



中华人民共和国国家标准

GB/T 17989.3—2020

控制图 第3部分：验收控制图

Control charts—Part 3: Acceptance control charts

(ISO 7870-3:2012, MOD)

2020-03-06 发布

2020-10-01 实施

国家市场监督管理总局 发布
国家标准化管理委员会

目 次

前言 III

引言 IV

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 符号和缩略语 2

 4.1 符号 2

 4.2 缩略语 2

5 验收控制图的应用说明 3

6 过程的验收控制 4

 6.1 绘制图表 4

 6.2 解读图表 4

7 规范 4

8 计算过程 4

 8.1 成对参数的选择 4

 8.2 抽样频率 7

9 示例 7

 9.1 示例 1(见图 A.3 和图 A.4) 7

 9.2 示例 2(见图 A.5) 8

10 验收控制限系数 9

11 修正验收控制图 10

附录 A (规范性附录) 设计验收控制图的诺模图 11

参考文献 17

前 言

GB/T 17989《控制图》计划分为以下 9 个部分：

- 第 1 部分：通用指南；
- 第 2 部分：常规控制图；
- 第 3 部分：验收控制图；
- 第 4 部分：累积和控制图；
- 第 5 部分：特殊控制图；
- 第 6 部分：指数加权移动平均控制图；
- 第 7 部分：多元控制图；
- 第 8 部分：短周期和小批量控制方法；
- 第 9 部分：自相关过程控制图。

本部分为 GB/T 17989 的第 3 部分。

本部分按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本部分使用重新起草法修改采用 ISO 7870-3:2012《控制图 第 3 部分：验收控制图》。

本部分与 ISO 7870-3:2012 的技术性差异及其原因如下：

- 关于规范性引用文件，本部分做了具有技术性差异的调整，以适应我国的技术条件，调整的情况集中反映在第 2 章“规范性引用文件”中，具体调整如下：
 - 用等同采用国际标准的 GB/T 3358.1 代替 ISO 3534-1；
 - 用等同采用国际标准的 GB/T 3358.2 代替 ISO 3534-2；
 - 增加引用了 GB/T 17989.1；
- 增加术语 3.2 “拒收过程”，并将 3.1 的注移至 3.2，并将注 2 修改为“注 2：可接收过程域和拒收过程如图 1 所示”；
- 将 8.1.1 中的“ $z_\alpha\sigma_{\bar{X}} + z_\beta\sigma_{\bar{X}} = R_{PL} - A_{PL}$ ”改为“ $z_\alpha\sigma_{\bar{X}} + z_\beta\sigma_{\bar{X}} = R_{PL.U} - A_{PL.U}, z_\alpha\sigma_{\bar{X}} + z_\beta\sigma_{\bar{X}} = A_{PL.L} - R_{PL.L}$ ”；
- 将 8.1.1 中的“ $A_{CL.L} = A_{PL.L} + \left(\frac{z_\alpha}{z_\alpha + z_\beta}\right)(A_{PL.L} - R_{PL.L})$ ”改为“ $A_{CL.L} = A_{PL.L} - \left(\frac{z_\alpha}{z_\alpha + z_\beta}\right)(A_{PL.L} - R_{PL.L})$ ”；
- 将示例 1 中“ $= 10.191 + 0.5 \times (10.304 - 10.191) = 10.245$ ”修改为“ $= 10.191 + 0.5 \times (10.304 - 10.191) = 10.248$ ”；
- 将示例 1 中“ $= 9.809 - 0.5 \times (9.809 - 9.696) = 9.755$ ”修改为“ $= 9.809 - 0.5 \times (9.809 - 9.696) = 9.753$ ”。

本部分由全国统计方法应用标准化技术委员会(SAC/TC 21)提出并归口。

本部分起草单位：湖州铭丰企业管理咨询有限公司、厦门宇品轩建筑设计有限公司、青岛大学、中国标准化研究院、湖州弘拓企业信息服务有限公司。

本部分主要起草人：丁丽慧、李莉莉、赵静、郑媛、赵超、俞敏、钱鑫晖、杜梅慧、张璇。

引 言

验收控制图将控制图思想与验收抽样相结合,是用于判定过程是否验收的工具。判定过程验收的基础可以用以下方面来定义:

- a) 来自该过程的产品或服务的指定项目的百分比是否符合规范要求;
- b) 该过程是否已经超出某个允许的过程水平域。

与大多数验收抽样方法的不同之处在于强调过程可接收性而不是产品的处置决策。

与常规控制图的不同之处在于,在过程控制中引入了可接收过程的概念。该过程通常不需要单一的标准过程水平,只要子组内变异处于受控状态并且远小于容忍的波动范围,它就可以在控制限内的任何水平或过程水平域运行,此时过程仍然是可接收的。因此,假定一些非随机原因会导致过程水平产生漂移,这些漂移相对而言足够小,仅为了接收而过于严格地控制它们是不经济的。

然而,使用验收控制图并不排除其目的是为了持续改进过程而识别和消除非随机原因。

验收控制图需要检查过程的内在稳定性。因此,使用常规控制图(极差或标准差控制图)监测变量,以确认子组内固有变异保持在稳定状态。对过程水平变量的统计分布的确认也会提供一些额外的控制信息。对过程进行初步的常规控制图研究,以验证其使用验收控制图的有效性。

控制图

第3部分:验收控制图

1 范围

GB/T 17989 的本部分提供了验收控制图的使用指南,并规定了确定子组样本量、行动限和决策准则的一般程序。

本部分适用于以下情形:

- a) 子组的组内方差处于受控状态且方差估计有效;
- b) 已经达到高水平过程能力。

当研究的过程变量服从正态分布时,通常使用验收控制图,在非正态分布情形下也可应用。本部分的示例说明了这种方法应用在不同场合中的优势,同时提供了确定子组样本量、行动限和决策准则的详细内容。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件,仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

GB/T 3358.1 统计学词汇及符号 第1部分:一般统计术语与用于概率的术语(GB/T 3358.1—2009,ISO 3534-1:2006,IDT)

GB/T 3358.2 统计学词汇及符号 第2部分:应用统计(GB/T 3358.2—2009,ISO 3534-2:2006,IDT)

GB/T 17989.1 控制图 第1部分:通用指南(GB/T 17989.1—2020,ISO 7870-1:2014,MOD)

3 术语和定义

GB/T 3358.1、GB/T 3358.2 和 GB/T 17989.1 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

可接收过程 acceptable process

由具有中心线的常规控制图表示的处于可接收过程域内的过程。

3.2

拒收过程 rejectable process

由具有中心线的常规控制图表示的处于拒收过程域内的过程。

注1:在理想情况下,这样的控制图的平均值 $\bar{X}$ 将会是目标值。

注2:可接收过程域和拒收过程如图1所示。有关常规控制图的信息参见 GB/T 17989.2。

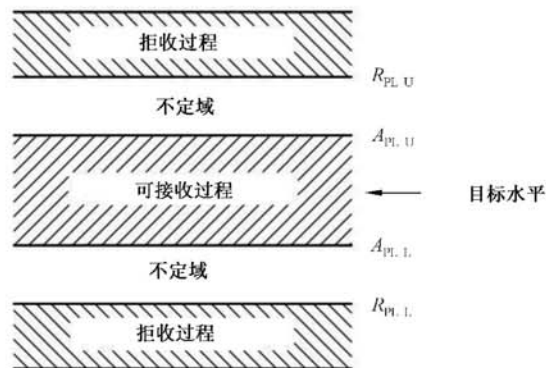


图 1 双侧规范限:可接收、拒收和不定域(边界线)质量过程的上下 APL 和 RPL 线

4 符号和缩略语

4.1 符号

下列符号适用于本文件。

A_{CL} :验收控制限

A_{PL} :可接收过程水平

L :下规范限

n :子组样本量

p_0 :可接收的不合格品率

p_1 :可拒收的不合格品率

p_a :接收概率

R_{PL} :拒收过程水平或不可接收的过程域

T :目标值,即特性的最优值

U :上规范限

$\bar{X}$:子组平均值

z :服从标准正态分布(均值为 0,方差为 1)的变量

z_p :标准正态分布的 p 分位点(z_α 和 z_β 等类似)

α :拒绝可接收过程的风险

β :接收拒收过程的风险

μ :过程均值

σ_w :子组内标准差

$\sigma_{\bar{X}}$:子组平均值的标准差: $\sigma_{\bar{X}} = \frac{\sigma_w}{\sqrt{n}}$

4.2 缩略语

下列缩略语适用于本文件。

ACL:验收控制限 (acceptance control limits)

APL:可接收过程水平 (acceptable process level)

L:下规范限(用作下标)[lower specification limit (used as a subscript)]

OC:操作特性 (operating characteristic)

RPL:拒收过程水平 (rejectable process level)

U:上规范限(用作下标) [upper specification limit (used as a subscript)]

5 验收控制图的应用说明

在追求可接收产品或服务时,过程水平通常在以目标值为中心的一定范围内波动。造成这种总体变异的位置因素,并不是给定的过程水平内在的随机变异。大多数情况下,需要提前预期并且容许过程水平的一些漂移,它们通常由无法消除的非随机原因(考虑到工程或经济情况)导致,这些漂移虽然在过程中不经常出现,也没有规律可循,却很少被视为影响方差的随机因素。

目前存在几种不同的处理这些位置因素的方法。其中一种极端的方法是要求将由于偏离目标值所导致的所有变异最小化。这种方法的支持者认为不断提高过程能力,可以使过程维持在更严格容许限内,改进过程或产品质量的潜力就更大。但反对者认为这种做法不仅浪费资源,而且可能会有反效果。

验收控制图是一种符合逻辑、操作简单的有用工具,它能区分整个过程中内在的随机变异成分和其他的偶尔出现的影响位置的因素。

当发生漂移时,这个过程可能会稳定在一个新的水平,直到下一次漂移发生。在两次干扰发生之间,该过程是受控的,仅受内在随机变异影响。

例如,某个过程需要使用大量批次的原材料。把同一批内的原材料间的差异作为内在变异,当引进新的一批材料时,其与目标的偏差可能与原来批不同。这种不同批次之间的变异成分就以不连续的方式被引入了生产过程。

这种批次内和批次间差异的情况在仲裁模具或仲裁机器部件时可能经常发生。控制图的目的就是确定模具何时会磨损到需要修复或返工的程度,而模具的磨损率取决于连续批材料的硬度,因此不容易预测。可以看出,使用验收控制图可以判断维修模具合适的时间。

验收控制图是基于常规控制图(即 $\bar{X}-R$ 图或 $\bar{X}-s$ 图)建立的,但是如果规格限足够宽,过程均值可以落在常规控制图的控制限之外;或者如果过程的内在变异相对较大,则过程均值会被限制在更窄的控制限内。

这里只需防止整体过程偏离目标值过远,导致过多个体落在规格限以外,或者表现出过度的过程水平偏离。

当按照生产的顺序绘制一个过程数据集合的平均值图时,可以看到平均值的连续变化情况。毫无疑问,在中心区域(图 1 中的可接收过程)的产品是可接收的,而图 1 中外部区域的产品是不可接收的。

处于可接收过程域和拒收过程域之间的产品,虽然可以接收,但宜仔细监测处于该区域的过程,并且在其接近外部区域时及时采取纠正措施。这些准则都是使用验收控制图需要了解的基本概念。

既然不可能用一条单独的分界线来区分质量水平的好与坏,则需定义一个过程水平,其接收概率为 $1-\alpha$,称为 APL,是目标值的可接收过程域的外边界(见图 1)。

任何以比 APL 更接近目标值的过程都要承受概率小于 α 的不被接收的风险。所以,一个过程越接近目标值,不被接收的可能性就越小。

同样的,一个拒收概率为 $1-\beta$ 的过程水平称为 RPL。任何一个距离目标值比 RPL 更远的过程都有小于 β 的概率被接收的风险。

在 APL 和 RPL 之间的区域,通常被称为“不定域”。该区域的宽度取决于人们对特定过程的要求及其愿意承受的风险,该区域越窄,APL 和 RPL 越接近,所需要的子组样本量越大。

与任何验收抽样系统一样,定义验收控制图所需的四个参数是:

- a) 一个与单侧 α 风险相关的 APL;
- b) 一个与单侧 β 风险相关的 RPL;
- c) 一个行动准则或 ACL;

d) 子组样本量 n 。

6 过程的验收控制

6.1 绘制图表

质量特性的样本平均值按如下方法绘制在验收控制图上：在验收控制图上画出每个样本，横坐标是每个样本的标识号（数字顺序、时间顺序等），纵坐标是相应的样本平均值。

6.2 解读图表

当绘制的点落在上验收控制限 ACL_U 的上方或者下验收控制限 ACL_L 的下方时，过程应被视为是拒收的。如果绘制的样本点接近控制限，则应使用具体的数值来做出判断。

7 规范

从理论上讲，确定验收控制图中 APL（与 α 风险相关）、RPL（与 β 风险相关）、ACL 和子组样本量 n 这四个参数中任意两个的值，就可以确定其余两个值；然而，在实践中，宜首先定义 APL（与 α 风险相关）。此外，合理子组内的 σ_w 值应是已知的或者用常规控制图技术来估计，如使用 $\hat{\sigma}_w = \bar{R}/d_2$ 或者 $\bar{s}/c_4$ 。固有的随机变化在统计控制的状态中是至关重要的，目的是为了使风险计算变得有意义。可以通过使用常规型控制图来监测极差或者标准差（参见 GB/T 17989.2）。

通常用以下两种方式确定验收抽样检验系统的参数：

- a) 定义 APL 和 RPL 以及它们各自的 α 风险和 β 风险，来确定子组样本量 n 和 ACL。通常，在应用验收控制图时取 $\alpha = 5\%$ ，因为很少有一直处于 APL 的实例。这意味着目标值 T 在每一侧被拒绝的风险都宜小于 α 。

通常在下列情况下使用此选项：

- 1) 根据经济或其他实际情况，可接收过程被定义为过程能力，除了包括固有的随机变异外，还包括允许在过程水平中的小离散漂移，或者被定义为可接收的质量水平，由超过规格限的观测点的百分比（不合格品率）来描述；
- 2) 根据实际情况，拒收过程被定义为在过程水平上存在不必要的较大漂移，或者对产生超过规范限的观测点所占的百分比（不合格品率）不满意。

- b) 定义 APL（与 α 风险相关）和子组样本量 n ，并确定给定的 β 风险的 RPL 和 ACL。

当可接收过程如 a) 1) 中所定义，且子组样本量给定时，使用该选项。在大多数情况下 a) 更可取。

本部分以处理计量数据为例，并以双侧规范限（上验收控制限、下验收控制限）及水平（可接收过程水平上限、可接收过程水平下限、拒收过程水平上限、拒收过程水平下限）的形式描述。但是，该方法同样适用于单侧规范限。此外，如果有一侧的范围较宽，则不要求选择高于或低于目标值的值是对称的。如果在目标值的两侧选择不对称的值，则应使用更严格的条件下（即在 APL 和 RPL 之间的距离更小）所需的子组样本量（见 8.1.1）。

8 计算过程

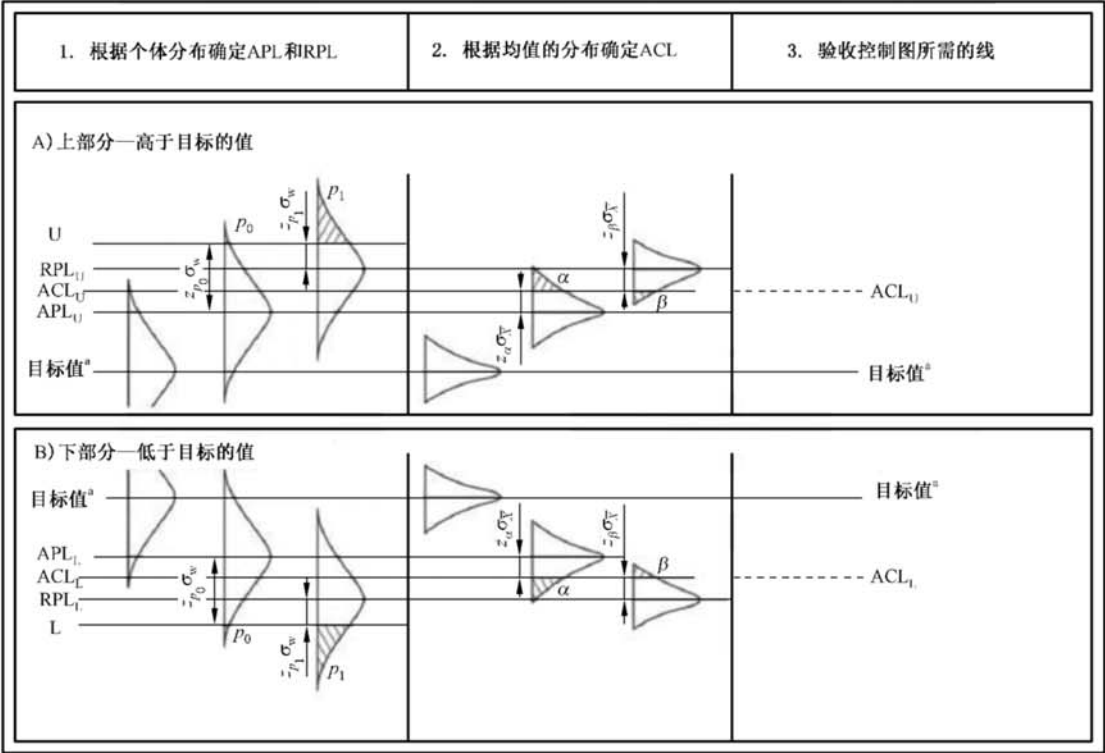
8.1 成对参数的选择

8.1.1 定义参数 APL 和 RPL

在变量 $\bar{X}$ 的情况下，可以通过多种方式选择 APL。如果规范限和总体的基本分布是已知的，当过

程以 APL 为中心发生时,APL 可以根据可接收的不合格品率(或者百分比) p_0 来计算(见图 2)。如果为正态分布(高斯分布),则可以使用标准正态分布 z 值的单尾表,按式(1)计算。

$$p = \int_{-\infty}^z \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \exp(-\frac{x^2}{2}) dx \dots\dots\dots (1)$$



^a 这两条目标值线应重合,为图示清晰将其分开。

图 2 验收控制图的上下限和定义参数

对于四个或四个以上的样本,为控制目的而假定的正态分布通常适用于绘制 $\bar{X}$ 的图。然而,对与 APL 和 RPL 水平相关的不合格品率(百分比)的解释取决于分布。因此,对于其他分布,宜遵循适当的表,并相应地替换标准正态分布的值 z_p 。此应用中的方法 z 的优点是上下限和定义参数的位置是对称的,例如式(2)~式(5):

$$z_\alpha \sigma_{\bar{X}} + z_\beta \sigma_{\bar{X}} = R_{PL\ U} - A_{PL\ U} \dots\dots\dots (2)$$

$$z_\alpha \sigma_{\bar{X}} + z_\beta \sigma_{\bar{X}} = A_{PL\ L} - R_{PL\ L} \dots\dots\dots (3)$$

可接收过程水平上限:

$$A_{PL\ U} = U - z_{p_0} \sigma_w \dots\dots\dots (4)$$

可接收过程水平下限:

$$A_{PL\ L} = L + z_{p_0} \sigma_w \dots\dots\dots (5)$$

见 9.1 中的示例 1,其中 APL 和 RPL 的 $\bar{X}$ 图是按照不合格品率定义的。计算过程的流程图如图 3 所示。

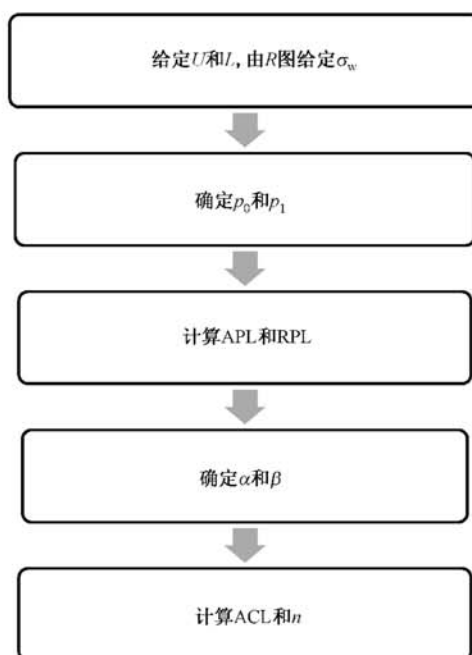


图3 计算过程的流程图(定义参数 APL 和 RPL)

在某些情况下, APL 值的选择可能与规范限没有直接关系, 但是可以在任意基础上选择。经验表明, “不节约”或“不易调整”的过程水平变化原因对应着一个狭窄的范围。这个范围的边界可以任意指定为 APL(见 9.2 中的示例 2)。在这种情况下, 不用假设正态分布, 因为 APL 与规范限没有直接关系。

以类似的方式, RPL 可以通过多种方式进行选择。它可以通过定义一个当过程以 RPL 为中心时会出现拒收的不合格品率 p_1 (百分比)从而与规范限相关联。

拒收过程水平上限见式(6):

$$R_{PL, U} = U - z_{p_1} \sigma_w \quad \dots\dots\dots (6)$$

拒收过程水平下限见式(7):

$$R_{PL, L} = L + z_{p_1} \sigma_w \quad \dots\dots\dots (7)$$

一旦定义了 APL 和 α 以及 RPL 和 β 的值, 则上验收控制限 $A_{CL, U}$ 的计算见式(8):

$$A_{CL, U} = A_{PL, U} + \left(\frac{z_\alpha}{z_\alpha + z_\beta} \right) (R_{PL, U} - A_{PL, U}) \quad \dots\dots\dots (8)$$

式中:

z_α —— α 的分界点;

z_β —— β 的分界点。

下验收控制限的计算见式(9):

$$A_{CL, L} = A_{PL, L} - \left(\frac{z_\alpha}{z_\alpha + z_\beta} \right) (A_{PL, L} - R_{PL, L}) \quad \dots\dots\dots (9)$$

当选择 α 和 β 风险相等时, 验收控制限于 APL 和 RPL 之间。

子组样本量的计算见式(10):

$$n = \left[\frac{(z_\alpha + z_\beta) \sigma_w}{R_{PL, U} - A_{PL, U}} \right]^2 \quad \dots\dots\dots (10)$$

对于不对称限制, 如第 7 章末尾, 见式(11):

$$n = \max \left\{ \left[\frac{(z_{\alpha, U} + z_{\beta, U}) \sigma_w}{R_{PL, U} - A_{PL, U}} \right]^2, \left[\frac{(z_{\alpha, L} + z_{\beta, L}) \sigma_w}{R_{PL, L} - A_{PL, L}} \right]^2 \right\} \quad \dots\dots\dots (11)$$

同时提供操作特性 OC 曲线的诺模图可以代替这些计算。计算和诺模图方法都很容易使用(见附录 A)。

8.1.2 定义参数 APL、 α 、 β 和 n

按照 8.1.1 中的规定选择 APL。可以在操作中指定子组样本量,也可以将其作为试验方案输入,进而产生对应的 RPL 和 β 值。如果这些结果不能令人满意,则可以重复该过程或使用其他组合中的一个,从而计算 n 。给定 APL、 α 和 n 值,计算方法见式(12)~式(15):

$A_{CL,U} = A_{PL,U} + z_{\alpha} \sigma_w / \sqrt{n}$ (12)

$A_{CL,L} = A_{PL,L} - z_{\alpha} \sigma_w / \sqrt{n}$ (13)

$R_{PL,U} = A_{CL,U} + z_{\beta} \sigma_w / \sqrt{n}$ (14)

$R_{PL,L} = A_{CL,L} - z_{\beta} \sigma_w / \sqrt{n}$ (15)

见 9.2 中的示例 2。图 4 显示了计算过程的流程图。

8.2 抽样频率

上面已经讨论了子组样本量与 α 和 β 风险之间的关系。在本部分中,抽样频率的确定将不进行处理。如果一个过程通常在可接收过程的区域内有着表现良好的固有变异性 and 水平移动的历史,当与稳定性较低的过程相比,抽样频率可能相对较低。在选择 α 值和 β 值时,在一定程度上考虑了错误决策的代价,但显然也与抽样频率有关。

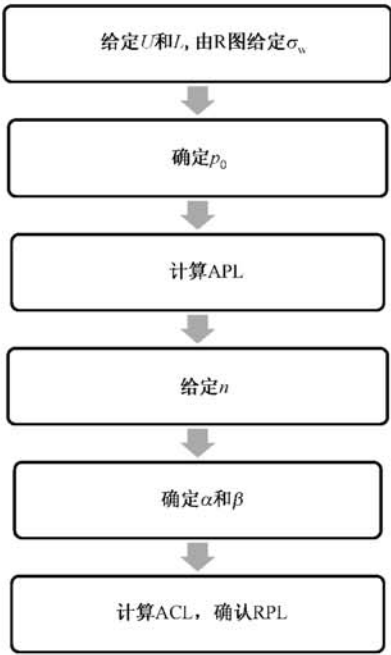


图 4 计算过程的流程图(定义参数 APL、 α 、 β 和 n)

9 示例

9.1 示例 1(见图 A.3 和图 A.4)

操作:用 10.0 cm³ ± 0.5 cm³ 溶液灌装瓶子。
测量:溶液的量;标准值为 10 cm³。

变异性:由于随机因素而产生的固有变异性被认为具有正态分布。过去的经验表明 $\sigma_w = 0.1 \text{ cm}^3$ 。

目标:如果灌装的瓶子在 $10.0 \text{ cm}^3 \pm 0.5 \text{ cm}^3$ 范围外的少于 0.1%,则最好接收操作员的设置。如果在 $10.0 \text{ cm}^3 \pm 0.5 \text{ cm}^3$ 范围外的瓶子数量超过 2.5%,则最好拒绝操作人员的设置。

以下数据用于计算 APL 和 RPL:

上规范限: $U = 10.5 \text{ cm}^3$;

下规范限: $L = 9.5 \text{ cm}^3$;

过程标准差: $\sigma_w = 0.1 \text{ cm}^3$ 。

正态分布 z 的临界值(切断等于规定的超出规范限的部分的尾部区域):

$z_{p_0} = 3.090$, 当 $p_0 = 0.001$;

$z_{p_1} = 1.960$, 当 $p_1 = 0.025$ 。

根据式(4)、式(5)和式(6)、式(7)可得计算结果:

$$\begin{aligned} A_{PL} & \begin{cases} U - z_{0.001} \sigma_w = 10.5 - 3.090 \times 0.1 = 10.191 \\ L + z_{0.001} \sigma_w = 9.5 + 3.090 \times 0.1 = 9.809 \end{cases} \\ R_{PL} & \begin{cases} U - z_{0.025} \sigma_w = 10.5 - 1.96 \times 0.1 = 10.304 \\ L + z_{0.025} \sigma_w = 9.5 + 1.960 \times 0.1 = 9.696 \end{cases} \end{aligned}$$

决定采用 5% 的 α 风险和 5% 的 β 风险 $z_\alpha = z_\beta = 1.645$, 这样, 根据式(8)、式(9)有:

$$\begin{aligned} A_{CL,U} &= A_{PL,U} + \left(\frac{z_\alpha}{z_\alpha + z_\beta} \right) (R_{PL,U} - A_{PL,U}) \\ &= 10.191 + 0.5 \times (10.304 - 10.191) = 10.248 \end{aligned}$$

和

$$\begin{aligned} A_{CL,L} &= A_{PL,L} - \left(\frac{z_\alpha}{z_\alpha + z_\beta} \right) (A_{PL,L} - R_{PL,L}) \\ &= 9.809 - 0.5 \times (9.809 - 9.696) = 9.753 \end{aligned}$$

根据式(10)可得子组样本量为:

$$\begin{aligned} n &= \left[\frac{(z_\alpha + z_\beta) \sigma_w}{R_{PL} - A_{PL}} \right]^2 \\ &= \left[\frac{(1.645 + 1.645) \times 0.1}{0.113} \right]^2 = (2.912)^2 = 8.480 \end{aligned}$$

将子组样本量修约至 $n=9$, 以确保风险不超过指定的 α 和 β 值。对结果的解释得出以下结论:

- 操作员的设置偏离名义水平 $\pm 0.191 \text{ cm}^3$ 或更少(这意味着会超出规范的瓶子不到 0.1%)肯定(95%或更高)会被接收。
- 操作员的设置偏离名义水平 $\pm 0.304 \text{ cm}^3$ 或更多(这意味着超出规范的瓶子将多于 2.5%)肯定(95%或更高)会被拒绝。
- 操作员的设置偏离名义水平超过 $\pm 0.191 \text{ cm}^3$, 但小于 $\pm 0.304 \text{ cm}^3$ 可能会也可能不会被拒绝。这些产品不是差到要被拒绝, 但也不够好到可以接收。它们在其设置的准确性方面代表了边界或“无差异”的质量。

9.2 示例 2(见图 A.5)

操作方式: 涂层工序。

测量: 涂层厚度。

变异: 在涂层上测量的窄纵向条带的固有变异性可以用涂层条带内的标准差来表示, $\sigma_w = 0.005 \text{ mm}$ 。

目标: 因为条带之间的均匀性比实际水平更重要, 所以当条带厚度的平均值与所有条带厚度的总平

均值的偏差小于 ± 0.008 mm,宜以小于 $\alpha=5\%$ 的被拒绝风险来接收。

为了方便操作,令子组样本量 $n=4$ 。于是,给出的参数 $\sigma_w=0.005$ mm。

$A_{PL,L}=-0.008$,当 $\alpha=0.05$, $z_\alpha=1.645$ 。

$A_{PL,U}=+0.008$,当 $\alpha=0.05$, $z_\alpha=1.645$ 。

根据式(13)可得下验收控制限是:

$$\begin{aligned} A_{CL,L} &= A_{PL,L} - z_\alpha \sigma_{\bar{X}} \\ &= -0.008 - 1.645 \times \frac{0.005}{\sqrt{4}} \\ &= -0.012 \end{aligned}$$

根据式(15)可得 β 风险为5%的相应的下拒收过程水平是:

$$\begin{aligned} R_{PL,L} &= A_{CL,L} - z_\beta \sigma_{\bar{X}} \\ &= -0.012 - 1.645 \times \frac{0.005}{\sqrt{4}} \\ &= -0.016 \end{aligned}$$

同理根据式(12)、式(14)可得:

$$\begin{aligned} A_{CL,U} &= A_{PL,U} + z_\alpha \sigma_{\bar{X}} = 0.012 \\ R_{PL,U} &= A_{CL,U} + z_\beta \sigma_{\bar{X}} = 0.016 \end{aligned}$$

对结果的解释得出以下结论:

- 涂层上的条带平均厚度与整个涂层平均厚度之差的绝对值小于或等于0.008 mm,则满足均匀性,将(以95%或更高的概率)被接收。
- 涂层上的条带平均厚度与整个涂层平均厚度之差的绝对值大于或等于0.016 mm,则均匀性不满足,将(以95%或更高的概率)被拒绝。
- 涂层上的条带,其平均厚度偏离整个涂层的平均厚度超过 ± 0.008 mm但小于 ± 0.016 mm,可能会也可能不会因缺乏均匀性而被拒绝。这代表厚度偏差没有小到可以被接收,也没大到肯定会被拒绝。

注意,如果认为0.008 mm~0.016 mm的“无差异域”太宽,可以通过使用更大的子组样本量来缩小。如果 $n=16$ 而不是 $n=4$,验收控制限为 ± 0.010 mm且RPL的值为 ± 0.012 mm。或者,如果不要一个较小的无差异域,就要求在获得均匀涂层方面做得更好,APL可以更接近名义值。例如,如果要求当偏差达到 ± 0.004 mm时以95%的概率接收,则子组样本量为4时,新的验收控制限将是 ± 0.008 mm且RPL的值为 ± 0.012 mm。

10 验收控制限系数

除了当 $\alpha=5\%$,APL位于目标水平的 $0.85\sigma_w/\sqrt{n}$ 内时,或当 $\alpha=1\%$,APL位于目标水平的 $0.67\sigma_w/\sqrt{n}$ 内时,验收控制界限系数是基于单尾正态分布概率的。这些值表示“严格”规范要求情况下的外界,需要在目标值的两侧适当划分 α 风险。详见表1:

- $\sigma_w/\sqrt{n}$ 的倍数:APL到目标水平的距离;
- $\sigma_w/\sqrt{n}$ 的倍数:在不同程度的双侧 α 风险中,ACL到目标水平的距离是APL距离和相应 z 分量的总和;
- APL的 p_a 值使用类似图A.1~图A.5的诺模图确定。

需要注意的是,当APL和目标值之差小于 σ_w 时,即对于“严格”规范的情形,验收控制图不适用。

表 1 验收控制限系数

$\alpha=5\%$				$\alpha=1\%$			
APL 和目标值的差值	z	ACL 和目标值的差值	p_a	APL 和目标值的差值	z	ACL 和目标值的差值	p_a
第 1 列	第 2 列	第 3 列 (第 1 列 +第 2 列)	第 4 列	第 5 列	第 6 列	第 7 列 (第 5 列 +第 6 列)	第 8 列
≥ 0.85	1.65	≥ 2.50	0.950	≥ 0.67	2.33	≥ 3.00	0.990
0.80	1.65	2.45	0.951	0.60	2.33	2.93	0.990
0.70	1.66	2.36	0.952	0.50	2.33	2.83	0.990
0.60	1.67	2.27	0.953	0.40	2.37	2.77	0.991
0.50	1.68	2.18	0.954	0.30	2.37	2.67	0.991
0.40	1.71	2.11	0.956	0.20	2.41	2.61	0.992
0.30	1.75	2.05	0.960	0.10	2.52	2.62	0.994
0.20	1.80	2.00	0.964	0.00	2.58	2.58	0.995
0.10	1.87	1.97	0.969				
0.00	1.96	1.96	0.975				
注：本表给出的控制限系数用于定位验收和控制限线，见下式： APL=目标值±(系数 ^a)× $\sigma_w/\sqrt{n}$ ACL=目标值±(系数 ^b)× $\sigma_w/\sqrt{n}$							
^a 使用第 1 列或第 5 列中适当的系数。 ^b 使用第 3 列或第 7 列中适当的系数。							

11 修正验收控制图

修正验收控制图是过程验收控制图的特例，其验收控制限可以根据其规范限来确定，见式(16)～式(19)：

$A_{PL\ U}=U-z_{p_0}\sigma_w$ (16)

$A_{PL\ L}=L+z_{p_0}\sigma_w$ (17)

$A_{CL\ U}=A_{PL\ U}+z_a\cdot\sigma_w/\sqrt{n}$ (18)

$A_{CL\ L}=A_{PL\ L}-z_a\cdot\sigma_w/\sqrt{n}$ (19)

以上所确定的验收控制限位于规范限内(确定过程类似于 9.1 中的示例 1)；但是，它不定义指定的拒收过程水平的 β 风险，也不提供确定子组样本量的规则。

附录 A
(规范性附录)
设计验收控制图的诺模图

A.1 概述

诺模图方法仅可用于设计验收控制图,此方法具有便于获得伴随 OC 曲线上的任何信息的优点。

A.2 过程均值 μ 验收控制图

在图 A.1 中给出了(近似地)正态分布过程的诺模图纸。给水平轴分配线性刻度,接收概率 p_a 为过程均值 μ 的函数,可以通过适当选择纵轴的概率刻度将任何 OC 曲线表示为直线。

单侧过程的原理如图 A.2 所示。OC 曲线由一条直线表示。对于 $\alpha=\beta$,验收控制限等于 μ 的值,接收概率 $p_a=0.5$ 或 50%。OC 曲线的斜率取决于所选择的水平轴和过程标准差 σ 的尺度,并与子组样本量 n 有关。这些参数之间的相互关系由与 OC 曲线平行的虚线表示。除了过程标准差 σ ,在设计中还有四个参数:

- a) 接收概率 $p_a=1-\alpha$ 的可接收过程水平: $\mu_{APL}=A_{PL}$;
- b) 接收概率 $p_a=\beta$ 的拒收过程水平: $\mu_{RPL}=R_{PL}$;
- c) 验收控制限: $\mu_{ACL}=A_{CL}$;
- d) 子组样本量: n 。

如果给出这四个参数中的任意两个,其余两个参数可以推断。下面的示例详细说明了这些过程。

示例 1:

(见图 A.3 和图 A.4)给出:

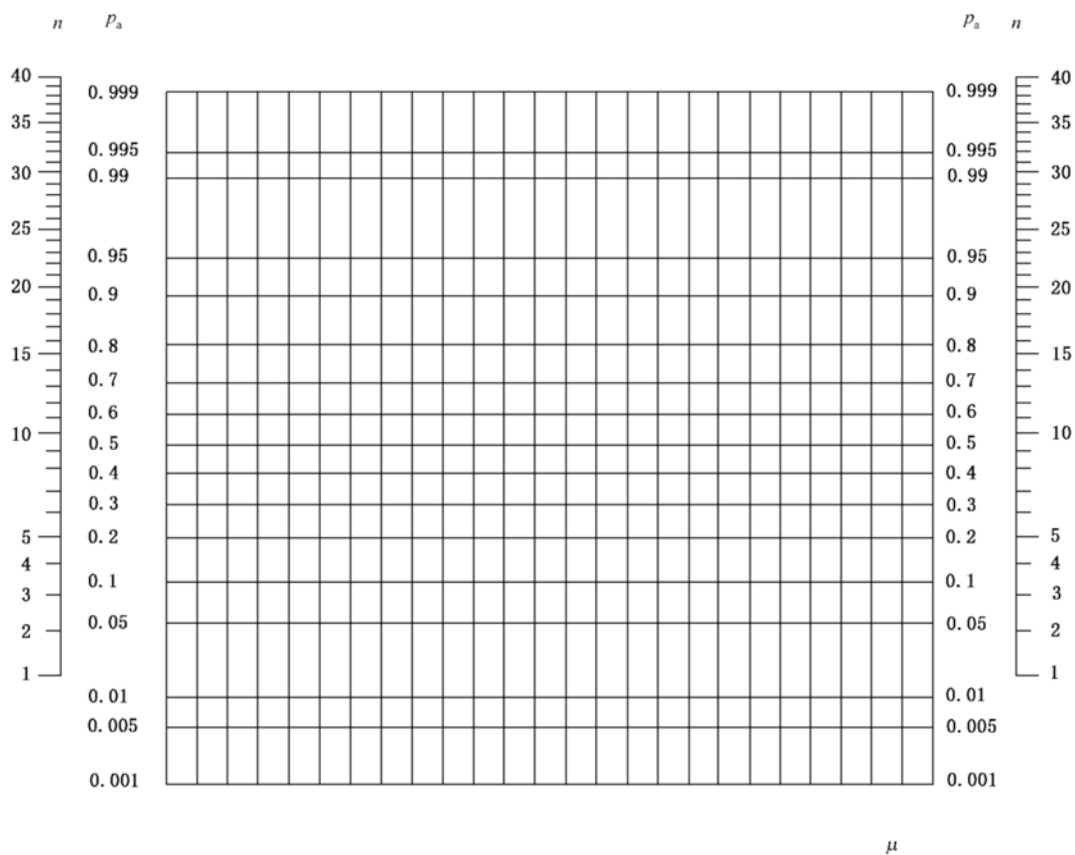
APL 相应的 $p_a=1-\alpha$ 。

RPL 相应的 $p_a=\beta$ 。

示例 2:

(见图 A.5)给出:

APL 相应的 $p_a=1-\alpha; n; \sigma$ 。



说明：

p_a ——接收概率；

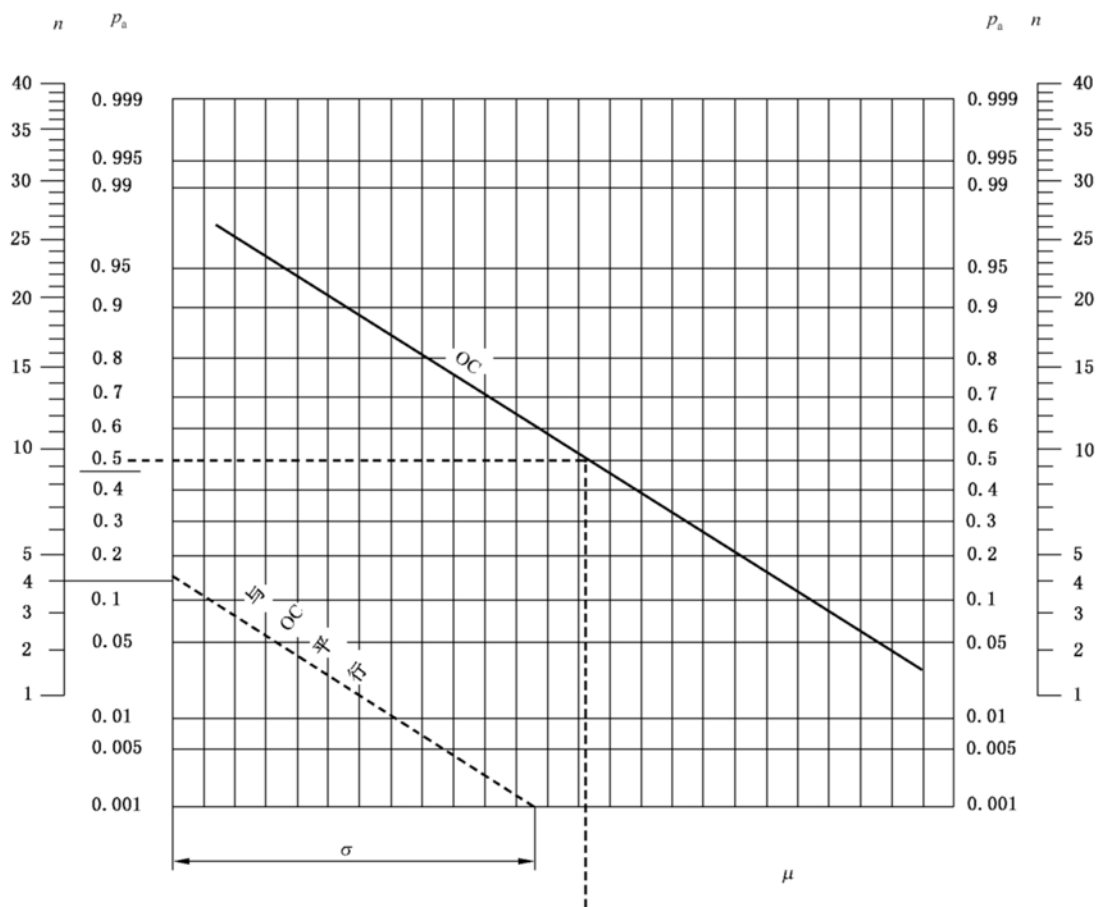
μ ——过程均值；

n ——子组样本量；

σ ——标准差(固有变异性)。

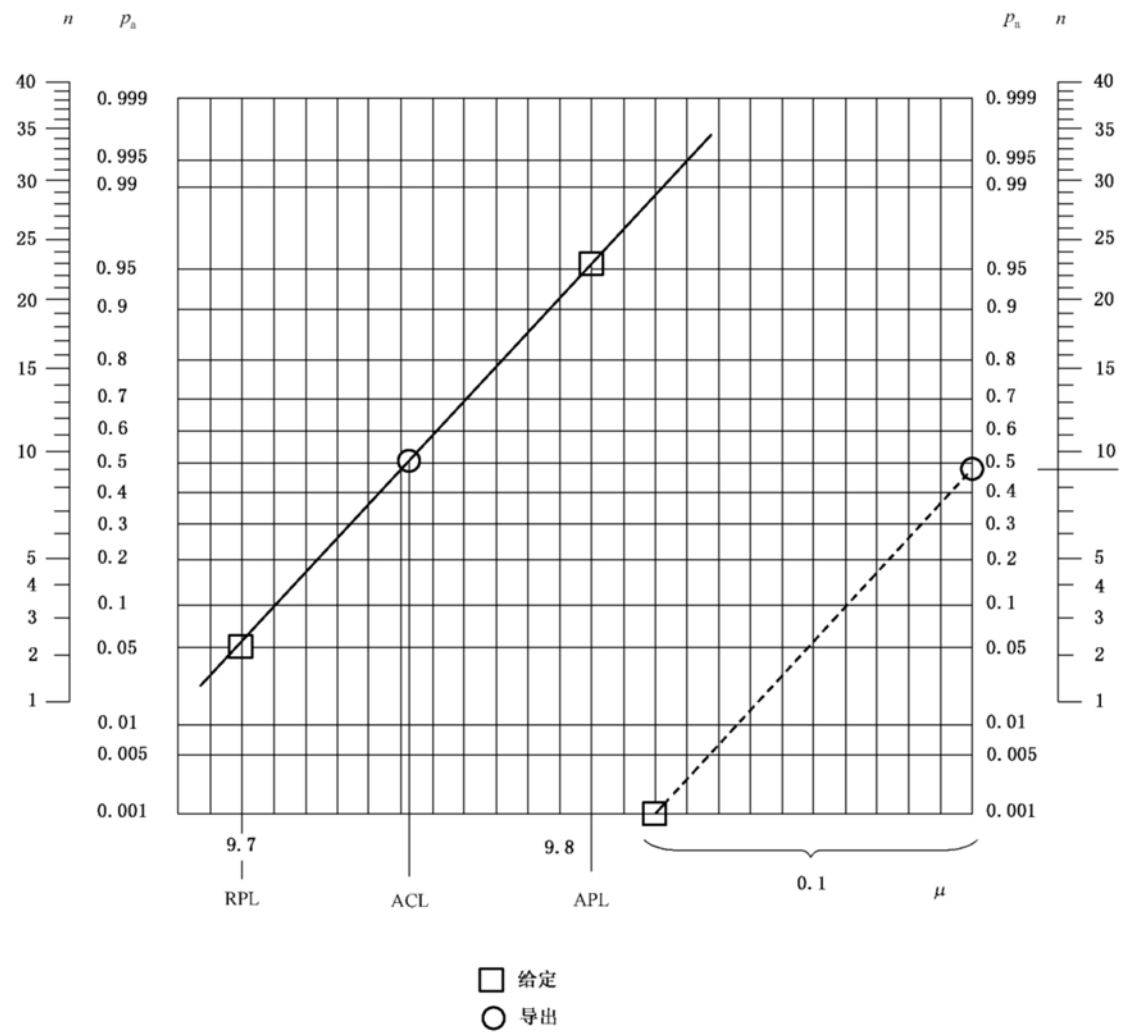
$p_a = p_a(\mu)$ 。

图 A.1 用于验收控制图设计的诺模图纸



说明：
 p_a ——接收概率；
 μ ——过程均值；
 n ——子组样本量；
 σ ——标准差(固有变异性)。
 $p_a = p_a(\mu)$ 。

图 A.2 验收控制图设计——单侧方法



说明:

p_a ——接收概率;

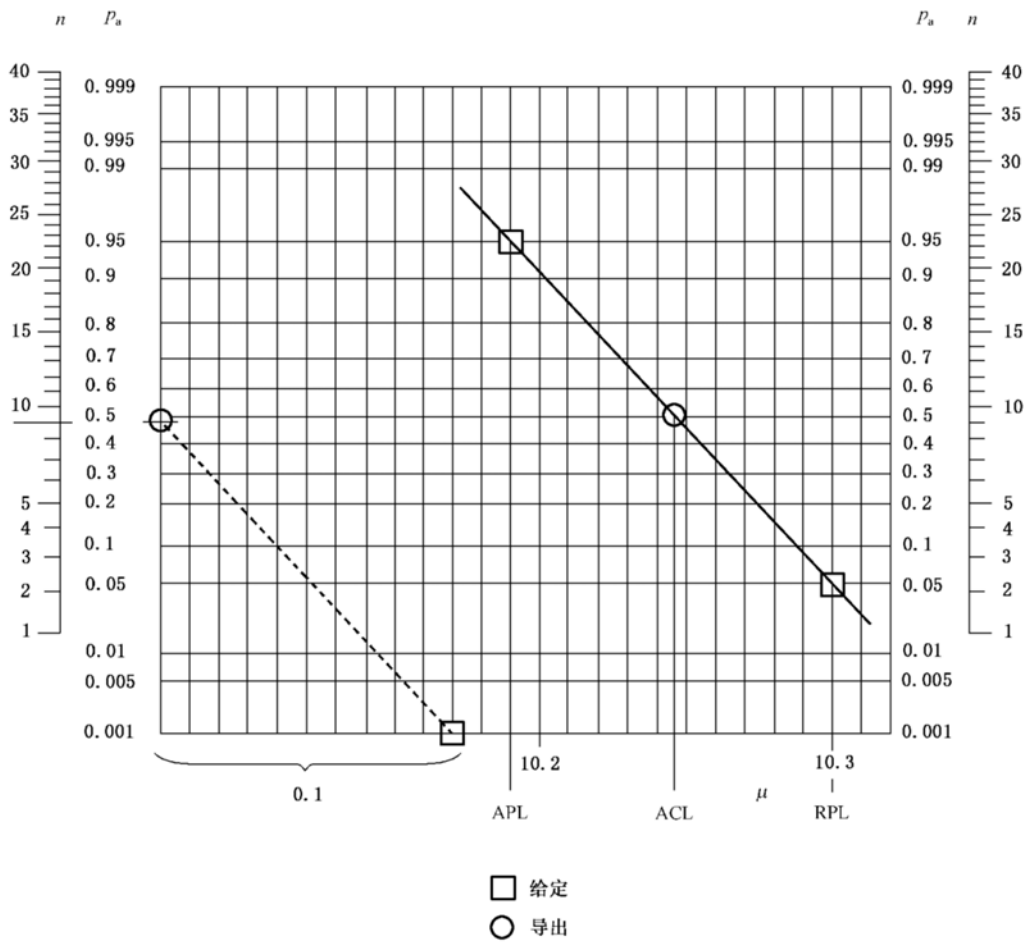
μ ——过程均值;

n ——子组样本量;

σ ——标准差(固有变异性)。

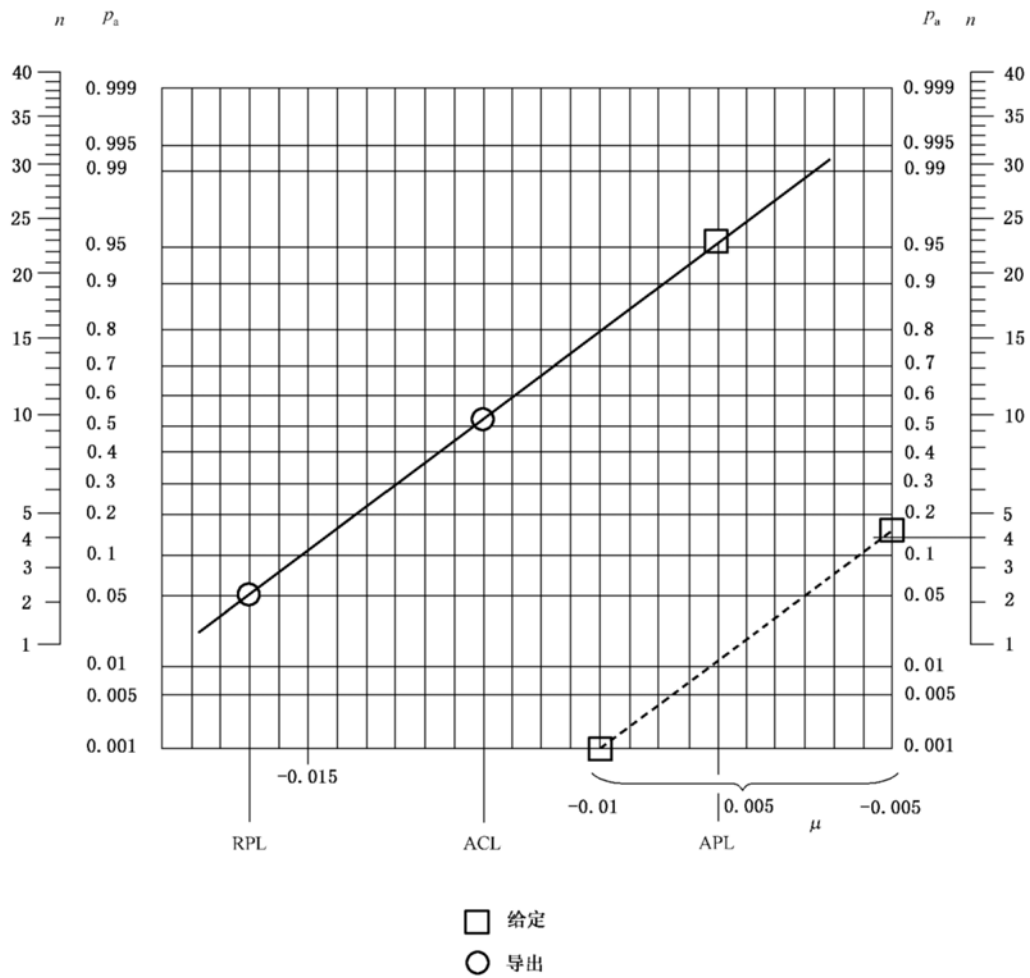
$p_a = p_a(\mu)$ 。

图 A.3 验收控制图设计——示例 1(导出 ACL_L)



说明：
 p_a ——接收概率；
 μ ——过程均值；
 n ——子组样本量；
 σ ——标准差(固有变异性)。
 $p_a = p_a(\mu)$ 。

图 A.4 验收控制图设计——示例 1(导出 ACL_U)



说明：

p_a ——接收概率；

μ ——过程均值；

n ——子组样本量；

σ ——标准差(固有变异性)。

$p_a = p_a(\mu)$ 。

图 A.5 验收控制图设计——示例 2

参 考 文 献

- [1] GB/T 17989.2 控制图 第2部分:常规控制图
 - [2] GB/T 17989.4 控制图 第4部分:累积和控制图
 - [3] Belz, M. H. Statistical Methods for the Process Industries, John Wiley & Sons, New York, 1973.
 - [4] Duncan, A.J. Quality Control and Industrial Statistics, 5th Edition, Richard D. Irwin, Inc., Homewood, IL, 1986.
 - [5] Freund, R.A. Acceptance Control Charts. Industrial Quality Control, 14(4), October 1957.
 - [6] Freund, R.A. A Reconsideration of the Variables Control Chart. Industrial Quality Control, 16(11), May 1960.
 - [7] Rickmers, A.D. and TODD, H.N. Statistics, An Introduction, McGraw-Hill Book Co., New York, 1967.
 - [8] Shewhart, W.A. Economic Control of Quality of Manufactured Product (originally D. Van Nostrand Co., Inc., New York, 1931), republished by American Society for Quality Control, Inc., Milwaukee, WI, 1980.
-