

21世纪高等学校数字媒体专业规划教材



姚莉 高瞻 肖健 瞿子钦 编著

3D图形编程基础

——基于DirectX 11

清华大学出版社

21 世纪高等学校数字媒体专业规划教材

3D 图形编程基础——基于 DirectX 11

姚 莉 高 瞻 肖 健 瞿子钦 编著

清华大学出版社
北 京

内 容 简 介

本书介绍如何利用 DirectX 11 的 Direct3D 开发交互式 3D 图形程序。首先介绍必要的数学基础；然后结合 Direct3D 介绍 3D 图形的基本实现过程,例如颜色、纹理、光照、模板等;接着对 3D 图形的部分应用主题进行了详细介绍,例如粒子系统、拾取等;最后对 Direct3D 的图形渲染管道的各个阶段进行了介绍,特别是对 Direct3D 11 的新技术进行了详细描述。

本书可作为大学本科和研究生 3D 游戏编程课程参考书和培训教材,也可供广大 3D 图形游戏编程用户学习和参考。

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

3D 图形编程基础——基于 DirectX 11/姚莉等编著. —北京:清华大学出版社,2012.4

(21 世纪高等学校数字媒体专业规划教材)

ISBN 978-7-302-27284-7

I. ①3… Ⅱ. ①姚… Ⅲ. ①多媒体—软件工具,DirectX 11—高等学校—教材 Ⅳ. ①TP311.56

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 233166 号

责任编辑:魏江江 薛 阳

封面设计:杨 兮

责任校对:梁 毅

责任印制:何 芊

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

课 件 下 载: <http://www.tup.com.cn>, 010-62795954

印 装 者:北京国马印刷厂

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm

印 张:18.25

字 数:458 千字

版 次:2012 年 4 月第 1 版

印 次:2012 年 4 月第 1 次印刷

印 数:1~3000

定 价:29.50 元

产品编号:042183-01

数字媒体专业作为一个朝阳专业,其当前和未来快速发展的主要原因是数字媒体产业对人才的需求增长。当前数字媒体产业中发展最快的是影视动画、网络动漫、网络游戏、数字视音频、远程教育资源、数字图书馆、数字博物馆等行业,它们的共同点之一是以数字媒体技术为支撑,为社会提供数字内容产品和服务,这些行业发展所遇到的最大瓶颈就是数字媒体专门人才的短缺。随着数字媒体产业的飞速发展,对数字媒体技术人才的需求将成倍增长,而且这一需求是长远的、不断增长的。

正是基于对国家社会、人才的需求分析和对数字媒体人才的能力结构分析,国内高校掀起了建设数字媒体专业的热潮,以承担为数字媒体产业培养合格人才的重任。教育部在2004年将数字媒体技术专业批准设置在目录外新专业中(专业代码:080628S),其培养目标是“培养德智体美全面发展的、面向当今信息化时代的、从事数字媒体开发与数字传播的专业人才。毕业生将兼具信息传播理论、数字媒体技术和设计管理能力,可在党政机关、新闻媒体、出版、商贸、教育、信息咨询及IT等相关领域,从事数字媒体开发、音视频数字化、网页设计与网站维护、多媒体设计制作、信息服务及数字媒体管理等工作”。

数字媒体专业是个跨学科的学术领域,在教学实践方面需要多学科的综合,需要在理论教学和实践教学模式与方法上进行探索。为了使数字媒体专业能够达到专业培养目标,为社会培养所急需的合格人才,我们和全国各高等院校的专家共同研讨数字媒体专业的教学方法和课程体系,并在进行大量研究工作的基础上,精心挖掘和遴选了一批在教学方面具有潜心研究并取得了富有特色、值得推广的教学成果的作者,把他们多年积累的教学经验编写成教材,为数字媒体专业的课程建设及教学起一个抛砖引玉的示范作用。

本系列教材注重学生的艺术素养的培养,以及理论与实践的相结合。为了保证出版质量,本系列教材中的每本书都经过编委会委员的精心筛选和严格评审,坚持宁缺毋滥的原则,力争把每本书都做成精品。同时,为了能够让更多、更好的教学成果应用于社会和各高等院校,我们热切期望在这方面有经验和成果的教师能够加入到本套丛书的编写队伍中,为数字媒体专业的发展和人才培养做出贡献。

21 世纪高等学校数字媒体专业规划教材

联系人: 魏江江 weijj@tup.tsinghua.edu.cn

随着数字技术的突飞猛进以及网络的广泛普及,计算机图形学(Computer Graphics)作为一种图形表示和设计的方法与工具得到了国内外的普遍重视,成为计算机科学中最为活跃的研究与应用领域之一。计算机图形学是一门建立在计算机科学、数学、物理、心理学和艺术等学科基础上的综合学科,它主要研究计算机图形的生成、处理和显示方法,以及利用计算机处理与图形有关的专业问题。随着人们对友好的人机交互环境的需求越来越强烈,图形用户界面已经成为软件的一个重要组成部分,以图形的方式来表示抽象的概念或数据已经成为信息领域的一个重要发展趋势。目前计算机图形技术已被广泛应用于数字媒体、计算机辅助设计、科学数据可视化,军事仿真等领域,并形成了一系列新的研究方向。

在计算机图形技术领域,美国和日本处于领先水平。自1968年美国科学家第一次在实验室中将自己亲属的照片扫描并输入计算机开始,计算机图形学已经发展了几十年,其中从1975年开始举办的 SIGGRAPH 会议不仅极大地推动了美国在该领域技术的发展,而且已经成为世界图形学技术的年度展览会。同时,日本依靠动漫产业,成为全球视频游戏和动画方面的先驱之一,从而推动了各种游戏软硬件水平的不断提高,使得计算机图形技术在日本得到了迅猛发展。如今计算机图形技术已经广泛应用于影视制作、游戏制作、多媒体教育和艺术创作等社会不同领域,每年给国家带来数千亿的经济利益和巨大的社会效益。可以说计算机图形技术已经成为一种迅速成长的新兴产业,深刻影响着国内外社会经济和文化的发展。

对于三维图形开发特别是视频游戏开发,开发人员不仅需要掌握图形学的原理、相关的数学和物理模型,还需要了解当前渲染技术和硬件显示技术的发展状况,以及图形学、多媒体最新技术的发展趋势。目前三维场景越来越复杂,场景规模大、模型种类繁多,细节丰富,包括阴影、高光、纹理和复杂光照等,高清渲染技术目前也已被广泛应用。处理这些越来越复杂的场景,丰富生动的高清渲染,会耗费越来越高的计算资源。因此需要更好地运用 GPU 来实现图形学的算法。《3D 图形编程基础》针对上述发展趋势,提出了运用 GPU 和 CPU 融合的加速技术,充分利用 Direct3D 工具的图形编程技术。本书具有理论联系实际的特色,能够很好地为从事计算机图形学、动画和多媒体的研究人员,以及相关的程序开发人员提供参考。

本书的主要特色:

- 内容丰富而系统,基础内容和扩展性主题相结合。本书涉及了计算机图形学的主要内容,包括三维空间变换和基本算法、光照与材质、纹理映射、粒子系统等,结合 Direct3D 可编程渲染管线介绍了着色器编程、粒子系统、曲面细分等高级绘制内容。
- 具有知识性和实用性相结合的特点。本书在讲述原理的同时,采用实例教学法,使读者既能够基于 Direct3D 11 迅速编写自己的三维图形程序,又能够了解相关的图形学基本原理和最新技术。

- 内容编排和组织独具特色。Direct3D 11 放弃了原先的固定管线结构,采用更加灵活的和深入的可编程方式,并且加入了计算着色器。本书对 Direct3D 11 图形渲染管道的各个阶段和计算着色器的使用进行详细描述,使读者能够更加细致地了解图形的绘制过程以及利用显卡进行通用计算的方法。

希望读者在领略计算机图形算法、理论及其应用知识的同时,在工作学习中享受到学业有成、事业成功的愉悦。

马利庄, 2011 金秋于上海交通大学

本书结合 Direct3D 11 介绍 3D 交互图形编程基础。很多人都希望开发自己的视频游戏。本书针对视频游戏中的图形编程问题进行讲解,希望能够帮助读者实现这个愿望。

适用的读者

本书需要读者有一定的 C++ 窗口编程基础,对是否有图形学基础并无特别的要求,可以在阅读本书的同时参考相关图形学书籍,另外需要读者掌握一定的数学基础(本书第一部分有简单介绍)。

对于初学者,最好从前往后阅读,本书的章节是由易到难安排的,并且在后面章节中会用到很多前面介绍的基础知识。对 Direct3D 和 3D 图形编程有一定基础的读者可以挑选感兴趣的主题和章节直接阅读。

本书适合三类人群阅读:

- 希望进行 3D 图形编程的 C++ 开发者,可以将本书作为入门书籍;
- 运用其他图形接口(例如 OpenGL)进行编程的 3D 图形开发者,可以通过本书学习 Direct3D 11 开发;
- 有 Direct3D 9 或者 Direct3D 10 开发经验的 3D 图形开发者,可以通过本书进一步学习 Direct3D 11 开发。

软硬件配置

本书主要讲解基于 Direct3D 11 的 3D 图形编程,因此需要一定的软硬件配置环境,具体要求如下:

- CPU 至少 1.6GHz 以上;
- 硬盘空间 500MB;
- 内存至少 512MB;
- Windows 7 操作系统;
- DirectX 11 SDK 9.29 或以上;
- Visual Studio 2008 或 2010;
- 支持 DirectX 11 的显卡。

本书的内容组织

本书主要分为四个部分。

第一部分介绍 3D 图形编程所需的数学基础以及如何使用 XNA 数学库。

第二部分介绍 Direct3D 11 及如何用于 3D 图形编程。第 4 章对 DirectX 的发展进行介绍,并且对 Direct3D 的图形渲染管线进行了比较和描述;第 5 章介绍初始化 Direct3D 的方法,并且对本书的程序框架进行介绍;第 6 章对着色器语言 HLSL 进行介绍;第 7 章通过两个实例使读者能够快速了解 Direct3D 的绘制过程;第 8 章讲解如何使用 Direct3D 来渲染有颜色的物体;第 9 章介绍如何模拟光照效果;第 10 章介绍如何为三维物体添加纹理;

第 11 章介绍如何运用混合制造半透明效果；第 12 章介绍如何利用模板来控制是否显示像素。

第三部分介绍 Direct3D 中的一些基本应用。第 13 章介绍在 Direct3D 中对网格模型的读取；第 14 章介绍 Camera 类的设计；第 15 章介绍粒子系统原理及其在 Direct3D 中的实现；第 16 章介绍屏幕拾取的实现。

第四部分介绍 Direct3D 11 的高级主题，对图形渲染管道的各个阶段，以及计算着色器分别进行阐述。用实例的方式讲解 Direct3D 中的新特性。第 17 章介绍输入装配阶段；第 18 章为顶点着色阶段；第 19 章介绍曲面细分技术，包括外壳着色阶段、曲面细分阶段和域着色阶段；第 20 章为几何着色阶段；第 21 章为流输出和光栅化阶段；第 22 章为像素着色阶段和合并阶段；第 23 章介绍如何利用计算着色器进行通用计算的方法。

辅助材料

在作者的网站 <http://cose.seu.edu.cn/seugraph/> 和清华大学出版社网站 <http://www.tup.com.cn> 上可以找到本书的辅助材料：

- 关于 DirectX 的资源信息；
- 本书源程序代码；
- PPT 课件。

致谢

在过去的几年中，作者有幸在东南大学遇到了许多优秀的学生，是他们使作者产生了一本实用的 3D 图形编程书籍的想法，并且在大家共同努力下，将这个想法成为了现实，从他们那里作者学到了很多。这些学生包括高瞻、肖健、瞿子钦、李瑾……

特别感谢南京邮电大学的肖学中博士给本书提出的宝贵建议。

东南大学图形与智能计算实验室的项目受到了国家自然科学基金(60803057)和江苏省自然科学基金(BK2009135)的支持，本书的部分内容来源于这些项目。

作者要感谢清华出版社的整个出版团队，并且特别感谢魏江江编辑的帮助，使本书能够得以顺利出版。

最后，作者要感谢丈夫林兆骥以及父母在各方面的理解和支持！

姚莉

2011 年秋于东南大学九龙湖

通信：南京市东南大学计算机科学与工程系、软件学院，211189

电子邮件：Yao.li@seu.edu.cn

第一部分 数学基础

第 1 章 向量	3
1.1 向量的概念	3
1.1.1 向量的表示	3
1.1.2 左手坐标系和右手坐标系	3
1.2 向量的长度及规范化	4
1.2.1 向量长度	4
1.2.2 向量的标准化	4
1.3 向量的加法和减法	5
1.4 数乘	5
1.5 点积	6
1.6 叉积	6
1.7 齐次坐标	7
1.8 XNA 向量	7
1.8.1 SIMD 编程简介	8
1.8.2 XNA 向量类型	8
1.8.3 XNA 向量操作	9
1.9 本章小结	12
第 2 章 矩阵	13
2.1 矩阵定义	13
2.1.1 定义	13
2.1.2 矩阵相等、矩阵加法和矩阵数乘	13
2.2 矩阵乘法	14
2.2.1 定义	14
2.2.2 向量-矩阵乘法	14
2.3 矩阵的转置	15
2.4 单位矩阵	15
2.5 逆矩阵	16
2.5.1 定义	16
2.5.2 逆矩阵的用途	16

2.6	XNA 矩阵	17
2.6.1	XNA 矩阵类型	17
2.6.2	XNA 矩阵操作	18
2.7	本章小结	21
第3章	矩阵变换	23
3.1	基本变换	23
3.1.1	平移变换	23
3.1.2	旋转变换	24
3.1.3	缩放变换	26
3.2	XNA 矩阵变换函数	27
3.3	几何变换的组合	28
3.4	本章小结	29
第二部分 DirectX3D 基础		
第4章	Direct3D 11 概述	33
4.1	DirectX 概述	33
4.1.1	DirectX 历史及版本	33
4.1.2	COM	36
4.2	Direct3D 11 新特性	37
4.3	Direct3D 11 与 OpenGL 4.0 比较	38
4.4	Direct3D 11 与 Direct3D 10 渲染管线比较	38
4.5	着色器概述	39
4.6	各个管线阶段	41
4.7	本章小结	42
第5章	初始化 Direct3D	43
5.1	一些准备工作	43
5.1.1	三维空间及其变换	43
5.1.2	资源	47
5.1.3	交换链和页面切换	52
5.1.4	深度缓存	52
5.1.5	多重采样	54
5.2	初始化 Direct3D	54
5.2.1	初始化设备	54
5.2.2	描述交换链(Swap Chain)	55
5.2.3	创建设备、交换链以及立即执行上下文	57
5.2.4	创建并绑定渲染目标视图	58

5.2.5 创建视口	59
5.3 本章小结	60
第 6 章 HLSL 入门	61
6.1 Effect 文件	62
6.1.1 什么是 Effect	62
6.1.2 Effect 文件结构	62
6.1.3 外部变量和常量缓存	64
6.1.4 输入输出结构	64
6.1.5 着色器主函数	65
6.1.6 Technique	65
6.1.7 通道	65
6.2 高级着色语言	66
6.2.1 变量	67
6.2.2 语义	75
6.2.3 函数声明	76
6.3 Effect 框架	77
6.3.1 配置 Effect 框架	77
6.3.2 读取 Effect 文件	78
6.3.3 创建 ID3DEffect 对象	79
6.3.4 C++ 程序与 Effect 的交互	80
6.3.5 使用 Effect 进行绘制	81
6.4 本章小结	81
第 7 章 Direct3D 11 中的绘制	82
7.1 三维图元	82
7.2 三角形的绘制	83
7.2.1 三角形的定义	83
7.2.2 输入布局	84
7.2.3 编译顶点着色器及创建顶点布局对象	85
7.2.4 创建顶点缓存	86
7.2.5 指定图元类型	86
7.2.6 创建像素着色器	87
7.2.7 绘制	88
7.3 基于 Effect 框架的立方体绘制	89
7.3.1 顶点缓存的缺陷	89
7.3.2 索引缓存的概念	90
7.3.3 着色器代码	91
7.3.4 绘制立方体	92

7.4 本章小结	93
----------	----

第8章 颜色	94
---------------	-----------

8.1 Direct3D 中的颜色表示	94
8.2 顶点颜色	95
8.3 着色处理	95
8.4 实例程序: Color Cube	96
8.5 本章小结	99

第9章 光照	100
---------------	------------

9.1 光照与材质	100
9.1.1 光照	100
9.1.2 材质	100
9.1.3 光照模型	100
9.2 顶点法线	101
9.3 光照类型	102
9.3.1 环境光	102
9.3.2 漫射光	103
9.3.3 镜面光	104
9.3.4 Phong 光照模型	105
9.4 光源类型	106
9.4.1 方向光源	106
9.4.2 点光源	107
9.4.3 聚光灯	107
9.5 光照实例	108
9.5.1 光源及材质结构定义	108
9.5.2 平行光的实现	110
9.5.3 点光源的实现	111
9.5.4 聚光灯的实现	113
9.6 本章小结	114

第10章 纹理	116
----------------	------------

10.1 纹理坐标	116
10.2 创建并使用纹理	117
10.3 纹理过滤器	118
10.4 纹理采样	120
10.5 纹理寻址模式	121
10.6 实例: 木箱	123
10.7 本章小结	126

第 11 章 混合	127
11.1 开启混合	127
11.2 混合公式的设置	128
11.2.1 名词解释	128
11.2.2 混合因子	129
11.2.3 混合操作符	130
11.3 应用颜色混合	130
11.4 本章小结	133
第 12 章 模板	134
12.1 建立缓存区	134
12.2 建立缓存视图	135
12.3 创建模板描述和模板状态对象	136
12.4 使用模板缓存	137
12.5 本章小结	139
第三部分 Direct3D 应用	
第 13 章 相机设计	143
13.1 基本概念	143
13.2 Camera 设计	144
13.3 Camera 工作原理	146
13.3.1 摄像机在初始位置绕 <i>Up</i> 轴旋转	146
13.3.2 摄像机在初始位置绕 <i>Right</i> 轴旋转	147
13.3.3 摄像机在指定位置旋转	148
13.3.4 摄像机平移	149
13.4 Camera 的实现	149
13.4.1 倾斜、偏航、滚转	149
13.4.2 移动	150
13.4.3 整合	151
13.5 Camera 的使用	151
13.6 本章小结	153
第 14 章 网格	154
14.1 OBJ 格式介绍	154
14.1.1 OBJ 文件	154
14.1.2 OBJ 关键字	154
14.1.3 mtl 文件	156

14.2	OBJ 模型导入	158
14.2.1	模型文件解析	158
14.2.2	坐标系转换	160
14.2.3	绘制	160
14.3	本章小结	162
第 15 章	粒子系统	163
15.1	粒子系统的工作原理	163
15.1.1	模拟阶段	164
15.1.2	渲染阶段	164
15.2	粒子系统的设计	165
15.2.1	粒子的顶点结构	165
15.2.2	粒子的运动	165
15.2.3	随机数	166
15.2.4	混合	169
15.3	粒子系统的实现	169
15.3.1	产生/销毁粒子	169
15.3.2	模拟更新	172
15.4	本章小结	175
第 16 章	拾取	177
16.1	拾取流程	177
16.2	求拾取射线	178
16.2.1	屏幕坐标变换到投影坐标	178
16.2.2	投影坐标转换到观察坐标	179
16.3	射线-物体相交判断	181
16.3.1	将射线变换到模型空间	181
16.3.2	射线-三角形相交判断	181
16.4	本章小结	183

第四部分 Direct3D 11 渲染管线及高级主题

第 17 章	输入装配阶段	187
17.1	IA 阶段的步骤	187
17.1.1	创建输入缓存	187
17.1.2	创建输入布局对象	191
17.1.3	将输入对象绑定到管线的 IA 阶段	193
17.1.4	指定图元拓扑类型	194
17.1.5	调用绘制方法	195
17.2	图元拓扑类型	196

17.2.1	基本图元类型	196
17.2.2	带邻接信息的图元类型	197
17.3	不需要输入缓存的 IA 阶段	198
17.3.1	实例	198
17.3.2	IA 阶段系统生成值	200
17.4	本章小结	201
第 18 章	顶点着色阶段	202
18.1	顶点着色器的设置步骤	202
18.2	进行空间变换	204
18.2.1	局部空间和世界空间	204
18.2.2	观察空间	205
18.2.3	投影空间	206
18.3	例程：人物波动	209
18.4	例程：顶点光照	210
18.5	本章小结	213
第 19 章	曲面细分技术	214
19.1	Direct3D 11 中的曲面细分	214
19.2	新的渲染阶段	215
19.2.1	外壳着色器阶段	216
19.2.2	曲面细分阶段	220
19.2.3	域着色器阶段	221
19.3	实例 1：简单的曲面细分的例子	224
19.4	实例 2：利用曲面细分实现置换纹理映射	228
19.4.1	凹凸映射	228
19.4.2	实例说明	231
19.5	本章小结	236
第 20 章	几何着色阶段	237
20.1	几何着色器的设计	238
20.2	几何着色器的使用	240
20.3	本章小结	241
第 21 章	流输出阶段和光栅化阶段	242
21.1	流输出阶段	242
21.1.1	设置流输出的元素并和几何着色器绑定	242
21.1.2	设置输出目标	243
21.2	光栅化阶段	244
21.2.1	裁剪矩形	244



21.2.2 光栅化状态	245
--------------------	-----

21.3 本章小结	246
-----------------	-----

第22章 绘制阶段	247
------------------------	-----

22.1 像素着色阶段	247
-------------------	-----

22.1.1 像素着色器的结构	247
-----------------------	-----

22.1.2 像素着色器的调用	248
-----------------------	-----

22.1.3 像素着色器的应用	248
-----------------------	-----

22.2 合并输出阶段	250
-------------------	-----

22.2.1 深度/模板测试	250
----------------------	-----

22.2.2 颜色混合	251
-------------------	-----

22.2.3 深度偏移	251
-------------------	-----

22.3 本章小结	254
-----------------	-----

第23章 计算着色器	255
-------------------------	-----

23.1 计算着色器的介绍	255
---------------------	-----

23.2 计算着色器线程和线程组	256
------------------------	-----

23.3 计算着色器状态	258
--------------------	-----

23.4 实例：分形算法	259
--------------------	-----

23.5 本章小结	262
-----------------	-----

附录A Windows 编程基础	263
-------------------------------	-----

A.1 语言的选择	263
-----------------	-----

A.2 “类”和类	264
-----------------	-----

A.3 入口函数	264
----------------	-----

A.4 注册窗口“类”并创建窗口	265
------------------------	-----

A.5 显示窗口并处理消息队列	266
-----------------------	-----

A.6 响应消息	266
----------------	-----

附录B XNA 数学库	269
--------------------------	-----

B.1 编译指令	269
----------------	-----

B.2 常量	269
--------------	-----

B.3 宏命令	270
---------------	-----

B.4 结构和类型	271
-----------------	-----

B.5 函数	273
--------------	-----

B.5.1 颜色函数	273
------------------	-----

B.5.2 转换函数	274
------------------	-----

B.5.3 标量函数	274
------------------	-----

参考文献	276
-------------------	-----

第一部分

数学基础

三维(3D)图形试图在计算机上模拟真实的世界,但计算机是一个处理数据的工具,因此用数据来描述虚拟世界就成为一个很重要的过程,数学则成为编写图形程序必不可少的基础。

本部分将介绍学习本书所需要的基本数学知识,包括向量、矩阵和相应的变换等方面的内容,这些知识几乎在本书所有的例子程序中都有所涉及。本书在介绍数学概念的同时,阐述了一些 Direct3D 11 中对应的类或数据结构,以增加读者对这些知识的理解。

需要说明的是,本书不可能在有限的篇幅内阐述所有计算机图形学所涉及的数学知识,而只能就使用最多的一些数学知识简单地进行一些讲解,如果读者希望了解更详细的内容,可参考相应的数学书籍。