

AutoCAD 2004 应用与开发系列丛书

中文版 AutoCAD 2004 三维图形设计

翟志强 孔祥丰 编著

清华大学出版社

北 京

前 言

AutoCAD 是美国 Autodesk 公司开发的通用计算机辅助绘图与设计软件包，具有易于掌握、使用方便、体系结构开放等特点，深受广大工程技术人员的喜爱。

AutoCAD 自 1982 年问世以来，已经进行了十多次升级，其功能逐渐强大且日趋完善。如今，AutoCAD 已广泛应用于机械、建筑、电子、航天、造船、石油化工、土木工程、冶金、农业气象、纺织和轻工等领域。在中国，AutoCAD 已成为工程设计领域应用最为广泛的计算机辅助设计软件之一。

AutoCAD 2004 是适应当今科学技术的快速发展和用户的需要而开发的面向 21 世纪的 CAD 软件包。该版本在运行速度、图形处理、网络功能等方面都达到了崭新的水平。AutoCAD 2004 不仅具有丰富的二维绘图功能，而且还具有很强的三维造型功能。利用 AutoCAD 2004，用户可以创建三维线框模型、表面模型和实体模型，可以对三维模型进行各种编辑，对表面模型、实体模型进行着色和渲染。

为满足国内广大读者掌握中文版 AutoCAD 2004 三维造型的迫切需要，我们编写了此书。本书循序渐进地介绍了中文版 AutoCAD 2004 三维造型的各项功能和相关技术，并配有精心选择的应用实例。通过学习本书，相信读者会对 AutoCAD 2004 三维造型的特点、使用方法及使用技巧有深入的了解。本书既可以使 AutoCAD 三维造型的初学者迅速、全面地掌握 AutoCAD 2004 三维造型功能，同时也可以使具有 AutoCAD 三维造型使用经验的读者更深入地了解其各项功能和相关技巧，从而达到融会贯通、灵活应用的目的。

作 者

2003 年 6 月

目 录

第 1 章 三维造型基础	1
1.1 三维造型的分类	1
1.2 创建线框模型	2
1.3 创建表面模型	6
1.4 创建实体模型	10
1.5 实体编辑	12
1.5.1 布尔运算	12
1.5.2 倒角	17
1.5.3 倒圆角	18
1.5.4 分解实体	19
1.5.5 剖切实体	19
1.5.6 创建截面	21
1.5.7 干涉	22
1.6 编辑实体的面与边	22
1.6.1 编辑实体的面	22
1.6.2 编辑实体的边	27
1.6.3 实体的压印、清除、分割、抽壳与检查	27
1.7 着色和渲染处理	28
1.7.1 着色处理	28
1.7.2 渲染对象	29
1.7.3 使用渲染窗口	31
第 2 章 绘图辅助功能	33
2.1 绘图环境设置	33
2.1.1 系统选项设置	33
2.1.2 自定义工具栏	35
2.1.3 设置图形单位	37
2.1.4 设置图形界限	39
2.2 使用世界坐标系统	41
2.3 使用用户坐标系统	44
2.4 捕捉与追踪	47
2.4.1 使用捕捉、栅格和正交	47

2.4.2 使用对象捕捉	50
2.4.3 使用自动追踪	54
2.5 视图操作与控制	59
2.5.1 缩放与平移视图	59
2.5.2 使用命名视图	62
2.5.3 使用视口	66
2.5.4 使用鸟瞰视图	69
第 3 章 桌子	73
第 4 章 木床	77
第 5 章 机械零件一	83
第 6 章 机械零件二	88
第 7 章 水壶	97
第 8 章 餐桌和椅子	104
第 9 章 餐厅酒吧台	116
9.1 绘制酒架隔板	116
9.2 绘制储藏柜	122
9.3 绘制柜台、酒瓶和酒杯	123
第 10 章 平行虎钳	128
第 11 章 轴系传动三维图	154
第 12 章 三维变速器	175
第 13 章 立交桥	214
13.1 绘制立交桥主体	214
13.2 绘制旋转路面	224
13.3 绘制防护栏杆和隔离带	227

第1章 三维造型基础

本章将介绍三维造型的一些基本概念以及使用中文版 AutoCAD 2004 绘制三维对象时涉及到的一些基础知识，其中包括三维造型分类、创建简单三维对象、三维对象的编辑等内容。三维模型有线框模型、表面模型和实体模型 3 种类型。对于表面模型和实体模型，还可以对其进行消隐、着色和渲染等操作。

1.1 三维造型的分类

用计算机绘制三维图形的技术称为三维几何造型。根据造型方法及其在计算机中的存储方式，由三维几何造型得到的模型可分为 3 种类型：线框模型、表面模型和实体模型。

1. 线框模型

线框模型是三维对象的轮廓描述，由描述对象的线段和曲线组成，如图 1-1 所示。

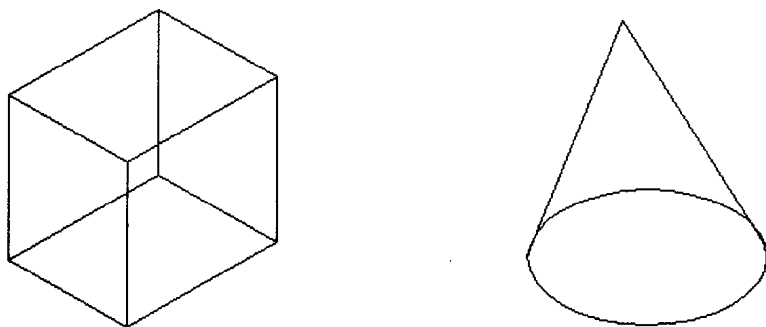


图 1-1 线框模型示例

线框模型结构简单，但构成模型的各条线需要分别绘制。此外，线框模型没有面和体的特征，既不能对其进行面积、体积、重心、转动惯量、惯性矩等的计算，也不能进行消隐、渲染等操作。

2. 表面模型

表面模型用面描述三维对象，它不仅定义了三维对象的边界，而且还定义了表面，即其具有面的特征。图 1-2 给出了表面模型的几个示例。

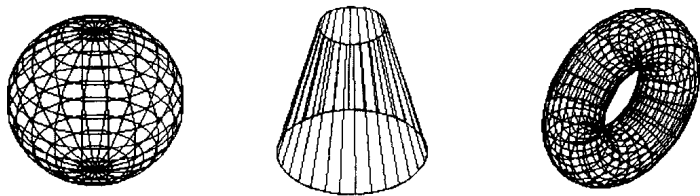


图 1-2 表面模型示例

AutoCAD 的表面模型用多边形网格定义表面中的各个小平面, 这些小平面组合起来即可构成近似的曲面。很显然, 多边形网格越密, 曲面的光滑程度越高。

读者可以直接编辑构成表面模型的各多边形网格。由于表面模型具有面的特征, 因此可以对其进行面积、消隐、着色、渲染、求两表面交线等操作。

表面模型特别适合于构造复杂的曲面, 如模具、发动机叶片、汽车、飞机等复杂零件的表面, 以及地形、地貌、矿产资源、自然景物模拟、计算结果的显示等。

3. 实体模型

实体模型不仅具有线、面的特征, 而且还具有体的特征。图 1-3 给出了实体模型的几个示例。

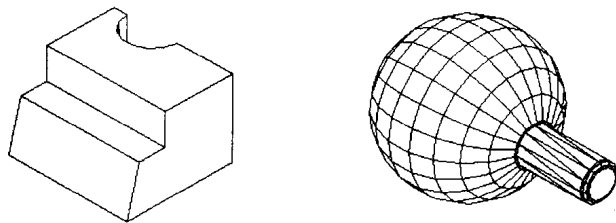


图 1-3 实体模型示例

对于实体模型, 我们可以直接了解它的体特性, 如体积、重心、转动惯量、惯性矩等; 可以对它进行消隐、剖切、装配干涉检查等操作, 还可以对具有基本形状的实体进行并、交、差等布尔运算, 以创建复杂的组合体。此外, 由于着色、渲染等技术的运用可以使实体表面表现出很好的可视性, 因而实体模型还广泛用于三维动画、广告设计等领域。

1.2 创建线框模型

线框模型是三维对象的轮廓描述, 由描述对象的线段和曲线组成。绘制线框模型时, 关键是要正确绘制出组成线框模型的线段或曲线。下面以图 1-4 所示的线框模型为例来讲解绘制线框模型的方法。

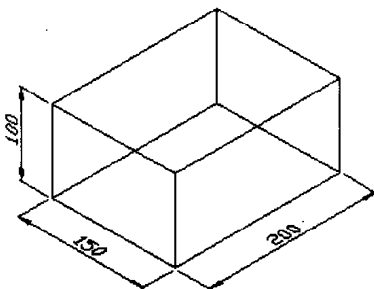


图 1-4 线框模型示例图

绘制线框模型的步骤如下:

(1) 为了在绘图过程中更直观地看到三维效果, 首先将视点设为(1、1、1), 然后选择“视图”|“三维视图”|“视点”命令。

命令: `_vpoint`

当前视图方向: `VIEWDIR=0.0000,0.0000,1.0000`

指定视点或 [旋转(R)] <显示坐标球和三轴架>: `1,1,1`

执行结果如图 1-5 所示。

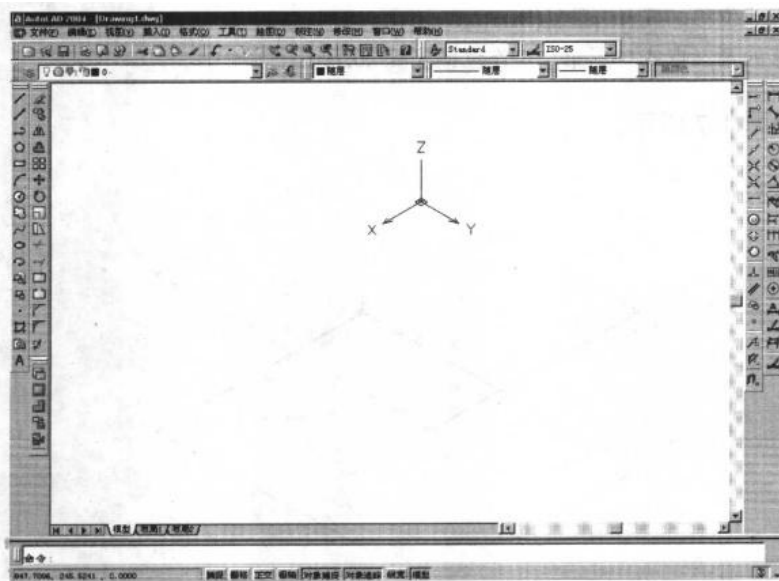


图 1-5 设置视点

(2) 在绘图工具栏内选择“直线”工具, 绘制长方体的底面。

命令: `_line` 指定第一点: `0,0`

指定下一点或 [放弃(U)]: `@200,0`

指定下一点或 [放弃(U)]: `@0,150`

指定下一点或 [闭合(C)/放弃(U)]: `@-200,0`

指定下一点或 [闭合(C)/放弃(U)]: c

执行结果如图 1-6 所示。

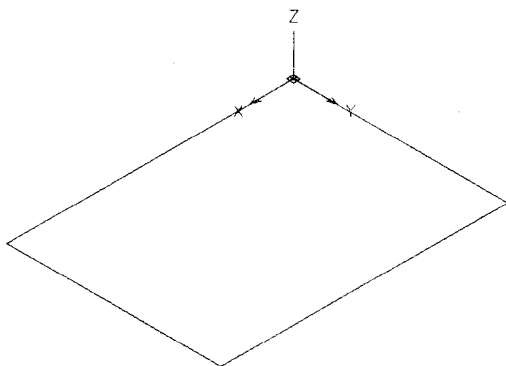


图 1-6 绘制长方体的底面

(3) 在“修改”工具栏内单击“复制对象”按钮，对步骤(2)中绘制的底面进行复制，生成顶面。

命令: `_copy`

选择对象:(将组成底面的 4 条边全部选取)

指定基点或位移, 或者 [重复(M)]: 0,0,0

指定位移的第二点或 <用第一点作位移>: @0,0,100

执行结果如图 1-7 所示。

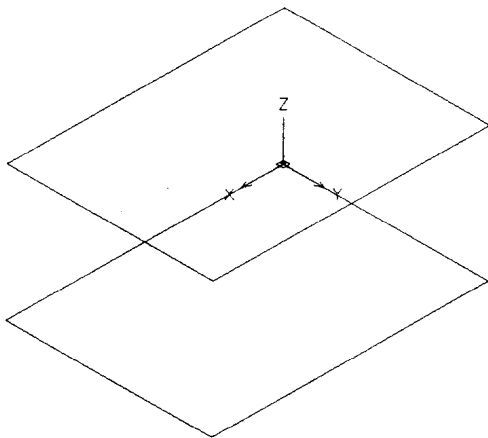


图 1-7 复制生成顶面

(4) 再次选择“直线”工具，绘制长方体的一条垂直边。

命令: `_line` 指定第一点: 0,0,0

指定下一点或 [放弃(U)]: @0,0,100

执行结果如图 1-8 所示。

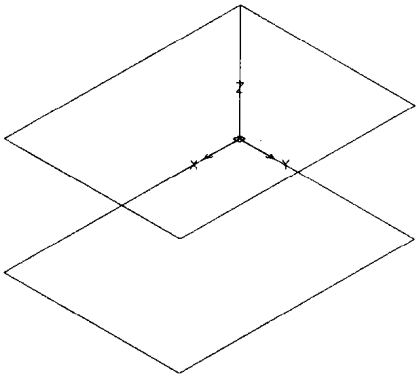


图 1-8 绘制长方体的一条垂直边

(5) 在“修改”工具栏单击“阵列”按钮，打开“阵列”对话框，在该对话框中设置阵列参数，如图 1-9 所示。

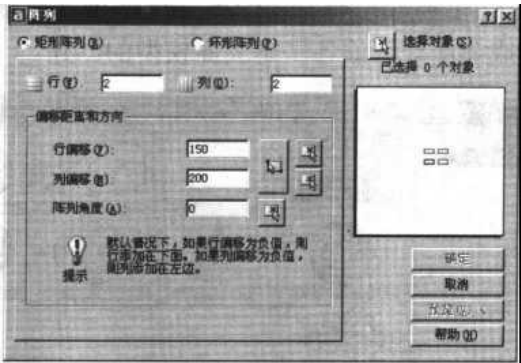


图 1-9 “阵列”对话框

(6) 单击该对话框中的“选择对象”按钮，AutoCAD 临时切换到绘图窗口，并在命令窗口中提示：

选择对象：

在该提示下选择步骤(4)绘制的直线后按 Enter 键，AutoCAD 将返回到“阵列”对话框，单击对话框中的“确定”按钮，AutoCAD 进行阵列，执行结果如图 1-10 所示。

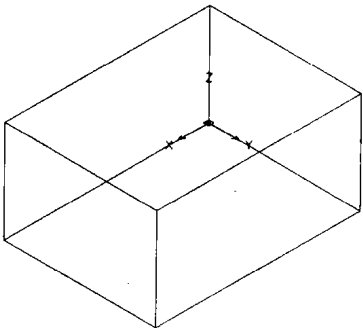


图 1-10 执行阵列结果

从该例可以看出,利用 AutoCAD 的大部分二维绘图命令,就可以创建出三维线框模型。绘制线框模型的线段或曲线时,还应根据实际情况建立相应的 UCS 用户坐标系统。

1.3 创建表面模型

AutoCAD 2004 提供了用 AutoLISP 语言定义的绘制特殊形体表面的函数,利用这些函数可以创建长方体表面模型、楔体表面模型、棱锥体表面模型、圆锥体表面模型、球体表面模型、上半球表面模型、下半球表面模型、圆环表面模型以及网格表面等基本表面模型。与上述各表面对应的 AutoLISP 函数分别是 AI_BOX、AI_WEDGE、AI_PYRAMID、AI_CONE、AI_SPHERE、AI_DOME、AI_DISH、AI_TORUS、AI_MESH。这些函数可以像使用普通命令那样直接调用。我们也可以利用“三维对象”对话框创建基本表面模型,执行“绘图”|“曲面”|“三维曲面”命令,弹出“三维对象”对话框,如图 1-11 所示。利用此对话框,也可以完成前面介绍的各基本表面模型的创建。

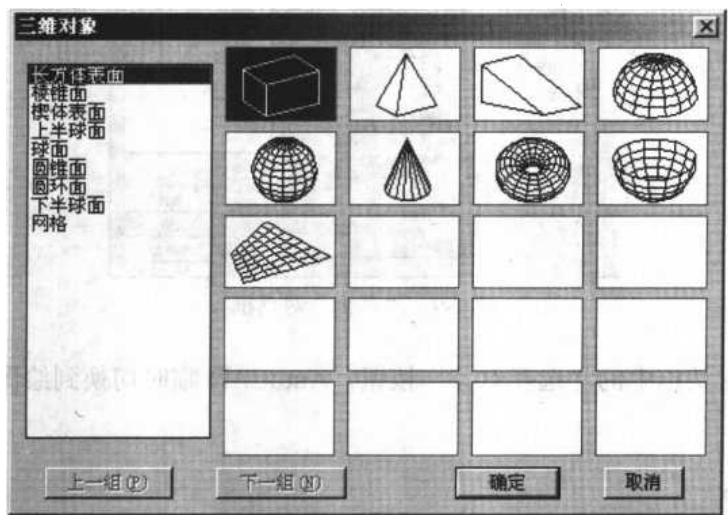


图 1-11 “三维对象”对话框

其实除了上述方法以外,创建表面模型的方法还有很多,下面我们将介绍利用两条曲线创建直纹曲面的方法。

读者在创建直纹曲面前应事先绘制出用来创建直纹曲面的曲线,这些曲线可以是直线段(LINE)、点(POINT)、圆弧(ARC)、圆(CIRCLE)、样条曲线(SPLINE)、二维多段线(PLINE)、三维多段线(3DPOLY)等对象。如果一条曲线是封闭的,另一条曲线也必须是封闭的或为一个点。如果曲线是非闭合的,直纹曲面总是从曲线上离拾取点近的一端画出。因此用同样两条曲线创建直纹曲面时,拾取点位置不同,得到的直纹曲面也不同,如图 1-12 所示(图中的小叉表示拾取点的位置)。

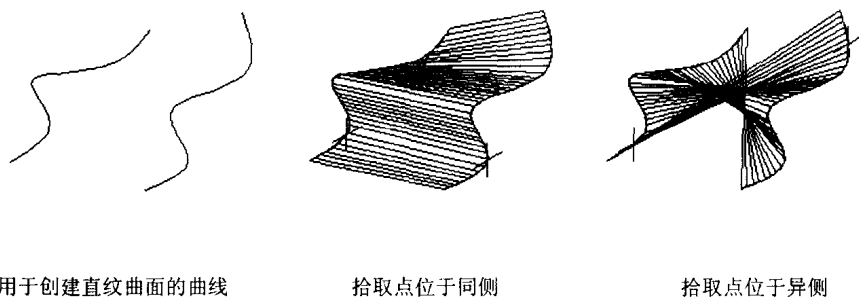


图 1-12 不同的拾取点得到不同的直纹曲面

如果曲线是闭合的，当曲线为圆时，直纹曲面从圆的零度角位置开始画起；当曲线是闭合的多段线时，直纹曲面则从该多段线的最后一个顶点开始画起。直纹曲面的分段数由系统变量 SURFTAB1 确定。例如，对图 1-13 所示的圆和矩形创建直纹曲面，会得到图 1-14 所示的结果。

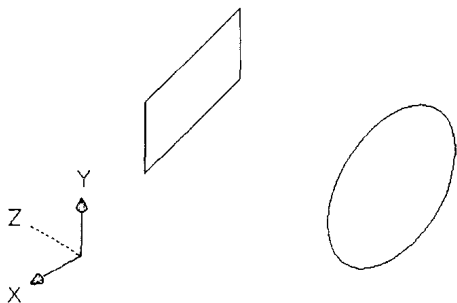


图 1-13 创建直纹曲面的圆和矩形

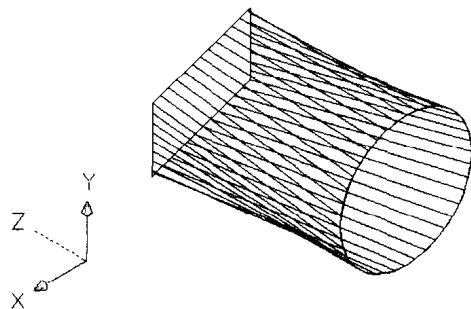


图 1-14 由圆和矩形所创建的直纹曲面

在了解直纹曲面的特性后，将以图 1-15 所示的螺旋多边形网格面为例，向读者介绍创建直纹曲面的实际操作方法。

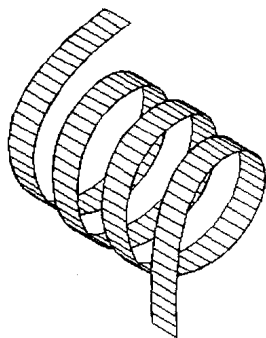


图 1-15 螺旋多边形网格面

创建直纹曲面的步骤如下:

- (1) 在命令行输入 UCS 然后按 Enter 键创建 UCS(假设当前坐标系为 WCS 世界坐标系统)。

命令: UCS

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>: X

指定绕 X 轴的旋转角度 <90>: -90 (使原 WCS 绕 X 轴旋转 - 90 度)

- (2) 选择“绘图”|“三维多段线”命令创建三维多段线。

命令: _3dpoly

指定多段线的起点: 0,0,0

指定直线的端点或 [放弃(U)]: @100,0,10

指定直线的端点或 [放弃(U)]: @0,100,10

指定直线的端点或 [闭合(C)/放弃(U)]: @-100,0,10

指定直线的端点或 [闭合(C)/放弃(U)]: @0,-100,10

指定直线的端点或 [闭合(C)/放弃(U)]: @100,0,10

指定直线的端点或 [闭合(C)/放弃(U)]: @0,100,10

指定直线的端点或 [闭合(C)/放弃(U)]: @-100,0,10

指定直线的端点或 [闭合(C)/放弃(U)]: @0,-100,10

指定直线的端点或 [闭合(C)/放弃(U)]: @100,0,10

指定直线的端点或 [闭合(C)/放弃(U)]: @0,100,10

指定直线的端点或 [闭合(C)/放弃(U)]: @-100,0,10

指定直线的端点或 [闭合(C)/放弃(U)]: @0,-100,10

指定直线的端点或 [闭合(C)/放弃(U)]: @100,0,10

指定直线的端点或 [闭合(C)/放弃(U)]: @0,100,10

指定直线的端点或 [闭合(C)/放弃(U)]: ✓

三维多段线绘制完成后的效果如图 1-16 所示。

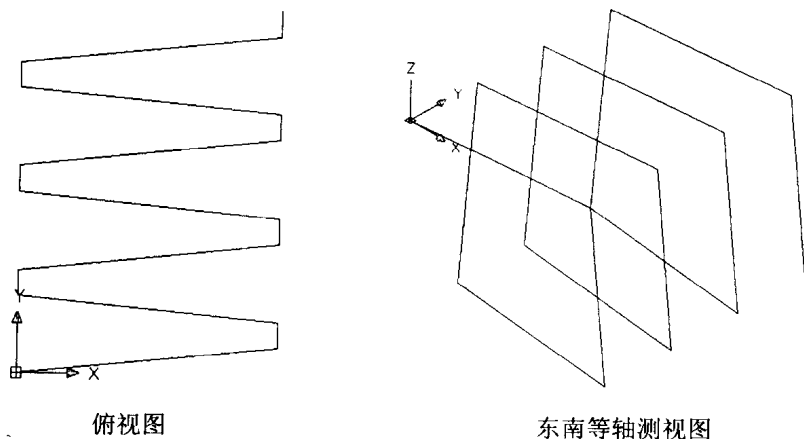


图 1-16 三维多段线绘制完成后效果

- (3) 执行“修改”|“对象”|“多段线”命令拟合多段线。

命令: `_pedit` 选择多段线或 [多条(M)]: (选择由步骤(2)得到的多段线)

输入选项 [闭合(C)/编辑顶点(E)/样条曲线(S)/非曲线化(D)/放弃(U)]: `s`

拟合后的效果如图 1-17 所示。

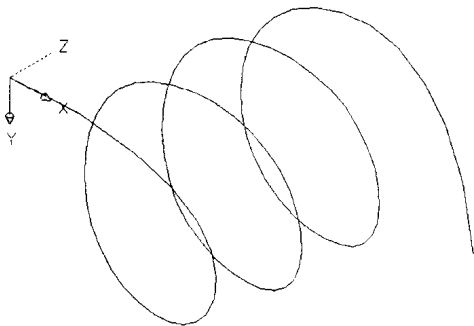


图 1-17 拟合多段线

- (4) 选择“视图”|“三维视图”|“视点”命令改变视点。

命令: `_vpoint`

当前视图方向: `VIEWDIR=0.0000,0.0000,1.0000`

指定视点或 [旋转(R)] <显示坐标球和三轴架>: `1,1,1`

- (5) 在“修改”工具栏内单击“复制对象”按钮，对绘制的多段线进行复制。

命令: `_copy`

选择对象:(将多段线选取)

指定基点或位移, 或者 [重复(M)]: `0,0,0`

指定位移的第二点或 <用第一点作位移>: `@0,0,20` ✓

执行结果如图 1-18 所示。

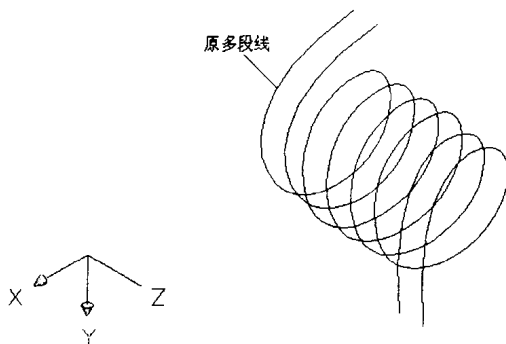


图 1-18 复制螺旋线

- (6) 最后我们创建直纹曲面。在命令行输入 `SURFTAB1` 后按 `Enter` 键, 设置 `SURFTAB1` 的新值为 150, 然后再选择“绘图”|“曲面”|“直纹曲面”命令。

命令: RULESURF

当前线框密度: SURFTAB1=150

选择第一条定义曲线: (选择原曲线)

选择第二条定义曲线: (选择复制后得到的曲线)

执行结果如图 1-19 所示。

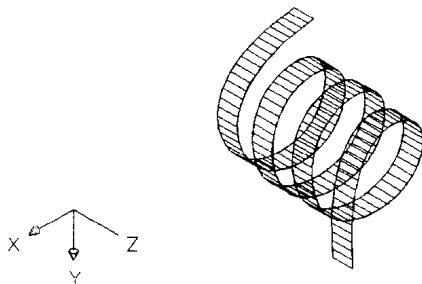


图 1-19 创建直纹曲面

1.4 创建实体模型

本节将介绍 AutoCAD 2004 的实体造型功能。AutoCAD 2004 提供了各种基本类型的实体模型，除此之外还有两种通过二维线框生成实体的方法：拉伸和旋转，本节将介绍如何通过旋转的方法来创建如图 1-20 所示的实体模型。

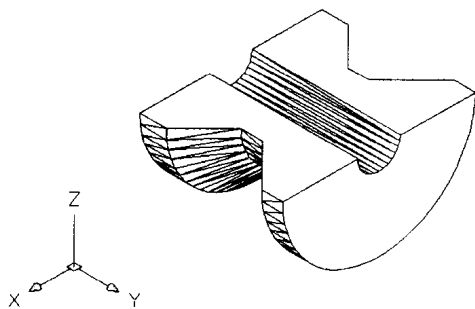


图 1-20 执行消隐、操作后的效果图

创建实体模型的步骤如下：

(1) 在“绘图”工具栏选择“多段线”工具绘制旋转截面。

命令: _pline

指定起点: 590,490

当前线宽为 0.0000

指定下一个点或 [圆弧(A)/半宽(H)/长度(L)/放弃(U)/宽度(W)]: @0,-280

指定下一点或 [圆弧(A)/闭合(C)/半宽(H)/长度(L)/放弃(U)/宽度(W)]: @130,0

指定下一点或 [圆弧(A)/闭合(C)/半宽(H)/长度(L)/放弃(U)/宽度(W)]: @0,50

指定下一点或 [圆弧(A)/闭合(C)/半宽(H)/长度(L)/放弃(U)/宽度(W)]: 650,330

指定下一点或 [圆弧(A)/闭合(C)/半宽(H)/长度(L)/放弃(U)/宽度(W)]: 650,370

指定下一点或 [圆弧(A)/闭合(C)/半宽(H)/长度(L)/放弃(U)/宽度(W)]: 730,450

指定下一点或 [圆弧(A)/闭合(C)/半宽(H)/长度(L)/放弃(U)/宽度(W)]: 730,490

指定下一点或 [圆弧(A)/闭合(C)/半宽(H)/长度(L)/放弃(U)/宽度(W)]: C✓

旋转截面绘制完成后的效果如图 1-21 所示。

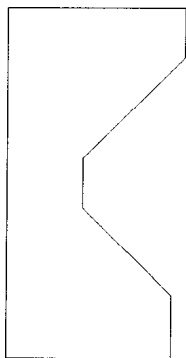


图 1-21 旋转截面

(2) 在“绘图”工具栏选择“直线”工具绘制旋转轴。

命令: `_line` 指定第一点: 550,190

指定下一点或 [放弃(U)]: `@0,510`

指定下一点或 [放弃(U)]: ✓

(3) 旋转轴绘制完成后，再对视点进行调整。选择“视图”|“三维视图”|“视点”
命令:

命令: `_vpoint`

当前视图方向: `VIEWDIR=0.0000,0.0000,1.0000`

指定视点或 [旋转(R)] <显示坐标球和三轴架>: 1,1,1

执行结果如图 1-22 所示。

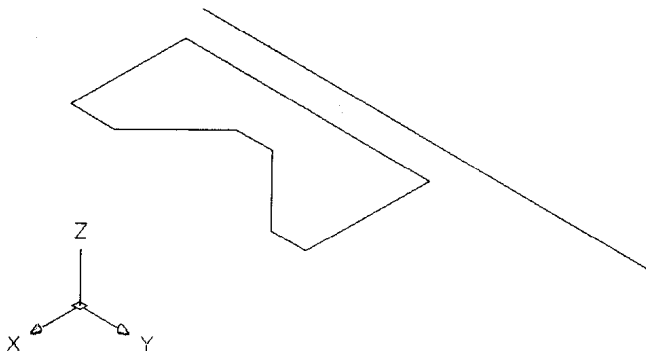


图 1-22 创建多段线和旋转轴

(4) 选择“绘图”|“实体”|“旋转”命令，对截面进行旋转创建实体模型。

命令: `_revolve`

当前线框密度: `ISOLINES=4`

选择对象: (选择步骤(1)创建的旋转截面)

指定旋转轴的起点或定义轴依照 [对象(O)/X 轴(X)/Y 轴(Y)]: `o`

选择对象: (捕捉旋转轴)

指定旋转角度 `<360>: 180` ✓

执行结果如图 1-23 所示。

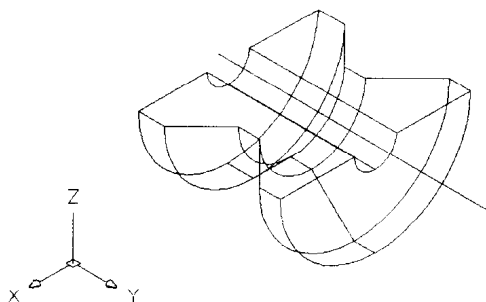


图 1-23 通过旋转得到的实体

1.5 实体编辑

AutoCAD 2004 提供了各种形式的实体编辑命令,本章将详细介绍 AutoCAD 2004 的三维实体编辑功能,其中包括布尔运算、给实体倒角、倒圆角以及编辑实体对象的面和边等内容。利用 AutoCAD 2004 提供的各种基本编辑功能以及三维模型所特有的编辑功能,可以创建出各种复杂的实体模型。

1.5.1 布尔运算

利用 AutoCAD 2004,读者可以对三维实体进行并、差、交等布尔运算,从而能够用基本的三维实体创建出复杂的三维实体。

◆ 并集运算

并集运算可将多个独立实体合并为一个实体,在选择实体时如果实体间不接触或不重叠,AutoCAD 仍对这些实体进行并集运算,运算结果是将它们生成一个组合体。下面向读者演示并集运算的操作方法。

其步骤如下:

(1) 假设已经创建了 5 个长方体,并相互重叠在一起,如图 1-24 所示。

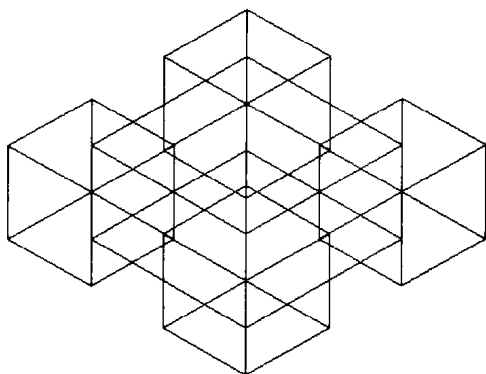


图 1-24 5 个互重叠在一起的长方体

(2) 选择“修改”|“实体编辑”|“并集”命令进行并集运算。

命令: `_union`

选择对象: (选择图 1-24 中的各实体)

选择对象: ✓

执行结果如图 1-25 所示, 然后对其执行消隐操作, 结果如图 1-26 所示。

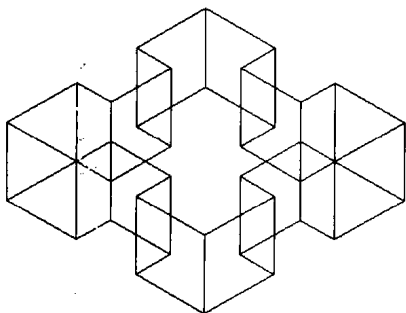


图 1-25 求并集

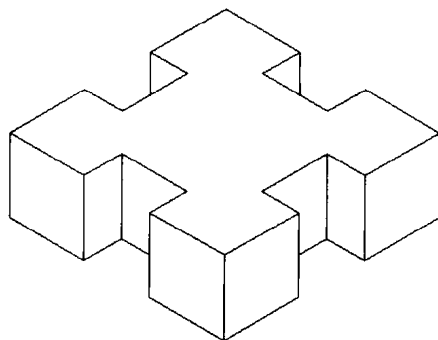


图 1-26 消隐后效果

◆ 差集运算

差集运算可以将 2 个或 2 个以上的实体中交叉重叠的部分减去, 从而得到一个新的实体。下面将向读者介绍如何使用差集运算创建图 1-27 所示的四通实体。



图 1-27 创建四通实体示例