

中国计算机软件专业技术资格和水平考试自学丛书

计算机辅助系统

柳西玲 编著

清华大学出版社



7
11

内 容 简 介

本书是由中国计算机软件专业技术资格和水平考试中心组织编写的,适合于计算机软件人员应考的自学丛书之一。它依照1991年公布的“中国计算机软件专业技术资格和水平考试暂行规定和考试大纲”要求编写。内容包括:计算机辅助系统的软硬件支撑环境,计算机图形学基础,还分别论述了CAD、CAM、CAI三大应用系统的设计原则、算法和未来发展动向。每章附有许多实用程序和习题。

本书可供计算机软件人员应考前参考、提高使用。也可作为大专院校师生和从事计算机辅助系统开发的技术人员工作时的参考书。

(京)新登字 158 号

计算机辅助系统

柳西玲 编著



清华大学出版社出版

北京 清华园

通县宏飞印刷厂印刷

新华书店总店科技发行所发行

开本: 787×1092 1/16 印张: 8.25 字数: 193 千字

1993 年 6 月第 1 版 1993 年 6 月第 1 次印刷

印数: 00001—10000

ISBN 7-302-01242-3/TP·472

定价: 6.00 元

前 言

计算机辅助设计及制造、计算机辅助教学在近 25 年来得到迅猛发展和广泛应用,并已形成计算机辅助工程(CAE)新学科。它作为 20 世纪公认的世界重大技术成就之一,正深刻地影响着当今工业和各个工程领域,已为各行各业带来越来越多的社会和经济收益。

80 年代以来,我国在 CAD/CAM/CAI 方面的系统开发和应用都有了重大的突破。如交通部在“七五”计划中完成了高等级公路路线、桥梁计算机辅助设计(CAD)成套系统。机械电子工业部在“七五”期间组织集中攻关完成了集成电路设计的成套 CAD 系统(即 PANDA 系统)。航空部门完成了飞机设计制造及管理的 CAD 系统(CAADMM 系统)。已在计算机辅助技术方面形成了一支自行设计的队伍,这支队伍还在不断壮大,系统设计和开发人员都迫切需要了解和掌握新的设计方法和工具。虽然国内外杂志上有许多文章介绍,有关书也出版了一些,但至今还缺少一本从设计实用角度对系统设计方法和工具进行综合分析的书籍。另外,作为软件水平考试,计算机辅助系统属于应用分支的一部分。作者在长期从事计算机辅助系统开发和应用的实践中,总结出一些实际应用技术,结合考试大纲要求,编写了本书,希望能为工程技术人员提高实际开发系统水平有所帮助。本书以应用与理论相结合为原则,并偏重于工程实际应用。

本书共分两部分。第一部分(第一章—第四章)讨论计算机辅助系统的共同基本知识和理论基础,即软硬件支撑环境、图形学基础和常用算法。第二部分(第五章—第七章)分别针对 CAD、CAM、CAI 三类系统,详细地讨论了它们各自设计开发的原则、技术和方法,并结合实例强调系统实用化措施及经验借鉴。最后对该类系统的发展动向给予初步论述。全书提供许多程序实例可作为一些基本技术的实用化程序,供读者直接利用。

CAD 技术是新兴技术,并正在飞速发展,书中难免有不足之处,敬请读者予以批评指正。

作 者

1992 年 8 月于清华大学

目 录

第一章 引论	1
1.1 计算机辅助系统的含义及历史	1
1.2 计算机辅助系统的应用	2
1.3 计算机辅助系统的发展趋势	5
参考文献	7
第二章 计算机辅助系统的硬件支撑环境	8
2.1 图形输入设备	8
2.2 图形输出设备	10
2.3 工作站	13
参考文献	15
第三章 计算机辅助系统的软件支撑环境	16
3.1 图形软件包的功能	16
3.2 图形软件包的设计原则	16
3.3 基本图元的生成技术	18
3.4 典型图形软件包 GKS 简介	29
3.5 工程库基本知识	32
习题	38
参考文献	39
第四章 计算机图形学基础	40
4.1 坐标系和坐标变换	40
4.2 窗口与视口	41
4.3 二维图形的窗口裁剪及视口映象	41
4.4 三维图形学基础	43
4.5 曲线、曲面的生成	47
4.6 图形编辑技术	51
4.7 几何造型技术简介	57
习题	59
参考文献	59
第五章 计算机辅助设计(CAD)系统	60
5.1 常规设计过程和 CAD 设计过程	60
5.2 设计流程及设计标准化	62
5.3 CAD 系统的结构及开发	63
5.4 CAD 系统的实例——PANDA 系统	68
5.5 CAD 系统的发展——智能 CAD 系统	87
习题	89

参考文献	89
第六章 计算机辅助制造(CAM)系统	90
6.1 CAM 的发展	90
6.2 现有 CAM 系统	91
6.3 我国 CAM 系统实例——NCP-33 和 CAADMM	92
6.4 计算机辅助生产工艺(CAPP)	93
6.5 CAM 发展目标——CIMS 系统	101
习题	104
参考文献	104
第七章 计算机辅助教学(CAI)系统	105
7.1 CAI 的特点	105
7.2 课件设计准则	107
7.3 课件驱动程序的设计	107
7.4 课件设计的实例——LEARN	117
7.5 课件生成工具——写作系统	119
7.6 CAI 的未来——ICAI	123
习题	124
参考文献	125

第一章 引 论

1.1 计算机辅助系统的含义及历史

1. 含义

计算机辅助系统从广义定义,它泛指一切以计算机作为辅助工具的各种应用系统。从目前主要应用面看,它包括有:计算机辅助设计(CAD)、计算机辅助制造(CAM)、计算机助教学(CAI)、计算机辅助测试(CAT)、计算机辅助加工计划(CAP)等,有的书用计算机辅助工程(CAE)一词将它们概括。本书范围是针对目前应用最广的 CAD、CAM、以及 CAI 为内容,以非计算机专业人员为对象,并作为全国计算机应用软件水平考试的辅导丛书之一,按考试大纲要求,介绍计算机辅助系统的一般性原理、方法和工具。

CAD 是由人和计算机合作,完成各种设计(如机械设备设计、集成电路设计、建筑土木工程、服装设计、动画影片设计等)的一种技术。这种技术在对设计过程认真分析后,按人与计算机各自特点,去完成各自最合适的部分。如设计的经验和判断必须由人来完成,而存储和组织数据以及繁重的计算、绘图由计算机来完成,使设计的效果比人或计算机任何一方单独工作都要好而快,这就是 CAD 倍受各行业重视和欢迎的原因。它不仅提高了设计的速度和质量,而且能在设计完成后由计算机预先显示产品最终的外形结构及估价,使设计者在投产之前可进行评价并作出决策。

CAM 是利用计算机辅助完成生产计划和控制生产过程的一门技术。它与 CAD 密切相关,现经常以 CAD/CAM 系统使设计与生产连接成自动化工程。CAM 直接使用 CAD 产生的数据,对于结构复杂、精度要求高的行业是不可缺少的工具,如宇航及航空工业是首先应用 CAD/CAM 技术的领地。

CAI 是为课堂示范、自学实践、实习培训,以及教学科学管理等方面应用计算机辅助的技术。它为培养各方面人材提供高质量的教育途径,对一些有危险性的或不易实现的场景可提供既安全又廉价的模拟。如飞行员的模拟训练、太阳系运动的模拟、人体病症诊断模拟等。也为提高全社会文化素质提供普及的环境。

这三方面技术应用不同,但有许多共同特性(如以计算机为辅助工具),因此它们的软硬件环境和所用到的有关理论知识是相同的,如计算机图形学、数值计算的有限元法、工程库等。因此本书的第二章至第四章讨论它们共同用到的一些基本知识及理论,后三章分别对它们各自的特殊内容进行讨论并给出实例。为简单方便,在前四章中我们用 CAD 系统作为计算机辅助系统的统称。

2. 历史

CAD 技术的历史回顾细节可参阅文献[1,2]。它起源于 CAM,1963年,美国麻省理工学院(M. I. T.)的博士 Ivan Sutherland 研制的 SKETCHPAD 系统^[3],由一个 CRT 及林肯-TX2 计算机组成,可用光笔在 CRT 屏幕上作机械零件草图、修改操作,这是最初的

交互式图形系统。1964 年通用电机公司提交了 DAC-1 系统^[4]。它的硬件是 IBM 公司根据通用电机研究所的技术规范生产的,它能最终输出工程图的硬拷贝。1965 年贝尔电话实验室公布了 GRAPHIC-1 远程显示系统^[5],它应用于印刷电路版的设计、文本编辑以及交互式布线设计,它最早实现了局部交互工作站与中央主机连网的构思。

70 年代初,Lockheed 发表论文论证了 CAD 的经济效益^[6]。Chasen 公布了一份 CAD 系统在洛克希德飞机制造公司的经济效益报告,在 CAD 领域中产生了巨大的影响,同时用于集成电路的 CAD 系统,使芯片成本大大降低。到 80 年代初,微处理机有很大的突破,相继出现了 8 位、16 位、32 位的微处理器,性能/价格比的迅速改善,CAD 已由科研项目变成一个有经济效益、在各个工业领域中大有作为的实用工具。随之有限元理论蓬勃发展、计算机图形学的形成都为 CAD 技术增加了理论依据,使 CAD 技术被广泛应用于航天、电子、机械、建筑、轻工业以及艺术领域,效益日见明显。据美国 80 年代统计,在超大规模集成电路的设计生产中引入 CAD 技术后提高效率 18 倍,机械工业提高 5 倍,建筑行业提高 3 倍,出版行业提高 4.4 倍。随着 CAD 技术的飞速发展,效益还会更快提高,经营 CAD 应用系统的公司 and 市场每年以 40% 的速度增长。

1.2 计算机辅助系统的应用

60 年代初,CAD 技术只在少数几个大公司中应用,如美国通用汽车公司及 IBM 公司,当时首先被应用于机械制造行业,如飞机制造、汽车制造、船舶制造等。70 年代后期,微型计算机、大容量存储技术及计算机图形学的飞速发展,使 CAD 在工程上的应用从单纯的分析计算变为大量信息存储、检索、绘图、计算溶为一体的独立系统。CAD 技术贯穿到设计、制造、管理的全过程中。近年来,数据库技术的飞速发展,使设计、制造、生产工艺集成于工程库的集成化系统开始形成,使设计产生工艺流程计划,加工数据及数控程序,再到控制机器人的活动路径,实现设计、制造、生产一体自动化的目标已不遥远。目前 CAD 技术已广泛应用于工业的各个领域,乃至家庭。下面侧重从几个主要应用方面来论述 CAD 的应用概况。

1. 在航空和汽车工业中的应用

飞机制造和汽车制造是最早应用 CAD 技术的两个行业。美国波音飞机制造公司在 60 年代初已有 CAD 程序,主要用于计算分析及绘图输出方面。到 80 年代初已发展成为 CAD/CAM 的集成化系统,飞机外形设计计算,利用专用 APT 自动编程工具语言自动生成可供生产用的机械图纸,并有设计的详细说明文档。在 1975 年洛克希德飞机制造公司公布的 CAD 系统中,仅在绘图方面的经济效益^[7]就足以说明 CAD 技术具有可大大降低成本、减少返工、提前纠错的重大收益。

在汽车制造业中,CAD 技术为外形造型设计、制图以及新产品试制方面提供了经济而有效的途径。60 年代的 DAC-1 系统是首先应用于汽车行业,70 年代又出现了 CADANCE、FBX 等系统都是汽车制造工业内部开发的。到 80 年代,在发达国家中,汽车的发动机、底盘、车轮、刹车、燃料系统、排气系统、转向器以及驾驶盘等 70% 以上的汽车部件的设计制造均已采用了 CAD 技术。

在我国,随着开放政策实施,在飞机及汽车制造中也已引入许多 CAD 系统,有的厂家也正向集成化系统发展。

2. 在电子工业中的应用

CAD 技术在电子工业方面的应用最早始于印刷电路版的制造设计^[8],1966 年 IBM 元件分公司研制了一个 CAD 系统,在 IBM/360 机上运行,1977 年又推出 IWS/370 系统,在 IBM 公司内部使用交互图形设计计算机的插件板、底板、模板及框架等,降低成本 50%。现在,据美国有关统计,75% 的 CAD 设备是应用于电子工业的设计与生产^[9]。

我国的电子工业中,CAD 技术主要应用在集成电路的版图设计及逻辑模拟分析方面,但也已开发有集成化系统——PANDA 系统,它是国家“七五”攻关成果,是以数据库为核心,将电路逻辑模拟、时序模拟、电路模拟、版图设计、版图验证、掩膜生成集成为一个系统。

3. 在建筑行业中的应用

在建筑行业中,CAD 技术的应用是发展速度最快的技术之一。据美国统计,在 1979 至 1983 年的短短几年中,CAD 系统的投资占其总投资的 18%。它首先建立了房屋设计的 CAD 图形网络,实现分布式 CAD 技术的应用,共享图形资源,减少工程费用,加快设计过程。现在使用 CAD 技术水平已成为工程公司技术水平的象征,是对外竞争投标的重要手段和标志。目前,许多 CAD 软件公司已有成套的建筑工程软件商品,如 Intergraph 公司在 VAX-11 系列机上有由数据库(DMRS)和图形处理(IGDS)为核心,并配有测绘应用的一套建筑工程设计软件系统。CV 公司的 CADDS4 系统是由多道操作系统和二维/三维图形数据库组成的多任务软件。Calma 公司有 DIMENSION Ⅲ 系统,等等。目前建筑行业中,从勘测、设计、建筑结构、管道、电气五大类都有软件产品,CAD 技术已渗透到建筑工程各专业内部的主要环节中。

4. 在机械制造行业中的应用

CAD 技术最初应用于机械制造业是数控(NC)系统,它由专用计算机的指令程序控制机床加工。现在随微机飞速发展,已有国际标准语言 APT 为编程语言,从 NC 向 CNC、DNC(直接数控)及自适应数控(ACNC)发展。机械行业中的主要生产环节目前在发达国家中已实现应用 CAD 技术。由图 1.1 中可看出:18 世纪工业革命使机械制造业从手工工场变为机器工厂,这是机械制造业的第一次飞跃。当今 CAD/CAM 的综合制造系统的诞生,是机械制造业技术发展上的第二次飞跃,使机器可在无人操纵下自动运转。欧洲信息技术研究战略计划(ESPRIT)制定的计算机综合制造系统由五个子系统构成^[10]:

- (1) 计算机辅助设计 (Computer Aided Design)
- (2) 计算机辅助生产工程 (Computer Aided Production Engineering)
- (3) 计算机辅助制造 (Computer Aided Manufacturing)
- (4) 计算机辅助存储和运输 (Computer Aided Storage and Transportation)
- (5) 计算机辅助生产计划 (Computer Aided Production Planning)

其中计算机辅助生产工程又包括:

- (1) 计算机辅助工艺过程设计 (Computer Aided Process Planning)
- (2) 计算机辅助工厂布置

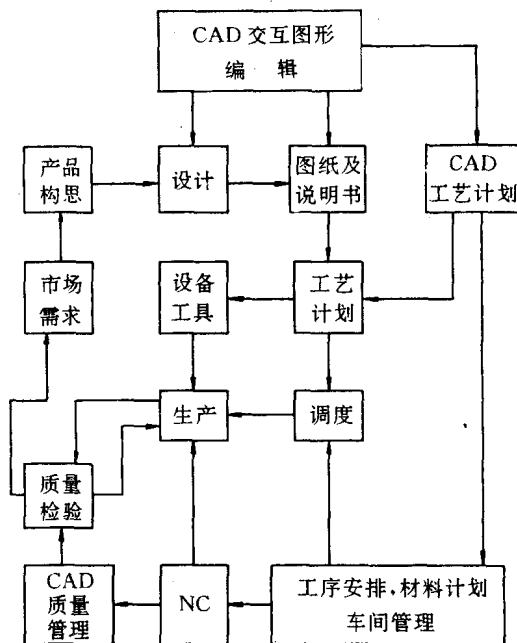


图 1.1 机械生产典型流程图

- (3) 计算机辅助零件编程
- (4) 计算机辅助生产工具和夹具设计
- (5) 材料运输

总之,在机械制造业已从计算机控制机床到自动校正加工公差的闭环系统,向综合计算机辅助制造方向发展。

5. 在教育事业中的应用

CAD 技术在教育方面的应用包括计算机辅助教学(CAI)、计算机辅助教学管理(CMI)以及计算机辅助教材出版(CAP)。CAI 的第一个系统是美国伊里诺大学在 60 年代开发的 PLATO (Programming Learning and Teaching Operation) 系统,目前已改进了好几次,有第五版本供使用。1981 年在瑞士首次召开国际 CAI 学术会议,此后每年都召开一次。目前 CAI 已从课件时代向课件自动生成的写作系统及智能 CAI 发展。我国在国家教委领导下,全国已有清华大学、北京大学、西安交大等学校成立了 CAI 中心,国家也组织了一些大的 CAI 项目,如高等数学试题库、力学试题库等,现正处于研制各种写作系统的阶段。而 CMI 常常结合 CAI 实现,不少 CAI 系统扩充有 CMI 功能。现已有一些中学校长管理用的商品软件出售。在我国有些大学中,排课表、学生成绩统计等都已应用 CMI 技术。CAP 近几年飞速发展,已形成独立系统,对整个出版界影响很大。据美国统计,仅在 1983 至 1989 几年间,CAP 系统的销售额已突破 500 亿美元。现在在发达国家的 CAP 系统已能将文字处理、编辑、编页、排字、版面设计、排版都集成为一体,利用相同的文字、图形库进行出版工作。而我国这方面相对而言还起步较晚,还没有集成化系统。

1.3 计算机辅助系统的发展趋势

对未来要作出科学而精确的预言是很困难的,这里只概述在 90 年代中将会出现的、对计算机辅助系统具有较大影响的某些趋势。由于计算机辅助系统带来了明显的效益:提高了工作效率、充分利用了资源、减少库存量、使危险工作实现自动化、改善了工作环境、减轻劳动强度,使企业充满了创造性竞争活力,这是计算机辅助系统能不断发展和完善的动力。这里特别要指出的是,1991 年 4 月 9 日世界上 21 个领先的计算机厂家在一个联合新闻发布会上宣布了创建一个“先进计算环境 ACE (Advanced Computing Environment)”的承诺,这项倡议的宣布为建立一个全新的先进计算机系统奠定了基础,对计算机辅助系统的发展也将产生深远的影响。

ACE 实质上形成了计算机软硬件综合的新国际标准,它的总目标是建立起一个开放的计算机环境,在这个环境中不管由那个计算机厂家或公司研制的计算平台,都要能实现应用软件二进制兼容,其具体内容如下:

1. Microsoft 公司的高级操作系统 (OS/2 3.0) 是一个高性能的、基于 Microsoft “新技术” (NT) 之上的 32 位操作系统。NT 技术利用先进的操作系统原理实现了如 32 位预空 (preemptive) 式多任务、可移植性、对称性多重处理、高度安全性、集成化的联网等特性。OS/2 3.0 将支持 MS-DOS、窗口、OS/2 及符合 POSIX 规范的应用,并提供适用于先进台面系统和服务器系统的各种功能。

2. SCO 统一的 UNIX 系统 (开放式台面系统) 是一个强有力的、先进的 32 位操作系统,它全面地将 UNIX、图形用户接口、数据管理、公布连网性能以及其它服务融为一体。它提供多用户、多任务、安全性、对称多重处理以及集成网络化的窗口能力。对符合所有主要开放软件标准——包括 OSF AES, POSIX 1003.1, X/open XPG3 和 SVID Issue2 的应用提供支持。此操作系统将与几千个应用程序相兼容,包括 DEC 的 ULTRIX 应用程序,SCO 的开放式台面系统以及其它厂商支持的基于 MIPS 的 UNIX 操作系统之上的应用保持兼容,而且所提供的等级可以从便携式机直到多重处理服务器。

3. 先进 RISC 计算 (ARC) 规范是一个针对基于 MIPS RISC 微处理器的计算机平台规范,根据此规范提供产品的覆盖范围从便携式机一直到数据处理中心,而且对于应用软件提供完全的二进制兼容。ARC 规范还将弥补工业标准 PC 机的不足,为用户提供广泛的基于标准计算手段的可供选择的方案。

4. 对工业标准的 PC 机和 PC 系统的支持意味着当今基于 386 和 486 的台式设备和服务器平台将继续成为重要的应用程序的优良计算平台 (包括将来高级 X86 台面系统)。ACE 倡议对 PC 资源提供了广泛的应用软件以及外部设备方面的兼容性。

总之,ACE 倡议在硬件和软件提出了必须遵循的国际标准是:

软件遵循

- SCO 公司的统一 UNIX 开放台式操作系统。
- Microsoft 公司的先进操作系统 (OS/2 3.0)。

硬件遵循

- 全面支持基于 386、486 和今后的 X86 工业标准的众多 PC 和 PC 系统
- 基于 MIPS 公司 RISC 微处理器为基础的计算平台。

此外,ACE 将提供与用户现有网络环境的互相连接性能,用户将可以访问由多个厂商提供的能在不同机器上运行的新、旧应用资源。因此,ACE 的结构框图如图 1.2 所示。预计按此倡议研制的首批产品将在 1992 年提供用户使用,目前已有六十多家公司参加,而且 ACE 已宣布完成了 ARC 规范。ACE 倡议会给独立的软件厂商带来很大的好处,从此他们可充满信心地编写应用程序,并让这些程序在所有的平台上运行。在 CAD 应用方面突出要求是图形用户接口的标准化,目前 OSF/Motif 已被承认为事实上的工业标准的用户环境,它的 1.1 版本专门针对为当前异种机网络计算环境的应用程序开发提供方便。

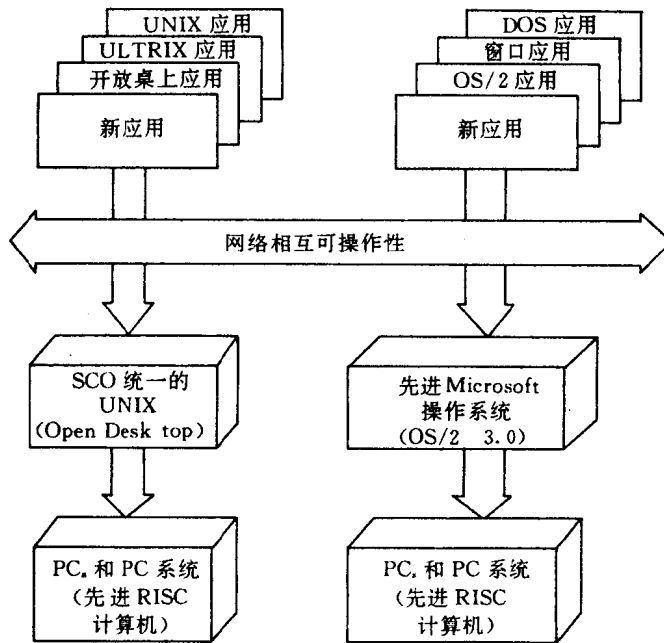


图 1.2 ACE 结构图

OSF/Motif 的核心包括:可扩充的用户接口工具套件,稳定的、经过测试的应用编程接口,用户接口语言,窗口管理以及包括风格指南在内的完整文档。

OSF/Motif 工具套件(Toolkit)提供标准的图形用户接口层。它包含有一个图形对象库(如菜单和表格),用于构成应用程序的用户接口。它以 X-window 11 R4 intrinsics 为基础。这个 intrinsics 用面向对象的模型来建立起被称为“小附件”的图形对象的层次结构。许多小附件的按钮、比例尺、列表、制图的复合区,都包含在工具套件中,它可用附加小配件超高速缓冲进行扩充。如 CAD 应用程序的设计者和用户可通过给一类小配件赋予同样的属性(如色彩,字型)的方法实现有效的性能改善。OSF/Motif 为用户提供了当前可供使用的应用程序的最大可能的移植能力、互用性和伸缩性。

ACE 对 CAD 系统的软硬件发展有极大的好处,它可以保持已有的软硬资源,能标准

化未来系统的软硬资源,使异种机网络环境技术延用,不仅节省资金,也大大减少了培训人员的时间和费用。

具体看,未来的CAD系统的硬件也将随ACE趋向于立足支持在386、486微机建立小型CAD系统,而由各种工作站连网建立大型CAD系统。在软件方面,将会立足于OSF/Motif之上的各种CAD应用系统。光盘存储器的问世,也会给CAD带来强大的刺激,CAD系统对存储容量的需求将会得到满意的回答。三维图形显示速度会得到明显改善。智能CAD系统将越来越受到CAD设计者的青睐。

参 考 文 献

- [1] I. D. Benest, "A Review of Computer Graphics Publications", Computers & Graphics 4, pp. 95—136, 1979.
- [2] S. H. Chasen, "Historical Highlights of Interactive Computer Graphics", Mechanical Engineering 103 11, pp. 32—41, 1981.
- [3] I. Sutherland, "SKETCHPAD: A Man-Machine Graphical Communication System", AFIPS, SJCC 23, pp. 329—346, 1963.
- [4] E. Jacks, "A Laboratory for the study of Man-Machine Communication", AFIPS, FJCC 26, part1, pp343—350, 1964.
- [5] W. Ninke, "GRAPHIC1—A Remote Graphical Display Console System", AFIPS, FJCC 22, part1, pp839—846, 1965.
- [6] R. Notestine, "Graphics and Computer-Aided Design in Aerospace", AFIPS, 42, pp629—633, 1973.
- [7] S. H. Chasen, "Economic Principles for Interactive Graphic Applications" AFIPS 44, pp613—620, 1973.
- [8] J. Koford, P. Strickland, G. Sporzynski, E. Hubacher, "Using Graphic Data Processing System to Design Artwork for Manufacturing Hybrid Integrated Circuits", AFIPS, FJCC 29, pp229—246, 1966.
- [9] J. Encarnacao, "Interactive Computer Graphics—The Rich and Dynamic Man-Machine Environment", Proceeding EURO IFIP 79, London, 25—28 Sept. pp521—529, 1979.
- [10] C. B. BESANT, "Computer-Aided Design and Manufacture" (2nd Edition), ELLIS HORWOOD LIMITED, 1983.
- [11] J. C. Latombe, "Artificial intelligence and Pattern Recognition in Computer Aided Design", Amsterdam North-Holland, 1978.

第二章 计算机辅助系统的硬件支撑环境

CAD 系统是将快速计算机配大容量存储能力外加图形处理能力来解决各类工程问题的系统,因此一个完整的 CAD 系统应包括计算机、大容量存储设备以及图形设备等硬件。

各类计算机是 CAD 系统硬件核心,大、中、微几种计算机将 CAD 系统分成大、中、小三种系统。大型计算机如 IBM 的 4300 系列,德国西门子公司 7700 系列,日本富士通和日立公司的 M 系列等,它们都有速度 1—2mips 以上的 CPU,1—60 兆字节的主存储器,10 兆到几百兆的字节容量的磁盘。有同步和异步通信口以便构成计算机网络。中小型计算机(如 VAX 系列)的 CPU 速度是 5—10mips,1—16 兆字节的主存储器,10—40 兆的磁盘。所有设备挂接在单总线上,总线由许多根信号线组成,有较高的数据传送速率。微型计算机以 IBM-PC 为典型,内存从 256K 到 3 兆字节。20 兆硬盘 1.2 兆 5 寸软盘。在微机基础上近年又发展为独立使用的工作站,SUN 系列和 HP 系列工作站在我国有相当市场,而且工作站已有将成为 CAD 系统主流市场的趋势。

2.1 图形输入设备

CAD 系统中,图形输入设备是人与计算机通信的工具。用户通过它将各种图形送入计算机并发出命令,由计算机完成某些功能处理。对交互式 CAD 系统,图形输入设备除上述功能外,还要控制显示屏幕上光标的定位(position)、标定(pointing)以及绘图操作(Drawing)。

一般来说,CAD 的图形输入设备的性能特性包括如下几个方面:

1. 设备工作原理的立足点,目前主要有向量方式和光栅方式两种。向量方式是将输入图形看作由基本的点及线段组成;而光栅方式是将图形看作由点阵(像素)构成。前者的输入图形数据以数组格式存储,后者的输入图形数据以整个屏幕一帧画面的像素数据存储。这两种不同的方式,造成软件编制有很大的差异。
2. 设备的分辨率。是指设备能独立区分两点之间的最小间距,它直接反映出图形的精确程度。
3. 设备对原图色彩的识别能力。
4. 设备运行时对软硬接口的要求。如是用串行或并行接口、要求哪种操作系统支撑。
5. 设备的智能化程度。有些设备本身带有 CAD 系统常用的功能,如平移、旋转等坐标变换,有的数字化仪本身自带。

CAD 系统中所用输入设备有光笔、数字化仪(数字化台板)、鼠标器、键盘以及声控输入设备。

2.1.1 光笔

光笔是最早被交互式 CAD 系统用来进行图形输入的设备,至今已用了 20 多年,它能直接在屏幕上工作,能简便地识别屏幕上的亮区和暗区,它能直接画图或选择目标。实际上光笔本身并不会发光,而是能检测屏幕上的光亮变化。计算机随时跟踪光笔位置,由它将屏幕亮度变化转化为数码存储。由于显示器的不同,光笔有两种处理方式。对刷新式矢量显示器,光笔可直接从显示文件得到象素信息;而对存储管式显示器,光笔要靠输入显示屏幕上的坐标去找离坐标最近的象素中搜索比较才能确定真正的象素信息,这会影晌速度。光笔输入的优点是直观,缺点是光笔本身挡住人的视线,对准目标困难,因此要求精度很高的图无法用它,例如集成电路的版图,有间距很近的多条线,用光笔很难加以区分。光笔多数用来定位和选择目标。

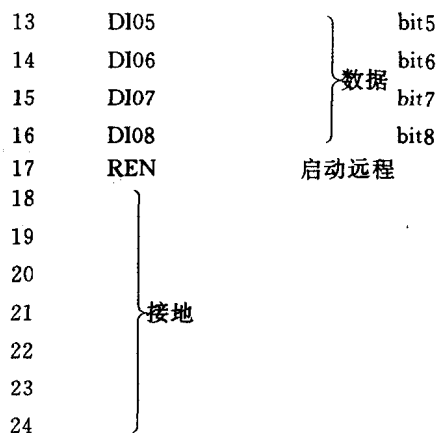
2.1.2 数字化仪

数字化仪由矩形平板和游标组成,它是用来读取图纸上的各点 x, y 坐标的一种图形输入设备。利用游标在图上移动,将图纸上画面的 x, y 坐标读入计算机内。它具有较高的分辨率和精度($\pm 0.01\text{cm}$),对一般工程可满足精度要求。它按游标结构不同可分成三种:

1. 自由游标数字化仪,这种数字化仪要求平板水平放置,游标在平板上可自由移动。
2. 约束游标数字化仪,游标沿一个支架滑动,而支架可在平板上移动,这种数字化仪的平板可以竖直工作。
3. 马达驱动游标数字化仪,游标可自由在平板上移动,平板可在垂直和水平两种方式下工作。

最常用的还是自由游标数字化仪,它们大多数用电磁感应原理进行工作,即平板范围内产生磁场,在游标内有个小线圈可以感应出信号。数字化仪与计算机的接口已在 1978 年由 IEEE 定为标准化的 GPIB 接口总线。这种连接采用 24 芯标准连接电缆和连接器,其信号线如下:

接线脚	信号名	
1	DI01	} 数据 bit1
2	DI02	
3	DI03	
4	DI04	
5	EOI	结束
6	DAV	数据有效
7	NRFD	数据未准备好
8	NDAC	未接收数据
9	IFC	接口清除
10	SRQ	服务请求
11	ATN	数据送到总线
12		



数字化仪输入的坐标是绝对坐标。它的优点是精度高,处理地图、集成电路掩膜 X 光片都能可靠的输入,缺点是速度慢,一般在秒级速度水平。

2.1.3 鼠标器

鼠标器近年来已成为 CAD 系统最常用来控制光标定位的输入设备,它有两种,一种在底部带有滚轮,可在平板上自由滚动,与滚轮相耦合的电位器可测知两个相互垂直方向上的相对运动,可随时控制提供光标位置的坐标值;另一种鼠标器利用一种光学传感机构去确定光标位置,它有一个专用窥视板,鼠标器在上面可以自由移动,跟踪光标。并利用鼠标器上的按钮(有两个或三个)选择屏幕内容、输入命令或菜单。工作站上的鼠标器现已无需专用窥视板。鼠标器由于操作简单、占空间小,较受用户青睐。

2.1.4 键盘

键盘是各种计算机系统通用的输入设备,对 CAD 系统而言,除有普通的字母、数字键外,还有专用的功能键,如控制光标位置的上,下,左,右移动键。通常键按一次,就产生一个 ASCII 编码。字母、数字键的排列形式与打字机相似,在上方还增设一排功能键,功能键可完成一个功能或一组功能。有些键在程序控制下能发光,可以用来提醒用户注意键盘正处于何种状态下工作,如 Numlock(数字锁定键),CAPSLOCK(大写字母锁定键),scrollLock(上卷动锁定键)。通常键盘用来输入命令和控制光标,功能键可用作输入图形,这要由程序控制而定。

2.2 图形输出设备

图形输出设备包括图形显示设备(软拷贝输出)及各种绘图仪(硬拷贝输出)两类。而图形显示设备是必不可少的输出设备,它以阴极射线管 CRT 显示器为主。虽然现已开始出现液晶平板显示器,但目前还未能取代 CRT 显示设备。绘图仪最常用的是笔式绘图仪,点阵式打印绘图机和激光打印绘图仪等,下面主要介绍 CRT 显示器和几种绘图仪。

2.2.1 CRT 显示器

CRT 显示器按其工作原理可分为向量刷新式和光栅式扫描两种,按其色彩特点可分为单色(黑白)和彩色两种。对 CAD 系统多数需用彩色显示器。

图形显示器的性能指标是显示面积及分辨率。分辨率高,表示显示图形精度高。目前显示器分辨率有 600×200 , 640×400 , 800×400 , 1024×1024 , 2048×2048 , 4096×4096 等。

近几年为改善分辨率,在显示器上增配各种分辨率接口板,如 CGA, EGA, VGA 等,因此现在谈到显示器时常带有接口来分类。

1. 向量刷新式显示器

向量刷新式显示器以随机方式显示图象,实质上是以 25Hz 或更高刷新频率反复重新描绘图象来保持图象。由于阴极射线管内电子束偏转速率受硬件限制,而且防止图象刷新时使人有闪烁感,对刷新频率有一个严格的最低限。因而刷新显示器在一幅画面上能显示的矢量数也有一个内定的上限(与生产工艺有关)。对于这种特殊要求,一般刷新显示器都要有一个存储图形全部信息的显示缓冲器,还有一个控制刷新频率不断重复向缓冲器传送信息的控制器,其中缓冲器的容量大小以及控制器的速度直接影响显示器的功能,如缓冲器有限,对复杂图形生成就慢。控制器速度慢,图形生成也慢。但它有一个优点,由于每个图形向量都存在显示缓冲器内,所以对图形中任意局部都可以进行修改,这对于显示动态图象和 CAD 系统中橡皮筋功能都是极为重要的。

2. 光栅扫描显示器

光栅扫描显示器是用电子束使像素(点)以不同亮度在屏幕上显示。像素定义为可以在屏幕上显示并可独立控制的最小信号区。电子束在屏幕上每水平方向扫描一次就构成一条扫描线。从屏幕的左上角开始,一行行扫,扫到屏幕右下角结束并自动回到左上角。有时为了克服闪烁,用隔行扫描技术,即把一帧画面分两次扫描,实质是提高屏幕发光的频率。这种光栅扫描是用电视光栅扫描显示器,能与标准电视技术兼容。

在 CAD 系统中使用另一种显示技术,称为位图。即计算机控制屏幕上每个像素,对每个像素的信息存储起来。它将屏幕看成是一个小方格网的阵列,每个小方格是一个像素。如分辨率为 640×400 , 即有 256000 存储位,这个存储位称为一个位平面,它和屏幕上像素阵列对应。如每个像素有三种颜色,则要有三个位平面存储信息。三种基色可有 8 种颜色的组合,如要增加颜色,必须再增加位平面。图 2.1 描述彩色映象技术,有时称这种映象关系为调色板,被目前许多图形显示器采用。

图中有 8 个像素存储器,每个像素由 8 位二进制数来确定三种基色的强度,由它可在查址表上找到。查址表有 256 个地址,每个地址有 12 位,其中 0—3 位用来驱动蓝色电子枪,4—7 位用来驱动绿色电子枪,8—11 位用来驱动红色电子枪。也就是每个像素可以有 256 种颜色的选择,如增加查址表及查址表地址位数,就会改变像素与颜色的映象关系,可以调整颜色的选择,形象地将它称为调色板技术。

近来由于微机技术飞速发展,这种像素存储器、调色板寄存器都已发展成几种图形接口,如 MDA(单色显示适配器)、EGA(增强图形适配器)、CGA(彩色图形适配器)以及

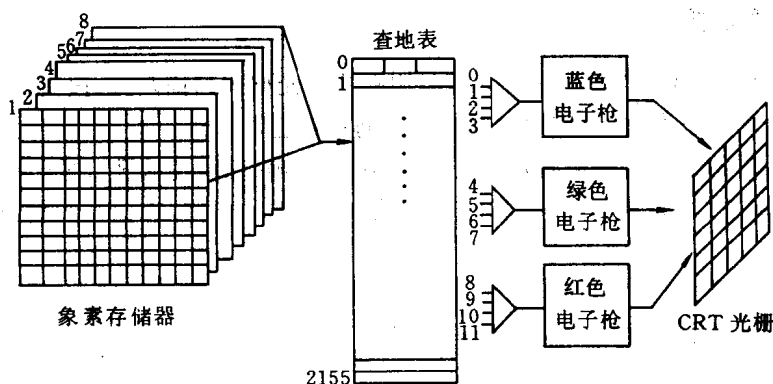


图 2.1 彩色映象原理图

VGA(视频图形阵列),并配置有按标准方式应用的低层固化程序 BIOS(基本输入输出系统)为 CAD 系统和其他应用系统提供了许多图形模式的选择,这将在下一章的第三节中详细介绍。

2.2.2 硬拷贝输出设备

CAD 系统所用硬拷贝输出设备也有两大类:向量型和光栅型。笔式绘图仪是向量型的,而点阵打印机、激光打印机的静电绘图仪是光栅型的。

1. 笔式绘图仪

常用笔式绘图仪有平板式、滚筒式和鼓式三种。平板式绘图仪有能在 x, y 方向上移动的笔架,图纸固定在平板上,有些笔架装有多达八种颜色的绘笔。可自动选笔,绘图速度主要取决于笔的运动速度。滚筒式绘图仪的笔架和纸都可运动,它的图纸尺寸可以是多种规格,但图纸长度有限。鼓式绘图仪能绘制长度不限的图纸,笔沿水平方向运动,纸在垂直方向运动。比较三种绘图仪各有千秋,平板式一般占空间大,图形分辨率高,绘图速度不太快,精密度要求高的图纸用它绘图。滚筒式占空间比平板式小,绘图速度快,尺寸不大而数量多的图纸适用。鼓式占空间也小,可连续绘图,但由于鼓的弧度有时易造成图形变形,适于绘制尺寸大的图。

笔式绘图仪的主要性能指标是:

- (1) 图幅面尺寸: A0, A1, A3 等。
- (2) 笔速和出图率。一般笔速在每秒 200—500 毫米之间。出图率是指每天绘图纸多少,笔速快不一定出图率高,通常平板式的笔速高于滚筒,但出图却比滚筒式的少。
- (3) 图形分辨率。这说明绘图仪的曲线光滑度和精度。
- (4) 使用时的环境(如温度、湿度、尘灰等),色彩的种类选择性。
- (5) 接口标准及工作方式,通常标准接口有串、并行两种,能与主机联机也能脱机操作。

2. 点阵打印机

这是一般计算机系统所带的输出设备,要求低的 CAD 系统可利用它作为图形输出