

轻工机械

CAD

主编：李世国 副主编：潘建忠



中国轻工业出版社

轻工机械 CAD

主 编 李世国

副主编 潘建忠

 中国轻工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

轻工机械 CAD/李世国主编. - 北京: 中国轻工业出版社, 1998. 8

ISBN 7-5019-2221-7

I. 轻… II. 李… III. 轻工业-机械-计算机辅助设计 IV. TS04-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (98) 第 08850

责任编辑: 龙志丹

策划编辑: 龙志丹 责任终审: 滕炎福 封面设计: 赵小云

版式设计: 赵益东 责任校对: 郎静瀛 责任监印: 徐肇华

*

出版发行: 中国轻工业出版社 (北京东长安街 6 号, 邮编: 100740)

印刷: 三河市宏达印刷厂印刷

经销: 各地新华书店

版次: 1998 年 8 月第 1 版 1998 年 8 月第 1 次印刷

开本: 787×1092 1/16 印张: 19.25

字数: 462 千字 印数: 1—3000

书号: ISBN7-5019-2221-7/TH·053 定价: 40.00 元

·如发现图书残缺请直接与我社发行部联系调换·

前 言

CAD 是一门综合的现代技术,涉及的领域之广、学科之多、发展之快是前所未有的。CAD 技术不仅是一门现代设计技术,更重要的是由于 CAD 技术的推广和应用必将引起传统设计领域的一场革命。显然,传统的设计方法与现代设计技术的发展和市场的竞争已不相适应。因此,掌握和应用 CAD 技术无疑是十分重要的。本书的主要目的不仅在于使读者通过本书的学习具有一定的 CAD 基础知识,更重要的是掌握轻工机械 CAD 的应用软件设计和开发技术。

本书分三篇,全面深入地介绍轻工机械 CAD 技术。第一篇主要论述 CAD 技术理论基础的共性部分,使读者通过本篇的学习了解 CAD 技术的概貌、要点、应用及发展,掌握 CAD 造型技术的基本概念和理论。第二篇主要根据轻工机械领域的特点,深入浅出地介绍以微型计算机为硬件平台的 CAD 应用软件设计语言,使读者通过本篇的学习具有一定的应用软件开发能力。本篇的主要特点是理论与实际相结合,举例丰富、实用,注重现代的程序设计风格和先进的软件设计方法。重点介绍了在 AutoCAD 环境下的 AutoLISP 语言、ADS 应用程序设计和先进的人机交互界面设计等使用最为广泛的二次开发手段和工具。第三篇主要介绍轻工机械 CAD 实用技术和应用范例,详细地论述了二次开发技术和轻工机械中典型的带传动、模具设计和管架式热交换器等 CAD 系统的设计思想和具体方法。其中第十章介绍的 V 带传动 CAD 系统全部采用在 Windows 环境下的 C 语言编程,并给出了完整的源程序和设计步骤。其中菜单设计、对话框设计以及绘图程序设计等使用的方法和技术都是比较先进的。

作者长期从事 CAD 教学及 CAD 应用软件的开发和研究,具有较扎实的 CAD 理论基础和丰富的实践经验。书中的实例多数来自工程实际,并全部通过上机验证,可供读者在开发 CAD 应用软件时借鉴和使用。

本书第一、二、四、五、六、七章由李世国编写;第三章由傅斌编写;第八章由朱文华编写;第九章由汪群编写;第十章由潘建忠编写。王爱忠工程师提供了部分实例。全书由李世国主编,潘建忠参加了部分书稿的整理工作。本书在编写过程中得到了陆承铨副教授和周煜熙副教授等的大力支持和帮助,在此表示感谢。

由于编者水平有限,难免有错误和不当之处,敬请读者批评指正。

编 者

1997 年 9 月

目 录

第一篇 轻工机械 CAD 概论

第一章 绪论	1
第一节 CAD 技术的发展概况	1
第二节 机械 CAD 的基本概念	3
第三节 机械 CAD 系统的组成	3
一、硬件系统.....	4
二、软件系统.....	6
第二章 机械 CAD 技术的应用和发展	9
第一节 机械 CAD 技术的应用现状	9
第二节 机械 CAD 软件现状	9
第三节 机械 CAD 技术的发展.....	11
第三章 机械 CAD 造型技术	12
第一节 概述	12
第二节 几何造型基础	12
一、形体的基本元素	12
二、描述实体的几何信息拓扑信息	13
三、几何造型中常用的数据结构	13
四、几何造型中的集合运算	14
第三节 三维几何造型	14
一、线框模型	14
二、表面模型	15
三、实体模型	15
第四节 几何造型中实体的表示方法	15
一、边界表示法	15
二、体素构造表示法	16
三、其他表示法	16
第五节 特征造型技术简介	17
一、特征的类型	17
二、形状特征	17
三、精度和材料特征	17

第二篇 轻工机械 CAD 程序设计

第四章 AutoLISP 程序设计	19
第一节 AutoLISP 的基本概念	19
一、AutoCAD 与 AutoLISP 语言	19
二、AutoLISP 的数据类型	20
第二节 AutoLISP 的基本函数和自定义函数	21
一、AutoLISP 的基本函数	21
二、AutoLISP 的自定义函数	25
第三节 AutoLISP 程序的建立和运行	27
一、AutoLISP 语言的表达形式与程序的格式	27
二、AutoLISP 程序的求值	27
三、AutoLISP 程序的装入和运行	28
第四节 AutoLISP 的实用函数和绘图程序设计	30
一、command 函数及其应用	30
二、输入与输出	33
三、字符串运算	44
四、其他实用函数	47
五、用 AutoLISP 扩充和修改 AutoCAD 的命令	51
第五节 分支与循环结构	53
一、分支结构的程序设计	53
二、循环结构	57
三、应用实例	60
第六节 图形数据库中的实体操作函数及编程	64
一、实体与图形数据库的概念	64
二、实体选择集操作	65
三、图形数据库中的实体名检索	70
四、图形数据库中的实体数据处理	72
第五章 ADS 程序设计	79
第一节 ADS 的基本概念	79
第二节 ADS 的编程方法	79
一、ADS 程序的结构	79
二、ADS 主体程序的设计	83
第三节 ADS 程序的编译和链接	92
一、AutoCAD 12 for Dos 的 ADS 应用程序生成方法	92
二、AutoCAD 12 for Windows 的 ADS 应用程序生成方法	93
三、AutoCAD 13 for Windows 的 ADS 应用程序生成方法	95
第四节 ADS 程序的运行	96

第五节 ADS 程序设计实例	97
第六章 人机交互界面设计	104
第一节 概述	104
第二节 交互界面的类型和设计方法	104
一、命令式界面	104
二、菜单式界面	104
三、对话框	105
四、图标式界面	105
第三节 菜单设计	106
一、AutoCAD 的菜单介绍	106
二、AutoCAD 的菜单文件的定义	106
三、屏幕菜单	107
四、下拉菜单	109
五、图标菜单	110
第四节 对话框设计	113
一、对话框及 AutoCAD 的 DCL 简介	113
二、对话框的简单实例	113
三、对话框的构件和对话框的定义	117
四、对话框的驱动程序设计	122
第五节 主控模块设计	134
一、主控模块的概念	134
二、主控模块界面设计	134
三、主控模块程序设计	135
四、主控模块的生成和运行	139

第三篇 轻工机械 CAD 开发技术及应用实例

第七章 轻工机械 CAD 的实用开发技术	141
第一节 数据处理技术	141
一、数据录入	141
二、数据检索与查询	143
第二节 文本标注技术	148
一、尺寸和尺寸公差的标注	148
二、表面粗糙度标注	151
三、形位公差标注	152
第三节 图形参数处理技术	153
一、图形坐标点的处理	153
二、图形中参数的检索	156
第四节 参数化绘图程序设计	159

一、参数化绘图的概念	159
二、参数化绘图程序设计的基本方法	159
三、程序驱动法绘图程序设计	160
四、尺寸驱动法绘图程序设计	165
第八章 CAD 软件的二次开发技术与实例	176
第一节 引言	176
第二节 轻工机械 CAD 软件的二次开发	177
一、二次开发的环境	178
二、二次开发软件的功能和要求	178
三、二次开发的总体构思	179
四、二次开发的模式	180
第三节 二次开发支撑软件的分析	180
第四节 二次开发实例——管架式热交换器 CAD 系统	182
一、管架式热交换器 CAD 系统简介	182
二、管架式热交换器 CAD 系统的设计	182
第九章 冲裁模 CAD/CAM 系统	199
第一节 模具 CAD/CAM 系统概述	199
一、模具 CAD/CAM 的发展情况	199
二、模具 CAD/CAM 系统的开发过程	200
第二节 冲裁模 CAD/CAM 系统介绍	202
一、系统流程与主要功能	202
二、系统的支撑软件与数据交换	203
第三节 冲裁件图形输入技术	205
一、环输入的方法	207
二、环装配	209
第四节 冲裁件工艺方案设计	209
一、冲裁排样	209
二、工作结构设计	211
第五节 冲模结构设计	216
一、流程图	216
二、实例	216
第六节 模具图的编辑及输出	220
一、剖视图的生成	220
二、模具图的编辑	220
第七节 冲裁模 CAM	221
一、数据准备	221
二、工艺处理	222
三、编程方法	222

第十章 普通 V 带 CAD 系统设计	225
第一节 普通 V 带 CAD 系统	225
一、功能与特点	225
二、系统结构	225
第二节 计算模块程序设计	227
一、资源描述文件 VBELT.RC 的建立	227
二、VBELT.C 程序设计	232
三、VBELT.EXE 的生成和运行	244
第三节 绘图模块程序设计	245
一、V 带轮结构的参数化方法	245
二、V 带轮 ADS 应用程序设计	247
三、V 带轮 ADS 应用程序的运行	289
参考文献	294

第一篇 轻工机械 CAD 概论

第一章 绪 论

第一节 CAD 技术的发展概况

计算机辅助设计 (Computer Aided Design, 简称 CAD) 是 60 年代以来逐渐发展形成的一门高新技术, 是以人为主、计算机为辅、人机结合的现代设计手段, 是随着计算机软硬件技术的发展而逐渐发展成熟的。从 1946 年 2 月 15 日美国宾夕法尼亚大学莫尔学院研制出第一台电子数字积分式计算机 (Electronic Numerical Integrator and Computer) 以来, 计算机技术不断得到发展和应用, 同时也推动了 CAD 技术的兴起和蓬勃发展。

从本世纪 40 年代中期至 50 年代末期, 计算机的主要逻辑元件是电子管, 运算速度低、内存容量小。再加上程序设计语言处于用二进制表示的机器语言编程的初级阶段, 人们主要是利用计算机来代替计算尺和机械台式计算器进行设计过程中的数值计算, 以提高计算能力和速度。1953 年美国通用电气公司用机器语言编制了变压器、电动机、发电机和齿轮箱的设计程序, 开始用计算机进行设计计算。但由于当时图形显示和图形交互技术及理论尚未形成, 因而, 这种系统不具备人机交互功能, 还不能算是真正的计算机辅助设计。

1962 年美国麻省理工大学的博士研究生 I.E.Sutherland 研制成功了具有人机交互功能的 Sketchpad 系统。设计者可以使用该系统用光笔在屏幕上绘图和图形编辑, 大大提高了绘图效率和质量。图形数据库采用了分层存贮的数据结构, 即一幅完整的复杂图形可以通过分层调用各有关子图来构成。这种思想仍然是目前 CAD 理论和技术的基础。因此, Sketchpad 系统被认为是 CAD 技术的开端。

从 60 年代开始到今天, CAD 技术的发展经历了四个阶段。

1. 初级阶段 (60 年代初期)

随着晶体管计算机和集成电路计算机的出现, 使计算机的性能价格比不断提高。同时, 由于图形显示、图形输入和输出等计算机外围设备的发展, 推动了 CAD 技术的发展。CAD 的发展着重于绘图技术、几何模型及工程分析的研究。

2. 成熟阶段 (60 年代后期至 70 年代)

CAD 技术逐渐趋于成熟, 出现了一些用于小型机 CAD 系统。如 IBM 公司的 SMS SLT/MST 设计自动化系统和洛克希德飞机公司 (Lockheed) 主要用于绘图的 CADAM 系统; 美国通用汽车公司用于设计汽车车身外形的 CAD-I 系统。随后出现了销售软硬件配套的“交钥匙”系统 (Turnkey System) 的 CAD 公司, 如 Computer Vision、Intergraph 等。

在 70 年代, 计算机图形学和计算机绘图得到了广泛的应用。CAD 系统多为在 16 位机上使用的二维绘图系统和三维线框系统, 主要用作计算机出图和比较简单的产品设计。

3. 普及阶段 (80 年代)

32 位工程工作站 (Work Station) 的兴起及网络技术的发展, 形成了分布式工作站终端系统, 典型的工作站有 Apollo、Sun、HP 等。工作站强化的图形功能及 CAD 软件的进一步集成, 使 CAD/CAM 朝着计算机集成制造系统 CIMS 推进。随着大规模集成电路的发展, 进一步推动了 CAD 技术的发展和普及, 能在微机上运行的 CAD 软件, 如 AutoCAD 等得到了广泛的使用。高性能工作站为 CAD 技术的发展创造了更好的物质条件。同时出现了一些具有三维图形处理功能的 CAD 软件, 如美国 SDRC 公司的 IDEAS (Integrated Engineering Analysis Software)、美国麦道公司的 UG-II 等。

4. 进一步发展阶段 (90 年代)

90 年代出现的高性能的微型计算机、多媒体技术以及功能强大的外部设备的发展使 CAD 技术得到进一步发展。在 CAD 系统的核心技术——造型技术方面有了很大的发展, 基于特征的参数化、变量化造型技术已得到了应用。

我国的 CAD 技术起步于 70 年代, 一些高等院校和研究单位对 CAD 技术的理论和软件开发进行了大量的研究, 取得了不少的成果。航空航天、造船、汽车等工业领域的 CAD 技术的应用也取得了很大的成效。进入 90 年代以后, 国家科委和各工业部门都十分重视 CAD 技术的发展。全国 CAD 应用工程协调小组会议上审议通过的《1995~2000 年 CAD 应用工程发展纲要》提出了到 2000 年的战略目标: 在国民经济主要部门的科研、设计单位和企业大面积普及 CAD 技术, 摆脱手工计算, 甩掉图板, 实现工程设计和产品设计现代化, 提高设计工作效率和质量, 扩大我国 CAD 市场, 建立起我国的 CAD 产业。2000 年主要行业的 CAD 技术普及率和覆盖率均要达到 70% 以上。要培养 CAD 技术研究型人才 4 万人, 开发型人才 6 万人, 应用型人才 50 万人, 普及型人才 250 万人。

70 年代以来, 我国从国外引进的先进技术, 也大多数采用了 CAD 技术。因此要缩短我国工业技术与国外先进国家的差距, 在较短时间内赶上世界先进水平, 必须重视 CAD 技术的研究、应用和人材培养。1985 年, 美国制造业专家 W.H.SLATTERBACK 曾预言, 从 1985~2000 年, 美国制造业面临的变化将比本世纪前 75 年的变化大得多, 其根本原因是 CAD/CAM 技术的应用。对于这一点, 我们必须有充分的认识。

第二节 机械 CAD 的基本概念

CAD 是一个广义的概念，在机械、电子、航空航天、汽车、船舶、建筑、化工、服装、家具等一系列产品和工程设计领域有着各自的内涵和特征。但从总体上看，CAD 是将人和计算机各自特点组合起来，在设计领域发挥最佳能力的一门技术，并具有信息处理、人机组合、人机交互等特征。机械 CAD 的概念则是由于 CAD 技术在机械领域中的应用而引出的，其内涵随着 CAD 技术的发展而变化。早期的机械 CAD 主要指利用计算机进行数值计算，后来发展到用计算机绘图和计算。在现阶段，机械 CAD 概念可以从下述三个方面来理解：

(1) 机械 CAD 是 CAD 技术的一个分支，是计算机技术在机械设计领域的具体应用。因此，机械 CAD 属于 CAD 的范畴，具有 CAD 的共性，但同时又具有机械设计的特征和属性。

(2) 机械 CAD 是利用计算机辅助人们进行产品设计，通过人机交互的形式进行信息交流，直至完成整个设计作业。在设计过程中人起主导作用，计算机作为设计行为中的先进手段和工具。

(3) 机械 CAD 属于综合技术。它涉及到计算机科学与工程、计算数学、工程设计方法学、人机工程、计算机图形技术等众多学科领域。这就使机械 CAD 具有相关学科多、知识结构复杂、应用性强等特点。

综上所述，机械 CAD 是指从机械产品的规划设计、方案设计、技术设计到施工设计的整个设计过程中采用计算机进行计算分析、信息处理和输出的一门技术，是 60 年代以来逐渐形成的一门新兴的、实用的、不断发展的技术。一方面我们要分清机械 CAD 与广义的 CAD、CAD 与计算机绘图的区别，同时也要充分认识到随着计算机硬件和软件技术以及现代设计理论和方法的不断发展，机械 CAD 概念的范畴必定会发生相应的变化。

第三节 机械 CAD 系统的组成

一个基本的机械 CAD 系统由计算机硬件和软件两部分构成。硬件由计算机主机和输入输出设备（也称外围设备）组成；软件由系统软件、支撑软件及应用软件构成（图 1-1）。

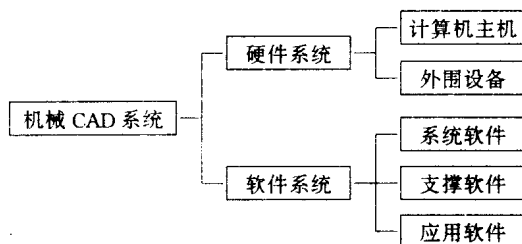


图 1-1 机械 CAD 系统的基本组成

一、硬件系统

典型的机械 CAD 硬件系统的组成如图 1-2 所示。

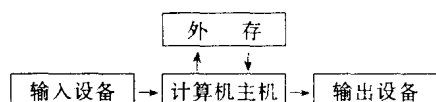


图 1-2 机械 CAD 的硬件组成

(一) 计算机主机

主机主要由中央处理器 CPU (Center Processing Unit)、主存储器 (Memory, 也称内存) 和输入输出接口组成。其主要性能指标有:

(1) 内存容量 存储器所能存储的信息数量, 以字节 (8 个二进制位 bit) 为单位 (Byte)。内存容量越大, 计算机能存储和处理的信息量就越大。

(2) 字长 CPU 一次能处理的二进制位数, 分别有 8 位、16 位、32 位、64 位等。字长越长, 计算能力越强, 计算精度越高。

(3) 运算速度 衡量计算机 CPU 快慢的指标。由于计算机执行不同指令的时间有差别, 所以一般取每秒钟能执行最基本命令 (通常指加法指令) 的数目作为它运算的指标。一般用每秒百万条指令 MIPS (Million Instruction Per Second) 表示。

在微机中, 通常把 CPU 的主频率 MF (提供产生各种定时信号的时钟脉冲频率) 作为 CPU 工作快慢的指标。主频越高, 在单位时间内计算机的运算速度和数据传输能力也越强。MF 通常从几 MHz 到几百 MHz。

根据主机的性能, 用作 CAD 系统的计算机一般可分为大型机、小巨型机、小型机、工程工作站和微型计算机。大型机和小巨型机的运算速度达几亿次以上, 内存容量大, 但价格高。小型机的性能比小巨型机低, 70 年代末和 80 年代初的 CAD 系统基本上都采用这种系统。工作站是以个人计算机环境和分布或网络环境为前提的高性能计算机, 其运算速度比微机快, 甚至接近小型机。工作站配有大屏幕高分辨率显示器和大容量存储器, 并具备很强的网络通信功能, 能够实现网络之间的信息传递、资源共享及负载平衡。工作站的系统软件选用 UNIX 平台, 硬件采用 RISC (Reduced Instruction Set Computer) 技术, 其性能一般要比复杂指令 (CISC) 型微处理机的性能高。比较有名的工作站有 SUN、IBM、SGI、Apollo 等, 其中 SGI 的图形处理功能最强。

微型机的性能价格比高, 性能适中, 适用于中小小型企业的 CAD 系统。以微型机为 CAD 硬件平台目前应选用 Pentium 系列机, 主频应在 133MHz 以上, 内存为 16MB 以上, 2GB 以上的大容量硬盘。微型机在结构上与传统的计算机相似, 也由 CPU、存储器和输入输出等部分构成 (图 1-3)。

(二) 外存储器

外部存储器在 CPU 的外部, 又称辅助存储器, 简称外存。外存容量较大, 可以用来存放暂时不用的程序和数据。外存不能直接与 CPU 交换

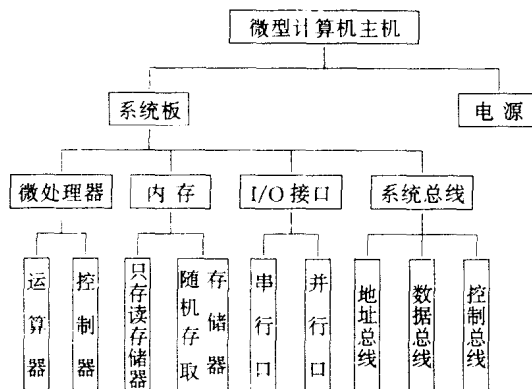


图 1-3 微机主机的组成

数据，必须通过内存与内存相比，外存的读写速度较慢。外存主要有硬盘、软盘、磁带和光盘。

(1) 硬盘 是使用涂有磁层的金属合金盘片作为记录信息的介质，一般由多层盘片构成，密封在驱动器里。硬盘的读写速度较软盘和光盘快，读写可靠，是重要的存储设备。

(2) 软盘 是在聚酯塑料上涂有一层均匀的磁粉而制成的存储盘片。目前常用的有 5.25 英寸的 1.2MB 盘及 3.5 英寸的 1.44MB、2.88MB 盘。软盘上存放信息要通过特定的读写设备——软盘驱动器进行读写。

(3) 光盘 是利用激光束在特定的介质上记录数据或读取预先记录的数据的存储盘片。目前光盘分为只读型光盘 CD-ROM、一次读入多次读出型光盘 WORM 及可抹型光盘三种。光盘采用激光技术，与磁记录技术相比，具有高可靠性、高存储密度的特点，一张光盘的容量相当于几百张软盘的容量。

(三) 输入设备

常用的输入设备有键盘、光笔、图形输入板、鼠标、扫描仪等。按其输入功能一般可分为字符类输入和图形类输入两大类。

(1) 键盘 一种基本的输入设备。主要用来输入数字、字符或预先定义的特定功能输入。键盘可分为机械式键盘、薄膜式键盘和电容式键盘三类。微机上常用的键盘基本上都是电容式的。

(2) 光笔 一种外形像圆珠笔的检测装置。光笔的主要功能是拾取和跟踪。利用光笔的拾取功能可以对屏幕上显示的图形进行编辑，利用光笔的跟踪功能可以得到点的坐标，也可作图。

(3) 图形输入板 一种图形输入设备。通过检测器（游标）可以将图纸上的点或直线直接转换为坐标值而输入计算机内。图形输入板输入图形数据十分方便，但价格昂贵。

(4) 鼠标 是最常用的控制光标的输入设备。鼠标器分为机电式和光电式两种。机电式鼠标底部有一只可旋转的小球。当鼠标器在桌面上移动时，小球带动内部两个互相垂直的滚轴转动。滚轴上分别连有两个电位计，电位计记录了 X 及 Y 方向的增量，经转换成数字量后送入计算机，从而移动光标的位置。光标的移动量取决于鼠标器在桌面上移动的相对位置，与鼠标在桌面上绝对位置无关。光电鼠标在一个特定的鼠标垫上移动。该鼠标垫上涂有一层反射面，上面印有网格。当用户在垫上移动鼠标时，鼠标内的光电传感器就将网格上的反射编码作水平和纵向变动。由于光电鼠标不包括移动部件，因而较机电鼠标精确。大多数鼠标上有三个键，但最常用的是左键，主要用于选择目标（单击、双击）及拖动光标。用鼠标作为输入设备使操作方便、直观，是 Windows 环境下的一种必不可少的输入设备。

(5) 扫描仪 用于输入图形、图像，配上相应的软件可以输入工程图、图片及文字等图文信息。扫描仪也有单色和彩色之分。另外，不同的扫描仪的分辨率也不同。扫描仪主要有美国的 VIDAR、台湾的 MICROTEK、丹麦的 CONTEX 等品牌。

(四) 输出设备

常用的输出设备有显示器、打印机和绘图仪三大类。

(1) 显示器 用于动态地显示字符或图形。按其结构分为随机扫描显示器、存储管式显示器和光栅扫描式显示器三种。虽然三者的内部结构不同,但都是基于阴极射线管 CRT (Cathode Ray Tube) 原理。

随机扫描显示器: 显像管内灯丝加热后发射出的电子在电场力作用下加速运动, 穿过阴极中的小孔而形成电子束, 通过电子束扫描屏幕中任意需要有图形显示的任意坐标点。由于荧光屏表面像素仅能在几微秒内保持亮度, 为了避免视觉误差, 得到连续显示的图形, 必须把屏幕上显示的图形在每秒钟内重复多次显示 (称为刷新)。这种显示器的光点小, 图形清晰, 线条质量高, 扫描速度快, 对图形的修改和删除能很快地完成, 具有很好的交互性能。但显示器的结构复杂, 价格昂贵。

存储管式显示器: 该类型的显示器具有内在的图像存储功能, 省去了随机扫描显示器较大容量的存储器, 故价格较低。其优点是分辨率高, 像素可达 4096×4096 , 光点小, 图像清晰, 电路简单; 缺点是更换显示画面速度慢, 对图形中某一部分修改必须擦掉整个显示画面。

光栅扫描显示器: 目前 CAD 系统用得最为普遍的一种图形显示器。其工作原理与电视机相似。显示器划分为若干间距相等的扫描行, 每行由若干等距的扫描点构成, 整个屏幕由若干排列整齐的栅格构成, 称为光栅 (Raster)。每一个栅格是最小的图像单元, 称为像素 (pixel)。每个像素点的亮度级别用灰度 (Intensity) 表示。在显示图形时, 每一个像素有相应的亮度或彩色值。因此, 在显示一幅图形时, 必须确定光栅矩阵每一个像素点的亮度值或彩色值。工作时, 光栅扫描显示器的电子枪发射的电子束在荧光屏上由左至右、从上到下进行扫描。按照光栅的间距分为 0.38mm, 0.31mm, 0.28mm 等, 按照光栅的扫描方式分为逐行扫描和隔行扫描两种。CAD 系统一般选用 0.28mm 间距, 逐行扫描方式较好。

(2) 打印机 CAD 系统的打印机一般用于输出设计计算结果、表格、文档和图形。打印机按工作原理分为击打式和非击打式两种。击打式主要有 9 针和 24 针点阵打印机, 非击打式主要有喷墨、热敏、静电和激光打印机。激光打印机和喷墨打印机打印的速度快、质量高, 一般可作为图文输出设备。点阵打印机价格便宜, 一般作为字符输出设备。

(3) 绘图仪 绘图仪是机械 CAD 系统中重要的输出设备。常用的有平板式绘图仪、滚筒式绘图仪、静电绘图仪、激光绘图仪和喷墨绘图仪等。平板式绘图仪属于笔式绘图类, 绘图速度和精度均不高, 使用不太方便, 将逐渐被非笔式绘图仪取代。

二、软件系统

机械 CAD 的软件系统为用户实施 CAD 作业提供了必要的物质基础, 但是实现 CAD 的一系列功能 (如信息输入、信息处理和输出等) 还必须通过软件控制和驱动各硬件来实现。没有软件的硬件系统 (称为“裸机”) 是无法进行 CAD 作业的。CAD 系统硬件的功能只能通过软件系统来充分发挥。CAD 系统的软件一般由系统软件、支撑

软件和应用软件三部分组成（图 1-4）。

（一）系统软件

系统软件（Operating System Software）是对计算机资源进行自动管理和控制的软件系统。系统软件一般包括：管理计算机软、硬件资源的操作系统，各种语言加工处理（如编译、解释、汇编等）软件，数据交换和管理的数据库管理系统，网络及网络通信软件等。

操作系统是由一组程序模块组成，其主要功能是控制和管理计算机内部的所有资源，并且合理地组织计算机的作业流程，以便有效的利用这些资源，为用户提供一个功能强、使用方便的工作环境，是用户与计算机之间的接口。常用的操作系统有 PC-DOS、OS/2、UNIX 和 Windows 等。PC-DOS 是微型机上常用的操作系统，主要采用文字界面，操作时需要用户采用键盘输入相应的命令。Windows 是一种全新的操作系统，采用图形界面，主要用鼠标选择标准图标进行操作，界面友好、操作方便、功能强大。UNIX 是工作站上使用的操作系统，用 C 语言设计，功能强，系统的修改、维护和移植都很方便。

语言加工软件是对源程序进行处理的一种程序语言处理系统。一般有处理汇编语言的汇编程序，处理高级语言的编译或解释程序等。早期的语言处理程序功能比较单一，使用不十分方便。源程序的编写、编译、链接和调试等过程分别控制，效率低。现在的程序语言处理系统多数采用集成编制和调试环境，使用非常方便。典型的有 Turbo C、Borland C++、Foxpro、Visual Foxpro、Visual BASIC、Visual C++ 等。

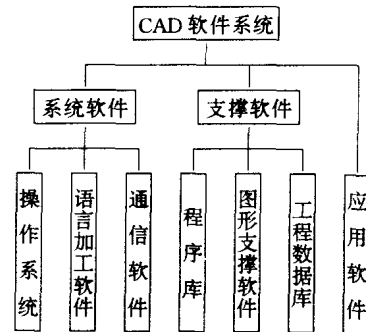


图 1-4 机械 CAD 软件系统组成

（二）支撑软件

支撑软件（Support Software）是应用程序开发和运行的软件系统，为用户的二次开发提供必要的软件工具和环境。支撑软件一般由图形支撑软件、通用方法（有限元分析、优化设计等）程序库、各种标准零件设计库以及工程数据库及其管理系统等组成。

图形支撑软件通常为用户提供一个能被其他语言调用的图形程序库，提供图形的生成、显示、编辑、修改、输出、存储以及文本标注等基本子功能及曲线和曲面拟合、插值、三维图的消隐处理、剖切、真实感图形处理等基本算法子程序。对用户来讲，只要按图形支撑软件要求的格式和参数调用即可得到设定的结果，而与计算机具体的硬件无关。具体说来，图形支撑软件应具备的功能如下：

（1）提供设备驱动程序。具体硬件的图形显示与图形输出的设备控制码、操作命令、参数设置等由驱动程序完成。用户只需设定设备类型和必要的参数即可完成图形显示、输出等功能，而不涉及具体的硬件细节。

（2）提供友好的人机交互环境。如屏幕菜单、多窗口操作、对话框和在线帮助等。

（3）提供曲线、曲面的插值和拟合、图形的消隐、剪裁、拼接等算法，完成几何图形模型的构造和曲线变换等。

（4）建立图形数据库的管理系统，有效地存取、管理基本图形元素的属性、文本等

信息, 支持图形处理。

(5) 提供二次开发的工具和数据交换接口, 便于用户在图形环境的支持下开发应用软件, 扩大系统的使用范围和功能, 提高系统的效率。

设计计算方法库是机械设计中用到的有限元分析、可靠性设计、机械系统的运动学、动力学模型与动态分析等现代化设计方法的综合软件。这些软件中的各子功能都有成熟的数学模型和算法, CAD 系统可以直接利用方法库中提供的功能, 通过约定的数据传递方式, 得到所需的设计结果。

工程数据库是一个通用性、综合性以及减少数据重复存储的数据集合, 是设计和绘图的信息库。工程数据库的建立过程比较复杂, 其主要原因是由于数据对象复杂, 类型丰富, 涉及到处理大量的图形信息, 且在设计过程中各种信息动态地产生、增长和不同类型之间的转换, 因此, 必须根据不同的使用场合采用不同的数据模型。在机械设计中涉及到的公差与配合的检索、标准零件的选用、标准图库的调用等问题均可通过建立相应的工程数据库和数据库管理系统来进行。用户在进行 CAD 作业时, 按照设计的信息流, 利用工程数据库进行检索、比较、组合、修改以及动态扩充等多种处理。工程数据库也是支撑软件的一个重要方面, 是 CAD 系统的软件基础。

(三) 应用软件

应用软件是指专为某一领域开发的 CAD 应用软件。CAD 系统的支撑软件主要是为用户提供良好的运行环境, 虽然用户可以直接利用支撑软件来进行 CAD 作业, 但是这种做法的设计效率低、工作量大。这就需要开发针对某一领域的专业性强、执行效率高的 CAD 应用软件。CAD 应用软件并非由 CAD 软件公司开发和提供, 而应该由该领域的专家、CAD 软件开发人员以及用户结合, 对已有的 CAD 系统进行扩充、修改等二次开发。可以认为对任何一个通用的机械 CAD 系统, 二次开发是必不可少的。当然, 应用软件的开发不宜采用传统手工作业的程序设计方法, 而必须采用软件工程学中提出的比较成熟的软件开发方法, 并充分利用各种软件开发工具。

实际上机械 CAD 系统中的支撑软件和应用软件之间并没有一个截然分明的界线, 也有人把所有的支撑软件均认为是应用软件。这主要是由于认识的角度不同而已。比如说, 在微型机上广泛使用的 AutoCAD 软件, 究竟是属于支撑软件还是应用软件, 这与用户使用的目的有关。如果我们直接利用该软件来做图、修改或输出, 则可以把它当成一个应用软件。用这种方法来完成一个完整的 CAD 作业是比较困难的、低效的。更有效的做法是以 AutoCAD 作为支撑环境, 利用该系统提供的二次开发工具, 建立实用的应用软件。从这一点看, AutoCAD 应属于应用软件。