

机械 CAD 技术基础

童秉枢 李学志 编著
吴志军 张春风

清华大学出版社

(京)新登字 158 号

内 容 简 介

本书系统地介绍了计算机辅助机械设计的基础知识,反映了这些知识在机械设计中的应用特点。全书共分 10 章,主要内容有:机械 CAD 的概念及硬软件系统;数据处理、数据结构及数据管理;图形技术基础;机械图的设计技术及三维造型技术;CAD/CAM 集成。本书以介绍理论和方法为主,程序用 C 语言编写。部分图形设计采用了 Auto CAD 12 版的有关功能。

本书可作为高等工科院校有关专业教材。也可供科研和企业单位中从事 CAD 应用和软件开发的人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

机械 CAD 技术基础/童秉枢等编著. —北京:清华大学出版社, 1996
ISBN 7-302-02101-5

. 机... . 童... . 机械设计: 计算机辅助设计 . TH122

中国版本图书馆 CIP 数据核字(96)第 02453 号

出版者: 清华大学出版社(北京清华大学学研楼, 邮编 100084)

<http://www.tup.tsinghua.edu.cn>

印刷者: 昌平环球印刷厂

发行者: 新华书店总店北京科技发行所

开 本: 787× 1092 1/16 印张: 18 字数: 426 千字

版 次: 1996 年 6 月 第 1 版 2000 年 11 月 第 7 次印刷

书 号: ISBN 7-302-02101-5/TH·69

印 数: 37001 ~ 43000

定 价: 15.00 元

前 言

CAD 是一门多学科综合性应用新技术, 发展十分迅速。在我国第八个五年计划期间 (1991—1995), 在机电行业中, 约有 50% 的大、中型企业使用 CAD 技术。到本世纪末, 我国主要的设计及企业部门, 普及 CAD 技术、实现产品设计现代化将成为现实。据预测, 到那时 CAD 人才约需 50 万人, 因此 CAD 基础教育已刻不容缓。此书宗旨即为上述人才培养的宏大目标提供一本合适的基础教程。

本书的主要编著者曾经是清华大学出版社 1988 年 2 月出版的“计算机辅助机械设计技术基础”的部分编著者, 由于 CAD 技术的飞速发展, 深深感到原书内容及技术已不太适应当前教学及技术工作的需要, 在体系内容上需作较大调整, 因此决定本书不作为原书的修订本, 但仍继承了原书部分章节及图、例。

在编写本书时我们突出了两点: 一是强调基础性, 二是强调实践性。在基础性方面, 考虑到本书是以机械行业的 CAD 为其应用背景, 于是将那些应用中的共性问题抽取出来作为本书重点阐述的对象。概括起来这些基础技术涉及工程手册的数据处理、常用数据结构、信息存储与管理、计算机图形处理的基础及几何造型技术等。掌握这些基础技术不仅对从事机械 CAD 的技术工作者是必需的, 而且对从事其它领域的 CAD 工作者也是有帮助的。在实践方面, 我们注意理论联系实际, 在书中有不少实例与应用的阐述。在软件实践上选择了目前较为流行的开发环境, 即微机上的 C 语言、Auto CAD 图形系统, 以及 FOXBASE 关系型数据库。

本书共分 10 章。第 1、2 章介绍计算机辅助设计概念、基本知识及系统软硬件的组成; 第 3、4、5 章讲述工程手册的数据、图表资料的处理方法, 建立设计问题机内数据结构的方法, 以及工程数据库的使用; 第 6、7 章是图形处理的基础, 讲述图形的几何变换、开窗、裁剪、消隐等; 第 8 章是图形应用软件的设计技术, 并扼要介绍 AutoCAD 的应用与开发; 第 9 章讨论了三维几何造型技术; 第 10 章概述了实现 CAD/CAM 集成的技术与方法。

上述各章可按相近内容组成若干模块, 实现模块化教学, 模块间内容相互独立。本书讲课时间约需 40—50 小时, 可根据学时情况, 对某些章节不作教学要求。在使用与阅读本书时, 可以不依编排的章节顺序来进行。

本书可作为高等学校教学用书, 也可作为培训与继续教育用书。读者对象以大专院校学生及工程技术人员为主。读者在阅读或听课的同时, 必须进行上机实践, 才能收到较好的效果。

本书第 1、2、3、9、10 章由童秉枢编写; 第 4、8 章由李学志编写; 第 6、7 章由吴志军编写; 第 5 章由张春风编写; 全书由童秉枢负责汇总和整理。书中内容虽为作者多年来从事 CAD 教学与科研工作的总结与体会, 但由于我们在 CAD 理论及实践方面水平有限, 难免有错误与不足之处, 敬请读者批评指正。

作 者

1994 年 6 月

目 录

第 1 章 计算机辅助设计概论.....	1
1.1 机械设计概述	1
1.2 机械 CAD 方法概述	1
1.3 CAD 技术的发展简史	3
1.4 CAD 技术在机械工业中的应用	4
1.5 机械 CAD 技术的发展趋势	6
习题.....	7
第 2 章 计算机辅助设计系统.....	8
2.1 CAD 系统的构成与分类	8
2.1.1 系统的基本构成.....	8
2.1.2 系统的分类.....	8
2.1.3 网络结构	10
2.2 CAD 系统的硬件	11
2.2.1 主机及外围设备	11
2.2.2 图形输入设备	14
2.2.3 绘图输出设备	17
2.2.4 图形显示设备	20
2.3 CAD 系统的软件	24
2.3.1 系统软件	24
2.3.2 机械 CAD 支撑软件	26
2.3.3 商品化 CAD/ CAM 支撑软件系统实例 1	27
2.3.4 商品化 CAD/ CAM 支撑软件系统实例 2	27
2.4 CAD 系统的设计与选择	29
2.4.1 CAD 系统设计应考虑的问题	29
2.4.2 选择 CAD 系统的准则	29
习题	30
第 3 章 工程手册的数据处理	31
3.1 数表的程序化.....	31
3.1.1 六个实例	31
3.1.2 一元函数的插值	36
3.1.3 二元函数的插值	38
3.2 线图的程序化.....	41
3.3 建立经验公式的方法.....	42

3.3.1	最小二乘法拟合的基本思想	42
3.3.2	最小二乘法的多项式拟合	42
3.3.3	最小二乘法的其它函数的拟合	45
3.3.4	列主元素高斯消去法求解线性联立方程	45
	习题	49
第 4 章	机械 CAD 中常用的数据结构	51
4.1	概述.....	51
4.2	基本概念.....	51
4.3	线性表.....	52
4.3.1	线性表的逻辑结构	52
4.3.2	线性表的顺序存储结构	53
4.3.3	线性表的链式存储结构	55
4.4	栈.....	61
4.4.1	栈的逻辑结构	61
4.4.2	栈的存储结构	62
4.4.3	栈的运算	62
4.4.4	栈的运算举例	62
4.5	树.....	65
4.5.1	树的逻辑结构	65
4.5.2	树的存储结构	66
4.5.3	应用举例	67
4.6	二叉树.....	68
4.6.1	二叉树的逻辑结构	68
4.6.2	二叉树的存储结构	68
4.6.3	二叉树的遍历	69
4.6.4	树的二叉树表示	71
4.6.5	二叉树应用举例	71
	习题	75
第 5 章	信息存储与管理	76
5.1	基本概念.....	76
5.2	文件系统.....	77
5.2.1	顺序文件	77
5.2.2	索引文件	77
5.2.3	多重链表文件	79
5.2.4	倒排文件	80
5.3	数据库系统.....	81
5.3.1	数据库系统的主要特征	81
5.3.2	数据库系统的基本组成	83

5.3.3	数据库系统的体系结构	84
5.3.4	数据模型	85
5.4	FOXBASE+ 关系型数据库系统	86
5.4.1	FOXBASE+ 系统简介	86
5.4.2	FOXBASE+ 系统基本操作命令	89
5.4.3	应用举例	92
5.4.4	FOXBASE+ 与高级语言的接口	94
5.4.5	应用举例()	95
5.4.6	FOXBASE+ 与 AutoCAD 接口.....	98
5.5	工程数据库系统简介.....	98
5.5.1	工程数据分析	98
5.5.2	工程数据库系统的主要特点	99
	习题.....	100
第 6 章	图形的几何变换.....	101
6.1	图形变换的方法	101
6.1.1	构成图形的基本要素及其表示方法.....	101
6.1.2	点的变换.....	101
6.2	二维变换	101
6.2.1	二维基本变换.....	101
6.2.2	二维组合变换.....	110
6.3	三维图形变换	112
6.3.1	三维基本变换矩阵.....	112
6.3.2	三维基本变换.....	113
6.3.3	三维基本变换矩阵的组合.....	117
6.4	三维图形的投影变换	119
6.4.1	平行投影变换.....	119
6.4.2	透视投影变换.....	126
	习题.....	131
第 7 章	图形技术基础.....	133
7.1	坐标系与坐标变换	133
7.1.1	坐标系.....	133
7.1.2	窗口与视区.....	134
7.1.3	窗口—视区变换.....	135
7.2	二维图形的裁剪	136
7.2.1	点的裁剪.....	137
7.2.2	直线段的裁剪.....	137
7.3	隐藏线和隐藏面的消除	141
7.3.1	隐藏线和隐藏面问题.....	141

7.3.2	消隐算法中的基本测试方法.....	143
7.3.3	Z 向深度缓冲区算法.....	146
7.3.4	扫描线算法.....	146
7.3.5	循环细分算法.....	147
7.4	图形标准.....	148
7.4.1	图形核心系统 GKS.....	150
7.4.2	三维图形核心系统 GKS-3D.....	154
7.4.3	程序员层次结构交互式图形系统(PHIGS).....	156
	习题.....	160
第 8 章	机械图设计技术.....	162
8.1	AutoCAD 简介.....	162
8.1.1	AutoCAD 运行环境.....	162
8.1.2	用户界面.....	162
8.1.3	图形生成功能.....	166
8.1.4	图形编辑和查询功能.....	167
8.1.5	辅助作图功能.....	168
8.1.6	扩充或开发 AutoCAD 的多种途径.....	168
8.2	交互方式绘制机械图.....	168
8.2.1	交互方式绘制法兰盘的零件图.....	169
8.2.2	图形交互技术.....	172
8.3	机械图的参数法程序设计.....	178
8.3.1	参数法图形程序设计的特点.....	178
8.3.2	参数法编程步骤和方法.....	179
8.4	形状特征拼合法绘制机械图.....	181
8.4.1	形状特征拼合法.....	181
8.4.2	形状特征的确定.....	182
8.4.3	应用举例——形状特征法绘制传动轴.....	182
8.5	图形设计中的编辑技术.....	186
8.5.1	图形的数据结构.....	186
8.5.2	实体选择技术.....	188
8.5.3	图形编辑技术.....	188
8.6	字符生成技术.....	189
8.6.1	生成字符的方法.....	189
8.6.2	在 Auto CAD 环境下定义字符.....	190
8.7	界面设计技术.....	195
8.7.1	用户界面的表现形式.....	195
8.7.2	屏幕菜单.....	196
8.7.3	在 AutoCAD 环境下定义菜单.....	198

8.7.4	应用举例.....	200
8.8	图形系统与外部程序交换信息	206
8.8.1	从 DXF 文件中提取数据的接口程序	206
8.8.2	编写生成 DXF 文件的接口程序	212
8.8.3	编写生成 SCR 文件的接口程序	214
8.9	扩充图形系统的现有功能	216
8.9.1	概述.....	216
8.9.2	AutoLISP 语言简介	217
8.9.3	ADS 简介	219
8.9.4	程序参数文件 ACAD.PGP	219
	习题.....	220
第 9 章	三维几何造型技术.....	223
9.1	几何造型概述	223
9.1.1	什么是几何造型.....	223
9.1.2	三维几何造型的发展概况.....	223
9.1.3	三维几何造型在 CAD/ CAM 中的应用	223
9.2	几何造型系统的三种模式	224
9.2.1	线框模型.....	224
9.2.2	表面模型.....	225
9.2.3	实体模型.....	226
9.3	三维实体表示方法	230
9.3.1	实体几何构造法(CSG)	230
9.3.2	边界表示法(B-rep)	234
9.3.3	扫描表示法.....	238
9.3.4	其它表示法.....	238
9.4	实体造型的理论基础	240
9.4.1	正则集与有效几何形体.....	240
9.4.2	正则集合算子.....	240
9.4.3	基于集合成员分类法的正则集合运算.....	241
9.4.4	欧拉公式与欧拉运算.....	244
9.5	离散法实体造型的实现	248
9.5.1	数据结构.....	248
9.5.2	集合运算算法.....	249
9.6	一个实体造型系统的简介	253
9.6.1	AME 中实体的表示方法	253
9.6.2	AME 的菜单	254
9.6.3	AME 的体素定义	255
9.6.4	AME 的集合运算	256

9.6.5	AME 的图形显示	256
9.6.6	AME 的实体查询	257
9.7	参数化特征造型概述	258
9.7.1	实体造型的优缺点	258
9.7.2	参数化造型	258
9.7.3	参数化特征造型	260
	习题	260
第 10 章	CAD/CAM 集成	262
10.1	什么是 CAD/CAM 集成	262
10.1.1	典型的产品设计与制造过程	262
10.1.2	CAD/CAM 集成的概念	263
10.1.3	集成度的分类	263
10.2	CAD/CAPP 集成	264
10.2.1	CAPP 的功能与作用	264
10.2.2	派生式 CAPP	264
10.2.3	生成式 CAPP	265
10.2.4	CAD/CAPP 集成的方法	265
10.3	CAD/NCP 集成	266
10.3.1	什么叫数控编程	266
10.3.2	手工编程	267
10.3.3	自动编程	267
10.3.4	CAD/NCP 集成的状况	269
10.4	CAPP/NCP 的集成	270
10.5	CAD/CAPP/NCP 集成的关键技术	272
10.5.1	新一代基于特征的建模技术	272
10.5.2	数据交换技术	273
10.5.3	工程数据管理技术	274
10.6	CAD/CAM 集成的体系结构	275
	习题	277
	参考文献	278

第 1 章 计算机辅助设计概论

1.1 机械设计概述

所谓机械设计就是根据使用要求确定产品应该具备的功能,构想出产品的工作原理、运动方式、力和能量的传递、结构形状、以及所用材料等事项,并转化为具体的描述,例如图纸和设计文件等,以此作为制造的依据。

机械设计是产品从设计、制造、装配、销售和使用整个生命周期中的第一个环节,也是最重要的环节,因为它对产品性能的影响通常占 80%。

机械设计过程如图 1-1 所示。设计一般经历以下几个阶段:

概念设计 通过调查研究,资料收集,仔细分析用户需求,在此基础上确定产品功能,进而构思方案,进行分析与论证,最后获得一组可行的原理性方案(见图 1-1 中的第 2,3 框)。

初步设计 从前一阶段一组可行性原理方案中选一优化方案,绘制总布置草图,确定各部件基本结构和形状,建立相应数学模型,进行主要设计参数的分析计算与优化。

详细设计 确定设计对象的细部结构,最终完成总布置图和零、部件图,并编写技术文件。

详细设计的终结并不意味着最终获得了一个好的设计。机械产品在经历了制造加工、样机测试、批量生产、以及销售使用后,将返回大量信息,并对产品进行不断修改。由此可见,机械设计是一个“设计—评价—再设计”的反复迭代、不断优化的过程,在人工设计情况下,设计周期长,因此实

图 1-1 机械设计过程

现某种程度的设计自动化,缩短设计周期,降低设计成本,提高设计质量,就成为机械设计发展的迫切要求,正是在这样的背景下产生了计算机辅助设计(CAD)

1.2 机械 CAD 方法概述

计算机辅助设计是用计算机硬、软件系统辅助人们对产品或工程进行设计、修改及显示输出的一种设计方法。同时它也是一门多学科的综合应用新技术。

从方法学角度看,在 CAD 中人与计算机密切合作,在决定设计策略、信息处理、修改

设计及分析计算等方面充分发挥各自的特长。例如计算机在信息存储与检索、分析与计算、图形作图与文字处理、以及代替人作大量重复枯燥工作等方面有特殊优点;但在设计策略、逻辑控制、信息组织及发挥经验和创造性方面,人将起主导作用。因此二者的有机结合必然能提高设计质量、缩短设计周期、降低设计费用。

从技术角度看,60年代初出现的CAD主要解决自动绘图问题,随着计算机硬、软件技术及其它相关技术的发展,现在的CAD已成为一门综合性应用新技术,它涉及到以下基础技术。

(1) 图形处理技术。如二维交互图形技术、三维几何造型及其它图形输入输出技术。

(2) 工程分析技术。如有限元分析、优化设计方法、物理特性计算(如面积、体积、惯性矩等)、模拟仿真以及各行各业中的工程分析等。

(3) 数据管理与数据交换技术。如数据库管理、不同CAD系统间的数据交换和接口等。

(4) 文档处理技术。如文档制作、编辑及文字处理等。

(5) 软件设计技术。如窗口界面、软件工程规范及其工具系统的使用等。

必须指出,CAD不是完全的设计自动化,实践证明完全的设计自动化是非常困难的,为此曾经走过弯路。CAD是将人的主导性与创造性放在首要地位,同时充分发挥计算机的长处,使二者有机地结合起来,因此人机信息交流及交互工作方式是CAD系统最显著的特点。图1-2表示了CAD系统的工作过程。

该图表示了整个设计过程中的一个子过程,此时假设概念设计已经完成,于是首先定义产品的几何模型,并将其转换成具体的数据,然后根据后续工作抽取模型中有关数据进行处理,例如变成有限元网格数据,接着进行工程分析及计算,根据计算结果决定是否要对设计进行修改,修改满意后进行详细设计,接着编制全部设计文档,输出工程图。

图 1-2 机械 CAD 过程

现在的CAD过程往往与计算机辅助工艺规程设计(CAPP: Computer Aided Process Planning)及数控自动编程连在一起,形成集成的CAD/CAM系统。图1-3给出了这种系统的工作流程图。图中一开始先根据市场需求确定产品的性能要求,然后用专家系统进行产品方案设计,由此再进行几何建模、工程分析、直到产生详细的工程图。CAPP的功能是进行零件加工工艺路线及工序的编制,它的作用除为生产调度及控制提供信息外,也为NC自动编程提供所需信息。NC自动编程部分生成刀具加工轨迹并在屏幕上进行加工仿真,检查无误后,经后置处理生成加工代码,控制机床进行加工。该图左边是工程数据库,构成了信息交换与集成的基础,右边列出了所需软件的种类。

图 1-3 CAD/CAM 系统工作流程图

1.3 CAD 技术的发展简史

在过去四十多年中, CAD 技术经历了四个主要发展时期。

1. 50 年代。美国麻省理工学院(MIT)于 1950 年在它研制的名为旋风的计算机上采用了阴极射线管(CRT)做成的图形终端,并能被动地显示图形。50 年代后半期出现了光笔,由此开始了交互式计算图形学的研究。

2. 60 年代。这是交互式计算机图形学发展的最重要时期。1962 年美国学者 Ivan Sutherland 研究出了名为 Sketchpad 的系统,这是一个交互式图形系统,能在屏幕上进行图形设计与修改。从此掀起了大规模研究计算机图形学的热潮,并开始出现 CAD 这一术语。其后,1964 年美国通用汽车公司宣布了它们的 DAC-1 系统,1965 年洛克希德飞机公司推出了 CADAM 系统,贝尔电话公司宣布了 GRAPHIC-1 系统等。但由于当时刷新式图形显示器价格十分昂贵,因此 CAD 系统很难普及与推广。60 年代后期存储管式显示器以其低廉的价格进入市场,使 CAD 系统的成本一下子下降了许多,变得能为许多企业所

接受。于是出现了一批厂商,他们将硬、软件放在一起成套出售给用户,即所谓 Turnkey 系统(译为交钥匙系统),并很快形成了 CAD/CAM 产业。

3. 70 年代。计算机交互图形技术日渐成熟并在工业界中日益得到应用。此时各种论文、文献、教程及学术会议大量涌现。整个 70 年代是计算机图形学及计算机绘图获得广泛应用的时代。但此时它们大多数还是 16 位机上的三维线框系统及二维绘图系统,还只能解决一些简单的产品设计问题。

4. 80 年代。进入 80 年代,工业界认识到了 CAD/CAM 新技术对生产的巨大促进作用,于是在设计与制造方面对 CAD/CAM 销售商提出了各种各样的要求,导致了新理论、新算法的大量涌现。在软件方面做到了将设计与制造的各种单个软件集成起来,使之不仅能绘制工程图形,而且能进行三维造型、自由曲面设计、有限元分析、机构及机器人分析与仿真、注塑模设计等各种工程应用。其中尤为重要的是实体造型(Solid Modeling)理论与系统的发展与应用。此时出现了许多实体造型系统,如 GMsolid(通用汽车公司)、Romulus(ShapeData 公司)、PADL-2(Rochester 大学)、Synthevision-based(Applicon 公司)、及 Solidesign(Computer vision 公司)等等。与此同时,计算机硬件及输入输出设备也有很大发展,32 位字长的工程工作站及微机达到了过去小型机、甚至中型机的性能;价格低廉的彩色光栅图形显示器占据了统治地位;计算机网络获得了广泛的应用。所有这些形成了工作站和网络环境下的高性能的 CAD/CAM 集成系统。

在我国,从 1985 年到 1990 年,进行了大规模的 CAD 技术的开发与研究。在国家统一规划下,选择了 24 种机械产品作为开发对象,包括汽车、拖拉机、农机具、装载机、减速器、内燃机、电动机、变压器、汽轮机、轴承、发电设备、组合机床、数控机床等等。参加技术攻关的单位达 250 多个,研究人员达 2600 人左右。除了开发上述产品的 CAD 应用系统外,还进行了 CAD 支撑系统的研制,按照 CAD/CAM 一体化的思想,将它们逐步发展为国产化商品软件。在微机 CAD 方面,也推出了许多系统,其中有一个系统共有 15 个模块,包括机械零部件设计、冷冲模设计、传动系统设计、有限元分析、优化设计方法、数控加工、系统开发工具、结构形状优化、运动学动力学分析、三维实体及曲面造型、数据库、有限元前后置处理等。进入 90 年代,继续鼓励与强调 CAD 技术的研究与应用,正在进一步开发与完善一批 CAD 应用系统,计划在中、小型企业中推广,使设计工作中 CAD 工作的比重能达到 20%—50%。为此还在全国建立了 CAD 技术的培训网,对在职人员分期分批进行新技术的继续教育。可以预见,到本世纪末,在我国各种科研、设计部门及企业中,必将普及 CAD 技术,实现设计的现代化。

1.4 CAD 技术在机械工业中的应用

根据美国的一项统计资料(Frost and Sullivan Report 1564),CAD/CAM 在美国各经济部门的销售额如表 1-1 所示。图 1-4 则是 1986 及 1992 年 CAD/CAM 的销售额在各经济部门中所占的比重。

表 1-1 CAD/CAM 销售额及其比重

	1984	1986	1988	1990	1992
销售额(单位:百万美元)					
1985 年比价					
机械	1030	1426	1891	2390	2898
电子	502	827	1234	1688	2149
电力	100	133	167	197	223
航空	404	621	891	1197	1519
其它	447	619	806	990	1162
总计	2484	3626	4990	6460	7951
比重(%)					
机械	41.5	39.3	37.9	37.0	36.5
电子	20.2	22.8	24.7	26.1	27.0
电力	4.0	3.7	3.3	3.0	2.8
航空	16.3	17.1	17.9	18.5	19.1
其它	18.0	17.1	16.1	15.3	14.6
总计	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
增长率(%)					
机械		18.0	14.3	11.8	9.4
电子		27.7	20.6	15.9	11.6
电力		15.3	10.9	8.1	6.0
航空		23.9	18.7	15.1	11.6
其它		21.1	16.3	13.0	9.9
总平均		20.9	16.3	13.1	10.1

图 1-4 CAD/CAM 市场情况

CAD 技术在机械工业中的主要应用有以下几方面:

- (1) 二维绘图。这是最普遍最广泛的一种应用,用来代替传统的手工绘图。
- (2) 图形及符号库。将复杂图形分解成许多简单图形及符号,先存入库中,需要时调出,经编辑修改后插入到另一图形中去,从而使图形设计工作更加方便。
- (3) 参数化设计。标准化或系列化的零部件具有相似结构,但尺寸需经常改变,采用

参数化设计的方法建立图形程序库,调出后赋以一组新的尺寸参数就能生成一个新的图形。

(4) 三维造型。采用实体造型设计零部件结构,经消隐及着色等处理后显示物体的真实形状,还可作装配及运动仿真,以便观察有无干涉等。

(5) 工程分析。常见的有有限元分析、优化设计、运动学及动力学分析等。此外针对某个具体设计对象还有它们自己的工程分析问题,如注塑模设计中要进行塑流分析、冷却分析、变形分析等。

(6) 设计文档或生成报表。许多设计属性需要制成文档说明或输出报表,有些设计参数需要用直方图、饼图、或曲线图等来表达。上述这些工作常由一些专门的软件来完成,如文档制作软件及数据库软件等。

从以上所述的应用情况来看,采用 CAD 技术会带来以下好处:

- (1) 减少手工绘图时间,提高绘图效率。
- (2) 提高分析计算速度,解决复杂计算问题。
- (3) 便于修改设计。
- (4) 促进设计工作的规范化、系列化和标准化。

总之,采用 CAD 技术确实能够提高设计质量、缩短设计周期、降低设计成本,从而加快了产品更新换代的速度,使企业保持良好的竞争能力。但也要看到采用 CAD 技术会给企业带来一定的风险与问题,它们是:

- (1) 投资较大。需要一笔较大资金购买硬、软件、支付培训及开发费用,并且这种投资一般不能期望在很短时期内产生效益,需有一段滞后期,因此有些企业往往望而却步。
- (2) 需要一支掌握 CAD 技术的、有良好素质的工程技术队伍,对原有队伍要进行技术上的培训。这也是影响企业能否有效采用 CAD 技术的一个重要因素。

1.5 机械 CAD 技术的发展趋势

本节主要介绍该技术在软件方面的发展趋势。

1. 集成化

为适应设计与制造自动化的要求,特别是近年来出现的计算机集成制造系统(CIMS: Computer Integrated Manufacturing System)的要求,进一步提高集成水平是 CAD/CAM 系统发展的一个重要方向。为此,必须在以下几方面提高水平。

(1) 在几何造型方面必须实现从传统的实体造型到参数化特征造型的转变,以便建立包括几何信息在内的完整的产品信息模型(包括几何、工艺、加工、管理等信息),创造 CAD、CAPP、数控编程集成的必要条件。这个问题将在第 10 章中有详细介绍。

(2) CAD/CAM 系统必须有自己统一的数据库及其管理系统。该数据库的结构要以产品信息模型为基础,使 CAD/CAM 系统内的各模块都从这个统一数据库进行信息存取。

(3) 解决好不同 CAD 系统间产品模型数据的转换问题。目前大多数商用系统采用的是初始图形交换规范 IGES(Initial Graphics Exchange Specification),应该逐步向国际标

准 STEP(Standard for The Exchange of Product Model Data) 靠拢。此外还应具备各种外部专用接口, 以便与其它系统联接起来, 例如与印刷排版系统等。

(4) 集成系统内部应该包括种类更多、功能更为完善的设计与制造应用软件, 例如 CAPP 软件、面向对象的各种应用软件、文字处理软件等等, 使整个系统功能更为完善。

(5) 解决好网络通信问题, 使不同节点及不同地区的用户能够协同工作。

2. 智能化

现有的 CAD 技术在机械设计中只能处理数值型的工作, 包括计算、分析与绘图。然而在设计活动中存在另一类符号推理型工作, 包括方案构思与拟定、最佳方案选择、结构设计、评价、决策、以及参数选择等等。这些工作依赖于一定的知识模型, 采用符号推理方法才能获得圆满解决。因此将人工智能技术, 特别是专家系统的技术, 与传统 CAD 技术结合起来, 形成智能化 CAD 系统是机械 CAD 发展的必然趋势。以下几个问题应给以更多的注意。

(1) 发展新的设计理论与方法, 特别是并行工程的设计理论以及概念设计的理论, 它们都是当今 CAD 理论研究的热点。只有在新的理论指导下才有可能建立新一代智能 CAD 系统, 才能解决目前还不能有效解决的诸如并行设计、方案设计、创新设计等问题。

(2) 继续深入研究机械设计型专家系统中的一些基本理论及技术问题, 如知识表达、知识获取、推理机制、工具系统的研制等。

3. 标准化

随着 CAD 技术的发展, 工业标准化问题越来越显出它的重要性。迄今已制定了不少标准, 例如面向图形设备的标准 CGI, 面向用户的图形标准 GKS, PHIGS、面向不同 CAD 系统的数据交换标准 IGES 和 STEP, 此外还有窗口标准等。随着技术进步, 新标准还会出现, 基于这些标准推出的有关软件是一批宝贵的资源, 用户的应用开发常常离不开它们。更为重要的是有些标准还指明了 CAD 技术进一步发展的道路, 例如 STEP 既是标准, 又是方法学, 由此构成了 STEP 技术, 它深刻地影响着产品建模、数据管理及外部接口等。

习 题

1. 联系一项具体的机械设计问题, 阐明在手工设计时的设计过程。
2. 你认为应该怎样定义 CAD? 在 CAD 中人与计算机的作用是什么?
3. 举出一件你从事的 CAD 工作, 画出解决这个问题的 CAD 过程。
4. 举出 CAD 发展史中若干重要事件。当今发展中有哪些重要事件?
5. 有些设计问题比其它设计来说更适合用 CAD, 为什么? 这些设计有什么特点?
6. 企业采用 CAD 的好处与风险有哪些? 为什么短期内效果不显著?
7. 怎样理解 CAD/CAM 集成? 如何提高集成水平?
8. CAD 技术在智能化方面有哪些发展?
9. 你认为 CAD 的发展方向有哪些?

第 2 章 计算机辅助设计系统

CAD 系统的特点是它的快速响应及图形的交互设计与显示输出的能力。人们常常问, CAD 系统与一般计算机系统有何区别, 区别表现在硬件与软件两方面。硬件方面的区别是 CAD 系统有专门的输入及输出设备来处理图形的交互输入与显示问题, 例如采用图形终端而不采用一般计算机系统中所用的字符终端。软件方面的区别表现在集成与界面上。CAD 系统提供给用户所需的全部功能模块, 并通过一个中央数据库集成起来。在界面方式上也往往不同于一般软件常用的数据文件或会话方式, 而是采用了一套完善的交互操作方式。考虑到 CAD 系统本身的特点, 本章将详细讨论系统的构成与分类、系统的硬件与软件、以及如何设计与选择 CAD 系统等问题。

2.1 CAD 系统的构成与分类

2.1.1 系统的基本构成

图 2-1 表示了一个 CAD 系统的基本构成。它由三部分组成: (1) 计算机, 指图中的中央处理器(CPU)、键盘与图形显示终端; (2) 图形输入设备; (3) 绘图输出设备。输入、输出设备种类很多, 可根据需要进行不同的选配。现代 CAD 系统均为交互系统, 交互是靠用户操作图形输入设备来实现的。

图 2-1 CAD 系统的基本构成

2.1.2 系统的分类

本节从硬件角度将 CAD 系统划分为四类。

1. 主机系统(Mainframe-based system)

这种系统一般以大型机为主机, 集中配备某些公用的外部设备, 如绘图机、打印机、磁带机等。同时接出许多用户工作站及字符终端, 如图 2-2(a) 所示。每个用户工作站的结构