

国防科技图书出版基金

电子装备作战试验 理论与实践

Operational Test Theory and Practice of
Electronic Equipment

赵继广 柯宏发 袁翔宇 祝冀鲁 石景岚 黄彦昌 著



国防工业出版社
National Defense Industry Press



国防科技图书出版基金

电子装备作战试验理论与实践

Operational Test Theory and Practice of Electronic Equipment

赵继广 柯宏发 袁翔宇 著
祝冀鲁 石景岚 黄彦昌

国防工业出版社

· 北京 ·

图书在版编目(CIP)数据

电子装备作战试验理论与实践 / 赵继广等著. —北京: 国防工业出版社, 2018. 11

ISBN 978 - 7 - 118 - 11530 - 7

I. ①电… II. ①赵… III. ①电子装备 - 作战 - 试验 - 高等学校 - 教材 IV. ①TN97②E83

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)第 188344 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)

三河市腾飞印务有限公司印刷

新华书店经售

*

开本 710 × 1000 1/16 印张 15½ 字数 250 千字

2018 年 11 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—2000 册 定价 98.00 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店:(010)88540777

发行邮购:(010)88540776

发行传真:(010)88540755

发行业务:(010)88540717

致 读 者

本书由中央军委装备发展部**国防科技图书出版基金**资助出版。

为了促进国防科技和武器装备发展,加强社会主义物质文明和精神文明建设,培养优秀科技人才,确保国防科技优秀图书的出版,原国防科工委于1988年初决定每年拨出专款,设立国防科技图书出版基金,成立评审委员会,扶持、审定出版国防科技优秀图书。这是一项具有深远意义的创举。

国防科技图书出版基金资助的对象是:

1. 在国防科学技术领域中,学术水平高,内容有创见,在学科上居领先地位的基础科学理论图书;在工程技术理论方面有突破的应用科学专著。
2. 学术思想新颖,内容具体、实用,对国防科技和武器装备发展具有较大推动作用的专著;密切结合国防现代化和武器装备现代化需要的高新技术内容的专著。
3. 有重要发展前景和有重大开拓使用价值,密切结合国防现代化和武器装备现代化需要的新工艺、新材料内容的专著。
4. 填补目前我国科技领域空白并具有军事应用前景的薄弱学科和边缘学科的科技图书。

国防科技图书出版基金评审委员会在中央军委装备发展部的领导下开展工作,负责掌握出版基金的使用方向,评审受理的图书选题,决定资助的图书选题和资助金额,以及决定中断或取消资助等。经评审给予资助的图书,由中央军委装备发展部国防工业出版社出版发行。

国防科技和武器装备发展已经取得了举世瞩目的成就,国防科技图书承担着记载和弘扬这些成就,积累和传播科技知识的使命。开展好评审工作,使有限的基金发挥出巨大的效能,需要不断摸索、认真总结和及时改进,更需要国防科技和武器装备建设战线广大科技工作者、专家、教授,以及社会各界朋友的热情支持。

让我们携起手来,为祖国昌盛、科技腾飞、出版繁荣而共同奋斗!

国防科技图书出版基金
评审委员会

国防科技图书出版基金 第七届评审委员会组成人员

主任委员 潘银喜

副主任委员 吴有生 傅兴男 赵伯桥

秘书长 赵伯桥

副秘书长 许西安 谢晓阳

委员 才鸿年 马伟明 王小谟 王群书

(按姓氏笔画排序)

甘茂治 甘晓华 卢秉恒 巩水利

刘泽金 孙秀冬 芮筱亭 李言荣

李德仁 李德毅 杨伟 肖志力

吴宏鑫 张文栋 张信威 陆军

陈良惠 房建成 赵万生 赵凤起

郭云飞 唐志共 陶西平 韩祖南

傅惠民 魏炳波

前 言

随着国防建设的快速发展,以信息、数字化技术为代表的一系列新装备,特别是电子装备已成为作战部队军事装备的重要组成部分,信息技术在军事领域的广泛运用,深刻改变着战斗力生成模式,基于信息系统的体系作战能力成为战斗力生成的基本形态。随着我军电子装备建设由单件武器、单个系统建设,发展到全系统、全要素、成体系建设的新阶段,传统的试验鉴定模式缺少重要的作战试验环节,已越来越不适应电子装备发展以及在复杂多变的使用环境中发挥应有作战效能的需求,迫切需要开展电子装备作战试验技术研究和实践工作。

武器装备体系对抗是现代战争的特色,装备作战效能不仅仅与装备的数量、性能和体系结构有关,也与作战应用和环境有关,因此传统的战术技术性能试验已经无法真实反映装备的实际作战效能、作战适用性等,战术技术性能试验必须向作战试验转型。电子装备是现代武器装备体系的基石,未来信息化战场环境更加复杂、多变、极端,电子装备、电子信息系统、电子装备体系的电磁敏感性、脆弱性等问题也变得极其严峻,由信息本质而带来的集成性、融合性、渗透性、增值性等典型特征也决定了电子装备、电子信息系统乃至电子装备体系等更需要作战试验。

另外,传统的试验鉴定模式仅仅关注电子装备(系统或体系)是否满足关键性能参数及性能要求指标,大多数试验结果也仅仅是在理想或标准的作战环境下得到的,这种结果并不能说明它在遂行作战任务能力方面的提高,各种作战使用建议也不能保证它在实际作战环境中达到预期的作战能力,必须在近实战、逼真的试验环境中通过作战试验才能检验其作战效能和作战适用性。因此,深入研究电子装备作战试验理论与实践,具有重大的理论价值和军事意义。

美军在武器装备采办体系中自始至终都保持着对作战试验问题的高度重视。美军认为,作战试验是在接近真实作战条件下的外场试验,其目的是确定当由典型用户使用时,武器装备的作战效能和作战适用性。美军在装备作战试验与鉴定方面形成了较为完整、规范的作战试验理论与评估方法、管理政策与标准规范体系,其作战试验理论与评估技术处于世界领先地位,许多作战试验成果可供借鉴。英军和法军都没有明确的作战试验概念,但是其装备试验内容除了装备技术性能的考核外,也很关注作战使用性能的考核,作战试验的考核理念贯穿于装备试验与鉴定的管理过程。俄军在装备采购方面的文件中很少提到作战试验,对作战试验的概念并不明确,但是其作战试验理念却受到明显的重视,俄联邦国防部试验联合体

的一个主要任务就是负责对武器装备、军用装备和特种装备的战场使用、作战训练(包括俄军进行的靶场演练)进行试验和演练。

国内作战试验工作起步较晚,虽然多个武器装备的试验与鉴定活动中已经基于作战试验的理念展开试验工作并取得了较为丰硕的研究成果,对装备作战效能、作战适用性的研究评估工作也见于国内诸文献中,但是目前尚未形成完善、成熟的作战试验理论与方法体系,加强装备的作战试验理论研究、提升装备的作战试验能力显得极为迫切。

本书结合国内电子装备试验与评估工作的实际情况,吸收国内外有关电子装备作战试验理论的研究成果,理论与实践相结合,全面系统地研究了电子装备作战试验的理论与实践问题,重点研究了电子装备作战试验模式、作战试验方案设计、作战想定设计、作战试验组织实施流程以及作战效能评估、作战适用性评估、体系贡献率分析等内容,初步构建了电子装备作战试验理论与实践体系框架,对于进一步研究电子装备作战试验理论、开展电子装备作战试验实践具有较大的借鉴意义和指导意义。

全书共 9 章。

第 1 章介绍作战效能、作战适用性、体系贡献率等相关概念,分析试验理论、装备建设发展、装备作战使用等作战试验需求,研究装备作战试验的国内外现状,给出了本书的研究内容与研究框架。

第 2 章研究电子装备的作战试验模式问题。分别介绍作战试验评估、定型作战试验、生产作战试验和在役作战试验 4 种模式。

第 3 章研究电子装备的作战试验力量建设问题。介绍作战试验力量主要结构特征以及作战试验保障力量的设计与规划问题,突出了复杂电磁环境的设计与规划以及逼真性评估问题。

第 4 章研究电子装备作战试验想定问题。介绍作战试验想定、基本想定、补充想定等基本概念以及相应的主要内容。

第 5 章研究电子装备作战试验方案设计问题。介绍基于正交表的探索性试验方案设计、基于均匀表的探索性试验方案设计的相关概念和设计步骤。

第 6 章研究电子装备作战试验实施流程。基于系统的理念和方法研究了武器装备作战试验的组织实施流程,提出武器装备作战试验系统工程的应用架构、系统工程应用的辨识过程,分析装备作战试验组织实施的不同阶段的系统工程应用。

第 7 章研究电子装备作战效能评估方法。介绍作战效能评估的基本问题,提出了基于物理域、信息域、认知域和社会域的四域作战效能评估指标体系建立方法,提出了矩阵序列评估模型,并研究了基于 ADC、系统效能分析的电子装备系统作战效能评估方法。

第 8 章基于定性和定量分析相结合的思路研究装备作战适用性评估方法。提

出作战适用性的三维结构,并将装备作战适用性分为人机工程适应性、作战环境适应性、作战任务适应性、作战保障适应性和作战编成适应性 5 个方面的内容,分别构建了评估指标体系,建立了评估模型,提出了基于灰关联的作战适用性评估模型及主要影响因素的 GM(1,n)分析模型。

第 9 章研究电子装备体系贡献率分析方法。介绍体系作战效能与体系贡献率分析的基本问题,提出体系作战效能与体系贡献率分析的系统动力学方法和正交探索性分析方法。

本书的研究成果,先后得到中国博士后科学基金、装备预先研究、原总装备部试验技术重点研究、军内科学研究等项目资助,作者对上述项目的支持单位表示衷心的感谢;感谢原总装备部司令部刘光军参谋、原 63880 部队王国良总工程师、跟踪与通信技术研究所陈永光研究员以及原装备学院各级领导和同仁在本书出版过程中给予的支持和帮助。本书主要根据作者参加的相关研究项目和多年研究成果,经过进一步的组织与加工而完成。感谢相关研究项目课题组成员辛勤的劳动和提供的帮助;书中有一些材料参考了有关单位或个人发表的论文和书籍,在书后的参考文献中均已一一列出,在此,一并深表诚挚的谢意。

“路漫漫其修远兮”,电子装备作战试验理论与实践作为一个新型且极具难度的研究方向,本书内容尚处于研究和摸索中,还有许多问题有待于进一步探究。加之作者学识水平有限,虽多方讨论和几经改稿,书中不妥之处在所难免,恳请广大读者和各方面专家不吝赐教指正。

著者

目 录

第 1 章 概述	1
1.1 基本概念	1
1.1.1 电子装备	1
1.1.2 试验与鉴定	2
1.1.3 作战试验	4
1.1.4 作战效能	6
1.1.5 作战适用性	7
1.1.6 体系贡献率	8
1.2 电子装备作战试验需求	9
1.2.1 装备试验理论与技术需求	10
1.2.2 装备建设发展需求	11
1.2.3 装备作战运用需求	13
1.3 国外电子装备作战试验发展现状	14
1.3.1 美军作战试验发展现状	15
1.3.2 英军作战试验发展现状	21
1.3.3 法国作战试验发展现状	22
1.3.4 俄军作战试验发展现状	23
1.4 国内作战试验与鉴定研究现状	25
1.4.1 作战试验研究现状	25
1.4.2 作战试验研究工作的薄弱环节	27
1.4.3 开展作战试验研究的几点建议	29
第 2 章 电子装备作战试验模式	35
2.1 电子装备作战试验模式的基本概念	35
2.1.1 作战试验对象类别	35
2.1.2 作战试验模式的概念	36
2.1.3 电子装备作战试验模式的分类	37
2.2 电子装备作战试验模式框架	38
2.2.1 作战试验评估	38

2.2.2	定型作战试验	39
2.2.3	生产作战试验	39
2.2.4	在役作战试验	39
2.3	电子装备作战试验模式内涵	40
2.3.1	作战试验资源	40
2.3.2	作战试验方案	42
2.3.3	作战试验实施	44
2.3.4	作战试验评估	45
第3章	电子装备作战试验力量建设	47
3.1	作战试验力量的内涵与建设方法	47
3.1.1	电子装备作战试验力量的内涵	47
3.1.2	作战试验力量的地位和作用	48
3.1.3	电子装备作战试验力量的主要结构特征	49
3.1.4	推进作战试验力量建设的基本原则	51
3.1.5	作战试验力量建设的实现方法	53
3.2	作战试验保障力量建设	55
3.2.1	目标测量系统	55
3.2.2	目标特性测量系统	56
3.2.3	指挥通信系统	58
3.2.4	电磁环境测量与监测系统	58
3.2.5	气象保障系统	59
3.3	作战试验的复杂电磁环境构建	60
3.3.1	复杂电磁环境的概念	60
3.3.2	复杂电磁环境的组成	62
3.3.3	电磁环境对电子装备的作战机理	66
3.3.4	作战试验中复杂电磁环境的构建要求	69
3.3.5	复杂电磁环境的构建方法	72
3.4	电磁环境的逼真性评估	73
3.4.1	电磁环境的特征参数选择	74
3.4.2	电磁环境的逼真性评估模型	75
3.4.3	电磁环境的逼真性评估实例	77
第4章	电子装备作战试验想定	80
4.1	作战试验想定及设计的基本概念	80
4.1.1	作战试验想定的定义	80

4.1.2	作战试验想定设计的概念与任务	81
4.2	作战试验想定设计方法	82
4.2.1	基于效果想定设计方法的基本内涵	82
4.2.2	基于效果想定设计方法的基本要素	82
4.3	作战试验想定的拟制	84
4.3.1	作战试验想定的拟制流程	84
4.3.2	作战试验想定的基本内容	84
4.3.3	拟制作战试验想定的注意事项	87
第5章	电子装备作战试验方案设计	89
5.1	探索性分析方法概述	89
5.1.1	相关概念	89
5.1.2	作战试验方案设计需求	89
5.1.3	探索性分析方法的应用现状	91
5.2	作战试验项目规划模型	91
5.2.1	基于树状分析的作战试验项目规划	92
5.2.2	雷达装备的作战试验项目规划	93
5.2.3	雷达对抗装备的作战试验项目规划	96
5.2.4	通信网络的作战试验项目规划	99
5.2.5	通信对抗装备的作战试验项目规划	102
5.2.6	指挥控制系统的作战试验项目规划	106
5.3	基于正交表的探索性试验方案设计	110
5.3.1	正交表的概念	110
5.3.2	正交探索性作战试验方案设计	111
5.3.3	具有交互作用的正交探索性设计	112
5.4	基于均匀表的探索性试验方案设计	113
5.4.1	均匀表的概念	113
5.4.2	均匀探索性作战试验方案设计	114
第6章	电子装备作战试验实施程序	115
6.1	作战试验组织实施的系统工程需求分析	115
6.1.1	组织实施流程的系统工程过程需求	116
6.1.2	组织实施流程的系统工程管理需求	116
6.1.3	组织实施流程的系统工程方法需求	116
6.2	装备作战试验的系统工程结构及应用	117
6.2.1	作战试验系统工程的三维结构	117

6.2.2	作战试验的系统工程过程	118
6.2.3	作战试验系统工程的应用架构	119
6.3	装备作战试验系统工程的辨识过程	120
6.3.1	辨识系统工程问题的过程	120
6.3.2	系统工程问题的价值评估过程	120
6.3.3	系统工程问题的决策过程	121
6.3.4	系统工程问题的优化	122
6.4	装备作战试验组织实施的系统工程应用	122
6.4.1	试验目标规划阶段	122
6.4.2	总体方案设计阶段	122
6.4.3	试验资源及条件建设阶段	123
6.4.4	试验部署实施阶段	124
6.4.5	试验鉴定和评估阶段	126
第7章	电子装备作战效能评估方法	127
7.1	作战效能评估的基本概念	127
7.1.1	电子装备作战效能的概念与内涵	127
7.1.2	作战效能评估的基本思路	128
7.1.3	作战效能评估指标体系的概念	129
7.2	基于四域的作战效能评估指标体系	129
7.2.1	基于四域行动反应的电子装备作战机理	130
7.2.2	作战效能评估指标框架及选择方法	131
7.2.3	基于四域效果的作战效能评估指标体系	134
7.2.4	对指标体系的几点认识	137
7.3	基于矩阵序列的作战效能评估模型	140
7.3.1	基于矩阵序列效能评估的基本思路	140
7.3.2	效能指标的矩阵序列描述及其物理意义	141
7.3.3	矩阵序列的灰色关联分析模型	143
7.3.4	通信对抗装备作战效能的矩阵序列分析事例	144
7.4	基于异型矩阵序列的作战效能评估模型	148
7.4.1	异型矩阵序列的概念	148
7.4.2	同型矩阵序列的灰色绝对关联度	148
7.4.3	异型矩阵序列的灰色绝对关联度	149
7.4.4	通信对抗装备作战效能的异型矩阵灰关联分析实例	151
7.4.5	关于矩阵序列评估方法的讨论	152

第 8 章	电子装备作战适用性评估方法	155
8.1	作战适用性的定义	155
8.2	武器装备作战适用性的评估分析思路	156
8.2.1	作战适用性的三维结构	156
8.2.2	作战适用性评估的工作程序	157
8.2.3	作战适用性评估指标体系	157
8.2.4	作战适用性评估的总体思路	158
8.3	武器装备作战适用性的评估模型	159
8.3.1	人机工程适应性	159
8.3.2	作战环境适应性	162
8.3.3	作战任务适应性	165
8.3.4	作战保障适应性	168
8.3.5	作战编成适应性	171
8.4	基于灰关联的空间机器人作战适用性评估事例	177
8.4.1	空间机器人作战适用性评价问题描述	177
8.4.2	基于灰关联的作战适用性分析原理	178
8.4.3	空间机器人作战保障适应性分析实例	181
8.5	作战适用性的主要影响因素分析模型	183
8.5.1	主要影响因素的 $GM(1, n)$ 分析模型	183
8.5.2	主要影响因素的优化 $GM(1, n)$ 分析模型	185
8.5.3	空间机器人作战保障适应性影响因素分析实例	185
第 9 章	电子装备体系贡献率分析方法	190
9.1	体系贡献率分析的基本问题	190
9.1.1	体系贡献率分析的基本过程	190
9.1.2	体系贡献率评估的现状	192
9.2	体系贡献率分析的关键问题	193
9.2.1	装备体系特征变量的识别	193
9.2.2	体系特征变量对体系作战效能的贡献效应	194
9.2.3	体系贡献率探索性分析的不确定性机理	194
9.3	体系贡献率分析的系统动力学方法	194
9.3.1	系统动力学分析原理	194
9.3.2	装备体系的系统动力学描述与分析流程	196
9.3.3	指挥控制系统作战效能与体系贡献率的系统动力学分析	198
9.3.4	基于 Vensim 软件的作战效能与体系贡献率分析	201

9.4 体系贡献率分析的探索性分析方法 205

9.4.1 正交试验结果的方差分析模型 205

9.4.2 体系作战效能估计与体系贡献率分析 207

9.4.3 作战效能与体系贡献率的正交探索性分析算例 208

9.4.4 具有交互作用的正交探索性分析 212

参考文献 218

Contents

Chapter 1 Introduction	1
1.1 Some Basic Concepts	1
1.1.1 Electronic Equipment	1
1.1.2 Test and Evaluation	2
1.1.3 Operational Test	4
1.1.4 Operational Effectiveness	6
1.1.5 Operational Suitability	7
1.1.6 Contribution Ratio of Equipment Systems	8
1.2 Operational Test Requests of Electronic Equipment	9
1.2.1 Theoretical and Technological Requests of Equipment Test	10
1.2.2 Construction and Development Requests of Equipment	11
1.2.3 Operational Employment Requests of Equipment	13
1.3 History and Status of Foreign Operational Test	14
1.3.1 The US Troops	15
1.3.2 The British Troops	21
1.3.3 The France Troops	22
1.3.4 The Russian Troops	23
1.4 History and Status of Domestic Operational Test	25
1.4.1 Research History and Status of Operational Test	25
1.4.2 Research Weakness of Operational Test	27
1.4.3 Some Suggestions of Operational Test Research	29
Chapter 2 Operational Test Mode of Electronic Equipment	35
2.1 Basic Concepts of Operational Test Mode of Electronic Equipment	35
2.1.1 Product Category of Operational Test	35
2.1.2 Concept of Operational Test Mode	36
2.1.3 Category of Operational Test Mode	37
2.2 Frame of Operational Test Mode of Electronic Equipment	38
2.2.1 Operational Test and Evaluation	38

2.2.2	Final Approval Operational Test	39
2.2.3	Production Operational Test	39
2.2.4	Service Operational Test	39
2.3	Connotation of Operational Test Mode of Electronic Equipment	40
2.3.1	Operational Test Resource	40
2.3.2	Operational Test Scheme	42
2.3.3	Operational Test Implementation	44
2.3.4	Operational Evaluation	45

Chapter 3 Construction of Operational Test Forces of Electronic Equipment

47

3.1	Connotation and Construction Method of Operational Test Forces	47
3.1.1	Connotation of Operational Test Forces of Electronic Equipment	47
3.1.2	Position and Function of Operational Test Forces of Equipment	48
3.1.3	Main Structural Features of Operational Test Forces of Electronic Equipment	49
3.1.4	Basic Principles of Construction of Operational Test Forces	51
3.1.5	Construction Method of Operational Test Forces	53
3.2	Construction of Security Forces of Operational Test	55
3.2.1	Target Measurement System	55
3.2.2	Target Characteristic Measurement System	56
3.2.3	Command and Communication System	58
3.2.4	Electromagnetic Environment Measuring and Monitoring System	58
3.2.5	Meteorological Support System	59
3.3	Set - up of Complex Electromagnetic Environment for Operational Test	60
3.3.1	Concept of Complex Electromagnetic Environment	60
3.3.2	Constitution of Complex Electromagnetic Environment	62
3.3.3	Operational Mechanism of Electromagnetic Environment to Electronic Equipment	66
3.3.4	Set - up Requests of Complex Electromagnetic Environment for Operational Test	69
3.3.5	Set - up Methods of Complex Electromagnetic Environment	72

3.4	Fidelity Evaluation of Electromagnetic Environment	73
3.4.1	Characteristic Parameters of Electromagnetic Environment	74
3.4.2	Fidelity Evaluation Model of Electromagnetic Environment	75
3.4.3	Fidelity Evaluation Example of Electromagnetic Environment ...	77
Chapter 4	Operational Test Scenario of Electronic Equipment	80
4.1	Basic Concepts of Operational Test Scenario and Scenario Design of Electronic Equipment	80
4.1.1	Definition of Operational Test Scenario	80
4.1.2	Concept and Mission of Scenario Design of Operational Test ...	81
4.2	Scenario Design Method of Operational Test	82
4.2.1	Basic Connotation of Scenario Design Method Based on Effects	82
4.2.2	Basic Elements of Scenario Design Method Based on Effects ...	82
4.3	Scenario Compiling for Operational Test	84
4.3.1	Compiling procedure of Operational Test Scenario	84
4.3.2	Basic Contents of Operational Test Scenario	84
4.3.3	Matters Need Attention in Scenario Compiling Procedure for Operational Test	87
Chapter 5	Operational Test Scheme Design of Electronic Equipment System	89
5.1	Outline of Exploratory Analysis Method	89
5.1.1	Relevant Concepts	89
5.1.2	Design Requests of Operational Test Scheme	89
5.1.3	Application Status of Exploratory Analysis Method	91
5.2	Planning Model of Operational Test Project	91
5.2.1	Planning Method of Operational Test Project Based on Tree Analysis Method	92
5.2.2	Planning Method of Operational Test Project for Radar Equipment	93
5.2.3	Planning Method of Operational Test Project for Radar Countermeasure Equipment	96
5.2.4	Planning Method of Operational Test Project for Communication Net	99