

AutoCAD 绘图软件

原理及使用

李元标

中国科学院希望高级电脑技术公司

一九八八年六月

概

述

微型计算机当前在我国的应用主要是进行科学计算、数据处理和各种管理工作，至于它在一个重要领域——计算机辅助设计（CAD）上的应用还不普及，但是随着微型机性能的提高和软件的完善，它在CAD方面的应用将会越来越广泛。

什么是CAD？CAD（Computer Aided Design）就是计算机辅助设计。在近两年来国内不少人认为ACD只是画画图，这个概念是不全面的，应该说CAD是利用计算机系统帮助人们完成设计各个阶段的工作，包括资料整理分析、工程计算、结构模型分析、设计优化、经济计算、图形绘制、设计管理等。

当用CAD方法搞设计时，人们首先要根据设计的原始资料和数据库内的现存资料经过综合、计算、优化、比较得出较满意的方案，然后由软件形成图形，再由设计人在屏幕上进行修改。还可由计算机模拟设计产品的实际使用情况（如应力、变形、位移、速度……）。最后可绘成图纸或制成数控加工用的纸带。

一个CAD系统应当包括：计算系统、图形系统和数据库三大部分。

1、计算系统（主机）

能对工程设计的对象（如结构模型）进行强度、生产能力、经济性的计算分析和优化，并提供各种物理数据等（如构件尺寸、重量、面积、体积……）。从当前看要全面满足上述要求至少是超级微型机。

2、图形系统（生成图形的设备）

硬件设备包括：

（1）输入设备 有数字化仪、鼠标器、光笔、扫描仪等。可

输入图形并进行加工。

(2) 输出设备: 有绘图机(平面式、滚筒式、静电式等), 打印机(针式、激光式)。

(3) 显示设备: 指显示器, 有彩色与单色显示两种, 分辨率不能太低, 要有中等以上的分辨率才能显示清楚图形。

图形软件用以对图形进行加工, 如: 增加、删除、转动、修改并能模拟设计对象的动态效果如机械构件的运动, 显示结构的应力与变形、建筑物的动态透视, 模拟产品的性能(如弹簧受力、变形)等。

3、数据库

能贮存大量技术经济和生产数据, 如地质地形数据、产品规格性能、设备几何尺寸、技术规范、经济指标定额、已有设计数据、各种图形文件、文献资料等, 以便在设计工作中随时查阅检索和利用。下面介绍CAD工作的发展简况。

美国在五十年代末开始搞数控加工用APT语言, 可以根据设计图产生数控机床用的纸带, 此种方法至今仍然使用。六二年美国麻省理工学院搞出《计算机图形处理软件》, 开辟了交互式图形显示的领域。六十年代里美国在汽车与飞机工业中应用CAD已进入实用阶段。如现在设计汽车车身时, 设计师可在计算机上对三维图进行设计与修改, 分析结构, 最后制作数控纸带去加工车身模型。美国一些大的汽车公司与飞机公司采用CAD技术已有一、二十年历史。在其它一些行业如电子、建筑、造船、管道、气象、地质、测量等也有较多的应用。如建筑业中, 现在的CAD系统已具有设计、绘图、透视、阴影、着色、动态显示、规划、造价等功能。在计算机中存有大量的建筑构件、节点详图、图块图例供设计时选用, 高分辨率的彩色显示器能合成几十种到上千种颜色, 可在屏幕上逼真地模拟出建筑布置的形状、亮度、色彩、阴影、对比、灰度等, 以帮助人们确定方案。可以在任何位置与角度显示透视图。

日本CAD应用工作虽较美国晚一些，但是最近几年来发展很快，从85年的筑波博览会上可以看到这一点。他们在建筑、机械、电子业上用的很多，他们在工作上广泛使用计算机，这也是日本工业飞速发展的原因之一。让我们来看一个例子。

日本某金属模制造厂引用CAD效果的调查。

	调查调查	设计	绘图	做数控 纸带	合计
引用前	34小时	29	107	42	212
引用后	17	9.7	5.3	3	35

对于某产品的总设计时间，采用CAD后仅为原来的六分之一，大大地提高了生产效率。

我国的CAD研究开始于六十年代，苏步青教授在B样条、计算几何与计算机图形学方面均有研究。当时上海沪东造船厂已开始用国产121机画船体图，进行船体放样和数控切割。在设计工作方面天津铁道部第三设计院于80年引进日本NOVA机CAD系统，使用较好，现已在线路、桥梁、房建、给水等专业中使用，已节省了几万个工日，并满足了一些紧迫设计任务的要求，受到国家的表扬。上海医药工业设计院于82年引进美国IGS—500型CAD系统，可带多个工作站，在建筑、总图、设备等专业中发挥了作用。

近几年来我国微机CAD系统的研制、生产和应用上有了较大的进展。在主机方面目前较普及的是用8088芯片组装的IBM—PC/XT机及各种兼容机和用80286组装的IBM—PC/AT机及兼容机。32位微型机（如80386及68020组装的主机）也开始出现，这就使得主机的处理能力大幅度提高。在外设方面，大幅面（可绘A0图）绘图机的出现，鼠标器、数字化仪的推出，而且其价格不

断下降，使得配置一套能供实际应用的CAD系统（XT机带8087协处理器，外设配1号绘图机及3号数字化仪）的价格约为六万元左右。

在微机CAD软件方面，已经有了象AutoCAD这样较完善的图形软件，它在图形生成、编辑、图形交换以及与高级语言的联接方面，有了比较令人满意的功能，而且可以画轴测投影图和消除隐藏线。

从目前看，一个完善的微机CAD系统差不多已能达到小型机CAD系统90%的功能。

由上所述，我国发展微机CAD系统有着重要的意义，特别是对于中小单位更是这样。从国外情况看也是这样，如美国微型机CAD系统在85年2月的装机总数已达25000个，超过了大中小型机CAD系统的总数。而这两年微机CAD系统又有新的发展，即使在一些大的公司里虽有大型CAD系统，但也使用微机系统作为它的子系统。

在微机CAD软件中当前最流行的是美国AutoDesk公司推出的AutoCAD，据统计它已经占领了微机CAD软件市场销售量的40%以上，成为微机CAD软件的首位。

我国自从引进AutoCAD软件以来，已有许多单位用它开发了不少应用软件，有的用高级语言和AutoCAD联合解决CAD问题，并已取得了一些实用的有价值的成果。

目 录

概述

第一章	AutoCAD基本概念	1
第二章	作图命令 (Draw)	19
第三章	编辑命令 (Edit)	43
第四章	显示命令 (Display)	57
第五章	状态命令 (Mode)	62
第六章	辅助作图命令	72
第七章	块与形	76
第八章	层 (Layer)	84
第九章	注尺寸 (Dim)	89
第十章	菜单文件与命令文件	101
第十一章	属性 (Attribute)	111
第十二章	绘图机与数字化仪的使用	125
第十三章	组线作图与组线编辑	130
第十四章	三维作图	146
第十五章	变量、表达式与函数 (AutoLISP程序)	156
第十六章	AutoCAD与高级语言的连接	202
第十七章	AutoCAD 2.5版功能介绍	219

第一章 AutoCAD 基本概念

AutoCAD 绘图软件是一种功能较强的微型机上使用的作图软件，它可以按照作图人的操作迅速准确地形成图形，它有强大的编辑功能因而能比较容易地改动已画图形，它具有与高级语言相联接的功能，它还能直接调用LISP语言，使得AutoCAD的CAD能力大为增强。通过绘图机可以绘出图纸。

一、基本原理

AutoCAD绘图的基本原理是：通过输入设备的操纵（如键盘、数字化仪），利用AutoCAD软件，用人机对话方式在计算机的显示屏幕上作图，作成后存于计算机的外存设备内（磁盘、磁带），最后通过打印机或绘图机输出图纸。

总之，AutoCAD的作图方法分成两步，其一是在计算机上作图，其二是在图纸上绘图。这与传统的用手工绘图一步成图的方法是不同的。由于第一步是在计算机上存图（我们不妨称为软拷贝，以便和第二步的硬拷贝相区别），而且可以利用高效的方法来作图，这就比手工绘图要快也更准确，例如相同图形可以用复制的方法做成。而且容易修改，这点性能非常适合于搞设计人的需要。

除了上面所说在屏幕上直接作图的方法外，AutoCAD还可利用Lisp语言编程，以形成图形，也可以与高级语言相联接，由高级语言计算出结果，而由AutoCAD形成图。

二、AutoCAD 的软件情况和硬件环境

1、软件

它主要是为IBM—PC系列机设计，在MS—DOS操作系统支持下运行，近二年它也移植其它机型（如Apolllo机）和其它操作系统上（如UNIX操作系统）。它的主要版本有：

- AutoCAD 86** 83年10月推出，称为**AutoCAD—1**
 （带有**ADE—1**扩展功能）。
- AutoCAD 2.01** 84年11月推出，即**AutoCAD—2**。
- AutoCAD 2.17** 85年6月推出，即**AutoCAD—3**
 （其三维功能有所加强）。
- AutoCAD 2.18** 85年11月推出，增加**Lisp**语言的变量与
 计算功能。
- AutoCAD 2.5** 86年6月推出，增强了编辑功能，速度加
 快。
- AutoCAD 2.6** 87年推出，三维功能大大加强，可画三维
 图。
- AutoCAD 2.18** 版的磁盘文件共有七张软盘，各盘的内容
 为：

- | | | |
|-----|------------------|-------------------------|
| 第一张 | ACAD·EXE | 主程序，使用时常驻内存。 |
| | ACADL·OVL | AutoLISP 语言复盖文件。 |
| 第二张 | ACAD·OVL | 各种命令的复盖文件，使用时调入内存。 |
| 第三张 | *·DRV | 各种驱动文件，用以支持各种外设，装配时用。 |
| 第四张 | ACAD·MNU, | |

HLP, PAT, LIN,

SHP

主菜单, 求助文件, 图案, 线型及形文件。

第五张 * · DWG

几种样式图形文件。

第六张及第七张 表演文件, 演示AutoCAD各命令的使用。

2、硬件环境

(1) 主机

AutoCAD软件主要用于IBM—PC/XT及IBM—PC/AT机及其兼容机, 但现在已移植到IBM—5550, VICTOR-9000, APOLLO—3000等机型。所要求内存为:

2.17 版要求内存为384 K 以上。

2.18 版要求内存为512 K 以上。

由于2.17版以上的版本带有外部命令SHELL 及LISP 语言功能, 所以内存容量以大些为佳。

要求配协处理器8087, 否则生成图形太慢, 影响作图。

磁盘驱动器中心必须带有硬盘驱动器, 使用AutoCAD前将全部图形软件拷入硬盘内, 硬盘容量应在10M以上, 最好大一些以适应今后版本升级后的需要。例如2.5版有虚屏幕(Virtual Screen)及恢复(Undo)功能需要有大容量硬盘支持。

(2) 显示器

标准配置的12英寸IBM—PC/XT彩显的彩色分辨率为320 × 200, 黑白分辨率为640 × 200。作为正式绘图640 × 200的分辨率是很勉强的, 经常需要对图形局部放大显示, 这就延长了作图时间。有CAD专家认为CAD系统的显示器分辨率应为800 以上, 屏幕尺寸应为19英寸以上, 这是有道理的。

我国现在常用的几种分辨率较高的显示器有:

长城0520C—H机, 14英寸, 分辨率640 × 450, 彩色。

CIGMA显示器, 14英寸, 分辨率640 × 400, 彩色。

IBM 5550机，15英寸，分辨率 1024×768 ，单色。此机分辨率高，很适于作CAD工作。

显示器的数目

单显示器。这是常用的配置方式，即AutoCAD的文本显示与图形显示都用同一显示器，通过开关进行转换，当显示图形时，屏幕上各部分的作用为：

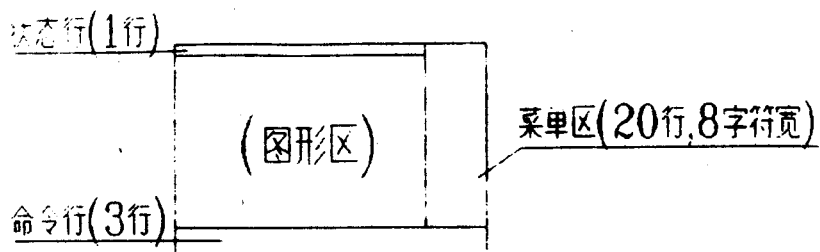
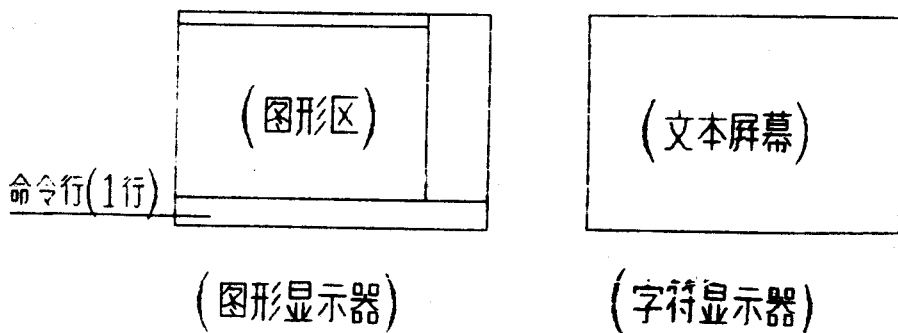


图1-1 单屏幕显示

这种配置的有效图形显示区小，当需要了解命令的执行情况，要转换成文本显示状态，屏幕的转换增加了等待时间。

双显示器。采用两个显示器，一个显示图形一个显示文本，这样可随时知道命令的执行情况。AutoCAD软件支持这种工作方式。



这时图形屏幕仍保留状态行，菜单区和一行命令行，使图形区加大（也可全为图形占用）。

(3) 输入设备

虽然计算机本身的键盘可以作为AutoCAD作图时的输入装置(打入命令、数字和移动光标,但是为了能进行快速的输入操作必须采用专门的输入设备,如

数字化仪。其大小有A1、A2、A3、A4等尺寸,也有方形的。它可以定义菜单,也可作为光标输入设备,常见的有:

HI——7024型, A2尺寸, 精度0.001英寸。

TG——8017型, A3尺寸, 精度0.005英寸。

TG——8024型, A2尺寸, 精度0.005英寸。

鼠形定标器(鼠标器)。作为光标输入设备用,有光学式及机械式两种,上面的控制键有单键与多键的。最新推出一种无拖线的红外控制式鼠标器。

鼠标器也是一种较好用的光标输入设备。

(4) 输出设备。主要有

绘图机。其工作图幅有AO、A1、A3等,所用笔有单笔及多笔,其结构型式有滚动式、平板式。图内常见的有

SR 6602 型平面绘图机,可绘A3以下图纸

DMP-42 型滚动式绘图机,可绘A1、A2两种尺寸,精度0.35%,速度较慢。

DMP-52 型滚动式绘图机,图幅同DMP-42,但精度高(0.1%),速度为上者的五倍。

DMP-56 型滚动式绘图机,可绘AO—A4中任意图幅尺寸,精度与速度均稍亚于DMP-52。

打印机。它不但能打印字符文件,有的尚能打印图形。用打印机印出一张图的时间大大少于用绘图机绘的时间,但其精度远不如后者,例如常用的EPSON公司的FX100打印机之精度为 $\frac{1}{72}$ 英寸。但近两年来推出的激光打印机之精度可达 $\frac{1}{300}$ 英寸。

打印机是一种快速简单的绘图设备。

(5) 微型机CAD系统配置举例

方案1：低挡配置，约为五万元

IBM-PC/XT 机加8087，内存512 K，用FX-100 打印机

MS 型鼠标器

DMP-42 型绘图机

方案2：高档配置，约为十五万元

IBM-PC/AT 机加80287，内存1 M

TG-8024数字化仪

DMP-56型绘图机

19英寸高分辨率显示器及支持板

以上两种方案均未包括软件。

三、AutoCAD 的运行及主菜单

1、将AutoCAD的全部文件拷入硬盘内，为了避免与其它软件混杂，应在硬盘内建立一级子目录CAD，并将AutoCAD文件拷入，使用时任何用户不要进入此子目录，而用路径\CAD调用，为了操作方便起见可以在运行AutoCAD前打命令PATH\CAD，也可以将此命令列入Autoexec.bat批文件中。子目录名随意。打入PATH\CAD命令之后，欲启动AutoCAD可直接打ACAD进入图形编辑状态，如要调用样图仍然要加上前缀\CAD\（因为样图在子目录CAD中）。

如果你的硬盘剩余空间不多，为保证AutoCAD的运行，至少要将所有带ACAD字首为名的文件及五种字体文件（TXT，SIMPLEX，COMPLEX，ITALIC，AERTICAL）（均以·SHX结尾）拷入硬盘。在第一次使用AutoCAD软件时应将驱动文件盘临时插在软盘驱动器内，待外设配置好以后，只需用硬盘文件即可。

2、启动AutoCAD打ACAD。如果你的外设的参数已配置好，将在屏幕上出现主菜单：

0	Exit AutoCAD	退出
1	Begin a NEW drawing	画新图
2	Edit an EXISTING drawing	改老图
3	Plot a drawing	绘图机绘图
4	Printer Plot a drawing	打印机绘图
5	Configure AutoCAD	参数设置
6	File Utilities	几种实用功能
7	Compile snape /font description file	编译形文件
8	Convert old drawing file	老版本图形转换

以上各功能中，6是实用功能，可以在AutoCAD状态下列出文件名、删除文件、文件改名和拷贝文件。在图形编辑状态下打EILES命令与主菜单选项6的作用相同。8是将2.17版本的图形文件格式转换成2.18版的格式，同时将老文件的类型改成OLD。但2.17版的格式不需转换，可直接使用。

其余功能将在有关章节中介绍。

3、进入图形编辑状态

打1或2可进入图形编辑状态，标志是出现Command：提示符，接着可执行AutoCAD的各种命令操作。

4、退出图形编辑状态

有三种存盘与退出操作：

打Quit——退出但不存盘（刚才所画之图作废）。

End ——退出并存盘（以进入图形编辑状态所打之文件名存盘）。

Save ——存盘但不退出。

存盘后形成的图形文件类型为DWG。

由于AutoCAD在作图时采用复盖技术，在内存中开辟一个较小的图形复盖区，在磁盘上开辟一些中间图形文件区（以隐式文件存盘），当正常操作退出时，会将中间文件转变成正式图形文件，中间文件将不再存在。因此，不允许在图形编辑状态下重新热启动，冷启动或关电源，否则将在磁盘上留下不可见的中间文件，徒占磁盘空间。

四、AutoCAD的几个基本概念

1、AutoCAD使用向量法贮存图形，例如：

直线——首尾两点坐标。

圆——圆心坐标、半径。

弧——弧心坐标、半径、起终点角度。

这种方法的存贮量小、精度高，但显示时要经过计算转换成屏幕上的象素，等待时间比象素法贮存要长。

2、座标系统

一般使用直角坐标系统，对平面坐标为X—Y系统，对三维坐标为X—Y—Z系统。有时也使用极坐标概念。直角坐标系可以按需要转动任意角度。

3、绘图单位

AutoCAD所作图形尺度采用图形单位。例如对公制图形

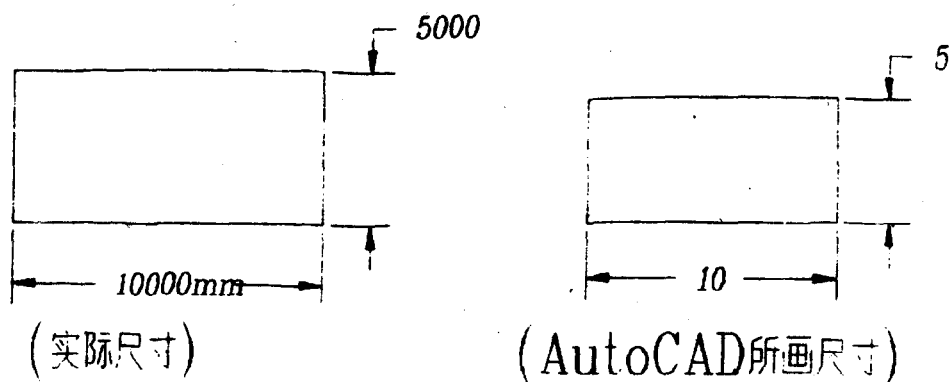


图1-2 AutoCAD的图形单位

图 1 — 2

这样，本例的对应关系为

1000毫米实际尺寸 = 1 图形单位

为了避免概念不清，提倡用 $1 = 1$ 来作图，即

1 毫米实际尺寸 = 1 图形单位

作图时按图的尺寸来选定计算机的显示范围（见第四章显示命令）。

4、图元

所作图形的基本元素，图形由许多图元拼成。有的书把它叫实体、输入项。

例如一条直线、一个圆均算一个图元，一个矩形一般为四个图元，一个图块（Block）一个形（Shape）均为一个图元。

AutoCAD 的许多操作皆以图元为基础来进行，如点选目标每次只选中一图元，目标选错了操作就不对。

5、精度

AutoCAD 的计算精度为双精度，有效位为14位数。但在显示与打印时可以规定有限位数，例如规定数值显示（包括坐标值、

注尺寸值)为小数点后两位,规定角度显示为整数值(通过UNITS命令来规定)。

几何抽点精度即光标在屏幕上的显示精度可以由人设定,它确定了作图时的图形精度。

外设精度是指外部设备所能表现的精确度,与计算机内的精度意义不同。

对于显示器为其分辨率,如IBM—PC/XT机的彩显为 320×200 。数字化仪则为其几何位置所能表现的精度,如7024型为0.001英寸,即每英寸1000个点,数字化仪的精度在描图方式会对所作图的精度有影响。绘图机的精度受其制造公差与精度的限制,它的精度一般是低于数字化仪的,如DMP—42的误差为0.35%图幅,当绘制A2图幅时,在长度方向就可能有2.2毫米的误差。图纸的精确度多半取决于绘图机。

6、图形显示

(1) “窗口”概念

图形存于计算机的磁盘之中(全部),而屏幕上所显示的可能是全部图形,也可能是图形的一部分。于是,计算机屏幕就相当于一个观测窗口,图形在屏幕上显示,相当于透过窗口观察图形,窗口是可移动的。

推近时,则图形显示变大,可见范围变小。

拉远时,则图形显示变小,可见范围变大。

移动时,可显示不同部位的图形而大小不变。

这种窗口的推拉或图形显示的变化称为图形的缩放或变焦,图形缩放后其尺寸(图形单位数)并不变动。

AutoCAD的图形缩放比例最大为 $1:10^{13}$ 。

(2) 橡皮筋线显示(Rubber band)

作直线时,先定一点,而在定第二点时屏幕上出现一条随着光标而变动的线(伸缩、转动),这条线称为橡皮筋线,它有助于作

图人确定第二点的位置，
直到你按Pick 键可将第
二点位置固定下来。

(3) 动态牵引

(Drag)

在作圆、作弧或复制移
移动一个图形时或用

Insert 命令插入一个图

块等情况时，可以使用动
态牵引功能，也就是随着
光标的移动，图形也跟着

移动，这种功能是供设计人确定设计方案之用，是CAD的一个有用功能。

使用动态牵引功能时，计算机要对图形显示进行大量计算，所以要求主机带协处理器以加快速度。否则就会使人长时间等候机器。

橡皮筋线实际上是动态牵引的一个例子。

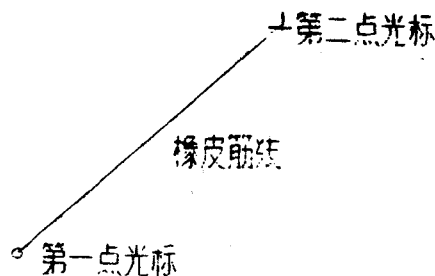


图1-3 橡皮筋线

五、AutoCAD 的功能定义键

AutoCAD 在键盘上定义了一些功能键，在操作时非常方便，也很有用。

功能键上定义有：

F₁ ——— 文本显示与图形显示转换键。

F₆ (或 ^D) —— 动态显示坐标开关 (^D 在操作时仍需打
CTRL/D，在菜单文件中写 ^D)。

F₇ (或 ^G) —— 网点开关。

F₈ (或 ^O) —— 正交方式开关。

F₉ (或 ^B) —— 抽点方式开关。