The Introduction to Virtual Battle Space

虚拟战场导论

庞国峰　编著



国防工业出版社
National Defense Industry Press

需要全本请访问 www.ertongbook.com

E919
.0662

虚拟战场导论

The Introduction to Virtual Battle Space

庞国峰　编著

国防工业出版社

·北京·

图书在版编目（CIP）数据

虚拟战场导论／庞国峰编著. —北京：国防工业出版社，2007.6 重印
ISBN 978－7－118－04867－4

Ⅰ.虚... Ⅱ.庞... Ⅲ.战争－计算机仿真 Ⅳ.E919

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2006）第 136618 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 100044）
天利华印刷装订有限公司印刷
新华书店经售
*
开本 787×1092 1/16 印张 18½ 字数 410 千字
2007 年 6 月第 2 次印刷 印数 2001—4000 册 定价 38.00 元

（本书如有印装错误，我社负责调换）

国防书店：(010)68428422 发行邮购：(010)68414474
发行传真：(010)68411535 发行业务：(010)68472764

序　言

当前以信息革命为核心的新军事革命浪潮，引发了军事领域内几乎所有方面的深刻变革。作为目前军事理论研究和军事训练的基本手段之一的军用仿真技术，在这场深刻变革中也面临着前所未有的机遇和挑战。这些机遇和挑战不仅表现在军用仿真系统如何体现新军事革命进程中出现的新的军事思想、新的战争形态、新的军事技术上，而且表现在军用仿真技术本身如何为未来战争的指战员提供战争实践的环境和手段上。因此，加强对军用仿真概念、理论和系统的研究和推广，无疑是推进中国特色军事变革的重要内容。

虚拟战场是20世纪90年代随着信息技术发展起来的一种新型的军用仿真系统。自出现以来，虚拟战场以其特有的科学性、经济性、对抗性、直观性、交互性、实时性等诸多优点，引起了世界主要国家军队的重视。事实上，利用虚拟战场进行战前的任务预演已成为美国等发达国家军队训练的主要方式之一，其突出效果已在科索沃战争、伊拉克战争等几次高技术局部战争中得到检验。近十几年来，随着构造虚拟战场所需关键技术的进一步成熟，虚拟战场将成为21世纪各国军队进行军事训练和军事问题研究的主要基础设施。在我国，有关虚拟战场的研究也正在蓬勃开展，经过相关专家不断的努力，无论从研究的深度还是应用的广度上都取得了长足的进步。在加快新军事变革速度、实现跨越式发展的背景下，进一步深入开展虚拟战场的研究、推广虚拟战场的应用，对改革军事训练手段、深化军事问题研究都具有重要意义。

我高兴地看到国内首次全面阐述虚拟战场概念、理论和开发实践的专著《虚拟战场导论》推出了。与一般的计算机仿真专著不同，本书不仅对技术问题进行介绍和探讨，而且更侧重于实际军事问题在虚拟战场开发过程中如何反映和解决，基本上涵盖了虚拟战场研究与开发领域的方方面面，具有较强的创新性和实用性，相信这本书的出版对于大家了解虚拟战场的状况、推动虚拟战场的研究和应用，都将会有所裨益。

我期待着更多的同类成果面世。

乙晓光

二〇〇六年九月七日

前　言

虚拟战场是20世纪90年代随着信息技术发展起来的一种新型的军用仿真系统。它是利用计算机仿真技术生成作战区域的虚拟自然环境，并在保证时间和空间一致性的基础上，通过计算机网络，将分布在不同地域的军事仿真系统、武器装备模拟训练系统以及真实的武器平台连入到这个虚拟的自然环境中，进行战略、战役、战术演练的仿真应用环境。在虚拟战场中，军事人员可以在虚拟战场中相互对抗或协作，可以训练武器和装备的操作人员和指挥机关的参谋人员，进行战役想定和作战方案的评估，演示验证武器装备的性能、进行武器装备评价论证等。虚拟战场可以作为真实军事演习的部分替代手段，与真实的军事演习相比，它有两个突出的特点：一是虚拟战场可以不受现实环境的影响，随意设置自然环境条件和政治社会条件；二是虚拟战场可以大大节约经费。

虚拟战场以其特有的科学性、经济性、对抗性、直观性、交互性、实时性等诸多优点，引起了世界主要国家军队的重视。事实上，利用虚拟战场进行战前的任务预演已成为美国等发达国家军队训练的主要方式之一，其突出效果已在科索沃战争、伊拉克战争等几次高技术局部战争得到检验。有关虚拟战场的研究正方兴未艾，特别是近十几年来，随着构造虚拟战场所需关键技术的进一步成熟，虚拟战场将成为21世纪各国军队的主要训练方式和进行军事问题研究的主要基础设施。

在我国，有关虚拟战场的研究刚刚兴起，而且最早是从地方院校开始展开的，无论从研究的深度还是应用的广度上与先进国家军队相比都有不小的差距。在军委总部要求加快新军事变革速度、实现跨越式发展的背景下，开展虚拟战场的研究、推广虚拟战场的应用对改革军事训练手段、深化军事问题研究都具有重要意义。虚拟战场是一个软件密集的系统，虽然我国在武器装备硬件上与先进国家的差距一时难以赶上，但我国一直不乏优秀的软件人才，通过努力在虚拟战场研究领域完全可以达到世界先进水平。

本书名为《虚拟战场导论》，首次全面、系统地介绍了虚拟战场的概念、功能、组成、应用以及开发时所需的关键技术。与一般的计算机仿真专著不同，本书不仅对技术问题进行介绍和探讨，而且更侧重于实际军事问题在虚拟战场开发过程中如何反映和解决。在本书的结构编排上，除绪论外，其他各章分别叙述了虚拟战场的体系结构、通信协议、态势表现、视景渲染、兵力生成、数据基础、组织管理、安全防护等内容，基本上涵盖了虚拟战场研究与开发领域的方方面面。

作者从1997年进入北京航空航天大学攻读博士学位至今，在虚拟现实和虚拟环境领域工作了近十年的时间，同时一直从事军用仿真系统的研究和开发。本书是在作者多年来研究成果和参与实际开发经验积累基础上，参考大量的国内外文献完成的，其中有些部分如嵌入式兵力生成、数据链接入、数据基础、安全防护等思想都是在国内首次提出。同

需要全本请访问 www.ertongbook.com

时，本书还注意了虚拟战场开发中的军事特色，因此，具有较强的创新性和实用性。

本书可以作为军事和地方院校仿真专业学生、军事仿真系统研究和开发人员、地方仿真类软件企业工程师等的教材或参考书。

本书主要是在作者博士论文和两个博士后出站报告基础上完成的。因此要特别感谢北京航空航天大学的赵沁平教授、王晋军教授，清华大学的朱纪洪教授、孙增圻教授，以及在他们的实验室中结识的同学和朋友。在本书撰写过程中得到了许多专家、领导的帮助和鼓励，空军指挥学院院长乙晓光少将还专门作序，同时，国防工业出版社的徐静及其他编辑也为本书倾注了大量心血，在此一并表示衷心的感谢！最后感谢我的家人对我的支持。

作 者

2006 年 12 月

作者联系方式：pgf@ mail. tsinghua. edu. cn

fengping007@ vip. sina. com

目　录

第一章　绪论 …… 1
1.1　虚拟战场概念的提出 …… 1
1.2　虚拟战场的发展历程 …… 6
1.3　虚拟战场的功能组成 …… 11
1.3.1　兵力模拟 …… 13
1.3.2　武器仿真系统 …… 14
1.3.3　综合自然环境 …… 14
1.3.4　C^4ISR 仿真系统 …… 15
1.3.5　辅助软件 …… 15
1.3.6　通信接口 …… 16
1.3.7　想定管理 …… 16
1.3.8　模型维护 …… 16
1.3.9　导演机构 …… 17
1.4　虚拟战场的应用 …… 17
1.4.1　军事教育训练 …… 18
1.4.2　作战模拟 …… 18
1.4.3　国防系统分析与战略决策 …… 19
1.4.4　武器系统分析与评估 …… 20
1.4.5　基于仿真的采办 …… 21
1.4.6　后勤建模与仿真 …… 24
1.5　国内外几个典型的虚拟战场 …… 25
1.5.1　JMASS …… 25
1.5.2　JSIMS …… 26
1.5.3　JWARS …… 27
1.5.4　SIMNET …… 28
1.5.5　NPSNET …… 28
1.5.6　STOW …… 29
1.5.7　DVENET …… 30
1.5.8　计算机游戏中的虚拟战场 …… 30
第二章　虚拟战场的体系结构 …… 33
2.1　基于 DIS 的体系结构 …… 34

2.1.1 DIS 的概念 …… 34
2.1.2 DIS 的特点 …… 36
2.1.3 DIS 的关键技术 …… 37
2.1.4 DIS 系统开发 …… 39
2.2 基于 HLA 的体系结构 …… 39
2.2.1 HLA 的概念 …… 40
2.2.2 HLA 的组成和特点 …… 40
2.2.3 运行支撑环境 RTI …… 44
2.2.4 HLA 系统开发 …… 45
2.3 基于 Web 的体系结构 …… 47
2.3.1 XMSF 的概念 …… 48
2.3.2 XMSF 的关键技术 …… 48
2.3.3 XMSF 对 HLA 的完善 …… 49
2.3.4 XML 构建和表示 HLA 对象模型的方法 …… 50
2.3.5 XMSF 系统开发 …… 53
2.3.6 XMSF 的发展方向 …… 54
2.4 基于网格的体系结构(仿真网格) …… 54
2.4.1 仿真网格的概念 …… 55
2.4.2 仿真网格的体系结构 …… 56
2.4.3 仿真网格的关键技术 …… 59
2.4.4 仿真网格的应用开发 …… 60
第三章 虚拟战场的通信协议 …… 61
3.1 分布交互仿真协议 DIS …… 61
3.1.1 DIS 协议的通信机制 …… 61
3.1.2 DIS 协议的内容 …… 63
3.1.3 DR 算法 …… 65
3.1.4 DIS 应用程序开发 …… 67
3.1.5 DIS 协议的局限 …… 70
3.2 高层体系结构标准 HLA …… 70
3.2.1 HLA 的通信机制 …… 70
3.2.2 HLA/RTI 的体系结构 …… 72
3.2.3 HLA/RTI 的时间管理 …… 74
3.2.4 HLA/RTI 的性能评测 …… 77
3.2.5 HLA/RTI 应用程序开发 …… 79
3.2.6 HLA/RTI 扩展 …… 80
3.3 DIS/HLA 互连 …… 84
3.4 战术数据链 …… 84

3.4.1 战术数据链的概念 …… 85
3.4.2 战术数据链的分类 …… 85
3.4.3 战术数据链的发展现状 …… 86
3.4.4 战术数据链接入虚拟战场 …… 87
第四章 虚拟战场的态势表现 …… 89
4.1 态势的概念与通用态势图 …… 89
4.2 二维态势表现 …… 92
4.2.1 电子地图 …… 92
4.2.2 态势标绘 …… 94
4.2.3 二维态势显示器的设计与开发 …… 95
4.3 三维态势表现 …… 96
4.3.1 三维态势表现的功能与组成 …… 97
4.3.2 基于 GIS 的地形可视化 …… 100
4.3.3 三维态势标绘 …… 101
4.4 战略态势表现 …… 103
4.4.1 战略态势表现的方式 …… 104
4.4.2 战略态势表现的内容 …… 104
4.4.3 战略态势表现的脚本 …… 105
4.4.4 多媒体信息的嵌入与映射机制 …… 105
4.5 电磁态势的表现 …… 106
4.5.1 电磁环境的描述 …… 107
4.5.2 电磁态势表现的要求 …… 108
4.5.3 电磁态势表现的要素 …… 108
4.5.4 考虑地形影响的雷达探测范围表现 …… 108
4.6 虚拟座舱 …… 110
4.6.1 虚拟座舱的组成 …… 111
4.6.2 虚拟座舱的模型 …… 112
4.6.3 综合人机界面 …… 112
第五章 虚拟战场的视景渲染 …… 114
5.1 陆地场景的建模与渲染 …… 116
5.1.1 三维地形建模的原理 …… 116
5.1.2 三维地形的实时绘制 …… 119
5.1.3 动态地形的实现 …… 120
5.2 海洋场景的建模与渲染 …… 123
5.2.1 海面场景 …… 123
5.2.2 水下场景 …… 125
5.2.3 海岸场景 …… 126

5.3 天空场景的建模与渲染 …… 126
5.3.1 天空建模的原理 …… 127
5.3.2 天空建模的方法 …… 127
5.4 空间场景的建模与渲染 …… 130
5.4.1 空间场景的组成 …… 131
5.4.2 星空建模与渲染 …… 131
5.4.3 大气层边缘建模与渲染 …… 133
5.4.4 太空目标的建模与绘制 …… 133
5.5 传感器场景的建模与渲染 …… 133
5.5.1 CCD 相机的建模与仿真 …… 134
5.5.2 红外传感器的建模与仿真 …… 139
5.5.3 机载合成孔径雷达仿真的建模与仿真 …… 141
5.6 特殊效果的建模与渲染 …… 143
5.6.1 粒子系统的特点 …… 144
5.6.2 粒子系统的实现 …… 145
5.6.3 降雪效果 …… 145
5.6.4 降雨效果 …… 146
5.6.5 烟雾效果 …… 146
5.6.6 航迹效果 …… 147
5.6.7 基于物理模型的爆炸效果 …… 148
5.7 三维声音建模和渲染 …… 149
5.7.1 三维声音建模 …… 149
5.7.2 全方位立体空间声的生成 …… 151
5.7.3 声音的同步渲染 …… 151
5.8 立体显示 …… 152
第六章 虚拟战场的兵力生成 …… 154
6.1 仿真器 …… 154
6.1.1 概念与发展现状 …… 154
6.1.2 仿真器的特性 …… 155
6.1.3 仿真器动力学和控制系统建模 …… 157
6.1.4 仿真器火控系统建模 …… 170
6.1.5 仿真器的座舱 …… 173
6.2 计算机生成兵力——平台级实体 …… 173
6.2.1 概念与发展现状 …… 173
6.2.2 功能与体系结构 …… 178
6.2.3 路径规划 …… 183
6.2.4 智能决策 …… 189

6.2.5 态势感知 …… 192
6.2.6 协作行为 …… 194
6.2.7 情绪建模 …… 195
6.3 计算机生成兵力——聚合级实体 …… 196
6.3.1 概念与特点 …… 197
6.3.2 兵力损耗模型 …… 197
6.3.3 多分辨率模型及交互 …… 199
6.3.4 指挥控制建模 …… 202
6.4 嵌入式兵力 …… 204
6.4.1 嵌入式仿真的概念和特点 …… 204
6.4.2 系统功能和体系结构 …… 206
6.4.3 关键技术 …… 207
6.5 实况兵力 …… 207
6.5.1 仿真代理 …… 207
6.5.2 人体数据采集 …… 208
第七章 虚拟战场的数据基础 …… 209
7.1 自然环境概念参考模型 …… 209
7.2 陆地战场数据基础 …… 211
7.2.1 数字地面模型 …… 211
7.2.2 地表物体数据提取 …… 215
7.2.3 地形场景多分辨率模型 …… 216
7.2.4 地下模型 …… 218
7.3 天空战场数据基础 …… 221
7.3.1 大气环境数据生成 …… 221
7.3.2 大气环境的表示与数据组织 …… 223
7.3.3 应用实例:变化风场对飞机性能的影响 …… 225
7.4 海洋战场数据基础 …… 227
7.4.1 电子海图数据获取 …… 227
7.4.2 水下海洋环境 …… 228
7.5 电子战场数据基础 …… 229
7.5.1 雷达系统仿真 …… 230
7.5.2 大气噪声数据生成 …… 232
7.6 综合自然环境数据表示与交换 …… 233
第八章 虚拟战场的组织管理 …… 235
8.1 虚拟战场的组织机制 …… 235
8.1.1 组织形式 …… 235
8.1.2 组织过程 …… 235

需要全本请访问 www.ertongbook.com

8.1.3 标准化 …… 236
8.2 虚拟战场的管理机制 …… 237
8.2.1 演练前管理 …… 238
8.2.2 演练中管理 …… 240
8.2.3 演练后管理 …… 244
8.3 虚拟战场的效果保证 …… 248
8.3.1 VV&A 概念 …… 248
8.3.2 VV&A 原则 …… 249
8.3.3 VV&A 过程 …… 250
8.3.4 VV&A 和虚拟战场可信度的关系 …… 252
第九章 虚拟战场的安全防护 …… 253
9.1 网络攻击 …… 253
9.1.1 网络攻击概述 …… 253
9.1.2 基于木马的网络攻击技术 …… 255
9.1.3 网络攻击战的实施 …… 257
9.1.4 网络攻击技术发展趋势 …… 260
9.2 网络防护 …… 260
9.2.1 网络防护概述 …… 260
9.2.2 基于入侵检测的网络安全防护 …… 264
9.2.3 入侵检测与网络防护战的实施 …… 268
9.2.4 入侵检测与网络防护技术发展趋势 …… 270
参考文献 …… 273

Content

Chapter 1 Introduction ····· 1
1.1 Concept ····· 1
1.2 History ····· 6
1.3 Functions and Components ····· 11
1.3.1 Forces Simulation ····· 13
1.3.2 Weapons Simulation System ····· 14
1.3.3 Comprehensive Natural Environment ····· 14
1.3.4 C^4ISR Simulation System ····· 15
1.3.5 Assistant Software ····· 15
1.3.6 Communication Interface ····· 16
1.3.7 Scenario Management ····· 16
1.3.8 Model Maintenance ····· 16
1.3.9 Director and Organization ····· 17
1.4 Purposes ····· 17
1.4.1 Military Education and Training ····· 18
1.4.2 War Gaming ····· 18
1.4.3 Defence System Analyzing and Strategic Decision-making ····· 19
1.4.4 Weapon System Analyzing and evaluation ····· 20
1.4.5 Simulation Based Acquisition ····· 21
1.4.6 Logistics Modeling and Simulation ····· 24
1.5 Some Typical Virtual Battlespace ····· 25
1.5.1 JMASS ····· 25
1.5.2 JSIMS ····· 26
1.5.3 JWARS ····· 27
1.5.4 SIMNET ····· 28
1.5.5 NPSNET ····· 28
1.5.6 STOW ····· 29
1.5.7 DVENET ····· 30
1.5.8 Virtual Battlespaces in Computer Games ····· 30
Chapter 2 Virtual Battlespace's Architecture ····· 33
2.1 Architecture Based on DIS ····· 34

2.1.1 Concept ····· 34
2.1.2 Features ····· 36
2.1.3 Key Technology ····· 37
2.1.4 Realization of the DIS System ····· 39
2.2 Architecture Based on HLA ····· 39
2.2.1 Concept ····· 40
2.2.2 Components and Features ····· 40
2.2.3 RTI(Run Time Infrastructure) ····· 44
2.2.4 Realization of the HLA System ····· 45
2.3 Architecture Based on Web ····· 47
2.3.1 Concept ····· 48
2.3.2 Key Technologies ····· 48
2.3.3 Perfection of HLA based on XMSF ····· 49
2.3.4 Method to Build and Represent the HLA Object Model Based on XML ····· 50
2.3.5 Realization of the XMSF System ····· 53
2.3.6 Trends ····· 54
2.4 Architecture Based on Grid (Simulation Grid) ····· 54
2.4.1 Concept ····· 55
2.4.2 Architecture ····· 56
2.4.3 Key Technology ····· 59
2.4.4 Realization of the Applications Based on Simulation Grid ····· 60
Chapter 3 Virtural Battlespace's Communication Protocol ····· 61
3.1 DIS(Distributed Interactive Simulation) Protocol ····· 61
3.1.1 Communication Mechanism ····· 61
3.1.2 Contents ····· 63
3.1.3 DR(Dead Reckoning) Algorithm ····· 65
3.1.4 Development of the Applications Based on DIS ····· 67
3.1.5 Limition ····· 70
3.2 HLA(High Level Architectur) Standard ····· 70
3.2.1 Communication Mechanism ····· 70
3.2.2 Architecture of RTI ····· 72
3.2.3 Time Management ····· 74
3.2.4 Evaluation of RTI Performance ····· 77
3.2.5 Development of Applications Based on HLA ····· 79
3.2.6 Extending of HLA/RTI ····· 80
3.3 Interconnect DIS to HLA ····· 84

3.4 Tactical Data Link ····· 84
3.4.1 Concept ····· 85
3.4.2 Classification ····· 85
3.4.3 Current Status ····· 86
3.4.4 Interconnect Tactical Data Link to Virtual Battlespace ····· 87
Chapter 4 Virtual Battlespace's Situational Expression ····· 89
4.1 Concept of Situation and Common Operational Picture ····· 89
4.2 2D Situational Representation ····· 92
4.2.1 Electronical Map ····· 92
4.2.2 Signature on 2D Map ····· 94
4.2.3 Designment and Development 2D Display ····· 95
4.3 3D Situational Representation ····· 96
4.3.1 Fuctions and Components of 3D Display ····· 97
4.3.2 Terrain Visualation Based on GIS ····· 100
4.3.3 Signature on 3D Map ····· 101
4.4 Strategic Situational Representation ····· 103
4.4.1 Method ····· 104
4.4.2 Content ····· 104
4.4.3 Script ····· 105
4.4.4 Embed and Map Multimedia Information into Strategic Situation ····· 105
4.5 Electromagnetic Situational Representation ····· 106
4.5.1 Method to Describe Electromagnetic Environment ····· 107
4.5.2 Basic Requirement of Electromagnetic Situation Representation ····· 108
4.5.3 Basic Elements of Electromagnetic Situation Representation ····· 108
4.5.4 Example of Radar's Exploration Area Under Terrain Influence Condition ····· 108
4.6 Virtual Cockpit ····· 110
4.6.1 Components ····· 111
4.6.2 Model ····· 112
4.6.3 General Human-Machine Interface ····· 112
Chpater 5 Virtual Battlespace's Visual Rendering ····· 114
5.1 Land Modeling and Rendering ····· 116
5.1.1 Principle of 3D Terrain Modeling ····· 116
5.1.2 Real Time 3D Terrain Rendering ····· 119
5.1.3 Dynamic Terrain ····· 120
5.2 Ocean Modeling and Rendering ····· 123
5.2.1 Ocean Surface Scene ····· 123

5.2.2 Underwater Scene ····· 125
5.2.3 Seacoast Scene ····· 126
5.3 Sky Modeling and Rendering ····· 126
5.3.1 Principle of Sky Modeling ····· 127
5.3.2 Method of Sky Modeling ····· 127
5.4 Space Modeling and Rendering ····· 130
5.4.1 Components ····· 131
5.4.2 Star Space Modeling and Rendering ····· 131
5.4.3 Aerosphere Edge Modeling and Rendering ····· 133
5.4.4 Manmade Objects in Spaces Modeling and Rendering ····· 133
5.5 Sensor Modeling and Rendering ····· 133
5.5.1 CCD Camera Modeling and Rendering ····· 134
5.5.2 Infrared Sensor Modeling and Rendering ····· 139
5.5.3 Airborne Radar Modeling and Rendering ····· 141
5.6 Special Effect Modeling and Rendering ····· 143
5.6.1 Features of Particle System ····· 144
5.6.2 Realization of Particle System ····· 145
5.6.3 Snowing Effect ····· 145
5.6.4 Raining Effect ····· 146
5.6.5 Smoking Effect ····· 146
5.6.6 Trail ····· 147
5.6.7 Detonating Effect Based on Physical Principle ····· 148
5.7 3D Sound Modeling and Rendering ····· 149
5.7.1 3D Sound Modeling ····· 149
5.7.2 Omnidirectional 3D Sound ····· 151
5.7.3 Synchronous 3D Sound Rendering ····· 151
5.8 Stereo Display ····· 152
Chapter 6 Virtual Spacebattle's Forces Generation ····· 154
6.1 Simulator ····· 154
6.1.1 Concept and Current Status ····· 154
6.1.2 Features ····· 155
6.1.3 Dynamics and Control System Modeling ····· 157
6.1.4 Fire Control System Modeling ····· 170
6.1.5 Cockpit of Simulator ····· 173
6.2 Computer Generated Forces——Platform Level Entity ····· 173
6.2.1 Concept and Current Status ····· 173
6.2.2 Fuctions and Architecture ····· 178

6.2.3 Path Planning ····· 183
6.2.4 Intelligent Decision – Making ····· 189
6.2.5 Situation Awareness ····· 192
6.2.6 Cooperation Behave ····· 194
6.2.7 Emotion Modeling ····· 195
6.3 Computer Generated Forces——Aggregation Level Entity ····· 196
6.3.1 Concept and Features ····· 197
6.3.2 Forces Wasting Model ····· 197
6.3.3 Mult-resolution Model and Interface ····· 199
6.3.4 Command and Control System Modeling ····· 202
6.4 Embeded Forces ····· 204
6.4.1 Concept and Features of Embeded Simulation ····· 204
6.4.2 Fuctions and Architecture ····· 206
6.4.3 Key Technology ····· 207
6.5 Live Forces ····· 207
6.5.1 Simulation Agents ····· 207
6.5.2 Human Body Data Collecting ····· 208
Chapter 7 Virtual Battlespace's Data Basis ····· 209
7.1 Concept Model of Virtual Natural Environment ····· 209
7.2 Data Basis of Land ····· 211
7.2.1 Digital Ground Model ····· 211
7.2.2 Objects on Ground Distilling ····· 215
7.2.3 Multi-resolution Terrain Model ····· 216
7.2.4 Underground Objects Model ····· 218
7.3 Data Basis of Sky ····· 221
7.3.1 Generation of Atmosphere Data ····· 221
7.3.2 Representation of Atmosphere Environment and Data Organization ··· 223
7.3.3 Example: Influencement of Aircraft Performance by Changing Wind Field ····· 225
7.4 Data Basis of Ocean ····· 227
7.4.1 Data Distrilling from Electro-chart ····· 227
7.4.2 Underwater Environment ····· 228
7.5 Data Basis of Electromagnetic Environment ····· 229
7.5.1 Radar Simulation ····· 230
7.5.2 Generation of Atmosphere Noise ····· 232
7.6 Representation and Exchange of Comprehensive Virtural Natural Environment ····· 233

需要全本请访问 www.ertongbook.com