

实用百例



AutoCAD 2004 中文版

三维制图百例

AutoCAD

AutoCAD

AutoCAD

AutoCAD

Designer to Designer

资 深 设 计 师 的 力 作



王章全 编著

清华大学出版社

实用百例

AutoCAD 2004 中文版

三维制图百例

王章全 编著

清华大学出版社

北 京

内 容 简 介

本书集中了作者多年的教学和绘图实践的经验,精选了100个典型实例,介绍了AutoCAD三维制图的方法。本书内容包括立体作图概述,基本体、截切体的制作,实体的交、并、差和扫描体等实体编辑方法,实体的修改,标准件的制作,图形的编程实现,轴测图、曲面模型、典型零件、齿轮泵、滑动轴承和曲轴连杆机构的绘制等。

本书实例由浅入深,由简单到复杂,由基础到应用,对每一实例的作图过程都给出了详细的说明,可操作性很强。读者只要遵循本书实例逐步练习,多加思考,举一反三,就一定能在三维造型的殿堂中自由翱翔。

本书可作为工程技术人员和大中专学生学习立体作图的参考书。

版权所有,翻印必究。

本书封面贴有清华大学出版社激光防伪标签,无标签者不得销售。

图书在版编目(CIP)数据

AutoCAD 2004 中文版三维制图百例/王章全编著. —北京:清华大学出版社, 2004
(实用百例)

ISBN 7-302-08597-8

I. A… II. 王… III. 机械制图: 计算机制图—应用软件, AutoCAD 2004 IV. TH126

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004) 第 041062 号

出 版 者: 清华大学出版社 地 址: 北京清华大学学研大厦

<http://www.tup.com.cn> 邮 编: 100084

社 总 机: 010-62770175 客户服务: 010-62776969

组稿编辑: 胡伟卷

文稿编辑: 刘金喜

封面设计: 张海滨

版式设计: 康 博

印 刷 者: 北京市世界知识印刷厂

装 订 者: 北京市密云县京文制本装订厂

发 行 者: 新华书店总店北京发行所

开 本: 185×260 印张: 25.5 字数: 605 千字

版 次: 2004 年 6 月第 1 版 2004 年 6 月第 1 次印刷

书 号: ISBN 7-302-08597-8/TP·6167

印 数: 1~5000

定 价: 45.00 元(含光盘)

本书如存在文字不清、漏印以及缺页、倒页、脱页等印装质量问题,请与清华大学出版社出版部联系调换。联系电话: (010)62770175-3103 或(010)62795704。

前 言

随着 CAD/CAM 一体化软件的应用,现代制造业已经进入了实体加工阶段,从此,制造业从二维制造进入了立体制造,从按图纸加工转变为无图纸加工,这是一次现代制造业的革命。因此,学习和掌握立体造型或三维作图既是当务之急,也是发展方向。

本书应用的是美国 Autodesk 公司研制的 AutoCAD 软件,它也是国际、国内应用最广的 CAD 软件,其 2004 版的三维作图功能已相当完备。

本书集中了作者多年的教学和绘图实践的经验,精选了 100 个典型实例,介绍了 AutoCAD 三维作图的方法。一般的操作说明书往往缺少实例和练习,即使学会了操作命令,也很难融会贯通,而有的实例型书籍中的实例又过于简单,缺少典型性。鉴于此,也考虑本书的系统性,本书实例由浅入深,由简单到复杂,由基础到应用,逐步引导读者进入 AutoCAD 2004 三维造型的殿堂。前面几章是基础,着重介绍基本操作命令的各种用法;后面几章是应用,注重操作命令的灵活应用。本书对每一实例的作图过程都给出了详细的说明,可操作性强,读者只要遵循本书实例逐步练习,多加思考,举一反三,就一定能在三维造型空间中自由翱翔。

本书第 1 章是立体作图的概述和本书的体例说明;第 2 章是实体造型的基本体素作图;第 3~5 章是实体的基本编辑方法;第 6 章介绍对实体的局部修改;第 7 章是国标中一些标准件的实体绘图;第 8 章是用编程和交互作图相结合的方法生成复杂的零件;第 9 章简单介绍了线框作图方法;第 10 章介绍了曲面模型的生成;第 11 章是几个典型零件的实体作图;第 12~14 章介绍了 3 个典型机器(部件)的零件造型及装配图的作图方法。

直接参加本书编写的还有葛康定。

感谢清华大学出版社给予我这样的机会,将多年所学所得奉献给社会,让我们共同描绘祖国 CAD 事业的美好蓝图;另外,还要感谢浙江大学工程及计算机图形学研究所,多年的教学实践和良好的学术氛围为本书奠定了基础、积累了素材,感谢所里的领导和同事们的支持和帮助;还要感谢浙江大学旭日科技有限公司的单岩博士,他丰富的 CAD/CAM/CAE 经验给了我很多帮助。

由于时间仓促,加之作者水平有限,本书缺点和错误在所难免,恳请读者批评指正。

作 者

第 22 例	长方体减长方体	71
第 23 例	长方体减圆柱体	75
第 24 例	同轴圆柱体的减	80
第 25 例	两相交圆柱体的减	81
第 26 例	圆柱体减圆柱体和长方体	84
第 27 例	长方体与圆柱体的交	87
第 28 例	圆柱体与圆柱体的交	88
第 5 章	扫描体	91
第 29 例	拉伸六棱柱	92
第 30 例	工字钢	94
第 31 例	平面凸轮	95
第 32 例	弯管接头	97
第 33 例	花瓶	106
第 34 例	轴承盖	107
第 35 例	三潭印月	108
第 36 例	手柄	119
第 37 例	球头操纵杆	121
第 38 例	拨叉	123
第 39 例	平皮带轮	130
第 40 例	三角皮带轮	137
第 6 章	实体修改	145
第 41 例	圆角	146
第 42 例	拉伸面	150
第 43 例	三维矩形阵列	154
第 44 例	三维环形阵列	156
第 45 例	三维旋转	160
第 46 例	抽壳	162
第 7 章	标准件	165
第 47 例	六角头螺栓	166
第 48 例	双头螺柱	170
第 49 例	开槽圆柱头螺钉	172
第 50 例	开槽锥端紧定螺钉	174
第 51 例	六角螺母	176
第 52 例	垫圈	180
第 53 例	普通平键	181
第 54 例	半圆键	183
第 55 例	圆柱销	185

第 56 例	圆锥销	188
第 57 例	深沟球轴承	191
第 8 章	图形的编程实现	199
第 58 例	圆柱螺旋弹簧	200
第 59 例	齿轮	205
第 9 章	轴测图	211
第 60 例	轴测图 1	212
第 61 例	轴测图 2	216
第 10 章	曲面模型	219
第 62 例	旋转曲面	220
第 63 例	平移曲面	222
第 64 例	直纹曲面	224
第 65 例	边界曲面	233
第 11 章	典型零件	237
第 66 例	泵轴	238
第 67 例	手轮	241
第 68 例	球阀盖	246
第 69 例	叶轮泵盖	249
第 70 例	踏脚座	255
第 71 例	球阀体	259
第 72 例	柱塞泵体	262
第 73 例	蜗轮箱体	267
第 74 例	变速箱盖	277
第 75 例	变速箱体	289
第 12 章	齿轮泵	297
第 76 例	垫片	298
第 77 例	泵盖	299
第 78 例	泵体	304
第 79 例	压紧螺母	313
第 80 例	填料压盖	316
第 81 例	被动轴齿轮	318
第 82 例	主动轴齿轮	319
第 83 例	齿轮泵装配图	322
第 13 章	滑动轴承	325
第 84 例	轴承座	326
第 85 例	轴承盖	333
第 86 例	下轴衬	336

第 87 例	上轴衬	339
第 88 例	油杯体	341
第 89 例	油杯盖	343
第 90 例	滑动轴承装配图	347
第 14 章	曲轴连杆机构	351
第 91 例	曲轴	352
第 92 例	平衡块	368
第 93 例	飞轮	371
第 94 例	连杆螺栓	374
第 95 例	连杆	376
第 96 例	连杆盖	380
第 97 例	活塞	383
第 98 例	活塞销	390
第 99 例	活塞销挡圈	390
第 100 例	曲轴连杆机构装配图	391

1

概述

制造业已进入立体制造阶段，二维制图已不适应现代制造业的需要。要与时俱进，就得学习三维制图技术。而学习三维制图技术，按实例学习不失为一种好方法。这是本章要解决的首要问题。

怎样提高学习效率？一个好的配置很重要，它可以起到事半功倍的效果。所以，接下来介绍本书实例作图中的配置和约定。

在三维绘图中，视点和用户坐标系是关键，本章中要介绍这两个概念。

怎样提高图形精度？这牵涉到 4 个参数，本章也要论述这 4 个参数。

1.1 为什么要应用三维绘图技术

三维绘图是 CAD 发展的必然, 因为三维绘图更直观, 更简便, 更易于 CAM。

三维作图经历了线框模型、曲面模型和实体模型 3 个阶段。

在早期, 限于硬件和软件的水平, 不能处理太复杂的图形, 所以, 只能画线框图, 即线框模型。线框模型只用点和线表达三维图形, 不存在面和体的信息。其好处是: 信息量少, 处理比较简单, 正好适应当时的硬件水平低的特点。线框模型相当于制图中所说的等轴测图。

随着硬件水平的提高, 顺理成章地推出了曲面模型, 曲面模型还是没有立体信息, 但包括了复杂的曲面信息, 特别是后来与实体模型结合起来, 可以绘制复杂的三维曲面, 比如雕塑曲面。

应该说实体模型是最先进的, 但对于复杂曲面还是要借助于曲面模型。实体模型直观、无需专业制图知识就可看懂; 实体模型具有完整的三维立体信息, 它可以方便地得到面积、体积、质量、惯性矩等设计以及分析中的重要参数; 实体模型还能很好地反映运动和加工过程中的干涉现象, 是运动模拟的基础; 特别是现代分析技术都基于有限元分析技术, 有限元技术也是基于实体模型的。制造业已经进入了 CAD/CAM 一体化时代, 已经不需要图纸, 也不需要二维投影视图, 可以直接由实体模型加工, 因此更需要实体造型工具。

AutoCAD 于 1982 年发布了 V1.0 版, 当然只有二维作图; 到 1988 年推出了 R10 版, 外挂了立体模块; 到 1994 年推出 R13 版, 改进了造型技术, AutoCAD 才具备了真正的三维造型功能, R14 版进一步加强了实体造型; 到 2004 版, 三维造型功能已经相当完善。AutoCAD 是工程软件, 它追求的目标是工艺性, 也就是可制造性, 要求尺寸准确, 能达到一定的设计、制造精度。目前, AutoCAD 中也已经有了着色和渲染, 可以做得很漂亮、很逼真, 而且也有连续观察功能, 可以认为是准动画, 但毕竟与动画软件(如 3ds max)不同, 动画软件不仅可以做得很漂亮, 而且还有动画功能, 能把运动过程表现得淋漓尽致。幸好, 3ds max 也是 Autodesk 公司的软件, 可以很方便地相互切换。

本书将以实例的形式介绍三维图形的作图方法和技巧。本书以实体模型为主, 同时介绍线框模型和曲面模型。

三维作图还是要以二维作图为基础, 而作者认为读者已经解决了二维作图问题, 因此, 在本书中不介绍二维作图, 若有问题, 请参考其他二维作图的书籍。

与二维作图相比, 三维作图要解决的首要问题是视点和用户坐标系。

另外, 为了输入命令方便, 把常用命令的图标菜单调出; 为了方便图形操作中区分形体, 不同的形体用不同的颜色、画在不同的图层。

最后, 三维实体作图要十分注意作图的“程序”。事先一定要对绘图的顺序有所规划, 先画什么, 后画什么。由于程序不对, 有时会浪费很多时间和精力, 甚至不能完成绘图。

1.2 本书实例中工作环境的设置

1. 图层

图层是一个重要概念，应该在二维作图中已经解决了。在三维作图中同样需要解决好图层问题。这是因为三维图形的线框图线往往重叠在一起，如果不区分图层和颜色，则将对选择实体带来困难，也就无法进行图形操作。

三维形体可由基本形体的并、交、差实现。为了并、交或差操作的方便，在绘制基本体时，就应将不同的子形体以不同的颜色画在不同的层。本书实例中用到的图层设置如图 1-1 所示，图层名就用图层颜色命名，即红、黄、蓝、绿、品红、青色等。也设置了黑色层，但黑色图形在着色后往往得不到理想的效果。

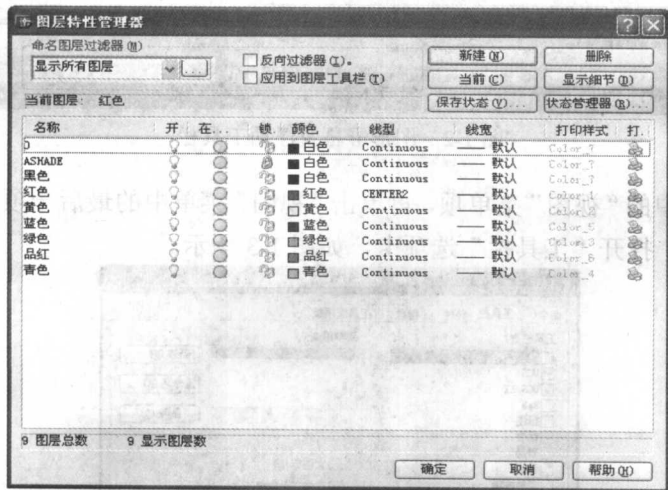


图 1-1 图层的设置

2. 菜单

命令输入可以有多种方法。

(1) 键盘输入：直接用键盘输入命令的全称或简称。对于熟悉键盘的人而言，输入效率还是很高的，但必须记住命令，增加了记忆负担。

(2) 菜单输入：在屏幕顶上一行主菜单，从主菜单出发，一级菜单一级菜单往下找，直到所需的命令。菜单输入基本无须记忆，但输入速度可能不快。

(3) 浮动工具栏菜单输入：事先将要用到的浮动工具栏调出，布置在屏幕上合适位置，输入命令时直接单击相应的图标，无须记忆，也比较快捷。

三维实体作图中常用的浮动工具栏有：实体、实体编辑、视图、用户坐标、着色以及二维命令中的绘图和修改。本书中设置的常用浮动工具栏如图 1-2 所示。

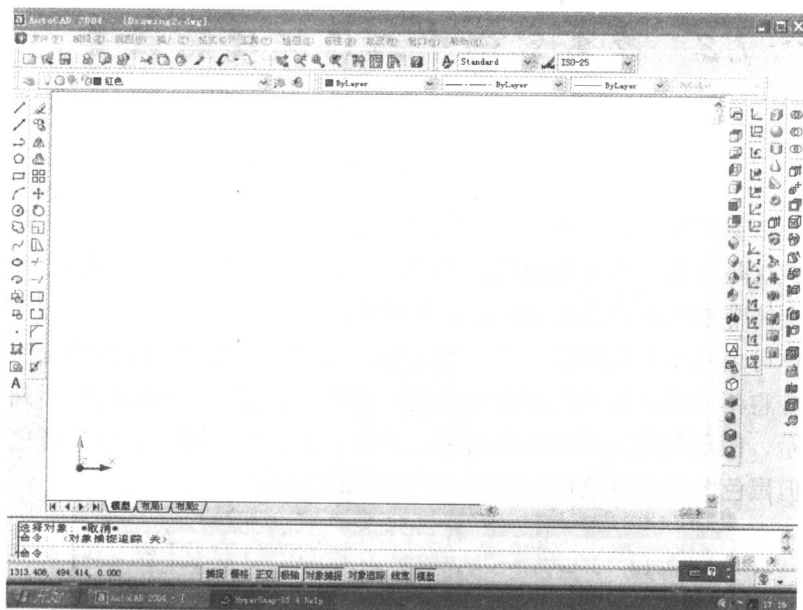


图 1-2 图形屏幕及浮动工具栏

单击主菜单中的“视图”菜单项，再单击“视图”菜单中的最后一项——“工具栏”，则弹出一对话框，打开“工具栏”选项卡，如图 1-3 所示。

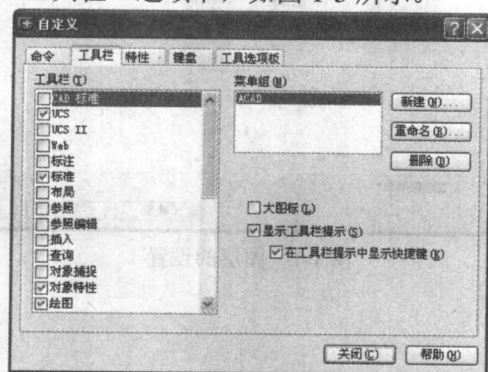


图 1-3 “工具栏”选项卡

想调出哪一个浮动工具栏，就单击哪一个工具栏左边的小方框，小方框中加上了勾号，就表示调出了此菜单。如，要调出用户坐标系 UCS 菜单，单击 UCS 左边的小方框，则在 UCS 左边的小方框中打了勾 ☒ UCS，同时，将 UCS 浮动工具栏放置在图形窗口中。单击“关闭”按钮，关闭“自定义”对话框。因为浮动工具栏显示在图形窗口中，会影响作图，所以应将它拖到边上去，现将它统一拖到右边去。用鼠标指针指向浮动工具栏的表头(蓝色区的最左方)，按住鼠标左键不放，拖动到屏幕的右方，浮动工具栏由水平变为垂直，在适当的位置松开左键，浮动工具栏就在此定位。

3. 单位和图幅

单位：公制、毫米。

图幅: A3, 420×297。

4. 与显示精度有关的 4 个参数

(1) SIOLINES: 每个曲面的轮廓线数目。

设置对象上每个曲面的轮廓线数目。数目越多, 显示性能越差, 渲染时间也越长。有效值的范围从 0~2047。默认设置是 4, 该设置保存在图形中(ISOLINES 是系统变量)。

(2) SURFTAB1、SURFTAB2: 当前线框密度。

SURFTAB1 决定了生成网格的 M 方向的网格密度, SURFTAB2 形成了网格的 N 方向的网格密度。

(3) VIEWRES: 控制圆、圆弧和椭圆的显示。

用 VIEWRES 命令设置的值可以控制圆、圆弧和椭圆的显示精度。AutoCAD 在屏幕上用许多短的直线段绘制出这些对象。VIEWRES 命令设置的值越高, 所绘制的圆弧或圆看起来就越平滑, 但重生成时也会花去更多的时间。如果图形中的圆看起来像多边形, 那么渲染后看起来也像多边形。在绘图时, 为了改善性能, VIEWRES 命令设置的值可以低一些。然而, 为了获得高质量的渲染图形, 在渲染包含圆弧或圆的图形之前应提高 VIEWRES 的值。

(4) FACETRES: 控制曲线实体的显示。

FACETRES 系统变量控制着色和渲染的曲线实体的平滑度。它与 VIEWRES 命令设置的值相关联: 当 FACETRES 设置为 1 时, 圆、圆弧和椭圆的视图分辨率与实体对象的素线之间一一对应。例如, 当 FACETRES 设置为 2 时, 素线将是 VIEWRES 命令设置的素线的两倍。FACETRES 系统变量的默认值是 0.5, 它的有效范围在 0.01~10 之间。

增加和减少 FACETRES 的值, 仅影响实体对象。

5. 本书中表示命令输入的方式

以视图选择为例:

(1) “视图”→“三维视图”→“西南等轴测”或单击图标.

用“视图”→“三维视图”→“西南等轴测”表示先单击主菜单中的“视图”菜单, 然后, 单击“三维视图”子菜单, 最后在“三维视图”子菜单中单击“西南等轴测”命令, 则进入西南等轴测视图。

这里, 用“”(引号)引起的表示菜单名; →表示菜单的级联。

或单击图标, 这是西南等轴测图的图标, 单击此图标, 直接进入西南等轴测视图。

(2) 由 AutoCAD 输出的信息用小五号字表示, 如下所示。

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

括号中是用户可以输入的信息(主要是命令选项、命令参数及捕捉方式等)的提示。

1.3 视 点

学过机械制图的人都知道，三视图是通过正投影得到的视图，也就是说，投射线与投影面是垂直的。正投影视图简化了手工绘图，但形体的立体信息则荡然无存。为了获得立体感，制图中用了等轴测图。等轴测图实际上还是平面视图，只不过改变了视点，用斜向投射形体，视觉上就有了立体感。在 AutoCAD 中制作立体图一定要学会改变视点方向。

图 1-4 所示的“三维视图”子菜单中，上部是视点预置和平面视图；中部是平面视图里的 6 个基本视图；下部是 4 个方向的等轴测视图命令。

下部这 4 个等轴测视图是立体作图中的基本视图，可以按照形体选择不同的等轴测视图。

对于一般的视点方向，可以用上部的“视点预置”或“视点”命令实现；如果要使用用户坐标平面的正投影视图，则用“平面视图”命令。

1. 视点预置

“视点预置”对话框如图 1-5 所示。

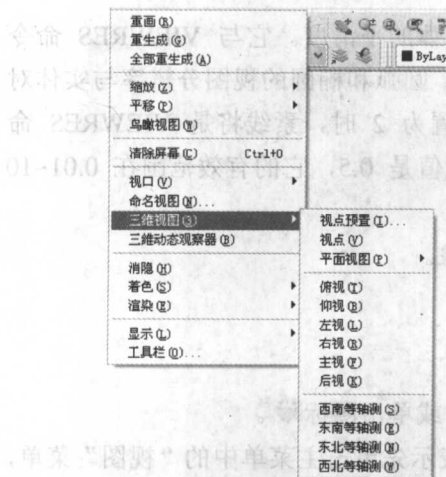


图 1-4 视图菜单

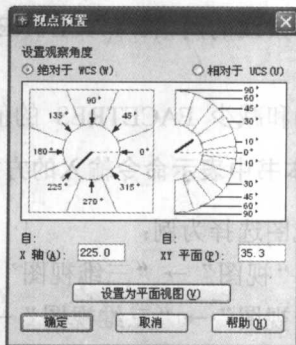


图 1-5 “视点预置”对话框

利用视点预置功能，可以预置任意的视点角度。这里三维空间的角度被分解为两个角度。

● XY 平面上的角度

XY 平面上的角度，用视点方向与 X 轴正向的夹角指定。可单击图框中左边图形的相关点，则文本框中显示角度值；也可以直接在文本框中输入角度值。

● 与 XY 平面的夹角

与 XY 平面的夹角，是视点方向与 X-Y 平面的夹角。可单击图框中右边图形的相关点，则文本框中显示角度值；也可以直接在文本框中输入角度值。

2. 视点

单击视点，在屏幕上显示一个罗盘和一个坐标架，如图 1-6 所示。

罗盘的中心是地球的北极，小圆是赤道，大圆是南极。当鼠标指针在罗盘中移动时，坐标架也跟着转动。根据鼠标指针在罗盘上的位置，就可大致确定视点方向。

3. 平面视图

“平面视图”子菜单共有“当前 UCS”、“世界 UCS”、“命名 UCS”3 个命令，如图 1-7 所示。“当前 UCS”是当前用户坐标系平面视图，“世界 UCS”是世界坐标系平面视图，“命名 UCS”是保存 UCS 时命名的用户坐标系的平面视图。

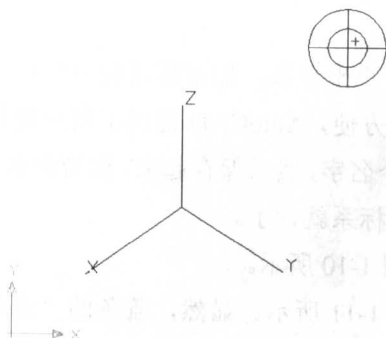


图 1-6 视点

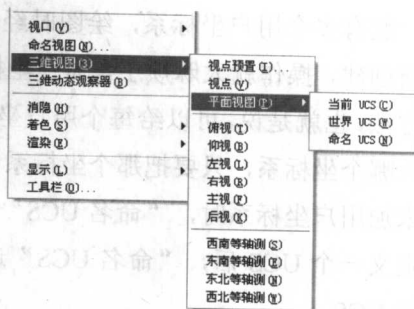


图 1-7 “平面视图”子菜单

4. 6 个基本视图

这就是二维作图中的 6 个基本视图，即主视图、俯视图、左视图、右视图、仰视图和后视图。

5. 等轴测视图

请注意 4 个基本等轴测视图的视点方向，如图 1-8 所示。



(a) 西南等轴测视图 (b) 东南等轴测视图 (c) 东北等轴测视图 (d) 西北等轴测视图

图 1-8 4 个等轴测视图

1.4 坐标系

在二维作图时一般是在世界坐标系(WCS)下绘图，但在三维作图中只有世界坐标系是远远不够的。也就是说，在三维作图时，经常工作在用户自己定义的坐标系——用户坐标系(UCS)下。

怎样定义用户坐标系？单击主菜单中的“工具”菜单项，弹出“工具”菜单，其中，有4个菜单项就是有关用户坐标系 UCS 的，如图 1-9 所示。

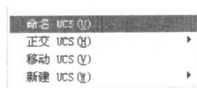


图 1-9 用户坐标系

1. 命名 UCS

一般有多个用户坐标系，绘图时经常要切换用户坐标系，如果每切换一个坐标系都要重新创建，操作就太麻烦了。为使坐标系间切换方便，AutoCAD 提供了用户坐标系的命名方法，也就是说，可以给每个用户坐标系起一个名字，然后保存起来，称为命名 UCS。想进入哪个坐标系，只要把那个坐标系设为当前坐标系就行了。

未加用户坐标系时，“命名 UCS”选项卡如图 1-10 所示。

定义一个 UCS 后，“命名 UCS”选项卡如图 1-11 所示。显然，蓝条的“未命名”是当前 UCS。

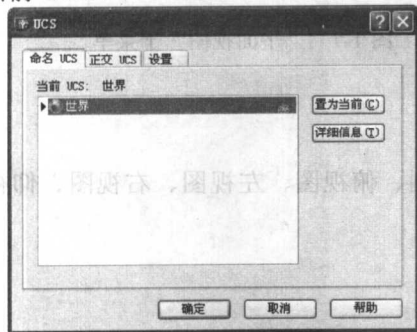


图 1-10 “命名 UCS”选项卡

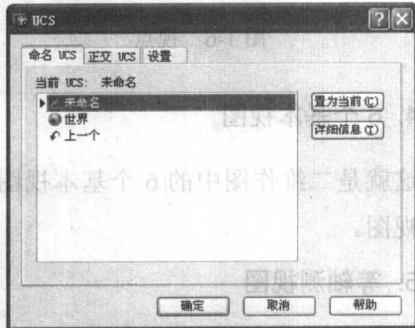


图 1-11 增加了一个 UCS 后的“命名 UCS”选项卡

若要命名 UCS，则：

- (1) 选择“工具”→“命名 UCS”命令或单击图标，则弹出 UCS 对话框。
- (2) 打开“未命名 UCS”选项卡。
- (3) 输入要命名的 UCS 名字，如 UCS1。
- (4) 单击“确定”按钮，则“未命名”成了 UCS1。

命名以后要切换到另一个 UCS，则只要单击目标 UCS 名，再单击“置为当前”→“确定”按钮即可。

2. 正交 UCS

“正交 UCS”子菜单如图 1-12 所示，除了“预置”外就是 6 个基本投影视图命令。

3. 移动 UCS

通过平移当前 UCS 的原点或修改其 Z 轴深度来重新定义 UCS，但保留其 XY 平面的方向不变。修改 Z 轴深度将使 UCS 相对于当前原点沿自身 Z 轴的正方向或负方向移动。这实际上就是平面几何中的直角坐标系平移。

4. 新建 UCS

“新建 UCS”子菜单如图 1-13 所示。

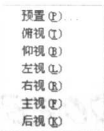


图 1-12 “正交 UCS”子菜单

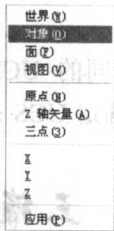


图 1-13 “新建 UCS”子菜单

- “世界” (WCS)

将世界坐标系设置为当前用户坐标系。WCS 是所有用户坐标系的基础，不能被重新定义。

- “对象”

根据选定三维对象定义新的用户坐标系。新 UCS 的拉伸方向(Z 轴正方向)与选定对象的一样。

对于非三维面的对象，新 UCS 的 XY 平面与绘制该对象时生效的 XY 平面平行，但 X 轴和 Y 轴可以做不同的旋转。

表 1-1 列出了由直线、圆和圆弧对象生成新 UCS 的方法说明。

表 1-1 由直线、圆、圆弧对象生成新的 UCS

对 象	确定 UCS 的方法
直线	离选择点最近的端点成为新 UCS 的原点。使该直线位于新 UCS 的 XZ 平面。该直线的第二个端点在新 UCS 中的 Y 坐标为 0
圆	圆的圆心成为新 UCS 原点。X 轴通过选择点
圆弧	圆弧的圆心成为新 UCS 原点。X 轴通过距离选择点最近的圆弧端点

- “面”

将 UCS 与实体对象的选定面对齐。选择一个面，在此面的边界内或面的边上单击，被选中的面将亮显，UCS 的 X 轴将与找到的第一个面上的最近的边对齐。

- “视图”

以垂直于观察方向(平行于屏幕)的平面为 XY 平面，建立新的坐标系。UCS 原点保持不变。

- “原点”

通过移动当前 UCS 的原点，保持其 X、Y 和 Z 轴方向不变，从而定义新的 UCS。

- “Z 轴矢量”

用特定的 Z 轴正半轴定义 UCS。

- “三点”

指定新 UCS 原点及其 X 和 Y 轴的正方向。Z 轴由右手定则确定。可以使用此选项指定任意可能的坐标系。

- “应用”

其他视口保存有不同的 UCS 时将当前 UCS 设置应用到指定的视口或所有活动视口。UCSVIP 系统变量确定 UCS 是否随视口一起保存。

1.5 三维图形观察器(3DORBIT)

【命令输入】：“视图”→“动态观察器”

三维动态观察器视图显示一个转盘(被 4 个小圆平分的一个大圆)。当 3DORBIT 处于活动状态时，查看的目标保持不动，而相机的位置(或查看点)围绕目标移动。目标点是转盘的中心，而不是被查看对象的中心。

【注意】

3DORBIT 命令处于活动状态时无法编辑对象。

在转盘的不同部分之间移动鼠标指针时，鼠标指针的形状会改变，以指示查看旋转的方向。

单击“动态观察器”后，屏幕显示一个大圆和 4 个小圆，如图 1-14 所示。

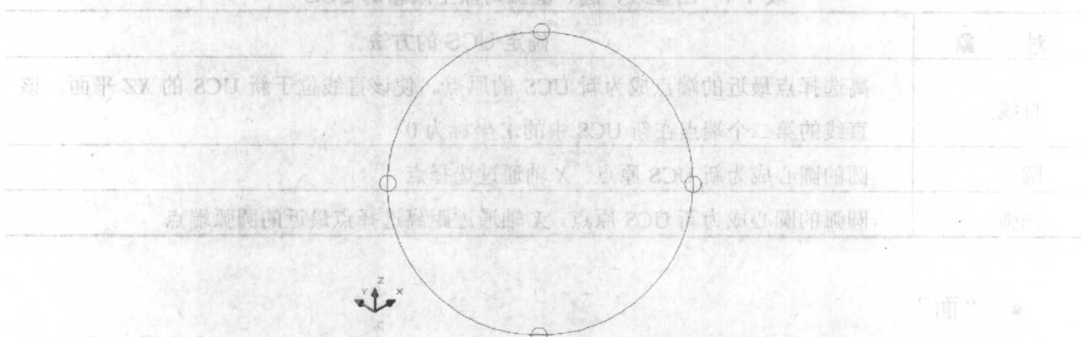


图 1-14 动态观察器

1. 旋转图形(实际上是坐标系旋转)

鼠标指针移到左或右两个小圆中，鼠标指针变成一个小圆和小圆中的垂直轴。按住