

计算机辅助设计 (CAD) 应用工程统一培训教材

计算机绘图

石教英 主编



机械工业出版社

计算机辅助设计 (CAD) 应用工程统一培训教材

计 算 机 绘 图

石教英 周广仁 胡树根 主编



机械工业出版社

内 容 简 介

本书系统地介绍了计算机绘图的基本知识、原理和方法。内容由浅入深, 注重实用性, 各章附有习题, 便于读者自学。

本书共有 11 章, 主要内容有: 计算机绘图系统的软硬件配置、计算机绘图的基本原理及图形处理算法、计算机图形标准、零件图与装配图程序设计方法、建筑工程图与电子电路图的绘制、曲线曲面、图形的输入、存储与图形输出等。内容充实, 取材新颖。

本书可作为工程技术人员后继教育培训教材和高等院校工科有关专业“计算机绘图”课程教材, 也可供有关工程技术人员、教师、研究生参考, 还可作为厂长、经理和业务主管部门的领导了解计算机绘图技术的指导书。

图书在版编目 (CIP) 数据

计算机绘图/石教英主编. —北京: 机械工业出版社,
1995. 3

计算机辅助设计 (CAD) 应用工程统一培训教材
ISBN 7-111-04604-8

I. 计… I. 石… III. ①计算机制图②计算机图形学
N. ①TH126②TP391.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (94) 第 15334 号

出 版 人: 马九荣 (北京市百万庄南街 1 号 邮政编码 100037)
责任编辑: 林 波 版式设计: 李松山 责任校对: 宋凤英
封面设计: 林 波 责任印制: 金嘉楠
机械工业出版社印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行
1995 年 3 月第 1 版·1995 年 3 月第 1 次印刷
787mm×1092mm¹/₁₆·14 印张·350 千字·224 页
0 001—5 000 册
定价: 18.00 元

编 审 委 员 会

主任委员：石定环

副主任委员：路继广 石教英 唐泽圣 陈贤杰 周全胜
韩中光

委 员：王豪才 冯辛安 刘永贤 孙林夫 陆 皓
周 济 周嘉玉 赵汝嘉 胡树根 贾昌传
黄陆光 葛巧琴 蔡 青

序 言

计算机辅助设计 (CAD) 是随着计算机、外围设备及其软件的发展而形成的一门新技术。经过最近 20 多年的发展, CAD 技术在国外工业发达国家已被广泛应用于机械、电子、航空、航天、汽车、船舶、轻工、纺织、建筑及工程建设等各个领域, 成为提高产品与工程设计水平、降低消耗、缩短产品开发与工程建设周期、大幅度提高劳动生产率和产品质量的重要手段; CAD 技术及其应用水平已成为衡量一个国家的科技现代化和工业现代化水平的重要标志之一。

自 80 年代开始, CAD 技术应用工作在我国逐步得到了开展, 经过“七五”的努力, 取得了明显的效益。采用 CAD 技术以后, 工程设计行业提高工效 3~10 倍, 航空、航天部门的科研试制周期缩短了 1~3 年; 机械行业的科研和产品设计周期缩短了 1/3~1/2, 提高工效 5 倍以上。特别是近两年以来, 我国在 CAD 技术的开发和应用方面, 取得了较大的进展。但是, 从总体水平上来看, 我国的 CAD 技术开发和应用水平与国外工业发达国家相比, 存在着较大的差距; 各地、各行业的 CAD 技术应用, 发展很不平衡, 特别是在 CAD 技术应用的广度和深度上, 以及在 CAD 技术对促进生产力发展的重要作用的认识上, 都存在着亟待解决的问题。

1991 年, 国家科委、原国务院电子办、国家技术监督局、原机电部、建设部、原航空航天部、国家教委、中国科学院等八个部委联合向国务院提交了《关于大力协同开展我国“计算机辅助设计 (CAD) 应用工程”的报告》。经国务院有关领导批示, 国务院于 1992 年以国办通 [1992] 13 号文批复了该报告, 同意由国家科委牵头, 原国务院电子办、国家技术监督局协助, 会同国家计委、国家教委、国防科工委、原国务院生产办、建设部、原机电部、原航空航天部、中国科学院等部门联合组成 CAD 应用工程协调指导小组, 协调指导开展这项工作。CAD 应用工程的总体目标是, 到 2000 年, 我国 CAD 科研开发及应用水平达到国外中等发达国家 90 年代中后期水平。

众所周知,人才培养是开展CAD应用工程的重要环节之一。只有广大工程技术人员掌握了CAD技术,才有可能使之转化为生产力,促进CAD应用工程向纵深发展。80年代初期,美国从事CAD/CAM的技术人员已达30万人,日本有20万人。据有关部门的调查分析,到2000年,我国必须分别培养出10万CAD技术研究开发人才、50万操作应用人才和250万普及型人才,才能满足CAD技术开发与应用的需求。因此,CAD应用工程协调指导小组把CAD技术人才培养工作放在CAD应用工程“先行一步”的战略位置来抓;并把建立全国CAD应用培训网络、开展CAD技术培训工作纳入了国家“八五”科技攻关项目,有组织、有计划、有步骤地开展CAD技术培训工作,满足CAD应用工程的需要。到目前为止,已分别建立了北京、上海(工程设计)、杭州、南京、东北(沈阳、大连)、武汉、西安、成都、华南(广州、深圳)九个培训中心,并以此辐射建立了80多个二级培训基地和三级培训点,全国CAD应用工程培训网络初具规模;在组建培训网络的同时,已组织举办了400期CAD技术培训班,培训了在职职工约1万多名。

通过几年来的CAD培训实践,大家感到,有一套适合工程技术人员CAD应用培训的统一教材,是全面、深入开展CAD培训工作,提高培训质量的关键。因此,经1993年的全国CAD应用工程第一次培训工作会议讨论,决定委托机械部科技信息研究院机电产品设计信息中心统一组织有关专家、教授编写一套CAD培训教材,即《计算机辅助设计(CAD)应用工程统一培训教材》,并由机械工业出版社公开出版、发行。

从广义上说,CAD涉及的技术内容非常广泛。但是,CAD技术应用培训应以普及、学以致用为原则。因此,本套教材以广大工程技术人员为对象,以深入浅出、理论联系生产实际为编写原则。参加本套教材编写工作的近50多名作者,大都是在CAD技术推广、应用中具有丰富的教学经验和实践经验的专家、学者。

全套教材共分八个分册。通过《CAD基础及应用》、《计算机绘图》、《工程数据库技术》、《计算机辅助工艺设计(CAPP)》、《CAD/CAM技术概论》等五个分册,力图让广大读者比较全面、系统地学习、掌握CAD的基本知识和应用方法;通过《机械CAD》、《电子设计自

动化技术》、《工程 CAD》三个分册，力图让机械、电子、工程设计与建设行业的读者进一步掌握 CAD 的应用技术。希望广大读者在实践中了解和学习本套教材；更希望 CAD 技术能在我国各行业的实际应用中发挥应有的作用！

国家科委工业科技司 国家教委科技司
《计算机辅助设计 (CAD) 应用工程统一培训教材》编委会

1994 年 8 月

前 言

现代世界工业的发展，在高新科技的推动下，正经历着深刻的变革。产品从劳动密集型向技术密集型进而向高技术密集型转变；经营方向从数量型向质量型转变；行业结构从单一产品大批量生产向多品种、多功能、小批量生产转变；生产方式向专业化、自动化、柔性化和智能化转变。这些转变使工业生产进一步达到高质量、高效率、低成本、高利润，具有更强的适应性和竞争能力。

计算机绘图（计算机图形学 CG）、计算机辅助设计（CAD）、计算机辅助制造（CAM）是近 30 年来发展最迅速、最引人注目的高新技术，是促进上述转变的重要因素之一。CG/CAD/CAM 已成为衡量工业技术水平的重要标志之一。当前，工业先进国家在此基础上已发展到计算机集成制造系统（CIMS）。这些技术将对人类的文明、社会的进步产生深远的影响。

我国在“七五”和“八五”计划中都把 CG/CAD/CAM 技术的开发研究、组织培训和推广应用列为发展工业的重点课题，以提高设计和加工的质量，缩短设计与制造的周期，加速产品的更新换代，增强我国工业产品在国际市场上的竞争能力。

计算机绘图是 CAD/CAM 最重要的技术基础之一。本书作为全国计算机辅助设计应用工程统一培训教材；力求内容新颖，理论联系实际，简要明了，实用性强。全体编著人员都是长期从事 CG 和 CAD 的研究和教学工作，有较丰富的经验。其成果中有三项获得省部级科技进步一或二等奖；有二项于 1992 年通过国家科委评测，定为有自主知识产权的优秀软件。本书不仅作为工程技术人员的培训教材，作为高等院校本科生的教材，也可供工程技术人员、教师、研究生参考，还可作为厂长，经理和业务主管部门的领导了解计算机绘图技术的指导书。

本书的内容主要介绍：计算机绘图硬软件环境，图形支撑软件及其原理；机械图的生成方法，建筑工程图及电子电路图的绘制，图形的输入输出、交换和存储。全书共有 11 章；每章都附有适量习题，以

利学习者进一步理解学习内容和上机实践。

本书的撰写得到了全国 CAD 应用工程协调指导小组、浙江大学 CAD&CG 国家重点实验室、浙江大学工程及计算机图学研究所、机械部科技信息研究院的大力支持，谨此表示感谢。华中理工大学周济教授、清华大学周嘉玉教授及本书的编审委员会认真地审阅了本书编写大纲，提出了许多宝贵意见，谨此表示感谢。特别感谢西安交大卢振荣教授审阅了全稿，并提出了具体的意见和有益的建议。

参加本书编著的有：浙江大学胡树根（第 1 章、第 9 章、附录）、徐慧萍（第 2 章）、张树有（第 3 章、第 4 章、第 10 章、附录）、周广仁（第 5 章、第 8 章）、同济大学谢步瀛（第 6 章）、浙江大学潘雪增（第 7 章）、冯星（第 11 章），由石教英最后定稿。本书由石教英、周广仁、胡树根任主编。

计算机绘图还是在不断地发展之中，许多理论和方法尚需进一步研究和探索。本书中许多论述仅是作者的体验和观点，很可能是不全面的或者是不确当的。书中编写错误也在所难免，因此衷心希望同行们和读者给予批评指正，及时把意见反馈给我们。

编者

1994 年 5 月

目 录

序言		
前言		
第 1 章 绪论	1	
1.1 计算机绘图概述	1	
1.2 计算机绘图硬件	1	
1.3 计算机图形生成的方法与特点	4	
1.4 计算机绘图软件	5	
1.5 几种计算机绘图软件系统介绍	6	
习题	11	
第 2 章 计算机图学理论基础	12	
2.1 坐标系和点	12	
2.2 直线的生成	14	
2.3 圆和圆弧的生成	18	
2.4 曲线的生成	24	
2.5 二维图形几何变换	26	
2.6 图形的数据结构	33	
习题	43	
第 3 章 绘图算法基础	45	
3.1 相交与相切	45	
3.2 图形的裁剪	49	
3.3 包含与重叠	52	
3.4 剖面线与填色	55	
3.5 平面图形的轮廓识别	57	
3.6 隐藏线处理	59	
习题	64	
第 4 章 零件图的程序设计	66	
4.1 基本图形子程序	66	
4.2 汉字及符号处理技术	70	
4.3 标准程序设计	73	
4.4 标准文本与图线干涉的自动处理	78	
4.5 零件图的生成方法	79	
习题	84	
第 5 章 装配图的程序设计	86	
5.1 装配图的生成方法	86	
5.2 装配图的特殊处理方法	89	
5.3 画装配图实例	96	
习题	110	
第 6 章 建筑工程图的绘制	112	
6.1 建筑工程图的图形库	112	
6.2 建筑工程图的绘制	116	
6.3 建筑设计的效果图	121	
6.4 典型系统与实例	126	
第 7 章 电子电路图的绘制	133	
7.1 概述	133	
7.2 电子电路图形子图形的建立	133	
7.3 电子电路图的绘制方法	149	
7.4 典型系统及实例	150	
习题	167	
第 8 章 曲线曲面	168	
8.1 回转曲面及其外形轮廓线	168	
8.2 Bezier 曲线与曲面	173	
8.3 B 样条曲线曲面	176	
习题	179	
第 9 章 计算机图形软件标准	180	
9.1 概述	180	
9.2 常用的计算机图形软件标准	180	
9.3 GKS	182	
9.4 IGES	185	
9.5 STEP	187	
习题	189	
第 10 章 图形的输入与存储	190	
10.1 图形输入的基本方法	190	
10.2 交互式计算机绘图	192	
10.3 图形库	196	
10.4 图形档案与修改	197	
10.5 图形的存储	199	
习题	200	
第 11 章 计算机与绘图仪接口	201	
11.1 绘图仪与绘图语言	201	
11.2 绘图仪与 PC 机的通信	204	
习题	212	
附录	213	
参考文献	214	

第1章 绪 论

1.1 计算机绘图概述

计算机绘图(Computer Graphics, 简称CG)是近30年来发展起来的新兴学科。计算机绘图就是应用计算机通过程序和算法,在图形显示和绘图设备上,实现图形显示及绘图输出。它建立在工程图学、应用数学及计算机科学三者结合的基础上,是CAD/CAM的基础与主要组成部分之一,这是因为图是产品设计与制造中表达信息的主要方式。在CAD/CAM过程中,人与计算机之间的信息交流是至关重要的,而交流的主要手段之一是计算机绘图系统。当前计算机绘图主要有两种方法,其一是交互式图形处理方法,其二是参数化方法。交互参数化方法正在研究中。

计算机绘图系统是由硬件和软件两大部分组成,所谓硬件是指计算机及图形输入、输出等外围设备,而软件是指专门用于图形显示、绘图及图数转换等处理的程序。1963年,美国麻省理工学院的I. E. Sutherland发表了第一篇有关计算机绘图的论文《SKETCHPAD——一种人机对话型系统》,从而确立了计算机绘图技术作为一个崭新的科学分支的独立地位。经过近30年的蓬勃发展,计算机绘图技术已渗透到各个领域,在机械、电子、建筑、航空、造船、轻纺、城市规划、工程设计等方面得到了广泛的应用,已经取得了显著的成效。

计算机绘图的主要研究任务是如何用计算机来处理和绘制工程图纸。具体内容有:

- (1) 图形输入 研究如何把要处理的图形输入到计算机内,以便让计算机进行各种处理。
- (2) 图形的生成、显示和输出 研究如何利用图形在计算机内的表示方法使其在显示屏上显示图形和在打印机、绘图机等输出设备上输出图形。
- (3) 图形处理所需的数学处理方法和算法 这里就包括图形变换(主要是几何形状的变换、如透视变换和开窗变换)、图形的组合、分解和运算(包括把简单图形组成复杂图形和把复杂图形分解为简单图形,以及图形间如何进行并、交、差运算)、轮廓识别等。
- (4) 如何解决工程实际应用中的图形处理问题 这里主要研究符合国家标准和生产工程实际需要的零件图、装配图、建筑施工图、电子电路图等图形的绘制及尺寸、汉字、技术要求的标准与处理。
- (5) 研究如何用软件工程的方法设计好的绘图软件和管理系统 好的绘图软件应有良好的用户接口与界面以及可靠的图形文件档案管理系统。

1.2 计算机绘图硬件

计算机绘图的硬件主要有计算机(主机)、图形显示器、输入及输出设备组成(见图1-1)。

1.2.1 主机

主机为计算机简称,一般由中央处理机(CPU)、主存(存储器)及输入输出(I/O)设备组成。它是控制及指挥整个系统并执行实际运算、逻辑分析的装置,也是计算机绘图硬件

系统的核心部分。

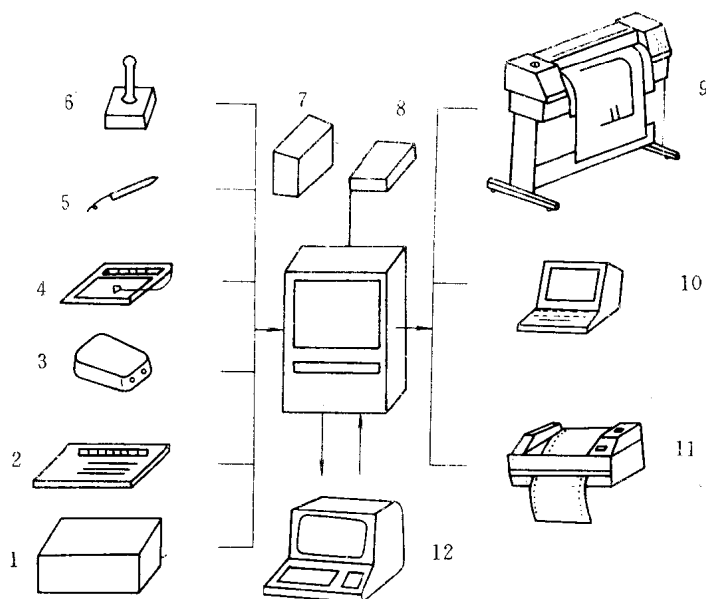


图 1-1 计算机绘图硬件

1—扫描仪 2—键盘 3—鼠标 4—数字化仪 5—光笔 6—操纵杆
7—硬盘机 8—磁带机 9—绘图机 10—图形终端 11—打印机 12—字符终端

中央处理机由控制单元和算术逻辑单元（ALU）两部分组成，用于控制系统所有部件的工作并进行数据的算术和逻辑运算。控制单元借助于输入/输出设备来控制外界与计算机之间的信息交流，使其他所有元件相互协调工作，并同步传送计算机各部分之间的信息以及指挥其他部分去执行各自的功能。算术逻辑单元是执行数据的加、减、乘、除、比较之类的算术运算和根据一些程序指令进行数字比较的逻辑操作。控制单元和算术逻辑单元都利用一些能接受、存放和传送数据的寄存器来实现它们的各个功能。

计算机的存储器分为两类：主存储器（内存）和辅助存储器（外存）。主存储器是计算机本身的一部分，并直接与中央处理机（CPU）相连接。存储于这个单元的数据排列成数码形式，易于被传送到算术逻辑单元或送到输入/输出设备以便接受处理。辅助存储器也称外存，程序和数据文件一般不放在内存中，而是放在大容量的辅助存储器中。需要时再将这些程序和数据文件送入内存。外存储器包括磁带存储器、磁盘存储器、硬盘、激光存储器等。

1.2.2 图形显示器及输入/输出设备

1. 图形显示器与图形终端 它们是最終产生图形显示效果的部件，有黑白与彩色两种。图形显示器（监视器）与图形终端（一般由显示器，图形控制器和键盘组成）区别在于图形终端具有更优越的图形显示功能。大多数显示器采用标准的阴极射线管（CRT: Cathode Ray Tube）结构。图形显示器与图形终端的技术指标主要有两条，即分辨率和显示速度。

在 CRT 水平和垂直方向能识别出的最大光点数称为分辨率，也可理解为所能识别的光点的距离，光点也称像素。对于相同尺寸的屏幕，点数越多，距离越小，分辨率越高，显示的图形越精确。高分辨率显示器的分辨率可达 4096×4096 。

显示速度的指标一般用每秒显示矢量线段的条数来表示。显示速度取决于：偏转系统的

速度；矢量发生器的速度；计算机发送显示命令的速度。CRT 采用静电偏转速度快，满屏偏转只需 $3\mu\text{s}$ ；采用磁偏转速度慢，满屏偏转需 $30\mu\text{s}$ 。

2. 输入/输出设备 输入/输出设备在计算机绘图系统中与主机交换信息，为计算机与外界之间的通信联系提供了方便。输入设备将程序和数据读入计算机，通过输入接口将信号翻译成主机能够识别与接受的信号形式，并将信号暂存，直至被送往主存储器或中央处理机为止；输出设备把计算机主机通过程序运算和数据处理送来的结果信息，经输出接口翻译并输出用户所需的结果（如图形）。下面介绍几种常用的输入/输出设备。

(1) 字符终端 字符终端是用计算机调试程序的最主要设备。

(2) 键盘 键盘可直接与 CPU 通信，其主要功能是输入程序、参数、相应的命令，也可以用来执行一个程序。

(3) 打印机 打印机通过硬拷贝的功能实现人—机联系。它的主要功能是把计算机内的信息（字符、汉字、图形）输出在打印纸上。

(4) 绘图仪 绘图仪有笔式绘图仪、喷墨绘图仪、静电和激光绘图仪。最常用的是笔式绘图仪。笔式绘图仪有滚筒式和平板式两种。它的功能是把屏幕上产生的各种图形画在绘图纸上，产生工程图纸。

决定绘图仪质量的主要因素是绘图精度和速度。

精度是每一个电脉冲通过驱动电动机与传动机构使绘图笔移动的距离，亦称步距或脉冲当量。绘图仪的步距一般为 $0.1\sim 0.001\text{mm}$ ， 0.1mm 的步距可满足一般绘图的要求； 0.005mm 的步距可以使人的肉眼觉察不出阶梯状的波动。

绘图速度是以 m/min 或 cm/s 来衡量的，一般来说，低档绘图仪的绘图速度为 $3\sim 10\text{cm/s}$ ，约 $1.8\sim 6\text{m/min}$ ；中档绘图仪为 $6\sim 36\text{m/min}$ ；高档绘图仪为 $36\sim 210\text{m/min}$ 。

(5) 鼠标 (Mouse) 鼠标器是一种小盒子式装置，将其在控制台上移动即可控制显示器画面的光标位置，实现定位和选择。

(6) 操纵杆 操纵杆是一端可以运动（向各个方向摇动）的杆。操纵这种装置，可以将显示器上画面的光标移动到任一需要的位置，实现定位或选择。

(7) 数字化仪 它由一块大的光滑的板和一个能够在板的全部表面移动，跟踪现有线条的电子跟踪器组成。当专门的跟踪器（如触笔或游标）在平板上移动时，它能向计算机发送笔尖或游标中心的坐标数据。数字化仪可用于把线条图数字化。用户可以从一个粗略的草图或大的设计图中输入数据，并将图形进行编辑，修改到所需要的精度和详细的结构。数字化仪也可以用于徒手作一个新的设计，随后进行编辑，以得到最后的图形。因为它只限于二维工作，所以对于三维设计，使用数字化仪是不合适的。

(8) 扫描仪 扫描仪是一种输入设备，图形扫描输入是把已有图形（或工程图纸）放在扫描仪上，经过光电扫描转换装置的作用，即可把图形的象素特征乃至几何特征输入到计算机内，这种输入方式在对已有的图纸建立图形库，或局部修改图纸，或图象处理及识别等方面有重要意义，它在传统工业改造及工程图纸录入方面具有很大前景。

扫描仪的种类有平板式、滚筒式、手持式，其扫描幅面有 A0~A4 五种规格；分辨率可选 300, 400, 600 点/in；黑白扫描仪灰度级为 256 级或 64 级灰度，彩色扫描仪色彩数为 256^3 种色彩。

1.2.3 工程工作站系统

计算机绘图系统硬件配置可归纳为四种形式,即主机系统、小型机成套系统、工程工作站系统、微机系统。一个工程工作站是一个只有单一用户的绘图系统,它非常适合于一般的办公室环境使用。其图形终端本身有一个 32 位的处理机和一台磁盘存储器,与主机的系统相反,多个图形终端是连接到外部主机上的,工程工作站的特点是:处理速度快;分布式计算能力强;灵活的网络性能;有较强的图形处理能力。工作站的典型配置见图 1-2 所示。

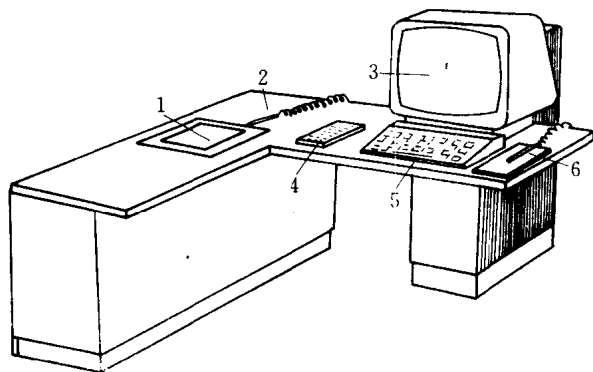


图 1-2 工作站的典型配置

1—图形输入板 2—触笔 3—屏幕 4—功能键
5—字符键 6—光笔式鼠标器

1.2.4 微机绘图系统

微机系统与工作站相似,也是单一用户的计算机绘图系统,与工程工作站不同的是,其成本较低,运算能力也低,但随着微机硬件性能的提高,它与工程工作站的差别会逐渐消失。微机绘图系统已被我国大多数中小企业所采用。其配置如图 1-3 所示。

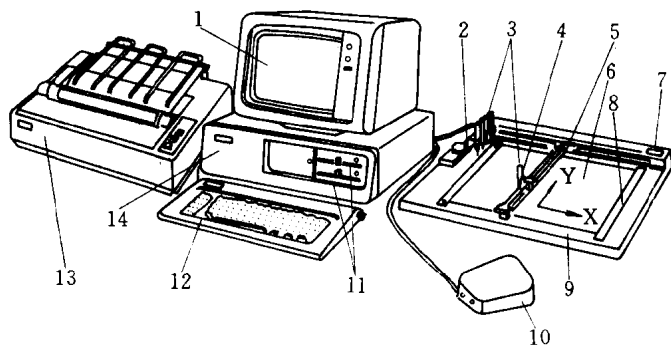


图 1-3 微机绘图系统

1—显示终端 2—笔座 3—画笔 4—笔架 5—横梁 6—图纸 7—电源开关 8—压条
9—绘图仪 10—鼠标 11—磁盘驱动器 12—键盘 13—打印机 14—主机（微型机）

1.3 计算机图形生成的方法与特点

1.3.1 计算机图形生成方法

1.3.1.1 描点法(相邻象素串接法) 无论光栅显示器或绘图机都可以看成有一个网格存在,对显示器来说每个象素(发亮的离散点)就是一个网格点,对绘图机来说笔每走一步的终点也可以看成是一个网格的结点。表示一段线段(直线、曲线),就是要用最靠近线段的一些网格点来代表这一线段。显示时要使这些点发亮,在绘图时这些点就是每走一步的终点。这个网格就构成屏幕或绘图机纸上的一个坐标系,相邻两个网点的距离取为 1,坐标原点一般取在屏幕或图纸的左下角,每个网格点的坐标均取整数。

当显示器为彩色显示器时,便可以显示彩色图形或具有不同灰度的真实图象。

当绘图机是多笔绘图机时,也可以绘制彩色图形,如地图。

1.3.1.2 矢量法（或短折线法） 任何形状的曲线（如圆、椭圆、双曲线、抛物线、自由曲线等）都可以用许多根首尾相接的短直线（矢量）逼近。可以在显示屏上或绘图机上先给定一系列座标点，然后控制电子束在屏上按一定的顺序扫描，逐个“点亮”邻近两点之间的短矢量，同时控制绘图笔在绘图纸上按一定的顺序逐个连接邻近两点之间的短矢量，从而得到一条近似的曲线。虽然在显示器或绘图纸上产生的只是一些短直线线段，但当直线段很短时，连起来的曲线还是很光滑的。显示的字符也可以由短矢量组成。这种图形产生方法称为矢量法。

1.3.2 计算机产生图形的特点

计算机产生的图形可以是各种各样。通过显示器可以显示黑白或彩色图形，也可拍成照片；控制图形打印机重复打印，可以产生模拟灰度的图形；控制绘图仪可以产生线型图；借助于交互式图形设备，用户可以对图形的内容、格式、大小和色彩等在显示屏幕上实现动态控制。产生图形后还可以配上文字和字符的说明和标注，构成生产用的工程图纸。

由于应用环境以及所配置的图形软件和硬件的不同，图形系统所能提供的功能、实时执行的速度、使用的方式也各不相同。因而，计算机产生的具体图形也随之而异，但它们有如下共同特点：

（1）计算机产生的图形规则、光滑。它是按数学方法产生的，规矩整齐，有数学一样的严格性。

（2）计算机产生的图形纯净美观，无噪声干扰。

（3）通过计算机产生的图形不仅能描绘客观世界的各种对象，也能描绘纯粹是想象的主观世界中的各种对象。

（4）交互式计算机图形显示可由用户控制，产生的图形可修改性强，且速度快、差错少。

1.4 计算机绘图软件

软件是指命令计算机执行指定任务的程序。没有软件的计算机就不能发挥作用。计算机绘图系统的软件是计算机图形处理技术的关键，软件的水平决定了绘图系统效率的高低以及使用的方便程度，所以应该十分重视软件的开发与利用。实践证明，软件的开发应该有计算机软件人员和专业设计人员的密切配合与合作。只有这样，才能使开发的绘图软件满足设计的要求。

1.4.1 计算机绘图软件的主要内容

计算机绘图软件一般应包括以下主要内容：

（1）二维绘图功能 二维绘图功能包括作点、直线、曲线、圆或圆弧等基本作图，包括文字注释、剖面线、尺寸标注、公差标注、修改删除编辑实体等操作。

（2）曲面造型功能 曲面造型一般包括曲面生成和曲面编辑两部分。

（3）三维实体造型功能 三维实体造型主要由块、圆柱、圆锥、球、楔块等基本体素生成，经并、交、差等布尔运算，经消隐、着色、干涉检验和 3-D 实体编辑所构成。

（4）具有参数化绘图功能 该功能便于快速生成系列化、标准化产品的零件图、装配图及参数化特征造型功能。

（5）为作图和造型所必备的辅助功能 包括图形层次的控制、实体属性控制、图形变换操作、实体检验功能、视图布局、模型转换、系统或模块参数设置、放缩摇摆图形、动态显

示控制、轮廓识别等。

(6) 具有数据库或文件管理系统的功能 数据库或文件管理系统是对图形文件的几何数据、非几何信息、其他数据文件等各种用途和存储形式的文件加以管理,以便各种文件的存储、恢复、修正、输出。

(7) 数据交换功能 数据交换功能使不同系统间、不同模块间的数据交换顺利进行,充分发挥用户应用程序的效益,以保证所设计的程序能在不同类型的硬件设备上运行,并与所用的程序设计语言无关。

以上只是绘图软件的主要内容,对于不同的绘图软件,内容和特色都有所不同,适用行业领域也不尽相同。

1.4.2 设计计算机绘图软件系统的原则

计算机绘图软件系统是CAD系统中最基础、最重要的软件。纽曼(Newman)和斯普鲁尔(Spruall)于80年代初就提出了开发图形软件的6项基本原则:

(1) 简单性 图形软件系统容易使用。

(2) 一致性 图形软件系统在功能、调用序列、错误处理以及坐标系都应毫无例外地遵循简单和一致的原则。

(3) 完整性 图形软件系统提供的功能程序组不应有使人烦恼的省略和遗漏。但完整性不意味着全面性。

(4) 容错性 图形软件系统应以最小的障碍接受错误的使用。对于一些省略、遗漏、重复等简单错误,系统能在不提出注解的情况下加以纠正。只有在错误导致用户丧失有意义的结果的情况下,才使程序停止运行。

(5) 性能 图形软件系统的性能往往受到软件设计人员不可控制的限制,如操作系统和显示装置的特性等,图形系统设计人员是无能为力的。所以,只能放弃某些图形功能。

(6) 经济性 图形系统应该是小型的、经济的,并且使用户具有能在现有程序中进行扩充的余地,以逐步扩大和完善其功能。

这些准则仍然是现在设计计算机绘图软件系统及其它软件系统的基本准则。

1.5 几种计算机绘图软件系统介绍

目前我国使用的绘图软件主要有 AutoCAD (美国 Autodesk 公司)、I-DEAS (美国 SDRC 公司)、UG I (美国麦道公司)、EUCLID-IS (法国 MATRA 公司)、Auto-Trol S7000 (美国 Autotrol 公司)、还有 MEDUSA、Intergraph、Calma、Applicon 以及 DPS、ZD-MCAD 等 17 种经国家 CAD 应用工程协调指导小组及国家科委评测通过的具有自主知识产权的优秀 CAD/CAM 支撑系统。下面将简要介绍 I-DEAS、MEDUSA、AutoCAD 及国内 17 个具有自主知识产权的优秀软件。

1.5.1 I-DEAS 绘图软件

I-DEAS 是一个综合的设计自动化软件系统,由美国 SDRC 公司开发,是美国 IMAG 公司的主要产品之一。SDRC 公司在 Level 6 的基础上于 1993 年 3 月 9 日推出了 I-DEAS Master Series,新版本无论在功能上还是在应用深度及使用性能等方面均有很大突破。它集成了设计、绘图、工程分析、过程模拟、数控编程、测试等功能。

(1) I-DEAS 新版本的核心是建立和控制 Master model 所必需的重要工具。I-DEAS

Master modeler 集机械产品开发必需的所有数据于一体, 保证从设计、绘图、仿真、加工均由同一产品模型完成; 它具有集成的变量化草图功能; 它设有一个特征库, 可以帮助用户快速生成详细的设计几何模型, 用户不但可通过一系列智能化的位置关系定位这些特征, 还可方便快捷地修改坐标, 改变特征尺寸和位置; 其中的 Master Surfacing 模块, 利用一套丰富的曲线、曲面造型工具可方便地进行放样、扫掠及曲面拼合处理。利用 Master Assembly, 允许用户在多用户环境下布图、设计和管理大型机械装配工作。

(2) I-DEAS Master Series 中的 I-DEAS Drafting 可作为“单用户”或“双用户”系统。单个用户可以通过用 I-DEAS Master Modeler 完成实体乃至整个设计及工程出图, 再用 I-DEAS Drafting 模块对其注释。相关性允许通过修改工程图中的某一具体尺寸来完成对实体的修改。同时它还包括集成化工程图纸管理工具, 用户可使用这些工具按照文件名、标题或工程图号来查找工程图纸。

(3) I-DEAS 新版本中的 I-DEAS Sheet Metal Design 提供了钣金件专用特征库, 包括冲孔、突舌及其他特征等, 允许用户给零部件附加最终细节以实现真实的设计意图。

(4) I-DEAS View and Markup 允许用户通过动态引导器检查设计或图纸, 在几何模型上作出标记, 以便改正或提醒注意。

(5) I-DEAS 中的 Finite Element Modeling、Extended Finite Element Modeling、Simulation Advisor、Model Solution Linear、Model Solution Nonlinear、Optimization 及 Model Response 各模块具有的模拟仿真功能能满足设计工程师和分析专家的需要。

(6) I-DEAS 新版本提供了标准件库 (Standard Parts Catalog)、模架数据库 (Mold Base Data Base)、绘图符号库 (Drafting Symbols Catalog) 及材料数据系统 (Material Data System) 等数据库产品。

(7) 增加了 Smart View 联机帮助文件系统, 具有直观的交互式用户界面。

(8) I-DEAS 新版本中的 Open Data 及 Open Link 为用户提供了开放式环境, 允许用户与其他商用软件包和应用程序直接交换数据, 还可在异种机上共享 I-DEAS。

I-DEAS 还具能获得加工计划、执行 NC 编程等功能。工作环境为 SUN、SGI、HP 等工作站。

1.5.2 MEDUSA 绘图软件

MEDUSA 最早是由英国剑桥 CIS 交互系统公司开发的, PRIME 公司从 CIS 公司购买 MEDUSA 的所有权, 形成了 PRIME MEDUSA 绘图软件包。MEDUSA 具有二维和三维的设计、绘图功能。它由设计绘图、设计建模、变量几何模型、交互阴影显示、平面成型、数据管理、接口与分析等七个模块所组成。

1.5.2.1 MEDUSA 的主要功能

(1) 二维绘图软件包支持一套绘图用实体, 包括各种宽度的线和诸如结构线之类的特殊功能。包括基本几何作图、结构辅助手段、绘图的变换、度量、参数包等。

(2) 三维设计, 包括建模操作, 自动消去隐藏线, 自动生成等轴测投影、斜交、截面、透视等视图, 产生部件分解图, 几何特性计算。

(3) 管理软件, 用于图纸管理和报告生成。

(4) 建筑软件包, 为生成建筑图纸提供符号库、功能菜单、宏命令和各种程序。

(5) 工厂设计系统是一组在 MEDUSA 模型组装模型基础上开发出来为工厂设计的各个