
GPU Gems 2
Programming Techniques for High-Performance Graphics and General-Purpose Computation
PEARSON
Addison Wesley
GPU精粹 2
——高性能图形芯片和通用计算编程技巧
(美) Matt Pharr 编著
龚敏敏 翻译
NVIDIA
清华大学出版社

GPU Gems 2

Programming Techniques for High-Performance Graphics and General-Purpose Computation

"《GPU 精粹2》不是为了装饰您的书架——所有试图与快速发展的可编程图形并驾齐驱的人都应该仔细阅读它。如果您是图形处理方面的资深专家，那么本书将会把您带至GPU可以达到的极限。"

——Rémi Arnaud，Sony Computer Entertainment 的图形架构师

"《GPU 精粹2》涵盖的主题对下一代游戏引擎非常重要。"

——Gary McTaggart，Valve 的软件工程师，Half-Life 和 Counter-Strike 的创始人

本书延续了畅销书《GPU 精粹》的第 1 卷，细述了在今天的图形处理器(GPU)上最新的可编程技术。随着 GPU 进入手机、手持游戏设备和游戏机领域，GPU 专业知识在今天的竞争环境中显得更为重要。实时图形程序员会发现用于建立高级的视觉特效、管理复杂场景的策略和高级图像处理技术的最新算法。读者还会学到一些新方法，把 GPU 的强大处理能力运用到其他计算密集型程序中，比如科学计算和金融。书中有 20 章专门讲述 GPGPU 编程，从基本的概念到高级技术。本书提供了一些专家撰写的最前沿的 GPU 编程技术，为读者介绍了利用 GPU 巨大功能的实用方法。

涵盖的主题：

- 几何复杂性
- 着色、光照和阴影
- 高质量渲染
- GPU 的通用计算：初级读本
- 面向图像的计算
- 模拟与数值算法

编者简介：

《GPU 精粹 2》的主编是 NVIDIA 公司的软件工程师 Matt Pharr。Matt 也是 *Physically Based Rendering: From Theory to Implementation* (Morgan Kaufmann，2004)一书的合著者之一。"GPU 精粹"系列编辑是 Randima Fernando。Randy 主编了"GPU 精粹"的第 1 卷(Addison-Wesley，2004)，而且是 *The Cg Tutorial*(Addison-Wesley，2003)的合著者，其论文"Adaptive Shadow Maps"曾发表于 SIGGRAPH2001。

本书配套光盘中提供了大量的示例和样例程序。

PEARSON Addison Wesley

本书合作站点：
http://developer.nvidia.com
http://www.awprofessional.com

NVIDIA

ISBN 978-7-302-13943-0

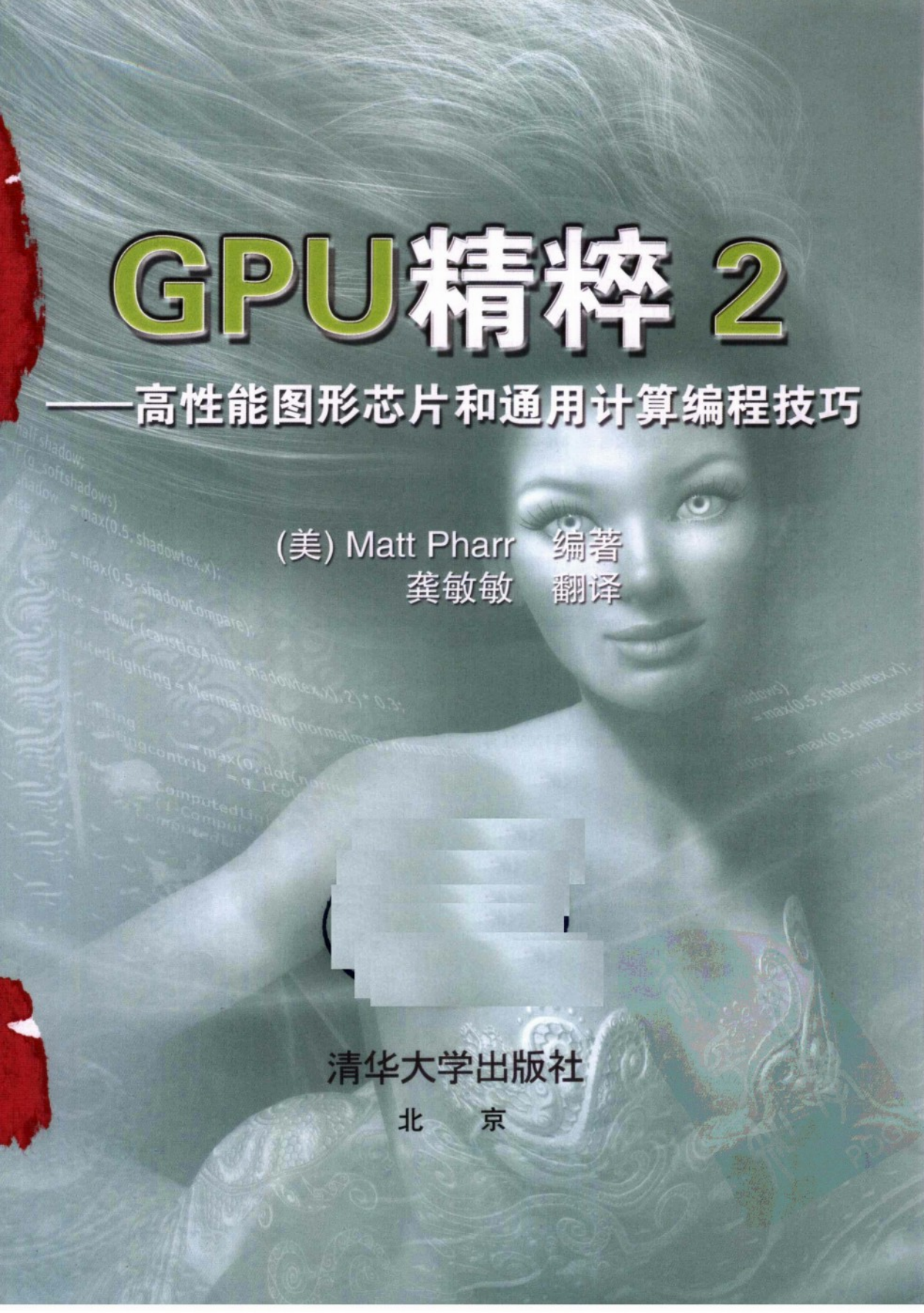
9 787302 139430 >

定价：128.00 元

GPU精粹 2

——高性能图形芯片和通用计算编程技巧

(美) Matt Pharr 编著
龚敏敏 翻译



清华大学出版社
北 京

北京市版权局著作权合同登记号 图字：01-2005-6215

图书在版编目(CIP)数据

GPU 精粹 2——高性能图形芯片和通用计算编程技巧/(美) 法尔(Pharr, M.) 编著；龚敏敏 翻译.
—北京：清华大学出版社，2007.5
书名原文：GPU Gems 2:Programming Techniques for High-Performance Graphics and General-Purpose Computation
ISBN 978-7-302-13943-0
Ⅰ.G… Ⅱ.①法… ②龚… Ⅲ.计算机图形学 Ⅳ.TP391.41

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 120371 号

责任编辑： 王 军 徐燕萍
装帧设计： 孔祥丰
责任校对： 成凤进
责任印制： 王秀菊
出版发行： 清华大学出版社
http://www.tup.com.cn
c-service@tup.tsinghua edu.cn
社 总 机： 010-62770175
投稿咨询： 010-62772015
地 址： 北京清华大学学研大厦 A 座
邮 编： 100084
邮购热线： 010-62786544
客户服务： 010-62776969
印 刷 者： 北京鑫丰华彩印有限公司
装 订 者： 北京鑫海金澳胶印有限公司
经 销： 全国新华书店
开 本： 185×260 **印 张：** 36 5 **字 数：** 888 千字
附光盘 1 张
版 次： 2007 年 5 月第 1 版 **印 次：** 2007 年 5 月第1 次印刷
定 价： 128.00 元

序

在专门用于PC图形绘制的硬件出现之前，工业上的第一个3D立体游戏用了基于CPU的软件渲染。那时，受John Carmack在Doom和Quake上的先锋程序启发，我写了第一个Unreal Engine。尽管CPU很慢，分辨率很低，但20世纪90年代中期成了图形和游戏时间上的分水岭。几乎每个月都出现新的视觉效果，其中以Quake的光照贴图和阴影与Unreal的彩色光和体雾这样的里程碑最为显著。随着固定功能3D加速器的出现，那个时代渐渐逝去了。由于缺乏驱动革新和变异的可编程性，3D游戏变得模糊了。

今天，3D图形进入了新的复兴时代，由完全可编程的GPU(Graphic Processing Units，图形处理单元)驱动，拥有了超过十年前上千倍的图形处理能力。现代的高级编程语言联合难以置信的并行计算能力，使今天的GPU引燃了革新和创造的强大爆炸，可以轻易地完成实时的模糊阴影、精确的照明模型和真实的材质影响。但是可编程性最重要的好处是，只要可以找到一个算法来表达您的想法，就能用GPU完成一切工作。本书示范了很多这样由想法变成的算法。

下面看一下当今的图形程序员所拥有的资源。首先，您可以访问一个执行可编程着色算法的GPU，每秒可以进行几百亿次浮点运算，它是您的工具。如果您可以把问题移入像素和顶点的范畴内，就可以利用GPU的强大功能。其次，您有一个CPU，是系统的通用计算引擎。CPU发送指令给图形处理单元、管理资源，并与外部世界交互。最后，您有美工的内容——纹理贴图、网格和其他多媒体数据，GPU可以在渲染过程中组合、过滤和程序化地修改它们。

本书中的精华在于把这些资源以新的方式用于渲染真实感场景、处理图像和产生特效。这么做，许多原来的图形规则可能被打破了。GPU快而灵活，使用户可能多次渲染一个给定的对象，把场景分解成它的组件——灯光、阴影、反射和后期处理效果等。也可以用GPU完成非图形任务，如碰撞检测、物理和数值计算；在纹理贴图中可以编码着色程序用的任意数据，如向量、位置或查找表。虽然具有真实感的效果已经在GPU上实现，但它不是唯一选择：还有非真实渲染技术，如卡通着色，夸张的运动模糊和光扩散(bloom)，以及在好莱坞产品中时常见到的其他效果。

在我写Unreal最初的软件渲染器7年之后，我的公司开始开发一种新的游戏引擎——Unreal Engine 3。它是针对今天的现代GPU能力设计的。它拥有难以置信的功能！以前需要建立300个多边形的带有静态光和纹理贴图的场景，现在则可以把带有真实感材质特效的动态逐像素光照和阴影组合进有上百万个多边形的场景。我们已经体会到了程序员和美工可以获得的能力和灵活性的爆炸性增长。但是，当很多东西已经在图形的发展中改变时，一些事实仍然保持不变：图形需要工程学、艺术性和发明的独特组合，任何一个都是无可

取代的；随着硬件性能指数般地增加，创新正以难以置信的速度发展，并且图形编程充满极大乐趣！

在本书中，您将学到很多新知识，并提高洞察力，还会了解很多简单整洁的想法，它们都可以轻易地在今天的图形硬件上应用。但是这里提供的技术只是您冒险旅途的一个出发点——真正的乐趣和机遇在于，发现新的方法来定制和组合这些精华，并且发明出新东西。

Tim Sweeney

Epic Games 的创办人和技术指导

截图来自 Unreal Engine 3 的技术演示，http://www.unrealtechnology.com

前　言

“GPU 精粹”的第 1 卷构思于 2003 年春季，即在第一代完全可编程的 GPU 出现不久之后。结果，书在一年之内就发行了，而且很快变成了一本畅销书，书中提供了一些最佳想法，让您可以尽可能地利用最新的可编程图形硬件。

GPU 编程是一个变化快速的领域，而且写续篇的时机已经成熟。自从出现可编程图形处理器以来，它们以难以置信的速度变得更快更灵活。早期的可编程 GPU 只在顶点级支持可编程，而今天复杂的逐像素程序已经很常见了。一年前，实时 GPU 程序的长度经常是几十条指令，而今年的 GPU 可以处理有上百条指令的复杂程序，并仍可以以交互的速率渲染。可编程的图形甚至已经超越了 PC 并快速地扩展到控制台、手持式游戏设备和移动电话。

直到最近，关注性能的开发者可能仍在考虑用汇编语言编写 GPU 程序。然而，现在高级 GPU 编程语言已经普及，开发者为 GPU 编写汇编程序而烦恼已经极其罕见了，这要感谢编译器的进步和 GPU 能力的快速提高。作为对比的是，游戏开发者从使用 CPU 汇编语言发展到用高级语言写游戏花费了多年时间。

这种快速的变化自然使“精粹”风格的书适合于汇集这种尖端技术，并把它扩散到开发者论坛。通过公认专家编写的特色章节，本书提供了该领域中众多最令人兴奋的新思路。

图形硬件和编程环境的革新已经在该如何使用可编程性方面激发了进一步的革新。虽然可编程着色一直是离线软件渲染的主要产品，但在 GPU 上，可编程性的出现导致了用于可编程着色的各种新技术的发明，现在的发展远远地超过了程序化模式生成和纹理合成，GPU 上着色器尖端技术的使用正在快速进入全新的领域，这引领了动画、光照和粒子系统等方面新技术的发展。

GPU 的灵活性和速度已经培养了对“在 GPU 上做超越计算机图形的计算”的浓厚兴趣：在 GPU 上的通用计算(或 GPGPU)。“GPU 精粹”系列中的本书用了大量篇幅讲解这个新主题，包括 GPGPU 编程技术的简介、若干代表性的应用和关键算法的深入讨论。随着 GPU 性能的增长继续强于 CPU 的增长，对越来越多的程序员来说，这些主题将会越来越重要，因为 GPU 将对很多计算密集型应用提供更好的结果。

基于这种背景，我们为参与《GPU 精粹 2》发出一个公开号召。而得到的回应是压倒性的：在开放提交的短时间内就收到了 150 多章的提议，包括关于 GPU 编程的各个主题。本书只能包含其中的 1/3；许多优秀的提议无法被包括进来纯粹是因为篇幅所限。编辑们很艰难地把那些内容削减成本书的 48 章。我们感谢提交了提议的每个人。

本书中的内容都通过了一系列严格的复审过程，本书的编辑、各章的作者以及在某些情况下来自 NVIDIA 的其他书评人都仔细地读过这些内容并给出了改进或修改建议。由于书评人为本书提供了高质量的反馈，因此最终内容的质量有了显著地改进。我们感谢所有的书评人，他们为本书的编撰付出了大量时间和努力。

读者对象

我们希望读者熟悉计算机图形学和 GPU 编程的基础，包括图形 API，如 Direct3D 和 OpenGL，以及 GPU 语言，如 HLSL，GLSL 和 Cg。对 GPGPU 编程感兴趣的读者可能发现对并行编程的概念有一些基本了解是有帮助的。

游戏、可视化应用程序和其他交互式应用程序的开发者，以及计算机图形学的研究者，将会发现本书是一个无价的日常资源。尤其是下一代控制台的开发者将会发现很多及时和可用的内容。

范例

本书附有 CD-ROM，内容包含书中所描述技术的代码示例、视频和其他示范。这张 CD-ROM 是对书中想法的有价值的补充。在很多情况下，由作者提供的可实践范例将会提供更多的启迪。您可以在本书的网站 http:// developer.nvidia.com/GPUGems2/找到样章、更新的 CD-ROM 内容和补充材料等。

致谢

本书融入了许多人的巨量工作。首先，撰稿人在很短的时间内写了很多很好的章节。他们的努力已经成为有价值的、及时的且能启发思维的合集。

部分编辑 Kevin Bjorke，Cem Cebenoyan，Simon Green，Mark Harris，Craig Kolb 和 Matthias Wloka——在本书上花费了很多时间，他们与作者一起修改、润色章节，直到它们变得出色为止，和作者商议最好的 GPU 编程实践，并且友善地提醒他们截止期限。没有这些编辑们的专注和奉献，我们现在仍然处于提交的提议状态。Chris Seitz 也细心地关注有关本书编撰过程中的许多法律、后勤和商业问题。

NVIDIA 公司的其他人也是本书的贡献者。我们在此感谢 Spender Yuen，他耐心地在书的图片和封面上做了令人惊奇的工作。当插图的数量超过 150 幅后，Helen Ho 也来帮忙了。我们感谢 Caroline Lie 和她的团队，他们持续不断地支持我们的项目。同样地，在我们进行项目开发时，Teresa Saffaie 和 Catherine Kilkenny 总是乐意帮着我们审稿。Jim Black 协调开发者和撰稿者之间的通信，包括 Tim Sweeney，感谢他为本书撰写了这么精彩的序言。

Addison-Wesley 的 Peter Gordon，Julie Nahil 和 Kim Boedigheimer 监管了这个项目，并帮助督促生产流水线，我们才可以尽可能及时地发行本书。Christopher Keane 的审稿技巧和 Jules Keane 的协助不可估量地改善了内容，最后完成的时候，Curt Johnson 为本书的上市提供了帮助。

NVIDIA 管理团队一些成员的支持对本项目的成功是功不可没的。Mark Daly 和 Dan Vivoli 发现了为“GPU 精粹”系列增加第 2 卷的价值并始终支持本书。Nick Triantos 给了 Matt 时间为这个项目工作并在若干 GPGPU 章节上给予了反馈。Jonah Alben 和 Tony Tamasi 对关于 GeForce 6 系列架构的章节提供了深刻见解和有价值的反馈。我们真诚地感谢 Jen-Hsun Huang，他建立了这个项目，构建出创新的、具有挑战性的和深谋远虑的环境，使 NVIDIA 公司成为一个如此令人愉快的工作地点。

最后，我们感谢 NVIDIA 公司的所有的同事，感谢他们一天天推进计算机图形学的发展，他们的努力使这一项目成为可能。

Matt Pharr，NVIDIA 公司

Randima (Randy) Fernando，NVIDIA 公司

目　录

第Ⅰ部分　几何复杂性

第III部分　高质量渲染