

微型计算机CAD基础及实践

〔日〕森岡茂樹 等 著

崔 建 梁金华 徐真锡 译

陆玉库 校

电子工业出版社

内容简介

随着计算机应用的普及, CAD (计算机辅助设计) 系统也越来越受到重视。本书向读者介绍一个具体的二维CAD软件的全部内容。以此为例系统地介绍了CAD软件中必备的基本功能、数据结构与编辑方法, 以及如何在显示器上显示CAD的图形和如何在绘图仪上画出CAD图形。读者在充分理解这些内容的基础上, 就可以编写出符合自己要求的CAD应用软件。为了便于理解和移植, 书中的CAD软件用BASIC语言编写, 浅显易懂, 特别适合于教学与自学。书中所列的CAD程序清单在计算机上完全可以执行。有兴趣的读者不妨把程序清单输入到计算机内, 亲自实践, 必会带来莫大乐趣。

本书适合从事CAD教学的大专院校师生、职业中学师生、从事CAD工作的轻、纺、工、农技术人员和CAD软件爱好者参考阅读。

微型计算机CAD基础及实践

〔日〕森岡茂树 等著

崔建 梁金华 徐真锡 译

陆玉库 校

责任编辑 路石

电子工业出版社出版 (北京海淀区万寿路)

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

北京科技印刷厂印刷

开本: 787 × 1092 毫米 1/16 印张: 8.5 字数: 218 千字

1988年5月第一版

1988年5月第一次印刷

印数: 1—12000册

定价: 2.60元

ISBN 7-5053-0229-9/T P·26

前 言

最近,在个人计算机的飞速发展中,显示技术的进步最为显著。在中等的个人计算机系统上通常采用的 $640 \times 400 \sim 640 \times 480$ 点阵光栅扫描型显示器已经与几年前的高级计算机显示器具有同等的分辨率,同时可以很方便地在BASIC语言中使用图形命令,所以用BASIC程序画各种图形已经不再是很难的事了。

现在已经有很多作图和图画的软件发表,但是其中大部分采用图形数据库的方法,图形的保存和编辑比较困难,如果要将图形保存在软磁盘和磁带上,必须保存全部作图程序,而对图形进行修改和编辑时,必须更改程序或程序的数据。采用这种方法随着图形的复杂程度不同,程序的长短也不相同。要完成一个复杂的图形或图画将会花很长时间。

为了解决这一问题,可采用一种称为图形数据库的数据文件,然后再通过一个软件对该文件生成和编辑,并将其内容以图形显示在显示器上,输出到绘图机上,只要编制出这种软件,问题就解决了。这就是作图CAD软件。

为了对CAD软件的内容进行具体而深入浅出的说明,本书中编制了教育用二维制图CAD程序,并公开了其程序内容。

这些程序虽然做过操作检查,但由于它并非为了实用,而重点是为了便于理解,所以用BASIC语言书写,执行速度并不很快,也没有采用高级的编程技术,同时在功能方面也只限制在需要的最小限度,数据库也很简单,但是基本结构和功能对理解真正的CAD还是足够的。CAD数据库和处理程序的方式种类很多,本书的方式只不过是其中一例而已。

读者在充分理解本书内容的基础上,自己就可以改造数据库,或编制出所需数据的程序,以便增加新的功能,这就是CAD应用程序。

本书的编写及程序的编制是由四名工程师利用结业后假日花了约一年时间完成的,他们是从事CAD系统应用程序开发和维护的专家。由于他们平时多使用FORTRAN语言,对于BASIC语言用得不多,因此,程序中很可能有想不到的错误,敬请读者谅解。

CAD是一个发展迅速的领域。通过本书的出版,本人相信定会涌现出与执笔者一样的从事实用CAD系统的读者。

最后,向为本书编写提供机会与条件的横河北辰电机(株)情报机器事业部进藤昭太郎事业部长表示感谢。

鈴木義博 1984年7月

目 录

第一章 CAD的基本知识	(1)
§ 1.1 什么是CAD.....	(1)
§ 1.1.1 分析软件是实现CAD的关键.....	(1)
§ 1.1.2 通过管理软件从画面上得到信息.....	(2)
§ 1.1.3 与CAM连接的输出软件.....	(2)
§ 1.2 实际的CAD.....	(2)
§ 1.2.1 服装设计用CAD.....	(3)
§ 1.2.2 设计电路——电子线路的设计.....	(3)
§ 1.2.3 地图和公用系统CAD.....	(4)
§ 1.2.4 绘制继电器时序图——配电盘设计.....	(4)
§ 1.2.5 二维制图CAD——一般设计.....	(5)
§ 1.2.6 用CAD布管线.....	(6)
§ 1.2.7 建筑用CAD——结构设计、采光计算等.....	(6)
§ 1.2.8 制造汽车、客机、家用产品的设计.....	(6)
§ 1.3 图形处理的基础.....	(7)
§ 1.3.1 直线是如何作成并显示的.....	(8)
§ 1.3.2 二维坐标变换.....	(9)
§ 1.3.3 剪取屏幕的某一部分——剪取.....	(13)
§ 1.3.4 观察口和窗口——坐标变换的应用.....	(15)
§ 1.3.5 显示字符.....	(16)
§ 1.3.6 显示点信息.....	(18)
§ 1.3.7 画面的坐标操作——网格处理.....	(18)
§ 1.4 图形的构成要素.....	(19)
§ 1.4.1 基本要素.....	(19)
§ 1.4.2 图素所具有的数据——属性数据.....	(21)
§ 1.4.3 固定图形——符号处理.....	(22)
§ 1.4.4 多个图素组成一个图素——组.....	(23)
§ 1.4.5 便于集中调用——图形处理.....	(24)
§ 1.5 数据库.....	(24)
§ 1.6 硬件.....	(25)
第二章 用个人计算机实现的CAD	(27)
§ 2.1 基本CAD.....	(27)
§ 2.1.1 硬件的组成.....	(27)
§ 2.1.2 CAD系统的功能.....	(28)
§ 2.2 会话处理的说明.....	(29)
§ 2.2.1 指定命令的各种方法.....	(30)
§ 2.2.2 命令的分组、分层.....	(32)

§ 2.2.3 特性数据模型化.....	(32)
§ 2.2.4 如何定坐标值.....	(33)
§ 2.2.5 提取 (PICK) 整个外形——链接.....	(34)
§ 2.2.6 CAD系统的操作性.....	(35)
§ 2.2.7 会话处理程序的构成.....	(36)
§ 2.2.8 程序构成的例子.....	(37)
§ 2.3 光标处理.....	(39)
§ 2.3.1 在屏幕上显示光标.....	(39)
§ 2.3.2 光标移动的方法.....	(39)
第三章 数据库的说明.....	(41)
§ 3.1 W.P.S. (工作画面存储器) 的构成.....	(41)
§ 3.1.1 W.P.S.和画面文件的关系.....	(41)
§ 3.1.2 公共数据的详细说明.....	(43)
§ 3.1.3 TABLE1和TABLE2的说明.....	(44)
§ 3.2 符号的特征.....	(49)
§ 3.2.1 符号的定义.....	(49)
§ 3.2.2 符号的配置.....	(50)
§ 3.3 数据库的管理.....	(50)
§ 3.3.1 标题与数据.....	(51)
§ 3.4 数据库中数据的处理.....	(52)
§ 3.4.1 读要素数据.....	(53)
§ 3.4.2 变更要素数据.....	(56)
§ 3.4.3 写要素数据.....	(57)
§ 3.4.4 生成要素数据.....	(58)
§ 3.4.5 删除要素数据.....	(61)
§ 3.4.6 检索数据库.....	(62)
§ 3.5 行号和变量的使用方法.....	(63)
§ 3.5.1 行号的使用方法.....	(64)
§ 3.5.2 变量的使用方法.....	(64)
第四章 操作指南 (使用说明书)	(67)
§ 4.1 操作指南 (使用说明书)	(67)
§ 4.1.1 命令格式.....	(67)
§ 4.1.2 数据类型.....	(67)
§ 4.1.3 CAD系统命令体系.....	(67)
§ 4.1.4 公用参数.....	(67)
§ 4.1.5 各种命令格式.....	(68)
§ 4.2 功能说明 (系统内部操作)	(77)
§ 4.2.1 要素生成.....	(77)
§ 4.2.2 要素删除.....	(77)
§ 4.2.3 要素的修改、复制和移动.....	(78)
§ 4.2.4 显示层的处理.....	(79)
§ 4.2.5 改变比例值再显示.....	(79)
第五章 绘图机的使用方法.....	(81)

§ 5.1 绘图机概要 (何谓绘图机)	(81)
§ 5.1.1 操作说明	(81)
§ 5.1.2 一般规格	(83)
§ 5.2 绘图机原理 (绘图机如何工作)	(83)
§ 5.2.1 工作原理	(83)
§ 5.2.2 命令、格式、功能一览表	(84)
§ 5.3 字符码与特殊方式	(87)
§ 5.3.1 字符控制码	(87)
§ 5.3.2 字符码一览表	(89)
§ 5.3.3 特殊方式——打印方式	(91)
第六章 实用程序	(92)
§ 6.1 SLIST 程序	(92)
§ 6.2 PARTDM, CRWPS 程序	(96)
第七章 发展	(103)
§ 7.1 提高速度	(103)
§ 7.2 语言的问题	(104)
§ 7.3 数据库的改善	(104)
§ 7.4 符号的扩展	(104)
§ 7.5 样条的说明	(106)
§ 7.6 断面线的说明	(108)
附录 CAD程序清单	(109)

第一章 CAD的基本知识

§ 1.1 什么是CAD

一提到CAD,人们立刻就想到图形处理(作图功能),其实只有图形处理并不能充分发挥CAD的功能。如图1.1所示,以图形处理为中心,还要有几种其他的支援程序才能称得上是CAD。

进行图形处理时,由于使用的目的不同,可以选择二维(x, y)或三维(x, y, z)坐标。不过,如果二维能处理的工作不要用三维处理,否则会使处理速度降低,占用内存空间加大。基本图形处理包括点、圆(弧)、直线等。根据使用目的还可以用面、自由曲线和自由曲面等。

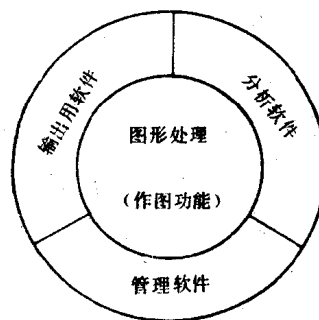


图1.1 CAD的软件

§ 1.1.1 分析软件是实现CAD的关键

分析软件是CAD的中枢,它可以充分发挥计算机用于图形处理的优点。例如计算任意多边形面积的软件,它是绘制土地分配图和房屋建筑房间分配的CAD中不可缺少的分析软件。如果输入了土地分配图,没有计算面积的软件,却还需要人工计算土地面积,就称不上什么CAD了。在体积计算软件中,不能缺少容器设计的分析软件,这种分析软件对计算容器本身及计算容器材料的使用量时都是不可缺少的。例如,可口可乐瓶的中间凹下去一部分,外观上看虽然和普通瓶子差不多,但容量减少了。所以在容器设计时,若用分析软件进行分析,会使设计的容器看起来显得容量大,这是非常重要的。

有代表性的分析软件包括(1)结构分析;(2)面积、体积、重心、力矩的计算;(3)工作模拟;(4)电子电路模拟等。

结构分析软件就是对所加力的应力和由此而产生的畸变的计算与分析的软件,这在汽车、飞机制造、桥梁、建筑设计中是不可少的。通过在计算机上进行模拟来考虑如何减小厚度、减轻重量同时又达到需要的强度,以便达到符合要求的最佳设计。例如对汽车来说,如何减少钢板厚度,提高燃烧效率,同时还要保持必要的安全强度,在做飞机设计时,设计强度时要考虑安全系数,这些皆需要用到结构分析软件。

面积、体积、重心、力矩的计算例子如窗框的铝型材计算,尽管其断面形状非常复杂,但通过分析计算可以使用最少量的铝而获得最大的强度。

工作模拟即采用该物体的数据,用计算机来模拟物体并进行工作检查。例如汽车的雨刷,刷的面积是由条例决定的,新的产品设计可通过数据模拟求出所刷的面积,检查是否满

电子电路模拟可以用于集成电路设计、印刷线路板设计中，实际上即使不制造试验电路，也可以用计算机进行数据模拟并进行工作检查。这样可以反复进行修改，从而设计出很成功的电路来。

§ 1.1.2 通过管理软件从画面上得到信息

只通过计算机画个图是不够的，用CAD进行电路设计时，可以从电路图中得到集成电路需要几种几个，电阻需要几种几个，电容需要几种几个等信息，从而可以去购买所需要的材料。用计算机进行这种管理是很有意义的。图1.2示出从图纸上得到信息的例子。

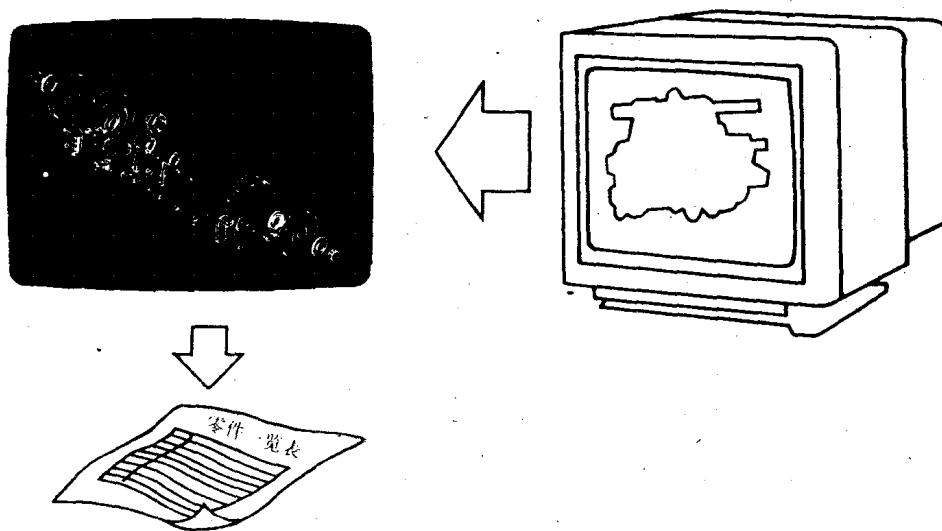


图1.2 利用CAD从图纸上得到信息

§ 1.1.3 与CAM连接的输出软件

画图纸是为了生产产品，但使用计算机画出图纸还远远没有达到制造出产品的阶段，还必须将图纸交付给现场加工的操作者，即输出用于机械加工的数控纸带（录有自动控制机床的程序），以便驱动加工的机器，实现计算机辅助制造（CAM）。一般用计算机得到的图纸大多输出到绘图机（纸或胶片）上，并生成数控机床的纸带。所用的计算机能力如果不够，还需要将数据输出到其他大型计算机进行进一步的处理。

§ 1.2 实际的CAD

根据所处理的图形数据不同，CAD系统可分为二维和三维两种情况。一般说，图纸有三种——正视图、俯视图、侧视图，这种图纸在头脑中可形成三维空间形象，但在图纸上仍是用二维坐标画出的。如用计算机处理，则可用CRT替代图纸，由计算机画出图形，并可构成三维图形，在CRT上自由旋转显示，一面观察，一面计算设计，但在图面输出时仍用二维

图形。图1.3示出用CAD画出的机械图的例子。

§ 1.2.1 服装設計用CAD

服装设计师设计好服装后,服装各部分(袖子、前襟、后背……)的图纸就画好了,然后通过数字化仪表将它的坐标读入计算机。对于同一种服装设计,应该能作出大小不同的服装,因此,在输入设计的样子后,要由计算机设计出各种不同尺寸的服装。在剪裁时,需要用一定幅宽的布料裁出服装的各部分,然后缝合。剪裁时是否充分利用了布料,减少了浪费,这是与厂家的利益密切相关的,这种用布方法称为套裁。过去用人工将各部分的纸样排在布料上,布料一般带花纹,有方向,所以要想排得十分合理是件不容易的事。现在用计算机,利用人机对话来解决服装样子的安排配料问题,安排妥当后,布料按每20米长左右重叠起来,用电剪象锯木头似的将各个部分裁开。图1.4示出服装设计和套裁CAD的例子。

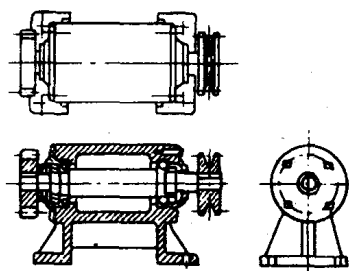


图1.3 用CAD画机械图

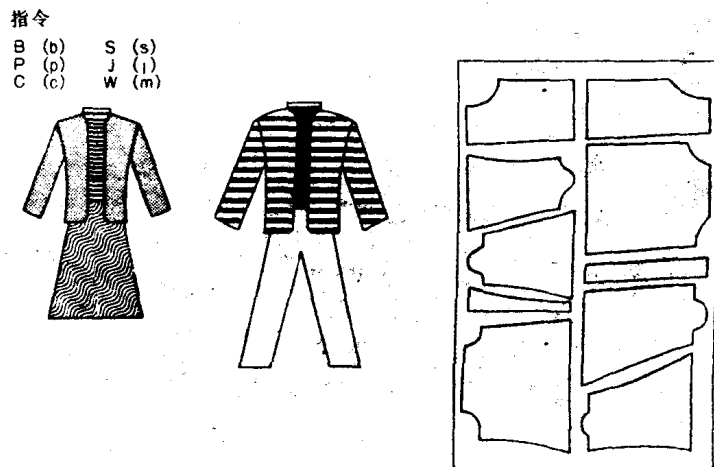


图1.4 个人计算机上的服装设计及套裁CAD

§ 1.2.2 設計电路——电子綫路的設計

电路设计人员可以在CRT上进行电路设计。设计人员不作实际的电路板,而借助分析软件确认电路的工作状态,在此基础上修改错误,反复进行分析设计,看是否达到设计目的。这与进行实际电路的设计相比,在测试次数、正确性及设计时间等各方面普遍具有优越性。因此现在的集成电路设计,大型计算机的设计,均采用这种方法。当原理电路设计完成后,再进行布线设计。如果是集成电路,则给出集成电路图的数据。如果是印刷线路板,则给出印刷线路板板面布线的有关数据,并输出电路图中所需元件的清单。图1.5示出电路设计步骤,图1.6示出一个电路设计CAD的实例。

§ 1.2.3 地图和公用系统CAD

绘制地图的CAD, 需要将人口、工农业情况等非图形数据和图形配合在一起。煤气、上下水及电气设备设计的CAD, 既要对旧管道、供给能力、处理能力进行计算管理, 还要参考地图。例如由于人口的增加, 哪里发生了管道不足的情况, 以及旧管道的更换、维修等工作要用到计算机处理。这些公用系统的更改又涉及到地图的变更, 所以绘制地图和公用系统的管理设计CAD要一同处理。

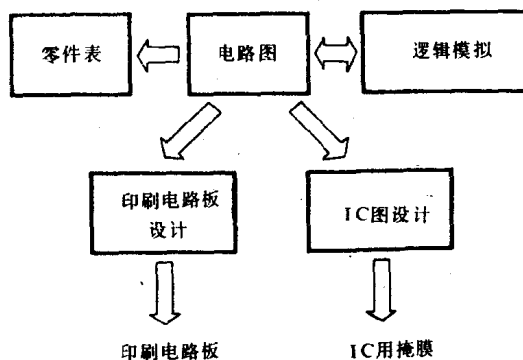


图1.5 电路设计步骤

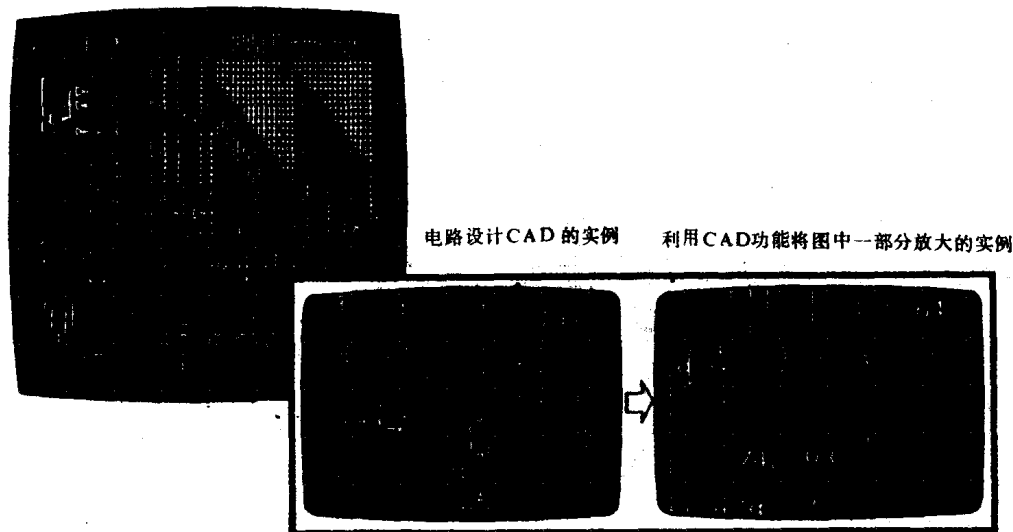


图1.6 电路设计CAD的实例

§ 1.2.4 绘制继电器时序图—配电盘设计

这是继电器时序控制图设计和配电盘设计用的CAD。所谓时序控制, 即根据预定的步骤或一定的逻辑编排好顺序, 以此顺序(时序)对被控对象进行控制, 这种控制也可称为原因和结果已决定的控制, 即对于指令没有反馈信息的控制。使用CAD软件时, 在设计电路的同时, 还输出元件表、接线表等, 有些系统还可以完成从时序图到面版的全面设计。图1.7示出利用CAD设计出的时序控制图。图1.8示出CAD画出的配电盘图, 此图既可在屏幕上显示, 也可用绘图机画出。

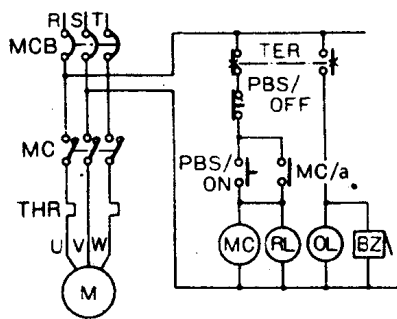


图1.7 时序控制电路图

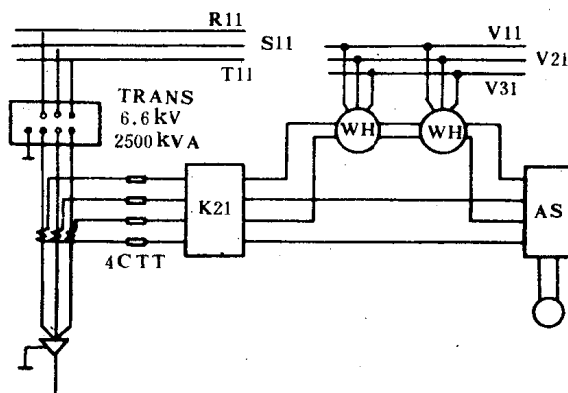


图1.8 CAD画出的配电盘图

§ 1.2.5 二维制图CAD——一般设计

这是用于二维空间的机械设计、房间布置、建筑用的CAD。这些设计以往用人工进行，现在可用CAD来设计画出。由于CAD具备分析软件，故设计目的更加明确。

画机械图形时，还同时根据图形数据输出加工数据（数控纸带），例如打孔、切削轮廓、车床加工等数据。使用个人计算机CAD，可方便地画出带箭头的尺寸。各种画面作出后皆可存入数据库，最后一次画成三视图，通过存取数据库，可以组合各种图形，丰富图形处理。图1.9是CAD画出的带加工尺寸的机械零件图。图1.10是画出的机械零件三视图。

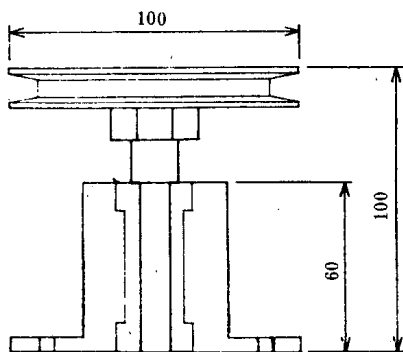


图1.9 滑轮和轴承零件图

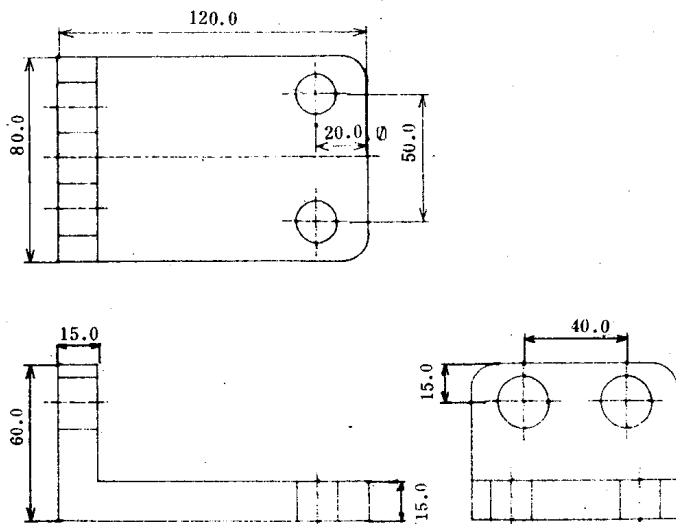


图1.10 机械零件三视图

建筑上作居室分布平面图时，尤其在住宅区等房间设计相同的情况下，个人计算机CAD的作用可得到充分发挥。每作好一个房间设计图后，复制几个画面，可以作成任意个房间的

2025-10-27 14:10:10

平面图。这些图既可以在屏幕上显示，也可以用绘图仪画出。如图1.11、图1.12所示。在住宅内，可用CAD自由地在图上配置家具，安排门窗、柱子及楼梯的位置。需要设计几个相同的图纸时，可以用CAD提供的符号功能及图形功能来达到。

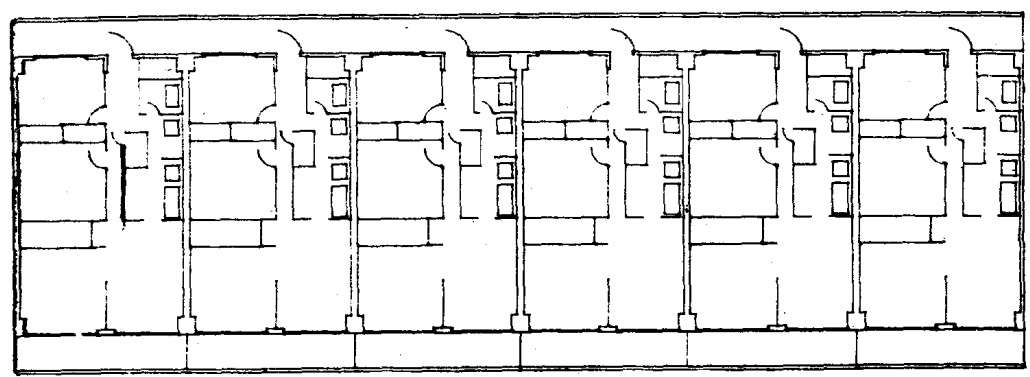


图1.11 住宅的房间设计

§ 1.2.6 用CAD布管线

这是用于管道配置的CAD，也可用于石油联合企业等多重管网交错的设计中。它可以在屏幕上显示出由于在建筑物中、野外及障碍等各种条件下应采用的分支和汇合管网的状况，并输出所需管道的零件表及管道配置等信息。屏幕上一般用正等轴透视图显示。图1.13示出CAD设计画出的管道图。

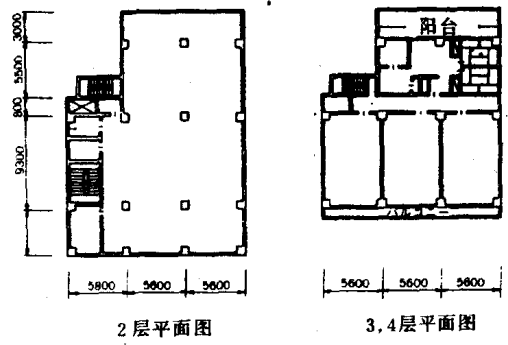


图1.12 用CAD做房间布置

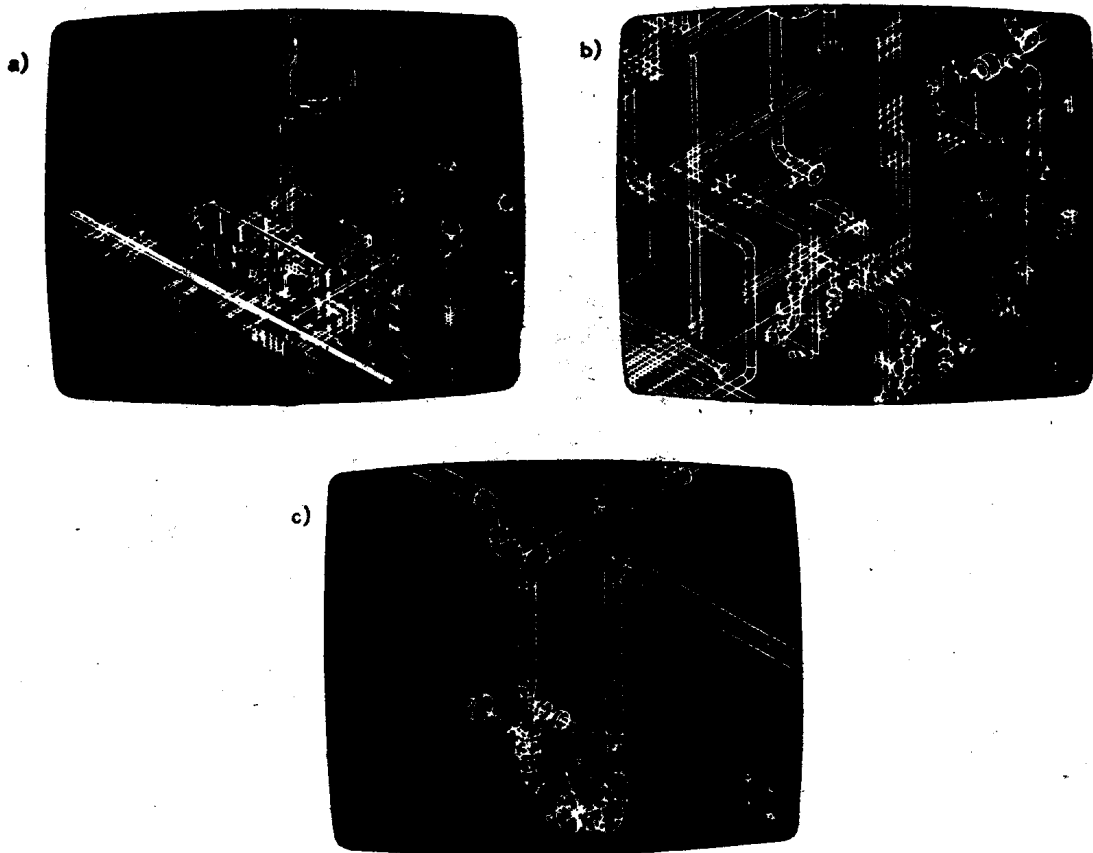
§ 1.2.7 建筑用CAD——结构设计、采光计算等

建筑中所需要的结构设计、强度设计可以利用建筑用CAD系统。利用分析软件可以计算刚度比、层间变形角、刚性率、偏心率以及进行断面设计等工作。除此以外，还可以用CAD系统做包括采光计算在内的采光模拟、风力影响模拟等工作。

§ 1.2.8 制造汽车、客机、家用产品的設計

这是在三维空间设计汽车和客机用的CAD。近来日用家电产品，例如电扇、吸尘器的设计加工也都使用CAD。汽车设计的步骤如图1.14所示，几乎全部设计都离不开计算机。图1.15示出三维机械设计例。

设计时，首先对粘土做的模型进行三维测定，测得的点数据输入到计算机。此CAD系统可对自由曲面处理，汽车的光滑外壳就是要处理的自由曲面。最近连制作粘土模型也用CAD，设计人员力图直接在CRT上设计外形。



a), b) 3D 管道模型——正等轴透视图 c) 控制阀门周围的管道

图1.13 管道CAD

飞机等的设计也如此，全部设计都在计算机上进行。近来的飞机设计，就连设计图的概念也有所改变，例如波音767等设计中，图纸定义为点列的集合，然后从美国把录有这些点列数据的磁带寄到日本即可生产。输出设计图只是为了便于人的理解，而并非照图加工。在设计时，以机身最前头部分为基准，构成机身的全部点都根据这一点来定义，连结点线的曲线因为有国际标准，所以日、美、意各国间可以共同合作制造。机械加工时，全部使用数控加工机械。

§ 1.3 图形处理的基础

CAD是在CRT屏幕上能够自由地生成画面或删除画面的方便工具。实际上CRT显示和电视显象管显示一样，可以使人们看到用发光点组成的图象，但是在CRT里面还包括人们看不见的各种各样的处理及硬件电路。例如在CRT上划一条直线并非比着尺子划一下，而是经过对几个数学表达式处理后，才能在CRT屏幕上显示出来。所以在CRT屏幕上显示的图形需要在各种限制中想方设法以便表现出我们所要做的工作的内容。

在讲解CRT上显示图形所用的CAD时，要涉及到一些数学知识和图形处理的基本知识。

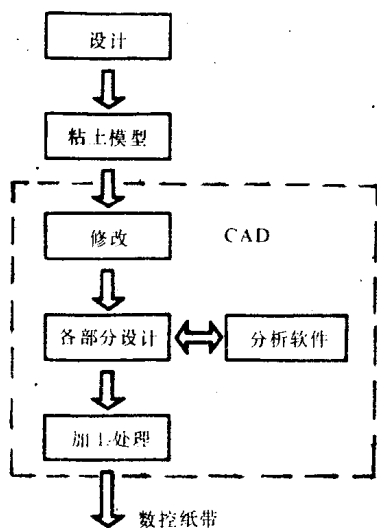


图1.14 机械设计的步骤

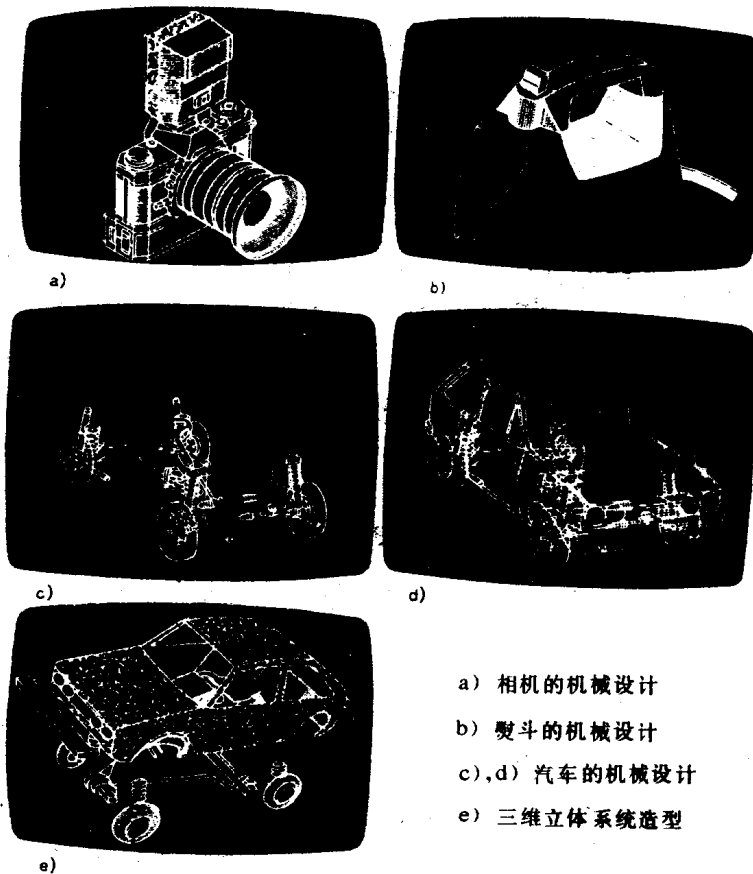


图1.15 三维机械设计例

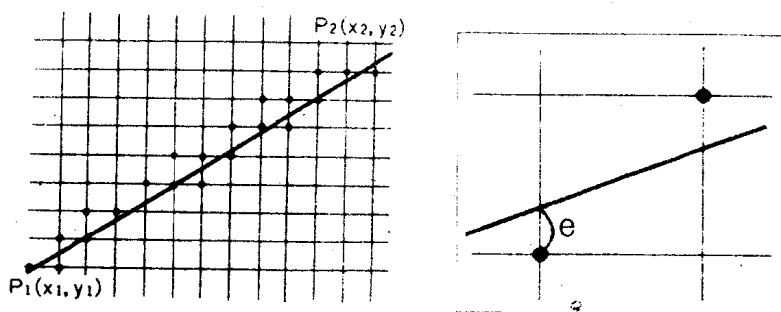


图1.16 屏幕的分辨率与直线的显示

§ 1.3.1 直线是如何作成并显示的

用个人计算机作一条直线，如在点 $P_1(x_1, y_1)$ 和点 $P_2(x_2, y_2)$ 之间连一条直线，按理应具备简单的命令。但仔细观察屏幕就会发现，该直线是由一个个小点组成的。下面请看书写这些点的方法。

在CRT屏幕上, x , y 两个方向的分辨率都是固定的。可以只让具有这样分辨率的格子的交点处发光。

现在来看点 P_1 和点 P_2 连线的例子, 如图1.16所示, 这条直线应该是在 P_1 , P_2 理想直线的附近、通过分散的光点所显示的一条直线。

这些光点的算法如下:

```

(Δx, Δy, x, y: INTEGER(整型)  e: REAL(实型))
Δx = (x2 - x1) : Δy = (y2 - y1)
e = (Δy / Δx) - 0.5
FOR I = 1 TO Δx
    POINT(x, y)
    IF e > 0 THEN y = y + 1 :
        e = e - 1 ELSE x = x + 1 : e = e + Δy / Δx
NEXT I
END

```

式中的POINT(x , y)是使点(x , y)发光的命令。这个算式中有REAL(实型)参数, 同时因有除法运算, 所以执行速度不会很快。即使使用汇编编程也存在这个问题。让我们在包含有 e 的式子两边乘上 $2\Delta x$, 设 $2 * \Delta x * e$ 等于 E , 则可得到下式:

```

Δx = (x2 - x1) : Δy = (y2 - y1)
E = 2 * Δy - Δx
FOR I = 1 TO Δx
    POINT(x, y)
    IF E < 0 THEN y = y + 1 : E = E - 2 * Δx ELSE x = x + 1 : E = E + 2 * Δy
NEXT I
END

```

在这个算式中, 全部为INTEGER(整型)数的乘法运算, 如果用汇编, 向左移1位, 就相当于乘2。

式中的条件是 $\Delta x \geq 0$, $\Delta y \geq 0$, $\Delta x \geq \Delta y$ 。当不满足这个条件时, 就要交换点 P_1 和点 P_2 , 或改变 x , y 的坐标。实际上是用上面给出的条件计算; 当不满足条件时, 在作POINT(x , y)处理时, 改变坐标, 然后输出到CRT屏幕上。

§ 1.3.2 二维坐标变换

对于坐标变换, 一般都是明白的, 这里作为复习再次从头学习一遍。

直线的定义是: 固定两点间的最短距离。若能改变这些点的坐标, 就可改变这条直线。假设改变前的坐标为(x , y), 改变后的坐标为(x' , y'), 则有下列移动方法。

1. 平移

向X方向平移 T_x , 向Y方向平移 T_y 的表达式如下:

$$x' = x + T_x, \quad y' = y + T_y \quad (1)$$

使用上式看看处理三角形图形的情况, 若将由三个点 $P_1(10, 0)$, $P_2(30, 0)$, $P_3(20, 50)$ 组成的三角形A, 沿X方向平移50($T_x = 50$), 沿Y方向平移5, 则可得到由 $P_1'(60, 5)$, $P_2'(80, 5)$, $P_3'(70, 55)$ 三个点组成的三角形A'。

2. 旋转移动

以坐标原点 (0, 0) 作旋转中心时, 旋转移动的表达式如下:

$$x' = x \cos \theta + y \sin \theta, \quad y' = -x \sin \theta + y \cos \theta \quad (2)$$

将上面平移时用的三角形A, 按顺时针方向旋转45°, 即向右旋转, 则三角形A就变为由 P_1' (7.07, -7.07), P_2' (21, 21.5), P_3' (49.49, 21.22) 组成的三角形A'了。但是, 旋转移动时, 不一定使用式(2)。在式(2)中, 有 $\sin \theta$, $\cos \theta$ 项, 这样当 $\theta = 0^\circ$, 90° , 180° , 270° 时, $\sin \theta$, $\cos \theta$ 之值为 ± 1 或 0, 当 θ 为 90° , 180° , 270° 时, $x' = y$, 三角函数也不必作乘法运算了。

在不需要任意旋转时, 这些就足够了, 这样算起来简单, 处理速度也快, 是重要的优点。

3. 比例: 放大、缩小

比例用于图面放大和缩小, 可用下式表示:

$$x' = x * S_x, \quad y' = y * S_y \quad (3)$$

假设将前边讲的三角形A扩大2倍, 则 $S_x = S_y = 2$, 缩小时, (S_x, S_y) 小于1。一般情况 $S_x = S_y$, 如果 $S_x \neq S_y$, 图将会变形。

放大2倍的三角形A'''是由 P_1''' (40, 0), P_2''' (60, 0), P_3''' (40, 100) 三个点组成的三角形。

4. 镜像处理: 对称移动

所谓镜像处理, 顾名思义是指产生象镜子映出效果一样的图形, 也称为对称移动。可以用下式表示。

$$x' = -x \quad \text{或} \quad y' = -y \quad (4)$$

$x' = -x$ 是以Y轴为对称轴的对称移动, $y' = -y$ 是以X轴为对称轴的对称移动。这样当 $x' = -x$, 套用前面讲的三角形A时, 经过镜像处理后的三角形A°是由 P_1° (-10, 0), P_2° (-30, 0), P_3° (-20, 50) 三个点组成的三角形。

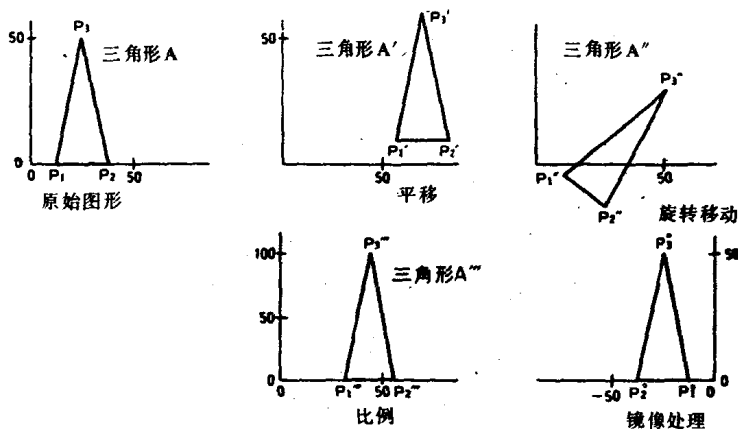


图1.17 坐标变换后图形的移动

5. 矩阵表示

下面将前面讲过的坐标变换的表达式用矩阵(行列式)形式表示出来:

$$(x', y', 1) = (x, y, 1) \begin{pmatrix} a & d & 0 \\ b & e & 0 \\ c & f & 1 \end{pmatrix} \quad (5)$$

一般用式(5)能够将式(1)~式(4)的内容全部表现出来。式(5)是被称为矩阵或行列式的数学表达式。

用平时惯用的表示方法,可展开如下:

(行列式的展开在高等数学中学过)

$$x' = a * x + b * y + c, \quad y' = d * x + e * y + f \quad (5)$$

表达式(1)~(4)用式(5)表示时变为以下形式:

(1) 平移

$$(x', y', 1) = (x, y, 1) \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ T_x & T_y & 1 \end{pmatrix}$$

(2) 旋转移动

$$(x', y', 1) = (x, y, 1) \begin{pmatrix} \cos \theta & \sin \theta & 0 \\ \sin \theta & \cos \theta & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

(3) 比例

$$(x', y', 1) = (x, y, 1) \begin{pmatrix} S_x & 0 & 0 \\ 0 & S_y & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

(4) 镜像处理

$$(x', y', 1) = (x, y, 1) \begin{pmatrix} -1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

坐标变换移动图形时,仅用旋转移动或仅用平移等变换的情况比较少,一般都是同时使用几种变换:

平移

$$(x', y', 1) = (x, y, 1) \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ T_x & T_y & 1 \end{pmatrix}$$

比例

$$(x', y', 1) = (x, y, 1) \begin{pmatrix} S_x & 0 & 0 \\ 0 & S_y & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

同时处理这两个表达式是比较合适的。

具体的数学运算是:平移 $(x, y, 1)$ 后,将 $(x', y', 1)$ 代入比例的式中即可,

$$(x', y', 1) = (x, y, 1) \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ T_x & T_y & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} S_x & 0 & 0 \\ 0 & S_y & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} = (x, y, 1) \begin{pmatrix} S_x & 0 & 0 \\ 0 & S_y & 0 \\ S_x * T_x & S_y * T_y & 1 \end{pmatrix}$$