AutoCAD 2002 三维绘图教程



前　言

AutoCAD 系列绘图软件是当前世界上应用最为广泛的计算机辅助设计软件，该软件具有极为强大的建模功能，能够精确、便捷地创建各种平面和三维图形。设计人员能够在AutoCAD 的三维空间中直接生成与实际物体基本相同的三维模型。通过 AutoCAD 的三维模型，可形象直观地查看设计结果，并可在此基础上进一步创建具有真实感的模型渲染图像，以更好地表达设计目的。此外，AutoCAD 的三维模型数据还可用于有限元计算（FEM）和计算机辅助制造（CAM）等程序，也可用于对三维模型进行仿真计算和加工制造。

随着 CAD 软件及其应用的深入发展，越来越多的设计部门都开始利用计算机直接进行三维设计，许多图形图像和动画制作的软件也常常借助于 AutoCAD 进行三维建模。针对这种情况，本书对 AutoCAD 的三维功能进行了深入全面的讲述。

本书详细地介绍了 AutoCAD 2002 中文版的三维绘图功能，包括三维绘图的环境、三维对象的创建、修改，三维视图，浏览器的使用，三维模型的渲染以及图形的打印等内容。通过对本书的学习，可以在 AutoCAD 二维绘图的基础上，进一步掌握 AutoCAD 的三维绘图功能，提高建模的能力，为更好地应用 AutoCAD 进行设计打下一个坚实的基础。

本书从三维绘图的基本概念和基本操作开始，深入全面地讲述了 AutoCAD 三维应用的各个方面。本书内容详实，示例丰富，并在每章的后面附有思考题，以帮助读者更好地理解和掌握书中内容。

全书共有七个章节和二个附录：

第一章讲述 AutoCAD 的三维环境。主要包括 AutoCAD 的三维空间、三维坐标系、三维坐标形式、三维视图和三维视口等。

第二章讲述 AutoCAD 基本的三维对象。主要包括各种对象的类型，以及各种简单三维对象的创建命令和方法。

第三章讲述 AutoCAD 的三维动态观察器的使用和设置，以及与其相关的一些命令。

第四章讲述 AutoCAD 中对三维对象的修改命令。

第五章讲述复杂三维对象的创建方法和各种应用。主要包括各种复杂三维曲面对象和复杂三维实体对象的创建命令和方法，以及对实体对象进行剖切、截面、检查干涉、分析计算、创建实体对象的轮廓和剖面图等操作。

第六章讲述图形渲染的基本概念以及在 AutoCAD 中对三维模型渲染的方法。主要包括对光源、材质、场景、配景以及各种特殊效果的设置，以及对渲染操作的设置和渲染结果的处理等内容。

第七章讲述在 AutoCAD 的图纸空间中，利用布局和布局视口进行图形打印的方法，以及配置打印机、设置打印样式和打印过程的各种方法。

附录 A 列出了 AutoCAD 中与三维操作相关的命令及其主要作用。

附录 B 是各章思考题的简要答案。

本书可作为广大 AutoCAD 用户掌握 AutoCAD 三维功能的学习用书，也可作为大、中专院校相关专业师生及培训班学员的教材或教学参考书。

本书由赵文新和郭启全主编，第 1 章由陈斌编写，第 2 章由刘莉编写，第 3 章由高显华和曾斌编写，第 4 章由曾明和秦茹编写，第 5 章由杨立庭编写，第 6 章由赵文新编写，第 7

章由刘显编写，附录由杨文广编写。郭启全对全书作了统稿。秦利那、张英、王萍等对书稿的录校和插图也作了部分工作，在此谨向他们表示衷心感谢。由于编者水平有限，书中难免存在不妥之处，恳请广大读者多提宝贵意见。

编 者

2002.10 月于清华园

第 1 章　三维绘图基础

本章主要讲述 AutoCAD 三维绘图的基础知识，首先介绍 AutoCAD 的三维空间、三维坐标系和各种三维坐标形式，并详细讲述如何使用世界坐标系（WCS）和用户坐标系（UCS）。此外，还介绍了如何在 AutoCAD 中设置和管理三维视图与模型视口。

1.1　AutoCAD 的三维空间

AutoCAD 的图形空间是一个三维空间，可以在 AutoCAD 三维空间中的任意位置构建三维模型。使用三维坐标系对 AutoCAD 的三维空间进行度量，用户可使用多种形式的三维坐标形式。

1.1.1　三维坐标系

AutoCAD 的三维坐标系由三个通过同一点且彼此垂直的坐标轴构成，这三个坐标轴分别称为 X 轴、Y 轴和 Z 轴，交点为坐标系的原点，也就是各个坐标轴的坐标零点。从原点出发，沿坐标轴正方向上的点用正的坐标值度量，而沿坐标轴负方向上的点用负的坐标值度量。因此，在 AutoCAD 的三维空间中，任意一点的位置可以由三维坐标轴上的坐标（x，y，z）惟一确定。AutoCAD 三维坐标系的构成如图 1-1 所示。

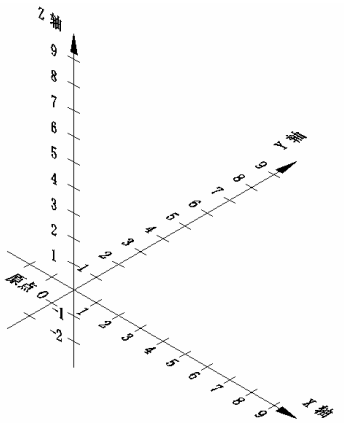


图 1-1　AutoCAD 的三维坐标系

在三维坐标系中，三个坐标轴的正方向可以根据右手定则确定，具体方法是将右手背对着屏幕放置，然后伸出拇指、食指和中指。其中，拇指和食指的指向分别表示坐标系的 X 轴和 Y 轴的正方向，此时，中指所指向的方向表示该坐标系 Z 轴的正方向，如图 1-2（a）所示。

在三维坐标系中，三个坐标轴的旋转方向的正方向也可以根据右手定则确定，具体方法是用右手的拇指指向某一坐标轴的正方向，弯曲其他四个手指，手指的弯曲方向表示该坐标

轴的正旋转方向，如图 1-2（b）所示。

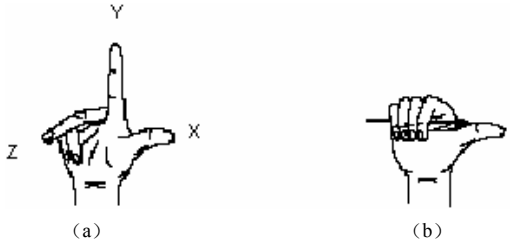


图 1-2　右手定则

在 AutoCAD 中，坐标轴的旋转方向常常用逆时针方向和顺时针方向表示正负。定义方法为：当某个坐标轴的正方向垂直指向屏幕外侧时，把屏幕作为时钟的表面，时钟指针旋转的方向即为该坐标轴的顺时针方向，反方向即为逆时针方向。

由右手定则可知，坐标轴的逆时针方向为正的旋转方向，而顺时针方向为负的旋转方向。

1.1.2　三维坐标形式

进行三维建模时，常常需要使用精确的坐标值确定三维点。在 AutoCAD 中可使用多种形式的三维坐标，包括直角坐标形式、柱坐标形式、球坐标形式以及这几种坐标类型的相对形式。

直角坐标、柱坐标和球坐标都是对三维坐标系的一种描述，其区别是度量的形式不同。这三种坐标形式之间是相互等效的。也就是说，AutoCAD 三维空间中的任意一点，可以分别使用直角坐标、柱坐标或球坐标描述，其作用完全相同，在实际操作中可以根据具体情况任意选择某种坐标形式。

1．直角坐标形式

AutoCAD 三维空间中的任意一点都可以用直角坐标（x，y，z）的形式表示，其中 x、y 和 z 分别表示该点在三维坐标系中 X 轴、Y 轴和 Z 轴上的坐标值。例如，点（6，5，4）表示一个沿 X 轴正方向 6 个单位，沿 Y 轴正方向 5 个单位，沿 Z 轴正方向 4 个单位的点，该点在坐标系中的位置如图 1-3 所示。

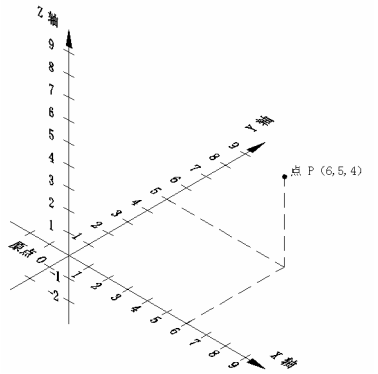


图 1-3　直角坐标示意图

2. 柱坐标形式

柱坐标用（L<a，z）的形式表示，其中 L 表示该点在 XOY 平面上的投影到原点的距离，a 表示该点在 XOY 平面上的投影和原点之间的连线与 X 轴的交角，z 为该点在 Z 轴上的坐标。从柱坐标的定义可知，如果 L 坐标值保持不变，而改变 a 和 z 坐标时，将形成一个以 Z 轴为中心的圆柱面，L 为该圆柱的半径，这种坐标形式被称为柱坐标。例如，点（8<30，4）的位置如图 1-4 所示。

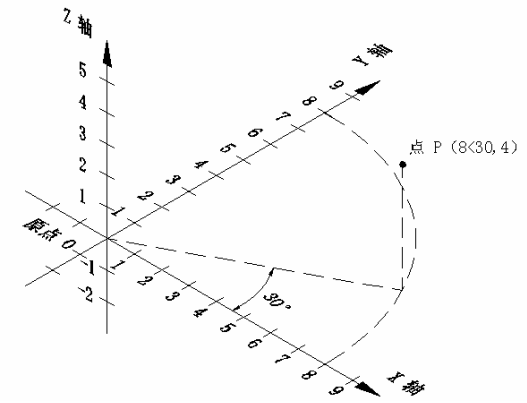


图 1-4　柱坐标示意图

3．球坐标形式

球坐标用（L<a<b）的形式表示，其中 L 表示该点到原点的距离，a 表示该点与原点的连线在 XOY 平面上的投影与 X 轴之间夹角，b 表示该点与原点的连线与 XOY 平面的夹角。从球坐标的定义可知，如果 L 坐标值保持不变，而改变 a 和 b 坐标时，将形成一个以原点为中心的圆球面，L 为该圆球的半径，这种坐标形式被称为球坐标。例如，点（8<30<20）的位置如图 1-5 所示。

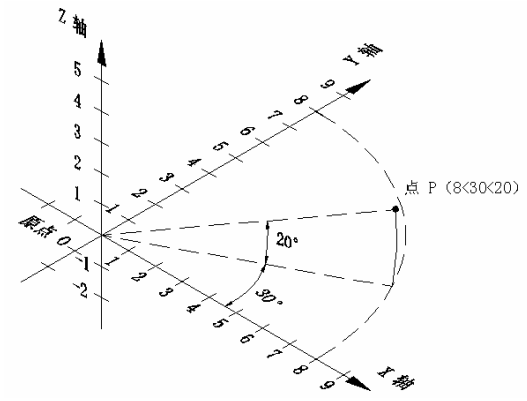


图 1-5　球坐标示意图

4．相对坐标形式

以上三种坐标形式都是相对于坐标系原点而言的，也可以称为绝对坐标。此外，AutoCAD 还可以使用相对坐标形式。所谓相对坐标，在连续指定两个点的位置时，第二点以第一点为

基点所得到的相对坐标形式。相对坐标可以用直角坐标、柱坐标或球坐标表示，但要在坐标前加“@”符号。例如，某条直线起点的绝对坐标为（3，2，4），终点的绝对坐标为（8，7，7），则终点相对于起点的相对坐标为（@5，5，3），如图 1-6 所示。

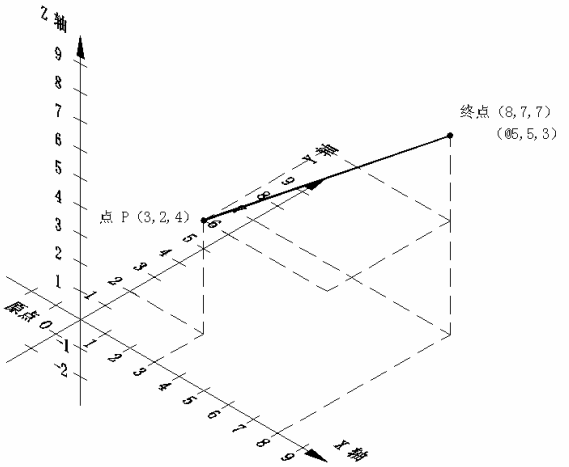


图 1-6　相对坐标示意图

1.1.3　构造平面与标高

1. 构造平面

构造平面是 AutoCAD 三维空间中一个特定的平面，一般为三维坐标系中的 XOY 平面。构造平面主要用于放置二维对象和对齐三维对象。通常，创建的二维对象都位于构造平面上，栅格也显示在构造平面上，如图 1-7 所示。

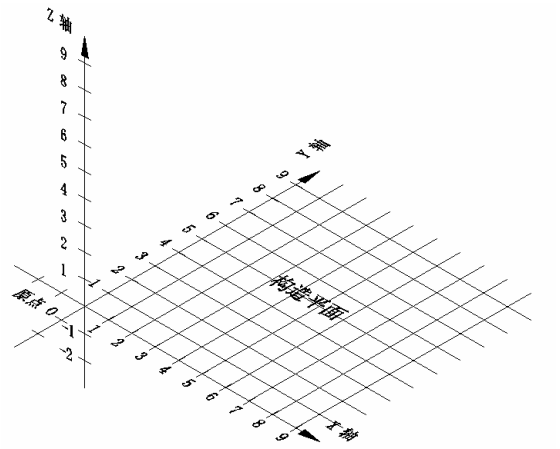


图 1-7　构造平面示意图

三维绘图时，如果没有指定 Z 轴坐标，或直接使用光标在屏幕上拾取点，则该点的 Z 坐标将与构造平面的标高保持一致。默认情况下，构造平面为三维坐标系中的 XOY 平面，即构造平面的标高为 0。也可以改变构造平面的标高，可直接在与 XOY 平面相平行的平面上绘

图。

2．标高

标高是指 AutoCAD 中默认的 Z 坐标值，默认情况下的标高值为 0。当在命令行中只输入坐标点的 x、y 值，或使用光标在屏幕上拾取点时，AutoCAD 自动将该点的 Z 坐标值指定为当前的标高值。

设置标高的命令调用方式和执行过程为：

- 命令行：ELEV

```
命令:ELEV
指定新的默认标高 <0.0000>:
指定新的默认厚度 <0.0000>:
```

使用 ELEV 命令，可以重新设置当前的默认标高和默认厚度。其中厚度的概念详见第 2 章。

注意：当坐标系发生变化时，AutoCAD 自动将标高设置为零。

AutoCAD 将标高值保存在系统变量 ELEVATION 中，可以直接修改该系统变量，从而改变当前的标高设置。

1.2　世界坐标系和用户坐标系

在 AutoCAD 的三维空间中，可以使用两种类型的三维坐标系。一种是固定不变的世界坐标系，一种是可移动的用户坐标系。可移动的用户坐标系对于输入坐标、建立图形平面和设置视图非常有用。对于用户坐标系，可以进行定义、保存、恢复、删除等操作。

1.2.1　世界坐标系和用户坐标系

1．世界坐标系（WCS）

在 AutoCAD 的每个图形文件中，都包含一个惟一的、固定不变的、不可删除的基本三维坐标系，这个坐标系被称为世界坐标系（WCS，World Coordinate System）。WCS 为图形中所有的图形对象提供了一个统一的度量。

当使用其他坐标系时，可以直接使用世界坐标系的坐标，而不必更改当前坐标系。使用方式是在坐标前加“*”号，表示该坐标为世界坐标。例如，无论在哪个坐标系中，坐标（*10，10，10）都表示世界坐标系的点（10，10，10）。

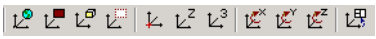
2．用户坐标系（UCS）

在一个图形文件中，除了 WCS 之外，AutoCAD 还可以定义多个用户坐标系（UCS，User Coordinate System）。顾名思义，用户坐标系是可以由用户自行定义的一种坐标系。在 AutoCAD 的三维空间中，可以在任意位置和方向指定坐标系的原点、XOY 平面和 Z 轴，从而得到一个新的用户坐标系。

1.2.2 创建用户坐标系

在 AutoCAD 中，可以使用多种方法创建 UCS，新建的 UCS 将成为当前 UCS。

新建 UCS 的命令调用方式和执行过程为：

- 菜单：“工具”→“新建 UCS”→“世界”、“对象”、“面”、“视图”、“原点”、“Z 轴矢量”、“三点”、“X”、“Y”、“Z”、“应用”。
- 工具栏：“UCS”→ 。
- 命令行：UCS。

```
命令: UCS
当前 UCS 名称: *没有名称*
输入选项
[新建(N)/移动(M)/正交(G)/上一个(P)/恢复(R)/保存(S)/删除(D)/应用(A)/?/世界(W)] <世界
>: n
指定新 UCS 的原点或 [Z 轴(ZA)/三点(3)/对象(OB)/面(F)/视图(V)/X/Y/Z] <0,0,0>:
```

UCS 命令包括以下几种命令选项：

（1）选择“世界（W）”命令选项，可以将当前 UCS 设置为 WCS。

（2）选择“新建（N）”命令选项，可以直接指定新 UCS 的原点，AutoCAD 将根据原来 UCS 的 X、Y 和 Z 轴方向和新的原点定义新的 UCS，即相当于平移原来的 UCS，如图 1-8 所示。

（3）选择“新建（N）”命令选项，然后选择“Z 轴（ZA）”命令选项，可以指定 Z 轴正半轴，从而定义新 UCS。

首先需要指定新 UCS 的原点，原来的 UCS 将平移到该原点处。然后指定新建 UCSZ 轴正半轴上的点，从而确定新建 UCS 的方向，如图 1-9 所示。

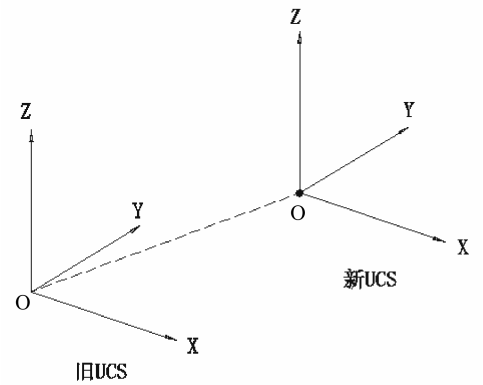


图 1-8 指定原点创建 UCS

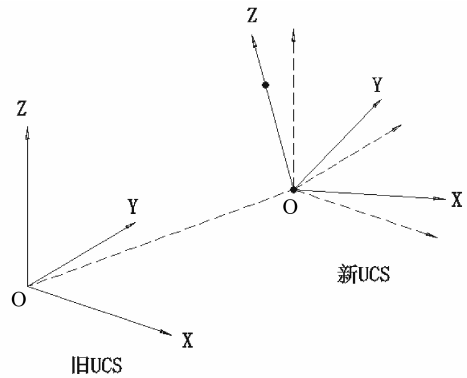


图 1-9 指定 Z 轴创建 UCS

（4）选择“新建（N）”命令选项，然后选择“三点（3）”命令选项，可以指定新 UCS 的原点及其 X 和 Y 轴的正方向，AutoCAD 将根据右手定则确定 Z 轴。

用户依次指定新 UCS 的原点、X 轴正方向上一点和 Y 轴正方向上一点，AutoCAD 根据这三点得到 UCS 的 XY 平面，然后由右手定则自动确定 UCS 的 Z 轴，如图 1-10 所示。

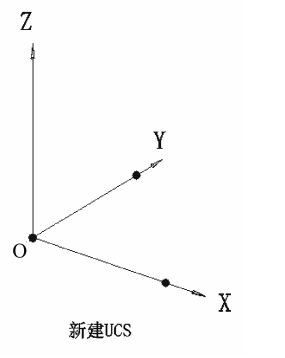


图 1-10　指定三点创建 UCS

（5）选择“新建（N）”命令选项，然后选择“对象（OB）”命令选项，AutoCAD 将根据用户指定的对象定义 UCS。

在图形中选择图形对象时，AutoCAD 根据不同的对象类型选择相应的方法定义 UCS，其中新 UCS 的 Z 轴正方向与选定对象的正法向保持一致，一些典型的定义方法见表 1-1。

表 1.1　根据对象定义 UCS 的方法

对　　象	定义方法
点	新建 UCS 的原点将位于该点。
直线	新建 UCS 的原点位于离选择点最近的端点，AutoCAD 选择新的 X 轴使该直线位于新 UCS 的 XZ 平面中，并且使该直线的第二个端点在新 UCS 中 Y 坐标为零。
宽线	新建 UCS 的原点位于宽线的起点，X 轴沿宽线的中心线方向。
圆弧	新建 UCS 的原点位于圆弧的圆心,X 轴通过距离选择点最近的圆弧端点。
圆	新建 UCS 的原点位于圆的圆心，X 轴通过选择点。
二维多段线	新建 UCS 的原点位于多段线的起点，X 轴沿起点到下一顶点的方向。
二维填充	新建 UCS 的原点位于二维填充的第一点，新 X 轴沿前两点之间的连线方向。
标注	新建 UCS 的原点位于标注文字的中点，X 轴的方向平行于绘制该标注时生效的 UCS 的 X 轴。
三维面	新建 UCS 的原点位于三维面的第一点，X 轴沿前两点的连线方向，Y 的正方向取自第一点和第四点，Z 轴由右手定则确定。
形、文字、块参照、属性定义	新建 UCS 的原点位于该对象的插入点，X 轴由对象绕其拉伸方向旋转定义，用于建立新 UCS 的对象在新 UCS 中的旋转角度为零。

选择圆对象创建 UCS 的示例如图 1-11 所示。

（6）选择“新建（N）”命令选项，然后选择“面（F）”命令选项，可以选择实体对象中的面定义 UCS。

用户可以选择实体对象上的任意一个面，被选中的面将亮显，如果此时选择命令提示后的“接受”选项，则 AutoCAD 将该面作为 UCS 的 XOY 面，X 轴将与最近的边对齐，从而

定义 UCS。选择长方体上表面创建 UCS 的示例如图 1-12 所示。

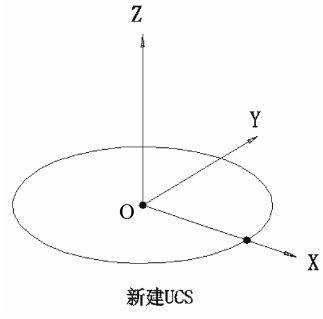


图 1-11　根据对象创建 UCS

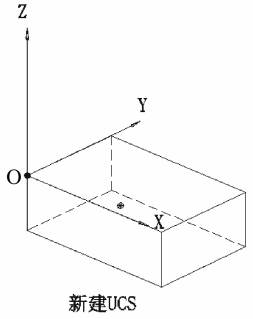


图 1-12　根据实体的面创建 UCS

也可以选择“X 轴反向（X）”或“Y 轴反向（Y）”选项，将 UCS 绕 X 轴或 Y 轴旋转 180°，或者选择“下一个（N）”选项，AutoCAD 将亮显实体其他面来定义 UCS。

（7）选择“新建（N）”命令选项，然后选择“视图（V）”命令选项，可以以平行于屏幕的平面为 XY 平面定义 UCS，UCS 原点保持不变。示例如图 1-13 所示。

（8）选择“新建（N）”命令选项，然后选择“X”、“Y”或“Z”，可以绕相应的坐标轴旋转 UCS，从而得到新的 UCS。

用户可以指定绕旋转轴旋转的角度，可以输入正或负的角度值，AutoCAD 根据右手定则确定旋转的正方向，绕 X 轴旋转后创建 UCS 的示例如图 1-14 所示。

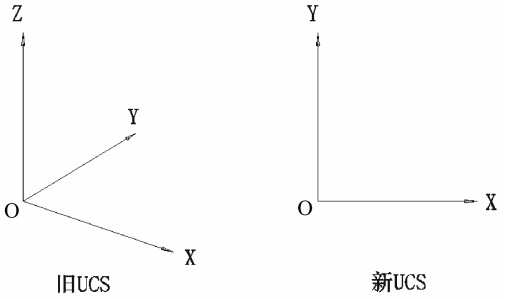


图 1-13　根据当前视图创建 UCS

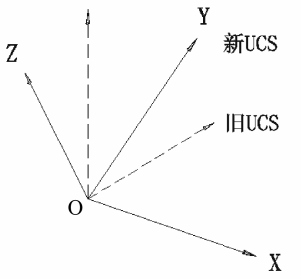


图 1-14　绕坐标轴旋转创建 UCS

（9）选择“应用（A）”命令选项，可以在多视口的情况下指定 UCS 的应用范围。

也可以在屏幕上选择应用 UCS 的视口，或选择命令行提示中的“所有（A）”命令选项，将当前 UCS 应用到所有活动视口中。

系统变量 UCSVP 系统变量确定 UCS 是否随视口一起保存，取值为 0 时，UCS 反映当前视口的 UCS 状态；取值为 1 时，UCS 将存储在视口中并独立于当前视口的 UCS 状态。

1.2.3　用户坐标系的管理

1．命令行方式

除了使用 UCS 命令创建新的 UCS 之外，还可以利用该命令对 UCS 进行管理：

命令:UCS

```
当前 UCS 名称: *没有名称*
输入选项
[新建(N)/移动(M)/正交(G)/上一个(P)/恢复(R)/保存(S)/删除(D)/应用(A)/?/世界(W)] <世界
>:
```

（1）选择“移动（M）”命令选项，可以将当前 UCS 平移。

```
[新建(N)/移动(M)/正交(G)/上一个(P)/恢复(R)/保存(S)/删除(D)/应用(A)/?/世界(W)] <世界
>: m
指定新原点或 [Z 向深度(Z)] <0,0,0>:z
指定 Z 向深度 <0>:
```

也可以直接指定一个新的原点，当前 UCS 将平移到新原点处。也可以选择“Z 向深度（Z）”命令选项，指定 UCS 的 Z 轴深度，将当前 UCS 沿 Z 轴的正方向或负方向移动。

还可以选择菜单“工具”→“移动 UCS”，来实现同样的操作。

（2）选择“正交（G）”命令选项，可以选择使用 AutoCAD 中六个预置的正交 UCS 之一。

```
[新建(N)/移动(M)/正交(G)/上一个(P)/恢复(R)/保存(S)/删除(D)/应用(A)/?/世界(W)] <世界
>: g
输入选项 [俯视(T)/仰视(B)/主视(F)/后视(BA)/左视(L)/右视(R)] <俯视>:
```

选择相应的命令选项使用正交 UCS。默认情况下，AutoCAD 根据世界坐标系（WCS）的原点和方向确定正交 UCS 的方向。也可以指定以其他命名 UCS 作为基准设置正交 UCS。系统变量 UCSBASE 中保存命名 UCS 的名称，默认值为“WORLD”，即使用 WCS 进行正交设置。

可以选择菜单“工具”→“正交 UCS”子菜单中的各个菜单项，来实现同样的操作。

（3）选择“上一个（P）”命令选项，可以恢复上一个 UCS。

AutoCAD 分别保存模型空间中创建的最后 10 个 UCS 和图纸空间中创建的最后 10 个 UCS，可以依次恢复这些 UCS。

（4）选择“恢复（R）”命令选项，可以恢复已保存的 UCS。

也可以指定某个命名的 UCS，将其恢复为当前 UCS。选择“？”选项可以列出已命名的 UCS 名称。

（5）选择“保存（S）”命令选项，可以将当前 UCS 命名保存。

也可以指定 UCS 的名称，AutoCAD 将当前 UCS 以此为名保存在图形中。选择“？”选项可以列出已命名的 UCS 名称。

（6）选择“删除（D）”命令，可以删除指定的命名 UCS。

（7）选择“？”命令选项，可以在文本窗口中列表显示用户指定的 UCS。

也可以指定某个命名的 UCS 列表显示，或选择“*”命令选项显示所有命名 UCS。AutoCAD 将显示每个 UCS 的原点和 X、Y、Z 轴方向。

2．对话框方式

AutoCAD 还提供了一个对话框形式的 UCS 管理命令，同样可以对 UCS 执行保存、恢复、删除、查看等操作，同时，还可以设置 UCS 的图标。

管理 UCS 的命令调用方式和执行过程为：

- 菜单：“工具”→“命名 UCS”或“工具”→“正交 UCS”→“预置”。
- 工具栏：“UCS”或“UCS II”→ 。
- 命令行：UCSMAN。

该命令将打开“UCS”对话框，该对话框包含三个选项卡，分别用于对 UCS 的管理和设置。

（1）“UCS”对话框的“命名 UCS”选项卡如图 1-15 所示。

①在“当前 UCS”文本中，显示了当前 UCS 的名称，如果当前 UCS 还没有命名，则显示为“未命名”。

②在 UCS 名称列表中，显示了当前图形中所有命名的 UCS。如果当前 UCS 没有命名，则列表中显示“未命名”项表示当前 UCS。

UCS 名称列表中始终包含“世界”列表项，表示 WCS。如果图形中包含多个 AutoCAD 自动保存的 UCS，则列表中包含“上一个”列表项，表示自动保存的上一个 UCS。

③选择某个列表项，然后单击“置为当前”按钮，可以恢复指定的坐标系。例如，选择“世界”列表项，可以恢复 WCS。选择“上一个”列表项，可以恢复上一个 UCS。利用“上一个”列表项，可以依次恢复 AutoCAD 保存的最近 10 个 UCS。

④选择某个列表项，然后单击“详细信息”按钮，在弹出的对话框中可以显示指定坐标系的坐标轴和原点的相关信息，如图 1-16 所示。

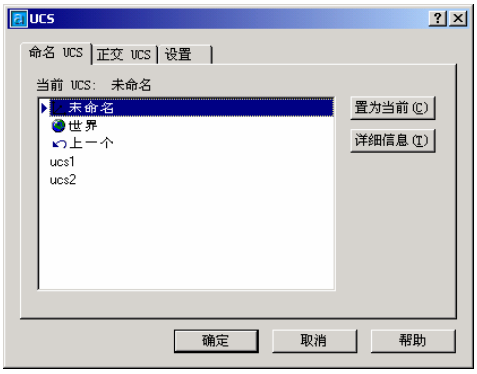


图 1-15 “命名 UCS”选项卡

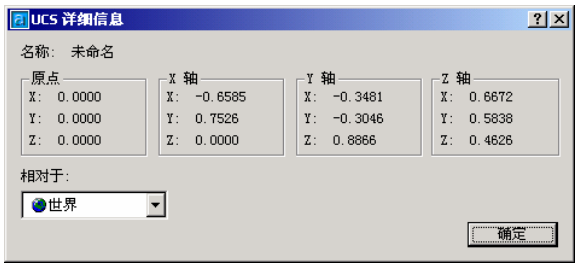


图 1-16 坐标系的详细信息

a．在“名称”文本中，显示指定坐标系的名称。

b．在“原点”组框中，显示指定坐标系的原点。

c．在“X 轴”组框中，显示指定坐标系 X 轴的方向。

d．在“Y 轴”组框中，显示指定坐标系 Y 轴的方向。

e．在“Z 轴”组框中，显示指定坐标系 Z 轴的方向。

f．在“相对于”下拉列表中，可以指定用于计算原点、X 轴、Y 轴和 Z 轴的基准坐标系。

⑤选择某个列表项，然后单击右键弹出快捷菜单，选择“重命名”菜单项，可以改变指定坐标系的名称。“世界”和“上一个”坐标系不能被重命名。可对当前“未命名”的坐标系重命名，并将其命名保存在图形中。

⑥选择某个列表项，然后单击右键弹出快捷菜单，选择“删除”菜单项，可以删除指定

的坐标系。“未命名”、“世界”和“上一个”坐标系不能被删除。

（2）“UCS”对话框的“正交 UCS”选项卡如图 1-17 所示。

①在正交 UCS 表中，列出了六种正交 UCS 的名称和深度。其中深度是指正交 UCS 的 XY 平面与通过“相对于”下拉列表中指定的基准坐标系原点的平行平面之间的距离。

②“置为当前”和“详细信息”按钮功能，以及“相对于”下拉列表的作用如前所述。

③选择某个列表项，然后单击右键弹出快捷菜单，选择“重置”菜单项，可以恢复选定正交 UCS 的原点，原点将恢复到相对于指定基准坐标系的默认位置（0,0,0）。

④选择某个列表项，然后单击右键弹出快捷菜单，选择“深度”菜单项，在弹出的对话框中可以设置指定的正交 UCS 的深度，如图 1-18 所示。



图 1-17　“正交 UCS”选项卡

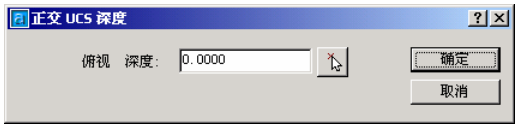


图 1-18　改变正交 UCS 的深度

（3）“UCS”对话框的“设置”选项卡如图 1-19 所示。

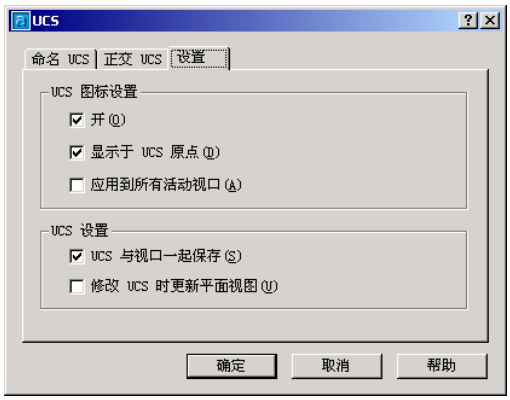


图 1-19　“设置”选项卡

①在“UCS 图标设置”组框中，可以对 UCS 的图标显示进行设置。

a．选中“开”复选框，在屏幕上将显示 UCS 图标；取消该复选框，则不显示 UCS 图标。

b．选中“显示于 UCS 原点”，将在 UCS 原点处显示 UCS 图标；取消该复选框或在视口中坐标系的原点隐藏，UCS 图标将显示在视口的左下角。

c．选中“应用到所有活动视口”，UCS 图标设置将应用到当前图形中的所有活动视口中；取消该复选框，将只应用到当前活动视口中。

②在“UCS 设置”组框中，可以指定修改 UCS 设置时的更新方式。

a．选中“UCS 与视口一起保存”复选框，可以将 UCS 设置与视口一起保存；取消该复选框，视口只反映当前视口的 UCS。此选项的设置保存在系统变量 UCSVP 中。

b．选择“修改 UCS 时更新平面视图”复选框，可以在修改视口中的坐标系中恢复平面视图；取消该复选框，则 UCS 的改变不对视图产生影响。此选项的设置保存在系统变量 UCSFOLLOW 中。

1.2.4 控制 UCS 图标的显示

在 AutoCAD 的图形窗口中，可以使用 UCS 图标来显示 UCS 的坐标轴方向和原点相对于观察方向的位置。AutoCAD 提供了多种形式的 UCS 图标，来表示 UCS 的类型、位置，并可以改变 UCS 图标的大小、位置和颜色等。

设置 UCS 图标的命令调用方式和执行过程为：

- 菜单：“视图”→“显示”→“UCS 图标”→“开”、“原点”、“特性”。
- 命令行：UCSICON。

```
命令: UCSICON
输入选项 [开(ON)/关(OFF)/全部(A)/非原点(N)/原点(OR)/特性(P)] <开>:
...
```

使用 UCSICON 命令可以对 UCS 图标的显示和特性进行如下设置：

（1）选择“开（ON）”命令选项，UCS 图标将显示在屏幕上。

（2）选择“关（OFF）”命令选项，UCS 图标将不显示在屏幕上。

（3）选择“全部（A）”命令选项，可以将对图标的修改应用到所有活动视口。否则，UCSICON 命令只影响当前视口。

（4）选择“非原点（N）”命令选项，此时不管 UCS 原点位于何处，都始终在视口的左下角处显示 UCS 图标。

（5）选择“原点（OR）”命令选项，UCS 图标将在当前坐标系的原点处显示。如果原点不在屏幕上，UCS 图标将显示在视口的左下角处。

（6）选择“特性（P）”命令选项，在弹出的“UCS 图标”对话框中，可以设置 UCS 图标的样式、大小和颜色等特性，如图 1-20 所示。

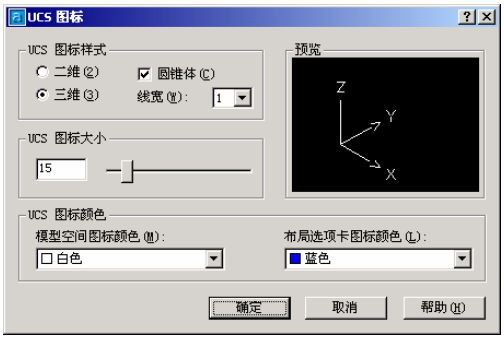
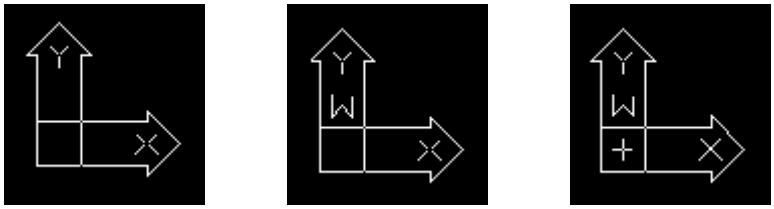


图 1-20 设置 UCS 图标

①在“UCS 图标样式”组框中，可以指定二维或三维 UCS 图标的显示及其外观。

a．选择“二维”单选按钮，可以将 UCS 图标设置为二维形式，如图 1-21 所示。

对于用户定义的 UCS，其二维 UCS 图标形式如图 1-21（a）所示。如果当前 UCS 与 WCS 相同，则其图标在原来的基础上增加一个“W”符号，如图 1-21（b）所示。此外，如果当前 UCS 图标位于 UCS 原点上时，在图标的底部将出现一个“+”符号，如图 1-21（c）所示。



（a）　（b）　（c）

图 1-21　二维 UCS 图标

在三维视图中，如果观察方向是俯视 UCS（沿 Z 轴正方向），则二维 UCS 图标的底部显示一个方框，如图 1-22（a）所示。而在仰视 UCS 时，UCS 图标中不显示该方框，如图 1-22（b）所示。



（a）　（b）

图 1-22　三维视图中的二维 UCS 图标

二维 UCS 图标还有一种特殊形式，即当沿着一个与当前 UCS 的 XY 平面平行的平面进行观察时，二维 UCS 图标将变成断笔图标，如图 1-23 所示。断笔图标的作用是提示用户不可在当前视图中使用定点设备指定坐标，因为此时构造平面与屏幕垂直，无法显示其上的图形对象。

b．选择“三维”单选按钮，UCS 图标将设置为三维形式，如图 1-24 所示。

对于用户定义的 UCS，其三维 UCS 图标如图 1-24（a）所示。如果当前 UCS 与 WCS 相同，则其图标在原来的基础上增加一个方框，如图 1-24（b）所示。此外，如果当前 UCS 图标位于 UCS 原点上时，在图标的原点处将显示一个“+”符号，如图 1-24 中（b）所示。

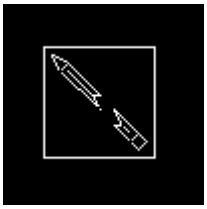
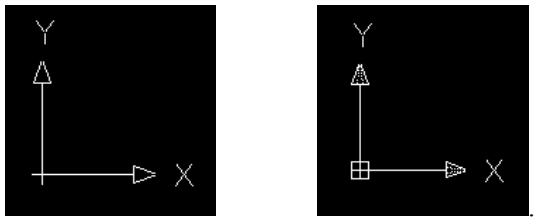


图 1-23　断笔图标



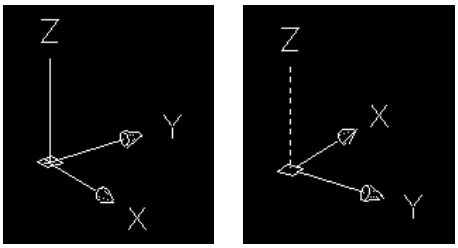
（a）　（b）

图 1-24　三维 UCS 图标

在三维视图中，如果观察方向是俯视 UCS（沿 Z 轴正方向），则三维 UCS 图标中的 Z 轴显示为实线，如图 1-25（a）所示。而在仰视 UCS 时，UCS 图标中 Z 轴显示为虚线，如图

1-25（b）所示。

c．选中“圆锥体”复选框，则三维 UCS 图标中的 X 轴和 Y 轴显示三维圆锥形箭头，参见图 1-25。取消该复选框，则显示为二维箭头，如图 1-26 所示。



（a） （b）

图 1-25 三维视图中的三维 UCS 图标

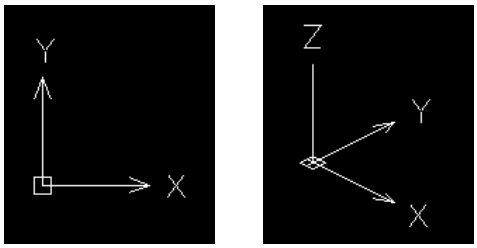


图 1-26 三维 UCS 的二维箭头形式

d．在“线宽”下拉列表中，可以设置三维 UCS 图标的线宽，可以选择 1、2 或 3 个像素宽度。

e．在 AutoCAD 的图纸空间中，UCS 图标显示为三角形，如图 1-27 所示。其中，图（a）中为二维 UCS 形式，图（b）中为三维 UCS 形式。

②在“UCS 图标大小”文本框中，可以按视口大小的百分比控制 UCS 图标的大小。默认值为 12，取值范围是 5～95。也可以使用滑动条进行设置。

③在“UCS 图标颜色”组框中，可以分别指定 UCS 图标在模型空间视口和图纸空间的布局选项卡中显示的颜色。

④在“预览”组框中，可以预览 UCS 图标在模型空间中的显示效果。

对 UCS 图标的设置结果将保存在系统变量 UCSICON 中，其具体取值及其含义详见附录 A。

注意：在三维空间中，除了使用 UCSICON 命令所设置的各种三维图标类型之外，在着色视图中还将显示三维着色 UCS 图标，如图 1-28 所示。



（a） （b）

图 1-27 图纸空间的 UCS 图标

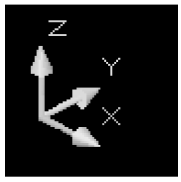


图 1-28 着色的三维 UCS 图标

1.3 三维视图

虽然 AutoCAD 中的模型空间是三维的，但只能在屏幕上看到二维的图像，并且只是三维空间的局部沿一定的方向在平面上的投影。根据一定的方向和一定的范围显示在屏幕上的图像称为三维视图。

为了能够在屏幕上从各种角度、各种范围观察图形时，需要不断地变换三维视图。

1.3.1　选择预置三维视图

AutoCAD 为用户预置了六种正交视图和四种等轴测视图，用户可以根据这些标准视图的名称直接调用，无需自行定义。

选择预置三维视图的命令调用方式和执行过程为：

- 菜单：“视图”→“三维视图”→“俯视”、“仰视”、“左视”、“右视”、“主视”、“后视”、“西南等轴测”、“东南等轴测”、“东北等轴测”、“西北等轴测”。
- 工具栏：“视图”→ 。
- 命令行：-VIEW。

```
命令:-VIEW
输入选项 [?/正交(O)/删除(D)/恢复(R)/保存(S)/UCS(U)/窗口(W)]:
...
```

如果用一个立方体代表三维空间中的三维模型，那么各种预置标准视图的观察方向如图 1-29 所示。

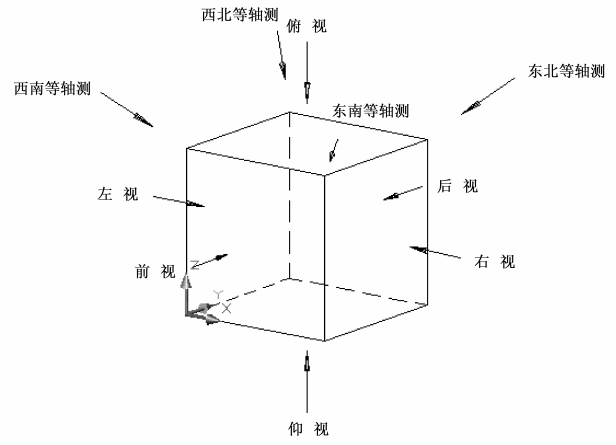


图 1-29　标准视图的观察方向

用户可以在-VIEW 命令中调用以下各种命令选项来使用相应的标准视图：

（1）输入“top”命令选项，可以生成俯视图。

```
输入选项 [?/正交(O)/删除(D)/恢复(R)/保存(S)/UCS(U)/窗口(W)]: top
正在重生成模型。
```

（2）输入“bottom”命令选项，可以生成仰视图。

（3）输入“left”命令选项，可以生成左视图。

（4）输入“right”命令选项，可以生成右视图。

（5）输入“front”命令选项，可以生成主视图。

（6）输入“back”命令选项，可以生成后视图。

（7）输入“swiso”命令选项，可以生成西南等轴测视图。

（8）输入“seiso”命令选项，可以生成东南等轴测视图。

（9）输入“neiso”命令选项，可以生成东北等轴测视图。

（10）输入“nwiso”命令选项，可以生成西北等轴测视图。

1.3.2 设置平面视图

平面视图是指查看坐标系 XY 平面（构造平面）的视图，相当于俯视图。AutoCAD 可以随时设置基于当前 UCS、命名 UCS 或 WCS 的平面视图。

设置平面视图的命令调用方式和执行过程为：

- 菜单：“视图”→“三维视图”→“平面视图”→“当前 UCS”、“世界 UCS”、“命名 UCS”。
- 命令行：PLAN。

```
命令:PLAN
输入选项 [当前 UCS(C)/UCS(U)/世界(W)] <当前 UCS>:
...
```

使用 PLAN 命令设置平面视图时，需要指定该平面视图的基准坐标系。

（1）选择“当前 UCS（C）”命令选项，可以生成基于当前 UCS 的平面视图，并自动进行范围缩放，以便所有图形都显示在当前视口中。

（2）选择“UCS（U）”命令选项，可以生成基于以前保存的命名 UCS 的平面视图。

用户可以输入命名 UCS 的名称，或选择“？”命令选项查看命名 UCS。

（3）选择“世界（W）”命令选项，可以生成基于 WCS 的平面视图，并自动进行范围缩放，以便所有图形都显示在当前视口中。

注意：PLAN 命令只影响当前视口中的视图，而且不影响当前的 UCS。在图纸空间中不能使用 PLAN 命令。

1.3.3 使用视点预置

视点可以看作是观察三维模型时观察方向的起点，从视点到观察对象的目标点之间的连线可以看作表示观察方向的视线。视点预置就是通过设置视线在 UCS 中的角度确定三维视图的观察方向。

视点预置命令的调用方式和执行过程为：

- 菜单：“视图”→“三维视图”→“视点预置”。
- 命令行：DDVPOINT。

调用该命令将显示如图 1-30 所示对话框。

在指定的 UCS 中，三维视图的观察方向可以用两个角度确定，一个是该方向在 XY 平面上与 X 轴的夹角，另一个是与 XY 平面的交角，如图 1-31 所示。

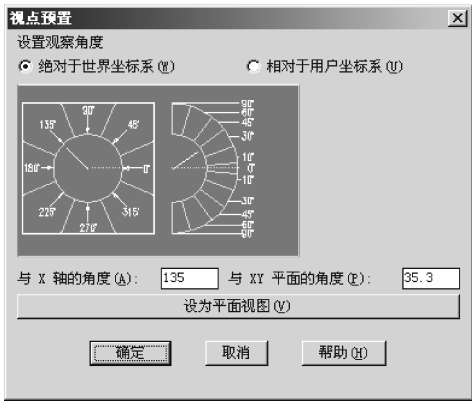


图 1-30　视点预置

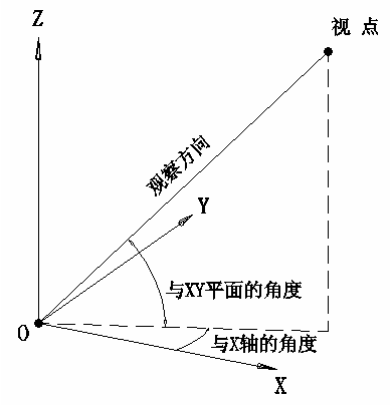


图 1-31　视图方向在 UCS 中的定位

在“视点预置”对话框中，可以通过这两个角度的设置来确定三维视图的方向。

（1）首先需要指定一个基准坐标系，作为设置观察方向的参照。

①选择“绝对于世界坐标系”单选按钮，可以相对于 WCS 设置查看方向，而不受当前 UCS 的影响。

②选择“相对于用户坐标系”单选按钮，可以相对于当前 UCS 设置查看方向。

用户的设置将保存在系统变量 WORLDVIEW 中。

（2）在“与 X 轴的角度”和“与 XY 平面的角度”文本框中，可以分别指定观察方向在基准 UCS 中与 X 轴的角度和与 XY 平面的角度。

用户也可以在其上部的图像控件中单击光标来指定新的角度，此时图像控件中将用一个白色的指针指示新角度，红色指针指示当前角度。

（3）单击“设为平面视图”按钮，可以将视图设置为相对于基准坐标系的平面视图，即俯视图。

1.3.4　设置视点

除了使用视点预置之外，还可以直接指定视点的坐标，或动态显示并设置视点。

设置视点的命令调用方式和执行过程为：

- 菜单：“视图”→“三维视图”→“视点”。
- 命令行：VPOINT。

```
命令:VPOINT
*** 切换至 WCS ***
当前视图方向:  VIEWDIR=1.0000,0.0000,0.0000
指定视点或 [旋转(R)] <显示坐标球和三轴架>:
*** 返回 UCS ***
```

使用 VPOINT 命令，可以用三种方式设置视点：

（1）直接指定视点的 X、Y 和 Z 三维坐标，AutoCAD 将以视点到坐标系原点的方向进行观察，从而确定三维视图。

（2）选择“旋转（R）”命令选项，可以分别指定观察方向与坐标系 X 轴的夹角和与 XY

平面的夹角。

（3）渲染“显示坐标球和三轴架”命令选项，将显示如图 1-32 所示的坐标球和三轴架。

坐标球是一个展开的球体，中心点是北极（0,0,n），内环是赤道（n,n,0），整个外环是南极（0,0,–n）。在坐标球上改变光标的位置时，三轴架根据光标在坐标球上的位置而实时发生变化，动态地显示出当前的观察方向。当找到合适的观察方向后，单击鼠标左键确定。

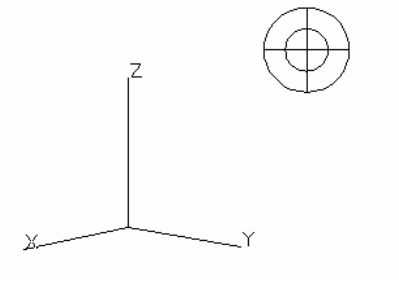


图 1-32　坐标球和三轴架

1.3.5　视图的命名与管理

1．命令行形式

前面已经介绍了使用—VIEW 命令设置标准视图，现在进一步讲述如何使用该命令对视图进行命名和管理。

视图命令的调用方式和执行过程为：

- 命令行：—VIEW

```
命令: —VIEW
输入选项 [?/正交(O)/删除(D)/恢复(R)/保存(S)/UCS(U)/窗口(W)]:
...
```

可以在—VIEW 命令中对视图进行以下各种操作：

（1）选择“？”命令选项，可以在文本窗口列表中显示所有命名视图。

（2）选择“删除（D）”命令选项，可以删除一个或多个指定的命名视图。

（3）选择“恢复（R）”命令选项，可以将指定的视图恢复到当前视口中。

在恢复命名视图时，如果 UCS 设置已与视图一起保存，它也被恢复。AutoCAD 还恢复已保存视图的中心点和放大比例。

（4）选择“保存（S）”命令选项，可以将当前视口中的视图命名保存。

保存视图时，将显示系统变量 UCSVIEW 的当前值，该系统变量控制着当前 UCS 是否随命名视图一起保存。

（5）选择“UCS（U）”命令选项，可以决定保存图形时是否保存当前 UCS 和标高设置。用户的选择将保存在系统变量 UCSVIEW 中。

（6）选择“窗口（W）”命令选项，可以将当前视图的一部分保存起来。

在屏幕上用光标指定两点确定一个矩形区域，AutoCAD 将该区域中的视图命名保存起来。

2．对话框形式

AutoCAD 还提供了对话框形式的视图命令，同样可以对视图进行命名保存、恢复、删除等操作。

命名视图命令的调用方式和执行过程为：

- 菜单：“视图”→“命名视图”。
- 工具栏：“视图”→ 。

● 命令行：VIEW。

调用该命令将显示如图 1-33 所示的对话框。

该对话框包括了两个选项卡，分别对命名视图和预置的标准视图进行操作。

（1）在“命名视图”选项卡中，可以创建、设置、重命名和删除命名视图。

①在“当前视图”文本中，显示当前视图的名称。

②在视图列表中显示所有命名视图的名称和其他各种信息。其中始终包含一个名为“当前”的列表项，表示当前视图。

在视图列表中，“位置”列表示各个视图位于模型空间还是图纸空间。“UCS”列表示与视图一起保存的 UCS 名称；如果该 UCS 没有命名，则显示为“未命名”；如果没有与视图一起保存 UCS，则 UCS 列为空。“透视”列表示各个视图是否为透视投影方式。

③在视图列表中选择某个视图，然后单击“置为当前”按钮，可以恢复选定的视图。

④单击“新建”按钮，在弹出的对话框中可以创建新的视图，如图 1-34 所示。

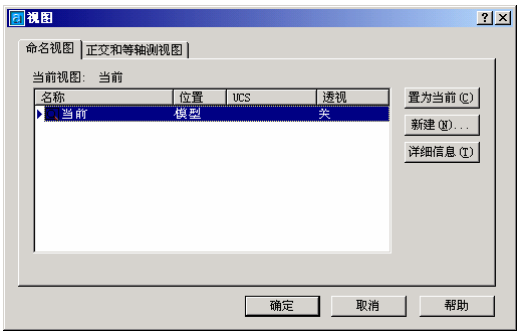


图 1-33　视图对话框

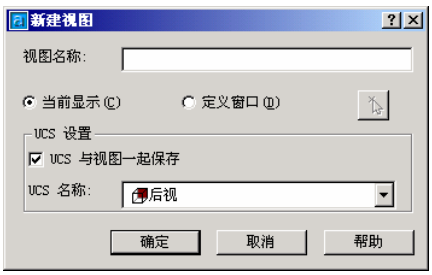


图 1-34　新建视图

a．在“视图名称”文本框中，可以指定视图的名称。

b．选择“当前显示”单选按钮，可以使用当前视图作为新的视图。

c．选择“定义窗口”单选按钮，可以单击按钮显示绘图窗口，通过指定两个对角点来定义视图的范围。

d．在“UCS 设置”组框中，选中“UCS 与视图一起保存”复选框，可以将 UCS 与新视图一起保存。此时，用户可以在“UCS 名称”下拉列表中，指定与新视图一起保存的 UCS。

⑤在“视图”对话框的视图列表中选择某个视图，然后单击“详细信息”按钮，可以在弹出的对话框中显示视图的详细信息，如图 1-35 所示。

a．在“名称”文本中，显示当前视图的名称。

b．在“区域”组框中，显示当前视图的宽度、高度和扭曲角度。

c．在“目标”组框中，显示当前视图的观察目标所在的位置。

d．在“方向”组框中，显示表示视图方向的法向矢量坐标。

e．在“剪裁”组框中，显示前向和后向剪裁距离，以及前向和后向剪裁平面的开关状态。

f．在“透视”组框中，显示当前视图的镜头长度，以及透视投影方式的开关状态。

g．在“相对于”下拉列表中，可以指定定义视图方向的基准坐标系。

⑥在“视图”对话框的视图列表中选择某个视图，单击右键弹出快捷菜单，选择“重命名”菜单项，可以重新设置视图的名称，通过对“当前”视图的重命名，可以将当前视图命

名保存在图形中；选择“删除”菜单项，可以删除指定的视图，当前视图不能被删除。

（2）在“正交和等轴测视图”选项卡中，可以恢复正交或等轴测视图，如图 1-36 所示。

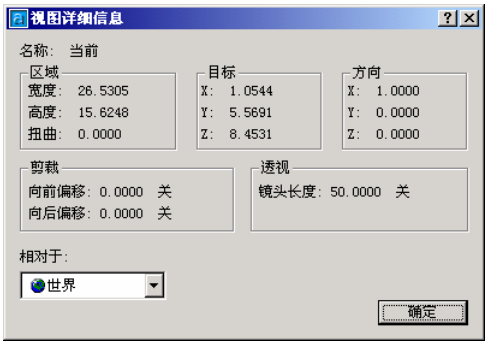


图 1-35 视图的详细信息

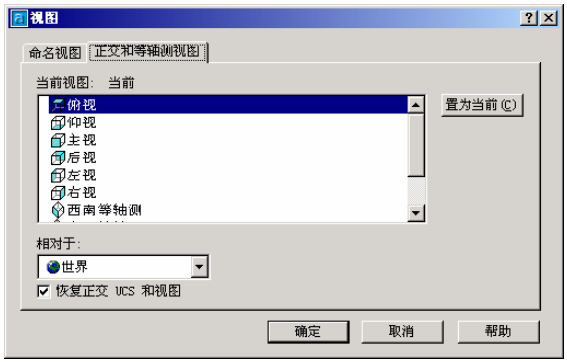


图 1-36 恢复正交和等轴测视图

1.4 模型视口

在 AutoCAD 中，视图是在视口中显示出来的。视口就是图形窗口中的一个特定区域，用于显示各种视图。通常情况下，在模型空间中整个图形窗口作为一个单一的视口，只能显示一个三维视图。同时也可以将图形窗口划分为多个视口，分别在各个视口中显示不同的视图。

通过设置多个视口，能够同时在屏幕上显示多个视图，从而可以从不同角度和范围显示三维模型，便于观察。AutoCAD 可以将视口配置命名保存在图形中，以便在以后的操作中随时调用。

1.4.1 设置模型视口

在图形窗口中可以创建多个视口，并且可以指定这些视口的数量、排列方式和显示的视图。一组视口的数目、排列方式及其相关设置称为“视口配置”。

设置模型视口的命令调用方式和执行过程为：

- 菜单：“视图”→“视口”→“新建视口”。
- 工具栏：“视口”→ 。
- 命令行：VPORTS。

调用该命令后将显示如图 1-37 所示的对话框。

在“视口”对话框的“新建视口”选项卡中，可以设置新的视口配置。

（1）在“新名称”文本框中，可以为新建的模型视口配置指定名称。也可以不指定名称，此时仍然可以使用新建的视口配置，但不能将其保存在图形中。

在保存视口配置时，将与视口排列一起保存如下信息：

①视口的编号和位置。

②视口包含的视图。

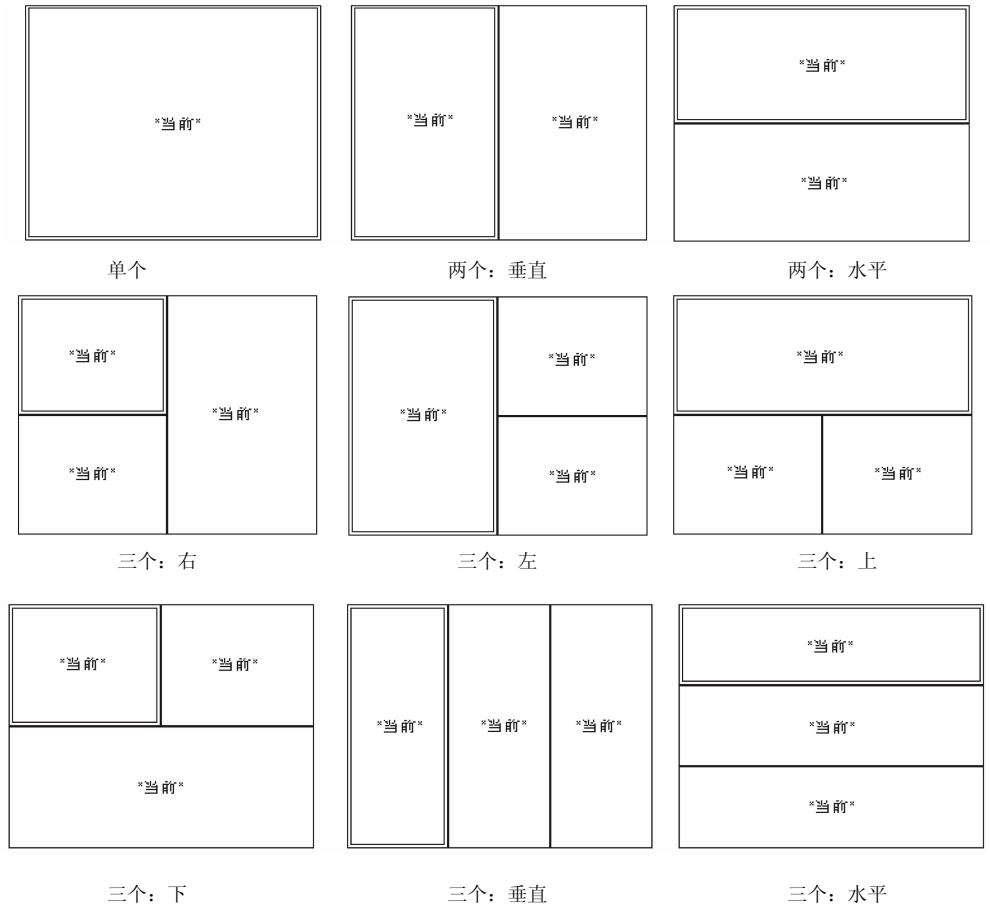
③每个视口的栅格和捕捉设置。

④每个视口的 UCS 图标显示设置。



图 1-37　设置模型视口

（2）在“标准视口”列表中，显示了当前的模型视口配置和各种标准视口配置，可以选择其中的标准视口配置并应用到当前图形窗口中。各种标准视口配置的布局如图 1-38 所示。



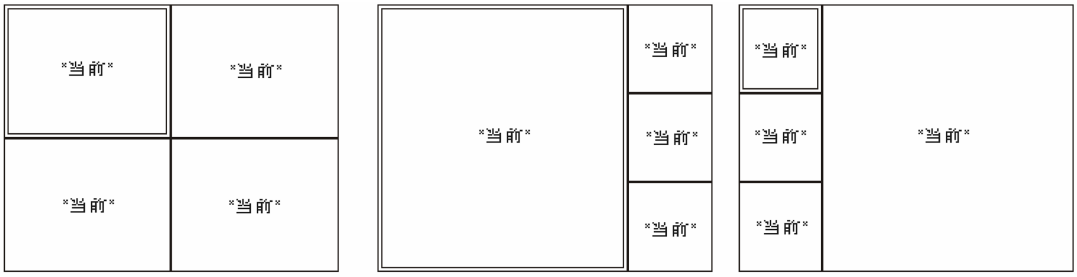


图 1-38　标准视口配置的布局

（3）在“应用于”下拉列表中，可以指定将在“标准视口”列表中选中的标准视口配置应用到整个图形窗口还是当前视口。选择“显示”列表项，可以在图形窗口中应用新的视口配置，来取代原来的视口；选择“当前视口”列表项可以只在当前视口应用新的视口配置，即在原来视口配置的基础上生成新的视口。

（4）在“设置”下拉列表中，如果选择“2D”列表项，则新的视口配置中均使用当前的视图；如果选择“3D”列表项，则根据选中的标准视口配置，使用一组相应的标准正交三维视图。

（5）在“预览”组框中，在图像控件中显示了当前视口配置的预览图像，并在每个视口中给出了该视口所显示的视图名称。或者直接在图像控件单击某个视口，将其设为当前视口。

在“修改视图”下拉列表中，可以指定当前视口所使用的视图。例如，在具有四个视口的视口配置中，使用三维视图设置，可以分别在各个视口中使用指定的三维视图，如图 1-39 所示。



图 1-39　在视口中指定视图

1.4.2　多视口的应用

1．当前视口

当图形窗口中设置了多个视口时，不能同时在多个视口中进行操作，而只能在其中的某

一个视口中输入光标和执行视图命令，这个视口被称为当前视口。

如果需要将某个视口置为当前视口，在该视口范围内单击鼠标左键即可。此外，也可以按组合键 CTRL+R 在所有视口中循环切换当前视口。

为了将当前视口和其他视口区分开来，AutoCAD 将当前视口的边缘高亮显示。此外，在当前视口中，光标的形状为十字形；而在其他视口中，光标的形状为箭头。

2．视口中的 UCS

当图形窗口中设置了多个视口时，每个视口中可以显示不同的视图，也可以显示不同的 UCS。此外，也可以根据需要设置各个视口共同使用当前的 UCS。

每个视口中的 UCS 设置由系统变量 UCSVP 所控制。如果将某个视口的 UCSVP 系统变量设置为 1，则该视口中的 UCS 与视口一起保存，而不受其他视口中 UCS 的影响；如果将 UCSVP 系统变量设置为 0，则该视口中的 UCS 将与当前视口中的 UCS 保持一致，当当前视口发生变化时，该视口中的 UCS 也随之发生变化。

注意，每个视口中都保存了自身的 UCSVP 系统变量值，因此，需要分别改变每个视口的 UCSVP 取值来控制该视口的 UCS。

3．在不同的视口中绘图

虽然在多个视口中只能在当前的视口进行操作，但 AutoCAD 可在操作过程中切换当前视口，从而可以在不同视口中绘制相同图形。例如，当在多个视口中绘制一条直线对象时，在确定直线的第一个端点后，可以将当前视口切换到其他视口，然后在确定直线的另一个端点。使用这种方法，可以绘制在同一视口中难于显示或定位的图形对象，而不必重新调整视图。

1.4.3　模型视口的拆分与合并

1．拆分视口

在图形窗口中当前视口配置的基础上，可以对当前视口应用新的视口配置，即可以对当前视口进行拆分。

（1）使用 VPORTS 命令进行视口配置时，在“视口”对话框中“应用于”下拉列表选择“当前视口”列表项，可以按新的视口配置对当前视口进行拆分。

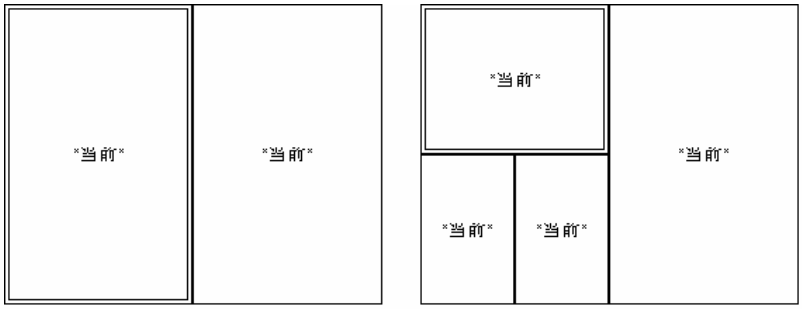
（2）使用—VPORTS 命令进行视口配置时，可以直接选择“2”、“3”或“4”命令选项，使用相应的视口配置对当前视口进行拆分。

例如，原视口配置由水平两个视口组成，如图 1-40（a）所示。然后以左侧的视口作为当前视口，将其拆分为“三个：上”视口配置，拆分的结果如图 1-40（b）所示。

2．合并视口

如果当前图形窗口中包含有多个视口时，可以将其中两个邻接的视口合并为一个较大的视口。合并视口的命令调用方式和执行过程为：

- 菜单：“视图”→“视口”→“合并”。
- 命令行：—VPORTS。



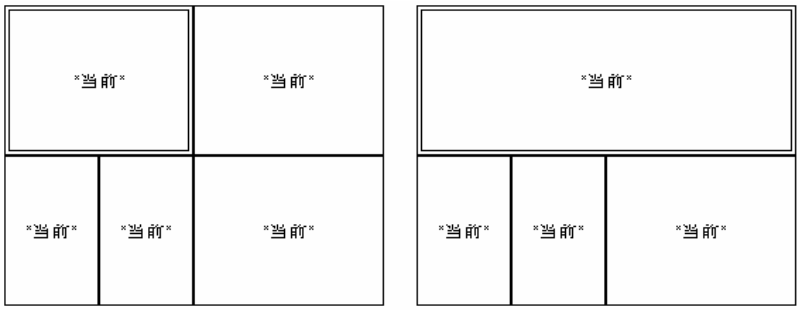
（a）原来的视口配置　　（b）拆分后的视口配置

图 1-40　视口的拆分

```
命令: —VPORTS
输入选项 [保存(S)/恢复(R)/删除(D)/合并(J)/单一(SI)/?/2/3/4] <3>:j
选择主视口 <当前视口>:
选择要合并的视口:
正在重生成模型。
```

合并后的视口将显示主视口中的视图。

例如，原视口配置如图 1-41（a）所示，将其左上角的视口作为主视口，其右上角的视口作为要合并的视口，合并后的视口配置如图 1-41（b）所示。



（a）原来的视口配置　　（b）合并后的视口配置

图 1-41　视口的合并

注意：只有两个相邻的视口合起来为一个矩形时，才能够将其合并。

1.4.4　命名模型视口配置的管理

在设置新的视口配置时，如果用户为其指定了名称，则该视口配置将命名保存在图形中。对于图形中已保存的所有命名视口，则可以使用 VPORTS 命令进行管理。

管理命名模型视口的命令调用方式和执行过程为：

- 菜单：“视图”→“视口”→“命名视口”。
- 工具栏：“视图”→ 。
- 命令行：VPORTS。

调用该命令后将显示如图 1-42 所示的对话框。

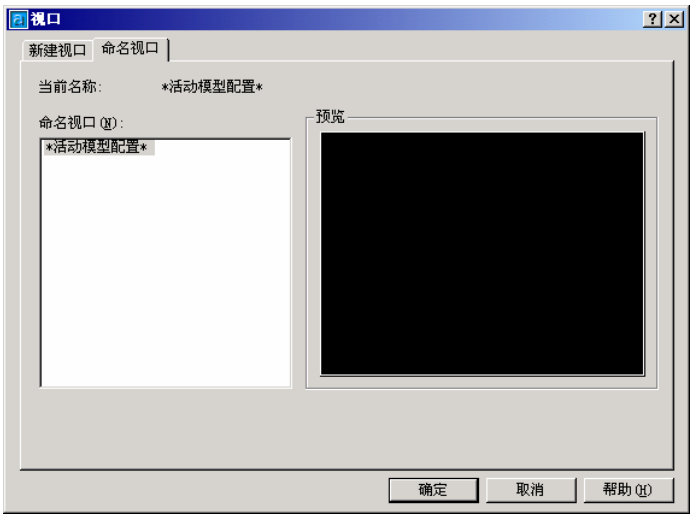


图 1-42　命名视口的管理

在“视口”对话框的“命名视口”选项卡中，可以对图形中所有命名视口配置进行管理。

（1）在“当前名称”文本中，显示当前视口配置的名称。

（2）在“命名视口”列表中，显示当前图形中命名保存的所有视口配置。

（3）在“命名视口”列表中选择某一命名视口，然后单击右键弹出快捷菜单，并选择“重命名”菜单项，可以改变该视口配置的名称。

（4）在“命名视口”列表中选择某一命名视口，然后单击右键弹出快捷菜单，并选择“删除”菜单项，可以删除该视口配置。

（5）在“预览”组框中的图像控件中，可以显示“命名视口”列表中指定视口配置的预览图像。

思　考　题

1．如何设置构造平面在三维空间中的位置。

2．视图与 UCS 的关系。

3．视图与视口的区别。

第 2 章　基本的三维对象

本章主要介绍 AutoCAD 中的基本三维对象。AutoCAD 中的三维对象可分为三种类型，即线框对象、曲面对象和实体对象。其中，对于曲面对象和实体对象，AutoCAD 提供了多种预定义的基本形式。

2.1　AutoCAD 的三维对象

AutoCAD 中的三维对象分别线框对象、曲面对象和实体对象三种类型，每种类型的对象的特点和作用都有所不同。

2.1.1　三维线框对象概述

线框对象是指用点、直线和曲线表示三维对象边界的 AutoCAD 对象。使用线框对象构建三维模型，可以很好地表现出三维对象的内部结构和外部形状，但不能支持隐藏、着色和渲染等操作。此外，由于构成线框模型的每个对象都必须单独绘制和定位，因此，这种建模方式最为费时。

在 AutoCAD 中构建线框模型时，可以使用三维多段线、三维样条曲线等三维对象，也可以通过变换 UCS 在三维空间中创建二维对象。

虽然构建线框模型较为复杂，且不支持着色、渲染等操作，但使用线框模型可以具有以下几种作用：

- 可以从任何有利位置查看模型。
- 自动生成标准的正交和辅助视图。
- 易于生成分解视图和透视图。
- 便于分析空间关系。

2.1.2　设置对象的厚度

对象的厚度是图形对象与所在平面垂直方向上的拉伸距离。正的厚度表示向上拉伸，负的厚度则表示向下拉伸。线框对象指定不为零的厚度值，可以使线框对象生成表面，并能够进行消隐、着色和渲染。

AutoCAD 中默认的厚度设置为零，所创建的对象均使用系统默认的厚度设置。该值保存在系统变量 THICKNESS 中，可以通过修改该变量的取值来改变当前的默认厚度值。

此外，可使用 ELEV 命令设置系统的默认厚度值。对于已有的对象，可以通过特性窗口来查看和修改其厚度设置。

注意：对于三维面、三维多段线、三维多边形网格、文本、属性、标注和视口等对象不能有厚度也不能被拉伸。

2.1.3　三维曲面对象概述

曲面对象比线框对象要复杂一些，因为曲面对象不仅包括对象的边界，还包括对象的表面。由于曲面对象具有面的特性，因此曲面对象支持隐藏、着色和渲染等功能。在 AutoCAD 中，曲面对象是使用多边形网格来定义的，因此 AutoCAD 的曲面对象并不是真正的曲面，而是由网格近似表示的。

由于曲面是由网格近似得到的，因此网格的密度决定了曲面的光滑程度。网格的密度越大，曲面越光滑，但同时也使数据量大大增加。用户可根据实际情况指定网格的密度。网格的密度由包含 M×N 个顶点的矩阵决定，类似于用行和列组成栅格，M 和 N 分别指定网格顶点的列和行的数量。

AutoCAD 提供了多种预定义的三维曲面对象，包括长方体表面、楔体表面、棱锥面、圆锥面、球面、下半球面、上半球面、圆环面和网格等。执行“绘图”→“曲面”→“三维曲面”命令，在弹出的对话框中可以选择并创建预定义的曲面对象，如图 2-1 所示。



图 2-1　预定义的三维曲面对象

除了预定义的三维曲面对象之外，AutoCAD 还提供多种创建网格曲面的方法。用户可以将二维对象进行延伸和旋转以定义新的曲面对象，也可以将指定的二维对象作为边界定义新的曲面对象。

2.1.4　三维实体对象概述

与线框对象和曲面对象相比，实体对象不仅包括对象的边界和表面，还包括对象的体积，因此具有质量、体积和质心等质量特性。

使用实体对象构建模型比线框和曲面对象更为容易，而且信息完整，歧义最少。此外，还可以通过 AutoCAD 输出实体模型的数据，提供给计算机辅助制造程序使用或进行有限元分析。

AutoCAD 提供了多种预定义的三维实体对象，包括长方体、圆锥体、圆柱体、球体、楔体和圆环体等，如图 2-2 所示。

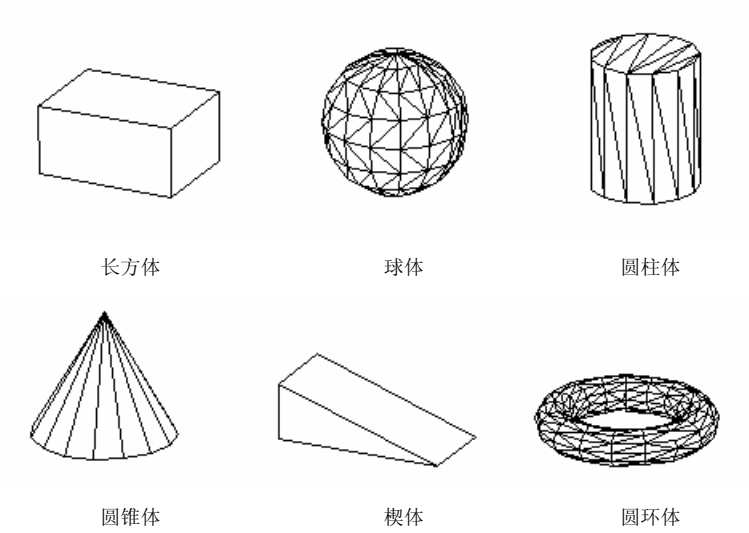


图 2-2　预定义的三维实体对象

除了预定义的三维实体对象之外，还可以将二维对象延伸或旋转来定义新的实体对象，也可以使用并、差和交等布尔操作创建各种组合实体。而对于已有的实体对象，AutoCAD 提供各种修改命令，可以对实体进行圆角、倒角、切割等操作，并可以修改实体对象的边、面、体等组成元素。

2.2　三维线框对象

三维线框对象包括三维点、三维直线和三维多段线等三维对象，也包括置于三维空间中的各种二维线框对象。

2.2.1　创建三维点

三维点是最简单的三维对象，创建三维点的过程与创建二维点相同，区别在于前者需要指定点的三维坐标。

创建三维点的命令调用方式和执行过程为：

- 菜单：“绘图”→“点”→“单点”、“多点”。
- 工具栏：“绘图”→ 。
- 命令行：POINT。

```
命令:POINT
当前点模式:  PDMODE=0  PDSIZE=0.0000
指定点:
```

定义三维点的操作方法包括：

（1）使用键盘在命令行中输入三维点的三维坐标值，可以精确地定义一个三维点。用户

可以使用三维直角坐标、圆柱坐标、球面坐标以及它们的相对形式确定三维点。

（2）使用光标在绘图窗口中单击左键，可以确定一个三维点。该点的 X、Y 坐标为单击鼠标时光标位置处的 X、Y 坐标，该点的 Z 坐标为当前的标高值。

（3）利用对象捕捉模式在已有的三维对象上捕捉三维点。在二维制图中所用到的各种对象捕捉模式均可用于三维点的捕捉。

（4）利用点过滤器提取不同点的坐标分量构成新的三维点。

2.2.2　创建三维直线

三维直线可以是 AutoCAD 三维空间中任意两点的连线，因此，二维直线也就是限制在构造平面上的三维直线。可以通过指定直线的三维端点来避开构造平面的限制，从而能够在三维空间中的任意位置创建三维直线。

创建三维直线的命令调用方式和执行过程为。

- 菜单：“绘图”→“直线”。
- 工具栏：“绘图”→ 。
- 命令行：LINE。

```
命令:LINE
指定第一点:
指定下一点或 [放弃(U)]:
指定下一点或 [放弃(U)]:
指定下一点或 [闭合(C)/放弃(U)]:
```

创建三维直线的命令和操作过程与创建二维直线完全相同，惟一的区别在于直线的端点是三维点。用户可以使用创建三维点所用的各种方法指定三维直线的端点，从而确定三维空间中任意两点的连线，而不受构造平面的制约。

与创建三维直线类似，在使用 RAY 命令创建射线对象、使用 XLINE 命令创建构造线对象时，都可以直接通过指定三维点的方法创建三维射线和三维构造线。

2.2.3　创建三维多段线

在 AutoCAD 中，二维多段线对象和三维多段线对象有所不同。不仅创建二维多段线和三维多段线的命令不同，而且二维多段线只能在构造平面或与其平行的平面上创建，而三维多段线则可以直接在三维空间中创建。

创建三维多段线的命令调用方式和执行过程为：

- 菜单：“绘图”→“三维多段线”。
- 命令行：3DPOLY。

```
命令:3DPOLY
指定多段线的起点:
指定直线的端点或 [放弃(U)]:
指定直线的端点或 [放弃(U)]:
指定直线的端点或 [闭合(C)/放弃(U)]:
...
```

创建三维多段线的过程与创建二维多段线类似，可以依次指定多段线的各个端点，从而确定三维多段线的空间位置。也可以使用创建三维点所用的各种方法指定三维多段线的端点。

在创建三维多段线的过程中，类似于创建二维多段线，可以选择“放弃（U）”命令选项取消最后绘制的线段，或选择“闭合（C）”选项形成闭合的三维多段线并结束命令。与创建二维多段线不同的是，三维不能生成弧线段，而且也不能设置宽度。

2.2.4 在三维空间中创建二维对象

下面简单介绍在三维空间中创建二维对象的方法：

（1）对于多线、宽线和二维多段线等对象，可以直接在构造平面上创建。此外，还可以在与构造平面平行的平面上创建，具体方法是在指定多线、宽线或二维多段线的起点时，可以指定一个三维点，然后再确定其他点的二维坐标。AutoCAD 将通过对象起点并与构造平面平行的平面上创建二维对象，即二维对象的各点的 Z 坐标自动与起点的 Z 坐标保持一致。

（2）在三维空间中创建多边形和圆环对象时，可以将其中心点指定为任意的三维点，AutoCAD 将通过该点并与构造平面平行的平面上创建相应的二维对象。对于矩形对象，在创建过程中可以选择“标高（E）”命令选项，指定矩形对象的标高，AutoCAD 将在指定标高的平面上创建矩形对象。

（3）在三维空间中创建圆、圆弧和椭圆等对象，可以将第一点（可以是端点或中心点）指定为三维点，AutoCAD 将通过该点并与构造平面平行的平面上创建相应的二维对象。

（4）对于图案填充对象，AutoCAD 将对三维空间中指定的封闭区域在构造平面上的投影进行填充，并在构造平面上创建图案填充对象。例如，图 2-3 中显示了根据三维空间中的圆对象创建填充图案的示例。

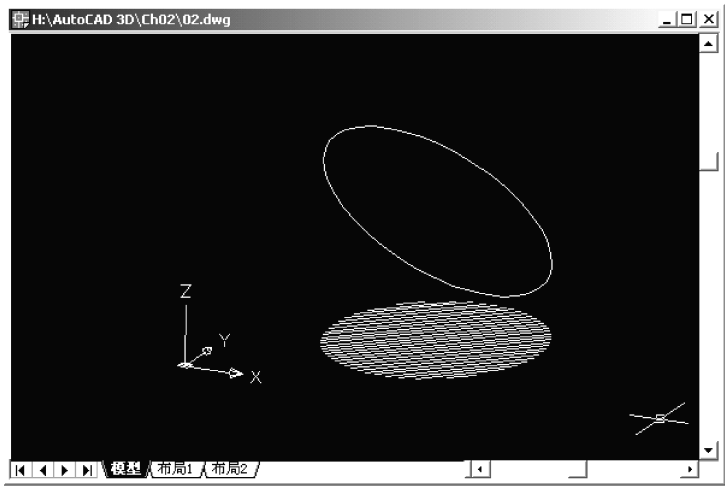


图 2-3 在三维空间中创建填充图案对象

（5）对于面域对象，则可以在三维空间中指定的封闭区域上直接创建，但要求该封闭区域必须在同一平面上。

（6）在三维空间中创建文字对象时，可以将其插入点指定为三维点，AutoCAD 将通过插入点并与构造平面平行的平面上创建相应的文字对象。

（7）在三维空间中对图形对象进行标注时，如果对三维对象进行线性、对齐、坐标、半径、直径、角度、基线和连续等标注时，AutoCAD 将对该对象在构造平面上的投影进行标注，并在构造平面上创建相应的标注对象。而对三维对象进行引线、公差和圆心标记标注的时，AutoCAD 将通过指定点并与构造平面平行的平面上创建相应的标注对象。

2.3　基本的三维曲面对象

AutoCAD 提供了一系列预定义的基本三维曲面对象，这些对象提供了各种常用的、规则的三维模型组件。

2.3.1　创建长方体表面

长方体表面是指定长、宽、高的长方体的六个表面，其中也包括立方体表面。

创建长方体表面的命令调用方式和执行过程为：

- 菜单：“绘图”→“曲面”→“三维曲面”。
- 工具栏：“曲面”→ 。
- 命令行：3D 或 AI_BOX。

```
命令:AI_BOX
正在初始化...  已加载三维对象。
指定角点给长方体表面:
指定长度给长方体表面:
指定长方体表面的宽度或 [立方体(C)]:
指定高度给长方体表面:
指定长方体表面绕 Z 轴旋转的角度或 [参照(R)]:
```

创建长方体表面时，其底面始终与当前 UCS 的 XY 平面相平行，并且其初始位置的长度、宽度和高度分别与当前 UCS 的 X、Y 和 Z 轴平行。在指定长方体的长度、宽度和高度时，正值表示向相应的坐标值正向延伸，负值表示向相应的坐标值负向延伸。最后，需要指定长方体表面绕 Z 轴的旋转角度，确定其最终位置。图 2-4 显示了构成长方体表面的各个几何要素的示意图。

在确定了长方体表面的角点和长度后，也可以选择“立方体（C）”命令选项创建立方体表面，AutoCAD 将宽度和高度设置为与长度相同的值。

无论是创建长方体表面还是正方体表面，都可以指定该对象的旋转角度。AutoCAD 将通过角点并与 Z 轴平行的直线作为旋转轴进行旋转，输入正的旋转角度将绕逆时针方向旋转，输入负的旋转角度将绕顺时针方向旋转。

在指定旋转角度时，也可以选择“参照（R）”命令选项，分别指定参照角和新角度，AutoCAD 将新角度与参照角的差值作为旋转角。

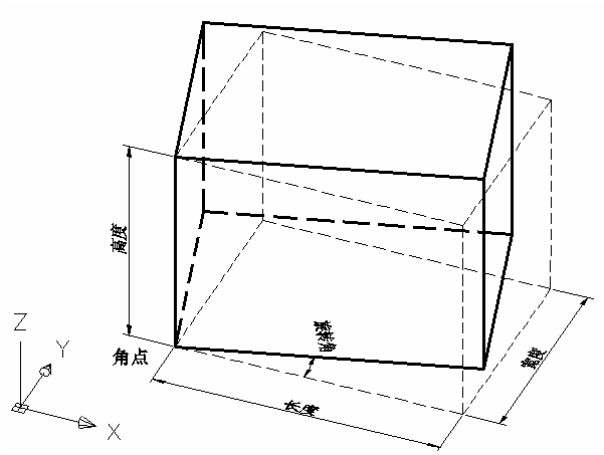


图 2-4 创建长方体表面

2.3.2 创建棱锥面

棱锥面是指棱锥体的表面，包括各种三棱锥、四棱锥以及三棱台、四棱台等各种三维对象的表面。

创建棱锥面的命令调用方式和执行过程为：

- 菜单：“绘图”→“曲面”→“三维曲面”。
- 工具栏：“曲面”→ 。
- 命令行：3D 或 AI_PYRAMID。

```
命令:AI_PYRAMID
指定棱锥面底面的第一角点:
指定棱锥面底面的第二角点:
指定棱锥面底面的第三角点:
指定棱锥面底面的第四角点或 [四面体(T)]:
指定棱锥面的顶点或 [棱(R)/顶面(T)]:
```

创建棱锥面时，根据不同的创建方法，将得到不同形式的棱锥面，具体来说包含以下几种：

（1）依次指定底面的四个角点后，再指定棱锥面的顶点，即根据 5 个点确定一个棱锥面，如图 2-5 所示。

（2）依次指定底面的四个角点后，选择“棱（R）”命令选项，分别指定两点定义棱锥面顶部的棱：

```
指定棱锥面的顶点或 [棱(R)/顶面(T)]:r
指定棱锥面棱的第一端点:
指定棱锥面棱的第二端点:
```

在指定棱锥面棱的第一和第二端点时，底面上与该点相连接的边将高亮显示，据此可以分别指定棱的两点端点，即根据 6 个点确定一个棱锥面，如图 2-6 所示。

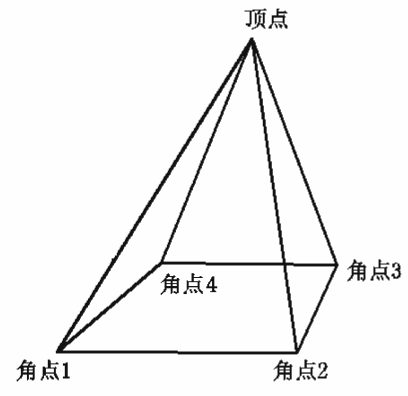


图 2-5　创建四棱锥表面

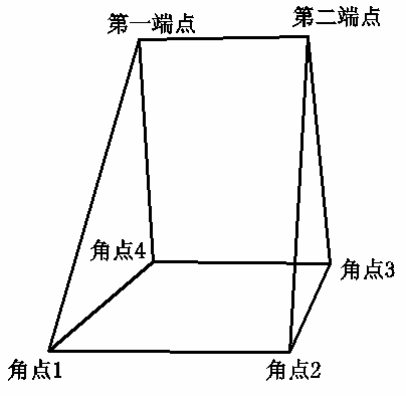


图 2-6　创建不规则的楔体表面

（3）依次指定底面的四个角点后，选择“顶面（T）”命令选项，可以再指定四个点定义棱锥面的顶面。

```
指定棱锥面的顶点或 [棱(R)/顶面(T)]:t
指定顶面的第一角点给棱锥面:
指定顶面的第二角点给棱锥面:
指定顶面的第三角点给棱锥面:
指定顶面的第四角点给棱锥面:
```

在指定棱锥面顶面的四个角点时，各个角点分别与底面上的四个角点一一对应，即根据 8 个点确定一个棱锥面，如图 2-7 所示。

（4）依次指定底面的三个角点后，选择“四面体（T）”命令选项，可以创建底面为三角形的棱锥面。

```
指定棱锥面底面的第四角点或 [四面体(T)]:t
指定四面体表面的顶点或 [顶面(T)]:
```

在确定了棱锥面的底面之后，可以直接指定棱锥面的顶点，即根据 4 个点确定一个棱锥面，如图 2-8 所示。

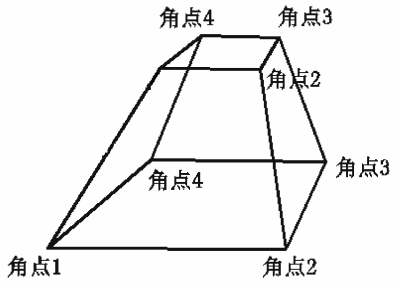


图 2-7　创建四棱台表面

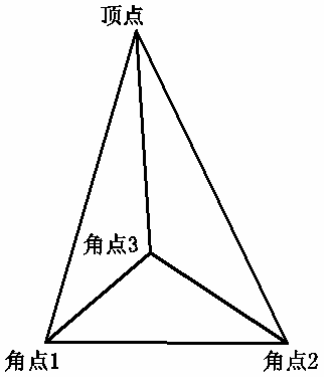


图 2-8　创建三棱锥表面

（5）依次指定底面的三个角点后，选择“四面体（T）”命令选项，创建底面为三角形的棱锥面，然后选择“顶面（T）”命令选项，创建顶面也为三角形的棱锥面。

```
指定棱锥面底面的第四角点或 [四面体(T)]:t
指定四面体表面的顶点或 [顶面(T)]:t
指定顶面的第一角点给四面体表面:
指定顶面的第二角点给四面体表面:
指定顶面的第三角点给四面体表面:
```

在指定棱锥面顶面的三个角点时，各个角点分别与底面上的三个角点一一对应，如图 2-9 所示。

2.3.3 创建楔体表面

楔体表面是指将长方体沿对角面分开后所得到的半个长方体的表面。

创建楔体表面的命令调用方式和执行过程为：

- 菜单：“绘图”→“曲面”→“三维曲面”。
- 工具栏：“曲面”→ 。
- 命令行：3D 或 AI_WEDGE。

```
命令: AI_WEDGE
指定角点给楔体表面:
指定长度给楔体表面:
指定楔体表面的宽度:
指定高度给楔体表面:
指定楔体表面绕 Z 轴旋转的角度:
```

楔体表面的创建过程与长方体表面完全相同，但其创建的结果是长方体表面的一半，并且使楔体的斜面部分正对着角点，如图 2-10 所示。

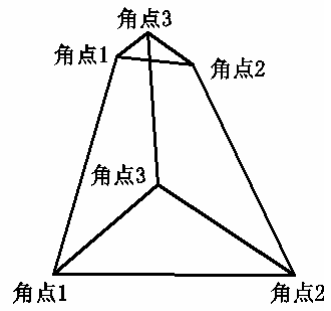


图 2-9 创建三棱台表面

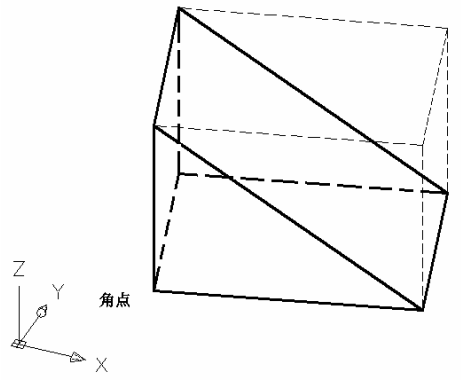


图 2-10 创建楔体表面

2.3.4 创建球面

球面是指球体的表面，AutoCAD 将用多边形网格来近似表示球面。

创建球面的命令调用方式和执行过程为：

- 菜单：“绘图”→“曲面”→“三维曲面”。
- 工具栏：“曲面”→ 。
- 命令行：3D 或 AI_SPHERE。

```
命令:AI_SPHERE
指定中心点给球面:
指定球面的半径或 [直径(D)]:
输入曲面的经线数目给球面 <16>:
输入曲面的纬线数目给球面 <16>:
```

球面是由多边形网格近似得到的，其纬线始终与当前 UCS 的 XY 平面相平行，并且中心轴与当前 UCS 的 Z 轴平行。图 2-11 显示了构成球面的各个几何要素的示意图。

2.3.5　创建上半球面

上半球面是指球面中沿赤道平面以上（Z 轴正向）的半个球面。

创建上半球面的命令调用方式和执行过程为：

- 菜单：“绘图”→“曲面”→“三维曲面”。
- 工具栏：“曲面”→ 。
- 命令行：3D 或 AI_DOME。

```
命令:AI_DOME
指定中心点给上半球面:
指定上半球面的半径或 [直径(D)]:
输入曲面的经线数目给上半球面 <16>:
输入曲面的纬线数目给上半球面 <8>:
```

创建上半球面的过程与创建球面相同，但创建结果是球面的一半，即从通过球心并与 XY 面平行的平面开始，沿 Z 轴正方向一侧的半球面，如图 2-12 所示。

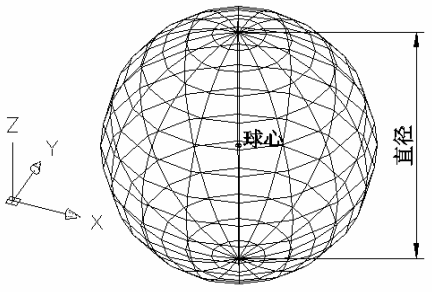


图 2-11　创建球面

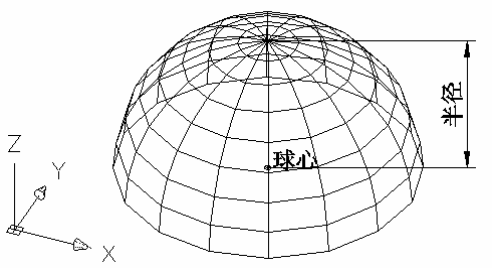


图 2-12　创建上半球面

2.3.6　创建下半球面

下半球面是指球面中沿赤道平面以下（Z 轴负向）的半个球面。

创建下半球面的命令调用方式和执行过程为：

- 菜单：“绘图”→“曲面”→“三维曲面”。
- 工具栏：“曲面”→ 。
- 命令行：3D 或 AI_DISH。

```
命令:AI_DISH
指定中心点给下半球面:
指定下半球面的半径或 [直径(D)]:
输入曲面的经线数目给下半球面 <16>:
输入曲面的纬线数目给下半球面 <8>:
```

创建下半球面的过程与创建球面相同，但创建结果是球面的一半，即从通过球心并与 XY 面平行的平面开始，沿 Z 轴负方向一侧的半球面，如图 2-13 所示。

2.3.7 创建圆锥面

圆锥面是指圆锥体的表面，其中也包括圆台面的表面。

创建圆锥面的命令调用方式和执行过程为：

- 菜单：“绘图”→“曲面”→“三维曲面”。
- 工具栏：“曲面”→ 。
- 命令行：3D 或 AI_CONE。

```
命令:AI_CONE
指定圆锥面底面的中心点:
指定圆锥面底面的半径或 [直径(D)]:
指定圆锥面顶面的半径或 [直径(D)] <0>:
指定圆锥面的高度:
输入圆锥面曲面的线段数目 <16>:
```

创建圆锥面时，通过设置顶面的半径可以得到圆锥面和圆台面两种形式的曲面，无论哪种形式，其底面始终与当前 UCS 的 XY 平面相平行，而高度与当前 UCS 的 Z 轴平行。图 2-14 显示了构成圆锥面的各个几何要素的示意图。

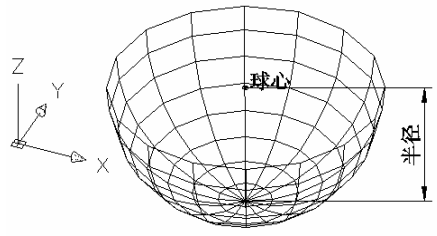


图 2-13 创建下半球面

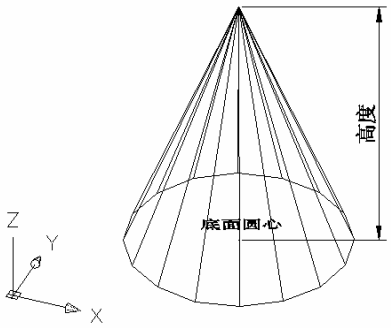


图 2-14 创建圆锥面

2.3.8 创建圆环面

圆环面是指圆环体的表面，AutoCAD 同样也是使用多边形网格来近似表示圆环面。

创建圆环面的命令调用方式和执行过程为：

- 菜单：“绘图”→“曲面”→“三维曲面”。
- 工具栏：“曲面”→ 。
- 命令行：3D 或 AI_TORUS。

```
命令:AI_TORUS
指定圆环面的中心点:
指定圆环面的半径或 [直径(D)]:
指定圆管的半径或 [直径(D)]:
输入环绕圆管圆周的线段数目 <16>:
输入环绕圆环面圆周的线段数目 <16>:
```

圆环面是由多边形网格近似表示的圆环体的表面，其圆管中心所在平面与当前 UCS 的 XY 平面平行，图 2-15 显示了构成圆环面的各个几何要素的示意图。

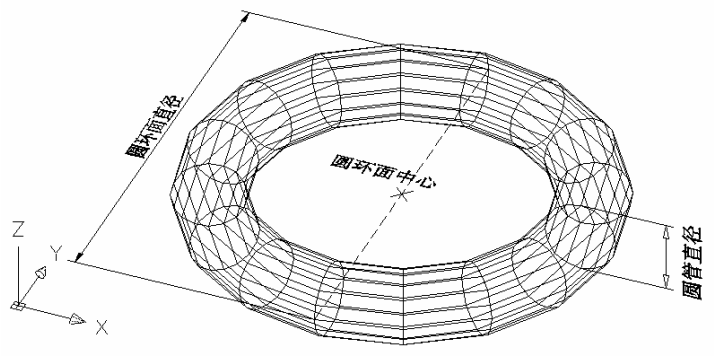


图 2-15　创建圆环面

在创建圆环面时，要求圆环面的半径和圆管半径都大于零，并且圆环面的半径要大于圆管半径。

2.3.9　创建网格

网格对象是对四边形按指定密度等分后所得到的多边形网格。

创建网格的命令调用方式和执行过程为：

- 菜单：“绘图”→“曲面”→“三维曲面”。
- 命令行：3D 或 AI_MESH。

```
命令:AI_MESH
指定网格的第一角点:
指定网格的第二角点:
指定网格的第三角点:
指定网格的第四角点:
输入 M 方向上的网格数量:
输入 N 方向上的网格数量:
```

在创建网格对象时，需要依次指定四个角点，定义网格对象的外边界和 M、N 方向，并

分别指定网格在 M 向和 N 向上的密度。AutoCAD 将以角点 1 到角点 2 的方向为 M 向，以与其相邻的边为 N 向，根据指定的密度自动生成网格对象。图 2-16 显示了构成网格的各个几何要素的示意图。

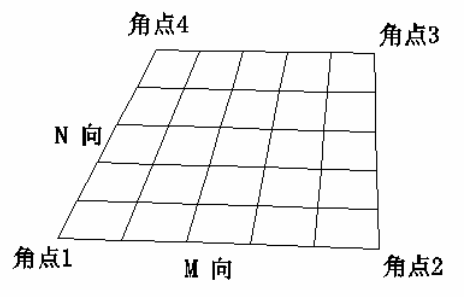


图 2-16　创建网格

2.4　基本的三维实体对象

AutoCAD 提供了一系列预定义的基本三维实体对象，这些对象提供了各种常用的、规则的三维模型组件。

2.4.1　创建长方体实体

长方体实体是指长方体所包括的三维空间，其中也包括立方体实体。

创建长方体实体的命令调用方式和执行过程为：

- 菜单：“绘图”→“实体”→“长方体”。
- 工具栏：“实体”→ 。
- 命令行：BOX。

```
命令:BOX
指定长方体的角点或 [中心点(CE)] <0,0,0>:
指定角点或 [立方体(C)/长度(L)]:
```

使用 BOX 命令创建的长方体实体，其底面始终与当前 UCS 的 XY 平面相平行，并且长方体的长度、宽度和高度分别与当前 UCS 的 X、Y 和 Z 轴平行。在指定长方体的长度、宽度和高度时，正值表示向相应的坐标值正向延伸，负值表示向相应的坐标值负向延伸。图 2-17 显示了构成长方体的各个几何要素的示意图。

根据长方体的各个几何要素，可以用以下几种方法创建长方体实体：

（1）分别指定角点 1 和角点 3，AutoCAD 将根据这两点的位置以及两点之间 X、Y、Z 坐标的差值定义长方体。

（2）分别指定角点 1 和角点 2，AutoCAD 根据这两点得到长方体的底面，然后指定长方体的高度，由此可以定义长方体。

（3）指定了角点 1 后，可以选择“长度（L）”命令选项，依次指定长方体的长度、宽度和高度，由此定义一个长方体。

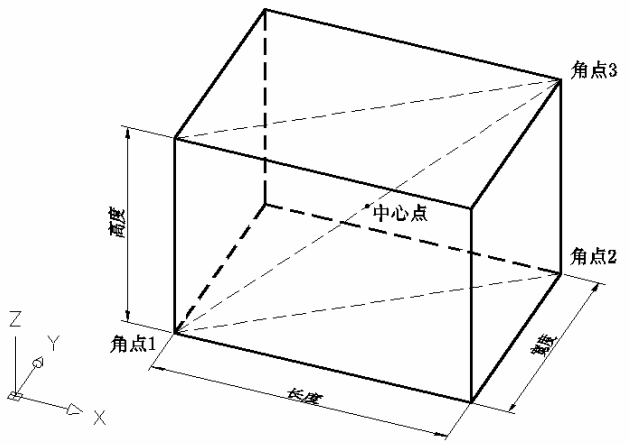


图 2-17　创建长方体实体

（4）指定了角点 1 后，可以选择“立方体（C）”命令选项，指定长方体的长度，AutoCAD 将宽度和高度设置为与长度相同的值，由此定义一个立方体。

（5）也可以选择“中心点（CE）”命令选项，指定长方体的中心点，以取代角点 1，然后可以使用以上四种方法创建长方体实体。

2.4.2　创建球体实体

球体实体是指球体所包含的三维空间。创建球体实体的命令调用方式和执行过程为：

- 菜单：“绘图”→“实体”→“球体”。
- 工具栏：“实体”→ 。
- 命令行：SPHERE。

```
命令:SPHERE
当前线框密度:  ISOLINES=4
指定球体球心 <0,0,0>:
指定球体半径或 [直径(D)]:
```

使用 SPHERE 命令创建的球体实体，其纬线始终与当前 UCS 的 XY 平面相平行，并且中心轴与当前 UCS 的 Z 轴平行。图 2-18 显示了构成球体的各个几何要素的示意图。

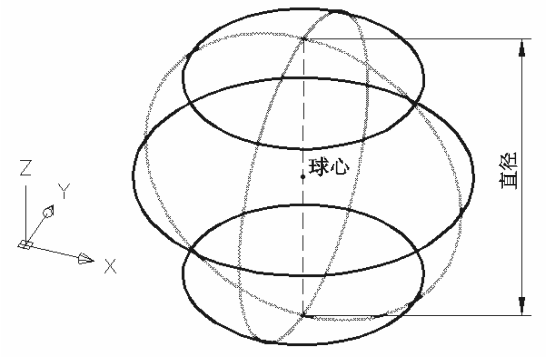


图 2-18　创建球体实体

在确定了球体的球心后，可以进一步指定球体的半径或直径，从而得到一个球体实体。

当球体实体显示为线框形式时，将利用球体的经线与纬线表示。线框的密度由系统变量 ISOLINES 确定，默认值为 4。图 2-19 中左侧和右侧的球体分别为 ISOLINES 取值为 4 和 8 时的显示情况。

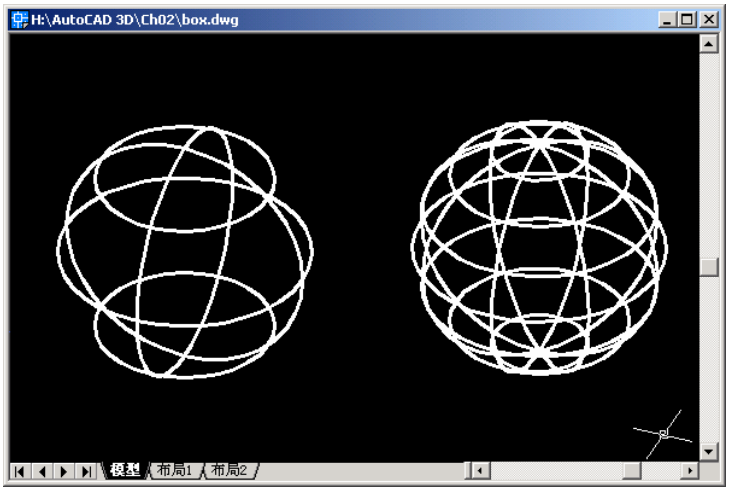


图 2-19　不同线框密度下的球体

2.4.3　创建圆柱体实体

圆柱体实体是指圆柱体所包含的三维空间，其中也包括椭圆柱体。

创建圆柱体实体的命令调用方式和执行过程为：

- 菜单：“绘图”→“实体”→“圆柱体”。
- 工具栏：“实体”→。
- 命令行：CYLINDER。

```
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>:
指定圆柱体底面的半径或 [直径(D)]:
指定圆柱体高度或 [另一个圆心(C)]:
```

使用 CYLINDER 命令创建的圆柱体实体，如果根据其底面的圆心、半径以及圆柱体的高度进行定义，那么其底面始终与当前 UCS 的 XY 平面相平行，并且高度与当前 UCS 的 Z 轴平行。图 2-20 显示了构成圆柱体的各个几何要素的示意图。

此外，在指定了圆柱体一个底面的圆心和半径后，可以选择“另一个圆心（C）”命令选项指定另一个底面的圆心，AutoCAD 将采用与第一个底面半径相同的值确定第二个底面的半径，并根据两个底面圆心的连线确定圆柱体的高度和方向。

除了圆柱体之外，CYLINDER 命令还可以创建椭圆柱体。在调用 CYLINDER 命令后，可以选择“椭圆（E）”命令选项，指定椭圆柱体的第一底面，然后根据椭圆柱体的高度或另一个底面的圆心定义椭圆柱体，具体方法与创建圆柱体类似。

图 2-21 显示了构成椭圆柱体的各个几何要素的示意图。

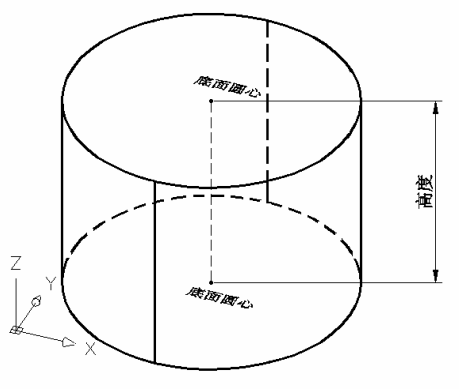


图 2-20　创建圆柱体实体

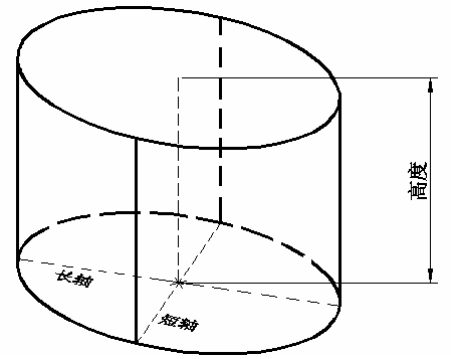


图 2-21　创建椭圆柱体实体

圆柱体实体同样根据系统变量 ISOLINES 的值控制线框的密度，图 2-20 中为 ISOLINES 取值为 4 时的圆柱体线框形式。

2.4.4　创建圆锥体实体

圆锥体实体是指圆锥体所包含的三维空间，其中也包括椭圆锥体。

创建圆锥体实体的命令调用方式和执行过程为：

- 菜单：“绘图”→“实体”→“圆锥体”。
- 工具栏：“实体”→ 。
- 命令行：CONE。

```
命令:CONE
当前线框密度:  ISOLINES=4
指定圆锥体底面的中心点或 [椭圆(E)] <0,0,0>:
指定圆锥体底面的半径或 [直径(D)]:
指定圆锥体高度或 [顶点(A)]:
```

使用 CONE 命令创建圆锥体实体的过程与创建圆柱体实体类似，如果根据其底面的圆心、半径以及圆锥体的高度进行定义，那么其底面始终与当前 UCS 的 XY 平面相平行，并且高度与当前 UCS 的 Z 轴平行。图 2-22 显示了构成圆锥体的各个几何要素的示意图。

此外，在指定了圆锥体底面的圆心和半径后，可以选择“顶点（A）”命令选项，指定圆锥体的顶点，AutoCAD 将根据顶点与底面圆心的连线确定圆锥体的高度和方向。

同样，CONE 命令还可以创建椭圆锥体。在调用 CONE 命令后，也可以选择“椭圆（E）”命令选项，指定椭圆锥体的底面，然后根据椭圆锥体的高度或顶点定义椭圆锥体，具体方法与创建圆锥体类似。

图 2-23 显示了构成椭圆锥体的各个几何要素的示意图。

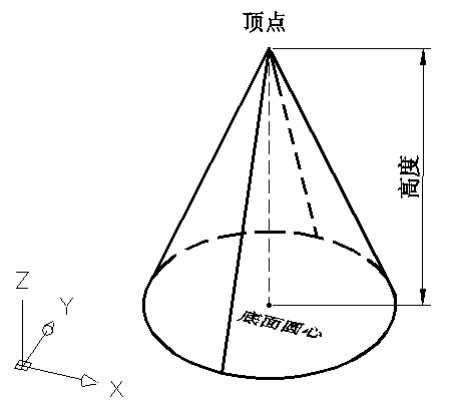


图 2-22 创建圆锥体实体

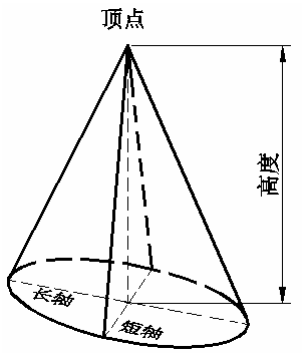


图 2-23 创建椭圆锥体实体

圆锥体实体同样根据系统变量 ISOLINES 的值控制线框的密度。

2.4.5 楔体实体

楔体实体是指将长方体沿对角面分开后所得到的半个长方体。

创建楔体实体的命令调用方式和执行过程为：

- 菜单：“绘图”→“实体”→“楔体”。
- 工具栏：“实体”→ 。
- 命令行：WEDGE。

```
命令:WEDGE
指定楔体的第一个角点或 [中心点(CE)]  <0,0,0>:
指定角点或 [立方体(C)/长度(L)]:
```

楔体实体的创建过程与长方体实体完全相同，但其创建的结果是长方体实体的一半，并且使楔体的斜面部分正对着角点 1，如图 2-24 所示。

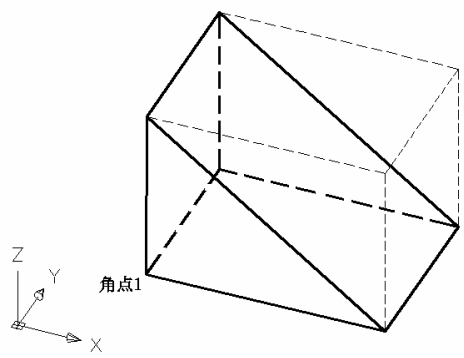


图 2-24 创建楔体实体

2.4.6 圆环体

圆环体实体是指圆环体所包含的三维空间，通过圆环体实体也可以创建两极凹陷或突起

的球体。

创建圆环体实体的命令调用方式和执行过程为：

- 菜单：“绘图”→“实体”→“圆环体”。
- 工具栏：“实体”→ 。
- 命令行：TORUS。

```
命令:TORUS
当前线框密度:  ISOLINES=4
指定圆环体中心 <0,0,0>:
指定圆环体半径或 [直径(D)]:
指定圆管半径或 [直径(D)]:
```

使用 TORUS 命令创建的圆环体实体，其圆管中心所在平面与当前 UCS 的 XY 平面平行，图 2-25 显示了构成圆环体的各个几何要素的示意图。

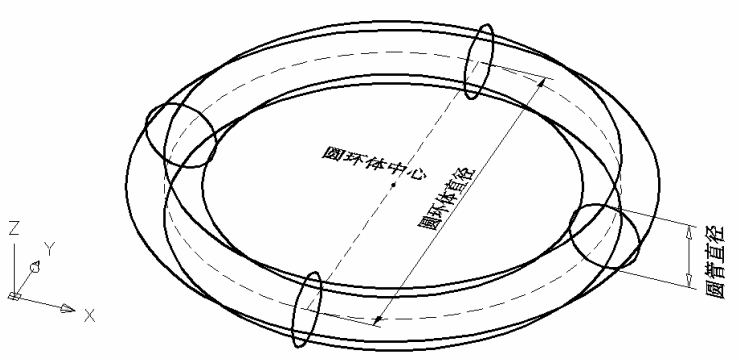


图 2-25　创建圆环体实体

由于圆环体实体是根据圆环体半径和圆管半径共同定义的，因此这两个半径的相关大小将影响着整个圆环体的形状。

（1）在通常情况下，当圆环体半径和圆管半径均为正值，且圆环体半径大于圆管半径时，可以得到图 2-26 所示的带有中心孔的圆环体。

（2）如果两个半径都是正值，且圆管半径大于圆环体半径，可以得到两极凹陷的球体（图 2-26 中左侧为线框模型，右侧为着色模型）。

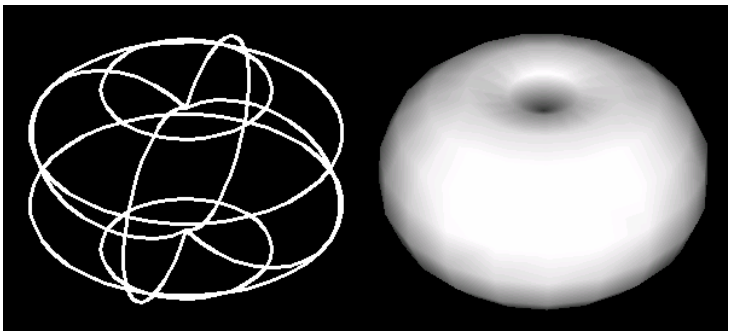


图 2-26　创建两极凹陷的球体实体

（3）如果圆环体半径为负值，而圆管半径为正值，而且圆管半径大于圆环体半径的绝对值，则可以得到类似于图 2-27 所示的两极尖锐突出的球体（左侧为线框模型，右侧为着色模型）。

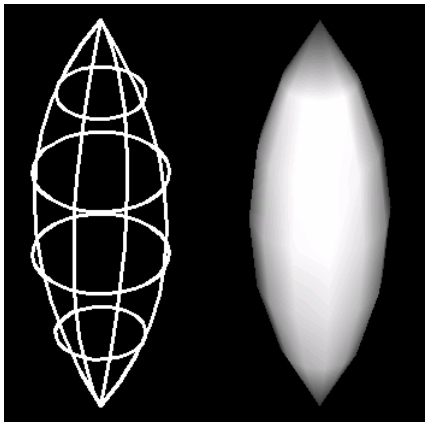


图 2-27　创建两极突起的球体实体

圆环体实体同样根据系统变量 ISOLINES 的值控制线框的密度。

思 考 题

1．线框对象、曲面对象和实体对象的适用条件。
2．曲面对象模型和实体对象模型的区别。

第 3 章　三维动态观察

本章主要讲述如何使用 AutoCAD 的三维动态观察器对三维模型进行观察，并进一步介绍了与其相关的其他命令的作用。

3.1　三维动态观察器

三维观察器的基本作用是进行三维动态观察，即使用光标实时地、交互地控制模型的显示，以便动态、全方位地显示目标模型。

1. 三维动态观察器概述

启用三维动态观察器的命令调用方式和执行过程为：

- 菜单：“视图”→“三维动态观察器”。
- 工具栏：“标准”或“三维动态观察器”→ 。
- 命令行：3DORBIT。

执行该命令后，将在当前视口中激活三维动态观察器，进入三维动态观察模式。此时在图形窗口中将显示一个绿色的圆形转盘，在其四个象限点处各有一个小圆，分别用于控制模型的动态显示。图 3-1 显示了激活三维动态观察器显示机械模型的示例。

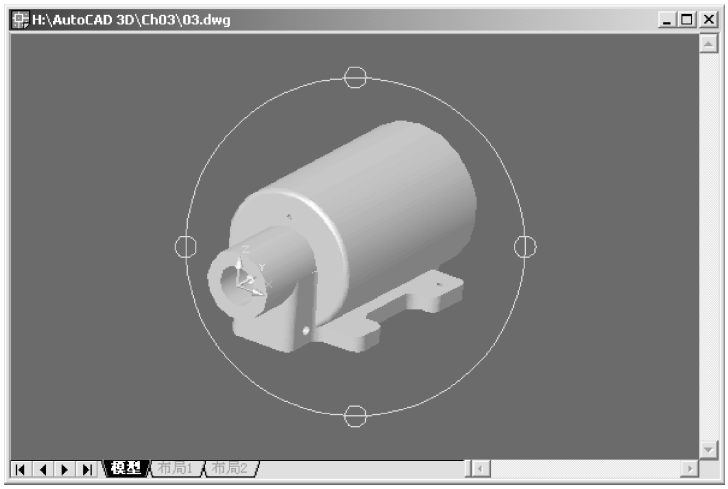


图 3-1　启动三维动态观察器

2. 三维动态观察的基本操作

进入三维观察模式后，转盘的中心将作为观察的目标点，并且该目标点保持不动。此时，可以在屏幕上拖动光标，三维动态观察器将根据光标的运动方向改变视点位置，使之绕圆盘中心（即目标点）移动，从而实现对目标模型的动态观察。

当拖动光标进行动态观察时，根据光标在三维观察器转盘的不同位置，AutoCAD 将用不同的方式变换视图，并通过改变光标的形状来表示当前的动态观察方式，具体包括以下几种情况：

（1）当光标的位置处于转盘内部时，光标的形状为 。此时拖动光标，将使视点目标点旋转以得到相应的三维视图。

（2）当光标的位置处于转盘外部时，光标的形状为 ，此时拖动光标，将使视图围绕通过转盘的中心并垂直于屏幕的轴旋转。这一操作称为“卷动”。

（3）当光标的位置处于转盘的上、下两个小圆中时，光标的形状为 ，此时拖动光标，将使视图围绕通过转盘中心的水平轴旋转。

（4）当光标的位置处于转盘的左、右两个小圆中时，光标的形状为 ，此时拖动光标，将使视图围绕通过转盘中心的垂直轴旋转。

3. 三维动态观察器的功能

三维动态观察器提供了多个命令，可以实现以下功能：

①实时平移或缩放三维视图。

②动态或连续变换三维视图。

③调整视点的位置和方向。

④设置和控制前向与后向剪裁平面。

⑤指定视图的投影方式。

⑥指定视图的着色模式。

⑦控制形象化辅助工具的显示。

⑧恢复初始视图或预置视图。

在三维动态观察器中，可以通过两种方式调用各种命令，第一种方式是单击鼠标右键弹出快捷菜单，选择相应的菜单项，如图 3-2 所示。另一种方式是使用“三维动态观察器”工具栏，如图 3-3 所示。

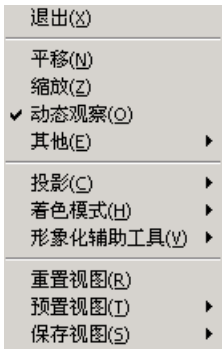


图 3-2　使用快捷菜单



图 3-3　三维动态观察器工具栏

3.2　三维视图变换

三维动态观察器提供了多种视图变换功能，可以实时平移、缩放视图，并可以调用各种

预置视图。

1. 平移视图

在三维动态观察器中，单击鼠标右键弹出快捷菜单，选择“平移”菜单项，可以利用光标控制三维视图的位置。此时，光标形状变为 ，在屏幕上单击并拖动光标时，视图将沿着光标拖动方向实时平移。

在没有启用三维动态观察器时，也可以调用以下命令，激活交互式三维视图并直接进入视图平移状态：

- 工具栏：“三维动态观察器”→ 。
- 命令行：3DPAN。

2. 缩放视图

在三维动态观察器中，单击鼠标右键弹出快捷菜单，选择“缩放”菜单项，可以利用光标控制三维视图的大小。此时，光标形状变为 ，在屏幕上单击并垂直向上拖动光标可以放大图像，使对象显得更大或更近；单击并垂直向下拖动光标可以缩小图像，使对象显得更小或更远。

三维缩放视图的效果类似于调节相机的焦距，使被观察对象看起来更靠近或远离相机，但不改变相机的位置。

在没有启用三维动态观察器时，也可以调用以下命令，激活交互式三维视图并直接进入视图缩放状态：

- 工具栏：“三维动态观察器”→ 。
- 命令行：3DZOOM。

3. 窗口缩放视图

在三维动态观察器中，单击鼠标右键弹出快捷菜单，选择“其他”→“窗口缩放”菜单项，可以利用光标指定三维视图显示的区域。此时，光标形状变为 ，即可以在屏幕上单击并拖动光标以确定一个区域，AutoCAD 将自动缩放视图，使该区域内的图形放大显示在整个窗口中。

4. 范围缩放视图

在三维动态观察器中，单击鼠标右键弹出快捷菜单，选择“其他”→“范围缩放”菜单项，此时，AutoCAD 将自动根据当前图形中全部对象的位置来调整三维视图，使得视图居中显示，并使所用对象都能够显示在当前窗口中。

5. 连续观察

在三维动态观察器中，单击鼠标右键弹出快捷菜单，选择“其他”→“连续观察”菜单项，可以利用光标控制三维视图的动态显示。此时，光标形状变为 ，在屏幕上单击并拖动光标时，将使图形沿光标运动方向动态显示，并在弹起鼠标按键后仍保持原来的运动方向自动连续显示。在拖动光标时的速度决定了图形显示的旋转速度。在连续观察时重新单击并拖动光标，可以关闭连续观察的方向和速度。

在没有启用三维动态观察器时，也可以调用以下命令，激活交互式三维视图并直接进入

视图连续观察状态：

- 工具栏：“三维动态观察器”→ 。
- 命令行：3DCORBIT。

6. 重置视图

在三维动态观察器中，单击鼠标右键弹出快捷菜单，选择“重置视图”菜单项，此时，AutoCAD 自动将当前视图重新设置为启动三维动态观察器时最初的视图。

7. 预置视图

在三维动态观察器中，单击鼠标右键弹出快捷菜单，选择“预置视图”子菜单中的各个菜单项，可以分别将当前视图设置为“俯视图”、“仰视图”、“主视图”、“后视图”、“左视图”、“右视图”六个标准正交视图，以及“西南等轴测”、“东南等轴测”、“东北等轴测”、“西北等轴测”四个标准等轴测视图。

3.3 视图调整与设置

在三维动态观察器中，还可以对视点的位置和角度、前向和后向剪裁平面的距离、以及视图的投影方式等进行调整，并可以控制剪裁平面和各种形象化辅助工具的启闭状态。

1. 调整距离

在三维动态观察器中，单击鼠标右键弹出快捷菜单，选择“其他”→“调整距离”菜单项，可以利用光标控制相机与目标之间的距离。此时，光标形状变为，在屏幕上单击并垂直向上拖动光标可以使相机靠近目标，使对象显得更大；单击并垂直向下拖动光标可以使相机远离目标，使对象显得更小。

在没有启用三维动态观察器时，也可以调用以下命令，激活交互式三维视图并直接进入调整距离状态：

- 工具栏：“三维动态观察器”→ 。
- 命令行：3DDISTANCE。

2. 旋转相机

在三维动态观察器中，单击鼠标右键弹出快捷菜单，选择“其他”→“旋转相机”菜单项，可以利用光标改变目标的位置和视图的偏转角度。此时，光标形状变为，即可在屏幕上单击并拖动光标时，对象沿着相反的方向转动。

在没有启用三维动态观察器时，也可以调用以下命令，激活交互式三维视图并直接进入旋转相机状态：

- 工具栏：“三维动态观察器”→ 。
- 命令行：3DSWIVEL。

3. 动态观察设置

在三维动态观察器中，单击鼠标右键弹出快捷菜单，选中“其他”→“固定 Z 轴动态观察”菜单项，在进行三维动态观察时，转盘圆圈中水平拖动或从转盘左边或右边的小圆上拖

动光标改变视图，可以保持 Z 轴当前的方向。这一设置可以保证在动态观察对象时避免对象翻转。

在三维动态观察器中，单击鼠标右键弹出快捷菜单，选中“其他”→“动态观察使用自动目标”菜单项，在进行三维动态观察时，将目标点保持在正查看的对象上；取消该菜单项的选择，则在观察时目标点保持在视口的中心点。

4. 设置剪裁平面

剪裁平面用于控制模型在与视图平行方向上的显示范围，剪裁平面分为前向剪裁平面和后向剪裁平面两种，当前向与后向剪裁平面被打开时，只有位于前向和后向剪裁平面之间的模型才能够在屏幕上显示出来，而剪裁平面之外的任何对象都会隐藏起来。

在三维动态观察器中，可以分别控制前向和后向剪裁平面在视图中的位置。具体方法是单击鼠标右键弹出快捷菜单，选择“其他”→“调整剪裁平面”菜单项，在弹出的窗口中可以对前向和后向剪裁平面分别进行设置，如图 3-4 所示。

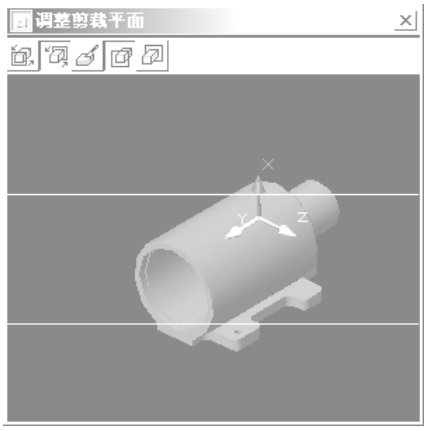


图 3-4　调整剪裁平面

在“调整剪裁平面”窗口中，沿着与当前视图垂直方向显示视图中的三维模型，并分别显示了前向和后向剪裁平面。由于剪裁平面与视图平行，因此剪裁平面在该窗口中显示为直线。其中，窗口下部的白色直线表示前向剪裁平面，上部的绿色直线表示后向剪裁平面。

在“调整剪裁平面”窗口中，光标的形状为。此时，可以在该窗口中拖动光标，以分别改变前向和后向剪裁平面的位置，并可使用该窗口的工具栏进行以下各种操作：

（1）按下按钮，可以调整前向剪裁平面的位置。在窗口中单击并拖动光标，前向剪裁平面将随之移动。如果已经启用了前向剪裁平面，则视图中模型的显示也将随着用户的调整而发生变化，以反映前向剪裁平面的剪裁效果。

（2）按下按钮，可以调整后向剪裁平面的位置。在窗口中单击并拖动光标，后向剪裁平面将随之移动。如果已经启用了后向剪裁平面，则视图中模型的显示也将随着用户的调整而发生变化，以反映后向剪裁平面的剪裁效果。

（3）按下按钮，可以同时调整前向剪裁平面和后向剪裁平面的位置。此时在窗口中单击并拖动光标，前向和后向剪裁平面将同时随之移动。

（4）按下按钮，可以打开前向剪裁平面。此时，视图中将不显示前向剪裁平面之外

的模型。

（5）按下按钮，可以打开后向剪裁平面。此时，视图中将不显示后向剪裁平面之外的模型。

例如，图 3-5 中显示了启用前向和后向剪裁平面时的剪裁效果。

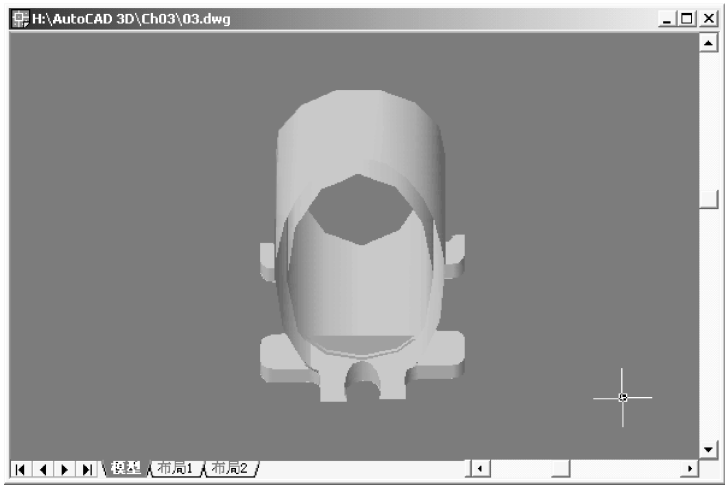


图 3-5　使用剪裁平面

在没有启用三维动态观察器时，也可以调用以下命令，激活交互式三维视图并直接打开调整剪裁平面窗口：

- 工具栏：“三维动态观察器”→ 。
- 命令行：3DCLIP。

5. 启闭剪裁平面

在三维动态观察器中，单击鼠标右键弹出快捷菜单，选中“其他”→“启用前向剪裁”菜单项，可以使前向剪裁平面生效；取消该菜单项的选择，则不使用前向剪裁。同样，选中“其他”→“启用后向剪裁”菜单项，可以使后向剪裁平面生效；取消该菜单项的选择，则不使用后向剪裁。

此外，也可以使用工具栏控制剪裁平面的开关：

- 工具栏：“三维动态观察器”→ 和 。

注意：如果在退出三维动态观察器视图时打开剪裁平面，则它们在二维和三维视图仍保持为打开。

6. 指定投影方式

在以前所讲述过的所有三维视图都是基于平行投影而产生的视图，平行投影可以在正投影面上准确地反映出三维对象的尺寸，便于图形的绘制和测量。但是，实际上人们观察对象时的视觉效果与平行投影所得到的视图不同，因为眼睛所获得的图像是从四面八方汇集到一点所得到的，这样的图像是从一点出发、将三维对象向四周投影的方法近似得到，这种投影方法被称为透视投影。透视投影的示意图如图 3-6 所示。

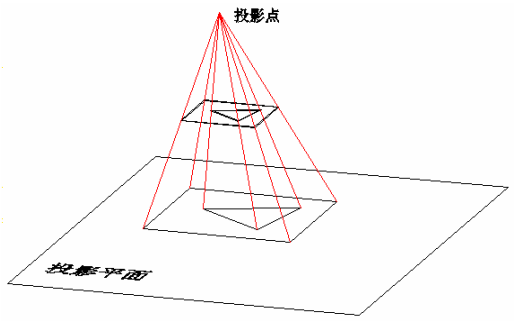


图 3-6　透视投影的示意图

从透视投影的基本原理可以看出，使用透视投影得到的图形虽然不能准确地反映三维对象的尺寸，但却可以得到更为逼真的视觉效果。因此，通常使用平行投影视图进行三维建模后，可以在创建三维模型的渲染图像时使用透视视图，以得到更为真实的图像效果。

在三维动态观察器中，单击鼠标右键弹出快捷菜单，选择“投影”→“透视”菜单项，可以将当前三维视图的投影方式设置为透视投影，从而在屏幕上得到三维对象的透视视图。例如，图 3-7 中显示了使用透视投影所得到的机械模型的透视视图。

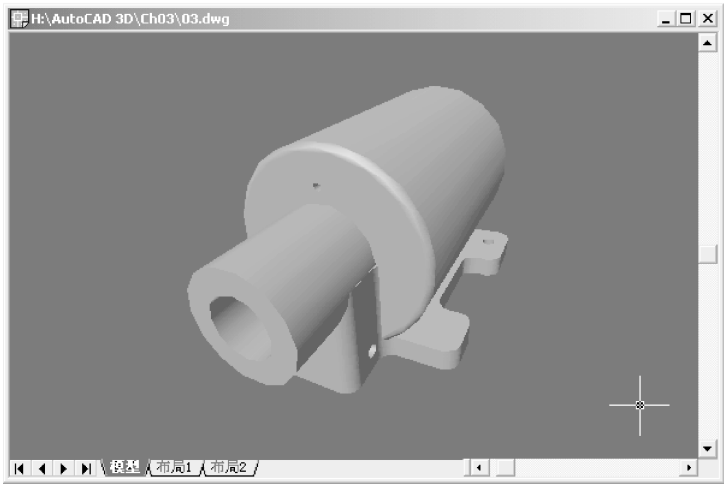


图 3-7　透视视图

在三维动态观察器中生成透视视图后，在退出三维动态观察模式后仍将保持透视投影状态，此时不能进行编辑、拾取点、缩放或平移等操作。如果需要在透视模式下改变视图，则需要重新启动三维动态观察器进行视图变换，或在三维动态观察器的快捷菜单中选择“投影”→“平行”菜单项，将投影方式改回到平行投影。

7. 使用形象化辅助工具

在三维动态观察器中，单击鼠标右键弹出快捷菜单，选择“形象化辅助工具”子菜单中的菜单项，可以控制形象化辅助工具的显示与否。在三维视图中使用这些工具，可以更为形象直观地观察三维对象。三维动态观察器中的形象化辅助工具包括以下三种：

（1）选中快捷菜单中的“形象化辅助工具”→“坐标球”菜单项，可以在图形中显示一

个三维的坐标球，以帮助用户定位当前观察方向在三维空间中的角度，如图 3-8 所示。

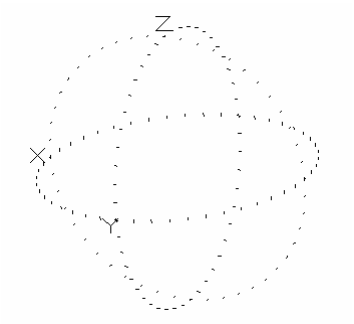


图 3-8　坐标球

坐标球的显示状态由系统变量 COMPASS 的值控制。

（2）选中快捷菜单中的“形象化辅助工具”→“栅格”菜单项，可以在 UCS 构造平面上显示栅格，以显示构造平面的位置，如图 3-9 所示：

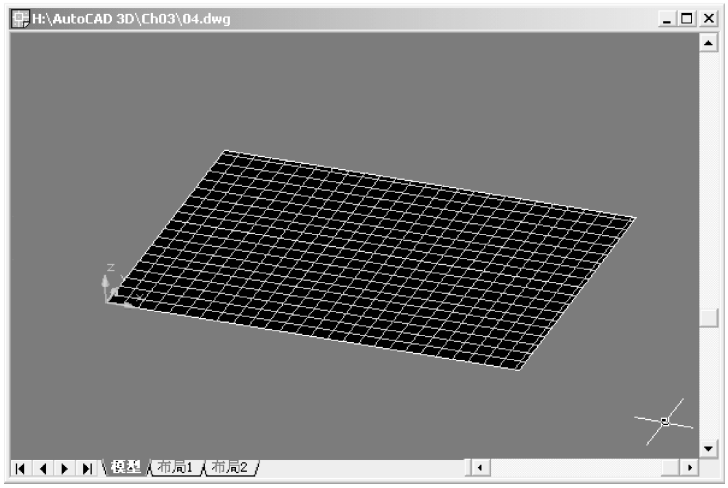


图 3-9　在图形中显示栅格

栅格的设置与二维绘图中完全相同。

（3）选中快捷菜单中的“形象化辅助工具”→“UCS 图标”菜单项，可以在图形中显示 UCS 图标，参见图 3-9。

当在三维动态观察器中激活了各种形象化辅助工具后，即使退出三维动态观察器，这些形象化辅助工具仍显示在视图中。而在 SHADEMODE 命令中选择“二维线框（2D）”命令选项，这些形象化辅助工具将会关闭。

3.4　选择着色模式

在三维视图中，除了使用线框模式显示三维模型之外，还可以使用消隐模式或各种着色模式显示模型，以表现模型的表面和立体感。

3.4.1　设置着色模式

在三维动态观察器中，单击鼠标右键弹出快捷菜单，选择“着色模式”子菜单中的菜单项，可以控制三维对象的显示形式。在三维动态观察器中可以将三维对象的显示形式设置为以下几种模式：

（1）选中快捷菜单中的“着色模式”→“线框图”菜单项，可以使用线框模式表示三维对象。即使对于曲面对象和实体对象，也都不显示其面的信息，而是使用直线和曲线表示对象的边界。图 3-10 显示了以线框模式显示的机械模型。

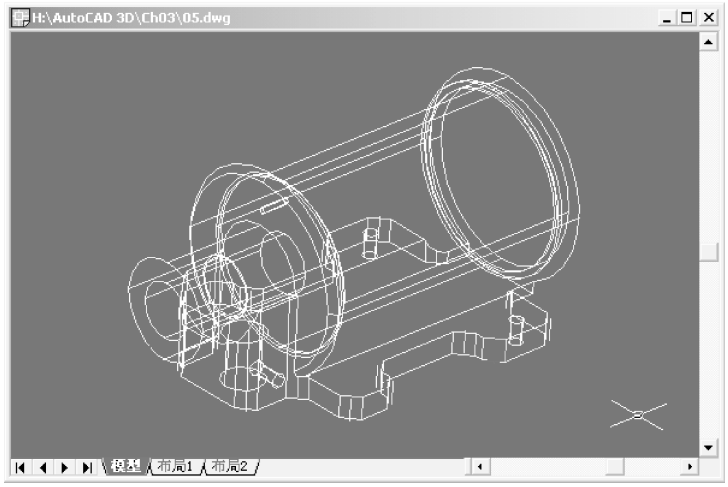


图 3-10　线框图示例

（2）选中快捷菜单中的“着色模式”→“消隐”菜单项，可以使用消隐模式表示三维对象。消隐模式也是使用线框形式表示三维对象，区别在于消隐图中不显示表示后向面的线框。图 3-11 显示了以消隐模式显示的机械模型。

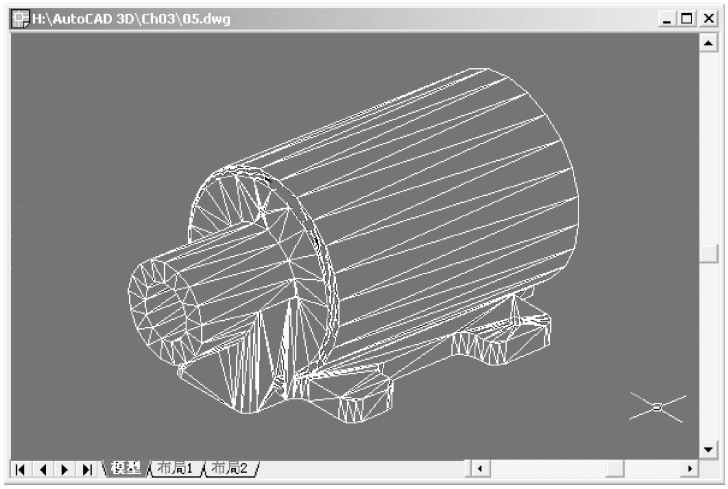


图 3-11　消隐图的示例

（3）选中快捷菜单中的“着色模式”→“平面着色”菜单项，可以使用平面着色模式表示三维对象。即对于面域、曲面和实体等具有面的对象，可以在视图中用对象的颜色对每个面进行着色，从而更加形象直观地表现三维对象。图 3-12 显示了以平面着色模式显示的机械模型。

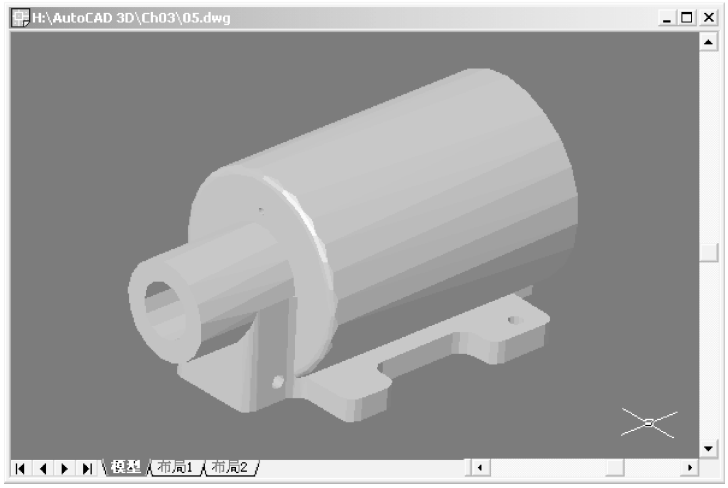


图 3-12　平面着色的示例

（4）选中快捷菜单中的“着色模式”→“体着色”菜单项，可以使用体着色模式表示三维对象。体着色是在平面着色的基础上，将对象的边进行平滑处理，从而使着色后的对象更为平滑。尤其是对于曲面，使用体着色模式显示可以比平面模式更为接近真实的情况。图 3-13 显示了以体着色模式显示的机械模型。

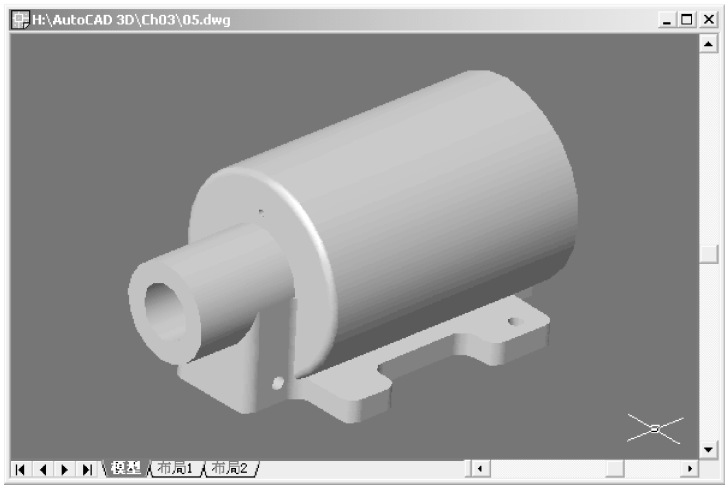


图 3-13　体着色的示例

（5）选中快捷菜单中的“着色模式”→“带边框平面着色”菜单项，可以同时使用线框和平面着色模式表示三维对象，即在对三维对象进行平面着色的同时显示其所有的线框。图 3-14 显示了以带边框平面着色模式显示的机械模型。

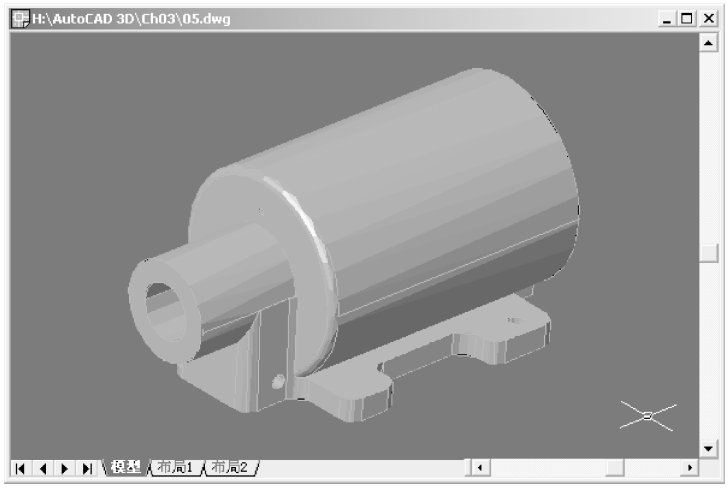


图 3-14　带边框平面着色的示例

（6）选中快捷菜单中的“着色模式”→“带边框体着色”菜单项，可以同时使用线框和体着色模式表示三维对象，即在对三维对象进行体着色的同时显示其所有的线框。图 3-15 显示了以带边框体着色模式显示的机械模型。

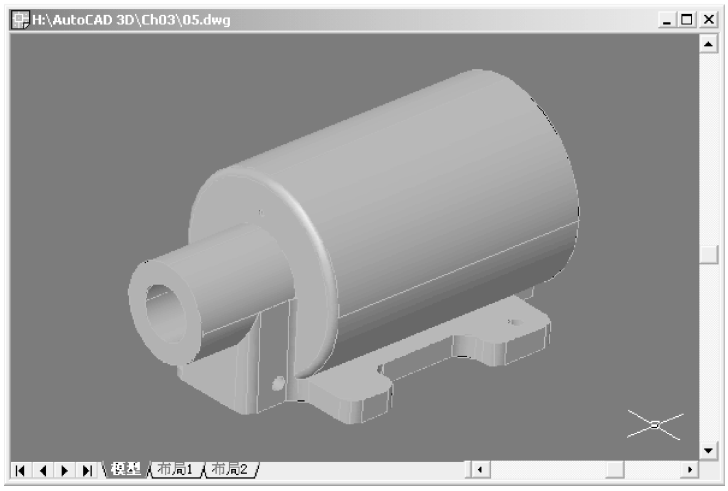


图 3-15　带边框体着色的示例

3.4.2　创建消隐视图

除了在三维动态观察器中，通过选择快捷菜单中的“着色模式”→“消隐”菜单项创建消隐视图之外，还可以在不启用三维动态观察器的情况下，直接使用消隐命令创建消隐视图。

创建消隐视图的命令调用方式和执行过程为：

- 菜单：“视图”→“消隐”。
- 工具栏：“渲染”→ 。

- 命令行：HIDE。

在使用 HIDE 命令创建消隐视图时，AutoCAD 认为圆、实体、宽线、文字、面域、多段线线段、三维面、多边形网格和非零厚度对象的拉伸边是不透明的表面，它们可以隐藏对象，也就是说，不显示位于这些对象后面的图形。

在使用 HIDE 命令创建的消隐视图后，启用三维动态观察器后将自动选中“着色模式”→“消隐”菜单项。

需要说明的是 HIDE 命令不可以用于其图层被冻结的对象，但可以用于图层被关闭的对象。

在消隐视图中，有两个系统变量影响着消隐视图的显示：

（1）系统变量 DISPSILH 控制着消隐视图中三维实体对象的轮廓边。将该系统变量值设置为 0 时，在消隐视图中不使用网格显示实体对象；将该值设置为 1 时，将在实体对象被消隐时显示网格。

（2）系统变量 HIDETEXT 控制着消隐视图中文字对象的显示状态。将该系统变量设置为“Off”，将在消隐视图中显示文字对象，而不论是否被其他对象遮盖，同时文字对象遮盖的对象也不受影响；如果设置为“On”，将在消隐视图中隐藏文字对象。

3.4.3 创建着色视图

除了在三维动态观察器中，通过选择快捷菜单中的“着色模式”子菜单中的各种菜单项创建着色视图之外，还可以在不启用三维动态观察器的情况下，直接使用着色命令创建着色视图。

创建着色视图的命令调用方式和执行过程为：

- 菜单：“视图”→“着色”→“二维线框”、“三维线框”、“消隐”、“平面着色”、“体着色”、“带边框平面着色”、“带边框体着色”。
- 命令行：SHADEMODE。

```
命令:SHADEMODE
当前模式: 带边框平面着色
输入选项
[二维线框(2D)/三维线框(3D)/消隐(H)/平面着色(F)/体着色(G)/带边框平面着色(L)/带边框体着色(O)] <带边框平面着色>:
...
```

利用 SHADEMODE 命令可以直接在视口中创建着色视图，而不必启动三维动态观察器。在 SHADEMODE 命令中，可以设置以下几种着色模式。

（1）选择“二维线框（2D）”命令选项，可以使用线框模式表示三维对象，即使用直线和曲线表示对象的边界。在二维线框模式下，UCS 图标为不着色的三维形式，此时光栅和 OLE 对象、线型及线宽都是可见的，而坐标球将隐藏。

（2）选择“三维线框（3D）”命令选项，可以使用线框模式表示三维对象。与二维线框不同的是，在三维线框图中，UCS 图标显示为着色的三维形式，并且光栅和 OLE 对象、线型及线宽均隐藏，但可以在视图中显示坐标球。

（3）选择“消隐（H）”命令选项，可以使用消隐模式显示三维对象。

（4）选择“平面着色（F）”命令选项，可以使用平面着色模式显示三维对象。

（5）选择“体着色（G）”命令选项，可以使用体着色模式显示三维对象，AutoCAD 将对三维对象的边进行平滑。

（6）选择“带边框平面着色（L）”命令选项，可以同时使用“平面着色”和“线框”模式显示三维对象。

（7）选择“带边框体着色（O）”命令选项，可以同时使用“体着色”和“线框”模式显示三维对象。

在使用 SHADEMODE 命令创建着色视图后，在启用三维动态观察器后将自动选中“着色模式”子菜单中相应的菜单项。其中三维动态观察器中的“线框”模式相当于 SHADEMODE 命令的中的“三维线框”模式。

在 AutoCAD 2002 中，为了保持兼容性，还可以使用 SHADE 命令创建着色视图。该命令相当于 SHADEMODE 命令中的“带边框平面着色（L）”命令选项。

3.4.4　图形配置设置

对于图形在视图中显示，可以在系统选项中进行设置。比如，使用三维动态观察器或 SHADEMODE 命令设置着色视图时，如果将视图设置为“平面着色”、“体着色”、“带边框平面着色”或“带边框体着色”等模式时，可以在视图显示光源和材质。关于光源和材质请参见第 6 章。

选择“工具”→“选项”菜单，在弹出的对话框中选择“系统”选项卡，如图 3-16 所示。

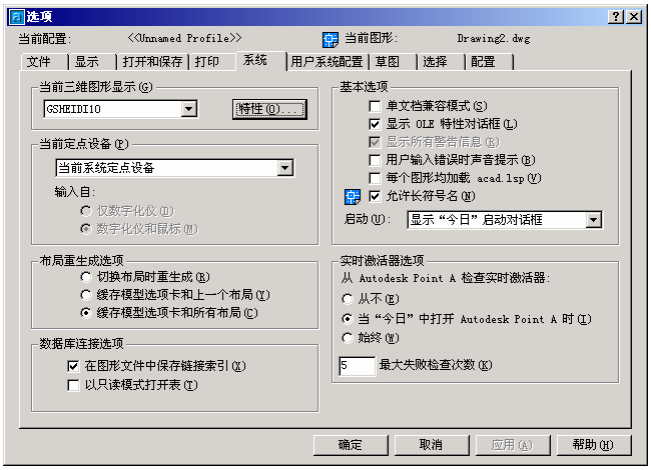


图 3-16　“选项”对话框

在“系统”选项卡的“当前三维图形显示”组框中，可以设置图形显示所使用的图形系统和特性。单击“特性”按钮，在弹出的对话框中可以设置图形显示的特性，如图 3-17 所示。

该对话框中的图形配置设置将影响三维对象的显示方式，可以对以下显示特性进行设置。