

● 金瑞椿 李启炎 智 明 编著

计算机

辅助设计及图形学入门

同济大学出版社

计算机辅助设计及图形学入门

金瑞椿 李启炎 智 明 编著

同济大学出版社

内 容 提 要

本书是计算机辅助设计(CAD)和计算机图形学的入门读物。全书共分七章,即:CAD 的发展历史和现状、CAD 系统硬件、系统软件、CAD 图形核心系统 GKS、CAD 应用软件的实例、计算机图形学概述、微型计算机 CAD 系统。

本书内容较新颖、叙述由浅入深,适合从事计算机辅助设计的有关人员阅读,也可供大专院校师生和广大科技工作者参考。

责任编辑:张平官

封面设计:王肖生

计算机辅助设计及图形学入门

金瑞椿 李启炎 智 明 编著

同济大学出版社出版

(上海四平路 1239 号)

新华书店上海发行所发行

上海青浦任屯印刷厂印刷

开本: 787×1092 1/16 印张: 17.25 字数: 441 千字

1990 年 10 月第 1 版 1990 年 10 月第 1 次印刷

印数: 1—4000 定价: 7.80 元

ISBN7-5608-0583-3/TP.35

前 言

近年来, 由于计算机软件、硬件技术的迅速发展, 图形输入、输出设备的不断完善, 计算机辅助设计已经成为我国计算机应用中重要而富有经济效益的一个新领域, 涉及到机械、电子、建筑、航空、造船、轻工和工业造型等各个行业。采用计算机辅助设计技术可以明显地缩短设计周期, 有效地改善设计质量, 并且可以使设计人员从大量的重复劳动中解放出来。因而, CAD 技术正在日益受到重视, 一个学习、推广和使用 CAD 的热潮正在我国广泛兴起。

自 1985 年初以来, 我们根据国内外的最新材料编写了计算机辅助设计和计算机图形的教学资料, 并多次在研究生公共课、CAD 系统短训班上使用。其间, 我们按照讲课中的心得、体会, 又对原稿中的内容作了补充和修改, 编成了这本教材, 现将这本册子奉献给有志于 CAD 技术的各位工程技术人员、教师、科研人员和广大读者, 并衷心地希望它能够对读者的工作真正有所裨益。

本书由金瑞椿、李启炎和智明三人合作完成, 全书的结构、章、节的布置及内容的取舍, 均由集体研究后确定。金瑞椿编写第四、五、六章; 李启炎编写第一、二、三章; 智明编写第七章。最后, 要感谢南京大学计算机系张福炎教授, 他在百忙中抽出不少时间, 对全书作了细致的审阅并提出了不少宝贵和中肯的意见。

编 者

1987 年 1 月

目 录

前言

第一章 CAD 的发展历史和现状	1
1.1 CAD 的发展历史	1
1.2 CAD 应用现状及其发展	4
1.3 CAD 技术的发展趋向	7
第二章 CAD 硬件系统	10
2.1 图形输入设备	10
2.2 图形显示设备	20
2.3 图形输出设备	32
2.4 CAD 系统的结构和分类	38
2.5 各种形态的 CAD 系统	46
第三章 CAD 软件系统	55
3.1 图形软件	57
3.2 CAD 系统中的数据管理软件	78
3.3 产品定义数据通讯的数字表子标准——IGES 简介	97
第四章 图形核心系统 GKS	108
4.1 计算机图形学标准化和图形核心系统 GKS	108
4.2 GKS 基本概念介绍	111
4.3 应用实例	130
第五章 CAD 应用软件的实例	133
5.1 传统设计过程和 CAD 设计过程	133
5.2 一个 CAD 系统的实例——瓶子设计美术系统(BDAS)的介绍	137
第六章 计算机图形学概述	143
6.1 坐标系和坐标变换	143
6.2 曲线、曲面的生成和表示	157
6.3 剪取	170
6.4 隐藏线和隐藏面的消除及其算法	194

6.5 几何造型技术介绍	235
--------------------	-----

第七章 微型计算机 CAD 系统240

7.1 概述	240
7.2 微型计算机 CAD 系统选择原则	241
7.3 微型计算机 CAD 系统介绍	245

前言

第一章 CAD 的发展历史 1

1.1 CAD 的发展历史	1
1.2 CAD 应用及其特点	4
1.3 CAD 技术的发展	7

第二章 CAD 系统 10

2.1 图形输入	10
2.2 图形显示	30
2.3 图形输出	33
2.4 CAD 系统的组成	38
2.5 各种 CAD 系统的比较	40

第三章 CAD 软件 55

3.1 图形软件	55
3.2 CAD 系统中的数据库	58
3.3 产品定义数据库的组成	63

第四章 图形输入输出 108

4.1 计算机图形输入输出	108
4.2 GKS 基本概念	111
4.3 应用实例	130

第五章 CAD 应用 138

5.1 机械零件的 CAD 设计	138
5.2 一个 CAD 系统的实例	137

第六章 计算机图形 143

6.1 坐标变换	143
6.2 曲线、曲面、曲面	151
6.3 投影	170
6.4 图形的表示	191

第一章 CAD 的发展历史和现状

1.1 CAD 的发展历史

自本世纪 40 年代世界上第一台电子计算机出现以后,最初人们使用它进行科学计算,这时,人和计算机之间的通讯工具主要是键盘或电传打字机。在工程设计中,实际上还有大量的数值计算分析工作。如果把它也归为设计工作的一部分,则计算机辅助设计这一技术的兴起和应用可以追溯到第一台电子计算机出现的 40 年代,然而,工程界特别是在设计领域内,无论是电路、机械、建筑……等,都以大量的图形信息作为人们进行通讯的手段,设计的成果也是以图形来表示的,所以,计算机辅助设计,即 CAD 如果没有计算机图形功能的支持是很难为人们接受的。

早期的计算机系统用来处理图形信息是很困难的。因为将一图形以计算机能够解释的形式表示出来需要大量的数据,要工程师、设计师们通过键盘或电传打字机向计算机输入这些数据不仅繁琐费时,而且极易出错。

在计算机图形处理上迈出的第一个重大步骤发生在 1963 年。这一年美国麻省理工学院年轻的博士 Ivan Sutherland 研制出了 SKETCHPAD 系统。这系统包括了一个阴极射线显像管 CRT,由 Lincoln-TX 2 计算机驱动。图形信息显示在 CRT 的屏幕上,可以用光笔对之进行操作处理。这就是最初的一种交互式图形系统。

计算机辅助设计概念的提出也正是在交互式图形系统推出之时。Ivan Sutherland 首次指出:工程师可以坐在计算机前,操纵光笔进行设计,并由计算机产生出设计图。但是,在 60 年代初交互式图形设备价格昂贵,而且都与大型主机相连。一般公司无力问津,只有少数几家实力雄厚、产品价格高的大公司,如波音飞机制造公司、通用汽车公司等才能使用,这就大大地限制了 CAD 技术的普及推广和发展。

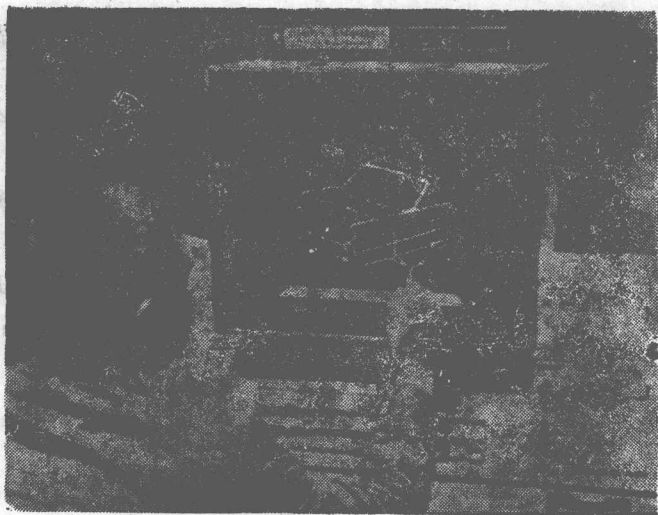


图 1-1 DAC-1 系统(照片)

在这一时期比较有名的 CAD 系统是美国通用汽车公司使用的 DAO-1*(计算机增强设计)系统(图 1-1)。DAO-1 系统的硬件由 IBM 公司研制,着重解决了图形的硬拷贝问题。

* 注: DAC-1 系 Design Augmented by Computer 的缩写

该系统使用的是 IBM 2250 图形控制台。在通用汽车公司里它已成为设计小轿车和卡车的主要 CAD 工具。1965 年美国贝尔电话实验室推出了远程显示系统 Graphic 1, 此系统使用了 DEC 的 340 显示装置和 PDP-5 控制处理机, 并与 IBM 7094 计算机系统相连, 这一系统主要用于电路或框图方案的设计, 印刷线路板的布线和元件布置、本文文本的组织与编辑等。它最早实现了由局部交互工作站和中央主机分担 CAD 工作的重要思想。

60 年代是计算机图形学领域的多产期。例如, 1963 年美国 MIT 的 Steve Coons 开始开发曲面片技术 (Surface-patch techniques); 同时, S. H. Chasen 带领一组人员在洛克希德 (Lockhead) 公司研制用于数控的计算机图形系统; Itek 的 Digigraphic 项目发展成为 ODO 公司的计算机图形系统的基础。至 1966 年有关计算机图形和计算机辅助设计 (CAD) 方面的科学组织和著作得到了承认。

在这一段时期内, 美国几家主要的航空公司都在致力于开发计算机图形技术并应用于飞机和导弹的设计。IBM 公司为适应这一需求, 和这些公司进行协作开发, 并在麦克唐纳-道格拉斯公司研制了 OADD 系统; 在洛克希德公司研制了 OADAM 系统。

CAD 技术的应用有较大突破是在 70 年代初期。当时, 由于 CAD 技术应用于电子电路设计, 使集成电路技术大大提高, 出现了性能/价格比很高的小型计算机。图形显示技术, 即 CRT 技术不断发展, 成本下降。计算机图形学在理论上也有了较大进展。例如, 1967 年 Freeman 提出了一种解决隐藏线问题的算法。所有这些都使 CAD 系统技术及其应用有了较大发展。特别是产生了以小型计算机为基础的独立 CAD 系统, 这就使 CAD 技术不再是为几家大公司所独有, 而且也能为一般厂商和工业领域使用。1972 年美国无线电公司开发了一个称为 Gold 的系统, 用于集成电路的掩膜设计。Gold 系统采用了一台定制的刷新式显示器, 由一台带硬磁盘的小型计算机 (Spectra 70/75) 驱动, 并能与大型分时系统相连。

70 年代初期, CAD 系统专家和开发人员热情很高, 做了很多理论工作, 推出了集成土木工程系统 IOES, 继而又出现了许多其他系统。同时, 有限元理论和程序设计开始得到蓬勃发展, 在消除隐藏线等方面开展了大量研究, 这些都为今天的 CAD 技术打下了良好的基础。

60 年代至 70 年代 CAD 技术的发展也可从另一个侧面来了解。因为 60 年代中期 CAD 系统建立在大型主机系统上, 只有 ODO、DEC、IBM、UNIVAC 等少数几家供应商能提供 CAD 系统及有关部件。到了 60 年代末, 70 年代初, 为适应 CAD 技术应用的推广, 成立了一些新的计算机图形及 CAD 系统方面的厂商。如:

Adage (1965)

Applicon (1969)

Calma (1968)

Computervision (CV) (1969)

Ivans & Sutherland (1968)

Houston Instrument (1968)

Imiac (1968)

Lundy (1970)

Magatek (1972)

Zeta Research (1969)

Ramtek (1971)

Talos System (1974)

Summagraphics (1972)

Vector General (1969)

其中一些厂商,如 Computervision、Calma、Applicon、Ivans & Sutherland 等公司都已成为当今最知名的几个 OAD/OAM 系统或设备供应商。图 1-2 是这几家公司以及 IBM、Intergraph 等其他几家厂商的市场销售情况。

至 70 年代中后期以及 80 年代,由于大规模集成电路 (LSI) 以及超大规模集成电路 (VLSI) 技术的发展 (这也是由于 OAD 技术应用于该领域的结果),微处理机及其应用有了很大的突破,相继出现了 8 位、16 位乃至 32 位的微处理器。在 8 位微处理器时期,很多微型机上已具备了图形处理功能,如著名的 Apple-II 微型机(以 6502 为 CPU),Cromenco 微型计算机(以 Z-80 为 CPU) 等等。出现了 16 位微处理器后,由于微型计算机的性能有了较大幅度的提高,内存容量从几十千字节增加到几百千字节;运算速度成倍增长;外设的配置更齐全;显示器技术又有新的进展,如光栅式显示技术使其价格大幅度降低,图形输入输出技术更趋完善。这一时期出现了像 IBM-PC/XT 这样极有吸引力的 16 位微型计算机。Autodesk 公司为它配置 OAD 软件包——Auto CAD-II。用户可以在这种价格低廉的系统上做一些初级的 OAD 应用工作。

同时,32 位超级小型机,如 DEC 的 VAX-11 系列,DG 公司的 MV-8000, PRIME 750

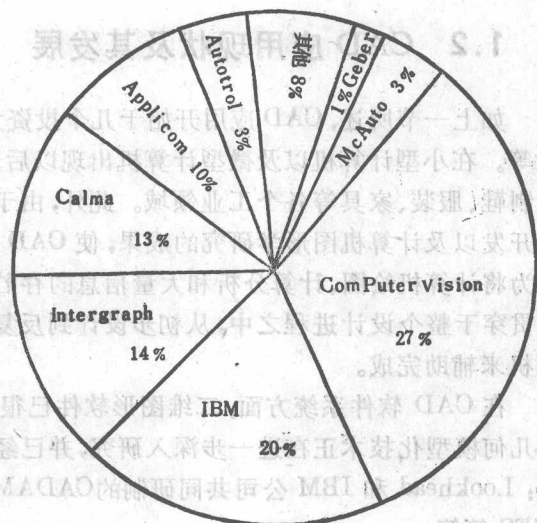


图 1-2 几家大厂商的市场销售情况

表 1-1 CAD/CAM 应用情况统计

应用 领域	1979 年 增长		1980 年 增长		1981 年 增长		1982 年 增长		1983 年 增长		累 计 (1979~1983)	
	1979	增长 百分 数	1980	增长 百分 数	1981	增长 百分 数	1982	增长 百分 数	1983	增长 百分 数	总数	占市场 百分比
机械工业	128	+85	225	+75	360	+60	443	+23	545	+23	1700	38
电子工业	98	+84	167	+66	233	+40	300	+29	410	+37	1210	27
土木建筑	58	+100	87	+50	138	+59	200	+46	302	+50	785	18
地图绘制	32	+100	73	+128	111	+52	144	+30	180	+25	540	12
其 他	18	+82	20	+11	30	+50	63	+110	83	+32	215	5
总 计	334	+87	572	+71	872	+52	1150	+30	1520	+32	4450	

(根据应用领域统计的 CAD/CAM 市场(以百万美元为单位))

等高性能计算机系统相继推出,稍后又出现了以32位微处理器,如M68020,NS32032,WE32000等为CPU的超级微型机。由于这些计算机系统具有相当高的性能价格比,内存可扩大至兆字节,外存可达几百兆~几千兆字节,CAD技术装配在这样的系统上更是如虎添翼,迅猛发展。这一点从近几年来市场调查情况即可窥见一斑。尽管在80年代西方国家有许多工业领域,包括计算机工业本身并不很景气,但在CAD/CAM这一技术领域中,其市场仍以每年40%左右的速度增长。现在按应用领域给出CAD/CAM市场销售增长情况的统计图表。见表1-1。

1.2 CAD应用现状及其发展

如上一节所述,CAD应用开始于几个投资大、成本高的大工业,例如飞机制造、汽车、造船等。在小型计算机以及微型计算机出现以后开始推广,应用领域遍及电子、机械、建筑乃至制鞋、服装、家具等各个工业领域。此外,由于大容量存储技术的发展,数据库理论和方法的开发以及计算机图形学研究的成果,使CAD技术在工程上的应用由单纯的分析计算,发展为将计算机绘图、计算分析和大量信息的存贮、检索、维护等结合起来。这样,使CAD技术贯穿于整个设计进程之中,从初步设计到反复修改设计,设计优化,图形输出等都可由计算机来辅助完成。

在CAD软件系统方面,二维图形软件已很成熟;三维图形软件也已商品化,对物体三维几何模型化技术正在进一步深入研究,并已经形成了几个商品化系统并付诸实用。典型的有,Lookhead和IBM公司共同研制的CADAM,英国剑桥研制的MEDUSA,ODC公司的ICES等等。

在CAD数据库技术上也有了很大进展。并且已将设计及制造数据统一起来形成公用数据库使CAD和CAM技术结合起来形成集成化CAD/CAM系统。这样可由计算机直接根据设计过程的结果产生出工艺流程计划,加工数据及数控程序,并控制机器人的活动路径和动作,实现了设计、制造一体自动化的目标。

下面举几个应用方面的实例来说明CAD技术应用的发展概况。

1.2.1 在航空工业上的应用

以著名的波音飞机制造公司为例来说明CAD技术在航空工业上的应用情况。该公司在60年代初就使用计算机辅助设计技术。CAD技术曾在波音727飞机和英国三叉戟飞机的竞争中使波音公司赢得了宝贵的两年时间。

1982年1月13日波音757客机和它的姐妹机型宽体波音767首次公开露面。这两种飞机在设计制造时首次采用了集成化的CAD/CAM技术。使用了这种技术可以在加工前发现设计上的错误和矛盾之处。使机身重量大大减轻,达到了节省工时和资金的目的,成本下降。现在,波音公司内CAD/CAM技术的应用,除大量的分析计算和模拟外主要还有以下几个方面:

- 1) 放样:从初步的原始设计(指定航程、乘客数、机翼面积等)出发,从数学上以极高的精度确定飞机的外形曲面。然后,这些外形轮廓的描述变换为适用于制造部门的详细技术图纸和数据。

2) 自动编程工具(APT)语言用来驱动电子绘图仪产生机械图。

3) 在交互式图形系统上完成由 APT 系统上开始的绘图工作。利用交互式图形功能进行修改、编辑,产生出最终设计图。图形数据存放在存储器中,然后供给自动绘图仪画出图来,也可以直接传送给加工部门使用。

1.2.2 汽车制造业

在汽车制造业中 CAD/CAM 技术不仅在汽车造型、设计、制图等方面有明显效果,而且对于产品制造、生产工具的准备以及新型产品的试制有重要作用。一般,汽车大约每 4 年进行一次大改型,中间进行多次小改。每次改型都力求提高汽车的内在质量和可靠性;美观其外形;增加新功能;适应有关排气、噪音、安全、燃料消耗等各种规定指标。应用 CAD/CAM 技术是解决这类问题的有效途径。

Ford(福特)、General Motor(通用汽车)、Chrysler 是美国的三大汽车制造商。在它们内部都安装了大量的 CAD/CAM 系统。每一家都有几百台工作站在工作。像通用汽车公司,60 年代开始使用 DAC-1 系统,进行了大量基础技术的研究工作,为今天的 CAD 硬件和软件技术打下了基础。70 年代,通用汽车公司的 CADANOE、FBX 等系统先后研制完成进入应用阶段。这一时期的特点是软件都在企业内部开发,应用范围也局限于车体外部形状的处理。80 年代进一步扩大应用领域,由外形处理到结构分析、设计计算、内部构件到发动机设计等均能适用。

又如,福特汽车公司自 1981 年至 1983 年为汽车底盘的设计制造安装了价值 700 万美元的计算机图形和 CAD 系统的扩充设备。这使得底盘设计能力比 1981 年增加了一倍多。在福特公司内,汽车底盘的 CAD 遍及各种类型的部件,例如车轮、刹车、燃料系统、悬挂架、排气系统、引擎支架、框架横梁、转向器、以及驾驶盘等。在底盘设计和装配中大约有 70% 使用了计算机。在汽车底盘的设计分析中使用了高效能的有限元分析法(FEM),大大减少了设计迭代次数,节约了样机建造费和测试费用。自 1981 年至 1983 年,由于增加了 CAD 设备,每年都能节省 300 万美元的开支。

1.2.3 电气和电子电路方面的应用

CAD 技术最早曾用于电路原理图和布线图的设计工作。目前,CAD 技术又扩展到印刷电路板的设计(布线及元件布局)。更进一步它又在集成电路、大规模和超大规模集成电路的设计制造中大显身手。并由此大大推动了微电子技术和计算机技术向前发展。这一方面 CAD 技术主要用于原理图输入、逻辑性能和电路性能的模拟,掩膜和门阵列设计、以及故障模拟等。

1977 年 IBM 公司推出了一个用于各类线路板、组件设计的 IWS/370 系统。该系统由 IBM 370 计算机和图形子系统组成。图形子系统主要由图形控制器(GOU)和图形显示器(GDU)构成。该系统的应用是 IBM 公司首次在整个公司内部使用交互式图形系统来支持大量的各种不同的插件板、底板、框架和模块板的设计工作。并与物理设计系统(PD)相互连接。使用了 IWS 系统后明显的好处有:

1) 缩短了工作周期约 30~50%;

2) 减少了计算及人工费用高达 70%;

3) 即使自 1977 年以后在计算和人工费连续增长的情况下, 仍使总价格下降了 50%。

1.2.4 建筑工程方面的应用

据美国有关方面的统计, 自 1979 年至 1983 年间, 在建筑工程领域内安装的 CAD/CAM 系统, 其价值占全部新安装系统的 18%。从发展速度来看, 这一领域是最快的一个。在建筑工程界推广 CAD 技术的应用存在着不少困难。例如, 极度缺乏建筑和工程方面的软件, 同时也缺乏经过充分训练的人员; 加之计算机硬件和 CAD 硬件的迅速更新换代, 也使人们茫然不知所措, 很难作出选择; 三维技术虽然使用起来极为直观方便, 但价格昂贵。尽管如此, 在建筑工程(AEO)这一领域内 CAD 技术还是获得了高速发展。

以美国 I. Brown 公司为例, 这是一家普通的建筑工程设计公司。它估计在不到 10 年的时间内房屋设计将全部计算机化, 因此在 AEO 领域内率先建立了用于计算机辅助房屋设计(CABD)的计算机图形网络系统。这一系统使建筑设计工作分布式地进行, 避免了不必要的冗余重复的绘图工作, 加速了建筑设计的进程, 减少了建筑费用。

I. Brown 公司在使用 CAD 技术中有一个不断发展和扩大的过程。1978 年该公司从 Intergraph 公司购进了一套 CAD 系统, 使用的是 PDP-11/34 小型计算机, 带有 80 兆字节硬盘和三个工作站, 1 台 Calcomp 960 绘图仪。这样的系统在该公司的第一阶段工程项目中是够用了。但到了第二阶段就显得不够了。于是对系统进行了扩充。1979 年初增加了第四个工作站和一个 300 兆字节的硬盘。于 1980 年将 PDP-11/34 更新为 PDP-11/70, 增加了 4 个第二代工作站和另外一个 300 兆字节的硬盘。同时, 使用了 2780 仿真器, 使系统可以和 IBM 主机相连。1980 年 7 月增设了第一个远程工作站, 并在 1981 年 7 月购进了第二台 PDP-11/70 和两台 675 兆字节硬盘, 两套第三代光栅式工作站以及第二台 Calcomp 960 绘图机, 还有一台静电绘图仪。由这一段历史可以看到 CAD 技术在 AEO 领域内的发展势头是很迅猛的。该公司 1982 年又开始增设了一些 PDP-11/23, 这是一种高性能的微机型。这些微机分布在公司下属的各个事务所里, 它们都自带工作站可以脱机工作, 也可以和 PDP-11/70 连机工作构成一个网络 CAD 系统。

在建筑工程领域内, CAD 系统的安装取得了明显的经济效益。CAD 系统的装备已成为衡量一个工程公司或设计公司技术水平的重要标志和对外竞争投标的强有力的手段。有人估计到 1990 年美国的工程设计将达到每两个设计人员占有一个图形工作站。

在这一领域内的应用软件也越来越丰富。国外几家在 AEO 方面比较先进的 CAD 厂商, 如 Intergraph、Computervision、Calma 等都可以出售成套的商品化软件包。Intergraph 公司的 AEO 系统由图形处理系统 IGDS 和数据库管理与检索系统 DMRS 构成了它的核心部分, 它们装在 DEC 的 VAX-11 系列计算机上。这一核心部分和 AEO 及测绘部分的应用软件组成工程设计系统。OV 公司的 AEO 应用软件称为 CADDS4 系统, 其主机是 OV 公司本身的产品。操作系统叫做 OGOS, 这是一个面向图形的多任务、多道程序操作系统。CADDS4 把图形处理系统和数据库管理系统放在一起, 其核心是一个二维/三维图形数据库, 图形和非图形属性数据都统一存放于集成化数据库中。Calma 公司的 AEO 应用软件系统称为 DIMENSION III。它是由 DDM 系统加应用软件组成的。DDM 系统的内层核心部分包括操作系统的接口及数据管理与控制系统; 外层核心是由若干交互式图形处理功能模块构成。DIMENSION III 系统可以在 DEC 的 VAX-11, DG 公司的 ECLIPS MV

系列机以及 Apollo 公司的 DN 460 和 DN 660 机上运行。

AEC 方面的应用软件,根据各个专业内容又分为勘测、建筑、结构、管道、电气等五个主要方面。根据我国国情开发出适合国内设计规程和规范的应用软件也是 CAD 系统开发人员,工程设计人员的迫切任务之一。

CAD 技术的应用遍及各个工程领域,先进国家已经达到相当的普及程度。在我国 CAD 技术的应用还只是刚刚起步。自 80 年代以来,已有不少单位引进了 CAD 系统,也有不少单位在各个领域里从事 CAD 系统应用的开发研究工作以及计算机图形处理方面研究工作。

1.3 CAD 技术的发展趋向

从上一节中应用 CAD 技术的现状也可看到它在今后的发展趋向。CAD 技术的应用带来了极大的经济效益,它不仅使设计周期缩短、减轻了设计人员特别是绘图工作人员的劳动强度,而且更重要的是使企业充满了创造性的竞争活力。可以在当今激烈的市场竞争中不断快速地推出自己的新产品来,以确保自己企业立于不败之地。

广泛的应用需求也将促使 CAD 技术不断地发展和完善。概括起来有以下一些值得注意的发展趋向:

1. 在计算机图形和几何造型技术上由二维向三维发展,目前已有不少商品化三维软件。几何造型技术解决了如何将图形转换为数学模型并存入数据库中的问题。对三维物体的几何造型技术已有几种方法,如线框造型、曲面造型,目前最先进的方法是实体造型技术。它把球体、立方体、锥体和椭圆球体等若干种实体作为基本图素来产生三维几何图形。三维图形技术和数据库技术相结合对 CAD/OAM 系统水平的发展具有极其重要的意义。使用三维图形技术可以在屏幕上产生出立体图、主视图、俯视图和侧视图,如果需要还可以产生其他方向的视图。改变其中的一幅,则其他视图也就自动地作相应修改。这些图形可以放大、旋转、移动,使设计人员可以从各个角度观察三维实体。

2. 和三维图形学发展有关的硬件支持,例如三维显示技术、三维图形输入技术也得到相应的发展,目前正在继续研究发展之中。

3. 集成化系统的发展是当今 CAD 技术的主要趋向之一。工程设计的目的是要生产出新产品来。自 1982 年以来,集成化是 CAD 课题中讲得最多的一个方面,将 CAD/OAM 集成统一起来,把产品设计、分析、绘图、工艺流程、数控、仿真、检测、成本核算、进度计划、机器人技术等组合到一起,形成计算机集成制造系统(CIM)。目前这样的商品尚未见到,但集成度正在不断地提高。

例如,HP 公司决定在 Shape Data 公司的实体造型软件 Romulus 基础上进一步开发它的 CAD 系统,并安装在功能较强的 HP-9000 工作站上,以形成图形处理、数控、有限元分析等的集成功能。

又如,ODC 公司的 IOEM 系统是一个设计、分析、制造一体化的 CAD/OAM 系统,其核心是一个工程数据库 EDL。各类工程设计人员可在不同的工作站共享同一个数据库。它还包含一个三维实体模型构造系统,用户可以构造相当复杂的实体,产生带阴影、浓淡、彩色、高分辨率的三维透视图、部件分解图、剖面图、各个方向的侧视图等。产生的几何形体可

以旋转、分解并从任意角度观察。

ICEM 系统还包括设计绘图系统、有限元分析程序以及数控程序生成等。利用 ICEM 可以从设计的几何形体直接产生数控加工纸带。还可以应用 APT 语言产生切削刀具的定位数据文件, 操作人员可以交互式地审查刀具的行程并修改它。该系统经扩充可应用于电子电路、水力工程设计、机械装置的动态特性的真实显示以及综合仿真、建筑物的平面设计与内部布置等。

4. 为适应 CAD/CAM 集成化系统的发展, 必须开发相应的集成化 CAD 数据库。过去人们在原有的商用数据库上开发图形数据库, 但效果并不理想。较好的解决方法是开发集成化数据库, 它能支持几何的, 非几何的信息; 还能支持制造信息、加工数据等等; 能够支持对各种工程构件、零部件、装配件、产品等实体的多级描述; 能够支持工程设计制造过程中的长时间事务处理的要求。

5. 向网络化、分布式 CAD 系统发展也是今后的一个发展趋势。利用网络技术、分布式操作系统、分布式数据库等技术, 将分布在各处的 CAD 工作站联成网, 各工作站能够自动协调地进行 CAD/CAM 工作, 它们能够共享网络中的软硬件资源。用户能够很方便地访问任何一个节点上的信息。这方面也已有一些商品化系统。例如, 美国 Apollo 公司的 DOMAIN 系统, 其全名即为“Distributed Operating Multi-Access Interactive Network”。这种系统是由 Apollo 的 DN 系列工作站、外设、以及通讯服务机(DSP)联成网络的。每个工作站都配有高分辨率的图形显示和 32 位超级微型计算机系统。通讯服务机 DSP 管理通讯服务功能, 也可看成是一台文件和外部设备管理机, 也可以用作和其他网络连接的网间节点机。网络上所有的工作站和服务处理机皆可使用网内的公共虚拟存贮系统。所有用户均能共享网中的程序、文件和外部设备资源。

6. 向智能化、专家系统方向的发展, 这是当今人们在研讨、探索第五代计算机系统时最热心追求的目标。在 CAD/CAM 系统的发展上亦是如此。如何在 CAD/CAM 系统中应用人工智能技术, 应用知识库的概念, 以提高系统的智能水平并加强人机之间的密切协作。目前已有在这一方面进行尝试, 将逻辑程序设计语言 Prolog, 符号处理语言 LISP 等用于 CAD/CAM 系统上。试图解决自然语言理解以及图形、图像处理, 运用知识库中的知识自动地进行人们所需要的设计, 并和智能机器人相结合形成真正的自动化工厂。这些似乎只是一种美好的憧憬, 但相信在不远的将来定能实现。

上面对 CAD 技术的历史和发展作了简单扼要的介绍。当我们提及 CAD 这一名词时, 所指的是计算机辅助设计。而由于这一领域内的迅速开发, 已经出现了各种类型的计算机辅助应用, 而且越来越紧密地将这几个方面结合在一起, 如前已提及的计算机辅助制造 CAM。由于计算机图形处理技术的发展, 人们也称计算机辅助绘图 CAD (Computer Aided Drafting)。为不使之与计算机辅助设计混淆, 且绘图工作亦是设计工作中的不可缺少的一部分, 现常用 OADD (Computer Aided Design and Drafting) 表示计算机辅助设计制图。此外, 还有计算机辅助分析 OAA (Computer Aided Analysis)。计算机辅助测试 OAT (Computer Aided Testing)。人们又把把计算机辅助分析, 优化辅助设计绘图等综合称为计算机辅助工程 OAE (Computer Aided Engineering)。和计算机辅助制造密切有关的有计算机辅助工艺设计 OAPP (Computer Aided process Planning)。人们已经在着手将 CAD、CAM、OAT、OAPP 等组合到一个集成化的系统中去, 统称为集成化制造系统

CIM (Computer Integrated Manufacture)。本书所述及的内容仅局限于计算机辅助设计、绘图这一领域内。

第二章 CAD 系统

参考文献

- [1] Teicholz, E. CAD/CAM Handbook. New York: McGraw Hill, 1985.
 [2] Stover, R. N. An analysis of CAD/CAM applications, Englewood cliffs, Prentice-Hall, Inc., 1984.

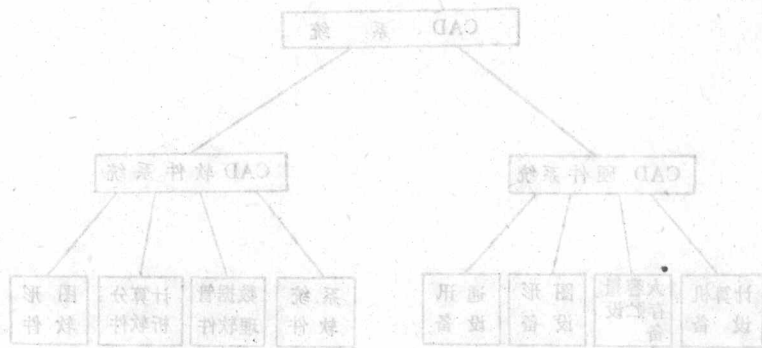


图 2-1 CAD 系统组成

本章主要讨论 CAD 系统中常用的一些硬件设备，包括计算机、绘图仪、图形输入设备等。图 2-1 显示了 CAD 系统的组成。本章主要讨论 CAD 系统中常用的一些硬件设备，包括计算机、绘图仪、图形输入设备等。图 2-1 显示了 CAD 系统的组成。

2.1 图形输入设备

2.1.1 图形输入设备的功能和基本特性

图形输入设备是 CAD 系统中用于输入图形数据的主要工具。它的主要功能是将图形数据输入到计算机中，以便进行后续的处理。图形输入设备的基本特性包括：输入精度高、输入速度快、输入方便等。

图形输入设备的主要功能是将图形数据输入到计算机中，以便进行后续的处理。图形输入设备的基本特性包括：输入精度高、输入速度快、输入方便等。图形输入设备的主要功能是将图形数据输入到计算机中，以便进行后续的处理。图形输入设备的基本特性包括：输入精度高、输入速度快、输入方便等。

在介绍图形输入设备之前，先介绍图形输入设备的基本特性。

第二章 CAD 硬件系统

一套计算机系统由硬件和软件两部分构成。同样,计算机辅助设计系统,即 CAD 系统也由 CAD 硬件和 CAD 软件组成。为了适合辅助工程设计的要求,在 CAD 系统中要用到一些专用的硬件和软件(图 2-1)。

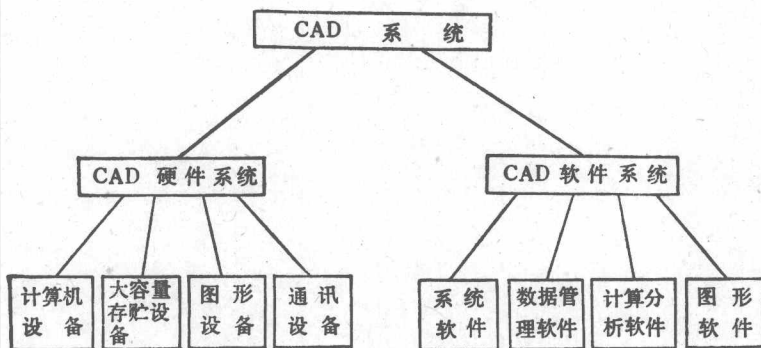


图 2-1 CAD 系统组成

本章主要讨论 CAD 系统中常用的一些硬件设备、包括计算设备——各类计算机;图形设备——图形输入、图形显示、图形输出等设备。有关大容量存储设备和通讯设备只在计算机系统中附带提及,不作详细讨论。CAD 系统软件将放到第三章中讨论。

2.1 图形输入设备

2.1.1 图形输入设备的功能和基本特性

CAD 系统中的图形输入设备是人和计算机进行通讯的工具。它的主要功能有:

- 能将图形信息送入计算机,例如地图、建筑图、机械图、地震波形图以及遥感图、艺术图等。
- 能向计算机传送命令和数据,进行功能选择。
- 在交互式图形显示过程中,用来控制显示屏幕上光标的移动,以便进行定位(在屏幕上给某一目标定位,也称 position),标定(在屏幕上标指某一特定对象,也称 pointing)以及绘图(drawing)等操作。

早期,在图形系统以及 CAD 系统中使用的图形、数据输入设备是键盘、光笔、操纵杆和跟踪球等。到 60 年代后期和 70 年代初期出现了图形数字化仪(digitizer)以及数字化台板(tablet),至今这种设备已广泛应用于 CAD 系统中,成为交互式图形处理的一种主要输入设备。

在介绍各种图形输入设备之前,先对它的主要操作特性作一概括介绍。

1) 设备的工作原理是指设备工作于向量方式还是光栅方式。向量方式将图形看成是由一些线段构成,而光栅方式则把图形看成是由点阵(或称像素)构成。两者输入的图形数据格式是不相同的。

2) 设备的分辨率:其意义是指能被独立地区分开来的两点之间的最小间距。

3) 精度:指出了图形输入设备所确定的尺寸和它的实际世界尺寸之间的关系。

4) 重复性:当对同一点重复进行多次数字化输入操作时,其结果值的偏差范围有多少。

5) 设备的智能化程度:现在很多输入设备,如数字化台板本身就含有功能较强的微处理机,可以进行多种图形操作。例如,旋转、平移等等。

6) 对色彩的识别:有些输入设备,如光栅式扫描器可以识别原图的不同颜色。

7) 操作环境:对设备操作的环境,如温度、湿度、灰尘等应给以规定的要求。

8) 运行时的软、硬件环境和接口:要了解该设备必须和什么样的系统和软件一起运行,其硬、软件接口是否完备,硬件接口是串行的还是并行的。

输入设备中的键盘是大家所熟知的。普通的字母数字键盘用于输入命令(字符串)和数据。在图形系统中还有专用的功能键盘,我们对此将不作详细介绍。在此仅讨论光笔、操作杆、数字化仪等几种常用的图形输入设备,着重对数字化仪作较详细的论述。

2.1.2 光笔(Light pen)

光笔是一种使用最早,人们最熟悉的一种交互式图形输入设备。它能感知显示屏幕上所发出的光线,使用它可以在图形显示器上直接标定某一目标。但是,光笔只能和刷新式显示器相连使用(关于刷新式显示器在本章的第二节中还将详细介绍)。

刷新式图形显示器是一种在显示屏上以一定速率不断重复生成图形的设备。其上所有的图形元素不断地重复画出。如果令 $[t_i, t_{i+1}]$ 表示一幅图形画面的刷新周期。将它分成若干时间间隔的序列,即

$$T_{i+1} = [t_i, t_{i+1}], \quad 0 \leq i \leq n$$

这里 n 是在屏幕上显示的图形元素的总数。这意味着在 T_i 时间间隔内,第 i 号图形元素被画出。由此我们可以得到一个双向的映像关系

$$i \longleftrightarrow T_i$$

只要确定出时间间隔序号就能找出相应的图形元素。在光笔上有一开关,用户只要按下按钮(或者将光笔头部对着显示屏)就可使光笔发生作用。当 CRT(显象管)光线经过光笔的孔眼或者它的可视区域时,光笔就能产生一个信号。这一信号可以用来确定当前的时间间隔 T_i 。通过映像关系就可以确定出图形元素的索引号。实际上,当然并不是真正确定 T_i ,而是由显示处理器中的指令计数器或数据寄存器中的内容来确定这种映像关系的。

光笔也可间接地用于定位(position)操作。有两种方法可以实现这一功能。一种方法

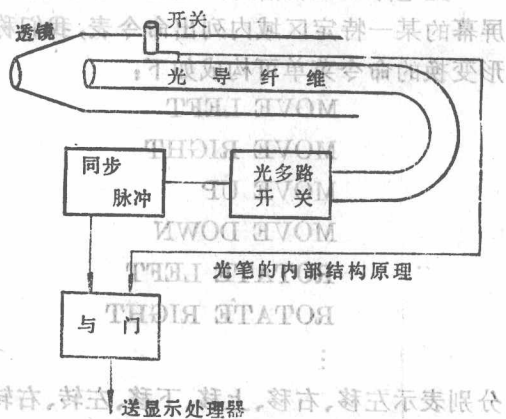


图 2-2 光笔的内部结构原理