

第五讲 | 设计感触：数字三维设计光影的层次感

在这个数字时代,每一个触碰单击的快门声音都是在记录生活的瞬间。我们揣着手机,无时无刻不在与摄影打交道,有人酷爱自拍,有人旅游打卡,有人分享美食……你是否曾留心过那些为照片注入灵魂的光影呢?光,作为影像表达中的核心元素之一,不可或缺地参与构建了我们的每一个画面。在光与影的世界里,可以感触氛围,可以表达意境,更可以触动情感。而在数字三维设计领域中,三维场景中的灯光就是照亮这个世界的核心,没有灯光,三维场景便一片漆黑,只有创建了灯光,才能照亮场景,场景中的对象才能形成光与影。本讲中,我们将学习设计感触部分围绕灯光的基础知识,如图 5-0-1 所示。

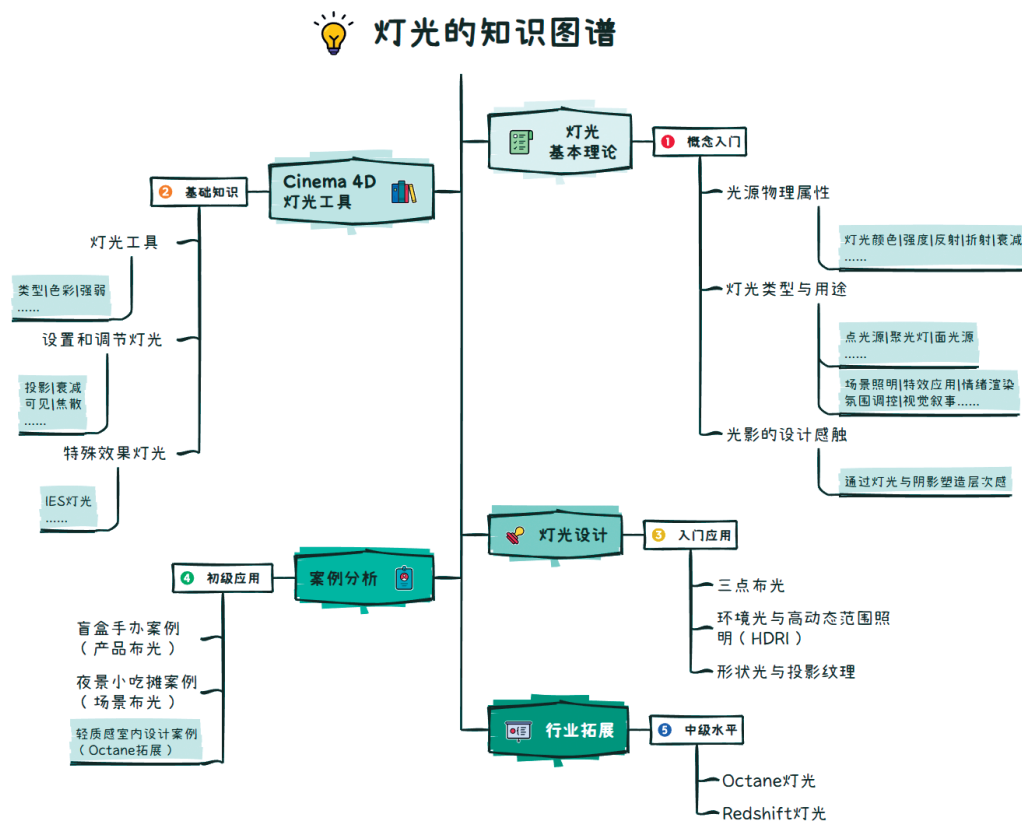
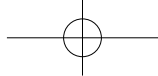


图 5-0-1

一、灯光基本理论与工具

光源物理属性

光是电磁波的一种形式,存在于一定的波长范围内,这些波长的差异决定了人眼所



能感知的颜色。在数字三维环境中，虽然不需要直接模拟光的电磁波动理论，但理解光如何作为波的一些基本特性，可以帮助设计师更好地再现甚至表现真实世界中光的行为。不仅有助于设计师对光线传播特性的理解，还为三维场景和对象的真实感表现奠定了基础。

在三维设计中，光的传播和交互通常通过“光线追踪”和“全局光照”技术进行模拟。这些技术会计算光线从光源发出后与场景中对象的相互作用，包括光线的反射、折射和散射等，从而实现逼真的阴影、高光和颜色效果，因此灯光的基本理论不仅仅局限于光本身的属性和表现，同时与色彩和材质的表现息息相关，为后续内容中的色彩和材质设计提供了重要的技术基础。

Tips

在 Cinema 4D (C4D) 或其他类似的三维建模与渲染软件中，灯光的属性设置和效果表现很大部分取决于所选择的渲染器类型及相关属性。不同渲染器（如标准渲染器、物理渲染器或者第三方渲染器，如 Redshift 或 Octane）对灯光的支持与属性定义可能存在差异。如图 5-1-1 所示，以 C4D 软件的标准渲染器为例，灯光的基本属性包括但不限于以下方面。



图 5-1-1

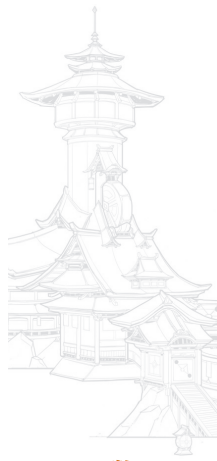
光的颜色

光的颜色由其波长决定，可见光的波长范围在 380~740nm。在这个范围内，不同的波长对应不同的颜色，从紫色（最短波长）到红色（最长波长）。在三维软件中，如图 5-1-1 中黄框所示，这种关系通常以色彩编码直接在材质和光源设置中呈现，设计师可以通过调整色温和光源颜色来模拟不同的光照效果，如自然光的变化、日光、夜色、灯光或暖色调的烛光、阴雨天的冷色调光等。

光的色温

色温描述光源发出光色的温度，以开尔文 (K) 为度量单位，它对环境氛围的营造





有重要影响。在灯光设计中,往往可以用来描述其对环境氛围的影响,如温暖的光(较低色温,2000~3000K)可以产生温馨、舒适的环境,常用于家庭、餐厅、儿童活动场所等。冷光(较高色温,5000~6500K)可以产生清新、理性的感觉,常用于办公室、医疗、科技感环境。在三维软件中,如图5-1-1中绿框所示,通过调整灯光的色温,设计师可以控制场景的情绪和时间感,比如通过模拟清晨时分柔和的金色光线或暴风雨前天空的暗灰色光线,设计师可以传达不同的情感基调,通过色温参数的精确调整,有助于增强渲染图像的情绪表达和视觉吸引力。

光的强度和衰减

光强度是描述光源发出光线强弱的量化指标。在三维软件中,如图5-1-1中粉框所示,准确控制光强度对于实现场景的正确曝光非常重要。光线随距离增加而逐渐减弱的过程称为衰减,常见的衰减模式如下。

① 线性衰减:光强度随距离线性减少。这种模式在现实世界中并不常见,但在某些特殊介质中,如某些类型的光纤会出现,在某些艺术和技术环境中,有时因其简洁的特性而被采用。

② 指数衰减:光强度按指数规律减少,更接近现实世界中光线在介质中传播发生衰减的行为,这种模型通常用于雾气或者烟雾弥漫衰减的环境。

③ 平方衰减:光强度与距离的平方呈反比减少。这是最贴近真实物理现象的衰减模式,可以模拟自然光在空间中的传播方式,适用于现实场景的高精度渲染。

Tips

在C4D或类似的三维建模和渲染软件中,平方衰减通常是指逆平方定律(Inverse Square Law),这是最常见的用来模拟真实世界中的点光源衰减模型。平方倒数衰减和平方衰减实际上指的是同一种现象,在C4D中也叫作物理精度衰减,可以在灯光的“细节”属性面板中找到“衰减”设置选项(如图5-1-1中框所示)。这种模型非常适用于模拟自由空间中的实际光源,如太阳光或灯泡发出的光。

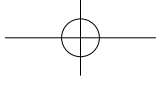
步幅衰减本身不是光学中的标准术语,但可以根据自定义步幅的参数控制衰减过程,适用于一些特定设计需求。同理,倒数立方限制更多地用于描述某些磁场或引力场随距离的衰减模式,如点磁偶或电偶极子的场强衰减,在这里也是一种衰减算法。在三维设计中,这种模式并不常见,可用于实现非真实感的艺术表现,而非基于光学物理规律的模拟可以通过自定义算法满足特定的场景或创意表现。

常见灯光类型

在生活中常见的光源如下。

① 点光源发光点类似于理想化的单点,从一个点向所有方向均匀发散光线,类似普通灯泡。

② 聚光灯发出方向性光线,如可调节的锥形光束,常用于聚焦突出特定区域或对象。



③ 面光源提供来自一个较大面积的均匀光照，常见于模拟窗户自然光源或摄影棚灯光。

Tips

在 C4D 或类似的三维建模和渲染软件中,如图 5-1-1 中“浅蓝色框”点开下拉里的“深蓝色框”里有多种类型的光源。

泛光灯是一种常用的光源,类似灯泡的较大面积点光源,能够从一个点向所有方向发出均匀光线,适合营造均匀的基础光照。

聚光灯类似生活中的舞台聚光灯,可以控制其照射的角度和范围,产生明显聚焦效果的光斑和明确的阴影,C4D 中还提供了多种形状,如圆形、四方的聚光灯和平行光。

远光灯模拟来自无限远处的光线,类似于太阳光。光线基本平行,不显示任何衰减,常用于模拟自然日光效果,适合户外场景和大型景观渲染表现。

区域光使用得最多,类似从一个自定义的面积(如矩形、圆形)均匀发出,提供柔和、均匀的光照和自然的阴影,尤其适合室内场景,用于模拟窗户或其他人造光源的实际效果。

IES 光源指导入预设调整好的光照效果的一些“光度文件”,是基于预设的光分布数据,可以精确再现实际灯具的照明效果,如光束的分布、强度和阴影形态。在设计项目中,IES 光源常被用来提升光照的真实感和专业度。在后面的案例中我们会使用到。

常见投影类型

光作为电磁波的一种,从光源发出并以直线传播。当光遇到不透明的物体时,由于光不能穿透这些物体,会在物体的背面形成一个没有光照的区域,即阴影。阴影的形成分为本影和半影,本影是阴影中最暗的部分,没有任何来自光源的光线到达。本影的形成是因为光源被完全阻挡了。如果光源是一个点光源(非常小的光源),那么会产生边缘非常锐利的本影。当光源有一定的大小时,光源会到达阴影的边缘区域,接收到部分光线的地方称为半影。半影中的光照不是完全被阻挡,而是部分被遮挡,因此半影区域比本影更亮且边缘模糊。光源面积越大,半影越大,边缘也越柔和。

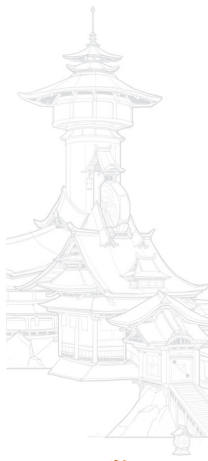
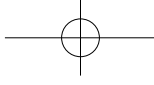
光源的大小和形状对阴影的特性有显著影响。点光源产生锐利的阴影边缘。理想的点光源在现实中很难实现,但小光源接近这种效果。面光源,如太阳光或室内灯光,由于光源的面积较大,光线可以从多个角度绕过障碍物,产生的阴影便形成了模糊的边缘。

Tips

在三维渲染中,正确地使用和理解不同类型的阴影投影至关重要,阴影不仅增强了场景的深度和立体感,还能提升渲染的真实感。如图 5-1-1 中“浅紫色框”下拉框里的“深紫色框”所示。

① 阴影贴图可以生成软阴影效果。这种处理增加了阴影的自然感,适合实时渲染,但可能需要更多的计算资源。





② 光线跟踪可以产生非常清晰、锐利的阴影边缘，适合模拟光源直接照射产生的强烈阴影，适用于高质量静态渲染，尤其是需要精准表现光线路径的场景。

③ 区域阴影是由面光源或体积光源产生，与点光源或定向光源产生的阴影不同，区域阴影具有渐变的软边缘，这些阴影的软化程度取决于光源的大小和与物体的距离，可以更自然地模拟现实世界中的光照效果，因为自然光源（如太阳光经过大气散射、云层等）和大多数人造光源（如室内灯具）通常都有一定的体积和面积，非常适合用于需要高度真实感渲染的电影制作、高端视觉效果和建筑可视化。

在选择阴影类型时，需要考虑渲染的性能需求、场景的具体需要以及期望达到的视觉效果。对于需要实时渲染的应用，阴影贴图通常是一个好的选择；而对于需要高品质渲染效果的项目，光线跟踪或区域阴影是更好的选择。每种技术都有其优势和局限性，有效地使用它们可以显著提升渲染作品的最终质量和真实感。



光的反射、折射、散射与焦散

光线遇到物体表面时会发生反射，反射是光线遇到物体表面后返回环境的过程，包括漫反射和镜面反射。在三维渲染中，正确模拟漫反射和镜面反射对于物体外观的真实性至关重要。

漫反射是光线均匀地从物体表面散射，不会形成明显的高光，影响物体的基本色彩。光线在物体表面均匀扩散，适用于墙壁、布料等表面较粗糙的材质。而镜面反射是光线从物体表面反射，保持其一定的集中度和方向性，形成高光，镜面反射的强度和锐度取决于材质的光滑度和反光性。光线可以从光滑表面（如镜子或水面）反射，产生反射光和反射阴影，这种阴影有时可以在反射表面上看到。这些反射类型对物体的视觉感知有重要影响，在材质设计中会有所体现。

折射是光线通过透明或半透明物质时发生的方向变化。在数字三维设计中，折射效果对于创造如玻璃、水、宝石等“半透”材质的视觉效果至关重要。通过调整折射率（Index of Refraction, IOR），可以模拟不同材质对光线折射的影响，如水的 IOR 约为 1.33，而典型玻璃约为 1.5。当光线通过不同密度的透明介质（如水、玻璃）时，会发生方向上的变化，产生诸如水中的“折射阴影”等视觉效果。

散射是光线在通过介质（如大气、雾、霾）时，由于与小粒子相互作用而发生方向上的随机改变。散射作用使得光线和阴影边缘变得更加柔和，阴影更模糊，更难以定义清楚的阴影界限，如户外环境中，光线经过大气层或雾霾后，散射效应让光照显得更为柔和且均匀，产生更加自然的光影过渡。

焦散是一种因为镜头或其他光学系统无法将不同波长的光线聚焦到同一点上而产生的视觉现象。在摄影、摄像和光学设计中，焦散通常被视为一种光学缺陷，但在某些艺术和创意应用中，它也可以被用作一种视觉效果。焦散现象会导致图像边缘出现彩色晕影，尤其是在高对比度的场景中更加明显。在某些视觉艺术和创意摄影中，焦散被视作一种特殊效果，用来增加图片的美感和独特性。例如，在游戏和电影的视觉效果中，焦散被用来模拟相机镜头的光学特性，使得数字生成的图像更加贴近真实摄影的视觉体验，如图 5-1-2 所示。



图 5-1-2

光的可见

图 5-1-2 中最后紫罗兰色框里所显示的是“光的可见”属性，在灯光可见没有开启时，通常我们只能看见灯光照亮的场景或物体，而无法直接观察到光线本身。开启灯光的可见性后，能够看见类似丁达尔效应的现象，灯的路径和形状变得可见，甚至在某些情况下，光线穿过空气介质时能够模拟出一种“空气感”，如雾霾或烟雾中的光束。这种效果不仅增强了场景的氛围，还能更好地模拟自然环境中的光线传播。

最后，米色框里的内容为灯光相关的显示效果属性选项。这些设置可以用来进一步调整灯光的可见性、漫射、高光、GI 照明、修剪等参数，帮助设计师实现更精确的光影效果和更具表现力的视觉体验。

在数字三维设计和渲染中，通过模拟自然光的物理特性，可以创造出更加真实的视觉效果。理解自然光的这些基本原理不仅有助于提高光与影的精确度，还能在渲染过程中优化整体视觉呈现。

二、光影设计感触与应用



光影设计通过灯光与阴影的运用来有效塑造画面的层次感，广泛应用于基础的场景照明，以及影视作品和特殊艺术设计形式中的特效制作。此外，光影设计还具有显著的心理调节作用，会对人产生一定的情绪影响，比如能够通过光线的变化控制情绪变化，渲染特定的氛围。更重要的是，光影不仅是视觉效果的组成部分，还能成为一种叙事工具，引导观者的目光焦点和注意力，聚焦重要元素，增强叙事的视听节奏和情感张力，甚至通过光影的象征性作用，设计师能够强调特定情节，传达隐喻和深层次的暗示。

光影与层次感的构建

光影在层次感构建中的作用是通过多种因素综合作用来体现的。首先是明暗层次，主要由光线的强度和材质的固有色决定。例如，图 5-2-1 左图中近处的雪白色、中间深色的树木以及远处的灰色相互配合，共同构成了画面中的黑白灰层次感。进一步分析

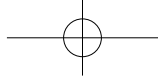


图 5-2-1 右图，可以看到小男孩手中的书本和脸上的光影与背景中深色的树木形成鲜明对比，增强了画面整体的层次感。



图 5-2-1

其次，除了明暗层次，不同颜色的光的色彩层次同样对画面层次感有重要影响。如图 5-2-2 左图所示，橙色的高亮岩浆与低亮度的蓝色海水之间的冷暖对比，再加上透过云雾的粉色氛围光，显著增强了画面的层次感。

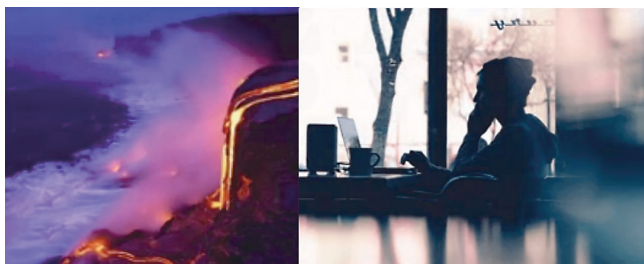


图 5-2-2

再者，画面的虚实同样影响层次感，在光影虚实的讨论中，透视关系对场景层次变化有着重要作用，它能够提升图像的深度感和观者的视觉体验。在摄影中，虚实对比是一种常用技术，可以通过调整焦距和光圈来控制景深，从而使部分区域保持清晰（实），而其他部分则变得模糊（虚）。在透视关系中，物体随着距离观察者的远近而逐渐变小。这种大小变化是深度感的关键视觉线索，可以使得远处的物体显得更小，而近处的物体则显得更大。通过前景和背景之间光影的设计分隔，以及通过不同平面上的物体大小和清晰度的变化，可以创造出丰富的场景层次感。这不仅增强了视觉吸引力，还提高画面的现实感，如图 5-2-2 右图所示。

除此之外，光线的方向和分布、质感、投影形状和大小、反射和透视等因素，也有可能影响场景的层次感。在数字三维设计中，灯光设计师常常将这些元素有效结合，以综合提升作品的艺术表现力和情感深度。

场景照明

场景照明在电影制作、摄影、舞台设计和产品展示中都起着关键作用。常见的场景照明大致可分为室内与室外照明、白天与夜晚照明、特殊照明等类别。

在室内照明设计中，需要综合考虑多种因素，包括空间的功能、室内装饰风格以及所需的氛围效果。例如，环境光通常采用较为柔和的光源，如吸顶灯或壁灯，以提供整个空间的基础照明。针对重点对象，可以使用聚焦灯光，如射灯或轨道灯突出特定的艺术品、家具或其他装饰元素。在需要特别强调的区域，则设计额外的光源，例



如在书桌、厨房操作台或阅读角落使用台灯或吊灯，如图 5-2-3 左图所示。

在室外照明中，尤其是夜间照明，其主要任务是营造夜间的环境氛围、确保安全性并提升美观性。例如，路灯可用于照亮步行道、车道和公共区域。而景观灯则可用于突出环境中的植物、景色或特定对象。同时，通过安装在建筑外墙上的墙体照明灯，可以向下或向上投射光线，增强建筑的视觉吸引力，如图 5-2-3 右图所示。



图 5-2-3

在产品展示照明方面，灯光设计的核心目标是突出产品的最佳特性，吸引顾客的注意力。通过定向光源直接照射到产品上，可以强调产品的细节。同时，使用柔光盒或漫射板来减少阴影和反光使产品的表面显得更加平滑和富有吸引力。此外，采用可调节的动态灯光可以根据需要改变光线的颜色和强度，从而适应不同展示场合的需求，进一步提升展示效果。

特殊应用

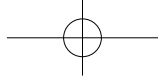
特殊应用中的灯光效果能极大地塑造视觉表现、影响观众情绪。灯光不仅仅承担照明的功能，更是艺术表现的重要工具。通过个性化定制不同类型的灯光，能够在作品中实现不同的情感和视觉效果。

聚光灯是常用来制造戏剧性焦点的灯光工具，它能突出场景中的特定元素，如人物、物体或某个场景细节，从而吸引观众的注意力。在戏剧、音乐会或舞蹈表演中，聚光灯可以随着演员的动作而移动，强调演员的表现和情感变化。在展览或博物馆中，聚光灯被用于突出展示艺术品或展览品，增强观众的观赏体验，如图 5-2-4 所示。



图 5-2-4

面光源提供的光线柔和且均匀，适合用来创建没有明显阴影的环境光。这种灯光常常被用于模拟自然光，如窗外阳光，或在室内场景中提供平滑的照明效果。在摄影和电影中，面光源可以用来模拟窗户光，创造自然、柔和的氛围，特别适合人像摄影



或电影中的室内场景拍摄，如图 5-2-5 左图所示。在商业广告和产品摄影中，面光源能够减少阴影，突出产品的细节和纹理，从而使产品看起来更加生动和吸引人。

环境光是一种非定向的软光源，常用于模拟间接光（如反射光），使场景看起来更加自然和生动。在办公室或住宅中，环境光可以减少视觉疲劳，创造舒适的生活或工作氛围，如图 5-2-5 右图所示。在电子游戏和虚拟现实，环境光则增强了场景的深度和现实感，提升了用户的沉浸体验。

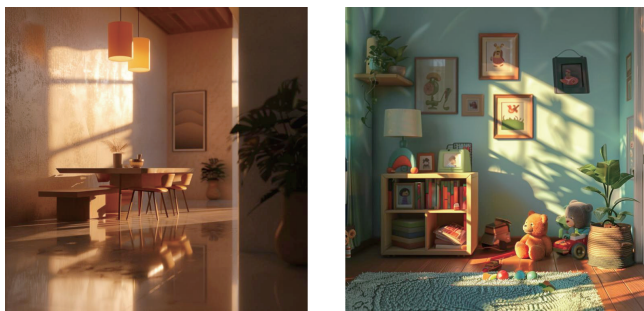


图 5-2-5

彩色光源通过不同的光色来创造特定的氛围或情绪，直接影响观众的情感反应。例如，在餐厅和商店中使用温暖色调的灯光来营造温馨、亲切的氛围。而在娱乐或活动场景中，动态变化的彩色灯光能够激发氛围，调动情绪。

此外，特效灯光，如追光灯、霓虹灯或带有颜色的滤光片，能够用于特定视觉效果和情绪表达，从而丰富视觉的层次。

情绪与氛围

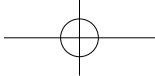
光影在视觉艺术和环境设计中，不仅承担着实际照明的功能，更影响着观众的情绪和观众对整体氛围的感知。通过巧妙设计的光影效果，艺术家和设计师能够引导观众的情感反应，创造特定的心理体验（图 5-2-6）。



图 5-2-6

温暖光线通常指色温较低的黄色或橙色调光线，它能够营造出一种舒适和安心的氛围。这类光线常见于家庭环境，有助于放松身心，提升居家的舒适感，例如温暖的光线不仅让食物看起来更加诱人，还能使人物面容显得更加柔和亲切。

与之相对，冷光，如蓝色或白色调的光线色温较高，能够提高人的警觉性和生产效率，因此广泛应用于工作环境和零售环境。冷光通常与技术感、现代感密切关联，



能够产生孤寂或未来感，适合用于创造专业或高科技的氛围。

动态光影的变化，如光线的渐变或颜色的转换可以引起观众的情感波动，增强场景的戏剧性，通过变化光线的强度和颜色，设计师可以与舞台情感变化相匹配，提升情感表达的深度。光线渐变的运用甚至能起到艺术疗愈的作用，帮助人们缓解压力和焦虑。

Tips

光影不仅是视觉元素，它们还是情感和心灵的触媒。适当的灯光设计可以直接影响顾客的消费体验和购买决策。通过柔和的光线可以减少病人的压力，创造更加安抚的环境。艺术家和设计师通过对光影之于人的心理影响的理解，可以创造出引发特定情感反应的环境，从而深化观众的体验和记忆，带来深刻的情感共鸣。

视觉叙事

在视觉艺术、电影和戏剧中，光影不仅仅是用于创造美学效果的工具，它们也是强大的叙事和象征手段。通过恰当地运用光影，设计师和艺术家能够引导观众的注意力，增强视觉叙事，甚至将其作为象征或暗示，传达更深层的意义。

通过调整光线的定向和强度，设计师可以创造视觉焦点，引导观众的视线关注场景中的关键元素。局部照明或阴影的巧妙运用可以有选择性地展示或隐去信息，控制观众对细节的关注，从而引导观众对整个故事的理解与情感反应（图 5-2-7）。

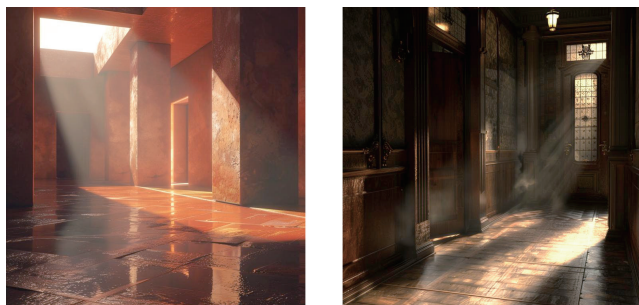


图 5-2-7

灯光设计是叙事的有力工具，通过光线的变化，能够引导故事的发展，强调情节的转折或情感的变化。例如，通过将温暖的光逐渐转变为冷色调的光，可以表现情绪的冷却或紧张氛围的升起。光线的方向和质感的变化还能够象征时间的流逝或场景的转换，增加叙事的层次感和深度。

在电影、戏剧和视觉艺术中，光影经常被用作象征或暗示，以传达特定的主题或概念。通过暗角或阴影的处理，可以在观众心中建立悬念或不安感，尤其是在惊悚或神秘题材的作品中。特定的光影处理还具有象征意义，例如使用明亮的光线表达象征希望和启示，或使用阴暗的光影传递抑郁和绝望的情感。

灯光与阴影成为不可或缺的叙事元素，不仅深化了观众的视觉体验和情感反应，还使艺术作品的叙事层面更加丰富和多维。有效的光影运用不仅增强了视觉冲击力，也提升了作品的象征意义和叙事深度，为视觉艺术创作提供了无限的可能性。