



21世纪高职高专规划教材

(机械类)

模具CAD/CAM技术

刘航 主编



21世纪高职高专规划教材
(机械类)

模具 CAD/CAM 技术

主 编 刘 航
副主编 徐春林 闫 波
参 编 张磊明 徐政坤
主 审 姜家吉

江苏工业学院图书馆
藏书章



机械工业出版社

本书较全面、系统地讲述了当前模具 CAD/CAM 系统软、硬件组成, 模具 CAD/CAM 技术在模具行业中的最新应用、发展与趋势。全书共 6 章, 分别介绍了模具 CAD/CAM, 冲裁模与注射模 CAD, 模具 CAM 与 CAE, UG NX4.0, Solid Works 2005, 模具 CAD/CAM 实际训练图。重点讲述了 Unigraphics NX4.0 和 Solid Works 2005 两种模具行业应用较广的高中端软件基本操作、工程制图、模具设计及数控加工的基本入门方法以及操作技能。

为了使学生能深入学习本课程, 配备了丰富的模具 CAD/CAM 实际训练图和思考题, 以适应高职院校专业教学改革重技能的急切要求。

本书供高等职业技术学院、中等专业学校的模具设计与制造、数控、机械制造等机械类专业使用, 也可供职业大学、业余大学有关专业使用, 还可供有关工程技术人员参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

模具 CAD/CAM/刘航主编. —北京: 机械工业出版社, 2008. 5

21 世纪高职高专规划教材. 机械类

ISBN 978 - 7 - 111 - 23938 - 3

I. 模… II. 刘… 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 - 39

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 053247 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑: 余茂祚

责任编辑: 余茂祚 版式设计: 冉晓华 责任校对: 姚培新

封面设计: 饶薇 责任印制: 邓博

北京京丰印刷厂印刷

2008 年 6 月第 1 版·第 1 次印刷

184mm × 260mm · 16 印张 · 393 千字

0 001—4 000 册

标准书号: ISBN 978 - 7 - 111 - 23938 - 3

定价: 26.00 元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换
销售服务热线电话: (010) 68326294

购书热线电话: (010) 88379639 88379641 88379643

编辑热线电话: (010) 88379759

封面无防伪标均为盗版

前 言

本书是按照教育部颁布的 21 世纪高职高专规划教材模具设计与制造专业《模具 CAD/CAM》教学大纲编写的,是高等职业技术学院模具设计与制造专业、数控专业和机械制造专业使用的教学用书,可作为模具 CAD/CAM 培训教材,也可供有关工程技术人员参考。

本书的编者从事模具设计与制造二十多年,具有从事模具 CAD/CAM 培训十年以上的经验。根据近年来模具设计与制造技术岗位的技能要求及知识要求,我们对模具制造技术岗位上的新技术、新工艺的应用情况进行了调研,并结合目前高等职业技术学院学生的学习现状及近几年在本课程教学过程中出现的一些新情况、新特点,最终确定了全书编写的思路和架构体系。

本课程的教学时数为 54 学时,书中主要内容包括当前模具 CAD/CAM 系统软、硬件组成,模具 CAD/CAM 技术在模具行业中的应用、发展与趋势,冲裁模与注射模 CAD,模具 CAM 与 CAE,塑料成型模拟和逆向工程技术,UG NX4.0 和 Solid Works2005 两种模具行业应用较广的高中端软件基本操作、工程制图、模具设计及数控加工的基本入门方法以及操作技能。

本书的特点是:

1. 设计实例多。包括不同形式的注射模具设计和冷冲模具设计,UG NX4.0 和 Solid Works2005 两种软件的三维建模、注射模、冷冲模、钣金以及数控自动编程方法。学生通过这些实例能很快地掌握先进的模具设计及数控加工方法。
2. 软件版本最新。本书所使用的计算机辅助模具设计与制造 CAD/CAM 软件都是最新版本,如 UG NX4.0, Solid Works2005。
3. 本书编有模具设计题库,供学生课堂及课后实训选择。
4. 本书附有教学光盘,全过程演示本书的模具设计及数控自动编程的实例,并有配音解说。

全书由西安理工大学高等技术学院刘航副教授主编,安徽机电职业技术学院徐春林副教授、山西机电职业技术学院闫波副教授担任副主编,深圳信息职业技术学院张磊明副教授和张家界航空职业技术学院徐政坤副教授参编了部分章节。本书第 1 章、第 5 章由徐春林副教授编写,第 2 章由闫波和刘航副教授编写,第 3 章、第 4 章及第 6 章由刘航副教授编写。深圳信息职业技术学院博士、高级工程师姜家吉审阅了本书。

由于编者水平有限,书中难免会有不妥之处,恳切希望广大读者批评指正。

编 者

目 录

前言	
第1章 模具 CAD/CAM	1
1.1 模具 CAD/CAM 基础	1
1.2 模具 CAD/CAM 系统硬件、软件组成	3
1.3 模具 CAD/CAM 技术在模具行业中的应用	6
1.4 模具 CAD/CAM 技术发展趋势	8
1.5 CAD/CAM 基础	10
复习思考题	14
第2章 冲裁模与注射模 CAD	15
2.1 冲裁模 CAD	15
2.2 注射模 CAD	26
复习思考题	31
第3章 模具 CAM 与 CAE	32
3.1 模具制造与数控加工	32
3.2 数控编程技术基础	34
3.3 数控编程软件 UG NX4.0 介绍	35
3.4 模具 CAE	36
3.5 塑料成型模拟	39
3.6 逆向工程技术	43
复习思考题	48
第4章 UG NX4.0	49
4.1 UG NX4.0 概述	49
4.2 UG NX4.0 基本操作	52
4.3 UG NX4.0 通用工具	55
4.4 UG NX4.0 建模综述	58
4.5 工程制图应用综述	98
4.6 UG NX4.0 装配建模	108
4.7 UG NX4.0 注射模具设计	118
4.8 UG NX4.0 CAM 过程	136
复习思考题	172
第5章 Solid Works2005	175
5.1 Solid Works2005 简介	175
5.2 Solid Works2005 基本建模	178
5.3 Solid Works2005 的零件设计	190
5.4 Solid Works2005 的虚拟装配	208
5.5 Solid Works2005 工程图	220
5.6 Solid Works2005 的模具设计	226
复习思考题	232
第6章 模具 CAD/CAM 实际训练图	233
6.1 二维模具 CAD/CAM 实际训练图	233
6.2 三维模具 CAD/CAM 实际训练图	236
参考文献	248

第1章 模具 CAD/CAM

1.1 模具 CAD/CAM 基础

1.1.1 模具 CAD/CAM 基本概念

1. CAD/CAM 基本概念 CAD/CAM (Computer Aided Design/Computer Aided Manufacturing), 即计算机辅助设计与计算机辅助制造, 是一门随着计算机和数字化信息技术发展起来的、与机械设计和制造技术相互渗透相互结合的、多学科综合性的技术。CAD/CAM 是 20 世纪最杰出的工程成就之一, 是数字化、信息化制造技术的基础, 其发展和应用对制造业产生了革命性的影响和推动作用。

具体来说, CAD 就是利用计算机及相应的 CAD 软件辅助产品的设计、修改、工程分析和优化, 充分利用计算机计算速度快、在 CAD 软件中的数据易修改、存储量大、记忆能力强、重复工作不会“疲劳”等特点, 将设计人员从繁琐的数据查询、图形绘制工作中解脱出来, 并进一步通过图形图像的三维显示, 便于设计人员了解产品内在结构, 通过工程分析模块能辅助确定产品的结构尺寸等。但由于其不具备创造能力, 因此需要设计人员对利用 CAD 技术产生的设计结果进行分析和评价, 而人虽然有知识、思想、经验、创造性, 但记忆能力有限, 易疲劳、易失误。只有将人的创造性活动能力与计算机执行数值计算和存储能力结合起来, 才能真正发挥各自的特长, 提高产品的设计效率, 缩短设计周期。在两者的功能体现上, 计算机及 CAD 软件主要的功能体现如下:

- 1) 作为设计者记忆能力的扩展 (如查询表格数据、检查产品图形数据等)。
- 2) 提高设计者分析和逻辑运算的能力 (如通过展现产品三维结构、计算各种物理特性等进行)。
- 3) 代替设计者完成大量重复性的工作 (如工程图的绘制、图形的更新)。

设计人员的主要作用在于:

- 1) 在设计过程中, 对分布信息的控制。
- 2) 创造性和经验。
- 3) 设计信息的组织和管理。

CAM 有广义和狭义两种定义。广义 CAM 是指借助计算机来完成从生产准备到产品制造完成, 这一过程中的各项活动, 包括工艺过程设计 (CAPP)、工装设计 (CAFD)、计算机辅助数控编程、生产作业计划、制造过程控制、质量检测与分析等。狭义 CAM 通常是指对于 CAD 几何模型, 根据指定的加工工艺要求和刀具, 按照一定算法生成加工轨迹, 并可进一步产生相应的 NC 程序编制, 包括刀具路径规划、刀位文件生成、刀具轨迹仿真及 NC 代码生成等, 而 CAPP 已被作为一个专门的子系统来应用, 对于工时定额的计算、生产计划的制订、资源需求计划的制订, 则划分给 MRP II/ERP 系统来完成。

2. CAD/CAM 集成的概念 所谓的 CAD/CAM 集成, 是指在 CAD 和 CAM 各模块之间有关信息的自动传递和交换。集成化的 CAD/CAM 系统能够借助于公共的工程数据库、网络通

信技术, 以及标准格式的中性文件接口, 把分散于机型各异的计算机中 CAD/CAM 模块高效地集中起来, 实现软、硬件资源共享, 保证系统内信息的流动畅通无阻。

3. 模具 CAD/CAM 概念 模具 CAD/CAM 就是指 CAD/CAM 技术在模具设计与制造中的具体应用, 是模具生产中的重大技术革命, 也是模具生产走向全盘自动化的根本措施。

当前, 随着制造业的高速发展, 我国现已成为全球的制造业基地, 产品生产正向复杂、精密、多品种、高质量和交货期短的方向发展, 而在电子、汽车、电机、电器、仪表和通信等产品中 60% ~ 80% 的零部件都是依靠模具成型, 现代的模具设计与制造的主要要求是:

(1) 高精度: 现代模具要求精度比传统模具的精度高出一个数量级, 例如多工位级进模、精冲模、精密塑料模的精度均在 0.003 ~ 0.005mm。

(2) 长寿命: 现代冲模寿命一般均在 500 万次以上, 注射模 40 ~ 60 万件, 压铸模 45 ~ 100 万件, 而传统模具的寿命一般只有它的 1/10 ~ 1/5。

(3) 高生产率: 高生产率的级进模可达 60 多个工位, 一模多腔的塑料模和层叠模具可达每模数 10 个型腔。

(4) 模具制造周期短: 现代模具从设计、制造到投入使用的周期比以前大为缩短, 例如 20 世纪七八十年代电视机外壳模具设计与制造, 要用一年的时间, 而现在一种新款的电视机由设计开发到投放市场却只需短短的三四个月。

解决上述现代模具设计与制造要求的主要手段之一就是采用模具 CAD/CAM 技术, 而当今的模具 CAD/CAM 已经不仅仅是代替设计人员绘制模具结构图形和查询数据等简单工作, 而是将计算机辅助设计与辅助制造技术贯穿到模具从设计到制造的全过程, 从而改变了传统模具的设计生产流程。

1.1.2 CAD/CAM 系统的分类

CAD/CAM 系统可以从以下不同的角度进行分类:

1. 按照系统的功能范围 分为通用和专用系统, 这也是现在最为常用的方法。一般将 CATIA、UG NX、Pro/Engineer、I-DEASE 等功能模块较多的系统称为通用系统。虽然这些系统的发展演变大多是从 CAD 系统开始, 但是通过不断增加各种相关的功能模块, 使得软件功能涵盖了产品模型设计、虚拟装配、数控加工、工程分析等多个领域。

2. 按照系统软件的运行硬件环境 分为主机系统、工作站系统和微机系统。值得提出的是随着微机系统的广泛应用, 许多以前运行在工作站的 CAD/CAM 系统都有移植到微机平台上的版本, 从而使得 CAD/CAM 系统得到了更为广泛的应用。

1.1.3 CAD/CAM 系统在设计 and 制造中的作用

CAD/CAM 系统在现代设计和制造中的作用主要如下:

- 1) 零件几何模型的设计。
- 2) 产品的虚拟装配。
- 3) 工程图的绘制。
- 4) 工程分析。
- 5) 产品的渲染和动画模拟。
- 6) 数控加工轨迹的设计及数控代码的建立。
- 7) 加工过程的仿真模拟。

1.2 模具 CAD/CAM 系统硬件、软件组成

1.2.1 模具 CAD/CAM 系统组成

模具 CAD/CAM 系统是利用计算机软、硬件来完成模具从设计到加工的应用系统，因此它需要有硬件系统和软件系统两部分组成。硬件不仅仅包括计算机、绘图仪，还包括了各种数控加工设备、测量仪、快速成型机等，而软件则包括系统软件、支撑软件、专用软件等，其中软件是 CAD/CAM 系统的核心。

1.2.2 模具 CAD/CAM 系统硬件组成

模具 CAD/CAM 系统硬件应该包括所应用的计算机、计算机所属的外设设备和与计算机相连的各种加工设备，它是 CAD/CAM 的基本支持环境，如图 1-1 所示。



图 1-1 模具 CAD/CAM 系统硬件组成

1. 计算机系统 计算机系统是 CAD/CAM 系统运行的硬件平台，是 CAD/CAM 系统的核心，由于 CAD/CAM 系统软件运行涉及图形图像处理，需要完成大数据量的存储，所以对计算机 CPU 运算速度、显示性能及存储容量的要求比普通的计算机要高。目前根据模具制造企业的规模，模具 CAD/CAM 技术中所用的计算机类型如下：

1) 大型或中型计算机为主的主机系统。

2) 小型机成套系统。

3) 工作站。

4) 微型计算机。

值得一提的是，由于网络技术的发展，现在的微机已能与大型机和小型机及工作站联网，成为整个网络的一个节点，共享主机和工作站资源。这样，大型系统、工作站系统、PC 系统就不再相互割裂，而成为一个有机的整体，在网络中发挥各自的优点，使得原来在小型机和工作站上运行的 CAD/CAM 软件直接在微机上运行。因此，在我国用高档微机组成的 CAD/CAM 系统发展很快，在某些方面已接近低档工程工作站的能力。由于当前微型计算机的性能大幅提升，其与工作站的区别逐渐消失，并且基于微型计算机操作系统的 CAD/

CAM 软件系统被大量开发,许多原先运行于大型机和工作站的大型 CAD/CAM 系统软件也被移植到微机平台上。

下面以微型计算机为例,介绍如图 1-2 所示的模具 Solid Works2005 硬件系统中计算机系统的组成。

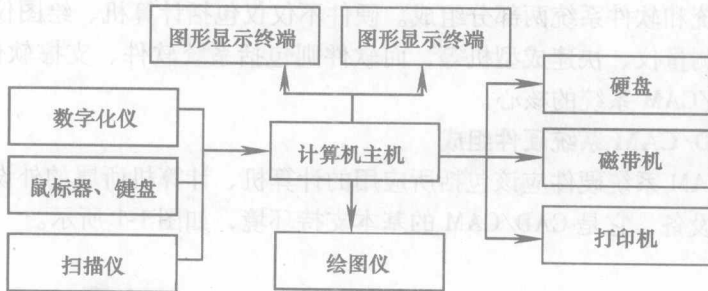


图 1-2 模具 CAD/CAM 系统中计算机系统组成

(1) 主机:主机是模具 CAD/CAM 系统的控制核心部分,由中央处理器 (CPU) 和存储器组成。

中央处理器是计算机的控制中枢,执行数据运算和逻辑处理判断任务,由运算器和控制器两部分组成,工作时需要与系统主板上的内存储器和外部存储器协同工作;内存储器是配合 CPU 进行工作,存储容量较小,而外存储器容量大,主要是存放系统程序、图形数据以及计算结果,包括安装在计算机内部的硬盘和可以从计算机上插拔的移动存储设备(移动硬盘和 U 盘等)。

当前许多商品化 CAD/CAM 软件对 CPU 和存储器的性能都有最低的要求。例如,UG NX4.0 安装时计算机硬件推荐配置:CPU 2GHz,内存 512MB,显卡存储器 256MB。

(2) 输入输出设备:输入设备是把图形数据传送给计算机的一种装置,包括鼠标、键盘、数字化仪、扫描仪、数码相机等,而输出设备是把 CAD/CAM 软件中的图形数据显示在屏幕或打印在图纸上的设备,包括打印机、显示器、投影仪等。

2. 加工设备 模具零部件的制造特点均为单件、小批量生产类型。为了保证制品精度,模具工作部分的精度通常要比制品精度高 2~4 级。因此,现代模具制造企业大量采用了自动化程度高、精度高的数控加工设备,其应用甚至早于 CAD/CAM 的发展时间,但是现代数控加工设备发展是与 CAD/CAM 技术相辅相成的,通常是由模具 CAM 产生数控加工设备所需的数控程序,数控加工设备通过 CNC 或 DNC 接收程序后,按照既定的数控程序加工出所需模具零件。所采用的设备包括数控铣床、数控车床、加工中心、电加工机床(线切割机床、电火花机床)、数控钻床、数控磨床、数控激光加工、快速成形机。一般而言,对于模具中的旋转类零件,如导柱、导套、顶杆等,采用数控车床加工;对于注射模、压铸模中复杂的外形轮廓或具有曲面的模具工作零件以及电火花成形需要的电极都可以采用数控铣床加工;对于微细复杂形状、特殊材料模具、塑料镶拼型腔及嵌件、带异型槽的模具,都可以采用数控电火花线切割加工;而塑料模、橡胶模、锻模、压铸模、压延拉伸模等模具的型腔、型孔,可以采用数控电火花成形加工;对精度要求较高的解析几何曲面,可以采用数控磨削加工;

另外,也可以将设备上采集的数据传输到 CAD/CAM 中作进一步处理,例如三维扫描仪获得测量塑件的三维数据,在 CAD 中根据这些数据构建塑件的 CAD 模型。

3. 网络通信设备 现在的模具 CAD/CAM 系统仅仅是模具计算机集成制造的一部分,其设计人员之间的数据共享、协同设计以及计算机与数控设备之间的通信均需要计算机网络的支持,通常运行模具 CAD/CAM 系统的计算机可以通过企业内部的局域网实现相互通信,由集线器、网关、网桥、路由器、各种网络传输介质(例如双绞线、同轴电缆)等网络通信设备按照以太网结构或环形网络结构等方式建立企业的局域网,而数控设备中,例如西门子(SIMENSE) 840 数控系统、海德汉(HEIDENHAIN)数控系统能够利用网卡将机床与网络连接起来,对于许多支持串行通信(RS232、RS422、RS485)的数控设备则需要利用串口适配器等设备接入网络,实现与模具 CAD/CAM 系统通信。

1.2.3 模具 CAD/CAM 系统软件组成

模具 CAD/CAM 系统除了必要的硬件组成以外,还需要一定的软件,硬件是软件的工作平台,而软件则是驱动硬件工作的控制核心,也是模具 CAD/CAM 系统中最为活跃的因素,可以实现从简单的儿童玩具造型到复杂的汽车覆盖件模具的设计与加工编程。各模具 CAD/CAM 系统软件的开发商通过不断改进程序以解决模具设计和制造中的各种问题。例如 Solid Works 公司的 SolidWorks 软件几乎每年都推出新版本,模具 CAD/CAM 软件系统的更新速度大大快于硬件的发展速度。

模具 CAD/CAM 系统的软件按照功能分为如图 1-3 所示的三个层次:系统软件、支撑软件和应用软件。

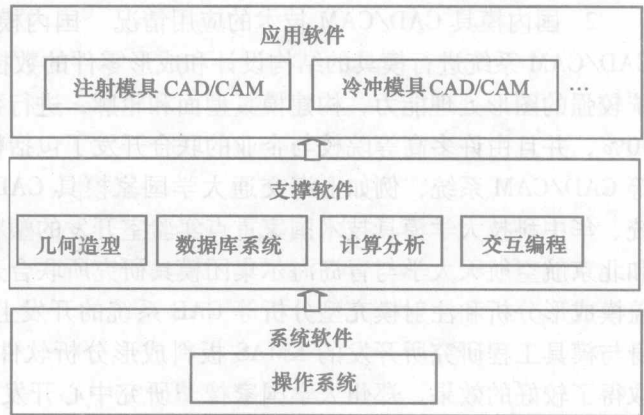


图 1-3 模具 CAD/CAM 系统的软件组成

1. 系统软件 系统软件即操作系统,是负责计算机硬件及系统配置的各种应用程序控制和管理(包括安装、运行、卸载)的底层软件,负责计算机系统内所有软件和硬件资源的监控及调度,使其成为一个协调的整体,是用户和计算机之间的接口,当前操作系统主要包括 Windows、Unix 等。

2. 支撑软件 支撑软件是指运行在系统软件的基础上,能够实现模具 CAD/CAM 所需基本功能的软件,为模具 CAD/CAM 系统专业性应用软件提供了开发平台。例如,现在市场上广泛使用的 UG NX4.0、CATIA、Pro/E wildfire 等软件,其特点是功能齐全、适用面广。一般包括图形图像处理、几何造型功能、有限元分析功能、虚拟装配、工程图绘制、数控编程功能、数据库管理、二次开发接口等功能模块。

3. 应用软件 应用软件分为两种类型,第一种是根据需要开发专门解决某一类问题的软件。例如,基于微机平台开发的模具数控编程软件 Mastercam、Surfcam、Edgecam,冲压件成形分析软件 Pamstamp、Dynaform。第二种是在模具 CAD/CAM 系统支撑软件基础之上,由企业根据要求进行二次开发形成专用的功能模块。例如运行于 Solidworks 软件平台上的模具设计软件 Imold,UG NX4.0 中的级进模向导模块 PDW,美国 PTC 软件公司与日本

TOYOTA汽车公司在 Pro/E 软件基础上开发的覆盖模型面设计模块 Pro/Dieface 等。

1.3 模具 CAD/CAM 技术在模具行业中的应用

1.3.1 模具 CAD/CAM 技术在国内外模具行业的应用概况

现代工业生产的特点是产品品种多、更新快和市场竞争激烈。在这种情况下,用户对模具制造的要求是交货期短、精度高、质量好、价格低,模具 CAD/CAM 技术的使用成为解决这些问题最有效的手段,所以模具 CAD/CAM 技术在各个国家模具行业得到广泛应用。

1. 国外模具 CAD/CAM 技术的应用情况 20 世纪 50 年代末期,国外一些科研院所便开始研究开发冷冲模 CAD/CAM 系统。例如日本丰田汽车公司于 1965 年将数控用于模具加工,1980 年开始采用覆盖件冲裁模 CAD/CAM 系统,1995 年开始在新车型的开发中采用 Dyna3D 软件进行板料成形分析技术,而现在欧美的各大汽车制造公司的新车型模具开发中,对于覆盖件设计都采用了板料成形分析技术。

在塑料模的 CAD/CAM 系统应用领域中,国外的模具企业除了广泛使用通用的 CAD/CAM 进行模具结构设计和数控加工以外,还开发了许多专用塑料模 CAD/CAM 软件。例如美国 Computervision 公司的 Moldesign 软件可以完成模具型腔结构设计、充模和冷却分析及模具工程图样绘制;美国 Moldflow 公司的注射模流动分析软件,在完成与 C-mold 公司合并之后成为该领域的佼佼者,CATIA、UG、Pro/E、SolidWorks 等通用的 CAD/CAM 功能都集成了其 MPA 产品。

2. 国内模具 CAD/CAM 技术的应用情况 国内模具企业现在已经广泛使用成熟的模具 CAD/CAM 系统进行模具的结构设计和成形零件的数控加工,尤其是利用模具 CAD/CAM 系统较强的图形处理能力,构建模具型面和轮廓,进行数控车、铣加工和线切割自动编程达到 90%,并且由许多高等院校与企业的联合开发了包括精冲模、普通冲裁模、辗锻模、注射模等 CAD/CAM 系统,例如上海交通大学国家模具 CAD 工程研究中心开发的冷冲模 CAD 系统、华中科技大学模具技术国家重点实验室开发的塑料注射模 CAD/CAE/CAM 系统 HSC2.0 和北京航空航天大学与青岛海尔集团模具研究所联合开发的 CAD/CAM 系统 CAXA 等。在覆盖模成形分析和注射模充型分析等 CAE 系统的开发上也取得了显著进步,例如吉林大学车身与模具工程研究所开发的 KMAS 板料成形分析软件,在红旗轿车的油箱成形辅助分析均取得了较好的效果,郑州大学国家橡塑研究中心开发的注射成形分析软件 Z-mold 已获得成功,并应用于实际的模具计算机辅助分析中。

1.3.2 当前模具 CAD/CAM 系统的模具设计模块

当前,许多成熟的 3D CAD/CAM 系统中均已开发了模具设计模块,由于建立在通用 CAD/CAM 系统中的模具设计模块可以直接使用该平台创建的产品设计数据,因此这些模具设计模块现已得到广泛使用,主要有以下类型:

(1) Pro/Engineer: 为满足模具行业需求,美国参数化技术公司 PTC (Parametric Technology Corporation) 推出的三维 CAD/CAM 软件 Pro/Engineer, Pro/Engineer 提供了一系列模具设计模块: Pro/Casting (铸造模具咨询)、Pro/Moldesign (注射模、压铸模、锻模设计)、Pro/Dieface (冲压模设计)、EMX (模架专家库)、Mold Base Library (模架库)、Mold Filling Simulation Option (注射模具流动分析功能包) 等。

(2) CATIA: CATIA (Computer-graphics Aided Three-dimensional Interactive Application)

是法国达索公司 (Dassault System) 开发的 CAD/CAD/CAM 一体化软件。CATIA 提供了模具辅助设计模块 (Mold and Die Machining Assistant): MT1 (模具设计产品支持包括凸凹模固定板定义、组件实例化、注射和冷却特征定义等模具设计的所有工作。CATIA 模具设计产品 MT2 是新一代管理模具定义的产品, 可与 CATIA V5 当前和未来的设计、仿真和制造应用产品协同工作, 是一个功能强大的产品, 它允许快速、经济地创建注射模具, 可以使用标准目录库中已经预定义好的组件。

(3) Solid Works: Solid Works 软件是美国 Solid Works 公司在总结和继承大型机械 CAD 软件的基础上, 在 Windows 环境下实现的第一个机械 CAD 软件, 是面向产品级的机械设计工具。Solid Works Moldbase 模块是 Solid Works 提供标准模架库。其合作公司在其平台上开发的模具设计专用模块, 如 Imold、Face Works、Mold Works, 也得到了大量使用。

(4) UG NX: Unigraphics NX 简称 UG NX, 是美国 UGS 公司的产品, 为用户提供了一个全面的产品建模系统。UG NX 系统也提供了众多模具 CAD 模块, 如 UG/Die Engineering Wizard (冲压模工程向导)、UG/Progressive Die Wizard (多工位级进模向导)、UG/Mold Wizard (注射模具向导) 等。其中 UG/Mold Wizard 为设计注射模具的型芯、型腔、滑块、推杆和嵌件提供了更方便的建模工具, 使注射模具设计变得更快捷、容易, 其最终结果是设计出与产品模型相关的三维模具, 并能用于加工。

(5) Top Solid: Top Solid 是法国 Missler 公司的产品, Top Solid 模具设计包含注射模 (Top Solid/Mold) 和级进模 (Top Solid/Progress) 两个模块。Top Solid/Mold 的主要特点是整个模具设计过程自动化, 简便的斜导柱设计以及利用丰富智能的标准件库可以快速准确地设计模具结构。Top Solid/Mold 标准件智能可以自动与装配体发生操作关系, 当标准件安装完成后, 系统在模架上自动地把标准件相关联的安装定位孔或槽作出来, 而不需要事先在模架上进行定位钻孔、挖槽等操作, 其 Top Solid/Progress 模块集成了 Auto Form 的展开模块, 使冷冲模设计者能够快速计算出所需的坯料并且能在一个全关联的环境中进行条料排样的设计, 当零件发生改变, 能够立即反应到条料排样上, 同时加工的刀具和刀具路径也相应改变。

另外, 很多 CAD/CAM 软件也推出了自己的模具设计工具包。例如以色列 Cimatron 公司推出的 Quick 系列产品, 能在统一的系列环境下, 使用统一的数据库完成产品设计, 生成三维实体模型, 并在此基础上自动将注射模具分为型腔与型芯两部分。英国 DELCAM 公司推出的 Power Shape 系统, 包括 Ps-Mold-Maker 模块, 是面向模具制造的模具总装设计专家系统, 可自动为复杂注射模、吹射模创建模具结构及抽芯机构, 自动产生分模面, 加工信息被自动封装, 并可直接输出到 Power Mill 模块, 自动产生加工程序。日本造船系统株式会社的三维 CAD/CAM 系统 Space 中也增加了专用注射模设计模块。日本 UNISYS 株式会社推出的专用于塑料模设计和制造系统的 CAD CEUS 也颇具特色。

1.3.3 模具 CAD/CAM 技术应用的具体内容

模具 CAD/CAM 技术利用其自身强大的运算和数据存储能力以及和 NC 加工的完美结合, 使其在模具从设计到制造的全过程得到了深入应用, 其具体来说包括以下内容:

(1) 产品和模具零部件的几何造型技术: 模具 CAD/CAM 技术可以很方便地完成模具复杂型腔的三维造型, 尤其可以实现对于各种自由曲面的几何造型, 使得对该类曲面的数控加工成为可能, 并可以在设计中利用参数化功能直接修改几何造型的尺寸, 使得对于设计结

果的修改成为一件很容易的事情。

(2) 完成工艺分析计算: 模具 CAD/CAM 技术利用计算机存储的工艺资料、产品实例和各种决策推理模块, 可以帮助设计人员进行工艺分析与计算, 例如注射模具型腔布局、浇注系统设计、塑件材料选择等, 利用各种排样模块可以方便的建立冲压模具的产品排样图。

(3) 建立模具的虚拟装配结构: 模具 CAD/CAM 技术通过建立模具虚拟装配, 可以得到模具整体结构, 可以检查各部件是否有干涉间隙, 并能仿真模具工作运动过程, 以确定模具能否完成制订的工作行程。

(4) 辅助完成绘图工作, 输出模具零件图和装配图: 在使用 3D 模具 CAD/CAM 系统时, 模具实体造型和工程图绘制相互关联, 可以直接根据几何模型由 CAD/CAM 系统创建工程图, 还可以建立标准模具结构的图形库, 提高模具结构和模具零件设计效率。

(5) 模具的成型模拟: 模具 CAD/CAM 技术利用计算机有限元分析和优化设计等数值计算来完成冲压成型分析、回弹分析、注射模具的充型模拟、流动模拟、冷却模拟等工作。

(6) 模具成型零件的 NC 加工和数控仿真。

1.4 模具 CAD/CAM 技术与趋势

1.4.1 模具 CAD/CAM 的发展概况

模具 CAD/CAM 技术是 CAD/CAM 技术在模具行业的具体应用, 因此其发展应用与 CAD/CAM 技术的发展是一致的。CAD 技术从出现至今经历了以下阶段:

(1) 孕育形成阶段 (20 世纪 50 年代): CAD 技术处于被动式的图形处理阶段, 飞机和汽车制造业开始研究飞机机身和汽车车身设计中遇到空间曲线和自由曲面问题。

(2) 快速发展阶段 (20 世纪 60 年代): 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技术, 从而为 CAD 技术的发展和應用打下了理论基础, 其中美国麻省理工学院的研究项目“SKETCHPAD”被认为是 CAD 技术发展的里程碑。

国外一些汽车制造公司开始了模具 CAD 的研究。这一研究始于汽车车身的设计, 在此基础上复杂曲面的设计方法得到了发展, 各大汽车公司都先后建立了自己的 CAD/CAM 系统, 并将其应用于模具设计与制造。在几何造型方面, 基于线框模型的 CAD 系统率先由飞机和汽车制造商开发并应用(如美国 Lockheed 飞机公司等)均推动了模具 CAD 技术的发展。

(3) 成熟推广阶段 (20 世纪 70 年代): 曲面造型与实体造型技术发展迅速, 新一代的 CAD 软件均是实体造型与曲面造型兼备的系统, 能适用于复杂模具的设计和制造, 在模具界得到了广泛的应用。例如美国 Ford 汽车公司的 CAD/CAM 系统中所包括的模具 CAD/CAM 部分, 取代了人工设计与制造, 设计方面采用人机交互进行三维图形处理、工艺分析与设计计算等工作, 完成二维绘图, 生成生产零件图、材料表以及工序、定额、成本等文件。系统还包括一些专业软件, 如工艺补充面的设计、弹塑性变形的分析、回弹控制与曲面零件外形的展开等, 部分已用于生产, 部分还在研究、完善之中。

(4) 广泛应用阶段 (20 世纪 80 年代以后): 由于计算机硬件性能的提高和软件的成熟应用, 使得 CAD 和 CAM 技术广泛应用于模具的设计, 成型分析与数控加工的各个环节, 并在我国得到广泛应用, 使得模具 CAD/CAM 技术成为模具工业中的基本技术。在塑料模具领域, 20 世纪 80 年代开始对三维流动与冷却分析进行研究。进入 20 世纪 90 年代, 对流动、保压、冷却、应力分析等注射成型全过程进行集成化研究, 这些研究为开发实用的注射模

CAE 软件奠定了坚实的基础。

CAM 的发展稍早于 CAD，其发展一直受到 NC 机床的影响。真正意义的 NC 机床早在 1952 年即在美国麻省理工学院研制成功，其编程手段也经历了手工 NC 代码编程、自动编程语言 APT 使用和基于 CAD 的 CAM 自动编程，尤其是建立在 CAD 实体模型基础上的 CAM，使得自动编程对象可以适应各种复杂实体模型，得到了极为广泛的应用，几乎是现在型腔模具零件加工最基本的手段。

1.4.2 模具 CAD/CAM 技术发展趋势

21 世纪的模具设计制造行业的基本特征是高度集成化、并行化、智能化、柔性化、虚拟化和网络化，追求的目标是提高产品质量及生产效率，缩短设计制造周期，降低生产成本，最大限度地提高模具制造业的应变能力，满足用户需求。目前模具 CAD/CAM 系统的发展趋势主要体现在以下几个方面：

1. 模具 PLM 模具 CAD/CAM 系统应用面向产品的整个生命周期 (PLM)。当前模具 CAD/CAM 主要优势在于模具的几何模型和建立其基础上的数控加工，如何进一步将模具 CAD/CAM 与 CAPP/PDM 技术进一步高度集成，使其面向产品的整个生命周期，形成适合模具工业需要的 PLM，从而实现包括订单管理、模具开发设计、工艺设计、模具生产及管理为主要业务信息集中在一起，实现信息共享，使设计和工艺有机结合，使产品整个生命周期的数据具备可追溯性，保证了信息的一致性，有效地提高了生产管理的效能，对模具 CAD/CAM 的发展具有重要意义。

2. 网络化 随着计算机支持协同工作 CSCW (Computer Supported Cooperative Work) 的出现和快速发展，出现了计算机支持的协同设计 CSCD (Computer Supported Cooperative Design) 新思路，不再仅是一个设计计算、图形处理和智能推理工具，而且也是一个支持群体间通信和协作的“人人交互”工具，从而跨越了 CAD 技术的鼻祖 I. E. Sutherland 博士，在其具有里程碑意义的 Sketchpad 系统中，所提出的“人机图形通信的 CAD”基本框架。

3. 并行工程 模具制造中的并行工程是设计工程师在进行产品三维零件设计时就考虑模具的成型工艺、影响模具寿命的因素，并进行校对、检查，预先发现设计过程的错误。在初步确立产品的三维模型后，设计、制造及辅助分析部门的多位工程师同时进行模具结构设计、工程详图设计、模具性能辅助分析及数控机床加工指令的编程，而且每一个工程师对产品所作的修改可自动反映到其他工程师那里，大大缩短设计、数控编程的时间。要实施并行工程关键要实现零件三维图形数据共享，使每个工程师使用的图形数据是绝对相同，并使每个工程师所作的修改自动反映到其他有关的工程师那里，保证数据的唯一性和可靠性。

4. 数字化分析技术 材料加工制造过程的模拟和仿真，已经成为新兴的交叉学科，它是除试验方法和理论方法以外的第三个解决材料成形加工的重要研究方法。其主要采用 CAE 技术，虽然在当前得到前所未有的重视，但是仍无法像 CAD/CAM 的几何建模和自动编程一样，在模具的设计与制造中占有重要位置。由于其巨大的前景，其应用必将随着计算机技术的发展得到越来越广泛的应用。例如美国 Moldflow 公司的产品 MPI 和 MPA 在注射模具设计中具有重要的影响。

近十年来，国内外逐渐完善的冲压过程仿真理论与技术，为冲压工艺与模具设计提供了现代化手段。通过将 CAE 系统与成熟的模具 CAD/CAM 系统集成形成的 CAD/CAE/CAM 一体化技术以及基于 CAE 的冲压成型新工艺，可大大提高冲压工艺和模具的设计水平以及模

具的制造质量, 缩短设计制造周期, 提高冲压件质量。与此相关的软件如 Dynafor、Fastform 在该领域中具有重要影响。

5. 智能化 在智能软件的支持下, 模具 CAD 不再是对传统设计与计算方法的模仿, 而是在先进设计理论的指导下, 应用人工智能与知识工程技术把本领域专家的丰富知识和成功经验融合到产品生命周期 (包括产品设计、制造、使用) 的各个环节, 实现生产过程 (包括组织、管理、计划、调库、控制等) 各个环节的智能化, 也要实现人与系统的融合及人在其中智能的充分发挥。

1.5 CAD/CAM 基础

1.5.1 CAD 基础

CAD 是计算机图形学在工程领域中的具体应用, 其理论基础是现代计算机图形学, 而 CAD 中的图形建模就是以计算机能够理解的方式, 对要描述的形体进行确切的定义, 赋予一定的数学描述, 再以一定的数据结构形式对所定义的几何形体加以描述, 从而在计算机内部构造一个形体的几何模型。模型一般由数据、数据结构、算法三部分组成。

在 CAD/CAM 中, 产品或零部件的设计思想和工程信息是以具有一定结构的数字化模型方式存储在计算机内部的, 并经过适当转换提供给生产过程各个环节, 从而构成统一的产品数据模型。例如, 工程设计人员在设计一套注射模具时, 必须用图形表示模架以及相应零件, 还要用一定的装配约束表示零件之间相互位置关系, 这些都是设计中的图形信息。另一方面, 它还需要确定设计零件的属性, 如线型、色彩以及材料参数等。

在 CAD 系统中, 将产品的设计信息分为三类: 几何信息、拓扑信息和非几何信息。其中几何信息是实体在空间的形状、尺寸和位置的描述; 拓扑信息描述三维形体点、线、面的组成方式; 非几何信息包括形体的精度信息、材料信息等。根据对这三类信息的处理方式, 现在的 CAD 系统中主要建模方法如图 1-4 所示。

几何建模技术推动了 CAD/CAM 技术的发展, 随着信息技术的发展及计算机应用领域的不断扩充, 对 CAD/CAM 系统提出越来越高的要求, 几何模型只是物体几何信息及拓扑关系的描述, 无明显的功能、结构和工程含义, 因而促进了特征建模技术的发展。在建模技术中, 特征的概念源于对零件几何要素的归纳, 以零部件的设计自动化为目的, 将产品的零部件设计中常用几何体的几何定义为特征; 进一步的发展使得特征技术着眼于从制造领域着手, 将特征与工艺过程设计、数控加工自动编程相结合, 从而提出了面向制造的设计 (DFM) 概念。随着特征的概念引伸至产品设计所需要的知识、零件设计所应具有的功能、加工过程中的工艺过程等, 并且在商品化的 CAD/CAM 软件中几乎都提供了由产品开发者定义特征的模块, 并试图以积累设计经验、自动定义零件的受力分析、物理性能验算、几何造型、工艺可行性评价、装配性分析等知识为基础的综合特征用于产品或零部件的设计。

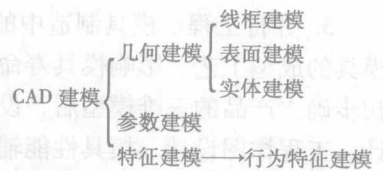


图 1-4 CAD 系统建模方法分类

1. 线框建模 线框建模是利用基本线素 (点、线) 来定义、描述实体上的点、轮廓、交线以及棱线部分而形成的立体框架图。用这种方法生成的几何模型仅描述产品的轮廓外形, 在计算机内部生成的三维信息仅是包含了点的坐标值和线与点的拓扑关系。线框建模的数据结构是表结构, 在计算机内部存储的是物体的顶点和棱线信息。

2. 表面建模 表面建模是在线框建模的基础上, 将边线包围的部分定义为面而形成的模型。常用的基本表面描述方法有: 平面、直纹面、回转面、柱状面等。

3. 实体建模 实体建模是在曲面建模的基础上, 加入了曲面的那一侧存在实体信息, 较为完整地表达了实体的信息。由于实体建模能够定义三维物体的内部结构形状, 因此能完整地描述物体的所有几何信息和拓扑信息, 包括物体的体、面、边和顶点的信息。

4. 参数建模 参数建模是对设计者提供的信息进行提取、理解和结构化, 形成条件约束来设计与修改产品的建模方法。例如, 画一条线和另一条线成 35° 角, 交点通过一个参数点, 则系统会记住所使用的功能: 角度和参数点。这样只需要修改功能参数, 即可获得所需的直线。

5. 特征建模 特征是一种综合概念, 它作为“产品开发过程中各种信息的载体”, 除了包含零件的几何拓扑信息外, 还包含了设计制造等过程所需要的一些非几何信息。

特征建模是一种建立在实体建模的基础上, 利用特征的概念面向整个产品设计和生产制造过程进行设计的建模方法, 是 CAD 建模方法的一个里程碑。特征建模通常由特征模型、精度特征模型、材料特征模型组成, 而形状特征模型是特征建模的核心和基础。

特征建模的特点:

1) 特征建模技术使产品的设计工作不停留在底层的几何信息基础上, 而是依据产品的功能要素, 使产品设计工作在更高的层次上展开, 特征的引用直接体现设计意图。

2) 特征建模技术可以建立在二维或三维平台上, 同时针对某些专业应用领域的需要, 建立特征库就可实现特征建模技术, 快速生成需要的形体。

3) 特征建模技术有利于推动行业内的产品设计和工艺方法的标准化、系列化、规范化, 使得产品在设计时就考虑加工、制造要求, 有利于降低产品的成本。

4) 特征建模技术提供了基于产品、制造环境、开发者意志等诸方面的综合信息, 使产品的设计、分析、工艺准备、加工、检验各部门之间具有了共同语言, 可更好地将产品的设计意图贯彻到各后续环节, 促进智能 CAD 系统和智能制造系统的开发。特征建模技术也是基于统一产品信息模型的 CAD/CAM/CAPP 集成系统的基础条件。

5) 特征建模技术着眼于更好、更完整地表达产品全生命周期的技术和生产组织、计划管理等多阶段的信息, 着眼于建立 CAD 系统与 CAE 系统、MRP 系统与 ERP 系统的集成化产品信息平台。

6. 行为特征建模 行为特征建模将 CAE 技术与 CAD 建模融于一体, 理性地确定产品形状、结构、材料等各种细节。产品设计过程就是寻求如何从行为特征到几何特征、材料特征和工艺特征的映射。它采用工程分析评价方法将参数化技术和特征技术相关联, 从而驱动设计。

1.5.2 CAM 基础

1. 基本概念 数控加工工作过程如图 1-5 所示, 在数控机床上加工零件时, 要预先根据零件加工图样的要求确定零件加工的工艺过程、工艺参数和进给运动数据, 然后编制加工程序, 传输给数控系统, 在事先存入数控装置内部的控制软件的支持下, 经处理与计算, 发出相应的进给运动指令信号, 通过伺服系统使机床按预定的轨迹运动, 进行零件的加工。

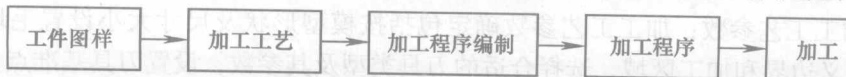


图 1-5 数控加工工作过程

因此,在数控机床上加工零件时,首先要编写零件加工程序清单,称为数控加工程序。该程序用数字代码来描述被加工零件的工艺过程、零件尺寸和工艺参数(如主轴转速、进给速度等),将该程序输入数控机床的 NC 系统,控制机床的运动与辅助动作,完成零件的加工。

2. 数控编程方式 计算机辅助数控程序编制技术是 CAM 的核心内容。从 1954 年世界上第一台数控铣床诞生以来,数控编程技术经历手工编程和自动编程两个阶段。手工编程对完成复杂零件的程序编制比较困难。20 世纪 70 年代末,APT 语言开始应用于自动编程。20 世纪 80 年代初,随着 CAD/CAM 技术的发展,计算机辅助编程方法日益成熟。目前数控编程方法正向着自动化与智能化的方向发展。

(1) 手工编程:手工编程是指编制零件数控加工程序的各个步骤,包括从零件图样分析、工艺决策、确定加工路线和工艺参数、计算刀位轨迹坐标数据、编写零件的数控加工程序单直至程序的检验,均由人工来完成。

对于点位加工或几何形状不太复杂的轮廓加工,几何计算较简单,程序段不多,手工编程即可实现。对于轮廓形状不是由简单的直线、圆弧组成的复杂零件,特别是空间复杂曲面零件,数值计算则相当繁琐,工作量大,容易出错,且很难校对,采用手工编程是难以完成的。

(2) 自动编程:自动编程是采用计算机辅助数控编程技术实现的,需要一套专门的数控编程软件。现代数控编程软件主要分为以批处理命令方式为主的各种类型的语言编程系统和交互式 CAD/CAM 集成化编程系统。其中交互式 CAD/CAM 集成化编程系统得到了广泛的应用。

交互式 CAD/CAM 集成系统自动编程是编程人员首先利用计算机辅助设计(CAD)或自动编程软件本身的零件造型功能,构建出零件几何形状,然后对零件图样进行工艺分析,确定加工方案,利用软件的计算机辅助制造(CAM)功能,完成切削用量的选择、刀具及其参数的设定,自动计算并生成刀位轨迹文件,利用后置处理功能生成指定数控系统用的加工程序。因此,我们把这种自动编程方式称为图形交互式自动编程。这种自动编程系统是一种 CAD 与 CAM 高度结合的自动编程系统。

集成化数控编程的主要特点:零件的几何形状可在零件设计阶段采用 CAD/CAM 集成系统的几何设计模块,在图形交互方式进行定义、显示和修改,最终得到零件的几何模型。编程操作都是在屏幕菜单及命令驱动等图形交互方式下完成的,具有形象、直观和高效等优点。

3. CAD/CAM 集成系统自动编程步骤 CAD/CAM 集成系统自动编程的步骤主要包括以下五步:

(1) 几何造型:几何造型就是利用三维造型 CAD 软件或 CAM 软件的三维造型功能,把要加工工件的三维几何模型构造出来。这些三维几何模型数据是下一步刀具轨迹计算的依据。自动编程过程中,交互式图形编程软件将根据加工要求提取这些数据,进行分析判断和必要的数学处理,形成加工的刀具位置数据。

(2) 加工工艺参数:加工工艺参数确定包括按模型形状及尺寸大小设置毛坯的尺寸形状,然后定义边界和加工区域,选择合适的刀具类型及其参数,设置刀具基准点,并将这些参数输入到 CAM 系统。CAM 系统中有不同的切削加工方式供编程时选择,可为粗加工、半