

ZHUANG BEI ZUO ZHAN FANG ZHEN



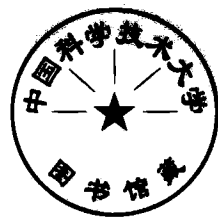
薛青/张伟/王立国/编著

装备作战仿真

兵器工业出版社

装备作战仿真

薛青 张伟 王立国 编著



兵器工业出版社

内 容 简 介

本书围绕装备作战仿真的技术发展过程,比较全面地介绍了装备作战仿真的各个方面,包括装备作战仿真的发展历程、概念、理论、方法和应用。本书的重点是介绍最近几年装备作战仿真发展的新技术、新方法,特别是对在信息化作战条件下战场环境的建模与仿真、装备的建模和仿真、作战指挥控制的建模和仿真以及效能评估等关键问题进行了详尽的阐述。内容上覆盖了国内外最新的研究成果和主要的学术思想,包含了装备作战仿真的基本理论和方法,通过大量的具体实例总结归纳了装备作战仿真的实践经验,并展望了装备作战仿真的发展和研究方向。

本书面向军事装备学专业和相关领域的本科生、研究生及从事装备作战仿真研究与开发的科技人员和广大军事爱好者。

图书在版编目(CIP)数据

装备作战仿真/薛青等编著. —北京:兵器工业出版社,
2006. 2

ISBN 7 - 80172 - 639 - 1

I. 装... II. 薛... III. 计算机仿真—应用—武器
装备 IV. TJ

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 011225 号

出版发行:兵器工业出版社
发行电话:010-68962596, 68962591
邮 编:100089
社 址:北京市海淀区车道沟10号
经 销:各地新华书店
印 刷:北京市登峰印刷厂
版 次:2006年2月第1版第1次印刷
印 数:1—1050

责任编辑:周宜今
封面设计:底晓娟
责任校对:郭 芳
责任印制:王 绛
开 本:787×1092 1/16
印 张:11.5
字 数:288千字
定 价:27.00元

(版权所有 翻印必究 印装有误 负责调换)

前 言

装备作战仿真是将装备仿真和作战仿真进行有机的结合，将武器装备的仿真模型置于比较逼真的虚拟战场环境中，在一定的作战背景下，实现武器装备、作战人员、战场环境的战役、战斗过程仿真。

自 20 世纪 50 年代以来，美国、前苏联、北大西洋公约组织都十分重视装备作战仿真技术的研究和应用。美国已经成立了专门负责研制、开发、管理仿真训练系统（器材）以及支持美军仿真训练的执行部门——美军国家仿真中心，并且成立了多种级别和各种类型的作战仿真实验室，对未来作战环境、作战行动、作战过程以及武器装备性能等进行描述和仿真，为受训者提供近似实战实装锻炼的高度模拟化的训练场所。

我军从 20 世纪 80 年代初开始，掀起了作战仿真、专家系统的研究热潮。从分队战斗对抗仿真、师团战术仿真、军兵种专用仿真到合成军队战役仿真，众多仿真系统涌现出来，一批战术专家系统、战役决策专家系统也崭露头角，其成果直接为部队的作战、训练提供了服务，并产生了巨大的效益。

《装备作战仿真》是一本系统而详细地描述装备作战仿真的基本概念、基本方法、基本技能的教材，属于学术性、理论性较强的军事装备技术理论的著作，是一本装备作战仿真的专用教科书。

全书以作战过程的环境和作战行动（侦察、指挥、各种作战命令、网络通信等）基本内容为核心，比较全面地给出了各种战斗行动的建模处理方法和仿真技术。内容丰富、资料翔实，覆盖面广，实用性强，有良好的可操作性。

全书分为 10 章。第 1 章，绪论，介绍了装备作战仿真的发展历史、国内外研究现状和发展趋势，并就装备作战仿真的特点进行了分类，同时介绍了装备作战仿真的应用情况；第 2 章，装备作战仿真的概念，深入剖析了与装备作战仿真相关的概念，包括系统、系统仿真、模型的聚合与解聚，对于武器系统的作战效能也进行了深入的研究；第 3 章，军事概念模型，在介绍概念模型的含义与概念模型文档的基础上，详细讨论了任务空间概念模型的技术框架和军事概念模型设计的原则；第 4 章，战场环境的建模和仿真，在对战场地形状态和气象条件描述的基础上，着重讨论了战场地形量化的方法和战场地形分析，同时对于战场地形数据的采集也进行了相关介绍；第 5 章，装备建模与仿真，主要讨论了装备机动的建模与仿真、侦察的建模与仿真以及装备火控系统的建模与仿真三个问题；第 6 章，作战指挥控制仿真，主要就指挥决策、作战命令、通信网络和指挥控制系统进行了建模与仿真，并就战场态势问题进行了相关研究；第 7 章，作战仿真的理论和方法研究，主要探讨了兰切斯特方程、蒙特卡洛法和指数法，同时以装甲兵数字化营装备作战仿真系统中的坦克综合训练仿真器为例，简要说明人在回路仿真器的基本情况；第 8 章，传统的效能评估，主要介绍军事效能的概念、并在效能指标的基础上，从军事效能指标体系的创建、军事效能指标模型的建立

和军事系统效能评估方法的角度展开论述；第9章，信息化战争效能评估，主要讨论了快速机动效能评估方法和全方位防御的主要效能评估方法两个问题；第10章，装备作战仿真的可信度评估，主要就装备作战仿真可信度的基本问题进行了研究探讨，深入剖析了建模与仿真的校验、验证和确认（VV&A）的原则和过程，同时对仿真系统的高层体系结构（HLA）的VV&A过程进行了分析。

本书是在许多研究报告、博士论文及多年的研究生教学的基础上完成的。具体分工如下：薛青负责整体框架并编写了第1、2、7、8、9章；张伟编写第3、4、6章；王立国编写了第5、10章。本书编写过程中得到了王精业教授的大力支持和帮助，郭齐胜教授、周深根副教授、潘丽君副教授、马亚龙副教授和李光辉副教授为本书提出了有价值的建议。为本书做出贡献的还有孟宪权、裴宏和苗壮等。本书在撰写和出版过程中曾得到装甲兵工程学院研究生处领导和同志们的关心和帮助。这里对上述领导与同志们的大力支持和辛勤劳动一并表示衷心感谢。

本书是为从事军事装备学与仿真研究的大学高年级学生、研究生、教师及有关研究人员而编写的，也希望对从事军事研究的工程技术人员有参考价值。目前在军事仿真领域的研究著作还很少见，在军事装备作战仿真领域的著作更是凤毛麟角，作者衷心期望通过本书的出版，能对装备作战仿真的理论研究和工程应用起到积极的推动作用。由于成书仓促，作者的若干研究工作目前仍在继续进行中，本书的缺点和错误在所难免，衷心希望得到读者的批评指正。

作者
2005年12月

目 录

第1章 绪论	(1)
1.1 装备作战仿真的历史	(1)
1.2 外军装备作战仿真	(2)
1.3 我军装备作战仿真	(3)
1.4 装备作战仿真的最新进展	(4)
1.5 美军装备作战仿真的发展趋势	(5)
1.6 装备作战仿真在训练中的应用	(6)
1.6.1 实战演练的局限性	(6)
1.6.2 装备作战仿真在美军中的应用	(6)
1.6.3 装备作战仿真在德军中的应用	(9)
1.7 装备作战仿真的特点及分类	(10)
第2章 装备作战仿真的概念	(12)
2.1 系统	(13)
2.1.1 系统的属性	(13)
2.1.2 系统的状态	(14)
2.1.3 系统的环境	(15)
2.1.4 系统的分类	(16)
2.2 系统仿真	(16)
2.3 建模	(19)
2.4 模型的聚合与解聚	(21)
2.4.1 模型聚合与解聚的形式	(21)
2.4.2 模型聚合与解聚的一致性	(22)
2.5 作战模型	(22)
第3章 军事概念模型	(25)
3.1 概念模型的含义	(25)
3.2 概念模型文档	(26)
3.2.1 概念模型文档应包含的主要内容	(26)
3.2.2 概念模型的表达方式	(27)
3.3 两种重要的概念模型	(31)
3.3.1 仿真概念模型	(31)
3.3.2 任务空间概念模型/任务空间功能描述	(33)
3.4 任务空间概念模型的技术框架	(36)

3.4.1	任务空间概念模型的抽象	(36)
3.4.2	公共语义和语法	(38)
3.5	军事概念模型开发	(40)
3.5.1	军事概念模型设计原则	(40)
3.5.2	军事知识源	(41)
第4章	战场环境建模与仿真	(42)
4.1	战场气象条件描述	(42)
4.2	战场地形状态描述	(44)
4.2.1	计算机辅助地形分析	(44)
4.2.2	地形状态的描述参数	(45)
4.3	战场地形量化的方法	(45)
4.3.1	标高法	(45)
4.3.2	分类法	(52)
4.3.3	地形量化方法的选择	(53)
4.4	地形分析	(54)
4.4.1	坡度计算	(54)
4.4.2	局部地形特征判定	(54)
4.4.3	行军里程的计算	(55)
4.5	战场地形数据的采集	(56)
4.5.1	地形数据采集的方式	(56)
4.5.2	用 ScanIn 采集地形数据	(56)
第5章	装备建模与仿真	(58)
5.1	装备机动的建模与仿真	(58)
5.1.1	机动模型	(58)
5.1.2	仿真算法	(61)
5.2	侦察的建模与仿真	(62)
5.2.1	侦察的类别和侦察目的	(62)
5.2.2	侦察效率的计算	(62)
5.3	装备火控系统的建模与仿真	(64)
5.3.1	五种火控系统的介绍	(64)
5.3.2	火控系统的输入和输出	(65)
5.3.3	坦克火控系统的仿真	(67)
第6章	作战指挥控制仿真	(70)
6.1	指挥决策仿真	(70)
6.1.1	指挥决策模型的功能	(70)
6.1.2	基于 Agent 建模方法的指挥决策模型结构	(71)
6.1.3	人工智能技术在思维仿真中的应用	(73)
6.2	作战命令的仿真	(77)
6.2.1	作战命令的描述	(77)

6.2.2 命令下达过程的仿真	(78)
6.3 数字化指挥控制系统仿真	(79)
6.3.1 数字化指挥控制系统	(79)
6.3.2 数字化指挥控制系统仿真	(82)
6.4 通信网络仿真	(83)
6.4.1 战场通信网络仿真的概念框架	(83)
6.4.2 战场信息流的描述与建模	(84)
6.4.3 路由选择协议及路由功能的建模	(87)
6.5 敌我态势显示	(91)
6.5.1 态势显示系统的功能	(91)
6.5.2 态势显示系统的输入	(92)
6.5.3 军标库的设计	(92)
第7章 作战仿真的理论和方法	(94)
7.1 兰切斯特方程	(94)
7.1.1 兰切斯特线性律	(94)
7.1.2 兰切斯特平方律	(98)
7.1.3 兰切斯特方程对数律	(102)
7.2 蒙特卡洛法	(103)
7.2.1 随机数的产生	(104)
7.2.2 逆变换法	(106)
7.3 指数法	(109)
7.3.1 战斗效能指数的基本概念	(109)
7.3.2 战斗效能指数的基本类型	(110)
7.3.3 指数的产生	(113)
7.3.4 战斗效能的定量判定	(115)
7.4 人在回路仿真器	(117)
7.4.1 现代战场环境的特点	(117)
7.4.2 虚拟战场环境	(117)
7.4.3 装甲车辆仿真系统的组成	(118)
第8章 传统的效能评估	(121)
8.1 武器系统作战效能	(121)
8.1.1 直接火力毁伤武器系统效能指标	(122)
8.1.2 非直接火力毁伤武器系统效能指标	(124)
8.2 效能评估概述	(125)
8.2.1 效能评估的基本问题	(125)
8.2.2 效能指标及其性质	(125)
8.2.3 效能指标的系统观	(126)
8.3 军事效能指标体系的建立	(127)
8.3.1 效能指标的选择	(127)

8.3.2	效能指标的类型	(128)
8.3.3	效能指标的创建过程	(128)
8.4	军事系统效能指标模型	(129)
8.4.1	军事系统效能指标体系	(129)
8.4.2	效能指标的度量模式	(130)
8.5	军事系统效能的结构化评估方法	(132)
8.5.1	系统可靠性评估方法	(132)
8.5.2	系统有效性评估方法	(133)
8.6	军事效能评估的统计方法	(134)
8.6.1	参数估计法	(134)
8.6.2	一元线性回归分析法	(135)
8.7	武器装备系统作战效能评估方法	(136)
8.7.1	武器装备体系效能评估	(136)
8.7.2	武器装备系统作战效能评估	(137)
8.7.3	武器装备系统作战效能评估的适用范围	(137)
8.7.4	武器装备系统作战效能评估的方式	(138)
第9章	信息化战争效能评估	(140)
9.1	快速机动效能评估方法	(141)
9.1.1	输送力评估	(142)
9.1.2	作战空间控制评估	(144)
9.1.3	作战前线推移评估	(146)
9.2	全方位防御的评估方法	(148)
9.2.1	防护力评估	(148)
9.2.2	伪装评估	(149)
9.2.3	机动力评估	(150)
第10章	装备作战仿真的可信度评估	(152)
10.1	概述	(152)
10.1.1	问题的提出	(152)
10.1.2	仿真可信度研究的发展状况	(152)
10.1.3	仿真可信度研究中的关键问题	(153)
10.1.4	逼真度	(155)
10.1.5	可信度	(156)
10.2	模型的校核、验证和确认(VV&A)	(157)
10.2.1	VV&A的概念	(157)
10.2.2	有关人员及其职责	(158)
10.2.3	VV&A的基本原则	(158)
10.2.4	VV&A的工作过程	(160)
10.3	基于HLA仿真系统的VV&A研究	(161)
10.3.1	基于HLA仿真系统的VV&A开发步骤	(162)

10.3.2 HLA 的 VV&A 研究难点：互操作性和可重用性	(164)
附录 思考题	(166)
参考文献	(169)

第 1 章 绪 论

19 世纪初，军事科学领域出现了一系列根本性的变化。人们开始尝试用各种方法对实际作战环境、军事行动和作战过程进行描述和模仿，作为非实战条件下研究战争的方法和手段。特别是随着科学技术的飞速发展，将其与计算机技术相结合，使之真正成为一门学科——装备作战仿真。它是武器装备与军事运筹学理论和战役战术学相结合的产物。

1.1 装备作战仿真的历史

利用武器装备进行作战过程的仿真具有悠久的历史，最早的作战训练可以追溯到 5000 年前的青铜器时代。提到古代战争，人们就会联想到排兵布阵，而仅仅有指挥官的“计”、“谋”是不够的。为了提高军队的战斗力，自古以来，士兵作战阵形的演练是必不可少的，它就是现在所说的作战演习。

公元前 500 年古印度棋戏“恰图朗加 (Chaturange)”模拟了当时在印度军队中服役的四种武装：象、马、双轮马拉战车和步兵。它们都是古代战争中武器装备和参战人员的模型，棋盘则是战场的模型。中国的围棋，摆脱了单纯对战斗中具体元素的模仿，提炼成能表现战斗过程中双方战术、战略运用的作战模型。围棋艺术中的“包围”、“占领”概念，都是真实战争活动中对应概念的类比、推理及判断的思路和方法，大多来源于军事原则和方法。中国象棋棋子的将、仕、相、车、马、炮、卒模拟了一支完整军队的各类成员。国际象棋中模拟了王、后、车、马、象、兵。

现代装备作战仿真起源于兵棋 (Wargame)。1811 年，普鲁士宫廷战争顾问冯·莱茨维兹发明了一种用沙盘、地图、棋子和计算表模拟军队交战过程的器材，取名为兵棋。他按照 1 : 2372 的比例尺用胶泥做出地形模型，能够显示地形的起伏特征，并以色彩表现水源、道路、村庄和树林，用小瓷方块表示军队和武器，进行对阵表演。他们在兵棋中使用一幅地图，用棋子代表军队，有两个对阵人、一个裁判、一个概率表和一本详细的规则。它的基本特征是“定量分析”。由于它既真实，又通俗易懂，很快在西方国家军队中普及，成为军队作战的训练器材，是现代装备作战仿真的真正起源。早期的装备作战仿真通常有三种形式：

(1) 智力推演

早期的装备作战仿真是通过人们的思维活动来实现的，战争指挥官根据自己的经验和对情况的判断，针对敌人可能的行动和自己的兵力部署，想象出对抗中的战场画面，从而不断修改、完善自己的作战方案，最后定下作战决心。这就是装备作战仿真的最初始阶段。在第一和第二次世界大战中，兵棋被德、日、美、英各国广泛应用于作战计划制定和评估中。日本袭击珍珠港、美国对中途岛海战、诺曼底登陆等著名作战计划的制定，都是智力推演的成功运用。

(2) 沙盘模拟

野战演习有其优点,但也存在难以克服的不足,如耗费巨大等。为了研究和讨论作战过程,制定作战计划,减少开支,人们把作战地幅与地貌按一定比例缩小后用沙盘表现出来,用各种标示器代替敌我双方的兵力部署,以人工移动各种模型代替部队的机动,从而使作战过程得到演示。

(3) 图上作业

它是通过在真正的军事地图上标注战场态势、兵力兵器、作战计划等进行作战进程的推演。

在上述三种形式的装备作战仿真中,还有诸多自身难以克服的缺点,例如毁伤难以确定、裁决工作有很大的主观性、很难进行定量分析等。

第二次世界大战以后,系统工程理论的迅速发展、运筹学方法的广泛应用、计算机技术的快速提高,都为作战过程的定性分析和作战指挥的定量描述在理论上和技术上准备了条件。人们把作战思想、作战行动用数学方法或半经验半理论的方法描述出来,利用计算机进行作战过程的推演和作战方案的优选。这种运用系统工程理论、运筹学方法以计算机为工具来定量描述武器装备的性能和作战过程的形式,就是计算机化的装备作战仿真。这种装备作战仿真既可通过单机计算来推演作战双方的态势,判断出胜负,也可进行人在回路、实装在回路的人机交互作战仿真。

1.2 外军装备作战仿真

运用计算机进行仿真训练,是一种可以最大限度贴近实战的训练方式。美军是世界上最早运用计算机技术进行仿真训练的军队,据美军统计,从未参加过实战的飞行员,在首次执行任务时生存的概率只有60%,经过计算机仿真对抗训练后,生存的概率可以提高到90%。因此,早在20世纪80年代初,美军就开始将计算机仿真技术引入训练领域。进入90年代后,为了全面推广计算机仿真训练,美军成立了专门负责研制、开发、管理仿真训练系统(器材)以及支持美军仿真训练的执行部门——美军国家仿真中心,从而推动了计算机仿真训练的广泛开展,引发了美军训练观念、训练理论、训练手段、训练方式以及训练内容等一系列的深刻变革。目前,美军计算机仿真训练已经在各军兵种的院校教学、武器装备操作训练、复杂专业技术训练、作战指挥训练、战役战术训练乃至战略训练得到全面普及。

根据未来战争的需要,外军建立了多种级别、类型的作战实验室,作战实验室就是通过运用以计算机技术为核心的现代仿真技术,对未来作战环境、作战行动、作战过程以及武器装备性能等进行描述和仿真,使受训者得到近似实战实装锻炼的高度模拟化的训练场所,在作战实验室内实施高度实战化的仿真训练是外军提高战斗力的重要手段。其中,战略级实验室可利用计算机仿真技术仿真战争背景和战略环境,用于训练国家和军队的高级领导人员;战役级实验室,可利用计算机仿真技术生成“虚拟兵力”代替实兵,演练大规模的战役作战行动;战术级实验室,可用计算机技术仿真作战态势和过程,演练各种作战的样式、行动和战法;技术实验室,可用仿真器取代武器装备进行训练,减少武器装备的损耗,并可大大缩短训练周期。1992年美陆军率先建立了6个作战实验室,随后海军和空军也相继建立了各自的作战实验室。目前,美军已拥有30多个各类大、中型作战实验室,这些实验室成为

美军和平时期进行重大仿真演习的场所。

单一的仿真系统或模拟器,一般只具备单一的训练功能,不能满足未来信息化战争联合作战和系统对抗的需求。为有效解决这一问题,外军普遍采取了计算机网络技术,把各个单一的仿真系统或模拟器联接起来,进行一体化仿真训练,从而在系统集成中实现战斗力的整体提高。美军于20世纪80年代提出了“分布式交互仿真”的模拟化训练新概念,其实质就是将分散于不同地点、相互独立的仿真系统或模拟器用计算机网络联接起来,组成高度一体化的仿真网络系统。在这个仿真网络系统中,所有网内受训单位或个人既可单独进行仿真训练,又可与其他单位或个人配合进行一体化的协同仿真训练。2002年7月美军举行的“千年挑战2002”演习中,美军就启用了这两套网络仿真系统,分散在全美26个指挥中心和训练基地的各军兵种指挥人员,在同一战争背景、战场态势、作战想定下同时同步进行了大规模联合作战的仿真演练。

虚拟现实仿真训练,就是综合运用虚拟现实技术,在视觉、听觉、触觉等方面为受训者生成一个极为逼真的未来战争虚拟环境,使受训者最大限度地得到近似实战化的训练。虚拟现实仿真,是外军于20世纪90年代开始兴起并逐步推广的一种新的现代仿真训练方式。目前,外军的虚拟现实仿真已经进入实用化阶段,广泛运用于各军兵种的单兵单装训练、作战指挥训练、战役战术训练等各个层次。从外军特别是发达国家军队的虚拟现实仿真实践看,虚拟现实仿真可以最大限度地营造逼真的战场景况,仿真未来战争的各种可能情况,使受训者最大限度地贴近实战锻炼;可以为受训者提供各种困境、危境、绝境等高危境况,全面仿真演练各种高危险性的行动,提高处理各种危险突发事件的能力。美军虚拟现实仿真的实践经验非常丰富,并已经具备运用虚拟现实仿真直接为实战服务的水平。

俄军在虚拟现实仿真训练方面有较多的实践经验。在2004年10月莫斯科人质恐怖事件中,俄反恐特种部队“阿尔法”小组在发起营救人质行动之前,专门运用虚拟现实技术,将莫斯科轴承厂文化宫的设计蓝图转换成三维布局图,“阿尔法”小组特种队员可以随意“进入”虚拟的文化宫“摸索”路线和“熟悉”环境,并多次仿真演练了施放化学气体的可靠方法和可能产生的后果。事实证明,虚拟现实仿真为解决这次人质恐怖事件发挥了举足轻重的作用。外军的实践充分表明,虚拟现实仿真以其独有的逼真性和沉浸性,达到了使参训者在虚拟环境中体验战争和学习战争,并在虚拟环境中认识战争和把握战争。以往那种“军事家是打出来的,而不是训出来的”的观念,将被虚拟现实仿真所取代。

1.3 我军装备作战仿真

20世纪80年代初,我军开始进行计算机作战仿真研究。当时,由于受计算机软硬件功能的限制,主要采用西方70年代以前的“兰切斯特方程”、“指数法”、“蒙特卡洛法”来推算营连以上单位的作战损耗。这些方法一直沿用至今,仍是我军各级装备作战仿真构建数学模型的主要基础。这些方法属于经验数学,需要依靠大量的实战数据积累,使仿真结果接近真实。然而,由于我军历史上缺乏定量分析的传统和统计体系,缺少实战数据作为装备作战仿真的客观依托,所以仿真出的结果可信度不高,装备作战仿真并没有在我军的作战和训练中扎下根,在很大程度上带有“演示性”、“作业性”、“技术性”的特点,主要在演习训练中起“妆点”作用,没有太多的实战应用价值。

随着高新技术广泛应用于军事，军队的作战指挥、作战方式将发生重大的变化，要求我军指挥系统必须具有指挥、协调、控制多军兵种在扩大的战场上快速有效地进行联合作战的能力。平时，可运用装备作战仿真系统进行军事训练，如针对高、中、低级指挥员及其机关的指挥、谋略、决策水平进行研究以及单兵技术水平的训练等；它可以在战时为指挥员提供更精确的决策依据，提供更高级的“预测”能力。

根据我军装备作战仿真现状和发展趋势，可以预想各军、兵种将自成体系、自下而上（美军是自上而下）地建立一个具有层次结构的作战模型系统。各层次的模型之间信息的沟通形式是，上一层的模型为下一层仿真提供标准的想定，而下一层仿真的结果又作为上一层模型的输入，或将下一层仿真的某一部分作为上层仿真模型中的某一模块。与此同时，为装备作战仿真技术服务的支撑技术必将有较大突破。近年来，运用多媒体技术支持下的推演，对战场环境、图像、动画、音响处理进行逼真的动态显示，造成身临其境的氛围，使训练过程在各种假定场景中进行，结果显示也更为直观，为决策者提供更好的服务。此外，功能更强并具有更大灵活性的微机和更先进的图形、图像技术将伴随装备作战仿真的需求不断高速发展。

在今后一段的时间内，全面战争的可能性不大，战争的主要类型是局部战争。因此，在装备作战仿真领域内，战区级仿真系统将是开发的重点。该级别仿真范围涉及到陆、海、空、天、电多维空间，战役作战持续时间长。还会涉及到高技术条件下作战的各种兵力、兵器。作战行动的描述除了双方交战的毁伤外，特别强调重视后勤、指挥控制等作战环节的描述，并根据中、长期规划的需要与优化模型相结合。这样必须很好地解决两个问题：一是从军事角度如何把各军、兵种作战仿真系统和作战模型自下而上筛选、汇拢、综合集成；二是从技术角度如何把低层次高分辨率的仿真结果输入高层次作战模型后，再通过一些简易的分析手段最终得到高层次模型的输出，这是建立全军自下而上“金字塔”式作战仿真系统至关重要的问题。不难想象，随着国家、军队现代化程度的提高，未来在高层次的决策活动中，定性与定量相结合的研究式的对抗仿真的方法和手段将得到大力推广。这是因为，国家与军队一些重大的战略分析与规划，比如目标与国防战略研究、军事战略与作战方针研究和武装力量的结构规划等，其决策过程采用装备作战仿真技术与方法，是一个必不可少的环节。对于这些高层次的决策，宜多采用人工智能和专家系统。人工智能技术必须改变以往认为用几个推理定律，再加上强大的计算机就会产生专家和超人的性能这种观念。当前，应注重把人的心智与机器的智能结合起来，发展人机结合和人机一体化的系统，利用计算机软硬件系统来帮助完成一些工作，并进行快速的信息处理。同时，也应重视建立相应的历史数据对有关模型进行验证。

1.4 装备作战仿真的最新进展

20世纪90年代以后，由于多媒体和网络技术的飞速发展，计算机软硬件功能有了大幅度提高。今天，一台PC机的能力超过了80年代初的大型机，可以在视觉听觉上逼真地仿真各种战场环境，同时把装备作战仿真的最低一级由营连降到单车、单炮、单兵，把以前用经验数学公式推算损耗，变为直接由最小作战单位按照战术技术标准的对抗结果提供损耗。这种“取精微之极”和“显形象之真”的装备作战仿真，也被称为战场仿真。战场仿真包

括临场感仿真与军事规则仿真两部分。临场感仿真,包括实时立体视听效果、人工智能、网络管理的实现等。军事规则仿真,包括兵力兵器战技术参数、战术原则、军语军标规则的体现等。与以往相比,装备作战仿真有了以下几点不同:

- ① 军队作为一个完整系统加入虚拟战场,有基层战斗人员参加,装备作战仿真由“空中楼阁”变为“脚踏实地”;
- ② 不仅靠经验数学仿真,更采取“人脑+精确数学”仿真,因而使仿真可信度大大提高;
- ③ 形象化的战场导致真实的心理、士气、组织等因素进入仿真;
- ④ 可联网协同对抗,也可单机应用,有效利用率成千百倍增加;
- ⑤ 界面友好易用,使用人员不需专门操作培训;
- ⑥ 软件体系通用化,购买成本大幅降低。

1.5 美军装备作战仿真的发展趋势

美军装备作战仿真今后的发展趋势是:

(1) 统一规划、加强协调

海湾战争结束不久,鉴于装备作战仿真所起的重大作用,美国防部于1991年6月成立了由国防部各部门高级代表组成的国防部建模和仿真执行委员会,其任务是向国防部负责装备采购的副部长提出有关军事仿真政策、倡议、标准和投资的建议。在委员会下面设立了国防建模和仿真办公室,具体负责指导各军种对军事仿真的规划和协调,制定实现模型互通、共用的标准,促进在教育与训练、研究与发展、试验与鉴定、以及作战及费用分析诸领域联合一致而高效率地应用军事仿真。在经费投入上,从1988年到1993年,尽管国防预算削减,但1993年用于仿真和建模的经费是1988年的5倍。1991~1993年国防建模仿真办公室的预算经费就有1.75亿美元。

(2) 适应新形势,研究新的装备作战仿真手段

为适应高技术战争的特点,美军各军种都努力研究注重诸军兵种联合作战、具有能够适应多种想定的新的装备作战仿真手段。美陆军打算依靠先进的仿真技术,用较少费用实现训练要求,并检验陆军完成新任务(如维和任务和危机响应)的能力,帮助解决冷战后时代的陆军重构问题。美海军鉴于俄罗斯战略威胁的减小,把装备作战仿真重点转向战术层次,并从大型武器训练系统转向研制较小的便携式装备作战仿真装置。

(3) 大力发展分布式交互仿真系统

分布式交互仿真系统利用通信、计算机、网络、多媒体等技术联接分散在不同地点的各种计算机作战仿真系统,使各受训人员在异地参加统一的协同仿真演习,节省部队装备转移运输费用和专用演习场地费用;又能够进行新武器性能及相关新作战概念研究,缩短新研武器装备转化为实战能力所需的时间和经费。

国防高级研究局主持的分布式国防仿真系统(DSINET),可把多个分布的仿真系统综合在一起进行大范围协同作战训练演习,交互式地研究评价作战概念和军事需求。这种仿真网络今后将逐渐扩大。

(4) 注意发展适应野战条件下使用的装备作战仿真手段

美军从海湾战争认识到,作战仿真在平时固然重要,在战时更不可忽视。如美空军在海

湾战争中,应用计算机作战仿真不仅达到训练目的,还为制定计划、行动预演和作战分析提供了有效支持。因此,海湾战争后,美军十分注意发展机动、便携、适应野战条件下使用的计算机仿真系统和小型化、嵌入实际装备的模拟器。

(5) 装备作战仿真的一体化

美军要求装备作战仿真不只用于培训人员,还要为新装备研制提供接近实战使用的反馈信息,并检验新的作战理论和概念。美陆军在其面向 21 世纪的现代化计划中,准备再建 6 个作战实验室。

1.6 装备作战仿真在训练中的应用

1.6.1 实战演练的局限性

实战演练是训练部队最常用的方式。美国海军部战场数据表明,飞行员最先遇到的敌机对其的打击往往是致命的,那些能够顺利度过开始阶段的飞行员往往能生存下来。因此在 1969 年诞生了海军 TopGun 学院,该学院创造了与实际战斗尽可能一致的环境条件,训练了许多飞行员。

现在所有美国部队都有类似的实战演练场。近年来,在高级电子仪器设备的支持下,这些演练场得到了很大的改进。例如在位于 Fort Polle La 的城市巷战训练基地里,视频摄像机会记录下突击队员和海军陆战队队员们从建筑物到建筑物,从一个房间到另一个房间的战斗过程,而激光追踪系统可以记录击中和错漏的情况。该系统属于多功能综合激光交战系统。在位于 Calif Invin 的陆军国家训练中心,可以有数千人同时参加穿越 Mojave 沙漠的装甲军事演习,每辆车都由 GPS 系统跟踪。

维护像陆军国家训练中心这样一个巨大的训练机构所需的花费是很大的,就算是运一个小组到指定地点用于训练也可能会花费几百万美元。通常训练小组在训练中心仅停留三个星期,大约每 18 个月返回一次。训练用的装备也非常昂贵,发射一个步兵 Javeline 型反坦克导弹就要三万美元。而一个 Javeline 模拟器虽然花费差不多,但却可以无休止地重复发射。此外,用于实战演练的土地是有限的,有些空中发射的导弹可以飞行 40 km,但是很少有那么大的训练区。

在实战演练中,新武器装备的复杂性往往会导致事故的发生。如控制人员操纵无人驾驶飞机时,飞机要飞行几百甚至几千公里。他必须学会通过飞机上的光学镜头来导航,如果操作不当,无人飞机就会发生坠机事件。因而从计算机仿真系统中学习远程驾驶,将比实战飞行演练要好的多。

因为实战演练有这么多缺点,美军方现在越来越依赖于仿真训练系统。这种系统已经证实对于提高操作技能(如驾驶坦克或开枪射击)、决策能力、应变能力等都非常有效。

1.6.2 装备作战仿真在美军中的应用

1.6.2.1 游戏与训练

在美国,训练仿真系统的快速发展已形成了一个大的产业。根据商业出版物《军事训练和仿真新闻》发表的数据,美国国防部每年在仿真和训练设备上花费大约 40 亿美元。其

他没有任何一个国家能达到此水平。

这才刚刚开始，现在 Xbox 和 Sony Playstatonz 游戏控制器正被运用于分布式和网络军事游戏开发上。同时，一支由军方资助的艺术家小组、好莱坞特技专家以及南加州大学的研究人员组成的队伍正在研究下一代的训练系统。

在类似于“Star Trek”的虚拟现实环境中，真的士兵与合成的演员士兵互相配合战斗。“由实战训练到基于计算机的训练正在从根本上改变我们训练士兵的方式”，Alington 陆军建模和仿真机构负责人 Lance Ford 强调道，“今天每个士兵必须明白仿真的价值和可能出现的困难，就如同他（她）必须获得军事技术知识一样”。

计算机化的军队仿真器也已经加强了控制机制。就在不久前，美军的西点军校的学员仅仅学习军事战略，而野外军事演习是毕业后才开始的。现在的学员使用一种叫做“钢铁野兽”的商业游戏，在虚拟的 MIA2 坦克中和装备便携式反坦克导弹的步兵进行战斗仿真练习。游戏允许他们单兵练习或在互联网上进行团体作战。对于从小就玩 Nintendo 和计算机游戏的年轻新兵们来说，这些仿真技术的运用将是一个很好的到实装技能训练的过渡。

第一个用于集团军训练的商业 3D 游戏或许就是幻想游戏 Doom。为了开发自己的版本，美国海军陆战队建模与仿真管理办公室修改了商业版本，把其中的场景变为城市巷战场景。游戏中的智能化坏人从魔鬼变成了敌军。这就是海军 Doom，它教给士兵如下的理念：准确组织进攻、保护狙击手、节约弹药以及服从命令等。

还有一些游戏也根据美军提出的要求做了修改，用于部队训练。例如陆军部就委托 Nanalogic 公司在其流行的“三角洲部队 2”中加入陆军特种部队的装备特征。特种部队是一个复杂、集成的系统，包括计算机、电台、GPS 接收机以及装在头盔上的 LCD 显示装置，在 M4 卡宾枪或 M16AZ 步枪上加装了夜视和激光测距系统。陆军部正在评估这种游戏与其他训练方法相比较所具有的有效性。

最近，海军陆战队已经研制出在网络平台上运行的训练游戏，即使在船上时，海军也可以练习多种战斗角色（飞行员、狙击手、坦克驾驶员）。

虚拟实战演练的优点在于时间效率高，指挥官可在任何一点重新开始训练场景，并且训练可以重复进行直至战斗小组能够正确掌握操作。

如果您还认为士兵在游戏工作站上提高技能不可思议的话，那就错了。在一次对微软仿真飞行仿真系统效能的深入研究中，美国海军部发现，经常使用微软仿真训练系统的学员比那些从不使用的学员在真正飞行测试的时候有 54% 的几率能得到更高的成绩。现在多数海军飞行训练学员在家里也在练习飞行模拟器。

1.6.2.2 操作技能与指挥能力的训练

在美军飞行员飞越阿富汗的几周前，他们就已经对当地地形状况有很清楚的了解。他们使用一种叫做 Topscene 的仿真演练系统来进行崎岖山地的仿真飞行练习。该系统由 Anteon 公司为美国国防部设计，综合了航空照片、卫星影像和智能数据来生成高分辨率的三维地形数据库。使用该系统，飞行员可以模拟从地面到 12 000 m 高空的飞行，速度可以达到 2 250 km/h。系统能实时显示详尽的地物渲染效果，包括道路、建筑物甚至车辆。这些信息将帮助他们绘制出最佳路线、搜索地面标志和识别指定目标。

Topscene 只是美国军方用来训练士兵和指挥官的诸多强大仿真工具的一种。在过去三十年中，复杂的计算机建模和绘图技术、越来越快的处理器速度以及人工智能领域取得的进展