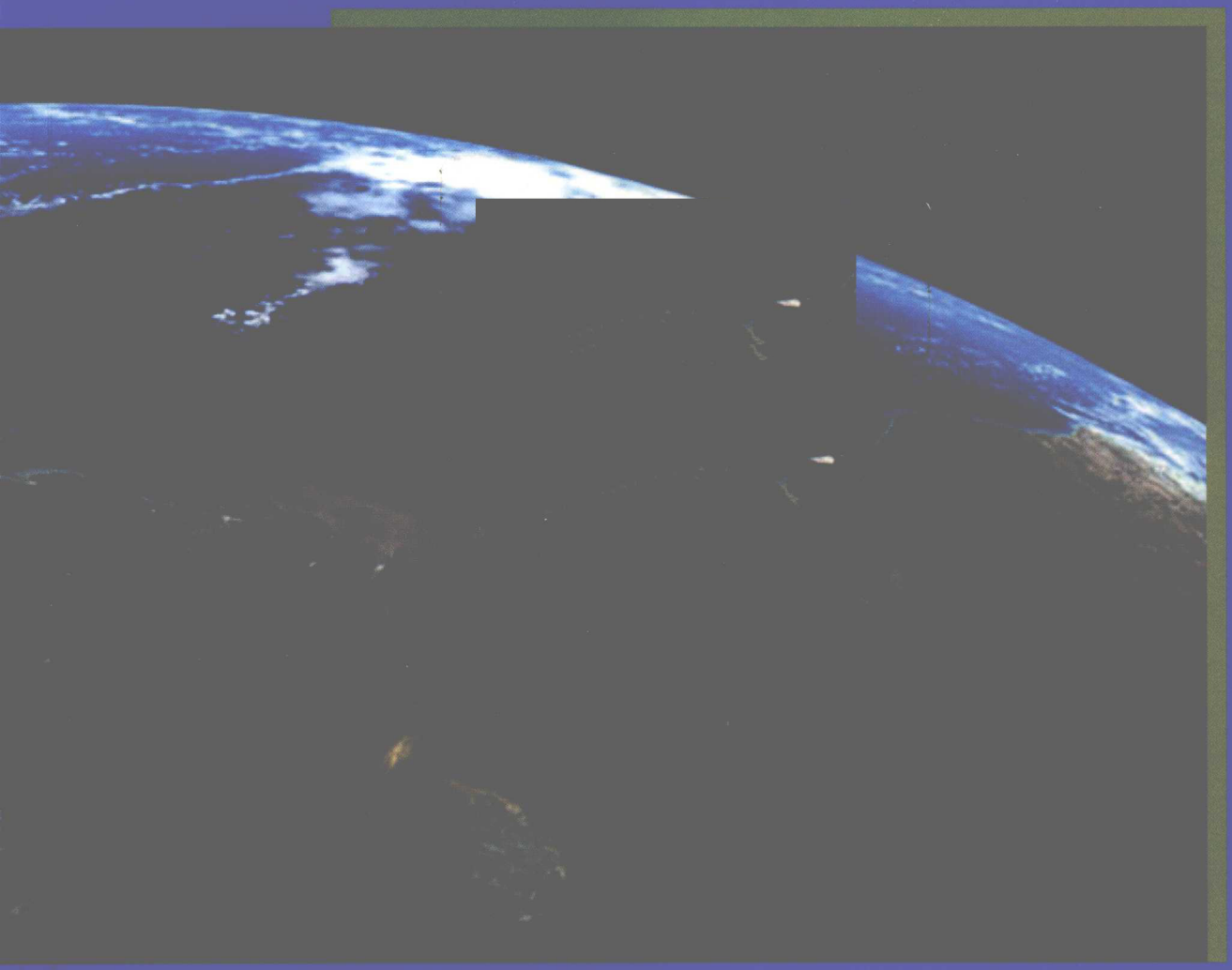
OpenGL 超级宝典

丰富 权威 实用

（第4版）*OpenGL SuperBible*

[美] Richard S. Wright, Jr. Benjamin Lipchak Nicholas Haemel 著
张琪 付飞 译



人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

OpenGL 超级宝典

（第4版）*OpenGL SuperBible*

[美] Richard S. Wright, Jr. Benjamin Lipchak Nicholas Haemel 著
张琪 付飞 译

人民邮电出版社
北京

图书在版编目（CIP）数据

OpenGL超级宝典 : 第4版 / (美) 赖特(Wright,R.S.), (美) 利普恰克 (Lipchak,B.), (美) 黑内尔 (Haemel,N.) 著 ; 张琪, 付飞译. -- 北京 : 人民邮电出版社, 2010.9
ISBN 978-7-115-23584-8

Ⅰ. ①O… Ⅱ. ①赖… ②利… ③黑… ④张… ⑤付… Ⅲ. ①图形软件，OpenGL Ⅳ. ①TP391.41

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第148944号

版 权 声 明

OpenGL 超级宝典（第 4 版）

◆ 著 [美] Richard S.Wright,Jr. Benjamin Lipchak Nicholas Haemel
译 张 琪 付 飞
责任编辑 俞 彬

◆ 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
三河市海波印务有限公司印刷

◆ 开本：787×1092 1/16
印张：46
字数：1396 千字 2010 年 9 月第 1 版
印数：1－3 000 册 2010 年 9 月河北第 1 次印刷

著作权合同登记号 图字：01-2007-5297
ISBN 978-7-115-23584-8

定价：118.00 元

读者服务热线：(010)67132705 印装质量热线：(010)67129223
反盗版热线：(010)67171154

内容提要

本书是 OpenGL 及 3D 图形编程最好的入门指南，涵盖了使用最新版本的 OpenGL 进行编程所需要的主要知识。

全书分 3 个部分，共 22 章，另有 3 个附录。第一部分包括第 1 章到第 14 章，介绍如何构建一个使用 OpenGL 的程序，如何设置 3D 渲染环境，以及如何创建基本对象和光线并对他们进行着色。然后，深入研究使用 OpenGL 和它的一些高级特性及不同的特殊效果。第二部分包括第 15 章到第 18 章，分别介绍了 OpenGL 中支持可编程硬件[特别是在 OpenGL 着色语言（GLSL）中]的新特性。第三部分是第 19 章到第 22 章，着重介绍 OpenGL 是如何支持和连接 Windows、Mac OS X、Linux 和掌上设备。附录部分给出了更多阅读建议、术语表和 API 参考介绍。

本书适合希望精通 OpenGL 以便对他们的图形编程和 3D 图形知识进行扩展的程序员阅读，也可以帮助那些经验丰富的 OpenGL 程序员学习如何移植自己的应用程序。本书既可以作为学习 OpenGL 的教材，也可以作为随时查阅的参考手册。

序

我的职业生涯是一个由众多“笨拙”的决定偶然导致正确的结果。首先，我加入了 Microsoft 的 DOS，而不是当时非常流行的 CP/M。后来，我常回忆起朋友关于 Windows 将被废弃，为 Windows 编写程序过于困难和 OS/2 才是未来发展趋势的忠告(他们的意思是，坚持为 IBM 做事是不会吃亏的)。

我猜我只是比较幸运。

还有一些其他的小错误，这些错误使我碰巧避免了在一些将要倒闭的公司出头，不过接下来我所做的真正笨拙的重要决定就是写这本书的第一版。那时我已经从解决 SQL 数据库问题中建立了一个很不错的职业生涯，并且正在向医疗保健产业的大规模企业 IT 解决方案转变。写一本关于 OpenGL 的书？我都快不知道自己在干什么了。在我第一次阅读 OpenGL 官方规范时，我就差没有对着纸袋呼吸 (一种缓解紧张情绪的方法) 了，而我的第一任合著者则因为无法忍受而退出了，这本书在完成一半以前也差点就被取消了。

这本书刚一出版，就出现了一件让我难以置信的事。Lockheed-Martin 公司的 Real3D 子公司给了我一个做“真实”OpenGL 工作的职位。我当时的老板 (保佑你，David，不管你在哪里！) 竭力试图说服我放弃当时的职业生涯。大家都知道，他坚持无论 Microsoft 做什么都会成为产业发展的方向，而 Microsoft 的 Talisman 图形平台将要埋葬 OpenGL。此外，当时关于 OpenGL 的其他图书只有一本，它能有多大的发展呢？

11 年过去了，我已经写完了这本书的第 4 版 (并且关于 OpenGL 的图书比比皆是)，还记得 Talisman 短命的大肆宣传的读者可能很少了，估计我的小型货车就能装得下。我在 IBM 认识的一位 OpenGL 工程师在她的 E-mail 签名中写道：“OpenGL 无处不在。想想看吧。”这在今天再真实不过了。

现在，OpenGL 已经是几乎所有可能平台上的行业领先的标准图形 API 了。这些平台不仅包括桌面 Windows PC 和 Mac，也包括 UNIX 工作站、基于位置的娱乐系统、大型游戏机 (只有一个例外)、手持式游戏设备、蜂窝电话和无数其他嵌入式系统，例如航空电子和汽车设备。

在各种平台上，OpenGL 在 3D 内容创建应用程序、游戏、可视化、仿真、科学建模，甚至 2D 图像和音频编辑中的霸主地位毋庸置疑。OpenGL 的广泛成功可以归功于它的简洁和使用简单，它的能力和灵活性，以及开发者和 IHV (独立硬件供应商) 们对它的强大支持。OpenGL 还可以进行扩展，以便在赋予厂商向实现添加它们自己的附加价值的同时，提供一个开放标准的所有优势。

我们可能听说过，可编程硬件是 3D 图形编程和图形 API 的未来发展趋势。可编程硬件已经不再是未来的事了，它就在现在，今天，甚至在最廉价主板的嵌入式 3D 芯片集中。在本系列书中，这一版与上一版的时间间隔最短并不是偶然的。图形技术的更新之快令人惊讶，而本版则向读者展示了目前最新的 OpenGL 版本。

我们增补了固定管线编程的内容，这部分内容在近期不会有大的改变，我们亲切地称它们为“旧约”。这些内容仍然是有关系、具有说明性的，并且是可编程硬件的“新约”部分的基础。我找到了

非常恰当的类比，我会对那些认为固定管线已经完全没用、没关系的人进行反驳。我确信，广大普通的应用程序开发者（不必是 cutting-edge 技术游戏开发者）都会同意。

这就是说，我们仍然要平衡一些内容上的负担。颜色索引模式已经被尽可能地忽略了，Windows 部分中一些旧的调板渲染素材也已被删除，并且删除了所有低级的汇编类型渲染素材，以便为更新和扩展高级渲染语言（GLSL）的内容节省空间。我们还可以看到关于掌上系统上的 OpenGL 的全新章节，彻底重写的 Mac OS X 和 Linux 部分，以及关于诸如离屏渲染和浮点纹理等高级缓冲区技术的非常棒的新内容。

某些读者还可以发现，本书的另外一项重大改变是被加入了 Addison-Wesley 的 OpenGL 系列。我已无法表达我的感激和自豪。我本人已翻烂了这个系列中每一本书至少一个版本的封面。

本书能有如此长的生命期，我想其中一个原因是与众多 OpenGL 书籍不同的独特写法。我总是尽量以一个为 3D 图形而兴奋但对书中主题知之甚少的读者的视角来进行写作。一本指南的目的就是帮助读者上手，而不是教会读者所有需要知道的东西。每位专业人士都知道，我们也不可能做到这一点。有时也确实有人批评我掩盖了太多东西，或者没有根据精确的工程精度来进行解释。不过这类批评几乎都不是来自这本书的目标读者。我们希望本书读者中的绝大多数都把本书作为学习 OpenGL 和 3D 图形的第一本书。我们也希望没有人把它当做最后一本。

好了，我确实为我的职业生涯做出了一次“聪明”的决定。在 20 世纪 80 年代早期，我还是一个在电子产品商店注视一台计算机的学生。售货员走过来停下了。我告诉他，我刚刚开始学习编程，正在考虑一台比他的型号更先进的 Amiga 牌计算机。他强烈建议我认真地考虑一台其他人都在使用的计算机。他告诉我，一台 Amiga 除了能“做好看的图片”之外没什么优势。他向我保证，没人能靠用他的计算机来做好看的图片谋生。遗憾的是，我听从了这个“聪明”的建议并在之后的十多年时间里为此懊悔不已。所幸我终于变得“笨拙”了。

至于靠“做好看的图片”谋生？想想看吧。

哦，我最近的一次“笨拙”的决定？我离开了 Windows 并转向了 Mac。时间将证明我是不是还一如既往地幸运。

——**Richard S. Wright, Jr.**

致谢

首先，我要感谢命运不知怎么将我无数看起来不好的决定促成了这么棒的结果。这包括我不顾所有“好的建议”而投身计算机图形特别是 OpenGL 领域。其次，我要感谢我的妻子 LeeAnne。我本来可能不会写这本书的第 4 版，我一开始确实决定不会写它。是我的妻子促使我进行这项工作——并且没有为了承担所有童子军集会、女童子军集会、音乐课程、学校集会、家长介绍、义卖、基金筹集、英式足球练习（是的，我没有错过任何一场比赛！）、看医生、购物、买杂货、朋友的生日聚会、各种规模和形式的社交应酬和差不多所有的圣诞节而抱怨。一壶“妈妈的魔咒”[1]让我在许多个深夜能够坚持工作。绝望吧，星巴克！我的三个聪明可爱的孩子，Sara、Stephen 和 Alex，谢谢你们允许爸爸在每次晚饭后整个晚上都躲起来——而且没有让我为了错过电影和野餐而过度伤心。

我还要感谢 Benjamin Lipchak 和 Nick Haemel ，你们是一流的合著者。这本书的长寿和你们的贡献是分不开的。我要特别感谢的是，你们都足够疯狂，可以做两次这种事！感谢 AMD/ATI 能够让他们随时帮忙，以及使用一些非常棒的示例着色器。Addison Wesley 的编辑和职员也都很棒。Debra Williams-Cauley 尤其耐心，并且创造性地开发了本书这个项目。和 Songlin Qiu 一起工作真是一件令人高兴的事，我特别感谢她在我感觉这个项目没法完成时给我的许多鼓励。Cheri Clark，感谢你让我看起来好像在中学英语课上从没有睡觉偷懒过一样！谢谢你，Lori Lyons，是你一直坚持着这些让人讨厌的期限。我对 Dave Shreiner、Paul Martz 和 Brian Collins 参与这一版的写作也感到非常自豪。Paul 和 Brian 对本书内容的审阅无疑提升了这本书的价值，超越了我过去的努力所能获得的成果。

我也非常感谢 Apple——特别是 Kent Miller 在 Mac 相关内容上所提供的帮助——以及 Apple OpenGL 关于很多解答过问题的邮件清单上的每一个人，还有只是通过搜索而得到的提示！NVIDIA 也提供了帮助，尤其感谢 Brian Harvey 和 Cass Everitt 对我的询问作出了回应，并且特别感谢 Michael Gold 和 Barthold 通过电话会议使我了解了 Windows Vista 中 OpenGL 的进展。我还要感谢 AMD/ATI 的 Robert Kennett 为我更新了 Windows 章节中的一些代码。

非常感谢 Full Sail 在以前的几年中给予我兼职教授 OpenGL 的特权。我用几个小时的时间，说我真正想说的东西，而这些听众则表现得好像乐在其中并且全神贯注。我甚至还得到了报酬。我到底是怎么做到这些超出我能力的事情的啊！

谢谢你，Rob Catto，你代替我并总是对我睁一只眼闭一只眼。Ed Womack，你是一位学者，一位绅士，你的 F-16 模型太棒了。很抱歉我用一个 OpenGL 标志损伤了它的外观，但我情不自禁地要这样做。感谢我的实验室专员 Chris Baptiste，为了你良好的态度和这么多次替我教课，让我可以完成一些其他的工作。最后，我要感谢 Software Bisque，为了这个承包人梦想的“日常工作”——制作很棒的天文学软件，以及因为每天使用 OpenGL 而得到报酬。Steve、Tom、Daniel 和 Matt，你们都太

[1] 大概是咖啡——译者注

出色了。和你们共事就是一种荣誉和特权，更不用说干得这么精彩了！

—Richard S. Wright, Jr.

首先，我要感谢我在 AMD 的同事们，你们在审阅我写作的内容时无私地付出了自己的时间并提供了忠告，而让我获得了所有的收益。你们是 OpenGL 领域的大师，我很幸运每天能和你们这些才华横溢的人们并肩工作（有时是落后很远）。特别是，我想感谢 Dan Ginsburg、Rick Hammerstone、Evan Hart（现在在 NVIDIA 工作）、Bill Licea-Kane、Glenn Ortner 和 Jeremy Sandmel（现在在 Apple 工作）。感谢技术编辑 Paul Martz 和 Brian Collins，你们毫无保留地贡献出了自己深入、广博的学识。我尤其要感谢 Richard Wright 给我在这个项目中与你再一次合作的机会。

感谢本书的编辑小组，以及 Addison-Wesley 的其他工作人员，你们将我蹩脚的原文改写得足以使我为之骄傲。你们鹰一样锐利的眼睛使我免于陷入细枝末节中，使我几百页的写作不再那么艰辛。

感谢 WPI 的 Mike Gennert、Karen Lemone、John Trimbur、Susan Vick、Matt Ward 和 Norm Wittels 等专家，你们是我每天工作的坚强后盾。我要大声感谢 GweepNet 的朋友们，你们在我被大量写作工作搞得焦头烂额时让我转移到网络游戏中。我要感谢我的整个大家庭，包括 Beth、Tim、Alicia、Matt、Jen 和 Corey，感谢你们容忍我在进行写作的那几个月里像做手术将笔记本电脑安在了身上一样。感谢爸爸妈妈，你们为我提供了顶尖的基因，并且让我在应该到外面用棍子锤打树时可以射击 TRS-80。感谢我的兄弟 Paul，你做的任何事情都很成功，为我提供了持续不断的良性竞争。感谢我的姐妹 Maggie，你让我在每次看见你时都能对我眼中的成功重新定义。你们都使我为能有你们这样的兄弟姐妹而感到骄傲。最后但同样重要的是，我要感谢我的妻子 Jessica，在我将所有精力都倾注到笔记本电脑上时，你在你的子宫中进行着科学项目的装配。现在该进行我们的项目了。

——Benjamin Lipchak

首先，我要感谢 Richard 和 Benj 给我这个与你们共同完成这本书的机会。你们太好了，对新作者也很提携。谢谢你们容忍我提出的所有可笑的问题。我还要感谢 ATI。对于想从事图形工作的人来说，这是多么鼓舞人心的地方啊！特别感谢我在 ATI 的所有朋友和导师——你们都对我大有帮助，也是宝贵的资源。你们是这个领域中最好的！

我还要感谢 Addison-Wesley 的编辑和其他工作人员。你们在整个项目中起到的重要作用令人惊讶。感谢你们为润色我们的原文和使我们保持进度所进行的所有辛苦努力。

最后但同样重要的是，我要感谢我的妻子 Anna，以及我所有的家庭成员，感谢你们容忍我在整个过程中把精力投入到这个项目上。你们通情达理，富有耐心，即使是在假日我赶着交稿时。Anna，你献身医学，你自己的出版物给了我完成这个项目的力量。谢谢你所有的支持和鼓励的话语，尽管你甚至比我还要忙。

——Nicholas Haemel

关于作者

Richard S. Wright, Jr.拥有 12 年以上的 OpenGL 使用经验，他从 OpenGL 第一次出现在 Windows 平台时就开始使用它了。他在佛罗里达州奥兰多的 Full Sail 的游戏设计学位课程（game design degree program）中教授 OpenGL 程序设计。现在，Richard 是 Starstone Software Systems, Inc.总裁。这家公司使用 OpenGL 为 PC 和 Macintosh 平台开发第三方多媒体仿真软件。

以前在 Lockheed Martin 公司的 Real 3D 子公司时，Richard 是正规的 OpenGL ARB 成员，并参与了 OpenGL 1.2 规范和一致性测试。从那时起，Richard 就开始致力于多维数据库可视化、游戏开发、医学诊断可视化和天文空间仿真。

Richard 最早是在 1978 年他上 8 年级时开始在纸质终端上学习编程的。在他 16 岁时，他的父母让他用割草得到的钱买了一台计算机而不是汽车。过了不到一年，他就卖出了他的第一个计算机程序（并且这还是一个图形程序！）。当他从高中毕业时，他的第一份工作是为当地消费教育公司教授编程和计算机文化。他在路易斯维尔大学速度科学院学习电子工程和计算机科学，并且在高年级上到一半时就完成了学业。然后他的职业生涯到了最佳时期并来到了佛罗里达州。作为一个土生土长的肯塔基州路易斯维尔人，他目前和他的妻子、三个孩子一起居住在佛罗里达州的玛丽湖。在编程和躲避飓风之外的闲暇时间里，Richard 是一名热心的业余天文爱好者和一名 Adult Sunday School 的教师。

Benjamin Lipchak 毕业于 Worcester Polytechnic Institute，获得了技术写作和计算机科学的双学位。“为什么一个拥有计算机科学学位的人想要成为一个作家？”这是在一个决定命运的早晨，Benj 在 DEC 参加一个技术写作职位面试时被问到的问题。Benj 的面试比预计的时间要长，并且那天他手握着一份在负责 DEC AlphaStation OpenGL 驱动的软件小组工作的协议离开了。

Benj 是在他开始负责一个生成 GL_ARB_fragment_program 扩展说明的工作小组时开始参加 OpenGL 体系结构评审委员会的。在担任 Khronos OpenGL 生态技术小组负责人时，他建立了 OpenGL SDK 并创建了 OpenGL 管线时事通信，目前仍为它的编辑。

Benj 现在要参加 Khronos OpenGL ES Working Group。在 DEC、Compaq 和 ATI 从事了 12 年的 OpenGL 驱动开发和开发小组管理工作之后，他开始转向更小的领域。Benj 最近成为了 AMD 的手持软件小组的管理者。虽然 API 是熟悉的，但大小和能耗带来的新挑战却大大不同。在他短暂的休闲时间里，Benj 总是试图去进行户外旅行或划船。他还经营着一家独立的唱片公司 Wachusett Records，主营钢琴独奏乐曲。

Nicholas Haemel，是 AMD Graphics Products Group 的一位开发者，也是本书第 3 版的技术审稿人，参与了本书 GLX 和 OpenGL ES 部分的写作。

前言

欢迎阅读本书第 4 版。在过去十多年的时间里，我们致力于不仅为 OpenGL，也为通用 3D 图形编程提供全世界最好的入门指南。本书既是整个 OpenGL API 的全面参考书，也是一本能够教会读者如何使用这个强大的 API 来创建绝妙的 3D 可视化、游戏和其他所有类型图形的教程。本书从基础 3D 术语和概念开始，带领读者学习基本图元装配、变换、光照、纹理，并最终带领读者学习使用 OpenGL 着色语言的可编程图形管线的完整功能。

无论读者是在 Windows、Mac OS X、Linux 还是在手持游戏设备上进行编程，本书都是开始学习 OpenGL，以及在读者特定平台上最大程度地利用它的好工具。本书中的主体是以 GLUT 或 FreeGLUT 工具箱为宿主的高度便携式 C++代码。读者还可以在本书中看到特定操作系统的章节，这些章节展示了如何将 OpenGL 写入我们的本地窗口系统。在本书中，我们自始至终努力不去假设读者有多少 3D 图形编程主题预备知识。这样就促成了这本入门的程序员和经验丰富的程序员开始学习 OpenGL 时都能接受的教程。

第 4 版有哪些更新

本书前几版的读者可能会立刻注意到，参考资料被重新整理了。现在我们不再试图将独立的函数与使用它们的章节放在一起，而是添加了附录 C，其中包含了 GL 函数的完整 OpenGL API 参考。这对这些资料来说是更加恰当和有用的组织结构。现在这些参考页也是基于官方 OpenGL 手册页的，也就是说不再会有任何不完整或遗漏的函数调用了。详细的函数入口也将更加简洁完整。

本版的 Mac OS X 和 Linux 章节被彻底重写了。有时候只进行修订是不够的，最好的方式就是从头开始。我们认为读者将会喜欢这些重写的章节，这些章节对于任何需要关于开始使用 OpenGL 和在他们的特定平台上运行的指南的读者来说都非常有用。同时，在关于平台的主题中，Windows 相关章节也进行了更新，并删除了一些过时和陈旧的主题。众所周知，关于 OpenGL 在 Windows Vista 中将被终结的广泛谣传实际上并没有发生。

我们还加入了全新的两章。在这个版本中，我们将带领读者对最新的 OpenGL ES 规范进行全面的了解。我们还提供了一章激动人心的内容，专门讲解高级 OpenGL 缓冲区使用，包括离屏渲染、浮点缓冲区和纹理，以及像素缓冲区对象。所有这些章节的内容都包括了 OpenGL 2.1 的功能，并且更多地关注当前的 OpenGL 编程技术（举例来说，第 11 章涉及几何操作，这一章就针对这个目的进行了重大的修改）。

本书的组织结构

本书共分为三部分，即旧约、新约和新约外传。每一部分都涵盖了 OpenGL 的特性——也就是固

定管线（即传统内容）、可编程硬件，以及最后的一些平台相关绑定。我们当然不会把我们微不足道的工作与任何人的神圣的文字相提并论。不过，见多识广的读者一定会看到这种比喻是多么贴切合适。

第一部分　“旧约”——经典属性

在这一部分中，读者将学到如何构建一个使用 OpenGL 的程序，如何设置 3D 渲染环境，以及如何创建基本对象和光线并对他们进行着色。然后，我们将深入研究使用 OpenGL 和它的一些高级特性及不同的特殊效果。这些章节是读者认识使用 OpenGL 进行 3D 图形编程的很好的方式，并提供了关于本书后面将讲到的更多高级功能的基础。

第 1 章　3D 图形和 OpenGL 的介绍　本章针对 3D 图形新手，介绍了基础概念和一些通用词汇。

第 2 章　使用 OpenGL　在本章中，我们向读者提供了关于 OpenGL 是什么、它从何而来以及将如何发展的应用知识。读者将编写自己的第一个使用 OpenGL 的程序，找出需要使用哪些头和库，学习如何设置环境，并发现一些通用约定如何帮助我们记住 OpenGL 函数调用。我们还会介绍 OpenGL 状态机和错误处理机制。

第 3 章　空间绘图：几何图元和缓冲区　在本章中，我们展示了 3D 图形编程的建筑块。读者可以大致明白如何让计算机来用 OpenGL 创建一个三维对象。读者也可以学到消除隐藏表面和使用模板缓冲区的方法。

第 4 章　几何变换：管线　现在我们在虚拟世界中创建三维形状，如何使它们移动？如何使自己移动？这些都是在这一章中将学习的。

第 5 章　颜色、材料和光照：基础知识　在本章中，我们将获得三维“轮廓”并赋予它们颜色。我们将学习如何在图形上应用素材效果和光线来使它们显得更真实。

第 6 章　颜色和材料的更多细节　现在我们该学习混合对象和背景来生成透明（可以看透）的对象了。我们还可以学到一些使用雾化和累积缓冲区的特殊效果。

第 7 章　OpenGL 中的图像　这一章都是关于在 OpenGL 中操作图像数据的。这些信息包括读取一个 TGA 文件并将它显示到一个 OpenGL 窗口。我们还可以学到一些强大的 OpenGL 图像处理功能。

第 8 章　纹理贴图：基础知识　纹理贴图在任何 3D 图形工具箱中都是最有用的特性之一。我们将学到如何将图像缠绕到多边形上，以及如何立即载入和形成多纹理。

第 9 章　纹理贴图：高级知识　在本章中，我们将学习如何自动生成纹理坐标，如何使用高级过滤模式，以及如何使用纹理压缩的内建硬件支持。我们还可以学习到 OpenGL 对于点精灵的支持。

第 10 章　曲线和表面　简单的三角形是一种强大的建筑块。本章我们将了解一些操作这些三角形的工具。我们将学到一些 OpenGL 的内建二次曲面表面生成函数，以及使用自动镶嵌来将复杂的形状分解成更小、更容易处理的小块的方法。我们还会探究贝塞尔和 NURBS（非均匀有理 B 样条）曲线和表面的效用函数。我们可以使用这些函数来用极少的代码创建复杂的形状。

第 11 章　这就是管线：更快的几何图形渲染　在本章中，我们介绍 OpenGL 显示列表、顶点数组和顶点缓冲区对象，它们用来改善性能并组织我们的模型。我们还将学习创建一个显示如何最佳地表现巨大的复杂模型的详细分析。

第 12 章　交互式图形　本章将解释两个 OpenGL 特性，即选择和反馈。这些函数组使得用户在场景中与对象进行交互成为可能。我们还可以获得关于场景中任何单个对象的渲染细节。

第 13 章　遮挡查询：消除不必要的工作　在本章中，我们将学习 OpenGL 遮挡查询机制。这种特性可以使我们有效地在场景中的对象上执行一个低成本测试渲染来查明它们是否将被隐藏在其他物体后面，在这种情况下我们可以通过不绘制实际的完整细节版本而节省时间。

第 14 章　深度纹理和阴影　本章涵盖了 OpenGL 的深度纹理和阴影比较。我们将学习如何将实时阴影效果引入我们的场景，无论几何复杂程度如何。

第二部分 “新约”——新的发展

在本书的第二部分中，我们将看到关于 OpenGL 中支持可编程硬件（特别是在 OpenGL 着色语言（GLSL）中）的新特性的章节。这些内容并不仅仅是呈现最新的 OpenGL 特性，它们还展示了图形编程中出现的根本性转变——一种源于旧的固定管线硬件并进行补充，但从根本上不同的转变。

第 15 章 可编程管线：这已不是旧式的 OpenGL 脱离了旧的，迎来了新的。在介绍新的可编程顶点和片段管线阶段之前，本章将再次提及传统的固定功能管线。通过着色语言实现的可编程性允许我们以从前绝不可能的方式自定义我们的渲染。

第 16 章 顶点着色：自行转换、光照和 Texgen 本章通过大量实例详细描述了顶点着色器的使用，这些实例包括光照、雾化、压缩与伸展和切换皮肤。

第 17 章 片断着色器：增强像素处理的威力 在本章中，我们将通过带有多种片段着色器的实例来进行学习。这些实例包括每像素光照、颜色变换、图像处理、凹凸贴图和程序纹理。这些实例中的一部分还使用了顶点着色器；这些实例在真实世界的使用中是具有代表性的，这里我们经常会发现顶点和片段着色器成对出现。

第 18 章 高级缓冲区 在本章中，我们讨论 OpenGL 中的一些最新和最激动人心的特性，包括离屏加速渲染、异步复制像素数据的更快捷方法和纹理与颜色缓冲区的浮点颜色数据。

第三部分 “新约外传”——扩展应用

我们应该把不属于 OpenGL 规范的材料放在哪里？新约外传！本书的第三部分也是最后一部分主要是关于各种操作系统接口如何带有和使用 OpenGL 的，而不是关于 OpenGL 本身的。这部分内容游离在“官方”OpenGL 规范之外，来了解 OpenGL 是如何支持和连接 Windows、Mac OS X、Linux 和掌上设备的。

第 19 章 Wiggle：Windows 上的 OpenGL 在本章中，我们将学习如何编写真正的使用 OpenGL 的 Windows（基于消息的）程序。我们将学习 Microsoft 的“wiggle”函数，这些函数将 OpenGL 渲染代码与 Windows 设备环境结合了起来。我们还将学习如何为清洁的、表现良好的应用程序来对 Windows 消息作出反应。是的，我们还将讨论 Windows Vista 上的 OpenGL。

第 20 章 Mac OS X 上的 OpenGL 在本章中，我们将学习如何在本地 Mac OS X 应用程序中使用 OpenGL。示例程序将为我们展示如何使用 Xcode 开发环境来开始应用 GLUT、Carbon 或 Cocoa。

第 21 章 Linux 上的 OpenGL 本章讨论 GLX，一种用于通过 UNIX 和 Linux 上的 X Window 系统来支持 OpenGL 应用程序的 OpenGL 扩展。我们将学习如何创建和管理 OpenGL 环境，以及如何创建 OpenGL 绘图区域。

第 22 章 OpenGL ES：嵌入式 OpenGL 本章完全是关于 OpenGL 如何进行精简以适应手持和嵌入式设备的。我们将了解删去了什么、新增了什么，以及如何在仿真环境下运行。

关于合作网站

这是本书首次没有搭配 CD-ROM 发行。欢迎进入 Internet 时代！我们的所有源代码都可以从我们的支持网站在线下载。

www.opengl.org/superbible

在这里可以找到所有示例程序的源代码，以及为 Developers Studio（Windows）和 Xcode（Mac OS X）所预先建立的项目。对于 Linux 用户，我们也为项目的命令行建立制作了文件。我们甚至计划公布一些教程，所以请不时地进行核对，即使是在下载完所有源代码之后。

目　录

第一部分　“旧约”——经典属性

第二部分 “新约”——新的发展