

中华人民共和国国家标准

GB/T 9414.3—2012/IEC 60706-3:2006
代替 GB/T 9414.5—1988, GB/T 9414.6—1988

维修性 第3部分:验证和数据的收集、 分析与表示

Maintainability of equipment—Part 3: Verification and collection, analysis and
presentation of data

(IEC 60706-3:2006, IDT)

2012-12-31 发布

2013-06-01 实施

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局
中国国家标准化管理委员会

发布



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 维修性验证导论	2
4.1 验证目的	2
4.2 影响维修性验证的维修保障因素	2
4.3 验证方法	2
4.4 验证程序	3
4.5 条件和限制	3
4.6 定性和定量的验证程序	4
5 定性的验证程序	5
5.1 设计评审	5
5.2 试验过程评审	5
5.3 维修难易度研究	5
5.4 维修任务分析评审	5
5.5 操作过程评审	6
6 定量的验证程序	6
6.1 维修性预计	6
6.2 基于演示试验的验证	6
6.3 基于现场数据的验证	7
7 演示验证方法	7
7.1 引言	7
7.2 演示验证程序	7
7.3 演示验证方案	7
7.4 条件和限制	8
7.5 改进后的演示验证	8
8 验证程序的要点	8
8.1 使用的数据源	8
8.2 数据的收集和分析	8
8.3 评价	9
8.4 比较	10
9 维修性数据的收集、分析和表示	10
9.1 引言	10

9.2	维修方案	10
9.3	数据来源	11
9.4	产品演示验证及现场数据	11
9.5	分析流程	11
9.6	数据表示	12
附录 A (规范性附录) 维修性演示验证程序		15
A.1	维修性试验方法	15
A.2	维修任务选择方法	15
A.3	故障诱发方法	16
A.4	人员选择	16
附录 B (规范性附录) 维修性演示验证试验方法		17
B.1	引言	17
B.2	试验方法 1	17
B.3	试验方法 2	17
B.4	试验方法 3	18
B.5	试验方法 4	18
B.6	试验方法 5	19
B.7	试验方法 6	19
B.8	试验方法 7	20
附录 C (规范性附录) 维修性相关数据分析		23
C.1	引言	23
C.2	柯尔莫哥洛夫-斯米诺夫检验	23
参考文献		25

前 言

GB/T 9414《维修性》已经或计划发布以下部分：

- 第 1 部分：应用指南；
- 第 2 部分：设计和开发阶段维修性要求与研究；
- 第 3 部分：验证和数据的收集、分析与表示；
- 第 4 部分：维修和维护保障计划指南；
- 第 5 部分：诊断测试。

本部分为 GB/T 9414 的第 3 部分。

本部分按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本部分代替 GB/T 9414.5—1988《设备维修性导则 第六部分：维修性验证》和 GB/T 9414.6—1988《设备维修性导则 第七部分：维修性数据的收集、分析与表示》。本部分与 GB/T 9414.5—1988 和 GB/T 9414.6—1988 相比主要变化如下：

- 标准名称将“设备维修性导则”统一改为“维修性”；
- 标准结构采用 IEC 60706-3:2006；
- 在相关章条中有内容的修订，如增加了修复性维修（见 9.6.2）；
- 增加了两个附录：附录 B 维修性演示验证试验方法、附录 C 维修性相关数据分析。

本部分使用翻译法等同采用 IEC 60706-3:2006《设备维修性 第 3 部分：验证和数据的收集、分析与表示》。

与本部分中规范性引用的国际文件有一致性对应关系的我国文件如下：

- GB/T 2900.13—2008 电工术语 可信性与服务质量(IEC 60050(191):1990, IDT)
- GB/T 7828—2012 设计评审(IEC 61160 Ed. 2:2005, IDT)
- GB/T 9414.1—2012 维修性 第 1 部分：应用指南(IEC 60300-3-10:2001, IDT)
- GB/T 9414.2—2012 维修性 第 2 部分：设计和开发阶段要求与研究(IEC 60706-2:2006, IDT)

本部分由全国电子电工产品可靠性与维修性标准化技术委员会(SAC/TC 24)归口。

本部分起草单位：北京邮电大学、工业和信息化部邮电工业标准化研究所。

本部分主要起草人：胡怡红、武冰梅、夏海轮、曾志民、冯春燕、张天魁、雷岳俊、贺新颖、邱禹、刘琦、康亮、王康、张旭。

本部分所代替标准的历次版本发布情况为：

- GB/T 9414.5—1988；
- GB/T 9414.6—1988。

引 言

产品设计要求包括有效的维修技术,以确保产品能正常持续地工作。在产品投入使用之前,有必要验证提出的维修程序能够像设计的那样执行,收集和分析数据也是整个验证过程不可缺少的一部分。

用于验证的数据可以有很多来源,在特定情况下使用的数据源取决于很多因素,包括可获得的历史数据以及设计的状态。验证维修性目标是否已经达到,比产品测试更好的是产品验证中产生的数据。历史数据被分类到相关的主题,从中选择有用的数据,分析这些数据以提供所需的信息。

GB/T 9414 的本部分使用相关的分析技术解释了一些验证程序。设计验证程序来验证维修程序,维修所需的工具和仪器,技术资料及产品维修的方便程度。这能改进维修方案,必要时还可以修改产品来改进其可维修性。重要的是要尽可能早地、如可能的话最好在开始生产产品之前将产品设计所需的改动包含进去,以将成本降到最低。

大多数情况下,这个初步的分析是基于小样本数据的统计分析。因此,在产品进入使用之后,最好继续收集和分析数据,使验证过程得到精确改进。由于评价初步验证分析不太容易,所以这些数据很重要,将决定是否有足够的维修保障。

本部分包含在可信性标准体系中,该体系在下面将会详述。

GB/T 6992.1 和 GB/T 6992.2 是可信性技术的顶层标准,它们为如何将可信性(含可靠性、可用性和维修性)结合到产品制造中提供了指南。IEC 60300-3-10 是维修性的顶层标准,它作为应用指南是 GB/T 6992.2 中描述的任务一部分,可用于贯彻完成包括产品的设计、开发和工作阶段的维修性计划。本部分也为要达到最佳的维修性该如何考虑维修任务提供了指南。

维修性 第3部分:验证和数据的收集、分析与表示

1 范围

GB/T 9414 的本部分给出了维修性验证所必需的各个方面,以确保满足产品规定的维修性要求;本部分还提供了适当的程序和试验方法。维修性验证应是任何维修性大纲中必不可少的一部分(见 IEC 60300-3-10:2001),对于每个不同的场合都需要仔细地选择适宜的方法,以保证总的费效。

本部分还涉及产品在设计期间、设计完成、生产和使用期间,可能需要的维修性相关数据的收集、分析和表示。

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。

IEC 60050(191):1990 电工术语 可信性与服务质量(International Electrotechnical Vocabulary (IEV)—Chapter 191: Dependability and quality of service)

IEC 60300-3-10:2001 可信性管理 第3-10部分:应用指南(Dependability management—Part 3-10: Application guide-maintainability)

IEC 60300-3-12 可信性管理 第3-12部分:应用指南 综合后勤保障(Dependability management—Part 3-12: Application guide—Integrated logistic support)

IEC 60300-3-14 可信性管理 第3-14部分:应用指南 维修和维修保障(Dependability management—Part 3-14: Application guide—Maintenance and Maintenance support)

IEC 60706-2 维修性 第2部分:设计和开发阶段要求与研究(Maintainability of equipment—Part 2: Maintainability studies during the design phase)

IEC 61160 设计评审(Design review)

IEC 61649 威布尔分布数据的置信下限、置信区间和拟合优度检验(Goodness-of-fit tests, confidence intervals and lower confidence limits for Weibull distributed data)

IEC 61710 幂律模型的拟合优度检验和估计方法(Power law model—Goodness-of-fit tests and estimation methods)

3 术语和定义

IEC 60050(191):1990 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

用户选定的设备 **customer selected equipment**

产品中由用户指定的部分。

注:一般来说,供货商对这一部分的维修性无法控制,但在产品的设计过程中又应考虑其维修性。显然需要用户和供货商之间合作。

3.2

维修性演示验证 maintainability demonstration

为了明确达到具体维修要求或/和获得维修性数据,在个别产品或样品上进行的试验工作。

3.3

维修性验证 maintainability verification

为确定承包方是否已使某种产品的维修性要求得到满足而进行的一系列监测、检查工作。

3.4

维修方案 maintenance concept

产品维修中应用的维修场所等级、维修层次及维修活动等级之间的相互关系的说明。

3.5

维修方针 maintenance policy

提供维修和维修保障的一般方法,它是建立在所有者、使用者、客户目标和原则基础上的。

3.6

软件支持中心 software support center

集中的软件维护服务。

4 维修性验证导论

4.1 验证目的

维修性验证目的是验证产品在一定的性能范围内,其定性和定量的维修性要求是否已经达到。包括验证规定的维修活动是否使产品的性能恢复到了规定的水平。验证适用于硬件、软件及维修设施。

维修性验证是一个评价各种维修性研究结果的过程。只要数据和结果可用,评价就能开始,并且贯穿于整个工程,延伸到使用现场。

进一步扩充至:

——维修性定性要求,见第5章;

——维修性定量要求,见第6章。

演示验证方法将在第7章中描述。

4.2 影响维修性验证的维修保障因素

在进行维修性验证时,以下的维修保障因素对维修活动效果具有决定性的影响:

——维修设施;

——保障设备;

——材料保障;

——维修人员和训练;

——技术文件和手册;

——运输、装卸和储存条件。

IEC 60300-3-14 将对维修保障作进一步阐述。

4.3 验证方法

维修性验证是一个连续的产生、收集、分析和评价工程各个阶段获得的维修性相关数据,并将结果与规定的维修性要求相比较的过程。

对于工程不同阶段,维修性验证采用如下不同的验证方法:

a) 分析与评审:包括分析历史数据,比较设计评审结果和维修性预计结果。包括分析产品寿命周

期中的现场数据。

- b) 专题研究:概念和定义阶段或者设计和研制阶段针对一般的或者具体的问题所作的研究。例如,易维修性研究、维修任务分析及仿真研究等。
- c) 演示验证试验:在产品研制阶段末期或生产早期,如果用分析的方法或具体的研究都未能给出足够的证据来表明产品的维修性是否满足了规定的要求时所进行的试验。
- d) 操作使用评审:可通过产品的操作使用和对现场数据的评审,也可以在适当的时候结合对历史数据的评审和分析来完成维修性验证。
- e) 三维成像仿真:在整个设计过程的适当时候,可以进行维修动作的三维计算机仿真,来验证所提出的维修顺序、途经和其他工作空间是否达到必需的维修性水平要求。

4.4 验证程序

验证程序的步骤如下:

- a) 明确维修性数据的来源

在工程早期阶段,仅有以前相似产品的历史数据可用。而设计、制造、试验和最后的现场数据都是可用的。在本部分中的维修性演示验证提供了一种在仿真条件下产生维护数据的专用数据源。

- b) 数据的收集和分析

数据的收集和分析包括数据的收集、审查和为了保证数据的适用性而进行的筛选。

- c) 评估

用数学模型或检查清单对数据进行处理,以获得产品维修性的定量指针或定性特性。

- d) 与要求相比较

将评估的结果与规定的维修性指标和特性相比较,以检查是否满足维修性要求。

此外,作为一个完整的维修性验证,下列信息也是必需的:

- e) 产品维修计划

产品维修计划是产品维修方案对该产品的应用,对产品维修计划应加以定义,这样才能对历史数据和其他来源的数据做出正确的解释。维修计划还明确规定了维修性验证过程中应考虑的维修和保障的条件与限制。

- f) 可靠性数据

根据对单一维修活动次数的估计或观察,需要采用相关的可靠性指标,如预期的维修活动频度,来计算某些维修性指标。可靠性数据将会影响维修性验证的某些方面,例如,确定验证的顺序,给出评价的先决条件等。如果这些信息是不可得到的或者是不完整的,则宜提出假设。可用信息的质量及所作的假设将影响到验证结果。

4.5 条件和限制

维修性验证所采用的方法应由客户规定,或者由承包方选择并在维修性大纲中加以说明(详见IEC 60706-2)。因此,在选择与每个维修性要求有关的验证方法时要考虑以下方面:

- a) 可利用的资源

如果合同规定了费用的限额,将会影响验证方法的选择,应考虑验证设施未来的可用性。

- b) 接收判据

对每个规定的维修性要求,其接收判据宜与费用和时间进行权衡。

- c) 时间限制

在选择不同的验证方法时,要考虑时间方面的要求。维修性验证程序宜与总的工程进度相一致。

- d) 三维图像仿真
如没有可用的试验样品或保障设备时,可使用本方法。
- e) 能用于维修性验证的试验样品和(或)保障设备
特别是当实施维修性验证试验时,宜保证试验进度与总的工程进度一致,并且保证试验过程中所要求的试验样品和设备是容易得到的。
- f) 维修分析的技能水平和经验
维修性验证是以设计评审或分析为基础的,因此需要技术素质好的和经验丰富的人员去分析图纸和方案。
- g) 错误决策带来的风险
应根据产品的复杂性及其质量和数量的历史数据来评估该风险。
- h) 具体的保障要求
在计划中的适当时间需要用的,如必需的检测设备、设施和人员资格等。
- i) 环境条件或假设的影响
任何与实际操作环境(如维修或检测设备、设施、备件、人员技术水平等)的偏差宜详细地予以估计。
- j) 数据收集
在试验和操作使用期间,宜明确规定收集有代表性的维修性数据的要求。这些要求包括格式、代码、数据处理等。
- k) 客户和承包商的关系
宜明确规定客户具有的监控、拒收或管理权。
- l) 维修性担保
合同中宜规定在没有达到维修性要求或者接收标准的情况下的处理办法,例如,罚款或不予奖励。
- m) 验证的真实性
维修性验证宜包括具有代表性的实际操作环境和在操作环境中预期的具有代表性的维修技术人员。

4.6 定性和定量的验证程序

维修性验证的作用在于提供及时和恰当的有关维修性要求已达到何等程度的信息。由于这些要求可能是定性的也可能是定量的,所以设计维修性验证程序应相应地采用以下方法之一或它们的组合:

- 分析和评审;
- 设计研究、试验和三维图像仿真;
- 通过试验或实际操作。

定性和定量的两种维修性验证方法,可通过选择表 1 所述的方法来实现。

表 1 定性和定量维修性验证方法

方法的类型		分析和评审	设计研究和试验	演示验证	操作使用
定性验证方法	设计评审	×			
	试验过程评审	×	×	×	
	易维修研究		×		
	维修任务分析的评审	×		×	

表 1 (续)

方法的类型		分析和 评审	设计研究和试验	演示验证	操作 使用
定性验证 方法	操作过程的评审				×
	三维图像仿真		×	×	
定量验证 方法	维修性预计	×	×		
	以试验数据为基础的验证		×	×	
	以现场数据为基础的验证				×

5 定性的验证程序

5.1 设计评审

在产品进行常规的设计评审时,维修性定性验证可以依据一组设计要求和工程标准(参阅 IEC 61160)对设计文件进行评价。

根据工程的不同类型性质,可用一份说明产品各种维修性特性的检查清单,作为验证指导。

这类研究要求对一个设计的维修性特性做出良好的工程判断并应建立在先前的经验上。为了逐步改进设计,它能作为常规工程实践的一部分应用于设计阶段。出于维修性验证的目的,设计评审通常要与其他一些方法结合起来使用。

5.2 试验过程评审

在产品操作使用期间,通常不可能获得维修性数据,或者不可能及时用于维修性验证。因此,这些数据可能需要从工程早期阶段中获得,或者通过接近实际情况的模拟环境下专门的演示验证试验获得。为使这样的试验具有代表性和再现性,应当明确定义试验条件。任何与现实情况的偏差应充分估计,当从工程中或从试验中都能获得维修性数据时,就能发现这些主要偏差。

5.3 维修难易度研究

通过针对某些具体问题的维修难易程度的研究,也许可以找到一些典型的维修性问题快速解决的方法。如果有产品的模型或者三维 CAD 可用的话,可直接开展这些问题的研究。在一些场合,应用虚拟模型(三维计算机模型),则可以获得更清晰的维修性演示验证的信息。例如:

- 维修工具的使用空间;
- 维修部位的可达性;
- 不同条件下不同任务的持续时间;
- 可利用的工作场地;
- 不同小组人员同时进行维修工作的可能性;
- 维修任务的技术复杂性;
- 演示验证目的、要求、目标的可行性;
- 高压、高温部件的安全防护措施等。

5.4 维修任务分析评审

维修任务分析是用于明确产品维修所需的资源,通常是维修计划的一部分,并在维修操作前开展。

维修任务分析是 IEC 60300-3-12 中描述的综合后勤保障的一个基本部分,在 IEC 60300-3-14 也有相关的讨论。

维修任务分析的评审可用于定性验证。

5.5 操作过程评审

产品维修性定性评价可通过观测产品在工作期间的状态来实现,其要点是:

- a) 事先规定的维修和保障方案的足够性
是否存在由于实际使用环境而引起的无法预料的困难?
是否已存在额外的备件消耗量?
- b) 所提供的工具和测试设备的适用性
是否为检测提供了足够的测试点?
是否需要额外的工具或测试设备?
- c) 实施维修活动人员所需的技术水平
是否存在由于人员缺乏训练或人事管理方面的原因而引起维修方面的问题?
所需的技术水平是否恰当?
- d) 维修活动的可行性
是否制定了适当的故障诊断和隔离的检测方法?
是否可完全接近被更换的单元?
- e) 技术手册的齐套性
维修说明书是否完全和易懂?
- f) 维修性软件的完善性
是否已对维修过程中所需的各种软件,如涉及测试、训练、技术手册等,进行了充分的考虑?
- g) 安全预防措施的有效性
维修活动中是否存在任何发生危险情况的可能性?

根据操作实践获得的这类信息和问题,可以对产品维修性定性特征做出真实的评价。但是,它需要长期的跟踪观测和收集处理。

6 定量的验证程序

6.1 维修性预计

维修性预计既可对整个产品进行也可在较低的维修层次上进行。在设计风险很小,或者用户认为在产品研制期间已获得足够的证据证明维修性要求已得到满足的情况下,维修性预计也可作为一种验证。

维修性预计的详细内容见 IEC 60706-2。

6.2 基于演示试验的验证

维修性数据可以在相对短的时间里,在模拟环境下,使用样机、模型或三维仿真系统,从有限的维修性演示验证试验中获得。这是验证是否满足合同的唯一方法。在这种情况下,数据的收集贯穿于整个试验,并且是试验人员日常的工作的一部分,所以数据的收集不成问题。

然而,由于不恰当的环境模拟可能带来与实际运行数据不同的偏差,宜认真审查这些结果。如有可能,应借助修正因子对明显的偏差进行修正。

维修性演示验证详见第 7 章。

6.3 基于现场数据的验证

在产品操作使用期间收集的维修数据是维修性定量特征的最佳信息来源。为了能从这些数据中得出正确的结论,它们至少应包括如下信息:

- 产品、部件、分部件等的标识;
- 维修原因;
- 实施维修的类型;可以是定期维修(如产品各部分的保养、检查、校准、检修、更新)或者是不定期维修(如站点维修、拆卸并更换、工厂维修);
- 维修耗用的工时;
- 维修占用的时间;
- 总的维修停工时间(维修主动停工时间、维修延误的时间);
- 每个产品的工作时数;
- 维修人员数量和技术水平;
- 占用的试验/检查设备;
- 维护的可达性;
- 备件和材料的耗损量。

这些数据是在足够长的时间里收集的,其统计计算结果可为定量的维修性验证提供真实的依据。现场数据对以后的工程项目具有指导意义,可以为以后的维修性验证提供可靠的历史数据。

然而,这个过程只能用于产品使用阶段,它需要耗费大量时间和有效的数据收集系统,因此,其结果只能在产品开发过程的后期才能利用。

7 演示验证方法

7.1 引言

维修性演示验证仅是整个维修性验证过程的一个方面。然而,演示验证结果通常是产品交付前维修性验证的唯一合同依据。因此,演示验证方法的要点概述如下。

7.2 演示验证程序

维修性演示验证的步骤主要包括以下几点:

a) 可行性试验

该试验通常是在产品研制期间,在实物模型、工程模型或使用三维仿真程序进行。其目的是为了得到有关维修难易度、安装、维护和修理时间方面的信息。

b) 设计试验

该试验如同初步的设计评审,不能用于正式的产品鉴定,通常客户代表不监控。试验的结果形成文件,并且可用于提高维修性评价的置信度。设计试验可在样机和生产产品上进行。

c) 正式的维修性演示验证

正式的演示验证是产品正式鉴定的一部分,应在预生产或正式生产的产品上进行。它是依据互相认可的条件,并在客户代表监控下进行。

7.3 演示验证方案

维修性试验和演示验证方案是维修性大纲的一部分。它将作为基本的计划编制文件,用于所有正式的维修性试验,它应包括:

- a) 演示验证任务及其费用(包括软件部分)清单,它将根据下面的准则选定:

- 预防性维修:应从产品预定的操作使用中选择一些具有代表性的任务。
 - 修复性维修:选择的任务应能达到总的预计修理时间的具有代表性的百分数。
- 附录 A 的 A.2 中进一步叙述了任务选择的方法。

- b) 试验工作组及其职责和权力的说明。试验工作组的组成和职责从以下几方面规定:
- 工作团队组织;
 - 具体职责分配;
 - 对试验工作组成员的资格、数量、招募来源及培训要求(见 A.4)。
- c) 保障物资、设施和文件数据的清单包括:
- 需要演示验证的维修性参数;
 - 维修可达性及其局限的说明;
 - 维修工具、试验和检测设备,包括自动检测设备;
 - 工作和维修所需的技术手册的说明;
 - 问题解答;
 - 必要的备件和耗材;
 - 保险装置和程序;
 - 校准设备;
 - 专用维修设施的说明。
- d) 演示验证试验程序的说明,统计试验方法和程序参阅表 A.1。
- e) 有关重新试验的规定。

7.4 条件和限制

维修性演示验证试验宜作为总的研制和鉴定试验大纲的一个组成部分,以保证演示验证试验费用的有效性和提高试验样品、人员和设施等的利用率。

不在承包方职责之内的设备将不进行演示验证,如客户自己选择的设备。

然而,承包方应保证在演示验证试验期间不会因承包方自己的设备接口不匹配而使设备的维修性下降。

7.5 改进后的演示验证

对于没有满足规定要求的产品,其中的任何缺陷应加以修正。其修正部分及受其影响的部分应重新试验。维修可达性发生改变或受到限制时所有受影响的部分都要重新试验。

8 验证程序的要点

8.1 使用的数据源

以下类型的数据信息可用于后续工程阶段的维修性验证:

- 类似产品的历史数据;
- 设计或制造数据;
- 演示验证和现场数据。

作为验证程序的第一步(见 9.3)应提供上述所有可能的各种数据源。

8.2 数据的收集和分析

有关现场维修及相关费用方面的历史数据应从可以利用的正式来源和相关的出版物中获取。尤其在军用和民用航空、航天、电子及其他工业领域都已进行了系统的数据收集。但是,这些数据的获取有

时局限于一定的用户范围内。另外,有些单位拥有自身产品的维修经验,能获得有关的维修性数据。

维修性设计或制造方面的数据可从图纸和检测中获得,例如,从常规的质量保证监控和返修工作中获得。如果维修性验证不是基于历史或设计数据,而是基于实际的产品数据,那么这些数据可从演示验证试验、专题研究或产品的操作使用获得。一个综合的数据收集系统应当记录所有的故障和维修数据。这个数据收集系统应和下述要求相一致:

- 为验证开展的试验数据评价;
- 操作实践,以促使下一步的验证工作进入到实用阶段,因此,所有的维修作业应根据用户的维修任务予以确认,数据收集的组织、程序和职责宜详细地予以规定(见第9章)。

由于以下一个或几个因素,有必要对数据进行调整和检查。

- a) 系统的相似性
从其获得历史数据的产品是否与待评价的产品相似?
- b) 设计修改
维修性数据的有效性是否因设计或结构的改变而受到影响?
- c) 维修方案
数据的可移植性是否因不同的维修方案而受到影响?
- d) 维修条件
维修数据是否基于相同的标准,如人员技术水平、维修工具和设施、检测设备等?
- e) 环境
整个数据收集期间(操作、试验期间)产品的功能和环境应力与所期望的相比较是否相当?
- f) 数据收集过程
数据收集过程是否可靠?

在应用到维修验证之前,应该检查和筛选所有数据。对于技术、条件或流程上的偏差,这些数据可利用修正系数予以修正。

8.3 评价

8.3.1 定性评价

维修性数据的定性评价是借助于维修性设计检查清单进行的,这是定性的维修性分析的主要工具。检查清单通常由通用的标准判据部分和系统特有的部分组成(见第5章)。

8.3.2 定量评价

维修性数据的定量评价可借助于统计方法、数学模型或者对比研究来完成。可应用的方法如下:

- a) 工作数据的统计评价
在给定期限内大量维修活动生成了现场维修原始数据,因此,统计评价通常包括按要求对数据进行排序和分组,对各数据组内的数据进行编辑并计算全部的维修性指标,如每工作小时的工时。
- b) 试验数据的统计评价
进行维修性演示验证试验的目的是为了从有限的试验样品来确定对产品总体给出接受或拒收的判断。根据不同的维修性要求,可采用不同的试验方法。进行的维修次数应与规定的统计方法一致,以得出最终的结论。用这种方法得到的维修性描述不是绝对的,但可以得到在给定的风险下,达到规定要求的概率。
- c) 历史数据和设计数据的评价
可以利用类似产品先前经历的维修性数据或产品直接的设计和制造信息,作为所构造的数学

模型的输入,以分析计算规定的维修性特性。该数学模型的构造取决于数据的类型。

8.3.3 例外情况与排除

上述评价方法应该说明哪些事件应排除在考虑之外。这些事件通常包括:

- 试验仪器失效而引起的维修;
- 由于故障模拟而导致的二次失效所引起的维修;
- 意外损坏带来的维修等。

8.4 比较

维修性验证过程中的最后一步是将评价结果与规定的维修性要求相比较。这时可能产生下述各种问题:

- 评价结果从统计角度看是否可认为是有效的?
 - 评价结果是否满足规定的维修性要求?
 - 评价结果是否与以前类似系统的经验有明显差异?
- 合同中宜说明由于没有满足规定维修性要求或接受判据的后果。

9 维修性数据的收集、分析和表示

9.1 引言

本章概述维修性相关数据收集、分析及表示时需考虑的内容。

对产品的维修性进行评价,需要产品寿命周期内不同时刻的维修性相关数据。

维修性数据的收集、分析与表示,要求在产品的设计和完成期间,以及生产和工作期间进行。这些数据一般由产品的供货商以维修性数据报告的形式提供给未来的用户,该维修性数据报告将数据连同其相关说明一起提交。

所关心的关键维修性数据是修复性和预防性维修活动的停工时间和维修工时。也应提供说明所需人员及设施的维修保障信息。

在表示维修性数据时,重点要考虑的是维修概念、名词术语及定义、数据来源说明、分析程序和数据表示方法。这些要素已在第8章中叙述。

9.2 维修方案

为了清楚地理解所表示的维修性数据,定义可应用于数据的具体产品的维修方案是必不可少的。下面检查清单说明了所需的有代表性信息类型。

下列的维修方案信息是必需的:

- 产品参考目录;
- 产品说明;
- 产品功能;
- 日期;
- 维修方案:
 - 技能要求;
 - 保障设备要求;
 - 技术文件要求;
 - 培训要求。

对维修所需的不同维修场所,如原位、本地、仓库或保障中心等,应提供与维修方案相关的信息。

9.3 数据来源

9.3.1 引言

维修性相关数据可以从以下几个方面得到：

- 相似产品的历史数据；
- 产品设计和制造数据；
- 产品演示验证和现场数据。

这些数据可用基本的维修性度量值，例如 MTTR 的改进值(真值、预计值、估计值、外推值)表示。在说明上述各种数据来源时，应考虑下述要点：

9.3.2 历史数据

首先应说明产品及其历史数据的来源(如现场使用、修理车间、软件保障中心)，以及历史数据适用到当前产品的理由。还应说明收集数据使用的方法、维修人员的训练和技能级别，以及历史数据对所研究产品的适用性的差异。

历史数据应用于产品初期的规范、概念和定义阶段。在产品寿命的后期阶段，应考虑它们与现行产品上所得到的实际数据的关系。历史数据也可作为维修性验证(见第 6 章)的一个辅助信息来源。

9.3.3 产品设计和制造数据

如果维修性数据是从设计、研制和制造阶段(如研制试验、生产或装配作业)，通过采用设计分析、预测或 3D 软件获得，则使用的方法宜予以确认。应详细说明如何选择、应用这些方法，并应注意数据在精度方面可能存在的局限。IEC 60706-2 叙述了设计分析和评价方法。

产品设计和制造数据可以作为下列方面的基础：

- 产品维修性要求的鉴定和验收；
- 评审历史数据的相关性及前期维修性估计的有效性；
- 预防性的维修计划制订；
- 修复性维修改进；
- 维修费用改进。

9.4 产品演示验证及现场数据

维修性数据可以在真实或模拟环境下从模型机、原型机或生产产品的演示验证试验中得到，也可以从产品使用(如保障中心、修理店或工作现场)期间产生的数据中得到。应说明选用的维修方法、数据监控和记录技术以及维修人员的技术水平及其受到的培训。第 5 章和第 6 章叙述了几种维修性验证技术。在产品寿命周期的工作和维修期间，演示验证及现场数据的反馈是支撑工程活动的基本方法，它突出强调了产品的不足，如维修性差，维修保障系统欠缺。

9.5 分析流程

9.5.1 引言

当演示验证试验和测定试验(即：得出一个定量的维修性水平)提交维修性数据时，应说明所用的分析程序，有关要点包括：

- 数据编辑；
- 数据统计分布分析；
- 参数计算。

9.5.2 数据编辑

应说明为保证数据的准确性、完整性及有效性所采取的措施,如果对数据进行任何删改处理,应对所进行的工作说明原因及使用的规则。

9.5.3 数据统计分布分析

如果要对数据进行统计分析,首先必需确定数据的分布。对分布实验的方法以及选择的理由应加以说明。常用的方法有 χ^2 检验、柯尔莫洛夫-斯米尔洛夫检验和图估检验。附录B提供了这些方法的详细资料。

9.5.4 参数计算

对要提交的所有维修性参数的计算依据应加以说明。应对选择的参数计算是根据积累的还是某一时间间隔的数据计算的方法加以详述。如果采用的是维修性数学模型,应对其进行充分的描述。附录B对维修性最常用的一些算术和几何方法,以及正态对数分布、正态分布和多态混合分布的置信区间与所选的分位元点提供了指南。对于其他的分布类型,相应的值可以查看统计学课本。对于与之相关的耗损或早期故障的零部件,可以使用Weibull分布(IEC 61649)。对于非恒定故障强度的可修理系统,可以使用幂律模型(IEC 61710)。

9.6 数据表示

9.6.1 引言

维修性数据表示主要是针对:

- 修复性维修;
- 预防性维修;
- 修正性维修。

此外,应提供维修保障数据,以提供必要的背景资料。

维修性数据通常用IEC 60050(191)中定义的参数表示。所使用的但不包括在上述标准中的术语,作为数据表示的一部分应当充分定义。

9.6.2 修复性维修

修复性维修时间通常用有效修理时间表示,由若干分项组成。表2给出了一个象征性一览表,以记录修复性维修中一系列有效的修理项目的细节。

该表格标明了故障单元(相关单元)、故障(失效)类型、维修技术人员、需要的人数和各项停工细目。这些信息适用于从研制和操作试验得到的数据。

表示从历史或预测得到的数据,根据经验,可能用均值或中位数,比用单个产品数据表示更好。表3给出了从这些来源汇总的(平均的)试验数据可采用的表示形式。此表给出了产品各主要子单元的平均有效修复时间及其分项的标准偏差。如果需要,也可以选用分位点代替标准偏差来表示,如95%分位点。

用于修复性维修特性方面的其他参数有:

- 故障自动检测率(产品工作时);
- 故障自动恢复率;
- 有定位精度说明的自动或手工故障定位;
- 手工或自动修复过程的效率;

——有效修复时间的均值或分位点。

这些参数的平均值可从历史、预测和汇总试验数据得到。

9.6.3 预防性维修

预防性维修数据的表示,要求将各项任务的持续时间连同发生的频率分别予以表示。表4给出了这些数据可以采取的形式。维修持续时间一般用有效的预防性维修时间表示。对观测到的非预防性维护实施的停机时间,需要时可进行附加。为了有助于维修计划安排,需要估计出每种任务的维修工时。在详细的任务信息中,还应给出全部预防性维修的总次数。

9.6.4 修正性维修

开展修正性维修可提高产品的性能或改善产品的维修性和可靠性。如果经济上可行,在产品寿命期内任何时候都可以进行。非紧急情况,通常安排在计划维修中或在修复性维修中进行。为确保备件和文件可供改装和维修产品使用,保持一个准确和最新配置的控制系統很重要。

一个以维修性或可靠性差为理由而做出修改零部件的决定,很可能是从一个强调某些细节部分的维修数据系统的数据分析得到的。任何修改的零部件一旦完成,有必要对其进行单独确认,以便从最新数据方面,确定该修改已达到预期结果。

9.6.5 维修性保障数据

为帮助产品用户制定维修保障方案,需要维修保障数据。应提供的主要数据内容有:推荐的维修方案、培训要求、专用工具或其他保障设备及需要的技术文件。此外,应按以下内容详细说明预防性维修要求:

- 预防性维修的主要任务;
- 所需的人员技能和保障设备;
- 对停机和维修工时的影响。

关于管理时间、备件使用和交付等进一步的维修性保障数据,可以根据需要补充。更多关于维修保障的信息可查阅 IEC 60300-3-14。

表2 有效修理任务数据一览表

任务序号	相关单元	故障	技术员	人员数量	有效修理时间细目/h					总工时
					诊断	技术延迟	修复	完工检查	总修复时间	
1	LRA-1	CR-1		1	0.2	0.1	0.1	0.1	0.5	0.5
2	LRA-1	C-24		2	0.7	0.2	0.2	0.2	1.3	2.6
3	LRA-5									

注: LRA——现场可更换的组件。

表3 有效修理时间一览表

相关单元	诊断时间		技术性拖延		修复时间		完工检查时间		总时间	
	平均值	标准差	平均值	标准差	平均值	标准差	平均值	标准差	平均值	标准差
LRA-1	0.2	0.05	0.1	0.05	0.1	0.05	0.1	0.05	0.5	0.05
LRA-5	0.7	0.1	0.2	0.05	0.2	0.05	0.2	0.05	1.3	0.09

注: LRA——现场可更换的组件。

表 4 预防性维修一览表

任务序号	相关单位	任务描述	任务 发生频率	任务程序(见注)	需要人员数量	工时	有效预防性维修时间
1	LRA-1	清洁空气过滤器	每 500 h	A-1	1	0.5	0.5
2	LRA-1	替换刷子	每 2 000 h	A-2	2	1.5	0.75
3							
注：参考预防性维修的工作过程的详细说明。							
* LRA——现场可更换的组件。							

附 录 A
(规范性附录)
维修性演示验证程序

A.1 维修性试验方法

在维修性演示验证中应用的试验方法取决于产品的具体参数或潜在使用者的其他目的。推荐的维修性统计试验方法概括于表 A.1, 其中 X 表示具体参数, 与试验方法标号相对应的具体方法介绍在附录 B 中。

表 A.1 试验方法

试验方法	试验指标	假定条件	固定或连续	推荐样本(近似)
1	均值	对数正态 $\ln X$ 方差真值的估计	固定	30
2	均值	参数 X 方差真值的估计	固定	30
3	均值	无	固定	50
4	分位点	对数正态 $\ln X$ 方差真值的估计	固定	20
5	见注释	对数正态分布	固定	20
6	见注释	无	固定	无
7	见注释	无	连续	无

注: 维修时间超出规定值的百分比。

A.2 维修任务选择方法

在维修性演示验证中, 应分别演示验证预防性维修和修复性维修任务。
应根据下列比值的递减顺序选择各种预防性维修任务的类型。

$$\frac{t_p}{MDT_p}$$

式中:

t_p ——预防性维修任务的平均持续时间;

MDT_p ——所有预防性维修停机的平均时间。

修复性维修任务应以演示验证期间更实用的原则来选择下述中的一种方法:

——自然故障方法, 即在实际运行或模拟运行状态下自然发生的维修任务;

——故障诱发方法, 即在产品上诱发故障然后实施维修。

演示验证样本最少应由 n 个独立的任务组成, n 满足下列条件:

$$n = \sum_i n_i$$

$$n_i = n \cdot \frac{\lambda_i}{\sum_i \lambda_i}$$

式中:

n_i ——分配给失效率为 λ_i 的零部件 i 的任务数;

n ——大于或等于表 A.1 中所推荐的样本大小。

A.3 故障诱发方法

故障诱发所导致的维修(如故障症状及所需的修理程序)对于设计和维修要素而言,应具有代表性。对于电子产品,可以通过下述各种方法诱发故障,而导致修复性维修任务:

- 内部断线;
- 接地;
- 将好的元件、电路或组件用带有适当故障类型的相同产品替换;
- 去除一段导线或某一线路插板;
- 插入额外的不易探测的部件,如旁路电阻,来模拟额定条件以外的情况;
- 故意失调;
- 使用不良焊接点以引起间歇现象。

注:经验说明,有意地制造不良焊接点是非常困难的。因此为了维修性演示验证试验建议从生产在线收集间歇性故障模块。

对于机械产品,可通过下述各种方法诱发故障,而导致修复性维修任务:

- 把好的元件或组件用带有相应故障类型的产品替换;
- 故意失调;
- 使一个正在工作的机械装置突然故障;
- 松动一个适当的零部件;
- 断开电源;
- 断开一个相应的连接。

对于软件产品,可通过下述各种方法诱发故障,而导致修复性维修任务:

- 插入一段错误代码;
- 删除关键代码;
- 修改命令路径;
- 改变计数器指针变量的值;
- 有意误配通用模块;
- 误导结果;
- 插入不会产生明显错误的错误代码;
- 用一个常量代替一个关键变数。

A.4 人员选择

参与维修性演示验证试验的技术人员和监督人员,不但在总体上而且在具体产品方面,其技术水平、受教育程度、维护训练及经验,都具有代表性。一个可行的方法是征得承包方的同意后,从用户单位挑选这些人员。

维修性演示验证小组的职责包括:维修作业的实施和监督、数据评估、试验准备工作的检查、试验结果的评审和评价,以及试验报告的准备等。

附 录 B
(规范性附录)
维修性演示验证试验方法

B.1 引言

附录 B 介绍了用于验证如第 8 章所述的维修性定量要求是否达到的统计试验方法。当维修性事件统计独立时,这些方法可用于所有的维修性演示验证。试验条件应能代表实际使用的情况。

B.2 试验方法 1

试验指标: 均值试验,如:MACMT

假定: 有效的修复性维修时间(ACMT)完全能够用对数正态分布表示。 $\bar{\sigma}^2$ 是 ACMT 的对数方差由先验信息得知。

试验假设: 原假设 H_0 : 均值 $\mu \leq \mu_0$
备择假设 H_1 : 均值 $\mu > \mu_0$

接受概率 P_a : $P_a = 1 - \alpha$ 当 $\mu = \mu_0$ 时
 $P_a = \beta$ 当 $\mu = \mu_1$ 时
这里 α = 生产方风险, β = 使用方风险, $\mu_1 > \mu_0$

样本大小 n :
$$n = \frac{(u_{1-\alpha}\mu_0 + u_{1-\beta}\mu_1)^2}{(\mu_1 - \mu_0)^2} (\bar{\sigma}^2 - 1)$$

式中:

$\bar{\sigma}^2$ ——有效的修复性维修时间对数方差的先验估计值;

$u_{1-\alpha}, u_{1-\beta}$ ——标准正态偏差;

μ_0 ——最小可接受的维修性均值,如 MACMT;

μ_1 ——不可接受的 MACMT 的均值。

注: μ_1 和 μ_0 的值是在协议中给出或者根据用户的要求给出的。

最小样本数为 30。

判决过程: 由 n 个有效的修复性维修时间的随机样本 x_1, x_2, \dots, x_n 计算出

$$\text{样本均值: } \bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i$$

$$\text{样本方差: } s^2 = \frac{1}{n-1} \left(\sum_{i=1}^n x_i^2 - n \cdot \bar{x}^2 \right)$$

当 $\bar{x} \leq \mu_0 + u_{1-\alpha} \frac{s}{\sqrt{n}}$ 时接受 H_0

否则,拒绝 H_0 。

B.3 试验方法 2

试验指标: 均值试验,如 MACMT

假定: 有效的修复性维修时间(ACMT)的分布没有具体的假设。而 ACMT 的方差 σ^2

是由先验的信息得知。

试验假设： 见试验方法 1

接受概率 P_a ： 见试验方法 1

样本大小 n ： $n = \sigma^2 \left(\frac{u_{1-\alpha} + u_{1-\beta}}{\mu_1 - \mu_0} \right)^2$

式中：
 σ^2 ——有效的修复性维修时间方差的先验估计值；
 $u_{1-\alpha}, u_{1-\beta}$ ——标准正态偏差。
 最小样本数为 30。

判决过程： 见试验方法 1。

B.4 试验方法 3

试验指标： 均值试验, 如 MACMT

假定： 无

试验假设： 见试验方法 1

接收概率 P_a ： 见试验方法 1

样本大小 n ： $n = \sigma^2 \left(\frac{u_{1-\alpha} + u_{1-\beta}}{\mu_1 - \mu_0} \right)^2$

式中：
 σ^2 ——一个样本有效的修复性维修时间的样本方差；
 $u_{1-\alpha}, u_{1-\beta}$ ——标准正态偏差。
 最小样本数为 50。

判决过程： 见试验方法 1。

B.5 试验方法 4

试验指标： 分位点试验

假定： ACMT 完全能够用对数正态分布表示, σ^2 由先验信息中获得。

试验假设： 原假设 $H_0: \chi_p \leq T_0$
 备择假设 $H_1: \chi_p \geq T_0$
 χ_p 是 χ 的 P 分位点, T_0 是分隔试验时间分位点接受和拒绝区域的具体时间。

接受概率 P_a ： $P_a = 1 - \alpha$ 当 $\chi_p = T_0$
 $P_a = \beta$ 当 $\chi_p = T_1$
 $\alpha =$ 生产方风险, $\beta =$ 使用方风险, $T_1 > T_0$

样本大小 n ： $n = \left(1 + \frac{u_p^2}{2} \right) \sigma^2 \left(\frac{u_{1-\alpha} + u_{1-\beta}}{\ln T_1 - \ln T_0} \right)^2$ (向高位整数进位)

式中：
 σ^2 —— σ^2 先验估计值；
 $u_{1-\alpha}, u_{1-\beta}, u_p$ ——标准正态偏差。
 最小样本数为 20(大约)。

判决过程： 由 n 个有效修复性维修时间的随机样本 x_1, x_2, \dots, x_n 计算出样本的 $\ln x_i$ 均值

$$\bar{y} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \ln x_i$$

样本方差: $s^2 = \frac{1}{n-1} \left[\sum_{i=1}^n (\ln x_i)^2 - n\bar{y}^2 \right]$

然后计算

$$U = \ln T_0 + u_{1-\alpha} \cdot s \left[\frac{1}{n} + \frac{u_p^2}{2(n-1)} \right]^{\frac{1}{2}}$$

当 $\bar{y} + u_p s \leq U$ 就接受 H_0

否则就拒绝 H_0 。

B.6 试验方法 5

试验指标: ACMT 超出规定值的比例。

假定: ACMT 完全能够用对数正态分布表示。

试验假设: 零假设 $H_0: P_r[X > T] \leq p_0$

对立假设 $H_1: P_r[X > T] > p_0$

其中, $P_r[X > T]$ 表示随机变量 X 大于时间 T 的概率。

接受概率 P_a : $P_a = 1 - \alpha$ 当 $P_r[X > T] = p_0$

$P_a = \beta$ 当 $P_r[X > T] = p_1$

$\alpha =$ 生产方风险, $\beta =$ 使用方风险, $p_1 > p_0$ 。

样本大小 n : $n = \left(1 + \frac{k^2}{2} \right) \left(\frac{u_{1-\alpha} + u_{1-\beta}}{u_{1-p_0} - u_{1-p_1}} \right)^2$ (向高位整数进位)

式中:

$$k = \frac{u_{1-\alpha} \cdot u_{1-p_1} + u_{1-\beta} \cdot u_{1-p_0}}{u_{1-\alpha} + u_{1-\beta}};$$

$u_{1-\alpha}, u_{1-\beta}, u_{1-p_1}$ —— 标准正态偏差。

最小样本数为 20。

判决过程: 由 n 个有效修复性维修时间的随机样本 x_1, x_2, \dots, x_n 计算样本 $\ln x_i$

平均值 $\bar{y} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \ln x_i$

样本方差 $s^2 = \frac{1}{n-1} \left[\sum_{i=1}^n (\ln x_i)^2 - n\bar{y}^2 \right]$

当 $\bar{y} + k s \leq T$ 就接受 H_0

否则就拒绝 H_0 。

B.7 试验方法 6

试验指标: ACMT 超出规定值的比例。

假定: 无。

试验假设: 见试验方法 5。

接受概率 P_a : 见试验方法 5。

样本大小 n 和接受值 c : n 和 c 由以下方程组解得, n 为满足条件的最小整数:

$$\sum_{w=0}^c \binom{n}{w} p_0^w (1-p_0)^{n-w} \geq 1-\alpha$$

$$\sum_{w=0}^c \binom{n}{w} p_1^w (1-p_1)^{n-w} \leq \beta$$

解方程可通过下列方法:

- 当 $0.2 < p_0 < 0.8$ 用正态近似估计;
- 当 $p_0 < 0.2$ 用泊松近似估计(见表 B. 2);
- 用计算机直接解得。

判决过程: 从 n 个有效修复性维修时间的随机样本 x_1, x_2, \dots, x_n 计算出超过规定观察时间 T 的次数, 这个数为 r 。

当 $r \leq c$ 接受 H_0 。

当 $r > c$ 拒绝 H_0 。

B. 8 试验方法 7

试验指标: ACMT 超出规定值的比例。

假定: 无。

试验假设: 见试验方法 5。

接受的概率 P_a : 见试验方法 5。

样本大小 n : 这是序贯试验, 没有固定的样本数存在(见表 B. 1)。

判决过程: 连续抽取有效修复性维修时间的随机样本 x_1, x_2, \dots, x_n , 直到作出接受或拒绝判决为止。计算超过规定的有效修复性维修时间 T 的次数 d_N 。然后将每次观察得出的 d_N 与接受数 a_N 和拒绝数 r_N 相比较(见表 B. 1):

$$a_N = -b_1 \times kN$$

$$r_N = -b_2 + kN$$

式中:

$$b_1 = \frac{\ln \frac{1-\alpha}{\beta}}{\ln \frac{p_1}{p_0} + \ln \frac{1-p_0}{1-p_1}}$$

$$b_2 = \frac{\ln \frac{1-\beta}{\alpha}}{\ln \frac{p_1}{p_0} + \ln \frac{1-p_0}{1-p_1}}$$

$$k = \frac{\ln \frac{1-p_0}{1-p_1}}{\ln \frac{p_1}{p_0} + \ln \frac{1-p_0}{1-p_1}}$$

当 $d_N < a_N$ 时接受 H_0 ;

当 $d_N > r_N$ 时拒绝 H_0 。当 $r_N > d_N > a_N$ 将继续试验进行 $N+1$ 个观察(见图 B. 1 及参考 GB/T 5080. 1 关于序贯试验方案的说明)。

当维修次数达到 N_E 时应终止试验

$$N_E \geq \frac{3b_1}{k}$$

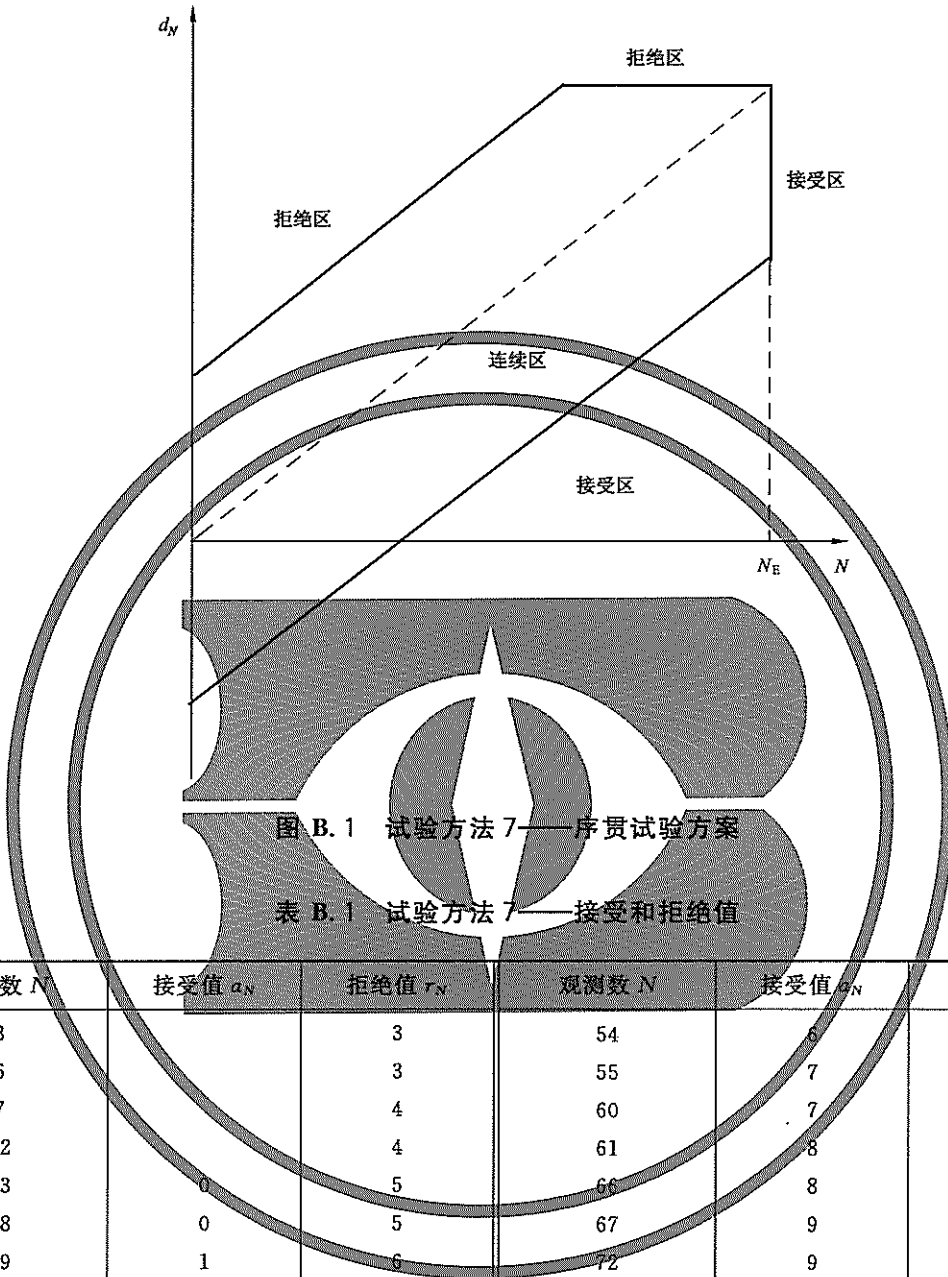


图 B.1 试验方法 7——序贯试验方案

表 B.1 试验方法 7——接受和拒绝值

观测数 N	接受值 a_N	拒绝值 r_N	观测数 N	接受值 a_N	拒绝值 r_N
3		3	54	6	11
6		3	55	7	12
7		4	60	7	12
12		4	61	8	13
13	0	5	66	8	13
18	0	5	67	9	14
19	1	6	72	9	14
24	1	6	73	10	15
25	2	7	78	10	15
30	2	7	79	11	16
31	3	8	84	11	16
36	3	8	85	12	17
37	4	9	90	12	17
42	4	9	91	13	17
43	5	10	96	13	17
48	5	10	97	14	17
49	6	11	99	14	17
			100	16	17

表 B.2 对于规定的 $p_0, p_1, \alpha, \beta (p_0 < 0.2)$ 的抽样方案

$k = \frac{p_1}{p_0}$	$\alpha=0.05$						$\alpha=0.10$						$\alpha=0.20$					
	$\beta=0.05$		$\beta=0.10$		$\beta=0.20$		$\beta=0.05$		$\beta=0.10$		$\beta=0.20$		$\beta=0.05$		$\beta=0.10$		$\beta=0.20$	
	c	D	c	D	c	D	c	D	c	D	c	D	c	D	c	D	c	D
1.5	66	54.1	54	43.3	39	30.2	51	43.0	40	33.0	29	23.2	36	31.8	27	23.5	17	14.4
2.0	22	15.7	18	12.4	14	9.25	17	12.8	14	10.3	10	7.02	12	9.91	9	7.29	6	4.73
2.5	13	8.46	10	6.17	8	4.70	10	7.02	8	5.43	6	3.90	7	5.58	5	3.84	3	2.30
3.0	9	5.43	7	3.98	6	3.29	7	4.66	5	3.15	4	2.43	4	3.09	3	2.30	2	1.54
4.0	6	3.29	5	2.51	4	1.97	4	2.43	3	1.75	2	1.10	3	2.30	2	1.54	1	0.824
5.0	4	1.97	3	1.37	3	1.37	3	1.75	2	1.10	2	1.10	2	1.54	1	0.824	1	0.824
10.0	2	0.818	2	0.818	1	0.353	1	0.532	1	0.532	1	0.532	1	0.824	1	0.824	0	0.227

对于给定的 $p_0, p_1, \alpha, \beta, D$ 除以 p_0 的值就是所要找的样本大小 n (舍去小数点)。
 例如: $p_0=0.05, p_1=0.20, \alpha=0.10, \beta=0.05, k = \frac{0.20}{0.05} = 4$, 得 $n = \frac{D}{0.05} = \frac{2.43}{0.05} = 48$, 接受值 $c=4$ 。

附 录 C
(规范性附录)
维修性相关数据分析

C.1 引言

在第9章中简要描述了维修性相关数据分析方面的内容,相关数据可从原始资料(如历史资料,开发或演示验证试验,生产,装配和现场运行)中获得,以及哪些数据可用于维修性鉴定或演示验证试验。该分析的一个重要部分是决定数据的分布。在附录C中,将介绍最常用的分布检验方法,柯尔莫哥洛夫-斯米诺夫检验(也叫 d 检验)。这种检验方法适用于所有类型的数据和所有分布形式。其他几种可能的方法(如 χ^2 检验、图估检验)可参考相关的统计学课本。

C.2 柯尔莫哥洛夫-斯米诺夫检验

C.2.1 在维修性中用到的分布

在维修性中最通常用到的分布函数是:

- 对数正态分布;
- 多态混合分布(在特定情况下)。

在大多数情况下,对数正态分布是用得最好的模型。然而,在某些情况下正态分布也可作为一种近似模型。对于用多于一个时间因素的数据样本(故障机理、维修类型等),有时候可采用多态混合分布表现。

如何选择一种合适的分布模型已超出附录C的范围。对此,应参考相关统计学课本。

C.2.2 柯尔莫哥洛夫-斯米诺夫的分布检验

为了进行参数(如均值和标准偏差)估计,柯尔莫哥洛夫-斯米诺夫检验或 d 检验是利用观测数据绘制合适的假设理论分布(如对数正态)图形。围绕该理论分布,构造正或负 d 个概率单位的边界。表C.1给出了 d 的临界值,它的选择要根据进行检验的数据样本大小及显著性水平(α)。其后是将观察到的数据分布(画)到图上。如果观测数据在任何点上超出了边界,那么假设理论分布就与数据不符。相反,如果观测数据始终在边界之内,则不能拒绝假设分布。

表 C.1 d 的临界值

样本大小	显著性水平 α			
	0.15	0.10	0.05	0.01
5	0.474	0.510	0.565	0.669
10	0.342	0.368	0.410	0.490
15	0.283	0.304	0.338	0.404
20	0.246	0.264	0.294	0.356
30	0.20	0.22	0.24	0.29
40	0.18	0.19	0.21	0.25

表 C.1 (续)

样本大小	显著性水平 α			
	0.15	0.10	0.05	0.01
50	0.16	0.17	0.19	0.23
>50	$\frac{1.14}{\sqrt{n}}$	$\frac{1.22}{\sqrt{n}}$	$\frac{1.36}{\sqrt{n}}$	$\frac{1.63}{\sqrt{n}}$

注：上面显示 d 值是依据一个完全规范的假设分布。假如用样本数据来估计参数，对于指数分布检验，表中的 d 要乘以 0.8；对于正态分布检验，表中的 d 要乘以 0.67。

参 考 文 献

- [1] GB/T 5080.1 设备可靠性试验 总要求(idt IEC 605-1:1978)
 - [2] GB/T 6992.1 可信性大纲管理指南(idt IEC 300-1:1995)
 - [3] GB/T 6992.2 可信性管理 第2部分:可信性大纲要素和工作项目(idt IEC 60300-2:1995)
 - [4] GB/T 9414.8 设备维修性导则 第九部分:维修性评价中的统计方法(idt IEC 60706-6:1994)
 - [5] IEC 60300-3(所有部分) 可靠性管理 第3部分:应用指南
 - [6] RADC-TR-69-356 维修性预测和演示验证技术.卷2,1970.1:维修性演示验证 Grafton H. Griswold 等
-

中华人民共和国
国家标准
维修性 第3部分:验证和数据的收集、
分析与表示

GB/T 9414.3—2012/IEC 60706-3:2006

*

中国标准出版社出版发行
北京市朝阳区和平里西街甲2号(100013)
北京市西城区三里河北街16号(100045)

网址 www.spc.net.cn

总编室:(010)64275323 发行中心:(010)51780235

读者服务部:(010)68523946

中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷
各地新华书店经销

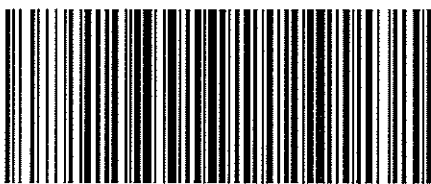
*

开本 880×1230 1/16 印张 2 字数 52 千字
2013年5月第一版 2013年5月第一次印刷

*

书号: 155066·1-46857 定价 30.00 元

如有印装差错 由本社发行中心调换
版权专有 侵权必究
举报电话:(010)68510107



GB/T 9414.3-2012