

目 录

序言		5.1 概述	75
前言		5.2 空间数据结构与数据模型	77
第 1 章 概论	1	5.3 数据输入与数据转换	84
1.1 CAD 系统发展概况	1	5.4 空间查询与空间分析	86
1.2 工程设计 CAD 技术的发展	2	5.5 若干典型应用简介	88
1.3 工程 CAD 系统对支撑环境的要求	3	5.6 GIS 软件产品	90
第 2 章 工程 CAD 系统的配置	6	第 6 章 桥梁 CAD	93
2.1 工程 CAD 系统中的计算机	6	6.1 概述	93
2.2 图形设备	8	6.2 桥梁方案草图拟定	95
2.3 大容量存储设备	12	6.3 大桥初步设计结构分析子系统 STA	99
2.4 通信与网络设备	15	6.4 桥梁结构有限元分析及前后处理	110
2.5 工程 CAD 系统中的软件支撑环境	16	6.5 中小跨桥梁的技术设计	123
第 3 章 工程结构 CAD	21	第 7 章 道路 CAD	137
3.1 工程结构 CAD 系统的总体结构	21	7.1 基础知识	137
3.2 工程结构 CAD 模型建造	27	7.2 道路工程 CAD	141
3.3 工程结构 CAD 数据库	34	7.3 涵洞工程 CAD	155
3.4 工程结构分析系统	38	7.4 城市道路与交通规划工程 CAD	163
3.5 工程结构 CAD 图形系统	43	第 8 章 地基基础 CAD	171
第 4 章 建筑 CAD	47	8.1 概述	171
4.1 建筑基础知识	47	8.2 独立基础 CAD	173
4.2 建筑设计的计算机描述	48	8.3 条形基础 CAD	182
4.3 建筑 CAD 软件的开发	59	8.4 井格基础 CAD	185
4.4 建筑 CAD 的重要应用	68	8.5 筏板基础 CAD	195
第 5 章 地理信息系统	75	8.6 箱形基础与桩基 CAD	197

第1章 概 论

1.1 CAD 系统发展概况

计算机辅助设计(CAD)概念是在60年代计算机图形处理技术推出之后提出的。1963年,年轻的美国麻省理工学院博士 Ivan Suther Land 研制出了 SKETCHPAD 系统。这个系统包括了一个阴极射线显象管 CRT, 由 Lincoln-TX2 计算机驱动, 可以用光笔对图形进行操作处理。Ivan Suther Land 首次指出: 工程师可以坐在计算机前, 操纵光笔进行设计, 并由计算机产生出所需的设计图。此后, 计算机辅助设计技术开始形成, 并在工程界、工业界逐渐应用。但是, 在60年代, 由于计算机及图形设备价格昂贵, 只有少数几家实力雄厚的大公司(如波音飞机制造公司、通用汽车公司等)有能力使用这一技术, 这就大大地限制了 CAD 技术的发展和推广。然而, 60年代却是 CAD 技术基础之一的计算机图形学发展很快的时期。例如, 美国 MIT 的 Steve Coons 的曲面片技术, 洛克希德 (Lock head) 公司研制了用于数控的计算机图形系统, 1965 年贝尔电话实验室推出了图形显示系统 Graphic 1 等等。

在70年代, 由于在电子电路设计中使用了 CAD 技术, 集成电路技术迅速发展, 中规模、大规模集成电路出现, 并应用在计算机技术上, 推出了性能价格比很高的小型计算机 (Mini Computer), 图形显示器 CRT 质量提高, 价格下降, 图形学理论又有了很大进展。所有这些都为 CAD 技术的完善和推广应用提供了理论基础和技术条件。特别是生产了以小型计算机为基础的 CAD 系统, 价格大幅度下降, CAD 技术不再为少数几家大公司所独有, 而且能为大量的中小企业所应用, 使之产生了飞速的发展。这期间, 消除隐藏线图形技术、有限元理论和程序设计等方面都取得了可喜的成果。也就在70年代初期推出了土木工程 CAD 系统 ICES。

在70年代, CAD 技术应用领域越来越广, 很快便形成了 CAD 系统的产业。很多知名的 CAD 厂商便是在这一期间出现的。例如, Applicon、Computer vision、Calma、Ivans & Suther Land、Intergraph 等公司。至今, 这些公司仍然活跃在 CAD 产业界。这些公司推出了以小型计算机为支撑的 CAD 系统、集硬件、CAD 软件于一体。其价格不很高, 可以为广大企业接受。这种 CAD 系统被称之为 Turn Key 系统 (交钥匙系统)。这种系统的推出为 CAD 技术的应用起了很好的推广促进作用。

由于 CAD 技术的推广应用, 电路设计提高到一个新的水平。在70年代后期80年代初, 大规模集成电路及超大规模集成电路技术得到了很大发展, 相继出现了8位, 16位乃至32位微处理器。微型计算机及 CAD 工作站 (以超级微计算机为平台) 成为 CAD 系统的主要支撑环境。实际上, 即使在8位微型计算机上, 如著名的 APPLE 机已具有相当出色的图形功能。但要在这种微型机上 (个人计算机) 开展 CAD 工作还是相当困难的。

80年代 CAD 系统的主体是工作站。其目标是让设计工程师能坐在计算机前完成从方案、初步设计、计算分析、绘制设计图、完成设计文档等一系列工作。80年代初美国阿波罗公司推出了第一台工作站。其运行环境为 DOMAIN 系统。1982年新成立的 SUN 微系统公司针对

DOMAIN 系统的封闭性,敏锐地提出了开放性系统的概念,采用发展势头很看好的 UNIX 系统作为支撑环境,推出了 SUN 工作站。该工作站一推出就受到广大科技界、教育界及工业界的青睐,很快被广泛应用,并发展成当今处于领先地位的工作站制造商,而阿波罗公司则不断走下坡路,终于在 1985 年被惠普公司 (HP) 吞并。这期间出现了 SUN、SGI 等工作站厂商,IBM,DEC,HP 等公司都看好工作站这一市场,纷纷投入,竞争相当激烈。激烈的市场竞争促进了技术的发展,各 CAD 厂商不断推出新技术、新产品。RISC 技术在 CAD 工作站系统上的应用使工作站性能得到了很大提高。图形学理论和图形处理技术在 80 年代亦有了很大的进步,特别是三维造型,真实感图形技术更使 CAD 技术的应用上了一个新的台阶,如三维建筑造型,建筑渲染图,动态景观,室内漫游等到了出神入化的地步,令广大工程设计人员进入了新的境地。

90 年代将是 CAD 技术继续发展的时期。有人预估 90 年代的 CAD 技术将进一步沿着标准化、智能化、集成化方向发展。80 年代已经在计算机图形学和 CAD 技术领域形成了一些标准,这一趋势将在以下几个方面进一步发展和完善。

- 计算机图形学方面

- 1) 计算机图形接口 CGI。
- 2) 图形核心系统 GKS、GKS-3D。
- 3) 层次结构图形系统 PHIGS。

- 数据交换接口

- 1) IGES——基本图形交换规范。
- 2) STEP——产品模型数据交换标准。
- 图形用户界面 GUI、OPEN LOOK、MOTIF。

此外,作为 CAD 系统的支撑环境,开放性的操作系统,如 UNIX,WINDOWS 等将是今后 CAD 系统的主流。面向对象的编程技术和数据库技术将为 CAD 系统的发展作出贡献。

系统的智能化结合专家系统、知识工程,将各个领域的专家经验融合于 CAD 系统中,并开发出智能化用户界面使之更为广大工程设计人员所接受。

系统的集成化是大势所趋。80 年代中 CAD/CAM 技术的集成形成了 CIMS 高科技系统。今后的系统集成将会在以下几个方面发展:

- 集成化:继续发展本行业领域的业务性集成,如 CIMS 系统、工程设计建筑结构、水、电、暖一体化的集成。

- 分布式:网络环境下的分布式 CAD 系统,将各种不同的 CAD 作业,不同的硬、软件支撑环境集成于一个网络环境,或者客户/服务器的环境下。

- 多媒体:各种不同的信息表示与传输媒体,如声音、图形、图象、数据等集成于一系统内,即多媒体系统。这也是 90 年代发展的重要趋势。

1.2 工程设计 CAD 技术的发展

工程设计广而言之包括了一切机械、电子、汽车、造船、建筑等各个领域。但本书中将工程设计的范畴限制在建筑工程、土木工程及市政工程的范围。

国外在工程设计领域内应用 CAD 技术始于 70 年代。它所占份额在整个 CAD 领域并不大,至 80 年代中期占有 18% 的份额。但它却是发展最快的一个领域,并且取得了明显的经

济效益。最初用于工程设计(AEC)的CAD系统是以小型机(DEC PDP/11)为平台的Turnkey系统。较先进的CAD系统有Intergraph的AEC系统;它包括了图形处理系统IGDS和数据管理与检索系统DMRS。还有Computervision公司的CADD系统以及Calma公司的DIMENSION系统。80年代,国外在AEC领域推出了不少以工作站为平台的结构分析软件包,如SAP5、ADINA、NASTRAN、PAFEC等。还有建筑设计软件如SONATA、Aris、Modeview等。为适应市政建设规划与发展的需要,地理信息系统的应用发展很快。相继推出的地理信息系统GIS软件有ARC-INFO、MAPINFO、GENERMAP等。

建筑设计是科学与艺术,即逻辑思维与形象思维相结合的多学科综合性劳动。这一特点使得CAD技术在建筑领域的应用具有更大的难度。但80年代计算机图形学的发展,三维造型技术,真实感图形可视化技术的提高,已成功地用于建筑设计CAD软件中去。逼真的建筑渲染图,动态的景观模拟等已使建筑师们对计算机辅助设计技术刮目相看。现在,不仅仅是计算机绘图,在方案设计,动画模型设计过程中都用上了CAD技术。

80年代中期,我国开始在建筑工程领域引用CAD技术。多年来从引进消化,二次开发国外的有关软件,独立自主开发了适合我国国情的工程设计软件。例如,华东建筑设计院开发出《ABS建筑设计通用绘图软件包》、北京市建筑设计研究院开发出《建筑集成化微机辅助设计系统》,专业涉及建筑、电气、结构、设备、经济等。更值得一提的是中国建筑科学研究院近几年来结合我国国情开发出建筑设计软件ABD;结构设计软件PK、PM、以及TBSA等软件,用户已达几千家,覆盖了全国大多数设计院所。可喜的是一些实力不太强的乙级、丙级设计院所也已成批购置计算机和绘图设备,不少院所已做到人手一套微机的水平。可以预见,21世纪将是工程设计CAD技术的大发展时期。现在,我国的工程CAD技术和国外相比还有很大差距,软件水平还有待继续提高,如软件的集成化、支撑软件的完善和开发、以及高档工作站软件的开发都是今后要花大力气去做的事情。

1.3 工程CAD系统对支撑环境的需求

工程CAD系统的组成分为CAD硬件和CAD软件两大部分,如图1-1所示。

由于工程设计的主要对象是房屋、道路、桥梁及各种市政设施。对CAD系统有其特别的要求,归纳起来有:

1.3.1 硬件支撑环境

1. 运算速度快 如前所述,早期的CAD系统建立在小型计算机上。自80年代以来,以工作站为主体的CAD系统推出,特别是RISC技术的发展,使工作站的性能得到很大提高,很多大型工程设计的计算分析任务都可在工作站环境下完成。近几年来,由于PC机CPU的性能越来越高,386、486以及Pentium(奔腾586)CPU芯片,使PC机进入了CAD系统。特别是在我国还不很富裕的情况下,以PC机为平台的CAD系统得到广泛使用,为我国工程设计CAD技术的发展打下了良好的基础。鉴于工程设计的特点,其CAD系统宜选择性能较高的PC机,例如386/33以上带80387协处理器,最好使用486和586(pentium)PC机。

2. 有大容量存储能力 因为工程设计中不仅有大量的数据需要运算、存放,而且有大量的工程图样,从方案图到施工图,还有大量的文字规范、设计说明书需要存放和生成,以一张图样约占0.5M到1M字节计,大型工程有成百上千的工程图样,这就要占用相当大的容量。目前常用的大容量存储设备是硬磁盘,PC机上用的磁盘容量约几十兆字节到几百兆字

节,工作站上用的磁盘容量约在几百兆字节到几千兆字节。另一种大容量存储设备是磁带机。磁带分为 1/2in, 1/4in, 4mm 或 8mm 几种,容量从几十兆字节到几千兆字节。近几年来光盘已发展成熟,除只读性光盘外,还有可擦除的读写光盘,容量多在 600M 字节。

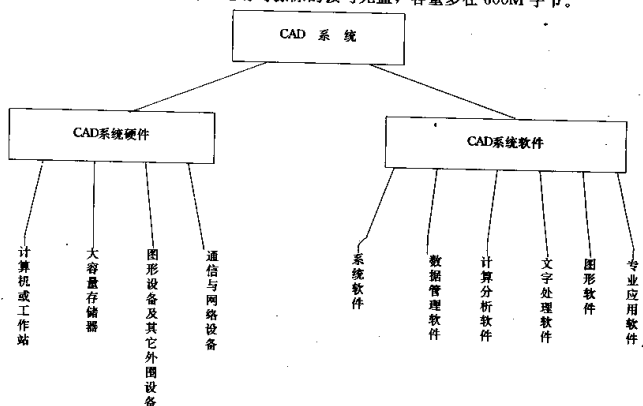


图 1-1 工程 CAD 系统组成

3. 高性能的图形设备 图形设备是 CAD 系统必不可少的部分。工程设计最终以图样作为设计成果。其设计过程很大一部分是交互式的绘图过程。图形设备有以下几大类：

(1) 图形显示设备 显示器是用户在从事 CAD 工作过程中最直观的人机对话的界面,分辨率和色彩种类是显示器的主要性能指标。根据显示适配器(显示卡)性能可分为 CGA、EGA、VGA、TVGA 等,目前使用的多是 VGA 和 TVGA。显示器分辨率大小在 PC 上最常用的是 VGA640×480 和 TVGA1024×768。显示器尺寸大小多为 14in,也可使用 17in、19in 等大屏幕显示器。在工作站上使用的显示器多为 16in、19in、21in,分辨率为 1024×1024 或 1280×1024。

(2) 图形输入设备 常用的图形输入设备是数字化仪(Digitizer)、数字台板(Tablet)、扫描仪等。数字化仪的精度可以很高;数字台板配合鼠标器操作亦较方便;扫描仪能快速将图样录入,但存在着矢量转化的问题。

(3) 图形输出设备 最常见的图形输出设备是绘图机。若按照工作的机理则可分为笔式、喷墨、激光、静电等各种类型。笔式绘图机是矢量式设备,有单笔和多笔(彩色)之分;从机械结构上分有平板式和滚筒式。笔式绘图机精度高,幅面从 A3 到 A1, A0 大小不等。喷墨、激光、静电等类型的绘图机属于光栅型设备。其特点是出图快,如喷墨绘图仪几分钟就可以出一幅 A0 图样。

硬拷贝机是另一种图形输出设备。它能将显示器上的图形原封不动地拷贝到纸或胶片等其它媒体上。彩色硬拷贝机亦能做到真彩色输出,如热升华拷贝机可以绘出质量很高的彩色

渲染图。

4. 健全的网络通信设备 工程设计 CAD 的工作环境将向分布式网络环境发展。在网络环境下可以共享数据库和软、硬件设备资源。设计人员根据自己的不同需要获取不同的数据,产生出不同的设计结果。近几年来,一种称为客户机/服务器的系统受到广大客户的青睐。这是一种以工作站、小型机作为服务器,以低档工作站、PC 机、或 X 终端为客户机,通过以太网缆连接在一起的系统,采用的通信协议如 TCP/IP 等。

1.3.2 软件支撑环境

1. 系统软件 首先,系统软件是指整个计算机硬件系统工作的。对系统软件的需求不仅仅是在功能上的完善,更重要的是系统的开放性,以支撑开发商和用户进行 CAD 软件的开发。自 80 年代开始 UNIX 系统,WINDOWS 系统已逐渐被人们接受为标准化的支撑平台。我国在 CAD 应用开发的前期,PC 机上的 CAD 应用软件大多是 DOS 环境下开发的。国际上著名的 PC 机图形软件 Auto CAD 也是在 DOS 下运行的。但 DOS 环境有较大的局限性。现在,大多数的图形软件和应用软件都逐渐转向 WINDOWS 环境。

2. 图形支撑软件 如前所述,图形输出是工程设计 CAD 的重要组成部分。但计算机的图形必须在图形软件支撑下生成、输出。对图形软件的需求是图形生成算法先进、占用存储量小、速度快、用户界面好、使用方便;还有很重要的就是标准化,使开发的应用软件可移植性好。AUTODESK 公司的图形软件 Auto CAD 是当今使用最广泛的图形软件之一,目前已有第 12 版推出。Intergraph 公司的 Microstation 也是比较优秀的图形支撑软件,其易于操作的用户图形界面,高级语言开发工具等受到各方赞誉。

各国标准化组织和国际标准化组织对图形软件的标准化都给予极大的关注。美国的 CORE 系统。ISO 的 GKS、GKS-3D、以及 PHIGS 等都是当前流行于计算机工业界的图形软件标准。

3. 数据管理软件 工程设计 CAD 系统中,除了大量的工程数据外,更重要的是图形数据信息和文字信息。这就要求在 CAD 系统中的数据库管理系统能满足同时处理数值、图形、文字等信息的要求。随着多媒体技术的应用推广,还需要处理语音、图象等信息。由于 CAD 系统数据的复杂性以及特殊性,它对数据管理软件也有其特殊需求。下一章中将作必要的讨论。

4. 计算分析软件 对工程设计 CAD 系统而言,最重要的分析计算软件是有限元分析软件。有限元分析方法使结构计算、应力应变分析的计算机化成为可能。目前,它已经比较成熟,并被广泛应用于机械、建筑、汽车、飞机、造船等各个领域。国际上成熟的有限元分析软件也不少,如 SAP5、ADINA, NASTRAN, PAFEC, ANSYS 等。对这些软件的性能,工程师们往往更关注他们的前后处理功能。优秀的有限元分析软件必须包括完善的前处理和后处理功能。前处理主要解决单元的自动划分和建模;后处理则主要解决图形输出等。

5. 文字处理软件 主要为解决设计文档的建立,能处理中、西文字,并便于进行文档管理。目前,国内主要使用 WPS、Wordstar、Word 等软件,在此不作详述。

6. 专业应用软件 为适应不同专业需求的应用软件,如建筑结构计算和设计,地理信息系统,机械、桥梁、道路等各种专业软件。这些软件必须有良好的用户界面,完善的功能,方便的图形输出等。

第2章 工程CAD系统的配置

2.1 工程CAD系统中的计算机

2.1.1 小型计算机及交钥匙(Turn Key)系统

70年代出现的以小型计算机为平台的CAD系统使CAD技术的应用得到了飞速发展,也使CAD技术进入工程设计界成为可能。这一时期的CAD系统是在小型计算机系统上配以适用的专业CAD应用软件以及相应的图形显示器和图形外设。该系统成为专用CAD系统,用户开机启动即能进入CAD工作状态。这种CAD系统称为Turn Key系统,或称为交钥匙系统。

70年代典型的小型计算机是美国DEC公司的PDP/11系列。这是一种16位字长的计算机,当时的价格能适应中、小企业的承受能力,受到用户的欢迎。Turn Key系统最早是由美国Applicon公司开发的,相继推出这类系统的还有CV(Computer Vision),Intergraph,Calma, Autotrol等公司。在32位字长的超级小型计算机出现后,这种交钥匙系统又向超级小型机平台上转移。最负盛名的超级小型计算机是DEC公司的VAX-11系列机。其它,还有PRime、PE、DG、HP等公司的小型机。对于CAD系统的应用而言,使用32位字长的计算机比较适应于工程计算分析。因为在考虑工程图坐标值时,计算机内部表示为二进制数据,32位字长可表示为 2^{32} (约4亿)个增量,坐标系统可用二进制32位或者十进制10位来表示。对于大多数工程结构计算、有限元分析、三维建筑造型以及模拟程序等都需要有32位的精度。当前,这种Turn Key系统已很少使用,我们这里不作详细论述。

2.1.2 个人计算机(Personnal Computer)

个人计算机是微型计算机的一种分支。早在70年代由于大规模集成电路技术的发展,出现了4位,8位微处理器,以后又出现了16位机。典型的有Intel公司的8080、8088、8086, Motorola公司的68000等。以Intel8088为CPU的IBM PC机是PC机中比较成功的,它和Apple公司的PC机Apple-2等共同占领了绝大多数的PC机市场。但在我国市场上则始终是IBM PC机及其兼容机的天下。

80年代以来,PC机系列相继推出了以Intel 80286, 80386, 80486为CPU的机种,90年代又推出了奔腾系列(80586, Pentium)。用于CAD系统的PC机,必需满足其高速运算的要求,特别是工程中浮点运算的要求,所以在PC机中增加了8087, 80287, 80387浮点运算协处理器。在486CPU中,已将协处理器集成在内,一般不必另加协处理器,但对于运算速度要求更高时,还可另加一种Weitek协处理器。

建立以PC机为平台的CAD系统,其对PC机有如下要求:

1. 具有较高速的运算能力 CPU以386以上为好。而同类CPU还由不同的时钟频率决定CPU的速度。以80386为例,有386/25, 33, 40, 50等。它们分别表示的时钟频率为25MHz、33MHz、40MHz、50MHz。此外还有SX和DX之分,如386SX/25表示CPU为386, SX表示其内部总线结构仍保留286的特性,25表示时钟为25MHz。386DX表示CPU为386,内

部总线结构为 32 位的,性能较 SX 要高。

2. 配备有较大容量的存储设备 对于工程 CAD 系统,因为大量的工程设计图、标准图、规范、设计说明书等各种文字和图形档案,需占用大量存储,故大容量存储器是工程 CAD 系统必须具备的。对于 PC 机系统而言,最好选用 100MB 以上的硬盘,能配备 170MB,210MB,500MB 更好。现市场上还推出了活动硬盘。有 105MB,270MB……等容量的硬盘体。配置了活动硬盘驱动器,盘体可以更换,对于工程 CAD 的存档系统是很好的一种选择。

3. 性能优越的图形设备 图形显示器是人机交互的主要设备。PC 机上配置的显示器,是如前所述的 14in VGA、TVGA 显示卡,分辨率为 1024×768 。当然,也可以配备 1024×1024 高分辨率显示器。考虑到工程 CAD 系统,特别是建筑设计中需要逼真的渲染效果,对色彩有其特殊的要求,普通的显示器配备了 512kB 显示帧存的显示卡,最多只能显示 16 种色彩。这对于要求较高的建筑设计显然是不够的。一般,至少要配置 1MB,2MB 显示帧存以上才能够提供 256 种色彩,或 64k 种色彩 (Hi-Color) 甚至 16MB 种色彩 (真彩色 True-Color)。这一点在选购系统时必须予以注意。

2.1.3 工程工作站

工程工作站或称 CAD 工作站是 80 年代出现的机种。它是为适应工程师及科技人员进行工程设计,图形绘制,计算分析等需求而推出的。工作站建立在超级微型机的平台上,80 年代初美国阿波罗公司研制了第一台工作站。以 Motorola 公司的超级微处理器 68000 系列为 CPU 构造了一种运算速度快,存储容量大,能连接多种外设的高性能工作站。最初,这种工作站是以单用户方式工作,或以一定方式连成网络,但它的系统开放性能较差,约在 1982 年,美国 SUN 微系统公司成立,以一种全新的开放式系统的概念,推出了 SUN 工作站,很快 SUN 工作站就为大家接受,并且以绝对优势占据了很大的市场份额。

这种工作站以 UNIX 系统为其操作系统,提供给用户有力的开发工具,也吸引了大量的第三方软件商为之开发了各种应用软件和工具软件。开放性的核心是标准化,现在 Windows 已成为工作站的标准环境。在用户界面上也走向标准化图形用户界面。例如, SUN 工作站的 Open Look; HP, DEC, SGI, IBM 等公司则采用 OSF-Motif。这些界面已成为国际上通用的标准。

从图形功能上看,工作站具有更强的功能。不仅配备了大尺寸 (19in, 21in) 的高分辨率显示器 (1280×1024),具有 24 位真彩色 (16M 种颜色)。而且,很多图形处理的功能都已由硬件实现,便如三维造型,阴影处理,多光源,反走样,多边形填充等等。在工作站上大多配置了高性能的图形卡,用户在选用工作站时必须根据不同情况,选用不同的图形卡。

从存储能力上看,工作站上有功能强的外设通道,装有能连接大容量设备的 SCSI 接口。这种接口可以连接多台各种外设,7 个串接的大容量磁盘,容量可达几个 GB ($1GB = 1000MB$),而且这种磁盘的存取速度更高。除磁盘外,工作站上一般可安装不同类型的磁带机,如 1/2in 磁带机,1/4in 盒式磁带机,4mm 或 8mm 磁带机等容量从几十兆字节到几千兆字节。当然,现代工作站都有连接光盘的能力,这就更加强它的存储容量,并进行多媒体信息的处理和应用。

工作站的通信能力更强,在工作站上除了有并行口和串行口外,都配有网络接口,可以直接连接到 Ethernet 网上,各种网络协议可以运行。很方便地进行同种、异种机的通信。

工作站的运行速度,过去常用 MIPS 和 MFLOPS (即每秒钟执行的指令数)这一指标来

衡量（现在常用的性能指标是 SPECint 和 SPECflopt）。80 年代初推出的工作站，以 Motorola 68000 系列芯片为 CPU，速度大约为几个 MIPS。例如 SUN3 工作站为 4 个 MIPS。80 年代中期以后，微处理器技术有了一个突破性发展，即所谓的 RISC（精简指令集计算机）技术。RISC 技术首先将过去计算机执行的指令简化，使执行一条指令所需的时间由原来的几个周期，十几个周期缩短到 1~2 个周期，当今已有的 RISC 技术可使一个周期执行几条指令。并且，对微处理器的结构进行改造，使之适应高速存取处理的要求。这样，使计算机的速度性能大大提高。对应于 RISC 技术，过去的计算机采用的是复杂指令集，即 CISC 技术。工作站上采用了 RISC 技术，使其性能几倍、几十倍地提高。

当今，最著名的工作站厂商有 SUN 微系统公司，HP（惠普）公司，DEC 公司，SGI 公司，IBM 公司等。主要的工作站型号有：

SUN SPARC 10 Station,

SUN SPRRC 5 Station,

HP 9000/700 系列,

DEC ALPHA 系列,

SGI Indigo 系列,

IBM RISC/6000 系列。

这些型号的工作站都采用了 RISC 技术。速度指标达到了 60~100MIPS 以上。对于工作站的另一项指标是它的图形功能。除了有高性能显示器外，工作站的图形功能主要是指处理二维，三维图形向量的能力。一般以每秒处理多少 k（千）向量数来表示。例如，200k/s 表示每秒处理 200 千，即 20 万条向量。1.2M/s 表示每秒能处理 120 万条向量。

2.2 图形设备

2.2.1 图形输入设备

图形输入设备的作用是将平面上的坐标或图象送入计算机。常见的输入装置有光笔、鼠标器、操纵杆、跟踪球、数字化仪、图形输入板、扫描仪等。

图形输入设备的主要指标有：分辨率、直线性、重复性及工作范围。分辨率指在单位距离内设备所能鉴别的点数；直线性是测量设备随操作者手的移动所给出的输出坐标增减值的大小；重复性是指从某点出发并返回该点时所产生的最小误差；工作范围指幅面大小。图形输入设备按逻辑可区分为：

定位(Locator) 指定坐标位置(x,y)。

向量(Stroke) 指定一串坐标位置。

字符串(String) 输入指定字符串。

定值(Valuator) 指定纯量值。

选择(Choose) 功能表选择。

拾取(Pick) 选取图形元件。

根据工作原理，图形输入设备可分为矢量式和点阵式。前者的特点是图形输入工作量大，速度慢，但设备成本低，矢量存储信息量小，但图形加工方便，例如定向键、操纵杆、跟踪球、鼠标器、光笔、图形输入板、数字化仪等。后者的特点是工作量小、速度快、成像准确。由于输入信息量大，则图形的加工复杂、矢量化困难、成本较高。但从发展观点看，点阵式

输入设备将成为今后各类图形输入的主要手段。因而下面不仅讨论一般的矢量设备，同时也对点阵式的激光扫描仪作一些扼要介绍。

1. 键盘 (Keyboard) 所谓键盘，外形如打字机，是一种以逻辑顺序安排的开关阵列。当按下键盘上任一键时，产生一个电脉冲信号，给电脑一个所能理解的消息。

工程 CAD 系统中，键盘主要用来输入文字、数据，对输入诸如图形显示中的标记之类的图形信息相当有效。键盘也可提供一些方便的屏幕坐标输入、功能选择或具有一些特殊的功能键。

一般键盘上有功能键、光标键和数字键。光标键能移动屏幕上的坐标以选取坐标位置。特殊用途键可包括一些为特殊绘图功能而定制的功能按钮、旋钮或开关。按钮和开关用来输入一预先定义的函数，旋钮通常输入纯量值。

2. 光笔 (Light pen) 光笔是一种使用最早的交互式图形输入装置，可直接用于输入坐标点，并可用其改变显示点的坐标及拾取屏幕显示的图形和菜单项。

3. 操纵杆 (Joystick) 由早期飞机上使用的控制杆而得名。操纵杆是由一个垂直的杆和一个用于控制游杆的基底做成。分移动式 and 感压式两种。移动式操纵杆的工作原理是指杆自中心位置移动的距离相当于屏幕光标在该方向上移动的位置，而感压式操纵杆是不能移动的。杆上的压力会以应变计测量后再转换成光标在指定方向上的移动。

4. 跟踪球 (Trackball) 跟踪球的操作原理与操纵杆相似，只是光标的移动靠球而非靠杆。球的任一移动由电位计测量且转换成一数字量来控制光标的移动。球的移动方向决定了光标的移动方向，球的移动速率决定了光标的移动速率。跟踪球由一底座和半镶入其中的球体组成。

5. 鼠标器 (Mouse) 鼠标器是一种控制光标移动的小型手控装置。它分成滚子式和光电管式两种，是一种复杂而精巧的输入装置。

光电式鼠标器底座上装有光电管。当它在具有网格线条的平面上移动时，光电管接收的亮度随网格线条的相对移动量和移动方向而定。由于鼠标器在某一位置拿起放下并不改变光标位置，它专用于屏幕光标的相对移动。

光学鼠标器具有体积小、成本低且移动平滑、准确性高、可以迅速使光标移动而很小抖动等特点，与绘图板配合使用，是一种常用的工程 CAD 图形输入装置。

6. 图形输入板 (Graphic tablet) 图形输入板又称数字转换绘图板，专门拾取屏幕上的坐标位置。小型图形板的尺寸一般为 $280 \times 280 \text{mm}$ 。图形输入板有许多方格线组成的方格，每一条线的电位不同，因此，图板的每一方向均有不同的电位差。利用指示笔或游标在图形板上移动，可记录各处的电位差，并随之转化为 x, y 的坐标，映射到屏幕上，这就是图形的定位功能，它也可以完成画线功能及选择功能。

使用图形板作图形输入装置是相当理想的，它比光笔有更精确的定位，或选择坐标，也可产生图形，因此对于绘制各种图表、图案和跟踪图形是极其方便的。

7. 数字化仪 (Digitizer) 图形输入板实际上是一种小型的数字化仪，而数字化仪则是一种大面积的图形输入板，其分辨率可达 0.025mm ，图的面积可达 $914 \times 1219 \text{mm}$ ，能满足 0 号图样的输入要求。

数字化仪一般分成数字化台面、数字化处理机和传感器三大元件，其作用是把图形转化为数字（即 x, y 坐标），存放在计算机存储器或外存（如磁盘、磁带、光盘）上。数字化仪

给计算机二维数据,这对于大多数二维图形是很有用的。因为它与图形板一样,可以倾斜、提高或降低,从而使操作人员有一个舒适的工作环境。在操作时,把要数字化的图样固定在台面上,然后用指示笔或游笔压在上面,对图形进行扫描,这就是对图形的数字化过程。

8. 扫描仪(Scanner) 现在应用较广的是光电滚筒扫描仪,又称鼓形扫描器。它由滚筒、光源、反射镜、光电倍增管及机械传动系统组成。

被扫描的图片覆盖在滚筒上,光源发出的光通过反射镜照到图片上,图片的反射光通过透镜及光孔,照射于光电倍增管上。由光电倍增管将光信号转换成电信号。在转换的同时,滚筒不停地转动,同时还作轴向运动。合成运动的结果,光点以螺旋形式对图片作顺序扫描。由于图片上灰度不同,反射光的强弱发生变化,经光电倍增管后产生了与图形内容相对应的大小变化的电信号。

光电扫描仪可以扫描不透明的图片,照片及文档资料。这时由滚筒外的光电倍增管接收从图片表面反射的光线,输出图象信号。它也可以扫描透明的照相底片、显微镜照片、X光片、电影胶片等。这时光电倍增管装在滚筒上,它接收透射光,给出图象信号。

光电滚筒扫描仪属于机械式传感器,它的优点是结构简单、实现容易、噪声低、准确度高、扫描幅面大;缺点是速度不快、分辨率不高。若采用激光作光源可大大提高精度。

激光扫描仪用光束来代替电子束,光束由激光发生器产生。这种光束方向性强、单色性好、高亮度,因而最后生成的图象清晰,色彩逼真。

2.2.2 图形显示设备

图形显示设备是CAD系统中必不可少的。大多数图形设备的监视器采用的是标准阴极射线管CRT结构,当然也有采用其它技术的显示器,如液晶平板显示器等,但由于受到各种条件的制约,仍处于研制试用阶段。

CRT的主要技术指标是分辨率和显示速度。分辨率是指CRT在水平和垂直方向上能识别出的光点(像素)间的最大距离。高分辨率的图形显示器其分辨率可达 4096×4096 ,显示速度一般用每秒钟显示矢量线段的条数来表示,这个指标往往限制了显示图形的复杂性。虽然有时候还使用纵横比,即在同距离内垂直和水平点数比来衡量CRT的特性,但这不是最主要的。

常用的图形终端在荧光屏上产生图象有两种基本方法:随机扫描和光栅扫描。随机扫描是指显示器中电子束的定位和偏转具有随机性,可以画出很细的直线图形,分辨率可以做得很高,对刷新频率的要求是每秒30~60帧。而光栅扫描由于是显示器控制电子束依次扫描整个屏幕,可以控制每个像素的亮度和颜色,因此适合于输出局部彩色图形或具有明暗度差别的真实图形(分辨率在 1280×1280 以下)。由于帧缓冲器作为刷新之用,因此有助于用较低的刷新频率显示不闪烁的图形。

常用的彩色CRT是通过组合产生不同颜色的荧光物质而实现的,一般使用光束穿透法和阴影遮罩法。光束穿透法用在随机扫描系统中,屏幕上涂上双层的磷,普通的是红和绿。显示的颜色取决于电子光速通过磷层的程度。较慢的光束只能激发涂在外层的红色,而较快的光束能穿透外层的红色,继续激发内层的绿色。中速的光束能组合上述两种颜色,出现橙色和黄色。使用光束穿透法产生颜色的方法简便实用,但色彩数量较少,且图象品质不够理想。阴影遮罩法普遍用于光栅扫描装置中,这时CRT屏幕内部涂有很多组呈三角形的磷点。每组有三个不同但非常接近的磷点。当某组磷点被激励时,分别发出红绿蓝三原色,而每一束电

子的强度就控制着红绿蓝三种光的强度,混合后就能产生千变万化的颜色。阴影遮罩网格位于涂磷层的后面,其上的孔与各磷点一一对应,起着调整色度和辉度的作用。

其它的显示装置还有直视存储管(DVST)、发光二极管体(LED)和液晶体(LCD)显示器。DVST是将图形信息存储于涂磷屏幕的后面,成为负载分布,以代替更新屏幕,它可以显示更复杂的图形,且没有闪烁现象,价格低廉。缺点是无彩色显示,同时没有图形部分消去的功能。LED和LCD显示器却是利用发光体取代磷或氖气显象,当前大都在家庭游戏机或灯箱广告设计设计中采用。

目前,在PC机上使用的显示器是光栅式显示器。分辨率为 1024×768 ,通常采用的显示卡是VGA、TVGA、SVGA等。也可以根据CAD工作的需要和可能采用分辨率更高(1024×1024 等)的大屏幕显示器。在工作站使用的显示器,其分辨率为 1152×900 (SUN工作站)、 1024×1024 或者 1280×1024 等。显示的色彩种类有16、256、64k、16M等,这主要取决于显示卡,或显示适配器的性能,显示帧缓存的大小等。一般PC机显示器帧缓存配备512k字节、1M字节或2M字节等等。用户在选择PC机等设备时必须注意这一性能指标。帧缓存为512k字节一般只能显示16种颜色;1M、2M字节以上者能显示256种颜色;可达到HiColor 64k种,乃至真彩色(True Color),即16M种颜色。这种高质量的显示在建筑CAD的表现图、方案设计上是很必要的。

2.2.3 图形输出设备

工程CAD中常用的图形输出设备有如下几种:笔绘图机、硬拷贝装置、静电绘图机、计算机输出微缩胶片装置等。这些设备是工程CAD中必不可少的。当各种数据和指令经输入装置传送到电脑主机上,主机就以它的记忆、控制运算元件来处理这些数据和指令,处理的结果必须借助这些装置的协助,才能将结果表达出来。图形显示用于观察、修改,但屏幕上的图形不可能长期保存下来,在工程CAD中还必须把图形画在绘图纸上,因此工程CAD系统中必须具备绘图机等图形输出设备。

下面以笔式绘图机为例详细说明绘图机的笔速、步距、绘图精度等技术性能。

1. 绘图机的结构和性能 绘图机(plotter)有许多尺寸和规格,种类也很多,常见的有笔式绘图机、静电绘图机、热敏绘图机等,但它们的工作原理基本相似,都是通过读入图形设备上的图形数据,经过信息处理,然后再通过节拍器发出一系列的x、y方向的指令脉冲,经放大驱动伺服系统、机械传动系统,最后由画笔绘制图形。

笔式绘图机利用各种原子笔、尖笔和针笔等来绘制图形,绘图时绘图纸固定,绘图笔则可以上下左右移动。绘图机上有4、8、12或16支笔,绘图时一次只能移动一支笔来绘制图样上的一种颜色,当这一颜色画完之后再用另一支笔绘制另一种颜色。

另一种绘图机即滚筒式绘图机,绘图笔只能左右移动,而图纸可以随滚筒上下移动,绘图时绘图笔左右移动。此种绘图机适用于大型绘图工作。

下面介绍绘图机的几个主要指标:

(1) 笔速 笔速反映了绘图时笔的移动速度,以每秒钟多少毫米或英寸来表示。一般在 $200 \sim 500 \text{ mm/s}$ 之间。笔速又包括两个指标,一是最高速度,二是加速度。画笔从静止到运动,从运动到停下,做变速运动,因此绘图机的速度即使很高,如果加速度不匹配,则绘图机总的速度不会很高。加速度一般在 1200 mm/s^2 左右。

(2) 出图率 出图率表示一天能出多少图样,与笔速是两个不同的概念。笔速高不一定

出图率高。

(3) 步距 在笔式绘图机上, 每个电脉冲通过驱动电机与传动机构使画笔移动的距离称为步距或脉冲当量。步距越小画出的图形越精细, 一般国产绘图机的步距为 $0.00625 \sim 0.1\text{mm}$, 国外质量高的绘图机步距可达 0.001mm 。通常 0.1mm 的步距可以满足一般图形的要求, 0.005mm 的步距可以使人的肉眼感觉不出阶梯状的波动, 而 0.00625mm 的步距可以满足一般精细绘图的要求。

(4) 绘图精度 这是指实际绘图线与理论上图线之间的最大误差率。包括有重复精度、零位精度、静态精度和总精度等几项。

重复精度指画笔从出发点移动一定距离后, 再回到出发位置时, 出发点与实际终点间的误差, 一般为 $\pm 0.02\text{mm}$; 静态精度与分辨率值相同, 指画笔作单向运动时, 实际移动距离与按脉冲计算的位移之差。零位精度指画笔移动到绘图台面所允许的最大距离, 再返回到零位时, 零位和实际距离之间的偏差, 一般为 $\pm 0.0125\text{mm}$ 。总精度是指积累误差的允许值。

(5) 工作方式 一般分脱机方式和联机方式两种。

联机方式首先将绘图机接到计算机上, 通过接口不断地获得图形数据和控制信息, 这种系统称为交互式绘图系统。脱机方式时绘图机不再与计算机直接相连, 而和一专用磁带机相连。这种系统又称为批处理绘图系统。但两种方式都是从介质中接收绘图信息, 以相同的原理进行绘图。

2. 其它图形输出设备

(1) 静电绘图机 正如图形显示器一样, 绘图机也有随机扫描和光栅扫描两类。滚筒式绘图机是随机扫描绘图机, 而静电绘图机则是常用的光栅扫描绘图机。静电绘图机的绘图方法是利用静电感应原理, 使表面经特殊药水处理的绘图纸感应出图形, 其解析度较低且精度较差, 图样需特殊处理, 成本高, 不宜久存, 绘制速度慢, 但图样面积大, 且具有彩色功能, 因此比较适合于特殊研究的工作上。

(2) 热敏或热升华绘图机 这是一种较特殊的绘图机, 它应用一种热敏绘图纸, 在纸上涂有一层能对热产生反映的薄膜, 绘图时先由主机将信息传到绘图机的电刷上, 电刷产生热量, 使纸上的薄膜受热而产生化学反应, 如此即可画出图形, 并且显示出多种颜色, 但这种绘图机特别是真彩色绘图机的成本高, 不容易普及使用。

(3) 打印机 打印机种类繁多, 一般按下列方式分类:

1) 按击打方式分有撞击式和非撞击式。

2) 按打印方向分有行式和列式。

3) 按打印颜色分有单色和彩色。

由于打印机技术正在迅猛发展, 其设计使用技术、速度、输出质量、规模及价格变化都很大, 因此在选择时要充分考虑各种因素, 选择价廉物美的打印机在工程 CAD 中广泛使用。

(4) 计算机缩微胶卷输出 缩微胶卷最初用于档案文献管理上, 它能将图形或字符通过放大仪器直接阅读。它具有极高的分辨率、很小的尺寸、惊人的大容量以及速度极高等优点。缺点是精度不如绘图机, 用户不能直接在胶卷上修改或增添更新, 而且成本很高。

2.3 大容量存储设备

计算机系统中使用的存储器包括内存储器和外存储器。内存储器存放当前运行的程序及

要处理的数据。但由于内存容量容量的限制，常将内存中放不下的或运算中暂时不用的部分程序或数据存放在外存储器中，待到用时再成批调入内存存储器。

无论是内存存储器还是外存储器，它们都是用来存放数据或程序的，故统称为存储器。一般要求存储器具有容量大、速度快、成本低等特点。特别是在工程 CAD 系统中，面对大量的数据，存储器的容量和存取速度显得格外重要，存储容量以字节为单位。存储器中每个字都有其地址，中央处理机可根据每个字在存储器中的地址，从存储器中调用该字。存取速度是指中央处理机寻找正确的地址及从存储单元中读取数据的快慢，一般用存取时间来衡量。

本节主要介绍大容量的外存储设备。外存储器有两种类型：

(1) 顺序存取存储器 特点是按序存取，如磁带。

(2) 直接存取存储器 特点是可迅速随机读取任一记录，而不必按序读取所有的记录，如磁盘。顺序存储器成本低，存取速度慢；直接存取存储器成本高，所使用的技术比较复杂。

大容量的外存储设备有磁带、磁盘、磁鼓及光盘。目前磁盘、磁带和光盘得到广泛的使用，特别是光盘，必将是未来广泛采用的大容量外存储器的主力设备。

2.3.1 磁盘

磁盘是一种直接存取存储器，它包括两种类型：软磁盘和硬磁盘。磁盘是计算机存放信息的主要载体。软磁盘的盘基是聚酯塑料，硬磁盘的盘基则是金属材料。

1. 软磁盘(软盘) 软磁盘以磁性材料为存储介质。常用的软盘尺寸有 5in 盘和 3in 盘两种。从使用的盘面可分成单面盘和双面盘。按记录密度则有低密度盘和高密度盘之分。

软盘被封装在塑料内，软盘标签上一般标有 DS(双面盘)或 DD(双密度盘)或 HD(高密度盘)等标记。封套的表面有一狭长裸露表面称为“读写孔”，读写时软盘驱动器的读写头就是沿此读写孔进行读写的，故在使用中不要去触摸该表面。5in 盘的一面有一缺口，称为写保护口，以防止误写而破坏盘中程序或数据等重要信息。盘上还有一个索引孔，当磁盘旋转时，盘上的索引孔通过封套索引孔下方时，磁盘驱动器产生一光电脉冲，以此作为各磁道的起始标记。

软盘的记录数据是以同心的圆周路径即磁道进行组织的。每一磁道又分成若干扇区。每一扇区可保存一个完整的记录或记录的一部分。每个磁道一般可以分成 9、15、或 18 个扇区，每一扇区有 512 字节，扇区是磁盘空间的最小单位。实际上磁盘一次分配一个簇，一个簇的空间大小称为分配单元，每一簇可以是 1、2 或 4 个扇区。各种计算机磁盘有各不相同的磁道和扇区的数据，在使用磁盘时要注意参阅有关技术资料。

2. 软盘接口电路及软盘驱动器 我们常把软盘的接口电路称为软盘控制器 FDC，它的任务是接收 CPU 发出的各种命令，对其译码，然后按命令控制软盘进行相应的操作，如寻道、磁头起落、索引检出和数据存取等。它从 CPU 获取如下信息：数据、用于 FDC 中寄存器选择的地址信号、读/写信号、DMA 请求/响应信号、中断请求以及片选、复位等信号。这些信号用来实现 CPU 对 FDC 的编程命令写入、FDC 状态要求及 DMA 操作的实现。

软盘驱动器 FDD 由主轴稳速驱动系统、磁头定位系统和读、写、抹电路三部分组成，它的功能是使软盘旋转及存取数据。它与软盘控制器 FDC 的接口信号有来自 CPU 的数据、数据定时信号及 FDC 从 FDD 读取的信号等。

总之，写磁盘是由接口和驱动器完成数据编码，而读出则是它们进行译码、恢复的过程。

3. 硬磁盘(硬盘) 硬盘大致可分为两类：固定式和可换式。它是安装在计算机内部的

高速大容量存储装置,目前使用较为广泛的是活动磁头可换式硬盘。在硬盘中采用较广的是温氏技术,它的特点是读写磁头臂与磁盘密封组装成一體,并且没有可换式硬盘那样的机械运动,因此它具有防尘性好、精度高、存取快等优点。硬盘内部是全封闭的,转速高达 60r/s,并且有多个读写磁头可同时径向移动。平时我们常用 DOS 盘启动计算机,假如机器配置了硬盘并且以前已分好区域和格式化过,我们便可直接打入 A>C: 命令,转入硬盘。在 DOS 中,规定 C 盘就是硬盘。常用的 286 微机一般是 40MB 的硬盘;386 机常配置 120MB 或 200MB 的硬盘;486 机配置的多为 200~1000MB 的硬盘。

2.3.2 磁带

磁带存储器是最早使用的顺序存取存储器。其外形如录音带或录像带。它是一条很长的带子,表面上涂有许多磁性金属氧化物,可以利用电场来改变其磁性。但由于它是按序存取,因此不论数据存在磁带的哪一部分,都必须重新读取,这样存取速度相对慢些,而且又容易污损及折断,但成本较低,故适合长期保存资料,作为备份使用。常见磁带的主要性能有带宽、带速、磁道数以及位密度。读者可参阅有关产品的说明。

2.3.3 光盘

光盘存储技术始于 70 年代,如今它作为一种新型的信息存储手段,已开始与常用的磁存储技术竞争市场。

光盘技术是用具有很高相干性和单色性的激光束会聚到光衍射极限的斑点上,这些斑点很小,信息存储在叫作纹迹的螺旋线里。大多数情况下既没有槽也没有连续的线,只有斑点形成的螺旋形虚线。这些斑点与周围的镜面呈现光学反差。要存储的信息、模拟量和数字量由调制的激光束写入光盘;用另一束激光束检测光信号,经过解调可读出信息。与磁存储技术相比,光盘技术有如下优点:

(1) 存取速度快 读出对扁平光盘的简单扫描便于随机存取数据,这是数据存储的重要特征。

(2) 存储密度高 采用类似于中倍率扫描显微镜的光学装置可以获得高信息密度。光盘的道密度为 600~1000 道/mm,比磁盘高几十倍。

(3) 寿命长 光盘介质比较稳定,寿命一般在 10 年以上,而磁存储的信息一般只能保存 2~3 年。

(4) 可靠性好 由于采用了现有的电磁波光盘范围内辐射的简单聚焦方法,读出头和信息层没有物理接触,光头不会磨损和划伤盘片。光盘也可以自由更换。

(5) 信息位价格低 光盘的信息位价格低,比磁记录低几十倍。

光盘由于现代技术所限,尚有不尽如人意的地方,具体表现在光盘驱动器比磁带机或磁盘驱动器复杂,价格较贵;光盘机的信息传输率高于磁带机,但比磁盘机慢。

数字光盘如今有三类:只读存储、一次写入存储和可擦除重写存储。只读存储式和一次写入式光盘存储器目前已投入批量生产,技术和工艺已日臻成熟。可擦除重写光盘技术目前也有了产品,且发展迅速。光盘取代磁带,用于海量脱机存储和数字图象存储方面已成必然趋势。

可擦除重写光盘系统是一种新一代存储技术,它的关键是解决新的存储介质。磁光型可擦除重写光盘自 80 年代中期问世以来就供不应求,该技术主要包括信息的写入、读取及擦除三大过程。

信息的读出是利用磁光克尔效应,当线偏振光束射到磁性介质时,反射光束的偏振面会产生旋转。信息在写入之前,首先用强磁场对介质进行初始化,使磁畴具有相同的方向。在激光聚焦区磁光介质吸收激光的能量后,当温度达到一定高度,净磁化强度为零,此时通过光头中绕有线圈的磁场的反方向磁化。在写入激光束很快离开聚焦点后,产生磁化方向与周围方向相反的记录微区,这就是写入过程。信息擦除过程与写入过程相似,把磁化方向反转过来,因此磁光光盘需两次操作,第一次是擦除原有信息,然后再写入信息。

光盘作为一种先进的信息存储工具,已广泛地应用于各个领域,它的“海量”存储、快速存取和易于复制生产的特性,必将成为工程 CAD 系统中最有发展前途的外部存储设备。

2.4 通信与网络设备

2.1 节所述的小型计算机系统、工程工作站及个人计算机系统都可以通过联网成为一个整体,在良好的工作环境中发挥各自的特长。

利用通信系统可以将计算机及其有关的外围设备相连而构成网络。建网的目的不仅为了共享硬件资源,更重要的是改善信息交换的组织、范围和方向,换言之,网络系统可以实现计算机之间的通信,从而使计算机之间建立起一个通信系统。

2.4.1 个人计算机及局域网

个人计算机在工程 CAD 中的功能有限,主要受速度低、内存容量小、显示分辨率低的限制。局域网能够以最高效率、最低的成本在本地区范围内将计算机、终端、工作站以及常用的外围设备连接成一个网络系统,从而使个人计算机不再成为孤立的微机,利用数字通信和连网,可以共享主机和工作站的资源,使个人计算机系统更好地适应工程 CAD 应用和专业设计的需要。

工程 CAD 系统中常见的局域网有三类:集中式、分布式和环形网络系统。

集中式网络系统的配置是由中央服务器、一个通信系统和若干个用户终端构成。中央服务器可以是一个专门的接线中心,也可以是文件服务器本身。由于用户终端是通过中央系统报告情况的,因此网络故障的诊断是容易的,结点失效容易检测,电缆连接易于修改。因各用户站有自己的电缆连接,所以数据决不会发生碰撞冲突,整个系统易于维护和扩充。但不足之处在于不仅需要一个专用服务器,而且还要大量价格昂贵的电缆,因此成本较高。

分布式网络系统中无主机,是通过通信系统将由计算机构成的结点连成一个网络,所有资源都分布在网络的结点上。为了满足工程 CAD 系统的需要,构成结点的计算机应具有较大容量的内、外存储器,以及图形处理器、浮点加速器、高分辨率显示器等其它必需的外围设备。

顾名思义,环形网络系统中信号沿一个方向在闭合环路电缆中传播,从一个结点到另一个结点实现结点之间的通信。网上传输的数据都赋有一具体地址,这个地址也是网上某个用户站的地址。因为链路是单向的,所以电缆连接必须自我闭合。环形网络提供了多用户的环境,与有主机的独立系统比较,它的优点是对每一用户都有其闭合工作的条件,其性能不受其它用户的影响;对于远距离分布的公司和企业,可以通过通信,使用局域网将它们连接在一起;可以很容易地增加更多的工作站到网络上去;可以在网络上增加公用磁盘和各种外围设备,使各用户共享硬件资源。