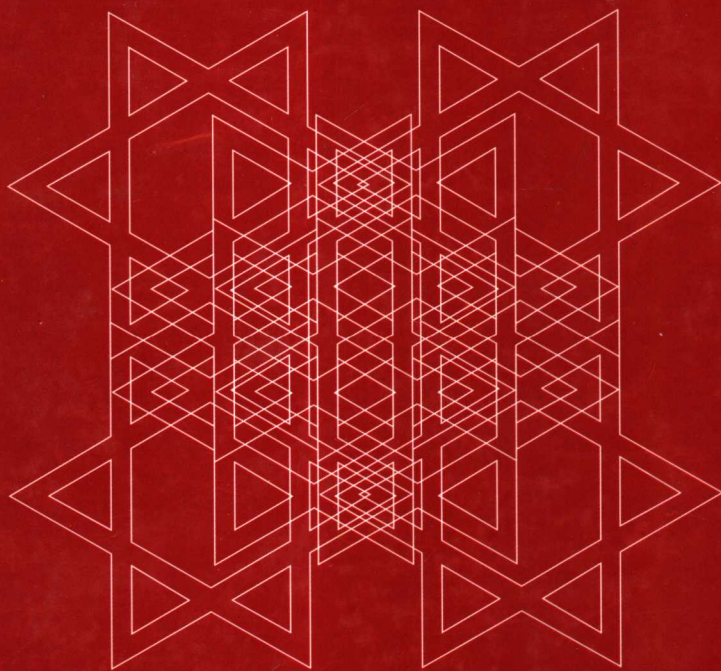


型号可靠性工程手册

XINGHAO KEKAOXING GONGCHENG SHOUC

龚庆祥 主 编
赵 宇 顾长鸿 副主编



国防工业出版社

National Defense Industry Press

型号可靠性工程手册

龚庆祥 主编
赵宇 顾长鸿 副主编

国防工业出版社

· 北京 ·

内 容 简 介

本手册共分为五篇、34章。第一篇分3章介绍型号可靠性工程基本概念与型号可靠性要求及其确定方法。第二篇分7章介绍型号可靠性工程的组织管理及各项型号可靠性管理工作。第三篇分12章介绍可靠性分析与设计的各个工作项目及各种可靠性设计分析方法。第四篇分6章介绍型号工程所用的各种可靠性试验和评价方法。第五篇分6章介绍软件可靠性的有关工作内容。

武器装备可靠性工程涉及型号立项论证、研制、生产、使用与维修等寿命周期各阶段,根据当前的需求与可能,本手册着重介绍型号研制阶段的可靠性工作。

本手册的主要使用对象是型号各类产品的设计人员、可靠性工程专业人员和可靠性试验人员等。与型号可靠性工作有关的各级管理人员,包括型号质量师系统或质量保证组织中的有关人员也可参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

型号可靠性工程手册 / 龚庆祥主编. —北京: 国防工业出版社, 2007. 4

ISBN 987-7-118-049350

I. 型... II. 龚... III. 型号—可靠性工程—手册
IV. TB114. 3-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 157766 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 787×1092 1/16 印张 40 字数 920 千字

2007 年 4 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—4000 册 定价 100.00 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店:(010)68428422

发行邮购:(010)68414474

发行传真:(010)68411535

发行业务:(010)68472764

编委会成员

主 编 龚庆祥

副 主 编 赵 宇 顾长鸿

编委会委员 夏丹兵 戴慈庄 刘文廷 姜同敏 曾声奎
石荣德 李晓钢 王 维 陆民燕 吕明华
石君友 刘玉明 谢远锋 王 纬

编 写 人 员(按姓氏笔划为序)

王 纬 王 维 石君友 石荣德 吕明华
刘文廷 刘玉明 孙宇锋 李晓钢 陆民燕
赵 宇 姜同敏 夏丹兵 顾长鸿 姬长法
黄 敏 龚庆祥 傅桂翠 曾声奎 谢远锋
戴慈庄

审委会成员

主 审 孙来燕

副 主 审 吴伟仁 马恒儒 屠庆慈

审委会委员(按姓氏笔划为序)

王自力 王 岩 王 勇 王 琳 史正乐
孙守魁 李良巧 李进忠 朱春元 朱美娴
李锦华 阮 镰 吴正勇 张金涛 陈咸康
邵锦成 杨多和 范岳明 柯 松 郭盛杰
高辛平 卿寿松 曾天翔

前 言

可靠性是武器装备重要的质量特性。提高武器装备的可靠性,是提高武器装备战备完好性和任务成功性、减少维修人力和寿命周期费用的重要途径。在型号研制过程中深入开展可靠性工程,对提高武器装备的可靠性具有十分重要的意义。

20 世纪 80 年代中期以来,我国国防科技工业在型号研制过程中开展了一系列可靠性管理、分析、设计与试验工作,积累了不少经验。但从总体上看,我国武器装备研制阶段的可靠性工作还不够全面深入,离国防科工委和军方的要求还有较大的差距。因此,必须进一步采取有效措施,规范型号的可靠性工作,以便在型号中取得更大的实效。

为此,按照国防科工委的要求,组织编写了《型号可靠性工程手册》。本手册根据我国武器装备可靠性工程的实际需求及存在的问题,结合 GJB 450A—2004 的要求,从管理和技术两方面着手,在系统地总结国内外型号可靠性管理、设计与分析、试验与评价等方面的经验的基础上,提出了我国国防科技工业型号研制阶段可靠性管理模式与方法,明确了型号研制各阶段所需开展的可靠性工作内容及其剪裁的原则,每个可靠性工作项目的目的、适用范围、依据、可供选择的方法和实施要点,针对每种设计、分析、试验与评价方法,进一步给出其适用范围、适用时机、实施步骤、可用的公式、图表及数据、注意事项,并力求给出应用示例,从而为型号研制的管理与设计人员提供一本较为完整的、实用性强的可靠性工程应用工具书。本手册的出版将能为推进我国国防科技工业型号可靠性工程的深入开展提供技术支撑。

本手册共分为五篇、34 章。第一篇分 3 章介绍型号可靠性工程基本概念与型号可靠性要求及其确定方法。第二篇分 7 章介绍型号可靠性工作的组织管理及各项型号可靠性管理工作。第三篇分 12 章介绍可靠性分析与设计的各个工作项目及各种可靠性设计分析方法。第四篇分 6 章介绍型号工程所用的各种可靠性试验和评价方法。第五篇分 6 章介绍软件可靠性的有关工作内容。

武器装备可靠性工程涉及型号立项论证、研制、生产、使用与维修等寿命周期各阶段,根据当前的需求与可能,本手册着重介绍型号研制各阶段的可靠性工作。

本手册的主要使用对象是型号各类产品的设计人员、可靠性工程专业人员和可靠性试验人员等。与型号可靠性工作有关的各级管理人员,包括型号质量师系统或质量保证组织中的有关人员也可参考使用。

由于我国在型号中全面推行可靠性工程的时间还不长,型号可靠性工作经验还在不断地积累之中,再兼编者的水平有限,手册中难免存在不足之处,恳请广大读者批评指正。

本手册编写过程中,始终得到国防科工委科技与质量司和各军工集团公司质量主管部门的大力支持,并得到了手册审委会各位专家的悉心指导。手册审委会对手册的内容认真进行审阅,提出了许多宝贵的、建设性的修改意见,为保证本手册的编写质量作出了重要贡献,在此向他们表示衷心的感谢。

编者
2007年4月

目 录

第一篇 可靠性工程基本概念与要求

第 1 章 引言	1	3.1 目的	11
第 2 章 可靠性工程的基本概念	2	3.2 依据	11
2.1 可靠性工程的定义与内涵	2	3.3 适用对象与适用时机	11
2.1.1 可靠性工程	2	3.4 可靠性要求	11
2.1.2 可靠性系统工程	2	3.4.1 可靠性定性要求	11
2.1.3 产品质量与可靠性	3	3.4.2 可靠性定量要求	14
2.2 可靠性常用概念及术语	4	3.5 可靠性要求的论证程序	16
2.2.1 可靠性常用概念	4	3.5.1 可靠性要求论证的通用	
2.2.2 可靠性常用参数	7	程序	16
2.3 常用的统计分布	9	3.5.2 装备可靠性定性要求确定	
2.3.1 离散型分布	9	的原则和方法	19
2.3.2 连续型分布	9	3.5.3 装备可靠性定量要求确定	
参考文献	10	的原则和方法	19
第 3 章 可靠性要求的确定	11	3.6 实施要点	32
		参考文献	32

第二篇 型号可靠性管理

第 1 章 引言	33	职责	39
第 2 章 型号可靠性工作系统的管理	36	2.6.3 可靠性主任设计师职责 ..	39
2.1 目的	36	2.6.4 可靠性主管设计师职责 ..	39
2.2 依据	36	2.6.5 型号可靠性办事机构	
2.3 适用时机与适用范围	36	的职责	40
2.4 型号可靠性工作责任制	36	2.7 实施要点	40
2.5 型号可靠性工作系统的设置	37	第 3 章 型号可靠性工作计划的制定	42
2.6 型号可靠性工作系统及各级		3.1 目的	42
人员的职责	38	3.2 依据	42
2.6.1 型号可靠性工作系统		3.3 适用范围与适用时机	42
职责	38	3.4 型号可靠性工作计划的主要内容 ..	42
2.6.2 型号可靠性总设计师		3.5 可靠性工作项目分类及适用情况、	

各工作项目的目的	43	5.5.4 生产定型阶段评审	70
3.6 可靠性工作项目选择原则及 权衡分析	46	5.6 评审的管理	71
3.6.1 可靠性工作项目选择 原则	46	5.7 实施要点	71
3.6.2 可靠性工作项目选择 权衡分析	46	第6章 故障报告、分析和纠正措施系统 ...	73
3.7 型号可靠性工作项目的主要 实施内容	49	6.1 目的	73
3.8 实施要点	53	6.2 依据	73
第4章 对转承制方和供应方的监督与 控制	54	6.3 适用对象与适用时机	73
4.1 目的	54	6.4 工作程序及实施要求	73
4.2 依据	54	6.4.1 建立型号故障报告、分析 和纠正措施系统	73
4.3 适用范围与适用时机	54	6.4.2 FRACAS 实施程序	74
4.4 监督控制工作的实施要求	54	6.4.3 软件 FRACAS 的要求	75
4.5 转承制方和供应方的选点考察	55	6.5 可靠性信息管理要求	75
4.5.1 考察评审内容与评分 标准	55	6.5.1 概述	75
4.5.2 考察评审方法	56	6.5.2 组织机构的设置	75
4.5.3 确定监控等级	56	6.5.3 信息需求管理	75
4.5.4 跟踪考核	57	6.5.4 信息的收集与使用和 管理	76
4.6 监督控制程序及监控内容	58	6.6 重大故障报告及处理要求	76
4.7 实施要点	60	6.6.1 构成重大故障的因素	76
第5章 可靠性评审	62	6.6.2 重大故障报告及处理 一般要求	76
5.1 目的	62	6.7 实施要点	76
5.2 依据	62	参考文献	77
5.3 适用范围与适用时机	62	第7章 可靠性增长管理	78
5.4 可靠性评审类型	62	7.1 目的	78
5.4.1 按研制阶段划分	62	7.2 依据	78
5.4.2 按产品层次划分	63	7.3 适用范围与适用时机	78
5.4.3 可靠性专题项目评审	63	7.4 可靠性增长管理的基本内容	78
5.5 各阶段可靠性评审内容	63	7.4.1 确定可靠性增长目标	78
5.5.1 方案阶段评审	63	7.4.2 确定可靠性增长计划	78
5.5.2 工程研制阶段评审	64	7.4.3 可靠性增长的跟踪和 控制	80
5.5.3 设计定型阶段评审	70	7.5 工作程序及实施要求	81
		7.6 实施要点	82

第三篇 可靠性分析与设计

第1章 引言	83	3.3.2 FMECA 分析方法的 适用阶段	116
第2章 可靠性建模、预计、分配	84	3.4 FMECA 计划及有关工作	116
2.1 建立可靠性模型	84	3.4.1 FMECA 分析方法 的选用	117
2.1.1 目的	84	3.4.2 FMECA 表的格式	117
2.1.2 依据	84	3.4.3 分析的约定层次	117
2.1.3 可靠性模型及分类	84	3.4.4 制定编码体系	118
2.1.4 常用的可靠性模型	85	3.4.5 任务描述	118
2.1.5 系统可靠性模型的建立	90	3.4.6 定义故障判据	119
2.2 可靠性预计	94	3.4.7 定义严酷度类别	119
2.2.1 目的	94	3.4.8 FMECA 所需的 主要信息	120
2.2.2 依据	95	3.4.9 FMECA 报告	120
2.2.3 可靠性预计的类别与 假设	95	3.4.10 FMECA 评审	121
2.2.4 相似产品法	95	3.4.11 FMECA 工作的职责 与分工	121
2.2.5 评分预计法	96	3.5 设计 FMECA	122
2.2.6 元器件计数法	98	3.5.1 设计 FMECA 的步骤 与实施	122
2.2.7 应力分析法	99	3.5.2 设计危害性分析(CA)	126
2.2.8 可靠性框图法	102	3.5.3 设计 FMECA 的实施 要点	130
2.2.9 可靠性预计报告要求	105	3.6 过程 FMECA	131
2.2.10 实施要点	105	3.6.1 过程 FMECA 的步骤	131
2.3 可靠性指标的分配	106	3.6.2 过程 FMECA 的实施 及要点	136
2.3.1 目的	106	3.7 设计和过程 FMECA 的应用 示例	138
2.3.2 依据	106	3.7.1 示例一:某型导弹二次 电源 5V 串联稳压电路 的设计 FMECA	138
2.3.3 适用范围与适用时机	106	3.7.2 示例二:某型军用飞机 升降舵操纵分系统的设 计 FMECA	139
2.3.4 可靠性分配的原则	106	3.7.3 示例三:某型导弹固体火箭 发动机零件“壳体圆筒”	
2.3.5 可靠性分配的方法	107		
2.3.6 实施要点	111		
2.3.7 应用示例	111		
2.3.8 报告内容要求	114		
参考文献	114		
第3章 故障模式、影响及危害性分析	115		
3.1 目的	115		
3.2 依据	115		
3.3 FMECA 分析方法的分类及其 适用阶段	116		
3.3.1 FMECA 分析方法的 分类	116		

的 PFMECA	146	5.6.2 任务确定阶段	171
参考文献	149	5.6.3 准备阶段	173
第 4 章 故障树分析(FTA)	150	5.6.4 生成网络森林或路径 追踪阶段	174
4.1 目的	150	5.6.5 分析阶段	176
4.2 依据	150	5.6.6 结论阶段	179
4.3 适用对象与适用时机	150	5.6.7 潜在电路分析报告	179
4.4 故障树分析的程序	150	5.7 线索表	179
4.5 选择顶事件	151	5.8 实施要点	181
4.6 故障树的建立	151	5.9 示例	181
4.6.1 故障树的图形描述	152	参考文献	188
4.6.2 建立故障树的基本 规则	153	第 6 章 电路容差分析	189
4.6.3 故障树的建立程序	154	6.1 目的	189
4.6.4 建树示例	154	6.2 依据	189
4.7 故障树定性分析	155	6.3 适用对象与适用时机	189
4.7.1 割集和最小割集	155	6.4 电路性能参数发生变化的原因	189
4.7.2 求最小割集的方法	156	6.5 电路容差分析程序	190
4.7.3 最小割集分析	158	6.6 电路容差分析方法	191
4.8 故障树定量分析	158	6.6.1 阶矩法	191
4.8.1 顶事件概率计算	159	6.6.2 最坏情况分析法	193
4.8.2 重要度分析	160	6.6.3 仿真方法	195
4.9 实施要点	162	6.6.4 各种方法的适用性	197
4.10 FTA 报告要求	162	6.7 实施要点	198
4.11 示例	163	6.8 分析报告要求	198
参考文献	167	6.9 示例	199
第 5 章 潜在电路分析(SCA)	168	参考文献	201
5.1 目的	168	第 7 章 结构可靠性分析	202
5.2 依据	168	7.1 目的	202
5.3 适用范围与适用时机	168	7.2 适用对象与适用时机	202
5.3.1 适用范围	168	7.3 基本概念	202
5.3.2 适用时机	168	7.3.1 结构与结构可靠性	202
5.4 基本概念	169	7.3.2 结构的主要失效模式	202
5.5 潜在电路分析方法	169	7.3.3 结构可靠性主要参数	203
5.5.1 基本原理	169	7.4 结构可靠性分析的主要工作 内容	204
5.5.2 分析方法	170	7.5 结构静强度可靠性分析	206
5.6 潜在电路分析程序	171	7.5.1 安全系数法	206
5.6.1 基本流程	171		

7.5.2	结构静强度可靠性分析 的干涉模型	209	8.3	适用对象与适用时机	248
7.5.3	安全系数对应的静强度 可靠度	210	8.4	可靠性设计准则的基本内容 与特点	248
7.5.4	示例	212	8.4.1	可靠性设计准则的基本 内容	248
7.5.5	实施要点	214	8.4.2	可靠性设计准则的作用 与特点	249
7.6	结构疲劳可靠性分析	215	8.5	可靠性设计准则的制定	249
7.6.1	疲劳载荷谱	215	8.5.1	制定可靠性设计准则 的依据	249
7.6.2	结构的无限寿命可靠性 分析方法	216	8.5.2	型号可靠性设计准则的 制定程序	250
7.6.3	结构的安全寿命分析 方法	217	8.6	型号可靠性设计准则的贯彻	251
7.6.4	结构经济寿命预测的 耐久性分析方法	227	8.6.1	型号可靠性设计准则的 贯彻程序	251
7.6.5	示例	235	8.6.2	型号可靠性设计准则 符合性检查报告	252
7.6.6	实施要点	236	8.7	按技术分类的通用可靠性 设计准则	253
7.7	疲劳载荷下结构的断裂可靠性 分析——损伤容限分析	237	8.7.1	简化设计	253
7.7.1	结构损伤容限设计 概念	237	8.7.2	冗余设计	253
7.7.2	结构剩余强度可靠性 分析	237	8.7.3	热设计	253
7.7.3	裂纹扩展寿命分析与 检查间隔	238	8.7.4	环境防护设计	254
7.7.4	示例	241	8.7.5	抗冲击、振动和噪声 设计	255
7.7.5	实施要点	242	8.7.6	健壮设计	255
7.8	结构环境强度可靠性分析的 两类问题	242	8.7.7	安装设计	256
7.8.1	结构表面涂层使用年限 (日历寿命)分析	242	8.7.8	原材料、零部件和元器件 选用	258
7.8.2	结构应力腐蚀开裂与 使用年限分析	244	8.7.9	包装、储存、装卸与运输 设计	259
7.8.3	示例	246	8.7.10	电磁兼容设计	260
7.8.4	实施要点	246	8.8	按产品结构分类的通用可靠性 设计准则	260
参考文献		247	8.8.1	总体可靠性设计	260
第8章	可靠性设计准则的制定与贯彻	248	8.8.2	电子产品可靠性设计	261
8.1	目的	248	8.8.3	机械产品可靠性设计	263
8.2	依据	248	8.9	实施要点	264
			8.10	示例	264

8.10.1	一般要求	264			
8.10.2	详细要求	265			
	参考文献	265			
第9章	元器件的选择和控制	266			
9.1	目的	266			
9.2	依据	266			
9.3	适用对象与适用时机	266			
9.4	元器件选择的原则和顺序	266			
9.4.1	元器件选择的原则	266			
9.4.2	元器件选择的顺序	267			
9.5	元器件质量等级的选择和选用的可靠性要求	267			
9.5.1	半导体集成电路质量等级的选择和选用的可靠性要求	268			
9.5.2	半导体分立器件质量等级的选择和选用的可靠性要求	270			
9.5.3	电子管质量等级选择和选用的可靠性要求	273			
9.5.4	电阻器和电位器质量等级的选择和选用的可靠性要求	274			
9.5.5	电容器质量等级的选择和选用的可靠性要求	276			
9.5.6	感性元件质量等级的选择和选用的可靠性要求	281			
9.5.7	继电器质量等级的选择和选用的可靠性要求	283			
9.5.8	开关质量等级的选择和选用的可靠性要求	285			
9.5.9	电连接器质量等级的选择和选用的可靠性要求	286			
9.5.10	旋转电机质量等级的选择和选用的可靠性要求	287			
9.5.11	磁性器件质量等级的选				
	择和选用的可靠性要求	288			
9.5.12	石英谐振器质量等级的选择和选用的可靠性要求	288			
9.5.13	滤波器质量等级的选择和选用的可靠性要求	289			
9.5.14	印制板质量等级的选择和选用的可靠性要求	290			
9.6	有关禁用和限制使用的元器件	291			
9.7	元器件选用控制	293			
9.7.1	元器件选用全过程控制的原则	293			
9.7.2	元器件选用控制具体要求	293			
9.8	实施要点	296			
	参考文献	298			
第10章	元器件降额设计	299			
10.1	目的	299			
10.2	依据	299			
10.3	适用对象与适用范围	299			
10.4	元器件降额设计的一般要求	299			
10.5	推荐的降额等级	302			
10.6	元器件的降额参数	304			
10.7	元器件参数的降额、降额因子及应用	307			
10.7.1	半导体集成电路参数的降额、降额因子及应用	307			
10.7.2	半导体分立器件参数的降额、降额因子及应用	319			
10.7.3	电阻器和电位器参数的降额、降额因子及应用	321			
10.7.4	电容器参数的降额、降额因子及应用	322			
10.7.5	电感元件参数的降额、				

降额因子及应用	323	11.8.2 方法	346
10.7.6 继电器参数的降额、降		11.8.3 热分析软件应用实施	
额因子及应用	323	要点	346
10.7.7 电连接器参数的降额、		11.8.4 应用示例	347
降额因子及应用	324	11.9 热性能评价	348
10.8 元器件生产厂因不同使用条件		11.9.1 目的	348
对元器件参数额定值的变更	325	11.9.2 评价的内容	348
10.9 降额设计报告的编写要求	327	11.9.3 热性能的粗测	348
10.10 降额设计实施示例	327	11.9.4 检查项目	349
参考文献	332	11.9.5 热性能的测量	350
第 11 章 电子产品的热设计	333	11.10 热设计报告	351
11.1 目的	333	参考文献	351
11.2 依据	333	第 12 章 冗余设计与容错设计	352
11.3 适用对象与适用时机	333	12.1 冗余与容错的概念	352
11.4 基本概念	333	12.2 冗余设计	352
11.5 热设计的基本原则	334	12.2.1 目的	352
11.6 热设计的方法	334	12.2.2 应用对象	352
11.6.1 热设计目标的确定	334	12.2.3 适用时机	353
11.6.2 常用冷却方法的选择		12.2.4 冗余设计方法	353
及设计要求	334	12.2.5 实施步骤	357
11.6.3 功率器件的热设计	338	12.2.6 实施要点	358
11.6.4 元器件的安装与布局	340	12.2.7 应用示例	359
11.6.5 印制电路板的热设计	341	12.3 容错设计	362
11.6.6 机箱的热设计	344	12.3.1 容错技术的内容	362
11.7 热设计实施要点	344	12.3.2 容错设计流程	364
11.8 热分析	346	参考文献	364
11.8.1 目的	346		

第四篇 可靠性试验与评价

第 1 章 引言	365	2.6.1 影响产品中缺陷数量的	
第 2 章 环境应力筛选	368	因素	370
2.1 目的	368	2.6.2 筛选中发现的典型	
2.2 依据	368	缺陷	370
2.3 适用对象与适用时机	368	2.7 环境应力筛选应力及量值	371
2.4 环境应力筛选设计基本准则	368	2.7.1 典型环境应力	371
2.5 产品各组装等级的环境应力		2.7.2 应力类型的选择和应力	
筛选	369	施加次序	373
2.6 产品缺陷	369	2.7.3 环境应力量值	374

2.8	环境应力筛选方法	376	3.5.14	实施要点	398
2.8.1	推荐的初始筛选方法	376	3.6	可靠性增长试验	399
2.8.2	常规筛选方法	377	3.6.1	概述	399
2.8.3	定量筛选简介	384	3.6.2	试验对象	399
2.8.4	高加速应力筛选(HASS) 简介	386	3.6.3	试验时间	400
2.9	环境应力筛选实施要点	386	3.6.4	试验剖面	400
	参考文献	387	3.6.5	受试产品	400
第3章	可靠性研制与增长试验	388	3.6.6	试验设备和检测仪器	400
3.1	目的	388	3.6.7	试验前应具备的条件	400
3.2	依据	388	3.6.8	试验实施过程的要求	402
3.3	可靠性研制试验	389	3.6.9	可靠性增长模型	404
3.3.1	基本要求	389	3.6.10	可靠性计划增长曲线	406
3.3.2	试验分类	389	3.6.11	可靠性增长估计	408
3.4	可靠性增长摸底试验	389	3.6.12	实施要点	416
3.4.1	概述	389		参考文献	417
3.4.2	试验对象	389	第4章	可靠性鉴定与验收试验	418
3.4.3	试验时间	390	4.1	目的	418
3.4.4	试验剖面	390	4.2	依据	418
3.4.5	受试产品	390	4.3	适用时机与适用范围	418
3.4.6	试验设备和检测仪器	391	4.4	试验场所的确定原则	418
3.4.7	试验前应具备的条件	391	4.5	故障分类	418
3.4.8	试验实施过程的要求	391	4.5.1	故障判据	418
3.4.9	实施要点	391	4.5.2	责任故障	419
3.4.10	示例	391	4.5.3	非责任故障	419
3.5	可靠性强化试验	392	4.6	统计试验方案	419
3.5.1	概述	392	4.6.1	统计试验方案中的有关 参数	419
3.5.2	试验对象	393	4.6.2	统计试验方案类型及其 适用范围	420
3.5.3	试验时间	393	4.6.3	指数分布统计试验 方案	421
3.5.4	试验剖面	393	4.6.4	二项分布统计试验 方案	427
3.5.5	受试产品	393	4.6.5	统计试验参数的确定 原则	429
3.5.6	试验设备和检测仪器	393	4.6.6	统计试验参数的确定 方法	430
3.5.7	试验前应具备的条件	394	4.7	可靠性试验剖面的确定	430
3.5.8	试验实施过程的要求	394			
3.5.9	应力极限	395			
3.5.10	试验应力	395			
3.5.11	步进应力	396			
3.5.12	应力施加顺序	396			
3.5.13	步进应力施加方法	396			

4.7.1	制定可靠性试验剖面应遵循的基本原则	430	4.12.3	制定可靠性鉴定试验大纲	456
4.7.2	可靠性试验剖面的制定程序	430	4.12.4	试验前的准备工作	456
4.7.3	确定试验剖面的方法	431	4.12.5	试验前评审	459
4.7.4	利用 GJB899—90 估计方法制定试验剖面	435	4.12.6	试验的实施	459
4.7.5	利用实测数据制定试验剖面的方法要点	438	4.12.7	试验的结束	461
4.7.6	综合试验剖面示例	444	参考文献		462
4.8	产品可靠性鉴定试验前应具备的条件	444	第5章 寿命试验与评估		463
4.9	可靠性鉴定试验通用程序	444	5.1	目的	463
4.9.1	编制产品可靠性鉴定试验大纲	444	5.2	依据	463
4.9.2	编制产品可靠性鉴定试验程序	445	5.3	适用范围与适用时机	463
4.9.3	试验夹具设计与测定	446	5.4	产品的寿命参数	463
4.9.4	成立试验工作组,明确各方职责	446	5.5	产品寿命试验分类及方法	464
4.9.5	受试产品的安装前的测试	447	5.6	试验室使用寿命试验	464
4.9.6	受试产品的安装	447	5.7	与可靠性综合验证试验相结合的寿命试验(综合验证试验法)	469
4.9.7	受试产品的预振动	447	5.8	试验室寿命试验与领先使用相结合的试验法	479
4.9.8	可靠性试验前准备工作评审	447	5.9	加速寿命试验的基本概念	480
4.9.9	试验实施步骤	447	5.10	储存寿命试验	482
4.9.10	试验中故障的统计	448	5.11	产品寿命评估	485
4.9.11	试验结果的判决	449	5.11.1	现场信息法	485
4.9.12	试验后的有关工作	449	5.11.2	最短寿命零部件法	488
4.10	试验验证值的评估与判决	450	5.11.3	工程分析法(相似产品法)	488
4.10.1	指数分布试验方案验证值的评估与判决	450	5.12	实施要点	488
4.10.2	二项分布定数方案验证值的评估与判决	452	5.13	寿命试验与评估报告编写要求	490
4.11	实施要点	454	参考文献		491
4.12	示例	455	第6章 可靠性评估		492
4.12.1	调研产品状态	455	6.1	概述	492
4.12.2	试验方案的确定	456	6.1.1	可靠性评估在可靠性工程活动中的作用	492
			6.1.2	可靠性评估的基本方法分类	492
			6.1.3	单元级产品可靠性评估方法的适用对象	493
			6.1.4	系统级产品可靠性评估	

方法的适用对象	493	可靠性经典评估方法	507
6.1.5 数据类型	493	6.5.3 利用变环境变母体数 据的产品可靠性 综合评估方法	512
6.2 产品可靠性评估的实施	494	6.5.4 应力-强度模型	520
6.2.1 实施步骤	494	6.5.5 利用相似产品数据的 可靠性综合评估方法	522
6.2.2 评估流程	494	6.5.6 Bayes 方法	525
6.3 可靠性评估的数据收集要求	495	6.6 系统级产品的可靠性综合 评估方法	532
6.3.1 数据收集内容	495	6.6.1 系统级产品的可靠性综合 评估方法选取原则	532
6.3.2 数据收集范围	495	6.6.2 系统级产品可靠性综合 评估的 L-M 法	532
6.3.3 故障判据	495	6.6.3 系统级产品的可靠性综合 评估的 MML 法	533
6.3.4 故障统计原则	496	6.6.4 系统级产品的可靠性综合 评估的蒙特卡洛 方法	534
6.4 可靠性评估方法选取原则	496	6.6.5 示例	543
6.4.1 复杂系统(如装备、功能 系统)可靠性评估方法 选取原则	496	参考文献	544
6.4.2 单元产品(如设备、零 部件)可靠性评估方法 选取原则	499		
6.5 单元级产品可靠性评估方法	499		
6.5.1 单元级产品可靠性评估 的经典方法	499		
6.5.2 引入环境折合系数的产品			

第五篇 软件可靠性

第1章 引言	546	2.4 软件可靠性工程与装备系统 可靠性工程的关系	552
第2章 软件可靠性基本概念	547	2.4.1 软件可靠性工程是 系统可靠性工程的 重要部分	552
2.1 软件可靠性定义	547	2.4.2 系统可靠性工程必须 充分考虑软件特点	553
2.1.1 标准定义	547	2.4.3 实施软件工程是实现系统 可靠性工程与软件特点相 结合的基本方法	553
2.1.2 说明	547	2.5 软件可靠性和硬件可靠性的 异同	554
2.2 软件可靠性相关的基本概念	547	2.6 软件可靠性工程与软件工程	555
2.2.1 软件可靠性方面的基本 术语和概念	547	2.6.1 软件工程是软件可靠性 工程的基础	555
2.2.2 软件可靠性工程方面的 基本术语和概念	549	2.6.2 软件可靠性工程是软件	
2.3 软件可靠性度量(参数)	550		
2.3.1 一般的软件可靠性 参数	551		
2.3.2 结合武器装备特点的 软件可靠性参数	552		

工程的特殊分支	555	4.3.1 软件失效分析相关	
2.7 开发可靠软件的途径	555	概念	583
2.7.1 软件缺陷的形成	555	4.3.2 软件失效模式和影响	
2.7.2 软件可靠性工程的实施		分析	584
途径	556	4.3.3 软件故障树分析	591
参考文献	560	4.3.4 SFMEA 与 SFTA 的	
第3章 开发可靠软件的工程化管理	561	区别与联系	593
3.1 开发可靠软件的工程化管理		参考文献	593
——软件可靠性管理	561	第5章 软件可靠性测试与验证	594
3.2 软件生存期的全过程控制	561	5.1 软件可靠性测试	594
3.2.1 过程控制方法	564	5.2 软件可靠性增长测试	594
3.2.2 软件过程控制的		5.2.1 目的、适用时机与适用	
基本手段	565	范围	594
3.2.3 软件测试	567	5.2.2 工作步骤	594
3.2.4 软件分级管理	567	5.2.3 实施要点	596
3.3 软件故障报告、分析和纠正措施		5.3 软件可靠性验证测试	597
系统(软件 FRACAS)	569	5.3.1 目的、适用时机与适用	
3.4 对软件开发成本和周期的考虑 ...	570	范围	597
参考文献	570	5.3.2 工作步骤	597
第4章 软件可靠性分析与设计	571	5.3.3 无失效执行时间验证	
4.1 软件可靠性分配	571	测试	598
4.1.1 顺序执行软件等值		5.3.4 定时可靠性验证测试	599
分配法	571	5.3.5 序贯验证测试	601
4.1.2 并行执行软件等值		5.3.6 实施要点	603
分配法	572	5.4 操作剖面的构造	604
4.1.3 基于运行关键度分		5.4.1 目的及适用时机	604
配法	572	5.4.2 操作剖面的概念	604
4.1.4 基于复杂度分配法	573	5.4.3 工作步骤	604
4.2 软件可靠性设计	575	5.4.4 示例	605
4.2.1 计算机系统的设计	575	参考文献	608
4.2.2 软件冗余设计	576	第6章 软件可靠性估计	609
4.2.3 软件接口设计	579	6.1 使用阶段软件可靠性估计	609
4.2.4 软件简化设计	579	6.2 测试阶段软件可靠性估计的	
4.2.5 软件健壮性设计	580	步骤	610
4.2.6 软件防错设计	581	6.2.1 定义失效	610
4.2.7 实施要点	583	6.2.2 定义系统的操作剖面	610
4.3 软件失效分析	583	6.2.3 选取测试数据进行测试 ...	611