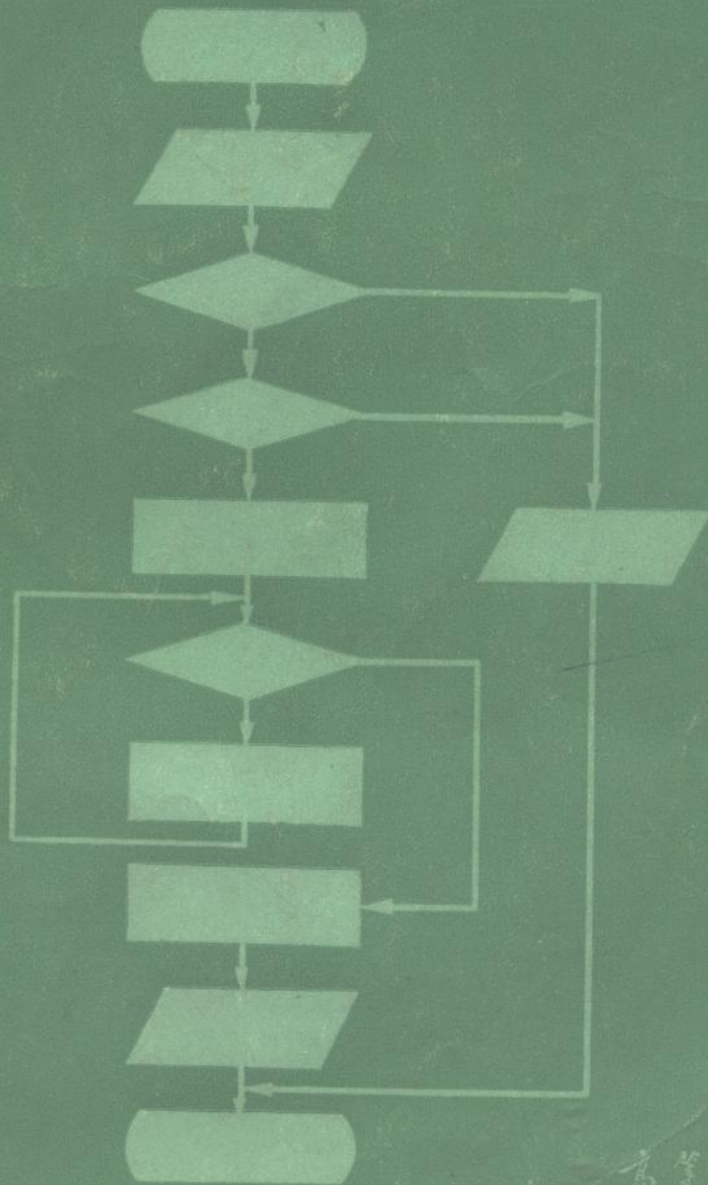


机械零件的 计算机辅助设计

张言羊 唐照民 李质芳 冯博琴 编

高等学校教学参考书



高等教育出版社

机械零件的计算机辅助设计

张言羊 唐照民 李质芳 冯博琴 编

高等教育出版社

高等学校教学参考书

机械零件的计算机辅助设计

张言羊 唐照民 李质芳 冯博琴 编

高等教育出版社

内 容 简 介

本书系统地介绍了有关机械零件的计算机辅助设计的基本知识、方法和技能。内容较丰富，实例较多，便于读者自学。各章并附有一定数量的习题。

全书共七章。主要内容有：机械零件的计算机辅助设计方法，CAD系统的硬件、软件和型式，机械零件设计程序的编制方法，设计数据的结构和查取，微型计算机在机械零件设计中的应用，绘制机械零件图形的程序的编制方法，机械系统的计算机辅助设计，机械零件程序设计的应用实例等。

本书可作为高等工业学校机械类、近机类各专业的选修课教材，也可供教师及有关工程技术人员参考。本书经清华大学冯中璠、薛淑琴同志审阅。

3750/150

高等学校教学参考书

机械零件的计算机辅助设计

张言羊 唐照民 李质芳 冯博琴 编

高等教育出版社出版

新华书店北京发行所发行

北京印刷一厂印装

开本 787×1092 1/16 印张 13.5 字数 318,000

1986年9月第1版 1986年9月第1次印刷

印数 00,001—8,400

书号 15010·0768 定价 2.30元

前 言

随着计算机技术的发展，特别是微型计算机的迅速普及，计算机的应用已日益广泛地深入到各个领域。就机械设计而言，不仅可借助计算机的快速运算能力，而且利用它的存贮、逻辑判断功能，使它获得“记忆”和“思维”的能力；新近出现的光笔图形显示器，则为人机对话以及进行实时的修改和方便地进行结构设计创造了更为良好的条件，它与自动绘图机联用，可把设计结果以图纸形式输出。因而计算机越来越成为工程技术人员进行创造性设计活动中不可缺少的助手。“计算机辅助设计(CAD)”这门新兴学科，随着计算机软件、硬件的发展而日趋完善，并在机械设计工作中以其高效率、高质量而显示出了强大的生命力。可以预料，不久的将来，计算机辅助设计方法必将成为从事机械设计的工程技术人员必须掌握的基本知识和基本技能。

本书是编者在多年进行计算机辅助设计的实际工作和“机械零件的计算机辅助设计”课程教学工作的基础上编写的。本书按照“少而精”的原则，以经过实践验证的机械零件设计程序的编制原则与方法；设计数据的结构及存取；微型机在机械设计中的应用；绘制机械图形的程序的编制方法；以及机械系统设计的基本概念等内容。本书可作为高等工院校机械设计、机械制造类专业学生在学过FORTRAN算法语言及机械零件课程后，选修“机械零件的计算机辅助设计”课程的教材。也可供有关工程技术人员自学之用。

参加本书编写工作的人员有：张言羊(第一章)、唐照民(第二、五、七章)、李质芳(第三、六、七章)、冯博琴(第四、一章)。全书由唐照民汇总和整理。姜琪阅读了其中主要章节并提出了宝贵意见，插图底图由屈东发协助绘制。

清华大学的冯中鏊、薛淑琴两同志审阅了本书，谨在此向他们表示衷心的感谢。

由于编者水平有限，书中难免有不受及错误之处，恳请读者批评指正。

编 者

于西安交通大学机械原理及机械零件教研室

1985. 10

目 录

前言

第一章 概论	1
§ 1-1 计算机辅助设计的发展概况	1
§ 1-2 机械零件的计算机辅助设计方法	3
§ 1-3 计算机辅助设计系统的硬件	6
§ 1-4 计算机辅助设计系统的软件	12
§ 1-5 计算机辅助设计系统的型式	16
第二章 编制机械设计程序的基础	20
§ 2-1 概述	20
§ 2-2 流程图	20
§ 2-3 机械设计中一元列表函数的存取方 法	24
§ 2-4 机械设计中二元列表函数的存取方 法	31
§ 2-5 机械设计中数据的其它存取方 法	38
§ 2-6 数据的公式拟合	40
§ 2-7 应用实例——三角胶带传动的设计 程序	44
第三章 微型计算机在机械零件设计中的 应用	54
§ 3-1 微型计算机简介	54
§ 3-2 人-机对话式的输入、输出格式	59
§ 3-3 逻辑判断语句在机械零件设计程序中的 应用	66

第四章 数据结构及查找技术	72
§ 4-1 数据结构	72
§ 4-2 线性表	79
§ 4-3 查找技术	85
§ 4-4 文件和数据库	93
第五章 计算机绘图	103
§ 5-1 自动绘图系统	103
§ 5-2 自动绘图机的结构与工作原理	105
§ 5-3 自动绘图机的插补原理	110
§ 5-4 绘图机软件	115
§ 5-5 机械零件图形的编程方法	124
§ 5-6 光笔图形显示器简介	129
第六章 计算机辅助设计机械系统	139
§ 6-1 机械系统设计的内容	139
§ 6-2 机械系统模型化方法	144
§ 6-3 计算机辅助设计机械系统	150
§ 6-4 实例	167
第七章 机械零件程序设计的实例	174
§ 7-1 单级圆柱斜齿轮减速器的齿轮传动 设计程序	174
§ 7-2 180°圆柱形流体动压润滑滑动轴承 油膜压力数值解方法及程序	195
§ 7-3 求蜗杆轴挠曲曲线的程序编制	206
主要参考文献	212

第一章 概 论

本章将概述计算机辅助设计在机械设计领域内的发展和应用情况,并介绍计算机辅助设计系统的类型和常用的硬件、软件的基本知识,使读者对计算机辅助设计有一个概括的了解。本章中涉及计算机领域中较多的名词术语,限于篇幅,只能作扼要解释,其中一部份在后续章节中还要进一步介绍。

§ 1-1 计算机辅助设计的发展概况

十九世纪的产业革命大大提高了人类体力劳动的能力。而在本世纪,人们认为又在进行一次产业革命,在这次产业革命中,计算机起了提高人们大脑能力的作用。自从1946年世界上出现第一台电子数字计算机以来,计算机科学的发展十分迅速,目前许多民用和军事部门已离不开计算机了。例如,在宇航、水坝、地震数据处理、石油勘探、桥梁建筑等工程设计中,在人口普查以及制订经济规划等工作中,都是利用计算机才得以实现的。计算机的应用日益扩大,已渗透到各个领域,例如在政府、企业、学校等行政管理性质的部门和图书馆、银行、商店等服务部门也都引进各种类型的计算机系统,使其工作现代化。

在科学研究中采用计算机进行大量运算和在计划或管理工作中采用计算机数据处理都已早见成效。相比之下,在工程技术中,特别是在一般的具体设计工作中采用计算机则比较晚一些。这是由于计算机的解题能力和应用范围还与人-机(计算机)间的交互方式有关。在一般的科学计算和数据处理中,采用与普通的英文打字机相似的终端键盘及打印机作为少量信息的输入、输出已能满足要求。但是,在工程技术中,特别是在设计工作中,传统的信息传递方式是图纸,在计算机上需要用大量的数据来描述画面才能将图形输入或输出。如果用终端键盘来完成这项工作,则既费时间又繁琐,而且容易出错。此外,普通打印机也无法输出工程画的图形。

在六十年代研制成功的图形显示系统解决了在计算机上处理图形的问题。这种系统主要是利用与计算机连接的一种外部设备阴极射线管(CRT, Cathode Ray Tube)和另一种叫光笔的输入设备。它们开辟了计算机在工程方面应用的新局面,为一门新兴学科——计算机辅助设计的诞生提供了基本的、重要的条件和手段。与此同时,绘图机的出现也解决了图形输出的问题。

关于计算机辅助设计的历史,可追溯到六十年代。计算机辅助设计的英文名词为 Computer Aided Design,故简称为 CAD。美国麻省理工学院(MIT)在这方面作了开拓性的工作。1963年,MIT在美国计算机联合会的年会上发表了五篇论文,他们这样来描述CAD:设计师坐在CRT的控制台前,用光笔操作,从概念设计到生产设计以至于制造,都可以实现人机对话,设计师可以随心所欲地对计算机所显示的图形进行增、删、改。利用他们所设计的系统,人们可以在10~15分钟内完成通常要花几个星期才能做完的设计。这在当时看来,多少带有一些神奇色彩,然而它极大地震动了追求实效的工程界。不久,美国的通用汽车公司和IBM公司率先设计了DAC-1

(Design Augmented by Computer)系统,利用计算机设计汽车前窗玻璃的型线,这是CAD的最早例子。其后的二十多年,随着计算机技术和电子技术的发展,已经研制成功一批功能较强、使用方便的CAD硬件和软件;大量的应用软件、图形语言已投入应用;CAD所需的外部设备品种日益丰富,图形显示装置、数字化仪、光笔、绘图仪、硬拷贝等已成为CAD系统的一般配置。值得一提的是,数据库、软件工程、计算机图形学、计算机网络、通讯等技术领域中的成就使CAD获得更深入更广泛的应用。目前,CAD/CAM(计算机辅助设计/计算机辅助制造,见§1-5)在一些技术先进的工业国家已经得到较快发展。其应用已从早期的辅助机械设计、印刷板设计、电路设计逐步扩大到VLSI(Very Large Scale Integration 超大规模集成电路)设计、土木建筑设计、服装与花样设计、管道布局等领域。美国、日本、西欧在飞机、汽车、船舶、机电、电子、化工产品、机械零部件、纺织图案中都应用了CAD。根据不完全统计,目前全世界大约有500多家公司采用了CAD技术。据1981年报道,美国有1500个CAD工作站,西欧有150个。英国SIA计算机服务公司拥有远、近程终端450个,用户达1000个以上。该系统与美、法的计算中心联网,利用卫星传送,使美国的100个城市分享该公司的资源和服务。

CAD/CAM技术的应用在经济效益上所取得的成就已为人们所公认。下面是日本一个金属模制造厂在进行某项产品生产时,引入CAD前后所化时间的比较。由此可见应用CAD/CAM技术对缩短新产品设计与制造周期的明显效果。

项 目	引入CAD前(小时)	引入CAD后(小时)	两者之比
资料调查	34	17	2:1
设 计	17	9.7	3:1
绘 图	107	5.3	20:1
制作加工的数控纸带	42	3	14:1
合 计	212	35	6:1

据统计,CAD可以使机械产品的设计周期缩短65~80%,工艺周期缩短80~90%,降低基建费用10~30%,改善经济技术指标10~25%。有的国家首次设计一次成功的可靠性已达95%以上。美国国家科学基金会的生产中心这样来评价CAD/CAM:“CAD/CAM技术是一项自电子技术发明以来,比其它技术具有更大的潜力,又能更快地提高生产率的技术。”

CAD/CAM方兴未艾,今后还会以更高的速度发展。1979年,由美国密执安大学负责,组成一个由美、英、日共105人的CAD/CAM专家小组,历时九个月,对CAD/CAM的发展进行预测。预测表明,到1990年,美、日两国有50%的机械制图将被计算机绘图代替;将有78%通用的NC(数控机床)被CNC(计算机数控)和DNC(直接数控)设备或系统取代;将有50%的机械加工和装配工艺过程的设计由计算机辅助工艺过程设计(CAPP)来完成。

我国的CAD/CAM技术是从七十年代开始起步的,近几年来在CAD研究方面也做了大量

工作。在机床主轴箱设计、汽车外形设计、汽轮机叶片设计及冲压模具设计等方面均已研制了一些可供实用的 CAD 软件。在机械零件设计方面,一些通用零件,例如齿轮传动、三角胶带传动、滚动轴承及滑动轴承等零部件设计也已有较成熟的应用软件,已初步形成程序包。可以预料我国在机械产品设计中的 CAD/CAM 技术将会以更快的速度发展。

§ 1-2 机械零件的计算机辅助设计方法

在讨论如何利用计算机辅助设计机械零件之前,先回顾一下机械零件的设计方法。在机械零件的设计过程中,通常需要进行下列工作:

(1) 拟定设计任务和要求。例如在传动设计中确定传递的功率和转速,规定对整体尺寸和重量等方面的要求等。

(2) 确定方案或结构型式。例如在减速器设计中要选择机械传动的型式,确定布置方案,以及选取滚动轴承的类型等。

(3) 选择材料。

(4) 确定零件的尺寸。零件的尺寸通常可用计算、类比或按标准选取等方法来确定。在确定零件尺寸时,强度计算和振动计算采用得很多。

(5) 对工艺性、标准化进行审核。

(6) 评定方案。如果有几种方案,可进行优选。

(7) 制图。

在上述各项内容中,常需从设计手册或技术文件中查取资料,进行分析、推理及判断;需要进行理论计算及优化计算;需要了解加工制造条件及使用要求;还需要符合标准化要求等。

由上述可知,设计是决断的过程,是将人的构思变成别人能理解的图形或信息,保证能正确制造。设计一般要经过调查研究(数据积累)、初步设计(方案构思)、分析计算(方案论证)、判断和完善化等阶段。在设计中要涉及到科学原理、历史数据、经济原则以及制造、检验、供应等方面。我们希望设计的产品具有最佳性能,且成本低廉。一般的设计工作,可概括为两个基本方面:一是信息处理,另一是作出决定。在信息处理过程中需对已积累的大量数据、资料、图表等进行变换、分析、比较,使之能适应具体的设计对象,并能够迅速地检索所需要的信息。良好的设计是建立在有效的、大量的信息基础上的,但是信息检索工作非常繁杂和化费时间。另一方面要使设计优良,必须作出许多有效判断。有效的判断是建立在分析和综合的基础上的,一般要进行大量的分析计算,采用优化方法,或通过“迭代”逐次逼近才能完成,仅仅依靠人力来完成是比较困难的,而且耗费大量人力,设计周期很长,但设计质量并不高。

计算机辅助设计是人和计算机结合成一体来进行设计。人机结合既可以发挥人的主导作用又可以充分利用计算机的能力,其结果比单独由人或完全依靠计算机来完成设计要好得多。在计算机辅助设计中,如果计算机无法完成或不易完成的工作就不用计算机而由人来进行,如果适合计算机完成的工作就由计算机进行。为了区别人和计算机分别适宜进行哪些工作,也就是说为了说明计算机能在设计中辅助人做哪些工作,必须分析、比较人在各方面的能力和计算机的几项性能。表 1-1 列出了人和计算机对完成各种不同性质工作的能力。从表中可看出,在有些

面人比计算机优越得多,在另一些方面计算机比人的能力强,因此在大多数情况下计算机可以提高人的能力。两者能力的结合正是计算机辅助设计优越性的所在。

人和计算机的这些特点分别在下述的四方面对计算机辅助设计起作用。

(1) 设计方法的建立

在设计过程中根据经验作出判断是重要的一环。因此设计方法应由人来建立,使得设计者可以用任意的顺序进行工作或者可以随时改变设计方法。设计者可以根据自己选取的方法进行设计而不是局限于格式化的计算机程序。

计算机不会学习,所以从以往的设计中吸取经验必须由设计者承担。但是,计算机能够很快查出过去的设计以供参考。另一方面设计者可以将其经验输给计算机,使得一个部门以至整个社会都可以利用这些经验。这对于新从事设计的人或缺乏设计经验的部门特别有意义。

表 1-1 人与计算机能力的比较

序号	项目	人	计算机
1	逻辑方法和推理	能凭经验自觉,有想象力和判断力	系统化的和格式化的
2	智能水平	学习快但有顺序	几乎没有学习能力
3	信息输入的方法	用视觉或听力能一下输入大量信息	输入是系统化和格式化的
4	信息输出的方法	用讲话或手势输出,速度慢而有顺序	格式化的有顺序的输出,速度快
5	信息的组织	不正规和自觉的	正规和详细的
6	组织信息所需的工作量	小	大
7	信息的存贮	容量小,受存贮的时间影响	容量大,不受存贮时间影响
8	对重复性和繁琐工作的忍受能力	差	极好
9	提出有效信息的能力	好	差
10	产生错误情况	经常	很少
11	对错误信息的接受能力	具有良好的自觉改正错误的 能力	不能接受
12	查找错误的方法	直观的	系统化的
13	编排信息的方法	容易和即刻的	困难和复杂的
14	分析能力	直观分析能力强,数值分析 能力差	没有直观分析能力,数值分 析能力强

(2) 信息处理

在设计开始时必须从设计任务中取得信息,在设计过程中需要查取各种公式、图表、数据等资料,在设计完成时必须输出信息,提供给加工制造。人的大脑能自觉地、有序地存贮信息,但其存贮容量有限而且不是全部信息都能永久保存。计算机没有自觉组织数据的能力,但具有大容量的永久保存所存贮信息的能力。因此信息存贮可在设计者的主持下由计算机承担。

设计完成后提供给加工制造用的输出信息通常制成图纸。人工制图既慢又繁琐，所以用计算机绘图较合适。如果充分使用计算机产生加工制造所需的信息，可使设计者从重复性的工作中解放出来。

(3) 修改设计

在设计过程中常常需要改正错误，修改设计以及将老设计修改成新的设计。计算机只能检查具有系统性的有规律可循的错误，而人能凭自觉的方法检查错误。例如，计算机能计算一根轴传递扭矩的能力，而人从经验能判断此轴是否太细。

依靠计算机自动改正设计错误一般很困难，所以检查和改正错误以及对设计根据需要进行修改应由设计者承担。

(4) 理论计算

计算机特别适宜进行“数值分析性质”的理论计算，而人做计算工作既繁杂又费时。在设计中应将理论计算尽可能由计算机完成，而设计者应将精力集中在根据计算结果作出决定和作出自己的自觉分析上。

根据以上讨论，在计算机辅助设计中人和计算机应分别发挥各自的作用。

计算机适宜在以下三方面起作用：

- 1) 用来扩充设计者的记忆；
- 2) 提高设计者的理论计算和逻辑能力；
- 3) 使设计者从常规的繁琐和重复工作中解放出来。

设计者需做以下的工作：

- 1) 在设计过程中控制信息的流动，也就是掌握设计的进程；
- 2) 应用创造性、智能和经验；
- 3) 设计信息的组织。

随着计算机及其应用的发展，计算机辅助设计的意义还不限于上述方面。例如 CAD/CAM 可以不要设计图纸。这样就改变了机械设计必须通过图纸来完成的传统做法，也改变了对设计的传统看法。另外，计算机辅助设计也可以与理论计算结合。例如在设计中利用图形的数据来自动生成单元进行有限元分析计算是很便利的。

目前世界上正在研制的第五代计算机，它是超大规模集成电路、人工智能、软件工程、新型计算机体系结构等综合的产物。它的主要特点是智能化程度显著提高，是一种更接近于人的计算机系统。它将能听懂人说话，自己也能说话，能看懂文字和图形。能识别不同物体，能写字和画图。它有知识、能学习，能够推理，能解问题。人们可以不必编制程序，只要发出命令或写出某个方程或提出某个要求，计算机就能完成所需的程序，并把结果提供给使用者。第五代计算机的研究工作已有许多突破，在不久的将来，它将成为现实，到那时候，计算机辅助设计将是另一个面目了。

从以上分析，不难看出 CAD 有如下优点：

(1) 提高了设计工作效率，缩短设计周期，加快产品的更新换代。一般在机械产品及工艺设计中，可以节省 2/3~9/10 时间。

(2) 提高了设计质量。由于发挥计算机的有利条件,再加上人机交互功能,使得产品设计可以在较短时间内达到最优化,同时在产品结构、能耗、材料等各方面取得最佳效果。

(3) 使设计人员从繁琐重复的设计劳动中解放出来,有利于新技术开发研究、新理论研究,从而加快产品设计发展。

(4) 有利于产品标准化、系列化、通用化。在 CAD 中通过改变输入参数,可以使系列设计方便地实现。

(5) 简化了设计手续。计算机中既存贮了现在设计产品的全部信息,同时也有一个所有搜集到的同类产品信息资料的数据库,需要时可通通过人机对话,方便地调用所需信息。

(6) 有利于计算机制图学、计算机辅助制造(CAM)的发展。通过 CAD/CAM,实现了产品设计制造一体化。

§ 1-3 计算机辅助设计系统的硬件

一个有人机交互功能的 CAD 系统是由图 1-1 所示的几部分硬件组成的。

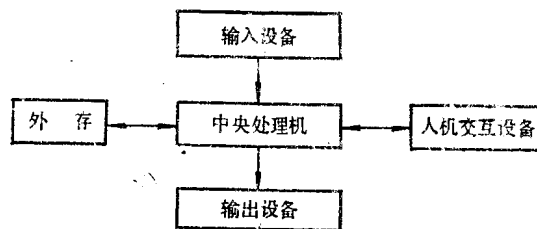


图 1-1 有交互功能的 CAD 系统的硬件

CAD 系统的硬件配置与通用型的计算机系统有些差异,后者是由中央处理机(简称 CPU)、外存贮器和通用的输入输出设备组成,而 CAD 系统的硬件配置中,人们十分重视人机交互设备。虽然通用型的计算机系统也有输入输出装置,但它局限于通用目的,CAD 系统的输入输出设备另具特色。下面扼要介绍其中一些主要设备。

1. 中央处理机

中央处理机由三大部分组成:运算器、控制器和主存贮器(又称内存)。运算器负责执行指令所规定的算术和逻辑运算。控制器负责解释指令的含义、控制指令的执行顺序、访问存贮器等。主存贮器是存放指令和数据的部件。中央处理机是整个计算机系统的核心。

CAD 系统选用哪种计算机,要视被设计对象的规模、系列、信息量多少、输入输出设备配置等情况而定。目前在 CAD 中使用的机型,大至巨型机,小至微型机均有应用。特别是微型机,不仅体积小,功耗低,价格便宜,而且可以在微机上开发小型甚至中型的 CAD 项目,因此在 CAD 领域中,目前微型机是一个十分活跃的机型。而自 1983 年以来,以 16 位个人计算机为基础的个人 CAD(Personal CAD)系统在国内纷纷出现,并以价格低廉和操作方便吸引用户,从而也形成新的 CAD 市场。

2. 存贮器

存贮器是计算机中存放数据和程序的装置。从数据流动的角度来看,存贮器是工作的中心,如图 1-2 所示。一般它由存贮体、地址寄存器、译码驱动电路、读出发生器以及时序控制电路等几部分组成。

根据存贮器是设在中央处理机内部还是外部,通常分为内存贮器(简称内存)和外存贮器(简称外存)。内存容量较小,但存取速度较快,它可以直接与运算器、控制器交换信息。外存相对内存来说,容量大,存取速度较慢。因此,当前运行所需的程序和数据必须放在内存中。由于 CAD 作业中包含科学运算及绘制图形等工作,信息量大,因而 CAD 系统所配置的内存不宜过少,以免影响效率(严重时甚至会导致无法运行)。目前,个人 CAD 系统内存大多超过 512 kB(1kB=1024 字节)。另一方面,内存价格比较高,一般用户对此比较精打细算,而且目前有办法使用小内存做较大的题目,那就是以外存作内存的后援,把暂时不需要的程序和数据放在外存,当程序执行到某一时刻需要它们时,操作系统及时地把它们调入内存,而把内存中暂时不需要的数据“赶到”外存,程序和数据经常在内、外存之间交换。虽然这样做会影响 CAD 系统的速度和效率,但人们已从缩小内存配置中得到价格低廉的好处。顺便指出,现代的计算机系统中,内外存交换是绝对必要的,合理地进行内外存中信息的交换是一个专门课题,目前已经有许多成熟的调度算法可供使用。

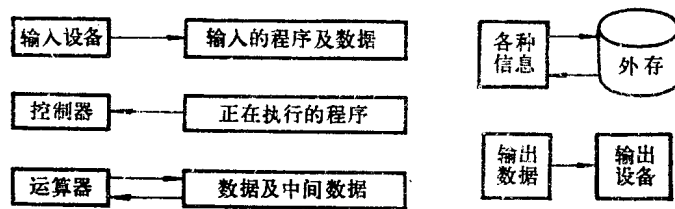


图 1-2 存贮器中的信息

根据存贮器工作方式不同,存贮器可分为随机存贮器(简称 RAM——Random Access Memory)和只读存贮器(简称 ROM——Read Only Memory)。顾名思义, RAM 可随机存取所需要的信息,因此一般采用它作为内存,如半导体存贮器、磁心存贮器等。ROM 则不同,它只能取出已存入的信息,而不能随意写入新的信息,一般用于存放要受到保护的信息,如汉字字库、设备的控制程序等。

外存贮器中最常用的是磁带、磁盘,它们都属于磁表面存贮器,这是以永磁薄膜材料如氧化铁的小面积磁化原理为基础的。

磁带存贮器是一种低廉的数据存贮器,因为磁带盘可以更换和脱离磁带机保存,在一台磁带上使用的磁带盘数可以很多。图 1-3 是一种目前广泛应用的中、高速数字磁带机——真空磁带箱式磁带机的简图。目前高速磁带机的带速已达 200 in/s,记录密度为 6250 位/in,每一台磁带机容量可达 50 MB(1 MB 即为 1 兆字节)。数据传输率达 1.25 MB/s。由于它容量大,使用灵活、可靠、价格便宜,因此它已成为计算机系统很重要的存贮介质,特别对于大、中、小型机,是不可缺少的部分。一般系统装入时,都利用磁带为存贮介质, CAD 的用户也常用它来保存自己的程序和数据。这里要注意的是,用户应随时制作重要信息的副本,这些副本应利用私用的磁带或

软盘作存储介质,并且把它们从机器上卸下来,保存起来备用。缺乏经验的用户往往由于保留在计算机内的信息被破坏,自己又没有“留一手”而后悔莫及。磁带纪录信息的原理与录音磁带相似,信息按顺序存放,因此要存取一个信息往往要卷带或倒带,化不少时间,况且数据传输速度较慢,可见磁带不合作随机存取的外存。

比磁带更为引人注目的外存是磁盘,可以不夸大地说,在没有配置磁盘的计算机系统上不可能完成一个实用的 CAD 系统。

磁盘是颇似唱片的圆盘,有硬盘和软盘两种,硬盘通常由铝合金制成,软盘则由塑料制成。磁盘以高速旋转。硬盘的转速可达 $1000\sim 3000\text{ r/min}$ 。磁盘表面有许多同心圆磁道,每英寸可有 $50\sim 200$ 条磁道。图 1-4 为磁盘机的工作原理图。

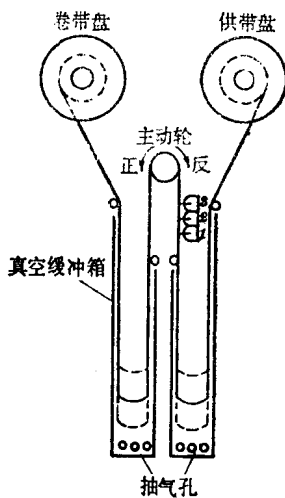


图 1-3 真空带箱式磁带机的简图
1—抹头; 2—写头; 3—读头

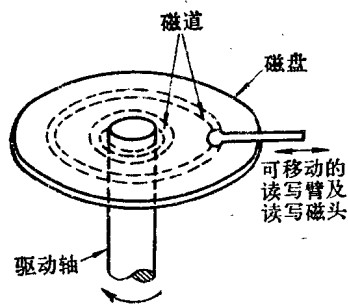


图 1-4 磁盘机上的磁盘和读写磁头

硬盘磁盘机主要由磁盘组、定位机构和读写磁头等部分组成。图 1-5 为磁盘机的结构示意图,磁盘组由多片磁盘组成,磁盘直径通常有 14、8、5.25、3.9 in,厚 $1\sim 2\text{ mm}$,两磁盘间有 $10\sim 20\text{ mm}$ 间隔,由一同轴电机拖动磁盘组一起旋转。硬盘磁盘机的工艺难度大,造价高,而且对运行环境(如温度、空气净化等)要求较高。不少机房把它安装在一个专门的温差小的净化房间里。七十年代中期发展了一种新的磁盘技术,它的主要特点是密封的磁盘和磁头一体化结构;采用轻浮力的磁头块,磁头能在接触状态下起停;以及在记录媒体的表面上涂有润滑剂等。IBM 公司用“温彻斯特”(Winchester)作为这种技术的代号,并把采用这种技术的磁盘称作温彻斯特盘(简称温盘)。盘头一体的盘盒由于密封性好,可靠性高以及记录的密度高和容量大,因此目前大多数硬盘装置都采用这种技术。

硬盘的容量大,一般微机上配置的有几十兆字节,其它机型都在几百兆字节以上。硬盘可作随机存取,速度虽不及内存,但比磁带快得多,因此硬盘成为内存最有力的后援。硬盘组的磁盘亦有可卸的,但操作要求高,需由专业人员进行装卸。

软盘以它的使用简单方便、价格低廉吸引了广大用户。绝大多数软盘是单片可换式的,也有

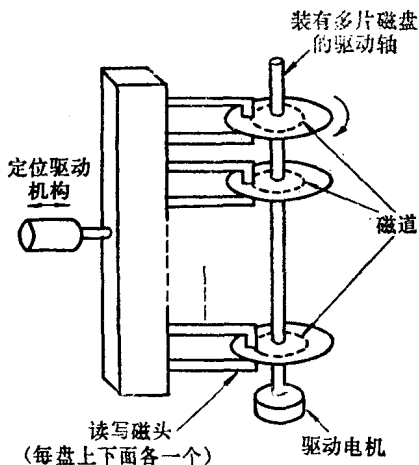


图 1-5 磁盘机的结构示意图

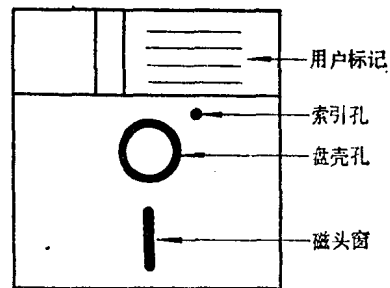


图 1-6 软盘外形图

采用多片盘组的软磁盘机。每张磁盘包括盘片和盘套两部分，盘片成圆形，盘套成方形，尺寸有 8、6、5.25、3.5、3、2.5in 等，盘套采用聚酯薄膜，厚度为 76 μ m。盘套是软盘片不可缺少的一部分，它起着保护盘片避免灰尘沾污或碰伤盘片的磁层表面，防止盘片旋转时产生静电而引起数据出错等作用。软盘按密度可分为单面单密、单面双密、双面单密、双面双密；容量由几十万字节至三兆字节不等。软盘的外形如图 1-6 所示。

空白软盘是无法写入信息的。在对一张新软盘写入信息之前，必须做“格式化”。格式化的目的是要对磁道进行扇区^①划分，并对磁道和扇区进行编号，即标出道与扇区的位置，然后才能写入数据，这如同一座建好的楼房，只有标好房间号以后才能准确找到房间。软盘装卸、携带方便，是用户极好的“私有”存贮介质，人们常用它存贮副本。对于内存和硬盘容量不太大的微机，系统软件以它为存贮介质，系统得从软盘装入，它还可弥补其容量不足。因此，软盘是必须的外部设备。

最近发展的光盘存贮器是利用激光写入和读出信息，它的容量比磁盘大得多，而且耐用性和可装卸性都有改善，目前已投入使用。因为价格昂贵，故还不普遍。

提高计算机的运算速度，存贮器的速度和容量是关键，不过具体配置一个系统时，还受到成本约束。值得提倡的做法是建立存贮层次，把高价的小容量的高速存贮器与便宜的大容量的低速存贮器结合起来。

3. 文字、图形显示设备和交互作用系统

计算机数据显示设备是把机内数据以图表、图形、字符或图象等方式直观地表示出来的装置。如果把显示屏比作“窗口”的话，则通过这“窗口”可以形象地看到计算机内部活动的状态及人传递给计算机的信息与计算机传送给人的信息。在各种计算机显示系统中，最主要的显示出器件是阴极射线管 (CRT)。CRT 显示器可分为字符显示器、图形显示器和图象显示器。显示设备与其它外部设备不同之处，在于它既可作为输出设备，又可作输入设备。计算机——显示

^① 扇区是磁盘面上的扇形区域，磁盘面的一个同心圆称为一个磁道，由磁道和扇区编号唯一确定了磁盘位置。

设备——通信装置——人结合在一起,构成所谓的人机交互作图系统。CAD中采用的CRT显示器是图形显示器,它不但能显示字符信息,而且能显示以点、线、字符构成的,具有不同灰度等级、不同像型、不同颜色的复杂图形。在键盘、光笔等输入装置的配合下,对显示在屏幕上的图形进行交互作用。如配合使用较完善的CAD软件,还能通过显示器实现对图形的剪裁、开窗口和进行二维或三维的图形变换——旋转、平移、放大、缩小、局部显示,取得各个不同角度的视图等。

上述的人机交互图形系统是一种用人机对话方式对图形进行加工处理的系统,在CAD的作业中,占有十分重要地位,比较理想的交互图形系统中还应包含一些型式日益丰富的图形输入设备,用户通过它们将草图输入到计算机,然后采用与计算机对话的方式,对图形进行放大、缩小、旋转、修改和增删等,从而得到正确的图形,然后再通过打印机或绘图机,将所设计的图形绘制在图纸上。

4. 图形输入设备

CAD中常要求把图形直接送入计算机处理,从六十年代起,美、日等国先后开发了光笔、图形输入板、跟踪球、操纵杆、模感“老鼠”等多种用于图形输入的设备,这些输入设备使用简单,容易掌握,功能上差别不大,因此一个CAD系统不必样样俱全,选其一、二个即可。下面简叙其功能、特点(详细情况可参阅第五章)。

(1) 光笔 它是显示系统重要的输入设备之一。在显示系统中,如果把显示屏幕比作“一张纸”,那么光笔就相应为“一支笔”。它是一种能检测光的装置,由于其形状酷似普通笔,才得名“光笔”。

光笔基本功能有两个:一是用于指定显示屏幕上已显示出的字符、图形(光笔指点);二是用于输入新的图形数据到计算机(光笔跟踪)。也就是当光笔对准屏幕上出现的光标时,光标就能随光笔移动,从而将光笔在显示屏上移动的轨迹转换成数字信号,输入到计算机,并在屏幕上显示出来。

(2) 图形输入板 又称数字化板,只要操作者在图形输入板上移动一支感应笔,在板上所描述的图形和字符数据就被输入到计算机。图形输入板一般采用光电耦合、静电耦合、电磁感应等原理构成。

(3) 跟踪球 它是控制显示屏上光标移动的一种设备。它由一个用手随意旋转的圆球构成。圆球的运动使两个互成直角安装的轴角编码器跟着转动。球转动所经过的距离,由编码器转换成“X”和“Y”方向上相对应的二进制值,把该数值及球转动的正或负方向的符号一同送入计算机,显示屏上的光标就随着球的转动而移动。

(4) 模感“老鼠” 一种新型的计算机显示屏光标定位器,其上有一块四英寸见方的模感屏面,用户只需用一个指头在屏面上移动,就可以对光标的位置进行控制。这种工作方式优于以前的“电老鼠”,以前的“电老鼠”必须在图板上爬,才能控制光标的位置,需要较大的工作台面。

5. 自动绘图机

自动绘图设备分卷筒式、平台式绘图机两大类。卷筒式绘图机(图5-12)由步进电机、卷筒传动部分、笔架、控制器部分组成。图纸规格一般为宽270mm和750mm两种。卷筒式绘图机的典型机型有Benson 1120、1220、1320型等。

平台式绘图机是在数控机床基础上发展起来的,适于画精度高、幅面大的图形。绘图机结构主要由平台、导轨、驱动电机、传动机构、回转笔架、坐标读数系统等组成(参阅图 5-6)。画笔架上一般有多色画笔。为了提高绘图速度,国内外发展了采用平面电机传动方式的高速平台式绘图机,画笔最大速度可达到 60~90 m/min。

近年来,微型机的发展十分迅速,与微型机配套组成 CAD 系统的硬件配置也日益增多,国内外已有多种型号的小型绘图仪(台式绘图仪)问世。这种小型台式绘图仪体积小、重量轻、功能强、价格低,带有六支(或八支)彩色画笔。其中一种智能绘图仪,内部装有微处理机,并带有一些基本的绘图指令。小型绘图仪一般可绘制 A3 或 A4 幅面的图纸。它是在微型机上实现计算机辅助设计的必备装置之一。

6. 声音输入输出装置

在 CAD 中直接用声音输入输出,将加快设计过程。声音输入装置是把人的声音转变为计算机能“听懂”的装置。利用声音输入比键盘快 2.5~4 倍,比书写体文字识别要快 6~10 倍,而且信息的传送方式十分自然,好像人与计算机在“交谈”似的。国外的 VIP-100 声音输入系统,可输入特定多个单词,识别率达 98.5%。但总的来看,由于同一个音,随人而异,甚至还受说话者的感情的影响,因此目前该项装置还处于继续开发阶段。人机应答装置是计算机的输出设备,它输出的形式不是印在纸上的图形或数据,而是输出声音。该装置根据电话拨号盘或按键上发送的请求,经过计算机处理后,给出相应的数字编码的声音回答。声音回答所用的词汇是以数字编码的形式把声音预先记录在大容量存储器(磁盘、磁鼓)中。根据计算机处理结果,从中取出相应的词汇作为回答,有些类似打电话询问时间和天气预报的状况(在上海等城市有此装置)。

7. 通用的信息输入输出装置

这类设备在 CAD 中也很重要,它们可以说是“经典”的外部设备,在计算机的一般应用中十分常见,这里就不再加以说明,仅罗列它们,供参考。

(1) 光电纸带输入机 将程序或数据在纸带上穿成孔,然后送到纸带输入机,读入计算机。

(2) 卡片输入机 将程序或数据在卡片上凿成孔,再经卡片输入机读入计算机。

(3) 键盘 键盘往往与 CRT 或打印机相连接,从键盘上输入数据,即可以同时从 CRT 或打印机上输出供检查,易于纠错,但占用机时多。

(4) 打印机 微型机或个人计算机上大多配置串行打印机,它一次打印一个字。较高档的机型则以配置行式打印机为好,行式打印机每次打印一行,因此打印速度快。

(5) 硬拷贝 硬拷贝是相对于软拷贝而言的。一般把显示器上显示字符、图形、图象和声音输出装置的声音输出称为软拷贝,因为它们不能永久保存;而把打印在纸上、记录在照相底片上的数据,可供人直接阅读和保存的记录,称为硬拷贝。在 CAD 作为硬拷贝的有绘图机、点阵打字机等。

综上所述,CAD 系统主要的图形输入输出设备和通用的外部设备如图 1-7 所示。虚线框内表示中央处理机及其与外部设备的接口(IF 意为接口,A/D D/A CONVERTER 是模拟数字和数字模拟转换器)。

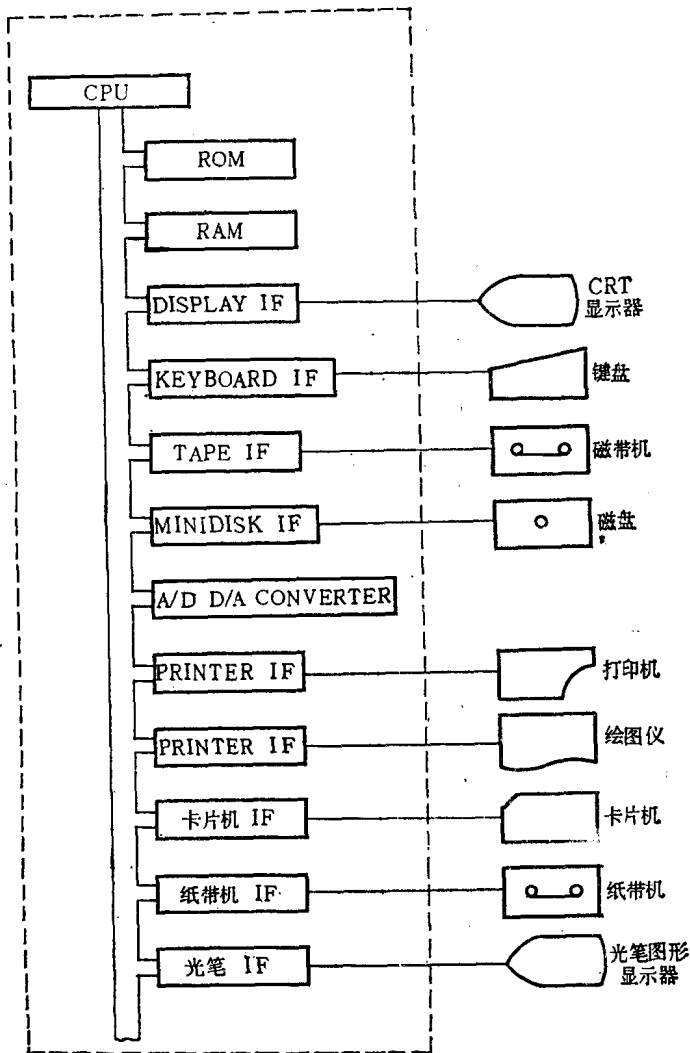


图 1-7 CAD 系统的硬件配备

§ 1-4 计算机辅助设计系统的软件

规划一个计算机辅助设计系统时要考虑许多因素，首先是该系统的设计目标和应用范围，其次还要考虑价格等。往往一套大型的 CAD 系统，价格是小型 CAD 系统的几十倍。这里所说的规划一个 CAD 系统，不仅包括硬件，而且包括已为人们重视的软件，从根本上来讲，发挥整个 CAD 系统效率的关键是软件配置的合理性以及今后的二次开发^①工作的开展。对一个较大型 CAD 系统的软件评价应考虑以下几个方面的因素：

^① 一般认为初次开发是指以硬件为基础发展的一批最基本的软件(如操作系统,各种高级语言的编译程序)所做的工作;二次开发是指在初次开发的基础上,对原有软件功能的扩充,或开辟新的应用软件领域所做的一切工作。