

DirectX 3D

HLSL 高级实例精讲

李健波 丁海燕 编著

全面新颖：本书涵盖DirectX的所有图形内容，使用HLSL技术，完全抛弃了DX 9.0以下的固定管线方式。

实用性强：入门部分详细介绍基础知识，工程部分以实际需求为原则进行分析，具有极大的实用价值。

深度适中：书中例子的选择都有一定的代表性，在各个章节末都对当前实例代码的改进提出建议，供用户在后续开发中提高、深化之用。

随书光盘
收录书中所有代码，近170个例子。
提供资源打包、路径工具、音乐工具

清华大学出版社



DirectX 3D

HLSL高级实例精讲

李健波 丁海燕 编著

清华大学出版社
北 京

内 容 简 介

本书以微软 DirectX 3D (简称 D3D) 为基础, 以 HLSL 为主线讨论了 DX9 的图形内容, 并介绍 DX11 的三个核心, 供在校学生、图形爱好者、图形开发强化培训班和工程技术人员学习, 参考。

本书结构严谨, 内容充实, 讲解清晰, 详细讨论了当前计算机图形学的实时渲染技术, 并提供大量满足教学要求和工程的实例代码。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签, 无标签者不得销售。

版权所有, 侵权必究。侵权举报电话: 010-62782989 13701121933

图书在版编目 (CIP) 数据

DirectX 3D HLSL 高级实例精讲 / 李健波, 丁海燕编著. —北京: 清华大学出版社, 2013.8
ISBN 978-7-302-31843-9

I. ①D… II. ①李… ②丁… III. ①多媒体—软件工具 IV. ①TP311.56

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 066314 号

责任编辑: 袁金敏

封面设计: 陈晓威

责任校对: 徐俊伟

责任印制: 刘海龙

出版发行: 清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址: 北京清华大学学研大厦 A 座 邮 编: 100084

社 总 机: 010-62770175 邮 购: 010-62786544

投稿与读者服务: 010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质 量 反 馈: 010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

印 装 者: 北京密云胶印厂

经 销: 全国新华书店

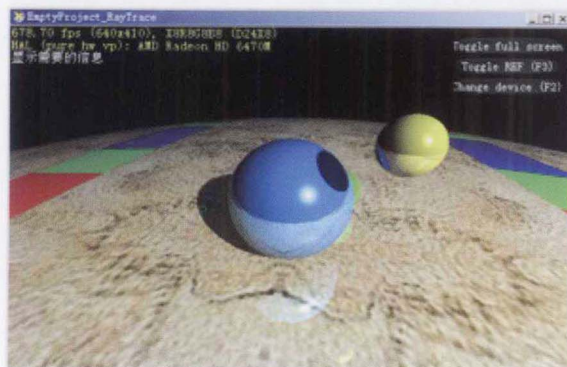
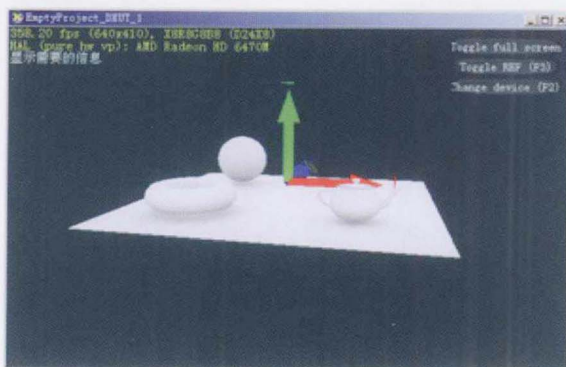
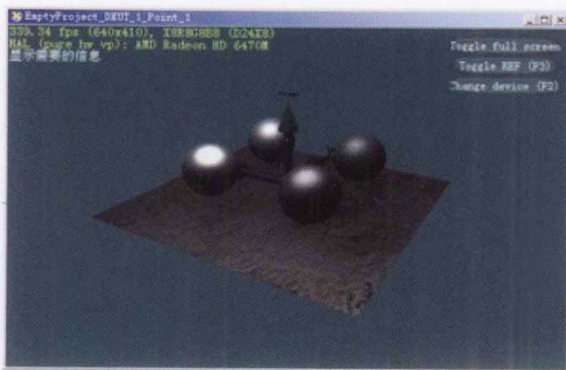
开 本: 185mm×260mm 印 张: 33 插 页: 2 字 数: 827 千字
(附光盘 1 张)

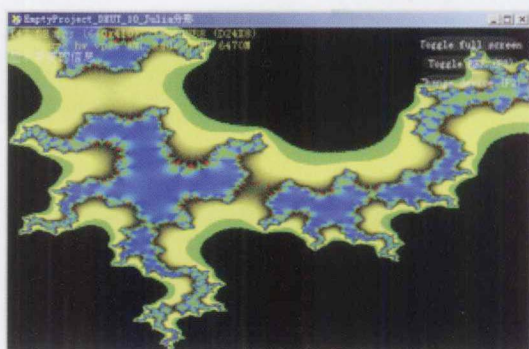
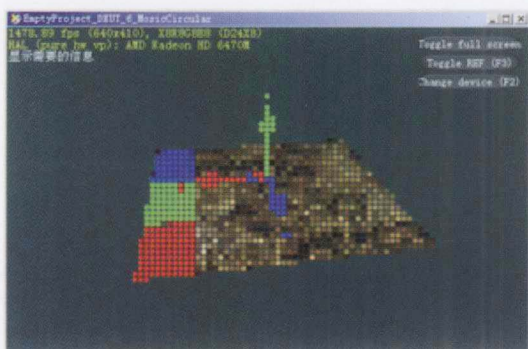
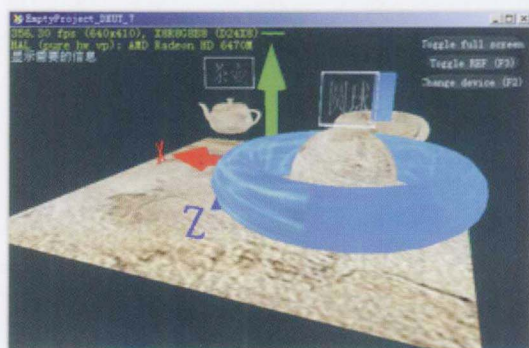
版 次: 2013 年 8 月第 1 版

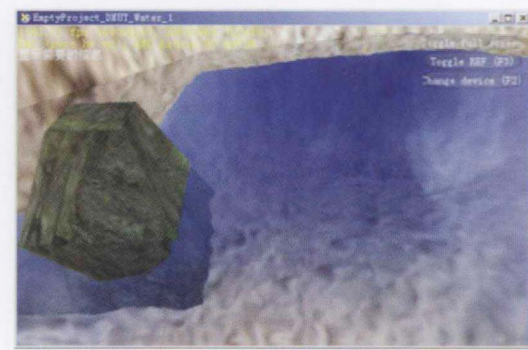
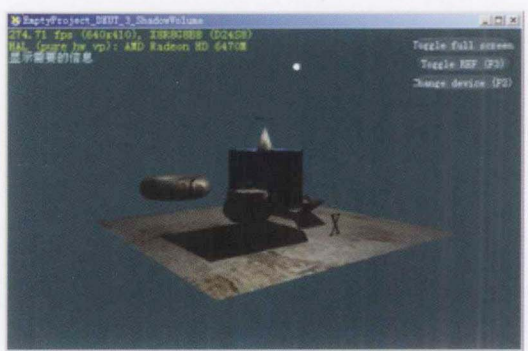
印 次: 2013 年 8 月第 1 次印刷

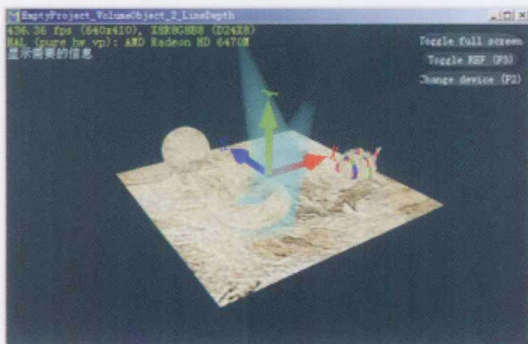
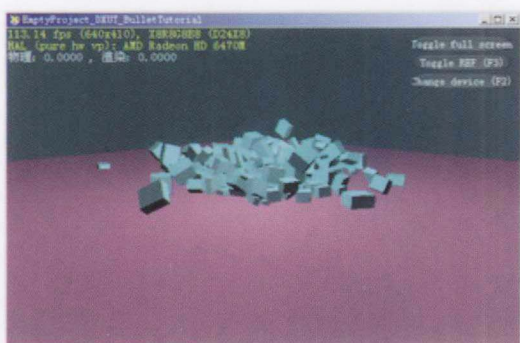
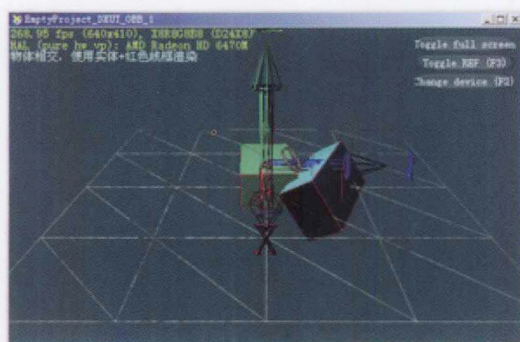
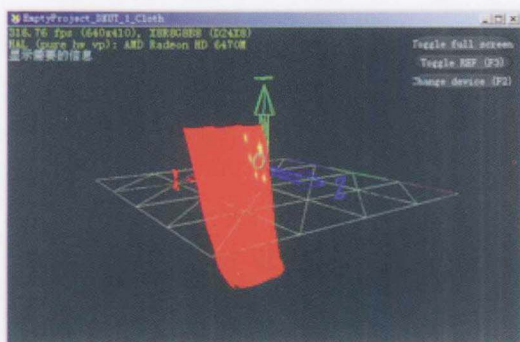
印 数: 1~3000

定 价: 79.00 元









前言

一 背景

当今国际和国内娱乐行业大量使用 CG 技术，特别是实时 CG 特效给各年龄段的消费群体带来极大的震撼，同时也带来巨大的市场需求。作为娱乐图形相关的软、硬件蓬勃发展，实时图形渲染技术 HLSL 更是当今实游戏、虚拟现实的前沿领域，不仅是从事实时图形开发工作所必备的知识，也是行业人才竞争力的必备技能之一。随 DX11 引入通用计算，HLSL 的运用范围更广，成为计算机高端图形开发者必须掌握的核心知识。

二 当前状况及本书编写背景

1. 国内介绍 DirectX 的书籍很少，特别是有一定深度，且全面的书籍几乎匮乏，主要原因：（1）对 DirectX 的讲解基本处于入门阶段，还存在出版以传统渲染管道方式来讲解书籍，以 HLSL 控制下可编程渲染管道涉及较少。（2）内容不够深入，对 HLSL 涉及的 Shader 基本都是介绍，很少有丰富完整的实例来体现。（3）部分书籍内容技术质量欠缺。

2. 国内学术和论坛没有形成学术氛围。国内各大论坛几乎没有讨论 DX 内容的氛围，缺乏深度、广度。

3. 国内引进的高端书籍中，主要是翻译，没有能够将国外技术广泛化和通俗化。

三 选择本书的优势

目前市面上讲解图形的书籍较多，为什么选择本书？

1. **内容全面、新颖。**（1）内容全面：除去因部分技术缺乏后续发展动力的技术外，本书涵盖 DirectX 的所有图形内容，超过市面任何一本图形书籍，其全面性可以查看本书实例程序的截图和目录来了解，所有的实例内容满足各个开发层次的需要。（2）内容新颖：本书是以 HLSL 来介绍图像方式的书籍，完全抛弃了 DX9 以下的固定管线方式，可以从每个实例使用的.fx 文件、HLSL 文件控制渲染。实例中讲解了当代引擎使用的法线高光贴图技术、视差纹理、HDR。此外，本书专用一章对物理引擎进行讲解，并提供了丰富的实例来提高图形真实感。

2. **实用性。**本书是以教学、工程为目标的内容，入门部分可以方便读者尽快掌握基础知识（见后续教学部分），工程部分则以实际需求为标准进行分析，如第 18 章的综合实例就以多个实例组合实现一个较大的工程实例，修改后即可用于项目展示。因此，本书可以供计算机图形学课程的大作业和毕业设计使用。并且物理引擎部分可以作为图形开发班的提高使用，提供了工程项目所涉及的工具代码（资源打包工具、路径工具，音乐工具）。

3. **有一定深度。**(1) 对于有一定开发经验的用户可以参看图形的特效部分(第 16~19 章), 主要讲解在基本渲染上增加真实感的内容。(2) 本书实例的选择都有一定的代表性, 能反映 HLSL 当前的运用情况, 在各个章节末都对当前实例代码的改进提出方向, 供用户在后续开发中作为提高、深化, 编写出更符合工程需要的代码。(3) 书中还对 GPU 下的通用计算提供了几个实例代码, 供高性能计算参考。

4. **讲解方式。**(1) 内容精简。本书是笔者在科研、教学中的体会和总结, 把一个清晰的原理在讲解给用户后, 再从程序的角度逐步展开讲解。(2) 本书中除对原理、函数讲解外, 书中粘贴部分核心代码, 并有详细注释(仅在书中注解, 程序中未注解)。(3) 本书不是 SDK 的重复讲解(微软 SDK 的例子中展示了各种技术, 用户容易迷失在代码中), 而是将各技术特点分散讲解, 逐步提高(如 ShadowVolume 分段讲解方便提供代码, 方便用户理解和使用)。

5. **配套代码。**本书讲解的代码完全收录在光盘中, 约 170 个, 能为用户提供各种知识点和充足的学习实例。

6. **其他。**由于本书实例主要是以教学目的提供给用户, 在程序的优化和可扩充方面考虑较少, 在自定义的类中也未使用 C++ 中多继承、虚函数等功能。

四 学习本书后达到的目标及使用效果

(1) 学习本书后对实时计算机图形学会有更深刻的认识, 能具备动手开发 Demo 模块的能力, 可以达到甚至超过本书提供工程实例的效果(效果详见目录展示文件)。

(2) 掌握当前以 HLSL 为核心的实时计算机图形学的知识, 为后续大模块的开发打下良好基础。

(3) 本书在经过 3 个图形培训班使用后效果较好, 用户反映实例讲解清晰, 理解透彻, 能很快上手, 并且可以充分利用实例代码来实现工程项目。本书的讲解深入浅出、对难点逐步过渡, 叙述方式适合工程技术人员的思维习惯。

五 学习本书的基础要求

(1) 要对高等数学和线性代数有一定基础;

(2) 使用 C/C++ 语言开发过 Windows 下的应用程序(无需 MFC);

(3) 掌握一定计算机图形学知识, 对微软的 DirectX 开发有一定的经验;

(4) 由于本书提供了所有工程项目中使用的模型文件(MAX 格式), 因此要求用户对 MAX 软件有一定的实践基础, 特别是在刚体动画和路径动画中, 涉及 MAX 部分操作。

六 本书的组成和使用

1. 本书有四部分组成, 分别为入门部分、深入部分、提高渲染的真实性部分和面向工程部分。

(1) **入门章节**, 第 1~4 章。

(2) **深入部分**, 第 5~9 章。

(3) **提高渲染的真实性部分**, 第 10~14 章。

(4) **面向工程部分**, 第 15~18 章; 后续章节属于扩展和补充部分。

章 节	名 称	内 容 概 述
第 1 章	入门基础	以实例展示 D3D 程序的总体结构，再在其基础上装入模型，增加控制模型渲染的 FX 和 HLSL，最后介绍.x 文件
第 2 章	DXUT 库和渲染对象类	对代码进行扩展，讲解了微软的 DXUT 类，新增两个类
第 3 章	效果文件和 HLSL 代码	以 HLSL 为重点讲解 FX 文件，主要介绍 FX 和 HLSL 涉及的函数
第 4 章	.x 文件	详细分析.x 文件的格式，装入.x 文件，渲染.x 文件，并简单介绍其他格式模型文件
第 5 章	D3D 灯光	讲解灯光效果，分别从点光源、聚光灯、平行光进行讲解，又讨论了全局光和光线追踪
第 6 章	纹理	以纹理的运用角度开始从颜色纹理到高光纹理、法线纹理、立方体纹理、视差贴图、过程纹理、1D 纹理和 3D 纹理
第 7 章	缓冲区	讲解颜色缓冲区、深度缓冲区和模板缓冲区、顶点缓冲区和顶点索引缓冲区、邻接缓冲区
第 8 章	VERTEXSHADER 运用	讲解 VERTEXSHADER 控制模型的运动和矩阵，并讨论四元数和 BILLBOARD 和方向对齐等技术实现
第 9 章	PIXELSHADER 运用	讲解 PIXELSHADER 的基本功能、图像的后处理、图像分形、HOUGH 变换和图像 FFT
第 10 章	渲染到纹理	讲解渲染结果保存到纹理的技术来实现
第 11 章	阴影	本章讲解了三种阴影效果，即平面阴影、深度图阴影 (ShadowMap)、阴影体阴影 (ShadowVolume)，并提供了透明阴影，涉及更高级的阴影技术
第 12 章	骨骼动画	本章讲解了骨骼动画、动画融合和动画回调函数
第 13 章	刚体动画、变形动画和纹理动画	本章讲解模型的变形动画、刚体动画和纹理动画
第 14 章	粒子	本章讲解粒子的显示和运动，并提供一个使用实例方式显示粒子的方法
第 15 章	物理模拟入门	本章开始讲解物体在运动过程中的情况，即运动物理的数值方法，物体的简单碰撞，提供了球体、AABB 方式和 OBB 方式的代码，还讲解了布料质点实现，并使用 Bullet 引擎展示了大量物体的碰撞实例
第 16 章	特效实例	本章以讲解增加图形真实性为基础的动画，涉及各种特效，如光线跟踪、HDR、体积光阴影、光晕、延迟渲染、NPR 和运动模糊等
第 17 章	杂项实例	对一些工程和教学上使用的技术进行讲解，并引入了 GPU 通用计算的概念，同时提供部分实例
第 18 章	综合实例	本章讲解了一个水面的实例，为路径漫游和场景模型管理
第 19 章	调试和优化	本章讲解程序游的优化，从模型、代码等方面给出实例
第 20 章	DX11 入门	讲解 DX9 移植到 DX11 下应该注意事项，并举例细分和通用计算下的实例
第 21 章	附录	讲解本书涉及的工具，供用户后期查阅

2. 本书的使用方式建议

(1) **对于在校大学生**。可以用于计算机图形学的课程设计参考，也可作为图形学课程的大作业内容。如作为教程使用，建议以半年为一期，每周 4 节课程。1~10 周讲授图形学的基础知识，后 7 周讲授本书的实例，并且可以补充前期知识，并留 3 周作为课程设计。选取一章后面的提高部分作为课程设计。对于毕业设计和论文，可以参考每章后面的提高部分。

(2) **图形开发培训班**。对于图形开发短期培训班（有以上基础的学员）建议以 3 个月为周期的培训，第一、二个月讲解本书，第三个月完成一个项目设计。

(3) **图形爱好者**。可以根据自身情况从头开始，或自行选择感兴趣的章节，或作为案头工具书，在需要时查询使用。

七 本书编写和代码存放位置

本书由李健波编写第 5~21 章，丁海燕编写第 1~4 章，全书由李健波最终校阅、修改、定稿。

关于本书中一些专业术语的翻译或称呼的说明。由于 DirectX 渲染技术发展较快，部分术语的翻译也随主流媒体或书籍的方式翻译，并会在各章节中标注相应的英语名称以便读者辨识，没有对在书末给出统一的格式。

本书配套的代码由 Visual Studio 2005 环境下开发，运行环境为 Windows XP 的 SP3 环境，显卡要求支持 SM 2.0 以上，部分程序必须在 SM 3.0 以上（具体需要的版本见效果文件设定）。

代码中并未检测程序是否支持显卡的性能，可能在 VERTEXSHADER/PIXELSHADER 版本低于 2.0 的显卡上不能运行，会出现其他结果，请读者使用附录中提供的检查方式检查显卡的 SM 版本。本书提供的源码共 150 多个，几乎完全涵盖了 DX 的所有知识点和特效，目录组织如下。

Samples

└01_入门知识

第一章的目录

└02_DXUT 库和渲染对象类

第二章的目录

└EmptyProject_1_OK

第一节对应的实例代码

└EmptyProject_1_OK_D3DDevice

第一节对应的实例代码

└EmptyProject_2_OK_DXUT_UI

第二节对应的实例代码

└EmptyProject_3_OK_1_CrenderObject

第三节对应的第一个实例代码

└EmptyProject_3_OK_2_CBoard

第三节对应的第二个实例代码

Bullet 使用的版本为 2.77，请从官网下载。

八 致谢

本书在编写过程中得到父母的长期支持，没有你们作为坚强后盾，是不可能完成本书的，特别感谢父母可口的饭菜，及妻子杨裕梅的鼓励。

由于 DirectX 庞大且复杂，新技术和新方法不断更新，不妥之处在所难免，恳请读者指出，联系邮箱为 lsw2621@126.com。

目录

第 1 章 入门基础	1
1.1 入门程序	1
1.1.1 程序的总体结构	1
1.1.2 D3D 的引入	2
1.1.3 WinMain 主程序代码讲解	2
1.1.4 Direct3D 各部分代码功能	3
1.1.5 效果文件	8
1.2 装入模型	9
1.2.1 模型装载	9
1.2.2 装载模型的高级接口	9
1.2.3 装载模型的低级接口	11
1.3 效果文件和 HLSL 入门	11
1.3.1 效果文件和 HLSL 文件综述	11
1.3.2 效果文件	12
1.3.3 HLSL 文件	13
1.4 .x 文件入门	13
1.4.1 .x 文件	13
1.4.2 .x 文件的模板	15
1.5 总结和记忆	16
第 2 章 DXUT 库和渲染对象类	18
2.1 DXUT 和 D3D 设备	19
2.1.1 DXUT 框架入门	19
2.1.2 设备管理	19
2.2 UI 接口	24
2.2.1 UI 类型	24
2.2.2 UI 的定义创建与使用	24
2.2.3 使用鼠标的控制	26
2.2.4 控制小物体	27
2.2.5 UI 设置的总结	28
2.3 模型管理类 CRenderObject	29

2.3.1	新类的引入	29
2.3.2	增加 CRENDEROBJECT 类	30
2.3.3	CRENDEROBJECT 类代码的讲解	30
2.4	CBOARD 类	36
2.4.1	CBOARD 类的讲解	36
2.4.2	CBOARD 类的使用	39
2.4.3	CBOARD 类的扩展	40
2.5	总结和记忆	42
第 3 章	效果文件和 HLSL 代码	43
3.1	FX 效果文件	44
3.1.1	效果文件的总体结构	44
3.1.2	实例代码	44
3.1.3	重要函数的讲解	46
3.2	HLSL 入门	46
3.2.1	VertexShader 和 PixelShader 功能	46
3.2.2	效果文件状态变量	49
3.2.3	使用 Shader 句柄方式	51
3.2.3.3	OnFrameMove()中增加代码	52
3.3	HLSL 语言	54
3.3.1	HLSL 中变量的类型	54
3.3.2	HLSL 提供的运算符	54
3.3.3	数据类型转换	55
3.3.4	流程控制语句	55
3.3.5	HLSL 的核心函数	55
3.3.6	变量的修饰符和自定义函数	58
3.3.7	程序实例	59
3.4	编译常见错误和使用技巧	60
3.4.1	FX 和 HLSL 常见编译错误	60
3.4.2	执行错误	61
3.4.3	编辑效果文件	62
3.4.4	效果文件的编译的一些建议和经验	62
3.4.5	HLSL 的代码保护	63
3.4.6	效果文件的调试方法	63
3.4.7	各 Shader 版本之间的区别	63
3.5	总结和记忆	64
第 4 章	.x 文件	65
4.1	.x 文件结构	65

4.1.1	.x 文件的组成	65
4.1.2	简单.x 文件实例	67
4.1.3	.x 文件记录材质和纹理	68
4.1.4	动画数据	69
4.2	访问.x 文件	70
4.2.1	对.x 文件的读取	70
4.2.2	访问.x 的高层接口	70
4.2.3	访问.x 文件的低层接口	71
4.2.4	一些注意事项	74
4.3	使用程序创建模型	74
4.3.1	目的和方式	74
4.3.2	具体实例	75
4.3.3	其他创建模型的 D3DX 库	77
4.4	其他格式的模型文件	78
4.4.1	.obj 文件格式说明	78
4.4.2	.md5 文件格式说明	80
4.4.3	FBX 和 COLLADA 文件介绍	80
4.5	渲染图元	81
4.5.1	三角形条带渲染方式	81
4.5.2	实例程序	82
4.5.3	渲染图元的比较	83
4.6	记忆和总结	84
第 5 章	D3D 灯光	85
5.1	模型的材质	86
5.1.1	光照模型的数学表达式	86
5.1.2	灯光属性	86
5.1.3	法向量	87
5.1.4	模型的材质	88
5.1.5	实例代码	88
5.2	点光源	90
5.2.1	点光源的特点	90
5.2.2	点光源中增加距离因子	93
5.3	光照模型	94
5.3.1	Flat 光照模型	94
5.3.2	Gouraud 光照模型	95
5.3.3	Phone 光照模型	96
5.4	聚光灯和平行光	96
5.4.1	聚光灯	96

5.4.2	平行光	100
5.5	全局光照的近似模拟	101
5.5.1	半球光照	101
5.5.2	光照贴图	103
5.5.3	两种技术的比较	103
5.6	SSAO	104
5.6.1	SSAO 实现原理	104
5.6.2	实例代码讲解	105
5.6.3	后续改进方向	107
5.7	光线追踪	107
5.7.1	光线追踪的原理	107
5.7.2	实例代码讲解	108
5.7.3	后续改进方向	114
5.8	辐射度算法简介	114
5.9	总结和记忆	115

第 6 章 纹理 116

6.1	纹理和纹理页面	117
6.1.1	纹理综述	117
6.1.2	纹理使用实例	118
6.1.3	访问纹理的其他形式和注意事项	121
6.2	颜色、高光、透明纹理	121
6.2.1	颜色纹理、镜面高光纹理的概念	121
6.2.2	颜色纹理	122
6.2.3	镜面高光纹理	122
6.2.4	纹理融合	123
6.2.5	透明纹理	123
6.3	凹凸贴图和法线纹理	124
6.3.1	凹凸贴图	124
6.3.2	法线纹理的原理	125
6.3.3	使用法线纹理的实例	126
6.4	立方体环境贴图	129
6.4.1	立方体环境贴图的原理	129
6.4.2	使用立方体来模拟天空盒	129
6.4.3	使用立方体贴图来模拟材质的反射	131
6.5	1D、2D、3D 纹理	132
6.5.1	1D、2D、3D 纹理的原理	132
6.5.2	1D 纹理的使用	132
6.5.3	3D 纹理的运用实例	134

6.6	视差贴图	135
6.6.1	视差贴图原理	135
6.6.2	视差贴图实例	136
6.7	反射和折射效果	138
6.7.1	折射和反射的原理	138
6.7.2	反射效果实例代码	138
6.7.3	折射效果	140
6.7.4	更复杂的效果	141
6.8	过程纹理	141
6.8.1	过程纹理原理	141
6.8.2	过程纹理的实例	142
6.9	投影纹理	144
6.9.1	投影纹理的原理与使用	144
6.9.2	投影纹理实例	145
6.10	总结和记忆	148
第 7 章	缓冲区	149
7.1	颜色缓冲区	150
7.1.1	颜色缓冲区格式和基本操作	150
7.1.2	颜色缓冲区运算实例	152
7.1.3	颜色缓冲区的常用设置	153
7.2	Alpha 混合和 Alpha 比较	154
7.2.1	Alpha 混合和 Alpha 比较	154
7.2.2	实例讲解	155
7.2.3	关于透明纹理的选择	156
7.3	深度缓冲区	156
7.3.1	深度缓冲区原理	156
7.3.2	使用 HLSL 来计算深度	159
7.3.3	透明物体的深度	160
7.3.4	深度缓冲区的设置	161
7.4	模板缓冲	162
7.4.1	模板缓冲区的功能和原理	162
7.4.2	模板缓冲区的运用实例基础	164
7.4.3	模板缓冲区高级实例	167
7.4.4	双面模板的设置	170
7.5	顶点、顶点索引、邻接缓冲区	171
7.5.1	原理和用途	171
7.5.2	代码实例	172
7.6	总结和记忆	176

第 8 章	VertexShader 运用	177
8.1	VertexShader 的基本使用	177
8.1.1	VertexShader 的功能和原理	177
8.1.2	实例代码	178
8.2	VertexShade 高级运用	181
8.2.1	使用 VertexShader 实现物体的变形	181
8.2.2	更复杂的 VertexShader 变换	184
8.3	矩阵变换	184
8.3.1	空间坐标变换	184
8.3.2	矩阵变换的特性	185
8.3.3	特殊矩阵的特殊性质	186
8.3.4	D3DX 矩阵函数功能说明	186
8.4	四元数	188
8.4.1	四元数简单介绍	188
8.4.2	四元数的物理意义	188
8.4.3	实例程序	189
8.5	物体方向和布告栏技术	191
8.5.1	控制物体的方向	191
8.5.2	布告栏技术	193
8.6	顶点标识	196
8.6.1	如何控制顶点	196
8.6.2	代码实例	197
8.7	总结和记忆	200
第 9 章	PixelShader 运用	201
9.1	基本功能	201
9.1.1	PixelShader 功能和原理	201
9.1.2	其他可以生成的特效	203
9.2	图像的后期处理	204
9.2.1	后期处理综述	204
9.2.2	后期处理的几个实现	204
9.3	PixelShader 分形	206
9.3.1	分形的数学原理	206
9.3.2	实例代码	207
9.4	Hough 变换	209
9.4.1	Hough 变换原理	209
9.4.2	实例代码	210
9.5	图像的傅立叶变换	212