

高校计算机教学系列教材

计算机图形学理论与实践

主 编 李春雨
副主编 邱道尹
谭同德
王玉琨



1



北京航空航天大学出版社

高校计算机教学系列教材

计算机图形学理论与实践

主 编 李春雨
副主编 邱道尹 谭同德 王玉琨

北京航空航天大学出版社

内容简介

在多年教学、科研和开发的基础上,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,编写这本教材。全书共分上、下篇,共 13 章。上篇介绍计算机图形学的原理、算法及实现;从基本图形生成,由简单到复杂,由二维到多维,循序渐进。下篇介绍完整的 VC 编程范例,起到举一反三作用。内容为:计算机图形学的概念、发展、应用和软、硬件系统;直线、圆、椭圆基本图形的生成、曲线及区域的填充;几何图形的投影与变换;图形裁剪、消隐处理;光照模型和图案映射等真实感生成技术,并用 VC++ 进行交互式图形设计实例。

本书可作为计算机、航空航天、机械、电子、建筑等专业的本科生教材,也可作为相关工程人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

计算机图形学理论及实践/李春雨等编著. —北京:

北京航空航天大学出版社,2004.02

ISBN 7-81077-377-1

I. 计… II. 李… III. 计算机图形学
IV. TP391.41

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 084190 号

计算机图形学理论与实践

主 编 李春雨

副主编 邱道尹 谭同德 王玉琨

责任编辑 金友泉

*

北京航空航天大学出版社出版发行

北京市海淀区学院路 37 号(100083) 发行部电话:(010)82317024 传真:(010)82328026

<http://www.buaapress.com.cn> E-mail:bhpress@263.net

北京市松源印刷有限公司印装 各地书店经销

*

开本:787×1092 1/16 印张:22.5 字数:576 千字

2004 年 2 月第 1 版 2004 年 2 月第 1 次印刷 印数:5 000 册

ISBN 7-81077-377-1 定价:30.00 元



总 前 言

科教兴国,教育先行,在全国上下已形成共识。在教育改革过程中,出现了多渠道、多形式、多层次办学的局面。同时,政府逐年加大教育的投入力度。教育发展了,才能有效地提高全民族的文化、科学素质,使我们中华民族屹立于世界民族之林。

计算机科学与技术的发展日新月异,其应用领域迅速扩展,几乎无处不在。社会发展的需求,促使计算机教育生气蓬勃。从普通高校的系统性教学,到远距离的电视、网上教学;从全面讲述,到不同应用领域的、星罗棋布的培训班;从公办的到民办的;从纸介教材到电子教材等等,可以说计算机教学异彩纷呈。要进行教学,就必须有教材。

面对我们这么大的国家和教学形势,在保证国家教学基本要求的前提下,应当提倡教材多样化,才能满足各教学单位的需求,使他们形成各自的办学风格和特色。为此,我们组织北京工业大学、北京航空航天大学、北京理工大学、南开大学、天津工业大学等高校的有丰富教学经验的教师编写了计算机教学系列教材,将陆续与师生见面。

系列教材包括以下各项。

(一) 基础理论:离散数学。

(二) 技术基础:电路基础与模拟电子技术;数字逻辑基础;计算机组成与体系结构;计算机语言(拼盘,选择使用),包括 C++ 程序设计基础、Visual Basic 程序设计基础、Matlab 程序设计基础、Java 程序设计基础、Delphi 语言基础、汇编语言基础等;数据结构;计算机操作系统基础;计算方法基础;微机与接口技术;数据库技术基础等。

(三) 应用基础:计算机控制技术;网络技术;软件工程;多媒体技术等。

(四) 技术基础扩展:编译原理与编译构造;知识工程——网络计算机环境下的知识处理。

(五) 应用基础扩展:计算机辅助设计;单片机实用基础;图形、图像处理基础;传感器与测试技术;计算机外设与接口技术等。

本系列教材主要是针对计算机教学编写的,供普通高校、社会民办大学、高等职业学校、业余大学等计算机本科或专科选用。其中一部分也适合非计算机专业本科教学使用。在这些教材的内容简介或前言中对使用范围均作了说明。

本系列教材在编写时,注重以下几点:(1) 面对计算机科学与技术动态发展的现实,在内容上应具有前瞻性;(2) 面对学以致用,既有系统的基础知识,又具有应用价值的实用性;(3) 具有科学性、严谨性。另外,力求使有限的版面具有最大的信息量,以使读者得到实惠。

能否实现这些愿望,只有师生在教学实践中评价。我们期望得到师生的批评和指正。

高校计算机教学系列教材编委会



高校计算机教学系列教材编委会成员

主 任:赵沁平

副 主 任(常务):陈炳和

顾 问:麦中凡

委 员(以姓氏笔划为序):

吕景瑜(北工大教授)

乔少立(社长,副教授)

麦中凡(北航教授,教育部工科计算机基础教学指导委员会副主任、中专计算机
教学指导委员会顾问)

苏开娜(北工大教授)

陈炳和(北工大教授)

张鸿宾(北工大博导)

郑玉明(北工大副教授)

金茂忠(北航博导)

赵沁平(北航博导,国务院学位办主任)



前 言

随着知识经济时代的到来,计算机图形生成技术的应用日益广泛。这就必然促使计算机专业人员、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。在多年的教学、科研和技术的开发工作中,我们深刻地体会到: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;没有高级语言描述算法的详细思路,没有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,即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的设计,使学习者在掌握理论和实用知识两方面均感到应用自如。

本书第一篇较详细地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、由二维至三维,理论与实践相结合,对书中的主要算法都给出了 C 程序。在第二篇实践部分给出了完整的 VC 编程范例。考虑到要给学习者留有余地,范例中的许多算法与理论篇中的不尽相同,学习者须按照书中的讲解,将这些 C 程序移植到范例中去,举一反三,就可容易地在计算机上得到验证与提高,从而为深入理解图形学原理提供重要的保证,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。全书共分两篇 13 章,包括计算机图形学的概念、发展、应用和软、硬件系统;直线、圆、椭圆基本图形和曲线的生成、区域填充;图形几何变换和投影变换;图形裁剪;图形标准;消隐处理、光照模型和图案映射等真实感图形生成技术;图像处理的基本知识;用 Visual C++ 进行交互式图形软件设计实例。

本书要求学习者有线性代数和 C 语言的基础。若有 Visual C++ 基础更好。学习者可根据自身情况,在 C 语言或 Visual C++ 的基础上上机练习,掌握和应用图形学的各种算法,并开发



一些具有实用性的小型绘图软件。

书中第1、2、3章由李春雨编写,第7章由邱道尹编写,第5章由谭同德编写,第8~13章由张红涛、梁义涛、刘新宇、邱道尹、张鹏共同编写,第4章由王玉琨编写,第6章由刘静编写,陈涛参加了本书的审校工作。全书由李春雨汇总和整理。书中内容虽为作者多年教学和科研工作的总结与体会,但由于作者水平有限,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

2003年7月



目 录

上 篇 理论篇

第 1 章 绪 论	3
1.1 概 述	3
1.1.1 计算机图形学的概念	3
1.1.2 计算机图形学的研究内容	3
1.1.3 计算机图形学与图像处理的关系	4
1.2 计算机图形学的发展	4
1.2.1 计算机图形学的发展简史	4
1.2.2 计算机图形学的发展动向	6
1.3 计算机图形学的应用	8
1.4 计算机图形系统	10
1.4.1 计算机图形系统硬件	10
1.4.2 计算机图形系统软件	11
习 题	11
第 2 章 基本图形的生成与计算	13
2.1 直线的生成算法	13
2.1.1 直线的 DDA 算法	13
2.1.2 直线的 Bresenham 算法	14
2.2 二次曲线	17
2.2.1 圆弧和椭圆弧的拟合法	17
2.2.2 二次曲线的参数拟合法	25
2.3 自由曲线	30
2.3.1 抛物线参数样条曲线	31
2.3.2 Hermite 曲线	32
2.3.3 三次参数样条曲线	36
2.3.4 Bezier 曲线	39
2.3.5 B 样条曲线	43
2.4 区域填充算法	46
2.4.1 基础知识	46
2.4.2 扫描线填色算法	47
2.4.3 种子填色算法	53
2.5 字符的生成	54



2.5.1 点阵式字符.....	55
2.5.2 矢量式字符.....	55
2.5.3 方向编码式字符.....	55
2.5.4 轮廓字型技术.....	56
2.6 图形裁剪.....	57
2.6.1 直线的剪裁.....	57
2.6.2 多边形的剪裁.....	62
2.6.3 字符串的剪裁.....	66
习 题	67
第3章 图形变换	69
3.1 二维图形的几何变换.....	69
3.1.1 二维图形的几何基本变换.....	69
3.1.2 二维图形几何变换的表示.....	72
3.2 窗口视图变换.....	74
3.2.1 用户域和窗口区.....	74
3.2.2 显示器域和视图区.....	74
3.2.3 窗口区和视图区的坐标变换.....	75
3.2.4 从规格化坐标(NDC)到设备坐标(DC)的变换	76
3.3 三维图形的几何变换.....	78
3.3.1 变换矩阵.....	78
3.3.2 平移变换.....	78
3.3.3 比例变换	78
3.3.4 绕坐标轴的旋转变换.....	79
3.3.5 绕任意轴的旋转变换.....	79
3.4 形体的投影变换.....	81
3.4.1 投影变换分类.....	81
3.4.2 正平行投影(三视图).....	82
3.4.3 斜平行投影.....	82
3.4.4 透视投影.....	83
3.4.5 投影空间.....	87
3.4.6 用户坐标系到观察坐标系的变换.....	89
3.4.7 规格化裁剪空间和图像空间.....	90
3.5 三维线段裁剪.....	93
习 题	94
第4章 数据接口与交换标准	96
4.1 GKS元文件标准 GKSM	97
4.1.1 GKSM 功能	97



4.1.2 GKSM 生成	97
4.1.3 GKSM 输入	99
4.2 计算机图形元文件标准 CGM	100
4.2.1 CGM 功能	100
4.2.2 CGM 描述	100
4.3 计算机图形接口标准 CGI	102
4.3.1 CGI 功能	102
4.3.2 光栅功能集	104
4.4 基本图形交换规范标准 IGES	104
4.4.1 IGES 功能	104
4.4.2 IGES 元素	105
4.4.3 IGES 文件结构	109
4.5 DXF 数据接口	111
4.5.1 DXF 文件结构	111
4.5.2 阅读图形交换文件	112
4.5.3 利用图形交换文件提取实体数据	114
4.6 产品数据表达与交换标准 STEP	116
4.6.1 STEP 的组成	117
4.6.2 产品模型信息结构	118
4.6.3 几何与拓扑表示	120
习 题	121
第 5 章 三维形体的表示	122
5.1 曲面的表示	122
5.1.1 孔斯(Coons)曲面	123
5.1.2 贝塞尔(Bezier)曲面	127
5.1.3 B 样条曲面	131
5.1.4 曲面片的连接	131
5.2 实体的表示	132
5.2.1 几何元素的定义	133
5.2.2 实体的线框表示	133
5.2.3 实体的定义和正则形体	134
5.2.4 正则集合运算及集合成员分类	136
5.2.5 实体的边界表示	138
5.2.6 扫描表示法	143
5.2.7 构造的实体几何法	144
5.2.8 八叉树表示法	146
5.3 其他三维造型法	147
5.3.1 特征表示	147



5.3.2 分形几何表示	148
5.3.3 体绘制技术	151
5.3.4 从二维图像信息构造三维形体	152
习 题	152
第 6 章 真实感图形显示	154
6.1 线消隐	154
6.1.1 消隐的基础知识	154
6.1.2 凸多面体的隐藏线消除	155
6.1.3 凹多面体的隐藏线消除	155
6.2 面消隐	157
6.2.1 区域排序算法	157
6.2.2 深度缓存(Z-buffer)算法	157
6.2.3 扫描线算法	158
6.3 光照模型	159
6.3.1 光源特性和物体表面特性	159
6.3.2 光照模型及其实现	160
6.3.3 明暗的光滑处理	163
6.4 表面图案与纹理	164
6.4.1 表面图案的描绘	164
6.4.2 表面纹理的描绘	166
6.5 颜色空间	167
6.5.1 颜色的基本概念	167
6.5.2 CIE 色度图	168
6.5.3 几种常用的颜色模型	169
习 题	171
第 7 章 图像处理	172
7.1 图像基础	172
7.1.1 图像的表达	173
7.1.2 采样和量化	174
7.1.3 图像文件的数据结构	175
7.2 图像变换	177
7.2.1 离散傅里叶变换	177
7.2.2 快速傅里叶变换	178
7.3 图像增强	180
7.3.1 空域增强	180
7.3.2 频域增强	181
7.4 图像恢复与压缩编码	183



7.4.1 图像恢复	183
7.4.2 图像编码	184
7.5 图像分割	186
7.5.1 四类图像分割技术	186
7.5.2 阈值分割法	188
7.6 应用实例——储粮害虫图像识别	189
习 题	193

下 篇 用 VC++ 开发图形绘制程序

第 8 章 图形编程基础	197
8.1 GDI 基础知识	197
8.1.1 图形设备接口 GDI	197
8.1.2 设备环境 DC	197
8.1.3 CDC 类	198
8.1.4 GDI 对象	202
8.1.5 使用库存 GDI 对象	203
8.2 OnDraw 成员函数	204
8.3 GDI 对象类	204
8.3.1 CPen 类	205
8.3.2 CBrush 类	209
8.3.3 CFont 类	211
8.3.4 CRgn 类	215
8.3.5 CPalette 类	220
8.3.6 CBitmap 类	221
8.4 Windows 映射模式	222
8.4.1 Windows 中定义的映射模式	222
8.4.2 Windows 映射模式设置	223
8.4.3 逻辑坐标和设备坐标的转换	226
8.4.4 窗口和视口	228
8.5 绘图模式的设置	229
习 题	230
第 9 章 绘制图形元素	231
9.1 图元的实现方法	231
9.1.1 简单图形的绘制	231
9.1.2 文本的绘制	233
9.2 鼠标绘图	235
9.2.1 如何响应鼠标消息	235



9.2.2 捕获和设置鼠标状态	236
9.2.3 用鼠标绘制各种基本图元	238
9.3 编程示例	243
9.3.1 绘制梅花曲线	243
9.3.2 对话框中多种图形的绘制	247
习 题	252
第 10 章 图形应用程序的总体设计	253
10.1 设计自己的图形类	253
10.1.1 抽象基类	253
10.1.2 类的分层排布	253
10.1.3 构造函数和析构函数	254
10.1.4 图形基类 CShape	256
10.1.5 CObject 类及其特点	257
10.1.6 派生直线类 CLine	258
10.2 相关数据结构	259
10.3 内存管理	261
10.3.1 框架内存分配	262
10.3.2 堆内存分配	263
10.3.3 内存分配应用示例	263
10.4 文件的存储格式	264
10.4.1 文本格式	265
10.4.2 二进制格式	265
10.5 人-机界面环境设计	267
10.5.1 Windows 的消息响应机制	267
10.5.2 元素拾取与选择	268
习 题	270
第 11 章 图元的绘制	271
11.1 图形软件的初步实现	271
11.1.1 图形软件的 MFC 实现方法	271
11.1.2 建立工程 MyVC	271
11.1.3 加入命令和消息响应	272
11.1.4 基本变量设置及其初始化	273
11.2 位置类 MyCPoint 的设计	275
11.2.1 类 CPoint	275
11.2.2 类 MyCPoint 的实现	275
11.2.3 世界坐标和显示器坐标的关系	280
11.3 图形基类和命令基类的实现	282



11.3.1 图形基类 CShape	282
11.3.2 命令基类 CCommand	284
11.4 直线的绘制	285
11.4.1 绘图环境的设置	285
11.4.2 直线类 CLine 及其实现	287
11.4.3 直线命令类 CCreateLine 的创建	290
11.4.4 直线绘制的实现方法	295
11.4.5 重画问题的实现方法	298
11.5 矩形、圆和圆弧的绘制	299
11.6 文件存储及内存管理	299
11.6.1 文档的“脏”标记	299
11.6.2 内存空间的释放	299
11.6.3 文件的存储和加载	301
习 题	303
第 12 章 图元的编辑	304
12.1 给图元类添加成员函数	304
12.1.1 在基类中添加成员函数	304
12.1.2 在图元类添加成员函数	305
12.2 图元的包围盒计算	306
12.2.1 直线的包围盒计算	306
12.2.2 圆弧的包围盒计算	306
12.3 图元的拾取	308
12.3.1 直线的拾取	308
12.3.2 其他图元的拾取算法	309
12.4 图元的选取实现	309
12.4.1 定义选择集	310
12.4.2 选择集的实现	310
12.4.3 图元的交互选取	314
12.5 实现图元的编辑算法	315
12.5.1 图元编辑算法实现的准备	315
12.5.2 图元的移动	319
12.5.3 图元的旋转	320
12.5.4 图元的镜像	320
12.6 图元的交互编辑	320
12.6.1 添加编辑命令类	320
12.6.2 平移类的实现	321
习 题	326



第 13 章 图形标准的编程实践	327
13.1 将自定义文件保存为 DXF 格式	327
13.2 开发 OpenGL 应用程序	332
13.2.1 OpenGL 简介	332
13.2.2 OpenGL 应用程序开发示例	333
习 题	341
参考文献	342

上 篇

理 论 篇

