



普通高中教科书

信息技术

选择性必修5

三维设计与创意



普通高中教科书

信息技术

选择性必修5

三维设计与创意

闫寒冰 主编

主 编：闫寒冰

副 主 编：赵 健 魏雄鹰

本册主编：夏祎华

编写人员（按姓氏笔画排列）：

丁 芳 王 芳 李永前 夏祎华

信息技术作为当今先进生产力的代表，已经成为我国经济发展的重要支柱和建设网络强国的战略支撑。在这样的大背景下，教育部全面修订并颁布了《普通高中信息技术课程标准（2017年版）》，为这门课程设定了与新时代相符的育人目标：帮助学生掌握信息技术基础知识与技能、增强信息意识、发展计算思维、提高数字化学习与创新能力、树立正确的信息社会价值观。

本套教材依据《普通高中信息技术课程标准（2017年版）》编写，包括两本必修教材《数据与计算》《信息系统与社会》，六本选择性必修教材《数据与数据结构》《网络基础》《数据管理与分析》《人工智能初步》《三维设计与创意》《开源硬件项目设计》，两本选修教材《算法初步》《移动应用设计》。

本套教材的编写组汇集了来自信息技术、课程与教学、教育技术等领域的高校学者与教学一线专家。编者通力合作，从课程内容、教材体例、技术选择、教学方法、学习方法等方面精心打磨，期待以最专业的样态帮助学生达到课程预期的育人目标。

具体而言，本套教材体现了如下特点：

1. 体例上——为核心素养的培养创造空间和条件：将核心学习内容与支持学习的方法有机融合在一起，支持学生在自主、合作、探究的学习情境下发展核心素养。

2. 内容上——体现概念、内容与方法的精准与专业：在增强教材可读性的同时，精炼提升综合素养所必需的核心内容，强调所有概念、内容与方法的精准与专业。

3. 活动上——着力提升学生的高级思维能力：精心设计与布局教材中的练习、思考、讨论、实践与项目学习，追求对高级思维能力的培养。

4. 案例上——体现信息科技的多层需求与多维格局：把案例的呈现作为开阔视野的重要手段，帮助学生理解信息技术对于社会发展所具有的价值与意义。

5. 技术上——引领学生拓宽视野与发展思维：将每种具体应用软件都作为解决某些问题的一条路径来看待，期待学生通过具体的技术操作体验，理解其背后的原理与格局、特点与局限，拓宽视野、发展思维。



本册教材为选择性必修《三维设计与创意》，是信息技术课程的选修内容。在本教材的学习过程中，同学们将了解到三维设计及相关技术的现状和发展趋势，认识三维设计及其相关技术对当今社会的影响，进而通过剖析和模仿三维作品样例，学习三维模型、三维动画的制作方法，规划、创作、完善自己的三维作品，并选择适当的形式予以发布。

就教材本身讲述的知识内容而言，我们相信，只要同学们潜心自学就可以基本掌握。但“知识内容”只是发展信息技术核心素养的基础部分，所以，我们希望同学们不要仅满足于对具体知识与具体技术的掌握，还要重视教材中的各类学习活动，与老师和学友一起，更多地去创造、研究、解决问题、制作、交流、合作和评价，唯有如此，同学们才能藉由这门课程的学习全面地提升信息素养，增强在信息社会的适应力与创造力，为实现中华民族伟大复兴的宏伟目标做出更大贡献！

本册教材在编写过程中得到了各方面的大力支持。北京大学计算机系李晓明教授、浙江大学计算机学院卜佳俊教授和翁恺教授、北京航空航天大学欧阳元新副教授在百忙之中对书稿内容进行了审阅。上海哆唯网络科技有限公司无偿为本书提供了图 1.2.15 中的两幅图片，图片来源《哆唯实境 VR 教学系统》。

由于水平有限，本书可能还存在不足之处。希望大家在教材使用过程中，能够及时将意见和建议反馈给我们，对此，我们深表谢意。

目 录

MULU

第一章 三维设计概述

- 1.1 二维与三维 4
- 1.2 三维设计的发展与应用 8



第二章 三维作品的设计与建模

- 2.1 三维作品设计 26
- 2.2 三维建模基础 33
- 2.3 三维模型创作 45
- 2.4 三维模型渲染 60



第三章 三维动画制作

- 3.1 三维动画概述 76
- 3.2 三维动画制作方法 81
- 3.3 三维动画调试与输出 92

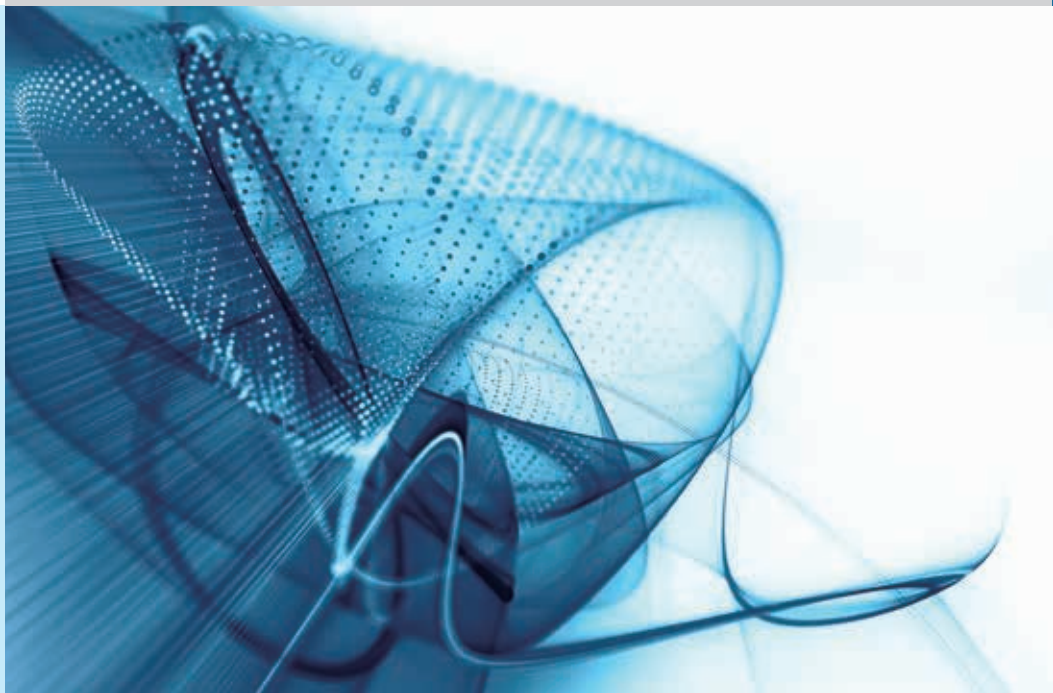


第四章 三维作品的发布

- 4.1 三维作品的发布形式 106
- 4.2 以3D打印形式发布 109
- 4.3 以三维全景图形式发布 117
- 4.4 以虚拟现实形式发布 126



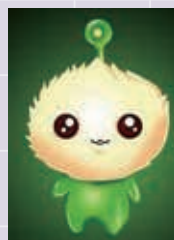
三维设计概述



过去，由于技术的限制，只能用二维的形式来表现三维的内容。现在，随着计算机软硬件技术的发展，三维建模、三维动画、三维仿真、三维全景、三维测量等技术已得到广泛应用，并已融入到社会的各个领域，给人们的生活、学习和工作带来了很大的影响。

问题与挑战

● 影视作品和广告中往往会出现一些现实世界中不存在的角色或场景，例如电影《长江七号》中的长江七号，它们都是三维设计的应用。在影视广告中你还见过哪些三维设计作品？哪些三维设计作品给你留下的印象最深？



● 随着3D打印技术的发展，让人们可以自由地打印自己需要的物品，使个性化制造不再困难。如果越来越多的人能够方便地打印自己想要的物品，对整个社会的发展将会带来怎样的影响？

● 内部代号为GM Lab（全名为GnomeMagic Lab）的阿里巴巴VR实验室，为用户创造了虚拟沉浸式购物环境。人们只要坐在家就能去各大商圈逛街，可以选择上海的南京路，也可以选择北京的王府井，真正感受身临其境的购物体验。这种全新的虚拟购物方式会怎样改变人们的生活？





学习目标

1. 了解二维与三维的区别。
2. 能结合案例描述三维设计及相关技术的现状和发展趋势。
3. 了解三维设计及相关技术在不同领域的实际应用。
4. 能具体说明三维设计及相关技术对人们生活、工作、学习的影响。



内容总览

二维图形与三维模型

二维动画与三维动画

二维与三维

三维设计
概述

三维设计的
发展与应用

三维设计概念

三维设计及相关技术的发展

三维设计的应用领域及影响

1.1

二维与三维

二维空间是指仅由宽度和高度（在解析几何中称为x轴和y轴）两个要素所组成的平面空间，只能向所在平面延伸扩展。三维空间是在二维空间的基础上加入一个平面外的向量而构成的空间，包含x轴、y轴、z轴。从二维到三维，使人们认识世界的方式发生了巨大的变化。

1.1.1 二维图形与三维模型

二维图形是平面图，展示了物体在某一视角下的形状。在二维设计基础中，点、线、面是平面造型的三个重要要素。二维图形靠轮廓线描绘事物，一个确定的轮廓就代表一个固定的平面形态。例如，基于线条信息表示的工程图、等高线地图、曲面的线框图等，图1.1.1是一种常见的建筑平面图。二维图形主要用于采用传统印刷和绘制技术的行业，例如地图、工程制图、广告等。由此衍生的行业称为二维设计，涉及产品包括标识、出版物、宣传画、海报和产品包装等。

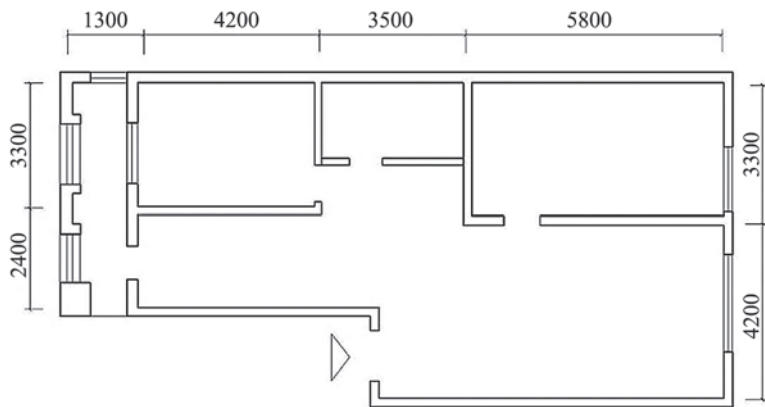


图1.1.1 建筑平面图

二维图形可以通过特定的软件来制作、加工，常见的软件有CorelDRAW、AutoCAD、Illustrater等。在计算机处理图形时，对这些图形进行适当的加工（如添加光影效果），可以增强其立体感，但不管其呈现效果是否具有立体感，只要以图像形式发布，就都属于二维图像。如图1.1.2所示的中国大剧院图像，虽然视觉上有较强的立体感，但它仍然属于二维图像。



图1.1.2 中国大剧院的卵形结构

三维空间类似于人们生活的现实空间，三维模型就像现实中的各种物体，以点、线、面方式表现，如球体、立方体等基本几何形体，通常用计算机或者其他视频设备显示。三维模型由计算机中的三维建模软件生成，这些三维模型可以从不同的视角进行观察并输出相应视角观察到的图像。如图1.1.3即为通过三维软件制作的飞机模型。



图1.1.3 三维模型

三维模型和二维计算机图形的不同之处在于计算机内存储了模型的三维数据，模型内容除了有水平的x轴向与垂直的y轴向数据外，还有表示深度的z轴向数据。

1.1.2 二维动画与三维动画

二维动画是将某个场景的人或物绘制成一幅一幅的静态图片，然后快速播放这些图片（如每秒24幅），人眼就看到了动画。在这里，二维动画是特指在传统手绘动画的基础上，借助二维设计软件制作出来的动画。三维动画是随着计算机软硬件的发展而兴起的动画，是借助三维设计软件在计算机中创建的。二维动画和三维动画各自有不同的特点，因而都具有一定的发展空间。

二维动画是在一个平面上的画面，无论怎样改变角度去看，画面的内容都不会改变。若要修改观看角度，需要在计算机中重新绘制关键画面中的内容。如图1.1.4所示的动画角色就来源于二维动画。三维动画的制作对象是三维模型，若要改变对象的观看角度，只需要在三维动画制作软件中调整视角并重新发布，而不必重新制作模型。

要制作具有立体感效果的动画，采用二维动画制作技术往往难以实现，因为在二维动画中，关键画面必须由动画设计师手工描绘，或者直接面对屏幕手持输入设备输入生成。动画设计师画某一幅画可能具有十分真实的透视感觉，但是要画几十幅、上百幅同一场景且不同视角的画面是十分困难的，即使把它们画出来也很难保持透视的一致性，也就是说，只能产生一种“假”透视的效果。



图1.1.4 二维动画中的人物

而三维动画是模拟人眼看事物时的一种立体视觉现象，包括人眼对光影、明暗、虚实的感觉，所以三维动画在视觉效果上更加立体、生动，更有冲击力。如图1.1.5所示，三维动画中的场景和人物通过电脑仿真、虚拟特效制作而成，甚至可以展现无法拍摄的场面，这就是三维动画的独特魅力。



图1.1.5 三维动画中的人物

III 实践与体验 III

在线三维作品体验

在因特网上，有许多供用户体验的三维作品，如“虚拟紫禁城”，在这里，游客可以像现实生活中游览故宫那样，走过每一条游览线路，看到每一处已开放的宫殿。如图1.1.6所示。



图1.1.6 虚拟紫禁城

在线感受三维作品给你带来的震撼，不出家门就能全方位感受世界各地著名景观的魅力！

实践内容：

1. 在网上查找“全球著名景观VR全景”网站。
2. 选择全景图中的景观场景，体验三维全景技术。

实践步骤：

1. 搜索并打开“全球著名景观VR全景”页面，进入体验界面。
2. 选择自己感兴趣的场景，比如“北京天安门”“埃及金字塔”“南极冰山”等，用手指直接滑动手机屏幕，体验360°的全景图内容。
3. 选用手机VR头盔，在全景图体验界面设置成“VR”模式，将手机放入VR头盔中，体验三维全景图。

讨论思考：

1. 体验著名城市、景观的VR全景之后，说说VR全景有哪些特点。
2. 当你准备去一个地方旅游，想要提前规划游览线路、了解各景点的特色时，相比于网上图文版的旅游攻略，VR全景有哪些方面的优势？

思考与练习

1. 尝试将曲别针（假设曲别针是一个平面，忽略其厚度）进行重构，通过弯曲、转折、改形、组合等操作，实现功能上的延伸，体验从二维到三维的转变。如图1.1.7所示为参考作品。



图1.1.7 曲别针的变形效果示例

2. 尝试通过切割、折叠、拉升等操作，使普通的A4打印纸完成从平面到立体的形态转变。如图1.1.8所示为参考作品。

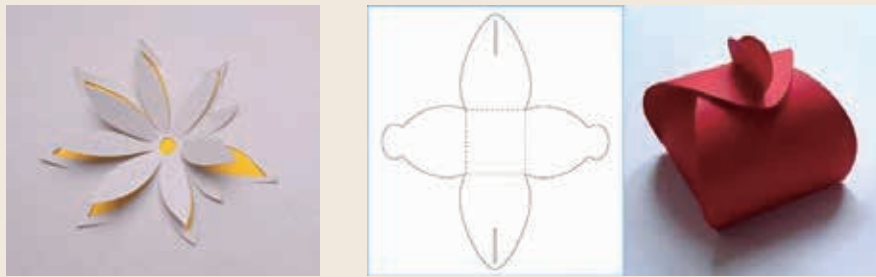


图1.1.8 纸张的变形效果示例

3. 二维动画与三维动画的区别有哪些？

1.2 三维设计的发展与应用

从使用铅笔、绘图板、三角尺等工具手工绘图的二维设计，到使用计算机进行的二维设计，再发展为通过计算机建模实现的三维设计，绘制的效率越来越高，设计的品质越来越好。

1.2.1 三维设计概念

三维设计是在二维设计基础上，让设计的目标更加形象化、立体化的设计方法。三维设计主要研究的对象是点、线、面的数学构造方法及其图形显示方法，主要研究的内容是如何在计算机中表示三维图像，以及利用计算机进行图形的计算、处理和显示的相关原理与算法。

在三维设计中，各种点、线、面状态的造型具有丰富的表现形式。例如，“线”既可以构成物体的骨架，也可以勾勒物体的轮廓，体现出物体的结构造型，如图1.2.1所示。

“面”是由线构造而成的。对“面”进行各种操作，可以构成复杂的三维造型。如“莫比乌斯环”是把一根纸条扭转 180° 后，将两头粘接起来做成的纸带圈，如图1.2.2所示。河南省科技馆的主建筑外观采用了“莫比乌斯环”设计理念，如图1.2.3所示。

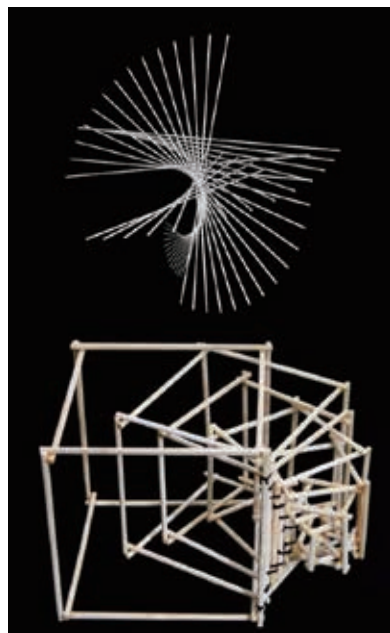


图1.2.1 线条构成的立体结构



图1.2.2 莫比乌斯环



图1.2.3 河南省科技馆

问题与讨论

过去，装修公司在给客户设计装修方案时，仅提供设计的平面图。现在很多装修公司会制作三维效果图，甚至是三维动画，努力向客户全方位地展示设计内容。你认为现在装修公司给出的三维设计，相比于之前的二维平面设计有哪些优势？

1.2.2 三维设计及相关技术的发展

三维设计及相关技术已广泛应用于各个行业^①。作为一种信息技术时代的高科技产物，三维设计最先被应用于军工产品。随着工业的发展，三维设计慢慢被引入工业设计领域，出现了早期的计算机辅助设计（CAD）。之后，随着计算机技术的快速发展和普及，CAD又从汽车制造、航空航天以及电子工业等实体行业逐步扩展到游戏、影视作品中，用以实现各种特效。

三维设计离不开相关技术的支持，而三维设计涉及的具体技术很多，如影视广告业中的三维动画技术，工业设计中的三维建模技术、3D打印技术和三维虚拟展示技术，城市规划中的三维仿真技术，网络虚拟展示中的三维全景技术，舞台表演中的三维全息投影技术等。

1. 三维动画技术

三维动画技术作为艺术与技术的结晶，如今已经深入影视、教育、建筑等众多领域。它能实现自由的灯光设置，夸张的变形，丰富的材质贴图以及特效（如爆炸、烟雾、下雨、光效等）与特技（如撞车、变形、虚幻场景或角色等）的制作，给人耳目一新的感觉。

三维动画技术已成为当今影视制作的主要手段之一。在20世纪90年代，美国出现了三维动画片。21世纪初，是三维动画快速发展的时期，在这个阶段推出的三维动画片超越了以技术为亮点的阶段，回归到注重内容的制作模式，将电脑技术与传统的人性理念相结合，创造出许多感人至深的动画故事。到了2004年，三维动画的发展到了鼎盛时期，更多国家开始采用三维动画技术制作影视作品。我国的三维动画也是在这一阶段逐步兴起的，创作了国产第一部三维动画电影《魔比斯环》。三维动画能充分发挥设计者的创作思维与想象力，增强影视作品的艺术性。动画形象的塑造和特技的运用，使得影视作品展现出传统影视拍摄技术无法展现的艺术效果。

70年代末期，三维动画技术在建筑行业中开始得到应用。最初人们对于建筑行业三维动画的定义是让观众感受到立体的建筑形式，后来发展到配合灯光、音响、特效甚至立体

^① 按行业领域可分为医疗健康领域、工业设计领域（包括机械设计、工业设计、航空航天）、环境设计领域、教育领域、军事领域、建筑领域、影视娱乐领域（游戏、购物）等。

视觉技术的三维建筑展示,更加具有观赏性和互动性。图1.2.4所示的是一组浏览智慧教室的三维动画截图。

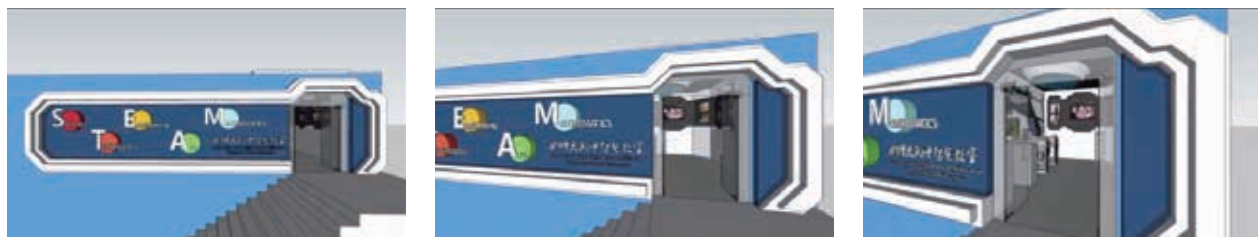


图1.2.4 浏览智慧教室的三维动画

2. 3D打印技术

人们将3D打印技术称为“上个世纪的思想，上个世纪的技术，这个世纪的市场”，其雏形可以追溯到19世纪末，在业内的学名为“快速成型技术”，但一直只在业内小范围传播，直到20世纪80年代，才出现成熟的技术方案。在当时，3D打印的价格非常昂贵，打印的数量也极少，3D打印机仅面向企业级的用户，几乎没有面向个人的。随着时间的推移，在技术逐渐走向成熟的今天，越来越多的爱好者参与到3D打印技术的发展和推广中。

3D打印技术作为工业4.0时代最具发展前景的制造技术之一，已经在工业制造、教育医疗、影视娱乐、服装食品等领域得到了应用，并且随着技术本身的发展，其应用领域还在不断拓展。3D打印技术甚至有可能改变当今的生产方式和商业模式。从制作工艺上来讲，3D打印技术简化了传统制造业的加工模式，节省了材料和加工时间。例如，在航空航天工业领域中需要用高成本的固体钛加工金属部件，实验表明，用钛粉末打印出的部件与传统工艺加工出来的部件一样经久耐用，且节省了90%的原材料。从制造模式上来讲，3D打印技术将改变以装配生产线为代表的大规模生产方式，使产品生产向个性化、定制化转变，同时缩短产品进入市场的时间，形成“社会化制造”。

随着智能制造的进一步发展成熟，新的信息技术、控制技术、材料技术等不断应用到制造领域，精密化、智能化、通用化以及便捷化将成为3D打印技术发展的主要趋势。这不仅会从根本上改变延续近百年的现代制造业模式，而且会从各个方面影响人类的生活方式。设计师可以利用3D打印技术根据订单自行制造设计作品，实现零库存，规避商业风险。利用3D打印技术，人类的想象力将不再受到制造工艺的束缚，创造力会得到空前的激发，只需要一台3D打印机就可以将自己的创意变为产品，届时社会上将会涌现大量各具特色的设计产品，用户的个性化需求也将得到前所未有的满足，如1.2.5所示的3D打印数学模型及创意花粉灯。

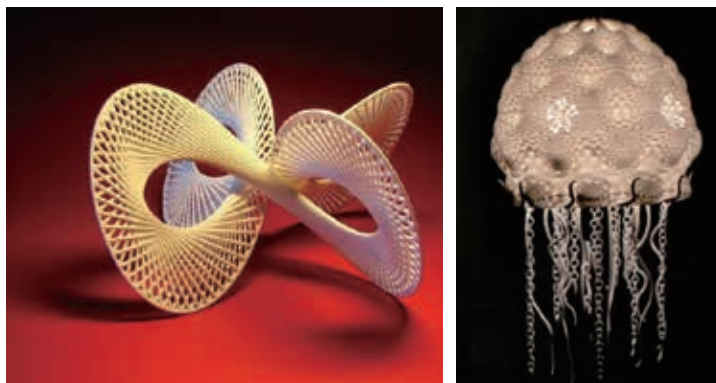


图1.2.5 3D打印成品

问题与讨论

3D打印可以打印出人体器官，那么它能打印出有生命的动物吗？为什么？

3. 虚拟现实技术

虚拟现实技术简称VR（Virtual Reality），是一种可以创建和体验虚拟世界的计算机仿真系统，它利用计算机生成能使用户沉浸其中的模拟环境。

20世纪之前，VR技术还停留在简单视觉呈现上，实体镜的发明创造了最早的3D效果。进入20世纪之后，发明家开始研究更加先进的VR和模拟设备。例如，第一台大型、实用型VR设备——飞行模拟器（如图1.2.6所示），它将显示屏和控制面板集合在一个仿真驾驶舱内，来模拟每一步操作对飞行的影响。20世纪中期，出现了头戴式的展示设备，如在仿真程序中使用的头戴式显示器（HMD）——“达摩克利斯之剑”（如图1.2.7所示），它是第一台带有动作追踪并且与电脑相连的头戴式显示器。21世纪，人们在VR的软硬件技术上都取得了很多突破性进展。目前，VR技术在迅速发展，并在可视角度、像素密度、动态范围、图像质量、可变焦距等技术环节都取得了新突破。

现在的VR体验基本以单人形式开展，今后将朝着能以多人形式开展交互体验的方向发展。相信在未来的某一天，你的朋友虽在千里之外，但只要戴上虚拟现实的交互设备，就能在虚拟环境中欢聚一堂，执手言欢。

科学家在VR技术的基础上又发展出了增强现实（AR）技术。VR技术和AR技术能够变革性地实现3D沉浸式显示体验，同时能使交互方式更贴合现实。例如，在驾驶汽车过程中，导航的指示信息可以显示在道路的相应位置上，其他汽车的速度可以根据情况高亮显示出来；当你采购晚餐食材时，每种食材的营养成分会被详细标注出来，方便你选出健康的食谱。这些体验都可以借助三维虚拟技术来实现。目前多数虚拟现实体验主要是以内容消费和游戏娱乐为主。但是，VR和AR中最具交互性和令人振奋的一些体验却来自于那些能够让用户创建内容的应用，例如谷歌推出的“绘画神器”Tilt Brush，以及像High Fidelity或Mindshow等环境创造性应用。未来的VR和AR将迎来更多的“创造性”。



图1.2.6 飞行模拟器



图1.2.7 达摩克利斯之剑

问题与讨论

在学习汽车驾驶技术时，利用VR技术设计的模拟驾驶环境，为学习者的学习提供了很大便利，让他们能在安全、环保、愉快的环境中完成训练。试想，VR技术还会在哪些方面改变人们今后的生活方式？

4. 三维全景技术

全景也称为全景摄影或虚拟实景，是基于静态图像的虚拟现实技术，三维全景技术是目前迅速发展并开始流行的一个虚拟现实分支。三维全景技术可利用实景照片建立虚拟环境，通过照片拍摄→数字化→图像拼接→生成场景的模式来完成虚拟现实的创建。把相机360°环拍的一组照片拼接成一个全景图像（图1.2.8），用一个专用的播放软件在互联网上展示，观看者可使用鼠标或是VR头盔控制视角，从不同的角度和距离观看物体或场景。

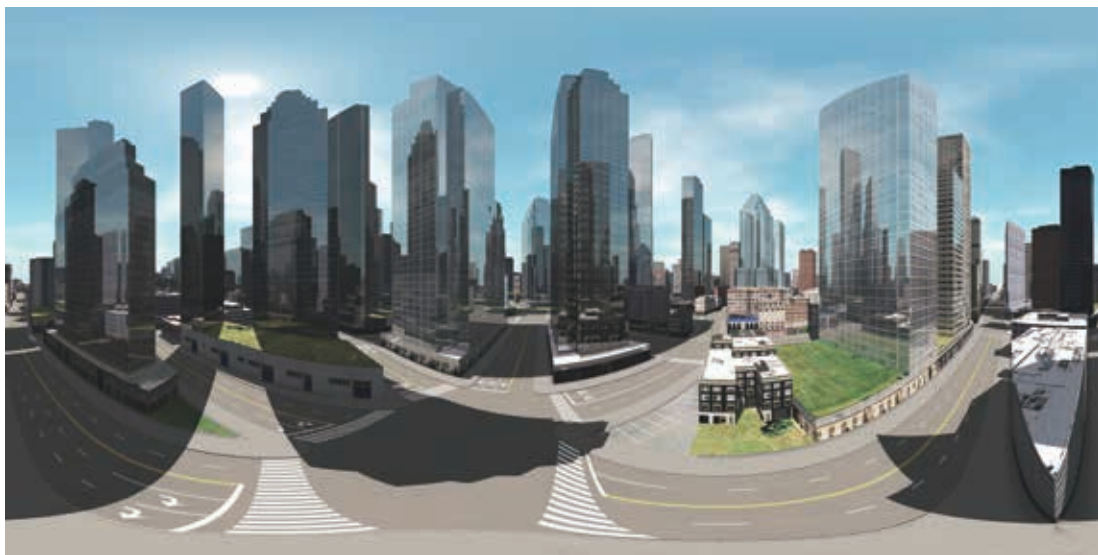


图1.2.8 三维全景图

19世纪，全景相机的产生开启了360°影像的拍摄时代，后来，伴随着图形图像处理技术和拍摄设备的不断发展，到21世纪，三维全景已开始在国际市场大展宏图。

目前，三维全景技术被广泛应用于旅游景点、宾馆酒店、房产家居、休闲会所等场景的网络虚拟展示。例如在城市规划行业，三维全景技术为城市规划管理部门与城市建设者之间建立了高效的信息通信渠道，方便设计单位与专家实时交流，并可以较快地通过建立数字模型加以验证，使三维动态建模更加方便，设计成果更加形象和直观。

三维全景技术使得过去枯燥被动的人机交互方式变得更人性化，采用真实高清图片素材生成的画面更具真实感。随着计算机图形技术、数字图像处理技术、人机交互接口技术等的发展，三维全景技术的应用也越来越广泛。

问题与讨论

体验了网上的“故宫3D实景”虚拟游，对现实生活中的真实故宫游有什么影响？

5. 三维全息投影技术

三维全息投影技术也可称为3D全息投影技术，它利用光的干涉和衍射原理，记录并重构物体的三维图像。被记录的主体既可以是静态的物品，也可以是动态的人物、动物等。全息投影技术不需要借助3D眼镜等辅助器材，就可以从任意角度观看悬浮于实景中的虚拟立体影像，如虚拟讲解员、全息橱窗等。

20世纪60年代末期，古德曼和劳伦斯等人提出了数字全息技术，开创了精确全息的时代。到了90年代，人们开始用光敏电子元件代替传统的感光胶片等介质记录全息图，并用数字方式通过电脑模拟光学衍射来呈现影像，使得全息图的记录和再现真正实现了数字化。2001年德国国家实验室首创了全息膜技术，使三维图像的再现成为可能。2006年，由丹麦ViZoo公司研发出了360°幻影成像技术，它是目前的全息投影中最具魔幻效果的技术。该技术用全息膜搭建了一个倒金字塔形的三角漏斗几何模型，由四台投影机投射的视频图像，在漏斗里经过一系列光学衍射后汇合成为全息图像，看起来就像有实物飘浮在空中，如图1.2.9所示。

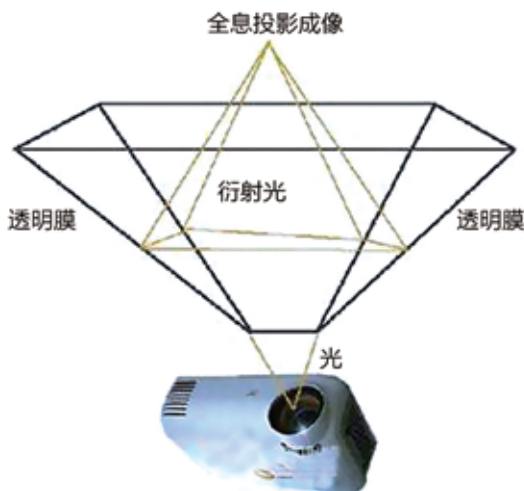


图1.2.9 全息投影成像原理

目前3D全息投影技术已逐渐渗透到多个领域，在展览馆、科技馆、博物馆中借助全息投影技术可以进行各类事物的展示，如汽车、房屋、人物模型等，让观看者能360°全方位地观察。第十三届全运会中的海市蜃楼，仿佛把观众带到了另一个世界中，让他们体验了虚拟世界与现实世界的结合。应用在舞台表演中的全息投影技术，不仅可以产生立体的空中幻象，还可以使幻象与表演者互动，一起完成表演，产生令人震撼的演出效果。3D

全息投影多次应用在国内影视舞台的演出中，例如，2012年江苏卫视、东方卫视的跨年晚会上，节目利用全息投影技术，将过世的歌手邓丽君投射在空中，与现场歌手上演“隔空对唱”，为观众带来了奇妙的观感。2016年在杭州举办的G20峰会的文艺演出中，首次尝试了在水面上使用全息投影技术，实现了西湖上的天鹅起舞，如图1.2.10所示。



图1.2.10 2016年G20晚会上的《天鹅湖》演出场景

全息投影技术借助光、电、影音，实现了跨时空的实时交互，将美轮美奂的画面带到观众面前，给人一种虚拟与现实并存的感觉。三维全息正在引发视觉显示科技的革命，未来，人们可以在自家的咖啡桌或是茶几上观看演唱会，也可以与远方的亲友面对面自如交谈，甚至可以不用到办公室，就能与同事们开会讨论工作。

1.2.3 三维设计的应用领域及影响

三维设计因其形象化、立体化、数字化等特征，具有可以增强拟真效果、降低生产成本、加强用户体验等优势，为人们跨越真实与虚拟、联结数字与实体、实现创想与创造提供了更多可能，因而得到越来越多的应用。

1. 产品设计领域

产品设计已经进入了数字化设计阶段，三维设计可以用于产品造型的设计和修改。工程师可以利用计算机提供的三维设计软件来搭建产品的三维模型，表达自己的设计意图。如图1.2.11所示，设计师利用三维建模软件来设计咖啡杯。

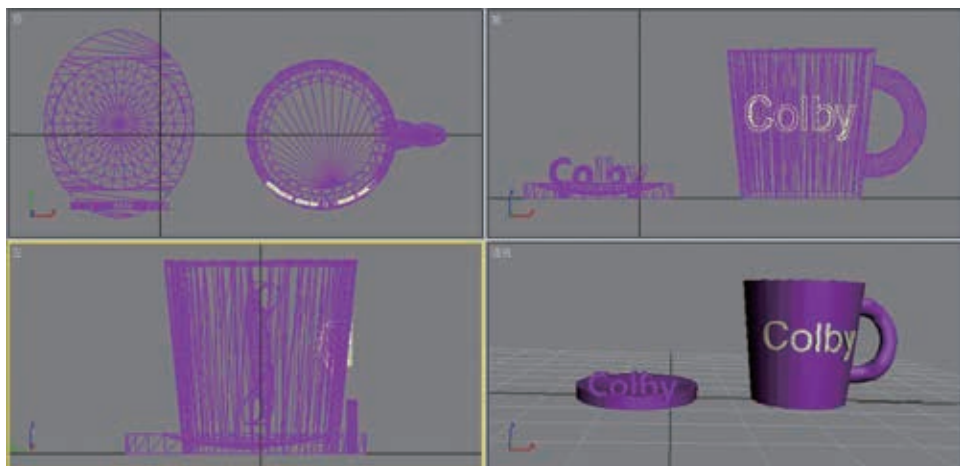


图1.2.11 咖啡杯模型设计

通过软件建模得到的三维模型,更直观地显示了产品的结构样式,能快速方便地得到任意角度的透视图,因而具有以下两方面的优势:一方面,可以提高设计效率,保证设计数据的准确性和一致性,并且还能通过重设参数,快速地修改图纸,缩短生产周期,降低产品造型设计的成本。另一方面,通过对三维模型进行着色和渲染,能将设计方案转化为逼真的三维效果图,使复杂的工程图纸变得立体形象,从而方便与非专业人士交流设计思想,有助于设计前期的方案形成、修订与评审,也有助于产品设计后期的宣传、推广及营销等。

2. 环境设计领域

三维设计在环境设计领域主要应用于建筑设计、城市规划等方面。在建筑设计中,三维设计不仅可以逼真形象地展示最终的建筑效果(如图1.2.12所示的某创客空间的室内效果图),还可以展示建设过程中各个阶段的预设效果,方便在展示过程中逐步向观看者展示建筑项目的设计方案。此外,通过三维设计相关技术预先展示建筑的效果,更有利于吸收反馈意见并对设计方案进行及时修改。



图1.2.12 室内设计三维效果图

在城市规划过程中,三维设计为城市规划管理部门与城市建设者之间建立了高效的信息通信渠道,并且方便设计者根据实际需求随时进行修改,从而获得城市规划方案调整的科学依据,使城市规划更具前瞻性。此外,还可以完成城市灾害事件和突发事件的动态模拟,实现城市各类信息的可视化查询,为政府对城市的管理提供决策依据。

例如,利用三维设计及相关技术制造的三维仿真城市,让人能在电脑上看到城市的道路、交通状况、景点、建筑,极大地方便了人们的出行,并为各种消费行为提供了准确、立体的指引。图1.2.13所示为三维实景地图的应用。



图1.2.13 三维实景地图的应用

3. 文化娱乐领域

三维设计在购物、学习、影视、游戏等文化娱乐方面，给人们提供了丰富、逼真的体验。

在购物方面，场景体验式购物改变了传统网购中只能依赖商品图片和评论的模式，增强了线上购物的体验感。如图1.2.14所示的虚拟试衣间，能将三维服装穿在自己的3D模特身上，通过控制模特的方位变化，达到全方位察看服装的试穿效果。



图1.2.14 虚拟试衣间

在学习方面，三维设计改变了人们获取知识的方式。例如在地理课上，学生带上VR眼镜，瞬间进入到浩瀚的宇宙中，像宇航员一样遨游于太阳系八大行星之间，去感受炽热的太阳、冰冷的天王星以及美丽的地球。甚至可以穿越到星球的内部，观看星球的内部构成（如图1.2.15所示）。原来书本上晦涩难懂的知识，亲身经历之后就变得真实具体。这样的学习环境有利于对知识的理解，能有效地促进知识的内化。此外对于一些特殊的实验，如涉及到放射性物质或有毒物质的危险实验，学生可以借助虚拟实验室中的虚拟器材进行

实验，通过VR头盔看到自己的操作过程和实验现象的实时变化，根据数字仪表显示的数值，实时掌控实验的进程并及时获取实验结果。这样的应用不仅不消耗实验器材，不受外界条件限制，还可重复操作，且更安全。

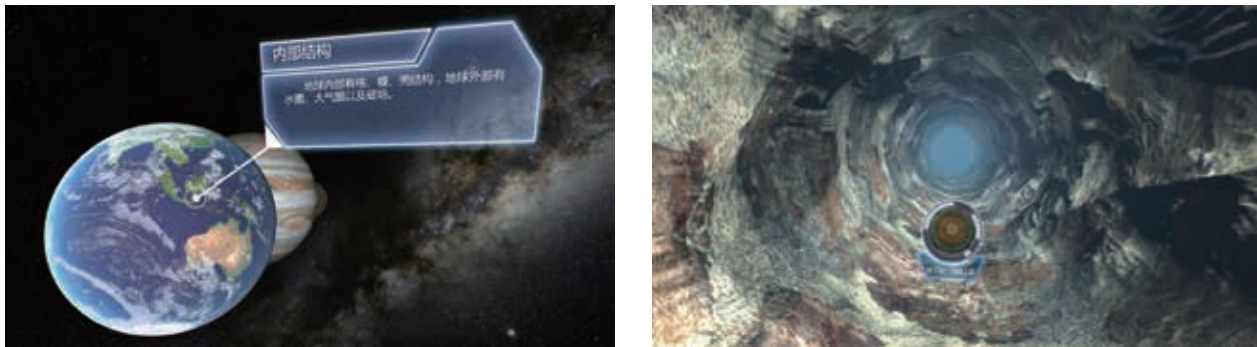


图1.2.15 星球探秘VR实境

在影视游戏方面，三维设计可以制作出惟妙惟肖的3D模型，让场景和角色更加逼真、生动，给观众带来更好的观赏体验。

4. 医疗健康领域

三维设计开始越来越多地在医疗健康领域发挥作用。在生物医疗行业，比较典型的应用有：用3D打印机打印手术规划模型、手术导板、人体假肢及助听器等。在临床教育过程中，实习医生可以通过虚拟现实了解常见疾病的特征，举例来说，他们可以在模拟胃肠道的VR环境中分析引发IBS（肠道易激综合症）的潜在原因。如图1.2.16所示，医生正在利用虚拟现实技术进行手术前脑部肿瘤的研究分析。



图1.2.16 利用虚拟现实技术进行术前研究

在医疗健康领域，三维设计可以帮助医生在安全可控的情况下反复练习或预演手术过程，获得更多经验，降低手术风险；还可以帮助患者创建一个沉浸的、放松的虚拟环境来缓解压力，或是进行康复训练。

III 实践与体验 III

手机上实现3D投影的效果

3D投影是利用光的干涉和衍射原理形成虚像，再通过投影设备将不同角度的影像投射到全息投影膜上面，即可成像。

实践内容：

用剪刀、纸片和透明的塑料板，制作简易的3D投影装置，并在手机上展示3D投影的效果，如图1.2.17所示。



图1.2.17 裸眼观看3D投影的效果

实践步骤：

1. 准备材料。一张方格纸、透明塑料板（如CD盒）、透明胶带、笔、剪刀、美工刀、手机。
2. 确定尺寸。在方格纸上画出一个等腰梯形，要求尺寸为：上边1cm，下边6cm，高3.5cm。若想要投影仪尺寸大些，只要以同样的比例放大即可。用剪刀沿边线将梯形剪下。
3. 制作投影装置。借助剪下的梯形，在透明塑料板上描绘出梯形的外形。然后用美工刀切割。用透明塑料板制作4块一模一样的梯形。最后，把4块塑料板拼凑在一起，用胶带黏合。
4. 实现3D投影效果。将制作完成的DIY投影装置放在手机屏幕中间，并在手机上播放特定的视频，这样就能看到3D投影的效果了。这些适合3D投影的视频可以通过上网查找，例如“HOLHO 4 Faces Pyramid demo”视频。

讨论思考：

1. 实现3D投影效果的全息投影影片有什么要求？
2. 根据光的反射，要确保透明塑料板的斜面与地面成45°夹角，这个模型称为全息投影金字塔。说说全息投影金字塔中等腰梯形的计量方法。

思考与练习

1. 三维设计蓬勃发展，是不是意味着二维设计将被淘汰？
2. 除了教材介绍的三维设计相关技术以外，查阅相关资料，列举其他三维技术成功应用的案例。
3. 比较全息投影技术与虚拟现实技术，列表说明两者的区别。

	技术原理	观看方式	交互性
全息投影技术			
虚拟现实技术			

巩固与提高

1. 电影《超能陆战队》中，小宏发明的微型机器人能通过神经传感器用人类的思维来控制众多机器人搭建的三维模型；利用三维扫描仪扫描大白后，直接在电脑上建成模型并设置拳脚功夫；利用建模软件设计铠甲模型，并用3D打印完成实物打印……《超能陆战队》电影中涉及了哪些三维技术？哪些技术在现实生活中已经实现？

2. 请结合目前三维设计的热门应用，展望今后还可以利用三维设计做些什么。

项目挑战

技术支持人类表达的关键历史事件

从文字、图片到音频、视频，人类的表达方式变得越来越直观形象，越来越生动，三维设计技术的出现，更是揭开了信息传递方式的新篇章。三维模型的设计、三维场景的搭建、三维动画的制作乃至以虚拟现实的形式呈现，让人们有了身临其境的感觉。

▶ 项目任务

对有关技术支持人类表达的关键历史事件进行收集、整理，并提出自己的见解。

▶ 过程与建议

1. 确定资料收集的标准与结构

什么才是技术支持人类表达的关键历史事件？对于这一问题，小组成员共同讨论，确定标准，如“什么是技术”“什么是关键历史事件”。

接下来，需要确定资料的内容，如关键历史事件的信息应该包括什么：时间、地点、人物、事件、影响……

2. 收集资料

通过网站搜索、文献查阅等方式，寻找“技术支持人类表达的关键历史事件”。

3. 确定关键事件列表

小组讨论收集到的历史事件，比较并辨析其重要性，最终确定小组认可的重要事件列表（至少五个）。

4. 展示交流

通过演示文稿的方式汇报研究成果。汇报的内容包括若干关键事件（特别要包括三维设计相关的关键事件），每个关键事件均需要包括时间、事件名称、涉及技术、意义和后续影响等部分。

评价标准

请根据项目实施的过程、效果以及成果展示交流的结果，对自己项目的完成情况进行客观的评价，并思考后续完善的方向。把评价结果和完善方案填写在下面的表格中。

评价条目	说明	评分（1~10分）	评分主要依据阐述	后续完善方向
小组合作	小组分工合理，协作紧密，合作有成效			
重要事件	至少包含五个重要事件，且其中至少包括一个三维设计相关的事件；重要事件的提取具有代表性；关于“什么是重要事件”这个问题，能够提供完整的资料和有说服力的回答			
交流汇报	小组的交流汇报逻辑清晰、表达流畅，可以使听众很好地理解小组的研究成果			

拓展项目

1. 数字校园是在传统校园的基础上，以网络为基础，将环境、资源、活动等全部数字化，实现网上办公、网上管理和网上服务。策划如何用三维作品来表达“数字校园”的创意设计，并撰写一份设计报告。

2. 为了满足观众日渐提升的观影体验和审美需求，影院需要提供更清晰的画面、更有层次感的声音、更舒适的座位、更丰富的特效以及更人性化的服务。策划如何用三维作品来设计“高端影院”，并撰写一份设计报告。

三维作品的设计与建模



创作三维作品的流程可简单地归纳为三步：规划设计——制作模型——渲染输出。首先明确制作目标，制订设计方案，准备相关素材；然后根据设计方案，选择建模方法，建立相应的三维模型；最后设置材质、灯光及环境，渲染输出三维作品。在整个创作过程中，规划设计在很大程度上决定着三维作品的价值，本章将从发现问题、寻找解决方案、快速原型几个方面提供创意设计的方法。建模是三维作品的技术实现过程中最重要的环节，将制作好的各个模型放置在场景中，就可从任意角度观察。制作三维模型的技术有很多，本章主要学习借助三维建模软件来制作三维模型，并以这些模型为素材创作三维作品。

问题与挑战

- 如果一个三维作品仅仅是复制已存在的制品，而不能解决问题或是有所创新，那么其本身的价值就将大打折扣。在创作三维作品之前，有哪些方法可以帮助我们了解需求、发现问题？又有哪些方法可以帮助我们集思广益地寻求问题解决方案？

- 以前，人们在购房前，一般都会查看设计图纸来研究户型。现在，人们有了更多的选择：根据楼房的模型，可以看到楼房的外观与位置；根据室内效果图，可以多角度观察房间内的情况。那么，这种逼真的效果图是如何制作的？二维的设计图纸是如何变成三维模型的？

- 医院里对病人进行手术前，可先建立手术部位的相应模型，通过分析、研究三维模型，确定具体的手术方案。比如，在模型上绘制辅助线，确定手术的方案；打印特定的部件，如心脏支架等，来替换传统的器件。这些模型是如何制作的？

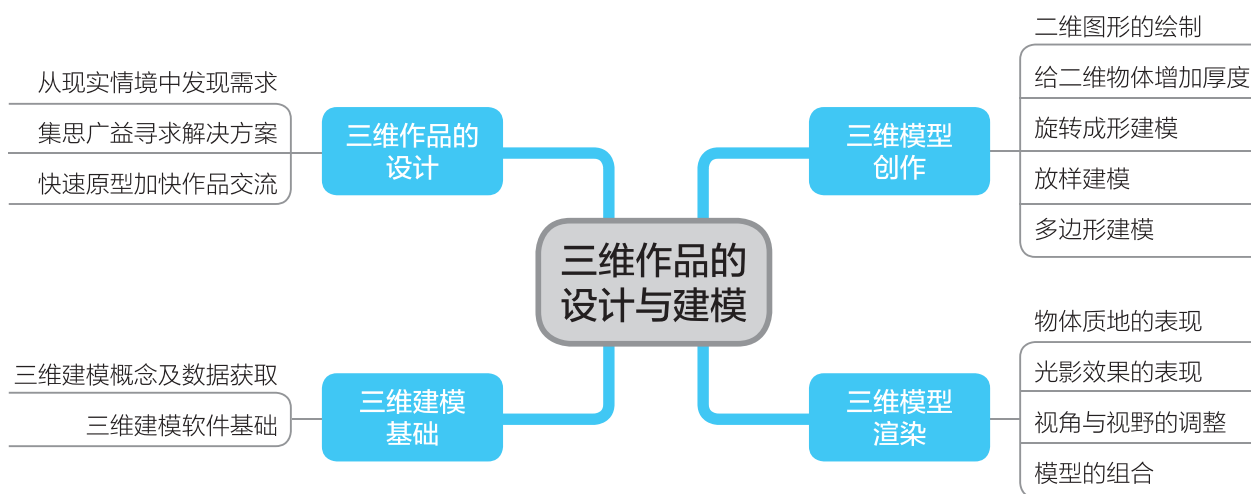


学习目标

1. 能根据具体的需求设计三维作品，掌握常见设计方法，理解设计的意义。
2. 能通过模仿创建简单的三维模型。
3. 能根据物体的特点，赋予三维模型合适的材质。
4. 能根据表现的需要，设置灯光与环境效果。



内容总览



2.1 三维作品设计

3D打印技术可以将设计好的数字作品轻松“打印”出来，使人们不需要投入过多的加工和试错成本就能自己产出作品。然而，如果一件三维作品仅仅是复制已存在的产品，而不能解决问题或是有所创新，其本身的价值将大打折扣。托夫勒说，21世纪，资本的时代已经过去，创意的时代已经到来；比尔·盖茨说，知识经济的核心是创意经济。三维作品的制作工艺固然重要，但其真正的价值在于创意、在于解决问题。因此，在学习具体的技术与工具之前，先要掌握发现问题、寻找解决方案、快速原型的方法，做好三维作品的设计。

2.1.1 从现实情境中发现需求

从技术层面来看，训练三维作品的制作能力可以从模仿开始，但制作成功三维作品的关键绝不是熟练的技术，而是让作品能够为用户服务，为解决问题服务——为了寻找三维作品的灵魂，首先要发现真正的需求。

如何发现需求呢？事实上，我们每天都会有一些不经意的举动，如把重要的事情记在手上，把衣服挂在椅背上，把自行车锁在公园长椅上……而这些“不假思索”的行为可能恰恰是连我们自己都未意识到的潜在需求——发现这些需求，往往是发现作品设计方向的第一步。

●●● 例1 细心观察为老人设计餐具

Eatwell是一款专为老年人设计的餐具，如图2.1.1所示，这一创意作品源于台湾省设计师姚彦慈对外婆的爱。她的外婆自从得了阿尔茨海默氏症后，逐渐丧失了自主能力，连吃东西都变得很困难，姚彦慈非常希望能借助设计帮助她的外婆和更多认知障碍病人。为此，她花了一年半的时间，除了研究、搜集相关资料，还到老人中心和疗养院做义工，观察并发掘失智症患者的需求；此外，她也积极向日间成人照料中心的治疗师、护士、社工以及患者家庭学习各种专业知识。从2010年开始研究，到2014年做出样品并获得斯坦福大学的设计竞赛一等奖，4年多来，姚彦慈将全部的心力都放在Eatwell的设计与改良上。



图2.1.1 Eatwell餐具

乍一看，这套餐具不过是些色彩丰富的托盘、碗、杯子、汤匙而已，似乎没什么特别之处。但深究起来，其实这些杯盘的角度都经过科学计算，如盘子和汤匙的弧度刚好可以吻合，方便喝汤；碗的一侧呈现直角，可防止食物泼出；鲜亮的颜色可以刺激患者多食用24%的食物和80%的水分；杯子内部的高低差设计，让吸管可以自然地固定，让使用者可以轻易喝到水；就连托盘，也贴心地设计了围兜，可以接住掉落的食物，避免衣物沾染污渍。细致的设计，不只方便使用者进食，还让其尽可能独立地使用餐具，维持并鼓励其自主性，同时也减轻了照顾者的负担。在募集到足够的资金后，Eatwell产品进入量产的阶段，越来越多的老年人将从此获益。

在这个案例中，姚彦慈通过细心观察，发现了老人饮食的问题，从而创造了Eatwell产品。那么，怎样才能拥有一双发现问题的“慧眼”呢？有一些工具有助于我们打破思维定势，通过换位思考和观察，在习以为常的日常生活中发现更多、更有意义的潜在需求。

1. What? How? Why?

在观察事物或现象时，不要只停留在事实表面（只知道是什么，What），还要不断地追问事实背后的原理（人们如何做到/为何做不到，How）和原因（为什么会是这样，Why）。这样的思维习惯可以帮助我们在观察过程中由表及里、由浅入深地挖掘事物本质，探索更多可能性。

2. 反复质疑法

很多发明都是在发现现有事物的问题的基础上产生的，为了发现创新点，“吹毛求疵”并非坏事。在面对任何一件物品时，我们可以不断反问“它是完美的吗？”“它有哪些问题？”“每个人使用它的时候都会感觉良好吗？什么人会不愿意使用它？为什么？”“它在使用时一直是顺畅的吗？在哪种情况下，它会有较大的问题？”等等，就会发现没有完美的事物，每件物品都有改进提升的空间。

3. 同理心地图

同理心（Empathy），又称为移情、神入、共情、换位思考等，即不带任何评价，设身处地地感受他人的处境、情绪及情感等。同理心地图，是由Xplaner开发的一款工具，旨在帮助调查人员深入了解被调查或被观察人员的所处环境、行为、关心事项及内心活动，从而为改进产品质量、研究开发新产品、提升用户满意度等提供充分的观点。同理心地图的常见结构如图2.1.2所示。



图2.1.2 同理心地图的常见结构

在同理心地图中，“看”“听”“感受”“说与做”，都是观察者换位思考，站在被观察者角度所进行的描述。“有什么痛苦”和“想获得什么”，是观察者的总结，这一部分的内容，不但可以通过观察进行梳理和判断，还可以通过访谈来获得信息。

在应用同理心地图时，通常要经历以下几个步骤：

(1) 确定要观察的事物（如教师对讲台的使用、医生对手术台的使用、父母对餐台的使用等）。

(2) 多人分别对选择的事物进行观察，并利用同理心地图进行记录。记录要客观。

(3) 汇总观察到的情况，并将发现的问题进行分类和筛选。确定出能够解决的需求点。

问题与讨论

1. 请在教室里拍几张包含实物的照片，然后用“**What/How/Why**”的方法发现问题和需求。

2. 确定教室里的一个物品，用“**反复质疑法**”发现它的问题，并将这些问题列出来。

3. 观察“**教师应用讲台**”的情况，用同理心地图进行观察和记录，然后与同学们合作，发现当前学校讲台的问题。

2.1.2 集思广益寻求解决方案

发现需求只是创意创造的第一步，接下来就是要寻求解决方案。俗话说：“三个臭皮匠，顶个诸葛亮。”在思维开放、精力集中的环境下，集思广益察纳雅言，往往能够得到意想不到的好点子。

●●● 例2 集体讨论解决积雪压断电线问题

美国北方的冬天格外寒冷，时常大雪纷飞，电线上积满冰雪，大跨度的电线常被积雪压断，严重影响生产生活，许多人曾经试图解决这一问题，但都未能成功。后来，电信公司召开了一次头脑风暴，参加会议的是不同专业的技术人员，他们在遵守以下原则的前提下各抒己见：

第一，自由思考。即要求与会者尽可能地解放思想，无拘无束地思考问题并畅所欲言，不必顾虑自己的想法或说法是否“离经叛道”或“荒唐可笑”。

第二，延迟评判。即要求与会者在会上不要对他人的设想评头论足，不要发表“这主意好极了！”“这种想法太离谱了！”之类的“捧杀句”或“扼杀句”。至于对设想的评判，留在会后由专人考虑。

第三，以量求质。即鼓励与会者尽可能多而广地提出设想，从大量的设想中提炼出高质量的方案。

第四，结合改善。即鼓励与会者积极进行智力互补，在自己提出设想的同时，注意思考如何把两个或更多的设想结合成更完善的设想。

按照这种会议规则，大家七嘴八舌地议论开来，有人提出设计一种专用的电线清雪机；有人想到用电热来化解冰雪；也有人建议用振荡技术来清除积雪；还有人提出能否带上几把大扫帚，乘直升机去扫电线上的积雪。对于这种“坐飞机扫雪”的想法，大家心里尽管觉得滑稽可笑，但在会上无人提出批评。相反，有一位工程师在听到用飞机扫雪的想法后，突然受到启发，一种简单高效的清雪方法呼之欲出。他想，每当大雪过后，出动直升机沿积雪严重的电线飞行，依靠螺旋桨的风力即可将电线上的积雪迅速扇落。他马上提出“用干扰机扇雪”的新设想，顿时又引起其他与会者的联想，有关用飞机除雪的主意一下子又多了七八条。不到1小时，与会的10名技术人员共提出90多条新设想。

会后，公司组织专家对设想进行分类论证。专家认为设计专用清雪机、采用电热或电磁振荡等方法清除电线上的积雪，在技术上虽然可行，但研制费用大、周期长，一时难以见效。那种因“坐飞机扫雪”激发出来的几种设想，倒是值得一试的新方案。经过现场试验，发现用直升机扇雪真能奏效，一个久悬未决的难题，终于通过头脑风暴的形式得以解决。

（案例引用自《设计调研》，戴力农主编）

上面这个例子，电信公司不仅仅是让大家研讨而已，还制定一些原则，更好地激发群体智慧。下面是一些常见的激发群体智慧的方法和工具。

1. 头脑风暴 (Brainstorming) 法

头脑风暴法是集体创意常用的方法，它的应用非常广泛，头脑风暴法又称智力激励法、BS法、自由思考法、畅谈会或集思会，是由美国创造学家A. F. 奥斯本于1939年首次提出，1953年正式发表的一种激发思维的方法。其核心思想是集思广益，希望通过一群人围绕特定的话题，产生大量的想法和点子，以激发集体智慧，产生和提出创新设想。

在开展头脑风暴时，有一些基本的原则，包括：①延迟批判，禁止批评。②自由畅谈，鼓励荒谬、异想天开的想法。③每人每次只能提一个建议。④目标集中，追求数量。⑤可视化呈现。⑥巧妙的利用或改善他人的想法。

2. Scamper 法

这种方法其实是一个检查列表，这个列表的目的是帮助人们拓宽解决问题的思路。在解决问题的过程中，如果到了束手无策的时候，就可以尝试从列表中显示的方向重新思考问题，激活新的思路，起到发散思维的作用。SCAMPER是七个英文短语的缩写，代表着七个解决问题的方向，这七个方向是：替换、整合、调整、修改、移作它用、消除、反转，它是获取思路的有效方法之一，具体如表2.1.1所示。

表2.1.1 Scamper法

单词或短语	说明
Substitute	替代，包括成分、材料、人员等的取代，或与原有功能的整合
Combine	组合，与其他材料、东西或功能相结合
Adapt	改进调整，检查原有材质、功能、外观、结构等是否有改造的空间
Magnify/Minimize	放大/缩小，包括放大、缩小、调整形状、规模等
Put to other uses	挪作他用，修改后用于其他用途
Eliminate/Elaborate	消除/精细化，去除某些部分或材料，或使某个部分更详细/完善
Reverse/Rearrange	翻转/重新设置，包括调换组件、改变顺序、颠倒等

3. 九宫格法

又称为曼陀罗思考法，是一种利用九宫格矩阵图发散思考的方法，如图2.1.3所示。它又被称为诱发潜能的“魔术方块”，通过它，我们可以在任何一个区域（方格）内写下任何事项，从四面八方审视主题，跳离直线思考，帮助我们快速地生成更多的奇思妙想，激发创意的潜能。围绕中心的八个格子，或者是同一个层面的内容，或者是某流程中的各个环节。九宫格法也是一种强制进行发散思维的练习方法。

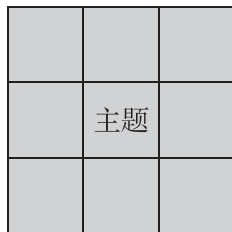


图2.1.3 九宫格法

问题与讨论

1. 请利用一种集思广益的方法，在下面的物品中选择一个，以功能性改善为目标进行创意构思，看看有没有改进当前设计的方法。

萝卜丝刨刀	电动剃须刀	指甲钳	牙刷架
皂液器	订书机	毛巾挂架	开罐器
橡皮	钥匙圈	压蒜器	定时器
削皮刀	伞	簸箕	刀架

2. 针对在2.1.1“问题与讨论”中发现的问题，开展创意构思，寻求解决问题、满足需求的方法。

2.1.3 快速原型加快作品交流

当一个小组（群体）针对某个作品有很多创意时，这些创意经常是抽象的、离散的、不严谨的、口头的，这会导致成员似乎已彼此理解，但事实上并没在同一个“频道”对话。要想达成共识，真正理解彼此的想法，得到完整、一致、准确、合理的共同意见，就需要利用视觉艺术将想法“描绘”出来，直观地展示实体、情景、流程等。快速原型的理念和技术就是在这样的背景下产生的。

所谓原型是指模拟某种产品的原始模型，在各种产业中都经常使用。比如说，软件开发中的原型是软件的一个早期可运行的版本，它反映了最终系统的重要特性。快速原型，指的就是在真正开发具体产品前，先构造一个原型，让开发者、用户及时给出评价，以便进一步明确需求，对产品进行矫正、补充和精细化。

在快速原型方面，有一些常见的方法。

1. 草图绘制法

顾名思义，“草图”说明该产品还处在表达想法或形成概念的初始阶段，充满了不确定性，但是草图可以展示产品的设计理念，并能给出产品大致的形状和尺寸。值得说明的是，草图绘制不等于绘画，从其本质上来说，草图只是一种可视化的、更加清晰高效的思维表达方式。纸笔就可以完成草图绘制。

2. 物理模型法

物理模型可以直观、形象地展示设计者的意图和理念。制作物理模型可选的工具很多，常见的有纸板、彩色纸张、积木套件、橡皮泥等。相比较工厂量产而言，3D打印机也是很好的制作物理模型的工具。

3. 角色扮演法

角色扮演法是人与人之间的一种综合性、创造性的情景模拟活动。在活动中，参与者以扮演角色的身份进行互动。通过角色扮演，参与者可以深刻体验产品使用者的感受，观看者也可以更加深入、形象地理解作品的创新点。角色扮演可以以任何形式进行，包括情景剧、小品、电影等。

特别需要指出的是：发现问题、寻找解决方案、快速原型的方法与工具不是仅面向三维作品的，也适合于其他任何形式的创意创新。一个良性的创新过程是动态的、迭代发展的、反思式的、快速的，更是以人为本的。有了方法与工具的支持，更多的人将会在创新创意的过程中有所作为。

思考与练习

1. 请选择一个自己喜爱的创意产品（手机、台灯、卷笔刀等），为其绘制草图，向其他人清晰地讲述这个产品的创新之处。
2. 针对在2.1.2“问题与讨论”中产生的创意构思，小组合作，选择合适的快速原型法，向同学们进行介绍，并收集反馈意见。

2.2 三维建模基础

只有能变成具体作品的设计与创意才有意义。根据三维设计的需求，选择合适的制作工具与方法，就可以开始制作三维作品。制作三维作品，一般需先制作相关的三维模型，这一过程简称三维建模。

2.2.1 三维建模概念及数据获取

生活中经常可以看到各种模型，它们按一定比例呈现物体形状。模型既可以由实物制作而成，如售楼中心的楼盘模型、军事推演中的沙盘模型等，也可以用计算机模拟生成并展示，后者又称为三维数字模型。

用计算机模拟的模型是用语言或者数据结构进行严格定义的三维物体或虚拟场景的描述，它包括几何、视点、纹理、照明和阴影等信息。三维模型可以描述现实世界的实体，小到原子，大到星球，自然界中存在的任何实体，理论上都可以用三维模型描述。例如图2.2.1为北京天坛照片，图2.2.2为根据实物所作的天坛模型。三维模型也可以表现虚构的事物，如《星球大战》中的尤达大师，如图2.2.3所示。

与二维图像相比，三维模型可以更加全面地反映所表示事物的特征，人们可以借助计算机设备，从不同的角度观察三维模型。如图2.2.1所示的图像，是用数码设备在实地拍摄得到的二维图像，一旦成像，其表现的画面就是固定的，单独查看这张照片，无法看到照片中被遮挡的物体或物体的背面。图2.2.2所示的三维模型，借助计算机或其他显示设备，就能以任意视角进行观察，包括物体的背面，还可以按各种视角输出二维图像。

三维建模，就是利用三维数据在计算机中建立数字模型。三维模型常用三维建模软件制作而成，也可以用其他方法建立。制作



图2.2.1 北京天坛照片



图2.2.2 天坛模型



图2.2.3 《星球大战》中的尤达大师



图 2.2.4 三维扫描仪

模型所需的三维数据可以人为设置，也可以通过仪器设备直接从实体中获取。人为设置数据时，要使用编程或三维建模软件，这种方式不仅可以用于制作现有物体或场景，更重要的是可以设计创作全新的三维作品。用三维扫描仪从实体获取数据通常有两种方式：一是实体静止、仪器环拍；二是实体旋转、仪器静止。这种方式适用于现有物体或场景的建模。用于获取实体数据的常见仪器有三维扫描仪、无人机等。

三维扫描仪常用于较小物体的数据获取。对物体的空间外形、结构进行扫描，可以获得物体表面的空间坐标，再用软件进行三维重建计算，就能在计算机中创建物体的数字模型了。如图2.2.4所示，三维扫描仪在对一个静止实体进行三维扫描。利用这一原理，也可以用数码相机或手机对物体进行环绕拍摄，将拍摄到的图像导入到三维建模软件中，合成相应的三维模型。

无人机适用于较大物体或场景的数据获取，较为便捷的方法是利用飞行器航拍获取空间数据，再根据这些数据建立三维模型。如无人机倾斜摄影技术就是通过在单一飞行平台上搭载多台传感器，如五镜头相机，同时从不同角度采集影像，获取地面物体完整准确的三维数据。

垂直地面角度拍摄获取的是垂直向下的一组影像，称为正片；镜头朝向与地面成一定夹角拍摄获取的四组影像分别指向东南西北，称为斜片。如图2.2.5所示，在建立建筑物表面模型的过程中，倾斜影像有着显著的优点，因为它能以更好的视角观察建筑物侧面，这一特点正好满足了建筑物表面纹理生成的需要。

无人机通过高效的数据采集设备大范围、高精度地全面感知复杂场景，再经过专业的数据处理，便能够直观地反映地表物体的外观、位置、高度等属性，有效地提升三维建模的效率。



图2.2.5 无人机航拍建模

2.2.2 三维建模软件基础

20世纪60年代，只有专业人士才能用昂贵的SGI工作站来处理数字图像和制作三维模型。随着个人电脑的出现，三维图像处理进入了民用领域，各种建模软件纷纷涌现，经过几十年的发展，三维建模软件的功能日益强大，操作更加简便，建模技术的普及率越来越高。

常见的三维建模软件有Unigraphics NX、Pro/ENGINEER、SOLIDWORKS、Alias、3ds Max、Maya、Rhinoceros 3D、Softimage、SketchUp、Blender、CATIA等（如图2.2.6所示）。这些软件功能强大，不仅可用于三维建模，还可以用于3D打印、制作三维动画等。它们在不同的应用领域中各有所长，有的擅长建筑建模，有的擅长影视作品制作，还有的主要用于工业设计领域，如Alias、CATIA等主要侧重于飞机、车辆设计。



图2.2.6 3ds Max与Alias软件

三维建模软件为用户提供了功能丰富的工具面板，具有良好的交互性，初学者经过简单学习，就可以快速地熟悉软件并创建出简单的三维模型。而要全面掌握这些软件，并以此创建复杂的三维模型，则需要系统而深入地学习。

三维建模软件的特点与应用领域不同，使用方法也有所不同。同一软件的操作界面在不同的操作系统中，也可能略有不同。

1. 软件界面

通过三维建模软件来创作作品时，需要随时从各个视角来观察三维模型。三维建模软件的用户操作界面可以被分割成多个窗口，每个窗口用以显示模型的不同侧面。这些窗口的显示是同步的，当用户在一个窗口中对物体进行调整时，其他所有窗口都会实时做出相应的变动。如图2.2.7所示，3ds Max软件操作界面的窗口中央被划分出了四个工作区域。



图2.2.7 3ds Max 软件界面

这些工作区域被称为视口，图中所示的是默认设置，在各个视口中分别显示模型的“顶视图”“前视图”“左视图”与“透视图”。多视口的设置方便用户对模型进行整体观察，在建模时若要对局部细节进行操作，则可以将某个视口放大显示。三维建模软件的视口都可以进行自由分割设置，如图2.2.8所示，其中左图是Blender软件默认界面，也可以将其设置为与图2.2.7类似的界面，如右图所示。



图2.2.8 Blender软件界面

除了用于显示模型的视口外，三维建模软件的界面一般都包括菜单栏、工具栏、命令面板等元素。这些界面元素是用户建模所必需的工具，为了方便操作，用户也可以对其中的部分元素进行设置。

2. 三维坐标系

三维建模软件使用三维坐标系来记录对象的位置、方向、运动。三维坐标系又称作三维笛卡儿坐标系，是在二维笛卡儿坐标系的基础上增加第三维坐标（即z轴）而形成的。三维坐标系采用x轴、y轴和z轴三个坐标轴，如图2.2.9左图所示。为了直观地区分三个坐标轴，三维建模软件一般用红色表示x轴，用绿色表示y轴，用蓝色表示z轴。

多数建模软件用右手定则来确定z轴的正轴方向。在确定x轴、y轴和z轴的正轴方向时，将右手背对着屏幕放置，如图2.2.9右图所示，拇指指向x轴的正方向，伸出食指，指向y轴的正方向，中指所指示的方向即是z轴的正方向。右手定则决定了三维空间中任一坐标轴的正旋转方向。



图2.2.9 三维坐标系与右手定则

根据这三个坐标轴，用户在建模时可以指定模型的变换（移动、旋转和缩放）方向，调整模型之间的大小与位置关系，并将模型准确地放置在场景中。

三维坐标系一般分为世界坐标系和用户坐标系，在有些软件中也称为全局坐标系和局部坐标系。对一个三维场景而言，世界坐标系是绝对的、不变的坐标系，在没有建立用户坐标系之前，场景中所有物体的位置都是以该坐标系的原点及x轴、y轴、z轴来确定的。如果场景中只有单一固定物体，或每个物体都只是场景中的一个点，那么仅用世界坐标系

就完全足够了。但当处理移动的对象或多个物体时，为每个物体规定一个用户坐标系就很有必要了。

人类在现实世界中很容易辨别上、下、左、右、前、后的方位，确定物体之间相互距离，而在制作三维模型时，面对二维的平面显示器，很难对三维场景内的物体进行准确定位。如直接用鼠标将三维场景中的某个对象精确地移动到指定位置，往往较难实现。而用三维坐标则可以精确地确定物体之间的位置关系，从而进一步通过这些坐标控制模型的移动和变换方向。

3. 对象的基本操作

制作三维模型一般从基本体开始。基本体是指在三维软件中可以直接创建的几何形状，包括球体、立方体、圆柱体、圆锥体、平面等。在建模时，根据物体的形状和特征，选择相应的基本体作为模型起点，是常见的建模方式。如图2.2.10中左边图片所示的是教室中常见的课桌椅，经过分析，可将课桌分解为右图所示的结构，其中每个部分都可用长方体表示。



图2.2.10 课桌分解

在三维建模软件中，对象的基本操作包括创建、移动、旋转、缩放、复制等。下面以3ds Max软件为例，通过对基本体对象的操作，来熟悉三维建模软件的使用。

(1) 创建对象

在3ds Max软件中，简单几何形状一般可用软件提供的“标准基本体”或“扩展基本体”进行创建。在创建对象时，首先要确定系统的单位设置、对象的大小与位置，然后根据物体的形状，选择相应的基本体进行创建。

●●● 例1 课桌桌面的创建

如图2.2.10所示的课桌，桌面的长、宽、厚尺寸为65cm、45cm、3cm，因此可将系统单位设置为“厘米”，如图2.2.11所示。再从“标准基本体”中选择“长方体”对象（如图2.2.12）进行绘制。



图2.2.11 系统单位设置



图2.2.12 基本体创建面板

根据桌面的尺寸，可设置长、宽、高的参数，使模型更加精确。如图 2.1.13 所示。

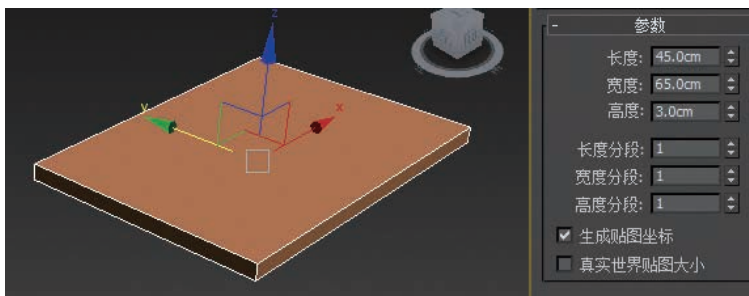



图2.2.13 创建桌面模型


(2) 移动、缩放、旋转、复制对象

在建模时，需要随时对场景中的各对象进行调整，如移动、缩放、旋转、复制等操作。建模软件都提供相应的工具来执行这些操作，在操作时，选择三维坐标系的某个轴向进行操作，可以将操作约束在选定的轴向上，使得操作结果更加准确。

●●● 例2 课桌抽屉底板的制作

抽屉底板可以通过复制桌面得到。

选择上例中的桌面，按住 Shift 键用移动工具  沿 z 轴向下拖动，在垂直方向上复制出一个与桌面相同的长方体。如图 2.2.14 所示。

用缩放工具  缩小下方的长方体，制作抽屉底板。如图 2.2.15 所示。

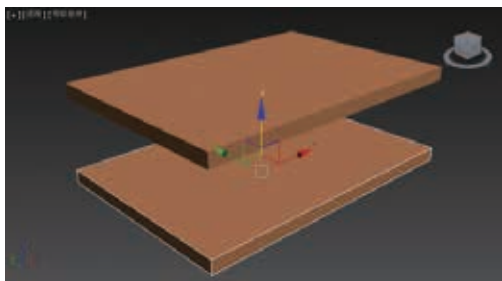


图2.2.14 移动与复制对象

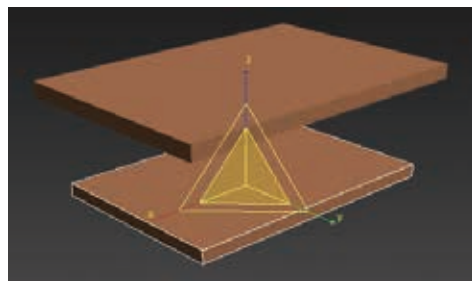



图2.2.15 缩放对象

在移动、旋转、缩放对象时，若要使操作更加准确，可选择适当的坐标轴进行操作，还可以打开工具栏中的捕捉开关“”，使对象按一定的增量进行变换。

（3）阵列工具与布尔运算

除了移动、旋转、缩放等基本操作，三维建模软件还提供各种工具来提高建模效率，如阵列工具、布尔运算等，根据模型特点，综合运用这些工具，才能创作出符合需求的三维模型。

阵列（Array）工具。阵列工具用于批量复制物体，并将复制出来的物体按一定位置进行放置。阵列工具设置面板如图2.2.16所示。



图2.2.16 阵列工具设置面板

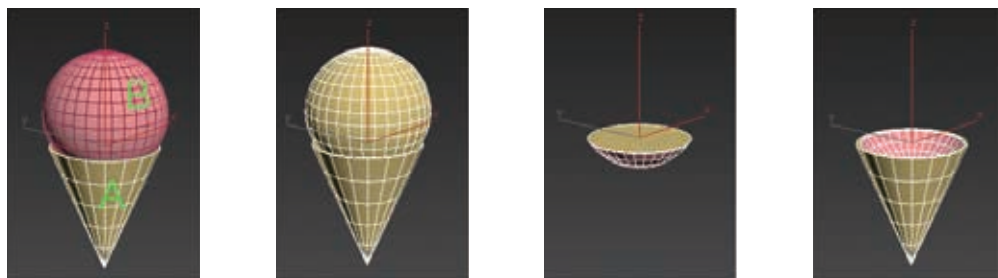
在用阵列工具建模时，需要明确物体的坐标方向。如用阵列工具建立DNA双螺旋模型（图2.2.17）时，首先设定副本的数量，并在z轴方向上设置“移动”增量，所有副本在z轴方向上按相同间隔排列，如甲图所示。在z轴方向设置“旋转”增量，所有副本沿z轴旋转，如图乙所示。若“阵列维度”中选择“2D”，则可以在某个轴向上继续复制模型，如图丙所示。



图2.2.17 用阵列工具建模

布尔（Boolean）运算。通过对几何体执行逻辑操作来组合两个或多个对象的操作，称为布尔运算（操作）。这些对象通常相互重叠，利用布尔运算就可以组合出所需形状。在某些情形下，布尔运算可以制作一些特殊的模型，这些形状往往很难通过其他技术建模。

布尔运算可以对多个对象执行减去、相交或相加操作，以创建复杂的新形状。



物体A (圆锥) 与物体B (球)

$A \cup B$

$A \cap B$

$A - B$

图2.2.18 物体的布尔运算

常见的布尔运算有并集运算、交集运算和差集运算，运算方法与数学中的集合运算相似，运算结果如图2.2.18所示。

●●● 例3 使用布尔运算，在墙体上创建门窗

如图2.2.19所示，用四个长方体来表示教室的地面与三面墙体。现在，要在两面侧墙上开几个长方形孔洞，用于安装门窗。

根据门窗的尺寸，创建长方体，并与墙体进行叠加，如图2.2.20所示。

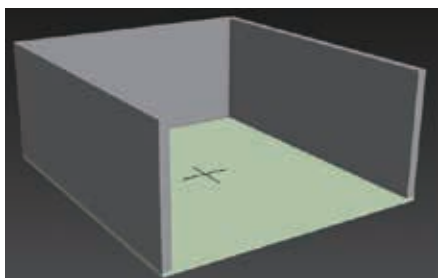


图2.2.19 教室的墙体

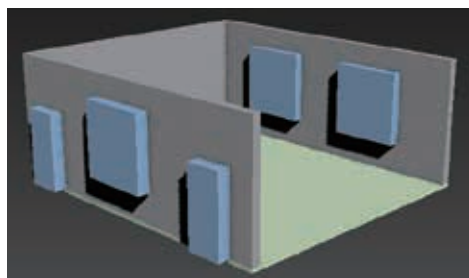


图2.2.20 创建用于表示门窗的长方体

选中墙体作为布尔运算的A物体，选择叠加的长方体作为B物体，执行A-B操作，结果如图2.2.21所示。

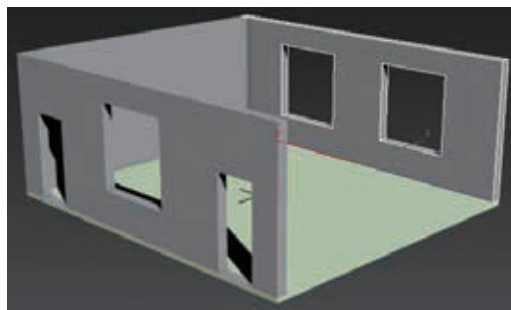


图2.2.21 通过布尔运算创建门窗

(4) 修改器

除了上述基本操作与工具以外，应用较广的操作还有修改器。

修改器能够修改对象的几何体结构，以某种方式对其进行变形。例如，在将锥化（Taper）修改器应用到长方体末端时，靠近末端的那些顶点就会靠拢；而将扭曲（Twist）修改器应用到长方体时，对象将产生扭曲效果，如图2.2.22所示。

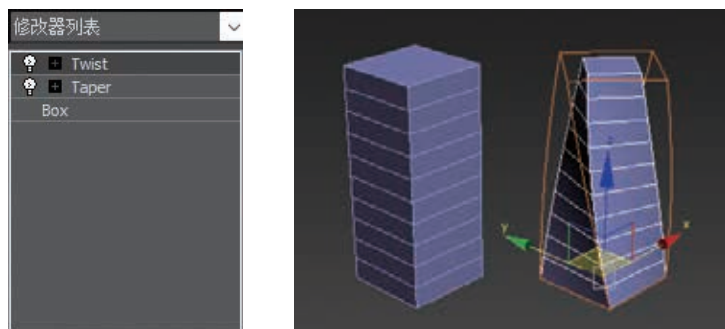


图2.2.22 锥化和扭曲修改器

对于同一对象可以添加多个修改器，每个修改器都在上一个修改器的基础上对几何体产生影响，在图2.2.22的修改器列表中，扭曲修改器位于锥化修改器之上，说明先对长方体应用锥化修改器，再对锥化后长方体进行扭曲。修改器对几何体所做的更改会持续产生效果，直到调整或删除了该修改器为止。

在3ds Max软件中，修改器列表也称作修改器堆栈。修改器不仅可以改变物体的形状，还能提高建模效率，如对称修改器、平滑修改器。

若建模对象具有左右对称特征时，常采用对称修改器。如制作汽车模型时，可以从车辆中轴线将模型分成两半，添加对称修改器后，会复制出模型的另一半，之后对模型一侧进行的各种操作，也会对称地作用于另一半模型上，如图2.2.23所示。

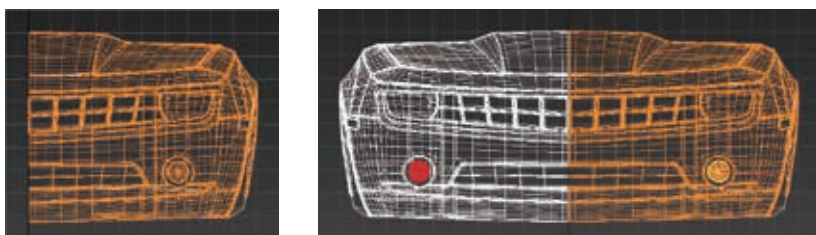


图2.2.23 用对称工具建模

平滑修改器可以将物体棱角分明的表面变得细致、光滑，在建模时，一般在模型快完成时使用，如图2.2.24所示。

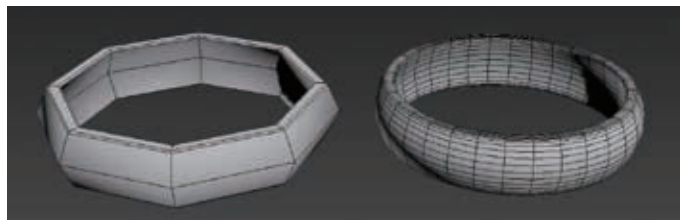


图2.2.24 平滑修改器对物体表面的影响

三维建模软件的功能强大，因此其操作一般都比较复杂，需要较长时间的系统学习才能掌握。在建模时，要考虑物体的具体形状与结构特点，充分发挥空间想象力，熟悉各种基本操作，才能创作出预期的三维模型。

问题与讨论

在制作三维模型时，经常会采用各种平滑修改器。在实际制作过程中，增加平滑修改器的迭代数量，可以使模型表面更加平滑、细腻，但同时也会消耗更多的系统资源，使得电脑运行速度变慢甚至出现系统崩溃现象。那么，如何正确地使用平滑修改器？

III 实践与体验 III

几何体的基本操作

三维模型在场景中有一定的相互关系，这些关系包括大小、朝向、远近等，正确摆放三维模型是建模的基础能力。

本实践的目的在于，在用三维建模软件制作几何体模型的过程中，通过改变模型的大小并按要求摆放，感受三维场景中对象呈现效果，体验三维建模软件各种基本操作的综合运用。

实践内容：

通过制作与图2.2.25类似的模型，熟悉三维建模软件界面及基本操作。

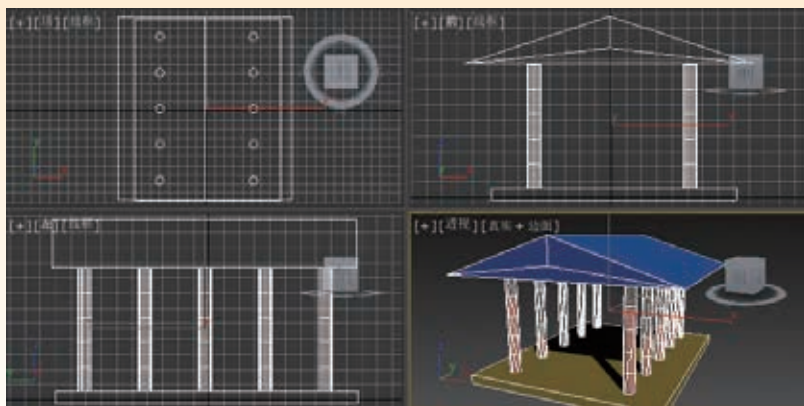


图2.2.25 利用基本体搭建模型

模型分析：

图中模型可以分解为三部分：屋顶、柱子与地基。其中地基最简单，可以直接创建一个长方体作为地基；柱子用圆柱体表示，创建一个圆柱体后进行复

制，保证所有的圆柱体统一尺寸；屋顶可以用棱柱表示。

实践步骤：

1. 创建地基。在顶视图中创建长方体，表示模型中的地基部分。
2. 创建柱子。在顶视图中创建一个圆柱体，利用各个视图移动物体并对齐。
3. 复制物体。选择一个圆柱体，按下 Shift 键不放并沿 y 轴拖动，在释放鼠标时弹出的“克隆选项”中，将“副本数”设置为 4，如图 2.2.26 所示。若要在改变任一圆柱体尺寸时，其他所有副本也会自动做相应改变，可选择“实例”方式。

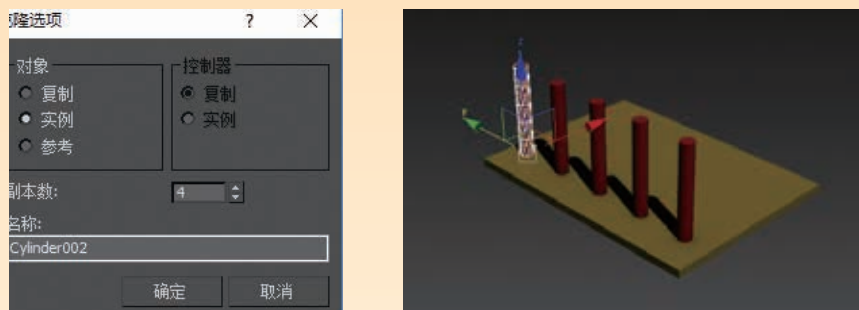


图2.2.26 复制圆柱体

选择这五个圆柱体，沿 x 轴进行复制。

4. 创建屋顶。切换到“扩展基本体”面板，选择其中的“棱柱”，在前视图中创建棱柱，调整大小并移动到合适的位置。如图 2.2.27 所示。

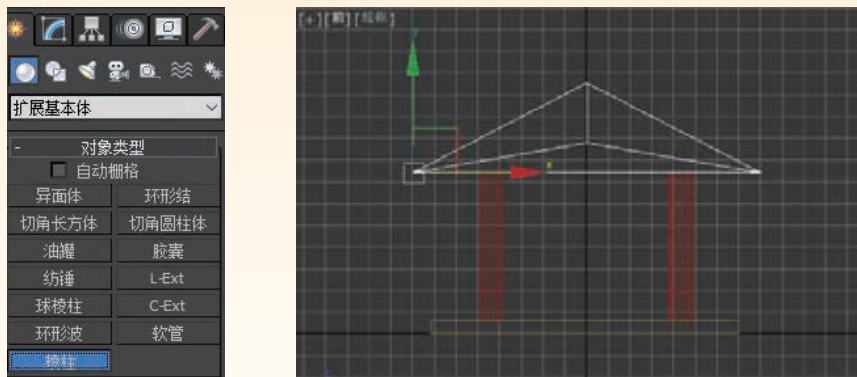


图2.2.27 创建屋顶

5. 保存模型。

讨论思考：

在三维建模时，如果要精确地对齐物体，还可以采用哪些方法？

思考与练习

1. 二维图形与三维模型有何区别？网上看到的三维立体画中的物体是三维模型吗？
2. 分析如图 2.2.28 所示的对象，说明采用基本几何体制作这些对象的过程与方法。

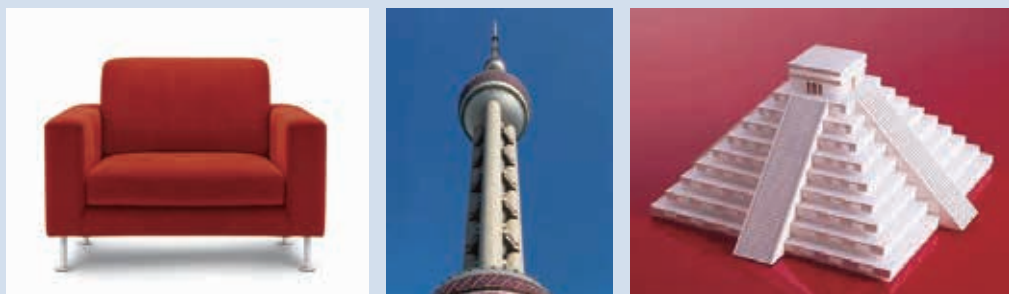


图2.2.28

3. 选择扭曲与弯曲修改器，将下图左边的长方体制作成右边的模型。

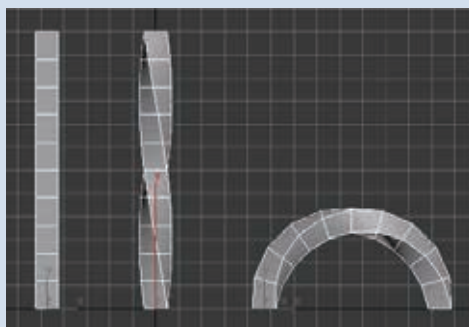


图2.2.29

4. 图 2.2.29 中的长方体在高度方向上分成了 10 段。如果不分段，是否还能制作成上图右边的模型？

2.3 三维模型创作

用基本几何体搭建出来的模型，只能表示一些简单的基本物体，表现形式也比较有限。而真实世界中的物体结构复杂、形态多变，因此，建立逼真的三维模型就需要运用更多的方法，如通过对基本几何体进行细化、变形、调整等操作来建模，或先绘制物体的轮廓，再根据绘制的二维图形制作其三维模型等。

本节所涉及的基本建模技术有：给二维图形增加厚度、旋转成形建模、放样建模、多边形建模等，这些属于三维建模的基础知识。综合运用建模技术，就可以创作出个性丰富、千变万化的三维物体。

2.3.1 二维图形的绘制

在学习和生产活动中，常用二维图形来表示三维物体，如绘制三视图就是一种常用的方法。三视图可以正确地反映物体的长、宽、高的正投影，如图2.3.1所示。这三种基本视图叫作正视图、左视图和俯视图。

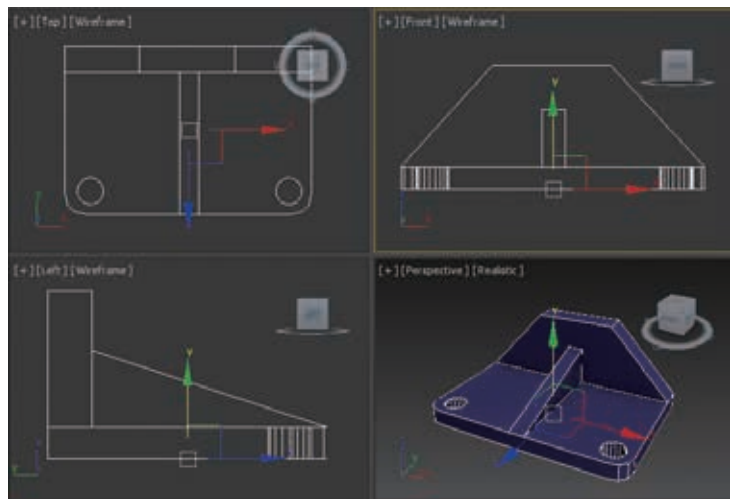


图2.3.1 模型的三视图表示

三维模型可以用二维图形表示，同样，二维图形经过适当加工也能成为三维图形，比如给予平面图形一定的厚度、根据剖面线条旋转成形、沿特定的路径放样等。各种三维建模软件一般都提供这些功能。

绘制二维图形是制作三维模型的基础。在一个平面内，沿物体的轮廓绘制顶点和曲线，从这个平面的垂直方向看，就是描绘在该平面内的二维图形。在三维建模软件中，二维图形一般由样条曲线构成，所谓样条曲线（spline curves）是经过一系列给定点的光滑曲线。最初，样条曲线都是借助于物理样条得到的，工程绘图人员为了将一些指定点连接成

一条光滑曲线，将富有弹性的细木条沿定点进行自然弯曲，这样的样条形成的曲线在连接点处具有连续的坡度与曲率，所绘制出来的曲线就是样条曲线。三维建模软件有专门绘制二维图形的工具，方便用户绘制平滑且精准的样条曲线。

在计算机辅助设计和计算机图形学中，样条曲线通常是分段定义的多项式参数曲线。由于样条曲线构造简单、使用方便、拟合准确，因此绘制样条曲线是这些领域中的常用方法。

如在3ds Max中，要绘制一条平滑的曲线，可以在曲线上的几个关键位置上建立顶点，将顶点类型改为贝塞尔顶点，就可以通过调整控制柄来调节曲线，如图2.3.2所示。

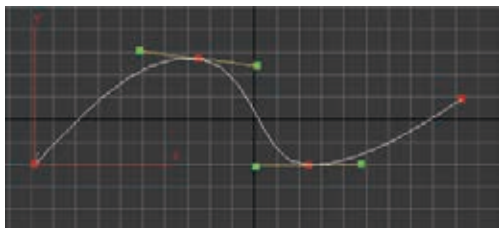


图2.3.2 贝塞尔曲线

拓展链接

贝塞尔曲线

贝塞尔曲线 (Bézier curve)，是用数学方程描述的曲线，由法国工程师皮埃尔·贝塞尔 (Pierre Bézier) 发明，他运用贝塞尔曲线来设计汽车的主体。

贝塞尔曲线是计算机图形学中相当重要的参数曲线。矢量图形软件可以绘制贝塞尔曲线，该曲线由线段与节点组成，节点是可拖动的支点，线段好比可伸缩的皮筋。一些成熟的位图软件也有贝塞尔曲线工具。

3ds Max 中，将样条线的顶点设置为 Bezier 顶点或 Bezier 角点，可建立贝塞尔曲线。通过改变顶点控制柄的位置，调整曲线的形状。

在三维建模软件中绘制二维图形一般可以采用以下方法：对于现实中已有物体建模，可以先导入相应的图片作为参考；然后根据物体特点，大致绘制出简单的轮廓；最后，调整各个顶点，使得线条与物体拟合。

●●● 例1 绘制猫的二维图形

参照图 2.3.3 中的物体，绘制如图 2.3.4 所示的二维图形。



图2.3.3 参考图片



图2.3.4 最终效果

绘制二维图形其实就是绘制各顶点，沿着图形的轮廓，在轮廓线的转折处建立各个顶点，再改变顶点的类型及位置，使得顶点之间的曲线与物体相拟合。

1. 建立参考图。根据图像大小，先创建一个与图像尺寸（或宽高比）一致的平面，将图像文件直接拖放到平面上，如图2.3.5所示。



图2.3.5 建立参考图

2. 绘制物体轮廓。选择“创建”面板中的“图形”按钮，利用“对象类型”面板中的“线”工具，沿图形轮廓绘制线段，并将最后一点与起点重合，在提示消息框中选择“闭合样条线”，绘制结果如图2.3.6所示。

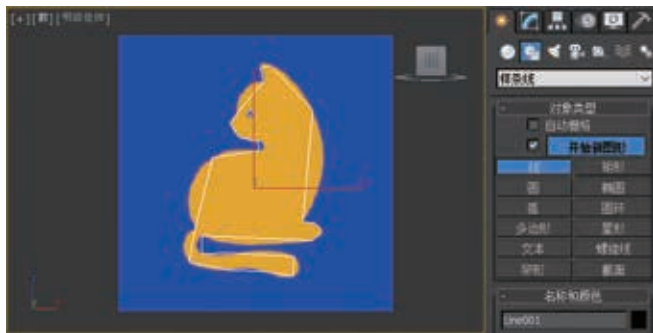


图2.3.6 绘制闭合样条线

3. 调整曲线。选择绘制好的线条，打开“修改”面板，在“顶点”层级的状态下选择所有顶点，右击鼠标，将这些顶点转换为Bezier顶点或Bezier角点（转折处），调整顶点的控制柄，使曲线与图形轮廓拟合，如图2.3.7所示。



图2.3.7 调整曲线

这种由线段与顶点组成的二维图形一般是无法渲染输出的，需要经过一定转换，使其成为三维模型，才能进行渲染输出。

问题与讨论

在绘制二维图形时，应该如何选择顶点的位置？顶点是不是越多越好？对于特定的图形，如何确定顶点应该转化为贝塞尔顶点还是贝塞尔角点？

2.3.2 给二维图形增加厚度

如图2.3.4所示用线条绘制的图形之所以称为二维图形，是因为该图形绘制在某一平面中，图形本身没有厚度。在三维建模软件中，从图形的正侧方（如图2.3.8中的顶视图与左视图）看，看到的是一条线段。这种图形可以通过给线段或面增加厚度，成为三维模型。

给线条增加厚度，实际上就是用多边形截面沿样条线铺设。多边形截面不同，呈现出的模型效果也就不同。

在3ds Max中，可以在“修改”面板中给线条增加厚度，分别勾选“在渲染中启用”和“在视口中启用”，就能在输出的作品中或视口中看到三维线条模型，如图2.3.9所示。

可以看出，与样条线垂直方向上排列了多个截面，这些截面的形状与大小可以在“渲染”面板中设置，如图中选择“径向”，表示截面为正多边形；设置边数为4，表示截面为正方形；改变“角度”值可以旋转这些截面。



图2.3.8 二维图形在不同视图中的表现

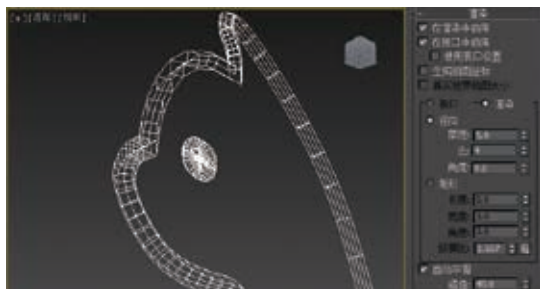


图2.3.9 线条转换成三维模型



图2.3.10 茶几模型

给线段增加厚度，有时可以简化三维模型的制作过程，一般适用于截面为多边形的图形，如绘制如图2.3.10所示的茶几模型。

茶几架木质部分的截面为矩形，可以绘制如图2.3.11左图所示的线条，在“渲染”面板中按右图设置，就可以完成该模型。

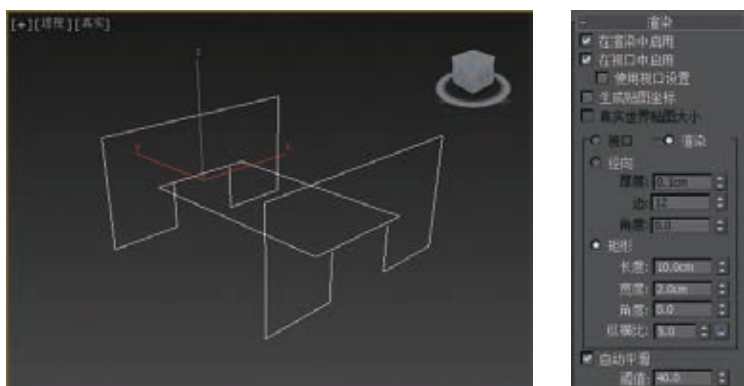


图2.3.11 用线条制作茶几架

对于如图2.3.8的二维图形，由于在制作时封闭了样条线，曲线就围成一个面，对这个面在其法线方向产生一定的厚度，也就是将该面产生一个副本，沿法线方向移动副本，封闭的边界与这两个副本就成了有厚度的物体。

在不同的三维建模软件中，将面沿法线方向产生厚度的方法的名称可能会有所不同，如有的称作“挤出”，有的称作“拉伸”。产生了厚度的面，从正前方看，还是与原来一样，当模型旋转一定的角度时，就能看到立体效果。若将建模软件的其中一个视口设置为透视图方式，就能实时看到制作效果。

拓展链接

法 线

三维平面的法线是垂直于该平面的三维向量。曲面上某点的法线为垂直于该点切平面的向量。

法线是与多边形的曲面垂直的理论线，一个平面存在无限个法向量。在计算机图形学的领域里，法线决定着曲面与光源的浓淡处理，对于每个点光源位置，其亮度取决于曲面法线的方向，即物体法线方向的表面能反射光线，从而使得该面可见。

●●● 例2 通过面挤出将二维图形转成三维模型

观察图2.3.8可知，二维曲线所在平面为xz平面，法线方向与y轴平行。对该平面进行挤出操作，就是沿y轴产生一定的厚度。

挤出操作较为简单，操作时选择封闭样条线，添加挤出修改器，设置适当的挤出数量，就能得到如图2.3.12所示的三维模型。

采用面挤出的方法，将二维图形快速转变成三维模型，这种建模方法快捷易用，但



图2.3.12 通过面挤出制作三维模型

其制作出的三维模型比较单一,一般还需要进行进一步处理。另外,通过面挤出的方式生成的三维模型,其侧面为垂直面,输出为真实物体时,边缘较为锋利。现实中的物品往往会采取倒角处理,在三维软件中也有类似的功能,如图2.3.13即为使用了“倒角”修改器制作的三维模型。

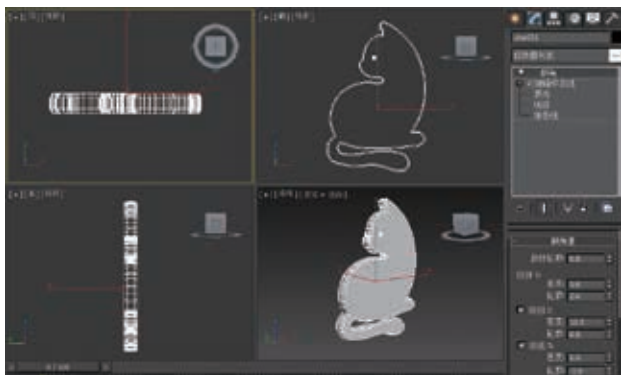


图2.3.13 采用“倒角”修改器制作的模型

问题与讨论

通过实际操作,分析在将二维图形中的面挤出制作三维模型时,对样条线有怎样的要求。

2.3.3 旋转成形建模

古代人在制作陶器时,采用了一种叫做拉坯成型的工艺:把粘土放在一个旋转着的平台上,在平台带动泥坯旋转的过程中,用手或工具进行塑形,就得到了截面为圆形的陶器,如图2.3.14。

工厂中的车床也是基于这一原理:用车刀在高速旋转的工件上进行车削,以此来制作柱状物体。如图2.3.15所示,将木料置于车床上,木料在车床带动下高速旋转,车刀从侧面与工件接触,削去多余的木料,使得工件成形。

在计算机中,三维软件利用这一原理,通过将平面上的线段按特定轴向旋转,使得二维图形变成三维模型。利用旋转成型的方法建模,需要确定被旋转的线条与旋转轴。

这种建模方法被各种三维软件广泛采用。在不同建模软件中,其名称有所不同,如在3ds Max中称为



图2.3.14 用拉坯成型法制作陶器

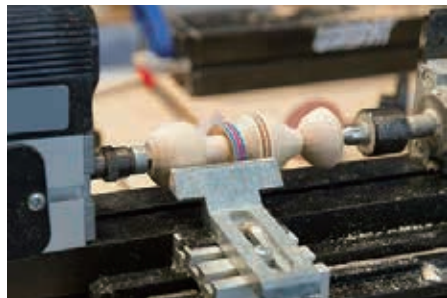


图2.3.15 利用车床制作工艺品

“车削”，在Rhinceros中称为“旋转成形”，在Maya中称为“旋转”，而在Blender中则称为“螺旋”。

旋转成型的方式一般适用于横截面为圆（或圆弧）的物体，只需用曲线工具勾勒出物体的侧面，然后使其沿中轴旋转即可。

●●● 例3 利用旋转成型的方法制作杯子的三维模型

下面的例子展示了如何用旋转成型法制作酒杯的三维模型。

在前视图中绘制如图2.3.16所示曲线，调整曲线顶点，使得曲线拟合物体的轮廓。这一过程中也可以使用参考图，使得绘制的曲线贴合物体。

选择曲线，应用“车削”修改器，建立一个酒杯状的模型，如图2.3.17。



图2.3.16 绘制曲线

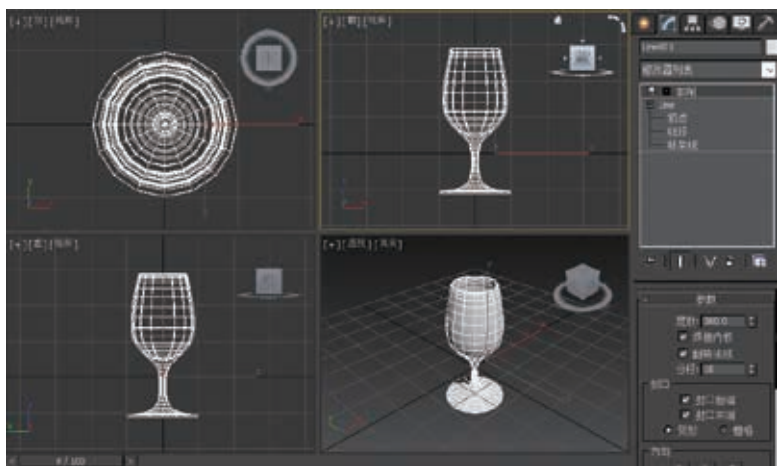


图2.3.17 旋转曲线建立模型

旋转成型建模可以按一定的角度建立模型，如图2.3.17所示，旋转角度为 360° 。也可以设置不同的旋转角度，从而制作出部分酒杯的模型，如图2.3.18所示的模型，是将“车削”修改器的角度参数设置为 270° 得到的。

利用线条旋转成型的模型，其横截面为圆形，且横截面的圆心位于同一条直线上，如果截面为方形或不规则形，或横截面中心点不是位于同一直线上，那么就无法使用这一方法建模。



图2.3.18 旋转 270° 建立的模型

2.3.4 放样建模

在现实世界中，有很多物体的截面是一致的，如图2.3.19所示的高速公路、石膏线等，但它们不是由某条曲线沿中心线旋转而成。

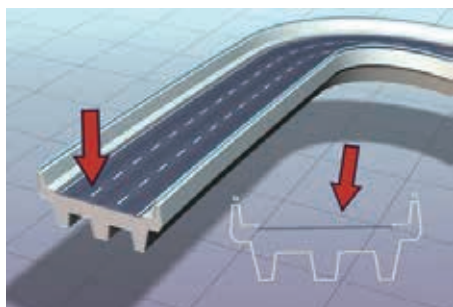


图2.3.19 高速公路与房顶的石膏线

观察这些物品可以发现，它们的横截面始终垂直于某条曲线（直线），就好比将横截面沿着预设好的路径铺设过去，从而形成三维模型。

让横截面沿着路径铺设的建模方法称作放样建模，前面提及的两种将二维图形转变为三维模型的方法——挤出与旋转成形，也可以用放样的方法予以实现。现实中可以放样的物品还有许多，如长号与螺丝刀的放样。

长号为生活中常见乐器，如图 2.3.20 所示，它的主体部分可以理解为一个圆沿着弯曲的路径进行铺设，如图 2.3.21 所示。



图2.3.20 长号



图2.3.21 建立长号模型的路径与截面

与高速公路和石膏线不同的是，它的喇叭部分的截面是变化的，这一问题在三维建模软件中可以通过按路径位置调整截面大小来解决，如图 2.3.22 所示为 3ds Max 中放样物体的缩放变形面板。在放样建模时，调整缩放变形中的曲线，即可根据不同的路径点对放样物品的横截面进行缩放。

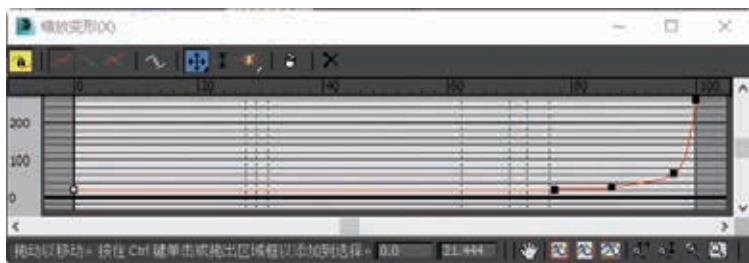


图2.3.22 缩放变形面板

通过在路径上插入角点，然后将要平滑处理的角点转变为贝塞尔点，适当调整角点的位置及贝塞尔控制柄，可以得到如图 2.3.23 所示的长号模型主体。

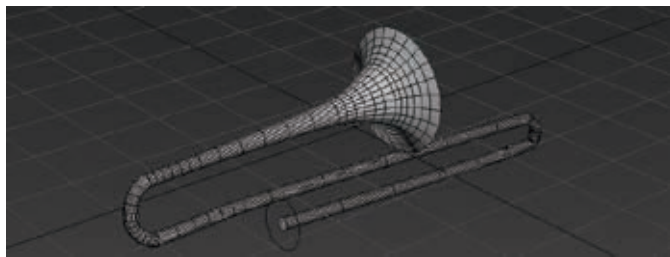


图2.3.23 长号模型主体

用放样的方法可以建立更为复杂的模型。如图2.3.24所示是一把常见的螺丝刀，以它的中轴线作为路径，虽然沿这条路径的截面大小、形状都不同，但此模型仍可通过放样工具来制作，具体方法就是在路径上的不同位置设置相应的截面，如图2.3.24左图所示的螺丝刀，可以通过一条路径与五个截面的放样，来制作其模型，这些截面的排列大致如图2.3.25右图所示。将截面放在路径的相应位置上时，还应考虑不同截面之间的过渡。



图2.3.24 螺丝刀

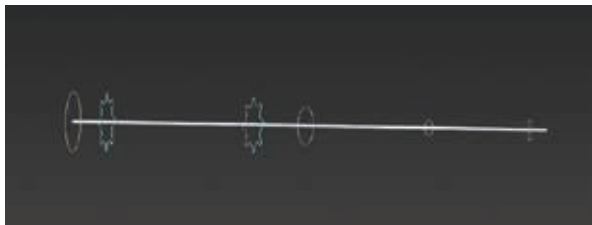


图2.3.25 螺丝刀的路径与截面

●●● 例4 用放样工具制作螺丝刀模型

根据图2.3.25，需要绘制一条直线与5个不同形状的截面。如图2.3.26所示，直线作为放样的路径，5个图形为路径上不同位置的截面，其中最后一个矩形为螺丝刀的刀头部分。

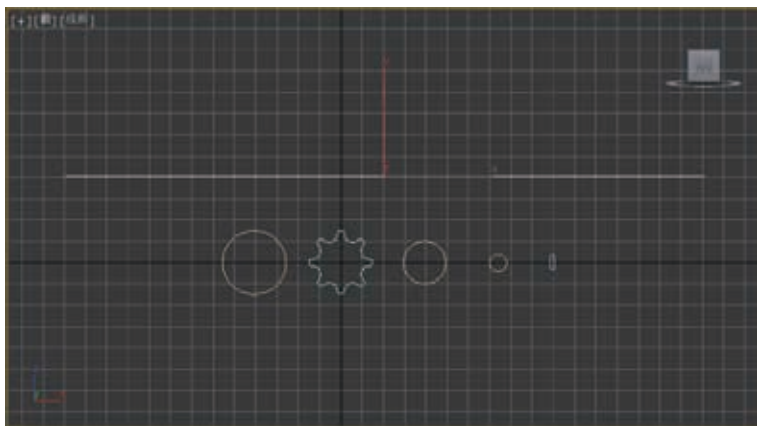


图2.3.26 绘制路径与截面图

路径从始端至终端，按百分比标示不同的“路径级别”，始端为0%，终端为100%，在不同的位置放置相应的截面，对截面进行适当调整，最终可得模型如图2.3.27所示。

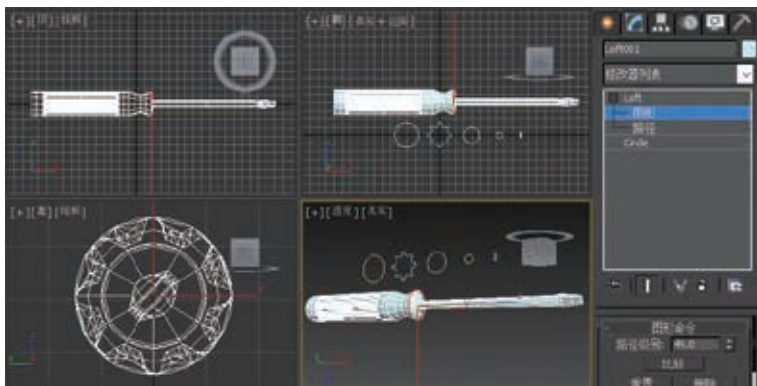


图2.3.27 放样完成后的模型

问题与讨论

在建模时，哪些模型适合用车削（旋转）制作，哪些模型适合用放样制作？这两种建模方法是否同时适用于制作某个模型？

2.3.5 多边形建模

用计算机软件进行三维建模，最常用的方法有NURBS建模和多边形建模。

NURBS是专门做曲面物体的一种造型方法。NURBS造型由曲线和曲面来定义，利用这一特点，可以做出各种复杂的曲面造型来表现特殊的效果，如人的皮肤，面貌或流线型的跑车等。Rhino就是采用NURBS建模方法的软件。

多边形建模是用多边形网格表示物品模型的一种方法。多边形是有多个边的直边形状，由三维点（顶点）和连接它们的直线（边）定义，建模时通常使用三角形或四边形。多边形的内部区域称为面，将多个面连接到一起时，这些顶点或边会创建一个面网络，称为多边形网格（也称为多边形集或多边形对象）。多边形网格通常共享各个面之间的公用顶点和边，这些顶点或边称为共享顶点或共享边。多边形网格也可以由多个不连贯的已连接多边形集（称为壳）组成。网格或壳的外部边称为边界边。

使用多边形网格可创建三维多边形模型，如图2.3.28所示。3ds Max和Blender是常见的多边形建模软件。

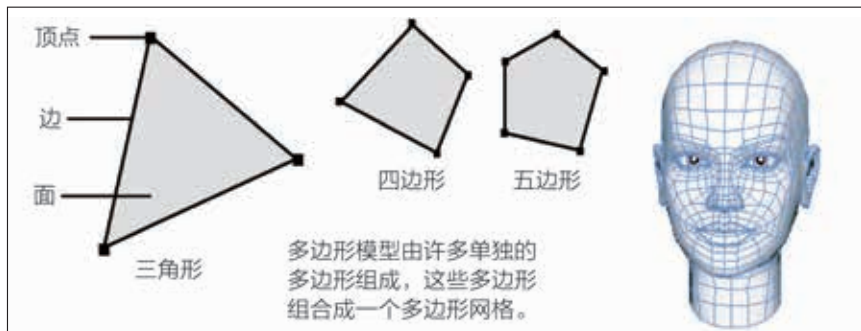


图2.3.28 多边形及其相关元素

顶点、边和面是多边形的基本组件，使用这些基本组件可选择和修改多边形。在编辑多边形时，可以单独选择顶点、边、面（多边形）进行操作，如图2.3.29所示，选择4个面（多边形）进行挤出操作，制作出凳腿。

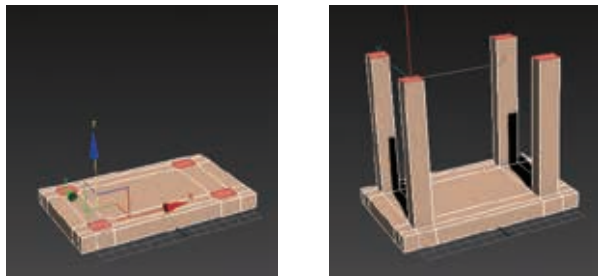


图2.3.29 多边形模型中的面挤出

也可以直接选择顶点或边进行操作，如图2.3.30所示为顶点的移动。

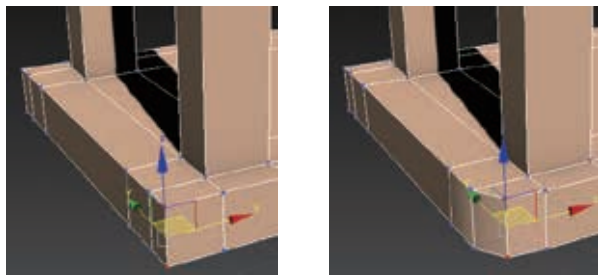


图2.3.30 移动多边形模型中的顶点

多边形建模从技术角度来讲比较容易掌握。在创建复杂表面时，由于细节部分可以任意加线，因此在结构很复杂的模型中它便能体现出优势。

多边形建模可以从基本几何体开始，也可以将已有模型转化为多边形模型后再编辑。在建模过程中，选择合适的基本体可以起到事半功倍的效果，如足球建模就可以选择“十二面体/二十面体”为基本体。

●●● 例5 用多边形建模制作足球模型

足球有三十二个面，这些面分别是12个正五边形和20个正六边形，如图2.3.31所示。创建一个二十面体作为基本模型，如图2.3.32所示。



图2.3.31 足球

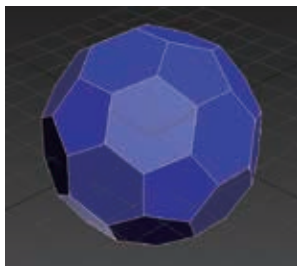


图2.3.32 创建二十面体

足球五边形与六边形之间有拼接缝，要将每个面分割开来，可以用多边形子物体的边去切割几何体。

五边形与六边形是平面图形，可以为它们添加“球形化”修改器将其变成球体，但因为缺少足够的细节，在添加“球形化”修改器前要先将这些面进行细分。细分的方法有很多，如选择所有的多边形子物体，单击细化按钮，也可以为物体添加“网格平滑”修改器。细化物体后，再添加“球形化”修改器将物体变成球体，如图2.3.33。

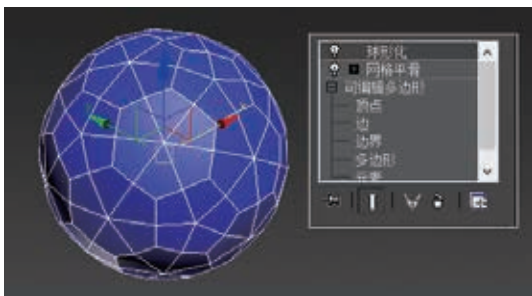


图2.3.33 网格平滑与球形化修改器

为物体添加“编辑多边形”修改器，此修改器的功能与将物体转换为“可编辑多边形”类似，只是添加的修改器可以删除，较为方便。然后以物体的“多边形”子物体选择所有的面(多边形)，单击“挤出”按钮，将面挤出适当的高度，使得面与面之间出现裂隙。

添加“网格平滑”修改器，选择“细分方法”为“四边形输出”，修补裂隙间的破口，给“迭代次数”设置适当的数据(过高的“迭代次数”会消耗更多的系统资源)，如图2.3.34所示。

将足球按五边形与六边形分别设置为两种颜色，经过渲染，可得如图2.3.35所示的三维图形。

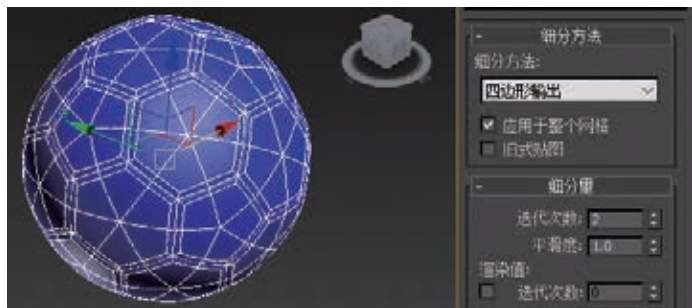


图2.3.34 添加网格平滑修改器



图2.3.35 足球模型

多边形建模可以制作复杂的三维模型，只需在空间中自由地调整顶点、边、面这些子物体元素，就能灵活地改变模型的形状。丰富实用的多边形建模工具既简化了模型制作的过程，也可以使得模型更加真实、细腻。

多边形建模也可以对从二维图形转换而成的三维模型进行再编辑。在3ds Max中，由挤出、旋转所获得的三维模型，要先转换为可编辑多边形，然后利用多边形建模工具进行再创作。如图2.3.36所示的文物，可以先进行旋转成形完成其主体部分，再转换成可编辑多边形后完成其余部分。

●●● 例6 文物建模

观察图2.3.36所示的文物，发现其盖子与下方部件是独立的，在建模时可以分开制作。

1. 旋转成形。在前视图中创建一个平面，将文物图片直接拖放到平面上，作为参考图。沿着参考图，用“线”工具绘制文物边缘轮廓线，如图2.3.37所示。

为轮廓线添加“车削”修改器，完成文物下方主体部分，如图2.3.38所示。



图2.3.36 文物



图 2.3.37 绘制轮廓线



图2.3.38 旋转成形

2. 转换为多边形。将旋转成形的模型转换成可编辑多边形，方法是：在模型上右击鼠标，选择“转换为可编辑多边形”，或为模型添加“编辑多边形”修改器。

3. 编辑多边形。两边把柄单独制作后再进行拼接。若要保持模型的整体性，可以选择模型的部分面进行挤出，下面是面挤出的简单操作过程。

选择左视图，发现要挤出的面过大，可以给模型添加线进行细分。在3ds Max软件中，加线常用“连接”功能完成，而在此处，用“快速循环”工具则更为方便。加线后的模型如图2.3.39所示。

选择两个面进行分段挤出，每挤出一段就进行适当的旋转、缩放，直到完成把柄部分的建模，如图2.3.40所示。

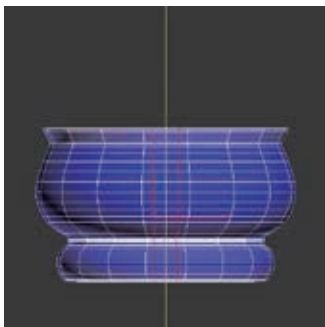


图2.3.39 加线细分



图2.3.40 把柄制作

右侧的把柄与下方的立脚可以用类似的方法制作完成。若要提高建模效率，右侧的把柄也可以通过“对称”修改器进行建模。为模型添加“对称”修改器后，在制作模型时，其对称部分模型会自动同步生成。

三维模型是制作三维作品的基础，一个三维作品中往往有多个三维模型，这些模型按一定的大小、位置放在特定的三维场景中，组成一个整体。各种模型建立好后，可以建立

模型库，在以后制作三维模型时，导入到场景中进行适当的设置与修改即可快速生成新的模型。也可以在网上下载一些免费的模型，直接合并到自己的场景中，在合并时应考虑物品的单位设置，调节物品的大小、位置，使得物品与场景中的其他模型融为一体。

在一定的应用需求下，三维建模包括场景建模、人物建模、物品建模等分类。场景作为其他模型的容器，可以是山川河流，也可以是一个房间、一个盒子等，这些场景建立后，点缀相应的模型。如建立一个建筑物场景（图2.3.41），周围还可建立道路、树木、路灯、行人等元素。这些元素大多不必专门建模，多数三维软件都提供了一些标准化的插件，用户可以通过简单设置，在场景中直接放置这些模型。



图2.3.41 三维场景

另外，还需考虑光照、材质、环境等因素，建立模型时应考虑到这些因素，如阳光下的行人、树木、建筑等模型，应有相同方向的投影。

III 实践与体验 III

制作莫比乌斯环

1858年，德国数学家莫比乌斯和约翰·李斯丁发现：把一根纸条扭转 180° 后，两头再粘接起来做成的纸带圈，具有奇妙的性质。普通纸带具有两个面（即双侧曲面），一个正面，一个反面；而这样的纸带只有一个面（即单侧曲面），一只小虫可以爬遍整个曲面而不必跨过它的边缘，如图1.2.2所示。这种纸带称为“莫比乌斯带”，也叫作莫比乌斯环。莫比乌斯环的三维模型如图2.3.42所示。



图2.3.42 莫比乌斯环模型

实践内容：

用长方体表示纸环，制作莫比乌斯环。

实践步骤：

1. 制作长方体，设置多个分段，如图2.3.43所示。
2. 将该长方体按x轴向扭曲180°，如图2.3.44所示。

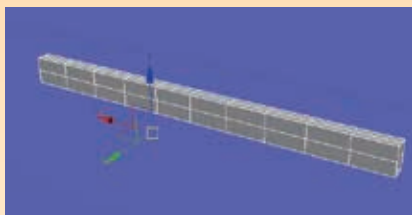


图2.3.43 制作长方体



图2.3.44 将长方体扭曲180°

3. 再沿z轴弯曲360°，即可首尾相接，形成莫比乌斯环，如图2.3.45所示。
4. 给模型添加“涡轮平滑”或“网格平滑”，使模型平滑。如图2.3.46所示。

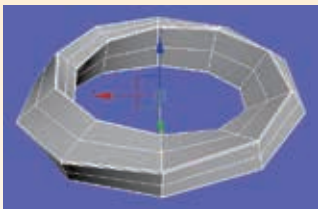


图2.3.45 将长方体弯曲360°

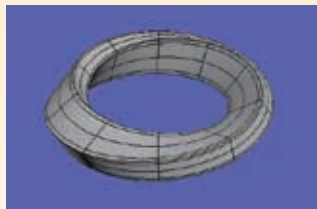


图2.3.46 为模型添加平滑修改器

5. 保存文件。

讨论思考：

根据上述实践步骤产生的三维模型，其首尾连接时顶点是重叠的，这样的模型看上去是一个环形，实际上存在断裂之处。查找相关资料，讨论如何解决这个问题，并进行实际操作，消除模型中的重叠顶点，使模型真正成为一体。

思考与练习

1. 生活用品中，有哪些物品适合用车削（旋转成形）建模？哪些物品适合放样建模？
2. 分别用车削与放样制作如图2.3.47的陀螺模型，比较两者的区别。
3. 在创作模型时，用户看到的是模型的表面，其内部是怎样的呢？



图2.3.47 陀螺模型

2.4 三维模型渲染

三维模型建立后，是以点、线、面组成的线框图形式呈现，如图2.4.1所示，这种模型可以精确表示物体的轮廓，但与真实物品相去甚远，所以，还要对三维模型进行进一步的创作。对作品经过适当的设置、美化，如为模型添加材质，在场景中建立灯光，最后输出接近真实的三维图形，如图2.4.2所示。

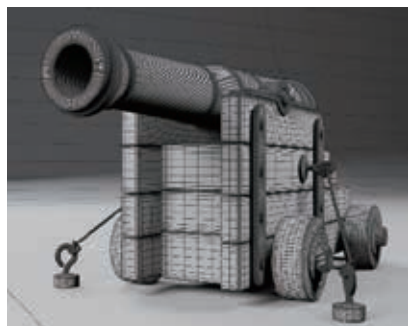


图2.4.1 三维模型



图2.4.2 渲染作品

人们看到的三维模型只是其表面部分，改变三维模型的表面形式可以看到物品不同的效果。人们在长期的工作、生活经历中，已经形成了对这个世界的客观认识，比如，他们可以轻易地分辨出木质与铁质物体，因为这些物体的表面是不同的。同样，在三维建模时，对同一模型经过适当的设置，可以改变它的表现形式，使其呈现不一样的效果，如图2.4.3所示。



图2.4.3 同一模型的不同显示效果

渲染是指用软件从模型生成图像的过程。模型表面的显示特性与材质及光照有关，在三维软件中，可以赋予模型材质，建立灯光系统，调整物体的最终形式，最终渲染出所需的三维图像。

三维建模软件一般自带渲染器，此外，还提供第三方渲染器接口。常见的渲染器有V-Ray，mental ray等，提供更多功能及更逼真的效果。

渲染一般分为图像渲染与视频渲染，后者其实是一组图像序列，所以视频渲染也可以理解为多幅图像的渲染。^①

^① 视频渲染将在后面章节学习，本节只涉及图像渲染。

2.4.1 物体质地的表现

三维模型可以用多种方式表示，最常见的是线框图形式，模型表面被网线包围，此时看不出模型是什么质地。要使三维模型表现出不同的质地，就要赋予模型各种材质，材质用来指定物体的表面或数个面的特性，它决定这些平面在渲染时的特性，如颜色、光亮程度、自发光度及不透明度等。指定到材质上的图形称为“贴图”。

三维软件中贴图又称纹理贴图，在计算机图形学中是指把存储在内存里的位图包裹到3D渲染物体的表面的过程。纹理贴图给物体提供了丰富的细节，用简单的方式模拟出了复杂的外观。一个图像（纹理）被贴（映射）到场景中的一个简单形体上，就像印花贴到一个平面上一样。这大大减少了在场景中制作形体和纹理的计算量。例如，可以创建一个画框并把一幅现成的名画贴在上面，这样就不用处理画框中的具体内容了，如图2.4.4所示。

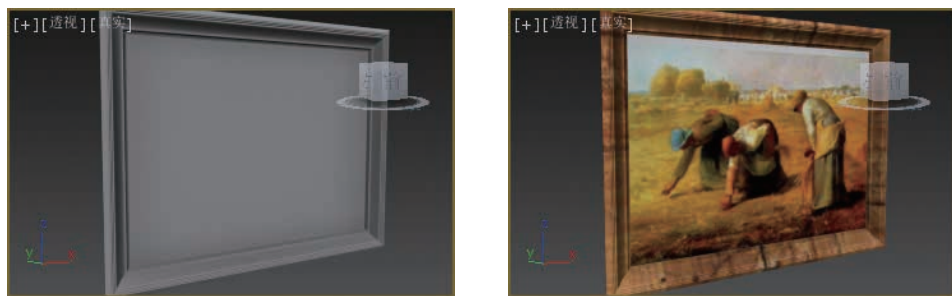


图2.4.4 画框模型与贴图

使用纹理贴图简单高效，图像素材来源较多，在搜索引擎中搜索“纹理贴图”，可以看到大量的素材，如图2.4.5所示。

在建模时，要让模型表现出预期的质地，除了使用贴图的方法，还可以设置模型的材质。材质可以看成是材料和质感的结合。在渲染时，它综合计算表面各可视属性，如表面的色彩、纹理、光滑度、透明度、反射率、折射率、发光度等，最终以像素的方式表示出来。正是这些属性，让人们识别出三维模型的材质。

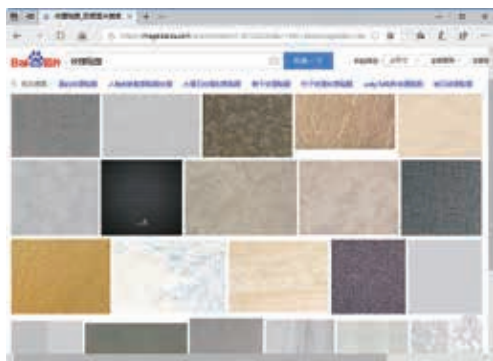


图2.4.5 贴图素材

●●● 例1 为模型设置相关材质

打开P49例2中制作的模型，打开材质编辑器，如图2.4.6所示。

选择一个材质球，将其设置为金属材质，设置环境光与漫反射均为黄色，观察材质球，设置合适的高光级别与光泽度，如图2.4.7所示。

为了使模型更加真实，可在“贴图”面板中点击“反

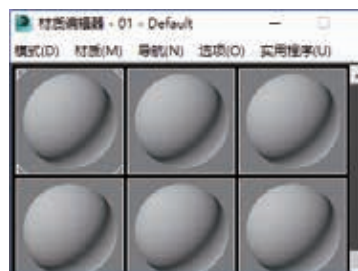


图2.4.6 模型与材质编辑器

射”栏，选择“光线跟踪”。光线跟踪是一种真实地显示物体的方法，是计算机图形学的核心算法之一。设置如图2.4.8所示，渲染结果如图2.4.9所示。



图2.4.7 设置材质参数



图2.4.8 设置反射参数

金属材质一般带有较强的反射光，如果场景中没有可以反射的物体或环境，模型就会显得呆板，可以打开“渲染”菜单下的“环境”命令，添加一张合适的图像，图像中的内容就会被模型反射，增加三维图形的真实感，如图2.4.10所示。



图2.4.9 渲染结果



图2.4.10 添加背景图的渲染结果

现实中有些物体是透明或半透明的，如大气、玻璃、水等，设置这种材质时，要考虑光线的折射。三维软件在编辑材质时，可以输入材质的折射率，使得物体表现出透明特征，如图2.4.11。

有些物体自身可以产生光源，称为自发光物体，如恒星、灯具等。在渲染时，对于自身能发光的物体，要考虑其对环境的影响程度。



图2.4.11 模型的折射

第三方渲染器为用户提供了更加便捷、高效的材质设置。如mental ray编辑器中的arch+design，提供了一组现成的材质模板，用户通过简单设置就能选择相应的材质，对于初学者尤为方便。如图2.4.11中的模型，即为选择其中的玻璃材质后渲染而成。

问题与讨论

在现实世界中，一个真实的物体常常由多种材料组成，如图2.4.4中的模型由画框与画纸两部分组成，两者的材料不同。在给这类模型贴图时，哪些因素可能会影响贴图的效果？

2.4.2 光影效果的表现

客观世界中人类肉眼直接看到的都是可见光，当光线投射到物体表面时，会产生受光面与背光面，在素描中，将这种光影效果分为受光面（亮面）、侧光面（灰面）、背光面（暗面）。

如图2.4.12所示，物体受光线直射的部分为亮面，背光的部分称为暗面，两者之间的部分称为灰面。投影是物体投射到其他物体（如地面）上的影子。

在三维建模时，可以通过灯光设置来模拟现实中的光照，达到逼真的效果。这些灯光包括灯具、太阳及其他照明设备产生的光。不同种类的灯光对象用不同的方法投影灯光，模拟真实世界中不同种类的光源，如图2.4.13所示。



图2.4.12 物体的光照效果



图2.4.13 室内灯光照明设置

为了使场景的外观更逼真，可以添加合适的灯光。除了获得常规的照明效果之外，灯光还可以用作投影图像，也能控制灯光的亮度来模拟夜晚效果，如图2.4.14所示。

三维软件都有自己的一套照明系统，灯光放置的位置是固定的，当用户要建立自己独特的场景时，可以个性化地添加并设置灯光系统。比如在3ds Max软件中，当用户没有在场景中建立灯光时，会使用默认的照明系统着色或渲染场景。而一旦用户建立了灯光对象，就会替换默认的照明。3ds Max提供了两种类型的灯光：光度学灯光和标准灯光。

光度学灯光使用光度学（光能）值，通过设置这些值可以精确地定义灯光。例如，用户可以设置它们的分布、强度、色温和其他真实世界灯光的特性，也可以导入照明制造商的特定光度学文件以便设计基于商用灯光的照明。

标准灯光可以模拟太阳光或各类灯光，如家用或办公室灯，舞台和电影工作时使用的



图2.4.14 灯光烘托逼真效果的夜间场景

灯光设备。不同种类的灯光对象可用不同的方法投影灯光，模拟不同类型的光源。与光度学灯光不同，标准灯光不具有基于物理的强度值。

三维建模软件还提供了模拟太阳光，用户可选用日光系统或太阳光系统，前者是光度学灯光，后者使用标准的平行光。用户还可根据需要设置日期、时间和模型的地理位置，来模拟真实的场景。

2.4.3 视角与视野的调整

摄影机用于从视图的特定位置观察场景，通过调整摄影机的参数，在摄影机窗口中编辑模型、设置灯光，能够准确地控制渲染效果，更好地制作模型与动画。

摄影机是一种特殊的对象，当场景中建立摄影机后，各视口既能以视图方式显示，也能以摄影机视图显示模型。摄影机视图也是一种透视图，它的显示效果既可以通过改变摄影机的位置与状态来调节，也可以通过摄影机的参数进行控制，这样就能够更好地表现场景的特殊效果。摄影机可以模拟人的眼睛来观察周围，让使用者有身临其境的感觉，还能通过摄影机动画在场景中漫游。

三维软件中的摄影机，与实际的摄影机有相似之处，比如都可以通过设置焦距来调节视野，有的还可以通过光圈来调节曝光度。

在摄影领域，一般称焦距为 50mm 的镜头为标准镜头，这种镜头最接近人眼睛的视域范围，是最常用的镜头。焦距小于 50mm 的镜头为广角镜头，拍摄的画面范围比标准镜头拍摄的大，即视野更大，可用于拍摄整个场景。焦距大于 50mm 的镜头为长焦镜头，拍摄的画面范围比标准镜头拍摄的小，但更接近目标物体，一般用于拍摄远处的目标。如图 2.4.15 显示的场景，从左往右依次将摄影机焦距设置为 24mm、50mm、85mm 所拍摄的，显然焦距越大，视野越小。



图2.4.15 焦距与视野

通过设置摄影机的景深范围，可以使其更接近人眼观察物体的特点。景深是指摄影机镜头能够取得清晰图像的距离范围，超过这一范围图像产生模糊。固定光圈时，镜头的焦距越大，景深越浅。利用镜头的这一特性，在摄影时，有时为了突出要表现的主体，用长焦镜头拍摄近处物体，以产生独特的效果，如图



图2.4.16 图像的景深

2.4.16所示。在三维软件中，设置正确的景深可以更好地表现场景。

3ds Max 软件为用户提供两种标准摄影机：目标摄影机与自由摄影机，用户还可通过安装第三方渲染器添加其他摄影机。

目标摄影机是从摄像点拍摄目标物体产生场景的渲染效果。这种摄影机具有摄像点和目标点，容易控制。通过调整摄像点和目标点可以改变摄像的方位和渲染效果，能够实现跟踪拍摄。

自由摄影机与目标摄影机的参数基本相同，只是没有目标点。要对准拍摄的物体，只能通过移动、旋转等工具进行调整，因其使用灵活，常用于浏览动画。

建模完成后，经过设置材质、建立灯光与摄影机，就可以渲染输出了。渲染是将模型的线框图转变为具有真实感模型的过程，由渲染器完成。在渲染场景时，可以添加一些环境因素来烘托场景的效果，如模型的表面有较强的反射时，环境中的物体为其提供反射素材，可以使渲染出的模型更加真实。

2.4.4 模型的组合

用软件建模制作出个性化的模型后，用户可以根据需求制作与之相符的场景，也能凭借想象力创造出抽象的作品。但这种建模方法费时费力，事实上，有些大同小异的模型可以相互套用，只要将已有的模型导入场景中，经过简单修改，避免重复制作。

将制作好的模型按一定文件格式保存，这些模型可在其他三维建模软件中继续编辑，相互组合后可以形成更加复杂的作品。

将三维模型文件按一定的格式输出，提高了文件的共享性。多年来，图形工作者已经制作并积累了大量的模型文件，并放在网站上共享，用户可以根据需求下载相应模型。这些模型中有相当一部分是免费提供的，如图2.4.17所示。



图2.4.17 网上免费下载的模型

三维场景通过渲染输出的图像文件，还可以在图像编辑软件中进一步制作，使得场景更加美观、逼真。如渲染为BMP格式的图像文件，可以继续用Photoshop软件进行编辑。

●●● 例2 在3ds Max中，导入平面图纸，建立房间模型，将下载的免费模型放入场景

将网上下载的AutoCAD文件导入到视口中，打开顶点捕捉，选择“几何体”下的

AEC扩展中的“墙”，住宅的内墙厚度（宽度）设置为12cm，高度为260cm，如图2.4.18所示。

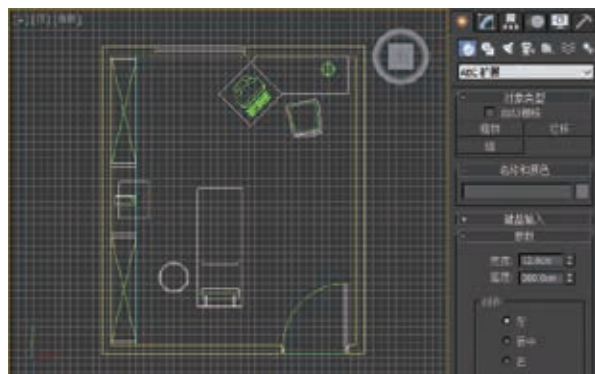


图2.4.18 导入AutoCAD图纸

沿着外轮廓线绘制墙体，在上方窗户的位置上绘制一个长方体，通过布尔运算，用墙体减去长方体，如图2.4.19所示，即可在墙上开出一个窗洞，在此位置放置一个窗户模型。

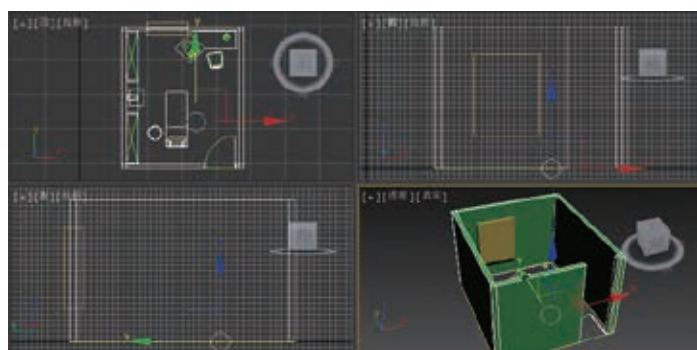


图2.4.19 采用布尔运算操作开窗

为场景添加灯光和摄影机。由于房间的空间较小，因此可以选择广角镜头，以观察到更大的视野。调整摄影机位置，将透视图改为摄影机视图，如图2.4.20所示。

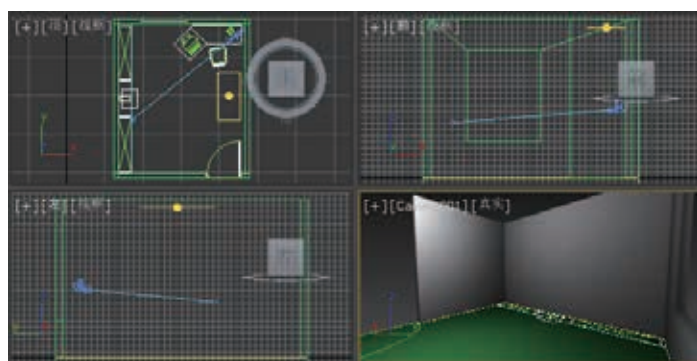


图2.4.20 设置灯光与摄影机

导入书桌与书架的模型文件，通过移动、旋转，将导入的模型放到合适的位置。如果导入的模型过大或过小，可进行整体缩放操作，如图2.4.21所示。

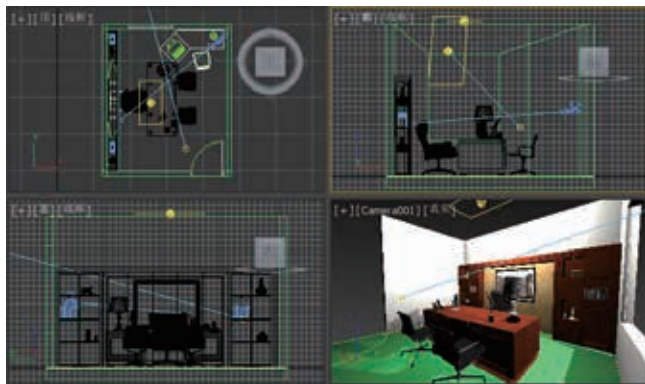


图2.4.21 修改并放置导入的模型

III 实践与体验 III

蓝色星球

浩渺宇宙，繁星点点，一颗美丽的蓝色星球，出现在镜头中。这是一段常见的展现地球的视频片段，如图2.4.22所示。现在，运用三维建模技术来表现这一场景。

作品可以简单看作两个球形模型与星空背景的组合，其中模型部分用球体，星球表面地形、云层等元素可通过贴图表现。地球贴图可以分为以下几层：地形、云层、大气层，本实践只涉及前两者，至于大气层的制作，可参考相关资料自行学习完成。制作星空背景最简单的方法是用一张图像放置于星球背面，本实践通过在3ds Max软件中的“环境与效果”的设置来实现。

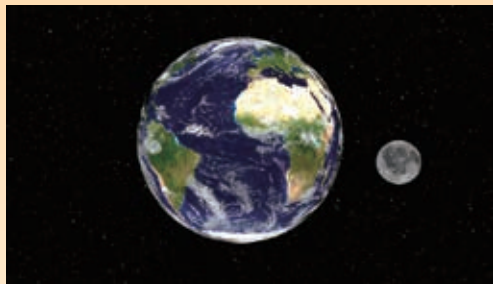


图2.4.22 地球与月球的模型

实践内容：

利用3ds Max建模软件与V-Ray渲染器制作地球与月球模型。

实践步骤：

制作本场景可以大致分为素材准备、模型制作、材质贴图、背景设置、渲染调试几部分。

1. 素材准备。查阅地球、月球的半径数据，搜集用于制作地球与月球模型的各种贴图。如图2.4.23，图2.4.24，图2.4.25所示的图像可分别用来表示地球的表面、凹凸、云层等元素。



图2.4.23 表面贴图



图2.4.24 凹凸贴图



图2.4.25 云层贴图

2. 模型制作。制作两个半径不同的同心球体，分别用于表示地球的地形和云层，其中表示云层的球体半径略大。类似地，按比例制作月球模型。

3. 模型贴图。选择地球模型，将表面贴图应用于该模型，在材质编辑器的贴图（Maps）中设置“漫反射”（Diffuse）为地球表面图片；在“凹凸”（Bump）中选择凹凸贴图图片。用相似的方法完成月球表面贴图，如图2.4.26所示。

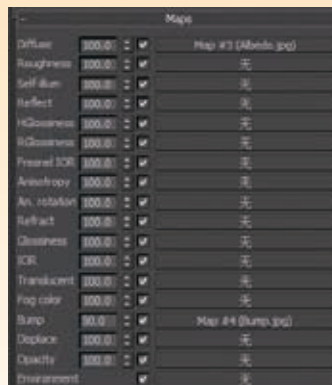


图2.4.26 表面贴图与凹凸贴图

4. 背景设置。选择一张星空背景的图片应用于场景中作为背景，也可以在背景中设置黑白噪点进行模拟。

5. 渲染调试后保存文件。

讨论思考：

给地球加入大气层，将会使地球更加美丽、真实。如何制作逼真的大气层？

思考与练习

1. 对物体表面贴图与设置物体的材质有何区别？
2. 当场景中灯光较多时，如何使各个模型呈现合理的投影？

巩固与提高

1. 设计并制作一张书桌与四把椅子，把它们合理地组合在一起。
2. 制作一个地球仪，在网上下载一张地球外貌贴图，将贴图素材设置在球体表面，并设置架子的材质。将制作好的地球仪模型放置于上题的书桌模型上，调整位置、大小、角度，保持场景的协调性。
3. 制作一个建筑物外观，充分利用三维软件提供的楼梯、栏杆、门、窗等工具，来提高建模效率，并在建筑物周围建立花草、树木。
4. 在网上下载免费模型，合并到自己的作品中。为作品建立灯光、摄影机、环境（背景）等，使得场景完整、美观。
5. 对自己创作的作品进行渲染与调试。根据渲染结果适当调整作品的结构、材质、贴图、灯光等因素，将渲染出的作品进行再创作（如将渲染成的图像用Photoshop等软件进行美化、修饰）。

项目挑战

教室改造创意行动——构建3D教室模型

教室是我们学习与交流的主要场所，每位师生都希望它是舒适、便利、有利于教与学的。现学校拟开展一个名为“教室改造”的创意作品大赛，同学们以小组形式参赛，要求在教室空间大小、学生数量不变的情况，通过三维设计形式呈现出同学们心目中的理想教室。

本教材第二章到第四章的项目挑战部分，同学们将与自己的学友组成团队，以三维建模—三维动画—发布作品参加大赛为线索，以每一章的学习内容为支持，完成一个“改造后的教室”三维作品的设计与制作工作。

▶ 项目任务

以小组为单位，发现自己班所在教室的不足，设计改进方案，并构建3D教室的模型。

▶ 过程与建议

1. 了解需求，发现问题

仔细观察现实中的教室，结合日常使用感受，列出要改造的内容。如桌椅的尺寸与样式、每个座位的视角与距离、灯光的色调与亮度等。

另外，还可以代入教师的角色，观察现实教室中的环境与布置有哪些不便，如储物空间、讲台的位置与大小、讲课时的各种展示设备等。

以表格的形式制作需求清单。

2. 寻求解决方案，快速原型

以表格的形式列出上述问题，集思广益提出解决方案。根据方案绘制草图，在三维建模软件中进行简单布置，观察空间的合理性。如根据班级人数，创建长方体来表示桌子与椅子，分布于教室中，观察不同的布局带来的空间变化，从中找到最合适的一种。

注意：场地的大小与结构要与现实教室一致。

3. 充分利用已有资源，明确制作重点，明确风格

在学习三维建模的过程中，每个人都已经制作过一些三维模型，尝试从中筛选出适用于本项目的部分。

对于新制作的模型，分析哪些可以胜任，哪些可以从其他途径获取。

确定教室的整体风格，考虑色调、布光、贴图、材质等因素。

4. 分工协作，完成3D雏形

根据需求清单，分配组内各成员任务。根据实际尺寸，统一模型单位。制作项目时间表，规定制作期限。

5. 合成与优化

将每个成员的模型导入同一个场景中，统一各个模型的风格，调整模型之间的位置与大小关系。给模型赋予合适的材质、贴图，建立灯光、环境，通过摄影机视图展现场景。

6. 作品展示

展示三维场景，请同学、老师观看作品并提出意见。分析他人的意见，优化自己的作品。

采用网页或幻灯片的方式，展示作品效果图。

▶ 评价标准

请根据项目实施的过程、效果以及成果展示交流的结果，对自己完成项目的情况进行客观的评价，并思考后续完善的方向。把评价结果和完善方案填写在下面的表格中。

评价条目	说明	评分（1~10分）	评分主要依据阐述	后续完善方向
设计方案	方案新颖、有创意，对教室改造的设计合理、实用，有具体的实施细则			
模型效果	模型能较好地表现教室内设施，构建合理、富有创意			
场景美化	材质贴图选择恰当，效果逼真，灯光、摄影机设计合理			
作品展示	选择的展示图片有代表性，能较好地诠释设计的理念			
小组合作	所有的团队成员都积极参与，对自己团队的作品充满热情			

▶ 拓展项目

1. 我们生活在太阳系中，太阳系中的八大行星围绕太阳周期性转动。通过网上检索太阳系的有关资料，获取太阳及八大行星的体积（或半径）资料，建立太阳系中太阳及八大行星的模型，将这些模型按其运行轨道进行排列。利用太阳模型的自发光照亮其他星球的一个侧面，并为整个场景设置星空背景，将太阳系放置于浩瀚的宇宙中。

2. 一个实心物体的三维模型，人们看到的总是其外表面。如简单的长方体模型，人们看到的是它的6个外表面。探索长方体的内部空间，通过在长方体内架设摄影机，放置相关模型，了解模型的内外之分，了解法线与物体表面反射情况的关系。

3. V-Ray是目前业界深受欢迎的渲染引擎。它以第三方插件的形式提供给3ds Max、Maya、Sketchup、Rhinoceros等软件，为三维建模软件提供了高质量的图片和动画渲染。V-Ray渲染引擎自带材质、灯光、摄影机等元素，有大量素材可以下载使用，极大地方便了建模者。

通过在网上学习V-Ray的相关教程，采用V-Ray材质、灯光、摄影机等来渲染作品。

4. 在制作场景时，环境中的灯光各有其作用范围，灯光可以通过设置使其光线以近明远暗的方式逐渐衰减，从而使得其表现更加合理。如何设置场景中的灯光及环境，使得场景表现出不同的景象，如晴天、阴天、夜晚、雾天等情形？

三维动画制作



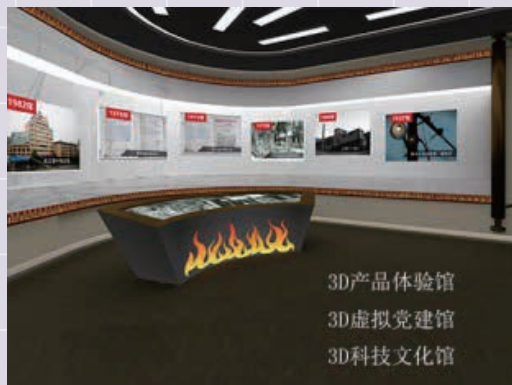
我们已经学会用计算机设计三维模型，能够建立复杂表面的实体，但三维模型只是静态的，若要观看三维模型的动态效果，就需要借助三维动画软件进行动画制作。

三维动画制作是一项将艺术和技术紧密结合的工作。在制作过程中，一方面要在技术上充分实现创意的要求，另一方面要在画面色调、构图、明暗、镜头设计组接、节奏把握等方面进行艺术的再创造。



问题与挑战

- 在数字技术发展的推动下，三维动画片越来越逼真，越来越受欢迎，如《大闹天宫》《神笔马良》《熊出没》《西游记之大圣归来》等。这些高度逼真的动画片是如何制作的？
- 现在很多展馆会采用三维动画的方式进行展览，以一定的角度、距离和精细程度呈现各个细节，这样的三维动画是如何实现的？

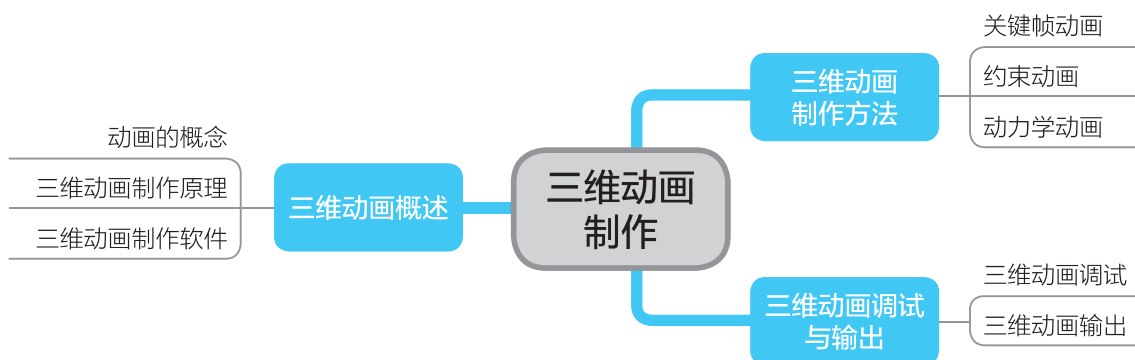


- 在所有交通事故中，与碰撞有关的事故占90%以上。汽车碰撞事故是不可再现的，真实的汽车碰撞实验是破坏性试验，耗资不菲。而采用三维动画来模拟车辆碰撞，既能降低成本，又能对某专项进行重复性试验。这种模拟实验动画是如何实现的？

学习目标

1. 了解三维动画的概念与原理。
2. 结合实例，掌握三维动画制作的基本方法。
3. 掌握利用三维动画软件调试和输出三维动画的方法。

内容总览





3.1 三维动画概述

三维动画，有传统三维动画和计算机三维动画之分。传统三维动画主要指利用生活中的材料，通过手工制作出具有真实三维空间效果的动画，如用黏土、木偶、布偶、折纸、瓷器等制作成的动画。计算机三维动画主要指基于计算机技术制作的具有三维空间效果的动画。与传统三维动画技术相比，计算机三维动画更节约耗材、节省展示空间。

三维动画的创意具有很高的价值，它能够逼真地还原现实环境，还可以制作无法常规拍摄的场景，给宣传产品、设计景观、视觉娱乐提供更多选择方式。经过几十年的发展，三维动画技术已经可以制作出包含增强现实、虚拟现实等多种技术的产品。

3.1.1 动画的概念

人的眼睛有“视觉残留”的生理现象，当在一定时间内连续快速观看一系列相关联的静止画面时，就会把这些画面视为连续动作。动画就是利用这一视觉原理，将一系列相关联的画面传送到银幕或荧屏前，如图3.1.1所示。每个单幅画面称为帧，每一帧的图像快速连续地显示便形成了运动的假象。高的帧频可以得到更流畅、更逼真的动画，在一定范围内，每秒钟帧数（帧频 fps）越多，所显示的动作就会越流畅。

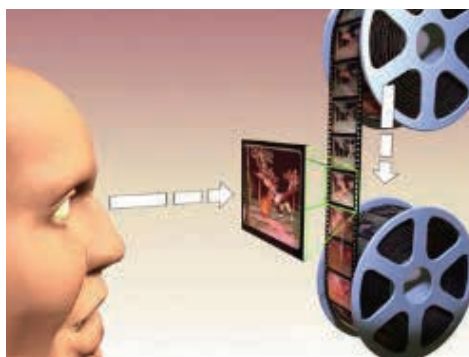


图3.1.1 动画的形成

动画的种类繁多，从制作技术和手段上可分为传统（手工）动画和计算机动画，从空间视觉效果和维度上可分为二维动画和三维动画。二维动画是利用一系列静止的平面图画，通过快速、连续播放实现的。三维动画又称3D动画，是在二维动画的基础上发展起来的，在三维动画中，物体模型的运动就是使物体在一个时间段内的位置和形状发生变化，且所

拓展链接

视觉残留

人的眼睛看到一个物体后，这个物体在大脑内形成的像在 $\frac{1}{24}$ 秒内不会消失。利用这一原理，在一幅画面还没有消失前播放下一幅画面，就会给人带来流畅的视觉变化效果。

拓展链接

帧频

帧频是指每秒钟显示帧的数量。帧频主要用于衡量电影、视频或游戏等的流畅程度。

有的运动同步，此外，摄影机本身也可以进行推移、变焦、镜头旋转等运动。

问题与讨论

是不是帧频越高，动画效果越好？

3.1.2 三维动画制作原理

计算机三维动画按照运动控制方式可分为实时动画（real-time）和逐帧动画（frame-by-frame）。实时动画也称算法动画，它采用各种算法实现对物体的运动控制或模拟摄影机的运动控制。逐帧动画也称帧动画，通过一帧一帧显示动画的图像序列而实现运动效果。关键帧动画是逐帧动画中的一类，它是通过一组关键帧或关键参数值得到中间动画帧序列的动画。根据计算机动画的运动控制方式，三维动画制作需要考虑以下几点：

1. 遵循物体运动规律

三维动画中对象的运动不受物理定律的限制，但为了让表现的效果真实而有趣，三维动画中物体的运动既要以客观物体的运动规律为基础，又要有适当的夸张。要想达到这样的效果，就需要熟练、灵活地运用运动规律与三维动画技术。

2. 选择合适的动画类型

根据制作方法，计算机三维动画可以分为多种类型，常见的有关键帧动画、约束动画、角色动画、粒子系统动画、动力学动画等。

（1）关键帧动画。关键帧动画在计算机动画制作中应用最广泛。关键帧的概念来源于传统的卡通片制作。在早期华特·迪士尼（Walt Disney）制作室，先由熟练的动画师设计卡通片中的关键画面，即所谓的关键帧，然后由其他动画师设计中间帧。在计算机三维动画中，中间帧的生成由计算机完成，插值代替了设计中间帧的动画师。所有影响画面的参数变化都可使当前帧成为关键帧，如画面中对象的位置、旋转、纹理等参数的变化。

（2）约束动画。约束动画分为路径约束、位置约束、注视约束、链接约束等，其中路径约束也叫轨迹约束。在关键帧动画中，关键帧变换到运动轨迹上时，通常是一条直线。这种变换是自动的，由三维动画软件系统自动计算所有帧之间的动画数据。但很多时候，直线并不能描述物体真实运动轨迹，因此，逐渐发展出用户自定义运动轨迹的样条约束技术。在轨迹约束动画中，用户可通过建立几何样条或使用数学表达式来指定物体运动的轨迹，并且可以进行交互控制，从而得到逼真的运动效果。

（3）角色动画。角色动画是指使用三维动画来建立虚拟的人物或动物角色的动画，是3D影视娱乐和游戏中应用较多的一种技术，电影《怪物史瑞克》和《最终幻想》就是角色



动画的代表作品。角色动画包括关节动画、骨骼蒙皮、布料动画、人脸动画、头发动画等。在角色动画中，人们一般用动力学控制和运动学控制两种技术来生成动画，尤其是运动学中的反向运动技术在三维动画软件中使用广泛。这两种控制技术都试图利用人体运动的物理规律来生成角色动画，但是由于人体运动非常复杂，特别是人体运动协调机制的模拟非常困难，因此生成的动画并不逼真，而且缺乏实际人体运动中丰富的细节信息。近年来兴起的运动捕捉技术克服了运动控制技术的缺点，成为角色动画中最有前途的技术之一。运动捕捉技术综合运用电子、机械、光学、计算机图形学、计算机视觉、计算机动画等技术，在运动物体的关键部位设置跟踪器，由运动捕捉系统捕捉跟踪器的位置，再经过计算机处理后，提供给用户可以在动画制作中应用的数据。当数据被计算机识别后，即可用数据驱动三维模型，生成动画，然后在计算机的镜头中调整、控制运动的物体，如图3.1.2所示。



图3.1.2 运动捕捉动画

(4) 粒子系统动画。粒子系统是制作光影、火、雨、闪电和水花效果的有力工具。许多自然现象，如烟雾、火焰，个体存在的时间非常短暂，总是不断地进行新旧更替，或者个体较小乃至用肉眼看不见，只有当个体数量达到足够多时才可见其整体效果，这种效果很难用表面建模的方法来实现，而粒子系统用精心选择的算法就能自动生成这类景象。由于粒子系统算法中涉及大量的控制参数，包括生命周期、运动轨迹、初始速度等，能体现不规则物体的动态性和随机性，因而可以模拟动态的自然景观，如喷泉、气泡、烟雾、火焰等，如图3.1.3所示。



图3.1.3 粒子动画的效果图

(5) 动力学动画。计算机三维动画不仅需要形象的真实感，也需要运动的真实感。基于物理模型的动画技术考虑了物体在真实世界中的属性，如具有质量、转动惯量、弹性、摩擦力等，采用动力学原理自动模拟物体的运动。当场景中的物体受到外力作用时，牛顿力学中的标准力学方程可用来自动生成物体在各个时间点的位置、方向及形状。动画制作者不必关心物体运动过程中的细节，只需确定物体运动所需的物理属性及约束关系，如质量、外力等，就可以较真实地模拟运动。

问题与讨论

观看一部三维动画片，分析其中的精彩片段，说说应用了哪些动画技术。

3.1.3 三维动画制作软件

在三维设计领域里，有许多强大的制作工具和辅助工具，使得计算机三维动画技术更加普及。常用的三维动画制作软件有Maya、3ds Max、Rhinoceros、Blender等，其中Maya和3ds Max的功能强大、应用范围广，是现在主流的三维动画设计软件。Maya定位是影视动画制作工具，它不仅具有可制作三维视觉特效，还可与最先进的建模、数字化布料模拟、毛发渲染、运动匹配等技术相结合。3ds Max应用的领域更广，特别是在建筑、游戏等行业颇受欢迎。

实践与体验

探究水会流、人会走的《清明上河图》

《清明上河图》在中国乃至世界绘画史上都是独一无二的。在上海世博会上展出的《清明上海图》，河里的流水潺潺不绝，赶路的脚夫边走边吆喝，河边的纤夫拉着船索呼着号子，整个画面活灵活现，栩栩如生，让人叹为观止，如图3.1.4所示。



图3.1.4 上海世博会动态版《清明上河图》

实践内容：

1. 现场参观或观看影视材料，体验活灵活现的《清明上河图》。
2. 通过网络查找资料，了解《清明上河图》运用哪些类型的三维动画，实现了水会流、人会走的效果。



实践步骤：

1. 了解上海世博会上会动的《清明上河图》的创作过程。
2. 通过网络和访问专家了解实现“水会流、人会走”主要采用了哪些类型的三维动画。
3. 进一步的探究相应的动画类型。

讨论思考：

各种类型的三维动画还可以实现哪些“不可能的事情”？

思考与练习

1. 有人认为，在三维动画的创作中，提高3D设计技能是关键，各种软件的工作流程都是相通的。对于这个观点你是怎么理解的？
2. 你会采用哪个三维动画软件制作动画作品？通过咨询、文献搜索或操作体验，比较各种软件的特点，理解不同软件的优势与局限。

对比项目		3ds Max	Maya	Rhinoceros	Blender	其他
出品公司						
是否开源						
擅长领域						
特色功能	功能1					
	功能2					
	功能3					
	……					

3.2 三维动画制作方法

人们为了创作出逼真的三维动画，首先根据三维物体的特性、运动特点，确定实现动画制作的技术，然后选择合适的三维动画设计软件着色渲染，最后调试、输出。三维动画常用的制作方法有关键帧动画、约束动画、动力学动画、粒子系统动画等。

3.2.1 关键帧动画

任何动画要表现运动或变化，至少前后要给出初始和结束两个关键状态，而中间状态的变化和衔接由插值计算自动生成。在计算机动画中，这种表示关键状态的帧动画叫作关键帧动画。

1. 关键帧动画的概念

通常所说的“帧”就是动画中最小单位的单幅影像画面，相当于电影胶片上的每一格镜头。在三维动画软件的时间滑块上，帧表现为一格或一个标记。关键帧指角色、物体运动或变化时关键动作所处的那一帧。关键帧与关键帧之间的帧叫作过渡帧或中间帧，其动画可以由软件创建。关键帧是区别于过渡帧而言的，假如说过渡帧是动画，那么关键帧就应该是原画。在计算机出现之前，手工动画创作都是在原画设计完成后，再补充原画之间的动画，原画就是关键帧。

拓展链接

原画

原画是指动画创作中一个场景动作起始与结束的画面，以线条稿的形式画在纸上，描述物体在运动过程中的关键动作。

2. 关键帧动画的制作方法

关键帧动画制作的本质就是确定起始、结束关键帧的对象并对其属性值进行设定，然后由插值器计算产生关键帧的过程。

(1) 寻找物体运动的关键帧

找出关键动作是制作关键帧动画的重要步骤。寻找关键帧首先要确定运动物体的动作转折点，关键帧就是动作的转折帧。如果缺少关键帧，就无法准确描述物体的动作。其他连接转折动作的为中间帧。如物体弹跳过程的关键帧如图3.2.1所示，图中黄色圆圈为小球弹跳的关键帧，白色圆圈为小球弹跳的中间帧。

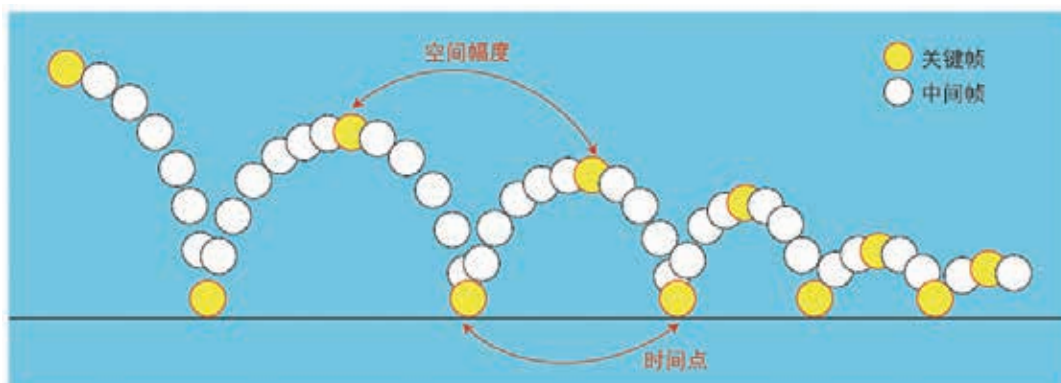


图3.2.1 小球弹跳的关键帧及其空间幅度和时间点

其次，要找准关键帧对象的空间幅度和时间点。由于物体的材质不同，具有不同的重量感，因此在不同的时间点具有不同的空间幅度。例如，乒乓球质量轻、弹性好，铁球质量大、弹性差，它们在不同时间点的空间幅度是不同的。

最后，要考虑表现物体弹性的挤压和拉伸效果。当运动的物体突然停止（特别是遇到障碍物）时，由于其自身惯性的原因，物体的某些部分会继续向之前的方向运动，这样便产生了类似挤压的效果。与挤压相反，物体从零速度开始反弹时，同样会因为惯性，产生拉伸的效果。比如上述的小球落到地面时会被压扁，这便是挤压的体现；而当小球弹起后会在弹跳的方向上拉伸变形，如图3.2.2所示。

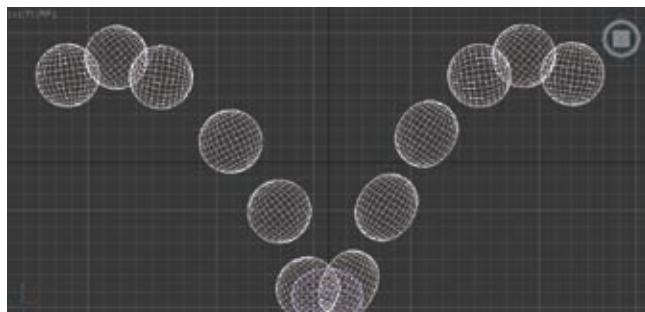


图3.2.2 小球弹跳运动中的挤压和拉伸

(2) 设置各关键帧中对象的属性值

三维动画软件一般都有自动记录关键帧的功能。制作动画时，启用自动记录关键帧功能，在时间轴上选择要设置关键帧的位置，改变对象的属性值，该帧就被设置成了关键帧，对象的相关属性，如大小、位置、旋转角度和透明度等，都被保存在该关键帧中。也可以通过添加修改器，如弯曲（Bend）、扭曲（Twist）、锥化（Taper）、噪波（Noise）、拉伸（Stretch）、涟漪（Ripple）等参数化变形器设置对象的相关属性，然后依次选择各个关键帧位置，并设置该对象相应属性。至此完成关键帧动画的制作。

按上述方法制作的关键帧动画是匀速的。在动画制作时，也可以根据物体运动规律，改变对象的运动速度，使动画更加真实。

拓展链接

调整对象运动速度

三维动画还要展现动画时间、速度等动画元素特征。如小球弹跳运动过程中，在每一个弹跳周期，小球处于高处的时间较长，弹起和落下的过程时间较短，可以通过调整中间帧的播放速度来实现。改变动画的播放速度有两种方式，一种是在动画中各帧的属性值保持不变的情况下改变帧的持续时间，如原来每帧的持续时间是40ms，若改为20ms，则播放速度就明显加快了；另一种是在保持原有动画中各帧持续时间不变的情况下改变各帧的属性值，将属性值变得更大或者更小，这样也能产生加速或者减速的效果。在3ds Max中可以通过“轨迹视图—曲线编辑器”调节播放速度，如图3.2.3所示。

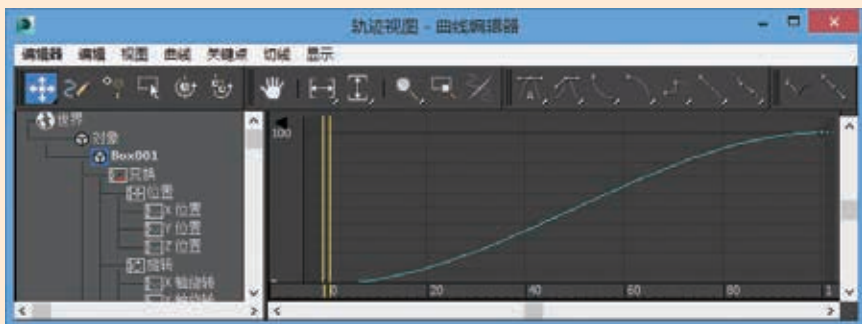


图3.2.3 轨迹视图—曲线编辑器

问题与讨论

所有的计算机动画都可以采用关键帧动画制作吗？

●●● 例1 制作投篮关键帧动画

制作投篮动画，篮球从地面向篮框运动，然后穿过篮框落向地面，触地后弹跳数次。用3ds Max制作该动画，步骤如下：

1. 导入篮球及相关模型，如图3.2.4所示。
2. 选择篮球，打开“自动关键点”按钮，选择第0帧作为起始关键帧。

3. 移动时间滑块，改变篮球的位置，完成其余关键帧的制作。关键帧时间点及各关键帧中篮球的位置如图3.2.5所示。



图3.2.4 篮球模型

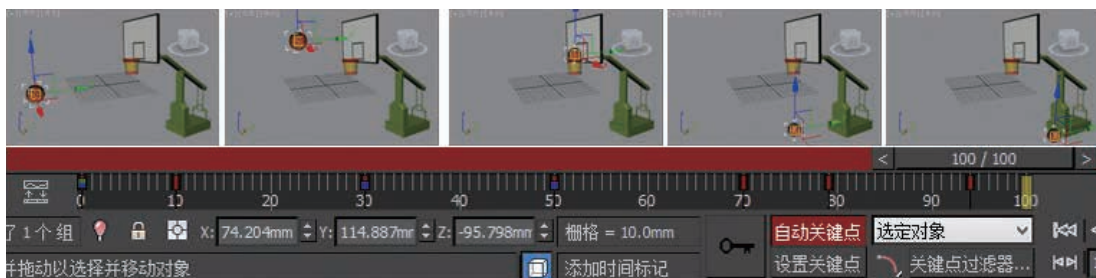


图3.2.5 各关键帧中篮球的位置

至此投篮关键帧动画制作完成。若在播放动画时发现篮球运动不够平滑，可以适当增加关键帧，使投篮动画更逼真。

III 实践与体验 III

制作卷轴画的关键帧动画

徐徐展开的卷轴画效果可以采用三维动画软件制作而成，通过添加“弯曲”修改器设置对象的相关属性来制作关键帧动画。

实践内容：


导入卷轴字画三维模型，制作卷轴字画动画：卷轴画开始为收拢状态，然后左右轴慢慢向两边移动，字画随着轴的移动而呈现出来。

实践步骤：

1. 导入卷轴字画三维模型。导入一个已经制作完成的卷轴字画三维模型，包括已设置相关材质与贴图。导入后卷轴字画模型的渲染效果如图3.2.6所示。



图3.2.6 卷轴画模型

2. 设置卷轴画起始关键帧属性值。单击“自动关键点”按钮，在第0帧单击“”插入关键点，设置卷轴画动画起始关键帧：选择画平面，打开“修改”面板，在修改器列表下拉列表中选择两次“弯曲”选项，设置其参数如图3.2.7所示。

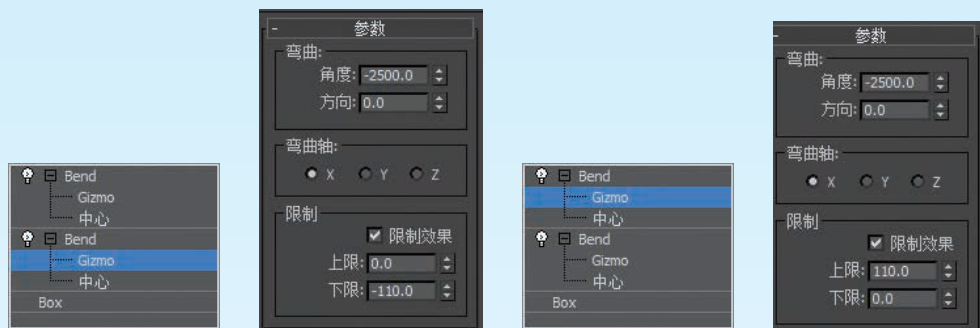


图3.2.7 修改器Bend参数设置

退出修改器，将左轴向右移动，右轴向左移动，效果如图3.2.8所示。

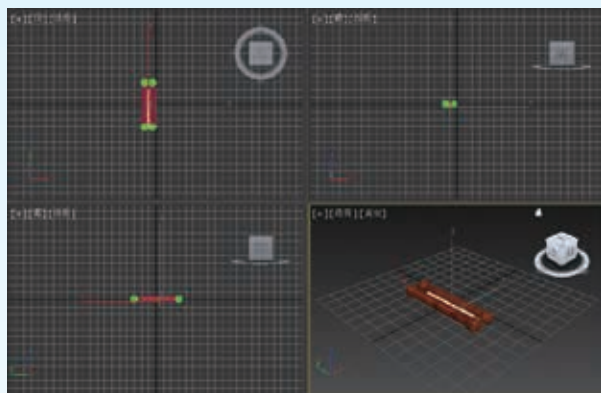



图3.2.8 卷轴画初始状态

3. 设置画面结束关键帧属性值。将时间滑块移到第100帧处，单击“”插入关键点，然后在修改器堆栈中选择第一个“Gizmo”选项，进入编辑模式，将修改器的中心点到平面的最右端；选择第二个“Gizmo”选项，将修改器的中心点到平面的最左端，如图3.2.9所示。

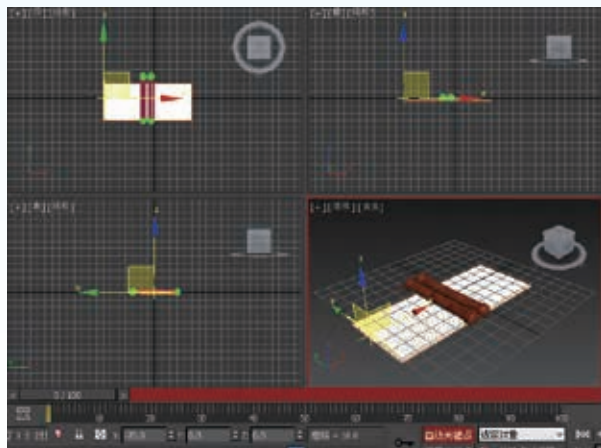



图3.2.9 卷轴画结尾状态

4. 设置转轴结束关键帧属性值。退出修改器编辑状态，将时间滑块拖到第0帧处，单击“”创建一个变换关键点；接着将时间滑块拖到第100帧处，单击

1. 约束动画的相关概念

约束动画主要包括路径约束、注视约束、链接约束、表面约束、附着约束、位置约束和方向约束。

(1) 路径约束。路径约束是沿着一条路径或在多条路径之间约束对象。图3.2.12展示了用路径约束来制作金鱼游动动画的例子。相比之下，若使用关键帧制作其动画效果，需要创建和编辑许多关键帧，而且效果不理想。



图3.2.12 用路径约束制作金鱼游动动画

(2) 注视约束。注视约束可以约束一个对象的方向，使该对象总是注视着目标对象。注视约束能够锁定对象的旋转角度，使其一个轴心点始终指向目标对象。该方法可用于角色动画制作中眼球的转动动画，如图3.2.13所示。注视约束还可将摄影机注视约束到运动对象上，实现追踪拍摄的动画效果；可将聚光灯的目标点注视约束到运动对象上，制作舞台追光灯的照明效果，等等。

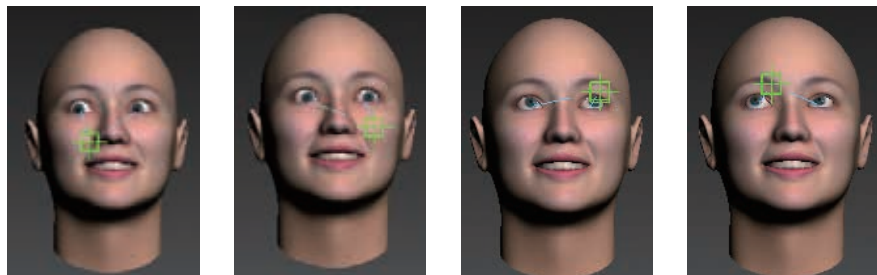


图3.2.13 用注视约束制作人物眼神动画

(3) 链接约束。链接约束是在一段时间内将一个对象链接到另一个对象，如角色的手拾取一个棒球拍，还可以将对象的位置或旋转链接到一个或多个对象。

(4) 表面约束。表面约束是将对象约束到曲面，比如设置A沿着B的表面进行运动，B物体为参数化曲面对象（如球体、椎体、圆柱、圆环、四边形面片、放样对象、NURBS对象等）。

(5) 附着约束。附着约束将A的位置结合到B的表面，并随着B的运动而运动。

(6) 位置约束和方向约束。位置约束是在两个或多个对象之间保持对象的位置，方向约束可以保持对象与另一个对象的相对方向。



2. 路径约束动画的制作方法

路径约束动画的制作首先要设置约束对象（绘制路径），然后设置被约束对象，并将被约束对象约束到路径上。使一个物体沿一条指定的路径运动，可以通过三维动画设计软件的菜单命令指定物体的路径约束，也可以指定路径约束控制器，两种方法得到的动画效果一样，都可以使物体沿曲线方向运动，或者在多条曲线的位置加权平均值处运动。路径曲线可以是任何类型的曲线，并且其自身可以制作任何标准动画，还可以为其子物体制作动画，所有的效果都会作用于约束物体。有了路径约束动画这一功能，模拟地球、太阳和月亮的转动的一类动画就容易实现了。

问题与讨论

各类约束动画，如路径约束、注视约束、链接约束、表面约束、附着约束、位置约束和方向约束等，它们的区别是什么？

3.2.3 动力学动画

要想真实地模拟出自然界中物体之间的碰撞、布料随风飘动的效果，关键帧动画或约束动画等制作技术就显得困难且烦琐。常用的三维动画设计软件为用户提供了动力学工具，可以很好地解决上述问题。动力学工具包括粒子动力学、刚体动力学、流体动力学等特效制作工具。动力学动画通过模拟物体的物理属性和物理运动定律，赋予物体质量、体积等属性，并引入摩擦力、引力和物体之间碰撞等外力作用，使得物体可以自动按物理法则运动，产生逼真的动画效果。

1. 相关动力学制作的动画

用布料动力学系统可以制作布料自然下垂的场景，还可以制作窗帘、飘扬的红旗等，其动画效果如图3.2.14所示。

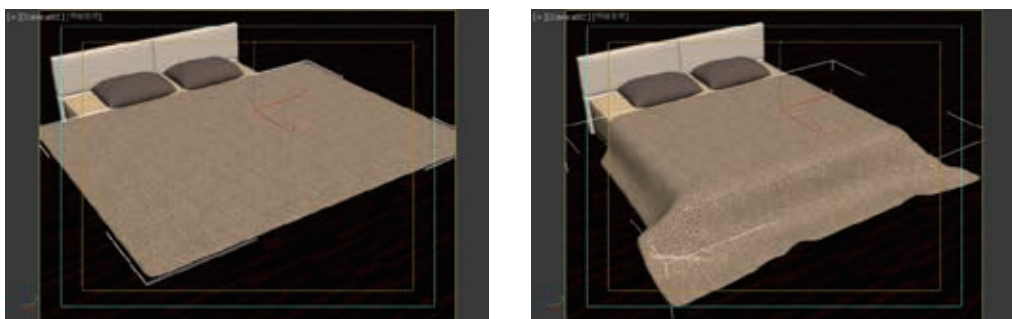


图3.2.14 布料动画的效果图

在运动中和受作用后，形状和尺寸保持固定、不随事件变化的几何体，称为刚体。刚体动画，实质上就是在三维动画设计软件中建立一个物理模拟环境，并用它来模拟现实环境中的物体在力(比如重力、风等)的作用下或是在同其他物体相碰撞时所发生的情景。NURBS 物体和多边形物体都可以转换成刚体。刚体碰撞特效常用于制作一些较为随机的物理运动。从实际的动画意义上来说，链条摆动、撞击碎片、力的传递(如打保龄球)，甚至鸡蛋的滚动等较为复杂的联动动画，都可以通过刚体解算器来制作，其动画效果如图 3.2.15 所示。



图3.2.15 刚体动画的效果图

2. 刚体动画制作方法

首先创建一个或多个刚体，然后创建一个或多个作用于刚体的力场，再设置刚体的初始位置、初始速度及冲击，动画就制作完成了。Maya的动力学引擎在给定初始信息的基础上对刚体的运动进行计算，可以使动画趋于真实。在3ds Max中要使几何对象参与到物理模拟中，需先应用动力学 MassFX(或者使用 mCloth)修改器将对象转换为刚体，简单的操作方法是先选择对象，然后从 MassFX 工具栏上的弹出按钮中选择适当的刚体类型。

拓展链接

动力学动画的插件 MassFX、mCloth

MassFX 和 mCloth 是 3ds Max 制作动力学动画的插件。3ds Max 的 MassFX 提供了为项目添加物理模拟的工具集，该插件加强了特定于 3ds Max 的工作流，使用修改器和辅助对象对场景模拟的各个方面添加注释。mCloth 是一款布料修改器，它可以使布料对象完全参与物理模拟，既影响模拟中其他对象的行为，也受到这些对象行为的影响。

问题与讨论

动力学动画与关键帧的关系是怎样的？



III 实践与体验 III

制作多米诺骨牌动力学刚体动画

多米诺骨牌是一款颇受欢迎的游戏。采用三维动画软件制作动力学刚体动画，能够制作出多米诺骨牌依次倒下的效果。

实践内容：

以 3ds Max 软件中的 MassFX 为例，制作多米诺骨牌的动力学刚体动画。

实践步骤：

1. 创建一个平面，在平面上创建一排长方体，将第一个略微倾斜，并保证长方体之间没有穿插，如图 3.2.16 所示。

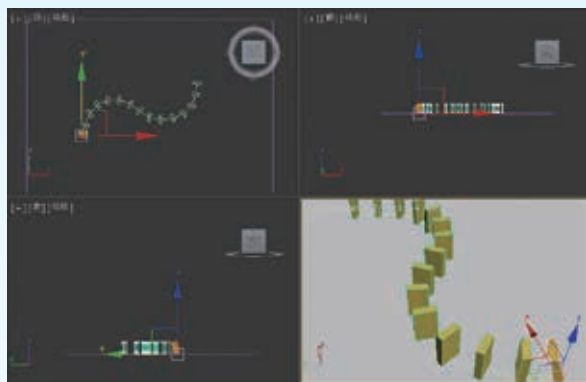





图3.2.16 创建多米诺骨牌

2. 选择第一个有点倾斜的长方体，单击 MassFX 工具栏  图标，选择“将选定项设置为动力学刚体”命令，将多米诺骨牌设置为动力学刚体，然后单击  图标，选择“开始模拟”命令。当模拟结束，再次单击  。


3. 单击 MassFX 工具栏  图标，选择“模拟工具”命令，在打开的“模拟工具”对话框中选择“烘焙所有”命令，如图 3.2.17 所示。至此多米诺骨牌动力学刚体动画完成，动画运行过程的效果图如图 3.2.18 所示。



图3.2.17 烘焙操作

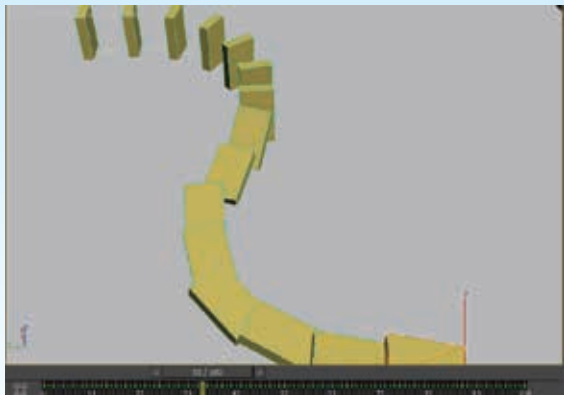


图3.2.18 多米诺骨牌动画效果

讨论思考:

1. 生活中还有哪些现象可以用动力学刚体动画来实现?
2. 用MassFX还可以制作哪些动画? 这些动画与多米诺骨牌动画有什么区别?

思考与练习

1. 为了使篮球飞行的关键帧动画更逼真, 除了增加关键帧, 还有什么办法?
2. 将植物的位置约束在花盆里, 制作植物位置约束动画, 如图3.2.19所示。



图3.2.19 植物位置约束动画

3. 导入台球三维模型, 制作简易台球碰撞动画, 如图3.2.20所示。



图3.2.20 台球碰撞动画



3.3

三维动画调试与输出

为了保证动画制作的效果，我们每做完一个动画都要进行调试，观察效果是否与预期一样，如果不一样，就要进行修改。作品调试完成后才可输出。

3.3.1 三维动画调试

三维动画的调试过程主要是对场景中模型的材质、灯光和摄影机位置与角度等进行调试，使输出的动画更逼真。调试一般需要借助三维软件和渲染器，其流程为：先确定采用的渲染器类型和工作方式，然后配置渲染器参数，最后输出图像或动画。

拓展链接

渲染器类型

按照集成情况分类，可以将渲染器分为内置渲染器、外挂渲染器和独立渲染器。内置渲染器指的是三维动画软件自带的渲染器，这类渲染器不必单独购买和安装，在三维动画软件安装完成后就可以直接使用。外挂渲染器指的是由第三方厂商提供的，以插件形式安装到三维动画软件中的渲染器，这类渲染器通常需要购买使用权，具有代表性的外挂渲染器包括V-Ray、Brazil、FinalRender等。独立渲染器也属于外挂渲染器的范畴，但独立渲染器提供了单独的操作界面，需要将三维动画软件的场景信息输入独立渲染器中才能进行渲染。

1. 材质、灯光调试

要使三维动画输出的视觉效果逼真，模型材质的使用和灯光的调试是关键。不同属性的光源照射到物体上会产生不同的变化，如灯光的颜色、强度、照射角度、距离等都会对物体外观产生影响，而不同的物体材质属性也会影响到灯光照射物体的亮度、高光区、过渡色、反射等。这是一个相当复杂的过程，需要反复调试。三维动画的灯光控制要比静帧效果图的制作复杂一些，因为后者只是单一方向的视觉表现，可调整灯光的位置、角度、强弱等来使整个场景达到单一方向灯光的光感效果，而前者则要进行多角度的调试。有些三维动画（如建筑动画）存在室外和室内场景，其灯光差别较为明显。除了夜景、舞台布景等需要有很强的照明效果和光感反差外，其余室外场景通常都是高强度的单一光源照射，具有充足的日照效果，这些场景在进行后期渲染时往往需要将灯光替换为日光型，以模拟更真实的阴影细节。

2. 摄影机调试输出

在模型定位之后，光源和材质决定了画面的色调，摄影机决定了画面的构图。在确定摄影机的位置时，需要考虑人们的视觉习惯，在大多数情况下视点不应高于正常人的身高，也可以根据室内的空间结构，选择人在蹲、坐或站立时的视点高度，这样就能渲染输出符合人的视觉习惯的图像。当使用人站立的视点高度时，目标点一般都会在视点的同一高度，即平视，这样墙体和柱子的垂直轮廓线不会产生透视变形，能给人稳定的感觉，这种稳定感和舒适感就是靠摄影机营造出来的。但是要注意，这种放置摄影机的方法不一定适合表现室外的场景。而在影视作品中，摄影机的自由度较大，为表现特殊的情感效果，有时会故意使用一些夸张的镜头。

摄影机的光圈和快门能制造景深效果和运动模糊特效。摄影机自身也可以进行复杂的运动。镜头画面是三维虚拟场景或影视作品的基本构成要素，而运动镜头是指运动的摄影机所拍摄出来的具有动感的镜头画面，恰当地运用运动镜头能够产生丰富的视觉效果。三维动画或影视作品很讲究镜头的运动和镜头的切换，因此需要运用好三维动画软件里的“虚拟摄影机”。

制作摄影机动画的一般流程：根据制作需求，选择合适的摄影机类型。如在 3ds Max 中目标摄影机应包括镜头和目标点，可以通过调节其相关参数（视点、焦点焦距）来获得最佳构图。再根据动画的表现需求，选择合适的动画制作方法。如跟踪拍摄效果可选择关键帧动画，浏览场景可选择路径动画。最后将某个视图设置为摄影机视图，播放动画即可观看效果。

●●● 例2 制作摄影机浏览道路动画

制作摄影机浏览动画，使摄影机沿着道路一定方向运动。用 3ds Max 制作该动画的步骤如下：

1. 导入道路三维场景，如图 3.3.1 所示。



图3.3.1 道路三维场景

2. 选择合适的摄影机。根据制作需要，选择自由摄影机，如图 3.3.2 所示。在前视图中创建一台自由摄影机。

3.3.2 三维动画输出

三维动画的输出是将经过调试完成的动画渲染输出为视频文件，视频文件可以有多种文件格式，常用的视频文件格式有AVI、MPEG、MOV、FLV等，在3ds Max软件中输出的视频格式主要有AVI、MOV。

AVI英文全称为Audio Video Interleaved，即音频视频交错格式，是微软公司早期开发的一种将视频和音频交织在一起存储的数字视频格式，它的图像可以有多种颜色深度和解析度，支持单声道、双声道和立体声。AVI具有格式灵活的特点，利用Windows自带的媒体播放器就能播放AVI文件，但缺点是文件的容量比较大。

MOV即QuickTime影片格式，它是苹果公司开发的一种音频、视频文件格式。该格式文件具有可跨平台运行、压缩比率高和清晰度高等特点，在各种设备上都有广泛应用。

问题与讨论

摄影机在动画制作过程中起着重要作用，许多精彩的动画效果可以通过摄影机来实现。摄影机是如何影响或改变动画的呈现效果的？

●●● 例3 渲染输出“守门员救球”动画

对已完成的“守门员救球”动画进行导出影片操作。以3ds Max为例，将已完成“守门员救球”动画渲染成三维动画。

1. 打开“守门员救球”动画。展示一组守门员救球动画截图，如图3.3.7所示。

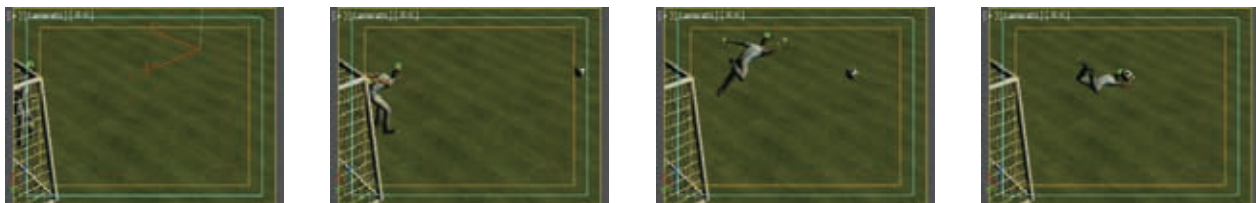


图3.3.7 守门员救球动画

2. 渲染参数设置。

(1) 设置时间输出和输出大小。单击“渲染设置”图标，在弹出的“渲染设置”对话框中选择“活动时间段”和输出大小，如图3.3.8所示。



图3.3.8 时间输出与输出大小设置



(2) 设置渲染输出的文件。在“渲染输出”栏中单击“文件”，设置文件保存格式并输入文件名，如图3.3.9所示。本例选择AVI文件，单击保存会出现如图3.3.10所示的对话框，默认AVI文件压缩设置，单击“确定”。

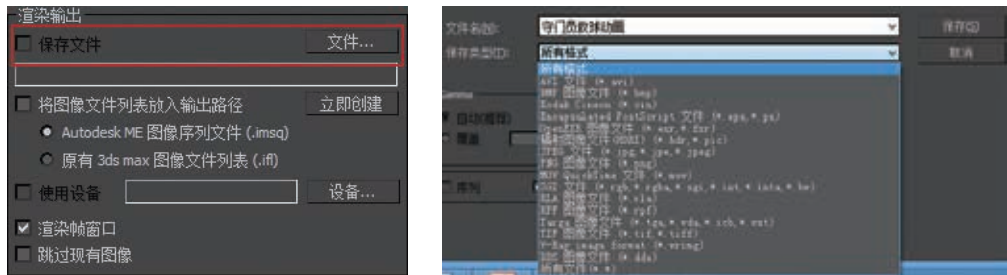


图3.3.9 输出文件保存和格式选择



图3.3.10 AVI文件压缩设置

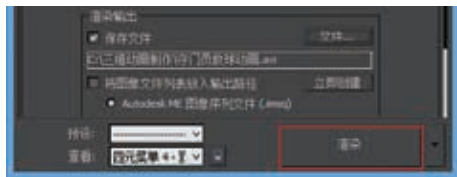


图3.3.11 渲染

3. 渲染输出。单击“渲染”按钮，如图3.3.11所示。渲染过程如图3.3.12所示。

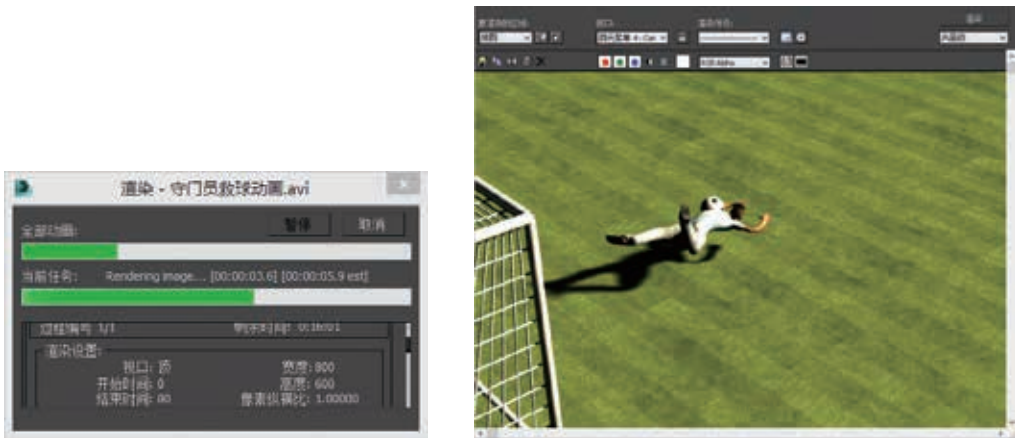


图3.3.12 渲染过程

III 实践与体验 III

用V-Ray分布式渲染器渲染

分布式渲染是一种能够把单帧图像的渲染分布到多台计算机（或多个CPU）上渲染的一种网络渲染技术，它具有渲染能力强、响应快、输出结果方便、使用方式灵活、费用低等特点。

实践内容:

1. 掌握分布式渲染器的使用。
2. 使用分布式网络渲染器渲染动画，并从速度、输出结果、费用等方面与单机渲染器做对比。

实践步骤:

1. 用列表形式列出具有分布式渲染功能的渲染器。可以通过查阅文献或打开三维设计软件的渲染命令查看。如查看3ds Max软件“渲染设置”面板中“渲染”命令的下拉菜单，可以看到“提交到网络渲染...”。如图3.3.13所示。

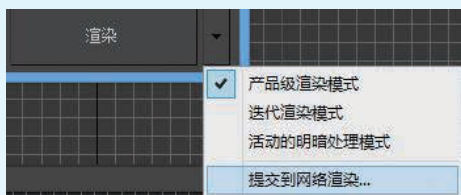


图3.3.13 软件中的网络渲染命令

2. 分布式渲染器的使用。进入网络渲染器作业分配，如图3.3.14所示。



图3.3.14 网络作业分配面板

3. 比较单机渲染与分布式渲染所耗的时间。本实践以“人物武功演练”的动画为例，先用分布式渲染，再用单机电脑渲染，分别记录时间。渲染前和渲染后一组人物武功演练动画截图分别如图3.3.15和图3.3.16所示。

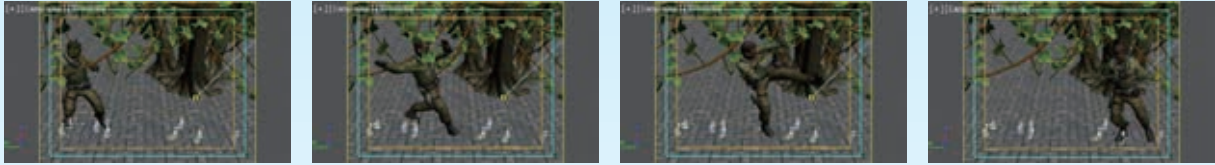


图3.3.15 渲染前人物武功演练动画



图3.3.16 渲染后人物武功演练动画

4. 对比两种渲染方式，完成下面的表格，找出各自优缺点，得出结论。

渲染方式	渲染器名称	优点	不足
分布式			
单机			
结论			

讨论思考：

1. 分布式渲染器适合渲染哪些动画？
2. 分布式渲染器与单机渲染器有什么区别？

思考与练习

1. 利用渲染插件mental ray 渲染器，渲染“温馨书房”三维模型。
2. 制作摄影机跟踪拍摄图书馆场景的动画并调试输出。

巩固与提高

1. 用自动关键点制作风车旋转动画并输出，动画截图如图3.3.17所示。



图3.3.17

2. 用路径约束制作写字动画并输出，动画截图如图3.3.18所示。

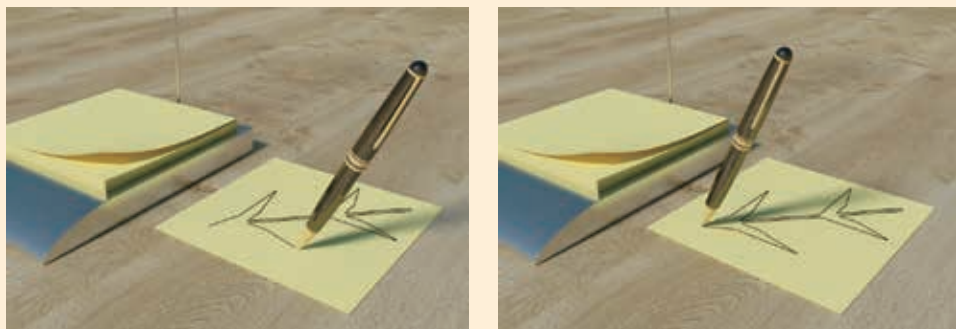


图3.3.18

3. 利用MassFX动力学布料制作红旗飘飘动画并输出，动画截图如图3.3.19所示。



图3.3.19

项目挑战

教室改造创意行动——漫游3D教室

根据第二章创建好的三维教室模型，本项目挑战将制作三维教室的漫游动画，形象直观地呈现整个三维教室的全貌。

▶ 项目任务

根据建立的三维教室场景，以参观者的视角，制作漫游教室的三维动画。

▶ 过程与建议

1. 明确展示内容

在你制作的3D教室里，最主要的创意是什么？如何展示最能体现你的创意的内容？

2. 确定漫游路径

为了能让参观者在影片播放的有限时间里充分了解你的创意，请通过小组成员共同探讨，规划一条最佳的展示路径。

3. 丰富展示细节

(1) 三维动画的哪些功能可以使参观者更充分地了解你的创意？

提示：可以通过摄影机的参数设置制作景深、运动模糊等效果。

(2) 怎样让参观者感受到教室是生动、富有活力的？

提示：如看到电视在播放，风扇在转动，时钟在走动等。

4. 渲染优化

以参观者的视角进行教室漫游，发现存在的细节问题，对这些问题进行修改调试，最终渲染输出。

▶ 评价标准

请根据项目实施的过程、效果以及成果展示交流的结果，对自己完成项目的情况进行客观的评价，并思考后续完善的方向。把评价结果和完善方案填写在下面的表格中。



评价条目	说明	评分（1~10分）	评分主要依据阐述	后续完善方向
团队合作	整个团队对自己的项目充满热情，能够持续修订与发展项目			
路径规划	规划的漫游路径能较好地展示教室全貌，能很好地以“人”的视角来观看场景			
细节展示	通过细节特写体现设计理念，展示创意，呈现使教室“活”起来的元素			
动画制作	选择的动画类型合适，项目具有较高的技术含量			
渲染优化	动画清晰流畅，视频文件存储容量合理			

▶ 拓展项目

根据已有的钟亭、鼓亭三维模型，以三维动画的形式支持参观者在日景和夜景环境中游览，如图3.3.22所示，要求如下。

- (1) 熟悉各种日景操作，如灯光、地形、建筑设置等。
- (2) 建立日景鸟瞰图，根据构图的正视图构建鸟瞰图。
- (3) 制作夜景鸟瞰图，根据日景调节夜景灯光并增加阴影等。
- (4) 以小组形式，合作确定漫游的框架。
- (5) 根据本章所学内容，在以上要求的基础上丰富完善。

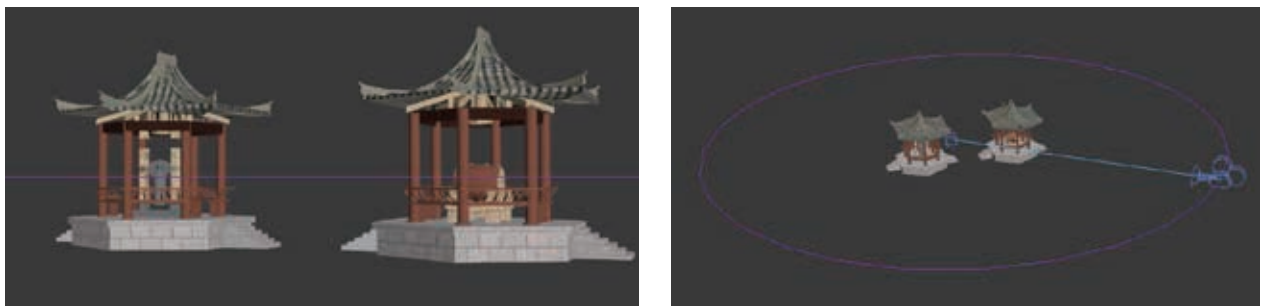


图3.3.22

三维作品的发布



在三维模型及场景制作完成以后，根据不同的应用需求，选择适当的形式发布。除了三维建模作品、三维动画作品的发布形式以外，还可以将三维模型打印成实物进行展示，也可以将建模的场景发布成三维全景图的方式进行360°或720°的浏览，甚至可以为三维模型设定交互程序进而制作成虚拟现实的场景。



问题与挑战

● 完成一个智慧教室的三维建模后，除了用图形图像形式、三维动画形式进行发布外，还可以将3D模型打印成实体，甚至可以用三维全景图和虚拟现实的形式展示，把智慧教室的设计意图、功能表达出来。这些不同形式的三维作品是如何生成的？



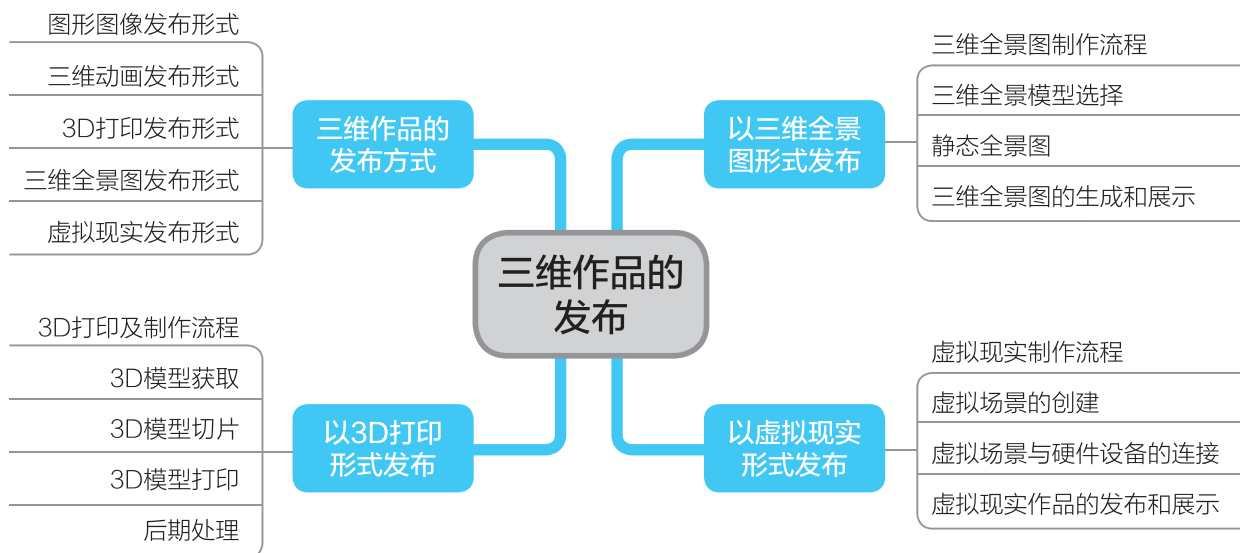
● 3D打印机是“智造未来”的一个重要工具，越来越多的人已掌握了该技术并用它打印出各类个性化的物品。目前，在3D打印机实际应用中，存在打印耗时长、打印材料要求高、在高精度打印时打印成本高等问题。那么，考虑到时效和成本等因素，哪些情况适合选择应用3D打印，哪些情况不适合应用3D打印？

● 虚拟博物馆、虚拟旅游景点甚至虚拟太空场景的漫游系统，都是采用虚拟现实技术构建的，使得人们足不出户就可以观赏博物馆藏品、游览风景。这些虚拟场景是如何制作的？需要怎样的技术支撑？

学习目标

1. 了解三维作品的各种发布形式。
2. 能用3D打印机打印三维作品。
3. 能用三维全景图方式发布三维作品。
4. 能制作并发布简单的虚拟现实作品。

内容总览





4.1

三维作品的发布形式

三维模型设计制作完成后，通常还要根据不同的应用需求、三维作品的属性特征和表达意图等，选择合适形式进行发布。目前，三维作品的发布形式主要包括图形图像、三维动画、3D打印、三维全景图及虚拟现实等。

4.1.1 图形图像发布形式

通过建模得到的三维模型经过材质贴图、灯光等渲染技术处理后，会更具质感、更加逼真，且发布的图像信息也可展示出渲染的效果。图像的优点是可以给人层次分明、色彩鲜艳、栩栩如生的感觉。例如赛车模型，在建模的基础上，添加了赛车图案、标志等，使得模型跟真实的赛车别无二致。这种要求最终效果逼真的情况，就适合用图像的方式发布，一般用于制作宣传海报等。

又如，有些工程制图，为了表现模型的基本形状及参数，需要提供三视图，这种情况就适合用图形的方式进行发布。图形图像一般可以利用三维建模软件直接发布。

4.1.2 三维动画发布形式

三维动画比图形图像更直观。例如，影视领域的片头、影视特效、角色动画，工业领域的产品生成流程演示动画，建筑领域的楼盘漫游动画、小区浏览动画，景观领域的景区宣传片、旅游景点、地形地貌、文化遗产的3D动画介绍等，都适合用三维动画的形式发布。

有时候为了方便浏览模型的整体情况，可以安装三维模型浏览器，或是直接在浏览器上安装ActiveX插件，这样就可以脱离专业软件直接浏览三维模型了。

4.1.3 3D打印发布形式

3D打印机可以打印三维模型，但并不是所有类型的三维模型都适合用3D打印。能打印的模型必须为封闭的，同时要有足够的厚度，且要有正确的法线。

什么样的三维模型适合3D打印呢？例如，航天国防业的机器零件，医疗业的人体器官模型，博物馆的文物复制模型，建筑业的建筑模型，制造业的装饰品、玩具等，都可以用3D打印来发布。图4.1.1展示了一些3D打印作品。



图4.1.1 3D打印作品

4.1.4 三维全景图发布形式

三维全景图的发布，需要使用软件（例如PTGui Pro软件）对整个场景的图像信息或是经建模软件渲染后的图片进行拼合，再通过绘画、相片、视频、三维模型等形式，尽可能真实、全面、直观地表现出所要展示的场景。用户使用专门的播放器播放，可以观看整个场景空间的所有图像信息，无视觉死角，并且可以通过鼠标任意缩放、拖动。

建筑行业的楼盘信息、室内装修，旅游行业的著名景点、城市形象，教育行业的校园建设、功能展示等都可以用全景图进行展示。

4.1.5 虚拟现实发布形式

虚拟现实是一种可以创建和体验虚拟世界的计算机仿真系统，它利用计算机生成能使用户沉浸到其中的模拟环境。

以虚拟现实的形式发布三维作品，首要的问题是利用计算机三维软件建立三维虚拟场景以及场景内的虚拟对象模型，并且能够实时、动态地显示虚拟环境和虚拟对象，这是虚拟现实系统建立的基础。同时，为了创建一个能使人身临其境的环境，虚拟现实系统搭建的必要条件之一就是能根据需要在虚拟环境中逼真地显示出客观世界中的一切对象。

目前，虚拟现实已被推广到许多领域中，如在商业上用于商品展示，医疗上用于虚拟手术，军事上用于模拟战争和人员培训，教育上为学生打造高仿真、沉浸式、可交互的学习场景。

三维作品只有结合实际需求进行发布才能实现它的价值，要根据不同三维作品发布形式的特点和优势，选择合适的发布形式，优化作品发布效果。



? 思考与练习

1. 一部三维动画片即将上映，制片方为各大影院提供宣传海报。这种情况适合用什么形式来发布？如何发布？
2. 某同学用三维设计软件设计了一个笔筒模型，准备作为生日礼物送给好友。这种情况适合用什么形式来发布这个作品？
3. 上网查找“浙江大学虚拟全景游”，体验浙江大学的3D实景，并说说利用三维全景图发布三维作品的优势。
4. 确定三维作品发布形式的主要依据是什么？

4.2 以3D打印形式发布

3D打印不需要任何模具，也不用进行机械加工，只要通过计算机控制，采用分层加工、叠加成型的方式，就能直接将计算机上的设计模型打印成实物。3D打印技术独特的制造方式可实现高度复杂结构的自由成型，极大地拓宽了设计空间，实现个性化需求的创意设计理念。

4.2.1 3D打印及制作流程

3D打印技术是指通过连续的物理层叠加，逐层增加材料来生成三维实体的技术。与传统的通过切割、车削等去除材料的加工技术不同，它是一种“增材”制造技术，也是一种快速成型技术。

3D打印物品，首先要在计算机中完成三维模型的制作；再将3D模型分割成逐层的截面，用于指导3D打印机逐层打印，这一步也叫“切片”；然后把这些信息传送到3D打印机上，由3D打印机打印模型；最后对打印的模型进行打磨、上色等后期处理。即3D打印过程可分成四个步骤：3D模型获取、3D模型切片、3D模型打印及后期处理。

拓展链接

3D打印机的类型

3D打印机可以按材料及成型方式分成多种类型。

1. FDM：利用熔融塑料丝逐层打印成型的方式，原料可以是ABS、PLA、PETG、PC、尼龙等。现在使用的桌面级打印机基本都是FDM型的。
2. SLS：利用激光选择性烧结成型的方式，原料可以是塑料粉末、陶瓷粉末、金属粉末等。
3. SLM：利用金属粉末激光烧结成型的方式，原料可以是不锈钢、碳钢、模具钢等。
4. SLA：利用液体光敏树脂在紫外光照射下能快速固化的特性来成型，原料是光敏树脂。
5. DLP：利用投影仪光固化成型的方式，原料是光敏树脂。
6. 3DP：原料是粉末加树脂，可彩色打印。
7. LOM：以涂有热熔黏合剂的纸张层叠、激光切割轮廓的方式成型，原料可以是A4纸、A3纸、PVC片等。
8. 食品3D打印机：主要用于打印食品，原料可以是液态、固态巧克力等。
9. 生物3D打印机：以生物材料或细胞单元为材料，用于制造医疗器械、组织工程支架和组织器官等制品的打印机。

4.2.2 3D模型获取

3D模型的获取，除了可以通过3ds Max、Maya、3D One等建模软件设计建模外，还可以从网上下载现成模型，或是通过三维扫描仪直接扫描获取模型数据，甚至可以在VR环境下进行VR虚拟建模。

●●● 例1 获取创意台灯的3D模型

根据自己的喜好设计一个创意台灯的模型，也可以从网上下载部分模型，并在此基础上进行修改设计。

本例从网上下载了一个“房子”的3D模型，并用三维建模软件打开该3D模型，如图4.2.1所示。

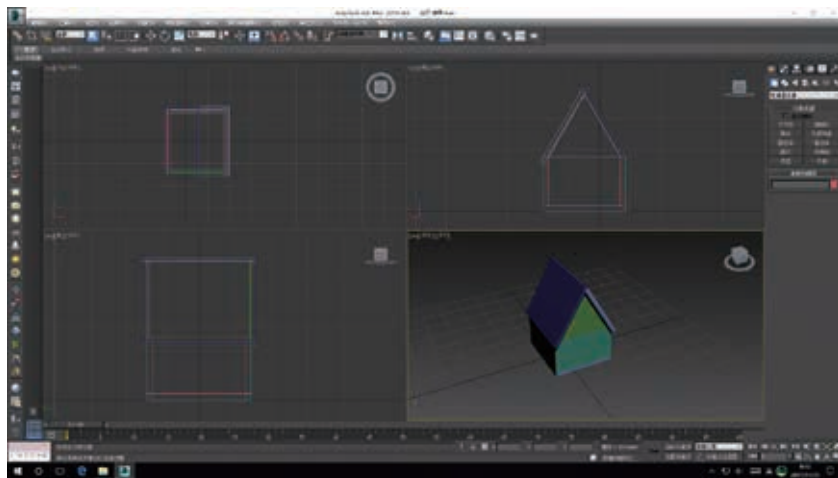


图4.2.1 在建模软件中打开下载的文件

根据创意台灯的实际需要，创建几个窗户，以便更好地透光，并在“房子”的下方制作一个用于穿电线的支架，形成如图4.2.2所示的创意台灯模型。最后将制作好的模型文件用STL格式导出保存。

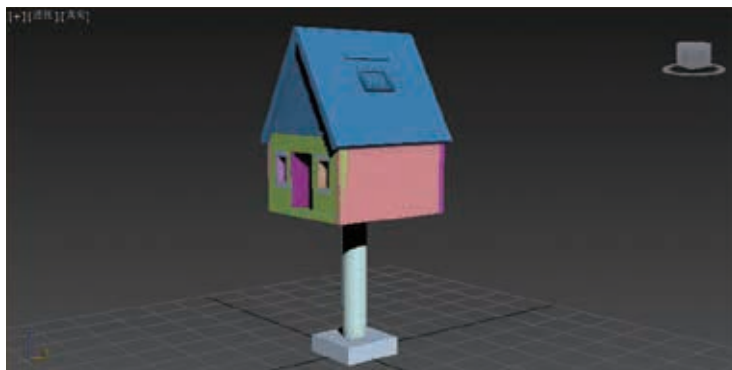


图4.2.2 制作完成的台灯模型

4.2.3 3D模型切片

不管是利用三维建模软件获得的3D模型，还是网上下载、三维扫描获得的3D模型，都必须通过切片软件进行切片后才能进行3D打印。

切片软件其实就是一种分层软件，能把3D模型按照层厚设置沿z轴方向分层，并得到切片后的打印文件，供3D打印机使用。例如，FDM类型的3D打印机有专用切片控制软件，只能读取专门的打印文件。当然也有一些免费或开源的切片软件可以直接使用，常用的有Cura、Repetier Host和Slic3r等。将3D模型STL文件切片处理，得出轮廓和加工路径，这些信息会形成Gcode代码进行保存，以供3D打印机打印使用。

拓展链接

常用的切片软件

Cura是3D打印软件的标准切片软件，它兼容大部分的3D打印机，其代码完全开源，可以通过插件进行扩展。Cura可以保存为Gcode代码进行脱机打印，也可以直接控制3D打印机，实现联机打印。Cura界面操作简单，适合初学者。

Repetier Host是目前3D打印机使用最为广泛的打印软件之一，它是一款将生成的Gcode代码以及打印机操作界面集成到一起的软件，可以通过调用外部生成Gcode代码的配置文件，它还有手动控制的操作界面，用户可以很方便地实时控制打印机。Repetier Host是一款适用于中、高级用户的切片软件。

Slic3r是一款专业级的切片软件。该软件最大的特点是可以采用蜂窝式填充，从而得到更加结实的产品。它的另一个优势是与Octoprint直接集成。当文件在用户桌面时，可以直接将其上传到用户的“打印”框，方便操作。

这里提到的Gcode代码（也称G代码）是一种数控编程语言，它控制着3D打印机的每一个打印动作。当生成Gcode代码后，就不能再修改参数了。

3D模型切片过程可分为以下几个步骤：

（1）导入三维模型：主要是把模型文件导入切片软件中。一般切片软件支持多种格式的3D模型文件，其中最常见的是STL格式。

（2）调整3D模型的位置及大小：主要是确定模型的打印位置及打印尺寸。也就是说，在切片软件中调整好模型的位置及大小后，用3D打印机进行打印时，这些参数一般都不会再被修改。


（3）设置切片参数：在3D模型打印前，需要通过切片软件设置打印材料、填充率、温度、速度等参数，以及确定是否添加底座及支撑等。参数设置得是否合理，会直接影响到3D模型的打印效果。



(4) 导出3D模型切片文件：参数设置完成后，根据3D打印机的要求选择特定的文件格式，将切片文件导出。

●●● 例2 对创意台灯3D模型进行切片

以“Coco 3D打印机”的专用切片软件HERAN3D为例，对创意台灯3D模型进行切片的操作步骤如下。

(1) 安装并启动HERAN3D切片软件，选择“Add”按钮，把创意台灯模型文件导入到切片软件中，如图4.2.3所示。

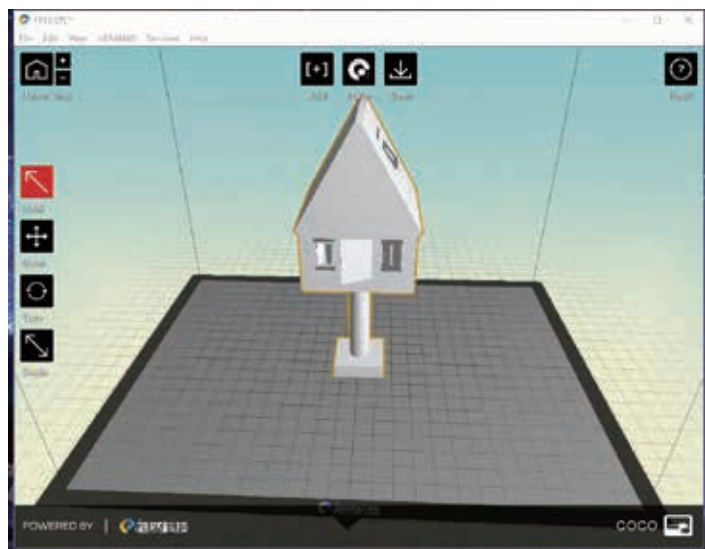






图4.2.3 台灯模型载入切片软件

(2) 通过“移动”按钮、“旋转”按钮、“比例”按钮分别对模型的位置、角度、大小进行调整，将模型设置为合适的尺寸并确定打印位置。

(3) 设置创意台灯模型的切片参数。选择窗口上方的“Make”按钮，打开切片参数设置面板，设置打印材料、填充率、温度、速度等参数。

为了打印时台灯的稳定性，需要给创意台灯模型添加底座和支架。在切片参数设置面板选择“底座”“支撑”，并将打印的层高设置为0.2mm，内部填充率设置为10%，如图4.2.4所示。

(4) 切片参数设置完成后，选择“Export!”命令，根据配套3D打印机的要求，将切片后的模型导出为X3G打印文件格式。

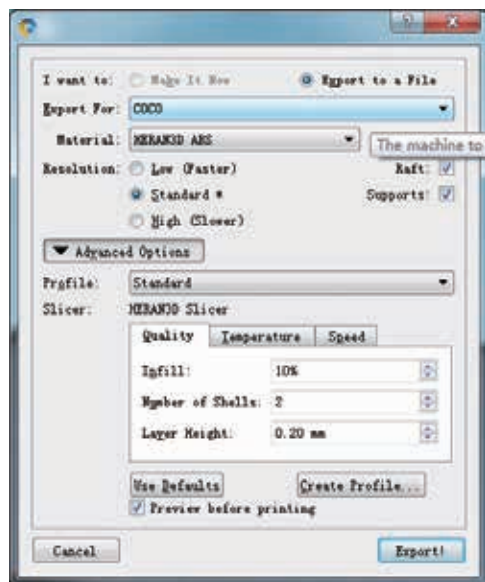


图4.2.4 创意台灯模型的切片参数

4.2.4 3D模型打印

使用3D打印机打印模型时，一般有联机打印和脱机打印两种方式。进行3D模型打印的一般步骤可分为连接3D打印机、调试、打印等过程。

(1) 连接3D打印机：主要目的是将3D模型切片后导出的文件与打印机关联。若是联机打印，则直接把3D打印机和电脑端口连接，在电脑上打开切片软件，执行“手动控制”，即可控制打印机进行打印。若是脱机打印，则将模型切片后的打印文件存储到SD卡或U盘上，然后插入3D打印机。

(2) 调试3D打印机：在打印3D模型之前，需先挑选并安装好3D打印材料，再对喷头、传送带等部位进行调试，测试喷头的吐丝情况，传送带的松紧程度等。待这些零部件正常运作之后再行模型打印。

(3) 打印3D模型：3D打印机会计算出打印头的机械路径和动作。比如，打印头在什么位置沉积出外形的轮廓，在哪里喷射多少材料等。在3D打印时，打印头通常沿着一系列的水平或垂直轨道移动。沉积第一层时，打印头先勾勒出要打印物体的轮廓，然后来回扫描以填充轮廓。第一层打印完成后，打印头会略微抬起，然后回落并开始第二层打印。3D打印机就这样重复该过程，打印出设计文件所描绘的每个横截面，最后完成整个3D模型。

●●● 例3 打印创意台灯3D模型

(1) 连接3D打印机。以脱机方式打印为例，将创意台灯模型的切片文件存入SD卡，并将SD卡插入3D打印机。

(2) 调试3D打印机。给3D打印机装上3D打印材料，选择操作面板中的“Start Preheat（开始预热）”模式，对打印机进行喷头加温及吐丝测试，如图4.2.5所示。

待吐丝正常后，选择操作面板中“Build From SD（从SD卡选择）”（如图4.2.6所示）的打印文件，打印机就开始读取文件，打印过程正式开始了。

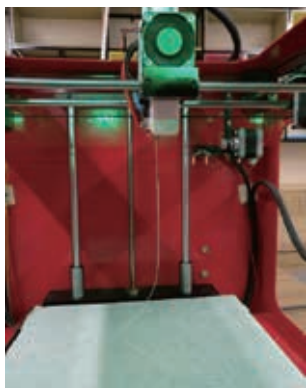


图4.2.5 3D打印机的吐丝测试



图4.2.6 3D打印机的操作面板

4.2.5 后期处理

桌面级3D打印机打印后的模型虽然已经成型，但有些地方仍比较粗糙，所以打印完成后的模型一般都要经过打磨、上色等步骤。有些大型的模型往往会采取分块打印的方式，后期还需要进行组装等工序。但也有一些专业级和生产级的3D打印机可以直接打印出高精度、多色彩的模型，不需要再进行后期的打磨上色处理。

●●● 例4 对3D打印模型进行后期处理

台灯模型打印完成后，先去掉它的支架和底座，对打印模型进行打磨，等表面磨光后，再对其进行上色处理。因为打印的时候选取的是白色的材料，所以上色比较方便。这些工序都完成后，一个个性化的台灯外壳就成型了，如图4.2.7所示。为它装上小灯泡后，一盏真正能照明的台灯就完成了，如图4.2.8所示。



图4.2.7 台灯造型



图4.2.8 装上小灯泡后发光的台灯

问题与讨论

在制作中学学科教学器材时，3D打印有哪些方面的应用？请列举至少2门学科中3D打印技术的应用实例，并结合教学内容具体说明可以创建哪些3D模型。

实践与体验

创意杯子的设计与打印

以“创意杯子”为主题，在保证杯子基本功能的前提下，借助三维建模软件适当地添加自己的创意，用3D打印机将模型打印为成品。

实践内容:

将建模得到的杯子模型用3D打印机以联机打印的方式进行打印。

器材清单:

3D打印机。

实践步骤:

1. 模型获取。用三维建模软件设计创建模型，也可在网上下载的模型的基础上进行修改建模，最后导出STL格式文件。

2. 模型切片。选择一款切片软件，如Cura，对模型文件进行切片处理，根据模型的特征进行相关参数的设置，如图4.2.9所示。

3. 模型打印。将3D打印机与电脑端口连接，并在切片软件中点击“连接”，在“手动控制”界面中操控模型打印，如图4.2.10所示。



图4.2.9 打印参数的设置

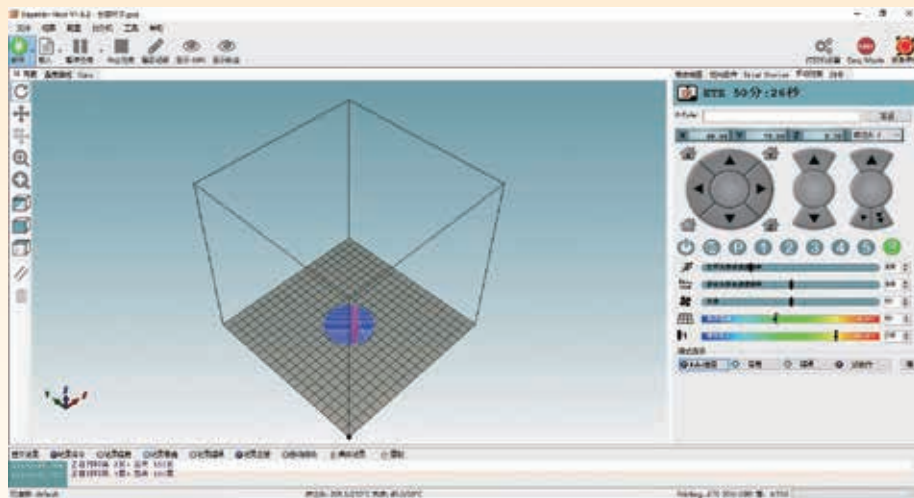


图4.2.10 “手动控制”界面

4. 后期处理。对打印出来的杯子进行打磨、上色等操作。若设计的杯子是由多个模型组合而成的，在后期处理中还需组装打印的各部件。

讨论思考:

1. 在打印时，什么情况适合一次性整体打印，什么情况适合分部件打印后再组装？

2. 在3D打印后期处理中，打磨和上色的方式有哪些？



思考与练习

1. 写出你们学校使用的切片软件及其使用方法。
2. 3D模型在切片过程中，打印温度是不是设置得越高越好？为什么？
3. 3D打印机在调试过程中吐丝不成功，可能存在的原因有哪些？
4. 你们学校的3D打印机是采用联机打印，还是脱机打印？在打印过程中遇到过哪些问题？

4.3

以三维全景图形式发布

三维全景图也称全景环视图，是一种运用数码相机对现有场景进行多角度环视拍摄并拼接，或通过渲染三维模型获得全景图像再加载播放程序来完成展示的三维虚拟展示技术。三维全景图具有广阔的应用领域，如旅游、建筑、装修展示、古迹复原和文化遗产保护等。

4.3.1 三维全景图制作流程

三维全景是大于双眼正常有效视角（大约水平 90° ，垂直 70° ）或双眼余光视角（大约水平 180° ，垂直 90° ）乃至 360° 完整场景范围的照片。它分为三维模型渲染导出和三维实景两种。

三维全景图的一般制作流程为：三维全景模型选择、静态全景图制作、三维全景图生成与展示，其中静态全景图制作有两种方法，具体制作流程如图4.3.1所示。

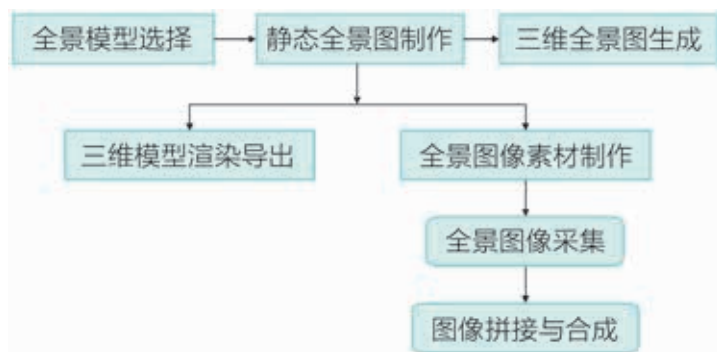


图4.3.1 三维全景图生成与展示

静态全景图制作有两种方法：三维模型渲染导出制作三维全景图，全景图像素材制作三维全景图。

三维模型渲染导出全景图，是将三维设计软件制作出来的三维虚拟场景导出形成全景图。这种方法主要用于某些不能拍摄或难以拍摄的场景，或是用于一些在现实世界中不存在的场景，如蚂蚁巢穴三维全景图、虚拟太空全景环游等。而三维图片素材制作全景图，是利用特殊的拼接合成技术处理实景照片，从而呈现出真实的场景。这种方法主要用于全方位呈现室内场景和室外旅游场景等，如全景创新实验室、杭州西湖全景虚拟游（如图4.3.2所示）、全景虚拟紫禁城等。

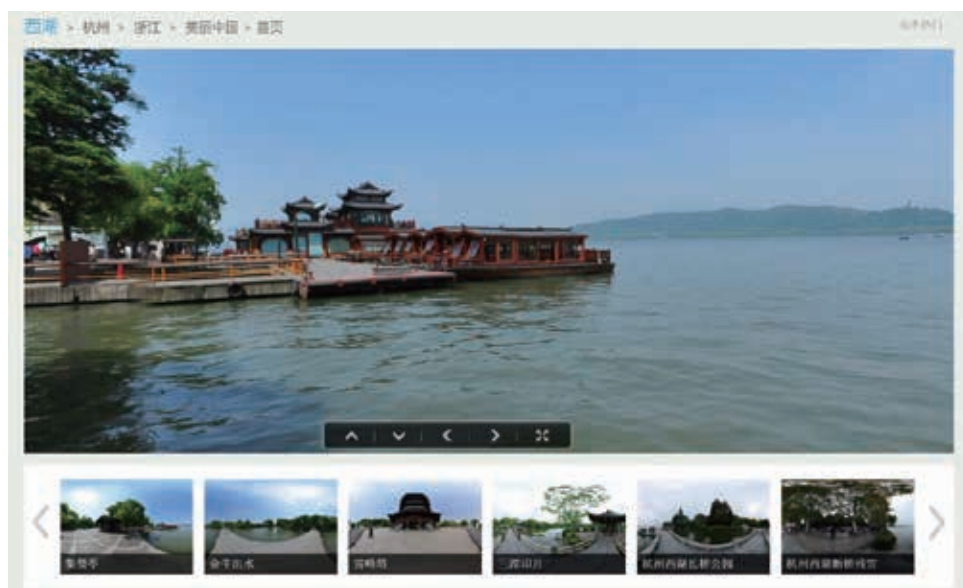


图4.3.2 杭州西湖三维全景图

4.3.2 三维全景模型选择

根据全景图浏览或展示方式的不同，三维全景模型分为圆柱体模式、立方体模式、球体模式等。

圆柱体全景可以水平 360° 观看四周的景色。由于其上下的视野受到限制，即垂直视角小于 180° ，因此圆柱体模式不太适合垂直视角下非常大的图像。圆柱体全景模式展开成平面图的形式如图4.3.3所示。



图4.3.3 圆柱体全景模式的展开形式

立方体全景是将全景图分成了前、后、左、右、上、下六个面，相机位于立方体的中心，是全视角，浏览时将六个面结合成一个密闭空间来实现水平和竖直的三维全景，即水平视角和垂直视角都是 360° ，也称为 720° 全景图。立方体全景模式展开成平面图的形式如图4.3.4所示。



图4.3.4 立方体全景模式的展开形式

球体全景是将球体的经度和纬度坐标对应到水平和垂直坐标的一格，这个网格的高度大约是宽度的两倍。因此从赤道到两极，横向拉伸不断加剧，南北两个极点被拉伸成扁平的网格至整个上部和下部边缘。球体全景可以实现整个水平和竖直的三维全景，扩大了全景图浏览的视野，但增加了算法复杂度和图像采集的难度。球体全景模式展开成平面图的形式如图4.3.5所示，球体全景模式如图4.3.6所示。



图4.3.5 球体全景模式的展开形式



图4.3.6 球体全景模式

4.3.3 静态全景图

制作静态全景图一般有两种方法，一种是将三维建模软件中的模型直接渲染导出，另一种是根据选定的三维全景模型，采集相应的原始图像素材，然后利用专业软件进行图像拼接和合成。

1. 将三维模型直接渲染导出生成静态全景图

●●● 例1 渲染导出客厅静态全景图

将三维模型渲染成静态全景图，首先需要在场景中调整摄影机的位置和角度，使摄影

机转动360°时，刚好能在透明视图中观看到三维图形360°的场景，然后在渲染面板上设置相关参数，最终得到静态全景图。

以3ds Max为例制作虚拟客厅三维全景图，步骤如下：

(1) 导入需渲染的三维模型。

(2) 创建摄影机。创建自由摄影机并放置在场景中的合适位置。

(3) 设置渲染参数。在3ds Max的“渲染设置”面板上，根据全景模型的类型设置渲染参数。若要渲染立方体，图像比例设置为0.75（即3:4），在V-Ray选项卡内找到摄影机卷展栏，将类型设置为长方体（Box）。若要渲染成球体，则图像比例设置为2.0（即2:1），如图4.3.7所示，摄影机的类型设置为球型，然后勾选覆盖视野，并将视野值改为360，如图4.3.8所示。



图4.3.7 “公用”对话框参数设置

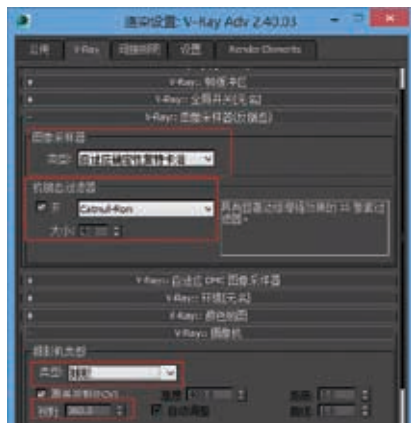


图4.3.8 “V-Ray”对话框参数设置

(4) 渲染出静态全景图。按照球型模式设置渲染面板参数后，执行图4.3.8对话框中的“渲染”命令，即可输出静态全景图像，如图4.3.9所示。



图4.3.9 渲染完成的静态三维全景图像

2. 拍摄图像素材制作静态全景图

通过拍摄图像素材制作静态全景图的制作流程：选择三维全景模型、全景图像采集、图像拼接与合成、制作全景图。

(1) 全景图像采集

三维全景模型的类型不同，拍摄采集全景图像素材需要的设备也就不同。例如，用普通相机在固定点拍摄采集到的全景图像素材如图4.3.10所示，用鱼眼镜头拍摄采集到的全景图像素材如图4.3.11所示。



图4.3.10 普通相机拍摄的全景图像素材

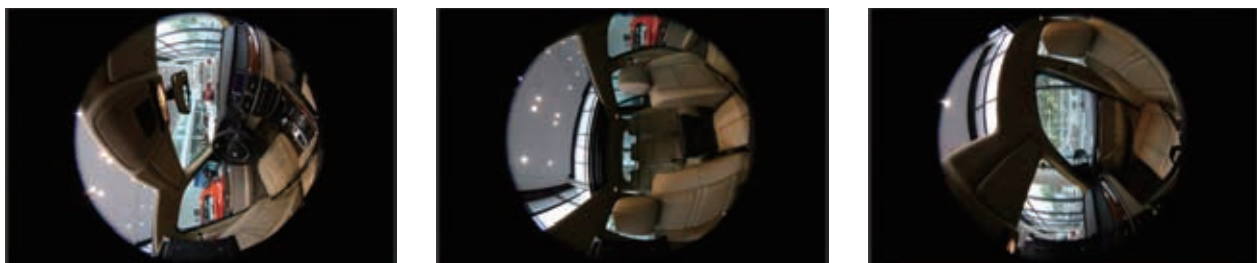


图4.3.11 鱼眼镜头拍摄的全景图像素材

(2) 图像拼接与合成

有了图像素材，通过专用的图像拼接与合成软件对图像素材进行拼接，并对图像重叠部分进行处理，合成静态全景图。

图像拼接的主要步骤如图4.3.12所示。



图4.3.12 图像拼接融合的流程

图像预处理：主要是为了抑制或减少图像的噪点，得到质量较高的待拼接源图像，以初步减少图像匹配阶段可能出现的误匹配点。

图像配准：也称为图像特征匹配，主要是在相邻两幅图像中寻找相似特征，确定重叠区域，为相似区域的融合做准备工作。

图像融合：就是使拼接的图像在拼接区域平滑过渡，尽量消除拼接缝隙，以及模糊和重影等。

通过这些步骤得到拼接重构后的图像。

●●● 例2 制作汽车内部静态全景图

在采集汽车内部场景的图像（如图4.3.11所示）后，对采集到图像素材使用专用制作软件进行“图像对准”，导出并制作完成汽车内部场景的静态全景图。此处以PTGui Pro拼接软件为例，步骤如下：

（1）导入拍摄的原始素材图像。启动PTGui Pro软件，用“加载图像”命令将拍摄的原始素材图像导入，如图4.3.13所示。

（2）图像位置对准。单击“对准图像”，若图像拍摄的位置准确，就不需要对图片进行改动，直接进入全景图编辑流程。若不够准确，则需要手动对图片进行调整，找出左右2张图片上重合的点（至少3个点）并标记，如图4.3.14所示。



图4.3.13 加载素材



图4.3.14 图像对准

（3）设置输出文件目录，创建静态全景图。设置输出的文件目录，选择“创建全景图”命令，获得加工处理完成的全景图片，如图4.3.15所示。



图4.3.15 创建静态三维全景图

问题与讨论

在3ds Max中还有其他方法渲染全景图吗？

4.3.4 三维全景图的生成和展示

三维全景图能克服摄像器材的物理性能限制，全方位展现景物。

通过图像拼接获得的静态全景图只是半成品，是180°静态全景图，要获得三维全景交互环视效果，还需要通过三维全景制作软件生成360°或720°全景图，最后通过软件生成可浏览的三维全景图。

拓展链接

全景图制作软件

目前常用的全景图制作软件有全景漫游者、Pano2VR、Ulead COOL 360等。全景漫游者可以将球形全景地图或户型图、场景音乐和解说、文字等各种元素结合起来，提供交互式虚拟漫游体验。Pano2VR可以制作三维全景图，并且可以将三维全景图像转换为Flash、Html5、QuickTime等格式的文件。

常用的全景图像拼接制作软件有Photoshop、PTGui Pro Mac、Panorama Maker等。PTGui Pro Mac是一款Windows与Mac OS X平台上都可以使用的全景摄影照片拼接软件，可以将拍摄到的普通照片合成为一张全景图片。

●●● 例3 生成汽车内部的三维全景图

通过三维全景图制作专用软件，将制作好的汽车内部静态全景图导出并生成三维全景图文件。此处以Pano2VR三维全景制作软件为例，制作步骤如下：

(1) 静态全景图导入。单击“选择输入”命令，将之前生成的汽车内部静态全景图片导入，如图4.3.16所示。

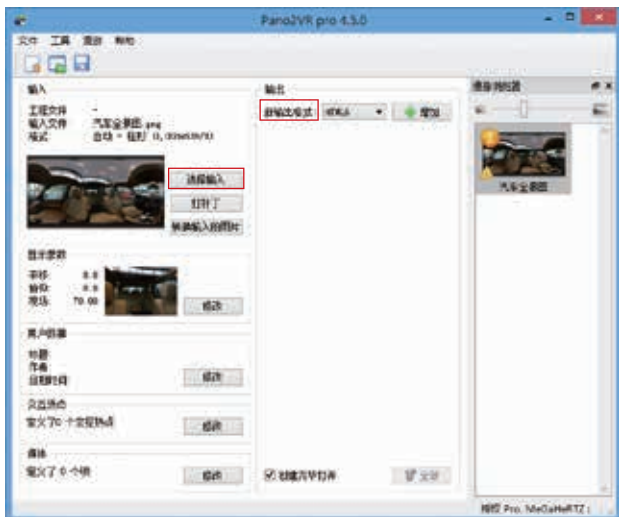


图4.3.16 输入素材

(2) 选择输出格式并设置输出参数。

①选择“HTML5”选项，选择“增加”命令后在出现的“HTML5输出”对话框中设置HTML5输出参数，如图4.3.17所示。

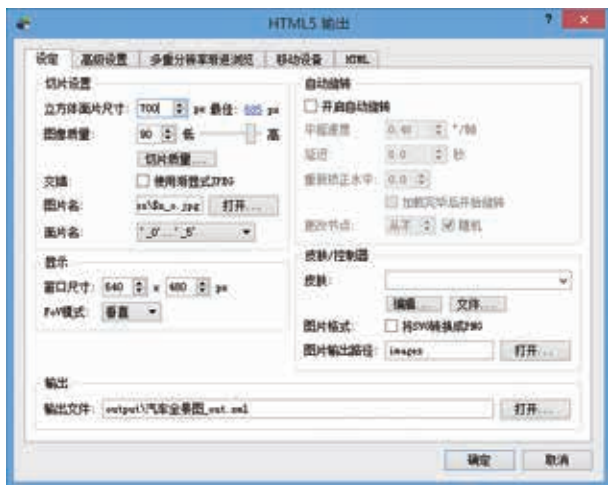


图4.3.17 HTML5参数设置

②确定输出文件名后，选择“确定”命令即可生成三维全景图。如图4.3.18所示，即为生成的三维全景图输出目录。通过浏览器打开目录中的.html文件，就可以浏览观看三维全景图。



图4.3.18 全景图输出目录

利用一般的图片软件看不到三维全景图的3D效果，因此要选择合适的平台来展示。目前能够进行全景展示的平台有很多，如DevalVR Player、720云全景客、酷雷曼等，这些全景展示平台能把二维的平面图模拟成三维空间并呈现给观赏者。

III 实践与体验 III

样板房三维全景图的制作

实践内容：

实地参观地产装修样板房，拍摄全景，利用全图虚拟漫游软件制作具有交互功能的全景图，如能通过点击可以查看到样板房内物件的多媒体信息，表现形式多样化，如用文字显示或声音介绍或视频展示。

实践步骤：

1. 修改用户数据，添加标题、作者、版权、时间等信息。
2. 通过设置交互热点产生交互动作，使用户在浏览时可通过点击热点转到URL所设置的场景中。
3. 插入媒体，如插入静帧图片、背景音乐、多媒体视频等。
4. 通过设置皮肤编辑器，修改全景图导行栏、添加缩略图、添加户型导航等，效果如图4.3.19所示。



图4.3.19 样板房三维全景图

? 思考与练习

1. 利用三维全景图制作软件，将已拼接完成的校园静态全景图制作成可720°旋转观看，并能通过热点交互查看不同场景的三维全景图。
2. 使用普通相机拍摄自己所在学校的教学区、篮球场、图书馆、体育馆等校园风光图，然后通过拼接软件制作成三维全景图。



4.4

以虚拟现实形式发布

虚拟现实（VR）技术也被称为“沉浸式虚拟现实技术”，它带给人们最大的感受就是“沉浸感”和“临场感”。目前，虚拟现实一个重要的标志就是使用者佩戴的“头戴式显示器（简称头显，或头盔）”，显示的内容可来自个人电脑、游戏机或手机等。当人们戴上头显后，就会被完全“包裹”在虚拟世界中。转动头部，甚至四处走动时，看到的虚拟世界完全随着眼睛的位置和角度的改变而改变，如同在真实世界中一样。同时，人们还可以通过动作、手势、语言等方式与虚拟世界进行沟通。

4.4.1 虚拟现实制作流程

虚拟现实利用人眼的双目立体视觉原理，模拟人眼的视觉效果。虚拟现实的呈现是通过采集整个场景中的很多切片甚至是所有切片，生成一个模拟人眼视觉的切片数据库。不管人在某个瞬间是移动了位置，还是眼睛切换了焦点，计算机都可以通过算法筛选出人做出这个动作的瞬间应该看到的切片，并且经过快速加工，把需要的切片呈现在显示屏上，这样就会让使用者感觉像在现实世界中一样了。

虚拟现实作品的制作过程比较复杂，通常是通过虚拟现实制作软件来制作实现的。虚拟现实制作软件也称VR开发引擎，用于三维图形驱动的建立和应用功能的二次开发，同时也是连接虚拟现实外设、建立数学模型和应用数据库的基础平台，是整个虚拟现实系统的核心，负责整个虚拟现实场景的开发、运算、生成，连接并协调各子系统。

由于虚拟现实制作过程比较复杂，本节将通过介绍三维虚拟场景发布成简单的虚拟现实的过程，来介绍虚拟现实作品发布的基本方法。虚拟现实作品的一般发布制作流程为：虚拟场景的创建，虚拟场景与硬件设备的连接，虚拟现实作品的发布与展示。

4.4.2 虚拟场景的创建

虚拟现实首先要通过计算机生成一个三维的虚拟环境，包括创造一个逼真而又合理的三维场景，以及三维场景中的各种三维模型。

凡具备三维构建和渲染能力的三维建模软件都可以生成三维的虚拟场景，如3ds Max。由于制作虚拟现实作品还要建立虚拟场景与虚拟现实硬件设备的映射，因此需要采用专用的VR开发引擎来制作三维虚拟场景。

拓展链接

虚拟现实制作软件：VR开发引擎

制作虚拟现实作品，需要用到功能强大的虚拟现实制作软件，这类软件也称为VR开发引擎。

引擎一词借用了机器工业的术语，这也表明了它在整个系统中的核心地位。VR开发引擎其实是基于计算机操作系统的API和显卡驱动接口构建的，目的是方便应用开发人员快速生产虚拟现实内容。VR开发引擎不仅能制作图像，还能够产生立体声音，模拟物理现象等。

目前常见的VR开发引擎有Unity、Unreal Engine、CryEngine、StingRay、jMonkey Engine、Lumberyard等。

在虚拟现实制作软件中制作一个虚拟场景，经历以下三个步骤：创建虚拟现实工程，导入虚拟场景资源，在虚拟场景中加入三维模型。

●●● 例1 制作“星空浮岛”虚拟场景

在一个“星空”的虚拟空间中，添加一个三维“浮岛”的虚拟场景。

以Unity 3D虚拟现实制作软件为例制作该虚拟场景，步骤如下：

(1) 创建一个“SkyLaputan”虚拟现实工程。

下载Unity 3D软件并安装，然后启动Unity 3D，输入创建虚拟现实工程的信息后，即可创建一个名为“SkyLaputan”的虚拟现实工程。创建虚拟现实工程的界面如图4.4.1所示。

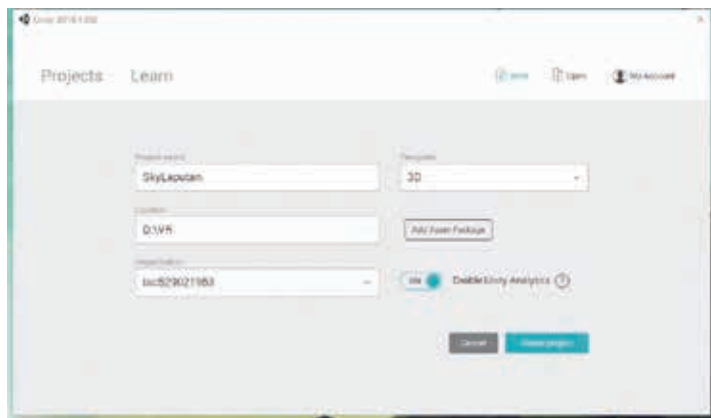


图4.4.1 Unity 3D创建虚拟现实工程界面

(2) 设置“星空”虚拟背景场景。

在Unity 3D软件中选择Custom Package命令，可选择一个天空盒素材“星空天空盒”，如图4.4.2所示。

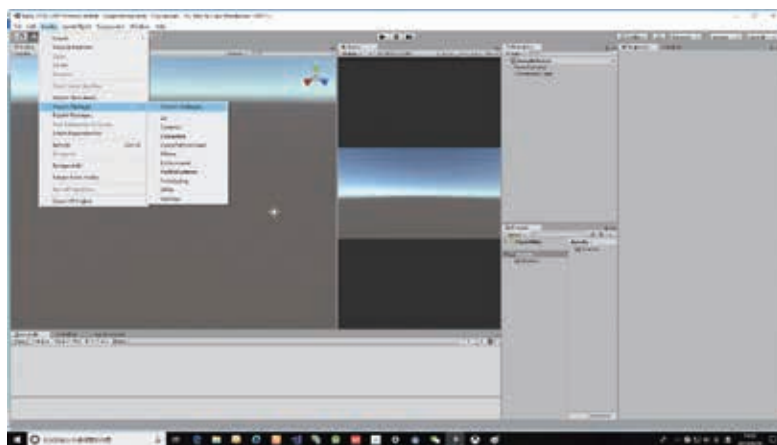


图4.4.2 Unity 3D软件主界面

执行Settings命令，在光照效果“Lighting”对话框中设置天空盒材质（如图4.4.3所示），即可创建一个“星空”虚拟背景场景，如图4.4.4所示。

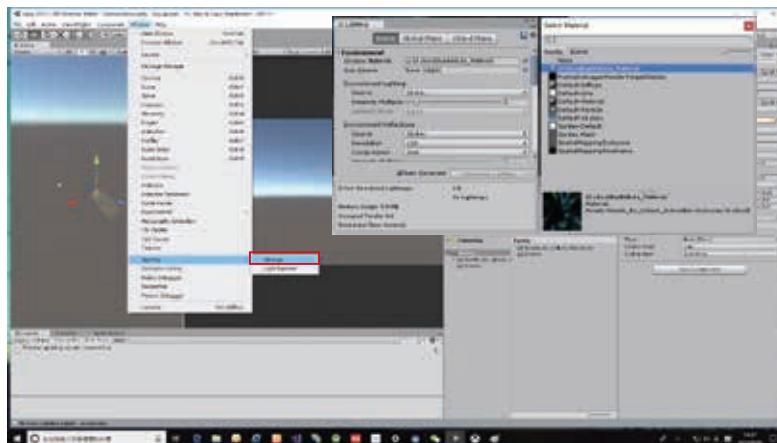


图4.4.3 光照效果对话框

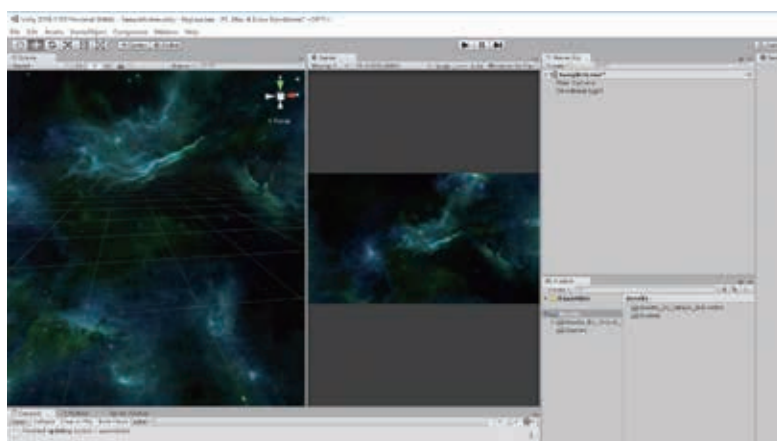


图4.4.4 “星空”虚拟场景

(3) 导入“浮岛”三维模型。

在以星空天空盒为虚拟背景的场景中，将第二章用三维建模软件制作好的“浮岛”三维模型文件“Laputan.FBX”，拷贝到Unity 3D工程的“Assets”文件夹中。然后，将

“Laputan.FBX” 三维模型资源拖入到 “SkyLaputan” 虚拟现实工程中，一个简单的 “星空浮岛” 虚拟场景就建成了，如图 4.4.5 所示。

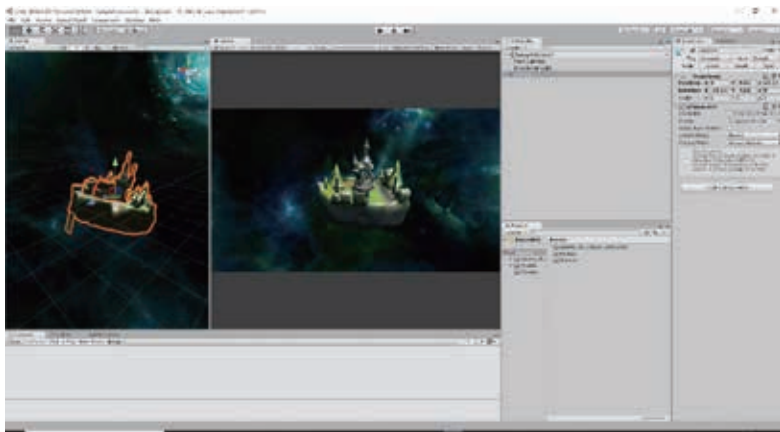


图4.4.5 “星空浮岛” 虚拟场景

4.4.3 虚拟场景与硬件设备的连接

虚拟现实目前最重要的特点是使用者需要佩戴 VR 头盔来观看虚拟现实的内容。因此，创建好的虚拟场景还需要与虚拟现实的硬件连接，才能呈现虚拟现实的内容。

虚拟现实的硬件种类很多，最主要的硬件设备当然是头显，另外还有 VR 眼镜、VR 手柄、数据手套、触感衣、万向跑步机和飞翔姿态模拟器等适应各种应用场景需要的 VR 交互设备。

问题与讨论

虚拟现实系统中硬件设备主要由输入设备、输出设备、虚拟世界生成设备三个部分组成。说说这三个部分分别有哪些代表性的设备。

VR 硬件设备会提供相应的专用 VR 插件。将 VR 硬件连接到计算机并安装好驱动程序，然后在虚拟现实制作软件中安装好相应的 VR 插件，就可在虚拟现实制作软件中把虚拟场景与 VR 硬件设备相关联并进行封装发布了。

●●● 例2 将虚拟现实硬件连接至 “星空浮岛” 虚拟场景

以 HTC Vive 虚拟现实硬件为例。HTC Vive 虚拟现实硬件基本套件包括 Vive 头戴式设备、串流盒、2 个 Vive 操控手柄和 2 个定位器。将这些硬件设备连接到计算机后，即可在 Unity 3D 虚拟现实制作软件中安装与该套硬件设备配套的 SteamVR 插件。连接硬件设备在相关虚拟场景中的映射，即加入硬件的控制器，便可实现用硬件设备操控虚拟场景。

针对 HTC Vive 虚拟现实硬件，连接虚拟场景的操作步骤如下：



(1) 安装硬件设备和内置插件。

拆开HTC Vive虚拟现实硬件套装包装，将设备连接到计算机上，并安装好硬件的驱动程序。

启动Unity 3D虚拟现实制作软件。在Unity 3D的资源商店找到SteamVR插件并安装，如图4.4.6所示。

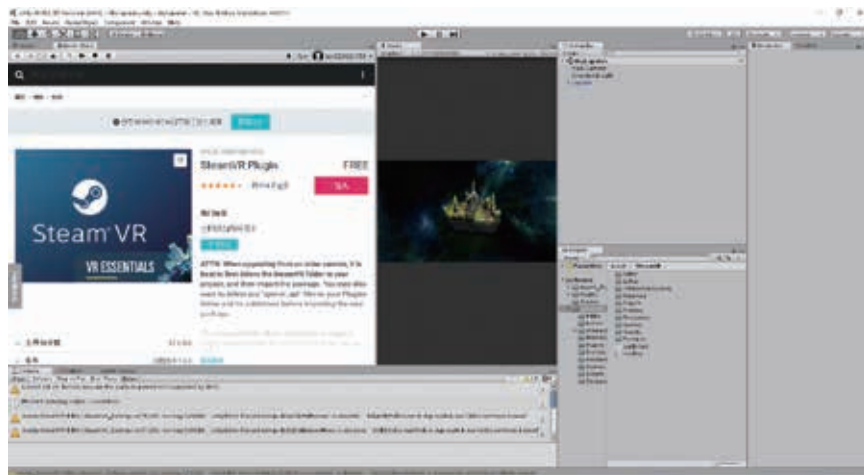


图4.4.6 安装SteamVR插件

(2) 连接硬件设备和虚拟场景。

打开之前制作的“星空浮岛”虚拟场景，在资源面板中找到SteamVR插件，将“Prefabs”资源包中的“CameraRig”摄影机资源包拖入“SkyLaputan”工程中，HTC Vive虚拟硬件使用的SteamVR插件就与相关场景建立了映射，并在Unity 3D制作界面中自动产生一个已连接的摄影机。利用“CameraRig”还可对摄影机的旋转、晃动、相对位置等参数进行设置。

这时，拿起HTC Vive头盔进行测试，Unity 3D制作界面中的图像随头盔移动而发生变化。建立硬件连接后的制作界面如图4.4.7所示。类似地，可完成手柄等设备与虚拟场景的连接。

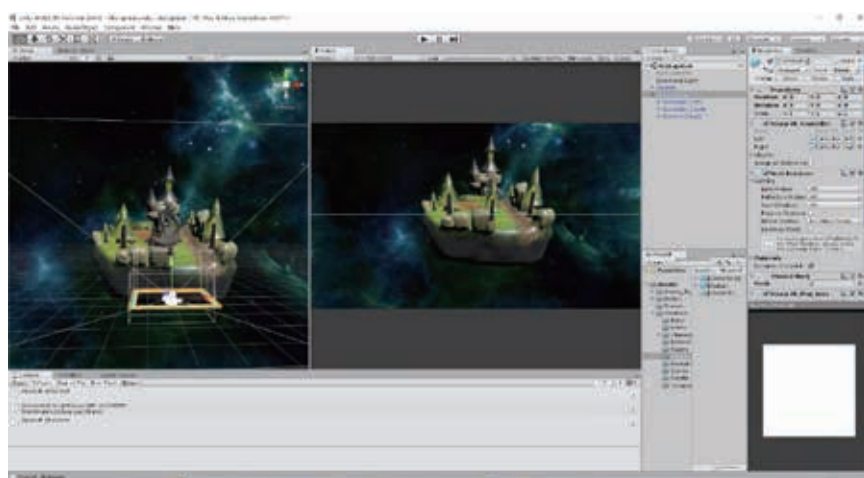


图4.4.7 头盔与虚拟场景映射连接

拓展链接

虚拟现实头盔

目前市面上流行的虚拟现实头盔主要分为三类：连接PC主机的PC-VR头盔、插入手机的手机VR头盔、集成了运算处理器的一体机VR头盔。

连接PC主机的PC-VR头盔需要与PC主机电脑相连，VR画面运算处理，均在PC电脑端完成。它的画面成像质量很高，能支持大空间的位移和动作捕捉，如图4.4.8所示。



图4.4.8 PC-VR头盔

一体机VR头盔将运算核心植入VR头盔中，不需要外接计算机。由于运算核心只服务于VR头盔，VR成像质量也因此得到了保障，如图4.4.9所示。



图4.4.9 一体机VR头盔

插入手机的手机VR头盔如图4.4.10所示。图像的显示、处理都在手机的处理器上完成，所以最后成像效果主要取决于手机而非头盔本身。相对于前面介绍的两款，这款头盔的价格比较低，更适合大众消费者。



图4.4.10 手机VR头盔

4.4.4 虚拟现实作品的发布和展示

完成虚拟场景与硬件的连接后，即可对虚拟现实作品进行调试和发布。在Unity 3D虚拟现实制作软件中保存虚拟现实工程，或选择Build Settings命令，发布成EXE文件，如图4.4.11所示。

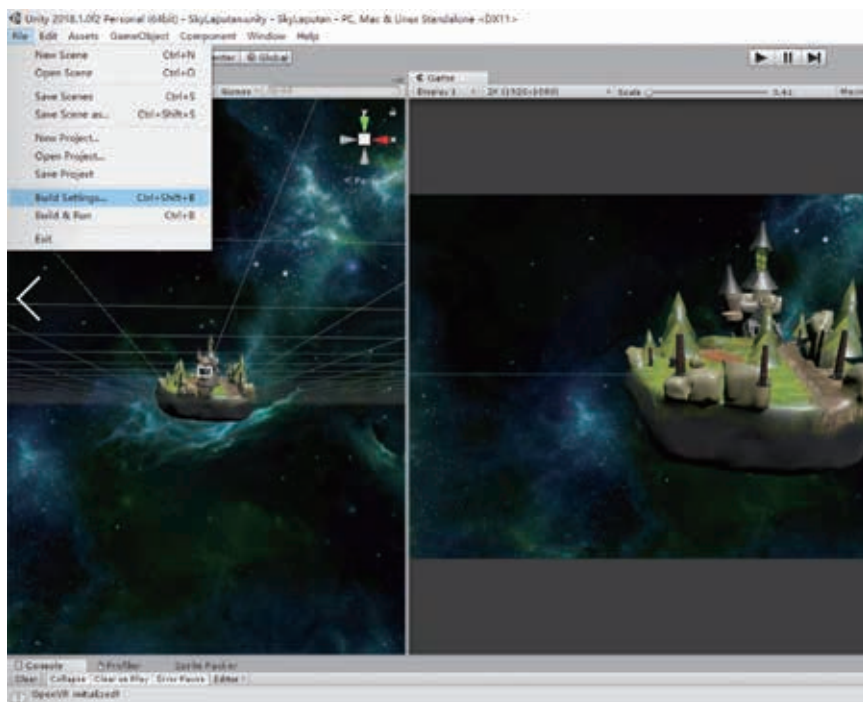


图4.4.11 发布虚拟现实作品

发布成虚拟现实作品后，戴上VR头盔即可看到包含“浮岛”在内的整个虚拟星空。随着头部运动，整个虚拟空间也跟着变换角度。通过操控手柄，使用者可以对虚拟的三维浮岛进行拉近、推远或全方位翻转操作，从各个角度观察三维浮岛细节。这样，一个简单的虚拟现实作品就制作完成了。如果对各个三维模型角色加入复杂的动作命令，就可做成适用于场景的虚拟现实作品了。

? 思考与练习

1. 虚拟现实技术的构成部分有哪些？
2. 虚拟现实系统中常用的人机自然交互技术有哪些？
3. 虚拟现实系统中主要应用了哪些技术？

巩固与提高

1. 请联系实际并展开联想，设计各种有创意的花瓶，既可以是具艺术效果的花瓶，也可以是有特殊功能的花瓶。本次活动从建模规划开始，利用三维设计软件添加并实现自己的创意，最终用3D打印实现成果打印。活动最终成果内容应包括设计说明书、展示的实物。

2. 制作太空漫步720°全景虚拟漫游系统。从3D模型网站上下载或通过建模得到720°的太空全景图，制作完成的720°全景图应具有交互功能，如能通过点击查看到太空中各物体的多媒体信息，表现形式多样化，如用文字显示、声音介绍或视频展示。

3. 制作一款虚拟现实小游戏。在虚拟场景中，加入西瓜和菠萝两个角色，它们会沿随机路径从虚拟场景中的远处向玩家眼前飞行，玩家能通过控制手柄来控制虚拟刀砍中西瓜或菠萝。



项目挑战

教室改造创意行动——发布3D教室作品

经过对“教室改造”项目的创意设计、三维建模和三维动画的制作，我们将对“教室改造”的三维设计稿做进一步的修改调整，最后发布让人眼前一亮的三维作品，参加“教室改造”的创意作品大赛。

▶ 项目任务

分别以3D打印形式、三维全景图形式和虚拟现实形式发布制作相应的3D教室作品。

▶ 过程与建议

1. 根据项目任务进行合理分工

为了参加“教室改造”创意作品大赛，整个项目组成员分成三个小组。小组成员既要完成各自的任务，又要通力合作，共同完成参赛任务。

2. 打印三维教室的3D模型

对三维建模文档进行切片处理，将“教室改造”项目中的各个部件用3D打印机打印出来，做成三维教室的实体模型。

3. 制作三维全景图

利用建好的三维教室模型，导出三维全景图，在浏览软件中呈现。

4. 实现以VR的方式浏览

根据VR制作的要求，调整“教室改造”的三维模型，并制作成虚拟现实的场景。在“教室改造”创意作品大赛现场，用VR头盔观看整个教室的虚拟场景。

▶ 评价标准

请根据项目实施的过程、效果以及成果展示交流的结果，对自己完成项目的情况进行客观的评价，并思考后续完善的方向。把评价结果和完善方案填写在下面的表格中。

评价条目	说明	评分(1~10分)	评分主要依据阐述	后续完善方向
打印3D模型	能用3D打印机打印出“教室改造”项目中的各个部件			
制作三维全景图	能导出三维全景图,并实现对三维全景图的浏览			
实现VR方式浏览	能制作出“教室改造”项目的虚拟现实场景,并可以用VR头盔观看			
小组分工	成员组成合理,各司其职,有较好的团队合作精神			

拓展项目

1. 将学校的景物和学校的地图有机结合起来,搭建虚拟校园漫游系统,既可以为学校树立良好的形象,让学生和家长在报考学校之前就可以尽览校园风光,了解学校的相关信息,也可以作为校园规划的辅助工具,方便智慧校园蓝图的设计。如何建立三维虚拟校园漫游系统?

2. 在文字介绍的基础上,结合风光美景、导航地图等,构建虚拟景点漫游系统,让游客在网络上就能身临其境地游览景点,促进旅游行业更快地进入信息时代。如何建立三维虚拟景点漫游系统?