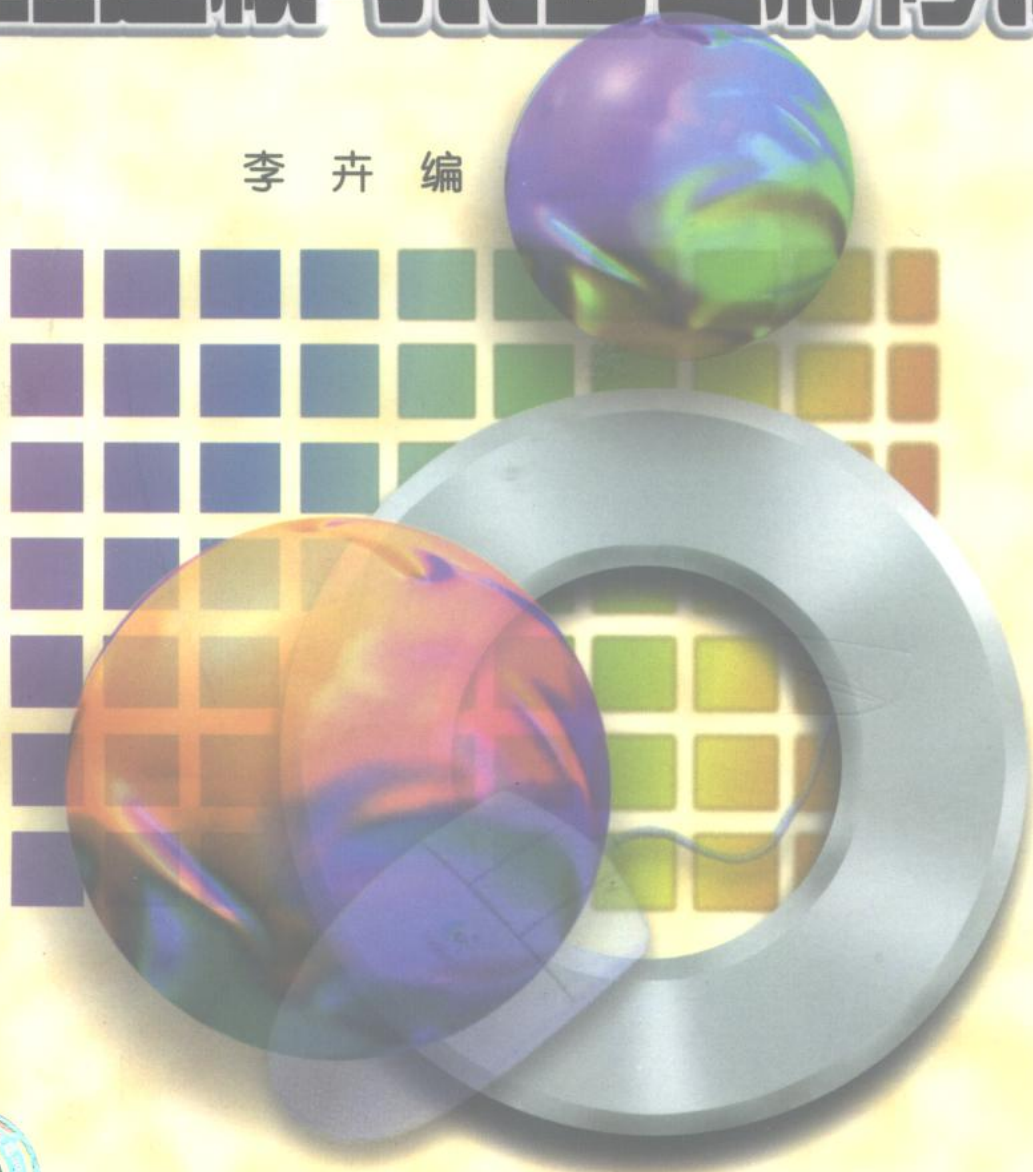


Auto CAD

三维建模与表面色彩修饰

李 卉 编



电子科技大学出版社

UESTC PUBLISHING HOUSE

TP391.72

L25-2

440973

AutoCAD

三维建模与表面色彩修饰

李 卉 编

电子科技大学出版社

内 容 简 介

AutoCAD 三维 (3D) 建模功能最显著的特点是不仅能够精确地构造模型实体,而且能在三维空间灵活地表现。将 AutoCAD 与 CAM 等其他计算机辅助制造技术相结合,可以将图形信息直接转换为产品实物。因此在工程设计和自动化生产中具有十分重要的意义。用 AutoCAD 配合使用其他专门软件,实现更加充分的动态演示和色彩修饰,更是目前建筑、广告以及各类效果设计领域十分流行的制作方法。

本书在 AutoCAD 二维作图的基础上,继续全面、详尽地阐述了三维高级建模和表面色彩修饰功能的作图环境、方法、技巧以及图形数据交换等扩展技术,尤其适合从事工程、建筑、广告及其他领域图形设计人员作为应用参考书。

为了适应技术不断更新的要求,本书尽量淡化 AutoCAD 版本之间的界限而着重其基本原理。同时,本书选材集中,结构严谨,理论剖析深入透彻,并且配有大量的图例和示范练习,可以指导读者按部就班、循序渐进,规范系统地进行实际操练。

声 明

本书无四川省版权防盗标识,不得销售;版权所有,违者必究,举报有奖,举报电话:(028)6636481 6241146 3201496

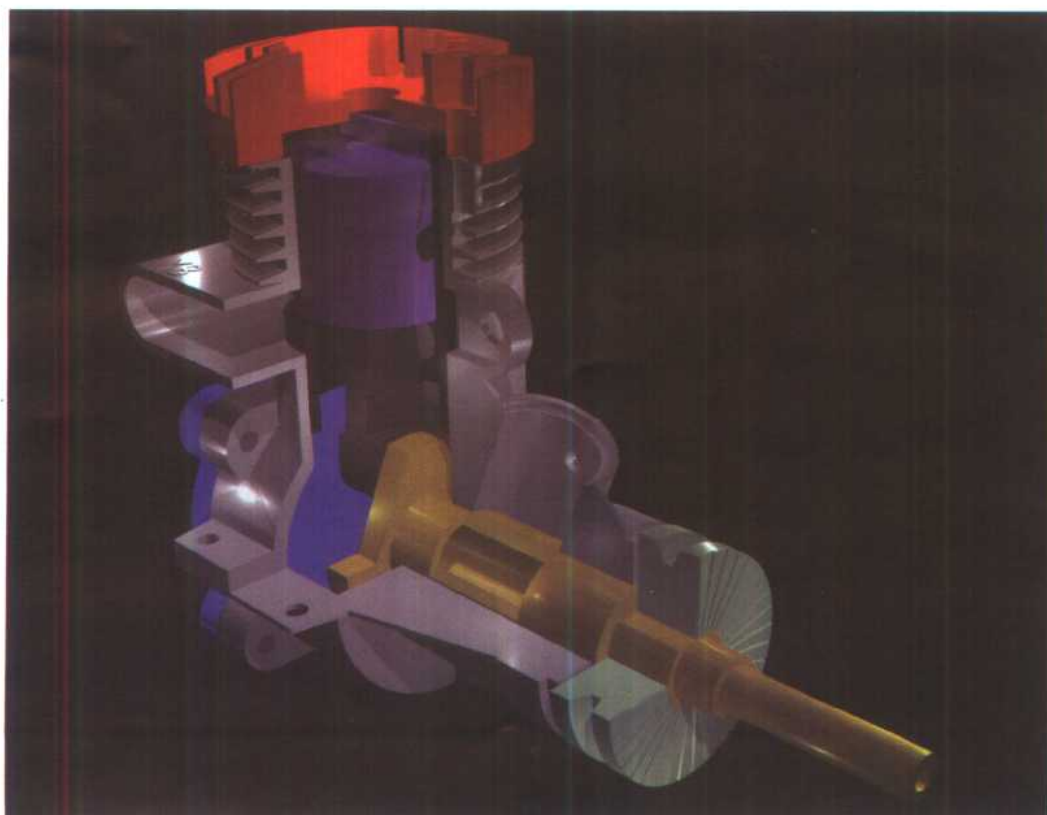
AutoCAD 三维建模与表面色彩修饰

李 卉 编

出 版:电子科技大学出版社 (成都建设北路二段四号 邮编 610054)
责任编辑:王仕德
发 行:新华书店经销
印 刷:四川建筑印刷厂
开 本:787×1092 1/16 印张 13.125 插页 4 字数 328 千字
版 次:1999 年 6 月第一版
印 次:1999 年 6 月第一次印刷
书 号:ISBN 7—81065—153—6/TP·85
印 数:1—4000 册
定 价:17.50 元



经过渲染的房间陈设



用 AME 建模和 Render Man 修饰的模型实体之一



用 AME 建模和 Render Man 修饰的模型实体之二



AutoCAD 与其他作图软件的联合应用



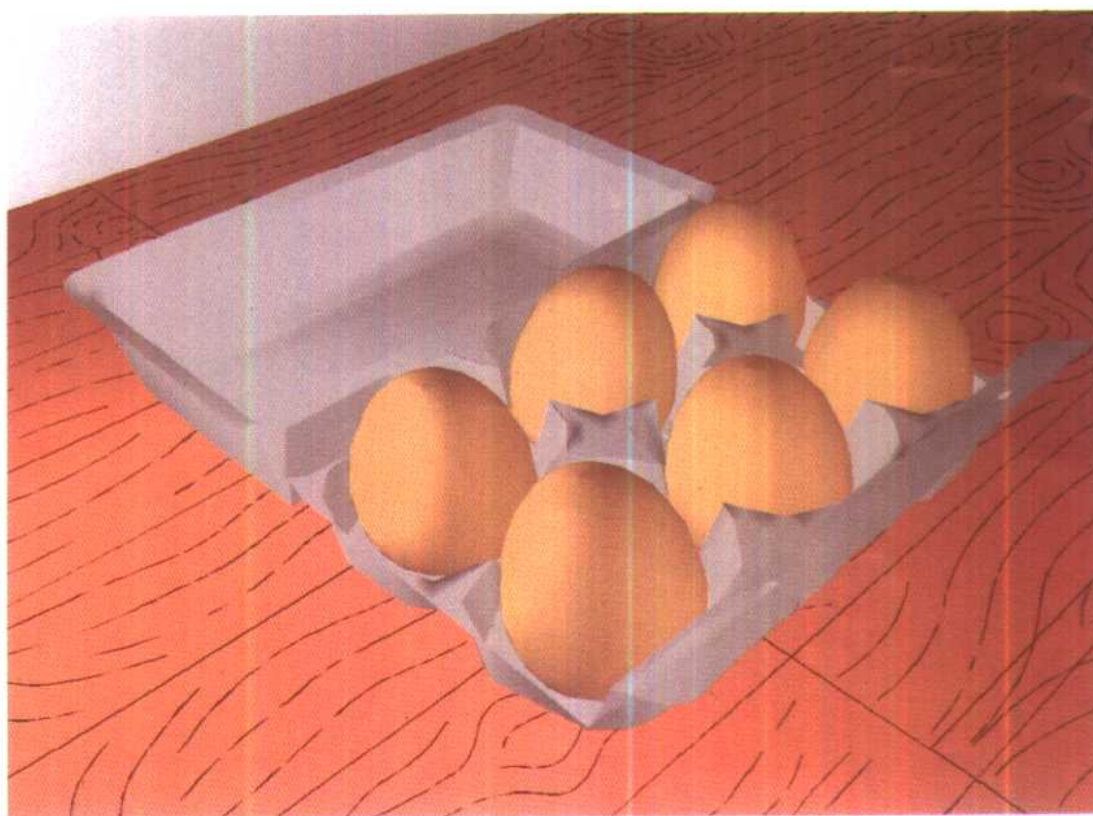
高强度的环境光



低强度的环境光



椅子的木质效果



用中等强度环境光以及漫射和高光反射设置
所修饰的鸡蛋(木纹用拉伸复合线生成)

前 言

AutoCAD 的二维 (2D) 作图方法与手工绘图极为相似, 实际上都在平面上进行。三维 (3D) 建模功能最显著的特点是不仅能够在三维空间灵活地表现一个或多个三维实体, 并且能够通过与 CAM.CAE 等其他计算机辅助技术相连接, 将图形信息直接转换为产品实物。虽然 2D 图形也可以精确地表现 3D 模型实体的形状和尺寸, 但由于受视图方向的限制, 2D 图形实际上不可能全面而完整地表现模型实体上的所有部分, 除非分别进行绘制。而在创建 3D 模型的过程中, 模型实体上的所有部分都可以同时得到表现。

AutoCAD 绝大多数标准的 2D 绘图和编辑命令, 如旋转、比例、拉伸、移动、拷贝等等, 都可以在 3D 建模中使用。视图可以像摄像机镜头一样环绕模型旋转, 以便从任意方向展现模型。这种灵活的表现能力可以解决设计中的许多问题。利用三维模型不仅可以生成各种复杂的实体, 而且可以自动生成几何形状之间的相交线或相贯线等用手工绘图极为不便的图形实体。

一个复杂的 3D 模型通常由一些简单的几何实体组合而成。建造一个 3D 模型实体, 可以先在 3D 空间中用标准的 2D 作图命令生成一些 2D 实体, 例如直线、圆、复合多义线等, 然后转换成基本的 3D 实体, 例如立方体、球、锥等, 最后将若干个基本 3D 实体组合成复杂的 3D 模型。

本书将通过以下主题并配合典型示例循序渐进地介绍建造 3D 模型以及对其进行表面修饰的方法和技能:

- 基本 3D 作图。
- 绘制 3D 表面。
- 3D 图形的显示。
- 3D 模型表面的明暗和色彩修饰。
- 建造区域图形和实心模型 (AME)。

基本 3D 作图主要讨论用户坐标系统 (UCS) 的建立, 以及如何在不同的 UCS 中由标准的 2D 作图命令生成平面图形实体, 继而生成 3D 模型。同时讨论如何利用多视窗建立并显示 3D 模型等基本方法和技能。

AutoCAD 的三维实体包括 3D 复合线、3D 表面、3D 网格面等。由这些线、面实体可以生成空心的 3D 模型。3D 实体可以作为图块保存和插入, 以便组合成更为复杂的实体。在 AutoCAD 的图形数据库中存有一些基本 3D 面实体, 如立方体、楔形块、圆锥面 (Cone)、球、网格面以及由此派生而成的半球、棱锥、圆环等, 可供用户直接选用。3D 模型可以用消除隐藏线的方法去除视图中被遮挡的实体或实体部分, 使模型看起来更为真实。

通过视角的动态调整可以产生不同的显示效果。AutoCAD 灵活的 3D 显示技术可以

使作图更为方便，并能通过在平面上作图的方法使 3D 模型更为精确。

AutoCAD 自第 12 版本 (R12) 起新增了图形表面的明暗和色彩修饰功能，使 3D 模型能够具有真实的图片效果。对于早期的版本，这一功能是由专门的 AutoShade 程序所提供的。

生成 3D 模型需要花费较多的时间并使作图过程变得复杂。因此，应当根据自己的实际需要确定是否必须采用 3D 作图方法。AutoCAD 的轴侧图 (Isometric drawing) 功能可以在 2D 坐标系统中产生 3D 的图形效果，而其作图过程却比建造真正的 3D 模型简便得多。绘制轴侧图是 AutoCAD 三维作图功能的一个特例。用 ISOMETRIC 命令绘制轴侧图是在二维平面中将坐标轴旋转一些固定的角度，分别用于绘制三维实体的不同侧面，从而获得平面实体的三维效果。因此，轴侧图实际上只是三维实体的二维表现。有关轴侧图的画法已在《AutoCAD 工程图形设计》(电子科技大学出版社 1997 年出版)一书目中讲述，本书将不再重复。

AutoCAD 的高级建模扩展功能 Advanced Modeling Extension (AME) 是一个平面区域图形和实心体建模程序。实心模型可以建造一个实心的 3D 模型，区域建模则用于生成一个封闭的平面区域。如果为所建造的实心模型或封闭区域定义一些物理或材料特性，例如密度等，则可对其进行分析计算。例如计算质量、面积、质心、重心、转动惯量、惯性矩、回转半径等。

此外，AME 支持 AutoLISP 和 API 两种程序语言，用户可以对 AME 进行用户化设置，以便满足各自的特殊需要。

本书以 DOS R12 版本为例详尽地阐述了 AutoCAD 3D 作图环境的内在联系及其优化设置，力求充分地展现 AutoCAD 强大而灵活的 3D 建模和显示功能，并力求为用户进行用户化开发应用和适应 AutoCAD 版本的更新提供必要的技术准备。

本书配有大量的图例和示范练习，可以指导读者按部就班、循序渐进地掌握 AutoCAD 全部 3D 作图的基本技能和优化使用的技巧。本书虽然也适当地复习所涉及到的某些 2D 作图和编辑命令的用法，但对其中的绝大多数都不进行具体的讲解，因此要求本书读者具有 AutoCAD 2D 作图的基本知识。

本书敬请江苏省微机应用协会常务理事，江苏省计算机网络专业委员会副主任，南京理工大学吴意生教授审阅，在此表示衷心感谢。

编 者

目 录

第一章 基本 3D 作图.....	1
1.1 UCS 三维用户坐标系统.....	1
1.2 视点 (VPOINT)	3
1.3 3D 实体的厚度.....	7
1.4 用 SOLID 命令绘制 3D 实体	10
1.5 去除隐藏线.....	12
1.6 在 3D 中使用标准的编辑命令	13
1.7 建立 UCS.....	15
1.8 在 3D 中定义和插入块实体	24
1.9 在 3D 中编辑图形	28
1.10 在 3D 中画阴影图案	33
1.11 3D 模型的多向视图显示	35
小 结.....	39
第二章 绘 3D 实体.....	40
2.1 3D 绘图命令	40
2.2 生成 3D 表面的固定程序	44
2.3 用 3D FACE 命令绘制 3D 表面	45
2.4 3D 复合网面	49
2.5 编辑 3D 实体.....	73
小 结.....	80
第三章 3D 图形的动态显示.....	81
3.1 动态显示命令 DVIEW	81
3.2 幻灯片的制作和演示.....	94
3.3 AutoCAD 的动画效果	98
3.4 透视图的编辑、标注和输出.....	99
小 结.....	101
第四章 3D 图形表面的明暗处理和色彩修饰.....	102
4.1 SHADE 命令的用法	103
4.2 RENDER 命令的修饰作用.....	105
4.3 Render 功能对图形的要求	106
4.4 Render 功能中光线的处理	107

4.5 着色环境的设定	113
4.6 着色表面特性的精细调整	125
4.7 色彩修饰功能的控制	130
4.8 Render 修饰功能中其他命令的用法简介	133
4.9 Render 功能的卸载和重新装载	134
4.10 改善色彩修饰效果的作图技巧	134
4.11 SHADE, AutoCAD RENDER 和 AutoShade 2.0 之间的关系	135
小 结	135
第五章 AME 高级建模扩展功能	136
5.1 AME 基本功能简介	136
5.2 AME 的命令和菜单	140
5.3 建造区域模型	148
5.4 建造实心体	158
5.5 分析 AME 模型的物理性质	175
5.6 由三维实心体获得二维图形	177
小 结	186
附录 A AUTOCAD 的标准命令	187
附录 B AUTOCAD (R12) 的下拉式菜单	197
附录 C AME 的系统变量	201
参考文献	203

第一章 基本 3D 作图

用 AutoCAD 生成的 3D 模型实体 (Model) 和用以表现模型实体的视图 (View) 之间存在着本质上的区别, 即每个视图只是模型可能拥有的若干个视图之一。换言之, 一个模型实体可以用若干种视图方式显示。AutoCAD 为建立和显示 3D 模型各提供了一套完整的工具。

建立一个 3D 模型通常先由一些基本的 3D 实体组成一个线框架或网面结构, 通过消除隐藏线处理去除视图上应被前面的表面遮挡的不可见部分, 使其具有真实的立体效果。本章主要讨论如何在 UCS 中绘制 3D 线框架结构图; 如何设置观察点控制显示角度; 如何消除隐藏线; 以及如何利用多视窗同时在屏幕上以不同的方式展现 3D 模型等基本方法。

1.1 UCS 三维用户坐标系统

AutoCAD 生成 3D 模型最关键的技术之一是建立用户坐标系统 UCS (User Coordinate System)。用 AutoCAD 绘制 2D 图形主要使用 AutoCAD 的通用坐标系统 WCS (World Coordinate System)。实际上, WCS 只是 UCS 的一个特例。WCS 是 AutoCAD 系统在模型空间设置的固定不变的坐标系统, 所有的图形实体和 UCS 都是在这一个坐标系统中定义的。

用 AutoCAD 作图所用的输入输出设备实际上都是二维坐标设备, 譬如用鼠标器或数字化仪只能指定 X, Y 坐标, 却无法指定 Z 坐标。而构造一个三维模型则需要 X, Y, Z 三个坐标轴上指定点或确定位移。AutoCAD 解决上述矛盾的方法是允许用户建立自己的作图坐标系统 UCS。UCS 可以在通用坐标系统 WCS 中的任意方向和任意位置建立 (见图 1-1), 其数目不受限制。如同 WCS 中的 X-Y 平面一样, UCS 中的 X-Y 平面是缺省的作图工作平面 (construction plane), 可以用标准的 2D 或 3D 命令直接在其上作图。AutoCAD 的绘图工具中除了部分专用于 3D 的命令之外, 大部分 2D 绘图和编辑命令都可以在 3D 中使用。UCS 的作图平面可以根据需要在 3D 模型空间向任意方向旋转。

在 3D 作图中, 缺省的 Z 值为 0。也就是说, 如果不指定一个点的 Z 坐标值, 该点就被默认为在当前 UCS 的 X-Y 平面内。因此, 为了作图方便, 可以将工作平面定义在非零的高度上。例如, 画一张桌子可以定义地面为 X-Y 工作平面, 画桌面上的物体, 则可定义桌面为 X-Y 工作平面。

本章将以图 1-2 为例详细讲解并示范 3D 基本作图方法。图 1-2 由四个视窗组成, 分别显示绘图桌的 3D 模型和顶、前、右三个方向的平面视图。需要设置相应的 UCS 使各个视图能够分别在适当的平面中用标准的 2D 命令绘图和编辑。

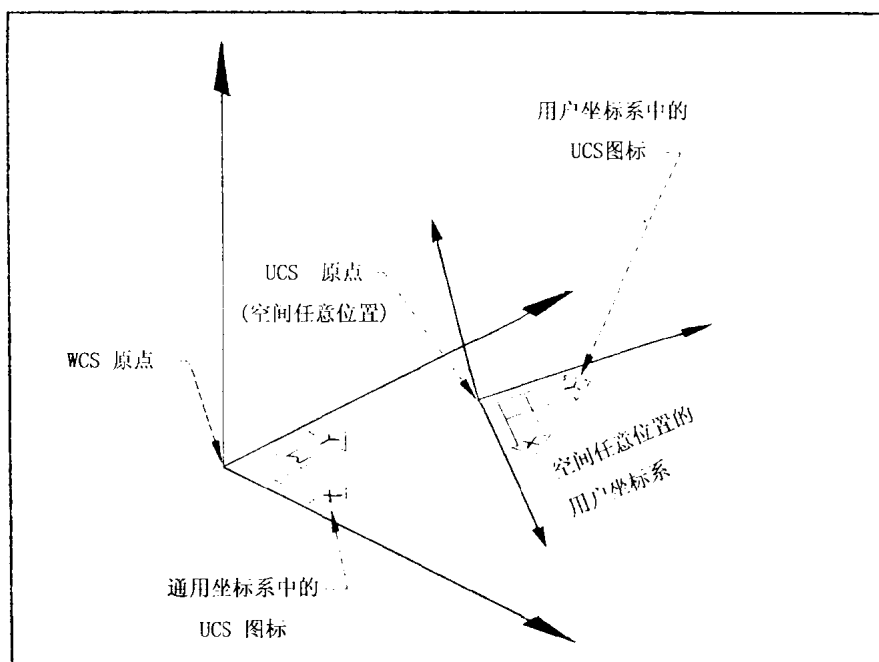


图 1-1 WCS 中的 UCS

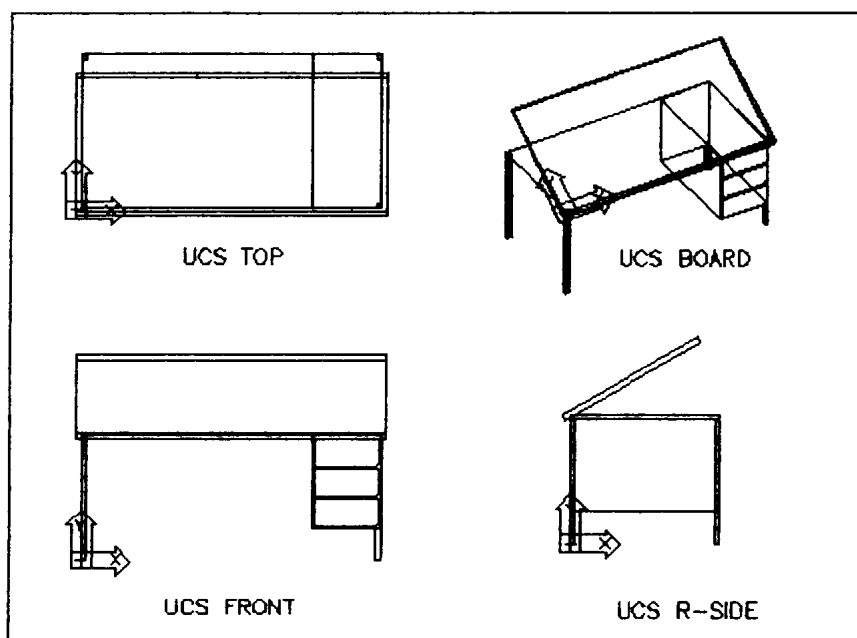


图 1-2 绘图桌上的 3D 视图及其 UCS

生成一个 3D 实体, 可以先在当前 UCS 的 X-Y 作图平面内生成一个 2D 实体, 然后赋予其 Z 坐标值以便产生实体的厚度。例如, 绘制桌面上的绘图板时, 可以设桌面为 UCS 的 X-Y 平面, 将其绕自身的 X 轴旋转 30° 定义为新的当前作图平面, 在其上绘制图板的长、宽边框, 然后赋予其厚度。

1.2 视点 (VPOINT)

VPOINT (view point) 命令可以控制对 3D 坐标系统的观察角度。WCS 相对于屏幕的方向如图 1-3 所示。面对屏幕垂直于 X-Y 无法观察到实体的 3D 效果, 因此必须改变观察的位置。AutoCAD 中观察模型或图形实体的位置叫做视点 view point。视点用 X,Y,Z 的坐标值设定。系统缺省的视点为 0,0,1, 表示正对坐标原点, 在距离 X-Y 平面 1 个绘图单位处面对 X-Y 平面进行观察。由此观察到的视图叫做平面视图 plan view。在 3D 中正对 X-Y 平面观察到的实体以及所有的 2D 实体都在平面视图中显示。

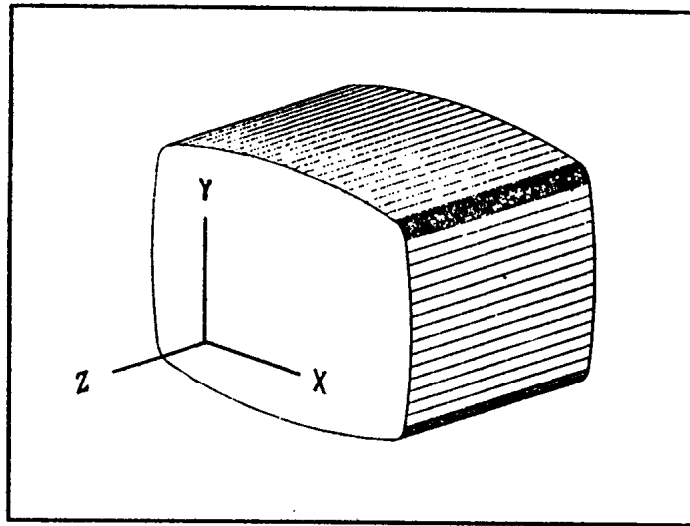


图 1-3 WCS 相对于屏幕的位置

观察一个 3D 实体, 需要移动视点使其不正对坐标原点, 即 X, Y 能同时为 0。如果设定视点为 1, 1, 1, 即表示观察者视线的方向为从 1, 1, 1 到 0, 0, 0。图 1-4 所示为 AutoCAD R12 中设置视点 View point 的下拉式菜单, 其子菜单的选项可用于以不同的方式进行视点的设置。

在命令提示符 Command: 下键入 VPOINT, 或从下拉式菜单中依次选择 View $\Rightarrow$ Set View $\Rightarrow$ Viewpoint $\Rightarrow$ Set Vpoint^①, 系统提示 Rotate / < View point >: 并提供缺省的视点坐

① a. 本书正文和练习中凡命令和系统变量名均采用大写, 但实际操作时允许忽略大小写。

b. 正文或练习中的斜体和系列箭头表示从菜单依次输入命令和选项, 大小写依照屏幕上的实际显示。

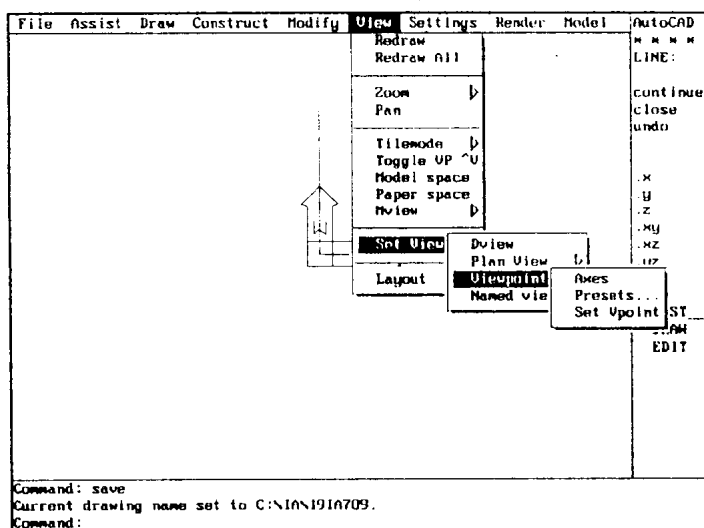


图 1-4 View point 下拉式菜单

标。接受缺省选项，直接在其后输入新的视点坐标值，即可设定一个新的视点。

从下拉式菜单 View 中选择 *Set View* $\Rightarrow$ *Viewpoint* $\Rightarrow$ *Axis*，或从屏幕菜单选择 *DISPLAY* $\Rightarrow$ *VPOINT* $\Rightarrow$ *axes*，或键入 *VPOINT* 命令以后从屏幕菜单选择 *axes*，屏幕上都会显示一个球标和动态坐标示意图如图 1-5 所示，可用以直观地设定 X, Y, Z 的方向。

球标把 AutoCAD 的 3D 空间想象成一个地球，赤道所在的平面为 X-Y 平面，地心为坐标原点，缺省的视点处于北极。令图 1-5 所示球标中的十字交叉线分别代表 X, Y 轴，其交点代表北极，内圆圈代表赤道，外圆圈代表南极。

拖动屏幕上的光标在球标上移动，好比站在地球表面的不同位置进行观察。光标在小圆圈内移动，如同从北半球看向赤道；光标在大、小圆圈之间移动，如同从南半球看向赤道；拖动光标在小圆圈内移动，则好比将视点放在赤道上观察赤道平面，或将视点放在 X-Y 平面上观察其上的图形。此时，所有的二维实体都将表现为一条直线。随着光标在球标上移动，屏幕上的示意坐标系随之动态地改变位置，帮助用户随时观察视点

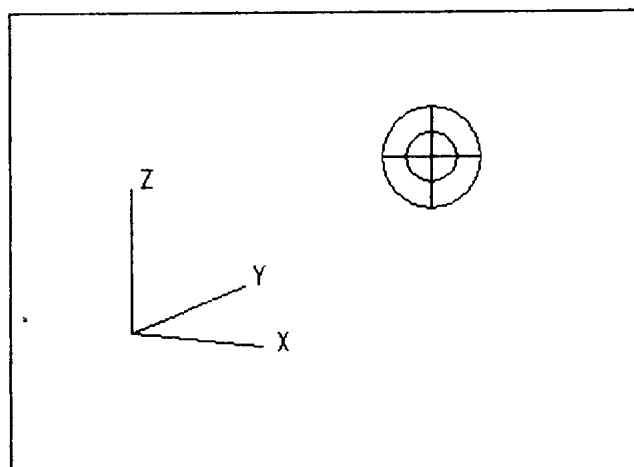


图 1-5 Viewpoint 球标和坐标轴的动态显示

设定的结果。

设定好的视点可以随视图通过 VIEW 命令命名保存,以便以后重复使用。关于视点的设置及其保存和提取将在本章的练习中陆续示范。

利用对话框能够更为准确而方便地进行视点的设置。键入命令 DDVPOINT, 或从下拉式菜单 View 中选择 Viewpoint $\Rightarrow$ Presets..., 引发视点设置对话框 Viewpoint Presets 如图 1-6 所示。左边的方框可用于选择视点在 X-Y 平面内所处的 8 种预设角度, 右边半圆相对于 X-Y 平面预设了 11 个位置可供选用。如果预设定的角度不能满足用户的要求, 或角度需要更为精确地指定, 可以分别在其下的输入框中输入具体的数值。拾取 Set to Plan View 按钮, 可以从任何视点直接返回平面视图, 即设视点为 0, 0, 0。视点的设置可以选择绝对坐标系统 (Absolute to WCS) 或相对坐标系统 (Relative to UCS), 对话框顶部的按钮可在两者之间选择。视点设定以后, 平面上的图形将相应地作重新生成 (regenerating)。

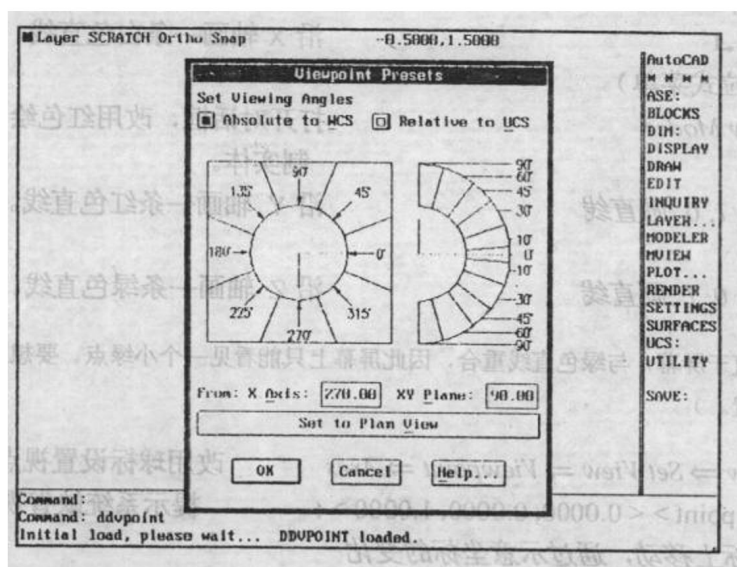


图 1-6 视点设置对话框

在 VPOINT 命令的提示符 Rotate / < View point > : 下键入 R, 或从屏幕菜单 VPOINT 中选择 Rotate, 提示要求依次输入视点在 X-Y 内转过的角度 (Enter angle in X-Y Plane from X axis) 和相对于 X-Y 平面转过的角度 (Enter angle from X-Y Plane), 其作用与对话框相同。

从屏幕菜单 VPOINT 中拾取 View Pt. Dialogue ... 选项, 也可引发图 1-6 所示的 Viewpoint Presets 对话框。

从屏幕菜单 VPOINT 中拾取……。

以下的练习将示范视点的多种设置方法。

视点的设置

(画一条 3D 直线, 以不同的视点观察其显示效果。)	
Command: (屏幕菜单)	
<i>DISPLAY ⇒ ZOOM ⇒ Center</i>	指定屏幕中心 ^① 。
Center point : 0, 0 ↵	以坐标原点为屏幕中心。
Magnification or Height < 9.0000 > : 3 ↵	设屏幕高度为 3。
Command : ucsicon ↵	设置图标。
ON / OFF / All / Noorigin / ORigin < ON > : or ↵	将图标置于坐标原点。
Command: (下拉式菜单)	
<i>Draw ⇒ Line ⇒ 1 Segment</i>	输入画线命令及选项。
From point : 0, 0, 0 ↵	
To point : 1, 0, 0 ↵	沿 X 轴画一条白色直线。
Command: (下拉式菜单)	
<i>Settings ⇒ Entity Modes</i>	打开对话框, 改用红色绘
改设颜色为红	制实体。
从 0, 0, 0 到 0, 1, 0 画直线	沿 Y 轴画一条红色直线。
改设颜色为绿	
从 0, 0, 0 到 0, 0, 1 画直线	沿 Z 轴画一条绿色直线。
(因当前视线垂直于屏幕, 与绿色直线重合, 因此屏幕上只能看见一个小绿点。要想观察其三维效果, 需要改变视点的位置。)	
Command : <i>View ⇒ Set View ⇒ Viewpoint ⇒ Axes</i>	改用球标设置视点。
Rotate / < View point > < 0.0000, 0.0000, 1.0000 > :	提示系统缺省视点。
拖动光标在球标上移动, 通过示意坐标的变化	
观察视点设定的结果	参考图 1-5 的位置。
Command : <i>View ⇒ Pan</i>	视图平移。
平移视图至最佳显示位置, 观察三条直线的 3D 显示效果。	
Command : <i>View ⇒ Set View ⇒ Viewpoint ⇒ Presets...</i>	改用对话框设置视点。
选择从 X 轴旋转 225°, XY 平面以上 30°	
拾取 OK 按钮确认	退出对话框。
观察直线的显示效果	

① 本书练习左边部分为示范操作程序。其中的斜体字要求读者执行, 系列箭头表示从菜单中顺序地拾取, 黑体字要求从键盘键入, 其余为屏幕显示; 右边部分及括号中的文字为相应的解释或说明。键入命令时可以忽略大小写。