

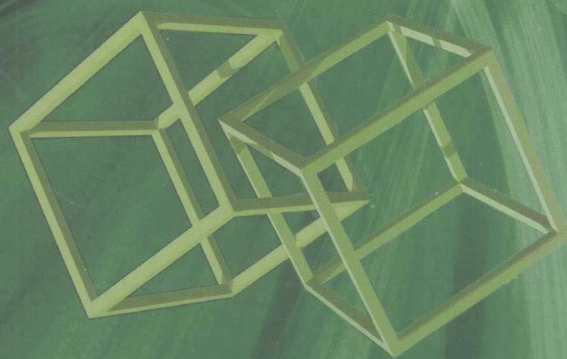


材料科学与工程综合实验教学系列教材

模具CAD/CAM/RPM 综合实验



华中科技大学 王耕耘 主编



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

材料科学与工程综合实验教学系列教材

模具 CAD/CAM/RPM 综合实验

主 编 王耕耘
参 编 王华昌 李 宝
王从军 郑志镇



机械工业出版社

本书分为两部分。第一部分阐述 CAD/CAM/RPM 的概念与基本原理,包括产品的几何造型方法、快速成形技术(FDM)的原理及应用和反求技术的原理及应用。第二部分从实验原理、实验目的及内容、实验设备、实验方法与步骤和实验报告的要求等方面分别介绍了以下五个相关联的实验:产品的三维造型与反求技术实验、级进模的计算机辅助设计实验、注射模的计算机辅助三维设计实验、电极设计及其数控加工实验、模具零件的熔融快速制造实验。

本书可作为高等学校材料成形及控制工程专业以及相关专业的实验教材,也可供从事高级模具技术的工程人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

模具 CAD/CAM/RPM 综合实验/王耕耘主编. —北京:机械工业出版社, 2010.9
材料科学与工程综合实验教学系列教材
ISBN 978-7-111-31998-6

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

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 186661 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:冯春生 责任编辑:冯春生 白刚
版式设计:张世琴 责任校对:姜婷
封面设计:张静 责任印制:乔宇
三河市国英印务有限公司印刷
2011 年 1 月第 1 版第 1 次印刷
184mm×260mm·13 印张·320 千字
标准书号:ISBN 978-7-111-31998-6
定价:24.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心:(010) 88361066

门户网: <http://www.cmpbook.com>

销售一部:(010) 68326294

教材网: <http://www.cmpedu.com>

销售二部:(010) 88379649

读者服务部:(010) 68993821

封面无防伪标均为盗版

序

材料是重要的。材料的进步是科学技术进步的先导。可以说,没有材料就没有世界。材料的研究、制备与加工是影响国家竞争力的关键领域,许多关系到国计民生的重大工程和核心装备的限制性环节往往归结到材料及材料加工上。然而,从本质上讲,这些问题能否科学合理地解决,取决于从事该领域人才的水平与能力。因此,如何培养合格的材料学科人才,特别是培养具有创新精神、实践能力、高素质的材料学科人才是高等学校面临的一个重要课题。

近些年来,华中科技大学材料科学与工程学院在实践教学方面进行了有益的探索,先后承担了教育部“人才培养模式创新实验区”、湖北省“材料学科综合性、开放性实验平台建设的研究与实践”等教学改革项目,目的是研究建立适合新形势下的材料学科创新性、综合性实践教学体系,探索行之有效的实施办法,提高人才培养质量。而提高教学质量是高等学校面对的主要课题。

改革的主要措施之一是在本科实验教学中,建立专门的本科实验教学中心,科学合理地整合本科课程的教学实验,形成了10门独立的综合性实验课程,独立考核、单独记学分。这些独立设课的实验课程涵盖了数门理论课程,使传统依附在理论教学的演示性实验转变为以培养学生动手能力、分析能力及创新能力的综合性实验,显著地提升了实验教学的地位,体现了实验教学在人才培养中的重要作用。

在上述背景下,华中科技大学材料科学与工程学院与机械工业出版社合作,编写出版了本套材料科学与工程综合实验教学系列教材,目的是更好地服务于实验教学,不断提高实践教学质量。该系列教材最大的特点就是将材料学科的某一领域(如材料连接、塑料注射成型、金属塑性成形等)的相关实验项目进行提炼,形成各自独立又彼此相关的综合性实验。在编写过程中,还特别注意基础性实验与创新性实验相结合,在切实保障学生达到基本要求的前提下,尽量为培养学生的创新精神与锻炼学生的动手能力提供条件。

我相信,该套综合实验教学系列教材的出版,有助于有效地提高学生的创新、实践能力,对深化材料学科的教学改革、提升人才培养质量具有重要的意义。当然,任何一件事物,不可能完美无缺,我也和作者一样,希望读者能对本系列教材的不足之处提出批评与建议。

谨为之序。

中国科学院院士

杨叔子

前 言

现代工业及日常生活中的很多制品都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钣金件、塑料件、锻件、铸件等。因此模具是上述行业的重要工艺装备,其制造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水平以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。若采用传统的手工设计模具并用常规设备加工模具时,模具设计与加工质量完全取决于人的经验,要经过反复试模才能获得成功,所以设计与加工周期长。

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/CAM 技术。很多模具企业为了自身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/CAM 技术的人才。模具设计与制造技术实践性非常强,因此模具人才的培养必须要经过大量的实践才能完成。为了加速模具 CAD/CAM 专业人才的培养,本书综合现代模具先进设计与制造方法,如 CAD/CAM 技术、反求工程及快速成形等技术,设计了模具 CAD/CAM/RPM 综合实验。

本书编者多年来一直参与冲模(冲裁模、级进模、汽车覆盖件模)CAD/CAM 或注射模 CAD/CAM 系统的开发,在阐述 CAD/CAM/RPM 的一般概念与基本原理的基础上,设计了五个相关实验:产品的三维造型与反求技术实验、级进模的计算机辅助设计实验、注射模的计算机辅助三维设计实验、电极设计及其数控加工实验和模具零件的熔融快速制造实验,覆盖了从产品建模到模具设计与加工的全过程。本书可作为高等学校或高级模具技术人员培训教材。

本书分为两部分,第一部分介绍模具 CAD/CAM/RPM 的基本原理和方法,由王耕耘(第一、二章)、王从军(第三章)、李宝(第四章)编写;第二部分详细介绍了五个实验的原理和步骤,由王耕耘(第五、八章)、王从军(第六章)、郑志镇(第七章)、王华昌(第九章)、李宝(第十章)编写。

由于编者水平有限,且模具 CAD/CAM/RPM 技术仍处于发展之中,故书中难免有错误之处,敬请读者批评指正。

编 者

目 录

序 前言

第一部分 模具 CAD/CAM/RPM 基本理论

第一章 模具 CAD/CAM 技术综述	1
一、CAD/CAM 的基本概念	1
二、模具 CAD/CAM 系统的相关技术	2
三、模具 CAD/CAM 系统的发展概况	5
四、模具 CAD/CAM 系统的发展趋势	8
第二章 产品零件造型	10
第一节 几何造型	10
一、线框造型	10
二、表面造型	11
三、实体造型	12
第二节 特征造型技术	17
一、特征的定义	17
二、特征造型系统	18
三、特征造型的基本方法	20
第三节 参数化技术	31
一、参数化的概念	31
二、参数化模型	31
三、参数驱动法	32
四、变量几何法	35
第四节 装配造型	37
一、装配造型基本理论	37
二、装配造型的一般方法	43
第三章 快速成形技术的原理及应用	48
第一节 快速成形技术综述	48
第二节 FDM 技术原理及应用	51
一、工作原理	51



二、熔挤系统	52
三、控制系统与驱动系统	53
四、传动系统	56
五、传感器	58
六、软件系统	60
七、熔挤成形的原材料	63
八、快速成形技术的应用	63
第四章 反求技术	67
第一节 反求技术原理	67
第二节 反求工程的测量方法	68
一、接触式测量方法	70
二、非接触式测量方法	70
第三节 反求技术在模型行业中的应用	71
 第二部分 模具 CAD/CAM/RPM 综合实验 	
第五章 实验概述	76
第六章 产品的三维造型与反求技术实验	77
一、实验原理	77
二、实验目的及内容	78
三、实验设备	78
四、实验方法与步骤	79
五、实验报告	98
第七章 级进模的计算机辅助设计实验	99
一、实验原理	99
二、实验目的及内容	102
三、实验设备	102
四、实验方法与步骤	103
五、实验报告	124
第八章 注射模的计算机辅助三维设计实验	125
一、实验原理	125
二、实验目的及内容	133
三、实验设备	133
四、实验方法与步骤	133



五、实验报告	142
第九章 电极设计及其数控加工实验	143
一、实验原理	143
二、实验目的及内容	156
三、实验设备	157
四、实验方法与步骤	157
五、实验报告	187
第十章 模具零件的熔融快速制造实验	188
一、实验原理	188
二、实验目的及内容	188
三、实验设备	188
四、实验方法与步骤	189
五、实验报告	199
参考文献	200

第一部分

模具 CAD/CAM/RPM 基本理论

第一章 模具 CAD/CAM 技术综述

由于模具的设计与制造水平直接关系到相关产品的质量与更新换代速度,因此人们越来越关注如何缩短模具设计与制造的生产周期以及怎样提高模具加工质量。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,从而进行模具结构设计并输出模具图,编制模具加工代码,应用 NC 和 CNC 机床加工模具,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,达到了提高模具设计效率与加工质量、缩短模具生产周期的目的。特别是近年来,模具 CAD/CAE/CAM 技术发展很快,应用范围日益扩大,取得了可观的经济效益。

一、CAD/CAM 的基本概念

CAD (计算机辅助设计, 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 是结合人和机械的最优特性共同进行设计的一种新设计方法,从而使人和机械的最好特性联系起来。人的特性是具有思维、逻辑推理、学习以及直观判断的能力;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。二者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后建立模型(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、图形处理以及信息管理等任务。而人将运用自己的经验与判断能力来控制整个设计过程,这种控制是通过人-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的一种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。

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、质量控制等。但目前狭义的 CAM 通常仅指数控程序的编制,包括刀具路径的规划、刀位文件的生成、刀具轨迹仿真以及 NC 代码的生成等。

CAD 与 CAM 技术自 20 世纪 50 年代末开始分别独立地发展,至 20 世纪 70 年代末,在国际上已出现许多性能优良的、商品化的 CAD 或 CAM 系统。这些独立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是只能输出图样和有关的技术文档,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给 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,这将给生产带来极大的危害,为此需要解决 CAD 与 CAPP、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,要使这些专用系统软件能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。因此自 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,其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。

二、模具 CAD/CAM 系统的相关技术

在开发并应用模具 CAD/CAM 系统时必须应用下述相关技术,因此有必要了解这些技术的含义。

(一) 特征建模

有关特征的概念至今仍没有统一的、完整的定义,但一般可认为特征是具有属性及工程语义的几何实体或信息的集合,也可以将特征理解为形状与功能的组合。常用特征信息主要包括形状特征、精度特征、技术特征、材料特征、装配特征等。特征建模方法可大致归纳为交互式特征定义、特征识别和基于特征的设计三个方面。特征模型一方面包括了实体模型的全部信息,另一方面又能识别和处理所设计零件的特征。从用户操作和图形显示上往往感觉不到特征模型与实体模型的不同,但在内部数据表示上是不同的。特征模型能够完整、全面地描述产品的信息,使得后续成形工艺设计与模具结构设计可直接从产品模型中抽取所需信息。有关特征建模方法详见第二章。



(二) 参数化设计与变量化设计

1. 参数化设计

传统的 CAD 绘图技术都用固定的尺寸值定义几何元素, 输入的每一几何元素都有确定的位置, 要想修改图形只有删除原有元素后重画。而模具设计中不可避免地要多次反复修改, 进行模具零件形状和尺寸的综合协调, 甚至是安装位置的改变。若采用上述方法, 则每次修改必然会导致图形的重画, 这样设计效率很低, 也达不到实用化的要求, 因此在模具 CAD/CAM 系统中一定要采用参数化设计方法。参数化设计是用几何约束、工程方程与关系来定义产品模型的形状特征, 也就是对零件上各种特征施加各种约束形式, 从而达到设计一簇在形状或功能上具有相似性的设计方案。目前能处理的几何约束类型基本上是组成产品形体的几何实体基本尺寸关系和尺寸之间的工程关系, 故参数化技术又叫尺寸驱动几何技术。有关参数化技术详见第二章。

2. 变量化设计

由于参数化设计是一种“全尺寸约束”, 即设计者在设计初期及全过程中必须将形状和尺寸联系起来考虑, 并且通过尺寸约束来控制形状, 通过尺寸的改变来驱动形状的改变, 一切以尺寸(即“参数”)为出发点, 一旦所设计的零件形状过于复杂, 就会容易造成系统数据混乱。为此出现了一种比参数化技术更为先进的实体造型技术, 即变量化设计。

变量化设计(Variational Design)是通过求解一组约束方程组来确定产品的尺寸和形状。约束方程驱动可以是几何关系, 也可以是工程计算条件。约束结果的修改受到约束方程驱动。变量化设计既保持了参数化设计的原有优点, 又克服了它的不足之处, 它的成功应用为 CAD 技术的发展提供了更大的空间与机遇。目前应用变量化设计具有代表性的软件是 SDRC/I-DEAS。

(三) 变量装配设计技术

装配设计建模的方法主要有自底向上、概念设计、自顶向下等三种方法。自底向上的方法是先设计出详细零件, 再拼装成产品。而自顶向下是先有产品的整个外形和功能设想, 在这个外形里一级一级划分出产品的部件、子部件, 一直到最底层粗糙的零件。由于有些模具结构很复杂(如多工位级进模、汽车覆盖件模具等), 零件数有时达数百个, 若一个个零件设计再装配, 不仅设计速度很慢, 而且很多零件相互间在形状与位置上都有约束关系, 如级进模中的凸模与凹模型腔间、凹模或卸料板上的让位孔槽与凸模及条料间。这些约束关系是无法脱离装配图来进行设计的, 因此在进行模具设计时应采取自顶向下的设计方法, 而变量装配设计便支持自顶向下的设计。

变量装配设计是实现动态装配设计的关键技术。所谓动态装配设计是指在设计变量、设计变量约束及装配约束驱动下的一种可变的装配设计。其中设计变量是定义产品功能要求和设计者意图的产品整体或其零部件的最基本的功能参数和形状参数; 设计变量约束即设计约束或变量约束, 设计变量和设计变量约束控制装配体中的零部件的形状; 装配约束是通过三维几何约束自动确定装配体内各个零部件的配合关系, 它确定了零部件的位置。这些设计变量、设计变量约束及装配约束都是可变化和控制的, 是动态的。若修改装配设计时某些设计变量和约束发生变化, 则原装配设计将在所有约束的驱动下自动更新和维护, 从而得到一个原设计没有概念变化的新的装配设计。动态设计过程是正向设计与反向设计相结合的过程, 正向设计是从概念设计到详细设计的自顶向下的设计过程, 而反向设计是指对产品设计



方案中的一些不满意的地方提出要求或限制条件,通过约束求解对原方案进行设计修改的过程。

变量装配设计把概念设计产生的设计变量和设计变量约束进行记录、表达、传播并解决冲突,以满足设计要求,使各阶段设计(主要是零件设计)在产品功能 and 设计意图的基础上进行,所有工作都是在产品功能约束下进行和完成的。

(四) 工程数据库

工程数据库是指能满足人们在工程活动中对数据处理要求的数据库。工程数据库是随着CAD/CAM/CAE/CAPP集成化软件的发展而发展的,这种集成化系统的所有功能模块的信息都是在一个统一的工程数据库下进行管理。

工程数据库系统与传统的数据系统有很大差别,主要表现在支持复杂数据类型及复杂数据结构上。工程数据库系统具有丰富的语义关联、数据模式动态定义与修改、版本管理能力及完善的用户接口等,它不但要能够处理常规的表格数据、曲线数据等,还必须能够处理图形数据。

工程数据库管理系统一般要满足如下要求:

(1) 动态处理模式变化的功能 由于设计过程和工艺规划过程中产生的数据是不断变化的,要求工程数据库管理系统能支持动态描述数据库中数据的能力,使用户既能修改数据库中的值,又能修改数据结构的模式。

(2) 能描述和处理复杂的数据类型 由于工程数据结构复杂,语义关系十分丰富,因此工程数据管理系统不仅要支持用户定义复杂的类型,而且还要支持多对多关系、递归关系等复杂数据结构的描述。

(3) 支持工程事务处理和恢复 工程事务大都具有长期性,工程数据中有一批数据要使用很长时间。由于一个工程事务不可能成为处理和恢复的最小单位,必须分层次、分类别、分期保存中间结构,以进行较短事务处理。因此,从使用安全性考虑,要具备适合工程应用背景的数据库恢复功能,以实现长事务的回退处理。

(4) 支持多库操作和多版本管理 由于工程设计用到的信息多种多样,需要在各设计模块间传递数据,所以需要多库操作和通信能力。由于工程事务的复杂性和反复试验的实践性,要求工程数据库系统具有良好的多版本管理和存储功能,以正确地反映工程设计过程和最终状态,不仅为工程的实施服务,而且为今后的管理和维护服务,同时也为研究和设计类似工程提供可借鉴的数据。

(5) 支持工程数据的长记录存取和文件兼容处理 工程数据中,有些数据不适合在数据库中直接存储,以文件系统为基础来设计其存储方式会更为方便和提高存取效率,如工程图本身。

(6) 支持分布环境 CAD/CAM系统中,数据管理往往分布于工程活动的全过程,应用系统的地理位置也可能是分散的,且各地的数据库有的是面向全局的,有的是面向局部的。在这种分散环境下,分布数据处理自然是工程数据库管理系统的一个重要功能。

(7) 权限控制 工程设计是一个众多设计者共同参与的设计环境,同时每一个设计子任务由于专业方面的原因,在某种程度上具有相对独立性。由于不同人员都可使用数据库,为了安全起见,对设计对象、数据库资源以及各类设计人员给予一定的权限范围,可以控制一些非法用户访问或修改数据库。



(8) 用户管理 数据库管理系统的数据操作语言 (DML) 应提供与工程设计常用算法语言的接口, 并提供适用工程环境要求的用户界面。

三、模具 CAD/CAM 系统的发展概况

本书主要介绍冲模与注射模 CAD/CAM 系统的发展概况。

(一) 冲模 CAD/CAM 系统发展概况

冲模 CAD/CAM 系统的发展过程随着 CAD/CAM 技术以及现代设计理论与方法的发展而不断发展, 从最初的以二维图形技术为基础的系统发展到目前以三维图形技术及特征构型为主要特点的阶段。

1. 国外冲模 CAD/CAM 发展概况

国外于 20 世纪 60 年代末开始模具 CAD/CAM 研究, 70 年代初已投入生产中使用。如美国 Diecomp 公司于 1973 年研制成功计算机辅助设计级进模的 PDDC 系统, 该系统包括产品图形与材料特性的输入, 在输入的基础上再进行模具结构类型选择、凹模排样、凸模和其他嵌件设计, 最后绘制模具总装图和零件图及 NC 编程。

1977 年捷克斯洛伐克金属加工工业研究院研制成功 AKT 冲模 CAD 系统。该系统适用于冲裁件的简单模、复合模和级进模设计。

1978 年日本机械工程实验室研制成功冲裁级进模 CAD 系统 (MEL 系统), 该系统由产品图输入、模具类型选择、毛坯排样、条料排样、凹模布置、工艺计算、绘图等 10 个模块组成。

此外还有英国 Salford 大学、日本旭光学工业公司、前苏联科学院综合技术研究所等都于 20 世纪 70 年代开展了冲模 CAD 系统的研究, 并取得了一定效果。进入 20 世纪 80 年代, 随着计算机技术的发展, 使用模具 CAD/CAM 技术的厂家大大增加, 弯曲成形级进模和汽车覆盖件模具 CAD/CAM 系统研制成功, 而且在汽车覆盖件模具 CAD 系统中应用了塑性成形模拟技术。

日本日立公司于 1982 年研制成功弯曲级进模 CAD/CAM 系统, 该系统采用人工与计算机设计相结合的批处理方式, 即由人工完成产品图展开及工序设计与条料排样、凹模布置, 然后用类似后置处理程序完成毛坯排样与材料利用率计算、压力计算、模具结构设计及输出模具装配图、零件图、线切割纸带等。

1982 年日本富士通公司也研制成功级进模 CAD 系统, 该系统用于弯曲零件级进模设计。整个系统包括产品图输入、凸模和凹模形状设计、条料排样 (凹模布置)、模板设计、辅助装置设计、绘制模具图样并输出线切割纸带。系统中采用自动设计与交互设计相结合的方法, 其中毛坯展开、弯曲回弹计算、凹模布置的工步排序等均为自动处理。

1981 年德国 STEPPER 公司针对本公司级进模的设计特点, 自行开发了 KIWI 系统, 该系统是在美国 HP 公司的 ME10CAD 图形软件基础上开发的。进行模具设计时, 首先由主设计师使用 ME10 软件交互绘制出钣金件产品图, 利用 KIWI 系统提供的工具进行展开, 排样则可参照一个由 STEPPER 公司积累下来的排样库进行, 然后进行模块分割, 分割下来的模块交由几位设计师使用 KIWI 软件进行具体设计。由于该系统针对性强, 故效率高, 但也存在无法适应其他公司级进模设计的问题。

Auto-trol 技术公司采用三维几何造型技术, 于 20 世纪 80 年代末期开发出一个以交互式





为主的模具设计系统 Die - Design, 该系统以交互设计为主, 采用三维几何构型技术描述钣金零件, 并将三维产品图形展开为二维毛坯形状, 然后由用户交互进行排样, 同时将三维图形技术用于模具设计, 从而增强了系统模具结构的表达能力。

此外, 日本 NISSIN 精密机器公司和日本微型模具中心均开发了冲模 CAD/CAM 系统。

20 世纪 90 年代, 许多商品化的 CAD/CAM 系统, 如美国的 Pro/E、UG II、CADDSS、Solid Works、MDT 等在模具行业逐步得到应用, 但这些 CAD/CAM 系统在开发之初都是作为通用机械设计与制造的工具来构思的。为了能够提高模具设计的效率和正确率, 必须要进行二次开发。为此, 美国 PTC 公司在 Pro/E 系统的基础上开发了钣金零件造型模块 Pro/Sheet Metal, UG Solutions 公司在 UG II 系统上也开发了类似的模块 UG/Sheet Metal 等。在 Pro/Sheet Metal 和 UG/Sheet Metal 等钣金零件设计系统中, 虽然采用了基于特征的造型方法, 但仍缺乏面向冲模成形工艺及模具设计的专用模块。目前, 许多开发通用 CAD/CAM 软件的公司正在开发并陆续推出能够用于级进模设计与制造的专用软件。

如美国 Autodesk 公司用于二维设计的 Auto CAD 软件与用于三维设计的 MDT3.0 相配套开发的级进模 CAD 软件 Strker System 是现今为止最成功的商业级进模 CAD/CAM 系统。该系统由钣金零件造型 (SS_STRIP DESIGN)、毛坯展开 (SS_UNFOLD)、毛坯排样 (SS_NEST)、条料排样 (SS_STRIP DESIGN)、模具设计 (SS_DIE DESIGN) 和数控加工 (SS_PUNGH、SS_WIRE 和 SS_PROFILE) 等模块组成, 支持钣金零件特征造型、毛坯自动展开、交互式条料排样和模具结构设计, 以及自动的线切割编程。但该系统的主要特点还是交互操作, 而且只适用于弯曲冲裁级进模的设计。

美国 UG 公司于 2000 年开始与国内华中科技大学在 UG II 软件平台上开发了基于三维图形的级进模 CAD/CAM 软件 (PDW), 该软件包括工艺处理、条料排样、模具结构设计等模块, 目前已投入市场试用。

此外, 新加坡国立大学以及马来西亚、印度等均有学者或有关公司在开发级进模 CAD/CAM 系统, 而且均在工厂试用。

汽车覆盖件模具 CAD/CAM 的研究在世界各大汽车公司均取得成效, 其中日本丰田汽车公司于 1965 年将数控用于模具加工, 1980 年开始采用模具 CAD/CAM 系统, 该系统包括 NTDFF 和 CADETT 两个设计软件及加工凸、凹模的 TINCA 软件, 可完成车身外形设计、车身结构设计、冲模 CAD、主模型与冲模加工、夹具加工等。冲模 CAD 主要应用三维几何构型与图形变换的功能, 其中有关工艺成形性能的评价应用有限元分析方法和几何模拟方法。该系统投入使用后, 可使覆盖件成形模的设计与加工时间减少 50%。

美国通用汽车公司、福特汽车公司, 英国 PSF 公司均已建立了覆盖件拉深成形模 CAD/CAM 系统, 特别是福特汽车公司在覆盖件塑性成形模拟方面取得了很大成就, 应用大应变弹塑性有限元方法模拟覆盖件的成形过程, 预测其中的压力、应变分布和失稳破裂以及回弹的计算等。

2. 国内冲模 CAD 发展概况

由于我国计算机技术发展较晚, 于 20 世纪 80 年代初才开始模具 CAD/CAM 系统的研究。到目前为止, 先后通过国家有关部门鉴定的有 1984 年华中科技大学 (原华中理工大学) 建成的精冲模 CAD/CAM 系统, 1985 年北京机电研究院建成的冲裁模 CAD/CAM 系统, 1986 年华中科技大学、上海交通大学建成的冲裁模 CAD/CAM 系统。相继又有西安交通大



学、华中科技大学、上海交通大学等单位开展了拉深模、弯曲级进模 CAD/CAM 以及精冲级进模 CAD/CAM 系统的研究。

从 20 世纪 90 年代中期开始,华中科技大学模具技术国家重点实验室在深入分析级进模设计特点的基础上,将基于特征的设计方法应用于级进模 CAD/CAM 系统的开发上,在 2000 年建成了基于特征的级进模 CAD/CAM 集成系统。该系统共分钣金零件的特征造型、基于特征的冲压工艺设计(条料排样)、模具结构及零件设计、级进模标准件和典型结构建库工具以及线切割自动编程等五大模块。其中,钣金零件的特征造型模块主要用于将钣金零件的产品信息输入到计算机,建立钣金零件的特征模型,为后续的工艺及模具结构设计提供信息;基于特征的冲压工艺设计模块可实现钣金零件自动展开、毛坯排样以及冲压工序设计、工位布置、工艺参数计算等,由于在冲压工艺设计时需考虑众多因素,所以该模块能提供进行交互设计的各种操作命令,以使用户快速确定设计结果;模具结构及零件设计模块则为用户提供设计模具总装结构及模具零件的相关功能,使用户可方便地设计出级进模,输出符合用户要求的模具总装图与模具零件图;级进模标准件和典型结构建库工具用于建立用户的标准件库和典型结构库,它面向用户开放,可按需要进行添加、删除和修改。目前华中科技大学正在继续开发基于 UG II 软件的级进模 CAD 系统。

(二) 注射模 CAD 系统发展概况

注射模 CAD 技术是随着机械 CAD 技术的发展而发展的。最初的研究主要集中于塑料在型腔中的流动、保压和冷却的分析模拟,即通常所说的计算机辅助工程(Computer Aided Engineering, CAE),同时注射模 CAD 的各个单项功能的研究成果也十分突出,研究范围从注射机选择、塑料品种选择、模具各个部件设计到模具价格评估无所不包,为以后的注射模 CAD 设计软件的商品化打下了坚实的基础。随着实体造型技术,特别是近十年来特征造型技术的日趋成熟,以及各种通用的三维造型商品化图形软件包的推出,注射模 CAD 软件不断被推向市场,下面就国内外注射模 CAD 软件作一简单介绍。

1. 国外发展概况

国外一些著名的商品化三维造型软件都有独立的注射模设计模块,如 Pro/E, UG II;也有在通用 CAD 软件包上独立开发注射模设计系统的,如以色列的 Cimatron 公司在 AutoCAD 软件包上开发了注射模设计系统。这些软件的主要功能有:

- 1) 强大的造型功能,尤其是曲面造型功能,可以方便地设计出具有复杂自由曲面的塑料制品。
- 2) 方便的模具分型面定义工具,成型零件自动生成。
- 3) 标准模架库品种齐全,调用简单。
- 4) 典型结构、标准零件库添加方便。
- 5) 非标准零件造型和装配简单实用。

2. 国内发展概况

国内对注射模 CAD 技术的研究与应用相对国外来说起步较晚,经过近 20 年的努力已取得很大的发展,主要研究成果如下:

华中科技大学 1988 年推出了注射模 CAD/CAE/CAM 集成系统 HSC1.0 版,1990 年升级为 HSC1.1 版,1997 年推出了 HSC2.0 版。该系统以 AutoCAD 软件包为图形支撑平台,包括模具结构设计子系统、结构及工艺参数计算校核子系统及塑料流动、冷却与保压模拟子系





统、数控线切割编程子系统、建库工具和设计进程管理模块,已实现商品化,其中的模具结构设计系统是二维的。近年来,在华中科技大学华中软件公司的三维参数化造型系统 InteSolid 上开发了三维注射模结构设计系统。

合肥工业大学开发了注射模二维系统 IPMCAD 和三维系统 IPMCADV3.0。随后以 AutoCADR13.0 和 MDT 为环境,进一步采用参数化特征模型、特征建模技术和装配模型技术,研制出注射模 CAD 三维参数化系统 IPMCADV4.0。

此外,还有上海交通大学开发的集成化注射模智能 CAD 系统、浙江大学开发的精密注射模 CAD/CAM 系统以及郑州工业大学的 Z-MOLD 等系统。

四、模具 CAD/CAM 系统的发展趋势

1) 继续发展特征构型技术,以满足复杂形状产品零件和模具的要求,产品零件的特征模型将为后续应用程序提供信息。为了对工艺设计和模具设计制造的全过程提供全面的信息,要求产品定义模型必须反映产品的几何信息和工艺信息。目前应用特征模型虽可完整地表达产品定义,但对于复杂形状钣金零件的特征构型还需继续开展研究,以便为复杂钣金零件的工艺规划和模具设计与制造提供充分的信息。

2) 专家系统技术的应用。模具设计是一种以经验设计为主的设计过程,要提高模具 CAD/CAM 系统的自动化程度,采用专家系统技术是一种有效的途径。但将专家系统技术应用到模具 CAD/CAM 系统中,需要解决模具设计知识的整理与表达,特别是图形知识的处理(包括表达与推理方法)。

3) 工程数据库的应用。模具设计是非常复杂的设计活动,设计中所涉及的信息包括图形信息、设计信息、反馈信息以及各模块之间的信息继承等。若想有效地管理好这些信息,只有应用工程数据库。

4) 在原有 CAD/CAM 的基础上建立 CAD/CAE/CAM 集成制造系统。只有这样才能优化工艺设计和模具结构设计,提高设计的可靠性。因为应用有限元等数值计算方法对金属成形过程如弯曲、拉深、局部成形进行分析,可以计算成形过程中的应力应变分布及其变化情况,以确定最佳的工艺参数。

5) 研究模具的运动仿真技术,即冲模的冲压过程与注射模的运动仿真。因为复杂冲模与注射模的机构复杂,在冲压与注射过程中难免出现一些由于模具零件的运动而产生的干涉现象,特别是级进模还可能存在条料运动与模具运动的干涉,而在设计中这些现象难以发现,故只有采用仿真技术在计算机上显示其运动状态,才能及时改正错误的设计,以避免生产中出现問題。

6) 快速成形技术和反求工程等新技术的应用。快速成形技术作为 20 世纪 80 年代出现的一种全新概念的制造技术,被认为是 20 多年来制造领域的一次重大创新,是先进制造技术的前沿。其原理是用分层成形的方法快速得到一定批量的所需产品(塑料件、金属件等),从而满足产品开发、试制等需要。国外对快速制模技术的研究已有几十年的历史,美国、日本、英国、瑞士等国的许多公司对此技术都有深入研究并在许多领域得到了应用。现代企业间的竞争日益加剧,为了满足消费者对产品的个性化需求,新产品开发周期要求越来越短。快速成形技术(RP)可用于快速模具制造,如陶瓷型快速金属模具、石膏型快速金属模具、硅胶复模技术、金属喷涂快速模具和电铸快速制模等,也可以快速得到所需形状和



精度的产品，能够很好地满足产品开发及快速制造的要求。

反求技术是用三坐标测量仪等设备完成对产品的外形测量，得到数据点的信息，然后用CAD系统的曲面构造模块完成产品的构型设计，得到产品的三维CAD模型并可以进行改型设计。反求技术对于新产品开发设计很重要，用三坐标测量配合快速成形技术就能快速得到产品样件；同时，三坐标测量仪可以用于加工产品检测，对于模具加工质量控制也非常重要。