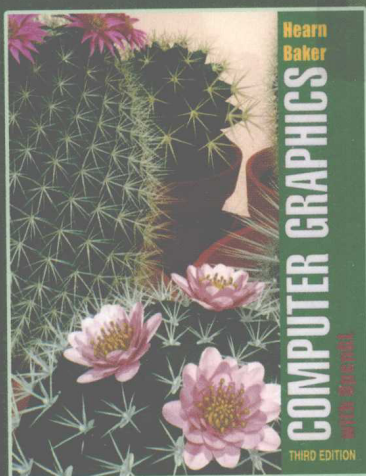


计算机图形学

(第三版)

Computer Graphics with OpenGL
Third Edition



[美] Donald Hearn 著
M. Pauline Baker

蔡士杰 宋继强 蔡敏 译
蔡士杰 审校



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

<http://www.phei.com.cn>

国外计算机科学教材系列

计算机图形学

(第三版)

Computer Graphics with OpenGL
Third Edition

[美] Donald Hearn 著
M. Pauline Baker

蔡士杰 宋继强 蔡 敏 译

蔡士杰 审校

电子工业出版社
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,并在其前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与成就。全书层次分明、重点突出,并附有使用 OpenGL 编写的大量程序及各种效果图,是一本难得的优秀教材。

本书共分为 15 章,全面系统地讲解了计算机图形学的基本概念和相关技术。作者首先对计算机图形学进行综述;然后讲解二维图形的对象表示、算法和应用,以及三维图形的相关技术、建模和变换;接着介绍光照模型、颜色模型和动画技术。本书还新增了有关层次建模和图形文件格式的介绍,最后的附录给出了计算机图形学中用到的基本数学概念。

本书可作为信息技术等相关专业本科生和研究生的教材或参考书,也可作为计算机图形技术人员的参考资料。

Authorized translation from the English language edition, entitled COMPUTER GRAPHICS WITH OPENGL, THIRD EDITION, 9780130153906 by Donald Hearn and M. Pauline Baker, published by Pearson Education, Inc, publishing as Prentice Hall, Copyright © 2004 Pearson Education, Inc.

All rights reserved. No part of this book may be reproduced or transmitted in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying, recording or by any information storage retrieval system, without permission from Pearson Education, Inc.

CHINESE SIMPLIFIED language edition published by PEARSON EDUCATION ASIA LTD., and PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY Copyright © 2010.

本书中文简体字版专有版权由 Pearson Education (培生教育出版集团)授予电子工业出版社。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:01-2003-7701

图书在版编目(CIP)数据

计算机图形学:第3版/(美)赫恩(Hearn, D.), (美)巴克(Baker, M. P.)著;蔡士杰,宋继强,蔡敏译.
北京:电子工业出版社,2010.7

(国外计算机科学教材系列)

书名原文:Computer Graphics with OpenGL, Third Edition

ISBN 978-7-121-11280-5

I. ①计… II. ①赫… ②巴… ③蔡… ④宋… ⑤蔡 III. ①计算机图形学-高等学校-教材
IV. ①TP391.41

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第129272号

策划编辑:冯小贝

责任编辑:冯小贝

印 刷: 北京京师印务有限公司
装 订:

出版发行:电子工业出版社

北京市海淀区万寿路173信箱 邮编:100036

开 本:787×1092 1/16 印张:45 字数:1267千字 彩插:12页

印 次:2010年7月第1次印刷

定 价:69.00元

凡所购买电子工业出版社的图书有缺损问题,请向购买书店调换;若书店售缺,请与本社发行部联系。联系及邮购电话:(010)88254888。

质量投诉请发邮件至 zltz@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线:(010)88258888。

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 中国科学院院士 北京大学信息与工程学部主任 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 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 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 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 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 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 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

交互式计算机图形学的飞速发展令人兴奋，其广泛的应用使科学、艺术、工程、商务、工业、医药、政府、娱乐、广告、教学、培训和家庭等各方面均获得巨大收益。

由 Donald Hearn 和 M. Pauline Baker 合著的《计算机图形学》初版于 1986 年，在 1994 年进行了部分修改，1997 年又将其重写，继而推出了第二版。本书第二版的翻译版在国内深受广大读者的欢迎。2004 年，两位作者针对计算机图形学领域的最新进展，再次对本书进行了大幅度的修改，从而推出了全新的第三版。在这一版本的相关内容中，除了将二维和三维概念集成在一起讲解之外，作者还对动画、对象表示、三维观察流水线、光照模型、表面绘制技术和纹理映射等许多主题进行了扩展，并且增加了讨论的深度。另外，书中还引入了现在广泛应用的 OpenGL 技术。通过采用 OpenGL 软件包中的图形子程序库，全书提供了 20 多个完整的 C++ 程序示例。

为了适应计算机图形学的发展并促进其应用，几乎所有的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、研究与应用起到积极的作用。

本书由蔡士杰、宋继强和蔡敏共同翻译。蔡士杰翻译了第 1 章 ~ 第 6 章，宋继强翻译了第 7 章 ~ 第 12 章，蔡敏翻译了第 13 章 ~ 第 15 章以及附录。最后，由蔡士杰对全书进行了审校。由于译者的水平有限，书中难免出现错误和不妥之处，敬请读者不吝赐教。

前 言

计算机图形学是一种最令人兴奋的且发展最快的现代技术。自从本书第一版面市以来,计算机图形已成为一般的应用软件和计算机系统的标准特点。计算机图形方法普遍地应用于许多产品的设计、培训模拟、音乐视频和电视广告产品、动画、数据分析、科学研究以及其他应用之中。各种应用领域所需的许多技术和硬件设备已经投入使用或正在开发之中。特别值得一提的是,当前计算机图形学研究中有许多与改善图片生成的效率和速度有关。为了生成一张自然景象的真实感视图,图形程序必须模拟实际的光照效果和物理对象的折射。因此,当前计算机图形学的趋势是将改进的物理原理的近似结合到图形算法中,从而更好地模拟物体和照明环境之间的复杂交互。

第三版的特色

本书第三版的内容来自于我们多年来开设的各种课程的要点,这些课程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、专题和项目课程。在撰写本书第一版时,许多图形学课程和应用仅处理二维方法,因而我们将二维和三维图形技术分开讨论。本书第一版的前一半内容讲述了二维计算机图形处理的基础概念,而在后面讨论三维方法。不过现在三维图形的应用非常普遍,并且许多主要的计算机图形学课程或者主要处理三维方法,或者较早地介绍三维图形;因此,第三版的主要特点是将二维和三维主题集成在一起。

我们也扩充了许多相关主题,包括图形学当前的发展概况和新应用的讨论。本书第三版涵盖的内容有:图形系统当前的硬件和软件组成、分形几何、光线追踪、样条、光照模型、表面绘制、计算机动画、虚拟现实、图形算法的并行实现、反走样、超二次曲面、BSP树、粒子系统、基于物理的建模、科学计算可视化、辐射度、凹凸映射和变形;主要扩展的内容有:动画、对象表示、三维观察流水线、光照模型、表面绘制技术和纹理映射。

第三版中另一有意义的改变是引入现在广泛应用并且多数计算机系统都具备的OpenGL图形子程序。OpenGL软件包为使用通用语言(如C和C++)进行编程以及创建计算机图形显示,提供了巨大的、有效的且设备无关的函数集合。OpenGL的辅助库提供对需要设备交互的输入和输出操作以及其他的图形过程(如生成圆柱形状、球形对象和B样条的处理)。

程序设计示例

第三版中提供了20多个完整的C++程序示例,这些都是采用流行的OpenGL软件包中的图形子程序库编写的。这些程序展示了基本构图技术、二维和三维几何变换、二维和三维观察方法、透视投影、样条生成、分形方法、交互鼠标输入、拾取操作、菜单和子菜单显示以及动画技术的应用。另外,书中还给出了100多个C++/OpenGL程序段,用于展示裁剪、光照效果、表面绘制、纹理映射和许多其他计算机图形方法的算法实现。

所需背景

我们不要求读者预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。计算机图形学的相关算法中用到了许多数学方法,这些方法的深入讨论将在附录中给出。附录中的数学内容包含了解析几何、线性代数、向量和张量分析、复数、四元数、微积分初步和数值分析等方面的技术。

第三版可作为没有计算机图形学背景的学生的教材和图形学专业人员的参考书。本书的侧重点是对设计、使用和理解计算机图形系统所需的基本理论,以及用来展示每一主题的方法和应用的的大量示例程序。

课程安排的建议

对于一学期的课程,可以选择二维方法或二维和三维结合的方法进行教学,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。

对于本科生来说,第2章~第6章、第11章和第13章的内容可用来组织计算机图形学引论的课程。从这几章中选择相关内容用以讲述二维方法,或者再加上第7章和第10章中的一部分内容来介绍三维主题。其他主题,如分形表示、样条曲线、纹理映射、深度缓存方法或颜色模型,可在第一门计算机图形学课程中介绍。对于低年级研究生或高年级本科生的课程来说,授课内容偏重于三维观察、三维建模、光照模型和表面绘制方法。一般情况下,两学期的授课内容可以较好地覆盖二维和三维计算机图形方法的基础,其中包括样条表示、表面绘制和光线跟踪。对于学生已掌握计算机图形学预备知识的专题课,相应地可以讲解可视化技术、分形几何、样条方法、光线跟踪、辐射度和计算机动画等专题中的一到两种。

第1章通过展示采用图形软件生成的各种不同类型的图片,给出了计算机图形应用领域间的差异。第2章介绍了计算机图形学的基本术语,以及图形系统的硬件和软件的组成,然后详细介绍了OpenGL和一个完整的OpenGL示例程序。第3章和第4章给出了表示和显示简单对象的基本算法。这两章考察了生成多边形和圆等基本图形成分的方法与设定对象颜色、大小和其他属性的技术,以及这些技术在OpenGL中的实现。第5章讨论了旋转和缩放等几何变换。第6章和第7章详细解释了显示二维和三维场景视图的过程。复杂对象如二次曲面、样条、分形和粒子系统等的显示生成方法将在第8章进行讨论。识别三维场景中可见面的各种计算机图形技术将在第9章讨论。光照模型和对场景应用光照条件的方法将在第10章进行介绍。交互图形输入和设计图形用户界面(GUI)的方法在第11章给出。计算机图形学中非常有用的各种颜色模型和方法以及颜色设计的考虑在第12章讨论。动画技术则在第13章进行介绍。复杂系统的层次式建模方法将在第14章给出。在第15章,我们综述了主要的图形文件格式。

致谢

多年以来,许多人以各种方式对本书做出了贡献。对提供图片和其他材料的组织与个人,我们再次表示感谢。我们也感谢一些学生在计算机图形学及可视化课程和讲座中提出的许多有帮助的意

见。我们感谢所有审阅本书或对本书提出改进意见的人，同时我们对未能致谢的人表示歉意。谢谢 Ed Angel、Norman Badler、Phillip Barry、Brian Barsky、Hedley Bond、Bart Braden、Lara Burton、Robert Burton、Greg Chwelos、John Cross、Steve Cunningham、John DeCatrel、Victor Duvaneko、Gary Eerkes、Parris Egbert、Tony Faustini、Thomas Foley、Thomas Frank、Don Gillies、Andrew Glassner、Jack Goldfeather、Georges Grinstein、Eric Haines、Robert Herbst、Larry Hodges、Carol Hubbard、Eng-Kiat Koh、Mike Krogh、Michael Laszlo、Suzanne Lea、Michael May、Nelson Max、David McAllister、Jeffrey McConnell、Gary McDonald、C. L. Morgan、Greg Nielson、James Oliver、Lee-Hian Quek、Laurence Rainville、Paul Ross、David Salomon、Günther Schrack、Steven Shafer、Cliff Shaffer、Pete Shirley、Carol Smith、Stephanie Smullen、Jeff Spears、William Taffe、Wai Wan Tsang、Spencer Thomas、Sam Uselton、David Wen、Bill Wicker、Andrew Woo、Angelo Yfantis、Marek Zaremba、Michael Zyda 和许多不知名的审稿者。我们也感谢编辑 Alan Apt、Toni Holm 以及 Colorado 工作人员的帮助、建议与鼓励。还有 Lynda Castillo、Camille Trentacoste、Heather Scott、Xiaohong Zhu、Vince O'Brien、Patricia Burns、Kathy Ewing 和 David Abel，我们向他们的贡献和认真细致的工作再一次表示感谢。

目 录

第 1 章 计算机图形学综述	1
1.1 图和表	1
1.2 计算机辅助设计	3
1.3 虚拟现实环境	8
1.4 数据可视化	10
1.5 教学与培训	15
1.6 计算机艺术	17
1.7 娱乐	21
1.8 图像处理	23
1.9 图形用户界面	24
1.10 小结	25
参考文献	25
第 2 章 图形系统概述	26
2.1 视频显示设备	26
2.2 光栅扫描系统	39
2.3 图形工作站和观察系统	42
2.4 输入设备	44
2.5 硬拷贝设备	51
2.6 图形网络	53
2.7 因特网上的图形	53
2.8 图形软件	53
2.9 OpenGL 简介	56
2.10 小结	62
参考文献	63
练习题	63
第 3 章 输出图元	65
3.1 坐标系统	65
3.2 OpenGL 中指定二维世界坐标系统	66
3.3 OpenGL 画点函数	67
3.4 OpenGL 画线函数	69
3.5 画线算法	70
3.6 并行画线算法	77

3.7 帧缓存值的装载	79
3.8 OpenGL 曲线函数	80
3.9 圆生成算法	80
3.10 椭圆生成算法	86
3.11 其他曲线	94
3.12 并行曲线算法	97
3.13 像素编址和对象的几何要素	97
3.14 填充区图元	100
3.15 多边形填充区	100
3.16 OpenGL 多边形填充区函数	109
3.17 OpenGL 顶点数组	114
3.18 像素阵列图元	117
3.19 OpenGL 像素阵列函数	117
3.20 字符图元	120
3.21 OpenGL 字符函数	122
3.22 图形分割	123
3.23 OpenGL 显示列表	123
3.24 OpenGL 显示窗口重定形函数	125
3.25 小结	128
示例程序	130
参考文献	138
练习题	138
 第4章 图元的属性	 141
4.1 OpenGL 状态变量	141
4.2 颜色和灰度	141
4.3 OpenGL 颜色函数	143
4.4 点的属性	147
4.5 线的属性	148
4.6 曲线属性	151
4.7 OpenGL 点属性函数	153
4.8 OpenGL 线属性函数	154
4.9 填充区属性	156
4.10 通用扫描线填充算法	159
4.11 凸多边形的扫描线填充	163
4.12 曲线边界区域的扫描线填充	163
4.13 不规则边界区域的填充方法	163
4.14 OpenGL 填充区属性函数	167
4.15 字符属性	171
4.16 OpenGL 字符属性函数	175

4.17 反走样	175
4.18 OpenGL 反走样函数	182
4.19 OpenGL 查询函数	182
4.20 OpenGL 属性组	183
4.21 小结	183
参考文献	185
练习题	185
第 5 章 几何变换	188
5.1 基本的二维几何变换	188
5.2 矩阵表示和齐次坐标	194
5.3 逆变换	196
5.4 二维复合变换	196
5.5 其他二维变换	207
5.6 几何变换的光栅方法	212
5.7 OpenGL 光栅变换	213
5.8 二维坐标系间的变换	214
5.9 三维空间的几何变换	216
5.10 三维平移	216
5.11 三维旋转	218
5.12 三维缩放	229
5.13 三维复合变换	231
5.14 其他三维变换	234
5.15 三维坐标系间的变换	235
5.16 仿射变换	236
5.17 OpenGL 几何变换函数	236
5.18 小结	242
参考文献	243
练习题	243
第 6 章 二维观察	246
6.1 二维观察流水线	246
6.2 裁剪窗口	247
6.3 规范化和视口变换	249
6.4 OpenGL 二维观察函数	253
6.5 裁剪算法	259
6.6 二维点裁剪	260
6.7 二维线裁剪	260
6.8 多边形填充区裁剪	271
6.9 曲线的裁剪	279

6.10 文字的裁剪	280
6.11 小结	281
参考文献	283
练习题	283
第 7 章 三维观察	285
7.1 三维观察概念综述	285
7.2 三维观察流水线	288
7.3 三维观察坐标系参数	290
7.4 世界坐标系到观察坐标系的变换	294
7.5 投影变换	294
7.6 正投影	295
7.7 斜投影	299
7.8 透视投影	304
7.9 视口变换和三维屏幕坐标系	315
7.10 OpenGL 三维观察函数	316
7.11 三维裁剪算法	321
7.12 OpenGL 任选裁剪平面	327
7.13 小结	328
参考文献	328
练习题	329
第 8 章 三维对象的表示	330
8.1 多面体	330
8.2 OpenGL 多面体函数	330
8.3 曲面	333
8.4 二次曲面	334
8.5 超二次曲面	336
8.6 OpenGL 二次曲面和三次曲面函数	337
8.7 柔性对象	342
8.8 样条表示	343
8.9 三次样条插值方法	348
8.10 Bézier 样条曲线	355
8.11 Bézier 曲面	362
8.12 B 样条曲线	364
8.13 B 样条曲面	372
8.14 beta 样条	372
8.15 有理样条	373
8.16 样条表示之间的转换	375
8.17 样条曲线和曲面的显示	377
8.18 OpenGL 的逼近样条函数	380

8.19 扫描表示法	389
8.20 结构实体几何法	390
8.21 八叉树	392
8.22 BSP 树	394
8.23 分形几何方法	394
8.24 形状语法和其他过程方法	417
8.25 粒子系统	418
8.26 基于物理的方法	419
8.27 数据集可视化	421
8.28 小结	426
参考文献	428
练习题	429
第 9 章 可见面判别算法	431
9.1 可见面判别算法的分类	431
9.2 后向面判别	431
9.3 深度缓存算法	432
9.4 A 缓存算法	435
9.5 扫描线算法	436
9.6 深度排序算法	437
9.7 BSP 树算法	440
9.8 区域细分算法	440
9.9 八叉树算法	442
9.10 光线投射算法	443
9.11 可见性检测算法的比较	444
9.12 曲面	444
9.13 线框可见性算法	446
9.14 OpenGL 可见性检查函数	447
9.15 小结	449
参考文献	450
练习题	450
第 10 章 光照模型与面绘制算法	452
10.1 光源	452
10.2 表面光照效果	456
10.3 基本光照模型	457
10.4 透明表面	466
10.5 雾气效果	469
10.6 阴影	469
10.7 照相机参数	470
10.8 光强度显示	470

10.9	半色调模式和抖动技术	473
10.10	多边形绘制算法	478
10.11	光线跟踪方法	482
10.12	辐射度光照模型	496
10.13	环境映射	501
10.14	光子映射	502
10.15	添加表面细节	502
10.16	用多边形模拟表面细节	504
10.17	纹理映射	504
10.18	凹凸映射	508
10.19	帧映射	509
10.20	OpenGL 光照和表面绘制函数	510
10.21	OpenGL 纹理函数	517
10.22	小结	527
	参考文献	529
	练习题	530
第 11 章	图形用户界面和交互输入方法	532
11.1	图形数据的输入	532
11.2	输入设备的逻辑分类	532
11.3	图形数据的输入功能	536
11.4	交互式构图技术	537
11.5	虚拟现实环境	540
11.6	OpenGL 支持交互式输入设备的函数	540
11.7	OpenGL 的菜单功能	555
11.8	图形用户界面的设计	561
11.9	小结	563
	参考文献	564
	练习题	565
第 12 章	颜色模型和颜色应用	567
12.1	光的特性	567
12.2	颜色模型	569
12.3	标准基色和色度图	570
12.4	RGB 颜色模型	573
12.5	YIQ 颜色模型	574
12.6	CMY 和 CMYK 颜色模型	575
12.7	HSV 颜色模型	576
12.8	HLS 颜色模型	580
12.9	颜色选择及其应用	581
12.10	小结	581

参考文献	582
练习题	582
第 13 章 计算机动画	583
13.1 计算机动画的光栅方法	583
13.2 动画序列的设计	584
13.3 传统动画技术	585
13.4 通用计算机动画功能	586
13.5 计算机动画语言	586
13.6 关键帧系统	587
13.7 运动的描述	592
13.8 关节链形体动画	593
13.9 周期性运动	595
13.10 OpenGL 动画子程序	595
13.11 小结	598
参考文献	599
练习题	599
第 14 章 层次建模	601
14.1 基本建模概念	601
14.2 建模软件包	603
14.3 通用层次建模方法	604
14.4 使用 OpenGL 显示列表的层次建模	607
14.5 小结	607
参考文献	607
练习题	607
第 15 章 图形文件格式	609
15.1 图像文件结构	609
15.2 降色方法	610
15.3 文件压缩技术	611
15.4 主流文件格式的结构	616
15.5 小结	620
参考文献	621
练习题	621
附录 A 计算机图形学的数学基础	623
参考文献	656
索引	668

第1章 计算机图形学综述

计算机已经成为快速、经济地生成图片的强大工具。实际上已经没有哪个领域不能从使用图形显示中获益，因此也就不奇怪为什么计算机图形学的应用是那么广泛。虽然在早期的工程和科学上的应用必须依赖于昂贵而笨重的设备，但是计算机技术的发展已经将交互式计算机图形学变成了一种实用工具。现在，我们可以看到计算机图形学已经频繁地应用于多种领域，如科学、艺术、工程、商务、工业、医药、政府、娱乐、广告、教学、培训和家庭等各方面的应用。我们还可以通过因特网将图像传播到世界各地。图1.1概括地给出了计算机图形学在仿真、培训和数据绘图等方面的应用。在开始深入了解计算机图形学如何工作以前，让我们先简要地了解一下图形学的应用。

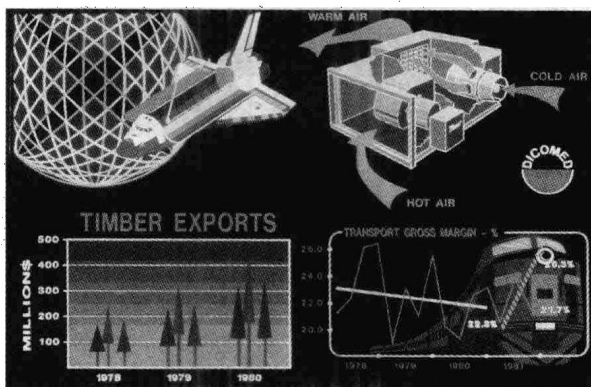


图 1.1 计算机图形学在多个领域的应用示例（DICOMED 公司提供）

1.1 图和表

计算机图形学的一个早期应用是显示简单的数据图，通常在字符打印机上进行绘制。数据绘图现在仍然是最普遍的图形应用之一，但是如今可以很容易地为打印报告或使用 35 mm 幻灯片、透明胶片和动感视频的演示而生成能展现高度复杂数据关系的图片。在研究报告、管理总结、消费信息公报和其他类型的出版物中，常常使用图和表来总结财政、统计、数学、科学、工程和经济数据。现在有各种商业图示软件包、工作站设备和服务部门，专门用来将屏幕显示转换成用于演示和存档的电影、幻灯片或投影用的透明胶片。典型的数据绘图有折线图、直方图、饼图、曲面图、等高线图，以及其他给出二维、三维或多维空间中多个参数之间关系的显示图。

图1.1和图1.2给出了二维数据绘图的例子。这两张图给出了基本的折线图、直方图和饼图。通过将饼图中的几部分向发散方向移出一一点来生成“破碎”的饼图，可以引起人们对这些内容的注意。

三维的图和表用来增加显示的信息量，有时仅仅是为了改善效果，表达出引人注目的数据的相互关系。图1.3给出了一个与地理信息相结合的直方图例子。图1.4给出了颇具戏剧效果的三维数据图例子，图1.5中是另一个三维图例子，它以曲面方式绘制。