

# 单兵装备

人机工程建模、仿真与评价

——应用篇

陈晓 钮建伟 蒋毅 编著



科学出版社

# 单兵装备人机工程建模、 仿真与评价——应用篇

陈晓 钮建伟 蒋毅 编著



科学出版社

北京

## 内 容 简 介

本套书是作者根据十多年从事单兵装备研究开发和人机工程基础科研的实践经验,本着力求全面反映单兵装备人机工程学的最新发展和理论与工程实践相结合、装备与技术进步相促进的原则而编著的。全套书分为基础篇、应用篇两册,共7章。系统总结了国内外相关领域的高新技术和作者的最新研究成果,内容翔实,并且加入了单兵装备人机工程建模、仿真与评价的大量成功案例,可谓点面结合、深入浅出,实用性强。

读者通过本套书既可以学习单兵装备人机工程学的基本理论和基础知识,也能通过大量实例掌握单兵装备在概念设计、样机设计、样机试制和装备使用全过程中的工程实践方法,是一本单兵装备人机工程管理与应用技术的工具书,可作为相关学校院所的培训教材,也可作为广大军事装备科研人员、管理人员及军事领导干部的参考用书。

### 图书在版编目(CIP)数据

单兵装备人机工程建模、仿真与评价:基础篇、应用篇/陈晓,钮建伟,蒋毅编著. —北京:科学出版社,2013

ISBN 978-7-03-035944-5

I. 单… II. ①陈… ②钮… ③蒋… III. 单兵-武器装备-人-机系统-研究 IV. E237-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 259747 号

责任编辑:姚庆爽 / 责任校对:张怡君  
责任印制:张 倩 / 封面设计:耕 者

科 学 出 版 社 出 版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

北京通州皇家印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

\*

2013 年 1 月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2013 年 1 月第一次印刷 印张:20 3/4

字数:479 000

定价:168.00 元(全二册)

(如有印装质量问题,我社负责调换)

# 目 录

第 5 章 单兵装备人机工程半实物仿真与评价	289
5.1 概述	289
5.1.1 半实物仿真定义及特点	289
5.1.2 半实物系统中的虚拟现实技术	293
5.1.3 模拟环境气候仓的发展及应用	300
5.1.4 交互式作战仿真系统的发展及应用	301
5.1.5 单兵装备人机工程效能评估系统	306
5.2 战场环境模拟	307
5.2.1 三维模型设计	308
5.2.2 战场环境视景驱动	313
5.2.3 战场环境的生成	314
5.2.4 战场环境的编程控制	315
5.3 模拟环境气候仓	316
5.3.1 模拟环境气候仓构成	316
5.3.2 模拟环境气候仓性能	318
5.3.3 模拟环境气候仓的应用	319
5.4 交互式作战仿真系统	320
5.4.1 交互式作战仿真系统开发	321
5.4.2 人机交互接口的设计实现	326
5.4.3 网络通讯设计	335
5.4.4 随机事件生成模块设计	337
5.4.5 计算机生成兵力设计	340
5.4.6 其他模块设计	343
5.5 智能虚拟步行训练系统	345
5.5.1 智能虚拟步行训练系统的应用	346
5.5.2 数据采集与评价技术	348
5.5.3 场景创作	348
5.5.4 系统实验	350
5.6 单兵装备人机工程效能评估	352
5.6.1 生理及生物力学监测技术	352
5.6.2 生理及生物力学测试设备	357
5.6.3 疲劳评估专家系统的实验与实现	361
5.6.4 单兵装备人机工程效能评估实例	376

5.7	本章小结	385
<b>第6章</b>	<b>单兵装备人机工程实物评价</b>	<b>386</b>
6.1	概述	386
6.1.1	单兵装备人机工程实物评价的内容	386
6.1.2	单兵装备人机工程实物评价的特点	387
6.2	单兵装备人机工程人体测试评价	387
6.2.1	军用鞋靴足底压力的舒适性测试分析	388
6.2.2	军用防护服工效人体评价试验	393
6.2.3	个人冷却降温系统调查验证	396
6.2.4	新型单兵携行具效能验证	400
6.2.5	防护携行装备的关节活动范围和姿势舒适性试验	403
6.2.6	实时监控单兵生理状况	407
6.2.7	排爆单兵装备工效分析	412
6.2.8	军盔分号尝试及佩戴试验	421
6.2.9	头盔与防毒面具的匹配性设计及气密性实验	424
6.2.10	救生衣姿态测量仪器研制及应用	427
6.3	单兵装备人机工程模型测试评价	429
6.3.1	单兵装备任务负荷分析评价	430
6.3.2	头盔工效学性能测试评价技术	434
6.3.3	头部通风散热性能研究模型	445
6.3.4	军用防护服舒适性测试	448
6.3.5	暖体假人模拟人体热反应模型	451
6.3.6	全脸面罩防爆性能试验分析	455
6.3.7	携行具背架设计的校核模型	463
6.3.8	叠层靶板弹道侵彻模型	466
6.4	单兵装备综合评价方法	472
6.4.1	综合评价过程概述	473
6.4.2	综合评价指标确定	477
6.4.3	综合评价权重系数确定	477
6.4.4	士兵系统评价实例	479
6.5	本章小结	484
<b>第7章</b>	<b>单兵负荷运动生物力学建模与应用</b>	<b>485</b>
7.1	概述	485
7.1.1	单兵负荷运动的困境	485
7.1.2	运动生物力学的概念与发展	487
7.1.3	运动生物力学的研究任务和方法	488
7.2	单兵携行系统的现状与发展	492
7.2.1	单兵携行系统的现状	492

---

7.2.2	外骨骼携行系统的前沿研究	496
7.2.3	单兵外骨骼技术发展的意义	506
7.3	人体动作结构的生物力学基础	507
7.3.1	人体动作结构和动作系统	507
7.3.2	人体基本运动动作形式	508
7.3.3	人体环节的划分	510
7.3.4	步态的生物力学基础	511
7.4	单兵负荷运动生物力学建模与仿真	527
7.4.1	人体模型简化及动力学建模	527
7.4.2	单兵下肢惯性参数获取	536
7.4.3	单兵负荷运动实验分析	538
7.4.4	单兵负荷行走的动力学仿真	546
7.5	外骨骼系统的生物力学设计实例	558
7.5.1	主动外骨骼系统的生物力学设计与验证	558
7.5.2	准被动外骨骼系统的生物力学分析	563
7.5.3	外骨骼助跃系统的实验设计与机构仿真	570
7.6	未来外骨骼系统的生物力学研究展望	577
7.7	本章小结	578
	<b>参考文献</b>	579
	<b>附录</b>	582
附录 A	标准头面型的描述参数和特征层序号	582
附录 B	不同百分位数主要人体测量尺寸数据及身高体重简化比例	585
附录 C	人体主要关节活动自由度及活动范围测量数据参考	598
附录 D	人体表面区域划分及可达性等级	599
附录 E	人体关节舒适性实验数据参考	601
附录 F	士兵系统人机工程综合评价指标体系及权重系统参考	602
附录 G	常规防护携行系统人机工程综合评价指标体系及权重系统参考	605
附录 H	士兵系统的人机接口关系和人机工程要求参考	608



## 第5章 单兵装备人机工程半实物仿真与评价

### 5.1 概 述

单兵装备人机工程半实物仿真与评价技术是以相似原理、信息技术、系统理论、军需专业技术为基础，以计算机、生理生化仪器和运动辅助装置为工具，利用系统模型对实际的或设想的单兵装备系统进行实验研究的一门综合性技术。从人-单兵装备-环境角度出发，本章所关注的重点是单兵装备的人机工程仿真与评价的方法，通过搭建虚拟战场环境和自然气候环境仓，开发交互式作战仿真和智能虚拟步行系统对人-单兵装备进行嵌入仿真，通过人机工程专家评估系统对单兵装备的性能进行评价。本章全方位关注人-单兵装备-环境系统的关系，通过半实物仿真对场地、空间、业务进行拓展，模拟各种复杂的自然环境、复杂的战场条件和系列的战术行动，结合专家系统为单兵装备提供全方位的工程学评价。本套书第2、3章的单兵人体三维建模和单兵装备的数字化设计是本章的基础，第4章单兵装备人机工程数字化仿真与评价与本章分别从纯数字化和半实物两种不同的角度对装备人机工程性能进行仿真与评价。将装备实物和实验人员嵌入系统进行仿真是本章的主要特点。

#### 5.1.1 半实物仿真定义及特点

使用系统模型对系统本身进行研究，是人类研究自然界最古老的工程方法之一。半实物仿真是指在仿真实验系统的仿真回路中接入所研究系统的部分实物进行仿真，这一称谓是国内仿真界对这一类系统仿真方法和相应的仿真系统的一种通俗而习惯的称谓，其准确的含义是：Hardware In the Loop Simulation (HILS)，即回路中含有硬件的仿真。半实物仿真作为仿真技术的一个重要分支，涉及的领域极其广泛。从某种角度上而言，一个国家的半实物仿真技术的发展水平能体现其国家整体科技实力。

半实物仿真技术是伴随着自动化武器系统的研制及计算机技术的发展迅速发展起来的。信息化战争中，作为“基本作战单元”的士兵依然起着最后的决定性作用，随着“士兵系统”概念的引入，单兵及其装备正逐渐成为一个完整的、紧密结合的战斗武器系统，包括：武器子系统，头盔子系统，计算机、电台子系统（CRS），软件子系统，防护服和个体装备子系统。这些新装备的加入，使单兵装备与大型武器平台和作战装备一样，具有复杂的人机界面、强大的功能和精密的结构，系统级的半实物仿真检验和虚拟训练显得尤为重要，迫切需要结合半实物仿真技术从人机工程学的角度为士兵系统提供一套客观的衡量标准，为优化设计提出合理化建议。

单兵装备半实物仿真系统一般由五个部分组成：仿真设备如各种计算机虚拟战场环境、模拟环境气候仓等；参试单兵装备如携行具、迷彩作战服、背囊、战斗背包、防弹头盔、作战靴等；交互接口设备，如数字、模拟量接口、姿态采集接口、生理生化测试仪器等；试验控制台如仿真试验进程控制计算机、参试人员等；支持服务系统如软件控制平台、实验数据记录、专家分析系统与文档处理等应用软件。

半实物仿真技术将单兵装备、参试人员与战场环境仿真设备、计算机仿真模型、战场环境模拟设备、生理生化检测设备、实验控制台等结合在一起进行试验。在这种试验中，参试装备人机工效性能的动态特性、静态特性和非线性因素等都能真实地反映出来，因此它是一种更接近实际的仿真试验技术。这种仿真技术可用于修改参试单兵装备设计（即在装备尚未进行部队列装之前，通过半实物仿真来验证设计性能，若装备性能指标不满足设计要求，则可调整参数，或修改设计），同时也广泛用于产品的修改定型、产品改型和出厂检验等方面。

单兵装备半实物仿真系统实例组成如图 5-1 所示。以参试人员为中心的单兵装备半实物仿真系统，包括：高沉浸感的大场景虚拟战场环境，为参数人员提供开阔的虚拟运动空间和复杂的地形、地物条件和多类型的武器装备，以满足长时间、远距离、高强度的复杂多样化的战术行动模拟；提供分队战术级的计算机生成兵力，与参试人员进行战术对抗演练；模拟环境气候仓提供热、湿、雨、淋、日照等典型的自然气候，提供不同作战自然环境；单兵装备作为测试对象之一，是实际列装或在研的单兵装备；人机交互式接口提供人-机之间的互动手段和生理生化测试接口，实现参试人员在仿真环境中的无缝嵌入；生理生化检测设备对人体机能进行实时采集分析；软件控制平台控制实验进程，专家分析系列提供评价规则和指标，对装备的实际应用性能进行评估。

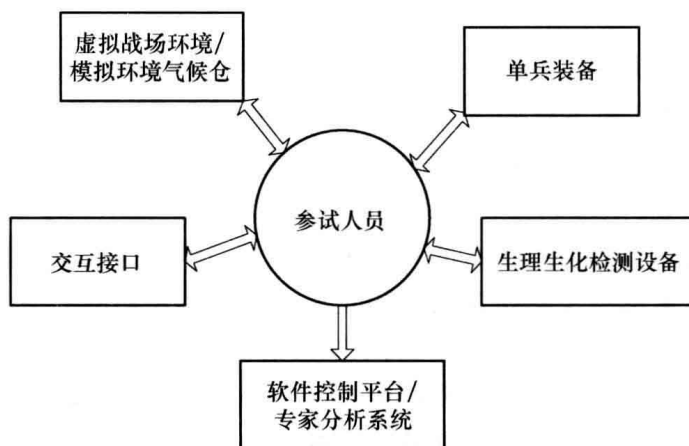


图 5-1 单兵装备半实物仿真系统实例

用于测试单兵装备性能的单兵装备人机工程半实物仿真系统运行如图 5-2 所示。单兵装备半实物仿真系统的特点是：实时仿真，即仿真模型的时间标尺和自然时间标尺相同，重点要解决参试人员、装备与仿真装备、实验控制台之间的接口问题。



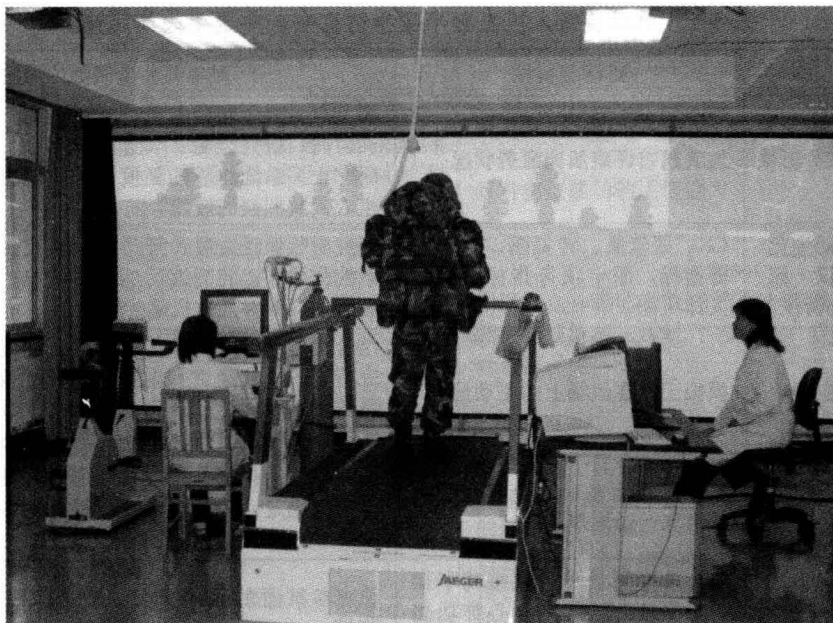


图 5-2 单兵装备人机工程半实物仿真系统运行图

该实验系统直接支持“士兵是系统”这一理念，从而使装备开发遵从“以练为战”、“以战代练”的原则，采用仿真训练与测试评估相结合的方式。半实物仿真基于计量学原理，利用传感器技术，通过仿真学、生物力学、生理学、生物化学、运动学、心理学等手段，从系统分析的角度结合人工智能的方法，定量地研究模拟实战时的“士兵-单兵装备-战场环境”系统工程。将单兵及装备系统置于人工气候、虚拟战场环境中进行战术对抗；半实物仿真测试数据进行综合管理和分析。

该实验系统的效能评估的测试指标体系按信息化战争条件下单兵的五大作战能力进行划分，包括，能对装备的疲劳程度、平衡性、适体性以及应激反应等指标进行针对性评价。并且，通过半实物仿真，实际评估的不单是工效学性能和人机工程效能，尚包括装备自身的部分工作性能（尤其是信息装备），是对综合作战效能的演示评估。

(1) 毁伤。

杀敌数、命中率。

(2) 机动。

时间、距离、坡度、负重、生理生物力学指标。

(3) 生存。

时间、被击中次数、击中部位、事故率、死亡率。

(4) 维持。

时间、气温、装备损坏、弹药量、口粮量、睡眠状况、电器能耗、生理生化指标。

(5) 指控。

错误率、操作可达性、敌情态势传输效果、拐角射击成功率。

典型的实验手段及其对单兵装备人机工程研究的具体用途见表 5-1。

表 5-1 单兵装备人机工程半实物仿真系统主要手段与用途

种 类	名 称	指标与特性	对单兵装备研制的用途
生物化学	血乳酸分析仪	血乳酸, 评定肌肉疲劳状况	研究单兵最大和适宜负荷量; 研究行军的最佳速度和时间; 研究鞋靴、背包、携行具的形式和种类; 研究士兵系统作战的强度和在人机工程要求; 研究救生衣武装泅渡的效能
	半自动生化分析仪、尿液分析仪	CK、尿素氮、转氨酶、球蛋白等指标, 尿十项等指标, 评价人体机能	研究服装保暖透湿和舒适性; 研究负重行军、士兵系统作战和武装泅渡后的人体机能; 研究野营睡袋和野战口粮对人体机能的影响
行进装置	自适应跑台	模拟士兵在战场上的主动运动	结合生理学测试, 研究单兵最大和适宜负荷量; 研究行军的最佳速度和时间; 研究鞋靴、背包、携行具的形式和种类; 研究士兵系统作战中的强度和在人机工程要求; 研究外骨骼系统的人体运动基础数据
	攀登式功率计	模拟攀登运动, 结合心肺功能仪监测运动生理状况	研究鞋靴、背包、携行具的形式和种类, 并通过跃下研究稳定性和抗冲击性; 研究士兵系统的人机工程要求
	功率自行车	作为功率测量平台模拟骑车运动, 测量血压并结合心肺功能仪监测运动生理状况	评定参试者的运动能力; 研究单兵最大和适宜负荷量
生理学	心率遥测表	实时监测心率并通过软件统计分析	研究单兵最大和适宜负荷量; 研究行军的最佳速度和时间; 研究鞋靴、背包、携行具的形式和种类; 研究士兵系统作战中的强度和在人机工程要求
	运动心肺功能仪	摄氧量、呼出二氧化碳量、呼吸频率、呼吸储备、呼吸熵、肺通气、氧呼吸当量、二氧化碳呼吸当量、每心率氧增量、心率储备、代谢当量、肺通气等指标, 反映心脏兴奋水平、肺功能状态、代谢能力、能耗	
	十二导心电图	描记心电图各参数的变化规律	
	肌电描记仪	描记肌肉的电信号变化, 研究肌肉间协调程度、收缩类型及强度, 判断肌肉疲劳程度及损伤	
	生物反馈测试仪	心电、肌电、皮传导、皮温、脑电、血流量、呼吸强度等指标, 通过微弱变化反映紧张、焦躁、沮丧等情绪	
生物力学	三维测力台	人体运动中对地面压力的六自由度分量以及重心位置	研究背包、携行具对人的静态重心、动态平衡、机动性的影响; 士兵系统配重的合理性; 研究鞋靴减震及对人足所造成的疲劳
	足底压力分布鞋垫	99个传感器, 步态中脚底压力分布的时间历程、压力中心位置等	研究背包、携行具、外骨骼对人步态的影响; 研究鞋靴舒适性、减震性、稳定性、合体性等
	压力分布大垫	256个传感器, 大面积压力分布的时间历程、压力中心位置等	研究背包、携行具等对人体表面的压力分布, 是舒适性、稳定性、合体性的客观指标
	压力分布小垫	9个传感器, 小面积压力分布的时间历程	通过随意粘贴, 研究军盔乃至多功能头盔系统对头顶的压力分布, 为悬挂系统设计和头面部装备规划提供数据; 研究鞋垫或大垫所不便测量的其他部位的压力分布, 如鞋顶、肩部等

续表

种类	名称	指标与特性	对单兵装备研制的用途
运动学	三维定位仪	12 导 6 自由度空间实时定位, 用以采集士兵姿态, 实现跑台速度自适应, 并计算模拟射击的弹道	研究背包、携行具以及士兵系统对人的平衡性和机动性影响; 作为作战仿真系统的重要组件, 评估士兵对虚拟战场的适应能力
作战仿真系统及网络	硬件平台	双通道图形工作站、投影仪及边缘融合器、大屏幕、音响系统	用以建立并驱动虚拟场景、士兵及装备模型; 多功能头盔系统的三维设计与演示; 炊事挂车的三维设计与演示等
	软件平台	MultiGenCreator Pro、Multi-Gen Vega、Special Effects 模块及 DI-Guy 模块	
	USB 交互接口	控制虚拟场景的转向并实现模拟射击	演示评估士兵的生存能力, 如错误率、命中率及死亡率; 结合生理、生化及生物力学测试, 评估士兵的舒适性、疲劳、负荷量、代谢量等指标; 演示评估装备的质量、稳定性, 乃至士兵系统的操作可达性、便利性、能耗、模块干涉性、配重、噪音、散热及指挥控制能力; 训练士兵和指挥官
	模拟枪	模拟射击	
	海岛场景、登陆作战仿真系统及网络	利用硬件和软件平台开发	
模拟气候	空调、环境仓	大功率、冷暖、风、淋雨、日照	研究在不同气候下的单兵负荷量和其他实验

### 5.1.2 半实物系统中的虚拟现实技术

虚拟现实技术是半实物仿真的环境基础, 根据单兵装备与人员密切相关的特点, 运用计算机对现实世界进行全面仿真的技术, 采用以计算机技术为核心的技术手段生成逼真的视、听、触觉一体化的特定范围的虚拟环境, 使参试人员融入场景中, 从而获得接近实际的效果。针对人机工程半实物仿真的应用背景, 虚拟现实技术侧重通过实现大场景、高沉浸感, 提升测试的准确性。

#### 5.1.2.1 虚拟现实的概念及特征

虚拟现实又称灵境技术, 是以沉浸感、交互性和构想为基本特征的计算机高级人机界面, 综合利用计算机图形学、仿真技术、多媒体技术、人工智能技术、计算机网络技术、并行处理技术和多传感器技术, 模拟人的视觉、听觉、触觉等感觉器官功能, 使人能够沉浸在计算机生成的虚拟境界中, 并能够通过语言、手势、姿态等自然的方式与之进行实时交互, 创建了一种适人化的多维信息空间。使用者不仅能够通过虚拟现实系统感受到在客观物理世界中所经历的“身临其境”的逼真性, 而且能够突破空间、时间以及其他客观限制, 感受到真实世界中无法亲身经历的体验。

虚拟现实具有沉浸 (Immersion)、交互 (Interactivity) 和构想 (Imagination) 等三个基本特征 (图 5-3)。

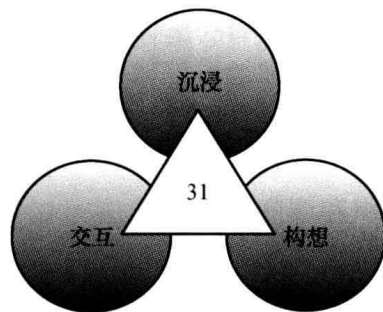


图 5-3 虚拟现实的 3I 特征  
虚拟现实技术

沉浸感 (Immersion) 又称临场感, 是虚拟现实最重要的技术特征, 是指参试人员借助交互设备和自身感知觉系统, 置身于虚拟环境中的真实程度。理想的虚拟环境应该使参试人员难以分辨真假, 使参试人员全身心地投入到计算机创建的三维虚拟环境中, 如图 5-4 所示, 该虚拟环境包括丘陵、瀑布、河流、房屋和树木, 场景中的一切看上去是真的, 听上去是真的, 动起来是真的, 甚至闻起来、尝起来等一切感觉都是真的, 如同在现实世界。

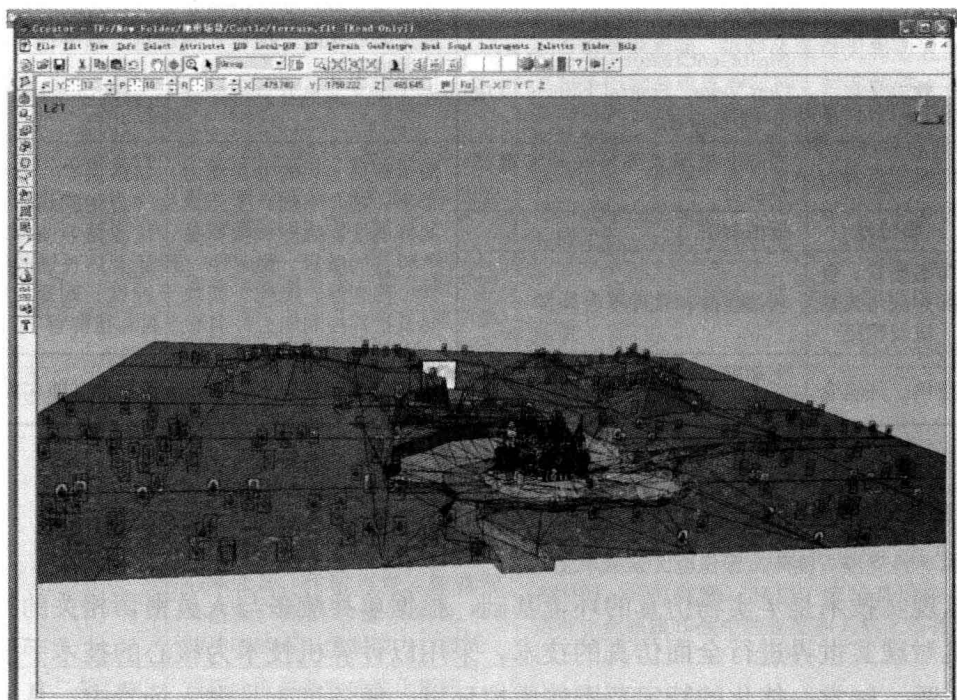


图 5-4 计算机生成的虚拟场景

单兵装备人机工程仿真评价应用中, 环境声音主要是武器装备在作战过程中所发出的诸如发动机轰鸣、枪炮开火、弹药爆炸等声响。这些声响的特点是都具有确切的空间位置和声音效果, 通过可描述空间声响的软件 (如 Direct 3D) 就可以把声音的定位信息通过音响系统传递给参试人员。喧嚣的战场音响可以营造出生动逼真的战场氛围。

在战场环境仿真应用中, 参与可视化处理的场景数据包括三维地形模型、三维地物模型和地形地物的表面纹理 (如果考虑到综合战场环境的构成, 还应该包括武器装备模型及其纹理以及烟火特效、声效等数据), 其数据量十分庞大。如图 5-5 所示, 为增强虚拟环境的真实感, 通常采用专业的图形工作站, 按人类视觉认知的规律来组织和调度场景数据: 从固定视点注视客观物体时, 离视觉中心越近的部分在视网膜上的成像越清晰, 越远其成像越模糊; 从不同视距观察客观物体时, 离物体越近, 看到的物体的细节就越丰富。

交互性 (Interaction) 是指参试人员通过使用专门的输入和输出设备, 用人类的自然感知对虚拟环境中物体的可操作程度和从环境得到反馈的自然程度。



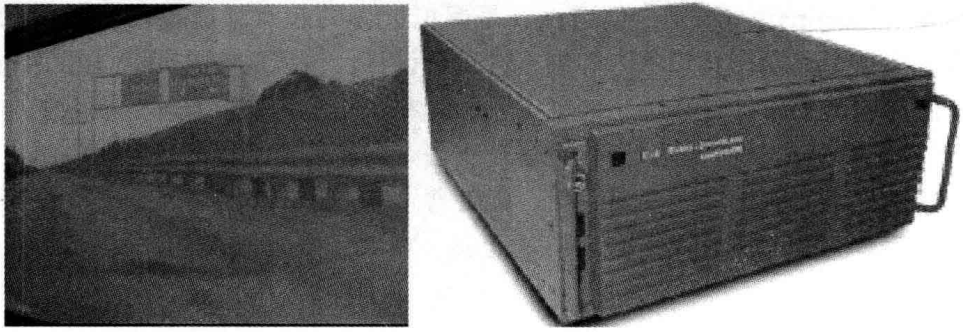


图 5-5 可视化战场环境及图形工作站

虚拟现实系统强调人与虚拟世界之间以近乎自然的方式进行交互,即参试人员不仅通过传统设备(键盘和鼠标等)和传感设备(特殊头盔、数据手套和6自由度的人体姿态采集设备如图5-6 Fastrak人体姿态采集设备等)。使用自身的语言、身体的运动等自然技能也能对虚拟环境中的对象进行操作,而且计算机能够根据参试人员的头、手、眼、语言及身体的运动来调整系统呈现的图像及声音。

针对单兵装备人机工程仿真评价应用,采用大型运动平台、攀登式功率设备、功率自行车、测力台等装置(图5-7)提供具有一定功率负荷的外部运动环境,以此检验装备对人体动作带来的影响,包括装备操作的便捷性,也包括装备的形状、位置和重量对战术行为的影响。

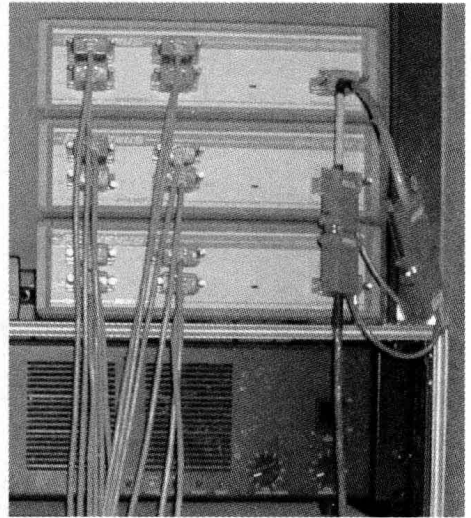


图 5-6 Fastrak 人体姿态采集设备

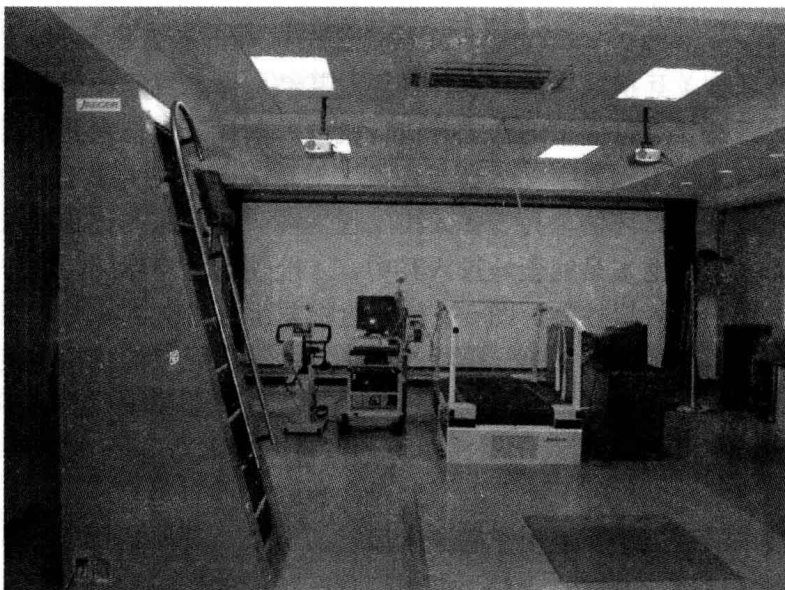


图 5-7 运动平台、功率自行车、攀登式功率计、测力台等

构想性 (Imagination) 又称创造性, 是虚拟世界的起点。虚拟现实系统的设计者借助虚拟现实技术, 发挥其想象力和创造性进行设计。传统的方法是极少数内行人花费大量的时间和精力去设计许多量化的图纸, 而现在采用虚拟现实技术进行仿真, 设计者的思想以通过虚拟方式将完整的携行具呈现出来, 如图 5-8 所示的复杂建筑物, 通过虚拟现实方式展现也简明生动, 一目了然, 能使普通观众也能体会其中的设计。所以有些学者称虚拟现实为放大或夸大人心的工具, 或人工现实 (Artificial Reality), 即虚拟现实的构想性。

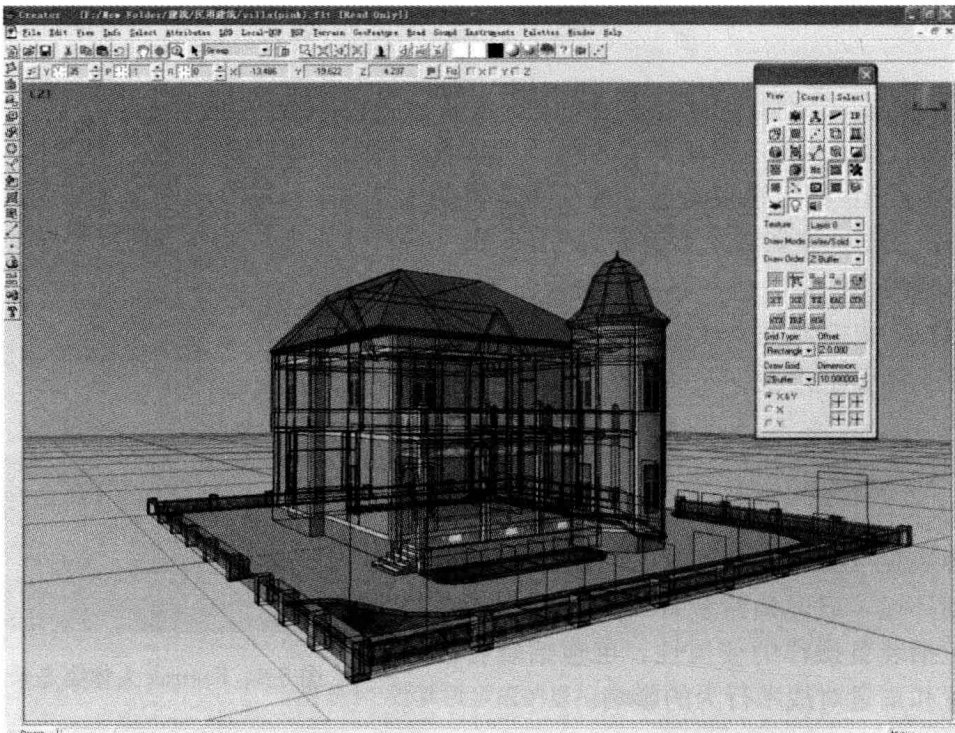


图 5-8 建筑物构建

例如, 建造新型单兵携行具前, 设计师要对其结构做细致的构思。单兵的头盔、防毒面具乃至鞋靴都需要进行细致的构想并进行验证。单兵装备特别是军需装备的建模参见第 4 章单兵装备人机工程数字化仿真与评价, 对单兵装备的建模进行了细致的描述。要通过虚拟的战场环境, 评估单兵装备人机工程性能, 不仅需要让参试人员达到身体上完全的沉浸, 而且精神上也是完全地投入其中, 才能使行为自然化, 原原本本反映单兵装备实际使用过程中的人机性能。图 5-9 是一迷彩军营的建模, 其图案和颜色均取自真实装备, 同时进行了可视化的加工。值得注意的是战场诸元素的虚拟建模是其中的重要环节, 要使设计源于自然世界, 同时要超过自然世界进行全局体现。

#### 5.1.2.2 虚拟现实技术的发展阶段

虚拟现实技术的发展主要经历了三个阶段:

第一阶段是 20 世纪 50~70 年代, 即虚拟现实技术的探索阶。1965 年, Sutherland 在篇名为《终极的显示》的论文中首次提出了包括具有交互图形显示、力反馈设备以及



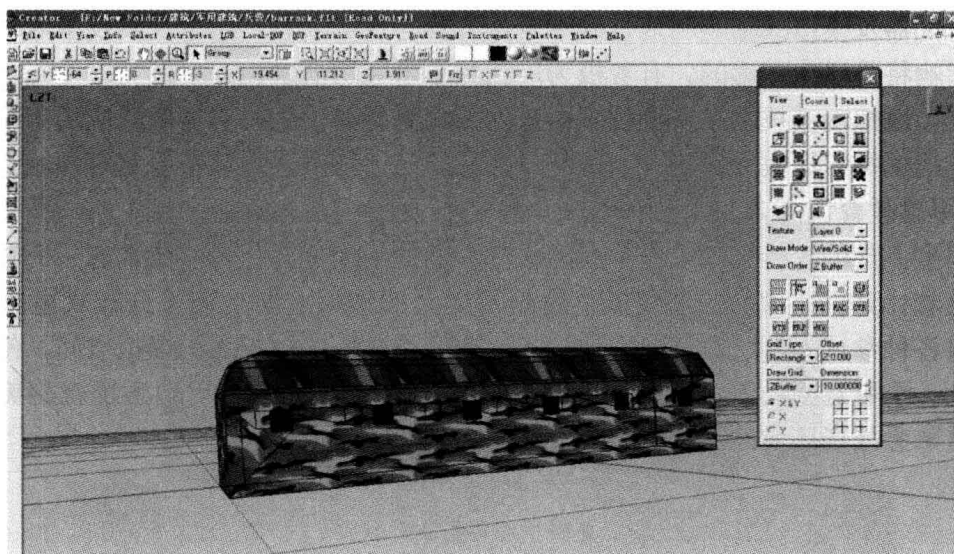


图 5-9 迷彩兵营构建

声音提示的虚拟现实系统的基本思想。从此，人们正式开始了对虚拟现实系统的研究探索历程。1966年美国MIT的林肯实验室正式开始了头盔式显示器的研制工作。1970年出现了第一个功能较齐全的HMD系统。

第二阶段是80年代初到80年代中期，即虚拟现实技术基本概念的形成和实际应用阶段。美国JaronLanier在80年代初正式提出了“Virtual Reality”一词。80年代，美国宇航局（NASA）及美国国防部组织了一系列有关虚拟现实技术的研究，并取得了令人瞩目的研究成果，从而引起了人们对虚拟现实技术的广泛关注。1984年，NASA的Jnes研究中心虚拟行星探测实验室的McGreevy和Humphries博士组织开发了用于火星探测的虚拟环境视觉显示器，将火星探测器发回的数据输入计算机，为地面研究人员构造了火星表面的三维虚拟环境。在随后的虚拟交互环境工作站（VIEW）项目中，他们又开发了通用多传感个人仿真器和遥感设备。

第三阶段是80年代末至今，即虚拟现实技术的全面发展时期。进入21世纪，迅速发展的计算机硬件技术与不断改进的计算机软件系统相匹配，使得基于大型数据集的声音和图像的实时动画制作成为可能：人机交互系统的设计不断创新，新颖、实用的输入输出设备不断地进入市场，为虚拟现实系统的发展打下了良好的基础。

### 5.1.2.3 虚拟现实技术在军事上的应用

虚拟现实技术的发展源于航天和军事部门，其最新技术成果往往被率先用于航天和军事领域。虚拟现实系统由于具有良好的可控性、安全性、无破坏性、不受气象影响、不受空间和场地限制、可多次重复使用及系统运转费用低等特点，因此引起世界各国军界高度关注。21世纪军事科技的发展更为依赖于虚拟现实技术，同时也对虚拟现实技术提出日趋增高和复杂的要求。虚拟现实技术将为单兵装备确定需求，设计、制作样机，批量生产，为部队的模拟训练、战备，为制定合成作战条令和应急计划，为战后评估及战史分析等几乎全部军事活动提供一种一体化的虚拟作战环境。虚拟现实技术有助

于从虚拟武器及模拟战场顺利地过渡到真实武器与现实战场，虚拟现实技术对各种军事活动的影响将是极为深远的，有着极为广泛的军事应用前景。

迄今，虚拟现实技术在军事领域中正发挥着重要的作用，它被广泛应用于军事教育训练、作战模拟、作战分析研究、作战任务保障与评估及武器装备研制等领域。

### 1) 军事教育训练

对军事人员的战略规划、作战和防护等方面的培训是虚拟现实技术的一个普遍应用领域。随着计算机技术的最新发展，为模拟更大的作战空间出现了分布式虚拟现实系统，它将各种参试人员（观测者）连接在一起，共享同一个较大的虚拟空间，使参试人员们达到一个更宽阔的教育训练环境。如图 5-10 所示虚拟作战培训系统就是美军训练作战人员熟悉战场环境的系统。



图 5-10 虚拟作战培训系统

采用虚拟现实的作战系统进行军事训练主要用于提升高、中、低级指挥员的指挥、谋略、决策的水平，单兵和群体技能水平的训练等。雷达侦察干扰/无源干扰训练模拟仿真器，可逼真地对电子战军官及操作手进行操作方面的训练，提高受训人员的操作水平，可训练电子战人员在实战情况下的反应能力，提高受训人员在作战时的心理素质。作为军事院校的一种辅助教学手段，这无疑是一种解决学员上机操作的好方法。某些电子设备使用寿命较短，不宜进行长时间大量操作，此时使用虚拟现实进行装备使用训练和新装备的试用更具有实际意义。

### 2) 作战模拟、武器装备设计与评估

目前，随着科学技术的飞速发展，军事作战模拟仿真技术出现了新的飞跃。通常作战模拟分为实地军事演习、现场实验、沙盘作业、图上作业、战争对策、计算机模拟仿真和分析模拟仿真。其中计算机作战模拟仿真运算速度快、准确、科学、可靠性强、损耗代价小，是一种崭新的模拟仿真方式。因此，虚拟现实技术作为一种最新的计算机人机交互技术，首当其冲应该用于军事作战模拟领域及武器装备的设计与评估。

美国麻省理工学院媒体实验室（MediaLab）已实现了一个作战规划的虚拟环境，可仿真战场上各种复杂的战况。对用于战术攻击训练的仿真器则更是虚拟现实技术主要应用对象。如军用飞机飞行和空战的仿真器，再如海军中航母作业培训（图 5-11），对

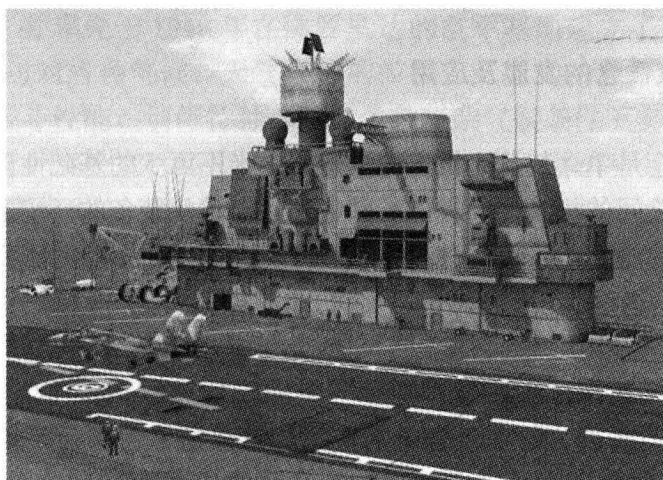


图 5-11 虚拟航母作业培训

航母的配置及作业流程进行熟悉；鱼雷快艇攻击，对海上目标或陆上目标的花炮与导弹射击；以及军用坦克的驾驶和对目标的攻击，对空中目标的高射炮攻击，反坦克有线制导导弹的攻击，甚至陆军的轻武器射击等，均可使用头盔式显示器或可视眼镜，获得逼真的实战效果。通过三维显示装置，使人“沉浸”到一个实际的战场中，加上立体声音响和多自由度运动平台，可创造出动态、有声的逼真战场环境。

美国加州蒙特雷（Monterey）的海军研究院在 SGI 工作站用 6 年时间开发出一个虚拟现实环境。用该虚拟现实环境能显示飞行器在地面和空中的运动，展现地面建筑、道路及地表等景象，参与者可选取各种车辆和飞行器（多达 500 种），并能控制其 6 个自由度。

### 3) 作战分析研究

为分析问题，军事界广泛采用虚拟现实技术。在战略、战役和战术层次上，利用虚拟现实和作战模拟来评估作战进程及战果，度量武器系统的效能，为采办规划和预算提供预测，同时亦为试验和鉴定提供一个实验性的环境。

作战模拟同时还更趋向于高层次的作战，特别是联合作战的兵力计划、运动和使用等方面。作战模拟可提对兵力进行部署，对后勤和作战的衔接进行协调，对复杂环境下武器系统的使用以及防御设施的需求进行分析。另一方面，虚拟现实更多地用于特殊的作战分析，如特殊的作战类型和武器系统分析，并提供了一个可进行重复试验的虚拟环境。

### 4) 作战任务保障与评估

虚拟现实在作战任务保障与评估中的应用具有很好的发展前景。作战任务演练或进行试验都需要使用可重现的环境和运载工具仿真器，这样就能使人员通过熟悉可能遇到恶劣的环境、逼真的对抗目标以及有关突发事件，来提高完成作战任务的可能性。同时，任务演练还可以用来试验作战概念或形成训练规范。对于一支能在任何地方、任何地形、面对任何类型敌人或威胁或是没有在本地进行过先期训练便需要进行作战的部队，基于虚拟现实技术的任务演练系统能发挥重要的作用。在后勤保障中，则可对各种弹药、油料、武器库存量及后勤物资供应状况进行分析和模拟。