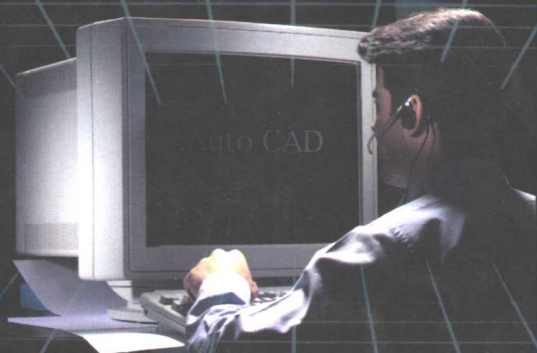



高等学校适用教材

# AutoCAD 2002

# 三维造型技术

李 勃 蔡元虎 陆 山 编



 机械工业出版社  
CHINA MACHINE PRESS

AutoCAD 是当今最为流行的计算机辅助设计软件之一,广泛应用于机械、建筑以及广告设计专业。本书主要介绍 AutoCAD 三维造型技术的应用,以及用面构图和实体图建立三维模型的方法和步骤。首先介绍 AutoCAD 三维造型的基础知识,包括建立坐标系统以及如何在三维空间中观察物体;然后介绍建立三维模型常用的命令,对三维模型的观察方法以及模型效果图的制作;最后,通过一些常见模型的制作过程,巩固和加深对建模命令的认识和理解。书后附有常用的 AutoCAD 三维命令和三维系统变量表,以便查询。

本书中的造型命令讲解以及实例制作注重过程,所有的命令操作步骤及参数都经过作者实际上机试验。本书可供本专科院校相关专业学生使用,也可用作计算机培训的教材。

## 图书在版编目(CIP)数据

AutoCAD2002 三维造型技术/李勍等编. —北京:机械工业出版社,  
2002.12

高等学校适用教材

ISBN 7-111-11181-8

I . A . . . II . 李 . . . III . 计算机辅助设计—应用软件,  
AutoCAD—高等学校—教材 IV . TP391 . 72

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 088695 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

责任编辑:王霄飞 郑丹 版式设计:张世琴 责任校对:樊钟英

封面设计:张静 责任印制:付方敏

北京铭成印刷有限公司印刷·新华书店北京发行所发行

2003 年 1 月第 1 版·第 1 次印刷

1000mm × 1400mm B5·8.125 印张·312 千字

0 001—5 000 册

定价:21.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

本社购书热线电话(010)68993821、68326677-2527

封面无防伪标均为盗版

# 前 言

伴随科技的发展和人类思维方式的进步,工程设计的思路将发生重大变化。直接进行实物的 CAD 实体造型将会是未来较长一段时间内工程设计的思路和方向。以机械产品设计为例,直接使用三维造型进行设计与传统的平面图样设计相比,下列优势是显而易见的。

1) 三维实体建模并生成工程图符合人们的认识过程,直观、明了。在新产品开发中,能快速明晰从概念到最终目标形成的思路,提高设计效率。

2) 生成的零件、装配体三维实体模型可以导入专门的工程软件进行质量、重心、惯性矩、有限元分析工作,可直观地得出零件的应力分布图形,便于进行强度计算等工作。

3) 生成的零件、装配体三维实体模型可以导入 CAM 软件进行计算机辅助制造。

目前的 CAD 软件种类繁多,选择一个简单易行的软件开始 CAD 的学习,对于初学者来说无疑是非常重要的。AutoCAD 是当今使用非常广泛的一种辅助设计软件,广泛应用于机械、建筑、广告设计等专业。软件自 1982 年出现到今天的 20 年时间里发展十分迅速,目前已经更新到了 2002 版本。AutoCAD 的功能比较强大,不但可以绘制工程平面图,还可以建立准确的实物立体模型。鉴于 AutoCAD 的广泛性和易学性,用它作为初学者的起步是非常合适的。

现在,有关 AutoCAD 的书虽然很多,但基本上都是关于平面制图的,详细介绍 AutoCAD 三维造型的书籍资料不太容易找到;学习和使用 AutoCAD 的人虽然很多,但大都还只是停留在平面制图阶段。这是远远不够的。初学者不要认为 AutoCAD 三维造型高不可攀,只要能够坚持不懈地学习、经常上机训练,很快就会有显著的进步。为了使初学者少走弯路,使广大 CAD 学习者有一本合适的教材,作者编写了此书。

用 AutoCAD 建立立体模型通常有线框图,面构图,实体图三种形式。本书围绕三种构图方式,主要介绍用面构图和实体图建立立体模型的方法和步骤。另外,还将介绍立体图的图形观察和图形表现。全书分为三部分。

## 第一部分 3D 模型基础(第 1~5 章)

首先介绍 AutoCAD 三维造型的基础知识,包括坐标系统的建立以及如何三维空间中观察物体。接着,介绍建立三维模型常用的命令,先介绍绘图命令,然

后介绍编辑和修改命令。通过第一部分的学习，读者就可以开始建立自己的三维模型了。

### 第二部分 3D 模型的观察和表现(第 6~7 章)

介绍如何更有效地观察三维模型以及如何将三维模型更完美地表现出来。包括如何用更理想的方式观察模型，怎样对模型进行“上色”(SHADE)和“渲染”(RENDER)，并将渲染的画面保存为图像文件，生成实物的效果图。

### 第三部分 3D 模型的制作实例(第 8~16 章)

通过一些常见模型和建筑、机械模型的制作实例，介绍第一、二两部分所学内容的实际应用。实例制作的过程尽量细化，以便读者能方便地掌握 AutoCAD 三维造型的方法和思路。此外，还附带介绍一些建模的技巧。

本书中，命令行中的“↵”表示回车；“\*\*”后的文字是作者对命令或参数的解释；需要用户输入的命令或参数用黑体字表示；其余部分为 AutoCAD 对命令的提示，请读者注意区分。

本书以 AutoCAD 2002 中文版为基础，主要介绍 AutoCAD 三维模型的建立方法，使 AutoCAD 三维造型的学习者能够尽快“进入角色”，建立三维概念并早日掌握合理的三维造型方法。另外，还想通过本书向读者介绍一些作者在造型过程中积累的经验与心得体会，衷心希望能与所有喜爱三维设计的朋友们共同进步。

编 者

## 后 记

希望通过对本书内容的学习，读者能够有所收获。

需要说明的是，本书侧重于 AutoCAD 三维造型技术的实际应用而非技术理论。在介绍 AutoCAD 三维造型命令及进行模型实例的制作讲解中，注重的是过程和步骤；在语言文字上，作者尽量做到直白和浅显易懂，少用专业性过强的词汇和术语，目的就是为了使读者能够在较短的时间内、用较少的精力就可以初步掌握 AutoCAD 三维造型的基本原理和操作方法。

由于 AutoCAD 是一个操作性非常强的软件，因此希望读者在学习本书内容时要注意多上机练习。对教材的深入阅读、良好的上机训练以及循序渐进的学习方法将会对 AutoCAD 软件的掌握起到事半功倍的效果。

在本书的编写和出版过程中，机械工业出版社教材编辑室、西北工业大学教务处的李辉老师以及西北工业大学航空动力与热力工程系的领导同志给予作者大力支持和热情帮助。在这里，作者向他们表示衷心的感谢。

由于时间紧促及作者水平的局限，书中一定有不少错误和不足之处，希望读者能够提出宝贵意见和建议。

编 者

## 参 考 文 献

1. 孙家广等编著.计算机图形学.北京:清华大学出版社,1998
2. 履泰等编著.计算机辅助几何图形设计.北京:高等教育出版社,1999
3. 凌辉编著.AutoCAD 2000 实用工程绘图.西安:西北工业大学出版社,2000
4. 龚正伟编著.3D Studio MAX R4 技术精粹.北京:清华大学出版社,2001
5. 西北工业大学工程制图教研室编.画法几何及机械制图.西安:陕西科学技术出版社,1998
6. 濮良贵编著.机械设计.第5版北京:高等教育出版社,1989

# 目 录

前言	
第 1 章 坐标系统和观测点	1
1.1 世界坐标系(WCS)	1
1.2 设置观测点(VPOINT)	3
1.3 用户坐标系(UCS)	5
小结	12
第 2 章 3D 基本图形	13
2.1 加厚的平面图形	13
2.2 3D 基本图形	17
2.3 面域(REGION)	23
小结	25
第 3 章 3D 组合曲面	26
3.1 直纹曲面(RULESURF)	26
3.2 平移曲面(TABSURF)	31
3.3 旋转曲面(REVSURF)	34
3.4 边界曲面(EDGESURF)	37
小结	41
第 4 章 3D 面构体	42
4.1 长方面体(AI_BOX)	43
4.2 楔面体(AI_WEDGE)	44
4.3 棱锥面体(AI_PYRAMID)	45
4.4 球面(AI_SPHERE)	47
4.5 半球面(AI_DOME & AI_DISH)	47
4.6 圆锥面(AI_CONE)	48
4.7 圆环面体(AI_TORUS)	49
4.8 网格面(AI_MESH)	50
小结	51
第 5 章 3D 实体造型	52
5.1 3D 基本实体	52
5.2 由 2D 对象生成的 3D 实体	61

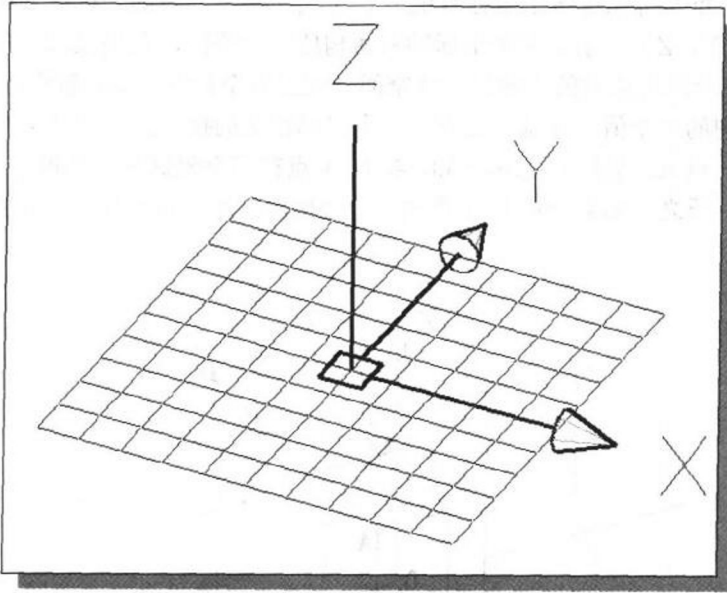
5.3 实体的编辑和修改 .....	66
小结 .....	83
<b>第 6 章 3D 模型的观察和观测 .....</b>	<b>84</b>
6.1 视口分割(VPORTS) .....	84
6.2 三维视图 .....	88
6.3 三维轨道观测(3DORBIT) .....	93
6.4 动态观测(DVIEW) .....	94
小结 .....	101
<b>第 7 章 3D 效果图 .....</b>	<b>102</b>
7.1 模型的着色(SHADE) .....	102
7.2 模型的渲染(RENDER) .....	106
小结 .....	128
<b>第 8 章 简单模型 .....</b>	<b>129</b>
8.1 台灯 .....	129
8.2 亭子 .....	133
8.3 雨伞 .....	137
<b>第 9 章 殿堂 .....</b>	<b>141</b>
<b>第 10 章 旋转楼梯 .....</b>	<b>151</b>
<b>第 11 章 铅笔 .....</b>	<b>159</b>
<b>第 12 章 零件 .....</b>	<b>165</b>
12.1 法兰盘 .....	166
12.2 转轴 .....	171
12.3 零件的观测和效果 .....	179
<b>第 13 章 家具 .....</b>	<b>181</b>
13.1 书桌 .....	182
13.2 书架 .....	191
13.3 转椅 .....	196
13.4 书房的家具摆放 .....	200
<b>第 14 章 桥梁 .....</b>	<b>203</b>
14.1 小石桥 .....	204
14.2 斜拉桥 .....	210
<b>第 15 章 别墅 .....</b>	<b>217</b>
<b>第 16 章 减速器 .....</b>	<b>231</b>
<b>附录 .....</b>	<b>243</b>
附表 A AutoCAD 三维命令表 .....	243



---

附表 B AutoCAD 三维系统变量表 .....	247
后记 .....	249
参考文献 .....	250

# 第 1 章 坐标系统和观测点



从平面到三维，是一个质的飞跃。

第一，原来的坐标系统为二维坐标系统，只能满足平面图形的绘制与观测，不能作为立体模型的参照系统，因此坐标系统要升级成为三维坐标系统。

第二，平面图形一般只有一种观测方式，即在图形的正上方进行观测。但对于立体模型的观测，这种方式就显得“力不从心”了。正如可以从各个方向和角度观测桌子上的杯子一样，立体模型虽然是确定的，却可以有无数种观测方式。而且，在观测过程中，观测点的略微不同，也许就会使观测结果产生巨大的差异。因此，怎样选择最简便、最合适的方法来观测三维模型，将是和建立三维模型本身同样重要的。

本章将引入三维坐标系统，介绍怎样改变观测点（VPOINT），以及如何改世界坐标系统 WCS 为用户坐标系统 UCS。

## 1.1 世界坐标系统（WCS）

在二维坐标系统中，平面上任何一点都可以用惟一的一个二维数组，即点的坐标数组  $(X, Y)$  来表示。反之，任何一个二维数组都表示平面上惟一的一个点，

两者之间是一一对应的。

与 X-Y 平面坐标系统相比,三维世界坐标系统 (World Coordinate System) 多了一个数轴 Z。增加的数轴 Z 给坐标系统多规定了一个自由度,并和原来的两个自由度 (X 和 Y) 一起构成了三维坐标系统,简称三维坐标系。

由于三维坐标系统多了坐标数值 Z, 于是一个空间点的坐标就要用三个值的数组 (X, Y, Z) 表示。三个坐标轴两两构成一个平面,共构成三个相互垂直的平面。这三个两两垂直的平面把立体空间分成了八个部分,每个部分为一个卦限。三维坐标中的三个值,分别代表点在三个坐标轴上的投影。如图 1-1 所示,三维空间内有一点 A,坐标为 (20, -30, 40)。A 点在三个坐标轴上的投影分别为 20、-30 和 40。反之,如果确定了 A 点的三个坐标值,A 点在空间上的位置就惟一确定了。

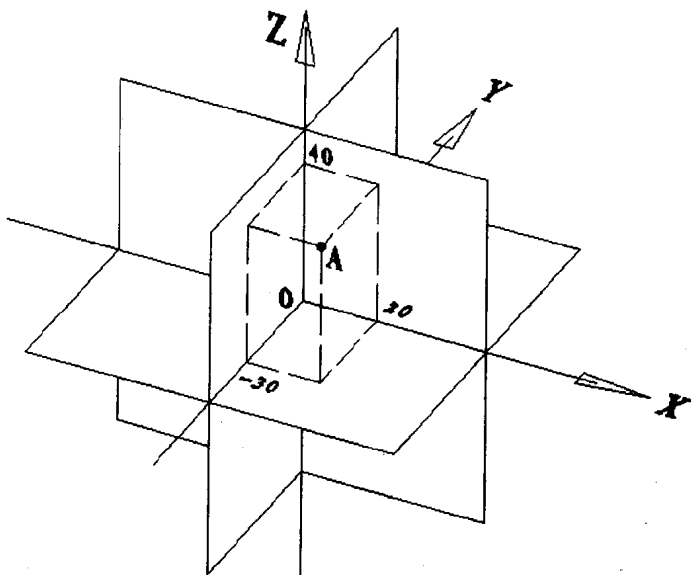


图 1-1

在世界坐标系统中,不仅 X、Y、Z 三个坐标轴要两两正交,而且对坐标轴正向(箭头方向)的规定也是非常严格的。但有关坐标轴方向的解释却是多种多样的。其实,只要能够真正理解三个坐标轴方向的意义,就不必太在意使用的是左手定则还是右手定则。以左手为例,用拇指代表 X 轴、中指代表 Y 轴、食指代表 Z 轴。将这三个手指相互垂直,一个坐标系统就一目了然了。

三维空间内的所有几何物体,不论其形状多么复杂,归根到底,都是许多空间点的集合。有了三维空间的坐标系统,三维造型就成为了可能。因此,三维坐标系统是研究三维空间的基础。

## 1.2 设置观测点 (VPOINT)

对于平面图形，一般是从正上方来观测。由三维坐标系统的概念可知，水平面正上方观测点的坐标应该是  $(0, 0, Z)$ ，其中  $Z$  是大小无关的。在 AutoCAD 中，规定用命令 **VPOINT** 来改变观测点。设置的观测点与坐标系原点的连线就是观测物体的方向。可以这样理解：**观测的方向是由给定的观测点 (VPOINT) 指向原点。**

如上所述，平面图形的观测点为  $(0, 0, Z)$ ，即从原点的正上方垂直向下来观测平面上的图形。因此，图形的大小、比例、角度等参数都保持不变。

在三维造型时，仅从三维物体的正上方来观测是不够的。例如，一个建筑物，只看到屋顶是不能了解它的结构的。这样就必须改变观测点，以便最大可能地掌握物体形状和样式等信息。

为了改变观测点，可以直接由键盘输入 **VPOINT** 命令，也可以由菜单 **视图(V)** 下的 **三维视图(3) ▶** 中，选择 **视点(V)** 来实现。从菜单输入命令后，会出现一个动态坐标和一个方位罗盘，如图 1-2 所示。可以这样理解罗盘的意义：假想罗盘的中心表示地球的北极，罗盘中的小圆表示地球的赤道，罗盘的大圆表示地球的南极。

在方位罗盘上移动光标，动态坐标也会随之变化。把光标移动到罗盘十字的右下部并保持在罗盘小圆内，表示从物体东南方向的上方来观测。按一下鼠标左键确定，观测点就改变了，并且 AutoCAD 的坐标图标也随之改变成三维图标，如图 1-3 所示。

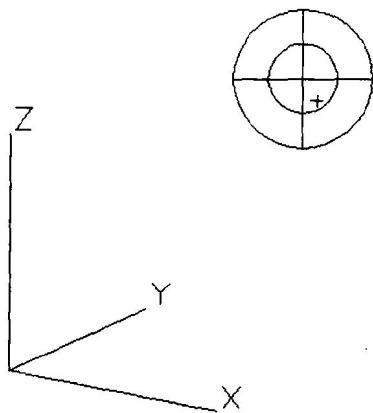


图 1-2

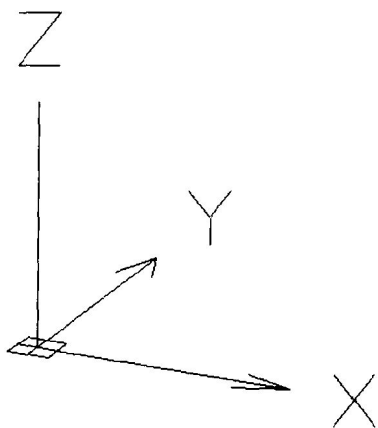


图 1-3

动态罗盘方法比较方便，但是得到的观测角度不是太准确。因此，除了用动态罗盘的方法来改变观测点外，还可以直接从命令行输入命令来设置观测点。有两种具体的设置方式，其中一种是输入观测点的坐标，这是常用的方式：

Command: **VPOINT** ✓ \*\* 输入命令  
 当前视图方向: **VIEWDIR=0.0000,0.0000,1.0000** \*\* 提示原来的观测点  
 指定视点或 [旋转(R)] <显示坐标球和三轴架>: **1, -2, 1.5** ✓ \*\* 输入新的观测点

另外一种观测点设置方式是由复选项[旋转(R)]确定的。先设置方向角度，即确定观测者是由东、南、西、北哪一个方向来观测（正东为 $0^\circ$ 角）；再设置俯视角，即确定观测者是仰视还是俯视观测：

Command: **VPOINT** ✓ \*\* 输入命令  
 当前视图方向: **VIEWDIR=0.0000,0.0000,1.0000** \*\* 提示原来的观测点  
 指定视点或 [旋转(R)] <显示坐标球和三轴架>: **R** ✓ \*\* 输入 R 项  
 Enter angle in XY plane from X axis <270>: **315** ✓ \*\* 方向角度， $315^\circ$  为正东南  
 Enter angle from XY plane <90>: **30** ✓ \*\* 俯视角， $30^\circ$  为俯视

建议读者刚开始时使用观测点 (1, -2, 1.5) 或 (1, -2, 1)，因为这样得到的坐标方向和物体视图比较符合视觉习惯。有一点需要说明：观测点三个坐标数字的正负号关系以及坐标数字之间的比例非常重要。有兴趣的读者可以马上试验一下：如果把观测点设置成 (10, -20, 15) 或 (100, -200, 150)，图上的情况基本上不发生变化。但是，如果将观测点设置成 (10, 20, 15) 或 (10, 20, -15) 或 (10, -20, 1.5) 等，观测到的图形情况就大不一样了。为了方便读者练习，现将各个方位的观测点的坐标数字正负符号关系列于表 1-1，进行定性分析。

表 1-1 各方位观测点正负符号表

	正东	东南	正南	西南	正西	西北	正北	东北
俯视	(+,0,+)	(+,-,+)	(0,-,+)	(-,-,+)	(-,0,+)	(-,+,-)	(0,+,-)	(+,-,-)
平视	(+,0,0)	(+,-,0)	(0,-,0)	(-,-,0)	(-,0,0)	(-,+,0)	(0,+,0)	(+,-,0)
仰视	(+,0,-)	(+,-,-)	(0,-,-)	(-,-,-)	(-,0,-)	(-,+,-)	(0,+,-)	(+,-,-)

请读者多做一些有关坐标系统和观测点的练习。例如：假想有一个长方体，与坐标轴正交地放置在图上。现在分析一下：如果只观测到它的某一个面时，观测点应该怎样设置；如果要同时观测到它的某两个相邻面时，观测点应该怎样设置；如果要同时观测到它的某三个相邻面时，观测点又应该怎样设置？

## 1.3 用户坐标系统 (UCS)

### 1.3.1 用户坐标系统 (UCS)

AutoCAD 的许多绘图命令 (如圆 CIRCLE、多边形 POLYGON、多段线 PLINE 等) 以及编辑修改命令 (如阵列 ARRAY、旋转 ROTATE、镜像 MIRROR 等) 必须以平面的方式在平行于 X-Y 平面 (水平面) 的方向上进行。但在进行三维造型时, 却常常遇到平面不与水平面平行的情况。因此, 要用 UCS 命令来改变原来的坐标系统, 使它与需要造型的平面平行, 以便符合造型需要。

过去常用的坐标系统是世界坐标系统 WCS, 根据用户的需要而改变后的坐标系统则称为用户坐标系统 UCS (User Coordinate System)。世界坐标系统是统一的, 谁使用都是一样的; 用户坐标系统却是千变万化的, 根据造型情况以及用户习惯的不同而有很大差异。

可以通过绘图区上的二维坐标图标判断正在使用的是世界坐标系统还是用户坐标系统。如果图标中有一个字母 W, 即为世界坐标系统 WCS; 如果没有, 即为用户坐标系统 UCS。(坐标图标的形态和式样, 可以用命令 UCSICON 改变。)

命令 UCS 中有许多选项:

Command: UCS ✓

当前 UCS 名称:\*世界\*

\*\*当前的坐标系统是世界坐标系统

Enter an option

[New/Move/orthoGraphic/Prev/Restore/Save/Del/Apply/?/World] <World>:

各个选项的功能如下 (有些选项之下还有子选项):

**New:** 新建一个用户坐标系统。

**Zaxis:** 通过指定用户坐标系统的 Z 轴的方法建立用户坐标系统。

**3point:** 指定原点、X 轴上的一个点、Y 轴上的一个点, 这三点确定 UCS 的 X-Y 面。

**Object:** 指定物体, 使 X-Y 面与物体平行。

**Face:** 指定 3D 实心体的某个面, 使 X-Y 面与之平行。

**View:** 执行此项后, 新的 UCS 的 X-Y 面与现在的视图平行。

**X:** 将原来的坐标系统 X 轴旋转一定的角度, 生成新的用户坐标系统。

**Y:** 将原来的坐标系统 Y 轴旋转一定的角度, 生成新的用户坐标系统。

Z: 将原来的坐标系统 Z 轴旋转一定的角度, 生成新的用户坐标系统。

Move: 移动世界坐标系统的原点, 形成用户坐标系统。

Zdepth: 在三个坐标轴方向都不改变的情况下, 设置原点的高度。

orthoGraphic: 将 UCS 改变成为与原来的坐标系统正交的坐标系统。

Top: Z 轴指向上。

Bottom: Z 轴指向下。

Front: Z 轴指向前。

Back: Z 轴指向后。

Left: Z 轴指向左。

Right: Z 轴指向右。

Prev: 跳回到之前的一个坐标系统。

Save: 保存设置好的用户坐标系统。

Restore: 将保存过的用户坐标系统恢复到屏幕上。

Del: 将保存过的用户坐标系统删除。

Apply: 使用已有的用户坐标系统。

World: 恢复到世界坐标系统。

熟练掌握这些选项, 将对三维造型工作起到良好的辅助作用。下面的作图过程中, 会不断练习使用 UCS。

### 1.3.2 造型环境设置和 UCS 使用练习

#### 1. 建立自己的三维造型环境

不论绘制平面图还是进行三维造型, 良好的绘图界面环境都是非常重要的。造型环境包括: 快捷工具条的打开/关闭、图纸幅面或造型三维空间大小、视图缩放大小以及坐标系统设置等。在造型之前, 必须做好这些准备工作。

AutoCAD 的绝大部分命令都有工具按钮, 可以在 **视图 (V)** 菜单下的 **工具栏 (O) ...** 下选择需要的工具按钮条。用工具按钮输入命令比用菜单输入命令更加直观和快捷。但是, 如果同时打开的工具条太多, 绘图区就会相应减小, 不利于绘图和造型。因此, 最好只打开那些常用的或准备使用的工具条。

绘图或造型所占的空间大小因造型对象的不同而有所不同。可以用 **格式 (O)** 菜单下的 **图形界限 (A)** 来设置图形界限。也可以直接输入 LIMITS 命令:

Command: LIMITS ✓

\*\*设置图形幅面界限

Reset Model space limits:

Specify lower left corner or [ON/OFF] <0.0000,0.0000>: -50, -50 ✓

Specify upper right corner <420.0000,297.0000>: **50, 50**✓

\*\*指定幅面为 100mm×100mm，原点在幅面正中心。

改变观测点为三维观测方向。

Command: **VPOINT**✓

Current view direction: VIEWDIR=0.0000,0.0000,1.0000

Specify a view point or [Rotate] <display compass and tripod>: **1, -2, 1.5**✓

在绘图窗口缩放图形，使用 **视图(V)** 菜单下的 **缩放(Z)** 下的 **全部(A)**，将图形尽可能大地放在屏幕绘图区中。也可以从命令行输入命令：

Command: **ZOOM**✓

Specify corner of window, enter a scale factor (nX or nXP), or

[All/Center/Dynamic/Extents/Previous/Scale/Window] <real time>: **ALL**✓

\*\* 缩放全图

按功能键 **F7**，打开辅助栅格。使用 UCSICON 命令的 P 选项设置坐标图标线条的粗细，使图标变粗。完成这些工作之后，图面已经是三维的“感觉”了，如图 1-4 所示。

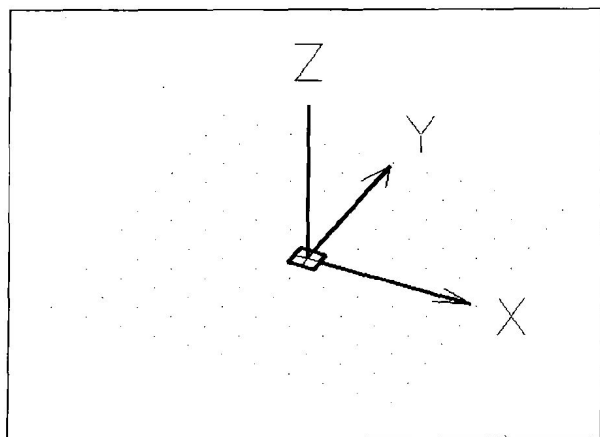


图 1-4



## 2. UCS 使用练习

在图上画一个圆形。

Command: **CIRCLE** ✓

Specify center point for circle or [3P/2P/Ttr (tan tan radius)]: **0, 0** ✓

Specify radius of circle or [Diameter]: **20** ✓

\*\*画一个水平面上的圆，圆心 (0, 0)，半径 20mm

结果如图 1-5 所示，可以看到，由于观测点的改变，圆看起来是椭圆。

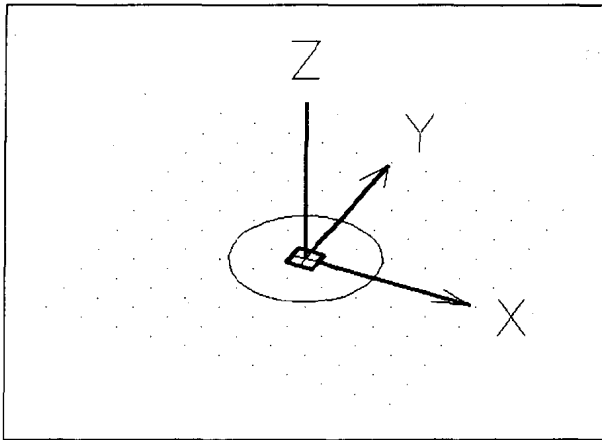


图 1-5

现在，画一个非水平面上的圆，例如，在 X 轴的右端画一个圆，圆面与 X-Y 面垂直。这时就需要改变 UCS。

Command: **UCS** ✓

当前 UCS 名称: \*世界\*

Enter an option

[New/Move/orthoGraphic/Prev/Restore/Save/Del/Apply/?/World] <World>: **N** ✓

Specify origin of new UCS or [ZAxis/3point/OBject/Face/View/X/Y/Z] <0, 0, 0>: **X** ✓

Specify rotation angle about X axis <90>: **90** ✓

\*\*将原坐标系统绕 X 轴旋转 90°，成为新的坐标系统