



赛四达科技

INNOVATIVE TECHNOLOGY SPECIALIST

王勃 潘长鹏 张媛 张昀申 赵林涛 编译

VR-Forces

开发

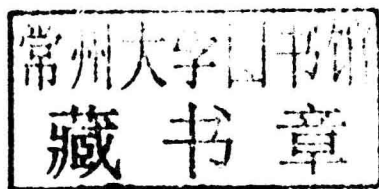


国防工业出版社

National Defense Industry Press

# VR - Forces 开发

王 勃 潘长鹏 张 媛 编译  
张昀申 赵林涛



国防工业出版社

· 北京 ·

## 内 容 简 介

本书是基于 VR - Forces 操作、设计、开发的指导用书,系统地介绍了分布式计算机生成兵力软件 VR - Forces 的框架、原理、配置、操作以及采用 VR - Forces 进行计算机生成兵力设计的方法。

全书共分 18 章,简介了分布式仿真的基本原理,对 VR - Forces 原理、配置、操作进行论述的基础上重点介绍基于 VR - Forces 开发所必须掌握的实体、组件、地形、GUI 等 API。最后一章是作者在实际开发过程中的经验总结。

本书可以为战场环境仿真和计算机生成兵力的研究人员使用,也是进行 VR - Forces 开发人员的必备参考书同时也可作为相关专业研究生教材。

### 图书在版编目(CIP)数据

VR - Forces 开发 / 王勃等编译. —北京:国防工业出版社,2011.4  
ISBN 978 - 7 - 118 - 06923 - 5

I. ①V... II. ①王... III. ①计算机仿真 - 程序设计 IV. ①TP391.9

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 032240 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 23 字数 403 千字

2011 年 4 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—4000 册 定价 59.00 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

2009 年,《VR - Link 开发》一书的出版,为国内分布式仿真技术科研人员和正在进行分布式仿真技术学习的学生或爱好者提供了关于 VR - Link 详细及专业的技术指导,受到业界的一致好评。今年,在大家的期待中,《VR - Forces 开发》也终于出版了。《VR - Forces 开发》的作者长期从事分布式仿真技术的应用与研究,熟练使用 MÄK 系列产品,对分布式仿真应用有着深刻的认识 and 了解。这本书在 VR - Forces 使用手册的基础上添加了作者的应用体会和经验分享,对大家和相关领域的应用、科研、学习提供帮助,是不可或缺的指导书之一。

VR - Forces 是 MÄK Technologies 公司旗下最优秀的产品之一。作为一款世界上应用广泛的计算机生成兵力(CGF)软件系统,VR - Forces 具有灵活、快捷、可扩展等多种优势,具有广泛的客户应用案例。VR - Forces 具有的软件工程思想值得软件开发者的学习和参考。通过国外国内的案例测试,VR - Forces 成熟化商业产品的特质,并且还在不断地发展、扩展。可扩展、跨平台、二次开发、灵活、快速、本地化等这些都成为了 VR - Forces 的代名词,体现了 VR - Forces 的强大生命力。

MÄK 产品在中国有着非常广泛的用户群,VR - Forces 的应用也日趋广泛,许多科研院所都在采用 VR - Forces 产品进行相关领域的技术应用和学习研究,《VR - Forces 开发》正是第一本专门针对该领域该产品的应用指导书。我们希望,《VR - Forces 开发》将会为每一位正在使用或学习 VR - Forces 的人带来帮助。

北京赛四达科技股份有限公司一直致力于仿真模拟行业的发展和应用,长期保持和 MÄK Technologies 的良好合作,致力于 MÄK 产品的服务和开发。非常感谢译者对 MÄK VR - Forces 的关注,以及投入的精力。我们也会更加深入地钻研产品,不断为广大用户提供更专业、更优质的咨询和服务。

北京赛四达科技股份有限公司



## 前 言

计算机生成兵力 (CGF) 技术作为虚拟战场环境的重要组成部分,是作战仿真领域研究的热点。CGF 系统的体系、框架和模型是进行系统开发的难点之一。美国 MÄK 公司的 VR - Forces 就以其基于分布式仿真结构、可配置的实体参数数据库模型,以及丰富的 C++ 类库和灵活的开发手段等特点成为 CGF 软件的典范。

本书作为 MÄK VR - Forces 的使用参考书,与《VR - Link 开发》一脉相承。全书以《VR - Forces Developer's Guide (Revision VRF - 3.11 - 2 - 080103)》为基础,并参考《VR - Forces Configure Guide》和《VR - Forces User's Guide》,力图从整体框架、基本思想、操作配置和设计开发等多个方面对 VR - Forces 进行阐述和介绍,以使相关的使用和开发人员能够较全面、深入地了解、掌握 VR - Forces。第 1 章导论,从分布式交互仿真 (DIS) 开始,分别对 DIS、HLA、CGF 等相关技术进行了介绍,并对 VR - Forces 的基本结构和思想进行阐述。第 2 章安装和配置 MÄK 系列产品,介绍安装和配置 MÄK 系列产品以及 VR - Forces 的主要配置文件。第 3 章 VR - Forces 入门,是使用 VR - Forces 的基础,包括启动和运行,实体、模型和地形的编辑制作等过程。第 4 章基于 VR - Forces 开发,对使用 VR - Forces 进行开发作简要介绍。第 5 章引擎——vrfSim,介绍 VR - Forces 仿真引擎的结构,以及后端 (vrfSim) API。第 6 章对象——Object,讨论如何创建和管理对象。第 7 章实体——Entity,讲述创建和操作实体。第 8 章组件——Component,论述创建和修改组件。第 9 章消息——Message,论述消息的传递机制。第 10 章通信——Communication,介绍远程控制 API 发送消息机制。第 11 章任务——Task,介绍任务、设置数据请求和报告,并论述如何增加任务。第 12 章计划——Plan,描述计划管理器、计划类和计划扩展。第 13 章地形——Terrain,介绍如何使用地形 API 及创建地形数据库和处理矢量数据。第 14 章远程——Remote,论述应用程序如何通过远程 API 控制一个或多个远程程序。

第 15 章文件——R&W Files,描述 VR - Forces 读写文件的功能。第 16 章辅助——Utility Class,论述仿真管理器以及其他顶层对象。第 17 章界面——GUI,介绍 GUI API 以及如何定制 GUI。第 18 章实例——Examples,介绍 VR - Forces 提供的实例,并给出作者在工程开发中的经验实例。附录对 rid.mtl、vrfSim.mtl、vrfGui.mtl 等配置文件参数进行说明,并给出了 MÄK RTI 的测试性能。

感谢海军航空工程学院飞行仿真技术研究所的张立民教授和姜本清教授,感谢海军大连舰艇学院装备仿真应用研究中心的康晓予主任,他们为本书提出了宝贵的意见。感谢原 MÄK 公司的蔡乐先生感谢北京赛四达公司对本书提供的支持。

经过对 MÄK 系列产品的应用,越来越发现重要的一点:MÄK 不是简单的 CGF 软件产品,而是一个体系结构,是一整套的 DIS 和 CGF 解决方案。本书对 VR - Forces 的相关知识进行了不同程度的介绍和论述,加之前期的《VR - Link 开发》,使读者对 MÄK 产品有了一定的了解。我们会继续努力,逐步推出 MÄK 系列产品的相关书籍,以飨读者。不妥之处在所难免,欢迎批评指正。邮箱:songzywb@hotmail.com。

编译者

2010 年 12 月于大连

# 目 录

|                                   |    |
|-----------------------------------|----|
| 第 1 章 导论 .....                    | 1  |
| 1.1 DIS .....                     | 1  |
| 1.2 HLA .....                     | 3  |
| 1.2.1 HLA 基本思想 .....              | 3  |
| 1.2.2 HLA 层次结构 .....              | 4  |
| 1.2.3 HLA 标准 .....                | 5  |
| 1.3 CGF .....                     | 9  |
| 1.3.1 CGF 的基本概念 .....             | 9  |
| 1.3.2 CGF 的特点 .....               | 10 |
| 1.3.3 CGF 系统的设计要求和原则 .....        | 11 |
| 1.3.4 CGF 模型 .....                | 12 |
| 1.3.5 CGF 的应用现状 .....             | 13 |
| 1.4 VR - Forces .....             | 17 |
| 1.4.1 软件层次 .....                  | 18 |
| 1.4.2 基于实体参数数据库的实体模型 .....        | 19 |
| 1.4.3 实体的行为仿真框架 .....             | 21 |
| 1.4.4 应用 .....                    | 23 |
| 第 2 章 安装和配置 MÄK 系列产品 .....        | 25 |
| 2.1 安装 MÄK 系列产品 .....             | 25 |
| 2.2 配置 MÄK License .....          | 27 |
| 2.3 VR - Forces 配置文件 .....        | 27 |
| 2.4 VR - Forces 和 VR - Link ..... | 33 |
| 第 3 章 VR - Forces 入门 .....        | 36 |
| 3.1 启动和运行方式 .....                 | 36 |
| 3.1.1 启动方式 .....                  | 36 |
| 3.1.2 运行方式 .....                  | 36 |
| 3.2 实体和模型编辑 .....                 | 38 |

|              |                                |           |
|--------------|--------------------------------|-----------|
| 3.2.1        | 实体编辑器 .....                    | 38        |
| 3.2.2        | 模型编辑器 .....                    | 38        |
| 3.2.3        | 图标编辑 .....                     | 39        |
| 3.3          | 地形制作 .....                     | 40        |
| 3.3.1        | 地形制作流程 .....                   | 40        |
| 3.3.2        | TDB Tools 使用 .....             | 41        |
| <b>第 4 章</b> | <b>基于 VR - Forces 开发 .....</b> | <b>47</b> |
| 4.1          | VR - Forces API 概述 .....       | 47        |
| 4.2          | 生成 VR - Forces 应用程序 .....      | 49        |
| 4.2.1        | 生成 VR - Forces 应用程序的选项 .....   | 49        |
| 4.2.2        | 重新生成 VR - Forces 应用程序 .....    | 50        |
| 4.2.3        | 使用 VR - Forces 工具包生成应用程序 ..... | 50        |
| 4.2.4        | 生成 GUI .....                   | 51        |
| 4.2.5        | 扩展 VR - Forces 应用程序 .....      | 53        |
| 4.2.6        | 创建和初始化仿真引擎 .....               | 54        |
| 4.2.7        | 生成例子 .....                     | 54        |
| <b>第 5 章</b> | <b>引擎——vrfSim .....</b>        | <b>55</b> |
| 5.1          | VR - Forces 仿真 API .....       | 55        |
| 5.1.1        | 创建 Plug - in .....             | 55        |
| 5.1.2        | 载入 Plug - in .....             | 56        |
| 5.1.3        | 建立扩展 vrfSim 程序 .....           | 56        |
| 5.1.4        | VR - Forces 嵌入第三方应用 .....      | 57        |
| 5.1.5        | 使用 DtCgf 类 .....               | 57        |
| 5.1.6        | 调用 DtCgf 构造函数 .....            | 57        |
| 5.1.7        | DtCgf 初始化 .....                | 58        |
| 5.1.8        | DtCgf 函数 .....                 | 58        |
| 5.2          | 定制或扩展仿真引擎 .....                | 59        |
| 5.2.1        | VR - Forces 工厂 .....           | 60        |
| 5.2.2        | VR - Forces 创建函数 .....         | 61        |
| 5.3          | 定制或扩展 vrfSim 应用 .....          | 62        |
| 5.4          | 运行时检查 VR - Forces 许可 .....     | 64        |
| <b>第 6 章</b> | <b>对象——Object .....</b>        | <b>65</b> |
| 6.1          | 对象管理器和仿真对象 .....               | 65        |
| 6.1.1        | 创建对象管理器 .....                  | 65        |

|       |                       |    |
|-------|-----------------------|----|
| 6.1.2 | 仿真对象 .....            | 65 |
| 6.1.3 | 本地和远程对象 .....         | 66 |
| 6.1.4 | 对象的空间组织 .....         | 67 |
| 6.2   | 对象管理器创建对象 .....       | 67 |
| 6.2.1 | 对象管理器选择对象子组件的方式 ..... | 68 |
| 6.2.2 | 标识对象 .....            | 70 |
| 6.2.3 | 查找对象 .....            | 70 |
| 6.2.4 | 对象类型 .....            | 71 |
| 6.2.5 | 对象名称 .....            | 71 |
| 6.2.6 | 梯队 ID .....           | 72 |
| 6.2.7 | 对象标签 .....            | 72 |
| 6.3   | 状态池 .....             | 72 |
| 6.3.1 | 实体状态的检查点 .....        | 73 |
| 6.3.2 | 对象参数 .....            | 73 |
| 6.3.3 | 对象几何特性 .....          | 74 |
| 6.3.4 | 运动状态 .....            | 75 |
| 6.3.5 | 附件管理器 .....           | 76 |
| 6.3.6 | 下属管理 .....            | 77 |
| 6.3.7 | 状态池层级 .....           | 78 |
| 6.3.8 | 在基类层次扩展状态池 .....      | 79 |
| 6.4   | 网络接口 .....            | 82 |
| 6.4.1 | 本地网络接口 .....          | 83 |
| 6.4.2 | 远程网络接口 .....          | 83 |
| 6.4.3 | 使用网络接口配置对象 .....      | 84 |
| 6.4.4 | 调整网络接口 .....          | 84 |
| 6.5   | 创建和管理对象 .....         | 84 |
| 6.5.1 | 对象工厂 .....            | 84 |
| 6.5.2 | 创建新的本地对象 .....        | 85 |
| 6.5.3 | 从仿真中删除本地仿真对象 .....    | 86 |
| 6.5.4 | 对象删除或添加时获取通知 .....    | 87 |
| 6.5.5 | 查找独立的对象 .....         | 88 |
| 6.5.6 | 在仿真对象中遍历 .....        | 88 |
| 6.5.7 | 对象判断 .....            | 91 |
| 6.5.8 | 仿真对象改变时通知应用程序 .....   | 93 |

|                             |           |
|-----------------------------|-----------|
| 6.5.9 重要的代码建议 .....         | 93        |
| 6.6 控制对象 .....              | 93        |
| 6.6.1 创建控制对象 .....          | 94        |
| 6.6.2 控制对象的几何特性 .....       | 94        |
| 6.6.3 控制对象参数 .....          | 94        |
| 6.6.4 标识控制对象 .....          | 95        |
| 6.7 对象参数数据库 API .....       | 95        |
| <b>第7章 实体——Entity</b> ..... | <b>97</b> |
| 7.1 组件和组件管理器 .....          | 98        |
| 7.1.1 传感器 .....             | 98        |
| 7.1.2 控制器 .....             | 99        |
| 7.1.3 执行器 .....             | 99        |
| 7.1.4 组件间通信 .....           | 100       |
| 7.2 创建实体 .....              | 100       |
| 7.3 管理本地和远程实体 .....         | 102       |
| 7.4 组织管理器 .....             | 103       |
| 7.4.1 实体的组织结构 .....         | 103       |
| 7.4.2 梯队 ID .....           | 104       |
| 7.4.3 组织管理器的运行方式 .....      | 105       |
| 7.4.4 查询组织结构 .....          | 106       |
| 7.4.5 层级结构发生变化时获取通知 .....   | 106       |
| 7.4.6 修改实体的层级 .....         | 106       |
| 7.4.7 伪聚合组织 .....           | 107       |
| 7.5 实体状态池 .....             | 108       |
| 7.5.1 实体参数 .....            | 108       |
| 7.5.2 参数类型字符串 .....         | 109       |
| 7.5.3 参数继承 .....            | 110       |
| 7.6 过程状态池 .....             | 111       |
| 7.6.1 创建和设置过程状态池 .....      | 113       |
| 7.6.2 扩展过程状态池 .....         | 115       |
| 7.7 任务管理器 .....             | 119       |
| 7.7.1 报告任务完成 .....          | 119       |
| 7.7.2 跳过任务 .....            | 119       |
| 7.7.3 响应上级请求的任务 .....       | 120       |

|        |                                 |     |
|--------|---------------------------------|-----|
| 7.7.4  | 处置“清理任务”消息 .....                | 120 |
| 7.8    | 数据设置管理器 .....                   | 120 |
| 7.9    | 资源管理器 .....                     | 121 |
| 7.10   | 装载 .....                        | 123 |
| 7.10.1 | 装载如何影响实体模型 .....                | 123 |
| 7.10.2 | 把环境对象附着在实体上 .....               | 124 |
| 7.11   | 实体通信 .....                      | 124 |
| 7.11.1 | VR - Forces 无线消息系统 .....        | 124 |
| 7.11.2 | VR - Forces 仿真内部消息系统 .....      | 124 |
| 第8章    | <b>组件——Component</b> .....      | 125 |
| 8.1    | 组件 .....                        | 125 |
| 8.1.1  | DtSimComponent 类 .....          | 125 |
| 8.1.2  | 组件参数和组件描述符 .....                | 126 |
| 8.1.3  | 组件内部通信 .....                    | 126 |
| 8.1.4  | 组件和状态池 .....                    | 126 |
| 8.1.5  | DtSimComponent::tick() 函数 ..... | 126 |
| 8.1.6  | 传感器 .....                       | 127 |
| 8.1.7  | 控制器组件 .....                     | 127 |
| 8.1.8  | 执行器 .....                       | 127 |
| 8.1.9  | 组件系统 .....                      | 127 |
| 8.1.10 | VR - Forces 提供的组件 .....         | 128 |
| 8.2    | 组件管理器 .....                     | 128 |
| 8.2.1  | 配置组件管理器 .....                   | 129 |
| 8.2.2  | 查询组件 .....                      | 129 |
| 8.2.3  | 创建组件 .....                      | 130 |
| 8.2.4  | 连接组件 .....                      | 131 |
| 8.2.5  | tick 组件 .....                   | 134 |
| 8.2.6  | 设置组件优先级 .....                   | 134 |
| 8.3    | 资源消耗模型 .....                    | 136 |
| 8.4    | 开火与爆炸处理 .....                   | 137 |
| 8.5    | 组件描述符 .....                     | 137 |
| 8.6    | 端口和端口组 .....                    | 138 |
| 8.6.1  | 端口组 .....                       | 138 |
| 8.6.2  | 组件连接 .....                      | 139 |

|        |                               |     |
|--------|-------------------------------|-----|
| 8.6.3  | VR – Forces 支持的输入输出端口类型 ..... | 140 |
| 8.6.4  | 通过输出端口发送数据 .....              | 141 |
| 8.6.5  | 通过输入端口提取数据 .....              | 141 |
| 8.6.6  | 通过端口组发送和提取数据 .....            | 142 |
| 8.6.7  | 创建组件的端口和端口组 .....             | 142 |
| 8.7    | 添加新的实体行为(创建执行器) .....         | 143 |
| 8.7.1  | 初始化执行器 .....                  | 143 |
| 8.7.2  | 标识组件类型 .....                  | 144 |
| 8.7.3  | tick 执行器 .....                | 145 |
| 8.7.4  | 向组件工厂中添加执行器组件 .....           | 147 |
| 8.7.5  | 生成并运行 myActuator .....        | 147 |
| 8.8    | 创建新控制器 .....                  | 147 |
| 8.8.1  | 创建控制器 .....                   | 148 |
| 8.8.2  | 创建组件描述符 .....                 | 150 |
| 8.8.3  | 在对象参数数据库中添加新控制器 .....         | 152 |
| 8.9    | 传感器 .....                     | 155 |
| 8.9.1  | 信号传感器概念 .....                 | 156 |
| 8.9.2  | 目标对象 .....                    | 156 |
| 8.9.3  | 信号传播 .....                    | 157 |
| 8.9.4  | 传感器组件 .....                   | 157 |
| 8.9.5  | 添加传感器域 .....                  | 157 |
| 8.9.6  | 雷达传感器 .....                   | 158 |
| 8.10   | 添加传感器组件 .....                 | 158 |
| 8.10.1 | 源文件、工程文件和剧情文件 .....           | 158 |
| 8.10.2 | 创建新传感器组件 .....                | 159 |
| 8.10.3 | 实现雷达告警接收器类 .....              | 159 |
| 8.10.4 | 创建新控制器组件 .....                | 162 |
| 8.10.5 | 把传感器连接到控制器 .....              | 162 |
| 8.10.6 | 向 VR – Forces 添加新组件 .....     | 165 |
| 8.10.7 | 配置实体可使用新组件 .....              | 166 |
| 8.11   | 使用 VR – Forces 组件代码生成器 .....  | 167 |
| 8.11.1 | 指定必需的组件信息 .....               | 168 |
| 8.11.2 | 指定输入端口和输出端口 .....             | 169 |
| 8.11.3 | 指定状态变量和参数 .....               | 170 |

|             |                                |            |
|-------------|--------------------------------|------------|
| 8.11.4      | 存储组件数据 .....                   | 170        |
| 8.11.5      | 载入组件描述文件 .....                 | 170        |
| 8.11.6      | 生成代码 .....                     | 171        |
| 8.11.7      | 配置组件代码生成器 .....                | 171        |
| <b>第9章</b>  | <b>消息——Message .....</b>       | <b>172</b> |
| 9.1         | 消息接口 .....                     | 172        |
| 9.2         | 发送接口消息 .....                   | 172        |
| 9.3         | 接收接口消息 .....                   | 174        |
| 9.4         | 创建新的接口内容 .....                 | 175        |
| 9.4.1       | 实现 type() 和 clone() 成员函数 ..... | 175        |
| 9.4.2       | 设置参数 .....                     | 176        |
| 9.4.3       | 创建网络描述 .....                   | 176        |
| 9.4.4       | 实现 netRepSize() .....          | 176        |
| 9.4.5       | 实现 setFromNet() .....          | 177        |
| 9.4.6       | 实现 setToNet() .....            | 177        |
| 9.5         | 消息类 .....                      | 178        |
| <b>第10章</b> | <b>通信——Communication .....</b> | <b>181</b> |
| 10.1        | 发送消息 .....                     | 181        |
| 10.1.1      | 发送仿真内部消息 .....                 | 182        |
| 10.1.2      | 发送无线消息 .....                   | 182        |
| 10.2        | 接收消息 .....                     | 182        |
| 10.2.1      | 消息接收回调成员函数 .....               | 182        |
| 10.2.2      | 接收特定类型的消息 .....                | 183        |
| 10.2.3      | 从指定源接收消息 .....                 | 183        |
| 10.3        | VR - Forces 仿真内部消息系统 .....     | 183        |
| 10.4        | VR - Forces 无线消息系统 .....       | 184        |
| <b>第11章</b> | <b>任务——Task .....</b>          | <b>186</b> |
| 11.1        | 任务和设置数据请求 .....                | 186        |
| 11.1.1      | 任务 .....                       | 186        |
| 11.1.2      | 任务类型 .....                     | 187        |
| 11.1.3      | 子任务 .....                      | 187        |
| 11.1.4      | 使用子任务 .....                    | 187        |
| 11.1.5      | 设置数据请求 .....                   | 189        |
| 11.2        | 任务消息 .....                     | 190        |

|               |                       |            |
|---------------|-----------------------|------------|
| 11.3          | 向实体添加新任务              | 190        |
| 11.4          | 从 DtSimTask 中派生新任务    | 191        |
| 11.5          | 处理不可实现的任务             | 192        |
| 11.6          | 添加用户任务                | 192        |
| 11.6.1        | 从 GUI 中配置用户任务         | 192        |
| 11.6.2        | 为用户任务添加控制器            | 193        |
| 11.7          | 创建新的 DtSetDataRequest | 196        |
| 11.8          | 报告                    | 197        |
| <b>第 12 章</b> | <b>计划——Plan</b>       | <b>198</b> |
| 12.1          | 计划管理器                 | 198        |
| 12.2          | 管理计划                  | 198        |
| 12.2.1        | 载入计划文件                | 199        |
| 12.2.2        | 把计划存入文件中              | 199        |
| 12.2.3        | 使用 API 调用创建新计划        | 199        |
| 12.2.4        | 访问对象的计划               | 200        |
| 12.3          | 计划管理程序                | 200        |
| 12.4          | 检查和变更计划               | 201        |
| 12.4.1        | 在计划语句里迭代              | 201        |
| 12.4.2        | 利用编程修改计划              | 202        |
| 12.5          | 执行计划                  | 203        |
| 12.5.1        | 初始的执行状态               | 204        |
| 12.5.2        | 计划开始执行                | 204        |
| 12.5.3        | 通过计划推进                | 204        |
| 12.5.4        | 完成任务                  | 205        |
| 12.5.5        | 触发器(或 When 语句)        | 205        |
| 12.5.6        | 放弃计划                  | 205        |
| 12.6          | 语句                    | 206        |
| 12.7          | 条件表达式                 | 207        |
| 12.7.1        | 条件表达式对象               | 207        |
| 12.7.2        | 条件表达式评估器              | 208        |
| 12.7.3        | 逻辑常数                  | 208        |
| 12.7.4        | 逻辑操作符                 | 208        |
| 12.7.5        | 资源操作符                 | 209        |
| 12.7.6        | 测试实体状态的条件表达式          | 209        |

|        |                               |     |
|--------|-------------------------------|-----|
| 12.7.7 | 随机算子 .....                    | 210 |
| 12.7.8 | 添加新类型的条件表达式 .....             | 210 |
| 12.8   | 触发器 .....                     | 212 |
| 第 13 章 | <b>地形——Terrain</b> .....      | 213 |
| 13.1   | 简介 .....                      | 213 |
| 13.2   | DtTerrainDatabase 类 .....     | 213 |
| 13.2.1 | 访问 DtTerrainDatabase 类 .....  | 214 |
| 13.2.2 | 地形交叉检测 .....                  | 215 |
| 13.2.3 | 坐标系统 .....                    | 215 |
| 13.2.4 | 地形几何结构 .....                  | 216 |
| 13.2.5 | 地形表面(土质类型) .....              | 217 |
| 13.3   | 查询地形数据库 .....                 | 217 |
| 13.4   | 矢量网络 .....                    | 219 |
| 13.4.1 | 线 .....                       | 220 |
| 13.4.2 | 区域 .....                      | 220 |
| 13.4.3 | 形状规范 .....                    | 221 |
| 13.4.4 | MÄK 规范模型 .....                | 222 |
| 13.4.5 | 查询矢量网络 .....                  | 222 |
| 13.4.6 | 检测所有的沿弦线的地形交叉 .....           | 223 |
| 13.4.7 | 使用度量查询矢量网络 .....              | 223 |
| 13.5   | 创建新的 DtTerrainDatabase .....  | 225 |
| 13.5.1 | 向数据库中添加三角形 .....              | 225 |
| 13.5.2 | 把地形节点从数据库中移除 .....            | 226 |
| 13.5.3 | 向数据库中添加形状数据 .....             | 226 |
| 13.5.4 | 更新矢量网络的范围 .....               | 229 |
| 13.5.5 | 移除形状数据 .....                  | 229 |
| 13.5.6 | PostProcessing .....          | 230 |
| 13.6   | 地形阅读器 .....                   | 230 |
| 13.6.1 | 创建新类别的地形阅读器 .....             | 231 |
| 13.6.2 | 地形形状阅读器 .....                 | 232 |
| 第 14 章 | <b>远程——Remote</b> .....       | 234 |
| 14.1   | 简介 .....                      | 234 |
| 14.2   | 使用远程控制 API .....              | 234 |
| 14.3   | 选择要控制的 VR - Forces 应用程序 ..... | 235 |

|               |                                 |            |
|---------------|---------------------------------|------------|
| 14.4          | 查找远程 VR - Forces 应用程序 .....     | 236        |
| 14.5          | 载入剧情 .....                      | 237        |
| 14.6          | 保存剧情 .....                      | 238        |
| 14.7          | 管理 VR - Forces 对象 .....         | 239        |
| 14.7.1        | 创建对象 .....                      | 240        |
| 14.7.2        | 修改和删除对象 .....                   | 240        |
| 14.7.3        | 改变实体的层级 .....                   | 241        |
| 14.8          | 任务和计划 .....                     | 241        |
| 14.9          | 批处理方式运行 VR - Forces 应用程序 .....  | 242        |
| 14.10         | 使用远程控制 API 生成应用程序 .....         | 242        |
| <b>第 15 章</b> | <b>文件——R&amp;W Files .....</b>  | <b>243</b> |
| 15.1          | 可读写对象 .....                     | 243        |
| 15.2          | 向文件中写入数据 .....                  | 243        |
| 15.3          | 从文件读取数据 .....                   | 244        |
| 15.4          | 多继承和 DtReaderWriter .....       | 246        |
| 15.5          | 阅读器/记录器注册 .....                 | 246        |
| 15.6          | 处理未指明的参数 .....                  | 248        |
| <b>第 16 章</b> | <b>辅助——Utility Class .....</b>  | <b>250</b> |
| 16.1          | 仿真管理器 .....                     | 250        |
| 16.1.1        | 仿真时间、演练时间和演练时钟 .....            | 250        |
| 16.1.2        | 用仿真引擎调度事件 .....                 | 251        |
| 16.1.3        | 发布后端的状态 .....                   | 252        |
| 16.1.4        | 操纵杆器件管理器 .....                  | 252        |
| 16.2          | 划分空间 .....                      | 252        |
| 16.2.1        | 空间划分容器 .....                    | 253        |
| 16.2.2        | 创建空间划分对象 .....                  | 254        |
| 16.2.3        | 扩展 DtSpatialSubdivision 类 ..... | 255        |
| 16.3          | 符号字符串 .....                     | 255        |
| 16.4          | VR - Forces 会话 .....            | 256        |
| 16.5          | 按批处理模式运行 VR - Forces 应用程序 ..... | 256        |
| <b>第 17 章</b> | <b>界面——GUI .....</b>            | <b>258</b> |
| 17.1          | 简介 .....                        | 258        |
| 17.1.1        | 插件方式或独立运行方式的应用 .....            | 258        |
| 17.1.2        | 工具包 .....                       | 258        |

|         |                                           |     |
|---------|-------------------------------------------|-----|
| 17.2    | VR – Forces GUI API 体系结构 .....            | 260 |
| 17.3    | 创建插件 .....                                | 262 |
| 17.3.1  | 插件入口点 .....                               | 262 |
| 17.3.2  | 事件信号器 .....                               | 264 |
| 17.3.3  | 载入插件 .....                                | 265 |
| 17.3.4  | 维护插件 .....                                | 265 |
| 17.4    | 创建独立的 GUI 应用程序 .....                      | 265 |
| 17.5    | 处理符号 .....                                | 266 |
| 17.5.1  | 模型数据 .....                                | 266 |
| 17.5.2  | DtViewDriver .....                        | 266 |
| 17.5.3  | 创建和修改符号 .....                             | 266 |
| 17.5.4  | 创建新类型的模型数据和符号 .....                       | 269 |
| 17.5.5  | 添加和改变符号更新器 .....                          | 271 |
| 17.6    | 事件控制器和事件处理器 .....                         | 274 |
| 17.6.1  | 事件控制器 .....                               | 274 |
| 17.6.2  | 事件处理器 .....                               | 275 |
| 17.6.3  | 创建事件处理器 .....                             | 275 |
| 17.6.4  | 注册事件处理器 .....                             | 276 |
| 17.6.5  | 获取事件处理器的句柄 .....                          | 276 |
| 17.6.6  | 向插件程序添加事件处理器 .....                        | 277 |
| 17.7    | 使用 DtVrfGuiDefaultFactory 工厂添加功能 .....    | 277 |
| 17.8    | 定制 GUI .....                              | 279 |
| 17.8.1  | 应用程序窗口初始化 .....                           | 279 |
| 17.8.2  | 添加工具栏 .....                               | 281 |
| 17.8.3  | 创建和编辑菜单 .....                             | 283 |
| 17.8.4  | 在地形图上绘图 .....                             | 290 |
| 17.8.5  | 在地形图上直接绘图 .....                           | 291 |
| 17.8.6  | 改变对话框 .....                               | 292 |
| 17.8.7  | 战术图层 .....                                | 292 |
| 17.9    | 转换坐标系统和单位 .....                           | 297 |
| 17.9.1  | DtTMUnitConverterCollection .....         | 297 |
| 17.9.2  | DtTerrainCoordinateSystemCollection ..... | 298 |
| 17.10   | 检测通视性交叉 .....                             | 299 |
| 17.10.1 | 计算实体交叉 .....                              | 299 |