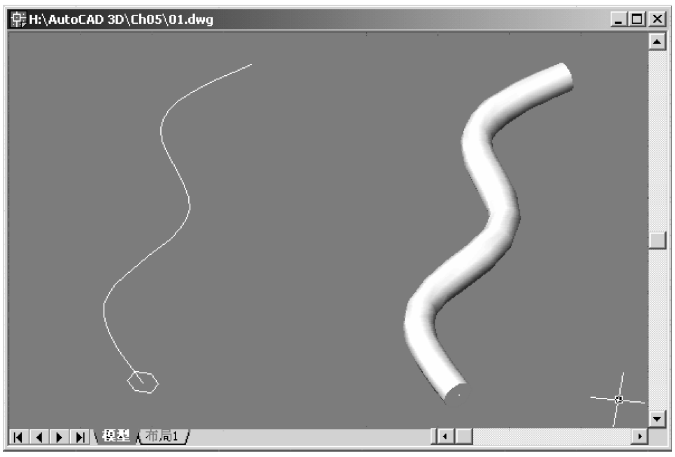


图 5-19 指定拉伸路径

根据指定路径创建拉伸实体时，需要注意以下两点：

（1）当拉伸路径的一个端点位于用于拉伸的轮廓平面上时，AutoCAD 将直接根据该路径从轮廓平面开始进行拉伸；如果拉伸路径的端点不在轮廓平面上，AutoCAD 将路径端点移动到轮廓的中心点后再进行拉伸。

（2）如果拉伸路径是一条样条曲线，而其端点不与轮廓所在的平面垂直时，AutoCAD 将旋转轮廓使其与样条曲线路径垂直，然后再进行拉伸。

在拉伸实体的线框模型中，其拉伸侧面的线框密度是根据系统变量 ISOLINES 确定的，其默认值为 4。如果需要改变拉伸实体侧面的线框密度，则需要在创建拉伸实体之前修改 ISOLINES 的取值。

5.2.2 创建旋转实体

与旋转曲面类似，在 AutoCAD 中可以将某些闭合的对象绕指定的旋转轴进行旋转，根据被旋转对象包含的面和旋转的路径形成一个三维实体，即 AutoCAD 的旋转实体对象。

创建旋转实体的命令调用方式和执行过程为：

- 菜单：“绘图”→“实体”→“旋转”。
- 工具栏：“实体”→。
- 命令行：REVOLVE。

```
命令:REVOLVE
当前线框密度:  ISOLINES=4
选择对象:
选择对象:
指定旋转轴的起点或
定义轴依照 [对象(O)/X 轴(X)/Y 轴(Y)]:
指定轴端点:
指定旋转角度 <360>:
```

在使用 REVOLVE 命令创建旋转实体之前，需要先创建进行选择的平面三维面或闭合对

象。能够用于创建旋转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。在选择被旋转的对象时，AutoCAD 连续提示用户选择一个或多个对象进行旋转，并按回车键结束选择。例如，图 5-20 中显示了一个作为旋转对象的多段线和作为旋转轴的直线。

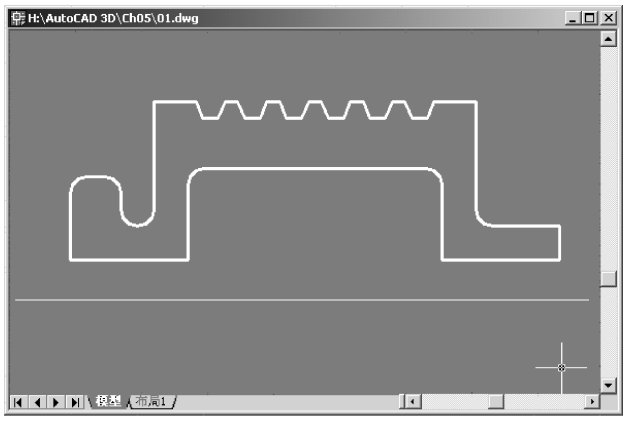


图 5-20　用创建旋转实体的对象

选定平面闭合对象后，可以进一步使用如下三种方法定义旋转轴：

（1）直接指定旋转轴的起点和端点，AutoCAD 将沿着从起点到端点的方向按右手定则确定正方向。

（2）选择“对象（O）”命令选项，可以选择直线或多段线中的直线段作为旋转轴。旋转的方向与选择点位置有关，AutoCAD 以距离选择点较近的端点作为起点确定旋转方向。

（3）选择“X 轴（X）”或“Y 轴（Y）”命令选项，将以当前 UCS 的 X 轴或 Y 轴作为旋转轴进行旋转。

在创建旋转实体时，被旋转的二维对象所在平面作为旋转角度的 0 位置，并从该位置开始按用户指定的旋转角度进行旋转。正的旋转角度将按旋转轴逆时针方向旋转，负的旋转角度将按旋转轴顺时针方向旋转。例如，将图 5-20 中的多段线对象绕旋转轴进行 360° 的旋转后，将创建如图 5-21 所示的旋转实体对象。

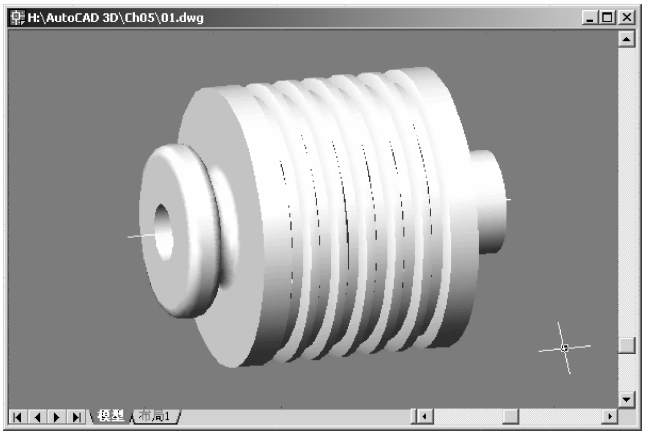


图 5-21　创建旋转实体对象

5.3 创建组合实体

在二维绘图时，可以对多个面域对象进行并集、差集和交集等操作。同样，对于 AutoCAD 的实体对象，也可以使用这些命令，根据多个实体对象创建各种组合的实体模型。

5.3.1 创建实体的并集

在 AutoCAD 中，对于已有的两个或多个实体对象，可以使用并集命令将其合并为一个组合的实体对象，新生成的实体包含了所有源实体对象所占据的空间。这种操作称为实体的并集。

创建实体并集的命令调用方式和执行过程为：

- 菜单：“修改”→“实体编辑”→“并集”。
- 工具栏：“实体编辑”→。
- 命令行：UNION。

```
命令:UNION
选择对象:
选择对象:
...
```

创建实体的并集时，AutoCAD 连续提示用户选择多个对象进行合并，并按回车键结束选择，用户至少要选择两个以上的实体对象才能进行并集操作。

无论所选择的实体对象是否具有重叠的部分，都可以使用并集操作将其合并为一个实体对象。其中如果源实体对象有重叠部分，则合并后的实体将删除重叠处多余的体积和边界。利用实体并集可以轻松地将多个不同实体组合起来，构成各种复杂的实体对象。

例如，图 5-22 中的三维模型由多个实体对象构成，可以使用并集命令将其组合为一个实体对象。

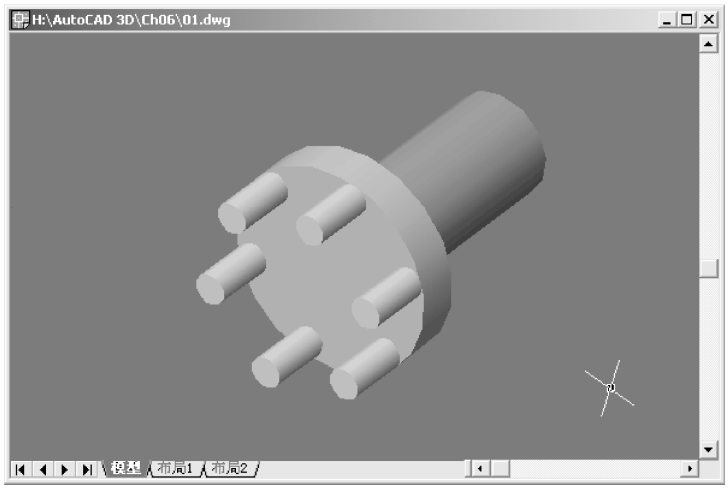


图 5-22 实体的并集

5.3.2　创建实体的差集

在 AutoCAD 中，可以将一组实体的体积从另一组实体中减去，剩余的体积形成新的组合实体对象。这种操作称为实体的差集。

创建实体差集的命令调用方式和执行过程为：

- 菜单：“修改”→“实体编辑”→“差集”。
- 工具栏：“实体编辑”→ 。
- 命令行：SUBTRACT。

```
命令:SUBTRACT
选择要从中减去的实体或面域...
选择对象:
选择对象:
选择要减去的实体或面域 ..
选择对象:
选择对象:
```

创建实体的差集时，首先需要构造被减去的实体选择集 A，并按回车键结束选择后再构造要减去的实体选择集 B，然后按回车键结束选择，此时 AutoCAD 将删除实体选择集 A 中与选择集 B 重叠的部分体积以及选择集 B，并由选择集 A 中剩余的体积生成新的组合实体。

利用实体差集可以很容易地进行削切、钻孔等操作，便于形成各种复杂的实体表面。例如，图 5-23 中左侧的长方体与七个圆柱体相交，如果使用差集操作从长方体中减去各个圆柱体，可以得到图中右侧的组合实体模型。

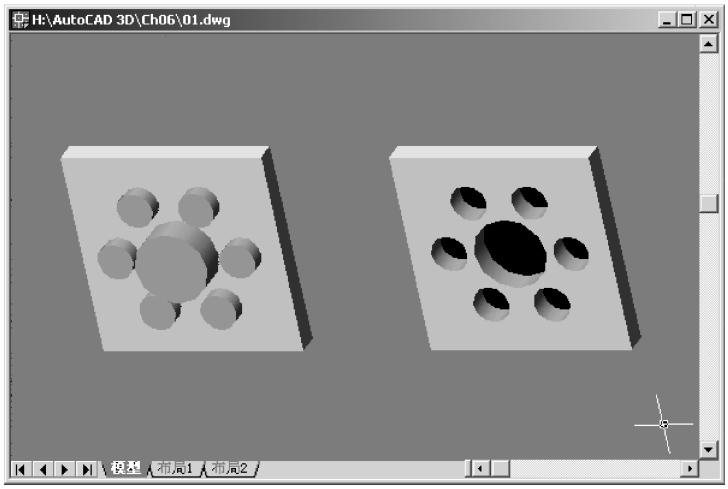


图 5-23　实体的差集

5.3.3　创建实体的交集

在 AutoCAD 中，可以提取一组实体的公共部分，并将其创建为新的组合实体对象。这种操作称为实体的交集。

创建实体交集的命令调用方式和执行过程为：

- 菜单：“修改”→“实体编辑”→“交集”。
- 工具栏：“实体编辑”→ 。
- 命令行：INTERSECT。

```
命令:INTERSECT
选择对象:
选择对象:
...
```

创建实体的交集时，至少要选择两个以上的实体对象才能进行交集操作。如果选择的实体具有公共部分，则 AutoCAD 根据公共部分的体积创建新的实体对象，并删除所有源实体对象。如果选择的实体不具有公共部分，则 AutoCAD 将其全部删除。

例如，图 5-24 中左侧分别显示了两个不同的实体对象。将这两个实体对象叠放在一起，使其中心点重合，如图 5-24 中间的图形所示，然后使用交集命令来创建二者的交集，创建结果将如图 5-24 右侧部分所示。

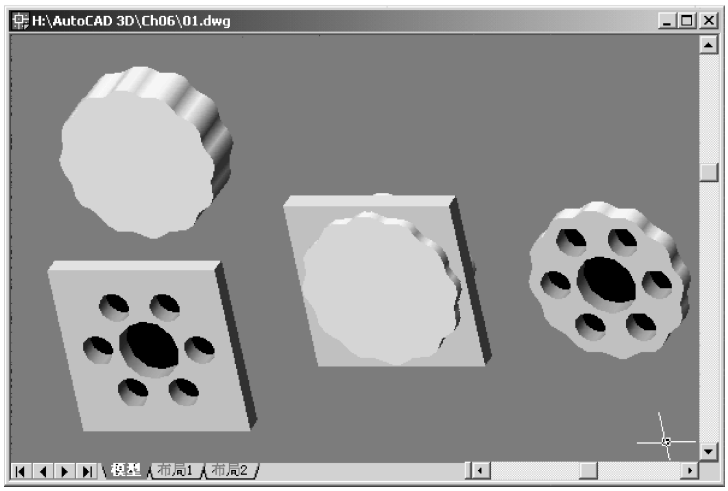


图 5-24　实体的交集

5.4　实体的剖切和截面

对于 AutoCAD 的实体对象，可以根据指定的剖切平面将其分割为两个独立的实体对象，并可以继续剖分，将其任意切割为多个独立的实体对象。此外，还可以指定一个与实体相交的平面，并在该平面上创建实体的截面。

5.4.1　实体的剖切

从实体的差集和交集等操作中可知，AutoCAD 的实体对象具有可分割性。在 AutoCAD 中，分割实体的常用方法是利用一个与实体相交的平面将其一分为二，这个平面称为切面，这个操作称为实体的剖切。实体被剖切后将得到两个独立的实体对象，并可以根据用户的要

求删除其中的一个或全部保留。

剖切实体命令的调用方式和执行过程为：

- 菜单：“绘图”→“实体”→“剖切”。
- 工具栏：“实体”→ 。
- 命令行：SLICE。

```
命令:SLICE
选择对象:
选择对象:
指定切面上的第一个点，依照 [对象(O)/Z 轴(Z)/视图(V)/XY 平面(XY)/YZ 平面
(YZ)/ZX 平面(ZX)/三点(3)] <三点>:
指定平面上的第二个点:
指定平面上的第三个点:
在要保留的一侧指定点或 [保留两侧(B)]:
```

在进行实体剖切时，需要先构造被剖切的实体选择集，按回车键结束选择后，可进一步定义实体的切面，具体的方法包括以下几种：

（1）分别指定切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切面的位置。

（2）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实体的切面。

```
指定切面上的第一个点，依照 [对象(O)/Z 轴(Z)/视图(V)/XY 平面(XY)/YZ 平面
(YZ)/ZX 平面(ZX)/三点(3)] <三点>: o
选择圆、椭圆、圆弧、二维样条曲线或二维多段线:
```

能够用于定义切面的对象可以是圆、圆弧、椭圆、椭圆弧、二维样条曲线或二维多段线等。

（3）选择“Z 轴（Z）”命令选项，然后指定两点作为切面的法线，从而定义切面。

```
指定切面上的第一个点，依照 [对象(O)/Z 轴(Z)/视图(V)/XY 平面(XY)/YZ 平面
(YZ)/ZX 平面(ZX)/三点(3)] <三点>: z
指定剖面上的点:
指定平面 Z 轴 (法向) 上的点:
```

（4）选择“视图（V）”命令选项，并指定切面上任意一点，AutoCAD 将通过该点并与当前视口的视图平面相平行的面定义为切面。

```
指定切面上的第一个点，依照 [对象(O)/Z 轴(Z)/视图(V)/XY 平面(XY)/YZ 平面
(YZ)/ZX 平面(ZX)/三点(3)] <三点>: v
指定当前视图平面上的点 <0,0,0>:
```

（5）选择“XY 平面（XY）”、“YZ 平面（YZ）”或“ZX 平面（ZX）”命令选项，并指定切面上任意一点，AutoCAD 将通过该点并与当前 UCS 的 XY 平面、YZ 平面或 ZX 平面相平行的平面定义为切面。

```
指定切面上的第一个点，依照 [对象(O)/Z 轴(Z)/视图(V)/XY 平面(XY)/YZ 平面
(YZ)/ZX 平面(ZX)/三点(3)] <三点>: xy
指定 XY 平面上的点 <0,0,0>:
```

定义了切面后，AutoCAD 将根据切面将被选中的实体分割为两个部分，并要求用户指定需要保留的实体部分。如果在切面的某一侧任意指定一点，则这一侧的实体部分将被保留，而删除另一侧的实体部分。如果希望将剖切后的各个实体全部保留下来，则选择“保留两侧（B）”命令选项即可。剖切后的实体将保留原实体的图层和颜色特性。

例如，对于图 5-25 中左侧的实体对象，如果使用剖切命令将其沿中部一分为二，并保留左侧部分，则可以得到图 5-25 右侧所示的实体对象。

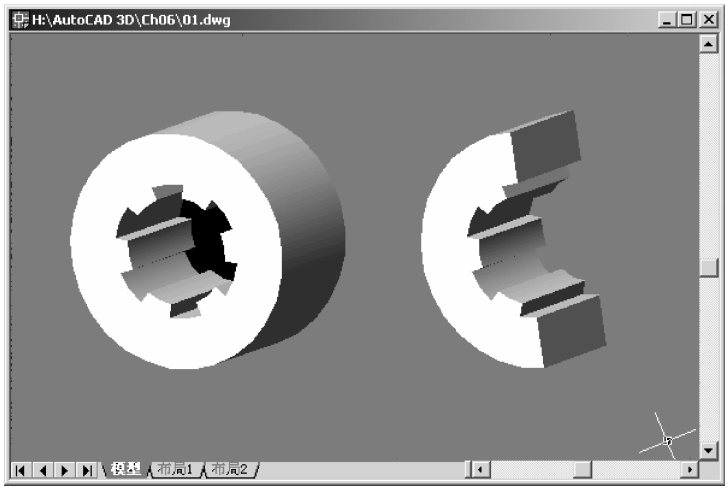


图 5-25　实体的剖切

5.4.2　创建实体的截面

与实体剖切的操作过程类似，可以定义一个与实体相交的平面，AutoCAD 将在该平面上创建实体的截面，该截面用面域对象表示。

创建实体截面的命令调用方式和执行过程为：

- 菜单：“绘图”→“实体”→“截面”。
- 工具栏：“实体”→ 。
- 命令行：SECTION。

```
命令:SECTION
选择对象:
选择对象:
指定截面上的第一个点，依照 [对象(O)/Z 轴(Z)/视图(V)/XY 平面(XY)/YZ 平面
(YZ)/ZX 平面(ZX)/三点(3)] <三点>:
指定平面上的第二个点:
指定平面上的第三个点:
```

创建实体截面的操作过程与实体剖切基本相同，但实体截面命令中实体不会被切割，而

是创建面域对象以表示实体的截面。如果选择了多个实体来创建截面，则 AutoCAD 将分别使用相对独立的面域对象来表示每一个实体的截面。如果实体对象与用户指定的平面不相交，则不会根据该实体对象创建截面。

例如，对于图 5-26 中左侧的实体对象，如果在垂直于该对象轴线的平面上创建截面，可以得到如图 5-26 右侧所示的面域对象。

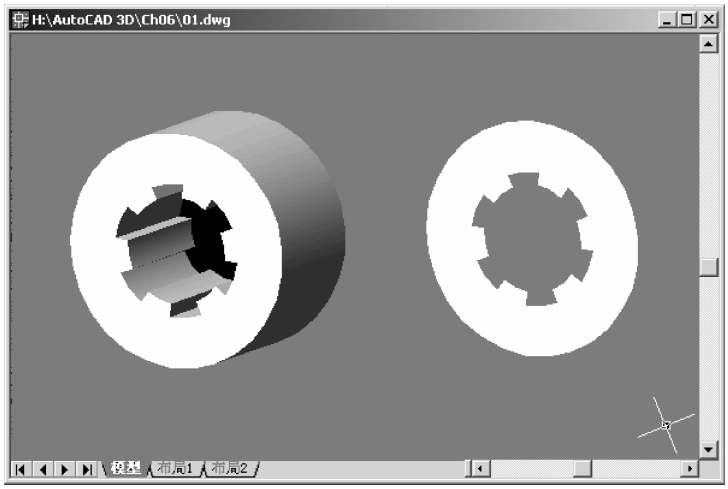


图 5-26　创建实体的截面

5.5　实体的检查和查询

当图形中具有多个实体对象时，如果实体对象之间的距离较近，则在观察模型时可能无法判断实体之间的相对位置。此时，可以使用干涉检查命令对实体进行干涉测试，以了解指定实体之间是否具有重合的部分。此外，由于实体对象具有体积、质心等质量特性，所以可以使用查询命令查询指定实体的详细信息。

5.5.1　实体的干涉检查

实体的干涉检查可以对指定的实体进行干涉测试，以检查实体之间是否具有公共部分。如果该命令检查到实体重叠，则可以在屏幕上高亮显示相互重叠的两个实体，并可以将其公共部分创建为新的实体。

实体干涉检查命令的调用方式和执行过程为：

- 菜单：“绘图”→“实体”→“干涉”。
- 工具栏：“实体”→ 。
- 命令行：INTERFERE。

```
命令:INTERFERE
选择实体的第一集合:
选择对象:
选择对象:
```

```
选择实体的第二集合:
选择对象:
选择对象:
比较 2 个实体与 2 个实体。
干涉实体数 (第一组):  2
           (第二组):  2
干涉对数:              2
是否创建干涉实体?[是(Y)/否(N)] <否>:
是否将一对干涉的实体亮显?[是(Y)/否(N)] <否>:
输入选项 [下一对(N)/退出(X)] <下一对>:
输入选项 [下一对(N)/退出(X)] <下一对>:
...
```

使用 INTERFERE 命令进行实体干涉检查时，可以采用两种方式进行。第一种方式是只使用单一的选择集进行检查。比如选择一组实体构成第一集合，但在第二集合中不选择任何实体。此时 INTERFERE 命令将对这一选择集中全部的实体相互进行干涉检查。第二种方式是分别指定第一集合和第二集合两个实体选择集，此时 INTERFERE 命令将在第一集合的组实体与第二集合的实体之间进行干涉检查。

完成干涉检查后，INTERFERE 命令将在文本窗口显示检查的结果，并在屏幕上亮显所有干涉的实体。然后提示用户是否创建干涉实体，如果选择“是（Y）”命令选项，则 AutoCAD 将会根据每一对产生干涉的实体的公共部分创建实体对象，但不删除原来的实体对象。

图 5-27 中的两个实体对象具有重合部分，因此在进行干涉检查时这两个对象在屏幕上高亮显示。

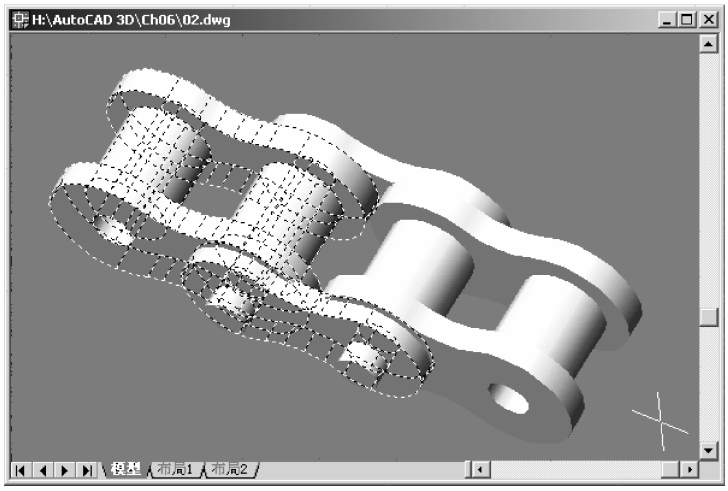


图 5-27　实体的干涉检查

当发生干涉的实体较多时，这些实体都在屏幕上亮显，往往不能很好地显示出干涉的部分。因此，INTERFERE 命令可以逐对地亮显每一对干涉的实体。当用户连续选择“下一对（N）”命令选项时，AutoCAD 将循环亮显所有发生干涉的实体对象，直到选择“退出（X）”命令选项结束 INTERFERE 命令为止。

5.5.2　查询实体的质量特性

实体质量特性查询的命令调用方式和执行过程为：

- 菜单：“工具”→“查询”→“面域/质量特性”。
- 工具栏：“查询”→ 。
- 命令行：MASSPROP。

```
命令:MASSPROP
选择对象:
选择对象:
...
```

MASSPROP 命令可以根据当前 UCS 计算指定实体的各种质量特性，并将分析结果显示在文本窗口中，也可以将分析结果保存在文本文件中。下面给出了 MASSPROP 命令所得到的分析结果的一个示例。

```
命令:MASSPROP
选择对象:
选择对象:
 ----------------     实体       ----------------
质量:                              89707.7988
体积:                              89707.7988
边界框:                         X: -15.9552    --    35.9552
                                Y: -15.0044    --    55.6589
                                Z: -15.9552    --    35.9552
质心:                           X: 10.0000
                                Y: 23.9743
                                Z: 10.0000
惯性矩:                         X: 95099591.4460
                                Y: 40139239.9044
                                Z: 95099591.7421
惯性积:                        XY: 21506791.9276
                               YZ: 21506791.9276
                               ZX: 8970779.8753
旋转半径:                       X: 32.5592
                                Y: 21.1529
                                Z: 32.5592
主力矩与质心的  X-Y-Z  方向:
                                I: 34567843.0208  沿  [1.0000 0.0000 0.0000]
                                J: 22197680.1539  沿  [0.0000 1.0000 0.0000]
                                K: 34567843.3170  沿  [0.0000 0.0000 1.0000]
是否将分析结果写入文件？[是(Y)/否(N)] <否>:
```

MASSPROP 命令的计算结果包括以下几个部分：

（1）质量：根据实体的体积和密度计算得出。由于 AutoCAD 使用的密度为 1，因此该值与实体的体积值相同。

（2）体积：实体包容的三维空间总量。

（3）边界框：实体的边界框是指能够包含实体的最小的立方体框，AutoCAD 在分析结果中以对角点的形式给出边界框的位置和尺寸。

（4）质心：实体的质量中心。

（5）惯性矩：质量惯性矩是指实体绕指定的轴旋转时所需的力。实体相对于 X 轴的计算公式为：X 轴惯性矩＝实体质量×实体到 X 轴的距离的平方。实体相对于其他轴的计算公式与此类似。

（6）惯性积：实体的惯性积用来确定导致对象运动的力。实体相对于 YZ 平面和 XZ 平面惯性积的计算公式是：YZ、XZ 平面惯性积=实体质量×质心到 YZ 平面的距离×质心到 XZ 平面的距离。实体相对于其他平面惯性积的计算公式与此类似。

（7）旋转半径：旋转半径是另一种用于表示实体惯性矩的方法。实体相当于 X 轴的旋转半径计算公式是：X 轴旋转半径＝（X 轴惯性距/实体质量）$^{1/2}$。实体相当于其他轴的旋转半径计算公式与此类似。

（8）主力矩与质心的 X－Y－Z 方向：由惯性积计算得出，其中穿过位于对象形心的某个轴的惯性矩值最高；穿过第二轴（是第一个轴的法线，也穿过形心）的惯性矩值最低；由此可得到第三轴（与第一、第二轴垂直）的惯性距值，应该介于最大值与最小值之间。

最后，MASSPROP 命令将提示用户是否将分析结果写入文件，如果选择“是（Y）”命令选项，则 AutoCAD 提示用户指定需要保存的质量与面积特性文件的名称，该文件是以“MPR”为扩展名的文本格式的文件，可使用任意文本编辑器进行查看。

注意：由于 MASSPROP 命令是基于当前 UCS 进行计算的，因此对同一个实体来说，如果 UCS 发生改变，则查询结果也会随之发生变化。

当选择多个实体对象进行查询时，MASSPROP 命令将所有实体视为一个整体进行分析计算。

5.6 创建实体的轮廓和剖视

对于模型空间中的实体对象，可以在布局中创建布局视口来显示实体对象的各种视图，如正交视图、辅助视图等，并且可以根据这些视图进一步创建实体的轮廓图和剖视图等。关于布局和布局视口详见第 7 章。

5.6.1 设置视图

对于 AutoCAD 的实体对象，可以在布局中用正投影法创建实体对象的基本视图、辅助视图和剖视图等各种视图，并创建布局视口来显示这些视图。

设置视图命令的调用方式和执行过程为：

- 菜单：“绘图”→“实体”→“设置”→“视图”。
- 工具栏：“实体”→ 。
- 命令行：SOLVIEW。

```
命令:SOLVIEW
```

```
输入选项 [UCS(U)/正交(O)/辅助(A)/截面(S)]:
...
```

SOLVIEW 命令必须在布局中使用，该命令可以使用以下四种方法创建视图和用于显示该视图的布局视口。

（1）选择“UCS（U）”命令选项，可以根据指定的 UCS 创建投影视图。AutoCAD 将实体对象向指定 UCS 的 XY 平面上投影创建其轮廓视图，并且在该视图中 X 轴指向右，Y 轴垂直向上。

```
输入选项 [UCS(U)/正交(O)/辅助(A)/截面(S)]:u
输入选项 [命名(N)/世界(W)/?/当前(C)] <当前>:
输入视图比例 <1>:
指定视图中心:
指定视图中心 <指定视口>:
指定视口的第一个角点:
指定视口的对角点:
输入视图名:
UCSVIEW = 1    UCS 将与视图一起保存
```

也可以选择命名的 UCS、WCS 或当前的 UCS 来创建投影视图，并需要进一步指定视图的缩放比例和中心点位置，AutoCAD 将根据用户的设置创建实体的轮廓视图，同时创建布局视口对象显示该视图，用户可以通过指定布局视口的两个对角点确定其在布局中的位置。例如，图 5-28 中上部的布局视口显示了当前的实体模型，下面则显示了一个根据当前 UCS 创建的视图及其相应的布局视口。

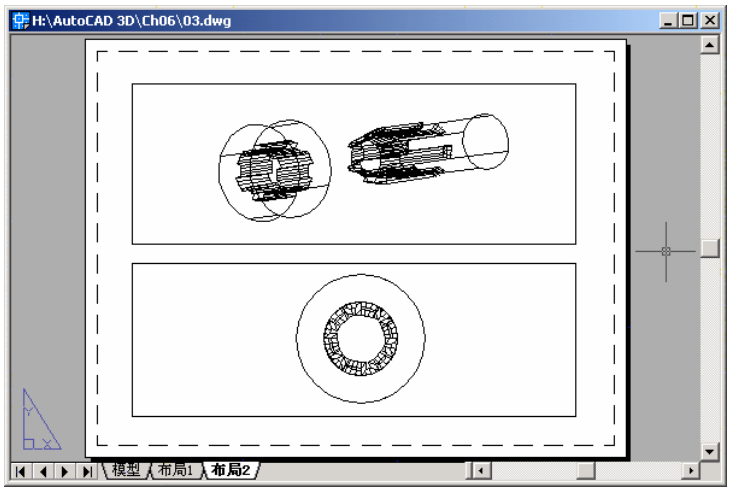


图 5-28　根据 UCS 创建视图

（2）选择“正交（O）”命令选项，可以根据布局中已有的布局视口创建与其正交的视图。

```
输入选项 [UCS(U)/正交(O)/辅助(A)/截面(S)]:o
指定视口要投影的那一侧:
```

```
指定视图中心:
指定视图中心<指定视口>:
指定视口的第一个角点:
指定视口的对角点:
输入视图名:
UCSVIEW = 1    UCS  将与视图一起保存
```

也可以选择已有视口的某一条边，AutoCAD 将实体对象向垂直该视口、并与选中的边平行的平面上进行投影，创建实体的投影视图，并根据用户指定的位置创建布局视口以显示该视图。例如，图 5-29 中上部为已有的布局视口，在创建正交视图时选择该视口右侧的边，则可以创建与该边平行的正交视图及其相应的布局视口，如图 5-29 下部所示。

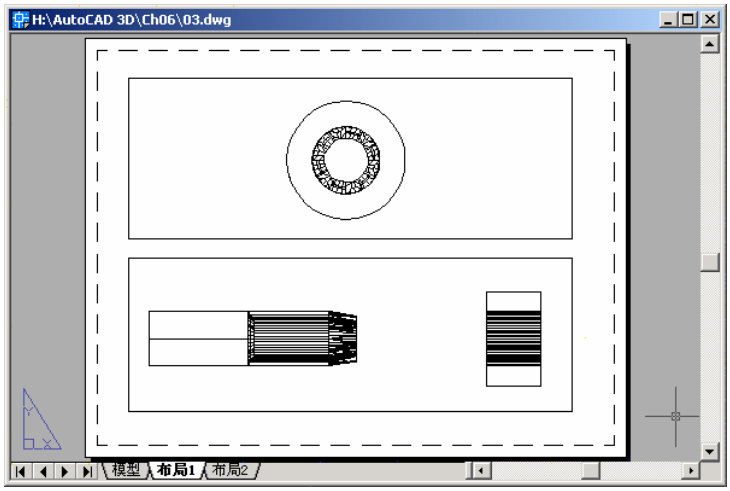


图 5-29　创建正交视图

（3）选择“辅助（A）”命令选项，可以根据布局中已有的布局视口来创建实体模型的辅助视图。

```
输入选项  [UCS(U)/正交(O)/辅助(A)/截面(S)]:
指定斜面的第一个点:
指定斜面的第二个点:
指定要从哪侧查看:
指定视图中心:
指定视图中心  <指定视口>:
指定视口的第一个角点:
指定视口的对角点:
输入视图名:
UCSVIEW = 1    UCS  将与视图一起保存
```

用户需要在已有视口中指定两点，AutoCAD 将实体对象向垂直该视口、并通过这两点连线的面上进行投影，创建实体的投影视图，并根据用户指定的位置创建布局视口以显示该视图。在图 5-30 的上部显示了一个已有的布局视口，在创建辅助视图时，可以在该布局视口中指定投影方向，如图中直线所示，则可以得到图中下部的辅助视图及其相应的布局视口。

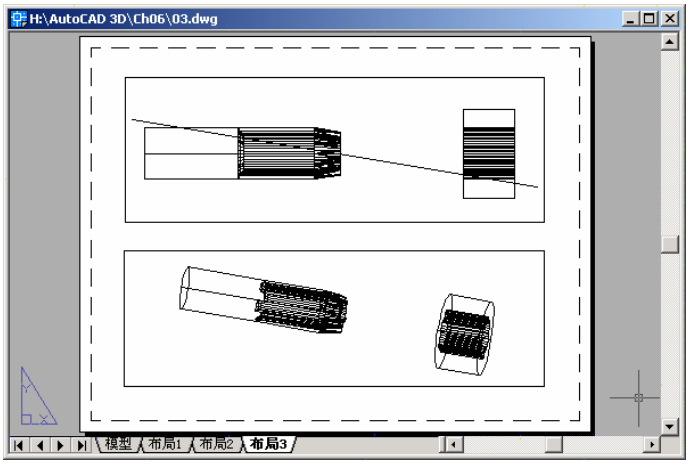


图 5-30　创建辅助视图

（4）选择“截面（S）”命令选项，可以根据布局中已有的布局视口来创建实体模型的剖视图。

```
输入选项 [UCS(U)/正交(O)/辅助(A)/截面(S)]:
指定剪切平面的第一个点:
指定剪切平面的第二个点:
指定要从哪侧查看:
输入视图比例 <1>:
指定视图中心:
指定视图中心 <指定视口>:
指定视口的第一个角点:
指定视口的对角点:
输入视图名:
UCSVIEW = 1    UCS 将与视图一起保存
```

这一方法的操作过程与创建辅助视图基本相同，主要区别在于 AutoCAD 将垂直指定视口、并通过用户指定两点连线的平面作为剪切平面，创建实体的剖视图。该视图可以和 SOLDRAW 命令结合使用，通过图案填充创建实体的剖视图，具体过程详见下一小节。

通过以上四种方法创建视图和布局视口时，AutoCAD 将自动创建各种图层，用以放置 SOLVIEW 命令所产生的各种对象。具体的图层设置如表 5-1 所示。

表 5.1　SOLVIEW 命令创建的图层

图层名	对象类型
视图名-VIS	可见线
视图名-HID	隐藏线
视图名-DIM	标注
视图名-HAT	填充图案（用于截面）
VPORTS	布局视口

注意：不要在“视图名-VIS”、“视图名-HID”和“视图名-HAT”图层中放置永久图形信息，因为运行 SOLDRAW 命令时将删除和更新存储在这些图层上的信息。

5.6.2 创建实体轮廓图和剖视图

在使用 SOLVIEW 命令创建的布局视口中，可以进一步根据该视口所显示的视图创建实体的轮廓图和剖视图。

创建实体轮廓图和剖视图的命令调用方式和执行过程为：

- 菜单：“绘图”→“实体”→“设置”→“图形”。
- 工具栏：“实体”→ 。
- 命令行：SOLDRAW。

```
命令:SOLDRAW
选择要绘图的视口...
选择对象:
选择对象:
...
```

SOLDRAW 命令只能在用 SOLVIEW 命令生成的布局视口中使用，该命令根据布局视口的视图创建实体轮廓图和剖视图，并在剖视图中剪切平面和实体相交的部分用图案填充进行表示。例如，如图 5-31 中显示了使用布局视口创建实体模型轮廓图的示例。

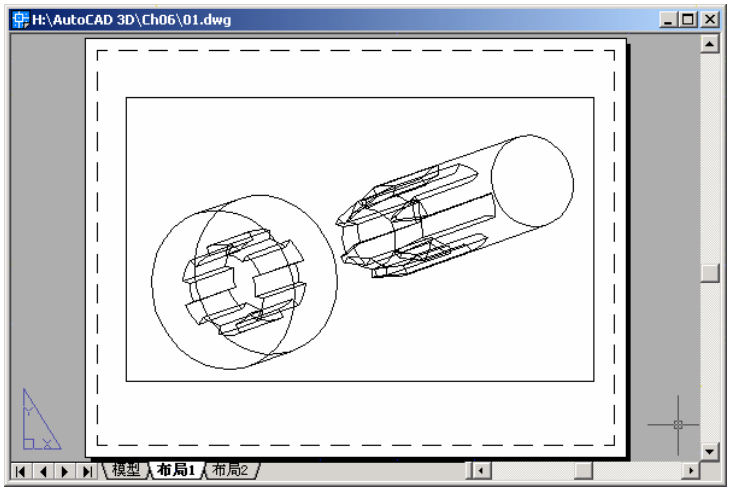


图 5-31 创建实体轮廓图

当 SOLDRAW 命令在剖视图中创建图案填充时，将分别根据系统变量 HPNAME、HPSCALE 和 HPANG 确定图案填充的图案名称、比例和角度。

5.6.3 创建实体轮廓图

除了使用 SOLDRAW 命令创建实体的轮廓图之外，AutoCAD 还提供了另一个创建实体轮廓图的命令 SOLPROF。该命令可以在布局视口中根据当前视图创建指定实体对象的轮廓图。

创建实体轮廓图命令的调用方式和执行过程为：

- 菜单：“绘图”→“实体”→“设置”→“轮廓”。
- 工具栏：“查询”→ 。
- 命令行：SOLPROF。

```
命令:SOLFROF
选择对象:
选择对象:
是否在单独的图层中显示隐藏的轮廓线?[是(Y)/否(N)] <是>:
是否将轮廓线投影到平面?[是(Y)/否(N)] <是>:
是否删除相切的边? [是(Y)/否(N)] <是>:
已选定一个实体。
```

SOLPROF 命令同样只能在布局中使用，而且需要通过布局中的布局视口访问模型空间，才能使用该命令创建指定实体对象的轮廓。

SOLPROF 命令根据指定实体对象在当前视图中的轮廓，创建块参照对象进行表示，并将生成的块参照对象放置在指定的图层中。其中，如果在单独的图层中指定显示隐藏的轮廓线时，AutoCAD 将生成两个块参照对象，一个用于表示所有选中实体对象的可见轮廓，这个块参照对象用“随层”线型绘制，并放置在“PV-视口句柄”图层中；另一个用于表示实体的隐藏线，如果加载了“HIDDEN”线型，则这个块参照对象用该线型绘制，否则用“随层”线型绘制，这个块参照对象被放置在“PH-视口句柄”图层中。

如果不要求在单独的图层中显示隐藏的轮廓线，则 SOLPROF 命令将实体对象的所有轮廓均作为可见线，并为每一个选中的实体对象分别创建块参照对象以表示其轮廓，并将这些块参照对象放置在“PV-视口句柄”图层中。

例如，图 5-32 中显示了在布局视口创建实体模型轮廓图的示例。其中，为了说明创建的结果，图中分别在上部和下部显示了可见轮廓图形和掩藏线图形，这两种图形分别用两个块表示。

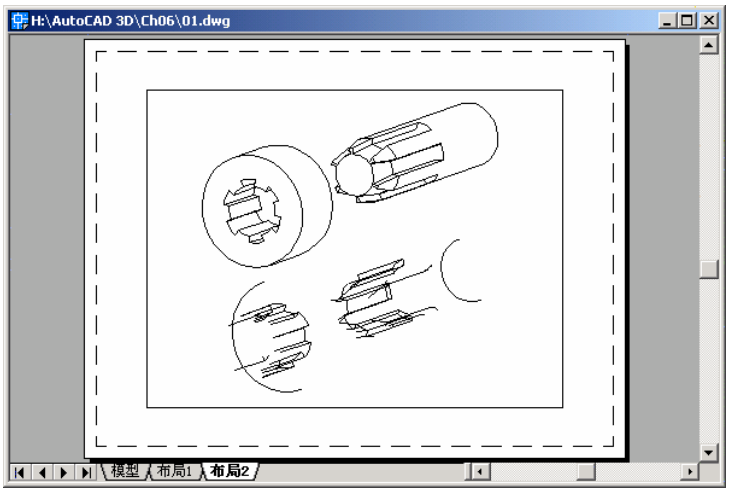


图 5-32　创建实体轮廓图

SOLPROF 命令还可以指定是否将轮廓线投影到平面，选择“是（Y）”命令选项时，AutoCAD 将实体的三维轮廓投影到一个与视图方向垂直并且通过用户坐标系原点的平面上，并用二维对象创建该平面上的投影；选择“否（N）”命令选项，AutoCAD 将使用三维对象创建实体对象的三维轮廓线。

最后，用户需要决定是否删除相切的边。相切的边是指两个相切面之间的分界线，选择“是（Y）”命令选项，在生成的实体轮廓图中将不包含相切的边；选择“否（N）”命令将在轮廓图中将实体相切面之间的分界线也显示出来。

例如，图 5-33 中的实体对象创建轮廓图时，如果选择不删除相切的边，则创建结果如图 5-34（a）所示；反之，创建结果如图 5-34（b）所示。

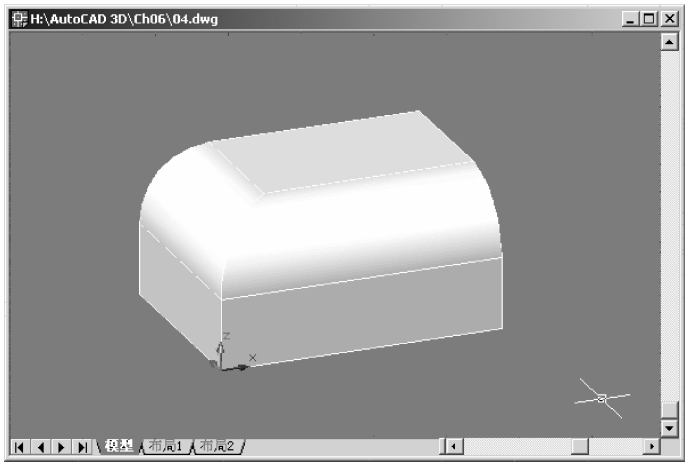
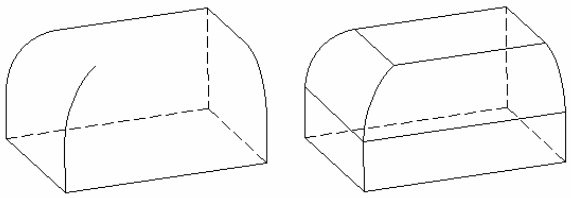


图 5-33　具有相切面的实体模型



（a）　　（b）

图 5-34　具有相切面的实体轮廓图

5.7　实体对象的应用

在三维建模中，实体对象有着非常广泛的应用，可以构造各种复杂结构。下面以构造一个滑轮装配体造型的实例来介绍实体对象的具体应用，最终造型如图 5-35 所示。

5.7.1　绘制底座

1. 绘制底板

（1）进入 AutoCAD 2002 系统，创建新的图形文件。

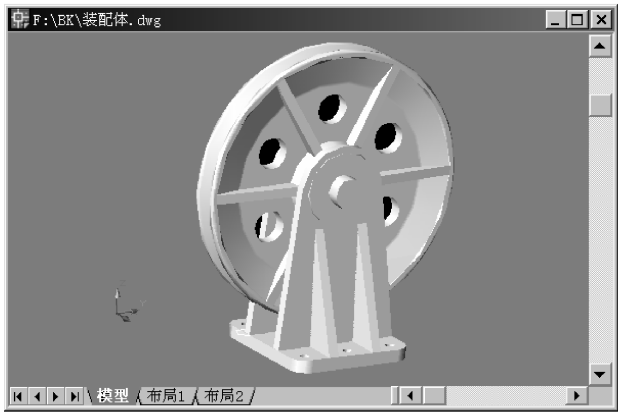


图 5-35　滑轮装配体造型

（2）单击“实体”工具栏→ ，　按如下过程创建长方体实体。

```
命令: _box
指定长方体的角点或 [中心点(CE)] <0,0,0>: 300,200
指定角点或 [立方体(C)/长度(L)]: l
指定长度: 450
指定宽度: 400
指定高度: 40
```

（3）单击“实体”工具栏→ ，　按如下过程创建圆柱体实体。

```
命令: _cylinder
当前线框密度:  ISOLINES=4
指定圆柱体底面的中心点或 [椭圆(E)] <0,0,0>: 350,250
指定圆柱体底面的半径或 [直径(D)]: 15
指定圆柱体高度或 [另一个圆心(C)]: 50
```

（4）单击“修改”工具栏→ ，　按图 5-36 所示创建圆柱体的矩形阵列。



图 5-36　创建圆柱体阵列

（5）单击“标准”工具栏→ ，将视图变换到如图 5-37 所示的位置。然后单击“修改”工具栏→ ，按如下过程将立方体的四条侧面棱边进行圆角。

```
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>:50
选择边或 [链(C)/半径(R)]:（选择第一条侧棱边）
选择边或 [链(C)/半径(R)]:（选择第二条侧棱边）
选择边或 [链(C)/半径(R)]:（选择第三条侧棱边）
选择边或 [链(C)/半径(R)]:（选择第四条侧棱边）
```

（6）单击“实体编辑”工具栏→ ，按如下过程创建组合实体。

```
命令: _subtract 选择要从中减去的实体或面域...
选择对象:（选择圆角后的长方体）
选择对象:  选择要减去的实体或面域 ..
选择对象:（依次选择六个圆柱体）
```

完成以上绘制工作后，将着色模式设置为“体着色”，结果如图 5-37 所示。

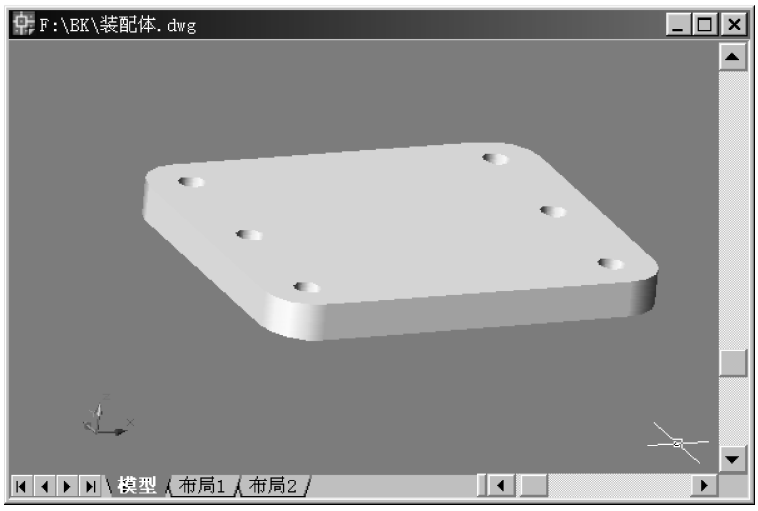


图 5-37　完成后的底板造型

2．绘制挡板

（1）选择菜单“视图”→“三维视图”→“俯视图”，然后按如下过程创建挡板的轮廓。单击“绘图”工具栏→ 。

```
命令: _line 指定第一点: 1000,200
指定下一点或 [放弃(U)]: 1400,200
指定下一点或 [放弃(U)]:
```

单击“绘图”工具栏→ 。

```
命令: _circle 指定圆的圆心或 [三点(3P)/两点(2P)/相切、相切、半径(T)]: 1200,690
指定圆的半径或 [直径(D)] <50.0000>: 140
```

单击“绘图”工具栏→ ，分别从直线的两个端点出发绘制圆的切线，然后单击“修改”工具栏→ ，将两条切线之间的圆弧段删去，从而得到挡板的轮廓，如图 5-38 所示。

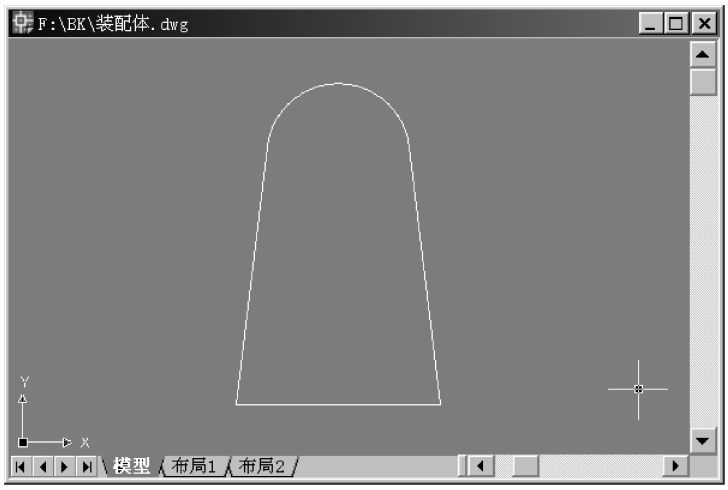


图 5-38　挡板的轮廓

（2）单击“修改 II”工具栏→ ，将挡板的整个轮廓连接为一条闭合的多段线对象。然后单击“实体”工具栏→ ，按如下过程创建一个拉伸实体。

```
命令: _extrude
当前线框密度:  ISOLINES=4
选择对象: （选择多段线对象）
选择对象:
指定拉伸高度或 [路径(P)]: 30
指定拉伸的倾斜角度 <0>:
```

（3）单击“实体”工具栏→ ，按如下过程创建一个圆柱体实体：

```
命令: _cylinder
当前线框密度:  ISOLINES=4
指定圆柱体底面的中心点或 [椭圆(E)] <0,0,0>: 1200,690,-5
指定圆柱体底面的半径或 [直径(D)]: 120
指定圆柱体高度或 [另一个圆心(C)]: 40
```

单击“实体”工具栏→ ，以点（1200,690,-10）为底面中心，再创建一个半径为 50，高度为 50 的圆柱体。

（4）单击“标准”工具栏→ ， 将着色模式设置为“线框图”，并将视图变换到如图 5-39 所示的位置。单击“实体编辑”工具栏→ ，将挡板和大圆柱体合并为一个整体，然后单击“实体编辑”工具栏→ ，创建挡板与小圆柱体的差集，结果如图 5-39 所示。

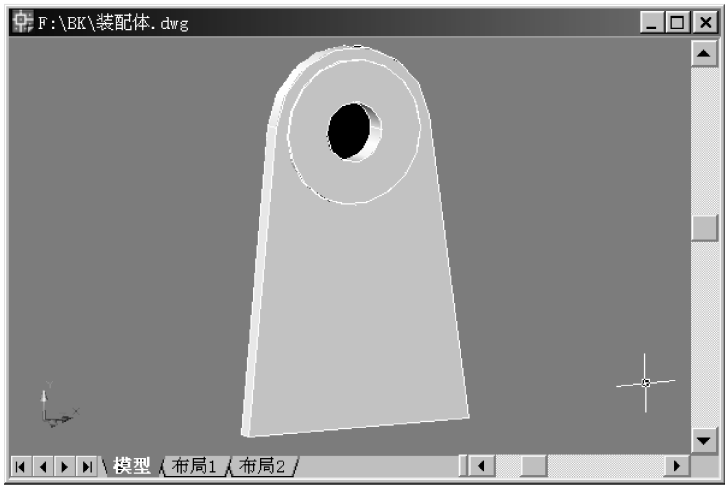


图 5-39　完成后的挡板造型

（5）选择菜单“修改”→“三维操作”→“对齐”，将挡板的底面与底板的顶面对齐，如图 5-40 所示。

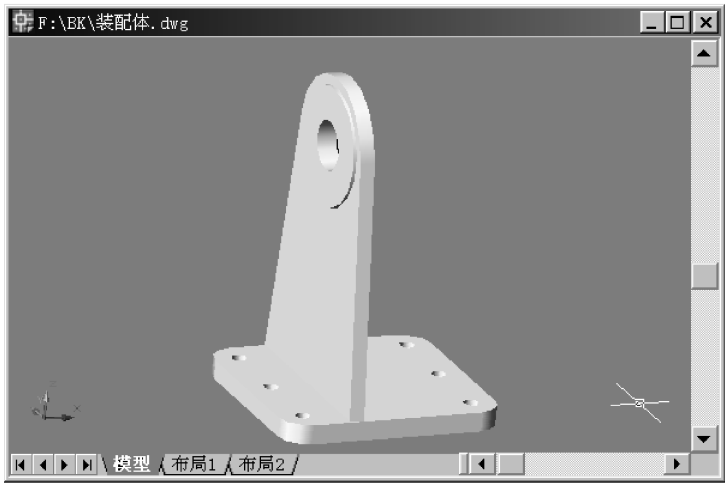


图 5-40　将挡板与底板对齐

3．绘制肋板并完成底座造型

（1）单击“实体”工具栏→ ，按如下过程创建一个楔体实体。

```
命令: _wedge
指定楔体的第一个角点或 [中心点(CE)]  <0,0,0>: 424,460,40
指定角点或 [立方体(C)/长度(L)]: l
指定长度: -124
指定宽度: 30
指定高度: 375
```

（2）选择菜单“修改”→“三维操作”→“三维镜像”，按如下过程创建另一个肋板。

```
命令: _mirror3d
选择对象: （选择楔体）
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>:（选择底板左侧棱边的中点）
在镜像平面上指定第二点:（选择底板左侧另一棱边的中点）
在镜像平面上指定第三点:（选择底板右侧棱边的中点）
是否删除源对象？[是(Y)/否(N)] <否>:
```

由此得到一侧的挡板和肋板，如图 5-41 所示。

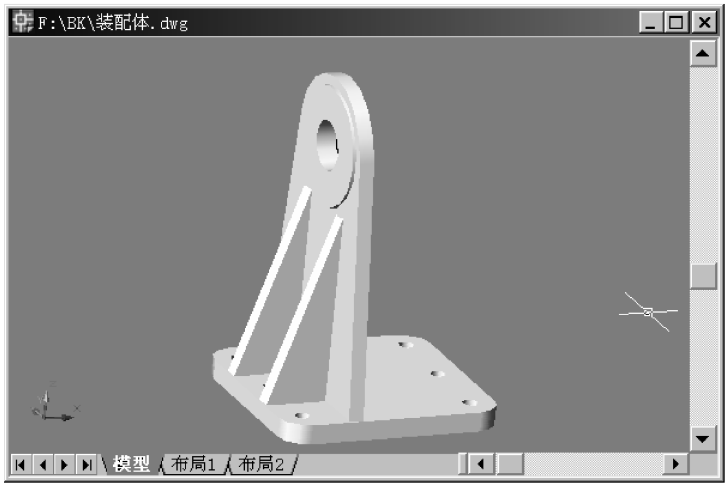


图 5-41　一侧的挡板和肋板

（3）选择菜单“修改”→“三维操作”→“三维镜像”，以底板的中心面为镜像面，创建另一侧的挡板和肋板，从而完成整个底座造型的创建，如图 5-42 所示。

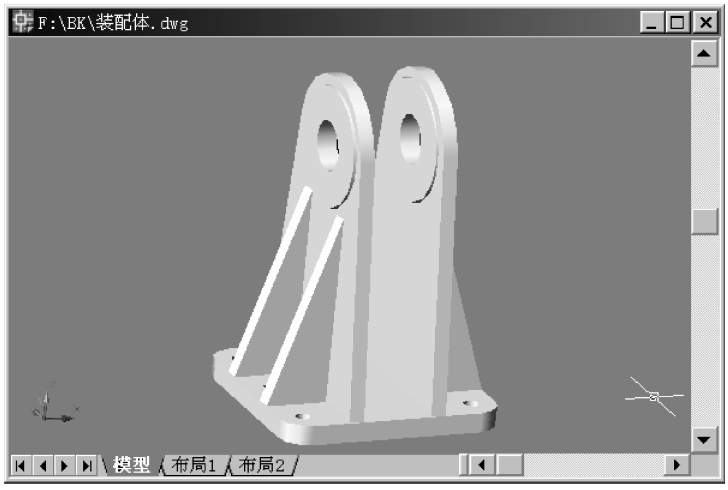


图 5-42　完成后的底座造型

5.7.2 绘制滑轮

1．绘制轮廓

（1）创建一个关闭的图层，并将已经完成的底座造型放置于该图层，以避免干扰以下的绘制过程。

（2）选择菜单“视图”→“三维视图”→“俯视图”，然后绘制滑轮的平面轮廓，并将其连接为一个闭合的多段线对象，如图 5-43 所示。

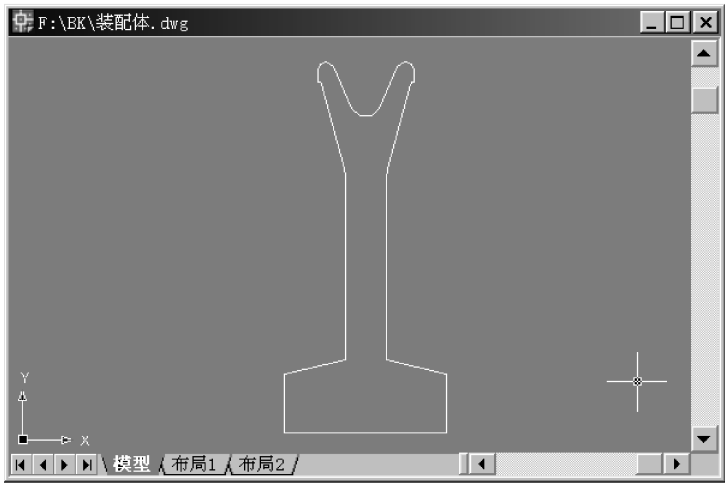


图 5-43 滑轮平面轮廓

（3）再创建一个闭合的多段线对象，作为滑轮肋板的平面轮廓，并将该多段线向 Z 轴负方向移动 15 个单位，如图 5-44 中绿色部分所示。

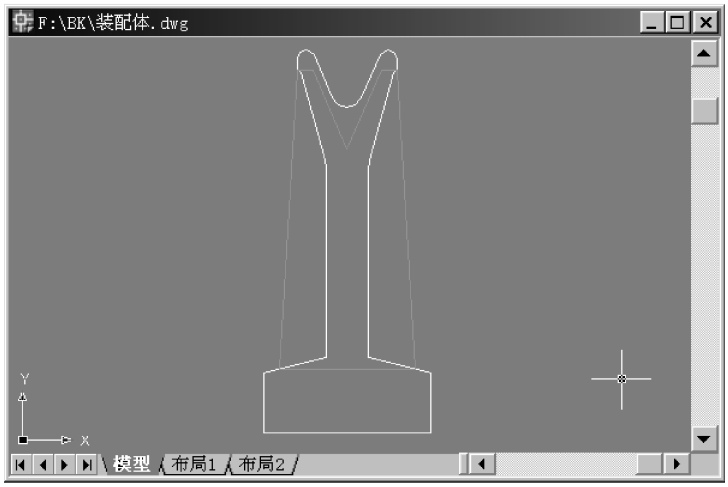


图 5-44 滑轮肋板的平面轮廓

2．创建三维实体

（1）单击“实体”工具栏→ ，按如下过程创建一个拉伸实体。

```
命令: _extrude
当前线框密度:  ISOLINES=4
选择对象: （选择滑轮肋板轮廓）
选择对象:
指定拉伸高度或 [路径(P)]: 30
指定拉伸的倾斜角度 <0>:
```

（2）单击“实体”工具栏→ ，按如下过程创建一个旋转实体。

```
命令: _revolve
当前线框密度:  ISOLINES=4
选择对象:（选择滑轮轮廓）
选择对象:
指定旋转轴的起点或
定义轴依照 [对象(O)/X 轴(X)/Y 轴(Y)]:（选择滑轮轮廓底边下方距其 62.5 处的一点）
指定轴端点: （选择滑轮轮廓底边下方距其 62.5 处的另一点）
指定旋转角度 <360>:
```

（3）选择菜单“视图”→“三维视图”→“左视图”。然后单击“实体”工具栏→ ，按如下过程创建一个圆柱体。

```
命令: _cylinder
当前线框密度:  ISOLINES=4
指定圆柱体底面的中心点或 [椭圆(E)] <0,0,0>: -137.5,235,-1760
指定圆柱体底面的半径或 [直径(D)]: 50
指定圆柱体高度或 [另一个圆心(C)]: 160
```

绘制结果如图 5-45 所示。

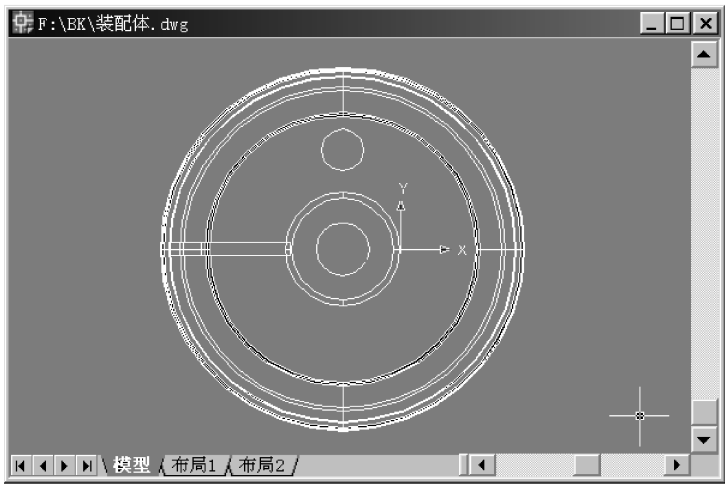


图 5-45　绘制圆柱体

（4）单击“标准”工具栏→ ， 将视图转换到如图 5-46 所示的位置。选择菜单“修改”→“三维操作”→“三维阵列”，按如下过程创建滑轮肋板和圆柱体的三维阵列。

```
命令: _3darray
正在初始化...  已加载 3DARRAY。
选择对象: （选择滑轮肋板和圆柱体）
选择对象:
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: 6
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:（选择滑轮中心线上一点）
指定旋转轴上的第二点:（选择滑轮中心线上另一点）
```

绘制结果如图 5-46 所示。

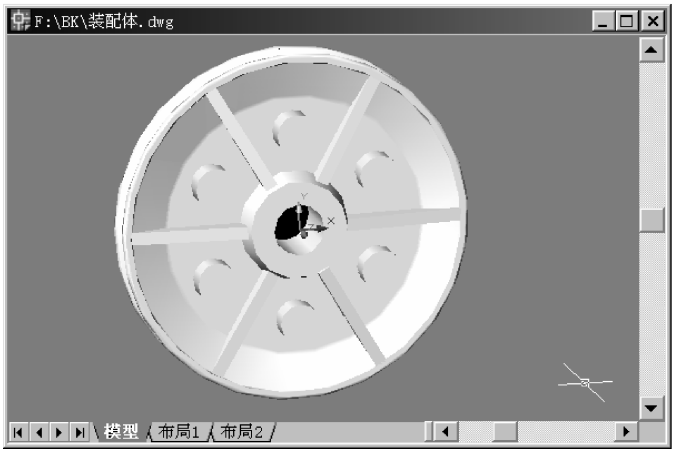


图 5-46　创建三维阵列

（5）单击“实体编辑”工具栏→ ，将滑轮和六个滑轮肋板合并为一个整体。然后单击“实体编辑”工具栏→ ，创建滑轮和六个圆柱体的差集，最后完成滑轮造型的创建，如图 5-47 所示。

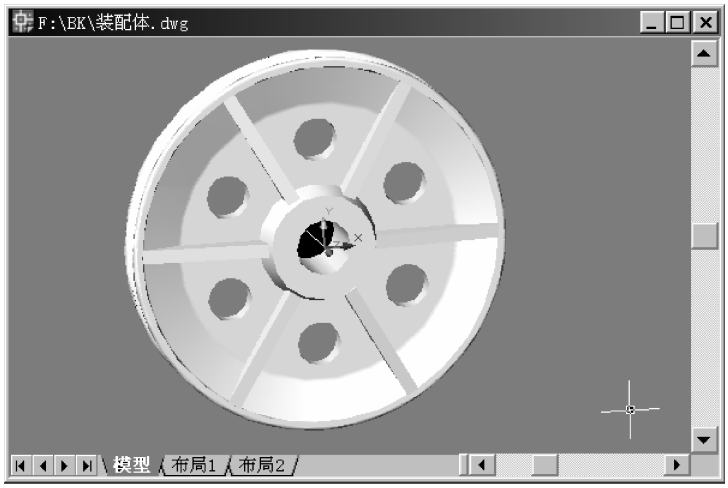


图 5-47　完成后的滑轮造型

（6）打开底座所在图层，并将滑轮移动到底座上。单击“实体”工具栏→ ，按如下过程创建一个圆柱体作为轮轴。

```
命令: _cylinder
当前线框密度:  ISOLINES=4
指定圆柱体底面的中心点或 [椭圆(E)] <0,0,0>: 676,400,530
指定圆柱体底面的半径或 [直径(D)]: 50
指定圆柱体高度或 [另一个圆心(C)]: c
指定圆柱的另一个圆心: 426,400,530
```

至此完成滑轮装配体造型的全部绘制工作，绘制结果参见图 5-35。

思 考 题

1．多面网格中对面的定义。
2．如何构造不可见的虚拟面。
3．平移曲面和拉伸实体、旋转曲面和旋转实体在操作上异同。
4．INTERSECT 和 INTERFERE 命令之间的异同。
5．实体剖切和截面命令的异同。
6．SOLDRAW 和 SOLPROF 命令的异同。

第 6 章　图形渲染

本章主要讲述了在 AutoCAD 中进行图形渲染的基本概念和原理。使用渲染程序可以创建最具真实效果的渲染图像，但需要在渲染操作之前进行大量的渲染设置和准备工作。其中，最为主要的是光源和材质的设置，这是产生真实感图像的关键所在。

6.1　渲染概述

渲染的目的是根据三维模型和渲染设置生成具有真实感的图像，以表现三维模型的应用效果。

6.1.1　渲染简介

创建渲染图像是一个复杂的过程，除了进行三维模型的创建工作之外，通常还需要进行以下各种操作：

（1）为三维模型载入或定义各种材质，并将材质附着到相应的模型对象上。材质可以表现模型的颜色、纹理、材料、质地等特性，并可以模拟粗糙度、透明度、凹凸度等特殊显示效果。

（2）在三维场景中添加光源。光源为三维模型提供了照明条件，并可以根据光源生成阴影，增加渲染图像的真实感。此外，光源与材质组合使用，还可以创建多种特殊效果。

（3）在材质和光源的基础上，还可以根据需要在图形中构建场景、添加配景，并可以设置背景、雾效等特殊渲染效果。

（4）最后进行渲染设置，然后调用渲染程序创建渲染图像。

6.1.2　渲染的类型

完全的渲染操作往往需要花费大量的时间，为此 AutoCAD 提供了三种渲染程序，使用这三种渲染程序可以分别进行不同程度的渲染操作，因此具有不同的渲染速度，也具有不同的效果。

（1）使用“一般渲染”程序，可以使用基本的 AutoCAD 渲染选项，不需要应用任何材质、添加任何光源，也不需要设置场景就可以对模型进行渲染，AutoCAD 自动使用一个虚拟的平行光源来照亮模型。使用“一般渲染”能够以最快的速度创建渲染图像，但由于不使用材质和光源，因此渲染的效果最差。

（2）使用“照片级真实感渲染”程序，可以显示位图材质和透明材质，并产生体积阴影和贴图阴影，从而可以创建更为真实的渲染图像。照片级真实感渲染比一般渲染的效果要好得多，但渲染速度也慢得多。

在照片级真实感渲染中，可以使用反走样来降低直线边或曲线边上的锯齿，增加渲染图像的精细程度。照片级真实感渲染程序提供了四级反走样控制。每提高一个级别，计算量将

随之增加，而渲染速度也会随之减慢。

（3）使用“照片级光线跟踪渲染”程序，可以在照片级真实感渲染的基础上，使用光线跟踪产生反射、折射和更加精确的阴影。照片级光线跟踪渲染可以创建最为精细、真实的渲染图像，但渲染的计算量也大为增加，渲染速度最慢。

照片级光线跟踪渲染提供了进一步完善速度和质量的折衷方案，称为自适应采样。使用自适应采样可以在图像质量与渲染速度之间进行平衡。

6.1.3　渲染结果

使用渲染程序将生成二维图像，并可以将渲染图像输出到当前视口、渲染窗口或图像文件中。对于输出到当前视口和渲染窗口中的图像，可以将其复制到剪贴板中，或保存到外部文件中。此外，也可以直接将渲染图像保存为指定格式的图像文件，并可以设置各种图像文件相应的特性。

6.2　创建光源

AutoCAD 提供了多种类型的光源，包括环境光、点光源、平行光和聚光灯等等。在 AutoCAD 中可以创建任意数量的点光源、平行光和聚光灯，并可以对这些光源以及环境光进行设置和管理。

6.2.1　光源概述

1．光源的作用与类型

光源的基本作用是照亮模型，使模型能够在渲染视图中显示出来。此外，使用光源还可以表现模型的立体感。当光线到达模型表面时，光线与面的夹角影响着光的强度。与光线垂直的面看起来最亮，与光线的夹角越小，面的亮度也越小，看起来就越暗。例如，图 6-1 中的模型在同一光源的照射下，不同角度的面显示不同的亮度。

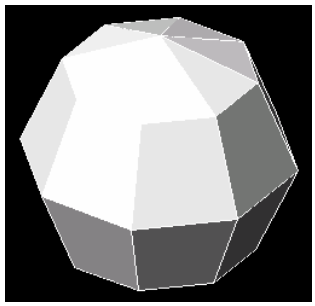


图 6-1　角度对光源的影响

AutoCAD 中提供了四种类型的光源：环境光、平行光、点光源和聚光灯。下面就分别对这四种光源的特性和效果进行介绍。

（1）环境光：环境光没有固定的位置，也没有具体的方向。使用环境光可以为模型的每个表面都提供相同的照明，每个表面都显示出同样的亮度，因此仅使用环境光显示模型时不会产生立体感。所以通常使用环境光作为其他光源的补充，以改善光照的整体效果，更好地表现模型的细部。

图 6-2 中显示了仅使用环境光时三维模型的渲染效果。

（2）平行光：平行光源是沿着同一方向发射的平行光线，因此平行光也没有固定的位置，而是沿着指定的方向无限延伸。平行光源在 AutoCAD 的整个三维空间中都具有同样的强度，也就是说，对于每一个被平行光照射的表面，其光线强度都与光源处相同。平行光

的另一个重要特点是可以照亮所有的对象，即使是在光线方向上彼此遮挡的对象也都将被照亮。

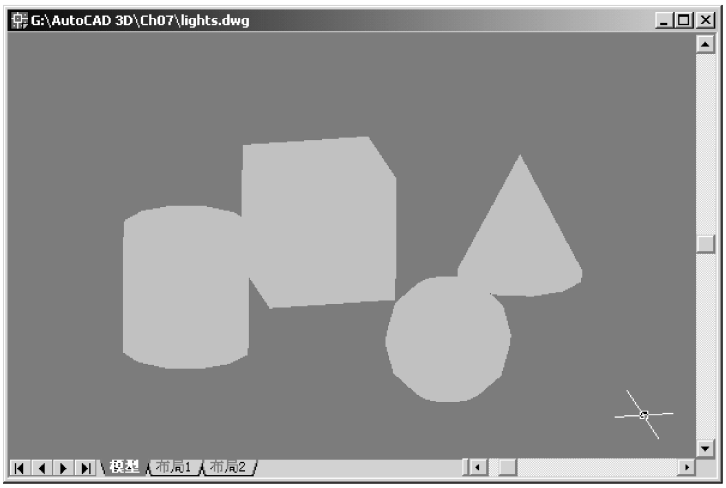


图 6-2　环境光的照明效果

在实际应用中，可以使用平行光统一照亮对象或背景。通常使用单个的平行光模拟太阳光，为此 AutoCAD 专门提供了一个太阳角度计算器，可以根据指定的时间和位置计算出太阳光的方向。

图 6-3 中显示了使用平行光时三维模型的渲染效果。

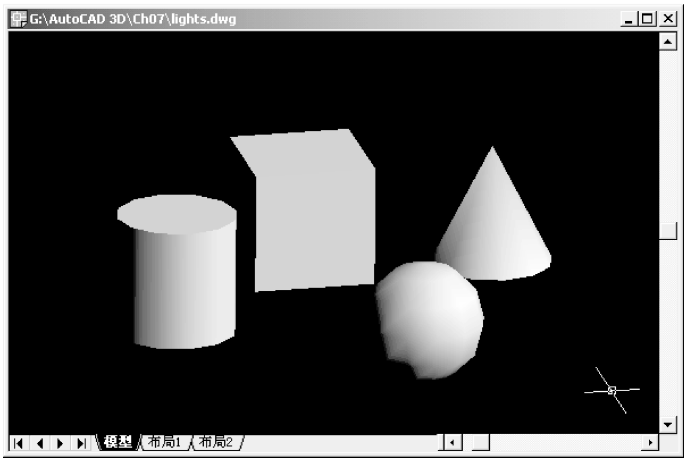


图 6-3　平行光的照明效果

（3）点光源：点光源从一点出发向所有方向发射光线，类似于灯泡所发出的光线。点光源的位置决定了光线与模型各个表面的夹角，因此可以在不同位置指定多个点光源，提供不同的光照效果。此外，点光源的强度可以随着距离的增加而进行衰减，并且可以使用不同的衰减方式，从而可以更加逼真地模拟实际的光照效果。

图 6-4 中显示了使用点光源时三维模型的渲染效果。

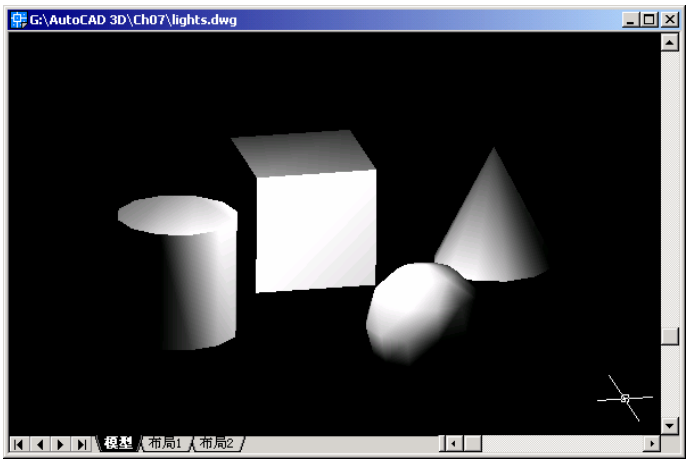


图 6-4　点光源的照明效果

（4）聚光灯：聚光灯从一点出发，沿指定的方向和范围发射具有方向性的圆锥形光束。聚光灯所产生的圆锥形光锥分为两部分：内部光锥是光束中最亮的部分，其顶角称为聚光角；整个光锥的顶角称为照射角，在照射角和聚光角之间的光锥部分，光的强度将会产生衰减，这一区域称为快速衰减区。

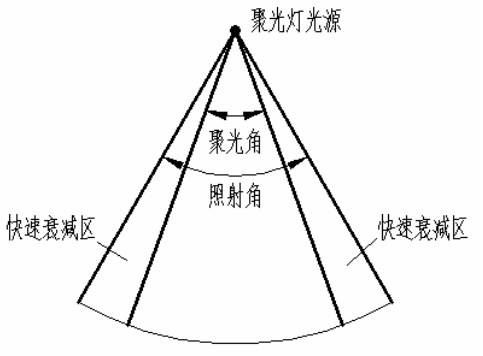


图 6-5　聚光灯示意图

同点光源一样，聚光灯的强度也可以从光源开始，随着光线传播距离的增加而逐渐衰减，并且可以使用不同的衰减方式。在实际应用中，聚光灯适用于显示模型中特定的几何特征和区域。聚光灯的图示如图 6-5 所示。

图 6-6 中显示了使用聚光灯时三维模型的渲染效果。

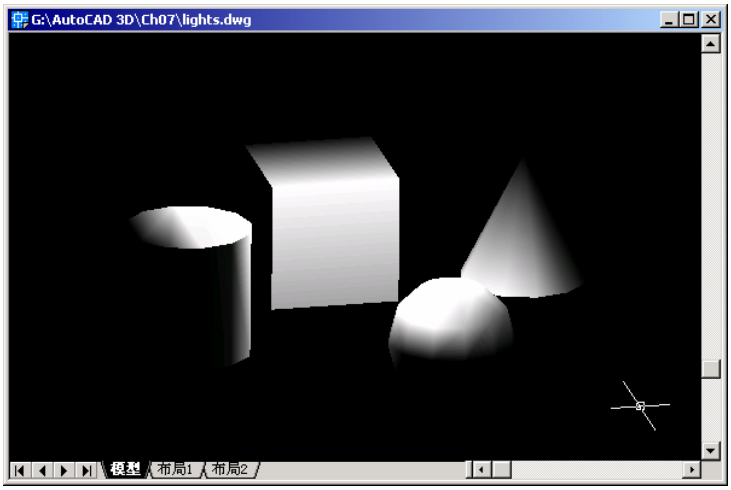


图 6-6　聚光灯的照明效果

2．光源的特性

（1）光源的颜色：对各种光源来说，其共有的基本特性之一就是光源的颜色。在渲染图中，模型所显示出的最终颜色是模型的实际颜色与光源颜色的叠加效果。因此，不同的光源颜色将影响着模型的渲染效果。

在 AutoCAD 中，通常提供两种等效的颜色系统供用户使用：一种是由红色、绿色和蓝色三种基本颜色组成的 RGB 颜色系统，另一种是由色调、亮度和饱和度三种基本要素组成的 HLS 颜色系统。

RGB 颜色系统由红色、绿色和蓝色三种基本颜色组成，这三种颜色两两之间等量混合将产生三种二级颜色：红色和绿色等量混合将产生黄色、绿色和蓝色等量混合将产生青色、红色和蓝色等量混合将产生紫色。这样，通过控制红色、绿色和蓝色这三种基本颜色的相对强度，可以产生各种不同颜色。如果将三种颜色等量混合将产生白色，而不指定任何一种颜色时将产生黑色。

一般来说，AutoCAD 将每种基本颜色的强度分别为 0～255 共 256 级，0 表示该颜色的强度为零，255 表示该颜色的强度最大。这样，将三种基本颜色按不同强度混合，可以产生 $256^3=1.6777\times10^6$ 种颜色，这些颜色几乎包含了人眼所能分辨的所有颜色，因此也称为真彩色。

HLS 颜色系统与 RGB 颜色系统等效，其主要区别在于描述颜色的方法不同，HLS 颜色系统是基于人类对颜色的感觉，通过颜色的以下三个基本特征来进行描述的：

①色度（Hue）：色度是从物体反射或透过物体传播的颜色。通常，色度是由颜色名称标识的，比如红色、黄色或绿色。

②饱和度（Saturation）：饱和度是指颜色的强度或纯度，即表示色度中灰成分所占的比例，用从 0%（灰色）到 100%（完全饱和）的百分比度量。

③亮度（Lightness）：亮度是指颜色的相对明暗程度，通常用从 0%（黑）到 100%（白）的百分比度量。

（2）光源的强度：AutoCAD 中各种光源的另一个共有的基本特性是光源的强度。所谓光源的强度就是通过单位面积的光线数量，强度越大，看起来就越亮。

对于 AutoCAD 中的环境光和平行光，其光线在各点处的强度始终保持一致，而不受光线传播距离的影响。而对于点光源和聚光灯，AutoCAD 提供了不同的衰减方式来控制光线的强度。所谓光线的衰减就是指光线的强度随着其传播的距离而逐渐降低，此时，模型上距离光源较近的部分比较亮，而距离光源较远的部分比较暗。

AutoCAD 为点光源和聚光灯提供了三种衰减方式：

①无衰减：即光线的强度不受其传播距离的影响，各点处的光线强度均与光源处相同。例如，图 6-7 中显示了一个受无衰减光源照射的长方体模型。

②线性衰减：线性衰减是指光线的强度与传播距离成线性反比。即随着光线传播距离的增加，光线的强度将随之逐渐降低。例如，图 6-8 中显示了一个受线性衰减光源照射的长方体模型。

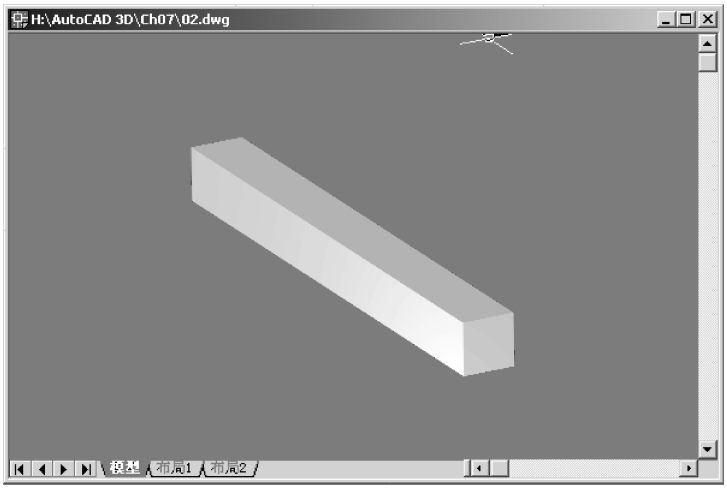


图 6-7　光源强度无衰减

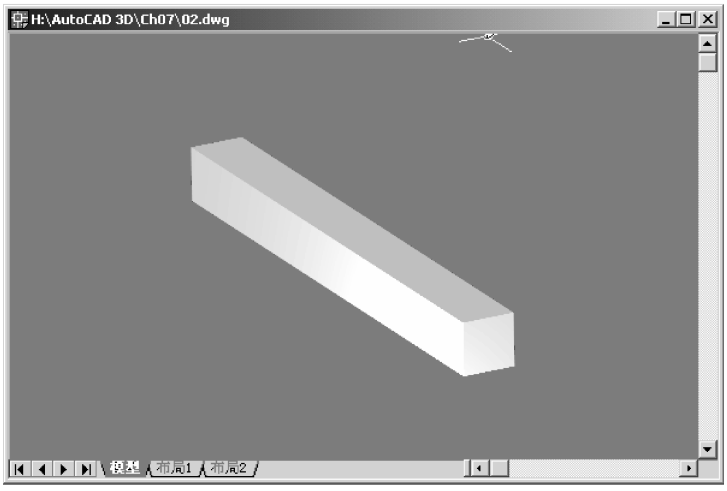


图 6-8　光源强度线性衰减

③平方衰减：平方衰减是指光线的强度与传播距离的平方成反比。即随着光线传播距离的增加，光线的强度将随之以平方的速度逐渐降低。例如，图 6-9 中显示了一个受平方衰减光源照射的长方体模型。

（3）光线的反射：光线照射到模型表面上时，光线会发生反射而改变路径。反射之前的光线称为入射光，反射后的光线称为反射光。反射光的方向受入射光方向和反射面的粗糙程度的影响，可以分为两种情况，一种称为漫反射，另一种称为镜面反射。

①漫反射：对于比较粗糙的表面，光线被其反射后将会均匀地向各方向散射。此时，无论在什么位置观察模型，都可以看到反射后的光线，这种情况称为光线的漫反射。漫反射的示意图如图 6-10 所示。

②镜面反射：对于非常光滑的表面，光线被其反射后将只沿着一个方向传播。反射后光线的方向由入射光与反射面的夹角决定，即反射光与反射面的夹角和入射光与反射面的夹角

保持一致。这种反射称为镜面反射，其示意图如图 6-11 所示。

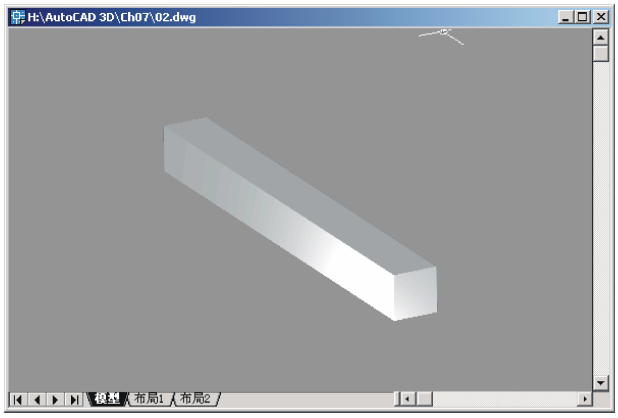


图 6-9　光源强度平方衰减

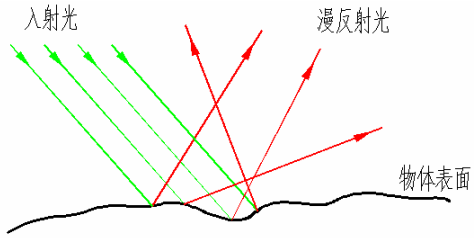


图 6-10　漫反射示意图

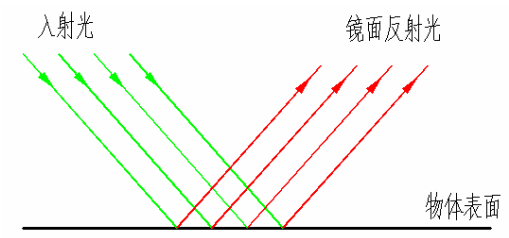


图 6-11　镜面反射示意图

当光线发生镜面反射时，只有在反射光的传播路径上才能够看到镜面反射，而在其他位置将看不到镜面反射后的光线。

在 AutoCAD 的光照模型中，可以使用漫反射和镜面反射来表现光照的不同效果。例如，图 6-12 中的球体被光线照亮后，其不同的部分将产生不同的光照效果。

球体中最亮的部分称为高光区，是由于光线在该区域发生镜面发射而产生的。也就是说，这部分区域的镜面反射光刚好通过视点。当视点发生变化时，通过视点的镜面反射光也发生变化，因此高光区的位置也将随之改变。

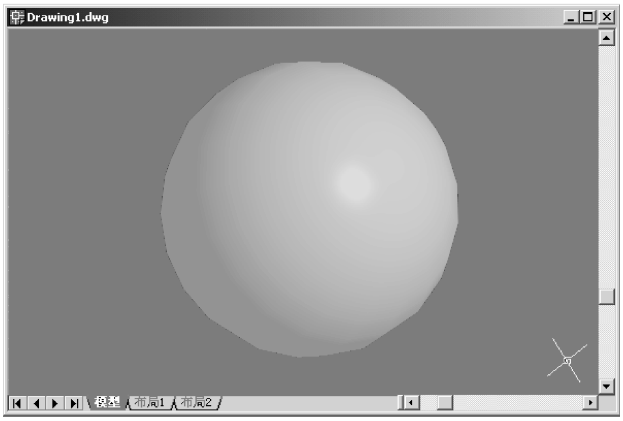


图 6-12　三维模型对光线的反射

球体中高光区周围较暗的部分称为漫反射区，这是由于光线在该区域发生漫反射而产生的。由于通过视点的漫反射光只是反射光的一部分，因此漫反射区的亮度要比高光区的亮度小得多。

球体中最暗的部分称为环境反射区，这部分区域没有被光源照射到，而是由环境光照亮的。

3．阴影的作用与种类

在 AutoCAD 中还可以根据光源生成阴影，使得模型的显示更具真实感。模型受到光线的照射时，由于模型对光线的阻挡，模型的后面将产生阴影。但是，在进行渲染时根据光线和模型的相对光线计算阴影时，将大大增加渲染的计算量，花费更多的渲染时间。因此，AutoCAD 可以在渲染时不生成阴影，以加快渲染速度。只有在进行照片质量的渲染时，为了更好地表现渲染对象的真实性，可以在渲染时应用各种类型的阴影。图 6-13 中给出了一个圆柱体阴影的示例。

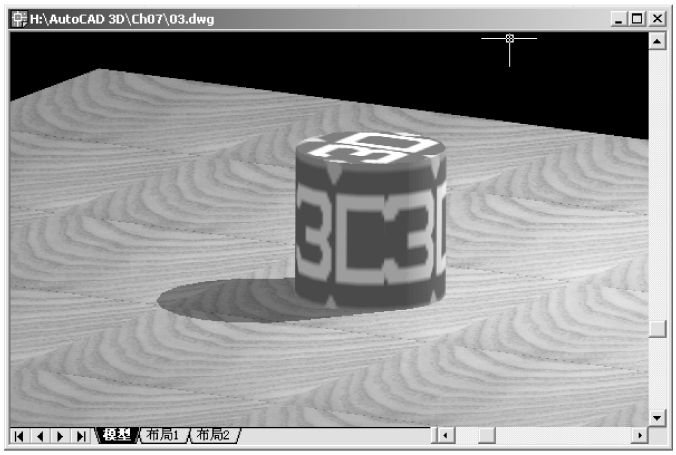


图 6-13　物体的阴影

（1）体积阴影：创建体积阴影时，渲染程序将计算对象阴影所形成的投影空间的体积，并基于该体积产生阴影。用户可以在 AutoCAD 中使用“照片级真实感渲染”和“照片级光线跟踪渲染”程序产生体积阴影。

对于简单的几何图形，体积阴影的渲染速度较快。体积阴影将产生明显的边缘，但是它们的轮廓只能近似地得到。

（2）光线跟踪阴影：光线跟踪阴影是通过追踪从光源采样得到的光束或光线的路径而产生的阴影。也可以在 AutoCAD 中使用“照片级光线跟踪渲染”程序产生光线跟踪阴影。

对于具有复杂表面的模型，光线跟踪阴影的速度可能比体积阴影要快一些。光线跟踪阴影具有实边缘和精确的轮廓。

（3）阴影贴图：使用“照片级真实感渲染”和“照片级光线跟踪渲染”程序还可以产生阴影贴图。对于每种光源，都可以设置其产生的阴影贴图的尺寸。阴影贴图越大，其精度越高。使用阴影贴图，可以产生边缘柔和的阴影，用户可以调整阴影边缘的柔和度。

阴影贴图花费的渲染时间较多，为了节省渲染时间，也可以手工选择要投射阴影的对象。

6.2.2 设置环境光

AutoCAD 中的环境光可以为模型的所有表面提供恒定照明的背景光。默认情况下，AutoCAD 使用强度为 0.3、颜色为白色的环境光为模型提供照明。用户也可以根据需要重新设置环境光。

设置环境光的命令调用方式为：

- 菜单：“视图”→“渲染”→“光源”。
- 工具栏：“渲染”→。
- 命令行：LIGHT。

该命令将显示如图 6-14 所示的对话框。



图 6-14 设置环境光

在“光源”对话框右侧的“环境光”组框中，可以设置环境光的强度和颜色：

（1）环境光的强度取值范围为 0～1。其中设置为 0 时将关闭环境光，而设置为 1 时可以达到最大亮度。用户可以在文本框中直接输入强度值，也可以使用滑动条来设置强度。

注意：除了特殊情况之外，环境光的强度设置应保持在一个较低的水平上，否则可能出现图像过于饱和的现象。

（2）在“颜色”组框中，可以使用多种方式设置环境光的颜色，左下角的颜色样本显示当前最新的颜色设置。

用于设置光源颜色的方式包括以下三种：

①使用文本框或滑动条分别指定光源颜色中红、绿、蓝三个颜色分量的取值，取值范围均为 0～1。AutoCAD 将这三个颜色分量叠加后得到环境光的颜色。

②单击“选择自定义颜色”按钮，可以调用 Windows 系统的“颜色”对话框，从而设置环境光的颜色。

③单击“从 ACI 选择”按钮，可以调用 AutoCAD 的“选择颜色”对话框，从 AutoCAD 的颜色索引表中选择环境光的颜色。

完成如上设置后，单击“光源”对话框中的“确定”按钮将保存环境光的设置，并应用到渲染操作中。