

船舶与海洋工程

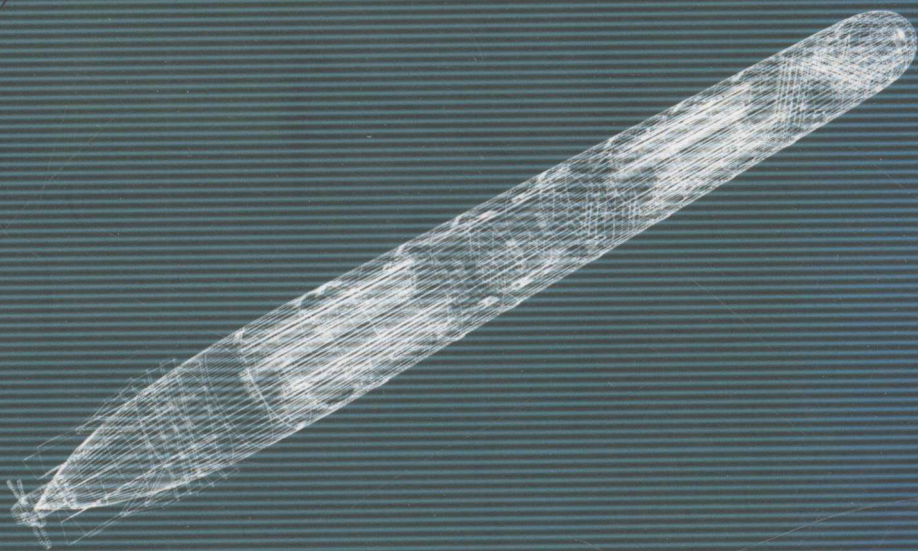


国防科工委「十五」规划
教材

水下航行器 现代设计理论与方法

——可靠性与优化设计

●宋保维 主编



西北工业大学出版社

北京航空航天大学出版社

哈尔滨工业大学出版社

北京理工大学出版社

哈尔滨工程大学出版社



国防科工委“十五”规划教材·船舶与海洋工程

水下航行器现代设计理论与方法

——可靠性与优化设计

宋保维 主编

宋保维 潘光 毛昭勇 编



西北工业大学出版社

北京航空航天大学出版社

哈尔滨工业大学出版社

北京理工大学出版社

哈尔滨工程大学出版社

内容简介

本书系统地论述了水下航行器可靠性与优化设计的基本原理、方法及数学模型,提供了大量的设计资料和设计实例,充分反映了国内外该学科领域的最新研究成果,代表了水下航行器可靠性与优化设计工程发展中重要的技术突破,如模糊可靠性、系统可靠性分配方法、可靠性试验与评定、结构系统可靠性分析、结构模糊可靠性优化设计等。全书共 14 章,包括可靠性工程的基本概念、不可修系统和可修系统可靠性、可靠性分配与预计的模型、机械可靠性设计的基本原理、电子产品可靠性设计与分析方法、可靠性试验与综合评定、最优化设计的基本概念、一维搜索的最优化方法、无约束和有约束最优化方法、模糊可靠性的基本概念和计算方法、模糊可靠性优化设计模型、机械可靠性优化设计以及水下航行器典型结构可靠性优化设计实例等内容。内容阐述循序渐进,由浅入深,理论联系实际,具有较强的系统性和逻辑性。

本书除可作为高等院校船舶与海洋工程、机械电子工程、机械设计制造及其自动化、武器系统与发射工程等专业的本科生和研究生的教材外,还可作为航空、航天、船舶、机电工程等领域的工程技术人员的参考书,以及普及可靠性工程知识教育的参考教材。

图书在版编目(CIP)数据

水下航行器现代设计理论与方法——可靠性与优化设计/宋保维主编. —西安:西北工业大学出版社,2004. 11

国防科工委“十五”规划教材. 船舶与海洋工程
ISBN 7-5612-1848-6

I. 水… II. 宋… III. ① 潜艇—可靠性—设计—高等学校—教材 ② 潜艇—最优设计—高等学校—教材 IV. U674.76

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 048891 号

水下航行器现代设计理论与方法

宋保维 主编

责任编辑 李阿盟 李辉 李杰

责任校对 刘晖

西北工业大学出版社出版发行

西安市友谊西路 127 号(710072)

发行部电话:029-88493844,88491757

<http://www.nwpup.com>

陕西向阳印务有限公司印制 各地书店经销

开本:787 mm×960 mm 1/16

印张:24.25 字数:506 千字

2004 年 11 月第 1 版 2004 年 11 月第 1 次印刷

印数:1~3 000 册

ISBN 7-5612-1848-6 定价:35.00 元

国防科工委“十五”规划教材编委会

(按姓氏笔画排序)

主任：张华祝

副主任：王泽山 陈懋章 屠森林

编委：王 祁 王文生 王泽山 田 蒨 史仪凯
乔少杰 仲顺安 张华祝 张近乐 张耀春
杨志宏 肖锦清 苏秀华 辛玖林 陈光禡
陈国平 陈懋章 庞思勤 武博祎 金鸿章
贺安之 夏人伟 徐德民 聂 宏 贾宝山
郭黎利 屠森林 崔锐捷 黄文良 葛小春



总 序

国防科技工业是国家战略性产业,是国防现代化的重要工业和技术基础,也是国民经济发展和科学技术现代化的重要推动力量。半个多世纪以来,在党中央、国务院的正确领导和亲切关怀下,国防科技工业广大干部职工在知识的传承、科技的攀登与时代的洗礼中,取得了举世瞩目的辉煌成就。研制、生产了大量武器装备,满足了我军由单一陆军,发展成为包括空军、海军、第二炮兵和其他技术兵种在内的合成军队的需要,特别是在尖端技术方面,成功地掌握了原子弹、氢弹、洲际导弹、人造卫星和核潜艇技术,使我军拥有了一批克敌制胜的高技术武器装备,使我国成为世界上少数几个独立掌握核技术和外层空间技术的国家之一。国防科技工业沿着独立自主、自力更生的发展道路,建立了专业门类基本齐全,科研、试验、生产手段基本配套的国防科技工业体系,奠定了进行国防现代化建设最重要的物质基础;掌握了大量新技术、新工艺,研制了许多新设备、新材料,以“两弹一星”、“神舟”号载人航天为代表的国防尖端技术,大大提高了国家的科技水平和竞争力,使中国在世界高科技领域占有了一席之地。党的十一届三中全会以来,伴随着改革开放的伟大实践,国防科技工业适时地实行战略转移,大量军工技术转向民用,为发展国民经济作出了重要贡献。

国防科技工业是知识密集型产业,国防科技工业发展中的一切问题归根到底都是人才问题。50多年来,国防科技工业培养和造就了一支以“两弹一星”元勋为代表的优秀的科技人才队伍,他们具有强烈的爱国主义思想和艰苦奋斗、无私奉献的精神,勇挑重担,敢于攻关,为攀登国防科技高峰进行了创造性劳动,成为推动我国科技进步的重要力量。面向新世纪的机遇与挑战,高等院校在培养国防科技人才,生产和传播国防科技

新知识、新思想,攻克国防基础科研和高技术研究难题当中,具有不可替代的作用。国防科工委高度重视,积极探索,锐意改革,大力推进国防科技教育特别是高等教育事业的发展。

高等院校国防特色专业教材及专著是国防科技人才培养当中重要的知识载体和教学工具,但受种种客观因素的影响,现有的教材与专著整体上已落后于当今国防科技的发展水平,不适应国防现代化的形势要求,对国防科技高层次人才的培养造成了相当不利的影响。为尽快改变这种状况,建立起质量上乘、品种齐全、特点突出、适应当代国防科技发展的国防特色专业教材体系,国防科工委全额资助编写、出版 200 种国防特色专业重点教材和专著。为保证教材及专著的质量,在广泛动员全国相关专业领域的专家学者竞投编著工作的基础上,以陈懋章、王泽山、陈一坚院士为代表的 100 多位专家、学者,对经各单位精选的近 550 种教材和专著进行了严格的评审,评选出近 200 种教材和学术专著,覆盖航空宇航科学与技术、控制科学与工程、仪器科学与工程、信息与通信技术、电子科学与技术、力学、材料科学与工程、机械工程、电气工程、兵器科学与技术、船舶与海洋工程、动力机械及工程热物理、光学工程、化学工程与技术、核科学与技术等学科领域。一批长期从事国防特色学科教学和科研工作的两院院士、资深专家和一线教师成为编著者,他们分别来自清华大学、北京航空航天大学、北京理工大学、华北工学院、沈阳航空工业学院、哈尔滨工业大学、哈尔滨工程大学、上海交通大学、南京航空航天大学、南京理工大学、苏州大学、华东船舶工业学院、东华理工学院、电子科技大学、西南交通大学、西北工业大学、西安交通大学等,具有较为广泛的代表性。在全面振兴国防科技工业的伟大事业中,国防特色专业重点教材和专著的出版,将为国防科技创新人才的培养起到积极的促进作用。

党的十六大提出,进入 21 世纪,我国进入了全面建设小康社会、加快推进社会主义现代化的新的发展阶段。全面建设小康社会的宏伟目标,对国防科技工业发展提出了新的更高的要求。推动经济与社会发展,提



升国防实力,需要造就宏大的人才队伍,而教育是奠基的柱石。全面振兴国防科技工业必须始终把发展作为第一要务,落实科教兴国和人才强国战略,推动国防科技工业走新型工业化道路,加快国防科技工业科技创新步伐。国防科技工业为有志青年展示才华,实现志向,提供了缤纷的舞台,希望广大青年学子刻苦学习科学文化知识,树立正确的世界观、人生观、价值观,努力担当起振兴国防科技工业、振兴中华的历史重任,创造出无愧于祖国和人民的业绩。祖国的未来无限美好,国防科技工业的明天将再创辉煌。

张华祝



前 言

本书是国防科工委“十五”重点教材、西北工业大学“十五”重点规划教材,是以西北工业大学的优秀讲义《现代设计理论与方法——可靠性与优化设计》为基础编写而成的。原讲义曾在船舶与海洋工程、机械电子工程、机械设计制造及其自动化、武器系统与发射工程等专业的本科生和研究生教学中使用多年,并被中国船舶重工集团公司第705研究所、874厂、884厂、750试验场、海军等单位的科技工作者作为参考书,社会效益显著。而本教材补充了模糊可靠性、系统可靠性分配方法、可靠性试验与评定、结构系统可靠性、结构模糊可靠性优化设计、电子产品可靠性设计与分析方法以及水下航行器典型结构设计实例等最新研究成果,较为全面地讲述了可靠性与优化设计的基本概念、理论与方法及工程应用技术。

全书共14章。第一章阐述可靠性工程的基本概念、指标和常用概率分布;第二章和第三章分别论述不可修系统和可修系统的可靠性和有效度的计算方法;第四章论述可靠性分配与预计的模型;第五章论述机械可靠性设计的基本原理和结构系统可靠性设计与分析方法,给出了典型概率分布的可靠性计算模型;第六章论述电子产品可靠性设计与分析方法;第七章论述最优化设计的基本概念;第八章论述一维搜索的最优化方法;第九章和第十章分别论述无约束和有约束最优化方法;第十一章论述模糊可靠性的基本概念和计算方法;第十二章论述先进而实用的机械可靠性优化设计的工程意义、原理和具体设计方法,给出模糊可靠性优化设计模型;第十三章给出水下航行器典型结构的可靠性优化设计实例;第十四章论述可靠性试验与综合评定技术及方法。本书在编写中,坚持“理论联系实际,便于工程应用”的原则,强调物理概念和几何解释,并注重反映国内外近几年在可靠性与优化设计方面的新发展、新成果。为了更好地引导读者掌握本书的主要理论,针对内容中的重点和难点,精心编写了例题、习题和思考题,以培养学生解决工程实际问题的能力。

本书由宋保维教授任主编。宋保维编写了第一、二、三、四、五、六、十



一、十二、十三、十四章及附表,潘光副教授编写了第七、八、九、十章,毛昭勇博士参与编写了第六章。武汉海军工程大学博士生导师王树宗教授主审本书,并提出了许多宝贵意见,在此表示感谢。

由于编者水平有限,不足之处在所难免,希望读者批评指正。

编 者

2004年8月

目 录

第一章 可靠性概论

1.1 可靠性基本概念	1
1.2 可靠性定义	5
1.3 可靠性特征量	7
1.4 维修性特征量	14
1.5 可用性特征量	15
1.6 可靠性中常用的概率分布	17
习题	38

第二章 不可修系统可靠性

2.1 概述	40
2.2 串联系统	42
2.3 并联系统	43
2.4 混联系统	45
2.5 表决系统	47
2.6 旁联系统	50
习题	56

第三章 可修系统可靠性

3.1 马尔柯夫过程	58
3.2 典型系统可用度	68
3.3 系统预防维修间隔期的确定	78
习题	81

第四章 可靠性分配和预计

4.1 可靠性分配	83
4.2 可靠性预计	90
习题	97

第五章 机械可靠性设计与分析

5.1 机械可靠性的一般表达式	99
-----------------------	----



5.2	机械零件可靠度计算	103
5.3	机械静强度的可靠性设计	112
5.4	结构系统可靠性分析与设计	122
	习题	134
第六章 电子产品可靠性设计分析方法		
6.1	概述	135
6.2	电子元、器件的选用	135
6.3	电磁兼容性设计	144
6.4	热设计	149
6.5	降额设计	153
6.6	冗余(余度)设计	155
6.7	潜在通路分析	163
6.8	容差分析	167
6.9	耐环境设计技术	175
	习题	181
第七章 最优化设计概述		
7.1	最优化设计的基本概念	183
7.2	最优化设计的数学模型	189
7.3	最优化设计中目标函数的数学分析基础	190
7.4	目标函数的约束极值问题	200
7.5	最优化设计终止迭代的依据	205
	习题	206
第八章 一维探索最优化方法		
8.1	探索区间的确定	208
8.2	切线法	209
8.3	黄金分割法	210
8.4	插值法	211
8.5	平分法	216
	习题	217
第九章 无约束多维问题的最优化方法		
9.1	坐标轮换法	218
9.2	最速下降法	221



9.3	牛顿法	222
9.4	共轭梯度法	226
9.5	共轭方向法及其改进——Powell法	232
9.6	单纯形法	237
	习题	240
第十章 约束问题的最优化方法		
10.1	复合形法	243
10.2	可行方向法	248
10.3	拉格朗日乘子法	258
10.4	惩罚函数法	260
10.5	不等式约束的拉格朗日乘子法	263
10.6	不等式约束的惩罚函数法	265
	习题	277
第十一章 模糊可靠性概论		
11.1	模糊可靠性的意义	279
11.2	模糊可靠性的基本概念	282
11.3	模糊可靠性的主要指标	285
11.4	机械零件的模糊可靠度计算	288
11.5	系统模糊可靠性的分析与评价	292
	习题	295
第十二章 机械可靠性优化设计模型		
12.1	概述	296
12.2	机械可靠性优化设计基本模型	297
12.3	结构模糊可靠性优化设计的基本模型	298
	习题	302
第十三章 水下航行器典型零、部件的可靠性优化设计		
13.1	受轴向变载荷的螺栓连接结构的可靠性优化设计	303
13.2	二级斜齿轮减速器的可靠性优化设计	306
13.3	加肋圆柱形壳体模糊可靠性优化设计	314
13.4	水下航行器壳体结构多目标模糊可靠性优化设计	318
13.5	水下航行器壳体楔环连接模糊可靠性优化设计	321
13.6	水下航行器高压气舱的模糊可靠性优化设计	325
	习题	328



第十四章 可靠性试验及评定

14.1 概述	329
14.2 环境应力筛选试验	329
14.3 可靠性增长试验	333
14.4 可靠性统计试验	342
14.5 系统可靠性综合评定	354
习题	362
附表 标准正态分布表	364
参考文献	367

第一章 可靠性概论

1.1 可靠性基本概念

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,一切讲究产品信誉的厂家都在追求其产品具有好的可靠性,因为只有可靠性好的产品,才能长期发挥其使用性能而受到用户的欢迎。不仅如此,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,而且会耽误时间,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、前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年前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,科学技术的发展又要求高的可靠性。

人们早期对“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,而应有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。不仅重视其电气性能,而且重视其耐震、耐冲击等可靠性方面的研究。

美国对于机械可靠性的研究,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。

日本在 1956 年由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,取得了很大成功,大大地提高了其产品的可靠度,使其高可靠性产品,例如汽车、电视、照相机、收



录机、电冰箱等,畅销全球,带来巨大的经济效益。日本人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《可靠性与微电子学》(Reliability and Microelectronics)杂志。法国国立通信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。前苏联在20世纪50年代就开始了对于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追求高可靠性产品的企业,才能在竞争日益激烈的世界上存活下来。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、重量轻的产品。

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。全国军用电子设备可靠性数据交换网的成立,以及全国性和专业系统性的各级可靠性学会的相继成立,进一步促进了我国可靠性理论与工程研究的深入展开。

在现代生产中,可靠性技术已贯穿于产品的开始研制、设计、制造、试验、使用、运输、保管及维修保养等各个环节。

从纯经济的观点来讲,为了减少维修费用,提高产品的利用率,高可靠性是非常必要的。但也不是可靠性最好时总的消耗费用一定最低,因为还有产品的制造成本问题,需要综合考虑、优化选择,以找出使总费用最低的最佳可靠度。



利用概率论的方法可把产品发生故障的规律作为随机现象来研究。所以,通常所说的可靠度,一般不是指某一特定具体产品的可靠程度,而是对该种型号产品总体的可靠程度而言。当然,就一些单个的产品而言,如果能在其长期运行的条件下,观测其故障规律,则不仅能够估计出这些产品的可靠性,也能估计出该种产品总体的可靠性。

可靠性理论在其发展过程中形成了3个主要领域,或称3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,主要研究与解决各种可靠性问题的数学方法和数学模型,研究可靠性的定量规律。它属于应用数学范畴,涉及概率论、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、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,从而为研究、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,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、可靠性预计、可靠性试验、可靠性评估、可靠性检验、可靠性控制、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。它包括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;指导用户正确使用产品、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、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、预测、试验、管理、控制和评价。

在可靠性工程中,很重视对现场使用的数据和试验数据的收集与交换。许多国家都有全国性的数据收集与交换组织,建立有各种数据库。因为数据是可靠性设计和可靠性研究的基础。在整个可靠性工程中,都是通过可靠性数据和信息反馈来改进产品的可靠性的。

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。

可靠性预计是可靠性设计的重要内容之一,它是一种预报方法,在设计阶段即从所得到的失效率数据预报零、部件和系统实际可能达到的可靠度,预计这些零、部件和系统在规定的条件下和规定的时间内完成规定功能的概率。在设备设计的初期,及时完成可靠性预计工作,可



以了解该设备中各零、部件之间可靠度的相互关系,找出提高整个设备可靠度的有效途径。

可靠性设计的另一重要内容是可靠性的分配。它是将系统规定的容许失效概率合理地分配给该系统的零、部件。在可靠性设计中采用最优化方法进行系统的可靠性分配,是当前可靠性研究的重要方向之一。

在可靠性设计中有时采用冗余设计法或储备法。冗余法或储备法是在系统中配置做储备用的零件或设备,当原用零件或设备出现故障时,储备件立即替换上去。并联冗余即并行工作储备法,是使完成同一职能的一批零、部件或设备同时(并行)工作,且当其中某个或部分失效时,其余的仍能保证系统的正常工作。在系统设计中采用储备法,可成倍提高系统的可靠度。对系统储备的分配,也广泛采用最优化方法。

由于在不同领域中可靠性工程所处理的具体问题有所不同,内容也会有所差异,但都是以系统、综合的方法,以长远的眼光来研究问题,不仅重视技术,也重视管理,其目的是为取得系统的最大经济效益和保证运行的安全可靠。

机械可靠性设计又称机械概率设计,是可靠性工程学的主要内容之一,是可靠性工程学在机械设计中的应用。

由于对机械破坏机理认识的日益深化和机械故障概率资料的逐步累积,以及概率与统计在机械零件的应力与强度分析方面的应用,等等,都为机械可靠性设计提供了理论基础和实践经验,使可靠性理论的应用扩展到结构设计、强度分析、疲劳研究等方面。

在采用传统的机械设计方法进行设计时,不能预测零、部件在运行中破坏的概率,一是因为在设计中所采用的载荷、材料性能等数据,是它们的平均值,没有考虑数据的分散性;二是为了保证机械的可靠性,往往对计算载荷、选用的强度等分别乘以各种系数,例如载荷系数、尺寸系数等,最后还要考虑安全因数。这种传统方法是人们对这些因素的随机变化所做的经验估计。同时表明由于对这些随机变化情况无法进行精确计算,只好将机械的尺寸、重量等作为经验,但又不能精确地放大。即使如此,传统的机械设计方法,用于某些高可靠性要求的产品设计上,仍不能令人放心。相比之下,采用机械可靠性设计方法,所得结构则更接近于实际情况。

在机械可靠性设计中,将载荷、材料性能与强度及零、部件的尺寸,都视为属于某种概率分布的统计量,应用概率与数理统计理论及强度理论,求出在给定设计条件下零、部件不产生破坏的概率公式,应用这些公式,就可以在给定可靠度下求出零、部件的尺寸,或给定其尺寸确定其安全寿命。

机械可靠性设计。采用了可靠度或其他可靠性指标,来确保结构的可靠性,而传统机械设计则是用安全因数来保证结构的可靠性的。因此,机械可靠性设计方法对失效可能性的认识和估计都比较合理。机械可靠性设计除引入可靠度或其他可靠性指标外,还对结构的安全因数作了统计分析,这样得出的安全因数比传统机械设计中的安全因数更符合实际,因为它已经是与可靠度相联系的安全因数了。从对结构安全性的评价来看,传统机械设计只有安全因数这样一个指标,而机械可靠性设计则有可靠度和安全因数(指在一定可靠度下)两个指标。