

电子产品可靠性试验

卢昆祥 编 著

电子产品可靠性试验

卢昆祥 编著

*

天津科学技术出版社出版、发行

天津市赤峰道130号

天津市蓟县印刷厂印刷

*

开本787×1092毫米 1/16 印张 19.75 字数 475 000

1987年12月第1版

1987年12月第1次印刷

印数：1—10 000

书号：15212·233 定价：4.20元

ISBN 7-5308-0195-3/TN·5

前 言

电子产品通过可靠性试验,可以暴露其质量与可靠性的薄弱环节,从而有的放矢地采取改进措施,因此,欲提高电子产品的可靠性,除了加强可靠性设计和可靠性管理外,积极开展可靠性试验工作,是促进产品可靠性水平提高的重要手段之一。因此,如何在认真研究积极采用国际标准和国外先进标准经验的基础上,结合我国国情,宣传推广可靠性试验的原理和方法,推动我国可靠性试验工作的开展,是迫切需要解决的问题之一。为了有益于我国可靠性试验工作的开展,编写了《电子产品可靠性试验》一书。

本书是电子产品可靠性试验的中级读物,编著中注意到可靠性理论的普及情况,力求深入浅出,通俗易懂。但是对于刚刚接触可靠性工程的读者,阅读本书时,请与本书的附录1、参考资料〔1〕、〔2〕、〔3〕等有关资料结合起来阅读。

本书编著过程中,吸取了国内外电子产品可靠性试验标准的一些特点,采用了参考文献中很多成熟的经验,结合我国可靠性试验工作的具体情况,将理论和实际结合起来。为此阐述了与产品可靠性试验有关的基本理论和方法,同时具有较多的实践内容。例如,介绍了元器件可靠性试验、筛选、认定、认证试验方法;如何选择试验参数和试验方案,试验的各项要求对试验的影响,结合较多的实例阐述试验条件的选择和试验周期(循环)的设计原则,推荐了十二个试验程序实例,不仅介绍了失效分析和处理的原则,而且对相关失效数的计算提出二十五条建议,介绍了增长试验、老炼试验和MTBF保证试验方法,探讨试验技术研究及如何进行试验的组织和管理问题等。这些都是可

靠性工程技术人员和试验工作者需要的，有利于普及可靠性试验理论和推动可靠性试验工作的进一步开展。

本书的编著是与编著者的工作实践分不开的。编著者在参加全国电工电子可靠性维修性标准化技术委员会的工作中，在参加有关设备可靠性试验的国标、部标的编制过程中，在从事可靠性工作的实践中，受到了电子工业部、天津通信广播公司（原国营天津无线电厂）以及兄弟厂、所的有关领导和同志们的关怀、支持和帮助，在工作实践中取得的每一项成绩都与他们的培育和指导是分不开的，在此向他们表示感谢。在本书编著过程中，还得到了中国电子学会电子产品可靠性与质量管理学会委员、机械工业部仪表局可靠性顾问组组长、天津市电子学会可靠性专业委员会副主任、天津大学管理工程系林青副教授的大力帮助和指导，并为本书作了技术审查，在此表示衷心感谢。同时向为本书编著提供过各类宝贵资料的同志及参考文献的作者、译者们表示诚挚的谢意。还要向为本书编著、出版和发行给予支持和帮助的天津通信广播公司、天津市电子学会可靠性专业委员会、天津科学技术出版社的有关同志们致以崇高的敬意。

编著者

1987年5月于天津

目 录

第一篇 可靠性与可靠性试验概论

第一章 什么是电子产品的可靠性	(1)
第二章 可靠性工程的特点	(4)
第三章 影响电子产品可靠性的因素	(7)
第四章 可靠性试验的定义与原理	(9)
§ 4.1 可靠性试验的定义	(9)
§ 4.2 可靠性试验的原理	(10)
第五章 可靠性试验在可靠性工程中的地位	(12)
第一篇复习题	(12)

第二篇 电子元器件可靠性试验

第六章 电子元器件失效率试验	(14)
§ 6.1 电子元器件可靠性试验的重要性	(14)
§ 6.2 电子元器件失效率试验的种类和方法	(14)
6.2.1 失效率试验的种类	(14)
6.2.2 失效率试验的方法	(15)
§ 6.3 失效率等级与置信度	(15)
6.3.1 失效率等级	(15)
6.3.2 标志	(15)
6.3.3 置信度	(16)
§ 6.4 试验方法原理及抽样表	(16)
§ 6.5 失效率试验的一般要求	(20)
§ 6.6 失效率试验程序	(22)
§ 6.7 应用举例	(23)
§ 6.8 失效率、置信度、允许失效数和总试验时间的关系	(25)
复习题	(28)
第七章 威布尔分布下的抽样验证试验	(29)
§ 7.1 威布尔分布抽样验证程序	(30)
§ 7.2 用可靠寿命作指标的抽样验证方案	(30)
§ 7.3 用失效率作指标的抽样验证方案	(42)
复习题	(48)
第八章 电子元器件的加速寿命试验	(49)
§ 8.1 加速寿命试验的类型	(49)
§ 8.2 组织恒定应力加速寿命试验的注意事项	(50)
§ 8.3 恒定应力加速寿命试验的基本假定	(54)
复习题	(56)

第九章 试验数据的统计分析方法	(57)
§9.1 矩法估计	(57)
§9.2 指数分布中的点估计和区间估计问题	(58)
9.2.1 指数分布中的点估计问题	(58)
9.2.2 指数分布中的区间估计问题	(60)
§9.3 威布尔分布中的点估计和区间估计问题	(64)
9.3.1 威布尔分布中的点估计	(64)
9.3.2 威布尔分布的区间估计	(72)
§9.4 正态分布和对数正态分布的点估计和区间估计	(73)
9.4.1 在正态概率纸上描点和配置分布直线	(73)
9.4.2 估计均值 μ 和标准偏差 σ	(74)
9.4.3 点画 $F(t_i)$ 的置信区间	(75)
9.4.4 给定 t_0 , 对可靠度 $R(t_0)$ 进行点估计和置信区间估计	(75)
9.4.5 给定可靠度 R_0 , 对可靠寿命 $t(R_0)$ 进行点估计和置信区间估计	(76)
§9.5 加速寿命试验的参数图估计法	(77)
9.5.1 对数正态分布的参数图估计法	(77)
9.5.2 威布尔分布的参数图估计法	(81)
§9.6 加速系数	(82)
9.6.1 加速系数的定义	(82)
9.6.2 对数正态分布的加速系数	(83)
9.6.3 威布尔分布的加速系数	(84)
9.6.4 利用加速系数进行失效率换算的公式	(85)
复习题	(86)
第十章 电子元器件可靠性筛选、认定及认证试验	(88)
§10.1 元器件的可靠性筛选试验	(88)
§10.2 元器件的可靠性认定试验	(94)
§10.3 元器件的认证试验	(96)
复习题	(97)

第三篇 电子设备可靠性试验

第十一章 设备可靠性试验概述	(98)
§11.1 可靠性试验的种类及其目的	(98)
§11.2 正确评定设备的可靠性	(100)
复习题	(102)
第十二章 统计试验方案	(103)
§12.1 试验参数的定义	(103)
12.1.1 平均无故障工作时间 (MTBF)	(103)
12.1.2 判决风险率	(104)
12.1.3 时间	(104)
§12.2 怎样正确选择试验参数	(104)
§12.3 定时截尾试验方案的设计	(106)
§12.4 定数截尾试验方案的设计	(108)
§12.5 概率比序贯试验方案的设计	(109)

§12.6	怎样正确选择试验方案	(111)
12.6.1	分布假设的选择	(111)
12.6.2	选择试验方案的原则	(111)
§12.7	标准型试验方案及其判决标准与接收概率曲线	(113)
12.7.1	推荐的标准型试验方案	(113)
12.7.2	标准型概率比序贯试验方案 (PRST) 的判决标准和接收概率曲线	(115)
12.7.3	标准型定时截尾试验方案的判决标准和接收概率曲线	(129)
12.7.4	全数可靠性试验方案的判决标准及接收概率曲线	(133)
12.7.5	其它的全数可靠性验收方案	(136)
12.7.6	其它定时截尾试验方案	(144)
§12.8	试验样品数量和试验时间的确定	(148)
12.8.1	样品数量的确定	(148)
12.8.2	试验时间的确定	(149)
§12.9	恒定失效率有效性检验	(149)
§12.10	用试验观察数据估计设备的平均无故障工作时间 (MTBF)	(153)
12.10.1	不要用统计试验方案的参数估计 MTBF 验证值	(153)
12.10.2	采用观察数据, 查 χ^2 表直接计算 MTBF 验证值	(154)
12.10.3	根据试验中的观察数据, 采用置信因子计算 MTBF 验证值	(155)
12.10.4	序贯试验的置信限	(159)
§12.11	电子设备的可靠性指标	(169)
复习题		(172)
第十三章	可靠性试验的一般要求	(173)
§13.1	试验类型的选择	(173)
§13.2	可靠性试验的设计	(174)
§13.3	可靠性鉴定试验前应具备的条件	(175)
13.3.1	可靠性预计	(175)
13.3.2	制定可靠性试验方案	(176)
13.3.3	热检查	(176)
13.3.4	振动检查	(176)
13.3.5	老炼预处理	(176)
§13.4	试验样品的要求	(177)
13.4.1	可靠性鉴定试验样品	(178)
13.4.2	可靠性验收试验样品	(178)
§13.5	试验设备、仪器仪表的要求	(178)
§13.6	试验的实施要求	(179)
§13.7	受试设备的检测要求	(179)
13.7.1	检测方法要求	(179)
13.7.2	检测的参数	(180)
13.7.3	参数测量和功能检查方法	(180)
§13.8	受试设备接收与否的判决	(180)
§13.9	纠正措施	(181)
§13.10	预防性维护	(181)
§13.11	受试设备的复原	(182)
§13.12	对可靠性试验的检查与监督	(183)

13.12.1 使用方的检查与监督	(183)
13.12.2 其他形式的检查与监督	(183)
复习题	(183)
第十四章 试验条件选择及试验周期设计	(185)
§ 14.1 电子设备的分类	(185)
§ 14.2 试验条件的分类	(186)
§ 14.3 试验条件的选择	(192)
14.3.1 选择试验条件时应考虑的因素	(192)
14.3.2 选择试验条件的原则	(193)
14.3.3 应力水平及其时间分布的确定	(195)
14.3.4 应力类型及等级的确定	(196)
§ 14.4 对基本环境试验方法的要求	(198)
§ 14.5 试验中的工作条件	(199)
14.5.1 功能模式	(199)
14.5.2 负载条件	(199)
14.5.3 输入信号特性	(199)
14.5.4 工作能源条件	(200)
14.5.5 设备的实际操作条件	(200)
§ 14.6 试验周期(循环)与试验程序的设计	(200)
14.6.1 什么叫试验周期	(200)
14.6.2 试验周期持续时间的要求	(200)
14.6.3 导出试验周期(循环)的程序	(200)
§ 14.7 推荐的试验周期	(201)
14.7.1 推荐的综合应力试验周期	(201)
14.7.2 推荐的部分综合应力试验周期	(201)
14.7.3 多项试验应力单项循环逐次施加的试验周期	(202)
§ 14.8 编制可靠性试验程序的实例与说明	(203)
14.8.1 地面固定使用设备的可靠性试验程序实例	(204)
14.8.2 地面移动及车载设备的可靠性试验程序实例	(205)
14.8.3 舰船用电子设备的可靠性试验程序实例	(209)
14.8.4 机载通信导航设备的可靠性试验程序实例	(211)
复习题	(214)
第十五章 失效的分类、失效的分析与处理	(215)
§ 15.1 失效的定义及分类	(215)
15.1.1 失效的一般定义	(215)
15.1.2 失效类型	(216)
15.1.3 失效分类	(217)
§ 15.2 失效时间的判定	(217)
§ 15.3 失效的处理方法	(218)
§ 15.4 失效的分析方法与要求	(218)
§ 15.5 失效的检修方法与要求	(219)
§ 15.6 失效的最后分类与相关失效数的确定	(220)
15.6.1 失效的最后分类	(220)
15.6.2 相关失效数的确定	(220)

§ 15.7 制定纠正措施方案	(224)
复习题	(224)
第十六章 试验的记录与报告	(225)
§ 16.1 电子设备可靠性试验报告	(225)
§ 16.2 可靠性试验测试记录	(225)
§ 16.3 可靠性试验失效综合报告表	(226)
§ 16.4 可靠性试验失效分析和修理报告表	(226)
§ 16.5 反复失效和导致立即作出拒收判决失效的分析和纠正措施实施情况报告表	(226)
§ 16.6 电子设备可靠性试验简报	(226)
复习题	(231)
第十七章 设备的老炼预筛选试验	(232)
§ 17.1 老炼试验方法	(232)
17.1.1 计算无失效间隔试验	(232)
17.1.2 趋势试验方法	(232)
§ 17.2 MTBF 保证试验	(231)
§ 17.3 摘要介绍美国设备环境应力筛选的经验 and 研究成果	(235)
复习题	(240)
第十八章 可靠性增长试验方法	(242)
§ 18.1 概述	(242)
§ 18.2 术语	(243)
§ 18.3 一般要求	(243)
18.3.1 可靠性试验之前的要求	(243)
18.3.2 试验条件和应力等级	(244)
18.3.3 试验前和试验后的条件	(244)
18.3.4 受试设备性能	(244)
18.3.5 失效记录、分析及改正措施系统 (FRACAS)	(245)
18.3.6 试验程序的审查	(246)
18.3.7 政府提供的器材	(247)
§ 18.4 详细要求	(247)
18.4.1 可靠性试验前的处理	(247)
18.4.2 试验程序和要求	(247)
18.4.3 可靠性增长模型	(248)
18.4.4 可靠性估计	(249)
18.4.5 失效分析和改正措施	(250)
18.4.6 维修	(250)
18.4.7 综合环境试验条件等级	(250)
§ 18.5 杜安可靠性增长模型的说明和MTBF移动平均值法的探讨	(250)
18.5.1 杜安可靠性增长模型	(251)
18.5.2 移动平均值方法	(254)
18.5.3 移动平均MTBF与杜安当前的MTBF的比较	(256)
§ 18.6 AMSAA模型增长分析	(256)
复习题	(262)
第十九章 现场可靠性试验	(264)

§ 19.1 试验的目的	(264)
§ 19.2 试验的一般要求	(265)
§ 19.3 试验的条件	(265)
§ 19.4 受试设备性能和相关试验时间	(265)
§ 19.5 数据的收集	(265)
§ 19.6 正确评定与比较现场可靠性数据与试验室模拟可靠性试验数据	(265)
复 习 题	(267)
第二十章 可靠性试验技术与管理	(268)
§ 20.1 可靠性试验技术	(268)
§ 20.2 关于大中型电子设备的可靠性评定	(269)
§ 20.3 可靠性试验的管理	(270)
20.3.1 可靠性试验管理的重要性	(270)
20.3.2 可靠性试验管理的内容	(270)
复 习 题	(272)

附 录

附录 1 基本名词术语及定义(有关的和主要的)	(273)
附录 2a 可靠性工程实施程序及考核要求(适用于中小型设备)	(277)
附录 2b 可靠性工程和质量控制(适用于大中型或小子样系统)	(279)
附录 3a χ^2 分布的上侧分位数表	(284)
附录 3b χ^2 分布的下侧分位数表	(286)
附录 4a 中位秩表	(289)
附录 4b 10%和90%秩置信限	(290)
附录 4c 5%和95%秩置信限	(292)
附录 4d 2.5%和97.5%秩置信限	(294)
附录 4e 0.5%和99.5%秩置信限	(296)
附录 5 推荐一个民用移动通信设备的可靠性试验方案	(298)
参考资料	(303)

第一篇 可靠性与可靠性试验概论

第一章 什么是电子产品的可靠性

可靠性是对一种产品投入使用时无故障工作能力的度量。可靠性有各种各样的定义,根据我国国家标准《可靠性基本名词术语及定义》(GB—3187—82)规定的定义是:产品在规定条件下和规定时间内,完成规定功能的能力。

根据可靠性的定义,不难看出产品可靠性高低是表示产品在规定条件下,规定时间内,完成规定功能的可能性的。从数学的观点看是表示一种概率。某个产品究竟什么时候发生失去完成规定功能的能力而失效是不能确知的,只能借助于数理统计的方法加以估计。为了使可靠性定义中的“能力”这一抽象的概念不致含糊不清,必须用概率论和数理统计的数学工具对可靠性进行定量的研究。定量地表示产品可靠性的数学特征量有可靠度、累积失效概率、失效概率密度、失效率、平均无故障工作时间(MTBF)、有效度等。但通常采用可靠度、失效率及平均无故障工作时间(MTBF)来表示。所谓可靠度,就是产品在规定条件下和规定时间内,完成规定功能的概率。所谓失效率,就是产品单位时间内失效的概率。所谓平均无故障工作时间,是指产品无故障工作时间的平均值。通常元器件可靠性水平的高低用失效率来表示;而设备多用可靠度、MTBF、有效度等指标来表示。

应该特别指出,某个产品的固有可靠性是随着设计的修改,使用条件的不同,以及工作过程中的性能退化而不断变化的,因此,是无法确知的,只能从确定符合使用条件的可靠性预计值或试验验证值中得到估价。所以,可靠性可以说是对事物认识的水准而不是事物的本来状态^{〔8〕}。还应指出,可靠性不是指一个产品而言的,而是对一批或多批相同产品而言的,对于一个产品谈不上可靠性,因为个别现象不是发生,就是不发生,针对个别现象谈概率是没有任何意义的,所以不能预计单个产品的可靠性,只能预计概率和平均数^{〔8〕}。不能用可靠性技术预计一个产品能工作多长时间会失效,但是,可以借助于统计的方法,对一批产品预计其在规定时间内工作的概率或者在某一时间内将发生故障的平均数或平均无故障工作时间(MTBF)。因此,研究可靠性时,应建立统计概率的观点,同时应认识到可靠性所具有的统计特性。

产品可靠性与“规定的条件”是分不开的,任何产品研制的时候都是根据规定的使用条件进行的。这个使用条件包括工作条件(如功能模式、操作方式、负载条件、工作能源、维护条件等)和环境条件(如温度、湿度、气压、振动等)。同一种产品在不同的工作条件 and 环境条件下其可靠性是不同的。因此,在评价一种产品可靠性时,必须明确其所处的工作条件 and 环境条件。

产品可靠性与“规定的时间”有密切关系。规定时间的长短又随着产品对象的不同与使用目的不同而异。产品的可靠性是时间的函数,随着时间的推移而不断降低,产品使用1小时

的可靠性与使用1万小时的可靠性水平是不一样的。就设备而言,即使元器件经过筛选和整机经过老炼及维修,设备在偶然失效区工作的情况下,这一段时间内的失效率是一个常数,但是,设备可靠度随时间的分布规律却符合图1.1—1所示,即使用的时间越长,可靠度越低。因此,在研究产品可靠性问题时,要充分认识到可靠性的这种时间特性。在评价一种产品的可靠性时必须指明多长时间内的可靠性,也称任务时间内的可靠性。离开时间谈可靠性是无意义的。

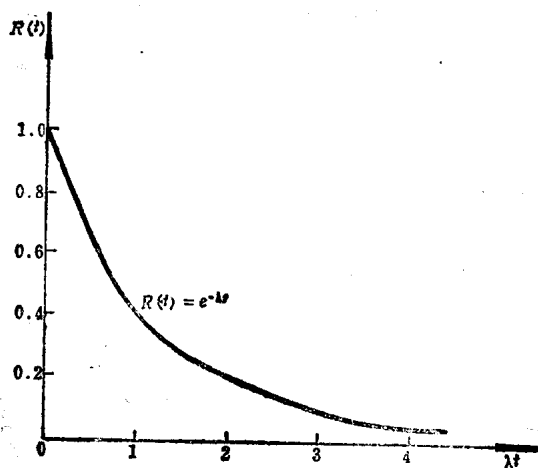


图1.1—1 指数分布的可靠度函数

产品可靠性与“规定的功能”有密切关系。所谓“功能”就是产品的主要性能指标和技术要求。这是产品完成规定任务和作用的保证。所谓产品不可靠,所谓失效,就是针对产品是否满足规定的性能指标和技术要求而言的。产品的性能指标和技术要求越高,允许变化的范围越小,产品要完成“规定功能”的可能性就越小,那么产品的可靠性水平就越低。反之,产品的性能指标和技术要求越低,允许变化的范围越宽,产品能够完成“规定功能”的可能性就越大,那么产品的可靠性水平就越高。因此,评价一种产品的可靠性离不开产品的规定功能。

研究产品可靠性时,还应认识到可靠性工程是一种综合技术。可靠性技术与管理贯穿在产品规划、设计、生产、使用的全过程中,而且可靠性技术涉及到很广的技术领域,如:可靠性数学、失效物理学、试验技术与试验分析技术、元器件工程、可靠性标准及可靠性设计与可靠性管理等,同时上至国家机关、下至各工业企业部门,直至每个用户都有关系。可靠性具有强烈的社会性,某个国家产品的可靠性水平就反映了这个国家的工业基础和科学技术水平。回顾电子产品的可靠性理论及技术上的发展,就是在第一次、第二次世界大战中萌芽和发展起来的,至今可靠性技术依然是军备竞赛以及市场竞争的热门货,可靠性已经被人们认为是与国家安全,企业存亡密切相关的一门科学,因此可靠性技术与管理,从它孕育诞生及成长都带有强烈的社会性,都为各国领导集团及社会各个部门所重视。可靠性工程具有可靠性技术与管理的双重性特点。可靠性工程学怎么发展起来的呢?是因为通过第一次、第二次世界大战、首先是美国军方吃了产品不可靠的苦头,认识到单靠一般的质量管理不能保证产品的可靠性,必须加强可靠性基础理论及工程技术的研究和应用。再加上管理科学的发展,才使可靠性发展成为一门新兴的专门学科——可靠性工程学。可靠性工程等于可靠性技术加可靠

性管理。要提高产品可靠性，必须实施可靠性技术。但是光有技术还不行，还必须要有可靠性管理将研究、设计、生产、使用各个阶段有机的结合起来，才能保证将可靠性技术“制作到”产品中去。

综上所述，我们在研究产品的可靠性问题时，必须牢牢掌握可靠性的三大要素，即时间、条件、功能。建立一个基本观点，即统计概率的观点。充分认识可靠性所具有五个特性，即时间性、统计性、综合性、强烈的社会性、技术与管理的双重性。

举一个人们很熟悉的购买电视机的例子来解释一下什么是可靠性的问题。人们来到商店购买电视机，首先看一看屏幕大小，造型是否美观，价格是否便宜，接着通电看看图象是否清晰，伴音是否好听，如果都满意就购买。但是买回家以后，在市电电压及室温条件下，使用多长时间不坏？或某一时间范围内坏多少次，电视机能够维持原有性能水平的能力等，就是电视机的可靠性指标。它与使用的条件、使用的时间、以及性能的变化对能否保证满意地收看电视节目的影响等都有着密切的关系。如果有100台电视机，用户用了一年，坏了5台次，那么这100台电视机在市电电压、室温条件下，使用一年的可靠度为95%。也就是这100台电视机在规定条件下，规定时间内，完成规定功能的概率是95%。平均无故障工作时间是多少呢？假设每台电视机每天用5小时，一年的使用时间就是1825小时，100台电视机就是182500小时，共出现5次故障，那么平均无故障工作时间就是36500小时，即 $MTBF = 182500 / 5 = 36500$ 小时。

应该特别指出，从使用的角度来看，在基本性能指标满足使用要求的前题下，产品最重要的指标是可靠性指标。如果产品不可靠，性能不稳定，经常坏，产品的最初性能再好也是没有实际意义的，更没有经济效益。

第二章 可靠性工程的特点

根据产品可靠性的定义就不难想象,研究产品的可靠性,时时离不开研究产品的使用条件,使用时间,以及使用方提出的性能指标及技术要求。因此,可靠性工程是贯穿在设备研制、生产、使用全过程中的研究产品在规定功能下的可靠度与使用条件和使用时间的函数关系的一门科学。即

$$R(t) = f(G, T)$$

式中 G 代表使用条件;

T 代表使用时间。

可靠性工程研究的目的是提高产品在规定条件下,规定时间内,完成规定功能的能力。或者说研究在规定条件下,如何才能使产品完成规定功能的时间加长。为达到此目的,可靠性工程的任务是:

1. 尽可能地降低设备的复杂性;
2. 提高设备中的元器件的使用可靠性;
3. 有效地实施各种可靠性技术;
4. 规定合理的维护修理程序等等。

谈及可靠性工程的特点时,不免就要涉及可靠性与质量的关系问题。有些人将“可靠性”与“质量”作为同义词,有些人提出可靠性与质量有什么区别的问题等,这说明需要对可靠性与质量的关系做一个简要的说明。以设备为例,一般说来,设备质量的好坏包含着三个主要的指标:

技术性能指标:包括电气性能、结构工艺等。

可靠性指标:包括寿命特征、故障间隔、利用效率、完成规定功能的能力等。

经济指标:包括生产费用、使用费用、维修费用等。

设备的可靠性是质量内容的一部分。在第二次世界大战期间,电子设备失效频繁,首先是美国人从无数次失败和血的教训中认识到可靠性问题特别重要,单靠质量管理不能完全解决电子产品的可靠性问题,必须将可靠性作为重大课题进行专门的研究,进而发展成为可靠性工程学。可靠性工程学等于可靠性技术加可靠性管理。所以,一种设备的“可靠性”不能作为其“质量”的同义词,仅仅是设备质量指标中的一个指标。既然设备可靠性是设备质量的一部分,就不能说质量和可靠性有什么区别,应当说可靠性与质量有什么关系。产生这些模糊概念的原因是由于对质量而言有质量管理问题,可靠性工程中也包含可靠性管理问题,人们对两者间的相互关系不甚清楚。同时也是由于可靠性理论普及不够,人们对可靠性工程及其在质量工作中的地位不够了解所致。那么,质量与可靠性的相互关系是什么呢?可靠性是产品质量的一部分,而产品一切质量工作的主要任务是提高产品的可靠性,以保证产品稳定可靠。同时,质量工作还要保证产品的性能指标和经济指标。

根据国外的经验,将设备出厂时,也就是设备使用时间等于零或近似等于零时,能否满足技术规范的各项要求,称之为质量,由质量管理工程师负责。而可靠性工程这一概念,则涉

及到产品在规定的现场条件下,设备满足指标要求,完成其规定功能的寿命期有多长。因此,可靠性工程师的职责就是设法使设备在特定的使用条件下,在特定的使用周期内,完成规定的功能。因此,目前的认识是以时间及管理的侧重点不同对设备的质量管理和可靠性工程的管理做了一个较为狭隘的定义〔5〕。广义而言,讲设备质量的优劣,其中就应该包含设备可靠性水平的高低。根据有关资料介绍,国外七十年代已经发展为可靠性管理与质量管理二者互为补充并融合在一起的质量保证体系。所谓质量保证体系就是产品在研究和设计阶段,运用固有技术和可靠性技术,奠定了产品的固有可靠性。生产阶段运用质量管理技术,使制造质量接近或达到设计可靠性水平。因此,把设计阶段的可靠性活动、生产阶段的质量管理活动、再加上市场(或使用)阶段的维修与质量反馈活动有机地结合起来就称为质量保证体系〔13〕。所以,根据可靠性工程的特点,可以看出可靠性管理的重点在于从设备的研究和设计阶段就保证固有技术和可靠性技术的实现,而制造过程中的可靠性保证可以利用现有质量管理体系,通过开展质量管理活动来实现,无需建立新的管理系统。实施这种设备在制造过程中的质量管理与可靠性管理的兼容性,已被很多工厂的实践证明是保证设备质量和可靠性水平的有效方法。然而,应当特别指出,当前开展的全面质量管理活动对保证设备可靠性是有益的,但它不能代替全过程的可靠性管理,例如可靠性规划的建立,可靠性技术的实施等等,都必须通过可靠性管理来实现。

在实际工作中,质量工作与可靠性工作如何分工呢?根据可靠性工程的特点,可靠性工程师或从事可靠性工作的人员的主要职责应管理那些设备质量与时间有关的部门。例如,可靠性设计方案的拟定及组织实施;制造过程中可靠性保证方案的拟制及监督实施;修理部门的数据收集及分析与处理;可靠性试验方案的拟制及协助组织实施;试验技术的研究;失效机理的分析;整机与元器件老炼筛选的环境条件的类型、等级及老炼筛选时间的确定;现场使用可靠性的调查等。而质量管理工程师或质量管理工作人员的主要职责是检查是否达到了设计文件与工艺文件规定的要求;例行试验是否合格;随机文件是否齐全等。保证产品出厂时,对设备按验收程序验收,并确认设备对规范规定的各项要求都已实现。但是,出厂前的这种验收不能代替设备的可靠性验收。只能把住质量关,不能对出厂设备的可靠性作出评价。根据国内外的经验,一般电子设备失效随时间的分布规律符合指数分布规律。设备工作

t 小时的可靠度 $R(t) = e^{-\lambda t} = e^{-\frac{t}{MTBF}}$ 。那么,设备还没有出厂,设备的工作时间 $t \leq 0$, 这时,其工作状态应该是正常的,设备的可靠度 $R(t=0) = 1$ 。没有哪一个设备能永远工作而不失效的,所以当设备工作时间 $t \rightarrow \infty$ 时,设备的可靠度 $R(t=\infty) = 0$ 。设备工作时间 $t < 0$ 时的可靠度没有意义,即 $R(t < 0) = \text{无意义}$ 。然而 $t < 0$ 时,认为设备的失效概率为零,那么可以定义 $t < 0$ 时的可靠度为1。既然设备工作时间 $t \leq 0$ 时的可靠度 $R(t) = 1$, 所以设备出厂时就只能对其质量作出评定。由质量管理工程师负责。如果需要对设备的可靠性作出评定,就必须通过设备的可靠性设计评审或通过可靠性试验来实现。由可靠性工程师负责。

最后从管理角度看可靠性管理与质量管理有着共同的目标,就是要提高产品的质量与可靠性水平。它们既有联系也有差别,为了便于说明,现将可靠性管理与质量管理的差别列于表 1.2-1 中

表1·2—1

可靠性管理与质量管理的主要差别

项 目	质 量 管 理	可 靠 性 管 理
目 的	在允许的费用和在一定时间内生产出能满足用户要求的产品。并以实现产品的低不良品率为主要目标	以最低限度的资源实现用户或产品计划所要求的定量的可靠性
主要特点	一个过程,四大支柱(即标准化、PDCA、QC小组、质量教育),四个环节(即PDCA循环),七种工具(即排列图、因果图、直方图、分层法、管理图、相关图、检查表),以及新七种工具(即关系图、KJ法、系统图法、矩阵图法、PDPC法、矢线图法、矩阵数据分析法)。	一个基础(即可靠性组织),五大支柱(即可靠性规划、可靠性监督、可靠性标准、可靠性数据、可靠性教育)
主要分工	质量控制;可靠性规划审查,可靠性质量教育,设计标准化,元器件筛选,产品试验,检验,产品服务,对外协厂管理	可靠性管理;可靠性规划,可靠性、维修性、安全性、人机工程设计,各种指标的综合权衡,元器件管理与选用,失效分析,可靠性数据反馈
所采用的主要手段	数理统计	固有技术,可靠性物理,数理统计
最适用的阶段	大量生产	预研与设计
所需费用	低	高
时间范畴	使用时间 $t \leq 0$ 阶段产品是否符合技术规范	研究产品可靠性与使用条件和使用时间的关系。使用时间 $t > 0$ 阶段,可靠性又称为时间质量
所需知识的侧重点	质量管理的常用工具,尤其是工程能力指数 C_p 值的计算,PPM的管理方法	可靠性、维修性、安全性、人机工程的设计技术等,尤其是可靠性预计与分配,冗余设计,减额设计,环境防护设计,FMECA,FTA,综合评审等
普及的难易程度	比较容易,可适用各行各业	难,只适用于有可靠性指标要求的产品,视不同对象而异
对企业的经济效益	非常直接,在短期内提高成品率,降低成本,受企业欢迎	较为间接,在短期内效果不一定显著地表现出来,但长期坚持可给企业带来极大经济效益,对国家带来极大好处,深受用户欢迎
指标范围	质量是综合性指标,全面考核	可靠性是质量指标中的主要组成部分,主要考核可靠性指标

第三章影响电子产品可靠性的因素

据美国海军电子试验室的统计,整机出故障由于设计上的原因占40%,元器件质量不好占30%,操作维护原因占20%,制造工艺问题占10%。日本电视机厂统计是设计原因占80%,零部件质量不好占15%,制造工艺问题占5%。通过我国的某典型复杂系统的故障调查和分析,电子系统故障占54%,机械方面的故障占34%,操作误差占12%。1981年对全国12英寸黑白电视机可靠性试验情况的统计和分析结果表明,电视机失效由于元器件失效造成的占60~64%。其中又分两种情况,一种是元器件本身的质量问题造成的整机失效,另一种情况是由于整机设计时对元器件的使用不当造成的整机失效。整机制造工艺问题造成的故障占17%。另外某移动通信设备先后进行了五次共23450小时的可靠性试验,共出现20个相关失效。按失效时的环境条件分类,低温条件下出现10个失效,占失效总数的50%,潮热条件下出现5个失效,占失效总数的25%,高温与振动条件下各出现2个失效,各占失效总数的10%。按失效的原因分类,元器件的失效引起了13个整机失效,占失效总数的65%,制造工艺问题造成4个整机失效,占失效总数的20%,其它原因引起3个整机失效,占失效总数的15%。通过上述几个实际的事例和统计数据说明,造成设备失效的原因和影响设备可靠性的因素是多方面的。那么设备为什么会产生这些失效呢?归根结底还是设备本身具有出故障的内因,无论它是来自设计的、制造的或元器件质量因素等方面的,在各种外因的作用下就出现了故障。这个外因就是在贮存、运输和工作过程中环境条件的影响。环境条件的影响又包括下列几个方面的因素:气候环境条件;机械环境条件;生物条件;化学条件;电与电磁条件;辐射条件;系统连接条件;人的因素等。其中气候环境条件包含的因素有温度、湿度、气压、风、雨、雪、霜冻、沙尘等。机械环境条件包含的因素有振动、冲击、离心力、失重、摇摆、碰撞、跌落加速度、噪声等。生物条件包含的因素有昆虫(如白蚁)、有害动物(如鼠类等啮齿动物)、霉菌、海洋生物等。化学条件包含的因素有大气污染、臭氧、腐蚀性气体、油雾、盐雾等。电与电磁条件包含的因素有电源的不稳定性、传导线系统的干扰信号、来自电磁场的干扰及雷电、电晕、放电等。辐射条件包含的因素有太阳辐射、原子放射辐射、紫外线辐射、宇宙射线等。系统连接条件包含的因素有大系统内各功能单元之间的连接,一个系统或一台设备与别的设备连接在一起使用,如电视机、收音机与电源连接等。人的因素包括包装、运输、贮存、安装、操作、维护人员对设备的影响等。以上八个方面的因素对设备可靠性都有影响,但是各种因素对不同的设备影响的程度是不一样的。

各种不同的环境条件,以及各种不同环境条件的恶劣程度对设备可靠性的影响大小是不一样的,以致设备的失效模式也不一样。现举一些典型的例子作简要的说明。

低温条件下:会使材料变脆、油和润滑脂粘度增大、材料收缩、元器件性能改变、密封橡胶硬化。其后果使结构强度减弱、电缆损坏、蜡变硬、橡胶发脆、轴承、开关等产生“粘滞”现象,活动部分被卡死、插头座、开关片等接触不良,铝电解电容器损坏,石英晶体往往不振荡,蓄电池容量降低,气密设备的漏泄率增大等。

高低温循环变化:剧烈的膨胀与收缩产生内应力,产生交替的冷凝冻结和蒸发。其后果将加速元件,材料的机械损伤,引起电性能变化等。

高温及湿热交替的条件:水汽凝聚,吸收水分,金属腐蚀,化学性质变化,水在半密封