

JUNYONG GONGCHENG
JIXIE KEKAOXING
SHEJI LILUN YU FANGFA

军用工程机械可靠性设计 理论与方法

张晓南 卢晓勇 杨俊峰 黄术东 编著



国防工业出版社
National Defense Industry Press

军用工程机械可靠性 设计理论与方法

张晓南 卢晓勇 杨俊峰 黄术东 编著

国防工业出版社

· 北京 ·

内 容 简 介

本书共 10 章,系统地介绍了军用工程机械可靠性设计技术的基本概念和基
本内容,结合军用工程机械的特点和可靠性设计工作的具体要求,较详细地论述
了军用工程机械可靠性设计流程、可靠性分析、可靠性分配与预计、可靠性增长、
可靠性试验与评估和可靠性管理等有关技术和方法。

本书可供机关干部、驻厂(所)军事代表以及从事工程机械研制、生产、试验
和管理的工程技术人员学习参考,同时也可作为其他工程设计专业的教学参
考书。

图书在版编目(CIP)数据

军用工程机械可靠性设计理论与方法/张晓南等编
著. —北京:国防工业出版社,2014. 12
ISBN 978-7-118-09479-4

I. ①军... II. ①张... III. ①军用工程机械—可
靠性设计 IV. ①E271. 6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 199273 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 100048)

北京嘉恒彩色印刷有限责任公司

新华书店经售

*

开本 710×1000 1/16 印张 16 $\frac{3}{4}$ 字数 306 千字

2014 年 12 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—2000 册 定价 58.00 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店:(010)88540777

发行传真:(010)88540755

发行邮购:(010)88540776

发行业务:(010)88540717

前言

20 世纪 50 年代,可靠性技术开始形成,经过数十年的发展,可靠性技术开始成熟起来,并继续向着更深、更广的方向发展。我国对可靠性研究起步较晚,由于近十多年来得到了充分的重视,因而发展较快,理论研究方面也取得了一定的成果,但在实际应用方面还存在不足,在可靠性设计技术和应用方面还有许多工作要做。由国防科工委(现总装备部)组织我国可靠性专家、学者编著的《可靠性、维修性、保障性丛书》是我国第一部可靠性方面的巨著,它从理论、方法上对可靠性技术与管理作了系统的论述,对促进我国可靠性工程的普及、发展和应用奠定了坚实的基础。为了方便驻厂(所)军事代表以及从事军用工程机械研制、生产、使用、管理的科技工作者学习参考,我们结合 GB 3187《可靠性基本名词术语及定义》、GB/T 5080.1《设备可靠性试验·总要求》和 GJB 450《装备研制与生产的可靠性通用大纲》,参考国内外可靠性文献,编写了《军用工程机械可靠性设计理论和方法》一书。

军用工程机械是我军工程装备的重要组成部分,在遂行工程保障及国防工程施工任务中起到重要的作用,其发展水平直接制约着我军工程保障的能力。军用工程机械的可靠性是装备质量的重要指标,是装备形成战斗力的前提条件,也是提高装备战斗力的倍增器。可靠性与其他战技术指标一样,是军用工程机械的固有性能,主要取决于其设计特点。现行的可靠性设计理论和方法还主要停留在传统的可靠性研究基础上,缺乏系统性、针对性和实用性,难以对军用工程机械型号研制起到应有的作用。目前,国内还未有针对军用工程机械可靠性设计方面的著作,所以,本书的出版将为军用工程机械可靠性设计提供系统理论和实用方法,同时也将为其他武器装备的可靠性设计提供一定的参考。

本书共分 10 章,第 1 章介绍了军用工程机械可靠性设计的概念、重要性及国内外武器装备可靠性设计的发展现状;第 2 章介绍了军用工程机械可靠性参数指标的参数构成、确定方法及其数据需求;第 3 章介绍了军用工程机械并行可靠性设计流程的关键技术、工程环境及其数学模型;第 4 章介绍了军用工程机械可靠性建模的基本理论、基本模型,并重点介绍了相关性可靠性模型;第 5 章介绍了军用工程机械可靠性分析方法;第 6 章介绍了军用工程机械可靠性分配;第

7 章介绍了军用工程机械可靠性预计;第 8 章介绍了军用工程机械可靠性增长措施及模型;第 9 章介绍了军用工程机械可靠性试验与评估;第 10 章介绍了军用工程机械可靠性管理。全书紧密结合军用工程机械可靠性设计的实际需求,注重可靠性设计的工程性以及各种可靠性设计方法在军用工程机械研发设计中的应用,并对可靠性管理的内容作了论述。

由于编者水平有限,书中内容定有不少不足和错误,敬请专家及广大读者批评指正。

编者

2013 年 11 月

目 录

第1章 绪论	1
1.1 可靠性概述	1
1.1.1 可靠性的研究背景	1
1.1.2 可靠性技术的发展	3
1.1.3 可靠性理论学科内容	4
1.2 可靠性工程与可靠性设计	5
1.2.1 可靠性工程	5
1.2.2 可靠性设计	6
1.3 军用工程机械可靠性设计	7
1.3.1 可靠性的定义与分类	7
1.3.2 军用工程机械可靠性的概念	9
1.3.3 军用工程机械可靠性设计的意义	11
1.3.4 军用工程机械可靠性设计的特殊性	13
1.4 国内外武器装备可靠性设计研究现状	14
1.4.1 外军武器装备可靠性设计现状	14
1.4.2 我军武器装备可靠性设计现状	16
第2章 军用工程机械可靠性参数指标	18
2.1 可靠性的基本参数及关系	18
2.1.1 可靠性参数	18
2.1.2 可靠性参数之间的关系	20
2.2 军用工程机械可靠性参数选择原则	22
2.3 军用工程机械可靠性参数构成	22
2.3.1 与战备完好性有关的军用工程机械可靠性参数	23
2.3.2 与任务成功性有关的军用工程机械可靠性参数	24

2.3.3 持久性参数	25
2.4 军用工程机械可靠性参数指标的确定	25
2.4.1 确定可靠性指标的因素	25
2.4.2 各阶段参数指标的确定	26
2.5 可靠性参数指标的数据需求	27
2.6 本章小结	28
第3章 军用工程机械并行可靠性设计流程	29
3.1 串行可靠性设计与并行可靠性设计	29
3.1.1 串行可靠性设计	29
3.1.2 并行可靠性设计	32
3.1.3 并行可靠性设计与串行可靠性设计的区别与联系	33
3.2 军用工程机械并行可靠性设计的关键技术	34
3.2.1 基础技术	34
3.2.2 使能技术	36
3.2.3 瓶颈技术	36
3.3 军用工程机械并行可靠性设计的工程环境分析	37
3.4 军用工程机械并行可靠性设计流程模型	39
3.5 本章小结	40
第4章 军用工程机械可靠性建模	42
4.1 军用工程机械可靠性建模的基本理论及特点	42
4.1.1 军用工程机械可靠性建模的基本理论	42
4.1.2 军用工程机械可靠性建模的特点	43
4.2 军用工程机械可靠性基本模型	45
4.2.1 串联系统模型	45
4.2.2 并联系统模型	45
4.2.3 混联系统模型	46
4.2.4 表决系统模型	47
4.3 军用工程机械相关性可靠性模型	48
4.3.1 相关性可靠性模型研究现状	48
4.3.2 变量相关性可靠性模型	55

4.3.3	零件相关性的研究	57
4.3.4	多失效模式相关性的研究	59
4.4	本章小结	63
第5章	军用工程机械可靠性分析	64
5.1	传统可靠性分析方法	65
5.2	军用工程机械组成结构及功能分析	69
5.2.1	功能分析	69
5.2.2	功能建模	70
5.2.3	组成结构分析	73
5.3	军用工程机械整机系统的可靠性分析	78
5.3.1	可靠性框图的建立	78
5.3.2	基于模糊数学理论的可靠性分析	81
5.3.3	结论	85
5.4	发动机子系统的可靠性分析	85
5.4.1	Vague 故障树模型	86
5.4.2	实例分析	89
5.4.3	结论	93
5.5	液压子系统可靠性分析	93
5.5.1	GO 法原理	94
5.5.2	液压操纵系统结构分析	96
5.5.3	可靠性分析	96
5.5.4	结论	100
5.6	工作装置可靠性分析	100
5.6.1	工作装置的强度可靠性分析	101
5.6.2	基于局部应力应变法的疲劳寿命分析	104
5.6.3	基于响应面法的疲劳可靠度分析	108
5.6.4	结论	113
5.7	本章小结	113
第6章	军用工程机械可靠性分配	115
6.1	可靠性分配概述	115

6.1.1	可靠性分配的内涵	115
6.1.2	可靠性分配的目的	115
6.1.3	可靠性分配的原则	116
6.1.4	可靠性分配的指标	116
6.1.5	可靠性分配方法的研究现状	117
6.2	传统可靠性分配方法	117
6.3	可靠性分配的特点及对策	119
6.3.1	可靠性分配的特点分析	119
6.3.2	可靠性分配的对策分析	120
6.4	军用工程机械层次可靠性分配方法	121
6.4.1	结构层次分析	121
6.4.2	一级可靠度分配	123
6.4.3	二级可靠度分配	126
6.4.4	三级可靠度分配	132
6.4.5	四级可靠度分配	135
6.5	本章小结	136
第7章	军用工程机械可靠性预计	137
7.1	可靠性预计概述	137
7.1.1	可靠性预计的分类与目的	137
7.1.2	可靠性预计的基本过程	138
7.1.3	可靠性分配与可靠性预计的关系	139
7.2	传统可靠性预计方法	140
7.3	军用工程机械可靠性预计的难点与对策分析	144
7.3.1	难点分析	144
7.3.2	对策分析	145
7.4	基于优化 GA-BP 的军用工程机械可靠性预计模型	147
7.4.1	传统 BP 特点及优化策略	147
7.4.2	BP 网络结构选择	148
7.4.3	BP 网络泛化能力优化方法	149
7.4.4	BP 网络权值和阈值修正推导	149
7.4.5	减小 BP 网络训练波动方法	152

7.4.6	BP 网络训练效率优化方法	153
7.4.7	GA 优化 BP 网络权值方法	154
7.4.8	GA - BP 预测模型基本流程	157
7.5	实例分析	158
7.5.1	基于优化 GA - BP 的电气系统的可靠性预计模型	158
7.5.2	仿真结果分析	160
7.6	本章小结	163
第 8 章	军用工程机械可靠性增长	164
8.1	概述	165
8.1.1	可靠性增长的相关概念	165
8.1.2	可靠性增长的意义与作用	165
8.1.3	可靠性增长的发展现状	167
8.2	军用工程机械可靠性增长措施研究	168
8.2.1	军用工程机械故障模式影响及危害性分析	169
8.2.2	早期故障分析与改进措施	172
8.3	军用工程机械可靠性增长模型研究	174
8.3.1	AMSAA 经典模型	175
8.3.2	AMSAA 模型的贝叶斯估计	176
8.3.3	吉布斯抽样	179
8.3.4	实例分析	182
8.4	本章小结	185
第 9 章	军用工程机械可靠性试验与评估	186
9.1	概述	186
9.1.1	可靠性试验的内涵、目的及内容	186
9.1.2	可靠性评估的内涵与意义	191
9.2	军用工程机械可靠性试验与评估的难点与对策分析	192
9.2.1	军用工程机械可靠性试验与评估的难点	192
9.2.2	军用工程机械可靠性试验与评估的对策分析	193
9.3	基于贝叶斯理论的军用工程机械可靠性评估方法	198
9.3.1	单元可靠性评估	198

9.3.2	典型单元可靠性的确定	202
9.3.3	系统可靠性评估	210
第10章	军用工程机械可靠性管理	214
10.1	概述	214
10.1.1	军用工程机械可靠性管理的目标和内容	214
10.1.2	军用工程机械可靠性管理内容的本质	215
10.1.3	军用工程机械可靠性管理的一般性内容	216
10.1.4	军用工程机械可靠性管理的一般性方法	217
10.2	军用工程机械可靠性大纲	218
10.2.1	制定可靠性大纲的目的	218
10.2.2	可靠性大纲的要求	219
10.2.3	制定军用工程机械可靠性大纲的具体工作	219
10.3	建立军用工程机械保证体系,完善各种制度	221
10.3.1	建立军用工程机械可靠性保证体系	221
10.3.2	完善制度,强化管理	225
10.4	提高军用工程机械可靠性的先进管理技术方法	227
10.4.1	实施持续采办和寿命周期保障工程	227
10.4.2	建立以可靠性为中心的维修	234
附录	军用装载机系统 FMECA 分析表	241
参考文献		254

第1章 绪 论

1.1 可靠性概述

1.1.1 可靠性的研究背景

可靠性作为衡量产品质量的一个重要指标,早已不是一个新的概念。长期以来,一切讲究产品可靠性信誉的厂家,都在努力提高其产品的可靠性。因为只有那些可靠性好的产品,才能长期发挥其使用性能而受到用户的欢迎。有些产品如汽车、轮船和飞机,如果其关键零部件不可靠,不仅会给用户带来不便,而且耽误时间、推迟日程,造成经济损失,甚至还可能直接危及使用者的生命安全。像美国“挑战者”号航天飞机、苏联切尔诺贝利核电站等发生的可靠性事故所引起的严重后果,都足以说明因产品的可靠性差会引起一系列严重问题,甚至会危及国家的荣誉和安全。而1957年苏联第一颗人造卫星升天,1969年美国阿波罗11号宇宙飞船载人登月等可靠性技术成功的典范,不仅为其国家带来荣耀,而且说明了高科技的发展要以可靠性技术为基础。

早期人们对“可靠性”这一概念仅仅从定性方面去理解,而没有数值量度。为了更好地表达可靠性的准确含义,不能只从定性方面来评价它,而应用定量的尺度来衡量它。在第二次世界大战后期,德国火箭专家 R. Lusser 首先提出用概率乘积法则,将系统的可靠度看成是其各子系统的可靠度乘积,从而算得 V - II 型火箭诱导装置的可靠度为 75%,首次定量地表达了产品的可靠性。从 20 世纪 50 年代初期开始,在可靠性的测定中更多地引进了统计方法和概率概念以后,定量的可靠性才得到广泛应用,可靠性问题才作为一门新的学科被系统地加以研究。

美国对可靠性的研究始于第二次世界大战。当时雷达系统已发展很快而电子元件却屡出故障,因此,早期的可靠性研究重点放在故障占大半的电子管方面。这时的可靠性研究不仅重视其电气性能,而且重视其耐震、耐冲击等方面。

美国对机械可靠性的研究开始于 20 世纪 60 年代初期,其发展与航天计划有关。当时在航天方面由于机械故障引起的事故多、损失大,于是美国宇航局 (NASA) 从 1965 年起开始进行机械可靠性研究。例如,用超载负荷进行机械产

品的可靠性试验验证;在随机动载荷下研究机械结构和零件的可靠性;将预先给定的可靠度目标值直接落实到应力分布和强度分布都随时间变化的机械零件的设计中去,等等。

日本于1956年从美国引进可靠性技术。日本将可靠性技术推广应用到民用工业部门,并取得很大成功,大大地提高了其产品的可靠度,使其高可靠性产品如汽车、彩电、照相机、收录机、电冰箱等,畅销到全世界,带来巨大的经济效益。日本还曾预见到今后产品竞争的焦点在于可靠性。

英国于1962年出版了 *Reliability And Microelectronics* (可靠性与微电子学) 杂志。法国国立通讯研究所也在这一年成立了“可靠性中心”,进行数据的收集与分析,并于1963年出版了《可靠性》杂志。苏联在20世纪50年代就开始了可靠性理论及应用的研究,1964年,当时的苏联及东欧各国在匈牙利召开了第一届可靠性学术会议。

国际电子技术委员会(IEC)于1965年设立了可靠性技术委员会,1977年又改名为可靠性与可维修性技术委员会。它针对可靠性方面的定义、用语、书写方法、可靠性管理、数据收集等方面,进行了国际间的协调工作。

20世纪60年代以来,空间科学和宇航技术的发展提高了可靠性的研究水平,扩展了其研究范围。对可靠性的研究,已经由电子、航空、宇航、核能等尖端工业部门扩展到电机与电力系统、机械、动力、土木等一般产业部门,扩展到工业产品的各个领域。当今,提高产品的可靠性,已经成为提高产品质量的关键。今后只有那些高可靠性的产品及其企业,才能在竞争日益激烈的世界上生存下来。不仅如此,国外还把对产品可靠性的研究工作提高到节约资源和能源的高度来认识。这不仅是因为高可靠性产品的使用期长,而且通过可靠性设计,可以有效地利用材料,减少加工工时,获得体积小、质量轻的产品。

在我国,最早是由电子工业部门开始开展可靠性工作的,在20世纪60年代初进行了有关可靠性评估的开拓性工作。70年代初,航天部门首先提出了电子元器件必须经过严格筛选。70年代中期,由于中日海底电缆工程的需要,提出高可靠性元器件验证试验的研究,促进了我国可靠性数学的发展。从1984年开始,在国防科工委的统一领导下,结合中国国情并积极汲取国外的先进技术,组织制定了一系列关于可靠性的基础规定和标准。1985年10月国防科工委颁发的《航空技术装备寿命与可靠性工作暂行规定》,是我国航空工业的可靠性工程全面进入工程实践和系统发展阶段的一个标志。1987年5月,国务院、中央军委颁发《军工产品质量管理条例》,明确了在产品研制中要运用可靠性技术。1987年12月和1988年3月先后颁发的国家军用标准 GJB 368—87《装备维修性通用规范》和 GJB 450—88《装备研制与生产的可靠性通用大纲》,可以说是目

前我国军工产品可靠性技术具有代表性的基础标准。

与此同时,各有关工业部门、军兵种越来越重视可靠性管理,加强可靠性信息数据和学术交流活动的。全国军用电子设备可靠性数据交换网已经成立;全国性和专业系统性的各级可靠性学会相继成立,进一步促进了我国可靠性理论与工程研究的深入展开。

1.1.2 可靠性技术的发展

可靠性技术于 20 世纪 40 年代由美国科学家提出,50 年代逐渐兴起和形成的。第二次世界大战期间,美国空军由于飞机故障而损失的飞机达 21000 架,比被击落的多 1.5 倍;运往远东的作战飞机上的电子设备 60% 不能使用,在储备期间又有 50% 失效,这些情况引起了美国军方的重视。朝鲜战争期间,美国国防部成立了“电子设备可靠性咨询委员会 (AGREE)”,对电子设备各个方面的可靠性进行全面调查。该委员会于 1957 年发表了“军用电子设备可靠性报告”,即“AGREE 报告”,完整阐述了可靠性的理论基础和研究方法。这一报告被公认为电子产品可靠性理论和方法的奠基性文献,从此,可靠性成为一门独立的学科。

20 世纪 60 年代是可靠性技术的全面发展阶段。60 年代初,由于航天工业的需要和产品不可靠造成的工业废品率高等情况,引起了苏联政府与有关部门的高度重视,从技术和管理上采取措施提高产品的可靠性,促进了可靠性技术的发展。同期,美国航空航天工业也迅速发展,美国国家航空航天管理局 (NASA) 和国防部接受了由 AGREE 报告发展起来的可靠性技术。

20 世纪 70 年代,各种各样的电子设备或系统广泛应用于各科学技术领域、工业生产部门以及人们的日常生活中。电子设备的可靠性直接影响着生产效率以及系统、设备和人员安全,可靠性研究显得日益重要。同时,人们也开始对非电子设备(如机械设备)进行可靠性研究,重点解决电子设备可靠性设计及试验技术在非电子设备研究中的适用性问题。在 20 世纪 70 年代,计算机软件可靠性理论获得很大发展,一方面提出了数十种软件可靠性模型,另一方面是对软件容错的研究。

20 世纪 80 年代,可靠性研究继续朝广度和深度发展,中心内容是实现可靠性保证。1985 年,美国军方提出在 2000 年实现“可靠性加倍,维修时间减半”这一新的目标,并开始实施。20 世纪 80 年代初,我国掀起了电子行业可靠性工程和管理的第一高潮,组织编写可靠性普及教材,在原电子工业部内普遍开展可靠性教育,形成了一批研究可靠性的骨干队伍。1984 年组建了全国统一的电子产品可靠性信息交换网,并颁布了 GJB 299—87《电子设备可靠性预计手册》,有

力地推动了我国电子产品可靠性工作。同时还组织制定了一系列有关可靠性的国家标准、军用标准和专业标准,将可靠性管理工作纳入标准化轨道。

20 世纪 90 年代初,原机械电子工业部提出“以科技为先导,以质量为主线”,沿着“管起来—控制好—上水平”的发展模式开展可靠性工作,兴起了我国第二次可靠性工作高潮,取得了较大成绩。

海湾战争“沙漠风暴”行动和科索沃战争表明,未来战争是高技术的较量。现代化技术装备由于采用了大量的高技术,极大地提高了系统的复杂性,为了保证战备的完好性、任务的成功性以及减少维修人员和费用,可靠性技术范围将大大扩展,需要更多的可靠性理论和方法作保证,需要更加严密的可靠性管理系统,可靠性研究需要上一个台阶。

1.1.3 可靠性理论学科内容

可靠性理论在科学实验、生产实践和人们日常生活等方面都有很重要的意义。可靠性理论在其发展过程中形成了以下三个主要领域或三个独立学科:

1. 可靠性数学

可靠性数学是可靠性研究的最重要的基础理论之一,它主要是研究与解决各种可靠性问题的数学方法和数学建模,研究可靠性的定量规律。它属于应用数学范畴,涉及到概率论、数理统计、随机过程、运筹学及拓扑学等数学分支。它应用于可靠性的数据收集、数据分析、系统设计及寿命试验等方面。

2. 可靠性物理

可靠性物理又称失效物理,是研究失效的物理原因与数学物理模型及检测方法与纠正措施的一门可靠性理论。它使可靠性工程从数理统计方法发展到以理论化分析为基础的失效分析方法。它是从本质上、从机理方面探究产品的不可靠因素,从而为研制、生产高可靠性产品提供科学的依据。

3. 可靠性工程

可靠性工程是对产品(零部件、元器件、总成、设备或系统)的失效及其发生的概率进行统计、分析,对产品进行可靠性设计、可靠性分析、可靠性分配、可靠性预测、可靠性试验、可靠性评估、可靠性维修及失效分析的一门包含了许多工程技术的边缘性工程学科。它是立足于系统工程方法,运用概率论与数理统计等数学工具(属可靠性数学),对产品的可靠性问题进行定量的分析;采用失效分析方法(可靠性物理)和逻辑推理对产品故障进行研究,找出薄弱环节,确定提高产品可靠性的途径,并综合地权衡经济、功能等方面的得失,将产品的可靠性提高到满意程度的一门学科。它包含了对产品可靠性进行工作的全过程,即从对零部件和系统等产品的可靠性方面的数据进行收集与分析做起,对失效机

理进行研究,在这一基础上对产品进行可靠性设计;采用能确保可靠性的制造工艺进行制造;完善质量管理与质量检验以保证产品的可靠性;进行可靠性试验来证实和评价产品的可靠性;以合理的包装和运输方式来保持产品的可靠性;指导用户对产品的正确使用、提供优良的维修保养和社会服务来维持产品的可靠性。即可靠性工程包括了对零件、部件和系统等产品的可靠性数据的收集与分析、可靠性设计、分配、预测、试验、评估、和管理。

1.2 可靠性工程与可靠性设计

1.2.1 可靠性工程

可靠性工程是指为了达到产品的可靠性要求而进行的有关设计、试验和生产等一系列工作。可靠性工程的基本任务如下:

(1) 确定产品的可靠性。即通过对元器件、部件及系统的可靠性分析、预计、分配、评估及各种试验来确定产品的可靠性。

(2) 提高产品的可靠性。通过研制、生产及使用等各个环节的可靠性管理及可靠性技术工作,提高产品的可靠性。

(3) 获得最佳的可靠性。即通过权衡对比研究,在一定的性能、费用的条件下,获得最高的可靠性;或在一定的可靠性要求下,获得最佳的性能和最少的费用。

可靠性工程是一门以概率论、统计学为基础,与系统工程、环境工程、价值工程、运港学、工程心理学、物理学、化学、质量控制技术、生产管理技术及计算机技术等学科密切相关的综合性学科。可靠性工程的核心是故障的反馈与控制。可靠性工程的一个突出特点在于管理与技术的高度结合,即通过管理指导技术的合理应用,确保可靠性目标的实现。

可靠性工程的中心内容是提高系统的效能、降低产品的寿命周期费用。实践已证明,可靠性工程与系统整个寿命周期内的全部可靠性活动有关。从方案论证开始到系统报废为止的整个寿命周期内,都要有计划地开展一系列可靠性工作。也就是说,可靠性工程是一项系统工程。

实施可靠性工程的意义重大首先表现在保证产品可靠性的必要性和迫切性方面。具体地说有如下五点:

(1) 新产品的复杂化导致可靠性下降。随着工业技术的发展和实际需要,越来越多的产品(特别是军品)向高性能、大型化和多功能的方向发展。因此产品日趋复杂,构成产品的元器件、零部件的品种和数量大幅度增加,同时产品各

组成单元间的关系也越来越复杂,从而使整机发生故障的可能性增多。

(2) 产品使用环境的日益严酷引起产品可靠性的下降。例如,我国某工程船在驶往南极的途中,因低温致使焊缝开裂,面临了很危险的处境,其原因就是该船没能按南极的环境要求来设计、建造。

(3) 新技术、新材料和新工艺的仓促应用,易带来产品的可靠性下降,这是因为“三新”有一个逐步成熟的过程。

(4) 社会和对新产品的可靠性要求越来越高。

(5) 新产品维修费用的迅速增长,使用户迫切要求提高可靠性。高额的、难以预见的维修费用是用户的沉重负担。由上述可见,世界上许多国家高度重视可靠性是必然的。美国军方人士就认为,可靠性是武装力量的倍增器;日本人则断言,今后产品竞争的焦点就是可靠性。可靠性工程确实强烈地反映出历史的发展趋势。

1.2.2 可靠性设计

可靠性设计是可靠性工程的一个重要分支,因为产品的可靠性在很大程度上取决于设计的正确性。在可靠性设计中要规定可靠性和维修性的指标,并使其达到最优。根据多年来世界各国实施可靠性工程的经验,在产品的整个寿命期内,对可靠性起重大影响的是设计阶段。例如,美国海军电子实验室统计,引起产品出故障的原因中,因设计不当所致占 40%;日本对产品发生故障进行的调查结果表明,50%的故障是由于设计问题引起的;我国某研究所对该所以前研制的惯性导航设备的故障进行了分析,发现由于设计不当造成的故障占总故障的 65.5%。由此可见:设计决定了系统的固有可取性。如果在系统的设计阶段没有认真考虑可靠性问题,那么即使以后在制造、使用中多么严格,也难以达到可靠性要求。因此可靠性工作必须从头抓起,从设计抓起。在设计过程一开始,就把可靠性要求注入到产品的设计中去,力争把潜在缺陷消灭在设计之中,消灭在“萌芽”状态,才能达到“预防”的目的,才能保证“一次成功”。因此,可靠性设计是可靠性工程的重点内容,是提高产品可靠性的根本途径。

可靠性设计是性能设计的保证。如果产品的可靠性差,那么产品的性能再高也没有多少实际意义,因此可靠性设计应至少具有性能设计的同等地位。另外,在设计阶段采取措施来提高产品的可靠性,会产生降低用户费用的显著作用。据美国诺斯洛普公司估计,在研制阶段为改善产品的可靠性所花费的 1 美元,将在以后使用和支持费用方面节省 30 美元。

可靠性设计的目的:实现合同规定的可靠性指标,在产品的性能、可靠性、费用等各方面的要求之间进行综合权衡,从而得到产品的最优设计。目前,我国舰