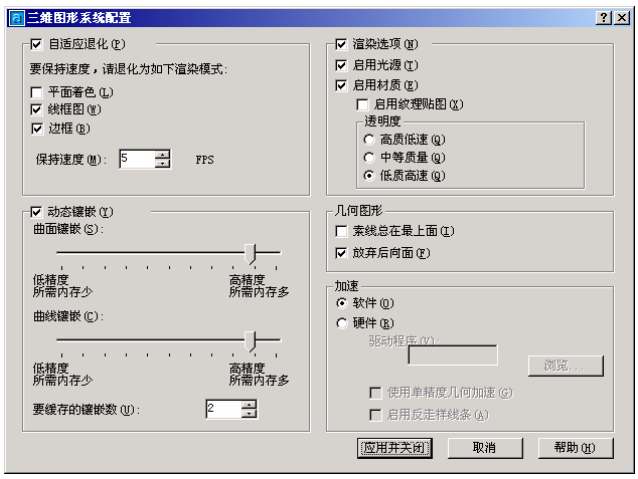


图 3-17　设置图形显示特性

（1）选中“自适应退化”复选框，可以指定为了保持视图操作速度而使用自适应退化显示图形的模式；取消该复选框，将不使用图形退化。

①选中“平面着色”复选框，可以在图形的自适应退化时改变为平面着色模式。

②选中“线框图”复选框，可以在图形的自适应退化时改变为线框模式，从而可以使用较少的系统资源并可以使图形移动速度加快。

③选中“边框”复选框，可以在图形的自适应退化时改变为边框模式，即显示一个框来代替视图中的每个对象。该选项所要求的系统资源最少，从而进一步加快图形的移动速度。

④在“保持速度”计数器中，可以指定图形的显示速度，单位为 EPS（帧每秒）。AutoCAD 将退化图形以保持指定的速度。

（2）选中“动态镶嵌”复选框，可以设置确定图形中对象平滑度的选项。AutoCAD 使用素线来显示曲线和曲面，使用的素线越多，显示出的曲线和曲面就越光滑。使用动态镶嵌将绘制多条素线显示曲线和曲面对象，但比使用静态镶嵌需要更多的系统资源。取消该复选框，可使用静态镶嵌。

①使用“曲面镶嵌”滑动条，可以确定图形中曲面的细节数目。该数目越高，提供的细节越多，但是需要使用的素线和内存也越多。

②使用“曲线镶嵌”滑动条，可以确定图形中曲线的细节数目。该数目越高，提供的细节越多，但是需要使用的素线和内存也越多。

③在“要高速缓存的镶嵌数”计数器中，可以根据内存和性能要求配置系统。如果有多个视口（带有不同的视图），则有必要将该值设置为 2 或更高，以加快显示速度，但将需要更多的内存。

（3）选中“渲染选项”复选框，使设置可用来增强显示三维视图中的光源、材质、纹理和透明度等。取消该复选框，则不在三维视图中显示。

①选中“启用光源”复选框，可以在三维视图中显示光源，用于照亮对象和附着的材质。如果没有在图形中添加光源，将使用默认系统光源。

注意：在三维视图中启用的光源不会显示阴影。

②选中“启用材质”复选框，可以在三维视图中显示附着于模型上的各种材质。如果对象没有附着的材质，将使用默认全局材质。

注意：在三维视图中启用的材质，不显示三维纹理、凹凸贴图、不透明贴图、折射和反射等特性。

③如果选中“启用材质”复选框，还可以进一步选中“启用纹理贴图”复选框，在三维视图中显示附着于模型上的各种纹理贴图。

④如果选中“启用材质”复选框，还可以进一步在“透明度”组框中调整透明度质量，以提高图像质量。

（4）选中“几何图形”复选框，可以设置在三维图形中如何显示素线以及是否在三维图形中显示后向面。

①选中“素线总在最上面”复选框，可以指定在所有着色模式中是否为前向面和后向面显示素线。

②选中“放弃后向面”复选框，可以指定是否在图形中绘制后向面。

（5）选中“加速”复选框，可以指定是否需要在三维视图中使用软件和硬件加速。

①选择“软件”单选按钮，可以使用软件图形系统来绘制三维视图中的图形。

②选择“硬件”单选按钮，可以选择使用硬件图形卡来执行三维视图中的大多数绘图任务，以加快绘图速度。

3.5　其他相关命令

在 AutoCAD 中使用三维动态观察器查看三维模型时，除了三维动态观察器本身的设置和命令之外，还将受到其他一些 AutoCAD 命令的影响。

3.5.1　相机设置

在启用三维动态观察器查看三维对象时，默认的目标位置是三维视图的中心。为了更好地观察三维对象，可以在启动三维动态观察器之前，使用相机设置命令重新指定相机的位置和观察目标的位置，从而使得启动三维动态观察器后能够将被观察的对象置于三维视图的中心。

相机设置的命令调用方式和执行过程为：

- 工具栏：“视图”→ 
- 命令行：CAMERA

```
命令:CAMERA
指定新相机位置 <-14.8562,9.6936,6.5152>:
指定新相机目标 <0.7214,2.2938,0.0643>:
正在重生成模型。
```

使用 CAMERA 命令可以分别设置当前三维视图的视点位置和目标位置。在启动三维动态观察器时，将根据当前的相机及其目标位置确定三维视图，并将目标位置置于三维视图的中心。

3.5.2 三维动态观察器的特性

对于三维动态观察器，可以使用“特性”窗口显示和修改其各种属性和设置。也可以选择“工具”→“特性”菜单弹出“特性”窗口，然后激活三维动态观察器，此时“特性”窗口中将显示三维动态观察器的特性，如图 3-18 所示。

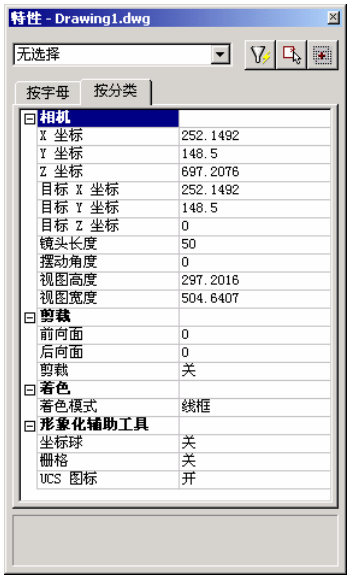


图 3-18 三维动态观察器的特性

（1）在“相机”栏中，可以查看并修改当前三维视图中的相机参数，包括：

①在“X 坐标”、“Y 坐标”和“Z 坐标”项目中，可以查看并修改相机所在位置的三维坐标值。

②在“目标 X 坐标”、“目标 Y 坐标”和“目标 Z 坐标”项目中，可以查看并修改当前视口中相机目标位置的三维坐标值。该值保存在只读的系统变量 TARGET 中。

③在“镜头长度”项目中，可以查看并修改相机的镜头长度，单位为毫米。该值保存在只读的系统变量 LENSLENGTH 中。

④在“摆动角度”项目中，可以查看和修改当前视口中的视图扭转角度。该值保存在只读的系统变量 VIEWTWIST 中。

⑤在“视图高度”和“视图宽度”项目中，可以查看和修改当前视口中的视图高度和宽度。

（2）在“剪裁”栏中，可以查看并修改当前三维视图的剪裁面设置，包括：

①在“前向面”项目中，可以查看并修改前向剪裁平面与目标平面的距离。该值保存在只读的系统变量 FRONTZ 中。

②在“后向面”项目中，可以查看并修改后向剪裁平面与目标平面的距离。该值保存在只读的系统变量 BACKZ 中。

③在“剪裁”项目中，可以设置前向剪裁平面和后向剪裁平面的开关。该值保存在只读的系统变量 VIEWMODE 中。

（3）在“着色”栏中，可以在“着色模式”项目中设置当前视口中的着色模式。

（4）在“形象化辅助工具”栏中，可以设置三维动态观察器中各种形象化辅助工具的开关状态。

①在“坐标球”项目中，可以设置指南针的开关状态。

②在“栅格”项目中，可以设置栅格的开关状态。

③在“UCS 图标”项目中，可以设置 UCS 图标的开关状态。也可以通过系统变量 UCSICON 进行控制。

3.5.3 设置视图

在 AutoCAD 2000 版之前的版本中，可以使用 DVIEW 命令进行视图设置，其作用相当于现在的三维动态观察器。该命令在 AutoCAD 2000 版之后的各个版本中均得到保留，

下面具体讲述该命令的使用方法。

设置视图的命令调用方式和执行过程为：

- 命令行：DVIEW

```
命令:DVIEW
选择对象或 <使用 DVIEWBLOCK>:
输入选项
[相机(CA)/目标(TA)/距离(D)/点(PO)/平移(PA)/缩放(Z)/扭曲(TW)/剪裁(CL)/隐藏(H)/关(O)/放弃(U)]:
...
```

使用 DVIEW 命令可以动态地设置三维视图，并且可以设置视图的投影方式和剪裁平面等。调用 DVIEW 命令后，首先需要选择图形对象，用于在该命令的执行过程中显示视图的变化。也可以选择“使用 DVIEWBLOCK”命令选项，使用一个名为 DVIEWBLOCK 的特殊图形，在命令执行过程中显示视图变化。该图形使用房屋造型代表三维模型，如图 3-19 所示。

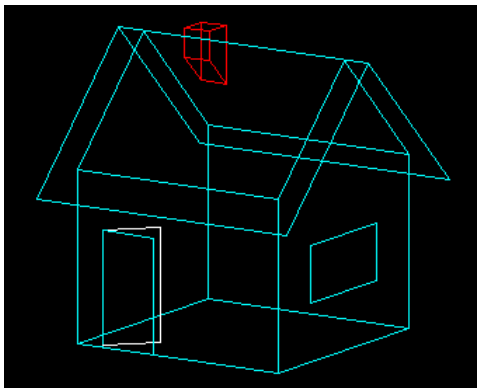


图 3-19　DVIEWBLOCK 图形

使用 DVIEW 命令可以进行如下各种操作：

（1）可以直接指定两点，根据这两点围绕目标点改变相机位置，从而确定新的视图。

也可以分别以方向角和幅值角确定相机的位置。方向角指示视图的前方，而幅值角确定查看距离，两个角度中间用逗号分开，且必须是正值。

（2）选择“相机（CA）”命令选项，可以修改相机的位置。

```
输入选项
[相机(CA)/目标(TA)/距离(D)/点(PO)/平移(PA)/缩放(Z)/扭曲(TW)/剪裁(CL)/隐藏(H)/关(O)/放弃(U)]: ca
指定相机位置，输入与 XY 平面的角度，
或 [切换角度单位(T)] <29.6080>:
指定相机位置，输入在 XY 平面上与 X 轴的角度，
或 [切换角度起点(T)] <29.60802>:
```

可以直接指定相机的新位置，也可以分别指定相机与目标点之间连线与 XY 平面的夹角，以及在 XY 平面上与 X 轴的夹角，根据这两个角度绕目标点旋转相机，以确定新的相机位置。

（3）选择“目标（TA）”命令选项，可以修改观察目标的位置。

```
输入选项
[相机(CA)/目标(TA)/距离(D)/点(PO)/平移(PA)/缩放(Z)/扭曲(TW)/剪裁(CL)/隐藏(H)/关(O)/放弃(U)]: ta
指定相机位置，输入与 XY 平面的角度，
或 [切换角度单位(T)] <-31.2681>:
指定相机位置，输入在 XY 平面上与 X 轴的角度，
或 [切换角度起点(T)] <-31.26806>:
```

与确定相机位置相同，可以直接指定目标的新位置，或通过两个角度绕相机旋转目标点，以确定新的目标位置。

（4）选择“距离（D）”命令选项，可以修改相机与目标之间的位置。

```
输入选项
[相机(CA)/目标(TA)/距离(D)/点(PO)/平移(PA)/缩放(Z)/扭曲(TW)/剪裁(CL)/隐藏(H)/关(O)/放弃(U)]: d
指定新的相机目标距离 <4.6686>:
```

可以直接指定相机与目标点之间的距离，AutoCAD 将相对于目标沿着视线移近或移远相机。也可以拖动光标动态改变相机与目标点之间的距离，并在合适的位置单击左键确定。

注意：此选项将打开透视投影方式，生成透视视图。

（5）选择“点（PO）”命令选项，可以分别使用三维坐标来指定目标点和相机点位置。

```
输入选项
[相机(CA)/目标(TA)/距离(D)/点(PO)/平移(PA)/缩放(Z)/扭曲(TW)/剪裁(CL)/隐藏(H)/关(O)/放弃(U)]: po
指定目标点 <6.6385, 1.3899, 0.1619>:
指定相机点 <1.0831, 4.7634, 4.1087>:
```

（6）选择“平移（PA）”命令选项，可以根据指定的两点平移当前视图。

```
输入选项
[相机(CA)/目标(TA)/距离(D)/点(PO)/平移(PA)/缩放(Z)/扭曲(TW)/剪裁(CL)/隐藏(H)/关(O)/放弃(U)]: pa
指定位移基点:
指定第二点:
```

（7）选择“缩放（Z）”命令选项，可以缩放当前视图。

```
输入选项
[相机(CA)/目标(TA)/距离(D)/点(PO)/平移(PA)/缩放(Z)/扭曲(TW)/剪裁(CL)/隐藏(H)/关(O)/放弃(U)]: z
指定镜头长度 <20.597mm>:
```

可以直接指定新的镜头长度确定视图的缩放范围，也可以拖动光标动态调整视图的缩放范围。

（8）选择“扭曲（TW）”命令选项，可以重新指定当前视图的扭曲角度。

```
输入选项
[相机(CA)/目标(TA)/距离(D)/点(PO)/平移(PA)/缩放(Z)/扭曲(TW)/剪裁(CL)/隐藏(H)/关(O)/放弃(U)]: tw
指定视图扭曲角度 <0.00>:
```

（9）选择“剪裁（CL）”命令选项，可以分别设置前向剪裁平面和后向剪裁平面的距离，及其开关状态。

```
输入选项
[相机(CA)/目标(TA)/距离(D)/点(PO)/平移(PA)/缩放(Z)/扭曲(TW)/剪裁(CL)/隐藏(H)/关(O)/放弃(U)]: cl
输入剪裁选项 [后向(B)/前向(F)/关(O)] <关>:
```

选择“后向（B）”命令选项，可以设置后向剪裁平面的剪裁距离和开关状态；选择“前向（F）”命令选项，可以设置前向剪裁平面的剪裁距离和开关状态；选择“关（O）”命令选项，可以关闭前向和后向剪裁平面。

（10）选择“隐藏（H）”命令选项，可以消除选定对象上的隐藏线以增强可视性。这种隐藏线消除方式比 HIDE 命令消隐速度快，但不能打印输出。

（11）选择“关（O）”命令选项，将关闭透视视图。

（12）选择“放弃（U）”命令选项，将取消上一个 DVIEW 操作的结果。

思 考 题

1．在三维观察器中视图变换命令改变了视图的哪些属性。

2．在三维观察器中视图调整命令改变了视图的哪些属性。

第 4 章　三维绘图中的修改命令

本章主要讲述各种三维对象的修改操作。

4.1　三维对象的修改

对于不同类型的三维对象，可以使用相应的修改命令进行编辑。对不同对象使用同样的命令进行修改，可以产生不同的结果。

4.1.1　修改三维对象的特性

与 AutoCAD 的二维对象一样，可以使用“特性”窗口对三维对象的特性进行查看和修改。AutoCAD 将根据选择对象的类型，在“特性”窗口中显示相应的特性，并通过“特性”窗口对其中的部分特性进行修改。

修改三维对象特性的命令调用方式和执行过程为：

- 菜单：“修改”→“特性”。
- 工具栏：“标准”→ 。
- 命令行：PROPERTIES。

打开“特性”窗口后，其中显示的内容将随着选择对象类型的变化而改变，下面针对不同类型的三维对象介绍“特性”窗口具体作用。

（1）如果选择三维多段线对象，“特性”窗口将显示如图 4-1 所示内容。

其中，除了“颜色”、“图层”等基本特性之外，还可以查询和修改以下特性：

①在“几何图形”栏中，可以查询和修改三维多段线所有顶点的 X、Y、Z 坐标。在“顶点”项目中指定顶点编号。

②在“拟合/平滑”项目中，可以指定是否对三维多段线进行样条拟合。如果进行拟合，还可以具体指定使用二次样条曲线或三次样条曲线进行拟合。

③在“闭合”项目中，可以设置三维多段线是否闭合。

（2）如果选择三维样条曲线对象，“特性”窗口显示如图 4-2 所示内容。

其中，除了基本特性之外，还可以查询和修改以下特性：

①在“拟合数据点”栏中，分别显示了三维样条曲线的控制点和拟合点的总数、编号和三维坐标，可以修改指定编号的控制点或拟合点的坐标。此外，还可以在“权值”项目中指定样条曲线的权值。

②在“阶数”项目中，显示样条曲线的阶数。

③在“闭合”项目中，显示样条曲线是否闭合，闭合的样条曲线在两个端点处切线连续。

④在“平面”项目中，显示样条曲线是否为三维对象。

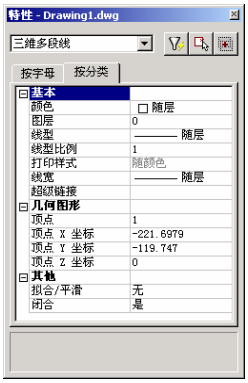


图 4-1　三维多段线的特性

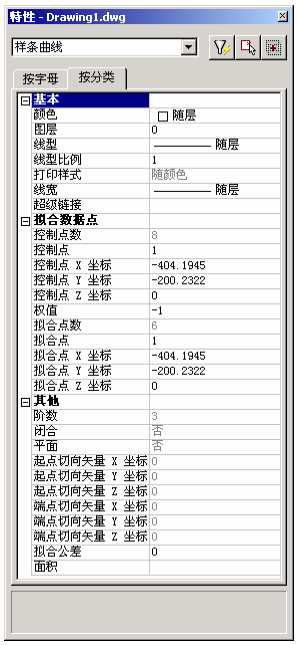


图 4-2　三维样条曲线的特性

⑤在“起点切向矢量 X（Y、Z）坐标”项目中，显示样条曲线起点切线的方向矢量。

⑥在“端点切向矢量 X（Y、Z）坐标”项目中，显示样条曲线端点切线的方向矢量。

⑦在“拟合公差”项目中，可以指定样条曲线的拟合公差。拟合公差为 0 时，样条曲线将穿过所有拟合点。

⑧在“面积”项目中，显示二维样条曲线所围成的面积。此项对三维样条曲线无用。

（3）如果选择多边形网格对象，“特性”窗口显示如图 4-3 所示内容。

其中，除了基本特性之外，还可以查询和修改以下特性：

①在“几何图形”栏中，可以查询和修改多边形网格所有顶点的 X、Y、Z 坐标。在“顶点”项目中指定顶点编号。

②在“M 闭合”和“N 闭合”项目中，可以指定多边形网格在 M 方向和 N 方向是否闭合。

③在“M 密度”和“N 密度”项目中，可以指定多边形网格在 M 方向和 N 方向上的密度，用于在对多边形网格进行平滑时指定表面密度。

④在“M 顶点数”和“N 顶点数”项目中，分别显示了多边形网格在 M 方向和 N 方向上的顶点数目。

⑤在“拟合/平滑”项目中，可以指定是否对多边形网格进行拟合，并且可以进一步指定拟合方式为二次拟合、三次拟合或 Bezier（贝塞尔）拟合。

（4）如果选择多面网格对象，“特性”窗口，显示如图 4-4 所示内容。多面网格的创建参见第 5 章。

其中，除了基本特性之外，还可以查询和修改以下特性：

①在“几何图形”栏中，可以查询和修改多边形网格所有顶点的 X、Y、Z 坐标。在“顶点”项目中指定顶点编号。

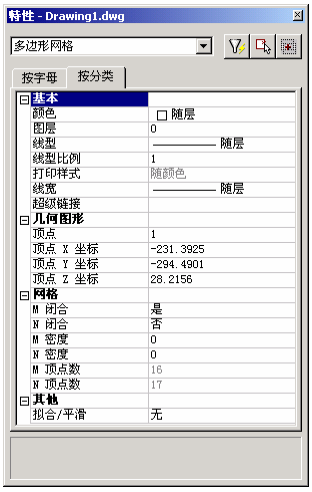


图 4-3 多边形网格的特性

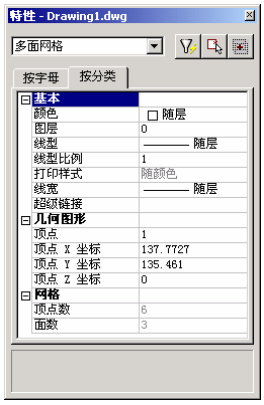


图 4-4 多面网格的特性

②在“顶点数”项目中，显示了多面网格中顶点的总数。

③在“面数”项目中，显示了多面网格中面的总数。

（5）如果选择三维面对象，“特性”窗口将显示如图 4-5 所示内容。三维面的创建参见第 5 章。



图 4-5 三维面的特性

其中，除了基本特性之外，还可以查询和修改以下特性：

①在“几何图形”栏中，可以查询和修改三维面所有顶点的 X、Y、Z 坐标。在“顶点”项目中指定顶点编号。

②在“几何图形”栏中，还可以指定三维面中各条边的可见性。

（6）如果选择三维实体对象，“特性”窗口只显示基本特性，因为三维实体特性不可编辑。

4.1.2 编辑三维多段线和多边形网格

在 AutoCAD 中，PEDIT 命令既可以编辑二维多段线，也可以编辑三维多段线和多边形网格。编辑三维多段线和多边形网格的命令调用方式和执行过程为：

- 菜单：“修改”→“对象”→“多段线”。
- 工具栏：“修改 II”→ 。
- 命令行：PEDIT。

```
命令:PEDIT
选择多段线或 [多条(M)]:
...
```

AutoCAD 将根据选择对象的类型给出相应的提示，具体操作过程如下：

（1）如果选择三维多段线对象，AutoCAD 将显示相应的编辑方法：

```
选择多段线或 [多条(M)]:
输入选项 [闭合(C)/编辑顶点(E)/样条曲线(S)/非曲线化(D)/放弃(U)]:
```

①选择“闭合（C）”命令选项，可以将三维多段线的两个端点用直线段连接起来，形成闭合的三维多段线。对于已经闭合的三维多段线，该选项被“打开（O）”命令选项代替，选择该项后，AutoCAD 将删除三维多段线两个端点之间的直线段。例如，图 4-6 中左侧为打开的三维多段线，右侧为闭合的三维多段线。

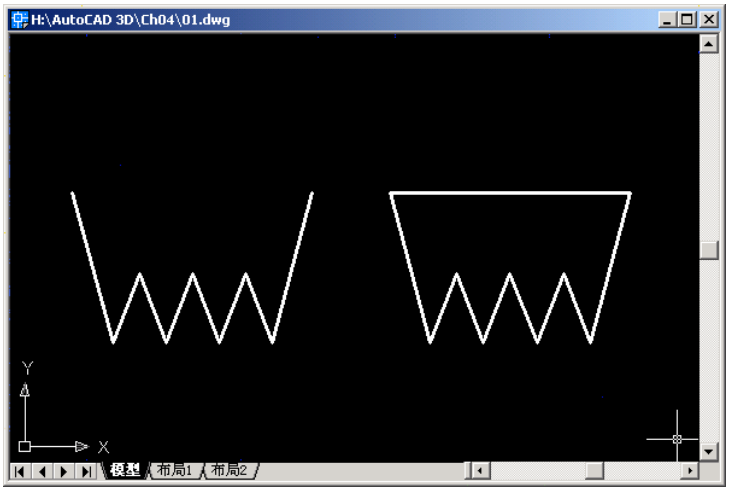


图 4-6　三维多段线的打开与闭合

②选择“编辑顶点（E）”命令选项，进入顶点编辑状态，并在三维多段线的第一个顶点处显示“×”标记。

```
输入选项 [闭合(C)/编辑顶点(E)/样条曲线(S)/非曲线化(D)/放弃(U)]:e
输入顶点编辑选项
[下一个(N)/上一个(P)/打断(B)/插入(I)/移动(M)/重生成(R)/拉直(S)/退出(X)] <N>:
```

a．选择“下一个（N）”命令选项，可以将“×”标记移动到下一个顶点处。

b．选择“上一个（P）”命令选项，可以将“×”标记移动到上一个顶点处。

c．选择“打断（B）”命令选项，AutoCAD 保存当前“×”标记所在的顶点，并提示用户指定另一个顶点，然后选择“执行（G）”命令选项删除这两个顶点之间的部分。

d．选择“插入（I）”命令选项，可以在当前“×”标记所在的顶点之后插入新的顶点。

e．选择“移动（M）”命令选项，可以改变当前“×”标记所在的顶点的位置。

f．选择“重生成（R）”命令选项，可以重新生成三维多段线对象。

g．选择“拉直（S）”命令选项，AutoCAD 保存当前“×”标记所在的顶点，并提示用户指定另一个顶点，然后选择“执行（G）”命令选项将这两个顶点之间的部分改为单个直线段。

h．选择“退出（X）”命令选项，退出节点编辑状态，返回上一级命令选项。

③选择“样条曲线（S）”命令选项，可以根据三维多段线的控制点用三维 B 样条曲线进行拟合。例如，对图 4-7 中左侧的三维多段线对象进行拟合后，可以得到右侧的多段线拟合样条曲线。

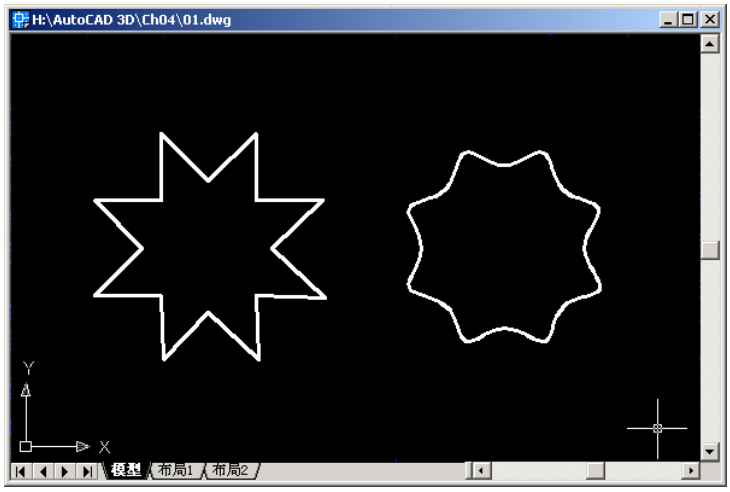


图 4-7　多段线拟合样条曲线

④选择“非曲线化（D）”命令选项，将删除拟合三维 B 样条曲线，并使三维多段线的所有线段恢复为直线段，但保留指定给多段线顶点的切向信息，用于随后的曲线拟合。

⑤选择“放弃（U）”命令选项，可以撤消上一步编辑操作。

（2）如果选择多边形网格对象，AutoCAD 将显示相应的编辑方法。

```
输入选项 [编辑顶点(E)/平滑曲面(S)/非平滑(D)/M 向关闭(M)/N 向关闭(N)/放弃(U)]:
```

①选择“编辑顶点（E）”命令选项，进入顶点编辑状态，并在多边形网格中（0，0）位置的顶点处显示“×”标记。

```
输入选项 [编辑顶点(E)/平滑曲面(S)/非平滑(D)/M 向关闭(M)/N 向关闭(N)/放弃(U)]: e
当前顶点 (0,0)。
输入选项
[下一个(N)/上一个(P)/左(L)/右(R)/上(U)/下(D)/移动(M)/重生成(RE)/退出(X)] <N>:
```

a．选择“下一个（N）”命令选项，可以将“×”标记移动到下一个顶点处。

b．选择“上一个（P）”命令选项，可以将“×”标记移动到上一个顶点处。

c．选择“左（L）”命令选项，可以将“×”标记移动到 N 方向的上一个顶点处。

d．选择“右（R）”命令选项，可以将“×”标记移动到 N 方向的下一个顶点处。

e．选择“上（U）”命令选项，可以将“×”标记移动到 M 方向的下一个顶点处。

f．选择“下（D）”命令选项，可以将“×”标记移动到 M 方向的上一个顶点处。

g．选择“移动（M）”命令选项，可以改变当前“×”标记所在的顶点的位置。

h．选择“重生成（R）”命令选项，可以重新生成多边形网格对象。

i．选择“退出（X）”命令选项，退出节点编辑状态，返回上一级命令选项。

②选择“平滑曲面（S）”命令选项，可以将多边形网格拟合为平滑的曲面，可以用于拟合的曲面类型包括二次 B 样条曲面、三次 B 样条曲面和 Bezier 曲面。AutoCAD 将根据系统变量 SURFTYPE 的值确定使用何种类型的曲面：值为 5 时使用二次 B 样条曲面，值为 6 时使用三次 B 样条曲面，值为 8 时使用 Bezier 曲面，初始值为 6。图 4-8 所示为多边形网格对

象平滑效果示例。

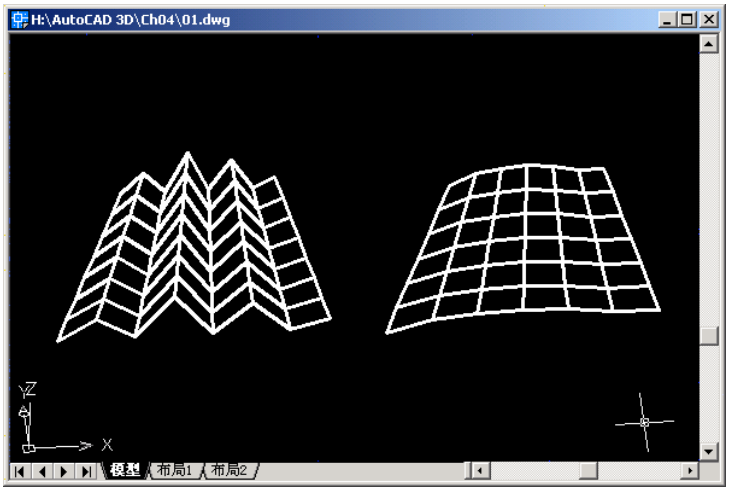


图 4-8　多边形网格拟合样条曲面

③选择“非平滑（D）”命令选项，可以取消对多边形网格的平滑拟合，恢复到原来的状态。

④选择“M 向关闭（M）”命令选项，可以将多边形网格沿 M 方向进行闭合。例如，对图 4-9 中左侧的多边形网格进行 M 向闭合后，结果如图 4-9 右侧所示。

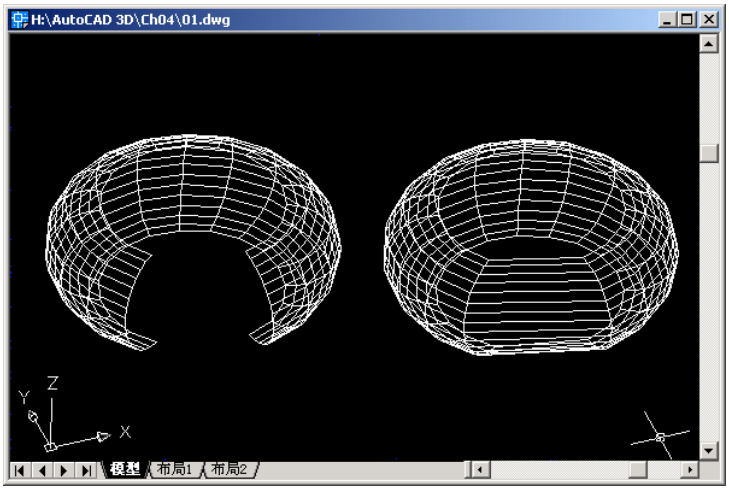


图 4-9　多边形网格在 M 向闭合

对于 M 向已经闭合的多边形网格，该命令选项变为“M 向打开（M）”，选择该命令选项后可以进行相反的操作。

⑤选择“N 向关闭（N）”命令选项，可以将多边形网格沿 N 方向进行闭合。例如，对图 4-10 中左侧的多边形网格进行 N 向闭合后，结果如该图右侧所示。

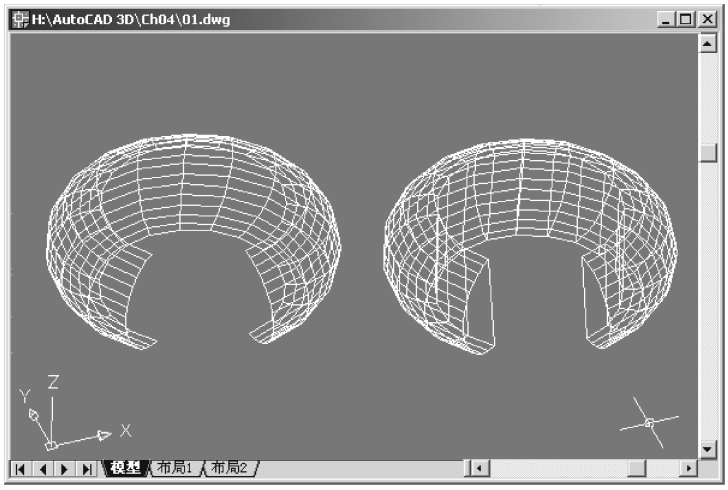


图 4-10　多边形网格在 N 向闭合

对于 N 向已经闭合的多边形网格，该命令选项变为“N 向打开（N）”，选择该命令选项后可以进行相反的操作。

⑥选择“放弃（U）”命令选项，可以撤消上一步编辑操作。

4.1.3　编辑三维样条曲线

无论是二维还是三维样条曲线，都可以使用 SPLINEDIT 命令进行编辑。此外，该命令还可以对二维或三维样条曲线拟合多段线对象进行编辑，并总是先将其转换为相应的二维或三维样条曲线后再进行编辑。

编辑三维样条曲线的命令调用方式和执行过程为：

- 菜单：“修改”→“对象”→“样条曲线”。
- 工具栏：“修改 II”→ 。
- 命令行：SPLINEDIT。

```
命令:SPLINEDIT
选择样条曲线:
输入选项  [拟合数据(F)/闭合(C)/移动顶点(M)/精度(R)/反转(E)/放弃(U)]:
...
```

对于 AutoCAD 中的二维或三维样条曲线，SPLINEDIT 命令提供了以下几种编辑方法：

（1）选择“拟合数据（F）”命令选项，可以对样条曲线的拟合数据进行修改：

```
输入选项  [拟合数据(F)/闭合(C)/移动顶点(M)/精度(R)/反转(E)/放弃(U)]: f
输入拟合数据选项
[添加(A)/闭合(C)/删除(D)/移动(M)/清理(P)/相切(T)/公差(L)/退出(X)] <退出>:
```

①选择“添加（A）”命令选项，可以在样条曲线中增加新的拟合点。AutoCAD 将提示用户选择一个已有的拟合点，并高亮显示用户指定的拟合点和下一个拟合点。此时可以在这两点之间添加新的拟合点，并且根据添加后的拟合点重新拟合样条曲线。

②选择“闭合（C）”命令选项，可以使开放的样条曲线闭合，并且使其在端点处切向连续。对于已经闭合的样条曲线，该选项被“打开（O）”命令选项替代，选择该选项将使样条曲线返回到原来状态并且失去切向连续性。

③选择“删除（D）”命令选项，可以从样条曲线中删除指定的拟合点，AutoCAD 将用其余的拟合点重新拟合样条曲线。

④选择“移动（M）”命令选项，可以将指定的拟合点移动到新的位置。

⑤选择“清理（P）”命令选项，可以删除样条曲线中的拟合数据。

⑥选择“相切（T）”命令选项，可以重新指定样条曲线起点和端点处的切线方向。

⑦选择“公差（L）”命令选项，可以修改用于拟合样条曲线的公差。

⑧选择“退出（X）”命令选项，返回上一级命令提示。

注意：如果样条曲线中不含有拟合数据或失去拟合数据后，使用 SPLINEDIT 命令进行编辑时将不显示“拟合数据（F）”命令选项。

（2）选择“闭合（C）”命令选项，可以使开放的样条曲线闭合，并且使其在端点处切向连续。对于已经闭合的样条曲线，该选项被“打开（O）”命令选项替代，选择该选项将使样条曲线返回到原来状态并且失去切向连续性。

注意：对样条曲线进行打开或闭合操作后，样条曲线将失去拟合数据。

（3）选择“移动顶点（M）”命令选项，可以将指定的控制顶点移动到新的位置。

注意：移动样条曲线的控制顶点后，样条曲线将失去拟合数据。

（4）选择“精度（R）”命令选项，可以进一步调整样条曲线的定义：

```
输入选项 [拟合数据(F)/闭合(C)/移动顶点(M)/精度(R)/反转(E)/放弃(U)]:r
输入精度选项 [添加控制点(A)/提高阶数(E)/权值(W)/退出(X)] <退出>:
```

①选择“添加控制点（A）”命令选项，可以在样条曲线上增加新的控制点。

②选择“提高阶数（E）”命令选项，可以增加样条曲线上控制点的数目。指定一个大于当前阶数的数值，可以增加整个样条曲线的控制点数，使控制更为严格。阶数的最大值为 26。

③选择“权值（W）”命令选项，可以修改指定的控制点的权值。控制点的权值越大，样条曲线就越拉向控制点。AutoCAD 根据选定控制点的新权值重新计算样条曲线。

④选择“退出（X）”命令选项，返回上一级命令提示。

注意：调整样条曲线的精度后，样条曲线将失去拟合数据。

（5）选择“反转（E）”命令选项，可以改变样条曲线的方向，使其与原来的方向相反。

（6）选择“放弃（U）”命令选项，可以取消上一步操作。

4.1.4　实体的倒角

在 AutoCAD 的二维制图中，可以使用倒角命令在两条直线之间或多段线对象的顶点处创建倒角。在三维制图中，还可以使用该命令在实体的棱边处创建倒角。

实体倒角命令的调用方式和执行过程为：

- 菜单：“修改”→“倒角”。
- 工具栏：“修改”→ 。
- 命令行：CHAMFER。

```
命令:CHAMFER
(“修剪”模式) 当前倒角距离 1 = 10.0000，距离 2 = 10.0000
选择第一条直线或 [多段线(P)/距离(D)/角度(A)/修剪(T)/方法(M)]:
基面选择...
输入曲面选择选项 [下一个(N)/当前(OK)] <当前>:
指定基面的倒角距离 <10.0000>:
指定其他曲面的倒角距离 <10.0000>:
选择边或 [环(L)]:
选择边或 [环(L)]:
...
```

使用倒角命令为实体对象创建倒角时，首先需要选择实体对象上的边，AutoCAD 将以该边相邻的两个面之一作为基面，并高亮显示。然后选择“下一个（N）”命令选项将另一个面指定为基面，分别指定基面上的倒角距离和在另一个面上的倒角距离。

完成对倒角的基面和倒角距离的设置后，可以进一步指定基面上需要创建倒角的边。也可以连续选择基面上的多个边来创建倒角，如果选择“环（L）”命令选项，则可以一次选中基面上所有的边来创建倒角。

例如，对图 4-11 中上部圆柱体两个底面的边进行倒角后，可得到下侧所示的模型。



图 4-11　实体的倒角

4.1.5　实体的圆角

与倒角命令类似，不仅可以在两条直线之间或多段线对象的顶点处创建圆角，还可以使用该命令在实体的棱边处创建圆角。实体圆角命令的调用方式和执行过程为：

- 菜单：“修改”→“圆角”。
- 工具栏：“修改”→ 。
- 命令行：FILLET。

```
命令:FILLET
当前模式: 模式 = 修剪，半径 = 10.0000
选择第一个对象或 [多段线(P)/半径(R)/修剪(T)]:
输入圆角半径 <10.0000>:
选择边或 [链(C)/半径(R)]:
选择边或 [链(C)/半径(R)]:
...
```

使用圆角命令为实体对象创建圆角时，首先需要选择实体对象上的边，然后指定圆角的半径。也可以进一步选择实体对象上其他需要倒圆角的边，或选择“链（C）”命令选项一次选择多个相切的边进行倒圆角。

例如，对图 4-12 中上部的长方体四条侧边进行圆角后，可得到其下侧所示的模型。

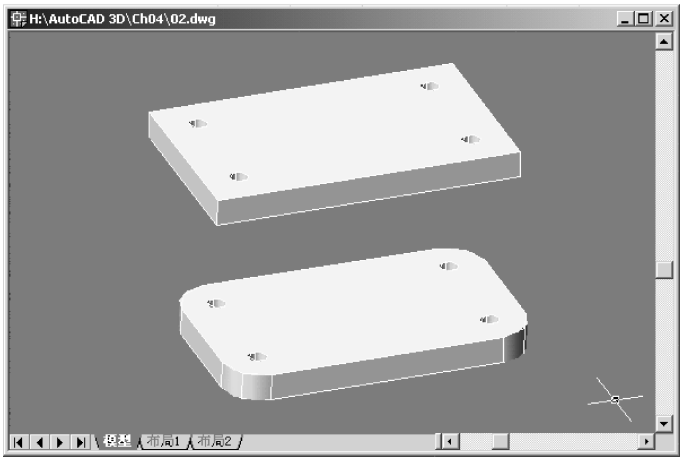


图 4-12　实体的圆角

在选择棱边的过程中，可以随时选择“半径（R）”命令选项改变圆角的半径，修改后的圆角半径只用于其后选择的边，而对改变圆角半径之前选中的边不起作用，由此可以直接创建一系列半径不等的圆角。

4.1.6　三维对象的分解

在 AutoCAD 中，可以使用 EXPLODE 命令将复杂对象分解为组成该对象的简单对象，对于三维对象来说同样也可以将其分解为构成三维对象的简单对象，分解的结果将根据分解对象类型的不同而有所区别。

分解命令的调用方式和执行过程为：

- 菜单：“修改”→“分解”。
- 工具栏：“修改”→ 。
- 命令行：EXPLODE。

```
命令:EXPLODE
选择对象:
选择对象:
...
```

不同的三维对象将分解为不同的形式，具体的分解结果如下：

（1）三维多段线和三维样条曲线拟合多段线将被分解为若干个直线对象。

（2）三维样条曲线对象和三维面对象不能被 EXPLODE 命令分解。

（3）多边形网格对象将被分解为若干个三维面对象。

（4）多面网格对象被分解时，其中的单顶点网格分解成点对象，双顶点网格分解成直线，三顶点网格分解成三维面。

（5）实体对象被分解时，其中的平面表面分解为面域，而非平面表面分解为体。

4.2 对象的三维操作

与二维阵列、镜像和旋转等操作类似，AutoCAD 也提供了在三维空间中进行阵列、镜像和旋转等命令，此外还可以通过一系列的移动、缩放和旋转操作将两个三维对象按指定的方式对齐。这些三维操作命令适用于三维空间中的任意对象。

4.2.1 三维阵列

在 AutoCAD 中，可以使用三维阵列命令在三维空间中创建指定对象的多个副本，并按指定的形式排列。同二维阵列命令类似，三维阵列命令也可以生成矩形阵列和环形阵列，而且可以进行三维排列。

创建三维阵列的命令调用方式和执行过程为：

①菜单：“修改”→“三维操作”→“三维阵列”。

②命令行：3DARRAY。

```
命令:3DARRAY
选择对象:
选择对象:
输入阵列类型  [矩形(R)/环形(P)] <矩形>:
...
```

在创建三维阵列之前，首先需要构造对象选择集，AutoCAD 将把整个选择集作为一个整体进行三维阵列操作。不同形式三维阵列的创建过程如下：

（1）选择“矩形（R）”命令选项，可以按指定的行数、列数、层数、行间距、列间距和层间距创建三维矩形阵列。

```
输入阵列类型  [矩形(R)/环形(P)] <矩形>:r
输入行数  (---) <1>:
输入列数  (|||) <1>:
输入层数  (...) <1>:
指定行间距  (---):
指定列间距  (|||):
指定层间距  (...):
```

其中，行数是指三维矩形阵列沿 Y 轴方向的数目；列数是指三维矩形阵列沿 X 轴方向的数目；层数是指三维矩形阵列沿 Z 轴方向的数目。行间距是相邻两行之间的距离，指定正的

行间距将向 Y 轴的正向创建阵列，而指定负的行间距将向 Y 轴的负向创建阵列；列间距和层间距的作用与此相同。图 4-13 显示了一个 5 行、5 列、5 层的球体三维矩形阵列。

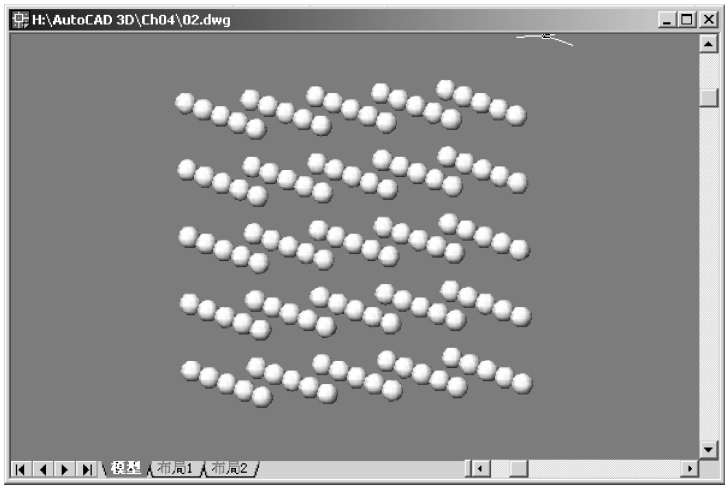


图 4-13　三维矩形阵列的示例

（2）选择“环形（P）”命令选项，可以按指定的数目、角度和旋转轴创建三维环形阵列。

```
输入阵列类型  [矩形(R)/环形(P)] <矩形>:p
输入阵列中的项目数目:
指定要填充的角度  (+=逆时针, -=顺时针) <360>:
旋转阵列对象？  [是(Y)/否(N)] <是>:
指定阵列的中心点:
指定旋转轴上的第二点:
```

创建三维环形阵列时，需要指定阵列中项目的数量和整个环形阵列所成的角度，即填充角度，填充角度的正方向由旋转轴按右手定则确定。图 4-14 中显示了一个由 15 个圆锥体绕圆柱体轴线进行 360 度填充所得的三维环形阵列。

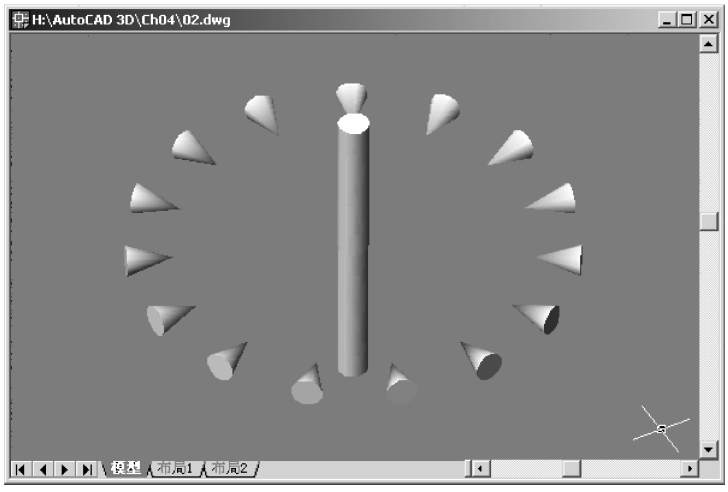


图 4-14　三维环形阵列的示例 1

如果在创建三维环形阵列时，用户要求旋转阵列对象，则环形阵列中每个项目绕旋转轴进行旋转之后，还将绕本身的基点旋转同样的角度；否则环形阵列中每个项目在旋转过程中将保持原来的方向不变。图 4-15 中显示了保持圆锥体方向不变时创建的三维环形阵列。

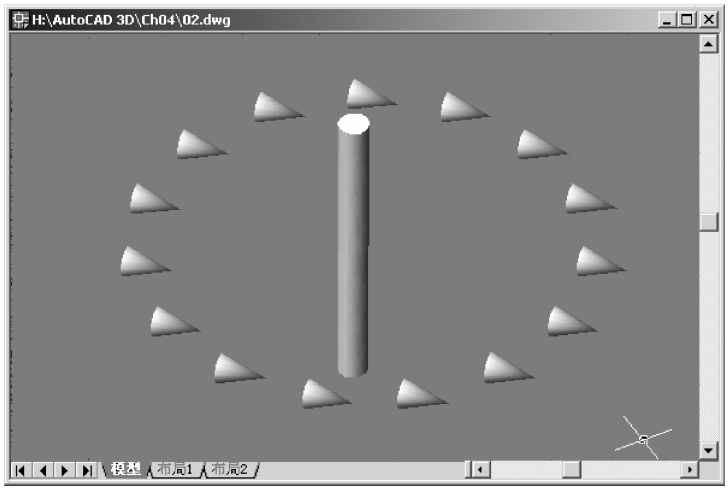


图 4-15　三维环形阵列的示例 2

4.2.2　三维镜像

在 AutoCAD 中，可以使用三维镜像命令在三维空间中创建指定对象的镜像副本，源对象与其镜像副本相对于镜像平面彼此对称。

创建三维镜像的命令调用方式和执行过程为：

- 菜单：“修改”→“三维操作”→“三维镜像”。
- 命令行：MIRROR3D。

```
命令:MIRROR3D
正在初始化...
选择对象:
选择对象:
指定镜像平面 (三点) 的第一个点或
  [对象(O)/最近的(L)/Z 轴(Z)/视图(V)/XY 平面(XY)/YZ 平面(YZ)/ZX
平面(ZX)/三点(3)] <三点>:
在镜像平面上指定第二点:
在镜像平面上指定第三点:
是否删除源对象？[是(Y)/否(N)] <否>:
```

在创建三维镜像之前，首先需要构造对象选择集，AutoCAD 将把整个选择集作为一个整体进行三维镜像操作。

在指定镜像平面时，可以使用多种方法进行定义，具体的方法及其操作过程如下：

（1）由于三个不共线的点可惟一的定义一个平面，因此定义镜像平面的最直接的方法，是分别指定该平面上不在同一条直线上的三个点。AutoCAD 将根据用户指定的三个点计算出

镜像平面的位置。

（2）定义镜像平面的第二种方法是选择“对象（O）”命令选项，然后指定某个二维对象。AutoCAD 将该对象所在的平面定义为镜像平面。

能够用于定义镜像平面的对象可以是圆、圆弧或二维多段线等。

（3）定义镜像平面的第三种方法是选择“最近的（L）”命令选项，此时将使用最后一次定义的镜像平面进行镜像操作。

（4）定义镜像平面的第四种方法是选择“Z 轴（Z）”命令选项，然后指定两点作为镜像平面的法线，从而定义该平面。

在图 4-16 中，点 1 和点 2 分别为镜像平面上的点和镜像平面法向上的点，通过点 1 并且垂直于点 1 和 2 连线的平面即为镜像平面。

（5）定义镜像平面的第五种方法是选择“视图（V）”命令选项，并指定镜像平面上任意一点，AutoCAD 将通过该点并与当前视口的视图平面相平行的平面作为镜像平面。

图 4-17 显示了根据视图和指定点定义镜像平面的示意：

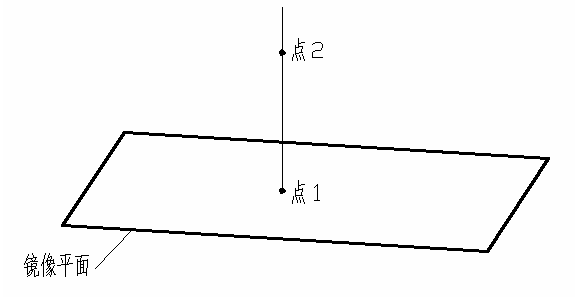


图 4-16　根据 Z 轴定义镜像平面

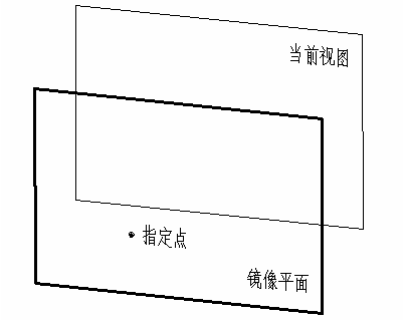


图 4-17　根据当前视图定义镜像平面

（6）定义镜像平面的最后一种方法是选择“XY 平面（XY）”、“YZ 平面（YZ）”或“ZX 平面（ZX）”命令选项，并指定镜像平面上任意一点，AutoCAD 将通过该点并且与当前 UCS 的 XY 平面、YZ 平面或 ZX 平面相平行的平面定义为镜像平面。

定义了镜像平面后，AutoCAD 将根据镜像平面创建指定对象的镜像副本，并根据用户的选择确定是否删除源对象。

4.2.3　三维旋转

在 AutoCAD 中，可以使用三维旋转命令，在三维空间中将指定的对象绕旋转轴进行旋转，以改变其在三维空间中的位置。

创建三维旋转的命令调用方式和执行过程为：

- 菜单：“修改”→“三维操作”→“三维旋转”。
- 命令行：ROTATE3D。

```
命令:ROTATE3D
当前正向角度:  ANGDIR=逆时针  ANGBASE=0
选择对象:
选择对象:
```

```
指定轴上的第一个点或定义轴依据
  [对象(O)/最近的(L)/视图(V)/X 轴(X)/Y 轴(Y)/Z 轴(Z)/两点(2)]:
指定轴上的第二点:
指定旋转角度或 [参照(R)]:
```

在进行三维旋转之前，首先需要构造对象选择集，AutoCAD 将把整个选择集作为一个整体进行三维旋转操作。

在指定旋转轴时，可以使用多种方法进行定义，具体的方法及其操作过程如下：

（1）直接指定两点定义旋转轴。

（2）定义旋转轴的第二种方法是选择“对象（O）”命令选项，然后指定某个二维对象。AutoCAD 将根据该对象定义旋转轴。

能够用于定义镜像平面的对象可以是直线、圆、圆弧或二维多段线等。其中如果选择圆、圆弧或二维多段线的圆弧段，AutoCAD 将垂直于对象所在平面并且通过圆心的直线作为旋转轴。

（3）定义旋转轴的第三种方法是选择“最近的（L）”命令选项，此时将使用最后一次定义的旋转轴进行旋转操作。

（4）定义旋转轴的第四种方法是选择“视图（V）”命令选项，并指定旋转轴上任意一点，AutoCAD 将通过该点并与当前视口的视图平面相垂直的直线作为旋转轴。

在图 4-18 中显示了根据视图和指定点定义旋转轴的示意。

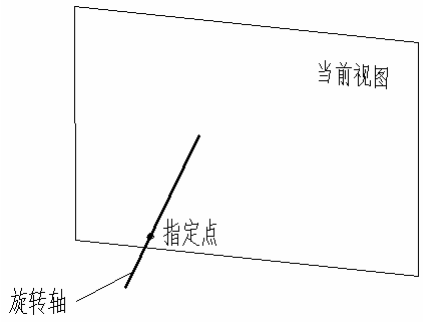


图 4-18　根据当前视图定义旋转轴

（5）定义旋转轴的最后一种方法是选择“X 轴（X）”、“Y 轴（Y）”或“Z 轴（Z）”命令选项，并指定旋转轴上任意一点，AutoCAD 将通过该点并且与当前 UCS 的 X 轴、Y 轴或 Z 轴相平行的直线作为旋转轴。

定义了旋转轴后，AutoCAD 还要指定旋转角度，正的旋转角度将使指定对象从当前位置开始沿逆时针方向旋转，而负的旋转角度将使指定对象沿顺时针方向旋转。如果选择“参照（R）”选项，可以进一步指定旋转的参照角和新角度，AutoCAD 将以新角度和参照角之间的差值作为旋转角度。

4.2.4　对齐命令

使用对齐命令，可以在三维空间中将两个对象按指定的方式对齐，AutoCAD 将根据用户指定的对齐方式，自动使用平移、旋转和比例缩放等操作改变对象的大小和位置，以便能够与其他对象对齐。

对齐操作的命令调用方式和执行过程为：

- 菜单：“修改”→“三维操作”→“对齐”。
- 命令行：ALIGN。

```
命令:ALIGN
选择对象:
```

```
选择对象:
指定第一个源点:
指定第一个目标点:
指定第二个源点:
指定第二个目标点:
指定第三个源点或 <继续>:
指定第三个目标点:
```

在进行对齐操作之前，首先需要构造对象选择集，AutoCAD 将把整个选择集作为一个整体进行对齐操作。

对齐命令提供了三种对齐方式，具体的方法及其操作过程如下：

（1）“一对点”方式，即指定第一个源点和第一个目标点后按回车键结束命令，AutoCAD 将根据第一个源点到第一个目标点之间的矢量将指定对象进行平移。例如，对于图 4-19 中左侧的两个三维对象，如果以图中直线的两个端点作为对齐的源点和目标点，对齐的结果将如图中右侧所示。

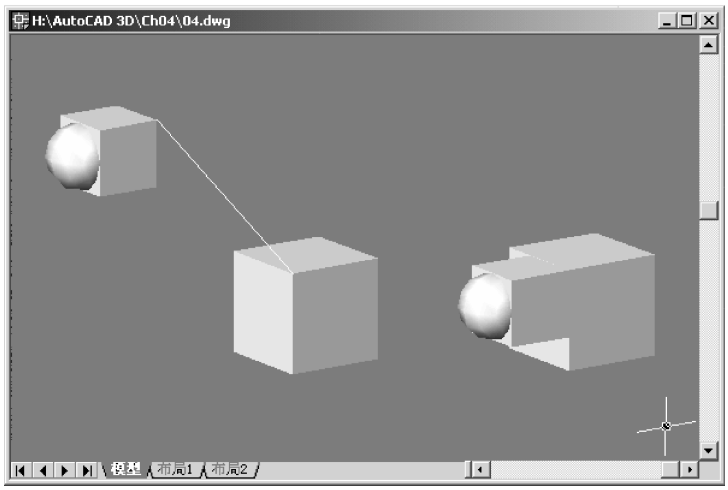


图 4-19　使用“一对点”方式对齐

（2）“两对点”方式，AutoCAD 将进一步提示如下。

```
是否基于对齐点缩放对象？[是(Y)/否(N)] <否>:
```

选择“是（Y）”命令选项后，AutoCAD 将首先根据第一个源点到第一个目标点之间的矢量将指定对象进行平移；然后根据第一、二源点连线和第一、二目标点连线之间的夹角将指定对象进行旋转；最后根据第一、二目标点之间的距离和第一、二源点之间的距离的比值将指定对象进行比例缩放。选择“否（N）”命令选项，则 AutoCAD 只进行平移和旋转，而不进行比例缩放。例如，对于图 4-20 中左侧的两个三维对象，如果分别以图中两条直线的端点作为对齐的源点和目标点，并基于对齐点进行缩放，则对齐的结果将如图中右侧所示。

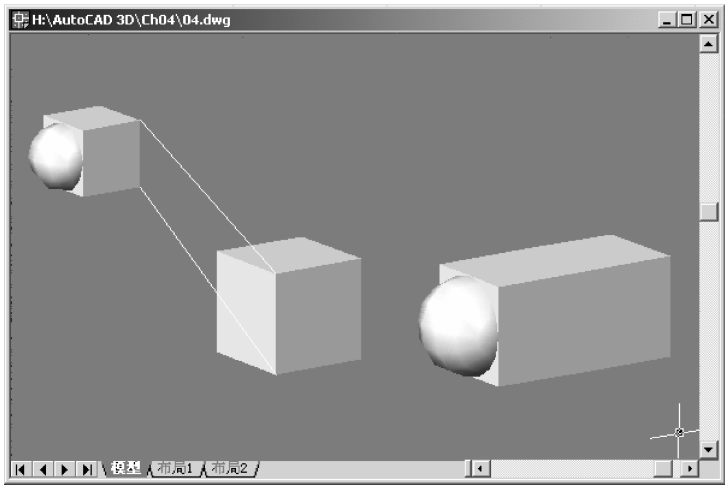


图 4-20　使用“两对点”方式对齐

（3）“三对点”方式，即依次指定第一个源点和第一个目标点、第二个源点和第二个目标点、第三个源点和第三个目标点。AutoCAD 将首先根据第一个源点到第一个目标点之间的矢量将指定对象进行平移；然后以第一个目标点为基点旋转指定对象，使三个源点所在平面与三个目标点所在平面重合。例如，对于图 4-21 中左侧的两个三维对象，如果分别以图中三条直线的端点作为对齐的源点和目标点，则对齐的结果将如图中右侧所示。

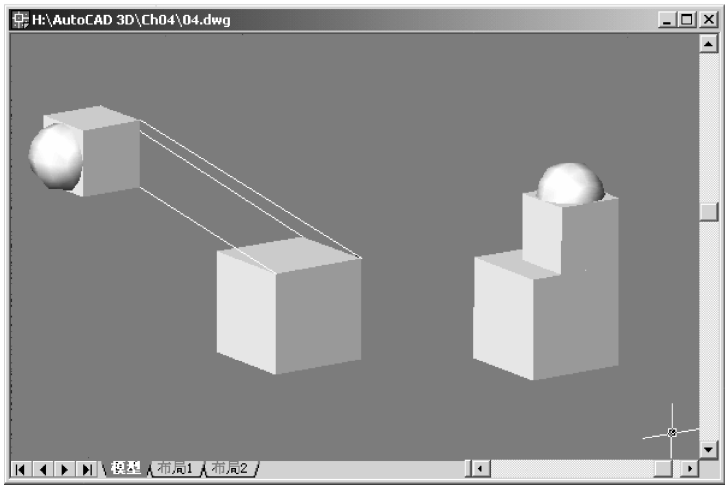


图 4-21　使用“三对点”方式对齐

4.3　编辑三维实体对象

AutoCAD 为三维实体提供了一个专门的编辑命令，可以对实体的边、面和体等元素进行编辑。

4.3.1　编辑实体的面

对于实体中的面，该命令提供了拉伸、移动、旋转、偏移、倾斜、删除、着色和复制等多种编辑方法。

编辑实体面的命令调用方式和执行过程为：

- 菜单：“修改”→“实体编辑”→“拉伸面”、“移动面”、“旋转面”、“偏移面”、“倾斜面”、“删除面”、“复制面”、“着色面”。
- 工具栏：“实体编辑”→ 。
- 命令行：SOLIDEDIT。

```
命令:SOLIDEDIT
实体编辑自动检查:  SOLIDCHECK=1
输入实体编辑选项  [面(F)/边(E)/体(B)/放弃(U)/退出(X)] <退出>:f
输入面编辑选项
[拉伸(E)/移动(M)/旋转(R)/偏移(O)/倾斜(T)/删除(D)/复制(C)/着色(L)/放弃(U)/退出(X)] <
退出>:
...
```

对于实体面的编辑方法较多，使用这些编辑方法可以改变实体面的特性，并可以根据面的改变重新定义实体。具体的编辑方法包括以下几种：

（1）选择“拉伸（E）”命令选项，可以将实体中指定的面进行拉伸，拉伸面的操作类似于拉伸实体的操作，AutoCAD 将根据拉伸的结果重新定义实体的边界。

```
输入面编辑选项
[拉伸(E)/移动(M)/旋转(R)/偏移(O)/倾斜(T)/删除(D)/复制(C)/着色(L)/放弃(U)/退出(X)] <
退出>:e
选择面或  [放弃(U)/删除(R)]:
选择面或  [放弃(U)/删除(R)/全部(ALL)]:
选择面或  [放弃(U)/删除(R)/全部(ALL)]:
指定拉伸高度或  [路径(P)]:
指定拉伸的倾斜角度  <0>:
已开始实体校验。
已完成实体校验。
输入面编辑选项
[拉伸(E)/移动(M)/旋转(R)/偏移(O)/倾斜(T)/删除(D)/复制(C)/着色(L)/放弃(U)/退出(X)] <
退出>:
```

在执行拉伸面的操作中，可以选择多个面同时进行拉伸操作。

拉伸的方式包括以下两种：

①可以直接指定一个拉伸的高度，使实体面沿其法线方向进行拉伸。正的拉伸高度将使面向正法线方向（通常是向外）拉伸，而负的拉伸高度将使面向负法线方向（通常是向内）拉伸。

指定拉伸高度后，可以进一步指定拉伸的偏移角度。其中，倾斜角度为 0 时，将在垂直于面的方向上进行拉伸。正的倾斜角度将在拉伸过程中向内倾斜，即由粗到细进行拉伸，而

负的倾斜角度将在拉伸过程中向外倾斜，即由细到粗进行拉伸。

例如，对图 4-22 中左侧花键模型的顶面按正的高度和倾斜角度进行拉伸后，可得到右侧所示的模型。

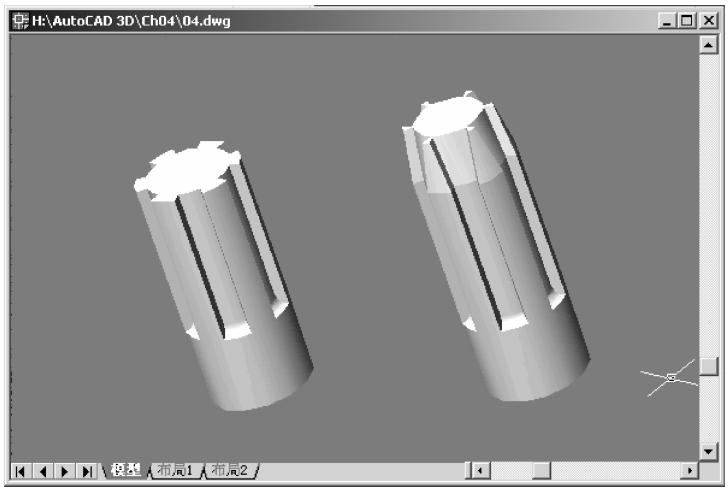


图 4-22　实体面的拉伸

②选择“路径（P）”命令选项，可以沿着指定的路径进行拉伸。能够作为拉伸路径的对象可以是直线、圆、圆弧、椭圆、椭圆弧、多段线或样条曲线等。拉伸路径不能与面处于同一平面，也不能具有高曲率的部分。

拉伸路径的一个端点应在剖面平面上，否则 AutoCAD 将移动路径至剖面的中心。如果路径是样条曲线，则路径应垂直于剖面平面且位于其中一个端点处。如果路径不垂直剖面，AutoCAD 将旋转剖面直至垂直为止。如果一个端点在剖面上，剖面将绕此点旋转，否则 AutoCAD 将路径移动至剖面中心，然后绕中心旋转剖面。

（2）执行“移动（M）”命令选项，可以将实体上指定的面沿指定的矢量进行移动，AutoCAD 将根据面的移动结果重新定义实体的边界。

```
输入面编辑选项
[拉伸(E)/移动(M)/旋转(R)/偏移(O)/倾斜(T)/删除(D)/复制(C)/着色(L)/放弃(U)/退出(X)] <
退出>:m
选择面或  [放弃(U)/删除(R)]:
选择面或  [放弃(U)/删除(R)/全部(ALL)]:
选择面或  [放弃(U)/删除(R)/全部(ALL)]:
指定基点或位移:
指定位移的第二点:
已开始实体校验。
已完成实体校验。
输入面编辑选项
[拉伸(E)/移动(M)/旋转(R)/偏移(O)/倾斜(T)/删除(D)/复制(C)/着色(L)/放弃(U)/退出(X)] <
退出>:
```

在执行移动面的操作中，可以选择多个面同时进行移动操作，并指定移动操作所依据的

移动矢量。可以用以下两种方式来定义移动矢量：

①分别指定两点作为移动矢量的起点和端点。

②仅指定一点，AutoCAD 将从原点到该点的矢量作为位移矢量。

图 4-23 中将拉伸后的花键模型的底面沿轴线方向移动，可得到右侧所示的模型。

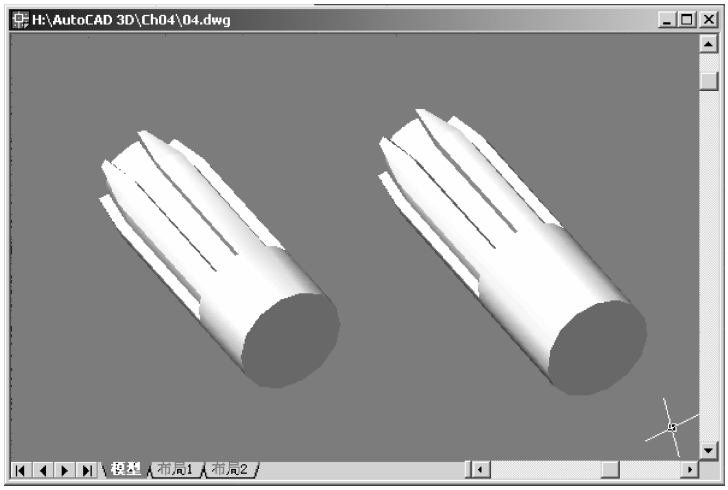


图 4-23　实体面的移动

（3）选择“旋转（R）”命令选项，可以将实体上指定的面绕旋转轴进行旋转，AutoCAD 将根据面的旋转结果重新定义实体的边界。

```
输入面编辑选项
[拉伸(E)/移动(M)/旋转(R)/偏移(O)/倾斜(T)/删除(D)/复制(C)/着色(L)/放弃(U)/退出(X)] <
退出>:r
选择面或 [放弃(U)/删除(R)]:
选择面或 [放弃(U)/删除(R)/全部(ALL)]:
选择面或 [放弃(U)/删除(R)/全部(ALL)]:
指定轴点或 [经过对象的轴(A)/视图(V)/X 轴(X)/Y 轴(Y)/Z 轴(Z)] <两点>:
在旋转轴上指定第二个点:
指定旋转角度或 [参照(R)]:
已开始实体校验。
已完成实体校验。
输入面编辑选项
[拉伸(E)/移动(M)/旋转(R)/偏移(O)/倾斜(T)/删除(D)/复制(C)/着色(L)/放弃(U)/退出(X)] <
退出>:
```

在执行旋转面的操作中，可以选择多个面同时进行旋转操作，并分别指定旋转轴和旋转角度。

图 4-24 中将花键模型的底面沿底面直径旋转，可得到右侧所示的模型。

（4）选择“偏移（O）”命令选项，可以将实体上指定的面进行偏移，AutoCAD 将根据面的偏移结果重新定义实体的边界。

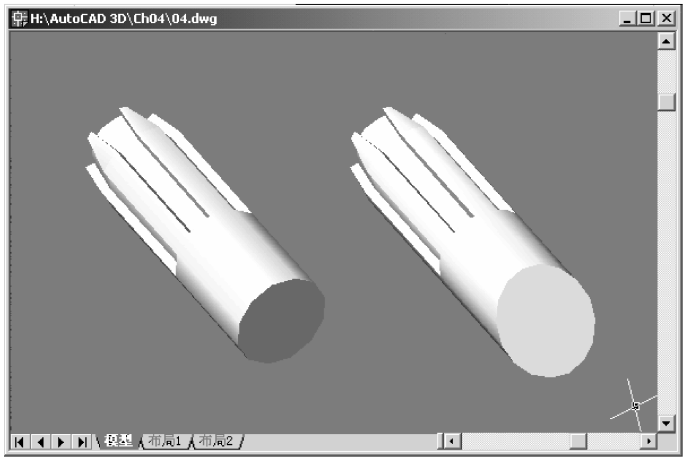


图 4-24　实体面的旋转

输入面编辑选项
[拉伸(E)/移动(M)/旋转(R)/偏移(O)/倾斜(T)/删除(D)/复制(C)/着色(L)/放弃(U)/退出(X)] <退出>:o
选择面或 [放弃(U)/删除(R)]:
选择面或 [放弃(U)/删除(R)/全部(ALL)]:
选择面或 [放弃(U)/删除(R)/全部(ALL)]:
指定偏移距离:
已开始实体校验。
已完成实体校验。
输入面编辑选项
[拉伸(E)/移动(M)/旋转(R)/偏移(O)/倾斜(T)/删除(D)/复制(C)/着色(L)/放弃(U)/退出(X)] <退出>:

在执行偏移面的操作中，可以选择多个面同时进行偏移操作，并指定偏移的距离。指定正的偏移值将增大实体的尺寸或体积，指定负的偏移值将减小实体的尺寸或体积。

图 4-25 中将花键模型的底面沿正的距离进行偏移，可得到右侧所示的模型。

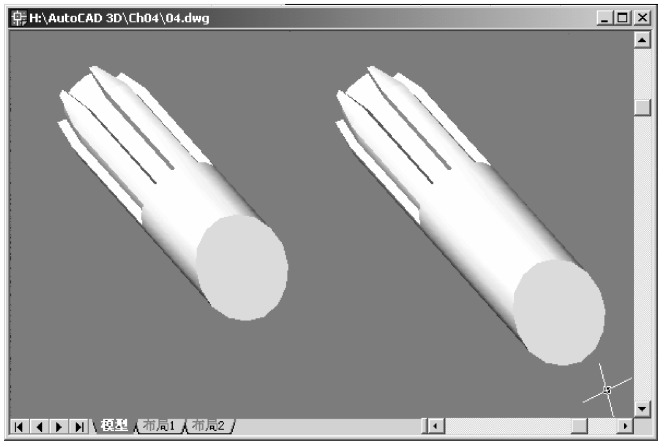


图 4-25　实体面的偏移

（5）选择“倾斜（T）”命令选项，可以将实体上指定的面沿倾斜轴进行倾斜，AutoCAD 将根据面的倾斜结果重新定义实体的边界。

```
输入面编辑选项
[拉伸(E)/移动(M)/旋转(R)/偏移(O)/倾斜(T)/删除(D)/复制(C)/着色(L)/放弃(U)/退出(X)] <
退出>:t
选择面或  [放弃(U)/删除(R)]:
选择面或  [放弃(U)/删除(R)/全部(ALL)]:
选择面或  [放弃(U)/删除(R)/全部(ALL)]:
指定基点:
指定沿倾斜轴的另一个点:
指定倾斜角度:
已开始实体校验。
已完成实体校验。
输入面编辑选项
[拉伸(E)/移动(M)/旋转(R)/偏移(O)/倾斜(T)/删除(D)/复制(C)/着色(L)/放弃(U)/退出(X)] <
退出>:
```

在执行倾斜面的操作中，可以选择多个面同时进行倾斜操作，并通过两点定义倾斜轴，AutoCAD 将沿倾斜轴按指定的倾斜角度对面进行倾斜。其中，倾斜角度取值范围为-90°～90°，正的倾斜角度将往里倾斜选定的面，负的倾斜角度将往外倾斜面。

图 4-26 中将花键模型的底面沿底面直径倾斜，可得到右侧所示的模型。

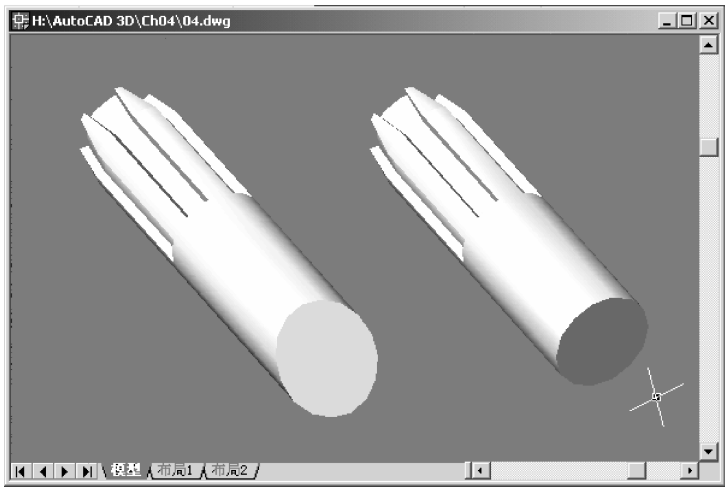


图 4-26　实体面的倾斜

（6）选择“删除（D）”命令选项，可以删除实体上指定的面，AutoCAD 将根据面的删除结果重新定义实体的边界。

```
输入面编辑选项
[拉伸(E)/移动(M)/旋转(R)/偏移(O)/倾斜(T)/删除(D)/复制(C)/着色(L)/放弃(U)/退出(X)] <
退出>:d
选择面或  [放弃(U)/删除(R)]:
```

选择面或 [放弃(U)/删除(R)/全部(ALL)]:
选择面或 [放弃(U)/删除(R)/全部(ALL)]:
已开始实体校验。
已完成实体校验。
输入面编辑选项
[拉伸(E)/移动(M)/旋转(R)/偏移(O)/倾斜(T)/删除(D)/复制(C)/着色(L)/放弃(U)/退出(X)] <退出>:

用户可以同时选择多个面进行删除，包括实体对象中的圆角和倒角。

图 4-27 中将花键模型的部分键槽处的表面删除后，可得到右侧所示的模型。

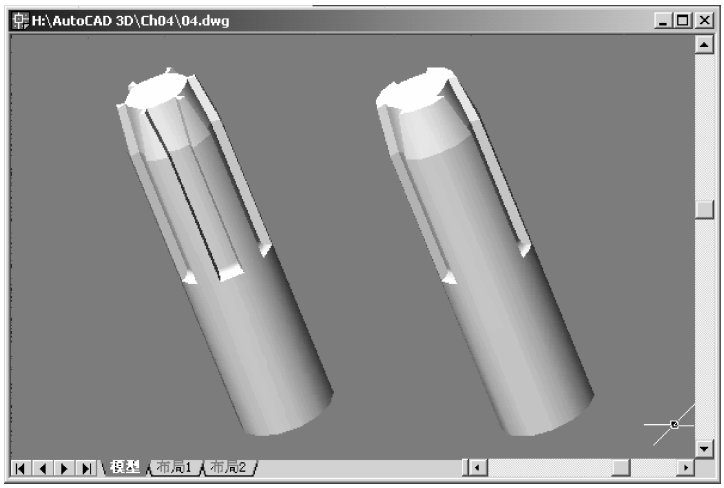


图 4-27 实体面的删除

（7）选择“复制（C）”命令选项，可以将实体中指定的面复制为面域或体对象。

输入面编辑选项
[拉伸(E)/移动(M)/旋转(R)/偏移(O)/倾斜(T)/删除(D)/复制(C)/着色(L)/放弃(U)/退出(X)] <退出>:c
选择面或 [放弃(U)/删除(R)]:
选择面或 [放弃(U)/删除(R)/全部(ALL)]:
选择面或 [放弃(U)/删除(R)/全部(ALL)]:
指定基点或位移:
指定位移的第二点:
输入面编辑选项
[拉伸(E)/移动(M)/旋转(R)/偏移(O)/倾斜(T)/删除(D)/复制(C)/着色(L)/放弃(U)/退出(X)] <退出>:

也可以选择多个面同时进行复制，然后指定一个位移矢量，AutoCAD 将根据这个位移矢量将指定的面复制并移动到新的位置，在复制时将根据面的几何性质分别复制为独立的面域或体对象。

图 4-28 中将花键模型的顶面复制为面域对象。

（8）选择“着色（L）”命令选项，可以修改实体上指定的面的颜色特性。

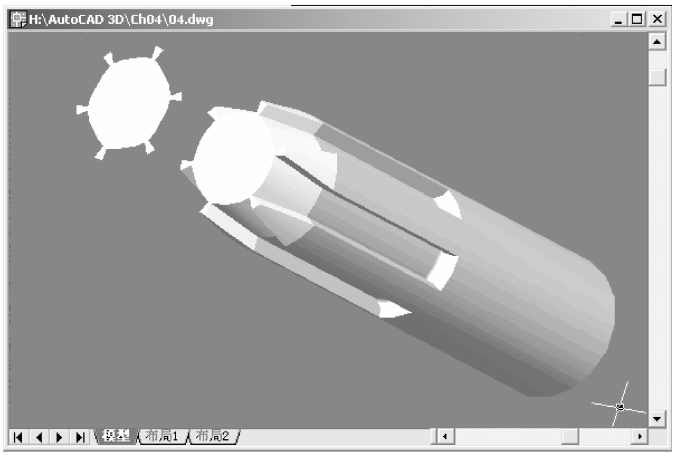


图 4-28　实体面的复制

```
输入面编辑选项
[拉伸(E)/移动(M)/旋转(R)/偏移(O)/倾斜(T)/删除(D)/复制(C)/着色(L)/放弃(U)/退出(X)] <
退出>:l
选择面或  [放弃(U)/删除(R)]:
选择面或  [放弃(U)/删除(R)/全部(ALL)]:
选择面或  [放弃(U)/删除(R)/全部(ALL)]:
输入面编辑选项
[拉伸(E)/移动(M)/旋转(R)/偏移(O)/倾斜(T)/删除(D)/复制(C)/着色(L)/放弃(U)/退出(X)] <
退出>:
```

也可以同时选择多个面进行修改，然后按回车键结束选择，AutoCAD 将弹出“选择颜色”对话框，用户可以从对话框的 ACI 表中为选中的面重新指定一种颜色。

图 4-29 中将花键模型的各个面均改为不同的颜色。

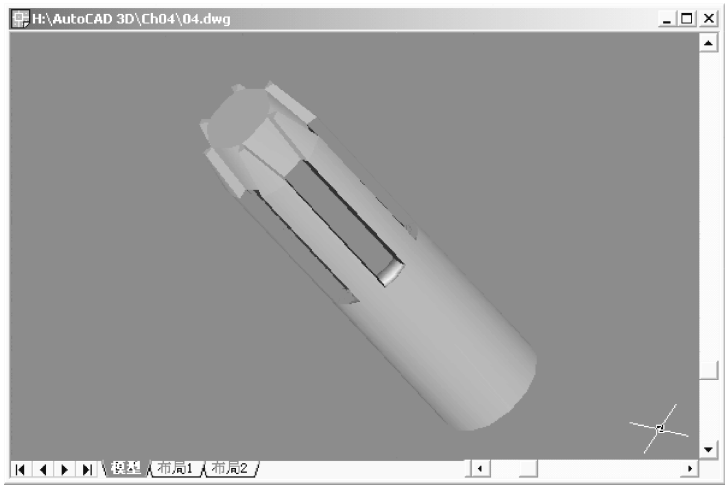


图 4-29　实体面的着色

（9）选择“放弃（U）”命令选项，可以取消上一步的操作。

（10）选择“退出（X）”命令选项，可以返回上一级命令提示。

4.3.2 编辑实体的边

与编辑实体的面类似，可以对实体的边进行编辑，具体的编辑方法包括着色和复制两种。编辑实体边的命令调用方式和执行过程为：

- 菜单：“修改”→“实体编辑”→“着色边”、“复制边”。
- 工具栏：“实体编辑”→ 。
- 命令行：SOLIDEDIT。

```
命令:SOLIDEDIT
实体编辑自动检查:  SOLIDCHECK=1
输入实体编辑选项  [面(F)/边(E)/体(B)/放弃(U)/退出(X)] <退出>:e
输入边编辑选项  [复制(C)/着色(L)/放弃(U)/退出(X)] <退出>:
...
```

与编辑实体面的操作类似，用户也可以对实体对象中的边进行着色和复制操作，具体操作过程如下：

（1）选择“复制（C）”命令选项，可以将实体对象中指定的边复制为简单的 AutoCAD 对象。

```
输入边编辑选项  [复制(C)/着色(L)/放弃(U)/退出(X)] <退出>:c
选择边或  [放弃(U)/删除(R)]:
选择边或  [放弃(U)/删除(R)]:
指定基点或位移:
指定位移的第二点:
输入边编辑选项  [复制(C)/着色(L)/放弃(U)/退出(X)] <退出>:
```

也可以连续选择多个边，然后指定一个位移矢量，AutoCAD 将根据这个位移矢量将指定的边复制并移动到新的位置，在复制时将根据边的几何性质分别复制为独立的直线、圆弧、圆、椭圆或样条曲线对象。

图 4-30 中将花键模型的顶面各条边复制为直线对象。

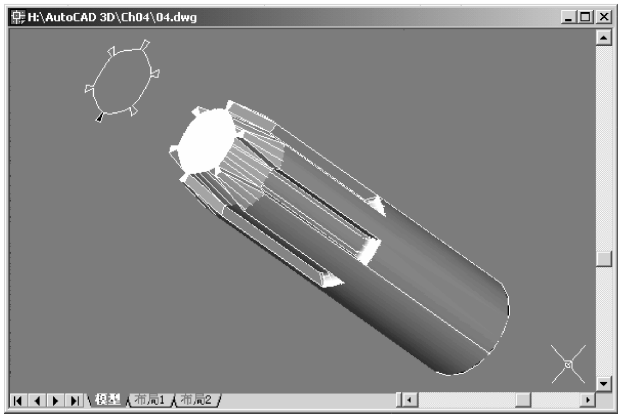


图 4-30　实体边的复制

（2）选择“着色（L）”命令选项，可以改变实体对象中指定的边的颜色特性。

```
输入边编辑选项 [复制(C)/着色(L)/放弃(U)/退出(X)] <退出>:l
选择边或 [放弃(U)/删除(R)]:
选择边或 [放弃(U)/删除(R)]:
输入边编辑选项 [复制(C)/着色(L)/放弃(U)/退出(X)] <退出>:
```

也可以连续选择多个边，然后按回车键结束选择，AutoCAD 将弹出“选择颜色”对话框，用户可以从对话框的 ACI 表中为选中的边重新指定一种颜色。

图 4-31 中将花键模型的顶面和键的边线分别改为红色和青色。

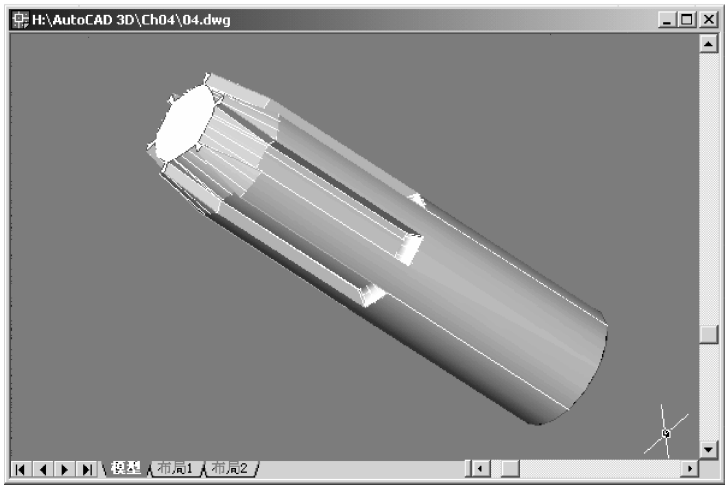


图 4-31　实体边的着色

（3）选择“放弃（U）”命令选项，可以取消上一步的操作。

（4）选择“退出（X）”命令选项，可以返回上一级命令提示。

4.3.3　编辑实体的体

1．命令简介

除了实体的面和边之外，还可以编辑整个实体对象，方法是在实体上压印其他几何图形，或将实体分割为独立实体对象，以及抽壳、清除或检查选定的实体。

编辑实体的体的命令调用方式和执行过程为：

- 菜单：“修改”→“实体编辑”→“压印”、“清除”、“分割”、“抽壳”、“检查”
- 工具栏：“实体编辑”→ 
- 命令行：SOLIDEDIT

```
命令:SOLIDEDIT
实体编辑自动检查:  SOLIDCHECK=1
输入实体编辑选项 [面(F)/边(E)/体(B)/放弃(U)/退出(X)] <退出>:b
输入体编辑选项
[压印(I)/分割实体(P)/抽壳(S)/清除(L)/检查(C)/放弃(U)/退出(X)] <退出>:
...
```

2．命令详解

实体的体编辑是指对整个实体对象进行各种编辑操作，具体来说包括以下几种编辑方法：

（1）选择“压印（I）”命令选项，可以将与实体面相交的某些对象压印到实体上，这些对象与实体面之间的交线将转换为实体对象中新的边线。

```
输入体编辑选项
[压印(I)/分割实体(P)/抽壳(S)/清除(L)/检查(C)/放弃(U)/退出(X)] <退出>:i
选择三维实体:
选择要压印的对象:
是否删除源对象 [是(Y)/否(N)] <N>:
选择要压印的对象:
输入体编辑选项
[压印(I)/分割实体(P)/抽壳(S)/清除(L)/检查(C)/放弃(U)/退出(X)] <退出>:
```

在进行压印操作时，需要首先选择被压印的实体对象，然后指定要进行压印的对象，能够压印到实体上的对象包括圆弧、圆、直线、二维和三维多段线、椭圆、样条曲线、面域、体及三维实体等。也可以连续选择多个对象压印到指定的实体上，并且可以决定是否在压印操作结束后删除原来的对象。

为了能够成功地进行压印操作，要求压印到实体上的对象必须与该实体的一个或几个面相交。例如，图 4-32 中左侧实体的侧面上有一个圆对象，将其压印到实体上后，该圆将作为实体的边界把实体的侧面分成了两部分，如图中右侧所示。

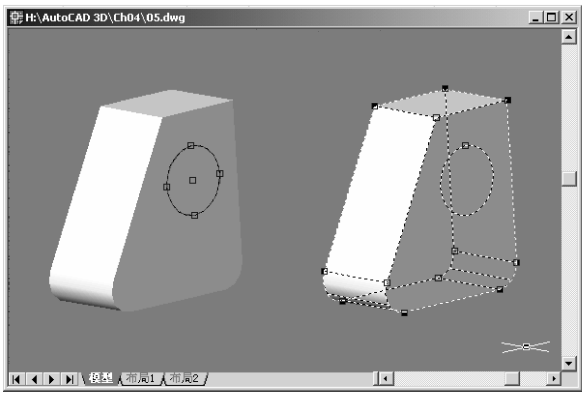


图 4-32　实体的压印

（2）选择“抽壳（S）”命令选项，可以沿实体中指定的面生成一定厚度的薄壳，薄壳之外的体积将被删除。

```
输入体编辑选项
[压印(I)/分割实体(P)/抽壳(S)/清除(L)/检查(C)/放弃(U)/退出(X)] <退出>:s
选择三维实体:
删除面或 [放弃(U)/添加(A)/全部(ALL)]:
删除面或 [放弃(U)/添加(A)/全部(ALL)]:
输入抽壳偏移距离:（输入数值）
```

```
已开始实体校验。
已完成实体校验。
输入体编辑选项
[压印(I)/分割实体(P)/抽壳(S)/清除(L)/检查(C)/放弃(U)/退出(X)] <退出>:
```

当选择某个实体对象进行抽壳操作时，默认情况下将对其所有的面进行抽壳操作。AutoCAD 可以指定实体中不进行抽壳的面，这些面将在抽壳操作中被删除。

完成面的指定后，需要进一步指定抽壳的平移距离，AutoCAD 通过将现有的面向原位置的内部或外部偏移来创建新的面，正的平移距离将向实体内部平移，而负的平移距离将向实体外部平移。

例如，对图 4-33 中左侧所示的实体进行抽壳时，如果只保留左右两个侧面而删除其他面，将得到图中右侧所示实体。

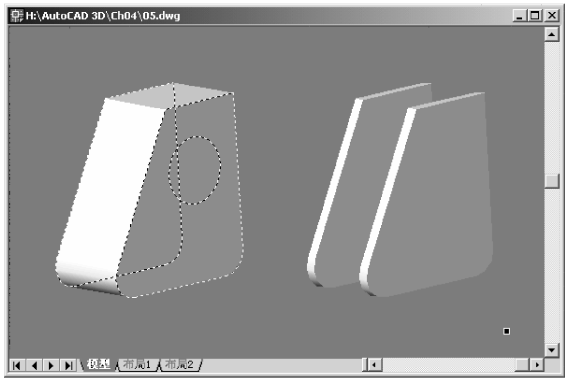


图 4-33　实体的抽壳

（3）选择“分割实体（P）”命令选项，可以将实体中各个不相连的部分分割为独立的实体对象。

```
输入体编辑选项
[压印(I)/分割实体(P)/抽壳(S)/清除(L)/检查(C)/放弃(U)/退出(X)] <退出>:p
选择三维实体:
输入体编辑选项
[压印(I)/分割实体(P)/抽壳(S)/清除(L)/检查(C)/放弃(U)/退出(X)] <退出>:
```

能够进行分割操作的实体对象必须具有不相连的体积，否则将无法进行分割。例如，对于图 4-33 中右侧的实体，就可以使用分割实体操作将其分为两个独立的实体。

（4）选择“清除（L）”命令选项，可以将指定实体上所有多余的边和顶点、压印的和不使用的几何图形删除。

```
输入体编辑选项
[压印(I)/分割实体(P)/抽壳(S)/清除(L)/检查(C)/放弃(U)/退出(X)] <退出>:l
选择三维实体:
输入体编辑选项
[压印(I)/分割实体(P)/抽壳(S)/清除(L)/检查(C)/放弃(U)/退出(X)] <退出>:
```

如果边的两侧或顶点共享相同的曲面或顶点定义，那么可以删除这些边或顶点。

AutoCAD 将检查实体对象的体、面或边，并且合并共享相同曲面的相邻面。三维实体对象上所有多余的、压印的以及未使用的边都将被删除。例如，使用清除命令可以将图 4-32 中右侧实体中压印的圆形从实体中清除。

（5）选择“检查（C）”命令选项，可以检查指定的实体对象是否为有效的 ACIS 实体。

```
输入体编辑选项
[压印(I)/分割实体(P)/抽壳(S)/清除(L)/检查(C)/放弃(U)/退出(X)] <退出>:c
选择三维实体:
输入体编辑选项
[压印(I)/分割实体(P)/抽壳(S)/清除(L)/检查(C)/放弃(U)/退出(X)] <退出>:
```

使用实体检查操作可以检查实体对象是否是有效的三维实体对象。对于有效的三维实体，对其进行修改不会导致出现 ACIS 失败错误信息。如果三维实体无效，则不能编辑对象。

思 考 题

1．对象的二维操作与三维操作的异同。

2．面拉伸、移动和偏移操作的异同。

3．如何使实体产生局部变形。

第 5 章　创建复杂的三维对象

本章主要讲述在 AutoCAD 中创建复杂三维对象的方法和过程。除了使用基本的预定义三维曲面对象和三维实体对象之外，AutoCAD 还提供了多种创建复杂曲面对象和复杂实体对象的命令，可以使用这些命令创建各种形状的三维模型。

5.1　创建复杂曲面

由于在 AutoCAD 中使用多边形网格模拟曲面对象，因此，可以通过设置多边形网格的边界和密度来创建多种形式的网格曲面，也可以直接指定网格的各个顶点和镶嵌面来模拟曲面。

5.1.1　创建旋转曲面

1．命令简介

在 AutoCAD 中，可以将某些类型的线框对象绕指定的旋转轴进行旋转，根据被旋转对象的轮廓和旋转的路径形成一个指定密度的网格，即 AutoCAD 的旋转曲面对象。

创建旋转曲面的命令调用方式和执行过程为：

- 菜单：“绘图”→“曲面”→“旋转曲面”。
- 工具栏：“曲面”→。
- 命令行：REVSURF。

```
命令:REVSURF
当前线框密度: SURFTAB1=6   SURFTAB2=6
选择要旋转的对象:
选择定义旋转轴的对象:
指定起点角度 <0>:
指定包含角 (+=逆时针，-=顺时针) <360>:
```

2．命令详解

从 REVSURF 命令的执行过程可知，在创建旋转曲面之前需要先创建要进行旋转的对象和作为旋转轴的对象。其中能够用于创建旋转曲面的对象包括直线、圆、圆弧、椭圆、椭圆弧、二维和三维多段线和样条曲线等；而能够用于定义旋转轴的对象包括直线或开放的二维、三维多段线等。如果选择多段线作为旋转轴，则系统将根据多段线的第一个顶点到最后一个顶点的矢量确定旋转轴，中间的顶点都将被忽略。

图 5-1 中给出了一个简单的示例，其中左侧阶梯状的多段线作为要进行旋转的对象，右侧的直线作为旋转轴。

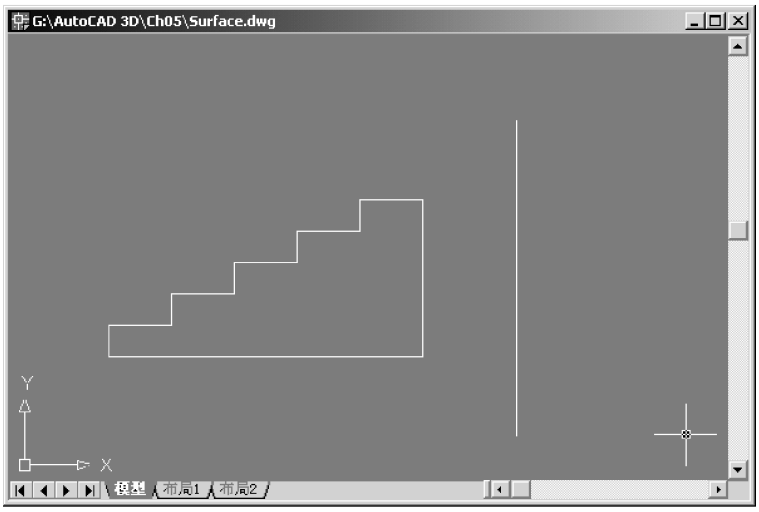


图 5-1　用于创建旋转曲面的对象

确定了用于旋转的对象后，可以进一步设置旋转曲面网格的密度。旋转曲面网格的密度由系统变量 SURFTAB1 和 SURFTAB2 决定。其中，SURFTAB1 用于确定网格在旋转方向上的密度，而 SURFTAB2 用于确定旋转对象轮廓上网格的密度。对于同样的旋转对象和旋转轴，如果设置了不同的网格密度，那么得到的旋转曲面形状也可能有较大的不同。系统变量 SURFTAB1 和 SURFTAB2 的默认值均为 6。

例如，根据默认的网格密度，使用图 5-1 中所示的多段线对象绕直线进行 360° 的旋转之后所得到的旋转曲面如图 5-2 所示。

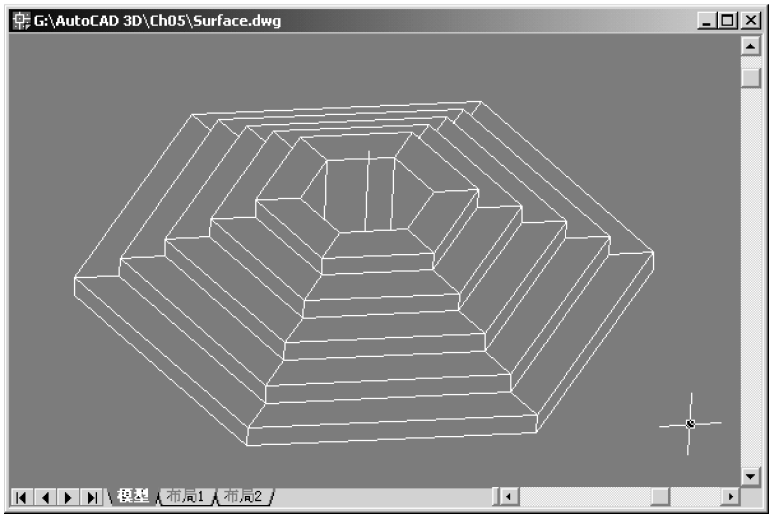


图 5-2　根据默认密度生成的网格

现在将系统变量 SURFTAB1 设置为 64，然后重新创建旋转曲面，结果如图 5-3 所示。

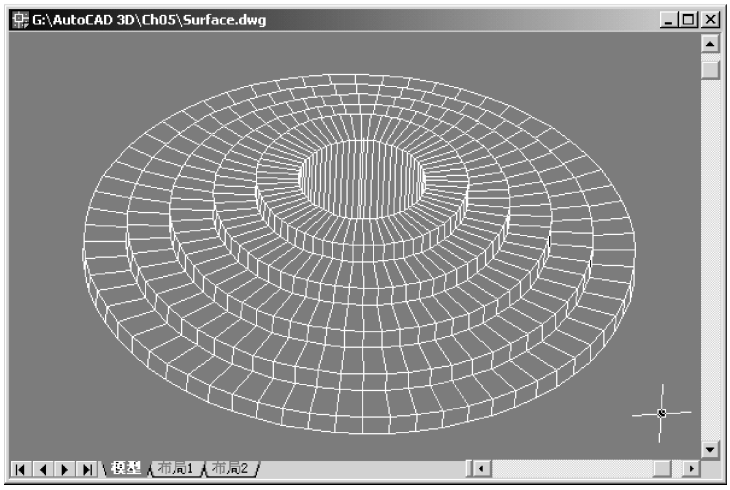


图 5-3　修改网格密度后生成的网格

从图中可以看出，网格的密度取值越大，则生成的网格越接近实际的曲面。但过高的网格密度将生成大量的数据，影响系统性能，因此在创建旋转曲面时需要根据具体要求确定一个合适的网格密度。

对于系统变量 SURFTAB2 来说，其具体作用与 SURFTAB1 略有不同。当旋转对象是直线、圆弧、圆或样条曲线拟合多段线等类型的对象时，SURFTAB2 将确定这些对象轮廓上的网格密度。如果旋转对象是没有进行样条曲线拟合的多段线，则旋转对象轮廓上的网格线将绘制在直线段的端点处，而不受系统变量 SURFTAB2 的限制。从图 5-2 和图 5-3 的示例中可以清楚地看到这一点。

当旋转对象是没有进行样条曲线拟合的多段线，并且带有圆弧段时，则每个圆弧都会被等分为 SURFTAB2 所指定的段数。例如，先使用 FILLET 命令将要进行旋转的多段线对象加上圆角，然后再创建旋转曲面对象，结果如图 5-4 所示。

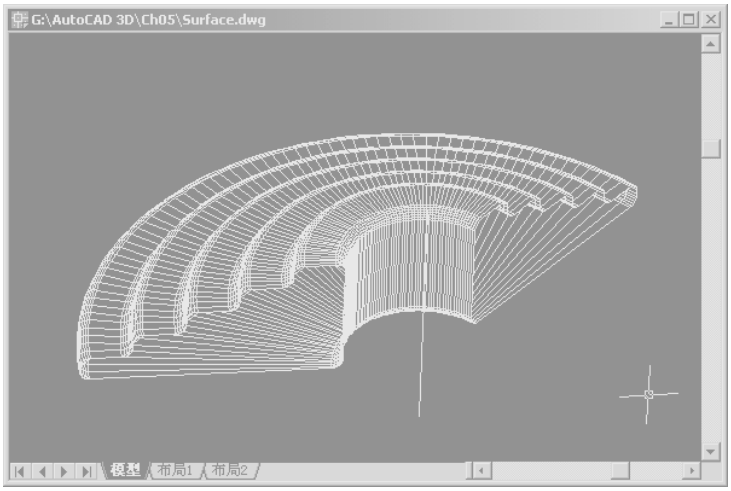


图 5-4　带有圆角的多段线生成的曲面

在这一例子中使用了一个小于 360° 的包含角。REVSURF 命令可以指定旋转的起点角度和绕旋转轴旋转的角度（包含角）。在指定这两种角度时，零度角表示要旋转对象所在的位置，正的角度值表示绕旋转轴按逆时针旋转，负的角度值表示绕旋转轴按顺时针旋转。

在确定旋转轴时，选择点的位置会影响到旋转角的方向。也可将旋转轴上距选择点较近的一端作为起点，较远的一端作为端点，用右手定则来确定旋转角的方向，图 5-5 给出了选择点位置与旋转角度方向的关系。

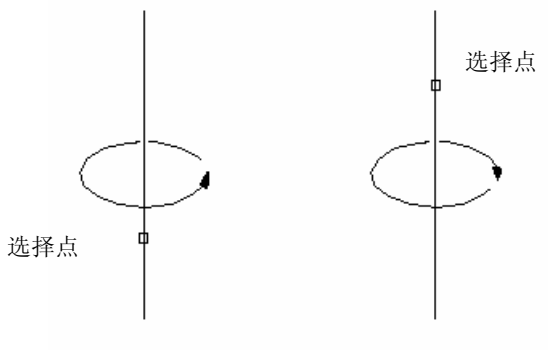


图 5-5　旋转角度的方向

5.1.2　创建平移曲面

1．命令简介

在 AutoCAD 中，可以将某些类型的线框对象沿指定的方向矢量进行平移，根据被平移对象的轮廓和平移的路径形成一个指定密度的网格，即 AutoCAD 的平移曲面对象。

创建平移曲面的命令调用方式和执行过程为：

- 菜单：“绘图”→“曲面”→“平移曲面”。
- 工具栏：“曲面”→。
- 命令行：TABSURF。

```
命令:TABSURF
选择用作轮廓曲线的对象:
选择用作方向矢量的对象:
```

2．命令详解

在使用 TABSURF 命令创建平移曲面之前，需要先创建要进行平移的对象和作为方向矢量的对象。其中能够用于创建平移曲面的对象包括直线、圆、圆弧、椭圆、椭圆弧、二维和三维多段线和样条曲线等；而能够用于定义方向矢量的对象包括直线或开放的二维、三维多段线等。如果选择多段线作为方向矢量，则系统将把多段线的第一个顶点到最后一个顶点的矢量作为方向矢量，而中间的任意顶点都将被忽略。

图 5-6 中给出了一个简单的示例，其中左侧阶梯状的多段线作为要进行平移的对象，右侧与其垂直的直线作为方向矢量。

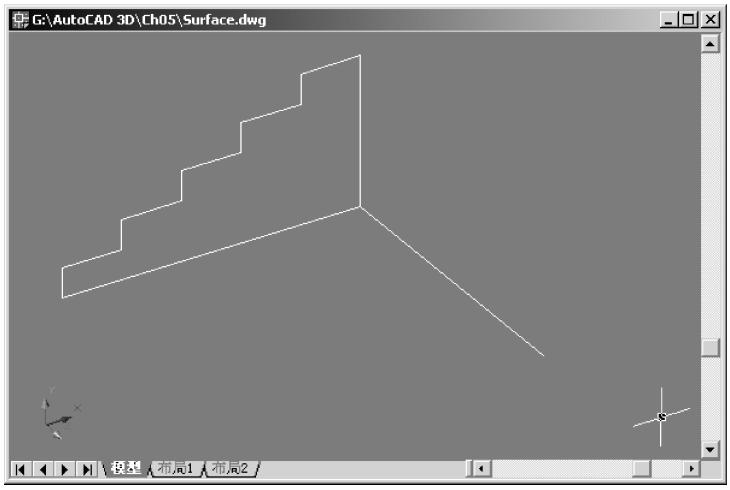


图 5-6　用于创建平移曲面的对象

创建的结果如图 5-7 所示。

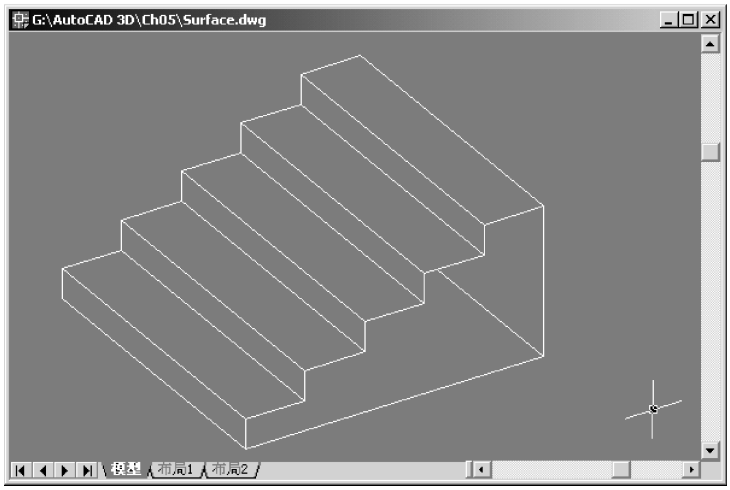


图 5-7　创建平移曲面

用户同样可以设置平移曲面网格的密度。与旋转曲面不同的是，平移曲面网格在平移方向上无需指定网格的密度，仅由系统变量 SURFTAB1 确定平移对象轮廓上网格的密度。当平移对象是直线、圆弧、圆或样条曲线拟合多段线等类型的对象时，SURFTAB1 将确定这些对象轮廓上的网格密度。而如果平移对象是没有进行样条曲线拟合的多段线时，则平移对象轮廓上的网格线将绘制在直线段的端点处，而不受系统变量 SURFTAB1 的限制。同样，如果平移对象是带有圆弧段的未拟合的多段线，则每个圆弧都会被等分为 SURFTAB1 所指定的段数。

注意：在确定方向矢量时，选择点的位置会影响到平移的方向。系统会以距离选择点较近的一端作为起点，较远的一端作为端点作为平移的方向。因此，在选择方向矢量时，可能会由于选择点位置的不同，而导致平移对象朝相反的方向进行平移。

5.1.3 创建直纹曲面

在 AutoCAD 中，可以将两个指定的曲线之间进行直线连接，根据两个曲线的轮廓形成一个指定密度的网格，即 AutoCAD 的直纹曲面对象。

创建直纹曲面的命令调用方式和执行过程为：

- 菜单：“绘图”→“曲面”→“直纹曲面”。
- 工具栏：“曲面”→。
- 命令行：RULESURF。

```
命令:RULESURF
当前线框密度: SURFTAB1=6
选择第一条定义曲线:
选择第二条定义曲线:
```

在使用 RULESURF 命令创建直纹曲面之前，需要先创建作为曲面边界的两个曲线对象。能够用于创建直纹曲面的曲线对象包括点、直线、圆、圆弧、椭圆、椭圆弧、二维和三维多段线和样条曲线等。图 5-8 中给出了一个创建直纹曲面的示例，上部的点和下部的圆将分别作为直纹曲面的两个边界。

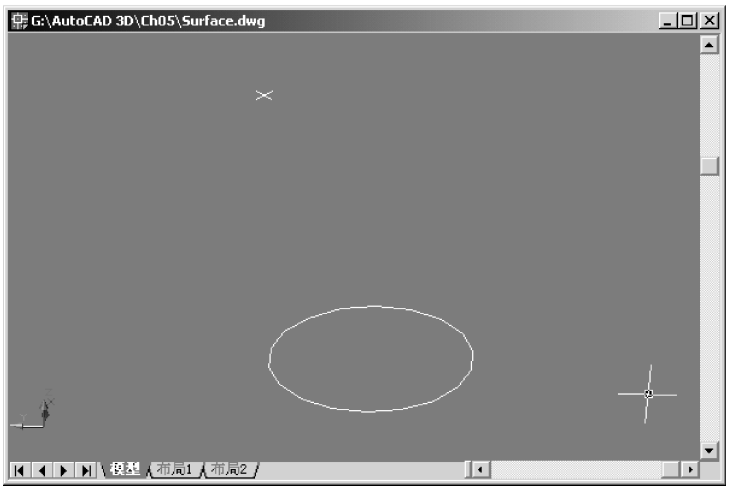


图 5-8 用于创建直纹曲面的对象

注意：在确定直纹曲面的边界时，如果其中有一个边界曲线是闭合的，那么另一个边界曲线也必须闭合（也可以是点）。

与平移曲面网格类似，直纹曲面网格的密度由系统变量 SURFTAB1 决定。作为边界的两条曲线将按 SURFTAB1 的值被等分，然后将等分点一一对应地进行直线连接，从而形成曲面网格。图 5-9 中分别显示了当 SURFTAB1 的取值为 6 和 32 时，由图 5-8 中的两个对象所得到的直纹曲面对象。

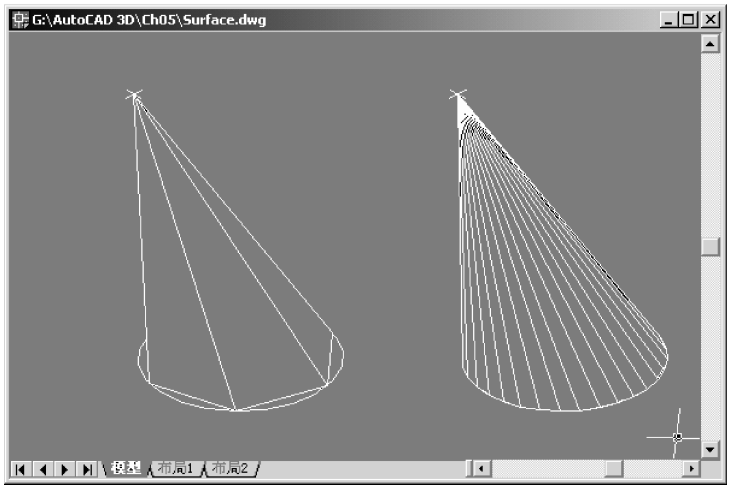


图 5-9　不同密度的直纹曲面网格

对于由两条闭合曲线边界所形成的直纹曲面网格，其网格线的绘制位置是由边界曲线对象所决定的。例如，如果边界曲线是圆，则直纹曲面从 0 度象限点开始绘制；如果边界曲线是闭合多段线，直纹曲面从最后一个顶点开始并反向沿着多段线的线段绘制。

对于由两条开放曲线边界所形成的直纹曲面网格，其网格线的绘制位置将根据选择点来决定，系统将从距离选择点最近的端点开始绘制。这样，由于选择边界曲线时选择点位置的不同，可能会产生不同的创建结果。例如，图 5-10 中左侧的圆弧和直线分别作为直纹曲面的两个边界。当在选择这两个对象时，如果选择点位于同一侧，则将产生图中中间位置所示的曲面网格；如果两个对象的选择点不在同一侧，则将产生图中右侧位置所示的曲面网格。

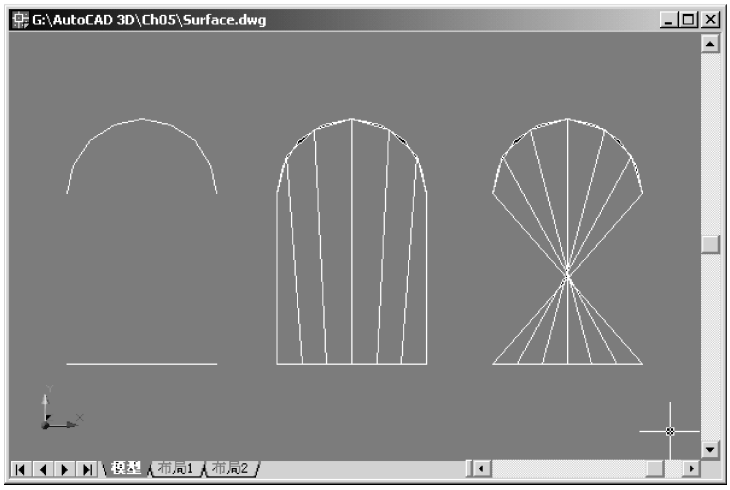


图 5-10　不同选择位置所生成的直纹曲面

5.1.4　创建边界曲面

在 AutoCAD 中，可以在指定的四个首尾相连的曲线边界之间形成一个指定密度的三维

网格，即 AutoCAD 的边界曲面对象。

创建边界曲面的命令调用方式和执行过程为：

- 菜单：“绘图”→“曲面”→“边界曲面”。
- 工具栏：“曲面”→。
- 命令行：EDGESURF。

```
命令:EDGESURF
当前线框密度: SURFTAB1=6   SURFTAB2=6
选择用作曲面边界的对象 1:
选择用作曲面边界的对象 2:
选择用作曲面边界的对象 3:
选择用作曲面边界的对象 4:
```

在使用 EDGESURF 命令创建边界曲面之前，需要先创建作为曲面边界的四个曲线对象。能够用于创建边界曲面的曲线对象包括圆弧、椭圆弧、直线、多段线和样条曲线等。这四个边界对象必须在端点处依次相连，形成一个封闭的路径，才能用于创建边界曲面。图 5-11 给出用于创建边界曲面的对象示例。

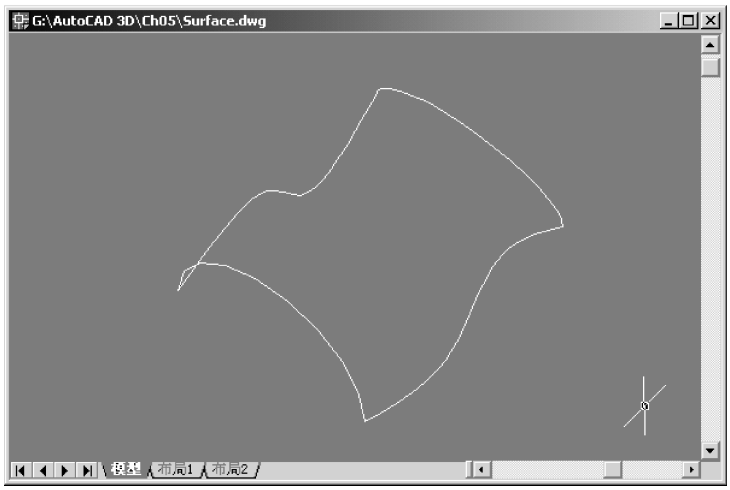


图 5-11　用于创建边界曲面的对象

边界曲面网格的密度是由系统变量 SURFTAB1 和 SURFTAB2 共同控制的。其中，SURFTAB1 用于确定用户选择的第一条曲线边界方向上网格的密度，这条边界以及与其不相邻的另一条边界曲线将按 SURFTAB1 的取值来划分网格。而另外两条边界曲线则按照 SURFTAB2 的取值绘制网格。因此，当系统变量 SURFTAB1 和 SURFTAB2 的取值不同时，在选择边界时的第一个选择对象将影响边界曲面网格不同方向上的密度。一旦确定了第一个边界曲线对象，则边界曲面网格的方向也随之确定，因此，在选择其他边界时的选择顺序将不再影响边界曲面的创建。图 5-12 中给出了系统变量 SURFTAB1 和 SURFTAB2 取值均为 32 时所创建的边界曲面网格：

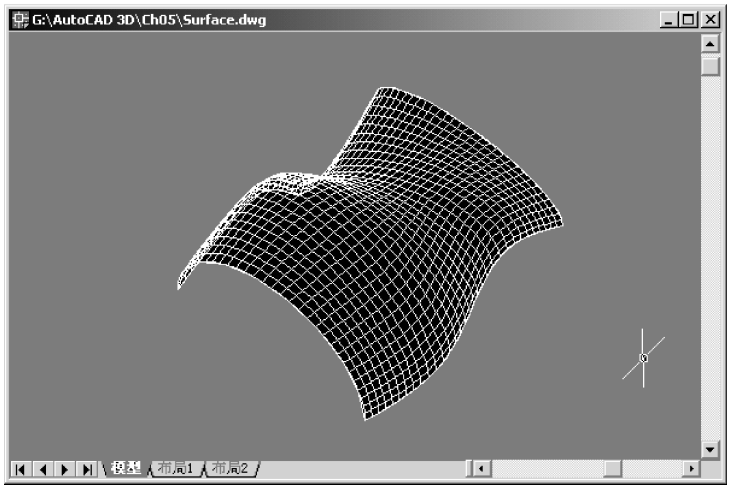


图 5-12　创建边界曲面

5.1.5　创建三维网格

在 AutoCAD 中，为了能够创建复杂的、不规则的网格，可以使用依次指定网格全部顶点坐标的方法创建自由格式的三维网格。在创建三维网格时，首先指定网格在两个不同方向上的密度 m 和 n，表明该网格由 m×n 个顶点构成，然后即可依次指定这 m×n 个顶点的坐标，从而形成三维网格对象。

创建三维网格的命令调用方式和执行过程为：

- 菜单：“绘图”→“曲面”→“三维网格”。
- 工具栏：“曲面”→。
- 命令行：3DMESH。

```
命令:3DMESH
输入 M 方向上的网格数量:
输入 N 方向上的网格数量:
指定顶点 (0, 0) 的位置:
……
指定顶点 (m-1, n-1) 的位置:
```

用 3DMESH 命令可以创建指定密度的三维网格，网格密度由 M 方向和 N 方向上的网格数量所确定，即等效于在矩形的长边方向和短边方向上按指定数目等分后所形成的网格。在 AutoCAD 中，在每个方向上允许的网格数量在 2～256 之间。

如果三维网格在 M 方向和 N 方向上的网格数量分别为 m 和 n，则相应网格顶点的数量为 m×n。这些顶点构成了一个 m 行 n 列的矩阵，每个顶点可以用该点在矩阵中的位置来表示。用户需要从第一个顶点（0，0）到最后一个顶点（m，n），逐行逐列地依次指定每个顶点的坐标，从而实现对整个三维网格的定义。

图 5-13 中显示了一个网格密度为 8×6 的三维网格，该网格共有 48 个顶点，分别用（0，0）～（7，5）表示。

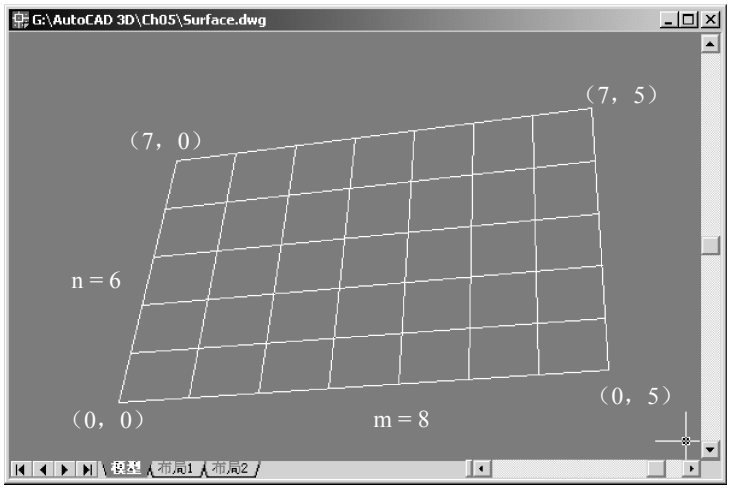


图 5-13　三维网格

由于在指定每个顶点的坐标时，可以将其置于三维空间中的任何一点上，即可以直接构造出三维的、复杂的、极不规则的曲面。由于在命令行直接定义三维网格的工作量较大，因此，可以参考相关书籍，利用 AutoCAD 的二次开发工具如 Visual LIST、VBA 等编程实现三维网格的创建。

5.1.6　创建多面网格

在三维网格中，确定了网格密度后，则网格中面的数目以及构成面的顶点也相应确定。而 AutoCAD 所提供的多面网格命令，可以在确定全部网格顶点位置后，自由地定义网格中的面，并能够控制边的可见性和图层、颜色特性。

创建多面网格的命令调用方式和执行过程为：

- 命令行：PFACE。

```
命令:PFACE
指定顶点 1 的位置:
指定顶点 2 的位置或 <定义面>:
指定顶点 3 的位置或 <定义面>:
...
指定顶点 n 的位置或 <定义面>:
面 1，顶点 1:
输入顶点编号或 [颜色(C)/图层(L)]:
面 1，顶点 2:
输入顶点编号或 [颜色(C)/图层(L)] <下一个面>:
...
```

同 3DMESH 命令类似，在创建多面网格时，首先需要依次指定构成网格的全部顶点的坐标，AutoCAD 将这些顶点依次编号为“顶点 1”、“顶点 2”、……、“顶点 n”。完成顶点的定义后，即可按回车键开始定义网格中的各个面。

定义面的方法是依次指定该面上所有顶点的编号，每个面可有多个顶点。例如，在图 5-14

中，用户确定了“点 1”～“点 8”这八个顶点坐标后，可以进一步按以下顺序定义面：

①面 1：“点 1”、“点 5”、“点 6”、“点 2”。

②面 2：“点 2”、“点 6”、“点 7”、“点 3”。

③面 3：“点 3”、“点 7”、“点 8”、“点 4”。

④面 4：“点 4”、“点 8”、“点 5”、“点 1”。

绘制结果如图 5-14 所示。

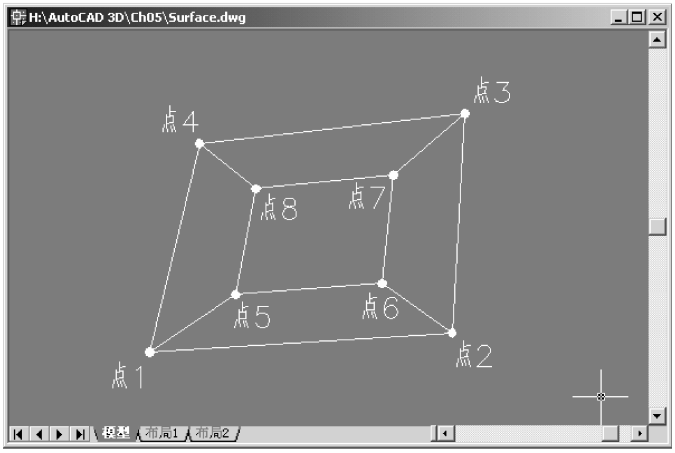


图 5-14　创建多面网格

在定义网格的面时，可以控制该面上各边的可见性。具体方法是在指定顶点编号时使用负值，则以该顶点为起始顶点的边将隐藏。例如在上一示例中，如果在定义四个面时输入顶点编号分别为：

①面 1：-1、5、-6、2。

②面 2：-2、6、-7、3。

③面 3：-3、7、-8、4。

④面 4：-4、8、-5、1。

由此创建的多面网格如图 5-15 所示。

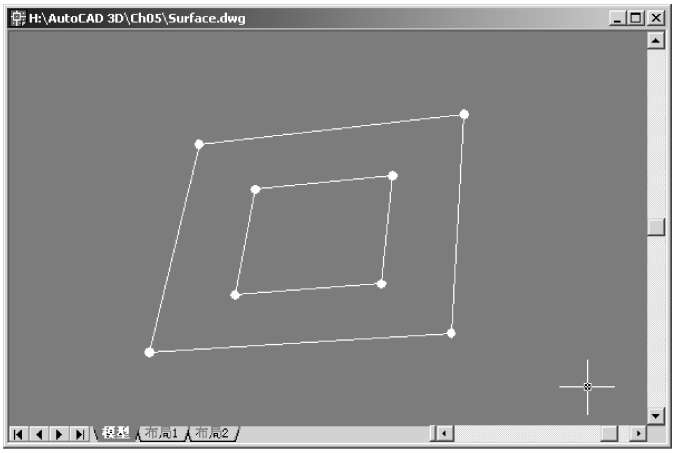


图 5-15　控制多面网格的边的可见性

虽然创建后的多面网格是一个整体的对象，但网格中的各个面可以有不同的图层和颜色特性。在定义面时，选择“颜色（C）”命令选项可以改变该面的颜色特性：

```
输入顶点编号或 [颜色(C)/图层(L)]:c
输入颜色编号或标准颜色名 <随层>:
```

选择“图层（L）”命令选项可以改变该面的图层特性：

```
输入顶点编号或 [颜色(C)/图层(L)]:l
输入图层名 <0>:
```

同三维网格一样，由于在命令行直接定义多面网格的工作量较大，通常用户可以利用 AutoCAD 的二次开发工具如 Visual LIST、VBA 等编程实现多面网格的创建。

5.1.7 三维面

三维面是由三个或四个三维顶点构成的曲面。在 AutoCAD 中，可以连续地创建多个三维面对象，并可以控制三维面对象上每一条边的可见性，从而组合成复杂的三维曲面。

创建三维面的命令调用方式和执行过程为：

- 菜单：“绘图”→“曲面”→“三维面”。
- 工具栏：“曲面”→。
- 命令行：3DFACE。

```
命令:3DFACE
指定第一点或 [不可见(I)]:
指定第二点或 [不可见(I)]:
指定第三点或 [不可见(I)] <退出>:
指定第四点或 [不可见(I)] <创建三侧面>:
指定第三点或 [不可见(I)] <退出>:
指定第四点或 [不可见(I)] <创建三侧面>:
...
```

在使用 3DFACE 命令创建三维面时，首先要指定第一个三维面对象的全部顶点。其中在指定第四点坐标时，如果直接按回车键选择“<创建三侧面>”命令选项，则 AutoCAD 将根据前三点创建三边的三维面；如果指定第四点的坐标则创建四边的三维面。

完成了第一个三维面对象的创建后，AutoCAD 继续提示指定下一个三维面对象的顶点。如果第一个三维面对象是四边形，那么其第三点和第四点将作为下一个三维面的第一点和第二点，并和用户再次指定的第三点和第四点一同构成下一个三维面对象；如果第一个三维面对象是三边形，那么其第三顶点将作为下一个三维面的一个顶点，并和用户指定的第三点和第四点一同构成下一个三边的三维面对象。

AutoCAD 将连续提示指定下一个三维面的第三点和第四点，从而连续创建多个三维面对象。例如，可以使用三维面命令创建图 5-14 示例的曲面。执行 3DFACE 命令后，用户可依次按点 1、点 5、点 6、点 2、点 3、点 7、点 8、点 4、点 1、点 5 的顺序指定各个顶点，AutoCAD 将根据这些点创建四个三维面对象，形成如图 5-14 所示的三维曲面。

类似于多面网格，用户同样可以控制三维面各边的可见性。在创建三维面对象时，如果

选择“不可见（I）”命令选项，则下面两点之间的边将具有不可见性。例如，用户依次按“i”、1、5、“i”、6、2、“i”、3、7、“i”、8、4、“i”、1、5 的顺序指定各个顶点，可以创建如图 5-15 中所示的图形。

5.1.8　修改边的可见性

对于 AutoCAD 三维面对象，除了在创建时可以控制边的可见性之外，还可以在创建完成后修改边的可见性。

修改边的可见性的命令调用方式和执行过程为：

- 菜单：“绘图”→“曲面”→“边”。
- 工具栏：“曲面”→ 。
- 命令行：EDGE。

```
命令:EDGE
正在初始化...
指定要切换可见性的三维表面的边或 [显示(D)]:
指定要切换可见性的三维表面的边或 [显示(D)]:
...
```

执行 EDGE 命令，并将光标移动到三维面对象的可见边上时，在该边中点上将显示捕捉标记，单击左键后该边被选中。用户可连续选择多个边，然后按回车键结束命令，AutoCAD 将选中的边改为隐藏。

用同样的方法也可将不可见的边修改为可见的边。但需要首先选择“显示（D）”命令选项将不可见的边显示在屏幕上，以便选择。选择该项后，还需要进一步指定用于隐藏边显示的选择方法：

```
指定要切换可见性的三维表面的边或 [显示(D)]:d
输入用于隐藏边显示的选择方法 [选择(S)/全部选择(A)] <全部选择>:
** 重生成三维面对象...完成。
指定要切换可见性的三维表面的边或 [显示(D)]:
```

选择“全部选择（A）”方法，则图形中所有三维面的隐藏边全部显示出来；选择“选择（S）”方法，则由用户选择三维面，并将被选中的三维面的隐藏边显示出来。

在修改边的可见性时，如果一个或多个三维面的边共线，AutoCAD 将更改每个共线边的可见性。

对于多面网格和三维面对象中的不可见边，AutoCAD 用系统变量 SPLFRAME 控制其显示。该变量为整数类型，初始值为 0，此时不显示三维面或多面网格的不可见边。如果将 SPLFRAME 的值设置为 1，则不可见边将变为可见边，并可以进行编辑。

5.2　创建复杂实体

与创建复杂曲面对象类似，也可以通过二维对象创建各种复杂实体，包括拉伸实体和旋转实体等。

5.2.1 创建拉伸实体

对于 AutoCAD 中的平面三维面和一些闭合的对象，可以将其沿指定的高度或路径进行拉伸，根据被拉伸对象所包含的面和拉伸的高度或路径形成一个三维实体，即 AutoCAD 的拉伸实体对象。

创建拉伸实体的命令调用方式和执行过程为：

- 菜单：“绘图”→“实体”→“拉伸”。
- 工具栏：“实体”→。
- 命令行：EXTRUDE。

```
命令:EXTRUDE
当前线框密度:  ISOLINES=4
选择对象:
选择对象:
指定拉伸高度或 [路径(P)]:
指定拉伸的倾斜角度 <0>:
```

在使用 EXTRUDE 命令创建拉伸实体之前，需要先创建进行拉伸的平面三维面或闭合对象。能够用于创建拉伸实体的闭合对象包括面域、圆、椭圆、闭合的二维和三维多段线和样条曲线等。对于要进行拉伸的闭合多段线，其顶点数目必须在 3~500 之间。如果多段线具有宽度，AutoCAD 将忽略其宽度并且从多段线路径的中心线处拉伸。

在选择被拉伸的对象时，AutoCAD 连续提示，选择一个或多个对象进行拉伸，并按回车键结束选择。图 5-16 中显示了一个用于创建拉伸实体的多段线对象。

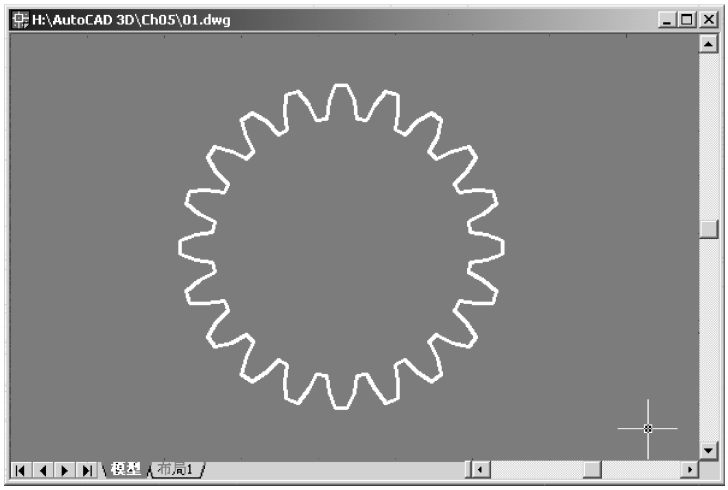


图 5-16 用于创建拉伸实体的对象

在进行拉伸时，如果指定拉伸高度，则 AutoCAD 将向与被拉伸对象所在平面相垂直的方向上进行拉伸。正的拉伸高度将沿 Z 轴正方向进行拉伸，负的拉伸高度将沿 Z 轴负方向进行拉伸，例如，在图 5-17 中，将图 5-16 中的多段线对象置于构造平面上，然后指定正的拉伸高度进行拉伸，将创建图中左侧的拉伸实体；如果指定负的拉伸高度，将创建图中右侧的

拉伸实体。

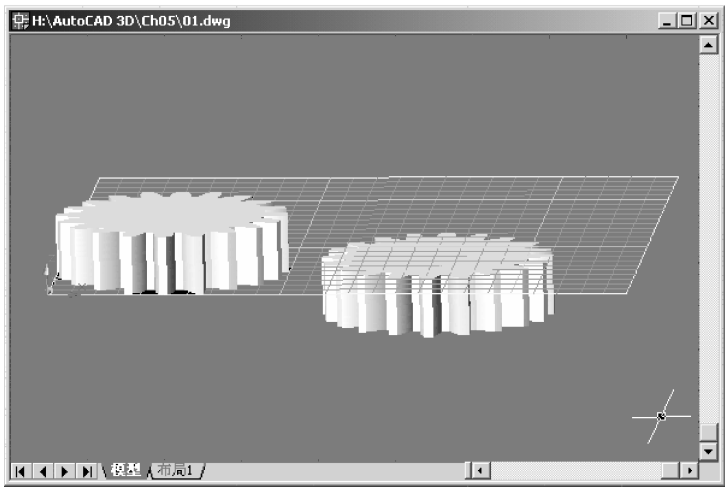


图 5-17　指定拉伸高度

指定拉伸高度后，还可以进一步指定拉伸实体的倾斜角度。拉伸实体的倾斜角度是指拉伸的侧面与拉伸方向之间的夹角，默认角度 0 表示在拉伸过程中始终保持原拉伸对象的形状。正的倾斜角度将在拉伸时从轮廓平面开始向内倾斜，形成一个由粗到细的拉伸实体对象；反之将形成一个由细到粗的拉伸实体对象。例如，对图 5-16 中的多段线对象进行拉伸时，如果指定正的倾斜角度，可以得到图 5-18 中左侧的拉伸实体；如果指定负的倾斜角度，可以得到图 5-18 中右侧的拉伸实体。

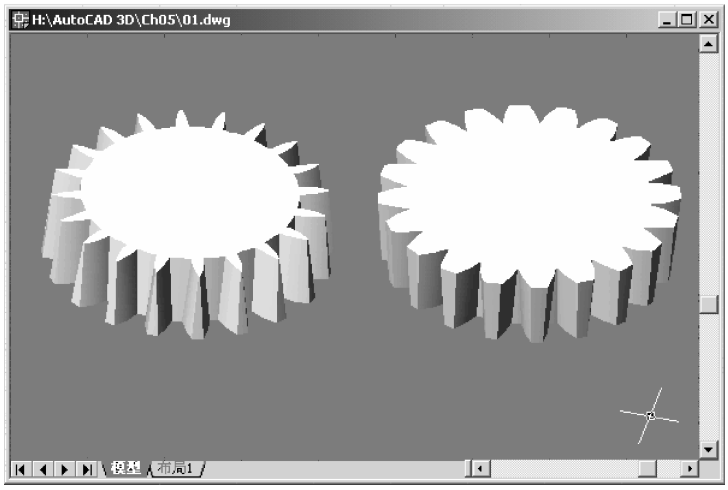


图 5-18　指定拉伸时的倾斜角度

除了指定拉伸高度之外，也可以选择“路径（P）”命令选项指定拉伸路径。拉伸路径可以是直线、圆、圆弧、椭圆、椭圆弧、多段线或样条曲线等，且不能与被拉伸的对象共面。例如，在图 5-19 中，如果将图中左侧的圆作为拉伸对象，样条曲线作为拉伸路径，则可以创建图中右侧所示的拉伸实体。