



仿真科学与技术及其军事应用丛书

Asymmetric Operation Mathematical
Modeling and Simulation Analysis

非对称作战 数学建模与仿真分析

罗小明 等著



国防工业出版社
National Defense Industry Press



仿真科学与技术及其军事应用丛书



装备学院·学术专著

本书得到总装备部“1153”人才工程专项经费资助

非对称作战 数学建模与仿真分析

罗小明 杨娟 闵华侨 曹裕华
康祖云 王伟 刘欣 王娜 著

国防工业出版社

·北京·

内 容 简 介

本书是在总结作者近年教学心得和科研成果的基础上写作的一部学术性较强的军事技术理论著作,其目的是为探究非对称作战活动规律、发展完善非对称作战理论、指导非对称作战运用提供支持。本书共分10章。第1章和第2章主要论述非对称作战的基本概念和主要特征,作战基本要素非对称运用的表现形式以及作战的非对称运行机理;第3章~第10章是本书的核心内容,建立了综合评价模型、多目标规划模型、指数法模型、兰彻斯特方程模型、突变分析模型、基于多智能体的作战仿真模型、基于复杂网络和数据场理论的作战仿真模型,并进行了非对称作战仿真实验系统设计及典型应用分析。

本书不仅论述了非对称作战的基本概念和主要特征,论证了非对称作战的途径、有效性与可表达性,构建了定性与定量综合研究非对称作战运用的方法框架和模型体系,对非对称作战仿真实验系统进行了总体设计,还引入了大量科研成果中的技术资料和应用算例,对广大研究工作者和工程技术人员都有较大的参考价值。

本书可作为军事运筹学、作战指挥学、军事装备学、仿真科学与技术等专业的研究生教材或教学参考书,也可作为相关领域研究人员的参考资料。

图书在版编目(CIP)数据

非对称作战数学建模与仿真分析 / 罗小明等著. —北京:国防工业出版社, 2012. 7
ISBN 978-7-118-08043-8

I. ①非... II. ①罗... III. ①作战 - 数学仿真 - 数学模型 IV. ①E83 - 39

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 119127 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)

北京嘉恒彩色印刷有限责任公司

新华书店经售

*

开本 710×960 1/16 印张 14 字数 213 千字

2012 年 7 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—3000 册 定价 40.00 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

丛书编写委员会

主任委员 郭齐胜

副主任委员 徐享忠 杨瑞平

委 员 (按姓氏音序排列)

曹晓东	曹裕华	丁 艳	邓桂龙	邓红艳
董冬梅	董志明	范 锐	郭齐胜	黄俊卿
黄玺璜	黄一斌	贾庆忠	姜桂河	康祖云
李 雄	李 岩	李宏权	李巧丽	李永红
刘 欣	刘永红	罗小明	马亚龙	孟秀云
闵华侨	穆 歌	单家元	谭亚新	汤再江
王 勃	王 浩	王 娜	王 伟	王杏林
徐丙立	徐豪华	徐享忠	杨 娟	杨瑞平
杨学会	于永涛	张 伟	张立民	张小超
赵 倩				

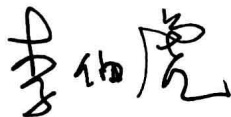
总序

为了满足仿真工程学科建设与人才培养的需求,郭齐胜教授策划在国防工业出版社出版了国内第一套成体系的系统仿真丛书——“系统建模与仿真及其军事应用系列丛书”。该丛书在全国得到了广泛的应用,取得了显著的社会效益,对推动系统建模与仿真技术的发展发挥了重要作用。

系统建模与仿真技术在系统科学、控制科学、计算机科学、管理科学等学科的交叉、综合中孕育和发展而成为仿真科学与技术学科。针对仿真科学与技术学科知识更新快的特点,郭齐胜教授组织多家高校和科研院所的专家对“系统建模与仿真及其军事应用系列丛书”进行扩充和修订,形成了“仿真科学与技术及其军事应用丛书”。该丛书共 19 本,分为“理论基础—应用基础—应用技术—应用”4 个层次,系统、全面地介绍了仿真科学与技术的理论、方法和应用,体系科学完整,内容新颖系统,军事特色鲜明,必将对仿真科学与技术学科的建设与发展起到积极的推动作用。

中国工程院院士

中国系统仿真学会理事长



2011 年 10 月

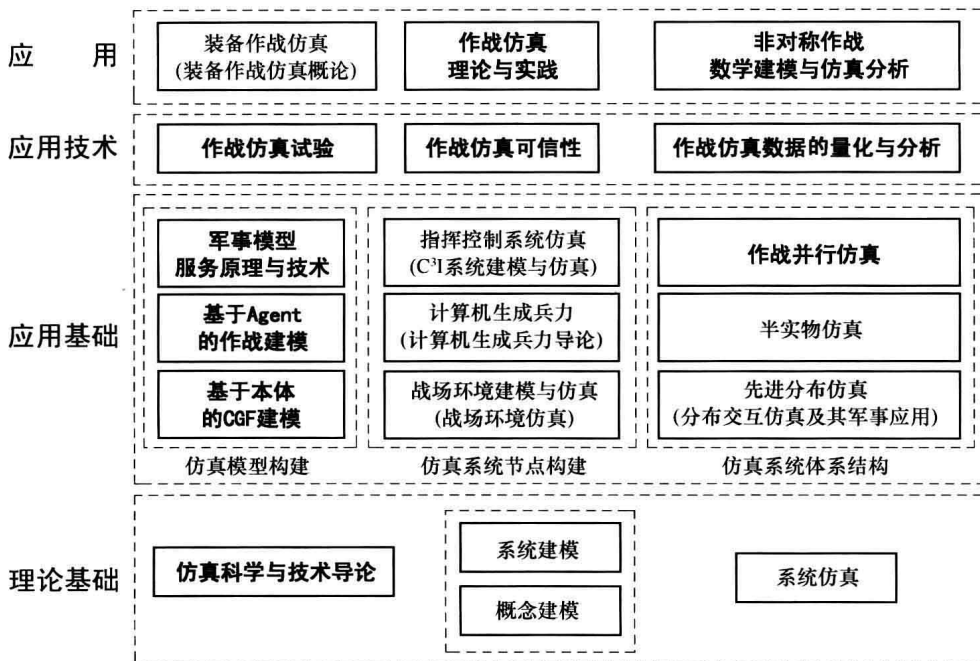
序言

系统建模与仿真已成为人类认识和改造客观世界的重要方法,在关系国家实力和安全的关键领域,尤其在作战试验、模拟训练和装备论证等军事领域发挥着日益重要的作用。为了培养军队建设急需的仿真专业人才,装甲兵工程学院从1984年开始进行理论研究和实践探索,于1995年创办了国内第一个仿真工程本科专业。结合仿真工程专业创建实践,我们在国防工业出版社策划出版了“系统建模与仿真及其军事应用系列丛书”。该丛书由“基础—应用基础—应用”三个层次构成了一个完整的体系,是国内第一套成体系的系统仿真丛书,首次系统阐述了建模与仿真及其军事应用的理论、方法和技术,形成了由“仿真建模基本理论—仿真系统构建方法—仿真应用关键技术”构成的仿真专业理论体系,为仿真专业开设奠定了重要的理论基础,得到了广泛的应用,产生了良好的社会影响,丛书于2009年获国家级教学成果一等奖。

仿真科学与技术学科是以建模与仿真实论为基础,以计算机系统、物理效应设备及仿真器为工具,根据研究目标建立并运行模型,对研究对象进行认识与改造的一门综合性、交叉性学科,并在各学科各行业的实际应用中不断成长,得到了长足发展。经过5年多的酝酿和论证,中国系统仿真学会2009年建议在我国高等教育学科目录中设置“仿真科学与技术”一级学科;教育部公布的2010年高考招生专业中,仿真科学与技术专业成为23个首次设立的新专业之一。

最近几年,仿真技术出现了与相关技术加速融合的趋势,并行仿真、网格仿真及云仿真等先进分布仿真成为研究热点;军事模型服务与管理、指挥控制系统仿真、作战仿真试验、装备作战仿真、非对称作战仿真以及作战仿真可信性等重要议题越来越受到关注。而“系统建模与仿真及其军事应用系列丛书”中出版最早的距今已有8年多时间,出版最近的距今也有5年时间,部分内容需要更新。因此,为满足仿真科学与技术学科建设和人才培养的需求,适应仿真科学与技术快速发展的形势,反映仿真科学与技术的最新研究进展,我们组织国内8家高校和科研院所的专家,按照“继承和发扬原有特色和优点,转化和集成科研学术成果,规范和统一编写体例”的原则,采用“理论基础—应用基础—应

用技术—应用”的编写体系,保留了原“系列丛书”中除《装备效能评估概论》外的其余9本,对内容进行全面修订并修改了5本书的书名,另增加了10本新书,形成“仿真科学与技术及其军事应用丛书”,该丛书体系结构如下图所示(图中粗体表示新增加的图书,括号中为修改前原丛书中的书名):



中国工程院院士、中国系统仿真学会理事长李伯虎教授在百忙之中为本丛书作序。丛书的出版还得到了中国系统仿真学会副秘书长、中国自动化学会系统仿真专业委员会副主任委员、《计算机仿真》杂志社社长兼主编吴连伟教授,空军指挥学院作战模拟中心毕长剑教授,装甲兵工程学院训练部副部长王树礼教授、装备指挥与管理系副主任王洪炜副教授和国防工业出版社相关领导的关心、支持和帮助,在此一并表示衷心的感谢!

仿真科学与技术涉及多学科知识,而且发展非常迅速,加之作者理论基础与专业知识有限,丛书中疏漏之处在所难免,敬请广大读者批评指正。

郭齐胜
2012年3月

总序


系统建模与仿真及其军事应用系列丛书

仿真技术具有安全性、经济性和可重复性等特点,已成为继理论研究、科学实验之后第三种科学研究的有力手段。仿真科学是在现代科学技术发展的基础上形成的交叉科学。目前,国内出版的仿真技术方面的著作较多,但系统的仿真科学与技术丛书还很少。郭齐胜教授主编的“系统建模与仿真及其军事应用系列丛书”在这方面作了有益的尝试。

该丛书分为基础、应用基础和应用三个层次,由《概念建模》、《系统建模》、《半实物仿真》、《系统仿真》、《战场环境仿真》、《C³I 系统建模与仿真》、《计算机生成兵力导论》、《分布交互仿真及其军事应用》、《装备效能评估概论》、《装备作战仿真概论》10本组成,系统、全面地介绍了系统建模与仿真的理论、方法和应用,既有作者多年来的教学和科研成果,又反映了仿真科学与技术的前沿动态,体系完整,内容丰富,综合性强,注重实际应用。该丛书出版前已在装甲兵工程学院等高校的本科生和研究生中应用过多轮,适合作为仿真科学与技术方面的教材,也可作为广大科技和工程技术人员的参考书。

相信该丛书的出版会对仿真科学与技术学科的发展起到积极的推动作用。

中国工程院院士



2005年3月27日

序言

系统建模与仿真及其军事应用系列丛书

仿真科学与技术具有广阔的应用前景,正在向一级学科方向发展。仿真科技人才的需求也在日益增大。目前很多高校招收仿真方向的硕士和博士研究生,军队院校中还设立了仿真工程本科专业。仿真学科的发展和仿真专业人才的培养都在呼唤成体系的仿真技术丛书的出版。目前,仿真方面的图书较多,但成体系的丛书极少。因此,我们编写了“系统建模与仿真及其军事应用系列丛书”,旨在满足有关专业本科生和研究生的教学需要,同时也可供仿真科学与技术工作者和有关工程技术人员参考。

本丛书是作者在装甲兵工程学院及北京理工大学多年教学和科研的基础上,系统总结而写成的,绝大部分初稿已在装甲兵工程学院和北京理工大学相关专业本科生和研究生中试用过。作者注重丛书的系统性,在保持每本书相对独立的前提下,尽可能地减少不同书中内容的重复。

本丛书部分得到了总装备部“1153”人才工程和军队“2110工程”重点建设学科专业领域经费的资助。中国工程院院士、中国系统仿真学会副理事长、《系统仿真学报》编委会副主任、总装备部仿真技术专业组特邀专家、哈尔滨工业大学王子才教授在百忙之中为本丛书作序。丛书的编写和出版得到了中国系统仿真学会副秘书长、中国自动化学会系统仿真专业委员会副主任委员、《计算机仿真》杂志社社长兼主编吴连伟教授,以及装甲兵工程学院训练部副部长王树礼教授、学科学位处处长谢刚副教授、招生培养处处长钟孟春副教授、装备指挥与管理系主任王凯教授、政委范九廷大校和国防工业出版社的关心、支持和帮助。作者借鉴或直接引用了有关专家的论文和著作。在此一并表示衷心的感谢!

由于水平和时间所限,不妥之处在所难免,欢迎批评指正。

郭齐胜

2005年10月

前言

胡锦涛主席指出：“作战实验是当代军事实践活动的新领域，也是军事科研新手段，开拓了信息化条件下联合作战研究的新途径。”作战实验是军事科学研究方法划时代的革新，军事建模与仿真已成为当前研究战争和军事行动的特点规律，为军事决策和战争实践提供科学依据的重要手段。军事建模与仿真技术被列为美国国防部十大关键技术之一，已引起广泛关注并普遍应用于各个领域。

近年来，在军事学术界掀起了一股强劲的作战实验、军事建模与仿真技术和理论研究热潮，相关的理论和方法多种多样，但大多还不够成熟，有待于进一步探索、研究和完善。非对称作战是否符合战争的一般规律？现代非对称作战有哪些特殊规律？作战的非对称运行机理是什么？增强非对称战略有效性的途径是什么？深入研究这些问题，需要对非对称作战问题进行建模与仿真研究。本书试图探索运用军事建模与仿真方法阐释非对称作战的途径，论证非对称作战的有效性与可表达性，揭示对非对称作战开展定性定量综合研究的分析方法与实现流程。

本书综合运用现代系统科学理论，主要围绕非对称作战的基本概念和主要特征，作战基本要素的非对称运用，作战的非对称运行机理，非对称作战影响因子的定量分析，非对称作战目标选择，非对称作战中作战力量的损耗关系，非对称作战火力分配和规模需求测算，非对称作战仿真实验与评估分析，非对称作战仿真实验系统设计，非对称作战有效性与可表达性论证等问题，开展数学建模与仿真应用研究，旨在为探究非对称作战活动规律、发展完善非对称作战理论、指导非对称作战运用提供支持。

本书第1章和第2章由罗小明、康祖云、杨娟、王伟主笔；第3章由罗小明、刘欣、王娜主笔；第4章由罗小明、刘欣、闵华侨主笔；第5章由罗小明、杨娟、王伟主笔；第6章由康祖云、罗小明、杨娟主笔；第7章由康祖云、罗小明、王娜主笔；第8章由康祖云、罗小明、曹裕华主笔；第9章由闵华侨、曹裕华主笔；第10章由罗小明、曹裕华、闵华侨主笔。全书由罗小明提出立题，设计全书总体框架和编写纲目，并负责全书的统稿。

本书是作者在近年从事非对称作战理论、联合作战运筹分析、军事建模与

作战效能评估等领域的教学心得和科研成果基础上总结、整理、提炼和深化而成的,得到了总装备部试验技术项目和武器装备军内科研项目的大力支持;同时,参考了国内外许多专家学者的文献资料和研究成果。写作过程中,得到了总装备部司令部军训局、军务装备局,中国国际战略学会安全战略研究中心、装备学院政治部和科研部、航天指挥系及其相关业务处领导和同志们的大力支持;得到了原国防科工委副主任沈荣骏院士、军事科学院原副院长糜振玉研究员、国防大学原副校长王厚卿教授、军事科学院原军制部部长雷渊深研究员、总装备部科技委原副秘书长张耀研究员、原装备指挥技术学院院长常显奇教授、空军装备研究院王正青高工、空军指挥学院副院长徐洸教授等首长的亲切指导和关怀;得到了陈庆华教授、赵新国教授、冯书兴教授、蔡远文教授、于小红教授、单玉泉教授、陈浩光教授、管清波教授、杜红梅副教授、胡晓枫副教授、由凤宇副教授等专家学者的大力支持和帮助。本书的写作与出版得到了总装备部“1153”人才工程专项经费资助。此外,装甲兵工程学院郭齐胜教授、国防大学罗海运教授、总装备部武器装备论证研究中心蔡业泉研究员等专家审阅了本书初稿,提出了许多宝贵意见,谨向他们表示诚挚的谢意!还有许多未列名的领导、专家、朋友和学生,也给予了我们许多帮助,在此一并表示衷心的感谢!

衷心欢迎有更多的有识之士与我们共同关注非对称作战问题的研究,一道为继承和创新非对称作战理论与方法做出有益的贡献。

由于作者的水平有限,书中难免有疏漏和不足之处,敬请同行专家和读者批评指正。

罗小明

2012年4月于北京怀柔

目 录

第 1 章 概论	001
1.1 对称与非对称	001
1.1.1 对称的基本概念及主要特征	001
1.1.2 非对称的基本概念及主要特征	002
1.2 非对称作战	002
1.2.1 非对称作战和非对称战略的基本概念	002
1.2.2 非对称作战和非对称战略的主要类型	003
1.2.3 非对称作战的实质	003
1.3 非对称作战的主要特征	004
1.4 非对称作战理论研究现状分析	006
1.4.1 外军研究现状	006
1.4.2 国内研究现状	008
1.5 非对称作战的数学基础	008
1.5.1 系统论	009
1.5.2 信息论	009
1.5.3 控制论	011
1.5.4 突变论	012
1.5.5 协同学理论	013
1.5.6 耗散结构理论	013
参考文献	014
第 2 章 作战基本要素的非对称运用及其运行机理	016
2.1 作战基本要素	016
2.1.1 力量	017
2.1.2 信息	017
2.1.3 时间	018

2.1.4	空间	019
2.1.5	环境	019
2.2	作战基本要素非对称作战运用	020
2.2.1	力量非对称	020
2.2.2	信息非对称	021
2.2.3	时间利用方式非对称	021
2.2.4	作战空间非对称	022
2.2.5	作战环境非对称	023
2.3	作战的非对称运行机理	023
2.3.1	势差驱动	024
2.3.2	衰减扩散	024
2.3.3	平衡转换	025
2.4	非对称运行机理的数学分析	025
2.4.1	“量”变分析	030
2.4.2	“形”变分析	033
2.4.3	“量”变与“形”变的综合分析	036
	参考文献	036

第3章 综合评价方法及应用 038

3.1	非对称作战目标选择问题	038
3.1.1	目标分类	039
3.1.2	目标重要性评价指标体系	040
3.1.3	目标选择的基本要求	043
3.2	改进的层次分析法	044
3.2.1	建立层次分析结构模型	045
3.2.2	计算重要性程度排序指数	045
3.2.3	标度的选择	046
3.2.4	构造两两比较判断矩阵	047
3.2.5	一致性检验	048
3.2.6	专家评判结果的集值	048
3.3	模糊优选(优化)理论与模型	049
3.3.1	方案属性值的规范化处理	049
3.3.2	模糊优选(优化)模型	053

3.4	算例分析	054
	参考文献	056
第4章	多目标规划方法及应用	058
4.1	作战效果及其评估概述	058
4.1.1	作战效果的概念	058
4.1.2	作战效果的形成和特点	059
4.1.3	作战效果评估的总体思路	062
4.2	作战效果评估模型	063
4.2.1	直接效果评估模型	064
4.2.2	间接效果评估模型	065
4.2.3	累积效果评估模型	067
4.3	基于多目标规划的火力分配模型	067
4.3.1	模型的主要功能	067
4.3.2	火力分配模型	067
4.3.3	算例分析	068
4.4	基于多目标规划的规模需求测算模型	070
4.4.1	建模思路	070
4.4.2	规模需求测算模型	071
4.4.3	算例分析	071
	参考文献	073
第5章	指数法及应用	075
5.1	指数法的内涵	075
5.2	指数的等效问题和合理性评价	079
5.2.1	指数的等效和统一	079
5.2.2	指数的合理性评价	079
5.3	指数的确定方法	080
5.4	作战能力评估的指数模型	082
5.4.1	作战能力的形态	082
5.4.2	作战能力的构成要素	083
5.4.3	作战能力综合评估的指数模型	085

5.5	算例分析	085
5.5.1	信息化时代军队战斗力的构成要素	086
5.5.2	科技进步对军队战斗力发展贡献测度的指数模型	087
5.5.3	科技进步对美军战斗力发展贡献的测度分析	088
5.5.4	测算结论	092
	参考文献	093
第6章 兰彻斯特方程及应用		094
6.1	兰彻斯特方程的提出	094
6.2	兰彻斯特方程的构模原理和假设条件	095
6.3	兰彻斯特方程的基本形式	096
6.3.1	兰彻斯特第一线性律	096
6.3.2	兰彻斯特第二线性律	097
6.3.3	兰彻斯特平方律	099
6.3.4	梯曲曼混合律	100
6.3.5	兰彻斯特方程的其他形式	101
6.4	兰彻斯特方程在非对称作战中的应用	102
6.4.1	力量非对称的兰彻斯特方程模型	102
6.4.2	信息非对称的兰彻斯特方程模型	108
6.4.3	时间利用方式非对称的兰彻斯特方程模型	111
6.4.4	作战空间非对称的兰彻斯特方程模型	113
6.4.5	作战环境非对称的兰彻斯特方程模型	115
6.5	算例分析	119
	参考文献	122
第7章 基于多智能体的作战仿真方法及应用		124
7.1	概述	125
7.2	作战仿真模型设计	128
7.3	作战仿真模型构建	130
7.3.1	反映力量要素的打击类 Agent	131
7.3.2	反映信息要素的感知类 Agent 和通信类 Agent	131
7.3.3	能力参数设计	132

7.4	仿真平台准备	133
7.4.1	EINSTEIN 仿真平台简介	133
7.4.2	运行机理和基本参数设计	134
7.5	算例分析	137
7.5.1	武器精确打击能力影响仿真实验分析	137
7.5.2	军人参战意志影响仿真实验分析	141
	参考文献	147
第8章 突变分析方法及应用		149
8.1	突变论概述	149
8.1.1	突变论简介	150
8.1.2	突变的主要特征	150
8.1.3	突变的数学描述	151
8.2	突变的基本类型	152
8.3	突变分析模型	153
8.3.1	尖点突变模型	153
8.3.2	燕尾突变模型	154
8.4	算例分析	157
8.4.1	非对称作战有效性的算例验证分析	157
8.4.2	作战体系结构稳定性的实例验证分析	159
	参考文献	161
第9章 基于复杂网络和数据场理论的作战仿真方法及应用		163
9.1	复杂网络和数据场理论概述	163
9.1.1	复杂网络的基本概念	163
9.1.2	数据场基本理论	165
9.2	基于数据场的复杂网络能量传播模型结构框架	166
9.3	非对称作战累积效果评估模型	168
9.3.1	非对称作战累积效果评估的基本思路	169
9.3.2	非对称作战累积效果评估的过程	170
9.3.3	非对称作战累积效果评估框架与模型	171
9.4	算例分析	174

参考文献	178
第 10 章 非对称作战仿真实验系统设计及应用	180
10.1 总体思路和框架设计	180
10.1.1 总体思路	180
10.1.2 四维框架	182
10.2 作战实验分析	183
10.2.1 作战实验的基本概念和主要类型	183
10.2.2 作战实验研究的基本问题	185
10.2.3 作战实验平台的体系结构	186
10.2.4 作战实验的一般过程及阶段划分	188
10.3 作战仿真实验系统设计	189
10.3.1 计算机作战仿真系统	189
10.3.2 体系对抗型仿真系统	191
10.3.3 论证评估型仿真系统	194
10.3.4 态势推演型仿真系统	197
10.4 导弹非对称作战运用仿真实验系统设计	198
10.4.1 系统业务及用户需求分析	199
10.4.2 系统功能需求分析	200
10.4.3 系统实现	202
参考文献	203