



国防科技图书出版基金

作战实验理论与技术

曹裕华 管清波 白洪波 等编著

Warfighting
Experimentation
Theory
and Technology



国防工业出版社

National Defense Industry Press

013068447

E83
23



国防科技图书出版基金

总装备部“1153”人才工程专项经费资助项目

作战实验理论与技术

Warfighting Experimentation Theory and Technology

曹裕华 管清波 白洪波
罗小明 刘淑丽 丁红勇 编著
苏宪程 滕崇志



北航

C1675941

E83
23

国防工业出版社

· 北京 ·

013068447



图书在版编目(CIP)数据

作战实验理论与技术 / 曹裕华等编著. —北京:
国防工业出版社, 2013.6
ISBN 978-7-118-08796-3

I. ①作… II. ①曹… III. ①作战方法 IV. ①E83

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 110094 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)
北京嘉恒彩色印刷责任有限公司
新华书店经售

*

开本 710×1000 1/16 印张 21½ 字数 410 千字
2013 年 6 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—2500 册 定价 79.00 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

本书由国防科技图书出版基金资助出版。

国防科技图书出版工作是国防科技事业的一个重要方面。优秀的国防科技图书既是国防科技成果的一部分,又是国防科技水平的重要标志。为了促进国防科技和武器装备建设事业的发展,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。

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总装备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,由总装备部国防工业出版社列选出版。

国防科技事业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。在改革开放的新形势下,原国防科工委率先设立出版基金,扶持出版科技图书,这是一项具有深远意义的创举。此举势必促使国防科技图书的出版随着国防科技事业的发展更加兴旺。

设立出版基金是一件新生事物,是对出版工作的一项改革。因而,评审工作

需要不断地摸索、认真地总结和及时地改进,这样,才能使有限的基金发挥出巨大的效能。评审工作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 王 峰

副主任委员 吴有生 蔡 镭 杨崇新

秘 书 长 杨崇新

副 秘 书 长 邢海鹰 贺 明

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 陆 军 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

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

随着人类社会进入信息时代,作战实验继“经历实战”和“研究战例”之后,已逐渐成为人们研究战争、认识战争的第三种有效方法和手段。它既是一种战争“预实践”活动,也是一种科学研究的手段,可以在人为控制的条件下,探索、验证与揭示战争规律,为做好现实军事斗争准备、推动军队现代化建设发挥重要作用。西方国家军队十分重视作战实验研究,早在20世纪80年代初,美军就确立了“提出理论—作战实验—实兵演练—实战检验”的军队发展模式,加紧建设“21世纪教室”,强调“教战合一”、“课堂走向战场,战场走进课堂”。在科索沃战争、伊拉克战争中,美军都通过作战实验,从中评估和优选战争的最优方案。伊拉克战争后,美军又提出了面对未来的新危机、加快部队转型的要求,更加重视作战实验手段,在虚拟场景中评估、检验和分析作战能力,设计“未来战争”。

近几年来,作者们一直从事与作战实验相关的研究工作,先后参与开发了陆军分队战术模拟系统、师(团)登岛作战模拟系统、空间系统仿真系统、空间信息保障支援模拟系统等,参研了许多仿真实验模型,利用这些仿真模型或系统开展了轻武器编配运用、天基信息网络运用、空间信息支持联合作战等多项作战实验研究。本书就是基于这些研究工作的总结和提炼而编著的,重点论述了基于综合集成研讨厅的实验方法、作战实验系统的建模方法、作战实验的分析与设计方法、作战实验数据采集、存储与处理方法的运用、作战实验模型与数据校验方法与步骤、作战实验室体系结构等,具体内容涵盖了相似理论、作战系统复杂性理论、作战实验的建模与仿真实论、作战实验系统分析与设计理论、作战实验运行与管理理论、作战实验设计理论、数据采集与存储理论、数据处理与分析理论、作战实验可信性评估理论、实验室建设理论,以及计算机兵力生成、多分辨率建模、虚拟现实和模型管理等支持技术,同时,还介绍了美军主要的作战实验室和典型的作战实验情况。作为一种科学实验活动,作战实验必须有科学的理论作指导和依据,以先进的技术作支撑,才能获得正确的实验结论,指导作战实践活动。因此,本书旨在构建作战

实验的理论与技术体系,解决作战实验系统如何建、怎么用的问题,为开展现代作战规律研究和作战实验活动起到理论指导和技术支持。

本书由曹裕华、管清波设计框架,曹裕华、罗小明负责编写第3、4、5章,白洪波负责编写第2、9、11章,管清波负责编写第6、7、8章,曹裕华、丁红勇、刘淑丽负责编写第1、10、12章,刘淑丽、苏宪程、滕崇志负责编写第13章,全书由曹裕华、管清波、白洪波负责统稿和修改。

本书是作者们在近几年的教学经验和科研成果基础上整理、总结和提炼而形成的,同时也参阅或引用了大量的中外文献。撰写过程中,得到了许多领导和专家的指导和帮助。军事科学院军事运筹分析研究所的江敬灼研究员、装甲兵工程学院的郭齐胜教授等认真审读了书稿,提出了宝贵的修改意见;学院干部处、学术成果处和试验指挥系的领导都给予了大力的支持和帮助,在此表示衷心感谢。该书在出版过程中,得到了总装备部“1153”人才工程的资助和国防科技图书出版基金的资助,在此也衷心感谢有关领导、机关和专家。同时,向本书参阅的文献作者们深表谢意。

本书在注重系统性、实用性、完整性和先进性的同时,尽量反映作战实验领域的新进展、新成果,但是由于作战实验理论和技术不断发展,加之作者水平有限,不妥之处在所难免,敬请读者批评指正。

编者

2012年10月于北京怀柔

目 录

第1章 作战实验概述	1
1.1 作战实验的概念	1
1.1.1 什么是作战	1
1.1.2 什么是实验	2
1.1.3 什么是作战实验	3
1.1.4 作战实验与相似概念的辨析	4
1.2 作战实验的起源与发展	6
1.2.1 以朴素简单形式为主的古代作战实验	6
1.2.2 以兵棋游戏和沙盘推演为主的近代作战实验	8
1.2.3 以计算机作战模拟为主,多种方式综合的现代作战实验	9
1.3 作战实验的作用和意义	12
1.4 作战实验主要理论与技术	14
第2章 相似理论	16
2.1 相似的概念及类型	16
2.1.1 几何相似	17
2.1.2 感觉相似	17
2.1.3 思维相似	17
2.1.4 行为相似	18
2.2 相似定理	19
2.2.1 相似第一定理	19
2.2.2 相似第二定理	19
2.2.3 相似第三定理	20
2.3 相似方法	21
2.3.1 经典相似方法	21
2.3.2 功能相似方法	22
2.4 相似系统分析	23
2.4.1 相似系统的相似元	23
2.4.2 相似元数值变化的关联性	25

2.4.3	相似系统的度量	26
2.4.4	相似理论对作战实验的指导作用	26
第3章	作战系统的复杂性与实验研究方法	29
3.1	作战系统的复杂性	29
3.1.1	作战系统概述	29
3.1.2	作战系统的复杂特性	31
3.1.3	现代作战系统异常复杂的原因	32
3.2	作战系统研究的实验方法	33
3.2.1	作战实验方法类型	33
3.2.2	综合集成方法	35
3.2.3	基于综合集成方法的作战实验研究	36
3.3	综合集成研讨厅实验方法	37
3.3.1	综合集成研讨厅的思想	37
3.3.2	作战实验综合集成研讨厅的功能结构	38
3.3.3	综合集成研讨厅的实现	40
第4章	作战实验的建模与仿真	41
4.1	作战实验建模与仿真基础	41
4.1.1	基本概念	41
4.1.2	基本步骤	42
4.2	实验系统的动态行为建模	45
4.2.1	系统状态与建模	45
4.2.2	连续系统建模	46
4.2.3	离散系统建模	48
4.3	作战实验系统建模方法	56
4.3.1	面向过程的建模方法	56
4.3.2	面向对象的建模方法	59
4.3.3	基于 Agent 建模方法	64
4.4	作战实验仿真策略	66
4.4.1	基于事件调度的仿真策略	66
4.4.2	基于活动扫描的仿真策略	69
4.4.3	基于进程交互的仿真策略	71
4.5	作战实验仿真时间推进机制	73
4.5.1	时间步长推进机制	73
4.5.2	事件步长推进	73

4.5.3	两种时间推进机制的比较	74
第5章	作战实验系统分析与设计	76
5.1	作战实验系统需求分析	76
5.1.1	军事需求	76
5.1.2	功能需求	77
5.1.3	应用方式需求	80
5.2	作战实验系统总体设计	80
5.2.1	作战实验系统划分方法	80
5.2.2	作战实验系统硬件环境	81
5.2.3	作战实验系统软件功能组成	82
5.2.4	作战实验系统的工作流程	84
5.3	作战实验模型体系与数据设计	86
5.3.1	作战实验模型体系构建	86
5.3.2	作战实验数据设计	88
5.4	作战实验系统体系结构设计	90
5.4.1	设计要求	90
5.4.2	作战实验系统体系结构	93
第6章	作战实验设计	95
6.1	实验目标设计方法	95
6.2	实验要素设计方法	97
6.2.1	解释结构模型法	97
6.2.2	实验要素间的相关分析	100
6.3	实验点设计方法	105
6.3.1	变量间关系分析	105
6.3.2	均匀取值法	106
6.3.3	逼近寻优取值法	106
6.3.4	随机因素的取值	107
6.4	实验方案设计方法	111
6.4.1	单因素与多因素仿真实验设计	111
6.4.2	拉丁方设计	111
6.4.3	正交实验设计	114
6.4.4	均匀设计	117
第7章	作战实验数据采集与存储	121
7.1	数据采集需求分析	121

67	7.1.1	作战实验数据的特点	121
67	7.1.2	实验方案数据采集需求	122
67	7.1.3	实验过程数据采集需求	123
67	7.1.4	实验结果数据采集需求	124
57	7.2	数据记录存储规则	124
08	7.2.1	按时间序列存储数据	124
08	7.2.2	按实验单元存储数据	125
08	7.2.3	按数据分析方法要求存储数据	125
18	7.3	作战实验数据的记录与存储	127
58	7.3.1	关系数据库存储	127
18	7.3.2	XML 数据存储	128
68	7.3.3	不同存储方式的相互转换和互访	131
	第 8 章	作战实验数据处理与分析	136
28	8.1	作战实验数据的预处理	136
02	8.2	回归分析法	137
02	8.2.1	方法和步骤	137
50	8.2.2	回归分析方法在作战实验数据处理中的应用	139
20	8.2.3	应用回归分析方法应注意的几个问题	144
22	8.3	假设检验法	145
52	8.3.1	方法和步骤	145
52	8.3.2	假设检验在作战实验数据处理中的应用举例	146
001	8.3.3	作战实验应用假设检验应该注意的问题	148
201	8.4	聚类分析法	149
201	8.4.1	方法和原理	149
201	8.4.2	聚类分析方法在作战实验数据处理中的应用	150
201	8.4.3	作战实验应用聚类分析应注意的问题	153
70	8.5	主成分分析法	153
111	8.5.1	方法和步骤	153
111	8.5.2	主成分分析法在作战实验数据处理中的应用	154
111	8.5.3	作战实验应用主成分分析法应注意的问题	157
401	8.6	因子分析法	157
711	8.6.1	方法与步骤	157
151	8.6.2	因子分析法在作战实验数据处理中的应用	158
151	8.6.3	主成分分析与因子分析之间的联系和区别	159

第9章 作战实验可信性评估	161
9.1 作战实验可信性评估概述	161
9.1.1 作战实验可信性概念	161
9.1.2 作战实验可信性评估的基本理解	163
9.1.3 基于 VV&A 的作战实验可信性评估基本原则	164
9.1.4 作战实验 VV&A 的工作过程	167
9.2 作战实验模型 VV&A	168
9.2.1 作战实验模型校核	168
9.2.2 作战实验模型验证	171
9.2.3 作战实验模型确认	172
9.2.4 模型 VV&A 应注意的问题	172
9.3 作战实验数据 VV&C	174
9.3.1 作战实验数据 VV&C 概念	174
9.3.2 作战实验准备阶段的数据 V&V	174
9.3.3 作战实验实施阶段的数据 V&V	175
9.3.4 作战实验结果分析阶段的数据 V&V	176
9.4 分布式作战实验 VV&A	176
9.4.1 分布式作战实验 VV&A 概述	177
9.4.2 分布式作战实验 VV&A 的实施步骤	179
9.4.3 分布式作战实验 VV&A 面临的难点与解决思路	188
第10章 作战实验支持技术	191
10.1 作战实验系统体系结构技术	191
10.1.1 高层体系结构(HLA)	191
10.1.2 试验训练使能体系结构(TENA)	196
10.1.3 体系结构技术在作战实验中的应用	200
10.2 计算机生成兵力技术	202
10.2.1 CGF 原理与结构	203
10.2.2 CGF 关键技术	204
10.2.3 CGF 在作战实验中的应用	205
10.3 综合战场环境生成技术	207
10.3.1 综合自然环境建模与仿真	207
10.3.2 复杂电磁环境建模与仿真	213
10.3.3 美军综合战场环境建设在作战实验中的应用	221
10.4 多分辨率建模技术	223

10.4.1	多分辨率建模概述	223
10.4.2	多分辨率建模常用方法	224
10.4.3	HLA 中多分辨率建模作战实验	227
10.5	虚拟现实技术	231
10.5.1	虚拟现实概述	231
10.5.2	虚拟现实的支撑技术	232
10.5.3	虚拟现实技术在作战实验领域的应用	234
10.6	模型管理技术	235
10.6.1	基本概念	235
10.6.2	模型表示	237
10.6.3	模型基本操作	238
10.6.4	作战实验模型管理系统	241
第 11 章	作战实验室	244
11.1	作战实验室基本认识	244
11.1.1	主要用途	244
11.1.2	具备功能	246
11.1.3	基本要素	248
11.2	作战实验室体系结构	249
11.2.1	作战实验室的技术体系	249
11.2.2	作战实验室的系统体系	250
11.2.3	作战实验室的仿真体系	252
11.2.4	作战实验室的组织体系	256
11.3	作战实验室建设	258
11.3.1	基本要求	258
11.3.2	建设步骤	259
11.3.3	建设需把握的问题	261
11.4	美军主要作战实验室简介	262
11.4.1	美国陆军作战实验室	263
11.4.2	美国空军作战实验室	264
11.4.3	美国海军作战实验室	265
第 12 章	作战实验运行与管理	267
12.1	作战实验规划	267
12.1.1	明确指导思想	267
12.1.2	确定主要目标	268

12.1.3	拟定实验内容	268
12.1.4	确定基本原则	269
12.1.5	制定工作指南	270
12.2	作战实验组织	271
12.2.1	组建实验团队	271
12.2.2	构建实验环境	272
12.2.3	拟制实验方案	272
12.2.4	制定实施计划	273
12.3	作战实验设计	273
12.3.1	作战实验设计概述	273
12.3.2	作战实验问题设计	274
12.3.3	作战实验想定设计	280
12.3.4	作战实验运行控制设计	286
12.4	作战实验实施	289
12.4.1	作战实验实施的内容	289
12.4.2	作战实验实施方式	290
12.5	作战实验结果分析与处理	290
12.5.1	数据分析	291
12.5.2	实验结果分析解释与实验评议	292
12.5.3	实验结论与产品发布	294
第13章	国外典型的作战实验	295
13.1	美国海军舰队作战实验	295
13.1.1	舰队作战实验的目的和背景	295
13.1.2	舰队作战实验的主要情况	296
13.2	“千年挑战”作战实验	297
13.2.1	演习的目的背景	298
13.2.2	演习的基本过程	299
13.2.3	演习的基本结论	302
13.3	“施里弗 200X”系列太空战实验	305
13.3.1	“施里弗 - I”太空军事演习	305
13.3.2	“施里弗 - II”太空军事演习	305
13.3.3	“施里弗 - III”太空军事演习	306
13.3.4	“施里弗 - IV”太空军事演习	307
13.3.5	“施里弗 - IV”太空军事演习	307

13.3.6	“施里弗-VI”太空军事演习	309
13.4	“21 世纪部队”系列军种实验	310
13.4.1	“21 世纪部队”作战实验的目的背景	310
13.4.2	“21 世纪部队”主要作战实验	311
13.5	“海龙”作战实验	312
13.5.1	“海龙”作战实验的背景	312
13.5.2	主要作战实验	312
参考文献		315

Contents

Chapter 1 Summary of Warfighting Experimentation	1
1.1 Conception of Warfighting Experimentation	1
1.1.1 What is Warfighting	1
1.1.2 What is Experimentation	2
1.1.3 What is Warfighting Experimentation	3
1.1.4 Discrimination Between Warfighting Experimentation and Similar Conception	4
1.2 Origin and Development of Warfighting Experimentation	6
1.2.1 Simplicity; The Main Manner of Ancient Warfighting Experimentation	6
1.2.2 War Game and Sand Table; the Main Manner of Near-Age Warfighting Experimentation	8
1.2.3 Computer Simulation; the Main Manner of Manifold Modern Warfighting Experimentation	9
1.3 Function and Significance of Warfighting Experimentation	12
1.4 Main Theories and Technologies of Warfighting Experimentation	14
Chapter 2 Similarity Theory	16
2.1 Conception and Types of Similarity	16
2.1.1 Geometrical Similarity	17
2.1.2 Sense Similarity	17
2.1.3 Thinking Similarity	17
2.1.4 Behavior Similary	18
2.2 Similarity Theorem	19
2.2.1 No. 1 Similarity Theorem	19
2.2.2 No. 2 Similarity Theorem	19
2.3.3 No. 3 Similarity Theorem	20
2.3 Similarity Method	21
2.3.1 Classical Similarity Method	21
2.3.2 Functional Similarity Method	22
2.4 Analysis of Similarity System	23