

最新软件

AutoCAD V11.0 实体造型实用教程

苏 伯编译

一九九一年七月

最新软件

AutoCAD V11.0 实体造型实用教程

苏 伯编译

一九九一年七月

编译者序

这本手册是 *AutoDESK* 公司的最新软件——*AutoCAD V11.0* 实体造型部分的使用手册兼使用教程。本书是我们根据该公司的手册原稿，组织具有一定 *AutoCAD* 使用经验的同志编译的。

AutoCAD V11.0 具有①功能完整、强大的结构化几何实体造型②独特的 C 语言接口③图形化的用户界面—文件对话框④绘图中的文本编辑器⑤新的坐标概念—模型空间和图纸空间⑥缩简命令符号（命令别名）⑦较高的硬件要求，需要 386/486 计算机，安装时要求输入软件确认号。

实体造型是指在设计开始时，直接从三维概念出发，直接在三维模型空间里构造设计目标的方法。或者说，实体造型是用最基本的形体（长方体、圆柱、圆锥、圆球、圆环等，称体素）及扫描方法（以二维目标为基础加上高度或绕固定轴旋转）构造的形体，配合对它们的交、并、差运算，构造复杂形体，达到设计要求。

采用造型方法的设计过程：

造型——→自动获得各个方向视图（具有一致性）——→得到工程图纸

以前的设计过程：

手工画出各个视图（不一定具有一致性）——→得到工程图纸

实体造型的方法可以应用于机械、建筑、电子、水利水电、计算机动画制作、计算机艺术等等方面。

本书详细引导学习使用实体造型技术，全面地介绍实体造型命令、讲解各种使用技巧和先进方法，详细讲解实体造型 C 语言接口函数及使用例子。

本书由六部分组成，共六章。第一章：基础入门——介绍实体造型的基本概念。第二章：自学辅导——引导学习造型技术。第三章：实体造型菜单——介绍如何使用实体造型菜单。第四章：实体造型命令——详细介绍所有实体造型命令。第五章：技巧与提高——介绍各种实用技巧及限制。第六章：应用接口函数——详细讲解 C 语言接口函数。

一九九一年七月

目 录

概述.....	1
命令组织.....	1
菜单组织.....	1
术语与约定.....	2
求助.....	3
命令中止.....	3
第一章 基础入门.....	4
体素.....	5
组合体.....	5
实体模型的结构.....	6
CSG 树	6
实体操作.....	7
第二章 自学辅导.....	9
练习一 建立体素	10
练习二 创建组合体	19
练习三 实体编辑	25
练习四 实体模型分析	30
练习五 实体模型的真实感显示	32
练习六 二维绘图	35
第三章 实体造型菜单	40
下拉式菜单	40
实体的下拉式菜单	40
体素下拉式菜单	40
编辑下拉式菜单	41
实体查询下拉式菜单	41
显示下拉式菜单	42
实用下拉式菜单	42
AutoCAD 屏幕菜单	42
图形输入板菜单	43
第四章 实体模型命令	44
体素	44
长方体 Solbox	44
圆锥 Solcone	46
圆柱 Solcyl	47
球体 Solsphere	48
环体 Soltorus	48
楔形体 Solwedge	50

回转体 Solrev	53
实体化命令 Solidify	54
组合实体命令	55
交 Solint	56
差 Solsub	56
并 Solunion	56
分解 Solsep	56
实体编辑命令	57
倒角 Solcham	57
倒圆角 Solfill	58
修改 Solchp	59
移动 Solmove	62
实体查询命令	64
列表 Solllist	64
质量特性 Solmassp	66
面积 Solarea	67
实体显示命令	67
表面模型 Solmesh	67
线框模型 Solwire	67
辅助显示工具	68
提取 Solfeat	68
截面 Solsect	69
轮廓 Solprof	69
实用命令	70
材料 Solmat	70
用户坐标 Solucs	73
变量设置 Solvar	74
实体文件读入 Solin	77
实体文件写出 Solout	77
临时实体存储 Solpurge	78
第五章 技巧与提高	80
质量特性计算精度	80
空实体	82
使用 AutoLISP	82
实体及细节的拾取	84
外部参数	84
文件传输	85
AME—FRZ 层	85
圆环截面	85
显示单位	86

线密度设置	86
薄壳	86
退化锥体	86
椭圆锥和椭圆柱	86
细节	87
实体尺寸的测量	87
缩尖拉起	87
贴面表示	88
CSG 与一直性涂抹	88
倒角与倒圆角	89
AME 的精度	90
第六章 应用程序接口	91
介绍	91
要求	91
体素函数	92
布尔运算函数	92
编辑函数	92
矩阵函数	92
AutoCAD/AME 接口函数	92
显示函数	93
查询函数	93
拓扑查询	93
几何查询	93
属性及质量特性查询	94
数据类型	94
常用数据定义	94
边的数据	94
面的数据	96
点的数据	97
分类	97
图段表	97
布尔操作	97
体素类型	97
扫描体的点的类型	98
扫描点	98
实体参数	98
倒角与倒圆角	99
应用接口函数	101
ap—all—edges	101
ap—all—faces	101

ap—assocmat	102
ap—box	103
ap—compose	103
ap—cone	104
ap—cylinder	104
ap—delsol	105
ap—diff	105
ap—dupsol	106
ap—edge—class	106
ap—edge—face	107
ap—edge—info	108
ap—edgepam2pt	109
ap—edgept2parm	109
ap—evalpmesh	110
ap—evalprof	111
ap—evalwire	111
ap—extrude	112
ap—face—edge	113
ap—face—into	114
ap—free—edge—list	114
ap—free—face—list	116
ap—free—seg—list	116
ap—getvar	117
ap—identify	118
ap—int	118
ap—invert	119
ap—name2sol	119
ap—psstsol	120
ap—pt—class	120
ap—pt—norm—surf	122
ap—pt—tang—edg	122
ap—tp—to—surf	123
ap—q—mp—rop	124
ap—q—mp—rop	124
ap—revolve	125
ap—rotx	126
ap—roty	126
ap—rotz	127
ap—scalsol	127
ap—section	128

ap-select-edge	128
ap-select-face	129
ap-seperate	129
ap-setvar	130
ap-s-mat1	131
ap-sol2name	132
ap-sphere	132
ap-surfparm2pt	133
ap-torus	134
ap-translate	134
ap-union	135
ap-wedge	135

概 述

AutoCAD 高级造型功能增强软件, 使 AutoCAD 具有在计算机上生成真三维实体的功能。根据对物体的具体分析, 用户可以定义一个物体的物理和材料特性, 用户可以很方便地通过对实体形状的编辑, 生成多种设计方案。

该造型系统的基本思想是利用类似于“建筑砌块”的方法, 用户可以基本的实体如方盒, 立方体, 圆柱体, 环体, 球体, 楔体, 锥体出发, 构造所需的实体形状, 也可以通过“拔高”(在二维图上增加高度值)或绕某一轴旋转二维的 AutoCAD 图形目标, 来构造所需的实体形状, 然后, 用户既可以把几个实体目标组合在一起, 构造一个新的实体, 又可以把几个实体分解成几个子实体, 通过使用 Fillet (倒圆角) 和 Chamfer (倒角) 命令, 可生成更真实的实体模型, 在构造一个实体模型时, 所使用的基本形体在绘图过程中, 都有记录, 所以, 可以再分解这个实体模型。

一般情况下, 实体模型的屏幕显示看上去只是一个线框模型, 通过在这样的模型上生成网状面, 并赋颜色值, 可生成有浓淡显示和经消隐过的模型。

该实体造型系统的一个很强的功能是它所生成的实体模型, 能够被解析。可以计算诸如实体的重心、质量表面积, 转动惯量, 惯性积, 回转半径等物质属性。

有几条命令, 可以从三维实体提取二维几何形状, 例如:

可以从三维实体上拷贝一个面或获得一个实体的截面形状。这些命令使得用户容易从三维实体模型生成二维的工程图样。

实体造型与用三维线或三维面造型截然不同, 后者是通过在三维空间定位线、面的方法生成形体, 而实体造型具有两个显著的优势: 形体的快速变换能力和对形体的解析能力, 实体造型也保证生成与输入信息完全一致的形体。

命令的组织

实体造型命令分成两组: 一组来源于 AutoCAD 本身, 另一组来源于 AutoCAD AME, 不带 AME 的 AutoCAD 执行包括实体的生成和操作的一些造型功能, 它不能执行诸如布尔运算, 解析或特征信息提取的功能, 要执行这样的功能必须选购 AME 软件。

所有实体造型命令, 不管是由 AutoCAD 提供的还是 AME 的, 都以字母“Sol”开头。这样使它们与其它的 AutoCAD 命令和 AutoLISP 函数有所区别, 以消除相似操作的名称的混乱, 这种名称的约定也表示当前生成的是实体模型而不是其它类型的三维形体(象线框或面)。

AutoCAD 11 版的一个新特色是用户可以给命令取别名, 别名是可以选择地赋给命令的, AME 为用户定义了许多别名, 例如, 输入 cylinder 将执行 Solcyl 命令。用户可以使用删除、改变这些别名或另增别名, AME 软件包提供的别名在 acad.prg 文件里。更多的有关命令别名的叙述, 参见《AutoCAD 参考手册》和《AutoLISP 程序员参考》。

菜单的组织

如果是第一次使用实体造型软件包, 建议先阅读第一章“基本入门”, 了解实体造型的基本概念。

第二章的专门练习为你提供一次机会，演示一下第一章的基本知识。

第三章说明如何从 AutoCAD 主菜单，下拉式菜单，或图形输入板菜单得到实体造型命令。

第四章叙述实体造型命令。在这一章里它们被按功能分组。这种分组方式，与实体造型下拉式菜单命令的分组方式类似。利用这一章可以查找每一条命令的特定信息及它的选择项。每一个命令的标题声明它是 AutoCAD 的还是 AME 的命令。

第五章技巧和提高，为用户提供一些有帮助的技巧并提示使用某些命令的一定的限制。

AME 是用它自己的程序语言，叫做“应用程序接口”写成的。这一点将在第六章中叙述的。

术语和约定

本手册的说明部分，告诉用户执行一些操作，如键入一条命令或定位一个点，现在花一点时间来熟悉一下描述某些操作的术语。

用户虽然可以从图形输入板菜单，AutoCAD 屏幕菜单，或 AME 下拉式菜单上，拾起 AutoCAD AME 命令，或从键盘输入，本手册叙述的是你将从键盘输入。当你被提示输入命令时，这是告诉你键入一个命令，输入 Text (文本)，即输入一个字符串，再按回车、空格或按 Enter 键。

当你键入的字符串是 AutoCAD AME 命令或它的选择项之一，则显示输入提示区应输入的文本 (Text)，这里是两个例子：

Command:solbox

Corner of box:2,3

每次输入文本结束时，再按空格键，回车键或键盘上的 ENTER 键，这些键都将不作为文本的一部分。

当你必须打一个单一的键时，这告诉你按这个键。键盘上的键在本书中这样表示：，这样你可以区别，在键盘上按键（即键入）和输入一个命令的区别。

回车键或 ENTER 键用符号 `<Enter>` 表示，只按回车键，即选择了一条命令的缺省选择项，缺省项显示在提示行的尖括号内：<象这样>，如果没有选择项时，按回车或 ENTER 键，则终止这条命令，或给出出错信息，要求重新输入，例如，在命令状态下按键，将看到下面这样的情况：

Corner of box:

Invalid point !

Corner of box:

在用 AutoCAD 绘制形体时，经常需确定点的位置。如：一个方盒的角点，这称为“点定位”。通常是在所给的形体上用十字标定位，再按鼠标器的左边的按钮（或 PICK 或光笔按钮）拾起。

如果你需要在图形上选择一个目标，这就是要拾起该目标。在 AutoCAD 绘图中，一个实体一般称为目标。目标的类型可以是一条直线，一个图，或一个块（一组目标结合在一起，构成一个目标）这都是可以的，当你需要拾起一个特定类型的目标时，提示告诉你，如：Pick a solid object（拾取一个实体目标）下面是一个提示行，并带有说明：

Corner of box:

Locate a point on your drawing.

（在图上定位一个点）

如果你使用的是鼠标器，则鼠标器上可能有两到三个按钮。鼠标器的键是按钮，鼠标器左边的按钮是拾起按钮，使用它来拾起目标和点定位，第二个按钮，（三按钮鼠标器的中间一个按钮）是相当于键盘上的 ENTER 键或回车键，第三个按钮（如果有）显示辅助下拉菜单，辅助菜单显示透明的 AutoCAD 命令，（透明的命令是指能在另一个命令状态下输入的命令）。关于透明命令，在 AutoCAD 参考手册中有解释。

本手册的所有专门的注释被认为是一般情况，有帮助的提示和一些应注意的，特别的注释用这种字样表示的：Note（黑体），另一种类型的特别的注释包括警告，应注意的地方，要点，提示和建议。

求助

AutoCAD AME 具有“在线”（online）帮助功能，如果你不知道一条命令怎样运行，可以在命令提示状态下，输入 Help，AutoCAD 则提示，并要求输入命令名。

Command:help

Command name(RETURN for list):

输入一条命令以后，AutoCAD 显示指定命令的有关信息，信息以文本状态显示。在单个的显示系统中（只有一个显示器），AutoCAD 切换到显示屏幕，在 AutoCAD 图形窗口上面显示 AutoCAD 文本窗口，按 F1 键返回图形窗口，F1 键切换文本窗口和图形窗口。

在其他的命令状态下，也可以使用透明的 HELP 命令，如果在执行一条命令的过程中需要帮助信息时，则输入'HELP（使用前导撇号），AutoCAD 显示当前执行的命令得有关信息。如果需要，可以切换到文本窗口，看过帮助信息后，如果按回车键或 ENTER 键，则恢复到原来的命令状态。如果是切换到了文本窗口，按回车键后，也自动切换到图形窗口。

命令中止

打入 Ctrl+C（先按下 Ctrl 键再敲 C 键），可中止任何正在执行的命令，对于大多数命令来说，这种强行中止操作将自动取消该命令，并返回命令提示状态，等待输入另一条命令。

第一章 基础入门

按照《AutoCAD 安装及运行指南》上的说明，在硬盘上安装 AutoCAD 高级造型功能增强软件，安装完毕后，将 AME 软件装入内存，在使用实体造型命令之前，必须完成以上过程。当 AME 软件装入内存后，如同输入 AutoCAD 命令一样，输入实体造型命令。如果你输入的命令需要高级造型功能软件支持，而又没有将其装入内存，则将显示这样的出错信息：

Command requires the the solids server—it's not available.

(命令要求实体造型服务程序，但得不到)

正如“概述”中所说的，实体造型命令分成两组：AutoCAD 命令和 AME 命令，仅当选购了高级造型功能增强软件，才得以使用 AME 命令，AutoCAD 命令是实体造型命令的 AME 集，由每一版的 AutoCAD 装载，每一个命令集拥有自己的可执行文件。amelite 可执行文件名为 *amt*，同样 AutoCAD 命令可执行的文件名为 *amelite*。(这些文件名在使用 DOS 操作系统的计算机上具有扩展名 *.EXP*)

运行 AutoCAD 以后，再装入所需的文件，接受实体造型命令。

如果有 *ame* 文件，则将其装入，否则装入 *amelite* 文件。

Command: (xload "ame")

或

Command: (xload "amelite")

如果你是第一次装入 AME，AutoCAD 提示你输入授权码，详见 AutoCAD 安装和运行指南。

注：*ame* 和 *amelite* 也能用第三章描述的实体造型下拉菜单装入。

输入下面这条命令，验证一下你装入的是哪种版本的实体造型软件包。

Command: Solamever

这条命令显示 AME 的版本号，例如：

SOLAMEVER=AME Version 1.00

起动 AutoCAD 时，在 *acad.ads* 或 *acad.lsp* 文件中包含一条语句，即可自动装入 *ame* 或 *amelite*，如下面所示，你可把这几行加到 *acad.lsp* 文件中，即可自动从 AutoLISP 装入 AME (或) AMElite)：

```
(defun S::STARTUP()  
  (xload "ame")  
)
```

或者你可以把这一行加到你的 *acad.ads* 文件中，即可从一个 ADS 应用程序中装入 AME (或) AMElite)。

参见《AutoCAD 开发环境程序员手册》和《AutoLISP 程序员手册》。

在 AutoCAD 绘图过程中，如果你不需要实体造型命令了，可以通过拆卸 (Unloading) AME (或 AMElite)，以把内存占用减少到最小。输入命令：

Command: (xunload "ame")

或

Command: (xunload "amelite")

相关条目详见《AutoLISP 程序员手册》中关于 (xload) 和 (xunload) 的函数部分。

体素

AutoCAD 拥有许多生成单个几何形体的命令。如 Solbox (box or cube), Solwedge (wedge), Solcone (cone), Solcyl (cylinder), solsphere (sphere), Soltorus (donut 等。每条命令生成各自的形体。因为这些形体是你能生成的最基本的实体，所以我们称它们为体素，这些体素就象基本的“建筑砌块”，可用来生成复杂的形体。

没有购买 AME (高级实体造型扩展) 软件包的用户，也能在 AutoCAD 中生成所有这些体素。AME 包含有生成体素的附加功能。用户可以从二维的实体生成三维实体。Solext 和 Solrev 命令通过“拔高 (直线扫描)”和“旋转扫描”的方法，由一折线生成体素。“拔高”一个目标，是指给二维的目标增加高度值，生成三维实体。同样，“旋转”一个二维目标，是指将目标绕一轴旋转，生成三维实体。实体化命令从二维的 AutoCAD 目标生成三维实体。如果被“拔高”或“旋转”的目标 (折线) 不是封闭的，实体则是用直线连接首末端后生成的。

另外两条命令 Solcham 和 Solfill，以一种略微不同的方式生成体素。这些命令生成用于将现有实体的边线倒角或倒圆角的体素。形体倒角就是将形体的边角倾斜地切去，形体倒圆角就是使得形体的边线圆滑过渡。Solcham 和 Solfill 自动进行布尔运算，如何去掉或加上倒角体素请看后面叙述。

你一旦生成了一个体素，就可使用 Solchp 命令改变它的物理尺寸，即使它是组合体的一部分。

组合体

几个体素在一起构成一个单一的实体，称为组合体。组合体可以由体素构成，或者另外的组合体构成，或者体素加上另外的组合体构成。组合体是实体的集合。

你可以用布尔运算，由简单的体素生成复杂的实体，有三种基本的布尔运算：交、并、差。两个实体的并运算生成的实体包含所有实体一和实体二的体积。两个实体的交运算生成的实体只包含实体一在实体二中的那部分体积。差运算生成的实体，只包含实体一不在实体二中的那部分体积。进行布尔运算使用 AME 中的 Solint (交运算) Solsub (差运算) 和 Solunion (并运算)。

尽管布尔运算这个术语意味着一次只能是两个目标的操作，但 AME 允许在一条布尔

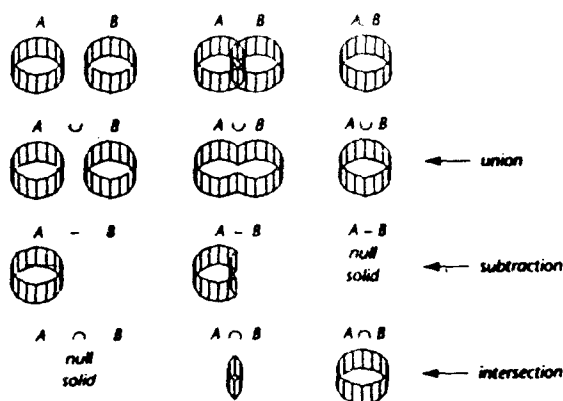
命令中选择许多目标。例如：选择三个目标，由前两个目标进行并运算生成一实体，再将这个实体与第三个目标进行并运算生成最终的实体。这种总是“成对”运算的构造方式是明显的——但在实际运算布尔过程中看不出是这样进行的。

你可以使用 Solsep 命令取消布尔运算，这条命令按与你所对一个实体进行布尔运算的次序相反的次序，取消布尔运算。

所有布尔运算需要 AME 软件支持。

下图所示两个柱体的交、并、差运算。

两实体没有公共体积 两实体有公共体积 两实体互相重叠



实体模型的结构

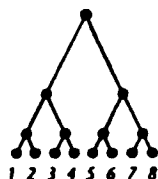
正如前面所叙述的，你可以用布尔运算构造组合体。这种实体造型的方法称为“实体构造几何”（或称 CSG 造型）AutoCAD AME 是以 PADL（纽约的罗切斯特大学开发）为基础的一种混合式造型工具。它使用 CSG 造型方法定义一个实体，用边界表达方式显示该实体。一个实体的边界表达信息由组成该实体体积边界的顶点、边、面组成，每一个实体包含记录该实体结构和尺寸的 CSG 信息和描述实体边界的边界表达（B rep）信息。这种信息的组合方式，使得在图形描述和实体解析方面均获得较高的精度。

CSG 树

当对一个实体目标进行多重布尔运算时，就产生运算次序的层次性。CSG 树将保持跟踪执行过程的每一层次，也就是跟踪和记录为产生最终实体而对实体目标所执行的布尔运算。

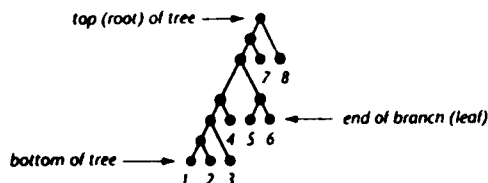
尽管布尔运算命令允许一次选择多个目标，但布尔运算仍然按对偶目标（两个目标之间）执行。每一个参加运算的实体构成一层。如果你在单独使用一条布尔运算命令而选择了多个目标时，CSG 树自动平衡并产生层次最少的树，假如一个实体并运算命令（Solunion）选择了八个实体目标，则产生一棵含有三层的 CSG 树。

(一条布尔运算命令生成三层平衡树)



Balanced three-level CSG tree created from one Boolean operation

然而，通过控制目标的组合顺序，生成具有不同结构的树也是能实现的。例如：运行几次 Solution 命令，每次少选几个目标就可以生成类似如下图的树。



Six-level CSG tree created from three Boolean operations

(三次布尔运算生成的六层 CSG 树)

CSG 树可以说是自上而下组织的，组合体目标在树的顶端（根）。体素分布于保分枝的末端（树叶）。树的最低层次是组合体第一次进行布尔运算所包括的体素。

你可以用 solist 命令，观察组合体的 CSG 树的结构。

实体操作

有一些例外，AME 在绘制所生成的体素或组合体时，自动生成附加块插入实体。与单个 AME 实体相关联的插入实体有几种类型。这些块插入实体包含实体的主块插入和副块插入（如实体背景的表达、实体边界信息文件、组合体 CSG 树的组成等等）。主实

体支配当前图形的描述与表达和扩展的实体信息数据。副实体总是保存在一个名称为 AME__FR2 的特别冻结层上。

*** * * * *警告* * * * ***

AME__FRZ 层的内容由 AME 软件维护，绝对不要编辑这一层的内容。不然会造成绘图时实体造型信息的永久性损坏。

一个实体生成以后，边界信息文件也随之产生。它包含该实体的有关边和面的信息。这些信息存放在的块插入实体中（至少有两个）。由主实体扩展的实体数据信息与生成的实体相联系。

当一个实体用网格化描述后，用于描述该实体的线框图是通过参照线框图块的定义，生成一个副实体来保留的。主实体的表达则转变为网格的块定义。它的扩展的实体数据也随着副实体的操作而更新，这样构成两种描述方式（网格描述和线框描述）之间的有机联系。这里的叙述是假定 SolidDISPLAY 的变量置于 WIREFRAME，而不是 PMESH。

第二章 自学辅导

本章中包括的练习将教会你:

建立体素 (十五分钟)

由体素建立组合体 (十分钟)

真实感显示实体模型 (五分钟)

修改实体模型 (五分钟)

分析实体模型 (五分钟)

产生二维剖面 (五分钟)

练习的安排由浅入深, 做后面的练习需对前面的练习中出现的概念及特点有充分的了解, 因此建议按照给定的顺序进行练习。

每个练习都指导你一步步进行, 每一步都给出 *AutoCAD* 的提示及你应做出的响应和回答, 有关输入及指令的约定详见《术语与约定》。

在本自学课程结束时, 你会建成如下的实体模型。

