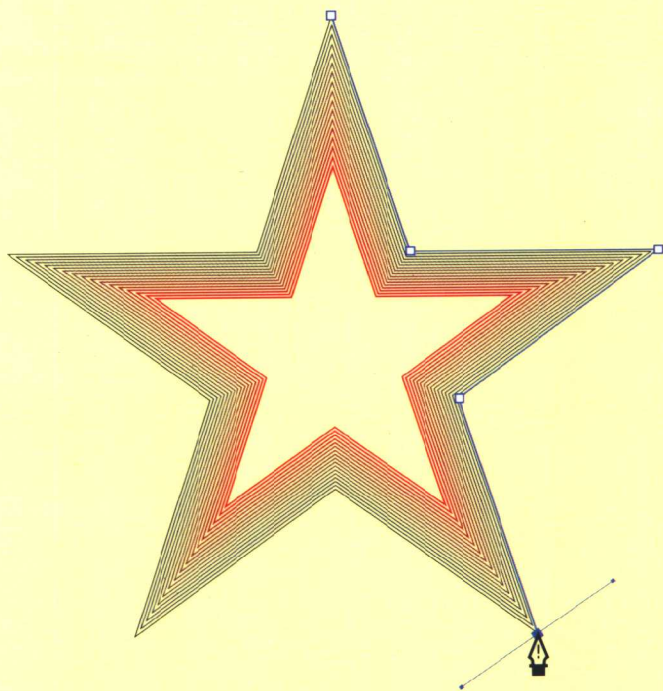


计算机图形学教程

傅雅宁 主编



国防工业出版社
National Defense Industry Press

计算机图形学教程

傅雅宁 主编

国防工业出版社

· 北京 ·

内 容 简 介

本书系统地介绍了计算机图学的有关原理、几何建模和图形处理的基本算法。全书共分为8章,其主要内容包括计算机图形学的发展与应用、基本图形的生成、图形的几何变换、曲线和曲面造型、形体在计算机中的表示方法以及真实感图形的各种相关技术。本书可作为大专院校专科、本科生学习计算机图形学的教材,也可作为从事CAD和计算机图形学技术研究的工程技术人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

计算机图形学教程/傅雅宁主编. —北京:国防工业出版社,2005.8

ISBN 7-118-04090-8

I. 计... II. 傅... III. 计算机图形学-高等学校-教材 IV. TP391.41

中国版本图书馆CIP数据核字(2005)第091007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)

北京奥鑫印刷厂印刷

新华书店经售

*

开本 710×960 1/16 印张 21 381 千字

2005年8月第1版 2005年8月北京第1次印刷

印数:1—4000册 定价:30.00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

前 言

随着计算机技术的飞速发展,信息技术不断社会化,计算机科学技术日益渗透到我们生活、学习、工作等各个方面。几乎所有的计算机都装有友好的图形用户界面(GUI),用户和计算机系统可以通过文字或图形的形式进行人机交互;而且越来越多的人开始对用最新科技制作出的电影特效和有着精美画面的3D游戏感兴趣;只要你坐到电视机前,很快就会发现计算机图形学在广告中的神奇表现。

计算机图形学领域具有两个突出的特点:一是最新应用的技术发展迅速;二是图形系统层出不穷,加之图形硬件的生命周期变得越来越短。因此本书重点介绍计算机图形学中相对比较持久的关键内容,力争清晰地解释计算机图形学中涉及到的各种概念以及它们之间的相互关系。这是一本计算机图形学的入门书,希望可以使不同的读者从中获益。

本书的主要作者有天津中德职业技术学院的傅雅宁(第一、二、三、四、八章)、倪同一(第五、七章)和天津开发区职业技术学院的阎宏艳(第六章),全书由天津中德职业技术学院的邓蓓副教授主审。在本书的编写过程中得到了陈愚、马强、宋宪一、李文辉等副教授的大力支持,特在此表示感谢。

由于编者的水平和能力所限,书中可能存在错误和不足,衷心希望读者给予批评和指正。

作 者
2005 年 8 月

目 录

第一章 计算机图形学概述	1
第一节 计算机图形学的研究内容.....	1
第二节 计算机图形学的发展简史.....	2
第三节 计算机图形学的应用及发展方向.....	4
第四节 图形设备	11
习题一	20
第二章 光栅图形学的扫描转换	22
第一节 直线段的扫描转换算法	23
第二节 圆弧的扫描转换算法	28
第三节 弧和扇形的扫描转换算法	34
第四节 多边形的扫描转换与区域填充	35
第五节 字符的扫描转换	45
第六节 走样与反走样	47
习题二	55
第三章 图形变换	57
第一节 图形变换的数学基础	59
第二节 几何变换	70
第三节 图形的投影变换	86
习题三	95
第四章 裁剪	97
第一节 二维图形裁剪	97
第二节 三维图形裁剪.....	111
习题四.....	117
第五章 曲线和曲面	120
第一节 参数曲线和曲面的基础知识.....	120
第二节 Bezier 曲线与曲面	131
第三节 B 样条曲线与曲面	151

第四节	NURBS 曲线与曲面	164
第五节	Coons 曲面	172
第六节	曲线的求交	177
习题五		183
第六章	形体在计算机内的表示	186
第一节	表示形体的 3 种模型	186
第二节	二维形体的表示	188
第三节	三维实体造型技术	195
第四节	实体造型系统简介	219
习题六		232
第七章	消隐	234
第一节	消隐的分类	235
第二节	消除隐藏线	236
第三节	隐藏面消隐	243
习题七		259
第八章	真实感图形的绘制	261
第一节	颜色	262
第二节	简单光照明模型	274
第三节	阴影	286
第四节	局部光照明模型	289
第五节	光透射模型	294
第六节	表面纹理及纹理映射	297
第七节	整体光照明模型	306
第八节	实时真实感图形学技术	324
习题八		329
参考文献		330

第一章 计算机图形学概述

计算机图形学是指利用计算机产生对象图形及其输出技术。更确切地说,计算机图形学是研究通过计算机将数据转换为图形,并在显示设备上显示的原理、方法和技术的学科。它综合了应用数学、计算机科学等多方面的知识。经过 30 多年的发展,计算机图形学已成为计算机科学中,最为活跃的分支之一,并得到了广泛的应用。事实上,图形学的应用从某种意义上标志着计算机软、硬件的发展水平。计算机图形学之所以能在短短的 30 多年中获得飞速发展,其根本原因是图形为传递信息的最主要媒体之一。人们要利用计算机进行工作,必须有任何计算机之间传递信息的手段——人机界面。人机界面从早期的读卡机及控制板上的开关、指示灯发展到键盘和字符中断,再发展到基于键盘、鼠标、光笔等输入设备和光栅显示器的图形用户界面,而最终必然过渡到带给用户身临其境感觉的三维用户界面——虚拟环境(虚拟现实)。人机界面的发展过程正好对应着计算机技术从初级到高级的发展过程。计算机图形学来源于生活、科学、工程技术、艺术、音乐、电影制作等,反过来,它又大大地促进了这些领域的发展。

本章将介绍计算机图形学的研究内容、发展历史、应用和图形学前沿的发展,同时介绍一些图形硬件的基本原理,使读者对图形学的有关内容有个概括性的了解。

第一节 计算机图形学的研究内容

在计算机中表示图形,以及利用计算机进行图形的计算、处理和显示的相关原理与算法,构成了计算机图形学的主要研究内容。图形通常由刻画形状的点、线、面、体等几何元素和反映物体表面属性或材质的灰度、色彩、线型、线宽等非几何属性组成。从处理技术上来看,图形主要分为两类:一类是基于线条信息表示的,如工程图、等高线地图、曲面线框图等;另一类是效果图,也就是通常所说的真实感图形。

可以说,计算机图形学的一个主要目的就是要利用计算机产生令人赏心悦

目的真实感图形。为此,必须建立图形所描述的场景的几何表示,再利用某种光照模型,计算在假想的光源、纹理、材质属性下的光照明效果。为此计算机图形学就与另一门学科——计算机辅助几何设计有了密切的关系。事实上,图形学也把可以表示几何场景的曲线曲面造型技术和实体造型技术作为其主要的研究内容。同时,真实感图形的计算结果是以数字图像的方式表达的,因此计算机图形学也和图像处理有着密切的关系。由于上述关系使得图形与图像两个概念间的区别越来越模糊,但还是有区别的。图像纯指计算机内以位图(Bitmap)形式存在的灰度信息;而图形含有几何属性,或者说更强调场景的表示,是由场景的几何模式和景物的物理属性共同组成的。

计算机图形学的研究内容非常广泛,如图形硬件、图形标准、图形交互技术、光栅图形生成算法、曲线曲面造型、实体造型、真实感图形计算与显示算法,以及科学计算可视化、计算机动画、自然景物仿真、虚拟现实等。

第二节 计算机图形学的发展简史

计算机图形学的研究始于20世纪50年代。1950年,第一台图形显示器作为美国麻省理工学院(MIT)旋风I号(Whirlwind)计算机的附件诞生了。该显示器使用了一个类似于电视机使用的阴极射线管(CRT)来显示一些简单的图形。1958年美国Calcomp公司把联机的数字记录仪发展成滚筒式绘图仪;Gerber公司把数控机床发展成为平板式绘图仪。在20世纪50年代,只有电子管计算机,用机器语言编程,主要应用于科学计算,为这些计算机配置的图形设备仅具有输出功能,尚不具备交互功能。此时的计算机图形学处于准备和酝酿时期,并称之为:“被动式”图形学。到50年代末期,MIT的林肯实验室在“旋风”计算机上开发SAGE空中防御体系,第一次使用了具有指挥和控制功能的CRT显示器,操作人员可以通过光笔与系统交互,获取某地区更详细的信息或发出命令。与此同时,类似的技术在设计和成长过程中也陆续得到了应用,这标志着交互式计算机图形学的诞生。

20世纪60年代是计算机图形学得到确立并蓬勃发展的时期,1962年,美国MIT林肯实验室的Ivan Sutherland发表了一篇题为《Sketchpad:人一机图形交互通信系统》的博士论文,他在论文中首次使用了计算机图形学(Computer Graphics)这个术语,证明了交互式计算机图形学是一个可行的、有用的研究领域,从而确定了计算机图形学作为一个崭新的科学分支的独立地位。他在论文中所提出的一些基本概念和技术,如交互技术、分层存储符号的数据结构等至今还在广泛应用。因此,Ivan Sutherland被公认为交互式图形技术的奠基

人。到了 60 年代中期,麻省理工学院、通用汽车公司、贝尔实验室和洛克希德飞机公司等都在进行大规模的计算机图形显示研究,从此开始了计算机图形学的黄金年代。

如果说 20 世纪 60 年代代表了计算机图形学研究工作令人兴奋的岁月,那么 70 年代就是这些研究工作初获硕果的 10 年。由于光栅显示器的产生,在 60 年代就已萌芽的光栅图形学算法,迅速发展起来,区域填充、裁剪、消隐等基本图形概念,及其相应算法纷纷诞生,图形学进入了第一个兴盛的时期。很多国家应用了交互式图形显示,并开始出现可使用的 CAD 图形系统,这些技术广泛地应用于计算机辅助设计、事物管理、过程控制、教育等诸多领域。70 年代,计算机图形学另外两个重要进展是真实感图形学和实体造型技术的产生。1970 年 Bouknight 提出了第一个光反射模型;1971 年 Gourand 提出“漫反射模型+插值”的思想,被称为 Gourand 明暗处理;1975 年 Phong 提出了著名的简单光照明模型——Phong 模型。这些可以算是真实感图形学最早的开创性工作。另外,从 1973 年开始,相继出现了英国剑桥大学 CAD 小组的 Build 系统、美国罗彻斯特大学的 PADL-1 系统等实体造型系统。

由于图形设备昂贵、功能简单、基于图形的应用软件缺乏,所以直到 20 世纪 80 年代初,和别的学科相比,计算机图形学还是一个较小的学科领域。从 80 年代中期以来,大规模集成电路的发展,为图形学的飞速发展奠定了物质基础。计算机的硬件性能的提高,使得图形学的各个研究方向得到充分发展,图形学不仅已广泛地在工业、管理、艺术领域发挥巨大作用,而且已进入家庭。1980 年 Whitted 提出了一个光透视模型——Whitted 模型,并第一次给出光线跟踪算法的范例,实现了 Whitted 模型;1984 年,美国 Cornell 大学和日本广岛大学的学者分别将热辐射工程中的辐射度方法引入到计算机图形中,用辐射度方法成功地模拟了理想漫反射表面间的多重漫反射效果。光线跟踪算法和辐射度算法的提出,标志着真实感图形的显示算法已逐渐成熟。

20 世纪 90 年代以来,动画、科学计算可视化、CAD/CAM、影视娱乐、虚拟现实环境的应用又向计算机图形学提出了许多更高、更新的要求。可以预见,三维乃至高维计算机图形学在真实性和实时性方面将有飞速发展。

计算机图形是人们和计算机通信的最通用的和最有力的手段,计算机图形显示对不同年龄的用户都具有强大的吸引力。图形直观清晰的特性也大大推广了它的应用范围。大规模集成电路技术以及新型廉价硬件的诞生使计算机图形学得到飞速的发展。当前由于各种图形设备性能不断提高,价格不断下降,使计算机图形学的应用领域正在不断扩展。毋庸置疑,这一技术将继续发展、普及。

第三节 计算机图形学的应用及发展方向

计算机图形学起源于艺术、科学、工程技术、音乐、舞蹈、电影制作等领域,随着计算机软、硬件性能的日趋提高和成本的逐步下降,它几乎被应用在一切领域,如工业、商业、政府部门、教育、科研、医学、娱乐和广告方面。特别是20世纪80年代以来,计算机图形学在社会生活各方面的应用都已获得长足的发展。其代表性的应用有以下8个方面。

1. 计算机辅助设计与制造

CAD/CAM是计算机图形学在工业界最广泛、最活跃的应用领域。计算机图形学被用来进行土建工程、机械结构和产品的设计,包括飞机、汽车、船舶的外形设计,发电厂、化工厂等的布局设计,电子线路、电子器件设计,以及建筑、服装、印染、玩具等的设计。应用CAD/CAM系统进行设计和画图,不仅可以获得对象的精确表示和真实效果,还可以在计算机中建立对象的数据模型,对它进行各种性能分析。设计人员根据计算结果修改设计,直至满意,大大缩短了设计周期,最后把计算机设计好的结果直接送至后续工艺进行加工处理。例如,在飞机工业中,美国波音飞机公司已用相关的CAD系统实现波音777飞机的整体设计和模拟,其中包括飞机外形设计与内部零部件的安装和检验模拟。图1-1是采用3DS MAX软件绘制的Apollo飞船的模型。

随着计算机网络的发展,在网络环境下进行异地、异构系统的协同设计,已经成为CAD领域最热门的课题之一。现代产品设计已不再是一个设计领域内孤立的技术问题,而是综合了产品各个相关领域、相关过程、相关技术资源和相关组织形式的系统化工程。它要求设计团队在合理的组织结构下,采用群体工作方式协调和综合设计者的专长,并且从设计一开始就考虑产品生命周期的全部因素,从而达到快速响应市场需求的目的。协同设计的出现使企业生产的时空观发生了根本的变化,使异地设计、异地制造、异地装配成为可能,从而为企业在市场竞争中赢得了宝贵的时间。

CAD另一个非常重要的研究领域是基于工程图纸的三维形体重建。三维形体重建就是从二维信息中提取三维信息,通过对这些信息进行分类、综合等一系列处理,在三维空间中重新构造出二维信息所对应的三维形体,恢复形体的点、线、面及其拓扑关系,从而实现形体的重建。二维图纸设计在工程界中仍占有主导地位,工程上有大量的旧的透视图和投影图片可以利用、借鉴,许多新的设计可凭借原有的设计基础作修改即可完成。同时三维几何造型系统,因为可以做装配的干涉检查,以及做有限元分析、仿真、加工等后续操作,因此,它代表

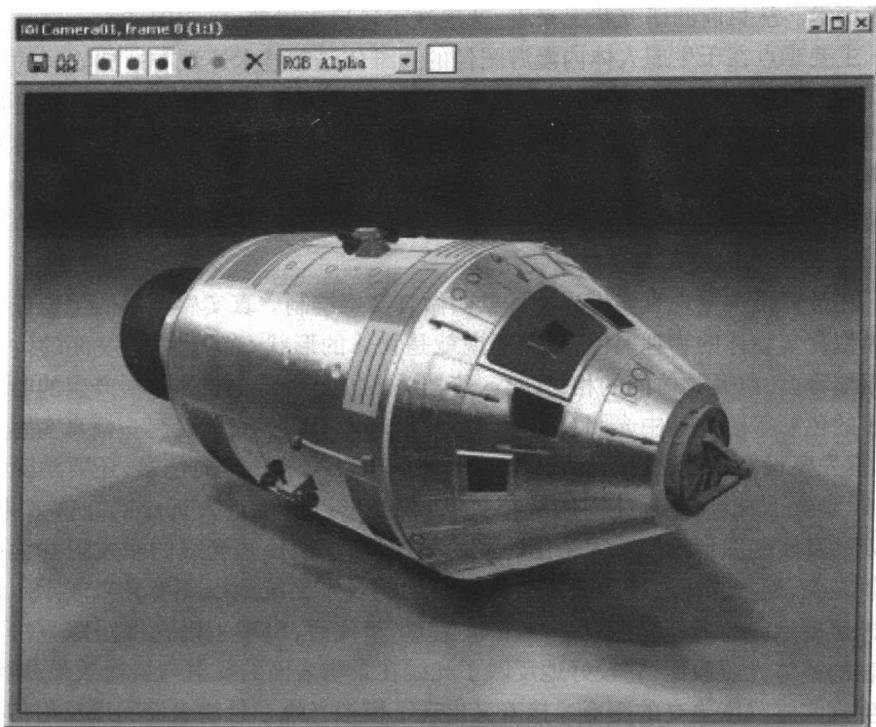


图 1-1 采用 3DS MAX 软件绘制的 Apollo 飞船的模型

CAD 技术的发展方向。目前主要的三维形体重建算法是针对多面体和对主轴方向有严格限制的二次曲面体的。任意曲面体的三维形体重建,至今仍是一个未解决的世界难题。

2. 科学计算的可视化

科学技术的迅猛发展和数据量的与日俱增使得人们对数据的分析和处理变得越来越难。人们无法从数据海洋中得到最有用的数据,找到数据的变化规律,提取最本质的特征。但是如果能将这数据用图形的形式表示出来,情况就不一样了,事物的发展趋势和本质特征将会很清楚地呈现在人们面前。目前科学计算可视化广泛用于医学、流体力学、有限元分析、气象分析当中。尤其在医学领域,可视化有着广阔的发展前途。依靠精密机械做脑部手术已经由机器人和医学专家配合完成,做远程手术是目前医学上很热门的课题,而这些技术实现的基础则是可视化。可视化技术将医用 CT 扫描的数据转化为三维图像,并通过一定的技术生成在人体内漫游的图像,使得医生能够看到并准确地判断病人的

体内患处,然后通过碰撞检测一类的技术实现手术效果的反馈,帮助医生成功地完成手术。从目前的研究状况来看,这项技术还远未成熟,离实用还有一定的距离。主要难点在于生成人体内漫游图像的三维体绘制技术还没有达到实时的程度,而且现在大多数的体绘制技术是基于平行投影的,而漫游则需要真实感更强的透视投影技术,然而体绘制的透视投影技术到现在还没有很好地解决。另外在漫游当中还要根据 CT 图像区分出不同的体内组织,这项技术叫 Segmentation。目前的 Segmentation 主要是靠人机交互来完成,远未达到自动实时的地步。

3. 图形实时绘制与自然景物仿真

在计算机中重现真实世界的场景叫做真实感绘制。真实感绘制的主要任务是模拟真实物体的物理属性,简单地讲就是物体的形状、光学性质、表面的纹理和粗糙程度,以及物体间的相对位置、遮挡关系以及由于光线的传播产生的明暗过渡的色彩等。这其中光照和表面属性是最难模拟的。为了绘制一幅真实感图形,首先要设置光源,模拟光线传播的效果以产生明暗过渡的色彩;还要消除隐藏线、隐藏面,以反映物体间的遮挡关系;再投影以产生近大远小的立体效果。早期的真实感图形绘制技术采用的光照明模型,仅能反映光线的漫发射和镜面反射现象,而将光线在物体间复杂传播产生的效果笼统地以环境光来表示。这种光照模型称为局部光照模型。20 世纪 80 年代后,出现了以光线跟踪方法为代表的整体光照模型,它较好地反映了光线在景物表面的反射与折射效果,能够产生真实感程度更高的图形。接着又出现了模拟光线在景物表面间漫反射传播形式的辐射度方法,它能较好地反映真实世界中物体间颜色渗透的现象(相邻物体的颜色相互作用而使表面颜色发生变化),为生成高度真实感图形提供了可能。图形的逼真度提高了,相应地生成它的算法的复杂程度也大大增加,这给图形的实时生成带来了很大困难。如图 1-2 所示,是用 3DS MAX 软件绘制的“天津中德职业技术学院”的“中西机床培训中心”。

除了建造计算机可实现的逼真物理模型外,真实感绘制还有一个研究重点是研究加速算法,力求能在最短的时间内绘制出最真实的场景。实时的真实感绘制已经成为当前真实感绘制的研究热点,而当前真实感图形实时绘制的两个热点问题则是物体网格模型的面片简化和基于图像的绘制(IBR, Image Based Rendering)。网格模型的面片简化,就是指对网格面片表示的模型,在一定的误差精度范围内,删除点、边、面,从而简化所绘制场景的复杂程度,加快图形绘制速度。IBR 完全摒弃传统的先建模,然后确定光源的绘制方法。它直接从一系列已知的图像中生成未知视角的图像。这种方法省去了建立场景的几何模型和光照明模型的过程,也不用进行如光线跟踪等极费时的计算。该方法尤其适用于野外极其复杂场景的生成和漫游。

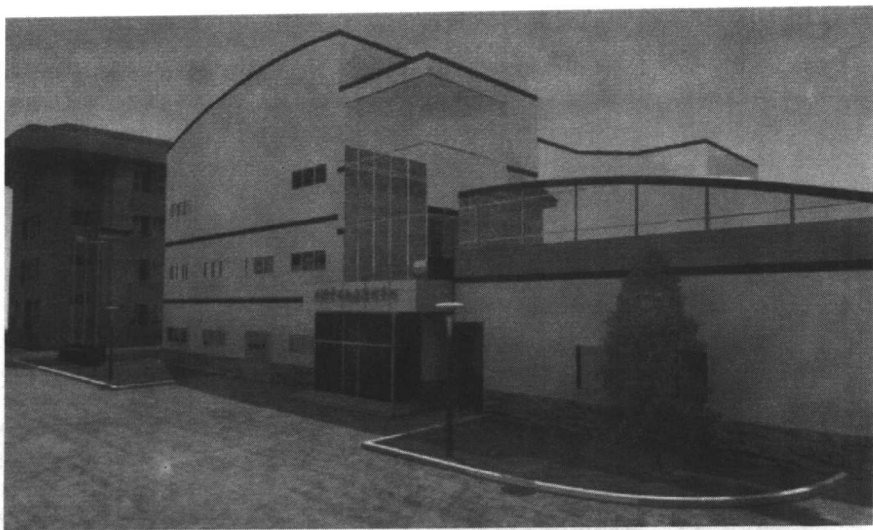


图 1-2 “中西机床培训中心”

另外,真实感绘制已经从最初绘制简单的室内场景发展到现在大量模拟野外自然景物,如图 1-3 所示,如绘制山、水、草、树、云、烟、火等。如何在计算机中表示这类不规则形体的造型技术成为当前计算机图形学的又一个研究热点。

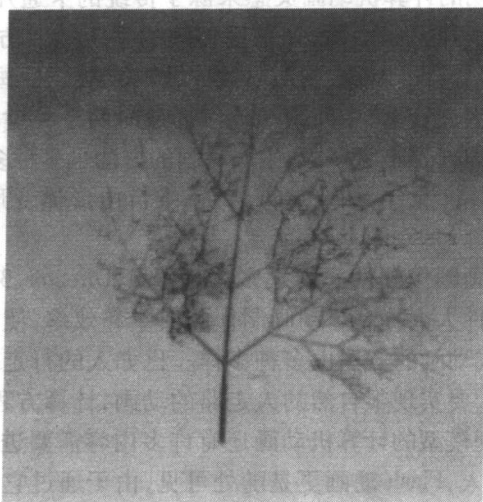


图 1-3 由一个简单文法控制产生的分形树

目前通过使用 3DS MAX 中内置的粒子系统完全可以真实再现这些自然景物,图 1-4 是用 3DS MAX 绘制的云岛自然景观。



图 1-4 用 3DS MAX 绘制的云岛自然景观

4. 计算机动画

随着计算机图形学和计算机硬件的不断发展,人们已经不满足于仅仅生成高质量的静态场景,为了产生连续的动画,至少需要 24/s 帧画面,于是计算机动画就应运而生。早期的计算机动画灵感来源于传统的卡通片,一部两个小时左右的动画片就需要十几万张画面,如果用传统的手工绘制方式,工作量及其巨大。而计算机动画只需设计者绘制几幅被称做“关键帧”的画面,由计算机对两幅关键帧进行插值生成若干“中间帧”,连续播放时两个关键帧就被有机地结合起来了。计算机动画内容丰富多彩,生成动画的方法也多种多样,比如基于特征的图像变形、二维形状混合、轴变形方法、三维自由形体变形(FFD, Free-Form Deformation)等,如图 1-5、图 1-6 所示。

目前计算机动画制作软件非常之多,如 Flash、Director、3DS MAX、Maya 等,由于使用了这些软件大大提高了动画制作的质量和效率,使得计算机动画内容更加丰富多彩,生成动画的方法也多种多样。比如人的行走或跑步是全身的各个关节协调的结果,要实现很自然的人走路的动画,计算方程非常复杂,并且计算量极大,基于物理模型的计算机动画还有许多内容需要进一步研究。随着网络应用的普及与深入,Flash 动画更是随处可见,由于通过它制作出的动画体积小,画面精美,包括中央电视台和各省市电台的片头也采用此种动画,因此计算机动画已经为越来越多的人所喜爱。

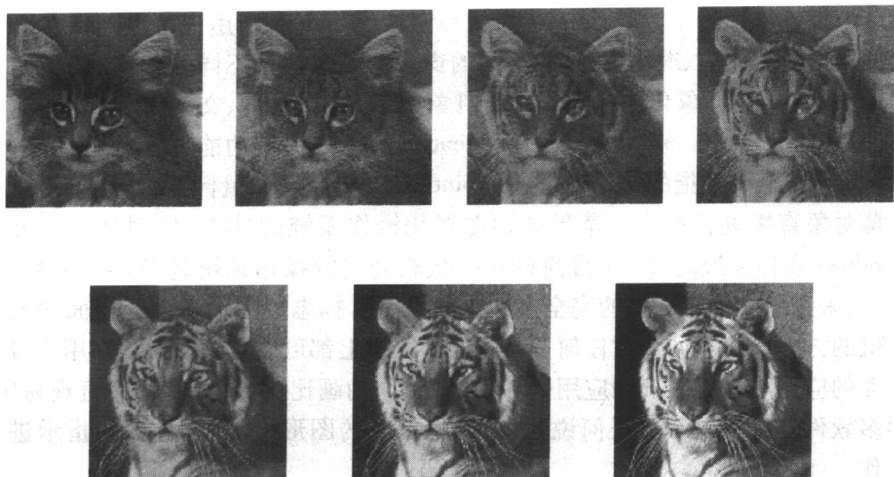


图 1-5 基于特征的图像变形(猫变虎)



图 1-6 三维 FFD 得到的鱼变形图

20 世纪 90 年代是计算机动画应用最辉煌的 10 年。Disney 公司每年都要出一部制作精美的卡通动画片;好莱坞的大片屡屡大量运用计算机生成各种精彩绝伦的特技效果;广告设计、电脑游戏也频频运用计算机动画。计算机动画也因这些商业应用的大力推动而有了极大的发展。

5. 用户接口

用户接口是人们使用计算机的第一观感。一个友好的图形化的用户界面能够大大提高软件的易用性。在 DOS 时代,计算机的易用性很差,编写一个图形化的界面要费去大量的劳动,过去传统的软件中有 60% 的程序是用来处理与用户接口有关的问题和功能的。因此一个高质量的用户界面应该是易学、易用、易

记的。20 世纪 90 年代以来出现的以 WIMP 为特征的图形用户界面正是基本符合这一设计目标的技术。其中 W 指的是窗口 (Windows), 用户可以随意在屏幕上创建、移动、放大、缩小窗口, 在不同的窗口中可以执行不同的任务。I 指的是图标 (Icons), 它形象化地标志着一个对象 (如可执行文件、文本文件等) 或功能 (如打印、拷贝等)。M 指的是菜单 (Menu), 给用户提 供功能选项, 避免了记忆大量命令之苦。P 指的是定位设备 (Pointing Devices), 如鼠标器等, 便于用户对屏幕对象直接进行操作。苹果公司图形化操作系统的推出, 特别是微软公司 Windows 操作系统的普及 (目前最新的微软公司的操作系统是 Windows XP 系统, 它采用了立体感极强的完全人性化的界面), 标志着图形学已经全面融入计算机的方方面面。如今在任何一台普通计算机上都可以看到图形学在用户接口方面的应用。操作系统和应用软件中的图形、动画比比皆是, 使程序直观易用。很多软件几乎可以不看任何说明书, 而根据它的图形、或动画界面的指示进行操作。

目前几大软件公司都在研究下一代用户界面, 开发面向三维空间的交互 (虚拟环境技术)、高效多通道的用户界面。研究多通道语义模型、多通道整合算法及其软件结构和界面范式是当前用户界面和接口方面研究的主流方向, 而图形学在其中起主导作用。

6. 计算机艺术

计算机艺术是近年来图形学的又一个重要应用领域。现在的美术人员, 尤其是商业艺术人员都热衷于用计算机软件从事艺术创作, 利用图形学方法, 他们可以构造出丰富多彩的艺术图画。可用于美术创作的软件很多, 如二维平面的画笔程序 (如 CorelDraw, Photoshop, PaintShop, Fireworks, Illustrator)、专门的图表绘制软件 (如 Visio)、三维建模和渲染软件包 (如 3DS MAX, Maya)、以及一些专门生成动画的软件 (如 Alias, Softimage) 等, 可以说是数不胜数。这些软件不仅提供多种风格的画笔、画刷, 而且提供多种多样的纹理贴图, 甚至能对图像进行雾化, 变形等操作。很多功能是一个传统的艺术家既无法实现也不可想像的, 而且使用绘图软件在计算机上绘图有两个好处: 其一是由于软件提供了非常多的功能, 使得修改画面十分方便; 其二是通过系统调色板调色也比用实际的颜料调色容易得多。

当然, 传统艺术的一些效果也是上述软件所不能达到的, 比如钢笔素描的效果, 中国毛笔书法的效果, 而且在传统绘画中有许多个人风格化的效果也是上述软件所无法企及的。然而图形学工作者们是不甘失败的, 就是在真实感图形学如火如荼地发展的同时, 模拟艺术效果的非真实感绘制 (NPR, Non-Photorealistic Rendering) 也在逐渐发展。钢笔素描是非真实感绘制的一个重要内容, 目前

仍然是一个非常活跃的研究领域。

7. 虚拟现实系统

虚拟现实系统又称为虚拟环境,是指计算机实时生成一个虚拟的三维空间。这个空间既可以是小到分子、原子的微观世界,或是大到天体的宏观世界,也可以是类似于真实社会的生活空间。它可以乱真,所以称之为虚拟现实。用户可以在这个三维空间中“自由”地走动,随意地观察,并可以通过一些设备与其中的虚拟景物进行交互操作。交互是多通道的,自然的,用以传递信息的可以是一个手势、一个眼神,也可以是一个表情等。在此环境中,用户看到的是虚拟环境所反馈的作用力,由此产生身临其境的感觉。

虚拟现实技术主要研究用计算机模拟三维图形空间,并使用户能够自然地与该空间进行交互。它涉及很多学科的知识,对三维图形处理技术的要求也特别高。简单的虚拟现实系统早在 20 世纪 70 年代便被用于军事领域、训练驾驶员。80 年代后随着计算机硬件技术的提高,它也得到重视并迅速发展。目前已在航空航天、医学、教育、艺术、建筑等领域得到初步应用。例如,2004 年 1 月,美国航天局的“勇气号”火星车着陆距地球约 1.9 亿 km 的火星,用于搜集、拍摄火星表面的地理信息,这辆在火星表面缓慢爬行的小车中并没有驾驶员,它是由地球上的工程师通过虚拟现实系统操纵的。

8. 与计算机网络技术的紧密结合

计算机网络与多媒体技术的迅速发展,使地理上相隔千万里的人们能够通过互联网交换信息,实现信息共享,由此出现了各种应用网络化的趋势。信息的载体称为媒体,它包括文字、声音等,图形图像是其中最重要的一种。因为图形直观、易理解,包含了人们所接受的 70% 以上的信息。Internet 已经使用户可以通过图形界面访问远端的资源,虚拟现实建模语言(VRML)更使用户在三维虚拟场景中漫游网络空间成为可能。图形应用的网络化,显然已经成为当前计算机图形学的发展趋势。

第四节 图形设备

高质量的计算机图形离不开高性能的计算机图形硬件设备。一个图形系统通常由图形处理器、图形输出设备和输入设备构成。这一节将逐个讨论这些图形硬件设备。

一、图形显示设备

图形输出包括图形的显示和图形的绘制。图形显示指的是在屏幕上输出图