

21世纪高等院校计算机教材系列

计算机图形学

理论及应用技术

第 2 版

● 苗雪兰 刘瑞新 宋 歌 编著



购书可获得增值回报
提供教学用电子教案



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

21 世纪高等院校计算机教材系列

计算机图形学理论及应用技术

第 2 版

苗雪兰 刘瑞新 宋 歌 编著



机械工业出版社

本书系统、全面地讲述了计算机图形学的理论和技术, 主要内容包括两方面: 一是计算机图形学的基本内容; 二是计算机图形学的实际操作技术。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理论知识, 还能够掌握用 Photoshop 进行图形图像处理及用 Gif Animator、Ulead Cool 3D 和 Flash 进行动画制作的技术与方法。

本书可作为计算机及相关专业大学本科或专科学生的计算机图形学课程的教材, 也可作为计算机绘图、广告设计、多媒体技术处理等专业人员的技术参考书。

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, 宋歌编著. —2 版.
—北京: 机械工业出版社, 2007.2

(21 世纪高等院校计算机教材系列)

ISBN 978-7-111-11515-1

I. 计… II. ①苗… ②刘… ③宋… 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 (2007) 第 026499 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: 刘亚军

责任印制: 杨 曦

北京富生印刷厂印刷

2007 年 3 月第 2 版·第 1 次印刷

184mm×260mm·19.25 印张·474 千字

5001—10000 册

标准书号: ISBN 978-7-111-11515-1

定价: 27.00 元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换

销售服务热线电话: (010) 68326294

购书热线电话: (010) 88379639 88379641 88379643

编辑热线电话: (010) 88379739

封面无防伪标均为盗版

出版说明

计算机技术是一门发展迅速的现代科学技术，它在经济建设与社会发展中，发挥着非常重要的作用。近年来，我国高等院校十分注重人才的培养，大力提倡素质教育、优化知识结构，提倡大学生必须掌握计算机应用技术。为了满足教育的需求，机械工业出版社组织了这套“21世纪高等院校计算机教材系列”。

在本套系列教材的组织编写过程中，我社聘请了各高等院校相关课程的主讲老师进行了充分的调研和细致的研讨，并针对非计算机专业的课程特点，根据自身的教学经验，总结出知识点、重点和难点，一并纳入到教材中。

本套系列教材定位准确，注重理论教学和实践教学相结合，逻辑性强、层次分明、叙述准确而精炼、图文并茂、习题丰富，非常适合各类高等院校、高等职业学校及相关院校的教学，也可作为各类培训班和自学用书。

参加编写本系列教材的院校包括：清华大学、西安交通大学、上海交通大学、北京交通大学、北京邮电大学、北京化工大学、北京科技大学、山东大学、首都经贸大学、河北大学等。

机械工业出版社

前 言

近年来,随着计算机应用技术的发展,计算机图形技术得到了飞速发展和广泛的应用。特别是计算机网络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 Web 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 章计算机图形学概述,第 2 章图形分类及图形标准,第 4 章图形表示及造型技术,第 5 章图形变换,第 6 章图形的生成与计算,第 7 章图形运算、裁剪和填充处理,第 8 章真实感处理,第 9 章图形用户界面,第 10 章图像量化和图像模式识别;二是计算机图形学的实际操作技术,包括第 3 章图像处理软件——Adobe Photoshop,第 11 章计算机动画原理及制作技术。

在介绍计算机图形学基本内容时,本书还特别讲述了近年来发展的新方法和新技术。例如:在第 4 章的造型技术中,介绍了特征造型技术、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;在第 9 章的图形用户界面中,介绍了现代流行的表单和屏幕构件技术;在第 10 章的图像量化和图像模式识别中,论述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应用技术时,本书介绍了最常用的图像处理技术和动画制作技术,以目前流行的 Photoshop 图像处理软件和 Flash 网络矢量动画软件为例,通过讲述相关理论、技术方法,采用范例和图解方式,深入浅出地介绍了图像处理和动画制作的技术,将计算机图形学理论与实际操作技能融为一体。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理论知识,还能够掌握用 Photoshop 进行图形图像处理及用 Adobe ImageReady、Gif Animator、Ulead Cool 3D 和 Flash 进行动画制作的技术与方法。

本书最后一章是计算机图形学的教学标准、实验标准及实验方案,供读者参考。它包括了 9 个实验,其中主要是图像处理和动画制作的实验,内容引用了第 3 章和第 11 章中的典型实例。书中的每个实例都是作者精心设计的,读者通过对这些范例的验证,能够全面地了解相关软件的功能,掌握图像处理和动画制作技术和方法,提高动手能力和创新能力。

书中带有*号的章节,为非计算机专业学生的选修内容。

为配合本书的教学,方便教师讲课,我们特意制作了教学课件,课件内容浓缩了本书的教学要点,可作为教师的板书来演示。教学课件可在机械工业出版社网站 www.cmpbook.com 上下载。为方便教学和实验,我们将书中的实验素材文件和参考结果文件打包压缩,也可从上面的网站下载。

本书难免会出现一些错误或不当之处,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 计算机图形学的基本术语	7
1.5 计算机图形系统的组成和功能	9
1.5.1 计算机图形系统的组成	9
1.5.2 计算机图形系统的功能	9
*1.6 常用的图形输入输出设备	10
1.6.1 图形显示系统	10
1.6.2 微机中常见的显示器和图形适配器	15
1.6.3 常用的图形输入设备	16
1.6.4 常用的图形输出设备	18
1.7 习题	19
第2章 图形分类及图形标准	21
2.1 计算机图形的基本特征和方法	21
2.1.1 图形的形状和色彩特征	21
2.1.2 计算机图形的本体和表现	22
2.1.3 计算机图形的分层和组合	22
2.1.4 计算机图形分辨率	23
2.1.5 图形坐标系	24
2.1.6 图形坐标的转换	26
2.1.7 图形信息的编码、压缩和文件类型	27
2.2 图形元素及图形属性	29
2.2.1 图元及其特征	29
2.2.2 常见的图形属性	29
2.3 图形的分类	31
2.3.1 图形的一般分类及特征	31
2.3.2 图形的应用分类及特征	33
2.4 计算机图形软件标准	35
2.4.1 计算机图形核心系统	35
2.4.2 程序员层次交互式图形系统	37
2.5 习题	37

第3章 图像处理软件——Adobe Photoshop	39
3.1 图像中的色彩和光线	39
3.1.1 图形分辨率和屏幕坐标系	39
3.1.2 常用的颜色模型	40
3.1.3 图形颜色的特性	43
3.1.4 灯光及其对图像的影响	43
3.2 图像层次和色彩通道	43
3.2.1 图像层次	44
3.2.2 图形通道	46
3.3 图像绘制和图像编辑	48
3.3.1 处理区的选定和剪裁	48
3.3.2 图像着色与编辑	52
3.4 图像变换和色彩调整	61
3.4.1 图像变换与操作	61
3.4.2 图像的色彩调整	63
3.5 Photoshop 图像处理实例	66
3.5.1 图像编辑的实例	66
3.5.2 图像变换和修改实例	68
3.5.3 滤镜功能的使用实例	69
3.5.4 破旧照片的修复处理	74
3.5.5 使用路径和通道设计立体效果图	77
3.6 习题	82
第4章 图形表示及造型技术	83
4.1 图形表示应遵循的基本原则	83
4.2 点阵图形的数学表示	84
4.2.1 点集表示法及数据压缩方法	84
4.2.2 四元树 / 八元树表示法	86
4.3 几何图形的数学表示	88
4.3.1 数学方程法	88
4.3.2 用多项式进行曲线拟合	88
4.3.3 CSG 树表示法	91
4.3.4 边界表示法	91
*4.4 造型技术	92
4.4.1 特征造型技术	92
4.4.2 分形造型技术	96
4.4.3 体绘制技术	99
4.4.4 从二维图像构造三维形体	99
4.4.5 体素拼合和边界表示	100
4.4.6 光线投射法	103

4.4.7	几何造型中的元素表示	105
4.5	习题	108
第 5 章	图形变换	109
5.1	图形变换综述	109
5.1.1	图形变换的类别和作用	109
5.1.2	图形变换的基本技术	111
5.2	平面图形变换	111
5.2.1	平面图形的比例变换	111
5.2.2	平面图形的平移变换	113
5.2.3	平面图形的旋转变换	113
5.2.4	平面图形的对称变换	115
5.2.5	平面图形的错切变换	117
5.3	平面图形的窗口 / 视口变换	118
5.3.1	窗口/视口变换的基本方法	119
5.3.2	窗口/视口变换矩阵的求法	119
5.4	立体图形的几何变换	120
5.4.1	立体图形的比例变换和平移变换	120
5.4.2	立体图形的旋转变换	120
5.5	立体图形的投影变换	122
5.5.1	平行投影变换	123
5.5.2	透视投影变换	124
5.6	向视平面坐标系的转换	125
5.6.1	与视平面相关的几个视图参数	125
5.6.2	向视平面坐标系转换的方法	126
*5.7	图形变换的实现	128
5.7.1	图形变换处理策略	128
5.7.2	图形变换处理方法	128
5.8	习题	129
第 6 章	图形的生成与计算	131
6.1	直线生成的算法	131
6.1.1	直线生成的算法要求	131
6.1.2	逐点比较法	131
6.1.3	数值微分法	132
6.2	圆的生成算法	133
*6.3	多项式曲线图的绘制	134
6.3.1	多项式计算的差分法	134
6.3.2	差分法计算步骤	135
6.3.3	多项式曲线图绘制的程序设计	136
6.4	内插法绘制曲线图的方法	139

6.4.1	内插法的原理和特点	139
6.4.2	用内插法实现曲线圆滑处理方法	141
6.4.3	用内插法实现曲线圆滑处理的程序设计	142
6.5	贝塞尔法曲线和 B 样条曲线	143
6.5.1	贝塞尔曲线	143
6.5.2	B 样条曲线	145
*6.6	字符的生成	148
6.6.1	点阵式字符的生成方法	148
6.6.2	矢量式字符的生成方法	148
6.6.3	方向编码式字符	149
6.6.4	轮廓字形技术	149
6.7	习题	150
第 7 章	图形运算、裁剪和填充处理	151
7.1	图形的运算操作	151
7.1.1	几何图形的布尔运算	151
7.1.2	点阵图形的布尔运算	152
7.1.3	点阵图形的二进制布尔运算	153
7.2	图形的裁剪处理	155
7.2.1	图形裁剪的基本原则	155
7.2.2	线段裁剪及算法	155
7.2.3	多边形裁剪及算法	159
7.2.4	三维图形的裁剪	160
*7.3	区域填充处理	162
7.3.1	区域填充基础	162
7.3.2	扫描线填色算法	163
7.3.3	种子填色算法	169
7.4	习题	170
*第 8 章	真实感处理	171
8.1	三维图形的消隐处理	171
8.1.1	背面移去法	171
8.1.2	画家算法	173
8.1.3	隐线消除法	175
8.2	光照模型	176
8.2.1	光源特性和物体表面特性	176
8.2.2	光照模型及其实现	177
8.2.3	明暗的光滑处理	181
8.3	光线跟踪	182
8.3.1	光线跟踪的基本原理	182
8.3.2	光线与实体的求交	184

8.3.3	光线跟踪算法	186
8.4	表面图案与纹理	190
8.4.1	表面图案	190
8.4.2	表面纹理	192
8.5	习题	193
第9章	图形用户界面	194
9.1	图形用户界面设计技术	194
9.1.1	用户界面设计的目标和策略	194
9.1.2	图形用户界面的特征	196
9.1.3	屏幕布局方法	196
9.1.4	闪烁和色彩技术	199
9.2	图形菜单系统	201
9.2.1	图形菜单的功能和组成	201
9.2.2	下拉式菜单系统	202
9.3	图形用户界面的屏幕构件	204
9.3.1	屏幕构件的类别	204
9.3.2	常见屏幕构件及设计	205
*9.4	图表的设计技术	209
9.4.1	图表的数据组织及布局特点	209
9.4.2	图表生成软件的设计方法	211
9.5	习题	215
第10章	图像量化和图像模式识别	216
10.1	图像预处理操作	216
10.1.1	点阵图形的图像变换处理	216
10.1.2	图像解析方法	219
10.2	传统图像模式识别技术	221
10.2.1	基于统计方法的图像模式识别	221
10.2.2	基于图像语言及结构方法的图像模式识别	224
*10.3	基于模糊神经网络技术的图像模式识别	226
10.3.1	模糊图像模式识别原理	226
10.3.2	模糊神经网络技术在图像识别中的应用	229
10.3.3	模糊图像模式识别的关键问题	232
10.4	习题	235
第11章	计算机动画原理及制作技术	236
11.1	计算机动画的原理和分类	236
11.1.1	计算机动画的基本概念	236
11.1.2	计算机动画的种类和运动方式	237
11.2	逐帧动画制作软件——Adobe ImageReady	239
11.2.1	Adobe ImageReady 的功能特点	240

11.2.2	Adobe ImageReady 制作动画技术	240
11.2.3	Adobe ImageReady 制作动画实例	240
11.3	平面动画制作软件——Gif Animator	244
11.3.1	Gif Animator 的功能特点	244
11.3.2	Gif Animator 制作动画技术	244
11.3.3	Gif Animator 制作动画实例	245
11.4	三维文字动画制作软件——Ulead Cool 3D	250
11.4.1	Ulead Cool 3D 的功能特点	250
11.4.2	Ulead Cool 3D 动画制作技术	253
11.4.3	Ulead Cool 3D 动画制作实例	253
11.5	网络矢量动画软件——Flash	258
11.5.1	Flash 的功能和操作特点	258
11.5.2	Flash 动画制作技术	264
11.5.3	Flash 动画制作实例	269
11.6	习题	275
第 12 章	计算机图形学的教学标准和实验方案	276
12.1	计算机图形学的教学标准	276
12.2	计算机图形学的实验标准	280
12.3	计算机图形学的实验方案	282
12.3.1	实验一、图像编辑实验	282
12.3.2	实验二、图像色彩变换和修改实验	283
12.3.3	实验三、图片修复处理实验	285
12.3.4	实验四、图像模糊和变形处理实验	286
12.3.5	实验五、平面图形的几何变换实验	288
12.3.6	实验六、立体图形的投影及剪裁处理实验	289
12.3.7	实验七、平面动画制作实验	290
12.3.8	实验八、三维文字动画制作实验	291
12.3.9	实验九、网页矢量动画制作实验	294

第1章 计算机图形学概述

近年来,随着计算机技术的发展,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系统中不可缺少的部分。因而,计算机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应用领域的必需知识。

1.1 计算机图形学的发展

计算机图形学自 20 世纪 60 年代初形成,经历了萌芽期(60 年代)、发展期(70 年代)、普及期(80 年代)、提高增强期(90 年代以后),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地应用,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和研究解决。

1. 计算机图形学的发展初期

计算机图形学始于 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,美国麻省理工学院的林肯实验室在旋风计算机上开发了美国战术防空系统(Semi Automatic Ground Environment, SAGE)。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 19 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起了巨大的带动作用。

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。该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, S.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,受到了工业界和学术界的极大重视。法国

雷诺公司的 P.贝塞尔 (P.Bézier) 也提出了 Bézier 曲线和曲面。孔斯和贝塞尔被称为计算机辅助几何设计的奠基人。

2. 计算机图形学的发展期和普及期

到了 20 世纪 70 年代, 计算机图形技术的应用进入了实用化的阶段, 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 80 年代, 计算机图形学还只是一个较小的学科领域。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。

3. 图形显示技术的发展

图形显示器是最主要的计算机图形设备, 它的发展对计算机图形学起着直接的促进作用。随着计算机技术的发展, 图形显示技术和性能不断完善, 图形显示器的工作方式趋于合理。

20 世纪 60 年代中期使用的是随机扫描显示器, 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, 需要以每秒 30 次左右的频率不断刷新屏幕上的图形。因此, 随机扫描显示器除了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。光栅扫描方式以每秒 30 次的频率对存储器进行读写, 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, 也推动了计算机图形技术的应用。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。

4. 图形软件技术的发展

目前已有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。最常见的图形软件系统是在某种计算机语言的基础上通过扩充, 使其具有图形生成和处理功能, 用这类语言编写的图形软件简洁、紧凑, 执行速度快。目前的计算机语言, 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。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“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 (Computer Graphics Interface, CGI)、计算机图形元文件标准 (Computer Graphics Metafile, CGM)、计算机图形核心系统 (Graphics Kernel System, GKS), 程序员层次交互

式图形系统 (Programmer's Hierarchical Interactive Graphics System, PHIGS) 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。

5. 我国计算机图形技术的发展

我国开展计算机图形技术的研究和应用始于 20 世纪 60 年代。近年来, 随着我国改革开放的不断深化, 以及各项方针政策的落实, 科学技术得到了广泛的发展应用, 计算机图形学的理论和技术迅速发展, 并取得了可喜的成果。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 9000/800 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。

我国与计算机图形学有关的软件也迅速发展。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。

1.2 计算机图形学研究的内容

计算机图形学是研究怎样用计算机来生成、处理、变换、显示和表达图形的学科。随着计算机图形处理技术的发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。

1. 图形的生成、表示和构造技术

图形的生成技术包括: 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、曲面的生成算法等。图形的表示技术包括: 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。几何模型构造技术是研究各种不同类型的几何模型及构造方法, 研究专用或者通用的模型构造系统。

2. 图形的操作与处理方法

图形操作与处理方法包括: 图形的几何变换, 如平移、放大或缩小、旋转等; 图像的色彩变换, 如锐化、模糊化、反色等; 图形的创建、删除、移动、复制及调用等处理操作; 在用户坐标系中开窗口、剪裁、取景、进行图形分割及图形分层处理; 图形的压缩、复原和存储技术等。

3. 图形输入输出设备与技术

图形输入设备与输入技术指计算机硬件输入设备、人机交互技术以及用户接口技术, 包括: 图形或数据的输入方式及输入设备、图形定位或选择设备, 各类图形构成和命令语言等用户接口技术。

图形输出设备与输出技术指各种图形显示器体系结构和图形显示方法。目前图形显示技术已从单一的阴极显像管 (CRT) 显示, 发展到包括等离子板、液晶、发光二极管、激光以及三维立体显示等。

4. 图形信息的数据结构和存储技术

图形信息技术研究图形的数据结构、存储方法和检索技术。该技术包括：图形信息的编码、压缩、传输和交换技术，图形数据组织形式和存取技术等。目前，由于图形处理技术从采用单一的应用平台和软件，发展到在多种平台、多手段、多系统之间进行，因此对图形信息的通信、传输、共享等方面的研究显得十分必要。

5. 计算机动画技术

计算机动画技术是一个十分引人入胜的领域。它包括实现动画的各种软、硬件方法和处理技术、动画图形的开发工具、动画语言以及动态图形仿真技术等。

6. 图形实时性和真实感

图形实时性和真实感研究是指计算机图形的实时生成、变换、分析、综合和显示方面的研究。图形实时性和真实感技术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。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，人们由计算机图形得到的信息愈丰富和完整。

7. 图形标准与图形软件包

图形标准是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件设备的依赖，能够在不同系统之间方便地进行移植而制定的。图形标准和图形软件包研究解决图形程序的可移植性和数据的共享性问题。

总之，计算机图形学的研究内容十分丰富，随着计算机技术和图形显示技术的发展及各相关学科的交叉促进，将不断为计算机图形学提出新的研究课题和应用课题，促进计算机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表示、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. 计算机辅助设计与制造

计算机辅助设计与制造（CAD/CAM）具有数据计算、分析与绘图一体化，绘图速度快的特点，是计算机图形学应用最广泛、最活跃的一个领域。

在工业设计中，CAD/CAM 通过交互式图形设备对部件的设计描述，产生工程略图或接近实际物体的透视示意图。CAD/CAM 系统还可迅速地将各种图形数据进行组合和分析，用户能够灵活地对图形改动。

汽车工业、航天航空事业以及船舶业设计已广泛地采用了计算机辅助设计（Computer Aided design, 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等。利用 CAD/CAM 系统，可以分别设计独立的表面区域和各个零部件，然后采用系统集成的方式组装到一起，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。

电子线路 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力电力系统。

建筑 CAD 在建筑学和房屋设计领域广泛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。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和效果。

2. 计算机商务事务图形和统计图形

计算机图形学应用发展最快的一个领域是商务事务。在这些系统中,信息经过编辑处理成为图形、图像或图表。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。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,就会感到十分困难。

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、含信息量大、直观形象的特点。图形、图表和模型图等是计算机图形学应用的一个重要方面。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。例如,直方图、线条图、表面图或扇形图等,多数图形程序都具有二维数据或三维数据形式的组合能力。三维图形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,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。

3. 计算机辅助教学和图形信息表示

计算机辅助教学(Computer Aided Instruction, CAI)领域的计算机图形应用正轰轰烈烈。在基础教学中,用计算机生成各种教学图形。例如,数学中的函数图形,方程和表达式的变化图形;物理学中的各种动态图形;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,避免了空谈。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,图形能很好地帮助被培训者理解系统的操作。

地理信息的绘制是利用图形信息的实例,它们用于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出来,形成一种天气形势图、降雨图或气压图。

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更广阔的应用前景。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形,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。借助于计算机图形输入输出技术,艺术家们可以利用一种称之为“画笔”(Paintbrush)的作图工具在屏幕上创作图形画面,也可以利用触针输入设备在图形板上绘画。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,图形程序或图形工具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，大大提高了图形系统的功能。

使用计算机进行图形设计能很方便地实现图形的增删改操作，能够很容易地实现图形变换操作。在图形设计过程中，需要定义图形对象并将定义的图形对象存入图形数据库中。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。产品外观设计、服装设计和图案设计等都属于计算机图形设计的应用。

计算机动画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。动画片和科幻片是通过逐帧画面技术设计的，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。帧画面及其序列可以由图形系统辅助设计和绘制，节省了大量的人力和物力。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。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，其层次灰度以及色彩都很丰富，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，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

友好的用户界面是一个计算机操作平台、操作系统及应用软件的基本要求。目前，多数计算机程序的输入选择已经设计成图标（Icon）和窗口（Window）形式，对计算机操作可以看图思义，用户通过选择适当的图标而选中对应的操作。这种系统的优点与采用常规文本描述相应功能的系统比较，占用屏幕空间少，理解和使用起来快。比如，要打开或显示文件、对文件添加内容，只需要用鼠标指向对应的文件卡、文件柜或者文件夹一类的象形图形符号操作；而删除一个文件，只需把该文件夹扔进类似废纸篓状的图形符号中即可；自然停止标记表示退出或者关闭操作。图形菜单可以优化用户界面，改善用户工作环境，提高用户注意力。图形菜单不仅在“面向对象”和“多媒体”系统中使用，在其他的计算机系统中也被广泛地使用，并逐步地取代传统的菜单形式。

6. 日常生活中的图形应用

在日常生活中，计算机图形应用多数是计算机游戏。几乎所有的计算机游戏都采用了图形学方法。随着个人计算机的普及，计算机图形处理能力会进一步扩展，图形在日常生活和家庭中的应用也将不断地发展。

7. 计算机图像处理和分析

图像处理和图像分析是计算机图形学深入应用和高层应用的一个领域。来自数码相机、数码录像机或者传真扫描装置的图像，经过变换后成为数字图像信息，由计算机进行编码、滤波、增强、复原、存储、压缩等处理，产生可显示的图形，这种技术称为图像处理（Image Processing）技术。图像处理有助于观测到那些不能直接看到的许多系统和形体，如航天器的电视扫描、工业机器人的视觉景象、宇宙空间中各星系、行星的图片等。图片一旦经过数字化，就可以进行整理，增强色彩感，改进浓淡质量，明晰图景层次等，甚至可以把模糊不清的图片变成可分辨的图片，这对于遥感遥测及侦察是很有用的。

图像处理还广泛地应用于商品艺术，如照片和各种艺术品的局部区域的修饰、润色和整理。目前，大多数广告、装潢设计都是借助于图形处理工作站完成的。医学上的图像处理技术可用于图片增强和层析造影。无论是众所周知的计算机层析成像（Computerized