

设备可靠性试验 总要求

Equipment reliability testing
General requirements

UDC 621.3-192
.001.4:001.5
:519.2
GB 5080.1-86
IEC 605-1-1978

前言

《设备可靠性试验》整套标准规定了设备可靠性验证试验及测定试验的程序。整套标准由下列部分组成：

- GB 5080.1-86 设备可靠性试验 总要求
- GB 5080.2-86 设备可靠性试验 试验周期设计导则
- GB 7288-87 设备可靠性试验 推荐的试验条件
- GB 5080.4-85 设备可靠性试验 可靠性测定试验的点估计和区间估计方法（指数分布）
- GB 5080.5-85 设备可靠性试验 成功率的试验方案
- GB 5080.6-85 设备可靠性试验 恒定失效率假设的有效性检验
- GB 5080.7-86 设备可靠性试验 恒定失效率假设下的失效率与平均无故障时间的验证试验方案。

整套标准的使用者可以选用其中最适用的程序。

1 引言

本标准等同采用IEC 605-1（1978）《设备可靠性试验 第1部分：总要求》。

本标准提供了设备可靠性验证试验和测定试验的总的原则，并推荐了具体的程序。本标准所陈述的这些原则适用于电子、机电及机械的所有设备。本标准所用术语“设备”一词，既可能指设备也可能是指系统。

本标准所规定的试验一般不能用来代替通常的试验，如鉴定试验、功能试验及环境试验。应该指出，设备可靠性试验仅仅是可靠性计划中的一个组成部分，其目的在于加强新设备在设计、研制及生产阶段的可靠性保证。

验证试验及测定试验的概念定义如下：

可靠性验证试验* 验证设备可靠性特征值是否符合其规定的可靠性要求的试验。

可靠性测定试验* 测定设备可靠性特征值的试验。

注：通过对有效数据的分析也可以确定设备的可靠性特征值。

可靠性验证试验通常是订货方接收设备的条件之一。在没有专门规定可靠性要求时，测定试验通常是用来提供数据的。

设备可靠性试验可以是实验室试验或现场试验。它们的概念定义如下：

实验室可靠性试验**：是一种在规定的受控制的工作及环境条件下进行的可靠性验证试验或测定试验。其工作及环境条件既可以模拟也可以不模拟现场条件。

* 见GB 3187-82《可靠性基本名词术语及定义》。

** 见GB 3187-82《可靠性基本名词术语及定义》。

现场可靠性试验* 是一种在现场进行的可靠性验证试验或测定试验。现场的工作环境、维修及测量条件需加以记录。

就设备可靠性试验来说, 实验室可靠性试验的条件应与已知的使用条件相当, 而且应规定和控制维修条件。

在设备合同或设备的产品标准中究竟是否要规定对设备进行可靠性试验, 取决于很多因素, 其中最主要的是:

- a. 设备的有关履历;
- b. 设备可靠性低劣在安全和经济方面所造成的后果;
- c. 可靠性试验的费用;
- d. 可靠性试验所需的时间;
- e. 通过可靠性试验以外的措施获得可靠性保证的可能性;
- f. 能否取得代表性样品。

不能仅仅依据形式上达到接收或拒收判决就对可靠性验证试验做出最后的结论。应对可靠性试验过程中观测到的每一个失效的原因和后果进行详细的分析, 并且研究采取有效的矫正措施的可能性。

可靠性增长(或改进)计划中所进行的可靠性试验的目的主要是提高设备的可靠性。要达到这个目的就必须不断地对失效进行分析, 并且对受试设备采取改进措施。因此, 无论什么时候只要有理由认为设备的可靠性还达不到要求, 就必须对设备进行可靠性增长试验, 然后再进行可靠性验证试验或测定试验。

在将可靠性验证试验或测定试验结果推延到下列场合时, 应采取特别慎重的态度:

- a. 其它设备母体;
- b. 与试验条件不同的环境条件;
- c. 工作时间比试验期间的工作时间更长时。

不过, 由于大多数设备使用环境的复杂性和可变性, 不可能针对每种情况在实验室可靠性试验数据与实际使用经验数据之间建立精确的关系。

本标准附录A提供的流程图对可靠性验证试验的准备与实施进行了全面介绍。

2 目的

本标准的目的是为进行设备可靠性试验提供推荐的方法和程序, 内容包括:

- a. 如何确定设备的可靠性要求(对验证试验);
- b. 怎样选择可靠性试验的试验条件;
- c. 如何制订详细的可靠性试验方案;
- d. 怎样进行实验室及现场可靠性试验;
- e. 如何估价可靠性试验数据;
- f. 如何填写可靠性试验报告。

3 推荐方法的适用性

本标准推荐的方法适用于:

- a. 设备合同规定的定量的可靠性要求必须用可靠性验证试验进行验证的情况;
- b. 设备的产品标准中有可靠性要求而且必须用可靠性验证试验进行验证的情况。
- c. 当设备制造厂、试验单位或用户打算对就设备的特殊类型或应用所做可靠性测定试验的可靠性数据进行确认时。

虽然这些方法主要用于电子设备, 但也适用于其它设备和系统包括电气、机电、机械、气动和液

* 见GB 3187—82《可靠性基本名词术语及定义》。

压装置，且不论在使用和试验过程中这些设备是否被修复。这些方法也适用于寿命有限的装置。

这些方法适用于设备的任何一个或几个阶段：研制（样机）、试生产、批量生产及现场使用。这些试验可以列入初始鉴定程序（设计定型）、重新鉴定程序（生产定型）以及正常生产过程（批量生产）的验收程序*。这些试验方法适用于实验室试验及现场试验。

当设备可靠性用下述可靠性特征表示时，这些方法是适用的：

- a. 失效率、平均无故障工作时间、首次失效前平均时间、失效前或失效间时间分布的其它参数；
- b. 在规定时间间隔内或工作（试验）次数内的成功率。

这种适用性不受任何具体的失效前时间分布的限制。

本标准中凡是用到“时间”这个变量的地方都可以转换为距离、循环数或其它适用的量或单位。

本标准与设备的有关合同或产品标准有矛盾时应以后者为准。

4 定义及引用文件

本标准没有明确定义的术语的含义应以GB 3187—82《可靠性基本名词术语及定义》为准。其它引用标准如下：

GB 2421~2424—81《电工电子产品基本环境试验规程》（其中有关的）；

GB 6992—86《可靠性与维修性管理》；

GB 5081—85《电子产品现场工作可靠性、有效性和维修性数据收集指南》。

5 可靠性验证试验的要求和方法

5.1 可靠性要求

某一设备的工作可靠性要求应从整个系统考虑加以确定并以便于应用的指标**来表示。这些要求应涉及到使用条件的所有范围（包括工作、环境及维修条件）及保持设备良好性能的整个时间范围。

就验证试验来说，设备的可靠性要求应在有关试验条款中加以规定并力求使试验得出的可靠性特征值与实际使用条件下的可靠性特征值之间达到一致。然而，必须了解实现试验与使用可靠性的完全一致是困难的。当可靠性要求需经试验证实时，实际使用条件下的可靠性要求总是被转换为适用于可靠性验证试验的要求。

5.2 可靠性验证试验的要求

对设备可靠性验证试验的任何要求均应包括或硬性规定在设备合同或设备的产品标准中。

这些要求应非常全面地规定可靠性验证试验的所有特殊细节。当按本标准拟订设备可靠性验证试验方案时，下列内容应予考虑：

5.2.1 受试设备及试验种类

- a. 受试设备的商标、型号；
- b. 实施试验的类型：实验室试验或现场试验，见5.3条；
- c. 从中抽取试验样品的设备母体，如果需要还应规定抽取受试设备的专用程序，见7.1条。

5.2.2 可靠性特征及统计试验方案

- a. 适用的可靠性特征及接收值的规定

当可靠性特征是指一个系统的可靠性特征，并且是由分别验证的各单元***的可靠性特征推导出来时，应规定所采用的推导程序并应包括适当的可靠性方框图。

- b. 采用的验证试验方案

* “设计定型”、“生产定型”、“批量生产”系结合我国情况增加的。

** 原文为terms。

*** 原文为sub units，此处应为单元，包括分单元。

所用方案最好从GB 5080.5—85, GB 5080.7—86或其它有关标准中选择, 见第7章。

c. 分布假设有效性的检验 (如有需要)

拟采用的有效性检验和可能的风险考虑见7.2.2款及GB 5080.6—85, GB 5080.7—86或有关标准。

5.2.3 试验条件和试验周期*

- a. 工作及环境试验条件包括负载、电源条件以及实际操作, 见8.2条和第11章。
- b. 试验期间采用的预防性维护, 见8.3条和第11章。
- c. 上述a和b项的组合及顺序即为试验周期, 见8.1条。

5.2.4 受试设备的性能与失效

- a. 试验过程中功能参数的监测及受试设备的失效判别, 见9.1和9.2条。
- b. 需要立即作出拒收判决的失效类别, 见9.4.1款。
- c. 应计入受试设备非相关失效的失效类别, 见9.3条。
- d. 相关试验时间的确定, 见9.5条。
- e. 每个受试设备的最小和(或)最大相关试验时间或工作次数, 见9.5条。

5.2.5 试验前的准备和故障检修

- a. 可靠性试验前, 受试设备的测试、调整、校准及老练, 见7.1条和10.1条。
- b. 采用的故障检修程序, 包括任何允许的失效部件、零件(元件)等的更换, 见10.2条。

5.3 可靠性验证试验的方法

设备可靠性试验开始之前, 应制订一个详细的可靠性试验方案, 其内容包括:

- a. 可靠性验证试验的要求(见上述5.2条), 对于特殊的受试设备应详细规定;
- b. 对环境试验装置、监测设备、维修设施及试验程序控制等试验设施提出相应的要求或项目

表;

- c. 进行试验的程序以及当受试设备和试验设施失效时应采取的措施;
- d. 试验报告的要求以及根据试验判决应采取的措施。

详细的可靠性试验方案或设备的产品标准中应包括的内容(清单)**见第13章。

设备可靠性试验可以是实验室试验或现场试验。

实验室试验的优点是: 试验条件可以限定和控制, 其试验结果具有再现性和可比性。此外, 能更好地控制受试设备性能的监测和失效显示。在很多情况下, 实验室试验条件可以更准确地按照使用的极限条件来设计。实验室试验还可以及早对试验做出判决和发现问题, 因而可以更及时地采取纠正措施。

在某些情况下, 现场试验可以提供更现实的试验结果而只要较少的试验设施。现场试验的直接费用往往要比相应的实验室试验费用低。受试设备可以按正常条件工作。然而, 现场试验不可能在严格受控的条件下进行, 这是它最大的缺点。现场试验的再现性一般也不如实验室试验好。

就可靠性试验的要求和实施来说, 实验室试验和现场试验方法是很相似的。第11章指出了现场可靠性试验应专门考虑的问题。

6 可靠性测定试验的要求和方法

在可靠性测定试验中, 所关心的可靠性特征估计值是从试验观测值的分析中得出来的。应该规定适用的可靠性特征。

可靠性测定试验的试验条件、受试设备性能、试验观测及试验程序的概念与可靠性验证试验是相同的, 因此5.2.1, 5.2.3, 5.2.4和5.2.5款中的要求都是适用的。由于测定试验没有预定的定量的可

* 原文为test cycle。

** 原文为A check-list of items。

靠性要求,所以5.2.2款不适用。

和验证试验一样,应该制定一个详细的可靠性试验方案。既可采用实验室试验也可采用现场试验,见5.3条。

可靠性测定试验结果的估算方法在7.4条中叙述。如果早期试验或现场观测的数据足够完整、十分准确和适用,也可通过对它们的分析来确定设备的可靠性特征值。

7 受试设备的抽样和统计试验方案

因为可靠性特征具有统计性质,所以可靠性试验的试验方案必须以统计原理为基础。

当可靠性指标为平均无故障工作时间、(平均)失效率或其它分布参数时,应将试验作为一个时间试验来完成,并在试验过程中观测失效前的相关时间。应作出一个失效前时间分布的假设。(见GB 5080.6—85, GB 5080.7—86和有关标准)。

当可靠性指标为成功率时,可靠性试验只是对试验及失效次数或受试设备总数及失效设备数进行计数和统计处理。

7.1 母体和受试设备的抽样

设备可靠性试验适用于下述任何产品:

- a. 研制的模型或样机;
- b. 试生产批;
- c. 批量生产。

母体必须在本质上是同一的,也就是说设备是以相同的方法、在同样条件下生产的,以使可靠性试验具有代表性。在某些情况下,母体设备数可以是1。

受试设备必须从所代表的母体中随机抽取。详细的可靠性试验方案应规定相关的母体及抽取受试设备的某些专用程序。如果认为合适,可以由订货方或独立的试验单位抽取样品。

受试设备的任何老练或其它预处理应力(例如装卸或运输)应与可交付使用的所代表的母体设备所承受的应力相等。

7.2 基本分布

在本标准中与可靠性试验有关的随机变量是:

- a. 连续型随机变量:具有指数、威布尔或正态类型的基本连续分布的失效前时间或失效间时间。
- b. 离散型随机变量:具有一个二项式类型的不连续分布的失效数或失效产品数。

如果其它分布的有效性得到证实也可以采用。

7.2.1 分布假设的选择指南

本款阐述本标准所采用分布的技术内容。

7.2.1.1 连续分布

如果随机变量是失效前时间或失效间时间,则应考虑采用下列分布:

指数分布:用于失效率为恒定值时。对许多设备来说,在早期失效期(失效率下降)之后及耗损失效期(失效率上升)之前,设备处于一个恒定失效率期间。通过设备预防性维护或故障检修所进行的一系列部件、零件(元件)更换而达到稳定后,即使某些部件、零件(元件)的失效率是增长的,设备也可能有一个近似恒定的失效率。

威布尔分布:用于失效率是上升或下降的时候。复杂设备的失效率可能是下降的,但具有耗损机理的设备和不可修复的贮备单元比较多的设备的失效率却是上升的。因此,威布尔模型应用在很多场合下是成功的。然而就统计方法来说,这种模型不如指数分布和正态分布应用得那么广泛。

正态(高斯)分布:当失效前时间近似于高斯分布,失效率上升时使用。尽管这种分布可以用选择适当参数的威布尔分布来近似地代替,然而还是采用正态分布要优越得多。因为很多可以利用的统计方法都是以正态分布假设为基础的。

7.2.1.2 有关成功率的不连续分布

当受试设备或试验按失败或成功来分类时，就用成功率作为可靠性特征。

GB 5080.5—85规定的试验方案采用二项式分布确定子样大小和工作特性曲线。

7.2.2 失效前时间或失效间时间分布的初始假设

对设备来说，除非有充分根据的分析或工程鉴定证实可以选择任何别的分布，初始假设应是指数分布（恒定失效率），见7.2.1款。

任何其它分布假设都必须以可靠性试验之前所做的可靠性研究或分析作为根据。假设估计可在设备的设计和研制过程中进行或根据某一设备的经验数据来进行。如果不是指数分布，则详细的可靠性试验方案应该规定假设的分布。

当详细的可靠性试验方案要求对分布初始假设的有效性进行检验时，应采用GB 5080.6—85或有关标准所述的方法。有效性检验可以用与可靠性试验相同的数据作为根据。

7.3 可靠性验证试验的方案

7.3.1~7.3.4款的内容是叙述根据规定的可靠性特征值决定设备的接收或拒收时所采用的统计试验方案。试验开始前应确定所有接收和拒收的规则并在详细的可靠性试验方案中规定所采用的试验方案。

7.3.1 适用于恒定失效率假设的失效率和平均无故障工作时间的试验方案

对以指数分布描述的恒定失效率应该从GB 5080.7—86选择一个试验方案。这些试验分为试验中失效设备有替换或无替换的下列两种基本类型：

a. 截尾序贯试验：在试验期间，对受试设备进行连续地或短间隔地监测并将累积的相关试验时间和相关失效数与确定是否接收、拒收或继续试验的判据进行比较。

b. 定时或定数截尾试验：在试验期间，对受试设备进行连续地或短间隔地监测，累积相关试验时间直至或超过预定的相关试验时间（接收）或发生了预定的相关失效数（拒收）。

选择试验方案类型的指南：

图1是具有相同风险率的截尾序贯试验与定时或定数截尾试验之间的对比。由该图可以确定这两种方案的某些优缺点。另外，图2表明对这两种基本方案来说，作出判决所要求的总的累积相关试验时间基本上是设备真实的平均无故障工作时间的函数，其理由是显而易见的。

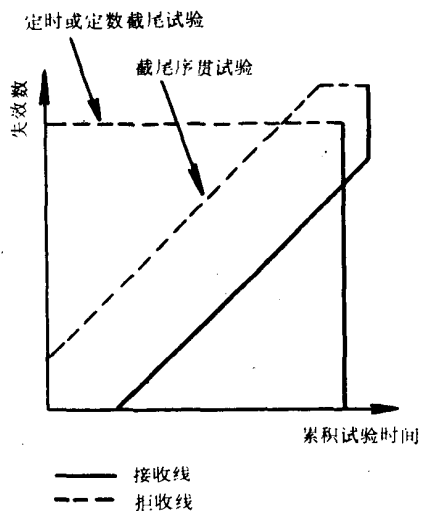


图 1

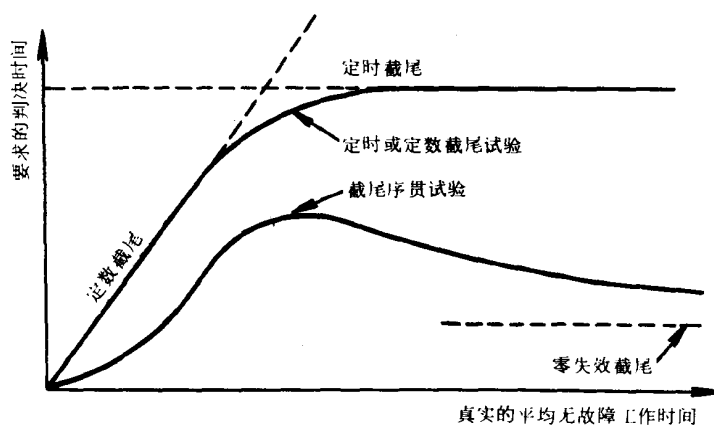


图 2

注：时间刻度见GB 5080.7—86。

两种基本类型的试验方案在经济和管理方面的优缺点如下：

截尾序贯试验

优点：

- 作出判决所要求的平均失效数最少；
- 作出判决所要求的平均累积试验时间最少；
- 这种试验的累积试验时间和失效数有固定的最大值。

缺点：

- 失效数及与之有关的受试设备费用的变动幅度比类似的定时或定数截尾试验大，从而带来许多安排受试设备、试验设施和人力的管理问题；
- 最大累积试验时间和失效数可能会超过相当的定时或定数截尾试验。

定时或定数截尾试验

优点：

- 最大累积试验时间是固定时，因此试验之前就可以确定试验设施和人力的最大需要量；
- 在试验之前确定了最大失效数，因此在没有修复或更换的情况下能够确定受试设备的最大数量；
- 其最大累积试验时间比类似的截尾序贯试验时间短。

缺点：

- 平均失效数和平均累积试验时间将会超过类似的截尾序贯试验；
- 无论设备好坏都要达到最大累积试验时间或失效数才能作出判决，而类似的截尾序贯试验作出这种判决就要快一些。

7.3.2 适用于非恒定失效率的试验方案

失效率上升或下降的设备的试验方案从有关标准中选择。如果设备的失效率是上升的，而且失效前时间的分布近似于正态分布，则从相应的标准中选择试验方案。

7.3.3 适用于成功率的试验方案

当可靠性特征是成功率时，试验可以采用下列任何一种：

- 固定试验次数或设备数的试验；
- 截尾序贯试验。

成功率的可靠性验证试验方案见GB 5080.5—85。

7.3.4 与试验有关的风险

造成判决错误的原因可能是很多的，其主要原因包括：抽取受试设备的方式，分布假设的选择以及使用方和生产方的统计判决风险。

7.3.4.1 与抽取受试设备有关的风险

对抽取受试设备的母体的选择通常是根据预定计划、设备的产品标准和经济来考虑的。一般不可能定量地估计出由于母体选择不当所造成的风险。

为了在批量生产中能及早作出判决，实际上经常用研制或试生产样机进行可靠性验证试验。但由于研制和试生产样机尚不成熟，可靠性还需增长，会导致不适当的拒收判决，因而它们往往又不能代表批量生产的产品。

受试设备（子样）应尽可能地代表其母体，以便能提供关于母体的资料或判决。为保证这种代表性必须随机抽取受试设备。对母体内部不一致和母体中某一部分不能被样品代表所造成的风险是不能作出定量估计的。

7.3.4.2 错误使用连续分布假设所造成的风险

7.2.2款介绍了一种恒定失效率的初始假设。鉴于这种假设不一定适合所有的设备，所以有必要检查当设备为恒定失效率假设，而实际具有下降或上升失效率时所造成的后果。

一般来说，如果每一台设备的实际试验时间少于设备真实的平均无故障工作时间，则失效率为下降的设备通过可靠性验证试验的概率将低于假设它为恒定失效率时的概率。同样，失效率为上升的设备通过可靠性验证试验的概率将高于假设它为恒定失效率时的概率。后一种情况将导致由于可靠性水平较低而长时期不能接收的设备被接收。

7.3.4.3 判决风险

如果设备具有可接受的规定的可靠性特征值，则生产方风险就是拒收概率。

如果设备具有不能接受的规定的可靠性特征值，则使用方风险就是接收概率。

为了尽量减小设备的拒收概率，生产方就必须保证设备的可靠性特征值优于规定的可接受值。

试验方案中的工作特性曲线清楚地表明了判决风险。在对这些风险与为了降低风险而进行额外试验所需费用以及其它因素如受试设备、试验设施及可用时间等之间进行权衡之后，生产方和使用方能够共同选定所做试验的判决风险。

整套标准的有关分标准给出了每一可靠性验证试验方案的工作特性曲线。如果对一台设备的各个单元* 单独进行验证试验，则对整个设备造成错误接收或拒收判决的风险要比整个设备进行一次试验时高。

7.4 可靠性测定试验的方案

在没有定量地规定可靠性要求时，可以通过可靠性测定试验来评定一台设备所达到的可靠性水平。统计地分析试验所获得的数据，可以估算出设备的可靠性特征值。如果需要，还可以确定一个该点估计值周围的置信区间。这个置信区间包括未知的具有一定概率（即置信度）的真实的可靠性特征值。

7.4.1 可靠性特征值的估算方法

假定设备具有指数分布描述的恒定失效率，以时间为变量的可靠性测定试验可以在经过规定的相关试验时间或达到规定的相关失效数之后结束。无论有无失效设备的修理或替换，都可以通过试验得到失效率、失效前平均时间及平均无故障工作时间的点估计值和置信区间。

若假设为威布尔、正态分布可用图解法，在某些情况下则可以用算法处理观测值以确定分布参数的点估计值及置信区间。

成功率的点估计值和置信区间可以通过固定试验次数或设备数的试验来得到。每次试验结果不是成功就是失败。在这种情况下，对观测值的处理以二项式分布为依据，但对大量的失效来说则是以正态分布为依据的。

* 原文为sub-units，此处应为单元，包括分单元。

上述确定点估计值和置信区间的推荐方法见GB 5080.4—85。

7.4.2 累积试验

如果可靠性测定试验是将一些设备投入没有规定预定截尾程序的试验,则根据累积试验时间和失效数能在任何时刻估算出可靠性。

对服从指数分布的恒定失效率来说,不必把所有设备同时投入试验或在同一时期内进行试验。可把各个时期内的试验结果收集起来,用这些累积结果计算出点估计值和置信区间。置信区间可用与7.4.1款中定时截尾试验相同的程序求出。

就成功率来说,总是可以用累积的试验结果计算出点估计值和置信区间的。

7.4.3 与试验有关的风险

与点估计值和置信区间有关的误差产生的原因与7.3.4.1和7.3.4.2项所讨论的验证试验风险产生的原因相似。

8 试验条件

本标准采用的试验条件涉及到除受试设备本身固有特性以外的可能影响到受试设备失效发生与否的任何因素或作用。试验条件包括工作条件、环境条件及预防性维护。

试验期间的故障检修在第10章,现场试验的试验条件在第11章中详述。

8.1 选择试验条件的一般考虑

在选择设备可靠性试验条件时,应考虑下列主要因素:

- a. 要求或进行可靠性试验的基本理由;
- b. 预期的设备使用条件的变化;
- c. 使用条件中的不同应力因素引起失效的可能性;
- d. 不同试验条件下相应的试验费用;
- e. 可供使用的试验设施;
- f. 可利用的试验时间;
- g. 随试验条件变化的预计的可靠性特征值。

如果试验的目的是为了证明设备可靠性不低于某一等级,该等级,譬如说,从安全角度看可能是临界的,则试验条件决不能排除任何重要的最严酷的使用条件;如果为了证明或确定设备在正常使用条件下的可靠性水平,例如为了制订最佳维修方案,则试验条件应高度逼真并能代表典型的使用条件;如果试验目的在于用合理的有区别的试验结果比较一种设备的不同型式,则具有重现性的接近于极限使用应力水平的试验条件是最根本的。在任何情况下,各种应力因素的严酷度不得超过设备规定的所能承受的极限应力值。

在试验过程中,如果必须考虑多种工作条件、环境条件和维修条件时,则试验条件一般是一个适当的试验周期的周期性重复。详细的可靠试验方案中应该有一个试验周期图,用以表明试验周期中工作、环境和预防性维护条件的存在、持续时间、时间间隔及它们之间的相互关系。

试验周期的持续时间要短到不会对试验结果产生实质性影响,但同时要长到足以使规定的试验条件能达到稳定。在恒定失效率情况下,按累积相关试验时间计试验周期应小于 $0.2m_0$ 。 m_0 为规定的可接受的平均无故障工作时间,或与平均无故障工作时间相当的可靠性特征的可接受值(也可参看9.1.3款)。

只要有可能,试验条件(及典型的试验周期)应从GB 7288—87推荐的种类中选择。对于GB 7288—87中没有的应用情况,则根据GB 5080.2—86的原则设计一个合适的试验周期。

8.2 工作和环境试验条件

只要有可能,工作和环境试验条件应包括实际现场使用中主要的工作和环境条件。

通常情况下,不得采用比现场使用更高的应力等级来进行加速试验,对于可靠性特征主要取决于工作循环数的设备,为了压缩日历时间可以考虑采用加速工作试验条件的方法。

下列工作条件，在详细的可靠性试验方案中应予说明：

a. 功能模式

复杂的设备可能具有若干种规定的和不同的功能模式，现场实际使用中的设备工作情况确定每种模式所占用时间的百分比，也确定从一种模式转换为另一种模式的方式。实现转换可以由操作者直接控制，也可以靠程序信号自动控制。

具有多种工作模式的设备举例：一台民用无线电设备可以作为一台甚高频接收机或者作为一台音频放大器；一台测量设备可以作为一台数字电压表或者作为一台计数器；一个雷达系统可以由人工控制也可以自动跟踪。

b. 输入信号

在确定对输入信号特性的要求时，应规定可能影响受试设备工作的所有可测信号参数的可接受容差。这个要求对复杂的测试设备接口尤其重要，有了它才能区别是受试设备失效还是测试设备失效。

c. 负载条件

电负载和机械负载一般是施加在受试设备上的应力的重要组成部分，因此必须慎重地加以规定。电负载可以用输入阻抗和某一瞬变特性表示。机械负载可以是静态的或是动态的。受试设备的实际功率输出作为负载条件之一必须在试验中加以规定和应用。

d. 设备的实际操作

操作人员往往需要模拟现场使用的实际操作。反之，过分的不受控制的操作会给受试设备施加额外的应力。详细的可靠性试验方案中应规定这些要求和限制。

e. 能源*

应该规定所要求的外部电源特性，如电压、频率、波形、瞬态等及其容差。当需要时还应规定对其它能源如水、压缩空气的要求。

对于从外部能源获得强迫冷却的设备，其实际温度应力全部或部分地由冷却系统特性来决定。详细的可靠性试验方案中应规定冷却系统的参数如流速、入口温度、湿度、纯净度等的要求。

现场使用的环境条件通常是由不同严酷度的许多环境因素组合和顺序构成的。然而，试验时要精确地模拟使用环境，一般来说在经济上是不可能的，并且从试验观点来看也是不重要的。

对实验室试验来说可以单独地、组合地或顺序地施加环境因素。只要有可能均应采用GB 2423~2424—81中相应试验分标准规定的环境试验程序。详细的可靠性试验方案应规定所采用的环境试验条件，最好是按GB 2423~2424—81规定标准化的试验顺序及它们之间的转换并根据相应试验的分标准给出“可靠性试验方案或设备的产品标准中需要的数据”**。必须提供GB 2423~2424—81中未包括的或与该国标不一致的有关试验的全部资料。

GB 5080.2—86给出了选定工作条件 and 环境条件的详细导则。

8.3 试验期间的预防性维护

当设备的产品标准要求在实际使用期间对设备进行例行维护时，对这类设备的可靠性试验应考虑一项预防性维护程序。无论任何情况，试验期间所进行的预防性维护在原则上应与实际现场使用所进行的维护相一致，而且试验期间预防性维护的总量（次数、时间、程度等）不应超过实际现场使用的预防性维护量。

典型的预防性维护种类是更换、调整、校准、润滑、清洗、复位、恢复等等。

维护程序至少应规定：

a. 拟采取的预防性维护措施；

b. 预防性维护间隔或次数或决定需要预防维护的其它准则。

维护程序可以包括功能检查及必须的贮备单元的更换，其程度可达到现场使用程序中的规定。

* 原文为supporting supplies。

** 原文为“Information required in the relevant specification”。

试验开始前就应在详细的可靠性试验方案中规定预防性维护的间隔或次数或其它准则。维护间隔或次数可以按工作时间或日历时间或有关试验时间(循环数)为单位加以规定。这些规定应当与可靠性试验的其它循环项目或措施有适当的关系。

8.4 推荐的实验室试验条件

现场使用的工作、环境和维修条件表明在绝大多数应用场合下各种因素的组合、顺序及严酷度是多种多样的。然而,某些应用组合近似于且经常足以成为实验室可靠性验证试验和测定试验所用的优选的、标准化的试验周期。推荐的试验条件(周期)在GB 7288—87中有详细的规定,可能情况下均应采用。

9 受试设备性能和试验的观测

整个试验期间都必须观测相应的受试设备的相关试验时间或是试验结束时观测相关失效数,取决于所进行的可靠性试验类型。因此,受试设备性能的监测及失效与相关试验时间的定义必须在详细的可靠性试验方案中加以明确规定。下面各条给出了这方面的规则和指导。

9.1 受试设备性能的监测

详细的可靠性试验方案应明确规定监测受试设备性能的下列内容和方法*。

9.1.1 参数

应该规定试验过程中需监测的受试设备的功能参数。

可以要求监测受试设备的产品标准中规定的所有参数或某些参数,主要是监测输出参数。

在受试设备有贮备单元情况下还应考虑贮备单元参数的监测。

9.1.2 测量

对每个被监测的参数应规定其测量方法和测量精度的要求。还应该给出适用的估计总测量误差的程序。

9.1.3 监测间隔

如果不能连续地进行监测,则必须规定监测之间的时间间隔及在试验周期中应进行监测的测量点。

监测之间的时间间隔必须短到不致在本质上影响试验结果。监测应当连续或间断地进行。在恒定失效率情况下,以累积相关试验时间计监测间隔应小于 $0.2m_0$,其中 m_0 为规定的可接受的平均无故障工作时间,或与平均无故障工作时间相当的规定的可靠性特征的可接受值。

注: $0.2m_0$ 是经研究后确定的,其作用是限制监测间隔的大小对生产方和使用方风险的影响。

9.2 受试设备的失效

对于每个要监测的参数均应规定可接受的极限范围。当被测的任何一个参数永久地或间断地超出这种极限范围时,就应认为已经产生了一个失效。所有失效按10.3条的要求进行分析。

由于测量错误或外部测试设备失效而产生的失效现象不应认为是受试设备的失效。所有其它的失效都应认为是受试设备的失效。

如果有若干个参数偏离了规定的极限范围,而且不能证明它们是由同一个原因引起的,则每一个参数的偏离都应认为是受试设备的一个失效。若是由同一个原因引起的,则认为受试设备只产生了一个失效。

如果出现两个或更多的独立失效原因**,则每一个失效原因都应认为是受试设备的一个失效。

受试设备的每一个失效都应按相关失效或非相关失效分类。所有不能按9.3条或详细的可靠性试验方案的一些补充规定清楚地定为非相关失效的失效,都应认为是受试设备的相关失效。

在对可靠性验证试验进行判决及在可靠性测定试验中确定点估计值和置信区间时,应把试验期间

* 原文为 following steps。

** 原文为 causes。

或试验结束时观测到的受试设备的所有相关失效都计算在内。

9.3 非相关失效的类别

只有当发生失效的情况有明显的依据可以列入9.3.1~9.3.3款规定的类别之一时,受试设备的失效才能认为是非相关失效。这些依据应编制成文件并包括在试验报告中。

详细的可靠性试验方案中可规定适用于特殊情况的非相关失效的其它类别。

9.3.1 从属失效

一个产品*的失效是由于另一个产品失效直接或间接地引起的,这种失效定义为从属失效。

从属失效应认为是非相关失效。而与从属失效相应的受试设备的独立失效总是一个相关失效。应注意从属失效可能在独立失效发生后延迟一段时间才出现。延迟时间的大小必须经过订货方或试验单位认可。

9.3.2 误用失效

系指对设备施加了超过其规定能力的应力而造成的失效。

在试验期间误用失效可能是由于非故意的试验条件造成的,如试验的严酷程度超过了对受试设备所规定的应力,试验或修理人员的粗心操作等等。误用失效是非相关失效。

9.3.3 修改设计可以消除的失效

系指试验中早期发现的将导致对母体的全部设备采取更改设计或其它矫正措施的一类失效。若矫正措施经证明是有效的,则可以根据协议把这类失效划为非相关失效。

9.4 失效的特殊类别

下面只规定需要立即作出拒收判决和反复出现的两种失效类别。详细的可靠性试验方案可按GB 3187—82中的失效概念,根据失效对系统性能的影响、失效是否位于贮备单元或非必要单元、修理费用及时间等,规定受试设备其它的特殊失效类别。

9.4.1 需要立即作出拒收判决的失效

在可靠性验证试验的个别情况下需规定这样一种受试设备的失效:当这种失效一旦产生,无论其失效数多少都不再考虑正常的接收或拒收判据而立即作出拒收的判决。详细的可靠性试验方案应有这类失效的定义。

例如对设备的使用、维修人员或有关人员造成危险或不安全条件的受试设备的失效或可能造成巨大物资损失的失效均属这类失效。

9.4.2 反复失效

对本标准来说,凡是在同一部位和不同部位而用途相同的同一种零件(元件)或相同种类和相同制造厂的零件(元件)或在试验周期的同一点但不是同时出现的两次或两次以上的失效定义为反复失效。

反复失效的出现将意味着设备设计上的缺陷或表明设备上使用了质量低劣的元件。反复失效是一个重要迹象,表明设备可能损坏或发生其它退化而使失效率上升。

在出现反复失效的情况下就要进行专门的分析,以便找出反复失效的原因及其对分布假设可能产生的影响,见GB 5080.6—85。

9.5 相关试验时间

相关试验时间是指与受试设备相关失效数有关的用来验证可靠性要求或用来计算可靠性特征值的时间。

试验期间记录的相关试验时间可以是按详细的可靠性试验方案规定的每个受试设备各自的相关时间,或是全部受试设备累积相关时间之和。该时间不包括受试设备的预热时间、维修时间和停机时间。在间断地对受试设备进行监测时,认为失效是在它被观测到之前的瞬间产生的。

注:这个把与失效相应的累积相关时间一直算到观测点的约定用在受试设备数量较少的情况下限制对生产方和使

* 原文为item,此处指受试设备的部件(组件)或零件(元件)。

用方风险的影响。

详细的可靠性试验方案可以对每一台受试设备分别规定一个最小和（或）最大的相关试验时间。

当受试设备是由两个或更多的单元* 组成时，则记录的受试设备的相关试验时间应是设备各单元中最小的相关试验时间。

10 一般试验程序

10.1 试验操作

如果详细的可靠性试验方案中没有其它规定，从抽样到试验开始之前不得对受试设备采取任何措施。试验期间除9.3.3款中允许的修改之外，受试设备原来的单元、零件（元件）等均应保持不变。

当由于预防性维护或故障检修，或由于管理的需要，或其它（无法预见的）原因而使试验中断时，若无其它规定应当尽快恢复试验。而在循环试验情况下应当从试验周期中相应的中断点恢复试验。

如果可能，详细的可靠性试验方案应规定试验中所允许的可能的中断次数、每次中断的最大持续时间以及在循环试验情况下允许重新开始试验的时刻。

10.2 故障检修

详细的可靠性试验方案应对可修复设备规定更换原则，即在试验期间允许修复或更换的等级（单元、部件或组件、零件或元件等）**。

当发现受试设备失效时应采取下列措施：

a. 适时地记录受试设备的失效并尽可能地予以证实。如果失效现象不能得到证实，则下列步骤只能部分是适用的。

b. 确定失效部位并为了找出失效原因进行必要的失效分析和诊断性试验。

c. 初步估计失效属于哪一类。在没有得到正确的单元、部件、零件（元件）等的失效分析报告之前，不得最后确定失效所属类别。

d. 对可能产生的从属失效作出估计，以便跟踪。

e. 需要时根据a.~d.的结果***确定必须修复的范围。

f. 修复失效的受试设备。失效的不可修复单元、零件（元件）等应按原样妥善保管，以便进行细致的失效分析。

g. 在试验类型允许的情况下，修复的受试设备应立即恢复试验。

在故障检修之后和重新开始试验之前，允许用试验设施测试受试设备的性能。详细的可靠性试验方案应对受试设备的所有可更换单元或零件（元件）规定证实其修复有效性所需要的工作时间（或循环数）。在此期间的失效和时间应当记录和报告，但均不算作相关失效和相关试验时间，除非详细的可靠性试验方案另有规定。

在诊断错误以及更换一个单元或一个零件（元件）不能消除该失效时，如果可能应将原来的单元或零件（元件）重新装好并继续寻找故障。

10.3 失效分析和分类

应通过分析研究确定受试设备每一个失效的原因。研究的深度要能足以用有效的证据最确切地将失效划分为相关或非相关的失效。为了故障检修和采取纠正措施也许需要对失效原因作更深入的分析。

10.4 试验条件和试验观测的记录

试验记录和最后的失效分析报告应包括根据试验结果进行全面数据分析以便作出判决所需要的全

* 原文为 sub units (e.g. pieces of equipment)。

** 原文为 (sub units, sub assemblies, Parts etc.)。

*** 原文为 steps。

部原始资料。在整个试验过程中都应保持记录,最好是连续地记录试验条件和受试设备的性能。

凡是试验人员认为与试验有关的事件均应记录。详细的可靠性试验方案中应规定要记录的数据和记录的范围。试验记录格式的设计最好是能使试验人员直接完成所有的记录项目。

每台受试设备的记录应包括下列内容:

a. 观测到受试设备的任何失效或其它有关事件或采取某项措施的日期和时间以及经过的相关试验时间;

b. 失效分析的详细情况以及已知的有关失效分类的所有重要资料,包括参照的失效报告;

c. 任何事件或措施,包括详细的可靠性试验方案中规定的预防性维护项目的说明;

d. 更换或重新安装单元、零件(元件)等的识别标记;

e. 工作条件和环境试验条件;

f. 验证故障检修有效性的时间;

g. 试验人员和受试设备操作人员的姓名。

10.5 试验结果的整理

应对记录的试验数据加以整理,为最后的判决和结论作准备。

10.5.1 失效的最后分类

试验期间应不断地研究每个失效的数据,在获得完整的数据后应立即将失效最终划分为受试设备的相关或非相关失效,见9.2条。

对于需要立即作出拒收判决的任何失效或反复失效应该加以特别的注明,见9.4条。

详细的可靠性试验方案中可规定其它的失效类别。

10.5.2 数据的统计处理

根据假设有效性检验的有关附录、验证试验方案和从测定试验计算估计值的程序对失效前、失效间的相关试验时间以及相关失效数等数据进行统计处理,详见第7章和GB 5080.4~GB 5080.7及有关标准。

统计处理将导致在试验方案中的判据的基础上作出接收或拒收的判决,或者估算出要求的可靠性特征值。

10.5.3 最后结论和可能采取的措施

本款主要适用于可靠性验证试验。

10.5.3.1 接收

如果没有产生需要立即作出拒收判决的失效或反复失效(见9.4条)并且统计处理结果是接收判决,则受试设备不需采取任何进一步措施就应该被接收。

10.5.3.2 有条件的接收

如果不可能按10.5.3.1项接收时,在双方同意的情况下设备可以按一定的条件被接收。

这些条件可以是:

a. 改进设备的设计或制造;

b. 改进规定的预防性维护;

c. 改进操作规程;

d. 修改详细的可靠性试验方案(例如提高判决风险);

e. 修改设备的产品标准。

10.5.3.3 拒收

如果设备既不能按10.5.3.1项接收,又不能按10.5.3.2项实现有条件的接收就应该被拒收。

11 现场试验

现场可靠性试验期间受试设备处于工作使用状态。因此在规定和说明试验条件、受试设备性能和相关试验时间以及通过数据收集进行记录观测等方面必须作专门的考虑。

11.1 试验条件

现场可靠性试验中不需要模拟工作和环境条件。另一方面,在这种试验中出现的工作和环境因素一般要比实验室中多。详细的可靠性试验方案应合理而适当地规定所有工作和环境因素严酷度的极限。对那些影响设备可靠性的不可忽视的因素应给予特别的注意。

如果有几个地点可供现场可靠性试验,则应按试验的主要目的选择试验地点。

a. 若主要是要求严格保证设备达到的可靠性水平不低于某一规定值,则应选择具有相应标准中规定的最严酷试验条件的地点。

b. 若是为了确定适应于正常使用条件的可靠性水平或是为了制订最佳维修方案,则应选择具有最典型条件的地点。

c. 若是要求对可靠性数据进行比较,则应选择具有相同或基本一致的条件的地点。

试验期间最好连续地监测工作和环境试验条件,若在设备日常的现场使用期间不可能这样做,则应按规定的时间间隔进行监测和(或)采用操作人员的观测报告。

应该由胜任的人员严格执行正常的规定的维护程序。应当注意操作人员和维修人员的训练、经验和性格的主要特征以及进行任何一项维修措施时的情况*。

当试验条件超出规定范围时,如果可能应中断试验。试验过程中如发现试验条件已经超出规定范围,则应进行分析以便查明这种情况是否已经影响到设备的可靠性。如已经影响了,则超出规定范围期间所发生的失效和试验时间应认为是非相关的并予以记录,但不计入试验结果。在极端情况下,可能要把整个现场试验方案作废。

11.2 受试设备性能和相关试验时间

详细的可靠性试验方案应规定监测受试设备性能的时间间隔和程序,见9.1条。

所有的即使是不能证实的不正常现象均应报告。最好考虑一下某些不正常现象是否是由于操作人员的现场失误所造成的。

详细的可靠性试验方案应规定相关试验时间的定义。如果以设备工作时间为基础,则建议在每台受试设备内安装一台计时器或循环计数器。每当发现失效或进行修理时均应记录时钟读数。上述办法如不可行。也可以采用另一种时间基准例如载体的使用时间(如对于航空设备的飞行时间),此时可以加一个适当的修正系数,也可以不加。

11.3 数据收集

为在适当的时间内获得完整、精确的现场反馈资料,建议:

a. 建立一个能把现场工程技术人员与设备生产单位可靠性与设备设计人员联系起来的专门报告程序;

b. 使现场技术负责人习惯于一个统一的现场试验程序;

c. 记录和报告表格数目尽量少;

d. 试验地点的数目尽量少。

数据的收集应符合GB 5081—85《电子产品现场工作可靠性、有效性和维修性数据收集指南》的有关规定。

如果受试设备的数量少,可由现场的一般维修人员按现场使用的维修表格收集数据。如果受试设备复杂和(或)数量很大,则建议由受过专门训练的人员收集数据并使用专门的现场报告表格。

若现场安装情况可能影响设备可靠性,则收集的数据应包括安装细节。报告还应详细说明试验期间的工作和环境条件。

由于试验结果是从现场报告得来的,所以需要分析以保证这些报告的可靠性和完整性。应对所报告的失效中哪些是相关失效作出判决,见第9章。

* 原文为actions。

12 试验报告

试验报告必须完整到足以为最后判决或测定提供可靠的依据。试验报告应包括下列文件，每个文件都应适用于受试设备的产品标准和详细的可靠性试验方案。

试验报告应注意设备特殊部分的履历，同时对某些应力加以特殊标注，这些应力可能过去就存在并且对某一可能的失效机理产生过影响。如果整个情况对可靠性人员有用，则无论试验成功与失败，所有的资料都应该加以积累。

12.1 试验记录

应给每一台受试设备建立一份试验记录并按先后顺序在规定的的时间和每次失效之后进行数据记录（见10.4条）。

12.1.1 设备识别

- a. 设备名称；
- b. 制造厂名称；
- c. 设备型号；
- d. 受试设备顺序号。

12.1.2 每次观测和操作的记录。

- a. 日期和时间；
- b. 工作条件；
- c. 环境条件；
- d. 性能参数值；
- e. 关于设备的产品标准以外的试验条件的说明；
- f. 计时器读数；
- g. 观测和操作人员姓名。

12.1.3 一般说明

12.2 失效报告

每个失效都应有一个报告。报告内容包括对失效的说明、失效分析结果及对设备和部件或零件（元件）所采取的措施。

当事人及其应填写的详细内容如下：

12.2.1 试验操作人员填写的内容

12.2.1.1 失效识别

- a. 失效日期和日历时间；
- b. 受试设备顺序号；
- c. 涉及的组件、分组件及部件或零件（元件）；
- d. 失效时刻的工作条件；
- e. 失效时刻的环境条件；
- f. 计时器读数；
- g. 试验操作人员姓名。

12.2.1.2 失效现象

- a. 某一局部或完全失效的原始症状；
- b. 超出规定范围的参数数值；
- c. 指示失效用的仪器。

12.2.1.3 参照的失效报告

12.2.1.4 对失效分类的意见

12.2.1.5 建议的矫正措施

12.2.1.6 一般说明**12.2.2 维修人员填写的内容****12.2.2.1 失效的确认**

- a. 采用的方法和仪器;
- b. 观测和说明

12.2.2.2 修理说明

- a. 采取的措施;
- b. 修理期间设备的工作时间 (尽可能记录);
- c. 修理的日期、时刻和持续时间;
- d. 修理人员的单位和姓名。

12.2.2.3 更换识别

对更换的每一个部件或零件 (元件);

- a. 安装位置或电路位置;
- b. 部件或零件 (元件) 的名称;
- c. 型号及特性;
- d. 生产厂名称。

12.2.2.4 对失效原因和分类的意见**12.2.2.5 为排除失效推荐的矫正措施或批准的修改****12.2.2.6 一般说明****12.2.3 失效分析人员填写的内容****12.2.3.1 对更换部件或零件 (元件) 的分析**

- a. 目检和初始测量;
- b. 分析说明 (物理的、化学的等);
- c. 结论;
- d. 分析日期;
- e. 分析人员的单位和姓名。

12.2.3.2 导致失效的条件的分析**12.2.3.3 失效原因和分类****12.2.3.4 建议的矫正措施****12.2.3.5 一般说明****12.3 失效的摘要资料**

这个单独的文件应包括所有失效的下列摘要资料。失效数据与相关试验时间应能由原始记录和失效报告中查出。

12.3.1 一般资料

- a. 设备识别 (见12.1.1款);
- b. 参照的详细的可靠性试验方案。

12.3.2 所有相关失效的总结

- a. 失效日期和时间;
- b. 失效类别;
- c. 参照的失效报告;
- d. 受试设备顺序号;
- e. 累积的相关失效数;
- f. 累积的相关试验时间。

12.3.3 所有非相关失效的总结

- a. 失效类别;
- b. 参照的失效报告。

12.3.4 停机和修理期间有关情况的资料

12.4 更换单元和备用件失效情况的资料 (非必须的)

此资料应提供有关更换单元和备用件的失效率及更换次数的情况以用于安排维修计划和后勤工作。

12.4.1 一般资料

- a. 设备识别 (见12.1.1款);
- b. 参照的详细的可靠性试验方案。

12.4.2 报表

对于每个更换单元和备用件:

- a. 名称、型号及制造单位;
- b. 试用期间使用的条件;
- c. 在设备中使用的总数;
- d. 失效的总数;
- e. 总的累积相关试验时间。

12.5 最后报告

可靠性验证试验或测定试验的最后报告应包括:

- a. 失效摘要资料, 见12.3条;
- b. 体现统计处理结果的曲线图和数值;
- c. 最后结论和建议采取的措施 (如果可能)。

13 详细的可靠性试验方案或设备的产品标准中应包括的细节的目录

按本标准进行可靠性验证和测定试验时在详细的可靠性试验方案或设备的产品标准或受试设备的其它有关文件中应尽可能拟订下列内容。所有这些项目中若没有指明是对验证试验还是对测定试验时, 则对两种试验都有效; 在没有指明是对实验室还是现场试验时, 也同样对两种试验都有效。

验证试验要求	5.2
详细的可靠性试验方案的一般内容	5.3
测定试验适用的可靠性特征	6
测定试验要求	6
相关的设备母体	7.1
抽取受试设备的专用程序	7.1
分布假设 (非指数分布时)	7.2.2
是否要求进行分布假设有效性的检验	7.2.2
验证试验的试验方案	7.3
试验周期的确定	8.1
工作条件	8.2
环境条件	8.2
预防性维护	8.3
采用的推荐的试验条件	8.4
要监测的受试设备参数	9.1.1
参数测量	9.1.2
监测间隔	9.1.3
性能参数的可接受范围	9.2

其它非相关失效类别	9.3
其它特殊失效类别	9.4
需要立即作出拒收判决的失效的定义	9.4.1
相关试验时间	9.5
每台受试设备最小和（或）最大的试验时间	9.5
试验开始前对受试设备所采取的措施	10.1
允许的试验中断次数	10.1
允许试验重新开始的时刻	10.1
更换原则	10.2
鉴定修复效果的操作	10.2
应记录的数据、记录的范围	10.4
现场试验条件的极限范围	11.1
现场试验中对受试设备的监测	11.2
现场试验中的相关试验时间	11.2

附 录 A
可靠性试验准备和实施的流程图
(参考件)

A.1 目的

本附录是为了对试验方案拟制者和试验人员在设备可靠性试验的准备、实施和整理试验结果方面如何使用《设备可靠性试验》整套标准给予简要的图表式的指导。

A.2 内容

图A 1 给出一个设备可靠性试验开始前拟制详细的可靠性试验方案的步序。

图A 2 给出一个实施试验和整理试验结果的步序。

每一步序都涉及到GB 5080.1—86中相应的条款及整套标准的其它有关分标准。

拟制详细的可靠性试验方案的步序

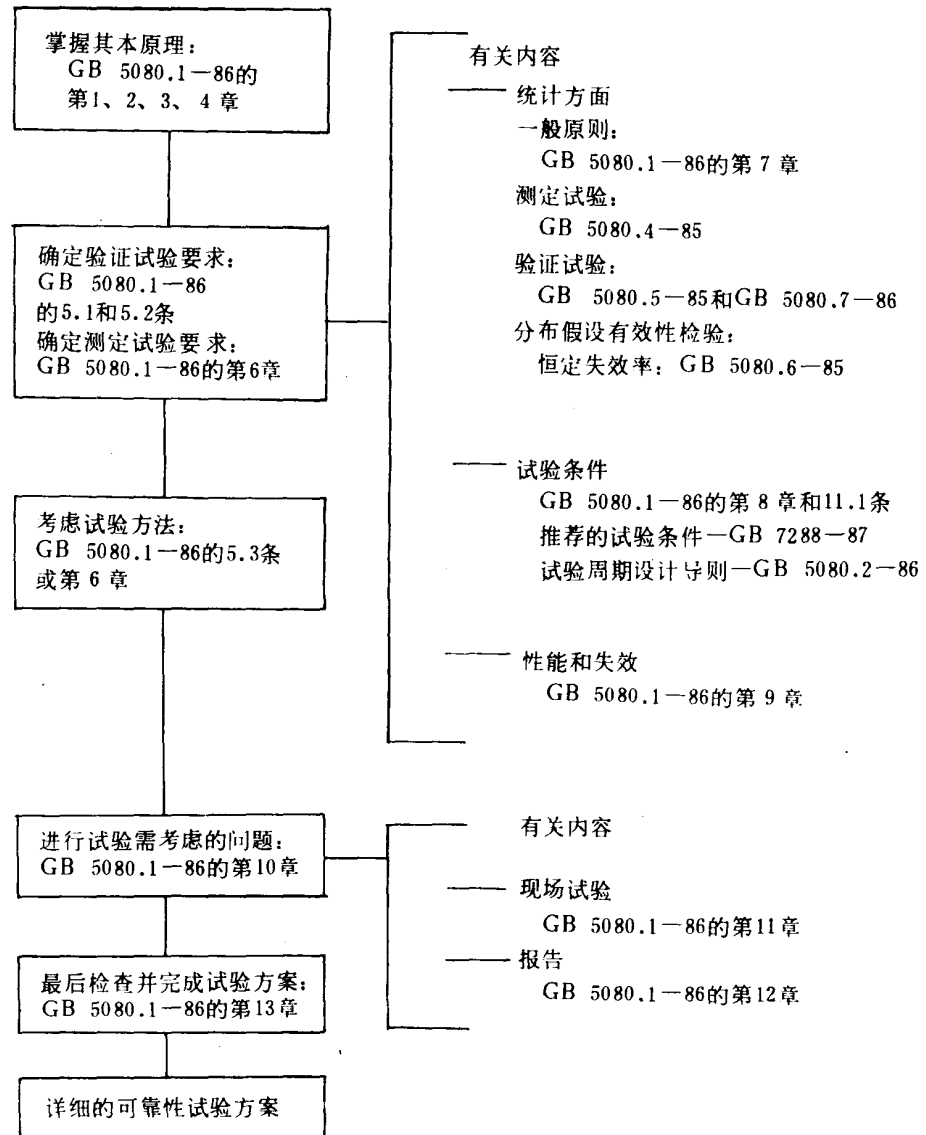


图 A1

实施试验和整理试验结果的步序

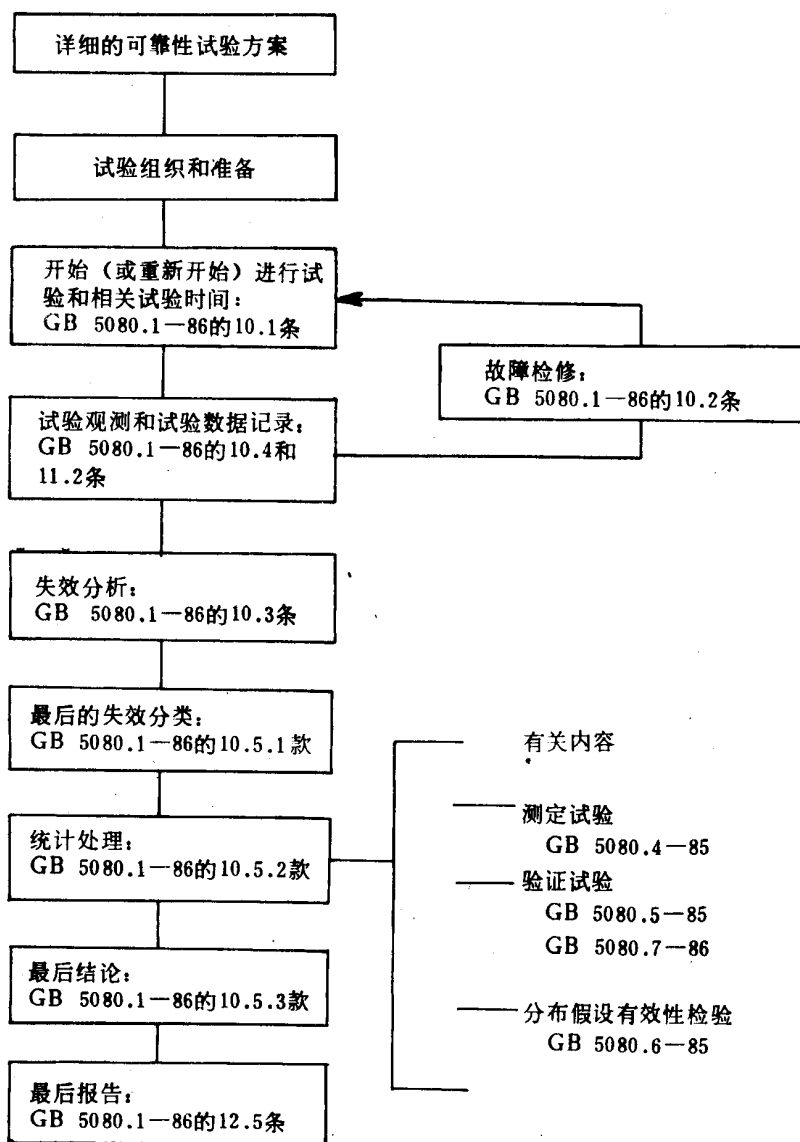


图 A 2

附加说明:

本标准由中华人民共和国电子工业部提出。

本标准由全国电工电子产品可靠性与维修性标准化技术委员会归口。

本标准由电子部七一二厂和第五研究所负责起草。

本标准主要起草人曹治民、卢昆祥、江登恕。