

21 世纪高等院校计算机课程系列

张曦煌 杜俊俐 主编

J I S U A N J I T U X I N G X U E

计算机 图形学

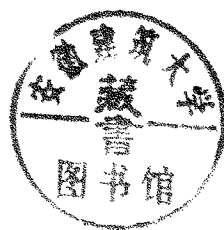


北京邮电大学出版社
www.buptpress.com

21 世纪高等院校计算机课程系列

计算机图形学

张曦煌 杜俊俐 主 编



北京邮电大学出版社

· 北京 ·

内 容 简 介

计算机图形学是在计算机领域中飞速发展并得到广泛应用的学科,主要研究与计算机图形显示相关的原理、算法及程序设计,旨在更好地利用计算机生成、显示及处理图形。

本书介绍了计算机图形学的原理、技术与相关算法的实现,主要内容有计算机图形学的基本概念、计算机图形系统、基于 VC++ 与 OpenGL 的图形程序设计、基本图形生成、曲线与曲面、图形变换技术、真实感图形技术、交互式绘图技术及计算机动画技术。为了突出图形学算法理论的实现,本书的每一章都为基本算法提供了相应的程序实例,方便读者理解。

本书可作为普通高等院校计算机及相关学科专业的本科教材,也可供教师、研究生及从事相关技术的研发人员学习和参考。

图书在版编目(CIP)数据

计算机图形学/张曦煌,杜俊俐主编. —北京:北京邮电大学出版社,2006

ISBN 7-5635-1269-1

I. 计... II. ①张...②杜... 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(2006)第 082665 号

书 名: 计算机图形学

主 编: 张曦煌 杜俊俐

责任编辑: 张佳音

出版发行: 北京邮电大学出版社

社 址: 北京市海淀区西土城路 10 号(100876)

北方营销中心: 电话 010 62282185 传真 010 62283578

南方营销中心: 电话 010-62282902 传真 010-62282735

E-mail: publish@bupt.edu.cn

经 销: 各地新华书店

印 刷: 北京通州皇家印刷厂

开 本: 787 mm×1 092 mm 1/16

印 张: 18

字 数: 422 千字

印 数: 1—3 000 册

版 次: 2006 年 8 月第 1 版 2006 年 8 月第 1 次印刷

ISBN 7-5635-1269-1/TP·237

定价: 27.00 元

• 如有印装质量问题,请与北京邮电大学出版社营销中心联系 •

前 言

计算机图形学是在计算机领域中发展迅速并得到广泛应用的学科,主要研究与计算机图形显示相关的原理、算法和程序设计,旨在更好地利用计算机生成、显示及处理图形。在中国计算机学会教育委员会联合推出的“计算机学科教学计划 2004”(简称“2004 课程”)中,计算机图形学是计算机学科教学的重要组成部分。

计算机图形学的基本概念、基本理论、基本原理及经典算法是计算机图形学学科的核心,经典的计算机图形学教材都将这些作为教材的主要内容,以丰富学生的基础知识,培养学生的独立研究能力。然而,在微型计算机日益普及的今天,随着计算机科学及技术的发展,出现了很多功能完善的图形软件标准和图形软件包,如何利用这些图形软件标准和图形软件包,培养学生的学习兴趣,提高实际应用能力,则是当今教学的重点,也是本书的目的所在。

OpenGL 是近 10 年来发展起来的一个性能卓越的、通用共享的三维图形标准,已得到广泛应用。本书在计算机图形学传统体系及内容基础上,本着基础和先进结合,理论和应用结合,时代和实用结合,科学和通俗结合的指导思想,以 VC++ 与 OpenGL 作为算法描述语言,使读者在学习计算机图形学基础知识的同时,为解决实际图形问题打下基础。

本书从面向 21 世纪的计算机专业本科教材新需求出发,介绍了计算机图形学的原理、技术及相关算法的实现,内容循序渐进、深入浅出,主要包括计算机图形学的基本概念、计算机图形系统、基于 VC++ 与 OpenGL 的图形程序设计、基本图形生成、曲线与曲面、图形变换技术、真实感图形技术、交互式绘图技术及计算机动画技术等作了详细的介绍,为了突出图形学算法理论的实现,本书的每一章都为基本算法提供了 VC++ 与 OpenGL 的程序实例,读者可以通过书中的程序实例上机验证算法,进而深入理解掌握计算机图形学的原理方法,为今后的计算机图形学的应用打下坚实的基础。

本书由张曦煌、杜俊俐主编,第 1、第 3 章由张曦煌编写,第 2、第 7 章由杜俊俐编写,第 4 章由费赓祗编写,第 5 章由王卫东编写,第 6 章由林意编写,第 8 章由吴侃编写。虽然编写者都是经验丰富的第一线的教师,但时间仓促,书中难免有错误和缺点,殷切希望广大读者批评指正。在编写的过程中参考了许多的相关资料,得到了许多老师和同学的帮助,在此一并表示感谢。

作 者

2006 年 8 月

目 录

第 1 章 绪 论

1.1 计算机图形学的发展历史	1
1.2 计算机图形学的应用及研究前沿	3
1.3 计算机图形学的研究内容	8
1.4 计算机图形学与相关学科的关系	8
习 题	9

第 2 章 计算机图形系统

2.1 计算机图形系统概述	10
2.1.1 计算机图形系统的结构	10
2.1.2 计算机图形系统的基本功能	12
2.2 图形输入设备	12
2.2.1 一般应用图形输入设备	13
2.2.2 特殊应用图形输入设备	14
2.3 图形绘制设备	15
2.3.1 绘图仪	15
2.3.2 打印机	16
2.4 图形显示系统	16
2.4.1 显示器	16
2.4.2 显示卡	21
2.5 计算机图形标准	24
2.6 Visual C++ 的图形程序开发方法	27
2.6.1 图形设备接口	28
2.6.2 OnDraw 成员函数	33
2.6.3 GDI 对象类	33
2.6.4 Windows 映射模式	42
2.6.5 绘图模式的设置	44
2.7 OpenGL 程序设计基础	46
2.7.1 OpenGL 的主要功能	46
2.7.2 OpenGL 绘图程序开发方法	48



习 题	55
-----------	----

第3章 二维图形生成技术

3.1 直线扫描转换算法	56
3.1.1 直线 DDA 算法	57
3.1.2 中点画线算法	58
3.1.3 Bresenham 画线算法	62
3.2 圆的扫描转换算法	65
3.2.1 圆的性质	65
3.2.2 中点画圆算法	66
3.2.3 Bresenham 画圆算法	68
3.3 填充技术	71
3.3.1 种子填充算法	71
3.3.2 多边形扫描线填充算法	75
3.4 字符处理	85
3.4.1 字符编码标准	85
3.4.2 点阵字符	85
3.4.3 字形技术	86
3.5 属性处理	87
3.5.1 线宽的处理	87
3.5.2 线型	88
3.5.3 区域填充图案	89
3.6 反走样	90
3.6.1 提高分辨率	90
3.6.2 直线的简单区域取样	91
3.7 实例演示程序	92
3.8 基于 OpenGL 的基本图形绘制	99
3.8.1 点	100
3.8.2 线	100
3.8.3 多边形	104
习 题	106

第4章 图形变换

4.1 基本几何变换	107
4.1.1 二维图形几何变换	107
4.1.2 变换的矩阵表示	109
4.1.3 复合变换	111
4.1.4 二维几何变换的函数	115



4.2 三维图形几何变换	115
4.2.1 基本变换	116
4.2.2 三维几何变换的函数	117
4.3 参数图形几何变换	118
4.3.1 圆锥曲线的几何变换	118
4.3.2 参数曲线、曲面的几何变换	119
4.4 坐标系统	122
4.5 投影变换	124
4.5.1 基本概念	124
4.5.2 平行投影变换	125
4.5.3 透视投影变换	126
4.6 基于 Visual C++ 的 OpenGL 坐标变换	127
4.6.1 OpenGL 中的三维物体显示	127
4.6.2 OpenGL 中的几种变换	129
4.7 图形裁剪	135
4.7.1 直线的裁剪	135
4.7.2 多边形的裁剪	140
习 题	145

第 5 章 曲线与曲面

5.1 曲线曲面基础	146
5.1.1 曲线曲面的参数表示	147
5.1.2 插值与逼近	148
5.1.3 连续性	149
5.1.4 样条描述	149
5.1.5 三次样条	150
5.2 Bezier 曲线	151
5.2.1 Bezier 曲线的定义	152
5.2.2 Bezier 曲线的性质	153
5.2.3 Bezier 曲线的拼接	155
5.2.4 Bezier 曲线的离散生成	155
5.3 B 样条曲线	157
5.3.1 B 样条曲线的定义	157
5.3.2 B 样条曲线的分类	158
5.3.3 B 样条曲线的性质	161
5.3.4 非均匀有理 B 样条曲线	162
5.4 Bezier 曲面	164
5.4.1 Bezier 曲面的定义	164



5.4.2 Bezier 曲面的性质	165
5.4.3 Bezier 曲面的拼接	166
5.5 B 样条曲面	166
5.5.1 B 样条曲面的定义	166
5.5.2 非均匀有理 B 样条曲面	167
5.6 用 OpenGL 生成曲线与曲面	168
5.6.1 样条曲线的绘制	168
5.6.2 样条曲面的绘制	172
习 题	175

第 6 章 三维真实感物体显示技术

6.1 隐藏面和隐藏线的消除	176
6.1.1 凸多面体的隐藏线消除	176
6.1.2 凹多面体的隐藏线消除	177
6.1.3 曲面隐藏线消除	177
6.2 消除隐藏面	178
6.2.1 画家算法	178
6.2.2 Z 缓冲器算法	179
6.2.3 扫描线 Z 缓冲器算法	182
6.2.4 区间扫描算法	183
6.2.5 Warnock 算法	184
6.2.6 消隐实例	186
6.3 光照模型	189
6.3.1 颜色模型和颜色应用	189
6.3.2 常用颜色模型	192
6.3.3 OpenGL 中的颜色模型	193
6.4 简单光照模型	194
6.5 OpenGL 的光照处理	204
6.5.1 光源的定义	204
6.5.2 材质的定义	205
6.5.3 OpenGL 的光照实例	206
6.6 纹理映射	207
6.6.1 定义纹理	208
6.6.2 控制纹理滤波	208
6.6.3 纹理处理	208
6.6.4 某个纹理的实例	209
习 题	221



第7章 交互式绘图技术

7.1 交互式绘图概述	222
7.1.1 交互式绘图的概念	222
7.1.2 交互式绘图系统的交互任务	222
7.1.3 交互式绘图系统的设计原则	223
7.2 交互式输入的基本模式	224
7.3 基本交互式绘图技术	225
7.4 交互式绘图系统的构造	229
7.4.1 交互式用户接口的内容	229
7.4.2 交互式用户接口的工作方式	230
7.4.3 交互式用户接口的实现	231
7.5 OpenGL 对交互式绘图的支持	233
7.5.1 OpenGL 的选择模式	233
7.5.2 OpenGL 的反馈模式	236
7.5.3 用 OpenGL 缓冲技术实现橡皮筋功能	240
习 题	246

第8章 计算机动画技术

8.1 计算机动画技术概述	247
8.1.1 动画技术的历史和发展	247
8.1.2 计算机动画技术的应用	248
8.1.3 常用动画软件	249
8.2 计算机动画的分类与原理	252
8.2.1 计算机动画的分类	252
8.2.2 计算机动画的基本原理	253
8.2.3 关键帧技术	254
8.2.4 运动描述	255
8.2.5 动画文件格式	256
8.3 计算机动画的生成方法	257
8.3.1 OpenGL 动画设计概述	257
8.3.2 反弹的方块	257
8.3.3 双缓冲技术	262
8.3.4 旋转的立体圆环	266
8.3.5 交互式动画	271
习 题	277

参考文献	278
------------	-----

第 1 章 绪 论

随着计算机科学技术的发展,近 30 年来,计算机图形学得到了迅猛发展,人们已经可以通过计算机高速、有效、真实地生成图形,计算机图形学作为利用计算机生成图形的技术,已经越来越广泛地在各个领域得到了应用。计算机图形学应用领域的拓宽和应用水平的提高,使得人们越来越重视对计算机图形学的研究和利用。当今,计算机图形学已经成为了计算机科学技术领域的一个重要研究方向,并被广泛地应用于科学计算、工程设计、医药、工业、艺术、娱乐业、广告业、教育与培训、商业及政府部门等。

计算机图形学(Computer Graphics)是计算机科学与技术领域中迅速发展起来的一个重要的分支,在深入学习计算机图形学之前,首先需要对计算机图形学的定义、研究内容以及它与其他学科的关系做一个简要说明。计算机图形学的基本含义是使用计算机通过算法和程序在显示设备上构造出图形。计算机图形学中的图形是指可以用数学方法描述的并且需要在计算机上显示的图形,也就是说,计算机图形学中的图形是人们通过计算机设计和构造出来的,不是通过如数码相机或扫描仪等设备输入的图像,所设计和构造的图形可以是现实世界中已经存在的物体,也可以是完全虚拟的物体。

国际标准化组织(ISO)对计算机图形学定义如下:计算机图形学是研究通过计算机将数据转换为图形,并在专门显示设备上显示的原理、方法及技术的学科。简单地说,计算机图形学是研究利用计算机来生成处理和显示图形的一门学科,现在发展成为对物体的模型和图像生成、存取和管理的新学科。

计算机图形学的研究内容非常广泛,包括图形硬件、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、自然景物仿真及虚拟现实等。

1.1 计算机图形学的发展历史

1950 年,麻省理工学院(MIT)的计算机显示器产生了简单的图形,这台显示器使用了类似电视机使用的阴极射线管(CRT),可以说是世界上最早显示图形的计算机设备。当时虽然只有电子管计算机,科学计算用机由语言编程,且配置的图形设备仅具有输出功能,但所有这些都表示 20 世纪 50 年代是计算机图形学准备和酝酿的重要时期。50 年代末期,MIT 林肯实验室在 Whirlwind 计算机上开发出 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,操作者可以在屏幕上指出被确定的目标。与此



同时,类似的技术在设计和生产过程中也陆续得到了应用,计算机图形学由此诞生。

1962年,MIT 林肯实验室的 Ivan E. Sutherland 发表了一篇题为“Sketchpad:一个人机交互通信的图形系统”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学科分支的独立地位。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为应用。

随着计算机图形学的建立,人们开始利用图形学的思想解决实际的问题需求,20世纪60年代,很多系统中开始广泛地应用交互式图形显示技术,如为了解决产品的外型设计中曲线、曲面的问题,1964年 MIT 的教授 Steven A. Coons 提出了被后人称为超限插值的新思想,通过插值4条任意的边界曲线来构造曲面。同样在60年代早期,法国雷诺汽车公司的工程师 Pierre Bezier 研究了被后人称为 Bezier 曲线、曲面的理论,并将其成功地用于几何外形设计,并开发了用于汽车外形设计的 UNISURF 系统。Coons 方法和 Bezier 方法是计算机辅助设计与制图最早的开创性工作。

20世纪60年代是计算机图形学确立并得到发展的时期,到了70年代,计算机图形学的理论与技术得到了实际的应用,进入了实用化阶段,人们研制开发了许多图形系统,应用领域从工业和军事领域逐步走向教育、科研和信息管理等领域,因此,70年代是计算机图形学发展过程中一个重要的历史时期。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地发展起来,区域填充、裁剪、消隐等基本概念及其相应算法纷纷诞生,计算机图形学进入了第一个兴盛的时期,并开始出现实用的 CAD 图形系统。70年代,计算机图形学的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模型,这些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。

1980年 Whitted 提出了一个光透视模型,又叫 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学中,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80年代,随着超大规模集成电路的发展,加上带有光栅扫描显示器的个人计算机和工作站的出现,使得计算机图形学的应用深度和广度得到了前所未有的发展,大量简单易用、价格低廉的基于图形的硬件系统的出现,为计算机图形学应用的大发展铺平了道路,为计算机图形学的飞速发展奠定了物质基础,使得计算机图形学的各个研究方向得到充分发展,计算机图形学已广泛应用于动画、科学计算可视化、CAD/CAM、影视娱乐等各个领域。

20世纪90年代,随着计算机及其外围设备的发展,计算机图形学的功能有了很大的发展和提高,计算机图形学的软件功能不断加强,图形学自身也朝着标准化、集成化和智能化不断进步。国际标准化组织(ISO)已推出了许多关于图形学方面的标准,并得到了广泛地认同和采用,这给实现图形软件与设备的独立性,提高图形软件的可重用性等都带



来很大的益处。图形学国际化标准的推出,降低了图形系统的价格,推动了图形系统的应用。

进入 21 世纪以来,计算机图形系统更以其高的性价比和更优良完善的功能进入到社会的各个领域。随着多媒体技术、人工智能及专家系统技术与计算机图形学技术的有机结合,科学计算的可视化和虚拟现实的应用又向计算机图形学提出了更新的课题,三维乃至高维计算机图形学在真实感和实时性研究方面开始迅速发展,同时也推动了分形图形学的研究与应用的发展。同时,计算机图形学也在朝着智能化、网络化的方向继续发展。

1.2 计算机图形学的应用及研究前沿

计算机图形学是计算机科学的一个重要分支,在许多领域得到应用,下面分别介绍计算机图形学的应用。

1. 计算机辅助设计(CAD)与计算机辅助制造(CAM)

应用计算机图形学最为活跃、最为广泛的领域是计算机辅助设计(CAD)与计算机辅助制造(CAM)。CAD 是设计人员借助于计算机进行设计的方法,其特点是将人的创造能力和计算机的高速运算能力、巨大存储能力及逻辑判断能力很好地结合起来。计算机辅助设计包括的内容很多,如概念设计、优化设计、有限元分析、计算机仿真、计算机辅助绘图及计算机辅助设计过程管理等。

现在 CAD 技术已广泛应用于机械、电子、土木建筑、造船、汽车及飞机制造等方面。在机械制造业中,可用交互式设计的方法,绘制机械零件图、装配图,并按设计要求直接进行加工制造,如某零件的设计与三维模拟显示如图 1.1 所示。在电工及电子学领域,可用计算机进行辅助电路设计,也可对印刷电路板进行设计,如某电路及其印刷电路板的设计如图 1.2 所示。在汽车、飞机、轮船制造业中,可利用 CAD 技术设计外形轮廓,在物体制造出之前,就可以看到真实感很强的外形,如某汽车的设计与三维显示如图 1.3 所示。

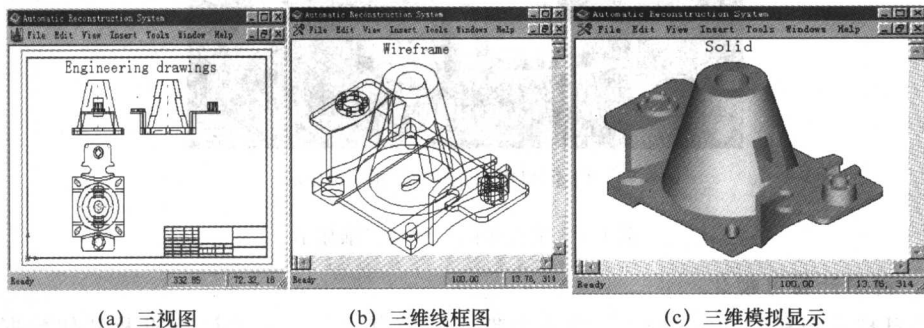
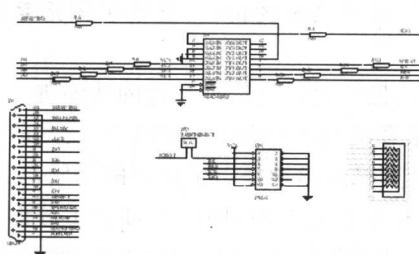
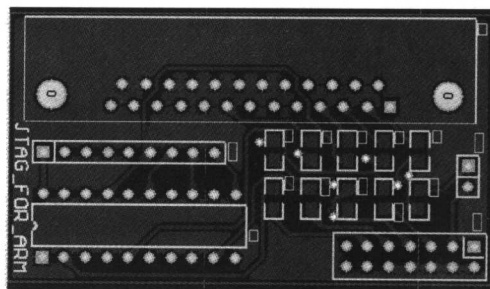


图 1.1 某零件的设计与三维模拟显示

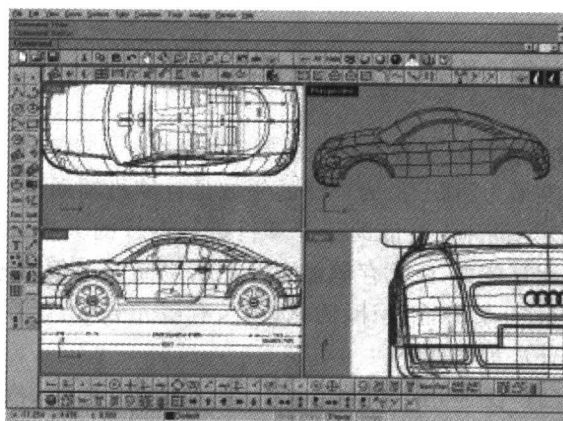


(a) 原理图

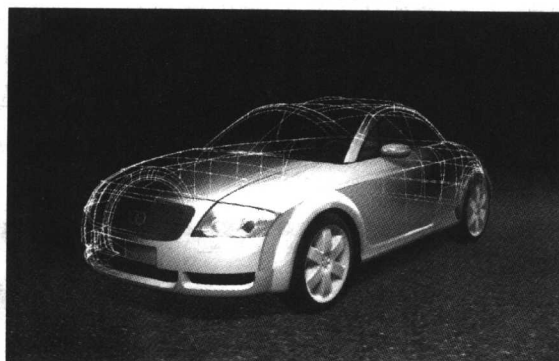


(b) 印刷电路板图

图 1.2 某电路及其印刷电路板的设计



(a) 利用CAD的汽车设计



(b) 利用CAD设计的汽车模拟三维显示

图 1.3 某汽车的设计与三维显示

2. 科学计算可视化

信息技术与科学技术的发展,将人类带入了信息时代。随着计算机及其他数据采集及生产设备的发展,数据生产率大大提高,巨型计算机、卫星遥感设备及 CT 和 MRI 医学成像设备等无时无刻不在生产海量数据,如何有效地处理海量数据这一问题显得更加迫切。与日俱增的数据量使得人们对数据的分析和处理越来越困难,很难从海量数据中找



到数据的变化规律,得到最有用的信息。如果能将这些数据用某种图的形式表示出来,常常会使问题变得非常清晰,有助于问题的解决。科学计算可视化由此诞生。

科学计算可视化是 20 世纪 80 年代中期兴起的计算机图形学的重要发展方向,1986 年,美国科学基金会(NSF)专门召开了一次研讨会,会上提出了科学计算可视化(Visualization in Scientific Computing)这一概念。目前科学计算可视化广泛应用于医学、流体力学、有限元分析及气象分析当中。

科学计算可视化在医学领域得到了极大的发展,有着广阔的应用前景。可视化技术将医用 CT 扫描的数据转化为三维图像,使得医生能够看到并准确地判断病人的疾病。建立数字化可视人体(Digitized Visible Human)是进行人体生命研究的重要基础工具,对于人体解剖学、临床医学以及涉及人体工程学的各个学科均有重要意义。我国建立了首例中国数字化可视化人体数据集,从医学影像学和断层解剖学入手,对其进行深入的三维可视化研究。图 1.4 所示为人脑的可视化重建图形。

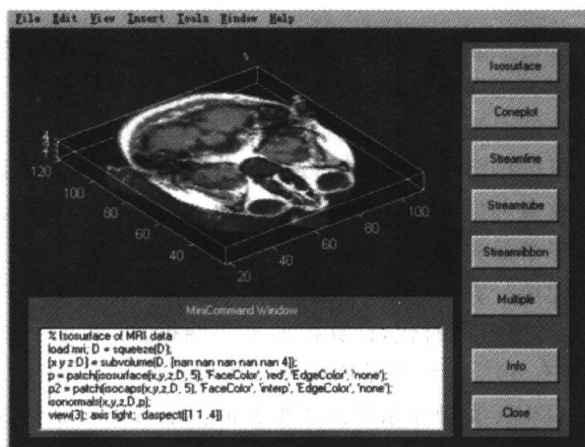


图 1.4 人脑的可视化重建图形

3. 地图制图学及地理信息系统

美国前副总统戈尔在 1998 年 1 月 31 日于洛杉矶加利福尼亚科学中心召开的地理信息系统年会上提出了数字地球的设想,并且有一段经典的描述:比如,可以设想一个小孩来到地方博物馆的一个数字地球陈列室,当她戴上头盔显示器,她将看到就像是出现在空中的地球。使用“数据手套”,她开始放大景物,伴随越来越高的分辨率,她会看到大洲,随之是区域、国家、城市、最后是房屋、树木以及其他各种自然和人造物体。在发现自己特别感兴趣的某地块时,她可乘上“魔毯”,即通过地面三维图像显示去深入查看……甚至在离开她家乡的地方博物馆之前,她就可以把要去步行旅游的地方从头到尾地浏览一遍。

戈尔所描述的数字地球的基础就是地理信息系统(Geographic Information System, GIS)。地理信息系统是指建立在地理基础数据的基础上的关于地理信息的综合管理信息系统,其核心是地图信息的建模储存、分析处理及图形显示。计算机图形学是建立地理信息系统的重要支撑技术。计算机图形学以及相关图形软件可用于绘制基本地图、地形



图、地质图等多种图形,还可绘制全球三维大气分布图等。将地理信息系统与计算机网络、数据库技术等融合,便可实现“数字城市”及“数字地球”。

目前我国的许多城市正在筹建城市基础地理信息系统,并将组建成为国家经济信息系统的组成部分。

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,计算机动画应运而生。20 世纪 90 年代是计算机动画应用辉煌的 10 年,如今,计算机动画广泛地应用于影视娱乐、文化教育及工程技术等多个领域。Disney 公司利用计算机动画技术制作了许多精美的卡通动画片,好莱坞电影也大量运用计算机生成各种各样精彩绝伦的动画来达到一些特技效果,另外广告设计、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得到了极大的发展。计算机动画内容丰富多彩,生成动画的方法也多种多样,本书第 8 章有详细的介绍。

5. 人机交互界面

计算机与人之间进行交互通信的部分称为人机交互界面。早期人们是通过机械开关及指示灯组成的控制面板指挥计算机工作的,这种人机交互方式只适用于计算机专业人员;此后,键盘与字符终端成为主要的通信方式,这种交互方式较为方便,但不够直观;目前,已发展到以键盘、鼠标等多种输入设备以及光栅图形显示其为输出图形用户界面,这种界面以窗口、图标、菜单和鼠标指示器为基础形象,是非常直观的人机交互界面。图形用户界面是计算机图形学的典型应用之一。

用户界面是人们使用计算机的第一观感。一个友好的图形化用户界面能够大大提高软件的易用性。在 DOS 流行的时代,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,软件中有 60% 的程序是用来处理与用户界面有关的问题和功能。进入 20 世纪 80 年代后,随着 UNIX 类操作系统的图形界面标准 Xwindow 标准的面世,苹果公司图形化操作系统的推出,以及微软公司 Windows 操作系统的普及,计算机图形学已经开始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,大部分应用软件直观易用,几乎不需要任何说明书,就可以根据图形用户界面的指示进行操作。

目前几个大的软件公司都在研究下一代用户界面,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研究的主流方向,计算机图形学在其中起主导作用。

6. 计算机艺术

计算机图形不但能够生成工程图,如果将计算机图形学与其他的学科结合起来,还可以构造出非常丰富的具有艺术特征的图形、图案、工艺外形以及传统风格的绘画作品,也就是说,可以利用计算机进行艺术的创作。计算机艺术是计算机图形学的又一个重要领域,借助于多种工具和绘图软件,可在计算机屏幕上绘出多彩的艺术图形;借助于计算机的图形处理功能,可以对图形进行一系列的技术处理,从而产生许多丰富多彩的画面,如图 1.5 所示。现在已经有一些常用的计算机软件可以从事计算机艺术的创作:如用于二维平面设计的 CorelDRAW、Photoshop、Paintshop;用于三维建模和渲染的 3DMAX;以及一些专门用于生成动画的软件 Alias、Softimage 等。



图 1.5 利用计算机生成的画面

计算机艺术有许多优点,比如能提供多种风格的画笔画刷、纹理贴图等,能对图像进行雾化,变形等操作,还能对作品任意修改,取消败笔。但是就现阶段而言,计算机艺术也无法达到传统绘画中风格化的艺术效果,无法表达艺术品的深层感情。但随着计算机技术的发展,借助于计算机图形学的研究成果,解决计算机艺术的现有缺陷是指日可待的。

7. 虚拟现实技术

虚拟现实(Virtual Reality)也称虚拟环境(Virtual Environment)。虚拟现实技术是指用计算机技术来生成一个逼真的具有三维视觉、听觉、触觉或嗅觉的虚拟世界,让用户可以从自己的视点出发,利用自然的技能(头的转动、手的运动等)和某些设备(立体眼镜、数据手套等)与这个虚拟世界进行交互和浏览。人们通过人类自然的方式向计算机送入各种动作信息,并且通过视觉、听觉及触觉设施得到相应的视觉、听觉及触觉。随着人们不同的动作,这些感觉也随之改变。戈尔在洛杉矶提出的关于数字地球的设想,也可以说是虚拟现实的一个实例。

虚拟现实作为一种可以由用户创建和体验虚拟世界的计算机系统,它确保人作为主角在虚拟环境中感受真实的程度。理想的虚拟环境应该达到让人难以分辨真假的程度(例如可视场景应随着视点的变化而变化),甚至超越真实,如实现比现实更逼真的照明和音响效果等。虚拟现实还应保证一定的人在虚拟环境内的物体的可操作性程度和从环境得到反馈的自然程度(包括实时性)。例如,用户可以用手直接抓取虚拟环境中的物体,这时手有触摸感,并可以感觉物体的重量,场景中被抓的物体也立刻随着手的移动而移动。在虚拟现实的环境中,用户能够依靠自己的感知和认知能力全方位地获取知识,发挥主观能动性,寻求解答,形成新的概念。图 1.6 所示为虚拟现实中的数据手套的实例。

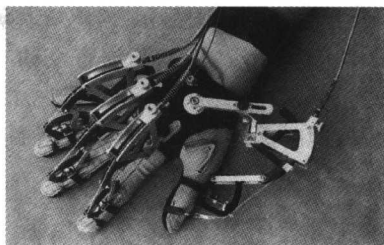


图 1.6 虚拟现实中的数据手套的实例

虚拟现实是一门直接来自于应用的涉及众多学科的新的实用技术,是集先进的计算机技术、传感与测量技术、仿真技术、微电子技术等为一体的综合集成技术。虚拟现实技术的发展尤其依赖于计算机图形学。



1.3 计算机图形学的研究内容

计算机图形学的研究内容非常广泛。计算机图形学自诞生以来,随着软、硬件技术的发展,它的应用领域在不断地扩大,这些又推动了计算机图形学研究领域的扩展,使其研究内容的不断增加。图形通常由点、线、面、体等几何元素和灰度、色彩、线型、线宽等非几何属性组成。如何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。从处理技术上来看,计算机图形主要可分为基于线条信息表示的图形,如工程图、等高线地图、曲面的线框图等;以及明暗图,也就是通常所说的真实感图形。

具体地讲计算机图形学的主要研究内容有以下几个方面。

(1) 交互式计算机图形输入、输出技术。图形输出技术主要研究各种显示器体系结构,也包括图形打印机、绘图仪等;图形输入技术包括用户接口技术的研究如请求模式、命令语言等。

(2) 基本图形的生成与图形变换。基本图形的生成是指利用像素绘制一些基础图形,这也是整个计算机图形学的基础。基础图形包括直线段、圆、圆弧、多边形、曲线及曲面等,也包括区域的填充。图形变换是指二维三维图形的几何变换,如图形的放大、缩小、平移、旋转等。

(3) 三维实体造型。三维实体造型是指建立模型表示自然界的三维物体的技术,包括曲面造型和立体造型。曲面造型研究在计算机中如何表示一个曲面及其显示;立体造型研究如何在计算机中定义、表示一个三维物体;曲面造型与立体造型合称为几何模型造型。

(4) 三维物体显示与真实感图形技术。计算机图形学要求真实地模拟显示自然景象,越逼真越好。由此产生了许多描述自然景象的算法及数学模型等。

(5) 计算机动画显示技术。计算机动画显示技术研究实现动画的各种软件与硬件系统,如动画开发工具、动画语言及动态图形仿真技术等。

(6) 图形标准与图形软件包。图形标准与图形软件包可以满足基于图形的应用软件的开发,同时又不需要直接面向硬件直接编程,方便不同系统之间的软件移植。

1.4 计算机图形学与相关学科的关系

随着计算机技术的快速发展,涉及图形方面的应用也越来越深入,如零件的构造与显示、卫星照片的处理及手写文字的识别等。经过多年的研究与发展,人们发现计算机图形学不是一个孤立的学科,而是与许多学科有着密切的关系,同时也逐渐形成了多个与图形相关的学科分支,计算机图形学中的图像处理 and 模式识别就是其中的典型代表。

计算机图形是指计算机产生的图形,它的实质就是将输入的数据信息,经计算机图形系统处理以后输出图形结果。计算机图像又称数字图像,它是计算机应用领域中的另一