

Waite Group
P R E S S

计算机技术

译林

精选系列



OpenGL

超级宝典 (第二版)

[美] Richard S. Wright, Jr. 著
Michael Sweet 译
潇湘工作室



人民邮电出版社
www.pptph.com.cn

计算机技术译林精选系列

OpenGL 超级宝典 (第二版)

[美] Richard S. Wright, Jr. 著
Michael Sweet
潇湘工作室 译

人民邮电出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

OpenGL 超级宝典 / (美) 理查德 (Richard, S.)

(美) 怀特 (Wright, J.) 著; 潇湘工作室译. —北京: 人民邮电出版社, 2001.6
(计算机技术译林精选系列)

ISBN 7-115-09233-8

I. O... II. ①里... ②怀... ③潇... III. 图形软件, OpenGL IV. TP391.41

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2001) 第 22421 号

计算机技术译林精选系列

OpenGL 超级宝典 (第二版)

◆ 著 [美] Richard S. Wright, Jr. Michael Sweet
译 潇湘工作室
责任编辑 陈 昇

◆ 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@pptph.com.cn
网址 <http://www.pptph.com.cn>
读者热线 010-67129212 010-67129211(传真)
北京汉魂图文设计有限公司制作
北京顺义向阳胶印厂印刷
新华书店总店北京发行所经销

◆ 开本: 787×1092 1/16
印张: 41
字数: 986 千字 2001 年 6 月第 1 版
印数: 1-4 000 册 2001 年 6 月北京第 1 次印刷

著作权合同登记 图字: 01-1999-2564 号

ISBN 7-115-09233-8/TP·2168

定价: 78.00 元(附光盘)

NJS216/04

内容提要

本书是一本完整而详尽的关于 OpenGL 的参考书，全书分为四部分：第一部分“OpenGL 导言”介绍 3D 图形学的基本原理，读者将在此学会构造使用 OpenGL 的程序、设置 3D 渲染环境、创建和移动基本对象并给它们施加色彩和三维效果；第二部分“OpenGL 渲染组成”深入阐述了 OpenGL 的使用、高级特性及特殊效果，如处理光栅图形、纹理贴图、3D 建模和物体合成、混色和雾化效果，处理三角形、曲线和曲面、交互式图形，另外还介绍了如何利用 OpenGL 制作图像以及 OpenGL 扩展的应用；第三部分“OpenGL for Windows: OpenGL 与 Win32”讨论了 Windows 平台上的 OpenGL，读者将在此学到各种驱动程序模型、硬件渲染和软件渲染、像素格式、渲染环境以及其他 Windows 中特有的功能；第四部分“附录”提供了有关 OpenGL 更新、参考资料和状态机等方面的内容。

在本书中，通常每章介绍一个方面的编程主题，并在同一章中给出与此编程主题相关的大量函数及函数说明。另外，许多函数还提供了实用的示例，使读者可以直接在自己的程序中借鉴参考。

本书内容丰富而全面、结构清晰、层次分明，适用于使用 OpenGL 编程的各个层次的程序员。

版权声明

Authorized translation from the English language edition, entitled OpenGL SuperBible, 2nd Edition, published by Waite Group Press

Copyright © 2000 by Waite Group Press.

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 the Publisher.

Chinese Simplified language edition published by People's Posts & Telecommunications Publishing House.

本书中文简体字版由美国 Waite Group 公司授权人民邮电出版社出版。未经出版者书面许可，本书任何部分不得以任何方式复制或抄袭。

版权所有，侵权必究。

自从 1992 年推出 OpenGL 以来，它在业界已被广泛应用，已经成为开发可移植交互式 2D 和 3D 图形的最佳选择。OpenGL 具有一组范围广泛的渲染、纹理贴图、特效和其他功能强大的显示函数，鼓励程序员进行创新并加速了应用程序的开发过程。开发人员可以在所有流行的桌面和 workstation 平台上通过 OpenGL 来保证应用程序的广泛使用。

OpenGL 的特点有：

- 图形质量高、性能好。在广播、CAD/CAM/CAE、医学图像、娱乐、虚拟现实等不同的领域中，开发人员可以利用 OpenGL 的这些能力自由发挥自己的创造性。

- 标准化。OpenGL 是唯一真正开放的、独立于供应商的、跨平台的图形标准。

- 稳定性。OpenGL 已经在各种平台上应用了 7 年多的时间，它具有明确而控制良好的规范，并具有向后兼容性，使现有的应用程序不会失效。

- 可靠性和可移植性。在 OpenGL 兼容的任何硬件上，不管使用什么操作系统，同一个应用程序的显示结果均相同。

- 可扩展性。通过 OpenGL 扩展机制，可以利用 API 进行功能的扩充。

- 可缩放性。基于 OpenGL API 的应用程序可以在各种系统上运行，其范围从家用电器到 PC 机，从 workstation 到超级计算机。也就是说，OpenGL 应用程序可以适应开发人员选择的各种目标平台。

- 易用性。OpenGL 具有良好的结构，直观的设计和逻辑命令。与其他图形程序包相比，OpenGL 应用程序的代码行数少。此外，OpenGL 封装了有关基本硬件的信息，使开发人员无需针对具体的硬件进行专门的设计。

- 文档丰富。有关 OpenGL 的资料有许多，有大量可用的代码。

本书的作者之一 Richard S. Wright, Jr. 是 OpenGL 程序员和咨询顾问，在计算机图形学方面具有很高的造诣，曾经参与 OpenGL 1.2 规范的制订和测试，具有丰富的实践经验；另一位作者 Michael Sweet 长期从事 OpenGL 软件开发和咨询工作。他们在本书中详细讲述了

大量 OpenGL 函数的使用，还提供了大量示例程序代码，读者可以直接借鉴使用。

参加本书翻译工作的人员主要有武国栋、王晓娟、陆丽萍等，全书最后由贺军进行统稿。由于我们水平所限，本书的翻译难免有错误和不当之处，敬请读者不吝指教。

潇湘工作室

2001 年 2 月

从 Waite Group 出版公司出版《OpenGL 超级宝典》的第一版到现在，已经过了三年多。这段时间以小动物的年龄衡量可能是 21 岁，而以计算机时间来衡量至少已经是 100 年了！在这段时间内，无论是在 API 的新增功能方面，还是在工业支持和普及方面，OpenGL 都取得了长足的进步。

现在，即使是在最破旧的 PC 机上，3D 加速图形卡也是主要部件了。本书的第一版是在“API 之战”的前夜出版的。这场 Microsoft 和 SGI（它代表了世界的其余部分）之间的斗争关系到谁将在迅猛增长的 3D 加速硬件市场上获得 3D 图形 API 的控制权——这个市场很大程度上是由消费类游戏厂家推动的。在 1997 年的 Computer Game Developers Conference（计算机游戏开发人员大会）上，我还很难得到哪家图形卡厂商的承诺，保证为其硬件提供 OpenGL 驱动程序。而在接下来的一年里，如果你不能在硬件上演示 GLQuake（一种使用 OpenGL 的流行游戏），就不能在大会上露脸了。今天如果再销售一块没有 OpenGL 驱动程序的 3D 图形卡，就好像在卖一台没有 Windows 打印驱动程序的打印机一样困难。

作为 API 之战中受过伤害的老兵，我不会讨论所有那些令人不快的细节，但在事件的余波中很清楚的一点是，OpenGL 在专业市场和消费类市场上都保持着让人难以置信的增长势头，并且这种势头不会很快消减。最后，开发者控制了标准，而某些人则接受了惨痛的教训。大体说来，游戏和模拟器开发人员更喜欢开放的标准，比如 OpenGL，无论什么市场的花言巧语都不能永久掩盖这个因素。

在 OpenGL 的使用日益广泛的同时，它的性能也在提高。OpenGL 规范从 1.0 起已经修订了两次（我们目前用的是 1.2）。许多新特性增强了性能，增加了灵活性，并且利用了 3D 硬件新的特性。在本书中，我们将带你领略这些新特性，并且将在本书的后面采用一种方法，这种方法与当前的环境更协调，是硬件加速的主流。

在 OpenGL 历史中另一件有趣的事是 AUX 库的隐退。在本书的上一版中我们只在一章内使用了 AUX 库，而在这一版中，则根本不讨论它。AUX 库已经在很大程度上被一个称为 GLUT 的更新且功能更多的 Windows 编程工具包所取代。我们在所有例子中都使用 GLUT，直至本书的最后一节。

最后，我注意到在上一版中，我期待过有一天颜色索引模式成为过去。而今天再也没有人使用颜色索引模式了，也肯定没有人再建立新的硬件来加速这种模式。目前的模式至少是 16 bit 或 24 bit 彩色加上完全的硬件加速，将来会是完全 24 bit 彩色加上完全支持更深的景深、模板和 alpha 缓冲区（后面你会学到这些缓冲区，它们令图形更酷、更快！）。在这个版本中不讨论颜色索引模式。

本书的内容

本书分为三个部分。在第一部分中，我们将介绍用 OpenGL 进行编程的实时 3D 图形学的基本原理。你将学会构造一个使用 OpenGL 的程序，如何设置 3D 渲染环境，以及如何创建基本的对象并给它们加上光照和阴影。在第二部分中，我们将更深入地钻研 OpenGL 的使用和它的一些高级特性以及各种特殊效果。最后，我们要用一个部分专门讨论 Windows 平台上的 OpenGL。你将学到各种驱动程序模型、硬件渲染和软件渲染、像素格式、渲染环境，以及 Windows 中其他特有的功能。最后一章会把这些内容都放到一起，并且包括了游戏或仿真中基本的实时渲染技术。

第一部分 OpenGL API 基础

第 1 章——3D 图形学的基本原理

这一章是 3D 图形学的初级知识，它介绍了基本概念和一些常用词汇。

第 2 章——什么是 OpenGL

在本章中，我们提供了有用的知识：OpenGL 是什么，它的起源和发展方向。

第 3 章——使用 OpenGL

在本章中，你将编写第一个使用 OpenGL 的程序。你会学到需要使用哪些头文件和库文件，以及如何用一些常用约定来帮助自己记住 OpenGL 的函数调用。

第 4 章——在空间中绘图：线、点和多边形

在这里，我们给出了 3D 图形编程的构件。你将学会如何告诉计算机创建一个三维对象。

第 5 章——在空间中移动：坐标变换

既然是在虚拟世界中创建三维图形，那么怎样移动它们呢？怎样让你自己移动呢？这就是你在本章中将要学到的。

第 6 章——色彩、光照和材质

在本章中，你将获得三维“轮廓”并给它们赋予色彩。你还将学会如何给图形施加材质效果和光照，使它们看上去更真实。

第二部分 OpenGL 渲染组成

第 7 章——OpenGL 中的光栅图形

在本章中，你将学会如何在 OpenGL 中处理位图图形，这包括读入 Windows 的 .BMP 文件并在 OpenGL 场景中显示它。

第 8 章——纹理贴图

纹理贴图是任何 3D 图形工具包中最有用的功能之一。你将学会如何在多边形上覆盖位

图，以及如何使用自动纹理坐标生成法。

第 9 章——3D 建模和物体合成

在本章中，我们将告诉你如何用较小、较简单的 3D 物体来建立复杂的 3D 物体。我们还将引入 OpenGL 显示表和顶点数组，以便改善性能和组织好你的模型。

第 10 章——实际效果：混色和雾化

本章讨论一些其他的视觉特殊效果，比如 alpha 混色和雾化效果，以便实现透明度和深度感。

第 11 章——缓冲区：不只是为了实现动画

本章更深入地探讨了各种 OpenGL 缓冲区。正如你将看到的那样，它们不仅仅是用于屏幕翻转。

第 12 章——超越直线和三角形

简单的三角形是强大的构件。本章提供了一些工具用于处理大量的三角形。你将学到一些 OpenGL 内建的二次曲面生成函数，以及如何使用自动镶嵌把复杂的形状分割为较小的、较易处理的小片。

第 13 章——曲线和曲面

本章研究一些实用函数，这些函数可计算出贝塞尔和 NURBS 曲线及曲面。利用这些函数，你可以用少量代码创建复杂的形状。

第 14 章——交互式图形

本章解释了两项 OpenGL 功能：选定和反馈。这些函数组使得用户有可能与场景中的对象进行交互。你还可以获取场景中任何单个对象的渲染细节。

第 15 章——用 OpenGL 制作图像

New to OpenGL 1.2 是可选的成像子集。这个函数集能够用 OpenGL 进行复杂的图像处理。

第 16 章——常用的 OpenGL 扩展

OpenGL 另一个受欢迎的特性是，OpenGL 销售商可以自由地对其进行扩展。在本章中，你将学到扩展的机制以及如何使用一些流行的扩展。

第三部分 OpenGL for Windows: OpenGL 与 Win32

第 17 章——OpenGL 像素格式和渲染环境

在本章中，你将学会如何编写使用 OpenGL 的真实 Windows（基于消息）程序。你将学到 Microsoft 的强大函数，它把 OpenGL 渲染代码“粘合”到 Windows 设备环境中。你还将学会如何响应 Windows 消息，并了解 OpenGL 驱动程序如何在 Windows 下工作。

第 18 章——非视窗渲染

在应用程序开发的真实世界中，你需要能够把图形放到场景之外的某个地方。本章包括了对图形进行渲染并存储为位图，以及打印 OpenGL 的渲染结果。

第 19 章——OpenGL 实时编程

无论你是在编写游戏还是实时仿真，都需要了解某些基本技术。正如学习一门编程语言不会让你成为算法专家那样，学习 OpenGL 也只是你的实时 3D 编程之旅的开头。在本章中，我们会拟定一些基本知识，并教你一些提示和技巧，好让你起步。

第四部分 附录

附录 A——OpenGL 更新摘要

按版本顺序总结 OpenGL 中引入的功能。

附录 B——阅读资料

列出了更深入研究本书所包括主题时可以阅读的其他材料。

附录 C——OpenGL 状态机

概述了各种 OpenGL 状态变量，以及用于设置和查询它们的函数。

附录 D——词汇表

常用 3D 图形学和 OpenGL 术语的词汇表。

本书配套光盘

本书配套光盘封装了示例程序、工具包、源代码和文档。直到压盘前，我们还在发掘各种素材来填充这张 CD-ROM，所以请仔细阅读这张 CD-ROM 根目录下的 readme.txt 文件，其中有光盘上所包括内容的完整清单。

在光盘根目录下可以找到：

\Book 目录——本书中每个带有编程示例的章在这个目录下会有一个子目录。每个示例有一个实际名称（类似于“sample5.2c”），这样你就可以很轻松地浏览这张 CD-ROM，并且一拿到这本书就可以运行那些看起来有趣的东西。

\Tool——在这里收集了第三方工具和库文件。每个都有自己的子目录和来自原始开发商的文档。本书中的示例程序使用了其中的某些工具。

敢于在3D中梦想

我希望本书可以提供一些比较好的建议。无论你是要编写游戏、军事仿真程序，或是科学可视化程序、可视化的大型的公司数据库——OpenGL 都是完美的 API。如果你是个新手，它可以满足你的要求；如果你成为了 3D 高手，它可以使你更强大。

Richard S. Wright, Jr.

第一部分 OpenGL API 基础

第 1 章 3D 图形学的基本原理	3
1.1 简介	3
1.2 计算机图形学简史	3
1.2.1 进入 CRT	3
1.2.2 3D 概念	4
1.3 3D 效果研究	6
1.3.1 透视法	6
1.3.2 色彩和明暗	7
1.3.3 光照和明暗处理	7
1.3.4 纹理贴图	8
1.3.5 雾化	8
1.3.6 混合和透明度	9
1.3.7 消除锯齿	9
1.4 3D 图形的常见用途	10
1.4.1 实时 3D	10
1.4.2 非实时 3D	13
1.5 3D 编程基本原理	13
1.5.1 直接模式和保留模式 (场景图)	13
1.5.2 坐标系	14
1.5.3 投影: 将 3D 变为 2D	17
1.6 小结	19
第 2 章 什么是 OpenGL	21
2.1 标准的演变	21
2.1.1 OpenGL ARB	22
2.1.2 使用许可和一致性	22
2.1.3 OpenGL 的未来	23
2.2 OpenGL 的工作方式	23

2.2.1	通用实现	24
2.2.2	硬件实现	25
2.2.3	流水线	25
2.2.4	状态机	26
2.3	小结	26
第 3 章	使用 OpenGL	27
3.1	本章主要内容	27
3.2	OpenGL 是 API, 不是语言	27
3.2.1	库和头文件	28
3.2.2	硬件加速	28
3.2.3	其他实现	29
3.3	API 的规定	29
3.3.1	数据类型	30
3.3.2	函数命名约定	31
3.4	平台无关性	32
3.4.1	使用 GLUT	32
3.4.2	设置编程环境	33
3.5	第一个程序	33
3.5.1	头文件	35
3.5.2	主体	35
3.5.3	OpenGL 图形调用	37
3.6	用 OpenGL 绘制图形	38
3.6.1	绘制矩形	41
3.6.2	窗口的缩放比例	41
3.7	应用 OpenGL 和 GLUT 制作动画	45
3.8	3D 效果	50
3.9	小结	51
3.10	参考函数	52
3.10.1	glClearColor	52
3.10.2	glFlush	52
3.10.3	glOrtho	52
3.10.4	glViewport	53
3.10.5	glRect	53
3.10.6	glutCreateWindow	54
3.10.7	glutDisplayFunc	54
3.10.8	glutInitDisplayMode	55
3.10.9	glutKeyboardFunc	55
3.10.10	glutMainLoop	56
3.10.11	glutMouseFunc	56

3.10.12	glutReshapeFunc	57
3.10.13	glutPostRedisplay	57
3.10.14	glutSolidCone, glutWireCone	58
3.10.15	glutSolidCube, glutWireCube	58
3.10.16	glutSolidDodecahedron, glutWireDodecahedron	58
3.10.17	glutSolidIcosahedron, glutWireIcosahedron	59
3.10.18	glutSolidOctahedron, glutWireOctahedron	59
3.10.19	glutSolidSphere, glutWireSphere	59
3.10.20	glutSolidTetrahedron, glutWireTetrahedron	60
3.10.21	glutSolidTorus, glutWireTorus	60
3.10.22	glutSolidTeapot, glutWireTeapot	61
3.10.23	glutSpecialFunc	61
3.10.24	glutSwapBuffers	62
3.10.25	glutTimerFunc	63
第4章 在空间中绘图：线、点和多边形		65
4.1	本章主要内容	65
4.2	在3D中画点	66
4.3	设置3D画布	66
4.4	一个3D点：顶点	68
4.5	开始绘制	69
4.6	设置点的大小	72
4.7	在3D中画线	75
4.7.1	线段的跨接和循环	76
4.7.2	用直线逼近曲线	77
4.7.3	设置线宽	79
4.7.4	点画线	81
4.8	在3D中画三角形	83
4.8.1	三角形：第一个多边形	83
4.8.2	绕法	84
4.8.3	三角条	85
4.8.4	三角扇形	86
4.9	建立实心对象	86
4.9.1	设置多边形的颜色	90
4.9.2	移除被挡住的表面	90
4.9.3	剔除：为了性能而隐藏表面	92
4.9.4	多边形模式	94
4.10	其他图元	95
4.10.1	四个边的多边形：四边形	95
4.10.2	通用多边形	96

4.10.3	填充多边形或点画修改	96
4.10.4	多边形的构造规则	101
4.10.5	剖面 and 边缘	102
4.11	小结	104
4.12	参考函数	104
4.12.1	glBegin	104
4.12.2	glCullFace	105
4.12.3	glEdgeFlag	106
4.12.4	glEnd	108
4.12.5	glFrontFace	108
4.12.6	glGetPolygonStipple	109
4.12.7	glLineStipple	110
4.12.8	glLineWidth	111
4.12.9	glPointSize	113
4.12.10	glPolygonMode	114
4.12.11	glPolygonStipple	115
4.12.12	glVertex	116
第 5 章	在空间中移动: 坐标变换	119
5.1	本章主要内容	119
5.2	本章与数学	119
5.3	了解变换	120
5.3.1	眼坐标	120
5.3.2	视图变换	122
5.3.3	模型变换	122
5.3.4	模型视图的对偶性	123
5.3.5	投影变换	124
5.3.6	视见区变换	125
5.4	矩阵	125
5.4.1	什么是矩阵	125
5.4.2	变换的流程图	126
5.4.3	模型视图矩阵	126
5.4.4	单位矩阵	129
5.4.5	矩阵堆栈	132
5.4.6	原子核示例	133
5.5	使用投影	136
5.5.1	正射投影	136
5.5.2	透视投影	137
5.5.3	一个非常前卫的示例	140
5.6	高级矩阵处理	143

5.6.1	加载矩阵	144
5.6.2	执行自己的变换	144
5.6.3	其他变换	145
5.7	小结	145
5.8	参考函数	145
5.8.1	glFrustum	145
5.8.2	glLoadIdentity	146
5.8.3	glLoadMatrix	146
5.8.4	glMatrixMode	147
5.8.5	glMultMatrix	148
5.8.6	glPopMatrix	148
5.8.7	glPushMatrix	149
5.8.8	glRotate	149
5.8.9	glScale	150
5.8.10	glTranslate	150
5.8.11	gluLookAt	151
5.8.12	gluOrtho2D	152
5.8.13	gluPerspective	152
第 6 章	颜色、光照和材质	155
6.1	本章主要内容	155
6.2	何谓颜色	156
6.2.1	光是一种光波	156
6.2.2	光是一种粒子	156
6.2.3	人的光子侦测器	157
6.2.4	计算机作为光子生成器	158
6.3	PC 机的颜色硬件	159
6.4	PC 机的显示模式	160
6.4.1	屏幕分辨率	160
6.4.2	颜色深度	160
6.5	在 OpenGL 中使用颜色	161
6.5.1	颜色立方体	161
6.5.2	设置绘图颜色	163
6.5.3	明暗处理	163
6.5.4	设置明暗处理模型	165
6.6	现实世界中的颜色	166
6.6.1	环境光	167
6.6.2	散射光	167
6.6.3	镜面光	168
6.6.4	不同光源混合	168

6.7 现实世界中的材质	169
6.7.1 材质属性	169
6.7.2 给材质加光线	169
6.7.3 计算环境光的效果	170
6.7.4 散射光和镜面光的效果	170
6.8 场景中加光线	171
6.8.1 使光源生效	171
6.8.2 设置光照模型	171
6.8.3 设置材质属性	172
6.9 使用光源	175
6.9.1 选择方法	175
6.9.2 法线矢量	176
6.9.3 指定一条法线	176
6.9.4 单位法线	178
6.9.5 找法线	179
6.9.6 设置光源	181
6.9.7 设置材质属性	183
6.9.8 指定多边形	183
6.10 光照效果	185
6.10.1 镜面光的亮斑	185
6.10.2 镜面光	185
6.10.3 镜面光反射率	186
6.10.4 镜面指数	187
6.10.5 法线的平均	188
6.11 所有效果的综合	190
6.11.1 创建聚光灯	191
6.11.2 绘制聚光灯	193
6.12 阴影	197
6.12.1 何谓阴影	198
6.12.2 压平物体的代码	198
6.12.3 一个阴影示例	200
6.13 小结	203
6.14 参考函数	204
6.14.1 glColor	204
6.14.2 glColorMask	205
6.14.3 glColorMaterial	206
6.14.4 glCullFace	207
6.14.5 glFrontFace	207
6.14.6 glGetMaterial	208
6.14.7 glGetLight	209