

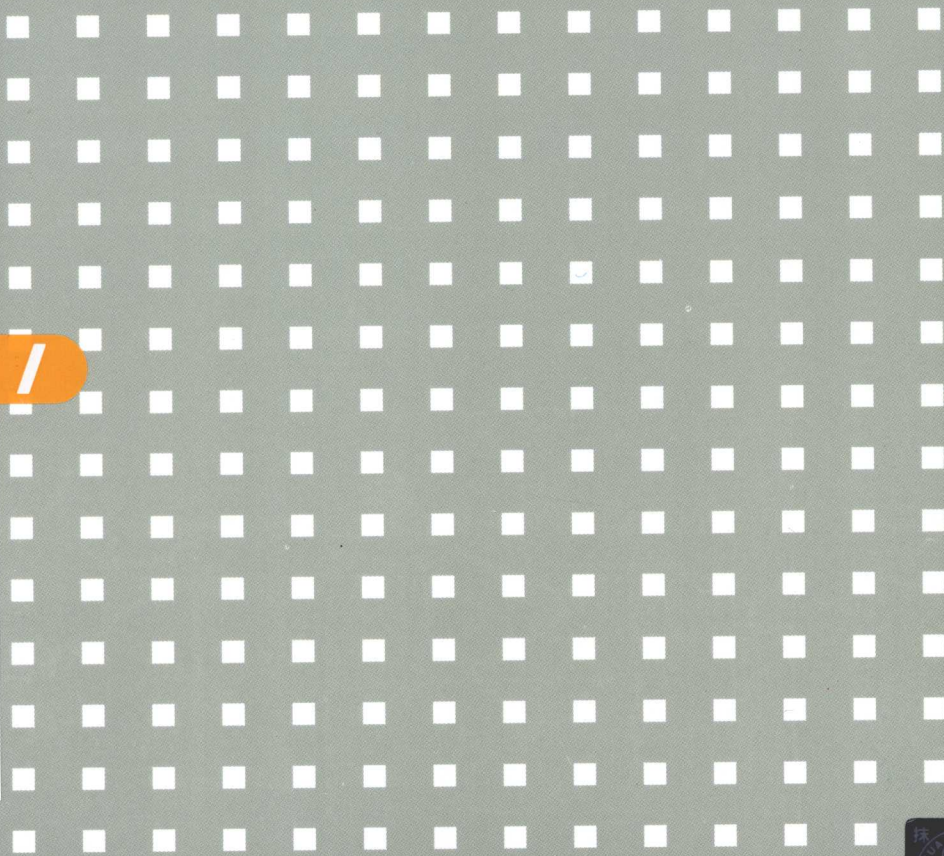
高等学校计算机专业教材精选·图形图像与多媒体技术

兵工高校优秀教材一等奖

本书配套“计算机图形学实践教学资源库”荣获省级教学成果一等奖

计算机图形学基础教程 (Visual C++版) (第2版)

孔令德 编著



清华大学出版社

013025633

高等学校计算机专业教材精选·图形图像与多媒体技术

TP391.41-43
167-2

计算机图形学基础教程 (Visual C++版)(第2版)

孔令德 编著



TP391.41-43
167-2



清华大学出版社
北京

内 容 简 介

作为省级精品课程“计算机图形学”的建设成果,本书采用面向对象语言 Visual C++ 6.0 的 MFC 框架作为开发平台,系统地讲解“基本图形的扫描转换”、“多边形填充”、“二维变换与裁剪”、“三维变换与投影”、“自由曲线与曲面”、“分形几何”、“建模与消隐”和“真实感图形”的实现原理及算法。

本书以生成真实感光照模型为主线,引导读者重点掌握直线的扫描转换原理、多边形的填充原理、三维物体的几何变换与透视投影原理、光滑曲面的建模与深度缓冲动态隐面原理、Gouraud 双线性光强插值与 Phong 双线性法矢插值原理、图像纹理与几何纹理映射原理、基于简单光照模型、简单透明模型与简单阴影模型的真实感图形绘制等原理。系统学习完本书后,读者可以在简单光照模型场景中渲染出光源与材质交互作用的真实感三维物体,同时支持鼠标与键盘的交互操作,为进一步从事游戏开发奠定理论基础。

本书配套的《计算机图形学实践教程(Visual C++ 版)(第 2 版)》(ISBN 978-7-302-29751-2)给出了与本书各章节原理相对应的源程序代码,共计 60 个案例。这些配套教学资源可以从作者的个人网站(<http://www.klingde.com>)免费下载。

本书不仅可以作为大学本科教材,还可供计算机图形学爱好者的自学使用。

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

计算机图形学基础教程: Visual C++ 版/孔令德编著.--2 版.--北京:清华大学出版社,2013.3

高等学校计算机专业教材精选·图形图像与多媒体技术

ISBN 978-7-302-29752-9

I. ①计… II. ①孔… III. ①计算机图形学—高等学校—教材 ②C 语言—程序设计—高等学校—教材 IV. ①TP391.41 ②TP312

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 189158 号

责任编辑:汪汉友

封面设计:常雪影

责任校对:焦丽丽

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

课件下载: <http://www.tup.com.cn>, 010-62795954

印 装 者:清华大学印刷厂

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm 印 张:22 彩 插:2 字 数:540 千字

版 次:2008 年 5 月第 1 版 2013 年 3 月第 2 版 印 次:2013 年 3 月第 1 次印刷

印 数:1~4000

定 价:39.00 元

产品编号:043640-01



图1 双镜头相机拍摄的立体双图

图2 红青互补图



图3 Photoshop制作的立体双图

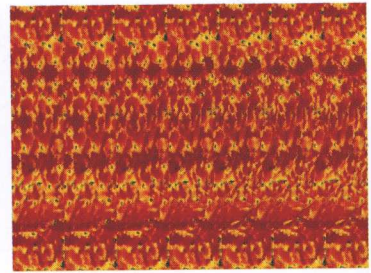


图4 “博创”图标三维立体画



图5 “子母鹿”三维立体画

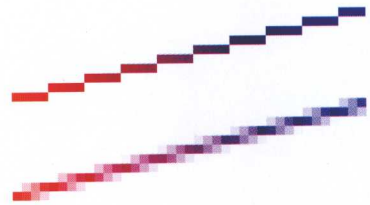
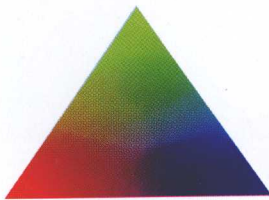


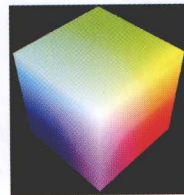
图6 直线光滑着色



(a) 三角形



(b) 四边形



(c) 立方形

图7 多边形光滑着色

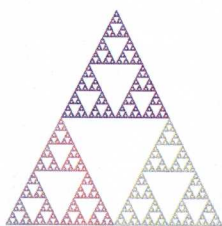


(a) Flat着色

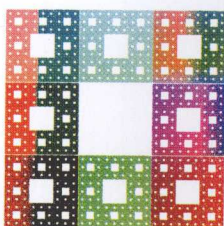
(b) Gouraud着色

(c) Phong着色

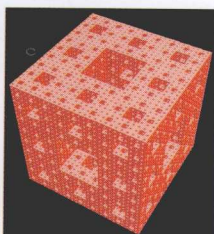
图8 着色模式



(a) 混沌游戏



(b) Sierpinski地毯



(c) Menger海绵



(d) 正四面体镂垫



(e) 拼接枫叶



(f) Barnsley蕨



(g) 灌木丛



(h) 树

图9 分形

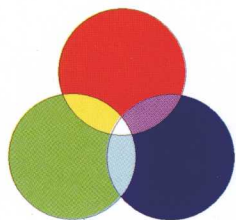


图10 RGB加色系统

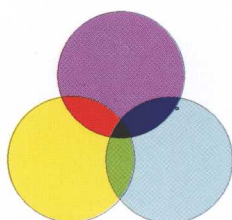


图11 CMY减色系统

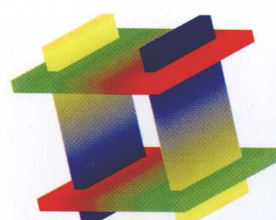


图12 交叉面

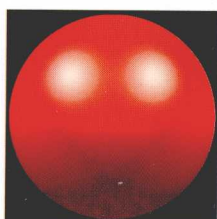
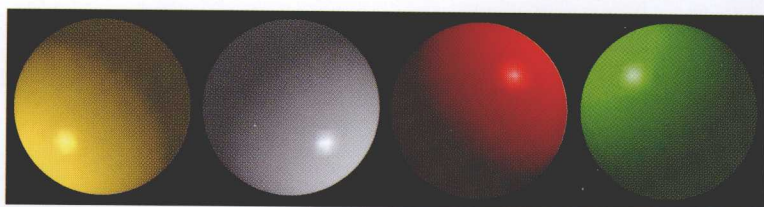


图13 双光源 Phong 球面



(a) 金

(b) 银

(c) 红宝石

(d) 绿宝石

图14 球面材质

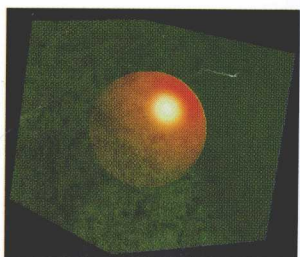


图15 立方体和球的透明模型



图16 天空盒



图17 球面位移纹理

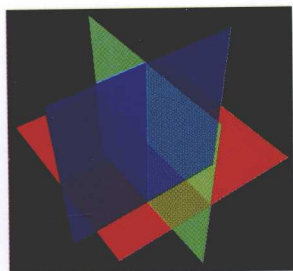


图 18 红绿蓝玻璃

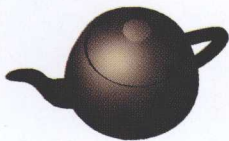


图 19 Bezier 曲面茶壶表面模型



图 20 B 样条曲面花瓶纹理映射



图 21 光照线框球

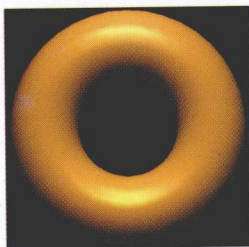
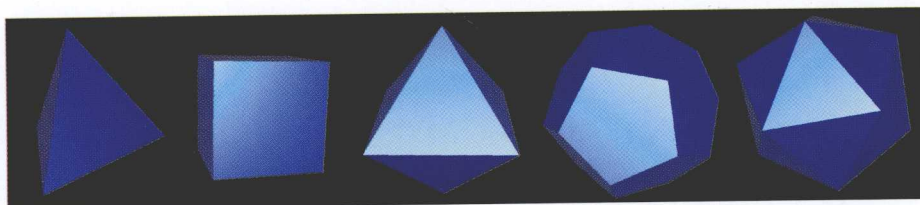


图 22 圆环光照效果



图 23 光照足球



(a) 四面体 (b) 六面体 (c) 八面体 (d) 十二面体 (e) 二十面体

图 24 柏拉图多面体光照模型



(a) 圆柱面



(b) 圆锥面



(c) 圆环面



(d) 球面

图 25 图像纹理映射

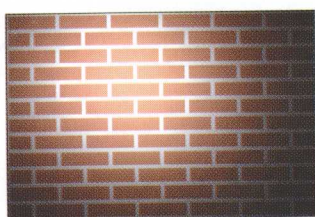


图 26 光照墙

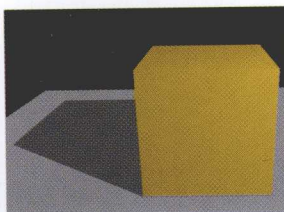


图 27 立方体阴影

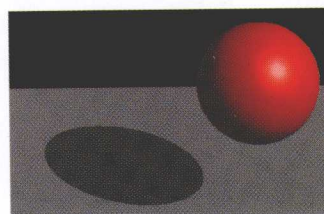


图 28 球体阴影

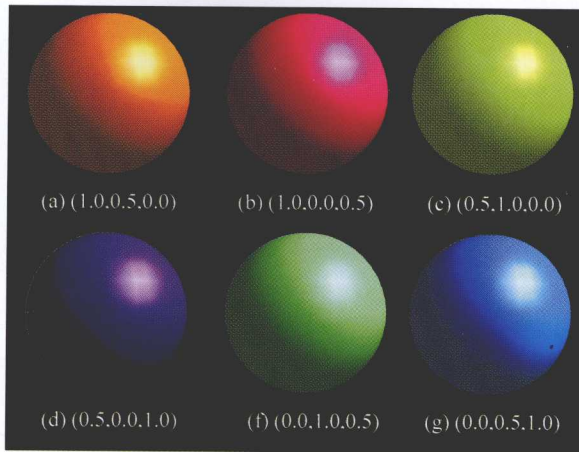


图 29 白光照射的 Gouraud 光照模型中材质漫反射率影响效果图

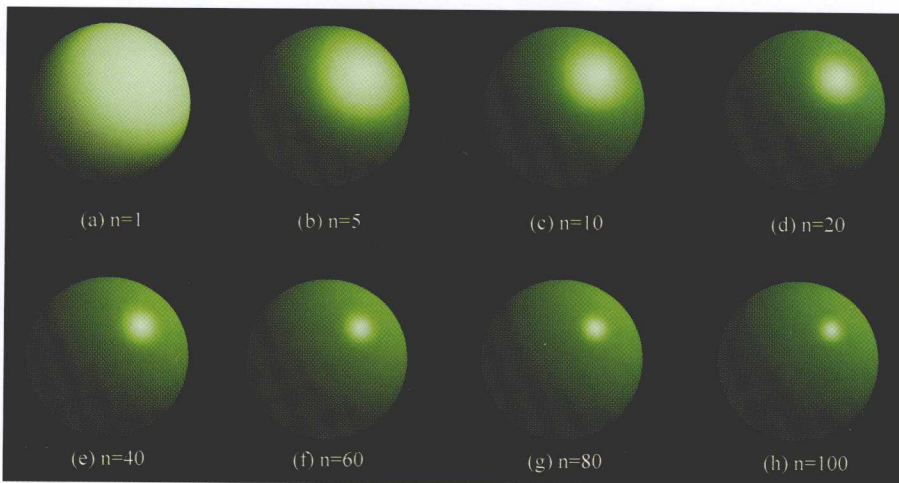


图 30 Phong 光照模型中高光指数影响效果图



(a) 正弦函数

(b) 高度场

(c) 高度场与图像纹理

图 31 球面几何纹理效果图

出版说明

我国高等学校计算机教育近年来迅猛发展,应用所学计算机知识解决实际问题,已经成为当代大学生的必备能力。

时代的进步与社会的发展对高等学校计算机教育的质量提出了更高、更新的要求。现在,很多高等学校都在积极探索符合自身特点的教学模式,涌现出一大批非常优秀的精品课程。

为了适应社会的需求,满足计算机教育的发展需要,清华大学出版社在进行了大量调查研究的基础上,组织编写了《高等学校计算机专业教材精选》。本套教材从全国各高校的优秀计算机教材中精挑细选了一批很有代表性且特色鲜明的计算机精品教材,把作者们对各自所授计算机课程的独特理解和先进经验推荐给全国师生。

本系列教材特点如下。

(1) 编写目的明确。本套教材主要面向广大高校的计算机专业学生,使学生通过本套教材,学习计算机科学与技术方面的基本理论和基本知识,接受应用计算机解决实际问题的基本训练。

(2) 注重编写理念。本套教材作者群为各校相应课程的主讲,有一定经验积累,且编写思路清晰,有独特的教学思路和指导思想,其教学经验具有推广价值。本套教材中不乏各类精品课配套教材,并努力把不同学校的教学特点反映到每本教材中。

(3) 理论知识与实践相结合。本套教材贯彻从实践中来到实践中去的原则,书中的许多必须掌握的理论都结合实例讲解,同时注重培养学生分析、解决问题的能力,满足社会用人要求。

(4) 易教易用,合理适当。本套教材编写时注意结合教学实际的课时数,把握教材的篇幅。同时,对一些知识点按教育部教学指导委员会的最新精神进行合理取舍与难易控制。

(5) 注重教材的立体化配套。大多数教材都将配套教师用课件、习题及其解答、学生上机实验指导、教学网站等辅助教学资源,方便教学。

随着本套教材陆续出版,相信能够得到广大读者的认可和支持,为我国计算机教材建设及计算机教学水平的提高,为计算机教育事业的发展做出应有的贡献。

清华大学出版社

前 言

笔者花费了七年多时间,打造了“省级精品课程+系列化教材+数字化教学资源”立体化图形学教学平台。2006年建设完成山西省省级精品课程“C++程序设计”后,直接基于Visual C++中的MFC框架,采用案例化教学方法建设了“计算机图形学”教学资源。2008年笔者主持的“计算机图形学”课程被评为山西省省级精品课程之后,出版了《计算机图形学基础教程(Visual C++版)》、《计算机图形学实践教程(Visual C++版)》两本教材,并双双获得兵工高校优秀教材一等奖,随后相继出版了《计算机图形学基础教程(Visual C++版)习题解答与编程实践》、《计算机图形学实验及课程设计(Visual C++版)》等系列教材,其中《计算机图形学实践教程(Visual C++版)》提供了与《计算机图形学基础教程(Visual C++版)》中所讲解原理一一对应的案例,共计43个案例。这些案例被国内的近百所院校试用后,给予了肯定。下面某高校教师对本书的评价:

“教材提供了丰富的教学资源,涵盖了计算机图形学原理的主要知识点,由于采用VC++的MFC编程可以模拟真实感光照以及纹理等效果,对学生很有吸引力,对提升计算机图形学的教学效果也很有帮助。原理的案例化可以让生面对枯燥的图形数学模型及绘制算法,能尽快直观地体验到真实效果并深刻理解绘制算法的原理”。

下面是某高校本科生对本书的评价:

“我是一名三年级本科生,学校开设了计算机图形学这门课程,出于兴趣,我也选择这门课程,并且很荣幸地读到了您的作品。清晰的讲解也给我留下了很深刻的印象,我甚至可以不用听老师讲解就可以通过看书将后面的大部分习题解决出来。当优美的图形在我点下那个感叹号后突然显示的时候,那种感觉是美妙的!”

读者的肯定是改版的动力。本书第2版在保留第1版体系结构的基础上,重写了全书所有章节,调整了三维坐标系 z 轴的指向,完善了光照模型、新增了简单透明模型、简单阴影模型、图像纹理、几何纹理等内容。相应地,《计算机图形学实践教程(Visual C++版)(第2版)》中的案例也由43个扩充为60个。

笔者将《计算机图形学实践教程(Visual C++版)(第2版)》的60个案例、《计算机图形学基础教程(Visual C++版)习题解答与编程实践》的近200个习题解答与拓展案例、《计算机图形学实验及课程设计(Visual C++版)》的18个上机实验与5个课程设计案例集结一起建设了计算机图形学实践教学资源库。并将全部资源提供在笔者的个人网站:<http://www.klingde.com>上。网站上同时提供的还有《计算机图形学基础教程(Visual C++版)(第2版)》的教案和课件。2010年笔者主持完成的“应用型工科院校计算机图形学教学模式的改革与实践”项目被评为山西省教学成果二等奖。该成果建议教师课堂教学采用“演示案例”、“讲解原理”、“学习代码”、“拓展案例”的教学模式讲授计算机图形学课程,以形象化的案例激发起学生学习计算机图形学的主动性。2012年笔者主持的“计算机图形学实践教学资源库的建设”被评为山西省教学成果一等奖。该成果将计算机图形学实践教学资源划分为“验证性资源”、“综合性资源”、“创新性资源”和“工程化资源”4个部分,涵盖了前面介绍的近300个案

例以及 20 个 3ds max 模型。

虽然计算机图形学领域每年有大量的新技术不断涌现,但最基本的原理和方法却保持着稳定性和连贯性。笔者是从计算机编程角度讲授计算机图形学原理,在不使用任何图形库的前提下,仅单纯使用 MFC 的绘制像素点函数,按照计算机图形学的基本原理开发出与 OpenGL 或 Direct3D 显示效果一致的真实感图形。更确切的说法是笔者依据本书讲解的原理搭建了一个自己的图形库。只要在场景中构造出物体的几何模型,就可以根据假定的光照条件下,动态渲染出包含材质、纹理的真实感图形,产生如临其境、如见其物的视觉效果。

用算法实现本书讲到的所有原理,调试程序需要花费很长时间,正是因为有幸得到博创研究所廖小谊、左亮亮、潘晓、宋准、孙立广、高腾等人的协助,使用 MFC 框架开发了本书所有原理的案例源代码,才使得案例以漂亮的效果出现在读者面前。

希望本书的出版对计算机图形学的教学有所帮助,感谢国内高校师生对笔者第 1 版作品的肯定。同时也恳请教学一线的计算机图形教师继续提出宝贵的意见和建议。笔者 E-mail: klingde@163.com, QQ: 997796978。

本书配套的《计算机图形学实践教程(Visual C++ 版)(第 2 版)》中 60 个案例的设置与本书章节的对应关系见附录 A。

本书得到 2011 年山西省重点教改项目“图形图像处理系列课程实践教学资源与平台的建设”的资助。

孔令德
2012 年 10 月

第 1 版前言

计算机图形学(computer graphics,CG)是研究如何利用计算机算法来生成、处理和显示图形的一门学科。主要的算法原理包括基于光栅扫描显示器的基本图形扫描转换原理;基于齐次坐标的二维、三维图形的几何变换原理;基于几何造型的自由曲线、曲面的生成原理;基于分形几何学的分数维造型原理;基于图像空间和物体空间的三维物体动态消隐原理;基于颜色模型、光照模型和纹理映射技术的真实感图形显示原理。

本书有以下特色。

(1) 编程环境的先进性。本书采用 Visual C++ 6.0 编程环境进行算法讲解。目前市面上的计算机图形学教材大多采用 Turbo C 语言作为编程环境,但面向过程语言 Turbo C 开发的程序是基于 DOS 界面的,图形操作基本不具备交互性,而且只能显示 256 种颜色,无法生成真实感光照图形。本书选用了 Microsoft 公司的面向对象程序设计语言 Visual C++ 6.0 的 MFC 框架作为编程环境,不仅可以制作出和 3ds 效果一致的三维真实感图形,而且支持交互式操作。本书的彩插效果图全部使用 MFC 框架制作,并没有借助 OpenGL 或 DirectX 等图形库的支持。

(2) 所有原理算法的案例化。计算机图形学,原理众多、算法复杂。作为省级精品课程“计算机图形学”和“C++ 程序设计”的第一负责人,笔者在十多年的计算机图形学教学实践中,使用 Visual C++ 6.0 的 MFC 框架自主开发了所有原理的实现程序,做到了本书所讲解到的每个原理在配套的实践教程中都有相应的算法实现案例。

(3) 编写内容的系统化。本书配有实践教程。本书分为 10 章,实践教程包含和本书对应的 43 个案例。两本书的内容均由同一作者编写,保证了编写体系的一致性。

本书各章节主要内容如下。

第 1 章 导论。介绍了计算机图形学的应用领域,以及图形显示设备的发展历程。

第 2 章 Visual C++ 6.0 绘图基础。介绍面向对象程序设计基础、MFC 上机操作步骤以及 CDC 类的基本绘图函数。

第 3 章 基本图形的扫描转换。讲解直线、圆、椭圆的像素级扫描转换原理,以及反走样技术。

第 4 章 多边形填充。讲解了实面积图形的概念,有效边表填充原理和算法,边缘填充原理和算法、区域填充原理和算法。

第 5 章 二维变换与裁剪。讲解齐次坐标,平移、比例、旋转、反射和错切的二维基本几何变换矩阵,Cohen-Sutherland 直线段裁剪原理和算法,中点分割直线段裁剪原理和算法,以及 Liang-Barsky 直线段裁剪原理和算法。

第 6 章 三维变换与投影。讲解平移、比例、旋转、反射和错切的三维基本几何变换矩阵、三视图、斜轴侧图以及透视投影的变换矩阵。

第 7 章 自由曲线与曲面。讲解三次参数样条曲线、Bezier 曲线曲面和 B 样条曲线曲面的生成原理和算法。

第 8 章 分形几何。讲解分形曲线的递归模型、植物的 L-系统模型,以及 IFS 迭代函数系统等的原理和算法。

第 9 章 建模与消隐。讲解动态凸多面体和曲面体的隐线原理和算法,动态 Z-Buffer 的隐面原理和算法,以及画家算法的隐面原理和算法。

第 10 章 真实感图形。讲解 RGB 颜色模型、Gouraud 明暗处理、Phong 明暗处理、光照模型,以及纹理映射技术的原理和算法。

实践教程的案例设置和本书的对应关系参见附录 A。

经过历时 3 年的编写,本书终于要和读者见面了,其间的艰辛一言难尽。由于要用算法实现本书讲到的所有原理,程序调试花费了很长时间。幸喜在博创研究所的工作人员的协助下,使用 Visual C++ 的 MFC 框架完成了本书所有原理的算法实现,本书也得以完稿。

感谢在博创研究所先后工作的人员廖小谊、彭贺亮、刘鹏、申明达、傅立群、杨铭等在程序调试方面作出的贡献。

本书及其配套的实践教程适合作为计算机科学与技术专业的本科教材。欢迎访问笔者个人网站:<http://www.klingde.com> 下载《计算机图形学实践教程(Visual C++ 版)》的 43 个源程序、教案、电子课件和习题解答源程序等相关的教学资源。

希望本书的出版对读者有所帮助,请计算机图形学方面的专家提出宝贵意见,同时也希望和广大的计算机图形学教师进行学术交流。笔者 E-mail:klingde@163.com。

孔令德

目 录

第 1 章 导论	1
1.1 计算机图形学的应用领域	1
1.1.1 计算机游戏.....	1
1.1.2 计算机辅助设计.....	1
1.1.3 计算机艺术.....	2
1.1.4 虚拟现实.....	4
1.1.5 计算机辅助教学.....	5
1.2 计算机图形学的概念	5
1.3 计算机图形学的相关学科	6
1.4 计算机图形学的确立与发展	6
1.5 图形显示器的发展及其工作原理	8
1.5.1 阴极射线管.....	8
1.5.2 随机扫描显示器.....	9
1.5.3 直视存储管显示器.....	9
1.5.4 光栅扫描显示器	10
1.5.5 液晶显示器	15
1.5.6 三维图形显示原理及立体显示器	16
1.6 图形软件标准.....	18
1.7 计算机图形学研究的热点技术.....	19
1.7.1 层次细节技术	19
1.7.2 图像绘制技术	20
1.8 本章小结.....	21
习题 1	21
第 2 章 MFC 绘图基础	25
2.1 面向对象程序设计基础.....	25
2.1.1 类和对象	25
2.1.2 构造函数与析构函数	26
2.1.3 对象的动态建立与释放	32
2.1.4 继承与派生	37
2.2 MFC 上机操作步骤	40
2.3 MFC 基本绘图函数	43

2.3.1	CDC 类结构与 GDI 对象	43
2.3.2	映射模式	48
2.3.3	使用 GDI 对象	51
2.3.4	CDC 类绘图成员函数	56
2.3.5	双缓冲机制	79
2.3.6	设备上下文的调用与释放	80
2.3.7	MFC 绘图的几种方法	81
2.4	本章小结	84
习题 2	84
第 3 章	基本图形的扫描转换	88
3.1	直线的扫描转换	88
3.1.1	算法原理	89
3.1.2	构造中点误差项	90
3.1.3	递推公式	90
3.1.4	绘制任意斜率的直线	91
3.2	圆的扫描转换	95
3.2.1	算法原理	95
3.2.2	构造中点误差项	97
3.2.3	递推公式	97
3.3	椭圆的扫描转换	98
3.3.1	算法原理	98
3.3.2	构造上半部分 I 的中点误差项	99
3.3.3	上半部分 I 的递推公式	100
3.3.4	构造下半部分 II 的中点误差项	100
3.3.5	下半部分 II 的递推公式	101
3.4	反走样技术	102
3.5	Wu 反走样算法	104
3.5.1	算法原理	104
3.5.2	构造距离误差项	105
3.5.3	计算机化	106
3.5.4	彩色直线段的反走样	106
3.6	本章小结	106
习题 3	107
第 4 章	多边形填充	110
4.1	多边形的扫描转换	110
4.1.1	多边形的定义	111
4.1.2	多边形的表示	112

4.1.3	多边形着色模式·····	112
4.1.4	填充多边形·····	113
4.1.5	填充区域·····	114
4.2	有效边表填充算法·····	114
4.2.1	填充原理·····	114
4.2.2	边界像素的处理原则·····	115
4.2.3	有效边与有效边表·····	117
4.2.4	桶表与边表·····	120
4.3	边缘填充算法·····	121
4.3.1	填充原理·····	121
4.3.2	填充过程·····	121
4.4	区域填充算法·····	122
4.4.1	填充原理·····	122
4.4.2	四邻接点与八邻接点·····	123
4.4.3	四连通域与八连通域·····	123
4.4.4	种子填充算法·····	124
4.4.5	扫描线种子填充算法·····	125
4.5	本章小结·····	126
习题 4	·····	126
第 5 章	二维变换与裁剪·····	130
5.1	图形几何变换基础·····	130
5.1.1	规范化齐次坐标·····	131
5.1.2	矩阵相乘·····	131
5.1.3	二维几何变换矩阵·····	131
5.1.4	物体变换与坐标变换·····	132
5.1.5	二维几何变换形式·····	132
5.2	二维图形基本几何变换矩阵·····	132
5.2.1	平移变换矩阵·····	133
5.2.2	比例变换矩阵·····	133
5.2.3	旋转变换矩阵·····	134
5.2.4	反射变换矩阵·····	134
5.2.5	错切变换矩阵·····	135
5.3	二维复合变换·····	137
5.3.1	复合变换原理·····	137
5.3.2	相对于任意参考点的二维几何变换·····	137
5.3.3	相对于任意方向的二维几何变换·····	138
5.4	二维图形裁剪·····	140
5.4.1	图形学中常用的坐标系·····	140

5.4.2	窗口与视区	143
5.4.3	窗视变换矩阵	143
5.5	Cohen-Sutherland 直线段裁剪算法	145
5.5.1	编码原理	145
5.5.2	裁剪步骤	146
5.5.3	交点计算公式	147
5.6	中点分割直线段裁剪算法	148
5.6.1	中点分割算法原理	148
5.6.2	中点计算公式	148
5.7	Liang-Barsky 直线段裁剪算法	149
5.7.1	Liang-Barsky 裁剪算法原理	149
5.7.2	算法分析	150
5.7.3	算法的几何意义	150
5.8	多边形裁剪算法	152
5.9	本章小结	154
	习题 5	154
第 6 章	三维变换与投影	157
6.1	三维图形几何变换	157
6.1.1	三维几何变换矩阵	157
6.1.2	三维几何变换形式	157
6.2	三维基本几何变换矩阵	158
6.2.1	平移变换	158
6.2.2	比例变换	158
6.2.3	旋转变换	159
6.2.4	反射变换	160
6.2.5	错切变换	161
6.3	三维复合变换	162
6.3.1	相对于任意参考点的三维几何变换	162
6.3.2	相对于任意方向的三维几何变换	162
6.4	坐标系变换	164
6.4.1	二维坐标系变换	165
6.4.2	三维坐标系变换	165
6.5	平行投影	167
6.5.1	正交投影矩阵	167
6.5.2	三视图	168
6.5.3	斜投影	171
6.6	透视投影	173
6.6.1	透视变换坐标系	173

6.6.2	世界坐标系到观察坐标系的变换	174
6.6.3	观察坐标系到屏幕坐标系的变换	178
6.6.4	透视投影分类	180
6.5.5	屏幕坐标系的透视深度坐标	183
6.7	本章小结	185
	习题 6	186
第 7 章	自由曲线与曲面	189
7.1	基本概念	189
7.1.1	曲线与曲面的表示形式	189
7.1.2	插值与逼近	190
7.1.3	连续性条件	190
7.2	Bezier 曲线	191
7.2.1	Bezier 曲线的定义	192
7.2.2	Bernstein 基函数的性质	194
7.2.3	Bezier 曲线的性质	194
7.2.4	de Casteljau 递推算法	197
7.2.5	Bezier 曲线的拼接	198
7.3	Bezier 曲面	200
7.3.1	Bezier 曲面的定义	200
7.3.2	双三次 Bezier 曲面的定义	201
7.3.3	双三次 Bezier 曲面的拼接	202
7.4	B 样条曲线	203
7.4.1	B 样条曲线的定义	204
7.4.2	二次 B 样条曲线	204
7.4.3	三次 B 样条曲线	205
7.4.4	B 样条曲线的性质	207
7.4.5	构造特殊的三次 B 样条曲线的技巧	209
7.5	B 样条曲面	210
7.5.1	B 样条曲面的定义	210
7.5.2	双三次 B 样条曲面的定义	211
7.5.3	双三次 B 样条曲面的连续性	212
7.6	本章小结	214
	习题 7	214
第 8 章	分形几何	218
8.1	分形与分维	218
8.1.1	分形的诞生	218
8.1.2	分形的基本特征	219