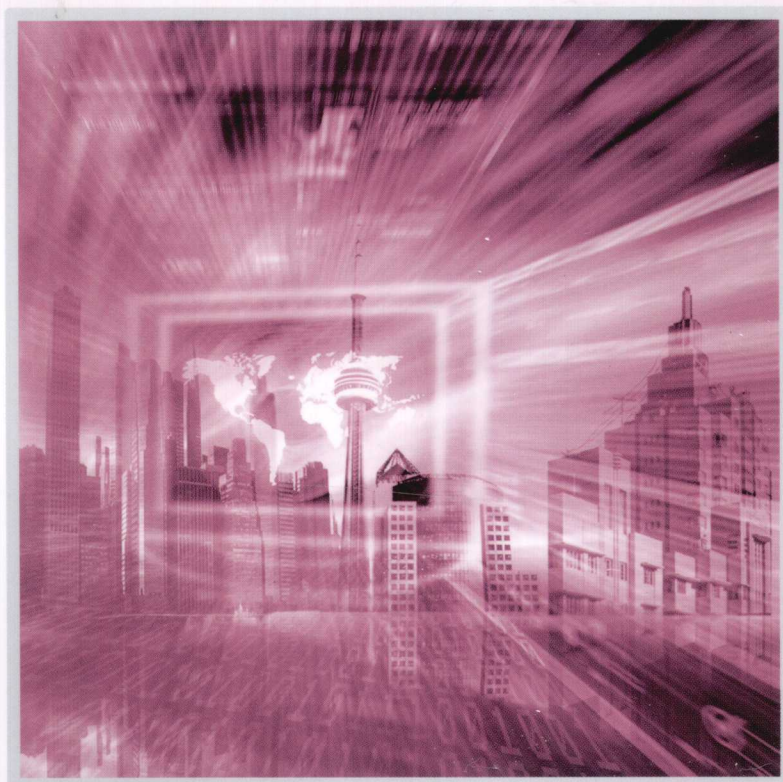


计算机图形学实用技术 (第3版)

陈元琰 张睿哲 李建华 编 著



清华大学出版社

TP391.41
C638.03



郑州大学 *04010813573W*

计算机图形学实用技术

(第3版)

陈元琰 张睿哲 李建华 编著

清华大学出版社

北 京



TP391.41
C638.03

内 容 简 介

本书介绍了计算机图形学的有关原理、算法及实现,从计算机图形学的基本图形生成讲起,采取循序渐进的内容安排,由简单到复杂,由二维到三维,理论与实践相结合。书中的算法都尽量给出C程序,在后面的实验指导中每章均有一个VC编程案例,读者可以将书中讲解内容很容易地在计算机上一一验证,从而为深入理解图形学原理提供最重要的保证,并为今后的计算机图形学应用打下坚实的实践基础和编程积累。全书共8章,分别为:绪论、交互式图形软件设计、基本图形生成、图形变换、曲线和曲面、几何造型、真实感图形和实验指导,其中最后一章“实验指导”介绍了用VC编程实现各种计算机图形学算法。

本书可作为高等院校各专业本、专科生计算机图形学或计算机绘图的教材,也可作为广大计算机图形学爱好者的自学教材或工作参考用书。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

计算机图形学实用技术/陈元琰,张睿哲,李建华编著. —3版. —北京:清华大学出版社,2012.7

ISBN 978-7-302-28767-4

I. ①计… II. ①陈… ②张… ③李… III. ①计算机图形学 IV. ①TP391.41

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第090008号

责任编辑:钟志芳

封面设计:刘超

版式设计:文森时代

责任校对:张兴旺

责任印制:何芊

出版发行:清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址:北京清华大学学研大厦A座 邮 编:100084

社总机:010-62770175 邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质 量 反 馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

印 刷 者:北京密云胶印厂

装 订 者:北京市密云县京文制本装订厂

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm 印 张:24 字 数:552千字

版 次:2012年7月第3版 印 次:2012年7月第1次印刷

印 数:1~5000

定 价:42.00元

前 言

计算机应用的广泛普及和深入以及我国高校本、专科生的大量扩招,促使计算机专业人员和广大非计算机专业的应用人员从计算机图形学的理论高度和计算机绘图的实用角度来研究和开发计算机图形生成技术及软件。目前,有关计算机图形学的理论、用 C 语言编写的计算机绘图和用 VC 进行标准 Windows 界面的图形软件设计都有许多图书出版,但这些均是独立出现的。在多年的教学、科研和开发工作中我们深刻地体会到,如果没有计算机图形学的理论基础,计算机图形生成技术就无从谈起;没有用高级语言描述算法的详细思路,计算机图形学复杂的理论和方法就不能真正得到理解和应用。基于这些体会,作者认为很有必要编写出版这样的一本书,把计算机图形学理论与计算机绘图的实践结合起来,在计算机图形学理论与交互式图形软件设计之间架起一座桥梁,对图形学的每个理论和方法尽量用详细的算法程序描述出来,并掌握用 Visual C++ 开发工具进行交互式图形软件设计实践,使学习者在掌握理论与实践两方面均可进退自如。

本书介绍了计算机图形学的有关原理、算法及实现,从计算机图形学的基本图形生成讲起,采取循序渐进的内容安排,由简单到复杂,由二维到三维,理论与实践相结合。书中的算法都尽量给出 C 程序,在后面的实验指导中每章均有一个 VC 编程案例,读者可以将书中讲解内容很容易地在计算机上一一验证,从而为深入理解图形学原理提供最重要的保证,并为今后的计算机图形学应用打下坚实的实践基础和编程积累。全书共 8 章,分别为:绪论、交互式图形软件设计、基本图形生成、图形变换、曲线和曲面、几何造型、真实感图形和实验指导。其中最后一章为实验指导,介绍了用 VC 编程实现各种计算机图形学的算法。

本书要求读者有线性代数和 C 语言基础,若有 Visual C++ 基础则更好。读者可根据自身情况,在 C 语言或 Visual C++ 的基础上进行上机练习、掌握和应用计算机图形学的各种算法,并开发一些具有实用性的小型图形软件。

根据使用本书第 2 版的多年教学的经验 and 体会,为了加强、充实一些经典的理论部分描述,使之更通俗易懂,同时使实践部分更易实施与操作,本书第 3 版在第 2 版的基础上做了如下一些修订:第 1 章适当增加一些图示说明;第 2 章增加一节简单实用图形学程序设计举例;第 3 章对 Bresenham 画圆、中点画椭圆、Bresenham 画椭圆、有序边表的填充、种子填充等算法的文字叙述、插图或公式推导进行了修改和补充,增加了 Cyrus Beck 直线段的裁剪算法;第 4 章修改了错切变换、投影变换、窗口视区变换的图例,增加了新的一节“视域体及三维裁剪”;第 5 章增加了 Bezier 曲线的 de Casteljau 算法及伪码和 Bezier 曲线的拼接讨论,增设均匀 B 样条曲线的递归定义表达式及示意图,修改二次 B 样条曲线示

意图, 增设 deBoor 算法及伪代码。

本书由陈元琰主笔, 张睿哲参与了第4章和第5章的编写, 李建华参与了第3~5章的编写和全书的修订。由于水平有限, 书中难免存在缺点和不足, 殷切希望广大读者批评指正。

作者

目 录

第 1 章 绪论.....	1
1.1 计算机图形学的概念、发展和应用	1
1.1.1 计算机图形学的概念	1
1.1.2 计算机图形学的发展	4
1.1.3 计算机图形学的应用	6
1.2 计算机图形系统	10
1.2.1 计算机图形系统硬件	10
1.2.2 计算机图形系统软件	11
1.3 计算机图形标准	11
1.3.1 图形标准	12
1.3.2 图形设备接口标准	13
1.3.3 图形元文件标准	13
1.3.4 基本图形交换规范	14
习题	15
第 2 章 交互式图形软件设计	16
2.1 交互式图形软件设计方法	16
2.1.1 Visual C++ 6.0 开发环境和开发工具概述	16
2.1.2 MFC 类库简介	18
2.1.3 使用 AppWizard 生成图形应用程序的框架	21
2.1.4 使用资源编辑器生成图形用户界面	24
2.1.5 利用消息映射和消息处理实现交互式绘图	26
2.2 CDC 图形程序库	30
2.2.1 绘图工具选择	30
2.2.2 坐标系统设置与转换	33
2.2.3 绘图模式与背景设置	35
2.2.4 图形绘制	36
2.2.5 区域填充	39
2.3 面向对象的画图程序设计	40
2.3.1 类与数据封装	40
2.3.2 派生类与继承性	41

2.3.3	虚函数与多态性	42
2.3.4	数据存储与屏幕重绘	43
2.3.5	绘图程序的设计思路	43
2.4	图形类的定义	44
2.4.1	图形基类 CShape	45
2.4.2	直线类 CLine	45
2.4.3	贝塞尔曲线类 CBezier	46
2.4.4	矩形类 CRectangle	47
2.4.5	圆类 CCircle	49
2.4.6	椭圆类 CEllipse	50
2.4.7	多边形类 CPolygon	52
2.5	绘图程序的实现	53
2.5.1	建立绘图程序框架	53
2.5.2	增加绘图菜单	54
2.5.3	在屏幕上画图	58
2.5.4	在文档类中保存图形	64
2.5.5	创建线型线宽对话框	67
2.5.6	图形程序的编译运行	73
2.5.7	简单实用图形学程序设计举例	74
	习题	79
第3章	基本图形生成	80
3.1	直线的生成	80
3.1.1	数值微分算法	81
3.1.2	中点画线算法	83
3.1.3	Bresenham 画线算法	84
3.2	圆与椭圆的生成	86
3.2.1	圆的特性	86
3.2.2	中点画圆算法	88
3.2.3	Bresenham 画圆算法	89
3.2.4	椭圆的生成算法	90
3.3	区域填充	95
3.3.1	有序边表填充算法	95
3.3.2	边填充算法	101
3.3.3	种子填充算法	102
3.3.4	圆和椭圆的填充	106
3.3.5	图案填充	106

3.4 裁剪	108
3.4.1 点的裁剪	108
3.4.2 直线段的裁剪	109
3.4.3 多边形的裁剪	118
3.5 线宽与线型的处理	124
3.5.1 直线线宽的处理	124
3.5.2 圆弧线宽的处理	126
3.5.3 线型的处理	127
习题	127
第4章 图形变换	129
4.1 几何变换	129
4.1.1 几何变换的齐次坐标法	129
4.1.2 二维基本变换	131
4.1.3 二维组合变换	135
4.1.4 三维基本变换	137
4.1.5 三维组合变换	143
4.1.6 参数图形的几何变换	144
4.2 投影变换	148
4.2.1 正投影变换(三视图)	149
4.2.2 正轴测投影变换	150
4.2.3 斜轴测投影变换	153
4.2.4 透视投影变换	155
4.2.5 视域体及三维裁剪	159
4.3 窗口视区变换	161
4.3.1 坐标系	161
4.3.2 窗口与视区	162
4.3.3 窗口-视区变换	163
4.4 视向变换	164
4.4.1 世界坐标系和观察坐标系	164
4.4.2 视向变换矩阵	165
习题	167
第5章 曲线和曲面	168
5.1 曲线和曲面基础	168
5.1.1 规则曲线和曲面的3种坐标表示法	168
5.1.2 参数样条曲线和曲面的常用术语	171

5.2	二次插值样条曲线	174
5.2.1	二次插值样条曲线的数学表达式	174
5.2.2	二次插值样条曲线的加权合成	176
5.2.3	二次插值样条曲线的端点条件	178
5.2.4	二次插值样条曲线的性质	179
5.3	三次插值样条曲线	181
5.3.1	三次自然样条曲线	181
5.3.2	Hermite 样条曲线	182
5.3.3	Cardinal 样条曲线	183
5.4	Bezier 曲线和曲面	185
5.4.1	Bezier 曲线的定义	186
5.4.2	Bezier 曲线的性质	187
5.4.3	二次 Bezier 曲线	188
5.4.4	三次 Bezier 曲线	189
5.4.5	反算 Bezier 曲线控制点	190
5.4.6	Bezier 曲线的多项式定义生成算法	191
5.4.7	Bezier 曲线的分割递推 de Casteljau 算法	192
5.4.8	Bezier 曲线的拼接	193
5.4.9	Bezier 曲面	195
5.5	B 样条曲线和曲面	196
5.5.1	B 样条曲线的多项式定义 (Clark 定义法)	197
5.5.2	B 样条曲线的递推定义	198
5.5.3	二次 B 样条曲线	201
5.5.4	三次 B 样条曲线	202
5.5.5	B 样条曲线生成的 de Boor 算法	205
5.5.6	反求 B 样条曲线的控制点及其端点性质	208
5.5.7	B 样条曲面	209
5.6	有理样条曲线	211
5.6.1	有理 Bezier 曲线	211
5.6.2	有理 B 样条曲线	213
5.6.3	非均匀有理 B 样条 (NURBS) 曲线	215
	习题	216
第 6 章	几何造型	217
6.1	形体的定义和存储模型	217
6.1.1	形体的定义	217
6.1.2	形体的存储模型	219

6.2 实体表示方法	222
6.2.1 构造的实体几何法	222
6.2.2 边界表示法	224
6.2.3 扫描表示法	225
6.2.4 特征表示法	225
6.2.5 单元分解表示法	227
6.3 布尔运算	228
6.3.1 布尔运算的概念	229
6.3.2 多边形的描述	229
6.3.3 多边形重叠性检验	229
6.3.4 布尔运算的规则	231
6.4 分形几何造型	232
6.4.1 分形和分形几何造型的概念	232
6.4.2 分形维数和分形几何造型	233
6.4.3 典型分形曲线集	235
习题	248
第7章 真实感图形	249
7.1 消除隐藏线	249
7.1.1 平面体的消隐处理	250
7.1.2 曲面体的消隐处理	256
7.2 消除隐藏面	269
7.2.1 基本检测	270
7.2.2 画家算法	272
7.2.3 深度缓冲器算法 (Z 缓冲区算法)	274
7.2.4 扫描线算法	275
7.2.5 区域细分算法	277
7.3 光照模型与明暗效应	278
7.3.1 光照的基本模型	278
7.3.2 局部光照模型	281
7.3.3 整体光照模型	283
7.3.4 明暗处理方法	284
7.4 纹理图案映射	286
7.4.1 确定映射关系	287
7.4.2 平面图案的矢量化处理与离散细分	288
7.4.3 映射效果的三维显示	288
习题	295

第8章 实验指导	297
8.1 基础篇	297
实验一 直线扫描转换	298
实验二 圆的扫描转换	298
实验三 椭圆扫描转换	298
实验四 区域递归种子填充	299
实验五 区域链队列种子填充	300
实验六 有序边表的图案填充	301
实验七 Cohen-Sutherland 线段编码裁剪	303
实验八 Cyrus-Beck 多边形窗口参数化裁剪	305
实验九 矩形窗口逐边裁剪多边形	306
实验十 二维图形的几何变换	308
实验十一 三维图形投影变换	310
实验十二 Bezier 曲线绘制	312
实验十三 B 样条曲线绘制	313
8.2 提高篇	315
实验 A 基本图形生成编程	315
实验 B 图形变换编程	332
实验 C 曲线编程	342
实验 D 三维几何造型编程	349
实验 E 真实感图形编程	356
参考文献	359
附录 A 计算机图形学函数库	361
A.1 全局函数原型定义	362
A.2 全局函数的实现	365

第 1 章 绪 论

计算机图形学是近二十年来科学技术领域中取得的一项重要成就，它是随着计算机及其外围设备而产生和发展起来的，同时它也是近代计算机科学与雷达、电视及图像处理技术的发展相结合而产生的成果。在造船、航空航天、汽车、电子、机械、土建工程、影视广告、地理信息、轻纺化工等领域中的广泛应用，推动了这门学科的不断发展和不断解决应用中提出的各类新课题，又进一步充实和丰富了这门学科的内容。计算机出现不久，为了在绘图仪和阴极射线管屏幕上输出图形，计算机图形学就随之诞生了，如今它已发展为对物体的模型和图像进行生成、存取和管理的新学科。

1.1 计算机图形学的概念、发展和应用

1.1.1 计算机图形学的概念

计算机图形学（Computer Graphics）是研究如何用计算机生成、处理和显示图形的一门新兴学科，国际标准化组织（ISO）定义为：计算机图形学是研究通过计算机将数据转换为图形，并在专用显示设备上显示的原理、方法和技术的学科，它是建立在传统的图学理论、应用数学及计算机科学基础上的一门边缘学科。

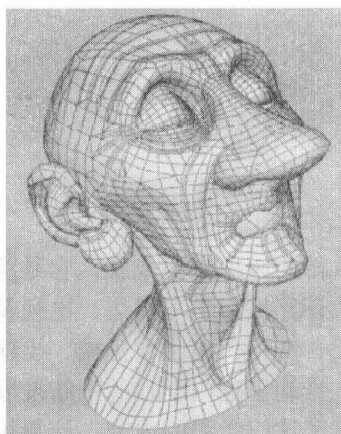
容易与计算机图形学这一概念混淆的是图像处理。计算机图形学的基本含义是使用计算机通过算法和程序在显示设备上构造出图形，所设计和构造的图形可以是现实世界中已经存在的物体的图形，也可以是完全虚构的物体。与此相反，图像处理是将客观世界中原来存在的物体的影像处理成新的数字化图像的相关技术，并研究如何从图像中提取二维或三维物体的模型，它所研究的是计算机图形学的逆过程。

计算机图形学的研究内容涉及用计算机对图形数据进行处理硬件和软件两方面的技术，主要是围绕着生成、表示物体的图形图像的准确性、真实性和实时性的基础算法，大致可分为以下几类。

（1）基于图形设备的基本图形元素的生成算法，如用光栅图形显示器生成直线、圆弧、二次曲线、封闭边界内的图案填充等，将在第 3 章讲授。

（2）图形元素的几何变换，即对图形的平移、放大和缩小、旋转、镜像等操作，将在第 4 章讲授。

（3）样条曲线和样条曲面的插值、拟合、拼接、光顺、整体和局部修改等，将在第 5 章讲授。自由曲面造型及应用范例如图 1-1 所示，详细内容见参考文献[23]。



(a) Geri 头部造型细节



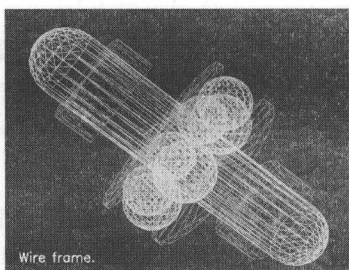
(b) Geri 人物造型及绘制

图 1-1 自由曲面造型及应用范例 (Derose, SIGGRAPH 98)

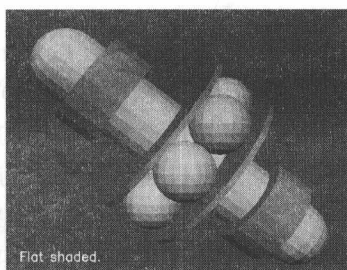
(4) 三维几何造型技术, 对基本体素的定义、输入及它们之间的布尔运算方法, 将在第 6 章讲授。

(5) 三维形体的实时显示, 包括投影变换、坐标变换等, 将在第 4 章讲授。

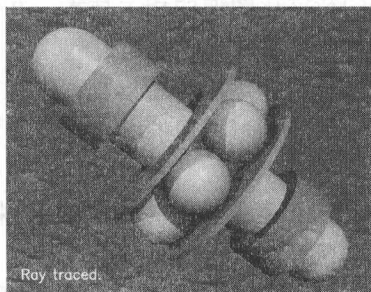
(6) 真实感图形的生成算法, 包括三维图形的消隐、光照、色彩、阴影、纹理及彩色浓淡图的生成算法, 将在第 7 章讲授。真实感图形绘制应用范例如图 1-2 所示, 详细内容参见参考文献[24]。



(a) 三维物体造型设计线框图



(b) 三维物体表面多边形填充



(c) 光线跟踪算法绘制

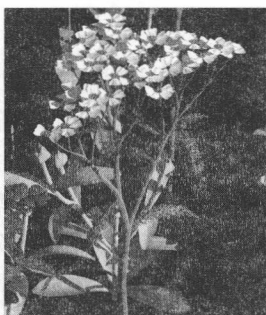
图 1-2 真实感图形绘制应用范例 (Olin Lathrop, SIGGRAPH 94)

(7) 山、水、花、草、烟云等自然景物的模拟生成算法等, 将在第 6 章讲授。自然景

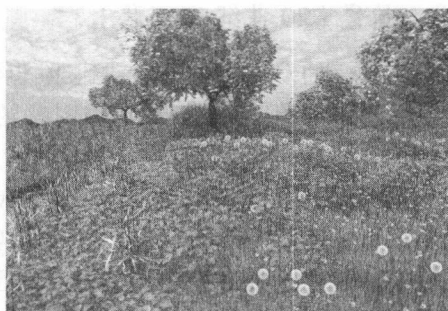
物的模拟生成算法应用范例如图 1-3 和图 1-4 所示, 详细内容见参考文献[25]和[26]。



(a) 草的生成



(b) 植物的生成



(c) 树、花、草等综合场景的合成

图 1-3 花、草、树木生成应用范例 (Deussen, SIGGRAPH 98)



(a) 自然景物造型



(b) 雪景的生成

图 1-4 雪景现象生成范例 (Paul Fearing, SIGGRAPH 2000)

(8) 科学计算可视化和三维数据场的可视化, 将科学计算中大量难以理解的数据通过计算机图形显示出来, 从而加深人们对科学过程的理解。例如, 有限元分析的结果等; 应力场、磁场的分布等; 各种复杂的运动学和动力学问题的图形仿真等。科学计算可视化和三维数据场的可视化范例参见 1.1.3 节。

虽然长期以来计算机图形学和图像处理属于不同的两个技术领域, 但近年来, 由于多媒体技术、计算机动画、三维空间数据场显示及纹理映射等学科的迅速发展, 计算机图形学和图像处理的结合日益紧密, 并相互渗透。例如, 将计算机生成的图形与扫描输入的图像结合在一起构造计算机动画; 用菜单或其他图形交互技术来实现交互式图像处理; 通过交互手段, 由一幅透视图像中提取出对称物体的三维模型并进行修改; 也可由一幅图像直

接变换为另一幅图像从而代替了图形的合成等。计算机图形学与图像处理相结合，加速了这两个相关领域的发展。

1.1.2 计算机图形学的发展

计算机图形学的发展始于 20 世纪 50 年代，先后经历了准备阶段（20 世纪 50 年代）、发展阶段（20 世纪 60 年代）、推广应用阶段（20 世纪 70 年代）、系统实用化阶段（20 世纪 80 年代）和标准化智能化阶段（20 世纪 90 年代）。

1. 准备阶段（20 世纪 50 年代）

计算机图形学的发展历史可追溯到 20 世纪 50 年代末期。当时的计算机主要应用于科学计算，使用尚不普及，但已开始出现图形显示器、绘图仪和光笔等图形外部设备。同时，各种设计、计算和显示图形软件的开发，为计算机图形学的发展做好了硬件和软件的准备。1950 年，美国麻省理工学院旋风 I 号（Whirlwind I）计算机就配置了由计算机驱动的阴极射线管式的图形显示器，但不具备人-机交互功能。20 世纪 50 年代末期，美国麻省理工学院林肯实验室研制的 SAGE 空中防御系统就已具有指挥和控制功能，该系统能将雷达信号转换为显示器上的图形，操作者可以借助光笔指向屏幕上的目标图形来获得所需要的信息，这一功能的出现预示着交互式图形生成技术的诞生。

2. 发展阶段（20 世纪 60 年代）

1962 年，美国麻省理工学院的 I. E. 萨瑟兰德（I. E. Sutherland）在他的博士论文中提出了一个名为“Sketchpad”的人-机交互式图形系统，能在屏幕上进行图形设计和修改。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学科分支的独立地位。他在论文中提出的分层存储符号和图素的数据结构等概念和技术直至今日还在广泛应用。因此，I. E. 萨瑟兰德的“Sketchpad”系统被公认为交互图形生成技术的发展奠定了基础。随后，美国通用汽车公司、IBM、贝尔电话公司和洛克希德飞机制造公司等开展了计算机图形学和计算机辅助设计的大规模研究，分别推出了 DAC-1 系统、Graphic-1 系统和 CADAM 系统，使计算机图形学进入了迅速发展的新时期。这一时期使用的图形显示器是随机扫描的显示器，它具有较高的分辨率和对比度，而且具有良好的动态性能。但为了避免图形闪烁，通常需要以 30 次/秒左右的频率不断刷新屏幕上的图形。为此需要一个刷新缓冲存储器来存放计算机产生的显示图形的数据和指令，同时还要有一个高速的处理器。由于这一时期使用的计算机图形硬件（大型计算机和图形显示器）是相当昂贵的，因而成为阻碍交互式图形生成技术进一步普及的主要原因。因此，只有上述这些知名大公司才能投入大量资金研制开发出只供本公司产品设计使用的实验性系统。

3. 推广应用阶段（20 世纪 70 年代）

进入 20 世纪 70 年代以后，由于集成电路技术的发展，计算机硬件性能不断提高，体

积缩小,价格降低,特别是廉价的图形输入、输出设备及大容量磁盘等的出现,以小型计算机及超级小型机为基础的图形生成系统开始进入市场并形成主流。由于这种系统比起大型计算机来价格相对便宜,维护使用也比较简单,因而,20世纪70年代以来,计算机图形生成技术在计算机辅助设计、事务管理、过程控制等领域得到了比较广泛的应用,取得了较好的经济效益,出现了许多专门开发图形软件的公司及相应的商品化图形软件。例如,Computer Vision Intergraph Colma Applicon 等公司推出了许多成套使用的商品化CAD系统;IBM和波音公司应用CAD/CAM相结合技术取得了丰硕的成果。CAD成为工业设计部门不可缺少的工具和热门技术。

另外,基于电视技术的光栅扫描显示器极大地推动了计算机图形学的发展。光栅扫描显示器将被显示的图像以点阵形式存储在刷新缓存中,由视频控制器将其读出并在屏幕上产生图像。光栅扫描显示器较之随机扫描显示器有许多优点。一是规则而重复的扫描比随机扫描容易实现,因而价格便宜;二是可以显示用颜色或各种模式填充的图形,这对于生成三维物体的真实感图形是非常重要的;三是刷新过程与图形的复杂程度无关,只要基本的刷新频率足够高,就不会因为图形复杂而出现闪烁现象。由于光栅扫描显示器具有许多优点,因而直至今日仍然成为图形显示的主要方式,工作站及微型计算机都采用这种光栅扫描显示器。

由于众多商品化软件的出现,图形标准化问题也被提上议程。图形标准化要求图形软件由低层次的、与设备有关的软件包转变为高层次的、与设备无关的软件包。1974年,美国计算机学会成立了一个图形标准化委员会(ACM SIGGRAPH),开始有关标准的制定和审批工作。1977年该委员会提出了一个名为“核心图形系统CGS”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其他功能,但仍作为进一步讨论的基础。

4. 系统实用化阶段(20世纪80年代)

进入20世纪80年代以后,工作站的出现极大地促进了计算机图形学的发展。比起小型计算机,工作站在用于图形生成上具有显著的优点。首先,工作站是一个用户使用一台计算机,交互作用时,响应时间短;其次,工作站连网后可以共享资源,如大容量磁盘,高精度绘图仪等;最后,工作站便于逐步投资、逐步发展、使用寿命较长。因而,工作站已经取代小型计算机成为图形生成的主要环境。80年代后期,微型计算机的性能迅速提高,配以高分辨率显示器及窗口管理系统,并在网络环境下运行,使它成为计算机图形生成技术的重要环境。由于微机系统价格便宜,因而受到广泛的普及和推广,尤其是微型计算机上的图形软件和支持图形应用的操作系统及其应用程序的全面出现,如Windows、Office、AutoCAD、CorelDRAW、Freehand、3D Studio等,使计算机图形学的应用深度和广度得到了前所未有的发展。

5. 标准化智能化阶段(20世纪90年代)

进入20世纪90年代,计算机图形学的功能除了随着计算机图形设备的发展而提高外,其自身朝着标准化、集成化和智能化的方向发展。一方面,国际标准化组织(ISO)公布的

有关计算机图形学方面的标准越来越多,且更加成熟。目前,由国际标准化组织发布的图形标准有:计算机图形接口标准 CGI (Computer Graphics Interface)、计算机图形元文件标准 CGM (Computer Graphics Metafile)、图形核心系统 GKS (Graphics Kernel System)、三维图形核心系统 GKS-3D 和程序员层次交互式图形系统 PHIGS (Programmer's Hierarchical Interactive Graphics System)。另一方面,多媒体技术、人工智能及专家系统技术和计算机图形学相结合使其应用效果越来越好,使用方法越来越容易,许多应用系统具有智能化的特点,如智能 CAD 系统。科学计算的可视化、虚拟现实环境的应用又向计算机图形学提出了许多更新更高的要求,使得三维乃至高维计算机图形学在真实性和实时性方面有了飞速发展。

1.1.3 计算机图形学的应用

由于计算机图形系统的硬、软件性能日益提高,而价格却逐步降低,这必然促使计算机图形生成技术的应用日益广泛,并逐步应用于工业、科技、教育、管理、商业、艺术、娱乐等许多行业。目前,主要的应用领域如下。

1. 图形用户界面

软件的用户界面是人们使用计算机的第一观感。过去传统的软件中有 60% 以上的程序是用来处理与用户界面有关的问题和功能,因为用户界面的好坏直接影响着软件的质量和效率。如今在用户界面中广泛使用了图形用户界面 (GUI),如菜单、对话框、图标和工具栏等,大大提高了用户接口的直观性和友好性,也提高了相应软件的执行速度。

2. 计算机辅助设计与制造 (CAD/CAM)

计算机辅助设计是计算机图形学的一个最广泛、最活跃的应用领域。由于 CAD 技术能广泛应用于产品设计和工程设计,适合多品种小批量生产,生产周期短、效率高,精确性和可靠性高,可以显著提高产品在市场上的竞争力,故越来越受到人们的关注,应用也越来越广泛。在产品设计和制造方面,CAD/CAM 技术被广泛用于飞机、汽车、船舶、机电、轻工、服装的外形设计和制造。例如美国波音公司,由于采用 CAD 技术,使波音 727 的设计提前两年完成;又如美国通用汽车公司,利用 CAD 系统把产品设计、制造、模拟试验和检查测试结合起来,组成一体化集成系统,使汽车设计周期由 5 年缩短到 3~4 年。在电子工业中,CAD 技术应用到集成电路、印刷电路板、电子线路和网络分析等方面的优势是十分明显的。一个复杂的大规模或超大规模集成电路板图根本不可能用手工设计和绘制,而用 CAD 进行设计可以在较短的时间内完成,并把结果直接送至后续工艺进行加工处理。在工程设计方面,为了减少工程造价,提高设计效率,在建筑、石油、冶金、地质、电力、铁路、公路、化工等工程设计中广泛采用 CAD 技术。例如,在应用 CAD 进行建筑设计上,不仅可以进行总体的外观效果图设计,还可以完成结构设计、给/排水设计、电器设计和装饰设计等,另外,对密集的楼群地段也可以进行光照分析。