

Modeling and Simulation  
of Submarine Operation

# 潜艇作战建模与仿真

吴金平 著



國防工業出版社

National Defense Industry Press

# 潜艇作战建模与仿真

吴金平 著



国防工业出版社

· 北京 ·

## 内 容 简 介

本书以潜艇部队作战、训练应用需求为牵引,以建模与仿真技术及方法在潜艇作战领域的应用为重点,共分为9章,主要内容包括作战仿真概述、作战仿真通用技术框架应用、作战仿真建模方法应用、作战仿真数学方法应用、作战仿真效能分析与评估、潜艇作战仿真数学模型、潜艇鱼雷射击过程建模与仿真、潜艇作战仿真训练系统设计、作战仿真发展展望等。

本书可供作战研究、仿真训练、武器装备研制等方面的专业技术人员学习参考,也可作为军事学研究生和高年级本科生“作战建模与仿真”相关课程的教学或参考用书。

### 图书在版编目(CIP)数据

潜艇作战建模与仿真 / 吴金平著. —北京: 国防工业出版社, 2017. 6

ISBN 978 - 7 - 118 - 11349 - 5

I. ①潜... II. ①吴... III. ①潜艇 - 作战模型 - 仿真设计 IV. ①E925. 66

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 114700 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)

北京京华虎彩印刷有限公司

新华书店经售

\*

开本 710 × 1000 1/16 印张 14 字数 255 千字

2017 年 6 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—1000 册 定价 88.00 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

# 前 言

中央军委于2016年1月1日印发的《关于深化国防和军队改革的意见》指出“深化国防和军队改革总体目标是,……,以领导管理体制、联合作战指挥体制改革为重点,协调推进规模结构、政策制度和军民融合深度发展改革。……,努力构建能够打赢信息化战争、有效履行使命任务的中国特色现代军事力量体系,进一步完善中国特色社会主义军事制度”。在我军向信息化跨越式发展的转型时期,武器装备、作战理论和编制体制等正在或者即将出现革命性变化,需要不断地进行理论到实践、再通过实践检验和完善理论的循环往复的过程。通过技术创新、观念创新和管理方法创新等,建立完善的作战仿真体系,通过一系列的作战仿真,为新型武器装备的研发、新的作战概念和作战理论的产生与检验等提供一条有效途径,为部队战斗力的生成与提高提供技术保障。

本书以建模与仿真技术及方法在潜艇作战领域的应用为重点,共9章:

第1章作战仿真概述,介绍了作战仿真的基本概念及其在潜艇作战中的应用;第2章作战仿真通用技术框架应用,基于美国国防部建模与仿真主计划,实现了高层体系结构和任务空间概念模型在潜艇作战仿真中的应用;第3章作战仿真建模方法应用,基于作战仿真建模的框架结构和典型方法,探讨了实体物理行为建模方法和实体认知行为建模方法在潜艇作战行为建模中的应用;第4章作战仿真数学方法应用,分析了兰彻斯特方程、蒙特卡罗方法和指数法的基本原理,实现了潜艇作战过程的蒙特卡罗仿真;第5章作战仿真效能分析与评估,建立了编队护航高价值单元(HVU)反潜作战效能评估指标体系和综合指数模型,构建了基于多Agent系统(MAS)仿真的复杂系统效能分析法;第6章潜艇作战仿真数学模型,建立了潜艇搜索跟踪数学模型、潜艇情报处理数学模型、潜艇作战决策数学模型、潜艇攻击数学模型和潜艇防御数学模型等;第7章潜艇鱼雷射击过程建模与仿真,建立了声自导鱼雷发现模型、尾流自导鱼雷发现模型和鱼雷命中判断模型等,探讨了鱼雷射击过程面向服务仿真的技术框架、组件化实现、工作流程等;第8章潜艇作战仿真训练系统设计,设计了潜艇实装嵌入仿真训练系统和潜艇综合仿真训练系统的功能与组成、软件与模型、软件结构与流程、仿真训练过程等;第9章是作战仿真发展展望。

本书是在海军潜艇学院科研部领导和同志们的支持下完成的,得到了陆铭

华教授、齐新战教授、史扬教授、孙珠峰教授、薛昌友教授、李长文副教授和毛俊超副教授等专家的指导和帮助。本书在撰写过程中,也参考并引用了相关文献,部分内容借鉴了本人所在团队的合作研发成果,在此向文献作者和合作者表示诚挚的谢意!

由于作者水平有限,书中内容难免存在错误和不妥之处,恳请读者批评指正。

吴金平

2017年1月

# 目 录

|                              |    |
|------------------------------|----|
| 第 1 章 作战仿真概述 .....           | 1  |
| 1.1 作战仿真的概念 .....            | 1  |
| 1.2 作战仿真的分类 .....            | 3  |
| 1.2.1 按作战仿真的规模分类 .....       | 3  |
| 1.2.2 按作战仿真的用途分类 .....       | 4  |
| 1.2.3 按作战仿真的研究性质分类 .....     | 4  |
| 1.2.4 按作战仿真的系统体系结构分类 .....   | 5  |
| 1.2.5 按作战仿真的系统模型特性分类 .....   | 5  |
| 1.2.6 按作战仿真的技术实现手段分类 .....   | 6  |
| 1.2.7 按作战仿真的战果评判方法分类 .....   | 6  |
| 1.3 作战仿真的基本过程 .....          | 7  |
| 1.3.1 仿真系统设计与开发 .....        | 8  |
| 1.3.2 仿真系统运行 .....           | 8  |
| 1.3.3 仿真结果分析 .....           | 8  |
| 1.4 作战仿真的地位和作用 .....         | 9  |
| 1.4.1 奠定了军事理论研究创新的基础 .....   | 9  |
| 1.4.2 起到了作战实验室的作用 .....      | 10 |
| 1.4.3 提高了作战决策的科学性 .....      | 10 |
| 1.4.4 增加了作战训练的手段 .....       | 11 |
| 1.5 作战仿真在潜艇作战中的应用 .....      | 12 |
| 1.5.1 潜艇作战训练与辅助指挥决策 .....    | 12 |
| 1.5.2 潜艇战法与军事理论研究 .....      | 13 |
| 1.5.3 潜艇兵力与武器装备发展论证与规划 ..... | 13 |
| 1.5.4 潜艇作战计划与作战方案评估 .....    | 13 |
| 1.5.5 潜艇战术原则与作战条令评价 .....    | 14 |
| 第 2 章 作战仿真通用技术框架应用 .....     | 15 |
| 2.1 建模与仿真主计划 .....           | 15 |
| 2.2 高层体系结构 .....             | 17 |
| 2.2.1 HLA 的发展历程 .....        | 17 |

|       |                        |    |
|-------|------------------------|----|
| 2.2.2 | HLA 的组成与功能 .....       | 18 |
| 2.2.3 | HLA 的逻辑结构 .....        | 20 |
| 2.2.4 | HLA 联邦开发与执行过程 .....    | 23 |
| 2.2.5 | HLA 接口规范 .....         | 28 |
| 2.3   | 任务空间概念模型 .....         | 32 |
| 2.3.1 | CMMS 的特性 .....         | 33 |
| 2.3.2 | CMMS 的构成体系 .....       | 34 |
| 2.3.3 | CMMS 的 EATI 模板 .....   | 34 |
| 第 3 章 | 作战仿真建模方法应用 .....       | 42 |
| 3.1   | 作战仿真建模的框架结构 .....      | 42 |
| 3.1.1 | 建模领域 .....             | 42 |
| 3.1.2 | 建模阶段 .....             | 43 |
| 3.1.3 | 建模内容 .....             | 44 |
| 3.2   | 作战仿真建模的典型方法 .....      | 45 |
| 3.2.1 | 面向过程的建模方法 .....        | 45 |
| 3.2.2 | 面向实体的建模方法 .....        | 46 |
| 3.2.3 | 基于 Agent 的建模方法 .....   | 47 |
| 3.3   | 实体物理行为建模 .....         | 48 |
| 3.3.1 | 基于规则与状态机结合法的行为建模 ..... | 48 |
| 3.3.2 | 基于 PETRI 网的行为建模 .....  | 50 |
| 3.3.3 | 基于 UML 的行为建模 .....     | 53 |
| 3.4   | 实体认知行为建模 .....         | 55 |
| 3.4.1 | 实体认知行为模型的基本结构 .....    | 55 |
| 3.4.2 | 实体认知行为的形式化描述 .....     | 57 |
| 3.4.3 | 多 Agent 协同认知行为建模 ..... | 60 |
| 第 4 章 | 作战仿真数学方法应用 .....       | 63 |
| 4.1   | 兰彻斯特方程 .....           | 63 |
| 4.1.1 | 兰彻斯特方程与作战毁伤理论 .....    | 63 |
| 4.1.2 | 兰彻斯特方程的定义 .....        | 64 |
| 4.1.3 | 兰彻斯特平方律与纳尔逊秘诀 .....    | 66 |
| 4.1.4 | 平均战斗能力不相等的分析 .....     | 69 |
| 4.1.5 | 兰彻斯特方程的改进 .....        | 70 |
| 4.2   | 蒙特卡罗方法 .....           | 71 |
| 4.2.1 | 蒙特卡罗方法的理论基础 .....      | 71 |
| 4.2.2 | 蒙特卡罗方法的解题思路 .....      | 72 |

|            |                           |            |
|------------|---------------------------|------------|
| 4.2.3      | 随机数与伪随机数 .....            | 73         |
| 4.2.4      | 随机变量的仿真 .....             | 77         |
| 4.2.5      | 潜艇作战过程的蒙特卡罗仿真 .....       | 82         |
| 4.3        | 指数法 .....                 | 90         |
| <b>第5章</b> | <b>作战仿真效能分析与评估 .....</b>  | <b>94</b>  |
| 5.1        | 作战能力与作战效能的概念 .....        | 94         |
| 5.1.1      | 作战能力的定义 .....             | 94         |
| 5.1.2      | 作战效能的定义 .....             | 94         |
| 5.1.3      | 定义比较与分析 .....             | 95         |
| 5.2        | 典型的作战效能评估方法 .....         | 95         |
| 5.2.1      | 作战效能评估方法的分类 .....         | 96         |
| 5.2.2      | 作战效能评估方法的功能和用途 .....      | 97         |
| 5.2.3      | ADC 方法 .....              | 98         |
| 5.2.4      | SEA 方法 .....              | 100        |
| 5.2.5      | TOPSIS 方法 .....           | 102        |
| 5.2.6      | 统计方法 .....                | 104        |
| 5.2.7      | 探索性分析方法 .....             | 104        |
| 5.3        | 作战效能评估的一般步骤 .....         | 105        |
| 5.4        | 编队护航 HVU 反潜作战效能评估 .....   | 106        |
| 5.4.1      | 编队护航 HVU 的反潜威胁轴 .....     | 106        |
| 5.4.2      | 反潜作战效能评估的指标体系 .....       | 110        |
| 5.4.3      | 反潜作战效能评估的综合指数模型 .....     | 112        |
| 5.5        | 基于 MAS 仿真的复杂系统效能分析法 ..... | 114        |
| 5.5.1      | MASBS - CSEA 方法的定义 .....  | 115        |
| 5.5.2      | MOE 指标的选择与求取 .....        | 115        |
| 5.5.3      | MASBS 仿真的联邦体系结构 .....     | 118        |
| <b>第6章</b> | <b>潜艇作战仿真数学模型 .....</b>   | <b>121</b> |
| 6.1        | 潜艇搜索跟踪数学模型 .....          | 121        |
| 6.1.1      | 声纳观察发现模型 .....            | 121        |
| 6.1.2      | 声纳方程应用 .....              | 128        |
| 6.1.3      | 跟踪模型 .....                | 134        |
| 6.2        | 潜艇情报处理数学模型 .....          | 135        |
| 6.2.1      | 目标识别模型 .....              | 136        |
| 6.2.2      | 目标航迹关联模型 .....            | 136        |

|            |                            |            |
|------------|----------------------------|------------|
| 6.2.3      | 目标运动要素解算模型 .....           | 138        |
| 6.2.4      | 威胁判断模型 .....               | 142        |
| 6.2.5      | 可攻性判断模型 .....              | 144        |
| 6.3        | 潜艇作战决策数学模型 .....           | 145        |
| 6.4        | 潜艇攻击数学模型 .....             | 148        |
| 6.4.1      | 选定攻击目标 .....               | 148        |
| 6.4.2      | 确定攻击方式 .....               | 148        |
| 6.4.3      | 占领射击阵位 .....               | 148        |
| 6.4.4      | 确定鱼雷使用要素 .....             | 149        |
| 6.4.5      | 组织射击通道 .....               | 150        |
| 6.4.6      | 发射鱼雷武器 .....               | 150        |
| 6.4.7      | 线导导引控制 .....               | 152        |
| 6.4.8      | 观察攻击效果 .....               | 156        |
| 6.5        | 潜艇防御数学模型 .....             | 156        |
| 6.5.1      | 走出搜索带模型 .....              | 156        |
| 6.5.2      | 摆脱声纳跟踪模型 .....             | 157        |
| 6.5.3      | 防御鱼雷模型 .....               | 158        |
| <b>第7章</b> | <b>潜艇鱼雷射击过程建模与仿真 .....</b> | <b>159</b> |
| 7.1        | 鱼雷射击过程弹道流程 .....           | 159        |
| 7.2        | 声自导鱼雷发现模型 .....            | 160        |
| 7.2.1      | 目标检测模型 .....               | 161        |
| 7.2.2      | 鱼雷自导作用距离模型 .....           | 161        |
| 7.3        | 尾流自导鱼雷发现模型 .....           | 162        |
| 7.3.1      | 尾流特征模型 .....               | 162        |
| 7.3.2      | 尾流区域几何模型 .....             | 163        |
| 7.3.3      | 尾流检测模型 .....               | 164        |
| 7.4        | 鱼雷命中判断模型 .....             | 165        |
| 7.4.1      | 目标几何模型 .....               | 165        |
| 7.4.2      | 命中判断模型 .....               | 167        |
| 7.4.3      | 快速命中判断模型 .....             | 168        |
| 7.5        | 鱼雷射击过程面向服务仿真 .....         | 168        |
| 7.5.1      | 面向服务仿真的技术框架 .....          | 169        |
| 7.5.2      | 面向服务仿真的组件化实现 .....         | 171        |
| 7.5.3      | 面向服务仿真的工作流程 .....          | 177        |

|                               |     |
|-------------------------------|-----|
| <b>第 8 章 潜艇作战仿真训练系统设计</b>     | 179 |
| 8.1 作战仿真训练系统的军事需求             | 179 |
| 8.1.1 作战仿真训练系统是武器装备形成战斗力的必备条件 | 180 |
| 8.1.2 作战仿真训练系统是作战使用方法研究的重要手段  | 180 |
| 8.1.3 作战仿真训练是装备研制、试验和交付的重要环节  | 180 |
| 8.1.4 作战仿真训练是现代军事训练的一种重要训练手段  | 180 |
| 8.2 潜艇作战仿真训练系统的功能需求           | 181 |
| 8.2.1 兵力仿真功能                  | 181 |
| 8.2.2 武器和装备使用仿真功能             | 181 |
| 8.2.3 海洋环境仿真功能                | 181 |
| 8.2.4 作战预案推演功能                | 182 |
| 8.2.5 作战仿真管理功能                | 182 |
| 8.2.6 数据库信息查询与记录功能            | 183 |
| 8.2.7 实时通信功能                  | 184 |
| 8.3 潜艇作战仿真训练系统的分类             | 184 |
| 8.3.1 实装嵌入仿真训练系统              | 184 |
| 8.3.2 综合仿真训练系统                | 185 |
| 8.3.3 攻防仿真训练系统                | 185 |
| 8.3.4 专业仿真训练系统                | 185 |
| 8.4 潜艇实装嵌入仿真训练系统的设计           | 185 |
| 8.4.1 工作原理、功能与组成              | 186 |
| 8.4.2 导演台的设计                  | 189 |
| 8.4.3 蓝方台的设计                  | 190 |
| 8.5 潜艇综合仿真训练系统的设计             | 193 |
| 8.5.1 功能与组成                   | 193 |
| 8.5.2 软件与模型组成                 | 197 |
| 8.5.3 配合兵力分系统功能与结构            | 199 |
| 8.5.4 系统信息流程                  | 202 |
| 8.5.5 系统仿真训练过程                | 202 |
| <b>第 9 章 作战仿真发展展望</b>         | 205 |
| 9.1 顶层设计与全局统管                 | 205 |
| 9.2 现有系统综合集成                  | 207 |
| 9.3 训战一体的网上练兵                 | 208 |
| 9.4 作战实验室建设                   | 209 |
| 9.5 适应科技发展新趋势                 | 211 |
| <b>参考文献</b>                   | 213 |

# 第1章 作战仿真概述

战争与和平是人类社会的永恒主题,对战争的研究和准备也永远不会停歇。我国古代著名军事家孙武的《孙子兵法》、西方经典军事理论创始人克劳塞维茨的《战争论》等,都是研究战争的杰作。这些研究一般都基于对历史的分析和总结,如《战争论》中就引用了大约三百个战例,其中2/3出自于拿破仑战争,它影响了整整一百多年机械化战争时代的军事家,但这种思辨型的研究方法已难以适应现代战争研究的需要。20世纪初,英国著名运筹学家兰彻斯特第一次采用数学的方法研究战争问题,为战争研究开创了定量分析的先河。第二次世界大战中以武器效能分析为基础产生的军事运筹学,将战争研究提高到了现代科学的层次。20世纪后期,许多发达国家建立了作战实验室,作战仿真的研究方法应运而生,战争研究开始发生质的变化。21世纪以来的十几年间,在信息化战争的推动下,以现代军事科学理论、现代信息技术和军事运筹方法等为基础建立起来的现代作战仿真已经成为作战的重要组成部分,发达国家的军事实践已经证明充分的作战仿真将为打赢未来战争提供保证。

## 1.1 作战仿真的概念

作战仿真有长期的过去,但却有短暂的历史。春秋战国时期墨子与公输盘“解带为城,以牒为械”止楚攻宋、孙武“吴宫教战”、后汉名将马援“积米为山”研究山地进攻、古希腊阿基米德在沙盘上研究防御罗马军队策略、各种棋戏(如中国的象棋和围棋、古印度的恰图朗加、国际象棋)等都是人类早期对作战的模仿式探索,但都不能认为是真正的作战仿真。作战仿真的真正起源要归功于19世纪初普鲁士人冯·莱斯维茨(von Reisswitz)父子,他们创造了一种叫“克里格斯皮尔(Kriegsspiel)”的游戏,这个著名的游戏使用一幅地图、代表军队的棋子、两个对阵人(局中人)、一个裁判、一个概率表和一本详细的规则,其关键特征是现实性的加强,作战规则是建立在实际作战经验的基础上,但由于对现实性的追求,使得游戏必须按照十分繁杂的详细规则进行,以致与实际进行对阵演习所需时间相比,更多的时间要花在学习如何进行对阵的规则上。1876年,普鲁士陆军上校冯·凡尔第(von Verdy du Vernois)对克里格斯皮尔游戏进行了改

革,将这些规则改为由偶然性事件决定,偶然性所起的作用采用掷骰子的方法确定,使得该游戏更加符合作战实际。

在两次世界大战和历次局部战争的推动下,作战仿真得到了快速发展。从20世纪50年代开始,由于计算机技术的普遍应用和作战研究数学理论应用的不断发展,使得作战仿真进入以模型论为基础的现代作战仿真阶段,经过半个多世纪以来的发展,以计算机仿真为核心的现代作战仿真更加成熟,应用更为广泛。随着社会的发展、战争的演变以及战术与兵器等的巨大变化,今天的作战仿真已不再是战争研究的辅助手段,而是作战的重要组成部分;不再仅是指挥员练谋略、熟悉指挥程序和作战环境的平台,而是跃升为检验作战构想、指挥艺术和作战理论、作战方法的综合系统,成为推演未来战争的实验平台。

与作战仿真相关的模型、建模和仿真等概念,在美国国防部建模与仿真主计划(Modeling and Simulation Master Plan, MSMP)中定义为:模型(Model)是对一个系统、实体、现象和过程的物理的、数学的或其他合乎逻辑的表现;建模(Modeling)是建立系统的一种表达;仿真(Simulation)是运行和演练这种表达,是在时间上实现一个模型的方法。建模与仿真(Modeling and Simulation, M&S)是现实问题与仿真系统之间的桥梁和纽带,其现实逻辑关系如图1.1所示。建模和仿真的关系在于:建模是建立系统的一种表达,仿真则是运行和演练这种表达;建模是实现事物原型的一种抽象,仿真则是一个实验过程;建模是文字、符号、方程式的静态结构,仿真则是实现模型的一种动态描述;建模是为了反映所要仿真的事物,仿真则是建模实验的方法和手段。可以说,没有建模就无所谓仿真,没有仿真,建模也只能反映客观事物的表面而不能触及本质。

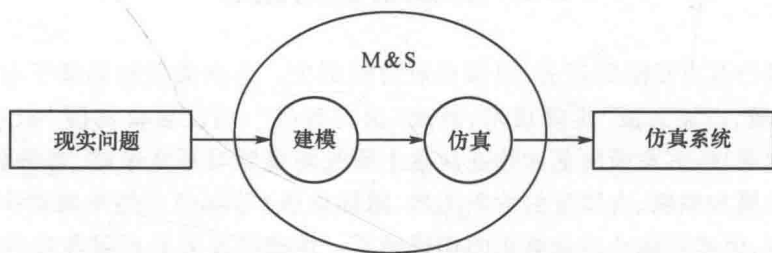


图 1.1 建模与仿真的现实逻辑关系

作战仿真是仿真技术与军事科学的共同作用体,是以军事需求为牵引,以仿真为技术手段的一种军事问题研究方法。通常意义上,作战仿真可定义为:应用一定的模型(基础),以非实际作战的方法(手段特征),对实际作战环境、军事行动和敌对双方的对抗过程进行仿真(内容),以揭示作战过程的基本规律(目的)。

## 1.2 作战仿真的分类

现代作战仿真按其应用领域及其不同属性等可以有多种分类方法,主要考虑作战仿真的规模、用途、研究性质、系统体系结构、系统模型特性、技术实现手段和战果评判方法等方面因素。

### 1.2.1 按作战仿真的规模分类

按作战仿真的规模,现代作战仿真可分为技术仿真、战术仿真、战役仿真和战略仿真4种类型。

#### 1. 技术仿真

技术仿真是对局部作战过程的精细仿真,如对抗条件下的武器弹道仿真,用于研究武器弹道对突防毁伤概率的影响,以完善武器弹道参数设计。技术仿真对模型的精度要求较高,建模时主要以纯技术性模型为基础,综合考虑各种因素对武器装备技术性能的影响。技术仿真可以用于武器装备战术技术指标论证和技术设计,其仿真结果可作为战术仿真的输入参数。

#### 2. 战术仿真

战术仿真是对敌对双方基本作战单位之间作战过程的仿真,包括单个与单个作战单位、单个与多个作战单位、多个与多个作战单位之间对抗过程的仿真。基本作战单位主要是指陆军团以下部队、海军的舰艇和空军的飞行中队等。战术仿真主要描述兵力的运用艺术,武器攻击效果可采用技术仿真的结果。战术仿真可以用于战术研究和战术训练,其仿真结果可作为战役仿真的输入参数。

#### 3. 战役仿真

战役仿真是对敌对双方使用大规模兵力(军队、舰队甚至更多兵力),在一个作战方向或战区内进行的战役活动的仿真。作战行动既包括单兵种作战,也包括多兵种协同作战,其基本作战单位为师一级单位。战役仿真采用高度聚合的半经验半理论模型,作战过程描述以双方兵力运用的高层决策模型为重点,敌我基本作战单位之间的对抗结果可采用战术仿真的结果。战役仿真主要用于战役行动计划的制定和战役演习。

#### 4. 战略仿真

战略仿真是对现代高技术条件下使用战略核武器或军队结构规划等战略问题的仿真。战略仿真是在全球性战争或核战争条件下,对战略核力量的运用和军队结构优化分析等重大问题进行仿真研究,用于制定国家战略方针和军队发展规划。如美国现在正在使用的战略模型达58个之多,包括核交换模型11个、

军队结构模型 10 个、战略通信模型 9 个、弹道导弹防御模型 4 个等。

### 1.2.2 按作战仿真的用途分类

按作战仿真的用途,现代作战仿真可分为研究型作战仿真、训练型作战仿真和辅助决策型作战仿真 3 种类型。

#### 1. 研究型作战仿真

研究型作战仿真主要依托各种层级的作战实验室,实现对作战过程、行动方法、规律、理论和武器装备作战使用、战术技术性能等的研究。

#### 2. 训练型作战仿真

训练型作战仿真主要依托作战仿真训练系统,通过实现对作战训练过程的仿真,实现对参战参训人员的训练。

#### 3. 辅助决策型作战仿真

辅助决策型作战仿真主要依托部队实装系统,通过实现辅助指挥决策功能,为指挥员的作战指挥行为提供智能化决策支持。

### 1.2.3 按作战仿真的研究性质分类

按作战仿真的研究性质,现代作战仿真可分为复现型作战仿真、评估型作战仿真、检验型作战仿真、设计型作战仿真和发现型作战仿真 5 种类型。

#### 1. 复现型作战仿真

复现型作战仿真通过仿真复现作战战例中的兵力部署、作战目标、作战计划、作战过程和作战效果等,实现对作战过程的学习,如潜射巡航导弹打击敌航空母舰编队时的目标选取、打击次序等问题。或者按照特定目的,有选择地将当前重点关注、研究和筹划的与作战相关或相似的内容复现出来,以进一步增强、补充或修改对作战的已有理解和认识。

#### 2. 评估型作战仿真

评估型作战仿真通过评估对抗效果、打击效果、武器系统和作战体系效能等,借助专题性、专项性、专门性的定量化作战模型评估结果,以支持对作战问题的分析和研究论证。

#### 3. 检验型作战仿真

检验型作战仿真的主要研究对象是作战思想和作战方法,目的是多视角地检查与验证新提出的作战思想和作战方法,或者进一步补充、完善已有的作战思想和作战方法,以及随着作战使命、任务、目标以及作战环境的不断变化,相应地修正和调整原有相对成熟、完备的作战思想和作战方法。

#### 4. 设计型作战仿真

设计型作战仿真的主要研究对象是作战构想(想定),通过调整作战计划/

作战想定参数、比作战效果,进行反复实验,并结合理论分析,为辅助设计作战构想(想定)中有关力量编组、作战阶段划分、作战力量运用、作战后手准备等关键问题,提供作战问题分析与评估支持。

### 5. 发现型作战仿真

发现型作战仿真具有更加明显的超前性和探索性,仿真前通常只有研究的概略目标方向,但没有具体目标方向,主要是为了支持更加深入地分析作战概念,探索作战规律,发现影响作战的新的、重要因素等。

## 1.2.4 按作战仿真的系统体系结构分类

按作战仿真的系统体系结构,现代作战仿真可分为集中式作战仿真和分布式作战仿真2种类型。

### 1. 集中式作战仿真

集中式作战仿真是指对具有集中式体系结构的系统仿真。在集中式体系结构的系统中,系统的所有功能都集中在一台计算机上,因此容易协调各功能组件的运行,但是受限于单台计算机的性能,难以实现大规模实体仿真。

### 2. 分布式作战仿真

分布式作战仿真是指对具有分布式体系结构的系统仿真。在分布式体系结构的系统中,系统的核心仿真组件可以部署到多台计算机上,不再有中央管理者的概念,因此可以有效地分散系统负荷,提高系统运行效率,但是开发难度相对较大,时间管理、数据管理和通信等方面的算法比较复杂。

## 1.2.5 按作战仿真的系统模型特性分类

按作战仿真的系统模型特性,现代作战仿真可分为连续系统仿真和离散事件系统仿真2种类型。

### 1. 连续系统仿真

连续系统仿真是指对系统状态随时间连续变化的连续系统的仿真。如果一个系统的输入量、输出量和内部空间变量都是时间的连续函数,可以用连续时间模型来描述,那么这类系统就称为连续系统。连续系统的模型按其数学描述可分为集中参数系统模型和分布参数系统模型两种,集中参数系统模型一般用常微分方程(组)描述,分布参数系统模型一般用偏微分方程(组)描述。

### 2. 离散事件系统仿真

离散事件系统仿真是指对系统状态在某些随机时间点上发生离散变化的离散事件系统的仿真。如果一个系统的状态只是在离散时间点上发生变化,而且这些离散的时间点一般是不确定的(随机的),那么这类系统就称为离散事件系统。离散事件系统与连续系统的主要区别在于状态变化发生在随机时间点上,

因此一般都具有随机特性,并且状态变量往往是离散变化的。

### 1.2.6 按作战仿真的技术实现手段分类

按作战仿真的技术实现手段,现代作战仿真可分为真实仿真、虚拟仿真和构造仿真 3 种类型。

#### 1. 真实仿真

真实仿真(Live Simulation)是指作战人员使用真实武器装备参加作战训练演习,只是武器的杀伤效果采用仿真设备仿真。最典型的是美军采用的多重集成激光交战系统(Multiple Integrated Laser Engagement System, MILES),这种激光收发器上配有微处理器,能够快速进行命中或杀伤判断处理,因而在训练演习中能够及时进行实时损失统计,大幅度地提高了士兵的训练水平。

#### 2. 虚拟仿真

虚拟仿真(Virtual Simulation)是指作战人员采用仿真训练设备在仿真作战环境中进行训练。早期的虚拟仿真主要用于飞行训练仿真舱,后来逐渐扩展应用于实现对陆军的坦克、战车及海军的舰艇等的仿真,20 世纪 80 年代开始,现代计算机通信技术将分散在各地的仿真训练设备联网,实现对抗性的作战仿真训练。

#### 3. 构造仿真

构造仿真(Constructive Simulation)是指直接采用计算机构筑参战兵力和作战环境,目的主要是研究作战过程的基本特点和规律,可以用于武器装备发展论证、作战方法研究、条令条例制定等。特别是随着计算机的广泛应用,构造仿真可以大大节省开支,提高作战仿真效率,其应用范围日益广泛。

### 1.2.7 按作战仿真的战果评判方法分类

按作战仿真的战果评判方法,现代作战仿真可分为讨论式作战仿真、裁定式作战仿真和严谨式作战仿真 3 种类型。

#### 1. 讨论式作战仿真

讨论式作战仿真是指仿真对抗的结果由全体参与人员一起通过讨论决定,遵循少数服从多数原则,意见不相上下时由裁判判定。优点是判定规则相对简单,人为因素影响相对较小;缺点是容易引起争论,裁判不够权威时,可能导致仿真无法进行下去。

#### 2. 裁定式作战仿真

裁定式作战仿真是指仿真对抗的结果由裁判利用掌握的军事经验和知识通过讨论决定,对抗双方对抗过程中不知道裁定依据,只能通过控制人员的反馈知道对抗结果。优点是不需要太多规则,裁定过程近似实战;缺点是要求裁判必须

有较高的能力和权威,裁定要公正。

### 3. 严谨式作战仿真

严谨式作战仿真是指按照详细规则进行的仿真,仿真人员熟悉这些相应的规则,仿真过程中出现的偶然事件由计算机随机数或掷骰子的方法决定,仿真结果均按规则给出。优点是完全排除了人为因素对仿真结果的影响;缺点是规则一般情况下较为复杂。

## 1.3 作战仿真的基本过程

从系统的角度,作战仿真的基本过程包括仿真系统设计与开发、仿真系统运行和仿真结果分析三个阶段,如图 1.2 所示。

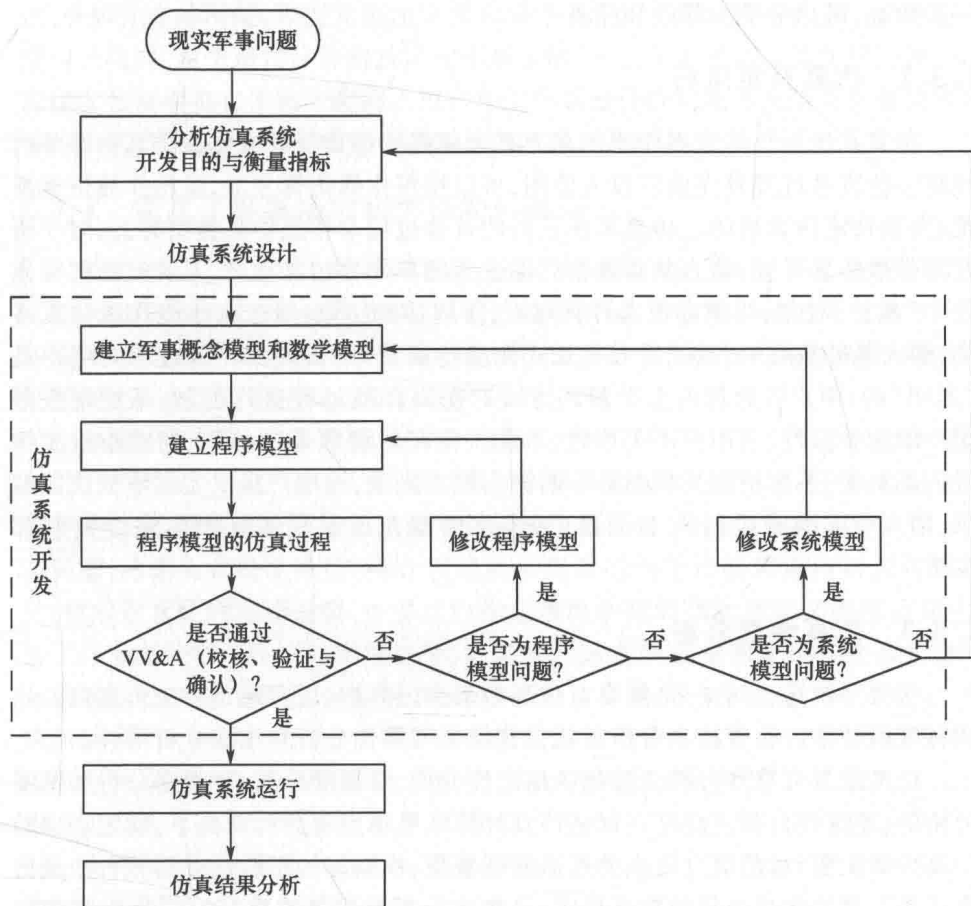


图 1.2 作战仿真的基本过程