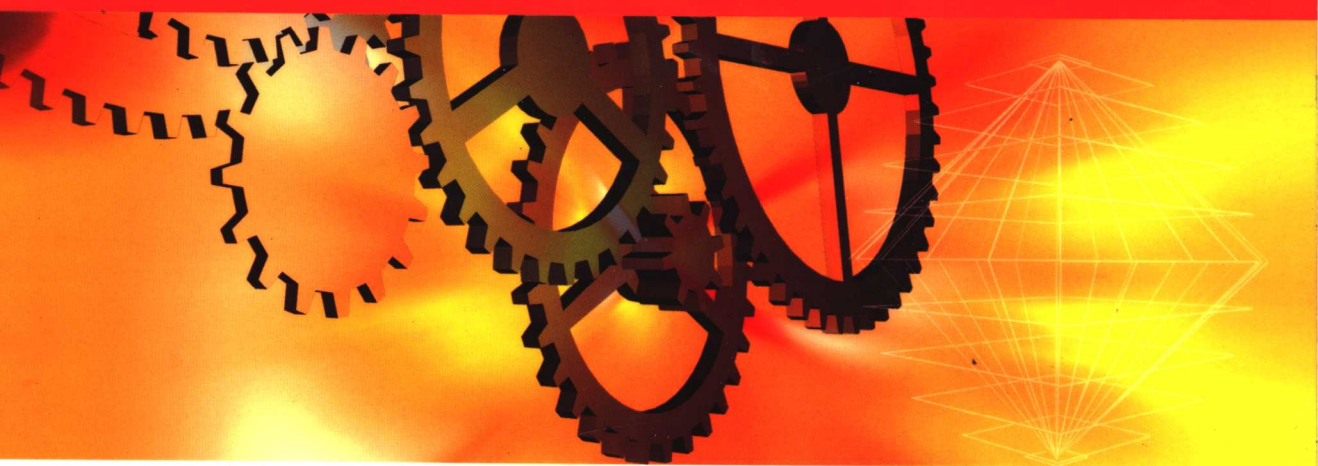


21 世纪高等院校

机械类

规划教材



CAD/CAM 基础

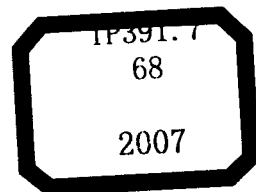
余世浩 华林 黄尚宇 等编著



国防工业出版社

National Defense Industry Press

21 世纪高等院校机械类规划教材



CAD/CAM 基础

余世浩 华林 黄尚宇 等编著

国防工业出版社

·北京·

内 容 简 介

本书理论与实践结合,注重前瞻性、系统性和实用性,较全面、系统地介绍了CAD/CAM的基本原理、方法和应用。

全书内容包括:CAD/CAM的概念、CAD/CAM系统的环境、工程数据的计算机处理方法、计算机图形处理技术、产品三维建模技术、自由曲线和自由曲面造型及逆向工程、CAD/CAM中常用的数值分析方法、计算机辅助制造及集成技术、模具CAD/CAM的原理与方法、常用CAD/CAM软件及应用等。本书配有电子教案。

本书结构清晰、内容丰富、选材深度和广度适当、可操作性强,既可作为高校机械类专业和相关专业的教材,亦可作为从事CAD/CAM技术研究和应用人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

CAD/CAM 基础 / 余世浩等编著. —北京:国防工业出版社,2007.3

21 世纪高等院校机械类规划教材

ISBN 978-7-118-04986-2

I. C... II. 余... III. ①计算机辅助设计—高等学校—教材②计算机辅助制造—高等学校—教材 IV. TP391.7

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 021369 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)

新艺印刷厂印刷

新华书店经售

*

开本 787×1092 1/16 印张 16 字数 368 千字

2007 年 3 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—4000 册 定价 28.00 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店:(010)68428422

发行邮购:(010)68414474

发行传真:(010)68411535

发行业务:(010)68472764

前 言

计算机辅助设计与制造(CAD/CAM)是计算机技术最重要的应用之一。目前,该技术已广泛应用于机械、电子、航天、航空、汽车、船舶、建筑、纺织等各个领域,取得了重大的经济效益和社会效益,并已成为各行各业提高产品和工程设计水平、缩短产品研发周期、提高生产效率、降低制造成本和可持续性发展的重要手段。“CAD/CAM 基础”课程作为理工科专业的一门必修课程,受到了各高校的普遍重视。编写本书的目的是为高校 CAD/CAM 教学提供一本理论清晰、结构合理、内容先进、实用性强和可操作性好的一本实用教材。

本书是作者结合多年的教学经验和科研实践,并参考了许多相关书籍编写而成的。书中涉及的内容较为广泛,在注重 CAD/CAM 的基本原理和基本方法的基础上,突出了 CAD/CAM 技术的实际应用。编写中力求体现 CAD/CAM 技术的系统性、先进性、通用性,特别强调可操作性和反映 CAD/CAM 技术领域的新发展。

本书共分 9 章,第 1 章是概论,介绍 CAD/CAM 的概念、CAD/CAM 系统的组成、建立 CAD/CAM 系统的步骤与方法;第 2 章是工程设计数据的计算机处理,包括数表的程序化、文件化、解析化处理方法,线图的处理方法,用数据库及专用数据处理软件管理设计数据的方法;第 3 章是计算机图形处理技术,重点介绍图形变换的原理、方法及其应用;第 4 章是三维造型技术,包括三维几何造型、特征造型、装配造型方法及其数据结构;第 5 章是自由曲线与自由曲面,介绍自由曲线和自由曲面造型及逆向工程的应用;第 6 章是 CAD 中常用的数值分析方法,包括优化设计方法、有限元分析方法和计算机仿真技术;第 7 章是计算机辅助制造技术;第 8 章是模具 CAD/CAM,以冲裁模为例,介绍模具 CAD/CAM 的功能、原理、实现方法及其应用;第 9 章是常用 CAD/CAM 软件及应用,介绍 AutoCAD、Pro/ENGINEER、Unigraphics 等常用 CAD/CAM 软件的组成、功能、特点及应用等。本书配有电子教案。

本书结构清晰、内容丰富、选材深度和广度适当,既可作为高校机械类专业和相关专业的教材,亦可作为从事 CAD/CAM 技术研究和应用人员的参考书。

本书第 1 章、第 2 章、第 8 章、第 9 章由余世浩编写;第 3 章由余际星编写;第 4 章由华林编写;第 5 章、第 6 章由王华君编写;第 7 章由黄尚宇编写。胡磊、金先敏参加了部分章节的资料收集和编写工作。全书由余世浩统编。

由于作者水平有限,书中难免有错误或不妥之处,恳请读者批评指正。

作 者

2007 年 2 月

目 录

第1章 概论	1
1.1 CAD技术的产生及其发展	1
1.2 CAD系统的组成	3
1.2.1 CAD系统的硬件	4
1.2.2 CAD系统的软件组成	7
1.2.3 CAD系统的类型	9
1.3 建立CAD系统的过程	12
思考题与习题一	14
第2章 工程设计数据的计算机处理	15
2.1 数表的程序化处理	15
2.2 数表的文件化处理	17
2.3 数表的数据库管理	19
2.4 数表的解析化处理	26
2.4.1 函数插值	26
2.4.2 曲线拟合	30
2.5 线图的计算机处理	33
2.6 通用数据处理软件	34
2.6.1 插值	34
2.6.2 曲线拟合	36
思考题与习题二	37
第3章 计算机图形处理技术	38
3.1 图形处理的数学基础	38
3.1.1 矢量运算	38
3.1.2 矩阵运算	39
3.2 二维图形的几何变换	41
3.2.1 二维点的几何变换	42
3.2.2 齐次坐标	45
3.2.3 齐次坐标下的二维图形变换	45
3.2.4 二维复合变换	48
3.3 三维图形的几何变换	54
3.3.1 三维图形的基本几何变换	54

3.3.2	三维图形的复合变换	58
3.3.3	投影变换	60
	思考题与习题三	70
第4章	三维造型技术	72
4.1	概述	72
4.2	三维几何造型	74
4.2.1	线框造型	74
4.2.2	曲面造型	76
4.2.3	实体造型	77
4.3	特征造型	83
4.3.1	特征的定义	83
4.3.2	特征的分类	83
4.3.3	特征造型的方式	84
4.3.4	基于特征的参数化造型	86
4.4	装配造型	87
4.4.1	装配造型方法	87
4.4.2	装配模式	88
4.4.3	装配结构关系表达	89
4.4.4	装配模型简化	89
	思考题与习题四	90
第5章	自由曲线与自由曲面	91
5.1	基本概念	91
5.1.1	曲线与曲面的数学表示	91
5.1.2	参数表示的优越性	92
5.1.3	有关术语	92
5.2	自由曲线	93
5.2.1	Hermite 曲线(三次参数曲线)	93
5.2.2	Bézier 曲线	95
5.2.3	B 样条曲线	100
5.2.4	NURBS 曲线	101
5.3	自由曲面	102
5.3.1	COONS 曲面	102
5.3.2	Bézier 曲面	105
5.3.3	B 样条曲面	106
5.3.4	NURBS 曲面	108
5.3.5	其他曲面构造方法	108
5.3.6	曲线曲面的过渡和光顺	109

5.4	常见的曲面造型方法	110
5.5	逆向工程	111
	思考题与习题五	112
第6章	CAD 中常用的数值分析方法	113
6.1	优化设计方法	113
6.1.1	优化设计的基本要素与数学模型	113
6.1.2	优化设计的分类和常用优化方法	115
6.1.3	优化设计的一般过程	116
6.1.4	常用优化算法分析	117
6.1.5	优化设计在材料成形中的应用	124
6.2	有限元方法	128
6.2.1	概述	128
6.2.2	弹性力学的几个基本概念	128
6.2.3	有限元分析的一般步骤	130
6.2.4	有限元软件的前置处理和后置处理	133
6.2.5	常用的有限元商业软件介绍	134
6.2.6	有限元在材料加工中的应用	136
6.3	计算机仿真	143
6.3.1	基本概念	143
6.3.2	计算机仿真的意义	143
6.3.3	计算机仿真的实现过程	143
6.3.4	计算机仿真在 CAD/CAM 系统中的应用	144
	思考题与习题六	144
第7章	计算机辅助制造技术	146
7.1	概述	146
7.2	计算机辅助工艺设计	148
7.2.1	CAPP 简介	148
7.2.2	CAPP 的类型	149
7.2.3	CAPP 的几项关键技术	151
7.3	数控加工技术	156
7.3.1	数控加工的特点	156
7.3.2	数控机床	157
7.3.3	数控编程	160
7.4	CAD/CAM 系统集成	164
7.4.1	CAD/CAM 系统集成的概念	164
7.4.2	CAD/CAM 系统集成技术	165
7.4.3	计算机集成制造系统	165

7.4.4 虚拟制造系统	167
思考题与习题七	168
第8章 模具 CAD/CAM	169
8.1 WGBD 系统的流程与功能	169
8.2 冲裁件图形输入	171
8.2.1 冲裁件图形的交互输入流程	171
8.2.2 冲裁件图形编辑	172
8.2.3 图形信息的输出	172
8.2.4 冲裁件几何模型的生成	173
8.3 冲裁件工艺性检验	175
8.3.1 最小圆角半径检验	176
8.3.2 最小冲孔尺寸检验	178
8.3.3 悬臂与凹槽检验	180
8.3.4 孔槽间(边)距检验	182
8.4 冲裁件排样优化设计	184
8.4.1 冲裁件排样优化的数学模型	184
8.4.2 冲裁件排样优化的信息处理	185
8.4.3 冲裁件排样优化的步骤与方法	186
8.5 冲裁模工作零件设计	188
8.5.1 凸凹模刃口尺寸计算	188
8.5.2 凹模外形尺寸的设计计算	188
8.5.3 凹模设计程序流程	189
8.6 优化布置模具顶杆	190
8.6.1 顶料杆布置优化模型	190
8.6.2 顶料杆布置优化过程与方法	191
8.7 模具图的设计与绘制	196
8.8 冲裁模 CAM	198
8.8.1 电火花线切割加工的原理	198
8.8.2 数控线切割编程的数据准备	199
8.8.3 数控线切割编程中的工艺处理	199
8.8.4 数控线切割编程方法	200
8.9 运用举例	203
思考题与习题八	207
第9章 常用 CAD/CAM 软件及应用	208
9.1 AutoCAD 软件	208
9.1.1 AutoCAD 2006 的功能	208
9.1.2 AutoCAD 2006 的工作界面	210

9.1.3	二维绘图	211
9.1.4	图形编辑	213
9.1.5	图案填充	215
9.1.6	尺寸标注	216
9.1.7	图形输出	219
9.2	Pro/ENGINEER 软件	220
9.2.1	Pro/ENGINEER 的功能与特点	220
9.2.2	Pro/ENGINEER 软件界面	221
9.2.3	Pro/ENGINEER 模块说明	223
9.2.4	Pro/ENGINEER 建模实例	224
9.3	Unigraphics 软件	227
9.3.1	UG 的特点	227
9.3.2	UG 的界面	228
9.3.3	UG 的功能模块	229
9.3.4	UG 建模实例	233
9.4	CAD/CAM 软件应用实例	238
9.4.1	建立工件模型	239
9.4.2	设置收缩率	240
9.4.3	设计分型面	240
9.4.4	拆分模具体积块	241
9.4.5	浇注系统设计	241
9.4.6	模拟注射	242
9.4.7	标准模架设计	242
	思考题与习题九	247
	参考文献	248

第1章 概 论

计算机辅助设计与制造(Computer Aided Design and Manufacturing, CAD/CAM)是指以计算机作为主要技术手段来应用和生成各种数字信息与图形信息,以进行产品或工程设计和制造的一门新兴的综合性计算机应用技术。CAD/CAM 作为一门多学科交叉、高知识高技术密集的先进设计与制造技术,它的应用使传统的产品设计模式发生了深刻变革,不仅改变了工业界的设计思想和思维方式,对于提高产品的设计效率和质量,增强产品的市场竞争力具有重要作用,而且影响到企业的管理和商业对策,是现代化企业必不可少的技术和方法。CAD/CAM 技术课程已成为高校工科各专业的一门重要的必修课程。

本章介绍CAD技术的产生及其发展、CAD系统的软硬组成与分类、建立CAD系统的过程与方法。

1.1 CAD 技术的产生及其发展

CAD技术的发展是随着计算机硬件及软件技术的发展而发展的,CAD技术产生至今大致经历了5个发展时期。

1. 准备和酝酿时期(20世纪50年代)

这一发展时期的主要标志是:

(1) 1950年,美国麻省理工学院(Massachusetts Institute of Technology, MIT)研制出“旋风 I 号”(Whirlwind I)类似于示波器的图形设备,可以显示一些简单图形。

(2) 1952年,MIT 的伺服实验室研制成功世界上第一台三坐标数控铣床,并由手工编程逐步发展到后来的自动编程。

(3) 1958年,美国 Calcomp 公司研制出滚筒式绘图仪,Gerber 公司研制出平板绘图仪。

这些设备的研制成功,为 CAD/CAM 技术的发展奠定了物质基础。

2. 学科建立和进入应用时期(20世纪60年代)

这一发展时期的主要标志是:

(1) 1962年,计算机分时系统(Time-Shared System, TSS)研制成功。计算机系统以分时方式运行,其资源可由若干用户通过终端共享。

(2) 1962年,MIT 林肯(Lincoln)实验室的 I. E. Sutherland 发表了博士论文《SKETCHPAD——人机通信的图形系统》,首次提出了“计算机图形学”、“交互技术”、“分层存储符号的数据结构”等新概念和新技术,为CAD技术的发展和應用打下了理论基础。在此基础上,美国的一些大公司和实验室开展了计算机图形学的研究,并开始出现

CAD 这一技术术语。

(3) 1963 年,阴极射线管(Cathode Ray Tube,CRT)显示和光笔技术被应用于计算机图形输入/输出和命令的指示,为实现人—机协作打下了基础。

20 世纪 60 年代中后期,出现了具有实用功能的 CAD 系统,如美国洛克希德(Lockhead)飞机制造公司在 IBM 公司的支持下开发了集设计、分析、制造于一体的 CADAM 系统,该系统能够绘制工程图,进行分析计算,并产生数控(Numerical Control, NC)加工控制纸带,用于飞机的设计与制造;美国通用汽车公司研制成功了 DAC-1 自动设计系统,具有汽车车身和外形设计功能,主要用于产生绘制图形的硬拷贝。20 世纪 60 年代末期,随着廉价的随机存储器、光栅显示器、光笔、图形输入板等的进入市场以及计算机其他硬件设备价格的下降,CAD 系统逐渐被企业所接受,并逐渐形成了 CAD 产业。

3. 广泛使用时期(20 世纪 70 年代)

这一发展时期的主要特点是:

(1) 计算机硬件功能的提高、价格的下降,特别是新型图形显示器陆续投放市场,成为推动 CAD 技术发展的强大动力。

(2) 软件技术得到飞速发展,出现了结构程序设计、数据库软件工程技术和大量的图形软件,如 NASTRAN、ECAP、CADIC 等,同时优化设计理论、有限元法也得到了迅速发展,软件开始成为商品。

由于 CAD 软件商品化,其价格相应下降,出现了适于中、小企业的 CAD 系统以及专营 CAD 系统的公司,CAD 技术逐渐由科学研究转向经济利用。

4. 飞速发展时期(20 世纪 80 年代)

这一时期是 CAD/CAM 技术最重要的发展时期,其主要标志有:

(1) 集成电路和大规模集成块的产生,微型计算机应用得到普及。

(2) 实体造型理论及系统的发展与应用。

(3) 软件逐渐走向工程化、商品化和标准系列化,软件市场日益丰富。

(4) 软件功能的集成,专家系统开始应用于 CAD 系统。

据美国专业工程师协会主编的“Engineering Times”报道,20 世纪 80 年代美国的 CAD/CAM 工业每年几乎按 40% 的速率递增,其应用范围越来越广泛,涉及机械、电子、航空、化工和土木工程等领域。CAD/CAM 技术从大中企业向小企业扩展、从发达国家向发展中国家扩展、从用于产品设计发展到用于工程设计。

5. 标准化、集成化、智能化、网络化发展时期(20 世纪 90 年代)

这一发展时期的主要特点是:

1) 标准化

图形接口、图形功能日趋标准化。出现了计算机图形接口(Computer Graphics Interface,CGI)、计算机图形文件标准(Computer Graphics Metafile,CGM)、计算机图形核心系统(Computer Kernel System,GKS)、面向程序员的层次交互式图形标准(Programmer's Hierarchical Interactive Graphics Standard,PHIGS)等图形标准,使 CAD 技术日趋标准化。

2) 集成化

CAD 技术的集成化主要体现在 4 个方面:一是系统构造由过去单一功能变成组合功

能,出现了由计算机辅助设计、计算机辅助制造、计算机辅助工程(Computer-Aided Engineering,CAE)、计算机辅助工艺设计(Computer-Aided Process Planning,CAPP)和产品数据管理(Product Data Management,PDM)等集成的计算机集成制造系统(Computer Integrated Manufacturing System,CIMS);二是 CAD 技术中的有关软件(包括国际标准)和算法不断固化,即用集成电路及其功能块来实现有关软件和算法的功能;三是多处理机、并行处理技术用于 CAD 中,使工作速度大幅度提高;四是网络技术在 CAD 中被普遍采用,使近程和远程的资源都能即时共享,设计工作可以异地同步进行。

3) 智能化

智能 CAD(Intelligent CAD,ICAD)是指由多个专家系统与多种 CAD 模块有机集成的支持产品设计的复杂系统。该系统的发展经历了设计型专家系统、集成化智能设计系统(Integrated Intelligent CAD,IICAD)两个发展阶段,ICAD 与 IICAD 的比较如表 1-1 所列。

表 1-1 ICAD 与 IICAD 的比较

特 性	设计型专家系统(ICAD)	集成化智能设计系统(IICAD)
系统物理分布	集中在一台计算机上	分布在网络节点上
包含知识领域	单一领域的知识	多领域综合性知识
内嵌智能体数量	一个专家系统	多个专家系统
使用阶段	覆盖各设计阶段	
工作环境	单机	网络
设计过程管理	无	规划、控制、解决设计过程中的冲突
产品设计管理	无	集成子系统中
通信能力	无	可以基于 Web 进行网络通信和传输
人的作用	强调人的创造性、主动性,主张人一机协同	

人工智能(Artificial Intelligence,AI)和专家系统技术在 CAD 中的应用大大提高了设计可靠性和自动化设计程度。

4) 网络化

网络技术的飞速发展,改变了产品的设计模式。基于网络的 CAD 技术,能够提供基于网络的完善的协同设计环境,形成信息高速公路(Information Highway) 互联的协同 CAD,实现计算机支持协同工作(Computer Supported Cooperative Work,CSCW),达到远程(异地)设计的目的,从而最大限度地发挥不同单位、区域、国家的各自优势,多快好省地进行设计。

CAD 系统的集成化、智能化和网络化仍是当今 CAD 技术发展的重要方向。

1.2 CAD 系统的组成

CAD 系统包括组成计算机的物质设备(硬件)和使用、发挥计算机效率与功能的各种程序(软件)及其系统内计算机和各种外围设备之间的组合与连接关系(硬件配置)。

1.2.1 CAD 系统的硬件

CAD 系统的硬件包括不同规模、不同结构和不同功能的计算机,以及相应的存储设备和输入输出设备。在计算机和常用外围设备的基础上配置适当的图形输入、显示和输出设备,便可以构成一套 CAD 的硬件系统,如图 1-1 所示。



图 1-1 CAD 系统的硬件组成

1. 计算机及其常用的外围设备

计算机及其常用的外围设备包括主机、外存储器和输入 / 输出设备等。

1) 主机

主机是 CAD 系统的中枢,它的作用是控制及指挥整个系统,并执行实际运算和逻辑判断任务。主机由运算器、内存储器和控制器组成,运算器和控制器集成在一块芯片上,合称中央处理机(Central Processing Unit,CPU)。CPU 的性能决定着计算机的数据处理能力、运算精度和速度。

(1) 运算器 运算器是执行算术运算、逻辑运算以及比较运算等的器件,其任务是对设计信息进行加工和处理。

(2) 内存储器 内存储器又称主存储器,包括随机存储器(Random Access Memory, RAM)和只读存储器(Read only Memory, ROM),是存放指令和数据的记忆装置,主要用于存储运算步骤、原始数据和运行结果等。

(3) 控制器 计算机工作时,应按事先规定好的计算步骤自动、协调地进行工作,完成预定的工作内容,控制器就是保证这一工作要求的指挥系统,它是计算机的指挥和控制中心。控制器负责解释指令并适时向机器各部分发出信号,控制计算机各部分的动作及动作顺序。

2) 外存储器

外存储器又称为辅助存储器。虽然内存储器可以直接和运算器、控制器交流信息,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。因此,外存储器主要用来存储需要永久保存或暂时不用的程序、数据库、图形库和其他信息。作业时,由操作系统根据命令将其从外存储器中调入内存使用,或将内存的数据输出至外存存放。常用的外存储器有:

(1) 磁带 磁带的存取方式是典型的顺序存取,存取速度较慢,用于不需经常随机存取数据的场合。

(2) 磁盘 常用的磁盘有软盘和硬盘等。软盘是可拆卸磁盘,携带方便。硬盘容量很大,目前通常使用的硬盘容量约为 100GB。随着移动存储技术的发展,移动硬盘和 U 盘等移动存储设备已成为目前应用很广的存储设备。磁盘采用随机存取方式,具有存取快速、可靠等特点。

(3) 光盘 光盘是采用激光技术实现的一种海量存储器,单片光盘的存储容量可达几百兆至几千兆字节,而且与软盘一样具有可置换性,光盘的存取速度与硬盘相当。目前,在计算机系统中常用光盘有只读型光盘和擦写型光盘两种。光盘是利用激光进行读写,由于激光与介质无接触,没有退磁现象,信息保存时间长。

3) 输入 / 输出设备

(1) 键盘 键盘是最通用的数据和字符输入装置,在 CAD 系统中键盘可直接与 CPU 通信。键盘的主要功能是输入数据,当作为图形输入装置使用时,它可以用来输入字符、输入准确的坐标值和进行选择(菜单、工具、图标等)操作等。键盘配有程序功能键、命令功能键、菜单功能键等,用功能键不仅可输入相应的命令和参数,还可以用来执行相关程序。

(2) 字符终端 字符终端是调试计算机程序的设备。

(3) 打印机 打印机是把计算机内的信息转换成字符打印在纸上,变成可读材料的一种设备。打印机按印字原理可分为撞击式与非撞击式两种。撞击式打印机有行式打印机、点阵式打印机等,通过色带、打印头将字符和图形印在纸上;非撞击式打印机常用的技术有喷墨技术、激光技术、静电复印技术等,非撞击式打印机速度快、无噪声,而且输出质量好。

2. 图形输入 / 输出设备

1) 图形输入设备

在 CAD 作业过程中,不仅要求用户能够快速输入图形,而且还要求能够将输入的图形以人机交互方式进行修改,以及对输入的图形进行变换(如缩放、平移、旋转等)操作,图形输入设备在 CAD 硬件系统中占有重要的地位。CAD 系统的图形输入设备包括定位设备、数字化仪和图像输入设备等。

(1) 鼠标 鼠标是一种定位输入设备,可很方便的完成定位、拾取和选择功能。鼠标器有机械式和光电式两种,根据其按钮的多少可分为双键、三键和多键。在 CAD 作业中,可以用鼠标完成选择菜单、捕捉实体、定位光标等操作。例如用它能十分方便地操纵图标菜单、弹出式菜单和下拉菜单。鼠标是 CAD 作业中常用的图形输入设备之一。

(2) 数字化仪 数字化仪因制作原理不同而有多种类型,目前常用的是电磁感应式数字化仪,它是一种电子图数转换设备,该数字化仪通常由一块矩形台板和一支电子感应笔或一个游标指示器组成。台面尺寸从 280mm×280mm 到 1200mm×1800mm 不等,一般将小型的称为图形输入板,大型的称为数字化仪。数字化仪的输入精度较高,而图形输入板的精度较低。

在 CAD 系统中,数字化仪可用来输入复杂图形,如用来拾取放在其上的工程图上的大量点,经数字化后存储起来,以此作为图形输入的一种方式。还可用数字化仪制作台板菜单,完成绘图程序的调用、基本图形元素的调用、特定功能的调用以及命令的调用等,以提高交互式绘图的方便性和工作效率。

(3) 图形扫描仪 图形扫描仪是一种能将图纸及文件快速输入到计算机的高速输入设备,其工作原理如图 1-2 所示。扫描仪内部的基本组成部件是光源、光学透镜、感光元件,还有一个或多个模数转换电路。扫描图像时,光源照射到图像上反射回来,穿过透镜到达感光元件(成行排列的电偶合器),每一个电偶合器把光信号转换成模拟信号(即电压),同时量化出像素的灰暗程度,接着模—数转换电路再把模拟信号转换成数字信号进行

保存。

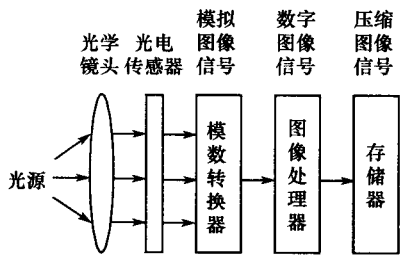


图 1-2 扫描仪的工作原理

CAD 系统中常用的扫描仪输出的是矢量化的图形,即扫描仪扫描图纸时,得到一个光栅文件,接着进行矢量化处理,输出一种格式紧凑的二进制矢量文件。对于不同的 CAD 系统,还需对上述二进制矢量文件进行格式转换,才能变成特定的 CAD 系统可接受的图形文件格式,如图 1-3 所示。

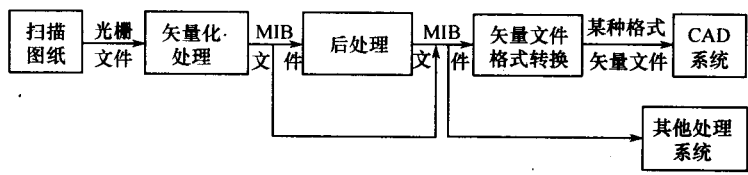


图 1-3 图形扫描输入系统

(4) 数码照相机 数码照相机的成像原理与传统照相机相似,但数码相机使用的感光材料和影像信息载体与传统相机完全不同。传统相机使用的是胶片感光,而数码相机使用的是一种光电转换器件(主要有 CCD 和 CMOS)来感光、滤光,并将光信号转化为电信号。

数码相机可以将拍摄的图像存储在磁盘、Flash 卡、PCMAIC 卡等存储装置中,用户可通过电缆线将存储卡中的图像输入计算机,并利用相应的软件对相片进行二次处理。

此外,话音输入是目前正在研究的图形方法,该方法利用人的自然语言通过输入图形特性参数及其属性参数实现图形输入,将是效率较高的一种图形输入方法。

2) 图形显示设备

图形显示器是 CAD 系统中必不可少的图形显示设备。目前,图形显示器采用的显示器件有:标准阴极射线管(CRT)、液晶显示(LCD)、激光显示、等离子显示等。

当前,常用的图形显示器是阴极射线管显示器和液晶显示器。阴极射线管是利用电磁场产生高速的、经过聚焦的电子束,通过磁场和电场的调整,偏转到屏幕的不同位置轰击屏幕表面的荧光材料而产生可见图形。CRT 的技术指标是分辨率和显示速度。一个 CRT 在水平和垂直方向能识别出的最大点数称为分辨率,也可理解为所能识别的光点间的最小距离,光点亦称为像素(Picture Element, PE)。对相同尺寸的屏幕,点数越多、距离越小、分辨率越高,显示的图形就越精确。高分辨率的图形显示器分辨率可达 4096 像素 × 4096 像素。衡量 CRT 显示速度的指标一般用每秒钟显示矢量线段的条数来表示。显示速度取决于偏转系统的速度、CRT 矢量发生器的速度和计算机发送显示命令的速度。从机械工程的角度来看,通常它应满足人眼观察图形时不出现闪烁这一基本要求,图形屏幕的

刷新速度应不小于 30 帧 /s。

液晶显示器通常是利用液晶的光电效应实现显示的。所谓的光电效应是指在电的作用下,液晶分子的排列状态发生变化,从而使液晶盒的光学性质发生变化,亦即通过液晶对光进行了调剂。

3) 图形输出设备

图形输出设备又称为图形硬拷贝设备,常用的有绘图仪和打印机两种。CAD 系统设计结果通常为图形和技术文档,绘图机用于输出大幅的图形,打印机用于输出技术文档和小幅图形。

(1) 打印机 激光和喷墨打印机是最廉价的产生图形硬拷贝的设备,用于小幅图形和文档的输出。

(2) 绘图仪 在 CAD 中,最常用的是笔式绘图仪和喷墨绘图仪,也有采用静电或激光技术实现的绘图仪。与打印机相比,绘图机可以有选择的绘制图形,使用更加灵活。

在笔式绘图仪上,电脉冲通过驱动电机与传动机构使画笔移动,每一个电脉冲使画笔移动的距离称为步距,或称脉冲当量。步距愈小,画出的图形越精细,一般国产绘图仪步距为 0.1mm ~ 0.00625mm,国外高精度的绘图仪步距可达 0.001mm。通常 0.1mm 的步距可以满足一般图形的绘制要求,0.005mm 的步距可以使人的肉眼觉察不出阶梯状的波动,而 0.00625mm 的步距可满足一般精密绘图的要求。笔式绘图仪又分为滚筒式和平板式绘图仪两种。滚筒式绘图仪由两个电动机分别带动绘图纸和绘图笔运动,这类绘图仪构造简单、价格便宜,但速度和精度不是太高。平板式绘图仪采用两轴同时驱动的单向脉冲电动机,动子质量轻、兼作笔架,它与定子间采用空气轴承,速度可达 120m/min,且精度高、维修方便,但价格较高。

随着喷墨和激光打印技术的发展,性价比的不断提高,近年来喷墨和激光绘图机渐渐取代笔式绘图机,占据主流市场。

1.2.2 CAD 系统的软件组成

软件一般指计算机运行所需的各种程序、数据及相关的文档。在 CAD 系统中,软件的配置水平决定着整个 CAD 系统性能的优劣,硬件是软件的物质基础,软件是 CAD 系统的核心。CAD 系统的软件按功能可分成 3 个层次,即系统软件(System Software)、支撑软件(Support Software)和应用软件(Application Software)。

1. 系统软件

系统软件是指与计算机硬件直接关联的软件,主要是指操作系统和编译系统等,它处在整个软件的内层,用于计算机的管理、控制、运行和维护。系统软件有两大特点:一个是公用性,无论哪个应用领域都要用到系统软件;另一个是基础性,各种支撑软件和应用软件都需要在系统软件之上运行。

1) 操作系统

操作系统是指指挥计算机运行和管理用户作业的软件,是用户和计算机之间的接口。操作系统把计算机的硬件组织成为一个协调一致的整体,以便尽可能地发挥计算机的卓越功能和最大限度地利用计算机的各种资源。操作系统主要承担对计算机的管理工作,其主要功能包括文件管理(建立、存储、删除、检索文件)、外部设备管理(管理计算机的输入、输

出等外部硬件设备)、内存分配管理、作业管理和中断管理。操作系统的种类较多,目前在工作站上主要采用 UNIX、WindowsNT/2000/XP 等;在微机上主要采用 Windows 系列操作系统。

2) 编译系统

计算机程序设计需要使用计算机语言,计算机语言分为机器语言、汇编语言和高级语言 3 种。其中,机器语言是计算机可以直接执行的语言,汇编语言必须由汇编程序(Assembler)编译成机器语言,高级语言也必须用编译程序(Compiler)编译成机器语言,才能由计算机识别和执行。因此,编译系统的作用是将用汇编语言、高级语言编写的程序翻译成计算机能够直接执行的机器指令。有了编译系统,用户就可以用接近人类自然语言和数学语言的方式编写程序,而翻译成机器指令的工作则由编译系统完成。

目前,国内外广泛应用的高级语言,如 FORTRAN、PASCAL、Visual C++、Visual Basic 等均有各自的编译系统。

2. 支撑软件

支撑软件是为满足 CAD 中一些用户的共同需要而开发的通用软件,利用支持软件可以高效、优质、低成本地建立并运行专业 CAD 软件。CAD 支撑软件主要包括图形处理软件、工程分析与计算软件、模拟仿真软件、数据库管理系统、计算机网络工程软件、NC 编程软件等。

1) 图形处理软件

图形软件是 CAD/CAM 系统中最基础、最重要的支撑软件,包括基本图形资源软件、绘图软件和几何造型软件等。

基本图形软件是根据各种图形标准和规范实现的软件包,大多是供各种应用程序调用的图形程序库或函数库,如 CGI、GKS、PHIGS、OpenGL(Open Graphics Library)等。这类图形资源软件通常与设备无关,支撑软件和应用软件开发人员可以直接调用,使软件的可移植性得到极大提高。

绘图软件主要解决零部件的详细设计问题,最后输出符合工程要求的零件图和装配图。

几何造型软件用于构造三维物体的几何模型,是 CAD 系统的关键性支撑软件。尤其是在模具 CAD/CAM 系统中,模具的工作部分是根据产品的形状和尺寸设计的。要实现模具 CAD/CAM,首先必须完成产品零件的几何造型,建立产品零件的几何模型。几何模型的构造是计算、分析、绘图、加工的基础,后续的一切处理和操作皆在此模型的基础上进行。

通常,几何造型软件包括实体造型和曲面造型,以及近年来得到迅速发展的特征造型、参数化造型、装配造型等。

2) 工程分析和计算软件

工程分析和计算软件主要用来解决各类分析和数值计算问题,根据工程设计的需要,一般应配置如下软件:

(1) 常用数学方法库 用于解决各类数学问题,如提供解微分方程、线性方程组、数值积分、有限差分、曲线(面)拟合等的计算机程序。

(2) 优化方法软件 优化设计是在最优化数学理论和现代计算技术基础上,运用计