缺陷数的 c 图和针对单位缺陷数的 u 图。我们将就这些控制图依次加以讨论。

不合格品率控制图（p） 这里的受控变量是样本中不符合质量要求的百分率或比例。因此，含有一个或一个以上不合格项目的受检产品数除以受检的产品总数，就得到了不合格比例。有时将这一比率乘以100，则标出的变量就是不合格率（percentage nonconforming）。假定过程是恒定的，则其服从二项分布。这种分布的详细内容可参阅第44章。对相对较大的样本，二项分布可以用正态分布来很好地近似，如用计量值控制图，事实上所有数据将落在平均值的3倍标准差范围之内。如果数据落在了3倍标准差界限之外，就说明过程已经失控。因此，控制限将如此设定。

如前所述，服从二项分布的变量的标准差为：

$$\sigma_p = \sqrt{\frac{p\ (1-p)}{n}}$$

因此，p 图的上下控制限则为：

$$\bar{p} \pm 3\sqrt{\frac{\bar{p}\ (1-\bar{p})}{n}}$$

虽然 p 图通常用于合格不合格类型的检验，但它也可用于测量型的检验。如果受检的工件的测量值落在了一组规定的界限之外，则认为其不合格。但是，我们并不提倡 p 图的这一用途，因为它很少能诊断出不合格的原因。确定 p 图控制限的图表见附录Ⅱ的图Z。

样本量是常数或不是常数，均可以使用 p 图。由于在前面的控制限表达式中 n 是样本量，如果 n 随组别而改变（这也是使用该图来标出100%检验的数据时经常出现的状况），则控制限也会变化。较小的子组比起大的子组控制限的范围更宽。如果子组的容量是变化的，我们可以有三种处理办法：

1. 我们可计算这些子组的平均容量。当容量相近或所有数据均在中心线附近时这是适合的。

2. 我们可就每一子组分别计算控制限。这可能会使控制图看上去乱七八糟。

3. 我们可求得子组的平均容量并采用据此得出的控制限，但当某一点落在控制限附近时，则要使用该点的实际子组容量来计算其实际的控制限。

建议采用第三种方法。在使用时，必须记住若某个子组的容量大于平均值则意味着其控制限会向中心线移动，因此如果有一个点子落在了根据平均容量所确定的控制限之外，也就没必要再计算什么新的控制限。

在建立 p 图时，如计量值控制图一样，我们要采集20～25个样本，样本的

采集要在足够长的时间段上进行，以使过程具有变化的空间。如果样本量相等，我们就要首先确定每一样本中的不合格品数，再用样本量去除每个样本中的不合格品数，然后对计算结果求平均数。这便是前面的控制限表达式中的 $\bar{p}$。一般地，要得到这个 p 的平均值，我们首先要将各组的不合格品数和受检产品数分别求和。而后我们用第一个和数除以第二个和数便得到了平均值。如果样本量是变化的，这一程序就是必不可少的。我们举一个例子来说明这一程序的重要性。假定我们有 5 批成品，如表 45—2 所示。N 是每批次的容量，x 是每批次中不合格品的数量，p 是不合格率。我们将对每批次中的所有产品加以检验。

如果只是简单地将右边一栏中的不合格率加以平均，我们可以得出一个 $\bar{p}$ 值为 0.590/5 = 0.118。根据每一批次的实际容量计算，可以得出每批次相应的上控制限分别为 0.116，0.255，0.152，0.215 和 0.197。这意味着没有一个批次处于失控状态。但是，如果我们用 90/1 600 = 0.056 来求出 $\bar{p}$，则计算所得的上控制限分别为 0.087，0.154，0.081，0.125 和 0.113。在这种情况下，5 个批次中有 3 批（第 2，4，5 批）的不合格率超出了上控制限，说明这不是一个稳定的过程。真正的平均不合格率是 0.056 而非 0.118。后者将各批次等而视之却没有顾及到其容量之间的巨大差异。

表 45—2　　**5 个批次的检验结果**

批次	N	x	p
1	500	32	0.064
2	50	10	0.200
3	800	10	0.013
4	100	18	0.180
5	150	20	0.133
合计	1 600	90	0.590

对于所有类型的计数值控制图，当用相应的公式来计算下控制限时，得出的结果可能会是负值。这当然是无意义的，所以在这种情况下我们不采用下控制限。在前面的例子中，第 2，4，5 批便是这种情况。注意第 3 个批次，其下控制限为 0.032，因此其不合格率实际上是在下控制限以下。这意味着该批次用不合格率来衡量的质量要比各批次的平均为好。有的人当计算为负值时用零来作为下控制限，这有可能引起误解，即当某个样本不合格率取值为零时反被认为不在受控状态。

例 45.2： 表 45—3 和图 45—3 对于 p 图作了说明。表 45—3 给出的是继电器所用的永久磁铁的最终测试结果。总共测试了14 091块磁铁，发现其中有1 030块不合格。每周测试磁铁的平均数为14 091/19 = 741.6。平均不合格率为1 030/14 091 = 0.073。图 45—3 是根据 $\bar{n}$ 和 $\bar{p}$ 的值得出的控制限的控制图。应用前面的公式，上下控制限设定为 0.073 ± 0.028 7或 0.102 和 0.044。

表 45—3　　*p* 图数据

子组：每周生产的产品		检验所在地：最终装配与试验		
周次	每周结束日	受检磁铁数	缺陷磁铁数	不合格率
1	12/3	724	48	0.067
2	12/10	763	83	0.109
3	12/17	748	70	0.094
4	12/31	748	85	0.114
5	1/7	724	45	0.062
6	1/14	727	56	0.077
7	1/21	726	48	0.066
8	1/28	719	67	0.093
9	2/4	759	37	0.049
10	2/11	745	52	0.070
11	2/18	736	47	0.064
12	2/25	739	50	0.068
13	3/4	723	47	0.065
14	3/11	748	57	0.076
15	3/18	770	51	0.066
16	3/25	756	71	0.094
17	4/1	719	53	0.074
18	4/8	757	34	0.045
19	4/15	760	29	0.038
合计		14 091	1 030	
平均		741.6	54.2	0.073

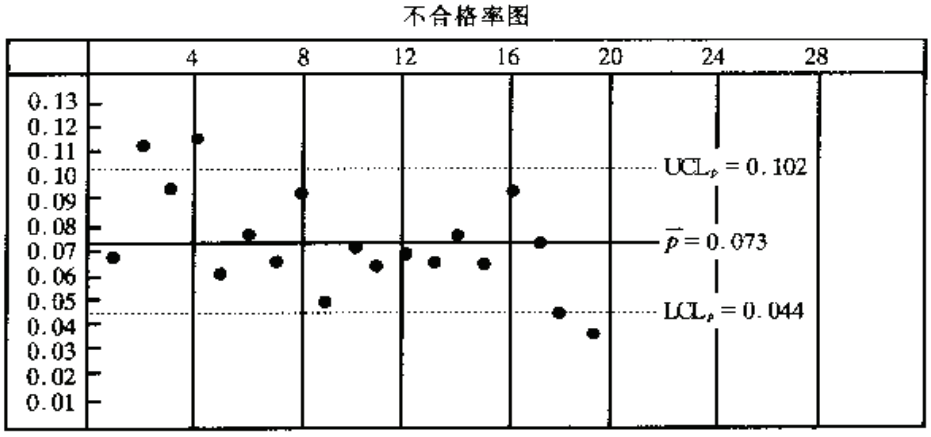


图 45—3　永久磁铁的 *p* 图

不合格品数控制图（*np*）　在这种情况下我们是用每一子组中的不合格品数来打点。因 p 为 x/n，所以 x 等于 np，其中 x 是样本中的不合格品数，这类图通常被称为 np 图。对于此种类型的控制图必须有一个固定的样本量。控制限便设定为：

$$n\bar{p} \pm 3\sqrt{n\bar{p}\ (1-\bar{p})}$$

或用 $\bar{X}$ 作为每个样本中不合格品数的平均数，控制限便可以等价表示为：

$$\overline{X} \pm 3\sqrt{\overline{X}\ (1-\overline{X}/n)}$$

缺陷数控制图（c）　如果希望标出缺陷数，我们可以使用 c 图，c 是每个样本中的缺陷数。每个被测产品也许会有若干个缺陷，每一缺陷都要数到。此种情况下，缺陷数服从泊松分布，这在第 44 章中曾讨论过。回忆一下，在此分布中，标准差是平均值的正平方根，如果我们取 20～25 个样本，并计算出平均缺陷数 $\overline{c}$，则控制限便设定为：

$$\overline{c} \pm 3\sqrt{\overline{c}}$$

确定 c 图控制限的图见附录Ⅱ的图 AA。

c 图要求受检的每个样本中缺陷发生的机会要相等。所以，例如，如果我们是检验每个电路板上有缺陷的焊点数，那么，受检电路板必须具有相同的焊点数。如果不是这样，我们就必须使用 u 图，这将在下面讨论。

例 45.3： c 控制图常用来控制片状物料上的缺陷。表 45—4 给出的是防渗油用纸的气孔检测的一系列结果。从生产过程中采集规格为 11 英寸×17 英寸的纸张样本。将彩色墨水涂在每张纸的一面上。5 分钟内在每张纸的另一面出现的每一个渗点都视为一个缺陷。

控制图的中心线设定在每张缺陷数 $\overline{c}=200/25=8.0$ 的位置。控制限设定在 $8.0\pm3\sqrt{8}=8.0\pm8.5$，亦即 0 与 16.5 的位置上。即只有上控制限 16.5。所得出的 c 图见图 45—4。

表 45—4　　**c 图数据**

试纸编号	渗点数	试纸编号	渗点数
1	8	14	6
2	9	15	14
3	5	16	6
4	8	17	4
5	5	18	11
6	9	19	7
7	9	20	8
8	11	21	18
9	8	22	6
10	7	23	9
11	6	24	10
12	4	25	5
13	7	合计	200

每单位产品缺陷数控制图（u）　这种图有时被称为标准 c 控制图。这种图主要用于当构成样本的试样为 1 个以上而每个样品可能有 1 个以上的缺陷时。标示在图上的变量为每单位产品缺陷数。因此，样本中的样品数不需要像 c 控制图那样保持固定值。控制限的计算类似于 c 图，但这里的变量为 c/n，n 为样本中的样品数。例如，如果我们是要检测印刷电路板上的焊点缺陷，每个电路板上有不同的焊点数，我们就要用每个电路板上的缺陷焊点数除以该电路板上的总焊点数。

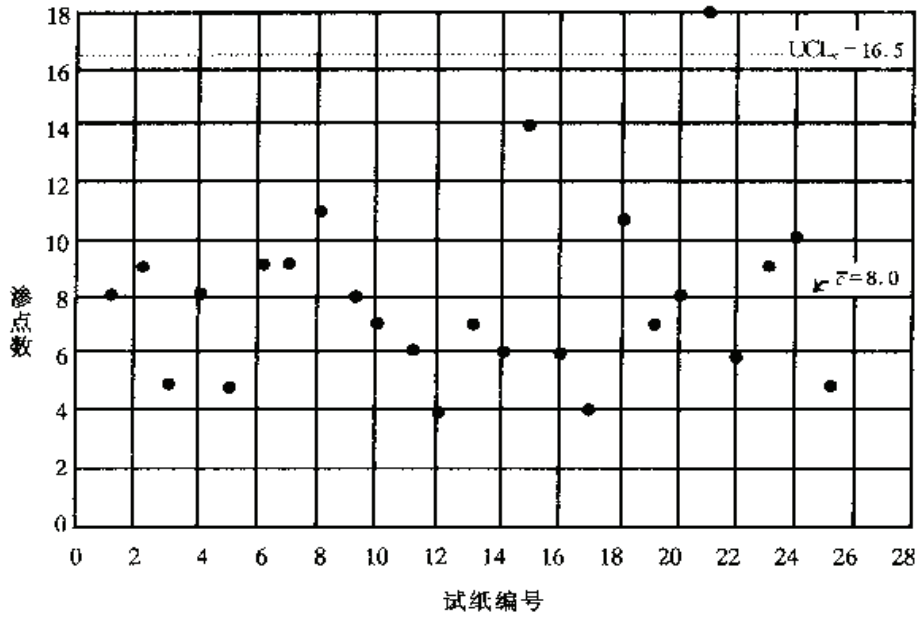


图 45—4　纸张渗点数的 c 控制图

u 图的控制限设定为：

$$\bar{u} \pm 3\sqrt{\bar{u}/n}$$

例 45.4：作为 u 图的一个应用实例，表 45—5 中的数据是对于 10 个样本的布匹的加工瑕疵的检测结果。根据表中的数据，我们可以得出 $\bar{u} = 59/1\ 360 = 0.043$。然后可以计算出平均样本量为1 360/10 = 136。用这一数字作为上面的控制限表达式中的 n，我们便得到：

$$\mathrm{UCL}_u = 0.043 + 3\sqrt{0.043/136} = 0.043 + 0.054 = 0.097$$

$$\mathrm{LCL}_u = 0.043 - 3\sqrt{0.043/136} = 0.043 \quad 0.054 = < 0$$

表 45—5　　布匹的瑕疵数

受检布匹平方米	疵点数	u
200	5	0.025
80	7	0.088
100	3	0.030
300	15	0.050
120	4	0.033
90	6	0.067
250	10	0.040
50	1	0.020
100	6	0.060
70	2	0.029
合计 1 360	59	

可见，该 u 图没有下控制限，且只有第二个样本靠近上控制限。但由于此样本的容量为 80，小于平均样本量 136，其正确的上控制限会大于 0.097，故此样本是处于受控状态。

累积和控制图

另一种类型的控制图是累积和控制图（cumulative sum control chart，通常缩写为 CUSUM 图）。这种图对于检测所研究参数的微小变动（$0.5\sigma \sim 2.5\sigma$ 之间）特别有用。对于大于 2.5σ 的变化，前面所讨论的那些休哈特控制图恰好适用，且更易于理解和使用。CUSUM 图是将每一数据点的离差的累积和打点而绘制的，如一个样本均值与某个参照值 T 之间的离差。因此，这类控制图具有前述的控制图所没有的记忆特点。它常用于对样本均值 $\bar{X}$ 描点，当然也可以用于任何其他的统计量如 s 或 p。它也常被应用于单个读数值，尤其是化学过程。本章只讨论平均值的 CUSUM 图。［有关其他类型的累积和控制图，读者可参阅 Wadsworth et al.（1986）。］CUSUM 图所描曲线的斜度十分重要，而前面各类控制图所重视的则是所描点子与中心线之间的距离。

如同其他控制图一样，CUSUM 图也是通过将所描点子与临界界限进行比较来判读的。但是，CUSUM 控制图的临界界限既不固定也不平行。通常制作一个 V 形的掩模，将之置于控制图之上，其原点盖在最后所描点子之上。如果前面所描的任何点子被掩模所覆盖，便是过程发生变动的征兆。

平均值的 CUSUM 控制图的制作　可按下列步骤来建立平均值的累积和控制图：

1. 取得所描绘统计量的标准误差的估计值。例如，$\sigma_{\bar{X}}$ 可由极差控制图或其他一些适宜的估计得到。如果用极差控制图，则其估计值便为 $\bar{R}/(d_2\sqrt{n})$ 或 $A_2\bar{R}/3$。

2. 确定期望检测到的均值的最小变动量 D。计算 $\delta = D/\sigma_X$。

3. 确定决策的概率水平。对于相当于 3σ 的控制限，则有 $\alpha = 0.001\ 35$。

4. 确定比例因子（scale factor）k。这是横坐标（样本数）上一个单位的变化所对应的所描绘的统计量（纵坐标）的变化量。尤恩（Ewan，1963）建议 k 是介于 $1\sigma_{\bar{X}} \sim 2\sigma_X$ 之间的一个适宜的值，最好是靠近 $2\sigma_{\bar{X}}$。

5. 用第二步得到的 δ 值从附录Ⅱ的表 BB 中查出引导距离（lead distance）d。

6. 设 D/k 等于 δ，从附录Ⅱ的表 BB 中查出掩模夹角 θ。必要时可使用直线内插法。

7. 用 d 和 θ 来制作 V 形掩模。

8. 平均值 CUSUM 控制图的样本量通常与 $\bar{X}$ 图相同。但尤恩（Ewan，1963）建议，要得到最好的结果，应使用

$$n = 2.25s^2/D$$

其中，s 为过程标准差的估计值。

CUSUM 控制图 V 形掩模的运用 将掩模置于最后一个描点之上。如果前面任一个描点为掩模所遮盖，则说明已经发生了变动。为掩模顶部所遮盖的点显示出过程平均的减少，而为掩模底部所遮盖的点则表明平均值增加。被掩模覆盖的第一个点显示出变动发生的大致时间。如果前面的点子没有为掩模所遮盖，则表明过程处于受控状态。

几点应注意的地方

1. 在对过程的平均值水平下结论之前，要用 R 或 s 图定期检查过程的变异性。

2. 留意渐变（趋势）或在短时间内忽隐忽现的那些变化。这类变化在 CUSUM 图上不如在 $\bar{X}$ 图上那样明显。

3. 单个的测量值假定服从正态分布。

例 45.5：表 45—6 中的数据是关于普通建筑用砖的吸水百分率的测定值，数据取自容量为 4 的 20 个样本。所用参照值 $T=10.0$。为了对 CUSUM 控制图加以说明，这里对原始数据作了修改，以从第 11 组开始引入一个 2.0% 的平均值水平的减少。利用一个极差图得出 $\bar{R}$ 值为 8.08。

表 45—6　　普通建筑用砖吸水百分率数据

样本序号	$\bar{X}$	$\bar{X}-10.0$	$\sum(\bar{X}-10.0)$
1	15.1	5.1	5.1
2	12.3	2.3	7.4
3	7.4	−2.6	4.8
4	8.7	−1.3	3.5
5	8.8	−1.2	2.3
6	11.7	1.7	4.0
7	10.2	0.2	4.2
8	11.5	1.5	5.7
9	11.2	1.2	6.9
10	10.2	0.2	7.1
11	7.6	−2.4	4.7
12	6.2	−3.8	0.9
13	8.2	−1.8	−0.9
14	7.8	−2.2	−3.1
15	6.8	−3.2	−6.3
16	6.1	−3.9	−10.2
17	4.3	−5.7	−15.9
18	8.5	−1.5	−17.4
19	7.7	−2.3	−19.7
20	9.7	−0.3	−20.0

1. $\sigma_{\bar{X}}$ 可估计为：$\bar{R}/d_2\sqrt{n}=8.08/2.059\sqrt{4}=1.96$。

2. 我们希望可检测到该过程平均的一个变动 $D=1\sigma_{\bar{X}}$，因此，$\delta=1.96/1.96=1.0$。

3. 我们希望使用 $\alpha=0.001\ 35$，此值对应于标准控制图。

4. 计算出比例因子 k 为 $2\sigma_{\bar{X}}=2\ (1.96)\ =3.92\approx4$。

5. 在附录Ⅱ的表 BB 中查出 V 形掩模的引导距离 $d=1.32$。

6. 用 $D/k=2/4=0.5$ 代替附录Ⅱ表 BB 中的 δ，得到 $\theta=14^{\circ}$。

图 45—5 所示为 V 形掩模在 17 号样本点上的 CUSUM 控制图。将掩模的零点置于每一个描点上从左向右移动。前 16 个点子没有一个点为 V 形掩模所遮盖。在第 17 个点上探查出了变动，掩模显示出变动发生在第 10 个点子或第 11 个点子上。

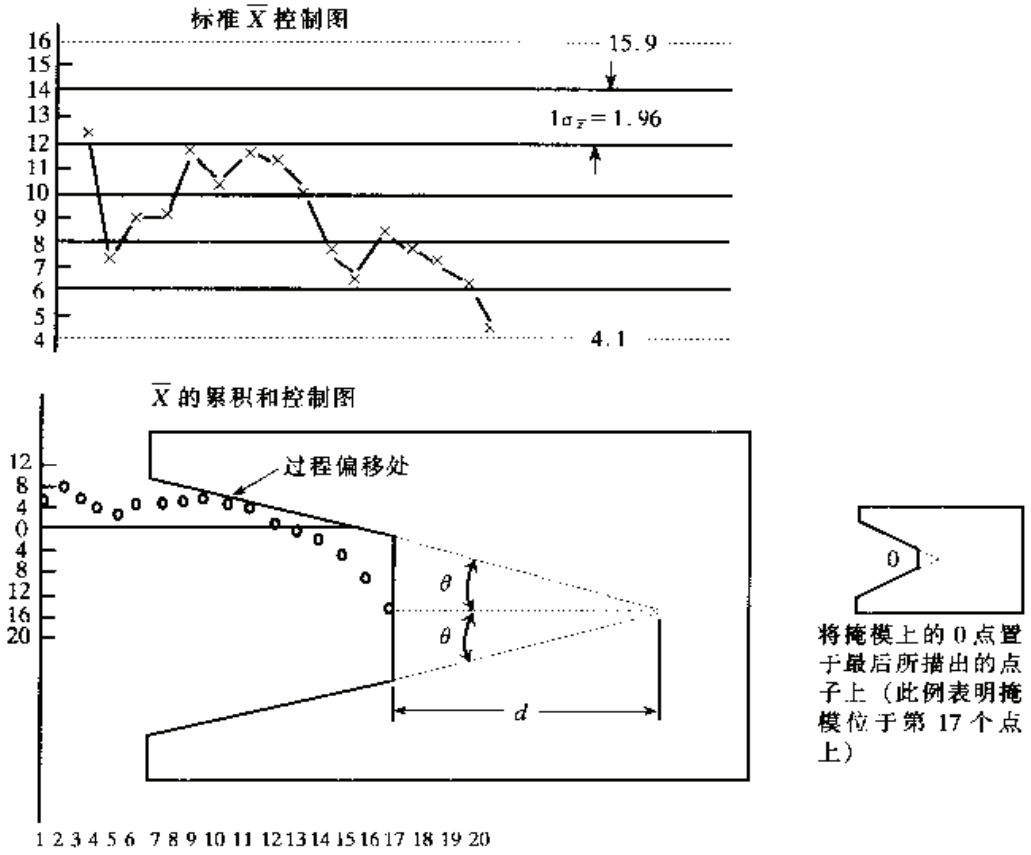


图 45—5　CUSUM 控制图与标准 $\bar{X}$ 控制图的比较

图 45—5 还用同样的数据描出了标准的 $\bar{X}$ 图。这样一个图不会根据跳出控制限外的一个孤立的点而探查出所发生的偏移。然而，它能根据 5 个连续的点子中有 4 个位于 1σ 线之外这一事实探查出在第 17 个点上所发生的偏移。CUSUM 控制图和标准 $\bar{X}$ 图之间的比较通常会涉及比较平均运行长度（average run length，ARL）。这是在控制图检测到对于原先水平的偏移之前，在某一特定的质量水平上所描出的样本点的平均数。尤恩（Ewan，1963）就过程均值的各种偏移量对 CUSUM 控制图与 $\bar{X}$ 图作了比较。对于 $0.5\sigma_{\bar{X}}\sim2.0\sigma_{\bar{X}}$ 之间的偏移，CUSUM 控制图检出偏移所需的样本要比 $\bar{X}$ 图少得多。对于更大的偏移，CUSUM图则不再有任何优势。前面所述是假定$\bar{X}$图使用只有一个点跳出控制限外的规则。正如前例所指出的，如果应用检测失控状态的其他规则，CUSUM 图的优势将会减小。

应用列表法的 CUSUM 控制限 对于有些过程，用 V 形掩模也许不方便。这时可以采用一种替代的作表法，该方法尤其适合于应用计算机。这一方法与 V 形掩模作图法等效。其步骤如下：

1. 构造 CUSUM 为 $C_1=\Sigma(\bar{X}_i-K_1)$，以检测向上的偏移，其中 $K_1=T+D/2$。

2. 构造 CUSUM 为 $C_2=\Sigma(\bar{X}_i-K_2)$，以检测向下的偏移，其中 $K_2=T-D/2$。

3. 将这两个累积和与 $\bar{X}_i$ 相对应依序列表，忽略 C_1 的负值和 C_2 的正值。即上 CUSUM 限为负值时，令其为零；下 CUSUM 限为正值时，令其为零。

4. 观察 C_1 和 C_2 值的变化态势。当两数绝对值等于或超过 $Dd/2$ 时，即为偏移信号。

例 45.6：我们仍使用例 45.5 中的数据来说明这一方法。请回忆一下，在该例中，$T=10.0$，$D=2$，$d=13.2$。这样我们便可以进行上述的步骤。

1. $K_1=T+D/2=10.0+2/2=11.0$，及 $C_1=\Sigma\ (\bar{X}_i-11.0)$

2. $K_2=T-D/2=10.0-2/2=9.0$，及 $C_2=\Sigma\ (\bar{X}_i-9.0)$

3. 决策限 $=Dd/2=13.2$

这些步骤表示在表 45—7 中。

表 45—7　　吸水性数据表

样本序号	$\bar{X}$	$\bar{X}-11.0$	C_1	$\bar{X}-9.0$	C_2	说明
1	15.1	4.1	4.1	6.1	>0	
2	12.3	1.3	5.4	3.3	>0	
3	7.4	-3.6	1.8	-1.6	-1.6	
4	8.7	-2.3	<0	-0.3	-1.9	
5	8.8	-2.2	<0	-0.2	-2.1	
6	11.7	0.7	0.7	2.7	>0	
7	10.2	-0.8	<0	1.2	>0	
8	11.5	0.5	0.5	2.5	>0	
9	11.2	0.2	0.7	2.2	>0	
10	10.2	-0.8	<0	1.2	>0	
11	7.6	3.4	<0	-1.4	-1.4	
12	6.2	-4.8	<0	-2.8	-4.2	
13	8.2	-2.8	<0	-0.8	-5.0	
14	7.8	-3.2	<0	-1.2	-6.2	
15	6.8	-4.2	<0	-2.2	-8.4	
16	6.1	-4.9	<0	-2.9	-11.3	
17	4.3	-6.7	<0	-4.7	-16.0	较低的信号
18	8.5	-2.5	<0	-0.5	-16.5	
19	7.7	-3.3	<0	-1.3	-17.8	
20	9.7	-1.3	<0	-0.7	-17.1	

指数加权移动平均控制图

指数加权移动平均（EWMA）控制图是另一类控制图。这种方法是由罗伯茨

（Roberts，1959）和后来的沃瑟姆和林格（Wortham and Ringer，1971）先后提出的，主要针对流程性行业以及金融和管理控制系统领域的应用，这些领域中采用子组样本不大现实。与 CUSUM 控制图一样，这种方法对于探查均值的微小变动是很有用的。这种类型的控制图通常使用单个观测值。这里的单个观测值可以是平均值（当没有构成平均值的单个读数时）、单个读数、比率、比例或类似的一些测量值。这里对于这种类型的控制图作一简要的讨论。[感兴趣的读者可参考前面给出的参考资料或其他一些比较新的出版物，如 Hunter（1986）；Lowry et al.（1992）；Lucas and Saccucci（1990）；Ng and Case（1989）；Crowder（1989）及 Albin et al.（1997）等。]

打点统计量是当前观测值与所有以前观测值的加权平均，以前的平均值给予最大的权重，这便是：

$$Z_t = \lambda x_t + (1-\lambda) Z_{t-1},\ 0<\lambda<1$$

其中：$Z_0 = \mu$；

Z_t = 当前时刻 t 的指数加权移动平均值；

Z_{t-1} = 直前瞬时的指数加权移动平均值；

x_t = 当前的观测值；

λ = 当前观测值的权数。

假定 x_t 是独立的，但样本统计量 Z_t 是自相关的。然而，沃瑟姆和林格（Wortham and Ringer，1971）曾证明，对于较大的 t，当 x_t 服从均值为 μ、方差为 σ^2 的正态分布时，这一样本统计量呈正态分布。此时：

$$E(Z_t) = \mu$$

以及

$$\mathrm{Var}(Z_t) = \sigma^2 [\lambda/(2-\lambda)][1-(1-\lambda)^{2t}]$$

随着 t 增大，右边方括号括起的最后一项迅速收敛于 1，方差的相应表达式变为：

$$\mathrm{Var}(Z_t) \approx \sigma^2 [\lambda/(2-\lambda)]$$

取 $\lambda = 2/(t+1)$，方差的近似值变为：

$$\mathrm{Var}(Z_t) = \sigma^2/t \quad （样本量 t 的平均值的方差）$$

在此条件下，控制限成为 $\hat{\mu} \pm 3\sqrt{\hat{\sigma}^2/t}$。对于其他的 λ 值，控制限为：

$$\mathrm{UCL} = \hat{\mu} + 3\hat{\sigma}\sqrt{\lambda/(2-\lambda)}$$

$$\mathrm{LCL} = \hat{\mu} - 3\hat{\sigma}\sqrt{\lambda/(2-\lambda)}$$

对于初始的几个观测值，应该采用第一个方差公式。这可通过以下的例子来加以说明。如果不能得到关于 σ 的一个良好估计值，则应采用极差控制图，σ 由 $\overline{R}/d_2$ 来加以估计。在单个数据的情况下，可以在单值控制图中采用平均移动极差。

例 45.7：为了对 EWMA 控制图加以说明，我们仍采用例 45.5 的数据。在该例中，我们有关于普通建筑用砖吸水百分率的 20 个样本的数据，样本量为 4。表 45—6 列出了这些检验结果的平均值，我们将之再次列于表 45—8 中。极差图给出了 $\sigma_{\bar{X}}$ 的估计值为 1.96。对初始的几个样本，我们将使用标准差的完整公式，我们将使用目标值 10 作为 μ 的估计。本例中所选用的 λ 为 0.2。

表 45—8　　EWMA 控制图的数据及计算

样本 t	$\bar{X}_t$	Z_t	Z_t 的控制限	
			LCL	UCL
0		10.00		
1	15.1	11.02	8.8	11.2
2	12.3	11.28	8.5	11.5
3	7.4	10.50	8.3	11.7
4	8.7	10.14	8.2	11.8
5	8.8	9.87	8.2	11.9
6	11.7	10.24	8.1	11.9
7	10.2	10.23	8.1	11.9
8	11.5	10.48	8.1	11.9
9	11.2	10.62	8.1	11.9
10	10.2	10.54	8.1	12.0
11	7.6	9.95	8.1	12.0
12	6.2	9.20	8.0	12.0
13	8.2	9.00		
14	7.8	8.76		
15	6.8	8.37		
16	6.1	7.92		
17	4.3	7.20		
18	8.5	7.46		
19	7.7	7.51		
20	9.7	7.95		

图 45—6 给出了由 Minitab 软件生成的控制图，图上标出了相应的数据点。从表和图中可以观察到，在第 8 个或第 9 个样本之后，控制限已经稳定了下来。第 16 个样本的打点落在了下控制限之外，随后的其他点也都如此。

此图的设计参数是 σ 的倍数和 λ 值。通过选取这些参数有可能使 EWMA 控制图与 CUSUM 图的表现非常接近。对于 EWMA 控制图的平均运行长度（ARL）已有若干的理论研究。[例如，可参阅 Lucas and Saccucci（1990）。] 资料给出了在很大范围的 λ 值和控制图宽度下的平均运行长度列表。一般情况下，穆特莫里（Montgomery，1991）建议 λ 取值在 0.05～0.25 之间，其中的 $\lambda=0.08$，$\lambda=0.10$ 和 $\lambda=0.15$ 是通常的选择。检测微小的变动应选用较小的 λ 值。3 倍标准差控制限在多数情况下均有很好的效果，如休哈特控制图所表现的那样。但是，如果 λ 小于 0.10 时，2.75σ 控制限效果要更好一些。

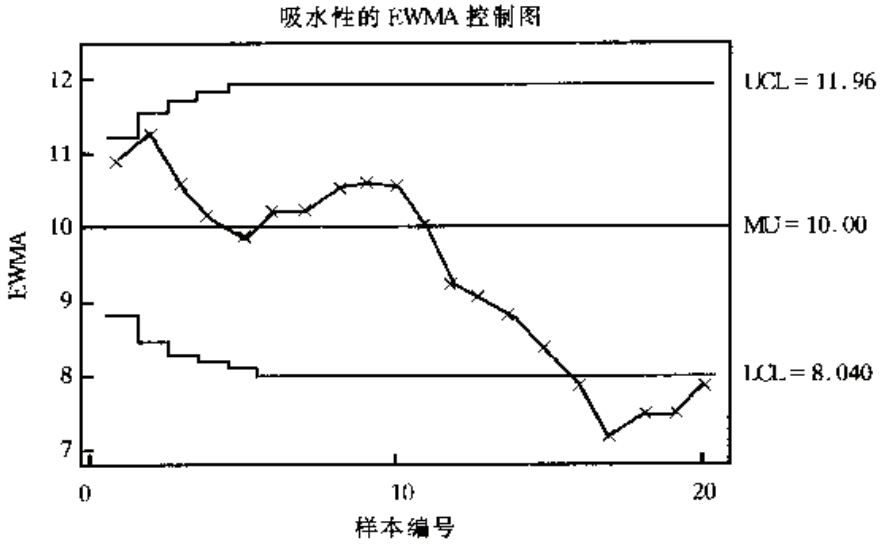


图 45—6　EWMA 控制图

如同 CUSUM 控制图一样，与 $\bar{X}$ 图相比，EWMA 控制图在检测平均值的微小偏移（小于 2.5σ）时效果更好。但在较大偏移的情况下，这两种图均比 $\bar{X}$ 图为差。为了克服这一困难，一些作者建议将休哈特控制限和 EWMA 控制限二者同时绘制在同一张控制图上［例如，可参阅 Albin et al.（1997）等］。

短周期控制图

某些过程的运行周期是如此之短，以至于采集 20～30 个样本来建立控制图的常规程序不再可行。这些短周期（short run）有时是由于在预定的时间所发生的已知的可归因原因所引起的。霍夫和庞德（Hough and Pond，1995）讨论了在这种情况下建立控制图的四种方式：

1. 忽略这种系统性的变异，将数据绘制在单一的控制图上。
2. 对数据分层，并将其绘制在单一控制图上。
3. 利用回归分析来对数据建立模型，将残差标在控制图上。
4. 对数据进行标准化处理，并把标准化的数据标在控制图上。

最后一种选项受到的关注最多。这涉及利用以下的变换

$$Z = (X - \mu) / \sigma$$

以剔除在水平（μ）和变异（σ）方面的任何系统性变化。纳尔逊等人（Nelson，1989；Wheeler，1991；Griffith，1996）曾讨论过休哈特图的这一标准化处理。这种类型的控制图其控制限为 ± 3.0。此类控制图有时被称为 Z 图。

这类控制图有若干种变异形式，其中的一些如下：

1. 差数图。在这种图中，要从每个观测值中减去一个常数，如已知的均值

(μ)、以往数据的平均值（$\bar{X}$）、目标值（T）或规格限等。伯尔（Burr，1989）讨论了这种图及其在确定过程能力方面的应用。

2. 标准化图。在这种图中，如前一种情况一样要从每个观测值中减去一个常数，然后再将其结果除以第二个常数。当除数为标准差时，所得到的 Z 值的标准差为 1，其控制限为 ± 3，对应着 $\alpha = 0.002\ 7$。这一除数可以是已知的标准差（σ）或者是从过去数据中得出的估计值，如 $\bar{R}/d_2$。有时除数不是标准差而是一些其他的值。例如，伯尔（Burr，1989）讨论了柯达公司采用的一种方法，此方法是从观测值中减去公称值，然后再除以一半的公差范围。这种方法的优点在于它可显示出过程所用公差的比率以及对公称值的接近程度。

3. 短周期 $\bar{X}$，R 图。此图中统计量

$$Z = (\bar{X} - \bar{\bar{X}})/\bar{R}$$

打点在控制限为 $\pm A_2$ 的平均值控制图上。统计量 $R/\bar{R}$ 打点在控制限为 D_3 和 D_4 的极差控制图上。这得到的是一套无量纲的控制图，这些图适合于在同一控制图上绘制不同的产品或不同的批次。

还有一种短周期控制图是克森贝里（Quesenberry，1991，1995a，1995b）提出的 Q 图。这一方法可以采用初始数据来制作控制图而无须用以前的平均值和方差的估计值。它是在生产周期的始点开始绘制控制图。此外，使用概率的积分变换，以使 Q 从诸如极差或标准差之类的非正态数据转换为正态数据。克森贝里解释了在这类参数为已知或未知时，如何利用此方法来建立平均值或标准差控制图。

为了对 Q 图加以说明，可以考虑这样一种情况，即平均值未知而标准差已知时，将正态分布的测量值在图上打点。则在此过程位置的控制图可建立如下：

1. 收集每个测量值：x_1，x_2，x_3，…，x_r。

2. 为了标出第 r 点，计算

$$Q_r(X_r) = [(r-1)/r]^{1/2}[(x_r - \bar{X}_{r-1})/\sigma],\quad r = 1, 2, 3, \cdots$$

其中，$\bar{X}_{r-1}$ 是前面 $r-1$ 个点的平均值。

3. 以 ± 3.0 为控制限，将 $Q_r(X_r)$ 的每一个数据点打点。

过程方差控制图的做法类似：

1. 使用同一测量数据：x_1，x_2，…，x_r。

2. 为标出第 r 个数据点（只标偶数点）

（1）计算

$$[(x_r - x_{r-1})^2/2\sigma^2],\quad r = 2, 4, 6, \cdots$$

（2）对（1）中所计算出的数值，求出自由度为 1 的 χ^2 分布的百分位数。

（3）找出（2）中所确定的百分位数的正态偏差值，并设它等于 $Q(R_r)$。

3. 以 ± 3.0 为控制限，将 $Q(R_r)$ 的偶数数据点打点。

博克斯-詹金斯手调图

在前述的各种控制图工具的基础上，J.S. 亨特（Hunter，1997）提出了一个重要的补充。休哈特图、CUSUM 图和 EWMA 图这些计量值控制图都是对过程加以监测，而被亨特称做博克斯-詹金斯手调图的这种控制图可用于对过程加以调节。这种图建立在博克斯（Box）和詹金斯（Jenkins）早期工作（Box and Jenkins，1962，1970）的基础之上。博克斯与卢塞尼奥（Luceño）近年出版的教科书（Box and Luceño，1997）中对于这一方法进行了全面的阐述。亨特在其论著中（Hunter，1997）给出了一个配有许多图表的实际例子。

前面所讨论的休哈特图、CUSUM 图和 EWMA 图都要求有一个操作者将所观察的统计量的时间历程打点标出，只要标出的点子落在控制限内并满足运行规则，对过程就不加干预。这是假定过程均值 μ 是恒定的，数据对均值的偏离是独立的，且服从方差为常数 σ^2 的正态分布。这种控制图监测着过程，其目标是通过消除由控制图所识别出的特殊（可归因）原因以减少变异性。

博克斯-詹金斯手调图提供了一种在每次观测之后对过程加以预测和调节的机制。它假定过程是不稳定的，亦即过程的水平在不断地变化，方差在增加。这种方法的目标是要保持过程的变异性尽可能地小。

必须注意的一点是，如果所观测到的平均值的偏离是独立的，则不应使用这种方法，否则会夸大过程的变异。但如果这种偏离不是独立的，则博克斯－詹金斯手调图便能够提供预测和调节，以使过程保持在目标水平并使变异最小。有关这一方法的完整讨论请读者参考亨特（Hunter，1997）的论文。

多变量控制图

当存在两个或两个以上必须同时控制的相关质量特性时，如工件的长度和重量，就需要使用多变量控制图。如果我们针对两种变量分别建立控制图，则其控制区域便是矩形的，但在使用多变量法的情况下其控制区域却是椭圆形的。这意味着，某些观测值在一种情况下处于受控状态，而在另一种情况下则处于失控状态。

[有关多变量控制图的内容超出了本章的范围，有关这一主题的详细讨论请参阅 Alt et al.（1998）；Jackson（1985）或 Woodall and Neube（1985）。这些文献中讨论了有关休哈特图、CUSUM 图和 EWMA 图的多变量形式。Alt et al.（1998）的讨论得最为全面。]

预控法

本章到此为止所讨论的控制图给出了完全基于所观测到的过程变异而得出的控制界限，它提供了一个探测过程变化的手段。在有些情况下，重要的是要探测到那些可能会导致不合格品发生的变化的存在。对于这样的场合，可能会使用观测频率和产品规格相结合的方法来获得控制界限。只要不致引起不合格品的发生，就容许过程的变化。只有当可能会出现不合格品时，控制图才给出报警信号。修正式控制限［参见 Wadsworth et al.（1996，pp.256-266)］和验收控制图就是此类控制图的两个例子。验收控制图在第 46 章加以讨论。这种做法的另一个例子是预控制方法（PRE-control technique)。

预控制从居于规格限之中心的一个过程开始，探测那些可能会引起某些工件跳出规格限之外的偏移。预控制无须打点，也不需要计算样本数据，它只要求检验两个产品单位（two items）以给出控制信息。它使用正态分布来判定过程中可能导致不合格品的显著的变化。预控制的原理是假定过程耗尽了整个公差范围。这意味着上下规格限之间的差为 6σ，且过程正好居于规格中心。

如图 45—7 所示，两个预控制（PC）限设定在每个规格限内侧的 1/4 公差处。这便产生了 5 个区域，这些区域在实际应用中经常会被涂上不同颜色。规格限之外的两个区域是红色，预控制限和规格限之间的两个区域着黄色，两条预控限之间的中间区域着绿色。如果分布如 45—7（a）所示，则有 86% 的工件处于绿色区域，而每一黄色区域中各有 7% 的工件，或者说每 14 个工件中有 1 个处于其中一个黄色区域中。两个连续的工件落在同一个黄色区域的概率则为 1/14 乘以 1/14，或 1/196（约 1/200)。因此，我们可以说，如果连续两个工件落在同一黄色区域内，则过程平均值偏移的可能性（195/196）要比未偏移的可能性大得多。那么，将过程向中心加以调整是明智的。

一个工件落在了某个黄色区域，而下一个工件则落在了另一个黄色区域，这同样也是不大可能的。这并不表明过程已经发生了偏移，但却表明出现了某种新的因素，导致变异性增大到了必然会产生不合格品的程度。在能够安全地继续运行下去之前，必须立即对过程加以检查并采取某些纠正措施。

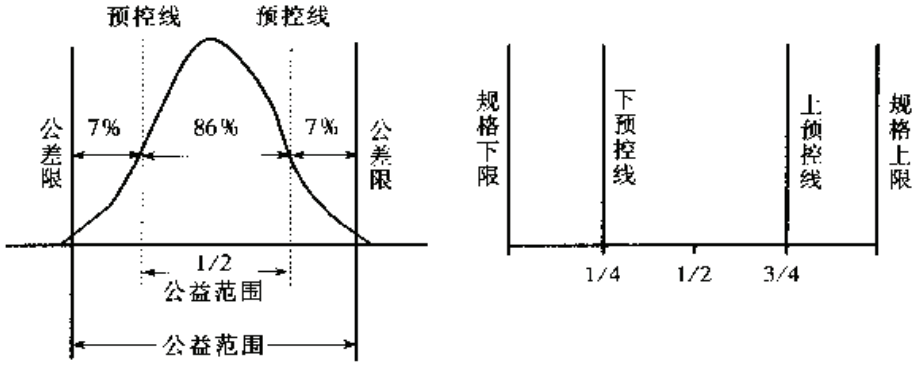
由这些原理引申出了实施预控制的一套规则：

1. 用预控线在离每个规格限 1/4 处将规格区间分区。愿意的话可以按照前面的讨论给这些区域涂上相应的颜色，即红色、黄色和绿色。

2. 启动过程的运行。

3. 如果首件产品处于红色（不合格）区，则调整过程。

4. 如果首件产品处于黄色（警戒）区，则检查下一件产品。



(a)预控制下的一些假设　　(b)预控线的位置

图 45—7

5. 如果第二件处在同一个黄色区，则将过程向中心调整。

6. 如果第二件处于绿色（良好）区，继续运行过程，只有当连续两件产品处于同一黄色区域时才调整过程。

7. 如果连续两件产品分别落在两个黄色区内，则要将过程停止并采取措施减少变异性。

8. 当连续 5 件产品落在绿色区时，就可以采取间隔检验（frequency gaging），只要调整前的平均检验件数不低于 25 就可以一直继续下去。在等待 5 件绿色过程中，只要有 1 件落入了黄色区域，就要重新开始计数。

9. 在间隔检验期间，过程不作任何调整，除非有一件越过了预控制线（黄色区）。后一种情况下，检验下一件产品，并按第 6 步要求继续下去。

10. 当对过程进行调整后，必须再次实现连续 5 件处于绿色区域，才能够重新回到间隔检验。

11. 如果操作者检验了 25 件而不必调整过程，则可以减少检验的频率，以使检验之间能够加工更多的产品。另一方面，若检验未达 25 件即需调整的话，检验频率就应增加。调整之间平均检验 25 件是频率适当的标志。

在单侧规格限的场合，只有一个预控线设在公差值与零点的中点位置上（就平滑度或同心度来说）或在规格限与最佳件（就收率或强度这样的变量来说）之间 1/4 距离的地方。这种情况下，只有一个黄色区、一个红色区和一个绿色区。

预控法显示出了过程的均值或变异性的变化。这种方法简单易用、便于理解，它可以使用合格和不合格量规，它可以保证当出现调整信号时，不合格率处于较低的水平。另一方面，利用缩限检验的这类过程控制方法在导入到车间时必须谨慎对待。如果没有充分的说明的话，这种控制限看上去像是收缩了公差。

[有关这一方法及其所涉及的统计量的进一步讨论可参阅 Brown（1966）和 Shainin（1984）。有关预控法与 $\bar{X}$ 和 R 图的比较可参见 Sinibaldi（1985）。] 莱多尔特（Ledolter）和斯韦塞（Swersey）对预控法进行分析之后（Ledolter and Swersey，1997）得出的结论是预控法“并不足以代替控制图”。他们解释说控制

图对于检出变异的可归因原因并将之与偶然原因相区分是很有用的。在过程的初始阶段当过程能力常常较低（$C_p<1$）时，这一点尤为重要。预控法不大适用于这种情形，它会引起对于过程的过度干预。

自动化过程的统计控制

本手册的其他章节已经讨论了自动加工过程以及计算机在制造和非制造过程中的作用。自动化的进展在过程控制的数据分析方面带来了一些重要的创新：

1. 连续读数的测量仪器，它能够产生大量的有关过程变异和质量特性的数据。

2. 统计分析的自动化（如平均值、标准差和控制限的计算）。这将在下一段内容中讨论。

3. 过程结果与预设标准的比较。这种比较会导致：

（1）生成提供非标准条件下相关信息的文件。

（2）生成差错信号并使得过程的调整自动进行。

4. 近年来尺寸控制装置取得了巨大的改进。某一工件在被研磨时，一对测量触点监测着尺寸的变化，且在接近预期大小时，指示研磨轮准备停止。

统计过程控制软件 目前有许多用于数据统计分析的个人电脑程序，包括各种控制图方面的程序。还有各种能够直接将数据输出到手持数据采集装置的测量装置。这些装置可以存储从车间收集的测量读数，并将之下载到办公室的个人电脑上。另一种情况是，量具上的读数可以用键盘输入到存储装置中去。

这类软件能计算样本的统计量、初始控制限并绘制出控制图来。可以很容易地来定期重新计算控制限，可以算出 $\pm 2\sigma$ 控制限作为补充指标。大多数软件都能进行进一步的总结和分析，如列出原始数据、超规格值、直方图、控制限内的周期和其他形态的检验、正态性检验、工序能力计算、帕累托图、趋势分析等。

个人电脑的相对低价和软件的容易获得极大地促进了人们对 $\bar{X}$ 和 R 图及其他控制图的兴趣的复燃。计算机与软件的结合也使得收集大量数据和对其进行综合分析变得可行。但是，过程改进仍然必须识别出引起过度变异的关键的少数变量，常常也是意料之外的一些变量。计算机对前期数据的分析并不能够代替诸如实验设计这样的工具。当诊断人员建立起了表计算程序的模板时，计算机的帮助最大；而使用现成的统计分析软件包时，则帮助最小。这类软件的使用者对于这些软件包的具体逻辑一知半解，因而有可能会得出错误的结论。

美国质量协会每年出版一本有关过程控制及其他统计用途方面的软件汇编（ASQC，1996）。此外，《质量技术杂志》[Journal of Quality Technology（ASQ）]和《质量》杂志（Quality，Hitchcock Publishing Company）均有介绍过程控制软

件的计算机方面的专栏。

参考文献

Albin, S. L., Kang, L., and Shea, G. (1997). "An X and EWMA Chart for Individual Observations." *Journal of Quality Technology*, vol. 28, no. 1, pp. 41–48.

Alt, F. B., Smith, N. D., and Jain, K. (1998). "Multivariate Quality Control," in Wadsworth, H. M., (ed.): *Handbook of Statistical Methods for Engineers and Scientists*, 2d ed. McGraw-Hill, New York, chap. 21.

ANSI/ISO/ASQC A3534 (1993). *Statistics—Vocabulary and Symbols*, Part 1: *Probability and General Statistical Terms*; Part 2: *Statistical Quality Control*. American Society for Quality, Milwaukee.

ANSI/ISO/ASQC A8402 (1994). *Quality Management and Quality Assurance—— Vocabulary*. American Society for Quality, Milwaukee.

ANSI/ASQC B1 (1985a). *Guide for Quality Control*. American Society for Quality, Milwaukee.

ANSI/ASQC B2 (1985b). *Control Chart Method of Analyzing Data*. American Society for Quality, Milwaukee.

ANSI/ASQC B3 (1985c). *Control Chart Method of Controlling Quality during Production*. American Society for Quality, Milwaukee.

ASQC (1996). "Quality Progress' 13th Annual QA/QC Software Directory." *Quality Progress*, vol. 29, no. 4, pp. 32–59.

ASTM (1990). *ASTM Manual on Presentation of Data*. American Society for Testing Materials, Philadelphia.

AT&T (1984). *Statistical Quality Control Handbook*. AT&T Technologies, Indianapolis.

Box, G. E. P., and Jenkins. G. M. (1962). "Some Statistical Aspects of Adaptive Optimization and Control." *Journal of the Royal Statistical Society* [B], vol. 24, pp. 297–343.

Box, G. E. P., and Jenkins, G. M. (1970). *Time Series Analysis, Forecasting and Control*. Holden Day, San Francisco.

Box, G. E. P., and Luceño, A. (1997). *Statistical Control by Monitoring and Adjustment*. Wiley, New York.

Brown, N. R. (1966). "Zero Defects the Easy Way with Target Area Control."

Modern Machine Shop, July, pp.96-100.

Burr, J. T. (1989). "SPC in the Short Run." *Transactions: ASQC Quality Congress*. Milwaukee, pp.778-780.

Crowder, S. V. (1989). "Design of Exponentially Weighted Moving Average Schemes." *Journal of Quality Technology*, vol.21, no.2, pp.155-162.

Ewan, W.D. (1963). "When and How to Use Cu-SUM Charts." *Technometrics*, vol.5, no.1, February, pp.1-22.

Grant, E.L., and Leavenworth, R.S., (1996). *Statistical Quality Control*, 7th ed., McGraw-Hill, New York.

Griffith, G.K. (1996). *Statistical Process Control Methods for Long and Short Runs*, 2d ed., ASQC Quality Press, Milwaukee.

Hough, L.D., and Pond, A.D. (1995). "Adjustable Individaul Control Charts for Short Runs." *Proceedings: 40th ASQC Annual Quality Congress*. Milwaukee, pp.1117-1125.

Hunter, J.S. (1986). "The Exponentially Weighted Moving Average." *Journal of Quality Technology*, vol.18, no.2, pp.203-210.

Hunter, J.S. (1997). "The Box-Jenkins Manual Adjustment Chart," *Proceedings: 51st Annual Quality Congress*. American Society for Quality, Milwaukee, pp.158-169.

Jackson, J.E. (1985). "Multivariate Quality Control." *Communications in Statistical Theory Methods*, vol.14, pp.2657-2688.

Ledolter, J., and Swersey, A. (1997). "An Evaluation of Pre-Control." *Journal of Quality Technology*, vol.29, no.2, pp.163-171.

Lowry, C.A., Woodall. W.H., Champ, C.W., and Rigdon, S.E. (1992). "Mutivariate Exponentially Weighted Moving Average Control Charts." *Technometrics*, vol.34, no.1, pp.46-53.

Lucas, J.M., and Saccucci, M.S. (1990). "Exponentially Weighted Moving Average Control Schemes: Properties and Enhancements." *Technometrics*, vol.32, no.1, pp.1-12.

Montgomery, D.C. (1991). *Introduction to Statistical Quality Control*. Wiley, New York.

Nelson, L.S. (1989). "Standardization of Shewhart Control Charts." *Journal of Quality Technology*, vol.21, no.4, pp.287-289.

Ng, C.H., and Case, K.E. (1989). "Development and Evaluation of Control Charts Using Exponentially Weighted Moving Averages." *Journal of Quality Technology*, vol.21, no.3, pp.242-250.

Ott, E. R., and Schilling, E. G. (1990). *Process Quality Control*, 2d ed., McGraw-Hill, New York.

Quesenberry, C. P. (1991). "SPC Q Charts for Start-Up Processes and Short or Long Runs." *Journal of Quality Technology*, vol. 23, no. 3, pp. 213 – 224.

Quesenberry, C. P. (1995a). "On Properties of Binomial Q Charts for Attributes." *Journal of Quality Technology*, vol. 27, no. 3, pp. 204 – 213.

Quesenberry, C. P. (1995b). "On Properties of Poisson Q Charts for Attributes." *Journal of Quality Technology*, vol. 27, no. 4, pp. 293 – 303.

Roberts, S. W. (1959). "Control Chart Tests Based on Geometric Moving Averages," *Technometrics*, vol. 1, no. 3, pp. 239 – 250.

Shainin, D. (1984). "Better Than Good Old $\bar{X}$ and R Charts Asked by Vendors." *ASQC Quality Congress Transactions*, pp. 302 – 307.

Shewhart, W. A. (1926a). "Quality Control Charts." *Bell System Technical Journal*, pp. 593 – 603.

Shewhart, W. A. (1926b). "Finding Causes of Quality Variatons." *Manufacturing Industries*, pp. 125 – 128.

Shewhart, W. A. (1927). "Quality Control." *Bell System Technical Journal*, pp. 722 – 735.

Shewhart, W. A. (1931). *Economic Control of Quality of Manufactured Product*. Van Nostrand-Reinhold, New York. A reprint of this classic work has been published and is available from the American Society for Quality, Milwaukee.

Sinibaldi, F. J. (1985). "PRE-Control, Does It Really Work with Non-Normality." *ASQC Quality Congress Transactions*, pp. 428 – 433.

Wadsworth, H. M., Stephens, K. S., and Godfrey, A. B. (1986) *Modern Methods for Quality Control and Improvement*. Wiley, New York.

Wheeler, D. J. (1991). *Short Run SPC*. SPC Press, Inc., Knoxville. TN.

Woodall, W. H., and Neube, M. M. (1985). "Multivariate CUSUM Quality Control procedures." *Technometrics*. vol. 27, pp. 285 – 292.

Wortham, A. W., and Ringer, L. J. (1971). "Control Via Exponential Smoothing." *The Logistic Review*, vol. 7, no. 3, pp. 33 – 40.

（刘广第 译）

第 46 章

接收抽样[①]

爱德华·G·席林（Edward G. Schilling）

引言
- 接收抽样——概述
- 抽样类型
- 接收抽样术语
- 接收抽样程序
- 公开发布的抽样表和程序
- 筛选

抽样风险及抽样参数
- 抽样风险
- 抽检特性曲线
- 平均样本量曲线
- 平均检出质量上限
- 平均检出质量曲线
- 平均检验总数
- 最小检验总数
- 选择质量指标的数值

接收抽样程序的实施
- 抽样方案中的假设条件
- 批的组成
- 随机抽样
- 分层抽样

计数抽样
- 一次、二次、多次和序贯抽样
- 选择抽样方案
- 一次抽样
- 二次抽样
- 多次抽样
- 序贯抽样
- 矫正型抽样计划
- 连续抽样
- 跳批抽样计划
- 链式抽样
- 累积和抽样方案
- 公开发布的抽样表和程序
- 零接收数方案

计量抽样
- 概述
- 不合格品百分率抽样
- 一次抽样
- 不合格品百分率的两点计量方案
- 不合格品百分率的窄限度量方案
- 批作图法
- 总批计划
- 过程参数的抽样
- 公开发布的抽样表和程序
- 混合型方案

可靠性抽样
- 概述
- 寿命特性间的关系
- 指数分布：H-108

① 在本手册第四版中，“接收抽样”一章是由 E.G. 席林与达恩·J·萨默斯（Dan J. Sommers）共同编写的。在此作者衷心感谢其上一版的合作者以及前几版的作者所做的工作，并对本版的文稿负完全责任。

威布尔分布：TR-3，TR-4，
TR-6，TR-7
散料抽样
散料抽样的目标
专用的术语和概念
确定抽样的数量
模型及其用法
明显分装的散料的模型
（“分装内与分装间”的模型）
连续移动的散料模型
试验单位的获取
均质性检验
贝叶斯程序
如何选择合适的抽样程序
用于接收抽样的计算机程序
结论——从接收抽样到接收控制
参考文献

引言

接收抽样——概述　接收抽样（acceptance sampling）即特定的抽样方案在某个指定的批或批的序列中的应用。但是，接收抽样程序可被应用于某个接收控制计划（acceptance control program）中，以便以较低的成本实现更好的质量，改进控制及提高生产率。这也就是要不断选择适当的抽样程序，与由以往的质量和抽样结果所决定的应用条件相匹配。正是以这样一种方式，在一个持续的接收控制计划中，接收抽样方案及程序相互补充，实现检验数目的减少和质量的提高。在任何场合下，应用接收控制的目标都是最终废止接收抽样而代之以供应商认证及过程控制。在介绍完各种具体的抽样程序之后，本章最后将就何时及如何由抽样检验转变为依赖过程控制和核查检验乃至完全取消检验给出建议，这取决于所处的产品寿命周期阶段以及控制状态。

要对一个批下结论，可以通过以下两种方式来进行，即或是检验该批中的每一件产品（即 100％检验），或是检验其一个样本或一部分。与 100％检验相比较，抽样检验的主要优点便是其经济性。此外，抽样还有其他优点：

1. 由于只检验部分产品而产生的经济性。
2. 检验中发生的搬动损失较少。
3. 所需检验员较少，从而简化了检验员的招聘与培训工作。
4. 使检验由逐件判定上升到了逐批判定。
5. 可用于破坏性检验，具有一个定量的批质量的保证水准。
6. 拒收整个批而非只是退回其中的不合格品，有助于促进质量改进。

抽样也具有某些内在的缺点：

1. 存在着拒收“良”批和接收“劣”批的风险。
2. 增加了计划工作和文书工作。

3. 通常样本提供的产品信息比100%检验为少。

在一个接收控制系统中，接收抽样提供了所接收的产品批可用的保证。它假定可接收的产品通常是由诚实、负责和具有能力的供应商所提供的。通过向生产方和使用方提供可归因原因存在的信号，抽样方案给出了产品使用前的不合用警示。若非如此，就应采取其他的与供应者打交道的方法，如中止交易或采取100%检验。这便是它被称做接收抽样的缘故。

为什么抽样是有效的？ 图46—1给出了应用接收抽样的大致思路。人们广泛接受这一点，即对一个样本的检验给出了有关该批中的产品当时当地质量的信息。但这仅仅是开始。除此之外，从中还可以揭示出更多的信息，因为产品能够暴露出过程的情况。

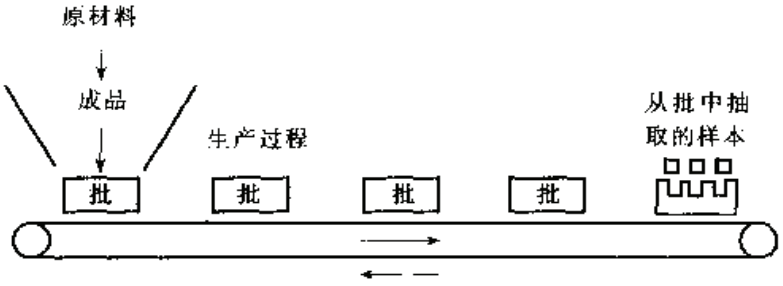


图 46—1

说明：对样本的测量可以告诉我们：(1) 样本中每件产品是否合格；(2) 过程在生产样本期间是否正常；(3) 由同一过程同时生产的未检产品是否合格（抽样检验原理）；(4) 过程是否稳定；(5) 尚未生产出来的产品能否合格（控制检验）。

样本作为过程中的变量在产品生产期间综合作用的结果，能够给出有关这些变量的证据。因此，能够就过程在生产这些样本期间运行是否正常作出判断。

根据对过程所作的判断，就能够将上面的推理过程逆向进行，即已知的过程能够暴露出产品的情况。我们已经了解了经过检验的样本，但有关过程的信息则提供了关于未检产品的信息。正因为如此，对一个批的接收抽样之所以有效，不只是因为未检产品是被检产品的邻居，还因为未检产品可能也来自于被认为“合格”的被检产品所来自的同一个过程。

如果进一步对一系列的样本进行检验，我们就可以了解该过程的稳定与否。一旦这一系列样本表明该过程处于稳定状态，我们就能够据此来预测尚未生产的产品的质量状况。

考登（Cowden，1957）概括了一个良好的接收方案应具备的特点，包括：

1. 在产品处于受控状态、符合质量水平和一致性时保护生产方的产品批不被拒收。

2. 保护使用方不接收劣质批。

3. 为使用方提供长期的保护。

4．鼓励生产方保持过程受控。

5．最大限度地减少抽样费用、检验数目和管理工作。

6．提供有关产品质量的信息。

抽样类型　应用接收抽样时，必须明确其目的是为了获取所抽取产品的信息还是要获取有关生产当前批的过程的信息。相应地，可以将抽样分成两种类型：

类型 A，为接收或拒收当前的产品批而进行的抽样。

类型 B，为确定生产所抽取产品的过程是否处在可接受的限度内而进行的抽样。

抽样的类型决定了描述抽样方案的概率分布。另外，所生成数据的类型也扮演着重要的角色。在接收抽样中，数据可分为以下几种类型：

- 计数值（attributes）——表现为通过或未通过的形式的信息。

  缺陷品（defectives）——通常用不合格品的比例或比率来度量。它指的是根据多个特性来判断的单位产品的可接收性。

  缺陷（defects）——通常用每个单位产品中的缺陷个数或缺陷率来度量。它指的是受检产品中发现的缺陷数。缺陷数可能大于受检的产品单位数。
- 计量值（variables）——测量信息。

  计量值——通常用均值或标准差来度量。它指的是受检产品的某个可测特性的分布。

接收抽样术语　多年来，接收抽样用语在描述接收抽样方案和程序的各种特征方面已发展成为一套十分准确和明确的术语。ANSI/ISO/ASQC A3534（1993）“统计学——词汇与符号”这一国际标准明确定义了这些术语。

必须对不符合使用的产品和不符合规范要求的产品加以明确的区分。在 ANSI/ISO/ASQC A3534（1993）第二部分中，用“缺陷”（defect）来描述前者，而用“不合格”（nonconformity）来描述后者。具体定义如下：

缺陷：未满足预期的使用要求。

不合格：未满足规定要求。

显然，包含一个或多个缺陷或不合格项的产品是一个“缺陷品”或“不合格品”。

由于接收抽样方案通常涉及的是顾客（内部的或外部的）所提出的要求，所以我们将普遍使用“缺陷”和“缺陷品”这些术语。再者，在有关接收抽样的文献中，“缺陷”和“缺陷品”这些术语也使用得非常广泛。但是，在某些场合，例如将测量值与规范进行比较的计量抽样方案中，将会使用“不合格”和“不合格品”这些术语。

接收抽样程序

抽样方式　抽样方案可以分为两种类型：计数方案和计量方案。

计数方案。在计数方案中，从批中抽取一个样本，将样本中的每一单位产品区分为合格或不合格。然后，将不合格数与方案中规定的接收数进行比较，作出

接收或拒收该批的决定。根据下列两个基本准则，可以进一步将计数方案分类：

1．满足给定抽样风险并逐批提供保护的方案。这些风险是：

（1）每个批的规定质量水平（用缺陷品率表示），具有选定的为使用方所接受的风险（如0.10）。这一规定的质量水平被称做批容许缺陷品率（LTPD）或极限质量（p_2）；所选定的风险被称做使用方风险（β）。

（2）每个批的规定质量水平，能够使抽样方案以一定百分率（如95%）接收具有该质量水平的提交批。这一规定的质量水平称做可接收质量水平（AQL）。拒收一个具有AQL质量（p_1）的批的风险称做生产方风险（α）。

2．能长期提供一个最大的平均缺陷品率的方案。这个最大值称为平均检出质量上限（AOQL）。

计量方案。在计量方案中，抽取样本后，对每一产品的某一质量特性进行测量。算出这些测量值的样本统计量（如样本均值），再将结果与方案规定的允许值进行比较，据此作出接收或拒收该批的决定。在适用的场合，计量方案可以用相对较小的样本提供与计数方案相同的使用方保护程度。

计数方案通常应用于缺陷率的情况。也就是说，计数方案用于控制所接收产品中的缺陷品或不合格品的比例。针对缺陷率的计量方案也是如此应用的。这些方案比计数方案有更大的灵敏度，但要求各测量值的分布形状必须已知且稳定。分布形状用来将缺陷率转换成所要控制的过程参数（均值、标准差）的特定值。

当规范直接规定过程平均或过程变异而非缺陷率时，计量方案也可用于将过程参数控制在既定的水平上。这些用于过程参数的计量方案并不一定需要详细知道各个测量值的基本分布形状。

可靠性抽样和散料产品抽样所用的方案一般属于计量方案。但公开出版的可靠性领域的方案通常要求知道有关寿命分布形状的详细信息。表46—1对有关缺陷率的计数和计量方案的某些重要的特点进行了比较。

表46—1　　不合格品率的计数和计量方案的比较

特　点	计数方案	计量方案
检验	每个单位产品区分成缺陷品或合格品可使用通过或未通过的量规	测量每个单位产品，检验较复杂，检验和办公费用较高
各个测量值的分布	无须知道	必须知道（通常假定为正态）
缺陷的种类	用一个方案可以评估任何数目的缺陷类型	对每一类缺陷，需采用一个单独的方案
样本量	根据所要求的保护程度而定	对与计数方案同样的保护程度而言，样本量较小（至少小30%*）
过程信息	缺陷率	除缺陷率外，还要求有关过程均值和过程变异的重要信息，以便采取纠正措施
严格性	对一定类别的所有缺陷品都一视同仁	根据对规范的接近程度来衡量每一受检产品

续前表

特　点	计数方案	计量方案
提供给供应者的证据	有缺陷品为证	批有可能在样本不含缺陷品时被拒收
测量误差	不记录测量值	具有可供评审的测量值
筛选批	对于方案的实施没有影响	筛选批即使不含缺陷品时也有可能被误拒收

* 资料来源：Bowker and Goode，1952，pp.32-33。假定为具有一个特性的单个样本。

缺陷率的计量方案优于相应的计数方案，主要在于前者可以减少为获得一定的保护程度所需的样本量。表 46—2 给出了一个计量方案为获得与某个计数方案（样本量 $n=125$，允许缺陷品数 $c=3$）相同的保护程度所需的样本量。

表 46—2　　计量方案与计数方案的样本量的比较*

$p_1=0.010\ 9$；$\alpha=0.05$；$p_2=0.053\ 5$；$\beta=0.10$

方　案	样本量
一次计数抽样方案	125
计量抽样方案	
σ 已知	19
σ 未知（s）	52
σ 未知（5 件一组的 $\bar{R}$）	75
序贯抽样，σ 已知（计算 p_1 下的 ASN 值）	10.3

* 如果是双侧规范，假定上下规范间隔 $>6\sigma$。

抽样方案的类型　在一次抽样方案中，接收或拒收某个批的决定是依据对于抽取自该批的一组产品的检验结果作出的。在二次抽样方案中，通常先抽取一个较小的初始样本，若其中的缺陷品数目相当大或相当小，则依据这一初始样本作出接收或拒收该批的决定。如果根据第一样本的结果无法作出决定，则抽取第二样本。由于只有在临界情况下才需抽取和检验第二样本，故在二次抽样方案下每批检验的平均数目通常会比较小。在多次抽样方案中，要抽取一个、两个或多个容量为 n 的更小的样本（通常在达到某个样本数后截止），直到作出接收或拒收某个批的决定为止。“序贯抽样方案”通常用在样本数无限且在检验每个单位产品后都可能作出接收或拒收决定的场合。

*抽样计划与抽样系统。*虽然在判定单独的批次时常常应用单纯的抽样方案，但在对于来自生产方的持续的产品流实施接收控制时，通常要应用到抽样计划和抽样系统。在 ANSI/ISO/ASQC A3534（1993）标准中，抽样方案（sampling plans）被定义为“规定了所使用的样本量以及相应的批接收准则的特定方案”，而抽样计划（sampling schemes）则是“各种抽样方案与方案间的转移规则的组合”。最后，它将接收抽样系统（acceptance sampling system）定义为“各种抽样计划以及计划选择准则的结合，这些抽样计划具有各自的方案转移规则”。因此，$n=134$，$c=3$ 是一个抽样方案；代码 J，AQL = 1.0% 是一个抽样计划；而 ANSI/ASQC Z1.4（1993）是一个抽样系统。

公开发布的抽样表和程序 为了便于生产方和使用方的协商，接收抽样最好采用公开发布的抽样程序和标准。这样避免了由某一方提出自己的抽样方案所造成的可信性问题。同样，采用文献中的公开方案（如道奇和罗米格方案）或已得到全国认同的方案（如 ANSI/ASQC Z1.4，1993）在法律上的意义是明显的。那些独特性的方案，特别是针对某些特定场合的方案，最好是在内部使用。

筛选 考虑到在自动检验装置和计算机集成制造方面的进步，100%检验或筛选正在变得更加具有吸引力。就短期的视野而言确实如此，但对于筛选的依赖有可能会削弱在持续改进这一长期战略方面的努力。筛选程序主要用来针对以下这样一些重要的方面，如筛选变量的选择、总体的先验信息、错误判断带来的成本和损失、产品质量的变异性、环境问题，等等。这方面的方法主要是一些统计模型，如戴明的“全或无规则”（all-or-none rule）、田口的容差设计模型以及运用相关变量的经济与统计模型。这方面所涉及的其他一些问题还包括考虑有无可能进行老化（burn-in）、成组检验、检验能力分配、过程参数选择及可选装配等。唐和唐（Tang and Tang，1994）给出了一个非常系统的文献综述。米（Mee，1990）给出了应用相关变量改进 100% 检验的一个例子。贾拉迪（Jaraiedi，Kochhar and Jaisingh，1987）讨论了用于确定实施多重 100% 检验的产品的平均检出质量的一个模型。纳尔逊和贾拉迪（Nelson and Jaraiedi，1987）给出了应用上述成果的计算机程序。

抽样风险及抽样参数

抽样风险 在实施接收抽样时，真正涉及切身利益的是生产方（供应商或生产部门）和使用方，亦即向供应商采购的公司或使用产品的部门。由于抽样检验存在着一定的风险，有可能会拒收“良”批和接收“劣”批，并造成相应的严重后果，因此，生产方和使用方试图将“良”批和“劣”批的概念以及抽样的风险标准化。这些风险与一个或几个参数，亦即方案的质量指标结合在一起来表述。这些指标分述如下：

生产方风险 生产方风险 α 是指一个“良”批为抽样方案拒收的概率。这一风险在某些方案中规定为 0.05；还有些方案中则在 0.01～0.10 之间。这一风险与可通过该方案的最高质量水平的一个规定数值连在一起表达，这一数值通常称为可接收质量水平。

可接收质量水平（acceptable quality level，AQL）。ANSI/ISO/ASQC A3534 标准将 AQL 定义为“在对一系列连续的批进行抽样检验时，认为可接受的过程平均的上限”。对等于或优于 AQL 的质量水平而言，抽样方案应具有较低的生产方风险。

使用方风险　使用方风险 β 是指一个“劣”批为抽样方案接收的概率。这一风险与可拒收质量的一个规定数值连在一起表达，后者如批容许不合格品百分率。

批容许缺陷品百分率（lot tolerance percent defective，LTPD）。LTPD 是指抽样方案认为不可接受而应当拒收的质量水平。使用方风险 β 通常取为 0.10，LTPD 定义为其接收概率为 0.10 时的批的质量，即这样的批只有 10% 会被接收。[LTPD 是极限质量（LQ）或可拒收质量水平（RQL）的一个特殊的范例。一些抽样表的方案中给出若干个使用方风险的数值，而非只是 LTPD 所对应的 0.10 这一个值，这种情况下会用到后两个术语。] 在国际标准 ISO 2859-2（1985）和美国国家标准 Q3 中包括有极限质量（LQ）方案，而 LTPD 方案则可从道奇和罗米格（Dodge and Romig，1959）的文献中查阅到。

第三种质量指标，即平均检出质量上限（average outgoing quality limit，AOQL），用于对拒收批的 100% 检验，将在本章稍后部分讨论。

生产方风险和使用方风险以及相应的 AQL 和 LTPD 可用一个抽检特性（operating characteristic，OC）曲线的图形来加以概括。

抽检特性曲线　抽检特性（OC）曲线是表示批缺陷品率与抽样方案接收该批的概率之间关系的一种图形。

图 46—2 是针对接收缺陷率等于或小于 3% 的批而拒收缺陷率大于 3% 的批的这种情况的一条理想的 OC 曲线。注意缺陷率小于 3% 的所有批的接收概率为 1.0（必然）；而缺陷率高于 3% 的所有批的接收概率为 0。但在现实中，并不存在具有完美的判别能力的抽样方案，总是会存在着一定程度的风险使得某个“良”批被拒收或“劣”批被接收。在实践中能做的只是控制这些风险。

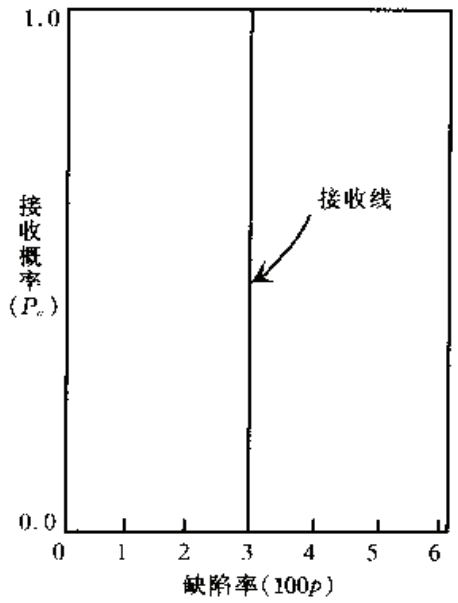


图 46—2　一个理想的抽样方案的特性

图 46—3 所示的是检验员按指令从一个很大的批中抽取一个容量为 150 的样本，若缺陷品不超过 4 件则接收该批的抽样特性曲线。这样的曲线可借助于适当的概率分布绘出。例如，利用泊松分布表（见附录Ⅱ，表 E），对于容量为 150（$n=150$）和缺陷率为 2%（$p=0.02$），可以预计样本中有 $np=3.0$ 个不合格品。从表中可以查得，对于 $r=4$ 和 $np=3.0$，接收（即 4 个或 4 个以下的缺陷品）的概率为 0.815。

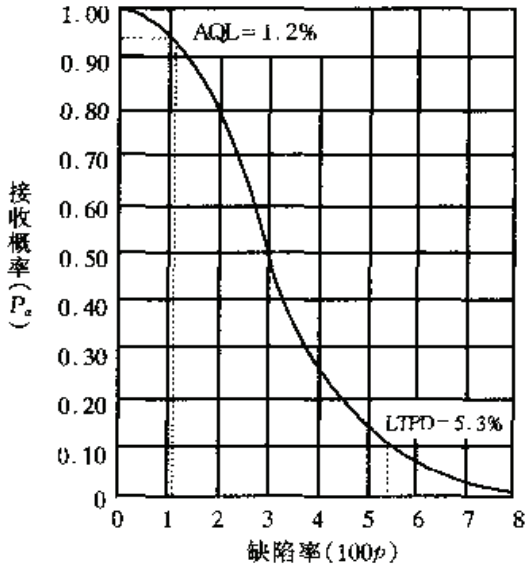


图 46—3 一个实际的抽样方案的特性

从曲线中可以看出，一个缺陷率为 3% 的批被接收的机会为 1/2。但是，一个缺陷率为 3.5% 的批，虽然在技术上是“劣”批，但被接收的机会仍有 39%。同样，缺陷率为 2.5% 的批，虽然在技术上是“良”批，但不被接收的机会仍有 34%。

图 46—4 表示了抽样方案的参数对 OC 曲线形状的影响，图中与三条特定的接收抽样方案曲线一道，还给出了一条理想的判别曲线。这些影响可概括如下：

1. 如果样本量接近于批的容量，或在很大程度上接近于批的容量，且接收数选择适当，则 OC 曲线就会接近于理想的 OC 曲线（即 p_1 处的矩形）。

2. 如果接收数为 0，OC 曲线就会呈现为指数曲线形状，凹面向上（见第 2 和第 3 条曲线）。

3. 随着接收数增大，OC 曲线就会上升，也就是说，对于较小的 p 值，这些质量水平下的接收概率就将增加，在较大的 p 值处有一个拐点（见第 1 条曲线）。

4. 同时增加样本量和接收数，曲线就会最接近于理想的 OC 曲线（见第 1 条曲线）。

有时将 OC 曲线区分为 A，B 两种类型是很有用的［参见 Dodge and Romig，1959，pp.56-59)］。A 型曲线给出了来自不能确定未来生产条件的有限总体的

单个批的接收概率。B 型曲线则假定每一批都来自于相同生产条件下生产的无限总体中。在现实中，大多数 OC 曲线都看做是 B 型的。除特别注明外，本章的 OC 曲线均认为是 B 型曲线。

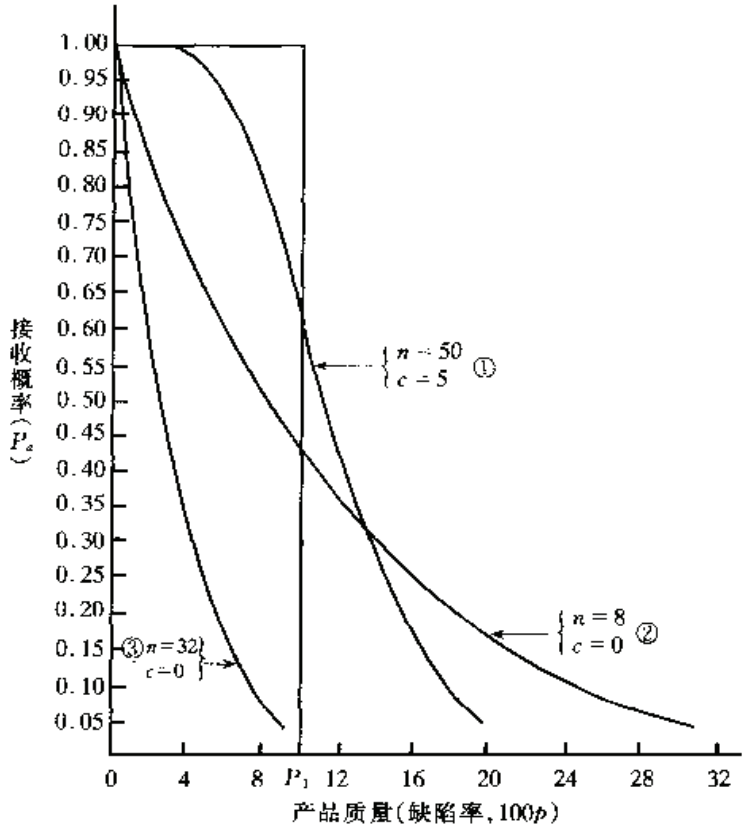


图 46—4　OC 曲线的形状

平均样本量曲线　平均样本量（average sample number，ASN）是指在抽样检验中，不考虑对拒收批的 100% 检验的情况，平均每批检验的单位产品数。在一次抽样检验方案中，ASN 就等于样本量 n。但是，在二次和多次抽样方案中，还必须考虑到因初始样本不能作出判断而必须检验第二个、第三个等样本的概率。设二次抽样方案的样本量为 n_1 和 n_2，平均样本量 ASN 便为

$$\text{ASN} = n_1 + (1 - P_{a1})\ n_2$$

其中，P_{a1}是经过检验第一个样本而被接收的概率。[有关多次抽样的 ASN 计算起来要更为复杂，详细内容可参见 Schilling，1982。]

图 46—5 所示是与方案（$n = 125$，$c = 3$）大致相当的若干抽样方案的 ASN 的比较。(计算假定对所选取的样本都进行检验。) 可以看出，当质量极好或极次时，二次抽样和多次抽样通常要比一次抽样更为经济。

平均检出质量上限　前面曾讨论了可接收质量水平（AQL）和批容许缺陷品率（LTPD）这两个抽样方案中常用的质量指标。第三个常用的指标是平均检出质量上限（average outgoing quality limit，AOQL）。AOQL 是指在已接收的批和经

过筛选的拒收批中，通过了检验的产品的平均质量的上限。

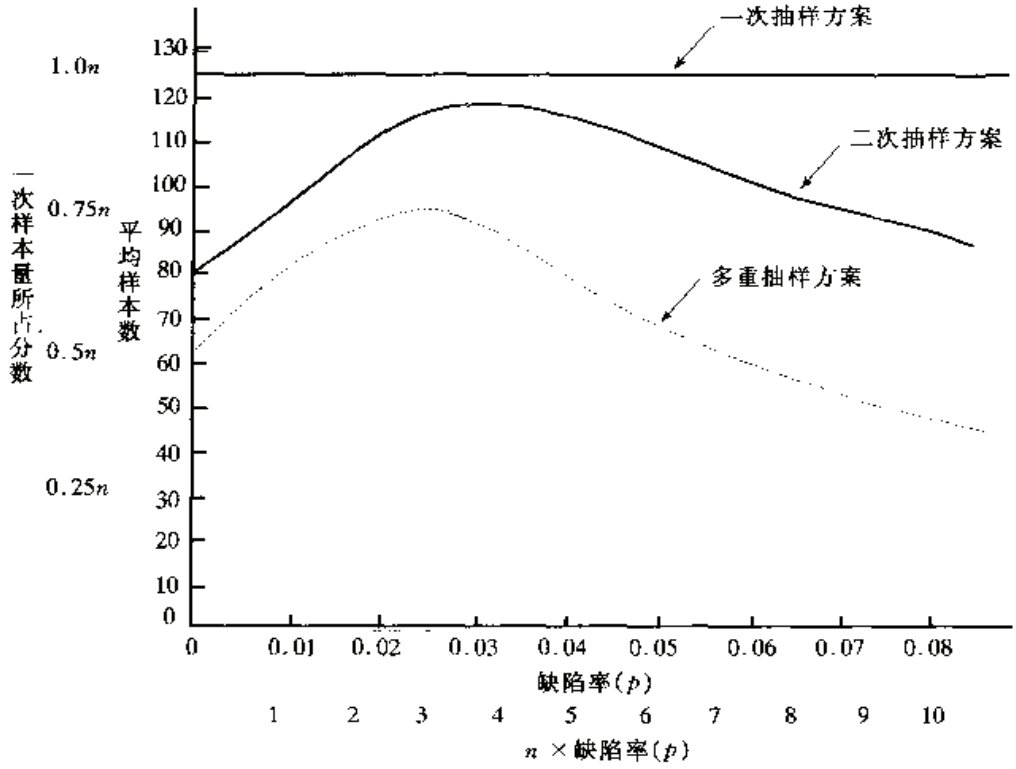


图 46—5 平均样本数（ASN）曲线

AOQL 的概念出自检验前的缺陷品率(送检质量)和检验后的缺陷品率(检出质量)之间的关系，这里要求检验是非破坏性的，且拒收批都经过筛选。当送检质量极好时，检出质量必然也是好的。但是，当送检质量极差时，检出质量也会相当好，因为抽样方案会将大多数批拒收并进行 100% 检验。因此，在两个极端，亦即送检质量极好或极差时，检出质量都会很好。这意味着在这两个极端之间必然存在着一点，在这一点上检出物料的缺陷品率将达到最大值。这一点就称做 AOQL。

如果 p 为送检质量，P_r 为批被拒收的概率，所有拒收批都经过筛选而消除了缺陷（即 0%），那么

$$\mathrm{AOQ}=(p)P_a+(0)P_r=(p)P_a$$

这个计算是近似的，它没有考虑对于抽自接收批的样本中的产品单位进行 100% 检验的微小影响。如果考虑这一影响，对于样本量 n 和批量 N，有

$$\mathrm{AOQ}=pP_a\left(1-\frac{n}{N}\right)$$

平均检出质量曲线 表 46—3 和图 46—6 分别给出了关于 AOQL 的计算及平均检出质量（AOQ）曲线的作图法。席林（Schilling，1982）指出对于接收数为 5 或更小时，有

$$\mathrm{AOQL}\approx\frac{0.4}{n}(1.25c+1)$$

表 46—3　　平均检出质量限界（AOQL）的计算

（示例，$n=78$，$c=1$）

送检前产品缺陷品率 p	np	接收概率 P_a	平均检出质量 AOQ = $p \times P_a$
0.005	0.39	0.940	0.004 70
0.010	0.78	0.820	0.008 20
0.015	1.17	0.680	0.010 20
0.020	1.56	0.550	0.011 00*
0.025	1.95	0.430	0.010 75
0.030	2.34	0.330	0.009 90
0.035	2.73	0.250	0.008 75
0.040	3.12	0.190	0.007 60
0.045	3.51	0.140	0.006 30
0.050	3.90	0.100	0.005 00
0.055	4.29	0.075	0.004 02
0.060	4.68	0.050	0.003 00

* AOQL≈max（AOQ）≅0.011 00 = 1.1%

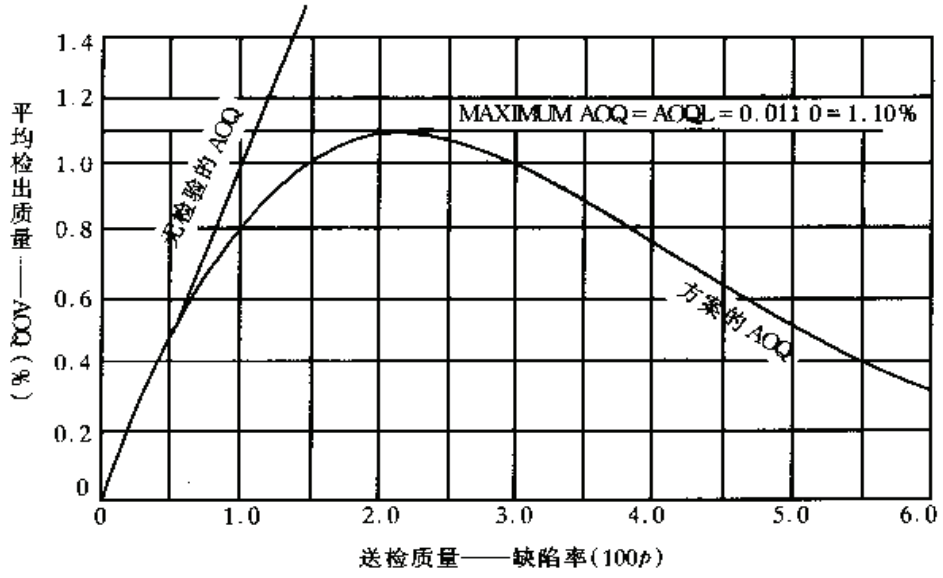


图 46—6　一个典型的抽样方案的 AOQ 曲线和 AOQL

平均检验总数　平均检验总数（average total inspection，ATI）考虑了非破坏性检验时，对拒收批进行 100%检验的可能性。这时必须考虑批量 N。仍以一次抽样为例，样本量为 n，批量为 N，接收概率为 P_a，拒收概率为 P_r，那么

$$\mathrm{ATI} = P_a n + P_r N$$

将上式推广到二次抽样，即得

$$\mathrm{ATI} = n_1 + (1 - P_{a1}) n_2 + (N - n_1 - n_2)(1 - P_a)$$

其中，P_{a1}为检验第一样本即被接收的概率。把这一公式推广到 k 个水平的多次抽样方案也是很简单的，在此不作推导。[详见 Schilling（1982）。]

最小检验总数　对于既定的保护形式而言，每批的最小检验数可以通过下面

的例子来说明。

假定某个使用方把 LTPD－5%定为接收标准，那么就有许多抽样方案满足这一标准。这些方案如：

从每批中抽取一个包含 n 个产品的样本	若缺陷品数不超过最大接收数 c，则接收该批
n	c
46	0
78	1
106	2
134	3
160	4

图 46—7 所示的是上述方案所对应的抽样特性曲线。每个方案的 LTPD 均为 5%，即一个具有 0.05 缺陷品率的受检批的接收概率为 0.10。应采用哪个方案？采用每批检验量最少的方案，这是对这些方案进行选择的一个逻辑依据。

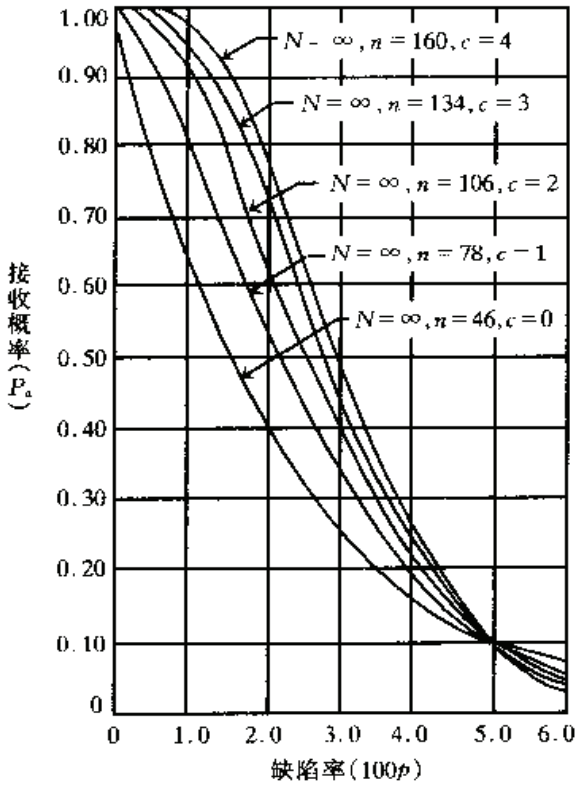


图 46—7 具有 LTPD＝0.05 的抽样方案族

被检产品的总数包括：(1) 每批检验的样本，和 (2) 抽样检验拒收的批中余下的必须检验的产品数。拒收的批数取决于产品中的缺陷品的通常水平，故最小检验数是送检质量的一个函数。

表 46—4 给出了计算每批最小检验量的一个实例。假定拒收批经过了详细的 (100%) 检验。由表可见，对于较小的接收数，由于许多批都须作详细检验，检验总数是很大的；对于大的接收数，又因其样本量大，检验总数仍然很大。在这

两个极端之间存在的最小点就是最小检验数。

表 46—4　　每批最小检验数的计算

（5 种可供选择的 $n-c$ 组合，对应于 $N=1\,000$ 的批）

所有方案有相同的 LTPD 值。送检物料的过程平均缺陷品率为 $\bar{p}=0.5\%$

样本量 n	允许的缺陷数 c	抽样的接收概率 P_a	检验批中剩余产品的概率 $1-P_a$	平均被检产品数		
				样本中* n	批中其余产品** $(N-n)\times(1-P_a)$	每批总检验数
46	0	0.795	0.205	46	196	242
78	1	0.940	0.060	78	55	133
106	2	0.983	0.017	106	15	121***
134	3	0.995	0.005	134	4	138
160	4	0.998	0.002	160	2	162

* 样本量指每批中被检的产品数。

** 批中剩余的未检产品数乘以因样本拒收而必须检验的概率。

*** 这是所求得的最小值。

根据上面的讨论，可以看出，如果有下列条件，即

- 批容许缺陷品率
- 使用方风险
- 批量
- 过程平均

就能够推导出下列的值

n = 样本量

c = 样本中允许的缺陷品数

从而得出

I_m = 每批最小检验数

如果给出的是相同的平均检出质量上限（AOQL），也可以根据相同的原理来从一组抽样方案中选择适当的方案。

现已有各种完整的抽样表，可以根据不同的 $\bar{p}$，LTPD 和 AOQL 值来求出每批最小检验数（Dodge and Romig，1959）。这将在稍后讨论。

选择质量指标的数值　对于产品批的评价可以有三种做法，即不检验、检验一个样本以及 100%（或更多）检验。要从经济的角度对这些做法进行评价就需要比较各种做法所涉及的总成本。

伊纳尔（Enell，1954）建议在选择质量指标时应用以下的盈亏平衡点：

$$P_b=\frac{I}{A}$$

其中，I 为每件的检验成本；A 为缺陷品通过检验造成的损失成本。如果认为批质量 p 小于 P_b，则抽样检验或不检验时的总成本是最低的。如果 p 大于 P_b，那么 100%检验是最佳的。如果 p 未知，那么最好采用一个合适的抽样方案如

AOQL 计划来进行抽样。

例如，一种微型计算机器件，每个单位产品的检验费用为 0.50 美元。一个有缺陷的器件被安装在更大的系统中所造成的损失成本是 10.00 美元。则

$$P_b = \frac{0.50}{10.00} = 0.05 = 5\%$$

如果预期缺陷品率将大于 5%，那么就应采用 100% 检验。否则，就采用抽样检验或不检验。

这一公式假定样本量与批量相比很小，替换检验中发现的缺陷品的成本由生产方负担，或者与缺陷品所造成的损失或不便相比很小，并且没有检验误差发生。

由于 5% 的缺陷品率的质量水平是挑选（sorting）与抽样之间的平衡点，对于 5% 的缺陷品率的质量水平，一个合适的抽样方案应该使得产品批有 50% 的概率进行挑选或抽样，即该方案的接收概率应为 0.50。一套如 ANSI/ASQC Z1.4 这样的抽样表中的抽样特性曲线可用于确定 AQL 值。例如，假定某种器件以 3 000件作为一个批来进行检验，在 ANSI/ASQC Z1.4 中给出了这种情况下（代码 K）的抽样特性曲线。与在 5% 的缺陷品率的质量水平下接收概率为 0.50 的条件最接近的方案是 AQL 为 1.5% 的方案。因此，这就是应采用的方案。除此之外，还有其他一些经济模型已被开发出来。[例如，有关计量抽样的情况可参见 Tagaras（1994）。]

在实践中，对于质量指标的量化要依据下列因素来进行：

1. 过去的质量信息。
2. 不合格产品对于后续生产工序的影响。
3. 不合格产品对于适用性的影响。
4. 交货要求的紧迫性。
5. 达到规定质量水平的成本。

接收抽样程序的实施

抽样方案中的假设条件

检验差错 在实施接收抽样方案时，通常都假定：

1. 检验人员按照规定的抽样方案来进行检验。
2. 所做的检验是无差错的，即在测量或判断符合性时没有人为的或设备的差错。

在实践中，这些假定并不完全成立。详见第 23 章中的“检验差错”部分。

质量文献中对于检验差错的影响给予了相当的关注。[例如，可参见 Johnson，

Kotz and Rodriguez(1985, 1986, 1988, 1990)与 Suich(1990)。]

单位产品　单位产品可由（1）单个的产品或（2）散料样品所组成。对这两类产品而言，判断一个单位产品对标准的符合性的准则略有不同。而用于判断产品批符合性的准则就更加不同。

缺陷严重性分级　许多抽样方案都以样本中的可允许缺陷数作为判断批符合性的准则。由于各种缺陷的严重性有着极大的差异，所以抽样方案必须以某种方式将这些差异考虑进去。

在存在着正式的缺陷严重性分级方案的场合，抽样方案可以这样来构造：

1. 每一严重性等级对应一种专门的抽样方案，例如，对致命缺陷采用大的样本量，对轻微缺陷采用较小的样本量。

2. 抽样方案是通用的，但每一严重性等级所对应的可允许缺陷数不同。例如，不得有致命缺陷，但允许有一些轻微缺陷。

3. 依据每百单位产品的缺陷数来建立准则，各等级的可允许缺陷数不同。

4. 依据每单位产品的缺点数来建立判断符合性的准则，这里的缺点是根据分级系统将所发现的全部缺陷转换而来的。

在没有正式的严重性分级系统的场合，在抽样检验中将所有缺陷都看做是同等重要的。但是，在随后对于不合格批的适用性进行评价时，审查委员会就应对缺陷的严重性加以考虑。

批的组成　有关组成批的一般方法已在第 23 章中的“所需的检验和试验的程度”一节中进行了讨论。尽管大多数接收抽样方案（跳批方案除外）在不考虑批的组成的情况下都能有效地应用，但批的组成方式极大地影响着检验的经济性和所接收产品的质量。

在第 23 章中曾讨论了批的组成与检验的经济性之间的关系，这里不再详述。批的组成与所接收产品的质量之间的关系，则可通过下面这个例子来加以说明。

设有 10 部机器同时生产相同的产品。其中的 9 部机器生产的产品完全合格，而第 10 部机器所生产的产品全部是不合格品。如果批是由每部机器所生产的产品单独组成，则第 10 部机器所产的缺陷品肯定将被抽样检验所检验出来。然而，如果批是由全部机器所生产产品的混合所组成，那么将不可避免地会有某些不合格品通过了抽样方案而未被检验出来。

批的组成对检出质量和检验经济性有着如此强烈的影响这一事实，促使人们制定出了一些组成批的指导原则：

1. 不要将不同来源（过程、生产班次、进料等）的产品混在一起，除非有证据表明批间的变异小到可以忽略不计。

2. 不要将产品在相当长的时间内积攒起来（组成批）。

3. 在组成批时要充分利用外部的信息（过程能力、以往的检验等）。当产品以孤立批或很小的批提交时，这种外部信息就尤为有用。在这种情况下，对于作

出接收决定而言，这些外部信息会比抽样数据提供更有价值的信息。

4. 在符合上述各点的情况下要使批尽可能大，以获取相应的抽样成本降低的好处。(批容量的大幅增加并不会使样本量增加多少。)

连续性生产（如装配线）的场合其产品批必然是任意的，所采用的抽样方案本身应具有“连续”的性质。这种连续性抽样方案将在本章稍后讨论。

选择样本 抽样检验结果受到取样方法的很大影响。在接收抽样中，样本应能够代表所检验的批。在检验人员了解批的组成的情况下，就可以利用这些了解按照分层（见下面）来挑选样本。如果缺乏这种了解，那么正确的做法就是采用随机抽样。

随机抽样 所有公开发行的抽样表都假定样本是随机抽取的，亦即在任何时刻，每一未检的单位产品都有同等的机会被选入样本。要进行随机抽样就要求：(1) 生成随机数；(2) 将这些随机数应用于待检的产品。

随机数可从现成的随机数表（附录Ⅱ，表 CC）中获得。在使用随机数表时，须随机（不“看”）选择一个位置，然后沿着若干预定的方向(上、下、右、左等)前进，从而获得所用的随机数。那些不能用于产品的安排的随机数则弃之不用。

随机数还可用各种方式来生成，包括：

1. 计算器或计算机。许多计算器都有随机数功能。计算机当然是极好的随机数来源。统计软件中常常会有随机数功能。

2. 一盒标号的筹码或弹子。混合之后抽取一个，把数字记录下来。在抽取下一个数字之前将之放回并再度混合。

3. 随机数骰子。有一种是正 20 面体的骰子。取三个这种骰子，颜色各不相同，其中一个定为个位数，一个定为十位数，一个定为百位数。（每个骰子上 0～9的数字分别出现两次。）每次投掷三个骰子就能得出 000～999 之间的一个随机数。

有了随机数之后，还必须将之与所提交产品的方式相适应。对于有规则的包装物料，可将容器的编号与随机数相对应。例如，一个送检的批共有 8 个托盘，每个托盘有 10 行、7 列。这时，可将 8 个托盘编为 0～7 号，盘中的行为 0～9 号，列为 0～6 号。这样就有了三位数的随机数，其个位、十位和百位分别对应于托盘、托盘的行和列。

对于包装的散料，则可采用其他切实可行的办法。如果是很小的零件，可在一个平面上用线划成 10×10 排列的格子，将这些零件铺在平面上，利用二位数的随机数，便可确定位于个位数与十位数相交处的格子。在格子中，还可用第三位数来进一步确定位置。

对于液体或混合均匀的散料产品，由于其流动性而无须采用随机数，样本可随处抽取。

分层抽样 如果已知“批”来自于不同的机器、生产班次、操作者等等，这

样的产品实际上是人为地将多个批混合在了一起。在这种情况下，抽样就必须仔细地分层进行，即尽可能地从每一真实的批中按比例抽取样本。但在每一个批中，抽样仍然遵循随机性原则。

对随机性原则的偏离还可能来自于对于开启包装的经济性考虑，即人们可能会倾向于只打开少量包装并从中检查少数几个产品。

抽样偏差　除非建立严格的随机抽样和分层抽样的程序，否则抽样会产生众多的偏差从而导致不能作出正确的决策。最常见的偏差包括：

1. 从所有容器、货架或箱柜的同一位置取样。
2. 事先观察产品并只挑选那些看上去有缺陷（或无缺陷）的产品。
3. 对于批中不便抽样的部分置之不顾。
4. 不了解批的构成就决定分层的方式。

有一个典型的例子是说某个检验员总是从托盘的四角和中心取样，而生产工人则总是小心地在这些位置上放置完美无缺的产品。

由于所制定的抽样方案是以随机性作为前提条件，而某些类型的抽样偏差会严重地影响产品接收决策，有关各方在这方面应当十分谨慎，抽样方案的设计应使这些偏差减少到最低限度。在此基础上还应加强监督和审核，以确保实际的抽样与这些方案相一致。

计数抽样

一次、二次、多次和序贯抽样　一般来说，可将一次、二次、多次和序贯抽样方案设计成对于同样质量的批具有几乎相同的接收机会；换言之，我们可以做到使其抽样特性（OC）曲线非常相似。但是，对某一生产方或产品来说是最好的一个方案，对于另一生产方或产品则未必是最好的。方案的适合性可通过以下几方面因素加以判断：

1. 平均受检零件数。
2. 行政管理费用。
3. 所获得的有关批质量的信息。
4. 生产方对方案的接受程度。

表 46—5 中概括了上述四种抽样方案的优缺点。作出判定所需检验的产品数目，因抽样方案和所提交物料的质量而异。如果每件产品的检验费用很高，则采用序贯抽样可以大大减少需要检验的产品数，尽管其比较复杂且行政管理费用也较高。而另一方面，如果无法将整个批的产品在抽样和检验进程中都控制在手中，则在检验之前就必须留出所需检验的全部产品单位。在这种情况下，如果产品的挑选、拆包和搬运的费用较大，则更适合采用一次抽样方案。显然，一次抽样方案

在人员培训、建立记录和管理等方面是最简单的。要使仓促纠集在一起的一帮检验人员学会那些比较复杂的方案并非易事。不过，实践表明二次抽样方案可以很方便地应用于多种场合，其费用也比较适中，且易于为生产方和使用方接受。

表 46—5　　一次、二次、多次和序贯抽样的优缺点比较

特　点	一次抽样	二次抽样	多次抽样	序贯抽样
生产方的接受程度	一个批要通过检验只有一个机会，较不易接受	适当	容易被批评为不果断	比多次抽样更容易被批评为不果断
每批所检验的件数	通常最多	通常（并非总是）比一次抽样少 10%～50%	通常（并非总是）比二次抽样少 30%	是所有计数抽样方案中最少的
培训、人员、记录、抽样和鉴定样本的管理费用*	最低	比一次抽样高	更高	最高
关于每批的普遍质量水平的信息	最多	比一次抽样少	比二次抽样少	最少

* 该项费用不应与检验总成本混淆，后者包含方案的管理费用。

逐批检验　当产品以一系列的批［称为逐批（lot-by-lot）］提交检验时，其接收抽样方案是由下列各项因素所确定的：

N = 批量

n = 样本量

c = 接收数，亦即样本中所允许的缺陷数

r = 拒收数

当规定每个批样本数多于 1 个时，则各个相继抽取的样本量依次记为 n_1, n_2, n_3，等等。相应地，其接收数为 c_1, c_2, c_3，等等。拒收数为 r_1, r_2, r_3，等等。

选择抽样方案　抽样方案常常是通过选择 OC 曲线上的两个点来确定，即用 p_1 表示的 AQL 和用 p_2 表示的 LTPD。利用泊松分布的 np 值的抽样表已经制作出来，以帮助人们进行选择。［有关的详细内容可参见 Cameron（1952）、Duncan（1974）及 Schilling and Johnson（1980）。］这些抽样表利用操作比（operating ratio）$R = p_2/p_1$，结合（np_1）或（np_2）的值来获得其 OC 曲线通过指定点的抽样方案的样本量和接收数。此外通常还会给出另外一些数值来对方案的其他特性进行评价。表 46—6 给出了这种抽样表的示例，该表是席林和约翰逊（Schilling and Johnson，1980）中的抽样表的一部分。表中采用的生产方风险 $\alpha = 0.05$，使用方风险 $\beta = 0.10$，并且对于二次或多次抽样方案的每一阶段样本量相等。这种抽样表给出的是等效的一次、二次和多次抽样方案，其 OC 曲线实际上是一致的。例如，如果 $p_1 = 0.012$，$p_2 = 0.053$，则 $R = 4.4$。表中给出的最接近的 R 值是 4.058，其对应的接收数为 4。然后可以得出样本量为 $n = 7.994 \div 0.053 = 150.8$，通常取作 150。该方案的 OC 曲线如图 46—3 所示。

表 46—6　　用于构造和评价一次、二次和多次抽样方案的数值表

（$n_1=n_2=\cdots=n_k$；＃号表示在该阶段不得接收）

方案	接收数	$R=p_2/p_1$	np_2		接收概率												
					0.99	0.95	0.90	0.75	0.50	0.25	0.10	0.05	0.01	0.005	0.001	0.0005	0.000 1
OS	Ac=0 Re=1	44.893	2.303	np ASN n_1	0.010 1 1	0.051 3 1	0.105 1	0.288 1	0.693 1	1.386 1	2.303 1	2.996 1	4.605 1	5.298 1	6.908 1	7.601 1	9.206 1
JS	Ac=1 Re=2	10.958	3.890	np ASN n_1	0.149 1	0.355 1	0.532 1	0.961 1	1.678 1	2.693 1	3.890 1	4.744 1	6.638 1	7.430 1	9.234 1	10.000 1	11.759 1
ID	Ac=0 1 Re=2 2	12.029	2.490	np ASN n_1	0.086 0 1.079	0.207 1.168	0.310 1.228	0.566 1.321	1.006 1.368	1.661 1.316	2.490 1.206	3.124 1.137	4.649 1.045	5.324 1.026	6.914 1.007	7.604 1.004	9.209 1.001
IM	Ac=＃0 0 1 1 2 Re=2 2 2 3 3 3 3	8.903	0.917	np ASN n_1	0.045 9 3.254	0.103 3.501	0.148 3.637	0.252 3.774	0.416 3.640	0.643 3.169	0.917 2.601	1.121 2.270	1.602 1.761	1.815 1.618	2.325 1.388	2.549 1.319	3.075 1.205
2S	Ac=2 Re=3	6.506	5.322	np ASN n_1	0.436 1	0.818 1	1.102 1	1.727 1	2.674 1	3.920 1	5.322 1	6.296 1	8.406 1	9.274 1	11.230 1	12.053 1	13.934 1
2D	Ac=0 3 Re=3 4	5.357	3.402	np ASN n_1	0.363 1.298	0.635 1.443	0.827 1.511	1.231 1.581	1.816 1.564	2.566 1.450	3.402 1.306	3.986 1.222	5.290 1.097	5.852 1.066	7.201 1.025	7.810 1.016	9.295 1.005
2M	Ac=＃0 0 1 2 3 4 Re=2 3 3 4 4 5 5	6.244	1.355	np ASN n_1	0.111 2.432	0.217 2.789	0.293 2.983	0.451 3.207	0.683 3.165	0.988 2.776	1.355 2.261	1.635 1.950	2.343 1.470	2.671 1.344	3.458 1.167	3.803 1.122	4.602 1.060
3S	Ac=3 Re=4	4.891	6.681	np ASN n_1	0.823 1	1.366 1	1.745 1	2.535 1	3.672 1	5.109 1	6.681 1	7.754 1	10.045 1	10.978 1	13.062 1	13.935 1	15.922 1

续前表

（$n_1=n_2=\cdots=n_k$；#号表示在该阶段不得接收）

方案	接收数	$R=p_2/p_1$	np_2		接收概率												
					0.99	0.95	0.90	0.75	0.50	0.25	0.10	0.05	0.01	0.005	0.001	0.0005	0.000 1
3D	Ac=1 4 Re=4 5	4.398	4.398	np ASN n_1	0.635 1.130	1.000 1.245	1.246 1.316	1.750 1.421	2.465 1.470	3.373 1.414	4.398 1.293	5.130 1.211	6.808 1.084	7.542 1.053	9.270 1.017	10.019 1.010	11.757 1.003
3M	Ac=#0 1 2 3 4 6 Re=3 3 4 5 6 6 7	4.672	1.626	np ASN n_1	0.200 2.461	0.348 2.820	0.446 3.026	0.642 3.286	0.910 3.288	1.246 2.935	1.626 2.450	1.901 2.156	2.553 1.693	2.848 1.559	3.566 1.340	3.887 1.274	4.650 1.163
4S	Ac=4 Re=5	4.058	7.994	np ASN n_1	1.279 1	1.970 1	2.433 1	3.369 1	4.671 1	6.274 1	7.994 1	9.154 1	11.605 1	12.594 1	14.795 1	15.711 1	17.792 1
4D	Ac=3 5 Re=6 6	4.102	6.699	np ASN n_1	1.099 1.025	1.633 1.077	1.992 1.125	2.728 1.233	3.789 1.341	5.162 1.345	6.699 1.242	7.762 1.164	10.047 1.055	10.978 1.033	13.062 1.009	13.933 1.005	15.909 1.001
4M	Ac=# 1 2 3 4 5 6 Re=3 4 4 6 6 7 7	4.814	2.118	np ASN n_1	0.266 2.128	0.440 2.300	0.558 2.417	0.798 2.590	1.141 2.618	1.591 2.384	2.118 2.021	2.502 1.792	3.385 1.427	3.763 1.326	4.640 1.174	5.016 1.132	5.884 1.070
5S	Ac=5 Re=6	3.550	9.275	np ASN n_1	1.785 1	2.613 1	3.152 1	4.219 1	5.670 1	7.423 1	9.275 1	10.513 1	13.109 1	14.150 1	16.455 1	17.411 1	19.578 1
5D	Ac=2 6 Re=5 7	3.547	5.781	np ASN n_1	1.116 1.097	1.630 1.199	1.959 1.263	2.607 1.360	3.490 1.405	4.579 1.352	5.781 1.243	6.627 1.171	8.537 1.064	9.357 1.039	11.253 1.012	12.066 1.007	13.928 1.002
5M	Ac=#1 2 3 5 7 9 Re=4 5 6 7 8 9 10	3.243	2.270	np ASN n_1	0.490 2.496	0.700 2.906	0.830 3.143	1.079 3.459	1.410 3.516	1.814 3.188	2.270 2.677	2.604 2.347	3.411 1.791	3.776 1.628	4.642 1.367	5.017 1.292	5.884 1.171

资料来源：Schilling and Johnson，1980，p.221.

一次抽样　在计数一次抽样中，接收或拒收某个批的决定是依据从该批中抽取的单个样本的检验结果作出的。计数一次抽样方案的实施步骤如图 46—8 所示，计数一次抽样方案的特性列于表 46—7 中。

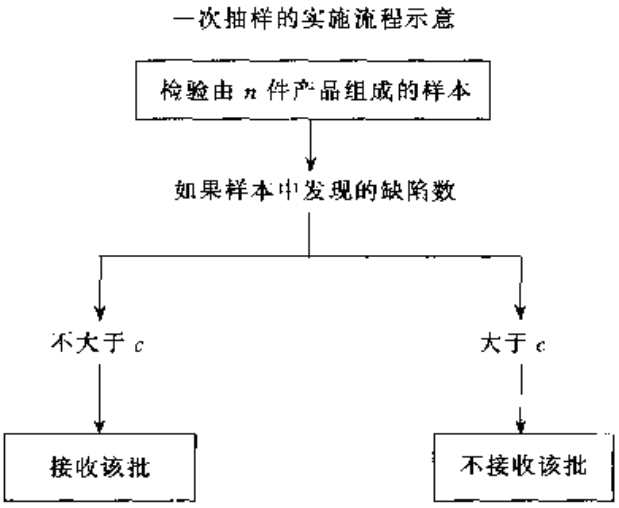


图 46—8　一次抽样示意图

在实践中，不接收批可以进行修复、报废，等等。抽样表通常假定对批进行详细检验，所有不合格品都加以修复或用正品替换。

表 46—7　　计数一次抽样

示例：确定一个抽样方案，要求其 AQL = $100p_1 = 1.0\%$，生产方风险 $\alpha = 0.05$；LTPD = $100p_2 = 5.0\%$，使用方风险 $\beta = 0.10$。假设样本取自 $N = 500$ 的批，样本中发现有 4 个不合格品。

方案概述	计　算
Ⅰ. 限制条件	
对生数据（dichotomous data）的随机样本	
Ⅱ. 必要信息	Ⅱ.
A. 生产方质量水平，p_1	A. $p_1 = 0.01$
B. 生产方风险，α	B. $\alpha = 0.05$
C. 使用方质量水平，p_2	C. $p_2 = 0.05$
D. 使用方风险，β	D. $\beta = 0.10$
Ⅲ. 方案的选择（利用表 46—6）	Ⅲ.
A. 计算操作比，$R = p_2/p_1$，	A. $R = 0.05/0.01 = 5$
B. 从表 46—6 中选择一次抽样方案（S），其中 R 值≤所计算的值	B. 由于表中 R 值为 4.891，选择 3S 方案
C. 给定接收和拒收数	C. Ac = 3 Re = 4
D. 根据给出的方案对应的 np_2 值，确定样本量 $n = np_2/p_2$；四舍五入	D. $n = 6.681/0.05 = 134$
Ⅳ. 要素	Ⅳ.
A. 样本量：见上述Ⅲ	A. $n = 134$
B. 统计量：d = 样本中的不合格品数	B. $d = 4$

续前表

方案概述	计　算
C. 决策准则： 1. 若 $d \leqslant c$，接收 2. 若 $d > c$，拒收	C. $4 > 3$，拒收
V. 处置 按照判断准则进行批的处置	V. 拒收
VI. 指标（利用表 46—6）	VI.
A. 接收概率（OC 曲线） 1. 表的横行顶端列出的每一个接收概率 P_a 值，对应着方案的 np 值 2. 用样本量 n 去除 np 值，得到 p 3. 根据 p 与 P_a 的对应值，画 OC 曲线	A. 1. $P_a = 0.50$ 对应着 $np = 3.672$ 2. $p = \frac{3.672}{134} = 0.027$ 3. $p = 0.027$ $P_a = 0.50$
B. 平均样本数（ASN 曲线） 1. 根据上述的方式由 P_a 值计算 p 2. 在计算 p 所用的 np 值下列出了 ASN/n_1 的值 3. 用 n 去乘 ASN/n_1 得到对应于 p 的 ASN 4. 根据 p 与 P_a 的对应值，画 ASN 曲线	B. 1. $P_a = 0.50$，$p = 0.027$ 2. $ASN/n_1 = 1$ 3. (1) (134) = 134 4. $p = 0.027$ ASN = 134
C. 平均检出质量 1. 利用公式 $AOQ \approx pP_a$	C. 1. 当 $p = 0.027$， $AOQ = 0.027\ (0.50)$ $= 0.014$
D. 平均检出质量限界 $AOQL \approx \frac{0.4}{n}\ (1.25c + 1)$，对于 $c \leqslant 5$	D. $AOQL \approx \frac{0.4}{134}\ [1.25\ (3)\ + 1]$ ≈ 0.019
E. 平均检验总数 $ATI = nP_a + N\ (1 \quad P_a)$	E. 当 $p = 0.027$ ATI = 134 (0.5) + 500 (0.5) = 317

二次抽样　在计数二次抽样中，先抽取一个初始样本，如果其中的不合格品数目相当小或相当大，便据此作出接收或拒收该批的决策。如果由第一样本的结果不足以作出判断，就抽取第二样本。计数二次抽样方案的实施步骤如图 46—9 所示。表 46—8 中归纳了计数二次抽样方案的特性。

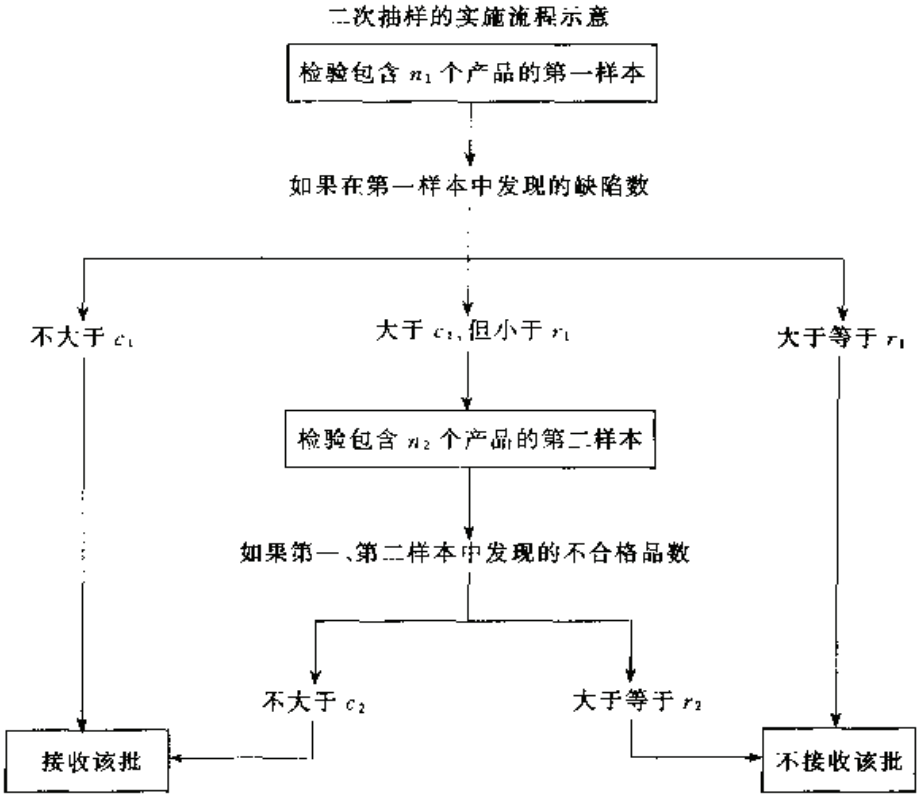


图 46—9　二次抽样的示意图

对于未接收批，检验其余产品，更换或修复缺陷品。

表 46—8　　计数二次抽样

示例：确定一个二次抽样方案，要求其 AQL = $100p_1 = 1.0\%$，生产方风险 $\alpha = 0.05$；LTPD = $100p_2 = 5.0\%$，使用方风险 $\beta = 0.10$。假设样本取自 $N = 500$ 的批，样本中发现有 4 个不合格品。

方案概述	计　算
Ⅰ. 限制条件	
对生数据（dichotomous data）的随机样本	
Ⅱ. 必要信息	Ⅱ.
A. 生产方质量水平，p_1	A. $p_1 = 0.01$
B. 生产方风险，α	B. $\alpha = 0.05$
C. 使用方质量水平，p_2	C. $p_2 = 0.05$
D. 使用方风险，β	D. $\beta = 0.10$
Ⅲ. 方案的选择（利用表 46—6）	Ⅲ.
A. 计算操作比，$R = p_2/p_1$	A. $R = 0.05/0.01 = 5$
B. 从表 46—6 选择二次抽样方案（D），其 R 值≤所计算的值	B. 由于表中 R 值为 4.398，选择 3D 方案
C. 给定接收数(a)和拒收数(r)作为 Ac 和 Re	C. 第一样本：$a_1 = 1$，$r_1 = 4$ 第二样本：$a_2 = 4$，$r_2 = 5$
D. 从方案对应的 np_2 值确定第一样本量 $n = np_2/p_2$。这是二次抽样每个样本的样本量	D. $n = 4.398/0.05 = 88$

续前表

方案概述	计　算
Ⅳ. 要素	Ⅳ.
A. 样本量：见Ⅲ	A. $n_1=88$，$n_2=88$
B. 统计量：d_1=第一样本中的不合格品数 d_2=第二样本中的不合格品数	B. $d_1=4$
C. 决策准则：	C.
1. 若 $d_1\leqslant a_1$，则第一样本接收	1. 4不小于1
2. 若 $d_1\geqslant r_1$，则第一样本拒收	2. 4≥4，拒收
3. 若 $a_1<d_1<r_1$，则抽取第二样本	
4. 若 $d_1+d_2\leqslant a_2$，则在第二样本接收	
5. 若 $d_1+d_2\geqslant r_2$，则在第二样本拒收	
Ⅴ. 处置	Ⅴ.
按照决策准则进行批的处置	拒收
Ⅵ. 指标（利用表46—6）	Ⅵ.
A. 接收概率（OC曲线）	A.
1. 表的横行顶端列出的每一接收概率 P_a 值，对应着方案的 np 值	1. $P_a=0.50$ 对应着 $np=2.465$
2. 用样本量 n 去除 np 值，得到 p	2. $P=2.465/88=0.028$
3. 根据 p 与 P_a 的对应值，画出OC曲线	3. $p=0.028$ $P_a=0.50$
B. 平均样本数（ASN曲线）	B.
1. 如上由 P_a 值计算 p	1. $P_a=0.50$，$p=0.028$
2. 在计算 p 所用的 np 值下列有 ASN/n_1 值	2. ASN/$n_1=1.470$
3. 用 n_1 去乘 ASN/n_1 得到对应于 p 的ASN	3. (1.470)(88)=129.4
4. 根据 p 与 P_a 的对应值，画ASN曲线	4. $p=0.028$，ASN=129.4
C. 平均检出质量	C.
1. 利用公式 $AOQ\approx pP_a$	1. 当 $p=0.028$ 时， $AOQ=0.028\ (0.50)$ $=0.014$
D. 平均检出质量上限 AOQL=AOQ曲线的最大值	D. 当 $p=0.022$，AOQL=0.015 1
E. 平均检验总数 $ATI=n_1+n_1\ (1-Pa1)\ +\ (N-n_1-n_2)\ (1-P_a)$，其中，$P_{a1}$为在第一样本接收的概率	E. P_{a1}=88个产品中缺陷品不超过1个的概率 $P_{a1}=0.29$ $ATI=88+88\ (0.71)\ +324\ (0.50)$ $=312.5$

多次抽样　在计数多次抽样中，为了决定接收或拒收某个批，要进行两次以上的抽样。多次抽样方案的主要优点是在相同的保护程度下可以减少样本量。计数多次抽样方案的实施步骤如图46—10所示。表46—9中归纳了多次抽样方案的特性。

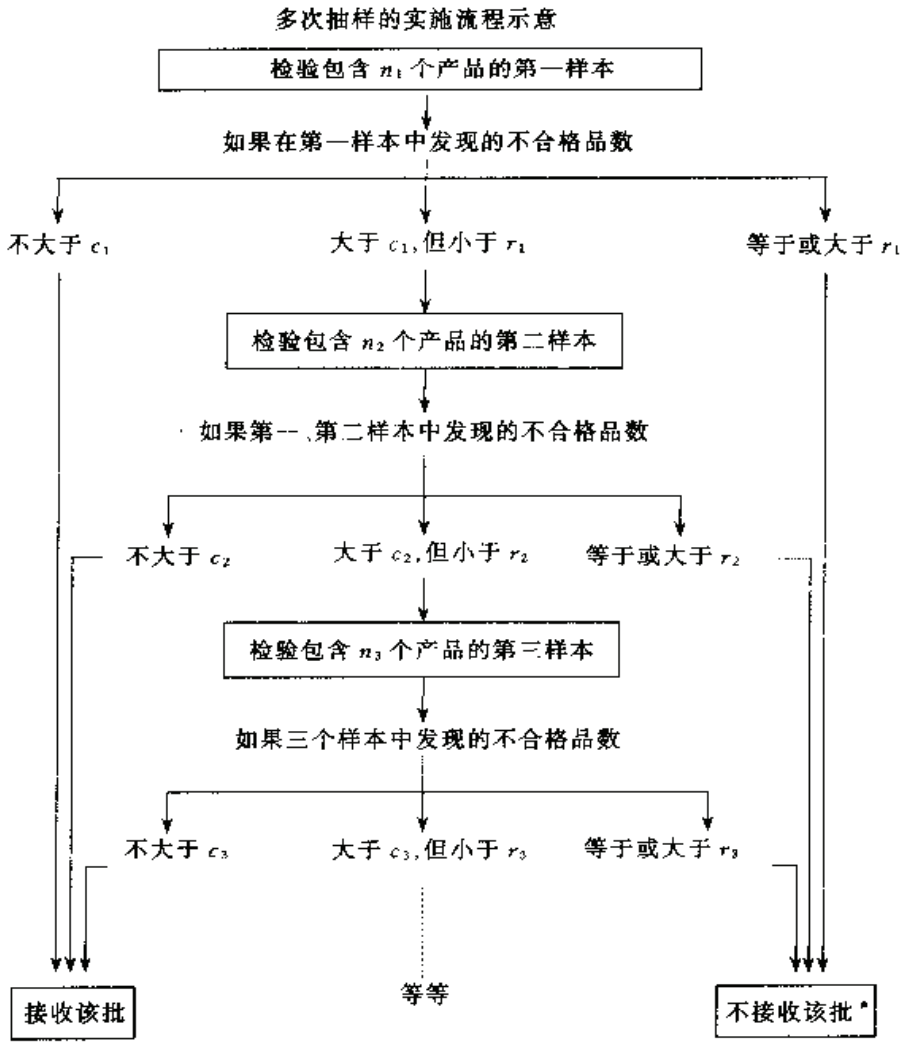


图 46—10　多次抽样示意图

* 号表示某些方案要一直“进行到底”，即必要时要持续取样直至该批得到了充分的检验为止，除非该方案已“得出结论”。还有些方案称做“截尾”的方案，规定检验了一定数量的样本之后必须硬性作出决定。

表 46—9　　计数多次抽样

示例：确定一个二次抽样方案，要求其 AQL = 100　$p_1 = 1.0\%$，生产方风险 $\alpha = 0.05$；LTPD = 100　$p_2 = 5.0\%$，使用方风险 $\beta = 0.10$。假设样本取自 $N = 500$ 的批，样本中发现有 4 个不合格品。

方案概述	计　算
Ⅰ. 限制条件	
对生（dichotomous）总体的随机样本	
Ⅱ. 必要信息	Ⅱ.
A. 生产方质量水平，p_1	A. $p_1 = 0.01$
B. 生产方风险，α	B. $\alpha = 0.05$
C. 使用方质量水平，p_2	C. $p_2 = 0.05$
D. 使用方风险，β	D. $\beta = 0.10$

续前表

方案概述	计　算
Ⅲ. 方案的选择（利用表 46—6） A. 计算操作比，$R=p_2/p_1$ B. 从表 46—6 选择 R 值≤计算值的多次抽样方案（M） C. 给定接收数（a）和拒收数（r）作为 Ac 和 Re；注意“#”表示不能在这个样本上作出接收判断 D. 根据方案对应的 np_2 值，确定第一样本量 $n=np_2/p_{2c}$ 这是多次抽样每个样本的样本量	Ⅲ. A. $R=0.05/0.01=5$ B. 由于表中 R 值为 4.672，选择 3M 方案 C. Ac=#，0，1，2，3，4，6 Re=3，3，4，5，6，6，7 D. $n=1.625/0.05=33$
Ⅳ. 要素 A. 样本量：见Ⅲ B. 统计量：$\sum_{i=1}^{k}=d_i=$ 累计到第 k 个样本时的不合格品总数 C. 决策准则： 1. 若 $\sum_{i=1}^{k}=d_i\leqslant a_k$，在第 k 个样本接收 2. 若 $\sum_{i=1}^{k}=d_i\geqslant r_k$，在第 k 个样本拒收 3. 若 $a_k<\sum_{i=1}^{k}d_i<r_k$，继续抽样	Ⅳ. A. $n=33$ B. $\sum_{i=1}^{1}=d_i=4$ C. 1. # 表明不能接收 2. $4\geqslant 3$，在第一样本拒收
Ⅴ. 处置 按照决策准则进行批的处置	Ⅴ. 拒收
Ⅵ. 指标（利用表 46—6） A. 接收概率（OC 曲线） 1. 表的横行顶端列出的每一接收概率 P_a 值，对应着方案的 np 值 2. 用样本量 n 去除 np 值，得到 p 3. 根据 p 与 P_a 的对应值，画出 OC 曲线	Ⅵ. A. 1. $P_a=0.50$ 对应着 $np=0.910$ 2. $p=0.910/33=0.028$ 3. $p=0.028$ $P_a=0.50$
B. 平均样本量（ASN）曲线 1. 根据上述 P_a 值计算 p 2. 在计算 p 所用的 np 值下列有 ASN/n_1 值 3. 用 n_1 去乘 ASN/n_1 得到对应于 p 的 ASN 4. 根据 p 与 P_a 的对应值，画出 ASN 曲线	B. 1. $P_a=0.50$，$p=0.028$ 2. ASN/$n_1=3.288$ 3. ASN=（3.288）（33）=108.5 4. $p=0.028$ ASN=108.5
C. 平均检出质量 1. 利用公式 AOQ≈pP_a	C. 1. 当 $p=0.028$ 时， AOQ≈0.028（0.50） =0.014
D. 平均检出质量上限 AOQL=AOQ 曲线的最大值	D. 当 $p=0.022$，AOQL=0.014 8
E. 平均检验总数（近似） ATI≈ASN（P_a）+N（1−P_a）	E. ATI≈108.5（0.5）+500（0.5）≈304

序贯抽样　在计数序贯抽样中，每个单位产品都被看做是样本量为 1 的一个

样本，在对每个单位产品检验后要作出接收、拒收或继续抽样的判断。序贯抽样方案的主要优点在于，在同样的保护程度下它有可能使样本量最小。计数序贯抽样方案的实施步骤见图 46—11。表 46—10 概括了序贯抽样方案的特性。国际标准 ISO 8422（1991）给出了在给定的生产方风险和使用方风险下的计数序贯抽样方案用表。

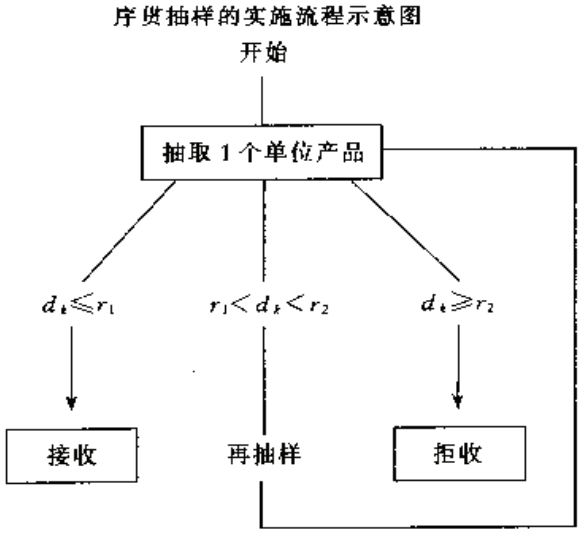


图 46—11　序贯抽样示意图

资料来源：Schilling，1982，p.156.

表 46—10　　计数序贯抽样

示例：确定一个序贯抽样方案，要求 AQL = $100p_1 = 1.0\%$，生产方风险 $\alpha = 0.05$；LTPD = $100p_2 = 5.0\%$，使用方风险 $\beta = 0.10$。假设取自 $N = 500$ 的批中的所有样本都是缺陷品。

方案概述	计　算
Ⅰ. 限制条件 对生数据（dichotomous data）的随机样本	
Ⅱ. 必要信息 A. 生产方质量水平，p_1 B. 生产方风险，α C. 使用方质量水平，p_2 D. 使用方风险，β	Ⅱ. A. $p_1 = 0.01$ B. $\alpha = 0.05$ C. $p_2 = 0.05$ D. $\beta = 0.10$
Ⅲ. 方案的选择 A. 参数 1. $h_1 = \log[(1-\alpha)\beta] / \{\log(p_2/p_1) + \log[(1-p_1)/(1-p_2)]\}$ 2. $h_2 = \log[(1-\beta)\alpha] / \{\log(p_2/p_1) + \log[(1-p_1)/(1-p_2)]\}$ 3. $s = \log[(1-p_1)] / (1-p_2) \{\log(p_2/p_1) + \log\{(1-p_1)/(1-p_2)]\}$	Ⅲ. A. 1. $h_1 = 1.363\,9$ 2. $h_2 = 1.751\,0$ 3. $s = 0.024\,99$
B. 接收准则 1. 接收线：$y_1 = sk - h_1$	B. 1. $y_1 = 0.024\,99k - 1.363\,9$

续前表

方案概述	计　算
2. 拒收线：$y_2 = sk + h_2$	2. $y_2 = 0.024\ 99k + 1.751\ 0$
3. k = 所取的样本数	3. 取 $k = 2$
Ⅳ. 要素	Ⅳ.
A. 样本量：不用定义，因为每次只抽一个	A.
B. 统计量：d_k = 到第 k 个样本时累计的缺陷品数	B. 当 $k = 2$ $d_k = 2$
C. 决策准则：	C.
1. 若 $d_k \leqslant y_1 = sk - h_1$，接收	1. 2 不小于等于 −1.31，不能接收
2. 若 $d_k \geqslant y_2 = sk + h_2$，拒收	2. 2≥1.8，拒收
3. 若 $y_1 < d_k < y_2$，继续抽样	3. 不继续抽样
Ⅴ. 处置	Ⅴ.
按照决策准则进行批的处置	拒收
Ⅵ. 指标（利用表 46—6）	Ⅵ.
A. 接收概率（OC 曲线）	A.
1. 取 h 的任意值	1. $h = 1$
2. 那么	2. $p = 0.01$ $P_a = 0.95$
$p = \dfrac{1 - [(1-p_2)/(1-p_1)]^h}{(p_2/p_1)^h - [(1-p_2)/(1-p_1)]^h}$	
$P_a = \dfrac{[(1-\beta)/\alpha]^h - 1}{[(1-\beta)/\alpha]^h - [\beta/(1-\alpha)^h]}$	
B. 平均样本数（ASN 曲线）	B.
1. 计算 p 和 P_a 值如上	1. $p = 0.01$，$P_a = 0.95$
2. 那么	2. ASN = 81
$\mathrm{ASN} = \dfrac{\left\{\begin{array}{l} P_a \log\{(\beta/(1-\alpha)] + \\ (1-P_a)\log[(1-\beta)/\alpha] \end{array}\right\}}{\left\{\begin{array}{l} p\log(p_2/p_1) + (1-p) \\ \log[(1-p_2)/(1-p_1)] \end{array}\right\}}$	
C. 平均检出质量（AOQ 曲线）	C.
1. 利用近似公式	1. 当 $p = 0.01$，
$\mathrm{AOQ} \approx pP_a$	$\mathrm{AOQ} \approx 0.01\ (0.95)$ $= 0.009\ 5$
D. 平均检出质量限界	D.
AOQL = AOQ 曲线的最大值	当 $p = 0.021$，AOQL = 0.014 5
E. 平均检验总数（近似）	E. 当 $p = 0.01$，
$\mathrm{ATI} \approx \mathrm{ASN}\ (P_a) + N\ (1 - P_a)$	$\mathrm{ATI} \approx 81\ (0.95) + 500\ (0.05) \approx 102$

矫正型抽样计划　矫正型抽样计划（rectification schemes）用于当希望确保一系列批次的平均检出质量水平不超过规定水平的场合。这种方案采用 100% 检验（筛选），检出的不合格品全部用合格品来替换。

矫正型抽样计划有两种基本的类型，即 LTPD 抽样计划和 AOQL 抽样计划。LTPD 方案保证每批的使用方质量水平保护，而 AOQL 抽样计划保证每批的 AOQL 保护。在预期的过程平均不合格率下两类方案均使 ATI 达到了最小。[详细的讨论可参见 Dodge and Romig（1959）。]

连续抽样　某些生产过程的产品交付是以连续的流而非一批一批的方式来进行的。人们根据 AOQL 的概念针对这种连续性的生产制定了专门的方案。这些方案一般是从 100％检验开始，若连续一定数目的产品未发现缺陷，便可进行抽样检验。如果抽样检验中出现规定数目的不合格品，则改为 100％检验；若连续若干数目均为合格品，则再次转为抽样检验。连续抽样方案是由哈罗德·F·道奇（Harold F.Dodge）提出的，后由道奇和托里（Dodge and Torrey，1951）对之进行了修正。道奇（Dodge，1970）详细描述了连续抽样方案的演变历程。MIL-STD-1235B（1981）给出了连续抽样方案的用表。

下面列出了应用单水平连续抽样方案的前提条件：

1．检验的必须是“流动的产品”，即流经检验站的产品，例如在传送带上。

2．必须能够进行快速的 100％检验。

3．检验必须是比较容易进行的。

4．产品必须是均质的。

CSP-1 方案　CSP-1 方案在开始时采用 100％检验。如果连续 i 个单位都可接收，并且确信过程正在生产均质的产品，则停止 100％检验，转而以比率 f 来实施抽样检验。检验中一旦发现了缺陷品，则抽样检验即告中止。然后重新进行 100％检验，如此往复。道奇（Dodge，1943）提出了依据要求的 AOQL 值选择 CSP-1 方案所用的图。［又见 Schilling（1982）。］

例如，我们来考察一下 $i=35$，$f=1/10$ 这一方案。首先采用 100％检验，直到连续 35 件均未出现不合格品为止。然后按照 1/10 的比率进行抽样检验。一旦出现一个不合格品，则重新回到 100％检验，若有连续 35 件未出现不合格品，则再转为抽样检验。

CSP-2 方案　在 CSP-2 方案中，即使出现了一个不合格品，抽样检验也仍可继续。同样，CSP-2 方案在开始时也是采用 100％检验，直到连续 i 个单位产品中未发现不合格品为止。在抽样检验时，若出现一个不合格品，仍继续进行抽样检验，只有当后面检验的 i 个或更少的单位中发现第二个不合格品，才重新进行 100％检验。［有关这类方案的选用细节可参阅 Dodge and Torrey（1951）或 Schilling（1982）。］

停止规则　默菲（Murphy，1959）研究了四种不同的 CSP-1 方案的“停止规则”并得出了如下结论，即在 100％检验的任何连续序列中，一旦找出规定数目的不合格品就即刻停止，这是一个有效的规则。

多水平连续抽样　利伯曼和所罗门（Lieberman and Solomon，1955）等提出的连续抽样方案，在质量水平优于规定的 AOQL 时，其抽样率远较其他的连续方案为低。再者，由于提供了多个检验“水平”，因而避免了检验量的突然改变。图46—12概述了应用该方案的程序。该程序规定每当连续 i 个单位未出现不合格品就可降低抽样率。在 100％检验后的第一次抽检的抽样率为 f，则以后每次的

抽样率便是 f 的更高次幂。抽样水平的数目为 k。这样，如果 $f=1/2$，$k=3$，则抽样率依次便为 1/2，1/4 和 1/8。

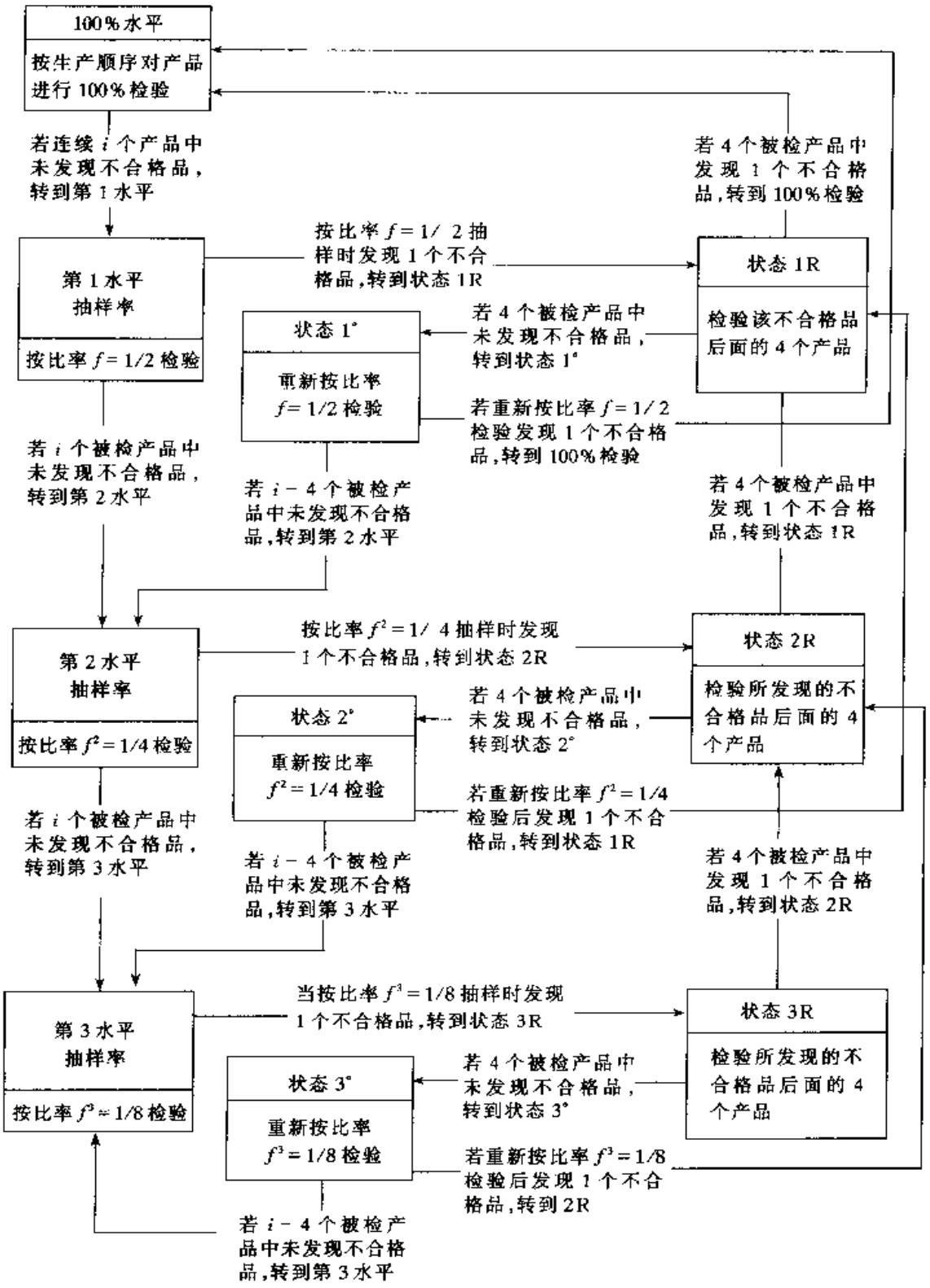


图 46—12　多水平连续抽样程序

要注意的是，到此为止我们所讨论的连续性方案都是基于 AOQL 概念之上的，即要求有 100% 检验的期间，在此期间只接收合格的产品。这一措施将所接收产品的平均不合格品率控制在了某个预定的水平上。在所有这些场合都必须是非破坏性的检验，才能应用 AOQL 原理。

斯蒂芬（Stephens，1979）提供了有关连续抽样方案的其他细节。康诺利（Connolly，1991）给出了一种连续抽样的序贯方法。

跳批抽样计划　跳批抽样（skip-lot）计划应用于强烈希望减少总的检验数量的场合。其做法是要求首先满足某些最初的标准，例如连续 10 个左右的批被接收，然后再确定所需检验的批的比率。在这一比率确定后，再采用某种随机选择程序来挑选出需要检验的批。跳批抽样计划所依据的假设条件与链型抽样抽样计划（见下面）极其相似。所有跳批抽样计划的 OC 曲线可以推导出来，AOQL 的概念当然也是适用的。跳批抽样计划的成效完全依赖于生产的稳定性、过程质量的一致性以及对生产方和检验人员的信任。跳批抽样计划最初是由道奇（Dodge，1955a）所提出的，它实质上是参数为 i 和 f 的连续抽样方案的推广。道奇最初所设计的方案称为 SkSP-1。在这种方案中，从每批中抽取容量 $n=1$ 的一个样本来决定接受与否。抽到不合格品的批则要 100% 检验或用优质批来替换。AOQL 根据到达使用方的不合格批的长期平均比例得出，这称做 AOQL-2。之后，道奇和佩里（Dodge and Perry，1971）引入了一个“参考”抽样方案以确定是否接收或拒收某个批。这种跳批抽样计划称为 SkSP-2，它要求对拒收批进行 100% 检验。其 AOQL 值根据到达使用方的产品单位的长期平均比例而定。这被称做 AOQL-1。

跳批抽样的应用应限于产品是由相当稳定而连续的过程所连续供应的场合。

（连续抽样的）SkSP-2 方案的参数是：

i = 在起始或在检出不合格批之后，符合跳批抽样条件的连续批数

f = 满足初始标准之后需要检验的批的比率

n = 每一受检批的样本量

c = 每一受检批的接收数

例如，如果 $i=15$，$f=1/3$，$n=10$，$c=0$，则该方案就是每一提交批检验 10 个单位产品，直至连续 15 批都合格，即样本中没有不合格品。然后，随机选择提交批的 1/3，仍按相同的 n 和 c 进行检验。只要所有批都合格，就保持使用该 f 比率。一旦有一个批不合格，其后所有批都需检验，直到再有连续 15 个批合格，然后再采用跳批检验。

f 和 i 可以有许多取值。对于 SkSP-1，这些值可以从 CSP-1 方案的基本曲线中获得，详见道奇（Dodge，1955a）。在应用 SkSP-2 时，选择具有指定操作比的方案的索引值可从道奇和佩里（Dodge and Perry，1971）的论述中查得。[也可见 Schilling（1982）。]

另一需要考虑的问题是，跳批程序是只应用于产品的一个质量特性，还是同时应用于所有质量特性，或者只应用于某些质量特性。如果只应用于一个产品质量特性，也许是一个非常费时费力的特性时，跳批方案的作用是显而易见的。如果应用于若干个特性，则最好是对每个批的这些特性按照 f 比率来加以检验。例如，若有 6 个特性是跳批抽样的备检项目，而 $f=1/3$，则某个批检验其中的两个特性，另一个批检验另两个特性，而在第三个批上检验剩下的两个特性，仍然是采用某种随机的方式，以使所有的批都受到某种检验。当然，如果抽样方案中花费最多的部分便是构造产品批、从中抽样并进行记录，那么检验的也许就应该是同一样本产品的所有特性。这一想法可扩展到所有检验特性都是基于跳批抽样的场合。但若是检验非常复杂时，这便是很难实现的。

佩里（Perry，1973）在许多方面发展了跳批抽样计划，包括结合使用多水平方案在内（Perry，1973a）。斯蒂芬（Stephens，1982）对于跳批抽样计划进行了详细的讨论。

链式抽样 链式抽样应用的是一系列批的信息。最早的方案是由道奇（Dodge，1955）提出的称为 ChSP-1 的方案，它是 n 较小、$c=0$ 的计数一次抽样。其显著特点在于，受检的当前批的样本中即使检出了一个不合格品，只要紧前的 i 个批的样本中未发现不合格品，则也可接收该批，这 i 个批被称为一个链。道奇和斯蒂芬（Dodge and Stephens，1965，1966）利用若干样本的累积检验结果推导出了一些两阶段链式抽样方案，这些方案是 ChSP-1 的推广和扩展。反过来说，ChSP-1 则是这些新方案的一个子集，这里仍按照初始的方案进行讨论。

在讨论方案的细节之前，先来介绍链式抽样的一般特性。与一次抽样方案相比，链式抽样方案的 OC 曲线在缺陷率较低时“弓起”，而较高的缺陷率所对应的曲线端尾则没什么变化。链式抽样方案的效能在很大程度上取决于方案所依据的假设条件，即

1. 生产作为一个连续的过程是稳定的。
2. 批的提交是按照生产顺序进行的。
3. 计数抽样是在缺陷品率 p 服从二项分布的情况下进行的。
4. 每个批中所抽取的样本量是固定的。
5. 相信供应方的批的质量水平是相同的。

链式抽样方案特别适用于检验费用很大而样本量相对较小的情况，但对于大样本的情况也是适合的。该方案与二次方案相比，优点在于其样本量是固定的，缺点在于对中等程度的质量变化不大容易检测出来。然而，对于较大的质量变化而言，与具有相同 AQL 的一次方案比较，链式抽样方案使用小得多的样本就可以检测出来。

初始的 ChSP-1 方案是对一个批抽取容量为 n 的一个样本进行检验，若 n 件样品中未发现缺陷品，或者样本中有一个缺陷品而紧前的 i 个批的样本中并未发现缺陷品，则接收该批。如图 46—13 所示。

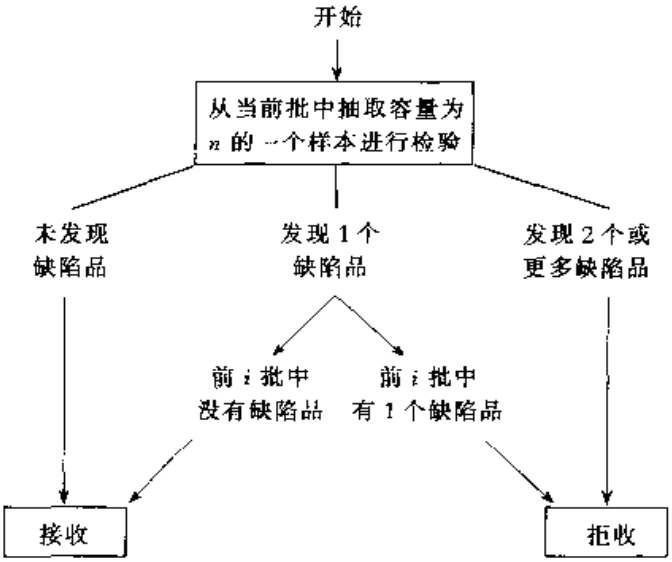


图 46—13　ChSP-1 链式抽样方案示意图

资料来源：Schilling, 1982, p.452.

道奇（Dodge，1955）给出了 ChSP-1 方案的 OC 曲线公式，两阶段方案的公式可由道奇和斯蒂芬（Dodge and Stephens，1965，1966）的著作查得，拉朱（Raju，1991）提出了三阶段的链式方案。所有这些都是以 B 型抽样的情形为基础的。桑德拉吉安（Soundararajan，1978）给出了用于选择满足各种准则的链式抽样方案的数值表。斯蒂芬（Stephens，1982）给出了有关链式方案的更加详细的说明。戈文德拉（Govindaraju，1990）给出了在给定可接收质量水平和极限质量水平下确定ChSP-1方案的用表。

累积和抽样方案　比蒂（Beattie，1962）设计出一种方案，使得连续检验方法能够用于破坏性检验的场合。对于连续生产的产品的接收或拒收是依据所观察到的累计缺陷品数。此外，该方案还能够区别两种质量水平，即可接收质量水平（AQL）和可拒收质量水平（RQL）。

在连续方案与累积和方案提出之前，在破坏性检验的场合往往会发生下述的情形。由于生产是连续性的，通常并没有技术上合理的确定批的方法。一种常用的做法是将产品累积起来形成一个批，但这种做法使得对产品作出判定的时间拖得太长，而且少数几次短时的生产不正常会导致大量的合格产品被拒收。为克服这种弊端采用了许多种方法，但这些方法都有某些逻辑上的或实践上的不足。

比蒂（Beattie，1962）提出的方法是建立两个区域，即接收域和拒收域，根据所观察到的累积缺陷品数来决定接收或拒收产品。图 46—14 说明了这一方案。在实施这一方案时，在生产中以固定的间隔选取容量为 n 的样本。对这些样品进行检验，记录下第 i 个样本的缺陷品数 d_i。然后计算下面的和式：

$$S_m = \sum_{i=1}^{m} (d_i - k)$$

其中，k 是该方案的参数。S_m 的计算和描图是按照以下规则来进行的：

1. 从 0 开始累计 S_m。

2. 只要 $S_m < h$ 就接收产品，其中，h 是方案的第二参数。当 $S_m < 0$ 时，将累计回到 0。

3. 如果 h 被从下往上超过或达到，则拒收产品并从 $h + h'$ 重新开始累计（h' 是该方案的第三参数）。

4. 只要 $S_m \geqslant h$，就继续拒收产品。当 $S_m \geqslant h + h'$ 时，则将算式重新回到 $h + h'$ 处并继续拒收产品，直到 $S_m < h$ 为止。

5. 如果 h 被从上往下跨过或达到，则接收产品并从 0 重新开始累计。

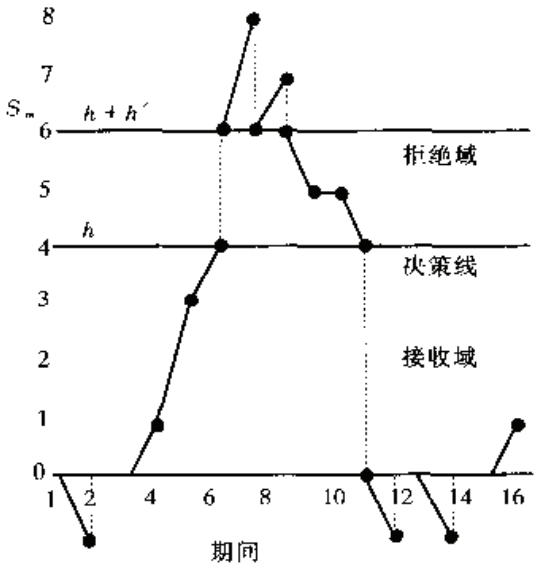


图 46—14 累积和抽样方案的图形

方案的鉴别能力是通过选择 k，h 和 h' 及其组合来控制的。简言之，k 类似于接收数，h 则规定了在一个较长的期间内对于接收产品而言可以容忍的偏离。h' 这个量实际上是为了保证过程已经得到纠正所需要的证据的多少。

与 B 型的接收情形类似，这种类型的方案所提供的保护程度可从其 OC 曲线上体现出来。其 OC 曲线是由接收域中的平均链长（average run length，ARL）与接收和拒收域中的 ARL 之和的比值来确定的。

公开发布的抽样表和程序 公开发布的抽样方案主要涉及三类质量指标，即 AQL，LTPD 和 AOQL。

AQL 方案 按 AQL 检索的抽样计划旨在对于类型 B 的情形（即从过程中抽样），当过程缺陷率小于或等于 AQL 时，给予批的接收以较高的保证。这类方案着重保护生产方或使生产方风险很小。对方案的另一端，即使用方的风险，是通过转移规则来加以考虑的。如果希望应用 AQL 值检索的抽样计划来同时控制生产方风险和使用方风险，最好的做法是通过仔细研究此类计划的 OC 曲线来挑选一个能对两种风险都提供充分保护的方案。［详见 Schilling and Sheesley（1978）

以及 Schilling and Johnson（1980）。」

MIL-STD-105 是最广为人知的 AQL 检索抽样计划。标准中所列出的 AQL 值形成了一个序列，这在标准中是十分明显的。所选定的序列，虽然是任意的，但确实为所用方案提供了一个灵敏的分组和索引。表 46—11 概括了 AQL 抽样接收程序的应用步骤。

表 46—11　　逐批抽样程序概述

设定标准（由分管检验的高层经理）
确定产品单位
对质量特性按重要性分级
对每一类确定一个可接收质量水平
确定产品的检验水平
确立程序（由检验主管）
安排检验批的构成
确定采用何种类型的抽样（一次、二次、多次）
从抽样表中选择抽样方案
实施程序（由现场检验员）
从每一检验批中抽取样本
检验每一样本中的单位产品
确定接收或拒收该批（如果是接收抽样）或确定是否要求对过程采取措施（如果是控制抽样）
评审检验结果（由检验主管）
保持有关批的接收和相继批的累计缺陷品数的记录
确定是加严还是放宽对于未来批的检验
反馈
确保检验结果反馈给所有有关方面，尤其是生产方，以促使采取质量改进措施

LTPD 方案　按 LTPD 或其他的极限质量（LQ）值检索的抽样计划针对的是 A 类型的情形，实际上是按 AQL 检索的抽样方案的映射。这就是说，方案的选择要使得使用方接收到质量等于或低于 LQ 的提交批的风险等于或小于某个规定的值。特别地，LTPD 方案规定了对于 LTPD 质量的批的接收概率为 10%。道奇-罗米格（Dodge-Romig）抽样计划是最著名的按 LTPD 检索的抽样方案。MIL-STD-105 的引申标准也提供了一些 LQ 方案。席林（Schilling，1978）给出了一套 $c=0$ 的 A 类型批敏感的方案，它是利用一张简单的表根据批量和 LTPD 值来直接选择的。戈文德拉（Govindaraju，1990）给出了简化情况下的这些方案的特性。

AOQL 方案　按 AOQL 检索的抽样计划旨在保证在对拒收批筛选的情况下长期平均接收质量不低于所定的 AOQL 值。道奇-罗米格（Dodge and Romig，1959）方案提供了最有用的按 AOQL 检索的抽样方案表。

AQL 计数值抽样系统　大多数 AQL 计数值抽样系统都是从美国国防部颁布的 105 系列接收抽样程序发展而来的。这一系列由 1950 年颁布的 MIL-STD-105A 开始，由 1989 年 5 月 10 日颁布的 MIL-STD-105E 终止。该系列已于 1995 年 2 月 27 日废止。从 105 系列派生出的标准中最著名的是美国商用标准 ANSI/

ASQC Z1.4（1993）和国际标准 ISO 2859-1（1989）。MIL-STD-105E 被废止后，美国军方采用了 ANSI/ASQC Z1.4（1993）来供其未来采购之用。

ISO 2859-1（1989）是 ISO 2859 系列国际标准的组成部分之一，这个系列包括了 ISO 2859-1 AQL 系统所用的各种标准。ISO 2859-0（1995）提供了关于接收抽样的一个导论，也是 ISO 2859-1 的使用指南，后者在该系列中是核心的 AQL 抽样系统。ISO 2859-2（1985）提供了孤立批的极限质量（LQ）抽样方案，供单独使用或用于不能满足 AQL 方案假设条件的场合。ISO 2859-3（1991）给出了一个跳批抽样程序，可作为 ISO 2859-1 放宽抽样的一个替代。相关的美国国家标准有 ANSI/ASQC S2（1995），它是 ANSI/ ASQC Z1.4（1993）的 AQL 抽样计划的说明。此外还有关于 LQ 的 ANSI/ASQC Q3（1988）和用于跳批检验的 ANSI/ASQC S1（1996）。国际标准 ISO 8422（1991）也提供了可与ISO 2859-1 一道使用的计数序贯方案。

在 ANSI/ASQC Z1.4（1993）以及与其相对应的国际标准 ISO 2859-1（1989）中所使用的质量指标是可接收质量水平（AQL）：

- 有 26 个 AQL 值可供选择，其范围从 0.010～1 000.0。（小于等于 10 的 AQL 值可理解为缺陷品率或百单位缺陷数。大于 10 的 AQL 值只表示百单位缺陷数。）
- 在质量为 AQL 时接收概率为 89%～99.5%之间。
- 不合格品根据严重程度分成 A，B，C 三类。
- 采购方可决定对每一类缺陷规定不同的 AQL，或针对产品的每一种缺陷规定一个 AQL。

使用方也可规定相应的检验量或所用的检验水平。通常的应用有三个检验水平，各水平所要求的检验量大致为 1∶2.5∶4。一般应用检验水平Ⅱ，除非因产品的简易性和成本、检验费用、检验的破坏性、质量、批间一致性或其他的因素而需要应用另一检验水平。如果小样本是所期望的或是检验的某些方面所必需的，标准还提供了“小样本检验”的特殊程序。在这些特殊程序中给出了另外四种检验水平（S1～S4）。

从抽样表中选择方案的程序概述如下。

1. 首先必须获知下列信息：

（1）可接收质量水平。

（2）批量。

（3）抽样类型（一次、二次或多次）。

（4）检验水平（通常采用水平Ⅱ）。

2. 根据批量和检验水平，由表 46—12 可查得样本量字码。

3. 根据字码、AQL 和抽样类型，从 9 张主表之一中读出抽样方案（表 46—13是一次抽样的正常检验，标准也提供了二次和多次抽样的用表）。

例如，某采购商对于某质量特性要求 1% 的 AQL。假定产品以每批1 500件购入。从样本量字码表（表 46—12）中，查到与常用的检验水平Ⅱ所对应的是字码 K。于是，从表 46—13 中的 K 行可查得初始正常检验所用的方案，样本量 n 为 125，对应于 AQL = 1%，接收数为 3，拒收数为 4。这意味着，对于 $N = 1\ 500$的批，如果在 $n = 125$ 的样本中发现 3 件或 3 件以下的缺陷品，则可接收该批；但如果有 4 件或 4 件以上的缺陷品，则一定拒收该批。若 AQL 是用“百单位不合格品数”来表述的话，则上述的缺陷品便可用“不合格品”来代替。标准中提供了加严检验和放宽检验的用表。

表 46—12　　**样本量字码表***

批　量	一般检验水平		
	Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ
2～8	A	A	B
9～15	A	B	C
16～25	B	C	D
26～50	C	D	E
51～90	C	E	F
91～150	D	F	G
151～280	E	G	H
281～500	F	H	J
501～1 200	G	J	K
1 201～3 200	H	K	L
3 201～10 000	J	L	M
10 001～35 000	K	M	N
35 001～150 000	L	N	P
150 001～500 000	M	P	Q
≥500 001	N	Q	R

* 表中的样本量字码对应于所采用的检验水平。标准中还包括适用于小样本检验的一个附加的样本量字码表。

检验的严格度——定义和转换水平的一般规则　经验表明，通常所用的 AQL 计数接收抽样方案都有关于检验量和/或接收数的转移规则。如果有多个连续提交的产品批为当前的抽样方案所接收，则所提交产品的质量必然超过了接收要求所规定的质量。因为质量水平很好，人们自然希望减少检验量和费用（接收一个偶然的劣质批的风险也随之而升高）。另一方面，如果有不止一个的意外批为现行的抽样方案所拒收，则质量水平要么始终低于要求，要么在提交批之间极度波动。无论是哪种情况，都应当增加抽样率和/或减少接收数，以保证对合格批和不合格批可以有更高的鉴别能力。

表 46—13　　正常检验的主表(一次抽样)

样本量字码	样本量	可接收质量水平(正常检验)																												
		0.010	0.015	0.025	0.040	0.065	0.10	0.15	0.25	0.40	0.65	1.0	1.5	2.5	4.0	6.5	10	15	25	40	65	100	150	250	400	650	1 000
		Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re
A	2	⇩	⇩	⇩	⇩	⇩	⇩	⇩	⇩	⇩	⇩	⇩	⇩	⇩	⇧	0 1	⇩	⇩	1 2	2 3	3 4	5 6	7 8	10 11	14 15	21 22	30 31	⇩
B	3														0 1	⇧		1 2	2 3	3 4	5 6	7 8	10 11	14 15	21 22	30 31	44 45		
C	5													0 1	⇩	⇩	1 2	2 3	3 4	5 6	7 8	10 11	14 15	21 22	30 31	44 45			
D	8												0 1	⇧	⇩	1 2	2 3	3 4	5 6	7 8	10 11	14 15	21 22	30 31	44 45				
E	13											0 1	⇧	⇩	1 2	2 3	3 4	5 6	7 8	10 11	14 15	21 22	30 31	44 45					
F	20										0 1	⇧	⇩	1 2	2 3	3 4	5 6	7 8	10 11	14 15	21 22	⇧	⇧	⇧	⇧				
G	32									0 1	⇧	⇩	1 2	2 3	3 4	5 6	7 8	10 11	14 15	21 22	⇧	⇧	⇧	⇧	⇧				
H	50								0 1	⇧	⇩	1 2	2 3	3 4	5 6	7 8	10 11	14 15	21 22	⇧	⇧	⇧	⇧	⇧	⇧				
J	80							0 1	⇧	⇩	1 2	2 3	3 4	5 6	7 8	10 11	14 15	21 22	⇧	⇧	⇧	⇧	⇧	⇧	⇧				
K	125						0 1	⇧	⇩	1 2	2 3	3 4	5 6	7 8	10 11	14 15	21 22	⇧	⇧	⇧	⇧	⇧	⇧	⇧	⇧				
L	200					0 1	⇧	⇩	1 2	2 3	3 4	5 6	7 8	10 11	14 15	21 22	⇧	⇧	⇧	⇧	⇧	⇧	⇧	⇧	⇧				
M	315				0 1	⇧	⇩	1 2	2 3	3 4	5 6	7 8	10 11	14 15	21 22	⇧	⇧	⇧	⇧	⇧	⇧	⇧	⇧	⇧	⇧				
N	500			0 1	⇧	⇩	1 2	2 3	3 4	5 6	7 8	10 11	14 15	21 22	⇧	⇧	⇧	⇧	⇧	⇧	⇧	⇧	⇧	⇧	⇧				
P	800		0 1	⇧	⇩	1 2	2 3	3 4	5 6	7 8	10 11	14 15	21 22	⇧	⇧	⇧	⇧	⇧	⇧	⇧	⇧	⇧	⇧	⇧	⇧				
Q	1 250	0 1	⇧	⇩	1 2	2 3	3 4	5 6	7 8	10 11	14 15	21 22	⇧	⇧	⇧	⇧	⇧	⇧	⇧	⇧	⇧	⇧	⇧	⇧	⇧				
R	2 000	⇧		1 2	2 3	3 4	5 6	7 8	10 11	14 15	21 22	⇧	⇧	⇧	⇧	⇧	⇧	⇧	⇧	⇧	⇧	⇧	⇧	⇧	⇧	⇧	⇧	⇧	⇧	⇧

表中：⇩＝采用箭头下的第一个抽样方案，若样本容量等于或超过了批容量，则进行 100% 检验；

⇧＝采用箭头上的第一个抽样方案；

Ac ＝接收数；

Re ＝拒收数。

检验的严格度有三档，即正常、加严和放宽。在严格度之间的所有转移均由抽样计划的规则所规定。在抽样程序开始时采用正常检验，直至有证据显示比规定质量更低或更高为止。图 46—15 是 MIL-STD-105D 和 105E，ANSI/ASQC Z1.4（1993）及 ISO 2859-1（1989）中所规定的严格度转移规则的示意图。

由示意图中可以看出，从正常到加严以及从加严到正常的转移规则简单明了。（这较之此前的 MIL-STD-105 是一大改进。）此外，从放宽到正常的转移也十分明了，质量有所降低的迹象一经显现就会发生。要从正常转到放宽则需要相当多的证据才能进行。

在应用诸如 MIL-STD-105E，ANSI/ASQC Z1.4（1993）或 ISO 2859-1（1989）这些抽样计划时，客户会当然地认为从正常到加严以及从放宽到正常的转移是抽样计划的必要组成部分。（回顾一下上述的 AQL 方案，主要提供 AQL 水平的质量将被接收的生产方保证。）一旦显现出质量水平恶化的证据，从正常到加严或从放宽到正常的转移就将发生。正是以这样一种方式，使得使用方得到了保护。

另一方面，供应方希望检验费用尽可能地低，要与其所负担的需求相一致。当条件允许时，他们当然期望从加严检验转移到正常检验，除非记录的费用或工夫超过了减少抽样所带来的节约。一般来说，从正常转移到放宽将是很经济的。这类转移的动议一般都是生产方提出的，客户只有在确实存在经济利益的情况下才会坚持放宽检验。这种情况可能会出现在这样一些情形下，比如说使用方正在应用着这些抽样方案，检验是破坏性的或会使质量降级，或是出于对供应方的心理影响而采用了放宽检验。

有时会出现这样的情况，一个复杂的产品要检验许多特性，其中一些特性被分类为关键的（A）特性，一些为主要的（B）特性，还有些则为次要的（C）特性。各类特性的有效抽样方案各不相同。对于同一个产品有可能出现这样的情况，如对 A 类缺陷适合于采用放宽检验，对 B 类缺陷适合于采用加严检验，而对 C 类缺陷则适合于采用正常检验。根据特性分级和检验严格度来选择抽样方案的灵活做法所涉及的记录工作可能会非常庞大。另一方面，较低的检验率带来的节约，尤其是在破坏性检验时，会十分可观。除了考虑依据所有缺陷分级的最高抽样率以及允许时对一种或多种缺陷分级采用放宽检验以外，检验费用和检验的便利性，以及采用不适当的抽样方案所造成的错误后果，是决定采用何种方案的主要因素。当然，如果抽样实践表明必须应用加严检验，则至少对于这种缺陷或特性而言就必须如此，除非对提交产品停止接收检验。

上述标准也提供了使用方风险为 10%（LTPD）和 5% 的一次抽样方案，用于孤立批的接收检验。如果要求其他的 LQ 水平，可通过查阅相应的 OC 曲线来确定合适的方案。

最后，标准对于每个一次抽样方案的正常和加严检验，提供了一张 AOQL

数值表。这些值也可作为相应的二次和多次抽样方案的粗略指南。

MIL-STD-105E，ANSI/ASQC Z1.4 和 ISO 2859-1 中的抽样方案设计了足够多的类型（一次、二次、多次）和检验量，可以适用于许多情形。标准中包括了大多数方案的抽样特性曲线和平均样本量曲线，这是一个值得称道的优点。

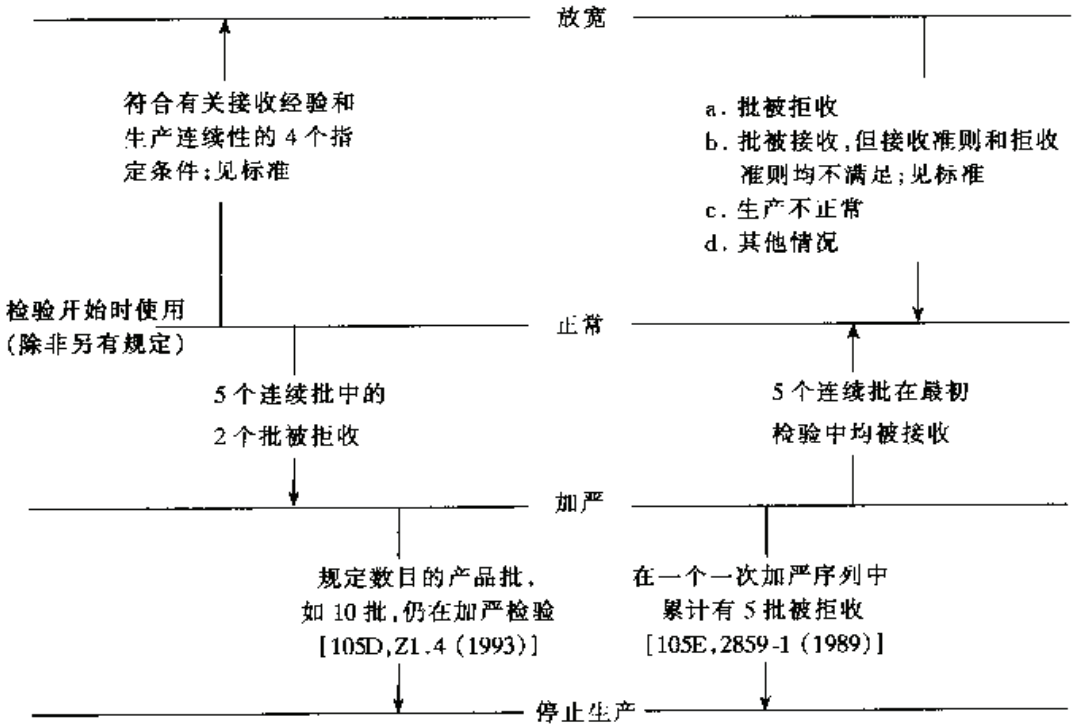


图 46—15 检验严格度的转移规则

（MIL-STD-105D 和 105E，ANSI/ASQC Z1.4（1993）以及 ISO 2859-1（1989））

道奇-罗米格抽样表 道奇和罗米格（Dodge and Romig，1959）提出了四套不同的抽样表：

1. 一次抽样批容许表（SL）。
2. 二次抽样批容许表（DL）。
3. 一次抽样 AOQL 表（SA）。
4. 二次抽样 AOQL 表（DA）。

对于一定过程平均下的产品，上述四类方案的构造都考虑要达到最小的总检验量。在制定每批最小总检验量的方案时，假定所有拒收批都要筛选，并考虑到抽样和 100% 检验的量。这种方法最适合于制造商的内部检验，即当一个部门的产品在另一部门使用前的先行检查，尤其是在过程失控的情况下。现实中，即使抽样由购方公司进行，而拒收物料由供方公司作详细检验，上述道理也仍然是合理的，因为，长期而言供应方提供一定质量的物料涉及的所有成本均会反映在其价格之中。

第一套和第二套抽样表是使用方风险固定为 0.10 时按照批容许缺陷品率来

界定的，可用的批容许抽样方案的缺陷品率的范围是 0.5%～10.0%。与此相对照，第三套和第四套抽样表是按照所保证的平均检出质量上限（AOQL）来界定的，AOQL 值的变动范围 0.1%～10.0%。批容许抽样方案强调一个固定的低使用方风险（AOQL 是变化的）。换言之，它倾向于保证个别的劣质物料的批几乎不可能被接收。AOQL 方案关注的是长期的不良质量的限度，并不试图均衡地保证各个个别的劣质批不被接收。这两种目标的相对重要性将有助于指导选择适当的方案类型。

表 46—14 给出了一个具有代表性的道奇-罗米格批容许一次抽样表。表中列出的所有方案对于恰好含有 5% 缺陷品的提交批具有同样的接收风险（0.10）。该表分为 6 栏。每一栏列出了一套方案，适合于一个特定的平均提交质量。例如，如果估计过程平均缺陷品率在 2.01%～2.50% 之间，最右边一栏给出的便是每批最小检验量的方案。不过，质量为 5% 缺陷品率的批被拒收的可能对所有栏目都是一样的，因此开始时对过程平均的不太正确的估计将不会有什么影响，只不过使得每批的总检验数增加了一点而已。这样，从表中选择方案只需要两项信息，即所抽检的批的容量和受检的供方产品的总的平均质量。如果过程平均未知，则使用所列出的最大过程平均值来查表。

零接收数方案　在诉讼日增的社会中，零接收数方案日益受到欢迎。这部分是由于这样一种信念，即样本中没有缺陷品意味着批中的其余产品也没有缺陷品，而样本中的缺陷品表明批中的其余产品也一样会有。这与零缺陷的质量思路是一致的。然而，持续改进的理念则意味着不存在完美，从而需要不断努力去揭示和适当处理非为零的质量水平。如果目前最高境界的质量水平确实不为零，接收数不为零同时样本较大的方案将会更好地鉴别不同的质量水平，从而促进必要的改进措施。样本量和接收数同等重要！缺陷品率为 13% 的批为方案 $n=5$，$c=0$ 或 $n=13$，$c=1$ 拒收的可能均为 50:50。因此，就这一点而言，$c=0$ 和 $c=1$ 能够给出相同的保护程度。不过，$c=1$ 的方案能够鉴别十分接近的 AQL 和 LTPD 水平。

零接收数方案对于强调零缺陷和产品责任预防是有用的。然而，$c=0$ 这一要求迫使使用方质量水平比生产方质量水平高出 41 倍，这是 $c=0$ 方案的一个不可避免的数学上的特性。如果使用方质量水平接近于生产方质量水平，就必须使用另外的接收数。这就是律师喜欢而统计学家不喜欢使用 $c=0$ 方案的原因。格林伯格和斯托克（Greenberg and Stokes，1992）给出了对于有替换的 $c=0$ 方案的检出不合格品数的一个简单估计。

目前若干满足 $c=0$ 要求的方案有：

• 批灵敏方案。有一张简单的 A 型抽样表，对于所希望的 LTPD，能够用于在规定批量下确定样本量。[详见 Schilling（1978）。]

表 46—14　　道奇-罗米格批容许一次抽样表

批容许缺陷百分率=5%

过程平均（%）	0～0.5			0.06～0.50			0.51～1.00			1.01～1.50			1.51～2.00			2.01～2.50		
批容量	n	c	AOQL（%）	n	c	AOQL（%）	n	c	AOQL（%）	n	c	AOQL（%）	n	c	AOQL（%）	n	c	AOQL（%）
1～30	全部	0	0	全部	0	0	全部	0	0	全部	0	0	全部	0	0	全部	0	0
31～50	30	0	0.49	30	0	0.49	30	0	0.49	30	0	0.49	30	0	0.49	30	0	0.49
51～100	37	0	0.63	37	0	0.63	37	0	0.63	37	0	0.63	37	0	0.63	37	0	0.63
101～200	40	0	0.74	40	0	0.74	40	0	0.74	40	0	0.74	40	0	0.74	40	0	0.74
201～300	43	0	0.74	43	0	0.74	70	1	0.92	70	1	0.92	95	2	0.99	95	2	0.99
301～400	44	0	0.74	44	0	0.74	70	1	0.99	100	2	1.0	120	3	1.1	145	4	1.1
401～500	45	0	0.75	75	1	0.95	100	2	1.1	100	2	1.1	125	3	1.2	150	4	1.2
501～600	45	0	0.76	75	1	0.98	100	2	1.1	125	3	1.2	150	4	1.3	175	5	1.3
601～800	45	0	0.77	75	1	1.0	100	2	1.2	130	3	1.2	175	5	1.4	200	6	1.4
801～1 000	45	0	0.78	75	1	1.0	105	2	1.2	155	4	1.4	180	5	1.4	225	7	1.5
1 001～2 000	45	0	0.80	75	1	1.0	130	3	1.4	180	5	1.6	230	7	1.7	280	9	1.8
2 001～3 000	75	1	1.1	105	2	1.3	135	3	1.4	210	6	1.7	280	9	1.9	370	13	2.1
3 001～4 000	75	1	1.1	105	2	1.3	160	4	1.5	210	6	1.7	305	10	2.0	420	15	2.2
4 001～5 000	75	1	1.1	105	2	1.3	160	4	1.5	235	7	1.8	330	11	2.0	440	16	2.2
5 001～7 000	75	1	1.1	105	2	1.3	185	5	1.7	260	8	1.9	350	12	2.2	490	18	2.4
7 001～10 000	75	1	1.1	105	2	1.3	185	5	1.7	260	8	1.9	380	13	2.2	535	20	2.5
10 001～20 000	75	1	1.1	135	3	1.4	210	6	1.8	285	9	2.0	425	15	2.3	610	23	2.6
20 001～50 000	75	1	1.1	135	3	1.4	235	7	1.9	305	10	2.1	470	17	2.4	700	27	2.7
50 001～100 000	75	1	1.1	160	4	1.6	235	7	1.9	355	12	2.2	515	19	2.5	770	30	2.8

表中：n=样本容量；表中的“全部”项指批中的每一件都须检验；

c=样本中容许的缺陷数；

AOQL=平均检出质量上限。

资料来源：经出版商及贝尔电话实验室许可引自 Dodge and Romig（1959）。

• PPM（百万分率）AOQL 抽样方案。在规定批量下，给出了实现所要求的用 PPM 表示的 AOQL 的 B 类型方案。同时提供了方案的 LTPD。[详见 Cross (1984)。]

• AQL 抽样方案。体系化的 B 型方案，应用 AQL 和只与 MIL-STD-105E 正常检验相容的批量检索。[详见 Squeglia (1994)。]

• AQL 抽样计划。在两个 $c=0$ 方案间改变样本量来提高一次抽样方案的鉴别能力。它被称为 TNT 方案，所用的是 MIL-STD-105E 中的转移规则。[详见 Calvin (1977)。]

其中的加严—正常—加严（TNT）方案特别着重于在 $c=0$ 的一次抽样方案的抽样特性的基础上进行改进。105 或其引申标准的转移规则可用于正常与加严之间的转移。所使用的是两个 $c=0$ 的方案，即一个给定样本量 n_N 的正常方案和一个具有较大的样本量 n_T 的加严方案。方案间的转移将使得正常方案 OC 曲线的侧翼升高，从而提高了鉴别能力。

正常方案和加严方案的样本量 n_N 和 n_T 可利用席林（Schilling，1982）所提出的方法加以计算，即

$$n_T=\frac{230.3}{\text{LTPD}\ (\%)} \qquad n_N=\frac{5.13}{\text{AQL}\ (\%)}$$

这样，如果要求 AQL=1%和 LTPD=5%，则 $n_T=230.3/5=46.1\approx46$ 而 $n_N=5.13/1\approx5$。然后，利用 Z1.4 的转移规则，在加严方案 $n=46$，$c=0$ 与正常方案 $n=5$，$c=0$ 之间转移，就能够得到所要求的 AQL 和 LTPD 的值。桑德拉吉安和维贾拉赫万（Soundararajan and Vijayaraghavan，1990）给出了选择 TNT 方案的程序及用表。

计量抽样

概述　在应用计量方案时，要抽取样本，并测量每件样品的某个指定的质量特性。然后要对这些测量值加以整理，计算出样本统计量（如样本均值），再将观察值与方案中规定的允许值进行比较，从而作出接收或拒收该批的决策。在适用的场合，计量方案可与计数方案提供相同的保护程度，但所用样本的容量则要小得多。

表 46—15 概括了各种类型的计量方案，对每类方案列出了其分布、所规定的决策准则和其相应的特点。

表 46—15　　计量抽样方案一览表

方案类型	方　案	分　布	规定的准则	特　点
不合格品百分率	计量一次抽样方案	正态	可接收和可拒收的不合格品百分率	用来确定满足规定风险的样本量和接收准则的公式
	计量二次抽样方案	正态	可接收和可拒收的不合格品百分率	用来确定满足规定风险的样本量和接收准则的用表
	窄限检验	正态	可接收和可拒收的不合格品百分率	用来确定满足规定风险的样本量和接收准则的用表
	批作图法	无	允许的不合格品百分率	要求 50 个测量值。用于评估批的简单计算和图解程序
批或过程参数——一般方法	假设检验	合乎检验的	均值或标准差	用来确定满足规定风险的样本量和接收准则的公式
	接收控制图	合乎确定可接收和可拒收的平均值的	均值	确定均值是否落在规定界限内的图解程序
	序贯抽样	正态	均值或标准差	一次评估一个测量值来确定均值是否落在规定界限内的程序。虽复杂，但总样本量比其他方案小
公开发布的不合格品百分率的方案	MIL-STD-414 ANSI/ASQC Z1.9 ISO 3951	正态	可接收质量水平（缺陷品百分率）	按照指定 AQL 评估批的表及程序。要求加严和放宽检验。OC 曲线给定。包含用于在提交抽样检验前已筛选过的批的混合方案
批或过程参数——散料抽样	特定的散料抽样模型	合乎检验的	均值	确定以规定的置信限来估计均值的样本量的公式。适用于气体、液体或以非离散单位存在的固体

不合格品百分率抽样　如果所关心的是超出规范以外的产品比例，并且各个测量值的分布是已知的，这时可采用不合格品百分率的计量方案。这些方案通过适当的概率理论将单位产品超出规范的比例与总体均值联系起来。样本均值被用于检验总体均值的位置，这通常是将之转换为一个检验统计量来进行的。

假定已知测量值的分布为正态分布，我们希望找到这样一个方案，其 OC 曲线要通过（p_1，$1-\alpha$）和（p_2，β）两点，其中

p_1 = 可接收质量水平

$1-\alpha$ = 在 p_1 处的接收概率

p_2 = 可拒收质量水平

β = 在 p_2 处的接收概率

其 OC 曲线应如图 46—16 所示。下面将讨论一些重要的这种类型的方案。

一次抽样　图 46—17 说明了不合格品百分率计量抽样方案的基本原理，它假定测量值的分布是正态分布，标准差 σ 已知。

设下面的抽样方案用来对照一个规范上限 U 来进行检验：

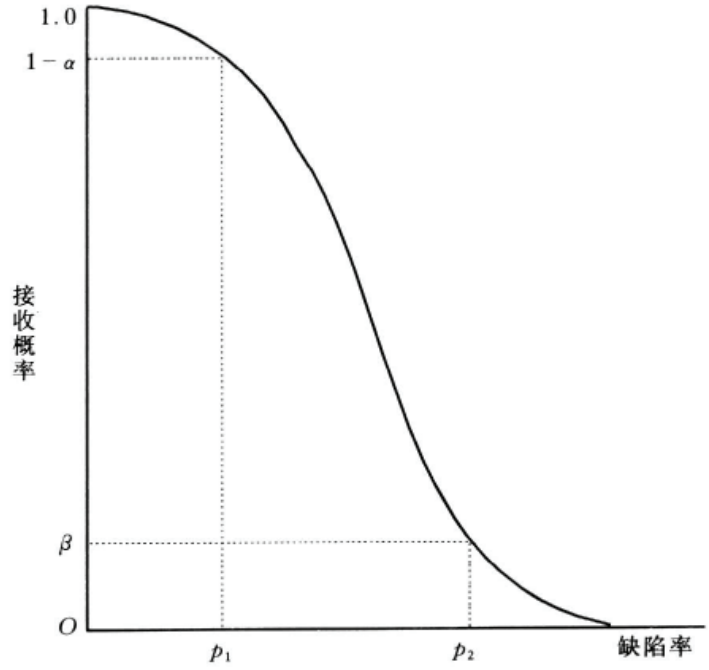


图 46—16　抽样特性曲线

1. 从批中抽取 n 件产品并确定样本均值 $\bar{X}$。
2. 对照接收限（$U-k\sigma$），即规范内侧 k 个标准差，来进行检验。
3. 如果 $\bar{X} \leqslant (U-k\sigma)$，接收产品；否则，拒收产品。

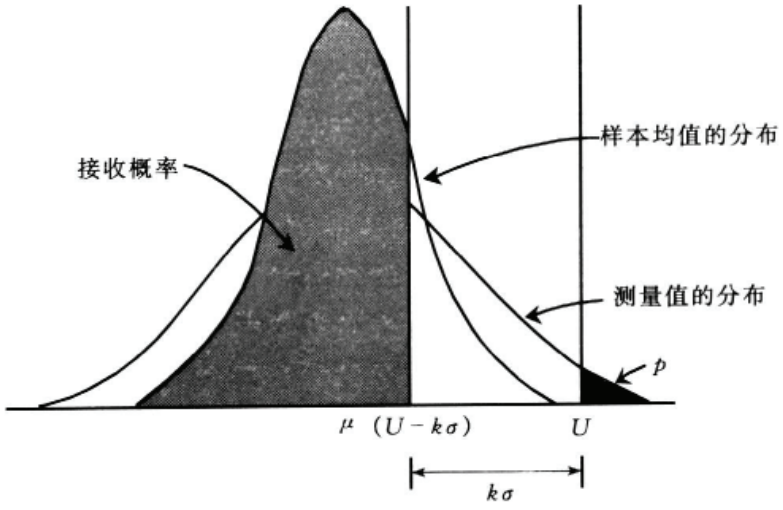


图 46—17　$U-k\sigma$ 方法

对于规范下限进行检验的情况与此类似，但计算正好相反。如图所示，如果各测量值的分布是正态的，比率 p 的产品超过规范限 U，这意味着其分布的均值必须处在 μ 的位置。于是，容量为 n 的样本的均值便分布在 μ 的周围，因此 $\bar{X}$ 不大于（$U-k\sigma$）的概率即为图中样本均值分布的阴影区域的面积。这个阴影面积是过程不合格品率为 p 时的接收概率。要注意的是，这里的正态分布形状为

样本均值的分布与产品不合格率之间提供了必然的联系。虽然对于合理的样本量来说无论各测量值的基本分布形状如何其样本均值都是正态分布，但正是各测量值本身的内在分布决定了 μ 与 p 之间的关系。因此，该方案对于对正态分布的偏离十分灵敏。

由于 $\bar{X} \leqslant (U - k\sigma)$ 等价于 $(U - \bar{X})/\sigma \geqslant k$，上述的抽样方案又可表述如下：

1. 从批中抽取 n 件产品并确定样本均值 $\bar{X}$。

2. 如果 $(U - \bar{X})/\sigma \geqslant k$，接收该批；否则，拒收该批。注意：对于规范下限 L，上述不等式变成了 $(\bar{X} - L)/\sigma \geqslant k$。

这是 MIL-STD-414（1957）及其民用版本 ANSI/ASQC Z1.9（1993）和 ISO 3951（1989）用来确定计量抽样方案的方法。

根据图 46—17 和正态概率理论，可以计算出各种可能的不合格品率 p 值下的接收概率 P_a。例如，从图 46—17 我们可以看出，利用一个上尾的 z 值，有 $z_{1-P_a} = (z_p - k)\sqrt{n}$。因此大于 z_{1-P_a} 的概率即为 $1 - P_a$，从中可求得 P_a。利用对称性，以上过程同样可以用于规范下限的情况。

用一个 P_a 与 p 相对照的图即可绘出接收抽样方案的抽样特性曲线。图 46—18是 $n = 19$，$k = 1.908$，标准差已知，对照单侧规范限检验的计量方案的抽样特性曲线。为便于比较，同时还给出了一条（$n = 125$，$c = 3$）的计数方案的抽样特性曲线。注意这两条曲线约在 $p = 0.01$ 和 $p = 0.05$ 处相交，表明在这些不合格品率时具有大致相同的保护。

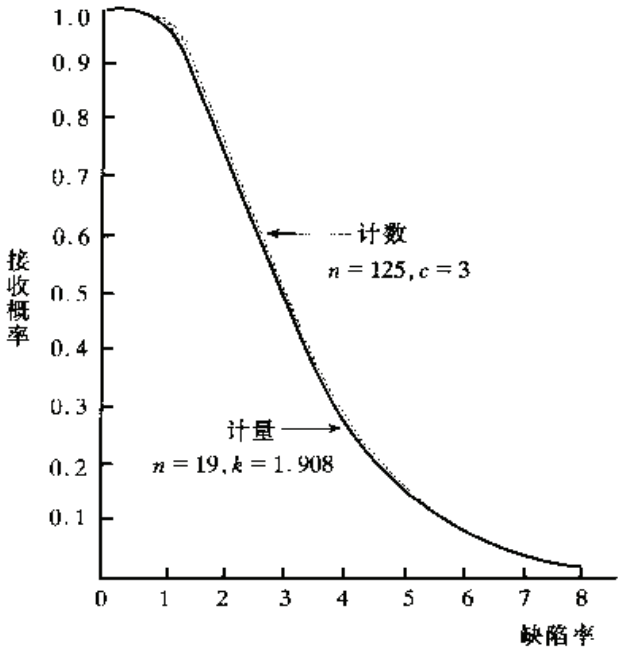


图 46—18 抽样特性曲线

我们可以应用对应于其他的确定计量方案的方法（如标准差未知，双侧规范

限）的概率理论来给出这些程序的 OC 曲线和其他的特征。用于确定满足特定前提条件的方案的公式也能够推导出来。这里要注意的是，计量方案的 OC 曲线一般被认为是 B 型的。这就是说，其抽样是针对生产被检产品的过程，而非所涉及的当前的批。

不合格品百分率的两点计量方案　利用沃利斯（Wallis）提出的逼近方法，可以很容易获得计量检验的两点一次抽样方案。例如，给定生产方质量水平 p_1 和使用方质量水平 p_2，对应的生产方风险和使用方风险为 $\alpha=0.05$ 和 $\beta=0.10$，一个对照单侧规范限检验的两点方案可从以下的式子中得出：

$$k=0.438Z_1+0.562Z_2$$

$$n_\sigma=\frac{8.567}{(Z_1-Z_2)^2}$$

或

$$n_s=\left(\frac{1+k^2}{2}\right)n_\sigma$$

其中，Z_1 是对应于上尾面积 p_1 的标准正态偏差；Z_2 是对应于上尾面积 p_2 的标准正态偏差。采用 n_σ 或 n_s 取决于标准差是已知或未知。对于其他的风险值或双侧规范限，要求有更为详细的程序。[详见 Duncan（1974）。]

作为该程序的一个应用实例，考虑 $p_1=0.01$，$p_2=0.05$，$\alpha=0.05$，$\beta=0.10$ 的情况。那么 $Z_1=2.326$，$Z_2=1.645$，利用公式可得出 $k=1.94$，$n_\sigma=1.85\approx19$，$n_s=53.3\approx54$。这一方案与计数方案 $n=125$，$c=3$ 非常接近。利用上面给出的公式，当 $p=p_1=0.01$ 时，$Z_{1-P_a}=(2.326-1.94)\sqrt{19}=1.68$，因此 $1-P_a=0.046$，$P_a=0.954$。

应用计量二次抽样方案的程序最早是由鲍克和古德（Bowker and Goode，1952）提出的。萨默斯（Sommers，1981）给出了选择和应用这些程序的用表。计量二次抽样的平均样本数比一次抽样要减少大约 20%。例如，与上面求出的一次抽样方案等效的二次方案，其平均样本数在标准差已知时为 14.9，而在标准差未知时为 41.4。计量二次抽样的应用与计数二次抽样类似。

与相应的计数方案相比，两点式计量方案的相对效率随 k 值的不同而变化。哈梅克（Hamaker，1979）指出：

$$\frac{n_a}{n_\sigma}=2\pi p_k\ (1-p_k)\ \mathrm{e}^{k^2}$$

其中，p_k 是对应于标准正态偏差 $Z=k$ 的上尾正态面积，而 n_a 为计数方案的样本量。对于上面的例子而言，$k=1.94$，$p_k=0.026\ 2$，$n_a/n_\sigma=6.9$，而我们观察到 $131/19=6.9$。

不合格品百分率的窄限度量方案（narrow-limit gaging）　窄（或紧）限度量方案，通过将计数检验的简易性和计量检验减少样本量的效力结合在一起，在计

量与计数检验之间架起了桥梁。它是在规范限内再设立一条人为的规范限。然后抽取样本，用这条人为的“窄限”来进行度量。这一窄限是应用正态分布的性质设立的，我们假定产品服从正态分布。对于窄限度量的结果再来应用标准计数抽样方案，由此对批进行判断。

窄限度量方案的准则如下：

n = 样本量

c = 接收数

t = 窄限与规范限的距离所相当的标准差倍数

假定标准差 σ 是已知的。

席林和萨默斯(Schilling and Sommers,1981)对于选定的生产方和使用方质量水平值和 $\alpha=0.05,\beta=0.10$,给出了一套样本量最小的两点方案。他们还编制了与 MIL-STD-105E,ANSI/ASQC Z1.4 和 ISO 2859-1 相对应的一整套窄限方案。

我们来看一下以下方案，其生产方和使用方质量水平分别为 $p_1=0.01$ 和 $p_2=0.05$，且有 $\alpha=0.05$ 和 $\beta=0.10$。由席林-萨默斯表给出的相应方案是 $n=28$，$c=14$，$t=1.99$。窄限设在规范限内 1.99σ 处。抽取 $n=28$ 的样本，用这一窄限来度量每件产品。如果有 15 件或 15 件以上的产品落在窄限以外，拒收该批；否则，接收该批。

对于最优窄限方案的一个良好逼近可从对应的标准差已知的计量方案(n_σ，k)求得。这便是

$$n=\frac{3n_\sigma}{2}\qquad t=k\qquad c=\frac{3n_\sigma}{4}-\frac{2}{3}$$

根据上述两点计量方案的例子，知道 $n_\sigma=18.5$，$k=1.94$，则

$$n=27.8\approx28\qquad t=1.94\qquad c=13.2\approx14$$

窄限方案已有许多成功的应用，并且由于它们便于应用，因此容易被检验人员所接受。

批作图法 或许没有哪个计量接收抽样方案能够比由联合飞机公司汉密尔顿标准部的多里安·谢宁（Dorian Shainin，1950）提出的批作图法（lot plot）更符合检验人员的天性。这种方法应用直方图和对产品分布极值的粗略估计来确定接收或拒收某个批。它要求采用含有 50 个观测值的标准样本。

在更高级的方法不适用或不能为有关各方接受的场合，批作图法是接收抽样的一种有效工具。这种方案在导入统计方法时尤其有用。该方案的某些方面较为主观（如频数分布的分组及结构等），其样本量又是固定的，所以在关键性的应用中应采用更为客观的方法。这种方案从一开始就得到了广泛的接受（Shainin，1952），足以表明它对检验人员的吸引力。表 46—16 对于批作图法进行了概括。[进一步的细节可参见 Grant and Leavenworth（1979），有关的关键评论可参见 Moses（1956）。]

有一种专门的批作图卡有助于简化计算工作。图 46—19 是其格式，表 46—16的例子填入了其中。

表 46—16　　不合格品百分率批作图法的计量方案

示例：应用批作图法来检验雷管的宽度。抽取由每组 5 件共 10 个子组构成的容量为 50 的一个样本。其检验结果如下：

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0.253 8	0.258 1	0.255 6	0.253 1	0.250 1	0.252 1	0.254 1	0.255 5	0.248 9	0.252 9
0.251 9	0.257 1	0.254 2	0.256 6	0.250 6	0.255 7	0.249 9	0.256 9	0.255 7	0.257 9
0.250 8	0.252 1	0.252 1	0.253 4	0.253 4	0.256 9	0.251 4	0.255 3	0.254 2	0.256 5
0.253 7	0.254 5	0.252 1	0.255 7	0.251 6	0.254 1	0.253 6	0.249 6	0.252 9	0.257 7
0.252 9	0.256 3	0.251 8	0.251 9	0.255 9	0.252 4	0.249 2	0.251 2	0.254 6	0.254 1

这些数据的分析如图 46—19 所示，是否应该接收该批？

方案概述	计　算
Ⅰ. 限定：无 Ⅱ. 必要信息：规范限 Ⅲ. 方案的选择 A. 方案对于一批批产品是恒定的 B. 采用一种专门的表格（图 46—19）来应用方案 Ⅳ. 要素 A. 样本量：从批中随机抽取容量为 50 的一个样本，样本由 10 个子组构成，每组 5 件产品。子组的特征要求保持	
B. 统计量（对于对称分布） 1. 统计量为 $\bar{X}\pm 3\hat{\sigma}$，计算如下： a. 在图上建立频数分布的组段 (1) 确定第一个子组的均值 $\bar{X}_1$ 和极差 R_1 (2) 在批作图表上将 $\bar{X}_1$ 填在第 0 行位置 (3) 设定组段的宽度 $w\approx R_1/4$ (4) 在批作图表中填入各组段的中点值 b. 用子组号作为标记，将测量值计数得出频数分布。图上的标号形成了一个直方图 c. 将每一子组的极差记录在表中，极差是以每一子组标号的最高位置和最低位置之间的组段数来表示的 d. 由频数分布计算总均值 $\bar{\bar{X}}$，总均值是以原点上（+）下（-）的行数来表示的，取第 0 组为任意原点 e. 在图上标出用行数表示的 $\bar{\bar{X}}_0$ f. 根据子组极差的均值，估计 3σ 的行数 $3\hat{\sigma}=3\bar{R}/d_2=1.29\bar{R}$ g. 标出以行数来表达的 $\bar{\bar{X}}\pm 3\sigma$ (1) ULL＝批上限（$\bar{\bar{X}}+3\hat{\sigma}$） (2) LLL＝批下限（$\bar{\bar{X}}-3\hat{\sigma}$） h. 在图上画出规范上下限	B. 1a. $\bar{X}_1=0.252\ 6$ $R_1=0.003$ 第 0 行，$\bar{X}_1\sim 0.253$ $w\approx 0.003/4=0.000\ 75$ 取 $w=0.001$ 1b. 见图 46—19 1c. 见图 46—19 中右边的“极差”栏 1d. 图 46—19 中箭头所指为第 0 组， $\bar{\bar{X}}=+0.14$ 1e. 在 0 组段的中线往上 0.14 个组段宽度处画出 $\bar{\bar{X}}$ 1f. $3\hat{\sigma}=1.29\left(\frac{51}{10}\right)=6.6$ 1g. 见图 46—19 上所标的 ULL 和 LLL 1h. 见图 46—19 上所标的 SPEC

续前表

方案概述	计　算
C. 决策准则 1. 接收准则 a. 在规范限之内均匀对称分布——自动接收 b. 其他的对称分布： (1) 批上下限均在规范限内——接收 (2) 批上下限在规范限外——利用专门的代码条技术来估计落在规范限之外的产品比例。如果比例小于允许数——接收。见下面的参考文献 c. 非对称、双峰分布，等等。利用专门的条码技术来估计落在规范限之外的产品比例。见下面的参考文献。如果比例小于允许数——接收 2. 拒收准则：不符合上述接收准则则拒收	
V. 批的处置 按规定来处置批。批作图表提供了与卖方沟通的一种有用工具	V. 拒收批
VI. 特征：见下面的参考文献	
VII. 参考文献：Shanin, 1950	

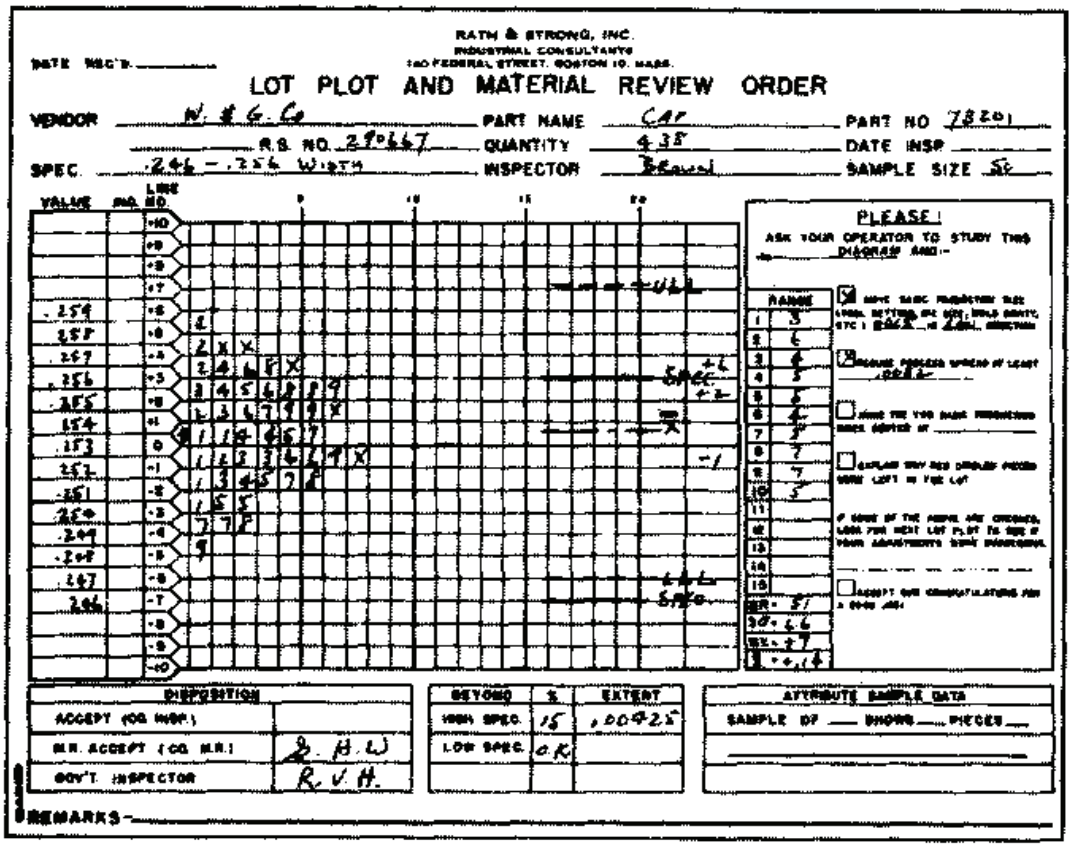

RATH & STRONG, INC.
INDUSTRIAL CONSULTANTS
LOT PLOT AND MATERIAL REVIEW ORDER
VENDOR W. & G. Co　PART NAME Car　PART NO 7820
R.S. NO. 29667　QUANTITY 438　DATE INSP
SPEC. .246 - .254 Width　INSPECTOR Bernard　SAMPLE SIZE 50
VALUE　NO.　LINE NO.
PLEASE!
ASK YOUR OPERATOR TO STUDY THIS DIAGRAM AND:-
RANGE
DISPOSITION
ACCEPT (QC INSP.)
M.R. ACCEPT (QC M.R.)　R. H. W
GOV'T. INSPECTOR　R. V. H.
BEYOND　%　EXTENT
HIGH SPEC.　15　.00425
LOW SPEC.　O.K.
ATTRIBUTE SAMPLE DATA
SAMPLE OF ___ SHOWS ___ PIECES ___
REMARKS:-

图 46—19　批作图法示例

总批计划　接收检验及符合性试验通常要求对于使用方和生产方都要有一定的保护水平，因此使得样本量相对于批量而言都比较大。但是，各个批如果能被看成是同质的，那么一个给定的样本量就可同时应用于几个批。这样就减少了因样本必须很大而产生的经济影响。应用西蒙（L.E.Simon，1941）所提出的总批计划（grand lot schemes）可起到减少损失的作用。通过用均值图解分析程序来验证一个总批的同质性，总批计划的应用得以大大地简化。因此，在被结合成一个总批之前，对各个子批（sublots）要进行控制图分析，考察其水平和变异性的一致性。这种方法可应用于计数或计量数据，使用方便，能够很经济地提供高水平的保护，能够使样本量减少 80%。这种方法可应用于独特的“一次性”批、连续序列中的孤立批、一个孤立的批的序列或一系列连续的批。席林（Schilling，1979）对于其程序进行了深入的讨论。

过程参数的抽样　当过程参数确定后，可以由类似于显著性检验的方法来建立其抽样方案及相应的 OC 曲线。由于过程所用规范不是用不合格品百分率来表述的，因此这些方案并不要求用不合格品百分率来与过程均值相联系。这意味着对于过程分布假设的要求无须像不合格品百分率计量方案一样严格。

对于由过程的位置或变异性所表述的规范，亦即规范是由均值 μ 或过程标准差 σ 来测定时，那么所关注的重点不再是缺陷品率，而是将产品分布的参数控制在规定的水平上。由这种类型的规范出发，如弗伦德（Freund，1957）所设想的那样，通常能够区分出可用做标尺的两种过程水平：

1．APL＝可接收过程水平，即一个可接收的且大多数时间应被方案接收的过程水平。

2．RPL＝可拒收过程水平，即一个可拒收的且大多数时间应被方案拒收的过程水平。

这两个过程水平的接收概率通常规定为：

$1-\alpha$ ＝在 APL 上的接收概率

β ＝在 RPL 上的接收概率

其中，α 为生产方风险；β 为使用方风险。

适用于这类规范的计量方案可从相关的假设检验的 OC 曲线推导出来。例如过程参数的一次抽样方案的推导，就只需适当地构建一个假设检验，如 μ 等于某一特定值的零假设和一个与其相对照的单侧的或双侧的备择假设。因此，第 44 章的“统计假设检验”部分所讨论的统计检验就可应用于这种接收抽样方案。

有关的序贯抽样程序已经被制定了出来，在过程参数水平确定的情况下，这些程序尤其有效。与其他方法相比，这种程序能够显著地减少所需抽取的样本的量，虽然其用起来难度要大一些。应用序贯抽样的步骤是：

1．每次抽取一个含有一个测量值的样本。

2．相对于样本数 n 来对一个统计量的累积和 T 描点。

3. 画两条线：

$$T_2 = h_2 + sn$$

$$T_1 = -h_1 + sn$$

其中截距 h_1 和 h_2 是与所用方案有关的值，符号 s 不是标准差，而是根据可接收过程水平（APL）和可拒收过程水平（RPL）的值计算出来的一个常数。这里的 s 的用途相当于其在序贯抽样方案文献中的用途。

4. 若累积和落在这两条线之间则继续抽样；如果点子落在了线外，则采取所规定的适当措施。

邓肯（Duncan，1974）和席林（Schilling，1982）对于构建这类方案及确定适当的 h_1，h_2 和 s 值的方法进行了详细的讨论。

当可接收过程水平和可拒收过程水平以均值作出定义时，接收控制图给出了有关过程参数抽样问题的独特解答，从而可用于这类方案的实施。这种控制图满足了检验人员观察质量趋势并将抽样视为一个连续过程的这种自然的期望。

这种控制图将预先确定的生产方和使用方风险体现在了控制限中，从而为有关各方提供了均衡的保护，而这往往是在使用常规的产品接收控制图时所缺乏的。

单个测量值的总体未必要服从正态分布，但其分布必须已知，这样才能计算均值的可接收值和可拒收值。该方法在分析样本均值时可利用正态分布，因为对于任何单个测量值的分布而言，容量合理的样本的均值的分布均可视为正态分布。

这种方法的实施程序如表 46—17 所示。图 46—20 给出了接收控制图的概念，图 46—21 则给出了一个接收控制图的例子。进一步的讨论可参阅弗伦德（Freund，1957）。

表 46—17　　过程参数的计量方案——接收控制图

示例：电阻的规范限分别为 620 和 680，AQL = 2.5%，标准差为 13。假定测量值为正态分布，均值最低为 620 + 1.96（13），最高为 680 − 1.96（13），即 646 和 654。这对数值表示可接收过程水平（APL）的范围。当有 14% 超出一侧规范限时则认为达到了可拒收过程水平。于是，RPL 的范围为 620 + 1.08（13）和 680 − 1.08（13），即 634 和 666。若 $\bar{X} = 647$，是否应该接收该批？

方案概述	计　算
Ⅰ. 限定：无	Ⅱ.
Ⅱ. 必要信息（单侧规范）	A. $\mu_1 = 13$
A. σ = 已知标准差	B. $\mu_1 = 654$，$P_a = 0.95$
B. μ_1 = APL（可接收过程水平），其 $P_a = 1 - \alpha$	C. $\mu_2 = 666$，$P_a = 0.10$
C. μ_2 = RPL（可拒收过程水平），其 $P_a = \beta$	
Ⅲ. 方案的选择：见下面	
Ⅳ. 要素	Ⅳ.
A. 样本量	A. $n = \left[\dfrac{(1.645 + 1.282)(13)}{12}\right]^2$
$n = \left[\dfrac{(z_\alpha + z_\beta)\ \sigma}{\mu_2 - \mu_1}\right]^2$	$n = 10.06 \sim 10$
其中 z_p 为标准正态曲线中截出上尾面积 p 处之刻度	

续前表

方案概述	计　算
B. 统计量：$\bar{X}$ = 容量为 n 的样本的均值	B. $\bar{X}$ = 647
C. 决策准则 1. 计算 $d=\frac{z_\alpha}{z_\alpha+z_\beta}\lvert\mu_2-\mu_1\rvert$ 接收控制限 ACL 设在 RPL 方向离 APL 距离为 d 处。忽略 $\lvert\mu_2-\mu_1\rvert$ 的符号 2. 建立接收控制图（图 46—20），若 $\bar{X}$ 落在接收控制限内，接收；否则，拒收。所示的是双侧规范图（见下面注），单侧规范用图的一半	C. $d=\left(\frac{1.645}{1.645+1.282}\right)(12)$ $=6.74$ 上 ACL = 654 + 6.74 = 660.74 根据对称性， 下 ACL = 646 − 6.74 = 639.26 如图 46—21 打点
V. 处置：按照图示处置单个批	V. 接收批
VI. 特征：初始规定的两点给出了 OC 曲线的形状	
VII. 参考文献：Freud，1957	
VIII. 注： A. 上述公式供单侧过程上限或单侧过程下限使用，或者当（上 ACL − 下 ACL）$\geqslant k\sigma/\sqrt{n}$ 时用于双侧 其中： α | k 0.05 | 5 0.01 | 6 0.001 | 7 若（上 ACL − 下 ACL）$<k\sigma/\sqrt{n}$，则从文献中查取适当的因子 B. 如果标准差从控制图估计，则有关适当的控制限可查阅上述文献 C. 为保证变异的稳定性，建议与接收控制图一道使用极差图	VIII. A. 由于 $(660.74-639.26)>\frac{(5)(13)}{\sqrt{10}}$ $21.48>20.56$ 上述公式能同时用于上下限

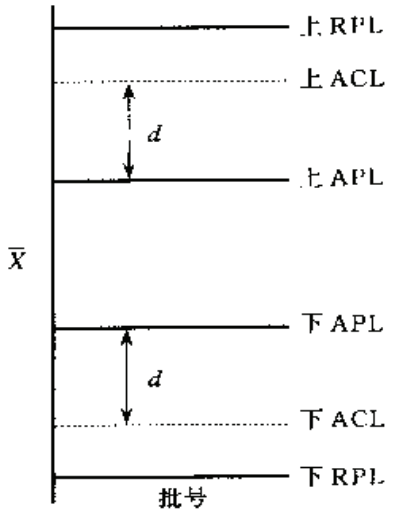


图 46—20　接收控制图概念

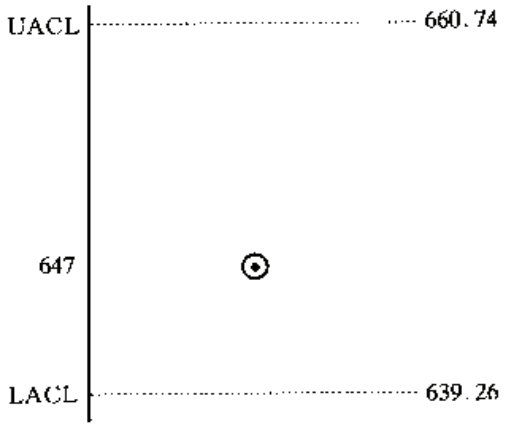


图 46—21　接收控制图例子

公开发布的抽样表和程序 接收抽样所涉及问题常常远不仅限于假设检验。用来防止某个偶然偏离的批的单独的抽样方案可以归纳到假设检验上。但是，抽样方案可以为了达成既定的目标而结合成为抽样计划。抽样计划作为应用一个或多个抽样方案的总策略，具有其自有的测量指标，如 AOQ（平均检出质量）或 ATI（平均检验总数）等，这些指标是假设检验中所没有的。因此，MIL-STD-105E（1989）及其民用版本 ANSI/ASQC Z1.4（1993）、ISO 2859-1（1989），其相应的计量值版本 MIL-STD-414（1957）及修订的民用版本 ANSI/ASQC Z1.9（1993）和ISO 3951（1989），都属于抽样计划，它们规定了各种抽样方案在既定的规则下的用法。其中的计量抽样计划假定测量值服从于正态分布。

在计量抽样标准中允许应用三种可选的变异性指标，即已知的标准差 σ，估计的标准差 s 或平均极差 $\bar{R}$。若生产产品的过程的变异性已知且为控制图确认为稳定的，就可使用 σ。当 σ 未知时，在 s 与 $\bar{R}$ 之间的选择主要是从经济的角度来考虑。极差要求较大的样本量，但容易理解和计算。标准中给出的抽样特性曲线是基于 s 而定的，采用 σ 和 $\bar{R}$ 的方案与采用 s 的方案被尽可能地进行了吻合。

MIL-STD-414 和 ANSI/ASQC Z1.9（1993）提供了两种可供选择的抽样程序。除了应用一个接收常数 k 这种方法外，每个标准还提供了一个根据计量值来估计批中缺陷品率的程序。前一种方法称为方式 1，后一种方法称为方式 2。在 MIL-STD-414 中方式 2 是优先推荐的程序，因为如果不能从样本中估计出每批的缺陷品率，就不能应用放宽和加严检验的转移规则。ANSI/ASQC Z1.9 的转移规则模仿了 MIL-STD-105D（1964）的规则，可与方式 1 或方式 2 一起使用。ISO 3951 提供了与转移规则一道使用的方式 2 程序的一种图解替代方法，其转移规则也是模仿 MIL-STD-105D 的规则。

这些计量抽样计划的应用遵循着 MIL-STD-105E 的模式，后者也是一个 AQL 抽样计划。样本量根据批量来确定，在选定了所用的变异性指标和接收程序的方式后，就能从标准中查得适当的接收限。如同 MIL-STD-105E 一样，在计量抽样标准中也包含有抽样特性曲线。在制定具体的方案之前应当先行查阅。要注意的是，MIL-STD-414 中所包含的方案与 MIL-STD-105E 并不对应。但是，ANSI/ASQC Z1.9 中的方案与 MIL-STD-105E，ANSI/ASQC Z1.4 和 ISO 2859-1 是对应的，ISO 3951 也是如此。

因为是 AQL 抽样计划，这些标准都是基于一个包含转移规则的综合策略上，这些转移规则依据所观察到的质量状况从正常转到加严或放宽检验或是反向返回。图 46—22 列举了 ANSI/ASQC Z1.9（1993）中的转移规则，要使标准得到正确的应用就应使用这些规则。除了放宽检验界限数被取消之外，ANSI/ASQC Z1.9（1993）的转移规则与 ANSI/ASQC Z1.4（1993）是一样的，这使得这些标准可以容易地互换使用。ISO 3951 的转移规则稍微有些不同，但基本上类似于 105 的转移规则，MIL-STD-414 的转移规则则是独特的。

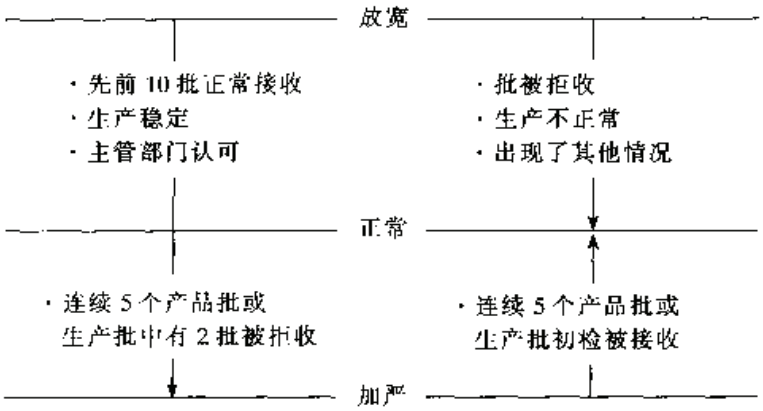


图 46—22　ANSI/ASQC Z1.9（1993）的转移规则

图 46—23 给出了应用 MIL-STD-414、ANSI/ASQC Z1.9 及ISO 3951的一个校验程序。表 46—18 和表 46—21 是以样本标准差作为变异性指标时应用两种方式的具体步骤。表 46—24 和图 46—24 给出了ISO 3951的图解方法。尽管 ANSI/ASQC Z1.9（1993）的基本程序和ISO 3951的图解法类似于 MIL-STD-414，但仍应注意到这些标准的应用范围、检验水平、方案表是不同的：Z1.9 和 ISO 3951 修订的与 MIL-STD-105D 相对应，而 414 则保持与 MIL-STD-105A（1950）的对应。这些表中给出了规范上限、规范下限、双侧规范限的应用程序，同时还给出

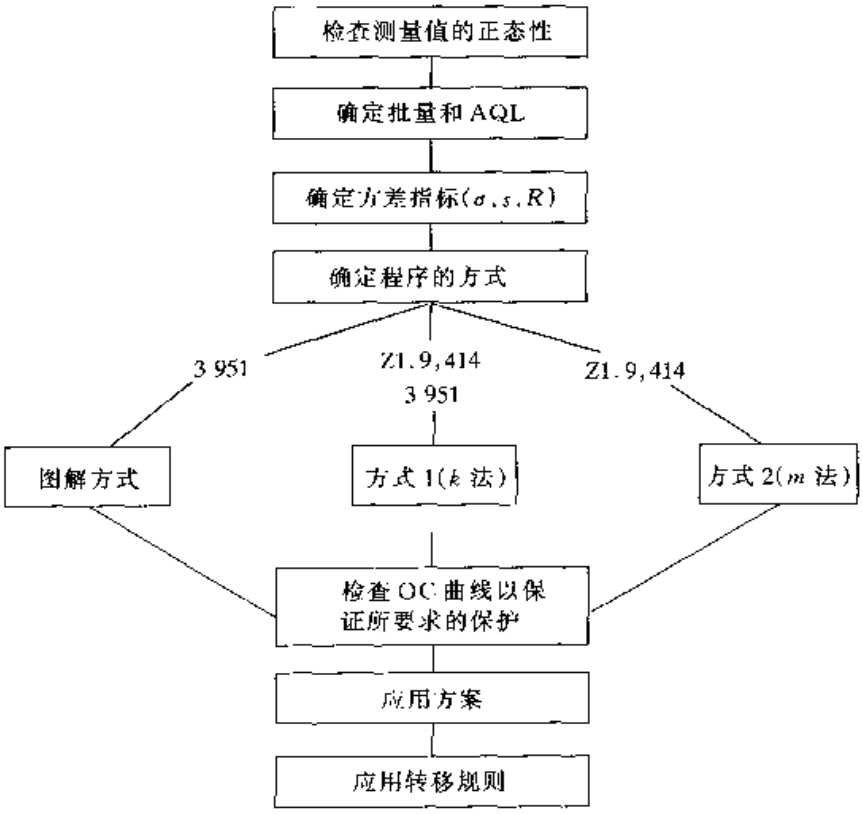


图 46—23　MIL-STD-414，ANSI/ASQC Z1.9 及 ISO 3951 的检查程序

了关于标准的文献和一个实例。此外还讨论了对于程序的修正，这在用平均极差或已知标准差衡量变异性时是必要的。表 46—25 显示了每一种方式在各种允许的变异性指标下所用的统计量与程序之间的关系。

这些标准中给出了大量很好的例子。如欲获得更为详尽的应用实例，建议读者直接查阅这些标准。

ISO 8423（1991）给出了与 ISO 3951（1989），ISO 2859-1（1989）及其对应的计数抽样标准一道应用的计量序贯方案。

混合型方案 计量方案有这样一个缺点，即经过筛选的批有时会由于有一个样本 $\bar{X}$ 或 s 显示出高的缺陷品率而被拒收，但实际上此时已经除去了不符合的物料。为了避免经过筛选的批被拒收，人们开发出了二次抽样方案，这种方案对于第一个样本采用计量准则，而对第二个样本则采用计数准则。待检的批如果通过了计量检验，则加以接收；若未通过，则抽取第二个样本，并用一个计数准则来判断其结果。这使得经过筛选的批不会被拒绝，因为只是在方案的计数部分才作出拒收决定。这些方案在当必须应用 $c=0$ 时提供了一种更具鉴别力的方法。这种方案最初是由道奇（Dodge，1932）提出的。[Bowker and Goode（1952）、Gregory and Resnikoff（1955）以及 Schilling and Dodge（1969）中均有对于该方案的较为详细的讨论。]MIL-STD-414 与 ANSI/ASQC Z1.9（1993）允许应用这些程序，尽管只有 ANSI/ASQC Z1.9（1993）与 MIL-STD-105E 或 ANSI/ASQC Z1.4（1993）有着适当的对应从而便于正确地应用混合型方案。表 46—26 给出了相应的步骤。

表 46—18　　MIL-STD-414（1957），ANSI/ASQC Z1.9（1993）及 ISO 3951（1989）

方差未知，标准差法，方式 1

示例：某种元件的电阻规范为 620～680 欧姆。将一个容量为 100 的批提交检验，正常检验，AQL = 2.5%。若 $\bar{X}=647$，$s=17.22$，是否应接收该批？

方案概述	计　算
Ⅰ. 限定条件：测量值服从正态分布	MIL-STD-414 实例
Ⅱ. 必要信息	Ⅱ.
A. 批量 N	A. $N=100$
B. AQL	B. AQL = 2.5%
C. 检验严格度：正常，加严，放宽	C. 正常检验
Ⅲ. 方案的选择	Ⅲ.
A. 决定样本量字码（查表 46—19，仅限于 MIL-STD-414），依据是批量和检验水平（除非另有规定，通常 MIL-STD-414 采用检验水平 IV，ANSI/ASQC Z1.9（1993）及 ISO 3951 采用检验水平Ⅱ）	A. 字码 F
B. 根据样本量字码和 AQL，确定（查表 46—20，仅限于 MIL-STD-414）	B.
1. 样本量 = n	$n=10$
2. 接收常数 = k	$k=1.41$
C. 双侧规范限：求 MSD = $F(U-L)$，式中 F 从标准中的表中查得	C. MSD = 0.298（680 − 620） = 17.88

续前表

方案概述	计　算
Ⅳ. 要素 A. 样本量：见上面 B. 统计量： 1. 上规范：$T_U=(U-\bar{X})/s$ 2. 下规范：$T_L=(\bar{X}-L)/s$ 3. 双侧规范：T_U 和 T_L C. 决策准则： 1. 接收准则： a. 上规范：$T_U\geqslant k$ b. 下规范：$T_L\geqslant k$ c. 双侧规范：$T_U\geqslant k$，$T_L\geqslant k$，且 $s\leqslant$ MSD 2. 拒收准则：否则，拒收	Ⅳ. A. $n=10$ B. $T_U=(680-647)/17.22$ $=1.92$ $T_L=(647-620)/17.22$ $=1.57$ C. $1.92>1.41$ $1.57>1.41$ $17.22<17.88$
Ⅴ. 处置 按规定处置批，对下一批参照转移规则	Ⅴ. 接收批
Ⅵ. 特征：由 OC 曲线给出	
Ⅶ. 参考文献：MIL-STD-414 的 1957 版，ANSI/ASQC Z1.9（1992）及 ISO 3951（1989）	
Ⅷ. 注（使用标准中合适的表） A. 极差法： 1. 若 $n\geqslant 10$，采用容量为 5 的子样的 $\bar{R}$；若 $n<10$，采用 R 2. 在统计量中用 $\bar{R}$ 代替 s 3. 双侧规范——用 f（对 MAR）代替 F（对 MSD），这里的 MAR 是最大可允许的极差 B. 方差已知：在统计量中用 σ 代替 s C. ISO 3951 对各个 AQL 使用不同的程序	

表 46—19　　MIL-STD-414 的样本量字码表

批　量	检验水平				
	Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ	Ⅴ
3～8	B	B	B	B	C
9～15	B	B	B	B	D
16～25	B	B	B	C	E
26～40	B	B	B	D	F
41～65	B	B	C	E	G
66～110	B	B	D	F	H
111～180	B	C	E	G	I
181～300	B	D	F	H	J
301～500	C	E	G	I	K
501～800	D	F	H	J	L
801～1 300	E	G	I	K	L
1 301～3 200	F	H	J	L	M
3 201～8 000	G	I	L	M	N
8 001～22 000	H	J	M	N	O
22 001～110 000	I	K	N	O	P
110 001～550 000	I	K	O	P	Q
550 001 以上	I	K	P	Q	Q

* 表中所给的样本量字码适用于使用所规定的检验水平。

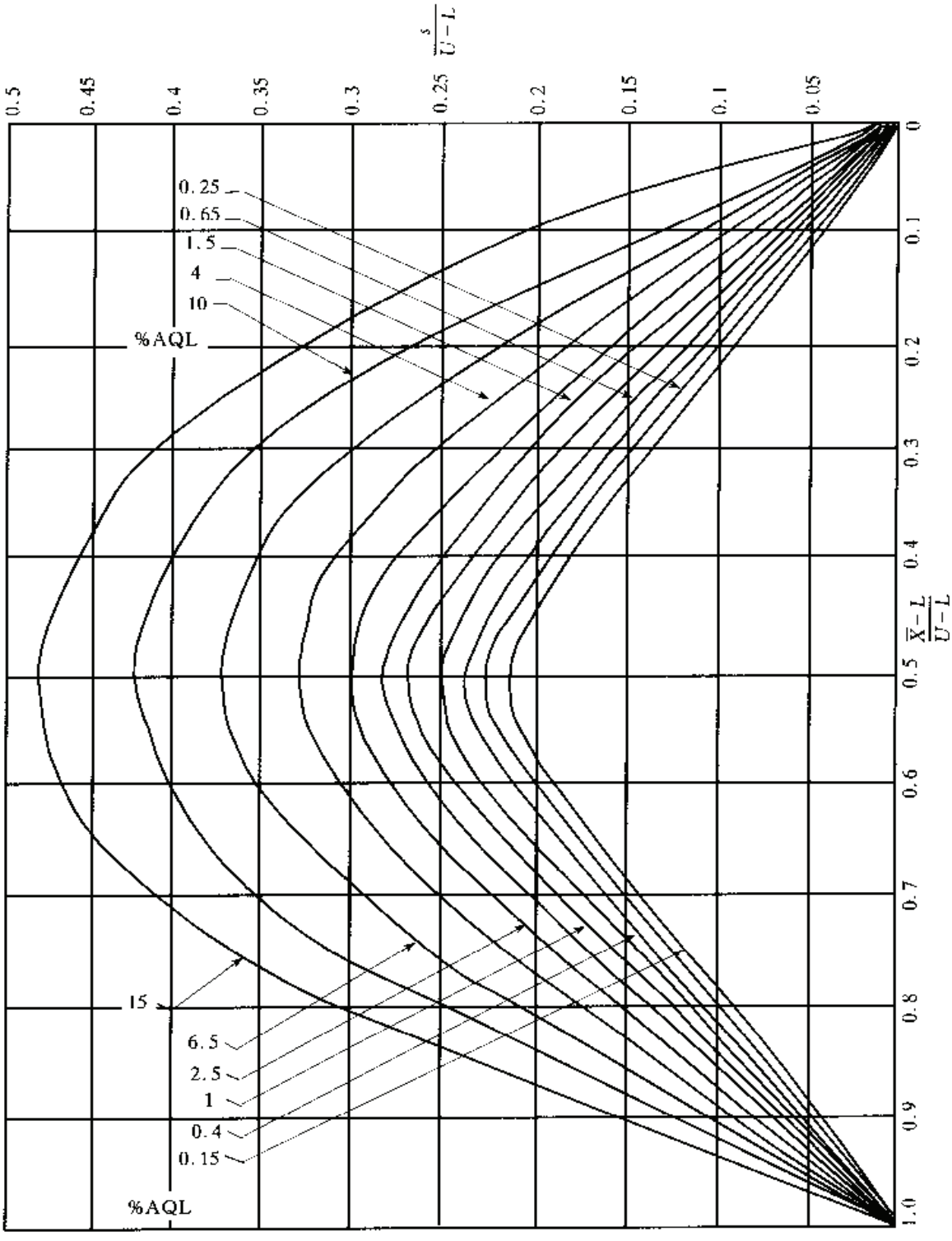


图 46—24 合成的双侧规范限的接收曲线:标准差法——样本量字码 F(样本量 10)

表 46—20　　MIL-STD-414 基于方差未知的各种方案的正常和加严检验主表，标准差法

（单侧规范限，方式 1）

样本量字码	样本量	可接收质量水平（正常检验）													
		0.04	0.065	0.10	0.15	0.25	0.40	0.65	1.00	1.50	2.50	4.00	6.50	10.00	15.00
		k	k	k	k	k	k	k	k	k	k	k	k	k	k
B	3	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	1.12	0.958	0.765	0.566	0.341
C	4	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	1.45	1.34	1.17	1.01	0.814	0.617	0.393
D	5	↓	↓	↓	↓	↓	↓	1.65	1.53	1.40	1.24	1.07	0.874	0.675	0.455
E	7	↓	↓	↓	↓	↓	↓	1.75	1.62	1.50	1.33	1.15	0.955	0.755	0.536
F	10	↓	↓	↓	2.24	2.11	1.98	1.84	1.72	1.58	1.41	1.23	1.03	0.828	0.611
G	15	2.64	2.53	2.42	2.32	2.20	2.06	1.91	1.79	1.65	1.47	1.30	1.09	0.886	0.664
H	20	2.69	2.58	2.47	2.36	2.24	2.11	1.96	1.82	1.69	1.51	1.33	1.12	0.917	0.695
I	25	2.72	2.61	2.50	2.40	2.26	2.14	1.98	1.85	1.72	1.53	1.35	1.14	0.936	0.712
J	30	2.73	2.61	2.51	2.41	2.28	2.15	2.00	1.86	1.73	1.55	1.36	1.15	0.946	0.723
K	35	2.77	2.65	2.54	2.45	2.31	2.18	2.03	1.89	1.76	1.57	1.39	1.18	0.969	0.745
L	40	2.77	2.66	2.55	2.44	2.31	2.18	2.03	1.89	1.76	1.58	1.39	1.18	0.971	0.746
M	50	2.83	2.71	2.60	2.50	2.35	2.22	2.068	1.93	1.80	1.61	1.42	1.21	1.00	0.774
N	75	2.90	2.77	2.66	2.55	2.41	2.27	2.12	1.98	1.84	1.65	1.46	1.24	1.03	0.804
O	100	2.92	2.80	2.69	2.58	2.43	2.29	2.14	2.00	1.86	1.67	1.48	1.26	1.05	0.819
P	150	2.96	2.84	2.73	2.61	2.47	2.33	2.18	2.03	1.89	1.70	1.51	1.29	1.07	0.841
Q	200	2.96	2.85	2.73	2.62	2.47	2.33	2.18	2.04	1.89	1.70	1.51	1.29	1.07	0.845
		0.065	0.10	0.15	0.25	0.40	0.65	1.00	1.50	2.50	4.00	6.50	10.00	15.00	
		可接收质量水平（加紧检验）													

注：表中的所有 AQL 值均是缺陷品率。

↓表示使用箭头下的第一个抽样方案，即样本量和 k 值两者。当样本量等于或超过批量时，批中的每一件都要加以检验。

资料来源：MIL-STD-414，1957.

表 46—21　　MIL-STD-414（1957）和 ANSI/ASQC Z1.9（1993）

方差未知，标准差法，方式 2

示例：某一元件的电阻规范为 620～680 欧姆。将 $N=100$ 的一个批提交检验，正常检验，AQL＝2.5%。若 $\bar{X}=647$，$s=17.22$，是否应接收该批？

方案概述	计　算
Ⅰ. 限定条件：测量值服从正态分布	MIL-STD-414 的实例
Ⅱ. 必要信息	Ⅱ.
A. 批量 N	A. $N=100$
B. AQL	B. AQL＝2.5%
C. 检验严格度：正常、加严、放宽	C. 正常检验
Ⅲ. 方案的选择	Ⅲ.
A. 确定样本量字码（查表 46—19，仅限于 MIL-STD-414），依据的是批量和检验水平（除非另有规定，通常 MIL-STD-414 采用检验水平Ⅳ，ANSI/ ASQC Z1.9 采用检验水平Ⅱ）	A. 字码 F
B. 根据样本量字码和 AQL，确定（查表 46—22，仅限于 MIL-STD-414）	B.
1. 样本量＝n	$n=10$
2. M 值	$M=7.29$
Ⅳ. 要素	Ⅳ.
A. 样本量：见上面	A. $n=10$
B. 统计量	B.
1. 上规范：$Q_U=(U-\bar{X})/s$	$Q_U=(680-647)/17.22=1.92$
2. 下规范：$Q_L=(\bar{X}\quad L)/s$	$Q_L=(647-620)/17.22=1.57$
3. 双侧规范：Q_U 和 Q_L	
C. 根据表 46—23，估计缺陷品率	C.
1. 上规范：根据 Q_U 和 n 估计 p_U（%）	p_U（%）＝1.68
2. 下规范：根据 Q_L 和 n 估计 p_L（%）	p_L（%）＝4.92
3. 双侧规范：估计 $p(\%)=p_U(\%)+p_L(\%)$	p（%）＝6.60
D. 决策准则：	D.
1. 接收准则：	$6.60<7.29$
a. 上规范：p_U（%）$<M$	
b. 下规范：p_L（%）$<M$	
c. 双侧规范：p（%）$<M$	
注意：若规范上、下限的 AQL 值不等，那么对每一规范确定一 M 值，应用于上述 a，b，c 项，在 c 中选用两个 M 值中较大者	
2. 拒收准则：否则，拒收	
Ⅴ. 处置	Ⅴ.
按规定处置批，对下一个批参照转移规则	接收批
Ⅵ. 特征：由 OC 曲线给出	
Ⅶ. 参考文献：MIL-STD-414（1957）和 ANSI/ ASQC Z1.9（1993）	
Ⅷ. 注（使用标准中的相关表）	
A. 极差法——与 s 法类似，除了	
1. 若 $n\geqslant 10$，采用容量为 5 的子样的 $\bar{R}$；若 $n<10$，采用 R	
2. 在统计量中用 $\bar{R}/c$ 代替 s，其中 c 是标准中与 n 和 M 一起给定的一个比例因子	
B. 方差已知——与 s 法类似，除了	
1. 在统计量中用 σ/v 代替 s，其中 v 因子在标准中与 n 和 M 一起规定	

表 46—22　　MIL-STD-414 基于方差未知的各种方案的正常和加严检验主表，标准差法

（双侧规范限和方式 2，单侧规范限）

样本量字码	样本量	可接收质量水平（正常检验）													
		0.04	0.065	0.10	0.15	0.25	0.40	0.65	1.00	1.50	2.50	4.00	6.50	10.00	15.00
		M	*M*	*M*	*M*	*M*	*M*	*M*	*M*	*M*	*M*	*M*	*M*	*M*	*M*
B	3	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	7.59	18.86	26.94	33.69	40.47
C	4	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	1.53	5.50	10.92	16.45	22.86	29.45	36.90
D	5	↓	↓	↓	↓	↓	↓	1.33	3.32	5.83	9.80	14.39	20.19	26.56	33.99
E	7	↓	↓	↓	↓	0.422	1.06	2.14	3.55	5.35	8.40	12.20	17.35	23.29	30.50
F	10	↓	↓	↓	0.349	0.716	1.30	2.17	3.26	4.77	7.29	10.54	15.17	20.74	27.57
G	15	0.099	0.186	0.312	0.503	0.818	1.31	2.11	3.05	4.31	6.56	9.46	13.71	18.94	25.61
H	20	0.135	0.228	0.365	0.544	0.846	1.29	2.05	2.95	4.09	6.17	8.92	12.99	8.03	24.53
I	25	0.155	0.250	0.380	0.551	0.877	1.29	2.00	2.86	3.97	5.97	8.63	12.57	17.51	23.97
J	30	0.179	0.280	0.413	0.581	0.879	1.29	1.98	2.83	3.91	5.86	8.47	12.36	17.24	23.58
K	35	0.170	0.264	0.388	0.535	0.847	1.23	1.87	2.68	3.70	5.57	8.10	11.87	16.65	22.91
L	40	0.179	0.275	0.401	0.566	0.873	1.26	1.88	2.71	3.72	5.58	8.09	11.85	16.61	22.86
M	50	0.163	0.250	0.363	0.503	0.789	1.17	1.71	2.49	3.45	5.20	7.61	11.23	15.87	22.00
N	75	0.147	0.228	0.330	0.467	0.720	1.07	1.60	2.29	3.20	4.87	7.15	10.63	15.13	21.11
O	100	0.145	0.220	0.317	0.447	0.689	1.02	1.53	2.20	3.07	4.69	6.91	10.32	14.75	20.66
P	150	0.134	0.203	0.293	0.413	0.638	0.949	1.43	2.05	2.89	4.43	6.57	9.88	14.20	20.02
Q	200	0.135	0.204	0.294	0.414	0.637	0.945	1.42	2.04	2.87	4.40	6.53	9.81	14.12	19.92
		0.065	0.10	0.15	0.25	0.40	0.65	1.00	1.50	2.50	4.00	6.50	10.00	15.00	
		可接收质量水平（加紧检验）													

注：所有的 AQL 及表中数值均为缺陷品率。

↓表示采用箭头下的第一个抽样方案，即样本量和 *M* 值两者。当样本量等于或超过批量时，批中的每一件都要加以检验。

资料来源：MIL-STD-414，1957.

表 46—23　　应用标准差法估计批缺陷品百分率用表

Q_U 或 Q_L	样本量															
	3	4	5	7	10	15	20	25	30	35	40	50	75	100	150	200
0.1	47.2	46.7	46.4	46.3	46.2	46.1	46.1	46.1	46.0	46.0	46.0	46.0	46.0	46.0	46.0	46.0
0.2	44.5	43.3	42.9	42.5	42.4	42.2	42.2	42.2	42.2	42.1	42.1	42.1	42.1	42.1	42.1	42.1
0.3	41.6	40.0	39.4	38.9	38.6	38.4	38.4	38.3	38.3	38.3	38.3	38.3	38.2	38.2	38.2	38.2
0.4	38.7	36.7	35.9	35.3	34.9	34.7	34.6	34.6	34.6	34.6	34.5	34.5	34.5	34.5	34.5	34.5
0.5	38.8	33.3	32.4	31.7	31.4	31.2	31.1	31.0	31.0	31.0	31.0	30.9	30.9	30.9	30.9	30.9
0.6	32.6	30.0	29.0	28.3	27.9	27.7	27.6	27.6	27.6	27.5	27.5	27.5	27.5	27.5	27.4	27.4
0.7	29.3	26.7	25.7	25.0	24.7	24.5	24.4	24.3	24.3	24.3	24.3	24.3	24.2	24.2	24.2	24.2
0.8	25.6	23.3	22.5	21.9	21.6	21.4	21.3	21.3	21.3	21.3	21.2	21.2	21.2	21.2	21.2	21.2
0.9	21.6	20.0	19.4	18.9	18.7	18.5	18.5	18.5	18.5	18.4	18.4	18.4	18.4	18.4	18.4	18.4
1.0	16.7	16.7	16.4	16.1	16.0	15.9	15.9	15.9	15.9	15.9	15.9	15.9	15.9	15.9	15.9	15.9
1.1	9.8	13.3	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5	13.6	13.6	13.6	13.6
1.2	0	10.0	10.8	11.1	11.2	11.3	11.4	11.4	11.4	11.4	11.4	11.5	11.5	11.5	11.5	11.5
1.3	0	6.7	8.2	8.9	9.2	9.4	9.5	9.5	9.6	9.6	9.6	9.6	9.6	9.6	9.6	9.7
1.4	0	3.3	5.9	7.0	7.4	7.7	7.8	7.9	7.9	7.9	7.9	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0
1.5	0	0	3.8	5.3	5.9	6.2	6.3	6.4	6.5	6.5	6.5	6.6	6.6	6.6	6.6	6.6
Q_U 或 Q_L	样本量															
	3	4	5	7	10	15	20	25	30	35	40	50	75	100	150	200
1.6	0	0	2.0	3.8	4.5	4.9	5.1	5.2	5.2	5.3	5.3	5.3	5.4	5.4	5.4	5.4
1.7	0	0	0.7	2.6	3.4	3.8	4.0	4.1	4.2	4.2	4.2	4.3	4.4	4.4	4.4	4.4
1.8	0	0	0	1.6	2.5	2.9	3.1	3.2	3.3	3.4	3.4	3.4	3.5	3.5	3.5	3.6
1.9	0	0	0	0.9	1.8	2.2	2.4	2.5	2.6	2.6	2.6	2.7	2.8	2.8	2.8	2.8
2.0	0	0	0	0.4	1.2	1.6	1.8	1.9	2.0	2.0	2.1	2.1	2.2	2.2	2.2	2.2
2.1	0	0	0	0.1	0.7	1.2	1.3	1.4	1.5	1.5	1.6	1.6	1.7	1.7	1.7	1.8
2.2	0	0	0	0	0.4	0.8	1.0	1.1	1.1	1.2	1.2	1.2	1.3	1.3	1.3	1.4
2.4	0	0	0	0	0.1	0.3	0.5	0.5	0.6	0.6	0.7	0.7	0.7	0.8	0.8	0.7
2.6	0	0	0	0	0	0.1	0.2	0.3	0.3	0.3	0.3	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
2.8	0	0	0	0	0	0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
3.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1

表 46—24　ISO 3951（1989）方差未知、标准差法、综合 AQL 的双侧规范的图解程序

示例：某一元件的电阻规范为 620～680 欧姆。将 $N=100$ 的一个批提交检验，检验水平Ⅱ，正常检验，AQL=2.5%。若 $\bar{X}=647$，$s=17.22$，是否应接收该批？

方案概述	计　算
Ⅰ. 限定条件：测量值服从正态分布	
Ⅱ. 必要信息	Ⅱ.
A. 批量 N	A. $N=100$
B. AQL（综合的双侧规范限）	B. AQL=2.5%
C. 检验严格度	C. 正常检验
Ⅲ. 方案的选择	Ⅲ.
A. 根据批量和检验水平（通常采用检验水平Ⅱ）确定样本量字码	A. 字码 F
B. 根据样本量字码和 AQL，确定样本量 n	B. $n=10$
Ⅳ. 要素	Ⅳ.
A. 样本量：见上面	A. $n=10$
B. 统计量：$\frac{s}{U-L}$ 和 $\frac{\bar{X}-L}{U-L}$	B. 0.287 和 0.450
C. 决策准则：	C.
1. 如果 $s>\text{MSSD}=f_s(U-L)$，立即拒收	1. $17.22<0.298\ (60)\ =17.88$
2. 选择对应于样本量字码和 AQL 的接收图，并将上述统计量在图上打点	2. 见图 46—24
3. 接收准则：点子打在接收域内	3. 点子打在接收域内，接收该批
4. 拒收准则：点子打在接收域外	
Ⅴ. 处置	
按规定处置批，对下一批参照转移规则；见上面	
Ⅵ. 特征：由 OC 曲线给出	
Ⅶ. 参考文献：ISO 3951（1989）	
Ⅷ. 注：对于平均极差 $\bar{R}$ 或已知标准差 σ 也有类似的方法，只需在上述统计量中用 $\bar{R}$ 或 σ 替代 s	

表 46—25　MIL-STD-414（1957），ANSI/ASQC Z1.9（1993）及 ISO 3951 应用一览表

步骤	部分	方式 1	方式 2	图解
准备		从相关表中查得 k 和 n	从相关表中查得 M 和 n	选择适当的接收图
确定准则	B 部分（s）	$T_U=\frac{U-\bar{X}}{s}$ $T_L=\frac{\bar{X}-L}{s}$	$Q_U=\frac{U-\bar{X}}{s}$ $Q_L=\frac{\bar{X}-L}{s}$	$A=\frac{\bar{X}-L}{U-L}$ $V=\frac{s}{U-L}$
	C 部分（$\bar{R}$）	$T_U=\frac{U-\bar{X}}{\bar{R}}$ $T_L=\frac{\bar{X}-L}{\bar{R}}$	$Q_U=\frac{(U-\bar{X})\ c}{\bar{R}}$ $Q_L=\frac{(X-L)\ c}{\bar{R}}$	$A=\frac{\bar{X}-L}{U-L}$ $V=\frac{\bar{R}}{U-L}$
	D 部分（σ）	$T_U=\frac{U-\bar{X}}{\sigma}$ $T_L=\frac{\bar{X}-L}{\sigma}$	$Q_U=\ (\frac{U-\bar{X})\ v}{\sigma}$ $Q_L=\frac{(\bar{X}-L)\ v}{\sigma}$	$A=\frac{\bar{X}-L}{U-L}$ $V=\frac{\sigma}{U-L}$

续前表

步骤	部分	方式 1	方式 2	图解
估计		用 n 和 Q_U 或 Q_L 查表得出 p_U 或 p_L		
处置	单侧规范	若 $T_U \geqslant k$ 或 $T_L \geqslant k$ 接收	若 $p_U \leqslant M$ 或 $p_L \leqslant M$	
	双侧规范	若 * $T_U \geqslant k$，$T_L \geqslant k$，且 $s <$ MSD 或 $\bar{R} <$ MAR，接收	若 $p_U + p_L \leqslant M$，接收	若（A，V）打在接收曲线内，接收
标准/规范		414，1.9/单侧，双侧* 3951/单侧，双侧（不同的 AQL 值）	414、1.9/单侧，双侧	3951/双侧（综合的 AQL）

注：c = 尺度因子；$v = \sqrt{\dfrac{n}{n-1}}$。

* 非官方程序。

资料来源：ANSI/ASQC Z1.9（1993）及 ISO 3951（1989）。

表 46—26　缺陷品百分率计量方案，计量—计数混合型方案，ANSI/ASQC Z1.9（1993）

示例：某一元件的电阻规范为 620～680 欧姆。将一个 $N = 100$ 的产品批提交检验，检验水平Ⅱ，正常检验，AQL = 2.5%。若 $\bar{X} = 647$，$s = 17.22$，是否应接收该批？

方案概述	计　算
Ⅰ. 限定条件：测量值服从正态分布	
Ⅱ. 必要信息 A. 批量 N B. AQL	Ⅱ. A. $N = 100$ B. AQL = 2.5%
Ⅲ. 方案的选择 A. 根据 AQL 和批量从 ANSI/ASQC Z1.9（1993）的正常检验表中选择合适的计量方案 B. 根据 AQL 和批量从 ANSI/ASQC Z1.4（1993）的加严检验表中选择一次抽样计数方案	Ⅲ. A. $n = 10$ $M = 7.26$ B. ANSI/ASQC Z1.4 给出字码 F $n = 32$ $c = 1$
Ⅳ. 要素 A. 样本量：见上面；将第一样本抽出的产品作为第二样本的一部分 B. 统计量：利用 ANSI/ASQC Z1.9（1993）和 ANSI/ASQC Z1.4（1993）每一标准所指定的合适统计量 C. 决策准则 1. 应用 ANSI/ASQC Z1.9（1993）方案 a. 若方案接收，则接收批 b. 否则，应用 ANSI/ASQC Z1.4（1993）方案，抽取另外的样本以满足样本量要求 2. 必要时应用 ANSI/ASQC Z1.4（1993）方案 a. 若方案接收，则接收批 b. 否则，拒收批	Ⅳ. A. 第一样本：$n = 10$ 第二样本： $n = 32 - 10$ $n = 22$ C. 表 46—21 表明 ANSI/ASQC Z1.9（1993）方案接收该批；若方案拒收该批，将抽取另外的 22 个样品，并用 ANSI/ASQC Z1.4（1993）方案检验 32 个混合样品中的缺陷品数
Ⅴ. 处置 A. 按规定处置批	Ⅴ. 接收该批

续前表

方案概述	计　算
Ⅵ. 特征 A. 由于这里给出的程序是一个“依存的”混合方案，请参阅下列文献： 1. σ 已知：参见席林和道奇（Schilling and Dodge，1969）的著作 2. σ 未知：参见格雷戈里和雷斯内科夫（Gregory and Resnikoff，1955）的著作 3. σ 未知时的近似：参见鲍克和古德（Bowker and Goode，1952）的著作	

资料来源：ANSI/ASQC Z1.9，1993.

可靠性抽样

概述　寿命与可靠性试验的抽样方案在原理和实施上都类似于上述计量方案。所不同的是，在产品并非全部都运行至失效的情况下，试验期间的长度就成为决定程序特性的一个重要参数。另外，故障时间一般自然地趋向于各种偏斜的分布，例如指数分布或近似的威布尔分布。因此，许多寿命试验方案都是以这些分布为基础的。当故障时间服从正态分布，而所有接受试验的产品均运行到失效为止时，则前面讨论过的以正态性为前提的计量方案就都是适用的；也可应用诸如 ANSI/ASQC Z1.4 或 ISO 2859 这样的计数方案。在所有产品失效之前就终止的寿命测试，可以是：

1. 按故障终止——对给定样本量 n 进行试验直到第 r 个故障发生，然后终止。

2. 按时间终止——对给定样本量 n 进行试验直至到达预定终止时间，然后终止。

另外，这些试验也可能基于以下列特性之一所表述的规范：

1. 平均寿命，产品的平均寿命。

2. 危险率，在某个规定时刻 t 的瞬间故障率。

3. 可靠寿命，批或总体中某一规定比例的产品继续存活的寿命。

4. 故障率（FR 或 λ），每单位时间（如测试 1 000 小时）的故障百分数。

寿命特性间的关系　规范与各种寿命特性的试验密切相关。表 46—27 与表 46—28 对于寿命试验特性的换算是非常有用的。有关各种特性的公式均是用平均寿命 μ 来表达的。因此，从这些表中可以看出，对于 $\beta=2$ 的威布尔分布，平均寿命 $\mu=1\,000$小时这一规范相当于在 100 小时时危险率为 0.000 157，或 100 小时的可靠寿命为 99.22%。

表 46—27　　两种故障分布的寿命特征

指数分布 $f(t)=\frac{1}{\mu}e^{-t/\mu}$

威布尔分布 $f(t)=\frac{\beta t^{\beta-1}}{\eta^{\beta}}e^{-(t/\eta)^{\beta}}$，其中，$\mu=\eta\Gamma\left(1+\frac{1}{\beta}\right)$

寿命特性	指　数	威布尔
在时间 t 之前发生故障的比例 $F(t)$	$F(t)=1-e^{-t/\mu}$	$F(t)=1-e^{-g(t/\mu)^{\beta}}$
到时刻 t 继续存活的总体的比例 $R(t)$	$R(t)=e^{-t/\mu}$	$R(t)=e^{-g(t/\mu)^{\beta}}$
平均寿命 ML 或平均故障间隔时间	μ	μ
危险率 $Z(t)$，时刻 t 的瞬间故障率	$Z(t)=\frac{1}{\mu}$	$Z(t)=\frac{\beta g t^{\beta-1}}{\mu^{\beta}}$
$0-t$ 期间内的累计危险率 $M(t)$	$M(t)=\frac{t}{\mu}$	$M(t)=\frac{gt^{\beta}}{\mu^{\beta}}$
故障率 λ 或 $0-t$ 期间内的平均危险率 $m(t)$	$\lambda=\frac{1}{\mu}$	$m(t)=\frac{gt^{\beta-1}}{\mu^{\beta}}$

* 威布尔参数在第 48 章中解释。这里给出的公式是 H108（指数）和 TR-3（威布尔）的公式。

表 46—28　　威布尔分布的 $g=\left[\Gamma\left(1+\frac{1}{\beta}\right)\right]^{\beta}$ 值

β	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
0.0	…	4.528 7	2.605 2	1.949 8	1.616 7	1.414 2	1.277 8	1.179 4	1.105 1	1.046 8
1.0	1.000 0	0.961 5	0.929 2	0.901 8	0.878 2	0.857 7	0.839 7	0.823 8	0.809 6	0.796 9
2.0	0.785 4	0.775 0	0.765 5	0.756 8	0.748 9	0.741 5	0.734 8	0.728 5	0.722 6	0.717 2
3.0	0.712 1	0.707 3	0.702 8	0.698 6	0.694 7	0.690 9	0.687 4	0.684 0	0.680 9	0.677 8

β	0.33	0.67	1.33	1.67	3.33	4.00	5.00
g	1.817 1	1.209 0	0.893 6	0.828 9	0.697 3	0.675 0	0.652 5

注：表中的各列是对各行的细分。例如，当 $\beta=1.2$ 时，g 值为 0.929 2。

指数分布：H-108　广泛使用的《质量控制和可靠性手册》（Quality Control and Reliability Handbook，MIL-HDBK-108，1960）提供了一套基于故障时间的指数模型的寿命试验和可靠性方案。其中的方案用于平均故障时间 β 用可接收平均寿命 β_0 和不可接收平均寿命 β_1 规定[①] 的场合。寿命试验可以是：

可更换的。发生故障时更换产品。对于所更换的单元试验时间连续累计。

不可更换的。发生故障时不更换产品。

该手册中包括有三种类型的方案：

1. 达到预定故障数即终止的寿命试验。即对 n 个产品进行试验，直到 r 个发生故障为止。通过计算平均寿命并与方案规定的可接收值进行比较，来作出决定。

2. 达到预定时间即终止的寿命试验。即在规定的时间长度 T 内对 n 个产品

① 注意，在本手册其他部分，均值均用符号 μ 表示。

进行试验。如果在 r 个发生故障前达到 T，试验终止并接收批。如果在到达 T 前 r 个发生故障，则停止试验并拒收批。

3. 序贯寿命试验方案。即对 n 个产品进行试验，并将时间和故障加以记录，直到数据累计到足以在规定的风险水平上作出决定为止。在整个试验中，定期计算所有产品的累计时间，并与观察时间内的累计故障总数的可接收时间进行比较。若总时间超过接收限，则接收批；若总时间低于拒收限，则拒收批。若总时间落在两者之间，则继续试验。

该手册提供了对应于各种使用方和生产方风险值的方案，也给出了在预定故障数或预定时间终止的寿命试验的抽样特性曲线。此外，手册中还有一些特殊的表，用来说明增加样本量或更换故障产品预期所能节省的试验时间。

威布尔分布：TR-3，TR-4，TR-6，TR-7 美国国防部的质量控制与可靠性技术报告 TR-3（1961），TR-4（1962），TR-6（1963）和 TR-7（1965）提供了基于测量值 t 的威布尔分布的抽样方案。

必须应用概率纸描图或拟合优度检验来确保测量值符合威布尔分布模型。[详见 Wadsworth，Stephens，and Godfrey（1982）。] 如果确定威布尔分布是故障分布的适当近似，就可以应用以威布尔分布（参见第 44 章和第 48 章中的“威布尔分布”）的三个参数来描述产品或过程的特征的方法。这包括概率描图及点估计和区间估计。假定威布尔分布的形状和位置参数已知，就可以应用基于威布尔分布的抽样方案。这些方案可见于上述的技术报告中，它是基于如下的准则：

1. 平均寿命准则（TR-3）。

2. 危险率准则（TR-4）。

3. 可靠寿命准则（TR-4）。

4. 上述三种（TR-7）。

表中提供的方案覆盖了分布形状参数 β 在 1/3～5 的一个广泛的威布尔分布族。这些技术报告中包括大量的非常好的实例，对所涉及的方法有着非常详尽的讨论。

上述技术报告 TR-7（1965）提供了假定故障时间服从威布尔分布时使 MIL-STD-105D 方案适用于寿命与可靠性试验的因子和程序。针对如下准则给出了适当的换算因子：

表	准 则	换算因子
1	平均寿命	$(t/\mu)\times 100$
2	危险率	$tZ(t)\times 100$
3	可靠寿命（$r=0.90$）	$(t/p)\times 100$
4	可靠寿命（$r=0.99$）	$(t/p)\times 100$

每张表均由三部分构成，每一部分由 β 的 10 个值 β(β=1/3,1/2,2/3,1,1⅓,1⅔,2,2½,3½,4)来检索。TR-7 的使用方式与其他三种技术报告基本类似。

散料抽样[①]

散料可以是气体、液体或者是固体形态。在对这类物料进行抽样时，通常是从中抽取较小的一份，即所谓的份样，并将这些份样混合成一个复合样本，必要时再把这个较大的样本缩减到大小适合实验室试验的试样。

如果散料是成包的或是以明显区分的分装出现的，如果同一包内的散料从实际应用的角度而言是一致的但包与包之间存在着差异，如果样本中每一包的质量都是经过测定的，那么就可以应用为离散产品的抽样理论。

对于散料的抽样有必要进行如下专门的理论上的讨论：

1. 如果各包内的物料是一致的，但对取自各包的份样并未分别测试，而是将之混合了起来，或至少是部分混合了起来，形成了一个或多个复合样本，这些复合样本是单独地进行测试的。

2. 如果包内的物料不一致，则取自包内的份样会出现抽样误差的问题。

3. 如果散料是不包装的，样本的份样必须从堆、卡车、车皮或传送带上抽取。

在上述情况下，导致散料抽样有别于离散产品抽样的特殊之处是：

1. 实物混合及随后通常必须进行的实物缩减（或再次抽样）的可能性。

2. 许多情况下为取得进入样本的份样而要使用机械取样装置的这种需要。在这种情况下，份样可能是由于使用取样工具而“创造”的，而不能被视为预先存在的。

散料抽样的目标 在大多数情况下，散料抽样的目标是确定其平均质量。这样做可能是为了制定货价，或是征收关税或其他税款，或是为了控制某个可能会使用散料的制造过程。可以理解，人们对于散料的关注有时集中在物料的变异性上，或者，如果它是成包的，人们所关心的便是其缺陷品率，或是分装或包中的极值，如同 ASTM（1968）所讨论的那样。限于篇幅，我们的讨论将限于散料的平均质量的估计。

专用的术语和概念 散料抽样中使用了许多专门术语和概念。现分别列述于下。

1. 批：正在研究其质量的散料的主体——不可与统计总体相混淆。

2. 分装：实际的或假设的批的明确分开的部分。

3. 分层：批中按照所研究的质量特性而区分的分装。

4. 份样：批中的任意部分，一般少于一个分装。

---

① 本节由本手册的第三版的第 25A 章缩写而成，作者为艾奇逊·J·邓肯（Acheson J. Duncan）。

5. 样本份样：最初取入样本中的批的部分。

6. 大样：从批中抽取的样本份样的总和。

7. 复合样本：两个或多个样本份样的混合物。

8. 实验样本：较大的样本中送入实验室试验的那部分。

9. 缩减：从复合样本得到实验样本的处理过程。这是一种对复合样本进行抽样的方法。它可以采取用手四等分、分格缩分铲之类的方式。

10. 试验单位：恰好足够用于对给定质量特性进行测量的物料数量。

11. 试验单位的质量：假想的可对试验单位进行的无限多次测量的期望值。任何单个测量值都是对这个无穷集中抽取的随机样本。分析方差就是这一无穷集中测量值的方差。

12. 批均值：如果将批完全分成 M 个试验单位的集，那么这 M 个试验单位的质量的均值即为批均值。无论这 M 个试验单位如何获得，均认为批均值是一样的。这也就是假定试验单位的质量与分法之间没有必然的相互影响。见下面的术语 16。

13. 分装（以及分层、份样、复合样本或实验样本）的均值：可按用于批均值定义的类似方法来定义。可以假定相对于试验单位来说，分装是如此之大，以致分装中超过试验单位整数的部分从理论上可以忽略不计。如果并非这样，可以把试验单位剩余部分的质量硬性取作分装减去这部分后的平均质量。

14. 一致性：一个分装内的散料如果在该分装内没有差异就说它是一致的。例如，每 1 立方厘米的物料含有恰好相同数目的“异质颗粒”，就可以认为这些颗粒的密度在整个分装中是一致的。此外，还须参看术语 15 后的注解。

15. 均质性：如果某一给定的质量特性在整个分装内是随机分布的，就可以说该分装内的散料相对于这个质量特性是均质的。

（一致或均质这样的特征并非独立于所研究的单位的大小。异质颗粒的数目在每立方米的材料中可能是相同的，则对于大小为 1 立方米的单位，可以说材料是一致的。然而，对于大小为 1 立方厘米的单位，异质颗粒的数目会有相当大的差异，那么对于大小为 1 立方厘米的单位，就不能断定材料是一致的。在均质的定义中也涉及同样的问题。每立方米的异质颗粒数可能从一个立方米到另一个立方米随机变化，但是在每个立方米内，组成这个立方米的每个立方厘米中的异质颗粒数之间可能会有相当大的（组间）相关关系。）

16. 实际系统偏差：如果物料特性确实受到所用的抽样装置或抽样方法的影响，其结果就会产生系统偏差。例如，钻孔或切割工具会产生相当的热而使水分流失。

17. 实际选择偏差：如果某种散料是不同大小颗粒的混合物，那么抽样装置可能会倾向于更多选择某种大小的颗粒而少选取另外一种。这意味着，如果分装是完全用这种装置来抽样的，那么先抽取的样本中会比随后抽取的样本有更多的

某种尺寸的颗粒。

18. 统计偏差：用来估计诸如均值这样的批的特性的观察值的函数称为统计量。如果许多样本的均值并不等于它所估计的批的特性，则认为该统计量有统计偏差。

确定抽样的数量 由于样本均值的方差 $\sigma^2_{\bar{X}}$ 是抽样量的函数，比如说是所取份样数的函数，因此一旦采用某个模型，得到 $\sigma^2_{\bar{X}}$ 的某个公式后，就有可能确定所需要的抽样量以达到给定宽度的置信区间或达到作出正确判断的特定概率。

在确定抽样量以得到一套合意的批接收和拒收的风险时所使用的方法是类似的。

模型及其用法 关于离散产品的抽样方案已经编制在了大量的抽样表中。散料抽样目前还做不到这一点，实际的做法是，必须为每类散料构造一个“抽样模型”，用此模型来确定特定应用的样本量和接收准则。

散料抽样模型是由一套关于所抽检材料的统计特性的假定连同实施抽样的程序所组成的。例如，一个非常简单的模型就是，假定批中各试验单位的质量特性服从正态分布，并且采用简单随机抽样。

随着模型的建立，一般能推导出关于某个给定批的均值的估计的抽样方差的一个公式。这个公式必须根据产品的类型、批的组成及其他因素来惟一地确定。有关具体的公式，建议读者去查阅相关的参考文献（尤其是 Duncan，1962）。根据抽样方差的估计值，可建立起批均值的置信限，并/或能对批的接收作出具有给定风险的决策。

将样本均值的方差记为 $\sigma^2_{\bar{X}}$，其估计值为 $s^2_{\bar{X}}$，则批均值的“0.95 置信限”便为：

$$\mu \text{ 的 } 0.95 \text{ 置信限} = \bar{X} \pm t_{0.025} s_{\bar{X}}$$

其中，μ 为批均值；$\bar{X}$ 为样本均值；$t_{0.025}$ 为 t 分布的 0.025 分位点，而 t 分布的自由度与 $s^2_{\bar{X}}$ 的确定有关。

如果要对某个批的可接收性作出决策，将采用如下形式的接收准则：

如果 $t = \dfrac{\bar{X} - L}{s_{\bar{X}}}$ 为正，或负值但绝对值小于 $t_{0.025}$，接收批。

其中，L 为产品的下规范限；$t_{0.025}$ 定义同上（Grubbs and Coon，1954）。

明显分装的散料的模型（“分装内与分装间”的模型） 许多散料表现为明显分装的形式。例如，它可以是成袋、成包或成罐包装的，或者可能是用车皮或车斗装运的。

对于明显分装的材料，可以确定，对于每个都含有大量试验单位的大量分装而言，单个试验单位的总方差近似等于分装间的方差与分装内的平均方差之和。在下面的讨论中，假定对于所有分装来说分装内的方差都相等。

模型 1A：孤立批，未分层的分装　对于明显分装物料的一个孤立批而言，其抽样程序是：从 n 个分装中的每一分装中抽取一个含有 m 个试验单位的份样，将每个份样缩减成为实验样本，测量其质量 X。n 个试验单位的平均值就被作为该批的平均值的一个估计值。

模型 1B：序列批之一　假设当前批是一系列明显分装物料的批中的一个，并且已经从试验性研究中得出了分装间与分装内的方差的估计值，以及缩减方差和试验方差的估计值。假定试验性研究得出的缩减方差对于比研究中所用数量更大的数量仍然有效。

有了这些已知的信息，就能以试验性研究为基础，对批平均质量的当前样本估计值得出抽样方差的一个估计值，并只需对于这一研究的持续有效性作一次当前的校核。因此，就可以使用只要求少量测量值的复合样本，当前批的检验费用就可大为削减。

“分装内与分装间”的模型：分层分装。在某些情况下，每一分装中的散料的质量特性可能是分层的，即分装中的质量特性会从这一层到另一层发生变化，而不是随机分布在整个分装内。如果能够合理地平行分层，且从样本分装中抽取份样是垂直于分层且穿透所有分层进行，那么构造这种分层分装模型的困难就可以被克服。例如，在对一捆羊毛取样时，可以用一个取样器由顶及底垂直切出一个样本。

连续移动的散料模型　在许多情况下，要抽取的散料是以一个流移动的，比如在一个传送带上的移动。这种情况下，通常的做法是从这个流中系统地抽取份样，所取份样要横跨整个流的宽度。

孤立批　如果份样是从流中随机抽取的，我们就可得到一个来自批的简单随机样本，然后采用类似明显分装物料的孤立批的步骤往下进行。

模型 2A：批流：分离模型　当散料的流要持续一段时间，中间可能会有中断，这时就必须针对许多的批来确定其质量并/或作出处理的决定。这时采用一个试验性研究（pilot study）可能是非常有效的。

需要何种试验性研究取决于对于流中物料的统计性质的假定。如果物料的质量在流中随机地变化，则一个基于随机或系统抽取的大量份样进行的试验性研究就足以确定出物料的方差，而且还能用于建立后续批的均值的置信限或作出有关其可接受性的决策，即使在每一个批中只抽取一个复合样本。

试验单位的获取　在获取试验单位的过程中，有三个重要的因素：

1. 上述模型都假定随机抽样。即份样或者是随机地捡出（如果各个单位能区分开则最好使用随机数），或者是从本身随机的物料中系统抽选而得。随机抽样可能必须在物料的运动中或被移动中进行。如果不能够应用随机抽样，就应当采取特别的措施来获得关于批的具有代表性的份样，要考虑到分层之类的情况。要得到关于抽样方差的公式，在一个抽样程序中就必须具有某些随机性的因素。

2. *磨碎和混合*。在散料的处理和组成复合样本时，为达到均质性或至少减少物料的变异性，可以使用磨碎和/或混合的方法。

如果某种物料可以按照随后抽样所用份样大小来达到均质性的话，那么这种大小的份样就可视为该物料的随机样本。当利用采样器或其他抽样装置从袋、盒、桶等容器中取样时，就有必要使容器内的散料达到均质性。但是，随机抽样并不能保证抽样方差最小，而磨碎和混合则会在达不到均质性的情况下减少总的抽样方差（Cochran，1977）。

虽然磨碎和混合旨在减小变异性，但有些情况下这些操作会造成离析，反而会增加变异性。

3. *把样本缩减为试验单位*。测量常可以直接对样本进行。但是为了便于实验室试验，有时必须对样本的颗粒大小或具体数量加以仔细的缩减。样本中未缩减部分可以保存起来，作为以后发生法律问题的参考依据或检验结果的验证。缩减方法的一个例子是先把物料堆成圆锥体，然后再加以四等分。先将材料碾碎，堆成圆锥形，接着压平，然后再将材料分成四等份，取相对的两等份，再进一步四等分或者作为最终试验单位。

比克宁（Bicking，1967 and Bicking et al.，1967）针对许多特殊的散料的试验单位的获取给出了非常独特的详尽说明。

均质性检验 散料的均质性可以用 $\bar{X}$ 图和 c 图来进行检验。对于可辨认的颗粒混合物，可进行 χ^2 短程检验来检验局部的均质性（Shinner and Naor，1961）。

贝叶斯程序

近年来，可从经验或分析研究中得出交检批质量的先验频数分布进而利用这些“先验”分布导出逐批抽样方案的思想，得到了一定程度的接收。通常这被称为“贝叶斯方法”。第 44 章“基本统计方法”讨论了贝叶斯定理和贝叶斯决策理论的概念。有关先验信息应用的一般概念在第 23 章的“所需检验和试验的程度”一节中进行了讨论。

有关贝叶斯抽样的文献数量众多。可是，基于特定的批质量先验分布的抽样表却极为有限。卡尔文（Calvin，1984）给出了实施贝叶斯方案的程序及用表。另一个例子是奥利弗和斯普林（Oliver and Springer，1972）提供的一套表，这些表基于贝塔先验分布的假定，满足指定的后验风险以获得最小的样本量。这避免了估计成本参数的问题。事实上，对于相同的生产方和使用方风险，贝叶斯方案所需的样本量要比常规方案为小。此外，谢弗（Schaefer，1967）利用批质量的三个先验分布讨论了计数一次抽样方案。在给定规定风险 α 和 β 的情况下，就能够确定满足这些风险要求同时又使样本量最小的抽样方案。例如，根据一个特定

的先验分布，方案 $n=6$，$c=0$ 所提供的保护相当于常规方案 $n=34$，$c=0$。

以上这些优点常常为人们所提到。但是，有一个主要的因素却常常会被忽略，这便是有关先验分布的假定有多么正确。霍德（Hald，1960）详细论述了基于批质量的离散先验分布的抽样方案，同时还利用一个简单的经济模型，结合离散先验分布和超几何分布解答了许多有关成本、样本量与批量之间的关系之类的问题。谢弗（Schaefer，1964）研究了贝叶斯抽样特性曲线。霍德（Hald，1981）还对计数接收抽样的经典理论及贝叶斯理论与方法之间进行了很好的比较。格里姆林和布雷霍（Grimlin and Breipohl，1972）对于有关序贯和非序贯接收抽样的贝叶斯方法进行了讨论。大多数这类方案中都包括了反映应用方案的决策过程所涉及损失的成本数据。韦瑟里尔和钦（Wetherill and Chin，1975）给出有关贝叶斯和非贝叶斯方案的精彩评述。

尽管有关先验分布的明确规定是经典贝叶斯方法的特征，但体现大部分贝叶斯原理和方法而无有关先验分布的明确规定的程序已经被开发了出来。这些方法以结合历史数据和先验分布的经验估计为基础，因此也称为“经验贝叶斯”。克鲁奇科夫（Krutchkoff，1972）给出了有关这种估计方法的详尽描述。马兹（Martz，1975）给出了经验贝叶斯方法在计数抽样中的应用。而科莱格和布兰德（Craig and Bland，1981）则讨论了如何将这种方法应用于计量抽样中。

收缩估计量在经验贝叶斯问题中的应用使得这方面的思想得到了进一步的扩展，莫里斯（Morris，1983）对此进行了讨论。这类程序的一个典型应用是在所谓的“通用抽样方案”中，该方案已被美国电话电报公司的质量测量计划（AMP）所采用。审核样本量是基于以往的过程控制、经济考虑、质量标准以及审核群的异质性而定的，霍德利（Hoadley，1981）对此进行了讨论。严格来说，程序中所用的斯坦（Stein）收缩估计量的权数是通过经典贝叶斯方法建立的，因此将这种应用视为经验贝叶斯方法更为合适。布鲁斯和霍德利（Brush and Hoadley，1990）给出了一种利用基于 QMP 的接收批和拒收批的数据来估计质量的方法。

在正确地评估必要的先验分布及收集和保持所需的成本信息方面的困难，阻碍了贝叶斯方法的应用。显然，更多地依靠先验经验信息及计算机在生成成本信息方面的潜力是很有帮助的。卡斯和基茨（Case and Keats，1982）指出了在选择先验分布时易犯的错误。

虽然研究表明贝叶斯计划对于先验分布和损失函数中的错误可能会十分顽健，但其还是假定先验分布在长期意义上是固定的（即一个受控的过程）。经典方法不作这样的假设。事实上，贝叶斯方案在很大程度上是因应用而异的，需要关于具体应用的详尽并不断更新的资料。与计量抽样类似，贝叶斯方案一次只用于一个特性。不管怎么说，在适合的场合，它们提供了另一种经济抽样的工具。

如何选择合适的抽样程序

接收抽样的方法可以说是多种多样。因此必须根据接收抽样的具体应用环境来选择合适的抽样程序。这将取决于具体应用本身的性质、以往的质量情况、对过程和生产方了解的程度等。事实上，道奇曾讲过（Dodge，1950，p.8）：

> 一种具有一致性的良好质量历史的产品要比没有历史或有着较差质量历史的产品需要更少的检验。因此，依据手头有关质量水平的证据的特征和数量以及所表现出的控制程度，在检验程序中加入有关减少或增加检验量的规定，这是一种很好的惯行。

在后面的“结论”部分还将对此进行进一步的探讨。

引自席林（Schilling，1982）的图 46—25 给出了有关选择和应用抽样程序的步骤。这里的重点在于有关合理应用、修改及改进抽样所必需的信息的反馈。如奥特和席林（Ott and Schilling，1990）所指出的那样：

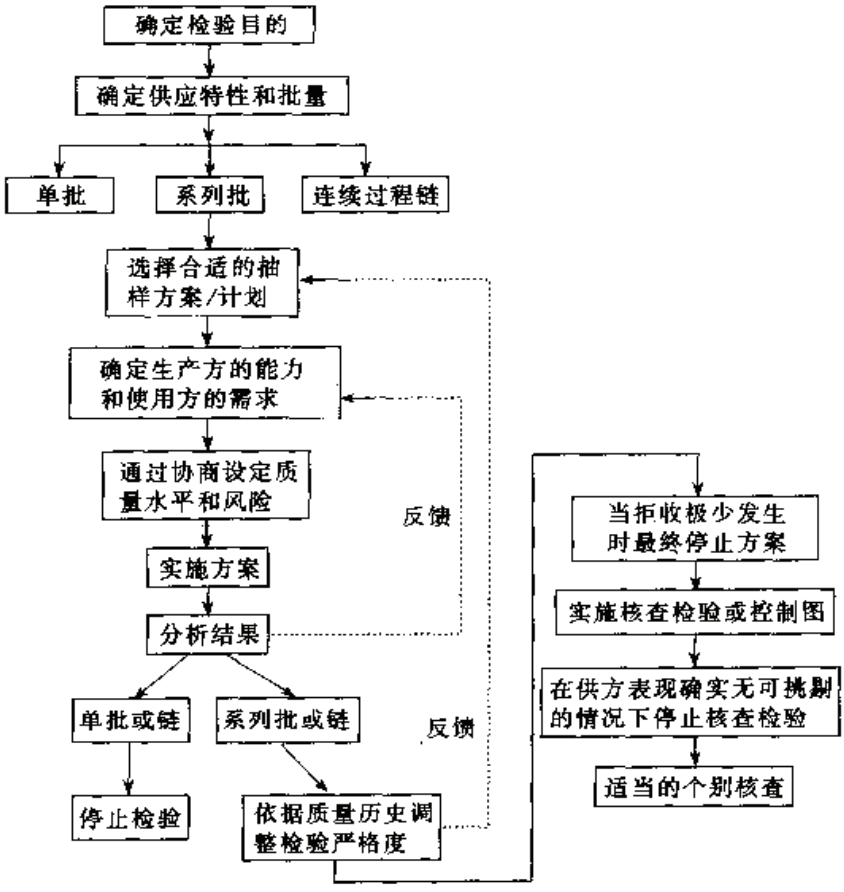


图 46—25　实施抽样程序的检查步骤

有两种标准程序，尽管其本身不错，但是会造成推延对生产过程的仔细

分析，这便是：

1. 在线检验站（100%筛选）。这会成为一种习以为常的生活方式。

2. 在线接收抽样方案。它防止了缺陷批下线，但其中却没有包括反馈程序。

当这些程序容忍或鼓励生产中的不关心时，它们就成为了坏事。它会导致生产人员推卸质量责任并抱怨是检验人员使得劣质产品被放行。

因此，在一个接收控制系统中，必须对抽样不断地进行修正。每一方案都有其特定的应用目的。表 46—29 列出了讨论过的某些方案的目的与方案之间的联系。席林（Schilling，1982）对于这里未加提及的方案与其目的的联系进行了详细的讨论。这些方案是接收控制系统中的组成要素。在提供保护的同时而减少检验并转向过程控制这一持续的努力中，抽样方案应用的效力取决于使用者的创造性、诚实和勤奋的有机结合。

表 46—29　　方案的选择

目　的	供货形式	计　数	计　量
在给定风险下对生产方和使用方质量水平的简单保证	单批 系列批	两点方案（A 型） 道奇-罗米格 LTPD 两点方案（B 型）	两点方案（B 型） 两点方案（B 型）
将提交批质量水平保持在 AQL 或更好的状态	系列批	MIL-STD-105E ANSI/ASQC Z1.4 ISO 2859	MIL-STD-414 ANSI/ASQC Z1.9 ISO 3951
进行矫正以保证提供给使用方的 AOQL	系列批 单件产品的流	道奇-罗米格 AOQL CSP－1，2，3 多水平方案 MIL-STD-1235B	使用通过或未通过测量
在优质历史下进行放宽检验	系列批	跳批 链式	批作图法 计量—计数混合方案 窄限检验
抽查检验	系列批	缺点评级	接收控制图
满足强制性标准	单批 系列批	批灵敏性方案 TNT 方案	$c=0$ 的计量—计数混合型方案
可靠性抽样	单批 系列批	两点方案（B 型） LTPD 方案	MIL-HDBK-108 TR-7 应用 MIL-STD-105D 转移规则的 TR-7

资料来源：Schilling，1982，p.569.

用于接收抽样的计算机程序

有大量的计算机程序可供特定抽样方案的应用。计算机程序正在变得日益重要，尤其是在应用所选方案和开发满足特定应用的方案方面。表 46—30 列出了

一些早期的重要程序。但应当注意的是，这些程序是否有朝一日会取代纸质的程序和标准尚值得疑问，后者在生产方和使用方的协商中发挥着重要的作用，在内部的会议以及无论何处的讨论中也可以信手拈来。

表 46—30　　接收抽样的基本计算机程序

（括号中为可选择的输入/输出）

目　的	输　入	输　出	参考文献
一次抽样——导出	p_1，p_2，α，β，（批量，p）	方案（p 处的 ATI，AOQL）	Snyder and Storer，1972
二次抽样——导出	AQL，LTPD（批量）（假定 $\alpha=0.05$，$\beta=0.10$）	具有 AOQL（p，P_a，AOQ，ATI，ASN）的 $n_2=n_1$ 及 $n_2=2n_1$ 方案	Chow，Dickinson and Hughes，1973，1975
多次抽样——导出	AQL，LTPD（批量）（假定 $\alpha=0.05$，$\beta=0.10$）	具有 AOQL（p，P_a，AOQ，ATI，ASN）的 n 相等的方案	Hughes，Dickinson and Chow，1973
一次、二次、多次抽样——评估（给定 p 求 P_a 或给定 P_a 求 p）（超几何、二项、泊松、正态）	分布、样本量、接收/拒收数、欲求的缺陷品率、欲确定的接收概率（批量）	方案控制表，p，P_a，ASN，AOQ，ATI	Schilling，Sheesley and Nelson，1978
道奇连续抽样——评估 CSP-1，2，3	缺陷品率，方案（1，2，3）的指标，f，i，k	p，F，P_a，AOQ	Sheesley，1975
MIL-STD-414——接收/拒收实施给定数据的决策	批数，检验类型（T、N、R），变异性指标，批量，规范限，AQL，数据	方案 $\hat{p}$，M，接收或拒收	Nelson，1977

Snyder，D. C. and Storer，R. F.（1972）. "Single Sampling Plans Given an AQL，LTPD，Producer and Consumer Risks." *Journal of Quality Technology*，vol. 4，no. 3，July 1972，pp. 168－171.

Chow，B.，Dickinson，P. C.，and Hughes，H.（1973）. "A Computer Program for the Solution of Double Sampling Plans." *Journal of Quality Technology*，vol. 5，no. 4，October 1973，pp. 205－209；also，*Journal of Quality Technology*，vol. 7，no. 4，October 1975，p. 166.

Hughes，H. Dickinson，P. C.，and Chow，B.（1973）. "A Computer Program for the Solutions of Multiple Sampling Plans." Journal of Quality Technology，vol. 5，no. 1，January 1973，pp. 39－42.

Schilling，E. G.，Sheesley，J. H.，and Nelson，P. R.（1978）. "GRASP：A General Routine for Attribute Sampling Plan Evaluation." *Journal of Quality Technology*，vol. 10，no. 3，July 1978，pp. 125－130.

Sheesley，J. H.（1975）. "A Computer Program to Evaluate Dodge's Continuous Sampling Plans." *Journal of Quality Technology*，vol. 7，no. 1，January 1975，pp. 43－45.

Nelson，P. R.（1977）. "A Computer Program for Military Standard 414：Sampling Procedures and Inspection by Variables for Percent Defective." *Journal of Quality Technology*，vol. 9，no. 2，April 1977，pp. 82－86.

资料来源：Schilling，1982，p. 587.

数量众多的质量控制商用软件包中都含有接收抽样的选项。此外，文献中也

举出了许多程序。例如，格温瑟（Guenther，1984）给出了确定矫正型一次抽样方案的程序，而加里森和希基（Garrison and Hickey，1984）则给出了有关序贯方案的程序，两者涉及的都是计数方案。确定截尾计数方案的 ASN 的程序由鲁特米勒和谢弗（Rutemiller and Schaefer，1985）给出。麦克威廉姆斯（McWilliams，1990）提供的程序涉及超几何、A 型及包括二次抽样的方案等各个方面。麦克沙恩和塔姆堡（McShane and Tumbull，1992）提供了有限步长下的 CSP-1 方案的分析程序。格尔德伯格（Goldberg，1992）给出了用于连续抽样的快速序贯方法的 PC 程序。[选择快速转移系统的程序可见于 Taylor（1996）。]这些程序均提供代码。考克斯（Cox，1992—1993）给出了有关使用电子表格来实施方案的讨论。法德和萨伯恩格鲁（Fard and Sabuncuoglu，1990）及希金（Seongin，1993）讨论了专家系统。总之，可以预期计算机将促进和推广抽样方案的应用。

结论——从接收抽样到接收控制

抽样方案对于单个批的应用几乎谈不上什么质量控制。这种情况是静态的，而控制意味着运动及方向。不过，当方案应用于一个接收控制系统时，它涉及产品的整个寿命周期，此时的抽样方案能提供：

- 对使用方的保护。
- 对生产方的保护。
- 质量历史的积累。
- 对过程控制的反馈。
- 使生产方改进过程的压力。
- 接收控制包括调整接收抽样程序以便适应现有状况，目的在于最终完全撤去检验。这非常类似于早先的检验人员根据质量历史来调整检验的情况。因此，接收控制是“适应不断变化的检验环境而选择、应用和调整接收抽样程序的连续策略”（Schilling，1982，p.546）。这表现为人们所用的抽样程序的不断发展，如表 46—31 所示。

这些程序可应用于产品的整个寿命周期，这种应用是以一种与质量改进、减少及停止检验的趋势相一致的方式进行的，表 46—32 反映了这些内容。[有关向审核抽样发展的详细讨论及实例可参见 Doganaksoy and Hahn（1994）。]

现代生产并非静态的。它涉及新产品的开发、制造和销售，并且被环绕在一个不断降低成本、修正过程和其他形式的质量改进的氛围之中。各种变化会不断地进入到生产过程当中，有些变化是人们主动追求的，有些变化则是来自于未知来源的未预期变化。当存在着这些变化时，接收抽样就是必需的，这样才能在过

程处于受控状态之前给生产方和使用方提供保护。这可能需要几天、几个月或几年的时间。在这种情况下，所采用的检验应在一个接收控制系统内有系统地加以变化，这一系统将随着学习曲线在某一特定应用领域中的增加而相应地减少检验的程度。这样可以以图 46—26 所描绘的方式，对于适当的过程控制的实施提供必要的保护。接收控制和过程控制相互之间有着协同的作用，这是说一方会支持另一方的适当应用。正如道奇（Dodge，1969，p.156）所指出的：

> “接收质量控制系统”……包括保护使用方不得到不可接收的有缺陷物料以及鼓励生产方应用过程质量控制这两方面的思路。这种鼓励是通过改变接收抽样的数量和严格度来进行的，即接收抽样的数量和严格度与被检特性的重要性成正向关系，而与检验所显示出的质量水平的优度成反向关系。

正是从这一意义上而言，接收控制是质量体系中的一个重要组成部分。

表 46—31　　计数抽样程序的发展

过去结果	质量历史			准则
	少量	一般	大量	
极好	AQL 方案	链型	缺点评级或停止检验	几乎没有(<1%)批拒收
一般	矫正或 LTPD 方案	AQL 方案	链型	少量（<10%）批拒收
极差	100%检验	矫正或 LTPD 方案	不连续接收	许多（≥10%）批拒收
数量	少于 10 批	10～50 批	多于 50 批	

表 46—32　　接收控制应用的寿命周期

阶　段	步　骤	方　法
准备	选择适合目的的方案	分析质量体系以确定对程序的确切需求
	确定生产方能力	应用控制图进行过程特性评估
	确定使用方需求	应用控制图进行过程能力研究
	设定质量水平和风险	经济分析和协商
	确定方案	若可能选择标准程序
开始	培训检验员	包括方案、程序、记录和处置
	适当应用方案	确保随机抽样
	分析结果	保存记录和控制图
实施	评价保护程度	定期检查质量历史和 OC 曲线
	调整方案	可能时改变严格度以反映质量历史和成本的状况
	若允许则减少样本量	根据累计结果所反映的供应方的信誉情况，改用适当的抽样方案
逐步停止	可能时取消检验	当质量持续优质时应用缺点评级或抽查检验程序保持控制图的应用
取消	只有偶尔的抽查	当有大量的良好历史表现时取消所有检验

资料来源：Schilling，1982，p.566.

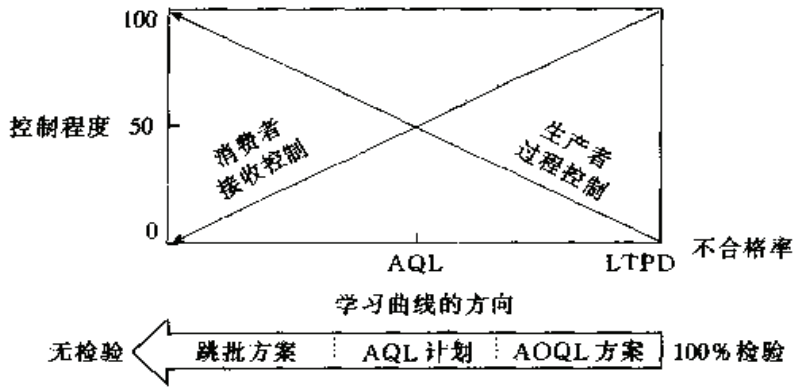


图 46—26　接收控制和过程控制之间的协同作用

资料来源：Schilling，1982，p.570.

参考文献

ANSI/ASQC Q3（1988）. *Sampling Procedures and Tobles for Inspection of Isolated Lots by Attributes*, American Society for Quality, Milwaukee.

ANSI/ASQC S1（1996）. *An Attribute Skip-Lot Sampling Program*, American Society for Quality, Milwaukee.

ANSI/ASQC S2（1995）. *Introduction to Attribute Sampling*, American Society for Quality, Milwaukee.

ANSI/ASQC Z1.4（1993）. *Sampling Procedures and Tables for Inspection by Attributes*. American Society for Quality, Milwaukee.

ANSI/ASQC Z1.9（1993）. *Sampling Procedures and Tables for Inspection by Variables for Percent Nonconforming*. American Society for Quality, Milwaukee.

ANSI/ISO/ASQC A3534（1993）. *Statistics—Vocabulary and Symbols, Part I: Probability and General Statistical Terms; Part II: Statistical Quality Control*, American Society for Quality, Milwaukee.

ASTM（1968）. *Standard Methods of Test for Sampling Coal（D2234－68）*. American Society for Testing and Materials, Philadelphia.

ASTM（1981）. *Recommended Practice for Sampling Industrial Chemicals（E300－73）*. American Society for Testing and Materials, Philadelphia.

Beattie, D.W.（1962）. "Continuous Acceptance Sampling Procedure Based Upon a Cumulative Sum Chart for the Number of Defectives." *Applied Statistics*, vol.11, no.3, November, pp.137－147.

Bicking C.A.（1967）. "The Sampling of Bulk Materials." *Materials Research and Standards*, March, pp.95－116.

Bicking, C.A., Donovan, T.A., Sosnowski, T.S., and Bicking, C.M. (1967). *Bibliography on Precision Bulk Sampling and Related Applications of Statistics——Supplement*. CA Report 10, Technical Association of the Pulp and Paper Industry.

Bowker, A.H., and Goode, H.P. (1952). *Sampling Inspection by Variables*. McGraw-Hill, New York.

Brush, G.G., and Hoadley, B. (1990). "Estimating Outgoing Quality Using the Quality Measurement Plan." *Technometrics*, vol. 32, no. 1, February, pp. 31–41.

Burington, R.S., and May, D.C. (1970). *Handbook of Probability and Statistics with Tables*, 2nd ed. McGrawHill, New York.

Calvin, T.W. (1977). "INT Zero Acceptance Number Sampling." *ASQC Technical Conference Transactions*, Milwaukee, pp.35–39.

Calvin, T.W. (1984). *How and When to Perform Bayesian Acceptance Sampling*. American Society for Quality, Milwaukee.

Cameron, J.M. (1952). "Tables for Constructing and for Computing the Operating Characteristics of Single Sampling Plans." *Industrial Quality Control*, vol.9, no. 1, July, pp.37–39.

Case, K., and Keats, J.B. (1982). "On the Selection of a Prior Distribution in Bayesian Acceptance Sampling." *Journal of Quality Technology*, vol.14, no.1, January, pp.10–18.

Cochran, W.G. (1977). *Sampling Techniques*. 3rd ed. John Wiley & Sons, New York.

Connolly, C. (1991). "A Sequential Approach to Continuous Sampling." *Quality Engineering*, vol.3, no.4, pp.529–535.

Cowden, D.J. (1957). *Statistical Methods in Quality Control*. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ, pp.489–490.

Cox, M.A.A. (1992–1993). "The Implementation on Spreadsheets of Sampling Curves Associated with Acceptance/Rectification Plans." *Quality Engineering*, vol.5, no.2, pp.191–212.

Craig, J.A., Jr., and Bland, R.P. (1981). "An Empirical Bayes Approach to a Variables Acceptance Sampling Plan Problem." *Communications in Statistics—Theory, Methods*, vol.A10, no.23, pp.2399–2410.

Cross, R. (1984). "Parts Per Million AOQL Sampling Plans." *Quality Progress*, vol.17, no.11, November pp.28–34.

Dodge, H.F. (1932). "Statistical Control in Sampling Inspection." *American*

Machinist, October, pp. 1085–1088.

Dodge, H. F. (1943). "A Sampling Plan for Continuous Production." *Annals of Mathematical Statistics*, vol. 14, no. 3, pp. 264–279.

Dodge, H. F. (1950). "Inspection for Quality Assurance." *Industrial Quality Control*, vol. 7, no. 1, June, p. 8.

Dodge, H. F. (1955). "Chain Sampling Inspection Plan." *Industrial Quality Control*, vol. 11, no. 4, January, pp. 10–13.

Dodge, H. F. (1955a). "Skip-lot Sampling Plans". *Industrial Quality Control*, vol. 11, no. 5, February, pp. 3–5.

Dodge, H. F. (1969). "Notes on the Evolution of Acceptance Sampling Plans, Part Ⅱ." *Journal of Quality Technology*, vol. 1, no. 3, July, p. 156.

Dodge, H. F. (1970). "Notes on the Evolution of Acceptance Sampling Plans, Part Ⅳ." *Journal of Quality Technology*, vol. 2, no. 1, January, pp. 1–8.

Dodge, H. F., and Perry, R. L. (1971). "A System of Skip-Lot Plans for Lot-by-Lot Inspection." *ASQC Technical Comference Transactions*, Milwaukee, pp. 469–477.

Dodge, H. F., and Romig, H. G. (1959). *Sampling Inspection Tables*, 2nd ed. John Wiley & Sons, New York (republished in Wiley Classics Edition, 1998).

Dodge, H. F., and Stephens, K. S. (1965). "Some New Chain Sampling Inspection Plans." *ASQC Technical Conference Transactions*, Milwaukee, pp. 8–17.

Dedge, H. F., and Stephens, K. S. (1966). "Some New Chain Sampling Inspection Plans." *Industrial Quality Control*, vol. 23, no. 2, August, pp. 61–67.

Dodge, H. F., and Torrey, M. N. (1951). "Additional Continuous Sampling Inspection Plans." *Industrial Quality Control*, vol. 7, no. 5, March, pp. 7–12.

Doganaksoy, N., and Hahn, G. J. (1994). "Moving from Every Lot Inspection to Audit Sampling." *Journal of Quality Technology*, vol. 26, no. 4, October, pp. 261–273.

Duncan, A. J. (1962). "Bulk Sampling Problems and Lines of Attack." *Technometrics*, vol. 4, no. 3, August, pp. 319–344.

Duncan, A. J. (1974). *Quality Control and Industrial Statistics*. Richard D. Irwin, Homewood, IL.

Enell, J. W. (1954). "What Sampling Plan Shall I Choose?" *Industrial Quality Control*, vol. 10, no. 6, May. pp. 96–100.

Fard, N. S., and Sabuncuoglu, I. (1990). "An Expert System for Selecting Attribute Sampling Plans." *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*, vol. 3, no. 6, pp. 364–372.

Freund, R. A. (1957). "Acceptance Control Charts." *Industrial Quality Control*, vol. 14, no. 4, October, pp. 13–23.

Garrison, D. R., and Hickey, J. J. (1984). "Wald Sequential Sampling for Attribute Inspection." *Journal of Quality Technology*, vol. 16, no. 3, July, pp. 172–174.

Goldberg, G. F. (1992). "Program for Sequential Approach to Continuous Sampling." *Quality Engineering*, vol. 5, no. 1, pp. 85–93.

Govindaraju, K. (1990). "Certain Observations on Lot Sensitive Sampling Plan." *Communications in Statistics – Theory and Methods*, vol. 19, no. 2, pp. 617–627.

Govindaraju, K. (1990). "Selection of ChSP-1 Sampling Plans for Given Acceptable Quality Level and Limiting Quality Level." *Communications in Statistics—— Theory and Methods*, vol. 19, no. 6, pp. 2179–2190.

Grant, E. L., and Leavenworth, R. S. (1979). *Statistical Quality Control*, 5th ed. McGraw-Hill, New York.

Greenberg, B. S., and Stokes, S. L. (1992). "Estimating Nonconformance Rates After Zero-Defect Sampling with Rectification." *Technometrics*, vol. 34, no. 2, May, pp. 203–213.

Gregory, G., and Resnikoff, G. J. (1955). *Some Notes on Mixed Variables and Attributes Sampling Plans*. Technical Report 10, Applied Mathematics and Statistics Laboratory, Stanford University, Stanford, CA.

Grimlin, D. R., and Breipohl, A. M. (1972). "Bayesian Acceptance Sampling." *IEEE Transactions on Reliability*, vol. R-21, no. 3, August, pp. 176–180.

Grubbs, F. E., and Coon, H. J. (1954). "On Setting Testing Limits Relative to Specification Limits." *Industrial Quality Control*, vol. 10, no. 5, march, pp. 15–20.

Grubman, S., Martin, C. A., and Pabst, W. R., Jr. (1969). "MIL-STD-690B Failure Rate Sampling Plans and Procedures." *Journal of Quality Technology*, vol. 1, no. 3, July, pp. 205–216.

Guenther, W. C. (1984). "Determination of Rectifying Inspection Plans for Single Sampling by Attributes." *Journal of Quality Technology*, vol. 16, no. 1, January, pp. 56–63.

Hald A. (1960). "The Compound Hypergeometric Distribution and a System of Single Sampling Inspection Plans Based on Prior Distributions and Costs." *Technometrics*, vol. 2, no. 3, August, pp. 275–340.

Hald, A. (1981). *Statistical Theory of Sampling Inspection by Attributes*.

Academic Press, New York, pp. 532.

Hamaker, H.C. (1979). "Acceptance Sampling for Percent Defective by Variables and by Attributes." *Journal of Quality Technology*, vol. 11, no. 3, July pp. 139–148.

Hillier, F.S. (1969). "$\bar{X}$ and R-Chart Control Limits Based on a Small Number of Subgroups." *Journal of Quality Technology*, vol. 1, no. 1, January, pp. 17–26.

Hoadley, B. (1981). "The Universal Sampling Plan." *ASQC Quality Congress Transactions*. Milwaukee, pp. 80–87.

ISO-2859-0 (1995). *Sampling Procedures for Inspection by Attributes—Part 0 : Introduction to Acceptance Sampling*. ISO, Geneva.

ISO-2859-1 (1989). *Sampling Procedures for Inspection by Attributes—Part 1 : Sampling Plans Indexed by Acceptable Quality Level*. ISO, Geneva.

ISO-2859-2 (1985). *Sampling Procedures for Inspection by Attributes—Part 2 : Sampling Plans Indexed by Limiting Quality for Isolated Lot Inspection*. ISO, Geneva.

ISO-2859-3 (1991). *Sampling Procedures for Inspection by Attributes—Part 3 : Skip-Lot Sampling Procedures*. ISO, Geneva.

ISO 3951 (1989). *Sampling Procedures and Charts for Inspection by Variables for Percent Nonconforming*. ISO, Geneva.

ISO 8422 (1991). *Sequential Sampling Plans for Inspection by Attributes*. ISO, Geneva.

ISO 8423 (1991). *Sequential Sampling Plans for Inspection by Variables for Percent Nonconforming (Known Standard Deviation)*. ISO. Geneva.

Jaraiedi, M., Kochhar, D.S., and Jaisingh, S.C. (1987). "Multiple Inspections to Meet Desired Qutgoing Quality." *Journal of Quality Technology*, vol. 19, no. 1, January, pp. 46–51.

Johnson, N.L., Kotz, S., and Rodriguez, R.N. (1985). "Statistical Effects of Imperfect Inspection Sampling: I. Some Basic Distributions." *Journal of Quality Technology*, vol. 17, no. 1, January, pp. 1–31.

Johnson, N.L., Kotz, S., and Rodriguez, R.N. (1986). "Statistical Effects of Imperfect Inspection Sampling: Ⅱ. Double Sampling and Link Sampling." *Journal of Quality Technology*, vol. 18, no. 2, April, pp. 116–138.

Johnson, N.L., Kotz, S., and Rodriguez, R.N. (1988). "Statistical Effects of Imperfect Inspection Sampling: Ⅲ. Screening (Group Testing)." *Journal of Quality Technology*, vol. 20, no. 2, April, pp. 98–124.

Johnson, N.L., Kotz, S., and Rodriguez, R.N. (1990). "Statistical Effects of

Imperfect Inspection Sampling: Ⅳ. Modified Dorfman Sampling." *Journal of Quality Technology*, vol.22, no.2, April, pp.128–137.

Krutchkoff, R. G. (1972). "Empirical Bayes Estimation." *The American Statistician*, vol.26, no.5, December, pp.14–16.

Lieberman, G.J., and Solomon, H. (1955). "Multi-Level Continuous Sampling Plans." *Annals of Mathematical Statistics*, vol.26, no.4, pp.686–704.

McShane, L.M., and Turnbull, B.W. (1992). "New Performance Measures for Continuous Sampling Plans Applied to Finite Production Runs." *Journal of Quality Technology*, vol.24, no.3, July, pp.153–161.

McWilliams, T.P. (1990). "Acceptance Sampling Plans Based on the Hypergeometric Distribution." *Journal of Quality Technology*, vol. 22, no. 4, October, pp.319–327.

Martz, H.F. (1975). "Empirical Bayes Single Sampling Plans for Specified Posterior Consumer and Producer Risks." *Naval Research Logistics Quarterly*, vol. 22, no.4, December, pp.651–665.

Mee, R.W. (1990). "An Improved Procedure for Screening Based on a Correlated, Normally Distributed Variable." *Technometrics*, vol.32, no.3, August, pp.331–337.

MIL-HDBK-53 (1965). *Guide for Sampling Inspection*. Government Printing Office, Washington, DC, June 30.

MIL-HDBK-108(1960). *Sampling Procedures and Tables for Life and Reliability Testing (Based on Exponential Distribution)*. Quality Control and Reliability Handbook, U. S. Department of Defense, Government Printing office, Washington, DC.

MIL-STD-105A (1950). *Sampling Procedures and Tables for Inspection by Attributes*. Government Printing Office, Washington, DC.

MIL-STD-105B (1958). *Sampling Procedures and Tables for Inspection by Attributes*. Government Printing Office, Washington, DC.

MIL-STD-105C (1961). *Sampling Procedures and Tables for Inspection by Attributes*. Government Printing Office, Washington, DC.

MIL-STD-105D (1964). *Sampling Procedures and Tables for Inspection by Attributes*. Government Printing Office, Washington, DC.

MIL-STD-105E (1989). *Sampling Procedures and Tables for Inspection by Attributes*. Government Printing Office, Washington, DC.

MIL-STD-414(1957). *Sampling Procedures and Tables for Inspection by Variables for Percent Defective*. Military Standard, U. S. Department of Defense,

Government Printing Office, Washington, DC.

MIL-STD-690B (1960). *Failure Rate Sampling Plans and Procedures*. Military Standard, U. S. Department of Defense, Government Printing Office, Washington, DC.

MIL-STD-781C (1977). *Reliability Tests: Exponential Distribution*. Military Standard, U. S. Department of Defense, Government Printing Office, Washington, DC.

MIL-STD-1235B (1981). *Continuous Sampling Procedures and Tables for Inspection by Attributes*. Government Printing Office, Washington, DC.

Morris, C. N. (1983). "Parametric Empirical Bayes Inference: Theory and Applications." *Journal of the American Statistical Association*, vol. 78, no. 131, March, pp. 47–55.

Moses, L. E. (1956). "Some Theoretical Aspects of the Lot Plot Sampling Inspection Plan." *Journal of the American Statistical Association*, vol. 51, no. 273, pp. 84–107.

Murphy, R. B. (1959). "Stopping Rules with CSP – 1 Sampling Inspection Plans in Continuous Production." *Industrial Quality Control*, vol. 16, no. 5, November, pp. 10–16.

Nelson, P., and Jaraiedi, M. (1987). "Computing the Average Outgoing Quality after Multiple Inspections." *Journal of Quality Technology*, vol. 19, no. 1, January, pp. 52–54.

Nelson, W. (1983). *How to Analyze Reliability Data*. American Society for Quality, Milwaukee.

Oliver, L. R., and Springer, M. D. (1972). *A General Set of Bayesian Attribute Acceptance Plans*. American Institute of Industrial Engineers, Norcross, GA.

Ott, E. R., and Schilling, E. G. (1990). *Process Quality Control*, 2nd ed. McGraw-Hill, New York, pp. 133.

Pabst, W. R., Jr. (1963). "MIL-STD-105D." *Industrial Quality Control*, vol. 20, no. 5, November, pp. 4–9.

Perry, R. L. (1973). "Skip-Lot Sampling Plans." *Journal of Quality Technology*, vol. 5, no. 3, July, pp. 123–130.

Perry, R. L. (1973*a*). "Two-Level Skip-Lot Sampling Plans—Operating Characteristic Properties." *Journal of Quality Technology*, vol. 5, no. 4, October, pp. 160–166.

Raju, C. (1991). "Three-Stage Chain Sampling Plans." *Communications in Statistics—Theory and Methods*, vol. 20, no. 5/6, pp. 1777–1801.

Rutemiller, H.C., and Schaefer, R.E. (1985). "A Computer Program for the ASN of Curtailed Attributes Sampling Plans." *Journal of Quality Technology*, vol.17, no.2, April, pp.108-113.

Schaefer, R.E. (1964). "Bayesian Operating Characteristic Curves for Reliability and Quality Sampling Plans." *Industrial Quality Control*, vol.21, no.3, September, pp.118-122.

Schaefer, R.E. (1967). "Bayes Single Sampling Plans by Attributes Based on the Posterior Risk." *Naval Research Logistics Quarterly*, vol. A, no. 1, March, pp.81-88.

Schiling, E.G. (1970). "Variables Sampling and MIL-STD-414." *Transactions of 26th Quality Control Conference of the Rochester Society for Quality Control*, March 30, pp.175-188.

Schilling, E.G. (1978). "A Lot Sensitive Sampling Plan for Compliance Testing and Acceptance Inspection." *Journal of Quality Technology*, vol. 10, no. 2, April, pp.47-51.

Schilling, E.G. (1979). A Simplified Graphical Grand Lot Acceptance Sampling Procedure." *Journal of Quality Technology*, vol.11, no.3, July, pp.116-127.

Schilling, E.G. (1982). *Acceptance Sampling in Quality Control*. Marcel Dekker, New York and Basel.

Schilling E.G., and Dodge, H.F. (1969). "Procedures and Tables for Evaluating Dependent Mixed Sampling Plans." *Technometrics*, vol.11, no.2, May, PP.341-372.

Schilling, E.G., and Johnson, L.I. (1980). "Tables for Construction of Matched Single, Double and Multiple Sampling Plans with Applications to MIL-STD-105D." *Journal of Quality Technology*, vol.12, no.4, October, pp.220-229.

Schilling, E.G., and Sheesley, J.H. (1978). "The Performance of MIL-STD-105D under the Switching Rules." *Journal of Quality Technology*, Part 1: vol.10, no. 2, April, pp.76-83; Part 2: vol.10, no.3, July, pp.104-124.

Schilling, E.G., and Sommers, D.J. (1981). "Two-Point Optimal Narrow Limit Plans with Applications to MIL-STD-105D." *Journal of Quality Technology*, vol.13, no.2, April, pp.83-92.

Schmee, J. (1980). "MIL-STD-781C and Confidence Intervals." *Journal of Quality Technology*, vol.12, no.3, April, pp.98-105.

Seongin, K., Lee, C.S., Yang, J.R., and Wang, H.C. (1993). "An Expert System Approach to Administer Acceptance Control." *Industrial Engineering*, vol.25, no.6, June, pp.57-59.

Shainin, D. (1950). "The Hamilton Standard Lot Plot Method of Acceptance Sampling by Variables." *Industrial Quality Control*, vol. 7, no. 1, July, pp. 15–34.

Shainin, D. (1952). "Recent Lot Plot Experiences Around the Country." *Industrial Quality Control*, vol. 8, no. 5, March, pp. 20–29.

Shinner, R., and Naor, P. (1961). "A Test of Randomness for Solid-Solid Mixtures." *Chemical Engineering Science*, vol. 15, no. 3/4, pp. 220–229.

Simon, L. E. (1941). *An Engineer's Manual of Statistical Methods*. John Wiley & Sons, New York.

Sommers, D. J. (1981). "Two-Point Double Variables Sampling Plans." *Journal of Quality Technology*, vol. 13, no. 1, January, pp. 25–30.

Soundararajan, V. (1978). "Procedures and Tables for Construction and Selection of Chain Sampling Plans (ChSP – 1)." *Journal of Quality Technology*, Part1: vol. 10, no. 2, April, pp. 56–60; Part 2: vol. 10, no. 3, July, pp. 99–103.

Soundararajan, V., and Vijayaraghavan, R. (1990). "Construction and Selection of Tightened-Normal-Tightened (TNT) Plans." *Journal of Quality Technology*, vol. 22, no. 2, April, pp. 146–153.

Squeglia, N. L. (1994). *Zero Acceptance Number Sampling Plans*, 4th ed. ASQC Quality Press, Milwaukee.

Stephens, K. S. (1979). *How to Perform Continuous Sampling (CSP)*. American Society for Quality, Milwaukee.

Stephens, K. S. (1982). *How to Perform Skip-Lot and Chain Sampling*. American Society for Quality, Milwaukee.

Suich, R. (1990). "The Effects of Inspection Errors on Acceptance Sampling for Nonconformities." *Journal of Quality Technology*, vol. 22, no. 4, October, pp. 314–318.

Tagaras, G. (1994). "Economic Acceptance Sampling by Variables with Quadratic Quality Costs." *IIE Transactions*, vol. 26, no. 6, pp. 29–36.

Tang, K., and Tang, J. (1994). "Design of Screening Procedures: A Review." *Journal of Quality Technology*, vol. 26, no. 3, July, pp. 209–226.

Taylor, W. A. (1996). "A Program for Selecting Quick Switching Systems." *Journal of Quality Technology*, vol. 28, no. 4, October, pp. 473–479.

TR-3 (1961). *Sampling Procedures and Tables for Life and Reliability Testing Based on the Weibull Distribution (Mean Life Criterion)*. Quality Control and Reliability Technical Report, U. S. Department of Defense, Government Printing Office, Washington, DC.

TR-4 (1962). *Sampling Procedures and Tables for Life and Reliability Testing Based on the Weibull Distribution (Hazard Rate Criterion)*. Quality Control and Reliability Technical Report, U. S. Department of Defense, Government Printing Office, Washington, DC.

TR-6 (1963). *Sampling Procedures and Tables for Life and Reliability Testing Based on the Weibull Distribution (Reliable Life Criterion)*. Quality Control and Reliability Technical Report, U. S. Department of Defense, Government Printing Office, Washington, DC.

TR-7 (1965). *Factors and Procedures for Applying MIL-STD-105D Sampling Plans to Life and Reliability Testing*. Quality Control and Reliability Technical Report, U. S. Department of Defense, Government Printing Office, Washington, DC.

Wadsworth, H. M., Stephens, K. S., and Godfrey, A. B. (1986). *Modern Methods of Quality Control and Improvement*. John Wiley and Sons, New York, pp. 635–646.

"Wescom, Inc.—A Study in Telecommunications Quality." (1978). *Quality*, August, p. 30.

Wetherill, G. B., and Chin, W. K. (1975). "A Review of Acceptance Sampling Schemes with Emphasis on the Economic Input." *International Statistical Review*, vol. 43, no. 2, pp. 191–209.

（胡波　郑慧英 译）

第 47 章

实验设计与分析[①]

J·斯图尔特·亨特（J. Stuart Hunter）
玛丽·G·纳德雷拉（Mary G. Natrella）
E·哈维·巴尼特（E. Harvey Barnett）
威廉·G·亨特（William G. Hunter）
杜鲁门·L·凯勒（Truman L. Koehler）

引言
　计算和分析
　基本定义
　模型
　良好实验的工具
实验设计分类
完全随机设计：一个因子，k 个水平
　示例
　分析
完全随机化设计综述
　单向方差分析——模型
区块设计[②]
随机区块设计
　示例
　分析
　处理均值的参考分布
　随机区块的方差分析
多重比较
平衡不完全区块设计
　区块设计综述
拉丁方设计
尤登方设计
对多实验室的试验加以计划
　实验室秩和检验
　尤登两样本方案
嵌套（方差分量）设计
实验规模的计划
　示例
析因实验——概述
两因子析因实验
　分析
裂区析因实验
k 个因子（每因子两个水平）的析因实验
　符号
　示例

① 本章大量采用了本手册第三版和第四版的内容，旧版本“实验设计与分析”部分由玛丽·G·纳德雷拉编写；“调优运算”部分由 E·哈维·巴尼特编写；“响应面方法”部分由威廉·G·亨特和杜鲁门·L·凯勒编写。现作者斯图尔特·亨特对于早期的这些工作深表谢意，并对本版编排和重点的变更负完全责任。

② 在我国，习惯上将区块设计称为区组设计。——译者注

对主要效果和交互作用的估计
检验主要效果和交互作用
2^k 析因设计的方差分析
压缩 2^k 析因
半正态图
EVOP：调优运算
响应面
EVOP 方法
2^k 析因的分区
局部析因实验（每个因子两个水平）
混淆现象
构造一个局部析因设计
示例
确定估计值
其他局部析因
筛选实验
正交表
田口线外质量控制
内表和外表
响应面设计
“一次一因子”法的缺点
示例
响应面方法
项目的启动
一阶策略
二阶策略
混合设计
成组筛选设计
参考文献

引言

实验，无论统计设计与否，都是构成学习过程（learning process）的一个要素。我们为了求知而进行实验。通过实验的学习是一种综合了人们的期望、需要、知识和资源的复杂的过程。人们的这一过程会成功到什么程度取决于其对于科学方法（scientific method）的遵循程度，科学方法是加速学习过程的最有效的手段。

科学方法是一个反复的过程。基于当前知识水平的想法（ideas）导致人们去设计实验以求解疑问。实验又产生了数据，使得人们能够证实和修正最初的想法。在想法（假设）、实验的设计、数据的产生以及后续分析（推断）之间，一个反复的循环建立了起来，产生了新的想法、新的实验、新的数据和更新的推断。这种反复的过程会一直持续下去，直到获得和确证了一个充分的知识水平为止。“噪音”，亦即测量“误差”和实验“变异性”的结果，总是会延缓这整个过程。我们是“通过不透明玻璃来观察的”，因此数据分析必须以“不确定性”为条件，必须考虑到“概率”的问题。统计学是在科学方法中将假设、数据、推断和不确定性结合起来的一门科学，它为此提供了语言和逻辑。

两位著名的统计学家，G.E.P. 博克斯（G.E.P.Box）和爱德华·戴明，均将科学方法的基本原理归纳为四个环节，这便是博克斯的“推测、设计、实验、

分析”和戴明的“计划、执行、检查、处理”。两种说法均指出了统计学作为科学方法的一个组成部分所起的作用。［详见 Deming（1982）、Box（1976）和 Ishikawa（1985）。］

在应用科学方法的过程中，人们的智力、经验和资源决定着其解决问题的速度和成败。统计学这门学问的作用体现在两个方面，一方面是帮助设计出能够产生富含信息的数据的实验；另一方面是数据分析，统计学家在此的任务是发现所有有价值的信息。简而言之，在实验中应用统计的设计和分析加快了认知的过程。

所谓实验就是“旨在回答一个或多个仔细拟定的问题的经过深思熟虑的行动过程”。拟定问题和谋划行动最好通过团队的方式来进行。埋头单干的实验者日益少见，无论是何种问题的解决和认知活动，其所涉及的信息源是如此庞大和复杂，单独一个人是不可能对付得过来的。

计算和分析　《朱兰质量控制手册》第四版面市以来已过去了十年时间。这一短暂的期间见证了个人电脑应用的飞速增长。今天的个人电脑及有关的软件不只是减轻了计算的负担，而且还能够直接辅助实验设计的选择。计算机图形数据显示有效地辅助了数据的分析。许多软件程序所附的用户手册常常相当于一本统计设计和分析的参考书，可以在分析过程中提供帮助，同时也给出了说明性的例子。许多统计软件程序远远超出了统计实验设计的领域，还包括了工业质量控制、线性和非线性回归、可靠性与非参数研究、多变量和时间序列分析等内容。建议读者应掌握个人电脑以及能够进行统计实验设计分析的相关软件的用途。

当然，如何明智地应用强大的统计工具和现代计算工具，这是一个挑战。本手册对于应用统计方法来解决质量问题是一个良好的入门。再一个帮手就是，美国质量协会统计部所编写的一系列入门小册子（参见所附的有关 ASQ 的文献），其目的正是帮助初学者掌握统计方法的应用。对于刚开始学习统计实验设计的人士来讲，最好的建议是 KISS：Keep it simple statistician（从简单的统计学开始）！应当首先从一个具有有限数据量的小项目开始进行设计和分析，例如用一个重复的平衡区块来比较一个新的处理，或用一个简单的析因来研究各因子对某个响应的同时影响。再者，初学者还必须认识到绝不会存在没有“噪音”的信号并学会测量噪音，亦即学会估计观测值的方差。初学者经常会将因测量和仪器而造成的噪音（误差）与因重复实验未能给出相同结果而造成的更严重的噪音（误差）源混淆。实验误差中包括了测量误差，并且要严重得多。初学者将很快认识到随时将数据绘制描点图的重要性（Chambers et al.，1993；Cleveland，1993）。

这里所给出的分析和计算方法，还有大多数教科书中的方法，是针对手工计算或台式计算机计算的。当今的个人计算机和相应的软件剧烈地改变了这一条件，有的计算机程序可以提供各种类似于人工智能那样的帮助，程序向实验者提

出问题，并指导其通过实验设计和分析的每一阶段。这里有两点需要注意：（1）我们所给出的手工计算方法不应直接转化为计算机程序，因为有更有效的计算机推导和分析的方法；（2）在使用现成的统计软件包时，使用者应当像消费其他东西一样具有充分的批评精神。

《应用统计》（Applied Statistics，皇家统计学会，伦敦）月刊的每一期都有一个统计软件综述栏目，提供了对于各种软件程序的仔细而挑剔的评述，通常还包括软件开发商的答复。美国统计学会的季刊《美国统计学家》（The American Statistician）也有一个名为“统计计算软件评论”的栏目。这两种刊物的评论对于判断软件的价值具有很大的用途。《应用统计》还有一个“统计算法”栏目，供那些需要一般软件中没有的特殊程序的人士使用。第 44 章“基本统计方法”提供了更多的有关统计软件的信息。[也可参见 Wadsworth（1990）。]

基本定义 本章中有一些频繁使用的基本术语，现定义如下：

因子（factor） “因子”是一个受控或未受控的变量，其对于某个响应的影响是实验所研究的。因子可以是定量的，如用度数表示的温度、用秒表示的时间。也可以是定性的，如不同的机器、不同的操作者、开关的开或关等。

水平（位级）（level） 因子的水平（位级）是在实验中所考察的因子的取值。对于定量的因子，每一个选定的值就是一个水平。例如，如果实验是在四种不同温度下进行，那么“温度”这个因子就有四个水平。至于定性的因子，开关的开或关就成为了“开关”这一因子的两个水平（位级）。如果有三个操作者操作六台机器，那么“机器”这一因子就是六个水平（位级），而“操作者”因子则有三个水平（位级）。

处理（treatment） “处理”是在一次实验中赋予某一因子的某一水平（位级），例如，温度为 800℃。一个“处理组合”是在一次实验中所有因子的水平集合。例如，某次实验，温度 800℃，设备 3，操作者 A，开关为关，就构成了一个处理组合。

实验单元（experimental units） “实验单元”由对象、材料或制品所组成，处理即应用于其上。它们可以是生物的实体、天然材料、人造产品等。

实验环境（experimental environment） “实验环境”是以已知或未知方式影响实验结果的周围条件。

区块（block） 在一项实验项目中，一个因子作为一个变异性的来源具有影响，则这一因子就称为一个“区块”。这一词语由早期农业中的用法引申而来，在当时的场合下土地的区块是变异的来源。一个区块是实验材料或实验环境的一部分，在这一部分内要比在不同部分之间更具有同质性。例如，来自同一批次的试样比来自不同批次的试样要更具有一致性。来自这样一个批次的一组试样就被认为是一个区块。取自一天中的观测值要比取自几天的观测值更为同质（有更小的方差）。那么天数就成了区块因子。

实验设计（experimental design）　进行实验的正式方案被称为实验设计（也称“实验模式”）。它包括响应、因子、水平、区块和处理的选择以及计划分组、随机化和重复试验这些工具的应用。

模型　进行实验设计是为了帮助解释某个响应变量 η（有时用 μ）与被认为对其有影响的那些因子 $x=x_1, x_2, x_3, \cdots, x_k$（有时称为变量）之间的联系。$\eta$ 是 x 的函数，即 $\eta=f(x)$。当然，我们所观测的真正的响应 η 会带有“噪音”或“误差”，因而实际所得到的观测值是 $y=\eta+\varepsilon$。y 的“期望值”是 η。我们现在面对的是一个“两模型”的问题：每一观测值 y 都要求一个关于 η 的模型和一个关于 ε 的模型。

误差 ε 的模型　关于 ε 的模型通常假定误差是独立的，且服从期望为 0、方差为常数 σ^2 的正态分布，这就是说误差是纯粹的高斯噪声。人们认识响应 η 和因子 x 之间的联系并推断将来状况的能力受到“误差”（噪声）ε 的极大影响。与一系列实验相伴的误差（噪声）主要有两部分，即因测量而导致的误差和伴随着实验的重复的误差。就测量误差而言，精度、可追溯性、特异性、校准、测量费用以及抽样变异性等都是非常重要的因素。但是，只考虑测量和抽样误差的话就低估了在实验的实施和重复过程中的误差的影响。实验误差，亦即在同样条件下进行的两个或多个单独的实验之间的不一致，有着至关重要的意义。实验误差中包括了测量和抽样误差，这两者是实验误差的分量。特定的实验设计（见下面的分层设计）能够为实验者提供分别测量所有误差分量的能力。

关于误差 ε 服从期望为 0、方差为常数的正态分布这一假定非常重要。为了实现这些特征常常需要对实验数据进行变换。但是，在表述概率（假设检验或置信区间）时，关于误差独立性的假定就尤为重要。为了保证这种独立性，在所有的实验设计程序中都应包括有关随机化的措施。随机化也为方差恒定这一假定提供了支持。

响应 η 的模型　响应模型 $\eta=f(x)$ 是每一实验所固有的，它描述了因子 x 的变化如何影响 η 的变化。有关这一模型的细节在实验者的头脑中常常并不是很清楚的，减少这种模糊性也是实验的目的之一。大多数实验的设计都旨在为估计通用模型中的参数提供充分的数据，以确定适当的模型子集供实验者评估。

观测值 y 的模型　观测值模型是 $y=\eta+\varepsilon$。这样，实验者必须将观测值的动作分成两个部分：一部分可归因于 η，而这最终还是归因于因子 x 的变化；另一部分则归因于噪声 ε。在方差分析（ANOVA）表中可以分离出 η 和 ε 的作用，如果实验设计得当的话，计算会很简单。

良好实验的工具　好的实验是一门艺术，这在很大程度上依赖于实验者此前的知识和能力。以下给出一些在实验设计的统计计划和分析中十分重要的工具。

划分区块（计划分组）（blocking, planned grouping）　除了我们所研究的因子 $x_1, x_2, \cdots, x_k$ 外，经常还会有可能影响实验项目结果的其他的“背景”变

量，如原材料的批次、操作者、机器或日期等变量。这些变量对于响应的影响不在实验者的控制之下。这些变量通常称为“区块”（block），这是早期农业实验中应用不同的土地区块而遗留下来的一个说法。当实验者意识到区块变量的影响时，就能够有意识地对于实验项目加以设计以减少其影响。在对实验进行设计时，广泛应用减少区块内变异性的方法，以突显所研究因子的影响。利用区块内一致性的这种设计称为“区块”设计，这一过程称为“计划分组”。

随机化（randomization） 以纯粹随机的方式安排各个处理组合的实验顺序和/或所用试样，被称为“随机化”。这种安排使得有可能抵消各个不可控变量的影响。它还能改进估计实验误差方差的有效性，而且使得应用统计显著性检验和构造置信区间成为可能。只要有可能，随机化就应成为实验项目的一个组成部分。

重复（replication） “重复”是为了提高精度或提供测量精度的手段而对一个实验或测量加以重复或重做。一次重复也就是一次观察或一次实验。重复有可能使实验者不可控或未知的因子的影响得以抵消，因而通过随机化而起到了减少偏差的作用。重复也有助于检测测量中的总的误差。在重复若干组实验时，每个组应当进行不同的随机化。

一般称重做的实验为“重复”。但是，在一套实验条件下，在一次重复中，所进行的一系列观测称为“重复观测”。

再现性和可重复性（reproducibility and repeatability） 在生产制造中，再现性所衡量的是在不同日期或不同机器所生产的产品之间的变异性。可重复性衡量的则是当时当地的变异性来源，即可归因于产品的测量的变异性或是相继制造的相邻产品间的变异性。

要求和工具（requisites and tools） 表 47—1 列出了有关良好的实验的一些要求，并说明了利用这些工具来满足要求的方法。表 47—2 是一个可用于实验的所有阶段的检查清单。［这一领域比较好的参考文献有 Bicking（1954），Hahn（1977，1984），Bisgaard（1992），Bishop et al.（1982），Hoadley and Kettenring（1990），Coleman and Montgomery（1993）等。］

表 47—1　　有关实验的要求和工具

要求	工具
1. 实验应有仔细定义的目标。见表 26—2	1. 目标的定义要求实验者所有的全部专门知识涉及以下这些内容： (1) 因子的选择，包括其范围； (2) 实验材料、程序和设备的选择； (3) 选择因子的量纲（例如，温度或记录表的温度）和测量方法。
2. 因子的效果应尽可能不为其他变量所掩盖。	2. 应用适当的实验型式有助于使重要的对照不受未受控变量效果的影响，并简化对结果的分析。

续前表

要求	工具
3. 实验应尽可能没有偏差，不论是意识到的还是没有意识到的偏差。	3. 在计划分组时可将某些变量考虑进来。要利用随机化。重复可以使随机化的效果更好。
4. 实验应给出有关实验误差方差（精度）的指标。	4. 重复给出了关于方差的度量，而随机化保证了其有效性。
5. 实验精度应充分满足要求 1 中所设定的目标。	5. 更高的精度可通过对于测量与实验方法、实验型式（包括计划分组）和重复的精细化来加以实现。

表 47—2　　设计一个实验方案的检查清单

A. 得出对问题的明确表述
1. 用量化的术语确定问题的领域。
2. 确定所要测量的响应、可能会变化的因子、常量因子以及不可控因子。
3. 确定测量和实验因子的范围或限制。

B. 收集现有的背景信息
1. 调查所有可用的信息来源。
2. 将数据制表以适合实验方案的设计所用。
3. 定量化。

C. 设计实验方案
1. 召集所有有关各方参加的会议。
(1) 阐述所要探索的命题。
(2) 对于值得研究的响应的差异程度达成一致。
(3) 概括各种可能的结果。
(4) 选择所要研究的因子。
(5) 确定因子的实际范围并明确水平。
(6) 选择测量和测量方法。
(7) 考虑抽样变异性、测量方法精度的影响。
(8) 考虑因子之间的可能的交互关系（交互作用）。
(9) 确定时间、费用、材料、人力、仪器、其他设施及外部环境如天气等的影响。
(10) 考虑项目对于人员和人际关系的要求。
2. 初步设计实验方案。
(1) 编制一个系统全面的计划表，包括随机化模式在内。
(2) 必要时对计划表进行逐步的分解和修正。
(3) 通过控制、抵消或随机化来消除非研究变量的效果。
(4) 在符合目标要求的前提下使实验次数最少。
(5) 选择统计分析的方法。
(6) 安排有序的数据收集。
3. 与有关各方一道评审实验设计方案。
(1) 必要时调整方案。
(2) 用准确无误的术语阐述所要遵循的每一步骤。

D. 计划和实施实验工作
1. 开发方法、材料和设备。
2. 以某种随机的顺序实施实验设计。
3. 记录辅助性数据。
4. 记录实验设计的任何修改。
5. 在收集和记录数据时要保持谨慎，尤其是关于来自外部的和漏掉的实验的数据。
6. 用数据、实验数和其他辅助数据记录方案的进程。

E. 分析数据
1. 审查数据，要注意记录差错、遗漏等。
2. 使用图示，对数据和平均值绘制描点图和其他的简单图形。

3. 应用适当的统计方法。

F. 解释结果

1. 考虑所有观测到的数据。
2. 由所掌握的实验证据严格推导出初始的结论。
3. 用图形和定量的术语来阐明你的分析。
4. 用可验证的概率来表述结果。
5. 结论既要表达出技术含义又要说明统计意义。
6. 指出所得出的结果对于当前应用和进一步工作的意义。
7. 说明由所用数据或分析方法而产生的局限性。

G. 编写报告

1. 清楚地描述所做工作，给出背景、问题的针对性、结果的含义。
2. 应用图、表来展示数据，并考虑到将来可能使用。
3. 提供充分的信息以使读者能验证结果并得出自己的结论。
4. 结论应限定于对证据的客观归纳。

实验设计分类

统计学家自身并不设计实验，但他们开发了许多结构化的称为“实验设计”（experimental designs）的程序表，供人们在实验中使用。这些设计与实验的目的、需要和物理限制有着一定的联系。它在一定程度上使得实验更加经济，直接给出了有关实验的效果（effects）和方差的有效估计。要对实验设计进行分类有许多种方式，例如：

1. 根据所研究的实验因子的数量来分类（如是单因子设计还是多因子设计）；

2. 根据实验设计的构造（如区块、析因、套或响应面设计）；

3. 根据实验主要打算提供的信息种类（如效果估计、方差估计或实验映射）。

表 47—3 列出了一些常见的统计实验设计。这些设计的基本特征按照上述分类准则进行了归纳，还在其后的标题下给出了设计和分析的细节。对于所观测到的响应的分析总是基于某个特定设计所独有的统计模型来进行的。

裂区（split plot） 在一个实验设计中，当某些（主要）因子不易变化时，其他一些（次要）因子是在主要因子的每一设定范围中活动的。田口的内表和外表设计（the Taguchi inner and outer array designs）就属于这种类型。许多裂区设计混淆了次要因子的交互作用与主要因子的主要效果。

主要因子不是区块。主要因子研究的是其主要效果和交互作用，区块是确定随机变量。再者，我们假定区块与所研究因子没有交互作用。当主要因子和次要因子都是随机变量时，这时的设计被称为“嵌套”（nested）设计。

表 47—3　　设计的分类

设计	应用类别	结构	所求的信息
完全随机	适用于只有一个实验因子需要研究。	基本结构：通过将实验单元随机配给各个处理（因子水平）来研究一个因子。 区块：无。	1. 估计和比较处理的效果。 2. 估计方差。
析因	适用于对几个因子在两个或多个水平上进行研究，因子间交互作用可能是重要的。	基本结构：通过实施因子和水平的所有组合，在几个水平上对几个因子加以研究。 区块：无。	1. 估计和比较若干个因子的效果。 2. 估计可能的交互作用效果。 3. 估计方差。
区块析因	适用于当因子要求的试验次数太多而不能在同类条件下实施时。	基本结构：因子和水平的全套组合分成子集以使某些高阶的交互作用在各区块上相等。每个子集构成一个区块。所有区块都进行实验。 区块：区块通常以空间或时间为单位。某些交互作用的估计被弃掉以进行区块。	1. 除了某些高阶的交互作用不能加以估计之外，其余与析因实验相同。
局部析因	适用于有许多的因子和水平，全部的组合都要实验是不现实的场合。	基本结构：在若干个水平上对若干个因子加以研究，但只是实施全部析因的一个子集。	1. 估计和比较若干因子的效果。 2. 估计某些交互作用的效果（有些是无法估计的）。 3. 某些小的分式析因设计可能无法提供估计方差所需的足够的信息。
随机区块	适用于对一个因子加以研究而实验材料或环境可分为区块或同质的小组的场合。	基本结构：在每个区块内实施各个处理或因子水平。 区块：通常只对一个变量进行。	1. 估计和比较在没有区块效果下的处理的效果。 2. 估计区块的效果。 3. 估计方差。
平衡不完全区块	适用于当所有的处理不能被容纳在一个区块中时。	基本结构：将各个处理按规定配给各区块。在实验设计中，每对处理至少要出现一次，但每个区块仅包含对处理子集。	1. 同随机区块实验。所有处理的效果都以同样的精度进行估计。必须对处理的均值按区块加以调整。
部分平衡不完全区块	适用于当平衡不完全区块不实际地要求更多的区块数目时。	基本结构：将各个处理按规定配给各区块。	1. 同随机区块实验，但不是由同一精度来估计所有的处理。
拉丁方	适用于所研究的是一个主要的因子，而结果可能受到两个其他的实验变量或两个非均质来源的影响。假定不存在交互作用。	基本结构：对应于方阵的行与列所做的实验单元的两个交叉分组。每个处理在每一行和每一列发生一次。处理数必须等于行数和列数。 区块：针对两向布置下的两个其他的变量。	1. 估计和比较处理的效果，不考虑两个区块变量的效果。 2. 估计和比较两个区块变量的效果。 3. 估计方差。

续前表

设计	应用类别	结构	所求的信息
尤登（Youden）方	与拉丁方相同，但行、列数与处理数不需要相同。	基本结构：每个处理在每行中发生一次。处理数必须等于列数。区块：针对两向布置下的其他变量。	1. 同拉丁方。
嵌套	适用于当目的是研究相对的变异性而非变异源的平均效果的场合（如同一样本的试验方差和不同样本的方差）。	基本结构：因子按某种层次结构分层。从每一层中对单元进行试验。	1. 各层的相对变异，方差分量。
响应面	目的是提供实验映射（等高线图）以说明因子在实验者控制下是如何影响响应的。	因子设置被视为因子空间（可能是多维的）的定义点，响应即记录于其上。	说明响应面的特性的映射图。
混合设计	同析因设计。	许多独特的排列。因子设置受到限制。因子水平通常是百分数，其和必须加总为100%。可能还有其他因子水平限制。	同析因设计。

完全随机设计：一个因子，k 个水平

完全随机设计适用于当实验有总共 N 个实验单元可用，要研究 k 个处理（或因子水平）时的情况。在总数 N 中，通常是随机地将一个相等的试验个数 n 赋予 k 个处理中的每一个。

示例 某个研究是为了调查三种不同的设置方法对于水泥砖的断裂强度 T（磅/平方英寸）的效果。一批中有 15 块砖，将之随机地配以三种方法。其结果归纳在表 47—4 中。实验目的是调查设置方法对于断裂强度的效果，其分析旨在回答以下问题，即三种方法所对应的平均断裂强度是否有所不同。

表 47—4　　水泥砖的断裂强度 T　　强度单位：磅/平方英寸

设计	应用类别	结构	所求的信息
	方法 1	方法 2	方法 3
	553	553	492
	550	599	530
	568	579	528
	541	545	510
总 T	537	540	571
	2 749	2 816	2 631
n	5	5	5
平均 $\bar{y}$	549.8	563.2	526.2
方差 s^2 的估计	145.7	626.2	864.2
自由度	4	4	4

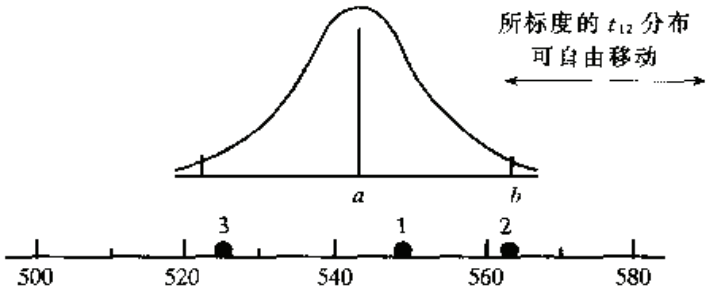


图 47—1　处理均值的描点图及其参考 t 分布

（从 a 到 b 的距离 $= t_{\nu,\alpha/2}\sqrt{s^2/n} = t_{12,0.025}\sqrt{s^2/n} = 2.179\sqrt{545.4/5} = 22.8$）

这是一个随机化的单因子实验的例子。需要研究的只有一个实验因子（设置方法）。共有三种方法，即处理数 k 等于 3。随机配给每种处理的单元数 n 是 5，实验单元的总数 N 是 15。

分析　如今几乎每个人都拥有个人电脑和能够进行大多数实验设计分析计算的软件。一旦将表 47—4 所示的完全随机化设计的数据输入带有适当的统计实验设计软件程序的计算机，那么就可以得出如图 47—1 所示的图形和表 47—5 所示的方差分析表。尽管如此，我们在这里还是提供给读者详细的计算过程。自己动手计算的能力对于减少数据分析中的“黑箱”的做法常常具有很大的价值。

表 47—5　　单因子实验的方差分析

变异来源	平方和	自由度	均方
处理之间	SSB = 3 509.2	$(k-1)=2$	MSB = SSB/ $(k-1)$
			MSB = 3 509.2/2 = 1 754.6
处理之内	SSW = 6 544.4	$k(n-1)=12$	MSW = SSW/$k(n-1)$ MSW = 6 544.4/12 = 545.4
总　计	TSS = 10 053.6	$(N-1)=14$	

对于这些数据的分析始于对三个处理的均值的描点，如图 47—1 所示。下面将简要解释这些均值的“参考分布”。平均响应显然是不同的。关键的问题在于，所观测到的差异是否只是这些观测值的内在的变异性，还是由这些变异加上处理的均值之间的实际差异而引起的。[在实验设计这一章中术语“均值”（mean）用来指平均值的期望值，即进行无限次观察所得到的平均值。] 方差分析（ANOVA）是分析这种数据的基本统计技术，表 47—5 给出了相应的分析结果。

方差分析　参照表 47—4，T 的总计是：

$T = 8\ 196$　　$N = 15$　　$n_i = 5$　　$i = 1, 2, 3$

计算如下：

未修正的平方和　$\sum y^2 = 4\ 488\ 348$

C = 修正因子（一个特殊常数）$= T^2/N = (8\ 196)^2/15$

$= 4\ 478\ 294.4$

TSS = 经修正的总平方和 $= \sum y^2 - C = 4\ 488\ 348 - 4\ 478\ 294.4$

$= 10\ 053.6$

SSB = 处理之间的平方和

$$= \sum_i \frac{T_i^2}{n} - C = \frac{22\ 409\ 018}{5} - C = 4\ 481\ 803.6 - 4\ 478\ 294.4$$

$= 3\ 509.2$

SSW = 处理之内平方和 = TSS − SSB = 10 053.6 − 3 509.2 = 6 544.4

(SSW 在这里是通过相减得到的。在完全随机化设计的特殊场合，也可通过计算每个处理的 $\sum y^2 - (\sum y^2)/n$，然后对每个处理求和而直接求得。)

修正的总 TSS 具有 $N-1$ 个自由度 (DF)，处理之间的平方和 SSB 具有 $(k-1)$ 个自由度，处理之内的平方和 SSW 具有 $(N-k)$ 个自由度。

表中的均方栏计算如下：

处理之间均方 MSB = SSB / $(k-1)$

处理之内均方 MSW = SSW / $(N-k)$

计算结果见表 47—5。

计算 F = MSB/MSW = 1 754.6/545.5 = 3.22。选择试验的显著性水平 α。根据附录Ⅱ的表 K，对于自由度 $(k-1)$ 和 $k(n-1)$，如果计算出的 F 超过了表中的 $F_{1-\alpha}$，那么就可以认为在处理的均值之间存在着差异。例如 $\alpha = 0.05$，对于自由度为 (2, 12) 的 $F_{0.95} = 3.89$，所计算出的 F 没有超过这个值，因此我们没有充分的证据认为平均断裂强度对于不同的设置方法是不同的。这样，处理均值之间的差异便认为可归因于误差变异 (噪声)。一旦“处理没有效果”这一假设为 F 检验所拒绝，人们便可以得出这样的结论，即至少有一个平均断裂强度与众不同。比较处理均值，即“多重比较”的问题将在下面讨论。

在这个例子中，n_i 都是相等的。每个处理具有相等观察数的设计是人们通常所希望的。这样的设计为每一处理与所有其他的处理相比较提供了一个均等的机会。一种较为少见的场合是，有某一个处理被作为了比较的标准，所有其他处理都与之相比较，这时作为标准的处理要比其他处理被赋予更多的观测。当 n_i 不是都相等时，处理之间的平方和可由下式求得：

$$\text{SSB} = \frac{T_1^2}{n_1} + \frac{T_2^2}{n_2} + \cdots + \frac{T_k^2}{n_k} - C$$

这里 SSW = TSS − SSB，MSW = SSN/ $(N-k)$ 与前相同。MSW (总的方差估计) 可通过估计每一处理的方差然后汇总求得。所汇总的估计具有 $N-k$ 个自由度。

图示分析 如图 47—1 所示，通过对均值绘制一个适当的“参照”分布，可以给出对于这些数据的一个近似的图示分析。当 σ^2 (总体方差) 或 σ (总体标准

差）已知时，均值可用标准差为 $\sigma/\sqrt{n}$ 的正态分布来参照。在本例中，σ^2 是未知的，它的估计 s^2 必须根据数据求得。这种情况下，均值必须与一个尺度参数为 $s/\sqrt{n}$ 的 t 分布相参照。在 t 分布中的自由度等于在 s^2 中的自由度。σ^2 的估计值可从方差分析表中获得（$s^2 = \text{MSW}$），也可通过将每一处理中的方差的各个估计值汇总求得。汇总的方差估计也就是各个单个估计值的加权平均，权重就是其自由度。因此有：

$$s^2 = \sum_i \frac{(n_i - 1)s_i^2}{N - k}$$

$$= \frac{4(145.7) + 4(626.2) + 4(864.2)}{16} = 545.5$$

$$s = 23.34(\text{自由度为 } 12)$$

图 47—1 给出了相应尺度的 t 分布的图形。从 t 分布的中心到每个极值点的距离等于 $t_{12,0.025}\, s/\sqrt{n} = 2.18\,(23.35)/\sqrt{5} = 22.8$。分布的 95% 落到了 2（22.8）=45.6 的范围之内。这一分布很容易绘出，不要求很大的精确度，只需看起来像个钟形就可以了。分布可前后移动，其位置正好处在三个平均值之上。这样，根据这一图形证据，表明三个平均值都来自于同一母分布，因此所确定的同一个均值的估计看起来是合理的。

这一图示解释通过应用方差分析表中的 F 检验得到了证实，即所计算出的 F 比率在统计上是不显著的。当平均值并不适合该分布时，图示分析表明处理平均值（averages）之间的差异反映了处理均值（means）间的实际差异。当然，这样的图形证据可通过 F 检验来验证。刻度适当的参照分布对于判读处理的平均值具有很大的价值。将参照分布置于所有平均值之上并同时得到一个非显著性的 F 检验，尽管在技术上这常常是可能的，但所关心的平均值的组间差异会更加明显。F 检验没有考虑平均值之间的类型，但这可能是对于分析者而言非常重要的一个因素（Box, Hunter, and Hunter, 1978）。另外还有其他近似分析方法，尤其是那些使用极差统计量代替标准差估计的方法（Kurtz et al., 1965, Sheeley, 1980）。

完全随机化设计综述

当实验材料是同质的，且在实验中能很好地控制背景条件时，完全随机化设计会非常简单易行和便于分析，在这种条件下它也许是最好的选择。

这种设计的优点在于：

1. 就处理的数目和赋予每个处理的单元数目而言，有着完全的灵活性。
2. 分析简单。

3. 不在乎丢失或遗漏的数据。

在对实验进行计划时，n 个单元被随机地赋予了 k 个处理中的每一个。当取定数据后，其结果将如表 47—6 所示。

表 47—6　　完全随机化设计

处理内观测值*	处理				
	1	2	3	…	k
1	y_{11}	y_{12}	y_{13}	…	y_{1k}
2	y_{21}	y_{22}	y_{23}	…	y_{2k}
3	y_{31}	y_{32}	y_{33}	…	y_{3k}
⋮	⋮	⋮	⋮		⋮
n	y_{n1}	y_{n2}	y_{n3}	…	y_{nk}

* 全部 nk 个观测值随机记录而不考虑处理分类。

若用这样的方式显示的话，其实验结果很难与根本没有实验设计和配置的情况下对来自不同的材料来源的几个样本的测试或是在若干不同的条件下所做的若干观测区分开来。无论观测值是来自于随机分配给若干不同处理的单元，或是来自于若干不同来源的单元，数据表看起来都是相同的，其分析过程事实上也是完全相同的。

这种简单的单因子设计称为“完全随机化”设计，以区别于随机化受到限制或者以区块或计划分组原理作为其部分结构的那些实验设计。

单向方差分析——模型　按照完全随机化设计进行的实验的结果概括在诸如表 47—6 这样的单向表中。完全随机化设计称为数据的“单向”（one-way）分类，无论这种数据是否来自于经过设计的实验。要讨论相关的方差分析，统计学家就要求有数据的“模型”。在单向分类的方差分析的情况下，最适当的模型是通过回答下面的问题来确定的：（划分数据的）这几个组是否代表了实验者所关心的仅有的分组？如果是的话，该模型即称做“模型Ⅰ”——“固定效果模型”。反之，如果这一分组被认为是来自某个由许多这样的组构成的总体的随机样本，则模型就称为“模型Ⅱ”——“随机效果模型”。例如，假设表 47—4 中的数据并非来自于将 15 块砖随机分配给实验者所关心的三种设置处理的这样一个完全随机化的设计。假设列标题换成了“第 1 批”、“第 2 批”和“第 3 批”，这里的“批”是对这些砖的一个随便的区分，每批测试 5 块砖。在最初的实验方案中，其所设计的实验的三种设置处理是实验者所关心的仅有的处理，其数据可用固定效果模型（模型Ⅰ）来描述。而在后来的方案中，这三个批大概可以认为是取自许多批中的一个随机样本，因此这些数据可用随机效果模型（模型Ⅱ）来描述。

对于模型Ⅰ和模型Ⅱ两者而言，实验者的意图都是要确定三个组的均值是否有所不同。对于模型Ⅱ来说，实验者可能还想知道“方差分量”，亦即同一批中的不同样本之间的方差以及不同批之间的方差。对于一个批内的不同样本间的变异性和不同的批之间的变异性的了解，对于确定在将来的实验中所需测试的样本

数量是很有帮助的。

从一个经过设计的实验中所获得的数据，如这里所讨论的完全随机化设计所产生的数据，通常被认为是适合于模型Ⅰ，因为认为实验者已包括了其所关心的全部处理。如果数据对应于模型Ⅱ，则在应用方差分析表和 F 检验时还要多一个步骤，即要求在表 47—5 中再增加一个标题为“期望均方”的如下的栏。

	期望均方
组间	$\sigma_w^2 + n\sigma_b^2$
组内	σ_w^2

对于表 47—5 中的数据便有：

	均方	期望均方
组间	MSB = 1 754.6	$\sigma_w^2 + 5\sigma_b^2$
组内	MSW = 545.4	σ_w^2

其中，σ_b^2 这一项称为“之间方差分量”，σ_w^2 则称为“之内方差分量”。MSB 是“期望组间均方”的估计，而 MSW 是“期望组内均方”的估计。s_b^2 和 s_w^2 或 σ_b^2 和 σ_w^2 可如下求得：

令 $\text{MSB} = s_w^2 + ns_b^2$ 和 $\text{MSW} = s_w^2$，则有

$$s_w^2 = 545.4$$

$$s_b^2 = (1\ 754.6 - 545.4)/5 = 1\ 209.2/5 = 241.8$$

对于随机选择的批和砖块，一个单个观测值的总方差可估计为：

$$s^2 = s_b^2 + s_w^2$$

区块设计

所研究的因子或因子组的若干水平或位级（version）被称为“处理”，实验者的主要目标是研究这些处理水平对于某个响应的影响。通常，我们所研究因子的所有水平，在每天，或由不同的操作者、不同的设备、不同的原材料供应等，重复着。处理集（the set of treatments）中的每一完全的重复称为一个“区块”（block）。实验者在对处理加以计划时，应防止区块间的差异影响对不同处理的比较。例如，如果实验中的区块是日期，则实验的首要目标就是在没有日期差异影响的情况下来评估所研究因子的效果。其次的目标可能会是衡量日期的影响以有助于计划将来的实验。在区块设计中，通常假设区块因子与所研究因子之间没有交互作用。在最简单的区块设计中，所取的数据可以归纳在一个双向表（two-way table）中，如表 47—7 所示。要注意的是，这种设计并非析因设计。在析因设计中，所有的因子（此处的行和列）都是处在预先确定的水平上，而在我们现

在所讨论的这种设计中，区块因子并不在实验者的控制之下。但是，区块因子被认为能够对响应产生影响。实验者的目的就是从所研究因子的影响当中，剔除掉任何由区块因子对响应所施加的影响。区块因子通常都是处在实验者控制之外的外部环境现象。

表 47—7　　一个简单的区块设计的示意图

	处理			
	1	2	…	k
区块 1	y_{11}	y_{12}	…	y_{1k}
区块 2	y_{21}	y_{22}	…	y_{2k}
⋮	⋮	⋮		⋮
区块 b	y_{b1}	y_{b2}	…	y_{bk}

我们对于区块因子的关心出于几方面的目的。其中包括：

1. 实验者的目的是在不考虑区块效果的情况下来估计处理的效果，并不见得需要区块效果的数值估计。例如，如果区块是日期，就应当将逐日的变异从变异来源中消除掉，其本身并无值得关注之处。

2. 基本的目的是估计（所研究因子的）处理的效果，其次才是获知区块效果的估计。

3. 有时，处理的效果与区块的效果几乎同样重要。在这种情况下，“区块设计”类似于“双因子实验”，但是，在应用区块设计数据分析之前，实验者必须确保所研究因子和区块因子之间无交互作用。如果因子间的交互作用存在或是怀疑存在，那么就必须应用析因实验的设计和分析。

最简单的单向区块设计是“随机化区块设计”。

随机区块设计

在对许多的处理进行比较时，显然我们希望所有其他的条件能够尽可能地保持恒定。遗憾的是，所要求的试验数常常是如此之大，以致很难在相似的条件下进行。在这种情况下，实验者或许能够将实验分成区块，或者是设计好的同质的组。当每个这样的组在实验中恰好包含每个处理的一个观测值时，这样的实验方案就称为一个随机区块方案。处理在区块内以随机的次序出现。

有许多场合都适宜于利用随机区块方案。例如，几个因子的若干水平的比较可能需要若干天来完成。如果我们预期到不同的天数对于响应也会产生影响，这样我们就会设计在每天都观察所有的因子水平。一天就代表一个区块。还有一种情况是，试验是由若干操作者来进行的，操作者之间可能会有差异。由某个操作者所进行的试验或观测就可被认为代表一个区块。区块的大小，亦即区块内所包含的试验数，可能会受到物理条件的限制。一般来说，随机区块方案就是那种在

方案中每个处理恰好在每个区块中出现一次的方案。在给定的区块内，各个处理被随机地分派给实验单元。随机区块实验的结果可表示在如表 47—8 这样的双向表中，该表中的区块数为 $b=4$，处理数为 $k=6$。由于在每个区块中每个处理恰好发生一次，处理的总计或平均值就可不用调整而直接比较。

表 47—8　　随机区块设计的响应：电阻器的变换增益

电阻	试验组（处理）						合计	行平均
	1	2	3	4	5	6		
1	138.0	141.6	137.5	141.8	138.6	139.6	$B_1=837.1$	$b_1=139.52$
2	152.2	152.2	152.1	152.2	152.0	152.8	$B_2=913.5$	$b_1=152.25$
3	153.6	154.0	153.8	153.6	153.2	153.6	$B_3=921.8$	$b_3=153.63$
4	141.4	141.5	142.6	142.2	141.1	141.9	$B_4=850.7$	$b_4=141.78$
列合计								
$T_1=585.2$	$T_2=589.3$		$T_3=586.0$	$T_4=589.8$	$T_5=584.9$	$T_6=587.9$	总合计	
							$G=3\ 523.1$	
列平均								
$\bar{y}_1=146.30$	$\bar{y}_2=147.32$		$\bar{y}_3=146.50$	$\bar{y}_4=147.45$	$\bar{y}_5=146.22$	$\bar{y}_6=146.98$		

示例　表 47—8 中的数据表示四个电阻器在六种不同条件下所测得的变换增益。这里的响应即变换增益，它是可用的电声功率与所用直流功率之比，后者用分贝表示。变换增益是对电阻器将直流功率转换为可用的电声功率的效率的一种量度。实验者所关心的是在排除电阻器（区块因子）的可能影响的情况下来比较各种条件（所研究因子）间的差异。从表 47—8 中很容易看出，电阻器之间，亦即区块的均值之间，存在着巨大的差异。这里的关键问题在于，在消除了电阻器之间的变异之后，实验者现在是否就能够探测出试验条件之间的真正变异，因为所观察到的条件均值间的差异很小，可能只不过是实验误差的反映而已。

分析　某些方差分析的计算机软件程序或许可用来进行随机区块实验的方差分析，这是一种“双向的”（two-way）方差分析。在随机区块实验中，我们主要关心的是处理的均值及其标准差。区块均值当然也是重要的，但由于区块不能为实验者所控制（它们代表着随机实施处理所在的环境），其重要性与处理相比通常是第二位的。当然，均值的比较要求对于方差 σ^2 加以估计。进行方差分析计算的主要意图在于，在排除所有可归因原因的情况下，获得对于方差的估计（量化噪声）。描出均值的图形总是有必要的。

对于随机区块实验的分析取决于许多假设条件。我们假定每个观测值都是四个分量之和。令 y_{ij} 是第 j 个区块第 i 个处理的观测值，则有

$$y_{ij}=\eta+\Phi_i+\beta_j+\varepsilon_{ij}$$

其中，η 是总的均值；Φ_i 是处理 i 的效果；β_j 是区块 j 的效果；ε_{ij} 是测量 y_{ij} 所发生的实验误差（$i=1,2,\cdots,k$；$j=1,2,\cdots,b$）。第 i 个处理的均值等于 $\eta+\Phi_b$，第 j 个区块的均值等于 $\eta+\beta_j$。Φ_i 和 β_j 分别表示处理和区块的独特贡献（效果）。均值 η 的估计由总平均值 $\bar{y}$ 给出。令 i 等于第 i 个处理的平均值，则处理

的效果 Φ_i 的估计便为 $\bar{y}_i - \bar{y}$。类似地，区块的效果 β_j 的估计便是 $\bar{y}_j - \bar{y}$。

为了对于处理或区块的效果进行假设检验或区间估计，我们假设实验误差 ε_{ij} 是独立的，且服从方差为常数的正态分布。如果实验进行了恰当的随机化，一般说来，即使上述假设不成立也不会引起严重的困难。

在记录可数数据（count data）时，会发生更加严重的困难。可数数据通常服从泊松分布，因此观测值的方差与其均值有直接的联系。在这种情况下，最好是先取可数数据的平方根，然后再进行效果的估计和方差分析。

处理均值的参考分布 图 47—2 给出了 $k=6$ 个处理平均值的描点图。

为了构造适当的参考分布以评价这些平均值并对假设进行检验，就要求估计实验误差的方差 σ^2。利用该模型，就能够构造出相应的方差分析表。

随机区块的方差分析 针对处理数 $k=6$ 和区块数 $b=4$ 的这一随机区块实验的数据，表 47—9 中给出了其相应的方差分析表。

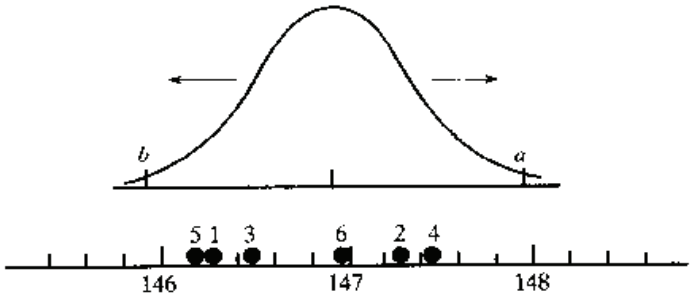


图 47—2 6 个处理的平均值的描点及其参考 t 分布

（由 a 到 b 的距离 $=2ts/\sqrt{b}=2.02$。）数轴上方的数字为表 47—8 中的处理的号码。

表 47—9 方差分析表：随机区块设计

	平方和（SSq）	自由度（DF）		均方
区块：SSB	927.665	$(b \quad 1)$	3	309.222
处理 SST	5.598	$(k-1)$	5	1.120
残差 SSR	13.467	$(b \cdot 1)(k-1)$	15	$0.898=s^2$
总修正 SSq	946.730	$(bk-1)$	23	

详细的计算如下：

令 $N=bk=$ 观测值总数。此处 $N-(4)(6)=24$

令 $G=$ 所有观测值总和。$G=3\,523.1$

令 $\sum y_{ij}^2=y_{ij}^2$ 之和 - 518 123.13

总修正 SSq $=\sum y_{ij}^2-G^2/N=518\,123.13-(3\,523.1)^2/24$

令 $B_i=$ 区块 i 的总数，$i=1,2,\cdots,b$。此处的 $b=4$

区块：SSB $=\sum_i B_i^2/k-G^2/N=518\,104.065-G^2/N=927.665$

令 $T_j=$ 处理 j 的总数，$j=1,2,\cdots,k$。此处 $k=6$

处理 SST $=\sum_j T_j^2/b-G^2/N=517\,181.998 \quad G^2/N=5.598$

残差 SSR 通过相减得出。

"均方" =（平方和）/（自由度）

博克斯等人（Box, Hunter, and Hunter, 1978）对于这些计算有着很好的说明。

为了检验所有处理的均值都相等这一假设，要选择一个 α 风险水平（通常取

0.05）进行 $F_{\alpha,\upsilon 1,\upsilon 2}$检验。因此：

$$F_{\upsilon 1,\upsilon 2}=F_{5,15}=\left[\mathrm{SST}/(k-1)\right]/s^2=1.120/0.898=1.247$$

$F_{5,15}$在 $\alpha=0.05$ 时的临界值为 $F_{0.05,5,15}=2.90$（F 的临界值见附录Ⅱ的表 K）。所计算出的 F 值小于临界的 F 值，因此我们可以认为，没有充分的证据来拒绝所有处理的效果为零的这一假设。也许我们实际上并不相信这一假设，但我们不能拒绝它。类似地，关于所有区块效果为零的这一假设的检验为：

$$F_{\upsilon 1,\upsilon 2}=F_{3,15}=\left[\mathrm{SSB}/(b-1)\right]/s^2=309.222/0.898=344.345$$

所计算出的 F 值远大于临界的 $F_{0.05,3,15}=3.29$，因此区块效果为零这一假设被拒绝。

图 47—2 给出了 6 个处理平均值的描点及其“参考”分布。这一平均值的参考分布是方差 σ^2 已知，尺度参数为$\sqrt{\sigma^2/n}$的正态分布。在本例中，当只有 $s^2=0.898$ 和自由度 15 是已知时，平均值的参考分布就成了尺度参数为$\sqrt{s^2/n}$的 t 分布。图 47—2 所示的分布是钟形 t 曲线，其 95% 的面积包含在以下长度的区间内：

$$2t_{\alpha,\upsilon}\sqrt{s^2/n}=2\ (2.131)\ \sqrt{0.898/4}=2.02$$

（处理平均值的观测值个数是 $n=b=4$。）曲线可用手绘制，不要求很好的精确度。想像这种钟形的 t 分布水平地前后移动。如果在该分布的某一个位置下有两个或多个均值被包含在内，则可以推断这些均值间的差异可能仅是观测值的方差，这是类似于非显著性 F 检验的一种图示检验。如果有些平均值，个别或聚集地、共同地超出了钟形曲线，这可以看做确实存在着差异的一种迹象，这类似于显著性 F 检验。

图 47—3 表示了 $b=4$ 个区块的均值及其参考 t 分布。同样包含分布的 95% 的区间由下式给出：

$$2t_{\alpha,\upsilon}\sqrt{s^2/n}=2\ (2.131)\ \sqrt{0.898/6}=1.65$$

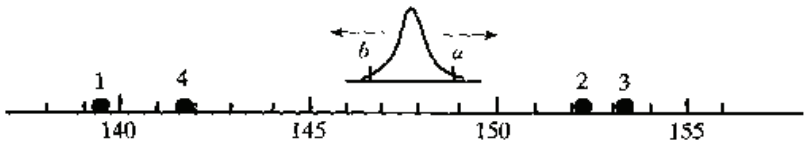


图 47—3　表 47—8 中的 4 个区块平均值的描点及其参考 t 分布

（由 a 到 b 的距离 $=2ts/\sqrt{k}=1.65$）

（在一个区块均值中观测值的个数是 $n=k=6$）。从图 47—3 可以看出，参考分布不论怎样水平移动都不能合理地涵盖四个平均值。区块均值 1 和均值 4 与均值 2 和均值 3 有着明显的不同，彼此之间也各不相同。有一些迹象反映出，尽管是轻微的，均值 2 和均值 3 可能来自于同一个分布，因此只是反映了平均值与其期望

的均值之间的变异性。

多重比较

还有一种比较处理平均值的图示方法是最初由奥特（Ott，1967）所提出的“均值分析”（analysis of means）。这种方法是构造一种类似于休哈特控制图的描点图。图的控制限可从适合于可能的多重比较的特殊用表中方便地查得。详细的讨论可参阅奥特等人（Ott，1967；Schilling，1973；Nelson，L.，1983；Ott and Schilling，1990；Nelson，P.，1993）的论述。拉姆（Ramig，1983）给出了很好的例子。

滑动参考分布的这种图示方法是主观的，实验者的眼力和判断起着很大的作用。此外，还有许多其他正式的方法可用于说明处理均值间是否存在着差异。通常，要计算一个特定的区间，在区间内一道出现的均值不能被认为在统计上存在显著的差异。其中的一种方法是计算“最小显著性差别”（the least significance difference，LSD），其中

$$\mathrm{LSD}_{\alpha} = t_{\upsilon,\alpha/2}\sqrt{(1/n_i + 1/n_j)s^2}$$

如果任意两个均值间的差异的绝对值大于 LSD，则可以认为这两个处理的平均值在统计上有着显著的差异。当然，在比较 k 个平均值时，就会有 $k(k-1)/2$ 个可能的对子，当 k 大小适当时，还可以进行许多其他的比较（对照）。在 LSD 比较中，无论比较的数目如何，每次比较都维持着一个固定的 α 风险（通常 $\alpha = 0.05$）。当进行多重检验时，总的 α 风险会显著增加。当对于所有可能的处理的对子总的 α 风险固定时，可能就要应用到“图基 t 分布化极差统计量”（Tukey studentized range statistic）（Tukey，1949）。邓尼特（Dunnett）的方法（Dunnett，1964；Bechofer and Tamhane，1983）适用于对于同一标准的所有$(k-1)$个差异。谢弗（Scheffé）检验用于实施所有可能的比较（Scheffé，1953）。其他的多重比较方法还有邦费罗尼（Bonferroni）区间法（Dunn and Clark，1987）和邓肯（Duncan）多重极差法（Duncan，D.B.，1955）。在大多数计算机软件程序中都有关于邦费罗尼和邓肯的多重极差方法。米勒（1981）是有关多重比较问题的较好的全面的文献。[有关方差的多重比较可以参阅 Spurrier (1992)。]

平衡不完全区块设计

在不完全区块设计中，所有的处理不能够容纳在一个单个的区块中。例如，

某生产经理希望研究来自六家不同的供应商的产品间的差异。遗憾的是，由于人力和设备的限制，使得每天只能研究三家。该生产经理担心不同日期之间的差异会干扰对于供应商的比较，希望将日期的影响加以区块处理，但是单个的区块又不够大，无法容纳全部六个处理。这里适用的实验设计便是所谓的“平衡不完全区块设计”，如表 47—10 所示，给出了适合于使用的实验设计。六个供应商（处理）分别记为 A，B，C，D，E，F，每天（区块）以三个一组加以研究。区块和区块内的试验顺序以某种随机的方式来加以选择。

要注意的是，在表 47—10 所示的设计中，每个字母所代表的供应商接受同样次数的试验，每对字母在一个区块中出现的次数也相同。对于六个处理每次只能研究三个这种情况，还有一种适合于它的设计是“组合设计”，这种设计由从六个对象中每次取三个的全部组合所构成。这种组合平衡不完全区块设计将要求有 20 个区块，表 47—10 所示的设计只要求 10 个区块。

应用不完全区块设计会产生一个后果，这便是每个处理的平均值必须加以调整以适合于它所出现的区块，从而需要对于调整过的处理均值间的差异加以评估。其计算是十分明了的，但已超出了本手册的范围。[感兴趣的读者可参阅 Cochran and Cox (1957); Natrella (1963); Box, Hunter, and Hunter (1978)。]

为了列举有可能构造平衡不完全区块设计的情况，我们先将 r，b，t，k，L，E 以及 N 这几个量定义如下：

r = 重复数（一个处理出现的次数）

b = 方案中的区块数

t = 处理的数

k = 区块的大小，亦即每一区块中能出现的处理数

L = 出现规定数目的处理对子的区块的数：$L = r(k-1)(t-1)$

E = 分析中所用的常数：$E = tL/rk$

N = 总的观测值数：$N = tr = bk$

表 47—10　　平衡不完全区块设计

日期	随机化之前	随机化之后	六个处理 A B C D E F
1	ABE	DBC	t = 6 个处理
2	ABF	CDA	b = 10 个区块
3	ACD	FBD	k = 3 个处理/区块
4	ACF	CEB	r = 5 个重复/处理
5	ADE	DEF	L = 2，即每一处理的
6	BCD	EBA	对子出现两次
7	BCE	AFB	
8	BDF	DEA	
9	CEF	FCE	
10	DEF	CFA	

表 47—11 给出了 $4<t<10$ 和 $r<10$ 的方案。[有关更多方案的列表和更详细的例子可参阅 Cochran and Cox（1957）和 Natrella（1963）。]

表 47—11　　平衡不完全区块方案（$4<t<10$，$r<10$）

t	k	r	b	L	E[①]	方案[②]
4	2	3	6	1	2/3	1
	3	3	4	2	8/9	Comb[③]
5	2	4	10	1	5/8	2
	3	6	10	3	5/6	Comb
	4	4	5	3	15/16	Comb
6	2	5	15	1	3/5	3
	3	5	10	2	4/5	4
	3	10	20	4	4/6	5
	4	10	15	6	9/10	6
	5	5	6	4	24/25	Comb
7	2	6	21	1	7/12	Comb
	3	3	7	1	7/9	7
	4	4	7	2	7/8	8
	6	6	7	5	35/36	Comb
8	2	7	28	1	4/7	9
	4	7	14	3	6/7	10
	7	7	8	6	48/49	Comb
9	2	8	36	1	9/16	Comb
	3	4	12	1	3/4	11
	4	8	18	3	27/32	12
	5	10	18	5	9/10	13
	6	8	12	15	15/16	14
	8	8	9	7	63/64	Comb
10	2	9	45	1	5/9	15
	3	9	30	2	20/27	16
	4	6	15	2	5/6	17
	5	9	18	4	8/9	18
	6	9	15	5	25/27	19
	9	9	10	18	80/81	Comb

注：①常数 $E=tL/rk$ 用于本分析中。

②有关方案分类数的说明详见 Clatworthy（1973）。

③“Comb”指利用在 k 个组（区块大小）的 t 个处理的所有可能的组合建立的方案。

区块设计综述　最简单的区块设计类型便是随机区块，每个区块大得足以容纳人们希望试验的所有处理。在不完全区块设计中，区块的大小不足以在每个区块中试验所有的处理。在平衡不完全区块设计中，处理被分配给每一个区块，以使处理间差异的估计有相等的精度。

如果随机区块设计和平衡不完全区块设计不能满足试验者在区块数、区块大小和处理数等方面的需要，那么还可应用其他类型的方案，例如“部分平衡区块设计”（Clatworthy，1973）和“链区块”设计等，后者适用于观测费用昂贵且试

验误差较小的情况。［有关其分析的详细讨论可参阅 Natrella（1963）和 Fleiss（1986）］。

最初为统计学家应用大型计算机而编写的通用计算机软件程序可以迅速完成不完全区块设计方面的计算。只有更先进的个人计算机实验设计软件程序才会有平衡不完全区块设计以及相关的辅助分析。尽管其具有显而易见的重要性和价值，但这些设计在产业中的应用还比较少见。

拉丁方设计

在必须调查所研究因子不同水平的效果，且同时允许有两个特定的变异或非均匀性的来源，亦即两个不同的区块变量的情况下，便会应用到拉丁方（Latin square）设计［或稍后讨论的尤登方（Youden square）设计］。这种类型的设计最初应用于肥力的不均匀性来源只是土地的两个方向时的农业试验，而“方”（square）顾名思义就是一方块的土地。其应用扩展到了许多其他的应用领域，在这些领域中均存在着可能会影响实验结果的两种非均匀性的来源（两个区块变量），如设备与位置，或是操作者与日期。所研究变量，亦即实验的处理，以一种预定的方式与两个区块变量联系在了一起。拉丁方的应用受到以下两个条件的限制：

1. 行、列数和处理数必须相等。

2. 在行、列以及所研究因子之间不得有交互作用（有关交互作用的讨论参见“析因实验——概述”一节）。

我们来看一个关于拉丁方的例子。假定我们希望比较四种材料的耐磨性。还假定我们有一台耐磨试验机能够同时处理四个试样。两个区块变量可以是每次试验间的变异性和耐磨试验机上的四个位置之间的变异性。一个 4×4 的拉丁方将能够同时容纳这两个变量。表 47—12 给出了相应的拉丁方方案（四种材料分别记为 A，B，C 和 D）。注意每个字母（处理）在各行和列中只出现一次。表 47—13 中给出了从 3×3 到 7×7 的拉丁方的例子。

表 47—12　　一个 4×4 的拉丁方

试验编号	位置编号			
	1	2	3	4
1	A	B	C	D
2	B	C	D	A
3	C	D	A	B
4	D	A	B	C

严格地讲，每次应用拉丁方时，我们都应从一定大小的所有可能方阵中随机选择一个方阵。费希尔等人（Fisher and Yates，1964）的表给出了从 3×3 到 12×12的所有方阵。一旦选定了某个方阵，就可以随机地排列行和列，并将字母

随机地赋予每一个处理，从而得到一个完全随机化的设计。

拉丁方设计的分析在大多数教材中都会有所讨论，也会包括在大多数实验设计的软件程序中。方差表分析是随机区块表的一个简单推广。处理平均值及其参考分布的描点图和/或多重比较假设检验是分析的主要目标。区块平均值的描点和区块效果的估计当然可以提供很多的信息，但由于实验者不能控制区块，故其重要性对于处理的分析而言只是附带的。读者必须注意的是，拉丁方（或其相关设计，即 Graeco 拉丁方和超 Graeco 拉丁方）分析的数学模型假定在行、列或任何的处理分类间不存在交互作用。不满足“无交互作用”这一要求，就会导致对于处理与行和列（区块）效果的有偏估计，也会使方差 σ^2 的估计出现偏差。无偏的 σ^2 的估计可以通过重复整个设计或部分重复设计而获得（Youden and Hunter，1955）。

拉丁方并非析因设计，后者允许构成该设计的各个因子间有交互作用。在可能会有交互作用的情况下，建议实验者应用析因或局部析因设计以及相关的数据分析模型。3×3 拉丁方设计有时称做 L9 正交矩阵。亨特（Hunter，1989）给出了有关误用拉丁方可能会产生的危险的例子。

表 47—13　　拉丁方的选择

3×3	4×4			
	1	2	3	4
ABC	ABCD	ABCD	ABCD	ABCD
BCA	BADC	BCDA	BDAC	BADC
CAB	CDBA	CDAB	CADB	CDAB
	DCAB	DABC	DCBA	DCBA

5×5	6×6	7×7
ABCDE	ABCDEF	ABCDEFG
BAECD	BFDCAE	BCDEFGA
CDAEB	CDEFBA	CDEFGAB
DEBAC	DAFECB	DEFGABC
ECDBA	ECABFD	EFGABCD
	FEBADC	FGABCDE
		GABCDEF

尤登方设计

如同拉丁方一样，尤登方（Youden square）也允许有两个非均匀性的实验来源，但尤登方的应用条件不如拉丁方严格。应用拉丁方受到行、列数和处理数必须相同这一条件的限制。尤登方的列数和处理数相同，但行数却有相当宽泛的选择。我们使用下列符号：

t = 需要比较的处理的数目

b = 一个区块变量（列）的水平数

k = 另一个区块变量（行）的水平数

r = 每个处理的重复次数

L = 两个处理在同一区块中出现的次数

在尤登方中，$t = b$ 且 $k = r$。

表 47—14 中给出了尤登方的方案。尤登方的分析必须仔细进行；特别地，处理的平均值在能够进行比较之前，首先要配置在各个行中，因而必须针对各行进行调整。再者，还要求计算出调整过的平均值的标准差。有关定量方面的详细讨论请参阅本章所列的参考教科书。

表 47—14　　尤登方配置

$t=3$	$t=4$	$t=5$
AB	ABC	ABCD
BC	BAD	BAEC
CA	CDB	CDAE
	DCA	DEBA
		ECDB

$t=6$	$t=7$	或	$t=7$
ABCDE	ABD		ACDE
BFDCA	BCE		BDEF
CDEFB	CDF		CEFG
DAFEC	DEG		DFGA
ECABF	EFA		EGAB
FEBAD	FGB		FABC
	GAC		GBCD

对多实验室的试验加以计划

在此只介绍几种适用于多实验室（联合）试验的分析和计划的简单技术。韦尼蒙特（Wernimont）很早以前的文章（Wernimont，1951）仍是对这一问题的极好的介绍。早期在这一领域做出贡献的人士还有尤登（Youden，1967）和曼德尔（Mandel，1964），两位都是早期的国家标准局的成员。[有关多实验室试验比较的重要性的全面综述可见 Hunter（1980）。] 有关联合试验程序方面的最详尽的信息来源可从美国试验和材料协会（ASTM）E11 委员会的出版物中找到。由莫因、诺兰和普罗沃斯特编写的教科书（Moen，Nolan and Provost，1991）给出了包含一种图示分析方法的若干实用的例子，该方法是由斯尼（Snee，1983）提出的。可重复性和再现性研究（R&R）通常是一项多实验室试验计划的组成部分（Barrentine，1991；Montgomery，1991；Automotive Industry Action Group，1990）。

实验室秩和检验 在几乎所有的多实验室试验的数据集中，都会有某些报告结果远离结果的主体，这便产生了一个现实的问题，即是否应当忽略这些数据以避免歪曲真实的情况。决定是否将远离的结果筛选掉经常会是一个难题。人们不希望在没有充分理由的情况下就剔除某个实验室的结果。另一方面，如果某个实验室不够仔细或不能胜任，人们也不希望“责备”试验方法。这里讨论出自资料（Youden，1963）的实验室的秩检验。这只是读者可能会感兴趣的若干种非参数秩方法之一。［有关这些非参数方法的较好的讨论可见 Hollander and Wolfe (1973)，Conover（1980），Gibbons and Chakraborti（1992）和 Iman（1994）。］

一项多实验室试验通常会涉及将含有某些特定的化学元素或成分或是具有某些物理特性的若干种材料送达每个实验室。实验室的秩检验利用所记录的材料的响应度量来对实验室排序。由多实验室试验所得到的数据汇总在一个双向表中，材料记作行，实验室记作列，反之亦可。

对于每种材料而言，具有最大结果的实验室排为第一，第二大的排为第二，依此类推（持平的数值在排序程序中如常处理，每个持平的值被赋予当该值有差异时的秩的平均值）。

对于每一实验室而言，将所赋予的秩对于所有材料求和。与平均的或期望的秩和相比较，测量响应的能力一向较高的实验室将表现出较低的秩和，而能力一向较低的实验室则表现出较高的秩和。要回答的问题在于，这样的秩和是否过分的高或过分的低。表 47—15 可用来确定这一问题的答案。

表 47—15　　秩得分的约 5% 的限

参与的实验室编号	材料编号									
	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
3	…	4	5	7	8	10	12	13	15	17
	…	12	15	17	20	22	24	27	29	31
4	…	4	6	8	10	12	14	16	18	20
	…	16	19	22	25	28	31	34	37	40
5	…	5	7	9	11	13	16	18	21	23
	…	19	23	27	31	35	38	42	45	49
6	3	5	7	10	12	15	18	21	23	26
	18	23	28	32	37	41	45	49	54	58
7	3	5	8	11	14	17	20	23	26	29
	21	27	32	37	42	47	52	57	62	67
8	3	6	9	12	15	18	22	25	29	32
	24	30	36	42	48	54	59	65	70	76
9	3	6	9	13	16	20	24	27	31	35
	27	34	41	47	54	60	73	79	85	91
10	4	7	10	14	17	21	26	30	34	38
	29	37	45	52	60	67	73	80	87	94
11	4	7	11	15	19	23	27	32	36	41

续前表

参与的实验室编号	材料编号									
	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	32	41	49	57	65	73	81	88	96	103
12	4	7	11	15	20	24	29	34	39	44
	35	45	54	63	71	80	88	96	104	112

注：由 L 个实验室测试 M 种材料的每一种。每种材料被赋予 $1 \sim L$ 的秩。对秩求和便得到每个实验室的得分。平均分数是 $M(L+1)/2$。表中值是包括在约 5% 的临界区域内的上下限。

供初始实验室应用的差异检验　往往会有这样的情况，即某一试验方法经初始实验室判断具有可接受的精度，但当试验由若干实验室来进行时，其结果却令人失望。其原因通常在于，初始实验室具有严格控制的条件和设备，而其他实验室的操作条件则会略有不同（总是会存在着一些偏差，这在该试验方法的标准规程中是允许的）。尤登（Youden，1967）建议初始实验室应通过有意识地在该方法中导入一些小的变异来研究这种偏差的影响，这称为“差异检验”（ruggedness test），以此来应对当其他实验室进行试验时所引起的变异。为了将原实验室因此而需做的额外工作减少到最低限度，他建议采用适用于 7 个、11 个、15 个因子的 Plackett-Burmon 设计来检验这些影响。如果在单个实验室中的这种条件变异导致了显著的影响，则在进行多实验室试验之前就需要对该方面加以进一步的改进（Thomas and Kiwanga，1993）。

尤登两样本方案　尤登曾提出过一个用以研究实验室和试验程序本身的表现的简单方案（Youden，1959），库（Ku，1969）又重印了这一方案。该方法是将两种材料（A 和 B）的样本分送给参与的每个实验室。这两种材料在种类上和所测特性的数值上应当是相似的。各实验室应具有相同的内部精度。使用这些成对的结果作图，图上的 x 轴和 y 轴的刻度相等，每一个点子代表一个实验室。该点的 x 坐标和 y 坐标便分别表示相应实验室所做出的样本 A 的结果和样本 B 的结果。有多少个实验室就有多少个点子。为了进行图形诊断，通过所有点子的 x 坐标的中位值画一条垂线，再通过所有点子的 y 坐标中位值画一条水平线。这两条线也可通过 x 和 y 的平均值来画，但使用中位值要更方便一些。

远离大部分结果的主体的单个点子代表着或许应当从分析中剔除的实验室。两条相交的中位线将空间分成了四个部分。分析的第一步就是要看一下点子在这四个象限中的分布，这也是非常有启示的一个步骤。如果只是随机的测量误差在起作用，则这些点子就应当是一种圆形的分布，每个象限中的点子数大致相等。但现实中大多数的多实验室数据的图形都显示出集中在右上方和左下方（见图 47—4）。如果某个实验室的两个样本的值都很高，那么其点子将位于右上方；如果其两个样本的值均低，则其点子将位于左下方。两个样本的值均高（或低）表明实验室对于试验程序产生了影响，亦即在实验室之间存在着系统性的差异。当存在这种系统性的差异时，点子将呈现为一个狭长的椭圆。如上所述，假定两种

材料的种类和所测特性的值相似，样本 A 的结果的散布情况与样本 B 的结果的散布情况相近，我们就可以计算任一单个结果的标准差的估计值，其步骤如下：

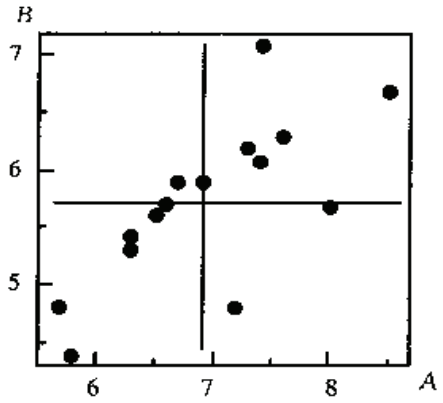


图 47—4 两种染料的样本中的苯酐百分比
——显示系统差异的尤登图

1. 计算每一实验室的“带符号差” $d = A - B$，即计算出差值并保持其正负号（对于第 i 个实验室有 $d_i = A_i - B_i$）。

2. 计算这些 d 的代数平均值 $\bar{d}$。

3. 计算 $d_i' = d_i - \bar{d}$。

4. 取 d_i' 的绝对值并计算其均值。

5. 将上面的均值乘以 0.886 以得到单个结果标准差的估计值 s。（0.886 是附录Ⅱ的表 A 中当 $n = 2$ 时的 $1/d_2$ 的值。）

现在能够画一个可以包含任何百分比的点子在内的圆。该圆以中位点为圆心，其（包括一定百分数的点子在内的）半径为 s（第 5 步所求出）与表 47—16 所给因子的乘积。

位于圆外的点子通常表示具有系统性差异的实验室。从这种图中还可以得出进一步的推论（Youden，1959）。这种方法已经被广泛应用于包括化学和工程试验及标准比对在内的诸多方面。

表 47—16 用标准差的倍数表示的尤登图中的圆的半径

圆内点子的百分数	标准差的倍数
90	2.146
95	2.448
99	3.035

嵌套（方差分量）设计

大多数的实验设计都意在给出有关均值和差的估计，或给出有关实验处理均

值间的其他比较。但是，在涉及多实验室比较或是测量仪器的重复性和再现性的研究中，变异的来源成为了所研究的因子，这些变异源的相对重要性是人们希望了解的主要知识。这样的研究称为“方差分量”研究。旨在给出各个来源方差分量估计的设计被称为“嵌套”的或“分层”的设计。图 47—5 所示的是一个简单的嵌套设计，在该设计中取 M 个样本，对每个样本进行重复测试。所有观测值的方差被划分为两个分量，即关于样本的分量和关于重复的分量。这是一个两阶段的平衡嵌套设计。三个或更多的分类也可进行嵌套，如图 47—6 所示。

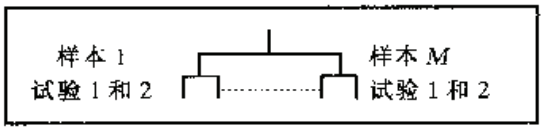


图 47—5　两阶段平衡嵌套设计

（经许可引自 Bainbridge, 1965）

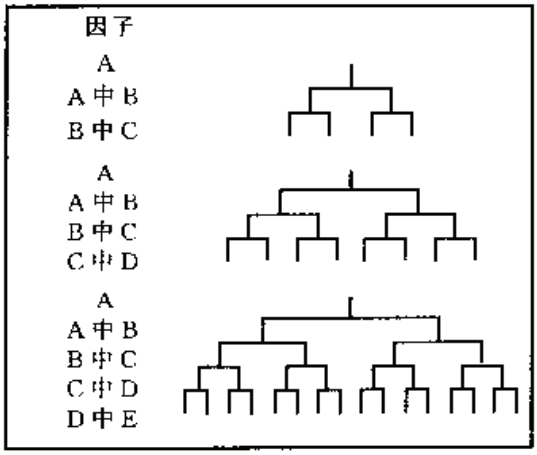


图 47—6　三个、四个和五个因子的平衡嵌套设计

（经许可引自 Bainbridge, 1965）

嵌套设计的分析和方差分量的估计是基于观测值的一个“随机效果”模型。在该模型中，除了一个常量之外，所有的要素都是随机变量。（进一步的讨论参见“单向方差分析——模型和裂区析因实验”。）所需的是从方差分析表中获得的均方的期望值［详见 Snee（1974）］。大多数有关实验设计的教科书中都有关于该设计及其分析的讨论［如（Dunn and Clark, 1987; Neter, Wasserman, and Kutner, 1990; Hogg and Ledolter, 1992; Montgomery, 1991; Burdick and Graybill, 1992）］。［Box, Hunter and Hunter（1978）给出了一个不涉及方差分析的估计方差分量的例子。Box and Tiao（1973）给出了一种估计方差分量的贝叶斯方法。Searle, Casella and McCulloch（1992）是专门讨论这一主题的一本教科书。］大多数实验设计软件程序都可给出确定简单平衡设计方差分量所需的均方

期望值。

在图 47—6 中，在每一阶段只取每个单元的两个子单元，但试验的总数却随着阶段数的增加而迅速倍增。由于试验总数的迅速倍增，所以在上面的层次中仅有少数单元会被用到。换句话说，平衡嵌套设计趋向于在较高的层次上（初始的阶段或因子 A 和 B）只提供很少的信息，而在较低的层次上（例如因子 E）常常又提供过多的信息。班布里奇（Bainbridge，1965）讨论了可作为代替的具有固定试验数的“不平衡”嵌套设计。他较为推崇的一种设计称为“交错嵌套设计”，该设计易于实施，且为每个因子提供了大致相等的自由度。班布里奇还给出了三因子、四因子、五因子和六因子的交错嵌套设计（图 47—7 给出了该设计及其分析）。

实验规模的计划

在第 44 章“基本统计方法”中，给出了在估计具有一定精度的均值和方差或是以一定的出错风险来比较两组数据的均值和方差时确定所需观测数量的方法。这里给出的是在比较若干个组时确定所需观测数的方法。

例如，为了检验所有组的均值都相等，亦即 $\eta_1 = \eta_2 = \cdots = \eta_k = \eta$ 这一假设，而设计出方差分析 F 检验（参见“完全随机设计：一个因子，k 个水平”一节）。从所记录数据中计算出的相应的平均值 $\bar{y}_1$，$\bar{y}_2$，…，$\bar{y}_k$ 当然会各不相同。假设检验的结果取决于检验时所取的显著性水平 α 的值、各个观测值的真正的变异性、每个平均值的观测数和各个组的均值之间的差异（如果有的话）的大小。在对实验进行计划时，如果对于可进行的观测的数目没有限制，那么就应该规定具有重要的实际意义的均值的差异的大小。当进行检验的显著性水平也加以规定时，就可利用现成的表或图来确定必要的样本容量（每个平均值所需的观测值的数目），以便以规定的概率（$1-\beta$）来检测出规定大小的均值间差异。为了应用这样的表，我们要计算 Φ_2 的值：

$$\Phi_2 = \frac{n\sum_i(\eta_i - \eta)^2}{k\sigma^2} = \frac{n\sum\delta_i^2}{k\sigma^2}$$

其中：n = 每组的观测数（这是待确定的）；

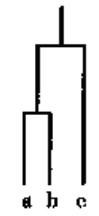
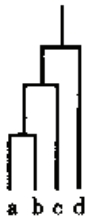
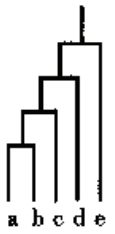
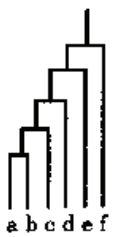
k = 组数；

σ^2 = 组内方差的真值（假定所有组相同，可从以前的类似工作中估计出）；

η_i = 第 i 组均值；

η = 总均值。

令 $(\eta_i - \eta) = \delta_i$，其中，$\delta_i$ 的和必须为零。

方差来源	平方和	自由度	均方期望	各单元的结构
A	(5) − CF	$m-1$	$\sigma_e^2+1\frac{3}{3}\sigma_b^2+3\sigma_a^2$	
A 中 B	(3) + (4) − (5)	m	$\sigma_e^2+1\frac{1}{3}\sigma_b^2$	
B 中 C	(1) + (2) − (3)	m	σ_e^2	
合计	(1) + (2) + (4) − CF	$3m-1$	4A 三因子	
A	(7) − CF	$m-1$	$\sigma_d^2+1\frac{1}{2}\sigma_c^2+2\frac{1}{2}\sigma_b^2+4\sigma_a^2$	
A 中 B	(5) + (6) − (7)	m	$\sigma_d^2+1\frac{1}{6}\sigma_c^2+1\frac{1}{2}\sigma_b^2$	
B 中 C	(3) + (4) − (5)	m	$\sigma_d^2+1\frac{1}{3}\sigma_c^2$	
C 中 D	(1) + (2) − (3)	m	σ_d^2	
合计	(1) + (2) + (4) + (6) − CF	$4m-1$	4B 四因子	
A	(9) − CF	$m-1$	$\sigma_e^2+1\frac{3}{5}\sigma_d^2+2\frac{1}{5}\sigma_c^2+3\frac{3}{5}\sigma_b^2+5\sigma_a^2$	
A 中 B	(7) + (8) − (9)	m	$\sigma_e^2+1\frac{1}{10}\sigma_d^2+1\frac{3}{10}\sigma_c^2+1\frac{3}{5}\sigma_b^2$	
B 中 C	(5) + (6) − (7)	m	$\sigma_e^2+1\frac{1}{6}\sigma_d^2+1\frac{1}{2}\sigma_c^2$	
C 中 D	(3) + (4) − (5)	m	$\sigma_e^2+1\frac{1}{3}\sigma_d^2$	
D 中 E	(1) + (2) − (3)	m	σ_e^2	
合计	(1) + (2) + (4) + (6) + (8) − CF	$5m-1$	4C 五因子	
A	(11) − CF	$m-1$	$\sigma_f^2+1\frac{1}{5}\sigma_e^2+2\sigma_d^2+3\sigma_c^2+4\frac{1}{3}\sigma_b^2+6\sigma_a^2$	
A 中 B	(9) + (10) − (11)	m	$\sigma_f^2+1\frac{1}{5}\sigma_e^2+1\frac{1}{5}\sigma_d^2+1\frac{3}{5}\sigma_c^2+1\frac{2}{3}\sigma_b^2$	
B 中 C	(7) + (8) − (9)	m	$\sigma_f^2+1\frac{1}{10}\sigma_e^2+1\frac{3}{10}\sigma_d^2+1\frac{3}{5}\sigma_c^2$	
C 中 D	(5) + (6) − (7)	m	$\sigma_f^2+1\frac{1}{6}\sigma_e^2+1\frac{1}{2}\sigma_d^2$	
D 中 E	(3) + (4) − (5)	m	$\sigma_f^2+1\frac{1}{3}\sigma_e^2$	
E 中 F	(1) + (2) − (3)	m	σ_f^2	
合计	(1) + (2) + (4) + (6) + (8) + (10) − CF	$6m-1$	4D 六因子	

求平方和所需的和值

$(1)=\Sigma a^2$　　$(5)=\dfrac{\Sigma(a+b+c)^2}{3}$　　$(9)=\dfrac{\Sigma(a+b+c+d+e)^2}{5}$

$(2)=\Sigma b^2$　　$(6)=\Sigma d^2$　　$(10)=\Sigma f^2$

$(3)=\dfrac{\Sigma(a+b)^2}{2}$　　$(7)=\dfrac{\Sigma(a+b+c+d)^2}{4}$　　$(11)=\dfrac{\Sigma(a+b+c+d+e+f)^2}{6}$

$(4)=\Sigma c^2$　　$(8)=\Sigma e^2$　　$\mathrm{CF}=\dfrac{\text{总和}}{\text{总试验数}}$

图 47—7　关于三因子、四因子、五因子和六因子的交错嵌套设计

（经许可引自资料 Bainbridge，1965）

附录Ⅱ的表 DD 中可查出当 $\alpha=0.01$ 和 $\beta=0.2$ $(1-\beta=0.80)$，自由度为 DF_1 和 DF_2 时的 Φ^2 的值。在下面的例子这种简单的情况下，$DF_1=k-1$，$DF_2=k(n-1)$。此外还有适用于其他的 α 及 β 的值的图表，其形式略有不同。[有关的例子可参见 Dixon and Massey(1969)，Owens(1962)和 Odeh and Fox(1991)。]

示例 考虑表 47—4 所示的实验。假设还要进行另一次实验，我们希望事先确定每种方法要测试多少块砖，以便能够以一定的程度对于三种方法的均值加以判别。如果统计检验是在 $\alpha=0.01$ 水平下进行，并且我们要使检测规定差异的概率至少为 0.8，我们可利用附录Ⅱ的表 DD。假设从以前的实验中得到一个方差的估计值 $\sigma^2=545$。再假定以下均值间的差异在实际中被认为是非常重要的：

$$\delta_1=\eta_1-\eta=-30$$
$$\delta_2=\eta_2-\eta=+20$$
$$\delta_3=\eta_3-\eta=+10$$

(显然，许多不同的 δ 值会得出相同的 $\sum\delta^2$ 的值，从而也得出相同的 Φ^2 值。)

所选取的 δ 相对于每一实验情景应当是有意义的。在这里我们设想了三种特定的差异；在其他场合下，差异的形态可能会具有特殊的意义。例如，如果各分组增加某个可量化变量的水平，比如温度，则关于 δ 的一种有意义的形态可能就是平均值由一个水平到下一个较高水平的恒定变化（要记住这些 δ_i 的和必须为零)。

$$\Phi^2=\frac{n\sum\delta_i^2}{k\sigma^2}$$
$$\Phi^2=\frac{n\ (1\ 400)}{3\ (545)}=\frac{1\ 400n}{1\ 635}=0.86n$$
$$DF_1=k-1=3-1=2$$
$$DF_2=k\ (n-1)\ =3n-3$$

利用附录Ⅱ的表 DD，我们必须找出两个 n 值，一个给出的是比要求大的 Φ^2，一个给出的是比要求小的 Φ^2 值。

n	$DF_2=3n-3$	表中的 Φ^2	所希望的 $\Phi^2=0.86n$
7	18	6.05	6.02
8	21	5.83	6.88

对于 $n=8$ 时表中 Φ^2 的值是通过线性内插法求得的。其解位于 $n=7$ 与 $n=8$之间，这里取较大的 n。当我们以 $\alpha=0.01$ 的水平进行 F 检验时，每组 8 个观测值将给我们以 80% 的机会检测出所设定的差异。

如果采用适当的 DF_1 和 DF_2 的值的话，这种方法可用于多因子的实验。它用于当实验的目的是比较组的平均值时的情况。只要每组的观测值的数目足够大，它对于任何数目的分组都行得通。在这种情况以及下面描述的情况下，每组中应当取相同数目的观测值。

另外一种目的在于比较组间方差和组内方差的实验（参见“单向方差分析——模型”一节中有关“模型Ⅱ，随机效果模型”的讨论），要求有最小的组数，以达到以相对变异性来表示的期望鉴别能力。例如，见表 47—17，其中的 α 和 β 是两类差错的风险，δ_0 是比率 σ_b/σ_w 的一个“可接受的小”数值（大到足以取得显著的结果），δ_1 是 σ_b/σ_w 的一个不可接受的大数值。

表 47—17　　最少组数——随机效果模型

$\alpha=\beta=0.05$		$\alpha=\beta=0.01$	
δ_1/δ_0	最少组数	δ_1/δ_0	最少组数
1.5	35	1.5	68
2.0	14	2.0	25
2.5	9	2.5	16
3.0	7	3.0	12

[Cochran and Cox（1957），Cox（1958）和 Odeh and Fox（1991）就确定观测数给出了有益的讨论。Kastenbaun，Hoel and Bowman（1970）给出了许多用表。]

析因实验——概述

在工程和制造实验中时常要用到析因设计。在一个析因实验中，若干个因子被控制在两个或多个水平上，人们对于这些因子对某些响应的效果加以研究。实验方案就是在由不同因子形成的所有可能的水平组合上取一个观测值。每个不同的因子水平的组合称为一个“处理组合”。

假设实验者所关心的是研究电流水平和作用力这两个因子对于响应 y，亦即硅晶片电阻的效果。过去常用的一个实验方法是所谓的“一次一因子”法。这种实验策略是先考察作用力不变的情况下第一个电流水平变化的效果；然后在电流水平恒定的情况下考察不同的作用力水平的效果。在尽可能保持其他因子恒定的情况下，这两个因子一次改变一个。这种实验的结果是片断的，因为我们所知道的只是在一个作用力水平下的不同电流水平的效果，以及在一个电流水平下的不同作用力水平的效果。一个因子的效果是以选定的第二个因子水平为条件的。所选的作用力水平不同，不同的电流水平下的硅晶片的电阻也会有所不同。同样，所观察到的作用力水平与电阻之间的任何关系都会因电流水平的不同而产生巨大的差异。用统计语言来讲，在我们所关心的范围内，两个因子之间可能存在着“交互的效果”，上述的“一次一因子”方法不可能使实验者探测到这种交互作用。

在一个析因试验中，先要选定每一因子的水平，然后在诸因子的所有可能的水平组合下进行测量。假设选定了电流的五个水平和作用力的四个水平，这样，

电流与作用力之间就会有20种可能的组合，因而这一析因实验就包含了20次试验。在这个例子中，术语“水平”用于描述定量因子，但对于定性因子同样也可以使用这一术语。

在分析析因实验时，人们经常会提到“主要效果”和“交互作用效果”（或“交互作用”）。某个给定因子的主要效果总是该因子的各种水平的平均响应的函数。当这一因子有两个水平时，其主要效果便是在这两个水平下的平均响应之差，也就是在其他因子的所有水平下计算出的平均值之间的差。在因子具有两个以上的水平的情况下，将会有若干个主要效果的分量（线性的、平方的、立方的等），可估计的主要效果分量的个数小于水平的个数。其他类型的比较也是可能的，这称为处理“对比”。如果在因子 B 的所有水平下，因子 A 的两水平之间响应的差值保持常量（不考虑实验误差），那么在 A 与 B 之间没有交互作用，或者说 AB 交互作用为零。图47—8给出了响应曲线或是产出曲线的两个例子，一个存在着交互作用，另一个则没有交互作用。如果因子 A 和因子 B 各有两个水平，那么 AB 交互作用（忽略实验误差）就是 A 在 B 的第二个水平下的平均产出的差值减去 A 在 B 的第一个水平下的平均产出的差值。如果 A 或 B 有两个以上水平，那么 AB 交互作用的构成就会多于一个分量。如果因子 A 有 a 个水平，因子 B 有 b 个水平，那么 AB 交互作用就会有 $(a-1)(b-1)$ 个独立的分量。一个两因子交互作用（如 AB）也称为“第二阶”效果或“耦合”效果。

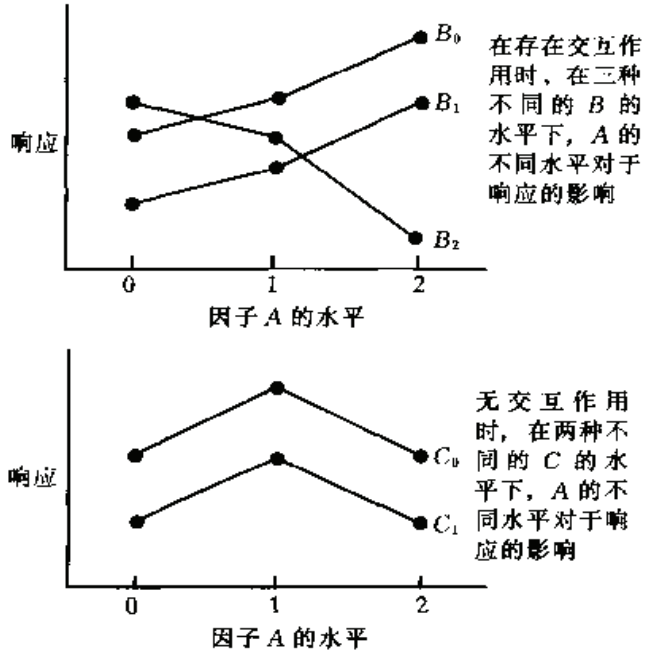


图 47—8 显示有无交互作用的响应曲线

对于具有三个或三个以上因子的析因实验，其交互作用同样也可以加以规定。例如，ABC 这一交互作用就是因子 C 与 AB 这一交互作用（或因子 B 与 AC，或因子 A 与 BC）之间的交互作用。三因子交互作用（例如 ABC）是一种

“第三阶”的效果。

两因子析因实验

两因子析因实验是最简单的一种多因子试验，它是对两个因子的所有可能的水平组合进行实验。例如，硅晶片响应电阻的测量通常是在一个标准电流水平下进行的，测量时所加作用力为 150g。让我们来看一下当采用其他的作用力和电流的数值时会发生什么情况。我们将考察四个作用力值（25g，50g，100g，150g）和五个电流水平（水平 1，2，3，4 和 5，其中水平 3 是标准水平）。现在对于 $4\times5=20$ 个可能组合中的每一组合进行测试。数据展示在一个二向表中，如表 47—18 所示。这是一个非重复的两因子多水平析因试验。有些教科书将其描述为具有两个“交叉的”因子。

表 47—18　　**电阻测量值**

力（g）	电流水平					合计（R_i）
	1	2	3	4	5	
25	11.84	11.83	11.84	11.81	11.96	$R_1=59.28$
50	11.84	11.88	11.88	11.87	11.90	$R_2=59.37$
100	11.77	11.80	11.80	11.81	11.88	$R_3=59.06$
150	11.79	11.80	11.80	11.80	11.87	$R_4=59.06$
合计（C_j）	47.24	47.31	47.32	47.29	47.61	$T=236.77$

分析　上述的 4×5 次测试的数据如表 47—18 所示。分析的第一步是计算表 47—19 所示的行和列的均值，并加以绘图和检讨。

表 47—19　　**均值和效果**

行号	行平均	行效果
1	11.856 0	0.017 5
2	11.874 0	0.035 5
3	11.812 0	−0.026 5
4	11.812 0	−0.026 5
列号	**列平均**	**列效果**
1	11.810 0	−0.028 5
2	11.827 5	−0.011 0
3	11.830 0	−0.008 5
4	11.822 5	−0.016 0
5	11.902 5	0.064 0

将响应与因子水平之间的对应关系加以图示总是十分有用的。在本例中，图示将会突显出在电流水平 5 下的显著的高电阻值以及电阻值随着作用力的增加而发生的明显变化，特别是在较靠外的电流值处就更是如此。当因子是定量的且其水平等步长时，有简便的方法可用来检查作为因子水平函数的响应值中的各种类

型的趋势（Hicks，1982）。

方差分析可用来检验以下两个假设：（1）在所有的作用力水平下的电阻均值相同；（2）在所有的电流水平下的电阻均值相同。

方差分析表的构造过程如下：

r = 行数 = 4

c = 列数 = 5

T = 总计 = $\sum_j C_j = \sum_i R_i$ = 236.77

N = 总的观测值个数 = $r \times c$ = 20

C = 校正因子 = T^2/N = 2 803.001 645

$$\text{SSR} = \text{行平方和} = \frac{\sum_i R_i^2}{c} - C = 0.014\ 855$$

$$\text{SSC} = \text{列平方和} = \frac{\sum_j C_j^2}{r} - C = 0.021\ 430$$

TSS = 总校正平方和 = 所有观测值的平方 − C

= 2 803.043 500 − 2 803.001 645 = 0.041 855

SSE = 误差(或残差)平方和

= TSS − SSR − SSC = 0.005 570

这一（不重复）两因子交叉析因方差表的分析如表 47—20 所示。现在便可以对于没有处理效果存在的假设加以检验。如果 F =（行均方）/（误差均方）大于自由度为（$r-1$）和（$r-1$）（$c-1$）的 $F_{1-\alpha}$（见附录Ⅱ，表 K），则认为在行之间存在着统计上显著的效果。类似地，如果 F =（列均方）/（误差均方）大于自由度为（$c-1$）和（$r-1$）（$c-1$）的 F 的查表值，则认为在列之间存在着统计上显著的效果。在本例中，两个 F 检验均拒绝了没有效果存在的假设。

表 47—20　　表 47—18 中的电阻值的方差分析

变异来源	平方和（SS）	自由度（DF）	均方 = SS/DF	F^*
行（作用力）	0.014 855	$(r-1)$ = 3	0.004 952	10.67**
列（电流）	0.021 430	$(c-1)$ = 4	0.005 358	11.54**
误差	0.005 570	$(r-1)(c-1)$ = 12	0.000 464	
合　计	0.041 855	$(rc-1)$ = 19		

* F = 均方（源）/均方（误差）

* * 1%的显著性水平。

方差分析表及相应的假设检验只是析因设计数据分析的一个部分。这里的数据的模型假定作用力和电流因子的效果是可加的。这样就可以没有交互作用，即不论第二个因子的水平如何，作用力对于电阻的效果都保持不变。检验这种假设的一种方法是计算图基的单自由度非可加性检验（Snedecor and Cochran，1967；Box，Hunter，and Hunter，1978）。此处关于非可加性的检验是不显著的。

表 47—19 加以扩展可将估计的行和列的效果包括在内（估计的行效果是行平均减去总平均值；估计的列效果是列均值减去总平均值）。利用行效果和列效果可构造一个“残差”二向表，在该表中，第 i 行、第 j 列的单元的残差就等于该单元的观测值减去总平均值与第 i 行效果和第 j 列效果之和。考察表 47—21 所示的残差表，重点分析其中的很大的值（可能的错误观测值）以及符号和大小上所呈现出的异常形态（可能有交互作用存在）。残差应按处理组合实施的时间顺序来绘制描点图，任何趋势的存在都表明有其他的因子在干扰着响应。残差也可在正态概率纸上打点，以检查正态性假定。

表 47—21　　残差、行效果和列效果以及总平均值

作用力	电流，A					作用力
(g)	水平 1	水平 2	水平 3	水平 4	水平 5	效果
25	0.012 5	0.015 0	-0.007 5	-0.030 0	0.040 0	0.017 5
50	-0.005 5	0.017 0	0.014 5	0.012 0	-0.380 0	0.035 5
100	-0.013 5	-0.001 0	-0.003 5	-0.014 0	-0.004 0	0.026 5
150	0.006 5	-0.001 0	-0.003 5	0.004 0	-0.006 0	-0.026 5
电流效果	-0.028 5	-0.011 0	0.008 5	-0.016 0	0.064 0	11.838 5 = $\bar{y}$

到现在为止的讨论都假定对每一单元只作了一次测定。为了从实验中得到关于误差方差的真正有效的估计值，各单元的观测就必须加以重复。当实验重复时（理想状态下每一单元的观测次数应当相等），作一个类似于表 47—18 的表格是非常有用的，在表的每一格中记入平均值和方差估计值。这时可以进行方差同质性检验（Snedecor and Cochran，1967；Duncan，1974；Dyer and Keating，1980），但必须记住这种检验要求严格的正态性假定。在方差分析中假定这些方差的估计值是均质的，并将之加以汇总。

绘出各单元平均值与方差（或标准差）估计值的描点图常常会有所启迪。对一些远离的点子或变异性与平均值之间的某种相关的形态应当加以调查［后一种情况下，应考虑是否有必要对数据加以变换；参见 Box，Hunter（1978）］。

在此处的实验中，因为研究者感兴趣的是找出可能的交互作用，以及确定在因子的极值下电阻值的方差是否是常量，故表中的每一单元都进行了重复的测量。在初始的实验中，没有发现有明显的交互作用，也没有发现方差的非均质性。

对于重复的两因子交叉析因设计实验的方差分析，很容易由非重复实验的方差分析修改而成。其方法为计算下列的量并插入到表 47—22 中。

r = 行数

c = 列数

k = 每个单元测定值的个数

N = 观测值总数 = krc

T = 总计

$C = T^2 / N$

$$\text{SSR} = \text{行平方和} = \frac{\sum_i R_i^2}{kc} - C$$

$$\text{SSC} = \text{列平方和} = \frac{\sum_j C_j^2}{kr} - C$$

$$\text{SSI} = \text{交互作用平方和} = \frac{\sum_{ij}(\text{单元}_{ij}\cdot\text{和})^2}{k} - \text{SSR} - \text{SSC} - C$$

$$\text{TSS} = \text{总平方和} = \sum y^2 - C$$

$$\text{SSE} = \text{误差平方和} = \text{TSS} - \text{SSR} - \text{SSC} - \text{SSI}$$

将以上这些代码填入到方差分析表（表 47—22）的“平方和”一栏中，请注意其与表 47—5 之间的相似性。表 47—22 中的均方误差（MSE）的值也可通过汇总（$r \times c$）个单元内方差的估计值而得到。

表 47—22　　两因子析因方差分析表

（每单元 k 次重复）

变异源	平方和	自由度	均方	F
行	SSR	$r-1$	$\text{SSR}/(r-1)=\text{MSR}$	MSR/MSE
列	SSC	$c-1$	$\text{SSR}/(c-1)=\text{MSC}$	MSC/MSE
交互作用	SSI	$(r-1)(c-1)$	$\text{SSI}/(r-1)(c-1)=\text{MSI}$	MSI/MSE
误差	SSE	$rc(k-1)$	$\text{SSE}/rc(k-1)=\text{MSE}$	
合计	SST	$krc-1$		

裂区析因实验

总的来说，析因设计是由 k 个不同因子（变量）的所有可能的水平（位级）组合而构成的一个实验规划。这样就会有因子 1 的 m_1 个水平与因子 2 的 m_2 个水平……因子 k 的 m_k 个水平的组合，从而需要有总数为 $N = m_1 \times m_2 \cdots \times m_k$ 个试验。

组成一个析因设计的 N 次试验必须以一个随机的次序来进行。例如，我们来考察如下这一实验规划，所研究的温度和压力各有三个水平，同时具有四种不同的催化剂位级，这是一个 $3\times3\times4$ 的析因设计，共有 $N=36$ 次试验。作为标准化的析因设计，所有 36 次试验都应以随机的持续来进行。但是，这一实验设计很可能以一种裂区（嵌套）的方式来进行，即针对每一催化剂位级来随机地实施 9 个温度—压力的试验。裂区实验设计的分析，尤其是当涉及处理均值的置信区间和假设检验的计算时，通常需要有专业的统计学家的参与。本手册只讨论完全随机化的设计。

裂区设计在结构上与此前讨论的“嵌套”设计类似。一般地，当目标是研究

处理的均值时，该设计被称为“裂区”设计；当实验者的目标是估计方差的分量时，则被称为“嵌套”设计。统计学家，以及大多数计算机软件程序，都是根据其目标的不同来区分这两种形式的实验设计。裂区析因设计要求进行类型Ⅰ的方差分析，而嵌套设计要求类型Ⅱ的方差分析。偶尔有一些实验设计会要求对均值和方差分量同时加以估计。这种场合下，分析中的一些微妙之处就会变得十分重要，从而有必要寻求专业统计学家的帮助。

k 个因子（每因子两个水平）的析因实验

2^k 析因设计在工业中有着广泛的应用。这种设计使得我们能够在一个试验形态有着精心的组织且所有 k 个因子同时变化的实验项目中，分别估计每个因子的效果以及 k 个因子的交互作用效果。

符号　一个具有 k 个因子、每个因子各具两个水平的析因试验称为 2^k 析因实验。这种实验由 2^k 次试验所组成，每一个因子水平的组合进行一次试验。为了识别每一试验，我们采用了如表 47—23 所示的符号。一种常规的做法是将每一因子用一个字母（或数字）来标记，再用加号（+）和减号（-）来标记每一因子的两个水平（位级）。通常减号表示较低的水平、标准条件或是没有该因子。这样，如果有 A，B 和 C 三个因子，那么构成 2^3 析因设计的 8 个试验便如表 47—23 所示。符号（+，-）这种标记有时被称为“几何”标记。例如，2^3 设计的 8 种（±，±，±）因子设置可理解为一个立方体的 8 个顶点的坐标（±1，±1，±1）。替代的标记方式还有分别采用 0 和 1 来标记，或是采用田口早期所建立的日本方式，即分别用 1 和 2 来表示每一因子的两个位级。经典的做法是用相应的小写字母的有无来表示该字母所代表因子的两个位级，在表 47—23 中对此也有所表示。此时，所有因子均为“低”水平的试验标记为 1。表 47—23 中的试验的次序是一种标准的顺序，或称“Yates”顺序。这些试验的实施当然是以随机的顺序来进行的。

表 47—23　　**2^3 析因设计的各种标记方式**

序号	几何标记			替代标记			日本标记			经典标记		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
1	-	-	-	0	0	0	1	1	1		1	
2	+	-	-	1	0	0	2	1	1		a	
3		+	-	0	1	0	1	2	1		b	
4	+	+	-	1	1	0	2	2	1		ab	
5	-	-	+	0	0	1	1	1	2		c	
6	+		+	1	0	1	2	1	2		ac	
7	-	+	+	0	1	1	1	2	2		bc	
8	+	+	+	1	1	1	2	2	2		abc	

示例 表 47—24 中的数据取自一个很大的有关纤维阻燃处理的实验。所选取的这些数据旨在为说明分析方法提供一个例子。该实验有四个因子，每个因子有两个水平，这是一个 2^4 析因实验。请注意在该实验中所有因子均是定性因子。该实验的因子和水平（位级）分别为：

因　子	水　平
A－纤维	－缎纹布
	＋席纹布
B－处理	－处理 x
	＋处理 y
C－洗涤	－洗涤前
	＋洗涤一次后
D－方向	－经向
	＋纬向

表 47—24 中所报告的观测值是标准尺寸的试样经过火焰测试后所烧掉的英寸数。为便利起见，表示处理组合的替代设计标记列在了观测值旁边。

对主要效果和交互作用的估计 几乎所有的实验设计软件程序都包含有 2^k 析因设计（和 2^{k-p} 局部析因设计）的主要效果和交互作用估计。其计算工作虽说用手工进行也很简单但却十分枯燥，因此适宜于用计算机来进行（参见 Bisgaard，1993a）。另外，其相应的方差分析表也非常好用，因而获得了广泛的应用。尽管如此，我们还是为感兴趣的读者提供了关于手工计算的说明，这在一个演算表上很容易进行。

表 47—24　　阻燃处理的火燃试验结果

（2^4 析因实验）

处理组合					
几何标记				经典标记	响应产出 烧掉的英寸数
A	B	C	D		
－	－	－	－	1	4.2
＋	－	－	－	a	3.1
－	＋	－	－	b	4.5
＋	＋	－	－	ab	2.9
－	－	＋	－	c	3.9
＋	－	＋	－	ac	2.8
－	＋	＋	－	bc	4.6
＋	＋	＋	－	abc	3.2
－	－	－	＋	d	4.0
＋	－	－	＋	ad	3.0
－	＋	－	＋	bd	5.0
＋	＋	－	＋	abd	2.5
－	－	＋	＋	cd	4.0
＋	－	＋	＋	acd	2.5
－	＋	＋	＋	bcd	5.0
＋	＋	＋	＋	$abcd$	2.3

这一 2^k 析因设计能够估计所有的 k 个主要效果（一阶效果），所有的 $k(k-1)/2$ 个两因子交互作用，所有的 $k(k-1)(k-2)/3!$ 个三因子交互作用，等等。每一效果的估计值都是一个 $\bar{y}_+ - \bar{y}_-$ 形式的统计量，亦即是用两个平均值的差值来表示的，其中的每个平均值都包含有 2^{k-1} 个观测值。对于一个 2^4 的设计，除了估计总平均值之外，分析者还能够估计 4 个主要效果、6 个两因子交互作用、4 个三因子交互作用以及 1 个四因子交互作用，总共可给出 16 个统计量。显然，这些统计量之间彼此很“干净”（不相关），每个统计量的数值和符号不受任何其他统计量大小和符号的影响。

对于所估计的每一效果来说，将哪个观测值归入到哪个平均值中这一问题是由构成该实验设计的 k 个 +、- 的符号列（设计的列“向量”）所决定的。然后针对每个交互作用再来构造进一步的 +、- 符号的列向量，如表 47—25 所示。例如，AB 列符号向量是将 A 列的每一行符号与 B 列的每一行符号相乘而得到的。

表 47—25 中也包含了观测值的列。为了估计 AB 交互作用的效果，所有在 AB 列中为“+”号的观测值都放入 $\bar{y}_+$ 中，为“-”号的则放入 $\bar{y}_-$ 中。因此，AB 交互作用的效果（$\bar{y}_+ - \bar{y}_-$）便为：

$$\frac{4.2+2.9+\cdots+2.3}{8}-\frac{3.1+4.5+\cdots+5.0}{8}=\frac{27.0}{8}-\frac{30.5}{8}$$

$$=\frac{-3.5}{8}=-0.437\,5$$

表 47—25　　2^4 析因设计计算效果的符号表

A	B	C	D	AB	AC	AD	BC	BD	CD	ABC	ABD	ACD	BCD	$ABCD$	Obs.*
−	−	−	−	+	+	+	+	+	+	−	+	−	−	+	4.2
+	−	−	−	−	−	−	+	+	+	+	+	+	−	−	3.1
−	+	−	−	−	+	+	−	−	+	+	+	−	+	−	4.5
+	+	−	−	+	−	−	−	−	+	−	−	+	+	+	2.9
−	−	+	−	+	−	+	−	+	−	+	−	+	+	−	3.9
+	−	+	−	−	+	−	−	+	−	−	+	−	+	+	2.8
−	+	+	−	−	−	+	+	−	+	−	+	+	−	+	4.6
+	+	+	−	+	+	−	+	−	−	+	−	−	−	−	3.2
−	−	−	+	+	+	−	+	−	−	−	+	+	+	−	4.0
+	−	−	+	−	−	+	+	+	−	+	−	−	+	+	3.0
−	+	−	+	−	+	−	−	+	−	+	−	+	−	+	5.0
+	+	−	+	+	−	+	−	+	−	−	+	−	+	−	2.5
−	−	+	+	+	−	−	−	+	+	+	+	−	−	+	4.0
+	−	+	+	−	+	+	−	−	+	−	−	+	−	−	2.5
−	+	+	+	−	−	−	+	+	+	−	−	−	+	−	5.0
+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	2.3

* Obs. = 观测值。

Yates 算法　一种估计两水平析因的主要效果和交互作用的更为迅速的方法

称为“Yates算法”，它适用于所有的两水平析因和局部析因设计。Yates算法的第一步是按照Yates顺序列出观测数据，如表47—26所示。表中数值的产生过程如下：

1. 一个具有 r 次重复的两水平析因包含有 $N = r2^k$ 次试验。相应的Yates算法表具有 $k+2$ 列，其中的第一列便是该实验的设计，即以标准（Yates）顺序排列的 2^k 个处理的组合。

2. 在第2列中，记入对应于第一列中的每一处理组合的观测值。如果该设计是重复的，则记入每一处理组合的总值。

3. 在第3列的上半部，依次记入第2列中相邻“对”的和，即第一个数加第二个数、第三个数加第四个数，等等。在第3列的下半部依次记入上述相邻元素对的差，即第二个数减去第一个数、第四个数减去第三个数，等等。

4. 以与第3列相同的方式，即用步骤3所述的方法来求前一列中相邻对子的和与差，得到第4，5，…，$k+2$ 列的数值。

5. 最后一列（$k+2$ 列）的元素标以 $g(T), g(A), g(B), g(AB)$，等等。圆括号中的字母与几何标记中的“+”号相对应。将第一个值 $g(T)$ 除以 N 而得出总平均值。每个 g（…）除以 $N/2$ 便得到主要效果和交互作用的估计。（注意：本方法中的其余步骤是对有关计算的核对。）

6. 所有的单个响应（第2列）的和应等于第6列中的第一项，亦即 $g(T)$ 必须等于总和。

7. 第2列中各项的平方和应等于第（$k+2$）列中的各项的平方和除以 2^k。

8. 最后一列中的每个 g（…）等于当采用表47—25中的符号时，具有“+”号的观测值的和减去具有“−”号的观测值的和。所对应的效果的估计值为 $g(\cdots)/(N/2)$。用一个例子便能够很好地说明这一算法。

表47—26　　Yates分析法

（应用表47—24中的数据）

A	B	C	D	2	3	4	5	6	
−	−	−	−	4.2	7.3	14.7	29.2	$57.5 = g(T)$	Average = 3.593 8
+	−	−	−	3.1	7.4	14.5	28.3	$12.9 = g(A)$	$A = -1.612\ 5$
−	+	−	−	4.5	6.7	14.5	5.2	$2.5 = g(B)$	$B = 0.312\ 5$
+	+	−	−	2.9	7.8	13.8	−7.7	$-3.5 = g(AB)$	$AB = -0.437\ 5$
−	−	+	−	3.9	7.0	−2.7	1.2	$-0.9 = g(C)$	$C = -0.112\ 5$
+	−	+	−	2.8	7.5	−2.5	1.3	$-0.5 = g(AC)$	$AC = -0.062\ 5$
−	+	+	−	4.6	6.5	−3.5	−0.8	$1.3 = g(BC)$	$BC = 0.162\ 5$
+	+	+	−	3.2	7.3	−4.2	−2.7	$0.5 = g(ABC)$	$ABC = 0.062\ 5$
−	−	−	+	4.0	−1.1	0.1	−0.2	$-0.9 = g(D)$	$D = -0.112\ 5$
+	−	−	+	3.0	−1.6	1.1	−0.7	$-2.5 = g(AD)$	$AD = -0.312\ 5$
−	+	−	+	5.0	−1.1	0.5	0.2	$0.1 = g(BD)$	$BD = 0.012\ 5$
+	+	−	+	2.5	−1.4	0.8	−0.7	$-1.9 = g(ABD)$	$ABD = -0.237\ 5$
−	−	+	+	4.0	−1.0	0.5	1.0	$-0.5 = g(CD)$	$CD = -0.062\ 5$
+	−	+	+	2.5	−2.5	−0.3	0.3	$-0.9 = g(ACD)$	$ACD = -0.112\ 5$

续前表

A	B	C	D	2	3	4	5	6	
	+	+	+	5.0	−1.5	−1.5	0.2	$-0.7-g(BCD)$	$BCD=-0.087\ 5$
+	+	+	+	2.3	2.7	−1.2	0.3	$0.1=g(ABCD)$	$ABCD=0.012\ 5$
Total				57.5					
			Sum of squares 219.15					3 506.40/16 = 219.15	

例子　表 47—24 中所给例子有 2^4 次试验。这样，相应的 Yates 算法便有 6 列，如表 47—26 所示。其总平均值为 $\bar{y}=57.5/16=3.593\ 8$。第 6 列中的下一项是 $g(A)=-12.9$，则因子 A 的主要效果的估计便为：

$$A\text{ 的效果}=\frac{-12.9}{8}=-1.612\ 5$$

我们可以对 A 因子主要效果的估计加以核对，用因子 A 的高水平（+）的平均响应减去对应的低水平（−）的平均响应得到：$\bar{y}_+-\bar{y}_-=22.3/8-35.2/8=-12.9/8=-1.612\ 5$。

其余效果的计算与此相仿。因此，估计的 AD 交互作用的效果 $=-2.5/8=-0.312\ 5$。

以下的步骤是对表 47—26 中的计算的核对：

6. 第 2 列之和等于 $g(T)$。

7. 第 2 列各项的平方和等于 219.5。第 6 列的平方和除以 2^4 则有 3 506.4/16 = 219.15。

检验主要效果和交互作用　在表 47—26 的右边一列中给出了 2^4 设计的总的平均值和 15 个效果的估计值。每个效果的估计值的标准差（SE）可由下式给出：

$$\text{SE（效果）}=\text{SE}(\bar{y}_+-\bar{y}_-)=2s/\sqrt{N}$$

其中，N 为观测值总数。$100(1-\alpha)\%$ 置信限由下式给出：

$$\text{效果}\pm t_{\alpha/2}\,[\text{SE（效果）}]$$

所需要的是 s^2，即实验误差方差 σ^2 的估计。有关 σ^2 的估计总是能够从实际的重复试验中获得，每一组重复都会给出一个方差的估计，所有这些估计汇总起来即可。但是，在本例中每一试验只进行一次，因而就需要有取得 σ^2 估计的一些替代方法。以下我们来讨论有关 2^k 析因设计的方差分析表。

2^k 析因设计的方差分析　很少有实验设计的计算机软件程序不包括析因设计方差分析表在内。这种计算很容易，尽管用手工计算时颇为烦琐。这里用 2^4 的例子来为感兴趣的读者说明这些计算。借助于电子表格软件程序很容易完成。

观测值的总的变异性是用下式来衡量的，即 $\sum(y_i-\bar{y})^2=\sum y_i^2-(\sum y_i)^2/N(i=1,2,\cdots,N)$。在本例中，$\sum(y_i-\bar{y})^2=219.15-(57.5)^2/16=12.51$。如果这种变异性能够完全归因于随机误差，则方差 σ^2 的估计便为：$s^2=\sum(y_i-\bar{y})^2/(N-1)$，具有 $(N-1)$ 个自由度。但是，在观测值 y_i 之间的某些运动很可能是由构成实验设计的可控因子的影响所引起的。每个因子效果的贡献由其

"平方和" = N(效果)$^2/4$ 给出，记作 SSq，它具有一个自由度，如表 47—27 所示。

残差平方和表示剔除掉所有可归因原因之后剩下的变异性。表 47—27 中给出了 15 个自由度以及相应的 SSq "平方和"，残差平方和及自由度均为零。

为了在这个非重复析因设计中估计方差 σ^2，我们必须声明，某些效果的估计是噪音的表现，并非真正的效果，其本身很可能等于零。这类效果的最合理的集合是由三个因子和四个因子形成的交互作用。我们将其平方和及自由度相加而构造一个方差的估计，即 $s^2=0.323\ 125/5=0.064\ 625$，其自由度 $\nu=5$。标准差的估计值为 $s=0.254$。一个效果的标准差便是 SE（效果）$=2s/\sqrt{N}=0.127$，一个效果的 100（$1-\alpha$）% 置信限便为：

$$\pm t_{\nu\alpha/2}\text{SE（效果）}=\pm t_{5,0.025}\ (0.127)=\pm 2.571\ (0.127)$$
$$=\pm 0.326$$

表 47—27　　方差分析表：2^4 析因

变异源	SSq	DF
Total $=\sum (y_i-\bar{y})^2$	12.509 375	15
A effect $=16\ (-1.612\ 5)^2/4$	10.400 625	1
B effect $=16\ (+0.312\ 5)^2/4$	0.390 625	1
C effect $=16\ (-0.112\ 5)^2/4$	0.050 625	1
D effect $=16\ (-0.112\ 5)^2/4$	0.050 625	1
AB effect $=16\ (-0.437\ 5)^2/4$	0.765 625	1
AC effect $=16\ (-0.062\ 5)^2/4$	0.015 625	1
AD effect $=16\ (-0.312\ 5)^2/4$	0.390 625	1
BC effect $=16\ (+0.162\ 5)^2/4$	0.105 625	1
BD effect $=16\ (+0.012\ 5)^2/4$	0.000 625	1
CD effect $=16\ (-0.062\ 5)^2/4$	0.015 625	1
ABC effect $=16\ (+0.062\ 5)^2/4$	0.015 625	1
ABD effect $=16\ (-0.237\ 5)^2/4$	0.225 625	1
ACD effect $=16\ (-0.112\ 5)^2/4$	0.050 625	1
BCD effect $=16\ (-0.087\ 5)^2/4$	0.030 625	1
$ABCD$ effect $=16\ (+0.012\ 5)^2/4$	0.000 625	1
残差平方和	0	0

这样，所有其他效果的（约）95% 的置信区间便为"效果 ± 0.326"。任何效果的估计，若其置信区间中"效果 $\pm 0.326\ 5$"包括了零，则可以认为其统计上不显著。在本例中的各个效果的估计中，只有 A 和 AB 可认为是统计显著的，B 和 AD 则近乎显著。可应用计算机软件程序来完成方差分析的 F 检验（或等价的 t 检验）并计算其概率。这些检验给出了相同的推断。建议分析者应主要关注区间的表述，而不是去判断两个小概率之间的差别。很少有人能够真正领会诸如 0.07 与 0.035 这样的小概率的实际意义。

还有一种不太正式的分析方法是将所估计的效果值的绝对值在帕累托图上打点。在本例中所作的帕累托图表明，因子 A，AB，AD 和 B 属于"关键的少数"。一个帕累托图几乎能够同置信区间或 ANOVA 表中的 F 检验一样，辨识出

那些“显著的”的效果（Hunter，W.G.，1977；Lenth，1989；Schmidt and Launsby，1991）。

压缩 2^k 析因　在析因设计的应用中将 2^k 设计压缩成较低的“维度”是一项重要的策略。在实践中，当因子数 $k \geqslant 3$ 时，所有可能的主要效果和交互作用都是真实的这种可能性就变得很小。事实上，尤其是在对于同时研究许多因子的情景进行筛选时，一些单个的因子对于响应也许并无可测的主要效果或交互作用效应。因此，中等大小的 k 的析因设计便被认为具有“隐藏着的重复”，即超过解释响应所必要的过多的自由度。这样，当某个析因设计为非重复时，许多效果的估计及其相应的平方和及自由度便可应用于方差的估计。在上述 2^4 的例子中，因子 C 无论是作为主要效果还是交互作用，看来对于响应都没有太大的贡献。该因子的效果在其测定区域是如此之小，很难与噪音区分开来。这一 2^4 析因设计便可以在其有效因子 A，B 和 D 中压缩成一个重复的 2^3 设计。压缩过的设计如表 47—28 所示。

表 47—28　　压缩 2^4 设计所得的重复的 2^3 设计

A	B	D	响应	差	
−	−	−	4.2，3.9	0.3	
+	−	−	3.1，2.8	0.3	
−	+	−	4.5，4.6	−0.1	
+	+	−	2.9，3.2	−0.3	$s^2 = \sum d^2/2n_d$
−	−	+	4.0，4.0	0	
+	−	+	3.0，2.5	0.5	$s^2 = 0.57/2\ (8)$
−	+	+	5.0，5.0	0	$= 0.035\ 60$
+	+	+	2.5，2.3	0.2	

因子 A，B 和 D 的效果估计值保持不变。现在可从重复试验中获得关于方差的估计。当有成对的观测值时，关于 s^2 的一种简便计算便为：

$$s^2 = \frac{\sum_i d_i^2}{2n_d}$$

其中，d_i 是第 i（$i = 1, 2, \cdots, d$）对观测值之间的差，n_d 是差的个数。这一方差的估计具有 $\nu = n_d$ 个自由度。因此，对于本例便有：

$$s^2 = \frac{0.57}{(2)(8)} = 0.035\ 6$$

其自由度为 $\nu = 8$，$s = 0.188\ 7$。每个效果的标准差（当然不包括那些带 C 的效果）为：

$$\text{SE（效果）} = \frac{2s}{\sqrt{N}} = \frac{2\ (0.188\ 7)}{\sqrt{16}} = 0.094\ 3$$

应用自由度 $\nu = 8$ 的 t 分布，效果估计值的 95% 的置信限便为：

$$(t_{\alpha/2})\text{SE（效果）} = \pm 2.306(0.094\ 3) = \pm 0.217\ 5$$

半正态图　丹尼尔（Daniel，1959）提出了一种简单而有效的方法，用于解释两水平析因设计中的数据。这种方法是将效果估计值的绝对值（不考虑效果的符号）

在正态概率纸上打点，从而得到“半正态”图。不能区别于噪音的效果将形成一条直线，那些具有统计显著性的效果将远离这条直线。带符号的效果估计值的完全正态图也是可能的［参见 Box, Hunter, and Hunter (1978)］。大多数统计软件程序中都有正态概率图程序。半正态图是一种特别有用的诊断工具，它有助于发现不正常的观测值，发现对于方差的均质性、正态性和随机化等条件的违反。可应用“辅助线”来判断所描绘的效果对于直线的偏离［详见 Zahn (1975) 和 Taylor (1994)。］利利福斯 (Lilliefors, 1967) 的正态性检验对于判断所有的正态描图都十分有帮助。［有关的非参数方法可参见 Iman (1994)。］

EVOP：调优运算

实验设计在生产环境中的一项重要的应用是由博克斯(Box 1957)提出的。其实质是一个简单的重复试验的实验设计，它提供了对于生产过程进行小的系统性改变的程序。其目的在于使过程在产出符合标准的产品的同时，也生成有关其自身的信息。过程因子只允许有小的改变，这些改变的后果必须在过程周围存在着许多自然的变量的情况下加以检测。实验设计的重复应用，通常是一个具有中心点的 2^2 析因设计，使得能够将常会影响生产的许多干扰阻断。通过这种重复的过程，该实验设计可以持续地给出关于所研究因子的主要效果和交互作用的不断改良的估计。

响应面 响应面 (Box, 1954) 就是重要的自变量（可控因子）与某个因变量之间的联系的一种图形表示。（自变量是受控的，或被认为可控的因子。其例子如流速和温度。因变量的取值是设定一个或多个自变量而导致的结果。）大多数过程都有几个因变量，如得率、纯度和每小时副产品重量。这些响应通常是平稳的，可以用诸如直线或弧线族这样的轮廓线来近似地加以标度。我们通常针对的是具有未知响应面的过程，若响应面已知，就没有必要再加以研究了。参见下面的“响应面设计”一节。

过程的响应面看上去如图 47—9 所示的那样，该图表示的是一个催化氧化反应的得率，它是温度和碳氢化合物的进料速度的函数。如果这一信息已知，就能确定每小时产出的产品重量，并且可以根据所期望的生产率来选择较好的运行条件。响应面最初是未知的，但只要我们找出了上升的途径，就能够进行改进。可应用多元回归来近似地得出响应面的轮廓（参见第 44 章中的“多元回归”一节）。

EVOP 方法 我们所面对的问题是，在不扰乱生产秩序的情况下，如何以最小的工作量和风险来增加一个运行中的工厂的利润。其步骤如下：

1. 查阅关于该过程的公司报告和公开的文献。研究成本、得率和生产记录。

2. 学习本章关于 EVOP 的内容，最好选用权威性的教科书 (Box and Draper, 1969)。

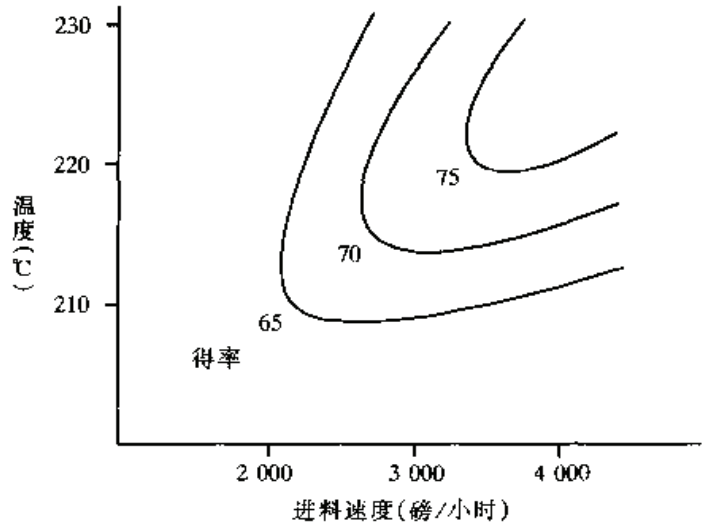


图 47—9　典型的响应面：得率为催化反应器中的进料速度和温度的函数

3．取得生产管理部分的同意和支持，组织队伍并进行培训。

4．选择 2～3 个对于最重要响应最具有影响的可控因子。

5．按照某个方案，以重复的小步骤来改变这些因子。

6．方案第二次重复（循环 2）之后以及以后的每一循环，估计效果。

7．在一个或多个效果显著的情况下，转移到这一较好的运行条件上，再开展一个新的 EVOP 项目，或许针对新的范围或选取新的因子。

8．在经过 8 个循环之后，如果没有因子显示出效果，则改变范围或选择新的变量（Box and Draper，1969）。

9．继续移动 EVOP 方案的中心点，必要时调整范围。

10．当已经到达最大值，或是收获太慢时，则从方案中去掉当前的因子，然后执行具有不同因子的新方案。

以下的讨论是对这些步骤的详细解释。

搜集资料　信息的来源包括工艺说明、公司报告、制造商报告、专利、教科书和技术百科全书等。不要忽略了人员。公司的职员、咨询顾问和操作者均能做出贡献。应注重搜集如下信息：

1．重要的因变量。

2．中间的和最终结果的试验方法。

3．推荐的规程。

4．有关好的和坏的结果及其原因的记录。

5．长期的历史结果，工厂的周或月生产率和得率以及类似的数据。过去的设备和条件变化的效果。

当信息相互矛盾时，一个 EVOP 项目是解决这一矛盾的理想对策。

要经常考虑到所应用的物理和化学原理。

EVOP 设计 EVOP 采用的是有计划地一遍遍重复进行的试验。一个广泛应用的方案是所谓的两水平完全析因设计。将已知条件下所得到的观测值保留下来，这称为“参考点”，这样做具有重要的理由。为了使目前的讨论简单明了，令这一点为由因子顶点所构成的正方形的中心点。

例子 本例的数据是来自一个实际 EVOP 项目（Barnett，1960）的编码数据。所涉及的问题是一个批有机反应。上述步骤进行完毕之后，选出了两个因子及其范围，如图 47—10 所示。响应 Y 是一个得率，单位为（磅/批），希望其最大。图中的参考试验（批）是在 130℃ 下进行了 $3\frac{1}{2}$ 小时。下一个批是在 120℃ 下进行了 3 小时，如此等等。第一个“循环”共包括 5 次试验，每次试验各对应着一种条件。从每个批中抽取试验并进行分析。如果过程是连续的，那么在每次改变条件之后，它都将再次稳定下来。

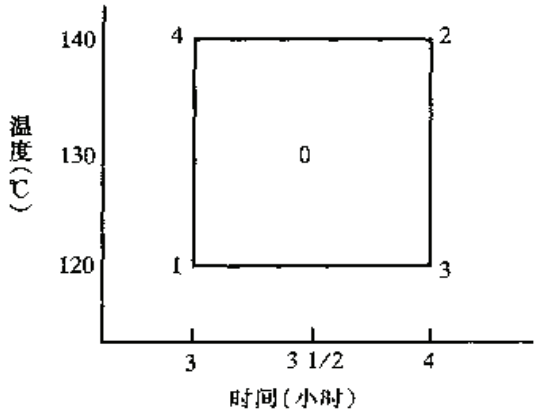


图 47—10 一个 EVOP 方案

说明：数字为试验次序，0 是参考试验。

注意：在获取有代表性的样本时遇到困难并不稀奇。在第 44 章和第 46 章中，均有关于相关方法的讨论。

在循环 1 结束时可以对效果进行估计，但在没有重复试验的情况下，无法进行关于误差方差的估计。在循环 2 结束时，效果和方差的估计便都可以进行。效果的估计及其置信区间的计算可采用图 47—11这样的表格来进行，表中给出的就是关于本例的计算。这种表格有助于减少工作量并防止出错。相关的说明应当印制在表格的背面，如图 47—12 所示。

误差项衬托出了效果的大小，它是利用最初由博克斯和亨特（Box and Hunter，1959）导出的因子 K 从极差中求得的。估计效果上的不确定性用一个置信区间来表达，均值变化（change-in-mean，CIM）效果通过将图 47—10 中的外部四个角上的结果与中心的结果相比较来加以计算。最后一项信息的用途将在下面讨论。

一个“相位”定义为应用相同因子的相同设置的所有循环。相位平均表示出了响应的总体水平，并且可用于比较不同的相位。

j－227－x

平均值的计算

运算条件	0	1	2	3	4
以前循环的和	938	666	1 104	904	948
以前循环的平均	938	666	1 104	904	948
新观测值	792	840	883	825	996
差值(注意符号)	+146	−174	+221	+79	−48
新的和数(N.S.)	1 730	1 506	1 987	1 729	1 944
新的平均值(N.S./N)	A. 865	B. 753	C. 994	D. 864	E. 972

效果计算

A 效果

C 994　B 753
D 864　E 972
F 1 858　G 1 725
1 725
2 | 133　2 |
+ 66　−

B 效果

C 994　B 753
E 972　D 864
1 966　1 617
1 617
2 | 349　2 |
+ 174　−

AB 效果

B 753　D 864
C 994　E 972
1 747　1 836
1 747
2 |　2 | 89
+　−　44

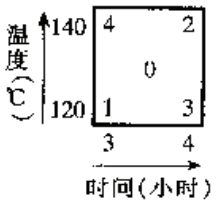
平均效果的改变

F 1 858　A 865
G 1 725　×4
H 3 583　3 460
3 460
5 | 123　5 |
+ 25　−

相平均

H 3 583
A 865
5 | 4 448
890

B 设计



标准差的计算

以前的和 S ——
新的 S = 极差 × k
= 395 × 0.30 = 118
新的和 S = 118
新的平均值 S_A =
新的和 $S/(N-1)$
= 118 / 1 = 118
以前的平均 S_A = ——

计算误差限

关于新的平均和新的效果
L 1.41 × S_A 118 = ± 166
关于平均效果的改变
M 1.26 × S_A 118 = ± 149

因子

N	K	L	M
2	0.30	1.41	1.26
3	0.35	1.15	1.03
4	0.37	1.00	0.89
5	0.38	0.89	0.80
6	0.39	0.82	0.73
7	0.40	0.76	0.68
8	0.40	0.71	0.63

科宁玻璃厂
调优运算
二变量　工作表
产品 示例
响应 得率,磅
相 1　循环数(N) 2
操作者 EHB　日期 1 · 11 · 71

备注：温度效果位于边界再进行一次循环。

图 47—11　第 2 循环结束后的计算表(修改自 Barnett，1960)

差值	从旧平均值中减去新的观测值。注意差值的代数符号。(938 − 792 = 146)。
新和	将旧的和数加上新的观测值。(938 + 792 = 1 730)
新均值	将新和除以 N，N 为循环数。(1 730/2 = 865)
效果的计算	(以 *A* 效果为例)将运算条件 2 和 3 的新平均值分别记入 C 和 D 处。两者相加填入 F 处。用同样的运算得出 G 处的数字。 接下来的运算是减法。如果 F 大于 G，则在 F 下复制 G 且用 F 减去 G。如果 G 大于 F，则将 F 复制到 G 下，并用 G 减去 F。两种结果均用 2 除，商值的符号表示在表格上。(*A* 效果是 + 66)
均值变化效果	复制 F 和 G 并相加。将 A 乘以 4。接下来如上述方法计算减法，再用 5 除。(均值变化效果是 + 25)
相位平均值	从均值变化效果一栏中复制 A 和 H 并相加，再用 5 除。(相位平均值为 890)
标准差的计算	极差。极差是最大正差值与最小负差值之间的代数差。极差总是正的。(+146，−174，+221，+79 和 −48 的极差为 395。)标准差用极差的 K 倍来加以估计。
常量	因子 L，K 和 M 查表得出。

备注：上述数据取自图 47—11。

图 47—12　EVOP 计算表的说明

表格的左边部分用来记录数据和估计效果。其上还有标有尺度的相位图。右边的第三栏用来确定效果和角平均值的误差限。这里的误差限被称为“2S.E.”，即“两个标准误差”的含义。效果估计值±2S.E. 覆盖了95%的置信域。在进行两个或三个循环之前，对于统计显著性的断定应当多加谨慎。

对于我们所讨论的这一例子，在第2循环结束时，A（时间）效果估计为66±166，即在－100～＋232之间。因此，这一效果的真值可以是负的、正的或为零。但是，B（温度）效果估计为174±166，即在＋8～340的范围之内。从技术上来讲，它很可能是一个正的效果。AB的交互作用很小，均值变化也很小。因为B的置信域十分地接近于零，根据上述在第2循环时要多加谨慎的建议，故再进行一个循环。其结果如图47—13所示。

j－227－x

平均值的计算

运算条件	0	1	2	3	4
以前循环的和	1 730	1 506	1 987	1 729	1 944
以前循环的平均	865	753	994	864	972
新观测值	934	853	1 066	852	953
差值(注意符号)	－69	－100	－72	＋12	＋19
新的和数(N.S.)	2 664	2 359	3 053	2 581	2 897
新的平均值(N.S./N)	A. 888	B. 786	C. 1 018	D. 860	E. 966

效果计算

A 效果	B 效果	AB 效果
C 1 018　B 786	C 1 018　B 786	B 786　D 860
D 860　E 966	E 966　D 860	C 1 018　E 966
F 1 878　G 1 752	1 984　1 646	1 804　1 826
1 752	1 646	1 804
2 | 126　2 |	2 | 338　2 |	2 |　2 | 22
＋ 63　－	＋ 169　－	＋　－ 11

平均效果的改变

F 1 878　A 888
G 1 752　×4
H 3 630　3 552
3 552
5 \| 78　5 \|
＋ 16　－

相平均

H 3 630
A 888
5 \| 4 518
904

B　设计

温度(℃)：140 / 120；4　2　0　1　3；3　4；时间(小时)

备注：温度效果是＋77 ⟶ ＋261 增高温度并开发相Ⅱ

制造与工程部。

标准差的计算

以前的和 S 118
新的 S = 极差 × k
= 119 × 0.35 = 42
新的和 S = 160
新的平均值 S_A =
新的和 $S/(N-1)$
= 160 / 2 = 80
以前的平均 S_A = 118

计算误差限

关于新的平均和新的效果
L 1.15 × S_A 80 = ± 92
关于平均效果的改变
M 1.03 × S_A 80 = ± 82

因子

N	K	L	M
2	0.30	1.41	1.26
3	0.35	1.15	1.03
4	0.37	1.00	0.89
5	0.38	0.89	0.80
6	0.39	0.82	0.73
7	0.40	0.76	0.68
8	0.40	0.71	0.63

科宁玻璃厂
调优运算
二变量　工作表
产品 示例
响应 得率,磅
相 Ⅰ 循环数(N) 3
操作者 EHB　日期 1－12－71

图 47—13　第3个循环之后的计算表

经过三个循环之后，B效果（温度）被认为是统计显著的，因为它的可能值落在169±92或是＋77～＋261的范围之内。进一步循环的数据看来也不会改变

要增加响应 y 就应提高温度这一结论。

当统计显著性属于某一因子而非其他因子时，则将方案向“所发现的”重要因子的有利方向“移动”，并增加第二个因子（非显著的因子）的范围。在图 47—14 中给出了一个 EVOP 项目的可能的新旧相位。当两个变量均发现有显著性时，则方案的中心便按照效果大小的比例，向两个方向移动。这便是最陡的上升方向（参见下面“一阶策略”一节中关于“确定最陡的上升方向”的讨论）。一旦方案发生了变化，一个新的相位就告开始。在第二个以及以后的相位中，还经常用到此前的标准差的估计值，因为它是在当前的运算方法下获得的。

移动 为了保守一些，EVOP 应当如此，移动是相近的，亦即老相位和新相位会有一个或多个点重合。这就将移动限定在了图 47—14 中所示的这些类型上。

将这些方案画作正方形并无什么“神奇之处”，1 小时无论如何不会等于 20℃。一个特别强烈的信号可能意味着应当移动到一个与以前方案并不相邻的新方案上。

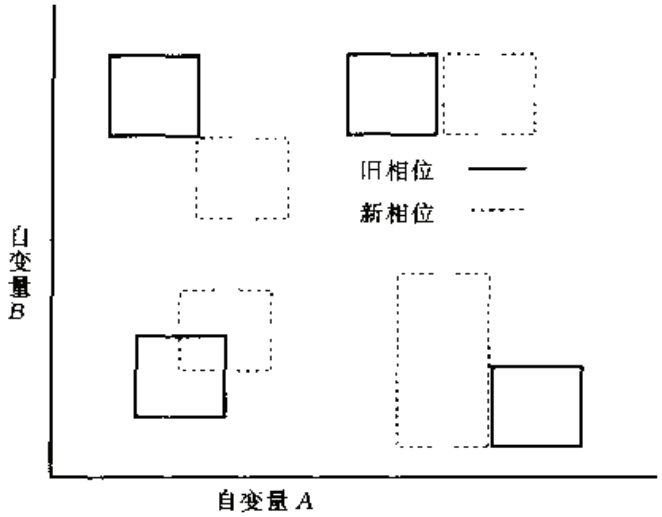


图 47—14　新旧相位之间的可能关系

均值变化 均值变化（change-in-mean）效果是指在中心点的结果与其他四个顶点平均值的差。因此它是一个曲率信号，如图 47—15 所示。它与各个效果一起，用来显示何时达到最大值（或最小值），显示响应对于独立因子变化的灵敏性。在田口理论中，响应被定义为对自变量变化的“稳健性”（Taguchi，1978）。在极少数的情况下，第一个相位正巧以最大值为中心与所选的两个独立因子相对称。在这种情况下，这些因子应该是非显著的，但均值变化可能会是显著的。

分区 一个过程到响应通常会随时间略有变化，反映了原材料来源的变化、昼夜温度变化，等等。

在很紧凑的时间内进行的各次试验要比在较长期间进行的试验更为相像。分

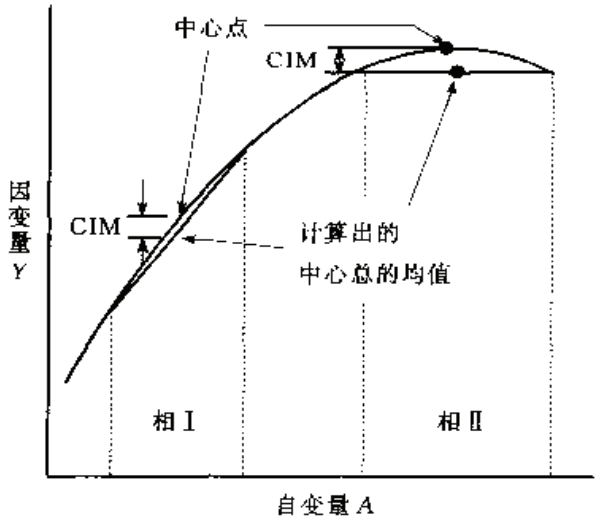


图 47—15 通过一个响应面的横截面，CIM 表示的是曲率

区用于将由这类因时间的变化而引起的麻烦减少到最小程度。对于此处的 EVOP 计算而言，一个区块就是一个循环。循环之间所发生的平均水平的变化被从效果的估计值中完全剔除，正如在第 3 循环的 5 次试验中加一个常量所起到的作用，然后再来重新计算各个效果。(当然，相位平均值发生了改变。)

多重响应 到目前为止的解释只是涉及单个的响应。除了利润变量之外，这是相当不现实的。大多数过程都具有必须加以衡量或计算的若干个响应，如收率、生产率、纯度、副产品，等等。每一响应给出一张计算表，某个响应的计算表上可能是统计显著的，其他的则不然。在这种情况下，在决定移动之前，最好再进行一个或两个循环，以获得有关另一响应的更多信息。

当两个响应（如生产率和纯度）所显示出的改进方向不一致时，情况最麻烦。我们的 EVOP 项目已经给出了有关生产过程的信息。要决定下一步的对策，这取决于 EVOP 所提供的信息与相关领域专家所提供的信息的综合应用。

2^k 析因的分区

实验者经常发现很难对 2^k 析因所要求的所有实验都维持一个同质性的实验环境。例如，某个实验者或许需要两天来实施 2^3 析因所要求的 8 个试验。问题在于应当如何安排每天的试验才不会干扰对三个因子的主要效果的估计，即如何将该设计分区为每个区块四次试验的两个区块。这里的分区是通过牺牲最不重要的交互作用的估计，亦即三因子交互作用来实现的。表 47—29 中的 a 部分给出了一个 2^3 析因设计分区时所遵循的程序。首先，写出 2^3 设计的加、减符号。然后，构造通常用来估计 *ABC* 交互作用的加、减符号列，并标记为区块“发生

器”。在区块发生器列中带有加号的试验便构成了第一区块，带减号的则构成了第二区块。

当应用这一设计时，三因子交互作用（简写为 3fi）的估计不能够与区块效果相区分。区块效果与 3fi 效果被“混淆在一起”。所有其他的效果估计值都清除了区块的效果。

要将该设计划分成每区块两次试验的四个区块，相应的区块发生器由与交互作用 *AB* 和 *BC* 相对应的两个加、减号列所给出，如表 47—29 中的 b 部分所示。注意该发生器生成了 4 种加、减号的组合，每一组合确定了一个由两次试验所构成的区块。在这种特定的设计中，所有的 2fi（两因子交互作用）都与区块效果混淆在了一起。

区块发生器必须仔细地加以选择。表 47—30 给出了关于 2^3，2^4 和 2^5 设计的分区排列。博克斯等人（Box，Hunter，and Hunter，1978）给出了更加全面的关于析因设计分区的用表和说明。

表 47—29　　**2^3 析因设计的划分**

a. 将 2^3 设计划分为每区块四次试验的两个区块

2^3	ABC = 区块发生器	2^3 划分为两个区块	
		(+) 区块	(−) 区块
A B C		*A B C*	*A B C*
− − −	−	+ − −	− − −
+ − −	+	− + −	+ + −
− + −	+	− − +	+ − +
+ + −	−	+ + +	− + +
− − +	+		
+ − +	−		
− + +	−		
+ + +	+		

b. 将 2^3 设计划分为每区块两次试验的四个区块

2^3	区块发生器	
A B C	*AB*	*BC*
− − −	+	+
+ − −	−	+
− + −	−	−
+ + −	+	−
− − +	+	−
+ − +	−	−
− + +	−	+
+ + +	+	+

+ + 区块	− + 区块	+ −	− − 区块
A B C	*A B C*	*A B C*	*A B C*
− − −	+ − −	+ + −	− + −
+ + +	− + +	− − +	+ − +

表 47—30　　2^k 析因设计的分区排列

因子数	区块大小	区块发生器	与区块结合在一起的交互作用
3	4	*ABC*	*ABC*
	2	*AB*，*BC*	*AB*，*BC*，*AC*
4	8	*ABCD*	*ABCD*
	4	*ABC*，*ACD*	*ABC*，*ACD*，*BD*
	2	*AB*，*BC*，*CD*	all 2fi and 4fi
5	16	*ABCDE*	*ABCDE*
	8	*ABC*，*CDE*	*ABC*，*CDE*，*ABDE*
	4	*ABC*，*BCD*，*CDE*	*ABC*，*BCD*，*CDE*，*AD*，*ABDE*，*BE*，*ACE*
	2	*AB*，*BC*，*CD*，*DE*	all 2fi and 4fi

局部析因实验（每个因子两个水平）

如果因子很多的话，一个要求所有可能的因子水平组合的完全析因实验将会涉及大量的试验，即使只调查每个因子的两个水平也是如此。在这种情况下，找到一个比完全析因实验要求较少试验的方案便是十分有益的。这就需要选取一个局部，即在所有可能组合中仔细规定的一个子集。局部析因的分析相对比较简单，且局部析因的应用并不会排除以后完成全析因实验的可能性。

混淆现象　在完全析因实验中，我们要进行 2^k 次试验。应用这 2^k 次试验来给出全部 2^k 个效果的独立估计。在一个局部析因实验中（如 $1/2^p$ 的局部），只进行 2^{k-p} 次试验，从而只能有 2^{k-p} 个独立的估计。在设计局部析因方案时（即从全部 2^k 种组合中选择一个最佳子集），目标是尽可能地确保 2^{k-p} 个估计中的每一个都无偏或“干净”，亦即确保主要效果的估计，可能的情况下还有二阶交互作用的估计，要无偏或近于无偏。

为了便于解释，考虑如下的 2^{3-1} 局部析因（2^3 析因的一半或 2^{-1}）的情况：

A	*B*	*C*	观测值
−	−	+	$y_1 = 8$
+	−	−	$y_2 = 11$
−	+	−	$y_3 = 9$
+	+	+	$y_4 = 14$

主要效果由统计量 $\bar{y}_+ - \bar{y}_-$ 给出，其中每一字母所对应的加、减号决定了每个平均值中所包括的观测值。这样，*A* 的主要效果便可估计为 (11 + 14) /2 − (8 + 9) /2 = 4.0。*B* 和 *C* 的主要效果便分别为 (9 + 4) /2 − (8 + 11) /2 = 2 和 (8 + 14) /2 − (11 + 9) /2 = 1.0。我们再来考察一下两因子交互作用 *AB* 的估计。人们将会发现估计 *AB* 交互作用的符号与估计 *C* 的主要效果所使用的符号是

完全一样的。C 的主要效果与 AB 这一两因子交互作用被混淆在了一起。换句话说，$\bar{y}_+ - \bar{y}_- = 1.0$ 这一统计量是一种“混淆”的结构，亦即该统计量既可以认作是 C 也可以认作是 AB。事实上，该统计量的期望值等于 $C + AB$ 这两个效果之和，在没有关于 C 的主要效果的明确信息的情况下，我们无法区分 AB 效果的正负或大小。同样地，A 的估计与 BC 相混淆，B 的估计则与 AC 相混淆。

当某些或全部的主要效果都与两因子交互作用相混淆时，该局部析因设计被称为“对策Ⅲ”。当一个或多个主要效果（至少）与三因子交互作用相混淆时，该局部析因设计则被称为“对策Ⅳ”。其主要效果（起码）与四因子交互作用相混淆的局部析因设计被称为“对策Ⅴ”，等等（Box and Hunter，1959）。

构造一个局部析因设计

令 N 为试验的次数，k 为所要研究的因子数。当 $N = 2^k$ 时，我们得到的是一个全析因设计。当 $N = 2^{k-p}$ 时，我们得到的是一个 2^k 析因的 $(1/2)^p$ 复制。例如，2^{7-3} 是 2^7 析因的 1/8 的复制，包括 16 次试验。

要构造一个 N 次试验的 1/2 复制的设计，首先要写出 $(k-1)$ 个因子的全析因设计（最好以 Yates 次序）。然后写出最高阶交互作用所对应的符号列。用这些符号来决定第 k 个因子的位级。例如，要构造 2^{4-1} 设计，首先要构造一个 A，B 和 C 的 2^3 析因，如表 47—31 所示。接着在 A，B 和 C 所在列的旁边写出 ABC 交互作用所对应的加、减符号。利用这些符号来确定因子 D 的两个位极。（另一半局部设计则是将 ABC 列的符号颠倒而得到的。）

表 47—31　　构造 2^{4-1} 局部析因设计*

发生器		主设计		备择设计**	
A B C	$ABC = D$	A B C D		A B C D	
− − −	−	− − − −		− − +	
+ − −	+	+ − − +		+ − − −	
− + −	+	− + − +		− + − +	
+ + −	−	+ + − −		+ + − +	
− − +	+	− − + +		− − + −	
+ − +	−	+ − + −		+ − + +	
− + +	−	− + + −		− + + +	
+ + +	+	+ + + +		+ + + −	

* 试验示例：如第二个试验要求实验者将因子 A 设定为 +，因子 B 设定为 −，因子 C 设定为 −，因子 D 设定为 +。

** 备择设计是通过将 ABC 列的符号反转而得到的，亦即设 $D = -ABC$。

要建立一个 1/4 复制的设计，就要在 N 次试验的标准析因设计之上再加上两列符号；1/8 复制的设计则要再加上三列符号，依此类推。所采用的符号的列必

须仔细地加以选择，表47—32中给出了直到 $k=7$ 的设计所采用的符号。该表是从博克斯等人的论述(Box, Hunter, and Hunter,1978)中的一个更为全面的表中摘录的一部分。戴蒙德(Diamond,1989)也给出了有关局部析因设计的进一步的列表。

大多数实验设计软件程序都提供了关于任意期望的对策的两水平局部析因设计，每个效果的估计均采用的是上述的混淆模式。下面给出的是关于建立 2^{4-1} 设计以及 2^{6-2} 设计的构造和分析的例子。

示例 要建立一个 $k=6$ 个因子、$N=16$ 次试验的局部析因设计，首先要写出因子 A，B，C 和 D 的 2^4 全析因设计。参阅表47—32，应用 ABC 交互作用的加、减号向量来确定因子 E 的位级。类似地，应用 BCD 的符号来确定因子 F 的位级。表47—33给出了完成了的 2^{6-2} 设计，同时也给出了所观测到的响应、Yates算法以及所确定的效果。

表47—32　　构造局部析因设计所采用的符号

试验数 N	因子数 k				
	3	4	5	6	7
4	2^{3-1} $\pm AB=C$	NA	NA	NA	NA
8		2^{4-1} $\pm ABC=D$	2^{5-2} $\pm AB=D$ $\pm AC=E$	2^{6-3} $\pm AB=D$ $\pm AC=E$ $\pm BC=F$	2^{7-4} $\pm AB=D$ $\pm AC=E$ $\pm BC=F$ $\pm ABC=G$
16			2^{5-1} $\pm ABCD=E$	2^{6-2} $\pm ABC=E$ $\pm BCD=F$	2^{7-3} $\pm ABC=E$ $\pm BCD=F$ $\pm ACD=G$
32				2^{6-1} $\pm ABCDE=F$	2^{7-2} $\pm ABCD=F$ $\pm ABDE=G$
64					2^{7-1} $\pm ABCDEF=G$

表47—33　　一个 2^{6-2} 对策Ⅳ局部析因设计以及相应的Yates分析

发生器：$E=ABC$，$F=BCD$

定义关系：$I=ABCE=BCDF=ADEF$

$A\ B\ C\ D\ E\ F$	Obs.*		Yates算法		效果		确认**
− − − − − −	124	271	541	1 137	2 405	150.312 5	平均
+ − − − + −	147	270	596	1 268	11	1.375	$A+BCE+ABCDF+DEF$
− + − − + +	145	284	615	−1	35	4.375	$B+ACE+CDF+ABDEF$
+ + − − − +	125	312	653	12	139	−17.375	$AB+CE+ACDF+BDEF$
− − + − + +	138	307	3	27	93	11.625	$C+ABE+BDF+ACDEF$
+ − + − − +	146	308	−4	8	−1	−0.125	$AC+BE+ABDF+CDEF$
− + + − − −	162	323	3	63	35	4.375	$BC+AE+DF+ABCDEF$

续前表

A B C D E F	Obs.*		Yates 算法		效果		确认**
+ + + − + −	150	330	9	−76	169	21.125	$ABC + E + ADF + BCDEF$
− − + − +	125	23	−1	55	131	16.375	$D + ABCDE + BCF + AEF$
+ − − + + +	182	−20	28	38	13	1.625	$AD + BCDE + ABCF + EF$
− + − + + −	181	8	1	−7	−19	−2.375	$BD + ACDE + CF + ABEF$
+ + − + − −	127	−12	7	6	−13	−1.625	$ABD + CDE + ACF + BEF$
− − + + + −	168	57	−43	29	−17	−2.125	$CD + ABDE + BF + ACEF$
+ − + + − −	155	−54	−20	6	13	1.625	$ACD + BDE + ABF + CEF$
− + + + − +	154	−13	111	23	−23	−2.875	$BCD + ADE + F + ABCEF$
+ + + + + +	176	22	35	146	123	15.375	$ABCD + DE + AF + BCEF$

* Obs. - 观测值。

** 来自定义关系中的效果的期望值。

确定估计值　通过设定 $E = ABC$ 和 $F = BCD$ 而生成了 2^{6-2}设计。以下是用来辨识该设计的可估计效果的偏差的一个简单的程序。将表达式 $E = ABC$ 两边乘以 E，表达式 $F = BCD$ 两边乘以 F，从而得到 $E^2 = ABCE$ 和 $F^2 = BCDF$。接着按如下规则来进行，即某一字母一旦出现了平方，就用“I”来代替，这里的“I”意味着“identity”（识别），它与数字 1 相等效。对于该设计的发生器我们便有 $I = ABCE$ 和 $I = BCDF$。将两个发生器相乘便得到了定义关系 $I = ABCE = BCDF = AB^2C^2DEF$，进而推导出 $I = ABCE = BCDF = ADEF$。

当将 Yates 算法应用于该 2^{6-2}设计的 16 次试验时，该算法便估计出了 15 个效果，并给出了各自的初始名称，如表 47—33 所示。接着可以应用上述的定义关系来确定每一统计量的其他名称（混淆或偏差）。因此，标记为 A 的“主要效果”的统计量实际上等同于 $A = BCE = ABCDF = DEF$，这是将定义关系乘以 A 而得到的。类似地，起初称为“ABC 交互作用”的这一统计量实际上是对 $ABC = E = ADF = BCDEF$ 的估计。表 47—33 给出了各个估计值及其全部名称。

这些估计值中有五个看起来非同寻常地大，因而是很好的不同于自然变异（噪声）的可测现象的候选者。只使用它们的第一阶和第二阶名称，我们有 $AB + CE$ 的估计值为 −17.375，C 的估计值为 11.625，E 的估计值为 21.125，D 的估计值为 16.375，$DE + AF$ 的估计值为 15.375。对这些统计量的一个合理的解释为，因子 C，D 和 E 在其研究范围内对于响应有着可测的重要影响，而因子 A 和 B 则不然。这一结论当然需要确证，但它仍是一个良好的初始猜测。这样，上述的 2^{6-2}设计便压缩成了在因子 C，D 和 E 中重复的 2^3 析因设计。

其他局部析因

这里所讨论的 2^{k-p}局部析因设计是最常用的，此外还有许多其他类型的局

部析因设计。例如普莱柯特和伯曼设计（Plackett and Burman，1966），这是一个两水平的局部析因设计，其试验次数 N 不是 2 的幂，而是 4 的倍数。表 47—34 给出了其相应的 $k \leqslant 11$，$N=12$ 的设计。关于生成 $N=20$，24，28 和 36 这些设计的用表可从博克斯等人（Box and Draper，1987；Myers and Montgomery，1995）的论述中查得。

表 47—34　　普莱柯特和伯曼设计

（$k=11$ 个因子，$N=12$ 次试验）

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
+	−	+	−	−	−	+	+	+	−	+
+	+	−	+	−	+	−	+	+	+	−
−	+	+	−	+	−	−	−	+	+	+
+	−	+	+	−	+	+	−	−	+	+
+	+	−	+	+	−	+	−	−	−	+
+	+	+	−	+	+	−	+	−	−	−
−	+	+	+	−	+	+	−	+	−	−
−	−	+	+	+	−	+	+	−	+	−
−	−	−	+	+	+	−	+	+	−	+
+	−	−	−	+	+	+	−	+	+	−
−	+	−	−	−	+	+	+	−	+	+
−	−	−	+	−	−	−	−	−	−	−

所有的普莱柯特和伯曼设计都属于对策Ⅲ型。有关其主要效果和两因子交互作用的混合构造不如常规的 $2^{k-p}_{\text{Ⅲ}}$ 设计那样容易获得。但是，利用所谓的“对折”原理可以将每一个对策Ⅲ型设计都转换为对策Ⅳ型设计。“对折”一个设计意味着全部取其相反的符号而已。一个对折的设计与其原对策Ⅲ型设计的结合便构成了一个对策Ⅳ型设计。

局部析因设计并不限于 2^{k-p} 设计。3^3 设计也可以减缩为一种包含拉丁方在内的局部设计（Hunter，1985a）。另外还有混合水平的局部析因设计（Addelman，1962）。文献中报道了许多新颖的局部析因（Hahn and Shapiro，1966；Webb，1968 a，b；Margolin，1969；Anderson and Thomas，1978；Rechtschaffner，1967）。此外还有试验次数小于变量数的“过饱和”局部析因设计（Booth and Cox，1962；Lin，1993，1995）。

有一些实验设计的计算机软件程序可以构造出独特的局部析因设计，使得实验者不仅能够选择试验次数，而且还可以选择因子数和水平数。这里需要提醒读者的是，试验次数很少而因子数很多的那些设计在其响应函数数学模型中对问题有着极大的简化，有些极端的情况下会假定只存在着主要效果而所有的交互作用都为零或接近于零。建议人们应在其设计中留出一些冗余，亦即一些额外的试验次数，以便有可用来估计实验误差方差 σ^2 的自由度（Snee，1985；Berk and Picard，1991）。从不曾有过无噪音的信号，人们在测量可能的信号的同时也要考

虑到噪音的影响。

筛选实验　对于从众多因子中识别重要因子的早期的筛选努力而言，以 $N = k + 1$ 次试验来研究 k 个因子的饱和 2^{k-p}_{III} 设计具有非常重要的价值。在这些应用中，可能的交互作用的偏差影响是非常严重的，这一点应当时刻留意。有些软件程序构造的局部析因设计能够提供全部 k 个主要效果和某些预先选定的两因子交互作用的估计。但是，只要想一下可能会有的交互作用的数目，其所依赖的在实验计划作出和实施之前就能够识别出全部重要的交互作用这一假设就未免太天真了。再者，找出交互作用常常与确定主要效果同等重要。在局部析因设计的应用中，稳妥一点的做法通常会要求对策Ⅳ型的设计，亦即将主要效果与两因子交互作用区分开来的能力（Hurley，1994；Tang and Tang，1994；Haaland and O'Connell，1995）。

正交表　最早使用“正交表”这一术语的是平衡区块实验设计的发明者们，而使之推广开来的则是田口（Taguchi，1987），见下面的讨论。所有的 2^k 设计、2^{k-p} 设计、普莱柯特与伯曼设计以及拉丁方类型的设计均可称为“正交表”。每个正交表所对应的试验次数通常可由 $L(N)$ 这一符号看出，如 $L8$ 正交表是 2^3（或 2^{7-4}）两水平析因，$L9$ 和 $L27$ 分别是 3^2 和 3^3 析因。$L36$ 既可被视为一个三水平设计，也可看做是一个 6×6 的拉丁方。

“正交表”这种类型适合于任何可提供具有零相关的效果估计的实验设计。这种设计有时被描述为“净主要效果”设计，尽管其常常也能够适合于考虑某些交互作用。因此，2^{k-p} 和 3^{k-p} 局部析因设计、拉丁方设计［以及格雷科（Graeco）拉丁方设计和希珀-格雷科（Hyper-Graeco）拉丁方设计］都符合条件，混合水平析因和平衡区块设计也是如此。博克斯和本肯（Behnken）设计（Box and Behnken，1960）成为了三水平正交表中颇为独特的局部析因设计。“正交表”这一术语显示出了所有这些设计的几何多维特性，也就是说，在 N 维的观测值空间中，代表被估计效果的向量全部是彼此正交的。由田口所普及的一个正交设计是 $L9$ 设计，即以 9 次试验来研究每因子三个水平的四个因子的 3^{4-2} 设计。有关这一设计以及其他三水平正交设计的应用的评论可参阅亨特的论述（Hunter，1985）。

在列出正交表设计时，田口一派使用（1，2）和（1，2，3）的符号取代（−1，+1）和（−1，0，+1）的几何符号来表示每一变量的水平（位级）。有关应用田口的术语和方法分析正交表的例子可参阅巴克尔等人（Barker，1990，1994；Kacker，1985；Phadke et al.，1983；Phadke，1989；Taguchi，1978，1987）的论述。这些作者们尤其重视“内”、“外”正交表的应用，或者换句话说，重视“设计”和“噪音”矩阵。这些设计在结构上类似于经典的裂区设计。

为了构造用来估计主要效果和选择交互作用的独特的设计，田口应用了与正交表相配合的“线性图”（Kacker and Tsui，1990；Wu and Chen，1991；Wu，

Mao, and Ma, 1990)。线性图相当于局部析因定义关系的几何方式（参见上文“构造一个局部析因设计”一节中关于“确定估计值”的讨论）。绝大多数情况下，应用定义关系的经典方法都能给出与应用线性图相同的或更好的实验设计。

田口线外质量控制

析因和局部析因设计当今在汽车、通信和组装工业方面的广泛应用应归功于日本工程师、质量专家田口玄一（Taguchi, 1978）。在这些工业环境中，通过实验来确定产品设计参数和过程变量的设置，以使所生产产品的响应不易受过程变异的影响，并满足顾客对于产品的期望和可能的环境挑战。统计实验设计在这方面的应用起源于田口 20 世纪 50 年代在日本的通信工业中的早期工作。其策略称为“参数设计”或“稳健性设计”。应当注意的是，“设计”这一词汇在不同的场合其含义也是不同的，如产品设计、过程设计和统计设计等。

田口要求所制造的产品要满足如下准则：

1. 使产品免受制造过程中发生的变异源的影响；
2. 相对于顾客的目标值具有最小的变异性；
3. 相对于顾客所遇到的环境因素是稳健的。

正式地讲，产品的响应 y 被认为是“可控”因子 x 和“噪音”因子 z 的函数。我们的目标是对 x 的条件加以选择，以使产品的响应 y 对于 x 和 z 的变异不敏感，且仍能够以最小的变异来满足目标规格的要求。

内表和外表 田口方法在产品和过程设计方面的统计设计通常包含一个“内”正交表和一个“外”正交表，亦称“设计”矩阵和“噪音”矩阵，它们都是根据正交表构造的（参见前面一节）。内表是应用可控因子 x 的一个统计实验设计，外表则是关于我们希望改变的噪声因子 z 的一个统计实验设计。（x 因子偶尔也会被作为噪音因子包含在外表中。）总的设计构成了一个类似于裂区设计(split-plot-like) 的实验正交表，z 的外表在每一个 x 的内表的设置下进行着重复。例如，如果内表为 $L16 = 2^{8-4}$ 而外表为 $L9 = 3^{4-2}$，这样将会有 $16 \times 9 = 144$ 次试验，在 $L16$ 中的 16 个试验中的每一个都会包括 $L9$ 设计中的 9 个试验。对于内、外正交表也可以应用局部析因的实验设计（Shoemaker, Tsui, and Wu, 1991; Montgomery, 1991)。

在内表的每一设置中，田口确定了一个“信号与噪音比”的统计量，这一统计量由外表的噪音矩阵和观测值构造而来。田口所关注的是一个二次损失函数 $Q = (\eta - \theta)^2 + \sigma^2$，其中 η 是预期的产品响应，θ 是目标值（$\eta - \theta$ 就是偏差），σ^2 是所观测到的响应的方差。为了使损失函数最小化，田口定义了“信号与噪

音比”SN，通常 $SN = 10\ \log_{10}\ (\eta/\sigma)^2$，$\eta = E\ (y)$，$\sigma^2 = \mathrm{Var}\ (y)$。在每一内表设置下，应用在此设置下所发生的 n 个外表的观测值来计算 $SN = 10\ \log_{10}(\bar{y}/s)^2$ 这一统计量。也有其他的关于 SN 的定义。例如，当期望有更高的响应时，田口提出 $SN = 10\ \log_{10}\ [\ (y_1^2 + y_2^2 + \cdots + y_n^2)\ /n\ ]$；当期望有更低的响应时，统计量 $SN = 10\ \log_{10}\ [(1/y_1^2 + 1/y_2^2 + \cdots + 1/y_n^2)\ /n\ ]$，其中，$y_1$，$y_2$，…，$y_n$ 是相对于内表的每一设置的外表的 n 个观测值。

大多数统计学家都建议，对于在内表的每一点上所获得的平均值和方差估计的分析应当分别进行。田口派的成员则仍建议要分析各种信噪比统计量。这种争论看来尚没有停止的迹象。但有一点是确定的，这就是质量工程师与统计学家之间的这种亲密关系应归功于田口教授，正是他提出了稳健性产品（参数）设计的概念，并将统计实验设计应用到了这一领域。

有关田口方法有着大量的文献。奈尔（Nair，1992）对于田口教授所提出的这一方法有着十分中肯的总结和评述，并给出了大量的参考书目。[被视为属于田口方法的主要文献有 Taguchi（1978，1986，1987），Kacker（1985），Kacker and Shoemaker（1986），Kacker and Tsui（1990），Barker，1990（1994），Phadke（1989），Phadke et al.（1983），Leon，Shoemaker，and Kacker（1987）等。其他的讨论田口方法的文献还有 Bisgaard（1993b），Box（1988），Box and Jones（1986），Box and Myers（1986），Easterling（1985），Goh（1993），Grove and Davis（1991b），Hunter（1985a，1989），Hurley（1994），Lucas（1985），Miller et al.（1993），Montgomery（1991），Nair and Shoemaker（1990），Stephens（1994），Tribus and Sconyi（1989）和 Vining and Myers（1990）。]

响应面设计

响应面方法（RSM）已经被成功地应用于许多不同的工业产品、过程和系统的优化工作当中。这是一种实验性的方法，已被应用于研究开发实验室中，有时也应用于实际的生产设施中。但是，在后一种场合，应用调优运算常常要更为适当。调优运算是响应面方法的一种替代形式，既用于筛选，也用于优化。

RSM 实验设计要求影响过程的重要因子以一种仔细选定的实验模式来加以变动。这些因子或许是通过筛选实验而确定的。通常对两个可控变量和一个响应变量加以研究。分析所获数据的根本目的在于，在所研究的可控变量的变动范围内给出一个响应面的粗略的图形（通常是等高线的形式）。所应用的数学模型为一阶和二阶多变量模型。因此，所拟合的响应面可能是平面的（对于“真”面的一阶近似），也可能是非平面或曲面的（二阶近似）。拟合模型可利用一般的最小

二乘估计方法（回归分析）而获得。拟合的响应面常常会提示出因子可取得更好产出的备选水平。这样，在确定出“最佳”条件之前，一个响应面项目可能要经过若干个探索的阶段。在研究两个以上的可控变量时，会应用到等值面（Box and Draper，1987）。未必就是只测绘一个响应。可以分别对两个或多个响应加以测绘并将其图形叠加起来，以辨识“最佳”运行性能的区域。“最佳”运行条件未必就意味着给出最大或最小响应的因子设定。[建议的阅读资料有 Box，Hunter and Hunter（1978），Box and Draper（1987），Khuri and Connell（1987），Mason（Gunst and Hess，1989），Haaland（1989）和 Myers and Montgomery（1995）。有关响应面方法的沿革可参阅 Myers，Khuri，and Carter（1989）。]

当代的计算机和软件程序使得 RSM 成为了最为有用和最有价值的统计工具。不仅计算工作量被大为简化，而且计算机展示响应面图形的能力也为分析者揭示所调查的响应和因子的本质提供了敏锐的洞察力。大多数统计软件程序都能使实验者应用几乎全部数据集合来获得一个一阶或二阶的未知响应面的图形。所需的只是一个不错的最小二乘回归程序。但是，好的实验必须有对点子的仔细选择。一个设计不好的响应面项目犹如通过一个散光的透镜来观察事物，所看到的只能是被歪曲的景象。大多数情况下，一个一阶或二阶可转动（无发散）响应面设计给出了最好的策略。对于随意所得的数据拟合响应面，一些统计学家称之为 PARC 分析（PARC 意味着“实际累积记录计算”或是“先研究后计划”）。以下讨论标准的 $k = 2$ 个因子、单个响应的一阶和二阶 RSM 设计的应用。

在实施 RSM 时，要用到大量的本手册其他章节曾讨论过的统计方法。RSM 的概念最初是由博克斯和威尔逊提出的（Box and Wilson，1951）。起初，RSM 主要是在化学工业中被用做一种实验性优化技术。此后，在许多其他领域中也得到了应用（Hill and Hunter，1966）。

RSM 可视为由以下两个阶段所构成：

1. 一阶阶段。在这一阶段要构想一个一阶的数学模型，进行一个析因实验或是其他的一阶实验设计，对数据进行拟合，绘制响应面的等值线，确定和追踪最陡的上升方向。

2. 二阶阶段。在这一阶段要构想一个二阶的数学模型，进行一个中心复合实验或是其他的二阶实验设计，对数据进行拟合，绘制响应面的等值线，进行规范分析，确定最佳状态。

响应面方法在实际应用中要比这里的简单定义所反映的更为灵活。图 47—16 的流程图描绘出了应用响应面方法的一个轮廓，显示出了在一项响应面研究中所通过的可能路径。

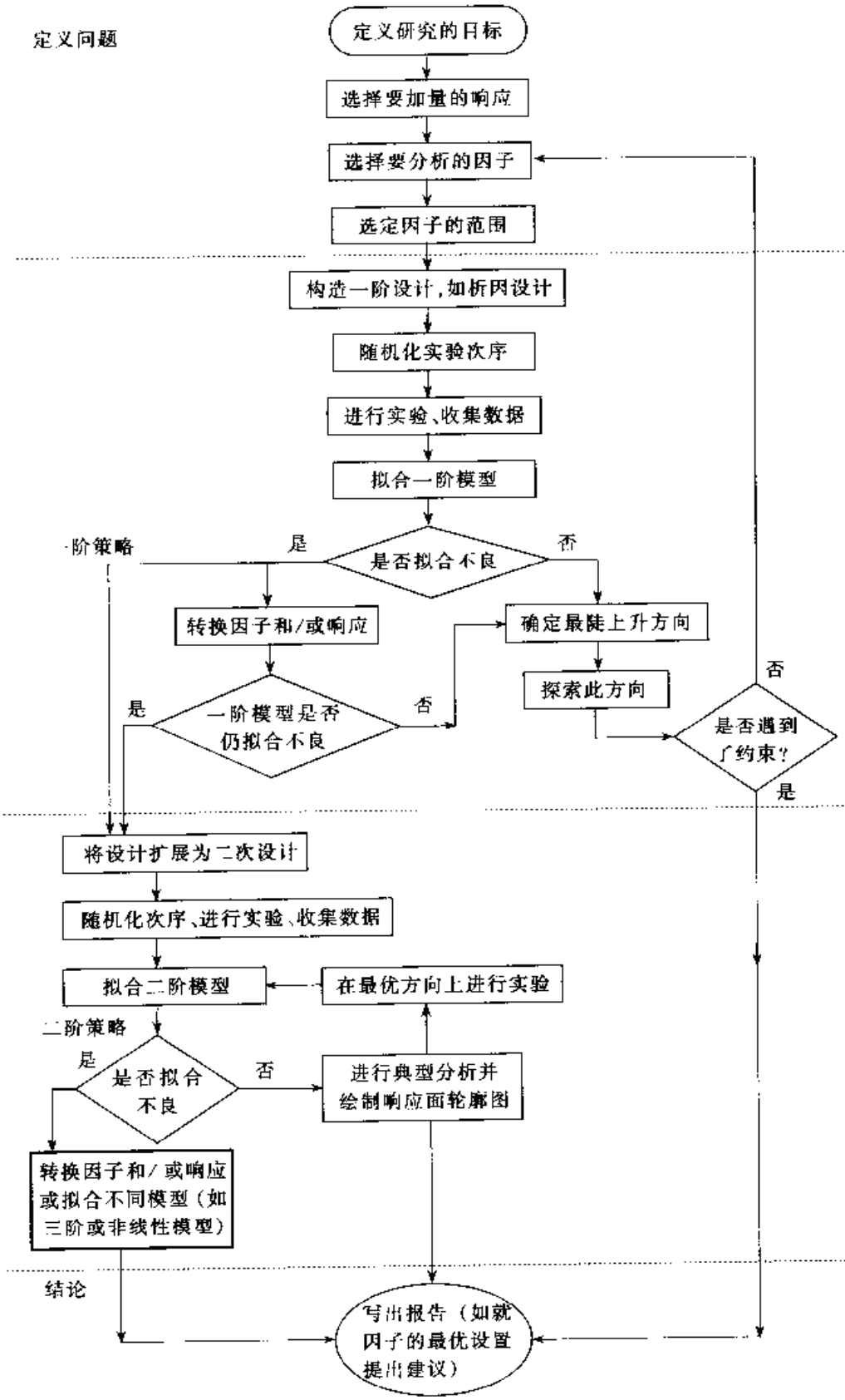

定义问题
定义研究的目标
选择要加量的响应
选择要分析的因子
选定因子的范围
构造一阶设计，如析因设计
随机化实验次序
进行实验、收集数据
拟合一阶模型
一阶策略
是否拟合不良
是
否
转换因子和/或响应
确定最陡上升方向
探索此方向
一阶模型是否仍拟合不良
是
否
是否遇到了约束？
否
是
将设计扩展为二次设计
随机化次序、进行实验、收集数据
拟合二阶模型
在最优方向上进行实验
二阶策略
是否拟合不良
是
否
进行典型分析并绘制响应面轮廓图
转换因子和/或响应或拟合不同模型（如三阶或非线性模型）
结论
写出报告（如就因子的最优设置提出建议）

图 47—16

"一次一因子"法的缺点 "一次一因子"法是一种普遍的实验方法。每个因子依次改变，而其他因子则保持在固定或恒定的水平上。这种做法的麻烦之一在于，它有可能导致一种虚假的最佳。我们来看下面这一假想例子的说明。

示例 所要研究的是一个化学反应，我们关心的是其中的两个因子，即反应物浓度和反应时间。这两个因子取什么设置才能够实现最大的得率？在研究开始时，已知的最好设置是25%的浓度和1小时的时间（见图47—17）。

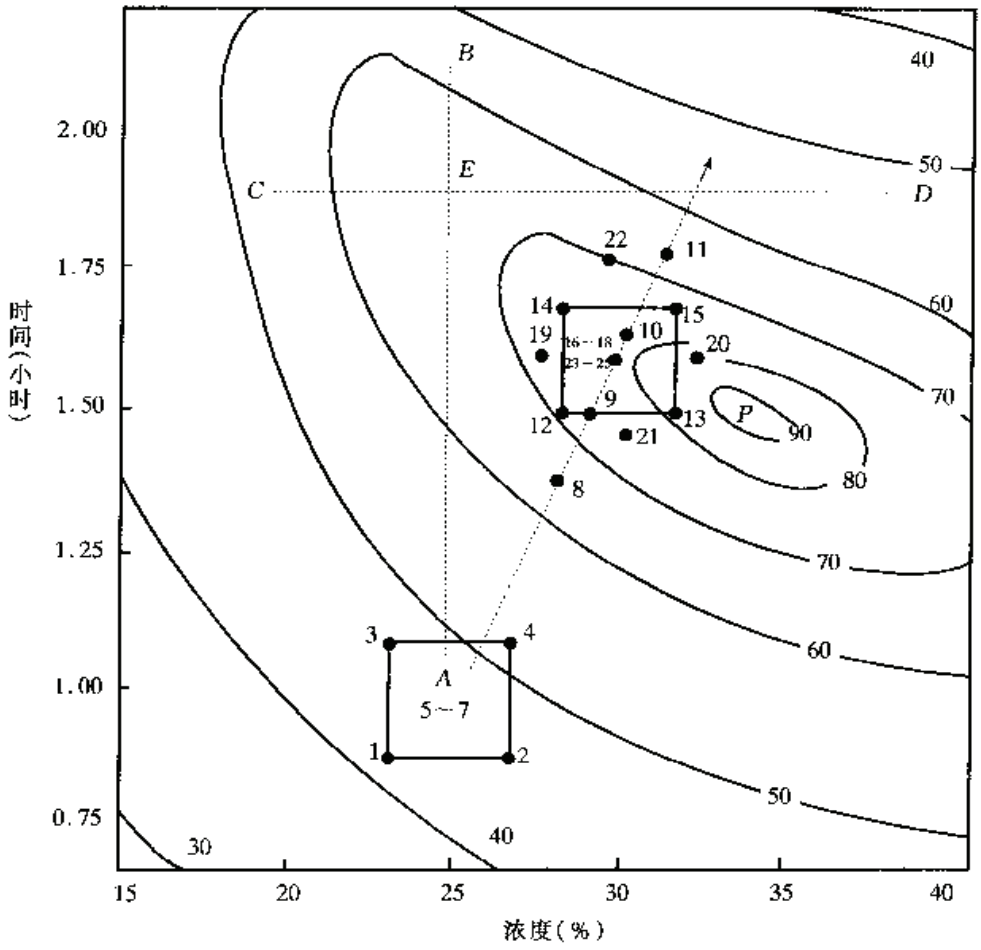


图 47—17

按照"一次一因子"法，工程师将浓度控制在25%，首先实施了一系列只改变时间的实验。实验结果表明，当时间为1.9小时时获得了一个最大的得率为65%（图47—17中 *AB* 直线上的位置 *E*）。然后将时间在这一数值上固定，沿 *CD* 直线来改变浓度，在浓度为25%处获得了一个得率的最大值。工程师得出结论，即在浓度为25%、时间1.9小时处得到了最大得率（65%）。然而，这一结论却是不正确的。

响应面方法 图47—17中显示出了实验者所不知道的实际状况。得率在此表示为浓度和时间两者的函数。图中的粗实曲线是一定得率的等值线。例如，有

一系列成套的温度和时间条件可给出 80% 的得率。这里的等值面可被视为一座山，山顶在点 P。90，80 这些等值线可视为山的海拔高度。这些数字均表示不同得率的百分数。

该工程师的目标是找出这些可给出最大得率的浓度和温度的组合。形象地来讲，该工程师试图做的是登上这座山的最高点。但一个十分简单的原因使他的努力遭到了失败。

就图上所反映的而言，通过改变时间，该工程师沿着从点 A 到点 B 这条路径越过了山麓（见图 47—17）。从 A 到 E 之间的路径是在上山，但从点 E 却开始向着山后下山。从 E 到 B 的路径，这位工程师是一直在下山。图上也表示出了改变浓度所横穿过的路线（从 C 到 E 再到 D）。

该实验者只实现了 65% 的得率（E 点），但实际上是有可能实现 90% 以上（点 P）的得率的。由实验者所报告的最佳值开始，通过“同时”增加浓度并减少时间，就能够取得更高的得率。

如果这座山的等值线是圆形的且没有实验误差，这种“一次一因子”的做法可以将这位工程师带到山的最高点。总的来说，现实的响应面等值线并非圆形，也不会没有实验误差（噪音），因而我们必须有诸如 RSM 这样的更为高级的实验策略。

项目的启动　下面我们将 RSM 方法应用到上述的追求得率最大化的这一例子中。

定义研究目标　清晰地定义所要进行的研究的目标有着极其重要的意义。令人惊讶的是，在实践中这一步骤却常常被忽略或是得不到应有的重视。这常常会导致以后的困难。本例中的目标是使得率最大化。一般来说，目标可能会涉及多项准则，亦即在使得率最大化的同时还要满足其他一些目标，如不纯度最低、可接受的黏度范围等。

选择因子和范围　下一步是选择所要研究的因子以及相应的研究范围。为了明智地做好这件事情，就必须理解有关实验的技术方面。对于被研究因子所在的特定“坐标”也要加以选定。例如，实验者可以取小时数的对数作为基本坐标，而非只是简单地变动小时数。本例所选的变量是浓度和时间。一开始，决定将浓度在 23%～27% 之间改变，时间在 0.9 小时～1.1 小时之间改变。

一阶策略

构造设计方案并搜集数据　如表 47—35 所示，所构造的是具有三个中心点的 2^2 析因设计。[有关中心点数目和设计设置的其他事项的进一步讨论，请参阅 Cochran and Cox（1957），Hunter（1959），Box and Draper（1987）和 Myers and Montgomery（1995）。] 7 次试验的次序经过了随机处理，然后实施实验，并得到如表 47—35 所示的结果。实验结果展示在图 47—18 中。

拟合一阶模型并检查有无拟合不良　可以采用两种等效的方法之一来对这些

结果进行分析。析因设计的效果和交互作用可以使用相应的95%置信区间来算出，其结果也列在了表47—35中。

表47—35　　一阶设计的结果

试验序号	X_1=浓度		X_2=时间		Y=得率
	%	变换单位	小时	变换单位	%
1	23	−1	0.9	−1	43.7
2	27	+1	0.9	−1	44.5
3	23	−1	1.1	+1	47.2
4	27	+1	1.1	+1	51.8
5	25	0	1.0	0	46.8
6	25	0	1.0	0	45.9
7	25	0	1.0	0	45.3

计算主要效果

浓度：$(-Y_1+Y_2-Y_3+Y_4)/2=(-43.7+44.5-47.2+51.8)/2=2.7$

时间：$(-Y_1-Y_2+Y_3+Y_4)/2=(-43.7-44.5+47.2+51.8)/2=5.4$

$(+Y_1-Y_2-Y_3+Y_4)/2=(43.7-44.5-47.2+51.8)/2=1.9$

$(+Y_1+Y_2+Y_3+Y_4)/4-(Y_5+Y_6+Y_7)/3=46.8-46.0=0.8$

计算置信区间

浓度：$\pm 2ts/\sqrt{n}=\pm 2\ (4.30)\ (0.755)/\sqrt{4}=\pm 3.25$

时间：$\pm 2ts/\sqrt{n}=\pm 2\ (4.30)\ (0.755)/\sqrt{4}=\pm 3.25$

$\pm 2ts/\sqrt{n}=\pm 2\ (4.30)\ (0.755)/\sqrt{4}=\pm 3.25$

$\pm ts/\sqrt{(1/n)+(1/n_0)}=\pm\ (4.30)\ (0.755)\ \sqrt{(1/4)+(1/3)}=\pm 2.48$

效果	计算出95%置信区间得率（%）
浓度	2.7±3.25
时间	5.4±3.25
	1.9±3.25
	0.8±2.48

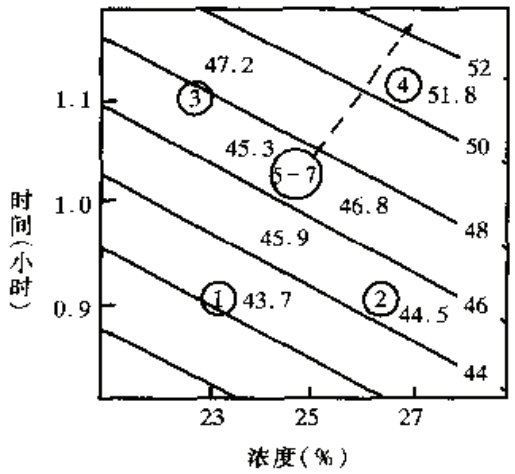


图47—18　带有拟合的一阶（平面）响应面的一阶设计的结果

由于中心点条件已经重复了三次，因而很容易得到关于方差的估计。[如果未进行重复试验，也可以以某种其他的方式来取得一个适当的估计，例如，可利用外部的来源、过去的经验或是应用半正态图这样的方法，详见丹尼尔（Daniel，1959）。] 利用 46.8，45.9 和 45.3 这三个数值，可计算出 $s^2 = 0.57$，以此作为一个具有 2 个自由度的单个观测值的方差估计。

应用所估计出的具有两个自由度的标准差 $s = 0.755$，其置信区间显示浓度和时间的主要效果是显著的，而二阶效果（交互作用和曲率）的估计值则与零难以区分。从而我们可以采用以下的一阶模型来作为对于未知的响应面的近似：

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \varepsilon$$

其中，Y 是所观测到的响应；各个 β 是要从数据中估计的系数；X_1 和 X_2 是表示实验因子浓度和时间的独立变量，其中：

$$X_1 = \frac{\text{浓度（\%）} - 25}{2}$$

$$X_2 = \frac{\text{小时数} - 1.0}{0.1}$$

这些 X_1 和 X_2 的表达式将浓度和时间的初始设定转化为了代码，以便与具有表 47—37 所给出的并表示在图 47—18 的中心点的 2^2 析因设计相符合。例如，对于浓度 23% 和时间 0.9 小时有 $X_1 = -1$ 和 $X_2 = -1$。模型中的 ε 这个量表示独立的、正态分布的随机误差，具有恒定的方差 σ^2。虽然可应用标准回归方法（参见第 44 章）来拟合这里的一阶模型，但各个 β 很容易从具有中心点的 2^2 析因设计中获得。β_0 的估计值就是平均值，β_1 的估计值是浓度效果的一半，β_2 的估计值是时间效果的一半。拟合方程便成为：

$$\hat{Y} = 46.46 + 1.35X_1 + 2.70X_2$$

将方程用原变量表示便为：

$$\hat{Y} = 28.23 + 0.675\ [\text{浓度\%}] + 1.35\ [\text{小时数}]$$

将 $\hat{Y}$ 设定为 44.0 便生成了图 47—18 标注为 44 的直线。所拟合的等值线表明，在 X_1 和 X_2 的坐标系中，平面

$$\hat{Y} = B_0 + B_1 X_1 + B_2 X_2 = 46.46 + 1.35X_1 + 2.70X_2$$

很好地表达了响应面。

评价拟合情况的第二种方法是进行方差分析。计算出的方差分析表（见表 47—36）显示，一阶模型（上述方程）很好地拟合了数据。[参见第 44 章，也请参阅 Draper and Smith（1981）的论述。] 拟合不良均方与纯误差均方之比为 4.13，这一数值小于 $F_{2,2}(0.95) = 19.0$，因而没有证据表明一阶模型拟合不良。既然没有证据表明拟合不良，就有必要对于所拟合的这个一阶模型（上面的方程）的含义加以研究。这一方程所描述的平面在图 47—18 中是由直等高线来表示的。

表 47—36　　方差分析表：一阶模型，第一次设计*

方差来源	平方和	自由度	均方
均值 b_0	15 107.86	1	
b_1	7.29	1	7.29
b_2	29.16	1	29.16
拟合不良	4.71	2	2.36
纯误差	1.14	2	0.57
合　计	15 150.16	7	

* 在有关响应面方法的文献中，方差分析表习惯上常包括一项均值平方和。而在其他类型的方差分析表中，有些作者和计算机程序则排除了这一均值平方和项。

确定最陡的上升方向　在图 47—18 中指出了最陡的上升方向。[有关最陡上升方向的进一步讨论，请参见 Cochran and Cox（1957，p.357），也可参见资料 Box and Draper（1987）。] 它垂直于等值线。这一方向上的四个试验（第 8～11 个）显示，第二个设计的中心应当大致处于浓度为 31% 和时间为 1.6 小时处。在以随机次序完成了第 12～18 个试验之后，所用的设计及所获的数据表示在表 47—37 中。对数据的分析显示出了明显的拟合不良（见表 47—38）。拟合不良均方与纯误差均方之比率为 26.8，这一数值大于 $F_{2,2}$（0.95）= 19.0，因而有证据表明一阶模型拟合不良。

表 47—37　　二阶设计的结果

试验序号	浓度（变换单位）X_1	时间（变换单位）X_2	得率 Y（%）
	一阶设计		
12	−1	−1	69.3
13	+1	−1	85.1
14	−1	+1	72.8
15	+1	+1	73.6
16	0	0	80.9
17	0	0	78.4
18	0	0	80.4
	追加试验		
19	$-\sqrt{2}$	0	71.4
20	$+\sqrt{2}$	0	78.9
21	0	$-\sqrt{2}$	73.9
22	0	$+\sqrt{2}$	69.1
23	0	0	76.4
24	0	0	78.5
25	0	0	76.3

表 47—38　　方差分析表：一阶模型，第二次设计

方差来源	平方和	自由度	均方
均值 b_0	41 734.32	1	
b_1	68.89	1	68.89
b_2	16.00	1	16.00
拟合不良	94.12	2	47.06
纯误差	3.50	2	1.75
合　计	41 916.83	7	

二阶策略

构造设计方案并搜集数据　既然一阶模型测出了拟合不良，因此对该设计加以扩展，通过增添第 19～25 次试验以形成二阶（中心复合）设计，如表 47—37 所示。一般来说，如果一个模型拟合不良，最好先考虑对于因子和/或响应的变换，而不是立刻考虑更高阶的模型。［进一步的讨论请参阅资料 Box and Cox (1964)，Box and Tidwell (1962) 和 Draper and Hunter (1967)。］

拟合一阶模型并检查有无拟合不良　应用最小二乘所拟合的二阶模型如下：

$$\hat{Y} = 78.50 + 3.40\ X_1 - 1.85X_2 - 3.75\ X_1X_2 - 1.21X_1^2 - 3.03X_2^2$$

图 47—19 给出了这一方程的等值线和该二阶设计的各个结果。无论是目视检查还是统计计算（见表 47—39），都看不出拟合不良的情况。上面这一方程的形式可以加以简化，以使响应面的形状能够更好地被鉴别。从上面的方程很难想像出响应面的情况，因为它含有六个常数。一种将原坐标（X_1，X_2）变换和旋转到新坐标（Z_1，Z_2）的规范化分析给出了一个只有三个常数的方程：

$$Y - 173.83 = -0.033\ 2Z_1^2 - 8.407\ 5Z_2^2$$

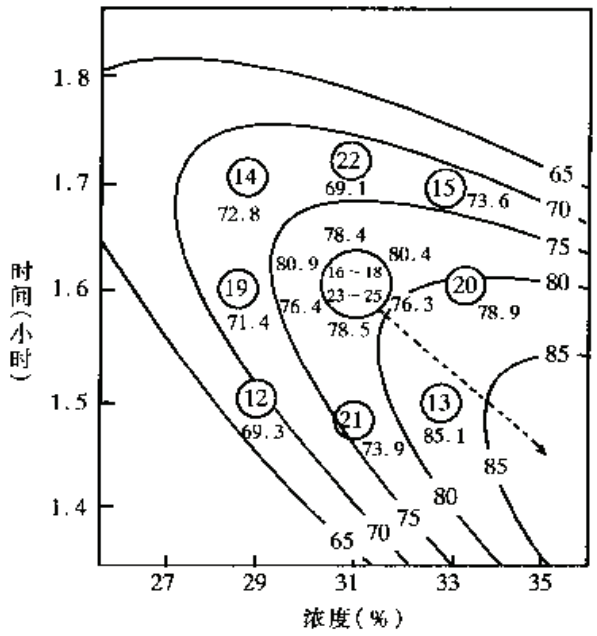


图 47—19　二阶(非平面)响应面与二阶设计的结果

这一方程显示，由于 Z_1^2 和 Z_2^2 的系数为负，故所拟合的相应面具有一个最大值点。图 47—19 中的箭头显示出了下一阶段探寻最大值应循的方向。箭头指向了“山顶”。在这一方向上，或许在最大值附近再做几个点之后，研究可能就会宣告终结。有些情况下，在最后的极值点附近，再进行一个完全的二阶设计可能是有益的。

有许多种响应面实验设计可以应用，尤其是三阶析因设计、中心复合设计、可旋转设计以及博克斯-本肯设计。［有关试验次数最少而又保留较大设计的许多特性的响应面设计的讨论可参阅 Draper（1985）和 Draper and Lin（1990）。］某

些计算机软件程序能够提供独特的响应面设计以满足实验者所提出的限定条件。

表 47—39　　方差分析表：二阶模型

方差来源	平方和	自由度	均方
均值 b_0	81 016.07	1	
一阶 b_i	119.87	2	59.94
纯二阶 b_{ii}	80.73	2	40.37
混合阶 b_{ij}	56.25	1	56.25
拟合不良	2.23	3	0.74
纯误差	21.77	5	4.35
合　计	81 296.92	14	

注：拟合不良均方与纯误差均方之比率为 0.17，这个数值小于自由度为（3，5）的 $F_{0.95}$（5.41），故没有证据表明二阶模型拟合不良。

混合设计

在某些关于混合物的实验中，我们所关心的特性取决于混合成分的比例而非单个混合成分的量（体积或重量）。例如，不锈钢是不同金属的混合物，其拉伸强度取决于各种金属成分的比例；汽油通常是各种原料的混合，其辛烷值取决于终产品中各种成分的比例。混合物各种成分的比例必须汇总为 1，任何成分所占比例处于 0～1 之间。[Cornell（1990）是这方面的重要参考读物。]

在有关混合物的设计中，可行的因子空间是受限制的，各种比例必须汇总为 1。如果混合物中的成分个数为 q，可行的因子空间就成为一个等边的（$q-1$）维的单形体（例如，$q=3$ 时为三角形，$q=4$ 时为四面体）。

一种自然的做法是将实验点在可行因子空间中均匀地加以分布。这便产生了由谢弗（Scheffé，1958）所提出的单形点阵设计（simplex lattice design）。例如，一个（q，m）点阵是对应于 q 种成分的点阵，其中每种成分的比例具有 0～1 之间的 $m+1$ 个等距的值，即 0，$1/m$，$2/m$，等等。当 $m=2$ 时，对于三种成分而言，每种成分的比例将是 0，1/2 和 1；当 $m=3$ 时，则是 0，1/2，2/3 和 1。$m=2$ 时所产生的点阵称为二次点阵，$m=3$ 时的点阵称为三次点阵，依此类推（见图 47—20）。

此外，通过在二维面或二次点阵的面上添加中心点还可以构造修正点阵。这给出了一种称为“特殊三次点阵”的有用设计。

除特殊三次点阵之外，任何点阵所要求的点子数 k 便等于：

$$k=\frac{(m+q-1)!}{m!\,(q-1)!}$$

特殊三次点阵所要求的点子数为：

$$k=\frac{q(q+1)}{2}+\frac{q(q-1)(q-2)}{6}$$

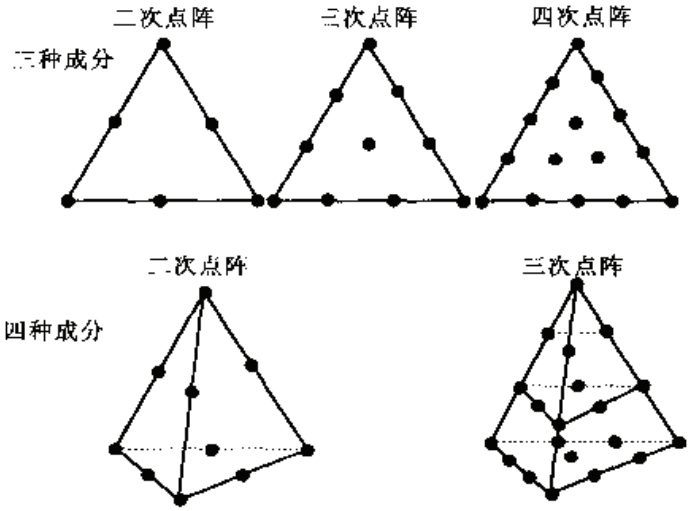


图 47—20　三种和四种成分的混合物的点阵设计

（经允许引自 Gorman and Hinman，1962）

表 47—40 给出了对应于若干个 m 和 q 值的点子数。

表 47—40　　点阵设计所要求的点子数

成分数	点阵类型			
q	二次点阵 $m=2$	特殊三次点阵 $m=2$	三次点阵 $m=3$	四次点阵 $m=4$
3	6	7	10	15
4	10	14	20	35
5	15	25	35	70
6	21	41	56	126
8	36	92	120	330

我们所关心的特性是在每一个设计点子（对应于不同比例的混合物）上来测量的。简化了的多项式被用来表示响应变量 y 与所采用的各种混合比例之间的关系。

另一种由谢弗（Scheffé，1958）所提出的名为“特殊三次点阵”的有用设计对于三种成分的混合物要求有 7 个点子，即（$q=3$，$m=2$）点阵的 6 个点子再加上位于 $X_1=1/3$，$X_2=1/3$ 和 $X_3=1/3$ 处的第 7 个点子。

这 7 种混合分别为三种纯成分、三种两元混合和一种三重混合，如表 47—41 所示。

表 47—41　　特殊三次点阵的设计点子

（三种成分混合物）

点子数	x_1	x_2	x_3	响应
1	1	0	0	y_1
2	0	1	0	y_2
3	0	0	1	y_3

续前表

点子数	x_1	x_2	x_3	响应
4	1/2	1/2	0	y_4
5	1/2	0	1/2	y_5
6	0	1/2	1/2	y_6
7	1/3	1/3	1/3	y_7

这种“特殊三次点阵”所对应的方程为：

$$y = B_1X_1 + B_2X_2 + B_3X_3 + B_{12}X_1X_2 + B_{13}X_1X_3 + B_{23}X_2X_3 + B_{123}X_1X_2X_3$$

各个系数的计算为：

$$b_1 = y_1 \qquad b_2 = y_2 \qquad b_3 = y_3$$

$$b_{12} = 4y_4 - 2\ (y_1 + y_2)$$

$$b_{13} = 4y_5 - 2\ (y_1 + y_3)$$

$$b_{23} = 4y_6 - 2\ (y_2 + y_3)$$

$$b_{123} = 27y_7 - 12\ (y_4 + y_5 + y_6) + 3\ (y_1 + y_2 + y_3)$$

有关混合设计有着大量的文献，许多计算机软件程序都包含有其设计和分析。用计算机打印输出的等值线轮廓具有特别的参考价值。构成混合设计的因子常常被约束在一个狭窄的范围之内，因而形成了孤立的混合域，从而要求具有创意的实验设计，如果不借助于计算机这是很难做到的。有时，受约束的因子会与不受约束的因子结合在一起，进而又导致了独特的设计和分析。这些设计也可以加以区分，并采取序贯的方式实施。[Cornell（1990a）是一本专门讨论混合设计的教科书。也可参阅 Myers and Montgomery（1995）。有关这一主题的一些重要的论文包括 Gorman and Hinman（1962），Thompson and Myers（1968），Snee（1973，1979），Crosier（1984），Piepel and Cornell（1994）和 Draper et al.（1993）。]

成组筛选设计

所谓“成组筛选设计”是一种颇具创意的从众多可能因子中找出少数有效因子的实验设计。

这种设计具有以下的结构，即构造包含若干因子的组；对这些组进行测试；对被证明含有显著因子的组中的每个因子分别进行测试。这种设计最初是由康纳（Connor，1961）提出来的，沃森（Watson，1961）对之进行了进一步的研究。这种设计的主要意图在于最大限度地减少所需要的实验量。

在实验中，实验变量被分成一个个小组，每个组看做是一个单独的变量，直到对于响应变量的某个效果被发现为止。

实验时规定如下假设条件：

1. 所有的因子在最初时均具有同样的可能有效的概率；

2. 因子间不存在交互作用；

3. 如果存在效果的话，其方向是已知的。

因子数为 $f=gk$，其中 g 为组数，k 为每组的因子数。例如，一个具有 9 个因子的实验，分成 3 个组，每组 3 个因子（$g=3$，$k=3$）。组的高低水平定义如下：

1. 组因子 X 由因子 A，B，C 组成。

水平 1：所有三个因子均在低水平（0，0，0）

水平 x：所有三个因子均在高水平（1，1，1）

2. 组因子 Y 由因子 D，E，F 组成。

水平 1：所有三个因子均在低水平（0，0，0）

水平 y：所有三个因子均在高水平（1，1，1）

3. 组因子 Z 由因子 G，H，I 组成。

水平 1：所有三个因子均在低水平（0，0，0）

水平 z：所有三个因子均在高水平（1，1，1）

第一阶段的设计是研究“组”因子，如应用半重复的 2^3 析因实验。这要求如下的对应于 9 个因子的处理组合的四个组的处理组合 x，y，z 和 xyz：

x　(1，1，1　0，0，0　0，0，0)

y　(0，0，0　1，1，1　0，0，0)

z　(0，0，0　0，0，0　1，1，1)

xyz　(1，1，1　1，1，1　1，1，1)

第一阶段实验的结果将表明哪个组因子会含有至少一个有效因子。第二阶段的实验也可以是一个半重复的 2^3 析因，它将针对每一个有效的组因子来实施，以确定哪个单个的因子是有效的。进一步的讨论可参阅沃森（Watson，1961）的论述。帕特尔（Patel，1962）给出了详细的二、三、四阶段筛选试验的程序。

这里所讨论的分组筛选设计旨在识别有效的实验因子。关于有效响应筛选方面也有大量的文献，如关于化合物和药品的筛选、关于单个对象的成组试验等。[这方面比较重要的论文有 Ehrenfeld（1972），Pocock（1983），Mundel（1984），Hwang（1984）和 Hayre（1985）。Tang and Tang（1994）对于成组筛选这一领域进行了很好的全面综述。]

参考文献

Addelman, S.（1962）. “Symmetrical and asymmetrical fractional factorial plans.”

Technometrics, vol.4, pp.47–58.

American Society for Quality, Statistics Division, ASQ Quality Press, Milwaukee.

1: *How To Analyze Data with Simple Plots*, Wayne Nelson

2: *How To Perform Continuous Sampling*, 2nd ed., K.S.Stephens

3: *How To Test for Normality and Other Distribution Assumptions*, S.S.Shapiro

4: *How To Perform Skip-lot and Chain Sampling*, 2nd ed., K.S.Stephens

5: *How To Run Mixture Experiments for Product Quality*, J.A.Cornell

6: *How To Analyze Reliability Data*, W.Nelson

7: *How To and When to Perform Bayesian Acceptance Sampling*, T.W.Calvin

8: *How To Apply Response Surface Methods*, J.A.Cornell

9: *How To Use Regression Analysis in Quality Control*, D.C.Crocker

10: *How To Plan an Accelerated Life Test—Some Practical Guidelines*, W. Meeker and G.Hahn

11: *How To Perform Statistical Tolerance Analysis*, N.Cox

12: *How To Choose a Proper Sample Size*, G.G.Brush

13: *How To Use Sequential Statistical Methods*, T.P.McWilliams

14: *How To Construct Fractional Factorial Experiments*, R.F.Gunst and R.L. Mason

15: *How To Determine Sample Size and Estimate Failure Rate in Life Testing*, E.C.Moura

16: *How To Detect and Handle Outliers*, B.Iglewicz and D.C.Hoaglin

Anderson, D.A., and Thomas, A.M.(1978). "Resolution IV fractional factorial designs for the general asymmetric factorial." *Communications in Statistics* vol.A8, pp.931–943.

Automotive Industry Action Group(1990). *Measurement System Analysis Reference Manual*. Chysler, General Motors, and Ford, Detroit.

Asao. M.(1992). "A simulation game of experimental design." *Quality Engineering*, vol.4, pp.497–517.

Bainbridge, T.R.(1965). "Staggered, nested designs for estimating variance components." *Industrial Quality Control*, vol.22, pp.12–20.

Barker, T.B.(1990). *Engineering Quality by Design: Interpreting the Taguchi Approach*. Marcel Dekker, New York.

Barker, T.B.(1994). *Quality by Experimental Design*, 2nd ed., Marcel Dekker, New York.

Barnett, E.H.(1960). "Introduction to Evolutionary Operation." *Industrial Engineering Chemistry*, vol.52, pp.500–503.

Barrentine, L. B. (1991). *Concepts for R&R Studies*. ASQC Quality Press, Milwaukee.

Bechhofer, R. E., and Tamhane, H. E. (1983). "Design of experiments for comparing treatments with a control: Tables of optimal allocation of observations." *Technometrics*, vol. 25, pp. 87–95.

Beckman, R. J., and Cook, R. D. (1983). "Outlier...s." *Technometrics*, vol. 25, pp. 119–149.

Berk, K. N., and Picard, R. R. (1991). "Significance tests for saturated orthogonal arrays." *Journal of Quality Technology*, vol. 23, pp. 73–89.

Bicking, C. A. (1954). "Some uses of statistics in the planning of experiments." *Industrial Quality Control*, vol. 10, pp. 23–31.

Bisgaard, S. (1992). "Industrial use of statistically designed experiments: Case study references and some historical anecdotes." *Quality Engineering*, vol. 4, pp. 547–562.

Bisgaard, S. (1993a). "Spreadsheets for the analysis of two-level factorials." *Quality Engineering*, vol. 6, pp. 149–157.

Bisgaard, S. (1993b). "Iterative analysis of data from two-level factorials." *Quality Engineering*, vol. 6, pp. 319–330.

Bishop, T., Peterson, B., and Trayser, D. (1982). "Another look at the statistician's role in experimental planning and design." *The American Statistician*, vol. 36, pp. 387–389.

Booth, K. H. V., and Cox, D. R. (1962). "Some systematic supersaturated experimental designs." *Technometrics*, vol. 4, pp. 489–495.

Bowman, K. O., Hopp, T. H., Kacker, R. N., and Lundegard, R. J. (1991). "Statistical quality control techniques in Japan." *Chance*, vol. 4, pp. 15–21.

Box, G. E. P. (1954). "The exploration and exploitation of response surfaces: some general considerations and examples." *Biometrics*, vol. 10, pp. 16–36.

Box, G. E. P. (1957). "Evolutionary Operation: A method for increasing industrial productivity." *Applied Statistics*, vol. 6, pp. 81–101.

Box, G. E. P. (1976). "Science and Statistics." *Journal of the American Statistical Association*, vol. 71, pp. 791–799.

Box, G. E. P. (1988). "Signal to noise ratios, performance criteria and transformations" (with discussion). *Technometrics*, vol. 30, pp. 1–40.

Box, G. E. P. (1990). "Do interactions matter?" *Quality Engineering*, vol. 2, pp. 365–369.

Box, G. E. P. (1991). "Finding bad values in factorial designs." *Quality*

Engineering, vol.3, pp.405–410.

Box, G. E. P. (1992). "Sequential experimentation and sequential assembly of designs." *Quality Engineering*, vol.5, pp.321–330.

Box, G. E. P. (1992). "What can we find out from eight experimental runs?" *Quality Engineering*, vol.4, pp.619–627.

Box, G. E. P. (1992). "What can we find out from sixteen experimental runs?" *Quality Engineering*, vol.5, pp.167–181.

Box, G.E.P., and Behnken, D.W.(1960). "Some three level designs for the study of quantitative variables." *Technometrics*, vol.2, pp.477–482.

Box, G.E.P., Bisgaard, S., and Fung, C.A.(1988). "An explanation and critique of Taguchi's contributions to quality engineering." *Quality and Reliability Engineering International*, vol.4, pp.123–131.

Box, G.E.P., and Cox, D.R.(1964). "The analysis of transformations." *Journal of the Royal Statistical Society, Series B*, vol.26, p.211.

Box, G.E.P., and Draper, N.R.(1969). *Evolutionary Operation*. John Wiley, New York.

Box, G.E.P., and Draper, N.R.(1987). *Empirical Model Building and Response Surfaces*. John Wiley, New York.

Box, G.E.P., and Hunter, J.S.(1959). "Condensed calculations for evolutionary operation programs". *Technometrics*, vol.1, pp.77–95.

Box, G. E. P., Hunter, W. G., and Hunter, J. S. (1978). *Statistics for Experimenters*, John Wiley, New York.

Box, G. E. P., and Jones, S. (1986). "Split plot designs for robust product experimentation." *Journal of Applied Statistics*, vol.19, pp.2–36.

Box, G.E.P., and Myers, R.D.(1986). "An analysis for unreplicated fractional factorials." *Technometrics*, vol.28, pp.11–18.

Box, G. E. P., and Myers, R. D. (1986). "Dispersion effects from fractional designs." *Technometrics*, vol.28, pp.19–27.

Box, G.E.P., and Tiao, G.C.(1973). *Bayesian Inference in Statistical Analysis*. Addison-Wesley, Reading, MA.

Box, G. E. P., and Tidwell, P. W. (1962). "Transformations of the independent variable." *Technometrics*, vol.4, p.531.

Box, G. E. P., and Wilson, K. B. (1951). "On the experimental attainment of optimum conditions." *Journal of the Royal Statistical Society, Series B*, vol.13, p.1.

Burdick, R. K., and Graybill, F. A. (1992). *Confidence Intervals on Variance*

Components, Marcel Dekker, New York.

Chambers, J.M., and Hastie, T.J.(1992). *Statistical methods in S*, Wadsworth, Pacific Grove, CA.

Chambers, J.M., Cleveland, W.S., Kleiner, B., and Tukey, P.A.(1993). *Graphical Methods for Data Analysis*, Chapman and Hall, New York.

Clatworthy, W.H.(1973). *Tables of the Two-Associate-Class Partially Balanced Designs*. National Bureau of Standards Applied Mathematics Services Publication 63, U.S.Government Printing Office, Washington, DC.

Cleveland, W.S.(1993). *Visualizing Data*, Hobart Press, Summmit, NJ.

Cochran, W.G., and Cox, G.M.(1957). *Experimental Designs*, 2nd ed., John Wiley, New York.

Coleman, D.E., and Montgomery, D.C.(1993). "A systematic approach to planning for a designed industrial experiment." *Technometrics*, vol. 35 (with discussion), pp.1-27.

Connor, W.S.(1961). "Group screening designs." *Industrial and Engineering Chemistry*, vol.53, pp.69A-70A.

Conover, W.J.(1980). *Practical Non-Parametric Statistics*, John Wiley, New York.

Comell, J.A.(1990). *Experiments with Mixtures: Designs, Models, and the Analysis of Mixture Data*, 2nd ed., John Wiley, New York.

Cornell, J.A.(1995). "Fitting models to data from mixture experiments containing ordered factors." *Journal of Quality Technology*, vol.27, pp.13-33.

Cornell, J.A.(1990*a*). *How to Run Mixture Experiments for Product Quality* (rev.ed.). American Society for Quality Control, Milwaukee.

Cornell, J.A.(1990*b*). *How to Apply Response Surface Methodology* (rev.ed.). American Society for Quality Control. Milwaukee.

Cox, D.R.(1958). *Planning of Experiments*. John Wiley, New York.

Crocker, D.C.(1990). *How to Use Regression Analysis in Quality Control* (rev. ed.). American Society for Quality Control, Milwaukee.

Crosier, R.B.(1984). "Mixture experiments: geometry and pseudo-components." *Technometrics*, vol.26, pp.209-216.

Crowder, M.J., and Hand, D.J.(1990). *Analysis of Repeated Measures*, Chapman and Hall, London.

Daniel, C.(1959). "Use of half-normal plots for interpreting factorial two-level experiments." *Technometrics*, vol.1, pp.311-341.

Deming, W.E.(1982) *Quality, Productivity and Competitive Position*. MIT

Center for Advanced Engineering Study, Cambridge, MA.

Diamond, W. (1989). *Practical Experimental Designs*. Van Nostrand Reinhold, New York.

Draper, N.R. (1985). "Small composite designs." *Technometrics*, vol.27, pp.173–180.

Draper, N.R., and Hunter, W.G. (1967). "Transformations: Some examples revisited." *Technometrics*, vol.11, p.53.

Draper, N.R., and John J.A. (1988). "Response surface designs for quantitative and qualitative variables." *Technometrics*, vol.30, pp.423–428.

Draper, N.R., and Lin, D.K.J. (1990). "Small response surface designs." *Technometrics*, vol.32, pp.187–194.

Draper, N.R., Lewis, S.M., John P.W.M., Prescott, P., Dean, A.M., and Tuck, M.G. (1993). "Mixture designs for four components in orthogonal blocks." *Technometrics*, vol.35, pp.268–276.

Draper, N.R., and Smith, H., Jr. (1981). *Applied Regression Analysis*, 2nd ed., John Wiley, New York.

Duncan, A.J. (1974). *Quality Control and Industrial Statistics*, 4th ed. Richard D. Irwin, Homewood. IL.

Duncan, D.B. (1955). "Multiple range and multiple F tests." *Biometrics*, vol.11, p.1.

Dunn, O., and Clark, V. (1987). *Applied Statistics: Analysis of Variance and Regression*, 2nd ed., John Wiley, New York.

Dunnett, C.W. (1964). "New tables for multiple comparison with a control." *Biometrics*, vol.11, p.1.

Dyer, D.D., and Keating, J.P. (1980). "On the determination of critica values of Bartlett's test." *Journal of the American Statistical Association*, vol.75. pp.313–319.

Easterling, R.G. (1985). "Discussion of Kacker's paper." *Journal of Quality Technology*, vol.17, pp.191–192.

Ehrenfeld, S. (1972). "On group sequential sampling." *Technometrics*, vol.14, pp.167–174.

Everitt, B.S. (1994). *A Handbook of Statistical Analyses Using S-Plus*, Chapman and Hall, London.

Fisher, R.A., and Yates, F. (1964). *Statistical Tables for Biological, Agricultural, and Medical Research*, 6th ed. Stechert-Hafner, New York.

Fleiss, J.L. (1986). *The Design and Analysis of Clinical Experimens*, John

Wiley, New York.

Fries, A., and Hunter, W. G. (1980). "Minimum aberration 2^{k-p} designs." *Technometrics*, vol. 22, pp. 601–608.

Gibbons, J., and Chakraborti, S. (1992). *Nonparametric Statistical Inference*, 3rd ed. Marcel Dekker, New York.

Goh, T. N. (1993). "Taguchi methods: some technical, cultural and pedagogical perspectives." *Quality & Reliability International*, vol. 9, pp. 185–202.

Gorman, J. W., and Hinman, J. E. (1962). "Simplex lattice designs for multicomponent systems." *Technometrics*, vol. 4, pp. 463–487.

Grove, D. M., and Davis, T. P. (1991*a*). *Engineering Quality and Experimental Design*, John Wiley, New York.

Grove, D. M., and Davis, T. P. (1991*b*). "Taguchi's idle column method." *Technometrics*, vol. 33, pp. 349–354.

Gunst, R. F., and Mason, R. L. (1991). *How to Construct Fractional Factorial Experiments*, ASQC Quality Press, Milwaukee.

Haaland, P. D. (1989). *Experimental Design in Biotechnology*. Marcel Dekker, New York.

Haaland, P. D., and O'Connell, M. R. (1995). "Inference for effect-saturated fractional factorials." *Technometrics*, vol. 37. pp. 82–93.

Hahn, G. J. (1977). "Some things engineers should know about experimental design." *Journal of Quality Technology*, vol. 9, pp. 13–20.

Hahn, G. J. (1984). "Experimental design in a complex world." *Technometrics*, vol. 26, pp. 19–31.

Hahn, G. J., and Shapiro, S. S. (1966). "A catalog and computer program for the design and analysis of orthogonal symmetric and asymmetric fractional factorial experiments," Technical Report 66-C-165, G. E. Research & Development Center, Schenectady, NY.

Hayre, L. S. (1985). "Group sequential sampling with variable group sizes." *Journal of the Royal Statistical Society, Series B*, vol. 47, pp. 463–487.

Hicks, C. R. (1982). *Fundamental Concepts in the Design of Experiments*, 3rd ed., Holt, Reinhart & Winston, New York.

Hill, W. J., and Hunter, W. G. (1966). "A review of response surface methodology: a literature survey." *Technometrics*, vol. 8, pp. 571–590.

Hoadley, A., and Kettenring, J. (1990). "Communications between statisticians and engineers/physical scientists." *Technometrics*, vol. 32, pp. 243–274.

Hogg, R., and Ledolter, J. (1992). *Applied Statistics for Engineers and Physical*

Scientists, 2nd ed. Macmillan, New York.

Hollander, M., and Wolfe, D. (1973). *Nonparametric Statistical Methods*. John Wiley, New York.

Hunter, J. S. (1959). "Determination of optimum operating conditions by experimental methods," Parts I, II, and III. *Industrial Quality Control*, December 1958, January, February 1959.

Hunter, J. S. (1980). "The national system of scientific measurement." *Science*, vol. 210, pp. 869–874.

Hunter, J. S. (1985*a*). "Statistical design applied to product design." *Journal of Quality Technology*, vol. 17, pp. 210–221.

Hunter, J. S. (1989). "Let's all beware the Latin Square." *Quality Engineering*, vol. 4, pp. 453–466.

Hunter, W. G. (1977). "Some ideas about teaching design of experiments with 2^5 examples of experiments conducted by students." *The American Statistician*, vol. 31, pp. 12–17.

Hurley, P. (1994). "Interactions: Ignore them at your own risk." *Journal of Quality Technology*, vol. 21, pp. 174–178.

Hwang, F. K. (1984). "Robust group testing." *Journal of Quality Technology*, vol. 16, pp. 189–195.

Iglewicz, B., and Hoaglin, D. C. (1993). *How to Detect and Handle Outliers*. ASQC Quality Press, Milwaukee.

Iman, Ronald L. (1994). *A Data Based Approach to Statistics*. Duxbury Press, Belmont, CA.

Ishikawa, K. (1985). *What is Total Quality Control?* Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ.

Jones, M. C., and Rice, J. A. (1992). "Displaying the important features of a large collection of similar curves." *The American Statistician*, vol. 46, pp. 140–145.

Kacker, R. N. (1985). "Off-line quality control, parameter design and the Taguchi method" (with discussion). *Journal of Quality Technology*, vol. 17, pp. 176–209.

Kacker, R. N., and Shoemaker, A. C. (1986). "Robust design: a cost effective method for improving manufacturing process." *AT& T Technical Journal*, vol. 65, pp. 39–50.

Kacker, R. N., and Tsui, K. L. (1990). "Interaction graphs: graphical aids for planning experiments." *Journal of Quality Technology*, vol. 22, pp. 1–14.

Kastembaum, M. A., Hoel, D. G., and Bowman, K. O. (1970). "Sample size

requirements; one-way analysis of variances, randomized block designs." *Biometrika*, vol.57, pp.421-430,573-578.

Khuri, A. I., and Cornell, J. A. (1987). *Response Surfaces: Designs and Analyses*, Marcel Dekker, New York.

Ku, H. H. (ed.) (1969). *Precision Measurement and Calibration—Statistical Concepts and Procedures*, National Bureau of Standards Special Publication 300, vol.1. U.S. Government Printing Office, Washington, DC.

Kurtz, T.E., Link, B.F., Tukey, J.W., and Wallace, D.L. (1965). "Short-cut multiple comparisons for balanced single and double classifications." *Technometrics*, vol.7, pp.95-165.

Lenth, R. V. (1989). "Quick and easy analysis of unreplicated factorials." *Technometrics*, vol.31, pp.469-473.

Leon, R. V., Shoemaker, A. C., and Kacker, R. N. (1987). "Performance measure independent of adjustment: an explanation and extension of Taguchi's signal to noise ratio." *Technometrics*, vol.29, pp.253-285.

Lilliefors, H. W. (1967). "On the Kolmogorov-Smirnov test for normality with mean and variance unknow." *Journal of the American Statistical Association*, vol,62, pp.399-402.

Lin, D.K.J. (1993). "A new class of supersaturated designs." *Technometrics*, vol. 35, pp.28-31.

Lin, D. K. J. (1995). "Generating systematic supersaturated designs." *Technometrics*, vol.37, pp.213-225.

Lucas, J.M. (1985). "Comment on Off line quality control, parameter design and the Taguchi method' by K.N. Kacker." *Journal of Quality Technology*, vol.17, pp.195-197.

Mandel, J. (1964). *Statistical Analysis of Experimental Data*. John Wiley, New York.

Margolin, B.H. (1969). "Results on factorial designs of resolution IV for the 2^n and 2^n3^m series." *Technometrics*, vol.11, pp.431-444.

Mason, R.L., Gunst, R.F., and Hess, J.L. (1989). *Statistical Design and Analysis of Experiments with Applications to Engineering and Science*. John Wiley, New York.

Miller, R.G., Jr. (1981). *Simultaneous Statistical Inference*, 2nd ed. Springer-Verlag, New York.

Miller, A., Sitter, R.R., Wu, C.F.J., and Long, D. (1993). "Are large Taguchi-style experiments necessary? A reanalysis of gear and pinion data."

Quality Engineering, vol.6, pp.21–37.

Moen, R. D., Nolan, T. W., and Provost, L. P. (1991). *Improving Quality Through Planned Experimentation*. McGraw-Hill, New York.

Montgomery, D.C. (1991). *Introduction to Statistical Quality Control*, 2nd ed. John Wiley, New York.

Montgomery, D. C. (1991). *Design and Analysis of Experiments*. John Wiley, New York.

Montgomery, D. C. (1991). "Using fractional factorial designs for robust design process development." *Quality Engineering*, vol.3, pp.193–205.

Montgomery, D. C., and Voth, S. R. (1994). "Multicollinearity and leverage in mixture experiments." *Journal of Quality Technology*, vol.26, pp.96–108.

Mundel, A. (1984). "Group testing," *Journal of Quality Technology*, vol. 16, pp.181–188.

Myers, R. H., Khuri, A. I., and Carter, W. H. (1989). "Response surface methodology: 1966–1988." *Technometrics*, vol.31, pp.137–157.

Myers, R. H., and Montgomery, D. C. (1995). *Response Surface Methodology*. John Wiley, New York.

Nachtscheim, C. J. (1987). "Tools for computer aided design of experiments." *Journal of Quality Technology*, vol.19, pp.132–160.

Nair, V. J. (1988). "Analyzing dispersion effects from replicated factorial experiments." *Technometrics*, vol.30, pp.247–257.

Nair, V. J., ed. (1992). "Taguchi's parameter design: A panel discussion." *Technometrics*, vol.34, pp.127–161.

Nair, V.J., and Shoemaker A.C. (1990). "The role of experimentation in quality engineering: a review of Taguchi's contributions," pp. 247 – 277 in *Statistical Design and Analysis of Experiments*, Ghosh, G., ed, Marcel Dekker, New York.

Natrella, M. C. (1963). *Experimental Statistics*, National Bureau of Standards Handbook 91, U.S. Government Printing Office, Washington, DC.

Nelson, L. S. (1983). "Exact critical values for use with the analysis of means." *Journal of Quality Technology*, vol.15, pp.40–44.

Nelson, P. R. (1993). "Additional tables for the analysis of means and extended tables of critical values." *Technometrics*, vol.35, pp.61–71.

Neter, J., Wasserman, W., and Kutner, M. H. (1990). *Applied Linear Statistical Models: Regression, Analysis of Variance and Experimental Designs*, 3rd ed. Richard D. Irwin, Homewood, IL.

Noether, G. E. *Introduction to Statistics: The Nonparametric Way*. Springer-Verlag, New York.

Odeh, R. E., and Fox, M. (1991). *Sample Size Choice: Charts for Experimenters with Linear Models*. Marcel Dekker, New York.

Ochlert, G. W. (1994). "Isolating one cell interactions." *Technometrics*, vol. 36, pp. 403 408.

Ott, E. R. (1967). "Analysis of means—a graphical procedure." *Industrial Quality Control*, vol. 24, pp. 101–109.

Ott, E. R., and Schilling, E. G. (1990). *Process Quality Control*, 2nd ed. McGraw-Hill, New York.

Owens, D. B. (1962). *Handbook of Statistical Tables*. Addison-Wesley, Reading, MA.

Patel, M. S. (1962). "Group screening with more than two stages." *Technometrics*, vol. 4, pp. 209 217.

Peace, G. S. *Taguchi Methods: A Hands-on Approach*. Addison-Wesley, Reading, MA.

Phadke, M. S. (1989). *Quality Engineering Using Robust Design*. Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ.

Phadke, M. S. Kacker, R. N., Speeney, D. V., and Greico, M. J. (1983). "Off-line quality control in integrated circuit fabrication using experimental design." *Bell System Technical Journal*, vol. 62, pp. 1273–1309.

Piepel, G. F., and Cornell, J. A. (1994). "Mixture experiment approaches: Examples, discussion and recommendations." *Journal of Quality Technology*, vol. 26, pp. 177–196.

Plackett, R. L., and Burman, J. P. (1946). "The Design of Optimum Multi-Factorial Experiments." *Biometrica* vol. 33, pp. 305–325.

Pocock, S. (1983). *Clinical Trials*. John Wiley, New York.

Ramig, P. F. (1983). "Applications of the analysis of means." *Journal of Quality Technology*, vol. 15, pp. 19–25.

Rechtshaffner, R. (1967). "Saturated fractions of the 2^n *and* 3^m factorial designs." *Technometrics*, vol. 9, pp. 569–575.

Scheffé, H. (1953). "A method for judging all contrasts in the analysis of variance," *Biometrika*, vol. 40, p. 87.

Scheffé, H. (1958). "Experiments with mixtures." *Journal of the Royal Statistical Society, Series B*, vol. 20, pp. 344–360.

Schilling, E. G. (1973). "A systematic approach to the analysis of means." *Journal*

of Quality Technology, vol.5, pp.93–108, 147–159.

Schmidt, S.R., and Launsby, R.G. (1991). *Understanding Industrial Designed Experiments*, Air Academy Press, Colorado Springs.

Shoemaker, A., Tsui, K.-L., Wu, J.C.F. (1991). "Economical Experimentation Methods for Robust Design." *Technometrics*, vol.33, pp.415–428.

Searle, S.R., Casella, G., and McGulloch, C.E. (1992). *Variance Components*. John Wiley, New York.

Sheesley, J.H. (1980). "Attributes comparison of k samples involving variables or data using the analysis of means." *Journal of Quality Technology*, vol. 12, pp.47–52.

Snedecor, G.W., and Cochran, W.G. (1980). *Statistical Methods*. The Iowa University Press, Ames, IA.

Snee, R.D. (1973). "Design and analysis of mixture experiments." *Journal of Quality Technology*, vol.3, pp.159–169.

Snee, R.D. (1974). "Computaton and Use of Expected Mean Squares in Analysis of Variance." *Journal of Quality Technology*, vol.6, pp.128–137.

Snee, R.D. (1979). "Experimental designs for mixture systems with multicomponent constraints." *Communications in Statistics*, vol.A8, pp.303–326.

Snee, R.D. (1983). "Graphical analysis of process variation studies." *Journal of Quality Technology*, vol.15, pp.76–88.

Snee, R.D. (1985). "Computer-aided design of experiments: Some practical experiences." *Journal of Quality Technology*, vol.17, pp.222–236.

Snell, E.J., and Simpson, H.R. (1991). *Applied Statistics: A Handbook of GENSTAT Analysis*. Chapman and Hall, London.

Spector, P. (1994). *An Introduction to S and S-Plus*. Duxbury Press, Belmont, CA.

Spurrier, J.D. (1992) "Optimal designs for comparing the variances of several treatments with that of a standard treatment." *Technometrics*, vol.34, pp.332–339.

Stephens, Matthew P. (1994). "Comparison of robustness of Taguchi's method with classical ANOVA under conditions of homogeneous variances." *Quality Engineering*, vol.7, pp.147–167.

Taguchi, G. (1978). "Off-line and on-line quality control systems." *Proceedings of Internationl Conference on Quality*, Tokyo.

Taguchi, G. (1986). *Introduction to Quality Engineering*. Asian Productivity

Association, Tokyo.

Taguchi, G. (1987). *Systems of Experimental Design*, vol. 1. Unipub, Kraus International Publications, New York.

Tang, K., and Tang, J. (1994). "Design of screening procedures: A review." *Journal of Quality Technology*, vol.26, pp.209–226.

Toylor, G.A.R. (1994). "Analysis of experiments by using half normal plots." *The Statistician*, vol.43, pp.529–536.

Thomas, G.E., and Kiwanga, S.S. (1993). "Use of ranking and scoring methods in the analysis of ordered categorical data from factorial experiments." *The Statistician*, vol.42, pp.55–67.

Thompson, W.O., and Myers, R.H. (1968). "Response surface designs for mixture problems." *Technometrics*, vol.10, pp.739–756.

Tribus, M., and Sconyi, G. (1989). "An alternative view of the Taguchi approach." *Quality Progress*, vol.22, pp.46–48.

Tukey, J.W. (1949). "Comparing individual means in the analysis of variance." *Biometrics*, vol.5, p.99.

Vining, G.C., and Myers, R.H. (1990). "Combining Taguchi and response surface philosophies: A dual response approach." *Journal of Quality Technology*. vol.22, pp.38–45.

Wadsworth, H. (ed.) (1990). *Handbook of Statistical Methods for Engineers and Scientists*, McGraw-Hill, New York.

Wang, J.C., and Wu, C.F.J. (1991). "An approach to the construction of asymmetrical orthogonal arrays." *Journal of the American Statistical Association*, vol.86, pp.450–456.

Watson, G.S. (1961). "A study of the group screening method." *Technometrics*, vol.3, pp.371–388.

Webb, S.R. (1968a). "Non-orthogonal designs of even resolution." *Technometrics*, vol.10, pp.291–299.

Webb, S.R. (1968b). "Saturated sequential factorial design." *Technometrics*, vol.10, pp.535–550.

Wernimont, G. (1951). "Design and Analysis of Interlaboratory Studies of Test Methods." *Analytical Chemistry*. vol.23, p.1572.

Welch, W.J., Yu, T.K., Kang, K.S., and Sacks, J. (1990). "Computer experiments for quality control by parameter design." *Journal of Quality Technology*, vol.22, pp.15–22.

Winer, B.J. (1971). *Statistical Principles in Experimental Design*, 2nd ed. Mc-

Graw-Hill, New York.

Wu, C.F.J., and Chen, Y.Y. (1992). "A graph aided method for planning two-level experiments when certain interactions are important." *Technometrics*, vol.34, pp.162-175.

Wu, C.F.J., Mao S.S., and Ma, F.S. (1990). "Sequential elimination of levels—An investigation method using orthogonal arrays" (Chinese). *Chinese Journal of Applied Probability and Statistics*, vol.6, pp.185-204.

Youden, W.J. (1959). "Graphical diagnosis of interlaboratory tests." *Industrial Quality Control*, vol.15, pp.1-5.

Youden, W.J. (1963). "Ranking laboratories by round-robin tests." *Materials Research and Standards*. vol.3, pp.9-13.

Youden, W.J. (1967). *Statistical Techniques for Collaborative Tests*. Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC.

Youden, W.J. and Humter, J.S. (1955). "Partially replicated Latin squares." *Biometrics*, vol.5, pp.99-104.

Zahn, D.A. (1975). "Modifications of and revised critical values for he half-normal plot." *Technometrics*, vol.17, pp.189-200.

(遇今 译)

第 48 章

可靠性概念与数据分析

威廉·Q·米克尔（William Q. Meeker）
路易斯·A·埃斯特巴尔（Luis A. Escobar）
内吉普·多阿纳克索伊（Necip Doganaksoy）
杰拉尔德·J·哈恩（Gerald J. Hahn）

引言
- 质量与可靠性的关系
- 可靠性数据分析的应用
- 可靠性数据的来源与类型
- 计算机软件

寿命数据模型
- 失效时间模型概念
- 可靠性分析中的其他重要量值
- 常见的失效时间参数分布

删失寿命数据分析
- 简单寿命试验数据（单个删失）
- 概率描图
- 最大似然估计
- 寿命试验中样本容量选择指南
- 多重删失数据分析

加速寿命试验模型与数据分析
- 加速方法
- 加速模型
- 增温加速试验
- 加速寿命试验的计划
- 分析加速寿命试验数据的策略

系统可靠性概念
- 系统可靠性术语
- 部件为串联的系统
- 部件为并联的系统

可修系统的数据
- 点过程数据的非参数模型
- MCF 的非参数估计
- 两样本修理数据的非参数比较

有关可靠性的其他问题
- 可靠性数据和信息的来源
- FMEA 与 FMECA
- 故障树
- 改进可靠性的实验设计
- 可靠性验证
- 筛选和老化
- 可靠性增长
- 软件可靠性

致谢

参考文献

引言

质量与可靠性的关系 技术的飞速发展、高度复杂的产品开发、剧烈的全球竞争以及日益升高的顾客期望均为制造商生产高质量的产品带来了新的压力。生产者通常将高质量视为使废品和返工最少，顾客关心的则是功能性、可靠性和整个产品的寿命。顾客期望所购买的产品达到或超过预期的寿命并且是安全的。从技术上来讲，可靠性通常被定义为系统、车辆、机器、装置或其他产品在规定的运行条件下、规定的时间内完成其预定功能的概率。改进可靠性是改进产品质量这一更广泛目标的一个重要组成部分。关于质量有许多不同的定义，但不可靠的产品也不是高质量的产品这一认识却是一个普遍的共识。康德拉（Condra，1993）强调“可靠性是每时每刻的质量”。

旨在改进现有产品的可靠性和确保未来产品的持续高可靠性的现代的可靠性活动必须具有相应的定量方法，以预测和评估产品的可靠性，并提供有关失效的根本原因的预兆和信息。在许多情况下，这将包括可靠性数据的收集与分析，这些数据来自于材料、装置和部件的实验室试验（或实验设计）、早期样机单元的测试、早期的生产单元的仔细监控、担保（warranty）数据分析以及对现场使用产品的长期系统跟踪等。这也常常包括对于这类活动的精心计划，以确保获得最有意义的信息。可靠性评价所面对的挑战超出了通常的质量评价所面对的挑战，因为在产品制造的时刻与取得可靠性数据的时刻之间通常存在着一段时间的间隔。

可靠性数据分析的应用 获取可靠性数据的一些主要的目的包括：

- 及早确认失效模式并了解和消除其根本原因，从而使可靠性得到改进。
- 获得现场失效信息以帮助改进产品设计，或以后的产品设计。
- 确定每一产品单元在交付（何种条件）之前应运行多长时间以避免过早的现场失效。这有时被称为“老化”。
- 对可靠性加以量化以确定产品可否交付，亦即产品是否满足规定的可靠性水平。
- 预测担保的成本。
- 对于现场产品的召回（以及召回的程度）加以决定。

尽管后四个目标是分析者最常遇到的要求，但专注于此有时则有些过早。第一个目标是最基本的，因为事实上，如果没有早期失效模式，人们就不能证实其可靠性的高水平，它也是避免昂贵的老化和现场召回的重要条件。但是，本章的大部分讨论将放在后四个目标上。第 3 章（质量计划过程）和第 19 章（研究和开发质量）考虑了确保高可靠性的整个过程。

可靠性数据的来源与类型 对于以下的可靠性数据类型加以区分是非常重

要的：

- 可修系统的依序报告的系统修理时间（或其他的系统特定事件的时间）。
- 不可修的单元或部件（包括可修系统中的不可修部件）的失效时间。

当对大的系统和子系统（甚至那些可修复的子系统）进行可靠性试验时，必须能够获得详细的部件层次的失效原因信息。如果收集数据的目的是为了改进系统的可靠性而非评估整个系统的可靠性，获得这种信息就尤为重要。以下各节讨论了不可修单元或部件的数据分析的方法以及系统修理数据的分析方法。

可靠性数据来自于许多不同的情况。例如：

- 研究特定的材料、部件或子系统的耐久性、磨损或其他寿命特性的实验室试验。
- 在产品交付给顾客之前对整个系统或子系统进行的使用寿命测试。
- 顾客的现场使用。

可靠性数据一般是删失（censored）的，即某些单元并未失效，且（充其量）只知道其生存时间而非失效时间。在所有单元均失效之前必须对数据加以分析，这是数据删失的最常见原因。当未失效单元删失时间不同时，对于删失数据的分析要更为复杂。当产品单元开始试验或投入现场使用的时间不同时，便会出现这种情况，分析现场失效数据时通常面对的便是如此情况。当单元在经过时间中具有不同的暴露程度，或是人们要评价由特定的失效模式所引起的失效时（在这种情况下来自于其他独立模式的失效在数据分析中被视为删失观测值），也是这种情况。标准的删失数据分析所需的一个重要假定是，单元的删失时间独立于其失效的时间。例如，一个因即将失效而被从现场拆除的单元，若将之视为删失的观测值则会使分析发生偏差。

计算机软件　本章主要集中于可靠性数据分析的方法及其应用。我们只有在能够说明问题并有助于读者理解如何使用方法时才给出公式。

尽管用手工进行一些最简单的可靠性计算分析是可能的，但是为了更有效地分析，还是应当使用计算机处理以及具有现代高分辨率的图形显示。

遗憾的是，只有少数非常著名的标准数据分析计算软件包具有进行可靠性数据分析的充分能力。随着软件厂商对于其顾客需要的日益了解，可以预计各种商业软件包的能力将得到改善。

SAS PROC RELIABILITY（SAS Institute, 1996），SAS JMP（SAS Institute, 1995），S-Plus（Statistical Sciences, 1996），Minitab 12（Minitab, 1997）以及一种称为 WinSMITH（Abernethy, 1996）的特殊程序，能够对简单（单分布）情况进行产品寿命数据分析，这种情况下假定所有的寿命数据都处在共同的环境中。这些软件包的易用性和用户界面有着很大的差异。此外，除了 WinSMITH，这些程序均能进行回归分析和加速寿命试验分析。SAS JMP 还能分析具有一个以上的失效模式的数据。SAS PROC RELIABILITY 能够进行本章所讨论的非参数可修

系统的分析。米克和埃斯科瓦尔（Meeker and Escobar，1998）描述了能够进行本章所讨论的全部分析的 S-Plus 的功能。

寿命数据模型

本节主要针对不可修部件或其他的失效时是替换而非修理的产品（或可修产品的第一次失效时间）。这里将讨论以下内容：

1. 表达不可修产品失效时间的统计模型。

2. 从具有分布假定和没有分布假定的失效时间数据中估计重要的量值（如失效概率、分布分位数等）的方法。

我们首先讨论在一个单用途环境中的失效时间的模型。在随后的加速寿命试验的讨论中，我们将描述相应的回归模型，这些模型解释了诸如温度这样一些因素对于寿命的影响。

失效时间模型概念 某个产品失效时间 T 的分布的特征可通过分布函数（cumulative distribution function，cdf）、概率密度函数（probability density function，pdf）、生存函数（survival function，sf）或危险函数（hazard function，hf）来加以描述。分布函数和概率密度函数在许多情况下都是对统计模型加以描述的普遍方法（在基础统计学教程中都会加以讨论）。另一方面，危险函数并不普遍为人们所了解，但它在产品寿命数据分析中却有着特别的适应性。我们将对这些函数加以讨论并将之表示在图 48—1 中（一个可能的失效时间的分布）。选用哪个或哪些函数取决于所面对的实际问题。所有这些函数都有其特定的用途。

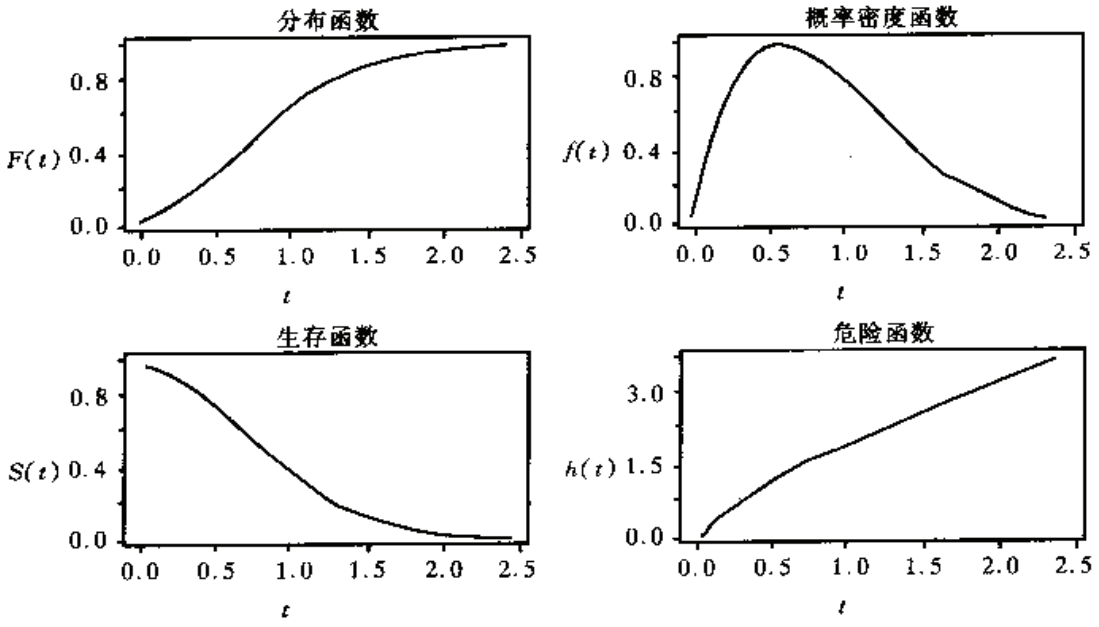


图 48—1 典型的失效时间的分布函数、概率密度函数、生存函数和危险函数

T 的分布函数 cdf，$F(t)=\Pr(T\leqslant t)$，给出了从总体或过程中随机选出的某个单元在时刻 t 之前失效的概率。作为替代，$F(t)$可被理解为在 t 时刻之前将失效的单元在总体（或稳态过程）中的比例。[这里的稳态过程定义为产出具有不随时间而改变的$F(t)$的产品单元的过程。]

生存函数 sf（也称为可靠性函数）是分布函数 cdf 的补，即 $S(t)=\Pr(T>t)=1-F(t)=\int_t^{\infty} f(x)\mathrm{d}x$，它给出了直到 t 时刻的生存概率。

连续随机变量 T 的概率密度函数 pdf 被定义为 $F(t)$关于 t 的微分：$f(t)=\mathrm{d}F(t)/\mathrm{d}t$。这样，对于一个正的随机变量，$F(t)=\int_f^t(x)\mathrm{d}x$。概率密度函数可用来表示作为时间函数的失效时间的相对频率，也可看做是由大量的失效时间的观测值构成的一个平滑的直方图。

危险函数 hf（也称为危险率、瞬时失效率函数，等等）被定义为：

$$h(t)=\lim_{\Delta t\to 0}\Pr(t<T\leqslant t+\Delta t\mid T>t)=\frac{f(t)}{1-F(t)}$$

危险函数表达了在生存到时刻 t 的条件下，在下一个很小的时间间隔内失效的倾向。即对于充分小的 Δt，$h(t)\times\Delta t\approx\Pr(t<T\leqslant t+\Delta t\mid T>t)$。失效函数可解释为在以下意义上的失效率。如果在时刻 t 有一个很大数目的产品数［比如 $n(t)$］处在运行中，则$n(t)\times h(t)$就约等于单位时间的失效数［或 $h(t)$ 就约等于每单位时间处于风险中的单位产品的失效数］。由于它与失效过程和维修策略之间的密切关系，可靠性工程师经常用$h(t)$来对失效时间建模。如图 48—2 所示的“浴盆曲线”对于某些产品总体的危险给出了一个有用的概念模型。有些产品单元会因质量缺陷而导致早期的失效（初期失效率）。在产品使用寿命的大部分期间，危险大致上是恒定的，因为这一期间的失效是由于随机发生的外部冲撞而引起的。后期寿命失效可归因于磨损。许多可靠性试验所关注的都是该曲线的这端或那端。

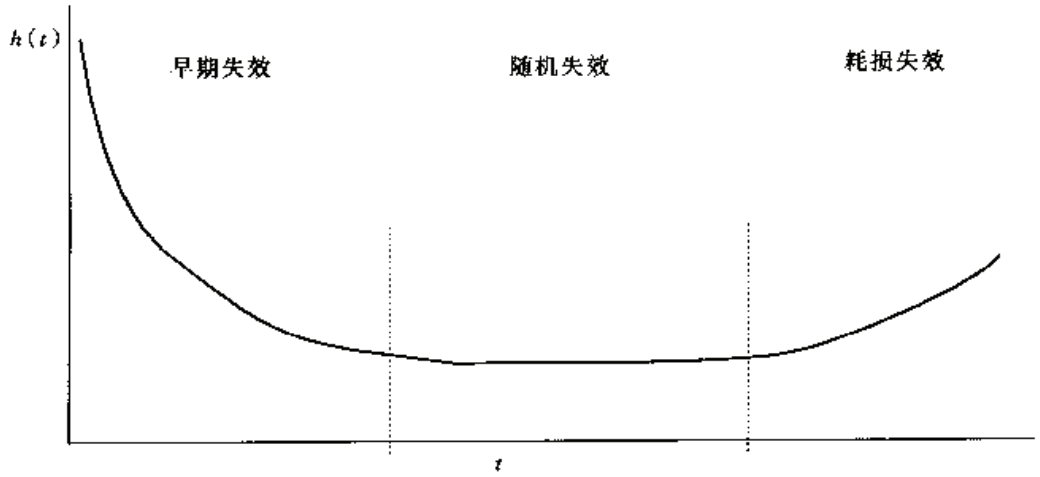


图 48—2　危险函数的浴盆曲线

可靠性分析中的其他重要量值 一个正的随机变量 T 的均值（也称做“期望”或“一阶矩”）是关于集中趋势或平均时间的一个量度，它定义为：

$$E(T)=\int_0^\infty tf(t)\mathrm{d}t=\int_0^\infty[1-F(t)]\mathrm{d}t$$

当概率密度函数$f(t)$高度歪斜时，例如有很长的右尾（如许多寿命数据所表现出的那样），平均失效时间与其他的集中趋势的量度，如中值失效时间（总体中有一半的单元失效的时间）等，会有显著的不同。平均失效时间 $E(T)$有时简记为 MTTF。

统计模型的传统参数（均值和标准差）常常并非可靠性研究所关注的焦点。相反，设计工程师、可靠性工程师、经理人员和顾客更关注那些特定的产品可靠性参数或特别的失效时间分布特性，如分布的分位数。特别地，分位数 t_p 是总体中的一个特定的比例 p 失效的时间。同样，$F(t_p)=p$。例如，t_{20}是总体的20%将失效的时间。另外，人们常常希望知道$F(t)$，即与某一个特定的使用小时数、天数、周数、月数或年数相联系的失效概率，例如，某产品在现场使用的头 5 年失效（或不失效）的概率。

常见的失效时间参数分布

指数分布 指数分布的分布函数为：

$$F(t;\theta)=1-\exp(-\frac{t}{\theta}),t>0$$

其中，分布参数 $\theta>0$ 是一个尺度参数。指数分布中没有形状参数，因此其只有一种单一的独特形状。图 48—3 给出了当 $\theta=0.5$，1 和 2 时的指数分布的分布函数、概率密度函数和危险函数。指数分布的 p 分位点是$t_p=-\theta\log(1-p)$。指数分布具有一个重要的性质，其危险函数$h(t)=1/\theta$是恒定的（不依时间 t 而变

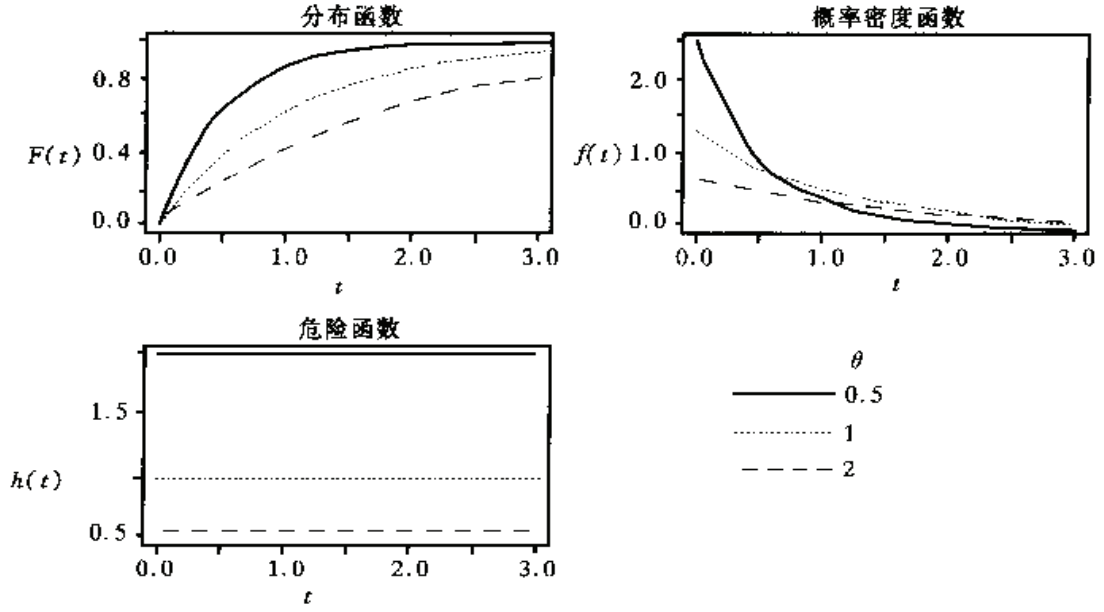


图 48—3 $\theta=0.5,1$ 和 2 时指数分布的分布函数、概率密度函数和危险函数

化)。恒定的危险意味着，一个未失效的单元在下一个时间段内失效的概率独立于该单元的使用时间。从物理上而言，一个恒定的危险意味着总体中的单元不存在初期失效的失效模式，也没有耗损或其他形式的老化。因此，这种模型或许适合于当失效是由独立于产品寿命和过去历史的某个外部现象所导致的情况下。这方面的一个例子如餐馆中的盘子的使用寿命，其寿命的终结是破碎的结果。指数分布因其简单而得到了广泛而有时是不恰当的应用。指数分布对于机械部件建模是不合适的，这些部件会受到疲劳、腐蚀或磨损的综合作用；对于寿命期内表现出耗损性质的电子产品也是不适当的（如激光和灯丝装置)。

威布尔分布　威布尔分布的分布函数为：

$$F(t;\eta,\beta)=1-\exp[-(t/\eta)^{\beta}],t>0$$

其中，$\beta>0$ 是形状参数；$\eta>0$ 是尺度参数（它近似于该分布的 0.63 分位点)。威布尔分布的 p 分位点为 $t_p=\eta\ [-\log\ (1-p)]^{1/\beta}$。指数分布是当威布尔分布中的 $\beta=1$ 时的特殊情形。威布尔分布的实际重要性在于它具有描述许多不同形状的失效分布的能力。如图 48—4 所示，当 $0<\beta<1$ 时，威布尔危险函数是递减的；而当 $\beta>1$ 时，威布尔危险函数则是递增的。因此，威布尔分布既能够用来描述因初期失效引起的递减的危险，也能够描述由于耗损产生的递增危险，但不能同时描述两者。威布尔分布常用来作为绝缘材料和许多其他产品的寿命模型以及材料强度的模型。对于有些场合下的应用可以从理论上得到解释。

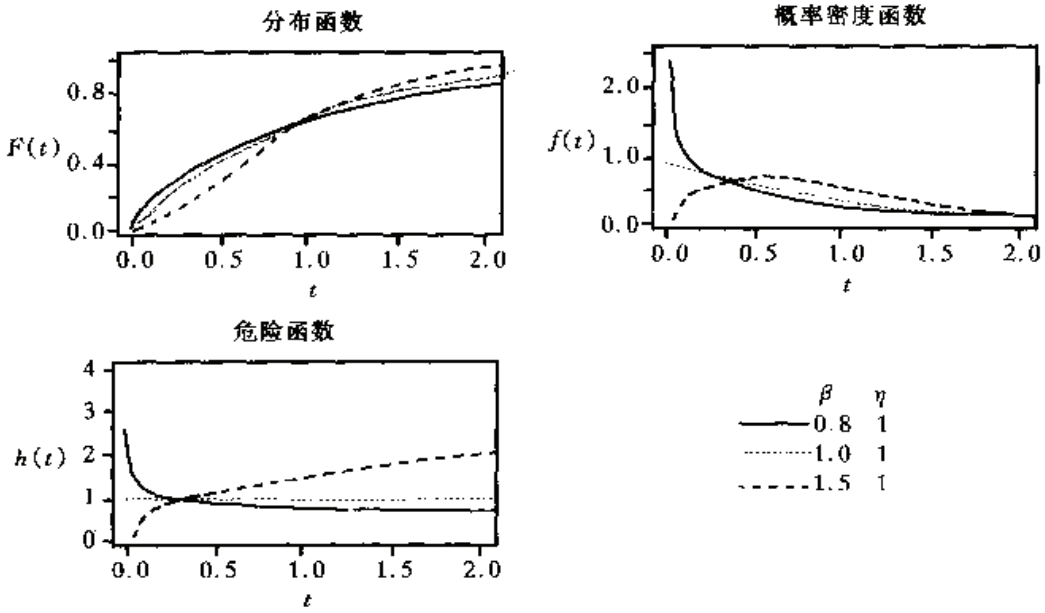


图 48—4　威布尔分布的分布函数、概率密度函数和危险函数

(尺度参数 $\eta=1$，形状参数 $\beta=0.8,1.0$ 和 1.5)

威布尔随机变量的对数 $Y=\log\ (T)$ 服从于最小极值分布，从而

$$\Pr[\log(T)\leqslant\log(t)]=F(t;\mu,\sigma)=\Phi_{sev}\left(\frac{\log(t)-\mu}{\sigma}\right)$$

其中，$y=\log(t)$，$\Phi_{sev}=1-\exp[-\exp(z)]$，$\mu=\log(\eta)$ 是位置参数，而 $-\infty<\mu<\infty$，$\sigma=1/\beta>0$ 是尺度参数。威布尔分布与最小极值分布间的关系类似于正态分布与对数正态分布间的关系，这种关系在本章稍后解释失效时间回归分析以及加速寿命试验的方法时将会用到。

对数正态分布 尽管正态分布在其他统计应用中扮演着中心的角色，但作为失效时间模型常常并不合适。这是因为失效可以发生在起点之后的很短时间内，但不可以是负值。失效时间的对数则常常可以用正态分布来很好地描述，这相当于符合一个对数的正态分布。对数正态分布的分布函数为：

$$F(t;\mu,\sigma)=\Phi_{nor}\left[\frac{\log(t)-\mu}{\sigma}\right],\quad t>0$$

其中，Φ_{nor}是标准正态分布的分布函数（参见第 44 章）。参数 $\exp(\mu)$ 是一个尺度参数，也是分布的中位数，对数正态分布 >0 是形状参数。对数正态分布的 p 中位点为 $t_p=\exp[\mu+\Phi_{nor}^{-1}(p)\sigma]$，其中 Φ_{nor}^{-1}是标准正态分布的逆。对数正态分布与正态分布之间的关系常用于简化对数正态分布的应用。

对数正态分布通常用做失效时间分布的模型。如图 48—5 所示，对数正态分布的危险函数总是从 0 点开始，增加到一个最大值，然后在 t 充分大时接近于 0。

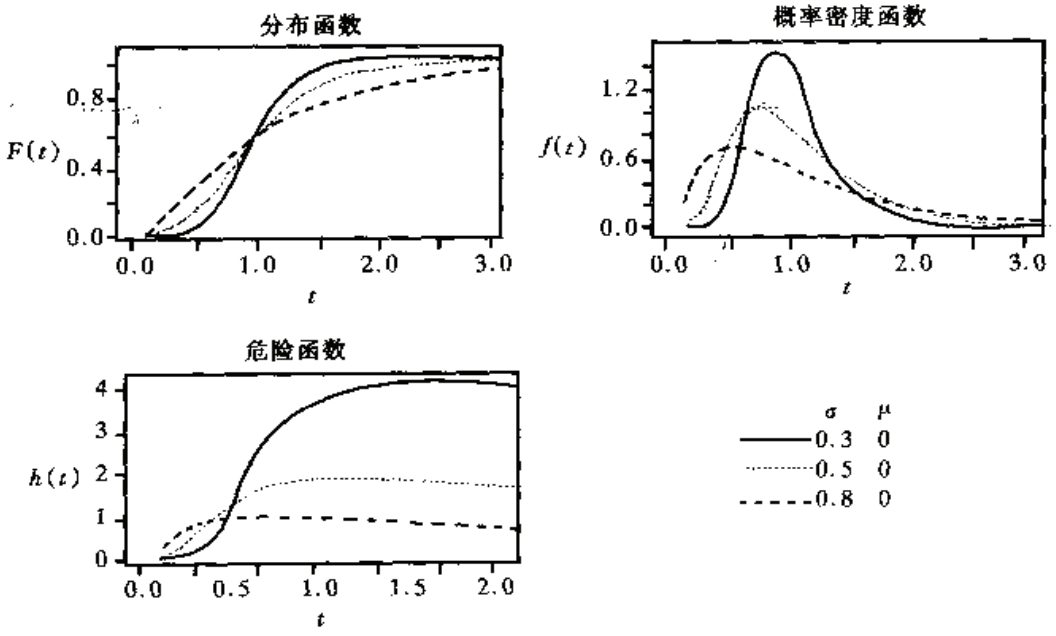


图 48—5 对数正态分布函数、概率密度函数和危险函数

（尺度参数 $\exp(\mu)=1$ 和形状参数 $\sigma=0.3,0.5$ 和 0.8 的情况）

根据中心极限定理（参见第 44 章），对于源自大量独立同分布的正的随机影响结果的一个随机变量，应用对数正态分布是合理的。例如，对于具有多样的随机率常量组合的退化过程所引起的失效时间而言，对数正态分布是一个适当的模型。相应地，对数正态分布被广泛应用于描述由疲劳而引起的失效时间，应用在微电子技术领域。

其他的寿命分布　有关可用于描述寿命分布的各种其他分布的详细讨论，见哈恩和夏皮罗（Hahn and Shapiro，1967，chap.8）和米克和埃斯科瓦尔（Meeker and Escobar，1998，chap. 4，5）的论述。

多重失效模式　在更复杂的情况下（例如在上述“浴盆曲线”的情形中，既有初期失效又有磨损的产品），数据对于上述的任何模型都不符合。当具有一个以上的失效模式时便常常表现为这种情况。在这种场合，如果单个的失效模式可以区分开来，通常最好对每一模式分别加以评价，然后再将结果综合成一个总的系统概率。[这方面的例子可参见 Nelson（1982，chap.5）或 Meeker and Escobar（1998，chap.15）。]

删失寿命数据分析

本节将介绍分析寿命数据的一些简单但却有效的方法。第一个例子将使用来自一个实验室寿命试验的数据。第二个例子介绍对于来自一个现场追踪研究的多重删失数据的分析。在两种情况下我们均按如下步骤进行：

1. 对数据进行图示分析，利用一个非参数的程序（不要求关于分布形式的任何假定）在特殊的概率纸上描点。如此描出的图形使得我们能够探讨可能的分布模型的充分性。

2. 如果某个参数分布对于所获数据给出了充分的描述，则估计该分布的参数。

3. 利用这些参数估计，估计该分布的相关分位数、特定时间总体中失效的比例、危险函数值以及某些或全部这些估计的适当的置信区间。

简单寿命试验数据（单个删失）　对于连续或非常频繁地监测失效而获得的 n 个观测值的简单寿命试验数据，所有删失均在观测期间的末端（对于某些实验室寿命试验来说这是典型的），$F(t)$的非参数估计可计算如下：

$$F(t)=\frac{\text{到时刻 } t \text{ 的失效数}}{n} \tag{48.1}$$

这是一个阶梯函数，在每一失效时间跳跃 $1/n$（除非存在着约束 ties，在这种情况下这一估计值的跳跃为所约束的失效个数除以 n）。这一估计不要求有关分布形式的假定。估计值只能计算到删失时间为止，而不能越过去。

例子：链联结疲劳寿命　帕里德（Parida，1991）给出了对于 130 个链联结所进行的可控载荷高循环疲劳试验的结果。从制造链的不同炉子构成的总体中随机选择 130 个链。每个链测试至失效或运转够 8 万个循环，哪个先出现就算哪个。总共有 10 个失效，在第 3.3 万、4.6 万、5.0 万、5.9 万、6.2 万、7.1 万、7.4 万和 7.5 万个循环分别有一个失效，而在第 7.8 万个循环时有两个失效。其

他的 120 个链在第 8.0 万个循环时仍未失效。图 48—6 给出了这些数据的$F(t)$的阶梯函数的非参数估计。

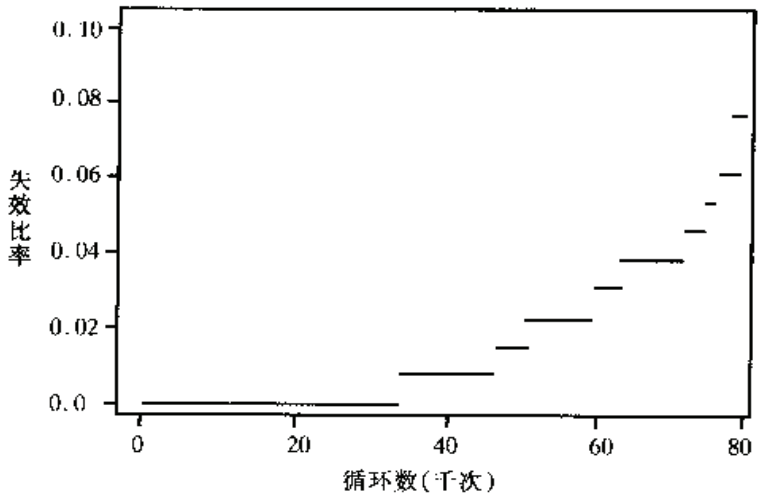


图 48—6 链联结失效数据的 $F(t)$的非参数估计

概率描图 将图 48—6 中的数据与诸如图 48—3、图 48—4、图 48—5 中所示的理论分布相比较是非常困难的，因为肉眼很难比较非线性曲线。概率描图将数据标示在一个特殊的概率刻度上，当特定的理论分布绘制在这样的刻度上时就成为一条直线。例如取威布尔分布分位数的对数，便给出了一条直线$\log(t_p) = \log(\eta) + (1/\beta)\log[-\log(1-p)]$。这样，将数据适当地描绘在概率纸上，并评估所绘图形是否足够地近似于一条直线，对于预想模型是否恰当地给出了一个简单的评估。另外，概率描图还普遍用于估计：

- 分布的分位数；
- 到规定寿命时间的生存概率。

图 48—7 是链联结疲劳数据的威布尔概率曲线。绘制概率曲线的一个常用方法是在时间轴上取第 i 个最大的时间值（或失效时的循环数），在概率轴上相对于 $i=1, 2, \cdots$，取 $(i-0.5)/n$ 值。这相当于在图 48—6 的阶梯函数中的每一跳跃点上标绘出了阶梯时间以及阶梯间的半程点，如图 48—7 所示。通过这些点画一条曲线使得我们能够估计分布的分位数和生存概率，而无须假定任何分布模型。但是，标绘在图 48—7 上的点子几乎构成了一条直线，表明威布尔分布给出了对于该数据的一个很好的拟合。在图 48—7 中包含有一个特殊的 β 轴，这使得人们能够从图上获得一个关于威布尔形状参数的估计。这可以通过从图的顶部的十字符号引出一条直线，使之平行于能够最好地拟合数据点的那条直线。这样便可以从 β 轴上读出关于 β 的图形估计。在这一例子中的威布尔形状参数的图形估计为 $\beta \approx 3.62$。威布尔尺度参数 η 的图形估计可以通过对所描点子画一条拟合的直线并读出 0.63 分位点的估计值来获得，此例中得出的 $\eta \approx 185$。图 48—7 的网格线对于手工绘制图形或从图上读数是非常有帮助的。也有人认为网格线妨碍了

对图形的判读，是否采用应当作为软件的一个选项。

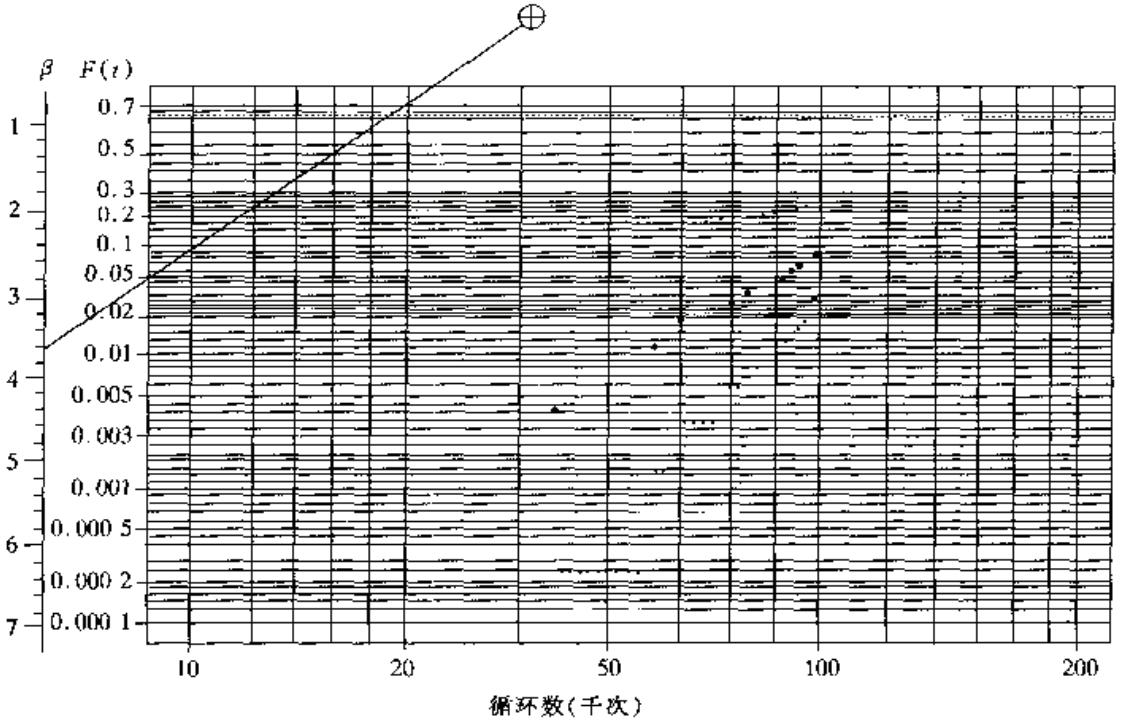


图 48—7　链联结疲劳数据 95%联立置信域的威布尔概率曲线

在这一概率图上较轻的点划线是 95%的联立非参数（即没有任何参数分布的假定）置信区间，它有助于判断$F(t)$的估计的抽样不确定性。这些置信区间是利用奈尔（Nair，1984）所描述的方法而获得的，是由拟合度试验的逆来决定的。如果能够画一条直线通过置信区间，如本例中这样，则由概率纸所反映出的分布（在图 48—7 中是威布尔分布）作为产生这些数据的一个模型便不能被排除掉。

一个类似的对数正态描点图（这里没有画出）表明这些数据也可能来自于一个对数正态分布。对数正态分布的假设在数据范围内给出了有关分位数的类似估计，但在数据范围之外则表现出显著差异。

最大似然估计　最大似然（ML）方法为借助于一个假设的模型来拟合寿命分布，并对诸如分布分位数和失效概率等诸多特性进行估计提供了一种正式的、客观的统计方法。概率描图也能用于表示$F(t)$的 ML 估计。事实上，利用 ML 来拟合一个威布尔分布是在概率纸上拟合一条通过数据点的直线的客观方法。利用计算机程序来做这项工作是非常便利的。最小二乘法（利用标准线性回归方法）也能用来拟合这样一条对所绘点子的直线。但建议采用 ML 方法，特别是针对删失数据而言，因为这种方法具有所期望的统计特性以及其他理论上的优点。图 48—8 类似于图 48—7，但给出了一个由计算机生成的链联结数据的威布尔概率描点，同时叠加上了拟合的 ML 直线。虚线是通过一组$F(t)$的 95%的参数逐点正态近似置信区间画出的［算法如 Meeker and Escobar（1998，chap. 8）。］有

些场合下，图 48—8 中的区间所隐含着的不确定性表明尚需进一步的信息。下节将讨论如何选择样本容量以控制威布尔分布分位数置信区间的宽度。

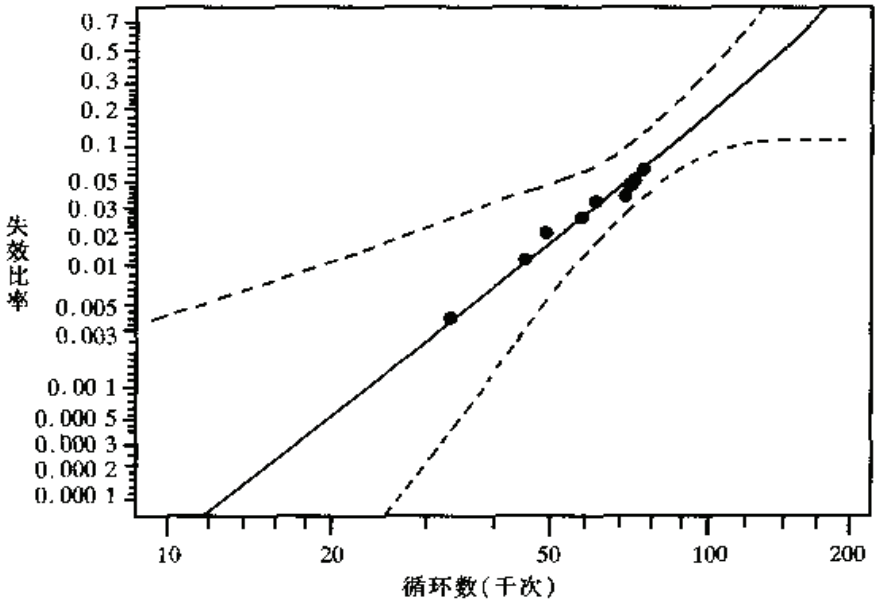


图 48—8 链联结失效数据 $F(t)$的威布尔概率描点及威布尔 ML 估计以及逐点近似的 95%置信区间

图 48—8 中所描出的概率线向两头外推而超出了所观察失效时间的范围。但是，必须认识到这样的外推是危险的，数据本身并未告诉我们在 3.0 万～9.0 万个循环范围之外的$F(t)$的形状。另外，就置信区间而言，尽管比数据范围更广，但也只反映出了因有限的数据而造成的不确定性，并假定所拟合的威布尔分布延伸到了数据范围之外。

寿命试验中样本容量选择指南 总的来说，样本越大估计也就越准确。本节讨论在简单寿命试验中如何选择样本容量 n 来控制精度。如下面的例子所示，这需要有一定的输入信息。

设计确定样本容量的相关数值 为了说明问题，假设研究人员要对一种新的机械装置进行寿命试验。测试将进行 30 天，实验人员根据过去的经验预期届时将有 7%的单元失效。从过去对类似产品的经验中，他们预期数据会符合形状参数 β 约等于 3 的威布尔分布。

利用模拟来评价精度 图 48—9 中所描出的图形比较了在上述试验条件下（威布尔分布，$\eta=30\ [-\log\ (1-0.07)]^{-1/3}=71.92$ 天，$\beta=3$）的 ML 分布函数估计的模拟，删失时间固定为 30 天，样本容量分别为 $n=40$，160，640 和 2 560；每一模拟基于容量为 n 的 30 个随机样本。每个图中较宽、较长的这条线表示假定的“真实”总体分布的分布函数，模拟数据是从这一总体中所生成的。其他线分别是从 30 个模拟中估计出的分布函数。对这些图形的比较表明，由较小的样本容量估计出的线远离真实的线。观察水平的点划线，可以看出随着样本

容量的增加，1%总体的失效时间的估计精度的改善。例如，对于 $n=40$，$t_{0.01}$ 的 30 个估计值的范围是 5.9 天～28 天，而 $n=2\ 560$ 时，这一范围则是 11.2 天～14.2 天。因此，这种模拟使得我们能够评估某一研究所得估计的预期精度并由此选择适当的样本容量。

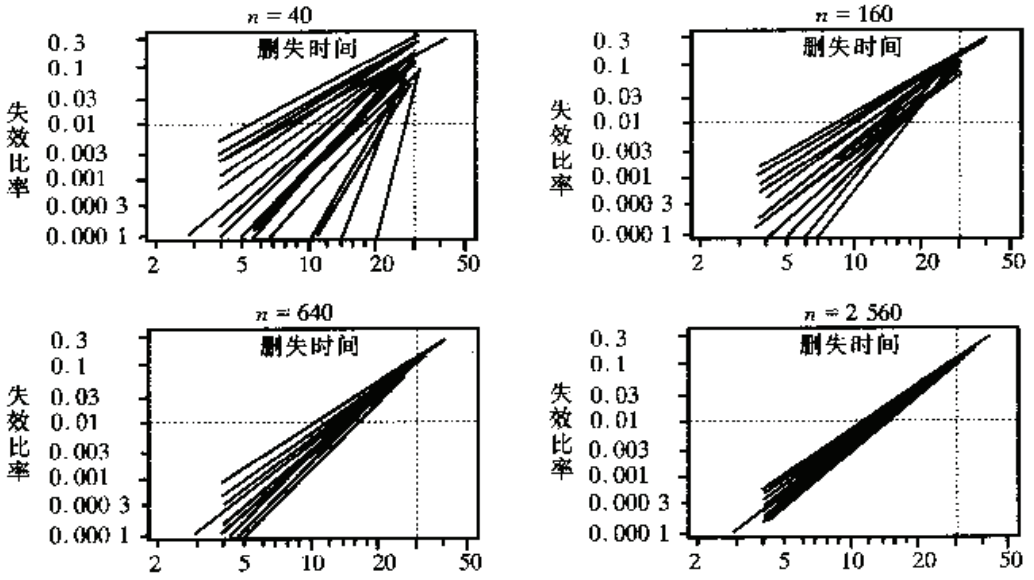


图 48—9　由 ML 估计的威布尔分布函数和 0.01 分位数估计值

（$\eta=71.92$ 和 $\beta=3$ 的威布尔分布，30 个样本的模拟，样本容量 $n=40$、160、640 和 2 560）

样本容量的解析公式　如果你更喜欢用一种解析的方式来求得估计具有规定精度的威布尔分布分位数 t_p 所需的样本容量，你可以使用一个简单的近似公式，并借助于一套曲线。在上述例子中，我们或许希望估计 95%置信真值的 40%内的 0.01 分位数。近似的公式为

$$n=\frac{z^2(1-\alpha/2)V^{\square}}{[\log(R_T)]^2}$$

其中，$z_{(1-\alpha/2)}$是标准正态分布的 $1-\alpha/2$ 分位数；$1-\alpha$ 是所希望的置信水平；$R_T>1$ 是目标精度；$V^{\square}$乘以 $(\beta^{\square})^2$ 是从图 48—10 中读出的值，这里的 $\beta^{\square}$是威布尔分布的参数 β 的设定值。在我们的例子中，$\beta^{\square}=3$。对于 95%的置信区间，$\alpha=0.05$，$1-\alpha/2=0.975$，故 $z_{0.975}=1.96$。R_T 的典型取值范围是从 1.2～2，这里希望使置信区间的端点不超过 t_p 的点估计上下 100 (R_T-1)%。本例中的 $R_T=1.4$。图 48—10 给出了大样本近似方差因子 $\beta^2\times V$ 的描点图用以估计 t_p。较小的方差意味着更好的估计精度。每条线给出了作为分位点 p 的函数的 $\beta^2\times V$，p 值根据寿命试验来加以估计，本例中，$p=0.01$。对于不同的 p_c 值对应着不同的曲线，其中，p_c 是在寿命试验中预期将失效的比例。本例中的 $p_c=0.07$。利用 p 和 p_c 值便可从图 48—10 中读出 $\beta^2\times V$，然后根据 $\beta^{\square}$值解出 $V^{\square}$。如果模型和计划值是正确的，则实际实现的精度约有 0.5 的概率将小于目标精度 R_T。

在本例中，将 $p_c = 0.07$ 和 $p = 0.01$ 用到图 48—10 中，我们得到纵坐标 $V^{\square} \times (\beta^{\square})^2 \approx 70$，因此 $V^{\square} \approx 70/(3)^2 = 7.778$。这样，对于 $R_T = 1.4$，有

$$n = \frac{z^2(1-\alpha/2)V^{\square}}{[\log(R_T)]^2} = \frac{(1.96)^2(7.778)}{[\log(1.4)]^2} \approx 264$$

便是应当进行试验的单元个数。总之，为了估计 95% 置信真值的 40% 内的 0.01 分位数，我们需要对大约 264 个单元进行最多 30 天的测试（假设服从形状参数为 3 的威布尔分布且预期 30 天后有 7% 的失效）。

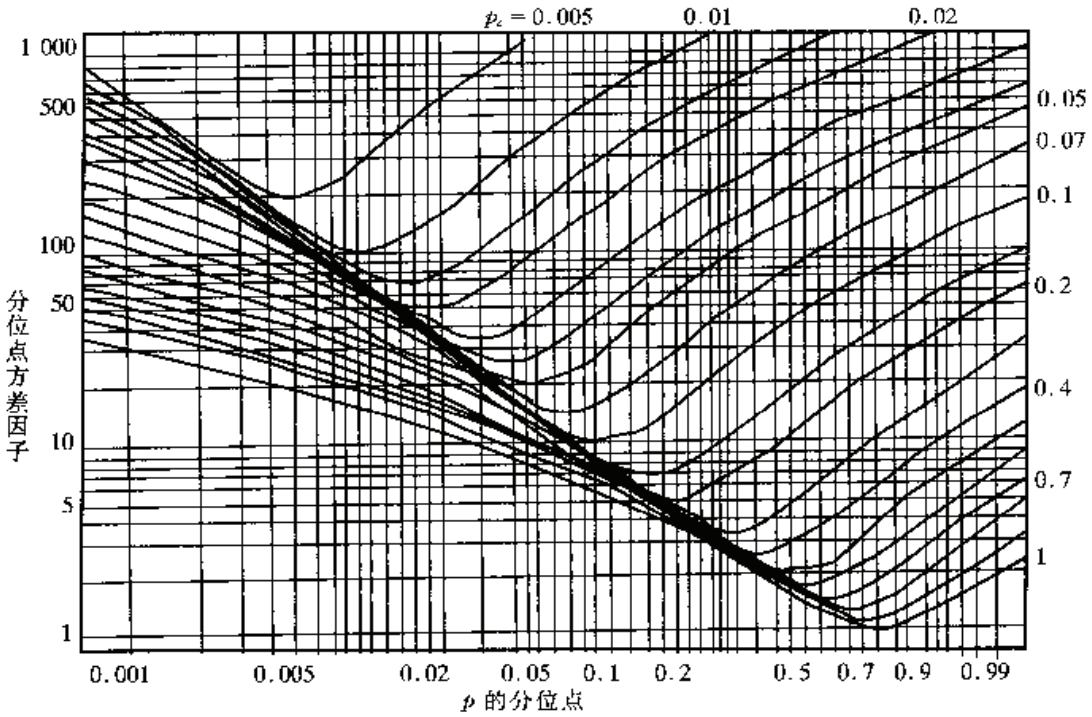


图 48—10　威布尔分布分位点最大似然估计的大样本方差因子 $\beta^2 \times V$，它是在删失时间 t_c 的总体失效比例 p_c 和相应分位点的函数

多重删失数据分析　当产品单元在不同的时刻投入使用或在特定的时间段内（大多是在使用现场）累计了不同的使用时间，或在其他各种情况下（如特定失效模式的分析，在这种情况下因其他模式而独立失效的单元相对于所评价模式被视为仍在运行），会发生多重的删失。在这种情况下，某些未失效单元的运行时间常常会小于某些失效时间。多重删失在实践中会常常遇到，尤其是在涉及现场寿命数据时。对这类数据，不能直接用公式（48.1）来估计累积失效概率 $F(t)$，而是采用下面将要讨论的一个替代估计量。以前讨论的 ML 估计和近似置信区间仍是适用的。

例子：减震器失效数据　奥康纳（O'Connor，1985）给出了减震器的失效数据（单位：千米）。在分析的时刻，所报告的失效为 6 700，9 120，12 200，13 150，14 300，17 520，20 100，20 900，22 700，26 510和27 490。有 27 个在用单元没有失效。这些单元的运行时间（单位：千米）分别为6 950，7 820，

8 790，9 660，9 820，11 310，11 690，11 850，11 880，12 140，12 870，13 330，13 470，14 040，17 540，17 890，18 450，18 960，18 980，19 410，20 100，20 150，20 320，23 490，27 410，27 890和28 100。

为了估计多重删失数据的$F(t)$，我们采用以下的非参数程序（即不假定分布模型）。令 t_1，t_2，…，t_r 为失效发生的时间，令 d_i 表示在时刻 t_i 失效的单元数，n_i 表示在时刻 t_i 之前未失效的单元数。则对于 $t_i - t_{i,1}$之间的所有 t 值的$F(t)$的估计为：

$$F(t_i) = 1 - \prod_{j=1}^{i}(1 - d_j/n_j), \quad i = 1, \cdots, r \tag{48.2}$$

这便是著名的乘限或卡普兰-迈耶（Kaplan-Meier）估计。它只能应用在失效数据的范围之内。这种估计的合理性是依据其分布函数与离散时间危险函数之间的关系，米克和埃斯科瓦尔（Meeker and Escobar，1998）的第 3 章对此进行了更为完整的描述。对于到 12 200 千米为止的减震器失效数据的累积失效概率$F(t)$和生存概率$S(t_i)$的估计的计算见表 48—1。该表是能够延伸至 27 490 千米——最大失效时间的。

表 48—1　　到 12 200 千米为止的减震器数据的非参数估计

t_i，km	d_j	r_j	n_j	d_j/n_j	$1-d_j/n_j$	$\hat{S}(t_i)$	$\hat{F}(t_i)$
6 700	1	0	38	1/38	37/38	0.973 68	0.026 3
6 950	0	1	37				
7 820	0	1	36				
8 790	0	1	35				
9 120	1	0	34	1/34	33/34	0.945 05	0.054 9
9 660	0	1	33				
9 820	0	1	32				
11 310	0	1	31				
11 690	0	1	30				
11 850	0	0	29				
11 880	0	1	28				
12 140	0	1	27				
12 200	1	0	26	1/26	25/26	0.908 70	0.091 3

图 48—11 表示了在威布尔概率纸上描绘出的减震器的数据，对应于每一失效时间的点的高度取表 48—1 中的非参数累积分布函数估计跳幅的半程。如图 48—8 一样，图 48—11 也给出了$F(t)$的威布尔 ML 累积分布函数估计和逐点近似的 95% 置信区间。所描图形显示出威布尔分布对上述数据符合得很好。类似的一个对数正态概率图（这里未给出）对数据的符合则没有这样好。尽管所绘出的点子代表一个未基于任何分布假设的非参数估计，但通过 ML、手画或其他方法，在威布尔概率纸上绘出的通过点子的直线则是一个参数估计，它可以在时间上进行外推，这一点不同于非参数估计。但是，超出数据范围的外推是有危险

的，因为假定的分布模型尽管对于中心附近的数据符合得不错，但在超出数据端点之外可能便不再适用。

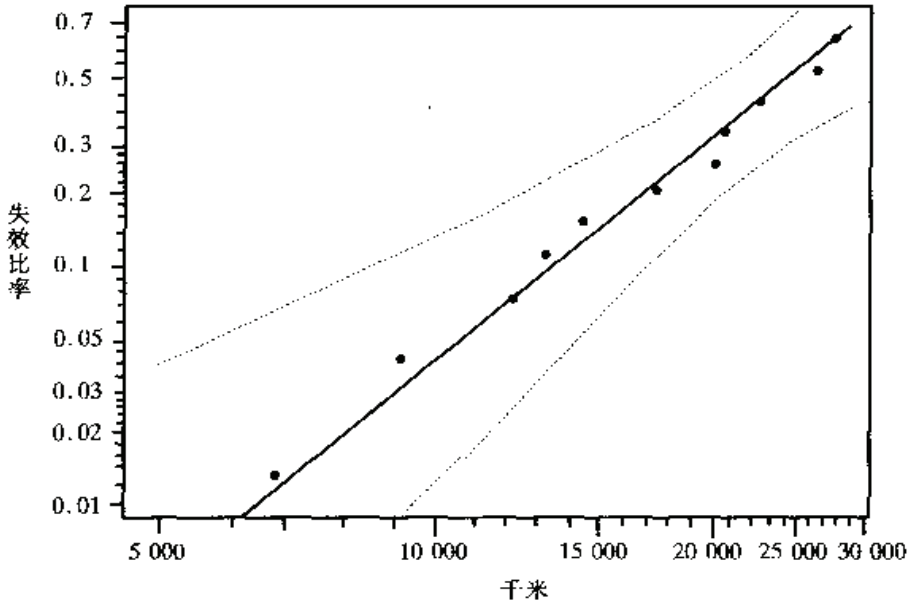


图 48—11 标出 $F(t)$的极大似然估计和逐点近似的 95%置信区间的减震器失效时间的威布尔概率图形

纳尔逊（Nelson，1982，chap.4）讨论了危险描图（hazard plotting），这是一种替代的多重删失数据非参数估计的图示方法。这两种方法非常类似，通常给出的是很相似的估计。

加速寿命试验模型与数据分析

对高可靠性产品部件的失效分布和长期性能进行估计是非常困难的。大多数现代产品都设计为要无故障运行几年、几十年或更长的时间。因此，可以预期，在正常使用条件下进行一定时间的试验将不会有什么单元失效。例如，设计和制造新的通信卫星或新的装置或许只允许有 8 个月的时间来对预期将使用 15 年或 20 年的部件进行试验。在这种情况下，加速寿命试验（ALT）便得到了广泛的应用，特别是用于及时获得简单的产品部件、材料的可靠性信息，并及早识别（消除）失效模式，从而使可靠性得到改进。在加速寿命中会涉及许多困难的实际问题和统计学问题，那些可能以不同方式失效的复杂产品更是如此。这里我们只讨论具有单个失效模式的部件、材料或产品的加速寿命试验。纳尔逊（Nelson，1990）的第 7 章介绍了更为广泛的内容。如前所述，具有各种独立失效模式的寿命数据的分析通常要求一次只考虑一种失效模式，而将其他失效模式引起的失效视为没有失效，然后再来综合各种影响。

从高应力水平（如使用率、温度、电压或压力）试验获得的信息通常通过一个合理的统计模型来进行外推，从而获得在较低的正常应力水平下的寿命或长期性能的估计。有些情况下，试验过程中的应力是递增的或是变化的（步进应力和渐进应力加速寿命试验）。在可靠性设计过程中，加速寿命试验的结果被用于尽可能快地评价或论证部件和子系统的可靠性，保证部件，探测失效模式，比较不同制造商，等等。由于技术的迅速变化，部件的增多而带来的产品复杂性的不断提高，迅速推出新产品的压力，以及顾客对可靠性的更高期望（取代了传统的“出门修理”方式），加速寿命试验正在变得日益重要。

加速方法　对可靠性试验进行加速有着三类不同的方法：

- 增加产品的使用率（或运转率）。通常的烤面包机设计成在每天两次的使用率下具有 20 年的中值寿命。如果我们每天对烤面包机进行 365 次试验，就能将这一中值寿命减少到约 40 天（由于许多潜在的失效模式）。另外，因为没有必要在一个寿命试验中让所有的单元均失效，所以获取有用的可靠性信息也许只需要若干天而不是几个月。这种形式的加速是一种最简单的做法，因为可以直接应用针对某一分布的方法（经过适当的时间转换）。因此，这种情况将不再进一步讨论。关键的假设是使用率的增加不会引入新的失效模式或改变现有失效模式的每循环损坏程度（如由于循环部件的过热）。
- 增加产品的老化率。例如，增加温度或湿度能加速某些失效模式的化学过程，如某种黏性的机械连接的化学老化（最终导致弱化）或绝缘材料导电性的增加（最终引起短路）。
- 增加所测试产品单元运行环境的应力水平（如电压或压力）。当其强度低于所施加应力时被测试单元将会失效。这样，强度退化的单元在高应力水平下通常要比在低应力水平下会更快地失效。

这些加速方法也可以组合起来应用。对于某些失效模式而言，类似于电压这样的因素既可以增加电化学反应率（这使得老化率增加），也可以增加相对于强度的应力。在这种情况下，当应力的效果非常复杂时，也许没有充分的知识来提供一个充分的加速物理模型。经验模型可能有用也可能没用。进一步的讨论可参阅纳尔逊（Nelson，1990，chap.2）或米克和埃斯瓦尔（Meeker and Escobar，1998）的第 18 章。

加速模型　加速寿命试验的分析，不只是增加产品的使用率，还要求有将诸如温度、电压、压力、规模等这些加速变量与失效时间联系起来的合理的模型。通过使模型与数据相符合来描述各种因素对于失效的影响。

物理加速模型　对于有着清楚认识的失效模式，有可能应用一个以物理或化学理论为基础的模型，这种模型不但能够描述数据范围内的故障形成过程，而且还可以利用基于加速试验的条件来进行外推。通常加速变量与实际的故障机理间的关系是特别复杂的。然而，常常有可能找到一个足以充分记

录和描述这一过程的主导方面的物理上的简化。例如，失效可能受到一个具有许多步骤的复杂的化学过程的影响，但也许有一个决定性（或主导性）的步骤，对于过程这一部分的深刻理解就有可能给出一个足以进行外推的模型。这方面的例子可参见米克等（Meeker and Lu Valle，1995）和纳尔逊（Nelson，1990，chap.2）的论述。

经验加速模型 当很少了解导致失效的物理或化学过程时，就可能无法建立基于物理或化学理论的模型。这时便只能依靠一个经验模型。可是，这种模型可能会与现有数据符合得很好，但当外推到实际的相关使用条件时便可能有相当大的差异。有些情况下针对经验模型具有大量的经验，这些经验有可能会提供外推到相关使用条件的基础。

应用加速模型的一些指导原则如下：

• 尽可能地应用物理理论，并选择与导致实际失效的那些因素相对应的加速变量（如温度、电压或湿度）。

• 调查与当前情况类似的以前的加速失效模式的做法。例如，在失效物理学方面有许多的研究报告和论文。纳尔逊（Nelson，1990，chap.2）或米克和埃斯科瓦尔（Meeker and Escobar，1998，chap.18）给出了例子和参考文献。

• 设计能够最大可能地减少外推程度的加速试验［参见 Meeker and Hahn (1985)，Nelson (1990)，Meeker and Escobar (1998)］。高加速试验能够产生在使用条件下不会发生的失效模式。如果外推的失效不能够得到确认，便可能导致严重的不正确结论。要注意，尽管在某些试验条件下，试验单元的大多数甚至全部都未失效，利用极大似然估计方法也能够对产品寿命数据加以分析。这使得我们在建立试验条件时能够稳妥得多，否则还必须考虑实际的或接近于实际使用条件的情况。这方面的详细讨论可参见米克和埃斯科瓦尔（Meeker and Hahn，1985）或纳尔逊（Nelson，1990）的论述。

• 大多数加速试验用于获得相对简单的单个失效模式（或相应退化程度）的信息。如果存在着一个以上的失效模式，那么不同的失效模式就可能会得到不同程度的加速，若是在建模、试验和分析中对此不能够加以解析，得出的推论就可能是非常不妥当的。

• 在实践中，加速关系很难得到全面的验证。应使用加速寿命试验数据来调查与设想的加速模型之间的偏差。但是，必须认识到，所能够得到的数据通常除了只能发现最严重的偏差之外并无其他更大的效力，一般没有接近于实际使用条件的有用的诊断信息。

• 在对实际使用条件的外推方面，具有正确形状的简单模型比起复杂的多参数模型要更为有用。例如，即使在加速寿命试验数据中表现出一些曲线的迹象，描述加速应力变量与失效时间之间关系的一个简单的线性模型通常会比拟合的二次模型能够提供更加精确的外推。

• 应采用灵敏度分析来评估扰动不确定输入（如有关模型假设的输入）的影响。例如，将对使用条件的外推与不同的假设失效时间分布进行对比，或是同与寿命应力相关的不同物理模型进行对比，将是非常有用的。

• 将某些试验单元置于预期试验期间不应发生失效的条件下（如使用条件或接近于使用条件）进行测试。如果在这些条件下发生了失效，这将引起对可靠性问题的严重关注（并表明所假设的模型是不充分的）。

• 加速寿命试验项目应当由团队来计划和实施，团队的成员应当在产品及其使用环境、失效模式的物理/化学/机械方面和可靠性实验的设计与分析的统计学方面具备充分的知识。

下节将讨论一个简单的温度加速模型，并说明对于来自一个加速寿命试验的数据的分析。

增温加速试验　高温被认为是可靠性的敌人。增加温度是加速失效最常用的方法之一。阿列纽斯（Arrhenius）关系式是一个描述温度对简单的化学反应率 R 的影响的一个有名的模型。这一关于反应率的模型可描述为：

$$R = (\text{temp}) = \gamma_0 \exp\left(\frac{E_a}{k_b \times \text{tempK}}\right) = \gamma_0\left(\frac{-E_a \times 11\ 605}{\text{tempK}}\right)$$

其中，tempK = 温度℃ + 273.15 为绝对温度，$k_b = 1/11\ 605$ 是单位为电子伏/摄氏度的波尔兹曼常量（Boltzmann's constant），E_a 是电子电压的反应活化能量。参数 E_a 和 γ_0 通常是未知的产品或材料特性。在有些简单的情况下，导致失效的过程可以用这一简单的化学反应来加以充分的建模。在这种场合，如果 log（T）服从位置参数为 μ、尺度参数为 σ 的分布（这样失效时间 T 便可以由一个对数正态分布或是威布尔分布来加以描述），则寿命的分布便可以表达为一个温度的函数：

$$\mathrm{P_r}(T \leqslant t;\text{temp}) = \Phi\left[\frac{\log(t) - \mu(\text{temp})}{\sigma}\right]$$

其中，$\Phi = \Phi_{\text{nor}}$ 和 $\Phi = \Phi_{\text{sev}}$（见前面的讨论）分别对应对数正态分布和威布尔分布，μ（temp）$= \beta_0 + \beta_1 x$，$x = 11\ 605/$（温度 K），而 $\beta_1 = E_a$。这被称为阿列纽斯失效时间模型（Arrhenius failure-time model）。可以使用在各种加速温度下的寿命数据以及所观察到的失效时间来估计 β_0，β_1 和 σ。

虽然阿列纽斯模型并非适用于所有的温度加速问题且只是在有限的温度范围内（取决于特定的问题）是充分的，但它在许多领域中都得到了广泛的应用。纳尔逊（Nelson，1990，p.76）曾评论道："……在某些应用中，如果阿列纽斯关系式与数据不符……则被怀疑的是数据而非该关系式。"

类似的寿命—应力回归关系式已经应用到了其他的加速变量，如电压、压力、湿度、循环率、试验尺寸等。有关的例子和进一步的资料可参阅纳尔逊（Nelson，1990，chap.2）和米克和埃斯科瓦尔（Meeker and Escobar，1998，chap.18）的论述。

加速寿命试验的计划 加速寿命试验通常会受到费用和时间的严格限制，必须加以精心的计划。资源必须有效地加以利用，并要最大限度地减少外推的程度。米克等人（Meeker and Hahn，1985；Nelson，1990，chap 6；Meeker and Escobar，1998，chap 20）均讨论了能够满足实际约束条件的寿命加速试验的计划方法。在计划一个寿命加速试验的过程中，实验人员应该努力对他们所获得的作为所设想模型的函数和所提试验方案加以仔细的推敲。模拟方法，如在样本容量选择指南中所讨论的那样，也能为这一过程提供有用的帮助。

分析加速寿命试验数据的策略 本节概括介绍多个单元在三个或三个以上条件（三种或三种以上温度）下进行寿命试验时，分析加速寿命试验数据的一个有用的程序。例如，我们来看表 48—2 中的数据。

表 48—2　　一个集成电路装置加速寿命试验的失效区间或删失时间和试验温度

温度（℃）	装置个数	小时		状态
		低	高	
150	50		1 536	删失
175	50		1 536	删失
200	50		96	删失
250	1	384	788	失效
250	3	788	1 536	失效
250	5	1 536	2 304	失效
250	41		2 304	删失
300	4	192	384	失效
300	27	384	788	失效
300	16	788	1 536	失效
300	3		1 536	删失

基本思路是首先分别分析每个试验条件下的数据，然后拟合一个模型，以将在不同试验条件下的数据综合起来。简单来说，如下面的例子所示，这里的分析策略便是：

1. 分别在每一试验条件（加速因子的水平）下建立数据的概率描图，提出和探讨可能的分布模型的充分程度。

2. 在具有两个或多个失效的各个试验条件下拟合上一步所建议的模型，对数据分别使用极大似然估计方法。在一个多重概率描点图上针对每一个条件绘制出极大似然估计线。利用所描点子和拟合线来评估假设（如图 48—12 中每一试验条件下有一个恒定的标准差）的合理性。

3. 用一个模型来拟合寿命与加速变量间的假设关系。将所拟合模型与数据的描点图一起绘制在概率纸上（如图 48—12）。

4. 对于模型的假定条件（如在标准回归分析中那样）进行残差分析和其他的诊断检查（Nelson，1990，chap.5）（本例未做这一步）。

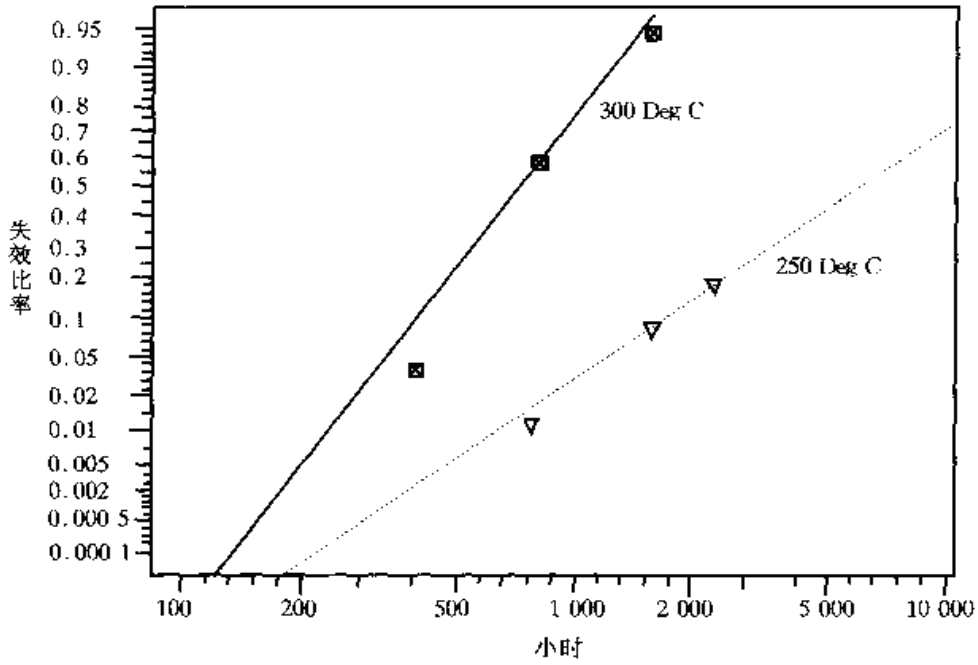


图 48—12　集成电路装置加速寿命试验在 250℃ 和 300℃ 下的失效的对数正态概率描点和所估计的失效极大似然分布函数

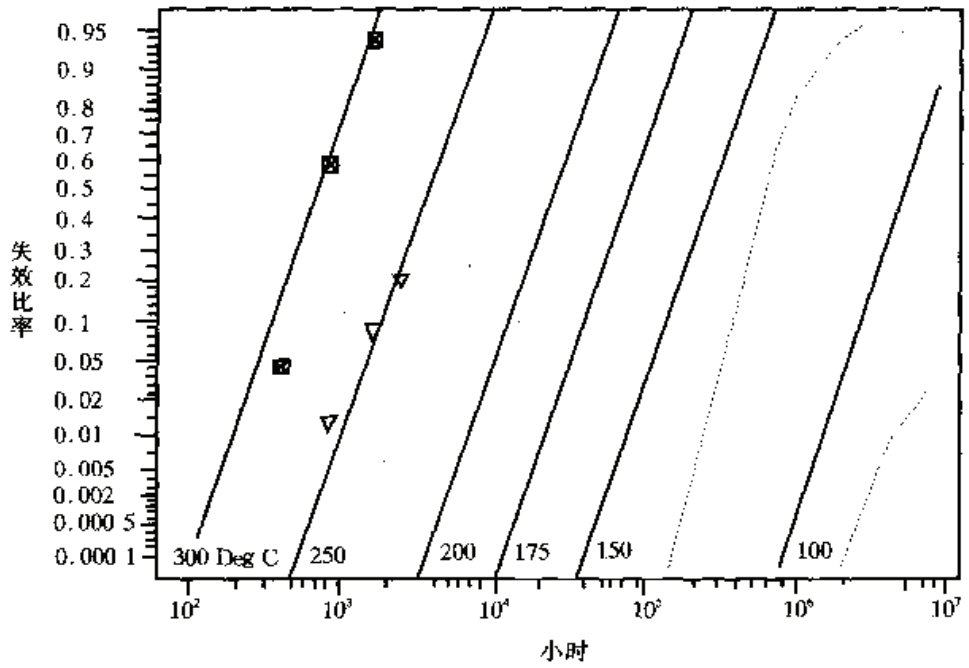


图 48—13　集成电路装置在各试验温度和 100℃ 下的对数正态概率描点图

5．获得所期望的估计和置信区间，并评估其合理性（如图 48—14）。

有关加速寿命试验数据分析方法的其他例子和进一步的讨论可参阅纳尔逊等人（Nelson，1990；Meeker and Escobar，1998）的论述。

示例　表 48—2 给出了有关一个新型的集成电路装置的加速寿命试验的结果。该装置的检验过程是一个定期确定是否发生失效的电子诊断试验。这一试验

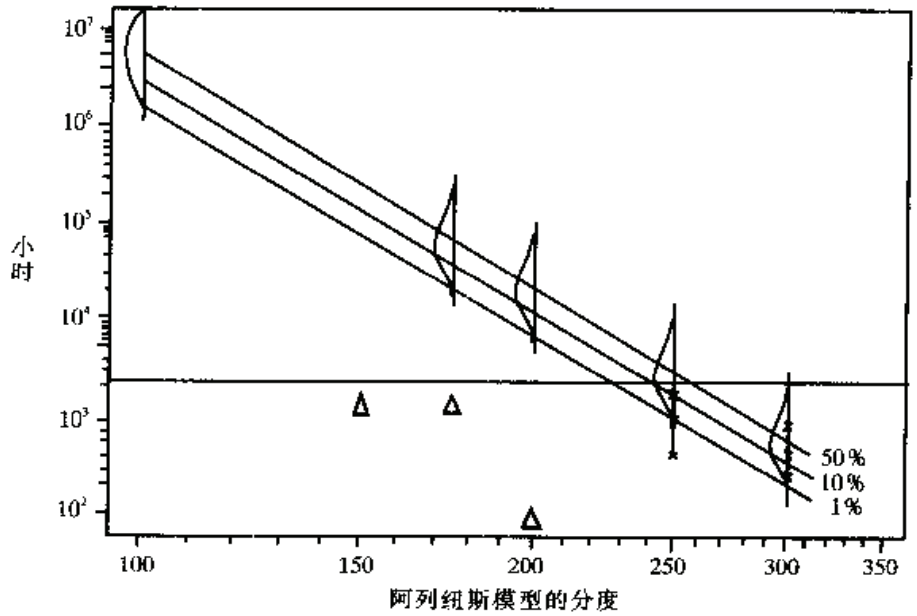


图 48—14 集成电路装置的加速寿命试验数据所拟合的对数正态模型的阿列纽斯描点图

说明：×和△分别表示失效时间和删失观察时间。

十分昂贵，因为它要耗用某一专用机器的大量时间且是人工操作的。因此，每一装置只能进行少量的观测。计划这种检验时间的一个通用方法是选定第一次检验的时间，然后在一个对数坐标轴上等距离地安排随后的观测。在本例中，第一次观测是在 1 天之后，随后的观测便分别为 2 天、4 天，等等（除了有一天试验人员必须提早离开）。试验分别在 150℃，175℃，200℃，250℃和 300℃下进行。只是在观测时间记录下失效的寿命试验所产生的是区间删失数据（有时被称做“区间”数据或“读出”数据）。当某一单元在试验中失效时，所知道的只是在上次观测过后发生了失效。区间删失数据要求有专门的统计方法，纳尔逊（Nelson，1982，chap.9；Nelson，1990，chap 3；Meeker and Escobar，1998，chap 3，7，19）对此进行了讨论。表 48—2 给出了该装置失效发生的区间。相应地，对未失效的装置，表 48—2 给出了至最后观测时的运行时间。

分析发现，仅在两个最高温度发生了失效。在 250℃和 300℃观察到较早的失效后，175℃的试验在决策时点前可能不会观察到失效，这一点令人关注。因此，200℃试验比其他的试验开始得晚，在分析时只积累了有限的运行时间。

试验设计者关心的是对于所设想的失效模式激活能量和部件的长寿命可靠性加以估计。特别地，他们希望估计在 100℃的使用条件下运行 10 万小时（约 11 年）时，失效的装置数在产品总体中所占的比例。

图 48—12 是在 250℃和 300℃下的失效的对数正态概率描点和所估计的失效极大似然分布函数以及各个对数正态分布函数的极大似然估计。图中的不同斜率揭示出从 250℃变到 300℃时，对数正态分布的形状参数 σ 变化的可能性。这一变化可能是由失效模式的变化所引起的。具有较高激活能量的失效模式在较低的

温度水平下很难看到，但在较高的温度水平（或其他加速因子）下就可能会出现。有关 $\sigma_{250}/\sigma_{300}$的约 95% 的置信区间为［1.01，3.53］（这里未给出计算），这表明可能确实存在着差异。这些结果也表明，至少应对某些失效单元进行详细的物理失效模式分析，或许加速寿命试验应扩展到在较低温度水平上观察到失效为止。但是，在随后的分析中，我们将假定不同温度下的 σ 是恒定的。

表 48—3 给出了在假设模型下该集成电路装置的阿列纽斯—对数正态模型的极大似然估计结果和置信限。图 48—13 是在 250℃和 300℃时数据的对数正态概率描点图，它表示了对数据所拟合的阿列纽斯—对数正态分布模型的分布函数。该图也表示出了对于其他试验温度所拟合的模型的对数正态分布的分布函数的估计，以及在 100℃使用条件下的约 95% 的置信区间。我们注意到在这一温度下，10 万小时失效比例的 95% 置信区间的上限小于 0.001（0.1%）。

表 48—3　　新型集成电路装置的对数正态极大似然估计结果*

参数	极大似然估计	标准差	约 95% 的置信区间	
			下限	上限
β_0	−10.2	1.5	−13.2	−7.2
β_1	0.83	0.07	0.68	0.94
σ	0.52	0.06	0.42	0.64

* 似然率为 $\Psi=-88.36$。置信区间基于正态近似方法。

图 48—14 是对该集成电路装置的加速寿命试验数据所拟合的对数正态模型的阿列纽斯描点图，上面表示出了 1%，10% 和 50% 的单元预期将失效的运行时间。从该图可以看出，为了推计在 100℃的使用条件下的情况需要进行非常极端的外推。如果这一预测接近于实际的情况，则在剩下的3 000小时试验中，200℃以下的试验不大可能发生失效。如前所述，这也正是在 200℃下进行进一步试验的理由。

系统可靠性概念

系统失效概率$F_T(t)$是系统在时刻 t 之前失效的概率。系统的失效概率是运行时间 t（或其他使用尺度）、运行环境、系统结构、系统部件的可靠性、连接和界面（包括操作人员在内）等因素的函数。

本节讨论几种简单的系统结构。这几种类型不可能涵盖所有的系统，但这里所举的例子为说明有关应用系统结构来计算系统可靠性的基本道理提供了基本的模块。复杂的系统结构通常能够分解成为这里所讨论的较简单的结构的集成。因此，这里的评估系统可靠性的方法可以适用于更加复杂的系统。［进一步的详细讨论可参见 O'Connor（1985），Hoyland and Rausand（1994）和 Meeker and

Escobar（1998）等。]

系统可靠性术语 考虑具有 s 个独立部件的系统（即所有部件均从 0 时刻开始）的失效时间。部件 i 的分布函数表示为$F_i(t)$。相应的可靠性（或生存概率）便是$S_i(t)=1-F_i(t)$。系统的分布函数表示为 F_T。这一分布函数取决于各个 F_i 以及系统的结构，亦即，$F_T(t)=g[F_1(t),\cdots,F_s(t)]$。为了简单起见，这一函数可表达为$F_T=g(F_1,\cdots,F_s)$。

部件为串联的系统 由 s 个部件所构成的串联结构当且仅当所有部件均工作时系统才能够工作。串联系统的例子如链条、高压多节电池、廉价的计算机系统、使用低压灯泡的装饰树灯，等等。图 48—15 给出的是一个由两独立部件构成的串联系统，其分布函数为：

$$\begin{aligned} F_T(t) &= \Pr(T \leqslant t) = 1 - \Pr(T > t) = 1 - \Pr(T_1 > t \text{ 和 } T_2 > t) \\ &= 1 - [\Pr(T_1 > t)\Pr(T_2 > t)] = 1 - (1 - F_1)(1 - F_2) \end{aligned} \tag{48.3}$$

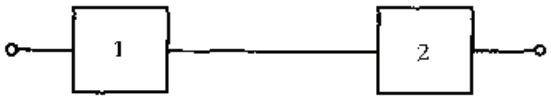


图 48—15 一个两部件串联系统

对于由 s 个独立部件构成的一个系统，$F_T(t)=1-\prod_{i=1}^{s}(1-F_i)$，且 s 个独立部件中的每一个均具有相同的失效时间分布[如多节电池，$(F=F_i, i=1,\cdots,s)$]，则$F_T(t)=1-(1-F)^s$。对于由 s 个独立部件构成的串联系统而言，系统的危险函数是各部件危险函数之和：

$$h_T(t) = \sum_{i=1}^{s} h_i(t)$$

对于由不同数目的相同独立部件串联而成的系统，图 48—16 给出了其系统可靠性$1-F_T(t)$与每个部件的可靠性$1-F_i(t)$之间的关系。该图表明，如果系统中有许多串联的部件，则要维持高的系统可靠性，就必须保证各个部件的极高的可靠性。如果系统的部件不是独立的，则公式（48.3）中的第一行仍然给出 $F_T(t)$，但必须用类似于两个部件以上的多元分布方法来对 T_1 和 T_2 二元分布进行评价。

部件个数在产品设计中的重要性 在可靠性工程设计实践中有一个重要的经验法则，这便是“部件数要少”，这意味着要使系统中的单个零件（或串联的部件）的个数最少。产品中包含的零件数较少，除了有助于降低零件的采购和处理费用外，同时还具有重要的可靠性意义。例如，新型的计算机调制解调器的设计采用了更高程度的微电子集成，因而只需要 20 个零件，而前一代的产品则要求有 40 个零件。作为一个特定的例子，如果系统的部件或零件的失效时间模型给出了一个恒定的危险率（或指数寿命分布），则系统的危险函数$h_T(t)$将变得特别

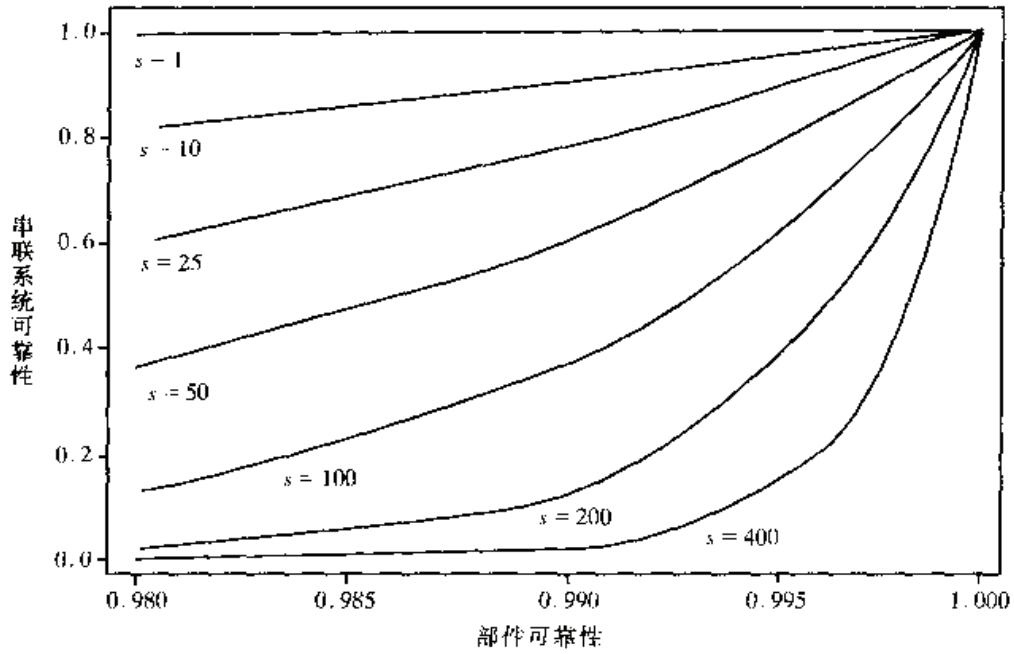


图 48—16　具有 s 个相同的独立部件的系统的可靠性

简单。在这种情况下，作为粗略的近似，假定所有的失效都是因为零件的失效且每一零件具有相同的危险函数，则只有 20 个零件的新设计产生的失效将只有老设计的失效的一半。若再考虑到发生在零件间的界面和连接处的失效，其发生频率对于新、老设计是相同的，则新设计对可靠性的改进是十分显著的，因为零件数越多这种界面数也就越多。在危险函数非恒定（实际中大多如此）且系统由具有不同危险函数的零件所构成时，其道理也是类似的。

当然，这里的讨论假定新系统中零件的可靠性与老系统中零件的可靠性是相同的（或至少是类似的），同时还假定每一零件所受的工作应力也是相同的。如果新系统采用了来自于不成熟的生产过程的可靠性较低的零件，或是每一部件的工作应力有了增加，则这样的新系统也可能会有较低的可靠性。

部件为并联的系统　并联冗余常用于改进较大系统的薄弱环节或关键零件的可靠性。只要有一个部件工作，则具有 s 个部件的并联结构就工作。由 s 个部件并联而成的系统的例子如汽车的前灯、RAID 计算机硬盘阵列系统、具有应急灯的楼梯间、具有备用灯泡的投影仪、教室里的多组灯，等等。对于如图 48—17 所示的两部件并联系统，有：

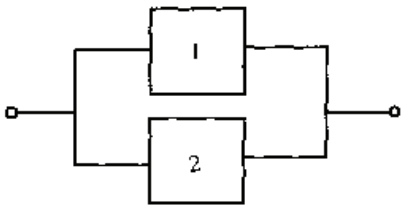


图 48—17　两部件并联系统

$$F_T(t) = \Pr(T \leqslant t) = 1 - \Pr(T > t) = \Pr(T_1 \leqslant t \text{ 和 } T_2 \leqslant t)$$
$$= \Pr(T_1 \leqslant t)\Pr(T_2 \leqslant t) = F_1 F_2 \tag{48.4}$$

对于 s 个独立部件，有 $F_T(t) = \prod_{i=1}^{s} F_i$；对于 s 个独立同分布部件 $(F_i = F, i = 1, \cdots, s)$，则有 $F_T(t) = F^s$。图 48—18 表示出了并联系统中不同的独立同分布部件数所对应的系统可靠度 $1 - F_T(t)$ 与各部件可靠度 $1 - F(t)$ 之间的关系。如果部件是非独立的，那么公式（48.4）中的第一行仍给出 $F_T(t)$，但必须考虑 T_1 和 T_2 的二元分布。两个以上的非独立部件的场合可采用类似的做法。

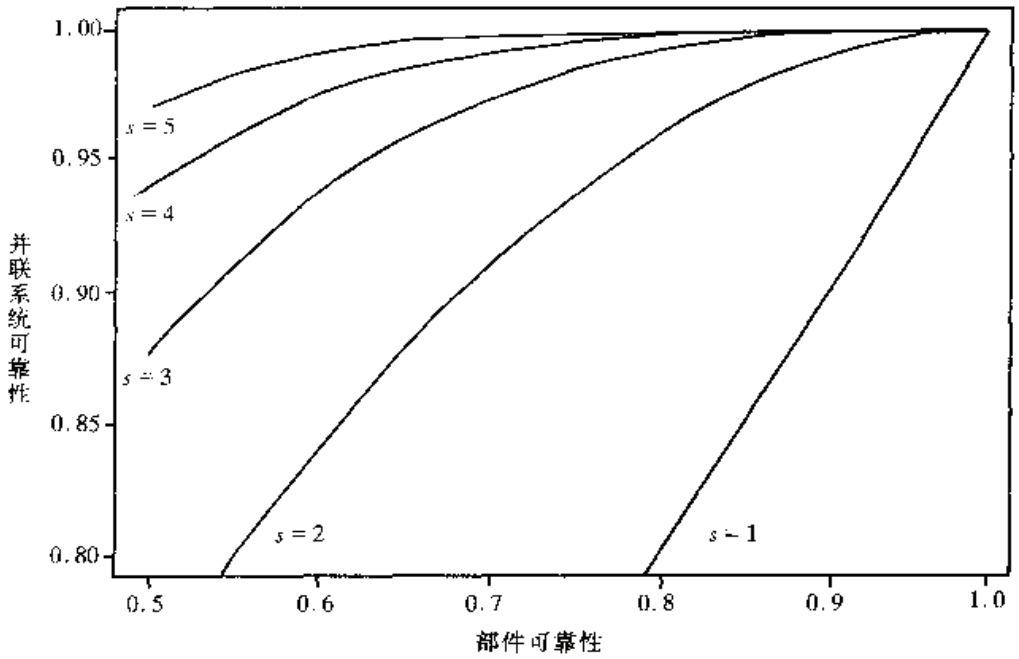


图 48—18 由具有相同的失效时间分布的 s 个独立的部件构成的并联系统的可靠性

可修系统的数据

前面的讨论针对的是不可修部件（或设备）的可靠性数据分析。因为不可修的部件仅能失效一次，来自不可修部件样本的失效时间数据由每一部件的头一次失效的时间所构成。在涉及不可修部件的大多数情况下，失效时间的独立同分布假定是一个合理的假定，并采用适当的寿命分布（如威布尔分布和对数正态分布）来描述失效时间的分布。与此相对照，可修系统的数据通常表现为同一系统的多重修理时间（或修理间隔时间），因为可修系统经修理后能够重新加以使用。

许多可靠性研究的目的是描述一个综合的系统或系统的集合在一定时间内的修理趋势和模式。其数据表现为若干类似系统的系统修理时间的序列。但大系统

中的某个部件或子系统因失效而加以修复或更换后，下一次系统修理时间的分布将取决于该系统在修理之前的总的状态以及该次修理的本质。因此，在许多情况下，可修系统的数据应采用这样一种模型来加以描述，该模型允许系统状态随时间的变化或不同时间的修理间的相互依存。

可修系统数据可视为修理时间 T_1，T_2，…的序列。这类数据的模型有时被称为“点过程”（point process）。有些场合下的修理数据只是关于某一个系统的。大多数情况下的数据都是来自于若干个系统的集合，对这些系统的观测通常是在一个固定的期间（t_0，t_a）内进行的，其中，t_0 经常取作 0。观测期间通常因系统的不同而不同。有些情况下，会记录下进行修理的确切时刻。还有些情况下则是报告在一定的时间区间内的修理次数。

根据修理数据，人们通常进行以下一些估计：

- 修理间隔时间 τ 的分布，$\tau_j = T_j - T_{j-1}$（$j=1$，2，…），其中，$T_0=0$
- 作为 t 的函数的区间（0，t）内的修理次数
- 作为 t 的函数的区间（0，t）内的期望的修理次数
- 作为 t 的函数的更换复发率

这些问题可通过分析下面的例子来加以说明。

示例：柴油发动机阀座的更换时间　以下数据将用于对方法进行说明。对于一个车队的 41 台柴油机的修理时间进行了记录。表 48—4 给出了发动机阀座的更换时间（用运行天数来表示）。这个例子涉及的是一组系统。［数据最初由 Nelson and Doganaksoy（1989）给出，Nelson（1995）中也有这些数据。］这些数据所要回答的问题包括（这里不讨论所有的问题）：

表 48—4　　柴油机阀座替换时的寿命

发动机号码	观察天数	更换时的发动机寿命(天)	发动机号码	观察天数	更换时的发动机寿命(天)
251	761		403	593	
252	759		404	589	573
327	667	98	405	606	165 408 604
328	667	326 653 653	406	594	249
329	665		407	613	344 497
330	667	84	408	595	265 586
331	663	87	409	389	166 206 348
389	653	646	410	601	
390	653	92	411	601	410 581
391	651		412	611	
392	650	258 328 377 621	413	608	
393	648	61 539	414	587	
394	644	254 276 298 640	415	603	367
395	642	76 538	416	585	202 563 570
396	641	635	417	587	
397	649	349 404 561	418	578	

续前表

发动机号码	观察天数	更换时的发动机寿命(天)	发动机号码	观察天数	更换时的发动机寿命(天)
398	631		419	578	
399	596		420	586	
400	614	120 479	421	585	
401	582	323 449	422	582	
402	589	139 139			

资料来源：Nelson and Doganaksoy, 1989.

- 在机车运行的头一年中，预期平均将会有多少次更换？
- 随着柴油发动机的进一步运转，更换率是增加还是减少？数据如何？
- 该车队今后两年需要更换多少阀门？
- 阀门更换时间可否模型化为一个更新的过程（以便采用简便的独立观察方法进行进一步的分析和估计）？

应用所提供数据作一个简单的描点图，这是分析系统修理数据的一个良好起点。图 48—19 是关于阀座修理数据的一个描点图，它表示出了观测期间以及所报告的更换时间。要注意的是，不同发动机的观测期间是不同的。

对数据的初步评价揭示出了机车的修理易损性的差异。这是另外一个研究课题，在下面的讨论中将不再涉及。

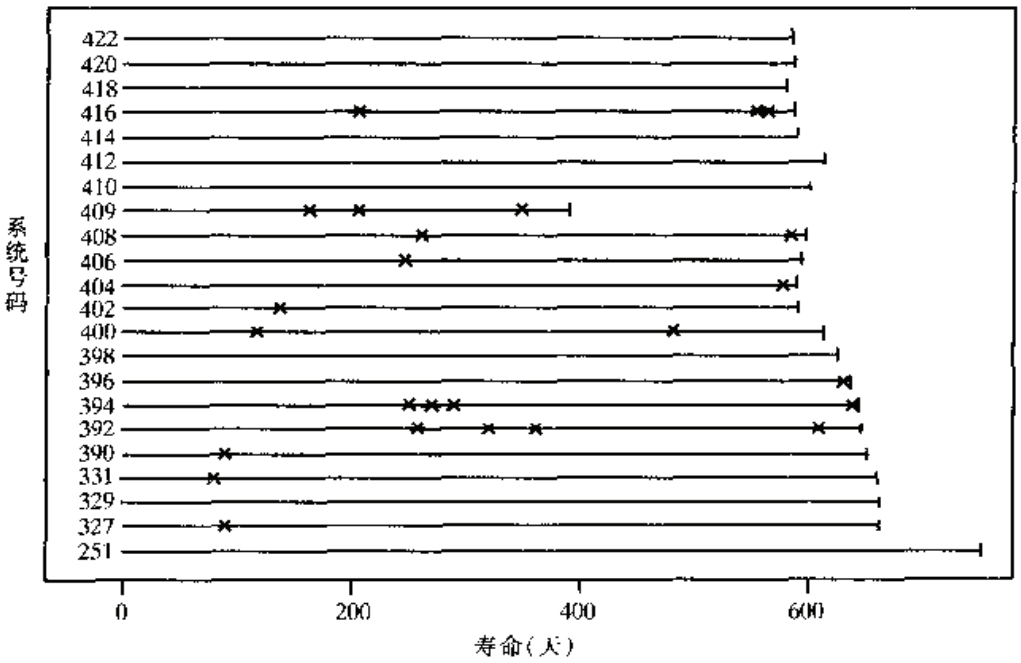


图 48—19 41 台柴油机中的一个 22 台的子组的阀座更换的描点图

点过程数据的非参数模型 对于单个系统的数据，至时刻 t 的累计修理数表示为$N(t)$。相应的模型基于时刻 t 的平均累积函数（mean cumulative function, MCF），用来描述来自同一总体的系统所构成的一个总体。MCF 定义为在时刻 t 之前每一系统的平均修理次数或期望修理次数，亦即$\mu(t) = E[N(t)]$，这里的

期望是关于系统的整个总体的期望。假定$\mu(t)$是可微分的，公式

$$v(t) = \mathrm{d}E[N(t)]/\mathrm{d}t = \mathrm{d}\mu(t)/\mathrm{d}t$$

便定义了系统总体中的每一系统的修理重发率。这也可以理解为每一系统的平均修理发生率。

尽管有关修理（或其他的与可靠性相关的特定事件）次数的数据是经常遇到的，但这里给出的方法也可用于对其他按照时间累积的量进行建模，包括类似于费用这样的连续变量在内。例如，如果至 t 时刻的某系统的累积修理费用为 $C(t)$，则$\mu(t)=E[C(t)]$便是在时间区间（0，t）上的每个系统的平均累积费用。

MCF 的非参数估计　对于 $n\geqslant 1$ 的可修系统，以下方法可用于 MCF 的估计。该方法之所以说是非参数的是因为它不要求确定修理时间点过程的参数模型。这一方法假定样本数据随机取自 MCF 函数的总体，同时还假定我们对某个系统停止观测的时间不取决于该过程。因此，某一单元删失的时间必须不与任何有关修理时间分布的因素具有系统的关系。如果各单元分阶段投入运行（如每个月有一个单元投入运行），或是有某种设计变更增加了最近投入运行的系统的修理概率，就会产生有偏的估计结果。这时，较新的系统就会经历更大的应力从而更早地失效，导致预期的重发率$v(t)$呈现出过于乐观的趋势。在这种情况下，来自不同期间的数据必须分别加以分析，或将重发率的变化建模为系统使用年限和日历时间的函数。

令$N_i(t)$表示系统 i 在时刻t 的累积修理次数，t_{ij}为系统i 的失效（或是修理及其他事件）的时间，$j=1$，…，m_i。时刻 t 的 MCF 的一个简单的估计便是在时刻 t 仍在运行的系统的$N_i(t)$值的样本均值。这一估计十分简单，但只有当所有系统在时刻 t 仍在运行时是适当的。因此，在上述柴油机的例子中，这一方法可用在到 $t=389$ 天之前，若忽略掉 409 号发动机的数据的话，则可用在 578 天之前。纳尔逊等人（Nelson，1988，1995；Lawless and Nadeau，1995；Meeker and Escobar，1998）介绍了一种更为适当的估计，该方法允许多重删失并给出了 MCF 的一个无偏的估计。对应于使用期限的一个 MCF 的描点图可以显示出系统的可靠性是否是在随时间增加、降低或是没有改变。

阀座更换的 MCF 估计　图 48—20 表示出了作为发动机使用天数的函数的阀座 MCF 的估计。估计值在 650 天后迅速增加，但这些系统中只有少数（10 台）的运行期间超出了 650 天。对于更长时间估计的不确定性反映在了置信区间的宽度上。[Nelson（1995）和 Meeker and Escobar（1998，chap 16）对于 389 天以上的估计值和置信限的计算进行了说明。]

两样本修理数据的非参数比较　人们常常需要在对两个制造商、两种产品设计或两种环境等因素进行比较的基础上进行决策。[Doganaksoy and Nelson（1998）对于来自两组系统的样本加以比较的方法进行了讨论。]

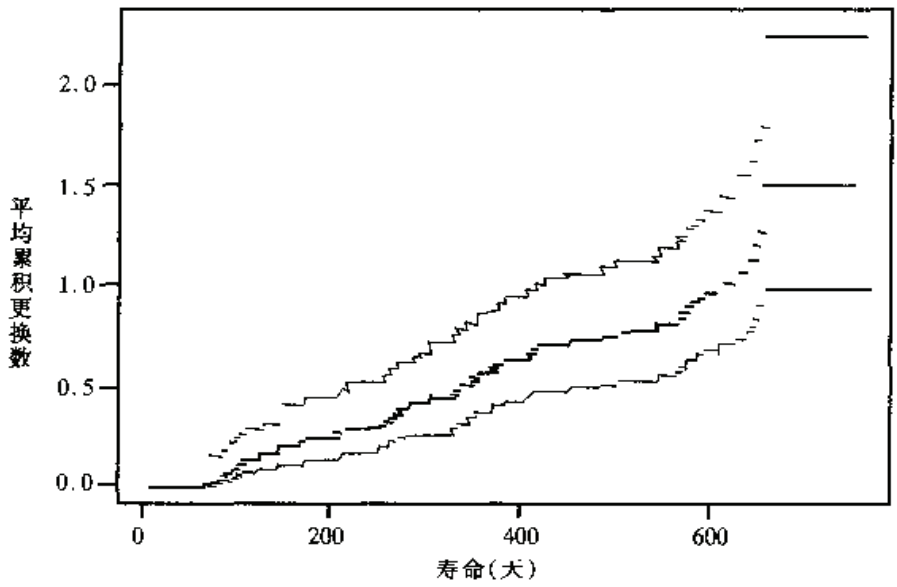


图 48—20 柴油机阀座修理的 95%的置信区间的平均累积次数的估计

有关可靠性的其他问题

可靠性数据和信息的来源 可靠性模型必须以部件或子系统的可靠性信息作为输入。这样的信息来自于大量不同的来源。例如：

• 当没有多少过去的经验时，广泛采用实验室的测试，特别是对新的材料和部件的测试。这些试验通常都很昂贵，且对产品的现场可靠性只具有有限的适用性，但它可以对可靠性问题提供早期的预警。必须特别注意以获得与现场用途相关的失效模式，如果试验的目的是预测可靠性，则试验条件就必须根据现场使用条件来加以确定。如本章较早前所讨论的，为了尽快获得有关部件可靠性的信息，实验室试验常常要加速。

• 当有可能时，仔细收集的现场数据能够提供有关部件和系统在现场如何运行的最精确的信息。但必须保证现场数据记录的一致和清晰，以便进行迅速和便利的分析。现场保证（warranty）数据常常不包括未失效单元的信息，很可能是不全面的，例如，在最严酷的环境中的单元常常会较快地失效。另外，现场数据常常获得的太晚，以至于不能够用来帮助避免昂贵的可靠性问题。

• 可靠性手册和可靠性数据库是十分有用的（Klinger，Nakada and Menendez，1990；MIL-HDBK 217F，1991）。但是，对于这些手册有着普遍的抱怨，这就是当其出版时或出版不久数据就已经变得过时了。

• 当没有其他的信息来源可利用时，常常会应用到专家的知识。

除非数据是来自于仔细计划和精心实施的研究和调查并给予了适当的维护和

分析，否则就不可能得到无偏的估计和对不确定性的把握。

FMEA 与 FMECA　产品和系统常常有着由若干个设计团队努力而成的非常复杂的设计。管理系统的可靠性必须有一个全面的过程，以预先确保产品或系统的可靠性满足顾客的要求。

失效模式及影响分析（FMEA）是用于识别系统的失效模式并评估所识别失效模式的影响或后果的一种系统的结构化方法。而失效模式、影响和危害性分析（FMECA）则根据安全性、系统任务的成功达成以及其他的准则来对所确认的失效模式加以考虑。FMEA/FMECA 的目标是识别并尽可能消除特定的系统构造层次上的失效模式。这些方法通常应用于产品和系统的设计评审过程中。FMEA/FMECA 的应用通常始于产品/系统构思和设计的早期阶段。随着产品/系统设计的变化，随着在产前试验和现场方面积累的产品/系统的性能信息的增加，FMEA/FMECA 的应用也逐渐深化。在产品/系统的设计阶段中应用 FMEA/FMECA 有助于引导相关的决策。它也应用于建立系统的修理和维护方面的指南，以改进系统的安全性，并为可靠性改进活动指出方向。

就实施而言，FMEA/FMECA 首先是要确定分析的范围，这是由所考虑失效所在的系统层次所决定的。FMEA/FMECA 可以在产品和系统的各个层次上实施。开始时可以针对单个子系统来进行。这些分析结果综合起来便可成为针对由许多子系统构成的大系统的 FMEA/FMECA。例如，研究电信中继站转发器可靠性的一项 FMEA 可能会将电路中的单个装置（如集成电路块、电容、电阻、二极管等）作为基本部件加以考虑。而在另一层次上，针对大型电信网络的一项 FMEA 则会将网络的节点和节点的接口作为部件来加以考虑（而忽略每一节点内的具体细节）。

在 FMEA/FMECA 过程中的下一个步骤是确定在产品寿命期中可能失效的所有部件。接着还要确定可能失效的所有部件界面或接口。许多场合下，在确定失效模式时要考虑与失效有关的环境因素和人的因素。最后，要将所确定的失效模式的影响描绘出来。在确定失效模式的影响以及失效模式间的组合的影响时，要使用有关产品/系统部件间的关系（系统结构）的详细说明。可利用特定的操作表和计算机软件来组织所有的信息。

[MIL-STD-1629A（1980）和诸如 Høyland and Rausand（1994）及 Sundararajan（1991）等著作对于实施 FMEA/FMECA 分析提供了更加详细的讨论和例子。Høyland and Rausand（1994）中还介绍了一些辅助分析的计算机软件。]

故障树　上述的 FMEA/FMECA 过程有时被称为一种“由底至上”（bottom-up）的可靠性建模方式。另一方面，故障树分析则是采用一种“由顶至下”（top-down）的方式来量化系统的失效。首先，要确定一个或多个关键的“顶端事件”（top events）（如系统功能性的损失）。然后要以一种系统的方式描述出该事件发

生所要求的条件组合。通常这是要明确高层次上的失效事件是如何由较低层次的“基本事件”（例如单个部件的失效）和“中间事件”（如子系统的失效）所引起的。来自 FMEA 分析的信息可以被用做这一步骤的输入。这些信息以“故障树图”的形式整理出来，顶端事件置于图形的最上方。树的不同层次上的事件用布尔逻辑所定义的逻辑门连接起来（如与门、或门、异或门等）。

一个完整的故障树可用于对关键的系统事件的概率建模。这种分析要求的其他输入还包括基本事件的概率或条件概率。借助于这些信息以及故障树所给出详细的系统结构说明，便能够计算关键事件的概率。［这方面的例子可参见 O'Connor（1985），Sundararajan（1991），Høyland and Rausand（1994）或 Lewis（1996）。

在某种意义上，故障树图类似于本节较前给出的可靠性框图。两者之间通常可以互相转换。但是，故障树分析在系统可靠性的基本思路方面有所不同。可靠性框图是围绕系统的未失效事件构造起来的。故障树分析关注的则是关键的顶端事件，如系统功能性的损失或其他的设计安全性的关键事件。故障树直接地显示出了这些顶端事件以及在分析范围内的所有层次上的影响事件的根本原因。故障树本身的结构和逻辑不仅提供了量化可靠性评价的手段，而且还为寻求可靠性改进的可能途径提供了更加清晰的认识。

改进可靠性的实验设计 实验设计是可靠性改进的一种重要的手段。各种不同种类的实验可以提供评价和改进可靠性的信息。这其中包括了寿命试验和加速寿命试验，如本章前面讨论过的用于评价材料和部件的耐久性或寿命的那些试验，这些试验中有一个或若干个可辨识的失效模式。从这些试验中所获得的信息用于设计决策，以使所测试部件实现可接受（或更好）的可靠性。

在另一层次上，人们可能会通过实验来确定系统的构造或运行因素，以便在多变的制造条件以及使用中可能遇到的运行和环境条件下，部件能够更加顽健，从而提升可靠性。这类实验通常也是关注于单个部件或子系统的一个或少数几个失效模式。多因子顽健设计实验（robust-design experiments，RDE）为系统而有效的可靠性改进提供了方法。这些实验常常是针对样机单元和子系统进行的，主要注重于与部件及子系统间的界面和交互作用相关的失效模式。在影响系统可靠性的诸多可能的产品设计因素中，RDE 依据实验确定出那些重要的因素并找出能够产出一致性的高质量和高可靠性的产品设计因子的水平。Graves and Menten（1996）非常好地说明了有关设计可靠性产品的实验策略。Byrne and Quinlan（1993）描述了一个设计柔性推缆的实验，这种产品要求在多变的使用环境下具备很长的寿命。Tseng，Hamada，and Chiao（1995）描述了选择制造变量以延长荧光灯泡寿命的析因实验的应用。Phadke（1989）描述了一个优化复印机子系统的性能及可靠性的实验。］

迅速开发高可靠性的新产品的需要促使人们开发出了其他新产品试验方法。

这些试验方法旨在尽快地在产品开发设计的早期识别和消除潜在的可靠性隐患。其中的一种方法称为 STRIFE（stress-life）试验。STRIFE 试验的基本思路是对样机或早期的生产单元进行高强度的加压和测试（如利用温度循环、电力循环和振动）以强迫其失效。尽管只测试一两个单元就可能是很有用的，但对于测试单元的适当挑选将会提供有关单元间变异的更多的信息。［Bailey and Gilbert (1981) 给出了一个完整的 STRIEF 试验和改进项目的例子，该项目只用了 3 周就得以成功地完成。Kececioglu and Sun (1995) 也讨论了 STRIEF 试验并给出了若干有趣的案例研究。Schinner (1996) 详细讨论了用于发现或评价产品失效模式的潜在影响的生产前“加速试验”。］

可靠性验证　可靠性验证用于评价产品的可靠性是否满足规格要求。可靠性规格通常用产品寿命分布的均值或某个特定的分位数来表述。例如，某种部件的产业买主会要求在使用头 5 年失效百分率不得超过 0.5%。

产品可靠性验证通常会涉及某种类型的寿命试验。计划一项可靠性验证试验的基本思路类似于验收抽样（参见第 46 章），尽管会有下述的一些特别的方面。可靠性验证试验的方案要规定投入试验的单元数、试验时间以及成功验证的标准。当试验结果表达为成功或是失败时，如在验证某个系统的启动可靠性时那样，有关计数值数据的验收试验方案［如（MIL-STD-105E，1989）或对应的民用标准（ANSI/ASQC，1993a，Z1.4）］有时可用于可靠性验证。类似地，当所有单元均试验至失效且满足所要求的分布假设时（例如，通常用正态分布模型来记录失效时间），正态分布的标准验收试验方案［（MIL-STD-414，1957）或对应的民用标准（ANSI/ASQC，1993b，Z1.9）］有时可应用于可靠性验证。但是，试验若是终结于所有单元尚未失效的情形下，就必须采用特别的可靠性验证试验方案。［Abernethy (1996) 描述了小样本的威布尔验证方案。］在可靠性数据分析中有着广泛应用的那些非正态的寿命分布（如威布尔分布）也要求必须有特殊的试验方案。

美国国防部所发布的许多手册和标准中都包括有各种情形下所应用的可靠性验证方案。例如，在《质量控制和可靠性手册 H-108》（Quality Control and Reliability Handbook H-108）（U.S. Department of Defense，1960）中，给出了定数截尾（到达预定的失效数即终止试验）、定时截尾（预先规定试验时间）和指数分布的序贯试验方案。在《手册 TR7》（Handbook TR7）（U.S.Department of Defense，1965）中给出了有关威布尔分布的类似试验方案。席林（Schilling，1982）就常用的可靠性验证试验方案提供了一个全面的综述。

筛选和老化　许多产品，从电子元器件到汽车的电子系统，在其寿命的早期调整阶段都会经历可靠性问题。这类早期的失效通常发生于一小部分带有制造缺陷的单元中。当这些缺陷单元的全部或大多数均已失效后，总体失效率一般便会达到一个较低的水准，一直持续到耗损失效开始发生（参见前面讨论的“浴盆曲

线")。对于有些产品（如台式计算机）而言，其寿命的耗损阶段远在产品的技术寿命之外。但是，在涉及关键系统以及不可能修理或修理代价非常昂贵的许多场合（如卫星系统、海底系统、关键的飞机系统等），早期失效都是实现所需可靠性水准的重要障碍。

面临这种情况的制造商，在其质量改进和可靠性改进活动中都试图消除或起码减少早期失效的发生率。这种情况下，通常应用筛选或老化（screening or burn-in）技术来识别和消除有缺陷的元器件或消除含有缺陷的产品，避免使之流入顾客手中。

老化试验可被视为一种对产品总体的100%检验或筛选。在发运或安装之前，所有单元均运行一段时间。为了加速这一过程，诸如集成电路这样的元件可在较高的温度或其他应力水平下运行。系统或子系统采用加速试验的能力要有限得多。詹森和彼得森（Jensen and Petersen，1982）介绍了这一领域的一种工程方法。[进一步的信息和参考资料可参阅资料（Nelson，1990，p.43）。]

环境应力筛选（ESS）是一种对于系统和子系统（如电路组）层次的单元进行加速老化的手段。为帮助识别薄弱单元，ESS应用了适度但很复杂的加压，如温度循环、物理振动或许还有加压运行（如在较高速度和较低电压下运行计算机芯片）等多方面的组合。[Tustin（1990）给出了有关这一方法的较详细的描述以及若干参考资料。MIL-STD-2164（1985）给出了有关ESS程序的一个有用的概述。Nelson（1990，p.39）给出了包括军标在内的进一步的参考资料。]

老化和ESS均属于检验/筛选性质的方法。与消除对于大量检验的依赖这一现代质量运动的目标相一致，大多数制造商都倾向于不做老化或ESS。这种方法还非常昂贵，且未必十分有效。除了那些最为关键的场合，通过持续地改进产品设计和制造过程而实现可靠性的提高，减少或消除对于筛选试验的依赖便是有可能的。

可靠性增长 系统的可靠性是在其设计、开发、试验、生产和现场使用的整个过程中持续形成的。这种连续的变化被称为"可靠性的增长"（虽然事实上可靠性既有可能改善也有可能恶化）。增长通常源自于各种发现设计（或制造）缺陷及实施影响所有未来的制造单元的纠正措施的努力。这样，下一代系统应当比其前一代具有更好的可靠性。这一过程有时被称为"试验、分析与纠正"（test，analyze，and fix，TAAF）。其基本思路是找出和消除以前未曾发现的可靠性隐患。可靠性增长模型和数据拟合方法能够用来预测这种改进所达成的产品可靠性。可靠性增长分析通常要将系统失效数据与可靠性增长模型（如有名的Duane模型）相拟合。然后利用这些经验模型来预计下一代系统的可靠性。[有关可靠性增长的进一步信息和参考资料可参阅MIL-HDBK-189（1981），Klion（1992），Ascher and Feingold（1984）以及Pecht（1995，chap 11）。]

软件可靠性 顶级的预订、银行业务、账单处理以及其他金融和商务系统均

依赖于复杂的软件系统。另外，现代所有种类的硬件系统，从汽车、电视到通讯网络和太空飞船，均包含复杂的电路。绝大多数这类电子系统在很大程度上都是依赖软件来发挥其重要的功能性和易用性。对于许多系统而言，软件的可靠性已经成为系统可靠性的重要的限制因素。

电器电子工程师协会将软件的可靠性定义为“软件在规定的时间和规定的条件下不会引起某个系统失效的概率”。软件可靠性至少在一个重要的方面与硬件可靠性有所不同。硬件的失效常常能够追溯到某些物理故障的组合和/或随时间流逝而发生的物理/化学的老化，这种老化可能会被应力、撞击或其他的环境或运行条件所加速。但另一方面，软件的失效则是由软件中的固有故障所导致的，这些故障通常是始终存在的。除非应用了某组特定的输入，或是达到了某种特定的系统状态或系统载荷水准，否则实际的失效是不会发生的。如果没有干预的话，软件本身的状态是不会改变的。

软件差错的危害性各不相同。使用个人电脑的人们都知道，系统随时都会因不知什么原因而停止工作。原因通常与软件相关（亦即若是软件能够设计得可以预计到导致问题的条件的话，失效是不会发生的）。重新启动计算机及应用软件似乎能够使问题消失。失效时正在应用着的数据有可能会也有可能不会失去。操作系统或应用软件的将来版本可能会纠正这些问题。在安全性十分关键的系统中（如医疗、飞行控制或军事系统），软件的失效会导致严重得多的后果（如威胁到生命的安全）。

出于某些意图，软件可靠性方面的统计方法类似于前述的预测系统可靠性增长或可修系统数据分析中所用的方法。软件数据通常表现为在软件系统的运行中发生的失效（或其他的某些特定的事件）的时间的序列。软件可靠性数据的收集可以出于各种不同的目的，包括评价失效间隔时间的分布，追踪旨在查找和纠正软件差错的努力的效果，决定软件产品的发布时间，评价为改进软件开发过程而进行的变革的效果，等等。

人们在软件可靠性数据建模方面提出和建立了众多的模型。其中最简单的一种是将软件的失效率描述为使用时间和其他因素的平滑函数，这些因素如系统载荷和测试或使用的量等。为了更加自动化并将改进过程的信息直接体现到软件可靠性模型中，许多模型都有一个参数对应着系统中仍存在的缺陷数。在有些模型中，失效率与故障数是成比例的。当经过一次“修理”之后，便会有一定的概率使故障得以修复，但也许还会有一定的概率引入了新的故障。

[有关软件可靠性和软件可靠性模型的更多信息可参阅 Musa，Iannino，and Okumoto（1987），Shooman（1983），Neufelder（1993），Pecht（1995，chap.6）或 Azem（1995）。]

致谢

承蒙约翰·威利父子（John Wiley & Sons）公司允许，本章部分内容引自（Meeker and Escobar，1998）。我们还要感谢伊莱恩·米勒（Elaine Miller）和德尼丝·赖克（Denise Riker）在部分手稿的编辑和打印方面所给予的帮助。

参考文献

Abernethy, R. B. (1996). *The New Weibull Handbook*. Self-published, 536 Oyster Road, North Palm Beach, FL 33408-4328.

ANSI/ASQC(1993a). Z1.4-1993: *Sampling Procedures and Tables for Inspection by Attributes*. Available from American National Standards Institute, Customer Service, 11 West 42nd St., New York, NY 10036.

ANSI/ASQC(1993b). Z1.9-1993: *Sampling Procedures and Tables for Inspection by Variables for Percent Nonconforming*. Available from American National Standards Institute, Customer Service, 11 West 42nd St., New York, NY 10036.

Ascher, H., and Feingold, H. (1984). *Repairable Systems Reliability*. Marcel Dekker, New York.

Azem, A. (1995). *Software Reliability Determination for Conventional and Logic Programming*. Walter de Gruyter, New York.

Bailey, R. A., and Gilbert, R. A. (1981). "STRIFE Testing for Reliability Improvement." *Proceedings of the Institute of Environmental Sciences*, pp. 119-121.

Byrne, D., and Quinlan, J. (1993). "Robust Function for Attaining High Reliability at Low Cost." *1993 Proceedings Annual Reliability and Maintainability Symposium*, pp. 183-191.

Condra, L. W. (1993). *Reliability Improvement with Design of Experiments*. Marcel Dekker, New York.

Doganaksoy, N., and Nelson, W. (1998). "A Method to Compare Two Samples of Recurrence Data." *Life Data Analysis*, vol 4, pp. 51-63.

Graves, S., and Menten, T. (1996). "Designing Experiments to Measure and Improve

Reliability." *Handbook of Reliability Engineering and Management*, 2nd ed. W. G. Ireson, C. F. Coombs, and R. Y. Moss, eds. McGraw-Hill, New York, Chapter 11.

Hahn, G. J., and Shapiro, S. S. (1967). *Statistical Models in Engineering*. John Wiley & Sons, New York.

Høyland, A., and Rausand, M. (1994). *System Reliability Theory: Models and Statistics Methods*. John Wiley & Sons, New York.

Jensen, F., and Petersen, N. E. (1982). *Burn-in, An Engineering Approach to Design and Analysis of Burn-in Procedures*. John Wiley & Sons, New York.

Kececioglu, D., and Sun, F. (1995). *Environmental Stress Screening: Its Quantification, Optimization and Management*. PTR Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ. Klinger, D. J., Nakada, Y., and Menendez, M. A. (1990). *AT&T Reliability Manual*. Van Nostrand Reinhold, New York.

Klion, J. (1992). *practical Electronic Reliability Engineering*. Van Nostrand Reinhold, New York.

Lawless, J. F., and Nadeau, C. (1995). "Some Simple Robust Methods for the Analysis of Recurrent Events." *Technometrics*, vol 37, pp. 158–168.

Lewis, E. E. (1996). *Introduction to Reliability Engineering*. John Wiley & Sons, New York.

Meeker, W. Q., and Escobar, L. A. (1998). *Statistical Methods for Reliability Data*. John Wiley & Sons, New York.

Meeker, W. Q., and Hahn, G. J. (1985). "How to Plan Accelerated Life Tests: Some Practical Guidelines." *ASQC Basic References in Quality Control: Statistical Techniques*. Available from the American Society for Quality, 310 W. Wisconsin Ave., Milwaukee, WI 53203, vol. 10.

Meeker, W. Q., and LuValle, M. J. (1995). "An Accelerated Life Test Model Based on Reliability Kinetics." *Technometrics*, vol. 37, pp. 133–146.

MIL-HDBK-189 (1981). *Reliability Growth Management*. Available from Naval Publications and Forms Center, 5801 Tabor Ave., Philadelphia, PA 19120.

MIL-HDBK-217F (1991). *Reliability prediction for Electronic Equipment*. Available from Naval Publications and Forms Center, 5801 Tabor Ave., Philadelphia, PA 19120.

MIL-STD-105E(1989). *Military Standard, Sampling Procedures and Tables for Inspection by Attributes*. Available from Naval Publications and Forms Center, 5801 Tabor Ave., Philadelphia, PA 19120.

MIL-STD-414 (1957). *Military Standard, Sampling Procedures and Tables for*

Inspection by Variables for percent Defective. Available from Naval Publications and Forms Center, 5801 Tabor Ave., Philadelphia, PA 19120.

MIL-STD-1629A(1980). *Failure Modes and Effects Analysis*. Available from Naval Publications and Forms Center, 5801 Tabor Ave., Philadelphia, PA 19120.

MIL-STD-2164 (1985). *Environmental Stress Screening Process for Electronic Equipment*. Available from Naval Publications and Forms Center, 5801 Tabor Ave., Philadelphia, PA 19120.

Minitab (1997). *Version 12 User's Guide*, Minitab Inc., State College, PA.

Musa, J. D., Iannino, A., and Okumoto, K. (1987). *Software Reliability: Measurement, Prediction, Application*, McGraw-Hill, New York.

Nair, V. N. (1984). "Confidence Bands for Survival Functions with Censored Data: a Comparative Study." *Technometrics*, vol. 26, pp. 265–275.

Nelson, W. (1982). *Applied Life Data Analysis*, John Wiley & Sons, New York.

Nelson, W. (1988). "Graphical Analysis of System Repair Data." *Journal of Quality Technology*, vol. 20, pp. 24–35.

Nelson, W. (1990). *Accelerated Testing: Statistical Models, Test Plans, and Data Analyses*. John Wiley & Sons, New York.

Nelson, W. (1995). "Confidence Limits for Recurrence Data—Applied to Cost or Number of Product Repairs." *Technometrics*, vol. 37, pp. 147 –157.

Nelson, W., and Doganaksoy, N. (1989). "A Computer Program for an Estimate and Confidence Limits for the Mean Cumulative Function for Cost or Number of Repairs of Repairable Products." TIS Report 89CRD239, General Electric Company Research and Development, Schenectady, NY.

Neufelder, A. (1993). *Ensuring Software Reliability*. Marcel Dekker, New York.

O'Connor, P. D. T(1985). *Practical Reliability Engineering*, 2nd ed., John Wiley & Sons, New York.

Parida, N. (1991). "Reliability and Life Estimation from Component Fatigue Failures below the Go-No-Go Fatigue Limit." *Journal of Testing and Evaluation*, vol. 19, pp. 450–453.

Pecht, M., ed. (1995). *Product Reliability, Maintainability, and Supportability Handbook*. CRC Press, Boca Raton, FL.

Phadke, M. S. (1989). *Quality Engineering Using Robust Design*. Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ.

SAS Institute (1995). *JMP User's Guide*, Version 3.1. SAS Institute Inc., Cary, NC.

SAS Institute (1996). *SAS/STAT™ Software: Changes and Enhancements*

through Release 6.11 . SAS Institute Inc., Cary, NC. (Proc RELIABILITY is part of the SAS/QC software.)

Schilling, E.G.(1982). *Acceptance Sampling in Quality Control*. Marcel Dekker, New York.

Schinner, C.(1996). "Accelerated Testing." *Handbook of Reliability Engineering and Management*, 2nd ed., W.G. Ireson, C.F. Coombs, and R.Y. Moss, eds. McGraw-Hill, New York, Chapter 12.

Shooman, M.L.(1983). *Software Engineering: Design, Reliability, and Management*, McGraw-Hill, New York.

Statistical Sciences, (1996). *S-PLUS User's Manual*, Volumes 1,2, Version 3.4. Statistical Sciences, Inc., Seattle.

Sundararajan, C.(1991). *Guide to Reliability Engineering*. Van Nostrand Reinhold, New York.

Tseng, T.S., Hamada, M., and Chiao, C.H.(1995). "Using Degradation Data from a Factorial Experiment to Improve Fluorescent Lamp Reliability." *Journal of Quality Technology*, vol.27, pp.363-369.

Tustin, W.(1990). "Shake and Bake the Bugs Out." *Quality Progress*, September 1990, pp.61-64.

U.S. Department of Defense(1960). "Sampling Procedures and Tables for Life and Reliability Testing." *Quality Control and Reliability (Interim) Handbook (H-108)*. Office of the Assistant Secretary of Defense (Supply and Logistics), Washington, DC.

U.S. Department of Defense (1965). "Factors and Procedures for Applying MIL-STD-105D Sampling Plans to Life and Reliability Testing." *Quality Control and Reliability Assurance Technical Report (TR 7)*. Office of the Assistant Secretary of Defense (Installations and Logistics), Washington, DC.

（遇今 译）

附录Ⅰ 符号与缩略语汇编

本附录中列出的是质量领域中尤其是在本手册中常用的符号和缩略语。这一列表在本版中进行了较大的更新和修订。

a	抽样方案中的接收数。
a	在只有 A 在高水平发生的 2^n 实验中因子 A，B，C，n 的组合。
A	成组数据的任意原点。
A	计量值抽样方案的图示应用中的因子。
A	接收的单位费用（缺陷品漏检所造成的损失）。
A	$\bar{X}$ 控制图中用来定位中心线上下的 3σ 控制限的 σ_0 的乘数。
A_3	$\bar{X}$ 控制图中用来定位中心线上下的 3σ 控制限的 $\bar{s}$ 的乘数。
A_2	$\bar{X}$ 控制图中用来定位中心线上下的 3σ 控制限的 R 的乘数。
A_c	抽样接收计划中的接收数，即在一个容量为 n 的样本中可允许的最大缺陷品数。
ACL	接收控制线，即在 RPL 方向上距 APL 的距离 d。
ANOVA	方差分析。
AOQ	平均检出质量，即经接收抽样及必要的进一步检验后通过检验部门的产品的长期的平均质量。
AOQL	平均检出质量限界，即 AOQ 的上限。
APL	可接收过程水平，即可接收的且通常应被方案接收的过程水平。
AQL	可接收质量水平，即规定的批质量水平，抽样方案将以高概率（如 95%）接收该质量水平的提交批。
ARL	平均持续运行长度。
ASN	平均样本数，即在抽样检验中平均每个批所检验的件数。
ATI	平均总检验量，即在特定接收程序下一个批所检验的平均件数。
b	随机或平衡不完全区块实验设计中的分区数。
b_1，b_2，…	回归系数 β_1，β_2，…的估计值。
B_3	用于定位 σ 图的 3σ 控制下限的 $\bar{s}$ 的乘数。
B_4	用于定位 σ 图的 3σ 控制上限的 $\bar{s}$ 的乘数。
B_5	用于定位 σ 图的 3σ 控制下限的 σ_0 的乘数。
B_6	用于定位 σ 图的 3σ 控制上限的 σ_0 的乘数。
B_U，B_L	使用 s 时的 σ 的置信限的因子。
c	缺陷数，通常是指在规定容量的样本中的缺陷数。

c	抽样接收方案中的接收数，即在容量为 n 的样本中可允许的最大缺陷品数。（有些抽样表中，采用的符号是 A_c。）
c	MIL-STD-414 中给出的尺度因子。
c	抽样方案中的接收数，也使用 A_c。
$\bar{c}$	在一系列样本中，每个样本的平均缺陷数。
c_0	规定容量的样本中的标准的或希望的平均缺陷数。c_0 还可以指样本中的总体平均缺陷数。
c_2	在一个长的样本序列中 $\hat{\sigma}$ 的期望值与其总体 σ 的比值。
c_4	由 $\hat{\sigma}=\bar{s}/c_4$ 中来估计标准差的系数。
c_5	估计 s 的标准差的系数，$\sigma_s=c_5\sigma$，因此 $\hat{\sigma}_s=c_5\bar{s}/c_4$。
c_{ij}	矩阵 C 的第 i 行和第 j 列处的要素。
C	修理或更换所发现缺陷件的费用。
C	所要求的进一步的能力。
C	校正因子，常量。
C_b	回归预测值的方差。
C_p	居于规格限中心的过程的能量指数。
C_{pk}	过程绩效指数。
$\hat{C}_{pk}$	C_{pk}的估计值。
$C(t)$	一个系统到时刻 t 的累计维修费用。
C_1，C_2	列表法中的调整累积和。
ChSP	链式抽样方案。
CIM	调优运算中的平均变更效应。
CSP	连续抽样方案。
d	检验中所检出的差分与变异的量度的比率。
d	成对样品读数的差。
d	缺陷品数。
d	累积和控制图中的先导距离。
d_i	在第 i 个样本中的缺陷件的数目。
d_i	带正负号的差分。
$\bar{d}$	成对数据读数的平均差值。
d'	分组中距离频数分布的假想原点的偏差。
d_2	（容量为 n 的样本中）$\bar{R}$ 的期望值与总体 σ 的比值，即 $\bar{R}=d_2\sigma$。
D	实际累积频数百分率与理论累积频数百分率的最大偏差。
D	累积和控制图中，期望检出的平均值的最小变化量。
D_1	用于定位 R 图的 3σ 控制下限的 σ_0 的乘数。
D_2	用于定位 R 图的 3σ 控制上限的 σ_0 的乘数。
D_3	用于定位 R 图的 3σ 控制下限的 $\bar{R}$ 的乘数。
D_4	用于定位 R 图的 3σ 控制上限的 $\bar{R}$ 的乘数。
D_i	在第 i 个样本中的累积缺陷品数。
df	自由度，与给定的一套观测值能够独立比较的数目（也记作 DF）。
DF	自由度，与给定的一套观测值能够独立比较的数目（也记作 df）。
DPU	每单位的缺陷数。

e	自然对数的底，其数值为 2.718 28 ｜ 的一个常数。
e	简单事件。
e_{ij}	测量值 Y_{ij} 的实验误差。
$\bar{E}$	估计值的最大允许误差（所期望的精度）。
$E(T)$	T 的期望；也表示平均失效时间。
E_2	用于确定单值控制图上的 3σ 控制限的 $\bar{R}$ 的乘数。
EVOP	调优运算。
f	频数，一般指在频数分布的特定组段中的观测值的数目。
f	连续抽样中的抽样率。
f	在调批抽样中，在满足最初的准则之后所要检验的批的比率。
$f(t)$	概率密度函数（pdf）。
F	两个方差估计值的比率或这一比率的分布。
F_{CALC}	F 的计算值。
F_{TAB}	F 的表中值。
F'	两个样本极差的比率或这一比率的分布。
$F(t)=Pr(T\leqslant t)$	累积分布函数。
$F_T(t)$	系统失效概率。
$\hat{F}(t)$	分布函数的经验估计。
$F(t,\theta)$	均值为 θ 的指数分布函数。
$F(t,\eta,\beta)$	形状参数为 η 和尺度参数为 β 的威布尔分布函数。
$F(t,\mu,\sigma)$	位置参数为 μ 和尺度参数为 σ 的正态分布函数； $F(t,\theta,\sigma)=\varphi_{NOR}[(t-\mu)/(\sigma)]$
g	用于计算威布尔分布的数值因子。
G	所有观测值的总和。
GLD	通用 λ 分布。
h	两阶段试验、置信区间和最佳试验的乘数。
h	累积和抽样方案中的参数。
$h_T(t)$	系统的危险函数。
$h(t)$	危险函数；$h(t)=f(t)/[1-F(t)]$
h'	累积和抽样方案中的参数。
h_1，h_2	过程参数序贯抽样方案中的截距值。
H_i	假设。
i	组距；分组数据中，某一组段中的一点到下一组段的相应点的距离。
i	在调批抽样中，在开始时或是在检测到不合格批之后，发现符合跳批条件的相继批的数目。
i	在连续抽样中，连续接收的单元的数目。
i	链式抽样中，样本中不含缺陷品的批数。
I	单件检验费用。
I_m	每批的最小检验量。
I	平方特征矩阵。
I	特征符号。

k	连续抽样方案中的抽样水平数。
k	累积和抽样方案中的参数。
k	所要研究的处理数或因子水平。
k	计量抽样方案中的接收常数。
k	平衡不完全区块设计或尤登方设计中的区块大小。
k	$2k$ 设计中的因子数。
k	$m+1$ 个等配置的值和 q 种成分的点阵设计所要求的点子数。
k	固定宽度和精度的区间的总体数。
k	回归分析中的预测变量数。
k	样本数。
k	应用 s 的正态分布公差区间因子。
K	用标准差单位所表示的某个值与均值的差。$K=(X-\mu)/\sigma$。也记作 z。
K	调优运算中用来确定误差项的因子。将极差转化为标准差的估计。
K_1，K_2	图表法累积和控制图中的因子。
K_1，K_2	应用极差的正态分布的公差区间因子。
$\mathscr{L}$	似然性。
L	调优运算中用于计算的数值因子。
L	损失函数。
L	标准差的倍数。
L	质量特性的下规格限。
L，E	平衡不完全区块设计或尤登方设计中的常量。
$L(N)$	表示具有 N 次试验的正交表。
LACL	计量抽样方案中的下接收控制限。
LCL	控制图的下控制限。
LQ	限定质量。
LTPD	批允许缺陷百分率，即不能令人满意的应被抽样方案所拒收的缺陷水平。
LSD	最不显著差异。
m	发生次数。
m	分段嵌套设计中基本因子（A）的水平数。
m	因子的水平数。
m_R	极差均值的真值。
M	MIL-STD-414 中的接收限。
M	用于调优运算的计算的数值因子。
MAR	最大可允许极差。
MCF	平均累积函数，时刻 t 之前每个系统期望的修理数。
ML	最大似然性。
MS	均方。
MSB	处理间均方。
MSD	计量抽样方案的最大标准差。
MSE	误差均方。
MSI	交互作用均方。
MS（RES）	残差均方。

MSW	处理内均方。
MTBF	平均故障间隔时间。
n	样本或子组中的件数或观测值数。也表示某些事件的试验次数。
n_i	赋予每一处理的编号。
n_0	响应面实验设计中的中心点的编号。
n_0	初始样本容量。
n_1	二次抽样中第一样本中的件数。
n_2	二次抽样中第二样本中的件数。
n_a	计数样本的容量。
n_θ，n_s	标准差已知和未知的计量方案的样本容量。
n_T，n_N	TNT 抽样方案中的样本容量。
n	平均样本容量。
$n!$	$n(n-1)(n-2)\cdots(1)$，n 为正整数；$n=1$ 和 $n=0$ 时的 $n!=1$。
np	容量为 n 的样本中的缺陷品件数。
$n\bar{p}$	容量为 n 的一组样本中的 np 的平均值。
N	批或总体中的件数。
N	实验单元的个数。
N	回归分析中数据对的个数。
OC	抽样特性，描述抽样方案中的风险的描点图。
p	不合格率，即不合格件与总件数的比率。
p	事件的发生概率。
p	在 2^{k-p} 实验设计中的局部化要素。
P^*	置信水平。
p（%）	计量抽样方案中，双侧不合格率的估计。
p_1	抽样方案中的可接收不合格品率。
p_2	抽样方案中的可拒收不合格品率。
p_0	不合格率的目标值或标准值；也表示所抽检批或总体中的 p 的真值。
$\bar{P}$	平均不合格品率，即在一组样本中发现的不合格品的总数除以样本中的总件数。
p_b	不合格品率的均衡值，在此点上 $1/p_b$ 件产品的检验费用与一个不合格品所造成的损失的费用相等。
p_c	期望失效率。
p_k	对应于 $z=k$ 的上尾的 p 值。
$P_{n_0}(t)$	两个测量值在两个阶段都相等的测试概率。
P_L（%）	计量抽样方案中，低于规格下限的不合格品百分率的估计值。
P_U（%）	计量抽样方案中，不合格品百分率的估计值。
P	包括在统计公差限内的总体百分率。
P_a	接收某个特定批的概率。也表示接受某个假设的概率。
$P(A)$	事件 A 发生的概率。
$P(B\|A)$	在 A 发生的情况下，B 的条件概率。
P_r	批拒收的概率。
PC	预先控制。
PE	纯误差。

P_s	生存概率。在等于或大于 t 的时间区间内无故障运行的概率。（这与可靠性 R 是相同的。）
q	$1-p$，某个事件在一次试验中不发生的概率。
q	实验设计中，混合物的成分数。
Q	二次损失函数。
$Q_r(X_r)$	在 Quisenberry Q 图中表示 σ 已知时的均值的统计量。
$Q(R_r)$	在 Quisenberry Q 图中表示 σ 已知时的过程变异的统计量。
Q_L，Q_U	MIL-STD 414 中所引用的质量指数。
r	某些事件的发生数，如样本中的缺陷数、假设检验中不常见迹象的发生数。也表示该统计量的分布。
r	样本相关系数。
r	重复次数。
r	抽样方案中的拒收数。
r_{10}，r_{11}，r_{21}，r_{22}	检验离群值的标准。
R	n 个数的极差，即最大的数与最小的数之间的差。
R	抽样方案的操作率（p_2/p_1）。
$\overline{R}$	若干个极差的平均值。
R_e	拒收数，即导致批被拒收的容量为 n 的样本中的缺陷品数。
$R(t)$	可靠性；总体中到时刻 t 仍生存的比例。也记作 R。
REG	回归。
RES	残差。
RPL	可拒收过程水平，即可拒收的且通常应当为方案所拒收的过程水平。
RQL	可拒收质量水平。
RSM	响应面方法，用于优化各种不同类型的工业过程和系统的一种实验性方法。
R^2	可由回归模型解释的变异的比例。也指样本多重相关系数的平方。
s	σ（总体标准差）的抽样估计；例如，s 是单个值的标准差的抽样估计，$s_{\bar{x}}$ 是样本均值标准差的抽样估计。
s	$\sqrt{\sum (x-\bar{x})^2/(n-1)}$
s	序贯抽样方案中，由 APL 和 RPL 的值计算出来的常量。
s^2	σ^2（总体方差）的抽样估计；例如，s^2 是单个值的方差的抽样估计，$s_{\bar{x}}^2$ 是样本均值方差的抽样估计。
s_0	给定标准的控制图的标准差。
s_d	差分标准差。
s_{XY}	X 与 Y 之间的协方差。
S_m	累积和抽样方案中的试验统计量。
$S(t)$	$\Pr(T>t)$ 生存函数；$S(t)$ P_s $1-F(t)$，亦称为可靠性函数。
SE	标准误差。
SKSP	跳批抽样方案。
SN	信噪比。
SPC	统计过程控制。

SS	平方和，例如，SSE 为误差平方和。
SS（LF）	缺乏配合的平方和。
SS（PE）	纯误差的平方和。
SSB	处理间的平方和。
SSC	列平方和。
SSE	误差平方和。
SSI	交互作用平方和。
SSR	行平方和。
SSR	残差平方和。
SST	总平方和，也记作 TSS。
SSW	处理内平方和。
t	规定的一段无故障运行时间。
t	随机区块设计中的处理数。
t	用于比较样本均值的统计量或该统计量的分布。
t'	当总体标准差不能假定相等时，用来比较样本均值的统计量。 t' $(\bar{X}_1 - X_2) / \sqrt{s_1^2/n_1 + s_2^2/n_2}$
t	以标准差为单位的个数。
t_c	删失时间。
t_p	T 的第 p 个分位点。
T	序贯抽样中，与样本编号 n 相应的统计量的累积和。
T	累积和控制图中的参考值。
T	公差。
T	观测值的总和。
T	总的试验时间。
T'	二样本曼-惠特尼（Mann-Whitney）试验的秩和。
T_L	$(\bar{X} - L) / s$，MIL-STD-414 中所应用的一个统计量。
T_U	$(U - \bar{X}) / s$，MIL-STD-414 中所应用的一个统计量。
T^2	用于检验两个特性的总体均值的统计量（称为侯铁林 T^2）。
TSS	校正的总平方和。
u	每单位的缺陷数。
u	所有样本中的不合格项总数除以所有样本的产品总数，即平均每单位产品的不合格项数。
U	（假设检验中）服从正态分布的统计量的符号。
U	质量特性 X 的上规格限。
UCL	控制图的上控制限。
ULL，LLL	批作图法抽样中的参数。
v	计量抽样方案的图示法中的因子。
v	方差已知的计量抽样方案中的因子。
var (Z_i)	指数加权移动平均的方差。
w	组段宽度。
w	每一处理中的 n 个观测值的极差。
W	重要度权重。
x	向量因子。

x'	向量因子 x 的转置。
x_1，x_2，…	某些变量的观测值，这些变量通常为质量特性。
$\bar{X}$	算术平均值，一组数字 X_1，X_2，X_3，…，X_n 的平均值为这些数字之和除以 n。
$\bar{X}_0$	某个质量特性的目标值或标准值。也用来表示抽样总体的未知均值的真值。
$\bar{\bar{X}}$	若干个 X 值的平均值。通常称做总平均值。
X	一个要素矩阵。
$\tilde{X}$	X 的中位数的值。
y	密度或频数函数。
y_1，y_2	序贯抽样中的接收值和拒收值。
Y	响应特性。
Y	变量的观测值。
Y_i	第 i 次运行的产出。
Y_{ij}	第 i 个处理第 j 个区块中的观测值。
$\bar{Y}$	变量 Y 取值的平均值。
$\bar{Y}_0$	响应面方法中，中心点的平均值。
$\hat{Y}$	Y 的预测值。
z_{1-P_0}	计算 OC 曲线时的正态分布的 z 值。
z_p	对应于正态分布的上尾概率 p 的 z 值。
Z	正态分布系数。
Z_t	指数加权移动平均作图的统计量。
α	假设为真时被拒绝的概率（称为第一类差错或显著性水平）。在验收抽样中，α 为生产者风险。
α	威布尔分布的尺度参数。
β	假设为伪时被接受的概率（称为第二类错误）。在验收抽样中，β 为消费者风险。
β_0，β_1	可接收和不可接收平均寿命。
β_1，β_2	回归分析模型中的未知参数。
β	威布尔分布的形状参数。
$\beta^2 V$	威布尔估计中的大样本近似方差因子。
β_i	给定区块的一个特定的项。它是第 i 个区块中某个给定处理的响应与该处理在所有区块中的平均响应的差别量，假定无实验误差。
γ	置信水平。
γ	威布尔分布的位置参数。
Γ	伽马函数。
δ	置信区间的宽度。
δ	累积和控制图中，标准化了的期望探测到的均值的偏移，$\delta = D/\sigma$。
δ^*	真值与假设值之间的距离。
ε	线性函数中的随机误差。
η	威布尔分布的尺度参数。
η	组均值，总均值。
θ	累积和控制图中的掩模角度（掩模总角度的一半）。
θ	在可靠性中指平均寿命。
θ	累积和控制图中图上所用掩模的一个角度。

λ	故障率，即每单位时间的故障的比例。
λ	指数加权移动平均中的权重因子。
μ	总体均值（平均值），如批的均值、平均故障间隔时间或平均寿命等。（μ_0 是均值的可接收值，μ_1 是均值的可拒收值。）
μ_0	μ 的标准值。
ν	自由度。
$\nu\ (t)$	每个系统的修理发生率。
ξ	转换值。
π	常数 3.141 59+。
σ	总体标准差；例如，σ 是单个值的标准差，$\sigma_{\bar{x}}$ 是样本均值的标准差。（在某些资料中用 σ' 来代替 σ。）
$\bar{\sigma}$	若干标准差的均值。
$\hat{\sigma}$	由容量为 n 的样本中计算出的总体标准差的估计值；$\hat{\sigma}=\sqrt{\Sigma\ (x-\bar{x})^2/n}$
σ_0	σ 的标准值。
$\sigma_{\hat{p}}$	比例的标准差。
σ_R	样本极差的标准差。
σ_w^2	分量内方差，用 s_w^2 来估计。
σ_b^2	分量间方差，用 s_b^2 来估计。
σ^2	总体方差，误差方差。
Σ	表示对其后的数字求和的算术符号。
τ_d	$\tau_d=(\bar{X}_1-\bar{X}_2)/[\frac{1}{2}(R_1+R_2)]$，用来检验关于 μ_1 和 μ_2 的假设的统计量。也表示该统计量的分布。
τ_t	$(\bar{x}-\mu_0)/R$，用来检验关于 μ_0 的假设的统计量。也表示该统计量的分布。
τ_j	修理间隔时间。
φ_i	在随机区块实验设计中，第 i 个处理的特定项，它对所有区块而言都是一个常数，无论该处理发生在哪个区块。
φ^2	方差分析中确定样本容量的量。
$\Phi^{-1}\ (p)$	累积概率为 p 的随机变量分布函数的逆。
Φ_{SEV}	最小极端值分布函数。
Φ_{NOR}	正态分布函数。
$\Phi_{(p)}$	分布函数。
χ^2	$(n-1)\ s^2/\sigma_0^2$ 或这一比值的分布。
∞	无穷。

有关符号及其他事项标准的列表请参阅附录Ⅲ。

（焦叔斌 译）

附录Ⅱ 表与图

表 A 计算控制图中各条线的因子

表 B 正态分布表

表 C 指数分布表

表 D 中位数秩表

表 E 泊松分布表

表 F 二项分布表

表 G t 分布表

表 H $\tau_d = \dfrac{\bar{X} - \mu_0}{R}$ 百分位数表

表 I 符号检验中 r 的临界值表

表 J $\tau_d = \dfrac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{1/2\ (R_1 + R_2)}$ 百分位数表

表 K F 分布表

表 L χ^2 分布表

表 M $F' = \dfrac{R_1}{R_2}$ 百分位数表

图 N 不合格品百分率的置信限

表 O 威尔考克森-曼-惠特尼（Wilcoxon-Mann-Whitney）检验的较小秩和的临界值表

表 P 试验次数高于和低于一组数值的中位数的极限值

表 Q 极平均值的检验标准表

图 R 显著性水平 0.05 的双侧正态检验的抽样特性图

图 S σ 未知时算术平均值的样本容量

图 T 在其真值的 p% 范围内以 γ 为置信系数估计标准差所要求的自由度数

表 U 正态分布的公差因子

表 V 正态分布的单侧和双侧统计公差限因子 k

表 W 样本两极点间区间的 P 值表

表 X 样本两极点间区间的 N 值表

表 Y　控制图的 E_2 因子

图 Z　p 控制图的控制限

图 AA　每样本中的缺陷数 c 的控制限

表 BB　累积和控制图的因子

表 CC　随机数表

表 DD　方差分析中确定样本容量的 ϕ^2 值表

进一步的用表请参阅 Owen, D.B. (1962). *Handbook of Statistical Tables*. Addison-Wesley, Reading, MA. 1962。

表 A　　计算控制图中各条线的因子

样本中观测值的数目	平均值控制图			标准差控制图						极差控制图						
	控制限的因子			中心线的因子		控制限的因子				中心线的因子		控制限的因子				
(n)	A	A_2	A_3	c_4	$1/c_4$	B_3	B_4	B_5	B_6	d_2	$1/d_2$	d_3	D_1	D_2	D_3	D_4
2	2.121	1.880	2.659	0.797 9	1.253 3	0	3.267	0	2.606	1.128	0.886 5	0.853	0	3.686	0	3.267
3	1.732	1.023	1.954	0.886 2	1.128 4	0	2.568	0	2.276	1.693	0.590 7	0.888	0	4.358	0	2.574
4	1.500	0.729	1.628	0.921 3	1.085 4	0	2.266	0	2.088	2.059	0.485 7	0.880	0	4.698	0	2.282
5	1.342	0.577	1.427	0.940 0	1.063 8	0	2.089	0	1.964	2.326	0.429 9	0.864	0	4.918	0	2.114
6	1.225	0.483	1.287	0.951 5	1.051 0	0.030	1.970	0.029	1.874	2.534	0.394 6	0.848	0	5.078	0	2.004
7	1.134	0.419	1.182	0.959 4	1.042 3	0.118	1.882	0.113	1.806	2.704	0.369 8	0.833	0.204	5.204	0.076	1.924
8	1.061	0.373	1.099	0.965 0	1.036 3	0.185	1.815	0.179	1.751	2.847	0.351 2	0.820	0.388	5.306	0.136	1.864
9	1.000	0.337	1.032	0.969 3	1.031 7	0.239	1.761	0.232	1.707	2.970	0.336 7	0.808	0.547	5.393	0.184	1.816
10	0.949	0.308	0.975	0.972 7	1.028 1	0.284	1.716	0.276	1.669	3.078	0.324 9	0.797	0.687	5.469	0.223	1.777
11	0.905	0.285	0.927	0.975 4	1.025 2	0.321	1.679	0.313	1.637	3.173	0.315 2	0.787	0.811	5.535	0.256	1.744
12	0.866	0.266	0.886	0.977 6	1.022 9	0.354	1.646	0.346	1.610	3.258	0.306 9	0.778	0.922	5.594	0.283	1.717
13	0.832	0.294	0.850	0.979 4	1.021 0	0.382	1.618	0.374	1.585	3.336	0.299 8	0.770	1.025	5.647	0.307	1.693
14	0.802	0.235	0.817	0.981 0	1.019 4	0.406	1.594	0.399	1.563	3.407	0.293 5	0.763	1.118	5.696	0.328	1.672
15	0.775	0.223	0.789	0.982 3	1.018 0	0.428	1.572	0.421	1.544	3.472	0.288 0	0.756	1.203	5.741	0.347	1.653
16	0.750	0.212	0.763	0.983 5	1.016 8	0.448	1.552	0.440	1.526	3.532	0.283 1	0.750	1.282	5.782	0.363	1.637
17	0.728	0.203	0.739	0.984 5	1.015 7	0.466	1.534	0.458	1.511	3.588	0.278 7	0.744	1.356	5.820	0.378	1.622
18	0.707	0.194	0.718	0.985 4	1.014 8	0.482	1.518	0.475	1.496	3.640	0.274 7	0.739	1.424	5.856	0.391	1.608
19	0.688	0.187	0.698	0.986 2	1.014 0	0.497	1.503	0.490	1.483	3.689	0.271 1	0.734	1.487	5.891	0.403	1.597
20	0.671	0.180	0.680	0.986 9	1.013 3	0.510	1.490	0.504	1.470	3.735	0.267 7	0.729	1.549	5.921	0.415	1.585
21	0.655	0.173	0.663	0.987 6	1.012 6	0.523	1.477	0.516	1.459	3.778	0.264 7	0.724	1.605	5.951	0.425	1.575
22	0.640	0.167	0.647	0.988 2	1.011 9	0.534	1.466	0.528	1.448	3.819	0.261 8	0.720	1.659	5.979	0.434	1.566
23	0.626	0.162	0.633	0.988 7	1.011 4	0.545	1.455	0.539	1.438	3.858	0.259 2	0.716	1.710	6.006	0.443	1.557
24	0.612	0.157	0.619	0.989 2	1.010 9	0.555	1.445	0.549	1.429	3.895	0.256 7	0.712	1.759	6.031	0.451	1.548
25	0.600	0.153	0.606	0.989 6	1.010 5	0.565	1.435	0.559	1.420	3.931	0.254 4	0.708	1.806	6.056	0.459	1.541

说明：对于 $n>25$，$A=3/\sqrt{n}$，$A_3=3/c_4\sqrt{n}$，$c_4\simeq 4(n-1)/(4n-3)$；$B_3=1-3/c_4\sqrt{2(n-1)}$，$B_4=1+3/c_4\sqrt{2(n-1)}$，$B_5=c_4-3/\sqrt{2(n-1)}$，$B_6=c_4+3/\sqrt{2(n-1)}$。

资料来源：Table 27 in *ASTM Monual on Presentation of Data and Control Chart Analysis*. (1976). ASTM Publication STP15D, American Society for Testing and Materials, Philadelphia, pp.134–135. Used with permission.

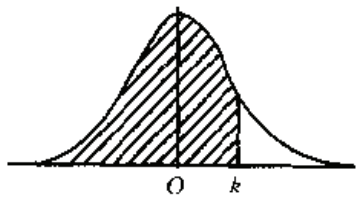
公式

图的用途	图的类型	中心线	3σ 控制限
分析以往的检验数据（$\bar{X}$，$\bar{s}$，$\bar{R}$）为所分析数据的平均值	平均值图	$\bar{\bar{X}}$	$\bar{\bar{X}} \pm A_3\bar{s}$ 或 $\bar{\bar{X}} \pm A_2\bar{R}$
	标准差图	$\bar{s}$	$B_3\bar{s}$ 和 $B_4\bar{s}$
	极差图	$\bar{R}$	$D_3\bar{R}$ 和 $D_4\bar{R}$
控制生产过程的质量（$\bar{X}_0$，σ_0，R_0）为所选标准值	平均值图	$\bar{X}_0$	$\bar{X}_0 \pm A\sigma_0$ 或 $\bar{X}_0 \pm A_2R_0$
	标准差图	s_0 或 $c_4\sigma_0$	$B_5\sigma_0$ 和 $B_6\sigma_0$
$R_0 = d_2\sigma_0$ 为容量为 n 的样本	极差图	R_0 或 $d_2\sigma_0$	$D_1\sigma_0$ 和 $D_2\sigma_0$

表 B

正态分布表

曲线下由 $-\infty$ 至 $K=\frac{X-\mu}{\sigma}$ 间的面积占曲线下总面积的比例。例如，当 $K=+2.0$ 时，获得一个等于或小于 X 的值的概率为 0.977 3。



K	0.09	0.08	0.07	0.06	0.05	0.04	0.03	0.02	0.01	0.00
−3.5	0.000 17	0.000 17	0.000 18	0.000 19	0.000 19	0.000 20	0.000 21	0.000 22	0.000 22	0.000 23
−3.4	0.000 24	0.000 25	0.000 26	0.000 27	0.000 28	0.000 29	0.000 30	0.000 31	0.000 33	0.000 34
−3.3	0.000 35	0.000 36	0.000 38	0.000 39	0.000 40	0.000 42	0.000 43	0.000 45	0.000 47	0.000 48
−3.2	0.000 50	0.000 52	0.000 54	0.000 56	0.000 58	0.000 60	0.000 62	0.000 64	0.000 66	0.000 69
−3.1	0.000 71	0.000 74	0.000 76	0.000 79	0.000 82	0.000 85	0.000 87	0.000 90	0.000 94	0.000 97
−3.0	0.001 00	0.001 04	0.001 07	0.001 11	0.001 14	0.001 18	0.001 22	0.001 26	0.001 31	0.001 35
−2.9	0.001 4	0.001 4	0.001 5	0.001 5	0.001 6	0.001 6	0.001 7	0.001 7	0.001 8	0.001 9
−2.8	0.001 9	0.002 0	0.002 1	0.002 1	0.002 2	0.002 3	0.002 3	0.002 4	0.002 5	0.002 6
−2.7	0.002 6	0.002 7	0.002 8	0.002 9	0.003 0	0.003 1	0.003 2	0.003 3	0.003 4	0.003 5
−2.6	0.003 6	0.003 7	0.003 8	0.003 9	0.004 0	0.004 1	0.004 3	0.004 4	0.004 5	0.004 7
−2.5	0.004 8	0.004 9	0.005 1	0.005 2	0.005 4	0.005 5	0.005 7	0.005 9	0.006 0	0.006 2
−2.4	0.006 4	0.006 6	0.006 8	0.006 9	0.007 1	0.007 3	0.007 5	0.007 8	0.008 0	0.008 2
−2.3	0.008 4	0.008 7	0.008 9	0.009 1	0.009 4	0.009 6	0.009 9	0.010 2	0.010 4	0.010 7
−2.2	0.011 0	0.011 3	0.011 6	0.011 9	0.012 2	0.012 5	0.012 9	0.013 2	0.013 6	0.013 9
−2.1	0.014 3	0.014 6	0.015 0	0.015 4	0.015 8	0.016 2	0.016 6	0.017 0	0.017 4	0.017 9
−2.0	0.018 3	0.018 8	0.019 2	0.019 7	0.020 2	0.020 7	0.021 2	0.021 7	0.022 2	0.022 8
−1.9	0.023 3	0.023 9	0.024 4	0.025 0	0.025 6	0.026 2	0.026 8	0.027 4	0.028 1	0.028 7
−1.8	0.029 4	0.030 1	0.030 7	0.031 4	0.032 2	0.032 9	0.033 6	0.034 4	0.035 1	0.035 9
−1.7	0.036 7	0.037 5	0.038 4	0.039 2	0.040 1	0.040 9	0.041 8	0.042 7	0.043 6	0.044 6
−1.6	0.045 5	0.046 5	0.047 5	0.048 5	0.049 5	0.050 5	0.051 6	0.052 6	0.053 7	0.054 8
1.5	0.055 9	0.057 1	0.058 2	0.059 4	0.060 6	0.061 8	0.063 0	0.064 3	0.065 5	0.066 8
−1.4	0.068 1	0.069 4	0.070 8	0.072 1	0.073 5	0.074 9	0.076 4	0.077 8	0.079 3	0.080 8

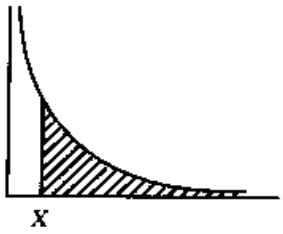
续前表

K	0.09	0.08	0.07	0.06	0.05	0.04	0.03	0.02	0.01	0.00
−1.3	0.082 3	0.083 8	0.085 3	0.086 9	0.088 5	0.090 1	0.091 8	0.093 4	0.095 1	0.096 8
−1.2	0.098 5	0.100 3	0.102 0	0.103 8	0.105 7	0.107 5	0.109 3	0.111 2	0.113 1	0.115 1
−1.1	0.117 0	0.119 0	0.121 0	0.123 0	0.125 1	0.127 1	0.129 2	0.131 4	0.133 5	0.135 7
−1.0	0.137 9	0.140 1	0.142 3	0.144 6	0.146 9	0.149 2	0.151 5	0.153 9	0.156 2	0.158 7
−0.9	0.161 1	0.163 5	0.166 0	0.168 5	0.171 1	0.173 6	0.176 2	0.178 8	0.181 4	0.184 1
−0.8	0.186 7	0.189 4	0.192 2	0.194 9	0.197 7	0.200 5	0.203 3	0.206 1	0.209 0	0.211 9
−0.7	0.214 8	0.217 7	0.220 7	0.223 6	0.226 6	0.229 7	0.232 7	0.235 8	0.238 9	0.242 0
−0.6	0.245 1	0.248 3	0.251 4	0.254 6	0.257 8	0.261 1	0.264 3	0.267 6	0.270 9	0.274 3
−0.5	0.277 6	0.281 0	0.284 3	0.287 7	0.291 2	0.294 6	0.298 1	0.301 5	0.305 0	0.308 5
−0.4	0.312 1	0.315 6	0.319 2	0.322 8	0.326 4	0.330 0	0.333 6	0.337 2	0.340 9	0.344 6
−0.3	0.348 3	0.352 0	0.355 7	0.359 4	0.363 2	0.366 9	0.370 7	0.374 5	0.378 3	0.382 1
−0.2	0.385 9	0.389 7	0.393 6	0.397 4	0.401 3	0.405 2	0.409 0	0.412 9	0.416 8	0.420 7
−0.1	0.424 7	0.428 6	0.432 5	0.436 4	0.440 4	0.444 3	0.448 3	0.456 2	0.456 2	0.460 2
−0.0	0.464 1	0.468 1	0.472 1	0.476 1	0.480 1	0.484 0	0.488 0	0.492 0	0.496 0	0.500 0
K	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09
+0.0	0.500 0	0.504 0	0.508 0	0.512 0	0.516 0	0.519 9	0.523 9	0.527 9	0.531 9	0.535 9
+0.1	0.539 8	0.543 8	0.547 8	0.551 7	0.555 7	0.559 6	0.563 6	0.567 5	0.571 4	0.575 3
+0.2	0.579 3	0.583 2	0.587 1	0.591 0	0.594 8	0.598 7	0.602 6	0.606 4	0.610 3	0.614 1
+0.3	0.617 9	0.621 7	0.625 5	0.629 3	0.633 1	0.636 8	0.640 6	0.644 3	0.648 0	0.651 7
+0.4	0.655 4	0.659 1	0.662 8	0.666 4	0.670 0	0.673 6	0.677 2	0.680 8	0.684 4	0.687 9
+0.5	0.691 5	0.695 0	0.698 5	0.701 9	0.705 4	0.708 8	0.712 3	0.715 7	0.719 0	0.722 4
+0.6	0.725 7	0.729 1	0.732 4	0.735 7	0.738 9	0.742 2	0.745 4	0.748 6	0.751 7	0.754 9
+0.7	0.758 0	0.761 1	0.764 2	0.767 3	0.770 4	0.773 4	0.776 4	0.779 4	0.782 3	0.785 2
+0.8	0.788 1	0.791 0	0.793 9	0.796 7	0.799 5	0.802 3	0.805 1	0.807 9	0.810 6	0.813 3
+0.9	0.815 9	0.818 6	0.821 2	0.823 8	0.826 4	0.828 9	0.831 5	0.834 0	0.836 5	0.838 9
+1.0	0.841 3	0.843 8	0.846 1	0.848 5	0.850 8	0.853 1	0.855 4	0.857 7	0.859 9	0.862 1
+1.1	0.864 3	0.866 5	0.868 6	0.870 8	0.872 9	0.874 9	0.877 0	0.879 0	0.881 0	0.883 0

+1.2	0.884 9	0.886 9	0.888 8	0.890 7	0.892 5	0.894 4	0.896 2	0.898 0	0.899 7	0.901 5
+1.3	0.903 2	0.904 9	0.906 6	0.908 2	0.909 9	0.911 5	0.913 1	0.914 7	0.916 2	0.917 7
+1.4	0.919 2	0.920 7	0.922 2	0.923 6	0.925 1	0.926 5	0.927 9	0.929 2	0.930 6	0.931 9
+1.5	0.933 2	0.934 5	0.935 7	0.937 0	0.938 2	0.939 4	0.940 6	0.941 8	0.942 9	0.944 1
+1.6	0.945 2	0.946 3	0.947 4	0.948 4	0.949 5	0.950 5	0.951 5	0.952 5	0.953 5	0.954 5
+1.7	0.955 4	0.956 4	0.957 3	0.958 2	0.959 1	0.959 9	0.960 8	0.961 6	0.962 5	0.963 3
+1.8	0.964 1	0.964 9	0.965 6	0.966 4	0.967 1	0.967 8	0.968 6	0.969 3	0.969 9	0.970 6
+1.9	0.971 3	0.971 9	0.972 6	0.973 2	0.973 8	0.974 4	0.975 0	0.975 6	0.976 1	0.976 7
+2.0	0.977 3	0.977 8	0.978 3	0.978 8	0.979 3	0.979 8	0.980 3	0.980 8	0.981 2	0.981 7
+2.1	0.982 1	0.982 6	0.983 0	0.983 4	0.983 8	0.984 2	0.984 6	0.985 0	0.985 4	0.985 7
+2.2	0.986 1	0.986 4	0.986 8	0.987 1	0.987 5	0.987 8	0.988 1	0.988 4	0.988 7	0.989 0
+2.3	0.989 3	0.989 6	0.989 8	0.990 1	0.990 4	0.990 6	0.990 9	0.991 1	0.991 3	0.991 6
+2.4	0.991 8	0.992 0	0.992 2	0.992 5	0.992 7	0.992 9	0.993 1	0.993 2	0.993 4	0.993 6
+2.5	0.993 8	0.994 0	0.994 1	0.994 3	0.994 5	0.994 6	0.994 8	0.994 9	0.995 1	0.995 2
+2.6	0.995 3	0.995 5	0.995 6	0.995 7	0.995 9	0.996 0	0.996 1	0.996 2	0.996 3	0.996 4
+2.7	0.996 5	0.996 6	0.996 7	0.996 8	0.996 9	0.997 0	0.997 1	0.997 2	0.997 3	0.997 4
+2.8	0.997 4	0.997 5	0.997 6	0.997 7	0.997 7	0.997 8	0.997 9	0.997 9	0.998 0	0.998 1
+2.9	0.998 1	0.998 2	0.998 3	0.998 3	0.998 4	0.998 4	0.998 5	0.998 5	0.998 6	0.998 6
+3.0	0.998 65	0.998 69	0.998 74	0.998 78	0.998 82	0.998 86	0.998 89	0.998 93	0.998 96	0.999 00
+3.1	0.999 03	0.999 06	0.999 10	0.999 13	0.999 15	0.999 18	0.999 21	0.999 24	0.999 26	0.999 29
+3.2	0.999 31	0.999 34	0.999 36	0.999 38	0.999 40	0.999 42	0.999 44	0.999 46	0.999 48	0.999 50
+3.3	0.999 52	0.999 53	0.999 55	0.999 57	0.999 58	0.999 60	0.999 61	0.999 62	0.999 64	0.999 65
+3.4	0.999 66	0.999 67	0.999 69	0.999 70	0.999 71	0.999 72	0.999 73	0.999 74	0.999 75	0.999 76
+3.5	0.999 77	0.999 78	0.999 78	0.999 79	0.999 80	0.999 81	0.999 81	0.999 82	0.999 83	0.999 83

资料来源：Adapted with permission from Grant, Eugene L. and Leavenworth, Richard S. (1972). *Statistical Quality Control*, 4th ed. McGraw-Hill, New York, pp.642–643.

表 C　　指数分布表



$\frac{X}{\mu}$	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09
0.0	1.000	0.990 0	0.980 2	0.970 4	0.960 8	0.951 2	0.941 8	0.932 4	0.923 1	0.913 9
0.1	0.904 8	0.895 8	0.886 0	0.878 1	0.869 4	0.860 7	0.852 1	0.843 7	0.835 3	0.827 0
0.2	0.818 7	0.810 6	0.802 5	0.794 5	0.786 6	0.778 8	0.771 1	0.763 4	0.775 8	0.748 3
0.3	0.740 8	0.733 4	0.726 1	0.718 9	0.711 8	0.704 7	0.697 7	0.690 7	0.683 9	0.677 1
0.4	0.670 3	0.663 7	0.657 0	0.650 5	0.644 0	0.637 6	0.631 3	0.625 0	0.618 8	0.612 6
0.5	0.606 5	0.600 5	0.594 5	0.588 6	0.582 7	0.576 9	0.571 2	0.565 5	0.559 9	0.554 3
0.6	0.548 8	0.543 4	0.537 9	0.532 6	0.527 3	0.522 0	0.516 9	0.511 7	0.506 6	0.501 6
0.7	0.496 6	0.491 6	0.486 8	0.481 9	0.477 1	0.472 4	0.467 7	0.463 0	0.458 4	0.453 8
0.8	0.449 3	0.444 9	0.440 4	0.436 0	0.431 7	0.427 4	0.423 2	0.419 0	0.414 8	0.410 7
0.9	0.406 6	0.402 5	0.398 5	0.394 6	0.390 6	0.386 7	0.382 9	0.379 1	0.375 3	0.371 6
	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
1.0	0.367 9	0.332 9	0.301 2	0.272 5	0.246 6	0.223 1	0.201 9	0.182 7	0.165 3	0.149 6
2.0	0.135 3	0.122 5	0.110 8	0.100 3	0.090 7	0.082 1	0.074 3	0.067 2	0.060 8	0.055 0
3.0	0.049 8	0.045 0	0.040 8	0.036 9	0.033 4	0.030 2	0.027 3	0.024 7	0.022 4	0.020 2
4.0	0.018 3	0.016 6	0.015 0	0.013 0	0.012 3	0.011 1	0.010 1	0.009 1	0.008 2	0.007 4
5.0	0.006 7	0.006 1	0.005 5	0.005 0	0.004 5	0.004 1	0.003 7	0.003 3	0.003 0	0.002 7
6.0	0.002 5	0.002 2	0.002 0	0.001 8	0.001 7	0.001 5	0.001 4	0.001 2	0.001 1	0.001 0

资料来源：Adapted with permission from Selby, S. M. (ed.) (1969). *CRC Standard Mathematical Tables*, 17th ed. The Chemical Rubber Co., pp.201–207.

表 D

中位数秩表

（样本容量 n）

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	0.500 0	0.292 9	0.206 3	0.159 1	0.129 4	0.109 1	0.094 3	0.083 0	0.074 1	0.067 0	0.061 1	0.056 1	0.051 9	0.048 3	0.045 2	0.042 4	0.040 0	0.037 8	0.035 8	0.034 1
2		0.707 1	0.500 0	0.386 4	0.314 7	0.265 5	0.229 5	0.202 1	0.180 6	0.163 2	0.148 9	0.136 8	0.126 6	0.117 8	0.110 1	0.103 4	0.097 5	0.092 2	0.087 4	0.083 1
3			0.793 7	0.613 6	0.500 0	0.421 8	0.364 8	0.321 3	0.287 1	0.259 4	0.236 6	0.217 5	0.201 3	0.187 3	0.175 1	0.164 4	0.155 0	0.146 5	0.139 0	0.132 2
4				0.840 9	0.685 3	0.578 2	0.500 0	0.440 4	0.393 5	0.355 7	0.324 4	0.298 2	0.276 0	0.256 8	0.240 1	0.225 4	0.212 5	0.200 9	0.190 5	0.181 2
5					0.870 6	0.734 5	0.635 2	0.559 6	0.500 0	0.451 9	0.412 2	0.278 9	0.350 6	0.326 3	0.305 1	0.286 5	0.270 0	0.255 3	0.242 1	0.230 2
6						0.890 9	0.770 5	0.678 7	0.606 5	0.548 1	0.500 0	0.459 6	0.425 3	0.395 8	0.370 0	0.347 5	0.327 5	0.309 7	0.293 7	0.279 3
7							0.905 7	0.797 9	0.712 9	0.644 3	0.587 8	0.540 4	0.500 0	0.465 3	0.435 0	0.408 5	0.385 0	0.364 1	0.345 3	0.328 3
8								0.917 0	0.819 4	0.740 6	0.675 6	0.621 1	0.574 7	0.534 7	0.500 0	0.469 5	0.442 5	0.418 4	0.396 8	0.377 4
9									0.925 9	0.836 8	0.763 4	0.701 8	0.649 4	0.604 2	0.565 0	0.530 5	0.500 0	0.472 8	0.448 4	0.426 4
10										0.933 0	0.851 1	0.782 5	0.724 0	0.673 7	0.630 0	0.591 5	0.557 5	0.527 2	0.500 0	0.475 5
11											0.938 9	0.863 2	0.798 7	0.743 2	0.694 9	0.652 5	0.615 0	0.581 6	0.551 6	0.524 5
12												0.943 9	0.873 4	0.812 7	0.759 9	0.713 5	0.672 5	0.635 9	0.603 2	0.573 6
13													0.948 1	0.882 2	0.824 9	0.774 6	0.730 0	0.690 3	0.654 7	0.622 6
14														0.951 7	0.889 9	0.835 6	0.787 5	0.744 7	0.706 3	0.671 7
15															0.954 8	0.896 6	0.845 0	0.799 1	0.757 9	0.720 7
16																0.957 6	0.902 5	0.853 5	0.809 5	0.769 8
17																	0.960 0	0.907 8	0.861 0	0.818 8
18																		0.962 2	0.912 6	0.867 8
19																			0.964 2	0.916 9
20																				0.965 9

资料来源：Adapted with permission from "The Table of Median Ranks of Sample Values on Their Population with an Application to Certain Fatigue Studies." (1951). *Industrial Mathematics*, no.2, p.7.

表 E　　泊松分布表

平均发生数为 np 的事件发生 r 或小于 r 次的概率 $\times 1\,000$。

np \ r	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0.02	980	1 000								
0.04	961	999	1 000							
0.06	942	998	1 000							
0.08	923	997	1 000							
0.10	905	995	1 000							
0.15	861	990	999	1 000						
0.20	819	982	999	1 000						
0.25	779	974	998	1 000						
0.30	741	963	996	1 000						
0.35	705	951	994	1 000						
0.40	670	938	992	999	1 000					
0.45	638	925	989	999	1 000					
0.50	607	910	986	998	1 000					
0.55	577	894	982	998	1 000					
0.60	549	878	977	997	1 000					
0.65	522	861	972	996	999	1 000				
0.70	497	844	966	994	999	1 000				
0.75	472	827	959	993	999	1 000				
0.80	449	809	953	991	999	1 000				
0.85	427	791	945	989	998	1 000				
0.90	407	772	937	987	998	1 000				
0.95	387	754	929	984	997	1 000				
1.00	368	736	920	981	996	999	1 000			
1.1	333	699	900	974	995	999	1 000			
1.2	301	663	879	966	992	998	1 000			
1.3	273	627	857	957	989	998	1 000			
1.4	247	592	833	946	986	997	999	1 000		
1.5	223	558	809	934	981	996	999	1 000		
1.6	202	525	783	921	976	994	999	1 000		
1.7	183	493	757	907	970	992	998	1 000		
1.8	165	463	731	891	964	990	997	999	1 000	
1.9	150	434	704	875	956	987	997	999	1 000	
2.0	135	406	677	857	947	983	995	999	1 000	
2.2	111	355	623	819	928	975	993	998	1 000	
2.4	091	308	570	779	904	964	988	997	999	1 000
2.6	074	267	518	736	877	951	983	995	999	1 000
2.8	061	231	469	692	848	935	976	992	998	999
3.0	050	199	423	647	815	916	966	988	996	999
3.2	041	171	380	603	781	895	955	983	994	998
3.4	033	147	340	558	744	871	942	977	992	997
3.6	027	126	303	515	706	844	927	969	988	996

续前表

np \ r	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
3.8	022	107	269	473	668	816	909	960	984	994
4.0	018	092	238	433	629	785	889	949	979	992
4.2	015	078	210	395	590	753	867	936	972	989
4.4	012	066	185	359	551	720	844	921	964	985
4.6	010	056	163	326	513	686	818	905	955	980
4.8	008	048	143	294	476	651	791	887	944	975
5.0	007	040	125	265	440	616	762	867	932	968
5.2	006	034	109	238	406	581	732	845	918	960
5.4	005	029	095	213	373	546	702	822	903	951
5.6	004	024	082	191	342	512	670	797	886	941
5.8	003	021	072	170	313	478	638	771	867	929
6.0	002	017	062	151	285	446	606	744	847	916
	10	11	12	13	14	15	16			
2.8	1 000									
3.0	1 000									
3.2	1 000									
3.4	999	1 000								
3.6	999	1 000								
3.8	998	999	1 000							
4.0	997	999	1 000							
4.2	996	999	1 000							
4.4	994	998	999	1 000						
4.6	992	997	999	1 000						
4.8	990	996	999	1 000						
5.0	986	995	998	999	1.000					
5.2	982	993	997	999	1 000					
5.4	977	990	996	999	1 000					
5.6	972	988	995	998	999	1000				
5.8	965	984	993	997	999	1000				
6.0	957	980	991	996	999	999	1 000			

续前表

np \ r	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
6.2	002	015	054	134	259	414	574	716	826	902
6.4	002	012	046	119	235	384	542	687	803	886
6.6	001	010	040	105	213	355	511	658	780	869
6.8	001	009	034	093	192	327	480	628	755	850
7.0	001	007	030	082	173	301	450	599	729	830
7.2	001	006	025	072	156	276	420	569	703	810
7.4	001	005	022	063	140	253	392	539	676	788
7.6	001	004	019	055	125	231	365	510	648	765
7.8	000	004	016	048	112	210	338	481	620	741
8.0	000	003	014	042	100	191	313	453	593	717
8.5	000	002	009	030	074	150	256	386	523	653
9.0	000	001	006	021	055	116	207	324	456	587
9.5	000	001	004	015	040	089	165	269	392	522
10.0	000	000	003	010	029	067	130	220	333	458

	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
6.2	949	975	989	995	998	999	1 000			
6.4	939	969	986	994	997	999	1 000			
6.6	927	963	982	992	997	999	999	1 000		
6.8	915	955	978	990	996	998	999	1 000		
7.0	901	947	973	987	994	998	999	1 000		
7.2	887	937	967	984	993	997	999	999	1 000	
7.4	871	926	961	980	991	996	998	999	1 000	
7.6	854	915	954	976	989	995	998	999	1 000	
7.8	835	902	945	971	986	993	997	999	1 000	
8.0	816	888	936	966	983	992	996	998	999	1 000
8.5	763	849	909	949	973	986	993	997	999	999
9.0	706	803	876	926	959	978	989	995	998	999
9.5	645	752	836	898	940	967	982	991	996	998
10.0	583	697	792	864	917	951	973	986	993	997

	20	21	22
8.5	1 000		
9.0	1 000		
9.5	999	1 000	
10.0	998	999	1 000

续前表

np \ r	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10.5	000	000	002	007	021	050	102	179	279	397
11.0	000	000	001	005	015	038	079	143	232	341
11.5	000	000	001	003	011	028	060	114	191	289
12.0	000	000	001	002	008	020	046	090	155	242
12.5	000	000	000	002	005	015	035	070	125	201
13.0	000	000	000	001	004	011	026	054	100	166
13.5	000	000	000	001	003	008	019	041	079	135
14.0	000	000	000	000	002	006	014	032	062	109
14.5	000	000	000	000	001	004	010	024	048	088
15.0	000	000	000	000	001	003	008	018	037	070
	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
10.5	521	639	742	825	888	932	960	978	988	994
11.0	460	579	689	781	854	907	944	968	982	991
11.5	402	520	633	733	815	878	924	954	974	986
12.0	347	462	576	682	772	844	899	937	963	979
12.5	297	406	519	628	725	806	869	916	948	969
13.0	252	353	463	573	675	764	835	890	930	957
13.5	211	304	409	518	623	718	798	861	908	942
14.0	176	260	358	464	570	669	756	827	883	923
14.5	145	220	311	413	518	619	711	790	853	901
15.0	118	185	268	363	466	568	664	749	819	875
	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
10.5	997	999	999	1 000						
11.0	995	998	999	1 000						
11.5	992	996	998	999	1 000					
12.0	988	994	997	999	999	1 000				
12.5	983	991	995	998	999	999	1 000			
13.0	975	986	992	996	998	999	1 000			
13.5	965	980	989	994	997	998	999	1 000		
14.0	952	971	983	991	995	997	999	999	1 000	
14.5	936	960	976	986	992	996	998	999	999	1 000
15.0	917	947	967	981	989	994	997	998	999	1 000

资料来源：Adapted with permission from Grant, E. L. and Leavenworth, Richard S. (1972). *Statistical Quality Control*, 4th ed. McGraw-Hill, New York.

表 F

二项分布表

每次试验发生概率为 p 的事件在 n 次试验中发生 r 次或小于 r 次的概率。

n	r	P									
		0.05	0.10	0.15	0.20	0.25	0.30	0.35	0.40	0.45	0.50
2	0	0.902 5	0.810 0	0.722 5	0.640 0	0.562 5	0.490 0	0.422 5	0.360 0	0.302 5	0.250 0
	1	0.997 5	0.990 0	0.977 5	0.960 0	0.937 5	0.910 0	0.877 5	0.840 0	0.797 5	0.750 0
3	0	0.857 4	0.729 0	0.614 1	0.512 0	0.421 9	0.343 0	0.274 6	0.216 0	0.166 4	0.125 0
	1	0.992 8	0.972 0	0.939 2	0.896 0	0.843 8	0.784 0	0.718 2	0.648 0	0.574 8	0.500 0
	2	0.999 9	0.999 0	0.996 6	0.992 0	0.984 4	0.973 0	0.957 1	0.936 0	0.908 9	0.875 0
4	0	0.814 5	0.656 1	0.522 0	0.409 6	0.316 4	0.240 1	0.178 5	0.129 6	0.091 5	0.062 5
	1	0.986 0	0.947 7	0.890 5	0.819 2	0.738 3	0.651 7	0.563 0	0.475 2	0.391 0	0.312 5
	2	0.999 5	0.996 3	0.988 0	0.972 8	0.949 2	0.916 3	0.873 5	0.820 8	0.758 5	0.687 5
	3	1.000 0	0.999 9	0.999 5	0.998 4	0.996 1	0.991 9	0.985 0	0.974 4	0.959 0	0.937 5
5	0	0.773 8	0.590 5	0.443 7	0.327 7	0.237 3	0.168 1	0.116 0	0.077 8	0.050 3	0.031 2
	1	0.977 4	0.918 5	0.835 2	0.737 3	0.632 8	0.528 2	0.428 4	0.337 0	0.256 2	0.187 5
	2	0.998 8	0.991 4	0.973 4	0.942 1	0.896 5	0.836 9	0.764 8	0.682 6	0.593 1	0.500 0
	3	1.000 0	0.999 5	0.997 8	0.993 3	0.984 4	0.969 2	0.946 0	0.913 0	0.868 8	0.812 5
	4	1.000 0	1.000 0	0.999 9	0.999 7	0.999 0	0.997 6	0.994 7	0.989 8	0.981 5	0.968 8
6	0	0.735 1	0.531 4	0.377 1	0.262 1	0.178 0	0.117 6	0.075 4	0.046 7	0.027 7	0.015 8
	1	0.967 2	0.885 7	0.776 5	0.655 4	0.533 9	0.420 2	0.319 1	0.233 3	0.163 6	0.109 4
	2	0.997 8	0.984 2	0.952 7	0.901 1	0.830 6	0.744 3	0.6471	0.544 3	0.441 5	0.343 8
	3	0.999 9	0.998 7	0.994 1	0.983 0	0.962 4	0.929 5	0.882 6	0.820 8	0.744 7	0.656 2
	4	1.000 0	0.999 9	0.999 6	0.998 4	0.995 4	0.989 1	0.977 7	0.959 0	0.930 8	0.890 6
	5	1.000 0	1.000 0	1.000 0	0.999 9	0.999 8	0.999 3	0.998 2	0.995 9	0.991 7	0.984 4
7	0	0.698 3	0.478 3	0.320 6	0.209 7	0.133 5	0.082 4	0.049 0	0.028 0	0.015 2	0.007 8
	1	0.955 6	0.850 3	0.716 6	0.576 7	0.444 9	0.329 4	0.233 8	0.158 6	0.102 4	0.062 5
	2	0.996 2	0.974 3	0.926 2	0.852 0	0.756 4	0.647 1	0.532 3	0.419 9	0.316 4	0.226 6
	3	0.999 8	0.997 3	0.987 9	0.966 7	0.929 4	0.874 0	0.800 2	0.710 2	0.608 3	0.500 0
	4	1.000 0	0.999 8	0.998 8	0.995 3	0.987 1	0.971 2	0.944 4	0.903 7	0.847 1	0.773 4
	5	1.000 0	1.000 0	0.999 9	0.999 6	0.998 7	0.996 2	0.991 0	0.981 2	0.964 3	0.937 5
	6	1.000 0	1.000 0	1.000 0	1.000 0	0.999 9	0.999 8	0.999 4	0.998 4	0.996 3	0.992 2

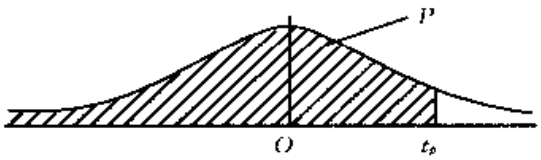
8	0	0.663 4	0.430 5	0.272 5	0.167 8	0.100 1	0.057 6	0.031 9	0.016 8	0.008 4	0.003 9
	1	0.942 8	0.813 1	0.657 2	0.503 3	0.367 1	0.255 3	0.169 1	0.106 4	0.063 2	0.035 2
	2	0.994 2	0.961 9	0.894 8	0.796 9	0.678 5	0.551 8	0.427 8	0.315 4	0.220 1	0.144 5
	3	0.999 6	0.995 0	0.978 6	0.943 7	0.886 2	0.805 9	0.706 4	0.594 1	0.477 0	0.363 3
	4	1.000 0	0.999 6	0.997 1	0.989 6	0.972 7	0.942 0	0.893 9	0.826 3	0.739 6	0.636 7
	5	1.000 0	1.000 0	0.999 8	0.998 8	0.995 8	0.988 7	0.974 7	0.950 2	0.911 5	0.855 5
	6	1.000 0	1.000 0	1.000 0	0.999 9	0.999 6	0.998 7	0.996 4	0.991 5	0.981 9	0.964 8
	7	1.000 0	1.000 0	1.000 0	1.000 0	1.000 0	0.999 9	0.999 8	0.999 3	0.998 3	0.996 1
9	0	0.630 2	0.387 4	0.231 6	0.134 2	0.075 1	0.040 4	0.020 7	0.010 1	0.004 6	0.002 0
	1	0.928 8	0.774 8	0.599 5	0.436 2	0.300 3	0.196 0	0.121 1	0.070 5	0.038 5	0.019 5
	2	0.991 6	0.947 0	0.859 1	0.738 2	0.600 7	0.462 8	0.337 3	0.231 8	0.149 5	0.089 8
	3	0.999 4	0.991 7	0.966 1	0.914 4	0.834 3	0.729 7	0.608 9	0.482 6	0.361 4	0.253 9
	4	1.000 0	0.999 1	0.994 4	0.980 4	0.951 1	0.901 2	0.828 3	0.733 4	0.621 4	0.500 0
	5	1.000 0	0.999 9	0.999 4	0.996 9	0.990 0	0.974 7	0.946 4	0.900 6	0.834 2	0.746 1
	6	1.000 0	1.000 0	1.000 0	0.999 7	0.998 7	0.995 7	0.988 8	0.975 0	0.950 2	0.910 2
	7	1.000 0	1.000 0	1.000 0	1.000 0	0.999 9	0.999 6	0.998 6	0.996 2	0.990 9	0.980 5
	8	1.000 0	1.000 0	1.000 0	1.000 0	1.000 0	1.000 0	0.999 9	0.999 7	0.999 2	0.998 0
10	0	0.598 7	0.348 7	0.196 9	0.107 4	0.056 3	0.028 2	0.013 5	0.006 0	0.002 5	0.001 0
	1	0.913 9	0.736 1	0.544 3	0.375 8	0.244 0	0.149 3	0.086 0	0.046 4	0.023 2	0.010 7
	2	0.988 5	0.929 8	0.820 2	0.677 8	0.525 6	0.382 8	0.261 6	0.167 3	0.099 6	0.054 7
	3	0.999 0	0.987 2	0.950 0	0.879 1	0.775 9	0.649 6	0.513 8	0.382 3	0.266 0	0.171 9
	4	0.999 9	0.998 4	0.990 1	0.967 2	0.921 9	0.849 7	0.751 5	0.633 1	0.504 4	0.377 0
	5	1.000 0	0.999 9	0.998 6	0.993 6	0.980 3	0.952 7	0.905 1	0.833 8	0.738 4	0.623 0
	6	1.000 0	1.000 0	0.999 9	0.999 1	0.996 5	0.989 4	0.974 0	0.945 2	0.898 0	0.828 1
	7	1.000 0	1.000 0	1.000 0	0.999 9	0.999 6	0.998 4	0.995 2	0.987 7	0.972 6	0.945 3
	8	1.000 0	1.000 0	1.000 0	1.000 0	1.000 0	0.999 9	0.999 5	0.998 3	0.995 5	0.989 3
	9	1.000 0	1.000 0	1.000 0	1.000 0	1.000 0	1.000 0	1.000 0	0.999 9	0.999 7	0.999 0

资料来源：Adapted with permission from Miller, Irwin and Freund, John E. (1965). *Probability and Statistics for Engineers*. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ, pp.388－389.

For more extensive tables see The Staff of Harvard University Computation Laboratory (1955). *Tables of Cumulative Binomial Probability Distribution*. Harvard University Press, Cambridge, MA. See also Robertson, W.H. (1960). *Tables of the Binomial Distribution Function for Small Values of p*. Sandia Corp. Monograph, available from the Office of Technical Services, Department of Commerce, Washington, DC.

表 G　　*t* 分布表

对应于某选定的概率（即曲线下的尾部面积）的临界值。例如，当概率为 0.975 时，自由度为 20 的样本的 t 值等于或小于 +2.086。



DF	$t_{0.60}$	$t_{0.70}$	$t_{0.80}$	$t_{0.90}$	$t_{0.95}$	$t_{0.975}$	$t_{0.99}$	$t_{0.995}$
1	0.325	0.727	1.376	3.078	6.314	12.706	31.821	63.657
2	0.289	0.617	1.061	1.886	2.920	4.303	6.965	9.925
3	0.277	0.584	0.978	1.638	2.353	3.182	4.541	5.841
4	0.271	0.569	0.941	1.533	2.132	2.776	3.747	4.604
5	0.267	0.559	0.920	1.476	2.015	2.571	3.365	4.032
6	0.265	0.553	0.906	1.440	1.943	2.447	3.143	3.707
7	0.263	0.549	0.896	1.415	1.895	2.365	2.998	3.499
8	0.262	0.546	0.889	1.397	1.860	2.306	2.896	3.355
9	0.261	0.543	0.883	1.383	1.833	2.262	2.821	3.250
10	0.260	0.542	0.879	1.372	1.812	2.228	2.764	3.169
11	0.260	0.540	0.876	1.363	1.796	2.201	2.718	3.106
12	0.259	0.539	0.873	1.356	1.782	2.179	2.681	3.055
13	0.259	0.538	0.870	1.350	1.771	2.160	2.650	3.012
14	0.258	0.537	0.868	1.345	1.761	2.145	2.624	2.977
15	0.258	0.536	0.866	1.341	1.753	2.131	2.602	2.947
16	0.258	0.535	0.865	1.337	1.746	2.120	2.583	2.921
17	0.257	0.534	0.863	1.333	1.740	2.110	2.567	2.898
18	0.257	0.534	0.862	1.330	1.734	2.101	2.552	2.878
19	0.257	0.533	0.861	1.328	1.729	2.093	2.539	2.861
20	0.257	0.533	0.860	1.325	1.725	2.086	2.528	2.845
21	0.257	0.532	0.859	1.323	1.721	2.080	2.518	2.831
22	0.256	0.532	0.858	1.321	1.717	2.074	2.508	2.819
23	0.256	0.532	0.858	1.319	1.714	2.069	2.500	2.807
24	0.256	0.531	0.857	1.318	1.711	2.064	2.492	2.797
25	0.256	0.531	0.856	1.316	1.708	2.060	2.485	2.787
26	0.256	0.531	0.856	1.315	1.706	2.056	2.479	2.779
27	0.256	0.531	0.855	1.314	1.703	2.052	2.473	2.771
28	0.256	0.530	2.855	1.313	1.701	2.048	2.467	2.763
29	0.256	0.530	0.854	1.311	1.699	2.045	2.462	2.756
30	0.256	0.530	0.854	1.310	1.697	2.042	2.457	2.750
40	0.255	0.529	0.851	1.303	1.684	2.021	2.423	2.704
60	0.254	0.527	0.848	1.296	1.671	2.000	2.390	2.660
120	0.254	0.526	0.845	1.289	1.658	1.980	2.358	2.617
∞	0.253	0.524	0.842	1.282	1.645	1.960	2.326	2.576

资料来源：Adapted with permission from Dixon, W. J. and Massey, F.J., Jr. (1969). *Introduction to Statistical Analysis*, 3rd ed. McGraw-Hill, New York. Entries originally from Fisher, R.A. and Yates, F. *Statistical Tables*. Oliver & Boyd, London, Table Ⅲ.

表 H $\tau_d=\dfrac{\bar{X}-\mu_0}{R}$百分位数表

样本容量	$\phi_{0.95}$	$\phi_{0.975}$	$\phi_{0.99}$
2	3.175	6.353	15.910
3	0.885	1.304	2.111
4	0.529	0.717	1.023
5	0.388	0.507	0.685
6	0.312	0.399	0.523
7	0.263	0.333	0.429
8	0.230	0.288	0.366
9	0.205	0.255	0.322
10	0.186	0.230	0.288
11	0.170	0.210	0.262
12	0.158	0.194	0.241
13	0.147	0.181	0.224
14	0.138	0.170	0.209
15	0.131	0.160	0.197
16	0.124	0.151	0.186
17	0.118	0.144	0.177
18	0.113	0.137	0.168
19	0.108	0.131	0.161
20	0.104	0.126	0.154

资料来源：Adapted with permission from Lord, E. (1957). "The Use of the Range in Place of the Standard Deviation in the *t* Test." *Biometrika*. vol.34.

表 I　　符号检验中 r 的临界值表

百分数是双侧检验的 X 值（双侧百分点由 $p=0.05$ 的二项分布所给出）。

N	1%	5%	10%	25%
1				
2				
3				0
4				0
5			0	0
6		0	0	1
7		0	0	1
8	0	0	1	1
9	0	1	1	2
10	0	1	1	2
11	0	1	2	3
12	1	2	2	3
13	1	2	3	3
14	1	2	3	4
15	2	3	3	4
16	2	3	4	5
17	2	4	4	5
18	3	4	5	6
19	3	4	5	6
20	3	5	5	6
21	4	5	6	7
22	4	5	6	7
23	4	6	7	8
24	5	6	7	8
25	5	7	7	9
26	6	7	8	9
27	6	7	8	10
28	6	8	9	10
29	7	8	9	10
30	7	9	10	11
31	7	9	10	11
32	8	9	10	12
33	8	10	11	12
34	9	10	11	13
35	9	11	12	13
36	9	11	12	14
37	10	12	13	14
38	10	12	13	14
39	11	12	13	15
40	11	13	14	15
41	11	13	14	16

续前表

N	1%	5%	10%	25%
42	12	14	15	16
43	12	14	15	17
44	13	15	16	17
45	13	15	16	18
46	13	15	16	18
47	14	16	17	19
48	14	16	17	19
49	15	17	18	19
50	15	17	18	20

资料来源：Adapted with permission from Dixon, W. J. and Massey, F. J., Jr. (1969). *Introduction to Statistical An-alysis*, 3rd ed. McGraw-Hill, New York.

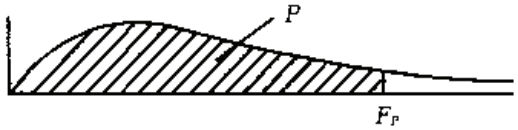
表J $\tau_d = \dfrac{\overline{X}_1 - \overline{X}_2}{1/2\ (R_1 + R_2)}$百分位数表

$n = n_A = n_B$	$\phi'_{0.95}$	$\phi'_{0.975}$	$\phi'_{0.99}$
2	2.322	3.427	5.553
3	0.974	1.272	1.715
4	0.644	0.813	1.047
5	0.493	0.613	0.772
6	0.405	0.499	0.621
7	0.347	0.426	0.525
8	0.306	0.373	0.459
9	0.275	0.334	0.409
10	0.250	0.304	0.371
11	0.233	0.280	0.340
12	0.214	0.260	0.315
13	0.201	0.243	0.294
14	0.189	0.189	0.276
15	0.179	0.216	0.261
16	0.170	0.205	0.247
17	0.162	0.195	0.236
18	0.155	0.187	0.225
19	0.149	0.179	0.216
20	0.143	0.172	0.207

资料来源：Adapted with permission from Lord, E. (1947). "The Use of the Range in Place of the Standard Deviation in the t Test." *Biometrika*, vol. 34.

表 K **F 分布表**

对应于某一选定概率（即曲线下的尾部面积）的 F 值。例如，分子、分母分别为自由度为 20 和 10 的两个样本方差的比值，对应于概率为 0.05 的 F 值便等于或大于 2.77。对于双侧检验，通过求表列 F 值的倒数并将自由度颠倒，可求得其下限值。例如上面的例子，分子和分母的自由度分别为 10 和 20，F 为 2.35 而 $1/F=1/2.35=0.43$。则概率为 0.10 时，$F\leqslant 0.43$ 或 $\geqslant 2.77$。



n_2 \ n_1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	15	20	24	30	40	60	120	∞
	$F_{0.95}(n_1, n_2)$																		
1	161.4	199.5	215.7	224.6	230.2	234.0	236.8	238.9	240.5	241.9	243.9	245.9	248.0	249.1	250.1	251.1	252.2	253.3	254.3
2	18.51	19.00	19.16	19.25	19.30	19.33	19.35	19.37	19.38	19.40	19.41	19.43	19.45	19.45	19.46	19.47	19.48	19.49	19.50
3	10.13	9.55	9.28	9.12	9.01	8.94	8.89	8.85	8.81	8.79	8.74	8.70	8.66	8.64	8.62	8.59	8.57	8.55	8.53
4	7.71	6.94	6.59	6.39	6.26	6.16	6.09	6.04	6.00	5.96	5.91	5.86	5.80	5.77	5.75	5.72	5.69	5.66	5.63
5	6.61	5.79	5.41	5.19	5.05	4.95	4.88	4.82	4.77	4.74	4.68	4.62	4.56	4.53	4.50	4.46	4.43	4.40	4.36
6	5.99	5.14	4.76	4.53	4.39	4.28	4.21	4.15	4.10	4.06	4.00	3.94	3.87	3.84	3.81	3.77	3.74	3.70	3.67
7	5.59	4.74	4.35	4.12	3.97	3.87	3.79	3.73	3.68	3.64	3.57	3.51	3.44	3.41	3.38	3.34	3.30	3.27	3.23
8	5.32	4.46	4.07	3.84	3.69	3.58	3.50	3.44	3.39	3.35	3.28	3.22	3.15	3.12	3.08	3.04	3.01	2.97	2.93
9	5.12	4.26	3.86	3.63	3.48	3.37	3.29	3.23	3.18	3.14	3.07	3.01	2.94	2.90	2.86	2.83	2.79	2.75	2.71
10	4.96	4.10	3.71	3.48	3.33	3.22	3.14	3.07	3.02	2.98	2.91	2.85	2.77	2.74	2.70	2.66	2.62	2.58	2.54
11	4.84	3.98	3.59	3.36	3.20	3.09	3.01	2.95	2.90	2.85	2.79	2.72	2.65	2.61	2.57	2.53	2.49	2.45	2.40
12	4.75	3.89	3.49	3.26	3.11	3.00	2.91	2.85	2.80	2.75	2.69	2.62	2.54	2.51	2.47	2.43	2.38	2.34	2.30
13	4.67	3.81	3.41	3.18	3.03	2.92	2.83	2.77	2.71	2.67	2.60	2.53	2.46	2.42	2.38	2.34	2.30	2.25	2.21
14	4.60	3.74	3.34	3.11	2.96	2.85	2.76	2.70	2.65	2.60	2.53	2.46	2.39	2.35	2.31	2.27	2.22	2.18	2.13
15	4.54	3.68	3.29	3.06	2.90	2.79	2.71	2.64	2.59	2.54	2.48	2.40	2.33	2.29	2.25	2.20	2.16	2.11	2.07
16	4.49	3.63	3.24	3.01	2.85	2.74	2.66	2.59	2.54	2.49	2.42	2.35	2.28	2.24	2.19	2.15	2.11	2.06	2.01
17	4.45	3.59	3.20	2.96	2.81	2.70	2.61	2.55	2.49	2.45	2.38	2.31	2.23	2.19	2.15	2.10	2.06	2.01	1.96

18	4.41	3.55	3.16	2.93	2.77	2.66	2.58	2.51	2.46	2.41	2.34	2.27	2.19	2.15	2.11	2.06	2.02	1.97	1.92
19	4.38	3.52	3.13	2.90	2.74	2.63	2.54	2.48	2.42	2.38	2.31	2.23	2.16	2.11	2.07	2.03	1.98	1.93	1.88
20	4.35	3.49	3.10	2.87	2.71	2.60	2.51	2.45	2.39	2.35	2.28	2.20	2.12	2.08	2.04	1.99	1.95	1.90	1.84
21	4.32	3.47	3.07	2.84	2.68	2.57	2.49	2.42	2.37	2.32	2.25	2.18	2.10	2.05	2.01	1.96	1.92	1.87	1.81
22	4.30	3.44	3.05	2.82	2.66	2.55	2.46	2.40	2.34	2.30	2.23	2.15	2.07	2.03	1.98	1.94	1.89	1.84	1.78
23	4.28	3.42	3.03	2.80	2.64	2.53	2.44	2.37	2.32	2.27	2.20	2.13	2.05	2.01	1.96	1.91	1.86	1.81	1.76
24	4.26	3.40	3.01	2.78	2.62	2.51	2.42	2.36	2.30	2.25	2.18	2.11	2.03	1.98	1.94	1.89	1.84	1.79	1.73
25	4.24	3.39	2.99	2.76	2.60	2.49	2.40	2.34	2.28	2.24	2.16	2.09	2.01	1.96	1.92	1.87	1.82	1.77	1.71
26	4.23	3.37	2.98	2.74	2.59	2.47	2.39	2.32	2.27	2.22	2.15	2.07	1.99	1.95	1.90	1.85	1.80	1.75	1.69
27	4.21	3.35	2.96	2.73	2.57	2.46	2.37	2.31	2.25	2.20	2.13	2.06	1.97	1.93	1.88	1.84	1.79	1.73	1.67
28	4.20	3.34	2.95	2.71	2.56	2.45	2.36	2.29	2.24	2.19	2.12	2.04	1.96	1.91	1.87	1.82	1.77	1.71	1.65
29	4.18	3.33	2.93	2.70	2.55	2.43	2.35	2.28	2.22	2.18	2.10	2.03	1.94	1.90	1.85	1.81	1.75	1.70	1.64
30	4.17	3.32	2.92	2.69	2.53	2.42	2.33	2.27	2.21	2.16	2.09	2.01	1.93	1.89	1.84	1.79	1.74	1.68	1.62
40	4.08	3.23	2.84	2.61	2.45	2.34	2.25	2.18	2.12	2.08	2.00	1.92	1.84	1.79	1.74	1.69	1.64	1.58	1.51
60	4.00	3.15	2.76	2.53	2.37	2.25	2.17	2.10	2.04	1.99	1.92	1.84	1.75	1.70	1.65	1.59	1.53	1.47	1.39
120	3.92	3.07	2.68	2.45	2.29	2.17	2.09	2.02	1.96	1.91	1.83	1.75	1.66	1.61	1.55	1.50	1.43	1.35	1.25
∞	3.84	3.00	2.60	2.37	2.21	2.10	2.01	1.94	1.88	1.83	1.75	1.67	1.57	1.52	1.46	1.39	1.32	1.22	1.00

续前表

n_2 \ n_1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	15	20	24	30	40	60	120	∞
									$F_{0.975}(n_1, n_2)$										
1	647.8	799.5	864.2	899.6	921.8	937.1	948.2	956.7	963.3	968.6	976.7	984.9	993.1	997.2	1 001	1 006	1 010	1 014	1 018
2	38.51	39.00	39.17	39.25	39.30	39.33	39.36	39.37	39.39	39.40	39.41	39.43	39.45	39.46	39.46	39.47	39.48	39.49	39.50
3	17.44	16.04	15.44	15.10	14.88	14.73	14.62	14.54	14.47	14.42	14.34	14.25	14.17	14.12	14.08	14.04	13.99	13.95	13.90
4	12.22	10.65	9.98	9.60	9.36	9.20	9.07	8.98	8.90	8.84	8.75	8.66	8.56	8.51	8.46	8.41	8.36	8.31	8.26
5	10.01	8.43	7.76	7.39	7.15	6.98	6.85	6.76	6.68	6.62	6.52	6.43	6.33	6.28	6.23	6.18	6.12	6.07	6.02
6	8.81	7.26	6.60	6.23	5.99	5.82	5.70	5.60	5.52	5.46	5.37	5.27	5.17	5.12	5.07	5.01	4.96	4.90	4.85
7	8.07	6.54	5.89	5.52	5.29	5.12	4.99	4.90	4.82	4.76	4.67	4.57	4.47	4.42	4.36	4.31	4.25	4.20	4.14
8	7.57	6.06	5.42	5.05	4.82	4.65	4.53	4.43	4.36	4.30	4.20	4.10	4.00	3.95	3.89	3.84	3.78	3.73	3.67
9	7.21	5.71	5.08	4.72	4.48	4.32	4.20	4.10	4.03	3.96	3.87	3.77	3.67	3.61	3.56	3.51	3.45	3.39	3.33
10	6.94	5.46	4.83	4.47	4.24	4.07	3.95	3.85	3.78	3.72	3.62	3.52	3.42	3.37	3.31	3.26	3.20	3.14	3.08
11	6.72	5.26	4.63	4.28	4.04	3.88	3.76	3.66	3.59	3.53	3.43	3.33	3.23	3.17	3.12	3.06	3.00	2.94	2.88
12	6.55	5.10	4.47	4.12	3.89	3.73	3.61	3.51	3.44	3.37	3.28	3.18	3.07	3.02	2.96	2.91	2.85	2.79	2.72
13	6.41	4.97	4.35	4.00	3.77	3.60	3.48	3.39	3.31	3.25	3.15	3.05	2.95	2.89	2.84	2.78	2.72	2.66	2.60
14	6.30	4.86	4.24	3.89	3.66	3.50	3.38	3.29	3.21	3.15	3.05	2.95	2.84	2.79	2.73	2.67	2.61	2.55	2.49
15	6.20	4.77	4.15	3.80	3.58	3.41	3.29	3.20	3.12	3.06	2.96	2.86	2.76	2.70	2.64	2.59	2.52	2.46	2.40
16	6.12	4.69	4.08	3.73	3.50	3.34	3.22	3.12	3.05	2.99	2.89	2.79	2.68	2.63	2.57	2.51	2.45	2.38	2.32
17	6.04	4.62	4.01	3.66	3.44	3.28	3.16	3.06	2.98	2.92	2.82	2.72	2.62	2.56	2.50	2.44	2.38	2.32	2.25
18	5.98	4.56	3.95	3.61	3.38	3.22	3.10	3.01	2.93	2.87	2.77	2.67	2.56	2.50	2.44	2.38	2.32	2.26	2.19
19	5.92	4.51	3.90	3.56	3.33	3.17	3.05	2.96	2.88	2.82	2.72	2.62	2.51	2.45	2.39	2.33	2.27	2.20	2.13
20	5.87	4.46	3.86	3.51	3.29	3.13	3.01	2.91	2.84	2.77	2.68	2.57	2.46	2.41	2.35	2.29	2.22	2.16	2.09
21	5.83	4.42	3.82	3.48	3.25	3.09	2.97	2.87	2.80	2.73	2.64	2.53	2.42	2.37	2.31	2.25	2.18	2.11	2.04
22	5.79	4.38	3.78	3.44	3.22	3.05	2.93	2.84	2.76	2.70	2.60	2.50	2.39	2.33	2.27	2.21	2.14	2.08	2.00
23	5.75	4.35	3.75	3.41	3.18	3.02	2.90	2.81	2.73	2.67	2.57	2.47	2.36	2.30	2.24	2.18	2.11	2.04	1.97
24	5.72	4.32	3.72	3.38	3.15	2.99	2.87	2.78	2.70	2.64	2.54	2.44	2.33	2.27	2.21	2.15	2.08	2.01	1.94
25	5.69	4.29	3.69	3.35	3.13	2.97	2.85	2.75	2.68	2.61	2.51	2.41	2.30	2.24	2.18	2.12	2.05	1.98	1.91
26	5.66	4.27	3.67	3.33	3.10	2.94	2.82	2.73	2.65	2.59	2.49	2.39	2.28	2.22	2.16	2.09	2.03	1.95	1.88
27	5.63	4.24	3.65	3.31	3.08	2.92	2.80	2.71	2.63	2.57	2.47	2.36	2.25	2.19	2.13	2.07	2.00	1.93	1.85
28	5.61	4.22	3.63	3.29	3.06	2.90	2.78	2.69	2.61	2.55	2.45	2.34	2.23	2.17	2.11	2.05	1.98	1.91	1.83
29	5.59	4.20	3.61	3.27	3.04	2.88	2.76	2.67	2.59	2.53	2.43	2.32	2.21	2.15	2.09	2.03	1.96	1.89	1.81
30	5.57	4.18	3.59	3.25	3.03	2.87	2.75	2.65	2.57	2.51	2.41	2.31	2.20	2.14	2.07	2.01	1.94	1.87	1.79
40	5.42	4.05	3.46	3.13	2.90	2.74	2.62	2.53	2.45	2.39	2.29	2.18	2.07	2.01	1.94	1.88	1.80	1.72	1.64
60	5.29	3.93	3.34	3.01	2.79	2.63	2.51	2.41	2.33	2.27	2.17	2.06	1.94	1.88	1.82	1.74	1.67	1.58	1.48
120	5.15	3.80	3.23	2.89	2.67	2.52	2.39	2.30	2.22	2.16	2.05	1.94	1.82	1.76	1.69	1.61	1.53	1.43	1.31
∞	5.02	3.69	3.12	2.79	2.57	2.41	2.29	2.19	2.11	2.05	1.94	1.83	1.71	1.64	1.57	1.48	1.39	1.27	1.00

	$F_{0.95}(n_1, n_2)$																	
1	4 052	4 999.5	5 403	5 625	5 764	5 859	5 928	5 982	6 022	6 056	6 106	6 157	6 209	6 235	6 261	6 287	6 313	6 339	6 366
2	98.50	99.00	99.17	99.25	99.30	99.33	99.36	99.37	99.39	99.40	99.42	99.43	99.45	99.46	99.47	99.47	99.48	99.49	99.50
3	34.12	30.82	29.46	28.71	28.24	27.91	27.67	27.49	27.35	27.23	27.05	26.87	26.69	26.60	26.50	26.41	26.32	26.22	26.13
4	21.20	18.00	16.69	15.98	15.52	15.21	14.98	14.80	14.66	14.55	14.37	14.20	14.02	13.93	13.84	13.75	13.65	13.56	13.46
5	16.26	13.27	12.06	11.39	10.97	10.67	10.46	10.29	10.16	10.05	9.89	9.72	9.55	9.47	9.38	9.29	9.20	9.11	9.02
6	13.75	10.92	9.78	9.15	8.75	8.47	8.26	8.10	7.98	7.87	7.72	7.56	7.40	7.31	7.23	7.14	7.06	6.97	6.88
7	12.25	9.55	8.45	7.85	7.46	7.19	6.99	6.84	6.72	6.62	6.47	6.31	6.16	6.07	5.99	5.91	5.82	5.74	5.65
8	11.26	8.65	7.59	7.01	6.63	6.37	6.18	6.03	5.91	5.81	5.67	5.52	5.36	5.28	5.20	5.12	5.03	4.95	4.86
9	10.56	8.02	6.99	6.42	6.06	5.80	5.61	5.47	5.35	5.26	5.11	4.96	4.81	4.73	4.65	4.57	4.48	4.40	4.31
10	10.04	7.56	6.55	5.99	5.64	5.39	5.20	5.06	4.94	4.85	4.71	4.56	4.41	4.33	4.25	4.17	4.08	4.00	3.91
11	9.65	7.21	6.22	5.67	5.32	5.07	4.89	4.74	4.63	4.54	4.40	4.25	4.10	4.02	3.94	3.86	3.78	3.69	3.60
12	9.33	6.93	5.95	5.41	5.06	4.82	4.64	4.50	4.39	4.30	4.16	4.01	3.86	3.78	3.70	3.62	3.54	3.45	3.36
13	9.07	6.70	5.74	5.21	4.86	4.62	4.44	4.30	4.19	4.10	3.96	3.82	3.66	3.59	3.51	3.43	3.34	3.25	3.17
14	8.86	6.51	5.56	5.04	4.69	4.46	4.28	4.14	4.03	3.94	3.80	3.66	3.51	3.43	3.35	3.27	3.18	3.09	3.00
15	8.68	6.36	5.42	4.89	4.56	4.32	4.14	4.00	3.89	3.80	3.67	3.52	3.37	3.29	3.21	3.13	3.05	2.96	2.87
16	8.53	6.23	5.29	4.77	4.44	4.20	4.03	3.89	3.78	3.69	3.55	3.41	3.26	3.18	3.10	3.02	2.93	2.84	2.75
17	8.40	6.11	5.18	4.67	4.34	4.10	3.93	3.79	3.68	3.59	3.46	3.31	3.16	3.08	3.00	2.92	2.83	2.75	2.65
18	8.29	6.01	5.09	4.58	4.25	4.01	3.84	3.71	3.60	3.51	3.37	3.23	3.08	3.00	2.92	2.84	2.75	2.66	2.57
19	8.18	5.93	5.01	4.50	4.17	3.94	3.77	3.63	3.52	3.43	3.30	3.15	3.00	2.92	2.84	2.76	2.67	2.58	2.49
20	8.10	5.85	4.94	4.43	4.10	3.87	3.70	3.56	3.46	3.37	3.23	3.09	2.94	2.86	2.78	2.69	2.61	2.52	2.42
21	8.02	5.78	4.87	4.37	4.04	3.81	3.64	3.51	3.40	3.31	3.17	3.03	2.88	2.80	2.72	2.64	2.55	2.46	2.36
22	7.95	5.72	4.82	4.31	3.99	3.76	3.59	3.45	3.35	3.26	3.12	2.98	2.83	2.75	2.67	2.58	2.50	2.40	2.31
23	7.88	5.66	4.76	4.26	3.94	3.71	3.54	3.41	3.30	3.21	3.07	2.93	2.78	2.70	2.62	2.54	2.45	2.35	2.26
24	7.82	5.61	4.72	4.22	3.90	3.67	3.50	3.36	3.26	3.17	3.03	2.89	2.74	2.66	2.58	2.49	2.40	2.31	2.21
25	7.77	5.57	4.68	4.18	3.85	3.63	3.46	3.32	3.22	3.13	2.99	2.85	2.70	2.62	2.54	2.45	2.36	2.27	2.17
26	7.72	5.53	4.64	4.14	3.82	3.59	3.42	3.29	3.18	3.09	2.96	2.81	2.66	2.58	2.50	2.42	2.33	2.23	2.13
27	7.68	5.49	4.60	4.11	3.78	3.56	3.39	3.26	3.15	3.06	2.93	2.78	2.63	2.55	2.47	2.38	2.29	2.20	2.10
28	7.64	5.45	4.57	4.07	3.75	3.53	3.36	3.23	3.12	3.03	2.90	2.75	2.60	2.52	2.44	2.35	2.26	2.17	2.06
29	7.60	5.42	4.54	4.04	3.73	3.50	3.33	3.20	3.09	3.00	2.87	2.73	2.57	2.49	2.41	2.33	2.23	2.14	2.03
30	7.56	5.39	4.51	4.02	3.70	3.47	3.30	3.17	3.07	2.98	2.84	2.70	2.55	2.47	2.39	2.30	2.21	2.11	2.01
40	7.31	5.18	4.31	3.83	3.51	3.29	3.12	2.99	2.89	2.80	2.66	2.52	2.37	2.29	2.20	2.11	2.02	1.92	1.80
60	7.08	4.98	4.13	3.65	3.34	3.12	2.95	2.82	2.72	2.63	2.50	2.35	2.20	2.12	2.03	1.94	1.84	1.73	1.60
120	6.85	4.79	3.95	3.48	3.17	2.96	2.79	2.66	2.56	2.47	2.34	2.19	2.03	1.95	1.86	1.76	1.66	1.53	1.38
∞	6.63	4.61	3.78	3.32	3.02	2.80	2.64	2.51	2.41	2.32	2.18	2.04	1.88	1.79	1.70	1.59	1.47	1.32	1.00

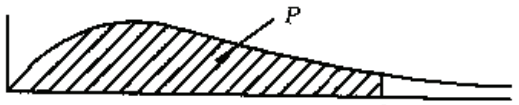
说明：n_1=分子的自由度；n_2=分母的自由度。

资料来源：Adapted with permission from Pearson, E.S. and Hartley, H.O. (eds.) (1958). *Biometrika Tables for Statisticians*, 2nd ed. Cambridge University Press, New York, vol.I.

表 L

χ^2 分布表

对应于某一选定概率（即曲线下的尾部面积）的 χ^2 的值。例如，对于取自正态分布且自由度为 20 的一个样本，概率为 0.95 时，相应的 $\chi^2 \leqslant 31.41$。



对应于 P 的 χ^2_P 的值

DF	$\chi^2_{0.005}$	$\chi^2_{0.01}$	$\chi^2_{0.025}$	$\chi^2_{0.05}$	$\chi^2_{0.10}$	$\chi^2_{0.90}$	$\chi^2_{0.95}$	$\chi^2_{0.975}$	$\chi^2_{0.99}$	$\chi^2_{0.995}$
1	0.000 039	0.000 16	0.000 98	0.003 9	0.015 8	2.71	3.84	5.02	6.63	7.88
2	0.010 0	0.020 1	0.050 6	0.102 6	0.210 7	4.61	5.99	7.38	9.21	10.60
3	0.071 7	0.115	0.216	0.352	0.584	6.25	7.81	9.35	11.34	12.84
4	0.207	0.297	0.484	0.711	1.064	7.78	9.49	11.14	13.28	14.86
5	0.412	0.554	0.831	1.15	1.61	9.24	11.07	12.83	15.09	16.75
6	0.676	0.872	1.24	1.64	2.20	10.64	12.59	14.45	16·81	18.55
7	0.989	1.24	1.69	2.17	2.83	12.02	14.07	16.01	18.48	20.28
8	1.34	1.65	2.18	2.73	3.49	13.36	15.51	17.53	20.09	21.96
9	1.73	2.09	2.70	3.33	4.17	14.68	16.92	19.02	21.67	23.59
10	2.16	2.56	3.25	3.94	4.87	15.99	18.31	20.48	23.21	25.19
11	2.60	3.05	3.82	4.57	5.58	17.28	19.68	21.92	24.73	26.76
12	3.07	3.57	4.40	5.23	6.30	18.55	21.03	23.34	26.22	28.30
13	3.57	4.11	5.01	5.89	7.04	19.81	22.36	24.74	27.69	29.82
14	4.07	4.66	5.63	6.57	7.79	21.06	23.68	26.12	29.14	31.32
15	4.60	5.23	6.26	7.26	8.55	22.31	25.00	27.49	30.58	32.80
16	5.14	5.81	6.91	7.96	9.31	23.54	26.30	28.85	32.00	34.27
18	6.26	7.01	8.23	9.39	10.86	25.99	28.87	31.53	34.81	37.16
20	7.43	8.26	9.59	10.85	12.44	28.41	31.41	34.17	37.57	40.00
24	9.89	10.86	12.40	13.85	15.66	33.20	36.42	39.36	42.98	45.56
30	13.79	14.95	16.79	18.49	20.60	40.26	43.77	46.98	50.89	53.67
40	20.71	22.16	24.43	26.51	29.05	51.81	55.76	59.34	63.69	66.77
60	35.53	37.48	40.48	43.19	46.46	74.40	79.08	83.30	88.38	91.95
120	83.85	86.92	91.58	95.70	100.62	140.23	146.57	152.21	158.95	163.64

资料来源：Adapted with permission from Dixon, W.J. and Massey, F. J., Jr. (1969). *Introduction to Statistical Analysis*, 3rd ed. McGraw-Hill, New York.

表 M $F' = \frac{R_1}{R_2}$百分位数表

对应于某一选定的累积概率的 F' 值。例如，当 $n_1 = n_2 = 5$ 时，对应于概率 0.95，样本极差的比率 $R_1/R_2 \leqslant 2.6$。

n_2	累积概率	n_1								
		2	3	4	5	6	7	8	9	10
2	0.025	0.039	0.217	0.37	0.50	0.60	0.68	0.74	0.79	0.83
	0.05	0.079	0.31	0.50	0.62	0.74	0.80	0.86	0.91	0.95
	0.95	12.7	19.1	23	26	29	30	32	34	35
	0.975	25.5	38.2	52	57	60	62	64	67	68
3	0.025	0.026	0.160	0.28	0.39	0.47	0.54	0.59	0.64	0.68
	0.05	0.052	0.23	0.37	0.49	0.57	0.64	0.70	0.75	0.80
	0.95	3.19	4.4	5.0	5.7	6.2	6.6	6.9	7.2	7.4
	0.975	4.61	6.3	7.3	8.0	8.7	9.3	9.8	10.2	10.5
4	0.025	0.019	0.137	0.25	0.34	0.42	0.48	0.53	0.57	0.61
	0.05	0.043	0.20	0.32	0.42	0.50	0.57	0.62	0.67	0.70
	0.95	2.02	2.7	3.1	3.4	3.6	3.8	4.0	4.2	4.4
	0.975	2.72	3.5	4.0	4.4	4.7	5.0	5.2	5.4	5.6
5	0.025	0.018	0.124	0.23	0.32	0.38	0.44	0.49	0.53	0.57
	0.05	0.038	0.18	0.29	0.40	0.46	0.52	0.57	0.61	0.65
	0.95	1.61	2.1	2.4	2.6	2.8	2.9	3.0	3.1	3.2
	0.975	2.01	2.6	2.9	3.2	3.4	3.6	3.7	3.8	3.9
6	0.025	0.017	0.115	0.21	0.30	0.36	0.42	0.46	0.50	0.54
	0.05	0.035	0.16	0.27	0.36	0.43	0.49	0.54	0.58	0.61
	0.95	1.36	1.8	2.0	2.2	2.3	2.4	2.5	2.6	2.7
	0.975	1.67	2.1	2.4	2.6	2.8	2.9	3.0	3.1	3.2
7	0.025	0.016	0.107	0.20	0.28	0.34	0.40	0.44	0.48	0.52
	0.05	0.032	0.15	0.26	0.35	0.41	0.47	0.51	0.55	0.59
	0.95	1.26	1.6	1.8	1.9	2.0	2.1	2.2	2.3	2.4
	0.975	1.48	1.9	2.1	2.3	2.4	2.5	2.6	2.7	2.8
8	0.025	0.016	0.102	0.19	0.27	0.33	0.38	0.43	0.47	0.50
	0.05	0.031	0.14	0.25	0.33	0.40	0.45	0.50	0.53	0.57
	0.95	1.17	1.4	1.6	1.8	1.9	1.9	2.0	2.1	2.1
	0.975	1.36	1.7	1.9	2.0	2.2	2.3	2.3	2.4	2.5
9	0.025	0.015	0.098	0.18	0.26	0.32	0.37	0.42	0.46	0.49
	0.05	0.030	0.14	0.24	0.32	0.38	0.44	0.48	0.52	0.55
	0.95	1.10	1.3	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	1.9	2.0
	0.975	1.27	1.6	1.8	1.9	2.0	2.1	2.1	2.2	2.3
10	0.025	0.015	0.095	0.18	0.25	0.31	0.36	0.41	0.44	0.48
	0.05	0.029	0.13	0.23	0.31	0.37	0.43	0.47	0.51	0.54
	0.95	1.05	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.8	1.9
	0.975	1.21	1.5	1.6	1.8	1.9	1.9	2.0	2.0	2.1

资料来源：Adapted with permission from Dixon, W.J. and Massey, F.J., Jr. (1969). *Introduction to Statistical Analysis*, 3rd ed. McGraw-Hill, New York.

在横轴上查出样本的不合格品百分率。垂直向上与该容量的样本的上、下曲线相等。在纵轴上读出相应的上、下置信限。例如，一个容量为 50 的样本的不合格品百分率为 20%，则总体不合格品百分率的 95% 的置信上、下限便分别为 10% 和 35%。

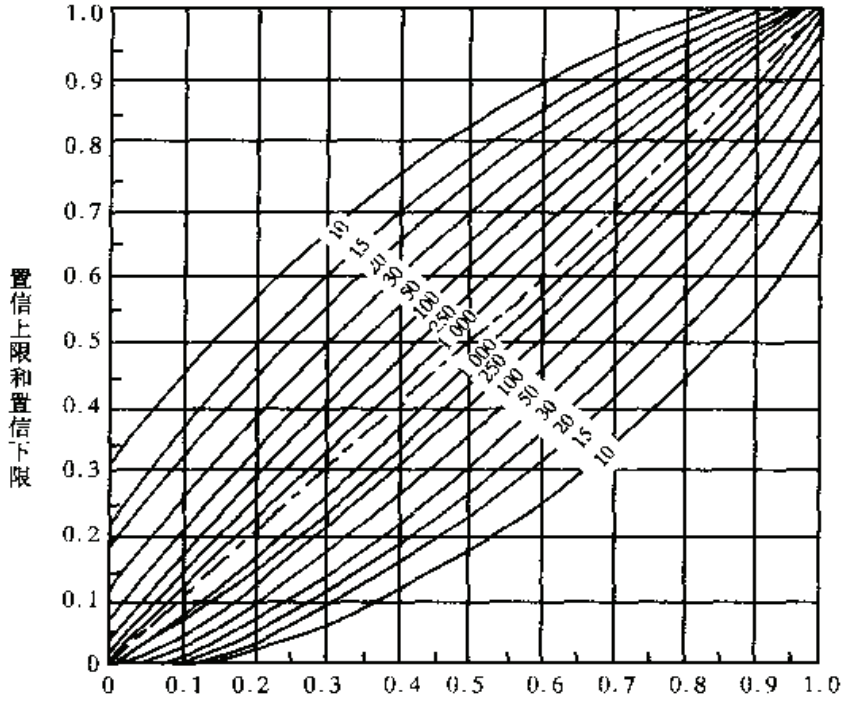


图 N　不合格品百分率的置信限

资料来源：By permission of Prof. E.S. Pearson from Clopper, C.J. and Pearson, E.S. (1934). "The Use of Confidence or Fiducial Limits Illustrated in the Case of the Binomial." *Biometrika*, vol.26, p.404.

表 O　　威尔考克森-曼-惠特尼（Wilcoxon-Mann-Whitney）检验的较小秩和的临界值表

n_2	双侧检验的 α	单侧检验的 α	n_1（较小样本）											
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
3	0.20	0.10		3	7									
	0.10	0.05			6									
	0.05	0.025												
	0.01	0.005												
4	0.20	0.10		3	7	13								
	0.10	0.05			6	11								
	0.05	0.025				10								
	0.01	0.005												
5	0.20	0.10		4	8	14	20							
	0.10	0.05		3	7	12	19							
	0.05	0.025			6	11	17							
	0.01	0.005					15							
6	0.20	0.10		4	9	15	22	30						
	0.10	0.05		3	8	13	20	28						
	0.05	0.025			7	12	18	26						
	0.01	0.005				10	16	23						
7	0.20	0.10		4	10	16	23	32	41					
	0.10	0.05		3	8	14	21	29	39					
	0.05	0.025			7	13	20	27	36					
	0.01	0.005				10	16	24	32					
8	0.20	0.10		5	11	17	25	34	44	55				
	0.10	0.05		4	9	15	23	31	41	51				
	0.05	0.025		3	8	14	21	29	38	49				
	0.01	0.005				11	17	25	34	43				
9	0.20	0.10	1	5	11	19	27	36	46	58	70			
	0.10	0.05		4	9	16	24	33	43	54	66			
	0.05	0.025		3	8	14	22	31	40	51	62			
	0.01	0.005			6	11	18	26	35	45	56			
10	0.20	0.10	1	6	12	20	28	38	49	60	73	87		
	0.10	0.05		4	10	17	26	35	45	56	69	82		
	0.05	0.025		3	9	15	23	32	42	53	65	78		
	0.01	0.005			6	12	19	27	37	47	58	71		
11	0.20	0.10	1	6	13	21	30	40	51	63	76	91	106	
	0.10	0.05		4	11	18	27	37	47	59	72	86	100	
	0.05	0.025		3	9	16	24	34	44	55	68	81	96	
	0.01	0.005			6	12	20	28	38	49	61	73	87	
12	0.20	0.10	1	7	14	22	32	42	54	66	80	94	110	127
	0.10	0.05		5	11	19	28	38	49	62	75	89	104	120
	0.05	0.025		4	10	17	26	35	46	58	71	84	99	115
	0.01	0.005			7	13	21	30	40	51	63	76	90	105

资料来源：Reproduced with permission from Tate, M.W. and Clelland, R.C. (1957). *Non-parametric and Shortcut Statistics*. The Interstate Printers & Publishers, Danville, IL.

表 P　　试验次数高于和低于一组数值的中位数的极限值

n_1 = 大于中位数的数值的数目；n_2 = 小于中位数的数值的数目。

$m = n_1 + n_2$	等于或小于试验次数		等于或大于试验次数	
	$a = 0.05$	$a = 0.01$	$a = 0.05$	$a = 0.01$
5	3	2	9	10
6	3	2	11	12
7	4	3	12	13
8	5	4	13	14
9	6	4	14	16
10	6	5	16	17
11	7	6	17	18
12	8	7	18	19
13	9	7	19	21
14	10	8	20	22
15	11	9	21	23
16	11	10	23	24
17	12	10	24	26
18	13	11	25	27
19	14	12	26	28
20	15	13	27	29
21	16	14	28	30
22	17	14	29	32
23	17	15	31	33
24	18	16	32	34
25	19	17	33	35
26	20	18	34	36
27	21	19	35	37
28	22	19	36	39
29	23	20	37	40
30	24	21	38	41

资料来源：Reproduced with permission from Swed, Freda S. and Eisenhart, C. (1943). "Tables for Testing Randomness of Grouping in a Sequence of Alternatives." *Annals of Mathematical Statistics*, vol.XIV, pp.66 and 87, Tables Ⅱ and Ⅲ.

表 Q　　极平均值的检验标准表

统计量	观测值的数目	$P_{0.90}$	$P_{0.95}$	$P_{0.98}$	$P_{0.99}$
$r_{10}=\frac{X_2-X_1}{X_n-X_1}$	3	0.886	0.941	0.976	0.988
	4	0.679	0.765	0.846	0.889
	5	0.557	0.642	0.729	0.780
	6	0.482	0.560	0.644	0.698
	7	0.434	0.507	0.586	0.637
$r_{11}=\frac{X_2-X_1}{X_{n-1}-X_1}$	8	0.479	0.554	0.631	0.683
	9	0.441	0.512	0.587	0.635
	10	0.409	0.477	0.551	0.597
$r_{21}=\frac{X_3-X_1}{X_{n-1}-X_1}$	11	0.517	0.576	0.638	0.679
	12	0.490	0.546	0.605	0.642
	13	0.467	0.521	0.578	0.615
$r_{22}=\frac{X_3-X_1}{X_{n-2}-X_1}$	14	0.492	0.546	0.602	0.641
	15	0.472	0.525	0.579	0.616
	16	0.454	0.507	0.559	0.595
	17	0.438	0.490	0.542	0.577
	18	0.424	0.475	0.527	0.561
	19	0.412	0.462	0.514	0.547
	20	0.401	0.450	0.502	0.535
	21	0.391	0.440	0.491	0.524
	22	0.382	0.430	0.481	0.514
	23	0.374	0.421	0.472	0.505
	24	0.367	0.413	0.464	0.497
	25	0.360	0.406	0.457	0.489

资料来源：Adapted with permission from Dixon, W.J. and Massey, F.J., Jr. (1969). *Introduction to Statistical Analysis*, 3rd ed. McGraw-Hill, New York.

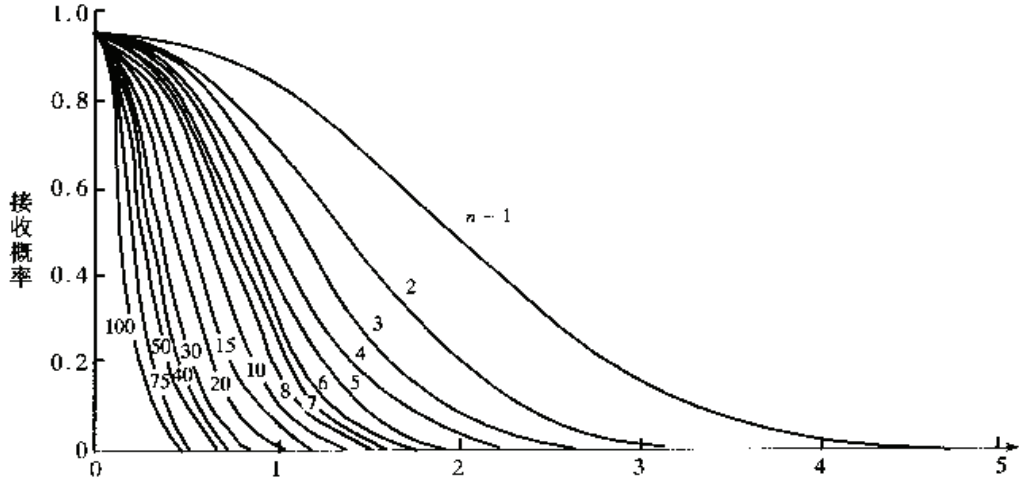
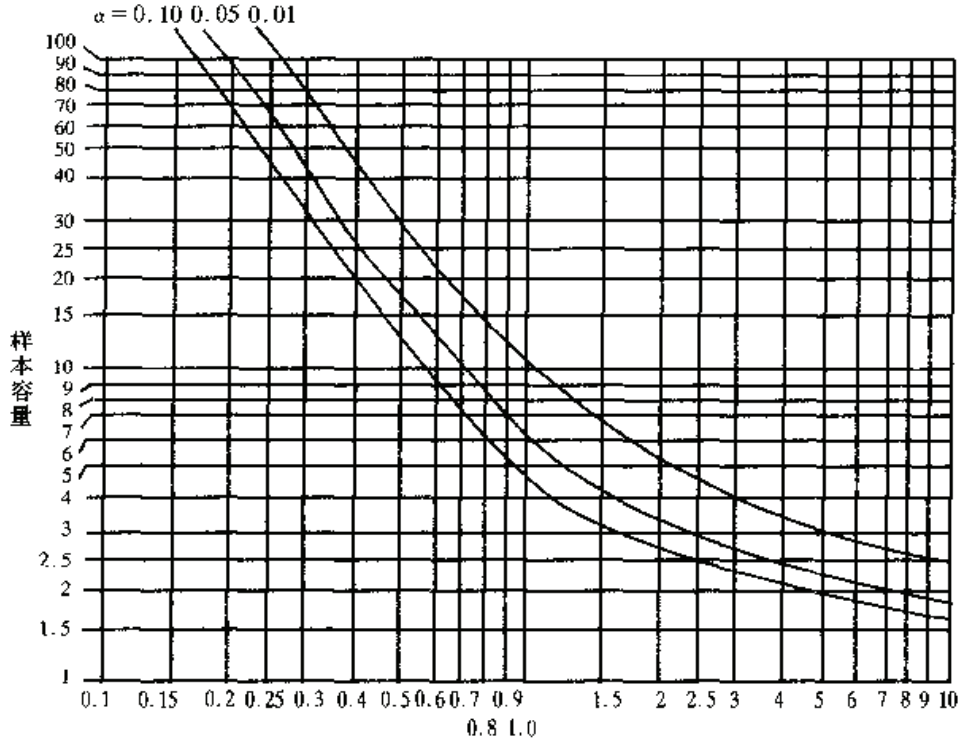


图 R　显著性水平 0.05 的双侧正态检验的抽样特性图

资料来源：Adapted with permission from Ferris, Charles D., Grubbs, Frank E., and Weaver, Chalmers L. (1946). "Operating Characteristics for the Common Statistical Tests of Significance." *Annals of Mathematical Statistics*, June.



$$\frac{E}{s}=\frac{\text{最大允许误差}}{\text{样本标准差}}$$

图 S　σ 未知时算术平均值的样本容量

资料来源：Reproduced with permission from Weida, Frank M. and Lum, Mary D. (1953). *Statistical Inference, Reliability, and Significance*. WADC Technical Report 53-149, U.S. Air Force.

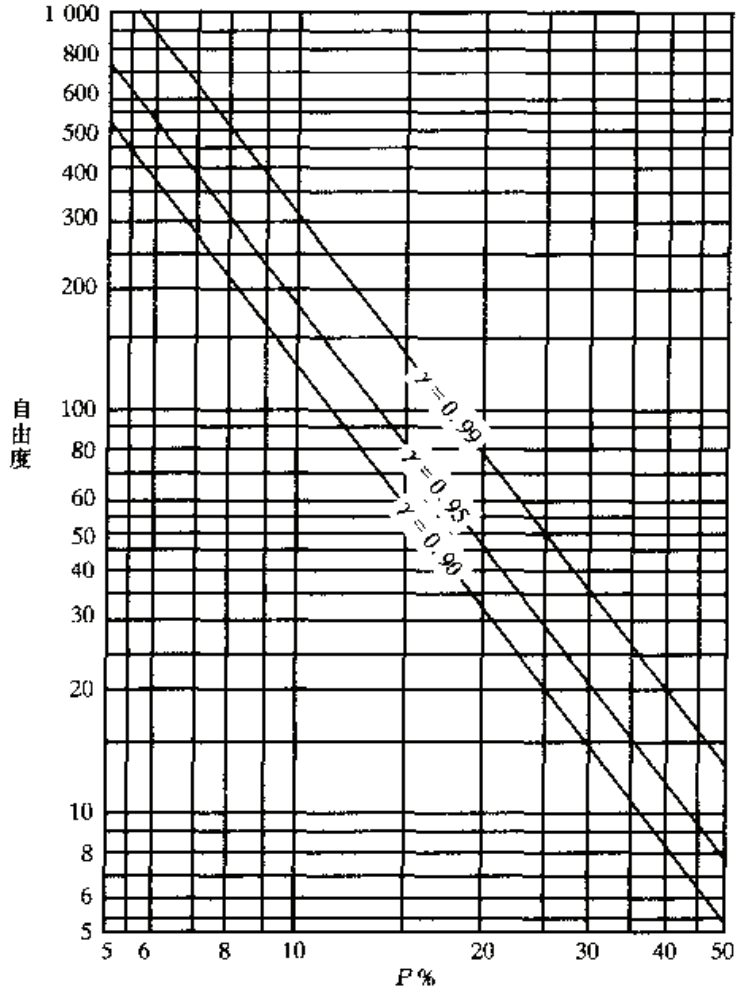


图 T 在其真值的 P%范围内以 γ 为置信系数估计标准差所要求的自由度数

资料来源：Adapted with permission from Greenwood, J.A. and Sandomire, M.M. (1950). "Statistics Manual, Sample Size Required for Estimating the Standard Deviation as a Percent of Its True Value." *Journal of the American Statistical Association*, vol.45, p.258. The manner of graphing is adapted with permission from Crow, E.L., Davis, F.A., and Maxfield, M. W. (1955). *NAVORD Report* 3369. NOTS 948, U.S. Naval Ordnance Test Station, China Lake, CA. (Reprinted by Dover Publications, New York, 1960.)

表 U　　正态分布的公差因子

因子 K_1 表示，至少有比例为 P 的分布被包含在 $\bar{X} \pm K_1 R$ 之间的概率为 γ，其中 $\bar{X}$ 为容量为 n 的样本的均值，R 是其极差。

P / n	$\gamma=0.90$				$\gamma=0.95$				$\gamma=0.99$			
	0.90	0.95	0.99	0.999	0.90	0.95	0.99	0.999	0.90	0.95	0.99	0.999
2	11.298	13.294	17.090	21.374	22.635	26.634	34.238	42.821	113.429	133.469	171.576	214.588
3	3.069	3.631	4.711	5.936	4.399	5.206	6.752	8.509	9.951	11.776	15.275	19.249
4	1.877	2.227	2.902	3.672	2.422	2.873	3.744	4.737	4.233	5.021	6.543	8.279
5	1.428	1.697	2.216	2.812	1.749	2.078	2.715	3.444	2.709	3.219	4.205	5.335
6	1.194	1.420	1.857	2.360	1.418	1.686	2.206	2.803	2.042	2.429	3.178	4.038
7	1.050	1.248	1.635	2.080	1.222	1.453	1.903	2.420	1.678	1.996	2.615	3.325
8	0.951	1.131	1.483	1.888	1.090	1.297	1.700	2.165	1.449	1.724	2.261	2.878
9	0.879	1.046	1.372	1.747	0.997	1.187	1.556	1.981	1.290	1.536	2.014	2.565
10	0.824	0.981	1.286	1.639	0.926	1.103	1.446	1.843	1.176	1.400	1.836	2.340
11	0.780	0.929	1.219	1.554	0.871	1.037	1.361	1.735	1.088	1.296	1.701	2.168
12	0.745	0.887	1.164	1.484	0.827	0.985	1.292	1.648	1.020	1.215	1.594	2.033
13	0.715	0.852	1.118	1.426	0.790	0.940	1.235	1.575	0.964	1.148	1.507	1.922
14	0.690	0.822	1.079	1.377	0.759	0.904	1.187	1.514	0.917	1.093	1.435	1.830
15	0.669	0.797	1.046	1.334	0.733	0.873	1.146	1.462	0.878	1.046	1.373	1.753
16	0.650	0.774	1.016	1.297	0.710	0.845	1.110	1.417	0.845	1.007	1.322	1.687
17	0.633	0.755	0.991	1.265	0.690	0.822	1.109	1.377	0.816	0.972	1.277	1.630
18	0.619	0.737	0.968	1.235	0.672	0.801	1.051	1.342	0.790	0.941	1.236	1.578
19	0.605	0.721	0.947	1.209	0.656	0.782	1.027	1.311	0.768	0.916	1.203	1.535
20	0.594	0.707	0.929	1.186	0.642	0.765	1.005	1.282	0.748	0.892	1.171	1.495

资料来源：Adapted with permission from Mitra, S.K. (1957). "Tables for Tolerance Limits for a Normal Population Based on Sample Mean and Range on Mean Range." *Journal of the American Statistical Association*, vol.52, no.277, March, p.92.

表 V　　正态分布的单侧和双侧统计公差限因子 k

因子 k 表示至少有比例 P 的分布小于 $\bar{X}+ks$（或大于 $\bar{X}-ks$）的概率为 γ，其中 $\bar{X}$ 和 s 是从容量为 n 的样本中计算出的均值和标准差的估计值。双侧因子则覆盖了 $\bar{X}\pm ks$。

n \ P	$\gamma=0.90$				$\gamma=0.95$				$\gamma=0.99$			
	0.90	0.95	0.99	0.999	0.90	0.95	0.99	0.999	0.90	0.95	0.99	0.999
	单侧因子											
3	4.258	5.310	7.340	9.651	6.158	7.655	10.552	13.857				
4	3.187	3.957	5.437	7.128	4.163	5.145	7.042	9.215				
5	2.742	3.400	4.666	6.112	3.407	4.202	5.741	7.501				
6	2.494	3.091	4.242	5.556	3.006	3.707	5.062	6.612	4.408	5.409	7.334	9.540
7	2.333	2.894	3.972	5.201	2.755	3.399	4.641	6.061	3.856	4.730	6.411	8.348
8	2.219	2.755	3.783	4.955	2.582	3.188	4.353	5.686	3.496	4.287	5.811	7.566
9	2.133	2.649	3.641	4.772	2.454	3.031	4.143	5.414	3.242	3.971	5.389	7.014
10	2.065	2.568	3.532	4.629	2.355	2.911	3.981	5.203	3.048	3.739	5.075	6.603
11	2.012	2.503	3.444	4.515	2.275	2.815	3.852	5.036	2.897	3.557	4.828	6.284
12	1.966	2.448	3.371	4.420	2.210	2.736	3.747	4.900	2.773	3.410	4.633	6.032
13	1.928	2.403	3.310	4.341	2.155	2.670	3.659	4.787	2.677	3.290	4.472	5.826
14	1.895	2.363	3.257	4.274	2.108	2.614	3.585	4.690	2.592	3.189	4.336	5.651
15	1.866	2.329	3.212	4.215	2.068	2.566	3.520	4.607	2.521	3.102	4.224	5.507
16	1.842	2.299	3.172	4.164	2.032	2.523	3.463	4.534	2.458	3.028	4.124	5.374
17	1.820	2.272	3.136	4.118	2.001	2.486	3.415	4.471	2.405	2.962	4.038	5.268
18	1.800	2.249	3.106	4.078	1.974	2.453	3.370	4.415	2.357	2.906	3.961	5.167
19	1.781	2.228	3.078	4.041	1.949	2.423	3.331	4.364	2.315	2.855	3.893	5.078
20	1.765	2.208	3.052	4.009	1.926	2.396	3.295	4.319	2.275	2.807	3.832	5.003
21	1.750	2.190	3.028	3.979	1.905	2.371	3.262	4.276	2.241	2.768	3.776	4.932
22	1.736	2.174	3.007	3.952	1.887	2.350	3.233	4.238	2.208	2.729	3.727	4.866
23	1.724	2.159	2.987	3.927	1.869	2.329	3.206	4.204	2.179	2.693	3.680	4.806
24	1.712	2.145	2.969	3.904	1.853	2.309	3.181	4.171	2.154	2.663	3.638	4.755
25	1.702	2.132	2.952	3.882	1.838	2.292	3.158	4.143	2.129	2.632	3.601	4.706
30	1.657	2.080	2.884	3.794	1.778	2.220	3.064	4.022	2.029	2.516	3.446	4.508
35	1.623	2.041	2.833	3.730	1.732	2.166	2.994	3.934	1.957	2.431	3.334	4.364
40	1.598	2.010	2.793	3.679	1.697	2.126	2.941	3.866	1.902	2.365	3.250	4.255
45	1.577	1.986	2.762	3.638	1.669	2.092	2.897	3.811	1.857	2.313	3.181	4.168
50	1.560	1.965	2.735	3.604	1.646	2.065	2.863	3.766	1.821	2.296	3.124	4.096

续前表

P / n	$\gamma=0.90$				$\gamma=0.95$				$\gamma=0.99$			
	0.90	0.95	0.99	0.999	0.90	0.95	0.99	0.999	0.90	0.95	0.99	0.999
	双侧因子											
2	15.978	18.800	24.167	30.227	32.019	37.674	48.430	60.573	160.193	188.491	242.300	303.054
3	5.847	6.919	8.974	11.309	8.380	9.916	12.861	16.208	18.930	22.401	29.055	36.616
4	4.166	4.943	6.440	8.149	5.369	6.370	8.299	10.502	9.398	11.150	14.527	18.383
5	3.494	4.152	5.423	6.879	4.275	5.079	6.634	8.415	6.612	7.855	10.260	13.015
6	3.131	3.723	4.870	6.188	3.712	4.414	5.775	7.337	5.337	6.345	8.301	10.548
7	2.902	3.452	4.521	5.750	3.369	4.007	5.248	6.676	4.613	5.488	7.187	9.142
8	2.743	3.264	4.278	5.446	3.136	3.732	4.891	6.226	4.147	4.936	6.468	8.234
9	2.626	3.125	4.098	5.220	2.967	3.532	4.631	5.899	3.822	4.550	5.966	7.600
10	2.535	3.018	3.959	5.046	2.839	3.379	4.433	5.649	3.582	4.265	5.594	7.129
11	2.463	2.933	3.849	4.906	2.737	3.259	4.277	5.452	3.397	4.045	5.308	6.766
12	2.404	2.863	3.758	4.792	2.655	3.162	4.150	5.291	3.250	3.870	5.079	6.477
13	2.355	2.805	3.682	4.697	2.587	3.081	4.044	5.158	3.130	3.727	4.893	6.240
14	2.314	2.756	3.618	4.615	2.529	3.012	3.955	5.045	3.029	3.608	4.737	6.043
15	2.278	2.713	3.562	4.545	2.480	2.954	3.878	4.949	2.945	3.507	4.605	5.876
16	2.246	2.676	3.514	4.484	2.437	2.903	3.812	4.865	2.872	3.421	4.492	5.732
17	2.219	2.643	3.471	4.430	2.400	2.858	3.754	4.791	2.808	3.345	4.393	5.607
18	2.194	2.614	3.433	4.382	2.366	2.819	3.702	4.725	2.753	3.279	4.307	5.497
19	2.172	2.588	3.399	4.339	2.337	2.784	3.656	4.667	2.703	3.221	4.230	5.399
20	2.152	2.564	3.368	4.300	2.310	2.752	3.615	4.614	2.659	3.168	4.161	5.312
21	2.135	2.543	3.340	4.264	2.286	2.723	3.577	4.567	2.620	3.121	4.100	5.234
22	2.118	2.524	3.315	4.232	2.264	2.697	3.543	4.523	2.584	3.078	4.044	5.163
23	2.103	2.506	3.292	4.203	2.244	2.673	3.512	4.484	2.551	3.040	3.993	5.098
24	2.089	2.480	3.270	4.176	2.225	2.651	3.483	4.447	2.522	3.004	3.947	5.039
25	2.077	2.474	3.251	4.151	2.208	2.631	3.457	4.413	2.494	2.972	3.904	4.985
26	2.065	2.460	3.232	4.127	2.193	2.612	3.432	4.382	2.460	2.941	3.865	4.935
27	2.054	2.447	3.215	4.106	2.178	2.595	3.409	4.353	2.446	2.914	3.828	4.888
30	2.025	2.413	3.170	4.049	2.140	2.549	3.350	4.278	2.385	2.841	3.733	4.768
35	1.988	2.368	3.112	3.974	2.090	2.490	3.272	4.179	2.306	2.748	3.611	4.611
40	1.959	2.334	3.066	3.917	2.052	2.445	3.213	4.104	2.247	2.677	3.518	4.493
45	1.935	2.306	3.030	3.871	2.021	2.408	3.165	4.042	2.200	2.621	3.444	4.399
50	1.916	2.284	3.001	3.833	1.996	2.379	3.126	3.993	2.162	2.576	3.385	4.323

资料来源：Adapted from Lieberman, Gerald J. (1958). "Tables for One-Sided Tolerance Limits." *Industrial Quality Control*, vol. XIV, no.10, April, p.8. Adapted with permission of the American Society for Quality Control. Adapted with permission from Eisenhart, C., Hastay, M.W., and Wallis, W.A. (1947). *Techniques of Statistical Analysis*. McGraw-Hill, New York.

表 W　　样本两极点间区间的 P 值表

γ 表示一个容量为 N 的随机样本的极点区间包含比例 P 的总体的概率。

N \ γ	0.5	0.7	0.9	0.95	0.99	0.995
2	0.293	0.164	0.052	0.026	0.006	0.003
4	0.615	0.492	0.321	0.249	0.141	0.111
6	0.736	0.640	0.490	0.419	0.295	0.254
10	0.838	0.774	0.664	0.606	0.496	0.456
20	0.918	0.883	0.820	0.784	0.712	0.683
40	0.959	0.941	0.907	0.887	0.846	0.829
60	0.973	0.960	0.937	0.924	0.895	0.883
80	0.980	0.970	0.953	0.943	0.920	0.911
100	0.984	0.976	0.962	0.954	0.936	0.929
150	0.990	0.984	0.975	0.969	0.957	0.952
200	0.992	0.988	0.981	0.977	0.968	0.961
500	0.997	0.996	0.993	0.991	0.987	0.986
1 000	0.999	0.998	0.997	0.996	0.994	0.993

资料来源：Adapted with permission from Dixon, W.J. and Massey, F.J., Jr. (1969) *Introduction to Statistical Analysis*, 3rd ed. McGraw-Hill, New York.

表 X　　样本两极点间区间的 N 值表

P \ γ	0.50	0.70	0.90	0.95	0.99	0.995
0.995	336	488	777	947	1 325	1 483
0.99	168	244	388	473	662	740
0.95	34	49	77	93	130	146
0.90	17	24	38	46	64	72
0.85	11	16	25	30	42	47
0.80	9	12	18	22	31	34
0.75	7	10	15	18	24	27
0.70	6	8	12	14	20	22
0.60	4	6	9	10	14	16
0.50	3	5	7	8	11	12

资料来源：Adapted with permission from Dixon, W.J. and Massey, F.J., Jr. (1969). *Introduction to Statistical Analysis*, 3rd ed. McGraw-Hill, New York.

表 Y　　控制图的 E_2 因子

子组中的观测值数目	E_2
2	2.660
3	1.772
4	1.457
5	1.290
6	1.184
7	1.109
8	1.054
9	1.010
10	0.975
11	0.946
12	0.921
13	0.899
14	0.881
15	0.864

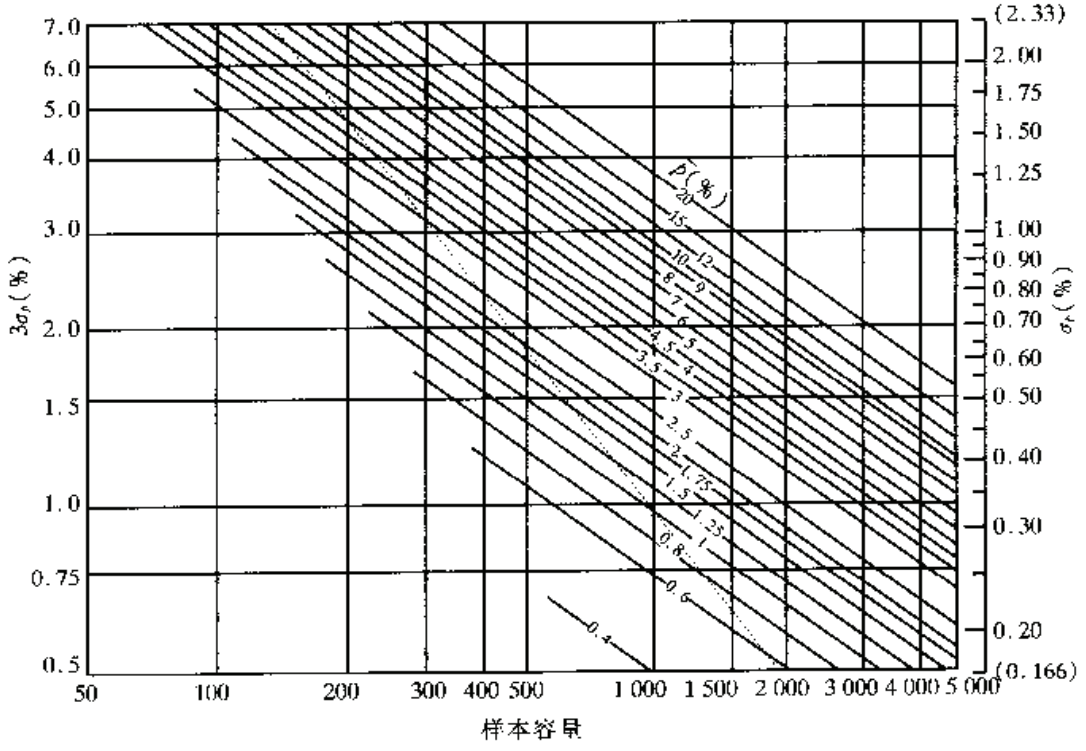


图 Z　p 控制图的控制限

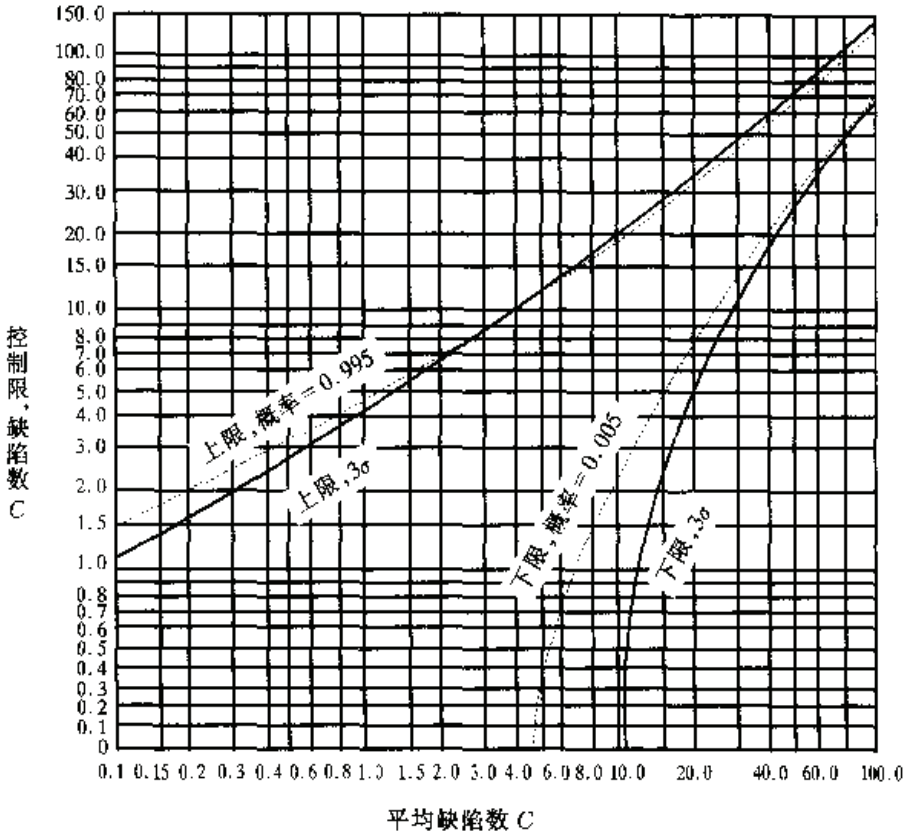


图 AA　每样本中的缺陷数 c 的控制限

资料来源：American War Standard Z1.3-1942, American Standards Association, New York.

表 BB　累积和控制图的因子

$2\alpha_0 = 0.002\ 7$

$\alpha_0 = 0.001\ 35^*$

δ	θ	d
0.2	5°43′	330.4
0.4	11°19′	82.6
0.5	14°00′	52.9
0.6	16°42′	36.7
0.8	21°48′	20.6
1.0	26°34′	13.2
1.2	30°58′	9.2
1.3	32°59′	7.8
1.4	35°00′	6.7
1.6	38°40′	5.2
1.8	41°59′	4.1
2.0	45°00′	3.3
2.2	47°44′	2.7
2.4	50°12′	2.3
2.6	52°26′	2.0
2.8	54°28′	1.7
3.0	56°19′	1.5

* 与休哈特控制图所用 3σ 控制限可比的界限。

资料来源：Adapted with permission from Johnson, Norman L. and Leone, Fred C. (1964). *Statistics and Experimental Design in Engineering and Physical Sciences*. John Wiley & Sons, New York, vol. I, p.322.

表 CC　　随机数表

1 306	1 189	5 731	3 968	5 606	5 084	8 947	3 897	1 636	7 810
0 422	2 431	0 649	8 085	5 053	4 722	6 598	5 044	9 040	5 121
6 597	2 022	6 168	5 060	8 656	6 733	6 364	7 649	1 871	4 328
7 965	6 541	5 645	6 243	7 658	6 903	9 911	5 740	7 824	8 520
7 695	6 937	0 406	8 894	0 441	8 135	9 797	7 285	5 905	9 539
5 160	7 851	8 464	6 789	3 938	4 197	6 511	0 407	9 239	2 232
2 961	0 551	0 539	8 288	7 478	7 565	5 581	5 771	5 442	8 761
1 428	4 183	4 312	5 445	4 854	9 157	9 158	5 218	1 464	3 634
3 666	5 642	4 539	1 561	7 849	7 520	2 547	0 756	1 206	2 033
6 543	6 799	7 454	9 052	6 689	1 946	2 574	9 386	0 304	7 945
9 975	6 080	7 423	3 175	9 377	6 951	6 519	8 287	8 994	5 532
4 866	0 956	7 545	7 723	8 085	4 948	2 228	9 583	4 415	7 065
8 239	7 068	6 694	5 168	3 117	1 586	0 237	6 160	9 585	1 133
8 722	9 191	3 386	3 443	0 434	4 586	4 150	1 224	6 204	0 937
1 330	9 120	8 785	8 382	2 929	7 089	3 109	6 742	2 468	7 025
2 296	2 952	4 764	9 070	6 356	9 192	4 012	0 618	2 219	1 109
3 582	7 052	3 132	4 519	9 250	2 486	0 830	8 472	2 160	7 046
5 872	9 207	7 222	6 494	8 973	3 545	6 967	8 490	5 264	9 821
1 134	6 324	6 201	3 792	5 651	0 538	4 676	2 064	0 584	7 996
1 403	4 497	7 390	8 503	8 239	4 236	8 022	2 914	4 368	4 529
3 393	7 025	3 381	3 553	2 128	1 021	8 353	6 413	5 161	8 583
1 137	7 896	3 602	0 060	7 850	7 626	0 854	6 565	4 260	6 220
7 437	5 198	8 772	6 927	8 527	6 851	2 709	5 992	7 383	1 071
8 414	8 820	3 917	7 238	9 821	6 073	6 658	1 280	9 643	7 761
8 398	5 224	2 749	7 311	5 740	9 771	7 826	9 533	3 800	4 553
0 995	8 935	2 939	3 092	2 496	0 359	0 818	4 697	7 181	4 035
6 657	0 755	9 685	4 017	6 581	7 292	5 643	5 064	1 142	1 297
8 875	8 369	7 868	0 190	9 278	1 709	4 253	9 346	4 335	3 769
8 399	6 702	0 586	6 428	7 985	2 979	4 513	1 970	1 989	3 105
6 703	1 024	2 064	0 393	6 815	8 502	1 375	4 171	6 970	1 201
4 730	1 653	9 032	9 855	0 957	7 366	0 325	5 178	7 959	5 371
8 400	6 834	3 187	8 688	1 079	1 480	6 776	9 888	7 585	9 998
3 647	8 002	6 726	0 877	4 552	3 238	7 542	7 804	3 933	9 475
6 789	5 197	8 037	2 354	9 262	5 497	0 005	3 986	1 767	7 981
2 630	2 721	2 810	2 185	6 323	5 679	4 931	8 336	6 662	3 566
1 374	8 625	1 644	3 342	1 587	0 762	6 057	8 011	2 666	3 759
1 572	7 625	9 110	4 409	0 239	7 059	3 415	5 537	2 250	7 292
9 678	2 877	7 579	4 935	0 449	8 119	6 969	5 383	1 717	6 719
0 882	6 781	3 538	4 090	3 092	2 365	6 001	3 446	9 985	6 007
0 006	4 205	2 389	4 365	1 981	8 158	7 784	6 256	3 842	5 603
4 611	9 861	7 916	9 305	2 074	9 462	0 254	4 827	9 198	3 974
1 093	3 784	4 190	6 332	1 175	8 599	9 735	8 584	6 581	7 194
3 374	3 545	6 865	8 819	3 342	1 676	2 264	6 014	5 012	2 458
3 650	9 676	1 436	4 374	4 716	5 548	8 276	6 235	6 742	2 154
7 292	5 749	7 977	7 602	9 205	3 599	3 880	9 537	4 423	2 330
2 353	8 319	2 850	4 026	3 027	1 708	3 518	7 034	7 132	6 903
1 094	2 009	8 919	5 676	7 283	4 982	9 642	7 235	8 167	3 366
0 568	4 002	0 587	7 165	1 094	2 006	7 471	0 940	4 366	9 554
5 606	4 070	5 233	4 339	6 543	6 695	5 799	5 821	3 953	9 458
8 285	7 537	1 181	2 300	5 294	6 892	1 627	3 372	1 952	3 028

资料来源：Adapted with permission from Owen, Donald B. (1692). *Handbook of Statistical Tables*. Addison-Wesley, Reading, MA. Courtesy U.S. Atomic Energy Commission.

表 DD　　方差分析中确定样本容量的 ϕ^2 值表

$\alpha=0.01$；$\beta=0.2$

DF_2 \ DF_1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	15	20	24	30	40	60	120	∞
2	80.37	106.63	119.75	127.62	132.87	136.63	139.45	141.63	143.38	144.82	147.02	149.30	151.63	152.84	154.06	155.30	156.55	157.83	159.09
4	17.28	18.58	18.95	19.11	19.18	19.21	19.23	19.24	19.24	19.24	19.24	19.24	19.22	19.21	19.21	19.19	19.18	19.18	19.17
6	11.36	11.12	10.77	10.49	10.27	10.11	9.97	9.86	9.77	9.69	9.57	9.44	9.30	9.22	9.14	9.07	8.99	8.90	8.81
8	9.41	8.76	8.21	7.83	7.54	7.32	7.15	7.01	6.89	6.80	6.64	6.48	6.31	6.21	6.12	6.02	5.91	5.81	5.70
10	8.47	7.63	7.02	6.58	6.26	6.03	5.84	5.68	5.56	5.45	5.29	5.11	4.92	4.82	4.71	4.61	4.49	4.38	4.26
12	7.91	6.98	6.33	5.87	5.54	5.29	5.09	4.93	4.80	4.69	4.52	4.33	4.13	4.02	3.91	3.80	3.68	3.56	3.43
14	7.55	6.56	5.88	5.41	5.07	4.81	4.61	4.45	4.31	4.20	4.02	3.83	3.63	3.52	3.40	3.28	3.16	3.03	2.89
16	7.30	6.26	5.56	5.09	4.75	4.49	4.28	4.11	3.98	3.86	3.68	3.48	3.27	3.16	3.04	2.92	2.80	2.66	2.52
18	7.11	6.05	5.35	4.86	4.51	4.24	4.04	3.87	3.73	3.61	3.43	3.23	3.01	2.90	2.78	2.66	2.53	2.39	2.24
20	6.96	5.89	5.17	4.68	4.33	4.06	3.85	3.68	3.54	3.42	3.23	3.03	2.82	2.70	2.58	2.46	2.32	2.18	2.03
24	6.76	5.66	4.93	4.41	4.08	3.80	3.57	3.42	3.28	3.13	2.96	2.76	2.53	2.43	2.31	2.16	2.02	1.88	1.72
30	6.55	5.42	4.68	4.19	3.82	3.55	3.33	3.16	3.02	2.90	2.70	2.50	2.27	2.16	2.02	1.88	1.74	1.59	1.42
40	6.35	5.20	4.45	3.96	3.57	3.31	3.10	2.92	2.79	2.66	2.46	2.25	2.02	1.90	1.77	1.61	1.46	1.30	1.13
60	6.18	5.00	4.25	3.74	3.37	3.10	2.88	2.70	2.55	2.43	2.23	2.02	1.78	1.66	1.52	1.37	1.21	1.04	0.841
80	6.10	4.88	4.16	3.65	3.28	2.99	2.76	2.59	2.43	2.31	2.13	1.90	1.66	1.54	1.39	1.25	1.08	0.902	0.689
120	6.00	4.80	4.04	3.53	3.17	3.89	2.66	2.50	2.34	2.22	2.02	1.80	1.56	1.44	1.28	1.12	0.960	0.766	0.528
240	5.90	4.71	3.96	3.46	3.06	2.79	2.56	2.40	2.25	2.13	1.90	1.69	1.44	1.32	1.17	1.00	0.828	0.624	0.345
∞	5.84	4.62	3.87	3.35	2.98	2.70	2.47	2.29	2.14	2.02	1.81	1.58	1.34	1.21	1.05	0.884	0.704	0.472	0.000

资料来源：These tables are computed from Lehmer, Emma (1944). "Inverse Tables of Probabilities of Errors of Second Kind." *Annals of Mathematical Statistics*, vol.15, p.390. Reproduced from Dixon, W.J. and Massey, F.J., Jr. *Introduction to Statistical Analysis*, 1st ed. McGraw-Hill, New York, p.330.

（焦叔斌 译）

附录Ⅲ 质量标准、规格与相关文件选录

本附录中所列出的只限于那些通用的文件。奥古斯特·芒德尔（August Mundel）收集、整理了相关资料，对于这一附录进行了更新。还有许多涉及特定产品的质量、可靠性的控制与测量的标准未加收录。

美国国防部已经基本上放弃了保持并应用其自身标准的做法，他们转而让其他的组织来继承、修订和重新发布这些标准。在美国军标中有大量的从他处无法获得的信息。这些标准大多都可以获得，故此列入了本附录中。

由 B.A. 麦克唐纳（B.A.MacDonald）和 M.V. 佩蒂（M.V.Petty）编纂的《质量标准、规格和相关文件列表》（未发表）构成了本附录的基础。还有许多资料来自由奥古斯特·芒德尔编辑的《质量工程》杂志的标准栏目，其中也有麦克唐纳和佩蒂已发表的内容。

下面的清单可分为三方面内容：

体系和计划的要求	统计方法和程序	检验和实验方法
定义	定义、符号、公式	定义、测量单位
质量	数据分析	检验、实验方法与要求
可靠性	控制图	检验和实验系统的评价
可维修性	接收抽样	精密度和准确度
软件		
安全性		
认证计划		
其他		

有些场合下，各种文件的表述会包括如下这样一些缩略语或符号：

Amd：修订（Amendment）

Chg not：变更通知（Change notice）

Supp：补充（Supplement）

'79：1979

本附录的最后还列出了发布这些文件的各类组织的联系方式。

体系和计划的要求

定义

ANSI/ISO/ASQC 8402-1994	Quality Management and Quality Assurance
ANSI/IEEE 610-12-1990	*Software Engineering Terminology, Standard Glossary of*
ANSI/ISO/ASQC A3534-1 1993	*Statistics—Vocabulary and Symbols Probability and Statistical Terms*
ANSI/ISO/ASQC A3534-2 1993	*Statistics—Vocabulary and Symbols Statistical Quality Control*
ANSI/ISO/ASQC A3534-3 1998	*Statistics—Vocabulary and Symbols: Part 3, Design of Experiments*
IEEE/ASTM SI-1	*Standard for Use of the International System of Units (SI) —The Modern Metric System*
IEC 271A (first, second, third supplements) 1984	*List of Basic Terms, Definitions, and Related Mathematics for Reliability*
MIL-STD-1093 4 April 69	*Quality Assurance Terms and Definitions*
MIL-STD-280A 7 July 69	*Defintions of Item Levels, Exchangeability, Models, and Related Items*
MIL-STD-721C	*Definition of Terms for Reliability, Maintainability, Human Factors and Safety*

质量

ANSI 1001 1	*Guidelines for Auditing Quality Systems*
ANSI/ASQC C1 1996 (ANSI Z1. 8 1971)	*Specifications of General Requirements for a Quality Program*
ANSI/ISO/ASQC 9000-1-1994	*Quality Management and Quality Assurance Standards—Guidelines for Selection and Use*
ANSI/ISO/ASQC 9001-1994	*Quality Systems—Model for Quality Assruance in Design, Development, Production, Installation and Servicing*
ANSI/ISO/ASQC 9002-1994	*Quality Systems—Model for Quality Assurance in Production, Installation and Servicing*
ANSI/ISO/ASQC 9003-1994	*Quality Systems—Model for Quality Assurance in Final Inspection and Test*

ANSI/ISO/ASQC Q 10014-97	*Guidelines for Managing the Economics of Quality*
ANSI/IEC/ASQC 1160	*Formal Design Review*
AQAP-1	*NATO Requirements for an Industrial Quality Control System*
AQAP-2	*Guide for the Evaluation of a Contractor's Quality Control System for Compliance with AQAP-1*
AQAP-3	*List of Sampling Schemes used in NATO Countries*
AQAP-4	*NATO Inspecrion Systems Requirements for Industry*
AQAP-5	*Guide for the Evaluation of a Contractor's Inspection System for Compliance with AQAP-4*
AQAP-6	*NATO Measurement and Calibration System Requirements of Industry*
AQAP-7	*Guide for the Evaluation of a Contractor's Measurements and Calibration System for Compliance with AQAP-6*
AQAP-8	*NATO Guide to the Preparation of Specifications for the Procurement of Defence Materiel*
AQAP-9	*NATO Basic Inspection Requirements for Industry*
AQAP-10	*NATO Guide for a Government Quality Assurance Programme*
AQAP-11	*NATO Guideline for the Specification of Technical Publications*
AQAP-15	*Glossary of Terms Used in QA STANAGs and AQAPs*
ASQCE1	*Quality Program Guidelines for Project Phase of Nonnuclear Power Generating Facilities*
BSI HDBK 22: 1981	*Quality Assurance* (contains 15 publications)
CAN 3 Z299-1—CSA	*Quality Assurance Program—Category 1*
CAN 3 Z299-2—CSA	*Quality Assurance Program—Category 2*
CAN 3 Z299-3—CSA	*Quality Assurance Program—Category 3*
IEC Guide 102 (1996-03)	*Specification Structures for Quality*
ISO Guide 33	*Use of Certified Reference Materials*
ISO Guide 35	*Certification of Reference Materials—General and Statistical Principles*

ISO/IEC Guide 43	*Proficiency Testing by Interlaboratory Comparisons*
ISO 2602	*Statistical Interpretation of Test Results—Estimation of the Mean—Confidence Interval*
ISO 2854	*Statistical Interpretation of Data—Techniques of Estimation and Tests Relating to Means and Variances*
MIL-HDBK-50	*Evaluation of a Contractor's Quality Program*
MIL-Q-9858A	*Quality Program Requirements*
MIL-S-19500G	*General Specification for Semiconductor Devices*
MIL-STD 454K	*Standard General Requirements—Electronic Equipment*
MIL-STD-1521B	*Techical Reviews and Audits of System, Equipments, and Computer Software*
MIL-STD-1535A	*Supplier Quality Assurance Program Requirements*
MIL-STD-2164	*Failure Reporting, Analysis and Corrective Action Systems*
MIL-T-50301	*Quality Control System Requirements for Technical Data*
MIB 5300.4 (1B) (NASA)	*Quality Program Provisions for Aeronautical and Space System Contractors*
NHB 5300.4 (1D-2) (NASA)	*Safety, Reliability, Maintainability and Quality Provisions for the Space Shuttle Program*
NHB 5300.4 (2B-1) (NASA)	*Quality Assurance Provisions for Government Agencies*
NQA-2 (ANSI/ASME)	*Quality Assurance Requirements for Nuclear Power Plants*
STP 616 (ASTM)	*Quality Systems in the Nuclear Industry*

可靠性

ANSI/IEC/ASQC 300-3-1	*Dependability Management Part 3: Application Guide Section 1: Analysis Techniques for Dependability: Guide on Methodology*
ANSI/IEC/ASQC D1025-1997	*Fault Tree Analysis (FTA)*
ANSI/IEC/ASQC D1070-1997	*Compliance Test Procedures for Steady State Availability*
ANSI/IEC/ASQC D1078-	*Analysis Techniques of Dependability—Reliability*

1997		*Block Diagram Method*
ANSI/IEC/ASQC 1997	D1123-	*Reliability Testing—Compliance Test Plans for Success Ratio*
ANSI/IEC/ASQC 1997	D1164-	*Reliability Growth Statistical Tests and Estimation Methods*
ANSI/IEC/ASQC 1997	D1165-	*Application of Markov Techniques*
IEC 50 Chap 191		*International Elector-technical Vocabulary*, Chapter 191, "Dependability and Quality of Service"
IEC 60272 (1968)		Preliminary Reliability Considerations
IEC 60300		*Reliability and Maintainability Management*
IEC 60300-1 (1993-04)		*Dependability Management—Part 1: Dependability Programme Management*
IEC 60300-2 (1995-12)		*Dependability Management—Part 2: Dependability Programme Elements and Tasks*
IEC 60300-3-2 (1993-10)		*Dependability Management Part 3: Application Guide Section 2: Collection of Dependability Data form the Field*
IEC 60300-3-9 (1995-12)		*Dependability Management—Part 3: Application Guide—Section 9: Risk Analysis of Technological Systems*
IEC 60319 (1978-01)		*Presentation of Reliability Data on Electronic Components (or Parts)*
IEC 60362 (1971)		*Guide for the Collection of Reliabilty, Availability, and Maintainability Data form Field Performance of Electronic Items*
IEC 60409		*Guide for the Inclusion of Reliability Caluses into Specifications for Components (or Parts) for Electronic Equipment*
IEC 60571-3		*Electronic Equipment Used on Rail Vehicles Part 3: Components, Programmable Electonic Equipment for Electronic System Reliability*
IEC 60605-1 (1978-01)		*Equipment Reliability Testing—Part 1: General Requirements*
IEC 60605-2 (1994-10)		*Equipment Reliability Testing—Part 2: Design of Test Cycles*

IEC 60605-3-1 (1986-09)	*Equipment Reliability Testing—Part 3: Preferred Test Conditions—Sec. 1: Indoor Portable Equipment—Low Degree of Simulation*
IEC 60605-3-2 (1986-09)	*Equipment Reliability Testing—Part 3: Preferred Test Conditions—Sec. 2: Equipment for Stationary Use in Weatherprotected Locations—High Degree of Simulation*
IEC 60605-3-3 (1992-11)	*Equipment Reliability Testing—Part 3: Preferred Test Conditions—Section 3: Test Cycle 3 Equipment for Stationary Use in Partially Weatherprotected Locations—Low Degree of Simulation*
IEC 60605-3-4 (1992-07)	*Equipment Relability Testing—Part 3: Preferred Test Conditions—Section 4: Test Cycle 4: Equipment for Portable and Non-stationary Use—Low Degree of Simulation*
IEC 60605-4 (1986-07)	*Equipment Reliability Testing—Part 4: Procedure for Determining Point Estimates and Confidence Limits for Equipment Reliability Detemination Tests*
IEC 60605-6 (1997-04)	*Equipment Reliability Testing—Part 6: Tests for the Validity of the Constant Failure Rate or Constant Failure Intensity Assumptions*
IEC 60605-7	*Equipment Reliability Testing—Part 7: Compliance Test Plans for Failure Rate and Mean Time between Failures Assuming Constant Failure Rate*
IEC 60812 (1985-07)	*Analysis Techniques of System Reliability—Procedure for Failure Mode and Effects Analysis (FMEA)*
IEC 60863 (1986-05)	*Presentation of Reliability, Maintainability, and Availability Predictions*
IEC 61014 (1989-11)	*Programmes for Reliability Growth*
IEC 61025 (1990-10)	*Fault Tree Analysis*
IEC 61069-5 (1994-12)	*Industrial-Process Measurement and Control—Evaluation of System Properties for the Purpose of System Assessment—Part 5: Assessment of System Dependability*

IEC 61070 (1991-11)	*Compliance Test Procedures for Steady-State Availability*
IEC 61078 (1991-11)	*Analysis Techniques for Dependability—Reliability Block Diagram Method*
IEC 61123 (1991-12)	*Reliability Testing Compliance Test Plans for Success Ratio*
IEC 61163-1	*Reliability Stress Screening—Part 1 : Repairable Items Manufactured in Lots*
IEC 61164 (1995-06)	*Reliabiliy Growth—Statistical Test and Estimation Methods*
IEC 61165 (1995-01)	*Application of Markov Techniques*
MIL-STD-781C (Chg Notice 1)	*Reliability Design, Qualification and Production Acceptance Test: Exponential Distribution*
MIL-STD-785B Notice 1	*Reliability Program for Systems and Equipment Development and Production*
MIL-STD-790C Notice 1	*Reliability Assurance Program for Electronic Parts Specifications*
MIL-STD-1543A	*Reliability Program Requirements of Space and Missile Systems*
MIL-STD-1629A (Chg Notice 2)	*Procedure for Performing a Failure Mode, Effects and Criticality Analysis*
MIL-STD 1635	*Reliability Growth Testing*
MIL-STD 2068	*Reliability Development Tests*
MIL-STD-2101	*Failure Classification for Reliability Testing*
MIL-HDBK-189	*Reliability Growth Management*
MIL-HDBK-217E	*Reliability Prediction for Electronic Equipment*
MIL-HDBK-251	*Reliability/Design Thermal Applications*
MIL-HDBK-338	*Electronic Reliability Design Handbook, Vols. I and 2*
NHB 5300.4 (1A) NASA	*Reliability Program Provisions for Aeronautical and Space Systems Contractors*
NHB 5300.4 (1D-2)	*Safety, Reliability, Maintainability and Quality Provisions for the Space Shuttle Program*

可维修性

DOD-HDBK-472	*Maintainability Prediction*
IEC 60706-1 (1982-01)	*Guide on the Maintainability of Equipment Part*

	1 : Sections 1 , 2 , and 3 Introduction , Requirements , Maintainability Program
MIL-STD-470A	*Requirements for Systems and Equipment*
MIL-STD-471A	*Maintainability , Verification /Demonstration /Evaluaion*
NHB-5300.4 (1D2) NASA	*Safety , Reliability , Maintainability , and Quality Provisions for the Space Shuttle Program*
安全性	
ANSI/NFPA 70	*National Electrical Code* (National Fire Protection Association)
MIL-STD-882B	*System Safety Program Requirements*
NHB-5300.4 (1D2) NASA	*Safety , Reliability , Maintainability , and Quality Provisions for the Space Shuttle Program*
软件	
AQAP 13 (NATO)	*Software Quality Control System Requirements*
AQAP 14 (NATO)	*Guide for the Evaluation of a Contractor's Software Quality Control System for Compliance*
DI-R-3521-1982 (DoD)	*Software Quality Assurance Plan*
IEEE 610. 12-1990	*Standard Glossary of Software Engineering Terminology*
IEEE 730-1989	*Software Engineering Quality Assurance Plans , Standard for*
IEEE 730. 1 1995	*Software Quality Assurance Planning , Guide for*
IEEE 828-1990	*Software Configuration Management Plans , Standard for*
IEEE 829-1983	*Software Test Documentation , Standard for*
IEEE 830-1993	*Software Requirements Specification , Recommended Practice for*
IEEE 982. 1-1988	*Standard Dictionary of Measures to Produce Reliable Software*
IEEE 982. 2-1988	*Guide for the Use of IEEE Standard Dictionary of Measures to Produce Reliable Software*
IEEE 1012-1986	*Standard for Software Verification and Validation Plans*
IEEE 1059-1993	*Software Verification and Validation Plans , Guide for*

IEEE 1061-1992	*Software Quality Metrics Methodolgy, Standard for*

认证计划

ANSI 34.1	*Certification Procedures, Practice for*
ANSI 34.2	*Self-Certification by Producer or Supplier*
ANSI/IEC 599	*National Electric Process Certification Standard*
ANSI/ISO/ASQC 9000-1-1994	*Quality Management and Quality Assurance Standards—Guidelines for Selection and Use of 9001, 9002 and 9003*
ANSI/ISO/ASQC 9000-2-1993	*Quality Management and Quality Assurance Standards—Generic Guidelines of the Application of 9001, 9002 and 9003*
ANSI/ISO/ASQC 9000-3-1991	*Quality Management and Quality Assurance Standards—Generic Guidelines of the Application of 9001, to the Development, Supply and Maintenance of Software*
ANSI/ISO/ASQC 9001-1994	*Quality Systems—Model for Quality Assurance in Design, Development, Production, Installation and Servicing*
ANSI/ISO/ASQC 9002-1994	*Quality Systems—Model for Quality Assurance in Production, Installation and Servicing*
ANSI/ISO/ASQC 9003-1994	*Quality Systems—Model for Quality Assurance in Final Inspection and Test*
ANSI/ISO/ASQC A8402-1994	*Quality Management and Quality Assurance—Vocabulary*
ANSI/ISO/ASQC 9004-2-1991	*Quality Management and Quality System Elements—Guidelines for Services*
ANSI/ISO/ASQC 9004-3-1993	*Quality Management and Quality System Elements—Guidelines for Processed Materials*
ANSI/ISO/ASQC 9004-4-1993	*Quality Management and Quality System Elements—Guidelines for Quality Improvement*
ANSI/ISO/ASQC 10007-1995	*Quality Management—Guidelines for Configuration Management*
ISO/IEC Guide 7	*Requirements for Standards Suitable for Product Certification*
ISO/IEC Guide 16	*Code of Principles on Third-Party Certification*

	Systems and Related Standards
ISO/IEC Guide 22	*Information on Manufacturer's Declaration of Conformity and Standards or Other Technical Specifications*
ISO/IEC Guide 23	*Method of Indicating Conformity with Standards for Third-Party Certification Systems*
ISO/IEC Guide 24	*Guidelines for the Acceptance of Testing and Inspection Agencies by Certification Bodies*
ISO/IEC Guide 27	*Guidelines for Corrective Action to Be Taken by a Certification Body in the Event of Either Misapplication of Its Mark of Conformity to a Product, or Products which Bear the Mark of the Certification Body Being Found to Subject Persons or Property to Risk (Excludes Certificates of Conformity)*
ISO/IEC Guide 28	*General Rules for a Model Third-Party Certification System for Products*
ISO/IEC Guide 31	*Contents of Certificates of Reference Materials*
ISO/IEC Guide 40	*General Requirements for the Acceptance of Certification Bodies*
ISO/IEC Guide 42	*Guidelines for a Step-by-Step Approach to an International Certification System*
ISO/IEC Guide 44	*General Rules for ISO or IEC International Third-Party Certification Schemes for Products*
ISO 2859-4	*Sampling Procedures for Inspection by Attributes—Part 4: Procedures for Assessment of Stated Quality Levels*

其他

ANSI/ISO/ASQC Q10007-1995	*Quality Management—Guidelines for Configuration Management*
ASME Y14. 5M 1994	*Dimensioning and Tolerancing*
ASME Y14. 5. 1M 1994	*Mathematical Definition of Dimensioning and Tolerancing*
DOD-STD-480A	*Configuration Control—Engineering Changes, Deviations and Wativers*
DOD-STD-2101	*Classification of Characteristics*
FED-STD 209B	*Clean Room and Work Station Requirements,*

	Controlled Environment
ISO/IEC Guide 26	*Justification of Proposals for the Establishment of Standards*
ISO/IEC Guide 37	*Instructions for Use of Products of Consumer Interest*
MIL-H-46855B	*Human Engineering Requirements for Equipment and Facilities*
MIL-HDBK-727	*Design Guidance for Producibility*
MIL-STD-449A	*Engineering Management*
MIL-STD-481A	*Configuration Control—Engineering Changes, Deviations and Waivers (short form)*
MIL-STD482A	*Configuration Status Accounting Data Elements and Related Forms*
MIL-STD-483A	*Configuration Management Practices for Systems, Equipment, Munitions and Computer Programs*
MIL-STD-680A	*Contractor Standardization Program Requirements*
MIL-STD-1246A	*Product Cleanliness Levels and Contamination Control Program*
MIL-STD-1472C	*Human Engineering Design Criteria for Military Systems, Equipment and Facilities*
MIL-STD 1546	*Parts, Materials and Process Standardization Cintrol and Management Programs for Spacecraft and Launch Vehicles*

统计方法和程序

定义、符号、公式

ANSI/ISO/ASQC A3534-1 1993	*Statistics—Vocabulary and Symbols Probability and Statistical Terms (Replace AI A 2)*
ANSI/ISO/ASQC A3534-2 1993	*Statistics—Vocabulary and Symbols Statistical Quality Control*
ANSI/ISO/ASQC A3534 3 1998	*Statistics—Vocabulary and Symbols Part 3, Design of Experiments*
IEEE/ASTM SI-10	*Standard for Use of the International System of Units (SI), The Modern Metric System*

ISO 3207	*Statistical Interpretation of Data—Determination of Statistical Tolerance Interval*
ISO 3301	*Statistical Interpretation of Data—Comparison of Two Means in the Case of Paired Observations*
ISO 3494	*Statistical Interpretation of Data—Power of Tests Relating to Means and Variances*
ISO 5479	*Tests for Departure form the Normal Distribution*

数据分析

ASTM E29-93	*Using Significant Dingits in Test Data to Determine Conformance with Specifications, Standard Practice for*
ASTM E178-94	*Dealing with Outlying Observations, Standard Practice for*
ASTM E678-90	*Evaluation of Technical Data, Standard Practice for*
ASTM Z7240Z-98	*Applying Statistical Quality Assurance Techniques to Evaluate Analytical System Performance, Practice for*
ASTM E122	*Choice of Sample Size to Estimate a Measure of Quality for a Lot or Process, Practice for*
IEC 60493	*Statistical Analysis of Aging Test Data, Guide for*
IEC 60493-1 (1974-01)	*Part 1 Methods Based on Mean Values of Normally Distributed Test Results*
ISO 2602	*Statistical Interpretation of Test Results—Estimation of the Mean-Confidence Interval*
ISO 2854	*Statistical Interpretation of Data—Techniques of Estimation and Test Results Relating to Means and Variances*
ISO 3207	*Statistical Interpretation of Data: Determination of Statistical Tolerance Interval (also Addendum 1)*
ISO 3301	*Statistical Interpretation of Data—Comparison of Two Means in the Case of Paired Observations*
ISO 3494	*Statistical Interpretation of Data—Power of Tests Relating to Means and Variances*
ISO Hndbk 3 1981	*Statistical Methods*

ISO/IEC Guide 45	*Guidelines for the Presentation of Test Data*
ISO 8595	*Interpretation of Statistical Data—Estimation of a Median*
ISO 11462-1	*Guidelines for Implementation of Statistical Process Control (SPC)*
STP 468/A (ASTM)	*Evaluation of Technical Data, Standard Practice for (Manual on Methods for Retrieving and Correlating Technical Data)*

控制图

ANSI/ASQC B1-B3 1991	*Quality Control Chart Methodologies (Contains B1, B2, B3)*
ASTM MNL 7 1970	*Manual on the Presentation of Data and Control Chart Analysis*
ISO 7870	*Control Charts—General Guide and Introduction*
ISO/TR 7871	*Cumulative Sum Charts—Guide to Quality Control and Data Analysis Using CUSRM Techniques*
ISO 7873	*Control Charts for Arithmetic Average with Warning Limits*
ISO 8258	*Shewhart Control Charts*
ISO 7966	*Acceptance Control Charts*

接收抽样

ANSI/ASQC S1 1996 &	*Sampling Procedures for Inspection by Attributes—Part 3*
ISO 2859-3	*Skip-Lot Sampling Procedures*
ANSI/ASQC S2 1995	*Introduction to Attribute Sampling*
ANSI/ASQC Z1.4	*Sampling Procedures and Tables for Inspection by Attributes*
ANSI/ASQC Z1.9	*Sampling Procedures and Tables for Inspection by Variables for Percent Nonconforming*
ANSI/ASQC Q3 1988	*Sampling Procedures and Tables for Inspection of Isolated Lots by Attributes*
ANSI/EIA 585	*Zero Acceptance Number Samplings Procedures and Tables for Inspection by Attributes of Isolated Lots*
ANSI/EIA 584	*Zero Acceptance Number Sampling Procedures and Tables for Inspection by Attributes of a Continuous Manufacturing Process*

ANSI/EIA 591	*Assessment of Quality Levels in PPM Using Variables Test Data*
FED-STD-358	*Sampling Procedures*
IEC 60410（1973-01）	*Sampling Plans and Procedures for Inspection by Attributes（Use ISO 2859 Part 1）*
IEC 60419	*Guide for the Inclusion of Lot-by-Lot and Periodic Inspection Procedures in Specifications for Electronic Components（or parts）（Use ISO 2859，Part 1）*
ISO 2859-0	*Sampling Procedures for Inspection by Attributes—Part 0 Introduction to the ISO 2859 Attribute Sampling System*
ISO 2859-1	*Sampling Procedures for Inspection by Attributes—Part 1：Sampling Plans Indexed by Acceptable Quality Level（AQL）for Lot-by-Lot Inspection*
ISO 2859-2	*Sampling Procedures for Inspection by Attributes—Part 2：Sampling Plans Indexed by Limiting Quality（LQ）for Isolated Lot Inspection*
ISO 2859-4	*Sampling Procedures for Inspection by Attributes—Part 4：Procedures for Assessment of Stated Quality Levels*
ISO 3951	*Sampling Procedures and Charts for Inspection by Variables for Percent Nonconforming*
ISO 8422	*Sequential Sampling Plans for Inspection by Attributes*
ISO 8423	*Sequential Sampling Plans for Inspection by Variable for Percent Nonconforming（known standard deviation）*
ISO/TR 8550	*Guide for Selection of an Acceptance Sampling System，Scheme，or Plan for Inspection of Discrete Items in Lots*
ISO 10725	*Acceptance Sampling Plans and Procedures for the Inspection of Bulk Materials*
ISO 11648-1	*Statistical Aspects of Sampling from Bulk Materials—Part 1：General Introduction*
MIL-STD-105	*Sampling Procedures and Tables for Inspection by*

	Attributes（*Use ANSI/ASQC Z1.4 or ISO 2859-1*）
MIL-STD-414	*Sampling Procedures and Tables for Inspection by Variables for Percent Defective*
MIL-STD-609B（Chg Notice 2）	*Failure Rate Sampling Plan and Procedures*
MIL-STD-1235B	*Continuous Sampling Procedures and Tables for Inspection by Attributes*
MIL-HDBK-53-1A	*Guide for Attribute Lot Sampling Inspection*
MIL-HDBK-106	*Multi-Level Continuous Sampling Procedures and Table for Inspection by Attributes*
MIL-HDBK-107	*Single Level Continuous Sampling Procedures and Table for Inspection by Attributes*
MIL-HDBK-108	*Sampling Procedures and Tables for Life and Reliability Testing*（*Based on the Exponential Distribution*）
MIL-HDBK-109	*Statistical Procedures for Determining Validity of Supplier Attribute Inspection*
TR-3（DOD）	*Sampling Procedures and Tables for Life and Reliability Testing—Based on the Weibull Distribution*（*Mean Life Criterion*）
TR-4（DOD）	*Sampling Procedures and Tables for Life and Reliability Testing-Based on the Weibull Distribution*（*Hazard Rate Criterion*）
TR-6（DOD）	*Sampling Procedures and Tables for Life and Reliability Testing—Based on the Weibull Distribution*（*Reliable Life Criterion*）
TR-7（DOD）	*Factors and Procedures for Applying MIL-STD-105 Sampling Plans to Life and Reliability Testing*（see note at MIL-STD-*105*）

检验和实验方法

定义、测量单位

ASTM E548-94	*General Criteria Used for Evaluating Laboratory*

	Competence, Standad Guide for
ASTM E 994-95	*Calibration and Testings Laboratory Accreditation Systems, General Requirements for Operation and Recognition, Standard Guide for*
ASTM 177-90a (R1996)	*Use of the Terms Precision and Bias in ASTM Test Methods, Standard Practice for*
IEEE/ASTM S1 10-1997	*Standard for the Use of the International System of Units (SI)*
ISO Guide 2	*General Terms and Their Definitions Concerning Standardization, Certification, and Testing Laboratory Accreditation*
ISO/IEC Guide 30	*Terms and Definitions Used in Connection with Reference Materials*
MIL-STD-1309C	*Definitions of Terms for Test, Measurement and Diagnostic Equipment*
检验、实验方法与要求	
ANSI/ASQC E2-1996	*Guide to Inspection Planning*
ANSI/ASQC M1	*Calibration Systems, American National Standard for Calibration System*
ANSI/ASQC E4-1994	*Specification and Guidelines for Quality Systems for Environmental Data Collection and Environmental Technology Programs*
ANSI/ISO 14001-1996	*Environmental Management Systems—Specifications with Guidance for Use*
ANSI/ISO 14004-1996	*Environmental Management Systems—General Guidelines on Principles, Systems and Supporting Techniques*
ANSI/ISO 14010-1996	*Guidelines for Environmental Auditing—General Principles of Environmental Auditing*
ANSI/ISO 14011-1996	*Guidelines for Environmental Auditing—Audit Procedures—Auditing of Environmental Systems*
ANSI/ISO 14012-1996	*Guidelines for Environmental Auditing—Qualification Criteria for Environmental Auditors*
IEC 60605-1 (1978-01)	*Equipment Reliability Testing—part 1 : Genera l Requirements*
IEC 60605-2 (1994-10)	*Equipment Reliability Testing—part 2 : Design*

	of Test Cycles
IEC 60605-3-1 (1986-09)	*Equipment Reliability Testing—part 3 : Preferred Test Conditions Indoor Portable Equipment—Low Degree of Simulation*
IEC 60605-3-2 (1986-09)	*Equipment Reliability Testing—part 3 : Preferred Test Conditions, Equipment for Stationary Use in Weather-Protected Locations—High Degree of Simulation*
IEC 60605-3-3 (1992-11)	*Equipment Reliability Testing—part 3 : Preferred Test Conditions—Section 3 : Test Cycle 3 Equipment for Stationary Use in Partially Weather Protected Locations—Low Degree of Simulation*
IEC 60605-3-4 (1992-07)	*Equipment Reliability Testing—part 3 : Preferred Test Conditions—Section 4 : Test Cycle 4 : Equipment for Portable and Non-stationary Use—Low Degree of Simulation*
IEC 60605-4 (1986-07)	*Equipment Reliability Testing—part 4 : Procedure for Determining Point Estimates and Confidence Limits for Equipment Reliability Determination Tests*
IEC 60605-6 (1997-04)	*Equipment Reliability Testing—part 6 : Tests for the Validity of the Constant Failure Rate or Constant Failure Intensity Assumption*
IEC 60605-7	*Equipment Reliability Testing—part 7 : Compliance Test Plans for Failure Rate and Mean Time Between Failures Assuming Constant Failure Rate*
ISO 1	*Standard Reference Temperature for Industrial Length Measurements*
ISO R286	*ISO System of Limits and Fits—Part 1 : General Tolerances and Deviations*
ISO R1938	*ISO System of Limits and Fits—Part 11 : Inspection fo Plain Workpieces*
ISO Guide 12	*Comparative Testing of Consumer Products*
ISO/IEC Guide 36	*Preparation of Standard Methods of Measuring Performance (SMMP) of Consumer Goods*
ISO/IEC Guide 39	*General Requirements for the Acceptance of Inspec-*

	tion Bodies
ISO/IEC Guide 43	*Development and Operation of Laboratory Proficiency Testing*
MIL-STD-120	*Gage Inspection*
MIL-STD-202F	*Test Methods for Electronic and Electrical Component Parts*
MIL-STD-252B	*Classification of Visual and Mechanical Defects for Equipment, Electronic, Wires and Other Devices*
MIL-STD-271E	*Nondestructive Testing Requirements for Metals*
MIL-STD-415D	*Test Provisions for Electronic Systems and Associated Equipment, Design Criteria for*
MIL-STD-810D	*Environmental Test Methods and Engineering Guidelines*
MIL-STD-1520C	*Corrective Ation and Disposition System for Nonconforming Material*
MIL-STD-1540C	*Test Requirements for Space Vehicles*
MIL-STD-2164	*Environmental Stress Screening Process for Electronic Equipment*
MIL-STD-2165	*Testability Program for Electronic Systems and Equipment*
MIL-STD-45662	*Calibration System Requirement*
MIL-T-5422F	*Testing Environmental, Airborne Electronic and Associated Equipment*
MIL-I-6970E	*Inspection Program Requirements, Nondestructive Testing for Aircraft and Missile Materials and Parts*
MIL-M-38793	*Manuals, Technical, Calibration Procedures, Preparation of*
MIL-I-45208	*Inspection System Requirements*
MIL-HDBK-2047	*Inspection Equipment Design*
MIL-HDBK-333	*Handbook for Standardization of Nondestructive test Methods Vol I and II*
NHB 5300.4 (IC) NASA	*Inspection System Provisions for Aeronautical and Space System Materials, Parts, Components and Services*
STP 335 (1963)	*Manual for Conducting and Interlaboratory Study*

	of a Test Method
STP 540 ASTM	*Sampling Standards and Homogeneity*
STP 624 ASTM	*Nondestructive Testing Standards—A Review*
检验和实验系统的评价	
ANSI/ASQC E2-1996	*Guide to Inspection Planning*
ISO/IEC Guide 25	*General Rquirements for the Competence of Calibration and Testing laboratories*
ISO/IEC Guidr 38	*General Requirements of the Acceptance of Testing Laboratories*
MIL-HDBK-51	*Evaluation of a Contractor's Inspection System*
MIL-HDBK-52A	*Evaluation of a Contractor's Calibration System*
MIL-STD-410D Notice 2	*Nondestructive Testing Personnel Qualifications and Certification (Eddy Current, Liquid Penetrant, Magnetic Particle, Radiographic and Ultrasonic)*
STP 814 1983 ASTM	*Evaluation and Accreditation of Inspection and Test Activities*
精密度和准确度	
ASTM E 691-92	*Conducting an Interlaboratory Test Program to Determine the Precision of Test Methods, Standard Practice for*
ASTM E 1267-88	*ASTM Standard Specification Quality Statements, Standard Guide for*
ASTM E 177-R96	*Use of Terms Precision and Bias in ASTM Test Methods, Standard Practice for*
"GUM" BIPP/IEC/IFCC/ISO/IUPAC/OIML	*Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement* (published by ISO)
ISO 5725-1	*Accuracy (Trueness and Precision) of Measurement Methods and Results—Part 1: General Principles and Definitions*
ISO 5725-2	*Accuracy (Trueness and Precision) of Measurement Methods and Results—Part 2: Basic Methods for the Determination of Repeatability and Reproducibility of a Standard Measurement Method*
ISO 5725-3	*Accuracy (Trueness and Precision) of Measure-*

	ment Methods and Results—Part 3 : Intermediate Measures of the Precision of a Standard Measurement Method
ISO 5725-4	*Accuracy (Trueness and Precision) of Measurement Methods and Results—Part 4 : Basic Methods for the Determination of the Trueness of a Standard Measurement Method*
ISO 5725 5	*Accuracy (Trueness and Precision) of Measurement Methods and Results—Part 5 : Alternative Methods for the Determination of the Precision of a Standard Measurement Method*
ISO 5725-6	*Accuracy (Trueness and Precision) of Measurement Methods and Results—Part 6 : Use in Practice of Accuracy Values*
ISO 11095	*Linear Calibration Using Reference Materials*
ISO 11453	*Statistical Interpretation of Data—Tests and Confidence Intervals Relating to Proportions*
ISO 11843-1	*Decision Limit—Detection Limit—Capability of Detection—Part 1 : Terms and Definitions*
ISO/TR 13425	*Guide for the Selection of Statistical Methods in Standardization and Specification*
" VIM " BIPP/IEC/IFCC/ ISO/ IUPAC/OIML	*International Vocabulary of Basic and General Terms in Metrology* (published by ISO)

以上标准与规格的订购可与下列机构联系：

ANSI standards	American National Standards Institute 11 West 42nd Street New York, NY 10066 www.ansi.org American Society for Quality 611 East Wisconsin Avenue Milwaukee, WI 53201-3005 www.asq.org
ASTM publications	American Society for Testing and Materials 100 Barr Harbor Drive West Conshohocken, PA 19428-2959

	www.astm.org
AQAP	North Atlantic Treaty Organization Autoroute de Zaventem 1110 NATO (Brussels), Belgium www. nato. int In the United States, contact: Defense Automated Printing Services 700 Robbins Avenue Bldg.4, Section D Philadelphia PA 19111-5094 www.dodssp.daps.mil
BSI	British Standards Institution 389 Chiswick High Road London W4 4AL, United Kingdom www.bsi.org.uk
CSA	Canadian Standards Association 178 Rexdale Blvd. Rexdale (Toronto), Ontario Canada M9W 1R3 www.csa.ca
DOD	The Department of Defense The Pentagon Washington, DC 20301-1155 www.dodssp.daps.mil
Federal standards	General Services Administration GSA/FSSP Specification Section, Room 6654 78 D Street S.W. Washington, DC 20407 http://pub.fss.gsa.gov/pub/fed-specs.html
IEC publications	American National Standards Institute 11 West 42nd Street New York, NY 10036 www.iec.ch
ISO pulications	American National Standards Institute 7 West 42nd Street New York, NY 10026 www.ansi.org
Military handbooks,	Defense Automated Printing Services

military specifications, and military standards	700 Robbins Avenue Bldg.4, Section D Philadelphia PA 19111-5094 www.dodsp.daps.mil
NASA reliability, maintainability, and assurance publications	Superintendent of Documents U.S. Government Printing Office Woshington, DC 20402 www.nasa.gov

（焦叔斌 译）

附录Ⅳ　质量体系术语

以下的术语和定义选自美国国家标准 ANSI/ASQC A8402-1994 *Quality Management and Quality Assurance—Vocabulary*。完整的术语表以及有关各个术语的注释和讨论请参阅原标准。该标准可从美国质量协会（ASQ）获得。有不少的场合，有些章节的作者在使用某些术语时含义会略有不同或有所扩展。以下的术语和定义旨在给出一般性的理解和用途。

合格（符合）（conformity）：满足特定要求。

顾客（customer）：供方所提供产品的接受者。

可信性（dependability）：用于表述可用性及其影响因素（可靠性、可维修性和保障性）的集中术语。

设计评审（design review）：对于设计所进行的文件化的、综合的和系统的审查，其目的在于评价设计满足质量要求的能力、辨识可能存在的问题并建议解决的方案。

偏离许可（deviation permit）：参见生产许可。

实体（entity）：可被单独描述和考虑的对象。

等级（grade）：赋予具有同一功能用途但不同的质量要求的实体的类别或档次。

检验（inspection）：诸如测量、检查、测试或度量实体的一个或多个特性并将结果与特定要求比较以确定各个特性是否符合的活动。

客观证据（objective evidence）：通过观察、测量、测试或其他手段获取的，基于事实的，且可证明为真实的信息。

程序（procedure）：完成某一活动的特定方式。

过程（process）：将输入转化为输出的一组相关的资源和活动。

过程质量审核（process quality audit）：参见质量审核。

产品（product）：活动或过程的结果。

产品质量审核（product quality audit）：参见质量审核。

生产许可（production permit，deviation permit）：生产前对于产品偏离其原规定要求的书面许可。

质量（quality）：表征实体满足规定或隐含需要能力的特性的总和。

质量保证（quality assurance）：为了提供实体满足质量要求的充分信心，在质量体系中实施的必要时加以展示的所有有计划的和系统性的活动。

质量审核（quality audit）：为确定质量活动和相关结果是否符合计划安排以及这些安排是否得到了有效的实施，是否适宜于实现目标而进行的系统而独立的审查。注：质量审核通常适用于质量体系或要素、过程、产品、服务，但并不限于此。这些审核通常称为“质量体系审核”、“过程质量审核”、“产品质量审核”、“服务质量审核”。

质量控制（quality control）：用于实现质量要求的应用性的方法和活动。

质量环/质量螺旋（quality loop/quality spiral）：交互作用活动的概念模型，这些活动影响着质量以及不能达成满意质量而造成的损失。

质量管理（quality management）：在质量体系中确定质量方针、目标和职责并利用质量计划、质量控制和质量改进加以实施的总体管理职能的全部活动。

质量计划书（quality plan）：确定有关特定的产品、项目和活动的具体的质量惯行、资源和活动顺序的文件。

质量计（策）划（quality planning）：确立质量以及质量体系要素应用的目标与要求的活动。

质量方针（quality policy）：由最高管理层正式阐述的组织关于质量的总的意图和方向。

质量监督（quality surveillance）：旨在确保特定要求得以满足的对于实体状态的持续监测和验证以及对于记录的分析。

质量体系（quality system）：实施质量管理所要求的组织的结构、程序、过程和资源。

质量体系审核（quality system audit）：参见质量审核。

质量要求（requirements for quality）：为使实体能够被实现和检查，对于实体特性的需要的表述或经转化的一套定量或定性的要求。

社会要求（requirements of society）：源自法律、法规、规则、法典、条例及其他考虑的义务。

服务（service）：为满足顾客需要，由供方与顾客的界面上的活动和供方的内部活动所产生的结果。

规格（specification）：阐述要求的文件。

供方（supplier）：向顾客提供产品的组织。

可追溯性（traceability）：利用记录标识来追溯实体的历史、应用和场所的能力。

验证（verification）：通过检查和提供客观证据而对特定要求已经得到满足的确认。

特采（waiver）：对于不符合特定要求的产品的使用或放行的书面授权。

附录V　质量改进工具[①]

引言

由石川馨编写的经典著作《品质管理入门》被认为是第一本关于专用于质量改进的“解决问题工具”（problem-solving tools）的培训资料。这本书在日本的工厂中是质量管理小组成员的参考教材。在该书中介绍的七种工具（流程图、头脑风暴法、因果图、帕累托分析、直方图、散布图和分层法）的基础上，我们又增添了另外的三种。其中的两种，即数据收集法和图示法，在石川馨的著作中也有所涉及但未加详细的讨论。第三种盒状图（Box Plot）则出现得较晚一些（Tukey，1977），但实践证明在很多情况下它是直方图的一个有用的补充或替代。此外还有许多其他的有用工具，并未也不可能全部包括在本附录中。这里所列出的工具对于质量改进活动而言是一个有益的起点。掌握了这些工具的质量改进团队，应能够自如地应对他们所遇到的大部分问题。

在朱兰学院的“质量改进工具”课程中，应用了一个结构化的质量改进过程（图V—1）来对这些工具加以阐述。其中对每一个工具都作了描述，并给出了关于其用途的指南。此外，明确了应用各工具的过程步骤。这些信息反映在一个矩阵形式的应用指示图（图V—1）中，其中的每一列对应着一种工具，每一行对应着一个过程步骤。每一个交叉点上用一个符号来表示该工具在相应过程步骤上的应用频次（常用、不常用、很少用）。

该过程图在以下几方面对于问题解决团队具有重要的指导作用：

1. 提醒团队问题解决过程有一个结构化的顺序，有助于使团队保持在正确的轨道上。

① 应本手册以前版本的使用者的要求，编者在常用的质量改进工具中加入了“引言”部分。本附录的内容引自朱兰学院“质量改进工具”课程所提供的资料。

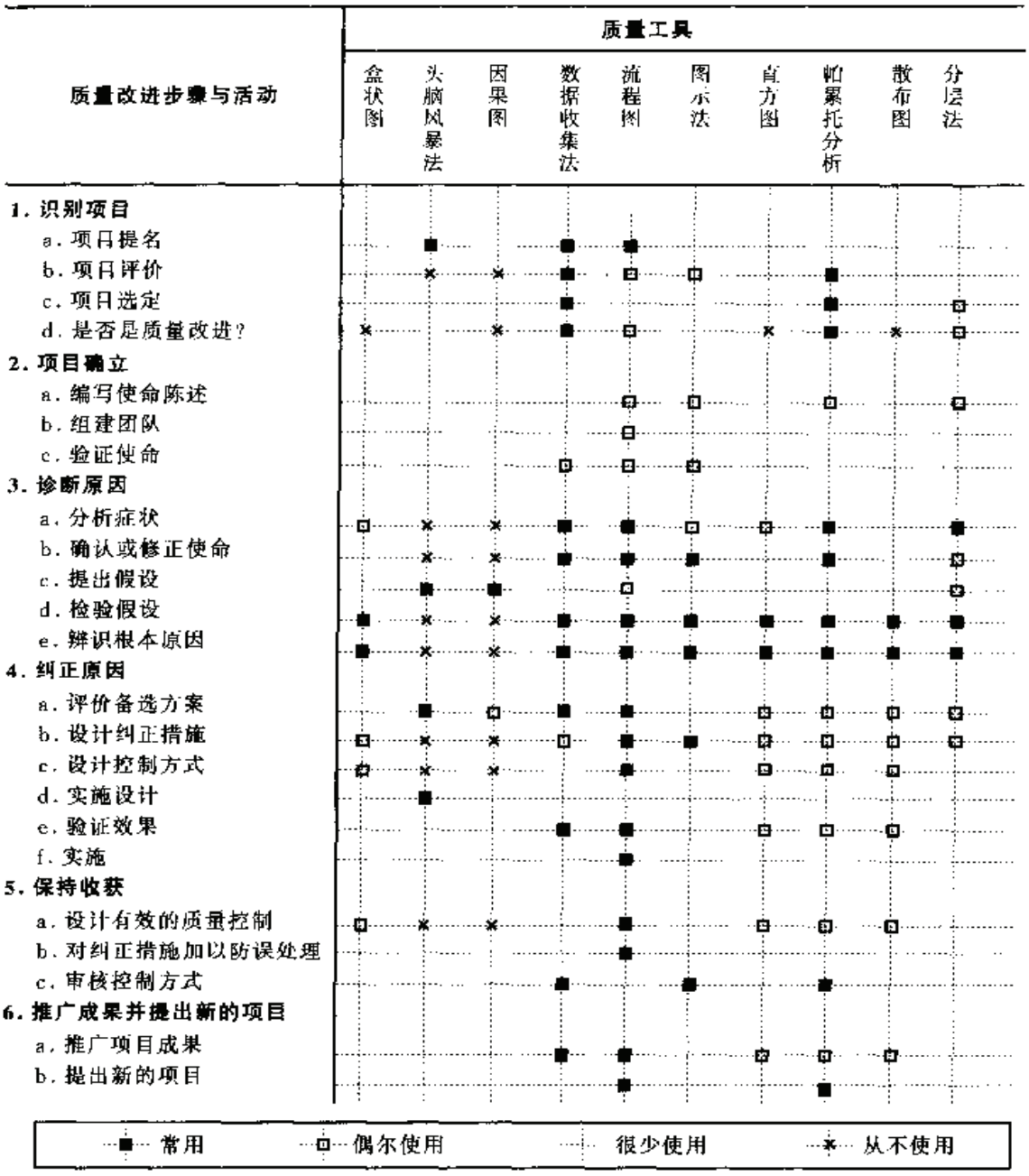


图 V—1　质量改进工具的应用

资料来源：*Juran Institute*.

2. 在给定的步骤上，如果团队对于下一步应当做什么感到茫然，某种常用的工具会提示下一步的行动。

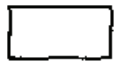
3. 在给定的步骤上，如果使用了标明为很少用的工具，这是一个信号，表明团队应当重新考虑其行动路线。一个典型的例子便是应用头脑风暴法（这是在群体成员中提出假设、设想和观念的一种有效方法）来检验假设（这要求的是数据而非团队成员的观念）。

这里对这些工具的描述和说明是简明扼要的。更为全面的讨论可参阅相关的

教科书，如“质量改进工具”课程的教材以及由沃兹沃思（Wadsworth）、斯蒂夫森（Stephens）和戈弗雷编写的《质量控制和改进的现代方法》（1986）。

工具

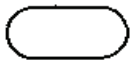
流程图（flow diagram） 产出某种输出所需的步骤顺序的图形表示。这里的输出可以是有形的产品、服务、信息或是三者的组合。流程图的符号有着特定的作用，图 V—2 对此进行了说明。图 V—3 表示了这些符号在一个机票处理过程中的应用。



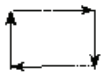
矩形用来表示活动。它表示过程中的一个步骤。关于活动的简洁描述写在矩形中。



菱形表示决策点。它表示过程中的决策点或分枝点。菱形中通常以问题的方式写入关于决策或分枝的描述。对问题的回答决定了走出决策点后所采取的路径。对应于每个回答的路径都要标注出来。



圆角矩形表示过程的起始或终点。起点或终点标注在符号中。



箭头线表示序列中的步骤的前进方向。箭头的方向即过程的流向。



文件符号表示过程的书面信息。文件的名称或描述标注在符号中。



数据库符号表示以电子方式储存的过程信息。数据库的名称或描述标注在符号中。



圆圈表示连接点，用来表示流程图的连接。圆圈中标有字母或数字。同一字母或数字标注在另一流程图的圆圈中，表示过程是如何相连接的。

这些符号被由上至下或由左至右组合起来，表示过程各步骤的流向。由决策点处还有可能会返回到前一个步骤。

图 V—2 绘制流程图所用符号

头脑风暴法（brainstorming） 由所有参加者中攫取建设性的和创造性的意见的一种群体方法。应用这种工具可提出新的设想或现有设想的新用途或新用法。图 V—4 是对这种方法的简要说明。

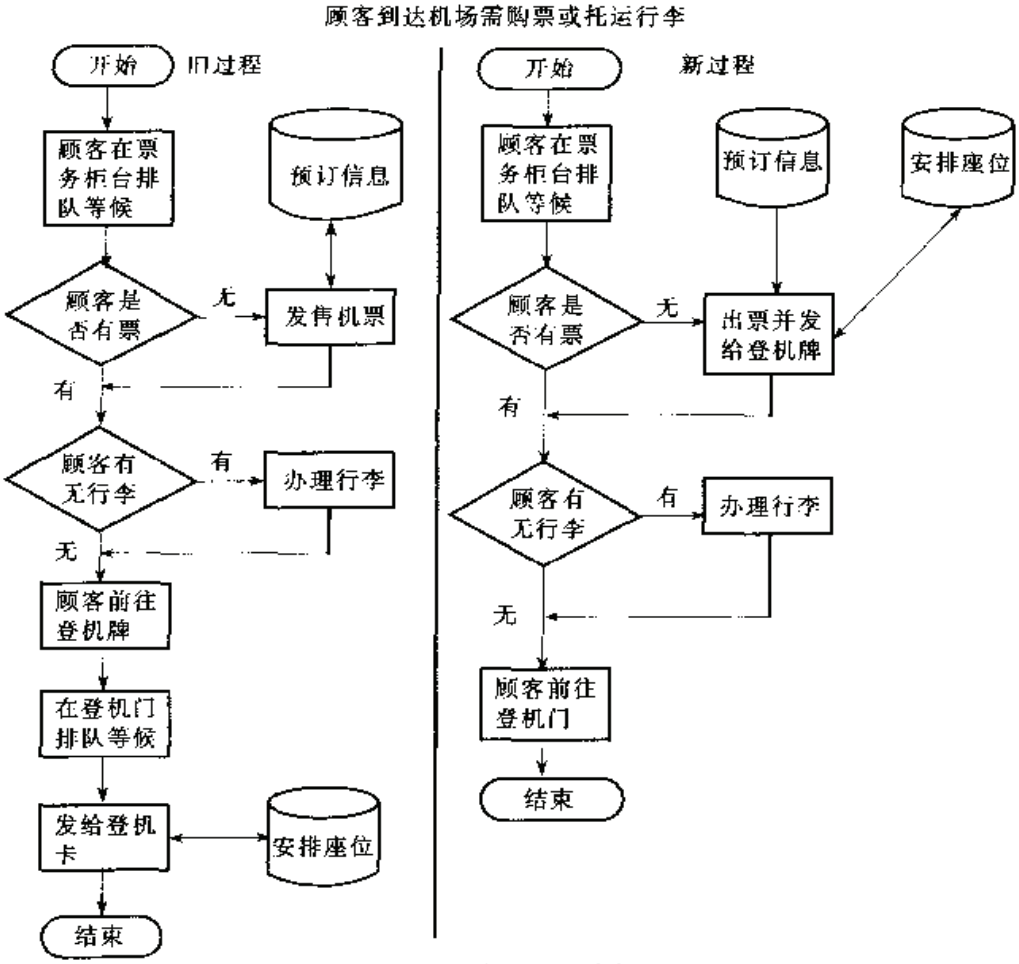


图 V—3　机票处理流程图

资料来源：Juran Institute.

- 对于好的主意既不称赞也不认可。避免在开始时作出判断以促使人们提出各种主意。
- 想法应当非常规、富有想像力甚至是不合情理的。避免自我批评和自我判断。
- 不鼓励分析性的或批评性的思考。要训练团队成员在最短的时间内提出尽可能多的主意。
- 团队成员应当“搭便车”来对他人的看法加以扩展、修正或通过联想提出新的点子。

图 V—4　头脑风暴法

资料来源：Juran Institute.

因果（鱼刺）图［cause-effect（fishbone）diagram］　因为是由石川馨所提出的，故常被称为石川图（Ishikawa diagram）。它用于整理和展示关于某个问题的根本原因的各种假设之间的相互关系。通过以一种结构化的、系统的方式，将注意力集中于某一特定问题的可能原因，这种图形有助于问题解决团队理清其关于潜在原因的思路，使得团队能够更加有效地找出真正的根本原因。例子见图 V—5。

数据收集（data collection）　为了解决所面对的问题，就要收集客观的数据，且应采取一种与所选数据分析工具相适应的方式来进行。数据收集方法的类

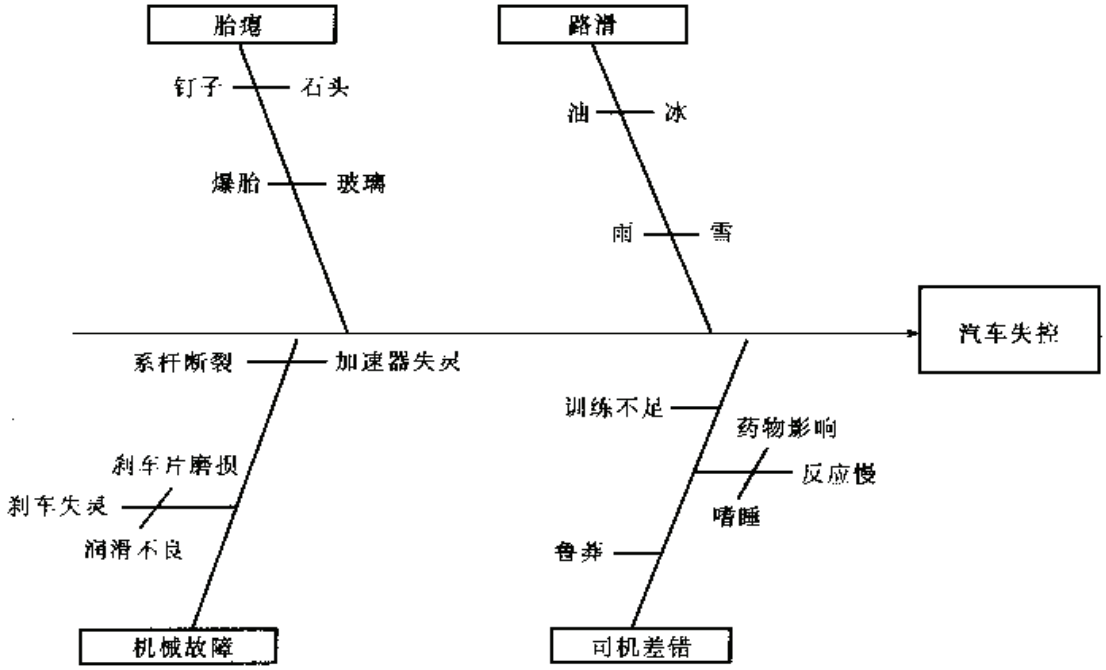


图 V—5　汽车失控因果图

资料来源：Juran Institute.

型包括核对表（check sheets，给出数据和趋势）、数据表（data sheets，简单的列表）和核对单（check lists，所采取步骤的简单罗列）。图 V—6 和图 V—7 给出了相关的例子。

图示法（graphs and charts）　这里包括了整理定量数据的一系列工具。其中的折线图（line graphs）、条形图（bar graphs）和饼图（pie charts）是在质量改进中尤为有用的三种图示方法。折线图是将成对的定量数据的点子连接起来，以表示两个连续的变量（如成本与时间）之间的关系。图 V—8 中的每对数据由年份和该年份所记录的不良质量成本所构成。不良质量成本表现为年份的函数。条形图也用来表示成对变量间的关系，但只要求其中的一个变量是定量的变量（图 V—9）。饼图（图 V—10）用来表示所研究现象的各种构成之间的比例关系。

分层法（stratification）　这是将数据划分为各种类别。它用来辨识哪些类别的原因造成了所研究的问题，哪些类别需要进一步的调查。这种分析性的方法有助于把握质量问题的所在和来源。常常有必要以各种不同的方式来对数据加以分层。图 V—11 和图 V—12 表示了与某电子设备的现场失效相关的数据的分层。第一种分层是按照供应商来进行，第二种分层则是按照加工者来进行。分析表明问题与加工者（尤其是一个新的加工者）有关而与供应商无关。分层是应用诸如帕累托分析、散布图等工具的基础。

实验室所更换元件
将所更换元件计数：/ // /// //// ////
时间段：1988 年 2 月 22—27 日
修理技师：鲍伯

电视机型号　1013	
集成电路	////
电容	//// //// //// //// //// //
电阻	//
变压器	////
控制器	
显示器	/

电视机型号　1017	
集成电路	///
电容	//// //// //// //// //// //
电阻	/
变压器	//
控制器	//// //// //// / //
显示器	/

电视机型号　1019	
集成电路	/
电容	//// //// //// //// ///
电阻	/
变压器	//
控制器	
显示器	/

图 V—6　电视元件失效核对表

资料来源：Juran Institute.

- 由第 5 号仪表读取温度。
- 将温度读取记录在下表中。
- 按正点读取仪表（±5 分钟）
- 异常情况应注明

日期：1988 年 7 月 6 日
生产线 #：13
检验员：吉尼·史密斯

有问题请与拉里·法恩联系，分机 2222

时刻	温度（°F）
0800	240
0900	242
1000	236
1100	236
1200	236
1300	227
1400	230
1500	224
1600	220
1700	220

图 V—7　焊池温度数据表

说明：
- 1100 读数为 1112 所测。
- 生产线在 1310～1330 之间停止。

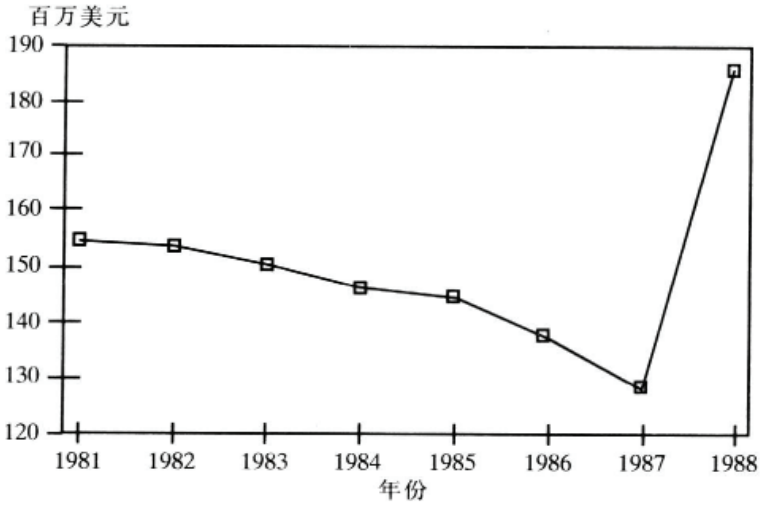


图 V—8　各年份的不良质量成本

资料来源：Juran Institute.

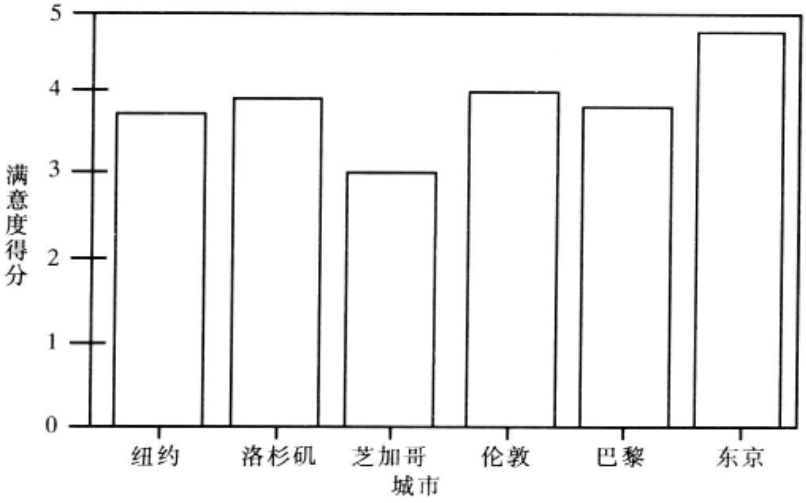


图 V—9　表示各城市的平均顾客满意度得分的条形图

资料来源：Juran Institute.

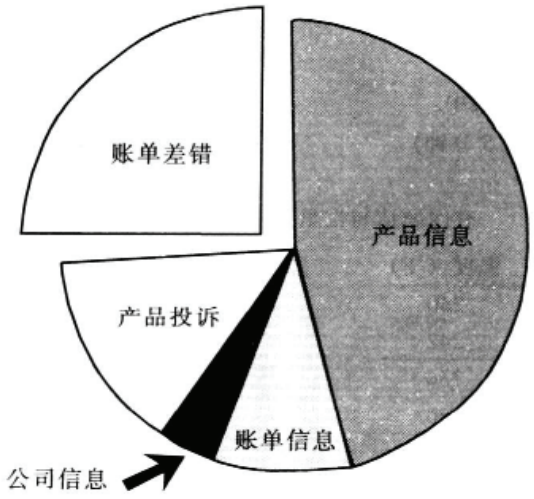


图 V—10　表示客户服务部门一个月中所接收到的电话的饼图

资料来源：Juran Institute.

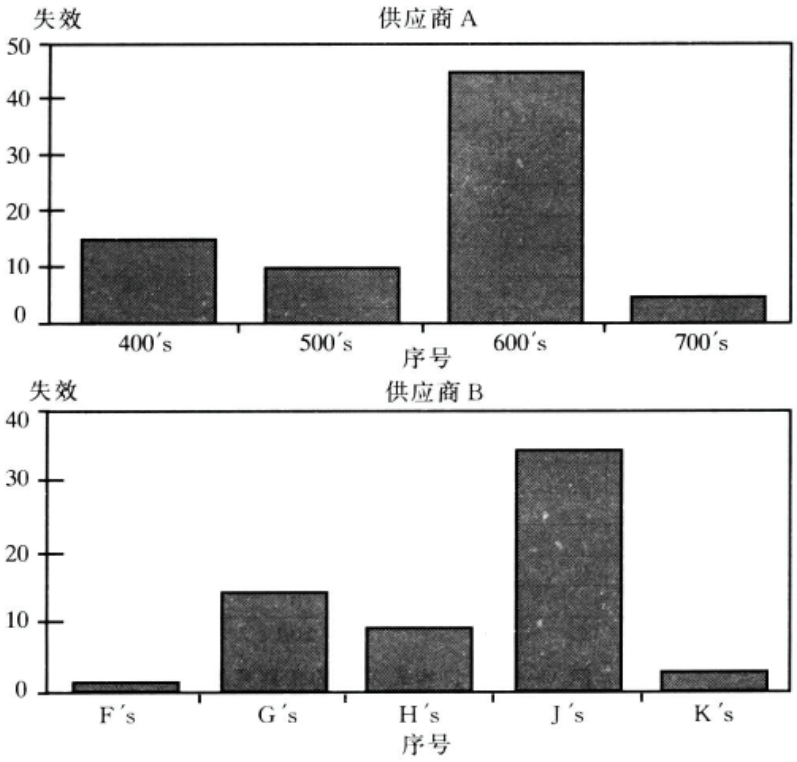


图 Ⅴ—11　关于失效的两阶段分层

说明：按序号表示的RF驱动器的失效

资料来源：Juran Institute.

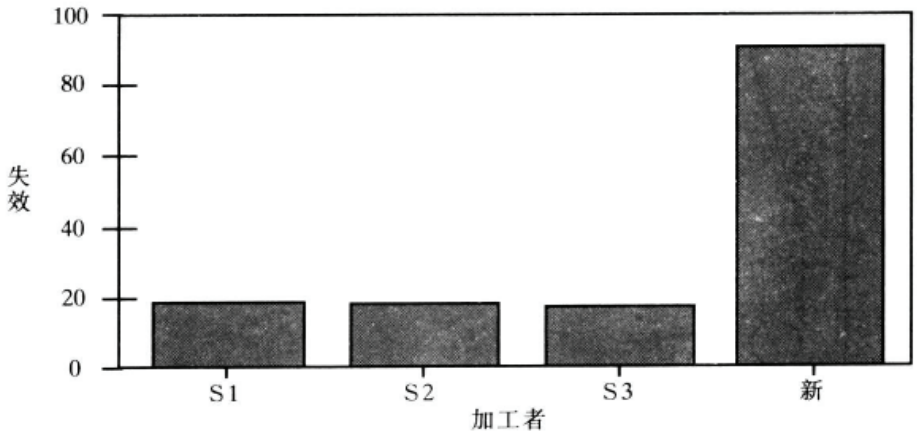


图 Ⅴ—12　根据新变量的分层

说明：按加工者表示的RF驱动器的失效

资料来源：Juran Institute.

帕累托分析（Pareto analysis）　这是一种将影响因素划分优先次序、区分“关键的少数”和“有用的多数”的工具。帕累托图包括三个基本要素：（1）按照重要程度排列的对于总效果的影响因素；（2）定量表示的每一因素的贡献程度；（3）依序表示的影响因素的累积百分数和效果。图 Ⅴ—13 所示的是一张帕累托表。图 Ⅴ—14 所示的是同一套数据的帕累托图。注意每种图中的三个基本要素。

① 订货单项目	② 差错数目	百分数	③ 累积百分数
G	44	29	
J	38	25	29
M	31	21	54
Q	16	11	75
B	8	5	86
D	5	3	91
C	3	2	95
A	1	0.67	97
O	1	0.67	98
R	1	0.67	98
N	1	0.67	99
L	1	0.66	99
I	0	0	100
E	0	0	100
H	0	0	100
K	0	0	100
F	0	0	100
P	0	0	100
总计	150	100	100

图 V—13 订货表差错的帕累托表

资料来源：Juran Institute.

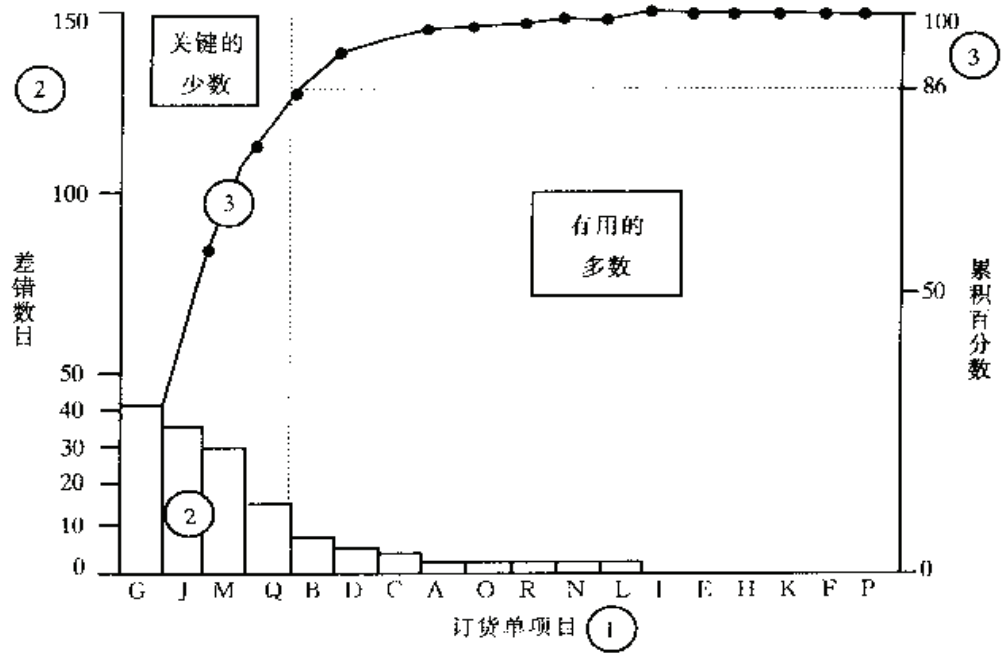
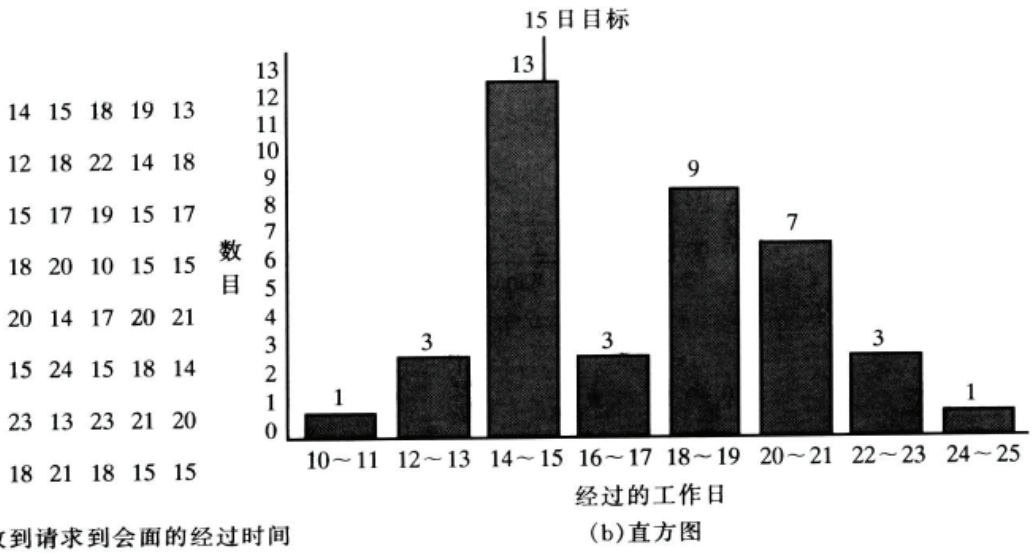


图 V—14 订货表差错的帕累托图

资料来源：Juran Institute.

直方图（histogram） 表示一组测量值的分布的图。直方图是对一组数据的变异的图示。以下关于数据集变异的四个概念决定了直方图的有用性：（1）数据集的数值总是会表现出变异性；（2）变异性存在着一定的类型；（3）变异类型从简单的数值表中是难以看出的；（4）用直方图来图示整理的数据更容易看出变异的类型。直方图分析包括辨识和划分直方图所展示出的变异类型，然后将其与数据发生的实际条件的特性的类型相关联，以解释这些条件对于变异类型的作用。

图 V—15（a）中的数据表示的是部门间的会面请求和实际会面之间经过的天数。图 V—15（b）的直方图帮助团队确认了不可接受的自提出请求到实现会面所经过时间的范围。它也生动地揭示了一个人为的现象，即为了在 15 天的目标内处理尽可能多的请求而出现的第 15 日高峰。这一直方图帮助团队将注意力集中在了缩短该过程期间的措施上。

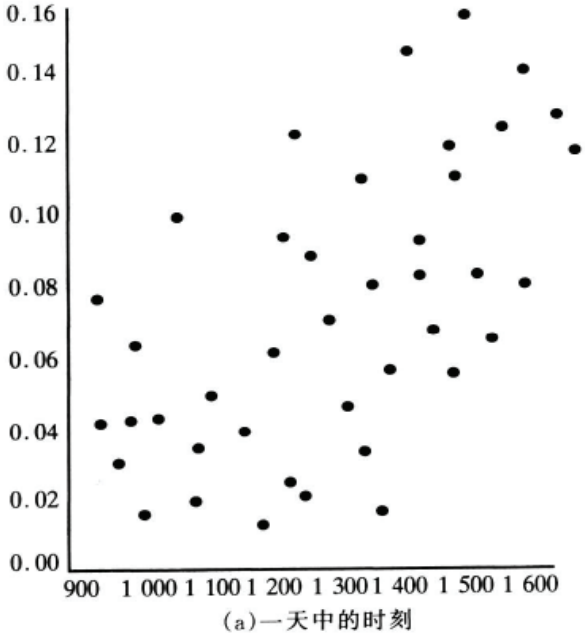


(a)收到请求到会面的经过时间　　(b)直方图

图 V—15　会面请求的响应时间

资料来源：Juran Institute.

散布图（scatter diagram）　这种工具表示的是两变量之间的关系，用来确定两变量之间是否存在着可能为因果关系（或非因果关系）的相关关系。图 V—16 所示的是用来揭示文书差错的三种可能原因的散布图。从因果图中选出的可能原因有疲劳、文字数字混合和分散注意力的背景噪声。散布图分析表明，文字数字混合看来是文书差错的最可能原因。



(a)一天中的时刻

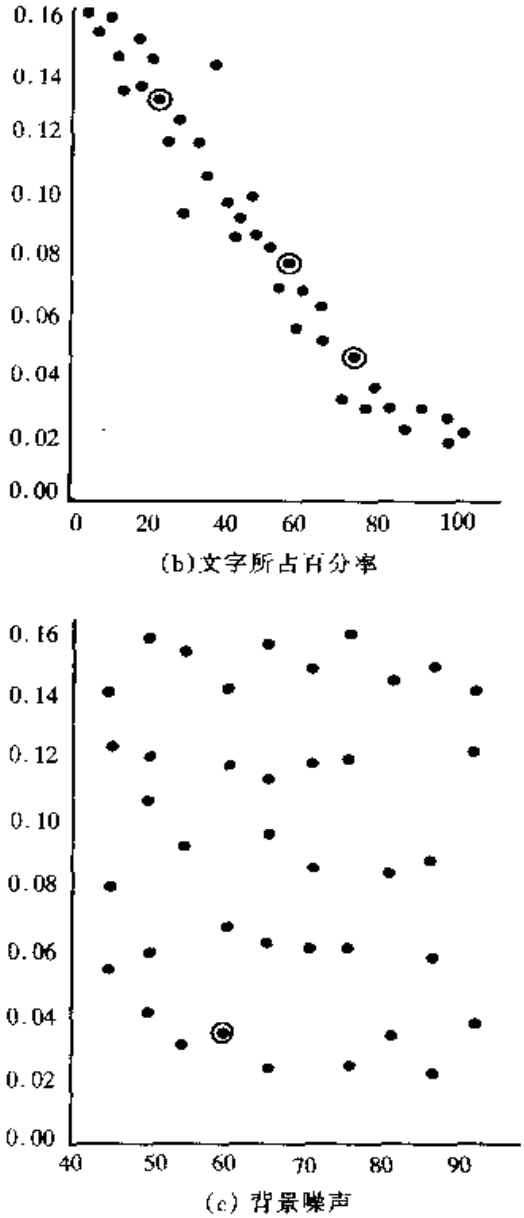


图 V—16　分析文书录入差错原因的散布图

资料来源：Juran Institute.

盒状图（box plot） 这种图形用五个数来描绘数据集的变异。要求整理出数据的最小值、第二个四分位数、中位数、第三个四分位数和最大值。盒状图可用来展示小样本数据的变异性，也可用来比较许多的相关分布的变异性。即使当数据点的数目过少而不能制作直方图时，盒状图也是非常有用的。在分析两家复印机维修商的绩效时，一位潜在的顾客进行了如图 V—17 的分析。这一分析是基于对 A、B 两家维修商的 10 个维修请求电话来进行的。图 V—17 (a) 和图 V—17 (b)是两家维修商响应时间的原始数据和排序数据。图 V—17 则是由这些数据所绘制的盒状图。图中显示出 B 维修商的绩效较优，其响应时间的中位数小

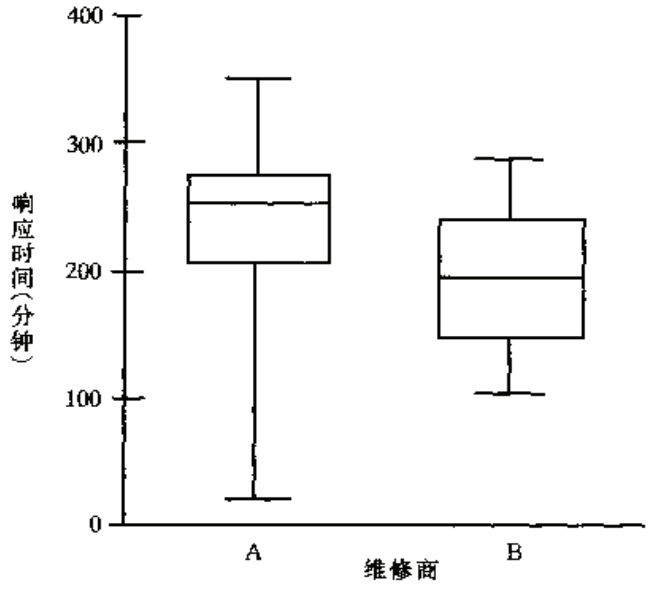
于维修商 A 且表现出较小的变异性。

A		B	
243	345	192	251
207	268	156	102
272	290	228	215
45	251	125	145
226	183	279	188

(a) 原始数据

维修商	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A	45	183	207	226	243	251	268	272	290	345
B	102	125	145	156	188	192	215	228	251	279

(b) 排序数据



(c)盒状图

图 V—17　比较两家维修商响应时间的盒状图

资料来源：Juran Institute.

参考文献

Tukey, J. W. (1977). *Exploratory Data Analysis*. Addison-Wesley, Reading, MA.

Wadsworth, Harrison M., Stephens, Kenneth S., and Godfrey, A. Blanton (1986). *Modern Methods for Quality Control and Improvement*. John Wiley and Sons, New York.

（叔斌 译）

医课汇 公众号 专业医疗器械资讯平台 WECHAT OF HLONGMED
hlongmed.com 医疗器械咨询服务 MEDICAL DEVICE CONSULTING SERVICES
医课培训平台 医疗器械任职培训 WEB TRAINING CENTER
医械宝 医疗器械知识平台 KNOWLEDG ECENTEROF MEDICAL DEVICE
MDCPP.COM 医械云专业平台 KNOWLEDG ECENTEROF MEDICAL DEVICE