

《国防科研试验工程技术系列教材》

常规兵器试验系统

可靠性试验技术

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

图书在版编目 (CIP) 数据

可靠性试验技术 / 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, 2003. 3

国防科研试验工程技术系列教材·常规兵器试验系统
ISBN 7-118-03030-9

I. 可... II. 中... III. 可靠性试验—技术
IV. TB302

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2002) 第 089655 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 10 $\frac{1}{2}$ 276 千字

2003 年 3 月第 1 版 2003 年 3 月北京第 1 次印刷

印数: 1—3000 册 定价: 28.00 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 (以下按姓氏笔画排列)

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 王又宝 冯许平 左振干 朱承进
余德泉 李 钢 杨德州 邱宇臣
郑时运 聂 峰 陶有勤 郭焱水
钱玉民

《国防科研试验工程技术系列教材· 常规兵器试验系统》编审委员会

主任委员 马国惠

副主任委员 邱学臣 吴东满 姚炳洪 王文聪

委 员 (以下按姓氏笔画排列)

王益森 汤善斌 肖崇光 何建国

余乐斌 陈芝余 庞常战 赵 宇

钟明信 曹培贵 黄国臣 傅廷俊

主 编 姚炳洪

副 主 编 肖崇光 汤善斌 庞常战

秘 书 赵 宇

可靠性试验技术

主 编 邱有成

主 审 姜立民

编著者 邱有成 谷师泉 徐宏林

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

常规兵器试验技术是国防科研试验技术的重要组成部分。

40多年来,我国从事常规兵器试验工作的广大科技人员发扬艰苦奋斗、科学求实、勇于创新、默默奉献的精神,经过几代人的团结奋斗,建立了具有相当规模和一定水平的常规兵器科研试验体系,造就了一支有扎实理论知识和丰富实践经验的人才队伍,圆满完成了各项常规兵器科研试验任务,为我国常规兵器事业的发展作出了重要贡献。

为了促进常规兵器试验事业的不断发展,我们组织有关专家对几代科技人员用毕生心血和汗水凝成的实践经验与理论成果进行了认真系统的整理,形成了本套教材。相信这套教材的出版,对常规兵器试验人才的培养,对高新技术兵器不断涌现的新时期试验工作的指导,都将具有十分重要的现实意义和深远的历史意义。

本套教材共分17卷。包括:《常规兵器试验概论》、《火炮试验鉴定技术》、《弹药试验鉴定技术》、《制导武器试验鉴定技术》、《引信试验鉴定技术》、《火控试验鉴定技术》、《侦察装备试验鉴定技术》、《军用气象仪器试验鉴定技术》、《枪械试验鉴定技术》、《轻武器弹药试验鉴定技术》、《射表编拟技术》、《弹道参数测试技术》(上、下册)、《火炮准备与测试技术》、《弹药准备与测量技术》、《轻武器测试技术》、《试验数据的统计分析》和《可靠性试验技术》。

本套教材内容系统、注重理论联系实际,适用于大专以上学历、中级职务专业技术干部阅读。也可供初级、高级职务专业技术干部、指挥干部以及院校有关专业的师生参考。

本套教材在编写过程中,得到了有关部队、院校、设备研制生

产单位的大力支持与协助,在此表示衷心的感谢。由于本套教材涉及专业面广,包含内容多,编者水平有限,书中难免有错误或疏漏之处,诚请读者予以指正。

《国防科研试验工程技术系列教材·
常规兵器试验系统》编审委员会

2000年10月

前 言

目前,可靠性理论和技术伴随着科学技术以突飞猛进的速度在发展,已成为一门独立的新兴学科,并且在军事科学、管理科学以及工程实践中被广泛重视和应用。然而,可靠性试验技术作为可靠性工程的实际应用,在常规兵器领域至今尚未形成完整配套的试验鉴定理论和方法。但随着武器装备的发展,各方面对常规兵器可靠性试验鉴定提出的要求已超出了现有技术所能满足的范围。常规兵器可靠性试验有其固有的特征,这些特征使得别的领域的可靠性研究成果无法直接应用到常规兵器可靠性试验中,因而,对常规兵器可靠性试验技术的研究已越来越被兵器界所重视。

本书作为常规兵器可靠性试验的实用教材,在介绍了可靠性试验基本知识后,没有去重复可靠性试验在一般工程中的应用,而是将重点投在作者已经进行过的火炮、弹药、电子装备和武器系统软硬件可靠性试验的研究之中。在试验基础知识方面,重点介绍了兵器可靠性试验的一般方法和步骤;在工程应用方面,重点介绍了火炮、弹药、电子装备的失效模式、失效机理、试验设计与实施、结果处理与评估和实例分析。针对软件可靠性试验的特点介绍了测试用例的设计、测试方法和评估方法。基于本书的编写宗旨和篇幅的限制,对诸如多由承制方进行的可靠性增长试验、环境应力筛选等工程试验未过多涉及,重点是统计试验。

本书适用于具有大专以上学历的从事常规兵器可靠性试验的技术人员阅读,也可供从事常规兵器可靠性试验的科研人员进行试验设计实施时参考。

本书由邱有成高级工程师(第1、4、5、6章)、谷师泉工程师(第2章)、徐宏林工程师(第3章)撰写。邱有成高级工程师进行了校

订,西北工业大学姜立民教授详细地审阅了全稿,并提出宝贵意见。

本书的编写是在总装备部司令部作试局、军训局和中国华阴兵器试验中心各级领导、机关和有关同志的大力支持与帮助下完成的,在此特向他们一并致谢。由于作者水平所限,错误在所难免,请读者批评指正。

编 者

2002年8月

内 容 简 介

本书从武器装备可靠性的要求出发,简要介绍了可靠性试验的基本理论和方法,阐明了火炮、弹药、电子设备可靠性试验的特点,从装备常见故障模式入手,进行失效机理分析,并从试验鉴定角度设计试验方案,论述了不同装备可靠性试验的实施方法、结果处理与评估要求。针对以计算机为核心的自动化武器装备的试验需求,给出了软件可靠性试验的测试方法和评估方法,并对上述装备的可靠性与可靠性试验技术发展进行了展望。

全书内容编写理论联系实际,既阐明了试验的理论依据,又阐述了试验的技术要领,概念清楚准确,内容完整,方法科学可行,有普遍参考价值和很强的实用价值。

本书主要适用于具有大专以上学历、中级以上专业技术职务,从事武器装备可靠性试验鉴定工作的工程技术人员阅读,也可供相关专业科研人员、大专院校师生参考。

目 录

第 1 章 概论	1
1.1 质量与可靠性	1
1.1.1 质量	1
1.1.2 可靠性	2
1.1.3 质量与可靠性的关系	5
1.2 可靠性设计与方法简介	6
1.2.1 问题的提出	6
1.2.2 可靠性设计的基本任务和基本方法	8
1.3 可靠性试验的技术基础	13
1.3.1 可靠性基本指标	13
1.3.2 可靠性常用的概率分布	17
1.3.3 可靠性抽样试验的一般理论和 OC 曲线	23
1.4 可靠性试验的目的和内容	27
1.4.1 可靠性试验的目的	27
1.4.2 可靠性试验的种类	29
1.5 可靠性试验的原理和程序	32
1.5.1 可靠性试验的原理	32
1.5.2 可靠性试验的程序	33
1.6 可靠性数据的收集与分析	43
1.6.1 可靠性数据的收集	43
1.6.2 可靠性数据的分析与反馈	47
第 2 章 火炮可靠性试验与评估	49
2.1 概述	49
2.2 火炮可靠性试验的特点	50

2.2.1	火炮可靠性的有关概念	50
2.2.2	火炮可靠性的要求	52
2.2.3	火炮可靠性试验指标	53
2.2.4	火炮可靠性试验的目的与原理	54
2.2.5	火炮可靠性试验的特点	55
2.3	故障模式分析	56
2.3.1	概述	56
2.3.2	故障模式分析方法	56
2.3.3	对 FMECA 的要求	60
2.3.4	举例	60
2.4	失效机理分析	66
2.4.1	概述	66
2.4.2	故障的根源与故障的发展规律	67
2.4.3	失效机理分析的程序和方法	71
2.4.4	故障树分析(FTA)	73
2.4.5	火炮半自动供弹机故障树分析	74
2.4.6	火炮零件常见故障的失效机理分析	77
2.5	试验设计与实施	93
2.5.1	被试产品的确定	93
2.5.2	试验方案的设计	93
2.6	结果处理与评估	104
2.6.1	故障的统计与加权处理	104
2.6.2	试验数据的统计分析及参数估计	106
2.6.3	结果评估	107
2.7	实例分析	108
2.7.1	实例分析一	108
2.7.2	实例分析二	111
2.7.3	实例分析三	112
2.7.4	实例分析四	113
2.7.5	实例分析五	114

第3章 弹药可靠性试验与评估	117
3.1 概述	117
3.1.1 常规弹药的分类	117
3.1.2 弹药可靠性特点	118
3.1.3 弹药可靠性试验开展情况	119
3.2 弹药可靠性试验的特点	120
3.2.1 弹药可靠性一般要求	120
3.2.2 弹药可靠性要求和参数体系	123
3.2.3 弹药可靠性试验的目的	123
3.3 失效模式分析	125
3.3.1 失效模式、影响及危害度分析的一般方法	126
3.3.2 火箭弹 FMEA 建立	128
3.3.3 普通炮弹 FMEA 建立	129
3.3.4 反坦克导弹 FMEA 建立	131
3.3.5 弹药贮存失效分析	132
3.4 失效机理分析	134
3.4.1 故障树分析(FTA)在可靠性试验中的作用	134
3.4.2 故障树分析步骤	135
3.4.3 故障树建立应用分析	136
3.5 试验设计与实施	140
3.5.1 试验方案	140
3.5.2 可靠性鉴定试验计划	151
3.5.3 试验实施	160
3.6 结果处理与评估	163
3.6.1 失效判据	163
3.6.2 统计处理	165
3.6.3 结果评估	166
3.7 实例分析	167
3.7.1 筒装导弹可靠性试验设计	167
3.7.2 试验结果分析	169

3.7.3 故障分析	169
第4章 电子装备可靠性试验与评估	173
4.1 概述	173
4.2 可靠性试验的特点	174
4.2.1 整机装备可靠性试验的特点	174
4.2.2 整机装备常用的试验方法	175
4.2.3 整机装备可靠性试验抽样台数的选择分析	176
4.2.4 整机装备可靠性试验时间的确定	177
4.2.5 几种试验方案的优缺点	179
4.3 统计试验方案设计	184
4.3.1 定时截尾试验方案的设计	184
4.3.2 定数截尾试验方案的设计	186
4.3.3 序贯概率比试验方案设计	186
4.4 故障模式分析	193
4.4.1 故障模式、影响与致命性分析(FMECA)的特点	193
4.4.2 FMECA 分析的中心任务	194
4.4.3 失效分析的基本内容和方法	196
4.4.4 电子装备典型元器件的故障模式分析	198
4.5 失效机理分析	204
4.5.1 故障的基本分类和装备的基本故障原因	205
4.5.2 与失效机理分析有关的可靠性审查	207
4.5.3 电子装备典型元器件失效机理分析	215
4.6 试验设计与实施	222
4.6.1 被试对象特性分析	222
4.6.2 试验设计	227
4.6.3 试验实施	233
4.6.4 故障分析	238
4.7 数据处理与评估	241
4.7.1 数据处理	241
4.7.2 结果评估(判决)	244

4.7.3 应用举例	245
4.8 实例分析	247
4.8.1 实例分析一	247
4.8.2 实例分析二	251
4.8.3. 实例分析三	254
第5章 软件可靠性测试与评估	258
5.1 概述	258
5.2 软件可靠性试验的特点	259
5.2.1 软件组成及特点分析	259
5.2.2 软件可靠性试验的程序和要求	263
5.3 软件可靠性测试方法	265
5.3.1 结构测试	266
5.3.2 功能测试	270
5.3.3 测试用例的设计	272
5.4 软件可靠性试验与评估	289
5.4.1 硬件级软件试验与评估	290
5.4.2 系统级软件试验与评估	290
5.5 实例分析	302
5.5.1 目标分析程序及测试用例设计	302
5.5.2 射击效率计算程序分析及测试用例设计	304
5.5.3 射程射向计算与射击条件制定程序分析及 测试用例设计	307
5.5.4 文书编写分析及测试用例设计	307
第6章 发展趋势	310
6.1 可靠性技术发展趋势	310
6.1.1 设计思想的转变	310
6.1.2 可靠性工程和管理规范化途径	311
6.1.3 可靠性技术的工程应用	312
6.1.4 软件可靠性技术的起步性研究	313
6.2 可靠性试验技术发展趋势	314