

第7章 曝光

当摄像机的快门打开，光到达底片，此刻曝光极为重要。曝光主要用来控制照片的亮度和对比度，但也会对图像的纹理、焦点和记录的动作数量产生影响。从事3D制图时，需要模拟真正的摄像机曝光设置的效果。本章将就如何权衡和控制3D制图中与曝光相关的功能，如何控制真正的摄像机中的曝光，以及如何如何在3D场景中模拟逼真的曝光等问题进行阐述。

7.1 直方图和常见的曝光问题

这一部分主要讨论涉及曝光和对比度的许多常见问题，这些问题如果不能鉴别出来并加以纠正，将会破坏渲染图的质量。用自己的视觉来审查测试渲染图一直是控制场景中色调的最重要方法。然而，一个被称为直方图的工具能够帮助你对场景的曝光进行复查，它非常有效。

直方图是计算机绘制的一个图表，用来显示图像中每种色调出现的频率。要查看渲染图的直方图，只需将它存到任何一个具有直方图功能的绘图、图像处理或合成程序中即可。

图7.1显示了一个典型的直方图。对图像中出现的256个亮度中的每个亮度（采用每通道8位对图像进行分析）都在垂直方向上画出了柱状线。柱状线的高度取决于图像中使用的各色调的像素数量。左侧的柱状线显示的是使用了较黑和较暗色调的像素数，中间部分柱状线的高度显示了使用中间色调的像素数，右侧柱状线的高度显示了使用较亮色调的像素数。在最右侧相当于纯白色。

直方图为3D渲染图中不同色调的使用提供了一个有用的观察窗。下面将要说明直方图如何帮助你鉴别和纠正曝光相关的各种问题，如：

- 曝光过度
- 曝光不足





第1章 绪 论

为了帮助读者制作出更好的3D渲染效果,本书综合了许多领域的知识。在书中,你可以看到专业电影制片艺术的一些概念和技术,传统视觉艺术的绘制原理,以及在专业制图经验的基础上提出的很实用的建议和对幕后技巧的通俗易懂的解释。

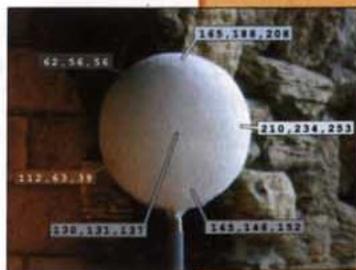
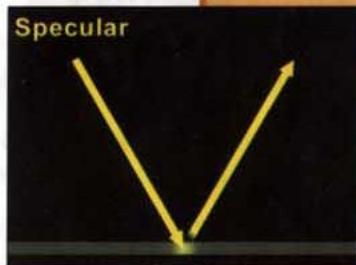
1.1 电影拍摄艺术

如果想在3D场景中设置最佳的摄像机和灯光效果,就需要学习电影摄制人员研制和使用的那些技术。本书搜集了很多电影摄制方面的概念和技巧,可以帮助解决下面一些问题:

- 如何再现自然光源的标识性光量和色温(见第5章和第6章)。
- 怎样将好莱坞灯光设计师们使用的原理和技巧应用到自己的3D场景中(见第3章)。
- 如何模拟摄像机的曝光过程以及电影摄制人员的曝光操作带来的必然的副作用(见第7章)。

在新的媒体中工作的艺术家需要借鉴原有媒体的很多技术,但他们也需要自己独立地摸索和开发新的技术。3D图像制作借鉴电影摄制艺术是很重要的,但如果把3D图像制作仅仅看作是原有艺术形式的计算机化,就存在理解上的偏差了。本书中就出现并解释了很多模拟电影拍摄中同样的灯光设置而产生与电影不同效果的情况,本书还介绍了多种电影拍摄中无法使用的技术。

电影发明后,电影摄制人员又花费了数十年才开发了那些在今天的影片中我们认为是理所当然的电影摄制规范。随着电影制作的不断成熟,电影摄制人员实际上开始越来越依赖于那些在绘画和插图艺术中已经应用了数个世纪的原理;早期电影发展艰难就是因为最初的影片摄制人员都是一些专门的摄制技术人



员，而对其他视觉艺术知之甚少。

如同早期的电影一样，计算机制图通常是由技术人员而不是艺术家来完成，这是有显著区别的。就如同仅仅学会字处理程序并不能成为一个好的作家一样，3D程序就其自身而言，也不能使用户成为艺术家。作家要知道写什么，3D艺术家要知道如何构图以及拍摄时需要怎样的光和阴影效果。但幸运的是，计算机制图这种新生的艺术形式可以从电影摄影和传统的视觉艺术中汲取很多的知识。

1.2 传统视觉艺术

谈到图像的制作和构图，传统的视觉艺术特别是绘画和插图艺术是很多原理、常规和未来发展方向的来源。可以利用已经确立的美学指导方针和2D设计原理来解决下列问题，从而改进工作：

- 哪种构图样式和比例能够产生最动人的渲染效果，吸引观众的视线，并使3D场景更完善（见第8章）。
- 在构图中，希望阴影实现怎样的视觉功能（见第4章）。
- 在场景中使用哪种色彩调配方案，如何使色彩选择为观众所理解（见第6章）。

本书中有几章集中讨论了视觉艺术作为美学原理的来源帮助规划、改进并最终完善工作的主题。

1.3 相关学科

了解光学、物理学、计算机科学和人类感知等学科的相关知识能够提高3D制图水平。这有助于了解幕后的内容，解决下列问题：

- 软件要模拟光学和物理学中的什么原理，其中哪些模拟还不是很准确（见第9章）。
- 观众应如何理解图像，以及怎样影响观众的感觉（见第6章和第8章）。

如同画家永远也不应在意作画时弄脏自己的手，雕塑家要清楚他要雕刻的石头的所有平面一样，3D艺术家也要详细地了解自己所渲染的图像。本书是写给3D软件的最终用户而不是程序员的，但我们还是尽力用通俗的语言概括了3D渲染软件后台使用的计算公式和运算法则。掌握软件的关键之一就是了解它的工作原理，并对它进行仔细研究，达到能够打破它原有规则的程度。

1.4 提供制作技巧

实际的专业制图需要迅速有效地完成工作，还需要与客户、老板和其他工作人员进行密切合作。本书的所有内容都源自专业图像制作的经验，可以帮助解决如下问题：

- 如何有效地与客户合作，制作出双方均满意的3D图像（见第2章）。
- 如何应用多层和多通道的渲染向合成人员传递最多的要素（见第10章）。
- 要使用哪些窍门才能制作出反映真实外表的栩栩如生的纹理图（见第9章）。
- 哪些技术能最有效地将3D渲染结果与真实的场景融合在一起，以及如何安排位置与光匹配（见第10章）。

书中提供的这些专业制作信息对其他专业人员、学生和业余爱好者也同样有用。

1.5 读者对象

当至少掌握了一种使用3D渲染软件包的作业知识或是有兴趣将3D渲染技术进一步提高时，就应该读一读这本书：

- 对3D艺术家、动画制作者和技术指导人员等3D渲染软件的专业用户来说，本书可以帮助他们解决实际制作过程中遇到的问题，还能够促进他们当前工作的进展。
- 对学习计算机制图的中级和高级学生来说，本书能够帮助他们增长很多的专业制作技能。
- 对那些业余3D迷们，本书能够帮助提高3D作品的艺术质量，并可以使他们从中学会更多的专业图像制作方法。

本书的描述清晰简洁，但绝不是高高在上，脱离广大读者。本书尽了最大努力对专业术语进行定义（在这些术语第一次出现时），用数字和样图对每一个概念和技巧进行了阐述。然而，这不是一本3D制图的入门书。本书是要完善而不是代替3D软件的使用手册和帮助文件。

1.6 对软件的要求

本书没有局限于某一特定商家的软件。不论你选择了哪个商家的3D制作软件，本书涵盖了3D渲染过程中应用到的艺术、技巧和概念。

1.6.1 3D渲染软件

没有任何一个单一的软件能够支持本书中描述的所有特性、功能和渲染的运算法则。但你不妨学习一些自己使用的特定软件之外的知识。尽管不同的软件有不同的特点，但在如何制作一个有很好发光效果的图像方面，其共同点多于差异，这使得本书的内容适用于多个3D渲染软件。你或许知道有这样一种说法“不在于你拥有什么，而在于你如何使用它。”如果你确实在做一件专业工作，制作纹理效果、发光效果并合成一幅3D渲染图，正如本书描述的那样，没有人会知道或介意你是否使用了一个便宜的软件作为工具。相反地，如果你没有制作发光效果，或是从没考虑过色彩调配方案，或是靠碰运气来制作阴影和合成效果，那么再昂贵的软件也无法使你制作出出色的渲染图。当然如果能把两方面结合起来，即由有经验的用户使用强大的专业软件，那是多数人渴求的理想状况。

本书中详细描述的技巧、概念和布局在所有3D渲染软件中都是适用的。特殊的特性和术语也已经过仔细地编辑可以应用于多个软件 and 平台。很多部分还给出了几种备选的方法或工作区，可以实现同样的效果。只要你对艺术和计算机制图原理有一定的认识，再有一点“创造性解决问题的意识”，你就能够使用任何渲染软件完成很重大的工作。

1.6.2 2D 软件

除了3D渲染软件，你还需要2D绘画、图像处理或合成软件来完成本书描述的各类纹理绘制、分析图和合成过程。

任何优秀的3D系统都需要2D软件做补充，这些2D软件应至少具有基本的纹理图生成和处理功能。理想的话，应该有一个具有图形显示、支持全套的图像处理滤镜和静、动态合成功能的软件与3D软件相配合。

阅读本书能够学到有关自己使用的软件以及本行业其他软件的很多知识。但软件并不是本书的主题。本书的主题是可以软件制作出哪些内容。

1.7 强调创造性

在海鲜馆的餐桌上，你或许会得出这样的结论：

如果闻起来像鱼，那一定不是一道鲜美的鱼菜。

相似的原理可以应用在计算机制图上：

如果看上去像计算机制的图，那一定不是一幅好的计算机制图。

当一幅经过很好的光处理和精心渲染的图像被展示出来时，其背后的技术不会引起人们的注意。观众只会注意生动的图像、栩栩如生的场景或是创新的视觉形式。当观看一幅优秀的计算机绘制的作品时，制作图像时使用了计算机这一元素不应该成为首先打动观众的地方。

作为艺术家，当你真正地掌握了3D渲染艺术的时候，观众在作品中看到的是你的创作手法，而不会留下这幅图片是由计算机制作的印象。

本书的目标是要帮助你控制灯光和渲染的处理过程，使得图像制作的每一步都是经过深思熟虑和搜集了多方信息而做出的决定。每一章节都会涉及到3D场景的灯光和渲染的一些要点或方面，并讨论了它的原理，指出了怎样才能使它的功能更好地发挥出来。

第2章 光处理工作流程

一幅出色的3D效果图有可能是一次随意的试验而生成的，也可能是因一个幸运的偶然机会而产生后保存的结果，还有可能是经过了你的反复修改得到的最后结果。然而多数情况下，只有当你熟练地掌握了所用的软件工具，并开发了一套能够稳定地实现专业效果的工作流程时，才能够制作出最好的效果图。工作流程是指在专业的环境中构图、测试和修正图像时所采用的一系列的习惯做法和工作步骤。本章要讨论一种基本的工作流程，并集中讨论光效果的维护控制。

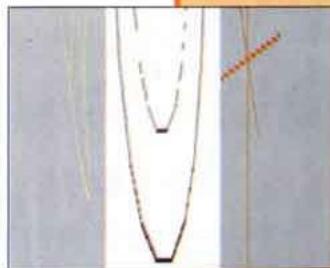
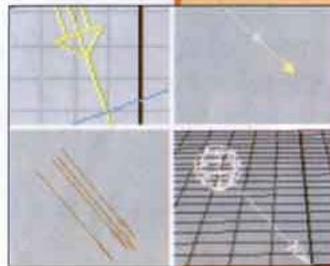
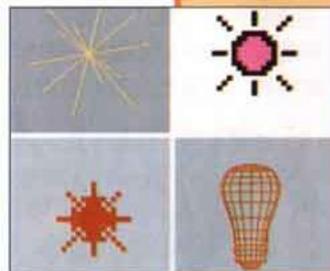
2.1 准备工作

一个具有出色光效果的场景要利用调色板中的全套色调。当光受到控制并被限定到场景的特定区域或表面时，可以在场景中配置一系列的彩明暗效果，包括深和浅的阴影效果等。要想利用全部的色调，需要调整监视器使整个调色板都可以显示出来，然后还要校正软件，除去不受控制的光。

2.1.1 调整监视器

如果监视器没有调整好，会发现每个场景不是光照过度就是光照不足，而且仅能使用调色板中一定范围内的色彩效果。有些用户由于将监视器调整到非常暗的色调，只能使用调色板中25%（或更低）的色调，使工作受到了很大的限制。

应该在开始配置光效果之前，花一点时间来保证监视器中看到的是场景的准确再现。尽管任何两台监视器都不可能完全相同地显示同一幅图像，但至少要保证监视器满足基本的最低限度的配置要求。也就是说，至少要能够在监视器上分辨出所有灰色阴影的不同。在很多监视器上由于亮度和对比度被调整了，因而看不到图2.1的图表中的第一个和最后一个数字。



注意 从 3dRender.com/light/GrayScale.gif 上下载 GrayScale 文件，要确保能够很容易地分辨出上下两行的数字——从 1 到 8，如果有一个数字看不清，就要校准监视器。



图 2.1 调整监视器时观察 GrayScale.gif 文件

有些应用软件有自己的色彩校准控件，这使得图像在该软件内部显示的效果与在其他窗口和应用程序中的显示效果有所不同。应将可能导致这种差异的自动校准程序关闭，这样你渲染的图像和纹理图在不同的应用程序中打开时就不会出现色彩上的偏差了。

注意 如果使用 Adobe Photoshop 这个软件，进入 Color Settings (色彩设置) → RGB Setup (RGB 设置)，将 RGB 模式设为 Monitor RGB (监视器 RGB)，关闭 Display Using Monitor Compensation (使用显示器补偿来显示) 这个选项。在 Profile Setup (配置文件设置) 中，将 RGB Profile Mismatch Handling (RGB 配置文件不匹配处理) 设为 Ignore (忽略)。

能够在监视器上区别出各种灰度的不同只是最低的要求。如果要为某种特定的输出进行渲染——如输出到动态电影、视频或是彩色打印机上——就必须进行特定的显示调整以预览最终输出形式的实际情况。

尽管对于不同品牌的显示器、配色软件和视频卡，计算机显示调整的控件会有所不同，但校准显示器的基本方法对大多数系统都是适用的。如果要为特定的输出设备校准显示器，应先用该设备打印或输出一张测试图，该测试图要包括足够多的色调和色彩。然后在计算机的监视器上显示该测试图，并将计算机显示的图像与输出的图像相比较。一遍遍地观察显示器显示的图像与最终输出图像的不同，调整显示器，直到监视器的色调和色彩与最终的输出尽可能地接近。

如果不知道制作的图像最后要输出到什么设备上，这种在渲染之前调整监视器的方法就无法使用了。如果是这样的话，就要在图像渲染之后使用绘画或图像制作软件再对图像进行调整，精确地控制图像在特定打印机或胶片记录器上的输出。

2.1.2 以全黑暗开始

要控制场景的灯光效果，应先使场景完全黑暗，这样就可以从容地添加需要出现在场景中的灯光了。实际拍摄电影时，场景完全黑暗几乎是不可能的，因为场景中通常会有一些自然光。然而幸运的是，计算机制图就像精心搭建的一个完美舞台，在这个舞台上很容易做到对黑暗的完全控制：关闭场景中所有其他的光源，如默认或环绕光，这些光会削弱对图像局部的灯光控制。

2.1.2.1 环绕光带来的问题

被称作环绕的这个参数（也被叫作球形环绕或环绕灯光）与现实世界中的环绕光不同，它在大多数软件中是一种不真实的效果，会削弱对场景灯光的控制。

在现实生活中，环绕光是充分发散的光，是场景中通过物体反射（或透射）的“间接”光。环绕光甚至能够照亮其他光源没有直接照射的地方。现实生活中，房间的阴影部分有时只能通过环绕光才能看到。实际上，环绕光在周围介质中传播时会被着色，从而根据从周围介质中获取的颜色为物体的不同平面赋予不同的色彩。真正的环绕光在传播过程中，亮度随着介质的不同而不断变化，并因角度的不同给物体添加不同的色调。

3D 制图中，“环绕”在大多数软件中只是对物体添加单一的、均匀的亮度，使物体可见，包括那些光源照不到的部分。这通常都未经过对合适的色调或间接照明方向进行计算，便产生了不真实的阴影效果。球形环绕对物体的所有平面都添加同样的色彩和亮度，并不考虑位置的不同。在图 2.2 左框中的阴影区域可以看到未被遮住的环境光集中在球的右底部。在只有环绕光照射的区域看不到凹痕，这是因为环绕光无法为曲面角度提供阴影效果。



图 2.2 球形环绕（左侧）是削弱场景阴影和浓度的一种不真实的效果

通常，球形环绕光会削弱场景的丰富性和多样性，特别是未被其他光源照亮的那些区域。要想实现对光的最细微的局部控制，并得到最好的阴影效果，应该关闭场景中所有的球形环绕光。如果能够为球形环绕光选择一种颜色，那么纯黑色是最好的选择。这样，场景中除了刻意配置和控制的光之外，就没有其他的光了。

注意 在软件 Alias|Wavefront 中有个例外：这个软件中被称为“环绕”的光能够依据不同的位置产生阴影效果。当环绕阴影被完全激活时，环绕光的功能与点光的功能相似，只是不能产生镜面高光。如果不使用环绕阴影，这种光就会产生单一的球形环绕。若使用环绕阴影，这种光能够形成一种很好的辅助光。

关闭了球形环绕以后，你就可以充分利用在电影中拍摄场景时所用到的全套色调照亮 3D 场景。电影中拍摄的图像会用到从纯黑到纯白的一系列色调，只受电影胶片上能够使用的色

调范围的限制。比较而言，如果场景曝光时光线不足，电影图像中的有些部分也会变成全黑。在3D场景中，将球形环绕选项关掉也会使区域变得完全黑暗，因为球形环绕会影响场景的所有部分。

注意 要了解更多关于3D场景曝光的信息，参见第7章。

2.1.2.2 球形环绕的替换方案

有些人好像习惯于使用统一的球形环绕设置，因为他们担心，如果不使用球形环绕，场景的所有区域会变得全黑。他们认为使用一点点球形环绕没有什么坏处。实际上，为了提高图像渲染的质量，用其他的一些技巧添加光照效果会更好。

例如有很多艺术家在场景中添加辅助光，以提供二次光照，这种辅助光比球形环绕要容易控制得多。辅助光可以是任何光源的光（如聚光灯或定向灯），它比主要光源要暗，主要用来增加那些会变得全暗的区域的亮度，图2.2的右侧就使用了一系列的辅助光来对球添加阴影和色彩的变化，从而产生比球形环绕更丰富、更真实的阴影效果。

注意 参见第3章，可以获得使用辅助光的更多信息。

球形环绕的定义在不同的软件中也有所不同。包括有效辐射或球形光照模型的软件会对环绕光的添加进行精确的计算，而不是使用统一的全局值。如果采用了替代方案，并不需要花费过多的时间去进行计算，只要对场景中的二次光照进行相应的改进即可。

注意 参见第9章，以获取更多有效辐射和能量传递的其他模式的信息。

2.2 添加光源

许多软件都提供了多种可以添加到场景中的光源，这一部分很多图示的设计都尽可能地体现每种光源的效果，甚至用可见的发光效果来加亮光源。然而，在大多数情况下，浏览者无法分辨最后的渲染中使用了哪些光源。你可以按照方便的原则来选取光源的种类：当清楚了要在哪些区域应用和配置光后，选用最容易控制光的工具。

2.2.1 点（全向）光源

点光源在不同软件中的名称和图标有些不同，如图2.3所示，但无论怎样称呼，这些光源的功能是完全相同的：模拟空间中从一无限小的点发射出去的光线。

点光源有时被称为全光源或全向光源，因为他们均匀地向所有方向发射光，就像一个裸露的灯泡或空中发光的星星。明亮和阴影部分由从各个方向发出的光形成，如图2.4所示。

现实生活中可能找不到任何真正的全向光源。多数光源只向一定的方向发射光。例如，如果想在场景中添加点光源来模拟真实的灯泡，记住通常现实生活中的灯泡都有一个不透明的金属套口，从一端阻挡了光线，而且许多灯泡是装在固定设备或灯罩上的，从而限制了它们的方向性。

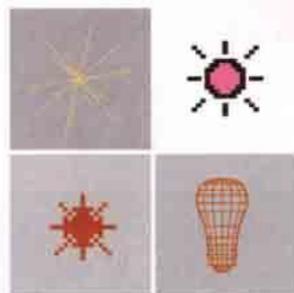


图2.3 显示了LightWave 3D中的point light（点光源），Electric Image中的radial light（辐射光源），Maya中的point light（点光源），Softimage中的point light（点光源）的图标，它们都具有同样的功能

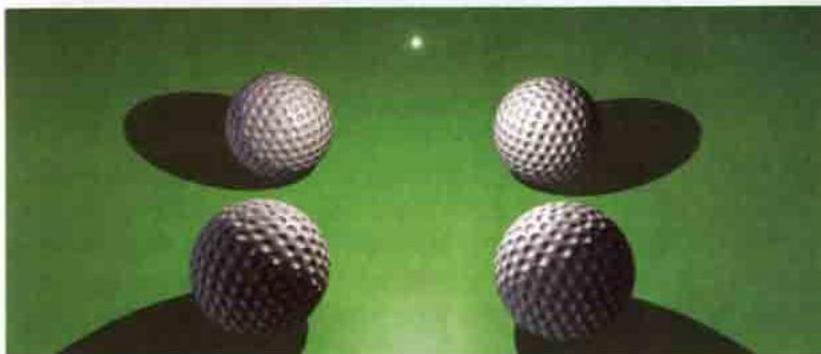


图2.4 点光源均匀地向所有方向发射

尽管点光源的默认状态是全方向的，但也可以规定不均匀的发射模式，就像真实的灯泡一样，向某些方向发射更多的光。可以通过将纹理图应用到光源中来实现这点，也可以用能够投射阴影的3D物体将光分开。例如，图2.5显示了一个点光源在灯罩模型中的定位，这个点光源更像一盏聚光灯的功能。因为要实现投射阴影的效果，因而光受到了阻挡。

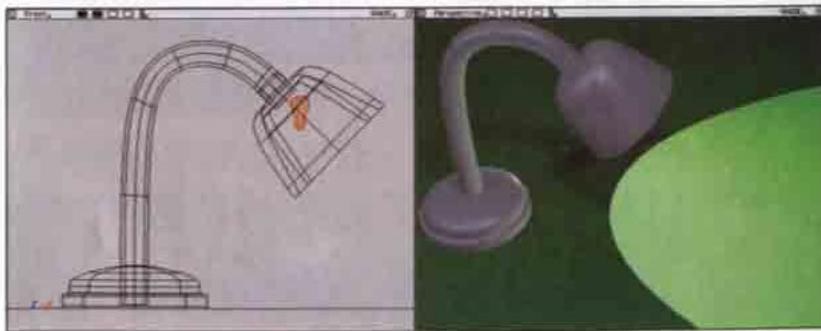


图2.5 阴影和其他的因素会制约点光源的全向发射

2.2.2 聚光灯

在计算机制图中，聚光灯是多数灯光设计方案中应用的一个基本要素。聚光灯是很多艺术家喜欢的一种方法，因为它们很容易被控制而将光瞄准到特定的目标上，就像图 2.6 中所显示的。



图 2.6 聚光灯能够将光瞄准到特定的目标上

聚光灯模拟从一点发出的光的辐射，类似于点光源。然而，聚光灯将照亮的区域局限在一个特定的锥体或光柱内。聚光灯的旋转可以帮助确定光柱瞄准的位置。你也可以将“目标”与光源连在一起，这样光就能够始终朝向目标所在的位置。你还可以用 3D 物体将聚光灯的光分开，仿佛闪光灯或汽车前车灯一样，这样光柱就可以瞄准目标，仿佛光是从物体辐射出去的。图 2.7 显示了不同软件中聚光灯的通用表示方法，包括显示锥型的轮廓并标示出光瞄准的方向。

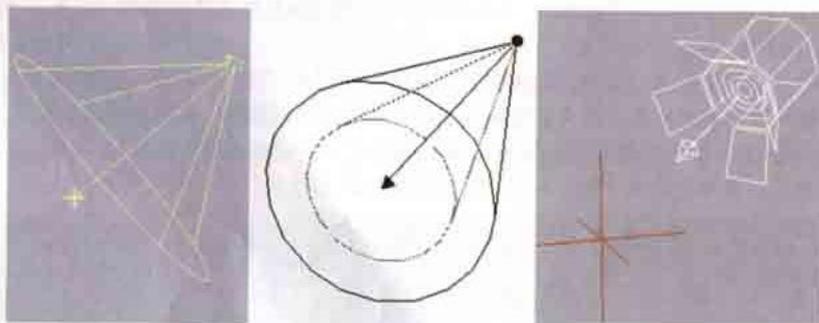


图 2.7 在软件 Alias Power Animator, Electric Image 和 Softimage 中显示聚光灯如何定位的图标

聚光灯在 3D 制图的视觉效果中应用得很多。聚光灯有一些特别的控件和选项是其他类型的光源所不具备的，如图 2.8 所示。有些效果，如从一个光源放射出一幅图像映射，或是形成一束可见光柱，就像光是透过雾发射出来的。这些效果通过聚光灯的光束是很容易控制的。

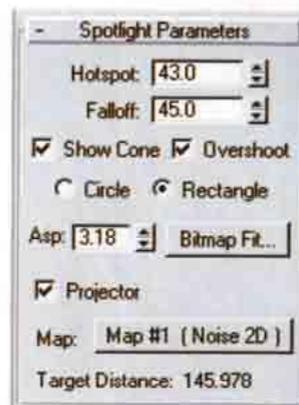


图 2.8 聚光灯有一些独特的控件，本图所示为 3D Studio MAX 中的一个界面

其他常见的参数用来控制聚光灯形成的锥体的宽度(通常用度来限定)，使聚光灯的光柱可以在很宽和很窄之间变动。锥体 softness (也称为 spread 或 falloff) 的值越大，光越接近光束的边缘，强度变得越弱。聚光灯束柔和的边缘使光照亮的区域不会太突兀，也能够避免投射的光形成边缘很尖锐的“圆圈”，如图 2.9 左侧所示。它还能够使你用聚光灯更精细地对一些区域进行明暗处理。例如，使用有柔和边缘的光束，可以调节聚光灯使房间内窗户和窗帘周围的区域亮一些，也可以减小亮度使角落暗一些。

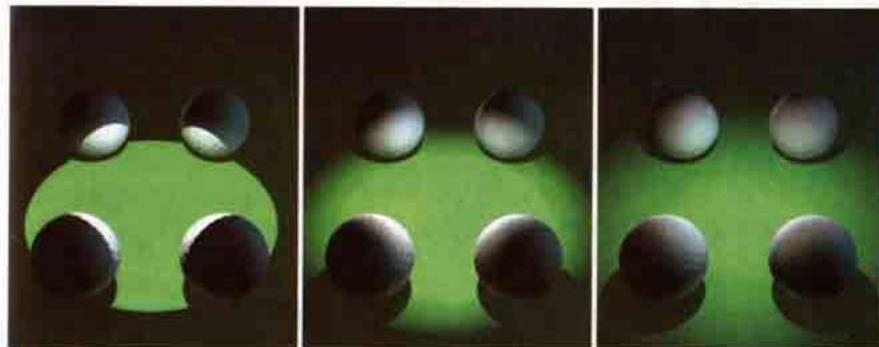


图 2.9 聚光灯锥型光束的柔化可以通过 spread 或 falloff 的值来调整

由于聚光灯可以很容易地被定位和控制，有很多艺术家依赖它来模拟几乎所有的光源光，并在多数场景中完全应用聚光灯进行光处理。即使当灯光需要向多个方向照射时，如台灯的光，也可以通过将两个或多个聚光灯放在一起，对准不同的方向照射来实现。图 2.10 中，台灯发出的光是由向上和向下照射的两个聚光灯来生成的。尽管其他类型光的优势和用途不应该因为习惯的原因而被忽视，但用聚光灯来模拟其他光的做法也无可厚非。



图 2.10 多个聚光灯可以从一个光源向多个方向发射光

2.2.3 定向灯

光源与被照射物体之间的距离越远，场景中不同物体形成的光亮和阴影部分就越接近于平行。图 2.11 的最左侧显示的是距离很近的一个点光源照射场景形成的效果。基于与点光源的相对位置，每个物体都在不同角度形成了光亮和阴影。在图 2.11 的中间部分，点光源被移开了相当的距离，这使得不同物体的光亮和阴影部分更接近于平行。要使场景中不同物体的阴影部分完全平行，光源必须距离物体无限远。然而实际上，一个有限远距离的光源如太阳就能够在地球的物体上投下几乎完全平行的阴影。图 2.11 的右侧使用了定向灯来代替点光源，可以模拟无限远距离的点光源的效果。



图 2.11 近距离的点光源（左侧）比远距离的点光源（右侧）照射物体形成的角度要大得多

在不同的软件中，定向灯分别被称为“distant”、“direct”、“infinite”或“sun”光源，也使用不同的图标（见图 2.12）。定向灯为所有的照明设置单一的矢量值，并从相同的角度照射每个物体，而不受物体所在位置的影响。同一盏定向灯投射的所有阴影都在同一方向上，而且都是该物体形状的正交投影。



图 2.12 3D Studio MAX 中的 Target Direct Light、Power Animator 和 Maya 中的 Infinite Lights，以及 Softimage 中的 Directional Lights 都具有同样的功能

不必考虑定向灯与被照射物体之间的相对位置，惟一要考虑的就是定向灯的指向。不同的软件对定向灯实际使用角度的控制也不同，有些通过工具旋转定向灯图标来确定定向灯的方向，其他一些定向灯用从图标到目标或球形的原点的矢量来确定定向灯的方向。还有一些定向灯基于特定的日期、时间和位置，模拟太阳的角度。

由于定向灯对局部区域的定位或限制没有点光源或聚光灯那样容易，因此它通常作为配合或辅助光源来使用，而不作为主要光源。从不同角度发出的多个定向灯可以作为整体提供辅助光源，即使从每个角度发出的光都很弱。定向灯能够填充很大区域的亮度，类似环绕或大气的效果，如替代空中的太阳光，是球形环绕的一个快速、有效的替代光。见图 2.2，图右侧使用的辅助光源就是定向灯。

2.2.4 区域光源

标准的点光源或聚光灯是从空间中无限小的一点发出光，并没有模拟现实生活中自然光源的尺寸。点光源的三维都没有数值，这就意味着点光源会生成很突兀的、边缘很尖锐的阴影，并在平滑的表面上形成很强烈的明暗界限，如图 2.13 左侧所显示的那样。为了更准确地模拟真实的光源，区域光源可以定义光源三维的数值，因而光线不是都从同一点发出。图 2.13 的中间和右侧的画面显示了给区域光源设定较大值的效果。

如果区域光源的数值给得很小，那么它的效果将类似于点光源。数值较大的区域光源，则会使光更柔和，生成柔和的阴影，并形成光亮环绕在物体周围的效果。

注意 不是所有的制图软件都支持区域光源。本书第 5 章论述了实现相似柔和光效果的其他一些技术。

由于区域光源可以实现柔和的光线和阴影效果，因而在实际的制图中经常被使用。然而，因为使用区域光源会花费较多的时间，所以很多人发现它用在制高质量的静态图像比制

作冗长的但又希望快速完成的动画时要有效。

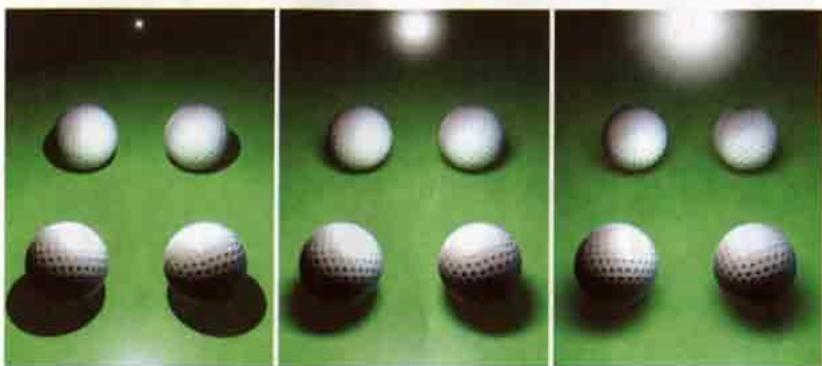


图 2.13 点光源（左侧）比球形区域光源生成更突兀的光亮效果，加大区域光源的数值，能够得到柔和度更高的效果（右侧）

在不同的软件中，区域光源的实现也有所不同。在有些软件中，区域光源被当作一个单独的光源类型，是与聚光灯、点光源和前面描述的其他类型光源所不同的一类光源。而在另外一些软件中，区域光源则作为聚光灯或点光源的一个可选项。带有区域光源选项的聚光灯具有一个优势——用聚光灯的锥型可以很方便地对区域光源定位。

2.2.4.1 球形区域光源

图 2.13 所示可以对区域光源的三维赋值。区域光源有时也被称作球形光源，因为它模拟的是从球形区域发出的光，类似于发光的灯泡或圆形的灯。这对于距离大型光源很近的物体用光时非常有用。球形光源能够均匀地向所有方向发射，因此它的旋转不会影响图像的效果。当需要光照散射或是希望光源投射的阴影具有柔和的边缘时，球形光源可替代点光源。

2.2.4.2 平面区域光源

区域光源通常使用平面形状如圆形或长方形。从二维区域发出的光比从三维区域发出的光在使用时要简单一些，但本书采用的实例将两种方法进行了均衡考虑。如图 2.14 所示，长方形的区域光源就像一个发光的天花板，是一个可以定义宽度和高度的平面，用自然柔和的散射光照亮物体。除了模拟发光的天花板外，平面区域光源还用来模拟从明亮的墙壁和天花板反射的光源，并为肖像或静物图像提供柔和的、逼真的光源。

平面区域光源的定位和旋转会影响图像的效果，这是因为从它的边缘发出的光产生的阴影更尖锐而且更暗一些；而从它的表面发出的光则会更亮、更扩散一些。

2.2.4.3 线性光源

线性光源是区域光源的一种，它类似于荧光灯管，只可以在一个方向上赋值。赋予它一定的长度值能够柔化阴影，并在一个方向上延伸它的光照区域。图 2.15 显示了线性光源应用

到场景中的效果。注意线性光源的定位是这样影响图像的效果的：随着光源的延伸形成的阴影是很柔和的，但光源的边缘形成的阴影就要尖锐得多了。

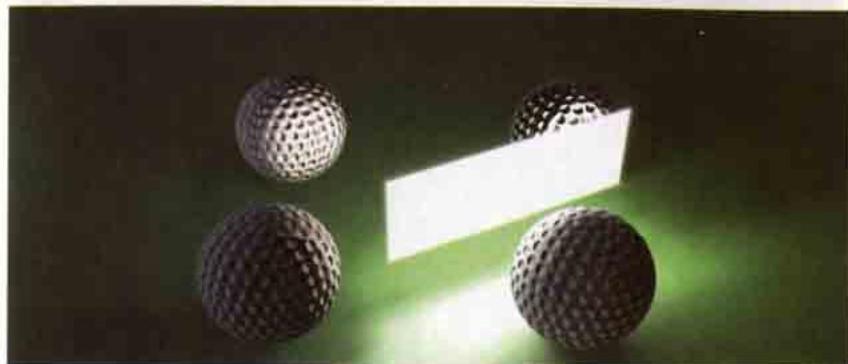


图 2.14 长方形区域光源类似于一个柔和的光板

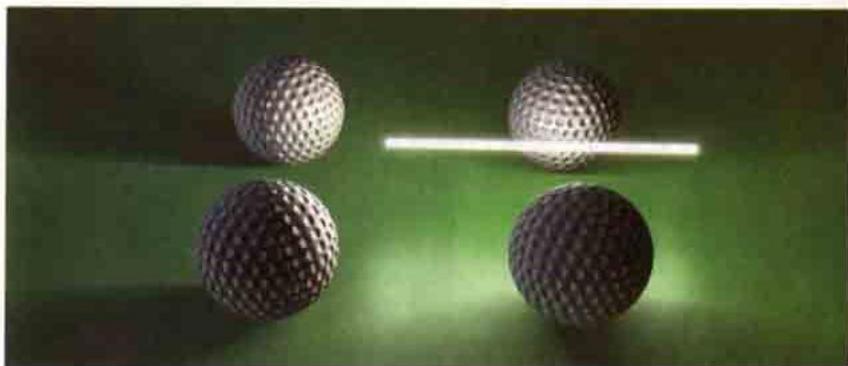


图 2.15 线性光源表面发出的光比边缘发出的光更柔和一些

可以用线性光源来模拟荧光灯管、激光流或其他呈现为线形的光源发出的光。甚至在没有明确指出需要线形光源的时候，线性光源（不是平面或球形区域光源）也被用来柔化光的效果，这是因为线性光源比其他类型的光源使用起来要简单得多。线性光源产生的效果与平面和球形区域光源很接近，但它渲染的速度很快，因为它只需要调整一个轴的数值而不是两个或三个轴。

2.2.4.4 模型光源

在很多软件中，场景的某一个 3D 模型可以被指定作为一种区域光源。由于具有了这个属性，即使是一些非传统形状的灯，如图 2.16 所示氖符号的模型，都可以作为真正的光源。然而，在大多数软件中，像氖符号这样的效果模型通常被做成外观很亮的物体并在它的附近放一些其他的灯来照亮周围的区域。

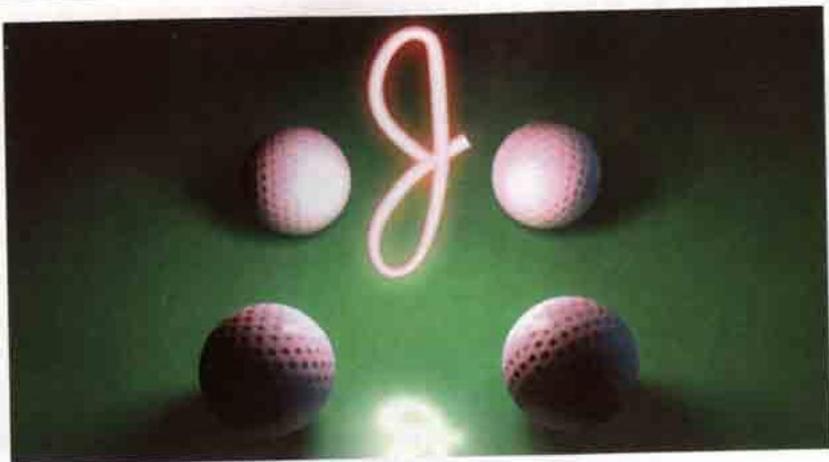


图 2.16 3D 模型可以作为定制形状的光源

2.3 光源的测试

光的效果 5% 在于设置，而 95% 在于修正和调整。当向场景中添加光源时，在出现制作者和客户均满意的效果之前，必定要做多次的测试——修正和调整。对测试和修正的过程进行有效的管理是制作高质量的图像和把握时间要求的必要组成部分。

在包含多个光源的场景中，要清楚每个光源的功能以及当不满意图像的明暗效果时，知道对哪个光源进行调整。要详尽地测试来评价你的灯光效果并保证每个光源都在发挥它们应有的作用。

为了节省时间和分步解决问题，不必每一步测试都输出一个完整的场景或是产生一个最终的效果图。在工作流程中，可以使用多种技巧进行测试，只要使每一步测试能够明确地显示出控制灯光效果所需要的信息就可以了。

2.3.1 分离光源

要想确切地看出聚光灯的定位，或是背光和轮廓光是如何照亮物体的边缘的，有时需要将某一种光源形成的光亮分离出来。要做到这一点，只要在场景中将其他的光源隐藏或者使它们暂时不可见即可。如果没有关掉软件自动添加的“环绕灯”或“默认”的光源，要将它们关掉。现在你就可以对一个特定光源的效果进行渲染了，而且此时图像的其他部分都是黑色。

图 2.17 显示了同一个场景中两个分离出来的光源各自的效果。如果你在调整一个特定的光源，尤其是当这个光源能够表现很细微的效果时，分离出这个光源使你能够很清楚地看到调整的效果。分离光源是一种好习惯，特别是当将注意力集中于用某一光源解决问题，或者想用一种光源实现场景中的特定效果时，这种方法就更具有优越性了。将光源分离开来进行渲染也比对多个光源进行渲染的速度要快。

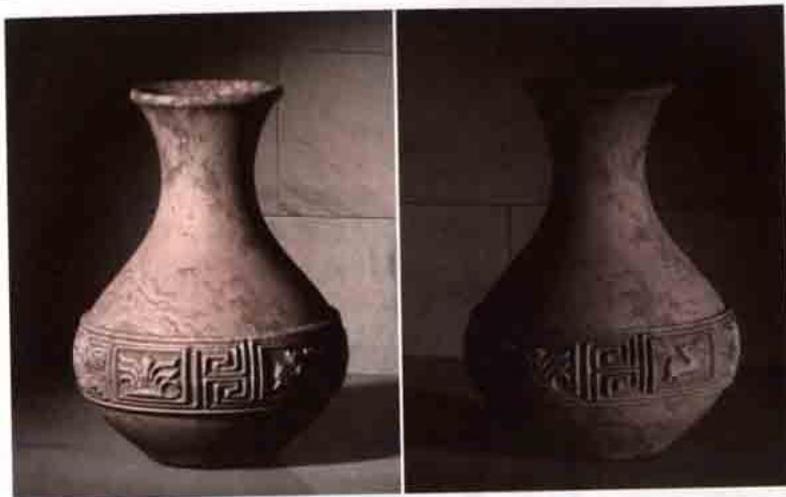


图 2.17 从同一场景中分离出来的两种光源各自的效果

逐一对光源进行渲染能够揭示出每个光源在场景中各自提供的明暗效果。如果你还不明确每个光源照亮了哪个部分，将光源分离出来进行渲染的结果会给你答案。你可能低估了光传播的距离，而且可能不知道在房间一侧的一个小的点光源会在房间的另一侧投下光亮和阴影。将光源分离出来进行渲染能够显示光源的整体效果，因而就可以集中地解决问题（例如调整光的扩散距离或稀薄度）。

将光源分离出来进行查看可以精确地设置细微的效果。例如，如果用一个轮廓灯来照亮人物的头和侧面的轮廓边缘，将此轮廓灯分离开单独进行定位和调整时，其他的部分都是黑的，这比当这个光源的细微效果与其他光源的效果结合在一起时对光源进行定位要容易一些。

注意 加载一个阅读本书前创建的场景，并分别对每个光源进行测试。观察每个光源是如何在整体中发挥功能的，以及如何控制和调整光源来创造更好的效果。

初学者的场景中经常会存在很多没有达到预想效果的光源。例如，如果由于光源周围的形状无意地阻隔了一个能够投射阴影的光源，这个光源或许只能提供很少的光或根本无法提供任何光。如果测试场景时有很多的光源同时存在，那么这个问题很容易被忽略。作为一名初学者，他有可能返回去使光源能够重新发出光，再进行渲染，但如果他依然无法看到被阻断的光源的完整效果，他可能会向场景中添加另一个光源来补足。他可能对场景渲染了多次仍然没能找到症结所在，而且会在场景中留下一个并非必要的投射阴影的光源，这会减慢以后渲染图像的速度。

如果将光源分离出来分别观察它们的效果，解决上述这种问题的过程就会很快而效率又高。如果测试的部分只有被阻隔的这一个光源，光源被自己的装置遮蔽的问题就很快能够被分析出来并解决（如将遮挡的装置去掉，或是移动光源）。

2.3.2 人造色彩光源

通常，同一个物体上会使用多个光源。当两个或更多的光源投射到一个物体上时，光照部分就会出现重叠或是掺杂在一起，这使得要诊断的问题较为纷乱。如果你对每个光源在场景中的功能了解得很清楚，而不是花精力去查看多个光源的重叠效果，就可以避开缓慢的查找和错误调试过程，从而更快地完成渲染过程。

观察图 2.18 的左侧，会留下一个总的印象，即图中有两个光源，分别位于左右两侧，把花瓶照亮了。要区分出两个重叠在一起的光源，一个简单的办法就是给每个光源赋一个突出的、人为的色彩，如图 2.18 右侧所示。

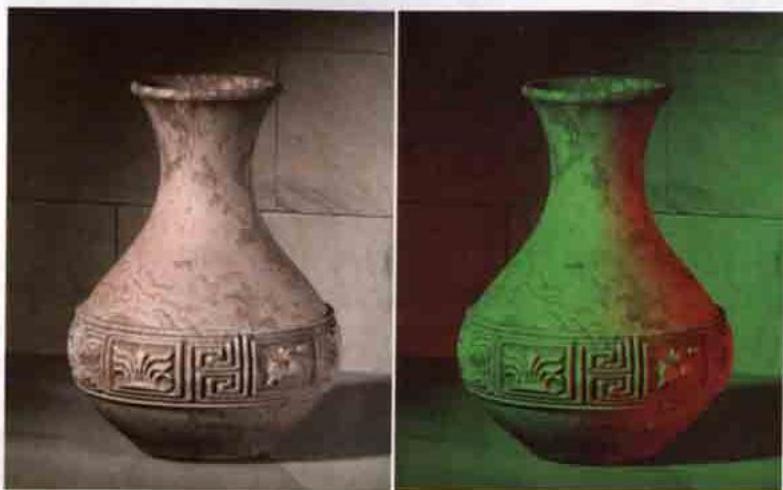


图 2.18 使用辅助色彩可以很容易地识别每个光源各自的功能

在图 2.18 中如果使用通常的色彩，可能就无法判断较暗的光源是否能够投射到墙面上。使用人造颜色，如将较暗的光源设为红色，红色的光在黑色的墙上就很显眼了。

人造色彩可以看作是分别渲染每个光源时的一个变量，但它可以显示出两个或多个光源的交互和重叠效果。

2.3.3 在两个版本之间切换

如果无法确定某一次调整是否起了作用，或是在尝试实现一些功能时很想知道刚才的工作到底能实现怎样的效果，那么在同一个窗口中比较修改前后的效果图可以达到目的。一些细微的差别或调整，在修改后的效果图上可能无法准确地察觉出来，但如果把修改前后的两幅图放在同一个窗口中并在它们之间切换显示时，你可能就会注意到这些细微的变化，例如一次很小的位移。

多数支持动画的 3D 软件都可以设置为按次序显示多幅渲染的帧，这样就可以在同一个窗口中实现不同帧的切换显示了。将其中一帧设为修改前的效果，另一帧设为修改后的效果，

就可以比较修改前后的两个版本的不同。使用翻页工具或者动画放映工具，就可以在两个（或更多）的帧之间进行前后的切换显示。如果你使用的软件没有翻页类的工具，那么支持层的绘图软件也允许一个图层在可见和不可见之间切换，这也可以很容易地实现在不同效果图之间的切换显示。

在同一个窗口中可以观察到两个版本的细微变化，或是确定它们之间是否完全相同。翻页工具还提供了另外一种分辨特定光源在场景中的功能的方法。通过在打开光源和关闭此光源时的两幅图之间的切换，就可以判断出光在这个场景中的效果。

在翻页工具中，只能对光效果进行调整，其他均不能改动，这点是很重要的。如果你在对一个已经制作完成的动画的一个场景中添加光效果，应冻结动画的运动或是基于动画的某一帧制作多个效果图，然后把这此效果图作为动画的帧同其他帧编排在一起。

由于对光效果的调整会包含一系列的测试效果图，为了能够在测试过的所有版本中切换，最终可能会在动画中添加许多帧。

2.3.4 在绘图软件中合成

在对 3D 场景进行试验的过程中，2D 绘图软件是一个有效的工具。试着将不同的渲染版本放到一个绘图软件中，通过比较，你可能更喜欢介于两个渲染效果图之间的效果，然后可以回到 3D 软件中，将实际的光源调到中间值或中间的位置。若想删除顶层的一部分，应先看看将其应用到部分场景去会发生怎样的变化。当然，最后还是要回到 3D 场景中，将选中的效果在 3D 场景中实施出来，但这种实验法比在 3D 软件中修改和渲染图像要快且容易得多。

在优化光效果时，一项很有效的技术就是前面说过的将每个光源分别渲染，然后将每个光源的渲染效果图放到一个绘图软件中。把这些渲染效果图拼合成一个图层，就可以预览多个光源在一起的总的效果图，如图 2.19 所示。

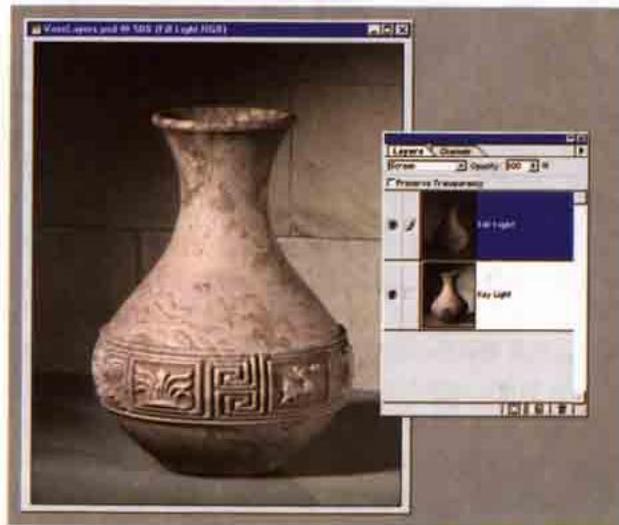


图 2.19 各自渲染的多个光源被合成在一起

将各个独立的渲染图拼合到一个图层时，会用到两幅图之间的叠加操作（即 Add 方法）。叠加拼合图层的意思是将一幅图的色彩值与另一幅图的色彩值相加，从而将两幅图的光集中起来，这会形成更为明亮的图像效果。不需要阿尔法通道或蒙版，因为黑色区域对亮度不会有任何影响，而图像的效果也不会产生变化。只有被照亮的那些区域才会被添加到叠加合成画面中去。

简单的叠加合成只是拼合多幅效果图的其中一种方法。你还可以使用一种合成的模式——Screen，见图 2.19。Screen 与 Add 方法相似。Screen 的优势在于它不会很快地将接近白色的色调裁掉，而 Add 则可以更精确地反映出各个光源在 3D 中集成的效果。

注意 在 Photoshop 的 Apply Image 对话框中可以找到标记为 Add 的叠加图层功能，在 3D Studio MAX 的 Video Post 模块中也找到标为 Add 的 Simple Additive Compositor（简单的叠加合成器）。

当组合的效果看起来像是包含多个光源时，就可以对各个图层进行操作了。利用绘图或图形合成软件的功能，可以改变各层的亮度和色彩，使某一层渐渐淡出场景，或干脆完全关闭它。

上述的变化和测试可以在很短的时间内完成，同时你也会看到这些应用到整个场景中的变化，包括阴影和反射，各步骤之间不需要任何的拖延。这项技术对于测试光源和从事场景试验的人是很有用的，尤其在渲染多通道的场景时显得更为重要。

注意 在本书第 10 章中，会对多通道的渲染进行详尽的讨论，也会列举更多的理由支持对光源分别进行渲染。

2.4 摄像中的灯光效果

从写脚本到搬上银幕，影片的制作要经过多个阶段，而拍摄不同的影片时，灯光在每个摄制过程中充当的角色又是不同的。在有些影片中，灯光效果有时好像是后来添加上去的，这似乎有些令人遗憾，但事实就是如此。在一些写实影片中，计算机制作的图像本身就是后来添加上去的，而且灯光通常不是这些拍摄过程中最重要的组成部分。

换句话说，不能总如你所愿，随时进行灯光效果的处理。首先要有一个 3D 场景，要清楚摄像机的角度和物体摆放的样子，还要将实景拍成电影并进行数字化，然后才能设计整体的灯光效果。一旦可以开始制作灯光效果了，人们就往往非常急切地想立刻完成灯光效果的制作，着手图像的渲染，尽快看到自己完成的作品。

2.4.1 综合制作灯光效果

在有些制片公司，灯光效果是一项单独委派的工作。即不是由一位艺术家来完成图像渲染的全部工作，而往往是经过各部门的专家组成一整套的制作流程来完成的。在这个过程中，由某个人（或某个部门）专门负责配置 3D 场景的灯光效果。

然而，在一些小公司，通常是由一个人来完成场景渲染的全部工作。他一个人要装配素材，设置阴影、纹理、灯光和图像的材质，有时还要制作模型和动画。在计算机制图中，上述的这些工作在很大程度上是并行的，以至于场景中灯光的调整效果很难与其他工作的效果区分开来。现实生活中，对于很多归因于光量的外观效果，阴影或材质对它的影响就像光源本身对它的影响一样大。

光源是永远无法直接看到的。除了镜头光斑和光束这样的视觉效果以外，只能通过场景中光在物体上形成的效果不同来分辨光源。如果由于造型或阴影的问题使物体没有对光作出正确的反映，那么无论你怎么处理光源，场景的光效果都不会有什么改善。有时，最好的办法是找出问题的根本所在，这样就不至于浪费时间去渲染实际上无法对光作出任何响应的场景。

2.4.1.1 几何图形

对于有些模型，无论怎样处理它们周围的光源，它们就是出现不了理想的光效果。几何图形本身会存在错误或疏忽，导致物体无法以正确的方式对光作出反映。

通常，影响模型光效果的关键区域是拐角处和边缘。图 2.20 右侧图像的光效果看上去要比左侧的效果好一些——右侧的胶粘带切断机在上边缘进行了加亮处理。比较而言，左侧的图像看上去立体感就差一些，光的设定也稍差。实际上，左右两幅图的光是完全一样的，只不过右侧的模型被放置成了斜面。



图 2.20 两幅图中的用光是完全相同的，但右侧的图使用了倾斜的几何形状使效果看上去好一些

看一看那些有角的物体，如桌面或电视机。从远处看，那些角都是正的；但靠近一些，就会发现这些角实际上都经过了倾斜或弯曲的处理。当从不同的角度观察物体的很小的、倾斜的边缘时，会发现这些角通常都进行了加亮处理或是有着明亮的边缘。如果没有斜角来捕捉光源，那么以 45° 的角度来照射物体，就无法形成光亮的部分。在图 2.21 中，右侧的图像使用了一个简单的斜角，就形成了完全不同的效果。

即使灯光和材质的设置完全相同，几何图形细小的不同也会使渲染的效果有很大差异。

除去一些实时的应用软件允许场景中使用很少的多边形，避免模型中平坦的平面之间形成很锐利的交线，其余的都要进行倾斜处理。



图 2.21 斜面从不同的角度捕捉光线

2.4.1.2 阴影

材质、阴影和纹理是决定模型如何对光作出反应的主要因素。对没有纹理的物体或环境用光在技术上是可行的。有时，不设纹理的测试能够使你更清楚地看出光照生成了怎样的阴影效果。然而，最后对纹理和表面属性的设置会对光的效果产生很大的影响，因此，通常先将模型的纹理和属性调整好，再仔细地对比光效果进行渲染。

如果物体被设置为反光或透明，可能会限制物体对光作出反应，因此，尽管有光照射在物体上，物体可能仍然是黑的。如果物体位于一个全黑的环境中，并被设置为反光，那么通常的效果是模型的颜色比背景更暗一些。如果物体的表面被设置为透明，但透过物体表面又看不到其他的物体或介质，物体也会显示为更暗的颜色。

如果一个被设置为透明或反射的平面不能对光作出正确反应，有几种办法可以使它受到控制。当物体的周围有其他模型或介质可以反射光时，它就会变得更亮些，这样更能令人信服。将物体表面镜面高光的亮度值设置为远远高于正常值，就可以在表面添加一个闪光的区域，即使是透明或反射的区域，也要如此。现实中几乎没有任何物体能够像在计算机中创建的物体那样是完全反射或透明的。通常，减小透明度和反射率是最好的决定。如给出物体的凹凸贴图或在物体表面贴上灰尘和划痕，如图 2.22 所示。

如果物体包含有反射或发光的平面，从摄像机的不同角度看场景，物体形成的亮区或反射的阴影的位置会有所不同。光照区域确切的尺寸、位置和亮度都要经过测试，对照最终的阴影效果来确认光是否如设想的照亮了指定的区域。渊博的学识或充分的估算是无法代替真正的视觉检验的。

一个具有理想光照效果的场景要由光以及场景中很多其他的因素共同来形成。对场景中不同内容的修改会有助于提高和改善光照效果。无论你是一个人完成整个的项目，还是只负责其中的一小部分工作，你都要注意到项目实施过程中的其他部分，尤其是模型和纹理，这两个因素对场景的光照效果有显著的影响。

注意 在第9章中会详细地讨论纹理的使用。



图 2.22 由于纹理和污垢效果的使用，改善了阴影的效果

2.4.2 修改灯光效果

如果你是一名专业人员，就会有人对你的作品进行认定并且有权利要求你对光照效果进行相应的修改。根据你所在的项目组和公司的组织机构情况，对你的工作进行认定的可能是你的客户，也可能是导演、创意导演、艺术指导、你的主管或是你的老板。理想的状况下你可能对一个人而且只对这一个人负责到底。如果可以有多个人对你提出意见，那么他们的建议可能会相互矛盾或有不一致的地方。

对你的作品的“认定过程”需要你与客户之间制定详细的时间表，明确地规定你的每一次测试或每一个版本需要客户认定的时间。对认定过程指定时间表的目的是避免最后做太多重复的工作：因为在提交最后的成品之前，你的所有测试版本或作品的每一部分都已经得到了客户的反馈信息。你肯定不希望直到最后已经全部完成了作品时，客户才告知他不满意光照的某一部分，需要你进行修改。

2.4.2.1 对客户讲评做好准备

与客户交流的关键环节之一就是要制定出作品的制作时间表。客户要清楚在每个指定的日期他可以看到怎样的测试版本或作品的哪个制作阶段。在客户发表评论之前，要使客户弄清楚本次展示的版本应该包含（或没有包含）哪些内容。

在很多情况下，你可能要向客户展示与最终的载体形式不同的测试版本。例如，最终要做到电影胶片上的图像最初可能只能在计算机的监视器上进行预览，或某一幅3D动画最终要与一个真实的镜头合成在一起制作成电视节目，而它可能最初也只能孤立地（或是很粗糙地）放在一幅背景图的前面来预览。

要使你的客户弄清楚他们将看到什么。如果他们认为自己即将看到的是与最终的成品更接近的版本，而不是你所展示的很粗糙的版本，那么他们会对你的作品很失望，有可能出现对你的信任危机。

要使客户明白他们是否在进行一次用色很精确的验证,以及测试版与最终成品在清晰度、画面长宽比、打印过程以及其他一些方面的不同之处。

要使客户真正明白作品中有哪些地方是将来可以修改(不可以修改)的。例如,如果你想把场景中的阴影作为单独的一部分,将来再与真实场景的电影胶片合成在一起,那么阴影的暗度或不透明度就可以在合成的过程中进行修改;反之,阴影的角度或方向在确定了之后就很难进行修改了。应该让客户清楚场景中的哪些要素是需要现在就确定下来的,哪些是以后可以修改的。

你或许永远也无法完全清楚如何将讨论的内容很好地描述出来,用简洁的语句来开始你的陈述是一个好习惯,如可以这样开始:“这就是我们目前在进行的工作……”或“这些内容是我们以后还要做进一步改动的。”

2.4.2.2 版本的组织管理

客户往往会在改变主意后又想采用原来版本的场景。因此在场景第一次被修改以后,不要以为原来的这些资料就没有价值了,否则,你会发现在后来的版本中你要重新生成很多前面的资料中已完成的内容。

客户或你的上司有时也需要回顾场景是如何发展的,或你对以前的意见做出了怎样的反应。随时准备好给客户看以前你们已经讨论过的任何一个版本,以防需要它作为参考或对比之用。

不要将用来生成图像的那些场景丢掉,特别是你已经给客户看过或客户已提出了意见的那些场景。你可以把所有的测试图存储在一个目录中。你还可以将每个版本的3D场景资料生成不同文件名的场景文件。清楚每个版本的场景所对应生成的图像是很关键的,应将它们赋予同样的名字或编号,或是写下一个记录文件,将图像与生成它的3D场景对应起来。

如果开发或使用了不同版本的纹理图,也同样需要将图像文件与纹理图对应起来。如果场景使用的纹理图丢失或是已被更新版的纹理图代替,那么重新加载一幅旧的场景可能就无法实现原来的效果。

2.4.2.3 如何采纳意见

在听取客户的评论意见时,不要以为你听到的每个字都是很准确的技术表述,可以确切地与计算机术语相匹配。例如,假设客户告诉你“皮肤看起来应该是半透明的”,不要理解为要选取设置或阴影中标有“半透明”的选项。半透明的效果可能源于纹理图的变化,如可以看到皮肤下面更多血管的颜色;也可能是源于灯光的改变,如物体的边缘在明亮的背景衬托下,更柔和地被光照射时,也会出现透明的效果。

有时,客户的意见听起来像是一条渲染图像的建议,但实际上却与灯光和阴影的设置没有什么关系。例如,想像一下,如果客户说人的皮肤看上去应该是“更柔软的”。这可能需要改变皮肤的阴影和纹理图的设置,也可能要借助灯光的设置。然而,这也可能是由模型引起的问题,例如需要将人物服装的腰带部位的皮肤向内拉,生成更具“弹性”的效果。另外还可能是动画制作的问题,如果皮肤的变形使人物看起来更具韧性,或是当人物与别的物体接触时,不要作出折叠或压缩的效果。

为了搞清楚含糊的描述和概念,一个简便的办法就是参考图像或手边与物体相关的电影

胶片。如果客户说“使它看上去更像这幅图像”或指出录像带上特定的现象,这要比口头的描述更容易理解。

2.4.2.4 “保护自己”

你或许会把你的修改稿给一个专门评判别人作品的评论家看。对他来说,没有意见就是疏于责任,就像你没有提交图像一样的失职。如果你不想重做太多工作,就不要在意他们的意见或不要去咨询他们的意见。不要自觉地将多个版本给客户看并请客户进行选择,除非时间表上有足够的时间来做很多额外的修改和变动。

要记住,光的调整和渲染只是整个工程的一个组成部分,这是很必要的。客户的意见或许只涉及到了模型或动画的问题,而没有提到与光或纹理有关的任何意见。如果你的工作只是负责光和纹理的渲染,那么这是个非常满意的评价。反之,如果你还要负责模型和动画的制作,而且你知道需要修改一次或两次,你会发现围绕灯光和色彩进行修改,比起筹划如何重塑模型或重建场景,是一种更容易使客户忙于提出修改意见的方法。

对任何要求,你永远不能回答“那是不可能的”。对客户说明需要额外的费用及要拖延制作时间可能是使客户收回要求的更好方法。提出符合客户预算和时间要求的替代性方案也是很有帮助的。

2.5 实验

无论多忙,你一定要抽出时间进行实验。一般每隔几个月,在本行业中使用的软件就会有某种程度的变化。如不断出现新的演算规则,新的技术,同时新的硬件不断地促使用户对以前的标准进行重新评价,并引入更多的功能和方法。

计算机制图将艺术家们置于“爱丽丝漫游仙境”的境地,不得不飞快地学习新的变化只是为了能保持原来的水平。要赶上当今的技术潮流,要求你对经过检验很靠得住的技术进行重新考虑和修改,并投入时间去测试新的技术。

在工作的最初阶段,在你准备对场景用光之前,将作品的很多要素放到一个空的场景或不带任何最终模型的环境中是可能的。例如,如果要对烟或雨效果用光,你可以在相近色彩的背景上开发和测试光效果,而不必等到具备了最终的场景时而降低你的测试速度。

即便已提交了作品,在处理掉相关的文件之前,可以重新加载那些场景(无论你是多么地讨厌它们)并用更多的渲染手法进行实验。例如你可能想为自己的文件夹中添加一幅高分辨率的场景打印效果图,或不考虑客户的要求,而用其他的方法对场景进行渲染实验。

如果可能的话,做一个自己的项目,无论这个项目多么简单都没有关系,从中你可以使自己能实现的功能得到扩展。在做大项目期间你可以找出一些片段的时间来做自己的作品。或许你很幸运地在还是一名学生时读到这本书,如果是这样的话,你可以用本书中提到的所有技巧和概念进行实验。

实验不仅对你的工作和事业有帮助,它对你个人的成长也是很必要的。有时你可能会回顾自己的作品,并发现你从自己那些不连贯的项目和实验中得到的经验绝对要比从专业的项目创作中学到的多得多。

第3章 三点光照

对物体的照明最流行、最吸引人的方法之一就是采用传统的好莱坞光照模式的三点光照方法。三点光照可以很容易地用光模拟物体模型，通过渲染的图像表现物体完整的三维形状。三点光照的变量调整能够在任何物体（从小道具到电影明星）上投下令人满意的光效果。学会使用本章描述的三点光照能够使你对光在绝大多数光照方案中所起的主要作用有更深入的了解。

3.1 用光模拟物体模型

在讨论生成三点光照的特定结论和光放置的位置等问题之前，了解电影的光照方案中采用三点光照的背景和目的是很重要的。

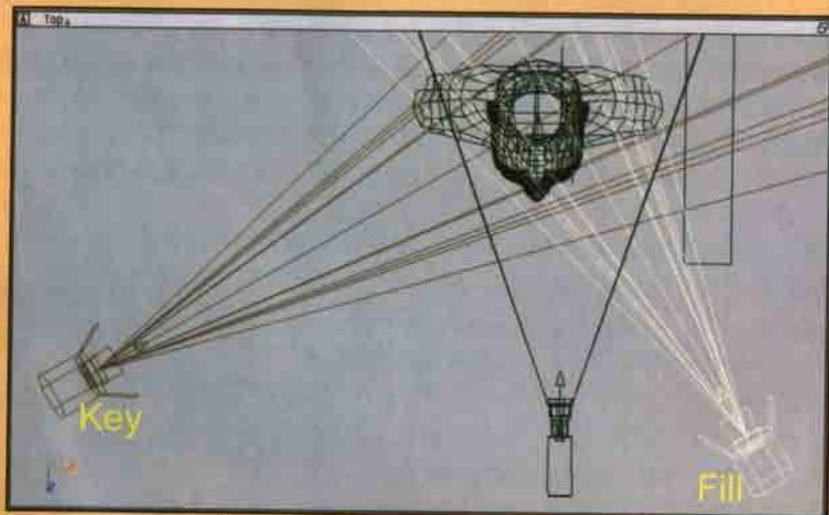
初学者有时认为物体有很好的光照效果是因为对它用了较亮的光，从而有足够的光使物体可见。实际上，即使使用很亮的光对物体进行照射，如果没有配合不同角度的有效阴影，物体很多重要的部分仍然是不可见的。例如，图 3.1 的光显然足够亮，但由于阴影的使用不足因而无法展示模型的三维形状。

三点光照的一个主要目的就是用光来塑造物体模型。也就是说，用光照射物体，使二维的输出可以表现物体的三维形状。

图 3.2 与图 3.1 显示的是同样的物体，但前者用光模拟物体形状的效果要好很多。可以看到图 3.2 中的一个平面是球形，而另一个平面是圆柱体末端的一个面。但在图 3.1 中可能就看不到这个区别。

大多数场景不会像图 3.1 那样极端，但它说明了一个问题，即过度均匀地用光会使物体变平，从而隐藏了真实的曲度和造型。当拍摄照片时使用了内置的闪光灯，或在电视新闻报道时将光直接打在摄像机的上面，也会出现这样的效果。

图 3.2 在照射物体时运用了更多阴影的变化。一



个角度的光亮些，而另一个角度的光暗些，可以避免出现平的、均匀用光的效果，而且会增加在用光做造型时所需要的阴影效果。要做出最好的造型，需要对表面使用的阴影进行研究，并且要确定没有过于平的、均匀的区域。

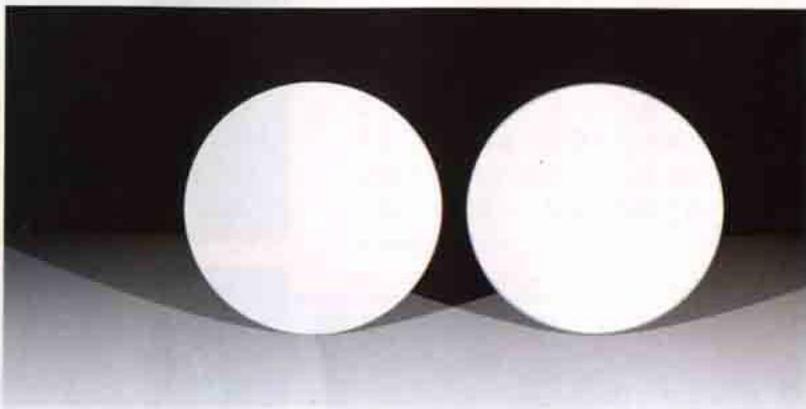


图 3.1 从这些造型中看不出物体的形状

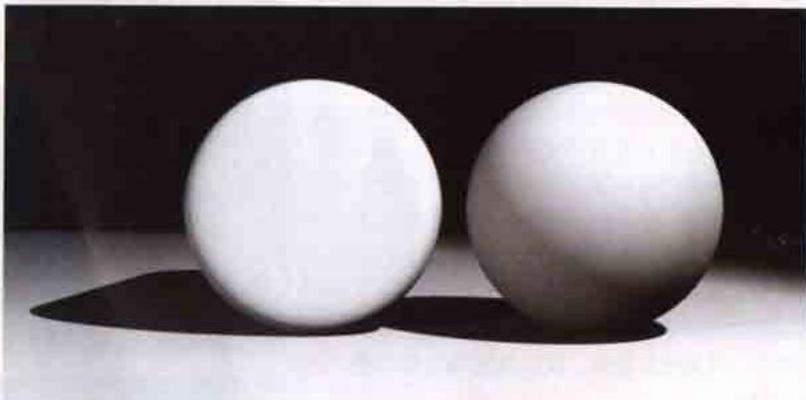


图 3.2 新的用光展示出了物体的形状

学习使用物体阴影的一个方法就是想像物体的形状是由不同的位面界定的。位面是表面的一部分，它们有自己的角度，可以认为弯曲的、有组织的形状都是由平的位面组成的。图 3.3 显示的是一个用清晰的位面而不是平滑的阴影渲染的人的头部（甚至在计算机制图和多边形网格出现之前，插图画家就谈论过“脸的位面”，认为它可以分解那些需要添加阴影的不同形状——把物体分解成多边形只会使模拟更方便一些）。

用光来模拟表面的形状，就要对表面的不同位面赋予不同的值。图 3.3 中，根据光照的设计，面部的每个位面都被赋予了不同的阴影，相邻的两个位面的光照存在相应的变化。观察人物面部的左侧，发现最强的光没有照射到这里，而且另一个光源使阴影延续了下来，并对表面添加了更多的层次变化。

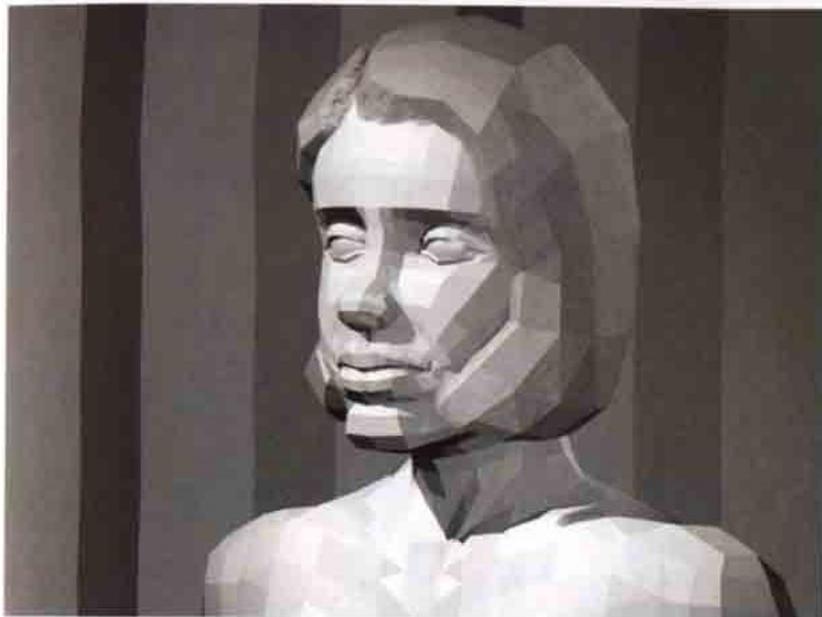


图 3.3 面部的每个位面光照度都不同

相反地，图 3.4 显示的是计算机制图中一个常见的错误。它使用了一个平的环绕阴影来填充未被主要光源照射到的区域。这就在头部未被主要光源照射到的地方形成了一个均匀的阴影区域，在这些区域上，如颈部，你看不出相邻的位面有什么区别，也就意味着没能用光勾勒出这些区域的造型。

在阴影没有任何变化的区域，从一个位面到另一个位面，光度的明暗并没有区别，也就无法看到在阴影形态中显示的所有造型。为了避免出现平的、呆板的区域，或是均匀的光照效果，就应该用光以不同的倾斜度对物体设置阴影。

注意 第 2 章对为什么使用均匀的球形环绕光会破坏光照效果进行了详细的解释。

下文要描述的三点光照是用光勾勒物体造型的一种可靠的方法。在设置三点光照的布局时，每做一步调整，都要想到用光勾勒造型这个目标，并要反复地观察每次测试形成的造型效果。

3.2 三点

三点光照中的三“点”实际上指的是光在场景中充当的三种“角色”，每个角色都实现特定的功能：

- **主光。**这种光生成物体的主要光亮部分，并确定光照的主要角度。主光通常比照射物体的其他光要亮些，而且往往在场景中投射出最深、最清晰的阴影。



图 3.4 使用了环绕光照的区域，位面不很清楚

- 辅助光。这种光使主光形成的光亮部分变柔和并延伸开，使物体的更多部分可见。辅助光可以模拟场景中反射光源或次要光源的效果。
- 背光。这种光可以生成“明确的边界”，帮助人们从视觉上将物体与背景区分开。背光能够使头发生成反光的效果（由于这个原因，背光有时被称为“hair lights”），并且添加一个明确的边界来显示物体结束而阴影开始的地方。

在阅读上述定义时，不要将“背光”与“背景光”弄混。背光不是用来照亮背景的，而只是围绕物体的边缘生成一个边界。目前为止讨论的三点都不是用来照亮布景的——它们通常用来照射主要的物体，如人物或产品。其他光源可以用来照射物体周围的环境。

对上述三点进行一次快速的预览，图 3.5、图 3.6 和图 3.7 显示了每次添加三点中的一点时 3D 头部的效果。图 3.5 中只用主光来照亮，主光照亮了物体的主要部分，但相对的那一面仍然是暗的。图 3.6 中，将辅助光源添加到了另一面，完成了整个平面的阴影效果。图 3.7 中，又添加了背光，围绕人物的边缘形成了一个明确的界限，这个小小的光的边缘就是使用背光将物体与背景区分开来形成的效果。

三点光照实际上是很灵活的，可以通过相应的变动后应用到更广泛的光照方案中。没有一个成功的光照处理“处方”是适用于任何情况的。每次使用三点光照时，都需要针对特定的场景作出变动和选择。下面将要讨论的是如何选择主光、辅助光和背光的位置和设置。

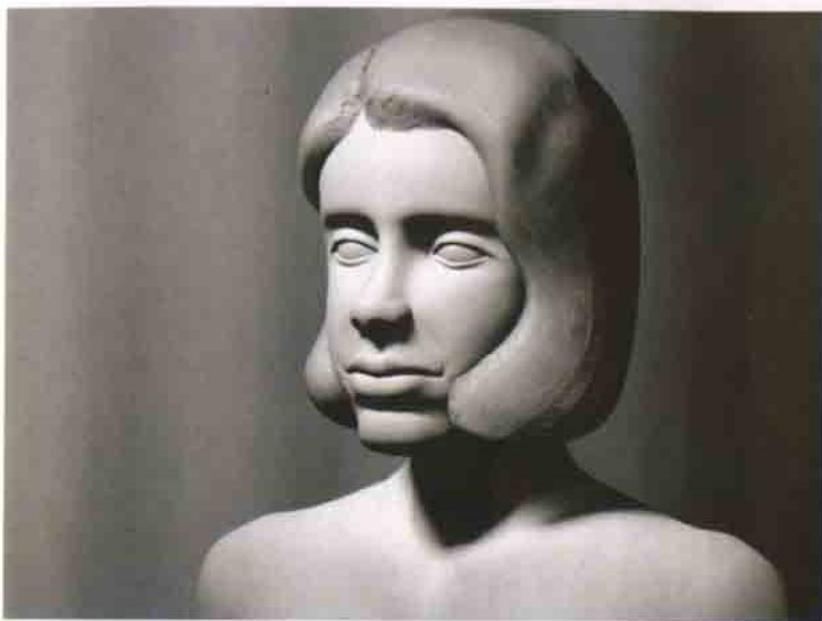


图 3.5 主光向物体上添加了主要的光亮



图 3.6 辅助光延续了围绕造型的阴影效果



图 3.7 背光形成了一个明确的边缘，将物体与背景区分开来

3.3 主光

每个三点光照的方案中肯定要包括主光。作为场景中主要的、最亮的光，主光还生成了物体光亮的主要角度。为主光选取角度是物体用光中的一个重要工作。

本章描述的光的角度是以摄像机的位置为基准的。在对光定位之前，先设置好镜头和摄像机的角度，能够使三点光照更好地发挥作用。如果后来又改变主意，决定从一个完全不同的角度对准场景时，光照也要相应地进行变动。以摄像机为观察点浏览整个场景，你就可以添加和调整主光了。

将主光的角度设置得与摄像机的角度过于接近会出现平的形状，如图 3.1 所示。但如果将主光的角度设置得过于偏离摄像机的角度，也会使主光过于生硬和分散，而且或许不能完全照亮脸部。

把鼻子看作人的日晷，观察它的阴影指向的方向。如果是向下指向嘴的某个部分，如图 3.8 所示，那么这是一种观察人的正常角度。观众已经习惯于在头顶有光的环境下观察人。为使阴影指向上述预定的角度，应将主光定位于物体的上方并偏向物体的一面，如图 3.9 所示。

如果鼻子的阴影偏向侧面，将面颊切为两半，如图 3.10 所示，这样就不会形成满意的效果，而且有时还会使场景中的光照分散。当主光的定位偏向一侧过多时，就会出现这样的效果，如图 3.11 所示。

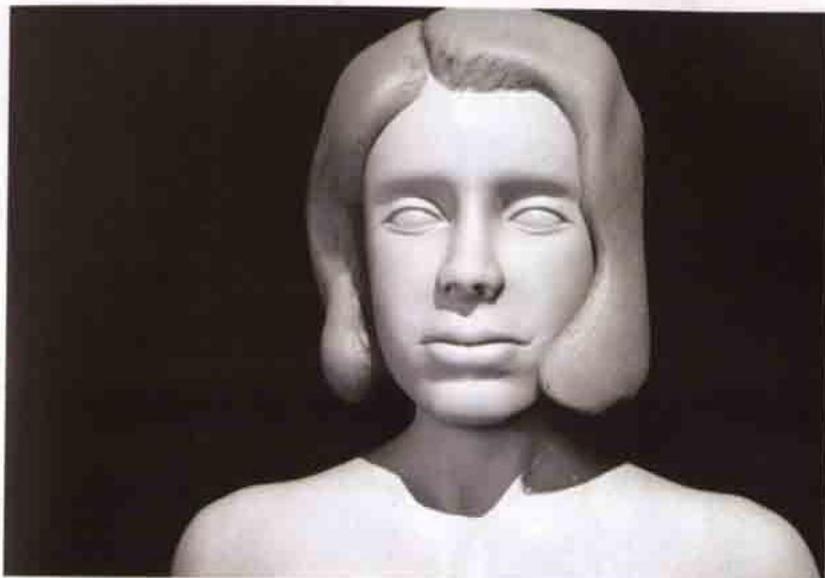


图 3.8 在正常的光照下，鼻子的阴影指向嘴的部位

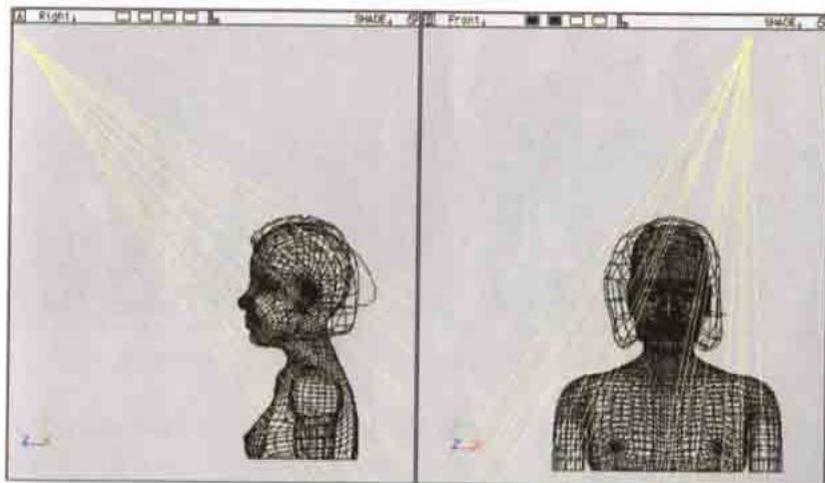


图 3.9 正常的主光位于物体的上方，而且要偏离中心一定的距离

如果主光被放置得太低，向上照射物体，会产生极端不自然的效果，如图 3.12 所示。在夏日露营时，你可能会让手电筒向上照着自己并直直地拿着它放在脸的下方，这是讲鬼故事时可以用到的很恐怖的手法。如果像图 3.13 那样放置主光，就会把一个普通人变成一个令人恐怖的、可怕的幽灵。除非光源在场景中是可见的——例如，人站在火堆旁或是手持一个灯笼——否则，低角度的光会使观众留意到与光有关的异常的现象，在使用这种效果时应慎重考虑。



图 3.10 鼻子的阴影表明了光向一面偏离的角度

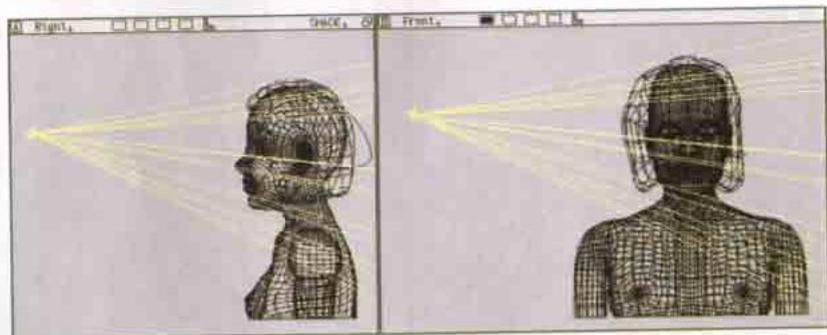


图 3.11 从一侧发射的主光生成了向一侧倾斜的鼻子的阴影效果

如果把主光的位置提得太高，会在眼窝内生成很暗的阴影，这样就把眼睛藏在了阴影里，如图 3.14 所示。如图 3.15 那样设置主光的角度，即使通过辅助光使眼睛可见，“浣熊式的眼睛”仍然不易被觉察到，而且也使画面缺乏足够的吸引力。

如果使主光以同样的方式从物体的后面发射出来，会形成物体的剪影，如图 3.16 所示，并且会朝摄像机投射阴影。将主光放置在物体的后面，这违反了标准的三点用光的原则，如图 3.17 所示。即使这种主光采用了背光通常使用的角度，它仍然被称作“后台主光”，这可能会产生非常戏剧性的效果。然而，要记住，这种光效有时在场景中会转移或分散人们对演员表演的注意力。

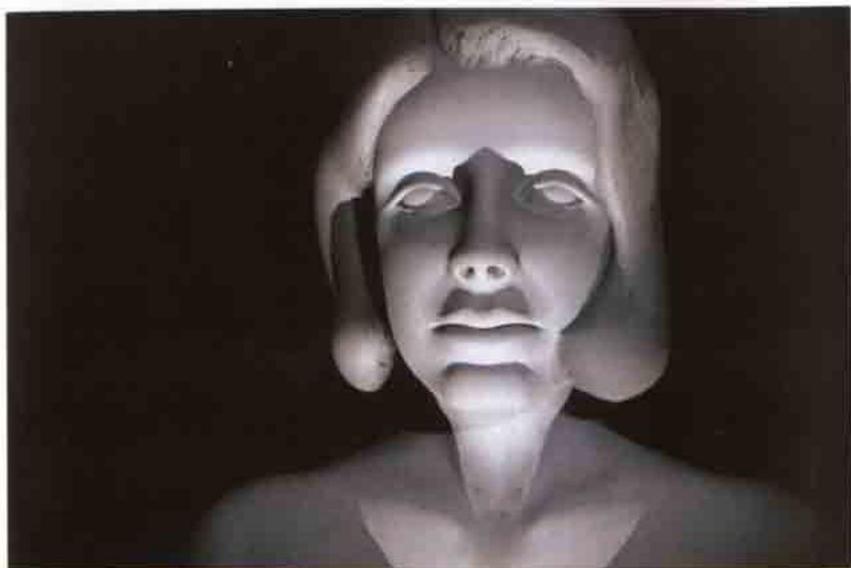


图 3.12 低角度的光有时被称为“来自阴间的光”

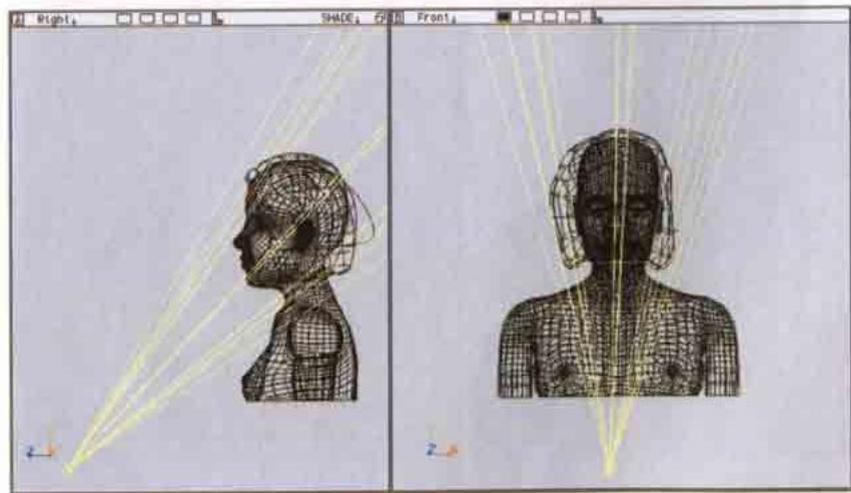


图 3.13 从下面向上照射的主光会产生不自然的光照效果

在所有可能的选择中，将主光放置在与摄像机一侧（左侧或右侧）成 15° 到 45° 角，与摄像机上部也成 15° 到 45° 角的位置上，似乎对大多数标准的三点光照设置是一种“折衷的办法”，而且对于很多场景的用光也是一个有益的起点。要想试着进行“正常”的光设置，你通常应该在如图 3.18 所示的角度范围之内。

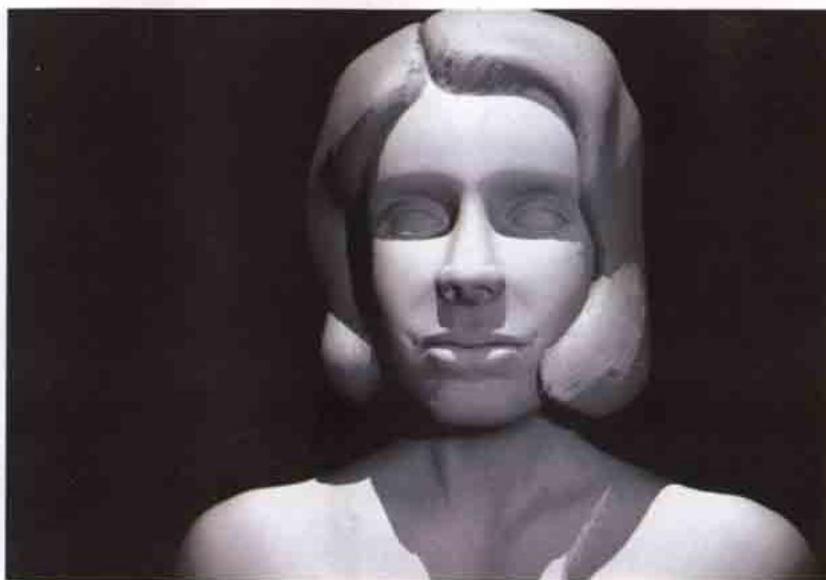


图 3.14 主光的角度太高，形成了“浣熊式的眼睛”

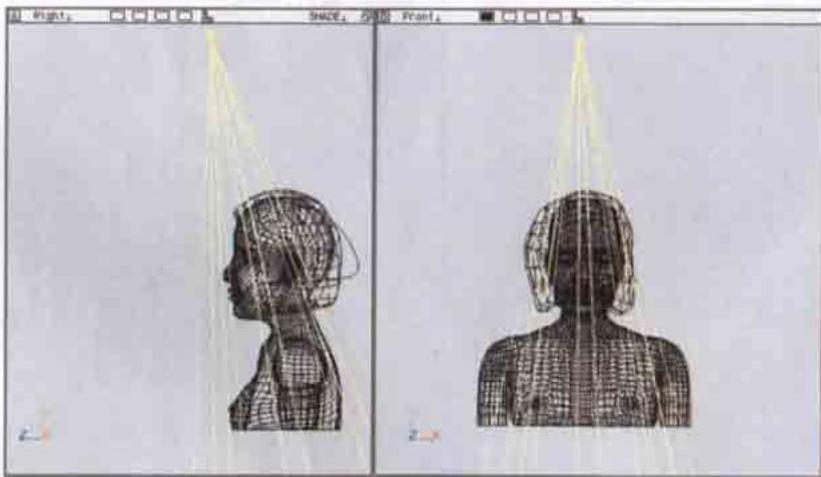


图 3.15 主光被放置在头顶的高角度位置上非常不自然

这些指导原则的一个例外是当从侧面照射人物时，你可能想要旋转主光和辅助光以便使人的脸部被完全照亮，如图 3.19 所示。

在制作动画效果时，你可以用光来预测人物的动作。测试渲染动画镜头中的各个帧，包括从任何“极端的”头部造型测试光效果，是一个好办法。当人物转向侧面时，你就可以确定已经有足够的光来生成侧影了。



图 3.16 后台主光会将人形投射成一个侧影

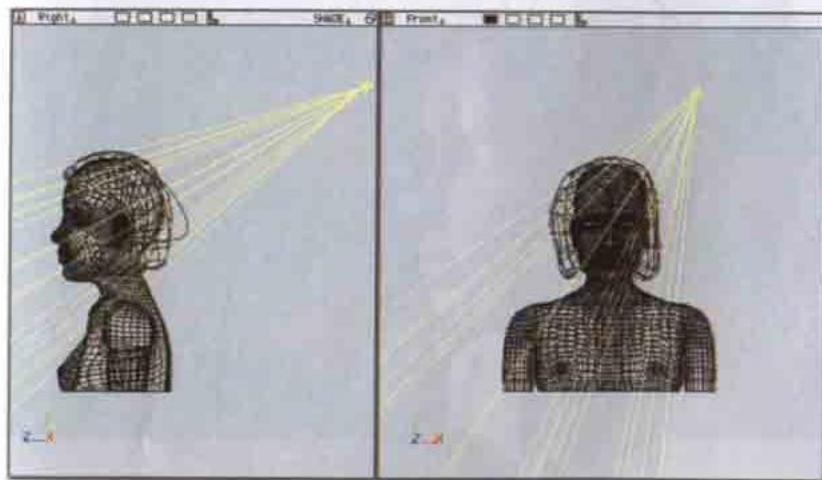


图 3.17 主光放置在头部的后面

通常地，当主光偏离摄像机的角度超过 100° 时，主光更像背光或轮廓光。然而，在人物呈现为侧影的侧面镜头或动画镜头中，可以放置主光使人物的脸部处在光亮中，如图 3.20 所示。

在实践中，你既会受到对物体最佳用光角度的影响，还会受到场景中较明显的光源的影响。在正常的范围内，可以选择一个特定的光照角度与人物周围的环境相匹配。如果是白天在户外拍摄，还要为来自太阳和天空的光指定一个角度。在室内，灯或玻璃窗会照亮房间，你可能也

希望主光也来自同样的常见的方向。这部分所讨论的光的角度的选择只是总体的指导原则，在原则指导下根据具体场景做出判断才是最重要的。

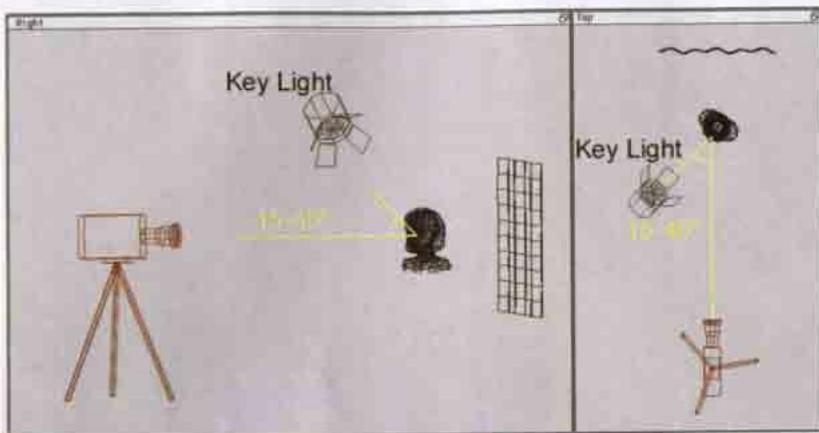


图 3.18 典型的主光角度是以摄像机的角度为基准的



图 3.19 主光可以被移动到从侧面照射人物

3.4 辅助光

在现实生活中，会出现场景自身提供辅助光的情况，这是因为来自主光的照明被场景中其他的平面所反射，向物体添加了额外的光照效果。在摄影中利用这一点（有时也应用到真实场景的电影或电视拍摄中）——仅用一个光源照射场景常常会产生惊人的效果。如果被反复地反射，一个单一的光源就可以提供许多复杂电影镜头中需要的所有直接和间接的光照效果。在一

个标准的扫描线渲染或光线追踪程序中，如果没有有效辐射，“间接”光照就无法加入到场景中。没有任何间接光照的渲染就会产生如图3.21所示的场景，图中右侧的墙被照射得很亮但没有向物体弹回任何光。

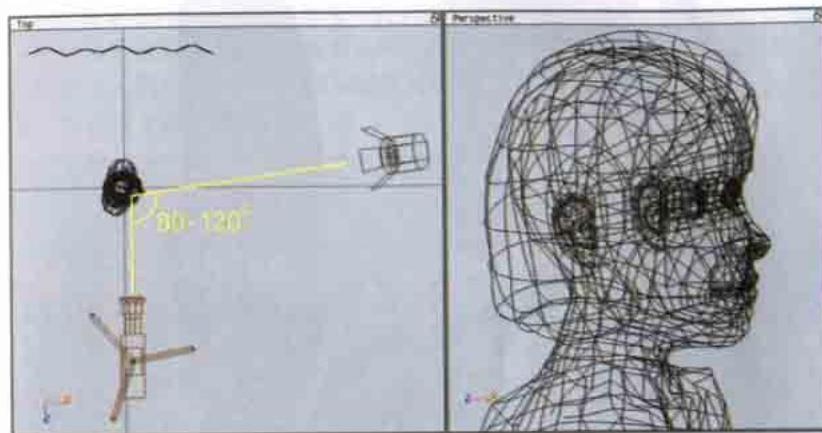


图 3.20 主光可以移到远远地偏离摄像机的角度来照亮侧面的镜头



图 3.21 没有间接或辅助光照的物体会产生不自然的阴影

为了在计算机制图中模拟间接光照效果，你可能需要在与主光相对的角度添加一个较弱的辅助光，来模拟反射光。图3.22中就有了一个添加的辅助光，通过它粗略地模拟了场景中的间接光照效果。

注意 有关间接光照及渲染程序、辐射和模拟辐射的类型的内容，参见第9章。



图 3.22 使用辅助光来模拟间接光照效果

图 3.22 中的辅助光是在物体的另一面放置的一个较弱的聚光灯，如图 3.23 所示。要达到最真实的效果，你可以把辅助光放置在被强光照亮的墙的后面，来模拟将墙上最亮的点直接弹回的光。然而，辅助光的方向不一定非要有很准确的数值，当朝物体的正面做蒙蔽效果时，主光和辅助光有时都是很有用的。

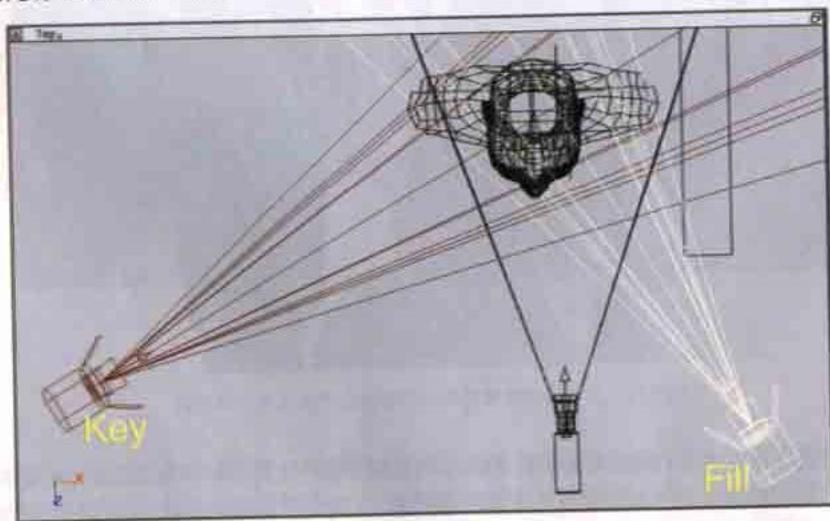


图 3.23 辅助光大略地位于靠近墙的方向上

当辅助光被放置在与主光相对的角度时，它通常能发挥最大的作用。例如，如果主光来自左上上部，辅助光就应该来自下面的角度，向右照射。然而，如果不把辅助光放置在与主光相对的方向，而是使它与摄像机的角度更接近一些，这样有些区域就被主光和辅助光重叠照射，有可能实现更好的效果。如果使区域被主光和辅助光重叠照射，就会得到延续整个平面的阴影。图 3.24 显示了一个很好的辅助光的“正常”角度范围，辅助光在上面只能与摄像机形成很小的角度，但在左右两侧可以与摄像机成 15° 到 60° 的角度。但这些也是非常自由的，只是一般的指导原则。

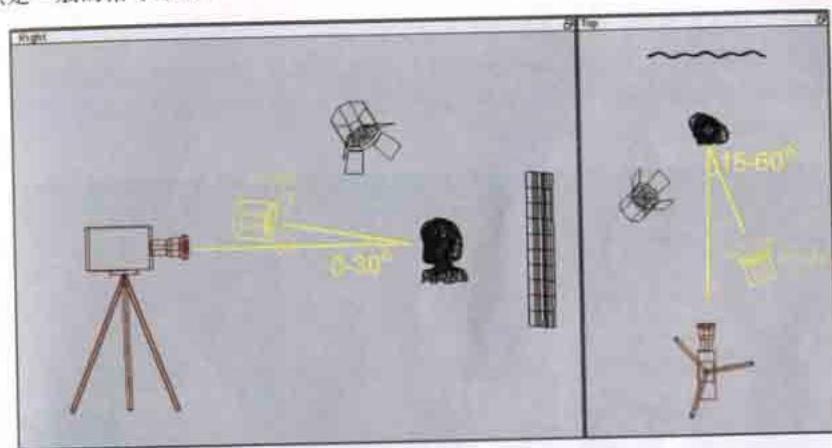


图 3.24 辅助光通常位于与主光相对的方向

根据经验总结出的一个有效的规则是，如果主光位于物体的上方，那么辅助光应该比主光低一些。辅助光的高度可以在从紧挨着主光的下方到物体的头部下面的范围内变动。如果辅助光比物体的头部低很多，那么物体的一面就主要被辅助光照射，物体就会接收到不真实的低角度的光。这是因为，尽管主光源大多都位于头顶，如天空、太阳和天花板上的灯，但次要（或辅助）光照通常来自从地面或墙壁反射过来的光，或来自于如台灯等较弱的光源。

通常，不自然的对称角度是计算机制图中的一个问题，也是放置辅助光时应引起注意的一个问题。正如你不想让场景作为一个整体看上去完全对称一样，不要把辅助光放置在刚好以摄像机的轴线为对称轴来反射来自主光的光的位置。

辅助光不仅仅用来模拟反射光。辅助光的位置和方向也会受到场景中可见的次要光源的影响。如果场景中存在着很明显的光源，如台灯，这可能会激发辅助光，应尽可能使辅助光来自与它们同样的方向。

因为存在许多需要在场景中添加辅助光的理由，因此场景中往往需要多次添加辅助光。有些辅助光用来模拟或增强反射光，其他的辅助光是受场景中次要光源的激发而添加的，还有一些辅助光只是为了扩大或柔化主光形成的光照。

完全不使用辅助光的情况极少。有时当你用光线追踪一个透明的物体如酒杯时，用一个主光可以照射到两个面，这时就可以不使用辅助光来渲染。一些程式化的渲染可能会使用非常高的对比度而不用辅助光，或是使用只需要一个主光的简单的两色阴影。

用辐射渲染的场景或其他支持间接光照的光模型,可能会依赖计算机模拟的弹射光而不是辅助光。然而,即使是在制作真实场景的作品,存在自然反射的光时,辅助光经常被添加进去来扩展或修改自然反射的光。甚至在使用辐射时,在需要柔化、扩展或修改反射光时,你仍然应该考虑添加辅助光。

3.5 主光对辅助光比率

辅助光的亮度对场景中的色调和对比度很重要。过多的辅助光会与主光形成的阴影竞争,使物体变平,如图3.25左侧所示。辅助光如果太暗,会在模型上产生一个不确定的黑面,如图3.25右侧所示。给辅助光赋予适度的值时,如图3.25中央所显示的,这样辅助光就很显然比主光暗,但也足够亮来完全照亮物体。

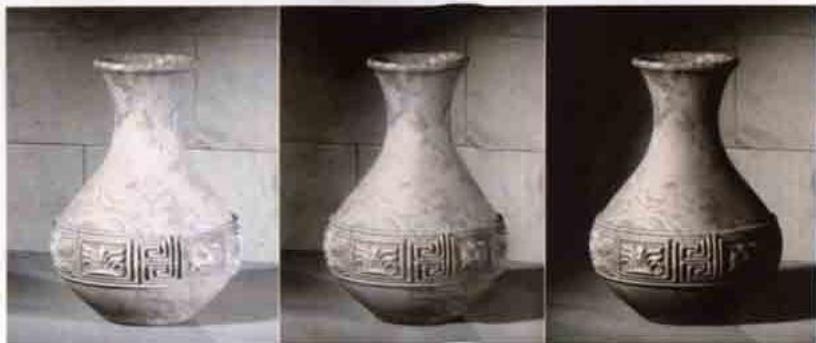


图3.25 在同一个场景中测试的三个不同的主光对辅助光比值的效果图

主光亮度与辅助光亮度之间的差别被称为主光对辅助光的比值。例如,当主光相当于2倍辅助光的亮度时,主光对辅助光比值就是2:1。图3.25中,左侧使用了较低的主光对辅助光比值,是1.5:1,中间使用的是一个中间值,主光对辅助光比值是4:1,右侧使用了非常高的主光对辅助光比值,是24:1。

一般来说,主光对辅助光比值计量的是场景中光的对比程度。你可能很想知道场景中较亮的部分比暗的部分到底亮多少。

主光对辅助光的比值比较的是照射在物体上的光的亮度,而不是光源的亮度。一定要考虑到“衰减”(也被称为“衰退”或“散开”)会在光到达物体之前降低光的亮度。例如,如果在光照亮主要物体的地方,亮度已经衰减到了一半,主光对辅助光比值就要使用该亮度的一半值。

注意 要注意“高调”与“低调”的区别:提到环境中的光时,你有时会听到高调和低调这两个术语,它们听起来好像所描述的内容是完全相反的。实际上高调指的是较亮的环境,使用了很多的辅助光,因而主光对辅助光的比值较低。低调是指看上去较暗的环境,没有使用很多的辅助光,因而主光对辅助光的比值就较高。

3.5.1 较低的主光对辅助光比值

图3.26使用了大约3:1的主光对辅助光比值。虽然主光模拟的是太阳光,但可以想像浅颜色的桌子和墙壁通过反射投射在其上的太阳光来提供高比率的辅助光。场景中较强的辅助光有助于模拟反射光,同时也可以添加出叶子的半透明效果。



图3.26 Jeremy A. Engleman所做的“吊兰的静物画”是用较低的主光对辅助光比值渲染而成

下面列举了一些情形,在这些情形中应使用更高比例的辅助光,并且选择较低的主光对辅助光比值:

- 在有白色或很高反射水平的平面的室内,如厨房或浴室。因为现实生活中这种房间产生的反射光的数量较多,自然要使用较低的主光对辅助光比值。在这样的环境中即使只添加了一个较亮的光,你也希望这个光亮能够反射到几乎每个角落,在这些房间中,存在一点全黑的阴影都会造成很不自然的效果。
- 多云、阴天或雪天阻挡了直接的太阳光,从而提供来自天空各个方向的更多的扩散或反射光。如果一个典型的户外场景使用太阳光作为主光,天空作为辅助光的主要来源,在这样的天气情况下,较暗的太阳光和较亮的天空会形成一个很低的主光对辅助光比值。
- 有些作品中,如喜剧或有关儿童的节目,要一直使用较低的主光对辅助光比值,如2:1到4:1,以保持一个明亮的、愉快的氛围。应该添加足够的辅助光来照亮人物和布景的每个角落,而且是阴影也不能太黑。
- 在设计输出到电视上的图像时要使用比电影或打印输出更低的主光对辅助光比值。通常,电视不能显示电影中表现的那么大范围的色调。对电视用光时,在某些区域需要更多的辅助光来使这些区域足够亮,以便观众能看得到。

当主光对辅助光比值降低到低于2:1时,就要特别谨慎了。如果辅助光足够亮以至于可以与主光抗衡或压倒主光,那么可能就没有足够的色调变化来表现物体的阴影效果,并无法用光

塑造物体的造型。在向场景中添加过多的辅助光之前，要停下来想一想是否真的对主光的位置和设置很满意。当主光不能满足需要时，最好回去对主光进行修正，而不要用不必要的辅助光遮掩问题。如果不满意主光形成的阴影，也应该对主光进行修正，同样不要浪费时间添加很多的辅助光来掩饰主光的效果。

在使用多个辅助光时，要清楚它们加起来的总亮度，以保证它们加在一起时不会产生比主光更亮的光照效果。当两个辅助光照射物体同样的位面时，要把两个光的亮度加在一起来计算辅助光所占的比例。如果某个辅助光与主光发生了重叠，那么在主光对辅助光比值的主光部分也要加上这个辅助光的亮度。将重叠光考虑进去，主光对辅助光比值就可以表示为“主光+辅助光：辅助光+辅助光”。

3.5.2 较高的主光对辅助光比值

较高的主光对辅助光比值，如8:1或更高，会使场景更暗、有更多的阴影、明暗之间有很强的对比，从而生成很生动的效果。将人物面部的一侧渲染成全黑对有些环境是适合的，如图3.27，这幅图的场景发生在移动的地铁上。较高的主光对辅助光比值因造成较强的视觉冲击而产生生动的画面。



图 3.27 主光对辅助光的高比值产生人物生动或忧郁的效果

电影中“暗的场景”不一定非要由曝光不足的胶片来产生，大多情况下是使用了较高的主光对辅助光比值。暗的场景依然可以显示选定的、可控制区域的光照细节，用充足的光来显示场景中重要的因素。例如可以利用调色板中全套的亮度并使用较高的主光对辅助光比值，使场景中的某些区域得到更多的光照，而使其他区域更暗一些。

通过增加对比度能够构造比曝光不足方式更出众的暗的场景。准确地控制光照度是对暗的

场景用光的秘诀，不要把所有的部分都弄得暗淡阴沉。例如，图3.28的阴影是全黑的，只用了很少的辅助光，这样尽管场景中的有些区域被很亮的光照射，但却造成了很暗的场景效果。

当使用很少的辅助光照亮场景时，要保证重要的动作或人物特性在主光下可见。要想使观众看到场景中重要的部分，那么即使场景中的其他部分是黑的，也要保证重要的细节或区域通过光照能够看得到。

下列情形中，应使用很少的辅助光，并选择较高的主光对辅助光比值：

- 夜晚的场景通常要使用较高的主光对辅助光比值。因为在夜晚，可能依然有来自月亮或人造光源的主光，但没有来自天空的自然辅助光源。
- 恐怖电影中的场景，富于戏剧性或悬念的场景通常都得益于较高的主光对辅助光比值。使用较少的辅助光源意味着场景的大部分隐藏在黑暗中，这对于构造悬念是很有用的。一种被称为黑色电影的电影流派就是以这种场景闻名的。
- 电影能够比电视显示更大范围的亮度。主光对辅助光的比值为8:1的场景，对电视来说，已经是对比度很高、很富戏剧性的场景了，然而在电影中，使用16:1或更高的比值才能产生适当的效果。

不要以为那些更醒目、更能引起人注意的光照就总是好的光照效果，或以为暗的人物更“富于美感”。很多的作品往往更多地得益于那些潜在地改善了场景的光，而不是引起人们的注意、分散观众对情节注意力的光。



图 3.28 较高的主光对辅助光的比值意味着阴影部分与光亮部分的对比度很高

当只有较少的辅助光用于柔化主光的发散时，使用较高的主光对辅助光比值会使主光看上去更尖锐。在计算机制图中尤其要注意这个问题，因为生硬的光照处理有时看起来会很 unnatural。

3.6 背光

背光是继承于黑白电影摄影术的一种手法。由于可使用色彩的缺乏，黑白片的摄像师和电影摄制人员只能用光来达到甚至比色彩更多的效果，而背光就是一个极好的工具，如它可以在视觉上将灰白色的演员与他背后同样灰白色的墙区分开。在彩色片中，背光同样十分有用，特别是当黑色的头发与暗色的背景同时存在时。然而，在彩色场景中背光使用的频率不是很高，而且通常只作为一个可选项。图3.29中显示了使用背光和没有使用背光的同一个场景的不同效果，可以看出，在黑白场景中这种区别更明显一些。

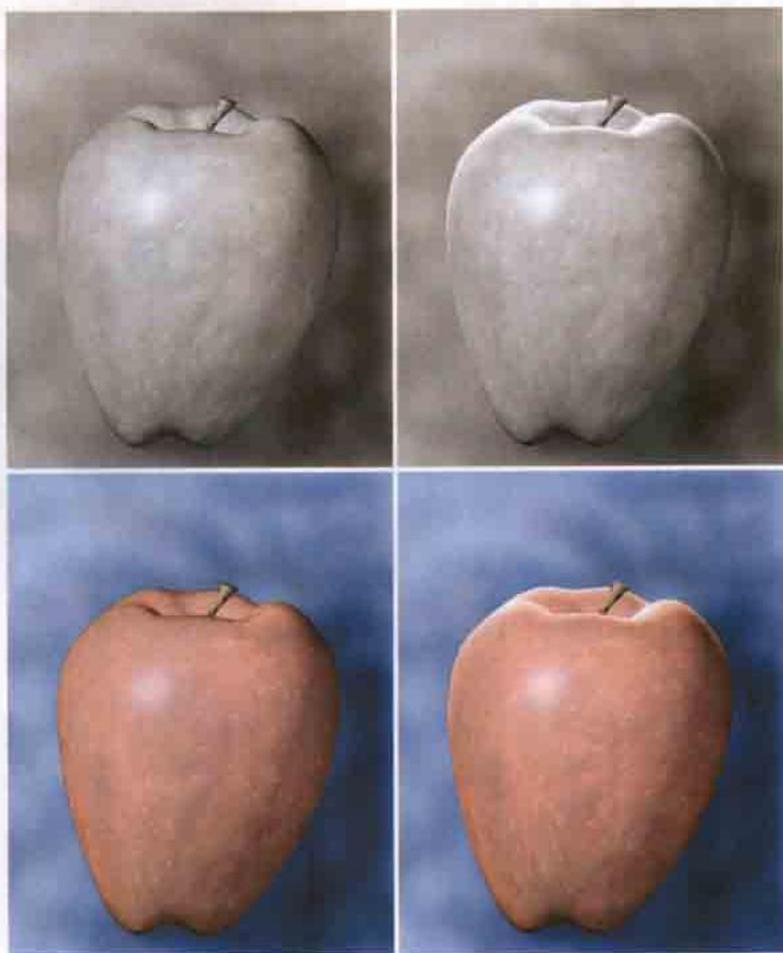


图 3.29 黑白的物体会溶入黑白的背景（左上图），但用背光明确了它们之间的界限后，效果就不一样了（右上图）。在彩色图中，没有背光物体也很容易被分辨出来（左下图），使用了背光后，场景的变化并不大（右下图）

向场景中添加背光之前要进行慎重的考虑。通常，物体与背景之间的对比度已足够大，因而不需要使用背光在它们之间添加明确的界限了。但在有些场景中，人物后面的亮光却看起来似是而非。场景中是否使用背光取决于作品的图像式样，以及前景和背景之间的区别在场景中所占的重要程度。

3.6.1 背光的渲染

计算机制图中，背光也可以被模拟。图3.29中有一圈很明显的光环绕在物体的周围，这就是使用了多个背光，如图3.30所示。所有背光的位置都是以摄像机的角度为基准的，按这个基准来放置并测试背光，使它们照亮物体的可见边。设置背光时，摄像机的角度应已最终确定。

背光最好亮一些，有时它甚至比主光还要亮。因为背光放在物体的后面，它只对物体可见面的边缘加亮，因此不会干扰主光的阴影效果。

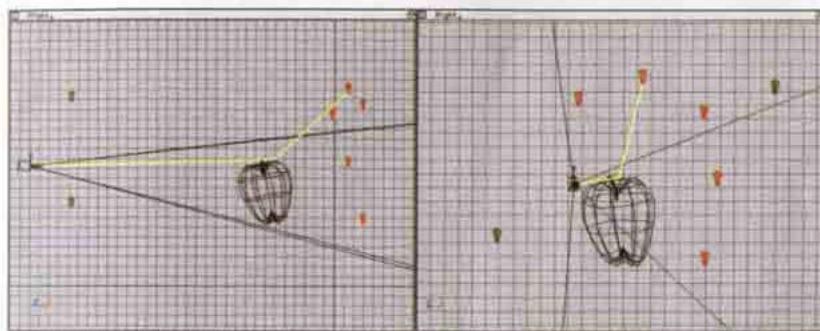


图 3.30 有时需要用多个背光来生成环绕物体的光圈

有时背光的效果在计算机制图中会被减弱甚至完全隐藏掉，而同样角度的背光在真实的电影中效果可能会好得多。为了弥补这一点，需要相应地调亮背光，或者调整物体的阴影和光的位置。如果背光要被放置在正对着摄像机的位置（例如在物体的后面），如图3.31所示，应特别地谨慎。

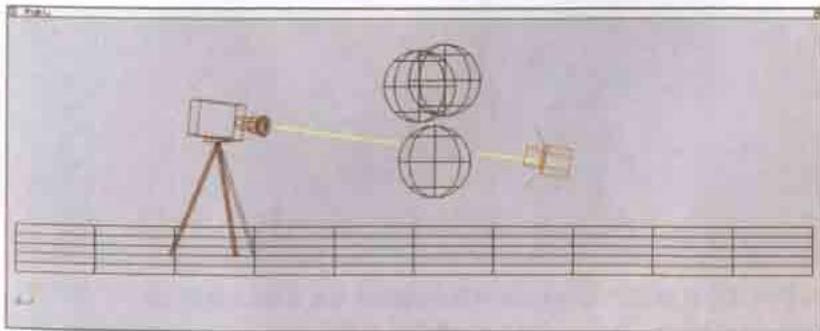


图 3.31 正对物体的背后放置背光在真实的场景中比在计算机制图中的效果要好

现实生活中，直接照射在人背后的亮光也是可见的，它会在人的头发、皮肤和衣服周围形成一个发光的边缘。这是因为真实的皮肤、头发和衣服的四周被一层半透明的绒毛包围着，这层绒毛是由细微的半透明的毛发、纤维和其他能够捕获和散射光的粒子组成的，当从后面用很亮的光照射这些物质时，它们好像还可以发光。除了人以外的其他物体，也被灰尘、液体或其他薄膜层覆盖，这些物质对背光的反应都比3D制图中使用了常规阴影的表面背光的反应要好得多。

在3D场景中，如果背光正对着物体的背后放置，通常产生不了视觉效果。例如，图3.32的左侧，下面的球显示出没有从正对着它后面的亮光处接收到任何光照，图3.32的右侧用皮毛阴影的半透明软毛粗略地模拟出了一层绒毛。但在所有的物体上添加软毛难度很大，通常也是不切实际的，而且，大多数需要使用背光的3D场景中，几乎所有的物体上都缺少真实的绒毛层。

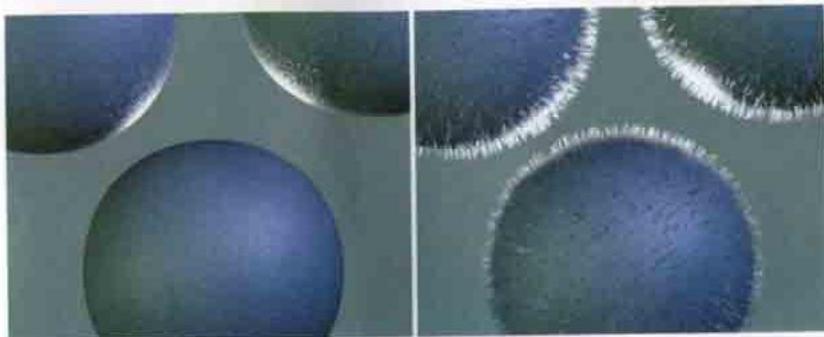


图 3.32 大多数3D的物体会把正对后面照射的光隐藏掉（左侧），但添加了一层半透明的绒毛后就不同了（右侧）

为了避免背光被完全遮挡住，比较安全的方法是将背光的位置适当抬高，再使方向指向摄像机，如图3.33所示，这样光就不完全在物体的背后了。

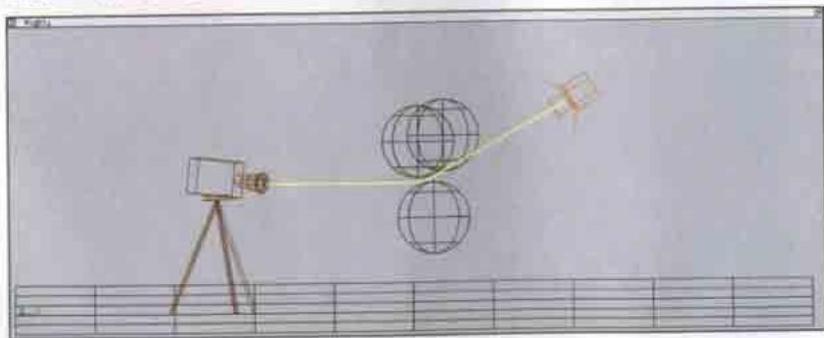


图 3.33 将背光抬高并指向摄像机会生成更清晰的界定边缘

如果想使背光沿着一个弯曲的表面勾勒出物体的边缘，不必在边缘的每个端点都设置一个

背光点，因为背光的效果是通过散射而不是反射或直射来生成的。降低物体材质的反射亮度有助于延展界定的边缘，如图3.34所示。如果可以选择阴影模式的话，Blinn阴影模式在扩散从背后照射形成的亮区时有时比Phong阴影模式要好一些。

注意 第9章中对亮区、反射和阴影模式有详细的阐述。

如果一个背光无法提供足够长的边界，有时需要使用多个背光在物体的背后排成一列。为了生成图3.34右侧的图像，使用了3个背光，如图3.35所示。

将一系列背光作为一个背光来使用是三点光照的一个很实用的变种，进行这样的调整有时是解决相关问题并达到希望的效果所必需的。

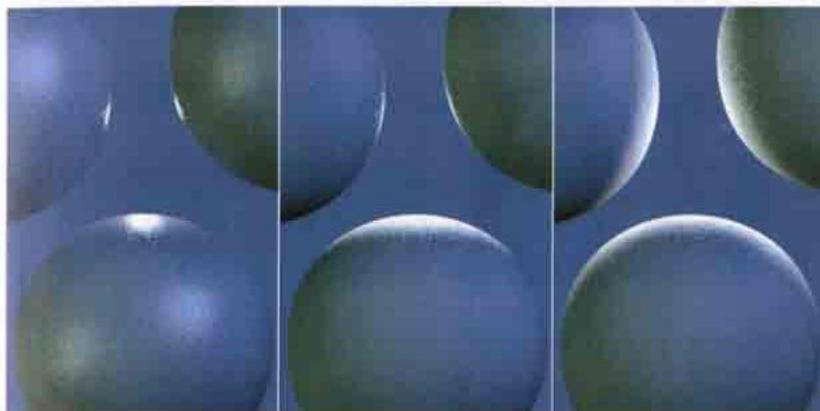


图 3.34 致密的镜面高光（左侧）在物体周围形成界定的边缘时比散射的阴影（中间）和多个背光（右侧）形成的效果要差一些

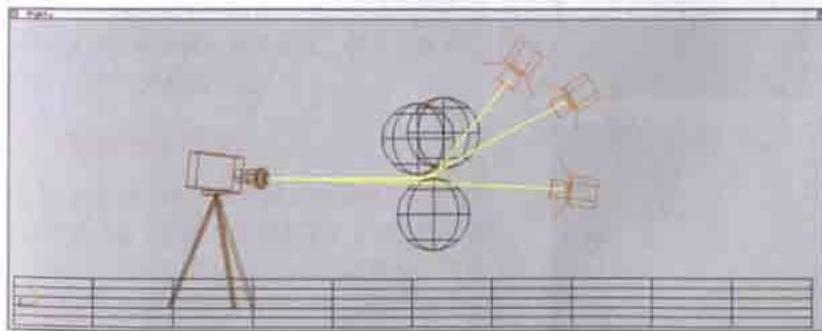


图 3.35 多个背光延展了照射的边缘

三点光照没有固定的方法，只有一系列的选项和判定。本章提到的所有规则和建议都不应该束缚或阻止你在不违背基本准则的前提下不断地进行实验。希望三点光照的一些概念能够提高你对物体用光中一些问题和利害关系的认识，以便能够更好地制定场景的用光方案。

3.7 小结

本章介绍了一些概念，这些概念是阅读本书的其他章节所需要知道的，你在从事其他与光有关的工作时也应该掌握这些概念：

- 三点光照通常用来解决一个常见的问题：如何用二维图像来全面地表现三维的造型。通过生成阴影来解决这个问题，被称为“用光模拟物体模型”。
- 在一个光照效果很好的场景中，每个光的存在都有其特定的目的。主光、辅助光或背光便是其中三个。
- 与艺术中其他规则一样，三点光照的规则都是很灵活的，为你的使用和操作留有充分的余地。

3.8 练习

用录像机看一场电影，并可以随时在一些特定的场景上停住。对于每一个暂停的场景，能否回答下列问题：

1. 主光在哪里？辅助光在哪里？是否使用了背光？
2. 是否有明显的（或假定的）光源来激发主光、辅助光和背光？你是否认为有些光是假的——在故事描述的时间和地点逻辑上并不存在这样的光？
3. 场景中是否使用了较高的主光对辅助光比值？对比度的值是如何影响场景的？主光对辅助光的比值对于场景所处的环境是否合适？
4. 寻找一个人物站在背景前或人物站在另一个人物前的镜头。前景的光照是否与背景的光照不同？光的使用是否有助于将前景与背景区分开来？

第4章 阴影

阴影是采光设计中重要的组成部分，它和光照本身同样关键。灯光的阴影属性可以增加场景的真实感、色彩丰富的层次及图像的明暗效果，它可以将场景中各种物体更紧密地联系在一起，改善场景的有机构成。

4.1 阴影的视觉功能

一般情况下，人们认为阴影是一种模糊的受到限制的视觉。尽管物体会被阴影所隐藏，但阴影也能表现出非阴影部分不能表达的效果。在此，我们给出阴影在电影图像和计算机制图图中的一些视觉功能。

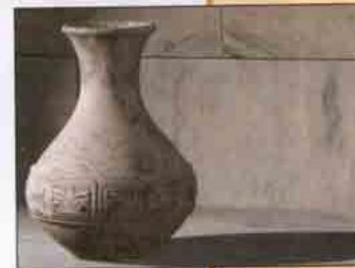
4.1.1 定义空间关系

在许多场景中，阴影显示出物体的相对空间关系，可以表现物体的实际效果。如能表现物体是否与地面紧接，或表现物体与地面的距离。例如图4.1左边没有阴影的图像中看不出球体的相对位置，而右边就比左边图像表现出更多的球体的相对位置和层次信息。阴影能表现出哪个球体在地面上，哪个球体在空中及哪两个球体的距离比较近。

4.1.2 表现角度差别

如果设置合理，阴影可以表现物体的不同角度，如果没有阴影，这一点就不能表现了。当阴影投下物体的一个尖锐、清晰的影像时，如图4.2所示，可以把这个阴影看作是对物体本身的一种渲染。如果没有阴影，就看不出图示的人物轮廓。

为了辅助对光源进行定位，许多软件都能让我们从光源的方向观察场景。所看到的轮廓（从光源的角度观察到的物体外型）——表现的是阴影渲染的形状。这在使用黑色、尖锐边缘的阴影时尤其重要。每



个阴影不一定必须投射轮廓非常鲜明的形状，因为阴影常常需要被柔化和模糊，但是，当阴影需要锐化和突出时，就要注意阴影的形状了。

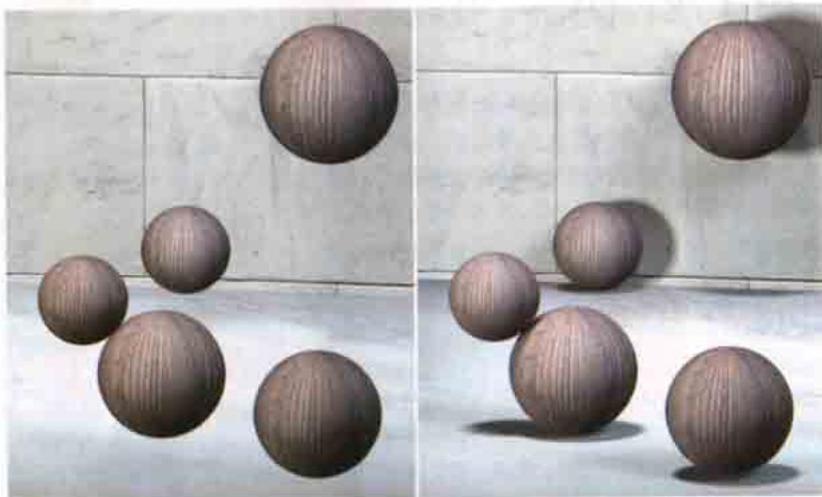


图 4.1 左图不能说明上边大球与背面墙的距离。阴影最基本的作用是表现两个物体之间的空间关系

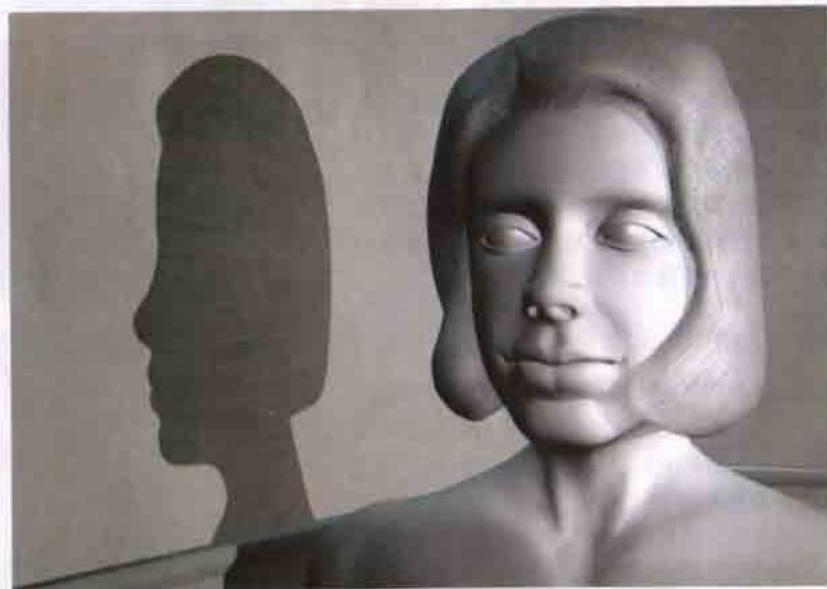


图 4.2 阴影表现了人像的另一个角度

4.1.3 增加图像的构成效果

阴影在图像的构成中可以起到很重要的作用。一个合理放置的斜影或其他阴影可以“分

割”空间，增加图像的变化，否则，图像就会变成单一、连续的平面，如图 4.3 所示。阴影可以将观察者的眼睛引导到渲染突出的部分，也可创造新的设计元素从而平衡图像的构成。



图 4.3 阴影分割空间，增加图像的构成，使右边的图像更加活灵活现

4.1.4 增加对比

阴影可以增加两个物体之间的对比度，否则色调会很单一。例如，如果在红色的背景下渲染一个红色的物体，如图 4.4 左图所示，在没有阴影的情况下就很难划分明显的层次。在 4.4 右图中，通过增加前景和背景之间的对比度，使阴影增加了场景的深度和轮廓。

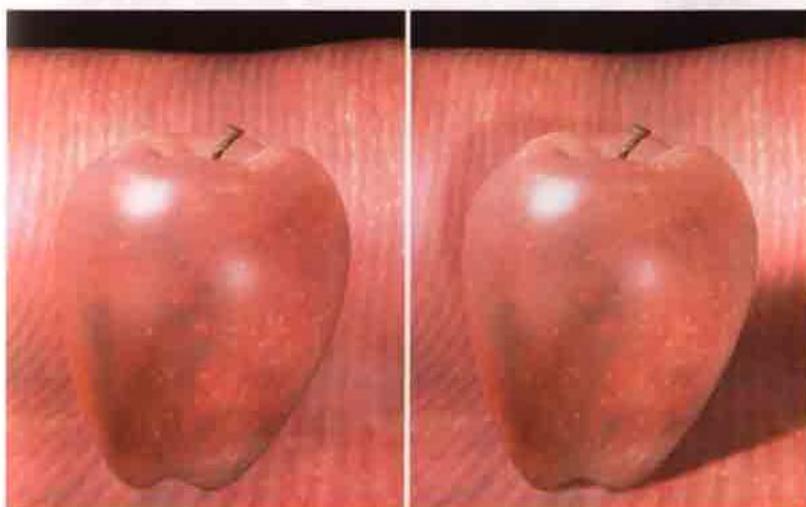


图 4.4 阴影增加前景和背景的对比度

4.1.5 指示画面外空间

阴影还可以指示画面外存在的物体。“画面外空间”的场景对许多渲染来说很重要，尤其是在讲述一个故事的时候。阴影可以表现在画面外出现的物体，说明你所表现的“世界”除了镜头内看到的物体外，还有许多其他内容，图4.5的阴影说明了这一点。

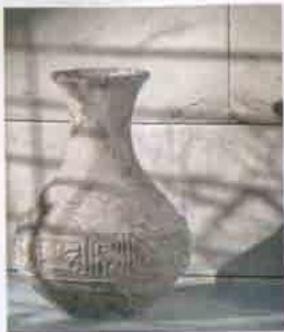


图4.5 阴影表现画面外的内容

4.1.6 有机集成场景中的各种要素

计算机图形常常产生虚幻的或不真实的场景，并列在一起的各种要素，看起来不紧凑，或者可能不符合逻辑。阴影可以融合物体间的相对关系，还可以将场景中的各种要素集成在一起，就像在图4.6中看到的河马一样。如果场景是活动的，阴影的动画可以更加突出地表现图形和背景是在同一个空间中的特性。



图4.6 阴影有助于集成场景要素，否则会很不协调

如果想要场景被观众所接受，并以之作为衡量场景可信度的主要依据，那么令人信服的阴影之间的交互作用是增加场景真实性的的重要因素。如果希望制作出的作品与现实完全符合，那么一个小小的因素，如缺少了一个阴影，就可能使观众把作品看成是与现实不相符的。阴影具有增加作品的现实性和可信度的功能，它在整个作品中的意义相当重大。

4.2 什么光源需要投射阴影

在拥有若干个光源的场景中，如何确定哪个光源需要投射阴影，哪个不需要呢？回答这个问题之前要先考虑给哪一个可视目标（即不被其他目标挡住视线的目标）投射阴影。用一个光源产生阴影够吗？在这个场景中，其他地方还需不需要阴影？光源产生的阴影是不是太强，以至于忽略阴影后就不太符合实际了？

4.2.1 单阴影场景

对于某些作品来讲，使用主光源投射阴影，而不是用辅助光投射阴影是不错的选择，许多动画制作者很自然地就会使用这种方式。它在人物动画简单阴影中的效果很好，比如当你只想为人物在地上投射一个阴影时，就没有必要将阴影勾画得太多太复杂。如图4.7所示的河马就只投射了一个简单的阴影，效果明晰而简洁，不需要其他阴影。



图4.7 主光的简单阴影常常就足够了

4.2.2 辅助光的阴影

除主光投射的阴影外，有时还需要辅助光投射的次要阴影。比如，图4.8左图的小球看起来好像没有挨着地，因为它没有投射阴影。这是因为小球所在区域的主光源被另一个物体挡住了，它只能被辅助光照射，但左图中没有给出辅助光的阴影。在图4.8的右侧，小球的位置有了辅助光的阴影，尽管它是在主光的阴影中。



图4.8 没有第二个阴影光源（左），小球没有投射阴影

当场景的重要部分在阴影区中（在那里，主光源被阻挡）时，辅助光、逆光的次要阴影就显得很必要了。平板的、阻挡视线的阴影区内，如图4.8左图所示，不像阴影外区域的物体有阴影并富有变化。次要阴影，比如辅助光的阴影，有助于阴影区内的照明和阴影像场景的其他地区一样被有效渲染。

4.2.3 杂乱的阴影

有时，应避免一些不必要的阴影，动画摄影师只要按下“消除不必要的阴影”按钮就可以了。让所有的光都投射阴影会使渲染的速度减慢，更重要的是，这些重复的阴影会扰乱整个场景，或者将观众的注意力吸引到产生不同方向阴影的光源上。图4.9显示的就是增加了不必要阴影的图像，渲染的线条比较凌乱。

不要认为场景中光线的阴影多就会增加场景的真实感。有时，实际场景中的阴影是那么柔和和微妙，以至于观众很少注意到它，去掉一些阴影，不让这些重叠的阴影覆盖所有的表面，这样看起来会更真实。

4.2.4 忽略阴影

如果场景不要求完全写实，忽略阴影这种设计风格对场景的效果不构成损害，比如，许多手工绘制的插图和卡通就没有画阴影，通常也不会联想到阴影。在图4.10中，去掉阴影并未降低整个渲染的质量，相反它给出了场景一个更清晰、更有生气、更形象的外观。灯光的其他效

果——包括沿河马的灯光照明所造成的明暗区——有助于整合所有的元素，在这里没有阴影也达到了同样的效果。只有当你低头看脚周围的区域时，才会有意识地想起阴影的存在。



图4.9 多重阴影会产生不必要的杂乱

特别是有些场景中，场景已经被紧紧地束缚，有多重灯光，如果再加上复杂的阴影，这样会扰乱图像。稍简洁的渲染能更好地表现目标，如图4.10所示。



图4.10 在没有阴影的情况下，图像依然紧密地融合在一起，但是风格改变了

没有阴影的场景看起来依然很自然，原因之一是观众不是总能分辨出那些渲染得较暗的区域是投射了阴影，还是因为其他原因没有灯光照明。在计算机制图中，阴影 (shadows) 被严格地定义为由于外来介入物体阻挡灯光照明所形成的3D空间区域。但在通常的口语中，阴影这个词用的非常广，几乎指所有的黑暗区、未被照亮区。比如，许多人都会说图4.11中人物脸部未被照亮的一侧有阴影，即使渲染中没有按照学术上的定义来使用“阴影”，一般的黑暗区仍然可以产生具有阴影场景的效果。



图4.11 没有阴影，只有一个黑暗区

4.2.5 阴影区

黑暗不像灯光那样需要来源。人们不知道黑暗来自哪里，又沿伸到哪里。许多场景中，所有黑暗和未被照亮区在视觉上好像都融合到了一起。不管是因为阴影还是因为在第一区未被照亮所致，所有黑暗的色调在渲染中都会形成视觉上的“阴影区”。

阴影区不但包括严格意义上的阴影——灯光被其他物体所阻挡，也包括其他未被照亮的区域。如图4.12所示，A区和B区都是图像阴影区的一部分，A区的黑暗是因为花瓶的这一面没有灯光，在场景的渲染中即使没有阴影也不能被照亮，只有B区才是学术意义上的阴影。

4.3 阴影亮度

太亮或太暗的阴影看起来都不太真实，甚至会分散人们的注意力，如图4.13所示。在现实生活中，光是在不同表面之间的一种反射，因此，与被照亮的表面相对的阴影不是完全黑暗的，因为照亮的区域会对相邻黑暗的区域有影响。

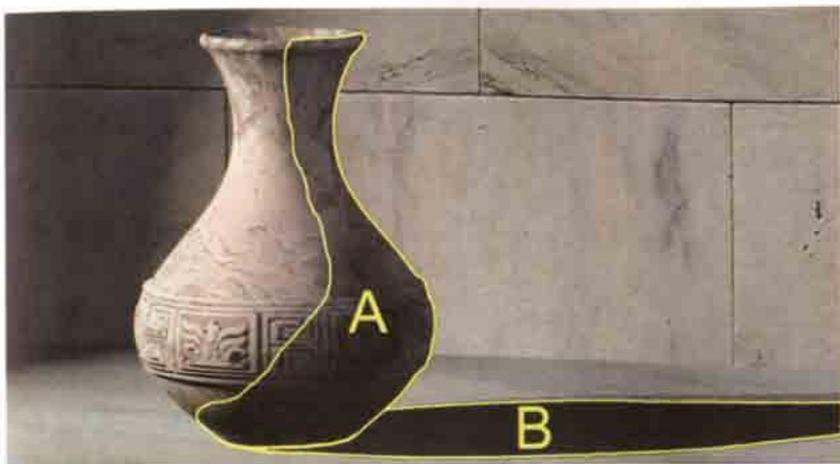


图4.12 A区和B区都是阴影区，但只有B区是“投射阴影”

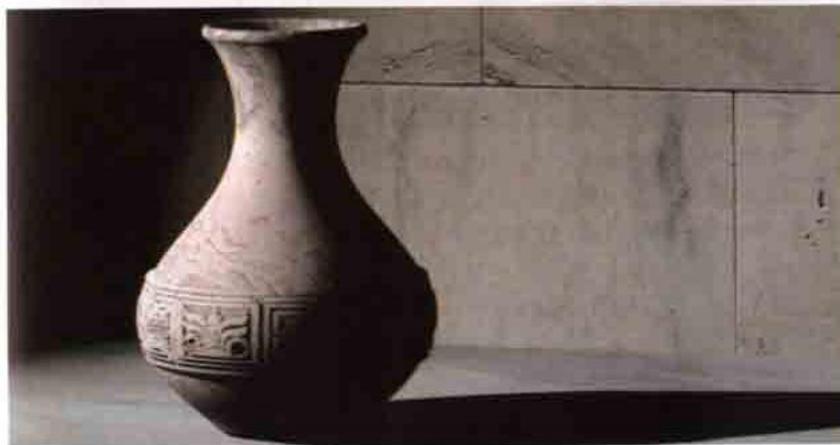


图4.13 太黑的阴影区看起来不真实

大多数照片在图像相邻的黑色调之间有一个平衡，以便色调能够彼此吻合从而整合阴影区。控制阴影亮度的方法有许多种，但最直接的方法不一定是最好的。

4.3.1 阴影颜色设置

在许多软件中，灯光控制面板中提供了很简单的设置阴影亮度的方案。通过调节 Shadow Color (阴影颜色) (有时叫作 Umbra Brightness (暗影亮度)) 的设置，一部分光可以直接透射到阴影区。而阴影颜色参数只对投射阴影有效 (如图4.12的B区)，对物体未被照亮的一侧无效 (如图4.12的A区)，这就会产生不太真实的效果，如图4.14所示。

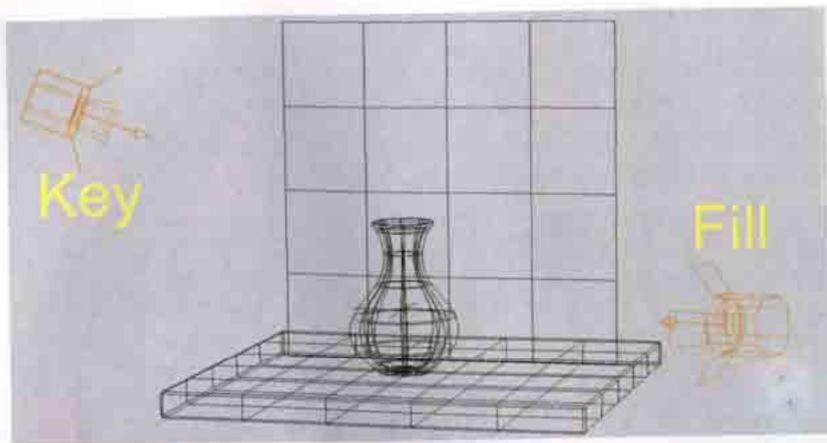


图 4.18 定位辅助光照明阴影区

当阴影是用与周围区域或主光颜色成对比的彩色渲染时，阴影看起来更富有变化、更有趣。如图 4.19 所示，辅助光加亮的阴影区是淡蓝色，主投射阴影是淡黄色。

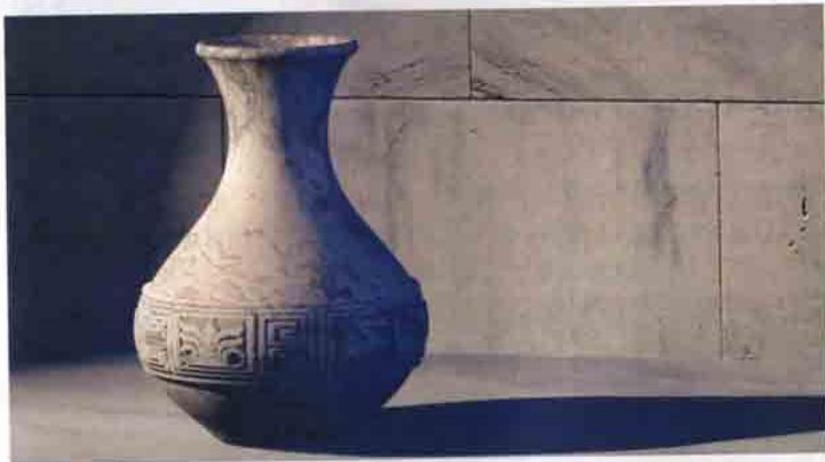


图 4.19 赋予了色彩的辅助光增加了阴影区的颜色

4.4 阴影的算法

许多软件都可以用两种常用的技术计算阴影：

- 光线追踪阴影 (Raytraced Shadow) 是通过处理跟踪射线计算的。光线追踪技术跟踪灯光射线从光源到物体被照明的每一点的路径。光线追踪软件能精确计算介入的物体是不是

会阻挡一部分光线从而产生阴影。

- 深度图阴影 (depth-mapped shadow, 有时叫做 shadow-mapped shadow) 预先计算好深度图来确定需要渲染哪些阴影。深度图是一组代表距离的数字数组，它由软件在开始渲染场景前计算得出。通过测量光线在每个方向上的照射点，深度图记录下光源与每个方向上最近的投射阴影的物体之间的距离，灯光在这个距离上会通过深度图被截掉，使光不能照射到这个距离以外的地方。这样，光就不会出现在被另一物体阻挡的地方，在对每一点进行渲染的时候也不必检查场景的几何形状。

注意 要了解光线追踪和其他渲染算法，请参阅第 9 章。

深度图和光线追踪阴影技术所产生的效果相似，所以观众一般看不出有什么不同，你可以根据以下阐述的渲染速度、投射阴影的类型、透明物体是否要投射阴影以及阴影的精度和柔和度来确定使用哪一种技术。

4.4.1 渲染速度

利用光线追踪阴影进行渲染比利用深度图阴影进行渲染所花费的时间要长。为了利用光线追踪阴影渲染场景的每一点，在光源和将要被渲染的点之间，渲染程序要检查整个场景来确定要投射阴影的物体，这个过程需要花费一定时间——尤其是复杂的场景。

利用深度图阴影进行渲染比利用光线追踪阴影进行渲染要快得多，因为场景的几何形状只需要扫描一次（为了初始化深度图）。利用深度图渲染图像，渲染程序可以立即从深度图中查找需要截掉的光线距离，在对每一点进行渲染的时候不必为了确定投射阴影的物体而去查找场景的几何形状。

4.4.2 光的类型

渲染软件中渲染聚光灯的深度图阴影比全向灯的要容易得多。因为深度图要存储光线的每个角度，由于聚光灯锥体所确定的范围有限，容易存储，而全向灯的范围包括所有方向，不容易存储。许多软件深度图阴影算法只对聚光灯有效。那些能够处理全向灯深度图阴影的软件需要额外的内存和时间来渲染阴影。

如果不是聚光灯投射阴影，用光线追踪阴影方法可能是你唯一的选择。因为不是每个软件都支持光线追踪，有些软件只支持聚光灯的阴影。

4.4.3 透明支持

光线追踪阴影在通过半透明的表面时会亮一些，在光线被不透明表面完全挡住时会暗一些。如果光线追踪程序碰到的介质是透明的，介质能挡住一部分光或能重新对到达阴影区的光进行着色。如图 4.20 左图所示是根据光线追踪阴影算法对透明的物体投射阴影的结果。

因为深度图只存储了每个角度的距离（不是亮度或颜色），它不能表现透明物体在不同距离挡住部分光线的效果。深度图算法“一点都不”透过光线，对于透明物体和不透明物体来讲，它产生的阴影是一样的，就像图 4.20 右图所示的那样。



图 4.20 光线追踪阴影（左）精确地表达了透明这一特性，但深度图阴影（右）不能

注意，使用深度图阴影，盒子里面的磁带卷通常会比较黑，因为投射阴影的光线没有透过透明的塑料照亮它。如果使用深度图阴影照明，有时需要增加额外的光或将透明的表面排除来解决这一问题。

光线追踪阴影算法能获得透明物体的形状和颜色。如图 4.21 所示，透明的玻璃花图案也被投射到阴影中了。尽管深度图算法可以通过直接从光源投射的花纹弥补输出结果，从而输出结果与光线追踪算法相似，但深度图算法在这一点上还是比不上光线追踪算法。



图 4.21 光线追踪阴影算法能得到透明表面的颜色

4.4.4 分辨率

光线追踪算法对渲染的每一点进行的计算都是非常精确的，不管你以什么分辨率对场景进行渲染，光线追踪阴影算法都能对其进行连续的细化。

深度图阴影算法的精度与深度图的分辨率有关。深度图的分辨率一般通过 Shadow Map Size（阴影图尺寸）或 Map Resolution（映像分辨率）设置进行调整。增加深度图的分辨率可以增强阴影的锐度和精度，但也需要增加内存和渲染时间。

图 4.22 所示的深度图阴影对灯光覆盖的区域来讲，分辨率太低了，尽管其他渲染软件可以对被分割成小方块的阴影进行平滑，以使低分辨率的图像看起来更柔和而不是很斑驳。



图 4.22 分辨率太低的深度图造成阴影精度不够

如果需要大范围内比较明快的阴影，光线追踪阴影算法是最好的选择。如果用有限锥体范围的聚光灯或者在有限范围内形成阴影，深度图算法是最好的选择。如果深度图计算的阴影范围较大，那么不但要增加内存，而且要提高深度图的分辨率。512 的景深分辨率需要 1 兆字节/光线，1024 的景深分辨率需要 4 兆字节/光线（按标准软件 4 字节/深度值计算）。

如果选择深度图阴影算法，为了用合理的景深分辨率得到最好的效果，要遵循以下原则：

- 将投射阴影的光限定在场景的一定范围内，以使深度图阴影算法在这一区域内具有足够的分辨率。
- 调整聚光灯，使投射深度图阴影的锥体尽量窄，但要能够照亮整个目标物体。
- 如果需要照明的区域较大，形成的阴影也较大，应考虑仅用一个光源照亮整个空间。这可以避免深度图的问题，也可以大大增加较大区域照明的变化。
- 有些软件有允许光超越聚光灯锥体边界的选项。如果需要对较大区域进行照明，但阴影本身只集中在一个有限的区域，就可以考虑这一选项。通过这一选项，锥体将深度图阴影限定在有限的区域，但光可以扩展到其他区域，而不需要更多方向的光。
- 用深度图阴影照明较大区域的另一个办法是先用不投射阴影的光照明场景，然后在不同的位置增加深度图阴影，在物体周围集中创造效果，这种光叫“shadows-only”（造影光），在本章后面的部分阐述。
- 按照大多数作品的实验作法，如果需要使用分辨率高于 1024 的深度图，则最好用光线追踪阴影代替。

4.4.5 柔和度

生硬、有尖锐边缘的阴影是计算机图形中常见的，但是在现实生活中，阴影并不是经常引起人们的注意。实际上，阴影的柔和度是由光源的大小和距离来决定的，小的或较远的光源所投射的阴影边缘比较清晰，如太阳或裸灯泡，较大的光源如萤光灯或阴天的天空，投射的阴影较柔和。深度图阴影和光线追踪阴影都可以产生柔和的阴影，但不同算法产生的柔和度会产生不同的效果。

深度图阴影能通过模糊或在深度图中内插采样柔化阴影。阴影模糊的程度通过阴影柔化、采样范围或过滤尺寸调节器调节，量值高意味着更模糊，计算时间也更长。较柔和的深度图阴影如图 4.23 左图所示。

光线追踪阴影可以通过区域光、线性光或任何较大的、较模糊的光源产生柔和效果。在某些软件中激活射线柔化阴影选项也可以产生类似发散的射线。如图 4.23 右图所示，射线柔化阴影随距离的增加而柔和度增加。光源不是从一个点光源发出，而是由一个更模糊光源激发的效果在自然界中是会发生的。

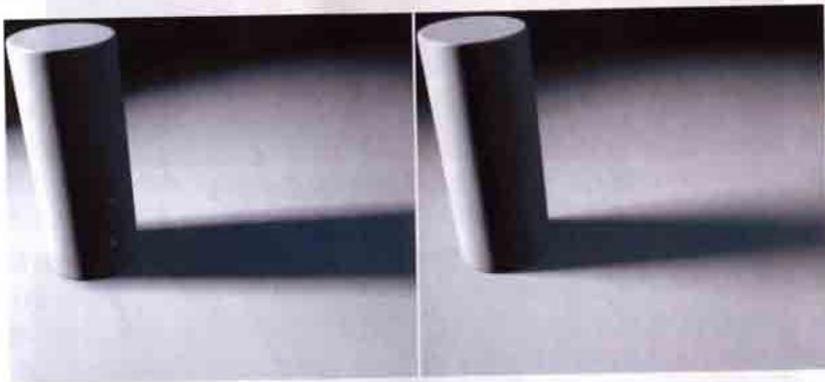


图 4.23 深度图阴影通过模糊产生柔和的阴影（左），而由区域光线追踪的阴影随距物体的距离变化而变得集中或发散（右）

注意 关于使用和渲染柔和光源，第 5 章中有更详细的讨论。

光线追踪阴影能大大增加阴影的效果，但会花费相当高的时间代价。渲染工作减慢是因为从几个不同的点对阴影进行采样和内插，有时就像在一个阴影点用 9 或 16 维数组工作时一样。而深度图阴影相对于光线追踪而言就更快一些。

4.5 模拟阴影

在某种情况下，给场景增加一种产生投射阴影的光，与增加二十多种不产生投射阴影的光对渲染速度造成的影响一样大。阴影的计算是灯光渲染过程中最慢的部分（或者是计算最复杂的部分）。

图形学中有许多制作“模拟”阴影的技术，这种模拟阴影与真正的阴影看起来效果一样。

但是，这种模拟的阴影并不根据物体间的光线阻隔原理来计算每一帧的阴影，因此，当你需要阴影的效果，但不能忍受计算的复杂程度时，可以考虑这种技术。

4.5.1 增加负亮度的光

模拟阴影的一个简单方法是增加负亮度的光。在许多软件中，亮度或色彩是负值的光可以使场景的区域变暗，以在这个区域模拟柔和的阴影，步骤如下：

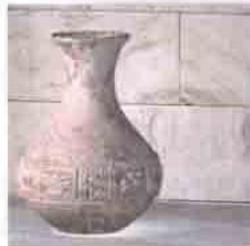
1. 打开一个没有阴影的场景。场景中也没有任何模拟的阴影，在图中花瓶与地面之间显得好像没有接触。



2. 在你想要模拟阴影的地方加一个聚光灯，大概在物体底部的附近。注意不要让这一光源或场景中的其他光源产生阴影。



3. 测试渲染器，调整聚光灯，使它照亮实际的阴影应该出现的地方。要将任何不接受阴影的物体排除在光之外。在这个例子中，应将花瓶排除在光之外。



4. 将聚光灯的亮度（或系数）调节为负数，使本该照亮的区域变暗，其效果看起来非常像阴影，但计算量小了很多。



最通常的情况下，负光一般用来巧妙而精确地使区域变暗，如使桌子下面的区域变暗或减小房间角落的光线。它还可以为模拟阴影提供一种比较不错的方式，而且不使渲染速度变慢。

4.5.2 用3D模型替代阴影

有些渲染中，可以用3D模型代替阴影，如图4.24所示。在实时录像或模拟技术中，如果没有时间或硬件条件来计算真实的阴影，这是一种特别普遍的解决方案。人物或汽车下面黑色的多边形可以作为替代阴影行之有效的简单的解决方案。

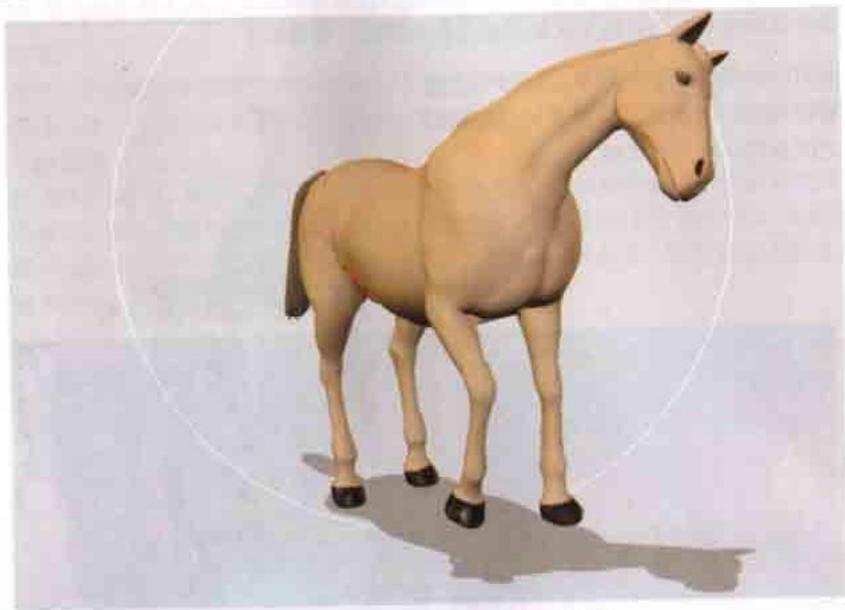


图 4.24 多边形可以被制作成阴影的样子

同样，用平面对象代表阴影这一技术可以用在程序化的卡通动画中（如果不需要更细致的阴影）。如果采用比较复杂的形状效果更好，一个简单的圆圈也可以用来模拟阴影，让它在人物的下面移动。通常，这种技术只能在阴影只投射到平的地面上，而不投射到其他形状或表面从而发生弯曲的情况下使用。

4.5.3 减少所需阴影

减少阴影最简单和最有效的方法是仔细地定位光和控制光，避免在第一位置照亮将要生成阴影的区域，使这个区域不在聚灯光束的范围内、光的衰减范围内或选择性链接的光源之内，这样可以节省许多时间。

例如，台灯的灯罩通常被认为要产生阴影，但是，如图4.25所示，用一系列光代替灯泡，其中一个光向上，一个光向下，可以产生两束从阴影中透过的光，而不必进行阴影计算，第三个光是较模糊的全向光，也不需要投射阴影，它增加了光通过半透明阴影的效果。这种适当定位的光的组合可以代替投射阴影的光源，提高渲染速度和更直接地控制台灯光。



图 4.25 仔细地对光进行定位可避免阴影计算

4.5.4 阴影光

有时，你需要一个投射阴影的特定的光，但并不想同时增加场景的光照。阴影光就能起到这种作用，它投射阴影，但不增加照明。例如如图4.26上图围绕两个小球增加光即增加了阴影又增加了多余的光照，不同的光分别又增加了不同角度的阴影。如果你想保留阴影，但去掉额外的照明，这就需要阴影光，如底部的图所示。

4.5.4.1 阴影光的应用

在现实生活中，没有太多用作阴影光的東西。阴影是照明被阻挡的地方，所以如果没有照明，就没有阴影。阴影光是计算机制图中特定用途的工具，可以在下列特定情况下使用它们：

- 阴影光可以让你用角度不太真实的阴影“欺骗”并渲染场景。尽管这种场景看起来也许不太真实（如图4.26所示），但在某些绘画中是可以看到的——例如艺术家绘制的太阳从天空滑过的场景，它作为一个骗术或风格在3D场景中是有用的。
- 即使有几种光从不同的角度照明物体，阴影光也能让你在选定的方向上渲染单个阴影。
- 对阴影用分隔的阴影光可以让你按照你所要求的丰富程度和暗度制作阴影，即使在场景周围有比较亮的、不产生阴影的光也没关系。
- 为了制作更有效的、只覆盖一个小区域的深度图阴影，你可用不投射阴影的光照明整个环境，然后增加阴影光在特定区域投射阴影。

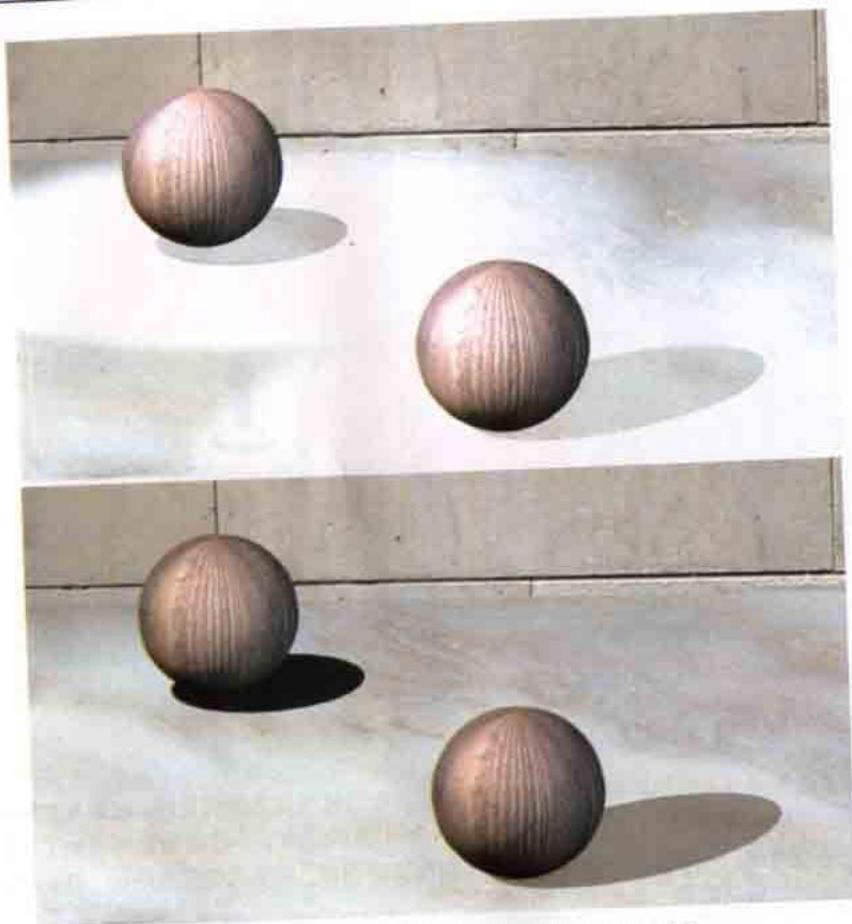


图 4.26 普通光在产生阴影的同时也增加了照明（上图），阴影光在场景投射阴影的同时没有增加照明（下图）

也许不是每次都得上阴影光，但它确实是一个很有用的工具。

4.5.4.2 模拟阴影光

除非软件中有制作阴影光的特殊选项或功能，否则最好按以下步骤制作阴影光：

1. 新建一个标准的光源，如聚光灯或点光源，打开光源的阴影投射选项，在选定的方向上投射阴影。
2. 去掉步骤1中所建光源的照明，并新建一个此光源的复制品，将这个拷贝留在同一位置，不要移动这两个光，并从两个方面修改拷贝：关闭投射阴影选项，将亮度的值或其倍数设为负值（取负值的方式是将1.0置为-1.0，将5置为-5，等等）。

设置的结果是第二个光源代替了第一个光源的照明，而且代替了第一个光源的阴影区的照明，将两个光合二为一，这种光即为阴影光，而物体的可视照明则可以来自另一个完全不同的光源。因为注意到这一对光在场景中不产生照明，故需要你在场景中增加另一个光源来进行可视照明。阴影光既可以用深度图，也可以用光线追踪阴影算法来生成。

4.5.5 模拟阴影须知

是否需要用模拟手段处理阴影要由你自己判断。随着计算机的速度越来越快，制作方案依你自己的时间而定，设置模拟阴影加快渲染速度也许不值得花额外的精力和时间。

另一方面，学会按照自己的需要考虑，模拟或巧妙的伪造渲染的任何方面都是一个有用的技术。知道十种处理方案总比知道一种方案的胜算大一些。

模拟技术不仅能节省时间，而且可以让你更方便地、更直接地控制输出，为场景产生最适当的阴影。

4.6 练习

当你注意到阴影时，应该努力并不断尝试去改善渲染的效果。为了提高对阴影的认识，自问一些有关使用阴影的问题，不管是在自己赞赏的电影或图片中，还是在自己的工作。

1. 租些电影，在某些特殊的帧暂停，这些画面里有阴影吗？它们都是从一个光源投射的吗？阴影是尖锐的还是柔和的？阴影符合场景中的对比度吗？
2. 观察一个人的近照，阴影落在人的脸上吗？你能从阴影判断出光的角度吗？
3. 看看你以前完成的渲染作品，阴影起到本章谈到的某些作用了吗？阴影的数量、暗度和柔和度适合场景吗？细节和明暗在阴影区出现了吗？



第5章 光 量

是什么使一种光区别于其他光呢？不同的光源，如太阳光和月光、灯光和火光，产生的场景效果都是惟一的，而且是可识别的，这种使光“惟一”的特性即是“光量”。本章将阐述5种光量，这5种光量可以帮助观察和理解现实世界以及在3D场景渲染中更真实的表现它们。

5.1 光的描述

描述光的形容词很多，但都可以叫做“光量”，本章详细介绍了以下5种光量：

- 柔和度
- 亮度
- 色彩
- 投射
- 动画

上述不是光量的单词列表，而是本书认为应该从这五个方面认识真实光的属性，同时这五个方面也是值得研究的，它们在制作3D场景时很重要。

还有很多也称之为光量的词，但一般可包括在这五个方面中。例如，“斑驳”可以称为投射，“闪烁”可以称为动画，“暖”灯可以称为色彩。

如果能成功地应用这5个光量，就会制作出独树一帜的3D场景，有利于战胜竞争对手。

5.2 柔和度

在计算机制图中，一个常常被忽略但又非常重要的光量就是柔和度，它在渲染中既可以模拟强光，也能模拟柔光。

在计算机制图中，光源最常见的作用是产生强光。强光就是被强烈聚焦的光，就好像它是从一个很



小、很远的光源发出的一样。强光很容易识别，因为它投射的阴影非常明显，阴影的亮度一般很小，很弱。图 5.1 就是一个标准的聚光灯按光线追踪阴影算法得到的图像，它产生的光很强。我们可以注意到这种照明在亮区与黑暗区之间形成了非常明显的对比，界限分明，在某些物体上有很强的照亮区。

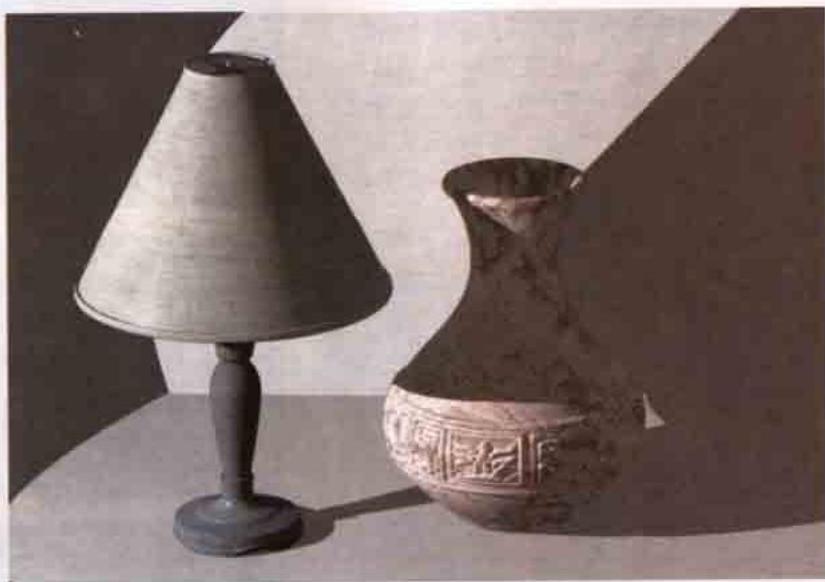


图 5.1 被强光照明的场景

计算机图中的柔光与强光有所不同，但它在现实生活中却很常见。柔光是一种被漫射或散射了的光。例如，灯泡的光可以被布制的灯罩所柔化，太阳光可以被厚重的云所柔化。之所以称之为柔光是因为它投射的阴影边缘不是平直的，而是相对柔和的，它形成的阴影和亮区宽，不聚焦。图 5.2 就是被区域光照明的，它产生的光很柔。

5.2.1 确定光的强度和柔和度

强度和柔光在现实生活中都存在，所以要学会在灯光设计中恰当地使用光的柔和度。在以下情况下，可使用强光：

- 模拟直接来自小的、集中的光源的照明。如吊在房间内无遮挡的灯泡。
- 在晴朗的天空下模拟太阳光。
- 照明太空场景。因为光没有经过空气的漫射直接照射到物体上，所以可以使用很强的光。
- 引起注意的人造光源。如聚光灯聚焦在马戏场的表演者身上。
- 为了清晰地投射阴影以反映某种形状。例如让人们通过观察墙上的影子辨别罪犯。
- 照明荒凉的环境。强光一般很刺眼，让人很不舒服。



图 5.2 被柔光照明的场景

相反，以下方面应该用柔光：

- 阴天的自然光。如果你不想得到非常清晰的阴影，应该用柔光。
- 间接光。如墙面或天花板反射的光，这种光通常比较柔和。
- 透过透明介质的光。如窗帘或灯罩。
- 使场景更吸引人。柔光可以使环境看起来更舒服或轻松，使绝大多数物体看起来更自然或整齐。多数室内的灯具发射漫射光或反射光，这样灯泡的光可以更柔和。
- 精心描绘的或想使之更漂亮的人物肖像。如电影明星的特写镜头，特别是好莱坞顶尖明星，经常使用柔光。
- 渲染更真实、不像计算机图形的图像。由于技术原因，使用超强光是过去 3D 渲染中的重要手段，而使用柔光可以改变这种过时的认识。

5.2.2 渲染柔光

大多数 3D 光，如点光和聚光，是从无穷远处的空间点发射，根本不发生散射，而且会产生强光。但是在几乎所有 3D 软件中，有很多关于柔光渲染的选项可供模拟柔和的光线。

5.2.2.1 区域光

在计算机图中，区域光是产生柔光的最有力的工具之一。区域光表现的是自然散射的、柔和的光源，它是从一个区域而不是一个点发射出来的。区域光的尺寸越大，光和阴影就会越柔和，如图 5.3 所示。

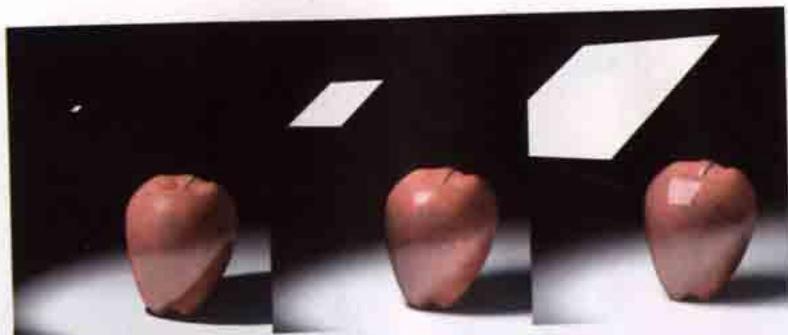


图 5.3 苹果阴影的柔和度随区域光尺寸的增加而增加

即使区域光可以产生很生动的效果,但对大多数计算机制图的工作人员来说,它并不是经常使用的渲染方案。渲染区域投射阴影会花相当长的时间,超出了动画渲染的底限。

注意 关于区域光和线性光在第2章中有更详细的论述。

5.2.2.2 模拟区域光

如果使用大大改进的渲染算法,就不会因为软件和硬件的性能而拒柔光于千里之外。通过以下步骤可达到模拟区域光的效果:

1. 用一个聚光灯照射目标物体,如图5.4所示。

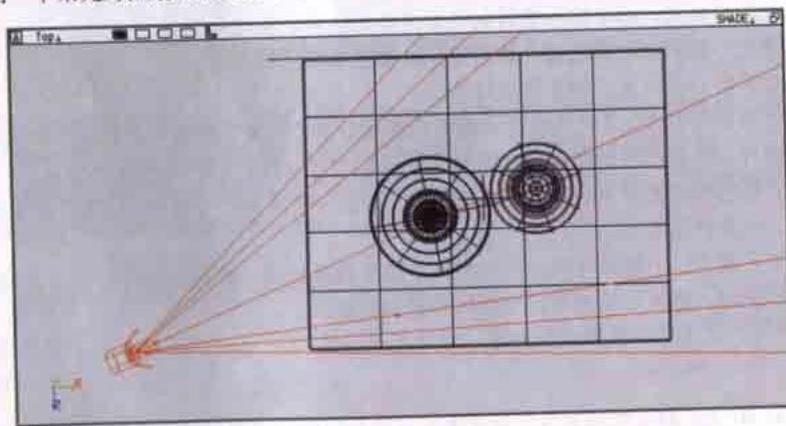


图 5.4 使用一个聚光灯

2. 如果可能,使用柔和边缘的深度图阴影,如图5.5所示,这种结果看起来还不像区域光,但它有助于去掉阴影尖锐的边缘。
3. 在原有基础上减小光的亮度(或其倍数)至原来的20%。
4. 使用同样的设置复制4份光源,将4个拷贝隔一定间距排列,如图5.6所示。
5. 渲染场景,如图5.7所示,其效果与区域光相似,但渲染的速度快得多。

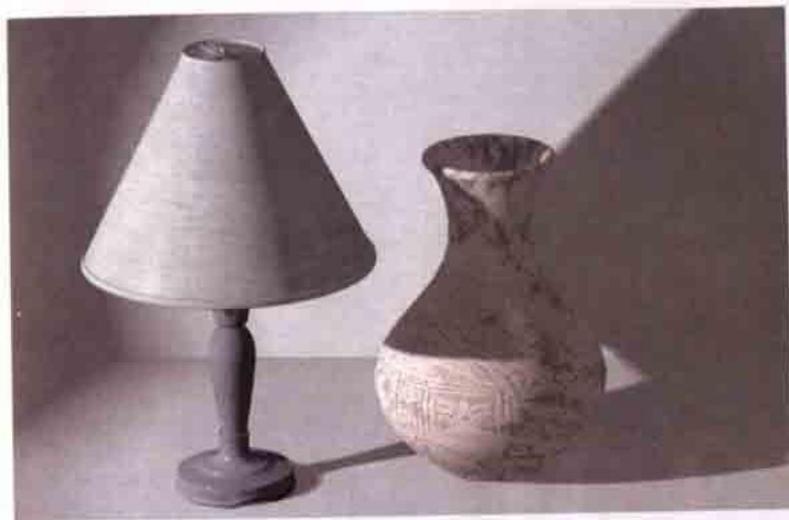


图 5.5 一个聚光灯不会产生非常柔和的光

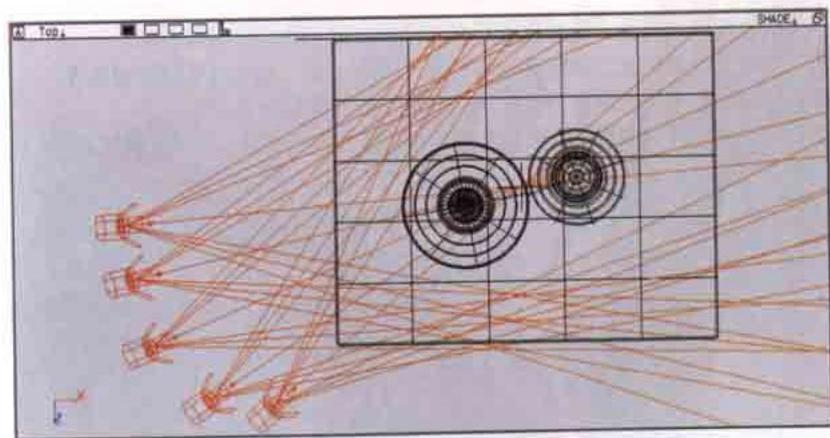


图 5.6 一系列光柔和和散射了照明

通过增加光源的数量可以使阴影更加平滑,更加连续,但会增加渲染的时间。

由于区域光的原因,图5.7的阴影随着与物体距离的加大而变得更发散。灯罩附近的阴影还比较集中,墙上的阴影就发散了。

5.2.2.3 柔光的视觉暗示

除了使用多光源模拟柔光外,在场景中用几个不同的参数也有助于产生柔光的效果。请遵循以下提示来模拟柔光产生的视觉暗示:



图 5.7 “模拟区域光”可以产生很有效的柔光

- 避免致密的镜面高光。让材质或阴影渲染的更宽一些，少用加亮区。
- 如果要模拟很柔的光，如墙面反射的光，就不要让光投射出任何镜面高光。
- 增加辅助光扩展主光的照明，避免主光出现比较尖锐的边缘。
- 避免有尖锐边缘的阴影。如果不能用区域光或其他光线追踪阴影，则用聚光灯的深度图阴影，它可以被柔化。
- 调整聚光灯锥体扩展的角度，使锥形光的边缘柔化。

通过运用这些视觉暗示，图 5.8 的渲染未用任何区域光。

大窗户旁边浴者背部的照明与你所期盼的一样柔和。通过多种光源的柔化和散射得到的柔和度效果，与目标物体的表面有机地结合在一起。图 5.9 所示为 24 盏点光和聚光灯精心排列的位置。

这种技术并不是避免区域光的“工作流”，而是专业作品中关于柔光最普通的解决方案。时至今日，胶片中大部分计算机生成的图像镜头很少大量使用光线追踪、辐射、区域光渲染；相反，对大多数阴影来讲，过去常常用聚光灯和深度图阴影算法。

作为灯光设计的一部分，选择简单、有效、可控制的工具不应该有损于产品的质量。事实上，使用任何有效渲染和预渲染场景的软件功能都是制作更宏大作品的最好途径，没有必要用更复杂的渲染技术锻炼你的技能和忍耐性。

5.3 亮度

亮度是最引人注目的光量之一。在第 3 章关于三点光照的内容中，讨论了光的亮度决定它是主光还是辅光和它在对对象的照明中所扮演的角色。

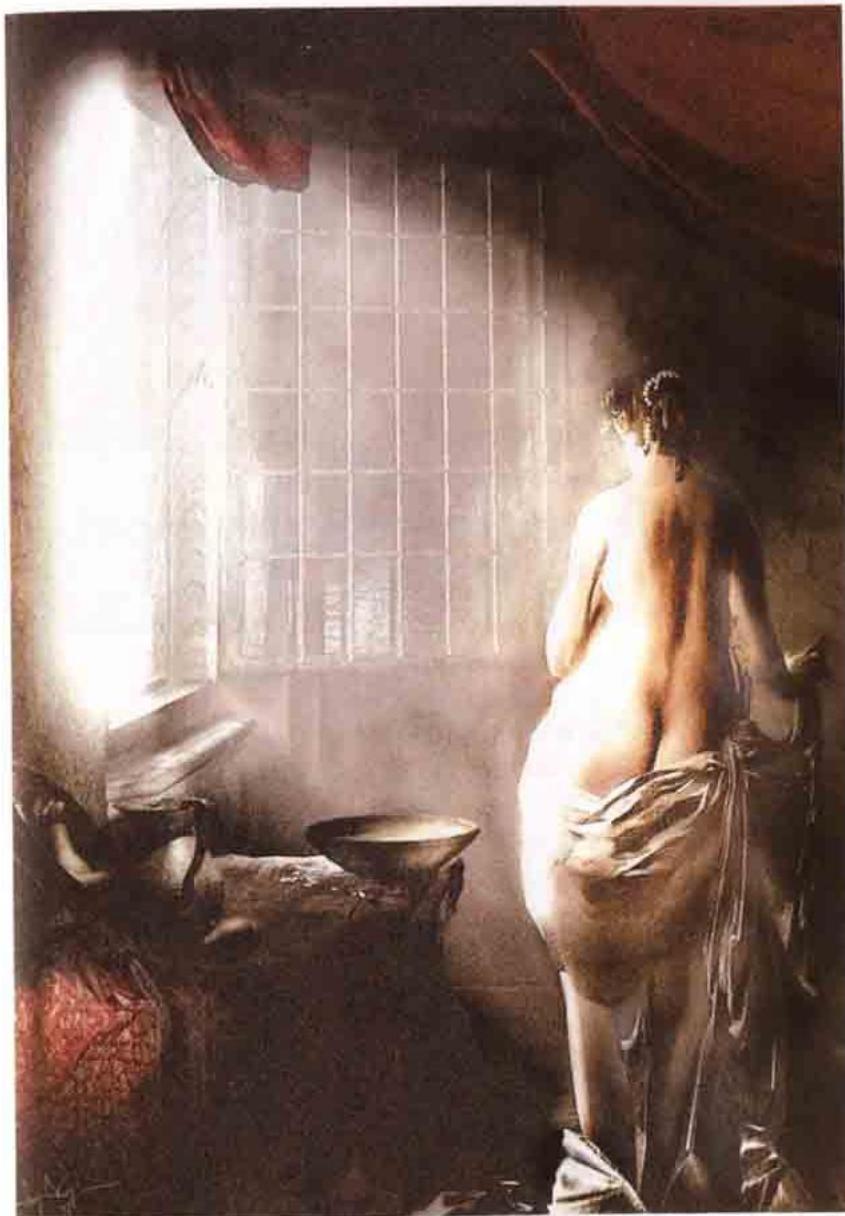


图 5.8 Jereny A. Engleman 的“浴者” (art.net/~jeremy)

你可以通过 RGB 色的亮度或设置独立的“亮度”与“倍数”控制光的亮度。有些软件还包括全局光和组合光控制，通过它来成批编辑所有光或部分光。



图 5.9 LightWave 3D 中展示的多种光源在“浴者”中的布局

不管是借助太阳还是蜡烛观察场景的光，眼睛都要调整到与环境相适应的亮度。当曝光适度时，电影或录像的录制设备可以调整光的亮度，使它在昏暗的室内蜡烛光下描绘的场景的色调与太阳光下描绘的场景色调一样。

摄像机的曝光设置可以调整摄像机所在的环境的亮度，但大多数 3D 软件不包含与摄像机曝光设置相似的功能。因此，与摄像机的调节不同，计算机制图中光的亮度即是最后输出的亮度。

因为视觉上光在不同曝光程度的场景中明显不同，所以相同类型的光，如普通的室内光，在每种场景中需要设置不同的亮度。如果渲染的场景只是用普通灯照明的，就可能要选择非常高的亮度，如图 5.10 所示。

但是，如果在这盏灯的旁边是一个有太阳光的窗户，为了更真实地表现同一个灯泡，则这盏灯的照明亮度可能要大大降低了，如图 5.11 所示。

这意味着大多数计算机软件中光的亮度与其他对象属性不一样，不是“简单”的数据，当它被拷贝到一个不同场景中时，要重新考虑。这还意味着没有合适的图表或预置的程序库用来匹配在电影中出现的各种光源的亮度（如果渲染器也没有和摄像机相似的曝光设置的话）。

注意 第 7 章对 3D 场景中光的亮度作了更多的解释。



图 5.10 为了模拟光敏的曝光，应将单个普通灯调整得很亮



图 5.11 如果太阳光是处于支配地位的光源，则该灯要大大降低亮度

5.3.1 衰减

除了根据曝光程度改变光的亮度外，还可以通过物体与光的距离改变光的照明亮度。在现实生活中，物体所受的照明随着物体与光源距离的增加而减弱。如果将手放在电灯泡的附近，它被照得很亮，但是，如果将手放远几英尺，手的亮度会下降很多。亮度随与光源距离的增加而减小的现象叫做衰减。

现实生活中点光源的光成平方反比衰减。平方反比衰减的意思是到达物体某一点的照明等于光源的亮度除以光源与物体之间距离的平方，可以用如下公式表示：

$$\text{物体照明} = \text{亮度} \div \text{距离}^2$$

注意，按照平方反比方程，根本没有光照不到的地方。只要光足够亮，不管它有多远，光可以照亮场景中的任何物体。亮度会持续减弱，减到很小的值，趋向于0。但在实际上，即使光线能永远保持，在距离光源的某个距离上，照明的减小会使在场景中由于距离不同而产生的视觉效果差异变得很小。

根据平方反比衰减规律，光的亮度也能控制可视的照亮区域。亮一些的光照亮的场景区域大一些。如果光非常模糊，那么它只能照亮一小块区域并迅速衰减得不可见。

5.3.2 计算机图形中的衰减

大多数软件都可以通过某种方式调整光的衰减，这种控制也叫做“衰退”(falloff)、“距离衰退”(distance falloff)或“衰变”(decay)。

5.3.2.1 平方反比衰减

尽管平方反比衰减是最接近现实生活的表现方式，但它并不是用户最满意的衰减类型。平方反比的衰减方式使大范围内不同地方的光大不一样，也就是说它容易在光源附近产生亮光区，而在远一点的地方光线又照不到，如图5.12所示。真正的光不存在绝对照不到的地方，这使计算每条光照亮场景所有角落的计算量非常大，即使在那里光已经弱得看不见了。

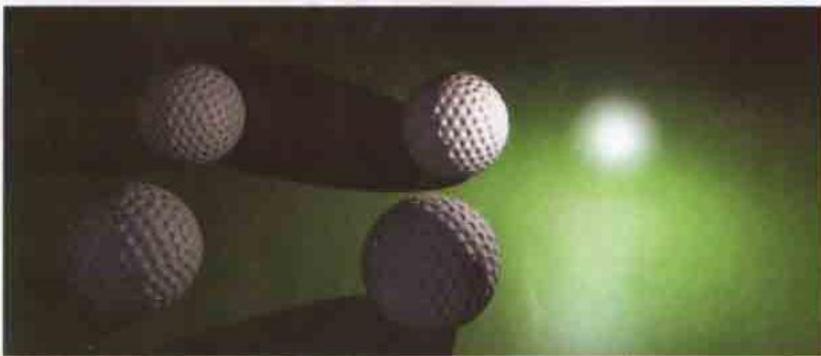


图 5.12 平方反比衰减在光源附近形成亮光区

基于这种原因，平方反比不是计算机制图中惟一的衰减方式，也不是常用的方式。甚至有些软件不提供这种平方反比的衰减方式，即使提供也只是作为可选项。

5.3.2.2 线性衰减

线性衰减方式使光和黑暗之间的梯度变化比现实中更均匀，如图5.13所示。线性衰减就是设置一段距离，使光在这一距离内完全衰减，从光源处到这段距离终点亮度均匀地从最亮衰减到0。

线性衰减是很容易控制、预测的照明。例如，设置了最大衰减距离后，你就已经知道，在这一距离的中间位置，光的亮度是它最大亮度的一半。

有些软件不提供衰减方式的选择，所以“线性”二字根本不会出现在用户界面中。如果

渲染系统只要求开始和终止衰减距离，这个软件很可能就是用线性衰减，即使它没有这样标出。



图 5.13 线性衰减容易控制，但不太真实

5.3.2.3 无衰减

将光定义为无衰减也是可能的。无衰减的光照亮的物体在房间的所有地方都跟在光源附近一样。这种功能有时很方便，因为单一的亮度不必考虑物体间的距离。但不幸的是，这种渲染效果有时看起来不如衰减光可信。

图5.14没用任何衰减，可以看出，距离光源远的小球与光源附近的小球被照亮的程度一样，但效果不如衰减光真实。

研究一下图5.14，发现即使没有衰减，光源正下方的地面仍然是最亮的，这不是距离而是角度的原因。表面的亮度与光的角度有关，其他的亮度差别是由于光还受阴影影响的原因。即使没有衰减，场景的渲染的效果仍然有阴影和可见度的差别。

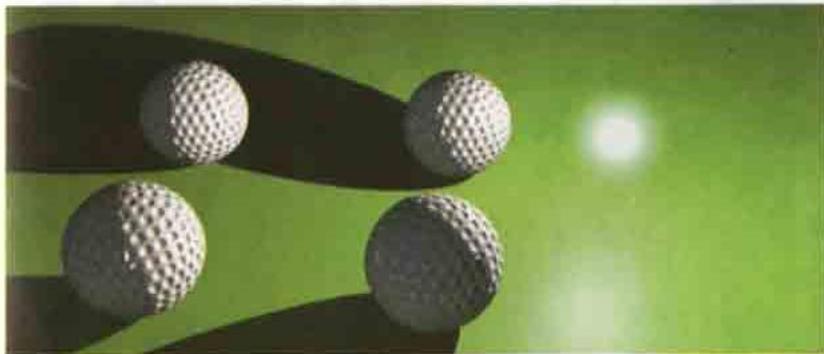


图 5.14 没有衰减，整个场景中的光都是最大亮度

有些情况下，没有衰减可以制作最真实的输出。例如，如果场景的光是从窗子透过来的，那么这种光经常不用任何衰减。如果在场景外设置一个光源，从窗户外照进室内，如图5.15所示，就可以不用衰减，因为真实的太阳光已经通过了数万公里才到达了窗户，再经过几英尺的

距离也不会有太大变化。用无衰减模拟太阳比用真正平方反比衰减更好（图 5.15 所示光的位置，是用来渲染图 5.16 的图像或其他类似图像的）。

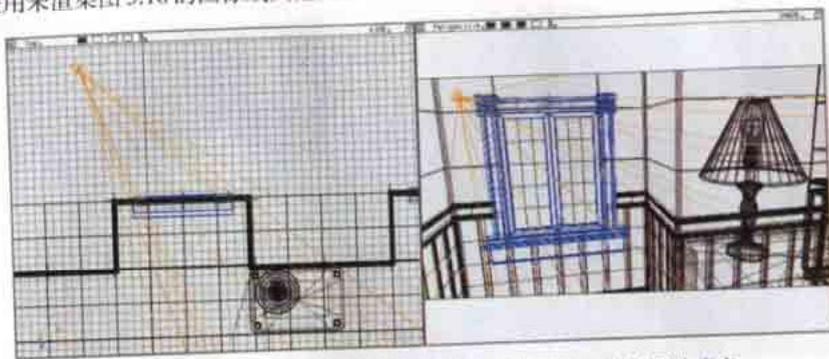


图 5.15 用附近的聚光灯模拟通过窗户的太阳，衰减也许会不太真实

5.3.2.4 光的守恒

在现实生活中，不管光源产生的光有多么发散或多么集中，它的量是一定的。例如现实中的聚光灯，可以将它调节得很聚光，成为很窄的一束，也可以调节得很散，成为很宽的一束。因为它发出光的量是相同的，所以由于窄束的光集中得很小，它就比较亮，宽束的光比较散，它就会比较模糊。

光的守恒也是衰减的主要原因。与人们通常的认识不同，光线没有“逐渐变弱”或被空气吸收。事实上，物体距离光源越远，它接收到的光占光源发出光的总量的比例越小，其余的光向不同的方向传播，没有照射到物体上。平方反比方程是一种简单的几何方程：当光锥的宽度数倍于高度的时候，在距离一定的情况下，随着光锥的加宽，光锥内照射到物体上的光所占比例会逐渐变小。

5.4 色彩

不同类型的光源是通过它们所发出的典型的色彩来区别的。例如，与呈蓝色的日光相比，大多数室内灯泡发出的光呈淡黄或桔黄。再现这种光的色彩可以产生更真实的渲染，如图 5.16 所示。

注意 第 6 章将更详细地讨论自然光源的色彩以及模拟摄像机色彩平衡的过程。

与眼睛自动地适应较亮或较暗的环境一样，你的色彩知觉也会自动地适应那些占主导地位的光的色彩。白色的衬衫不管是在台灯照明的室内还是在蓝天白云的室外，它都是白色。摄像机和胶片对于不同的环境和不同类型的光都是色彩平衡的。计算机图形中的光源不需要在不同的场景中模拟任何一种色调，但要给定一个相关的值以改变主环境或调整到你想要用的描绘方式。

作为一种光量，光的色彩是观察者猜测光源的一种方式。例如在图 5.17 中，光是从走廊中间的连接处发出的，尽管你看不到角落的周围是什么，但带蓝色的光使你猜到这是一个通向室外的、有日光照射进来的地铁站。



图 5.16 台灯的光显黄色，太阳光和日光显蓝色



图 5.17 图中的光特别的色彩使人猜到走廊的中部也许通往室外

在现实生活中，与前面的两幅画一样，场景中照明通常不只一种色调。真实场景中即使只有一种色彩的光源，周围环境的不同色彩也会被反射光吸收，这增加了色彩的多样性，不管场景中如何使用何种不同的光源，用多种光的色彩通常是渲染中的好想法。

色彩不仅仅是一种光量，它能影响情绪，甚至能改变渲染的意义，在艺术家的色彩选择方案中有许多要考虑的东西。第6章涉及了一般情况下色彩的使用和意义，解释了如何在不同的条件下制作不同光源的色彩。

5.5 投射

很少有光能均匀地照明物体，相反，通常照明形成一种图案或形状。光的“投射”或“投射方式”就是光如何分散、图案化或定形的特性。例如，图5.18中的灯在墙上产生两道弧，两道弧之间的区域暗一些（通过灯罩透出的光）。

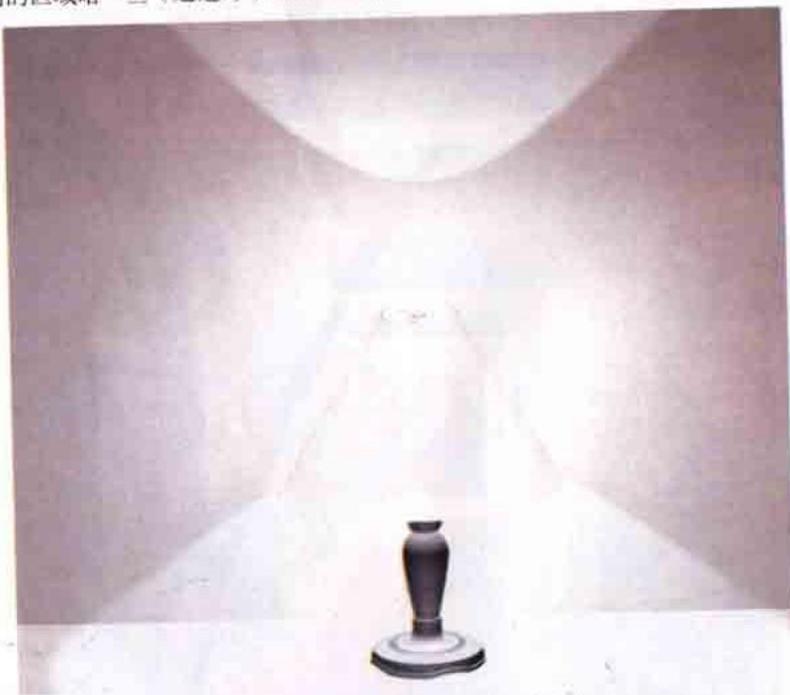


图 5.18 灯的形状与它的投射方式有关

一般调整聚灯光锥的宽度和柔和度就已经改变了光的投射方式。其他更复杂的方式，在许多软件中都可能有的。

5.5.1 通过纹理图制作投射方式

对光源本身进行调节投射方式最有效的选择是在光上贴入纹理图或图片。“投影机”或“投

影图像”选项实质上是调整聚光光照在某个物体上，类似于滑动投影机，将图像投影到所选择的场景上。在图5.19中，给出了一个斑纹的投影方式，看起来好像光透过树。



图 5.19 斑纹投影方式给人的感觉是阳光透过树

你可以设计一个纹理图来阻滞光，阻滞的部分是黑的，这样可以允许更多的光从亮的光锥中通过。这些纹理图应用在光上可以产生所有类型的投射方式，类似于光穿过某种形状的窗户或灌木，或其他大多数光源需要的投射方式。图5.19中用的主光就贴入了图5.20所示的图。

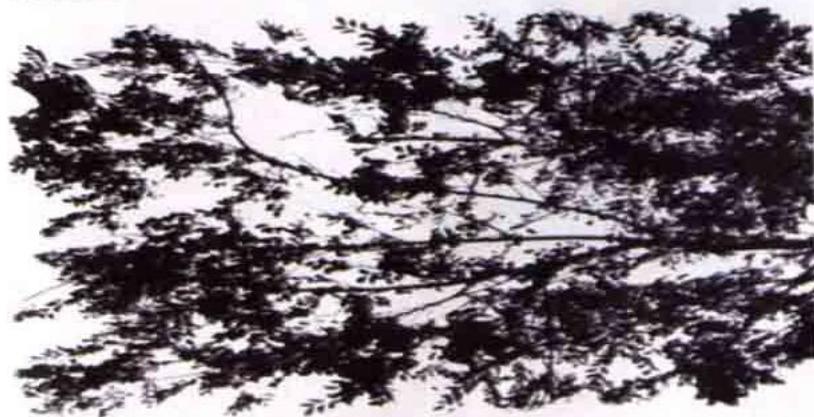


图 5.20 这张图类似于曲奇饼

5.5.2 遮光布和曲奇饼

在电影灯光中，有种特殊的木材或金属切片叫做遮光布（gobos，go-betweens的缩写）或曲奇饼（cookies，也叫cucoloris），它的作用与贴在光上的图非常相似。有些曲奇饼是简单的几何形状，可以改造光束的形状，有些曲奇饼可以将光分成各种图案。巨大的遮光布不是直接贴在光上，而是装在架子上来阻滞、遮挡和改造场景中的光。遮光布与装在光前面的其他物体一样，可以通过投射阴影改造光。

在3D场景中，放在灯前产生阴影的物体可以被看成一种曲奇饼，按照曲奇饼表面的形状和是否透明来改变光的投射方式。彩色透明的表面可以过滤和改变光源，例如，通过树叶之后太阳光变得斑驳中带有绿色，光通过彩色玻璃窗后也会改变颜色，如图5.21所示。



图 5.21 光通过透明表面时会获得新的投射方式

根据光线追踪阴影算法，光通过透明图层表面时会吸收透明图的颜色和色调，并将之作为投射方式的一部分。根据深度图阴影算法，透明的表面也许不能产生很好的阴影，但固体物体还是能投射阴影，将光分散，从而改变它的投射方式。窗户上百叶窗可以将任何光分散成斑驳的投射方式，如图5.22所示。

注意 光线追踪和深度图阴影算法之间的区别在第4章中有详细的论述。

5.5.3 投射方式的影响

光的不同投射方式会改变物体的外观或场景的氛围。

图5.21和图5.22中使用的组合效果很明显地将墙上的投射方式与激发它的光源联系在一起了。激活光源的组合（或雾光）选项，通过光穿过百叶窗产生斑纹来显示光的空间投射方式。尽管大多数3D软件中组合光效是由单个光控制的，但它不是光量。组合光效或雾光效果是用来模拟烟或空气中的灰尘的，它看上去就像用同样的投射方式照亮物体表面一样。



图 5.22 百叶窗的阴影使光产生了一种新的投射方式

斑纹的投射方式可以作为定义三维造型等值线的一个好方法，如百叶窗的阴影。尽管平板可以投射直线阴影，但如果是投射在一个圆形的物体上，投射的阴影线可能是曲线，如图5.23所示。



图 5.23 斑纹的投射方式可以定义三维造型的等值线

学会塑造光的不同投射方式是制作真实场景的最大进步之一。当你观察家里或办公室周围的环境时，注意不同光源投射方式的变化，这有助于用更真实的投射方式丰富3D光的使用。

5.6 动画

许多光源因为动画属性而有所区别。不管是烛光的跳动、消防车中的脉冲灯、太阳移到云层后面，还是电视蓝屏的变化，根据它随时间的变化来区分这些不同类型的光。光的动画方式有许多，包括移动光的位置、改变光的动画参数或者光前投影的动画。

5.6.1 光的移动

通过改变光的位置可以增加3D场景令人振奋的动态效果。现实生活中看到的最普通的移动光是车灯，当汽车经过建筑物时，尤其是转弯时，大灯好像是“扫”过建筑物。在晚上投射进室内的方式也是变化的，如图5.24所示，这种情况在距高速公路很近的汽车旅馆内很常见。



图 5.24 汽车大灯在室内产生移动的光和阴影

这种汽车大灯动态移动很容易模拟，尤其是在汽车本身不在场景中出现的条件下：

1. 在场景中建立一些“虚拟”或“空”的物体。
2. 对这些空物体绑定一对聚光灯，如图5.25所示。
3. 沿直线动态地移动这一组聚光灯的位置，或者沿着某一角度旋转移动聚光灯的位置。

在某种情况下，场景中大多数的光都是动态的，例如，在黑暗环境中高速行驶的火车在穿过场景的时候会产生许多移动的光，如图5.26所示。

在场景中加入动态移动光时还要记住以下几点：

- 警车顶上的一对聚光灯只需要在一个地方旋转来产生伴随警笛的光效。

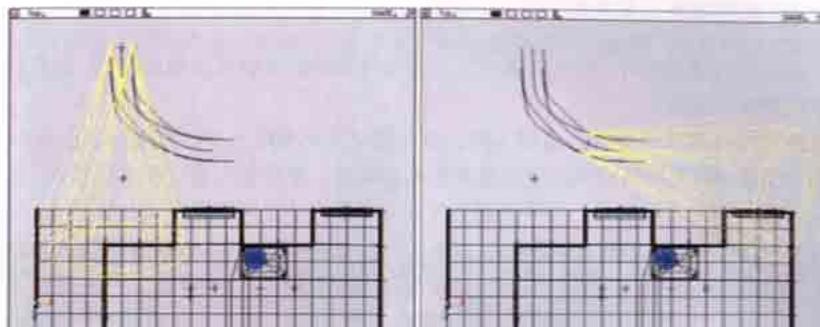


图 5.25 一对一起移动的聚光灯表现室外大灯的情况

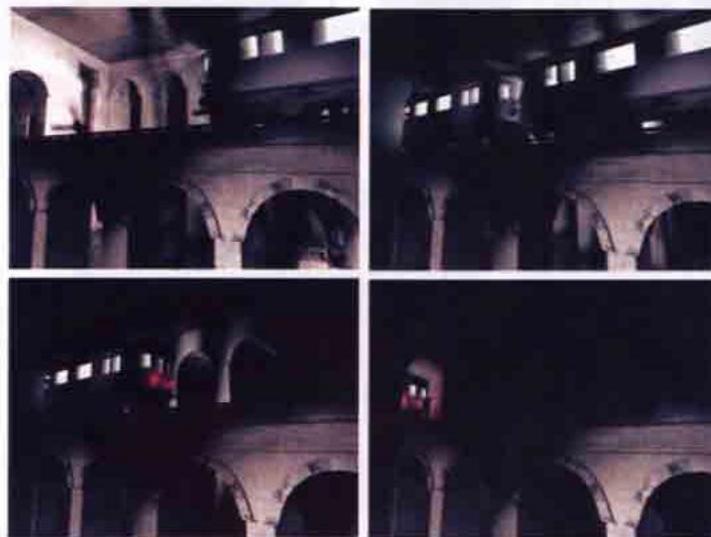


图 5.26 行驶火车在周围环境中产生动态的光。可以在 3dRender.com/light/Train.mov 在线地观看动画 Train.mov

- 当码头门即将打开或周围有警报的时候，旋转光可以用作警示作用。
- 白天太阳移过天空。如果你要模拟时间的流逝（加速）镜头，一般情况只需要移动光。
- 直升机在空中用探照灯搜索城市某一区域可以产生很典型的移动光。
- 如果场景与移动的交通工具有关，为了模拟交通工具本身的移动，画外或背景中的灯（如街灯）要动画地闪过。

在现实生活中，光在许多情况下都会移动。如果在动画中移动场景的其他部分而不移动灯光本身，就会犯错误。

5.6.2 动画参数

除了通过空间移动光外，还可以通过定义光本身的动画参数来实现动画光，如色彩、亮度或其他可以调整的参数。

不同的软件处理动画参数的过程不同，但在能记录光参数的对话框或控制面板中经常有一个“主”按钮。最常用的动画光效果是调整光的亮度，使它加大或变小来模拟光的开与关。为了模拟闪光，如走马灯的光，每个光的亮度在0和最大值之间循环变化，如图5.27所示。



图 5.27 只调整光的亮度来产生闪光的效果

有时关闭灯可以通过几个帧的动画实现。有些光在电压减少时会改变色彩，变得更红。通过关键帧控制色彩亮度的情况有以下几种：

- 当一个人进屋时。可以打开一个灯的开关，在这一刻增加场景中某些光的亮度。
- 动画制作交通灯或信号灯。在不同的透镜后打开或关闭独立的光源。
- 模拟火或电视屏的闪烁。不要把灯完全关闭，可以直接一帧一帧地改变电视机或燃烧火光的亮度和色彩。
- 光的突发。可以在任何需要在场景中投射突发光可视效果时使用动画光，如激光束。

5.6.3 动画曲奇饼

可以用任何想用的物体作为投射阴影的曲奇饼，其中之一就是用动画的物体。将一个动画的物体放在光的前面，可以产生移动的阴影和投射方式，如风扇叶片，在场景中光的前面可以产生动画的闪光，如图5.28所示。如果光在风扇叶片的下面而不是上面，在天花板上也会产生相似的闪光。



图 5.28 旋转风扇叶片可产生动画阴影

动画光可以大大增加场景的真实性和可视性。

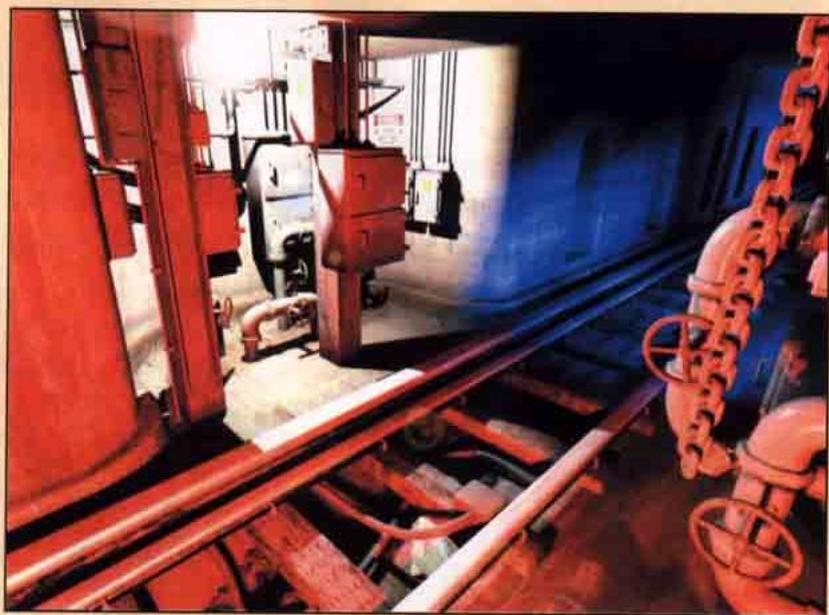
在现实世界中许多动画光：移动的光或附属于交通工具的光，自身闪烁或改变的光以及通过移动或改变物体产生阴影的光。可以花点时间观察不同的光源，注意周围照明和阴影的移动和改变。

5.7 练习

花点时间研究现实世界中不同的光量，在调整3D场景光的过程中仔细检查它们。对一种特定光，问一问自己关于本章的5个光量的情况：

1. 柔和度。照明和阴影是由明快的、边缘尖锐的光产生的还是由更发散的光产生的？
2. 亮度。光是场景中最亮的，还是与周围其他光相比比较模糊的？物体在距光源不同距离的位置上看起来亮度如何？
3. 色彩。光具有何种色彩？是光源产生的，还是通过其他表面反射的？场景中的光源多于一种吗？你能发现它们的色调区别吗？
4. 投射。光是如何均匀地照明周围的物体的？它向周围投射其他形状或纹理吗？
5. 动画。光是稳定的，还是以某种方式闪烁或改变？什么能引起这种移动或改变？

在真实世界或工作中回答完这些问题之后，就可以按照自己的心意创造性地配置3D渲染了。



第6章 色彩

若想吸引观众的注意，巧妙地使用色彩是最明智的方法。本章主要阐述3D艺术中色彩的功效。正确的色彩方案可以创造或增强人们的感受，甚至可以改变图像所代表的意义。但是使用色彩也是有技巧的，因此本章还将研究数字化色彩如何再现，针对不同的光源如何选择实效的色彩，以及色彩在电影中如何表现等内容。

6.1 从绘画到数字化

在第一节艺术课上，老师可能会把如图6.1左图所示的“色彩轮盘”介绍给你，同时还会教给你有三种原色：红、黄和蓝。

在计算机制图领域，原色不是红、黄和蓝，而是红、绿和蓝，图6.1右图是计算机色彩轮盘的分布。例如，计算机色彩轮盘中的橙色所占比例很小，但从蓝到绿占据了色谱中的大部分，这意味着在计算机上找到精确的橙色比找到绿色需要花费更长的时间。

两种色彩轮盘的设计不同，用以适应各自的颜色混合方式。传统的轮盘（图6.1左）适合绘画的颜色混合，红、黄、蓝几乎可混合出所有的颜色（用黑和白控制亮度和饱和度），这也是红、黄、蓝被艺术家们称为原色的原因。原色之间的颜色叫做“合成色”，合成色中的橙、绿和紫罗兰色也列在颜色轮盘上。

图6.1右图中的轮盘是计算机根据RGB显示器上显示的加原色或彩色打印机上的减原色组合的颜色分布。

6.1.1 加色混合

称红、绿和蓝为加原色是因为光的任何颜色都可以通过红、绿、蓝按不同的比例相加得到。如果红、绿、蓝的比例相等，则形成白色，如图6.2所示。



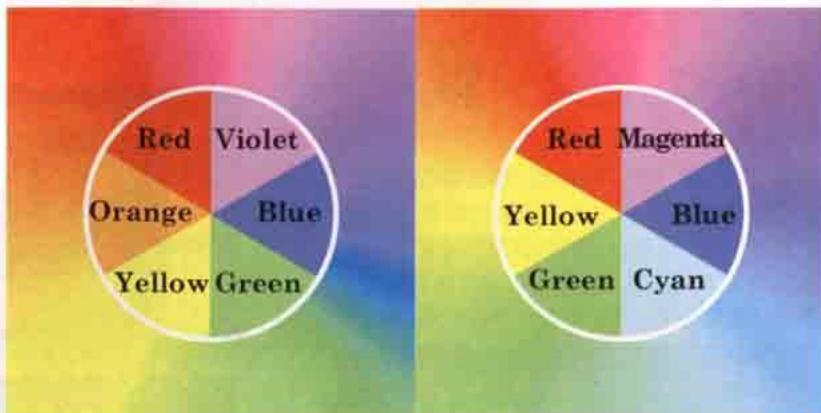


图 6.1 画家所使用的颜色轮盘(左)的原色和合成色与计算机的(右)不同



图 6.2 加原色组合形成白色

3D 图形软件中的色彩通常表示为 RGB (红、绿、蓝) 色, RGB 色包括三种参数, 分别代表红、绿和蓝的比例, 这三种颜色共同组成一种颜色。主流的 3D 图形软件都用 RGB 色输出, 就像用 RGB 色计算彩色光的混合和过滤一样。

6.1.2 减色混合

打印输出显示的颜色与计算机屏幕显示的颜色不同, 显示器是从黑色的背景上显现红、绿和蓝光, 打印机是在白色的纸上加上一套减原色; 即青色、品红色和黄色。

减色法三原色是加色法三原色的补充, 这几对互为补充的颜色在色彩轮盘上处于彼此相对的位置。每个减色与它的补充色功能相反, 按照这一原理, 青色吸收红光(反射绿光和蓝光), 品红色吸收绿光, 黄色吸收蓝光。

在理论上, 用减色法三原色打印图片就足够了, 但在实际上, 大多数彩色打印用四种颜色: 青色(cyan)、品红色(magenta)、黄色(yellow)和黑色(black)(简称“CMYK”)。黑色可以

打印出清晰的文字, 还能增强彩色图像的阴影。传统的四色打印是在纸上打印青色、品红色、黄色和黑色的墨点, 就像图 6.3 所示的近图一样。



图 6.3 减原色用于四色打印

在 RGB 显示器上看到的颜色也许和四色打印的颜色不完全一致。为了使显示器显示的颜色与打印的一样, 印刷厂里的专业人员会竭尽全力地校准显示器。校准的过程通常是靠眼睛来实现的: 将一张打印好的图片放在显示器的旁边, 同时让显示器显示一张与此图片一样的图片, 然后调整显示器, 并调整计算机中的显示设置, 直到计算机显示的图片颜色与打印的图片颜色尽可能一样为止。但即使通过最佳的调整, 有些显示器显示的颜色与打印的还是不一样, 在进行最终的打印之前, 有时还需要进行打印测试。

6.1.3 饱和度

色彩轮盘只显示颜色的不同色调, 而不显示颜色在饱和度上的变化。色调可以显示颜色在色彩谱上的浓度和位置, 如红色、橙色或黄色。饱和度则指示出颜色的清晰度和集中度, 饱和度高的颜色显得丰满、纯正和富有色彩, 饱和度低的颜色则显得灰暗, 如图 6.4 右图所示。



图 6.4 色棒左边的饱和度最高, 向右递减直至灰色

物体或光的色彩饱和度过高是 3D 图形中常见的错误。在现实生活中, 色彩不会像计算机中的那样纯正饱和, 稍有一点杂质、淡一点的色彩往往会产生更真实的效果。例如, 图 6.5 中右图中的红柱子的效果比左图的更真实。

色彩的选择在图像制作过程中是一个重大的决定, 即使图像软件提供了大量色彩的调色板, 选择正确的色彩仍然可以大大提高工作的质量。



图 6.5 过饱和的色彩（左）不真实

6.2 色彩方案

大多数出色的图像都不会从调色板中随机使用色彩，而是会有一个严格定义的色彩方案。色彩方案是对在场景中显示的所有色彩的总体设置。在观众理解图像中物体的形状和内容之前，色彩方案是给人的第一印象，它有助于设置场景的风格。

当给物体或光增加一种新的色彩时，你不是在设置一种色彩，而是在给图像增加色彩方案。人们认为每一种色彩都与色彩方案的其他色彩有关，因此，在设计最有效的色彩方案之前，应该进行仔细地考虑。

你可以通过选择一套数量有限而设置一致的色彩来设计一个高效的色彩方案，并用这些色彩对场景中的每一个元素进行着色。一般情况下，场景中不同的物体会被赋予同一种色彩，由此不会与你的色彩方案抵触。如图 6.6 所示，用在妇女衣服上的绿色同样用到了场景的其他部分，包括墙纸。



图 6.6 色彩方案有助于构图的一致。Jorge R.Gutierrez 制作 (www.mexopolis.com)

重复使用同一套色彩可以将图像“捆绑”在一起。图 6.6 左上角月亮的黄色被重复用到了房间内的其他物体上，这种方式使图右下角的衣服和家具非常整齐。因为继承了有限的色彩方案，图像的每一部分都明明白白地显示出它们是属于同一场景的。

6.2.1 色彩对比

色彩方案可以使用色彩对比，从而使其中的某些色彩“跃然”于场景之上，有跳出来的感觉，从而最先引起观众的注意。

图 6.7 是色彩对比的一个好例子。人们看这幅图时会立刻注意到紫色图形的轮廓，不是色彩本身的色调和饱和度使紫色突出，而是紫色与其他色彩方案的对比才形成了这样的结果。



图 6.7 在 Lonnie Bailey 的“小丑”中，有限的色彩调色板形成了一个高效的色彩方案

6.2.1.1 补色

当色彩被它的补色包围时，色彩对比最明显。正如前面所述，补色是颜色轮盘上位置相对的一对色彩，如果观察图 6.1，会看到色彩轮盘上紫色对应的是黄色，这就提供了最大的对比度，从而使紫色更突出，更容易被注意。

补色之所以被称为补色不是因为它们位置对应，而是它们互相配合得很好，在色彩方案中应用它们是很有效的。

6.2.1.2 独占性

也可以通过在一个区域集中一种色彩来增强色彩对比。图 6.7 中如果到处都是紫色，如柱子的大理石条纹，那么紫色图形就不再起到同样的效果了，也不会引起人们注意。

取消独占性，在整个场景中使用一种色彩光会改变人们对色彩的认识。例如，图 6.8 的左

图，蓝色看起来清爽、有质感、色彩丰富。而右图场景被蓝光照亮，蓝色不再突出，相反产生了一种混乱、压抑的氛围，改变了色彩创造的印象，看起来不再色彩丰富了。



图 6.8 到处都是蓝光降低了色彩的对比度

6.2.2 色彩的意义

为什么银行、保险公司或医院喜欢用蓝色作标记，而快餐店喜欢用橙色呢？因为色彩方案中选择的色彩可以给人以很微妙的印象，能给观众以不同的联想。

6.2.2.1 文化方面特殊的联想

有些颜色通过联想可以被赋予特定的文化意义。一个明显的例子是国旗的颜色在本土文化中被认为是一种“爱国”的色彩，或者代表一种权威，又或者具有一种传统的意义。而采用另一个国家的国旗色彩也许看起来就很外国化了，或者感觉不太对劲，就像图 6.9 中的对比那样。由于各个国家的艺术、宗教、传统和大众文化等方面的差异，色彩联想在不同的文化中有不同的意义。



图 6.9 不同国家国旗的色彩代表了不同的特定文化意义

假如制作一个在迈阿密打高尔夫球的人的动画，给他设计穿着一件粉红色的高尔夫球短裤以显示他度假的心情，有些人认为粉红色是迈阿密当地的流行色，而另一些人会对男人穿粉红色的衣服有偏见，曲解了你的设计意图。很难让所有的人对诸如色彩这样的产品设计元素都产生相同的理解。绿色在一个国家可能是一个流行的政治色彩，而在另一个国家却是一个恐怖组织的色彩。白色可能在一种文化中是纯洁的意思，但在另一个国家却是死亡的色彩。如果你将作品展示给公众，就无法避免人们产生不同的理解。

6.2.2.2 联想的共性

还有一些色彩在全世界范围内具有共同的联想。蓝色被公认为是海洋或天空的色彩；淡蓝色使图像光滑，是人心平气和；深蓝色看起来坚实、雄伟（这就是众多银行和保险公司用蓝色徽标的原因，当然，选择蓝色还有其他的联想和理论依据）。

红色具有警示的作用，因为它是血和火的颜色。暖色，包括红色、橙色和黄色，一般被认为是辛辣、刺激和引人注目的色彩，快餐店也许会用橙色或黄色作徽标或装饰，来反映其经营特色。

同样，场景中光的色彩也有助于产生特殊效果。蓝色光给人的印象是在冬天或晚上，让人觉得这个地方或这个人比较冷。淡红色或淡黄色光使环境看起来比较温暖舒适，或使场景更个人化、私人化（关于不同光源或位置的色彩联想，见本章后面 6.3.1 部分）。

人们相同的体验会产生相同的联想。除了分享自然界基本色彩外，通过电影、电视、艺术、时尚和广告等这些全球媒体的扩张，加深了人们对某一标识或色彩共性的认识。也幸好这些众多媒体的作用，在全世界范围内使人们认识到红色不仅是诸如血或火这样的自然色，同时也是可口可乐的商标色。

6.2.2.3 上下联想

在一部叙事电影中，某种颜色可以像其他符号一样赋予特定的意义。一个故事的某部分内容表现在镜头中与打印在纸上可能会引起不同的理解。如果某种事物对某个故事情节或人物有特别重要的含义，那么它在屏幕上就起到了具有特殊意义的象征符号的作用。

在动画制作中，人物或人物组可以有自己的色彩方案，这个色彩方案可以用在他们的家庭环境、服饰、道具甚至皮肤颜色上。例如一旦观众下意识地习惯了电影中代表坏蛋的色彩之后，如果后来出现的人物也使用这种坏蛋的色彩，则这个人物也会被认为是坏蛋。

6.2.3 色彩和深度

色彩选择影响人们理解的另一个因素是深度暗示。深度暗示是观众在图像中察觉到的，有助于形成物体远近感的提示。

6.2.3.1 暖色和冷色

一般情况下，人们觉得较冷的色彩（蓝色，有时绿色也是）看起来比较远，暖的色彩（特别是红色和橙色）看起来比较近。

即使没有其他深度暗示，大多数人也可以很容易地发现，图 6.10 左图是一个中间有孔的方框，右图是一个前面有一个小方块的大方块。

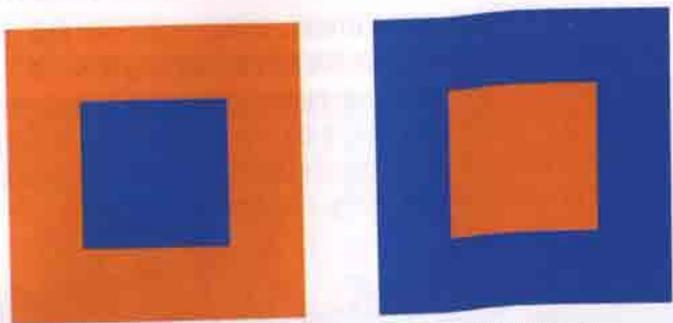


图 6.10 在其他因素相同的情况下，红色看起来比蓝色近

造成这种现象的原因有多种，原因之一是，在自然环境中，许多物体都是以蓝天或绿色的植物为背景的，所以人们一般情况下会认为蓝色和绿色的区域是“背景”。人们还会将注意力集中在自然界的棕色、红色和黄色的物体上，如红色的水果、伤口、人或动物的肤色，而不是植物或天空的颜色。

蓝色看起来比较远的另一原因是由于人眼的色差。色差的形成类似于白光通过棱镜可以分解成全光谱的原理。当光被透镜折射时，不同波长的光折射的角度不同。所有透镜都存在色差，因而光的不同色彩聚焦不同，色差现象在人眼的晶状体中也会发生，它使同一位置的红色物体和蓝色物体的聚焦位置有一点不同。

在渲染的时候，给定蓝色的背景和红色的前景可以有效增加场景的深度。当然这种方法并不是在每个场景中都合适。在地下隧道的照明区域，几乎任何颜色的彩色信号灯都会使场景似是而非，但图 6.11 中红色的前景和蓝色的背景使冲压机更突出了。

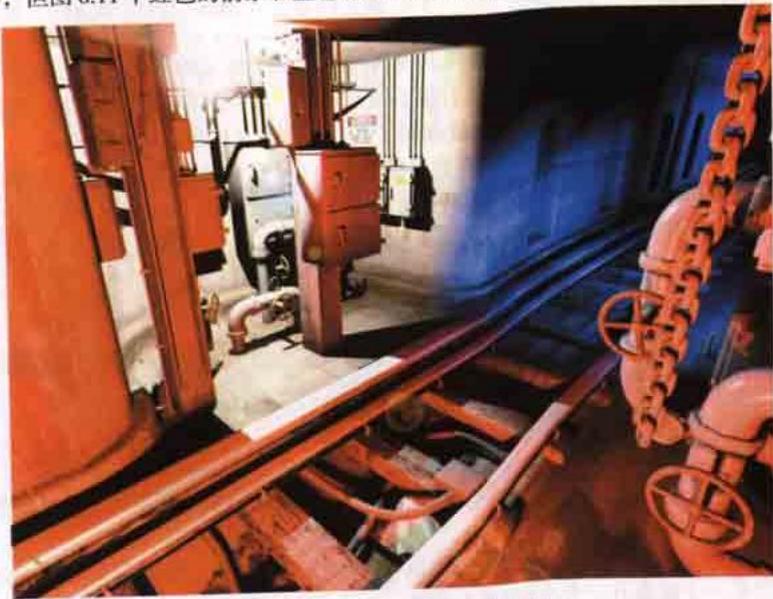


图 6.11 红色光照亮的区域使前景更突出

6.2.3.2 饱和度

关于深度的另一个假象是高饱和度的色彩相对于低饱和度的色彩突出。就像优秀广告人知道的那样，坚实、显著的色彩比较突出，而灰色、白色和黑色不易引起注意，更宜于作为背景色。

如图 6.12 所示，环境中的雾或空气使得场景中色彩趋向于低饱和度色彩从而使场景变远。图像中高饱和度的植物绿色看起来更接近摄像机的镜头，而且高饱和度绿色在低饱和度绿色的前边。

人眼聚焦和分辨率的限制也会使人们将最亮和最纯的色彩作为前景。在模糊的背景或远处较小看起来的物体中，相近物体的色调可以融合在一起，从而使那些坚实、显著的色彩在视野中变淡。

注意 如果想了解更多关于色彩理论以及 2D 和 3D 图像的相关知识，请参阅 Andrew Glassner 的《数据图像合成》(Morgan kaufmann)，在阅读这些资料的时候应具备大学数学的知识。



图 6.12 Lonnie Bailey 的“tropical Stream”中高饱和度的色彩看起来更像前景

6.2.4 色彩和暗度

人们对较暗区域的印象也是不同的，对场景暗度的印象可以通过色彩方案改变。

6.2.4.1 减小饱和度

人的眼睛在较暗的环境中，对锥形光线的明暗度的敏感程度比条形光线的要差一些。在很暗的光线下，人们对色彩的感觉是不灵敏的。当你在一间黑屋子里寻找出路或者当你几乎不

能辨别周围物体的形状和位置的时候，你根本看不清物体的色彩。

大多数输出设备都会大大限制图像较暗部分的色彩数量。在非常暗的区域，彩色打印机、彩色电视和彩色电影只能再现很少数量的色彩。因为其像素比较模糊，或者比较接近黑色，使它的色调降低了可见度。如果在3D场景中创造黑暗的效果，但不想因曝光不足而使观众看不清画面，你可以用低饱和度的色彩进行渲染。

6.2.4.2 蓝色辅助光

好莱坞普遍的习惯是使用模糊的蓝色光照亮黑暗的区域，这在有其他光“偷偷”混进场景中的时候最常见，通过这一方法，给人以黑暗的印象。如果有其他光加入场景，蓝色仍旧保留了黑暗的印象。例如，图6.13中月亮的黄色光是惟一的光源，但模糊的蓝色辅助光照亮了环境其余的部分，将建筑物墙体颜色变成了蓝色。

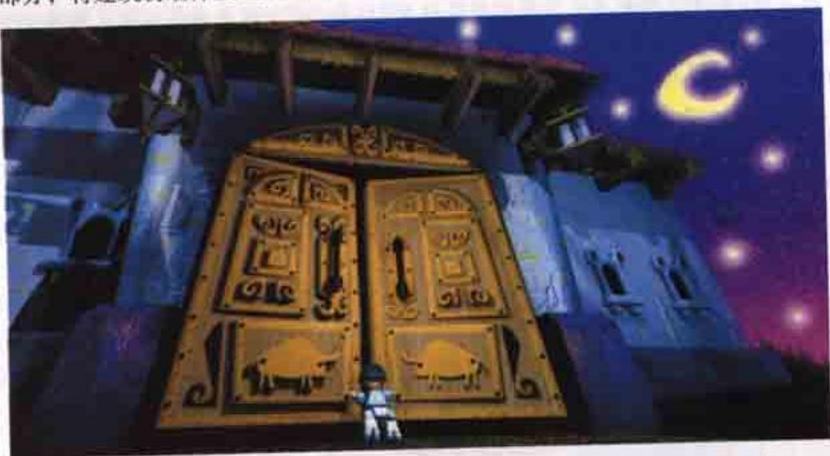


图6.13 蓝色辅助光提供了保证场景看上去黑暗的照明。Jorge R.Gutierrez (www.mexopolis.com) 设计

用蓝色辅助光表示黑暗也许已经成了一种习惯，因为深蓝色好像是晚上天空的颜色。在早期的彩色电影中，蓝色也是“白天拍摄夜景”的一个习惯——白天拍摄一个户外的场景，然后着深蓝色来模拟夜间。

蓝色辅助光与演员皮肤形成的对比，有点类似于减小饱和度取得黑暗造型的效果。在计算机制图中，如果物体是一个爬行昆虫或幻色人物，可以发现，需要用不同色彩的辅助光来对比人物的皮肤色调。

6.2.5 黑白色

黑白图片不仅仅是将图片的色彩去掉，它需要定义和划分不同场地、设备、道具和人物的轮廓，使它们都有不同灰度的阴影。处理黑白图片常常包括图像色调处理，为不同色彩的表面或区域分配不同的灰度阴影。

在彩色照片中，亮度的极限——纯黑色和纯白色——不会用在需要再现高饱和度色彩的地

方，照片中曝光不足和曝光过度的区域没有中间亮度的区域的色彩鲜明，就像图6.14的左端和右端。因此，彩色照片比黑白照片更支持统一的光和影。



图6.14 最坚实的、饱和的色彩可能在中等亮度的位置(中间点)，暗区或亮区的色彩饱和度变低(左边点和右边点)

如果去掉彩色照片的色彩，按灰度照片来看，也许这个照片的对比度不如黑白照片的。彩色照片中最亮的红色如果用灰度来看只有中等亮度。这并不意味着彩色照片比黑白照片好或坏，只是它们为不同的目的服务。彩色照片可以用色彩对比形成图像，也可以用亮度对比形成图像。为了取代色彩对比，你常常会对黑白照片中的物体加亮或加黑，以建立其亮度对比。

摄影师有时利用滤镜对不同的物体进行加亮和加黑。在彩色胶片出现很久之前，摄影师就已经在摄像机上使用滤镜了，成套的滤镜是黑白摄影师摄像机包中最重要的装备之一。

如图6.15所示，假设为一个场景拍照，场景中有一棵带绿叶的树，树上有红色的苹果，背景是蓝色的天空，怎么制作黑白图片呢？如果苹果、树叶和天空都用灰度来表达，场景就不太容易设计了。如果通过红色的滤镜进行拍摄，则苹果比天空亮一些，如图6.15中图所示。红色的滤镜可以滤掉天空的蓝色，即使用黑白胶卷拍摄，也会使天空暗一些。由于红色的滤镜允许苹果的红光通过，致使苹果比周围环境亮。与此相反，如果用蓝色的滤镜进行拍摄，则会使苹果比天空更暗，使它在这个场景中更突出，如图6.15右图所示。

在3D图形的制作中，如果软件允许使用彩色透明物体，则理论上可以通过透明的红色物体得到相似的效果。然而，取得与摄像机滤镜效果相同的一个更快、更容易、更灵活的方式是利用色彩合成或图像处理软件处理图像的渲染。用全色渲染场景，在转成灰度之前调整红、绿、蓝通道的亮度可以获得与摄影师用滤镜同样的效果。通过处理渲染过的图像，可以达到改变和调整场景的设置而不需重新渲染的目的。为了获得如图6.15所示的超级黑白图像，在转成单色图像之前，红色通道的值要减小，蓝色通道的值要增加。



图6.15 没有直接转换为灰度图像，通过色彩的滤镜生成出色的黑白图像

注意 Adobe Photoshop 的用户应该对比一下通过 Image ⇒ Mode ⇒ Grayscale 转换 RGB 彩色图像的方法与通过 Image ⇒ Adjust ⇒ Hue/Saturation 将饱和度滑块调到最左边的方法，mode 转换方法的红、绿、蓝通道的比例不同，而 Hue/Saturation 方法认为三种通道的值在默认情况下是相等的。

RGB 显示器中，红、绿、蓝三种成分对决定一个像素点的亮度的作用是不同的。对一束纯白色光来讲，绿色大约占 55%，红色大约占 35%，蓝色大约占 15%。许多绘图程序在进行灰度转换时都对此进行了考虑，将红、绿、蓝转换成不同的灰度，如图 6.16 所示。

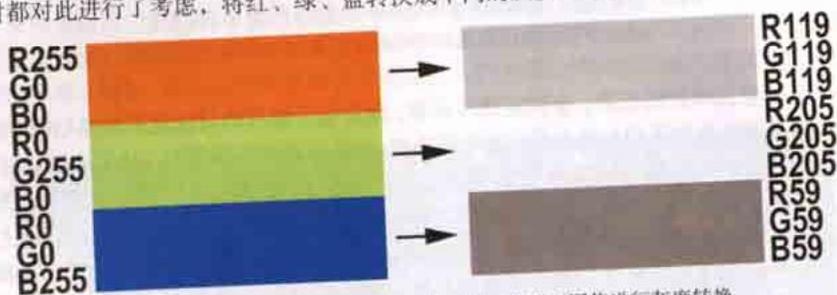


图 6.16 在 Adobe Photoshop 中，红、绿、蓝按不同值进行灰度转换

6.2.5.1 对黑白图像进行着色

有些黑白图像着色之后效果也不错。可以通过许多绘图或合成软件对黑白图像进行着色，先去掉图像所有的色彩和饱和度，然后对整个图像分配色调和饱和度。

甚至在彩色电影发明之前，电影制作者们就认识到了色彩的情感碰撞。有些早期的黑白电影用彩色染料进行场景着色。例如，在某部电影中，有一段建筑物着火的电影胶片，就被用染料着色后再接到电影中。

黑白照片有时也用油画涂料进行着色。即使不经过有意的着色处理，非常老的照片也会随着岁月而变黄。图 6.17 所示的照片被着上棕褐色，以显示怀旧意味。



图 6.17 去掉渲染的色彩之后，被着以棕褐色

6.3 色彩平衡

如果想精确地模拟真实拍摄时的灯光效果，就要从理解色彩平衡的概念开始。光的色彩不是直接对相片着色，而是与胶片使用的色彩平衡有关。

胶片的色彩平衡决定了哪些光呈现白色，哪些光呈现彩色。例如，适用于室内色彩平衡的胶片使普通灯泡照亮的对象呈现正常的色彩，但从窗外透过的光可能会呈现不正常的蓝色，如图 6.18 所示。



图 6.18 室内色彩平衡的胶片使室外的光呈蓝色

另一方面，适用于室外色彩平衡的胶片使太阳光照亮的对象呈现正常的色彩，但室内灯照亮的对象呈现奇怪的黄色和橙色，如图 6.19 所示。



图 6.19 室外色彩平衡的胶片使日光呈现白色，但室内的灯光呈现橙色

色彩平衡不等于色彩平衡的胶片。有一个叫做白平衡的调节器可以自动完成摄像机和数字相机的色彩平衡。甚至你自己的眼睛可以自动调节对不同光的补偿。

一天中不同的环境或不同的时间里，人们看到的世界有时是被太阳升起时的微红色照亮的，有时是被室内灯照亮的，有时是天空的蓝色光照亮的。一旦习惯了周围环境的光，就会开始察觉到光的主要色彩，能够使周围的对象呈现正常的色彩，即使这个光几乎是白色的。

与现实生活中的摄像机不同，大多数3D渲染中的摄像机没有模拟不同色彩平衡的控制。为了模拟渲染不同的色彩平衡，在调节光的色彩时需要考虑光的色彩平衡。这就意味着在选取现实光的色彩之前需要知道两件事：一是所要表现的光的特性，二是在渲染中模拟的色彩平衡。

光的色彩和胶片的色彩平衡都可以通过绝对温度的色温描述。这是胶片生产商和摄影者讨论光的色彩时使用的标准系统，花一定的时间理解色温和胶片的色彩平衡是值得的，这样可以在3D场景中给光选定更真实的色彩。

6.3.1 色温

早在十九世纪，英国物理学家Willian Kelvin就发现，在加热一块炭的时候，它发光了，而且在不同的温度发出不同的光，一开始发出暗淡的红光，随着温度的升高，它发出了更亮的黄色，在最高温度时发出明亮的蓝白色光。

色温以绝对温度进行测量，与摄氏温度不一样，它不是从水的结冰点算起，而从绝对0°算起，即摄氏零下273°。绝对温度加上273就是摄氏温度。但是，色温只与各种类型的光的可见色彩有关，而不是灯丝发光的实际温度。

表6.1是与可能在现实世界中遇到的光源相关的色温。低色温值（从火柴焰和蜡光焰开始）偏红色，高色温值偏蓝色。

表 6.1 不同光源的色温

光源	绝对温度
火柴焰	1700-1800K
蜡光焰	1850-1930K
太阳光（日出或日落时）	2000-3000K
室内钨灯泡	2500-2900K
500-1000W 的钨灯	3000K
石英灯	3200-3500K
荧光灯	3200-7500K
2000W 钨灯	3275K
5000W, 10000W 钨灯	3380K
太阳光（正午）	5000-5400K
日光（太阳+天空）	5500-6500K
太阳光（穿过云或雾）	5500-6500K
天空（多云）	6000-7500K
RGB 显示器	6500K
室外阴影区	7000-8000K
天空（局部多云）	8000-10000K

表6.1中的色温之间没有固定的关系，与为光选择的RGB值也没有固定的关系，在选定色彩平衡之后，色温有助于选择更真实的色彩。按传统意义，可以选择5500K色温模拟日光的色彩平衡，或选择3200K模拟钨光灯的平衡，或者选择其他色温模拟色彩的平衡。选定色彩平衡之后，可以根据与相关色彩平衡的关系调节对光的控制。根据这种关系给定的色彩如图6.20所示。



图 6.20 光的色彩与选定的色彩平衡有关

为场景选定了色彩平衡，并且决定表现哪种光之后，可以选择图6.20所示的一种色彩。依据以下原则为光选择色彩：

- 如果光源的色温正好与选定的色彩平衡相等，它会呈现白或灰色，如图6.20的中间所示。
- 比选定的色彩平衡色温值低的光会被着以黄或红色，如图6.20左边所示。
- 比选定的色彩平衡色温值高的光源会被着以蓝色，如图6.20右边所示。

一般情况下，光的色温和场景的色彩平衡之间的差别越大，则光的饱和度越高。光的饱和度如何，RGB值是多少取决于自己。究竟如何确定光的RGB值并没有数学方程式。

如果请两个不同的摄影师拍摄同一个场景，在同一个环境下很可能会得到两张不同的相片。即使在现实生活“绝对精确”的照片中，光所描绘的色调也会有很大的不同。

理解了色彩选择所有的测量和计算方法之后，最后的调整还是靠眼来完成的。室内、室外和混合光的特殊例子有助于更好地处理照明。

注意 在通用英语中，人们用两个相反的温度联想描述色彩：暖色和冷色。红色和黄色称为“暖色”，也许是因为它们是火和太阳的色彩，蓝色和绿色被称为“冷色”，也许是因为它们是树、天空、水和冰的色彩。

6.3.1.1 室外光的色彩

最常用的胶片类型之一是日光（也叫室外光）胶片，它的色彩平衡是5500K。

一旦选定了5500K作为色彩平衡，就会知道5500K的光源正好是白色或灰色。但是，在现实生活中，任何环境中光的色彩几乎都是合成色。日光也是不同的光合成的，一部分直接来自太阳光，其他来自天空的一部分。在表6.1中，直接来自太阳光色温值是5000K-5400K，比5500K的色彩平衡低。这意味着5000K光源的色彩会呈现偏黄色，如图6.21所示。天空的色彩一般在7000K-10000K之间一个较宽的范围，它使来自天空的色彩呈现蓝色，如图6.21右边所示。

表现太阳的光要给黄色的色调，即使在色温图的帮助下，黄色的明暗变化（亮度、饱和度等等）仍然要依靠自己的判断，不同的渲染也可能不同。图6.22中，用RGB值222、198、175来表现太阳的光（RGB值是按0~255级衡量的，如果用0~1级衡量，相同的RGB值是

0.87、0.78、0.69)。辅光表现天空的色彩，RGB值是72、153、210，着以蓝色是为了反映它较高的色温。

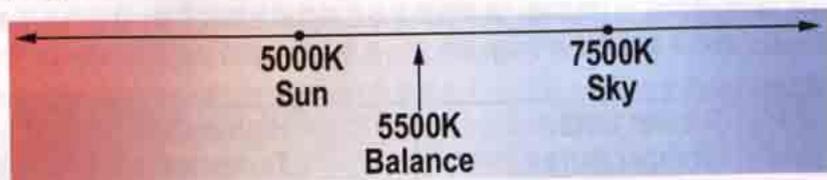


图 6.21 室外光的选择与胶片的色彩平衡有关

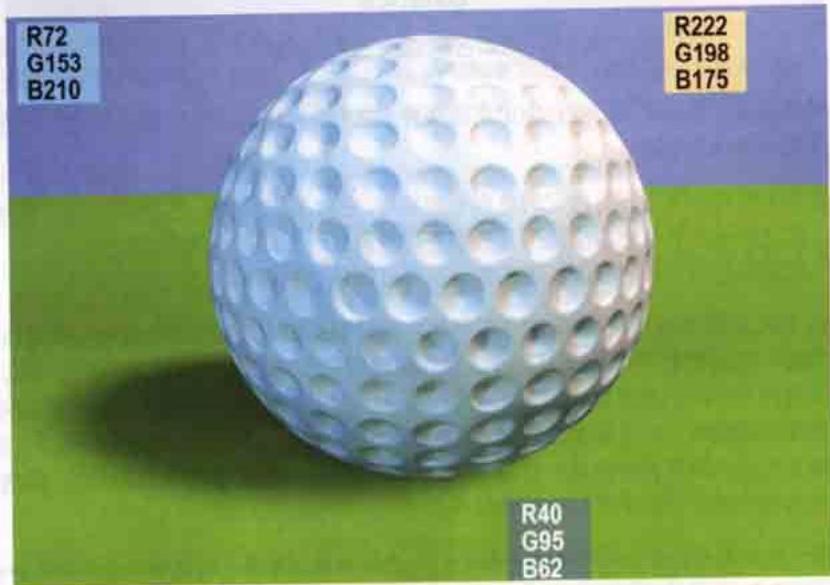


图 6.22 太阳光、天空的光和环境光的 RGB 值

日光照明的色彩不仅仅是光源本身的色彩。在现实生活中，太阳光反射的一些光在照亮物体之前又反射到周围环境的表面。光从其他物体表面反射的效果有时又叫做溢色。无论环境中的哪一种光占支配地位，各种色彩如绿草地的绿色，都会成为光的一部分。图6.22中加了一些模糊的绿色以模拟地面反射的光。RGB值40、95、62不只是根据光源的色彩，而且也来自于周围环境中的色彩之一。

注意 要了解光在场景中反射和透射的更多知识请参见第9章。

6.3.1.2 室内光的色彩

为室内光设计的胶片也叫做钨平衡胶片，色温是3200K。钨是室内普通灯泡的一种灯丝，与摄影棚中的某些灯光设备相同。

表6.1中不同的钨灯有不同的色温。500W的意思是摄影灯在500瓦特才能亮。“1K”就是1000瓦特的摄影灯，2K就是2000瓦特。一般来讲，多数人造光源发红，而太阳和天空的光发蓝（日出和日落时除外）。

注意 只要电压一致，摄影棚内的钨灯光设备一般都有非常精确、一致的色温。在一套电影设备中使用不同瓦特的照明设备（1K，2K，5K，10K），而不是通过变换电压简单地使灯加亮和变暗的原因是为了避免低电压时造成的色温变化。

普通的室内灯泡的（钨灯丝）色彩平衡是3000K，它比要模拟的胶片的色彩平衡低一点，所以灯呈浅黄色，如图6.23所示。如果照亮房间的是窗户透过来的太阳光，会发现色彩平衡是5000K和5400K——比3200K的色彩平衡高一点。这意味着5000K光源的色彩将偏蓝，如图6.23所示。



图 6.23 室内光的色彩与胶片的色彩平衡有关

在图6.24中，用偏黄的色彩表现灯光，但窗户透过来的太阳光则表现为蓝色调。注意，对于室内场景和室外场景，5000K色温的太阳光给定的RGB值并不相同。



图 6.24 太阳光、天空光和环境光被赋予 RGB 值

真实的场景一般要用不同色彩的光进行照明。即使所有的光都来自于相似的灯泡，来自墙面的色彩仍然会被加到模拟溢色的辅助光中，来自彩色灯罩的色彩应该被混合到选定的室内光中。对此没有固定的公式可供遵循，但应该看一看每个场景，考虑考虑哪种彩色灯罩或彩绘

的墙面会改变在周围看到的色彩。

改变室内光的另一个因素是荧光灯。表 6.1 中荧光灯中的色温是 3200K 到 7500K —— 一个较宽范围的色温。为了使荧光看起来更舒服、更好看，选用不同牌子的荧光灯来发出不同的色彩。

色温列表不会显示光中绿色的比重，而一般只会指示从红到蓝的变化。在很多情况下，与其他光相比，荧光会呈现绿色。给其他光中加入绿色的 RGB 值，会使其看起来更像荧光，甚至使整个环境看起来更像人工光。

注意 与非白炽光源如荧光灯管有关的色温，不如白炽光源的色温意义大。像开尔文 (Kelvin) 实验的那样，白炽光是物体被加热时所发出的光，标准灯泡、蜡烛，甚至太阳都是白炽光。除了荧光灯管之外，另一个非白炽光源是显示器或电视设备上磷发出的光。

6.3.1.3 选择室内胶片或室外胶片

有时，室内胶片用在室外，室外胶片用在室内。如果在室内，但场景的光却主要是窗户或门透过来的日光，那么也许应用和室外光一样的 5500K 的色彩平衡。相反，如果在室外，但场景的光主要是人工光（尤其是在晚上），则也许应用和室内一样的 3200K 的色彩平衡。“室内”和“室外”的区别只决定色彩平衡的主要光源，而不是位置。

如果使用的是普通的 35 毫米摄像机，你可以在室内和室外用同一个胶片拍照，但看不到任何色彩偏差，因为卖给消费者的胶片是日光平衡的。为了避免在室内变色，摄像机内置的闪光灯会给室内增加日光照明，所以只要使用闪光灯，室内外可以使用相同的胶片。另外，在暗房内，从底片制成照片时，会自动启用成套的彩色过滤器，对室内的快照校正得更好。

注意 关于光源类型、过滤器、色温和制图集、表，以及与胶片、摄像机和光源有关的文章的更多内容，参见美国摄影师协会出版的工业标准参考书《美国摄影师手册》。

6.3.1.4 其他色彩平衡

除了使用色彩平衡最普通的两种胶片以外，电影制作者们还有其他控制图像色彩的工具。例如在摄像机上使用的色彩过滤器，它可以拍摄任何色彩。改变过滤器可以使日光胶片用在室内或对场景进行着色，以适应任何类型的外观或色彩。

即使在胶片拍完之后，一个称为色彩选择的处理过程也能改变场景的色彩平衡。色彩选择就是在从底片制作照片时调整红、绿和蓝的曝光度，这样可以使胶片上看到的色彩与光的色彩不同。

电影制作还可以使用色彩胶来改变光源的色彩，以适应场景对光的色彩的要求。胶是一种着色的透明材料。可以将一大块胶安在窗户的外面，对光进行着色，就像直接的太阳光产生的亮度。这样可以让通过窗户的光的色彩与室内光的色彩相匹配，使得在视觉上不会有色彩的差别。

胶也可用来阻挡热量，因此将它直接放在光源的前面，如图 6.25 所示。与窗户上胶的作用不同，对每一盏室内灯增加一块胶，可将它们着色为日光色。通过不同的胶，电影照明设备可以匹配太阳光，灯光，甚至任何其他色彩的特点。



图 6.25 胶调整光源和色温

色彩平衡不仅用来增加电影在色彩方面的真实感，而且也是控制图像风格的照相工具。根据想要的场景外观为场景选定色彩平衡是一个创造性的过程。场景“非自然”的着色可以增加产品的质量，使它更真实或更趋向传统的色彩平衡。例如，绿色调有时令空间看起来更暗、更不自然或者看起来更冷和非个人化。所有这些情形在图 6.26 中给定的绿色光都有所表现。

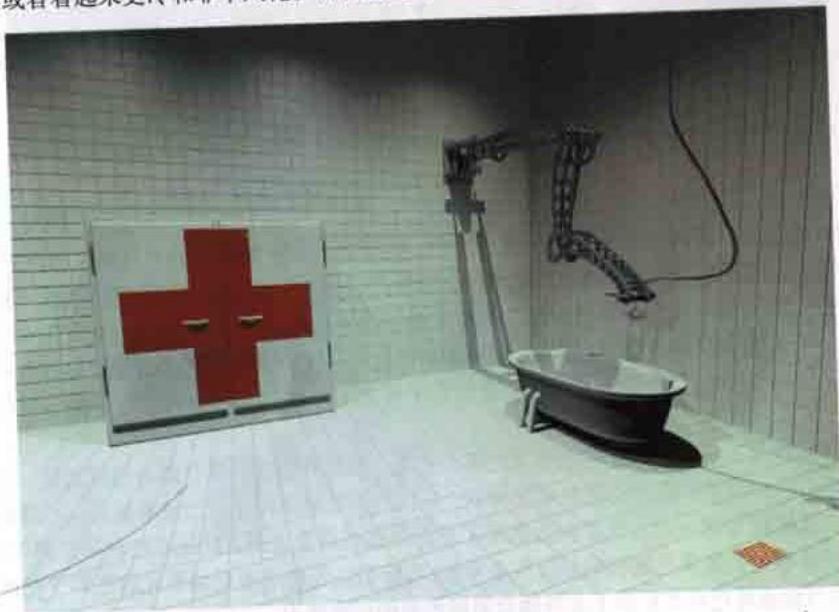


图 6.26 Vaclav Cizkovski 用绿色光渲染的场景

欢迎用3D场景中光的色彩塑造任何想要得到的外观。实际上，电影经常使场景的色彩与自然界不一致，如果你认为这样做能够提高渲染的效果，就应该要突破别人关于色温的建议。

为了故意突出某种风格，有时也许会大胆地对图像进行着色。例如图6.27，自然色温的差别被夸大，而不是减小了。这就形成了鲜明的色彩对比，强调了温暖的室内和寒冷的室外之间的差别。

6.3.1.5 没有色彩平衡的软件

和前面提到的一样，大多数3D图形软件中的摄像机不支持任何的色彩平衡。尽管如此，有些开发商也试图支持通过色温调整光的色彩的方法，而不是直接控制光的RGB值。有些软件允许指定光具有3200K的色温，但不允许指定所要试图匹配的胶片采用钨、日光或其他色温的色彩平衡，而是需要对光设置RGB值。如果不了解色彩平衡，就可能做不好工作。



图 6.27 色温的不同增强了光源色彩的效果

如果跳过色彩平衡为光设置目前的RGB色，就可能不如前面描述的方法确定的色彩真实、精确。例如，如果想用主光表现直接的太阳，用辅光表现天空的光，这种不包括色彩平衡的方案可能使两种光都具有非常类似的蓝色阴影（因为两种光都有较高的色温）。对太阳和天空都使用相似的蓝色调会降低场景色彩的丰富性和多样性，而多样性的色彩是可以通过色彩平衡得到的。前面6.3.1.1部分说明了如何根据色彩平衡点的不同为太阳和天空选择更多样色彩的方法。

色彩平衡点一定存在于光的色彩谱的某个点上。如果有些光的某些部分呈现蓝色，而某些部分呈现红色，则在其间一定有色彩平衡点，在这点上色彩既不偏蓝，也不偏红。不需要色彩平衡的快速解决方案一定是硬性内置选定了光谱中央的某个色温，只是不允许用户调整而已。

适当地曝光是场景色调明暗变化所必需的，而恰当的色彩平衡是场景光的色彩变化所必需的。不恰当地选择色彩或色彩不足可能会限制色彩的再现能力，应使同一种光只用同一种RGB

色彩值。

号称能“正确”选择色彩的插件并不能为你选择最好的色彩。通过自己的视觉感受以及对自然色温和色彩平衡的理解选定的RGB色彩，看起来也许会比插件选定的色彩好。即使能有效调整光的色彩的选项中没有使用RGB色，在渲染的过程中，渲染器通常还是在内部存储和使用RGB色。理解3D软件自己的RGB色是渲染过程中控制色彩的重要部分。

6.4 RGB色彩

根据RGB色彩模式，渲染软件计算光的色彩组合方式、通过透明表面过滤色彩的方式以及被彩色表面反射的方式。因为渲染器是以RGB色彩模式工作的，所以一旦理解了RGB色彩之后，彩色输出可以被更好地理解和预测。

6.4.1 光谱

RGB限制了现实生活中真实光谱的表现。在现实生活中，一个光源不只发出一种波长的光。组成光的色彩的全谱可以画出来，如图6.28所示。光谱显示了光在每个可见波长（色彩）的振幅（也叫亮度）。彩色电视机和计算机显示器不能发出所有波长的色彩，而是用有三种色彩的发光磷：红、绿、蓝。为了表现色彩，显示器在光谱的三个位置有三个不同的强度，如图6.29所示。在显示器的红、绿、蓝三色之间没有可控制的波长的光。

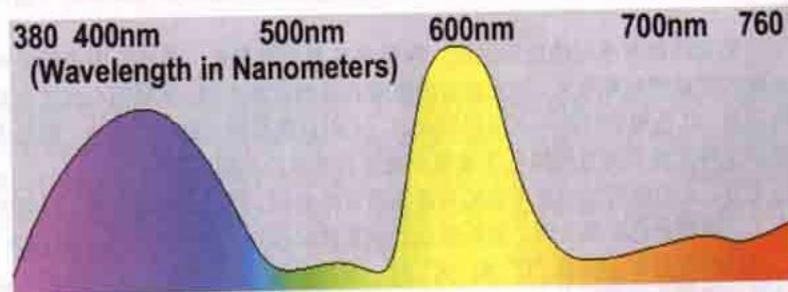


图 6.28 光谱的能量分布可能是复杂的波长混合



图 6.29 RGB色只重塑了光的几种频率

尽管人眼接收的色彩那么有限，人却看到“全色”，这似乎有些令人惊奇。但RGB确实能做到这一点，因为人的眼睛只对光谱三个区域采样，根据每个区域波长范围内的光的相对亮度来确定是哪一种色彩。人眼对光、色彩敏感的细胞叫做“视锥”，它负责识别色彩。有三种视锥：一种识别色彩并负责较短波长区域的光（在图6.30的光谱中标“S”的区域），一种负责中波长区域的光（标着“M”），而第三种负责较长的波长（“L”）区域的光。人类识别色彩根据的是三种视锥所反应的相关波长。

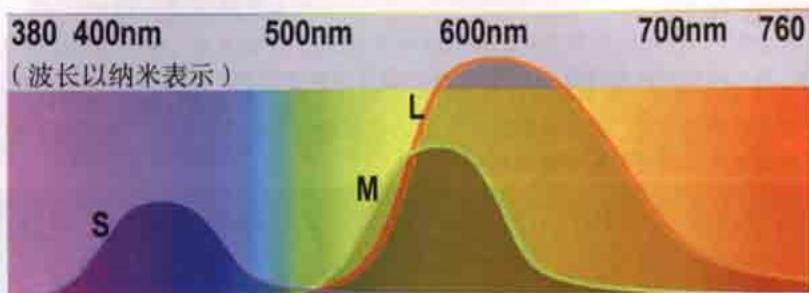


图 6.30 人类比较可见光谱的三个区域内光的强度来识别颜色

因为人们只对光谱中三个区域中的相对亮度敏感，所以尽管RGB色不能完全再造光谱分布，但它能够再造大多数色彩。对于无遮盖的眼睛来说，大多数包含在光的色彩中的信息都是看得出来的。

有时不同的光源拥有不同的色彩组成，但对观察者来说都是一样的。用棱镜将光分解会发现组成光源的能量谱相差很大，但无遮盖的眼睛看到的没有不同。试看图6.28就会发现光谱的分布是由蓝色、红色和中间的一点绿色组成的。人们只能看到光被绘作绿色，而且无遮盖的眼睛不能识别这种光源和拥有纯绿色连续集中光谱的光源的差别。

对音乐而言，人们能听出演奏出来的和音和律音的差别。而对于色彩来说，同样的差别人们却发现不了。当两种色彩混合时，波长组合的结果看起来与光谱两种波长之间的纯色一样。这就好比，当同时在钢琴上演奏“C”和“E”时，不能识别它与单个“D”的区别。这也许意味着尽管你丢掉了很多有用的色彩信息，但那样也有好处：使RGB和其他“色彩混合”通过混合颜料、墨水或光模拟中间色成为可能。

6.4.2 光谱的纯度

多数情况下，光的色彩不是光谱纯色，或者它只包含一种波长。如果在计算机中将光的色彩调整为纯绿色，没有一点红色和蓝色，那么这种创造在现实生活中是很少碰到的。如图6.31左图所示，白光照亮了几个不同色彩的物体。右图展示的是同一场景，但是由纯绿色光照明的结果不太真实。在这个范围内不同色彩的物体有三个被渲染成了同样的绿色，另外三个被渲染成了同样的黑色。

此处展示的纯度和完美在实际的产品中不会碰到。只要绿色光在它的光谱分布中有任何不同，那么此时显示为绿色的三个球的色调至少会有一点不同。如果蓝色、洋红色和红色的球有点污物、尘土或瑕疵，它们至少会反映出一点绿色，而不是纯黑色。



图 6.31 纯RGB产生的效果不真实

对自然的场景来说，“弄脏”所有不太真实的纯RGB色是必需的，至少增加一点红、绿和蓝，即使是最显眼的色彩。检查一下在数字图像中所发现的RGB范围，可能会发现若干种红、绿、蓝的值，而不会发现太多纯RGB色的像素。

6.4.3 数字化表现

不同的3D软件用的RGB范围不一样：有些软件的RGB值是从0到255，有些是从0.0到1.0，其他是0%到100%。但不管哪一种，其结果是一样的：0值仍然是黑色或者没有一种特定色彩，最大值仍然是某一特定色彩的最大值。在3D软件中，0到255的范围能直接控制3D程序中所使用的色彩的范围，组成色彩的红、绿和蓝分别只有256种可能的值。其他的RGB范围更复杂，即使使用不同位数的色彩也能控制软件。

位数是渲染中每个像素所使用的二进制阿拉伯数字。计算机图形中可能的最低位数是1位的色彩，即单色显示。对于每个按1位显示的像素，单个位的值或者是0（关，通常是黑色），或者是1（通过显示白、绿或琥珀色，根据磷在单色显示器的色彩而定）。

每个像素位的信息越多，可能的色彩就越多。2位的色彩每个像素用2个二进制数字，有四种可能的色彩值，如下所示：

- 如果两种位是“00”，则显示色彩0。
- 如果两种位是“01”，则显示色彩1。
- 如果两种位是“10”，则显示色彩2。
- 如果两种位是“11”，则显示色彩3。

每个像素只有两个二进制数字，就可以有四种色彩在彩色显示器上显示。每增加一位，就增加一倍的色彩。例如三位产生8种可能的色彩，四位产生16种可能的色彩，8位产生256种

可能的色彩（色彩数等于2的位数指数，如果位数是n，则色彩数是 2^n ）。

显示256种或更少色彩的显示器通常使用颜色查找表（也叫CLUT或调色板），它负责解释每种可能的数字显示哪种色彩。如2位色彩的CLUT会指定色彩0是黑色，色彩1是红色，色彩2是紫色，色彩3是黄色。整个图像将包含CLUT中每个可能的色彩。这也许意味着减少图像的色彩有时会产生不连续的着色，或者不能包含3D渲染中的每种色彩，如图6.32所示。



图6.32 从左到右：图像分别是每像素1位（2色），每像素2位（4色），每像素4位（16色），每像素24位（16 777 216色）

如果使用8位以上的色彩，就不再需要用调色板来渲染色彩了，而是考虑用红、绿、蓝三色值作为图像的信息通道，分别表示每个像素的色彩值。大多数3D渲染以每通道8位的信息输出，这样就有256种红、绿或蓝。图6.33是图像分别以红、绿和蓝三种单通道显示的结果。每个通道使用8位信息，这叫做24位色彩。24位色彩允许图像使用16 777 216种可能的色彩（ $256 \times 256 \times 256=16\ 777\ 216$ ），这是3D渲染软件最常用的输出格式。

有时渲染需要少于24位的色彩，如交互式多媒体、CD-ROM或WWW上的GIF图像文件。如果需要这样做，最好的途径是用24位的色彩在3D软件中进行渲染，但要坚持限制色彩方案，使它在减少调色板时能正常显示。渲染完毕之后，用绘图或其他图像处理软件将24位色彩的图像转换为色彩减少的最后输出格式。



图6.33 红、绿和蓝色通道（从左开始）合并形成一个全色图像（右）

32位色彩包含的色彩数、RGB信息与24位一样，只是增加了一个8位的“阿尔法通道”，它负责额外的信息，如透明、合成掩膜。第10章讨论阿尔法通道的详细内容和使用的。额外增加的8位通道产生每像素32位的信息，但RGB显示的色彩与24位一样。

注意 电影业中计算机图形艺术使用的术语与艺术家们制作多媒体使用的术语有一些混

淆。通常来讲，如果说16位色，电影中指每个通道的位数，意思是每像素48或64位。而多媒体制作中是指每像素的总位数，意思是每像素总共16位。

有些数字电影有时用每通道多于8位的色彩。如果渲染器支持红、绿、蓝的更高精度，就可以设置每通道16位色彩的输出。三色通道加上阿尔法通道，可以达到每像素48位或64位。48位或64位的色彩在确保图像控制或色彩校正方面特别有用，可以最大限度地保障图像的质量。

与24位的色彩相比，用更多的位数渲染并不多占存储空间，但通常会减慢处理速度。事实上，有些渲染软件自动计算按每通道16位渲染的所有色彩，但实际输出时减少到每通道8位。

6.4.4 结论

为3D场景确定色彩时，有五点要记住：

- 集中为场景确定一个明确的色彩方案，而不是在不同的物体上随机使用色彩。
- 每种类型的光源没有固定的“真实色”。光的色彩与摄像机的色彩平衡或人眼识别的主要色彩有关。
- 即使不同场景的某一种色彩有所不同，但不同光源的相对色彩根据它们的色温还是可以认识的。不管镜头是什么色彩平衡，室内灯光比中午太阳光要红，天空的辅助光比太阳本身的辅助光要蓝。
- 如果用不同色彩的光照明物体，场景会变得更丰富、更真实。色温的不同是使光更富变化的良好出发点。
- 从周围环境中获取的光的色彩可以使场景更富变化，而且可以模拟自然界间接光的颜色。

进行渲染时，色彩处理的限制很少。最常见的错误是疏忽——这太常见了，人们渲染时不考虑色彩，从而失去了利用本章所述规律的机会。

6.5 练习

1. 装入一个从前创作的场景，用不同色彩进行渲染。看看能不能改变图像的情境，让它显得更高兴点，更伤心点或更恐怖点。看看能不能使场景看起来像晚上或日出的时候。将重新着色的场景给朋友看看，讨论一下各个场景有何不同。
2. 在绘图软件中，装入一个自己的场景，试着将色彩去掉。在许多情况下，人们更喜欢将场景渲染成强烈对比的黑白色。也试着用一用不同的色彩。你能给场景定义一个明确的色彩方案吗？
3. 如果被委托渲染一个从事快递服务的“快递邮局”的徽标，你将给“邮局”用什么色彩？对“快递”用什么色彩？为什么？
4. 在电视上，你观察到政治家有一种个性的流露，整个镜头是温暖的黄色调。在同一间房间内这个镜头给定的色调为什么与其他镜头不同？为什么会有人想给这样的色调呢？
5. 试着用两种不同的光源照明场景。当观察者不能在镜头中看到光源时，你能从使用的色彩中确定光的类型吗？