

国外计算机科学教材系列

# 计算机图形学 (第二版)

Computer Graphics  
Second Edition

[美] Donald Hearn 著  
M. Pauline Baker

蔡士杰 吴春榕 孙正兴 等译

蔡士杰 审校



电子工业出版社  
Publishing House of Electronics Industry  
www.phei.com.cn

国外计算机科学教材系列

# 计 算 机 图 形 学

## (第二版)

**Computer Graphics**  
**Second Edition**

[美] Donald Hearn      著  
M. Pauline Baker

蔡士杰 吴春镕 孙正兴 等译

蔡士杰 审校

電 子 工 業 出 版 社

**Publishing House of Electronics Industry**

北京·BEIJING

## 内 容 简 介

本书是一本内容丰富、取材新颖的计算机图形学著作,并在其第一版的基础上进行了全面扩充,增加了许多新的内容,覆盖了近年来计算机图形学的最新发展和成就。全书层次分明、重点突出,附有大量的程序及插图,将会使读者受益匪浅。

全书共分为 16 章。首先对计算机图形学进行综述,然后讲解了二维图形的对象表示、算法及应用,三维图形技术、建模和变换等等,还介绍了光照模型、颜色模型和动画技术。最后的附录给出了计算机图形学中用到的基本数学概念。本书可以作为本科生和研究生的教材或参考书,也可以作为计算机图形学技术人员的参考资料。

Simplified Chinese edition Copyright © 2002 by PEARSON EDUCATION NORTH ASIA LIMITED and Publishing House of Electronics Industry.

Computer Graphics, Second Edition by Donald Hearn, M. Pauline Baker, Copyright © 1997. All Rights Reserved.

Published by arrangement with the original publisher, Pearson Education, Inc., publishing as Donald Hearn, M. Pauline Baker.

This edition is authorized for sale only in the People's Republic of China (excluding the Special Administrative Region of Hong Kong and Macau).

本书中文简体字翻译版由电子工业出版社和 Pearson Education 培生教育出版北亚洲有限公司合作出版。未经出版者预先书面许可,不得以任何方式复制或抄袭本书的任何部分。

本书封面贴有 Pearson Education 培生教育出版集团激光防伪标签,无标签者不得销售。

版权贸易合同登记号: 图字:01-97-1874

### 图书在版编目(CIP)数据

计算机图形学(第二版)/(美)赫恩(Hearn, D.)等著;蔡士杰等译. - 2 版. - 北京:电子工业出版社, 2002.5

(国外计算机科学教材系列)

书名原文:Computer Graphics, Second Edition

ISBN 7-5053-7593-8

I. 计... II. ①赫... ②蔡... III. 计算机图形学-教材 IV. TP391.41

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 029530 号

责任编辑:冯小贝

印刷者:北京东光印刷厂

出版发行:电子工业出版社 <http://www.phei.com.cn>

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编:100036

经 销:各地新华书店

开 本:787×1092 1/16 印张:32.75 字数:838 千字 彩插:12 页

版 次:2002 年 5 月第 1 版 2002 年 5 月第 1 次印刷

定 价:49.00 元

凡购买电子工业出版社的图书,如有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系。

联系电话:(010)68279077

## 出版说明

21 世纪初的 5 至 10 年是我国国民经济和社会发展的关键时期,也是信息产业快速发展的关键时期。在我国加入 WTO 后的今天,培养一支适应国际化竞争的一流 IT 人才队伍是我国高等教育的重要任务之一。信息科学和技术方面人才的优劣与多寡,是我国面对国际竞争时成败的关键因素。

当前,正值我国高等教育特别是信息科学领域的教育调整、变革的重大时期,为使我国教育体制与国际化接轨,有条件的高等院校正在为某些信息学科和技术课程使用国外优秀教材和优秀原版教材,以使我国在计算机教学上尽快赶上国际先进水平。

电子工业出版社秉承多年来引进国外优秀图书的经验,翻译出版了“国外计算机科学教材系列”丛书,这套教材覆盖学科范围广、领域宽、层次多,既有本科专业课程教材,也有研究生课程教材,以适应不同院系、不同专业、不同层次的师生对教材的需求,广大师生可自由选择和自由组合使用。这些教材涉及的学科方向包括网络与通信、操作系统、计算机组织与结构、算法与数据结构、数据库与信息处理、编程语言、图形图像与多媒体、软件工程等。同时,我们也适当引进了一些优秀英文原版教材,本着翻译版本和英文原版并重的原则,对重点图书既提供英文原版又提供相应的翻译版本。

在图书选题上,我们大都选择国外著名出版公司出版的高校教材,如 Pearson Education 培生教育出版集团、麦格劳-希尔教育出版集团、麻省理工学院出版社、剑桥大学出版社等。撰写教材的许多作者都是蜚声世界的教授、学者,如道格拉斯·科默(Douglas E. Comer)、威廉·斯托林斯(William Stallings)、哈维·戴特尔(Harvey M. Deitel)、尤利斯·布莱克(Uyless Black)等。

为确保教材的选题质量和翻译质量,我们约请了清华大学、北京大学、北京航空航天大学、复旦大学、上海交通大学、南京大学、浙江大学、哈尔滨工业大学、华中科技大学、西安交通大学、国防科学技术大学、解放军理工大学等著名高校的教授和骨干教师参与了本系列教材的选题、翻译和审校工作。他们中既有讲授同类教材的骨干教师、博士,也有积累了几十年教学经验的老教授和博士生导师。

在该系列教材的选题、翻译和编辑加工过程中,为提高教材质量,我们做了大量细致的工作,包括对所选教材进行全面论证;选择编辑时力求达到专业对口;对排版、印制质量进行严格把关。对于英文教材中出现的错误,我们通过与作者联络和网上下载勘误表等方式,逐一进行了修订。

此外,我们还将与国外著名出版公司合作,提供一些教材的教学支持资料,希望能为授课老师提供帮助。今后,我们将继续加强与各高校教师的密切联系,为广大师生引进更多的国外优秀教材和参考书,为我国计算机科学教学体系与国际教学体系的接轨做出努力。

电子工业出版社

## 教材出版委员会

- |     |     |                                                     |
|-----|-----|-----------------------------------------------------|
| 主 任 | 杨芙清 | 北京大学教授<br>中国科学院院士<br>北京大学信息与工程学部主任<br>北京大学软件工程研究所所长 |
| 委 员 | 王 珊 | 中国人民大学信息学院院长、教授                                     |
|     | 胡道元 | 清华大学计算机科学与技术系教授<br>国际信息处理联合会通信系统中国代表                |
|     | 钟玉琢 | 清华大学计算机科学与技术系教授<br>中国计算机学会多媒体专业委员会主任                |
|     | 谢希仁 | 中国人民解放军理工大学教授<br>全军网络技术研究中心主任、博士生导师                 |
|     | 尤晋元 | 上海交通大学计算机科学与工程系教授<br>上海分布计算技术中心主任                   |
|     | 施伯乐 | 上海国际数据库研究中心主任、复旦大学教授<br>中国计算机学会常务理事、上海市计算机学会理事长     |
|     | 邹 鹏 | 国防科学技术大学计算机学院教授、博士生导师<br>教育部计算机基础课程教学指导委员会副主任委员     |
|     | 张昆藏 | 青岛大学信息工程学院教授                                        |

## 译 者 序

近 30 多年来,交互式计算机图形学有了引人瞩目的发展,它已广泛应用于计算机辅助设计、电视广告、动画和仿真、科学计算、事务管理等许多领域并发挥重要作用。可以说已经没有哪个领域未从计算机图形学的发展和应用中获得巨大好处。

为了适应计算机图形学的发展并促进其应用,几乎所有高等学校均已开设了计算机图形学课程。人们都希望有更新、更好的计算机图形学教材。在这种情况下,我们把本书介绍给国内读者,希望能对计算机图形学的教学、研究与应用起到一定作用。

本书内容丰富,层次分明,附有大量程序及插图,可以作为本科生、研究生的教材,也可以作为计算机图形学工作者的参考书。

本书第 1、8、15、16 章由蔡士杰翻译,第 2 章及附录由吴春谔翻译,第 3、4、5 章由孙正兴翻译,第 6、7 章由黄豫清翻译,第 9、10、11、12 章由周群翻译,第 13、14 章由汪灏泓翻译。全书由蔡士杰审校、修改并定稿。

计算机图形学的发展太快,我们根据自己的理解翻译了本书,由于业务水平和翻译经验的局限,难免有错误和不妥之处。敬请读者提出批评意见。

# 前 言

计算机图形学是一个最令人兴奋的且发展最快的计算机领域。自从本书第一版发行以来,计算机图形学已成为用户界面、数据可视化、电视广告、动画和许许多多其他应用中的公共成分。现在已经开发了许多硬件设备和算法来改善生成图片的效率、真实感和速度。当前,计算机图形学的趋势是将更多的物理原理结合进三维图形算法中,更好地模拟物体和照明环境之间的复杂交互。

## 软件标准

自从第一个图形软件包——图形核心系统(GKS)得到国际标准化组织(ISO)和美国国家标准化组织(ANSI)承认后,图形软件标准得到了有效的发展。程序员级的分层结构交互图形系统(PHIGS)现在也已经既是 ANSI 又是 ISO 的标准。PHIGS 以及扩充的 PHIGS + 软件包同样也得到了广泛的使用。此外,还出现了一些流行于工业界的软件包,包括 SGI 的 GL(图形库)、OpenGL、用于页面描述的 Pixar RenderMan 界面、PostScript 界面以及各种绘画和设计系统。

## 新内容

由于计算机图形学领域内出现的巨大变化,我们决定完全改写本书,并发行第二版。我们只保留第一版的一般结构,而对其所有内容扩充了有关当前技术的讨论,并增加了许多新知识。扩充较多的内容有反走样、分数维和其他对象表示方法、光线追踪、样条曲线和曲面、光照模型、表面绘制方法和计算机动画。增加的内容有虚拟现实、图形算法的并行实现、超二次曲面、BSP 树、形状语法、微粒系统、物理建模、科学可视化、商用可视化、图形算法的四元法、分布式光线跟踪、快速 Phong 明暗方法、辐射度、凹凸映射、变形和用于图形应用中的多种数学方法。

本书第二版可作为没有计算机图形学背景的学生的教科书和图形学专业人员的参考书。我们的侧重点是对设计、使用和理解计算机图形系统所需的基本理论。本书既讨论了图形系统的硬件、软件部分,又讨论了计算机图形学的应用。还包括了应用 C 语言演示图形算法的实现等例子。我们还探讨了 PHIGS、PHIGS +、GKS 和其他图形库的特点,同时使用 PHIGS 和 PHIGS + 函数的 C 程序来给出算法实现和图形应用。

## 所需背景

我们不要求读者先熟悉计算机图形学,但要求读者具有程序设计和基本的数据结构方面的一些知识。计算机图形学算法中用到了许多数学方法,这些方法在附录中有较深入的讨论。附录中的数学内容有关于解析几何、线性代数、向量和张量分析、复数、四元数和数值分析方面的技术。

## 如何将本书作为教材使用

本书第二版中的素材源自我们多年来几门课程的讲稿,包括计算机图形学引论、高级计算

机图形学、科学计算可视化和计算机图形学项目课程。对于一学期的课程,可选择二维方法或二维和三维混合的方法进行教学,并按课程的特定要求进行选择。对两学期的课程,则在第一学期选择基本图形概念和方法,而在第二学期选择覆盖高级三维方法和算法。对于自学的读者,前面一些章节用来理解图形概念,然后再根据读者的兴趣选择后面的某些章节。

对于本科生,从第2章到第8章的基本内容加上第9章对三维概念和方法的介绍,组成了二维图形引论课程。再从后面几章中选择以下内容作为补充材料,如颜色模型、动画、样条曲线或二维分数维表示。对于研究生或高年级本科生课程,前半学期学习二维概念和方法,后半学期学习三维建模、观察和绘制等内容。高级课程则覆盖对象表示、表面绘制和计算机动画。

第1章给出了计算机图形学综述,阐述了应用领域间的差异。在第2章介绍了图形系统的硬件和软件的组成以后,第3、4章给出了二维图形对象的表示和显示的基本算法。这两章考察了生成基本图形成分的方法和调整大小、颜色和其他属性的技术。其中为学生介绍了实现图形子程序所必需的程序设计技术。第5、6章讨论了二维几何变换和观察算法。第7章给出了二维图形的建模和将其组织成独立结构的方法。在第8章中,我们给出了用户界面和各种应用,包括虚拟现实系统中的图形方法。

三维技术在第9章介绍。然后我们在第10章讨论三维物体按其特性而采用的不同的图形表示方法。第11章给出了三维建模和几何变换方法。获得三维场景视图的方法在第12章中详细讨论。识别场景中可见面的各种算法在第13章中讨论。第14章介绍了光照模型和表面绘制方法。颜色模型和方法在第15章中讨论,而动画技术则在第16章中介绍。

# 教学支持说明

本书系我社获全球最大的教育出版集团——Pearson Education Group 独家授权之简体中文版。

Pearson Education 旗下的国际知名教育图书出版公司 Prentice Hall, 以其高品质的计算机类出版物而享誉全球教育界、工商界、技术界, 成为全美及全球高校采用率最高的教材。为秉承 Prentice Hall 出版公司对于教材类产品的一贯教学支持, 我社特获独家授权影印本书的教师指导手册和习题解答, 向采纳本书作为教材的教师免费提供。

获取相关教师指导手册和习题解答的教师烦请填写如下情况调查表, 以确保此教学辅导材料仅为教师获得。  
情况调查表如下所示:

## 证 明

兹证明 \_\_\_\_\_ 大学 \_\_\_\_\_ 系 / 院 \_\_\_\_\_ 专业 \_\_\_\_\_ 学年 ( 学期 )  
开设的 \_\_\_\_\_ 课程, 共 \_\_\_\_\_ 学时, 现采用电子工业出版社出版的英文原版 / 简体中文  
版 \_\_\_\_\_ ( 书名 / 作者 ) 作为主要教材。任课教师为 \_\_\_\_\_, 学生 \_\_\_\_\_ 个班共 \_\_\_\_\_ 人。

任课教师需要与本书配套的教师指导手册和习题解答。

电 话: \_\_\_\_\_  
传 真: \_\_\_\_\_  
E-mail: \_\_\_\_\_  
联系地址: \_\_\_\_\_  
邮 编: \_\_\_\_\_

建议和要求:

系 / 院主任: \_\_\_\_\_ ( 签字 )

( 系 / 院办公室章 )

\_\_\_\_\_ 年 \_\_\_\_\_ 月 \_\_\_\_\_ 日

本书还配有其他教学辅导资料, 相关事宜敬请访问 Pearson Education Group 的相关网站: <http://www.pearsoned.com>。



Publishing House of Electronics Industry  
电子工业出版社  
Tel: 8610-68270519  
Fax: 8610-68270516  
E-mail: Te\_service@phei.com.cn



Pearson Education Beijing Office  
培生教育出版集团北京办事处  
Tel: 8610- 6891 7488 /6891 6659  
Fax: 8610-68917499  
E-mail: service@pearsoned.com.cn

# 国外计算机科学教材系列

## 网络与通信

- ◆ 用 TCP/IP 进行网际互联第一卷：原理、协议与结构（第四版） Douglas E. Comer
- ◆ 用 TCP/IP 进行网际互联第二卷：设计、实现与内核（第三版） Douglas E. Comer
- ◆ 用 TCP/IP 进行网际互联第三卷：客户 - 服务器编程与应用（Linux/POSIX 套接字版） Douglas E. Comer
- ◆ 计算机网络与互联网 Douglas E. Comer
- ◆ 数据与计算机通信（第六版） William Stallings
- ◆ 局域网与城域网（第六版） William Stallings
- ★ 高速网络与 Internet——性能与服务质量（第二版） William Stallings
- ◆ 因特网高级技术 Uyless Black
- ◆ 通信系统与网络（第二版） Ray Horak

## 操作系统

- ◆ 操作系统——内核与设计原理（第四版） William Stallings
- ◆ 操作系统：设计与实现（第二版）（上册/下册） Andrew Tanenbaum
- ◆ UNIX 初级教程（第三版） Amir Afzal
- ◆ UNIX 系统进程间通信 John Shapley Gray
- ★ UNIX 系统编程（第二版） Keith Haviland

## 计算机组织与结构

- ◆ 计算机组织与结构——性能设计（第五版） William Stallings
- ◆ Intel 微处理器全系列：结构、编程与接口（第五版） Barry B. Brey
- ◆ 高性能集群计算：结构与系统（第一卷） Rajkumar Buyya
- ◆ 高性能集群计算：编程与应用（第二卷） Rajkumar Buyya

## 编程语言

- ◆ C++ 大学教程（第二版） Deitel
- ★ Java 大学教程 Deitel
- ★ 高级 Java 2 大学教程 Deitel
- ★ Visual Basic 6.0 大学教程 Deitel
- ◆ 程序设计语言：设计与实现（第四版） Terrence W. Pratt

## 数据库与信息处理

- ◆ 数据库处理——基础、设计与实现（第七版） David M. Kroenke
- ◆ 数字图书馆概论 Clifford Arms

## 软件工程

- ◆ 能力成熟度模型（CMM）：软件过程改进指南 Carnegie Mellon University
- ★ CMM 实践应用：Infosys 公司的软件项目执行过程 Pankaj Jalote
- ◆ 净室软件工程：技术与过程 Stacy J. Prowell
- ★ 软件需求 Soren Lalleesen

## 算法与数据结构

- ★ 数据结构与算法分析（C++ 版）（第二版） Clifford A. Shaffer
- ◆ 数据结构与算法分析（Java 版） Clifford A. Shaffer
- ★ 数值方法（MATLAB 版）（第三版） John H. Mathews
- ★ 科学计算引论——基于 MATLAB 的数值分析（第二版） Shoichiro Nakamura
- ★ 数据压缩原理与应用 Salomon Lauesen

## 图形图像与多媒体

- ★ 计算机图形学（第二版） Donald Hearn
- ★ 数字图像处理 Kenneth R. Castleman

## 计算机安全

- ◆ 密码编码学与网络安全：原理与实践（第二版） William Stallings
- ★ 密码编码学——加密方法的 C 与 C++ 实现 Michael Welschenbach

## 英文原版

- ★ Java How to Program, 4e Deitel
- ★ Local and Metropolitan Area Networks, 6e William Stallings
- ★ Logic and Computer Design Fundamentals, 2e Updated M. Morris Mano
- ★ A Practical Introduction to Data Structures and Algorithm Analysis, 2e(C++ Edition) Clifford A. Shaffer
- ★ A Practical Introduction to Data Structures and Algorithm Analysis, (Java Edition) Clifford A. Shaffer
- ★ Programming with Visual Basic 6.0 Enhanced Edition Diane Zak
- ★ Numerical Methods Using Matlab, 3e John H. Mathews

说明：带★标记的为 2002 年计划出版的教材

# 目 录

|                        |       |
|------------------------|-------|
| 第 1 章 计算机图形学综述 .....   | ( 1 ) |
| 1.1 计算机辅助设计 .....      | ( 1 ) |
| 1.2 图示图形学 .....        | ( 4 ) |
| 1.3 计算机艺术 .....        | ( 6 ) |
| 1.4 娱乐 .....           | ( 8 ) |
| 1.5 教学与培训 .....        | ( 9 ) |
| 1.6 可视化 .....          | (12)  |
| 1.7 图像处理 .....         | (16)  |
| 1.8 图形用户界面 .....       | (17)  |
| 第 2 章 图形系统综述 .....     | (18)  |
| 2.1 视频显示设备 .....       | (18)  |
| 2.1.1 刷新式 CRT .....    | (18)  |
| 2.1.2 光栅扫描显示器 .....    | (21)  |
| 2.1.3 随机扫描显示器 .....    | (22)  |
| 2.1.4 彩色 CRT 监视器 ..... | (23)  |
| 2.1.5 直视存储管 .....      | (25)  |
| 2.1.6 平板显示器 .....      | (25)  |
| 2.1.7 三维观察设备 .....     | (27)  |
| 2.1.8 立体感和虚拟现实系统 ..... | (29)  |
| 2.2 光栅扫描系统 .....       | (29)  |
| 2.2.1 视频控制器 .....      | (29)  |
| 2.2.2 光栅扫描显示处理器 .....  | (31)  |
| 2.3 随机扫描系统 .....       | (32)  |
| 2.4 图形监视器与工作站 .....    | (33)  |
| 2.5 输入设备 .....         | (35)  |
| 2.5.1 键盘 .....         | (35)  |
| 2.5.2 鼠标 .....         | (37)  |
| 2.5.3 跟踪球和空间球 .....    | (37)  |
| 2.5.4 操纵杆 .....        | (37)  |
| 2.5.5 数据手套 .....       | (38)  |
| 2.5.6 数字化仪 .....       | (39)  |
| 2.5.7 图像扫描仪 .....      | (40)  |
| 2.5.8 触摸板 .....        | (41)  |
| 2.5.9 光笔 .....         | (42)  |

|                            |             |
|----------------------------|-------------|
| 2.5.10 声音系统 .....          | (43)        |
| 2.6 硬拷贝设备 .....            | (44)        |
| 2.7 图形软件 .....             | (46)        |
| 2.7.1 坐标表示 .....           | (46)        |
| 2.7.2 图形功能 .....           | (47)        |
| 2.7.3 软件标准 .....           | (48)        |
| 2.7.4 PHIGS 工作站 .....      | (49)        |
| 小结 .....                   | (49)        |
| 参考文献 .....                 | (50)        |
| 练习题 .....                  | (50)        |
| <b>第3章 输出图元</b> .....      | <b>(52)</b> |
| 3.1 点和线 .....              | (52)        |
| 3.2 画线算法 .....             | (53)        |
| 3.2.1 DDA 算法 .....         | (54)        |
| 3.2.2 Bresenham 画线算法 ..... | (56)        |
| 3.2.3 并行画线算法 .....         | (59)        |
| 3.3 帧缓冲器的装载 .....          | (61)        |
| 3.4 画线函数 .....             | (62)        |
| 3.5 圆生成算法 .....            | (63)        |
| 3.5.1 圆的特性 .....           | (63)        |
| 3.5.2 中点圆算法 .....          | (64)        |
| 3.6 椭圆生成算法 .....           | (68)        |
| 3.6.1 椭圆的特征 .....          | (68)        |
| 3.6.2 中点椭圆算法 .....         | (70)        |
| 3.7 其他曲线 .....             | (76)        |
| 3.7.1 圆锥曲线 .....           | (76)        |
| 3.7.2 多项式和样条曲线 .....       | (78)        |
| 3.8 并行曲线算法 .....           | (78)        |
| 3.9 曲线函数 .....             | (79)        |
| 3.10 像素编址和物体的几何表示 .....    | (80)        |
| 3.10.1 屏幕网格坐标 .....        | (80)        |
| 3.10.2 保留显示的物体的几何特性 .....  | (81)        |
| 3.11 填充区域图元 .....          | (82)        |
| 3.11.1 扫描线多边形填充算法 .....    | (83)        |
| 3.11.2 内-外测试 .....         | (90)        |
| 3.11.3 曲线边界区域的扫描线填充 .....  | (91)        |
| 3.11.4 边界填充算法 .....        | (91)        |
| 3.11.5 泛滥填充算法 .....        | (94)        |
| 3.12 区域填充函数 .....          | (95)        |

|                          |              |
|--------------------------|--------------|
| 3.13 单元阵列 .....          | (95)         |
| 3.14 字符生成 .....          | (96)         |
| 小结 .....                 | (98)         |
| 参考文献 .....               | (104)        |
| 练习题 .....                | (104)        |
| <b>第4章 输出图元的属性 .....</b> | <b>(107)</b> |
| 4.1 线属性 .....            | (107)        |
| 4.1.1 线型 .....           | (107)        |
| 4.1.2 线宽 .....           | (109)        |
| 4.1.3 画笔或笔刷的选择 .....     | (111)        |
| 4.1.4 线颜色 .....          | (112)        |
| 4.2 曲线属性 .....           | (113)        |
| 4.3 颜色和亮度等级 .....        | (115)        |
| 4.3.1 颜色表 .....          | (116)        |
| 4.3.2 灰度等级 .....         | (117)        |
| 4.4 区域填充属性 .....         | (118)        |
| 4.4.1 填充模式 .....         | (118)        |
| 4.4.2 图案填充 .....         | (119)        |
| 4.4.3 软填充 .....          | (122)        |
| 4.5 字符属性 .....           | (123)        |
| 4.5.1 文本属性 .....         | (123)        |
| 4.5.2 标记属性 .....         | (127)        |
| 4.6 束属性 .....            | (128)        |
| 4.6.1 线的束属性 .....        | (128)        |
| 4.6.2 区域填充束属性 .....      | (129)        |
| 4.6.3 文本的束属性 .....       | (129)        |
| 4.6.4 标记的束属性 .....       | (129)        |
| 4.7 查询函数 .....           | (130)        |
| 4.8 反走样 .....            | (130)        |
| 4.8.1 直线段的过取样 .....      | (131)        |
| 4.8.2 加权的像素掩模 .....      | (132)        |
| 4.8.3 直线段的区域取样 .....     | (133)        |
| 4.8.4 过滤技术 .....         | (133)        |
| 4.8.5 像素移相 .....         | (134)        |
| 4.8.6 直线亮度差的校正 .....     | (134)        |
| 4.8.7 对区域边界进行反走样 .....   | (134)        |
| 小结 .....                 | (137)        |
| 参考文献 .....               | (138)        |
| 练习题 .....                | (138)        |

|                                  |       |
|----------------------------------|-------|
| <b>第5章 二维几何变换</b>                | (141) |
| 5.1 基本变换                         | (141) |
| 5.1.1 平移                         | (141) |
| 5.1.2 旋转                         | (142) |
| 5.1.3 缩放                         | (144) |
| 5.2 矩阵表达式和齐次坐标                   | (145) |
| 5.3 复合变换                         | (147) |
| 5.3.1 平移                         | (147) |
| 5.3.2 旋转                         | (148) |
| 5.3.3 缩放                         | (148) |
| 5.3.4 通用基准点旋转                    | (148) |
| 5.3.5 通用固定点缩放                    | (149) |
| 5.3.6 通用定向缩放                     | (150) |
| 5.3.7 连接特性                       | (150) |
| 5.3.8 通用复合变换和计算效率                | (151) |
| 5.4 其他变换                         | (155) |
| 5.4.1 反射                         | (156) |
| 5.4.2 错切                         | (159) |
| 5.5 坐标系间的变换                      | (160) |
| 5.6 仿射变换                         | (162) |
| 5.7 变换函数                         | (163) |
| 5.8 变换的光栅方法                      | (164) |
| 小结                               | (166) |
| 参考文献                             | (167) |
| 练习题                              | (167) |
| <b>第6章 二维观察</b>                  | (169) |
| 6.1 观察流程                         | (169) |
| 6.2 观察参照坐标系                      | (171) |
| 6.3 窗口到视口的坐标变换                   | (171) |
| 6.4 二维观察函数                       | (173) |
| 6.5 裁剪操作                         | (174) |
| 6.6 点的裁剪                         | (175) |
| 6.7 线段的裁剪                        | (175) |
| 6.7.1 Cohen-Sutherland 线段裁剪算法    | (176) |
| 6.7.2 梁友栋-Barsky 线段裁剪算法          | (180) |
| 6.7.3 Nicholl-Lee-Nicholl 线段裁剪算法 | (182) |
| 6.7.4 非矩形裁剪窗口的线段裁剪               | (184) |
| 6.7.5 划分凹多边形                     | (184) |
| 6.8 多边形的裁剪                       | (186) |

|                                 |       |
|---------------------------------|-------|
| 6.8.1 Sutherland-Hodgeman 多边形裁剪 | (186) |
| 6.8.2 Weiler-Atherton 算法        | (190) |
| 6.8.3 其他多边形的裁剪算法                | (191) |
| 6.9 曲线的裁剪                       | (192) |
| 6.10 文字的裁剪                      | (192) |
| 6.11 外部裁剪                       | (193) |
| 小结                              | (194) |
| 参考文献                            | (196) |
| 练习题                             | (196) |
| <b>第 7 章 结构和层次建模</b>            | (198) |
| 7.1 结构的概念                       | (198) |
| 7.1.1 基本结构函数                    | (198) |
| 7.1.2 设置结构属性                    | (199) |
| 7.2 编辑结构                        | (200) |
| 7.2.1 结构表和元素指针                  | (201) |
| 7.2.2 设置编辑模式                    | (201) |
| 7.2.3 插入结构元素                    | (202) |
| 7.2.4 替代结构元素                    | (202) |
| 7.2.5 删除结构元素                    | (203) |
| 7.2.6 标识结构元素                    | (204) |
| 7.2.7 从一个结构中将元素复制到另一个结构         | (205) |
| 7.3 基本建模概念                      | (205) |
| 7.3.1 模型表示                      | (206) |
| 7.3.2 符号层次                      | (207) |
| 7.3.3 建模软件包                     | (208) |
| 7.4 使用结构来建立层次式模型                | (208) |
| 7.4.1 局部坐标和建模变换                 | (208) |
| 7.4.2 模型变换                      | (209) |
| 7.4.3 结构层次                      | (209) |
| 小结                              | (211) |
| 参考文献                            | (211) |
| 练习题                             | (211) |
| <b>第 8 章 图形用户界面和交互输入方法</b>      | (213) |
| 8.1 用户对话                        | (213) |
| 8.1.1 窗口和图符                     | (213) |
| 8.1.2 适应多种熟练程度的用户               | (214) |
| 8.1.3 一致性                       | (214) |
| 8.1.4 减少记忆量                     | (214) |

|                           |              |
|---------------------------|--------------|
| 8.1.5 回退和出错处理 .....       | (215)        |
| 8.1.6 反馈 .....            | (215)        |
| 8.2 图形数据的输入 .....         | (216)        |
| 8.2.1 输入设备的逻辑分类 .....     | (216)        |
| 8.2.2 定位设备 .....          | (216)        |
| 8.2.3 笔划设备 .....          | (217)        |
| 8.2.4 字符串设备 .....         | (217)        |
| 8.2.5 定值设备 .....          | (217)        |
| 8.2.6 选择设备 .....          | (218)        |
| 8.2.7 拾取设备 .....          | (219)        |
| 8.3 输入功能 .....            | (220)        |
| 8.3.1 输入模式 .....          | (220)        |
| 8.3.2 请求模式 .....          | (221)        |
| 8.3.3 请求模式下的定位和笔划输入 ..... | (221)        |
| 8.3.4 请求模式下的字符串输入 .....   | (222)        |
| 8.3.5 请求模式下的定值输入 .....    | (222)        |
| 8.3.6 请求模式下的选择输入 .....    | (222)        |
| 8.3.7 请求模式下的拾取输入 .....    | (222)        |
| 8.3.8 取样模式 .....          | (223)        |
| 8.3.9 事件模式 .....          | (223)        |
| 8.3.10 输入模式的并行使用 .....    | (225)        |
| 8.4 输入设备参数的初值 .....       | (225)        |
| 8.5 交互式构图技术 .....         | (226)        |
| 8.5.1 基本的定位方法 .....       | (226)        |
| 8.5.2 约束 .....            | (226)        |
| 8.5.3 网格 .....            | (227)        |
| 8.5.4 引力场 .....           | (228)        |
| 8.5.5 橡皮条方法 .....         | (228)        |
| 8.5.6 拖曳 .....            | (228)        |
| 8.5.7 着色和绘图 .....         | (229)        |
| 8.6 虚拟现实环境 .....          | (229)        |
| 小结 .....                  | (230)        |
| 参考文献 .....                | (231)        |
| 练习题 .....                 | (231)        |
| <b>第9章 三维概念</b> .....     | <b>(233)</b> |
| 9.1 三维显示方法 .....          | (233)        |
| 9.1.1 平行投影 .....          | (233)        |
| 9.1.2 透视投影 .....          | (234)        |
| 9.1.3 深度提示 .....          | (234)        |

|                                  |       |
|----------------------------------|-------|
| 9.1.4 可见线面的标识 .....              | (234) |
| 9.1.5 表面绘制 .....                 | (235) |
| 9.1.6 分解图和剖面图 .....              | (235) |
| 9.1.7 三维和立体视图 .....              | (235) |
| 9.2 三维图形软件包 .....                | (235) |
| <b>第 10 章 三维物体的表示</b> .....      | (237) |
| 10.1 多边形表面 .....                 | (237) |
| 10.1.1 多边形表 .....                | (237) |
| 10.1.2 平面方程 .....                | (239) |
| 10.1.3 多边形网格 .....               | (241) |
| 10.2 曲线和曲面 .....                 | (241) |
| 10.3 二次曲面 .....                  | (242) |
| 10.3.1 球面 .....                  | (242) |
| 10.3.2 椭球面 .....                 | (243) |
| 10.3.3 环面 .....                  | (243) |
| 10.4 超二次曲面 .....                 | (244) |
| 10.4.1 超椭圆 .....                 | (244) |
| 10.4.2 超椭球面 .....                | (244) |
| 10.5 柔性物体 .....                  | (245) |
| 10.6 样条表示 .....                  | (247) |
| 10.6.1 插值和逼近样条 .....             | (247) |
| 10.6.2 参数连续性条件 .....             | (249) |
| 10.6.3 几何连续性条件 .....             | (250) |
| 10.6.4 样条描述 .....                | (250) |
| 10.7 三次样条插值方法 .....              | (251) |
| 10.7.1 自然三次样条 .....              | (252) |
| 10.7.2 Hermite 插值 .....          | (252) |
| 10.7.3 Cardinal 样条 .....         | (255) |
| 10.7.4 Kochanek-Bartels 样条 ..... | (257) |
| 10.8 Bézier 曲线和曲面 .....          | (257) |
| 10.8.1 Bézier 曲线 .....           | (257) |
| 10.8.2 Bézier 曲线的特性 .....        | (260) |
| 10.8.3 使用 Bézier 曲线的设计技术 .....   | (260) |
| 10.8.4 三次 Bézier 曲线 .....        | (261) |
| 10.8.5 Bézier 曲面 .....           | (263) |
| 10.9 B-样条曲线和曲面 .....             | (264) |
| 10.9.1 B-样条曲线 .....              | (264) |
| 10.9.2 均匀的周期性 B-样条曲线 .....       | (266) |
| 10.9.3 三次周期性 B-样条曲线 .....        | (268) |