

注塑模具

模具计算机辅助工程技术

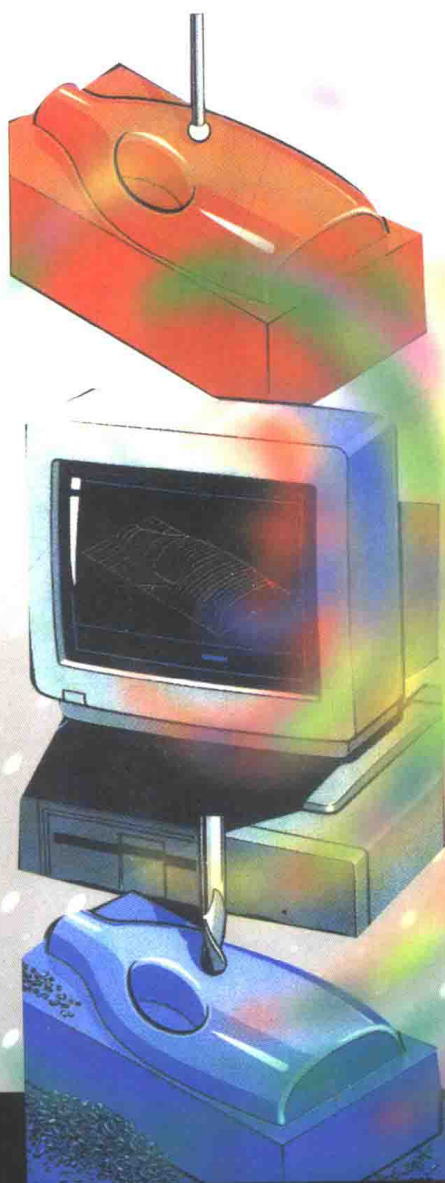
国家工程研究中心

王国中 主编

申长雨 副主编

CAD / CAE / CAM

技术



北京理工大学出版社

注塑模具 CAD/CAE/CAM 技术

模具计算机辅助工程技术国家工程研究中心

王国中 主 编
申长雨 副主编

王国中 逯晓勤 孙利民 编著
师 黎 李 倩 申长雨

北京理工大学出版社

内 容 简 介

本书对注塑模具设计、制造和注塑模具工程分析中采用的计算机技术进行了详细介绍。全书共分七章。第一章比较系统地介绍了模具 CAD/CAE/CAM 技术的基本概念和特点,并简要介绍了模具 CAD/CAE/CAM 技术的发展趋势。第二章详细介绍了应用模具 CAD/CAE/CAM 系统所必须的基础知识及计算机图形处理技术。第三章至第五章详细介绍了注塑模具 CAD/CAE/CAM 技术。第六章介绍用于制造高档、复杂模具的数控加工设备,如数控铣床、加工中心、数控电火花机床、数控线切割机床、三坐标测量机、激光立体制模机等。第七章介绍了通用机械 CAD/CAM 软件 CADD5 在注塑模设计、制造中的开发和应用。

本书内容丰富,观点新颖,适应面广,是一本从实用角度出发,全面介绍注塑模具 CAD/CAE/CAM 技术的专业技术书籍。本书可作为大专院校有关专业大学生和研究生的教材,亦可作为教师、技术人员和技术厂长、经理培训的自学参考书。

图书在版编目 (CIP) 数据

注塑模具 CAD/CAE/CAM 技术/王国中等编著. —北京:北京理工大学出版社,1998.5

ISBN 7-81045-350-5

I. 注… II. 王… III. 塑料模具-注塑-计算机辅助设计 IV. TQ320.66

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (97) 第 21665 号

责任印制:刘季昌 责任校对:陈玉梅

北京理工大学出版社出版发行

(北京市海淀区白石桥路 7 号)

邮政编码 100081 电话 (010) 68912824

各地新华书店经售

北京房山先锋印刷厂印刷

*

787×1092 毫米 16 开本 15.5 印张 插页 1 382 千字

1998 年 5 月第 1 版 1998 年 5 月第 1 次印刷

印数:1—4000 册 定价:23.50 元

※图书印装有误,可随时与我社退换※

前 言

模具是塑料成型加工的重要装备,利用模具成型零件的方法,实质上是一种无切削、多工序重合的生产方法。所以用模具制造塑料零件具有生产效率高、产品质量稳定、可节约大量材料、能源以及生产成本低等特点。随着国民经济的飞速发展,模具使用范围日益广泛,模具工业正在成为国民经济中的重要基础工业之一。

长期以来,我国模具设计和制造主要依赖设计人员的经验和工艺人员的技巧,设计的合理性只有通过试模才知道,制造的缺陷主要靠反复修模来纠正,这不仅难以保证模具质量,且使模具设计、制造周期长,成本高,特别对精密、复杂的高档模具,问题十分突出。

20世纪80年代国外模具行业开始应用CAD/CAE/CAM技术,实践证明采用模具CAD/CAE/CAM技术可以提高模具质量,缩短模具制造周期和降低成本,并彻底改变了传统的设计、制造模具的概念和方式。

国内模具行业应用CAD/CAE/CAM技术较晚,一些企业花去大量外汇购买高档数控加工设备和CAD/CAE/CAM系统用于模具设计、加工,但由于CAD/CAE/CAM技术难度较大,国内模具企业的管理水平和技术水平参差不齐等原因,至今没有很好推广应用模具CAD/CAE/CAM技术,致使大量高档、复杂模具仍然需要进口。

本书作者长期从事模具CAD/CAE/CAM的教学、研究和软件开发工作。先后参与国家“八五”在注塑模CAD方面的重点攻关项目的研究开发工作和注塑模数值理论模拟方面的自然科学基金项目的研究工作。在塑料模具的计算机辅助设计(CAD)、计算机辅助工程(CAE)、计算机辅助制造(CAM)方面有较深入的研究。

作者还参与河南塑料模具中心的技术管理工作,在应用模具CAD/CAE/CAM软件方面积累了一定的实践经验。本书是作者多年来开发、应用CAD/CAE/CAM软件和模具生产实践的总结。

全书共分七章。第一、三章由王国中编写;第二章由王国中、师黎编写;第四章由申长雨、李倩编写;第五章由师黎、逯晓勤编写;第六章由孙利民编写;第七章由逯晓勤编写。王国中副教授、申长雨教授对全书统稿;由北京理工大学万耀青教授审稿。

应进、董斌斌、韩健参与了本书部分章节的绘图工作,特在此表示感谢。

本书中的部分工作得到国家自然科学基金重点项目的资助。此外,在编写过程中,得到了郑州工业大学模具计算机辅助工程技术国家工程研究中心有关老师的支持和帮助,在此一并致谢。

由于作者水平所限,书中难免会有错误或不当之处,欢迎读者批评指正。

编 著 者

一九九七年十月

目 录

第一章 现代注塑模具设计、制造概论	(1)
第一节 概述.....	(1)
第二节 注塑模具 CAD/CAE/CAM 技术简介	(2)
第三节 注塑模具 CAD/CAE/CAM 系统的组成	(4)
第四节 注塑模具传统设计、制造与模具 CAD/CAE/CAM 技术的比较	(7)
第五节 注塑模具 CAD/CAE/CAM 技术的发展趋势	(12)
第二章 计算机图形处理技术	(15)
第一节 图形学的基本知识.....	(15)
第二节 二维图形变换.....	(18)
第三节 三维图形变换.....	(21)
第四节 三维图形的投影变换.....	(24)
第五节 曲线.....	(38)
第六节 曲面.....	(45)
第三章 注塑模计算机辅助设计	(48)
第一节 注塑模计算机辅助设计简介.....	(48)
第二节 产品模型设计与制造的一般过程.....	(49)
第三节 几何模型输入方法.....	(52)
第四节 注塑模计算机辅助设计的几种形式.....	(60)
第四章 注塑模计算机辅助工程分析	(71)
第一节 注塑模计算机辅助工程(CAE)分析简介	(71)
第二节 注塑模 CAE 软件模拟理论简介	(73)
第三节 注塑模 CAE 系统用于注塑模设计	(75)
第四节 注塑模 CAE 软件 Z-Mold 简介.....	(97)
第五节 注塑模 CAE 软件 Z-Mold 使用技术简介	(98)
第五章 模具数控加工编程技术	(115)
第一节 数控加工编程的数值计算.....	(115)
第二节 手工编程技术.....	(125)
第三节 APT 数控语言辅助编程技术	(137)
第四节 数控加工自动编程.....	(144)
第五节 后置处理系统.....	(149)
第六章 模具的数控加工设备	(151)
第一节 数控加工设备在模具生产中的应用.....	(151)
第二节 三坐标测量机.....	(152)
第三节 数控铣床与加工中心.....	(161)

第四节	数控电火花机床.....	(169)
第五节	数控线切割机床.....	(176)
第六节	激光快速制模技术概述.....	(181)
第七节	数控系统与计算机的联接.....	(188)
第七章	CADDS5 软件在模具设计、制造中的应用.....	(192)
第一节	CADDS5 软件简介	(192)
第二节	注塑模结构设计系统的二次开发.....	(194)
第三节	三维建模技术.....	(201)
第四节	数控加工编程操作.....	(217)
参考文献		(241)

第一章 现代注塑模具设计、制造概论

第一节 概 述

现今社会中,塑料越来越多地成为金属的替代品,按照体积计算其消耗量已超过了钢、铁总和,成为工业原料的重要支柱。模具是塑料成型加工的重要装备,采用模具成型塑料制品,实质上是一种少切削、无切削、多工序重合的生产方法。

由于用模具成型零件具有生产效率高,产品质量稳定,可节约大量材料、能源以及生产成本低等特点,因此发展模具工业就成为当代促进塑料制品及机电产品优质廉价生产的重要手段。随着国民经济的飞速发展,模具使用范围日益广泛,模具工业也正成为国民经济中的重要基础工业之一。模具工业产值十分可观,以 1993 年为例,日本模具工业的总产值为 177 亿美元,我国为 20 亿美元,韩国为 15 亿美元,其产值远远超过各自本国机床工业的总产值。

模具工业是一个技术密集、劳动密集型的行业。据预测,模具生产重点近期内将向发展中国家转移,这种国际化的市场转移趋势,也为我国的模具工业发展提供了机遇,我们有可能通过开发和应用新技术,提高塑料模具的设计与制造水平,增强竞争能力,彻底改变长期以来,我国的高档、精密复杂模具主要依赖进口的局面。

为了提高塑料模具的质量,缩短模具的设计和制造周期,发达工业国家从 20 世纪 80 年代中期已广泛使用计算机对塑料模具进行辅助设计,即 CAD (Computer Aided Design)、辅助制造,即 CAM (Computer Aided Manufacture),并对模具设计的各个环节进行定量计算和数值模拟分析,即 CAE (Computer Aided Engineering 计算机辅助工程)。因此保证了塑料产品的质量,大大缩短了塑料产品更新换代及上市周期。

我国塑料模具的设计与制造目前主要依赖设计人员的经验和工艺人员的技巧,设计的合理性只有通过试模才知道,制造的缺陷主要靠反复修模来纠正。这不仅难以保证模具的质量,而且使模具的设计与制造周期长、成本高,特别对大型、精密、复杂的中高档模具,问题更为突出。

为了尽快提高塑料模具的设计与制造水平及制品的质量、档次,国内一些企业近年来花费大量外汇,引进生产线及 CAD/CAE/CAM 系统,但由于不适合国情(国外的材料牌号、工艺参数及模架标准均与国内不同),且所引进的系统大多为 Turnkey (交钥匙)系统,难以进行更新改造和二次开发,并且一些企业领导只重视“硬件”的引进,并不关心“软件”建设,特别是人才培养、管理体制改革跟不上现代化模具生产企业的需要,所以目前国内模具行业应用 CAD/CAE/CAM 技术效果不明显,有些企业只是用 CAD 系统画画产品图,或用 CAM 系统编一些简单的加工程序,没有从根本上改变传统的模具设计和制造方法。

结合国内外许多模具企业的成功经验和作者自己多年的研究和实践,我们采用模具 CAD/CAE/CAM 技术和先进的数控加工设备(电火花机床、数控线切割机床、数控加工中心等设备),设计制造了许多高档、复杂模具,例如电冰箱壳模具,电视机壳模具等,取得了一

些有益的经验。

本书第一章和第二章介绍应用模具 CAD/CAE/CAM 技术必要的基本知识及图形处理技术。

模具行业早期用通用的 CAD 软件绘制产品图和模具图,缺乏专用性,效率低。现在的 CAD 概念已经发展,包括:概念设计、造型设计、模具结构详图设计、生产图绘制等。本书第三章介绍产品模型的设计、制造方法和三维几何模型输入方法。重点介绍计算机辅助塑料模具设计的几种形式。有关计算机二维画图技术,读者可参看有关资料和书籍。

由 CAD 衍化发展而成的 CAE 其实质是利用计算机工具,采用有限元、边界元、有限差分等数值计算方法来实现注塑模成型过程的模拟,使模具设计建立在科学计算与定量分析的基础上,从而提高设计和生产的质量、效率。本书第四章详细介绍注塑模 CAE 技术。

就模具加工而言,不管是注塑模还是其它种类的模具,例如冲压模、压铸模、锻模、玻璃模等,都需要对复杂的模具成型零件进行加工。采用 CAM 技术,是加工具有复杂形状零件非常有效的方法。第五章主要介绍数控加工编程技术。

现代模具加工向高效、自动、精密、专用的方向发展。本书第六章介绍现代模具设计、制造中常用的设备:三坐标测量机、数控铣床、加工中心、数控电火花机床、数控线切割机床、激光立体制模机等。

利用通用机械 CAD/CAM 软件的二次开发语言开发注塑模 CAD/CAM 软件,是一种较为经济实用的方法,比较适合我国的国情。本书第七章主要介绍 CADD5 软件的二次开发及注塑模 CAD/CAM 中的建模与加工处理操作。

第二节 注塑模具 CAD/CAE/CAM 技术简介

应用注塑模具 CAD/CAE/CAM 技术本身是一项技术复杂、综合的系统工程,涉及计算机图形学、计算力学、计算数学、数据结构、工程数据库、塑料材料、数控加工技术、模具设计、流变学、传热学等。注塑模具 CAD/CAE/CAM 技术的发展离不开 CAD 技术的发展,本节首先简要回顾 CAD 的发展历史,再介绍现有注塑模 CAD/CAE/CAM 系统和应用注塑模 CAD/CAE/CAM 技术的优越性。

一、CAD 的发展简史

20 世纪 60 年代,美国麻省理工学院的 I. E. 萨瑟兰德 (I. E. Sutherland) 在他发表的博士论文中,提出并实现了 SKETCHPAD 系统,该系统被公认为对交互式图形生成和显示技术的发展奠定了基础。

70 年代末以后,32 位工作站和微型计算机的出现对 CAD 技术的发展起了极大的推动作用。32 位工作站是属单用户的计算机系统,具有较高的响应速度,它特别适用于 CAD 系统。而且,32 位工作站之间可以联网,以达共享系统内的资源和发挥各台计算机作用的特点。因此,可以根据工作需要和经济条件以及 CAD 技术的发展等逐步投资,逐步发展和扩大 CAD 系统的功能与规模。

80 年代中期后,这种以工作站为基础的 CAD 系统发展很快,其功能达到甚至超过小型机的 CAD 系统。可以预见,这种系统将成为 CAD 系统的主流。这种系统的制造厂商只提供硬

件和系统软件,而应用软件则由其它专门开发软件的公司研制和销售。近年来在我国市场上销售这类硬件系统产品的公司有 IBM 公司、HP 公司、SUN 公司、DEC 公司、SGI 公司等,产品的种类很多,各有特点。

国际上先后出现了很多机械 CAD 软件系统,其中较著名的共有十个,即 Applicon 公司的 Bravo 系统,Autodesk 公司的 Auto CAD 系统,Computervision 公司的 CADDs 系统,Dassault 公司的 Catia 系统,EDS 公司的 Ungraphics 系统,HP 公司的 PE 系统,Intergraph 公司的 I/EMS 系统,Matra Datavision 公司的 Euclid 系统,PTC 公司的 PRO/Engineer 系统以及 SDRC 公司的 I-DEAS 系统。

上述 CAD 系统中,大部分是通用的机械 CAD 系统。如果要将这些软件用于注塑模的设计和制造,需进行二次开发。

二、现行的注塑模 CAD/CAE/CAM 技术

随着塑料工业的迅速发展和 CAD 技术应用的日益广泛,近 20 年来国外注塑模 CAD 技术发展很快,已由探索和研究阶段转入大规模开发和实用阶段。下面列举一些国内外注塑模 CAD/CAE/CAM 系统。

美国 Cornell 大学机械和航空工程学院 K. K. Wang 领导的 CIMP 研究小组,在注塑模 CAD 方面开展了卓有成效的研究和开发^[20~22],先后进行了一维流道流动的实验研究和数值模拟,塑料性能的实验研究和数据库建立,注塑成型过程的三维流动、冷却的计算机分析,并开发了用于注塑模 CAD 的几何造型系统。CIMP 的研究工作在世界上得到公认,目前许多公司提供的注塑模 CAD 商品化软件大多来自该课题组所建立的理论和研究成果。

澳大利亚的模具流动公司 (Moldflow PTY. LTD.) 是较早开发出注塑模商品化流动模拟软件的公司^[23]。其软件 Moldflow 主要由五部分组成:①SMOD,线架模型,用以生成型腔图形;②FMESH,自动产生有限元网格;③FLOW,流动分析软件;④COOLING,冷却分析软件;⑤FRES,产生等值线图来显示流动、冷却情况及模具的应力场分布。

美国 SDRC 公司在有限元、边界元技术和 CADMOD 三维实体造型基础上研制的冷却模拟系统 Polycool^[24],是目前较完善的注塑模冷却分析软件。利用该软件系统,仅需输入塑件的初始条件、模具外廓边界条件、回路循环及模具开模时间,而无需对模具温度做任何初值假定,即可决定出注塑循环时间,塑件、模具和冷却介质的瞬态温度与热流分布,并可准确地预测塑件的翘曲变形、残余应力及表面质量。

德国 IKV 研究所的 CADMOULD 系统,用于注射模的流动、冷却分析、力学性能校核和确定模具设计原则等。

此外,还有许多研究机构,如美国的 CV 公司,AEC^[25]公司,Adina R&D 公司,加拿大的 MCGILL^[26]大学等,在注塑模 CAD 方面都做了许多有特色的研究工作。

我国在开发注塑模 CAD 技术方面起步较晚,70 年代后期才开始,当时主要是研究开发二维流动软件和三维稳态冷却系统分析。“八五”期间由轻工业部组织轻工部模具中心、郑州工业大学、北京航空航天大学、华中理工大学、成都科技大学、北京塑料研究所、天津轻工业学院等单位共同完成了“塑料注射模具设计制造技术的研究”国家攻关项目,首次全面系统地开发注塑模 CAD/CAE/CAM 系统。

在“八五”攻关项目的基础上,郑州工业大学模具计算机辅助工程国家工程研究中心独立开发

了具有自主知识产权的注塑模计算机辅助分析软件 (Z-MOLD), 现已发展到 Z-MOLD3.0 版^[27]。

Z-MOLD3.0 可以模拟各种产品设计、模具设计及成型条件对产品的影响。利用该软件, 可在制造模具前预测出熔体在型腔内的流动和冷却情况, 给出每个时刻熔体的速度、压力、温度分布, 预测出注射压力、锁模力及熔接线和气穴位置等, 供设计人员检验设计是否合理, 利用 Z-MOLD 系统提供的信息修改设计, 直到设计满意为止。

三、模具 CAD/CAE/CAM 技术的优越性

模具 CAD/CAE/CAM 技术在模具行业的广泛应用, 将彻底改变传统的模具设计、制造方式, 其优越性主要表现在下列几个方面:

(1) 提高模具质量。在计算机系统内存储有经过综合整理的技术知识, 为模具的设计提供了科学的基础。CAD 技术利用计算机与设计人员交互作用, 充分发挥人、机各自的特点, 使模具设计更加准确、快速。CAM 技术可自动生成模具成型零件的加工刀具轨迹, 使零件尺寸精确度高、表面粗糙度好。CAE 技术可以优化模具设计方案, 它有助于设计人员设计出正确的模具结构。

(2) 缩短模具制作周期。由于 CAD 系统中存贮有模具标准件、常用设计计算的程序库及各种设计参数的数据库, 加上计算机自动绘图, 可以大大缩短设计时间。CAE 技术应用于模具设计, 可以减少因单凭经验设计而不得不反复修模花去的时间。数控机床加工的效率, 是一般机床或钳加工不能比拟的。

(3) 大幅度降低成本。计算机的高速运算和绘图机的自动化工作节省大量的劳动力。用计算机模拟注塑模成型过程, 可以避免模具反复修模, 反复试模, 从而降低成本。由于应用 CAD/CAE/CAM 技术, 新产品开发时间缩短, 产品更新换代加快, 大大增强了产品在市场上的竞争力。

(4) 充分发挥设计人员的主观能动性。由于 CAD/CAE/CAM 技术可以使设计人员从繁忙的计算和绘图中解放出来, 使其可以从事更多的创造性劳动。

(5) 提高企业的管理水平。CAD/CAE/CAM 技术的推广应用, 使企业的产品开发, 模具设计和制造建立在科学、定量分析的基础上, 减少盲目性。同时, 可使整个模具生产过程中的人、财、物的管理建立在更加科学合理的基础上。

第三节 注塑模具 CAD/CAE/CAM 系统的组成

目前, 市场上销售的 CAD/CAE/CAM 软、硬件设备较多, 但市场上还没有出现一套集成化的专用注塑模 CAD/CAE/CAM 系统, 大部分软件是通用机械 CAD/CAM 软件和专用的注塑模 CAE 软件。这里介绍一般模具 CAD/CAE/CAM 系统的基本结构和硬件配置。

从逻辑功能角度出发, 一个模具 CAD/CAE/CAM 系统基本上是由计算机和一些外部设备及相应的软件组成。如图 1-1 所示。

根据现代模具设计加工的特点, 图 1-2 给出系统的硬件配置, 图 1-3 给出系统的软件配置。

图 1-2 列出的数控设备如三坐标测量机、快速原型机 (激光立体制模机)、数控铣、电火花机床、线切割机床等将在第六章中详细介绍。

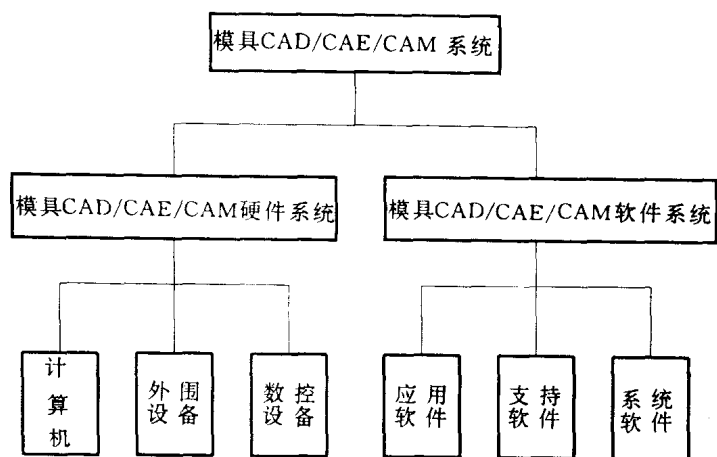


图 1-1 模具 CAD/CAE/CAM 系统的基本结构

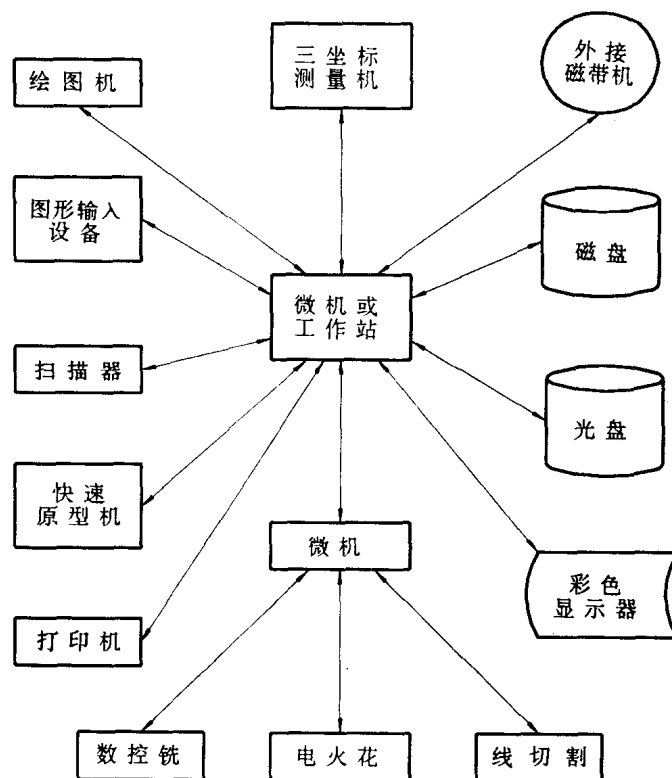


图 1-2 模具 CAD/CAE/CAM 硬件配置

下面介绍图 1-3 中各个软件模块的功能。在本书的其他几章将详细介绍其中一部分模块的基本原理和使用方法。

1. 激光立体制模模块 激光立体制模模块是在微机控制下用一特定的激光束，按照计算机几何造型所编定的轨迹射在光敏聚合物上，形成连续的固化点，从而得到一个真实的、高精度的三维实体零件。

本模块的功能是将一个产品的三维 CAD 实体模型或曲面模型文件转换成 STL 文件格式，再从 STL 文件“切”（Slice）出设定厚度的一系列片层，或者直接从 CAD 文件切出一系列的片层，这些片层按次序累积起来仍是所设计零件的形状。

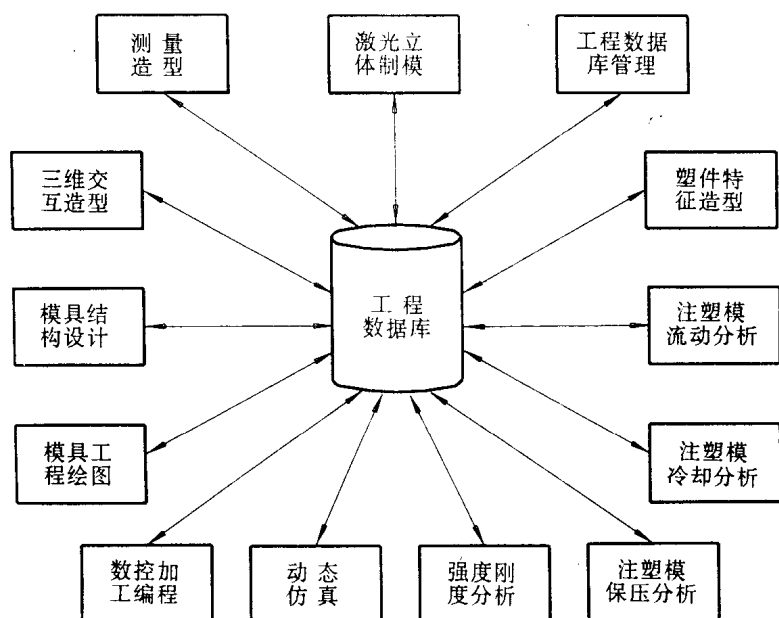


图 1-3 模具 CAD/CAE/CAM 配置

2. 测量造型模块 测量造型模块完成从实物（塑件）模型到 CAD 模型的转换工作，即所谓的逆向工程。本模块对由三坐标测量机测得的数据进行以下处理：

- (1) 以交互方式建造特征曲线；
- (2) 自动识别特定的线、锐角、倒圆等；
- (3) 校核所建曲线的质量，光顺曲线；
- (4) 自动生成曲面模型；
- (5) 曲面校核，光顺曲面。

关于三坐标测量机的详细内容见本书第六章第二节。

3. 三维模型交互造型模块 交互造型模块是用于三维交互实体造型的工具，该模块包括线框模型、曲面几何模型和实体模型。以非均匀有理 B 样条几何体和完善的实体拓扑学为技术基础，能完整地、无二义性地定义三维零件。

本模块是激光立体建模、数控加工编程、塑件造型结构设计、加工动态仿真和模具工程绘图等模块的基础。

4. 模具结构设计模块 利用本模块可以对注塑模具进行初始设计，这一工作主要包括：塑料品种的选择、注塑机类型的选择、模具结构形式的确定、浇口形式的确定以及初始型腔数的计算。

从模型库中调出由塑件造型模块建立的塑件产品图，并从模架库中调出合适的模架，重点进行型腔、型芯、浇注系统、冷却系统和导向系统的设计。同时，这一模块中包含了从塑件尺寸到型腔、型芯尺寸的自动或半自动换算、脱模方向和分型面的交互确定评估、镶拼件和侧抽芯机构模型生成等。

5. 模具工程绘图模块 在模具结构设计完成以后，利用本模块可以生成模具二维零、部件图形和二维总装图，输出二维工程图纸。

6. 数控加工编程模块 在三维几何造型的基础上，利用该模块可以自动生成多轴刀具轨

迹、数控加工的 APT 源程序或 GLFIE 源程序。加工方式包括 3~5 轴端铣和点接触、线接触铣削。具有 3~5 轴数控机床通用后置处理和专用后置处理程序生成工具。

7. 动态仿真模块 本模块具有两大部分,一部分模块可以形象地模拟塑料模具在生产过程中的开合过程,可以观察所建立的几何模型,并能观察到整个模型和个别部件的运动,能支持简单的或复杂的运动,快速建立三维视图,识别干涉和装配的问题。例如可以观察到模具顶出系统和抽芯机构是否存在干涉。另一部分模块用于仿真模具零件的粗加工和精加工切削,使模具零件在真正切削之前用仿真模块进行直观模拟,以减少切削错误。

8. 注塑模的强度和刚度分析 强度和刚度分析的主要任务是:①控制因模内压力引起的垂直于闭模方向的模具弹性变形,使塑件能顺利脱模;②控制在闭模方向上的挠曲度,以免在分型面上产生飞边。模具强度和刚度分析模块可以计算模块、支承板及垫块上的变形和受力。

9. 注塑模流动分析模块 流动充填分析主要包括浇道系统分析和型腔填充分析。浇道系统分析主要是通过对流道的流动计算和流道及浇口的平衡计算,确定合理的流道尺寸、布置以及最佳的浇口数量、位置和形状;利用型腔填充分析可以得到合理的型腔形状及最佳的注塑压力、注射速度等参数。

10. 注塑模冷却分析模块 利用该模块可以得出型腔表面的温度分布、热流分布、冷却时间等,并可根据冷却时间和温度分布情况综合判断冷却管道的分布和冷却系统的设置是否合理。

11. 注塑模保压分析模块 保压阶段熔体所受压力分布不均,密度变化较大。利用本模块可以预测型腔内熔体的密度、压力、温度和剪切应力等的变化。

12. 塑件特征造型模块 基于特征的技术是实现复杂型腔塑料模集成的关键技术。本模块可将塑件的特征分为形状特征、精度特征和材料特征三类,并在计算机中用一种有效的方法表示出来。

13. 工程数据库管理模块 模具 CAD、CAE、CAM 集成化的标志之一是系统的所有模块是在一个统一的工程数据库下进行集成。利用本模块可将塑料模具集成制造系统中所需的材料特性参数、模架、刀具、机床、材料数据等组成一个有机整体存入工程数据库中。而且可对工程数据实行:①对象管理:创建、存取、查询、删除等;②存贮管理;③事务处理;④版本管理;⑤安全性、合法性、一致性检查等。

第四节 注塑模具传统设计、制造与模具 CAD/CAE/CAM 技术的比较

为了更好地理解 CAD/CAE/CAM 技术如何在注塑模具设计、制造中充分发挥作用,本节将讨论人工设计、制造模具与 CAD/CAE/CAM 技术制造模具的差别。

图 1-4、1-5 给出了两种设计、制造方法所采用的设备及技术需求。

从图 1-4 和图 1-5 中可以看出,两种注塑模设计、制造方法所采用的设备和技术具有较大差异,传统的设计、制造方法主要依赖于设计人员和钳工的经验技巧,利用传统的机械加工设备,是一种串行的设计、制造模具的方法,现代化的注塑模设计、制造方法,主要依赖 CAD/CAE/CAM 技术、计算机网络和数控加工设备。

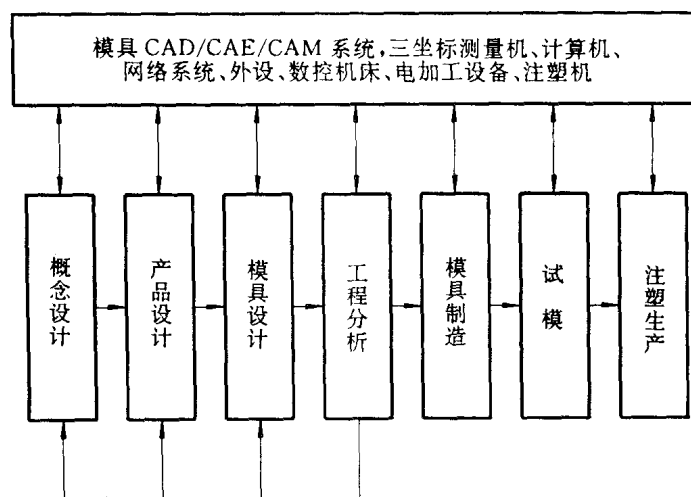


图 1-4 模具 CAD/CAE/CAM 技术

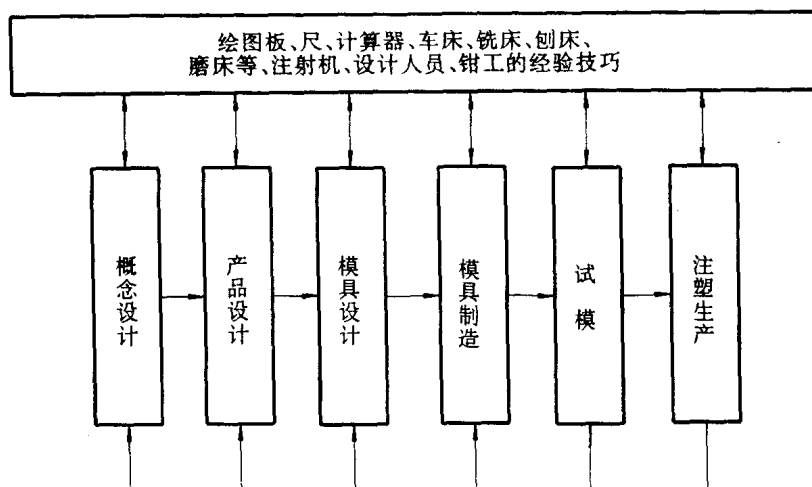


图 1-5 传统的设计制造、技术

另外,图 1-4 较图 1-5 中多了一个工程分析模块,使设计的合理性能及时得到验证,不必等到模具制造完成,试模时发现设计、制造中有错误再返工。从而降低成本,提高模具质量,缩减制模时间。

下面详细说明传统设计、制造和模具 CAD/CAE/CAM 的过程。

一、传统设计、制造模具

图 1-6 给出了人工设计、制造注塑模具的流程图,一般分成下列四个阶段。

1. 产品设计和重建产品模型 用户提供给模具设计人员常有三种形式的资料,第一种是样件,第二种是图纸,第三种既有样件又有图纸,但需修改样件模型。不管提供哪一种资料,模具设计者必须得到详细的产品图才能进行模具设计。

接下来模具设计者面临重新构筑产品形状,计算加工材料的收缩率。产品图中每一个尺寸均须乘上一个因子(材料收缩率)。在较复杂的模具设计中,由于尺寸很多,都要乘上一个因子,确是一项麻烦、费事并易出错的工作。当产品图纸已作修改并反映了收缩率之后,就

可正式开始设计模具。

2. 模具设计 在进行模具设计时,其设计过程基本是按以下程序进行^[9]。

- (1) 确定注射机型号。
- (2) 确定型腔数量和型腔排列。
- (3) 确定分型面。
- (4) 确定侧向分型与轴芯机构。
- (5) 设计浇注系统。
- (6) 设计排气系统。
- (7) 设计冷却系统。
- (8) 设计顶出系统。
- (9) 设计导向装置。
- (10) 确定模架和选用其它标准件。
- (11) 选用模具钢。
- (12) 绘制模具装配图和主要零件图。
- (13) 设计图的核对和会签。

综合以上模具设计程序,其中有些内容可以合并考虑,有些内容则要反复考虑,因为有些因素常常互相矛盾,必须在设计过程中通过不断论证、互相协调才能得到较好的处理。

3. 制造、抛光、装配 一般在模具零件图和总装图设计完成时,型腔、型芯和其它模具零件材料已准备完毕,且样模等辅助工具也已制成。图纸、辅助工具和零件毛坯送到车间。经切削、手工抛光和反复修配,然后组装成一个完整的模具。

4. 试模、修模 模具装配后就放到注射机上试模,如果试模成功,就对试件进行尺寸检查,看看是否符合图纸要求,如果不符合,模具就被送回模具车间返修。这个过程一直持续到打出合格试件为止。有时候

制品不能完全达到设计的预期要求,设计方案就要修改,这就要牵涉到模具设计的改变,重复修模和重新试模。值得指出的是,反复修模会使模具因修正(如焊接)而出现内应力,从而使模具的整体性能恶化。最后考核的项目,是确定注塑产品是否符合产品的成本要求。如果答案是否定的,则整副模具就有可能报废,并须重新开始一个新的设计过程。

人工设计方法的分解暴露了这种方法的许多不足之处,当然这些问题也不会同时出现在某一个产品的设计上。不过即使在最简单的塑件设计中,出现两个甚至更多的问题也是屡见不鲜的。下面要介绍的 CAD/CAE/CAM 设计、制造方法不仅能提高一次试模成功率,同时也使模具的设计在质量、性能和成本上达到最佳。

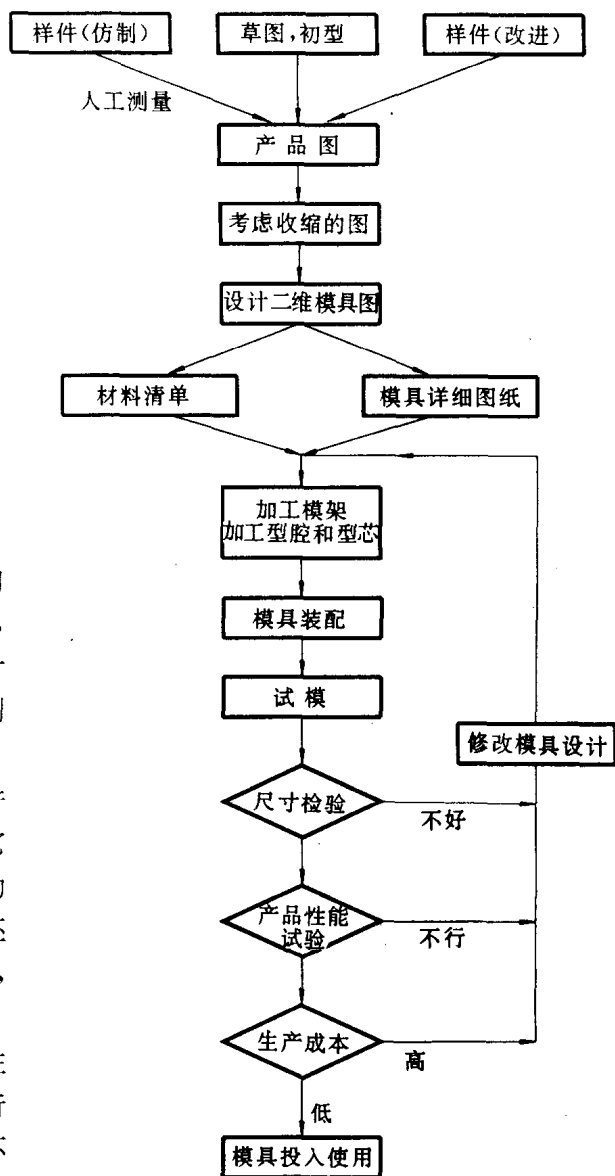


图 1-6 人工设计制造模具流程

二、模具 CAD/CAE/CAM 技术

图 1-7 给出采用模具 CAD/CAE/CAM 技术进行注塑模设计、制造的流程图。用 CAD/CAE/CAM 技术进行注塑模设计、制造一般分下列几个阶段。

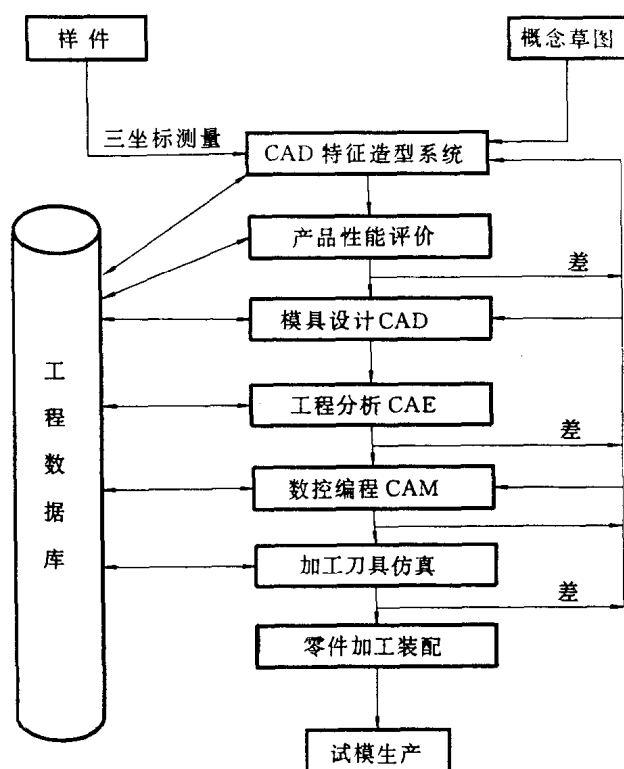


图 1-7 模具 CAD/CAE/CAM 流程图

1. 产品设计和模型建立 计算机辅助设计、工程分析和制造所用的产品模型不同于人工设计。以计算机为基础的模型通常是一种完备的三维描述，而不是仅用几张图纸表示的二维描述。用三坐标测量机可以精确采集塑件三维坐标。对测得的数据进行处理，生成产品的曲面或实体模型。

通过交互方式修改产品模型，并用软件模块显示产品的真实感图形，对产品不满意部分进行修改完善。

接着利用软件的自动投影功能，可将产品的各个视图自动求得，存入相应的数据库。

如果软件具有特征造型功能，可输入塑件的形状特征、精度特征和材料特征并存入系统的工程数据库中。

2. 模具结构设计和工程分析 与传统模具设计一样，在模具设计时也需进行确定注射机型号等多项工作。不同之处是，传统设计完全由人的经验来决定诸如型腔数目、浇注系统和冷却系统中的一系列设计方案，采用模具 CAD/CAE 技术，则完全在计算机上完成各项校核和设计工作。

首先分析估计塑件壁厚和流动长度是否可行，该塑件是否能在现有注塑机上生产，以及生产成本如何，如果存在问题，及时修改方案。

在许多场合下，浇口设计一般在模具设计、制造快完成时才考虑，这往往铸成大错，若

将浇口设计与产品性能同样作为一个初始的考虑因素可避免这样的失误。利用流动分析模块可以确定浇口的位置和大小且使：①局部成形应力最小；②实现要求的填充方式；③熔接痕处于对产品影响的最小区域；④气穴位置在较合理的地方。

浇口的位置和大小确定后，就要确定型腔数目和注塑机的尺寸大小，我们能用经济性分析程序辅助作出决定，当然要考虑诸如模具制造成本、塑件生产数量、型腔多造成废料多等各种因素来决定。

型腔数目和浇口位置经优化后，就可用计算机软件辅助确定模具草图所要求的最小模架，输入要求的型腔镶块尺寸和推荐的浇道布置（平衡的或非平衡的）等资料。一般确定模架总体尺寸的依据是推件板必须完全罩住制品型腔区或者说把型腔最大投影区包含在推件板周界以内。选定模架尺寸后，就可以从模架库中调用模架的产品模型。所以，我们不是照一个样子去画出模架，而是由CAD/CAM系统自动生成一个模架，它可供CAD/CAM系统编辑之用，成为某塑件的专用模架。

下一步工作是将塑件产品模型与模具模型合并起来。塑件的几何形状一般先贮存在数据库中。可以从数据库中复制出这些几何形状并通过单个命令将其在一个选定的位置自动装入模具模型。假如材料的收缩率是均匀而稳定的，只要用一个简单的标度命令即可对模型进行修正（考虑收缩的影响）。执行的内容，是将模型的所有尺寸乘上一个收缩因子，然后再显示出经修正的图形。在某些情况下，也可由合并命令实现。假如材料性质较复杂，例如，在流动方向和横向具有不同的收缩率，那就要采用稍微复杂的方法。

利用塑件特征造型时提供的信息，软件自动识别塑件不同方向的尺寸，可利用不同的公式计算收缩率。但是由于实现完全自动、精确的收缩率计算较为复杂，目前还处在研究和开发阶段。

塑件的几何形状并入模架中，并根据预期的收缩加以修正之后，就可确定型腔块。这些型腔块必须包含有辅助性的分割面，以满足滑动、顶出或其它机械动作。在加大分割面时充分注意到叠层的作用，接下来提取描述这些模具零件的实体就很容易，这样就简化了生成这些零件图的步骤。在这种情形下，模具设计者可以集中精力去确定浇道系统的设计。流动分析程序在这里可用于设计人工平衡浇道系统。这样设计出来的浇道系统将使塑件具有最宽广的“加工范围”。目前的软件系统已经可以分析最现代化的设计，如成套模具的人工平衡热浇道设计。

浇道设计结束之后，接着设计冷却系统。在冷却系统设计中，会出现与顶出机构争夺位置的问题。过去缺乏计算机技术，很少去研究水道形状、水温和水道位置之间的关系，更谈不上什么优化。由于对顶出要求了解得较多，所以先满足顶出设计要求，然后在位置允许的条件下再加入水道，结果是塑件的顶出没有问题了，但造成冷却时间过长，生产率低，增大了生产塑件的成本。利用冷却分析程序，提供一个冷却系统的设计方案。设计者首先得到水道的尺寸及其距离模具表面深度的设计推荐值。然后设计者就可在现有的模具空间范围内对推荐值进行斟酌，确定一个方案。接着，将此方案输入计算机进行分析，这样，在试模之前就可了解方案的性能特点和经济性。根据水道几何形状及位置的描述，计算机可以将这些水道组成一个回路，使冷却液压力降与温升的配合最佳。然后，计算机推荐适当的水温、流速以及冷却时间，进行适当的冷却。将冷却时间与理论最小冷却时间评估，可以判断为了提高生产率是否还要改变冷却系统的设计。这种分析还有如下优点：确定这样的冷却回路能避免