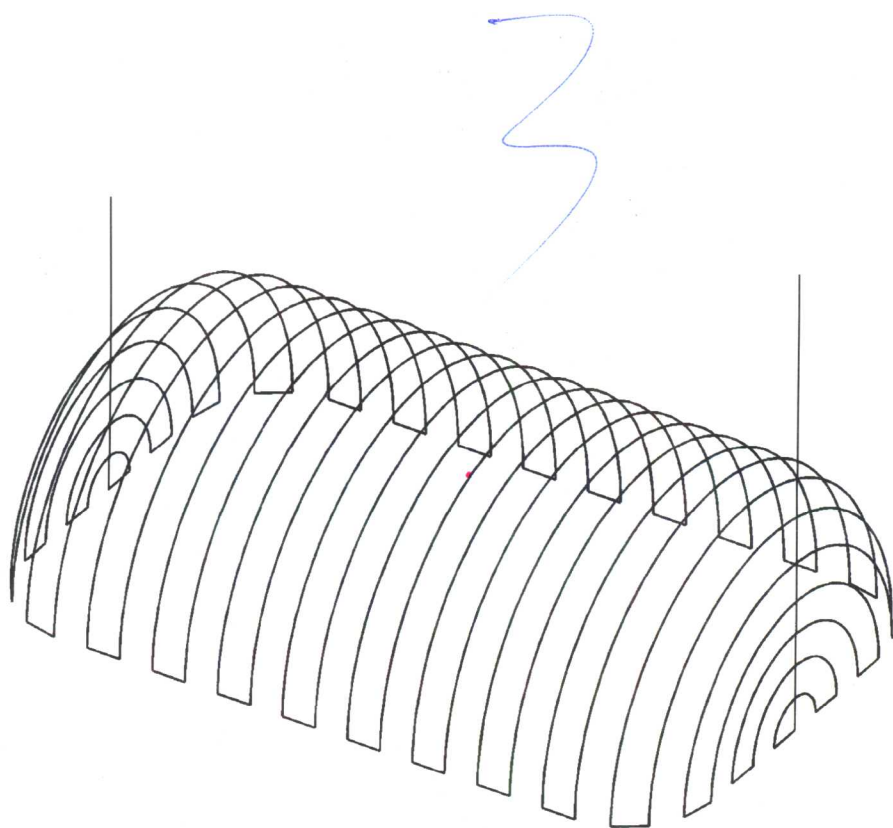


///

# CAD/CAM/CAE

## 在塑料模具设计 和制造中的应用



陈泽人 主编

中国标准出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

CAD/CAM/CAE 在塑料模具设计和制造中的应用/陈  
泽人主编. -北京: 中国标准出版社, 1998. 2

ISBN 7-5066-1551-7

I. C… II. 陈… III. ①计算机辅助设计-应用-塑料模  
具②计算机辅助制造-应用-塑料模具③计算机辅助分析-  
应用-塑料模具 IV. TQ320.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (97) 第 26950 号

中国标准出版社出版

北京复兴门外三里河北街 16 号

邮政编码: 100045

电 话: 68522112

中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

版权专有 不得翻印

\*

开本 787×1092 1/16 印张 10<sup>3</sup>/<sub>4</sub> 字数 247 千字

1998 年 3 月第一版 1998 年 3 月第一次印刷

\*

印数 1—2 000 定价 35.00 元

## 序

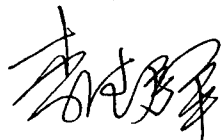
模具 CAD/CAM/CAE 技术是用科学、合理的方法,以计算机软件的形式,为模具工作者提供一种行之有效的辅助工具,使他们能借助于计算机对制品、模具成型工艺、模具结构、加工、成本等进行反复的修改和优化,直至获得最佳结果。实践证明,模具 CAD/CAM/CAE 技术能显著地缩短模具设计与制造时间、降低模具成本并提高制品的质量。

由于塑料工业的迅猛发展和塑料注射模具自身的特点,塑料注射模具 CAD/CAM/CAE 技术在模具界的应用最为广泛,被公认为 CAD 技术在机械工业中应用的典范。

本书作者陈泽人和他的同事在塑料注射模 CAD/CAM/CAE 的实践中积累了丰富的经验。他们从 1989 年以来,一直从事塑料注射模 CAD/CAM/CAE 的科研和应用,取得了许多可喜的成果。在此基础上,他们能够自觉地将感性的认识和体会上升为理性的知识,这是十分难能可贵的。

尽管模具 CAD/CAM/CAE 技术目前在我国模具行业开始普及,但是广大的塑料模具工作者对如何应用 CAD/CAM/CAE 来解决本单位的难题还十分陌生,缺乏必要的技术资料 and 系统的指导。本书的出版正好弥补了这一缺陷。可以预料,本书能够有力地促进塑料注射模 CAD/CAM/CAE 技术在我国模具行业的推广和普及。

来自于生产第一线,系统地论述塑料注射模 CAD/CAM/CAE 技术并具有广泛的实用价值的专著,在已出版的中文书籍中尚不多见。我非常高兴地将本书推荐给从事塑料注射模制造、CAD 应用与开发的工程技术人员和管理人员以及大中专院校的师生们。



1997 年 9 月

# 前 言

随着人们对塑料制品的品种和产量需求的增大,以及对其质量、外观、精度、使用寿命等方面要求的不断提高,促使塑料模具的制造技术在最近十几年取得了重大的进展。采用先进的 CAD/CAM/CAE 技术,使模具设计电脑化、机械加工数控化,则是模具制造技术发展的一个重要标志。

在塑料模具设计、制造中采用 CAD/CAM/CAE 技术的优越性主要体现在:

(1)实现手工无法做到的具有复杂曲面的精密塑料模具的设计与制造;

(2)使模具设计标准化、合理化,并使加工精度大大提高,从而提高模具和塑件的质量,并节省模具和塑件的原材料;

(3)在计算机上模拟塑料流动和冷却,相当于模拟试模和改模,从而既改善注塑成型工艺性又减少实际试模次数和装、修模时间;

(4)使设计、数控编程自动化,从而大大提高工作效率,缩短模具制造周期,满足塑料制品快速更新换代的要求,并将设计者从繁冗的计算和绘图工作中解放出来,使其可以从事更多创造性的劳动。

本书作者长期在国内规模最大的模具企业之一从事 CAD/CAM/CAE 的应用和开发工作。该企业从 1989 年开始对模具 CAD/CAM/CAE 进行了深入的考察和实际的应用与开发。在实地考察西欧、日本等先进国家的应用经验以及国内应用现状的基础上,在我国模具行业较早引进了国外先进的 CAD/CAM/CAE 系统,并取得了一定的应用成果。近年来,国内越来越多的模具同行也走上了相同的道路。为了与同行交流经验,促使这一新技术在国内模具行业推广应用,作者编写了此书。刘继军同志编写第四章中 § 4.5 节的全部内容以及 § 4.4.2 的部分内容,其它章节由陈泽人同志编写。陈艳同志为本书模具设计部分的指导者,并审核、修改了塑件图及模具图。

编写力求突出“实用”二字,系统地阐明了 CAD/CAM/CAE 的基本概念和使用方法,通过应用实例说明了 CAD/CAM/CAE 软件在模具设计、加工中的应用及二次开发。考

考虑到国内模具行业的现有条件以及将来的发展趋势,书中所举软件实例既以工程工作站平台为背景,又以微机平台为背景,适用于不同层次的模具设计与制造的应用场合。

本书可供从事塑料模具制造及 CAD 应用与开发的工程技术人员和管理人员参考,也可作为大中专院校工模具专业或相关专业 CAD 课程的教材。

在本书编写过程中,得到了美国 EDS 公司中国部、澳大利亚 MOLDFLOW 公司北京代表处、欣盟电脑科技有限公司的大力支持与帮助。另外,程文兴同志帮助修改了本书的写作计划及目录。王跃其同志对本书的前言提出了修改意见。在此,对以上公司和个人表示衷心谢意。

限于作者水平,不足和错误之处难免存在,恳请读者批评指正。

编 者

1997 年 6 月

# 目 次

|                                  |    |
|----------------------------------|----|
| <b>第一章 绪论</b>                    | 1  |
| § 1.1 CAD/CAM/CAE 的基本概念          | 1  |
| § 1.2 塑料成型及模具设计、加工的特点            | 2  |
| § 1.2.1 塑料制品成型                   | 2  |
| § 1.2.2 塑料模具的设计与加工               | 3  |
| § 1.3 采用 CAD/CAM/CAE 技术的必要性      | 4  |
| § 1.3.1 传统方法的局限性及存在问题            | 4  |
| § 1.3.2 解决问题的最佳方案——CAD/CAM/CAE   | 4  |
| § 1.4 塑料模具 CAD/CAM/CAE 技术及发展概况   | 5  |
| § 1.4.1 作用和工作内容                  | 5  |
| § 1.4.2 发展概况及方向                  | 8  |
| <b>第二章 塑料模具 CAD/CAM/CAE 系统组成</b> | 11 |
| § 2.1 引言                         | 11 |
| § 2.2 系统的结构和类型                   | 11 |
| § 2.3 软件配置及选型原则                  | 16 |
| § 2.4 硬件配置及选择原则                  | 19 |
| <b>第三章 塑料模具 CAD——型腔型芯的几何造型</b>   | 22 |
| § 3.1 引言                         | 22 |
| § 3.2 几何模型的作用和分类                 | 22 |
| § 3.2.1 几何模型的作用                  | 22 |
| § 3.2.2 几何模型的分类                  | 22 |
| § 3.3 塑料制品及其模具的几何造型              | 25 |
| § 3.3.1 塑料制品的几何特性                | 25 |
| § 3.3.2 塑料模具型腔型芯及电极的几何造型         | 27 |
| § 3.3.3 不同类型几何模型造型分析             | 28 |
| § 3.4 三维几何造型                     | 29 |
| § 3.4.1 三维几何造型在塑料模具设计中的重要作用      | 29 |
| § 3.4.2 利用 UG II 作三维实体造型实例       | 30 |
| § 3.5 微机软件 MasterCAM 的三维几何造型功能   | 32 |

|                                 |           |
|---------------------------------|-----------|
| <b>第四章 塑料模具 CAM——型腔型芯的数控加工</b>  | <b>34</b> |
| § 4.1 引言                        | 34        |
| § 4.2 塑料模具零件的加工特点               | 35        |
| § 4.2.1 工艺特点                    | 35        |
| § 4.2.2 几何模型与零件加工的关系            | 36        |
| § 4.3 NC 机床                     | 37        |
| § 4.3.1 NC 机床的类型和功能             | 38        |
| § 4.3.2 NC 系统指令格式               | 40        |
| § 4.4 用 CAM 实现塑料模具零件 NC 自动编程    | 42        |
| § 4.4.1 手工编程和 NC 语言编程           | 43        |
| § 4.4.2 CAM 自动编程                | 47        |
| § 4.4.3 NC 后置处理                 | 57        |
| § 4.5 UG II 软件的 CAM 模块          | 59        |
| § 4.5.1 UG II 的 CAM 加工模块介绍      | 60        |
| § 4.5.2 UG II 加工模块(CAM)应用实例     | 64        |
| § 4.6 MasterCAM 的 NC 功能         | 69        |
| § 4.6.1 概述                      | 69        |
| § 4.6.2 几种常用的加工方式               | 71        |
| § 4.7 DNC 是实现 CAM 的关键           | 79        |
| § 4.7.1 NC 程序传输方式               | 79        |
| § 4.7.2 异步串行通信                  | 80        |
| § 4.7.3 直接数控                    | 83        |
| § 4.8 NC 测量                     | 86        |
| § 4.8.1 CMM 的用途和常用测量方法          | 86        |
| § 4.8.2 利用测量数据作三维 CAD 建模的实现     | 88        |
| <b>第五章 塑料注射模 CAE——流动分析和冷却分析</b> | <b>90</b> |
| § 5.1 引言                        | 90        |
| § 5.2 塑料注射过程的流动和流变特性            | 90        |
| § 5.3 注射模型腔内塑料流动模拟              | 92        |
| § 5.3.1 一维流动分析                  | 92        |
| § 5.3.2 二维流动分析                  | 95        |
| § 5.3.3 三维流动分析                  | 97        |
| § 5.4 注射模冷却系统模拟                 | 97        |
| § 5.4.1 注射模冷却的基本概念              | 100       |
| § 5.4.2 三维冷却分析                  | 106       |
| § 5.4.3 二维冷却分析                  | 108       |
| § 5.5 商品化 CAE 软件                | 109       |

|                                                |            |
|------------------------------------------------|------------|
| § 5.5.1 MOLDFLOW 原理 .....                      | 109        |
| § 5.5.2 MOLDFLOW 软件产品模块组成 .....                | 118        |
| § 5.5.3 MF/FLOW 应用实例 .....                     | 124        |
| § 5.5.4 MF/COOL 应用实例 .....                     | 133        |
| <b>第六章 CAD/CAM/CAE 在塑料模具设计与制造全过程中的应用 .....</b> | <b>139</b> |
| § 6.1 引言 .....                                 | 139        |
| § 6.2 基于三维几何模型的模具设计与制造 .....                   | 139        |
| § 6.3 MOLDFLOW 的应用 .....                       | 144        |
| § 6.4 图形标准与工程制图 .....                          | 147        |
| § 6.4.1 图形数据交换接口及其标准 .....                     | 147        |
| § 6.4.2 计算机工程制图 .....                          | 149        |
| § 6.5 模具设计标准化与自动化 .....                        | 151        |
| § 6.5.1 装配图与标准零件图形自动生成软件 .....                 | 151        |
| § 6.5.2 标准图形图库的建立 .....                        | 156        |
| § 6.6 CAD/CAM/CAE 应用流程 .....                   | 156        |
| <b>参考文献 .....</b>                              | <b>158</b> |

# 第一章 绪 论

塑料模具是许多工业部门生产的基础工艺设备,在国民经济发展中占有重要的地位。塑料模具生产的特点是品种极多,批量极小,换代极快。塑料模具的设计、制造水平与塑料制品的质量、成本及生产周期息息相关。随着产品尤其电子产品制造业的飞速发展,人们对塑料模具的要求越来越高。传统的人工设计、手工作坊方式制造的生产方式已无法适应工业发展的需要。计算机辅助设计/辅助制造/辅助工程(即:CAD/CAM/CAE)技术就是解决模具设计与制造薄弱环节的有效途径。

## § 1.1 CAD/CAM/CAE 的基本概念

CAD/CAM/CAE 是一门崭新的学科,它是介于计算机与工程制造这两类专业之间的一门边缘科学技术。它以计算机技术为基础,以工程制造为目的。随着计算机硬、软件技术和数控(即:NC)加工技术的迅猛发展,CAD/CAM/CAE 技术日趋完善,已在电子、航空、机械制造和模具制造等部门得到了广泛应用。

计算机辅助设计(CAD)是人和计算机相结合、各尽所长的新型设计方法。从思维的角度看,设计过程包含分析和综合两个方面的内容。人可以进行创造性的思维活动,将设计方法经过综合、分析,转换成计算机可以处理的数学模型,然后在再由解析这些模型的程序(即 CAD 软件)完成信息管理、绘图、模拟、优化和其它数值分析任务。在这过程中,人充分发挥创造性的思维能力,评价设计结果,控制设计过程,而计算机则发挥其分析计算和存储信息的能力,两者相结合,发挥各自的优势,有利于获得最优设计结果,缩短设计周期。

计算机辅助制造(CAM)是利用 CAD 产生的几何模型,自动形成 NC 加工机床所需的信息,即 NC 加工程序。换句话说,CAM 是依赖于 CAD 的 NC 加工自动编程系统。计算机辅助几何设计和 NC 加工自动编程是两个独立发展的分支。但是,随着它们的推广应用,二者之间的相互依存关系变得越来越明显了。设计系统只有配合 NC 加工,才能充分显示其巨大的优越性;而 NC 技术只有依靠设计系统产生的模型,才能发挥其效率。因此,在实际应用中二者很自然地紧密结合起来,形成计算机辅助设计与制造系统,即 CAD/CAM 系统。在这种系统中,设计和制造的各个阶段可利用公共数据库中的数据,数据的共享既提高了工作效率又减少了出错的机会。CAD/CAM 大大缩短了产品的制造周期,显著提高了产品质量,产生了巨大的经济效益。

计算机辅助工程(CAE)是产品设计人员进行创造性思维活动的有力工具,它在设计过程中主要起模拟分析作用,如:塑料注射模在注射过程中模腔内塑料熔体流动的模拟分析。CAE 也可以利用 CAD 产生的几何模型,自动产生有限元网格模型来进行工程分析。CAE 系统不但有深刻的数学、力学、热学等多学科的综合分析,而且凝聚了专家们的丰富经验和知识,是专业性、技术性很强的系统。CAE 系统对工程中的力学、热学等现象具有模拟和预测作用,可以自动给出最优的设计方案,用计算机模拟试验代替实际试验,节省了人力、物

力,缩短了产品制造周期,提高了产品质量。

CAD/CAM/CAE 的紧密结合,成为一体化的 CAD/CAM/CAE 系统。它特别适合作为塑料模具产品设计、制造有力的辅助工具,因为塑料模具一般是单件生产,一副模具就是一个新产品,塑料制品不断的更新换代使模具新产品层出不穷,而且许多塑料制品外形复杂、精度要求高,难于用手工制造出来。

CAD/CAM/CAE 系统按运行方式可分为交互系统和自动系统。虽然人们正在研究各种全自动的 CAD/CAM/CAE 系统,但在目前的技术发展水平上计算机难以自动完成全部设计工作。因此,绝大多数 CAD/CAM/CAE 系统都属于交互式的系统。交互系统亦称为会话型系统,以交互方式运行。在这种方式下,计算机用图形或数据的形式显示数据,用文本、菜单或图标的形式提示操作者输入数据,操作者用键盘和鼠标等设备输入参数,选择方案,修改设计等。

CAD/CAM/CAE 系统为产品设计、制造全过程提供了一种崭新的功能强大的工具。有了它,就可以将整个生产过程的技术管理方式变为在图形工作站上交互设计、用数据文件发送产品定义、在统一的数字化产品模型下进行产品的设计打样、分析计算、工艺计划、NC 加工、质量控制、组织备件订货供应等等。因此,CAD/CAM/CAE 系统可以理解作为一种崭新的产品设计和生产技术管理体制。

## § 1.2 塑料成型及模具设计、加工的特点

### § 1.2.1 塑料制品成型

塑料制品成型方法主要有:注射成型、压制成型、挤出成型、吹塑中空成型、泡沫塑料成型等。

#### 1. 注射成型

注射成型是将粒状或粉状塑料经注射成型机的料斗加到加热的料筒内,塑料受热熔融,在注射机的螺杆或活塞的压力推动下,经喷嘴进入模具型腔,塑料充满型腔,在模具内硬化定型,脱模后得到具有一定形状的塑件。

注射成型主要用于热塑性塑料的成型,但也有用于热固性塑料的成型。

#### 2. 压制成型(又名压塑成型)

压制成型是各种塑料成型方法中最早被采用的加工方法。压塑时,将经过计量的塑料,加在模具型腔中,然后闭合模具,把模具放在加热板之间加热加压,使材料发生软化并呈流动状态,直至充满到模具型腔的微细部位为止,待到塑料完全硬化定型,经脱模得到塑件。

压制成型主要用于热固性塑料的成型。

#### 3. 挤出成型

挤出成型是将塑料放在加热筒中加热、混炼,使其塑化,再通过螺杆使材料通过具有特定断面形状的口模挤出,然后在较低温度下定型,以得到所需断面形状连续型材。

挤出成型能加工几乎所有的热塑性塑料和部分热固性塑料。

#### 4. 吹塑中空成型

将挤出或注射出来的尚未塑化的管状坯料趁热放到模具或成型腔内,立即在管状坯料的中心通以压缩空气,使管坯膨胀而紧贴于模具型腔壁上,冷却硬化后得到中空制品。

此法主要用于聚乙烯、聚丙烯等材料制作瓶子容器之类的塑料制品。

#### 5. 泡沫塑料成型

发泡成型是把可发性树脂颗粒直接充填入模具,经过蒸汽加热膨胀,使颗粒自身彼此互相熔合而成为一个泡沫状的整体,随后停止供汽,通以冷水,模具均匀地冷却,塑料定型硬化后开模取出。

以上各种成型方法中,注射成型占有很大比重,它对形状复杂、尺寸准确的塑料制品能一次成型,适合于高效率、大批量的生产方式。随着塑料制品需求量的日益增加,塑料注射成型工艺在我国已普遍推广。本书重点介绍塑料注射模具的 CAD/CAM/CAE 的应用。

### § 1.2.2 塑料模具的设计与加工

塑料模具是利用其特定形状去成型具有一定形状和尺寸的塑料制品的工具,它对塑料零件的制造质量和成本起着决定性的作用。它首先要满足塑料制品的工艺性要求,即能生产出在尺寸精度、外观、物理性能等各方面均能满足使用要求的优质制品;另外,从模具使用的角度要求高效率、自动化、操作简单、使用寿命长,而从模具制造角度要求模具结构合理、制造容易、成本低廉。

塑料模具设计主要包括以下几个方面:

1. 确定模具类型,是压制模还是注射模,目前大多采用注射模。
2. 选择成型设备,如对注射模来说,应选择注塑机的注射容量、锁模力、注射力、模具安装尺寸、顶出装置及尺寸、喷嘴直径和喷嘴面半径、主流道衬口套定位圈尺寸、模具最大厚度和最小厚度、模板行程等。
3. 布置型腔、选择分型面、设计浇注系统(主流道、分流道和内浇口的形式、位置、大小)和排气系统。
4. 设计成型零件(确定型腔/型芯的结构形式、计算型腔/型芯的尺寸、计算型腔壁厚的刚度和强度等)和结构零件(导向零件、支承板、拉料杆、固定板等),选择模具材料。
5. 设计模具冷却系统,确定冷却水孔的位置和尺寸。
6. 设计顶出机构和抽芯机构。

模具设计过程中尽量采用标准零件,以缩短模具制造周期、便于将来维修更换零件。

塑料模具加工是根据设计提供的各种技术文件(包括图纸、加工工艺等)加工制造各零件,并装配成模具,主要包括以下几个方面:

1. 模架/毛坯制备  
包括下料、粗铣、热处理等。
2. 机加工各零件  
包括:镗孔、钻孔、铣削、磨削、电火花、线切割等。其中 NC 加工主要是铣削和线切割。
3. 研磨抛光  
机械抛光或手工抛光,需要时还要做照相腐蚀。
4. 模具装配

包括修磨、配制、调整等。

## § 1.3 采用 CAD/CAM/CAE 技术的必要性

### § 1.3.1 传统方法的局限性及存在问题

塑料模具设计、加工的传统方法是一切以手工为主:从确定成型设备的技术规格、确定型腔布置、设计浇注系统/成型零件/冷却系统、计算型腔及结构零件的刚度和强度、选择模具材料等直至模具制造中机加工之外的大部分工序,都是手工操作,包括手工设计、绘图,加工以钳工为主,机加工也未采用 NC 机床。目前我国 90%左右的模具厂仍然采用传统方法制造塑料模具。有不少小厂仍采用纯粹的手工作坊方式,即一副模具由一两人从头干到尾,既无图纸又无工艺,不用设计,更不用计算机编程和 NC 加工,完全凭着经验和手工技能,硬“修”出个模具来。采用传统方法制造塑料模具存在着不少缺陷:

1. 由于全凭经验操作,缺乏科学的理论作指导,因此,制作过程中存在着很大程度的盲目性,往往造成大量返工或整副模具的报废。根本谈不上有所创新和进步。

2. 无几何模型就没有数据可依,无法正确地指导生产,也无法检验模具产品(特别是关键零件尺寸)正确与否、合格与否。更无法造出高精密度的模具。

3. 传统方法无法使尺寸一次到位,必然要增加试模次数,既浪费人力、物力,又延长了模具的交货期。模具制造周期的延长,导致塑料制品及所配套的产品的市场占有率的失去或部分失去。

4. 采用传统方法制模,对工人特别是钳工的技能要求很高,而要培养出技艺高超的模具钳工往往需要十几年甚至几十年的时间。而在竞争激烈的市场经济社会中,技术的传授、人才的稳定都不是易事。

5. 具有设计工序的传统制模方法虽然比纯粹的手工作坊方式有所进步,但要认真设计好一副模具,其计算和绘图工作是很浩繁的,而且不便于修改和移植,一旦返工,一切都得推倒重来,大大延长了模具的制造周期。

传统制模方法只适用于制造一些形状简单、塑件精度要求低的小型模具。随着时代的发展,人们对产品外观的要求越来越高,作为产品外壳的塑料制品不再由一些简单的平面主组成,而是由各种美观大方的曲面组成,这就增加了模具成型零件的复杂程度,而且分型面也往往是曲面而不是平面。另外,对塑件的尺寸精度和表面光洁度的要求也在提高。最后,出于市场上竞争的需要,产品更新换代(往往只在外观上作调整)越来越快,要求塑料模具跟上换代的步伐。显然,传统制模方法已无法满足这些要求,必须引入新的方法,以解决传统方法所存在的问题,跟上时代发展的步伐。

### § 1.3.2 解决问题的最佳方案——CAD/CAM/CAE

为了在市场经济的残酷竞争中取胜,跟上产品更新换代速度,模具制造行业不得不探索新技术、新工艺,以解决传统技术存在的问题。随着计算机技术的飞跃发展,工业先进国家的模具制造厂率先采用 NC 机床加工模具,以提高模具精度和生产效率,目前已达到普及的

程度。在此基础上,最近二十几年又开始应用 CAD/ CAM/CAE 技术,进一步提高模具的设计与制造水平。我国对这一新技术的研究和推广应用起步较晚,但经过近十年来的发展,已取得了可喜的成果。

实践证明,CAD/CAM/CAE 技术是解决塑料模具传统制造方法中存在问题的最佳方案,主要体现在:

1. 采用科学的制模理论指导模具设计、制造的全过程,避免了返工和报废。智能 CAD 的方法综合了众多模具设计师的经验以及各有关专业的技术知识,使其上升为科学的理论,为模具设计提供了可靠的基础。

2. 计算机与人交互作用,有利于发挥人、机各自的特长,使模具设计更加合理化。CAD 中采用的优化设计方法可使某些工艺参数和模具结构优化,提高了模具质量、节约了原材料。

3. 以几何模型为中心的 CAD/CAM/CAE 系统,充分发挥了计算机高速、可靠存储/处理数据的能力,将一致性的数据提供给模具生产的各个部门,从而保证模具尺寸精确可靠、一次到位,明显减少了试模次数和装修时间,大大缩短了模具制造周期。

4. 将设计者从繁冗的计算和绘图工作中解放出来,使其可以从事更多的创造性劳动。由于模具设计中的计算和绘图工作在全部工作量中占相当大的比例,采用 CAD 设计模具时,设计计算和图纸绘制的自动化大大缩短了设计时间,产生的效益十分显著。

5. 以计算机设计和 NC 加工为主的新方法,取代了钳工技术为主的传统制模方法,既减轻了工人的劳动强度,又有利于技术的继承和管理。

## § 1.4 塑料模具 CAD/CAM/CAE 技术及发展概况

### § 1.4.1 作用和工作内容

#### 1. 塑料模具 CAD/CAM/CAE 技术的作用

塑料模具尤其注射模在模具生产中占有很大比重,它对形状复杂、尺寸精确的塑料制品能一次成型,适用于高效率、大批量的塑料制品生产方式。但是,塑料成型过程十分复杂,模具设计、制造人员应综合考虑许多因素,才能正确地制造出合格的模具。

影响注射模设计、制造的因素主要有以下几个方面:

##### (1) 注射机

包括注射量、注射压力、锁模力、机架刚度及顶出系统;

##### (2) 模具结构

包括流道系统、成型部件、顶出系统和冷却系统等;

##### (3) 操作条件

包括时间、温度、压力三要素;

##### (4) 材料特性

包括塑料的粘度、结晶性、添加剂、冷却介质等;

##### (5) 模具加工工艺

包括加工手段、工艺流程、机加工参数等。

正确分析以上各因素的相关性,得知,模具设计、制造人员不仅应熟悉塑料成型工艺和模具结构,还应具有高分子聚物流变学、热力学以及金属切削工艺学等方面的知识,否则就会在模具制造中出现错误。因此,设计、制造人员除了加强业务学习,并在实践中积累经验外,提高模具制造质量的另一途径是采用 CAD/CAM/CAE 技术。

CAD 技术能帮助模具设计人员精确地造出零件的几何模型(包括三维实体模型及二维工程图),使他们从繁重的重复劳动中解脱出来。例如,查找表格数据和零件目录、绘制模具图纸和明细表等工作,可以全部交给计算机和绘图仪去完成。CAM 技术能帮助 NC 加工人员自动完成零件的 NC 加工程序的编制工作,它形成的刀具加工轨迹是直接对零件 CAD 几何模型进行刀具补偿处理而获得的。CAE 技术能辅助模具设计人员迅速完成各种计算和分析,如计算型腔尺寸、平衡流道系统、模拟注射过程塑料的充模和冷却过程等。这样,模具设计人员就能有较多的时间从事创造性的工作。

当然,目前 CAD/CAM/CAE 技术还不能代替人的创造性工作,它只能作为一种辅助工具帮助人去判断设计和加工方案是否正确,通过反复交互(修改—分析一再修改),将人的正确经验体现到模具生产中去。

为了弄清 CAD/CAM/CAE 技术在塑料模具生产中的地位 and 作用,有必要简单比较一下人和计算机的特点。表 1.1 为人机特点比较表。

表 1.1 人机特点比较表

| 项 目                | 人                   | 计 算 机              |
|--------------------|---------------------|--------------------|
| 推理和逻辑判断            | 通过经验和想象进行直觉的逻辑推理    | 模拟的、系统的逻辑推理        |
| 信息的组织              | 非格式的、直觉的            | 格式化的、详细的           |
| 信息存储能力<br>对重复工作的耐力 | 差,且与时间有关<br>差       | 强,且与时间无关<br>强      |
| 提取重要信息的能力<br>出错机会  | 强<br>多              | 差<br>少             |
| 分析能力               | 直觉分析能力强,数值<br>分析能力差 | 无直觉分析能力,数值<br>分析极强 |

从表中可以看出人和计算机的能力在绝大多数方面是互补的。在某些方面人超过计算机,在另一些方面计算机优于人。可见人和计算机相结合,交互作用,才能产生最好的效果。图 1.1 表示了设计、制造过程中人机的交互作用。人在各个阶段行使控制权。首先,人根据自己的经验提出设计要求,并将其输入到计算机中去。接着,人机之间通过图形或文字交互作用,共同完成设计。最后,输出有关制造的信息。在整个过程中,计算机承担的任务有:

(1) 检查输入信息中是否存在错误,发现的错误经设计人员修正后再行输入;

(2) 可靠、稳定、永久地存储信息,方便迅速地检索数据,一旦图形数据存储于图库中,即可重复使用,通过修改与编辑,可产生新的图形;

- (3) 高速、精确地进行数值分析,如:注塑流动模拟分析、优化计算等;
- (4) 不知疲倦地输出制造信息,如:图纸、NC 程序等。

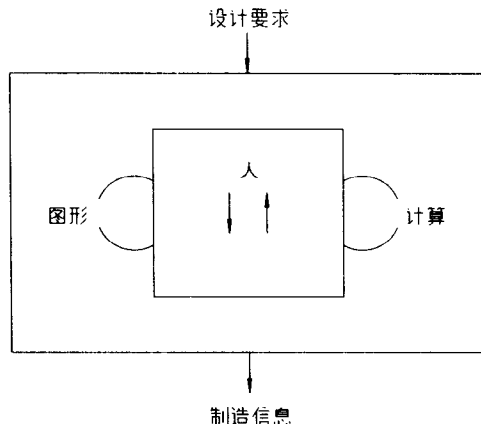


图 1.1 设计、制造过程中的人机交互作用

## 2. 塑料模具 CAD/CAM/CAE 的工作内容

塑料模具 CAD/CAM/CAE 的工作内容大致可分为四个方面:

### (1) 建立模具信息数据库

在数据库中存储着模具典型组合、模具标准零件尺寸规格、设计标准以及塑料材料、模具材料和塑件成型机型号规格等各种数据。建立模具信息数据库的前提是实现模具的标准化和系列化。

### (2) CAD 程序

包括模具结构设计的各个环节,如塑料制品的图形输入、型腔及型芯设计、模具典型组合的选择、零件图设计及尺寸标注等。

### (3) CAE 程序

包括注射流动模拟、冷却过程模拟及模具强度和刚度分析等。

### (4) CAM 程序

NC 编程人员在人机交互过程中对有关加工方式及工艺参数进行选择 and 输入后,自动生成零件加工的刀具轨迹文件,经过后置处理后可生成特定型号的 NC 机床的控制代码文件。

图 1.2 示出某模具中心实施的一种塑料模具 CAD/CAM /CAE 系统方案。从图中可见,塑料模具 CAD/CAM/CAE 系统的工作包括以下四个步骤:

- (1) 模具方案的确定;
- (2) 模具结构及模具零件设计;
- (3) 塑件成型工艺的模拟;
- (4) 生成图纸和 NC 指令。

这四个步骤中,前两个步骤将人的经验和设计技巧通过计算机来实现,第三个步骤对设计方案进行评价。在设计方案通过后,生成模具设计图和 NC 指令文件。这样,既体现了人的创造性,又充分利用了现代科研成果和计算机强大的数据管理功能和高速准确的运算功能,

保证了模具设计和制造的高速和优质。

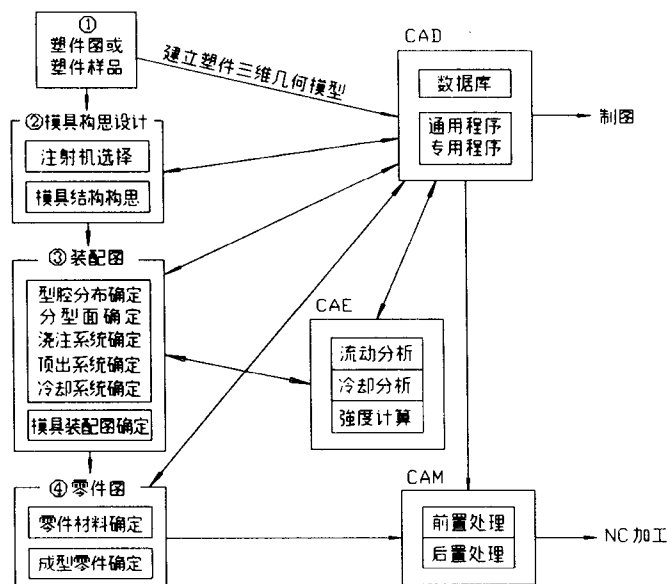


图 1.2 塑料模具 CAD/CAM/CAE 系统方案

## § 1.4.2 发展概况及方向

### 1. 发展概况

CAD 技术是在计算机技术和 NC 加工技术的基础上发展起来的。NC 机床及其编程语言 (APT) 始于 50 年代, CAD 技术则始于 60 年代, 而在 70 年代则得到了迅速发展, 并由科学研究转向经济利用。在许多领域中已成为不可缺少的工具。一些国家的政府提供了相当多的基金, 用于促进 CAD 在工业中的应用。到了 80 年代, 在计算机硬、软件技术飞速发展、广泛采用的基础上, CAD 技术进一步完善化和实用化, 应用范围不断扩大, 市场上 CAD/CAM/CAE 软件的销售量也与日俱增。

随着塑料工业的迅速发展和 CAD 技术的巨大潜力和优越性的充分发挥, 国外塑料模具 CAD 技术发展很快。以注射流动模拟为例, 在 70 年代初期就能利用程序来分析塑料熔体在形状简单的型腔内的流动情况。到 70 年代中期实现了将流道系统和二维型腔相连接的流动分析。到 80 年代初期采用有限元法成功地分析了三维型腔的流动过程。这样, 人们就可以根据理论分析的结果, 配合自身的经验, 在模具制造之前对设计方案作出判断, 不但可以减少试模时间, 还能提高模具质量, 因此受到了模具行业的广泛重视。

目前, 塑料模具 CAD/CAM/CAE 技术已进入实用和普及的阶段, 国外已有许多公司出售商品化的塑料模具 CAD/CAM/CAE 软件。其主要功能有: 几何造型、标准模架选择、材料选择、有限元网格生成、流动分析、冷却分析和 NC 编程。比如: 澳大利亚 MOLDFLOW 公司出售的 MOLDFLOW 注塑模 CAE 系列软件 (包括: 流动分析、冷却分析、翘曲分析、收

缩分析、结构应力分析、气体辅助成型分析、注塑工艺参数优化等)。美国 AC—Tech 公司,应用了美国 Cornell 大学 CIMP 科研组的成果,开发了商品化分析软件 C—FLOW(流动分析)、C—COOL(冷却分析)和 C—Pack(保压分析)。美国 SDRC 公司不仅开发了实体几何造型软件 GEOMOD,还开发了 Polyfill、Polycool—II 等分析软件。德国 IKV 研究所的 CAD-MOULD 包括模具结构设计、模具强度与刚度分析、流动模拟以及冷却分析等程序。国外许多计算机公司将几何造型软件、NC 加工软件和注塑分析软件集成起来,向用户出售整套 CAD/CAM/CAE 软件。比如:80 年代末 Calma 公司出售的 CAD/CAM/CAE 软件中的 CAD/CAM 部分是自行开发的,配以澳大利亚的 MOLDFLOW 和美国的 Polycool 或配以美国的 C—FLOW、C—COOL、C—Pack,再配以美国 DME 公司的标准模架库 PolyMold,就成了一个集成的 CAD/CAM/CAE 软件系统,可用于几何造型、模架选择、流动/冷却分析及 NC 加工等主要过程。近几年占中国 CAD/CAM 市场份额较大的 EDS 公司也是采用类似的办法以满足模具行业用户的需要。

在我国,开发和应用塑料模具 CAD/CAM/CAE 技术起步较晚,但经过近十年的努力,已取得可喜的成果,呈现出应用与研究并举,消化引进与自主开发、二次开发同步进行的局面。下面列举一些开发和应用的实例。

华中理工大学模具 CAD 教研组开发出塑料注射模 CAD 系统 HSC—1,该系统包括了塑料制品三维形状输入程序、流动模拟、冷却分析、模具型腔强度与刚度校核程序以及模具图设计与绘制程序。该系统在一些模具企业使用,取得了一定的社会效益和经济效益。

浙江大学蓉杭模具高技术研究所从 1992 年 6 月至 1994 年 12 月经过与有关单位合作,完成了浙江省科委八五攻关项目“精密注塑模设计和制造(CAD/CAM)技术”的研究。这是一个完整实用的 CAD/CAM 系统,解决了精密注塑模初始设计、结构设计、模具制造和模具分析整个过程中的一系列技术问题。

上海模具技术研究所承担的“模具 CAD/CAM 技术研究”获 1991 年上海重点会战项目一等奖,其中子项目“典型注塑件注塑模 CAD/CAM 系统”包括三维几何造型、工艺分析、模具图设计、流动模拟以及 NC 编程。以该研究所为依托建立的国家模具 CAD 工程研究中心继续走多方联合的道路,具有良好的社会效益和经济效益。

国内企业将 CAD/CAM/CAE 技术应用于塑料模具的设计与制造的成功例子越来越多。80 年代末有:天津通广公司模具厂、北京航空工艺研究所、南京机床附件厂、保定向阳精密机械厂等。90 年代已有好几十家成功的例子,其中包括:成都模具中心、西安黄河机器厂、上海无线电十八厂、福建福日集团公司模具中心、青岛电视机厂模具分厂、青岛塑料模具厂、上海电视一厂等,在此无法一一列举。

## 2. 发展方向

### (1) 建立塑料模具的集成信息模型

并行工程的思想已渗透到许多产品开发中,塑料模具也不例外。要在模具设计过程中,考虑到加工制造、分析测试、售后服务直到模具报废这一全过程。这势必会遇到采用何种设计方法、加工工艺、测试手段及产品质量保证体系等一系列问题,各部门人员的信息沟通要建立在遵循共同的表示方法这个基础上。因此,建立模具的完整计算机表示模型成为当务之急。这涉及到产品几何建模、模具标准数据库、模具材料数据库、计算机辅助编制工艺计划、