

可靠性·维修性·保障性丛书

4

维修性设计与验证

主编 甘茂治 副主编 吴真真

KEKAOXING WEIXIUXING BAOZHANGXING
CONGSHU

国防工业出版社



E 92
G 07

383950

维修性设计与验证

主 编

甘茂治

副主编

吴真真

编写组成员

(按姓氏笔画为序)

田 田 贾希胜 光甫

国防工业出版社

· 北京 ·

1180 / 15
图书在版编目(CIP)数据

维修性设计与验证/甘茂治主编. —北京:国防工业出版社, 1995. 8

(可靠性·维修性·保障性丛书)

ISBN 7-118-01425-7

I. 维… II. 甘… III. ①军用器材-设计-维修-验证②工程技术-设计-维修-验证 N. ①E92②TB4

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (95) 第 02414 号

国防工业出版社出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号)

(邮政编码 100044)

国防工业出版社印刷厂印刷

新华书店经售

开本 850×1168 1/32 印张 8 208 千字

1995 年 8 月第 1 版 1995 年 8 月北京第 1 次印刷

印数: 1—4000 册 定价: 13.50 元

(本书如有印装错误, 我社负责调换)

可靠性·维修性·保障性丛书

编辑委员会

主 任

王统业

副主任

陈丹淮 黄 宁 杨为民

委 员

(按姓氏笔画排序)

么子臣 王产良 孙守魁 朱明让
邱德富 何 伟 张海门 俞 沼
高志强 殷鹤龄 屠庆慈

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
工程深入发展。

祝《可靠性、维修性、
保障性丛书》出版

丁继高

一九四一年十月二十四日。

《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

一九八一年八月廿五日

發展可靠性技術
提高裝備質量水平

懷國棟

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、系统地了解和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

产品的维修性是由产品设计赋予的使之维修简便、迅速、经济的重要质量特性。随着科技工业和军事技术的发展,武器装备的维修性和可靠性一起已经置于与作战性能、费用、研制周期等同等重要地位,受到军队和国防科技工业部门的重视。为了实现装备的维修性要求,必须在装备的论证、研制、试验、生产及使用维修各个阶段进行一系列的工程活动,而其核心是进行维修性的设计与验证。由于维修性的理论与技术引入我国的时间较短,军队和国防科技工业部门的工程技术与管理干部迫切希望有系统介绍维修性设计与验证的实用书籍。本书的编写正是力图为实现这一目的服务。

本书是在引进吸收国外维修性工程技术和总结我国近几年维修性设计与验证经验的基础上,以有关国家军用标准为依据,尽可能翔实而具体地阐述有关维修性设计与验证的技术,说明为实现维修性目标,在论证、研制、试验中应当做什么、如何做,以及应注意什么,并附必要的实例和数据。在内容选取上以工程实际需要为主,而不着重于理论的完整性和系统性。在装备维修中常常要进行各种测试,随着装备日益复杂化和电子技术的广泛应用,装备的测试和测试性问题越来越突出。测试性同样要靠设计来赋予,要靠试验与使用来验证。因此,本书中专列一章系统地介绍测试性。本书共分九章,分别介绍:绪论,维修性的要求及其确定,维修性建模,维修性分配,维修性预计,维修性分析和综合权衡,维修性设计准则,维修性试验与评定,测试性设计与验证。

本书是国防科工委组织编写的《可靠性·维修性·保障性丛书》之一。在编写中,我们根据丛书编委会的要求,在结构和内容上力图与各有关分册保持协调一致。由于维修性同可靠性的理论与

技术有许多共同之处,而有关可靠性设计与验证已有其他分册专述;同时,有关维修性管理和维修的保障方面的分析、规划等也有分册专述,故本书集中于维修性设计与验证特有的技术内容,以减少与其他分册的重复内容。

本书内容经由编写组集体讨论,各章执笔人如下:甘茂治(第1、4、5章),田仲(第9章),傅光甫(第2、8章),贾希胜(第3、6、7章)。全书由甘茂治、吴真真统稿,特别是吴真真对全书的结构、内容和形式做了认真细致的校阅。本书经丛书编委会审查,屠庆慈、章国栋教授对本书提出了许多宝贵意见,为完善本书做了有益的工作。本书编写中还引用和参考诸多文献资料。在此谨向给予我们帮助和指导的老师和文献作者表示感谢!

维修性设计与验证技术在我国的研究与应用时间尚短,特别是我们的水平和经验都有限。因此,本书中的错误和不妥之处在所难免。恳请读者批评指正。

编写组

1994年8月



内 容 简 介

维修性是产品维修简便、迅速、经济的重要质量特性。随着科技、工业和军事技术的发展,维修性越来越受到重视。本书系统地阐述维修性设计与验证的技术与方法。主要内容有:维修性的概念和设计、验证一般原则;维修性的要求及其确定;建立维修性模型;维修性分配;维修性预计;维修性分析和综合权衡;维修性设计准则;维修性试验与评定;测试性设计与验证等。

本书是《可靠性、维修性、保障性丛书》之一。可供我国科技工业,尤其是武器装备研究、研制、试验、生产、订购、维修等部门、单位的工程技术人员和管理人员阅读,也可作为高等工程技术院校有关专业的教材或参考书。

目 录

第 1 章 绪论	(1)
1.1 现代质量观与装备维修	(1)
1.1.1 产品的全面质量概念	(1)
1.1.2 维修的意义	(2)
1.1.3 维修与装备质量特性	(3)
1.2 维修性与维修性工程	(4)
1.2.1 维修性的意义	(4)
1.2.2 维修性工程的意义	(5)
1.2.3 维修性工作内容	(5)
1.2.4 维修性工程与其他有关工程的关系	(6)
1.3 维修性设计与验证的一般原则	(8)
1.3.1 明确要求,了解约束	(8)
1.3.2 系统综合,同步设计	(9)
1.3.3 早期投入,预防为主	(12)
1.3.4 纠正缺陷,实施增长	(13)
第 2 章 维修性的要求及其确定	(14)
2.1 维修性定性要求	(14)
2.1.1 维修性定性要求的一般内容	(14)
2.1.2 维修性定性要求的确定	(16)
2.2 维修性定量要求	(17)
2.2.1 维修性函数	(17)
2.2.2 维修性参数	(19)
2.2.3 维修性参数的选择	(23)
2.2.4 维修性指标的确定	(25)
第 3 章 维修性建模	(32)
3.1 概述	(32)

3.1.1	建立维修性模型的目的	(32)
3.1.2	维修性模型的种类	(32)
3.1.3	建模的一般程序及注意事项	(33)
3.2	维修性物理模型	(34)
3.2.1	维修职能流程图	(34)
3.2.2	系统功能层次框图	(36)
3.3	维修性数学模型	(37)
3.3.1	维修性函数	(37)
3.3.2	维修时间的统计分布模型	(37)
3.3.3	系统维修时间计算模型	(42)

第4章 维修性分配

4.1	概述	(49)
4.1.1	维修性分配的目的	(49)
4.1.2	维修性分配的指标及产品层次	(49)
4.1.3	维修性分配的条件	(50)
4.1.4	维修性分配的时机与过程	(50)
4.1.5	维修性分配应考虑的因素	(51)
4.2	维修性分配的工作程序	(52)
4.2.1	系统维修职能分析	(52)
4.2.2	系统功能层次分析	(52)
4.2.3	确定各层次各产品的维修频率	(52)
4.2.4	分配维修性指标	(53)
4.2.5	研究分配方案的可行性,进行综合权衡	(53)
4.3	维修性分配的方法	(54)
4.3.1	等分配法	(54)
4.3.2	按可用度分配法	(54)
4.3.3	相似产品分配法	(57)
4.3.4	加权因子分配法	(58)
4.4	保证正确分配的要素	(60)
4.4.1	分配的组织实施	(60)
4.4.2	分配方法的选用	(61)
4.4.3	分配与维修性估计相结合	(61)

4.4.4 分配结果的评审与权衡	(61)
第5章 维修性预计	(63)
5.1 概述	(63)
5.1.1 维修性预计的目的	(63)
5.1.2 维修性预计的时机	(64)
5.1.3 预计的维修性参数	(64)
5.1.4 维修性预计的条件	(65)
5.2 维修性预计的工作程序	(65)
5.2.1 收集资料	(65)
5.2.2 维修职能与功能分析	(66)
5.2.3 确定设计特征与维修性参数的关系	(66)
5.2.4 预计维修性参数量值	(66)
5.3 维修性预计的一般方法	(66)
5.3.1 回归预计法	(66)
5.3.2 单元对比法	(68)
5.3.3 时间累计法	(72)
5.3.4 抽样评分法	(79)
5.3.5 抽样预计法	(88)
5.4 机械产品的维修性预计	(88)
5.5 保证正确预计的要素	(90)
5.5.1 预计方法的选用	(90)
5.5.2 预计结果的及时修正	(91)
5.5.3 预计模型的选用	(92)
5.5.4 基础数据的选取与准备	(92)
第6章 维修性分析与综合权衡	(93)
6.1 概述	(93)
6.2 维修性分析的目的及内容	(94)
6.2.1 维修性分析的目的	(94)
6.2.2 维修性分析的项目	(96)
6.3 维修性分析的技术与方法	(97)
6.3.1 故障模式及影响分析(FMEA)	(97)
6.3.2 维修性模型	(98)

6.3.3	费用分析	(98)
6.3.4	风险分析	(100)
6.3.5	对比分析	(101)
6.4	综合权衡分析	(101)
6.4.1	以可用度为约束的综合权衡	(102)
6.4.2	半定量综合权衡技术	(107)
6.5	维修性分析与权衡示例——地—地导弹 RV 设计方 案的分析权衡	(109)
6.5.1	目的	(112)
6.5.2	原则与假设	(112)
6.5.3	研究途径	(113)
6.5.4	结果	(115)
6.5.5	建议	(116)
第 7 章	维修性设计准则	(121)
7.1	概述	(121)
7.1.1	制定维修性设计准则的目的与作用	(121)
7.1.2	制定维修性设计准则的时机	(122)
7.1.3	维修性设计准则的来源及途径	(122)
7.2	维修性设计准则的一般内容	(123)
7.2.1	简化设计	(123)
7.2.2	可达性	(124)
7.2.3	标准化、互换性、模件化	(128)
7.2.4	防差错措施及识别标志	(129)
7.2.5	维修安全性	(131)
7.2.6	检测诊断准确、快速、简便	(133)
7.2.7	贵重件的可修复性	(133)
7.2.8	维修中人素工程要求	(134)
7.2.9	不工作状态的维修性	(135)
7.2.10	便于战场抢修的特性	(136)
7.2.11	防静电放电损伤	(138)
7.3	常用件的维修性设计	(139)
7.3.1	紧固件	(139)

7.3.2	润滑装置	(141)
7.3.3	轴承	(142)
7.3.4	密封件	(143)
7.3.5	接插件	(144)
7.3.6	电器元部件	(147)
7.4	维修性设计准则的应用	(148)
第8章	维修性试验与评定	(151)
8.1	概述	(151)
8.1.1	维修性试验与评定的目的与作用	(151)
8.1.2	维修性试验与评定的时机和种类	(151)
8.1.3	维修性试验与评定的内容	(154)
8.2	维修性试验与评定的一般程序	(155)
8.2.1	制订维修性试验与评定计划	(155)
8.2.2	选择试验方法	(156)
8.2.3	确定受试品	(156)
8.2.4	培训试验人员	(158)
8.2.5	确定和准备试验环境及保障资源	(158)
8.2.6	确定样本量	(159)
8.2.7	选择与分配维修作业样本	(160)
8.2.8	模拟与排除故障	(165)
8.2.9	预防性维修试验	(166)
8.2.10	收集、分析与处理维修性数据	(167)
8.2.11	评定试验结果	(171)
8.2.12	编写维修性试验与评定报告	(171)
8.2.13	试验与评定过程的组织和管理	(171)
8.3	维修性指标的验证方法	(172)
8.3.1	维修时间平均值和最大修复时间的检验	(173)
8.3.2	维修工时率的检验	(177)
8.3.3	预防性维修时间的专门试验	(180)
8.4	维修性参数值的估计	(182)
8.4.1	维修时间平均值 μ 和方差 d^2 的估计	(182)
8.4.2	规定百分位的最大维修时间的估计	(185)