



高等院校计算机科学与技术“十五”规划教材

计算机图形学理论及应用技术



苗雪兰
刘瑞新
编著



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



高等院校计算机科学与技术“十五”规划教材

计算机图形学理论及应用技术

苗雪兰 刘瑞新 编著



机械工业出版社

本书系统、全面地讲述了当前计算机图形学理论和技术的主要内容,介绍了面向对象的图形软件设计方法、图形数据库和基于模糊神经网络技术的图像识别方法等反映当代计算机图形学的新技术和理论。

与其他相关教科书相比,本书克服了普遍存在的图形学理论与实际操作脱节的弱点,增加了 Photoshop 图像处理软件的有关内容,将计算机图形学理论与实际操作技术融为一体。本书通过范例和简明扼要的论述,使读者通过对本书的学习,基本上掌握图形软件的设计和图像编辑方法。

本书可作为大学本科和专科的图形学课程的教材,也可作为从事计算机专业的科研人员、工程人员的技术参考书。

图书在版编目(CIP)数据

计算机图形学理论及应用技术/苗雪兰,刘瑞新编著. —北京:机械工业出版社,2003.1

高等院校计算机科学与技术“十五”规划教材

ISBN 7-111-11515-5

I. 计... II. ①苗...②刘... 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(2003)第 001366 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策 划:胡毓坚

责任编辑:陈振虹

责任印制:路琳

北京印刷一厂印刷·新华书店北京发行所发行

2003 年 1 月第 1 版·第 1 次印刷

787mm×1092mm $\frac{1}{16}$ ·16.75 印张·410 千字

0 001—5 000 册

定价:24.00 元

凡购本图书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

本社购书热线电话:(010) 68993821、88379646

封面无防伪标均为盗版

出版说明

信息技术高度普及的今天,具备一定层次的信息技术素养成为社会素质教育的一个重要目标,由此对高等院校的计算机专业教育提出了更高更新的要求。教育水平提高的关键是教学质量,那么对教学质量有直接影响的教材建设就成为了计算机专业教育的根本,为重中之重。

适逢高等院校计算机专业教育改革的关键时期,为配合相关的教材建设,机械工业出版社会同全国在该领域内享誉盛名、具备雄厚师资和技术力量的高等院校,包括清华大学、上海交通大学、南京大学、成都电子科技大学、东南大学、西安电子科技大学、解放军理工大学、北京科技大学等重点名校,组织了多位长期从事教学工作的骨干教师,集思广益,对当前高等院校的教学现状开展了广泛而深入的研讨,继而紧密结合当前技术发展需要并针对教学改革所提出的问题,精心编写了这套面向普通高等院校计算机专业的系列教材,并陆续出版。

本套教材内容覆盖了普通高等院校计算机专业学生的必修课程,另外还恰如其分地添加了一些选修课程,总体上分为基础、软件、硬件、网络和多媒体五大类。在编写过程中,对教学改革力度比较大、内容新颖以及各院校急需的并且适应社会经济发展的新教材,优先选择出版。

本套教材注重系统性、普及性和实用性,力求达到专业基础课教材概念清晰、深度合理的标准,并且注意与专业课教学的衔接;专业课教材覆盖面广、深浅适中,在体现相关领域最新发展的同时注重理论联系实际。全套教材体现了教育的最新思想,可作为高等院校计算机科学与技术专业的教学用书,同时也是培训班和自学使用的最佳教材。

机械工业出版社

前 言

近年来,随着计算机应用事业的发展,计算机图形技术得到了飞速发展和广泛的应用。特别是面向对象技术和多媒体技术取得的成功,使得图形成为计算机软件中不可缺少的重要部分,而程序设计方法、数据库系统和人工智能等新技术渗透到计算机图形领域,又为计算机图形学提供了更加宽阔的发展空间和强劲动力。

本书是在作者多年的计算机图形学课程教学和科研的基础上完成的。其内容主要包括两方面:一是计算机图形学的基本内容,包括第1章的计算机图形学概述、第2章的图形对象及其分类、第4章的图形表示及造型技术、第5章的图形变换、第6章的图形的生成与计算、第7章的图形操作、第8章的真实感处理、第9章的图形用户界面和第10章的图像量化和图像模式识别;二是计算机图形处理软件和实际操作技术,主要包括第3章的图像处理软件——Adobe Photoshop。

在介绍计算机图形学基本内容时,本书还特别介绍了近年来发展的新方法和新技术,例如:第1章中论述了应用面向对象技术进行图形软件设计的方法和特点;第5章论述了特征造型技术、分形造型技术、体绘制技术及由二维图像构造立体图的方法;第9章论述了现代流行的表单和屏幕构件技术;第10章提出了模糊数学及模糊神经网络技术在图像模式识别中的应用等。在介绍计算机图形学的实用技术时,本书首先介绍了与图像处理相关的概念和理论,然后以图解方式介绍了 Photoshop 的基本工具和使用方法,介绍了有关图像层次、通道、图像编辑、色彩调整、路径及滤镜的概念、功能和操作方法,最后又推出了几个典型范例。通过对本书的学习,读者不仅能够学到计算机图形学的基本知识,还能够胜任用 Photoshop 进行图形设计、图像编辑等图像处理工作。

本书内容完整,结构合理,应用性强,理论与技术密切结合。本书适合用作计算机专业的本科和专科教材,也可用作从事计算机专业的科研人员、工程人员的技术参考书。

编写一本完美的计算机图形学教材并非易事,作者虽集十多年教学、科研之功力,但对于飞速发展的计算机图形学理论和技术而言,也难免顾此失彼、疏漏差错,因此恳请学界同仁不吝批评指正。

作 者

目 录

出版说明

前言

第1章 计算机图形学概述	1
1.1 计算机图形学的发展	1
1.2 计算机图形学研究的内容	3
1.3 计算机图形学的应用	4
1.4 面向对象的计算机图形学概述	8
1.4.1 面向对象技术及其特点	8
1.4.2 面向图形对象技术及其特点	10
1.5 计算机图形学的基本术语	13
1.6 计算机图形系统的组成和功能	14
1.6.1 计算机图形系统的组成	14
1.6.2 计算机图形系统的功能	15
1.7 常用的图形输入输出设备	15
1.7.1 图形显示系统	16
1.7.2 微机中常见的显示器和图形适配器	20
1.7.3 常用的图形输入设备	21
1.7.4 常用的图形输出设备	22
1.8 习题	24
第2章 图形对象及其分类	25
2.1 图形对象的特征	25
2.1.1 图形对象的基本特征	25
2.1.2 图形对象的基本性质	31
2.1.3 基本图元及其特征	34
2.2 图形属性及处理方法	35
2.2.1 图形属性的特殊性	35
2.2.2 常见的图形属性	36
2.3 图形的分类方法	38
2.3.1 图形的普通分类法	38
2.3.2 图形对象的应用分类法	40

2.4 计算机图形软件标准	42
2.4.1 计算机图形核心系统 GKS	42
2.4.2 程序员层次交互式图形系统 PHIGS	43
2.5 习题	44
第3章 图像处理软件——Adobe Photoshop	45
3.1 图像中的色彩和光线	45
3.1.1 图形分辨率和屏幕坐标系	45
3.1.2 常用的颜色模型	45
3.1.3 图形颜色的特性	48
3.1.4 灯光对图像的影响	49
3.2 图像层次和色彩通道	49
3.2.1 图像层次	50
3.2.2 图形通道	52
3.3 图像绘制和图像编辑	53
3.3.1 处理区的选定和剪裁	53
3.3.2 图像着色与编辑	57
3.4 图像变换和图像色彩调整	65
3.4.1 图像变换与图像处理	66
3.4.2 图像的色彩调整	67
3.5 Photoshop 图像处理实例	69
3.5.1 图像编辑的实例	69
3.5.2 图像变换和修改实例	71
3.5.3 滤镜功能的使用实例	73
3.5.4 破旧照片的修复处理	77
3.5.5 使用路径和通道设计立体效果图	80
3.6 习题	85
第4章 图形表示及造型技术	86
4.1 图形表示法综述	86
4.1.1 图形表示应遵循的基本原则	86
4.1.2 图形表示的环境约束	87
4.1.3 表示图形对象的基本方法	87
4.1.4 图形对象中实例的结构	88
4.2 点阵图形的数学表示法	89
4.2.1 点集表示法及数据压缩方法	89
4.2.2 四元树/八元树表示法的理论及实现技术	90
4.3 几何图形的数学表示法	93
4.3.1 数学方程法	93

4.3.2	用多项式进行曲线拟合	93
4.3.3	复合图形的表示方法——CSG 树表示法	96
4.3.4	边界表示法	96
4.4	图形数据模型与图形数据库	97
4.4.1	图形类的数学表示及图形类库模式	97
4.4.2	图形对象的数学模型	99
4.5	造型技术	100
4.5.1	特征造型技术	100
4.5.2	分形造型技术	104
4.5.3	体绘制技术	107
4.5.4	从二维图像信息构造三维形体	107
4.5.5	从二维正投影图构造三维形体	108
4.5.6	实体造型技术	108
4.5.7	几何造型中的元素表示	113
4.6	习题	115
第 5 章	图形变换	117
5.1	图形变换综述	117
5.1.1	图形变换的类别和性质	117
5.1.2	实现图形变换的基本技术	119
5.2	平面图形变换	119
5.2.1	平面图形的比例变换	120
5.2.2	平面图形的平移变换	121
5.2.3	平面图形的旋转变换	122
5.2.4	平面图形的对称变换	123
5.2.5	平面图形的错切变换	125
5.3	平面图形的窗口/视口变换	126
5.3.1	窗口/视口变换的基本方法	126
5.3.2	窗口/视口变换矩阵的求法	127
5.4	立体图形的几何变换	127
5.4.1	立体图形的比例变换和平移变换阵	128
5.4.2	立体图形的旋转变换	128
5.5	立体图形的投影变换	130
5.5.1	立体图形的平行投影变换	131
5.5.2	立体图形的透视投影变换	132
5.6	向视平面坐标系的转变	133
5.6.1	与视平面转变相关的几个视图参数	133
5.6.2	向视平面坐标系转变的方法	133

5.7 图形变换的实现	135
5.7.1 图形变换的处理策略	136
5.7.2 图形变换处理过程的中心问题分析	136
5.8 习题	138
第6章 图形的生成与计算	139
6.1 直线生成的算法	139
6.1.1 直线生成的算法要求	139
6.1.2 逐点比较法	140
6.1.3 数值微分法	140
6.2 圆的生成算法	141
6.3 多项式曲线图的绘制	142
6.3.1 多项式计算的差分法	142
6.3.2 差分法计算步骤	143
6.3.3 多项式曲线图绘制的程序设计	144
6.4 内插法绘制曲线图的方法	147
6.4.1 内插法的原理和特点	147
6.4.2 用内插法实现曲线圆滑处理方法	149
6.4.3 用内插法实现曲线圆滑处理的程序设计	150
6.5 贝塞尔法曲线和 B 样条曲线	151
6.5.1 贝塞尔曲线	152
6.5.2 B 样条曲线	154
6.6 字符的生成	156
6.6.1 点阵式字符的生成方法	156
6.6.2 矢量式字符的生成方法	157
6.6.3 方向编码式字符	157
6.6.4 轮廓字形技术	158
6.7 习题	158
第7章 图形操作	159
7.1 图形操作的形式化理论	159
7.1.1 图形操作的性质	159
7.1.2 图形操作类结构	160
7.1.3 图形操作的数学表示	162
7.1.4 图形操作的 OCI 方法模型	163
7.2 图形对象的运算操作	164
7.2.1 几何图形的布尔运算	164
7.2.2 点阵图形的布尔运算	165
7.2.3 点阵图形的二进制布尔运算	166

7.3 图形对象的删除处理	168
7.3.1 图形删除的种类和处理策略	168
7.3.2 图形删除的实施方案	169
7.4 图形的裁剪处理	169
7.4.1 图形裁剪的基本原则	169
7.4.2 线段裁剪方法及算法描述	170
7.4.3 多边形的裁剪方法	173
7.4.4 三维图形的裁剪处理	175
7.5 区域填充算法	177
7.5.1 区域填充的基础知识	177
7.5.2 扫描线填色算法	178
7.5.3 种子填色算法	184
7.6 习题	185
第8章 真实感处理	186
8.1 三维图形的消隐处理	186
8.1.1 消隐处理的背面移去法	186
8.1.2 图形消隐的画家算法	188
8.1.3 三维图形的隐线消除法	190
8.2 光照模型	191
8.2.1 光源特性和物体表面特性	191
8.2.2 光照模型及其实现	192
8.2.3 明暗的光滑处理	196
8.3 光线跟踪	197
8.3.1 光线跟踪的基本原理	197
8.3.2 光线与实体的求交	199
8.3.3 光线跟踪算法	201
8.4 表面图案与纹理	206
8.4.1 表面图案的描绘	206
8.4.2 表面纹理的描绘	207
8.5 习题	208
第9章 图形用户界面	209
9.1 图形用户界面设计技术综述	209
9.1.1 图形用户界面设计的目标和策略	209
9.1.2 图形用户界面的特征	211
9.2 图形用户界面设计的直观问题	212
9.2.1 图形用户界面设计的基本技术——屏幕布局方法	212
9.2.2 图形用户界面设计的重要工具——闪烁和色彩技术	214

9.3 图形选单系统的设计与管理	216
9.3.1 图形选单的工作流程及系统组成	216
9.3.2 选单数据结构及选单数据编码	217
9.3.3 图形选单的抽象形式和选单库模型	218
9.3.4 选单程序设计方法	221
9.3.5 下拉式选单系统及实现	222
9.4 图形用户界面的屏幕构件	224
9.4.1 图形用户界面的屏幕构件层次和类别	224
9.4.2 图形用户界面的屏幕构件作用及设计	225
9.5 图表的设计与实现	229
9.5.1 图表的数据组织及布局特点	229
9.5.2 图表生成软件的系统模型	231
9.6 习题	235
第 10 章 图像量化和图像模式识别	236
10.1 基于图像模式识别的图像预处理操作	236
10.1.1 点阵图形的图像变换处理	236
10.1.2 图像解析方法	239
10.2 图像模式识别系统及技术	241
10.2.1 基于统计方法的图像模式识别	241
10.2.2 基于图像语言及结构方法的图像模式识别	244
10.3 基于模糊神经网络技术的图像识别方法	246
10.3.1 模糊图像模式识别原理	246
10.3.2 模糊神经网络技术在图像识别中的应用	249
10.3.3 模糊图像模式识别处理的关键问题	252
10.4 习题	255

第1章 计算机图形学概述

近年来,随着计算机事业的发展,计算机图形得到了广泛的应用。特别是“面向对象技术”和“多媒体技术”取得的成功,使得图形成为计算机软件不可缺少的重要部分。因而,图形软件设计理论和应用技术成了计算机领域中的重要课题,计算机图形学成为许多重要应用领域的必备知识。

1.1 计算机图形学的发展

计算机图形学是研究怎样用计算机生成、处理和显示图形的学科,它的应用要追溯到 20 世纪 50 年代初。当时,美国麻省理工学院(MIT)推出的旋风 1 号(Whirlwind)计算机开拓性地采用图形显示器作为图形输出设备,其主要部件是阴极射线管(CRT),只能显示一些简单的图形。第二次世界大战结束后,美国国防部就开始筹划如何预防远程轰炸机携带核弹突袭美国本土问题,决定建立一个实时信息控制系统,监视北美整个空域和地域,使空军总部的指挥员能清晰地看到空中目标和地面机场的动态情景,及时准确地指挥作战。为此,美国麻省理工学院(MIT)的林肯实验室在旋风(Whirlwind)计算机上,开发了美国战术防空系统 SAGE (Semi Automatic Ground Environment)。该系统的具体内容是研制计算机通信网和在全国布置 100 多个图形显示站,利用十九英寸(482.6mm)阴极射线管显示各个军分区的地理边界、雷达搜索目标的位置和航迹、拦截点位置以及计算机生成的其他信息,系统中指挥员可以用光笔在屏幕上指出被确定的目标。这一尝试对交互图形显示技术的发展无疑起了巨大的带头作用。

1962 年,美国麻省理工学院林肯实验室的 Ivan E. Sutherland 发表的一篇题为“Sketchpad: 一个人——机通信的图形系统”的博士论文,文中提出了计算机图形(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,从而确立了计算机图形学作为一个崭新的学科分支的独立地位。

从 20 世纪 50 年代初到 60 年代中,麻省理工学院积极从事计算机辅助设计与制造技术的开拓性研究。1952 年在它的伺服机构实验室诞生了世界上第一台数控铣床的原型;1957 年美国空军将第一批三坐标数控铣床装备了飞机工厂,同时诞生了大型精密数控绘图机。

1964 年,孔斯(S. Coons)提出了用小块曲面片组合表示自由型曲面,使曲面片边界上达到任意高阶连续的理论方法,称为孔斯曲面,此方法受到了工业界和学术界的极大重视。法国雷诺公司的贝塞尔(P. Bézier)也提出了 Bézier 曲线和曲面。孔斯(S. Coons)和贝塞尔(P. Bézier)被称为计算机辅助几何设计的奠基人。

到了 20 世纪 70 年代,计算机图形技术的应用进入实用化的阶段,交互式图形系统在许多国家得到应用;许多新的更加完备的图形系统不断被研制出来。除了在军事上和工业上的应用之外,计算机图形学还进入教育、科研以及事务管理等领域。由于图形设备昂贵、功能简单以及缺乏相应的软件支持,直到 20 世纪 80 年代,计算机图形学还只是一个较小的学科领域。

图形显示器作为计算机图形学的关键设备,也随着计算机技术的发展不断完善。20 世纪 60 年代中期使用的是随机扫描的显示器,虽具有较高的分辨率、较高的对比度以及良好的动态性能,但为了避免图形闪烁,需要以 30 次/s 左右的频率不断刷新屏幕上的图形,因此,随机扫描显示器需要一个刷新缓冲存储器来存放显示图形的数据和指令,还要有一个高速处理器。到了 20 世纪 70 年代中期,出现了价廉的固体电路随机存储器,也随之出现了可以采用基于电视技术的光栅图形显示器。在光栅图形显示器中,被显示的图形都按像素被一一存放在刷新缓冲存储器中,按光栅扫描方式以 30 次/s 的频率对存储器进行读写,以实现图形刷新而避免闪烁。正是由于光栅图形显示器的出现,使得计算机图形生成技术和电视技术相衔接,图形处理和图像处理相渗透,从而使得计算机生成的图形逼真、形象,也推广了计算机图形技术的使用。同时,作为交互式图形技术中的另一关键设备——图形输入设备也得到了发展。

目前已发展了多种支持计算机图形技术的软件系统。最基本的图形系统软件是用某种计算机语言写成的子程序包,如 GKS、PHIGS、GL 等,用户使用时只需按相应计算机语言的规定调用所需的子程序,即可生成各种图形。在这类程序包基础上开发的图形程序便于移植和推广,但相对来说执行速度慢、效率低。常见的图形软件系统是在某种计算机语言基础上进行扩充,使其具有图形生成和处理功能。目前使用的如 Turbo C, Turbo Pascal 等均带有相应的图形函数库,可以直接使用图形函数生成各种图形。用这类语言编写的图形软件简洁、紧凑,执行速度快。专用的图形系统具有很强的图形功能,执行速度以及效率都高,但是系统开发的工作量大,且移植性较差。

随着图形系统的发展,需要对图形软件功能进行标准化。在 1974 年美国国家标准化局(ANSI)举行的 ACM SIGGRAPH 一个“与机器无关的图形技术”的工作会议上,提出了制定有关标准的基本原则。此后,美国计算机协会成立了一个图形标准化委员会,开始制定和审批有关的标准。1977 年该委员会提出了称为“核心图形系统”(Core Graphics System)的规范,1979 年又公布了修改后的第二版,增加了包括光栅图形显示技术在内的许多功能。随后,由 ISO 发布了计算机图形接口 CGI(Computer Graphics Interface)、计算机图形元文件标准 CGM(Computer Graphics Metafile)、计算机图形核心系统 GKS(Graphics Kernel System),程序员层次交互式图形系统 PHIGS(Programmer's Hierarchical Interactive Graphics System)等。它们有些是面向设备的驱动程序包,有些是面向用户的图形生成及管理程序包,其主要出发点是实现程序的可移植性。当然,要使图形软件与设备及系统软件绝对无关是十分困难的,要在不同的图形系统中使用还需要对源程序作适当的修改。

我国开展计算机图形技术的研究和应用开始于 20 世纪 60 年代。近年来,随着改革开放以及我国方针政策的落实,科学技术得到发展应用,计算机图形学的理论和技术迅速发展,取得了可喜的成果。在硬件方面:我国研制出多种系列和型号的绘图机、数字化仪和图形显示器,其技术指标居国际先进水平;具有高分辨率的光栅图形显示器、全色的图形图像处理卡、国际上广泛使用的 Sun SPARC 系列工作站、HP 9000/700,800 系列工作站等,在我国也有定点工厂生产,鼠标等交互设备也已在国内生产。同时,我国与计算机图形学有关的软件也得到了迅速发展。在国家重点攻关项目、863 高技术和国家自然科学基金项目中有许多关于计算机图形软件的研究题目,其中二维交互绘图系统、三维几何造型系统等已受到国内外重视,在图形生成、线段及多边形裁剪、计算机辅助几何设计、光线跟踪和辐射算法产生图形等技术方面也取得了可喜的成果。今天,在电子、机械、航空航天、建筑、造船、轻纺、影视等方面的计算机

图形技术的应用,已取得了明显的社会效益和经济效益。

计算机图形学自 20 世纪 60 年代初形成,经历了萌芽期(20 世纪 60 年代)、发展期(20 世纪 70 年代)、普及期(20 世纪 80 年代)、提高增强期(20 世纪 90 年代以后),已发展成为一门以图形硬件设备、图形专用算法、图形软件系统为研究内容的综合学科。计算机图形学软件与硬件的发展是相互促进,相辅相成的,而且它与其他学科之间的联系也日益广泛。虽然,计算机图形学的理论和技术已经得到了广泛应用,但伴随着计算机图形学的深入发展,仍有许多新的问题需要我们去探讨、去研究解决。

1.2 计算机图形学研究的内容

随着高技术的进展及应用领域的要求,计算机图形学的研究不断发展和深化。目前,计算机图形学有以下研究内容。

1. 图形的生成和表示技术

图形的生成和表示技术包括:与图形有关的各种基本算法,各种图形基元,如线段、表面、圆弧、多边形等的生成算法;区域填充模式和算法;规则和不规则曲线、曲面的生成算法;基本几何体的表示、截交、拟合、展开的算法;物体的投影、隐藏线(面)的消除、浓淡处理;图形显示的灰度与色彩的表示与处理技术等。

2. 图形操作与处理方法

图形操作与处理方法包括:图形的几何变换,如平移、变比、放大、缩小、旋转等操作;图形的创建、删除、移动、复制等操纵技术;开窗口、剪裁、取景、分割、压缩、图段处理等操作方法;图形的拓扑布局以及各种方法的软、硬件实现技术。

3. 图形输出设备与输出技术

图形输出设备与输出技术包括对各种图形显示器体系结构的研究和对图形硬拷贝技术的研究。目前图形显示技术已从单一的 CRT 显示发展到包括等离子板显示,液晶、发光二极管显示,激光以及三维立体显示等。

4. 图形输入设备与输入技术

图形输入设备与输入技术的研究重点是硬件输入设备、交互技术以及用户接口技术,它包括各种可能的输入方式及输入设备、图形定位设备、选择设备、各类图形构成技术、命令技术、选择方式,以及对输入功能、请求模式、用户模型、命令语言、反馈方法等用户接口技术的研究。

5. 图形信息的描述和表示

图形信息的描述和表示的重点是研究图形信息的数据结构、存储方法、检索技术。其中包括图形信息的各种机内表示方法,图形信息的编码、压缩、传输、交换以及组织形式、存取技术的研究。由于图形处理技术目前已从采用单一的应用平台、单一软件,发展到多种平台,利用多种通信手段使图形在两种软件和系统之间传递,发挥两种软件和系统平台的优点,因此需要加强对图形信息的通信、传输、共享等的研究。

6. 几何模型的构造技术

几何模型构造技术的重点是以研究各种不同类型的几何模型的构造方法及其性能分析。同时,根据应用的要求,还需要研究专用或者通用的模型构造系统。

7. 动画技术

动画技术是一个十分引人入胜的领域,包括对实现高速动画的各种软硬件方法、处理技术、动画图形的开发工具、动画语言以及动态图形仿真技术等等的研究。

8. 图形实时性和真实感

图形实时性和真实感的研究包括计算机图形的实时生成、变换、分析、综合和显示。图形的真实感即所生成的图形反映客观世界的程度。真实感愈强,人们由计算机图形获得的信息愈丰富和完整。这样,对自然景象的模拟也就成为计算机图形学研究的热门。图形实时性和真实感还研究产生自然景象的各种算法、数学模型、随机模型,以及分形几何等的应用、图形文法结构和粒子系统的应用等等。

9. 图形标准与图形软件包

为满足多方面图形应用软件开发工作的需要,使图形应用软件摆脱对硬设备的依赖,允许在不同系统之间方便地进行移植,研究和制订一种或几种国际图形标准,研究解决图形程序或者 CAD 程序的可移植性和数据的共享性问题等。

总之,计算机图形学的研究内容是十分丰富的,随着计算机技术的发展和图形显示技术领域的扩大和深入,随着各相关学科的交叉促进,将不断给计算机图形学提出新的课题,推动图形学的进一步发展。

1.3 计算机图形学的应用

计算机图形技术是研究计算机图形处理方法和图形软件设计方法的技术。随着计算机图形的广泛运用,计算机图形技术的作用也越来越重要,其使用范围也越来越广泛,特别是在以下有关图形专业的计算机系统中,更需要图形技术。

1. 计算机辅助设计和计算机辅助制造(CAD/CAM)

计算机辅助设计和计算机辅助制造(CAD/CAM)具有数据计算、分析、绘图一体化,绘图速度快等特点,是一个应用最广泛、最活跃的领域。CAD/CAM 技术通过交互式图形设备对部件的设计和描图,产生工程略图(线框图)或接近实际物体的透视示意图,设计者可观察形体的任何表面,甚至可观察该形体构造后的形状。CAD/CAM 系统还可迅速地将各种修改信息进行组合,使用户能够自由灵活地对图形进行实验性改动和形体的显示,这对于那些需要精确地展示形体构造的设计是极为有用的。例如,在各种工业制造业、建筑设计、电子线路设计、通信网络设计、水电系统设计等领域中都广泛地应用 CAD/CAM 技术来进行设计、模拟。

在工业设计或加工业 CAD 系统中,一个形体的维数由计算机确定以后,设计者就可以观察形体的任何表面,甚至这个形体在其构造后的形状。与人工作图不同,CAD 系统可以迅速地将各种修改信息进行组合,用户可以自由地、灵活地对图形进行实验性改动和形体显示。这种处理过程对那些需要精确地展示形体构造的设计是极为好用的。例如,设计和生成产品加工图,部件表面以一种颜色表示,加工路径则用另一种颜色表示(即在产品加工过程中形体表面形成的轨迹),数控机床就可以按照这样的加工构形来生产这个部件。

电子线路设计 CAD 为电子电气工程师提供了专门的交互式计算机图形系统,使他们很方便地设计各种电子线路。各类电子元器件采用不同的图形符号来表示,设计者可以在视频显示器上进行电路布局,删改电路。当设计者试图减少元器件数或者重新修改所需的电路布局

时,利用图形显示可以试验不同的电路布局。推而广之,采用同样的技术可以用来设计通信网络、管道布局系统以及水利电力系统。

CAD/CAM 在各种工业制造业中都得到了重要的应用。例如,汽车工业、航天航空业以及船舶业,设计时都广泛地采用了 CAD 技术。比如利用线框图来模拟各个独立的零部件,设计并规划汽车、飞机、航天器以及轮船的表面轮廓。利用 CAD/CAM,一些独立的表面区域和各个零部件可以分别设计,然后采用系统集成的方式再组装(拟合)到一起,从而构成并显示出整个设计实体。利用 CAD 技术,还可以模拟某种交通工具的实际操纵和运行,以便测试它们的性能。由图形系统所给出的最终设计结果、显示和设计的实际透视图,还可以让设计者预先领略到最终完成的产品是何种风貌。

建筑 CAD 在建筑学和房屋设计领域内广泛地采用了计算机图形技术。建筑师利用交互式图形系统进行楼层设计,进行门窗的安排布局和整个建筑物的外观规划。凭借所显示的建筑设计图,电气工程师可以进行模拟电气布线、电器安装以及火警警报系统等设施的装配设计。利用专门的图形软件包,还可以进行办公室或者生产车间等建筑的空间利用和布局设计。利用三维建筑模型,建筑师可以研究单座建筑或者整个建筑群的外观,比如,研究校园或者工业区的综合布局。利用高级图形软件包,设计人员甚至可以“漫游”于各个房间,环绕整座建筑的外部,更好地核实特殊设计的整体布局 and 效果。

2. 计算机辅助绘图和科学计算的可视化

图形是信息的一种表现形式,它通过形状、大小、颜色及填充图案等图形特征表示信息。图形信息和数据信息相比,具有表达力强、信息含量大、直观、形象等特点。图形、图表和模型图等的设计是计算机图形学应用中的一个重要方面,许多已经商品化的图形软件专门用于图形或者图表的生成。通常,图形程序的功能是生成各种图形类型,例如直方图(条状图)、线条图、表面图或者扇形图(饼式图),多数图形程序都具有二维或者三维数据形式的组合能力。三维作图多用于显示多种形体间或者多种参数间的关系,如统计关系、百分比关系以及分布关系。有的图形采用三维图形显示还可以表达数据的动态性质,如增长速度、变化趋势等,更富有吸引力。

计算机图形学应用发展得最快的一个领域是商务事务领域。在这些系统中,信息经过编辑处理成为图形、图像或图表,这些图形、图表专门用于汇总财政、数学和经济等方面的数据。可以采用多种图形组合的表达形式,以体现各种不同的关系。这样,图形就成为研究报告、管理报表、消费信息通报以及常规报表中的直观工具。比如,项目管理技术中利用图形图表显示一个用于任务规划的时间图,利用这种时间图表和任务网络布局图来调度和监视课题的实施。图形系统还可以把显示在视频监视器上的图形复制成 35mm 的幻灯片,或者制成投影仪的胶片。通过结构图和模型图,我们可以研究实际系统的特性。在分析大量数据的时候,使用具有彩色编码的、不同的颜色和亮度的图形,有助于理解系统的结构。若没有这类图形的帮助,研究者要分辨含有上百万个项目的数据表,是十分困难的。

以上处理都围绕“可视化”进行,“可视化”已经在各个行业得到了广泛应用。

3. 计算机辅助教学 CAI 和数据绘图

计算机辅助教学领域的计算机图形应用越来越广泛。在基础教学中用计算机生成各种图形,如数学中的函数图形、方程和表达式变化图形,物理中的各种动态图形,化学中的各种原子、分子结构图等。图形形象地展示在学生面前,取得了非常直观的教学效果。在财政金融与

经济系统的计算机辅助教育中,计算机图形用于表示数据模型,如生理系统、人口趋势或者物理设备(如原子反应堆)等模型,图形能很好地帮助被培训者理解系统的操作。

地理信息的绘制也是利用数据绘图的实例,用来显示不同的地理区域或者全球的统计信息。例如,标绘出不同区域内的销售分布数据,或者把来自各个气象观测站的数据经过专门的气象图处理程序集中起来,形成一种天气形势图、降雨图或者气压图。也可以用制图程序产生指定地理区域或者整个世界的地理图。有的图形程序允许使用者对不同的地理区域选择不同的颜色或者明亮度,有的程序允许对图形进行区域分解(也称为图形分割或割裂),以便分别进行描述和强调。

产品外观设计、服装设计和图案设计等都属于图形设计。使用计算机图形设计,能很方便地实现图形增、删、改、和变换操作。在图形设计过程中,能很方便地定义和调用图形对象:通过定义图形对象,积累设计素材;通过调用图形对象,简化图形设计。

计算机统计图形技术在近年来有了迅速发展,随着计算机图形显示技术和图形软件的不断发展和完善,在图形、图表生成方面,图形显示技术与文字处理的结合,图、文、声、像综合编辑系统的问世,三维彩色统计图形的使用,图形数据通信的多种输出方式会不断地发展和完善,它们在事务处理、信息设备集成和办公自动化领域中将发挥重要的作用。

4. 计算机艺术和计算机动画

计算机图形学为创作艺术和商品艺术方面的应用开创了广阔的应用前景。比如,通过用一定的颜色、按照一系列数学函数绘制的图形可以产生各种抽象的任意的图景,这些图形变化无穷,使人眼花缭乱。采用笔型绘图仪可以绘制出另一类艺术设计图,如人物头像,各种造型、图形画法细腻逼真。借助于计算机图形技术,艺术家们可以利用一种称为“画笔”(Paintbrush)的作图程序在荧光屏上创作图形画面,也可以利用触针输入设备在图形板上绘画。“画笔”程序不只限于绘制动画片中人物景象,还可以用来生成各种艺术模型和景物,如山水风景、花草树木、动物图案等。计算机艺术也广泛地应用于商业事务、电视广告和商标装潢的制作,如地毯图案的设计制作、产品广告的设计制作等。此外,图形程序也已在印刷和文字处理方面得到了大量的开发和研究,将图形操作与文本编辑融合在一起的“作家工作台”,大大提高了图形系统的功能。

计算机动画是通过把图形放置在屏幕的不同位置而产生图形的运动,或利用图形坐标值增减的办法模拟曲线等的移动。采用逐帧画面技术可以产生动画片和科幻片,其中帧画面均由图形系统绘制而成,并且复制成胶片。当每帧画面上只有某种形体位置的轻微改变,且画面高速交替显示时,就得到了一个动画电影序列。这样,电影工作者就可借助图形技术创作诸如“星际旅行”这样的科幻片。计算机动画也常用于教育、训练和科学研究。比如,对空探测器的动画模拟,可以用来研究实际系统的性能,也可以作为训练的辅助工具。对轮船船长和飞机驾驶员进行培训的训练模拟器是一种计算机动画软件,飞行员或汽车驾驶员可以利用这些模拟器模仿实际环境下的驾驶技术,借助这些模拟器检测驾驶员在紧急情况下的处理能力。计算机图形系统可以产生高质量的图形和非常逼真的图像,其层次灰度及色彩都很丰富。利用分形几何原理产生的各种仿自然图形,如云彩、山脉、海岸等,目前称之为计算机生成图像(CGI)的过程,图中的真物和假物不分,可以达到乱真的程度。

5. 图形用户界面和图形选单的设计

友好的用户界面是判断一个计算机操作平台、操作系统、应用软件好坏,性能层次高低的