

普通高等教育机电类规划教材

计算机辅助设计

山东工业大学 王炽鸿 主编
大连理工大学 欧宗瑛

机械工业出版社



普通高等教育机电类规划教材

计 算 机 辅 助 设 计

山东工业大学 王炽鸿 主编
大连理工大学 欧宗瑛



机 械 工 业 出 版 社

本书是由全国高等工业学校机械设计及制造专业教学指导委员会审定的机械设计类本科生教材。它从 CAD 系统软、硬件工作环境的配置, CAD 图形软件功能, 机械图样绘制方法, 工程数据的处理, CAD 与优化设计、有限元法和数控编程的连接与应用, 开发专用 CAD 应用软件的基本方法等方面, 叙述 CAD 技术的基本原理与实际应用。本书也可以作为机械类其它专业本科生教材, 并可供工程技术人员参考。

计算机辅助设计

山东工业大学 王炯鸿 主编
大连理工大学 耿宗瑛

责任编辑: 张一萍 责任校对: 樊中英

封面设计: 郭景云 版式设计: 冉晓华

责任印刷: 路 琳

*

机械工业出版社出版 (北京市百万庄大街 22 号)

邮政编码: 100037

(北京市书刊出版业营业许可证出字第 117 号)

北京市密云县印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 · 新华书店经售

*

开本 $787 \times 1092^{1/16}$ · 印张 10.75 · 字数 261 千字

1998 年 10 月第 1 版第 5 次印刷

印数 26 201—31 200 · 定价: 13.50 元

*

ISBN 7-111-04206-9/TP · 220 (课)

前 言

计算机辅助设计(CAD)是指专业人员在计算机系统支持下,对产品进行绘图、分析计算和编写有关技术文件等设计活动的总称。它把计算机的快速、精确的计算能力,巨大的存储容量和专业人员的经验与能力结合起来,大大缩短了新产品的开发时间。CAD是成熟的新设计与方法,也是近年来我国各工业部门大力推广的新技术。一个技术人员,只要能很好地掌握CAD技术,就会形成一种新的生产力,取得显著的经济效益。

本书是根据全国高等工业学校机械设计及制造专业教学指导委员会制订的“计算机辅助设计”课程教学基本要求编写的。讲授本课程时,还应配合有适当的实验环节。本书也可以作为机械设计及制造类各专业本科生教材,并可供工程技术人员参考。

本书在着重叙述CAD技术基本原理的同时,还注重它的实际应用,并力求反映当前CAD技术的发展动向。硬件工作环境以国内当前流行的微机为主,兼顾工程工作站的特点。本书详细地讨论了计算机图形学的基本原理,机械零部件的分析计算方法与数控图象编程方法;同时还仔细地叙述了用Auto CAD图形软件绘制机械零部件图的方法。在这个基础上,最后深入地讨论了结合本行业要求二次开发图形支撑软件的方法,使读者具备初步开发专用CAD软件的能力。

本书由山东工业大学王炽鸿教授和大连理工大学欧宗瑛教授主编。参加编写人员有:王炽鸿教授(第一、二章),欧宗瑛教授(第三、四、五章),江苏工学院王士贝副教授(第六章),上海工业大学刘谨教授(第七章,第十一章第二节),合肥工业大学顾广华副教授(第八章,第十一章第一节),山东工业大学莊莅之教授(第九章)和杨超英讲师(第十章)。

全书由上海工业大学王荣航教授主审。

全国高等工业学校机械设计及制造专业教学指导委员会主任、合肥工业大学徐业谊教授一直关心、支持本书的编写工作。各兄弟院校机械设计及制造专业有关老师对本书的编写给予了很大的支持与帮助。孙茜和王长香同志将原稿输入计算机,打印成稿。编者在此向他们表示深深的谢意。

限于编者水平,本书难免会存在各种缺点和错误,殷切希望广大读者批评指正。

编者 1993年9月

目 录

第一章 概论1	第四节 真实感图形绘制和透视图 中的消隐处理.....56
第一节 CAD的作用.....1	第六章 计算机绘图方法——AutoCAD 图形软件的应用60
第二节 CAD的工作过程.....2	第一节 AutoCAD的配置、启动及 基本命令.....60
第三节 CAD的特点.....3	第二节 绘制机械零件图的方法.....75
第四节 CAD系统的分类.....3	第三节 绘制机械组件装配图的 方法.....78
第二章 CAD系统的硬件4	第七章 工程数据的计算机处理80
第一节 微型计算机简介.....4	第一节 数表的程序化.....80
第二节 图形显示器.....9	第二节 线图的程序化.....81
第三节 输入设备.....11	第三节 数据文件.....86
第四节 输出设备.....13	第四节 数据库.....90
第五节 工程工作站.....16	第五节 dBASE III 简介.....91
第六节 微机CAD系统的典型 配置.....17	第八章 机械CAD中的数值方法97
第三章 CAD系统的软件19	第一节 机械优化设计.....97
第一节 概述.....19	第二节 有限元法.....103
第二节 操作系统和窗口系统.....19	第三节 计算机仿真.....119
第三节 程序设计语言.....22	第九章 机械CAD与NC编程的 连接123
第四节 CAD支撑软件.....23	第一节 数控技术概述.....123
第五节 软件工程简介.....25	第二节 数控加工程序的编制.....126
第四章 交互图形学基础28	第三节 CAD系统与NC编程的 连接.....133
第一节 图形基本图素.....28	第十章 专用CAD软件的开发138
第二节 坐标系统.....30	第一节 专用软件的系统设计.....138
第三节 二维图形变换.....30	第二节 图形支撑软件的二次开发.....141
第四节 窗口和视区的匹配与图形 剪裁.....33	第三节 参数化绘图软件开发实例.....154
第五节 动画图形显示.....35	第十一章 结束语156
第六节 人机交互接口设计.....36	第一节 CAD/CAM集成与CIMS.....156
第七节 图形软件标准.....39	第二节 专家系统.....162
第五章 复杂型面的图形处理43	参考文献167
第一节 三维物体的几何模型与 表达.....43	
第二节 参数样条曲线和曲面.....47	
第三节 三维几何变换.....52	

第一章 概 论

第一节 CAD的作用

“CAD”是世界性的通用的专业名词,它是英文“Computer Aided Design”的缩写,也就是中文“计算机辅助设计”的代号。CAD是指技术人员以有高速计算能力和显示图形的计算机为工具,用各自的专业知识对产品进行绘图、分析计算和编写技术文件等设计活动的总称。用于CAD的计算机(中、小型或微型计算机等)、软件(计算机的操作系统、图形支撑软件和专用应用软件等)及外围设备(打印机和绘图仪等),总称为CAD系统。

60年代初期,美国I. Sutherland提出了用光笔在显示器上选取、定位图形要素的Sketch-pad系统。他还提出了用分层法分别表示某一工程图的轮廓、剖面线和尺寸等部分。当这些子层重叠在一起时,就可以表示一幅完整的工程图。这个系统为交互式图形学和CAD技术奠定了基础。在这个时期,美国通用汽车公司和洛克希德飞机公司等单位,在IBM大型机上开发了CAD、CAM等机械设计与制造方面的软件。70年代,出现了将CAD硬件与软件配套交付用户使用的“交钥匙系统”(Turn-Key System),使CAD技术在机械与电子行业得到了广泛应用。80年代初期,工程工作站及其网络系统给CAD技术的发展带来了很大影响,它取代了“交钥匙系统”,成为当今CAD系统的主流。进入80年代中期,随着计算机,特别是微型计算机和计算机绘图技术的进展,CAD技术在机械、电子、建筑等行业中的应用,越来越普遍。据统计,在整个CAD系统中,目前,机械CAD系统占60%,电子行业CAD系统占21%,建筑行业CAD系统占16%。从早期开发的机械CAD系统到现在,机械CAD一直是CAD的重要部分,开发的软件也最多。

CAD技术是一项成熟的高科技技术,它已成为专业技术人员的强有力的工具,也是近年来我国大力推广的一项新技术。一个技术人员,只要他能很好地掌握CAD技术,就会形成一种新的生产力,取得显著的效益。据国外统计,用CAD技术设计集成电路和印刷板电路时,提高工效15倍;用于制图,提高工效3~5倍。沈阳鼓风机厂采用CAD技术设计的鼓风机系列,设计周期由平均6个月缩短到2个月,产品设计合理,主、辅机覆盖率分别为90%和70%,大大提高了产品通用化程度。上海电器科学研究所设计电机的工作,已可全部由CAD系统完成,使产品设计时间缩短了一半,样机试制数量减少了2/3。沈阳变压器厂用CAD系统设计的变压器,原材料节约了3%;一台220kV·A变压器的设计时间,由400人日降低到150人日;负载损耗降低,每年节电达33万kW·h左右。

我国建设部系统的工程设计行业,是应用CAD技术早、开发软件多、使用效果好的部门之一。建设部设计院用CAD系统的出图率一般为20%~30%,用计算机做方案优化设计的达50%,从而提高了工效5~20倍,节约工程投资2%~10%。在“七五”期间已节约投资约20亿元。现在,我国工程设计行业应用CAD技术已达美国80年代中后期水平。

第二节 CAD的工作过程

为了具体地说明CAD的工作过程，我们以电话机的塑料耳机（图1-1）为例，简要地说明这个零件从产品设计到制造的过程，即从CAD到CAM的过程。

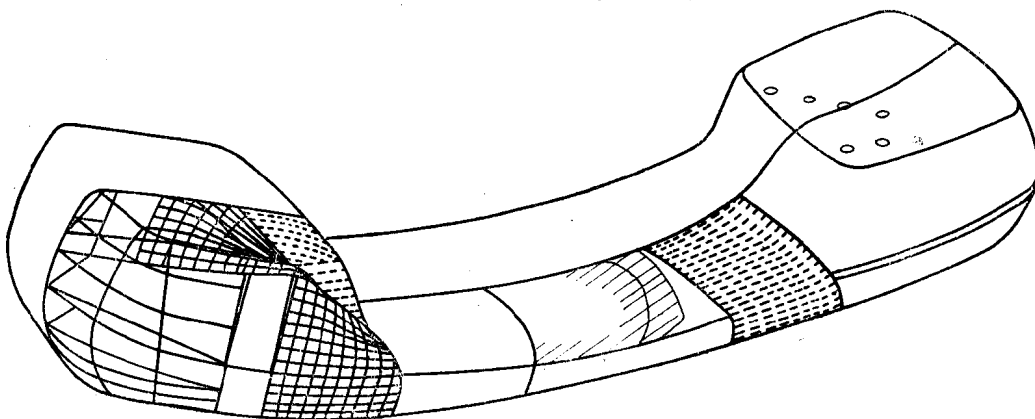


图1-1 电话机的耳机

1) 零件的形体设计 一般用实体模型建立要设计零件的立体图形,并从各个方向观察它的外观造型、大小和色彩是否符合要求。

2) 用有限元方法对该零件的结构尺寸进行分析计算,找出应力最大或最薄弱的部位。采取适当措施增大其强度,使零件各部位结构的应力比较均匀。

3) 这个零件是一个塑料制品,可用计算机显示、模拟零件的浇注过程。考察从不同浇口注入的塑料流体,在会合处会不会因壁厚过小引起原料流不到,或者在会合处出现接缝线等毛病。对模拟中发现的问题,只要修改其壁厚数值,或改变浇口位置就可以得到解决。在过去,往往先做出模具,经试用和若干次修改尺寸后才可交付使用。显然这是一种延迟新产品推向市场、花费大的办法。

4) 经过以上考察与修改尺寸后,绘制出零件最终的工作图或施工图。

5) 用零件的工作图在计算机上编制它的加工工艺规程。

6) 对于用数控(NC)机床加工的零件,还要编制该零件的数控加工程序或指令集。

这个过程经适当调整、扩大后,可以整理成如图1-2所示的形式。

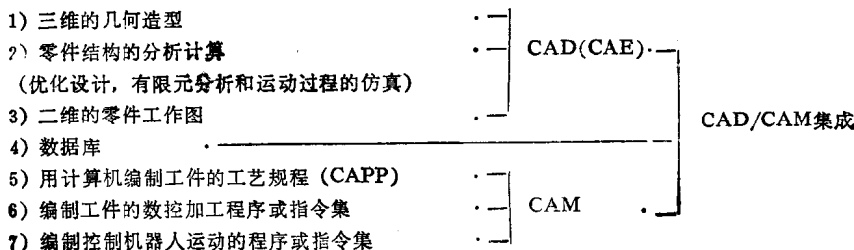


图1-2 CAD/CAM集成技术

CAE—计算机辅助工程 CAM—计算机辅助制造 CAPP—计算机辅助工艺编程

第三节 CAD的特点

经过多年实践,证明CAD有以下优点:

1) 制图速度快。一个制图人员用CAD技术绘图可提高工效3~5倍,加速了设计过程,使新产品能早日投入市场。

2) 图样格式统一。质量高。不同技术人员在绘制同类零件时,由于习惯不一,绘出图样的格式不尽相同,给生产带来不便。用同一计算机软件绘制的各种同类零件的格式是相同的,便于工人工作。

3) 修改设计快。当零件的图样存入计算机后,若有需要对它做局部修改,以成为另一张新的零件图时,CAD系统能非常方便,极快地完成此项工作。

4) 设计计算快。若把零件的设计计算公式和表格编成程序存入计算机,使用时只要给出原始数据或边界条件,计算机就能很快地告诉你最佳的计算结果。

5) 设计时可预估产品的性能。在设计机器或零件时,有时要对它们进行力学分析与仿真。这种工作靠人力是很难完成的,只有计算机才能完成。这样,大量的普通技术人员也能采用复杂的计算方法(如:有限元法和优化方法等)来改善产品设计质量,提高它的性能,减轻原材料消耗,从而做到在设计阶段就可预估产品的性能。

6) CAD是CAM和计算机集成制造系统CIMS的前提与基础。

第四节 CAD系统的分类

CAD系统可以根据其用途来分类,如机械CAD系统、电气CAD系统等。也可以根据CAD系统中配置的计算机进行分类,这是目前最常用的分类法。

一、集中式主机型系统

本系统由一台集中的大型机(或是中型、小型机)与若干图形终端连接而成。这种系统的优点是有一个集中的数据库统一管理所有数据。由于各种软件均存在主机里,一旦主机失误,将影响用户的工作。另一方面,当计算量过大时,系统响应变慢,甚至会出现个别终端等待现象。早期的CAD系统多数属于这种类型。

二、分布式工程工作站系统

工程工作站系统本身就是一个独立的单用户CAD系统,也可将若干台工程工作站连成网络。这种CAD系统的图形功能强,速度快,内存、外存容量大,是从事生产性CAD课题的主要设备。

三、微型计算机系统

个人计算机(PC)是国内外使用非常普遍的设备,也可以用于CAD系统。虽然它的计算能力与图形功能不如工程工作站,但由于它的价格低、使用方便,各单位也组成了许多PC机CAD系统。近年来,随着PC机的微处理器的升级,运算能力和图形功能也加强了许多。当前,PC机CAD系统多采用i386和i486的PC机为主机,其性能与低档工程工作站相接近,是一支不可忽视的力量。

第二章 CAD系统的硬件

第一节 微型计算机简介

一、微型计算机的组成

计算机都是由图2-1所示的四个基本部分组成：输入装置、中央处理器（CPU）、存储器和输出装置。数字计算机采用二进制数字系统。任何数字或字符经输入装置处理后，都用若干个0和1（即电子开关的断和通）组成的位串存入存储器。下面先介绍几个由位串表示的常用名词。

1) 位 (bit) 一个二进制数字叫做一位。1001 表示四位。

2) 字节 (byte) 一个字节由8位数组成，如：10011101。一个字节有 $2^8=256$ 种组合形式，用来表示0~255范围内所有的数字和字符。字节也是单个字符或数字的基本信息单位。

3) 字长 (word length) 计算机一次能同时处理数据的位数叫做字长。字长有8位、16位（2个字节）和32位（4个字节）等几种。通常，字长大的计算机处理速度快。

二、中央处理器（CPU）和微处理器

中央处理器的功能是处理数据。它由进行算术运算、逻辑运算的运算器和控制整个系统工作的控制器两部分组成。CPU按照程序指令指示控制器工作。

微型计算机CPU中的各种处理器，已集成在一块硅芯片上，这就是所谓的微处理器。它是CPU的核心。多数微处理器加上时钟发生器就构成了微机CPU。由于微处理器的性能越来越高，微型计算机和小型计算机之间的差别也就越来越小，它已可以取代小型机。大多数微型计算机使用8位、16位和32位字长的微处理器。8位微型计算机已很少用在CAD上。

（一）16位微处理器

在16位微处理器中，有一条16位宽的数据通路（表2-1）。它比8位计算机能更快地处理更多的信息。市场上流行的PC 286型计算机采用16位80286的微处理器做CPU。在CAD工作上，它们可用于处理中等复杂程度的二维绘图工作。i386SX也是16位微处理器，它有一条16位的外部数据通路和一条32位的内部数据通路。当它被一个32位的i386微处理器替换后，原计算机有可能升级为一台32位计算机。因此，80286微处理器已有被i386SX替代的趋势。

（二）32位微处理器

随着计算机技术的发展，微处理器已由16位发展到32位。用于微型计算机的32位微处理器有Intel公司的i386、i486和Motorola公司的68020，68030，68040等。这类微处理器可以处理复杂的几何形状和大量的数据，还可用于多用户系统。32位处理器是目前配置CAD系统中主流计算机采用的微处理器。

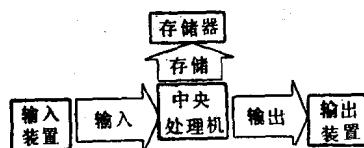


图2-1 微型计算机的基本部件

表2-1 各种微处理器的特性

	微处理器型号	字 长 (内部/外部)	标准内存 MB	整数运算速度 Mips	协处理器
微型计算机	Intel				
	80286	16/16	1		i287XL
	i386SX/20/25	32/16	2	3.4/5.1	i387SX
	i386DX/33/50		4	8.1/9.1	i387DX
	i486SX/25	32/32	4	10.7	i487SX
	i486DX/33/50		4~8	14.3/32	已做在微处理器上
工 作 站	Motorola				
	6 8020/20		4~8	1.5~3.0	68882
	6 8030/50	32/32	8	12	68882
	6 8040/25		16	20	已做在微处理器上

注: Mips——每秒一百万指令。

(三) 时钟

在CPU中,装有一个受外部石英晶体控制的时钟。时钟速度以频率MHz为单位,其大小影响计算机的速度。大多数16位微处理器的时钟频率为8~25MHz,32位微处理器的时钟频率为20~50MHz。

由于指令执行时间有长有短,因此取四个时钟脉冲的指令时间作为标准的指令时间。对于长指令,要用两个或更多的指令时间。这四个时钟脉冲构成了控制器的时间间隔,也就是机器周期。二次时钟脉冲的时间间隔叫时间周期,以纳秒ns(1×10^{-9} s)为单位。若时间周期为100ns,则

$$\text{时钟频率} = 1 / (100 \times 10^{-9}) \text{Hz} = 10^7 \text{Hz} = 10 \text{MHz}$$

时钟频率是微处理器处理数据的速度指标之一。同一型号的微处理器,若时钟频率不同,其运算速度也不同。例如:i386/33MHz和i386/40MHz的整数运算速度分别为7.9和9.1Mips(每秒百万指令)。

三、内存存储器

用于CAD系统的计算机一般都配有内存储器、外存储器 and 高速缓冲存储器(Cache)。内存储器用于存储正在CPU处理的部分程序和数据。它直接和CPU连接,两者的存取速度必须匹配,否则会产生“等待”现象。目前,机械CAD系统的微型计算机内存容量常在4兆字节(MB)以上。容量越大,进入内存储器里的程序和数据就愈多,存取信息的次数就愈少,程序执行的速度就越快。

根据存储信息的功能,内存储器分为读写存储器(RAM)和只读存储器(ROM)。RAM是随机存储器,可以随意地,不按顺序地存取信息。RAM是CPU用于存取信息的存储器,也是一种易失的存储器,一旦断电,存储在它里面的信息便被丢失。微型计算机的读写存储器,即主存储器常用若干片价格低廉的动态存储(DRAM)芯片组成。这种存储器在工作期间,要对它周期地刷新,再充电,以免丢失信息。停机前,应将当前处理过的有用信息存入外存储器(如硬盘),以备后用。

只读存储器ROM主要用于存储操作系统等程序,CPU只能从中读出信息。这是一种非易失存储器,即使断电,信息也不会丢失。

当新的高速微处理器出现后,处理数据的速度大为提高。作为内存存储器的动态存储芯片

DRAM的速度却跟不上,两者之间产生了“等待”现象。每产生一个等待状态,微处理器处理数据的速度要降低10%~15%。例如,当微处理器 i 386/20有两个等待状态时,它的处理速度与零等待的80286/16处理速度差不多。为了弥补这种存取速度不匹配现象,要引入一个中间存储的缓存技术(Cache)。i 486微处理器上做有8KB的由静态随机存储器芯片SRAM构成的高速缓冲存储器,弥补了内存读写速度比微处理器慢的缺陷,做到了“零等待”。如果把高速缓冲存储器的容量扩大到32KB,则CPU访问它的命中率达98%,更能充分发挥高速微处理器的潜力。但是,受制造技术的限制,i486微处理器内高速缓存容量只有8KB。这显然是不够的,为此,在486微机中采用了器内和器外两种高速缓冲存储器的结构。后者容量常为64KB,128KB和256KB等。某些386微机也做有后一种高速缓冲存储器。浪潮386/33C等微机的字母C就表示它是这类微机。微机CAD系统宜选用这种微机为主机,以加快数据处理速度。

四、外存储器

内存存储器的容量不大,只能存放当前执行的指令和要处理的数据、信息。为了把这些数据和信息存储起来,需要采用一种容量大、价格低的辅助的外存储器。这类存储器的缺点是存取速度较慢。

外存储器有盒式磁带机、数据流磁带机、软磁盘机、硬磁盘机和光盘机等几种。盒式磁带机已很少应用。

(一) 软盘

软盘机是微型计算机系统中使用最广泛的外存储器。软盘封装在纸套里,以保护软磁盘免受手的触摸和灰尘的侵入(图2-2)。通过磁性读头,信息以磁脉冲的方式记录在软盘的光滑表面上,形成了若干个同心圆的磁道(tracks)。磁道还要划分为若干个扇区。对磁道和扇区都要进行编号以便查找。在每个扇区,不同磁道储存相同数量信息。如5.25in 双面双密度软盘,有40个磁道,9个扇区,每个扇区可储存512字节的信息,总容量为 $40 \times 9 \times 512 \times 2$ (面)=360KB。

软盘直径有8in, 5.25in和3.5in几种,大多数微型计算机使用后两种规格的软盘。各种规格软盘的容量与标记见表2-2。通过软盘驱动器及其控制卡,软盘与主机进行信息交换。软盘控制卡接受CPU的命令,操纵一台或多台软盘驱动器。当一个空白的软盘插入驱动器时,驱动装置根据指令,使用适当的磁性代码对各个扇区和磁道进行编排。人们称这种准备工作叫做“格式化”。经过格式化的软盘才可记录各种信息,投入正常使用。

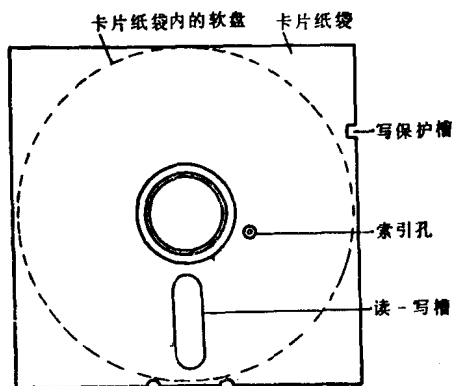


图2-2 软盘

表2-2 软盘的规格

尺寸(in)	容量	标记	尺寸(in)	容量	标记
5.25	360KB 1.2MB	DS/DD(双面/双密度) DS/HD(双面/高密度)	3.5	720KB 1.4MB	MF2DD MF2HD

最近,国内外出现了一种外形尺寸与3.5in软盘一致的、容量为21MB的光磁软盘(Floptical)。它要在采用激光定位和磁记录存储的专门驱动器上运行。这种技术的特点是:容量大,读写速度快,记录可靠,每MB的成本低,又可读写现有3.5in软盘上的数据,继续使用这些软盘存储的软件资源。

(二) 硬盘

硬盘是计算机系统中使用较为普遍的大容量外存储器之一。从原理上讲,硬盘与软盘是类似的。主机通过磁头对高速旋转(3600r/min)的硬盘做随机读写信息。硬盘系统是密封的部件,它包括硬盘驱动器和控制卡两部分。硬盘的制造非常精密,可靠性高,存储信息的密度大,极大地提高了硬盘的存储能力。硬盘的另一优点是存取速度快,比软盘的快50倍以上。虽然硬盘的价格比软盘贵很多,但由于它的存储容量大,从经济上看,采用硬盘仍是很合算的,而且可以随时调用存在它里面的各种程序和数据,给计算机的使用带来了许多方便。用于微型计算机的硬盘直径常为5.25in。

大容量、接口技术和存取速度是硬盘系统的三个技术特征。随着微型计算机和CAD技术的发展,微机硬盘的容量已由20MB增大到400MB。特别是那些存储图形量大的和计算量大(如有限元法计算)的CAD系统,常采用200MB以上的硬盘。

硬盘通过控制卡与CPU联接。硬盘控制卡及其接口技术有若干种,性能不一。

1) ST-506卡 这是早期的硬盘驱动器控制卡及其接口,数据传递率太低,为5M位/s。目前,对于硬盘容量不大的,PC286以下的微机,仍在采用这种价格低廉的控制卡。

2) ESDI卡 ESDI是英文“增强型小型机磁盘接口”的简称。它是一种结构复杂的高性能的控制卡及其接口,数据传递率为10~25M位/s。用于某些PC-386型微机。

3) IDE卡 IDE是集成式驱动器电子接口。为了适应高档微机需要,出现了这种新型接口技术,它既可控制硬盘驱动器,也可控制软盘驱动器。和其它控制卡相比,它以较低价格提供较高性能。国外Teac、Maxtor、Seagate、W. Digital和Coner等硬盘制造商,为高档微机的硬盘常提供这种控制卡及其接口技术。

4) SCSI卡 SCSI是1986年推出的小型机和外部设备的接口标准,常是智能型的。它能减轻CPU的负担,提高高档微机的灵活性。例如,在PC机,每接一台打印机、绘图仪等外部设备,微机都要再装一个和它连接的适配器与端口。而在SCSI卡及其接口条件下,用户在同一适配器和多个端口并联,以连接多个外部设备,使用较为方便。SCSI控制卡及其接口主要用于采用UNIX操作系统的工程工作站,目前容量大于等于200MB的高档微机也在采用。我国长城GW386/33微机和华胜4075工程工作站就采用这种控制卡及其接口技术。

硬盘存取速度是指主机从硬盘读写数据的平均存取时间。这个时间决定了它的数据传递速度。由于受硬盘驱动器内部机械结构的影响,存取时间较长。高速微处理器的出现,使这个矛盾更加突出。CPU的存取时间是微秒级(10^{-6} s),硬盘为毫秒级(10^{-3} s),两者存在巨大的差别。为了解决这个问题,许多微机生产厂将大型机中使用了多年的高速缓存技术(Cache)移植到微机上来。硬盘高速缓存技术是把当前最常用的文件副本和数据移到内存RAM的一个区中,在CPU执行某个任务时,CPU不必每次都去访问硬盘。读数据时,先在这个缓存区查找,查到时直接送到CPU,查不到则到硬盘中查,查到后送到缓存区再送到CPU。写入数据时,先写入缓存区,以后再存入硬盘。这样,当前用过的数据只在CPU和缓存区之间进行交换,大大降低了系统的存取时间。

近年来,出现了直接在硬盘控制卡上做有容量为若干MB的硬盘高速缓冲存储器的结构。该卡在DOS环境下可支持大于4000MB的硬盘,用起来比上述方法更快、更方便。IDE Cache, SCSI Cache和BS-SCSI II 就是这类控制卡。

(三) 光盘

光盘机是计算机系统中一种先进的外存储设备。它有容量大(650MB~1GB)、可靠性高、信息存储成本低和可进行快速的随机存取等优点。光盘驱动器、控制器和电源构成一个独立的光盘系统部件。该部件通过总线接口与主机连接,并在主机操作系统管理下工作。常用的光盘机与主机接口标准为AT或SCSI接口方式。对于工程工作站,光盘机象磁带机那样,已成为当前向硬盘存储软件的常用设备。

五、协处理器

协处理器用以协助CPU工作,增强处理信息能力。最常用的是浮点运算协处理器,此外,还有图形处理的协处理器。一般微机不能很好地承担数值的高速运算任务。浮点运算协处理器是专门用于处理数值浮点运算,协同CPU一起操作,提高了系统对数值计算的能力。它还使科学和工程计算课题中的许多常用计算(四则运算、常用函数等)都由硬件直接完成,大大提高了数值运算速度。某些图形软件必须在装有协处理器的微机上才能运行,也请大家注意。

协处理器的型号应根据计算机所用微处理器的型号选用(表2-1)。对于i486微处理器,在它的内部做有协处理器。有时为了加强该协处理器的功能,还可再选用一块Weitek4167协处理器。

六、总线

随着大规模集成电路的发展,微型计算机的大部分电路集成在若干功能模块中,即微处理器模块、存储器模块和与外部设备连接的I/O(输入/输出)接口模块。模块化使复杂的计算机生产,归结为少数几种通用模块的大量生产。

各模块之间的信息是通过一组功能相同的并列信号线的总线(Bus)传递的(图2-3)。总线有时也称为系统总线,一般由地址总线(简称AB),数据总线(简称DB)和控制总线(简称CB)组成。系统总线常在CPU控制下传递信息。只要总线有足够能力,可根据需要连接若干个接口模块或存储模块,使计算机的构成变得非常方便、灵活,从而组成了各种各样的微型计算机。虽然总线上可以挂接很多模块,但同一时刻只能允许两个模块使用,一个向总线送信息,另一个从总线接受信息,其它模块与总线脱离,以免产生干扰。

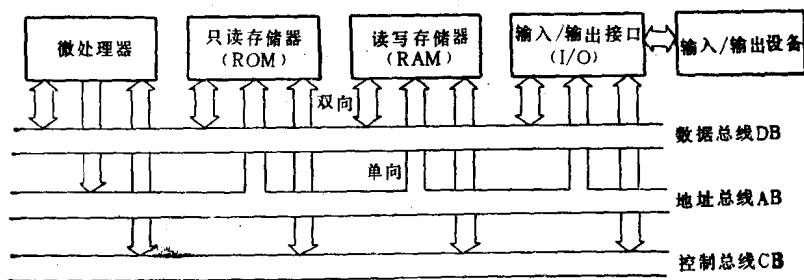


图2-3 微型计算机的总线

PC机常用的总线结构有以下几种:

1) AT总线 这是16位总线。目前国内外80%~90%的PC286/386微机均采用这种系统总线,特别是便携机基本上都采用这种总线。在AT总线基础上制定了ISA工业标准结构总线。

2) MCA总线 IBM公司在AT总线后,又开发了适用于PS/2系列个人计算机的MCA微通道总线结构。与AT总线相比,它是32位总线并改进了功能,提高了性能。MCA总线是为多处理设计的。它可使一个计算机系统同时运行两台或更多的智能型外部设备,从而增强了PC机的能力。

3) EISA总线 美国AST、Compaq和HP等9家公司联合推出了32位扩展的工业标准结构总线EISA。这是一种与MCA总线抗衡的先进的总线结构。它也是为多处理设计的,使PC机也能像中档机系统那样工作,完成复杂的计算。它还保持了与AT总线的兼容。由于价格高,目前这类总线用于高档的486微机,如浪潮LC486 EISA,长城GW 486 EISA等。

4) VESA局部总线 这是近年来发展起来的一种总线。它是由美国视频电子标准协会(VESA)提出的VL局部总线规范,以提高I/O处理能力,改进PC机的性能。VESA局部总线的数据传输率由ISA的8MB/s, EISA的33MB/s提高到132MB/s。因此,图形显示的速度非常快,功能强大。VESA局部总线已成为PC486微机的主流总线。目前,我国已生产了长城GW 486 VESA/33C, GW386VESA/66C等VESA系列微机。

第二节 图形显示器

一、图形显示的基本概念

图形显示是将计算机CPU当前所做的工作的数字信息,通过显示处理单元DPU,转换成显示装置所需的电压值,将图形和文字立即显示在显示器阴极射线管(CRT)的屏幕上。这种显示装置称为图形显示器,外形与家用电视机相似,也分为彩色和单色两种。在早期的图形显示器,图形与字符的生成都由主机或CPU完成,计算机硬件的负担较重。随着微处理器的发展,显示器也采用了微处理器,大大减轻了主机的负担,提高了图形生成与显示的质量。

在CRT上显示图形和文字是通过扫描达到的。在CAD技术的初期,采用了一种叫做随机扫描,也叫矢量或笔划的方法(图2-4)。扫描时,电子束任意地由某个 x 、 y 坐标值的一点向另外一点移动。根据形状要求,可按图2-4a所示画出图形。这种方式的特点是作图

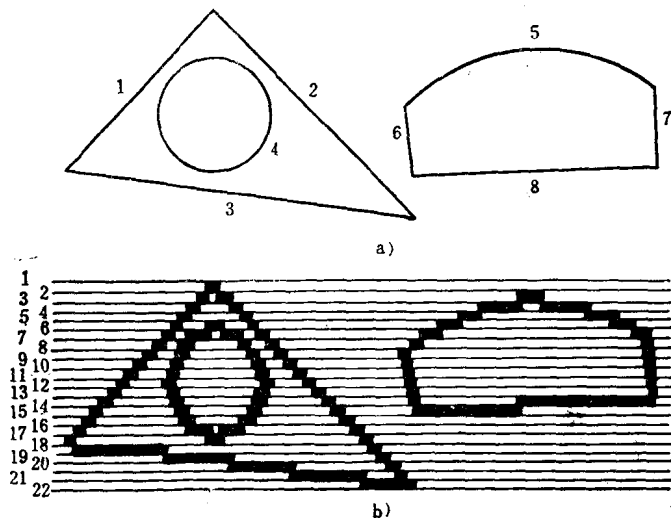


图2-4 矢量显示与光栅扫描显示

a) 矢量显示 b) 光栅扫描显示

精度高,要求的内存容量小。近20年来,随着电视工业的飞速发展,这种扫描方式已为电视机采用的光栅扫描方式所代替。光栅扫描时,电子束在CRT屏幕上从左到右做水平扫描,当到达线的右终点时,电子束快速回到下一条线的起始位置。这样逐行逐行地不断重复扫描。当到达屏幕的右下角时,电子束回到左上角的起始点,开始下一轮的扫描。这种方法叫做逐行扫描法。根据显示要求,确定了某些扫描线上的部分点的亮/灭与色彩,从而产生了用点构成的图形(图2-4b)。我国普通电视机的水平扫描频率为15.625kHz,垂直扫描频率为当地的电网频率,即50Hz。在CRT上得出一个完整扫描图面时,显示器在垂直方向有 $15625 \div 50 = 312$ 条扫描线。扫描线越多,图形显示质量或分辨率越高。为提高图形的清晰度,应设法增加扫描线的数量。有两种办法可供采用:一是在水平扫描频率不变的前提下,把扫描线增加一倍,这时只能采用隔行扫描法。目前电视机就采用这种方法使水平扫描线达到625条。这种方法显示的CAD图形质量不是太好。另一种办法是仍采用逐行扫描法,但水平扫描频率由15.625kHz提高到31.25~64kHz以上。从而获得624~1280条扫描线。这种方法在CAD中用得较多,但它的控制电路较为复杂,使显示器的成本比电视机的成本高若干倍。

在CRT上显示的图形和文字,都是由一系列按一定规律排列的点组成的。这些点叫做像素(pixel)。若水平扫描线由1280个点组成,垂直扫描线有1024条,则该显示器的分辨率为 1280×1024 。若分辨率记作 $1280 \times 1024 \times 8$,则除了上述点、线外,还有8个位面(bit plane)。位面表示图形深度方面有色彩浓淡的变化(图2-5)。每一象素可以有1位(单色)和8位或更多位面。位面愈多,彩色种类(或灰度)愈多,如8个位面,就有 $2^8 = 256$ 种颜色。从当前微机CAD工作情况来看,位面有4或8个就可以了。若要求图形质量达到彩色照片的水平,则宜采用24个位面。图形分辨率由显示器和图形卡决定。一般PC-286的分辨率常为 640×480 或更低,PC-386微机的分辨率可达 1024×768 。对于 1024×1024 以上的高分辨率显示的硬件环境,除微机本身外,还要采用高分辨率的显示器和图形卡。

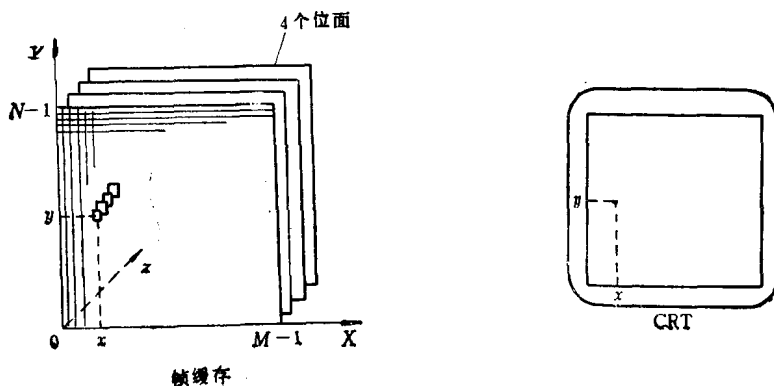


图2-5 像素与位面

二、图形显示器

显示器分字符显示器和图形显示器两类。图形显示器常由显示字符的字符产生器,显示点、直线等线型的矢量发生器,以及与计算机做数据交换的显示控制器等部分构成。显示器CRT屏幕尺寸有14、16和20in等几种,其中微机常用14in的,工程工作站常用20in的显示器。14in的屏幕太小,最好选用高分辨率(如 1024×1024 , 1024×768 等)的20in彩色显示器,以利

设计工作进行, 保护使用者的视力。微型计算机的彩色显示器, 采用红(R)、绿(G)、蓝(B)(即RGB)三基色搭配的方法, 以获得各种颜色。

高档微机CAD系统常用的大屏幕彩色显示器的主要参数有: 屏幕尺寸, 分辨率(如 1280×1024)和水平扫描频率(如 $30 \sim 64\text{kHz}$)。

三、图形显示卡

图形显示器只有通过显示处理单元或图形控制器和主机的CPU连接, 才能显示图形。图形控制器常由一块图形卡组成。图形卡插在主机里, 并与CPU和显示器直接连接。图形卡必须与显示器匹配。采用这种方式安装图形卡, 给用户带来方便, 他们可以根据需要随时更换图形卡, 将现有PC386/486微机改造成高分辨率的大屏幕的CAD系统。常用的图形卡有以下几种:

1) 普通图形卡 市场上PC机的图形卡, 如CGA、EGA、VGA和TVGA卡等就是这类卡。目前, TVGA卡用得较多, 它的分辨率为 $800 \times 600 \sim 1024 \times 768$, 颜色为 $16 \sim 256$ 色, 卡上内存容量为 $256\text{KB} \sim 1\text{MB}$ 。这种卡的图形处理完全由主机CPU完成, 价格低廉。

2) 有图形处理芯片的图形卡 自80年代初以来, 生产了许多图形处理芯片如HD63484、TMS34010等。当前用得最多的芯片是Intel 82786和TMS34020等。它们是高档微机图形卡32位图形处理CPU的主流芯片。它们既有高分辨率(1280×1024)的显示控制功能, 又有高性能2D/3D线框图形处理功能, 也不需要主机CPU对图形的处理。目前和高分辨率大屏幕彩色显示器配套的, 容量为 $1 \sim 2\text{MB}$ 的图形卡有: SGA、AGC-V8和AGC2075卡等。

3) 高级3D图形卡 这种卡配有Z-Buffer(Z轴缓存)和协处理器, 使3D图形处理具有快速实现3D消隐, 有光照效果和图形在CRT上做高速旋转、平移等功能, 特别适宜于做色彩丰富的实体模型工作。这类图形卡有SGI3D等。

彩色图形卡的容量决定了图形的分辨率和它的色彩数。若要求分辨率高, 色彩多, 则图形卡的容量也要大。当图形卡的容量一定时, 若要求的色彩越多, 则存储每个象素的色彩所需的位面就越多, 剩留给决定象素亮/灭的存储量越少, 分辨率越低。这也就是同一块图形卡用于多彩色显示时, 图形分辨率低; 用于少彩色显示时, 图形分辨率较高的原因。

第三节 输入设备

一、键盘

键盘是计算机最常用的输入设备。从外形看, 它和打字机的键盘很相似。CAD系统工作时, 课题的设计参数、图形的坐标值、命令和字符等都可以用键盘输入计算机。键盘与主机的键盘端口连接。

计算机键盘的键分字符键、数字键和功能键三种。前两种键与打字机键的作用是相同的。功能键的作用在不同的软件系统中可以有不同的定义。因此, 用户应根据具体情况对各功能键进行定义或编程。每击该键一次, 就输入一条完整的命令语句或预先编好的子程序, 用起来非常方便, 也不容易出错。

二、鼠标器

鼠标器(Mouse)是一种手动输入的屏幕指示装置(图2-6)。它用于移动光标在屏幕上的位置, 以便在该位置上输入图形、字符, 或从屏幕菜单上选择需要的项目。鼠标器有机械

式和光电式两种。前一种鼠标器的底部装有一个滚球。当它在桌面上移动,滚球运动,屏幕上的光标位置随之改变。只要滚球没有运动,鼠标器放在桌子上任何位置,光标也不会移动。另一种鼠标器装有光学传感机构,要和一个专用的衬垫配合使用,才能跟踪屏幕上的光标。在鼠标器上,做有2个或3个键,用于定位和拾取。定位是在屏幕上用光标确定一个位置;拾取是标记一个显示对象或选取光标所在处的菜单项目。鼠标器使用方便,操作简单,是CAD系统普遍采用的输入设备之一。

有的鼠标器要用一个插在计算机里的专用接口卡,大多数的鼠标器和计算机端口的RS-232C串行口相连接。

三、数字化仪

数字化仪(digitizer)是由一块尺寸为A4~A0的图板和一个类似于鼠标器的定位器或触笔组成的(图2-7)。人们常把小型(A3, A4)数字化仪叫做图形输入板(tablet)。数字化仪用于输入图形,跟踪、控制光标位置和选择菜单。大规格的数字化仪常用于将已有图样输入计算机。工作时,将图样贴在数字化仪的图板上,用定位器或触笔跟踪图形的特征点,使这些点的位置数字化后存入计算机。再结合绘图指令,这份图样就可以存入计算机。在小型数字化仪上,常将贴在板上的纸面分成菜单区和绘图区等若干区域。菜单区有许多小方块,每一小块代表某一功能。只要定位器或触笔在此小块范围内,用拾取键便可命令计算机执行这项操作。当定位器在绘图区绘图时,屏幕自动转为图形状态,光标随定位器而动。根据菜单上绘图指令和点的坐标值,可以在屏幕上绘出要求的图形。对于象14in的小屏幕显示器,把很多菜单显示在屏幕上是不适宜的。人们常把它做在数字化仪的若干张纸上,从而扩大了屏幕上图形显示区的范围。这时,微机CAD系统宜配置一个象A3大小的数字化仪。对于象20in大屏幕显示器,将分层的菜单显示在屏幕的一个小区内,用起来非常方便。这时,就不一定要配有这种小尺寸的数字化仪。

数字化仪的主要技术指标是:

- 1) 分辨率 每英寸2000~2500线。
- 2) 精度 $\pm 0.25 \sim 0.125\text{mm}$ 。

数字化仪通常与计算机的RS-232C串行口连接。

四、扫描器

近年来,国内外的CAD用户十分重视用扫描器将工程图样自动输入计算机技术的研究,以便在计算机里建立图样的技术档案,代替目前占用大量房屋面积和人力的技术档案室管理方法。这种图样自动输入技术可分为三部分:

- 1) 用扫描器将图形录入计算机,形成灰度级不同的图象格式的文件。

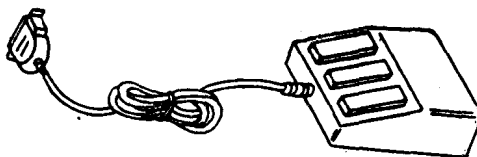


图2-6 鼠标器

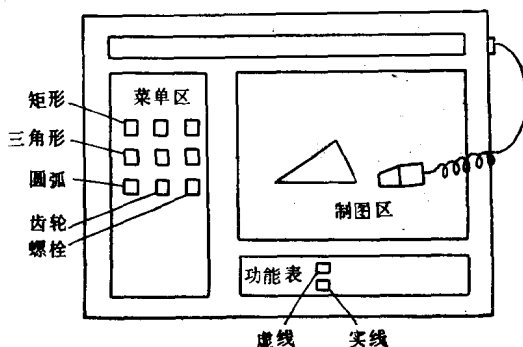


图2-7 数字化仪