

高等学校教材

计算机辅助设计 技术基础

► 程凯 李任江 李静 主编



化学工业出版社

教材出版中心

高等学校教材

计算机辅助设计技术基础

程凯 李任江 李静 主编



化学工业出版社
教材出版中心

· 北京 ·

(京) 新登字 039 号

图书在版编目(CIP)数据

计算机辅助设计技术基础/程凯, 李任江, 李静主编.

北京: 化学工业出版社, 2005. 6

高等学校教材

ISBN 7-5025-7435-2

I. 计… II. ①程… ②李… ③李… III. 计算机辅助设计 - 高等学校 - 教材 IV. TP391.72

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 074669 号

高等学校教材
计算机辅助设计技术基础

程凯 李任江 李静 主编

责任编辑: 程树珍

文字编辑: 云 雷

责任校对: 陈 静

封面设计: 潘 峰

*

化学工业出版社 出版发行
教材出版中心

(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

购书咨询: (010) 64982530

(010) 64918013

购书传真: (010) 64982630

[http:// www.cip.com.cn](http://www.cip.com.cn)

*

新华书店北京发行所经销
北京永鑫印刷有限责任公司印刷

三河市东柳装订厂装订

开本 787mm×1092mm 1/16 印张 13¼ 字数 331 千字

2005 年 8 月第 1 版 2005 年 8 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-7435-2

定 价: 22.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责退换

前 言

计算机辅助设计（CAD）是计算机应用最重要领域之一，半个世纪以来，随着计算机软件和硬件技术的发展，计算机辅助设计得到了广泛的应用。目前，计算机辅助设计已成为现代工程设计不可缺少的技术和手段，并已创造出巨大的经济效益和社会效益。

计算机辅助设计作为工科院校机械类本科生的必修课的历史也就十多年，时间虽短，但发展很快，广大同学认识到了计算机辅助设计技术的重要性，高度重视。为满足实际教学的需要，结合编者长期教学所积累的实践经验，编写了这本教材。

计算机辅助设计技术是把相应的各学科的知识联系起来，实现从造型设计开始，经过某些中间过程，最终得出设计结果。计算机辅助设计技术所涉及的内容极其广泛，是多学科综合应用的技术，学生理解和掌握起来有一定难度，对学生的要求较高。本书力求全面、完整、准确地讲述计算机辅助设计技术的基本概念，结合实际介绍计算机辅助设计技术的应用。计算机辅助设计技术是一门实践性很强的技术，因而要求同学们要上机做练习，只有上机实践，才能很好地掌握计算机辅助设计技术。

本书第1章由程凯编写；第2章由李任江编写；第3章由李任江、李静编写；第4章由李静、程凯编写；第5章由李任江、程凯编写；第6章由李任江、张卫波编写；第7章由李静、张卫波编写；第8章由李静、张丽敏编写。

由于编者水平有限，书中难免有疏漏或差错，恳请读者批评指正。

本书在编写过程中参考了有关文献资料，在此向这些文献资料的作者表示深深的谢意。

编 者

2005年3月

内 容 提 要

本书系统地介绍了计算机辅助设计（CAD）的基础理论和基础知识。主要内容包括：绪论、基本图形生成方法、自由曲线和自由曲面、图形裁剪与图形变换、交互技术和图形标准、三维几何造型技术、工程数据处理及数据库技术概述，介绍了实用软件二维、三维绘图功能和使用方法等。

本教材内容系统、完整，结构清晰，既包含了经典的理论基础知识，也反映了近年来 CAD 技术发展的新动向。

本书可作为高等工科院校机械类本科生教材，也可作为从事 CAD 技术应用工作的技术人员的培训教材。

目 录

1 绪论	1
1.1 CAD 技术的发展及应用	1
1.1.1 CAD 技术的发展历程	1
1.1.2 CAD 技术的应用	3
1.2 CAD 系统的软件	4
1.2.1 CAD 系统软件	4
1.2.2 CAD 支撑软件	5
1.2.3 CAD 应用软件	6
1.3 CAD 系统的硬件	6
1.3.1 微型计算机简介	7
1.3.2 图形输入设备	8
1.3.3 图形输出设备	9
1.3.4 CAD 局域网络系统	10
1.4 CAD 系统组成	10
1.4.1 CAD 系统的分类	11
1.4.2 CAD 系统的选型原则	13
1.4.3 微机 CAD 系统的典型配置	13
2 基本图形生成方法	14
2.1 直线	14
2.1.1 生成直线的常用算法	14
2.1.2 直线属性	19
2.2 二次曲线	21
2.2.1 圆弧和椭圆弧的拟合法	21
2.2.2 二次曲线的参数拟合法	26
2.3 字符	31
2.3.1 标准代码法产生字符	31
2.3.2 字符属性	32
2.4 区域填充和多变性的扫描变换	33
2.4.1 简单的逆归算法	34
2.4.2 多边形的扫描变换	36
2.4.3 区域填充属性	39
习题	40
3 自由曲线和自由曲面	41
3.1 基本概念	41
3.1.1 曲线和曲面的数学表示	41

3.1.2 基本术语	41
3.2 自由曲线	42
3.2.1 Hermite 曲线	42
3.2.2 Bezier 曲线	44
3.2.3 B 样条曲线	47
3.3 自由曲面	50
3.3.1 双线性参数曲面	51
3.3.2 Coons 曲面片与双三次参数曲面片	51
3.3.3 Bezier 曲面	55
3.3.4 B 样条曲面	56
3.3.5 曲面片的连续	56
习题	57
4 图形裁剪与图形变换	58
4.1 坐标系	58
4.1.1 坐标系分类	58
4.1.2 坐标变换过程	59
4.2 窗口视图变换	59
4.2.1 窗口与视区	59
4.2.2 窗口和视区的变换	60
4.3 图形裁剪	62
4.3.1 点与字符的裁剪	62
4.3.2 直线段裁剪	62
4.3.3 多边形裁剪	66
4.4 图形变换的方法	68
4.4.1 点的向量表示	69
4.4.2 点的齐次坐标表示	69
4.4.3 变换矩阵	70
4.5 二维图形的几何变换	71
4.5.1 二维图形的基本变换	71
4.5.2 二维图形的组合变换	76
4.6 三维图形的几何变换	78
4.6.1 三维图形的基本变换	78
4.6.2 逆变换	82
4.6.3 三维图形的组合变换	82
4.7 投影变换	84
4.7.1 正平行投影变换	84
4.7.2 透视投影变换	87
习题	89
5 交互技术和图形标准	90
5.1 交互任务与交互技术	90
5.1.1 交互任务	90

5.1.2	交互输入技术	92
5.1.3	交互控制技术	93
5.1.4	拾取图形	94
5.1.5	输入控制方式	95
5.2	用户接口	95
5.2.1	用户界面	95
5.2.2	交互接口	99
5.3	交互系统的构造	102
5.3.1	交互式用户接口的设计目标	102
5.3.2	交互式用户接口的设计步骤	103
5.3.3	交互式用户接口的表现形式	103
5.3.4	交互式用户接口常见的工作方式	104
5.3.5	交互式用户接口的实现方式	104
5.4	计算机图形软件标准	104
5.4.1	图形核心系统 GKS 和 GKS-3D	105
5.4.2	交互图形系统 PHIGS	105
5.4.3	OpenGL 简介	106
	习题	106
6	三维几何造型技术	108
6.1	几何造型概述	108
6.1.1	几何造型的定义	108
6.1.2	三维几何造型的发展概况	108
6.1.3	三维几何造型在 CAD 中的应用	108
6.2	几何造型系统的三种模式	109
6.2.1	线框模型 (Wireframe Model)	109
6.2.2	表面模型 (Surface Model)	110
6.2.3	实体模型 (Solid Model)	112
6.3	三维实体表示方法	114
6.3.1	实体几何构造法 (CSG: Constructive Solid Geometry)	114
6.3.2	边界表示法 (B-rep: Boundary Representation)	118
6.3.3	扫描表示法	121
6.3.4	其他表示法	122
6.4	特征造型	123
6.4.1	特征的定义	124
6.4.2	特征的分类	124
6.4.3	参数化特征造型	125
	习题	126
7	工程数据处理及数据库技术概述	127
7.1	数表的程序化	127
7.1.1	数表的类型	127
7.1.2	简单数表的程序化	129

7.1.3	列表函数数表的程序化	130
7.2	线图的程序化	134
7.2.1	线图的类型	134
7.2.2	线图的数表化处理	135
7.2.3	直线路的公式化处理	135
7.2.4	曲线拟合	137
7.3	数据文件	140
7.3.1	文件组织形式	140
7.3.2	数表文件化	141
7.4	机械 CAD 中常用的数据结构	143
7.4.1	基本概念	143
7.4.2	线性表	144
7.4.3	栈	147
7.4.4	树	147
7.4.5	二叉树	149
7.5	工程数据库系统简介	150
7.5.1	工程数据类型和数据模型	150
7.5.2	工程数据库系统的概念	151
7.5.3	工程数据库系统的构成方法	152
7.5.4	工程数据库系统的特点	152
7.5.5	数据库在机械 CAD 中的应用	153
	习题	154
8	计算机辅助设计应用软件	156
8.1	AutoCAD2004 简介	156
8.1.1	AutoCAD2004 的启动及主要功能	156
8.1.2	AutoCAD2004 的工作界面介绍	158
8.2	AutoCAD2004 绘图环境设置及辅助绘图工具	160
8.2.1	AutoCAD2004 绘图环境设置	160
8.2.2	绘图线型、线宽、颜色及图层	161
8.2.3	AutoCAD2004 绘图辅助工具	164
8.3	二维图形绘制及图形编辑	167
8.3.1	二维图形绘制	167
8.3.2	二维图形编辑	169
8.3.3	图案填充	171
8.3.4	尺寸标注	172
8.4	三维图形绘制	174
8.4.1	设置三维绘图环境	174
8.4.2	绘制三维点与三维线	176
8.4.3	绘制曲面	177
8.4.4	绘制实体	178
8.4.5	编辑与渲染三维图形	180

8.5 AutoCAD2004 的其他功能	185
8.5.1 设计中心	185
8.5.2 图纸的布局	185
8.5.3 AutoCAD2004 的 Internet 功能	186
8.6 零件图的绘制	186
8.6.1 创建样板文件	186
8.6.2 绘制零件图	193
8.6.3 定义图块	199
习题	200
参考文献	201

1 绪 论

1.1 CAD 技术的发展及应用

CAD 是“Computer Aided Design”的缩写,即计算机辅助设计。CAD 技术是现代产品设计中广泛应用的现代设计方法和手段。CAD 技术在近 50 年的发展和应用历程中,对社会的快速发展、促进科学进步产生了深远的影响,做出了重大贡献。CAD 技术的发展和應用已成为衡量一个国家科技现代化和工业现代化水平的重要标志之一。

1.1.1 CAD 技术的发展历程

CAD 是以人为主导,利用计算机进行工程设计的一个系统。是指技术人员以有高速计算能力和显示图形功能的计算机为工具,用各自的专业知识对产品进行几何造型、分析计算、绘图和编写技术文件等设计活动的总称。CAD 技术的核心和基础是计算机图形处理技术,因此,CAD 技术的发展跟计算机图形学 CG (Computer Graphics) 的发展息息相关,并伴随计算机及其外围设备的发展而发展。计算机图形学是研究通过计算机将数据转换成图形,并在专用设备上显示的原理、方法和技术的学科。计算机图形学是一门独立的学科,有丰富的技术内涵,其有关图形处理的理论和方法构成了 CAD 技术的重要基础。自从 1945 年美国制造出世界上第一台 ENIAC (Electronic Numerical Intergrator and Computer) 真空管数字式计算机以来,利用计算机进行产品辅助设计技术的发展,大致经历了以下四个阶段。

(1) 孕育形成阶段 (20 世纪 40 年代~50 年代末)

孕育形成阶段使用的是真空管式计算机,采用机器语言,此时,计算机仅起计算的作用,即代替计算尺、计算器,但在一定程度上提高了计算速度和计算能力。

1953~1954 年美国通用电气公司首先使用计算机设计变压器,进而编制了电动机、发电机及齿轮箱等设计计算程序。1956 年欧洲开始应用计算机进行辅助设计;日本使用计算机辅助设计起步于 1959 年。

由于这一阶段只能使用机器语言,计算机没有图形处理功能,所以只有少数专家才能使用计算机来进行产品的辅助计算。

(2) 成长发展阶段 (20 世纪 50 年代末~60 年代)

晶体管式计算机取代真空管式计算机,计算功能大大增强,程序语言也迅速发展。1958 年已经制定出 FORTRAN II 算法语言,1960 年出现 ALGOL 语言和 COBOL-60 通用商业语言,1962 年出现改进的 FORTRAN IV 语言。1965 年正式发表的 PL/I 语言具有以上几种语言的功能,能通用于科学计算和事务管理。

20 世纪 60 年代初期出现了文件系统,它是数据管理方法的雏形。用户的数据文件主要存储在磁带、碰鼓、磁盘上,数据在其上的物理结构与逻辑结构之间可以有所不同,部分系统允许用户之间以文件为单位共享数据,用户以文件标识符(文件名)与系统交往,也允许以文件中的记录标识符访问数据。显然,此时的文件系统不但适应于成批处理,也可以用于实时联机作业。

在 20 世纪 60 年代研制成功的图形显示系统由与计算机连接的阴极射线管 CRT(Cathode Ray Tube) 和光笔组成, 它解决了在计算机上处理图形的问题。与此同时, 自动绘图机的出现也解决了图形输出的问题。

特别要指出的是, 1962 年美国麻省理工学院 Ivan E.Sutherland 在其“Sketchpad: 一个人-机图形通信系统”这篇著名论文中提出了交互式图形生成技术的基本概念与原理, 首次提出了“计算机图形学”这个术语。在他所研究的系统中, 已采用光笔、键盘等输入设备在图形显示器上实现了定位、修改和绘图的交互功能。该系统的出现, 为交互式图形生成技术的发展奠定了基础。

这一阶段由于上述计算机软、硬件技术迅速的发展, CAD 技术也有了很大的飞跃, 开始出现了具有实用功能的 CAD 系统, 如美国通用汽车公司用于汽车车身三维曲面设计的 DAC-1 系统、洛克希德飞机制造公司集设计、分析、制造于一体的 CADAM 系统、贝尔电话公司用于印制电路设计的 GRAPHIC-1 系统等。但由于当时刷新式图形显示器的价格十分昂贵, CAD 技术的应用仅限于经济实力雄厚的大公司和研究机构, 很难普及和推广。尽管如此, CAD 技术还是被推广应用于各行各业的产品设计中, 而且从只为少数专家所掌握逐步扩大为广大工程师也可以使用。

(3) 开发拓展阶段 (20 世纪 70 年代~80 年代)

计算机已进入大规模集成电路时代, 功能迅速提高了。数据处理技术已从文件系统发展到数据库系统, 对数据的管理已日趋完善。图形处理软件、硬件技术的进一步发展质量的提高, 使“人-机交互图形生成技术”趋于完善。在 CRT 上可描绘任何图形, 并可使图形在显示器上移动、旋转、缩放, 进行各种修改, 各种图形输入装置也广泛应用, 如鼠标器、操纵杆、跟踪球、数字化仪等。尤其是光栅扫描图形显示器的出现, 使图形更加形象、逼真。大幅面、高精密绘图机可绘出高质量的供生产实际使用的图纸。

随着工程工作站和微型计算机的出现, 计算机图形学进入了一个新的发展时期, 并推动了 CAD 技术的普及。同时, 由于工业界意识到了 CAD 技术对生产的巨大促进作用, 对 CAD 技术提出了各种要求和期望, 从而导致了新理论、新算法的大量涌现, 其中, 最重要的是实体造型理论及其系统的开发与应用。20 世纪 80 年代末, 分布式联网的工作站是 CAD 系统的典型硬件环境, 并开始出现了运行在微型计算机上的 CAD 应用软件, CAD 技术由绘制二维工程图, 发展到三维造型、自由曲面设计。与计算机紧密相关的各种现代计算方法(如有限元法、有限差分法、数值积分等)和各种现代设计方法(如优化设计、可靠性设计、系统工程学等)得到了极大的发展和完善, 出现了许多成熟的 CAD 软件。为了提高 CAD 软件的与设备无关性和可移植性, 同时也为满足不同 CAD 系统间的数据交换要求, 在此期间相继推出了有关的图形标准, 如计算机图形接口 CGI (Computer Graphics Interface)、图形核心系统 GKS (Graphics Kernel System)、程序员层次交互式图形系统 PHIGS (Programmer's Hierarchical Interactive Graphics System)、初始图形交换规范 IGES (Initial Graphics Exchange Specification) 以及产品模型数据转换标准 STEP (Standard for the Exchange of Product model Data) 等。这一阶段的 CAD 技术使设计的速度大大地提高, 设计质量上升到了一个崭新的水平。而且 CAD 系统也从只有简单思维能力(逻辑判断)的系统逐步发展成为智能系统(如专家系统)。

(4) 应用普及阶段 (20 世纪 90 年代以后)

20 世纪 90 年代以后, CAD 的造型技术不断完善, 广泛采用了特征造型和基于约束的参数化和变量化造型方法, 并向集线框、表面、实体造型统一表示的非流形形体造型发展。随

着信息技术的发展, CAD 技术也由过去的单机或局部分布式联网工作方式向基于网络的设计发展。随着全球化商品市场的形成, 市场竞争更趋激烈, 为使企业提高市场的响应速度和应变能力, 缩短产品生产周期, CAD 技术正从传统的面向零件的 CAD 阶段向面向产品并行设计、制造协同工作环境方向发展。并行设计是并行的、集成的产品设计和开发过程, 它要求产品开发人员在设计阶段就考虑产品整个生命周期的所有因素, 包括制造、装配、检测和销售等, 要求产品设计一次成功。面向产品全生命周期的建模技术, 基于工程数据库的企业级产品数据管理 (PDM), 由工程工作站或高档微机组成的客户机 / 服务器 (C / S) 的网络系统, 支持群体小组的协同工作模式, 是整个 20 世纪 90 年代 CAD 技术研究的热点问题。计算机技术的飞速发展, 为 CAD 技术的应用提供了强大的硬件支持环境。由于微机技术性能指标的大大提高, 而其价格则大幅度下降, 同时, 典型的 CAD 软件如 IBM 公司的 CATIA、EDS 公司的 UGII、PTC 公司的 Pro/E、Autodesk 公司开发的 AutoCAD 等已被广泛使用。这些软件能够实现产品的三维实体造型设计、分析计算, 甚至模拟数控加工, 生成数控加工代码等。因此, 目前 CAD 系统已由过去的只为大公司、大企业所拥有, 逐步发展为小企业, 甚至个人所拥有。展望未来, CAD 技术将进一步普及, 并将大大促进社会生产力的发展。

中国 CAD 技术是从 20 世纪 70 年代起步的, 30 多年来, 各高等学校、科研单位和企业 CAD 技术等各方面进行了研究, 通过“七五”和“八五”期间坚持不懈的科技攻关, 特别是机械行业自 1995 年以来, 相继开展的“CAD 应用 1215 工程”和“CAD 应用 1550 工程”, 使得中国 CAD 技术在理论与算法研究、硬件设备生产、支撑软件的开发与商品化、专业应用软件系统的研制与应用, 以及在人才培养与技术普及等方面均取得了丰硕的成果。软件方面: 开发出了像 PICAD、高华 CAD、开目 CAD、捷惠 CAD、北航海尔 CAXA 等 CAD 软件; 硬件方面: 已经能生产制造图形显示器、打印机、绘图仪等。目前, 中国企业 CAD 启蒙教育已基本完成, 企业对 CAD 应用有了更高层次的追求。部分企业在完成了一期“甩图板”工程之后, 为了能利用 CAD 技术获取更大的经济效益, 已开始实现由二维绘图向三维设计的转移, 以实现真正意义的 CAD 设计工作。随着以实现制造过程信息集成为目标, 以 CIMS (Computer Integrated Manufacturing System) 为主题的国家“863 计划”的实施, 一些企业已开始着手建立企业级的 CIMS 系统, 以解决计算机在设计制造过程中的“自动化孤岛”现象, 从而实现系统集成、信息共享。

由于中国 CAD 技术开发、应用起步晚, 因此与国外先进水平差距很大, 一直在努力追赶先进水平, 缩小差距。差距主要表现在:

- i. CAD 的应用集成化程度较低, 很多企业的 CAD 应用仍停留在绘图等单项技术的应用上;
- ii. CAD 系统的软、硬件大部分依靠进口, 自主知识产权的软件较少且功能和水平较低;
- iii. 缺少人才和技术力量, 致使有些企业尽管建立了 CAD 系统, 但其功能没能充分的发挥。

1.1.2 CAD 技术的应用

CAD 技术是适应现代生产技术和市场需求快速变换的产物。目前, CAD 技术在产品或工程设计中主要应用于以下几个方面。

(1) 绘制二维、三维工程图

主要用来取代传统的手工绘图工作, 这是最普遍和最广泛的一种应用, 也是中小企业采用得最多的一种 CAD 应用方式。

(2) 建立图形及符号库

主要用于建立常用图形和符号库, 以便于设计时调用, 提高设计效率。

(3) 参数化设计

对于那些具有相似结构的标准化或系列化零部件，通过对其结构尺寸的几何约束关系进行参数化定义，建立专用的图形程序库，设计时输入设计参数值，即可生成所需的几何图形。例如，对标准件、典型零件的设计（轴类零件、齿轮、皮带轮等）以及形状相同但尺寸不同的系列产品的设计等。

(4) 三维造型

根据设计需求，采用线框、曲面、实体造型、特征造型技术对产品的零部件进行三维造型设计，并可进行装配和运动仿真。

(5) 工程分析

现代 CAD 技术提供强大的工程分析工具，如有限元分析、优化设计、运动学以及动力学分析、模拟仿真等。这些分析工具可帮助设计人员进行合理的结构、强度、运动等设计工作。

(6) 生成设计文档或报表

可以将设计属性制成说明文档或输出报表，其中有些设计参数可以用各种形式的图表表示，如直方图、扇形图、曲线图等，以使设计实施过程更清晰、形象、直观。

1.2 CAD 系统的软件

CAD 系统是由计算机硬件和软件组成的，而 CAD 软件是实现 CAD 系统各项功能技术的核心。随着 CAD 系统功能越来越强大，软件成本在整个 CAD 系统成本所占有的比重越来越大。

在 CAD 系统中，软件大体可分为以下三类：CAD 系统软件、CAD 支撑软件、CAD 应用软件（图 1-1）。

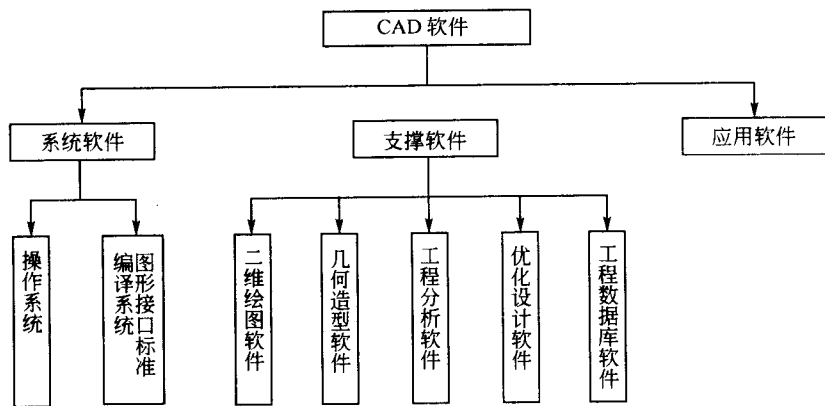


图 1-1 CAD 系统的软件组成

1.2.1 CAD 系统软件

CAD 系统软件是直接配合硬件工作，并对其他软件起着支撑作用的软件。主要有操作系统、编译系统和图形接口标准等。系统软件是由专门的软件公司开发的。

1.2.1.1 操作系统

(1) 操作系统的定义

操作系统是对计算机系统硬件及系统配置的各种软件进行全面控制和管理程序集合。

(2) 操作系统的任务

- i. 管理内存中的数据与指令。
- ii. 执行对作业和进程的控制，完成各种运算和操作，实现多道作业和分时运行。
- iii. 管理外存设备上的文件。
- iv. 管理外围设备，对输入输出统一管理。

操作系统是计算机生产商或软件开发者提供给用户的最底层软件，其他软件都要在操作系统支持下工作。

(3) 几种操作系统

① **Unix 操作系统** Unix 操作系统最早是由 AT&T 公司在 1970 年用 C 语言开发的。Unix 操作系统是一个多用户、多任务分时操作系统，在 Unix 环境下，多个用户采用分时方式共享主机。这时，操作系统把 CPU 执行各用户的作业时间分为许多时间片，轮流给每道程序运行一个时间片。当计算机内存足够大时，各用户并不感到有别的用户存在，好像整个计算机只为他服务。Unix 操作系统多用于大、中、小型机和工程工作站上。

② **Windows 操作系统** Windows 操作系统是一个基于图形的多任务多窗口环境，Windows 支持协作性任务，即允许两个以上程序共享 CPU、内存和输入/输出设备。为了统一管理，各个程序在调用内存、输入/输出设备时，都必须通过 Windows 函数调用。Windows 的任务管理程序维护一张任务表，并记录这些任务的执行顺序。Windows 将控制交给一个任务后，别的任务便不能运行，直到这个任务将控制交还给 Windows 任务管理程序。目前，微机上使用的操作系统多数是 Windows98/2000/XP 等。

1.2.1.2 编译系统和图形接口标准软件

编译系统是将用高级语言编写的程序翻译转换成计算机能够直接执行的机器指令的软件程序。目前，国内外广为应用的计算机高级语言有：Basic、Fortran、Pascal、Cobol、Lisp、C/C++等，这些高级语言均有相应的编译系统。C/C++是目前最流行的软件开发语言，微机上的 C/C++编译系统是以 Microsoft 公司的 Visual C++ 和 Borland 公司的 Borland C++为主，具备很好的集成的开发、调试环境和辅助工具。

为实现图形在计算机设备进行输出，必须向高级语言提供相应的接口程序。初始的图形接口依赖于所用的编译系统，如 Borland C++提供了众多满足不同硬件要求的 BGI 图形接口模块，用于向显示器输出图形。为了统一不同硬件和操作系统环境下图形接口软件模块的开发，先后推出了 GKS、GKS-3D、PHIGS、GL/OpenGL 等图形接口标准。利用这些标准所提供的接口函数，应用程序可以方便地输出二维和三维图形。

在 CAD 系统中，可以安装多种程序设计语言，它们各有长处和特点。

- i. **Visual Basic 语言**：简单易学，功能齐全。
- ii. **Fortran 语言**：在科学和工程计算上应用广泛，大型的有限元分析软件多数都是用该语言写的。
- iii. **Pascal 语言**：结构化程度高，数据类型丰富。
- iv. **C/C++语言**：简洁，可移植性好，运行效率高。功能强。
- v. **Lisp 语言**：函数型表处理语言，适用于字符和符号的处理。

1.2.2 CAD 支撑软件

CAD 支撑软件是指在 CAD 系统中，支撑用户进行 CAD 工作的通用性功能软件。用户在组建 CAD 系统中，根据使用要求，选购支撑软件，在此基础上再作一些适配和补充，并

和用户自己开发的应用程序相接,以实现预定的 CAD 系统功能。CAD 支撑软件是 CAD 软件系统的重要组成部分,一般是由专门的软件公司开发,它是在系统软件基础上开发的满足用户一些共同需要的通用性软件。常见的 CAD 支撑软件有以下几种。

1.2.2.1 二维绘图软件

在常规机械设计中,结果设计及工作图绘制工作量约占整个设计工作量的 60%以上,因此,绘制各种图样的绘图软件是 CAD 系统中最基本的支撑软件,也是目前中国 CAD 系统中用的最多的软件,大多数用户在此水平上。

1.2.2.2 几何造型软件

几何造型软件也称三维图形软件。它的基本功能包括构建产品的几何模型,干涉检查和自动生成剖视图等。几何造型软件构建的几何模型储存着产品完整的三维几何信息,可为有限元分析、参数化设计、数控加工等提供几何处理基础。

目前,已开发出很多三维实体造型和特征造型软件,这类软件是在几何信息的基础上增加了加工信息。

1.2.2.3 工程分析软件

工程分析软件是设计的基础。设计准则的校核,产品工作性能的评价,都需要进行分析计算,常用的分析软件包括:有限元分析软件,机械运动分析和综合软件,动力系统分析软件等。

1.2.2.4 优化设计软件

现代优化设计理论和方法是 CAD 系统的重要组成部分,机械优化设计可分为:机构优化设计,常用零部件优化设计,结构优化设计和动态系统优化设计等。

1.2.2.5 工程数据库管理软件

在 CAD 工作中要处理大量的数据和图形信息,需要有工程数据库管理软件统一管理这些工程数据,大型的 CAD 软件都有自己的数据库管理模块。

1.2.3 CAD 应用软件

CAD 应用软件是在系统软件和支撑软件的基础上,针对某一专门应用领域的需要而开发的软件。由于用户生产的产品和生产条件并不相同,选购的支撑软件难以做到完全适合,即使可用,但效率也不高。为此,在具体的 CAD 系统中,需要开发适合用户特定使用条件的应用程序。一般都是在支撑软件的基础上开发应用软件,称此为 CAD 软件二次开发。这类软件通常由用户结合当前设计工作需要自行开发,如模具设计软件、组合机床设计软件、电器设计软件、机械零件设计软件、汽车车身设计软件等均属应用软件。

能否充分发挥已有 CAD 系统的效益,应用软件的技术开发工作是关键,也是 CAD 应用开发人员的主要任务。开发应用软件应充分利用已有 CAD 支撑软件的技术和二次开发功能,而不是从头开始,这样才能保证应用技术的先进性和开发的高效性。需要说明的是,应用软件和支撑软件之间并没有本质的区别,当某一行业的应用软件逐步商品化形成通用软件产品时,它也可以称为一种支撑软件。

1.3 CAD 系统的硬件

CAD 系统的硬件应包含:计算机主机、信息存储设备(主要指外存,如硬盘、软盘、光盘等)、图形输入设备(键盘、鼠标、扫描仪等)、图形输出设备(显示器、绘图仪、打印机等)及网络设备、多媒体设备等组成(参见图 1-2)。

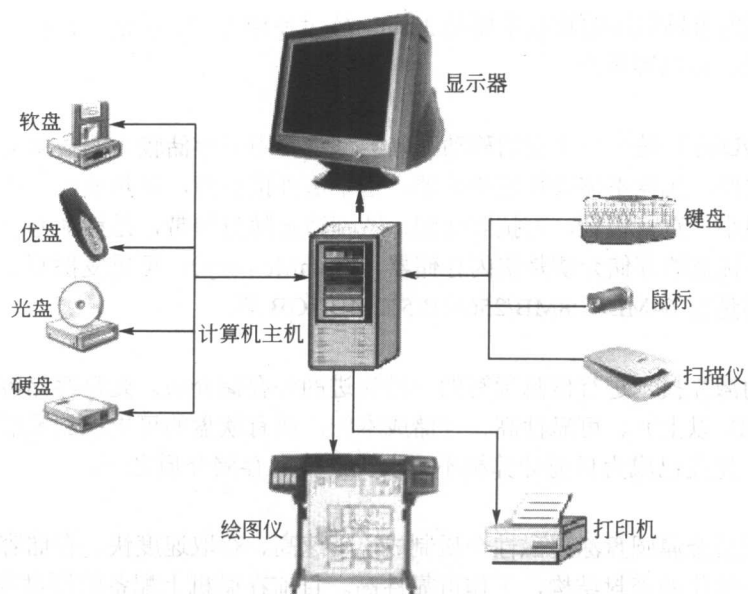


图 1-2 CAD 系统的硬件组成

1.3.1 微型计算机简介

1.3.1.1 计算机主机

计算机主机由中央处理器 (CPU) 和内存储器 (简称为内存) 等组成, 是整个 CAD 系统的核心。衡量主机性能的指标主要有: CPU 性能、字节长度、内存容量。

① CPU 性能 CPU 的性能决定着计算机的数据处理能力、运算精度和速度。CPU 的速度通常用每秒可执行整数的指令数目或进行浮点运算的这一速度指标来衡量, 一个 MIPS 即为每秒可执行一百万条整数指令, 而一个 MFLOPS 为每秒执行一百万条浮点数指令。MIPS 或 MFLOPS 数值越大, 表示主机处理速度越快。一般情况下, 用芯片的时钟频率来表示运算速度更为普遍, 时钟频率是 CPU 提供产生各种定时信号的时钟脉冲频率, 时钟频率越高, 运算速度越快。如 Intel Pentium III 芯片的时钟频率为 500MHz~1.4GHz, Intel Pentium 4 芯片的时钟频率已达 3.2GHz。

② 字节长度 字节长度也是评价计算机性能的重要指标。所谓字节长度即指中央处理器在一个指令周期内从内存提取并处理的二进制数据位数。字长越多, 则计算速度越快, 计算精度越高。例如 Pentium 微机为 32 位计算机。

③ 内存容量 内存储器简称内存, 是存放运算程序、原始数据、计算结果等内容的记忆装置。如果内存容量过小, 将直接影响 CAD 软件的运行。内存容量越大, 主机能容纳和处理的信息量也就越大。

1.3.1.2 信息存储设备

信息存储设备主要指外存储器, 外存储器简称为外存。虽然内存储器可以直接和运算器、控制器交换信息, 存取速度很快, 但内存储器成本较高, 且其容量受到 CPU 直接寻址能力的限制。外存作为内存的后援, 使 CAD 系统将大量的程序、数据库、图形库存放在外存储器中, 待需要时再调入内存进行处理。外存储器通常包括软盘、优盘、光盘、硬盘等。

(1) 软盘

软盘是由塑料胶片涂覆磁性介质制成, 通过软盘驱动器及其控制卡, 软盘与主机进行信