

《国防科研试验工程技术系列教材》

电子装备试验系统

电子装备靶场可靠性试验

中国人民解放军总装备部军事训练教材编辑工作委员会

国防工业出版社

《国防科研试验工程技术系列教材》
电子装备试验系统

电子装备靶场可靠性试验

中国人民解放军总装备部
军事训练教材编辑工作委员会

国防工业出版社

·北京·

图书在版编目(CIP)数据

电子装备靶场可靠性试验 / 中国人民解放军总装备部
军事训练教材编辑工作委员会编. —北京:国防工业出版社, 2001.11

国防科研试验工程技术系列教材·电子装备试验系统
ISBN 7-118-02653-0

I. 电... II. 中... III. 电子技术—应用—靶场试
验: 可靠性试验—教材 IV. TJ06

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2001)第 065011 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)

腾飞胶印厂印刷

新华书店经售

*

开本 850×1168 1/32 印张 9 $\frac{1}{2}$ 244 千字

2001 年 11 月第 1 版 2001 年 11 月北京第 1 次印刷

印数: 1—1000 册 定价: 25.00 元

(本书如有印装错误, 我社负责调换)

《国防科研试验工程技术系列教材》

总编审委员会

名誉主任委员 程开甲 李元正

主任委员 胡世祥

副主任委员 段双泉 尚学琨 褚恭信 马国惠

委员 (以下按姓氏笔划排列)

王国玉 刘 强 刘晶儒 张忠华

李济生 邵发声 周铁民 姚炳洪

姜世忠 徐克俊 钱卫平 常显奇

萧泰顺 穆 山

办公室主任 任万德

办公室成员 王文宝 冯许平 左振平 朱承进

余德泉 李 钢 杨德洲 邱学臣

郑时运 聂 皞 陶有勤 郭淦水

钱玉民

《国防科研试验工程技术系列教材· 电子装备试验系统》编审委员会

主任委员 阮祥新

副主任委员 尹烁莹 王国玉 李益民

委员 (按姓氏笔划排列)

王广耀 王成信 包国忱 邢天生

乔广林 张传孝 张绍军 张桓

赵新文 荣若兴 黄惠明 曹同友

霍万利

主 编 王国玉

副 主 编 霍万利 张绍军

秘 书 曹同友

电子装备靶场可靠性试验

主 编 王义斌

副 主 编 郝光宇

主 审 张 桓

编写人员 王义斌 郝光宇 熊志昂 岳艳秋

石景岚 徐秋梅

总 序

当今世界,科学技术突飞猛进,知识经济迅速兴起,国力竞争越来越取决于各类高技术、高层次人才的质量与数量,因此,作为人才培养的基础工作——教材建设,就显得格外重要和紧迫。为总结、巩固国防科研试验的经验和成果,促进国防科研试验事业的发展,加快人才培养,我们组织了近千名专家、学者编著了这套系列教材。

建国以来,我国国防科研试验战线上的广大科技人员,发扬“自力更生、艰苦奋斗、科学求实、大力协同、无私奉献”的精神,经过几十年的努力,建立起了具有相当规模和水平的科研试验体系,创立了一系列科研试验理论,造就了一支既有较高科学理论知识、又有实践经验,勇于攻关、能打硬仗的优秀科技队伍,取得了举世瞩目的成就。这些成就对增强国防实力,带动国家经济发展,促进科技进步,提高国家和民族威望,都发挥了重要作用。

编著这套系列教材是国防科研试验事业继往开来的大事,它是国防科研试验工程技术建设的一个重要方面,是国防科技成果的一个重要组成部分,也是体现国防科研试验技术水平的一个重要标志。它承担着记载与弘扬科技成就、积累和传播科技知识的使命,是众多科技工作者用心血和汗水凝成的科技成果。编著该套系列教材,旨在从总体的系统性、完整性、实用性角度出发,把丰富的实践经验进一步理论化、科学化,形成具有我国特色的国防科研试验理论与实践相结合的知识体系。一是总结整理国防科研试验事业创业40年来的重要成果及宝贵经验;二是优化专业技术教材体系,为国防科研试验专业技术人员提供一套系统、全面的教科书,满足人才培养对教材的急需;三是为国防科研试验提供有力的

技术保障;四是将许多老专家、老教授、老学者广博的学识见解和丰富的实践经验总结继承下来。

这套系列教材按国防科研试验主要工程技术范畴分为:导弹航天测试发射系统、导弹航天测量控制系统、试验通信系统、试验气象系统、常规兵器试验系统、核试验系统、空气动力系统、航天医学工程系统、国防科技情报系统、电子装备试验系统等。各系统分别重点论述各自的系统总体、设备总体知识,各专业及相关学科的基础理论与专业知识,主要设备的基本组成、原理与应用,主要试验方法与工作程序,本学科专业的主要科技成果,国内外的最新研究动态及未来发展方向等。

这套系列教材的使用对象主要是:具有大专以上学历的科技与管理干部,从事试验技术总体、技术管理工作的人员及院校有关专业的师生。

期望这套系列教材能够有益于高技术领域里人才的培养,有益于国防科研试验事业的发展,有益于科学技术的进步。

《国防科研试验工程技术系列教材》

总编审委员会

1999年10月

序

随着现代军事理论与科学技术的迅猛发展,电子对抗已成为现代高技术战争的一种重要作战手段,对战争的进程和结局有着深刻的影响。电子装备已成为整个武器装备构成中极其重要的组成部分。

电子装备试验是电子装备研制过程中保证电子装备质量、提高电子装备性能、促进电子装备技术发展和作战能力提高的重要环节。十几年来,电子靶场建设在各级领导和机关的关怀支持下,科研、试验和靶场建设工作取得了瞩目的成就,承担并圆满完成了系列电子装备的试验鉴定任务,为我国电子装备的发展作出了重要贡献。为了培养和造就优秀的电子装备试验人才,将电子装备试验中的理论与实践成果进行认真系统的整理和总结,编写出一套既适应人才培养需要,又对试验工作具有指导与技术支持作用的系列教材,具有非常重要的意义。

本套教材以具有大专以上学历的电子装备试验技术人员和管理人员为主要对象,以电子和电子对抗专业理论、电子装备的组成、试验方法、数据处理与结果评估以及电子装备的发展动态与发展方向等为主要内容,既可作为实际工作指导用书,亦可作为院校相关专业师生和电子对抗作战部队技术干部学习的参考用书。

本套教材共分9卷。包括:《电子装备试验概论》、《雷达试验》、《雷达对抗装备试验》、《通信对抗装备试验》、《光电对抗装备试验》、《指挥控制系统试验》、《电子装备靶场可靠性试验》、《电子对抗装备仿真试验》和《电子装备试验数据处理》。

本套教材在编写过程中,得到了总装备部首长、机关、有关部队和院校、装备研制及生产单位的大力支持与协助,在此表示衷心

的感谢。由于编者水平有限,同时,电子装备试验技术新、在我国起步晚,书中难免有错误和疏漏之处,恳请读者指正。

《国防科研试验工程技术系列教材·
电子装备试验系统》编审委员会
2001年5月

前 言

《电子装备靶场可靠性试验》是《国防科研试验工程技术系列教材·电子装备试验系统》中的一卷,主要论述电子装备靶场可靠性试验有关的技术问题。全书共9章,约30万字。包括概述、试验方案、统计试验方案、试验设备、应力与周期设计、故障处理、单元可靠性评定、可靠性综合和软件可靠性及可靠性试验等内容。

本书是根据《国防科研试验工程技术系列教材》的有关要求编写的。编写过程中尽量从靶场试验的实际出发,汇集选用有参考意义的内容,并注重专业基础理论的系统性、完整性和理论的实际应用。

本书的编写工作得到了总装备部司令部、部队领导与机关的大力支持,在此表示感谢!

由于编者水平有限,错误之处在所难免,请读者批评指正。

编 者

2001年10月

目 录

第 1 章 可靠性与可靠性试验概述	1
1.1 可靠性概述	1
1.1.1 可靠性的基本概念	1
1.1.2 可靠性特征量	7
1.2 可靠性试验概述	16
1.2.1 可靠性试验的目的	17
1.2.2 可靠性试验的分类	17
1.2.3 可靠性试验标准	19
1.2.4 可靠性试验与可靠性工程	21
1.2.5 可靠性试验与环境试验	21
1.2.6 工程可靠性试验与靶场可靠性试验	24
第 2 章 靶场可靠性试验方案	26
2.1 靶场可靠性试验要求	26
2.1.1 对被试装备的要求	26
2.1.2 对试验设施、检测仪器的要求	27
2.1.3 被试装备的检测要求	27
2.1.4 对试验实施的要求	28
2.2 统计试验方案的选择	29
2.3 试验场所与试验条件	30
2.3.1 试验场所	30
2.3.2 试验条件	31
2.4 靶场可靠性试验实施细则	32
2.5 被试装备合格与否的判决	34
2.5.1 定时截尾试验时的判决	34

2.5.2	序贯试验时的判决	34
2.5.3	有条件合格	34
2.6	靶场可靠性试验报告	35
2.7	靶场可靠性试验领导小组	36
第3章	可靠性统计试验方案	37
3.1	可靠性抽样检验概述	38
3.1.1	可靠性一次计数抽样检验的基本概念	38
3.1.2	序贯检验	46
3.2	成败型可靠性统计试验方案	49
3.2.1	定数统计试验方案	49
3.2.2	序贯截尾试验方案	55
3.3	指数寿命型统计试验方案	66
3.3.1	试验参数的定义及选择	66
3.3.2	定时截尾统计试验方案	69
3.3.3	定数截尾统计试验方案	73
3.3.4	序贯截尾统计试验方案	75
3.3.5	正确选择统计试验方案	84
3.3.6	指数寿命型假设的统计检验	86
3.3.7	可靠性指标的验证值	89
第4章	可靠性试验设备	100
4.1	概述	100
4.2	综合环境可靠性试验设备国内外现状	101
4.3	综合环境可靠性试验设备系统构成	101
4.3.1	制冷系统	102
4.3.2	加热系统	105
4.3.3	湿度系统	105
4.3.4	振动系统	107
4.3.5	控制系统	109
第5章	靶场可靠性试验设计	112
5.1	试验条件的选择	112

5.2 可靠性试验剖面	113
5.3 可靠性试验应力	115
5.3.1 地面固定装备的试验应力	115
5.3.2 车载装备的试验应力	116
5.3.3 机载装备的试验应力	117
5.4 可靠性试验工作条件	117
5.4.1 功能模式	117
5.4.2 负载条件	118
5.4.3 输入信号特性	118
5.4.4 工作条件	118
5.4.5 装备的实际操作条件	119
5.5 可靠性试验周期	119
5.5.1 试验周期持续时间的要求	119
5.5.2 试验周期设计	120
5.6 推荐的试验周期	120
5.6.1 推荐的综合应力试验周期	120
5.6.2 推荐的部分综合应力试验周期	122
5.6.3 多项试验应力单项循环逐次施加的试验周期	122
5.7 试验应力选择与试验周期设计实例	122
5.7.1 某防空指挥自动化系统试验应力及周期	122
5.7.2 某自行高炮电气系统试验应力及周期	123
5.7.3 某牵引高炮火控系统试验应力选择与周期设计	124
第6章 故障的处理	126
6.1 故障定义与分类	126
6.1.1 故障的定义	126
6.1.2 故障的分类	127
6.2 故障的确定方法	128
6.2.1 故障判据的制定	128
6.2.2 责任故障的确定	129
6.2.3 注意事项	130

6.3 故障的处理程序及要求	130
6.3.1 故障发生时间的确定	131
6.3.2 故障的分析方法与要求	131
6.3.3 故障的检修方法与要求	131
6.4 故障的统计方法	132
6.4.1 故障等级	132
6.4.2 加权系数	132
6.4.3 故障总数的计算	133
第 7 章 单元可靠性评定	134
7.1 引言	134
7.2 区间估计方法	134
7.3 成败型单元的可靠性评定	135
7.3.1 置信区间方法	135
7.3.2 Bayes 方法	137
7.4 指数单元的可靠性评定	139
7.4.1 定数截尾	139
7.4.2 定时截尾	142
第 8 章 可靠性综合	144
8.1 引言	144
8.2 可靠性框图分析法	145
8.2.1 结构函数	146
8.2.2 单调关联系统及其结构函数的性质	147
8.2.3 最小路集和最小割集	148
8.2.4 对偶与互补	151
8.2.5 串联系统的可靠性函数	152
8.2.6 并联系统的可靠性函数	153
8.2.7 $K/N(G)$ 系统的可靠性函数	155
8.2.8 和联系统的可靠性函数	156
8.3 系统可靠性的经典近似限	158
8.3.1 MML 方法及通用公式	158

8.3.2	串联系统可靠性的经典近似限	160
8.3.3	并联系统可靠性的经典近似限	169
8.3.4	$K/N(G)$ 系统可靠性的经典近似限	173
8.3.5	和联系统可靠性的经典近似限	176
8.4	系统可靠性的 Bayes 近似限	178
8.4.1	Bayes 近似限方法及通用公式	179
8.4.2	串联系统可靠性的 Bayes 近似限	181
8.4.3	并联系统可靠性的 Bayes 近似限	190
8.4.4	$K/N(G)$ 系统可靠性的 Bayes 近似限	194
8.4.5	和联系统可靠性的 Bayes 近似限	200
第 9 章	软件可靠性及可靠性试验	203
9.1	引言	203
9.2	软件可靠性	204
9.2.1	软件	204
9.2.2	软件可靠性与可维护性	204
9.2.3	软件可靠性和可维护性指标	205
9.2.4	软件的缺陷、故障、失效及其关系	208
9.2.5	软件的运行剖面	209
9.2.6	软件寿命的指数分布规律	210
9.3	软件可靠性试验	212
9.3.1	软件可靠性试验的目的	213
9.3.2	软件可靠性试验的分类	213
9.3.3	软件可靠性试验中的失效处理	214
9.3.4	软件可靠性试验平台	215
9.3.5	软件可靠性验证试验	216
9.3.6	软件的无失效考核交付试验	217
附录 A	概率论与数理统计基础知识	220
附录 B	可靠性工程常用概率分布	256
附表		270
附表 1	二项可靠性非随机化最优置信下限表	270

附表 2	χ^2 分布分位数表	276
附表 3	F 分布分位数表	281
参考文献		288