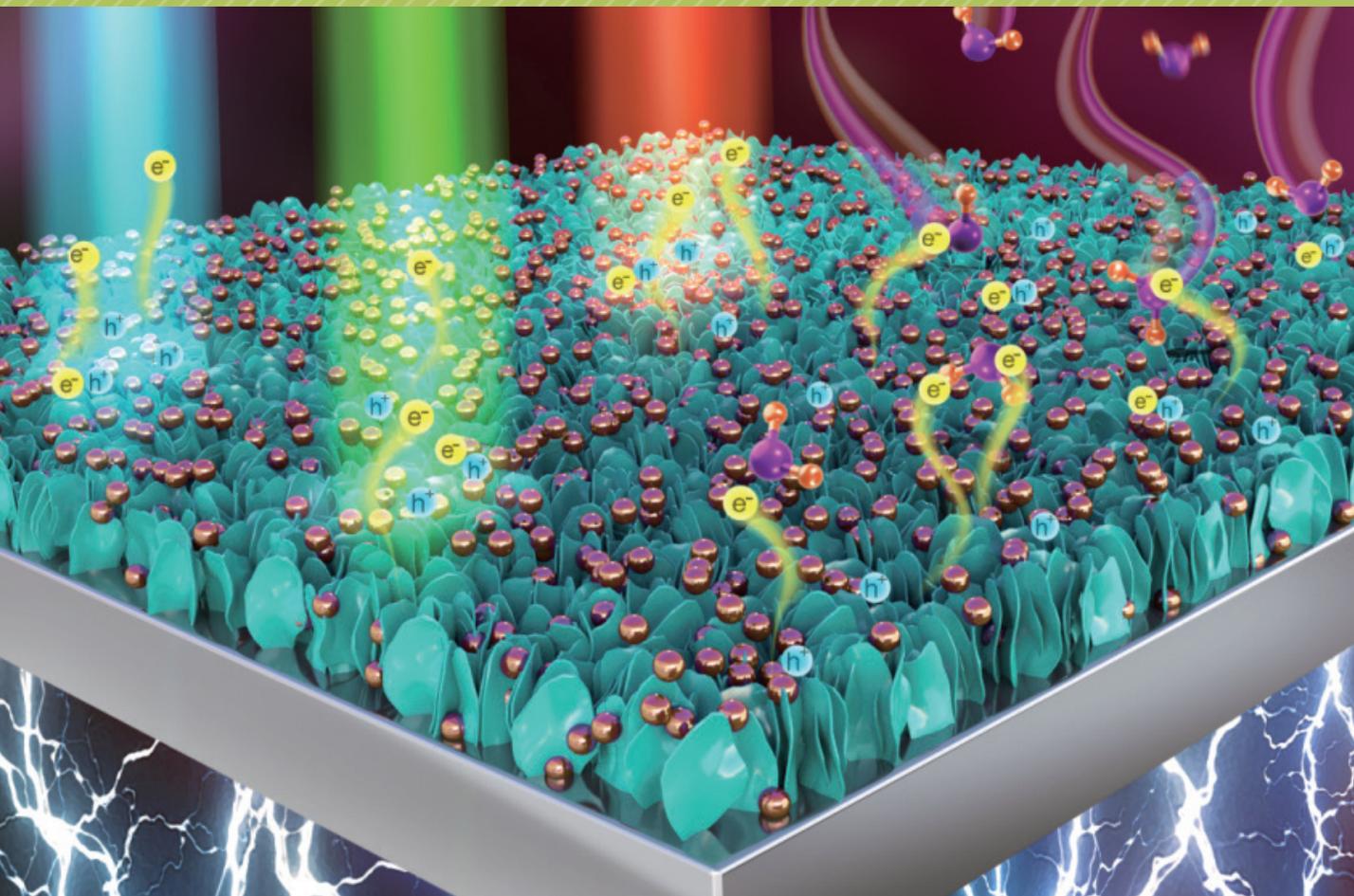


## 第3章

# 虚拟结构

科技图像主要用来展现微观世界，在微观世界中不太会出现科幻电影中幻化出来的精灵、怪兽，但会有大量的颗粒、碎片等。在学习绘制科技图像的过程中，可以先通过基础单元的学习逐渐熟悉软件的功能，再进入复杂程度更高的模型雕铸环节。



## 3.1 多边形建模

### 3.1.1 多边形的概念

多边形（Polygons）是三维模型构建的基础，是由顶点和边定义的立体模型，顶点构建面，面构成体积模型。在模型上构建的细节是由增加的点、线逐渐刻画出越来越多的细节结构。多边形建模的过程与雕塑艺术家做雕塑的过程相似，先雕刻出大体的轮廓，再逐渐深入刻画细节，同时尽可能地保持用最简单的面来构建模型，不要将模型“切”得过于细碎。

模型是由切面构成的，随着切面数量逐渐增多，模型的圆滑程度逐渐提高，如图3-1所示。为了不給计算机系统增加负担，在构建模型时尽量用细分度较低的粗模，在最终渲染时用高细分度的精模。

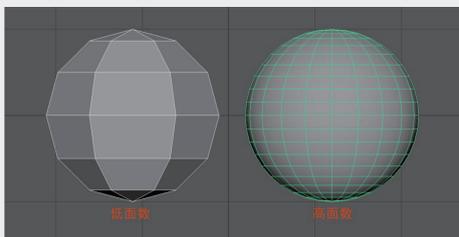


图3-1



在选中模型的状态下，按1键为低模显示模式，按3键为高模显示模式，按4键为网格显示模式，按5键为实体显示模式，按6键为纹理显示模式，按7键为带灯光显示模式。

### 3.1.2 创建多边形基本体

在建模模块中，Maya为多边形设置了多种基本元素。在“创建”|“多边形基本体”子菜单中，可以看到“球体”“立方体”“圆柱体”等命令，如图3-2所示，执行相应的命令即可在视图中创建相应的多边形基本体。



图3-2

多边形基本体的其他创建方法如下。

### 1. 工具架创建

除在菜单栏中执行相应命令创建基本体外，在工具架中单击“多边形建模”选项卡，在其中单击对应的图标，也可以创建多边形基本体，如图 3-3 所示。

### 2. 快捷菜单创建

在视图中不选中任何结构的状态下，按住 Shift 键并右击，在弹出的快捷菜单中，选择相应的基本体命令，也可以创建多边形基本体，如图 3-4 所示。



图3-3



图3-4

## 3.2 实例：钙钛矿的常用结构

创建多边形基本体后，还需要对其参数进行修改，在这个环节中需要熟悉两个关键工具——通道盒与建模工具包。本节通过一个实例讲述通道盒对模型的管理与控制技法。

**步骤1:** 选择“创建”|“多边形基本体”|“柏拉图多面体”命令，创建一个多边形基本体，如图3-5所示。

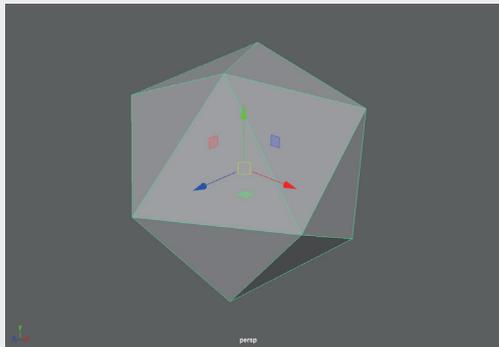


图3-5

**步骤2:** 在“通道盒”中，展开“输入”展卷栏下的polyPlatonic1，可以看到当前的“基本体”默认值为“二十面体”，单击该选项，将“二十面体”切换为“八面体”，如图3-6所示。

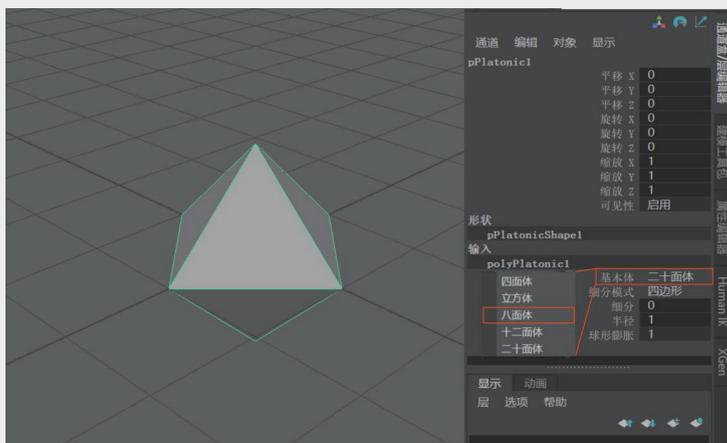


图3-6

**步骤3:** 单击“工具架”|“多边形建模”选项卡中的“球体”工具按钮, 在场景中创建圆球。钙钛矿结构特征是在体心及顶点分别有一个原子点，将创建的球体留在立方体中间，充当面心原子，再次创建圆球，并缩放其大小，拖曳z轴控制轴，将新创建的原子点移至结构顶点处。复制顶点原子，在四视图中拖曳对应控制轴，调整顶点原子所在位置，如图3-7所示。

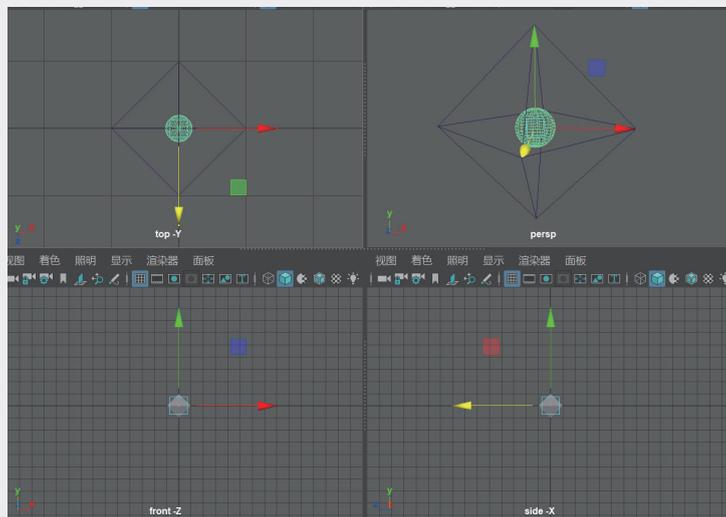


图3-7



提示

复制并放置顶点原子时，顶点原子不要着急放满，先放最下方顶点以及两个相邻位置的顶点，占总顶点数的50%，如图3-8所示。

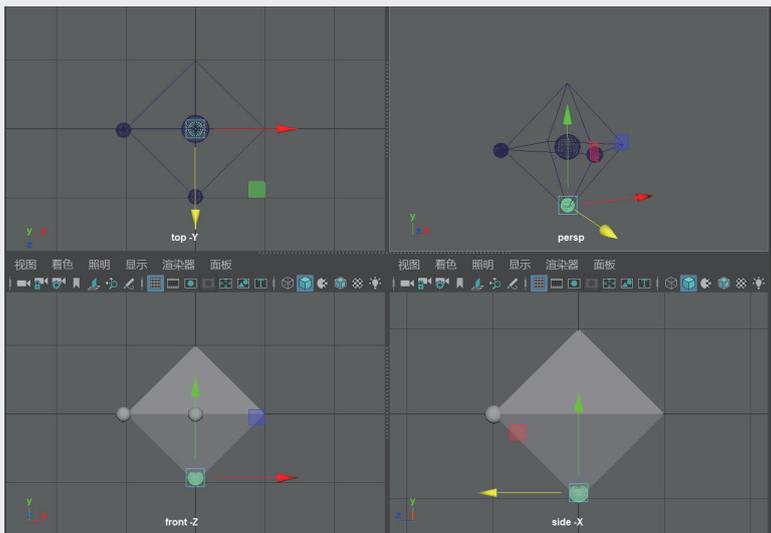


图3-8

**步骤4:** 在进行大量复制前, 先为顶点原子和晶体赋予材质。在菜单中选择“窗口”|“渲染编辑器”|Hypershader命令, 打开“材质编辑器”面板, 创建一个新的阿诺德万能材质球, 并设置好材质属性。在材质上右击, 在弹出的快捷菜单中选择“为当前选择指定材质”选项, 如图3-9所示。

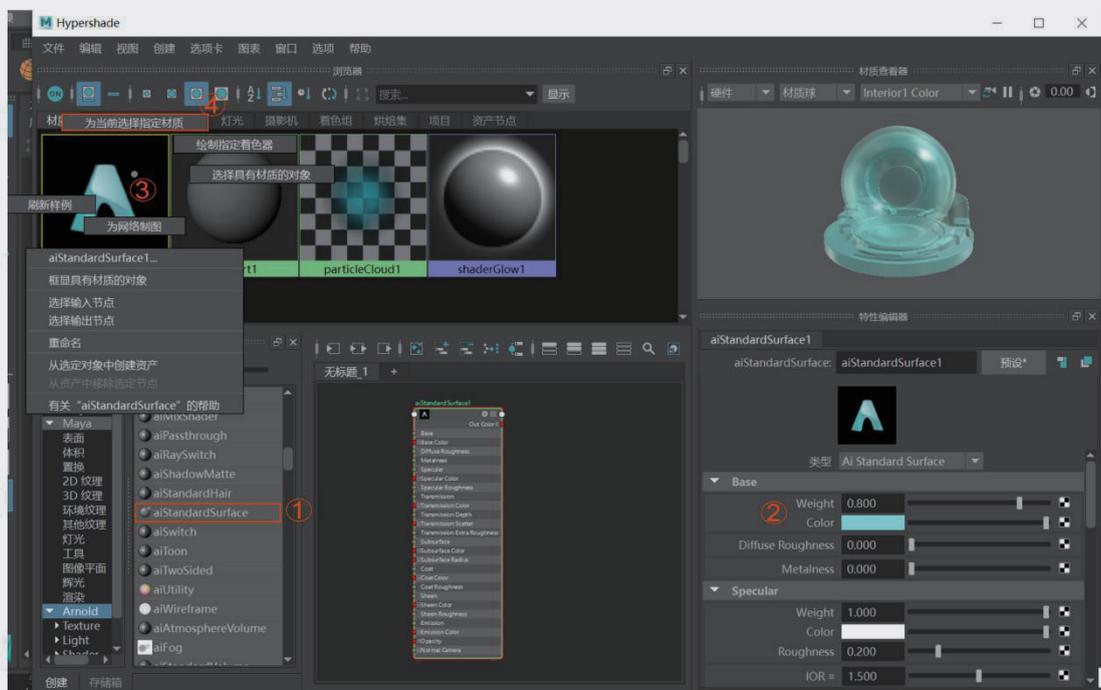


图3-9

**步骤5:** 创建3个不同的材质球, 分别为八面体、面心球、顶点球指定材质。操作完成后, 先简单渲染, 预览效果, 如图3-10所示。

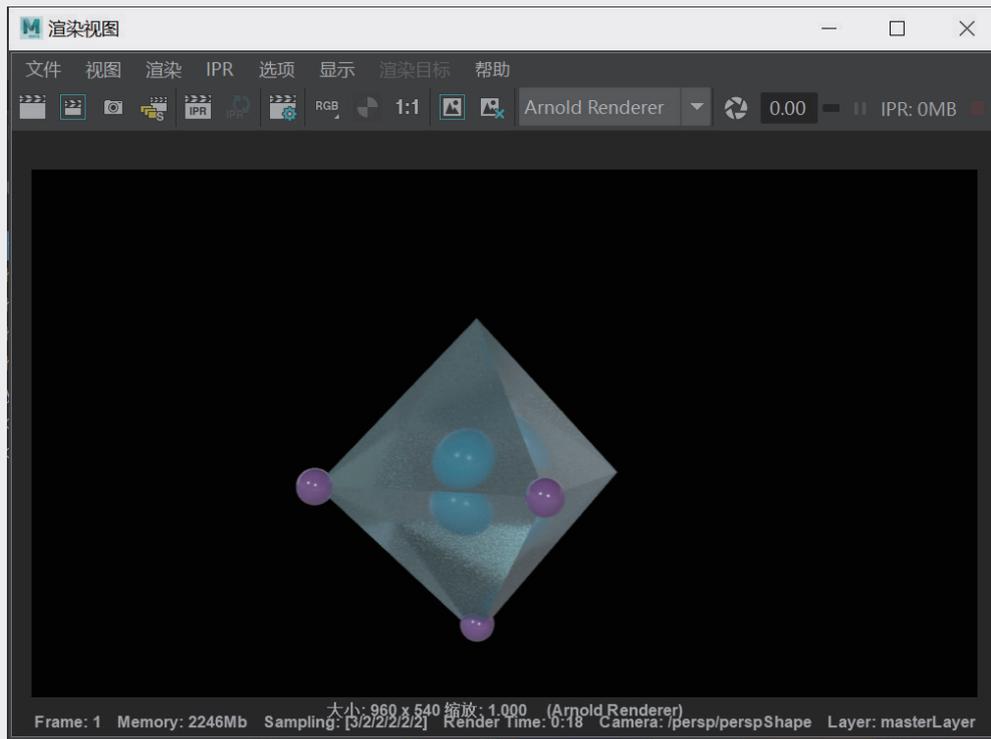


图3-10

**步骤6:** 框选场景中创建的几个结构对象，在菜单中选择“编辑”|“分组”命令（快捷键为Ctrl+G）建立组，使当前几个模型处于同一个组中。编组后会重新生成在整个组中心的枢轴，如图3-11所示。

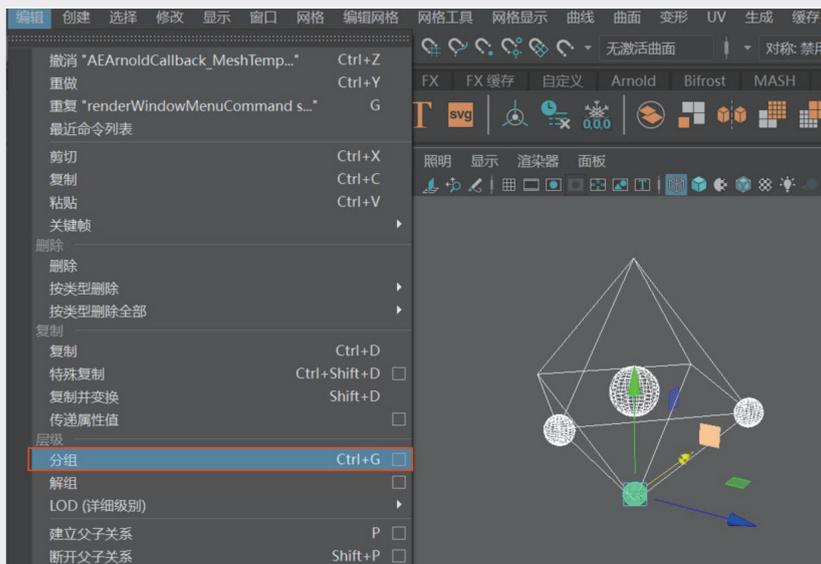


图3-11



### 1. 改变中心枢轴位置

在对结构对象进行位移、旋转、缩放操作时，都需要基于中心枢轴，软件默认的中心枢轴在结构的正中心，如图 3-12 所示，按 D 键或 Insert 键可以进入调整中心枢轴位置的状态，拖曳轴心的方向轴改变中心枢轴的位置，如图 3-13 所示。调整好中心枢轴位置后需要再次按 D 键或者 Insert 键，以确认调整位置。

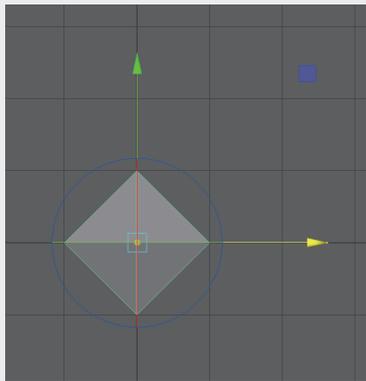


图3-12

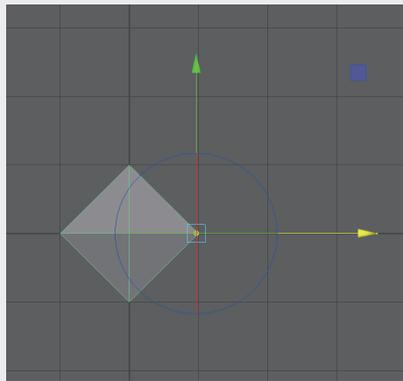


图3-13

### 2. 改变中心枢轴的应用

改变中心枢轴，在科技图像的结构制作中可以产生很多便利，如图 3-14 所示，当中心枢轴调整到结构之外时，可以方便堆积制作有向心属性的结构。

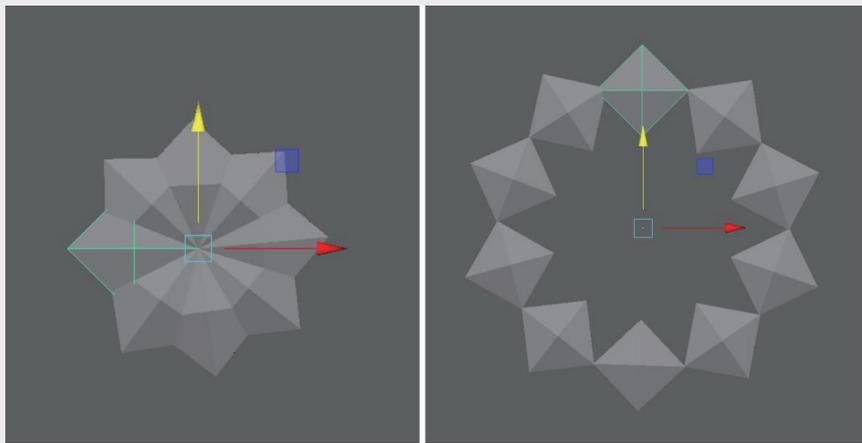


图3-14

### 3. 组中心枢轴

当选中多个结构对象并执行“编组”命令后，每个独立的结构中心枢轴保持在自己的原始位置，在组单元中重新出现一个以组为中心的中心枢轴。对组中心枢轴的调整，不会影响单个对象的中心枢轴。

#### 4. 复位中心枢轴

当调整中心枢轴得到相应的变化后，需要使其再次回到中心枢轴；或者有些结构单元偏离场景中心点，而组中心枢轴默认生成位置在场景中心点，需要将中心枢轴设置在群组结构中心时，选择“修改”|“中心枢轴”命令，可以将单体结构对象或者群组对象的中心枢轴设定在结构的中心，如图3-15所示。

也可以通过单击“工具架”|“多边形建模”选项卡中的快捷图标，将中心枢轴设定在结构中心，如图3-16所示。

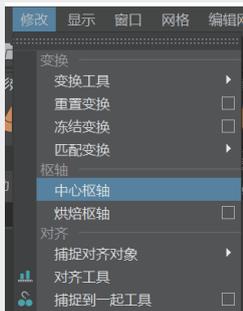


图3-15



图3-16

**步骤7:** 设置好组并选中组对象后，执行“编辑”|“复制”命令（快捷键为Ctrl+D），复制结构组。将复制的第一组对象沿x轴拖曳，调整好位置，并让复制后的顶角原子与之前留空的顶角正好对齐。调整好第一组对象后，执行“编辑”|“复制并变换”命令（快捷键为Shift+D），后续单元的复制和位移操作会自动进行，如图3-17所示。

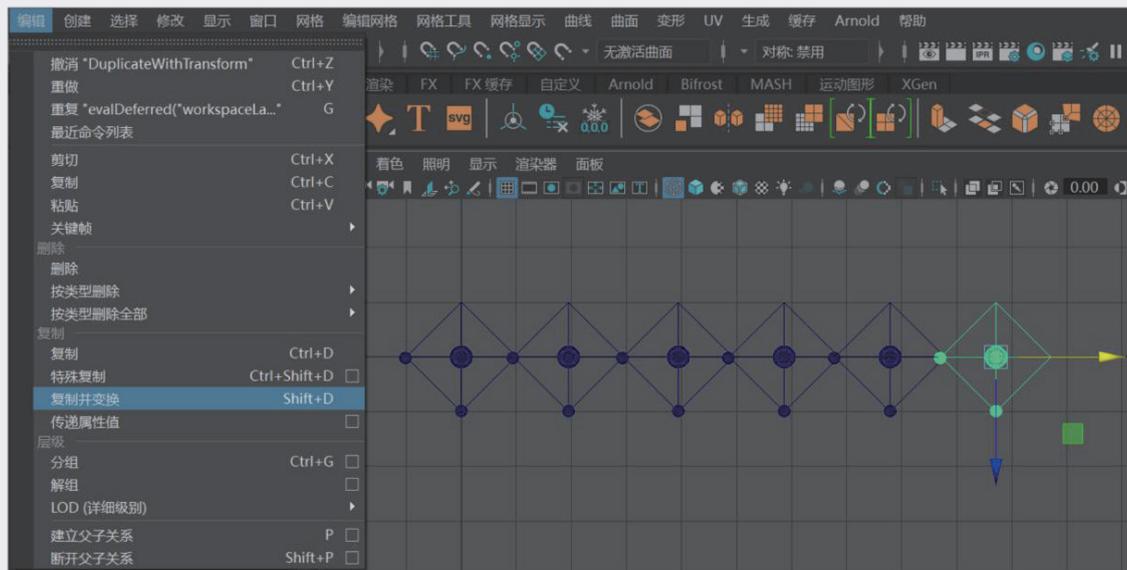


图3-17

**步骤8:** 框选横向复制的所有结构对象，采用同样的方法完成沿y轴的复制操作，如图3-18所示。

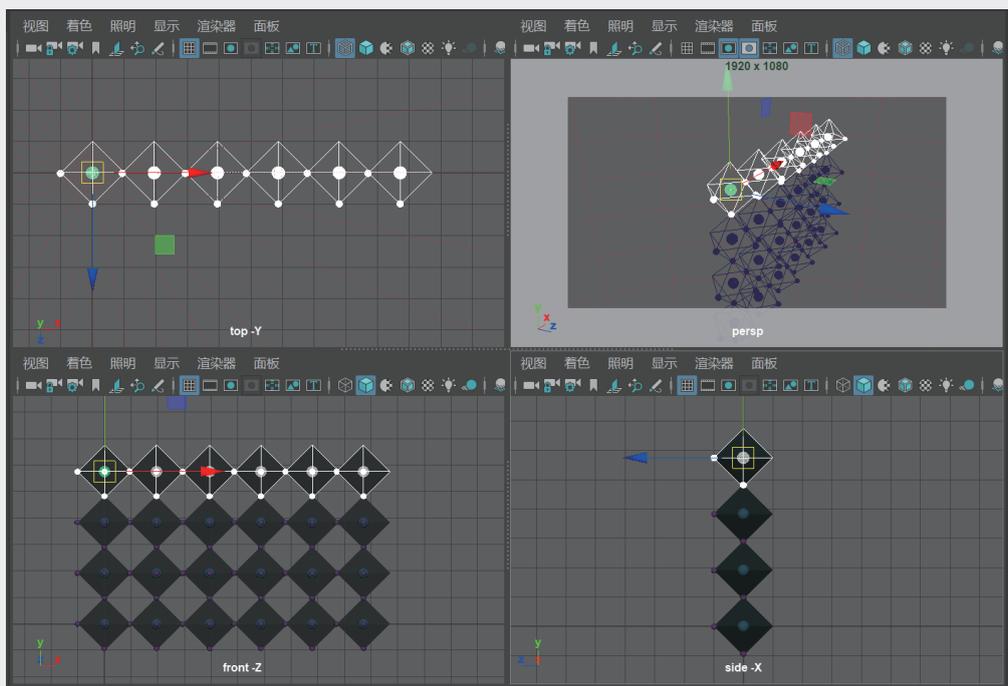


图3-18

**步骤9:** 复制得到需要的层数后，停止复制。注意，此时最外层的顶点缺一排原子，需要复制最下层的原子，并移至顶层，补上空缺，如图3-19所示。

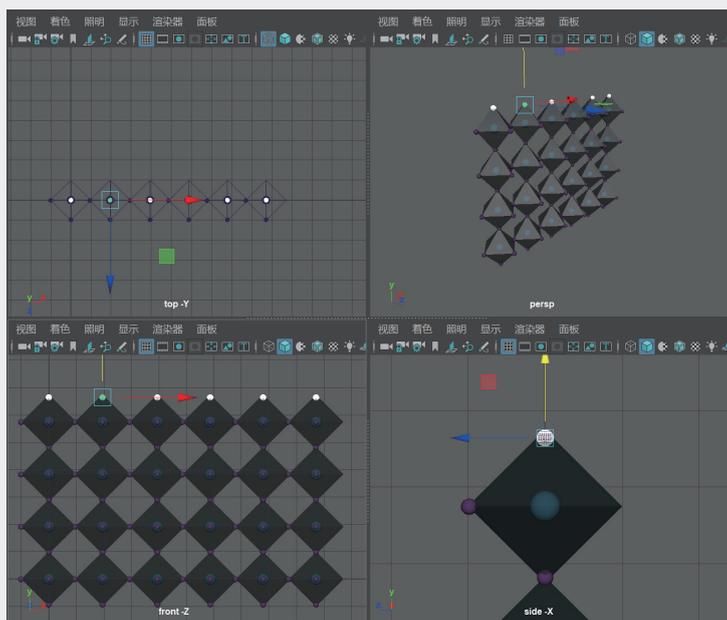


图3-19

**步骤10:** 采用相同的方法完成z轴复制后，调整摄像机的角度，单击“渲染”按钮, 获得如图3-20所示的结构效果。

从这个实例中可以看出，在科学研究领域进入微观世界之后，很多基础形态会回归到圆球、链条、圆柱、颗粒等，这些结构可能不需要大费周章地挤压变形，制作复杂的模型，用系统预设的基本体结构并稍做修改，即可得到理想的形态。

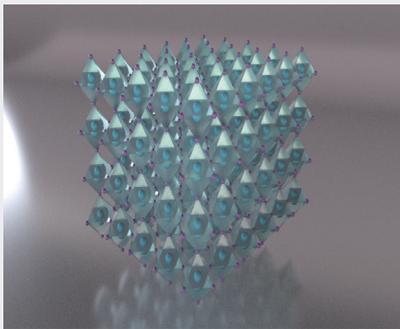


图3-20

## 3.3 建模工具包与基本体配合获得多元化的结构

### 3.3.1 建模工具包

在软件右侧的“建模工具包”将软件主菜单的“编辑网格”和“网格”工具中使用频率较高的模型编辑工具集合在一起，如图3-21所示。“建模工具包”的上半部分用于调整场景中对结构对象的选择方式，下半部分是模型变形的工具。

“建模工具包”中的编辑工具在“工具架”和快捷菜单中都有重叠部分，这会导致记忆负担。下面结合基本体结构，以及在科技图像领域常见的图像结构，从结构理解的角度讲述这些功能的使用方法。



调整场景中对结构对象的选择方式

模型变形的工具

图3-21

### 3.3.2 以多边形基本体 + 编辑工具理解模型的常见变化

#### 1. 基础球体

球体是多边形的基础单元，也是常见的基本体结构之一。单击“工具架”|“多边形建模”|“球体”

工具按钮，在场景中创建球体，如图 3-22 所示。展开“通道盒”中球体的属性参数，系统默认的“轴向细分数”和“高度细分数”值均为 20，球体会随着细分数值的增加而变得更加圆滑，降低细分数值会让球体有切面感。

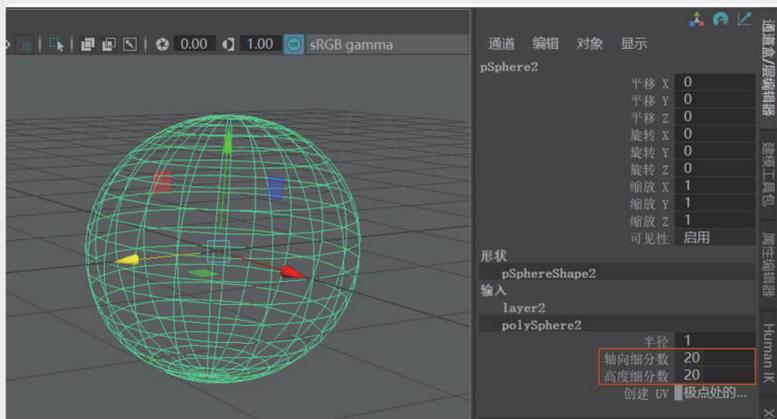


图3-22

## 2. 基础球体 + 挤出变形

选择球体并在“建模工具包”中切换到“面选择”状态，单击“挤出”按钮，在悬浮窗中单击“保持面的连接性”菜单，并切换到“禁用”状态。拖曳挤出工具垂直方向的手柄，如图 3-23 所示，在挤出适当的结构后，停止挤出，按 3 键进行平滑显示。

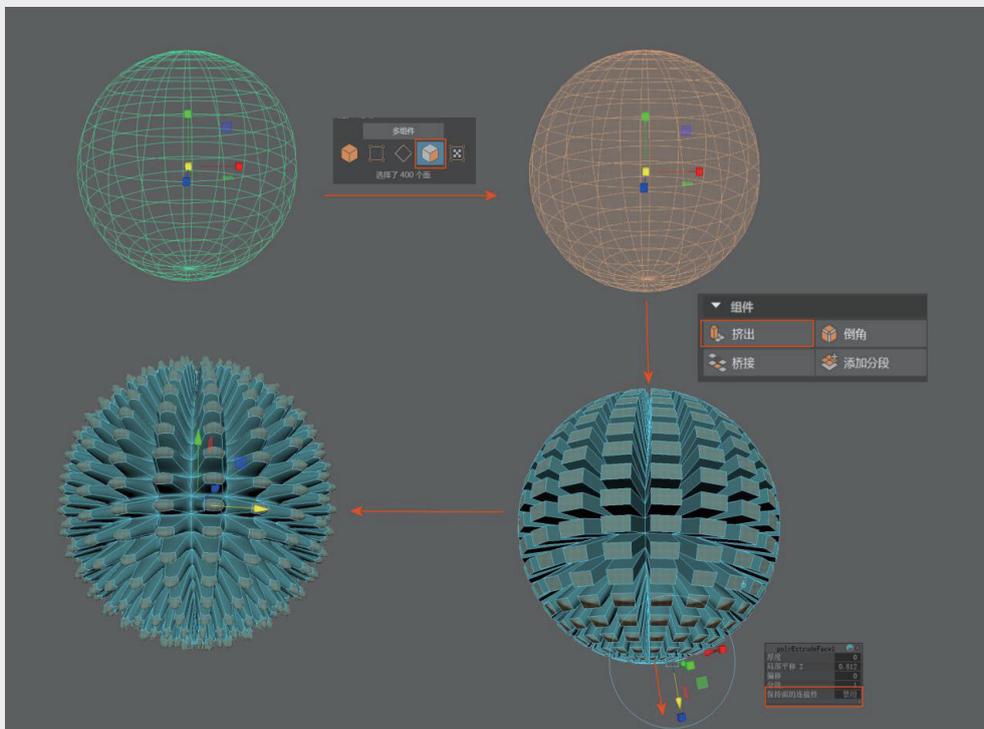


图3-23

为结构搭配简单的渲染环境可以获得如图 3-24 所示的结构效果。

禁用了“保持面的连接性”后的面挤压，可以将多个面同时挤出，形成凸出结构。面选择状态结合挤压功能，可以制作出满足各种不同需求的结构。

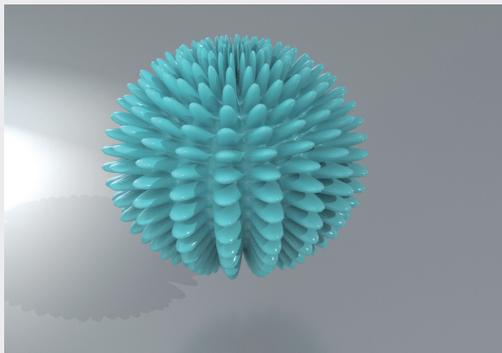


图3-24

### 3. 基础立方体

立方体是很多模型的起点，以立方体为基准增加边、线，可以变化出各种异形的结构状态，单击“工具架”|“多边形建模”|“立方体”工具按钮，在场景中创建立方体，如图 3-25 所示。

在按 3 键进行平滑显示时，可以看到立方体以球体的形态显示，如图 3-26 所示。

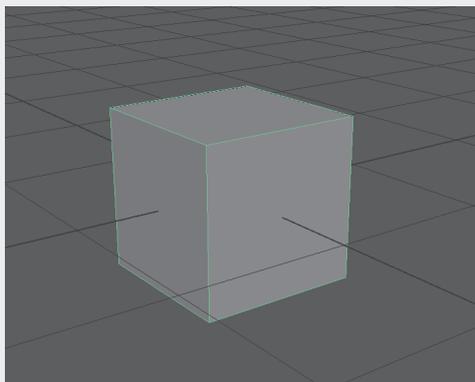


图3-25

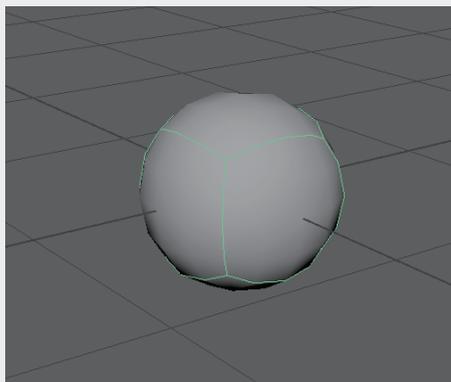


图3-26



立方体在不增加细分数值时可以平滑成球体，但是立方体平滑成的球体是面数最少的球体。在一些分子结构或者有大量球体堆积的场景中，尽可能减少面数会让场景的运行负担降低，进而获得较高的工作效率。

### 4. 立方体 + 挤压 + 倒角

为立方体增加分段数，并按 y 轴压扁立方体。切换到“面选择”状态，逐一选中顶部面，单击“挤出”按钮，在“挤出”命令的悬浮窗中禁用“保持面的连接性”选项，如图 3-27 所示。分别选中挤出控制器上两个水平方向的缩放手柄，缩放选中的顶面。这次挤压只能完成平面上的缩放，再次单击“挤出”按钮，拖曳垂直方向位移箭头，向下移动。

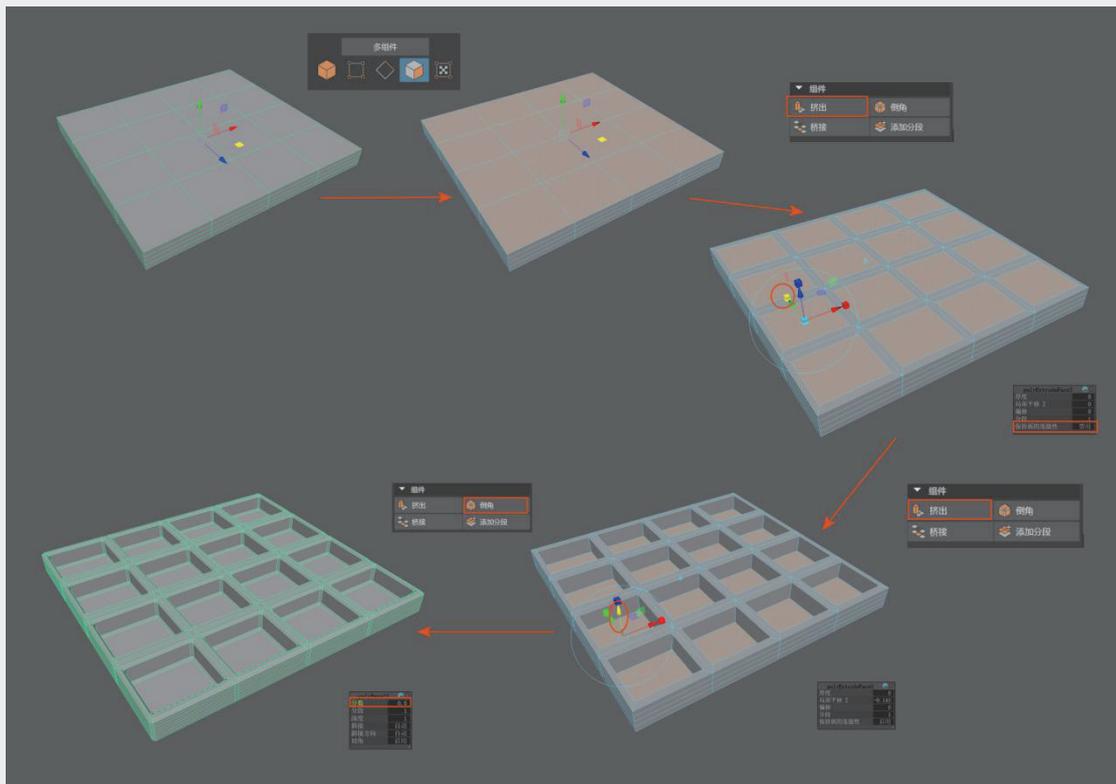


图3-27

完成挤压后，在“建模工具包”中单击“倒角”工具按钮，将“倒角”值改为0.8。适中的“倒角”值可以让结构看起来更精致、美观，渲染后的效果如图3-28所示。

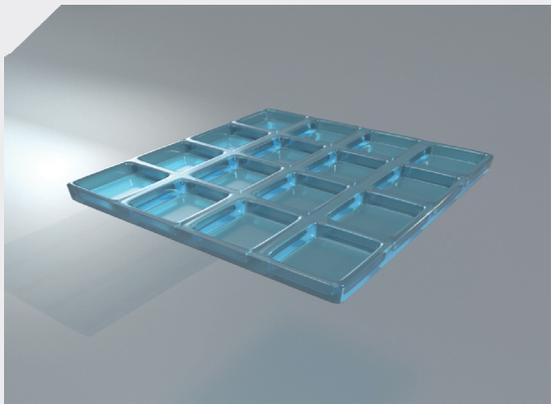


图3-28

## 5. 圆柱体

单击“工具架”|“多边形建模”|“圆柱体”工具按钮，在场景中创建圆柱体，改变圆柱体的“轴向细分数”值，可以获得不同的柱状结构，如图3-29所示。

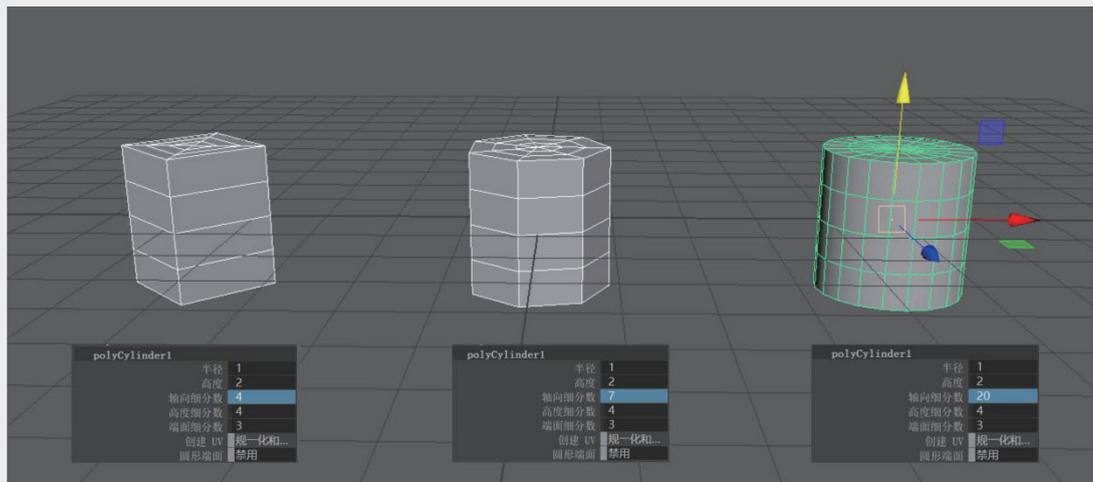


图3-29

## 6. 圆柱体 + 布尔 | 差集

创建球体，单击“挤出”工具按钮，将球体挤出一定的厚度。创建圆柱，将圆柱中心枢轴拖至球体中心，复制多个圆柱体并环绕球体，如图3-30所示。按顺序选中球体后再选中圆柱，单击“建模工具包”中“布尔”按钮，将“运算”模式改为“差集”，即可得到空心介孔球。

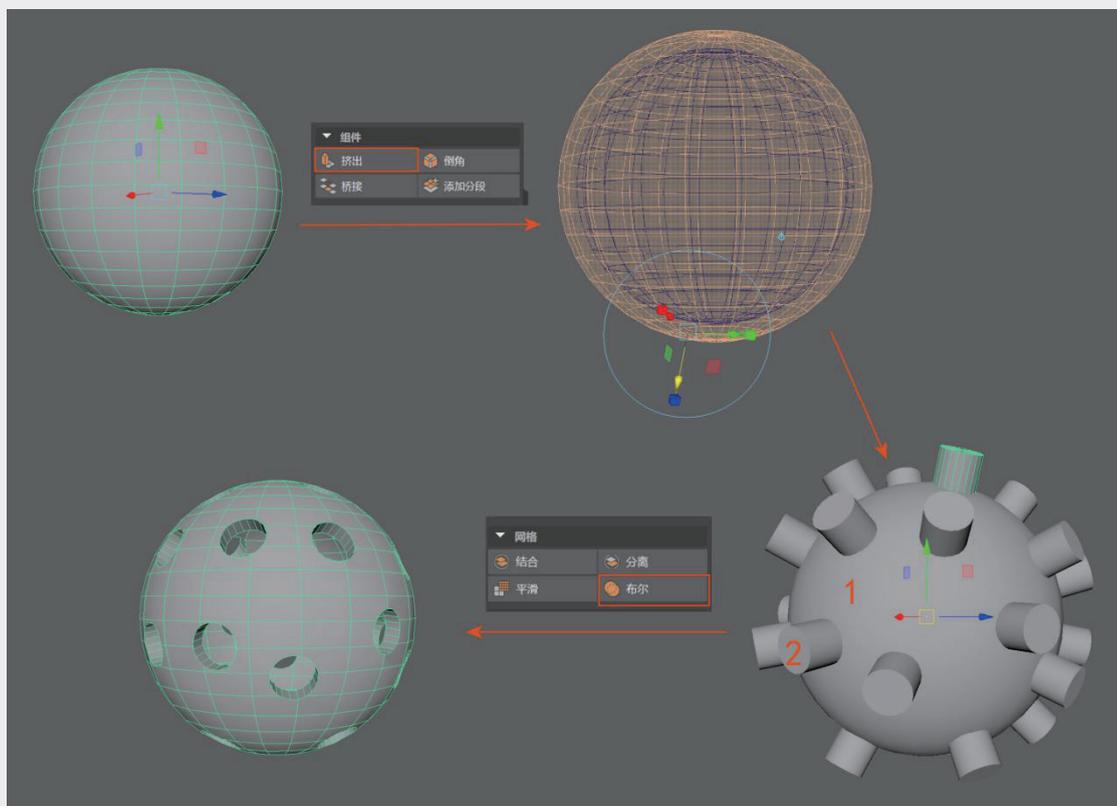


图3-30



## 软件小知识：布尔运算

在二维软件和三维软件中都有布尔运算功能，通过形体之间的加减运算来获得相应的结构对象。Maya的布尔运算有并集（将两个结构合并计算得到整体结构）、差集（用对象B减去对象A得到剩下的结构）、交集（保留两个结构交叉的部分）。

执行“并集”和“交集”命令时，选择顺序对结果没有影响，执行“差集”命令时需要注意选择顺序。

孔道结构、多孔结构在微观领域有较多的应用，布尔运算利用不同的剪切对象和被剪切对象可以得到各种不同的微孔道结构，如常见的纳米球、多孔膜等，如图3-31所示。

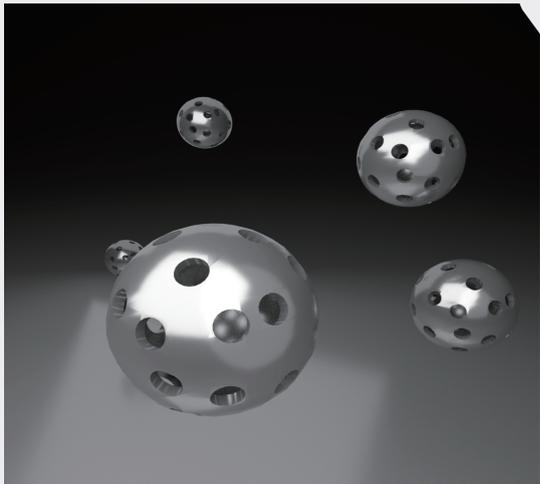


图3-31

## 7. 锥体

单击“工具架”|“多边形建模”|“锥体”工具按钮, 在场景中创建锥体。锥体结构的默认底面是一整片圆形，调整“端面细分数”值可以增加底面结构上的线段，如图3-32所示。

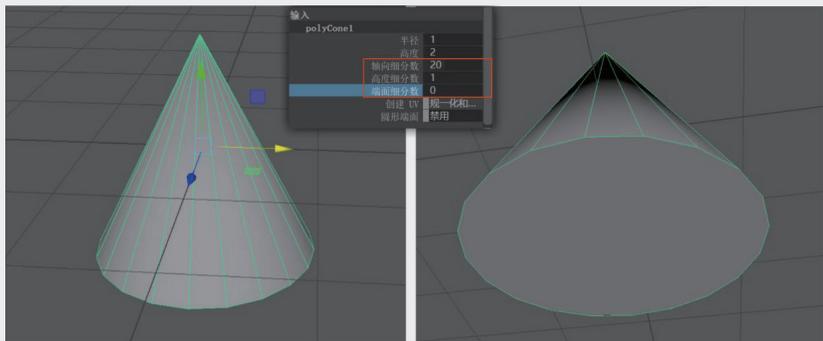


图3-32

## 8. 锥体 + 合并

创建一个锥体和一个圆柱体，在调整它们的位置后，在“建模工具包”中单击“结合”工具按钮, 将两个单独的结构对象合并为一个完整的结构对象，中心枢轴自动重新生成，处于整体结构的中心，如图3-33所示。在“建模工具包”中单击“分离”工具按钮, 可以将结合的对象恢复到原始的状态。

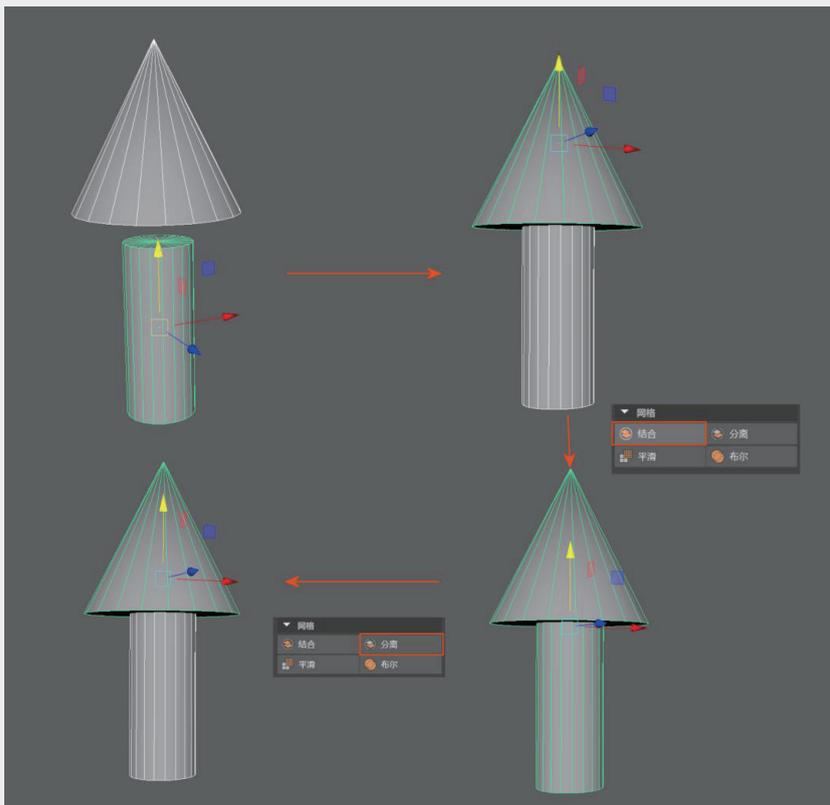


图3-33



### 软件小知识：“结合”与“并集”的区别

执行“结合”与“并集”操作，从结果上来看，通过“结合”获得一个整体结构与通过“布尔”中的“并集”获得一个整体的结构，它们的效果相似，区别在于，通过“结合”获得的结构，可以在“建模工具包”中通过“分离”重新分解为各自独立的结构，而“布尔”获得的结构不可逆。

为结构增加一个透明球体，渲染效果如图 3-34 所示。

### 9. 环形

单击“工具架”|“多边形建模”|“环形”工具按钮, 在场景中创建环形，系统默认为圆环，如图 3-35 所示。

将环形的“轴向细分数”值调整为 6，如图 3-36 所示，可获得科研领域常见的六元环结构。

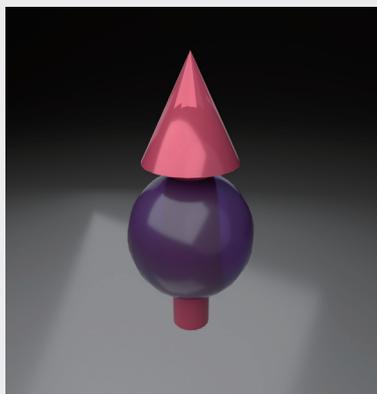


图3-34

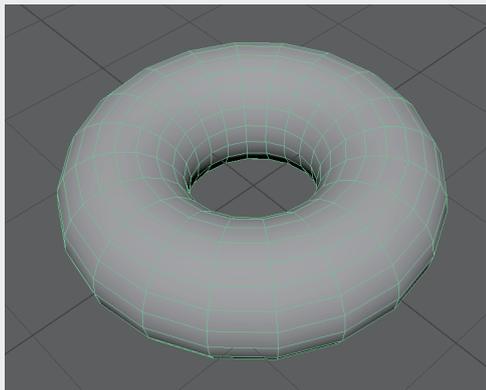


图3-35

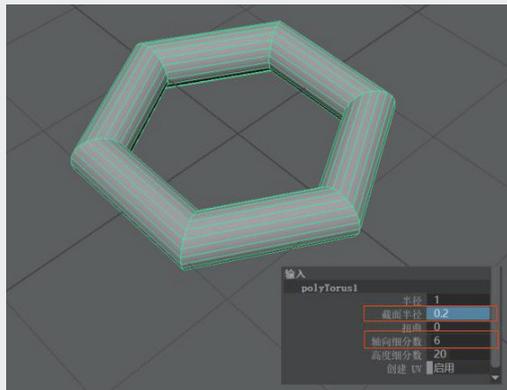


图3-36

采用同样的方式，还可以获得五元环、八元环等环形结构。

## 10. 环形 + 平滑

在模型的制作过程中，尽可能缩减面数，可以降低计算机系统的运算负担，避免面数太多导致计算机卡顿。但是在减少面数时，会伴随出现结构不够圆滑的情况。按 3 键的平滑显示对普通结构很有帮助，可以保证在不增加面数的情况下，平滑地渲染结构。选中减少了“轴向细分数”值的六边形，并按 1 键，会发现圆滑并没有将六边形变成更加精细的六边形，而是直接变成了圆环，如图 3-37 所示。单击“建模工具包”中的“平滑”按钮 ，在弹出的浮动窗口中可以设置“分段”值，但是显然“平滑”也会将六边形变成了圆环。对六边形结构执行“添加分段”命令 ，增加分段之后的六边形比之前圆滑，但是并未改变六边形的结构形态。

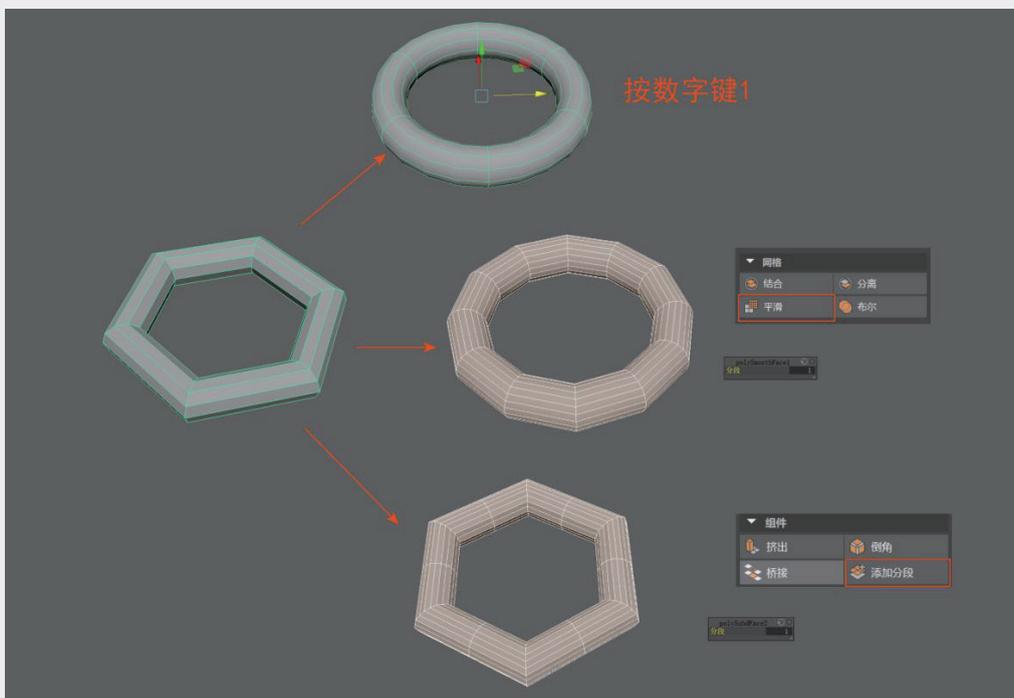


图3-37

“建模工具包”中的变形功能可以用在任何模型结构上，不限于特定形态。在“创建”|“多边形基本体”子菜单中还有“圆管”“螺旋线”“足球”等更多预设好的基本体结构，通过巧妙结合，灵活组装，这些基本结构在科研图像领域都可以起到很好的作用。

## 3.4 立体文字

在基本体创建中还有一类比较特殊的基本体——文字。在工具架上，“文字”工具 **T** 与其他基本体工具共同陈列在“多边形建模”选项卡中。“文字”工具的使用方法比其他基本体略微复杂，下面以一个简单的实例讲述“文字”工具的使用方法。

在科技图像中，文字是比较重要的组成部分，而且需要尽可能保持文字的矢量状态，这样可以保证文字的清晰度和精致感。期刊封面中除标题外一般不会出现文字，如果确实需要添加一些文字，就要设法使其成为画面结构的一个部分，通常的做法是将文字做成三维立体结构，使其具有形体感。

**步骤1:** 选择“创建”|“类型”命令，或者在工具架中单击“文字”工具按钮，在场景中生成立体的文字结构，如图3-38所示。

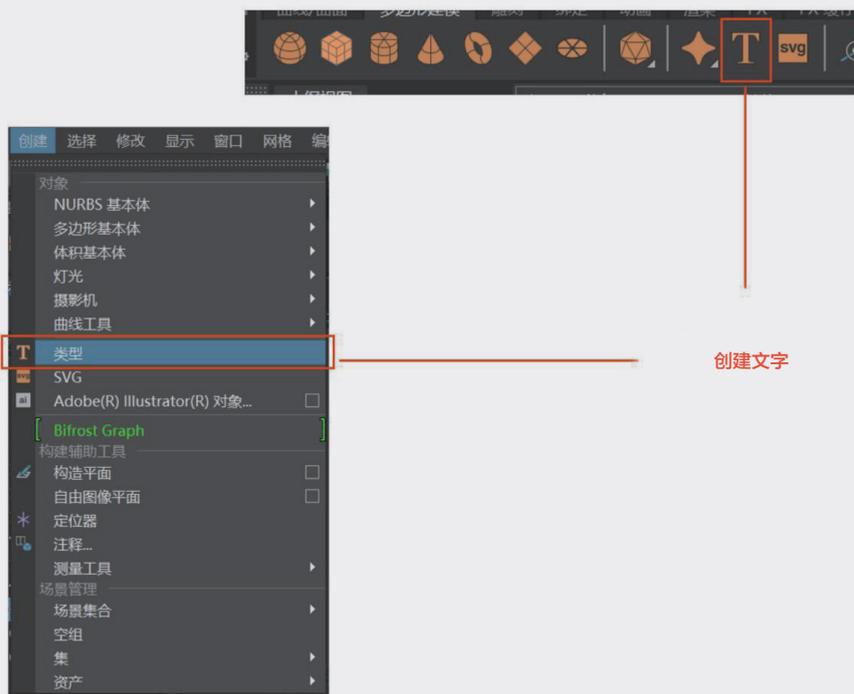


图3-38

**步骤2:** 此时场景中出现立体字3D Type，右侧的属性编辑器中随之展开文字属性编辑器type1，如图3-39所示。

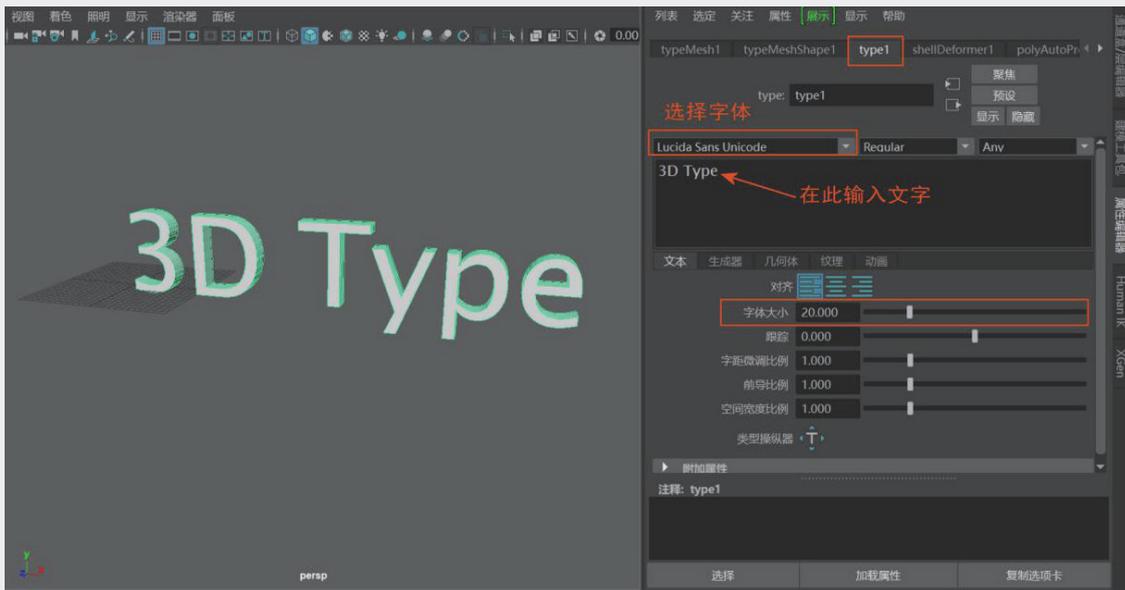


图3-39

场景中出现的 3D Type 字样是系统默认的文字，在展开的文字属性编辑器中，可以将该文字删除，并输入需要的文字内容。在 type1 选项卡中，可以调整字体、字体大小等参数，如果是多行文字，还可以调整对齐方式。

**步骤3:** 将文字内容改为CO<sub>2</sub>，字体改为Arial，如图3-40所示。

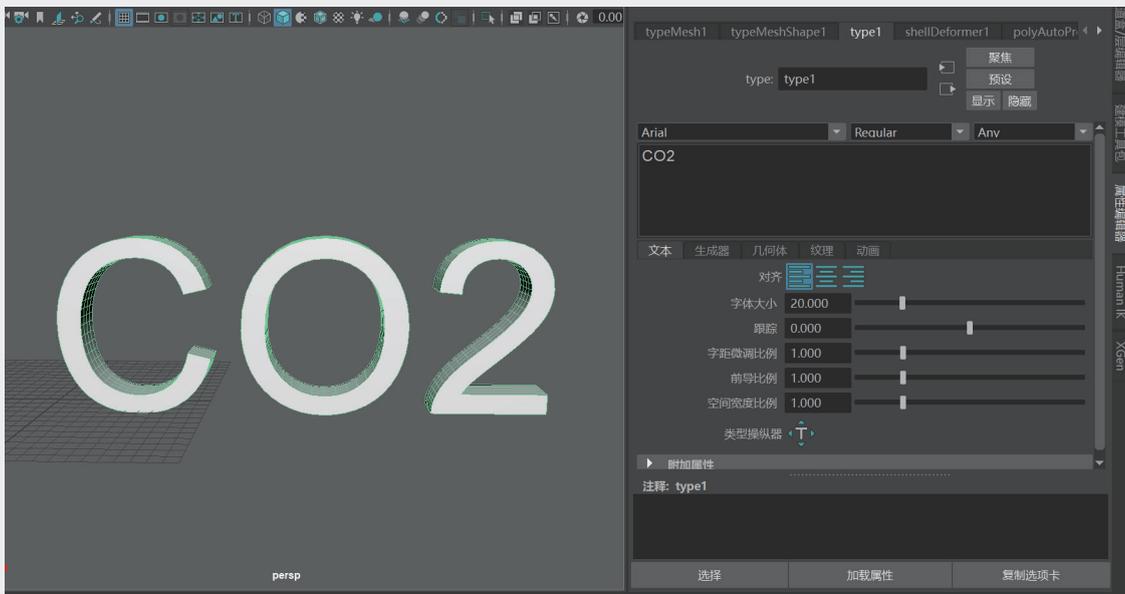


图3-40

**步骤4:** 单击“类型操纵器”按钮，单击文字2，在化学符号中2应该是下标，比另外两个字符小，用“类型操作器”调整文字2的大小，如图3-41所示。

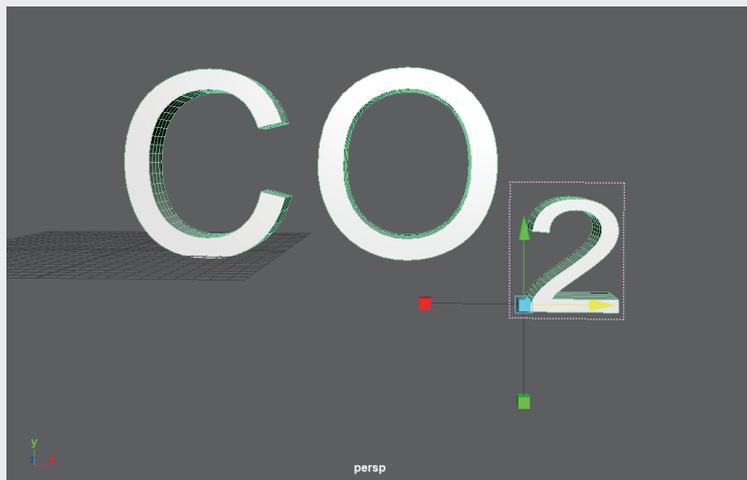


图3-41

**步骤5:** 完成对文字内容的调整后, 进入“几何体”选项卡, 调整文字的形态。在“挤出”展卷栏中选中“启用挤出”复选框, 调整“挤出距离”值为8.718, 增加文字的厚度, 如图3-42所示。

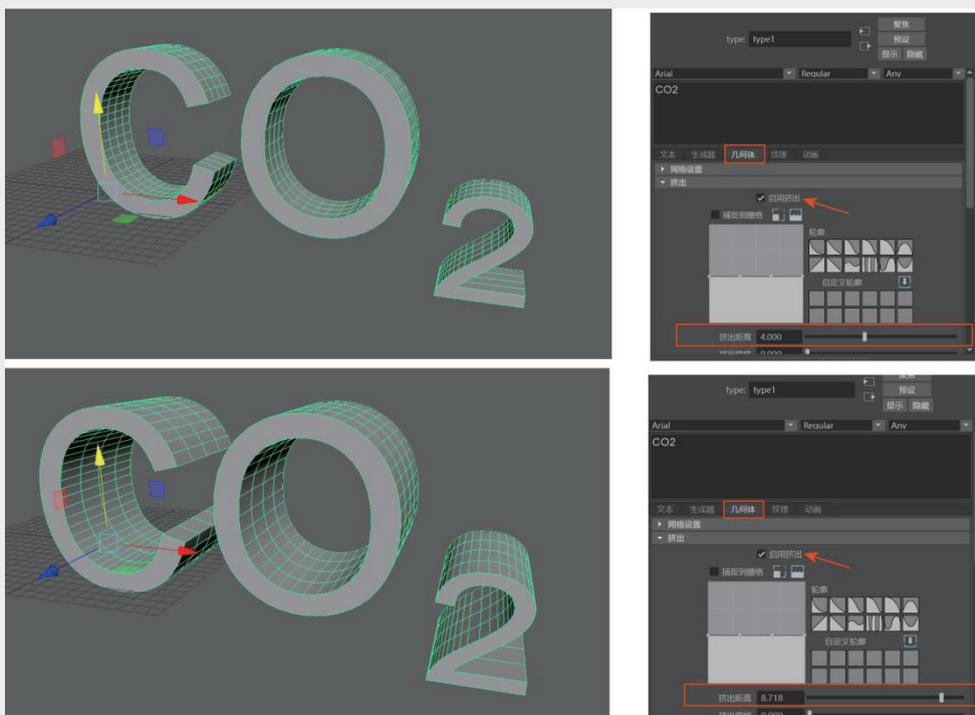


图3-42

**步骤6:** 拖动type1选项卡的滚动条, 查看更多参数设置。进入“倒角”展卷栏, 选中“启用倒角”复选框, 设置“倒角距离”值为0.415, 让文字边缘看起来更圆滑、精致, 如图3-43所示。

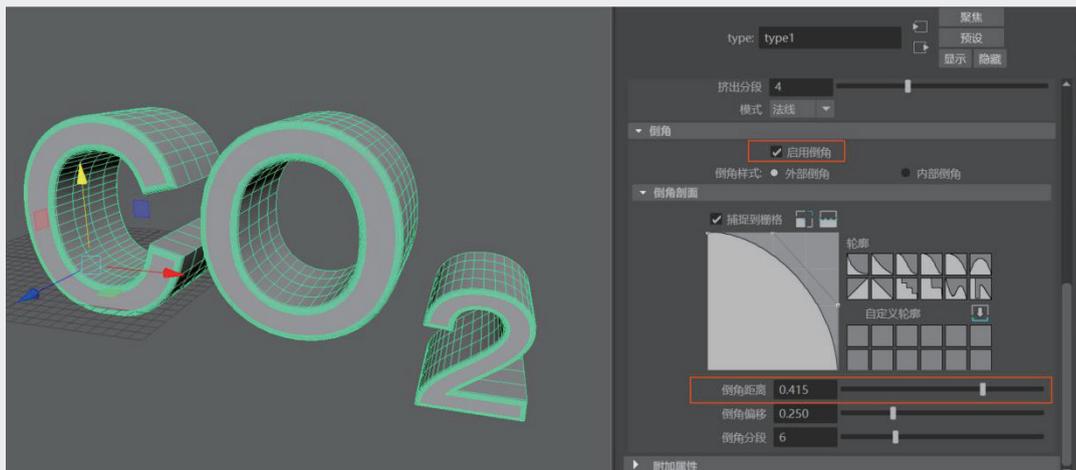


图3-43

**步骤7:** 为字体增加材质，并配置场景中的灯光。渲染文字，可以看到文字的厚度及倒角效果，如图3-44所示。



图3-44

## 3.5 实例：蛋白结构

在 polygon 建模中，在 polygon 结构上增加点、线、面并加以调整的过程是 polygon 建模中最具有挑战性的，可以创造无限可能的形状。下面以一个实例展示 polygon 建模的过程及思路，同时讲述 polygon 编辑相关工具的使用方法。

**步骤1：**执行“创建”|“多边形基本体”|“立方体”命令，在场景中创建立方体。进入“建模工具包”，将选择工具切换到“面选择”模式, 任意选择一个面，按住Shift键再选中另一个对应的面，如图3-45所示。

**步骤2：**单击“建模工具包”中的“挤压”按钮, 如图3-46所示。

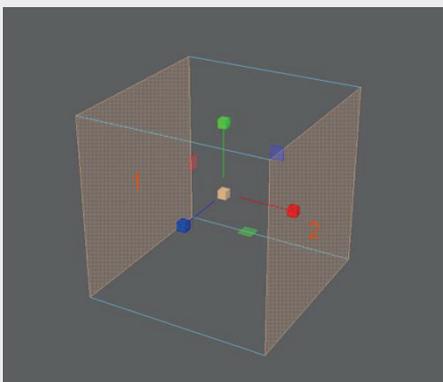


图3-45

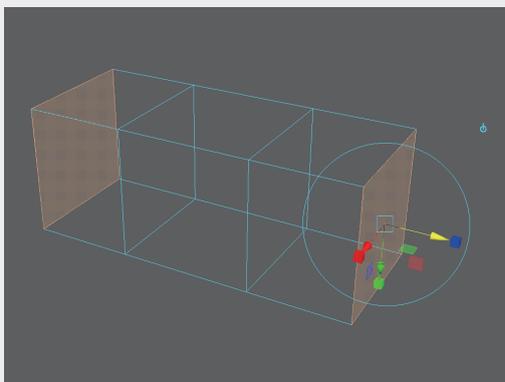


图3-46

**步骤3：**依次选中几个不相邻的面，如图3-47所示。

**步骤4：**再次单击“挤压”按钮, 让结构更具有起伏感，如图3-48所示。

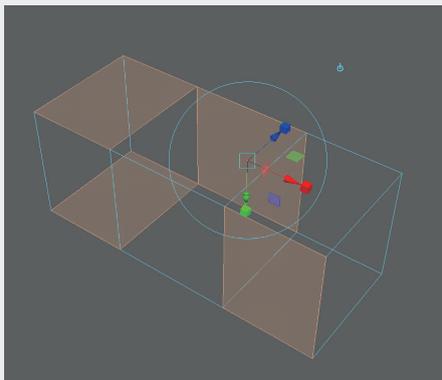


图3-47

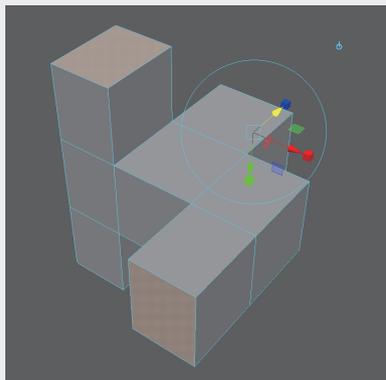


图3-48

**步骤5：**对模型执行“平滑”命令, 如图3-49所示，在浮动窗口中将“分段”值调整为3，使模型变得更光滑，点线数量更多，如图3-50所示。

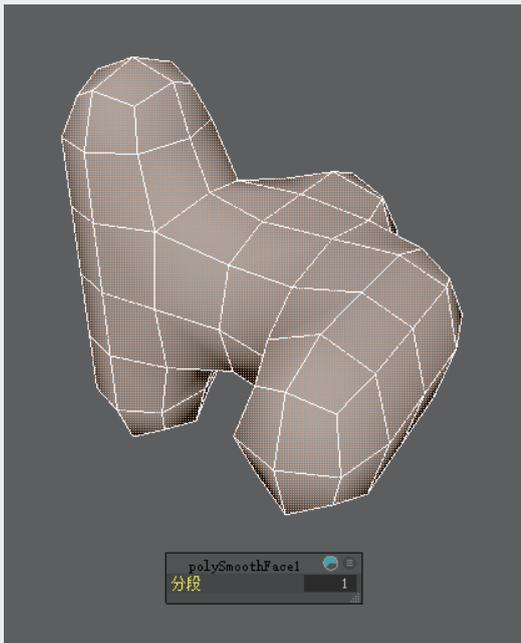


图3-49

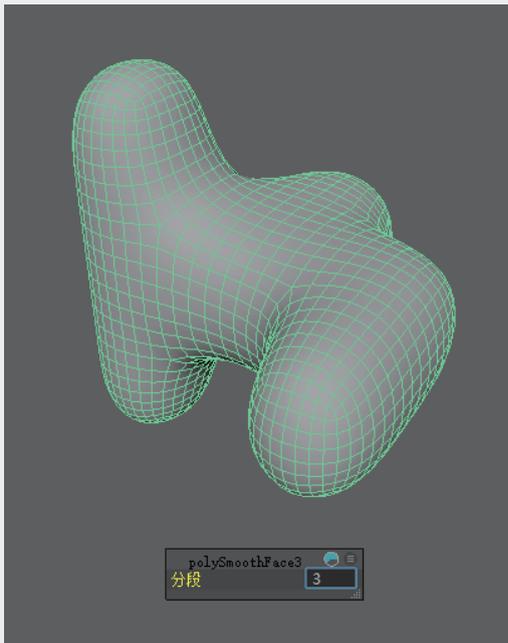


图3-50

**步骤6:** 在“建模工具包”中选中“软选择”复选框，如图3-51所示。“软选择”可以在对选定范围的锚点进行调整时，同时影响周边点的形态变化，以便让结构更自然，不至于产生断层、切面的现象。

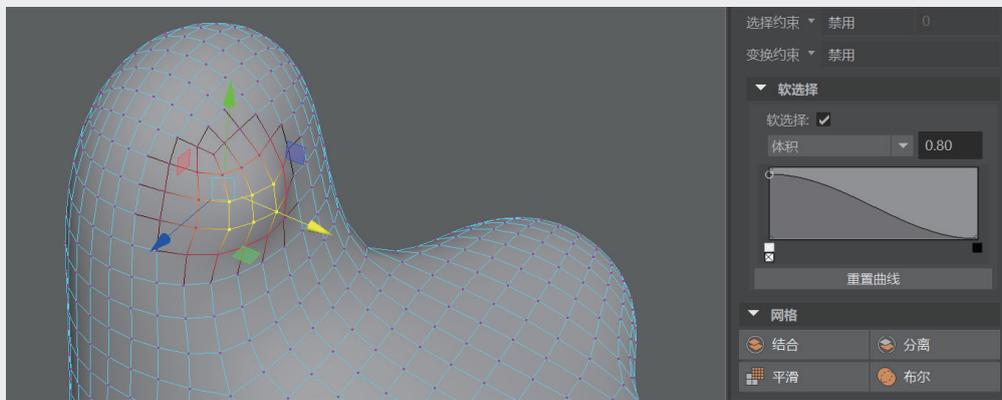


图3-51

**步骤7:** 将软选择的“体积”值设置为0.80，用“选择”工具 $\square$ 框选要调整的锚点，切换到“位移”工具 $\square$ ，对结构进行细节调整。

**步骤8:** 在不同的位置框选锚点并调整结构，结合位移操作调整出大致的形状，此时减小软选择的“体积”值，进行细节的刻画，如图3-52所示。

**步骤9:** 执行“网格工具”|“雕刻工具”|“凸起工具”命令，调出“雕刻”笔刷，此时鼠标指针会变成圆圈状，在结构上需要凸起的位置单击，可以刷出与“软选择”方式相同的凸起效果，如图3-53所示。

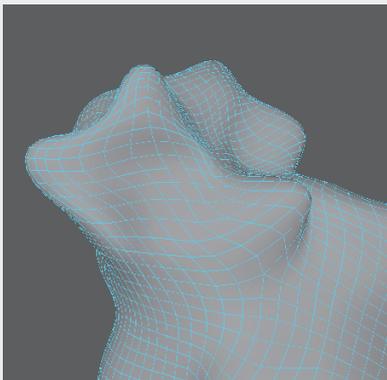


图3-52

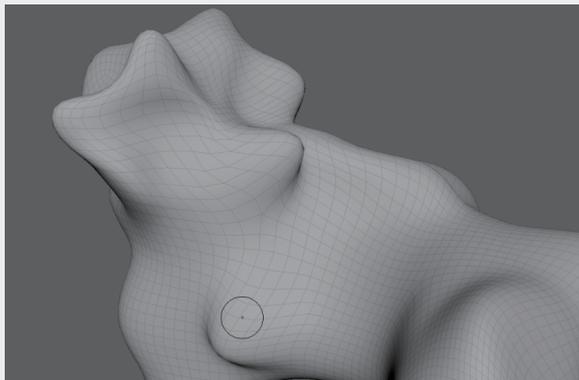


图3-53



## 软件小知识：雕刻笔刷

### 1. 雕刻笔刷的设置与调整

雕刻笔刷是通过鼠标在结构上的拖曳，从而影响局部结构，造成凸起或凹陷的结构变化。在使用雕刻笔刷时，需要调整以下几个参数。

- (1) 大小，即笔刷影响的范围。
- (2) 强度，即笔刷力度。

笔刷调整方法一：在“网格工具”|“雕刻工具”子菜单中，每个笔刷命令后面都有小方块图标，单击它可以打开相应窗口并进行设置，如图 3-54 所示。在窗口中，可以预先设定好笔刷的大小与强度，再开始使用笔刷。

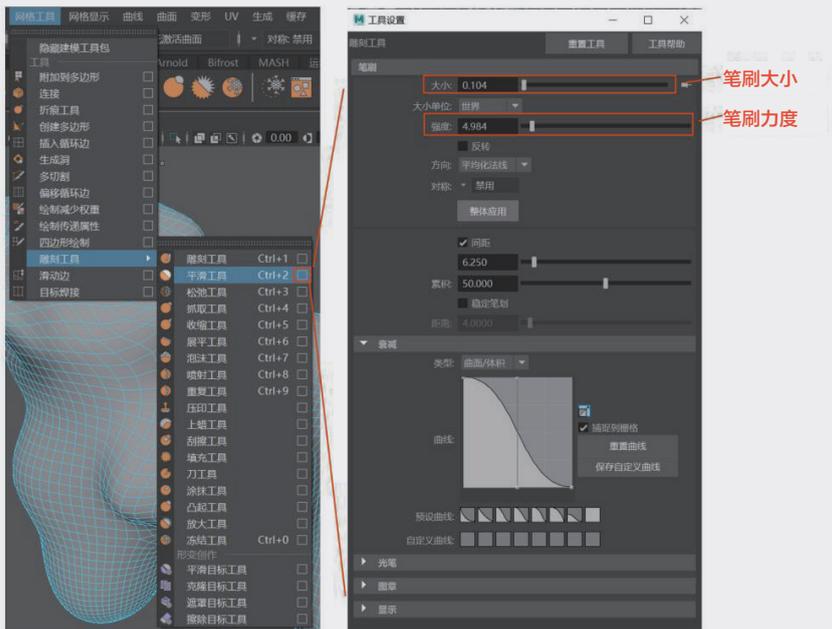


图3-54

笔刷调整方法二：如果对笔刷的大小和强度没有概念，需要根据模型大小和结构进行判断。在操作过程中，可以看到左侧视图上方会出现一个工具的临时图标，在这个临时的工具图标上双击，可以在使用过程中调出设置对话框，并调整笔刷参数。

笔刷调整方法三：在笔刷力度调整合适后，可以稳定使用，不需要反复调整。但笔刷大小的调整可能会有更多的变化，随着细节深入，笔刷大小需要变得更细小，在一些大结构方面则需要放大，笔刷大小除可以在对话框中设置外，软件还提供了调整快捷键——按住 B 键的同时按住鼠标左键拖曳，可以在场景中直接变换笔刷的大小。

## 2. 使用雕刻笔刷时的注意事项

雕刻笔刷是比调整点和面更快捷的调整工具，但是使用雕刻笔刷需要注意以下两点。

(1) 雕刻笔刷需要有较多的细分面，在使用雕刻笔刷之前需要做好基础轮廓结构，为轮廓结构增加细分。在三维软件中增加细分面意味着增加系统计算量，会导致整个场景的运行效率降低，操作发生卡顿，渲染时间变长。

(2) 雕刻笔刷适用于处理具有随机性变化的结构，对于鼠标控制和造型控制能力强的设计师，可以用来制作精度极高的雕塑作品。在科技图像领域，更适用于一些有变化，又没有绝对精准要求的结构体，及微观世界中与生命体有关的随机性的结构，如细胞、肿瘤组织、细菌、囊泡等。

在“工具架”中，“雕刻”工具有独立的选项卡，将常用的雕刻工具以图标的形式陈列其中，以便调用或切换，如图 3-55 所示。



图3-55

**步骤10：**处理好一个结构单体后，可以复制该单体并调整角度。将多个单体堆积起来，形成更复杂、有出有入的蛋白结构状态，如图3-56所示。

在科技图像中，如果需要非常精准的蛋白质构象，可以查阅蛋白质数据库，按照其学术规则模拟或者下载，在有些图像中没有具体所指的蛋白质类型，蛋白质只是象征性的结构，可以用无规则的起伏模型堆积形成。

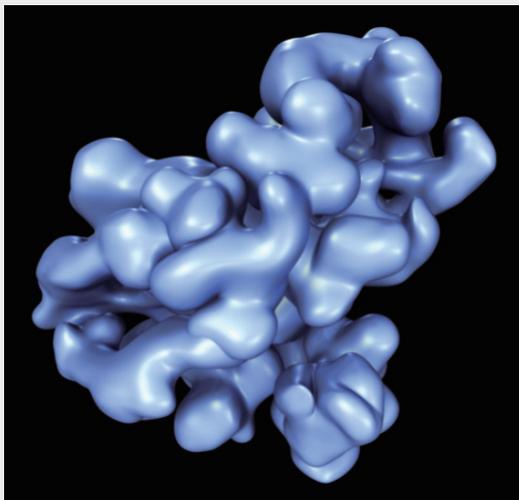


图3-56