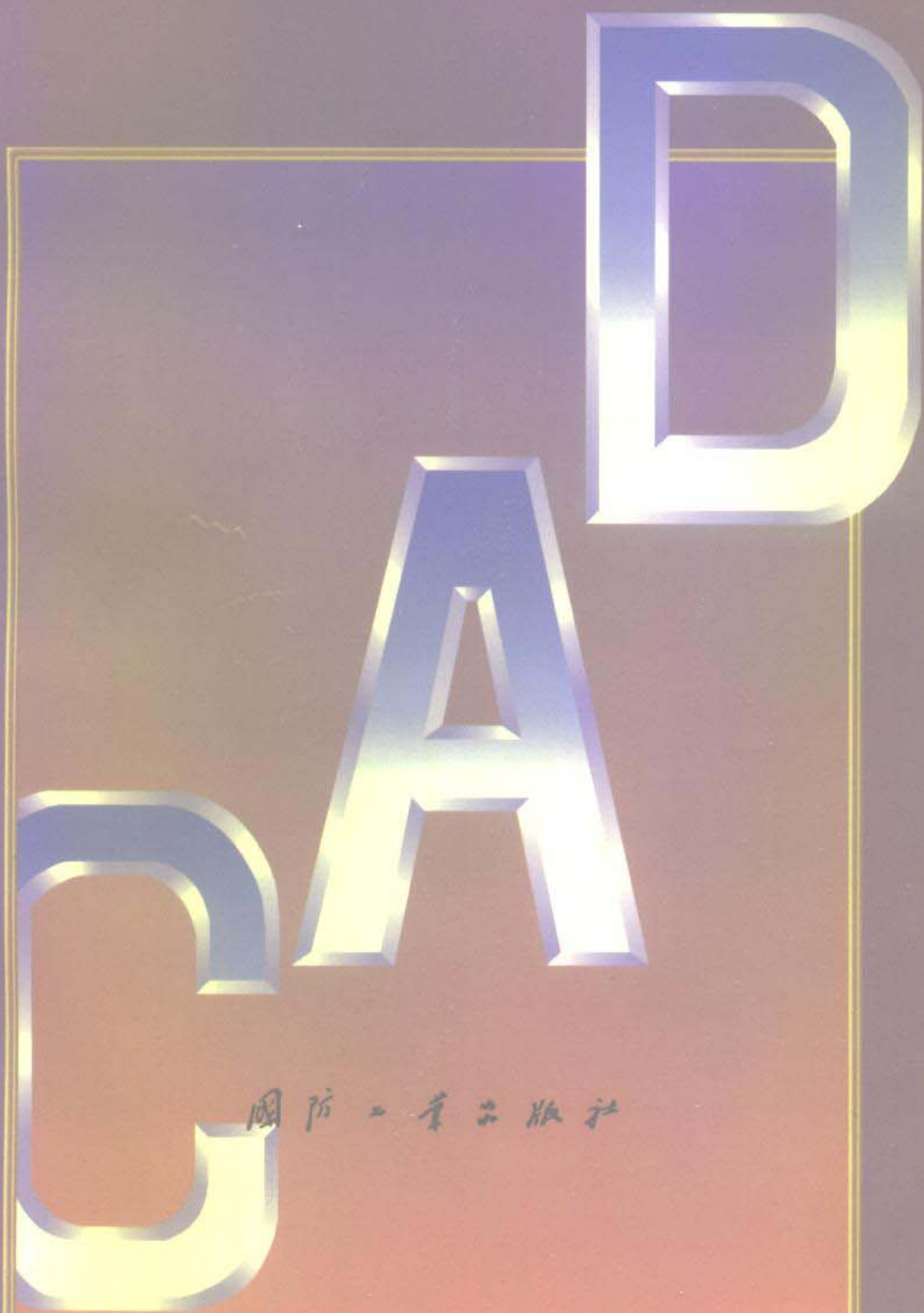


G F G Y G B S

电机 CAD 技术

卢刚 李声晋 马瑞卿 刘景林 编著

李钟明 主审



国防工业出版社



721
L88

电机 CAD 技术

卢 刚 李声晋 编著
马瑞卿 刘景林

李钟明 主审

国防工业出版社

· 北京 ·

D201/E4
图书在版编目(CIP)数据

电机 CAD 技术/卢刚等编著. —北京:国防工业出版社,
1997.7

ISBN 7-118-01672-1

I. 电… I. 卢… III. 电机-计算机辅助设计 IV. TM30
2-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字(96)第 21172 号

国防工业出版社出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号)

(邮政编码 100044)

北京怀柔新华印刷厂印刷

新华书店经售

*

开本 787×1092 1/16 印张 20 插页 1 465 千字

1997 年 7 月第 1 版 1997 年 7 月北京第 1 次印刷

印数:1—4000 册 定价:27.00 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

序

近 30 年来,计算机技术的迅猛发展,使 CAD(计算机辅助设计)技术形成一门新兴的学科。目前,CAD 技术已成为广大工程技术人员从事产品和各种工程对象的设计、分析及绘图的有效工具,使产品和工程设计过程实现了自动化。CAD 技术把计算机快速、准确的特点和设计人员的思维及综合分析能力相结合,减轻了设计人员的劳动,可加速设计过程,缩短设计周期,提高设计精度,保证产品设计的高质量,适应了当代工业产品的多品种和快速更新换代的要求,极大地提高了企业的竞争能力。

CAD 技术已经成为当代工业和科研的基本支撑技术,而 CAD 和 CAM(计算机辅助制造)、CAE(计算机辅助工程)技术相结合,正在国内外引起一场产品设计和工程设计的技术革命。

西北工业大学稀土永磁电机及控制技术研究所是国内最早从事稀土永磁电机研究开发的单位之一,在多年的稀土永磁电机研究工作中取得了较好的成绩,他们不仅重视电机 CAD 技术的研究,而且十分重视 CAD 技术的推广应用。10 年来,先后举办过多次电机 CAD 技术培训班和研讨会,受到广大用户及专家的一致好评。特别是近年来,他们又在数据库、计算分析、人-机接口、几何造型和系统配置等当前 CAD 关键技术中做了大量的工作。

本书通过大量实例,重点叙述在电机 CAD 开发中一贯提倡的面向用户的 CAD 体系及具体实施技术,还从工程实用出发,给出了所有的通用核心源程序,为广大 CAD 工作者开发高水平的电机 CAD 软件创造了一定的条件。

本书的出版是作者在电机 CAD 技术方面科研与教学工作的总结,将有助于我国 CAD 技术的发展。

金德琨

1996. 3

前 言

CAD 作为一门新兴应用学科,已在越来越多的工程设计中得到成功的运用,引起工程技术人员的极大兴趣。近几年,国内一些理工科大学已将其列入本科生和研究生课程。

计算机辅助电机设计,是以电机设计的数学模型为基础,利用计算机软、硬件的条件,辅助设计人员进行电机设计,达到缩短设计周期、提高设计质量的目的。因此,CAD 软件的质量和开发周期就严重影响着计算机辅助电机设计的效果。由于 CAD 技术是一门应用型学科,要求软件开发者既要有扎实的电机设计理论基础,又要具备较丰富的计算机软、硬件知识,这就使得开发高水平的电机 CAD 软件具有一定的困难。

根据“八五”航空预研工作的需要,中国航空工业总公司机载局给西北工业大学下达稀土永磁电机 CAD 技术研究课题。经课题组四年来的努力工作,该项研究工作取得了如期的成果,获得航空工业总公司科技进步二等奖一项、三等奖一项,并先后于 1991 年和 1993 年在西北工业大学举办了两期面向全国电机行业的 CAD 培训班,效果较好。为进一步推动我国电机 CAD 技术的发展,根据航空工业总公司机载局的安排,我们编写了本书。

本书全面细致地总结了我们在电机 CAD 技术方面所做的工作,给出了大量实例和核心源程序,侧重于工程实用,希望能为广大电机设计人员自行开发 CAD 软件提供有实用价值的软件模块。例子中的程序虽不是唯一的和最佳的,但却是通过调试运行,证明是可行的。

全书共分六章。第一章为 CAD 技术概论;第二章着重讨论面向用户的 CAD 技术理论与实践方法;第三章介绍计算机辅助绘图在电机设计方面的应用;第四章通过详实的例子介绍具体开发电机 CAD 系统的方法;第五章讨论了电机电磁场有限元自动化分析技术;第六章介绍电机优化设计理论及方法。

全书由卢刚主编。李声晋编写第五、第六章;马瑞卿编写第三章;刘景林编写第一章;卢刚编写第二、第四章及全书源程序。

整个编写工作在李钟明教授指导下进行,他对本书的总体结构、具体内容等都作了详细的审定,在此致以深切的谢意。

研究生宋泽爽、罗玲为本书提供了部分菜单实例,施晟樵、李金荣、范俊英和岳进等参加了本书文稿整理和图稿绘制工作,在此表示感谢。

本书承蒙中国航空工业总公司陈法善高级工程师审阅,对此表示衷心感谢。

由于作者水平有限,书中难免存在缺点和错误,敬请读者批评指正。

编 著 者

1996 年 1 月于西北工业大学

目 录

第一章 CAD 技术概论	1
第一节 CAD 定义	1
第二节 CAD 技术发展过程	1
第三节 CAD 硬件	3
第四节 CAD 软件	9
第二章 面向用户的 CAD 理论与实践	13
第一节 面向用户的电机 CAD 概念	13
第二节 数据结构	15
第三节 菜单模式及设计	21
第四节 用户界面	37
第五节 变量设置	41
第六节 菜单驱动程序	46
第七节 托盘管理程序	74
第八节 数据变换及打印程序	83
第三章 计算机辅助绘图	99
第一节 概述	99
第二节 Turbo C 图形功能及库函数	101
第三节 CAD 系统窗口设置	104
第四节 汉字显示	106
第五节 电机 CAD 绘辅助图	109
第四章 CAD 系统开发实例	122
第一节 软磁材料数据库	122
第二节 其它公用数据库	131
第三节 永磁直流电动机 CAD 系统	135
第四节 其它类型电机 CAD 系统	172
第五章 电机电磁场有限元分析系统	177
第一节 概述	177
第二节 电机电磁场有限元分析系统功能	183
第三节 前处理	188
第四节 文件结构及全局变量	196
第五节 网格自动生成	215
第六节 有限元求解程序	229
第七节 后处理	237

第六章 优化设计	259
第一节 概述	259
第二节 优化理论知识	259
第三节 线性优化	265
第四节 无约束非线性优化	277
第五节 约束非线性优化	294
第六节 电机优化设计	307
参考文献	313

第一章 CAD 技术概论

第一节 CAD 定义

CAD,即 Computer Aided Design 的缩写。在众多的工程领域中,CAD 已是很常见的术语,但仍有多种对 CAD 较片面的理解,如相当多的人把 CAD 仅理解成计算机绘图,也有人把应用计算机进行分析计算看成是 CAD 等,这些看法都是片面的。CAD 牵涉的面很宽,不可能针对一个具体的范围或领域来定义,因此,CAD 可以概括为:利用计算机系统辅助设计人员进行一项设计的建立、修改、分析或优化,换言之,设计人员借助“人-机界面”,通过“人-机对话”方式,将人的思维、分析及综合能力与计算机的快速计算、准确地逻辑判断融为一个整体并最终使工程问题得到解决。

不同的工程技术领域,其 CAD 的内容差异很大。例如就集成电路设计而言,随着 IC 技术的迅速发展,LSI、VLSI 以及各类复杂的 ASIC 器件的出现,集成电路设计中的 CAD 主要通过逻辑电路设计、逻辑验证、可测性分析、模拟、自动布线及掩膜等完成人工方式难以完成的集成电路设计;机械和建筑设计行业中的 CAD 则通过点、线、面、体几何要素及灰度、色彩来完成产品设计、造型设计或景物、建筑设计等;而控制系统中的 CAD 则主要是利用计算机进行动态建模、分析、设计和仿真等,因此,CAD 是计算机理论、计算方法、图形学、专业设计理论、数据库等多学科相结合的综合技术,不能简单地认为 CAD 就是计算机绘图或分析、计算等。

通常,基本的 CAD 系统由计算机硬件系统和软件系统所组成。硬件系统包括计算机主机及其外围设备(如显示器、打印机、绘图机、键盘等);软件系统由系统软件、支撑软件及应用软件组成,基本 CAD 系统组成如图 1-1 所示。

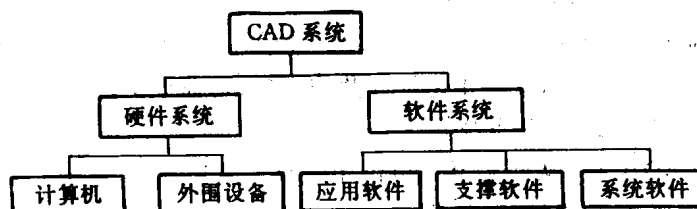


图 1-1 CAD 系统组成

第二节 CAD 技术发展过程

了解 CAD 的发展历史,有助于人们更好地了解它的现状及发展趋势。CAD 的产生是

与计算机绘图密切相关的,早在 50 年代初期,当第一台平板式绘图机在美国由奥地利人 H. Joseph Gerber 研制成功后,计算机绘图及 CAD 便由此开始。

60 年代,美国麻省理工学院(MIT)学者 I. Sutherland 在美国联合计算机会议上发表论文“一个人-机通信的图形系统”,首先开创了交互式计算机绘图系统。同年,S. A. Coons 也发表了论文“计算机辅助设计要求纲要”,论述了 CAD 的重要设想,即设计师坐在 CRT 前用光笔操作,从初步设计到详细设计乃至机械制造,都可以通过人-机对话方式实现,I. Sutherland 和 S. A. Coons 等人都是 CAD 技术的先驱。

70 年代,随着小型计算机和微型机的问世,CAD 技术开始了大规模的发展,尤其是当美国 GM 公司开发了计算机设计扩展系统 DAC-I 并用于汽车车身及表面设计、美国 Lockheed 公司与 IBM 公司联合开发了著名的 CAD/CAM 系统——计算机图形增强设计与制造软件包 CADAM 并成功地用于飞机设计制造之后,美国各大公司开始竞相研制交互式计算机辅助设计及绘图软件包并几乎遍及航空、航天、汽车、船舶、电力等领域;由于从某种意义上讲,CAM 比 CAD 更能直接产生经济效益,因此,CAD 和 CAM 已成为一个不可分割的整体而在各领域发挥着作用,为此,形成了专门研究开发 CAD/CAM 软件产业,具有代表性的公司有 COMPUTER VISION(CV),INTERGRAPH,APPLICON,CALMA 等。

80 年代,CAD/CAM 已发展到普遍推广应用阶段,如美国哥伦比亚号航天飞机的 80%机械零件都是由 CAD 系统设计完成的,波音公司在设计波音 727 客机时全部采用 CAD/CAM 技术,使生产率提高 100%;随着 32 位工程工作站的兴起,超级微型机的实用化及网络技术的发展,打破了过去主机——终端式 CAD 系统的统治地位,形成了分布式 CAD 工作站系统,如 Apollo,Sun,HP 等,从根本上改变了 CAD 市场的格局。随着计算机相关技术的进一步发展,应用计算机先进技术较多、更新较频繁的 CAD 工作站,其性能价格比将大幅度提高,其强化的图形功能及软件的进一步集成,使 CAD/CAM 的技术和应用都在向广度、深度和综合化方面迅速推进并取得重大进展。在制造业,CAD 与 CAM 的日益密切结合,为生产带来了显著的经济效益,正在成为 FMS(柔性制造系统)和 CIMS(计算机集成制造系统)的一个重要组成部分。可以毫不夸张地说,CAD/CAM 技术已经在工业生产和设计中引起一场革命性变革。

国内目前在 CAD/CAM 的许多方面与国外尚有一定的差距,从 80 年代初期,CAD 首先在国内的一部分研究所及大专院校悄然兴起并主要集中在图形处理技术方面,经过几年的努力,已开发不少有实用价值的中、小型 CAD 系统如汽车行业计算机辅助车身外表面交互设计系统 SUMS/SAW,航空工业计算机辅助几何设计与制造系统 CAGD/CAM,机械行业的三元叶轮 CAD/CAM 一体化软件及冲裁模、弯曲成型级进模、注塑模 CAD/CAM 系统、中小型电机交互式 CAD 系统等。

综上所述,CAD/CAM 从诞生至今虽仅 40 余年,但其研究、发展却方兴未艾并仍将以其独有的诱惑力吸引无数科技、工程界人士投身其中,目前发达国家已形成专门围绕 CAD/CAM 进行研究、开发、制造、销售及咨询于一体的新兴产业。国外的实践经验表明:采用 CAD/CAM 技术可以明显地缩短产品和工程设计周期,提高质量、降低成本、提高劳动生产率,因而它是加速产品更新换代的有效手段,是改革传统生产的必由之路。因此,我国的一些重要行业如航空、汽车、机械、电力、化工等既要引进、消化、吸收国外已有的先进 CAD/CAM 技术,更要花相当的精力研究、开发适合中国国情的 CAD/CAM 产业,以加速

我国的工业现代化进程,相信在不久的将来,我国各行业的 CAD/CAM 研究、应用会出现一个前所未有的新局面。

第三节 CAD 硬件

完整的 CAD 系统是由硬件和软件两部分构成,CAD 硬件是泛指计算机、输入设备、输出设备、终端设备等。

一、计算机

计算机是控制并指挥整个系统执行运算、逻辑分析的装置,是 CAD 系统的核心。计算机主机主要包括中央处理机 CPU(Central Processing Unit)和存储器两大部分。评价主机的主要指标是运算速度、内存容量及字长。根据这三个指标,可将计算机分成微型机、小型机、中型机和巨型机。值得一提的是,由于当前大规模集成(LSI)及超大规模集成(VLSI)电路的飞速发展,目前微型机也出现了字长为 32 位的 CPU,且其某些性能已超过以往的小型机甚至中型机水平。表 1-1 列出了主机的分类情况。

表 1-1 主机的分类

类 型	字长/bit	内存容量/MB	运算速度/MIPS	机型举例
微型机	8,16,32	0.128~8	0.15~4	PC/XT,AT 286,386,486,586
小型机	16,32	0.128~2	0.15~4	HP1000 SUN 3/50
中型机 (超小型机)	16,32	2~8	0.3~10	VAX 11/780 IBM 4331
大型机	32,64	8~32	10 5~50	IBM 3081 VAX 8700
巨型机			>100	CDC 7600 银河计算机

从计算机的发展来看,它正在向巨型、微型、网络及人工智能等几个方向发展,但研制价格低廉、使用灵活方便的微型机以适应广阔的应用领域已摆在相当重要的位置,尤其是近 10 年,微型计算机在功能、速度等关键指标上已赶上甚至超过了小型机水平且换代升级周期短,灵活性大,加之计算机价格不断下降,因此,广泛普及微型机 CAD 系统已具备硬件条件。表 1-2 反映了典型 IBM 微型机的发展情况。

表 1-2 IBM 微型机的发展

	IBM PC/XT	IBM PC/AT	IBM PS/280	IBM PS/VP	IBM P5/100
CPU	8086 8088	80286	80386	80486	80586
协处理器	8087	80287	80387	已集成于 CPU 中	已集成于 CPU 中
时钟频率/MHz	4.7	6	16	33	100
总线字长/bit	16	16	32	32	32
标准内存/MB	0.512	1	1	4	8

(续)

	IBM PC/XT	IBM PC/AT	IBM PS/280	IBM PS/VP	IBM P5/100
可扩内存/MB	0.128	0	15	60	128
软 盘/MB	0.36	0.36/1.2	1.2/1.44	1.2/1.44	1.2/1.44
硬 盘/MB	10	20,40	40,70	212	1024

二、输入设备

输入设备是用户与计算机联系的工具,它为用户提供了向计算机输入命令、数据以执行不同任务的手段,输入设备有多种,各以其不同方式与计算机系统相联系。

1. 键盘

键盘(Keyboard)是计算机最常用的字符和数字输入设备,通过它,用户输入的命令、数据及程序被计算机“接受”;键盘由字符键、数字键和各种功能键组成,有 84 个键和 101 个键两种常用规格,目前各种键盘均采用 ASCII 标准字符装置。

键盘上的功能键提供一种向系统快速传递命令和调用子程序的方式,它是由设计人员事先加以定义的。每敲一次功能键就可以实现预定义的功能。键盘与鼠标、光笔配合使用,可以提高字符、数据的输入速度。

2. 光笔

光笔(Light Pen)是一种手持式输入笔,其外型与钢笔相似。光笔并不发光,是通过其头部的一个透镜系统,将进入光笔的光汇聚成一个光点;光笔本身还有一个光电探测器,光笔头部附有开关,当按下开关时,进行光探测,光笔就拾取 CRT 屏幕上的坐标,通过与屏幕上的光标配合,可使光标随着光笔移动,从而在屏幕上画出图形或修改图形,该过程与人用钢笔画图过程相似。

3. 鼠标器

鼠标器(Mouse)是另一种常用输入设备,自从 1982 年问世以来,由于它简单实用,所需空间小,因此较为普及。因其形状酷似老鼠而得名。

鼠标器按其结构可分成机械式和光学式两种,机械式又分机电式和光电式两种,其工作原理是通过鼠标器底部滚动球的滚动,与之啮合的 X、Y 两个方向上的电位器就分别检测到两个正交方向上的相对移动量,移动量转换成数字值,以确定鼠标器移动的大小和方向;机械鼠标器不需专用的反射板,使用方便,分辨率高,但因滚动球振动或与编码器之间的相对位置变化,导致精度低,图 1-2 是机械鼠标器简单原理图。光学鼠标器则利用鼠标器在有网格线条的平面上移动时,鼠标器底部的光电管接受的亮度随网格线条的相对移动量和移动方向而定。光学鼠标器无活动部件,因此可靠性及精度高,但需专用反射板且分辨率受限于反射板上网格线的条数,图 1-3 是光学鼠标器的简单原理图。

鼠标器的主要指标是分辨率,即每移动 1 英寸所能检测出的点数,单位是 dpi。早期的鼠标器分辨率为 100dpi,如 Microsoft 的第一代鼠标器。现在多数鼠标器的分辨率已和 Microsoft 的第二、第三代一样,达到 200dpi,而更高分辨率的鼠标器可达 300~400dpi,目前高分辨率鼠标器主要是光电式的。由于 Microsoft 公司已建立了 PC 微机的鼠标器标准,因此,所有的鼠标器均要说明它是与 Microsoft 鼠标器兼容。目前鼠标器的主要品种有 Microsoft Mouse, Logitech Hiroz Mouse 和 E-Mouse 三种,其中 Microsoft Mouse 的世界销量最

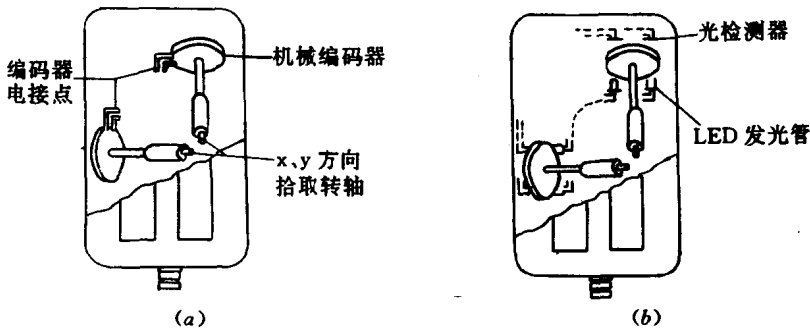


图 1-2 机械鼠标器
(a)机电式;(b)光电机械式。

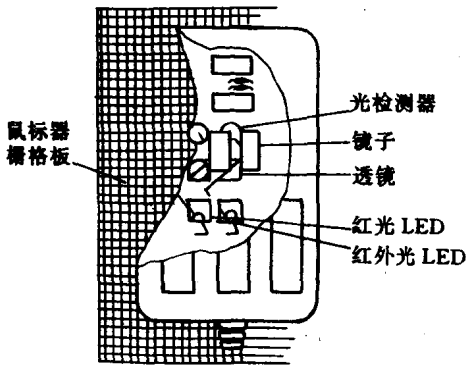


图 1-3 光学鼠标器

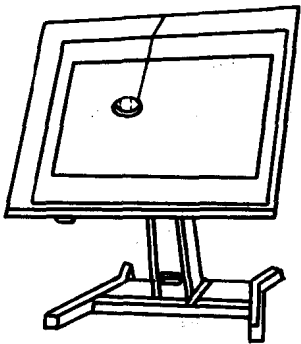


图 1-4 数字化仪

大。
近年来,新型无线鼠标器和未来取代鼠标器的“蝙蝠”也已问世。无线鼠标器是利用红外线控制原理,因而“割掉”了常用鼠标器与计算机相连的“尾巴”;“蝙蝠”是英国人研制的能帮助用户在计算机中模拟三维空间移动屏幕光标的装置,因其能在三维空间中“飞行”且形状酷似“蝙蝠”而得名。

4. 数字化仪

数字化仪(Digitizer)是将图形转化成计算机能接收的数字形式并输入到计算机中的设备,也称绘图板,是绘图、测绘、桌面排版、制作动画片等各种 CAD 领域中常用的设备,是设计人员不可缺少的得力助手。其基本原理是采用电磁感应技术,在一块布满金属栅格的绝缘平面面板上放置一个可移动的定标设备,当有电流通过该定标设备上的电感线圈时,便会产生相应的磁场,从而使其正下方金属栅格上产生相应的感应电流,根据已产生电流的金属栅格的位置,就可以判断出定标装置当前所处的几何位置,将这种位置信息以坐标的形式传送给计算机,从而实现数字化功能。

数字化仪主要由金属栅格阵列的图板和一个定标设备(或传送器,如光笔、多键光标器等)组成。数字化仪的主要性能指标有数字化速率、数字化精度、最大有效幅面、分辨率等,利用数字化仪,设计人员在设计图纸或复制图纸时,可轻易地将图形转变成精确的数据输入到计算机中,再通过 CAD 软件中的修改、重绘、复制、重新组合等,可快速高效地获得理想的设计结果。图 1-4 是一种数字化仪示意图,表 1-3 是几种数字化仪的主要性能比较。

表 1-3 几种数字化仪主要性能比较

厂家型号	幅面/mm	精度/mm	分辨率/mm	数字化速率/dps
HI 9018	457.2×304.8	±0.081	0.025	116
HI 922	609.6×431.8	±0.127	0.127	130
Calcomp 23180	457.2×304.8	±0.635	0.025	150
Calcomp 95360	914.4×609.6	±0.127	0.025	200

三、输出设备

1. 绘图机

CAD 的发展是与绘图机的产生与发展密切相关的,在 CAD 领域中,绘图机占很重要的角色。绘图机应用广泛,品种繁多,从结构上分有静电、热蜡、热敏、喷墨、笔式等,其中笔式绘图机应用最为广泛。其又分为平板式和滚筒式两种形式,如图 1-5 所示。平板式绘图机是在静止的平板上,由 x, y 两个方向能移动的绘图笔,绘出设定的图形;滚筒式绘图机则是在一个滚筒上绘图,即图纸在一个方向(如 x 方向)移动,绘图笔在另一方向(如 y 方向)移动,目前这两类绘图机都各有自己的系列产品及用户市场。在众多的笔式绘图机生产厂家中,以 HP、NEC 最为著名。绘图机的主要指标有速度、精度、语言、图幅、绘图笔等。表 1-4 给出了常见的几种笔式绘图机(A₀ 幅面)的主要性能比较。

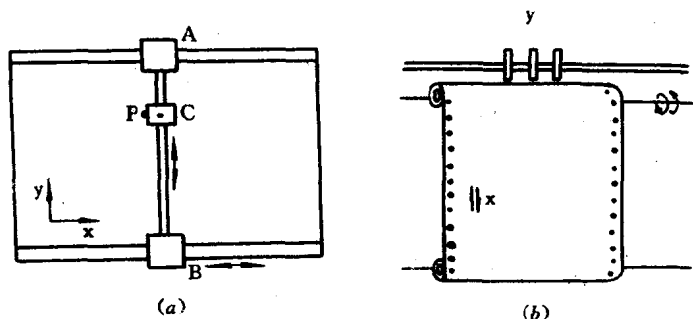


图 1-5 笔式绘图机

(a) 平板式绘图机; (b) 滚筒式绘图机。

表 1-4 A₀ 笔式绘图机性能比较

型 号	CALCOMP	HP	HP	HI	ROLAND
技术指标	1025	EXL(7576)	DRAFTMASTER(I)	DMP-62	GRX-400
推出日期	1989. 2	1988. 11	1987. 3	1987. 10	1988
绘图速度/(mm·s ⁻¹)					
轴向	762	800	610	610	600
对角	1077	800	610	838	600
分辨率(可寻址)/mm	0.0125	0.0254	0.025	0.025	0.025

(续)

型 号	CALCOMP 1025	HP EXL(7576)	HP DRAFTMASTER(I)	HI DMP-62	ROLAND GRX-400
技术指标					
精 度/%	0.1	0.2	0.09	0.2	0.1
重复精度/mm	0.125	0.1	0.1	0.05(单笔)	0.1
绘图优化	绘图管理	笔排序	笔排序	无	笔排序
缓 存/kB	100	31	25	16	18
选择参数面板	32 字符	无	32 字符	无	40 字符
数据格式	960/PCI/HPGL	HPGL	HPGL	HPGL+DMPL	RDGL I
笔 数	8	8	8	1	8
自动盖笔	有	有	有	有	有
笔 型					
圆珠笔	有	无	有	有	有
尼龙笔(纤维笔)	有	有	有	有	有
墨水笔(可灌水)	有	有	有	有	有
墨水笔(一次性)	有	有	有	有	有

2. 针式打印机

打印机是计算机的重要输出设备之一,它把 CAD 的结果以字符形式在纸上打印出来。由于它能提供永久保留的、可阅读的文件,因此一般计算机外设中都配有针式打印机。针式打印机的主要性能指标有打印速度、分辨率等。表 1-5 给出目前常用的几种打印机的主要性能比较。

表 1-5 针式打印机主要性能比较

厂 家	型 号	打印速度/cps	打印头寿命/10 ⁶ 次/针	图形分辨率/dpi	彩 色
Brother	M1924L	225	200	360×360	可选
Epson	LQ 1600K	264	200	360×180	无
Epson	LQ2550	330	200	360×180	有
Canon	BJBoe	240	200	360×360	无
NEC	Pinwrite P6300	250	200	360×360	可选
Tandy	DMP 2103	225	200	360×360	无

3. 激光印字机

随着计算机技术的不断发展,打印机作为各类计算机配套的输出设备也应不断地推陈出新,以满足 CAD 发展的需要,如不仅能输出文字,还能输出图像、图形,不仅能使用打印纸,还能使用普通纸,另外,还能实现高速、低噪声及低价格等,于是激光印字机便由此产生。

激光印字机由控制器、激光扫描系统、电子照相系统和输出机构组成。控制器负责数据处理,即将计算机发出的印字信息处理后,供给激光扫描系统扫描,将需要输出的文字、图形、图像在光导鼓上形成静电潜像,再经电子照相处理系统显像处理,最后经输出机构

将显像转印到普通纸上,从而完成激光印字过程。

和针式打印机相比,激光印字机具有印字速度快,印字、图质量好,运行噪声低等优点而很快占领市场,目前激光印字机的印字速度一般在 10~100ppm(pages per minute),该速度足以适合大部分计算机配套要求;而针式打印机最高速度仅为 300~400cps(Characters per second);从印字质量上看,一般激光印字机的分辨率在 300~600dpi(dots per inch),且因激光印字机印字模式多,文字、图形均可输出并可任意混合输出,这些都是针式打印机所无法比拟的;另外,激光印字机无撞击针,故运行噪声低,一般均小于 55dB,而针式打印机则高于 65dB,表 1-6 给出几种激光印字机的性能比较。

表 1-6 几种激光印字机性能比较

厂 家	型 号	速度/ppm	分辨率/dpi	文 种	缓存/MB
Brother	HL-4	4	300	11	0.5
Canon	LBP-8 $\mathbb{I}$ /R	8	300	17	1.5
Epson	EPL-7100	6	300	24	0.5
IBM	4019	10	300		0.5
NEC	Silentwriter 2560	6	300	8	1.5

四、终端设备

以可见光的形式传递和处理信息的输出设备称为终端设备(也称显示设备)。它是计算机系统最广泛且不可缺少的人-机通信设备。

终端设备从不同角度分类如图 1-6 所示。目前,以 CRT 为基础的显示设备仍占主导地位,但 LCD 及等离子显示器有体积小、功耗低的特点,是很有前途的新型显示设备。显示设备主要由显示接口控制板(显示适配器)和显示器两部分组成,显示接口控制板主要

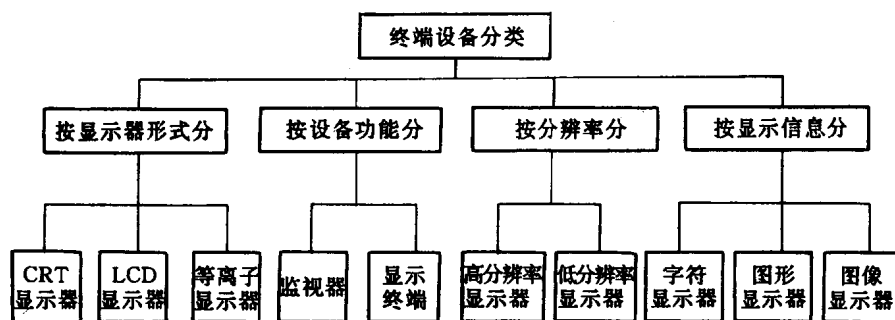


图 1-6 终端设备分类

包括字符点阵、分辨率、字符/图形工作方式、色彩控制等,显示接口控制板有 MDA、CGA、EGA(EGA⁺)、MCGA、VGA、XGA 等多种标准;显示器的主要性能指标有分辨率和灰度级。分辨率是指显示器所能表示的像素个数,分辨率越高,图形越清晰,分辨率主要有 640×200,600×480,800×600,1024×768,1024×1024,1280×1024 等规格(640×200 表示

水平方向有 640 个像素光点,垂直方向有 200 个像素光点)。灰度级是指所显示像素的亮暗差别,灰度级越多,图像层次越清晰、逼真。若灰度级仅 2 级则显示器称为单色显示器(如字符显示器)。表 1-7 是几种常见的显示系统性能比较。

表 1-7 几种显示(子)系统性能比较

显示控制 接口板	字符方式		图 形 方 式			显示器 频率/kHz
	字符窗口 (点阵)	显示字符个 数(列×行)	分辨率 (像素)	颜色种类	调色板	
MDA	9×14	80×25	720×350	1	无	18.432
HGA (MGA)	9×14	80×25	720×350	2	无	18.432
CGA	8×8	80×25	640×200	4	16	15.75
EGA	8×14	80×25	640×350	16	64	21.85
EGA+	8×14	80×25 或 132×30 等	640×480 800×600	16	64	多同步
VGA	9×16	80×25	640×480 320×200	16 256	256k	31.75
VGA+	9×16	80×25 或 132×30 等	800×600 1024×768	16	256k	多同步
XGA		132×43 132×50 132×60	1024×768			

第四节 CAD 软件

CAD 系统的开发、应用均需通过软件来实施,软件水平是决定系统效率高低、使用方便与否的关键因素。CAD 软件大致可分成三类,即系统软件、支撑软件及产品应用软件。

一、系统软件

计算机要发挥作用,必须有一套与硬件相配合的系统软件,同样,没有硬件,软件也无法实施其功能,因而计算机的硬件与软件是互相依存的。系统软件的主要作用是:(1)对计算机的所有操作进行管理、控制;(2)减少计算机用户编程序的困难,简化编程序的过程;(3)为用户提供使用计算机的方便。

系统软件主要包括语言处理程序,由操作系统、编辑、纠错等程序组成的系统实用程序及数据库管理程序等,虽然这些程序不是直接解决某些科技计算和具体信息处理问题的程序,但系统软件保证了计算机内部功能的协调、管理并控制着计算机各部分(如存储操作、指令执行、外设驱动)充分发挥各自的作用,从而提高了工作效率,因此,是 CAD 软件的基础。系统软件的构成如图 1-7 所示。系统软件均由计算机公司随计算机提供。

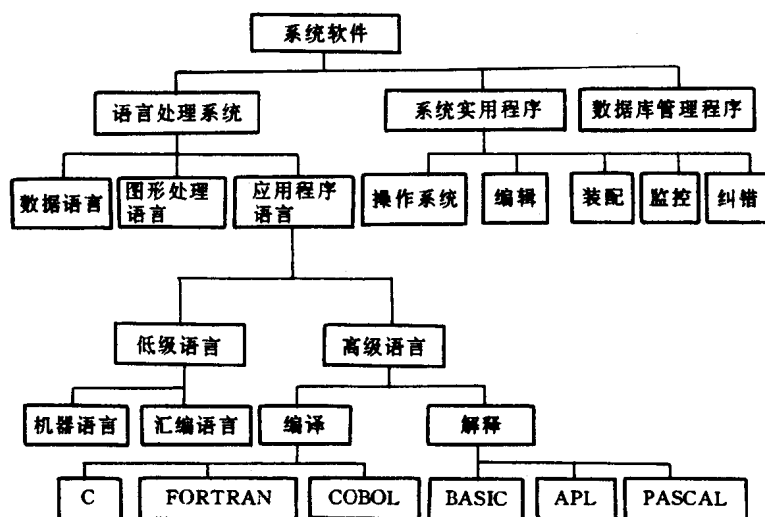


图 1-7 系统软件的组成

二、支撑软件

支撑软件以系统软件为基础,是用于开发各种 CAD 应用软件的通用软件,因此,也常将支撑软件统称为功能软件或应用软件。支撑软件是 CAD 系统软件的核心部分。目前,国内外商业上出售的 CAD 系统软件大部分是支撑软件。

评价一个支撑软件包主要从四个方面进行:(1)完成复杂设计、分析的能力;(2)以数据库为核心、交互图形为手段、通用设计方法为工具的集成化程度;(3)与其它软件包接口的能力;(4)在不同硬件系统上的兼容能力。支撑软件主要是由专业软件部门根据市场需求而研制提供的,目前常见的支撑软件主要有以下几类:

- (1)几何造型(平面、曲面、三维实体等模式);
- (2)设计绘图系统及绘图软件包;
- (3)有限元程序包及其前、后处理程序;
- (4)中西文报表及图形、汉字注释系统;
- (5)最优化软件包;
- (6)通用数据库及图库管理系统;
- (7)数控零件编程软件包;
- (8)加工过程图形仿真系统。

三、产品应用软件

产品应用软件(简称应用软件),是用户在系统软件和支撑软件的基础上,根据不同领域的设计需要,利用支撑软件提供的用户界面,用程序的方式实现设计流程各环节 CAD 化。由于不同的工程领域,专业内容相差甚大,故应用软件是专用的,均由各领域专业人员自行开发。在此,仅将过去应用软件的发展历史及未来应用软件的发展趋势作概要介绍。

1. 应用软件的发展历史