

统计方法应用标准化丛书

可信性工程

(可靠性、维修性、维修保障性)

何国伟 编著

中国标准出版社

可 信 性 工 程

(可靠性、维修性、维修保障性)

何国伟 编著

中国标准出版社

02177/14
图书在版编目(CIP)数据

可信性工程:可靠性、维修性、维修保障性/何国伟编
著. —北京:中国标准出版社,1996.8

(统计方法应用标准化丛书)

ISBN 7-5066-1261-5

I. 可… II. 何… III. 质量管理体系-质量控制-国际标准-学习参考资料 IV. F273.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(96)第 08236 号

中国标准出版社出版

北京复兴门外三里河北街16号

邮政编码:100045

电 话:68522112

中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

版权专有 不得翻印

*

开本 880×1230 1/32 印张 19 $\frac{3}{8}$ 字数 554 千字

1997年3月第一版 1997年3月第一次印刷

*

印数 1—2 000 定价 39.00 元

*

标 目 299—03

丛书编委会

主任 成平

副主任 马毅林 何国伟

委员 (按姓氏笔划)

于振凡 于善奇 马毅林

王淑君 冯士雍 何国伟

张尧庭

总 序

当今世界,由于地区化、集团化经济的发展,贸易竞争日益激烈,产品质量的竞争已成为贸易竞争的最重要的因素。在这种形势下,各企业都深刻地感到不提高产品质量就没有出路,不能生存;产生了强烈的提高产品质量的紧迫感。我国政府有关部门也正在制定质量振兴计划,以迅速提高我国产品的市场竞争能力。提高产品质量,一要依靠技术进步,二要加强科学管理。有人说,三分技术,七分管理,这是很有道理的。GB/T 19000—ISO 9000 族标准的发布为我国企业进行科学的质量管理提供了保证。这一系列标准提出了建立质量体系的一系列要求,并将统计技术也作为要求提出来,可见统计技术是科学质量管理的重要手段,要贯彻质量管理和质量保证标准离不开运用统计技术。

迄今为止,我国已正式颁布了 77 项数理统计方法标准,涉及到数据处理、质量控制图、抽样检验、产品可靠性等方面。这些标准都是由全国统计方法应用标准化技术委员会负责制定、审查的。该技术委员会集中了一批享有声望的数理统计专家。多年来,他们在数理统计应用于质量管理方

面,做了大量的研究和推广工作。为了更好地宣传、推广统计技术,他们编写了这套《统计方法应用标准化丛书》。这套丛书包括下列四个分册:

《数据的统计处理和解释》

《生产过程质量控制》

《产品质量抽样检验》

《可信性工程(可靠性、维修性、维修保障性)》。

这套丛书深入浅出地阐明了在质量管理工作中,如何使用统计方法标准,并介绍了通过使用统计方法标准,提高产品质量、降低产品成本的有效途径。它的出版,无疑对于建立科学的质量体系有着十分重要的指导意义。

这套丛书避免了高深的数学推导,以实用性为主,内容十分丰富,理论上既严谨又通俗易懂,具有可读性、可操作性,是广大科技人员、管理人员掌握数理统计技术的一套好书。

叶柏林

1995. 10. 15

前 言

GB/T 6583—1994(idt ISO 8402—1994)《质量管理和质量保证 术语》之 2.1 条中提出“质量”所反映的“需要”包括:特性、可信性(可用性、可靠性、维修性)、安全性、环境、经济性和美学。其 2.5 条定义“可信性”为“描述可用性及其影响因素:可靠性、维修性、维修保障性等性能的一个集合术语。”这些对质量的定义反映出国际上对质量观念的转变。

传统的质量观念以性能为中心。现代的质量观念源于 60 年代美国,当时美国国防部长麦克纳马拉根据越南战争的教训,提出了“以效能(即可用性、可信性和固有能力的综合反映)及全寿命周期费用为中心”的新质量观念,经约翰逊以总统命令颁发。美军随即开始并于 80 年代末完成了这一质量观念的转变。海湾战争证明了这一转变的正确性。美军总结取得成功的重要原因之一是实行了“规范化管理”,即将如何科学地实现可信性的管理、设计、试验予以标准化并切实执行。

在民用品的“质量”中,可靠性(这里包括维修性等)的地位也愈来愈突出。国家技术监督局技管局管函(1994)365 号文指出:“可靠性理论和技术的发展及推广应用,是当今科学研究、工业生产与质量管理工作中的一项重要内容,尤其是高科技产品和机电产品的研制、开发和生产中,可靠性保证构成了产品保证的一个重要组成部分。”

1978年起,由于海底电缆工程及其他高科技领域的需要,电子工业部标准化研究所苏德清等奉命组织起草,并由原国家标准局批准发布了加速寿命试验方面的国家标准(GB 2689),并以之为起点,发布了一批可靠性的国家标准,促进了我国军品、民品的可靠性工作的开展。

本书的目的就是系统地介绍这些可靠性(包括维修性等,现应理解为可信性)国家标准的要点,使读者对可信性工程有一个较全面的理解,并作为实施可信性管理、设计、试验的依据。

但是,这些国家标准大多是依据 IEC 等国际标准编制的,而目前这些所依据的国际标准多数已有了新版本,某些版本甚至有极大改动。有一些国家标准已按国际标准的新版进行了修订,有一些国家标准的修订还需一段相当的时间。因此,本书直接介绍国际标准的新版,以使读者及时了解及应用国际标准。主要变动情况如下:

1. 用 GB/T 6583—1994(idt ISO 8402:1994)《质量管理 and 质量保证 术语》代替 GB/T6583—92(idt ISO 8402—86)《质量 术语》。

2. 用 GB/T 19000. 1—1994(idt ISO 9000-1:1994)《质量管理 and 质量保证 第1部分:选择和使用指南》代替 GB/T 19000—92(idt ISO 9000—87)《质量

管理和质量保证标准 选择和使用指南》。

3. 用 GB/T 3187—1994(idt IECV191 的 119 号中办文件)《可靠性、维修性名词术语》代替 GB 3187—82《可靠性基本名词术语及定义》。

4. 用 GB/T 19000.4—1995(idt ISO 9000-4/IEC 300-1:1993)《质量管理和质量保证标准 第 4 部分:可信性管理指南》代替 GB 6992—86(eqv IEC 300:1984)《可靠性与维修性管理》。

5. IEC 300-2《可信性大纲要素及工作项目》的文件已于 1995 年发布,本书引用此材料内容代替 GB 6993—86《系统和设备研制生产中的可靠性程序》。

6. 用 IEC 1025:90《故障树分析》代替 GB 7829:87《故障树分析程序》。

7. 用 IEC 1123:1991《可靠性试验 成功率验证试验方案》代替 GB 5080.5—85(idt IEC605-5:1982)。《设备可靠性试验 成功率的验证试验方案》。

8. 用 IEC605-7:1990《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》和 MIL-STD—781D《可靠性鉴定与验收试验》代替 GB 5080.7—86(idt 605-7:1978)

9. 用 IEC 文件起草人 Benski 提供的 Weibull 寿命的参数估计近似公式代替 GB 2689.2—81《寿命试验和加速寿命试验的图估计法(用于威布尔分布)》,GB 2689.3—81《寿命试验和加速寿命试验的简单线性无偏估计(用于威布尔分布)》和 GB 2689.4—81《寿命试验的最好线性无偏估计法(用于威布尔分布)》。

10. Weibull 寿命抽样按国际标准应引用 MIL-STD-105E。我国国家标准 GB 2828 采用的是 MIL-STD-105D,因 105E 与 GB 2828 的表有相当多不一

致,故编者将 MIL-STD-105E 的内容作为附录 1 介绍。其 OC 函数表引用了国军标有关编制组的核算结果,少量数据在末一位上有一些修正。

11. 性能可靠性的抽样国际标准是 MIL-STD-414。我国国家标准 GB 6378 采用的是 MIL-STD-414 的 k 法,未采用 M 法,也即采用了一半。由于 MIL-STD-414 已出修订本 ANSI/ASQC Z1.9—80,且明确一般情况先用 σ 未知的 M 法,正好国家标准未采用。故编者把 MIL-STD-414 的修订本内容作为附录 2 介绍。

此外,GB 7827—87《可靠性预计程序》由于缺乏数据支持,因此不好操作。本书提供了国产元器件的数据(来自 GJB 299-A)及美军 MIL-HDBK-217F 的半导体器件数据,还扼要提供了杨家镗等研究收集的不在工作状态的国内外元器件数据,供查用。GB 7828—87《可靠性设计评审》需要设计评审审核单(checklist)作为支持,否则就不好操作。审核单本质上即设计准则。现收集有关部门及国外标准中的设计准则供查用(引用了曾天翔、朱美娴等收集的资料及标准稿)。

本书所有资料都引自国际标准、国家标准、国家军用标准。由于引用的大量新国际标准还未转化成国家标准、国家军用标准,因此所译内容未经标准化技术委员会审核。疏漏不当之处,欢迎赐教。

何国伟

国防科工委可靠性工程技术中心 专家组组长

1996 年 5 月

目 录

第 1 章 可信性的基本概念	1
1.1 有关产品的基本概念	1
1.2 质量及可信性	4
1.3 可靠性、故障与失效	6
1.4 维修性	15
1.5 测试性	20
1.6 维修保障性	23
1.7 可用性及时间分类	24
1.8 LCC(寿命周期费用)	29
1.9 效能及效-费比	33
第 2 章 可信性管理	36
2.1 可信性的目标与方针	37
2.2 寿命周期各阶段的可信性工作	40
2.3 可信性管理	43
2.4 可信性的策划及管理	46
2.5 合同评审及联络	49
2.6 可信性要求	51
2.7 可信性工程	52
2.8 外协件、外购件的可信性	55
2.9 可信性分析、预计及设计评审	55
2.10 验证、确认和试验	60
2.11 寿命周期费用大纲中的可信性	63
2.12 运行及维修保障策划	63
2.13 可信性改进	64

2.14	可信性的经验反馈	65
2.15	可信性信息管理	67
第3章 产品的可信性(R. M. S. (S.))指标		
	体系	69
3.1	可信性(R. M. S. (S.))需求	69
3.2	质量功能展开(QFD)	72
3.3	使用可信性指标转化为合同可信性 指标的经验回归方法	76
3.4	可信性参数的选择	78
3.5	论证阶段的可信性参数选择与指标 确定工作	79
3.6	方案阶段的可信性参数选择及指标 确定工作	80
3.7	通常选用的可信性(R. M. S. (S.)) 合同参数	82
3.8	分阶段达到可信性合同指标	84
3.9	可信性工作项目的工时预计	84
第4章 可信性设计准则及设计评审		
4.1	可信性设计评审	87
4.2	各阶段可信性设计评审要点	88
4.3	可信性设计准则及评审检查单概 述	91
4.4	可信性设计评审的通用项目	92
4.5	可靠性设计准则	94
4.6	维修性设计准则	106

4.7	测试性设计准则	111
第5章	可信性关、重件及 FME(C)A	119
5.1	可信性关、重件	119
5.2	FME(C)A 概述	120
5.3	FMEA 的工作程序	126
5.4	FMECA	138
5.5	国产电子元器件工作状态失效模式 及频率表	142
5.6	国外电子元器件工作状态失效模式 及频率表	144
第6章	可靠性、维修性模型、分配及预计	147
6.1	可靠性模型	147
6.2	可靠性分配	151
6.3	可靠性预计 元器件计数法(工作 状态)	154
6.4	可靠性预计 元器件计数法(非工 作状态)	176
6.5	可靠性预计 国产元器件应力分析 法	190
6.6	可靠性预计 进口元器件应力分析 法	234
6.7	可靠性预计 元器件应力分析法(非 工作状态)	259
6.8	维修性分配及预计	273
第7章	元器件大纲	277
7.1	元器件的可靠性管理	277
7.2	元器件的降额设计	282
第8章	容差分析	296
8.1	容差的概率分析法	296
8.2	Monte-Carlo 方法	298
8.3	最坏情况分析法	299
8.4	田口玄一的参数设计	301

第 9 章	可信性测定试验	305
9.1	可靠性试验	305
9.2	可靠性测定试验的成功率估计 方法	310
9.3	指数寿命的参数估计	318
9.4	Weibull 寿命的参数估计	324
9.5	对数正态寿命的参数估计	334
第 10 章	环境应力筛选	338
10.1	筛选的目的及方法	338
10.2	筛选度及缺陷密度目标值	344
10.3	温度应力筛选	346
10.4	振动筛选	349
10.5	环境应力筛选	354
第 11 章	可信性抽样检验	362
11.1	抽样检验及验证试验	362
11.2	成功率的抽样检验方案	367
11.3	指数寿命的抽样检验方案	398
11.4	寿命为 Weibull 分布的可靠性抽 样检验方案	424
11.5	正态及对数正态寿命的可靠性抽样 检验方案	437
第 12 章	耐久性试验	442
12.1	概述	442
12.2	极小样本无失效情况寿命分析的工 程经验法	443
12.3	参数蜕化情况下的使用寿命分 析	446
12.4	寿命为正态分布(完全样本)的使用 寿命分析	449
12.5	寿命为正态分布的定时及定数截尾 试验的使用寿命分析	451
12.6	加速寿命试验及加速系数	460

12.7	裂纹扩展寿命·····	463
12.8	疲劳寿命分析·····	466
第13章	故障树分析·····	469
13.1	故障树名词术语·····	469
13.2	建立故障树·····	472
13.3	故障树的定性分析·····	475
13.4	故障树的定量分析·····	485
13.5	底事件的重要度·····	491
第14章	安全性·····	493
14.1	安全性大纲·····	493
14.2	系统安全性管理·····	497
14.3	系统安全性分析及验证·····	498
14.4	安全性设计技术及准则·····	501
第15章	可信性标准(本书的主要参考资 料)·····	514
15.1	可信性国家标准·····	514
15.2	可信性国家军用标准·····	516
附录1	美军标 MIL-STD-105E《计数抽样检验 程序及表》介绍·····	519
附录2	美军标 MIL-STD-414《计量值检验抽 样程序及表》(修订本)介绍·····	576

第1章

可信性的基本概念

1.1 有关产品的基本概念

1.1.1 “活动”与“过程”的若干术语

为了某项目的而进行的单项具体工作叫“活动”(activity)。把一种材料用机械加工成一个零件是一个活动;将一批电子元器件进行高低温测试是一个活动;进行电源的结构设计是一个活动;采购一批某种规格型号钢材也是一个活动;等等。

活动需要“资源”(resources)。资源包括人员、设施(facilities)、设备(equipment)、技术、方法和资金。为完成某项活动的规定途径叫“程序”(procedure)。这里的途径(way)包括由什么样水平的人员,按什么样的先后次序,用什么样的设施或设备,按照什么技术规定操作来进行及完成某项活动。在许多情况下,程序要形成文件,成文件的程序叫“书面程序”或“文件化程序”。“活动”的书面程序通常包括:活动的目的和范围,做什么,由谁来做,何时、何地 and 如何做,要有什么材料、设备,按照那些文件做,如何予以控制及记录。

将输入转化为输出的一组有关联的资源和活动叫“过程”(process)。这里的输入输出是广义的。将原材料加工成零部件组成一个机械产品是一个过程,这里的输入是原材料,输出是一个机械产品。将质量信息收集、汇总、分析得出一份质量趋势动向的报告也是一个过程,这里的输入是质量信息,输出是报告。

活动或过程的结果叫“产品”(product)。

具备自身职能和独立经营管理的公司、社团、商行、企事业或公共机构,或其一部分,不论是否是股份制,也不论是公营的或私营的,叫“组织”(organization)。公司是一个组织,工厂也是一个组织。某组织为行使其职能按某种格局而安排的职责、权限及其相互关系叫“组织结构”(organization structure)，“组织结构是否适当”与这个组织发挥的能力密切相关。例如：科学管理之父美国人泰勒(Taylor)在工厂中建立了由专职检验人员为主组成的检验机构,实行对产品的检验,就是一个重大的组织结构改革,真正的工厂体制改革。

向顾客提供产品的组织叫“供方”(supplier)。在合同环境下,供方可叫“承包方”(Contractor)。供方可以是诸如生产厂、销售商、进口商、装配厂或服务组织,“供方”可以是组织外部的,也可能是内部的。向某工厂订购一批某种产品,该工厂为供方;在该工厂内部,上一道工序是下一道工序的供方;有时,供方也叫做一笔买卖的“第一方”。

供方提供的产品的接受者叫“顾客”(customer)。在合同环境下,顾客可以叫“需方”(purchaser)。顾客可以是诸如：最终消费者、使用者(user)、受益者或需方等。顾客可能是组织内部的,也可能是外部的。如在工厂内部,下一道工序就是上一道工序的顾客。

可以单独描述和考虑的事物叫“实体”(entity)。实体可以是某项活动和过程,某个产品,某个组织、体系或人,或它们的任何组合。“特性”(characteristic)是帮助识别和区分各类实体的一种属性,这种属性包括物理、化学、外观功能或其他可识别的性质。后面要讲到的质量特性是一种重要特性。

1.1.2 产品

产品包括下述四种或其组合：

① “硬件”(hardware)。是有形的、不连续的、具有特定形状的产品,通常由制造的、建造的或装配的零件、部件或(和)组件组成。如飞机、电视机、桌子、电灯泡等等。

硬件产品分为如下等级：

a. “零件”(part)。这是由一件、两件或更多件结合在一起构成