



21世纪高职高专系列教材

模具 CAD/CAM

中国机械工业教育协会 组编



机械工业出版社
China Machine Press

21 世纪高职高专系列教材

模具 CAD/CAM

中国机械工业教育协会 组编

主 编 南昌大学 周天瑞
副主编 武汉船舶职业技术学院 李彩霞
参 编 洛阳工学院 孙乐民
主 审 成都航空职业技术学院 刘建超

机械工业出版社

根据高等职业技术教育教学要求,加强教材的针对性、实用性,本书重点阐述了计算机辅助设计技术,模具 CAD/CAM 的基本原理;讨论了图形变换、几何造型技术在模具 CAD/CAM 中的应用方法;此外,对冲压、锻造、注塑等类模具的计算机辅助设计原理、编程技巧和优化设计方法,以及数控加工、模具 CAM 技术进行了具体介绍。本书共 9 章,内容包括:模具 CAD 技术概论、模具设计准则和数据的计算机处理、计算机图形处理技术、计算机绘图软件与硬件简介、几何造型、冲模 CAD、锻模 CAD、塑料注射模 CAD、模具 CAM 等。该书的出版为实现模具设计、制造过程自动化建立了基础。

本书可供高等职业技术学院、高等专科学校、职业大学、夜大、成人教育学院机械、模具专业师生及相关专业的大学本科师生使用,也可供工厂企业从事模具设计、制造的工程技术人员、工人自学参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

模具 CAD/CAM/中国机械工业教育协会组编. —北京:
机械工业出版社, 2001.6

21 世纪高职高专系列教材

ISBN 7-111-08387-3

I. 模... II. 中... III. ①模具-计算机辅助设计
—高等学校: 技术学校—教材 ②模具—计算机辅助制造
—高等学校: 技术学校—教材 IV. TG76

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2001)第 22389 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

责任编辑: 李铭杰 版式设计: 冉晓华 责任校对: 申春香

封面设计: 姚 毅 责任印制: 郭景龙

北京铭成印刷有限公司印刷·新华书店北京发行所发行

2001 年 7 月第 1 版·第 1 次印刷

787mm × 1092mm $1/16$ · 13.25 印张· 324 千字

0 001—4 000 册

定价: 20.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换
本社购书热线电话(010)68993821、68326677-2527

21 世纪高职高专系列教材编委会名单

编委会主任 中国机械工业教育协会 郝广发

编委会副主任(单位按笔画排)

山东工程学院 仪垂杰
大连理工大学 唐志宏
天津大学 周志刚
甘肃工业大学 路文江
江苏理工大学 杨继昌
成都航空职业技术学院 陈玉华

编委会委员(单位按笔画排)

广东白云职业技术学院 谢瀚华
山东省职业技术教育师资培训中心 邹培明
上海电机技术高等专科学校 徐余法
天津中德职业技术学院 李大卫
天津理工学院职业技术学院 沙洪均
日照职业技术学院 李连业
北方交通大学职业技术学院 佟立本
辽宁工学院职业技术学院 李居参
包头职业技术学院 郑刚
北京科技大学职业技术学院 马德青
北京建设职工大学 常莲
北京海淀走读大学 成运花
江苏理工大学 吴向阳
合肥联合大学 杨久志

机械工业出版社 陈瑞藻(常务)
沈阳工业大学 李荣德
河北工业大学 檀润华
武汉船舶职业技术学院 郭江平
金华职业技术学院 余党军

同济大学 孙章
机械工业出版社 李超群 余茂祚(常务)
沈阳建筑工程学院 王宝金
佳木斯大学职业技术学院 王跃国
河北工业大学 范顺成
哈尔滨理工大学工业技术学院 线恒录
洛阳大学 吴锐
洛阳工学院职业技术学院 李德顺
南昌大学 肖玉梅
厦门大学 朱立秒
湖北工学院高等职业技术学院 吴振彪
彭城职业大学 陈嘉莉
燕山大学 刘德有

序

1999年6月中共中央国务院召开第三次全国教育工作会议,作出了“关于深化教育改革,全面推进素质教育的决定”的重大决策,强调教育在综合国力的形成中处于基础地位,坚持实施科教兴国的战略。决定中明确提出要大力发展高等职业教育,培养一大批具有必备的理论知识和较强的实践能力,适应生产、建设、管理、服务第一线急需的高等技术应用性专门人才。为此,教育部召开了关于加强高职高专教学工作会议,进一步明确了高职高专是以培养技术应用性专门人才为根本任务;以适应社会需要为目标;以培养技术应用能力为主线设计学生的知识、能力、素质结构和培养方案;以“应用”为主旨和特征来构建课程和教学内容体系;高职高专的专业设置要体现地区、行业经济和社会发展的需要,即用人的需求;教材可以“一纲多本”,形成有特色的高职高专教材系列。

“教书育人,教材先行”,教育离不开教材。为了贯彻中共中央国务院以及教育部关于高职高专人才培养目标及教材建设的总体要求,中国机械工业教育协会、机械工业出版社组织全国部分有高职高专教学经验的职业技术学院、普通高等学校编写了这套《21世纪高职高专系列教材》。教材首批80余本(书目附书后)已陆续出版发行。

本套教材是根据高中毕业3年制(总学时1600~1800)、兼顾2年制(总学时1100~1200)的高职高专教学计划需要编写的。在内容上突出了基础理论知识的应用和实践能力的培养。基础理论课以应用为目的,以必需、够用为度,以讲清概念、强化应用为重点;专业课加强了针对性和实用性,强化了实践教学。为了扩大使用面,在内容的取舍上也考虑到电大、职大、业大、函大等教育的教学、自学需要。

每类专业的教材在内容安排和体系上是有机联系、相互衔接的,但每本教材又有各自的独立性。因此各地区院校可根据自己的教学特点进行选择使用。

为了提高质量,真正编写出有显著特色的21世纪高职高专系列教材,组织编写队伍时,采取专门办高职的院校与办高职的普通高等院校相互协作编写并交叉审稿,以便实践教学和理论教学能相互渗透。

机械工业出版社是我国成立最早、规模最大的科技出版社之一,在教材编辑出版方面有雄厚的实力和丰富的经验,出版了一大批适用于全国研究生、大学本科、专科、中专、职工培训等各种层次的成套系列教材,在国内享有很高的声誉。我们相信这套教材也一定能成为具有我国特色的、适合21世纪高职高专教育特点的系列教材。

中国机械工业教育协会

前言

本书是高等职业技术教育的教学用书，按照加强针对性和实用性的原则进行编写。

随着计算机技术的不断发展，特别是微机功能的不断增强，微机 CAD/CAM 系统大量涌现，计算机辅助技术的应用已日益广泛地深入到各个领域。模具 CAD 是工程技术人员以计算机为工具，结合本身的专业知识，对模具成形的工艺进行分析，并对模具总体和模具零部件进行设计、绘图等技术活动的总称。它是模具设计、制造过程自动化的中心环节，当前模具的计算机应用技术已从数控机床加工模具，发展到辅助设计模具、模拟成形过程和模具 CAD/CAM/CAE 一体化的阶段。

本书编写特点是：在内容及结构上以计算机应用为主线，展开模具设计、成形工艺、图形绘制的计算机处理技术、技巧的基本知识和原理的介绍，为培养和提高学生计算机应用能力打下基础；对各种模具 CAD/CAM 软件、硬件技术开发与应用的介绍深入浅出，理论联系实际，培养学生达到学以致用目的；全书每章都配有复习思考题，便于学生加深理解和巩固所学知识。

参加编写本书的单位和人员有：

第 1 章、第 2 章由南昌大学周天瑞编写；第 3 章、第 4 章、第 5 章、第 9 章由武汉船舶职业技术学院李彩霞编写；第 6 章、第 7 章、第 8 章由洛阳工学院孙乐民编写。

本书由南昌大学机电工程学院周天瑞教授任主编，武汉船舶职业技术学院李彩霞任副主编。

本书由成都航空职业技术学院刘建超主审，他对全书的编写提出了许多宝贵的意见，在此表示衷心感谢。

在本书的编写中还得到有关院校的支持和帮助，在此也表示感谢。

由于编者水平所限，加之时间仓促，书中缺点和错误在所难免，恳请专家和广大读者批评指正。

编 者

目 录

序 前 言

第 1 章 模具 CAD 技术概论 1

1.1 CAD 基本概念 1

1.1.1 常规设计与 CAD 1

1.1.2 CAD 的主要工作内容 2

1.1.3 CAD 的发展过程 3

1.1.4 CAD/CAM 的发展趋势 4

1.2 模具 CAD/CAM 技术的应用 5

1.2.1 CAD/CAM 技术在模具行业的应用 5

1.2.2 模具 CAD/CAM 的优越性 6

1.2.3 模具 CAD/CAM 的特点 7

1.2.4 建立 CAD/CAM 系统的过程和方法 8

1.3 模具 CAD/CAM 系统硬件及软件 12

1.3.1 CAD/CAM 系统的分类 12

1.3.2 模具 CAD/CAM 系统的硬件组成 15

1.3.3 模具 CAD/CAM 系统的软件 19

1.3.4 模具 CAD/CAM 系统的选型原则 21

复习思考题 22

第 2 章 模具设计准则和数据的计算机处理 23

2.1 数表和线图的处理方法 23

2.1.1 数表的程序化 23

2.1.2 函数插值 25

2.1.3 设计线图的计算机处理 27

2.2 用文件系统管理数据的方法 28

2.2.1 文件及其操作 28

2.2.2 模具 CAD/CAM 系统模块间的数据传递 29

2.3 数据库系统 31

2.3.1 数据库与数据库管理系统 31

2.3.2 工程数据库管理系统 32

2.3.3 dBASEⅢ数据库管理系统及其应用 34

2.3.4 FOXPRO 数据库管理系统 38

复习思考题 39

第 3 章 计算机图形处理技术 40

3.1 坐标系与基本图素 40

3.1.1 坐标系 40

3.1.2 窗口与视区 41

3.1.3 基本图素 42

3.2 基本图形的生成原理 42

3.2.1 生成直线的常用算法 43

3.2.2 二次曲线拟合法 49

3.3 图形变换 52

3.3.1 二维图形的基本变换 53

3.3.2 三维图形变换 56

3.3.3 三维投影变换 60

3.3.4 二维图形的剪裁 62

复习思考题 64

第 4 章 计算机绘图软件与硬件简介 65

4.1 绘图软件 65

4.2 Auto CAD 软件包及应用 66

4.2.1 Auto CAD2000 的主要功能 66

4.2.2 Auto CAD 在模具 CAD 中的应用与开发 79

4.3 绘图系统与绘图机 85

4.3.1 绘图系统 85

4.3.2 自动绘图机	86	第7章 锻模 CAD	144
复习思考题	87	7.1 锻模 CAD 概述	144
第5章 几何造型	88	7.2 锻件与毛坯形状复杂性的 定量计算	145
5.1 几何造型基础	88	7.3 飞边槽的设计计算	146
5.1.1 几何造型概论	88	7.3.1 飞边槽桥部尺寸计算	146
5.1.2 形体信息表示	89	7.3.2 飞边金属消耗的算法	148
5.1.3 欧拉操作	92	7.4 轴对称锻件锻模 CAD	149
5.1.4 正则集合运算	94	7.4.1 轴对称锻件的锻模 CAD 系统	149
5.2 几何造型在模具 CAD/CAM 中的作用	96	7.4.2 轴对称锻件的图形输入	151
5.3 实体造型	97	7.4.3 锻件设计	152
5.3.1 实体造型系统结构	97	7.4.4 预锻型槽的设计	153
5.3.2 实体造型方法	98	7.5 长轴类锻件锻模 CAD	156
5.3.3 混合模型简介	107	7.5.1 轴类锻模 CAD 系统的结构	156
5.3.4 实体模型软件系统	108	7.5.2 模锻工艺设计	157
5.4 特征造型	109	7.5.3 拔长型槽设计	158
5.4.1 特征造型概述	109	7.5.4 滚挤型槽设计	161
5.4.2 特征表示的几何模型	110	7.5.5 预锻型槽设计	162
5.4.3 建立特征造型系统的技术 要点	111	7.5.6 型槽的布置	164
5.4.4 参数化特征造型概述	112	复习思考题	167
复习思考题	113	第8章 塑料注射模 CAD	168
第6章 冲模 CAD	114	8.1 塑料注射模 CAD 概述	168
6.1 冲模 CAD 概述	114	8.1.1 注射模 CAD 技术的作用	168
6.1.1 冲模 CAD 发展现状	114	8.1.2 注射模 CAD 的工作内容	168
6.1.2 冲模 CAD 系统的结构和 方法	115	8.1.3 注射模 CAD 的基础	169
6.2 冲压件图形输入	116	8.2 注射模结构 CAD	170
6.2.1 编码输入法	118	8.2.1 注射模结构 CAD 的工作流程	170
6.2.2 节总法	124	8.2.2 标准模架的选择与编码	172
6.3 冲裁模 CAD	131	8.2.3 型腔和型芯形状的生成	174
6.3.1 冲裁模 CAD/CAM 系统的 结构	132	8.3 注射模浇注系统设计	175
6.3.2 毛坯排样的优化设计	132	8.3.1 浇注系统的分类	175
6.3.3 冲裁工艺方案设计	134	8.3.2 浇注系统的设计原则	176
6.3.4 冲裁模结构设计	139	8.3.3 流道限制机构的设计	176
复习思考题	143	8.4 注射成形流动模拟	177
		8.4.1 一维流动分析	177
		8.4.2 二维流动分析	180
		8.4.3 三维流动分析	181

8.5 注射模冷却系统模拟	183	9.2.1 数控加工的基本概念	190
8.5.1 一维冷却系统	184	9.2.2 数控机床的组成与分类	190
8.5.2 二维冷却系统	185	9.3 数控加工程序的编制	192
8.5.3 三维冷却系统	187	9.3.1 程序编制的过程与方法	192
复习思考题	188	9.3.2 程序编制过程中的工艺处理	193
第9章 模具 CAM	189	9.3.3 数控编程的代码及程序格式	195
9.1 CAM 概述	189	9.4 数控自动编程	198
9.1.1 CAM 基本概念	189	9.4.1 自动编程简介	198
9.1.2 CAD/CAM 系统	189	9.4.2 自动编程的发展	199
9.2 数控加工原理	190	复习思考题	200
		参考文献	201

第 1 章 模具 CAD 技术概论

CAD 即计算机辅助设计(Computer Aided Design)的简称,它是 20 世纪下半叶的最重要技术成果之一,其应用水平往往体现一个国家(地区)的科学技术水平;现已广泛地应用在各个行业和部门,模具行业是应用计算机辅助设计最早,并同时也是最能体现计算机辅助技术优越性的部门之一。模具 CAD/CAM/CAE(CAM 即计算机辅助制造,在本书第 9 章介绍,CAE 是 Computer Aided Engineering 的缩写)一体化技术发展迅速,已成为提高模具设计,制造能力的必由之路。

1.1 CAD 基本概念

1.1.1 常规设计与 CAD

任何产品及其制造工艺过程都必需先进行设计,设计工作是新产品研制的第一步工作,设计工作的水平直接关系到产品质量、性能、研制周期和技术经济效益。

产品设计过程可以概括为图 1-1 所示的流程图。

(1) 明确设计要求 根据设计任务,通过对类似产品的资料检索及调研,对产品的性能、寿命要求、生产效率和生产成本、生产批量等技术内容提出明确的量化指标,形成具体的设计任务书。

(2) 方案确定 在满足设计要求的前提下,由设计人员构思多种可行的方案,并且用方案图和原理图表达出来,利于相互比较进行筛选,以确定一个比较合适的方案。

(3) 技术设计 在选定设计方案的基础上,完成产品的总体设计、部件设计、零件设计,将设计结果以图样及计算说明书的形式表现出来。

(4) 工艺设计 对所设计的零、部件,进行生产工艺分析,制定生产工艺流程图。

(5) 制造加工及试验 经过加工制造、样品试验或生产现场直接试用,将试验过程中发现的问题反馈给设计人员,作为修改的依据。

从流程图可以看到设计过程是一个设计—试验—修改—再设计的一个多次反复过程,最终达到一个最优的设计效果。

这个设计过程按常规的手工设计,设计人员必须大量查阅技术资料和设计手册,根据本单位和有关企业的技术资料,通过理论计算和实验分析,把设计思想用图样和说明书表达出来后,再与有关工程技术人员讨论修改。在整个设计过程中,设计人员花费了大量的时间在绘图和查阅资料上,造成智力和时间的浪费。已远远不能适应当今生产发展的需要,随着计算机技术的发展,为了提高设计效率和质量,CAD 技术就应

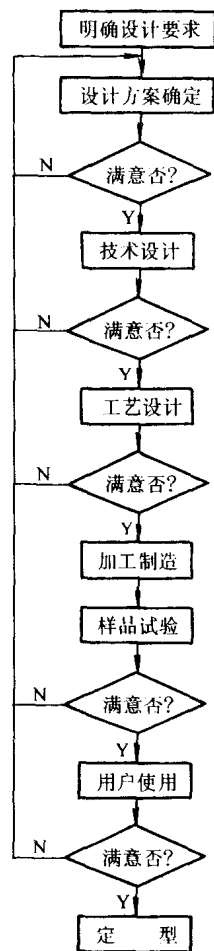


图 1-1 设计流程图

运而生了。

计算机辅助设计是指应用计算机系统,协助工程技术人员完成设计过程各阶段的工作。最早 CAD 的概念是从利用计算机来辅助设计人员完成一些复杂、繁琐、重复性的数值计算产生的,当时的概念是非常狭窄的,它仅体现了计算机的最基本功能。随着计算机技术的发展特别是外围设备的发展,计算机辅助设计的范围逐步扩大,人机交互功能增强,极大地发挥了设计人员的创造力。

在计算机辅助设计工作中,计算机的主要任务实质上是进行大量的信息加工、管理和交换。也就是在设计人员初步构思、判断、决策的基础上,由计算机对数据库中大量设计资料进行检索,根据设计任务和要求进行分析、计算和优化,将初步设计结果显示出来,以人机交互方式反复加以修改。最后确认以后,可在绘图机及打印机上输出设计结果,或者直接驱动数控加工设备进行加工。CAD 的工作过程如图 1-2 所示。

1.1.2 CAD 的主要工作内容

CAD 有以下三方面的基础工作:

(1) 建立产品设计数据库 产品设计数据库是用来存储设计某类产品时所需的各种信息资料,如有关标准、线图、表格、计算公式等。数据库可供 CAD 作业时检索或调用,它有利于数据的管理及数据资源的共享。

(2) 建立多功能交互式图形程序库 利用图形程序库来进行二维及三维图形的信息处理。能在此基础上绘制工程设计图样,建立标准件、零部件图形库等图形处理工作。

(3) 建立应用程序库 这方面的工作就是汇集解决某一类工程设计问题的通用及专用设计程序,如通用数学方法计算程序、常规机械、模具设计程序、优化设计程序、有限元方法计算程序等。

有了以上三方面的基础工作,就形成了 CAD 的基本框架和系统结构,设计人员就可开展以下的计算机辅助设计工作:

1) 向 CAD 系统输入具体的设计要求,并根据设计要求建立产品模型。包括几何模型和制造精度、性能要求、热处理规范等非几何模型,并存于数据库中。

2) 利用应用程序库中已编制的各种应用程序,进行设计、计算及优化设计,确定设计方案及产品零部件的形状尺寸和技术要求等主要参数。

3) 运用交互式图形程序库,以人机交互作业方式对初步设计的图形进行实时修改,最后由设计人员确认设计结果。

4) 利用图形处理和动画技术,对产品模型和加工过程进行图形仿真,为评估设计方案提供逼真和直接的依据。

5) 输出设计结果,其中包括设计计算数据、图样及文档等。或直接将 CAD 的数据、程序传送给数控加工设备、生产产品,实现 CAD/CAM 一体化。充分发挥计算机辅助技术的优

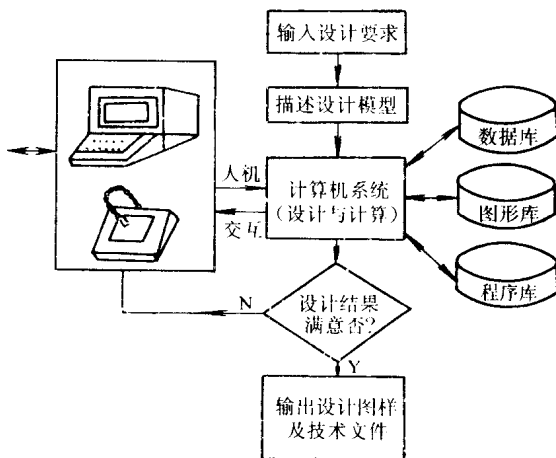


图 1-2 CAD 的工作过程

越性。

1.1.3 CAD 的发展过程

CAD 技术是在计算机硬、软件技术基础上发展起来的,它的发展过程与计算机技术的发展密切相关。1946 年,在美国诞生了第一台用电子管制成的计算机;1950 年,美国麻省理工学院研制出“旋风一号”图形显示器,这样计算机辅助设计技术就开始了。CAD/CAM 的发展大致可以分为以下几个阶段:

1. 准备和酝酿阶段 1950 年在美国麻省理工学院诞生的“旋风一号”图形显示器,是这一阶段开始的标志。它虽只能显示极为粗糙的图形,与示波器没有太大的差别,但它是计算机向 CAD 发展的开始。1958 年,Calcomp 公司研制出了滚筒式绘图机;Gerber 公司研制出了平板绘图仪,这时期的硬件开始具有一定的图形输出能力。从整体上说计算机硬件还是处于电子管阶段的较低水平。

2. 成长发展阶段 在 20 世纪 60 年代,晶体管取代了真空电子管。20 世纪 60 年代后期,出现了直接存取存储器,研制成功了阴极射线管显示器。这时,许多商品化的 CAD 设备逐渐出现,如 1964 年美国 IBM 公司推出的计算机绘图设备;美国通用汽车公司的用于汽车设计的多路分时图形控制台。这些硬件的出现和发展为 CAD 的发展提供了坚实的物质基础。

MIT 林肯实验室的 I.E.Sutherland 于 1962 年发表了著名的博士论文:“Sketchpad: 一个人机通信的图形系统”。在该篇论文中,首次提出了计算机图形学、交互技术、分层储存符号的数据结构等新思想,从而为 CAD 技术的发展和應用打下了理论基础。

计算机软件水平也得到大大地提高,产生和发展了许多计算机语言,如在计算机语言中占据重要地位的 FORTRAN 语言就是在这个时期发展和完善的。

数据的处理是 CAD 研究中的一个重要研究方面。在 20 世纪 60 年代初期出现了文件系统,从而摆脱了数据与代码的直接依存关系,而直接存取存储器的出现则大大地改善了文件系统的性能,增强了程序对数据的处理能力。

3. 成熟推广阶段 20 世纪 70 年代,计算机进入大规模集成电路时代,能产生逼真图形的光栅扫描显示器、光笔、数字化仪等图形输入输出设备不断涌现,使 CAD 的应用达到了一个较高的水平。作为这个阶段开始的标志,Applicon 公司于 1970 年第一个推出了完整的 CAD 系统。

在计算机软件方面,计算机图形学在经过 20 世纪 60 年代的发展以后,逐渐走向成熟,人机交互图形生成技术日趋完善,各种现代设计计算和分析方法(如有限元、边界元、数值积分、偏微分方程数值解等),以及各种现代设计方法(如优化设计、可靠性设计、系统工程等)也得到极大的发展和完善。

随着 CAD 技术逐步走向成熟,专门从事 CAD 系统开发和经营的 CAD 公司出现了,例如美国的 Applicon、Computervision、Intergraph、Calma 公司等,它们对于推动 CAD 技术的发展起了重要作用,它们中的许多公司现在仍然活跃在当今的 CAD 行业中。20 世纪 70 年代,CAD 系统以小型计算机为基础,提供较齐备的 CAD 硬、软件,常被称为“交钥匙”系统(Turnkey System)。在美国,这些系统的出现,使 CAD/CAM 系统逐渐走入中小型企业。

4. 广泛应用阶段 从 20 世纪 80 年代开始,计算机硬、软件发展极为迅速。据统计,硬件的发展基本符合摩尔定理,每 18 个月性能提高一倍。各种计算机外围设备也不断涌现,性能得到极大的提高。20 世纪 80 年代末和 20 世纪 90 年代初是科学计算和图形功能均很强

的工作站的天下。更令人鼓舞的是,随着微型计算机的迅速发展,各种性能的迅速提高,CAD 系统已开始从小型计算机向微型计算机转化,从而为 CAD 的普及推广创造了良好的条件。

在发达国家,CAD 技术在制造行业中得到广泛的应用,其覆盖率达 70% 以上,一些大中型企业的产品设计全部由计算机完成。如美国的通用汽车公司、日本的大隈公司、MaZak 公司等,在 CAD 技术的应用方面,均已达到了非常高的水平。

我国的 CAD 技术起步于 20 世纪 60 年代末,“六五”和“七五”期间开展了多方面的研究工作,“八五”期间根据抓应用、促发展的方针,积极开展推广 CAD 技术的应用工作,取得了较大的成绩。但与发达国家相比,差距还相当大,主要体现在:

1) 缺乏商品化 CAD 软件。我国的 CAD 软件基本处于研究开发阶段,具有自主知识产权的少,可靠性差,集成化程度低,维护工作差,难以在市场上立足。

2) CAD 技术推广普及不够。在许多地方,许多人不了解 CAD,在制造业领域,利用 CAD 进行产品设计的覆盖率不到 5%,这主要是由于宣传不够、资金不足所造成的。

3) 重引进不重吸收。由于许多人对 CAD 了解不够,以为引进 CAD 系统像引进设备一样只需简单培训就可使用,没有积极钻研,致使 CAD 系统没有发挥应有的作用,造成了极大的浪费。

因此,进一步开展 CAD 技术的研究、开发,向企业推广应用 CAD 技术,将是我国从事 CAD 技术研究工作的人员一项长期而艰巨的任务。

1.1.4 CAD/CAM 的发展趋势

标准化、集成化、微型化、智能化、可视化和网络化是 CAD/CAM 技术发展的趋势。

(1) 标准化 CAD/CAM 系统发展很快,如果不受规范制约,则必将发展成为一个个自动化孤岛,给各应用企业带来很大的问题。为了资源共享,各国科学家共同合作,推出了许多标准和规范,例如:

GKS (Graphics Kernel System, 计算机图形核心系统), 建立应用程序和图形输入、输出设备的功能接口。

IGES (Initial Graphics Exchange Specification, 基本图形转换规范), 用于 CAD 系统之间交换数据。

PDES (Product Data Exchange Specification, 产品数据交换规范), 是美国制定的产品数据交换标准。

STEP (Standard for the Exchange of Product Model Data, 产品模型数据交换标准), 是正在研制和推行的国际标准。主要研究完整的产品模型数据的交换技术, 最终实现在产品生命周期内对产品数据进行完整一致的描述与数据交换。

(2) 集成化 集成化就是向企业提供一体化的解决方案。并行工程是一种集成, 企业的产品数据管理(PDM)也是一种集成。通过集成能最大限度地实现企业信息共享, 建立新的企业运行方式, 提高生产效率。集成化主要体现在以下几个方面:

1) 向 CAD/CAPP/CAM 发展: 系统由原来的单一功能变成组合功能, 将 CAD (计算机辅助设计)、CAPP (计算机辅助工艺规程)、CAM (计算机辅助制造) 组合在一起形成 CAD/CAPP/CAM 系统。在这样的系统中, 设计师可以利用计算机进行运动分析、动力分析、应力分析, 确定零、部件的合理结构形状, 使设计的数据可用来控制数控机床的加工制造。

设计与制造更高层次上的集成,即计算机集成制造系统(Computer Integrated Manufacturing System,CIMS),是通过计算机优化和控制产品的规划、设计、制造、检验、包装、运输、销售等各个生产环节,以期实现产品生产的高度自动化。

2) CAD/CAM 计算中有关软件和算法固化:将符合国际标准或很成熟的软件和算法用集成电路来实现,可以使处理速度大幅度提高。目前,许多算法特别是图形显示算法都已进行了固化,大大地提高了处理速度。

3) 采用多处理机和并行处理方式,提高工作速度:并行工程是提高生产效率的有效方法,但传统的串行算法不适合处理并行工程,必须采用多处理机和新的并行算法,以适应这种要求。

(3) 微型化 CAD/CAM 正转向采用超级微型计算机。32 位超级微型计算机在单机功能上将达到小型机和中型机的水平,多 CPU 并行处理时的功能将达到大型机的水平。以超级微机为基础的 CAD/CAM 系统不断增多,功能也在不断扩大。

(4) 智能化 传统的 CAD 系统虽然在产品设计、分析、计算与绘图等方面发挥了重要的作用,但并不适合产品设计整个生命周期,特别在产品的概念设计阶段,由于从抽象到具体的实现极为困难,需要根据专家丰富的经验与知识作出合理的判断与决策。

将某一领域中专家的知识 and 经验,运用人工智能和专家系统技术,归纳成一些规则,并形成知识库,再利用推理机制,进行推理和判断,得到具有专家水平的设计结果。这就是专家系统,是智能 CAD (ICAD)的研究内容。ICAD 把工程数据库及其管理系统、知识库及其专家系统、用户接口管理系统集于一体,形成了智能 CAD 系统。由于智能 CAD 系统模仿了人的处理过程和技巧,所以在处理概念设计、自适应设计系统、组合爆炸问题等方面有突出的优点。

(5) 可视化(包括虚拟设计) 随着计算机软硬件水平的提高,可以逐步为设计者提供更加逼真的设计环境,更利于将概念设计转换到几何模型。科学计算可视化是指运用计算机图形学和图像处理技术,将科学计算过程中产生的数据及计算结果转换为图形或图像在屏幕上显示出来,并进行交互处理的理论、方法和技术,它使往日冗繁、枯燥的数据变成生动、直观的图形或图像,容易发挥人们的创造力。

(6) 网络化 计算机技术和通信技术相互渗透、密切结合产生了计算机网络。计算机网络可以通过通信线路将各自独立的、分布于各处的多台计算机相互连接起来,这些计算机彼此可以通信,从而能有效地共享资源并协同工作。网络技术的发展,大大地增强了 CAD/CAM 系统的能力,而没有网络的计算机简直是不可想象的,更不用谈集成化。

1.2 模具 CAD/CAM 技术的应用

1.2.1 CAD/CAM 技术在模具行业的应用

随着科学技术的发展,模具行业在经济建设中的重要性日趋明显。传统的模具设计与制造方法不能适应工业产品迅速更新换代和提高质量的要求。因此国外工业发达国家对模具 CAD/CAM 技术的开发非常重视。早在 20 世纪 60 年代初期,国外一些飞机和汽车制造公司就开始了 CAD/CAM 的研究工作,投入了大量人力和物力。各大公司都先后建立了自己的 CAD/CAM 系统,并将其应用于模具的设计与制造。

这些公司采用模具 CAD/CAM 技术的主要理由是:

- 1) 利用几何造型技术获得的几何模型, 可供后续的设计分析和数控编程等方面使用。
- 2) 可以缩短新产品的试制周期, 例如在汽车工业中, 可缩短模具的设计制造周期。
- 3) 提高产品质量的需要, 如汽车车身表面等形状, 需要利用计算机准备数据和完成随后的制造工作。

- 4) 模具制造厂和用户对 CAD/CAM 的需要增加。例如, 利用磁盘进行数据传送, 用户要求模具制造单位能够交换信息和处理这些数据。

- 5) 模具加工设备的效率不断提高, 需要计算机辅助处理数据, 以提高设备利用率。

- 6) 在企业中建立联系各个部门的信息处理系统。

模具 CAD/CAM 技术发展很快, 应用范围日益扩大。在冲模、锻模、挤压模、注射模和压铸模等方面都有比较成功的 CAD/CAM 系统。采用 CAD/CAM 技术是模具技术、生产革新化的措施, 是模具技术发展的一个显著特点。

工业发达国家较大的模具生产厂家在 CAD/CAM 上进行了较大的投资, 正大力开发这一技术。如法国 FOS 模具公司已购买了大型 CAD/CAM 系统, 日本黑田精工株式会社已大力投资开发 CAD/CAM 系统, 瑞士法因图尔公司采用大型 CAD/CAM 系统设计加工模具已占 30%。目前, 应用 CAD/CAM 技术较普遍的为美、日、德等国。

例如, 日本丰田汽车公司于 1965 年将数控用于模具加工。20 世纪 80 年代初期开始采用覆盖件冲模 CAD/CAM 系统。该系统包括设计覆盖件的 NTDFB 和 CADETT 软件和加工凸、凹模的 TINCA 软件。利用三坐标测量仪测量粘土模型, 并将数据送入计算机。将所得图形经平滑处理后, 再把这些数据用于覆盖件设计、冲模的设计与制造。该系统有较强的三维图形功能, 可在屏幕上反复修改曲面形状, 使工件在冲压成形时不致产生工艺缺陷, 从而保证了模具和工件的质量。模具型面的模型保存在数据库中, TINCA 软件可利用这些数据, 进行模具型面的数控加工。

模具 CAM 在国外应用较广, 计算机控制的数控机床加工模具约占 20% ~ 30%。此外, 加工中心(MC)、柔性制造系统(FMS)已开始用于模具制造。一般说来, CAM 比 CAD 的应用更为广泛。在欧洲, 用传统的机加工方法生产的模具和用 NC 加工方法生产的模具之比为 70:30。在日本, 这一比值为 40:60。

我国模具 CAD/CAM 的开发开始于 20 世纪 70 年代末, 发展也很迅速。到目前为止, 先后通过国家有关部门鉴定的有精冲模、普通冲裁模、辊锻模、锤模和注塑模等 CAD/CAM 系统。但是, 直到现在这些系统大多数仍处于试用阶段, 尚未在生产中推广应用。为迅速改变我国模具生产的落后面貌, 今后应继续加速模具 CAD/CAM 的研究开发和推广应用工作。

1.2.2 模具 CAD/CAM 的优越性

模具 CAD/CAM 的优越性赋予了它无限的生命力, 使其得以迅速发展和广泛应用。无论在提高生产率、改善质量方面, 还是在降低成本、减轻劳动强度方面, CAD/CAM 技术的优越性是传统的模具设计制造方法所不能比拟的。其优点主要表现在以下几方面:

- 1) CAD/CAM 可以提高模具的质量。在计算机系统内存储了各有关专业的综合性的技术知识, 为模具的设计和工艺的制定提供了科学的依据。计算机与设计人员交互作用, 有利于发挥人机各自的特长, 使模具设计和制造工艺更加合理化。系统采用的优化设计方法有助于某些工艺参数和模具结构的优化。

- 2) CAD/CAM 可以节省时间, 提高生产率。设计计算和图样绘制的自动化大大缩短了设

计时间。CAD 与 CAM 的一体化可显著缩短从设计到制造的周期。例如,采用冲裁模 CAD/CAM 系统设计制造模具,比传统方法提高效率 5 倍以上。由于模具质量提高,可靠性增加,装修时间明显减少,模具的交货时间大大缩短。

3) CAD/CAM 可以较大幅度地降低成本。计算机的高速运算和自动绘图大大节省了劳动力。优化设计带来了原材料的节省,例如,冲压件的毛坯优化排样可使材料利用率提高 5%~7%。采用 CAM 可加工传统方法难以加工的复杂模具型面,可减少模具的加工和调试工时,使制造成本降低。CAD/CAM 的经济效益有些可以估算,有些则难以估算。由于采用 CAD/CAM 技术,生产准备时间缩短,产品更新换代加快,大大增强了产品的市场竞争能力。

4) CAD/CAM 技术将技术人员从繁冗的计算、绘图和 NC 编程工作中解放出来,使其可以从事更多的创造性劳动。

5) 随着塑性成形过程计算机模拟技术的提高,模具 CAD/CAM/CAE 一体化技术可以大大增加模具的可靠性,减少直至不需要试模修模过程,提高模具设计、制造的一次成功率。

模具 CAD/CAM 的优越性还可以列举不少。所有这些,将使 CAD/CAM 逐步取代传统的模具设计制造方法,最终将在模具设计制造中全面推广,占据绝对优势。

1.2.3 模具 CAD/CAM 的特点

(1) 模具 CAD/CAM 系统必须具备描述物体几何形状的能力 有些设计过程最初提出的要求是一些参数或性能指标。例如,设计锻压设备提出的要求是吨位、行程、封闭高度或其他使用性能,并不规定设备的形状如何。但是,模具设计则不相同,因为模具的工作部分(如拉深模、锻模和注射模的型腔)是根据产品零件的形状设计的,所以无论设计什么类型的模具,开始阶段必须提供产品零件的几何形状。这就要求模具 CAD 系统具备描述物体几何形状的能力,即几何造型的功能。否则,就无法输入关于产品零件的几何信息,设计程序便无法运行。另外,为了编制 NC 加工程序,计算刀具轨迹,也需要建立模具零件的几何模型。因此,几何造型是模具 CAD/CAM 中的一个重要问题。

(2) 标准化是实现模具 CAD 的必要条件 模具设计一般不具有唯一性。对于同一产品零件,不同设计人员设计的模具不尽相同。为了便于实现模具 CAD,减少数据的存储量,在建立模具 CAD 系统时首先要解决的问题便是标准化问题,包括设计准则的标准化、模具零件和模具结构的标准化。有了标准化的模具结构,在设计模具时可以选用典型的模具组合,调用标准模具零件,需要设计的只是少数工作零件。标准化工作涉及的问题较多,有技术问题,也有管理问题。目前我国已颁布“标准化法”,对于已公布的模具标准,模具 CAD 中应予贯彻使用。

模具 CAD 由于其自身的特点,要求采用系统的、定量的设计方法。因此,种类繁多的成形零件和成形工艺,以及缺乏系统的、定量的设计方法,是建立模具 CAD 系统时遇到的一个突出矛盾,解决这一矛盾的有效途径便是成组技术(Group Technology,简称 GT)。

成组技术用于塑性加工,就是按照成形零件的形状、尺寸和材料的不同,将其加以分类,根据各类成形零件的不同特点,采用不同的生产工艺和模具设计方法。成组技术有助于以定量的方式表述现有的设计经验,建立系统的设计方法。这样,就使得在现有技术发展水平上较容易建立模具 CAD 系统。

(3) 设计准则的处理是模具 CAD 中的一个重要问题 人工设计模具所依据的设计准则大部分是以数表和线图形式给出的。在编制设计程序时,必须对这些数表和线图进行恰当的

处理, 将其变为计算机能够处理的表达形式。程序化和公式化是处理数表或线图形式设计准则的基本方法。对于某些定性的设计准则, 计算机程序无法采用, 需要深入研究, 总结出便于使用的定量的设计准则。有些经验准则难以程序化或公式化, 这时就需要通过人机交互方式发挥经验的作用。

(4) 模具 CAD/CAM 系统应具有充分的柔性 模具的结构随产品的不同而变化, 模具型面的几何形状复杂, 现阶段, 模具的设计方式基本上属于经验设计, 设计质量在很大程度上取决于设计者的技巧。模具的生产方式为单件的或小批量的, 大量生产模具的情况极为少见。所有这些, 要求模具 CAD/CAM 系统具有充分的柔性, 即可以根据不同产品的特点和生产条件, 灵活地作出抉择, 方便地修改设计, 因此, 在开发模具 CAD/CAM 系统时, 不仅要考虑全面的功能、较高的效率, 还应提供充分的柔性。这是实用化的模具 CAD/CAM 系统所应具备的基本条件之一。

1.2.4 建立 CAD/CAM 系统的过程和方法

随着 CAD/CAM 技术的发展, 软件系统的规模越来越大, 复杂程度也越来越高。如果在建立 CAD/CAM 系统的过程中不遵循科学的方法, 便难以保证所开发软件的质量。20 世纪 70 年代以来, 软件开发已经由个体作业方式发展成为工程化, 逐渐形成了一门新的技术学科——软件工程学, 它是指导计算机软件开发和维护的工程学科, 即采用工程的概念、原理、技术和方法来开发和维护软件。

根据软件工程学的方法, CAD/CAM 系统的生命期可分为系统分析、系统设计、程序设计、系统调试和系统维护等五个阶段。前四个阶段称为开发期, 最后一个阶段称为维护期。

CAD/CAM 系统的生命期划分为上述五个阶段, 这就为工程化研制 CAD/CAM 系统提供了一个框架。但是必须指出, 实际的系统研制工作不可能是直线进行的, 常常存在着反复。研制人员往往需要从后面的阶段回复到前面阶段, 进行再分析或再设计。

下面对系统研制中各阶段的任务和方法作些扼要说明。

1. 系统分析 系统分析阶段的主要任务是对现行的工作流程进行调查, 收集并分析有关资料, 了解用户的需求。在此基础上, 确定系统的总目标、功能、性能和接口, 建立系统的总体逻辑模型。

数据流程图(Data Flow Diagram, 简称 DFD)是系统分析常用的主要工具。它不但可以表达数据在系统内部的逻辑流向, 而且还可以表达系统的逻辑功能和数据的逻辑转换。数据流程图既能表达现行的设计制造系统的数据流程和逻辑处理功能, 又能表达 CAD/CAM 系统的数据流程和逻辑处理功能。

数据流程图的基本形式如图 1-3 所示。数据流程图中有四种基本符号, 即外部项、数据流、处理逻辑和数据存储。

外部项是不受系统控制的、在系统以外的事物或人, 它表达了系统数据的外部来源或去处。外部项也可以是其他的 CAD/CAM 系统或信息处理系统, 它向系统提供数据或接收系统输出的数据, 在数据流程图中外部项用方框表示。

数据流在图中用箭头表示, 指出了数据的流动方向。数据流可以由某一个外部项产生, 也可以由某一个处理逻辑产生, 或者来自某一数据存储。一般来说, 对每一个数据流都要加以简单地描述, 并将这种描述写在数据流箭头旁。

数据流程图中的处理逻辑表达了对数据的逻辑处理功能, 即对数据的变换功能。处理逻