

战争实验室建设丛书



胡晓峰 司光亚 等著

战争模拟 原理与系统



War Gaming & Simulation
Principle and
System

 国防大学出版社

战争模拟原理与系统

胡晓峰 司光亚 吴琳 张国春 编著

国防大学出版社

图书再版编目 (CIP) 数据

战争模拟原理与系统 / 胡晓峰, 司光亚, 吴琳, 张国春 编著. — 北京: 国防大学出版社, 2009.7

ISBN 978—7—5626—1756—3

I. 战… II. ①胡…②司…③吴…④张… III. 作战模拟 IV. E83

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 101662 号

战争模拟原理与系统

胡晓峰 司光亚 吴琳 张国春 编著

出版发行: 国防大学出版社

地 址: 北京市海淀区红山口甲 3 号

邮 编: 100091

电 话: (010) 66772856

责任编辑: 刘会民

经 销: 新华书店

印 刷: 北京国防印刷厂

开 本: 787x960 毫米 1 / 16

印 张: 42

字 数: 670 千字

版 次: 2009 年 9 月第 1 版第 1 次印刷

印 数: 2000 册

定 价: 90.00 元

前 言

战争模拟作为当今六大仿真难题之一（其余的为宇宙起源、生物进化、社会经济、核聚变、结构材料的仿真），若从西方发明兵棋算起，已有近 200 年的历史。早期发展比较缓慢，但随着计算机技术的发展，近 30 年来战争模拟取得了长足的进步，范围也逐步扩展。面对新的发展和挑战，如何正确地认识战争模拟的地位、特点和作用，构建科学的战争模拟体系，需要我们从全新的角度重新加以审视和探讨。作战模拟虽已广为人知，但随着战争形态的演变，研究战争的手段不断进步，要求也越来越高。需要模拟的范围大大扩展，模拟的层次也逐步上升，远远超出了过去武器装备、战术行动及火力作战的范围。许多在战争层面上才会出现的问题，例如政治军事对抗、军事战略决策、军队转型研究、国家力量对抗、新的信息作战方法、信息化武器装备体系对抗等问题，都需要用相应的模拟仿真方法加以研究。因此，仅用“作战模拟”来概括这些内容已经远远不够了，而采用“战争模拟”这个概念则更能表达其实际的含义。

本书力图从战争的层次、系统的角度来研究、探讨和介绍战争模拟及战争模拟系统设计中的主要问题，重心在战略、战役层次，但不拘泥于这些层次；视角采用军方的观点而非武器装备工程仿真的观点，研究的模拟系统类别主要集中在分析、训练和采办三大类。本书不同于其他同类书籍的一个突出特点是“自顶向下”，用系统的观点来看待战争系统和战争模拟系统，力图从整体角度出发解释战争模拟的基本概念、分类和层次、主要特征和相互关系，并通过大量的实例加以说明。本书的重点：一在“概念”，注重高层，力图给出清晰的战争模拟基本原理框架；二在“原理”，讲清各类战争模拟的原理、方法和手段；三在“系统”，从系统的角度出发，最后也落实在系统上，讲清各类战争模拟系统的特点和结构。在这样的思想指导下，本书主要阐述了三大部分共 10 章内容：第一部分是战争模拟的基本概念，即第 1 章“绪论”；第二部分是公共基础部分，包括第 2 章“战争系

统与战争概念描述”、第3章“战争模拟模型”、第4章“战争模拟方法”、第5章“战争模拟系统体系结构”、第6章“数据基础、想定及表达”、第7章“战争模拟技术体系”，这是本书的重点；第三部分是各类战争模拟系统，包括第8章“训练模拟系统”、第9章“分析模拟系统”、第10章“采办模拟系统”，重点介绍各类模拟系统的实例。在内容安排上，由浅入深，前后衔接，以便于读者按顺序阅读。

本书是在《战争模拟引论》的基础上改编而成的。《战争模拟引论》于2003年完成，作为国防大学军事运筹学的学科教材出版发行，受到广大读者的欢迎，并被许多学校选为教材，也是被引用最多的战争模拟专著之一。许多院校的研究生，十分认真地研读本书，有的甚至写出了长达百页的读书笔记。我觉得，这并不是说我们这本书怎么好，而是说明这个研究领域十分重要并广为人们所关注，需要有成体系的教材和专著来满足他们求知的渴望。六年过去了，为了更好地适应教学和研究的需要，我们感到有必要对原书进行修订和改写，并与我们另外两部专著《战争复杂系统建模与仿真》、《战争复杂系统仿真分析与实验》相配套。为此，我们调整改写了部分内容，并缩减了一定篇幅（原书近90万字），并更名为《战争模拟原理与系统》重新出版。虽然经过修改完善，但我们感到还是有许多不能令人满意的地方，希望各位读者予以批评指正。

本书的编写分工如下：胡晓峰负责总体框架设计及第1、2、4、8章的撰写，参与撰写了3、5、6、7、9、10章，并进行了全书统稿和有关章节的改写；司光亚负责撰写第6、9章；吴琳负责撰写第5、7、10章；张国春负责撰写第3章，参与编写了第2、6章。我们在本书及原版《战争模拟引论》的编写过程中，得到了很多专家、学者的帮助，与许多专家、学者进行过深入的讨论，他们是：汪成为、李伯虎、陆镇麟、徐瑞恩、李乃奎、江敬灼、张最良、黄柯棣、郭嘉诚、倪忠仁、王怀民、陈雷鸣、高志年、毕长剑、徐学文、孔令丰等。本书参考了国内外许多学者的论文和专著，有的在书后参考文献中列出，有的在书中进行了标注，但也有一些成果由于各种原因无法体现出来。本书的编写还得到了许多同事、博士后和博士、硕士研究生的帮助，他们提出了许多很好的意见，给予了各种各样的帮助，有的材料就来源于他们的研究成果。他们是：马亚平、马丰文、金伟新、陈宇翔、崔同生、罗批、杨镜宇、张明智、李元、黄谦、钟玮君、黄教民、魏继才、扈新林、魏宾、殷军、李志强、彭英武、张志伟、李明、张昱等。

姚满亮、兰志涛、康保东、徐荣本、王春政、杨惠云、刘宝书、吴学磊、李苏勇等协助做了大量辅助性工作。还有许多未列名的专家、领导、朋友、同事、同学，也给予了我们许多帮助，在此一并表示衷心的感谢！

研究写作是一个枯燥、孤独、耗费精力的劳动，特别像这种新体系结构的专著型教材更是如此，需要付出难以想象的艰苦努力。因为这不仅是写作，更多的是研究，需要从浩如烟海的文献资料中提取出需要的内容，并加以研究、总结、归纳，形成新的内容体系，其工作量可想而知。我早就知道其中的艰辛，但在许多专家和朋友的鼓励下，在自己责任心的驱使下，最后还是再次走上了这条充满艰辛的道路。这里要感谢全体作者的家人，几年来我们几乎所有的节假日、寒暑假以及每天晚上都放在了研究写作上，如果没有家人的理解和容忍，要完成这部专著几乎是不可能的。我们还要感谢《战争模拟引论》的众多读者，他们提出过许多很好的修改建议和意见。

最后，感谢国防大学首长及训练部、科研部和教研部的领导给予我们的信任与帮助。感谢出版社张勇社长、刘会民副社长付出的艰辛劳动。我们期望本书的出版不会辜负大家的期望，但由于水平有限，书中肯定存在许多问题，希望大家不吝赐教。

胡晓峰

2009年5月于北京红山口

内 容 简 介

战争模拟是军事、技术等多学科交叉的领域，是从事军事理论研究、计算机仿真及应用研究人员所关注的重要方面。本书结合作者多年的研究实践以及国内外在战争模拟方面的最新进展，从战争系统的角度出发，采取自顶向下的方法，对战争模拟及战争模拟系统的基本概念、主要原理以及战争模拟系统的组成和应用，进行了全面而深入的论述。主要包括战争模拟的基本概念、概念描述与建模、模拟的基本方法、模拟系统的体系结构、模拟数据基础、模拟想定与表现、系统技术体系等基本内容，并结合大量实例介绍了训练模拟系统、分析模拟系统、采办模拟系统三大类模拟系统的基本特征、一般结构和原理。

本书适合于从事战争模拟、作战模拟、模拟仿真、军事运筹分析、计算机模拟系统等研究的军事科研人员、工程技术人员、研究生及模拟仿真管理人员。全书按教学要求编写，内容由浅入深，体系丰富完整，并配有习题和思考题，也非常适合于作为有关专业学员及研究生的教材。

目 录

第1章 绪 论	1
1.1 战争与战争模拟	1
1.1.1 战争与战争研究	1
1.1.2 战争模拟的基本概念	3
1.1.3 战争模拟的活动与系统	6
1.1.4 战争模拟的基本特征	9
1.1.5 战争模拟的作用	13
1.1.6 需要区分的几个概念	15
1.2 战争模拟的分类与分层	17
1.2.1 战争模拟的分类	18
1.2.2 战争模拟的分层	21
1.2.3 战争模拟系统类别、层次之间的关系	22
1.3 战争模拟的起源与发展	25
1.3.1 战争模拟的起源	25
1.3.2 现代战争模拟的发展	27
1.3.3 战争模拟面临的挑战与发展趋势	31
1.4 本书的基本内容	37
1.4.1 战争模拟的基本概念	37
1.4.2 战争模拟的公共基础	38
1.4.3 战争模拟系统	40
习题与思考题	41
第2章 战争系统与战争概念描述	42
2.1 系统与建模仿真	42
2.1.1 系统与战争系统	42
2.1.2 模型、建模与仿真	46
2.1.3 系统仿真的方法与发展	54
2.2 战争系统描述	62

2.2.1	战争系统描述的一般性问题	63
2.2.2	战争系统的时空	64
2.2.3	战争系统的概念化描述	68
2.3	战争实体描述	75
2.3.1	实体描述的基本内容	75
2.3.2	战争活动实体	84
2.3.3	战争环境实体	90
2.3.4	其他实体	95
2.4	战争行为与交互描述	95
2.4.1	基本概念	95
2.4.2	动作的描述	100
2.4.3	任务的描述	103
2.4.4	交互的描述	111
2.4.5	军事概念描述的示例	115
2.5	本章小结	121
	习题与思考题	121
第3章	战争模拟模型	123
3.1	概述	123
3.1.1	数学模型及要素量化	123
3.1.2	战争模拟模型的一般建模方法	126
3.1.3	战争模拟的主要模型种类	129
3.2	实体建模方法	131
3.2.1	几何造型建模	131
3.2.2	物理特性建模	136
3.2.3	实体能力建模	140
3.2.4	自然环境建模	146
3.2.5	战争环境建模	155
3.3	行为与交互建模方法	163
3.3.1	运动建模	164
3.3.2	战斗与损耗建模	170
3.3.3	决策行为建模	181
3.3.4	侦察行为建模	189
3.3.5	地形分析建模	190

3.3.6	自然行为建模.....	193
3.4	综合评估建模方法.....	195
3.4.1	综合评估的基本原理.....	196
3.4.2	评估方法.....	200
3.4.3	综合评估示例.....	202
3.5	模型的聚合与解聚.....	206
3.5.1	多分辨率建模.....	206
3.5.2	模型的聚合与解聚.....	212
3.6	模型评价与VV&A.....	221
3.6.1	模型的性能评价.....	221
3.6.2	模型的可信度评估.....	224
3.6.3	模型的校核、验证和确认.....	226
3.7	本章小结.....	229
	习题与思考题.....	229
第4章	战争模拟方法.....	231
4.1	概 述.....	231
4.1.1	实况、推演和虚拟.....	231
4.1.2	“人在回路”与“人不在回路”.....	233
4.2	基于人工的方法.....	235
4.2.1	军事演习和实况模拟.....	235
4.2.2	想定作业与人工兵棋模拟.....	238
4.2.3	人工战争模拟方法的应用.....	243
4.2.4	军事运筹分析.....	244
4.3	基于计算机的方法：人不在回路.....	247
4.3.1	人不在回路的模拟.....	247
4.3.2	基于数据分析的模拟.....	250
4.3.3	基于模型分析的模拟.....	255
4.3.4	基于智能分析的模拟.....	262
4.4	基于计算机的方法：人在回路.....	267
4.4.1	人在回路.....	267
4.4.2	虚拟仿真模拟.....	270
4.4.3	协作与研讨模拟.....	272
4.4.4	对抗模拟.....	281

4.5 本章小结	284
习题与思考题	285
第5章 战争模拟系统体系结构	286
5.1 概述	286
5.1.1 系统体系结构的基本内容	286
5.1.2 系统体系结构的设计原则和结构类型	292
5.2 基于主机的集中型系统结构	295
5.2.1 集中型系统结构的类型	295
5.2.2 集中型系统结构的特点	297
5.2.3 集中型系统的应用	299
5.3 基于网络的分布式应用系统结构	301
5.3.1 分布式应用系统概述	301
5.3.2 基于客户/服务器的结构	305
5.3.3 基于分布对象技术的结构	311
5.4 分布式系统结构：分布交互仿真	320
5.4.1 分布交互仿真的产生与发展	320
5.4.2 分布交互仿真的概念及特点	321
5.4.3 分布交互仿真系统：DIS	323
5.4.4 聚合级仿真协议：ALSP	336
5.5 分布式系统结构：高层体系结构	342
5.5.1 HLA的基本概念	342
5.5.2 HLA RTI	348
5.6 新型分布式系统结构：基于网络的仿真	355
5.6.1 网络技术的概念	355
5.6.2 Web服务 (Web Service)	360
5.6.3 基于网络的战争模拟	363
5.7 本章小结	370
习题与思考题	371
第6章 数据基础、想定及表达	372
6.1 概述	372
6.1.1 战争模拟的数据基础	372
6.1.2 战争模拟的想定与表达	374
6.1.3 模拟数据、想定与表达之间的关系	376

6.2 战争模拟的数据	378
6.2.1 模拟数据的分类、内容与特点	378
6.2.2 模拟数据的收集与准备	383
6.2.3 战争模拟数据标准	389
6.3 战争模拟想定	392
6.3.1 模拟想定的基本概念	392
6.3.2 模拟想定设置与管理	400
6.3.3 模拟想定辅助开发工具	403
6.3.4 有关模拟想定的一个示例	406
6.4 战争模拟的输出表达	412
6.4.1 模拟输出数据的类型	412
6.4.2 态势变换与输出控制	414
6.4.3 典型的模拟输出表达方式	420
6.5 本章小结	433
习题与思考题	433
第7章 战争模拟技术体系	434
7.1 技术体系概述	434
7.1.1 战争模拟与体系视图	434
7.1.2 技术体系的基本内容	438
7.2 战争模拟技术体系的内容	441
7.2.1 战争模拟信息技术标准体系	441
7.2.2 战争模拟建模与仿真标准体系	446
7.3 美军建模与仿真标准体系	451
7.3.1 建模与仿真主计划	451
7.3.2 美国陆军建模与仿真标准体系	459
7.3.3 美国海军建模与仿真标准体系	465
7.4 联合技术体系(JTA)与技术参考模型(TRM)	466
7.4.1 JTA与TRM的由来	466
7.4.2 联合技术体系JTA	469
7.4.3 美国国防部技术参考模型	471
7.5 本章小结	475
习题与思考题	476

第8章 训练模拟系统	477
8.1 概 述	477
8.1.1 军事训练与训练模拟系统	477
8.1.2 训练模拟系统的种类及特点	479
8.1.3 训练模拟系统的基本要素	481
8.2 技术训练模拟系统	485
8.2.1 系统的基本组成	485
8.2.2 范例：飞行模拟器	487
8.2.3 范例：多模拟器互连网络系统SIMNET	490
8.2.4 实兵模拟系统	493
8.3 指挥训练模拟系统	499
8.3.1 指挥训练与指挥训练模拟	499
8.3.2 范例：战役战术指挥训练模拟系统	506
8.4 决策训练模拟系统	515
8.4.1 决策训练与决策训练模拟	515
8.4.2 决策训练模拟系统的基本组成	517
8.4.3 范例：美军的决策训练模拟	520
8.5 本章小结	527
习题与思考题	527
第9章 分析模拟系统	529
9.1 概 述	529
9.1.1 战争分析模拟系统及其应用	529
9.1.2 分析模拟系统的种类	532
9.1.3 分析模拟系统的特点	534
9.1.4 分析模拟系统的基本组成	538
9.2 政治-军事对抗模拟系统	542
9.2.1 政治-军事对抗模拟的组织与程序	542
9.2.2 政治-军事对抗模拟的实例	546
9.2.3 范例：兰德战略评估系统RSAS	551
9.3 危机预测、预警与决策分析模拟系统	563
9.3.1 危机预测分析系统	563
9.3.2 危机早期预警与监视系统	567
9.3.3 危机决策分析模拟系统	570

9.4 作战方案分析模拟系统	573
9.4.1 概述	573
9.4.2 联合作战模拟系统JWARS	577
9.4.3 概念评估模型CEM	586
9.4.4 作战分析实例研究: 随机CEM	588
9.5 本章小结	595
习题与思考题	596
第10章 采办模拟系统	597
10.1 概 述	597
10.1.1 武器装备与武器装备采办	597
10.1.2 武器装备模拟与采办模拟系统	599
10.1.3 采办模拟系统的分类与特点	602
10.2 工程技术仿真系统	604
10.2.1 武器装备采办过程中的工程技术仿真	604
10.2.2 范例: 导弹制导系统半实物仿真系统	606
10.3 武器系统分析模拟系统	608
10.3.1 武器系统分析与武器系统分析模拟	608
10.3.2 武器系统分析模拟的种类	611
10.3.3 范例: 舰空导弹综合保障模拟系统	614
10.4 武器装备发展战略规划论证模拟系统	616
10.4.1 武器装备发展战略规划论证与规划论证模拟	616
10.4.2 范例: 武装力量构成模型	620
10.5 基于仿真的采办SBA	626
10.5.1 SBA概述	626
10.5.2 SBA体系结构	629
10.5.3 SBA协同环境	632
10.6 本章小结	636
习题与思考题	637
参考文献	638

第 1 章 绪 论

以信息革命为核心的新军事变革的到来,使战争的形态迅速发生变化,也直接影响到作战模拟的发展。过去,以兰彻斯特方程为代表的量化分析方法,奠定了以火力战评估为基础的现代作战模拟的基础理论和方法;而在近一百年后的今天,核威慑条件下的信息化战争,早已扩展到了军事以外的政治、经济、社会等各个领域,建立在现代信息技术基础上的以体系对抗为核心的战争模拟,则更需要新的理论和方法予以支撑。从“战争”的角度,而不仅从“作战”的角度,来研究和介绍战争模拟的基本原理、方法和系统,正是本书的主线,也是称为“战争模拟”的主要原因。

1.1 战争与战争模拟

1.1.1 战争与战争研究^①

人类社会集团之间为了一定的政治、经济目的而进行的武装斗争,称为“战争”。战争是一种特殊的社会矛盾运动。人类社会的每一场战争,无不与敌对双方的政治、经济、军事、科学技术等因素密切相关,无不在于一定时间和地理环境等自然条件下进行。这些因素和条件,加上人们自觉的能动性,构成战争矛盾的整体,推动战争的发展,导致一定的结局。战争是政治的继续,是服务于政治目的的武力行动。战争通过其特殊的组织即军队及其组织系统,通过特殊的方法和形式即战略战术、攻防进退来实施。经济是战争的物质基础。军队的体制编制和武器装备,军队的费用和物资消耗,战争的规模和持续时间,战争的进程和结局,都依赖于经济条件,依赖于人力、物力和财力的支持。战争是敌对双方军事力量的直接

^①本节有关战争、战役、战术、战斗等术语的定义均摘自《中国军事百科全书·军事学术卷 II》(军事科学出版社,1997),部分文字有改动。

对抗，目的在于保存自己、消灭敌人，基本形式是进攻与防御。一切技术的、战术的、战役的、战略的原理原则，离不开战争的军事目的，它普及于战争全体，贯彻于战争始终。军事力量是直接决定战争胜负的因素，包括一切可以直接用于战争的人力、物力、财力以及组织力。军队是进行战争的主要军事力量，它包括人与武器装备。战争与军事力量互相依存，互为作用，军事力量建设上的进步对战争的方式、方法、进程和结局产生重大影响，推动战争的现代化。战争是力量的竞赛，科学技术是推动战争发展的重要因素。战争的历史证明，科学技术的重大发明一旦应用于军事，必然引起战争样式和作战方式、方法的变革。火药的发明使得战争从冷兵器时代进入热兵器时代，内燃机、飞机等机器的发明使战争发展为机械化的立体战争，核武器的发明又使战争进入核威慑战争时代，而计算机的发明又将使战争跨入信息化战争的时代。

战争环境是战争的客观条件。任何战争都是在一定的时间、空间内进行的，它不仅受到地形、交通、资源、气象、水文、电磁、大气等各种自然条件的制约，而且也受到人口、民族、文化、宗教、经济、舆论、国际关系等社会、人文条件的制约。如何把握战争的环境影响，关系到战争的胜负结局。

筹划和指导战争全局的方略称为战略。即根据对国际形势和敌对双方政治、军事、经济、科学技术、环境等诸因素的分析判断，科学地预测战争的发生和发展，制定战略方针、战略原则和战略计划，筹划战争准备，指导战争实施所遵循的原则和方法。对关系战争全局问题做出的决定称为战略决策，它既可以是指导整个战争的，也可以是针对某一战略阶段或某一重大作战行动的。军团或相当于军团的兵力，为达成战争的局部目的或全局性目的，按照统一计划，在统一指挥下进行的一系列作战行动，称为战役。现代战役一般都是诸军兵种共同进行的联合战役。指挥员及其指挥机关对战役行动的组织领导活动称为战役指挥。兵团、部队、分队在较短时间和较小空间内进行的有组织的作战行动称为战斗，其目的是歼灭或击溃敌人，攻占或扼守某一地区或目标，或者是控制某个局部以服务于其上层军事行动的目的。进行战斗的方法称为战术，包括战术基本原则以及相应的兵力部署、协同动作、战斗指挥、战斗行动的方法和各种保障措施。概要地说，战争与战役、战役与战斗之间的关系都是全局与局部的关系，是一种层次组合的关系；而我们常说的战略、战役、战术则是不同层次上

所研究问题的不同重点。简单来说，战略强调的是战争的决策，战役强调的是战争中对军团的指挥，而战术强调的是战斗行动的协调与方法。

对战争的研究和准备与战争的发展始终是同步的。中国古代著名军事家孙子的《孙子兵法》、西方经典军事理论的创始人克劳塞维茨的《战争论》，就是战争研究的代表作。研究战争的目的就是为了赢得下一场战争，只要人类社会还存在战争的可能，对战争的研究和准备就永远不会停止。这些研究一般都是基于对战例的分析和总结，《战争论》中就引用了大约 300 个战例，其中 2/3 出自于拿破仑战争，它影响了一百多年工业机械化时代战争的军事家。但是，这种思辨型的研究方法已经难以适应现代战争研究的需要，军事科学也需要现代的科学方法和手段。20 世纪初，英国工程师兰彻斯特第一次采用数学分析的方法来研究战争问题，为战争的研究开创了量化分析方法的先河。第二次世界大战中以武器效能分析为基础而产生出来的军事运筹学，将战争的研究提高到了现代科学的层次。在 20 世纪后期，许多发达国家建起了“战争实验室”，军事科学研究方法开始发生重大变化。过去在战争时期我们是“从战争中学习战争”，而在平时时期我们只能“从实验室中学习战争”；过去，我们是“从历史中学习战争”，而现在我们将不得不“从未来中学习战争”。这个“未来”，就是在战争实验室中利用计算机模拟创造出来的。建造这个能够上演未来波澜壮阔战争活剧的舞台，就是以现代军事科学理论、军事运筹方法和现代信息技术为基础建立起来的现代战争模拟。

1.1.2 战争模拟的基本概念^①

战争模拟（War Gaming and Simulation），就是运用实物、文字、符号或其他手段，对战争环境和战争过程进行模仿的技术、方法和活动，目的是为了对未来的战争或战争的某一组成部分进行研究和准备。

广义地说，战争模拟应该包括实兵演习、沙盘作业、图上作业、兵棋推演、计算机分析仿真、解析模型模拟、武器装备仿真等各个层次的各个方面。在早期，采用实地实兵实装，或是采用类似于图表、沙盘等简单的实物及符号、标记等来表示战场、部队、装备和目标，通过模拟作战过程，达到分析、研究或训练的目的。现代战争模拟，则是建立在军事科学和现

^①本节中有关作战模拟、军事运筹学、军事系统工程等部分内容的解释摘自《中国军事百科全书》（军事科学出版社，1997）卷 3、卷 5、卷 6，部分文字有改动。