

可靠性·维修性·保障性丛书

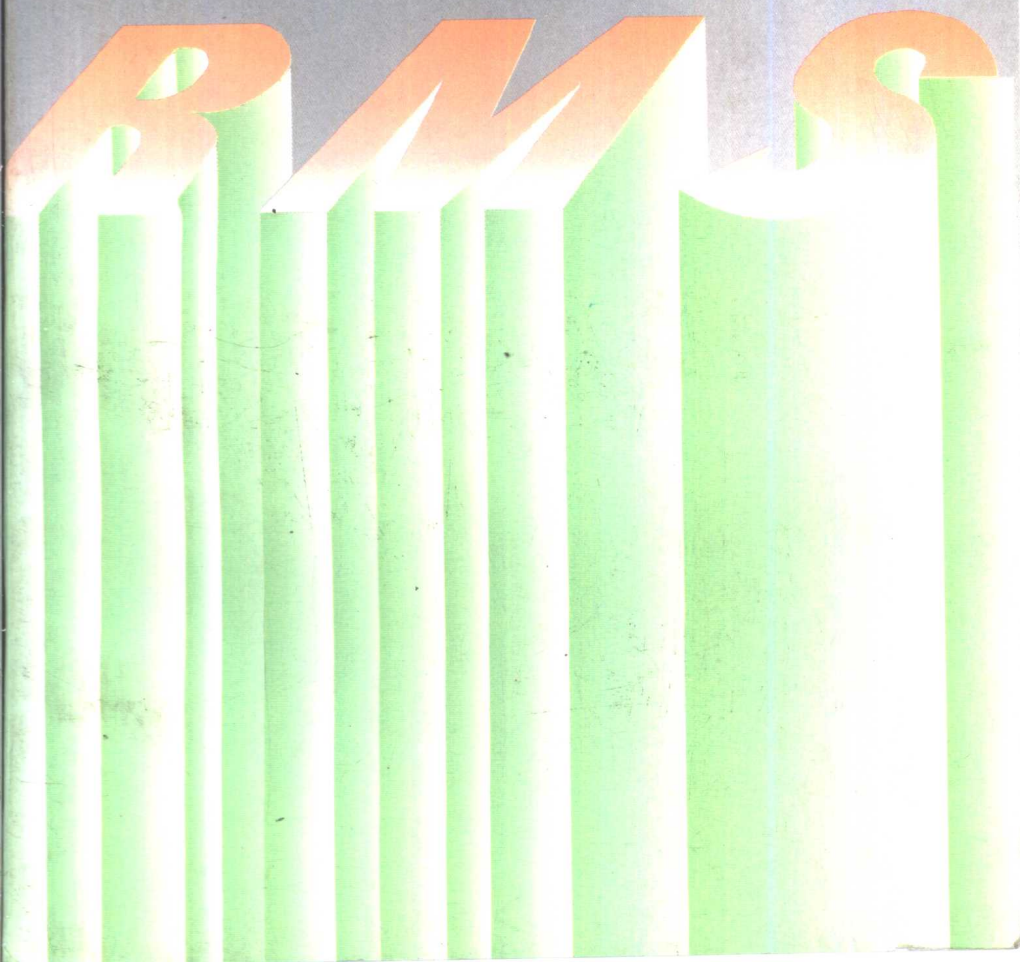
2

可靠性设计与分析

主编 陆廷孝 郑鹏洲 副主编 何国伟 曾声奎

KEKAOXING WEIXIUXING BAOZHANGXING
CONGSHU

国防工业出版社



可靠性设计与分析

主 编

陆廷孝 郑鹏洲

副主编

(按姓氏笔划排序)

何国伟 曾声奎

编写组成员

国防工业出版社

· 北京 ·

图书在版编目(CIP)数据

可靠性设计与分析/陆廷孝,郑鹏州主编. —北京:国防工业出版社,1995.9

(可靠性、维修性、保障性丛书)

ISBN 7-118-01451-6

I. ①可… II. ①陆… ②郑… III. ①可靠性-设计 ②可靠性-分析 ③电子器件-可靠性-设计-分析 IV. ①TB114.3 ②TN103

中国版本图书馆CIP数据核字(95)第15614号

国防工业出版社出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路2号)

(邮政编码 100044)

北京新华印刷厂印刷

新华书店经售

开本 850×1168 1/32 印张 15 1/2 396千字

1995年9月第1版 1995年9月北京第1次印刷

印数:1-6000册 定价:18.70元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

认真研究先进理论，
密切联系工程实际，
大力推进可靠性系统
工程的发展

祝《可靠性

保障性丛书》出版

丁继武

一九九四年十月十四日

《可排性、维修性、保障性丛书》的出版,对我国可排性系统工程的发展,必将起到巨大的推动作用。

感谢编者的创造性劳动。我们可以为有自己的工程应用价值极高的这部巨著而自豪

许光

一九八四年八月廿五日

A4J16/17 01

發展可靠性技術
提高裝備質量水平

懷國樑

94.9.30

序 言

树立当代质量观,不断提高产品质量,已成为国民经济和国防科技发展中引人注目的关键问题。可靠性、维修性、保障性是产品效能的决定因素,亦为产品质量的重要内涵。产品不但要性能优越,而且要寿命长、故障少、易维修、易保障,从而使其具有较高的效能及较低的寿命周期费用,以达到获取最佳效费比的目的。

可靠性、维修性技术是与国民经济及国防科技密切相关的、亟待发展的新兴学科分支,世界各发达国家均对此予以高度重视,通过可靠性、维修性技术的开发和应用,已在民用产品与武器装备的研制中获取了巨大效益。进入 90 年代以来,欧美各国在可靠性、维修性、保障性的综合化发展方面又取得了新进展,产生了诸如“并行工程”和“可信性技术”的新概念、新方法;因而更进一步地提高了产品质量、缩短了研制周期并节省了成本。与此相比,我国的可靠性、维修性工程起步较晚,无论从发展需求而言或与国外水平相比,均有明显差距。为尽快扭转这一落后局面,必须首先加强对可靠性、维修性工作的管理,大力发展可靠性、维修性技术。同时,必须重视专业人才培养,提高可靠性、维修性设计与管理人員的素质。这对于促进可靠性系统工程的深入发展,更有效地提高装备质量,具有重要的现实意义。为适应这一需求,国防科学技术工业委员会组织了国内这一领域中的知名专家和学者撰写了这套《可靠性·维修性·保障性丛书》,准备分批出版,第一批共六册,今后将陆续出版其它各册。

这套《丛书》系统地引进、吸收了发达国家先进的管理思想和相关技术,并在认真总结我国已取得的成果和经验的基础上,从技术和管理两方面深入浅出地阐明了有关专业的基本理论、技术及

其应用和可靠性系统工程管理等问题,具有系统性和实用性,从而有助于人们全面、系统地了解 and 掌握该项技术的主要内涵。《丛书》中所阐述的可靠性、维修性工程的理论和方法对现代工程系统、武器装备系统和一般民用产品均具有普遍的适用性。

《可靠性·维修性·保障性丛书》是一套理论与工程实践并重的著作,它不仅可作为从事现代化工程系统研制的工程技术人员和管理人员指导工作的参考书;而且也为有关工程专业的大学本科和研究生提供了系列化的参考书。我们相信,这套丛书的出版,将对我国可靠性系统工程的全面、深入发展起到重要的推动和促进作用。

《可靠性·维修性·保障性丛书》

编辑委员会

一九九四年十一月

前 言

可靠性工程是在产品全寿命过程中同故障作斗争的工程技术,其实质就是研究产品故障的发生、发展、故障发生后的修理、保障,以及如何预防故障的发生、直到消灭故障的规律,以达到提高产品的战备完好性和任务成功性、减少维修人力和保障费用的目的。

可靠性工程发展成为较为成熟的工程学科是近 20 年的事,在可靠性工程的发展过程中,武器装备的研制是其积极的和主要的推动力。

可靠性工程作为一门独立的学科,率先在美国形成。从四五十年代对军用电子设备可靠性问题的研究开始,至今已近半个世纪,经历了萌生、发展、成熟的过程。现在,可靠性工程在美国军、民用产品中得到了普遍的开展和认真的执行,成为保证产品效能的有力手段。

国际性的可靠性组织也于 60 年代形成。1965 年国际电工委员会(IEC)可靠性专业委员会的成立是其标志,使可靠性工程成为一门国际化的技术。

我国在 60 年代首先在电子工业部门进行了可靠性技术的开拓性工作,经 70 年代的逐步发展,到 80 年代在现代武器装备的研制中开始全面推行可靠性、维修性、保障性工作,取得了显著的成绩。一系列成龙配套的可靠性技术标准及管理规定的颁布与颁发,使我国武器装备的可靠性工作日益走上规范化的工程轨道,得到了健康的发展。

然而,与美国等发达国家相比,我国武器装备的可靠性、维修性、保障性水平还有待进一步的提高。系统地引进、吸收发达国家

先进的管理思想和相关技术,认真总结归纳我国已取得的成果和工作经验,是当前我国武器装备可靠性工作的一项迫切而重要的工作。

产品的可靠性是设计出来的、生产出来的、管理出来的,可靠性工程以可靠性设计、试验、管理等为其主要内容。本书作为《可靠性·维修性·保障性丛书》的第二册,主要讲述可靠性设计等有关内容,共两篇十章。

可靠性设计是保证产品可靠性的第一步,也是最重要的一步,它基本确定了产品的固有可靠性,这是第一篇主要讲述的内容,包括绪论、可靠性参数与指标,可靠性建模、预计与分配,故障模式影响及危害性分析(FMECA),故障树分析(FTA)及常用的可靠性设计方法等内容。

产品的可靠性可比作金字塔的尖,元器件的可靠性则是金字塔的底,只有充分重视元器件的选择与应用,才能使产品的可靠性得以实现,这是第二篇主要讲述的内容,含概述、半导体分离器件的选择与应用、微电路的选择与应用、电阻器和电容器的选择与应用、其它电子元器件的选择与应用以及元器件的筛选。

本书以武器装备的可靠性为背景,既强调可靠性设计理论的完备与深入,又力图做到工程实用。可供可靠性专业人员、大专院校本科生、研究生以及工程技术人员及管理人员学习和参考。由于水平有限,错讹之处在所难免,望读者指正。

参加编写工作的有:陆廷孝(第1,2,5章),郑鹏洲(第6,7,8,9,10章),曾声奎(第4,5章),王自力(第3,5章)。全书由陆廷孝、郑鹏洲主编,何国伟主审。

本册编写组

一九九四年十月

可靠性·维修性·保障性丛书

编辑委员会

主 任

王统业

副主任

陈丹准 黄 宁 杨为民

委 员

(按姓氏笔划排序)

么子臣 王 京 王 守 魁 朱明让
邱德富 何国伟 张海门 俞 沼
高志强 殷鹤龄 屠庆慈

目 录

第一篇 系统可靠性设计与分析

第 1 章 绪论	(1)
1.1 概述	(1)
1.2 设计思想的转变	(4)
1.3 进行可靠性设计与分析应明确及注意的一些 问题	(7)
1.3.1 可靠性定量要求和定性要求	(7)
1.3.2 产品的寿命剖面和任务剖面	(10)
1.3.3 贯彻法规、实施标准,把可靠性设计纳入规范化途径	(12)
1.4 系统可靠性设计与分析的主要内容	(14)
第 2 章 武器装备的可靠性参数及指标	(15)
2.1 可靠性及其度量	(15)
2.1.1 产品的可靠性	(15)
2.1.2 可靠度函数及累积故障分布函数	(16)
2.1.3 故障率	(21)
2.1.4 平均故障前时间与平均故障间隔时间	(27)
2.2 常用的一些可靠性参数及其分类	(30)
2.2.1 常用的一些可靠性参数	(30)
2.2.2 参数的不同分类	(33)
2.3 可靠性参数与指标的特点	(34)
2.4 参数选择和指标确定的依据和要求	(35)
2.4.1 参数选择的依据	(35)
2.4.2 指标确定的依据	(36)
2.4.3 参数、指标确定的程序	(36)

2.5 参数及其量值的转换	(37)
2.5.1 参数及其量值转换模型	(37)
2.5.2 保证参数量值转换正确性的基本要素	(49)
2.6 国外若干武器装备的可靠性参数和指标	(40)
2.6.1 军用飞机	(40)
2.6.2 导弹、运载火箭、卫星	(41)
2.6.3 坦克、车辆	(43)
2.6.4 舰船	(44)

第3章 系统可靠性模型的建立、可靠性预计和分配

(46)

3.1 可靠性模型的建立	(46)
3.1.1 概述	(46)
3.1.2 几种典型的可靠性模型	(49)
3.1.3 基本可靠性模型和任务可靠性模型	(71)
3.1.4 建立系统可靠性模型的程序	(73)
3.1.5 选择可靠性模型的原则	(76)
3.2 系统可靠性预计	(78)
3.2.1 概述	(78)
3.2.2 基本可靠性预计和任务可靠性预计	(79)
3.2.3 系统可靠性预计的一般方法	(80)
3.2.4 电子、电器设备特殊的可靠性预计方法	(93)
3.2.5 机械产品特殊的可靠性预计方法	(100)
3.2.6 保证可靠性预计正确性的要素	(103)
3.2.7 研制阶段不同时期可靠性预计方法的选取	(105)
3.2.8 进行可靠性预计时的注意事项	(105)
3.3 系统可靠性分配	(106)
3.3.1 概述	(106)
3.3.2 提高可靠性分配合理性和可行性的准则	(108)
3.3.3 无约束条件的系统可靠性分配方法	(109)
3.3.4 可靠度的再分配法	(127)
3.3.5 有约束条件的系统可靠性分配方法	(129)
3.3.6 研制阶段不同时期可靠性分配方法的选择	(132)
3.3.7 进行可靠性分配时的注意事项	(133)

第 4 章 故障模式影响及危害性分析和故障树分析	(135)
4.1 故障模式影响及危害性分析	(135)
4.1.1 概述	(135)
4.1.2 故障模式影响分析	(137)
4.1.3 危害性分析	(144)
4.1.4 确定重要件和关键件	(149)
4.1.5 进行 FMEA、FMECA 应注意的问题	(150)
4.1.6 应用实例	(153)
4.2 故障树分析	(159)
4.2.1 概述	(159)
4.2.2 故障树的建造与数学描述	(162)
4.2.3 故障树的定性分析	(170)
4.2.4 故障树的定量计算	(174)
4.2.5 重要度分析	(179)
4.2.6 进行 FTA 时应注意的问题	(183)
4.2.7 应用实例	(183)
第 5 章 可靠性设计方法	(191)
5.1 概述	(191)
5.2 制定和贯彻可靠性设计准则	(192)
5.2.1 为什么要制定可靠性设计准则	(192)
5.2.2 什么是可靠性设计准则	(193)
5.2.3 怎样制定可靠性设计准则	(193)
5.2.4 可靠性设计准则是各种工程经验、教训的总结	(194)
5.2.5 产品可靠性设计准则编制的主要内容	(195)
5.2.6 如何贯彻可靠性设计准则	(195)
5.3 元器件、零部件的控制	(196)
5.3.1 概述	(196)
5.3.2 制定元器件大纲	(196)
5.3.3 电子元器件的选用与管理	(201)
5.4 降额设计	(206)
5.4.1 概述	(206)
5.4.2 降额等级	(206)

5.4.3 降额准则	(207)
5.5 简化设计	(215)
5.6 余度技术	(216)
5.6.1 概述	(216)
5.6.2 余度技术分类及其适用性	(217)
5.6.3 余度设计方法	(221)
5.7 耐环境设计	(225)
5.7.1 环境条件对产品可靠性的影响	(225)
5.7.2 耐环境设计	(232)
5.8 热设计	(240)
5.8.1 概述	(240)
5.8.2 散热的基本方式	(241)
5.8.3 最常用的几种冷却方法	(241)
5.8.4 热设计的基本方法	(243)
5.9 非电子产品可靠性设计	(252)
5.9.1 概述	(252)
5.9.2 概率设计方法	(255)
5.9.3 疲劳设计方法	(262)
5.9.4 耗损型故障模型分析法	(264)
5.10 确定功能测试、包装、贮存、装卸、运输及维修对可靠性的影响	(268)
5.10.1 概述	(268)
5.10.2 后勤阶段各种因素对可靠性的影响	(270)
5.10.3 包装设计示例	(273)
5.10.4 确定定期现场检查的实例	(275)
5.11 健壮设计	(278)
5.11.1 概述	(278)
5.11.2 质量功能展开	(279)
5.11.3 三次设计	(286)
5.11.4 小结	(294)
5.12 潜在通路分析	(295)
5.12.1 概述	(295)

5.12.2	潜在通路的特点及产生原因	(296)
5.12.3	潜在通路的主要表现形式	(297)
5.12.4	SCA 分析方法	(299)
5.12.5	SCA 分析方法的特点	(301)
5.13	软件可靠性	(302)
5.13.1	概述	(302)
5.13.2	软件可靠性的基本概念	(304)
5.13.3	软件可靠性的常用指标	(307)
5.13.4	提高软件可靠性的途径	(310)
5.14	容错技术	(316)
5.14.1	概述	(316)
5.14.2	容错过程	(316)
5.14.3	容错技术实现的主要方法	(318)

第二篇 电子元器件的选择和应用

第6章	概述	(321)
6.1	控制电子元器件选择和使用的重要性	(321)
6.2	国内外控制元器件的措施	(323)
6.2.1	国外控制元器件的措施	(323)
6.2.2	国内控制元器件的措施	(328)
6.3	本篇内容简介	(334)
第7章	半导体分立器件的选择与应用	(336)
7.1	半导体分立器件选择的一般要求	(336)
7.1.1	概述	(336)
7.1.2	选择的一般要求	(338)
7.1.3	选择程序	(340)
7.2	半导体分立器件应用的一般要求	(340)
7.2.1	降额	(340)
7.2.2	容差设计	(340)
7.2.3	防过热	(340)
7.2.4	防静电	(341)

7.2.5	防瞬态过载	(343)
7.2.6	防寄生耦合	(343)
7.2.7	防干扰	(344)
7.2.8	保证电性能	(345)
7.3	二极管的分类和类型选择	(345)
7.3.1	二极管的分类	(345)
7.3.2	二极管类型的选择	(345)
7.4	开关二极管	(346)
7.4.1	分类	(346)
7.4.2	主要应用的场合	(347)
7.4.3	降额	(347)
7.5	整流二极管	(347)
7.6	电压调整二极管	(348)
7.7	电压基准二极管	(348)
7.7.1	特点及主要应用场合	(348)
7.7.2	降额	(349)
7.8	电流调整二极管	(349)
7.9	变容二极管	(349)
7.9.1	特点	(349)
7.9.2	主要应用的场合	(349)
7.10	瞬变电压抑制二极管	(350)
7.10.1	特点	(350)
7.10.2	主要应用的场合	(350)
7.10.3	电特性	(350)
7.11	光电二极管	(351)
7.11.1	特点	(351)
7.11.2	主要应用的场合	(352)
7.11.3	降额	(352)
7.12	微波二极管	(353)
7.12.1	分类	(353)
7.12.2	肖特基势垒二极管	(353)
7.12.3	阶跃恢复二极管	(353)