

TURING

图灵计算机科学丛书

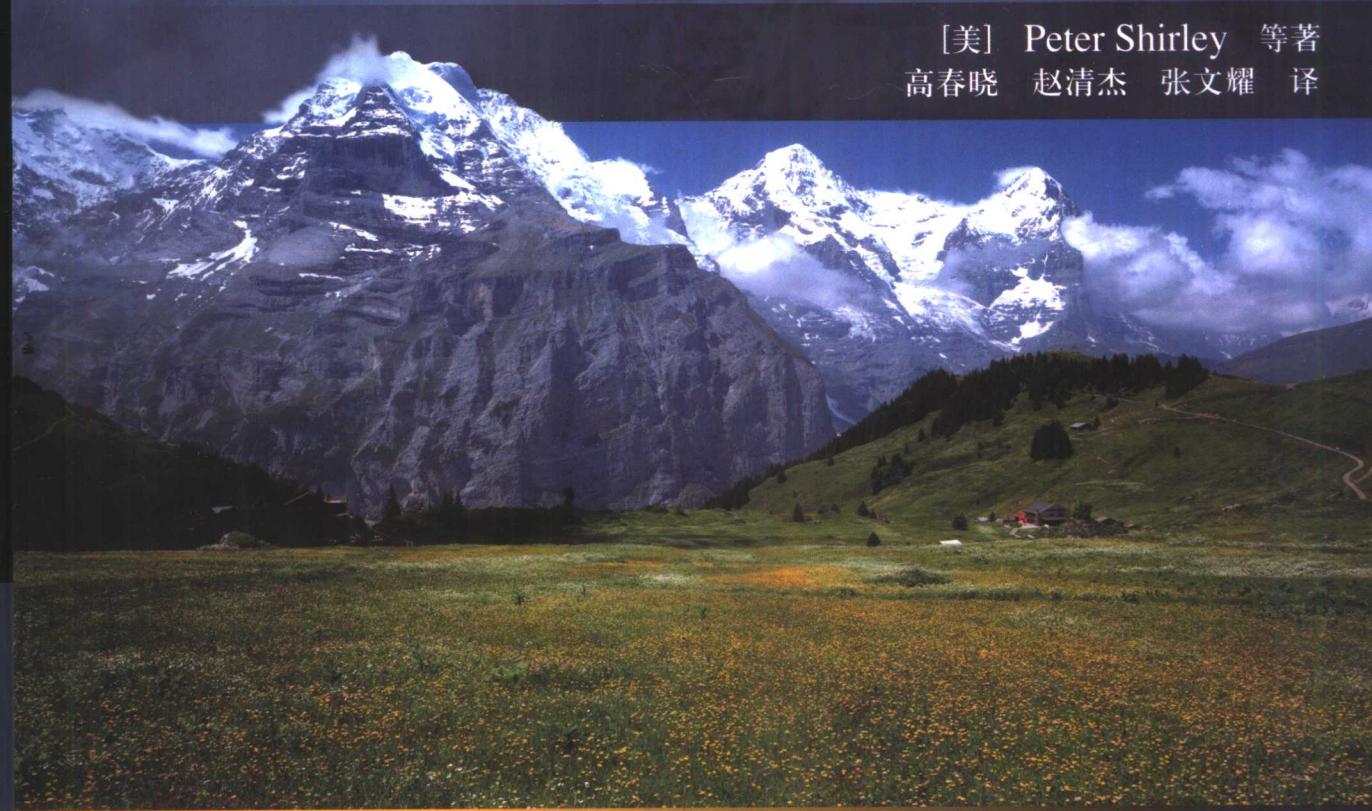
计算机图形学

(第2版)

Fundamentals of Computer Graphics

Second Edition

[美] Peter Shirley 等著
高春晓 赵清杰 张文耀 译



人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

TURING

图灵计算机科学丛书

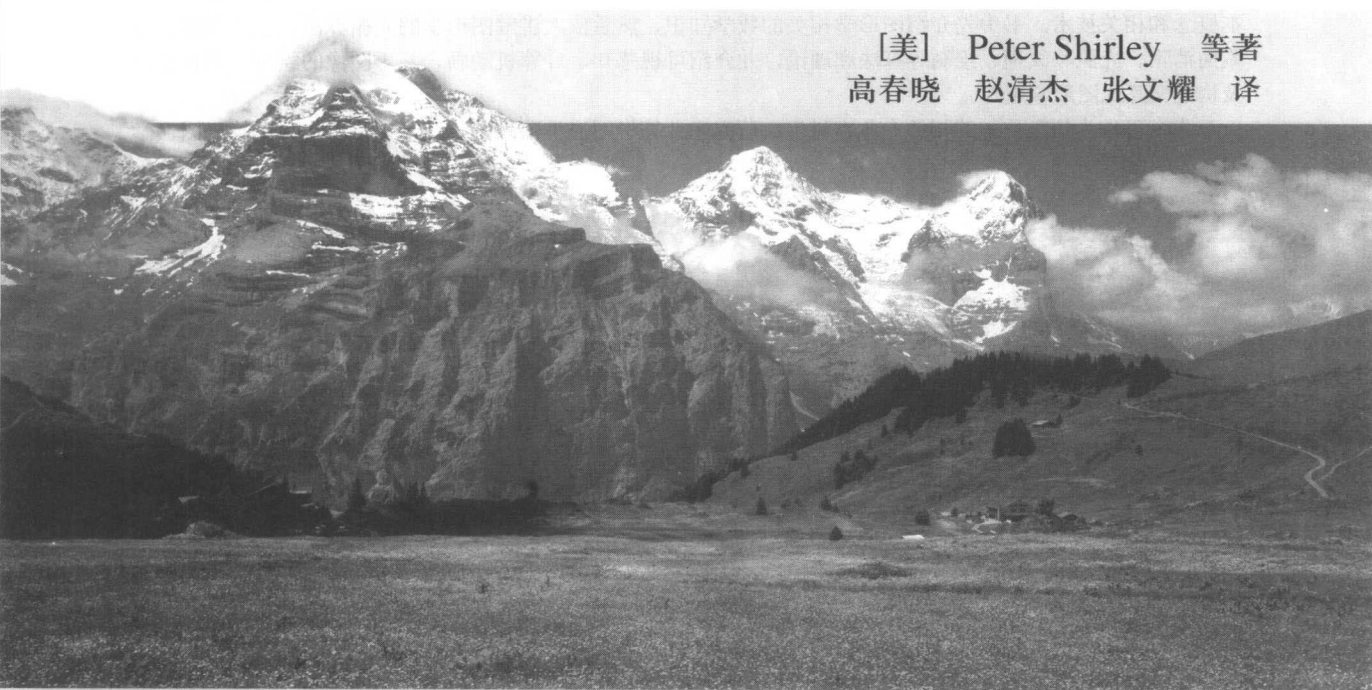
计算机图形学

(第2版)

Fundamentals of Computer Graphics

Second Edition

[美] Peter Shirley 等著
高春晓 赵清杰 张文耀 译



人民邮电出版社
北京

图书在版编目(CIP)数据

计算机图形学: 第2版 / (美) 舍利 (Shirley, P.) 等著; 高春晓, 赵清杰, 张文耀译.

—北京: 人民邮电出版社, 2007.6

(图灵计算机科学丛书)

ISBN 978-7-115-15867-3

I. 计... II. ①舍...②高...③赵...④张... III. 计算机图形学 IV. TP391.41

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 024186 号

Original English edition: Fundamentals of Computer Graphics, Second Edition

@ 2005 A K Peters, Ltd. All Rights Reserved.

本书中文版由 A K Peters 公司授权人民邮电出版社独家出版。

版权所有, 侵权必究。

内 容 提 要

本书是国外高校采用率很高的计算机图形学教材, 共分为26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。书中先介绍图形学相关的数学知识, 然后依次讲解图形学的光栅算法、三维观察、隐藏面消除、光照、纹理、绘制等算法和理论, 并介绍可视感知、计算机动画、基于图像的绘制、可视化以及构建交互式图形应用等。

本书可作为信息技术等相关专业本科生、研究生计算机图形学课程的教材, 也可以作为计算机图形学工作者的参考用书。

图灵计算机科学丛书

计算机图形学(第2版)

-
- ◆ 著 [美] Peter Shirley 等
 - 译 高春晓 赵清杰 张文耀
 - 责任编辑 杨海玲 黄 倩
 - ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街14号
 - 邮编 100061 电子函件 315@ptpress.com.cn
 - 网址 <http://www.ptpress.com.cn>
 - 北京密云春雷印刷厂印刷
 - 新华书店总店北京发行所经销
 - ◆ 开本: 787×1092 1/16
 - 印张: 26.5 彩插: 4
 - 字数: 743 千字 2007年6月第1版
 - 印数: 1-4 000 册 2007年6月北京第1次印刷

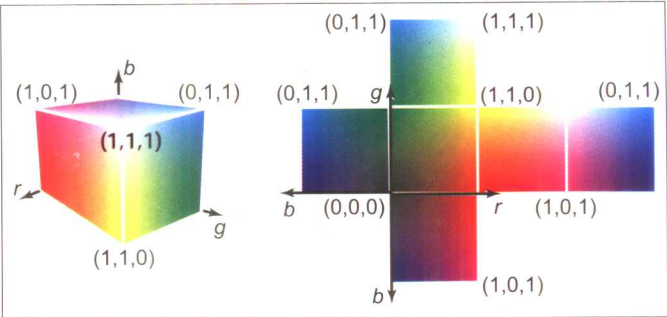
著作权合同登记号 图字: 01-2006-0314 号

ISBN 978-7-115-15867-3/TP

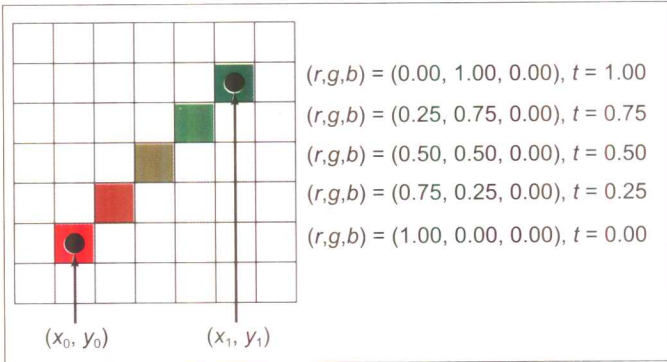
定价: 49.00 元

读者服务热线: (010)88593802 印装质量热线: (010)67129223

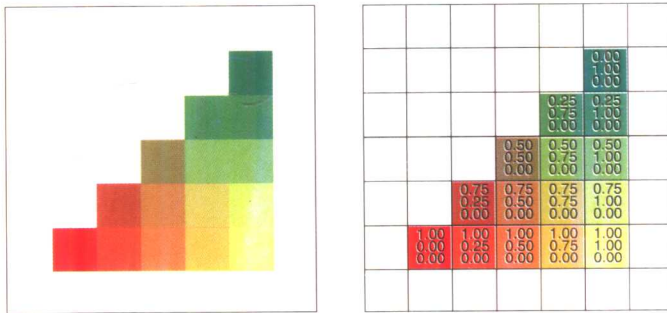
彩图 I RGB 颜色立方体的三维形式及其展开面。任何 RGB 颜色都是立方体中的一个点（另见图 3-4）



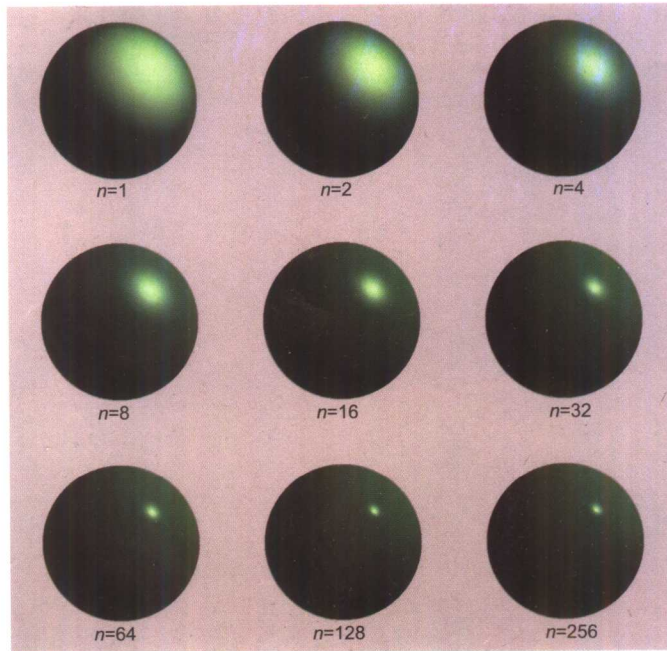
彩图 II 一条从红变到绿的彩色直线。中点像素的颜色是半红半绿，即“深黄色”（另见图 3-9）

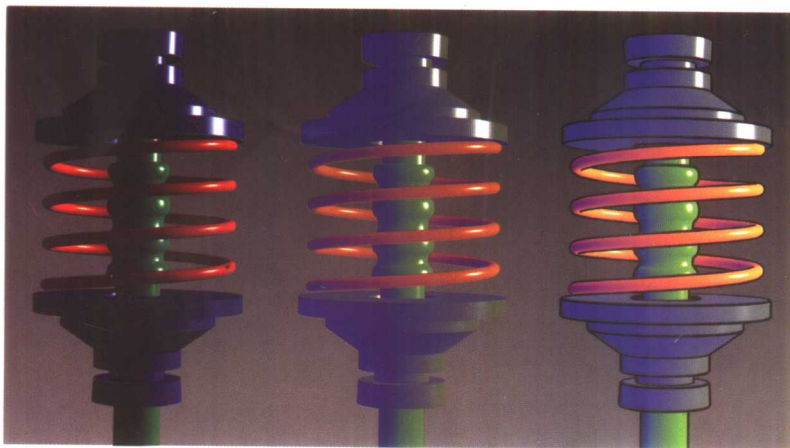


彩图 III 用重心插值的彩色三角形。注意在每行、每列及沿着每条边的颜色分量的变化是线性的。实际上，沿着每条线的变化都是线性的，如对角线（另见图 3-10）

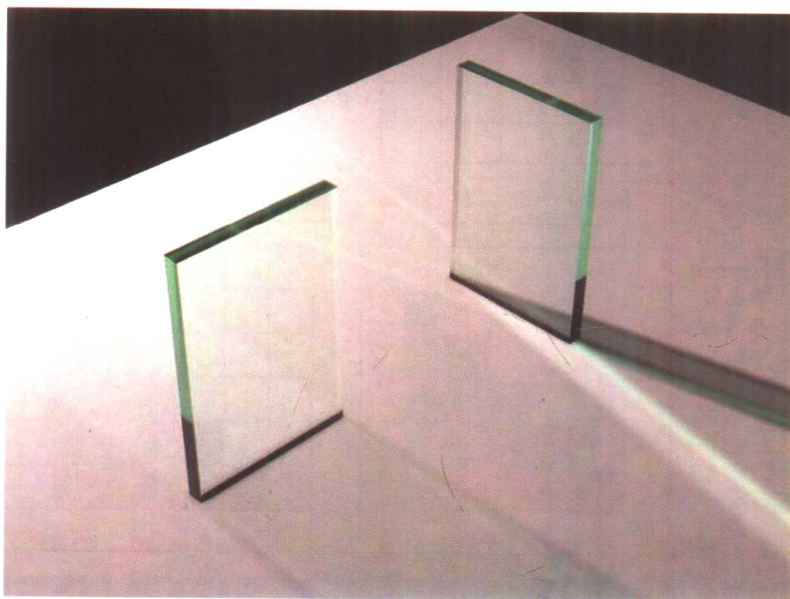


彩图 IV Phong 指数作用在高光特性上的效果。这里使用式 (9-5) 计算高光。另外还有漫反射分量，它使物体具有光泽，但呈现非金属外观。图片经 Nate Robins 授权使用（另见图 9-6）





彩图 V 左: Phong 光照图像。中: 没有轮廓线, 冷暖明暗处理的效果不好。右: 具有轮廓线的冷暖明暗处理。图片经 Amy Gooch 授权使用 (另见图 9-9)

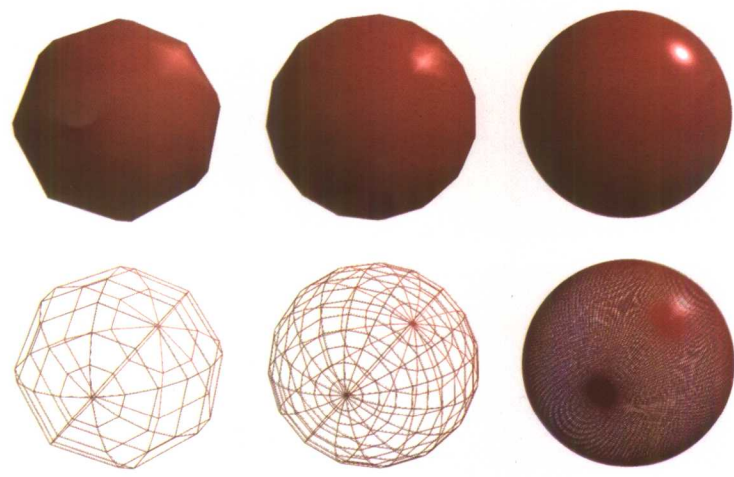


彩图 VI 玻璃的颜色受到完全内部反射和 Beer 定律的影响。光线透过和反射的量由菲涅尔公式决定。地面上复杂的光照是通过第 23 章中的粒子跟踪方法计算的 (另见图 10-11)

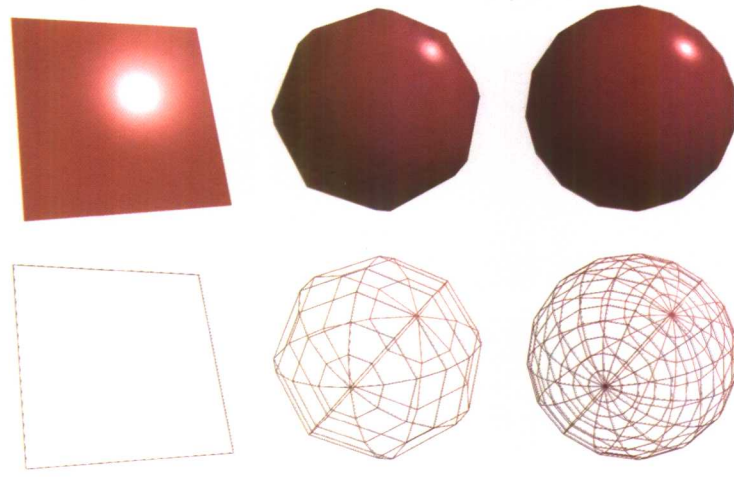


彩图 VII 一个景深的示例。酒瓶阴影中焦散现象是通过第 23 章中的粒子跟踪方法计算的 (另见图 10-34)

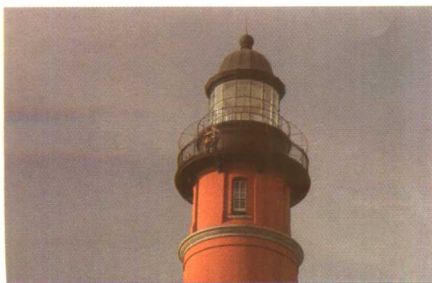
彩图 VIII 每个球体仅使用一个顶点着色器计算 Phong 明暗处理。因为计算是基于每个顶点偏差进行的，只有在用于建立球体模型的几何模型的数量大大增加后，Phong 高光看起来才是正确的（另见图 17-7）



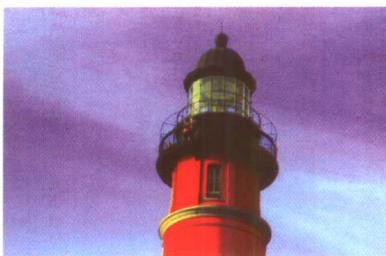
彩图 IX 运行 17.3.4 节的片段着色器得到的结果。注意在最左边的模型的确出现了 Phong 高光，这个模型是用一个多边形表示的。实际上，因为光照是在片段上而不是在每个顶点上计算，所以较粗糙的镶嵌球体模型也出现了适当的 Phong 明暗处理效果（另见图 17-8）



彩图 X 每个通道的伽马校正能够降低图像的饱和度。左图是令 $s=0.5$ 减小饱和度的结果，右图是没有减小饱和度的结果 ($s=1$)（另见图 22-11）



彩图 XI 用来演示颜色变换技术的图像。结果显示在彩图 XII 和彩图 XIV 中（另见图 22-12 和图 22-30）



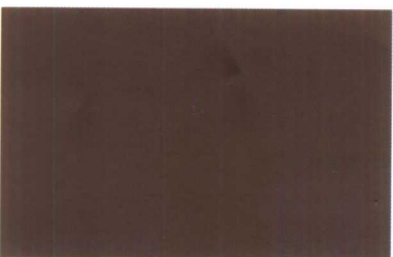
彩图 XII 左边的图像用来调整彩图 XI 所示图像的颜色，结果显示在右边（另见图 22-13）



彩图 XIII 针对颜色校正的线性插值。在左边的图像中参数 c 设为 0.0，在右边的图像中 c 为 1.0（另见图 22-24）



彩图 XIV 左边的图像用来将彩图 XI 中的图像变换成夜景，该夜景显示在右边（另见图 22-31）



彩图 XV 使用彩图 XI 所示图像模拟的夜景（另见图 22-30）



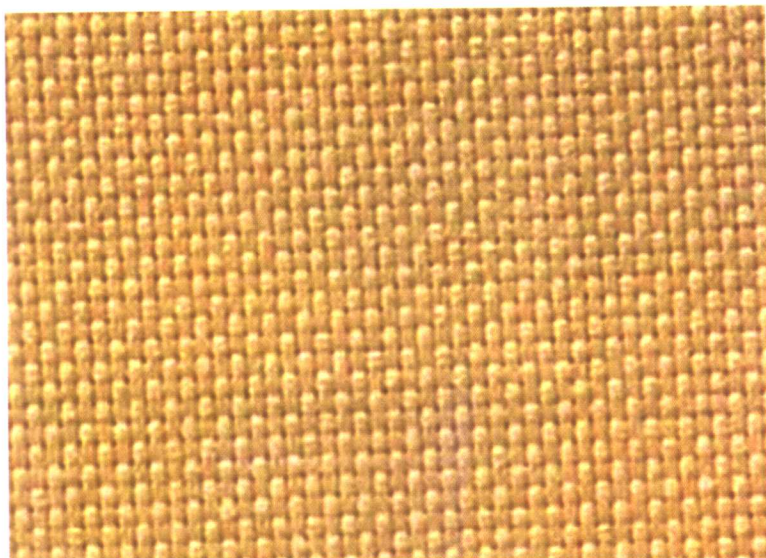
彩图 XVI 可见光谱。波长单位是纳米 (nm)



彩图 XVII HSV 颜色空间。色调围绕圆环变化，饱和度随半径变化，值随着高度变化



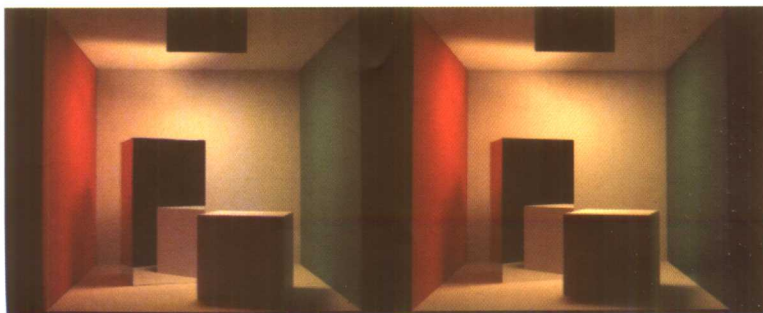
彩图 XVIII 哪种颜色更接近红色：绿色还是紫色？



彩图 XIX 当用颜色显示时，图 21-29 显示的效果更强烈。图片经 Albert Yonas 授权使用



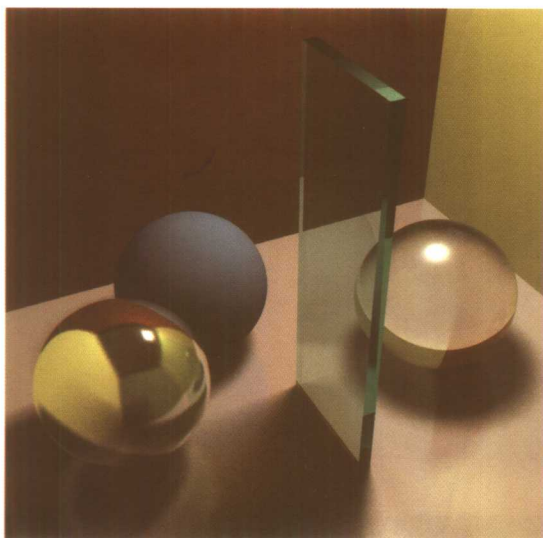
彩图 XX 空中透视，其中大气的效果降低了对比度并且使颜色偏蓝，它提供远距离的深度线索



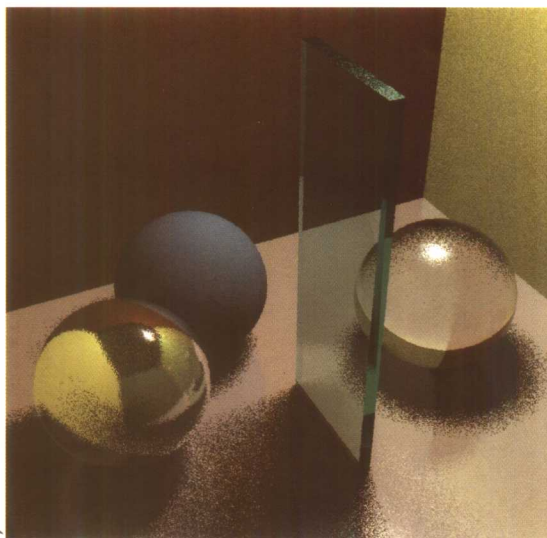
彩图 XXI 照片与绘制结果的比较。图片经 Sumant Pattanaik 以及康奈尔大学计算机图形学项目授权使用（另见图 23-9）



彩图 XXII 图像显示了极度运动模糊效果。阴影使用分布式光线跟踪，因为它们在该图像中移动。由 Joseph Hamdorf 和 Young Song 建模，由 Eric Levin 绘制



彩图 XXIII 每个像素使用 1 个采样、16 个采样和 256 个采样的分布式光线跟踪计算出的图像。图片经 Jason Waltman 授权使用

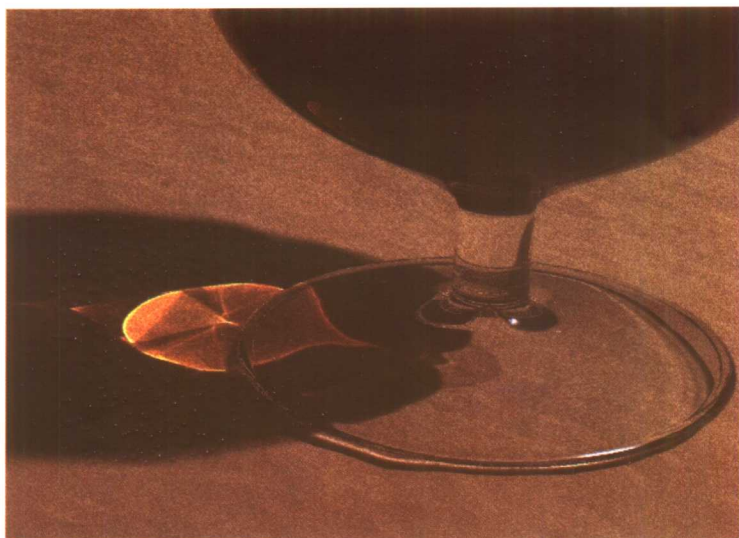




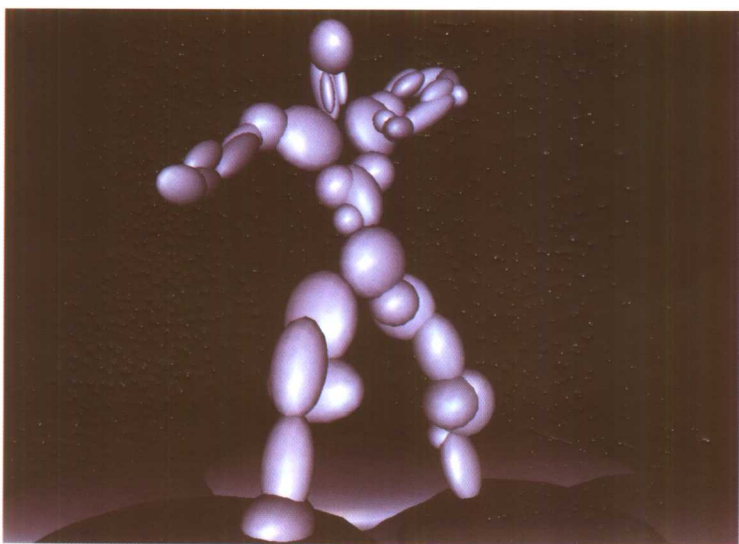
彩图 XXIV 上：使用漫反射明暗处理模型。下：使用“A Practical Model for Sub-surface Light Transport” (Jensen et al., Proceedings of SIGGRAPH 2001) 中的技术，允许子表面散射。图片经 Henrik Jensen 授权使用



彩图 XXV 光线跟踪和光子映射的室内图像。大部分光照是间接的。图片经 Henrik Jensen 授权使用



彩图 XXVI 阴影中明亮的颜色模式是一种“聚光线”，是光线通过玻璃聚焦的结果。它是通过光子跟踪方法计算得到的。图片经 Henrik Jensen 授权使用



彩图 XXVII 上：一个椭圆体集合近似表示模型。下：椭圆体用于创建一个类似重力的隐式函数，然后把它替换掉。图片经 Eric Levin 授权使用



人民邮电出版社图灵公司专注于引进国外经典教材与优秀科技图书，出版国内高校教师编写的专业教材，专业方向包括：计算机、数学、统计学和电子电气等。合作伙伴包括Prentice-Hall、Addison-Wesley、Wiley、McGraw-Hill、剑桥大学出版社、Elsevier、IEEE Press、Wrox、SIAM等多家世界知名出版公司，具有丰富的选题资源和雄厚的出版力量。

目录、前言等出版物详细信息，请浏览www.turingbook.com



书 名: 软件工程(第3版)
原书名: Software Engineering:
Theory and Practice
作 者: Shar Lawrence
Pfleger, Joanne
M. Atlee
译 者: 杨卫东
书 号: 978-7-115-15829-1
定 价: 59.00元
出版时间: 2006年03月



书 名: Beginning Java
Objects 中文版: 从
概念到代码
原书名: Beginning Java
Objects: From
Concepts to Code
作 者: Jacquie Barker
译 者: 万波
书 号: 7-115-15440-6
定 价: 78.00元
出版时间: 2006年12月



书 名: TSP: 领导开发团队
原书名: TSP: Leading a
Development
Team, 1E
作 者: Watts S. Humphrey
译 者: 张家才 江贺军 皓阳
书 号: 7-115-13919-9
定 价: 35.00元
出版时间: 2006年12月



书 名: Java程序设计问题
解决方案: 基础篇(英
文版·第4版)
原书名: Java: An
Introduction to
Problem Solving
and Programming
作 者: Walter Savitch
书 号: 7-115-15288-8
定 价: 59.00元
出版时间: 2006年11月



书 名: Java程序设计问题
解决方案: 高级篇(英
文版·第4版)
原书名: Java: An
Introduction to
Problem Solving
and Programming
作 者: Walter Savitch
书 号: 7-115-15289-6
定 价: 59.00元
出版时间: 2006年11月



书 名: 数理逻辑 (第2版) (中英文版)
原书名: A Mathematical Introduction
to Logic, 2E
作 者: Herbert B. Enderton
译 者: 沈复兴 陈磊 孙运传
中文书号: 7-115-14311-0
英文书号: 7-115-14145-2
中文版定价: 29.00元
英文版定价: 39.00元
中文版出版时间: 2006年12月
英文版出版时间: 2005年12月



书 名: Java程序设计语言(第4版)(英文版)
原书名: The Java Programming Language
作 者: Ken Arnold, James Gosling, David
Holmes
译 者: 陈昊鹏 章程 张思博 李楠
中文书号: 7-115-15297-7
英文书号: 7-115-14762-0
中文版定价: 69.00元
英文版定价: 99.00元
中文版出版时间: 2006年10月
英文版出版时间: 2006年6月



书 名: UNIX环境高级编程(第2版)
(英文版)
原书名: Advanced Programming in the
UNIX Environment, 2nd Edition
作 者: W. Richard Stevens, Stephen
A. Rago
译 者: 尤冀元 张亚英 戚正伟
中文书号: 7-115-14731-0
英文书号: 7-115-14484-2
中文版定价: 99.00元
英文版定价: 99.00元
中文版出版时间: 2006年5月
英文版出版时间: 2006年3月



书 名: 数据挖掘导论 (英文版)
原书名: Introduction to Data Mining
作 者: Pang-Ning Tan, Michael
Steinbach, Vipin Kumar
译 者: 范明 范宏建
中文书号: 7-115-14698-5
英文书号: 7-115-14144-4
中文版定价: 49.00元
英文版定价: 59.00元
中文版出版时间: 2006年5月
英文版出版时间: 2006年1月



书 名: 现代编译原理—C语言描述
(英文版)
原书名: Modern Compiler
Implementation in C
作 者: Andrew W. Appel
译 者: 赵克佳 黄春志 志宇
中文书号: 7-115-14552-0
英文书号: 7-115-13771-4
中文版定价: 45.00元
英文版定价: 59.00元
中文版出版时间: 2006年4月
英文版出版时间: 2005年9月



书 名: UML面向对象建模与设计(第2
版)(英文版)
原书名: Object-Oriented Modeling
and Design with UML, Second
Edition
作 者: Michael Böhme, James Rumbaugh
译 者: 车皓阳 杨眉
中文书号: 7-115-14223-8
英文书号: 7-115-14076-6
中文版定价: 45.00元
英文版定价: 55.00元
中文版出版时间: 2006年1月
英文版出版时间: 2006年1月



书 名: 数据结构与问题求解
——Java语言
描述 (第3版)
原书名: Data Structures
and Problem
Solving Using
Java
作 者: Mark Allen Weiss
译 者: 翁惠玉 严骏
书 号: 7-115-14988-7
定 价: 49.00元
出版时间: 2006年8月



书 名: TCP/IP基础教程:
基于实验的方法
原书名: TCP/IP Essentials:
A Lab-Based
Approach
作 者: Shivendra S. Panwar,
Shiven Mao, Jeong-
dong Ryo, Yihan Li
译 者: 陈清等
书 号: 7-115-15386-8
定 价: 29.00元
出版时间: 2006年11月



书 名: 数据库系统: 面向
应用的方法
原书名: Database Systems:
An Application-
Oriented Approach,
Introductory Version
作 者: Michael Kifer,
Arthur Bernstein,
Philip M. Lewis
译 者: 陈立军 赵加奎 邱海
他 卿雄
书 号: 7-115-15269-1
定 价: 49.00元
出版时间: 2006年10月



书 名: 计算机网络实验
教程
原书名: Computer Netw-
orking: Internet
Protocols in
Action
作 者: Joanna
Matthews
译 者: 李毅超 曹跃 王钰
书 号: 7-115-14250-5
定 价: 29.00元
出版时间: 2006年1月



书 名: 数据结构与算法分析——C++
描述(第3版) (英文版)
原书名: Data Structures
and Algorithm
Analysis in C++
作 者: Mark Allen Weiss
译 者: 张怀勇
中文书号: 7-115-13923-7
英文书号: 7-115-15233-0
中文版定价: 49.00元
英文版定价: 59.00元
中文版出版时间: 2006年11月
英文版出版时间: 2006年9月



书 名: UML用户指南(第2版)
原书名: The Unified Modeling
Language User Guide
作 者: Grady Booch, James
Rumbaugh, Ivar
Jacobson
译 者: 陈维忠 康志毅 马浩海 刘
辉
书 号: 7-115-14833-3
定 价: 49.00元
出版时间: 2006年6月



书 名: 算法分析与设计
原书名: Algorithm Design:
Foundations, Analysis,
and Internet Examples
作 者: Michael T. Goodrich,
Roberto Tamassia
译 者: 霍红卫
书 号: 7-115-15054-0
定 价: 55.00元
出版时间: 2006年9月



书 名: 计算机组成: 结构化
方法(第5版)
原书名: Structured
Computer
Organization
作 者: Andrew S. Tanenbaum
译 者: 刘卫东 宋佳兴 徐格
书 号: 7-115-14891-0
定 价: 65.00元
出版时间: 2006年7月



书 名: C语言程序设计
(英文版·第3版)
原书名: Programming
in C
作 者: Stephen
G. Kochan
书 号: 7-115-14763-9
定 价: 55.00元
出版时间: 2006年6月



书 名: 系统分析与设计(英
文版·第3版)
原书名: Essentials of System
Analysis
and Design Third Edition
作 者: Joseph S. Valacich,
Joey F. George, Jeffrey
A. Hoffer
书 号: 7-115-15154-7
定 价: 55.00元
出版时间: 2006年8月



书 名: 数据结构与算法分
析—C语言描述(英
文版·第2版)
原书名: Data Structures
and Algorithm
Analysis in C
作 者: Mark Allen Weiss
改 编: 陈磊
书 号: 7-115-13984-9
定 价: 49.00元
出版时间: 2005年8月

译者序

随着计算机图形学及其相关技术的飞速发展，我们跨入了一个三维时代，各种扣人心弦的三维游戏、震撼人心的虚拟场景不断冲击着人们的感官和体验。计算机图形学已经成为计算机科学中最为活跃的领域之一，在世界范围内得到了普遍的重视。

计算机图形学作为一门建立在计算机科学、数学、物理、心理学以及艺术等学科基础上的综合学科，主要是20世纪60年代以后发展起来的。在此过程中，犹他大学发挥了关键性的作用。1968年，计算机图形学先驱同时也是本领域第一位图灵奖得主Ivan Sutherland受David Evans之邀来此任教，先后吸引和培养了一批图形学的大师，包括图灵奖得主Alan Kay，z缓冲等技术的发明者Edwin Catmull（后创办Pixar动画公司），提出了反走样技术的Frank Crow，开发了Warnock算法的John Warnock（后与人合创Adobe公司），Gouraud着色技术的发明者Henri Gouraud，几何流水线之父Jim Clark（创办SGI公司），提出了Phong模型和着色技术的越南裔学者裴祥风（Bui Tuong Phong）等。在ACM SIGGRAPH颁发的计算机图形学界最高荣誉Steve A. Coons奖的获奖者中，犹他大学的教授和校友拥有5席，几乎占据一半。犹他大学也因此成为世界计算机图形学首屈一指的学术重镇。

现在，犹他大学的计算机图形学教授Peter Shirley将这一伟大传统凝聚在本书之中。作者在书中采取突出原理的方法，全面介绍了计算机图形学及相关的基础理论（包括数学和物理理论），有助于读者对这一学科的内在脉络有深入的理解，而不是过早地纠缠于具体的、变化很快的各种图形API。与此同时，作者注意吸收近年来层出不穷的新理论、新方法，很好地将理论和最新的业界实践结合起来，使读者能够学以致用。第2版作者还邀请了康奈尔大学、威斯康星大学等名校的同行就各自的擅长领域撰写了7章，更极大地丰富了原书的内容。

全书内容按照由浅到深的结构进行组织，分为26章。第1章到第6章介绍计算机图形学涉及的代数、几何、矩阵等数学知识，以及物理学、信号处理等相关知识。这使得阅读本书成为一个流畅的过程，基本上不必再为相关知识查阅其他书籍。第7章阐述两种基本的投影观察方法。第8章讨论两种经典的隐藏面消除算法。第9章介绍表面明暗处理的典型方法。第10章详细讨论光线跟踪及其加速算法，并介绍利用光线跟踪实现的特殊效果，如阴影、景深、光泽反射和运动模糊等。第11章的内容包括二维和三维纹理映射、凹凸映射以及环境映照等。第12章给出完整的图形流水线。第13章、第14章和第15章介绍图形学中典型的数据结构、采样方法以及曲线建模方法，这些是计算机图形学的重要内容，但在一般的教材中往往被忽略了。计算机动画技术的相关介绍在第16章。第17章介绍的顶点着色器和片段着色器体现了图形学发展的一个新方向。在掌握了上述各章的基础上，读者就可以建立简单的交互式图形学应用了。第18章用示例介绍了设计开发这样的应用的过程和方法。第19章到第25章进一步讨论图形学的高级主题：光照与光照模型、颜色与视觉感知、基于图像的绘制等。最后一章介绍了图形学的一个重要应用领域可视化技术。教师可以对后一部分内容有选择地进行讲解，这部分内容对于工程人员和高级程序员也具有很高的参考价值。书中还包括了难度适中的习题，并提供了参考文献和进一步阅读的推荐文献。

正因为具备以上特色，本书出版之后受到广泛推崇，已经被全球数十所高校用作教材或者推荐教材。其中包括美国麻省理工学院、加州大学伯克利分校、卡耐基-梅隆大学、斯坦福大学、哥伦比亚大学、佐治亚理工学院、加拿大多伦多大学、我国香港大学等众多名校。

翻译此书我们非常荣幸，同时也深感责任重大。但由于时间仓促，译文中欠妥和纰漏之处恐难避免，恳请读者不吝赐教和指正。

译者

前言

本书是以我在印第安纳大学和犹他大学多年教授的图形学课程的基础上编写的。根据内容，图形学方面的教材可分为两类：一类是讲解图形学基本原理和底层细节的；另一类是讲解如何使用现代图形学API如OpenGL、Direct3D以及Java3D的。本书属于前一种类型。这两种类型的课程我都讲过，经验表明，学习第一类课程的学生，在理解图形学原理甚至熟练使用API方面，都要强于学习第二类课程的学生。有很多理由可以证明这个结论，当然这对于其他教师或者学校也许并不完全适用。但我认为，无论是图形学还是其他学科（甚至体育运动），传授基本原理都是正确的选择。

如何使用本书

前面9章的内容对应一个学期的课程，让学生了解图形流水线以及基本的光线跟踪等内容。本书让学生全面掌握图形学的原理性知识并予以实现，它不是那种“学习OpenGL”式的教材。这里讲的图形流水线与硬件实现的图形流水线是一致的。学习本书的同学，会发现OpenGL和其他常见的API在许多方面都是类似的。

本书的第二部分内容是一些更高级的主题，安排顺序不是很严格。因此这些内容可以用于各种形式的第二学期的课程，也可以在一学期的课程中安排几周讲述其中的一些内容。

在第一学期，建议布置以下作业：

- (1) 第2章后的数学作业，然后至少有一次课堂测试。
- (2) 直线光栅化。
- (3) 重心颜色插值的三角形光栅化。
- (4) 画正射线框图。
- (5) 画透视线框图。
- (6) 带平面阴影三角形的BSP树以及z剪切很小且具有鼠标驱动视点选择的线框边。
- (7) z剪切很小的有限精度z缓冲器实现。

这些作业之后，教师可以布置光线跟踪方面的作业，或者让学生在z缓冲器上增加阴影图、Phong光照、裁剪及纹理，或者让学生用三维API编程。

关于封面

本书英文原版的封面图片是J. W. Baker创作的水中的老虎（在画布上喷成的丙烯画，16"×20"，www.jwbart.com）。

在1998年的康奈尔大学研讨班上，Alain Fournier（1943—2000）借用老虎做了一次精彩的演讲。演讲中，他生动地描述了一只老虎的运动。他最后这样总结自己的观点：

在过去35年里,计算机图形学的建模和绘制已经取得了巨大的进步,但是我们仍然不能自动模拟出老虎在河中游泳的壮观景象。关于自动,我的意思是指不需要艺术家/专家去做仔细的人工调节。

坏消息是我们还有很长的路要走。

好消息仍然是我们还有很长的路要走。

在线资源

本书的配套网址是<http://www.cs.utah.edu/~shirley/fcg2/>。我将在网上公布勘误表,并且给课堂上使用本书的读者建立链接。尽管我没有提供本课程的幻灯片,但是Rich Riesenfeld已经慷慨地同意把他的幻灯片共享给大家,在本书网站上将有到此幻灯片的链接。书中的大部分图形都是Adobe Illustrator格式的,如果需要我很乐意将具体图形转化成可移植格式。欢迎与我联系: shirley@cs.utah.edu。

本版变化

与第1版相比,书中的内容有较多小变化,但也有两个较大的变化:增加了参考文献的数目,增添了同事们新写的内容。这些同事头脑清晰、善于思考和交流,我邀请他们每人写一章,以使本书内容能覆盖各个关键主题。他们中的多数曾经在课堂上用过本书,对书中的方法很熟悉。参考文献无意包罗万象,只是为了给读者提供进一步学习的资源。我相信其中肯定有遗漏,希望能收到关于遗漏某本关键参考书的反馈信息。新加的章节有:

- 信号处理: Stephen Marschner, 康奈尔大学(第4章)。
- 曲线: Michael Gleicher, 威斯康星大学(第15章)。
- 计算机动画: Michael Ashikhmin, 纽约州立大学石溪分校(第16章)。
- 使用图形硬件: Peter Willemsen, 明尼苏达大学德卢斯分校(第17章)。
- 构建交互式图形应用程序: Kelvin Sing, 华盛顿大学博塞尔分校(第18章)。
- 视觉感知: William B. Thompson, 犹他大学(第21章)。
- 色调再现: Erik Reinhard, 中佛罗里达大学(第22章)。

致谢

以下人士对本书提供了帮助: Josh Andersen、Zeferino Andrade、Michael Ashikhman、Adam Berger、Adeel Bhutta、Solomon Boulos、Stephen Chenney、Michael Coblentz、Greg Coombe、Frederic Cremer、Brian Curtin、Dave Edwards、Jonathon Evans、Karen Feinauer、Amy Gooch、Eungyoung Han、Chuck Hansen、Andy Hanson、Dave Hart、John Hart、Helen Hu、Vicki Interrante、Henrik Wann Jensen、Shi Jin、Mark Johnson、Ray Jones、Kristin Kerr、Dylan Lacewell、Mathias Lang、Philippe Laval、Marc Levoy、Howard Lo、Ron Metoyer、Keith Morley、Eric Mortensen、Tamara Munzner、Koji Nakamaru、Micah Neilson、Blake Nelson、Michael Nikelsky、James O'Brien、Steve Parker、Sumanta Pattanaik、Matt Pharr、Peter Poulos、Shaun Ramsey、Rich Riesenfeld、Nate Robins、Nan Schaller、Chris Schryvers、Tom Sederberg、Richard Sharp、Sarah Shirley、Peter-Pike Sloan、Tony Tahbaz、Jan-Phillip Tiesel、Bruce Walter、Alex Williams、Amy Williams、Chris Wyman、Kate Zebrose。

书中借用了Ching-Kuang Shene及David Solomon的著作中的示例。Henrik Jensen、Eric Levin、

Matt Pharr和Jason Waltman慷慨地提供了大量图片。Brandon Mansfield对光线跟踪部分的层次包围体内容做了很多改进。Carrie Ashust、Jean Buckley、Molly Lind、Pat Moulis和Bob Shirley为本书提供了很多后勤支持。Miranda Shirley为我们带来很多快乐。

非常感谢J. W. Baker帮忙设计出我想要的封面。他是个天才艺术家，跟他合作非常愉快。

在编写本书时参考了很多著作，大部分在各章的“文献注记”中做了说明。还有少数对本书内容和表述有帮助的没有注明，我在这里把它们列举出来，感谢这些作者的帮助。这些资料包括我学生时期读过的两本经典计算机图形学教材：*Computer Graphics: Principles & Practice* (Foley, Van Dam, Feiner, & Hughes, 1990) 和 *Computer Graphics* (Hearn & Baker, 1986)。其他书包括Alan Watt的两本经典教材 (Watt, 1993, 1991)、Hill的*Computer Graphics Using OpenGL* (Francis S. Hill, 2000)、Angel的*Interactive Computer Graphics: A Top-Down Approach With OpenGL* (Angel, 2002)、Hughes Hoppe的华盛顿大学学位论文 (Hoppe, 1994) 以及Rogers的两本经典图形学教材 (D. F. Rogers, 1985, 1989)。

本书是在苹果笔记本电脑上用 $\text{\LaTeX}$ 软件写成的。图形是作者用Adobe Illustrator包做出的。感谢创建者开发出这么好用的软件。

感谢犹他大学，使我能够利用学术休假时间完成此书。

特别感谢Alice Peter和Klaus Peter，感谢他们鼓励我写出了本书的第1版，感谢他们高超的编辑技巧，感谢他们精益求精的态度。在第2版中除了纠正公式和语言上的错误外，他们在本书最后阶段的数周内日以继夜地工作，付出了大量心血。毫无疑问，如果没有他们的努力，本书是不可能完成的。

Peter Shirley于盐湖城
2005年4月