



肖永亮
传奇动画工作室
飞思数码产品研发中心
从书主编
编著
监制



数字媒体学院

3ds max 8

完全学习手册

——材质灯光渲染篇



电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY
<http://www.phei.com.cn>



随书光盘内容为书中
范例源文件 and 多媒体
教学视频文件

肖永亮
传奇动画工作室
飞思数码产品研发中心
丛书主编
编著
监制



数字媒体学院

3ds max 8

完全学习手册

——材质灯光渲染篇

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内容简介

本书主要讲述 3ds max 的材质、灯光、渲染和动力学系统。其中,对大量的常用材质进行了细致讲解,并结合实例讲述了材质和灯光的配合运用。书中大量的技巧讲述更使读者在以后的制作过程中能够事半功倍。

本书是专门针对初学者开发的中级提高教材,对软件进行了更深层的讲解和分析,内容全面、阐述权威、技术含量高,非常适合培训自学和从事专业动画创作的人员使用。配套光盘内容自成系统,提供了超大容量的教学录像,和文字教材相辅相成。

附书光盘内容为书中所用素材文件和多媒体视频教学文件。

本书所适用的读者群涵盖初学者和有一定经验的熟悉软件的使用者,同时本书还适于有一定教学经验的教师作为参考书。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

3ds max 8 完全学习手册. 材质灯光渲染篇 / 传奇动画工作室编著. —北京:电子工业出版社, 2006.4

(数字媒体学院/肖永亮主编)

ISBN 7-121-02194-3

I .3... II .传... III .三维—动画—图形软件, 3ds max 8 IV .TP391.41

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 160888 号

责任编辑:孙伟娟

印刷:北京东光印刷厂

出版发行:电子工业出版社

北京海淀区万寿路 173 信箱 邮编:100036

经销:各地新华书店

开本:787×1092 1/16 印张:26.5 字数:684.8 千字 彩插:2

印次:2006 年 4 月第 1 次印刷

印数:5 000 册 定价:54.80 元(含光盘 3 张)

凡购买电子工业出版社的图书,如有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系。联系电话:010-68279077。质量投诉请发邮件至 zlts@phei.com.cn,盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

丛书序

现代科学技术的飞速发展，带来了信息技术的重大革命，从而改变了人们的思维方式和生存空间。20 世纪 70 年代开始的数字技术经历了突飞猛进的发展，促进了计算机、通信和广播等三大传统信息系统领域的融合，产生了基于数字互动媒介的汇流和产业整合现象：一方面，互联网技术的迅猛发展，一种全新的媒体形态自然地展现出它前所未有的魅力；另一方面，电脑图像技术的日趋成熟，给艺术家的创意空间开辟了崭新的天地。数字化技术悄然成为人们日常生活中不可缺少的组成部分，大众传媒从形式到内容都发生了革命性的变革。

从广义来说，数字媒体是指传播的各种媒介的数字化形态，它代表了数字化环境中产生的信息与传播的所有形式。这些形式在 20 世纪 90 年代末步入全新的数字艺术阶段，到 21 世纪发展为以内容为主的数字内容的产业革命。数字媒体是以信息科学和数字技术为骨架，以大众传播理论为依据，以现代艺术为灵魂，将信息传播技术应用到文化、艺术、商业、教育和管理等领域，实现了科学与艺术高度融合且多学科综合交叉的新学科。数字媒体包括了图像、文字、音频、视频等各种传播媒介，以及信息的采集、存取、加工和传输的数字化过程。在世界信息科技好戏连轴的舞台上，艺术凭借着技术的发展展示出一幕幕生动的景象，极大地推动了新兴的文化和创意产业。

数字媒体的核心技术是信息技术（Information Technology，简称 IT）和 CG 技术（Computer Graphics，简称 CG）。由 CG 技术导致的 CG 产业，是计算机图形图像设计和制作领域在 IT 业高速发展的强力推动下，逐步形成的高成长率产业。CG 产业涉及的市场领域有：影视制作、动画漫画、广告制作、多媒体制作与多媒体信息服务、游戏开发、建筑设计、工业设计、系统仿真、图像分析、可视化、虚拟现实和虚拟环境。CG 产业市场在全球保持着逐年稳步增长的趋势。从电脑游戏、影视动画及手机娱乐等几个与大众传媒相关的行业来看，中国的 CG 产业有着潜力巨大的市场发展空间。CG 设计和制作领域是科技和艺术高度融合的多学科交叉领域，涉及了科技、艺术、文化、教育、营销、经营管理等诸多层面。以人力资源为核心的数字媒体，能够为现代社会创造和积累财富，拥有广阔的发展空间和庞大的市场。

数字媒体的迅猛发展及其形成的大规模市场也就是近十多年的事。市场需求是建设数字媒体人才体系的动力。就目前我国开展的学历教育和职业培训的普遍状况来看，数字媒体所面临的人才培养的担子可谓任重道远。数字媒体需要构建学科新体系，需要培养大批

合格的师资，还需要编写一系列的教材和教辅。人才培养以教师为本。在教师和教材都缺乏的现实情况下，优秀教材的编写显得尤其重要。本着这样的目的，丛书编委会组织了优秀的、具有权威性的数字媒体专家、学者和业界实干家，来共同编著这套丛书。丛书按照影视制作、动画、广告设计及互动媒体等领域，根据高等学院和业界培训的不同需求，分为入门、熟练和精通等不同等级，并以专科、本科和研究生等不同的划分层次组成完整的教材和参考书系列，以便为数字媒体领域输送合格的创意、技术和管理人才。

新的领域、新的课程和新的教材会给读者带来新的方向、新的发现和新的思考，同时也会对我们出的每一本新书提出新的问题和新的挑战，我们共同期待、共同创新、共同发展。非常感谢我们的合作者电子工业出版社，精心策划者飞思数码产品研发中心和付出辛勤劳动的作者。让我们一起为繁荣中国的数字媒体教育，发展我国的创意产业，提高我们的生活品质，建造和谐的社会而努力吧！

丛书主编 肖永亮

 联系方式

咨询电话：(010) 68134545 88254160

电子邮件：support@fecit.com.cn

服务网址：<http://www.fecit.com.cn> <http://www.fecit.net>

通用网址：计算机图书、飞思、飞思教育、飞思科技、FECIT

前言 *Preface*

3ds max 是近年来出现在 PC 平台上的最优秀的三维动画软件,从它出现的第一天起就引来了极高的赞誉。随着该软件版本的不断升级,在软件内部算法和功能上相比于低版本有了明显的提高。例如在制作特效方面 3ds max 就有着非常强大的潜力,仅内置的特效功能就增加了近几十种,使制作实现了所见即所得的功能,高级的折射和反射效果、真实的光影计算和动画制作使三维动画更加接近真实效果。3ds max 广泛应用于视觉效果,角色动画和下一代的游戏产品。至今,3ds max 获得过 65 个业界奖项,而 3ds max 8 的推出,无疑是三维动画制作技术的一个里程碑。3ds max 8 的宗旨是为角色动画、制作下一代的游戏和虚拟现实技术提供强大的工具。它在以往版本的基础上做了许多关键性补充。改进后的版本能够创作出更加栩栩如生的各种角色动画,而开放的建模和构造也使得 3ds max 成为新一代游戏的优秀开发工具。

本书按照教学大纲式的结构安排课程,将 3ds max 软件的学习流程系统化,除了分门别类地精确论述各个功能的使用方法以外,还提供大量实例的解决方案,以及一种设计思路多种特效解决方案,充分体现了本书广泛适应社会上不同教学单位的教学方式和学员自身的学习情况的特点。学员可以从书中找到自己需要了解的问题点并进行有针对性的学习,老师可以根据书中的习题和实例进行课后测验,以了解学员对课程的掌握程度。

本书全部内容按照 3ds max 8 (最新版本)进行编写,并且提供了超大容量的多媒体教学。独创的多媒体手册的教学方式,几乎把 3ds max 8 的所有重要功能都用实际操作的录像进行了教学,每个参数的含义都用实际范例进行了演示和分析。

本书所适用的读者群不但涵盖初学者和有一定经验的熟练软件的使用者,本书还适于有一定教学经验的教师作为参考书使用。本书将为他们提供一套完整的教学和学习方案。通过学习本书中的经典范例,读者可以迅速掌握制作规律,并在日常工作中充分展示自己的实力。

本书由传奇动画工作室组织编写,在编写的过程中得到了李斌、朱立银、杜娟、钱政娟、李澎、马晓彤、刘波、吴淑莹、黄剑、张旭东、李铁英、翟化平、李小强、刘晖、钱政华、蒋芳等同事和朋友们的大力支持和帮助,感谢他们为本书写作所提供的宝贵意见和众多素材,以及为本书的顺利出版所付出的辛勤劳动。希望此书能够给广大的读者朋友以慰藉。

传奇动画工作室

目 录 Contents

第 1 章

灯光

1

1.1 灯光的应用	2
1.1.1 使用灯光	2
1.1.2 灯光属性	3
1.1.3 照明指南	5
1.2 Standard Lights (标准灯光)	8
1.2.1 Target Spotlight (目标聚光灯)	8
1.2.2 Free Spotlight (自由聚光灯)	9
1.2.3 Target Direct Light (目标平行光)	9
1.2.4 Free Direct Light (自由平行光)	10
1.2.5 Omni Light (泛光灯)	10
1.2.6 Skylight (天光)	11
1.3 Photometric Lights (光度学灯光)	13
1.3.1 Target Point Light (目标点灯光)	14
1.3.2 Free Point Light (自由点灯光)	15
1.3.3 Target Linear Light (目标线性灯光)	15
1.3.4 Free Linear Light (自由线性灯光)	15
1.3.5 Target Area Light (目标区域灯光)	15
1.3.6 Free Area Light (自由区域灯光)	16
1.3.7 IES Sun Light (IES 日光)	16
1.3.8 IES Sky Light (IES 天光)	18
1.3.9 Isotropic Light/ Diffuse Distribution (等向灯光/漫射灯光分布)	19
1.3.10 Spotlight Distribution (聚光灯分布)	20
1.3.11 Photometric Webs (光域网)	20
1.4 灯光公用参数	22
1.4.1 General Parameters (总体参数)	22
1.4.2 Shadow Parameters (阴影参数)	25
1.4.3 Spotlight Parameters (聚光灯参数)	27
1.4.4 Advanced Effects (高级效果)	28
1.4.5 Optimizations (优化)	29
1.5 标准灯光附加参数	30
1.5.1 Intensity/Color/Attenuation (强度/颜色/衰减)	30
1.5.2 Directional Parameters (平行光参数)	32
1.5.3 Atmospheres & Effects (大气与效果)	32

1.6 光度学灯光附加参数	33
1.6.1 Intensity/Color/Distribution (强度/颜色/分布)	33
1.6.2 Linear Light Properties (线光源特性)	34
1.6.3 Area Light Parameters (区域光源参数)	35
1.6.4 Web Parameters (光域网参数)	35
1.7 特殊阴影类型	36
1.7.1 Advanced Ray Traced Shadows (高级光线跟踪阴影)	36
1.7.2 Area Shadows (区域阴影)	37
1.7.3 Ray-Traced Shadow (光线跟踪阴影)	41
1.7.4 Shadow Map (阴影贴图)	42
【练习作业】	44

第 2 章

摄影机

45

2.1 使用摄影机	46
2.1.1 Free Camera (自由摄影机)	47
2.1.2 Target Camera (目标摄影机)	48
2.1.3 摄影机特性	48
2.2 摄影机公用参数	50
2.3 Multi-Pass Depth of Field Parameters for Cameras (摄影机的多重过滤景深参数)	52
2.4 Multi-Pass Motion Blur Parameters for Cameras (摄影机多重过滤运动模糊参数)	54
【练习作业】	56

第 3 章

材质编辑器

57

3.1 材质编辑器主要界面简介	58
3.2 材质编辑器基本工具	60
3.3 材质编辑器导航工具	64
3.4 材质编辑优化工具	65
3.5 材质编辑系统工具及其他功能	67
【练习作业】	70

第 4 章

阴影类型分析

71

4.1 主要阴影类型	72
4.2 主要材质阴影类型讲解	72
4.2.1 Anisotropic 材质阴影类型	72
4.2.2 Blinn 和 Phong 材质阴影类型	74
4.2.3 Metal 材质阴影类型	75
4.2.4 Multi-layer 材质阴影类型	75
4.2.5 Oren-Nayar-Blinn 材质阴影类型	77
4.2.6 Strauss 材质阴影类型	77
4.2.7 Translucent Shade 材质阴影类型	78
【练习作业】	80

第 5 章

贴图类型分析

81

5.1 主要贴图类型	82
5.2 2D 贴图类型	83
5.2.1 Bitmap 2D Map (位图贴图)	83
5.2.2 Checker Map (棋盘格贴图)	90
5.2.3 Combustion Map (Combustion 贴图)	91
5.2.4 Gradient Map (渐变色贴图)	94
5.2.5 Gradient Ramp Map (渐变扩展贴图)	96
5.2.6 Swirl Map (漩涡贴图)	100
5.2.7 Tiles Map (平铺贴图)	102
5.3 3D 贴图类型	105
5.3.1 Cellular Map (细胞贴图)	105
5.3.2 Dent Map (凹痕贴图)	107
5.3.3 Falloff Map (衰减贴图)	108
5.3.4 Marble Map (大理石贴图)	109
5.3.5 Noise Map (噪波贴图)	110
5.3.6 Particle Age Map (粒子年龄贴图)	111
5.3.7 Particle MBlur Map (粒子运动模糊贴图)	112
5.3.8 Perlin Marble Map (Perlin 大理石贴图)	113
5.3.9 Planet Map (行星表面贴图)	113
5.3.10 Smoke Map (烟雾贴图)	114
5.3.11 Speckle Map (斑点贴图)	115
5.3.12 Splat Map (泼溅贴图)	116

5.3.13	Stucco Map (灰泥浆贴图)	117
5.3.14	Waves Map (波浪贴图)	118
5.3.15	Wood Map (木材贴图)	119
5.4	Compositor Maps (合成器贴图) 类型	121
5.4.1	Composite Map (合成贴图)	121
5.4.2	Mask Map (遮罩贴图)	122
5.4.3	Mix Map (混合贴图)	123
5.4.4	RGB Multiply Map (RGB 增量贴图)	125
5.5	Color Modifier Maps (颜色修改器贴图) 类型	126
5.5.1	Output Map (输出贴图)	126
5.5.2	RGB Tint Map (RGB 染色贴图)	126
5.5.3	Vertex Color Map (顶点颜色贴图)	126
5.6	其他贴图类型	127
5.6.1	Thin Wall Refraction Map (薄壁折射贴图)	127
5.6.2	Normal Bump Map (法线凹凸贴图)	129
5.6.3	Reflect/Refract Map (反射/折射贴图)	129
5.6.4	Raytrace Map (光线跟踪贴图)	131
5.6.5	Camera Map Per Pixel (每像素的摄影机贴图)	137
5.6.6	Flat Mirror Map (平面镜贴图)	138
	【练习作业】	140

第 6 章

材质类型分析

141

6.1	主要材质类型	142
6.2	主要材质类型讲解	142
6.2.1	Advanced Lighting (高级灯光) 材质	142
6.2.2	Blend (混合) 材质	144
6.2.3	Composite (合成) 材质	145
6.2.4	Double Sided (双面) 材质	146
6.2.5	Ink'n Paint (卡通) 材质	147
6.2.6	Lightscape 材质	150
6.2.7	Matte/Shadow (阴影不可见) 材质	151
6.2.8	Morpher (变形) 材质	153
6.2.9	Multi/Sub-Object (多维/子对象) 材质	155
6.2.10	Raytrace (光线跟踪) 材质	156
6.2.11	Shell (外壳) 材质	164
6.2.12	Shellac (虫漆) 材质	166
6.2.13	Standard (基本) 材质	167
6.2.14	Top/Bottom (顶/底) 材质	167

6.2.15 Architectural (建筑) 材质	168
6.2.16 MR (mental ray) 材质	172
6.2.17 实际应用 GI	179
【练习作业】	181

第 7 章

环境

183

7.1 Exposure Controls (曝光控制)	184
7.1.1 Automatic Exposure Control (自动曝光控制)	185
7.1.2 Linear Exposure Control (线性曝光控制)	187
7.1.3 Logarithmic Exposure Control (对数曝光控制)	187
7.1.4 Pseudo Color Exposure Control (伪彩色曝光控制)	188
7.2 Environment Effect (环境特效)	190
7.2.1 Fire Environment Effect (火焰环境效果)	190
7.2.2 Fog Environment Effect (雾环境效果)	196
7.2.3 Volume Fog Environment Effect (体积雾环境效果)	197
7.2.4 Volume Light Environment Effect (体积光环境效果)	200
【练习作业】	205

第 8 章

渲染

207

8.1 渲染参数设置	208
8.1.1 渲染工具	208
8.1.2 Render Scene (渲染场景)	211
8.1.3 Virtual Frame Buffer (虚拟帧缓存器)	224
8.1.4 Render Output File (渲染文件输出)	226
8.2 Preview Renderings (预览渲染)	228
8.3 ActiveShade (实时渲染)	229
8.3.1 ActiveShade 浮动窗口	231
8.3.2 ActiveShade 视图	231
8.4 Light Tracer (光跟踪器)	233
8.4.1 Light Tracer (光跟踪器) 参数	234
8.4.2 Light Tracer (光跟踪器) 工作流程	238
8.5 Radiosity (光能传递)	239
8.5.1 如何使用光能传递建立全局照明模型	239
8.5.2 如何在 3ds max 中使用 Radiosity (光能传递)	244
8.5.3 Radiosity (光能传递) 工作流程	246

8.5.4 Radiosity (光能传递) 参数	247
8.5.5 Advanced Lighting Override Material (高级照明覆盖材质)	258
8.6 Panorama Exporter Utility (全景导出器工具)	261
【练习作业】	264

第 9 章

动力学 (reactor)

265

9.1 动力学 (reactor) 概述	266
9.2 动力学模拟简介	267
9.3 reactor 2 新增功能	271
9.4 Rigid Bodies (刚体)	275
9.4.1 刚体基础知识	276
9.4.2 Rigid Body Properties (刚体属性)	277
9.4.3 Constraints (约束)	281
9.4.4 Planes (平面)	296
9.4.5 Motor (马达)	297
9.4.6 Toy Car (玩具车)	298
9.4.7 Fracture (破裂)	299
9.5 Deformable Bodies (可变形体)	301
9.5.1 Cloth (布料)	302
9.5.2 Soft Bodies (软体)	306
9.5.3 Rope (绳索)	309
9.5.4 Deforming Meshes (Skin) (变形网格(蒙皮))	312
9.6 Water (水)	318
9.6.1 The Water Space Warp (水空间扭曲)	319
9.6.2 Rendering Water (渲染水)	320
9.7 Wind (风)	321
【练习作业】	322

第 10 章

3ds max 疑难解答

323

10.1 受损文件的处理	324
10.1.1 断言失败错误	324
10.1.2 合并受损文件	324
10.1.3 记住备份文件	325
10.2 布尔操作问题的修正	326
10.2.1 布尔对象消失	326

10.2.2 布尔对象中显示出折缝或皱纹	326
10.2.3 连续布尔操作导致组件消失	327
10.2.4 样条线和布尔操作	327
10.2.5 成功执行布尔操作的技巧	329
10.3 运行 3ds max 时出现的性能问题	330
10.3.1 3ds max 启动缓慢	330
10.3.2 文件打开时间长	330
10.3.3 打开或拖动对话框时响应迟缓	331
10.3.4 命令响应迟缓	332
10.4 由单位设置引起的问题	332
10.4.1 摄影机靠近时对象消失	332
10.4.2 缩放和平移速度过快或过慢	333
10.5 用户界面问题及恢复	334
10.5.1 大字体和 3ds max	334
10.5.2 对话框和窗口丢失	334
10.5.3 材质编辑器默认为建筑材质	336
10.5.4 命令面板丢失	336
10.5.5 变换 Gizmo 丢失	337
10.5.6 工具栏上的按钮重复或丢失	337
10.6 视频驱动程序和显示问题	338
10.6.1 基本故障排除起始点	338
10.6.2 Direct3D 未能初始化消息	338
10.6.3 Direct3D 报告内存警告	339
10.6.4 双监视器配置	339
10.6.5 监视器之间的跨越	341
10.6.6 视图透明	341
【练习作业】	341

第 11 章

典型实例

343

11.1 材质练习	344
11.1.1 金属材质的制作	344
11.1.2 玉材质的制作	357
11.1.3 植物材质的制作	365
11.1.4 卡通材质的制作	374
11.2 基本三点照明法	383
11.3 高级照明应用	392
11.4 动力学应用	400
【练习作业】	410

第1章

第1章

灯光

【本章重点】

- 了解灯光的应用
- 系统学习 3ds max 标准灯光和光度学灯光

【学习目的】

通过对灯光系统的学习，了解灯光各种参数的用法。结合本书最后一章的例子能为简单的场景布光。

灯光系统 (1-1)

- 标准灯光系统 (Standard Lights) 包括：点光源 (Point Light)、聚光灯 (Spot Light)、泛光灯 (Omni Light)、平行光 (Directional Light)、体积光 (Volume Light)、环境光 (Environment Light)、目标跟踪灯 (Targeted Light)、自由点光源 (Free Point Light)、自由聚光灯 (Free Spot Light)、自由泛光灯 (Free Omni Light)、自由平行光 (Free Directional Light)、自由体积光 (Free Volume Light)、自由环境光 (Free Environment Light)、自由目标跟踪灯 (Free Targeted Light)、自由点光源 (Free Point Light)、自由聚光灯 (Free Spot Light)、自由泛光灯 (Free Omni Light)、自由平行光 (Free Directional Light)、自由体积光 (Free Volume Light)、自由环境光 (Free Environment Light)、自由目标跟踪灯 (Free Targeted Light)
- 光度学灯光系统 (Photometric Lights) 包括：标准光度学灯光 (Standard Photometric Lights)、物理光度学灯光 (Physical Photometric Lights)、目标跟踪光度学灯光 (Targeted Photometric Lights)、自由光度学灯光 (Free Photometric Lights)
- 渲染器灯光系统 (Renderer Lights) 包括：VRay 灯光 (VRay Lights)、Corona 灯光 (Corona Lights)、Redshift 灯光 (Redshift Lights)、Arnold 灯光 (Arnold Lights)、RenderMan 灯光 (RenderMan Lights)
- 其他灯光系统 (Other Lights) 包括：粒子灯光 (Particle Lights)、粒子系统 (Particle System)、粒子系统 (Particle System)、粒子系统 (Particle System)、粒子系统 (Particle System)



1.1 灯光的应用

灯光用来模拟真实灯光的照明效果,如家用或办公室灯、舞台或电影工作时使用的灯光设备及太阳光本身。不同种类的灯光对象用不同的方法投射灯光,模拟真实世界中不同种类的光源。如图 1-1 所示,在 3ds max 中模拟现实中真实的灯光。

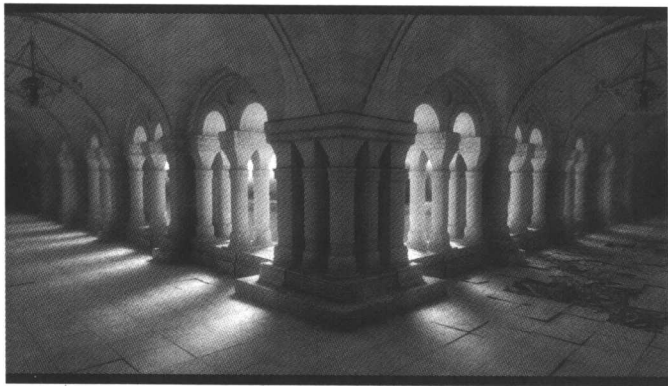


图 1-1 模拟现实中真实的灯光

当场景中没有灯光时,使用默认的照明着色或渲染场景。你可以添加灯光使场景的外观更逼真。照明增强了场景的清晰度和三维效果。除了获得常规的照明效果之外,灯光还可以用做投射图像。

用灯光对象替换默认的照明。一旦你创建了一个灯光,那么默认的照明就会被禁用。如果你在场景中删除所有的灯光,则重新启用默认照明。默认照明包含两个不可见的灯光:一个灯光位于场景的左上方,而另一个灯光位于场景的右下方。

1.1.1 使用灯光

在通常情况下,使用 Lights Objects (灯光对象) 的原因有以下几种:

- 要改进场景的照明。视图中的默认照明可能不够亮,或没有照到复杂对象的所有面上。
- 要通过逼真的照明效果增强场景的真实感。
- 要通过灯光投射阴影增强场景的真实感。各种类型的灯光都可以投射阴影。另外,可以选择性地控制对象投射或接收阴影。
- 要在场景中投射投影。各种类型的灯光都可以投射静态或动画的贴图。
- 要在场景中建模如闪光灯的照明源。因为灯光对象本身不能被渲染,所以需要创建与光源相对应的几何体。使用 Self-Illumination (自发光) 材质使几何体像发射灯光一样出现。
- 要使用制造商的 IES、CIBSE 或 LTLI 文件创建照明场景。

1.1.2 灯光属性

本小节介绍真实世界中的灯光。当照明场景时，真实世界中的灯光有助于了解灯光的自然行为方式。当光线到达曲面时，曲面反射这些光线，或至少反射其中的一部分，因此我们才看到曲面。曲面的外观取决于到达它的光及曲面材质的属性，如颜色、平滑度和不透明度。

1. Intensity (强度)

初始点的灯光强度影响灯光照亮对象的亮度。投射在明亮颜色对象上的暗光只显示暗的颜色。如图 1-2 所示。

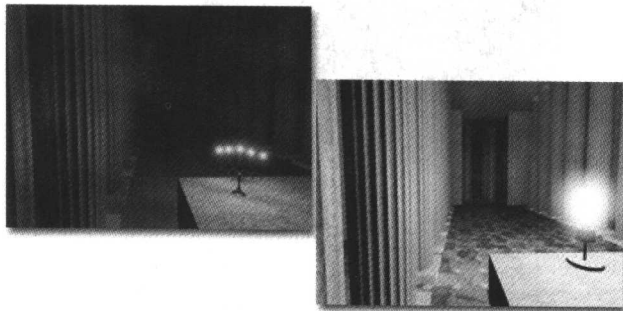


图 1-2 强度

左：由低强度的蜡烛光照亮的房间；

右：由高强度的灯泡光照亮的同一个房间。

2. Angle of Incidence (入射角)

曲面与光源倾斜得越多，曲面接收到的光越少并且看上去越暗。曲面法线相对于光源的角度称为入射角。

当入射角为 0° （也就是说，光源与曲面垂直）时，照亮曲面的光源的强度为 100%。随着入射角的增加，照明的强度逐渐减小，如图 1-3 所示。

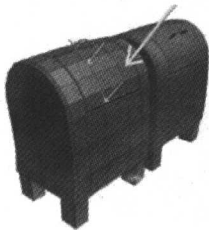


图 1-3 入射角影响强度

3. Attenuation (衰减)

在现实世界中，灯光的强度将随着距离的增长而减弱。远离光源的对象看起来更暗，距离光源较近的对象看起来更亮。这种效果称为衰减。



实际上,灯光以平方反比速率衰减。即其强度的大小与到光源距离的平方成反比。当光线由大气驱散时,通常衰减幅度更大,特别是当大气中有灰尘粒子,如雾或云时。衰减效果如图 1-4 所示。

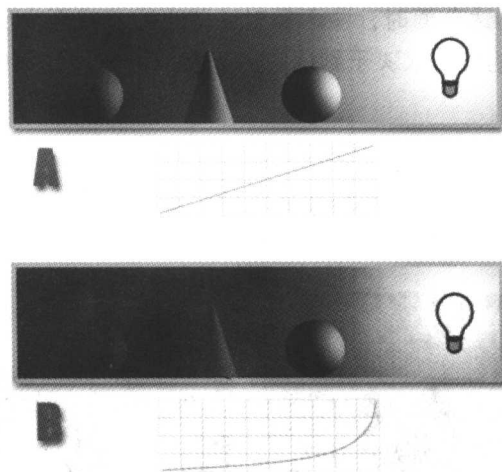


图 1-4 衰减

A: 反向衰减;

B: 平方反比衰减。

其中的图形显示了衰减曲线。

4. Reflected Light and Ambient Light (反射光和环境光)

对象反射光可以照亮其他对象。曲面反射光越多,用于照亮其环境中其他对象的光也越多。

反射光创建环境光。环境光具有均匀的强度,并且属于均质漫反射。它不具有可辨别的光源和方向。反射光与环境光如图 1-5 所示。

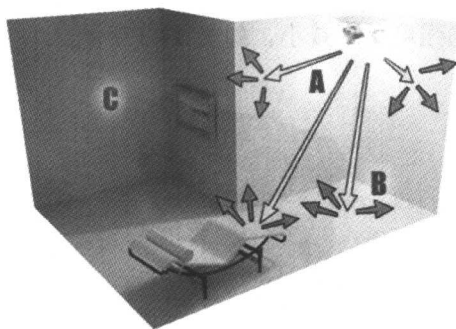


图 1-5 反射光和环境光

A: 平行光;

B: 反射光;

C: 导致环境光。