
空战虚拟战场设计

黄安祥 编著



国防工业出版社

National Defense Industry Press

空战虚拟战场设计

黄安祥 编著



国防工业出版社

·北京·

内 容 简 介

随着计算机科学和新军事革命的飞速发展,虚拟战场技术已渗入到作战指挥、推演、训练等战争领域的各个方面,并且在这些领域中起着重要的作用。在各种虚拟战场环境设计中,空战虚拟战场环境具有地域范围大、地形精度高、纹理要求细、目标精度准确、特殊效果多、电磁环境信号多、实时性强等特点,是所有虚拟战场环境比较难构建的。

虚拟战场环境主要由视觉、气象、音响语音和电磁环境等构成。本书针对目前空战虚拟战场环境设计的重点,以空战虚拟战场环境的工程设计过程为主线,对顶层设计、视景环境显示技术(包括多通道信息融合技术)、复杂场景的实时生成技术、自然场景的建模技术和电磁环境仿真技术等进行了较全面的论述。这些技术多数也适用于其它战场环境的构建。

本书的编写注重理论与实践的结合,具有较强的工程背景。对从事虚拟战场设计、开发与应用的广大工程技术人员和科研人员具有重要的参考价值,同时也适合高等院校有关专业研究生阅读。

图书在版编目(CIP)数据

空战虚拟战场设计 / 黄安祥编著. —北京: 国防工业出版社, 2007. 4

ISBN 978-7-118-04972-5

I. 空... II. 黄... III. 空战模拟 IV. E926.3 V211.73

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 012578 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)

国防工业出版社印刷厂印刷

新华书店经售

*

开本 787×1092 1/16 印张 13¼ 字数 295 千字

2007 年 4 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—3000 册 定价 25.00 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

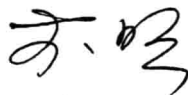
发行业务:(010)68472764

序

随着计算机科学和新军事革命的飞速发展,虚拟战场技术已渗入到作战指挥、推演、训练等战争领域的各个方面,并且在这些领域中起着重要的作用。在各种虚拟战场环境设计中,空战虚拟战场环境具有地域范围大、地形精度高、纹理要求细、目标精度准确、特殊效果多、电磁环境信号多、实时性强等特点,是所有虚拟战场环境比较难构建的。迄今为止国内外尚缺少综合全面阐述空战虚拟战场的专著。本书的出版,无疑对空战虚拟战场的构建、发展与应用起到积极的指导、示范和推动作用。

本书的作者多年从事仿真训练系统的研究工作,根据自己的科研经历总结撰写而成该书。全书从工程设计的观点和思路出发,针对目前空战虚拟战场环境设计的重点,对顶层设计、视景环境显示技术(包括多通道信息融合技术)、复杂场景的实时生成技术、自然场景的建模技术和电磁环境仿真技术等进行了较全面的论述,同时,列举了工程设计中出现的问题并给出了相应的解决方法。这些技术多数也适用于其它战场环境的构建。对从事空战虚拟战场设计、研制、开发与应用的广大工程技术人员和科研人员而言,本书是一本比较实用的好参考书。

全书的信息量丰富,图文并茂,将理论、技术和经验与应用密切相结合,在国内是第一本综合论述空战虚拟战场环境的科技图书,具有新颖性和实用性,学术水平较高,对广大从事系统仿真、虚拟现实和军事仿真的科研和教学领域的多方面人士都将具有很好的学习参考和应用价值。



2007年2月15日

前 言

随着计算机科学和新军事革命的飞速发展,虚拟战场技术已渗入到作战指挥、推演、训练等战争领域的各个方面,并且在这些领域中起着重要的作用。利用虚拟战场和其它军事仿真技术创造出来“虚拟战争”,可以使我们彻底改变以往研究军事问题的方法。我们可以“从实验室中学习战争”、“从未来中学习战争”,提高和改进以往研究军事问题的技术和方法。通过战争实验室,反复实验某个军事理论,研究某一个战争问题,验证某种武器装备体系的作用,甚至去完整地“经历”一场战争。现代几场战争,都经过了大量的战争模拟研究,而且在其中发挥了关键的无可替代的作用。

在各种虚拟战场环境设计中,空战虚拟战场环境具有地域范围大、地形精度高、纹理要求细、目标精度准确、特殊效果多、电磁环境信号多、实时性强等特点,是所有虚拟战场环境比较难构建的。

虚拟战场环境主要由视觉、气象、音响语音和电磁环境等构成,其技术基础涉及到高逼真自然场景的建模技术、复杂场景的实时生成技术、视景环境显示技术(包括多通道信息融合技术)、自然和谐的人机交互理论、大气环境仿真技术、音响语音环境仿真技术和电磁环境仿真技术等,并且随着这些学科和技术的发展而发展。由于音响语音环境、电磁环境和大气环境仿真已有很多的文献和著作,本书不做过多的论述,主要讨论视觉环境(含少量大气环境)和与空战密切相关的电磁环境的仿真技术。以空战虚拟战场环境的工程设计过程为主线,对顶层设计和主要关键技术进行了较全面的论述。同时,列举了工程设计中出现的问题并给出了相应的解决方法。本书力求对空战虚拟战场的构建起到积极的指导和示范作用。

全书共包括 10 章。第 1 章概要介绍了虚拟战场的相关技术,重点论述了虚拟现实、视景显示、视景生成、自然环境建模等技术现状和发展趋势;第 2 章全面论述了影响视景效果的各种因素,分析了在工程设计时几大关键因素相互矛盾的特点,建立了以定量和定性两种方法综合评估视景效果的评价方法;第 3 章论述了实像显示技术、虚像显示技术、立体显示技术、多通道融合技术以及各种显示方案的性能比较;第 4 章论述了空战虚拟战场环境的总体规划,描述了构建主要过程和战技指标;第 5 章介绍了视景生成所需要的主要数学模型,特别是论述了多通道立体解算数学模型;第 6 章介绍了以粒子系统原理为基础,在空战战场环境中各种特殊效果的生成算法;第 7 章论述了在数字化虚拟战场环境中,小目标在数字图像处理时出现的图像扰动现象;第 8 章针对空战视觉环境仿真中的一些碰撞问题,论述了相应的解决方法;第 9 章介绍了空战战场环境的自然环境的建模技术,并介绍了在设计中一些有效的优化方法;第 10 章论述了空战电磁环境仿真技术,介绍了各种航空电子设备武器的电磁干扰模型。

本书是作者结合 20 多年来作为主要研制人员参加的十余项空战仿真系统的工程设计经验,并参阅大量相关科技文献和一些相关教材提炼而成。在成书过程中,北京航空航天大学陈宗基教授在百忙之中审阅了书稿并提出宝贵意见,特此致谢。空军哈尔滨飞行仿真研究所领导给予了大力支持,牟贤臣、景晓晗、张志宏、栾宏磊、孙全忠等同志花费了很多宝贵时间,对书中部分理论、算法作了实例验证,并提出了许多有益的建议,在此向他们表示感谢。

由于作者水平有限,书中难免有错误或不妥之处,敬请广大读者批评指正。

作者

2007 年 2 月

目 录

| | |
|-----------------------------|----|
| 第 1 章 绪论 | 1 |
| 1.1 引言 | 1 |
| 1.2 计算机图形学 | 1 |
| 1.2.1 图形终端的技术 | 2 |
| 1.2.2 景物的几何建模 | 3 |
| 1.2.3 场景绘制 | 3 |
| 1.2.4 电脑图像文件压缩格式 | 4 |
| 1.2.5 人机交互界面 | 4 |
| 1.2.6 计算机动画 | 4 |
| 1.3 虚拟现实技术 | 5 |
| 1.3.1 虚拟现实技术的内涵与特征 | 5 |
| 1.3.2 虚拟现实系统的基本特征与构成 | 6 |
| 1.3.3 增强现实 | 7 |
| 1.3.4 分布式虚拟现实 | 7 |
| 1.3.5 虚拟显示的发展展望 | 8 |
| 1.4 视景环境仿真技术 | 8 |
| 1.4.1 视景显示技术 | 8 |
| 1.4.2 视景实时生成技术 | 9 |
| 1.4.3 虚拟自然环境建模 | 10 |
| 1.5 气象环境仿真 | 11 |
| 1.6 音响语音环境仿真 | 12 |
| 1.7 电磁环境仿真 | 14 |
| 1.8 本书主要内容 | 14 |
| 第 2 章 视景综合效果分析 | 16 |
| 2.1 引言 | 16 |
| 2.2 影响视景效果的几项重要指标 | 16 |
| 2.2.1 视场 | 16 |
| 2.2.2 分辨力 | 17 |
| 2.2.3 亮度 | 17 |
| 2.2.4 图像对比度 | 18 |
| 2.2.5 彩色、浓淡、能见度和大气效应 | 18 |

| | | |
|------------|---------------------------|-----------|
| 2.2.6 | 刷新率与更新率 | 20 |
| 2.2.7 | 景象纵深感 | 20 |
| 2.2.8 | 目标三维立体性 | 20 |
| 2.2.9 | 环境的沉浸性 | 20 |
| 2.2.10 | 人眼生理疲劳感觉 | 21 |
| 2.3 | 视景仿真指标之间的矛盾分析 | 21 |
| 2.3.1 | 视场角与分辨力的矛盾 | 21 |
| 2.3.2 | 视角与景深感的矛盾分析 | 21 |
| 2.3.3 | 亮度、对比度与生理疲劳的矛盾分析 | 22 |
| 2.4 | 视景与全系统逼真度的关系分析 | 24 |
| 2.4.1 | 逼真度的概念 | 24 |
| 2.4.2 | 训练科目及分系统的加权分析计算 | 24 |
| 2.4.3 | 定量法评估 | 27 |
| 2.4.4 | 定性法评估 | 30 |
| 2.4.5 | 综合评估 | 30 |
| 2.5 | 视景显示和动感系统的设计分析 | 31 |
| 2.5.1 | 视场和运动系统对全系统影响系数 | 31 |
| 2.5.2 | 主要显示方式的逼真度分析 | 31 |
| 2.5.3 | 主要动感方式的逼真度分析 | 32 |
| 2.5.4 | 视景和运动系统几种组合方案的逼真度计算 | 33 |
| 2.5.5 | 视景和运动系统选择参考流程 | 34 |
| 2.6 | 自然环境仿真系统的综合评估 | 35 |
| 2.6.1 | 自然环境仿真的一些问题 | 35 |
| 2.6.2 | 自然环境仿真的指标式体系 | 35 |
| 2.6.3 | 自然环境仿真的评估方法 | 35 |
| 第3章 | 视景显示技术 | 37 |
| 3.1 | 引言 | 37 |
| 3.2 | 视景显示设备 | 37 |
| 3.2.1 | 阴极射线管和平板显示器件 | 37 |
| 3.2.2 | 投影大屏幕显示技术 | 40 |
| 3.2.3 | 投影屏幕技术 | 42 |
| 3.3 | 多通道融合技术 | 45 |
| 3.3.1 | 光学融合技术 | 46 |
| 3.3.2 | 电子融合技术 | 46 |
| 3.4 | 实像显示技术 | 47 |
| 3.4.1 | 平面窗口式显示 | 48 |
| 3.4.2 | 球形幕实像显示 | 48 |

| | | |
|------------|----------------------|-----------|
| 3.4.3 | 模拟球视景显示系统 | 48 |
| 3.5 | 虚像显示技术 | 49 |
| 3.5.1 | 虚像显示基本原理 | 49 |
| 3.5.2 | 分光镜式无限远光学显示系统 | 50 |
| 3.5.3 | 离轴球面全反射无限远光学显示系统 | 52 |
| 3.5.4 | 离轴高次非球面全反射式无限远光学显示系统 | 55 |
| 3.5.5 | 几种虚像显示特性归纳 | 56 |
| 3.6 | 立体显示技术 | 56 |
| 3.6.1 | 立体感觉形成的机理 | 56 |
| 3.6.2 | 立体显示的设计原理 | 57 |
| 3.6.3 | 头盔显示 | 58 |
| 3.6.4 | 屏幕立体显示 | 58 |
| 3.6.5 | 空间立体视景系统的主要技术难点及解决方法 | 60 |
| 3.7 | 各种显示方案性能比较 | 61 |
| 第4章 | 虚拟战场环境规划 | 63 |
| 4.1 | 引言 | 63 |
| 4.2 | 视景环境的总体布局 | 64 |
| 4.3 | 视景环境的建模与生成 | 66 |
| 4.3.1 | 视景生成过程 | 66 |
| 4.3.2 | 视景综合环境数据库建模的构造过程 | 67 |
| 4.4 | 战场环境仿真系统需求分析 | 69 |
| 4.4.1 | 对地形模型表现内容的需求 | 69 |
| 4.4.2 | 对地形模型分辨力的需求 | 70 |
| 4.4.3 | 对模型建立的快速性需求 | 72 |
| 4.4.4 | 对战场特殊效果的需求 | 72 |
| 4.4.5 | 对动态地形的需求 | 72 |
| 4.4.6 | 加受油仿真要求 | 73 |
| 第5章 | 视景生成数学模型 | 75 |
| 5.1 | 引言 | 75 |
| 5.2 | 视景生成基本数学模型 | 75 |
| 5.2.1 | 视景坐标系与显示流程 | 75 |
| 5.2.2 | 几何变换 | 76 |
| 5.2.3 | 投影变换 | 78 |
| 5.2.4 | 剪裁 | 80 |
| 5.2.5 | 窗口到视口的变换 | 80 |
| 5.3 | 多通道立体解算的数学模型 | 80 |
| 5.3.1 | 立体显示的数学模型 | 81 |

| | | |
|------------|-------------------------|------------|
| 5.3.2 | 头位跟踪及眼点计算 | 83 |
| 5.3.3 | 多通道立体显示的数学模型 | 84 |
| 5.4 | 图形相交关系的计算 | 86 |
| 5.4.1 | 点与各几何元素的求交运算 | 87 |
| 5.4.2 | 直线与几何元素的求交运算 | 88 |
| 5.5 | 物体表面定向理论与定向法 | 89 |
| 第6章 | 特殊效果仿真模型 | 91 |
| 6.1 | 引言 | 91 |
| 6.2 | 粒子系统原理 | 91 |
| 6.2.1 | 粒子系统的基本思想 | 91 |
| 6.2.2 | 粒子系统的特点 | 92 |
| 6.2.3 | 粒子系统实现步骤 | 92 |
| 6.2.4 | 粒子系统的数学描述 | 92 |
| 6.3 | 战场环境主要特殊效果的粒子系统模型 | 94 |
| 6.3.1 | 爆炸效果的粒子模型 | 94 |
| 6.3.2 | 火焰效果的粒子模型 | 94 |
| 6.3.3 | 烟雾效果的粒子模型 | 96 |
| 6.4 | 自然景象特殊效果模型 | 98 |
| 6.4.1 | 云效果的粒子模型 | 98 |
| 6.4.2 | 雪效果的粒子模型 | 101 |
| 6.4.3 | 雨效果的粒子模型 | 102 |
| 6.4.4 | 实现过程分析 | 103 |
| 6.5 | 大气环境仿真模型 | 103 |
| 6.5.1 | 大气环境数据模型 | 103 |
| 6.5.2 | 大气环境数据库 | 105 |
| 第7章 | 靶标的几何光效应变化 | 108 |
| 7.1 | 问题的提出 | 108 |
| 7.2 | 反走样常用算法 | 108 |
| 7.2.1 | 光栅图形的走样现象 | 108 |
| 7.2.2 | 反走样线段 | 109 |
| 7.2.3 | 反走样多边形 | 110 |
| 7.2.4 | 提高分辨力的反走样方法 | 110 |
| 7.3 | 靶标几何变化数学模型 | 111 |
| 7.3.1 | 距离的视觉效果变化数学模型 | 111 |
| 7.3.2 | 靶标效果坐标点数学模型 | 113 |
| 7.4 | 光效应变化数学模型 | 113 |
| 7.4.1 | 视景的颜色模型 | 113 |

| | | |
|------------|-----------------------------|------------|
| 7.4.2 | 图像光效应退化分析 | 115 |
| 7.4.3 | 退化模型公式 | 116 |
| 7.4.4 | 光效应变化数学模型 | 118 |
| 7.5 | 靶标的几何光效综合变化计算实例 | 118 |
| 第8章 | 碰撞检测计算 | 120 |
| 8.1 | 引言 | 120 |
| 8.2 | 碰撞检测技术现状 | 121 |
| 8.2.1 | 平面碰撞问题 | 121 |
| 8.2.2 | 三维空间的碰撞检测问题 | 121 |
| 8.2.3 | 碰撞规避问题 | 123 |
| 8.3 | 常用的碰撞检测技术 | 125 |
| 8.3.1 | Z、ZPR、XYZPR、Tripod 方法 | 126 |
| 8.3.2 | HAT 方法 | 127 |
| 8.3.3 | LOS、BUMP 方法 | 128 |
| 8.3.4 | Volume 方法 | 129 |
| 8.4 | 加受油的碰撞仿真 | 130 |
| 8.4.1 | 加油管数学模型的建立 | 130 |
| 8.4.2 | 加油伞口与受油管的碰撞检测数学模型 | 131 |
| 8.5 | 武器快速飞行的碰撞解算 | 132 |
| 8.5.1 | 武器攻击目标时产生的碰撞问题 | 132 |
| 8.5.2 | “三轴投影筛选法”碰撞检测算法 | 133 |
| 8.5.3 | 一种导弹弹体与目标碰撞检测的仿真模型 | 136 |
| 8.5.4 | 基于适应度搜索的目标碰撞检测和计算 | 138 |
| 第9章 | 三维自然环境的仿真 | 143 |
| 9.1 | 引言 | 143 |
| 9.2 | 自然环境的总体布局 | 143 |
| 9.2.1 | 地理环境 | 143 |
| 9.2.2 | 人文地理环境 | 145 |
| 9.2.3 | 特殊效果环境 | 145 |
| 9.2.4 | 战术目标模型 | 146 |
| 9.3 | 数据的选取与预处理 | 147 |
| 9.3.1 | 地形数据 | 148 |
| 9.3.2 | 纹理数据 | 149 |
| 9.4 | 纹理数据的优化 | 157 |
| 9.4.1 | 图案分类 | 157 |
| 9.4.2 | 图案优化 | 157 |
| 9.4.3 | 大地共性纹理提取组合 | 159 |

| | | |
|---------------|-----------------------|------------|
| 9.5 | 自然环境数据库的生成 | 161 |
| 9.6 | 大地形的优化 | 164 |
| 9.6.1 | 大地形分级优化 | 165 |
| 9.6.2 | 大地形的等级分级 | 167 |
| 9.7 | 自然环境数据库建模构造过程 | 173 |
| 第 10 章 | 电磁环境仿真 | 175 |
| 10.1 | 引言 | 175 |
| 10.2 | 现实世界的电磁环境 | 175 |
| 10.2.1 | 自然干扰源形成的电磁环境 | 176 |
| 10.2.2 | 人为干扰源形成的电磁环境 | 177 |
| 10.2.3 | 电子战设备举例 | 177 |
| 10.3 | 电磁环境仿真的系统构建 | 179 |
| 10.3.1 | 军机电磁设备的相互关系 | 179 |
| 10.3.2 | 战场的信号环境 | 180 |
| 10.3.3 | 电子对抗系统建模 | 182 |
| 10.4 | 雷达仿真建模 | 182 |
| 10.4.1 | 视距判断模块 | 183 |
| 10.4.2 | 目标回波功率计算模块 | 183 |
| 10.4.3 | 接收机噪声计算模块 | 183 |
| 10.4.4 | 是否发现目标判断模块 | 184 |
| 10.4.5 | 确认发现目标模块 | 184 |
| 10.4.6 | 雷达天线功能仿真模型 | 184 |
| 10.5 | 雷达全向告警器模型 | 185 |
| 10.6 | 有源干扰吊舱模型 | 186 |
| 10.6.1 | 干扰有效条件模型 | 186 |
| 10.6.2 | 各种体制威胁雷达的干扰效果模型 | 189 |
| 10.6.3 | 各种干扰样式的应用模型 | 190 |
| 10.7 | 箔条投放器模型 | 192 |
| 10.7.1 | 干扰有效条件模型 | 192 |
| 10.7.2 | 箔条的运动方程 | 195 |
| 10.8 | 红外投放器模型 | 195 |
| 10.8.1 | 干扰有效条件模型 | 195 |
| 10.8.2 | 红外弹相对于导弹跟踪区条件 | 196 |
| 10.8.3 | 运动模型 | 196 |
| | 参考文献 | 197 |

第 1 章 绪 论

1.1 引 言

随着计算机科学和新军事革命的飞速发展,虚拟战场技术已渗入到作战指挥、推演、训练等战争领域的各个方面,并且在这些领域中起着重要的作用。利用虚拟战场和其它军事仿真技术创造出来“虚拟战争”,可以使我们彻底改变以往研究军事问题的方法。我们可以“从实验室中学习战争”、“从未来中学习战争”,提高和改进以往研究军事问题的技术和方法。通过战争实验室,反复实验某个军事理论,研究某一个战争问题,验证某种武器装备体系的作用,甚至去完整地“经历”一场战争。现代几场战争,都经过了大量的战争模拟研究,而且在其中发挥了关键的无可替代的作用。

虚拟战场环境就是以数字地图为基础,利用战场环境仿真技术构建的多维信息空间。进入虚拟战场,仿佛闯入了真正的战场,既可以看到山峦沟壑,也可以感受到战火纷飞、硝烟弥漫。在这样的环境中,指挥员可以获得充足的战场信息,拥有决策优势,贯彻各种战术思想,体会运筹帷幄的惊心动魄;士兵可以熟悉战场环境,适应战场氛围,训练战斗技能和坚韧的意志。在阿富汗战争打响之前,美国陆军装备司令部出资 10 亿美元构建了逼真的阿富汗虚拟战场,模拟了从沙漠到丛林以及拥挤的街道等各种地形,并通过人工智能的方法设计塔利班“士兵”供参战人员模拟设计使用。它将参训人员带到像实战一样、弥漫着危险气氛的环境,让他们相信自己可以应付眼前的一切。当这些人员真正上战场时,他们已经成了熟悉战场环境的老兵。

“知己知彼,百战不殆。”在现代战争中,信息的多寡就意味着战争的胜负。虚拟战场环境像一束强光穿透战场的迷雾,使战场变得透明。

虚拟战场环境主要由视觉、气象、音响语音和电磁环境等构成,其技术基础涉及到计算机图形学和虚拟现实技术,并且随着这些学科和技术的发展而发展。本章将对这些技术的发展和现状做一简要介绍。

1.2 计算机图形学

计算机图形学是 20 世纪 60 年代初期在计算机的基础上发展起来的一门新兴学科。它通过对景物模型的计算机处理,将千变万化的图像呈现在人们面前。计算机图形学发展的初期,人们着重解决计算机图形学存在的基本问题,例如景物坐标的表示,剪裁和隐藏线、面消除等问题,这一时期对这些基本问题的研究成果为以后计算机图形学的发展奠定了坚实的基础。光栅扫描图形显示设备的出现开辟了计算机图形学发展的新领域:以逼真图像生成为代表的光栅图形技术成为计算机图形学发展的主流。60 年代末期至 70

年代中期,提出了各种提高图像逼真度的算法,如考虑物体表面浓淡效应的浓淡算法,阴影影域求取算法,透明度算法,纹理映射算法,并开始研究由于光栅扫描有限分辨率引起的图像混叠的消除。这一时期在图像逼真度方面的研究成果是以后提高图形、图像系统的逼真度的主要手段。在 70 年代中期,计算机图形学中广泛引入了几何光学、物理光学等诸多学科的研究成果,在理论和算法上进一步提高图像质量,如光照模型、光线跟踪技术、辐射度算法等。这些算法可以大幅度提高图像的逼真度。纵观计算机图形学的发展历程,人们一直从提高图形的逼真度和实时性两方面进行研究。

目前,计算机图形学在景物的几何建模方法(modeling)、数字模型的绘制(rendering)技术、图形输入和控制的人机交互界面(user interface)以及计算机动画(animation)等方面均取得较大的发展,有许多成熟的软件开发平台。

随着计算机技术的发展,人们提出了虚拟现实技术。虚拟现实(virtual reality, VR),是一种全新的人机交互形式,是采用以计算机技术为核心的现代高技术生成逼真的视、听、触觉一体化的特定范围的虚拟环境,用户借助必要的装备以自然的方式与虚拟环境中的对象进行交互作用,相互影响,从而产生亲临等同真实环境的感受和体验。VR 的应用领域极其广泛,主要用于工程、娱乐、科学及训练这四个方面。

本节将简要介绍图形学的几个重要方面,在 1.3 节介绍虚拟显示。

1.2.1 图形终端的技术

计算机图形学是研究怎样用数字计算机生成、处理和显示图形的一门学科。它的发展、成长和普及与图形终端的发展密切相关,而计算机图形学的发展滞后于计算机自身的发展很多年。

早期与计算机配用的图形显示器是采用了阴极射线管原理的随机扫描刷新式显示器,国外还曾流行过存储显示器,被广泛应用于低档的图形终端配置中。在 1980 年前后,随着成熟的彩色电视机技术的光栅扫描式显示器的出现,使图形终端的发展历程实现了一次质的飞跃,有力地促进了计算机图形学的繁荣和普及。光栅扫描要求电子束在屏幕上做规则的逐行扫描往复运动,计算机将显示对象的连续数字模型加以离散,逐点计算每一像素中可见点的颜色和光亮度,实现景物的明暗渲染,产生出足以以假乱真的高度真实感图像。光栅扫描器的硬件器件,很多方面与大量生产的彩色电视机兼容,再加上计算机性能的迅速提高和低价位普及型 CAD 及图形软件的出现,使得计算机图形技术最终摆脱了只有少数人涉足的局限性,进入了大普及、大发展的时代。在绘图技术中,喷墨和激光绘图机取代了笔式绘图机,同样也经历了从随机矢量式转向点阵扫描式的发展道路。

点阵图像在计算机图形输入和输出中得到普及应用,促使计算机图形学与图像处理两个学科分支间的联系变得更加紧密。计算机图形学的任务是用计算机从无到有生成景物的数字模型,并显示在计算机屏幕上,或者绘制成纸张或胶片上的图形。因此它研究的主要对象是景物的几何建模方法、数字模型的绘制技术、图形输入和控制的人机交互界面以及计算机动画。图像处理则是用摄像机或扫描仪等观测手段将客观世界中原来存在的景物摄制成数字化图像,对图像进行处理和分析,理解图像的内涵,进而从图像中提取所关注的景物的二维或三维几何模型。从某种意义上讲,图像处理是计算机图形学的一个逆过程。它所研究的内容有图像增强、边缘提取、图像分割、图像压缩、文理分析、图像序

列分析、形状特征提取、模式识别、机器人视觉、三维形体重建等。数字化信息时代的到来,使计算机互联网与电视网、电话网合一,多媒体技术应用日益深入,计算机图形与图像技术的相互渗透、紧密结合则是确凿无疑的一种发展潮流。

1.2.2 景物的几何建模

景物的数字化建模方法的研究,首先是从精确描述飞机、船舶、汽车的流线外形开始的。早在第二次世界大战期间,为了适应大批量生产战斗机的需要,飞机制造厂运用二次代数曲面构造了飞机机身的完整外形,但计算公式很繁琐,而且没有完整的曲面表示方程。这样的数学模型可以加快模线、样板的绘制和制造过程,提高飞机结构的协调精度,但是还不足以从根本上改变整个传统的生产方法。为现代 CAD 技术奠定几何形体数学定义理论基础的杰出先驱,是 20 世纪 60 年代法国雷诺汽车厂的制造工程师贝齐埃和美国麻省理工学院的机械系教授孔斯。而在 50 年代初到 60 年代中,麻省理工学院正是积极从事现代 CAD/CAM 技术开拓性研究的最活跃时期。1952 年在它的伺服机构实验室里诞生了世界上第一台数控铣床的样机。1957 年美国空军将第一批三坐标数控铣床装备了飞机工厂,大型精密数控绘图机也同时诞生。1962 年在林肯实验室里研制了第一台光笔交互式图形显示器。孔斯于 1964 和 1967 年发表了曲面造型论文,提出了将分段曲线和分片曲面拼合成任意复杂曲线、曲面的一般处理方法,相邻曲面间可以达到任意阶的连续性。

由于机械制造业中大多数零件是由规则的几何体构成,像轴、齿轮、轴承座等,一般都是圆柱体、立方体、圆锥、球面体等的组合。60 年代末至 70 年代初,以英国剑桥大学 CAD 实验室的布雷特为代表,提出了用圆柱体、立方体等基本体素,类似于搭积木的方式,拼合成为机械结构,从此形成了实体造型(solid modeling)技术。1978 年美国麻省理工学院高萨教授在他指导的毕业设计中进一步提出了 CAD 中用特征来构造零件的思想。这就是,机械零件的构成要素不再是单纯的几何元素,而是带有特定工程语义的功能要素。每一个特征体素有它的特定名字,为本行业的专业人员所熟悉,并且隐含了它的典型几何形状和特定功能,有它自己的实际知识和加工知识,于是产生了更高层次的 CAD 系统,称作特征建模系统。

自然界的很多景物如花草、树木、沙漠、纹理等,需要借助(fractal)理论来描述。对于云、烟、火等具有变化形状的模糊景观往往还采用粒子系统来模拟。景物被定义为由成千上万个随机分布的粒子所组成。与粒子有关的每一参数都受到一个随机过程的控制,由此产生飘忽不定的动态画面。

1.2.3 场景绘制

景物的数字化几何模型是面向计算机的,最终以二进制代码的形式送入计算机,经过处理,在屏幕或绘图机上输出画面,这个过程称作绘制。

三维几何对象是在场景坐标系中建立的,而屏幕上所显示的画面只是在给定视点和视线方向下,三维景物在垂直于视线方向的二维成像平面(屏幕)上的投影。将几何对象的三维坐标转换到屏幕上的像素位置,需要进行一系列坐标变换,这些变换统称为取景变换。为了减少图形绘制的工作量、提高场景动态显示的实时性,需要将超出屏幕范围的场

景和背向视点的面从几何模型上剪裁掉。基于同样目的,精确表示的曲面一般都离散成众多细小的三角形或多边形平面来逼近。而在数据场可视化中,像地形地貌、医学图像、工程分析中的有限元模型,在建立几何模型时是采用多面体形式。待显示的景物经过删除隐藏面、取景变换和剪裁后,就需要进行可见景物表面的光亮度计算,其中包括定义景物的表面材质和颜色,确定光源的性质和布置,模拟光线传播的物理机制,处理透明、半透明、镜面反射和物体相互遮挡、阴影生成等许多工作。目前,基于图像的建模和绘制方法被广泛地应用在虚拟现实。

1.2.4 电脑图像文件压缩格式

各种图像文件的制作方式,其实存在着相同的编码原理。每种图像文件内除了图像数据以外,都免不了要存储一些识别信息。试想一个图像文件若是只存储数字图像数据的话,程序必定难以读出正确的图像数据,因此,在图像文件内部必须建立一些识别信息,用以定义图像的各项参数,如图像的宽度和高度、颜色种类、调色板数据等等,唯有如此才能避免程序读取数据时发生错误。

通常一个图像文件内只要有识别信息和图像数据,就已经是一个完整的图像文件,可以供程序任意存取。不过,图像内容经常是一批庞大的数据,若不经压缩处理就直接存入文件,很容易耗尽磁盘中的存储空间,所以,图像文件多半会应用某种压缩原理,减少存储图像所需的数据量,以达到节省存储空间的目的。

在图像文件编码过程中,图像数据和识别信息是必不可少的两项基本单元,而压缩原理是经常被采用的要素。目前图像文件之所以会有种种不同类型的格式,主要在于在文件编码过程中,定义了不同的识别信息和压缩方法。图像文件格式有许多种,常用的电脑图像文件格式有 BMP 格式、PCX 格式、TIFF 格式、GIF 格式和 JPG 格式等,各自有不同的压缩算法和其优缺点,用户可根据需要选取其相应的格式。

1.2.5 人机交互界面

以虚拟现实为代表的计算机系统的拟人化及以掌上电脑为代表的计算机的微型化和随身化,将是计算机的两个重要趋势。人机接口技术是适应这种趋势的瓶颈技术。目前流行的图形界面是以窗口(windows)、图标(icon)、菜单(menu)和鼠标指点(pointing device)为基础的,简称 WIMP 界面。用户使用精确的一维键盘字符串和二维图标指点来输入命令,这是一种单通道界面。未来计算机系统的特点是要以人为主体的,机器受命于人,实现人机的高效合作。新一代的人机界面希望能够实现三维、非常精确和隐含的人机接口,实现多通道界面。它将允许用户通过不同的人体肢体、语言、手势等与计算机并行通信,让计算机从多种并行输入中自动提取语义信息。当前正在进行的有语音识别、自然语言理解、手势示意、眼动跟踪、手写字形或手画草图识别等。三维输入工具则包括数据手套、操纵杆、三维鼠标等。

1.2.6 计算机动画

计算机动画是计算机图形学和艺术相结合的产物,它是伴随着计算机硬件和图形算法高速发展起来的一门高新技术。它综合利用计算机科学、艺术、数学、物理学和其它相

关学科的知识用计算机生成绚丽多彩的虚拟真实画面,应用于电影特技、商业广告、电视片头、动画片、计算机辅助教育、军事、建筑设计和飞行模拟等领域。简单地讲,计算机动画就是指用绘制程序生成一系列“运动”中的景物画面,其中当前画面是对前一帧画面的部分修改。计算机动画中的运动包括:(1)景物位置、方向、大小和形状的变化;(2)虚拟摄像机的运动;(3)景物表面纹理、色彩的变化。计算机动画的制作主要包含如下步骤:(1)创意;(2)预处理;(3)场景造型;(4)设定材质和光源;(5)设置动画;(6)运动图像的绘制;(7)动画播放;(8)后处理;(9)动画的录制;(10)配音(包括背景音乐和台词)。

1.3 虚拟现实技术

1.3.1 虚拟现实技术的内涵与特征

虚拟现实技术,又称灵境技术,最早起源于20世纪50年代的美国,90年代为科学界和工程界所关注,发展至今还处于不断探索阶段。它的兴起,为人机交互界面的发展开创了新的研究领域;为智能工程的应用提供了新的界面工具;为各类工程的大规模的数据可视化提供了新的描述方法。这种技术的应用,改进了人们利用计算机进行多工程数据处理的方式,尤其对大量抽象数据的处理。

虚拟现实技术是一种综合应用各种技术制造逼真的人工模拟环境,并能有效地模拟人在自然环境中的各种感知系统行为的高级的人机交互技术。虚拟环境通常是由计算机生成并控制的,使用户身临其境地感知虚拟环境中的物体,通过虚拟现实的三维设备与物体接触,从而真正地实现人机交互。构成虚拟现实系统的技术包括计算机实时图形图像生成技术、图像处理与模式识别技术、智能接口技术、人工智能技术、多传感器技术、语音处理与音响技术、网络技术、并行处理技术和高性能计算机系统集成技术等等。其中,最关键的技术包括以下几个方面:

1.3.1.1 动态环境建模技术

虚拟环境的建立是虚拟现实技术的核心内容。动态环境建模技术的目的是获取实际环境的三维数据,并根据应用的需要,利用获取的三维数据建立相应的虚拟环境模型。三维数据的获取可以采用CAD技术(有规则的环境),而更多的环境则需要采用非接触式的视觉建模技术,两者的有机结合可以有效地提高数据获取的效率。

1.3.1.2 实时三维图形生成技术

三维图形的生成技术已经较为成熟,其关键是如何实现“实时”生成。为了达到实时的目的,至少要保证图形的刷新率不低于15帧/s,最好是高于30帧/s。在不降低图形的质量和复杂度的前提下,如何提高刷新频率是该技术的研究内容。

1.3.1.3 立体显示和传感器技术

虚拟现实的交互能力依赖于立体显示和传感器技术的发展。现有的虚拟现实还远远不能满足系统的需要,例如,数据手套有延迟大、分辨力低、作用范围小、使用不便等缺点。虚拟现实设备的跟踪精度和跟踪范围也有待提高,因此有必要开发新的三维显示技术。

1.3.1.4 应用系统开发工具

虚拟现实应用的关键是寻找合适的场合和对象,即如何发挥想象力和创造力。选择