

深入解析游戏图形设计技术

完全突破Direct3D编程瓶颈

精通

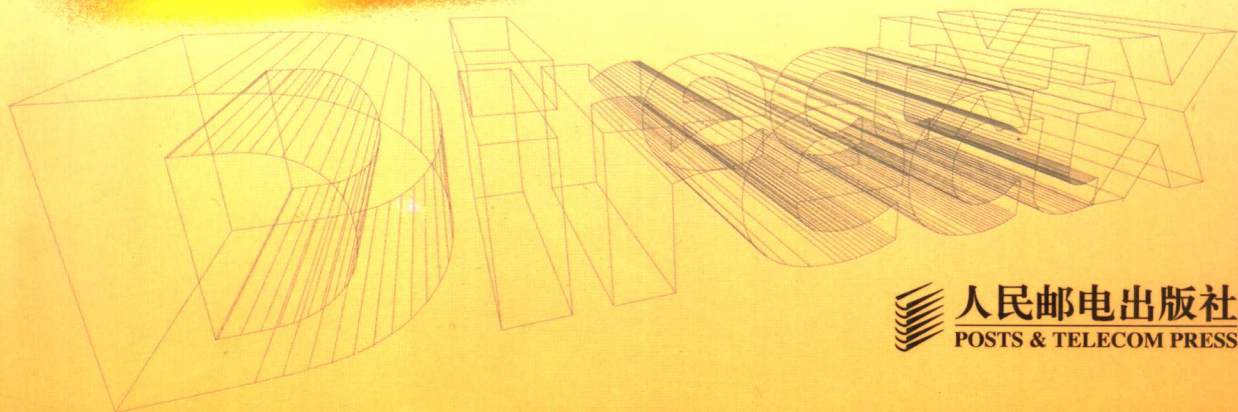
DirectX 3D

图形与动画程序设计



■ 王德才 杨关胜 孙玉萍 / 编著

- 全面系统的Direct3D编程技术
- 丰富的三维图形功能实例
- 精彩的3D综合开发案例
- 最新的GPU Shader渲染技术



 人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

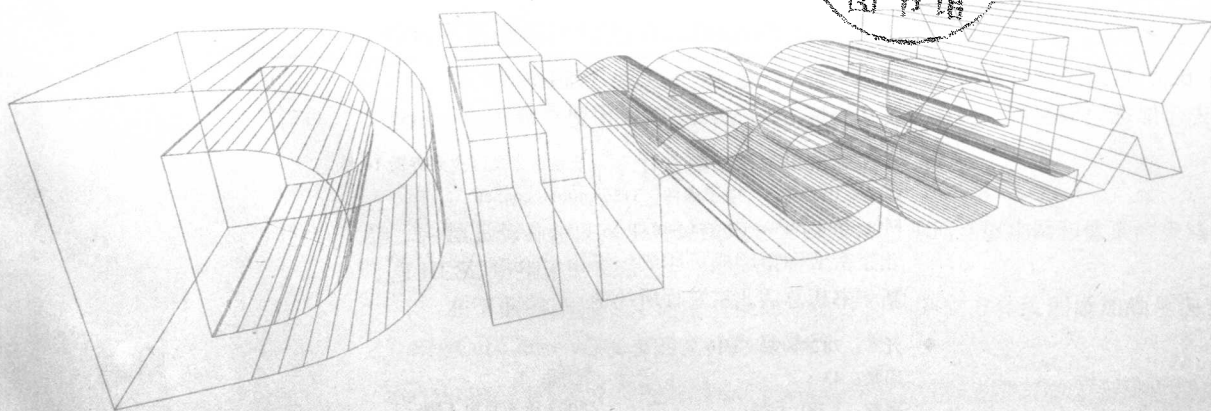
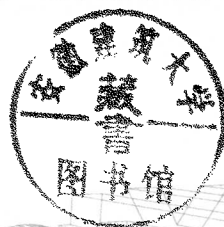
深入解析游戏图形设计技术 完全突破Direct3D编程瓶颈

精通

DirectX 3D

图形与动画程序设计

■ 王德才 杨关胜 孙玉萍 / 编著



人民邮电出版社

北京

图书在版编目 (CIP) 数据

精通 DirectX 3D 图形与动画程序设计 / 王德才等编著. —北京: 人民邮电出版社, 2007.5
ISBN 978-7-115-15971-7

I. 精... II. 王... III. 多媒体—软件工具, DirectX 3D IV. TP311.56

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 036981 号

内 容 提 要

本书系统全面地介绍了 Direct3D 三维图形程序设计的相关内容。全书共分5个部分。第一部分介绍了 Direct3D 程序设计基础, 包括三维坐标变换、光照处理、纹理贴图、雾化效果、文件模型、文本和字体等内容。第二部分介绍了 Direct3D 程序设计的相关高级技术, 包括多层纹理映射、纹理坐标自动生成与变换、环境映射、凹凸纹理映射、立体纹理、纹理压缩、.X 文件格式分析、网格模型优化、层次细节网格模型、增强网格模型、蒙皮骨骼动画网格模型以及粒子系统等。第三部分介绍了 Direct3D GPU 编程 (即可编程流水线), 包括 HLSL 渲染语言、HLSL 顶点渲染、HLSL 像素渲染、Effect 及其高级应用、ASM 顶点渲染、ASM 像素渲染。第四部分介绍了三维图形程序设计领域目前流行的许多实用技术, 包括广告板技术、纹理动画技术、自然现象模拟、三维地形模拟、海浪效果模拟、柔性物体模拟、凹凸纹理应用、短毛发模拟以及体积雾等。第五部分是附录, 包括学习 Direct3D 之前所必须掌握的基础知识和 DirectX SDK 提供的各种工具的简要说明。

本书配套光盘提供了书中所有示例程序的可执行文件、工程文件和完整源代码, 以方便读者编译、调试示例程序。

本书主要面向对 Direct3D 三维图形程序设计感兴趣的编程人员、游戏开发人员以及可视化仿真工程技术人员, 也可作为高等院校相关专业和培训机构的 Direct3D 程序设计用书。

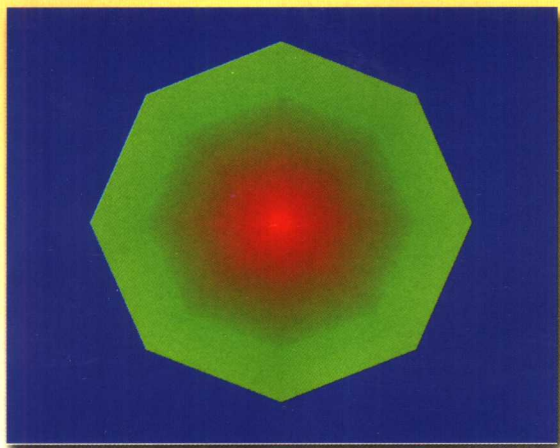
精通 DirectX 3D 图形与动画程序设计

- ◆ 编 著 王德才 杨关胜 孙玉萍
责任编辑 张 涛
- ◆ 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: 43 彩插: 2
字数: 1 281 千字 2007 年 5 月第 1 版
印数: 1~4 000 册 2007 年 5 月北京第 1 次印刷

ISBN 978-7-115-15971-7/TP

定价: 78.00 元 (附光盘)

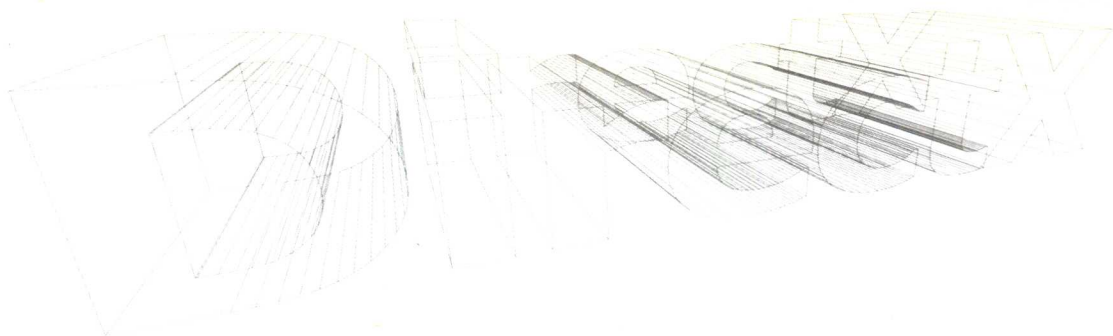
读者服务热线: (010)67132692 印装质量热线: (010)67129223



使用索引缓冲区绘制多边形

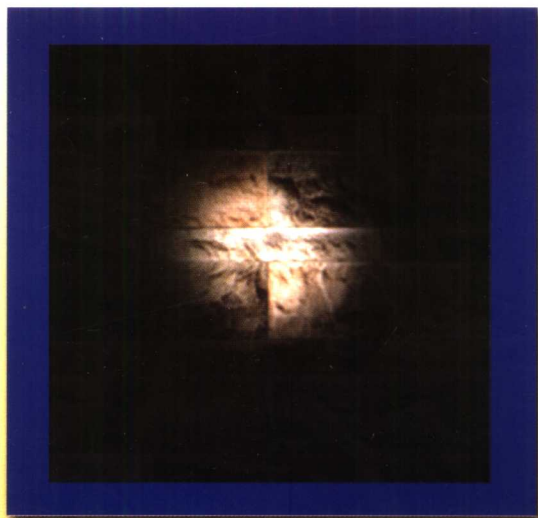


Alpha混合效果



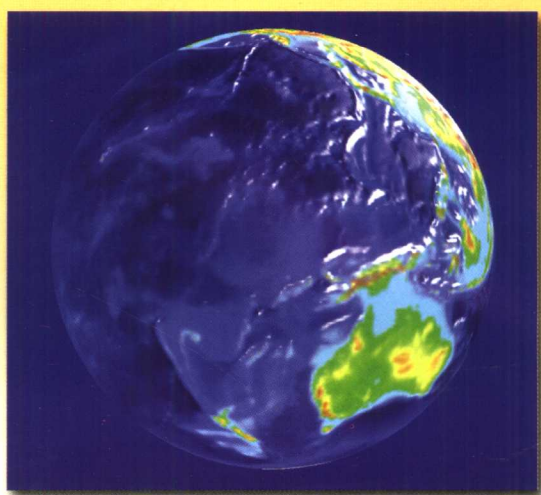
雾化效果

通过纹理映射实现的逐像素光照效果

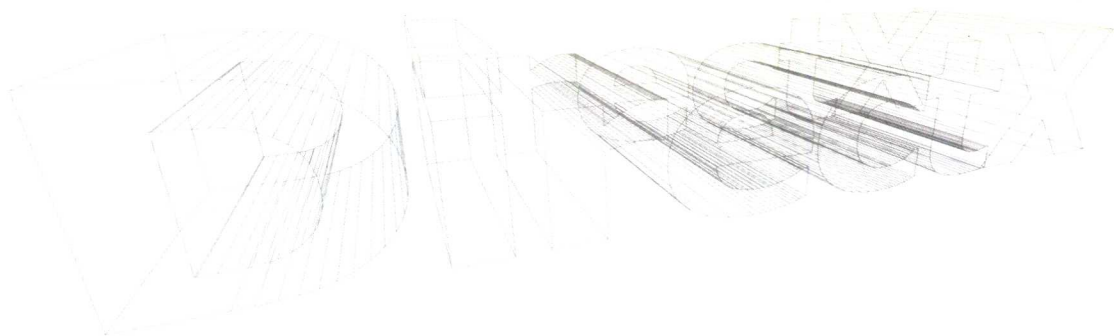




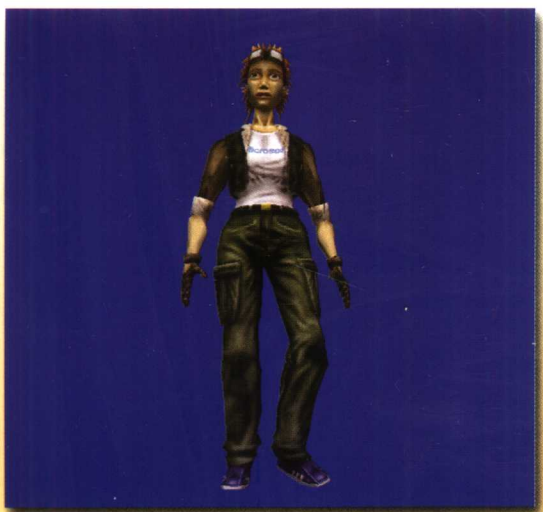
球形环境映射



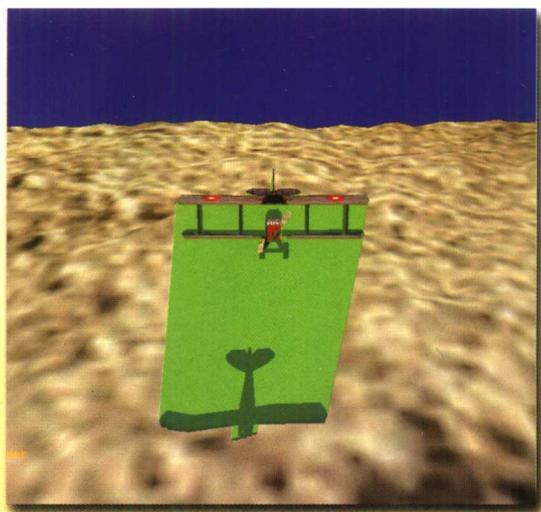
凹凸纹理映射



蒙皮骨骼动画



实时阴影效果

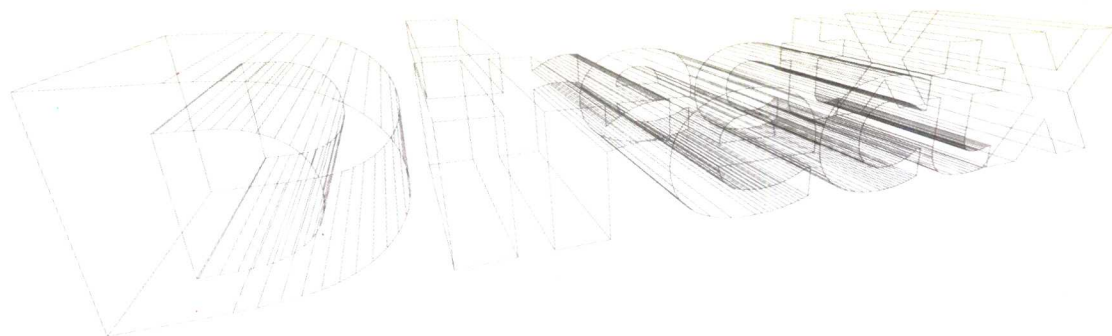




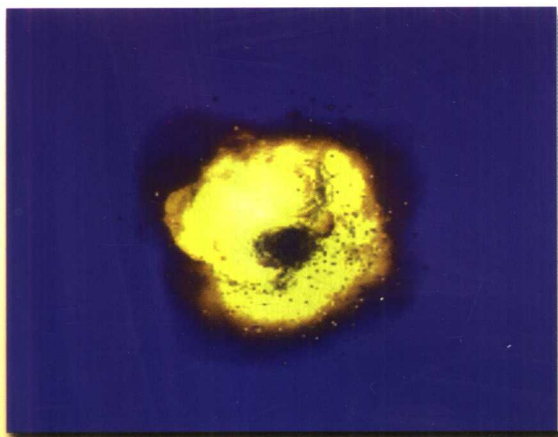
具有折射效果的立方体环境映射



广告板技术



爆炸效果



下雪效果

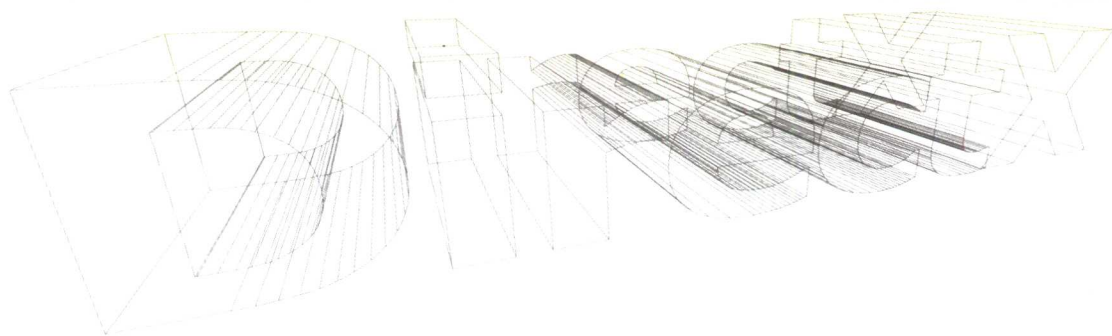




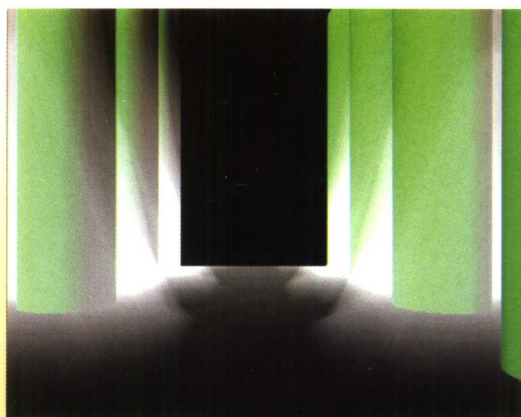
运动模糊效果



柔性物体模拟



水波效果



体积雾效果

主 编：王德才

编 委：杨关胜 孙玉萍 唐业军

吴明飞 张安慧 张良华

胡 强 廖晓璟 刘晓明

杨 冉 余华鸿 王银莲

光盘使用说明

为了方便读者学习和测试本书示例程序,本书附带了一张光盘,提供了本书中所有示例程序的源代码及相关内容,下面简要介绍光盘的使用方法。

1. 光盘运行环境

硬件环境:CPU 的主频在 500MHz 以上、内存 256MB 以上,最好配置有 3D 显卡。

软件环境:操作系统为 Windows XP/Windows Server 2003/Windows Vista RC1,集成开发环境为 Visual Studio.NET 2003、DirectX SDK(2006 August)。DirectX SDK(2006 August)的下载网址为:
<http://www.microsoft.com/downloads/details.aspx?familyid=C72D9F1E-53F3-4747-8490-6801D8E8B4EF&displaylang=en>。

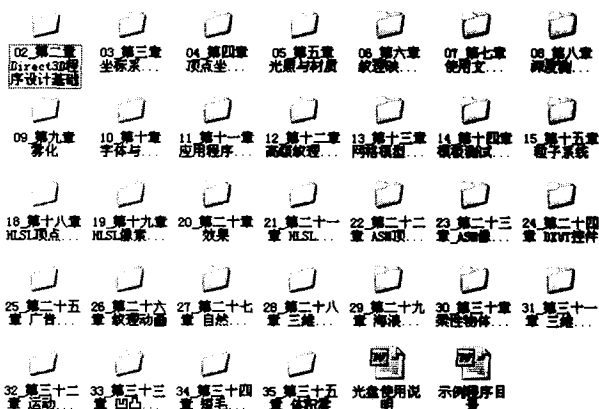
2. 光盘内容及目录组织

在本书的附带光盘中,包含所有示例程序的完整内容(工程文件、源代码文件、可执行文件以及运行效果图片文件等)、示例程序目录和简要说明文件。光盘根目录如图 1 所示。在光盘中,将各章的示例程序分别保存相应的目录下,各示例程序相对独立,可以独立编译、调试和运行。

3. 光盘使用方法

首先安装 DirectX 运行时文件(DirectX 运行时文件下载网址: <http://www.microsoft.com/downloads/details.aspx?familyid=4B1F5D0C-5E44-4864-93CD-464EF59DA050&displaylang=en>),然后就可以直接运行光盘中具体示例程序目录下的可执行文件,查看运行效果。如果编译、调试示例程序,则需要先安装 Visual

Studio.NET 2003 和 DirectX SDK(2006 August),然后将示例程序复制到硬盘上,并去掉文件的只读属性。



前 言

当多年前因工作需要第一次接触 Direct3D 时, 由于没有找到一本合适的介绍 Direct3D 程序设计的书籍, 而不得不去看那些不是很适合初学者入门的英文帮助文档, 不得不去研究那些 DirectX SDK 自带的异常复杂的示例程序, 在那时笔者就萌发了编写一本专门讲解 Direct3D 程序设计书籍的念头, 希望能对那些对 Direct3D 程序设计感兴趣, 或者因为需要而去学习 Direct3D 的同行们有所帮助。

游戏编程是目前程序设计领域最活跃的领域之一, 特别是三维游戏程序设计, 而 Direct3D 是三维游戏程序设计的首选工具。随着游戏产业的蓬勃发展, 市面上有关游戏设计方面的书籍也逐渐增多, 但是这些图书大多数都是从国外翻译过来的, 而且在内容上偏重游戏设计理论, 对 Direct3D 编程最多只是简单介绍一下。目前国内市场上专门介绍 Direct3D 程序设计的书籍并不多, 特别是缺乏系统全面地讲解 Direct3D 程序设计的书籍。而且未来 Direct3D 的应用也不会仅仅局限在游戏设计领域, Direct3D 三维图形程序设计也不应是少数游戏程序员的专利, 随着 Direct3D 的不断发展, 特别是将 Direct3D 集成进 .NET 之后, Direct3D 必将会应用于更多的领域, 例如可视化仿真、虚拟现实等。

笔者作为一名程序设计人员, 正如前面所说, 深深体会到了学习 Direct3D 程序设计的艰辛和难点所在, 所以本书在写作过程中, 有意突出以下特点:

1. **入门容易。**许多读者往往怀着美好的向往学习 Direct3D, 但常常会经受许多挫折, 意志坚强的话也许能挺过来, 但会缺乏发展潜力, 意志不坚强的话, 很有可能就此放弃了。这主要是因为 Direct3D 本身有许多初学者不易掌握的专业术语, 需要的基础知识较多, 而且初学者往往会忽略对编程环境的设置, 造成程序通不过编译等问题。为此笔者尽量从程序开发者的角度撰写本书内容, 对涉及到的专业术语给出详细说明, 对比较难理解和容易产生误解的地方进行特别提示。对学习 Direct3D 所需的基础知识, 进行了精选、整理, 并在附录中给出, 这样读者可以根据自己具体情况有选择地阅读, 以最快的速度掌握所必需的基础知识。本书还对编程环境设置进行了详细说明, 对最初几个示例程序进行了详细讲解, 使读者能够顺利编写出自己的 Direct3D 程序, 从而逐渐增加学习的兴趣和信心。

2. **系统、全面。**系统性突出表现在本书内容的组织上, 笔者在本书整体架构设计上狠下了一番功夫, 尽量使本书层次清晰, 从而引导读者逐步深入学习。在保证本书整体结构合理的前提下, 本书尽量全面地介绍 Direct3D 的相关内容, 对一些相对独立但又比较重要的技术, 都以实例介绍的方式进行补充。

3. **注重与实例结合。**对于每部分具体内容, 笔者都精心设计了相应的示例程序, 一方面可以帮助读者加深理解, 另一方面也可以逐步培养读者的程序设计能力。

4. **突出 GPU 编程。**GPU 编程(在 Direct3D 中称为可编程流水线,也称为 Shader 编程)是 Direct3D 程序设计中相对复杂但也是很精彩的部分,目前许多游戏的核心部分都是利用 GPU 编程实现的,但是一般书籍中对此或者避而不谈,或者只是简要介绍一下,对此读者根本不可能领会到 GPU 编程真正的强大功能和奥妙所在。在本书中笔者将 GPU 编程作为单独的一部分,进行专门细致的讲解,并配以丰富的示例,使读者对 GPU 编程能够有更深入的理解,从而达到可以灵活运用的程度。

5. **实用性。**作为一本专门介绍 Direct3D 程序设计的书籍,实用性怎么强调都是不为过的。除了在介绍每个具体内容时都给出了示例程序外,在本书的第四部分,笔者专门精选了一批典型的实用示例程序,从分析、设计到具体实现,对每个示例程序都进行了详细讲解。不仅可以逐步培养读者解决实际问题的能力,还可以拓展读者的思路,使读者体会到 Direct3D 的强大功能。并且在配套光盘中给出了所有示例程序的源代码。

本书共分 5 个部分。**第一部分是基础篇**,共 10 章,该部分首先从初学者必需掌握的基础知识入手,将 Direct3D 丰富的基础内容逐步展开,循序渐进,该部分写得比较详细,目的是尽量降低初学者的入门难度,涉及的内容都是 Direct3D 的基础知识,也是后续学习的基础。**第二部分是高级技术篇**,共 5 章,该部分介绍有关 Direct3D 的高级编程技术,包括 Direct3D 程序框架、高级纹理应用、网格模型高级技术、模板缓冲区技术、粒子系统等。**第三部分是 GPU 编程篇**,共 8 章,该部分首先对 Direct3D 可编程流水线的概念、作用和本质进行了深入探讨,在此基础上讲解了可编程流水线的具体技术细节,具体内容包括可编程流水线概述、高级渲染语言(HLSL)基础、HLSL 顶点渲染、HLSL 像素渲染、效果(Effect)、ASM 顶点渲染、ASM 像素渲染。**第四部分是实用技术篇**,共 12 章,该部分介绍了三维图形程序设计领域的许多实用技术,并分别给出了相应的演示程序,包括广告板技术、纹理动画技术、自然现象模拟技术、三维地形模拟技术、海浪效果模拟技术、柔性物体模拟技术、水下和水波效果模拟技术、短毛发绘制技术以及体积雾效果模拟技术等。**第五部分是附录**,该部分提供了学习 Direct3D 之前所必须掌握的基础知识,包括 C++简介、Win32 API 基础知识、组建对象模型(COM)、计算机图形学基础知识和数学基础知识以及 DirectX SDK 提供的有关辅助工具介绍。

本书主要由王德才、杨关胜、唐业军、孙玉萍和吴明飞编写。张安慧、张良华、廖晓璟、胡强、刘晓明、杨冉、姜晓佳、周晓敏、刘晓丽、刘渊、杨宁、崔欣、姜少孟、王银莲、余华鸿等也参加了部分章节的编写以及资料整理、图形绘制、校对等工作。在本书的编写过程中,参考了许多学术文章和专著,在此一并表示感谢。

衷心希望本书能够对学习 Direct3D 三维图形程序设计的同行们有所帮助,对 Direct3D 程序设计的普及有所贡献,如果本书的出版能够达到这样一个目标,那么也就实现了笔者的心愿,也是对作者最大的回报和鼓励。

由于作者水平有限,书中难免有不妥和错误之处,敬请批评指正。如果对本书有任何意见、建议,或对 Direct3D 有任何心得或遇到任何问题,欢迎随时和作者相互交流, E-mail: wangdecaimaolei@126.com 或 zhangtao@ptpress.com.cn。

作 者
2007 年 3 月

示例程序目录及简要说明

第 2 章 Direct3D 程序设计基础

CreateDevice

演示 Direct3D 程序的基本框架，以及如何创建 Direct3D 对象和 Direct3D 设备对象。

第 3 章 坐标系与基本图元

1. VertexBuffer

演示使用顶点缓冲区对象绘制基本图元。

2. BasicPrimitive

演示 Direct3D 中 6 种基本图元的绘制。通过单击键盘上的“1”~“6”数字键可以在各图元类型之间进行切换。

3. IndexBuffer

演示使用顶点缓冲区和索引缓冲区绘制基本图元。

4. RenderState

演示顶点着色模式和图形填充方式两个基本渲染状态对图形显示的影响。通过单击鼠标左键在两个着色模式之间进行切换，单击鼠标右键在 3 种图形填充模式之间进行切换。

5. AntiAlisa

演示通过多重采样实现图形反锯齿效果。程序运行时通过单击鼠标左键可以在启用和禁用图形反锯齿效果之间进行切换。

6. FullScreen

演示全屏显示模式 Direct3D 程序的开发，主要是创建全屏显示模式的 Direct3D 设备。因为程序运行在全屏模式下，所以不能像运行在窗口模式下那样，通过单击标题栏上的“关闭”按钮来关闭程序，可以通过单击键盘上的“Esc”键退出程序，也可以通过按下“Alt+F4”键退出程序。

第 4 章 顶点坐标变换

Transfrom

演示三维坐标变换、视区变换，以及简单动画的实现。

第 5 章 光照与材质

1. SimpleLighting

演示灯光的使用。

2. Multilights

演示同时使用多个光源的效果。一共使用 3 个光源，分别是漫反射方向光光源、漫反射点光源、镜面反射方向光光源。默认情况下，3 个光源全部关闭，按下数字键“1”，启用 1 号光源；按下数字键“2”，启用 2 号光源；按下数字键“3”，启用 3 号光源；按下数字键“4”，3 个光源全部启用；按下数字键“0”，3 个光源全部关闭。



第6章 纹理映射基础

1. TextureBase

演示使用纹理贴图的基本步骤。

2. TexFilterMode

演示最近点采样和线性纹理过滤方式。在程序运行时，单击键盘上的数字键“1”，使用最近点采样纹理过滤方式，单击键盘上的数字键“2”，则使用线性纹理过滤。

3. MipTexture

演示如何创建和使用多级渐进纹理。程序运行时，单击键盘上的数字键“1”，则使用多级渐进纹理，单击数字键“2”，则使用单级别纹理。通过按下“↓”键和“↑”键可以放大和缩小显示的图形，从而可以仔细观察图像的变化，看到多级渐进纹理的效果。

4. TexAddressMode

演示不同纹理寻址模式的效果。程序运行时，单击键盘上的数字键“1”，使用重叠纹理寻址模式，单击键盘上的数字键“2”，使用镜像纹理寻址模式，单击键盘上的数字键“3”，使用夹取纹理寻址模式，单击键盘上的数字键“4”，使用边框颜色纹理寻址模式。

5. TexRenderState

演示纹理阶段混合状态的使用。

第7章 使用文件模型

1. Mesh

演示.X文件模型的使用，包括从.X文件中加载模型生成网格模型对象，渲染网格模型。

2. StateControlUseMatrix

演示使用矩阵旋转网格模型。程序运行时按下“D”和“A”键，可以使飞机模型绕自身z轴旋转；按下“S”和“W”键，可以使飞机模型绕x轴旋转；按下“Q”和“E”键，可以使飞机模型绕自身y轴旋转；按下“F”和“V”键，可以使飞机模型向前和向后运动。

3. StateControlUseQua

演示使用四元数旋转网格模型。程序运行时按下“D”和“A”键，可以使飞机模型绕自身z轴旋转；按下“S”和“W”键，可以使飞机模型绕x轴旋转；按下“Q”和“E”键，可以使飞机模型绕自身y轴旋转；按下“F”和“V”键，可以使飞机模型向前和向后运动。

第8章 深度测试与Alpha混合

1. ZTest

演示深度测试的使用。程序运行时按下数字键“1”启用深度测试，按下数字键“0”，则禁用深度测试。

2. AlphaBlend

演示使用Alpha混合实现半透明效果。程序运行时按下数字键“1”，启用Alpha混合，按下数字键“0”，则禁用Alpha混合。

3. VertexAlpha

演示直接为顶点颜色设置Alpha值。程序运行时按下数字键“1”，启用Alpha混合，按下数字键“0”，则禁用Alpha混合。

4. TextureAlpha

演示通过纹理混合获取Alpha值。程序运行时按下数字键“1”，启用Alpha混合，按下数字键“0”，则禁用Alpha混合。

5. AlphaTest

演示Alpha测试的使用。程序运行时按下数字键“1”，启用Alpha测试，按下数字键“0”，则禁用Alpha测试。

第9章 雾化

1. VertexFog

演示顶点雾化效果。程序运行时按下数字键“1”，启用线性雾化，按下数字键“2”，启用指数雾化，按下数字键“3”，启用双指数雾化，按下数字键“0”，禁用雾化效果。

2. PixelFog

演示像素雾化效果。程序运行时按下数字键“1”，启用线性雾化，按下数字键“2”，启用指数雾化，按下数字键“3”，启用双指数雾化，按下数字键“0”，禁用雾化效果。

3. RangeFog

演示基于范围的顶点雾化效果。程序运行时通过按下“R”键在基于范围的雾化效果和基于深度的雾化效果之间进行切换。

第 10 章 字体与文本显示

1. Font_2D

演示二维文本的绘制。

2. Font_3D

演示三维文本的绘制。

第 11 章 应用程序框架

1. AppFrame

演示 DXUT 应用程序框架的生成和使用。

2. AppFrame(AddText)

演示使用 DXUT 框架显示文本信息。

3. AppFrame(AddControl)

演示使用 DXUT 框架为用户界面添加控件。

第 12 章 高级纹理应用

1. MultiTexture

演示使用多层(多阶段)纹理混合的基本步骤。

2. TexColorBlend

演示几种常用的多层纹理颜色混合方式。程序运行时通过按下键盘上的“1”~“6”数字键可以在不同的颜色混合方式之间进行切换。

3. TexAlphaBlend

演示纹理 Alpha 混合的使用。

4. TexCoorGenerate

演示纹理坐标自动生成。

5. TexCoorTransform

演示纹理坐标变换。该程序对示例程序 TexCoorGenerate 中自动生成的纹理坐标进行了变换，通过对比两个示例程序的最终运行结果，可以发现纹理坐标变换的作用。

6. SphericalEnvMapping

演示球形环境映射。

7. BumpTexture

演示凹凸纹理映射。

8. VolumeTexture

演示立体纹理映射。

9. DXTTexture

演示 DXT 压缩纹理的创建和使用。

第 13 章 网格模型高级技术

1. Cube

演示.X 文件的剖析。

2. OptimizedMesh

演示网格模型优化技术。程序运行时，可以通过“0”~“3”数字键改变优化方式。

3. ProgressMesh

演示如何生成和使用层次细节网格模型。



4. EnhancedMesh

演示增强网格模型的生成和使用。

5. Tweening

演示渐变动画网格模型的生成和使用。

6. UseCDXUTMeshClass

演示使用 CDXUTMesh 类渲染网格模型。

7. UseCDXUTMeshFileClass

演示使用 CDXUTMeshFile 类渲染网格模型。

8. UseAnimMeshClass

演示骨骼动画网格模型的渲染、骨骼动画网格模型类的封装与使用。

9. VertexBlend

演示顶点混合技术。

10. UseSkinMeshClass

演示蒙皮骨骼动画网格模型的渲染、蒙皮骨骼动画网格模型类的封装和使用。

11. MultiAnimMesh

演示多骨骼动画网格模型的渲染、骨骼动画之间的切换。

12. MeshFromOBJ

演示保存在.OBJ 文件中网格模型的渲染。

第 14 章 模板缓冲区

1. DepthComplexity

演示模板缓冲区技术的使用, 运用模板缓冲区技术显示场景的深度复杂度。

2. ShadowVolume

演示使用模板缓冲区技术实现实时阴影效果。

第 15 章 粒子系统

1. SprayParticles

演示粒子系统的具体实现, 粒子系统类的封装。

2. ComplexSample

一个综合性的示例程序, 演示了简单摄影机类和场景漫游的实现, 以及静态网格模型、动画网格模型、粒子系统的进一步封装和使用。

第 18 章 HLSL 顶点渲染

1. HLSLTransform

演示使用 HLSL 渲染语言进行 GPU 编程实现坐标变换、HLSL 顶点渲染的基本步骤。

2. HLSLAmbient

演示使用 HLSL 渲染语言进行 GPU 编程实现环境光光照计算。

3. HLSLDiffuse

演示使用 HLSL 渲染语言进行 GPU 编程实现漫反射光照计算。

4. HLSLSpecular

演示使用 HLSL 渲染语言进行 GPU 编程实现镜面反射光照计算。

第 19 章 HLSL 像素渲染

1. HLSLPixelColor

演示使用 HLSL 渲染语言进行 GPU 编程直接指定像素颜色值、HLSL 像素渲染基本步骤。

2. HLSLTexture

演示 HLSL 渲染语言进行 GPU 编程实现纹理映射。

第 20 章 效果

1. EffectLighting

演示使用效果实现基本光照计算、使用效果的基本步骤。

2. EffectTexture

演示使用效果实现基本纹理映射。

3. BasicHLSL

演示多技术效果的编写和使用。

4. EffectParam

演示效果共享参数和参数块的使用。

5. FragmentLinker

演示段落的使用。

第 21 章 HLSL 高级应用

1. HLSLSelfShadowing

演示使用 HLSL 渲染语言进行 GPU 编程实现自遮蔽阴影。

2. HLSLBumpTexture

演示使用 HLSL 渲染语言进行 GPU 编程实现凹凸纹理映射。

3. HLSLCubeMapping

演示使用 HLSL 渲染语言进行 GPU 编程实现基本的立方体环境映射。

4. HLSLCubeMappingRefract

演示使用 HLSL 渲染语言进行 GPU 编程实现具有折射效果的立方体环境映射。

5. HLSLCubeMappingDynamic

演示使用 HLSL 渲染语言进行 GPU 编程实现动态的具有折射效果的立方体环境映射。

6. HLSLTweening

演示使用 HLSL 渲染语言进行 GPU 编程实现渐变动画。

7. HLSLSkinMesh

演示使用 HLSL 渲染语言进行 GPU 编程实现蒙皮骨骼动画。

第 22 章 ASM 顶点渲染

1. ASMTransform

演示使用 ASM 渲染语言进行 GPU 编程实现顶点坐标变换，演示 ASM 顶点渲染的基本步骤。

2. ASMLighting

演示使用 ASM 渲染语言进行 GPU 编程实现基本光照计算。

3. AsmTweening

演示使用 ASM 渲染语言进行 GPU 编程实现渐变动画。

4. AsmSkinMesh

演示使用 ASM 渲染语言进行 GPU 编程实现蒙皮骨骼动画。

第 23 章 ASM 像素渲染

1. ASM_Texture

演示使用 ASM 渲染语言进行 GPU 编程实现基本的纹理映射，演示 ASM 像素渲染基本步骤。

2. ASMBLur

演示使用 ASM 渲染语言进行 GPU 编程实现模糊效果。

3. ASMEffect

演示使用 ASM 渲染语言进行 GPU 编程中效果的使用。

4. HLSL_ASM_Effect

演示使用 HLSL 和 ASM 渲染语言进行混合 GPU 编程。

第 24 章 DXUT 控件

DXUTControl

演示各种 DXUT 控件的使用。

第 25 章 广告板技术与十字交叉纹理

1. Billboard

演示广告板技术的使用。

2. CrossTexture

演示十字交叉纹理技术的使用。

第 26 章 纹理动画

TextureAnimation

通过纹理贴图实现爆炸效果, 演示连续纹理贴图动画技术。

第 27 章 自然现象模拟

1. MovingCloud

动态云彩效果模拟。

2. Raining

下雨效果模拟。

3. Snowing

下雪效果模拟。

第 28 章 三维地形模拟

Terrain

简单三维地形的模拟。

第 29 章 海浪效果模拟

1. TexSeaWave

演示通过纹理贴图实现海浪效果模拟。

2. SinSeaWave

演示通过正弦波海洋模型实现实时动态海浪效果。

第 30 章 柔性物体模拟

FlutterFlag

随风飘扬的旗帜, 演示柔性物体渲染技术。

第 31 章 三维场景交互

1. Pick

演示通过鼠标选择三维场景中的物体。

2. WalkByOrder

演示通过鼠标控制三维场景中人物角色的运动。当按下鼠标左键时, 角色向鼠标点位置运动, 当释放鼠标左键时, 角色停止运动。

第 32 章 运动模糊效果

MotionBlur

演示运动模糊效果的实现, 通过窗口下面的滑竿控件可以调节小球的运动速度。

第 33 章 凹凸纹理映射应用

1. BumpUnderWater

演示使用凹凸纹理映射实现水下视觉效果模拟。

2. BumpWaves

演示使用凹凸纹理映射实现水波效果模拟。

第 34 章 短毛发实时绘制

Fur

演示使用纹理映射实现短毛发的实时绘制。

第 35 章 体积雾

VolumeFog

演示使用 ASM 渲染语言实现体积雾效果。