

计算机图形学 及其应用

余 静 孙豁然 编著

东北工学院出版社



696861-70

73.879
C191

73.879
C191

73.879
C191

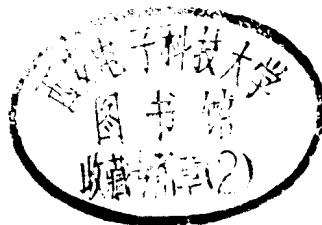
73.879
C191

计算机图形学及其应用

余 静 孙豁然 编著



10317713



东北工学院出版社

内 容 提 要

计算机绘图是计算机辅助设计的基础。本书共分两篇。上篇共7章,由浅入深、系统严谨地介绍了计算机图形学的基本理论。如计算机绘图原理、图形语言、图形程序设计、绘图机接口、绘图基本指令、软件接口及程序设计。目的在于使读者易于掌握图形程序的编写方法和技巧。下篇共9章,详细介绍通用绘图软件 AUTOCAD 的功能及操作系统。

本书除采用 BASIC 注释性语言外,详细介绍了 TRUE BASIC 高级结构语言的应用。书中所有程序全部在 IBM PC/XT 机上通过,采用了先进的 DMP-56 和 HP-7425A 绘图机,并解决了 TRUE BASIC 语言与上述绘图机的通讯接口问题。

计 算 机 图 形 学 及 其 应 用

余 静 孙豁然 编著

东北工学院出版社出版 辽宁省新华书店发行
(沈阳·南湖) 东北工学院印刷厂印刷

开本: 787×1092 1/16 印张: 22.5 字数: 520千字
1988年7月第1版 1988年7月第1次印刷
印数: 1~2000册

责任编辑: 刘长仁 责任校对: 涂宜军

ISBN 7-81006-057-0/TP·4

定 价: 4.10 元

序

计算机图形学是计算机应用学科的一个重要分支。由于它在人与计算机之间建立起形象直观和高效率的对话手段,所以已为许多部门所采用。在当前这个计算机化的年代里,对于理工院校一个完整的工程教育来说,必须引进一些新的内涵,即大学课程内容应随着科学技术的发展而逐步更新,以便使学生将来能更有效地工作。现在的高等学校学生是我国未来的工程师、研究人员,是振兴中华的栋梁之材。丰富和更新他们的知识,是编写此书的目的。

全书分上、下二篇。第一篇七章,简要介绍计算机图形学的基本概念和方法,内容包括计算机绘图原理、图形语言、图形程序编写、绘图机接口、绘图基本指令、软件接口和程序设计;第二篇九章,详细介绍了微机通用绘图软件 AUTOCAD 的功能和操作系统。附录中介绍了 TRUE BASIC 语言的命令和语句,为应用这种结构式语言打下必要的基础。

本书具有以下特点:

1. 以应用为主。本书对绘图理论和绘图有关硬件部分只作简要介绍,重点放在图形程序结构、图形语言使用和软件编程上,使学生通过学习和上机操作,掌握编写图形软件的方法和技能;

2. 本书采用的高级语言是 BASIC 和 TRUE BASIC 语言。前者是广为流行的解释性语言,后者为 1985 年提出的结构式语言。并且这二种语言有着极密切的关系,完全能够满足普及和提高的需要。书中所有程序,除了第五章中绘图子程序外,都在 IBM PC 微机上运行过,绘图机采用的是休斯敦公司的 DMP-56 和惠普公司的 HP-7475A。

本书是为研究生和本科三年级大学生编写的,要求在学习本书前,应有 BASIC 语言和工程制图的基本知识。

本书选编《计算机绘图初步》、《应用软件实践教程》和《TRUE BASIC 美国国家标准》等书部分内容。并结合我们自己的实践,写进了绘图系统、软件接口等内容。

本书第一篇由余静编写,第二篇由孙豁然编写,冯慎明和代丽燕参加了书中实例程序的调试和修改。由于编著者水平有限,书中难免存在错误和不当之处,诚恳希望读者批评指正。



目 录

第一篇 计算机图形学基础

第一章 绪 论

- § 1-1 计算机图形学的内容..... (1)
- § 1-2 计算机图形学应用简介..... (3)

第二章 计算机绘图系统

- § 2-1 绘图方式..... (9)
- § 2-2 绘图机..... (11)
- § 2-3 绘图机的作图原理..... (13)

第三章 图形语言的熟悉和使用

- § 3-1 几种常用微机系统的图示命令..... (19)
- § 3-2 BASIC 和 TRUE BASIC 语言中的图形语句..... (21)
- § 3-3 BASIC 与 TRUE BASIC 图形语言的比较..... (35)

第四章 图形程序的编制

- § 4-1 图形设计和编程..... (37)
- § 4-2 图形的移动、放缩、旋转和剪辑..... (49)
- § 4-3 图象的动态变化..... (65)
- § 4-4 三维图形简介..... (78)

第五章 绘图机接口和基本绘图指令

- § 5-1 绘图机和计算机的联接..... (92)
- § 5-2 绘图机基本功能及指令..... (99)
- § 5-3 绘图机子程序介绍..... (119)

第六章 AUTOCAD 与 BASIC 语言的联接

- § 6-1 图形交换 (DXF) 文件格式..... (137)
- § 6-2 DXF 文件例..... (145)
- § 6-3 BASIC 与 AUTOCAD 的接口程序..... (156)

第七章 交互式计算机绘图

- § 7-1 交互式的作用和它的实现..... (177)

§ 7-2 用高级语言编写交互式图形程序的简单实例.....	(177)
§ 7-3 用绘图系统进行交互式计算机绘图.....	(182)
§ 7-4 建立图形程序库.....	(188)

第二篇 AUTOCAD 16 位微机辅助设计及绘图软件包

第一章 AUTOCAD 绘图软件包

§ 1-1 AUTOCAD 绘图软件包简介.....	(191)
§ 1-2 CAD 图形工作站.....	(191)
§ 1-3 AUTOCAD 2.17 版本的文件.....	(193)
§ 1-4 AUTOCAD 的术语与功能键.....	(197)

第二章 AUTOCAD 的运行

§ 2-1 AUTOCAD 的准备和运行.....	(200)
§ 2-2 AUTOCAD 的设备配置.....	(201)
§ 2-3 主菜单的使用.....	(208)
§ 2-4 AUTOCAD 绘图时的输入.....	(215)

第三章 ACAD 的绘图和实用命令

§ 3-1 绘图命令.....	(219)
§ 3-2 AUTOCAD 的实用命令.....	(232)

第四章 编辑和询问命令

§ 4-1 实体的选择.....	(237)
§ 4-2 编辑命令.....	(238)
§ 4-3 查询命令.....	(247)

第五章 绘图辅助功能

§ 5-1 绘图显示辅助命令.....	(249)
§ 5-2 绘图控制命令.....	(253)

第六章 图层与积木块

§ 6-1 图 层.....	(259)
§ 6-2 积木块.....	(266)
§ 6-3 属性文件.....	(270)

第七章 形状与字型文件

§ 7-1 ACAD 的标准形状及使用.....	(280)
--------------------------	-------

§ 7-2 形状文件的结构.....	(282)
§ 7-3 FONT (文本字型).....	(286)
§ 7-4 ACAD 汉字的使用.....	(289)
§ 7-5 形状文件的编译.....	(292)

第八章 外部命令、菜单及命令文件

§ 8-1 ACAD 的外部命令.....	(293)
§ 8-2 菜 单.....	(294)
§ 8-3 命令文件.....	(299)

第九章 AUTOCAD 的特殊功能

§ 9-1 AUTOCAD 的标注尺寸功能.....	(302)
§ 9-2 绘制阴影线和图案填充.....	(312)
§ 9-3 ACAD 的其它功能.....	(318)

附 录

一、TRUE BASIC 与 BASIC 主要命令对照表.....	(326)
二、TRUE BASIC 语句简介.....	(326)
三、BASIC 向 TRUE BASIC 程序转换的一般规则.....	(334)
四、数字化仪的使用.....	(342)
五、ACAD 命令一览表.....	(344)
六、错误信息.....	(348)

第一篇 计算机图形学基础

第一章 绪 论

§1-1 计算机图形学的内容

图形,或图象是人类生产活动和精神文明的结晶。工程科技领域内的图形学或制图学则是研究采用何种方式表现人们所需实物或想象物形状的学科。20世纪50年代以前,只能凭借手工来完成绘图,至今也还不能完全脱离手工绘图。计算机的出现,推动了自动化绘图的研究。

1958年美国CALCOMP公司把计算机技术用于绘图,制成了第一台滚筒式自动绘图机。在此之后,美国GERBER公司制成了第一台平台式自动绘图机。这就改变了电子计算机只能输出数字、文字和符号,而且也能直接输出图形。自动绘图机诞生以来,发展极为迅速,在航天、机械、建筑、采矿、地质、化工等部门得到了广泛的应用。目前,这种技术正向高精度、高速度、多功能、大型、微型等方向发展。计算机绘图学就是研究自动绘图的学科,与它相关的有:

计算机辅助设计(Computer Aided Design)简称CAD。它是利用计算机进行设计中的计算和绘图,并不能代替设计师完全实现自动化设计。但是,由于借用计算机辅助设计这一新技术,可大大缩短设计周期,提高设计工作的自动化程度,节省人力和时间。

计算机辅助制造(Computer Aided Manufacturing)简称CAM。使用计算机来进行生产设备的管理、控制和操作生产的过程,它与计算机辅助设计有密切的关系。CAD的输出结果常常作为CAM的输入信息,CAD偏重于设计过程,CAM偏重于产品的生产过程。计算机辅助制造能提高产品质量,降低成本,缩短生产周期以及改善制造人员的工作条件。

计算机辅助工程(Computer Aided Engineering)简称CAE。它是将CAD和CAM等有关的应用软件、图形处理系统、数据管理系统等功能结合在一起成为一个多功能的工程系统。它将使产品(或工程模型建立)的设计、模拟、分析、制造、测试、制图和编制文件等工作都包含在一个计算机辅助过程之中,这将进一步提高工程的进度和效率,提高管理水平。

上述三个方面是计算机图形学的重要应用领域,计算机图形学的内容也是从CAD、CAM和CAE中抽象出来的,形成一个正在发展的新兴学科。它涉及到多门学科的知识,例如工程课题的原始设想、工程图学基础、数学基础、程序设计方法和计算机科学等。这些知识间的相互渗透,形成了计算机图形学的内容和系统。它基本包括:

绘图方式和基本系统（硬件配置）；
计算机绘图原理；
绘图软件（系统软件、通用软件和专用软件）；
绘图硬件和软件接口；
图形程序的编制；
交互式图示系统。

在信息的捕捉过程中，人的眼睛对于吸收图象的效果要比扫描一连串数字快得多。计算机绘图就是将大量的科学计算结果，转换成图表、图线或图形输出，它所产生的可视性映象是计算机输出方式中最具有直观效果的一种。有了屏幕映象的辅助，技术人员就可以对设计进行修改和优化。由此可见，自动制图并不是使人失去主动性，在绘制图形过程中，计算机只是用作人类技能延伸的有力工具。在计算机帮助下，我们按自己选定和拟订的图形技术要求，让计算机按照我们的意图去执行。计算机将会毫无厌倦地、一遍又一遍地反复完成该图形的草图。我们可以研究不同的布局、不同的透视图、不同的颜色等，直到获得满意的图形为止。

通常我们把计算机的主机和外围配套设备，也就是看得见的仪器和装置，如屏幕显示器、键盘、打印机、绘图仪、数字化仪以及计算机等称作硬件设备。但是单有硬件设备，计算机是不会工作的，必须配有软件。

系统软件，指的是操作系统和进行科学计算用的支撑软件，例如磁盘操作系统（DOS）和 BASIC、TRUE BASIC、FORTRAN、C 语言等。系统软件用以进行科学计算，并可绘制曲线和直方图等较简单的图形，但还不能绘制较为复杂的工程图。

基本绘图软件，指的是计算机系统所具备的绘图基本功能，例如抬笔、移动、落笔、画线、写字符等一些最基本的绘图子程序。

通用绘图软件，指的是在基本绘图软件的基础上，为开拓应用领域而研制的扩展绘图功能，例如画多边形、画圆弧、几何元素求交等。它们是计算机绘图中常用的一些子程序，统称为通用绘图软件。

绘图应用软件，对于不同的工程设计领域，针对特定的设计和绘图问题还可以研制各种专用或应用软件。在这一新兴学科的园地里，可开拓的范围是很广阔的，它也是各工程专业的科技人员可以精心耕耘和大有可为的领域。

国外在 20 世纪 60 年代已开始了对 CG（计算机绘图）和 CAD 的研究，由于计算机绘图和计算机辅助设计的应用，使设计工作的效率成十倍地增加。因此，在 70 到 80 年代，世界上很多著名的计算机公司在改进硬件质量的同时，还投入了大量的人力去进行软件的研究，使计算机绘图和计算机辅助设计得到了进一步的发展。随着计算机设备的引进，现在我国一些高等院校和研究单位也装备有中、小型计算机和各种微型机，并配有 CAD 系统。此外，我国自制的各种微型机也将会迅速发展和普及，到本世纪末，将普遍使用 CG 和 CAD 技术。因此，现在就要为普及和推广这一新技术作好准备。

我国已引进了不少大型和微型计算机系统，但由于软件跟不上，致使有些设备未能充分发挥效用。关于计算机绘图软件，国外很多计算机公司都提供有各种通用和应用软件。近年来也有不少外国公司来我国展示和销售他们的软件包，但价格昂贵，并且对一些关键性的技

术往往不会完整地转让,这就限制了对一些引进设备的充分利用。因此,我们要对开发自己的计算机绘图软件工作给予足够的重视,一方面可以节省大量外汇,另一方面也可以发挥我国各种专业人才在智力方面的优势。研制一套好的绘图软件往往要投入大量工作,并花费繁重的脑力劳动去进行设计和调试,国内不少单位已经做出了很多成绩。他们研制出的软件质量可与国外同类型软件相媲美。这说明我们国家在这一新兴学科领域里是有发展潜力的。为了冲破国外的垄断局面,我国在绘图软件的开发研究方面仍要继续发扬自力更生、奋发图强的精神,逐步建立起我国的绘图软件系统。这对于普及和推广 CG 和 CAD 技术是至关重要的,也会给我国的 CG 和 CAD 的发展和应用开辟广阔的前景。

§1-2 计算机图形学应用简介

图形具有直观、形象化和便于技术交流等优点,在科学计算、分析、统计、设计和生产中都要用到它。从计算机绘图发展历史来看,应用计算机绘图最早的部门是航空、汽车和造船工业,其次是机械、电子、建筑、采矿和地质等部门。

一、航天工业

世界上第一台大型平台式自动绘图机,就是美国航空部门研制的。所以,计算机制图在航空工业中是应用最早、发展最快的部门。在飞机的外形设计中,可把计算结果直接绘制成模线。目前,已从自动绘图发展为设计、制图、生产一体化系统,且可应用图形显示进行动态设计。

在我国,已有不少航空工业部门配备了自动绘图机,并设计了相应的软件,如国营云马机械厂设计的 SKHT 绘图编程系统等。图 1-1 为自动绘图

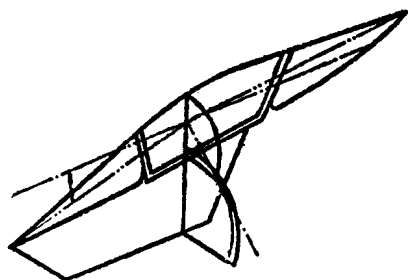


图 1-1 飞机座舱的外形设计图

机绘制的飞机座舱外形设计图,图 1-2 是利用 AUTOCAD 软件绘制的航天飞机外形图。

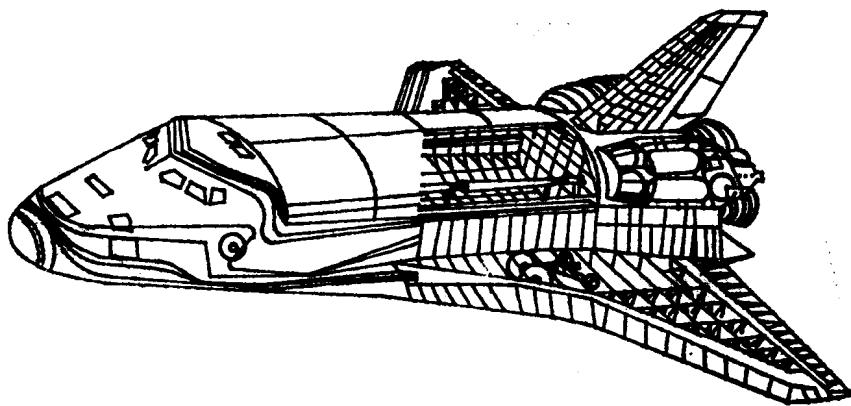


图 1-2 计算机绘制的航天飞机外形图

二、汽车工业

在技术发达国家中,应用计算机制图进行车身外形设计比较广泛,并取得了显著效果。目前正逐步应用到发动机设计方面,如用来绘制连杆运动状态图以决定最佳运动状态等。图 1-3 为自动绘图机绘制的汽车外形图。图 1-4 为应用计算机绘图系统设计车身外形的流程图。



图 1-3 车身外形图

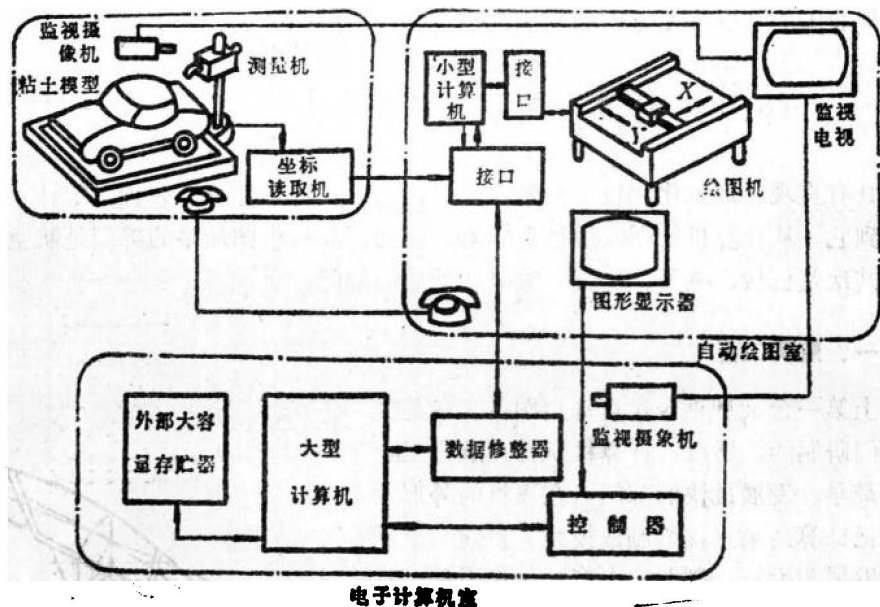


图 1-4 车身外形设计流程图

三、造船工业

造船工业是应用计算机制图较早的部门之一。在船舶设计中,绘图的工作量是相当大的,约有60%的时间是花在绘图工作上,这不仅劳动量大,而且设计周期很长。应用计算机制图后,显著地提高了制图速度和质量,使设计周期大为缩短。在船舶放样中,还可供数控切割机在切割前利用绘图机进行试绘,以校验数控纸带是否正确。在我国,上海江南造船厂和求新造船厂最先设计和制造了为绘制船体的各种曲线图、各种剖面图等用途的数控绘图机。在上海设计、制造的第一台 HTJ-1855 型大型数控绘图机也是供造船系统应用的。图 1-5 是用自动绘图机绘制的船体部分的曲线图。

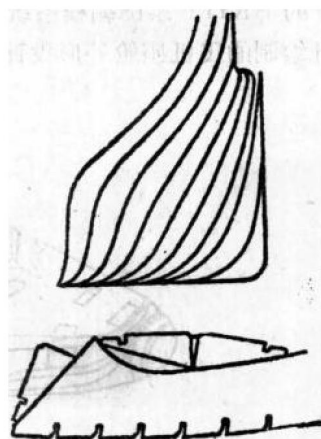


图 1-5 船体曲线图

四、机械工业和电子工业

机械工业和电子工业是使用计算机制图较多的部门,我国机械委已研制成机械 CAD 系统和较完善的图形库,能够绘制几何轨迹图、各种展开图、零件工作图和部件装备图,

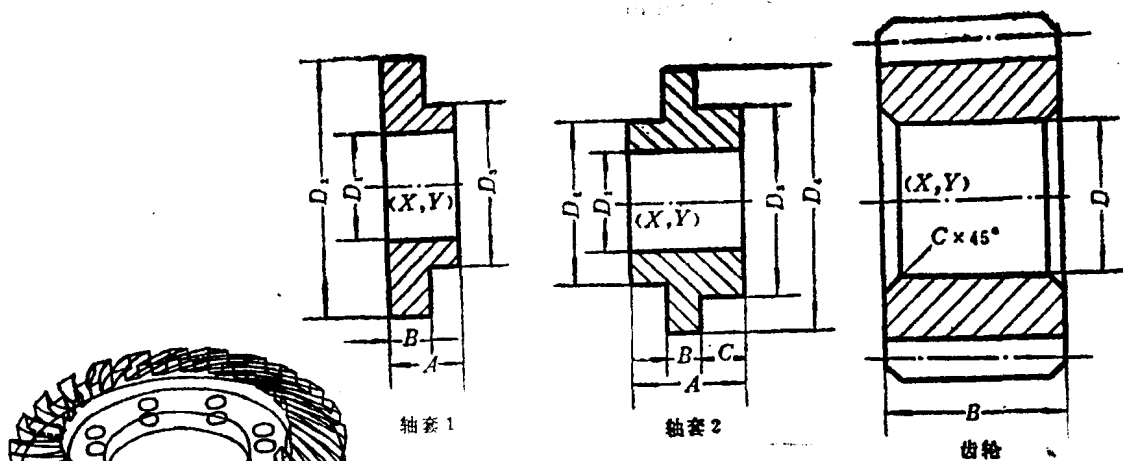


图 1-6 铣刀轨迹图

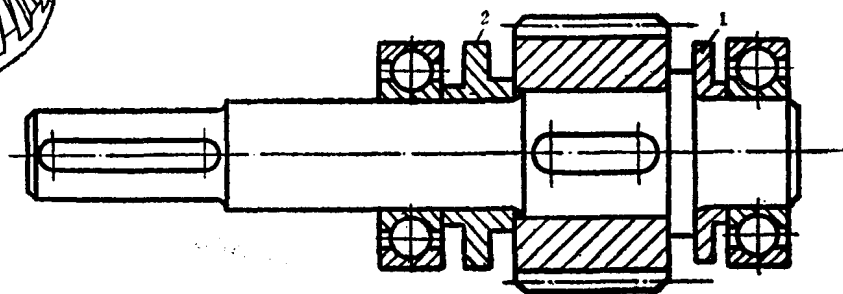


图 1-7 轴系装配图

图 1-6 为自动绘图机绘制的铣刀轨迹图，图 1-7 为轴系装配图。电子工业部门不仅能够用计算机设计和绘制电路图（图 1-8 为一实例），而且采用平面电机型绘图机制造大规模集成电路板。

五、建筑业

为建筑师、设计师研制的软件已能够用计算机绘图系统进行建筑上的平面、立面、透视图以及结构图的绘制。国内许多设计部门和研究部门已开发出适用于自己的通用绘图软件，其中华远技术公司 1986 年推出的 HOUSE(V1.0)软件包就是一个实例，该软件有：

- ① 建筑结构通用绘图软件包；
- ② 电器仪表自控通用绘图软件包；
- ③ 设备、给排水通用绘图软件包。

它的主要功能是运用菜单软件的专业自动绘图程序绘制建筑和结构的平、立、剖面图，节点详图，基础图，屋梁盖板图，配筋图等所有工程图纸。并将上述功能建立的图形文件，以最有效的编辑绘图方式，修改编辑局部内容，生成新的设计图文件。该软件并允许使用者在菜单上进行补充，包括专用符号、图形库和汉字词组，使之成为适合本设计单位需要的专用

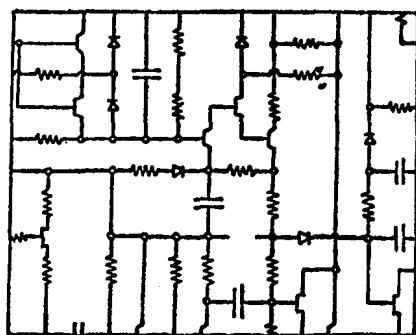


图 1-8 计算机辅助设计电路

绘图软件。图 1-9a 为某一车间手摇开窗机布置示意图、b 为端节点外形图。

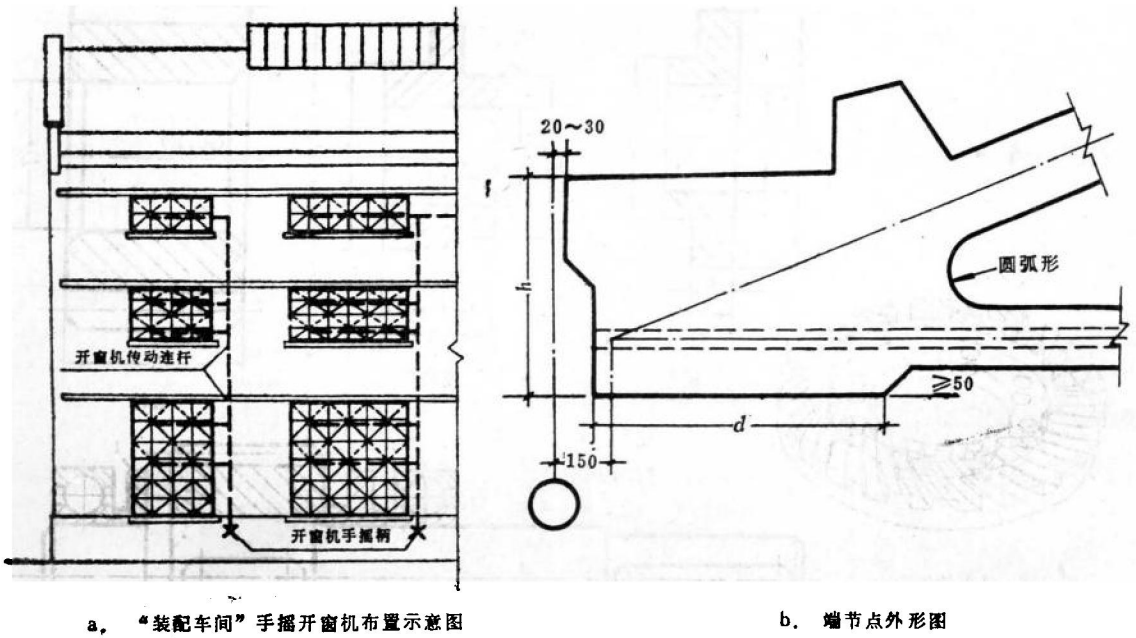


图 1-9 建筑图

六、地质和采矿工业

地质、地理、地球物理等部门在60年代末和70年代初开始采用计算机绘制等高线图、曲面图、剖面图。在很多数学地质的专门著作中均开辟有讨论使用计算机制图方法的章节，越来越多的地质文献和地质报告中直接采用计算机所绘制的图件作插图和附图。国内外已出版了有关计算机绘制地质图的专著，1981年地质出版社出版的“电子计算机制图方法及应用”就是其中一例。图 1-10 为计算机自动绘制地质断面图，图 1-11 为计算机绘制的钻孔和

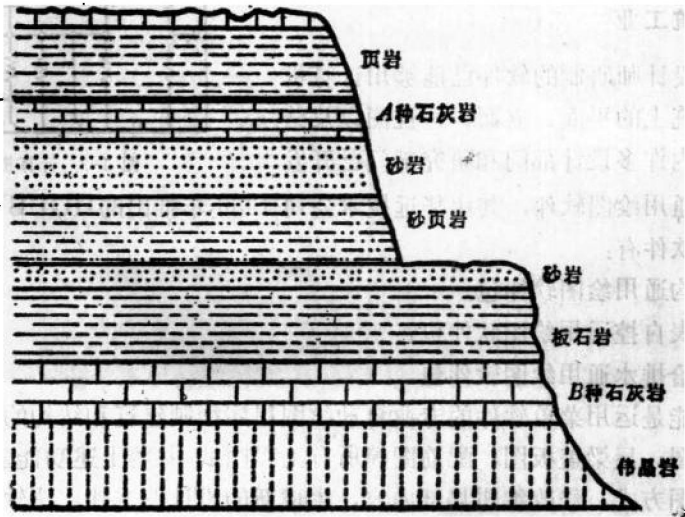


图 1-10 地质断面图

等高线图。

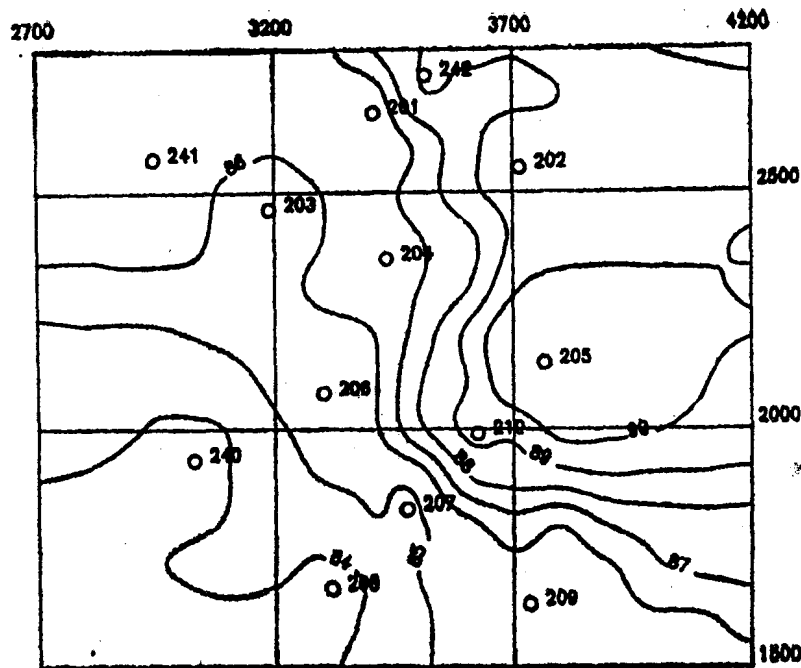


图 1-11 钻孔和等高线图

国内已出售为地质工程编制的地质数据库系统和储量计算系统软件。地质数据库系统对地质数据,如钻井标位、化验数据、井斜测定值、岩性变化等输入到计算机进行储存和处理,且能按地质工程师的要求作常规统计分析,并给出柱状图、平面图、垂直或倾斜的柱状图、原始数据式、直方图式等剖面图。利用该系统软件,地质工程师可以对不同矿物矿体作系统的探矿工作和钻井位置的预测,有利于矿体模型的建立,并能提供完整、正确的地质数据和地质图纸。储量计算系统有建立矿块模型、按不同边界角位计算储量以及在剖面图和台阶平面图上显示地段角位的功能,为矿山设计提供储量数据和矿体图纸。

采矿工业是应用计算机制图比较晚的部门之一,但是发展较快,一些较发达的国家,如美国、加拿大和澳大利亚等国家,70年代末对较大的露天和地下矿山普遍采用计算机绘制矿业图纸。我国从1985年开始研制矿山计算机绘图软件,有的软件已在矿山生产中得到应用。例如鞍山矿山公司东鞍山铁矿用计算机制图技术,编制大型露天铁矿采掘计划,收到了快速而准确的效果,普遍受到工程技术人员的欢迎。图1-12为计算机自动绘制的采掘计划图。

近几年许多矿山设计、研究和高校单位重视了矿山软件的开发与研制,编制适用于我国矿山的专用软件,由于采矿工业的矿图差异较大,至今还没有一套简便、通用的方法来绘制露天和井下采矿区,今后还应在采矿图形典型化方面作相应的革新,以适应计算机制图的发展。可以预计,建立一套完善的矿业图形库和矿业通用软件,实现矿业图形自动化绘制就更为简便可行了。

东鞍山铁矿 1986年采掘计划图

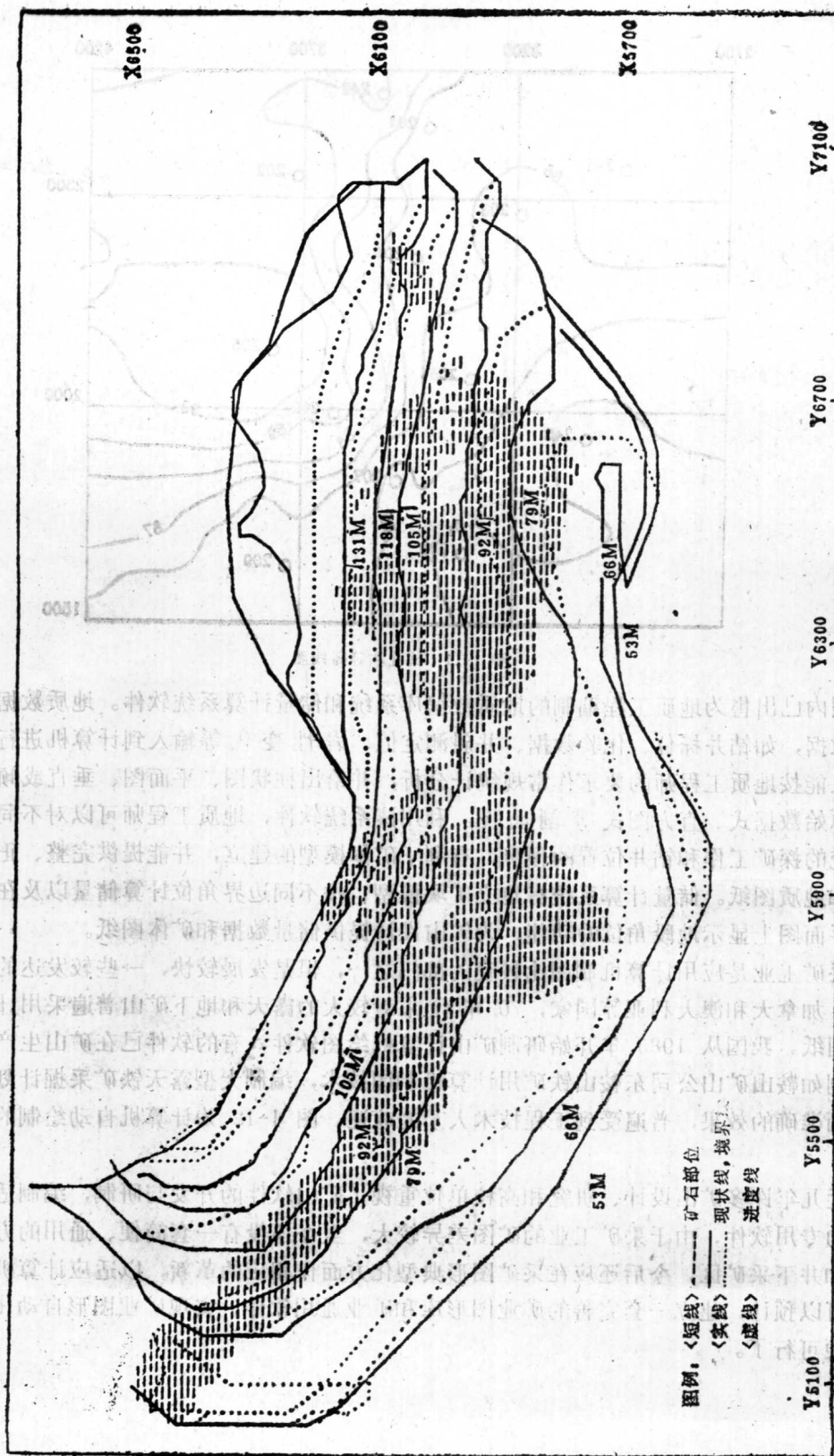


图 1-12 东鞍山 1986 年采掘计划图 1:6000

第二章 计算机绘图系统

计算机绘图系统主要取决于硬件和软件的配置。最简单的硬件配置是计算机和打印机。较为完善的配置有数字化仪、高分辨率显示器、高档次微型计算机或小型机、绘图仪以及图形数据储存系统。软件应包括绘图语言、公用软件、系统软件和专用软件。

本章将结合绘图方式扼要地介绍绘图系统和硬件方面的基本知识。

§ 2-1 绘图方式

按数据输入和绘图设备的配置不同, 可将绘图分为如下三种方式:

一、KM 绘图方式

KM 绘图方式即是用键盘输入数据, CRT 显示器显示图形和打印机打印图形的系统。该系统配置简单, 投资最少, 功能也少。这种系统多用来绘制曲线、方框图、直方图以及比较简单的工程图形。KM 方式硬件配置系统如下:

图 2-2 是在英国 SINCLAIRRESE-ARCH 公司 ZX-SPECTRUM 微型机上用BASIC 语言编程所绘出的图形。

```
10 FOR I= -4 TO 4
20 FOR J=0 TO 120
30 PLOT 32+20*SIN(J/60*PI), 22
   +20*COS(J/60*PI+1/4*PI)
40 NEXT J
50 NEXT I
```

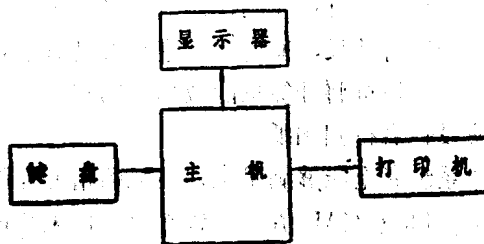


图 2-1 KM 方式配置系统

图 2-3 是在 IBM PC/XT 微型机上在 Autocad 软件支持下打印出的水泵图形。

由于图形输出设备是打印机, 这种方式的优点是硬件投资少, 软件简单, 只要配备有打印机的图形启动程序, 如 2024 打印机的 2024P.EXE 和 EPSON 打印机的 ALL9P.EXE 程序, 就可绘制屏幕上所显示的图形, 它的主要缺点是不能绘制精度高、尺寸较大的工程图形。

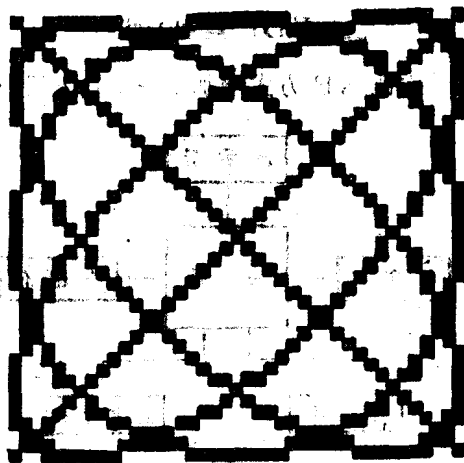
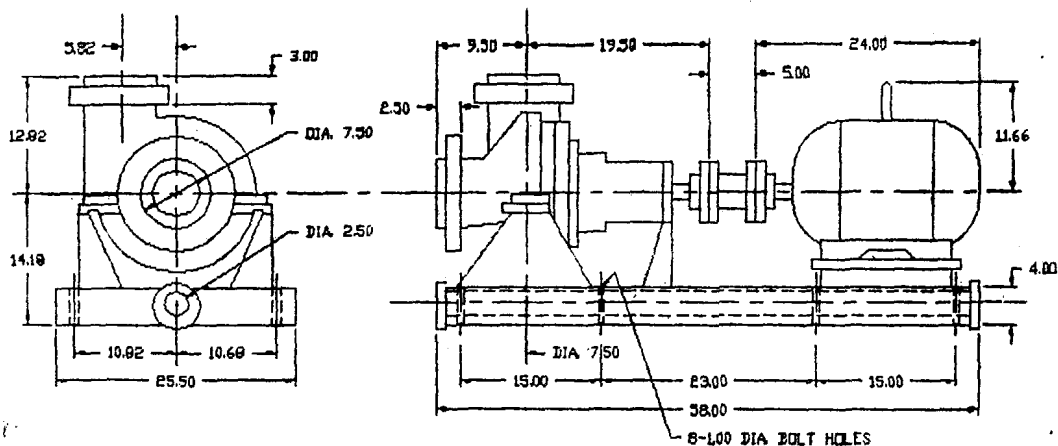


图 2-2 ZX 电灼式打印机打印的图形

二、KP 绘图方式

这种方式是由键盘输入数据, 在软件支持



Motor/Pump Mechanical Assembly

图 2-3 FX-80 点阵式打印机打印的图形

下，经主机处理数据，由绘图机绘制的图形，该系统配置如图 2-4 所示。

在硬件配置上，该系统有一个输入装置（键盘）和三个输出装置（打印机、显示器和绘图仪）。打印机用于列程序清单和运行结果；显示器作屏幕显示，直接在阴极射线管光屏上显示程序清单和运行结果，通过它可进行人机对话和交互设计；绘图机将计算机的数据以图形的形式输出，使设计者得到图纸。

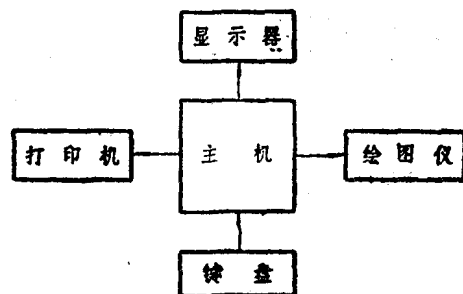


图 2-4 KP 方式配置系统

此系统完全能够满足工程图纸的精度和图幅的要求，但比 KM 方式投资多些，技术难度大些，它要求使用者除了掌握程序设计所必要的高级语言外，还需要掌握绘图机所规定的一些绘图指令。

三、KDP 绘图方式

它比 KP 方式增加了一个输入设备（数字化仪），系统配置如图 2-5 所示。

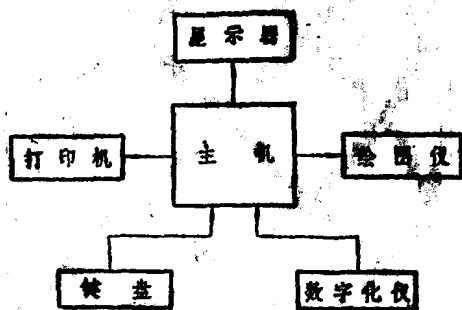


图 2-5 KDP 方式配置系统

数字化仪是在 Autocad 软件支持下的一种图形输入设备，它可把图形的模拟量转换成数字量，送入到计算机进行贮存和处理。在当前计算机技术发展状况下，图形输入有二种方式：一种是在已知图形空间坐标的条件，采用键盘输入高级语言编程和数据；另一种是已有原始图纸，采用数字化仪输入 Autocad 软件的图形指令和数据，目的是贮存图形和修改图形或产生一个新图形。与前一种方式比