



中国模具工业协会人才培训部推荐丛书
成形工艺与现代模具技术丛书

模具 CAD/CAE/CAM

肖祥芷 王义林 等编著

CAD/CAE/CAM of
Die & Mould

<http://www.phei.com.cn>



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

中国模具工业协会人才培训部推荐丛书
成形工艺与现代模具技术丛书

模具 CAD /CAE /CAM

肖祥芷 王义林 董湘怀
郑志镇 周华民 梁培志 编著

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 • BEIJING

内 容 简 介

本书内容包括模具 CAD/CAM 基础技术、模具 CAD、模具 CAE、模具 CAM 等共四篇。本书的特点是在阐述一般 CAD/CAE/CAM 概念与基本原理的基础上,系统介绍作者多年从事模具 CAD/CAE/CAM 系统开发中采用的关键技术及经验,而且附有几个典型模具 CAD/CAM 系统的应用实例,并配有演示盘。

本书既可作为模具 CAD/CAE/CAM 系统开发人员的参考书,也可作为模具 CAD/CAE/CAM 系统使用人员的培训教材。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

模具 CAD/CAE/CAM/肖祥芷,王义林等编著. —北京:电子工业出版社,2004. 10

(成形工艺与现代模具技术丛书)

ISBN 7-121-00467-4

I. 模… II. ①肖…②王… III. ①模具—计算机辅助设计②模具—计算机辅助制造 IV. TG76-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 106839 号

责任编辑:凌 毅 特约编辑:李春波

印 刷:北京牛山世兴印刷厂

出版发行:电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

经 销:各地新华书店

开 本:787×1092 1/16 印张:21 字数:538 千字

印 次:2004 年 10 月第 1 次印刷

印 数:5000 册 定价:29.80 元(含光盘 1 张)

凡购买电子工业出版社的图书,如有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系。联系电话:(010)68279077。质量投诉请发邮件至 zlts@phei.com.cn,盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

前 言

现代工业与日常生活中很多制品均是用模具生产出来的,如汽车、拖拉机、飞机、仪器仪表、家电、轻工、日用五金等行业中的板金件、塑料件、锻件、压铸件等。所以模具是上述行业的重要工艺装备,而且模具制造的水平往往制约着上述产品的发展速度,因为模具的设计与质量及生产周期的长短,直接影响到上述产品的更新换代速度和抢占市场的能力。但当采用传统的手工设计模具与常规设备加工模具时,模具设计与加工的质量完全决定于人的经验,要经过反复试模才能获得成功,所以设计与加工周期长。

为了提高产品质量,缩短生产周期,适应工业产品迅速更新换代的要求,一些先进工业国家早在 20 世纪 70 年代即开始研究与应用模具 CAD/CAE/CAM 技术,而我国在 20 世纪 80 年代初才开始这方面的研究工作,随着计算机技术在我国的发展,近年来,国内工厂已普遍开始应用 CAD/CAE/CAM 技术,但在模具设计与制造方面,由于通用 CAD 软件不能完全适用于模具设计的需要,而模具专用软件系统不多且还处在开发与完善过程中,故使模具 CAD/CAE/CAM 的应用受到限制。但目前很多模具企业为了自身企业的发展迫切希望加速模具 CAD/CAE/CAM 技术的应用,更急需熟练掌握模具 CAD/CAE/CAM 技术的人才,为了加速这方面人才的培养,电子工业出版社与全国模协教育培训部特别邀请作者编写了本书。

本书的作者均为多年来一直参与冲模 CAD/CAM(冲裁模、级进模、汽车覆盖件模)与板料成形模拟或塑料注射模 CAD/CAE/CAM 系统开发的人员,本书特点是在阐述一般 CAD/CAE/CAM 概念与基本原理的基础上,系统介绍了作者多年从事模具 CAD/CAE/CAM 系统开发中采用的关键技术及经验,而且附有几个典型的模具 CAD/CAM 系统的应用实例并配有演示盘。为此,本书既可作为模具 CAD/CAE/CAM 技术研究者的参考书,也可作为高等学校或高级模具技术人员培训班教材。

全书共分四篇。第 1 篇由肖祥芷(第 1 章)、王义林(第 2,3,4,5,6 章)编写,第 2 篇由郑志镇(第 7,8,9,10 章)、肖祥芷(第 8,9 章)、周华民(第 11 章)编写,第 3 篇由董湘怀(第 12,13,14 章)、周华民(第 15 章)编写,第 4 篇由梁培志(第 16,17,18 章)编写。

由于作者水平有限,加上模具 CAD/CAE/CAM 技术仍处于发展之中,故书中难免有错误之处,敬请广大读者批评指正。

编著者

2004 年 9 月

总 序

冲压、锻造、压铸、注塑（或压塑）、挤压（冷锻）、旋压等材料加工工艺属于少无切削加工工艺，该类成形工艺方法与切削加工相比，具有生产效率与材料利用率高、产品质量与稳定性好、能耗与成本低等显著特点，因而在电子信息、仪器仪表、交通、轻工、家电、航天航空、兵器等行业中得到广泛应用。上述各项成形工艺是通过模具实现材料成形并获得所需形状的半成品或成品零件。因此，模具是现代加工制造业规模生产不可或缺的工艺设备，材料成形工艺与模具在产品生产的各行各业中发挥着极其重要的作用。

近年来，随着我国经济的腾飞和产品制造业的蓬勃发展，模具制造业也相应进入了高速发展的时期。据中国模具工业协会统计，1995 年我国模具工业总产值约为 145 亿元，而 2003 年已达 450 亿元左右，年均增长 14%。另据统计，我国除台湾、香港、澳门地区外，现有模具生产厂点已超过 20 000 家，从业人员有 60 多万人，模具年产值在 1 亿元以上的企业已达十多家。可以预见，我国经济的高速发展将对模具提出更为大量、更为迫切的需求，特别需要发展大型、精密、复杂、长寿命的模具。同时要求模具设计、制造和生产周期达到全新的水平。我国模具制造业面临着发展机遇，无疑也面临着更大的挑战。

我国加入世界贸易组织以来，模具制造业随之面临国际市场日益激烈的竞争局面。与国外模具企业相比，我国模具企业无论是在生产设备能力与先进技术应用方面，还是在人才的技术素质与培养方面，普遍存在差距。要改变这一现状，势必在增添先进设备及采用先进的模具制造技术（如 CAD/CAE/CAM、高速切削、快速原型制造与快速制模等）之外，更急需的是能掌握各种材料成形工艺和模具设计、制造技术，且能熟练应用这些高新技术的专业人才。为了适应我国当前的教育改革，一些高校已将原有的塑性成形、铸造、焊接等专业融入大口径的材料加工工程或机械工程专业，材料成形工艺与模具技术的研究向更高层次发展。同时，各大中专院校与技工学校纷纷开设材料成形与模具专业，积极培养不同层次、能熟练掌握各种成形工艺和模具设计与制造技术的专门人才，逐步形成了我国模具人才培养的基本格局。

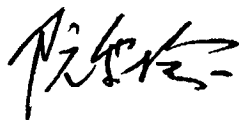
为适应我国模具人才培养的需要，电子工业出版社与中国模具工业协会人才培训部合作，邀请一些多年从事材料成形与模具相关领域研究或教学工作的专家编写了《成形工艺与现代模具技术》系列丛书。这套丛书充分搜集和纳入了国内外有关材料成形工艺与模具技术方面的最新研究与应用成果，以及模具生产实践中的成熟经验。内容涵盖了材料成形原理、工艺设计计算、模具设计方法以及应用实例，既有一定的理论基础，但更侧重于实际应用。

该系列丛书包括《模具 CAD/CAE/CAM》、《快速成形与快速制模》、《现代塑料模具技术》、《冲压工艺与模具》、《金属体积成形与模具》、《压铸技术基础》、《模具制造技术》共 7

册，可作为高级模具设计与制造人员的培训教材，也可作为学校相关学科师生进行教学、科研的专业技术参考书。

我们认为，该系列丛书的出版为模具技术人员的培训提供了一套具有较高水平且学以致用教材，有利于我国模具制造业的人才培养，对于加快我国模具技术的发展将起到积极的促进作用。

书中可能有疏漏和不妥之处，敬请读者加以批评指正。

A handwritten signature in black ink, appearing to read '陈学' (Chen Xue), written in a cursive style.

中国工程院院士、上海交通大学教授

《成形工艺与现代模具技术丛书》编委会

顾问：阮雪榆 中国工程院院士、上海交通大学教授

(按姓氏笔画排列) 柳百成 中国工程院院士、清华大学教授

胡振寰 中国工程院院士、北京科技大学教授

名誉主任：褚克辛 中国模具工业协会理事长

主任：曹延安 中国模具工业协会秘书长

委员：王敏杰 大连理工大学教授

(按姓氏笔画排列) 王鹏驹 四川大学教授

李志刚 华中科技大学教授、中国模具工业协会副理事长

刘廷华 四川大学教授

朱怀永 电子工业出版社

吴公明 上海交通大学教授

吴伯杰 清华大学副教授

肖祥芷 华中科技大学教授

张化明 西北光学仪器厂高级工程师

宋满仓 大连理工大学副教授

秦珂 中国模具工业协会副秘书长

莫健华 华中科技大学教授

黄树槐 华中科技大学教授

廖宏谊 桂林电器科学研究所副总工程师

谭平宇 中国模具工业协会人才培训部秘书长

潘宪曾 西安仪表厂高级工程师

成员：翁史振 赵红一 王义林 祝铁丽 于同敏 荆玉春

(排名不分先后) 史玉升 叶春生 陈军 赵震 于彦东 凌毅

郑志镇 周华民 董湘怀 梁培志 车万红 刘莹

姜开宇 赵丹阳 蔡玉俊

目 录

第 1 篇 模具 CAD/CAM 基础技术

第 1 章 模具 CAD/CAM 概述	1
1.1 CAD/CAE/CAM 的基本概念	1
1.2 模具 CAD/CAE/CAM 系统的硬件与软件组成	2
1.2.1 硬件	3
1.2.2 软件	6
1.3 模具 CAD/CAM 系统的特点与关键技术	8
1.4 模具 CAD/CAM 系统发展概况	11
1.4.1 冲模 CAD/CAM 系统发展概况	11
1.4.2 塑料注射模 CAD 系统发展概况	13
1.5 模具 CAD/CAM 发展趋势	14
第 2 章 数据处理技术	16
2.1 数表和线图的程序化处理	16
2.1.1 数表的程序化	16
2.1.2 数表的公式化	17
2.1.3 线图的程序化	19
2.2 文件管理系统的应用	20
2.2.1 数据文件的建立	21
2.2.2 模具 CAD/CAM 系统模块间的数据传递	21
2.3 数据库技术及其应用	22
2.3.1 数据库系统的特点	22
2.3.2 数据库管理系统	23
2.3.3 数据库的数据模型	23
2.3.4 工程数据库系统	25
第 3 章 图形处理技术	27
3.1 图形变换	27
3.1.1 窗口-视区变换	27
3.1.2 二维图形变换	28
3.1.3 三维图形变换	32
3.2 人-机交互技术	35
3.2.1 用户界面的类型与设计	36
3.2.2 常见交互技术	38
3.3 参数化设计	40
3.3.1 参数化模型	40
3.3.2 参数驱动法	41
3.3.3 变量几何法	44
第 4 章 产品数据交换技术	46
4.1 产品数据交换接口	46
4.2 IGES 标准	47

4.3 STEP 标准	48
4.3.1 STEP 标准的特点	49
4.3.2 STEP 标准的组成	50
4.3.3 STEP 标准的应用	53
第 5 章 产品零件造型	55
5.1 线框造型	55
5.2 表面造型	56
5.3 实体造型	57
5.3.1 基本概念	57
5.3.2 形体的表示模式	59
5.4 特征造型	63
5.4.1 特征的定义	64
5.4.2 特征的分类	64
5.4.3 特征造型系统实现模式	65
5.4.4 基于特征的参数化造型系统	65
5.5 特征造型系统基本功能介绍	67
5.5.1 基于特征的建模方法	67
5.5.2 特征种类及其生成方法	67
5.5.3 特征操作	75
5.5.4 设计变量管理	78
5.5.5 特征管理	78
第 6 章 装配造型	80
6.1 装配造型基本理论	80
6.1.1 装配模型的表示	80
6.1.2 装配约束	82
6.2 装配造型的一般方法	86
6.2.1 自底向上的设计	87
6.2.2 自顶向下的设计	89
6.3 装配模型的简化表达	91
6.4 装配工程图	93
6.4.1 装配工程图的建立	94
6.4.2 装配爆炸视图	94
6.4.3 装配明细表	95
6.4.4 轴测图的局部剖切	96
第 2 篇 模具 CAD	
第 7 章 模具 CAD 概述	97
7.1 模具 CAD 系统的类型	97
7.2 模具 CAD 系统的组成结构与关键技术	98
7.2.1 组成结构	98
7.2.2 模具 CAD 系统的关键技术	99
7.3 模具 CAD 系统的开发过程	100
第 8 章 冲裁模 CAD 系统	104

8.1 冲裁模设计内容	104
8.1.1 冲裁工艺分析计算	104
8.1.2 冲裁模结构设计	107
8.2 冲裁模 CAD/CAM 系统的组成和功能实现	108
8.2.1 冲裁模 CAD/CAM 系统的组成	108
8.2.2 冲裁工艺 CAD 方法	110
8.2.3 冲裁模结构 CAD	113
第 9 章 级进模 CAD 系统	119
9.1 级进模的设计内容	119
9.1.1 级进模工艺设计	119
9.1.2 级进模结构设计	121
9.2 级进模 CAD 系统的组成	122
9.2.1 级进模 CAD 系统的功能	122
9.2.2 级进模 CAD 系统的组成结构	123
9.3 级进模 CAD 系统的实现技术	123
9.3.1 级进模 CAD 系统(HMJC)整体结构	124
9.3.2 冲压产品构型	124
9.3.3 级进模条料排样设计	127
9.3.4 级进模模具结构与零件 CAD	129
9.3.5 级进模 CAD(HMJC)系统使用实例	131
9.4 级进模 CAD 设计软件——UG/PDW 简介	136
第 10 章 覆盖件模具 CAD 系统	145
10.1 覆盖件模具的设计内容	145
10.1.1 冲压工艺设计	145
10.1.2 模具结构设计	148
10.2 覆盖件模具 CAD/CAM 系统结构与实现	150
10.2.1 集成的覆盖件模具 CAD/CAM 系统结构	150
10.2.2 冲压工艺 CAPP	151
10.2.3 基于特征的冲压工序详细设计	155
10.2.4 覆盖件模具结构设计	157
第 11 章 塑料注射模 CAD 的开发与应用	160
11.1 注射模 CAD 概述	160
11.1.1 注射模设计制造的特点	160
11.1.2 注射模 CAD 的主要内容及设计流程	160
11.1.3 注射模 CAD 技术的国内外发展状况	162
11.1.4 注射模 CAD 技术的发展趋势	163
11.2 注射模 CAD 软件开发的技术基础	164
11.3 注射模成形零部件的设计	166
11.4 标准模架的建库与选用	169
11.4.1 装配模型的定义	169
11.4.2 标准模架装配模型的建立	169
11.4.3 标准模架装配模型的管理与调用	175
11.5 典型结构与零件设计	175
11.6 模具工作过程运动仿真	180

11.6.1 注射模运动的特点	180
11.6.2 模具运动模拟的方法	181
11.6.3 干涉检验的原理	182
11.6.4 干涉冲突的原因及解决途径	183
11.7 结构零件强度与刚度校核	183
11.7.1 校核准则	183
11.7.2 计算方法	183
11.8 注射模 CAD 开发与应用实例	186
11.8.1 二维 CAD 系统	186
11.8.2 三维 CAD 系统	187
11.8.3 Moldwizard 应用实例	190

第 3 篇 模具 CAE

第 12 章 有限元法基础	197
12.1 有限元法的原理及实施步骤	197
12.1.1 有限元法简介	197
12.1.2 塑性成形问题的力学模型	198
12.1.3 有限元分析的实施步骤	202
12.2 有限元分析的一些基本概念	205
12.2.1 线性分析与非线性分析	205
12.2.2 静力分析与动力分析	208
12.2.3 隐式算法与显式算法	208
12.2.4 增量法与一步法	209
第 13 章 塑性成形过程的有限元模拟	211
13.1 几何建模与网格剖分	211
13.1.1 几何模型的建立	211
13.1.2 网格剖分方法	212
13.2 单元类型的选择	212
13.2.1 平面单元	212
13.2.2 体单元	213
13.2.3 板壳单元	215
13.3 材料模型的选择	217
13.3.1 弹塑性、刚塑性与黏塑性	217
13.3.2 温度相关性	221
13.4 模具与边界条件的定义	221
13.4.1 模具的模型	221
13.4.2 边界条件与接触处理	222
13.5 其他问题	224
13.5.1 多工序分析	224
13.5.2 多物理场耦合分析	224
13.5.3 成形缺陷的预测	224
13.6 模拟结果的处理和可视化	225
13.6.1 后置处理的一般概念	225
13.6.2 塑性成形模拟结果的可视化	226

第 14 章 塑性成形模拟技术的应用	227
14.1 冲压成形过程的模拟	227
14.1.1 冲压成形过程模拟软件简介	227
14.1.2 冲压成形模拟实例	228
14.2 体积成形过程的模拟	233
14.2.1 体积成形模拟软件简介	233
14.2.2 体积成形模拟实例	235
14.3 应用注意事项	236
第 15 章 塑料注射模 CAE 系统的开发与应用	240
15.1 注射模 CAE 概述	240
15.1.1 注射模 CAE 的概念	240
15.1.2 注射模 CAE 的发展概况	240
15.2 充模过程的数值模拟	241
15.2.1 充模过程的数学描述	241
15.2.2 塑料熔体的黏度模型	242
15.2.3 压力场的计算	243
15.2.4 熔体流动前沿位置的确定	243
15.2.5 温度场数值求解	244
15.2.6 数值计算过程	245
15.3 保压过程模拟	246
15.3.1 保压模拟的重要性	246
15.3.2 保压过程的数学模型	246
15.3.3 保压模拟数值计算过程	248
15.4 冷却过程模拟	249
15.4.1 二维冷却分析	249
15.4.2 三维冷却分析	251
15.5 注射成形模拟技术新进展	253
15.6 注射模 CAE 技术的应用	256
15.6.1 充模流动模拟软件的数据准备	257
15.6.2 注射压力	257
15.6.3 充填模式	258
15.6.4 熔接缝与气穴	261
15.6.5 流道设计与平衡	262
15.6.6 冷却模拟软件的应用	264

第 4 篇 模具 CAM

第 16 章 数控编程基础	267
16.1 数控加工基础知识	267
16.1.1 数控加工的特点	267
16.1.2 常用数控机床及其功能特点	268
16.1.3 数控加工工艺基础	269
16.2 数控加工程序的编制	278
16.2.1 数控编程的内容和步骤	278

16.2.2 数控程序(铣削)编制方法	284
16.2.3 自动编程语言介绍	287
第 17 章 MasterCAM 在模具 CAM 中的应用	293
17.1 MasterCAM 8.0 CAM 功能介绍	293
17.1.1 常用的加工方法	293
17.1.2 刀具轨迹的设置及管理	295
17.2 2D 或 3D 模具零件的外形铣削	297
17.2.1 工件轮廓的定义及参数设置	297
17.2.2 带斜面的工件外形铣削实例	299
17.3 型腔零件的加工	301
17.3.1 型腔加工工艺特点及工艺规划	301
17.3.2 参数设定要点	301
17.3.3 加工实例	303
17.4 曲面类零件的加工	304
17.4.1 曲面模具零件的工艺特点	304
17.4.2 粗、精加工的方法选择及参数设置要点	304
17.4.3 加工实例	306
第 18 章 UniGraphics(UG)在模具 CAM 中的应用	308
18.1 UG 的 CAM 功能介绍	308
18.1.1 UG 软件功能综述	308
18.1.2 UG 加工模块综述	308
18.1.3 刀具轨迹的管理	311
18.1.4 UG 铣削加工方法介绍	312
18.2 Planar Milling	314
18.2.1 BOUNDARY 定义	314
18.2.2 主要参数的设定	314
18.2.3 走刀轨迹的选择	315
18.2.4 应用实例	315
18.3 Cavity Milling	316
18.3.1 加工要素定义	316
18.3.2 参数介绍	316
18.3.3 加工实例	317
18.4 Fixed Contour	318
18.4.1 加工要素定义	318
18.4.2 参数设定要点	318
18.4.3 加工实例	319
附录 A 演示光盘的使用介绍	320
参考文献	321

第 1 篇 模具 CAD/CAM 基础技术

第 1 章 模具 CAD/CAM 概述

模具的设计与加工水平直接关系到产品的质量与更新换代。随着工业的发展,人们愈来愈关注如何缩短模具设计与加工的生产周期及怎样提高模具加工的质量,传统的模具设计与制造方法已不能适应产品及时更新换代和提高质量的要求。一些先进工业国家率先将计算机技术应用于模具工业,即应用计算机进行产品构型、工艺设计与成形工艺模拟,以及模具结构设计并输出模具图与编制模具加工代码,应用 NC 和 CNC 机床加工模具,从而实现了模具 CAD/CAE/CAM(计算机辅助设计、辅助工程和辅助制造)一体化系统,达到提高模具设计效率与加工质量、缩短模具生产周期的目的。特别是近一年来,模具 CAD/CAE/CAM 技术发展很快,应用范围日益扩大,并取得了可观的经济效益。

1.1 CAD/CAE/CAM 的基本概念

CAD(Computer Aided Design)是利用计算机硬、软件系统辅助人们对产品或工程进行设计、绘图、工程分析与技术文档编制等设计活动的总称。CAD 是人和机器相结合共同进行设计的一种新设计方法,从而把人和机器的最好特性联系起来。人的特性是具有思维、逻辑推理、学习及直观判断的能力。而计算机具有运算速度快、精确度高、信息存储量大、不易忘与不易出错等特点。结合的方式是,首先由人根据设计目标,将设计过程与方法进行综合分析,建立模型(包括数学模型、数据模型、几何模型),并编制成可运行的解析这种模型的程序。在程序运行过程中,计算机将发挥其特长,完成数值分析、计算、图形处理及信息管理等任务。而人将运用自己的经验与判断能力来控制整个设计过程,这种控制通过人-机对话或图形显示的方式进行,让人和计算机之间进行信息交流,相互取长补短,从而获得最优设计结果。由此可见,不能将 CAD 与计算机绘图等同起来,计算机绘图只是使用图形软件和硬件进行绘图及有关标注,以摆脱繁重的手工绘图为其目标的方法和技术,但它是 CAD 的基础技术之一。

CAE(Computer Aided Engineering)即计算机辅助工程技术。目前关于 CAE 还没有一个确切的定义,但一般认为它应是一个包含广泛内容的术语,是指用科学的方法(包括优化、数值模拟、仿真等)以计算机软件的形式,为工程界提供一种有效的辅助工具,帮助工程技术人员对产品的设计质量、性能及加工工艺与制造过程等进行评价分析,并反复修改和优化直至获得最佳结果。也就是说,CAE 技术将贯穿于产品研制过程的每一个环节。但是,对于模具 CAE 来讲,目前仅局限于数值模拟方法,塑料注射模 CAE 仅仅是用做注射成形过程计算机模拟和缺陷预测的软件,如注射流动过程模拟、保压过程模拟、冷却过程模拟、气体辅助成形过程模拟、应力分析和翘曲分析等。冲模 CAE 主要是汽车覆盖件成形过程模拟,即应用数值模拟方法(包括有限差分法、有限元法和边界元法),分析金属成形过程中应力、应变和温度分布及预

测成形缺陷(包括起皱、破裂等)。而压铸工艺 CAE 软件的核心是铸件充型、凝固过程的数值模拟。所以,当前在模具 CAE 方面仅局限在用数值模拟方法模拟制品的成形过程及预测缺陷,由此分析出工艺方案及相应参数、模具结构对制品质量的影响,达到优化制品和模具结构、优选成形工艺参数的目的。

CAM(计算机辅助制造,Computer Aided Manufacturing)一般是指利用计算机对产品制造过程进行设计、管理和控制。即利用计算机辅助从毛坯到产品制造过程中的直接和间接的活动,包括工艺准备(计算机辅助工艺设计(CAPP)、计算机辅助工装设计与制造、NC 自动编程、工时定额和材料定额编制等)、生产作业计划、物料作业计划的运行控制(加工、装配、检测、输送、存储等)、生产控制和质量控制等。但目前狭义 CAM 通常仅指数控程序的编制,可包括刀具路径的规划、刀位文件的生成和刀具轨迹仿真,以及 NC 代码的生成等。

自 20 世纪 50 年代末开始,CAD 与 CAM 技术分别独立地发展,至 20 世纪 70 年代末,国际上已出现许多性能优良、商品化的 CAD 或 CAM 系统。CAE 自 20 世纪 60 年代开始发展以来,至今国内、外已推出了一些独立、商品化的 CAE 系统。这些独立的系统,分别在产品设计自动化、工艺过程模拟化和数控编程自动化方面起到了重要的作用。但是,采用这些各自独立的系统,不能实现系统之间信息的自动传递和交换。用 CAD 系统进行产品设计的结果,只能输出图纸和有关的技术文档,这些信息不能直接为 CAPP 或 CAE 系统所接受。进行工艺过程设计与模拟分析时,还需由人工将这些图样、文档等纸面上的文件转换成 CAPP 或 CAE 系统所需的输入数据,并通过人-机交互的方式输入 CAPP 或 CAE 系统进行处理。利用独立的 CAM 系统进行计算机辅助数控编程时,同样需要由人工将 CAD、CAPP 系统输出的文件转换成 CAM 系统所需的输入文件和数据,然后再输入 CAM 系统。

由于各独立系统所产生的信息需经人工转换,这不但影响工程设计效率的进一步提高,而且在人工转换过程中难免发生错误,将给生产带来极大的危害。为此,需要解决 CAD 与 CAPP、CAE、CAM 之间的数据与信息交换的问题。而且,由于在建立一些专用系统如模具 CAD/CAM、机械 CAD/CAM 系统时,也遇到采用不同的支撑软件则产生不同的产品数据结构的问题。因此,要使这些专用系统软件接受不同支撑软件产生的产品数据信息,也必须研究各系统间产品信息的交换问题,所以自 20 世纪 70 年代起,人们开始研究产品信息的传递与交换,世界各国先后提出了许多数据交换标准。其中,最有影响的是由美国国家标准协会(ANSI)公布的美国标准 IGES(Initial Graphics Exchange Specification),它是 CAD/CAM 系统之间图形信息交换的一种规范。STEP(Standard for the Exchange of Product Model Data)是由国际标准化组织(ISO)组织制定的一个关于产品信息表达与交换的国际标准。STEP 的目标是,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,以便无需人工解释就能使各应用系统直接接受并共享这些信息。目前,很多 CAD 软件公司已开发出基于 STEP 的新一代 CAD/CAPP/CAM 集成系统。

1.2 模具 CAD/CAE/CAM 系统的硬件与软件组成

模具 CAD/CAE/CAM 系统虽有其特点,但对硬、软件的基本功能要求与通用 CAD/CAE/CAM 系统是相同的。

(1) 图形显示功能

因为模具 CAD/CAE/CAM 系统是一个人-机交互设计的过程,在进行产品构型、模具结

构设计及模拟仿真时,系统应保证用户能随时观察和修改其设计结果,使用户的操作都能从显示器上及时得到反馈,以便达到最佳设计结果。

(2) 存储功能

模具 CAD/CAE/CAM 系统运行时,不仅需要大量存储在数据库中的静态数据,而且还有运行产生的大量中间数据,如图形处理的数据、有限元网格划分的数据等。为了保证系统正常运行,必须配置容量较大的存储设备,支持数据在各模块运行时的正确流通,同时工程数据库系统的运行也必须有足够的存储空间。

(3) 输入/输出功能

在 CAD/CAE/CAM 系统运行过程中,用户需通过人-机交互设计界面,不断地将有关设计的要求与数据等输入计算机内,通过计算机的处理后,能够输出系统处理的结果,且输入/输出的信息既可以是数值的,也可以是图形数据与字符等。

模具 CAD/CAE/CAM 系统为满足上述功能要求,应配置相应的硬件与软件。

1.2.1 硬件

模具 CAD/CAE/CAM 系统的硬件由主机、外部存储器、图形终端、输入/输出设备等组成,如图 1-1 所示。

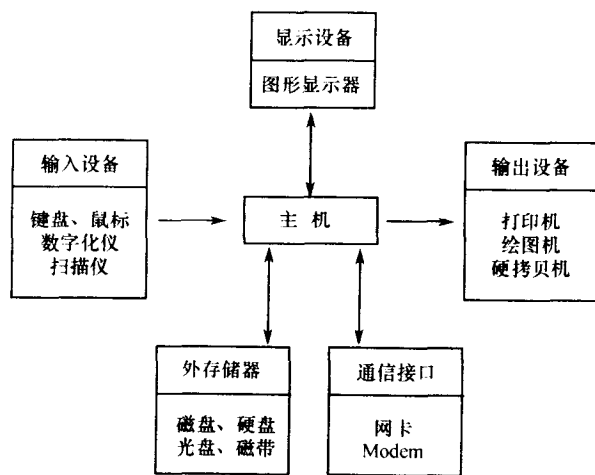


图 1-1 模具 CAD/CAE/CAM 系统的硬件组成

(1) 主机是计算机的核心。由中央处理机(包括控制器、运算器)、存储器(又称内存)及 I/O 接口构成。主机是控制及指挥整个系统并执行运算及逻辑分析的装置。计算机有大型、中型、小型及微机之分,过去 CAD 系统以中、小型计算机为主,后随着 32 位超级微机的出现,一台单机的功能几乎可覆盖小型机与中型机,因此出现了由超级微机组成的 CAD 工作站,工作站上的软件环境较一般微机的,特别是具有很强的图形处理能力,速度也快。近年来又出现了高档微机,主要是以 Pentium 微处理器作为 CPU 的计算机。而且一些大型通用 CAD/CAE/CAM 系统也有了微机上的版本,所以从目前情况看,模具 CAD/CAE/CAM 系统完全可以采用高档微机。

(2) 外存储器是作为扩大存储量,减低计算机成本而设置的一种辅助存储装置,用来存放大量暂时不用而等待调用的程序或数据。当需使用外存储器中的信息时,CPU 根据指令,通过控制器将这些信息调入内存才能使用;如果要将计算结果送至外存中存储起来,也必须经主

存储器才能写入外存储器中。目前用做外存储器的主要有磁带、硬磁盘、软磁盘和光盘等。

(3) 图形终端包括图形显示器与键盘,是交互式 CAD/CAE/CAM 系统的关键设备之一。图形显示器按工作原理可分向量刷新式、存储管式和光栅扫描 3 种。在 CAD/CAE/CAM 系统中,广泛使用的是光栅扫描式显示器,光栅扫描显示器采用光栅扫描方法产生图形。这些图形是由一连串的点组成的。在光栅扫描显示器上显示图形时,必须先将线条及字符信息转换为适合光栅显示的形式,这一过程叫做扫描转换。因为光栅扫描显示图形需存储每个像素的信息,所以需要较大的存储量。光栅扫描显示器不仅可以显示线图,也可以显示灰度、亮度、色调不同的图,使图形具有真实感,也可以产生动态的图形,并且具有选择性删除功能。

图形显示器是利用现代电子技术和计算机软件技术在显示屏上显示字符和图形,并能对字符、图形做实时加工和处理的一种电子设备。图形显示器既能作为图形(或字符)的输入装置,又能作为输出设备。在 CAD/CAE/CAM 系统中,也可同时配置字符显示器与图形显示器。字符显示器用于人-机对话,图形显示器用于图形显示,设计者使用时更为方便。键盘是直接输入装置,其上设有字符键、功能键、控制键等多种按键,可输入程序、命令及数据,功能键还可以操作光标。

图形显示器必须配有图形显示卡。图形显示卡也叫显示适配卡,简称显示卡。它通过总线与 CPU 和显示器相连,是 CPU 与显示器之间的接口,即视频控制电路。显示卡将显示缓冲存储器送出的信息转换成视频控制信号,用于控制显示器的显示。显示卡必须与显示器匹配,其性能好坏直接影响图形显示的速度及效果。显示卡大都制作成独立的卡插在主机扩展槽里,也有集成到主板上的。

自 20 世纪 80 年代初以来,为增强图形显示功能,出现了带有图形处理功能的显示卡。这种卡既有高分辨率的显示控制功能,又有高性能 2D/3D 图形处理功能,减轻了对主机 CPU 处理图形的要求,使显示器图形显示功能大为增强。

区分显示卡的重要标志是图形分辨率、色彩及速度。彩色显示卡的缓存容量决定了图形的分辨率和色彩数。若要求分辨率高、色彩多,则显示卡的存储器容量也要大。当显示卡的存储器容量一定时,若要求的色彩越多,则存储描述每个像素色彩数据所需要的位数就越多,而显示像素的总数就要相应减少,从而分辨率也就降低。这也是同一块显示卡用于多色彩显示时图形分辨率低,用于少色彩显示时图形分辨率高的原因。

所谓分辨率是指屏幕上可识别的最大光点数。对相同尺寸的屏幕,光点数越多,每个光点就越精细,显示的图形就越精确。通常,用水平方向的光点数与垂直方向的光点数表示显示器的分辨率,如 1024×768 。事实上,将屏幕按光点直径的大小分成纵横相当的格子,将每个格子的坐标记入计算机内;当电子束向各坐标点移动时,电子束的轨迹就形成了所需的图形。因此,显示器上的每一条线都是由有限个点组成的。这些点并不是几何上的点,而是像素点,很显然,屏幕上可分辨的像素点越多,分辨率越高,曲线的精度就越高。常见的微机显示器分辨率有多种模式,可达 1600×1024 以上。分辨率取决于 CRT 荧光屏所用的荧光物质的类型、聚焦机构、偏转机构及确定像素位置的计算机字长、存储像素信息的介质、数模转换的精度和速度、屏幕大小,等等。

(4) 输入设备有键盘、光标控制装置、数字化仪、扫描输入设备、语音输入等。

① 键盘

键盘是一种最基本的输入设备,其主要功能是输入命令或数据。键盘上设有功能键和数字字符键。功能键通常由 16 至 32 个按键组成。这些按键可事先加以定义。使其对应于一定的功能。由于程序中已把这些键一个个地定义成某种功能,依据功能键进行操作时,按下某个键即意味着调用相应的子程序。数字字符键用以输入数字和字符。键盘和其他输入设备配合