



机电类 **新技师** 培养规划教材

模具 CAD/CAM

MOJU CAD/CAM

中国机械工业教育协会

组编

全国职业培训教学工作指导委员会
机电专业委员会

石 琳 主编

赠送 电子教案



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



机电类新技师培养规划教材

模具 CAD/CAM

中国机械工业教育协会

全国职业培训教学工作指导委员会机电专业委员会 组编

石 琳 主编



机械工业出版社

本套教材是根据中国机械工业教育协会、全国职业培训教学工作指导委员会机电专业委员会组织制定的技师教学计划和教学大纲编写的。本教材的主要内容包括：模具 CAD/CAM 系统概述；MasterCAM 的应用；CAXA 制造工程师的应用；Unigraphics 的应用；Pro/E 的应用；其他 CAD/CAM 软件简介。

本套教材的教学计划和大纲是依据《国家职业标准》中对技师的要求制定的，内容立足岗位，以必需、够用为度，符合职业教育的特点和规律。本套教材全部配有教学计划和大纲、电子教案，部分教材还配有多媒体课件和习题及其解答，可供高级技校、技师学院、高等职业院校等教育培训机构使用。

图书在版编目 (CIP) 数据

模具 CAD/CAM/石琳主编. —北京：机械工业出版社，
2008.3

机电类新技师培养规划教材
ISBN 978 - 7 - 111 - 23524 - 8

I. 模… II. 石… III. ①模具 - 计算机辅助设计 - 技术培训 - 教材②模具 - 计算机辅助制造 - 技术培训 - 教材
IV. TG76 - 39

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 022133 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

责任编辑：王英杰 责任校对：魏俊云

封面设计：王伟光 责任印制：邓 博

北京京丰印刷厂印刷

2008 年 4 月第 1 版·第 1 次印刷

184mm × 260mm · 15 印张 · 367 千字

0 001—4 000 册

标准书号：ISBN 978 - 7 - 111 - 23524 - 8

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) 88379083

封面无防伪标均为盗版

机电类新技师培养规划教材

编审委员会名单

主 任 郝广发 季连海

副 主 任 刘亚琴 徐 彤 周学奎 何阳春 林爱平 李长江 付志达

李晓庆 王 军 赵杰士 李 涛 刘大力 张跃英 董桂桥

委 员 于正明 王 德 王兆山 王英杰 冯小平 李全利 许炳鑫

张正明 杨君伟 何月秋 何秉戌 周冠生 孟广斌 郝晶卉

贾恒旦 徐卫东 凌爱林 奚 蒙 章振周 梁文侠 喻勋良

曾燕燕

策 划 组 王英杰 徐 彤 何月秋 荆宏智

本书主编 石 琳

本书参编 陈海舟 罗 军 周 灿

本书主审 夏 薇

前言

随着全球知识经济的快速发展,我国工业化建设也呈现迅猛发展之势,因而技术工人十分缺乏。为了顺应形势的发展要求,我国出台了一系列大力发展职业教育的政策:劳动和社会保障部颁布了最新《国家职业标准》,继续实行职业准入制度,并将国家职业资格由三级(初、中、高)改为五级(初、中、高、技师、高级技师),对技术工人的工作内容、技能要求和相关知识进行了重新界定。教育部根据国务院“大力开展职业教育”的精神进行了职业教育的改革,高职院校、中职学校相应地改制、扩招,以培养更多的技术工人。

经过几年的努力,技术工人在数量上的矛盾在一定程度上得到缓解,但在结构比例上的矛盾突显出来。高级工、技师、高级技师等高技能人才在技术工人中的比重远远低于发达国家,而且他们年龄普遍偏大,文化程度偏低,学习高新技能比较困难。为打破这一局面,加快数量充足、结构合理、素质优良的技术技能型、复合技能型和知识技能型高技能人才的培养,劳动和社会保障部提出的“新技师培养带动计划”,即在完成“3年50万”新技师培养计划的基础上,力争“十一五”期间在全国培养技师和高级技师190万名,培养高级技工700万名,使我国从“世界制造业大国”逐步转变为“世界制造业强国”。为此,劳动和社会保障部决定:除在企业中培养和评聘技师外,要探索出一条在技师学院中培养技师的道路来。中国机械工业教育协会和全国职业培训教学工作指导委员会经研究决定,制定机电行业的技师培养方案。

在上述原则的指导下,中国机械工业教育协会和全国职业培训教学工作指导委员会机电专业委员会组织30多所高级技校、技师学院和企业培训中心等单位,经过广泛的调研论证,决定首批选定五个工种(职业)——模具工、机修钳工、电气维修工、焊工、数控机床操作工作为在技师学院培养技师的试点。对学制、培养目标、教学原则、专业设置、教学计划、教学大纲、课程设置、学时安排、教材定位、编写方式等,参照《国家职业标准》中相关工种对技师和高级技师的要求,结合各校、各地区企业的实际,经过历时三年的充分论证,完成了教学计划和教学大纲的制定和审定工作,并明确了教材编写的思想。

使用本套“机电类新技师培养规划教材”在技师学院培养技师,招收的学员必须符合的条件是:已取得高级职业资格(国家职业资格三级)的高级技校的毕业生,或具有高级职业资格证书的本职业或相近职业的人员。本套教材的编写充分体现“教、学、做”合一的职教办学原则,其特点如下:

(1) 教材内容新,贴合岗位实际,满足职业鉴定要求。当今国际经济大格局的进程加快了各类型企业的先进加工技术、先进设备和新材料的使用,作为技师必须适应这种要求,教材中也相应增加了新知识、新技术、新工艺、新设备等方面的内容。另外,教材的内容以《国家职业标准》中对技师和高级技师的知识技能要求为基础,设置的实训项目或实例从岗

位的实际需要出发,是生产实践中的综合性、典型性的技术问题,既最大限度地体现学以致用目的,又满足学生毕业考工取得职业资格证书的需要。

(2) 针对每个工种(职业),均编写一本《相关工种技能训练》。随着全球化进程的加快,我国的生产力发展水平和职业资格体系应与国际相适应,因此,技师应该是具有高超操作技能的复合型人才。例如,模具工技师不应仅是模具工方面的行家里手,还应懂得车、铣、数控、磨、刨、镗和线切割、电火花等加工,以适应现代制造业的发展趋势,故此《相关工种技能训练(模具工)》中,就包含上述内容。其他工种与此类似。

(3) 理论和技能有机结合。劳动和社会保障部颁布的“新技师培养带动计划”中明确指出“建立校企合作培养高技能人才”的制度,现在许多技师学院从企业中聘请具有丰富实践经验的工程技术人员作为技能课教师,各专题理论与实践融合在一起的编写方式,更适于这种教学制度。

(4) 单独编写了两本公共课教材——《实用数学》和《应用文写作》。新时代对技师的要求不仅是技术技能型人才,还应是知识技能型甚至是复合技能型的高技能人才,有一定的数学理论基础和写作能力是新技师必备的素质。《实用数学》运用微积分知识分析解决生产中的实际问题,少推理,重应用;《应用文写作》除介绍普通事务文书、经济文书、法律文书、日常事务文书的写法外,还教授科技文书的写法,其中科技论文的写法对于技师论文的写作会有很大裨益。

(5) 绝大部分书配有电子教案。电子教案包括教学计划、教学大纲、每章的培训目标、内容简介、重点难点,教师上课的板书,本章小结、配套习题及答案等等。

(6) 练习题是国家题库及各地鉴定考题的综合归纳和提升。

本套教材的编写得到了各技师学院、高级技工学校领导的高度重视和大力支持,编写人员都是职业教育教学一线的优秀教师,保障了这套教材的质量。在此,对为这套教材出版给予帮助和支持的所有学校、领导、老师表示衷心的感谢!

本书由石琳统稿并任主编,第一章由石琳编写,第二、六章由陈海舟编写,第三、四章由罗军编写,第五章由周灿编写,夏薇任主审。

由于编写时间和编者水平所限,书中难免存在不足或错误,敬请广大读者不吝赐教!

中国机械工业教育协会
全国职业培训教学工作指导委员会
机电专业委员会

目 录

前言	二、CAM 加工	106
第一章 模具 CAD/CAM 系统概述	复习思考题	112
第一节 模具 CAD/CAM 的技术及发展趋势	第四章 Unigraphics 的应用	114
一、模具 CAD/CAM 的技术及应用	第一节 Unigraphics 功能介绍	114
二、模具 CAD/CAM 技术的发展趋势	一、UG 工作环境	115
第二节 模具 CAD/CAM 的系统组成	二、功能模块的进入	116
一、模具 CAD/CAM 系统配置	三、图层操作	116
二、冷冲模与注塑模 CAD/CAM 系统	第二节 应用实例一	117
复习思考题	一、CAD 造型	117
第二章 MasterCAM 的应用	二、CAM 加工	137
第一节 MasterCAM 功能介绍	第三节 应用实例二	152
一、MasterCAM V9.1 的模块功能	一、CAD 造型	153
二、MasterCAM V9.1 工作界面	二、CAM 加工	159
第二节 应用实例一	复习思考题	173
一、MasterCAM 造型	第五章 Pro/E 的应用	174
二、MasterCAM 加工	第一节 Pro/E 功能介绍	174
第三节 应用实例二	一、简介	174
一、CAD 造型	二、系统安装的软、硬件要求	174
二、CAM 加工	三、Pro/E 2001 的界面	174
第四节 MasterCAM 的快捷键	四、管理文件	176
复习思考题	第二节 应用实例	179
第三章 CAXA 制造工程师的应用	一、CAD 造型	179
第一节 CAXA 制造工程师功能介绍	二、产品分模流程	194
一、绘图区	三、补面的技巧	201
二、下拉菜单条	复习思考题	208
三、立即菜单	第六章 其他 CAD/CAM 软件	209
四、快捷菜单	第一节 SolidWorks 与 Power Mill	209
五、工具条	一、SolidWorks	209
六、导航栏	二、Power Mill	211
七、点工具菜单	第二节 Cimatron	212
八、矢量工具	一、概述	212
第二节 应用实例一	二、产品模具分模设计	213
一、CAD 造型	三、注塑模具设计向导	213
二、CAM 加工	四、电极设计	214
第三节 应用实例二	五、Cimatron E 模具数控铣削加工编程	214
一、CAD 造型	六、结束语	215

第三节 CAD/CAM 软件的数据交换	216	三、国内 CAD/CAM 软件简介	226
第四节 其他 CAD/CAM 软件简介	217	复习思考题	228
一、概述	218	参考文献	229
二、国外 CAD/CAM 软件简介	218		

第一章 模具 CAD/CAM 系统概述

本章应知

1. 模具 CAD/CAM 技术的发展趋势。

2. 冷冲模与注塑模 CAD/CAM 系统。

本章应会

1. 模具 CAD/CAM 的技术及应用。

2. 模具 CAD/CAM 系统配置。

在现代机械制造业中,模具工业已成为国民经济中的基础工业,许多新产品的开发和生产,在很大程度上依赖于模具制造技术。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,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产品质量的要求。随着计算机技术已渗透应用到国民经济各个领域,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、计算机辅助工程和计算机辅助制造) 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,当然也将大大减轻科技人员的脑力和体力劳动,甚至能够完成人力所不及的工作,大大促进了科学技术和生产的发展。

模具 CAD/CAM 技术是计算机技术与制造技术相互结合与渗透而形成的一门综合应用技术,是当今科学技术的前沿,是发展中的高新技术。

第一节 模具 CAD/CAM 的技术及发展趋势

CAD/CAM,有时也统称为 CAD,是 20 世纪 60 年代以来迅速发展起来的一门新兴的综合性的计算机应用技术,是设计人员在计算机系统的辅导与帮助下,根据一定的设计流程进行产品设计的一项专门技术,是人的智慧和创造力与计算机软硬件功能的巧妙结合。但 CAD 不能代替人们的设计行为,而是实现这些行为的一种先进工具。或者说,是结合具体设计过程,提供一套具有智能性质的辅助手段。人们的设计行为,则由专业技术人员的创造力和工作经验以及设计方法学、所提供的科学思维方法和实施方法等来决定。

一、模具 CAD/CAM 的技术及应用

CAD/CAM 是改造传统模具生产方式的关键技术,是一项高科技、高效益的系统工程,它以计算机软件的形式为用户提供一种有效的辅助工具,使工程技术人员能借助计算机对产品、模具结构、成形工艺、数控加工及成本等进行设计和优化。模具 CAD/CAM 能显著缩短模具的设计制造周期、降低生产成本、提高产品质量。

1. 模具 CAD/CAM 的特点及关键技术

(1) 模具 CAD/CAM 技术的特点 由于工业产品越来越复杂、更新换代速度越来越快,

所以模具 CAD/CAM 系统相对于其他 CAD/CAM 系统更复杂、功能更强大。其具有如下特点:

1) 产品几何模型是 CAD/CAM 的原始依据,目前工业产品的几何形状越来越复杂,越来越不规则,因此模具 CAD/CAM 系统必须具备较强的几何建模功能。

2) 为了便于交流和提高工作效率,模具结构标准化程度正在逐步提高,模具结构中使用了大量标准件,所以模具 CAD/CAM 必须有较强的数据管理功能,建模时用模具标准的图形数据库,以便调用。

3) 模具设计过程中,需要大量的数表和线图,使用许多经验公式,因此模具 CAD/CAM 系统必须能对这些数表、线图和公式进行程序化处理,建立程序库。

4) 模具制造属单件生产, CAD/CAM 系统应建有丰富的工艺数据库。

(2) 模具 CAD/CAM 的关键技术 基于上述模具 CAD/CAM 的特点,在开发模具 CAD/CAM 系统时,必须应用下述关键技术:

1) 特征建模(构型)。有关特征的概念至今仍未有统一、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和信息的集合,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,使得后续的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。

2) 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,每次修改必导致图形的重画,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,从而达到设计出一组在形状或功能上具有相似性的方案。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公称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。

②变量化设计。由于参数化设计是一种“全尺寸约束”,即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,即变量化技术。

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。变量化技术既保持了参数化技术的原有优点,又克服了其不足之处,它的成功应用为 CAD 技术的发展提供了更大的空间与机遇。目前应用变量化技术具有代表性的软件是 SDRC/I-DEAS。

3) 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 3 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,再在整个外形里一级一级划分出产品的部件、子部件,一直到底层粗糙的零件。在模具中,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),零件数有时多达数百个。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上与位置上都有约束关系,如级进模中的凸模与凹模型腔间、凹模或模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来进行设计的。因此,在进行模具设计时,只有采取自顶向下的设计方法,而变量装配设计支持自顶向下的设计。

变量装配设计也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、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、几何约束都是可变化和可控制的,是动态的。修改装配设计产生的某些设计变量和约束,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、传播和解决冲突,以满足设计要求,使各阶段设计(主要是零件设计)在产品功能和设计意图的基础上进行,所有的工作都是在产品功能约束下进行和完成的。

4) 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,这种集成化系统中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的。

工程数据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、复杂数据结构,具有丰富的语义联、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现数据、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以下几方面的要求:

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,而且还要支持对多关系、递归关系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,以实现对长事务的回退处理。

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,所以需要提供多库操作和通信的能力。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。在 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调用访问或修改数据库。

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

2. 模具 CAD/CAM 的应用

随着 CAD/CAM 技术的发展,推动了几乎所有领域的设计革命,CAD/CAM 技术的发展和水平已成为衡量一个国家科技现代化和工业现代化水平的重要标志之一。CAD/CAM 技术从根本上改变了传统的手工设计、绘图、描图以及根据图样组织生产的落后状况。CAD/CAM 技术应用的实际效果是:提高设计质量,缩短设计制造周期,产生显著的社会经济效益,使企业的竞争能力和应变能力得到提高。例如,根据对日本金属模具制造公司关于 CAD 应用的实际效果的调查表明,由于 CAD 技术的应用,资料收集与调研和设计工作量减少了 50%。美国 ADL 公司对各行业应用 CAD 的效果进行调查的结果表明,大多数行业在应用 CAD 后工作效率提高了 3~5 倍。

在我国 CAD 技术的应用经历了由引进到开发、由一般到高级、由少数用户到全面普及的发展过程。很多大中型企业和工程设计部门纷纷通过引进或自行开发,建立起适合自己行业特点和工作需要的 CAD/CAM 系统,在设计计算、分析评价和制造监测等方面发挥出重要的作用,取得了良好的社会效益。目前 CAD/CAM 技术广泛应用于机械、汽车、航空航天、电子、建筑工程、轻工、纺织、家电乃至娱乐及体育等领域。

(1) CAD/CAM 技术在模具行业中的应用 模具行业是最早采用 CAD/CAM 技术的行业。为适应产品生产呈现多品种、少批量、复杂、精密、更新换代速度快的变化特点,同时为了提高模具质量、缩短制模周期,随着计算机技术和制造技术的迅速发展,功能强大的专业软件和高效集成制造设备的出现,模具技术正由手工设计、依靠人工经验和常规机械加工技术向以计算机辅助设计(CAD)、数控切削加工、数控电加工为核心的计算机辅助设计与制造(CAD/CAM)技术转变。

工业发达国家对模具 CAD/CAM 技术的开发和应用非常重视,早在 20 世纪 60 年代初期,国外一些飞机和汽车制造公司就开始了模具 CAD/CAM 的研究工作,投入了大量人力和物力。各大公司都先后建立了自己的模具 CAD/CAM 系统,并于 20 世纪 80 年代开始工业化

应用,广泛用于冷冲模、锻模、挤压模、注塑模和压铸模的设计与制造,目前工业发达国家采用模具 CAD/CAM 技术的制造企业已占 30%。

中国模具 CAD/CAM 技术的开发开始于 20 世纪 70 年代末,发展也十分迅速,但与工业发达国家相比还比较落后,有工业应用价值的模具 CAD/CAM 系统不多。为迅速改变中国模具工业的落后面貌,从 20 世纪 90 年代开始大力推广应用模具 CAD/CAM 技术,从国外引进了大量的 CAD/CAM 系统,目前已取得长足的进步。

(2) 模具 CAM 技术的应用、加工仿真及制造 模具的计算机辅助制造 (CAM) 技术主要应用在数控铣削加工、线切割加工、电火花加工等方面。CAM 技术尤其是在复杂模具的型腔、型芯及电极的铣削加工中起着更加重要的作用。其主要的技术特点包括:

- 1) 粗、精加工刀具轨迹的优化规划和 NC 指令的产生。
- 2) 刀具种类、特性和材料库的建立。
- 3) 切削加工工艺参数的确定。
- 4) 普通切削和高速切削加工的特性控制。
- 5) 过切检查与加工表面的精度控制。
- 6) 加工过程的电脑实体仿真切削。
- 7) 电脑控制数控机床的 DNC 技术及群控技术的应用等等。

在 CAM 技术的应用中特别需要 CAD 三维产品模型数据。较多的专业电脑编程软件如 MASTER CAM、UNIMOD、CIMATRON 等在多曲面的编程加工时对孩子的曲面模型有较高的要求,如相邻曲面的 U、V 方向的一致性、曲面与曲面的高精度拟合、曲面斜率连续变化等。在高级 CAD/CAM 一体化系统中 (如 UG-II、PRO/E),由于利用了参数化特征造型设计和同一数据库技术,使得产品模型数据、模具的型腔和型芯模型数据、刀具轨迹数据有着内在的联系。随着产品模型的修改,刀具轨迹亦自动修改。

应该指出的是,在 CIMS 基础上发展起来的虚拟技术将在 21 世纪的塑性加工领域发挥作用。所谓虚拟技术,是指以 CAD/CAM 支持的仿真技术为前提,对设计、加工、装配、试模等工序建立相关联的数学模型,配置必要的硬件 (如头盔、手套或者信号反馈装置等) 和软件 (如图形加速软件、虚拟现实模型语言等),形成虚拟的环境、虚拟的过程、虚拟的产品和虚拟的企业。

在虚拟技术的支持下,从用户订货、产品创意、设计到零部件生产、装配、销售以及售后服务等全过程的各个环节都可以分别由处在不同地域的企业进行互利合作。通过国际互联网、局域网和企业内部网实现模具的异地设计和异地制造,提高企业快速响应市场的能力。

二、模具 CAD/CAM 技术的发展趋势

21 世纪模具制造行业的基本特征是高度集成化、智能化、柔性化和网络化,追求的目标是提高产品质量及生产效率,缩短设计周期及制造周期,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。具体表现出以下几个特征:

1. 标准化

CAD/CAM 系统可建立标准零件数据库、非标准零件数据库和模具参数数据库。标准零件库中的零件在 CAD 设计中可以随时调用,并采用 GT (成组技术) 生产。非标准零件库中存放的零件,虽然与设计所需结构不尽相同,但利用系统自身的建模技术可以方便地进行修改,从而加快设计过程。典型模具结构库是在参数化设计的基础上实现的,按用户要求对相

似的模具结构进行修改,即可生成所需要的结构。

2. 集成化技术

现代模具设计制造系统不仅应强调信息的集成,更应该强调技术、人和管理的集成。在开发模具制造系统时强调“多集成”的概念,即信息集成、智能集成、串并行工作机制集成及人员集成,这更适合未来制造系统的需求。

3. 智能化技术

应用人工智能技术实现产品生命周期(包括产品设计、制造、使用)各个环节的智能化,实现生产过程(包括组织、管理、计划、调度、控制等)各个环节的智能化,以及模具设备的智能化,也要实现人与系统的融合及人在其中智能的充分发挥。

4. 网络技术的应用

网络技术包括硬件与软件的集成实现、各种通信协议及制造自动化协议、信息通信接口、系统操作控制策略等,是实现各种制造系统自动化的基础。目前已经出现了通过 Internet 实现跨国界模具设计的成功例子。

5. 多学科多功能综合产品设计技术

未来产品的开发设计不仅用到机械科学的理论与知识,而且还用到电磁学、光学、控制理论等知识。产品的开发要进行多目标全性能的优化设计,以追求模具产品动静态特性、效率、精度、使用寿命、可靠性、制造成本与制造周期的最佳组合。

6. 逆向工程技术的应用

在许多情况下,一些产品并非来自设计概念,而是起源于另外一些产品或实物,要在只有产品原型或实物模型,而没有产品图样的条件下进行模具的设计和制造以便制造出产品。此时需要通过实物的测量,然后利用测量数据进行实物的 CAD 几何模型的重新构造,这种过程就是逆向工程 RE(Reverse Engineering)。逆向工程能够缩短从设计到制造的周期,是帮助设计者实现并行工程等现代设计概念的一种强有力的工具,目前在工程上正得到越来越广泛的应用。

7. 快速成形技术

快速成形制造技术 RPM(Rapid Prototyping & Manufacturing)是基于层制造原理,迅速制造出产品原型,而与零件的几何复杂程度丝毫无关,尤其在具有复杂曲面形状的产品制造中更能显示其优越性。它不仅能够迅速制造出原型供设计评估、装配校验、功能试验,而且还可以通过形状复制快速经济地制造出产品模具(如制造电极用于 EDM 加工、作为模芯消失铸造出模具等),从而避免了传统模具制造的费时、高成本的 NC 加工,因而 RPM 技术在模具制造中日益发挥着重要的作用。

第二节 模具 CAD/CAM 的系统组成

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

1. 图形显示功能

因为模具 CAD/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/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/CAM 系统运行过程中,用户需通过人机交互设计界面,不断地将有关的设计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/CAM 系统为满足上述功能要求,应配置相应的硬件与软件,如图 1-1 所示。



图 1-1 CAD/CAM 的系统构成

一、模具 CAD/CAM 系统配置

1. 模具 CAD/CAM 系统的硬件配置

(1) 计算机系统 CAD/CAM 计算机系统的硬件包括:主机、外存储器及通信接口等。计算机硬件的核心是主机,主机的类型和性能很大程度上决定了 CAD/CAM 系统的使用性能。主机由中央处理机(CPU)和内存存储器组成。由 CAD/CAM 系统特点决定,计算机主机应有较快的反应速度、较快的浮点计算机速度和图形处理速度,同时应配置大容量的内存存储器。CAD/CAM 计算机系统的硬件配置按其规模和功能的不同一般可分为四种基本形式:

1) 大型机系统(Mainframe Based System)。其特点是用高性能的大型通用计算机作为主机,用分时方式连接几十个甚至几百个图形端和字符终端。主机系统配置价格昂贵,仅适用于大型企业和科研单位。

2) 小型机系统(Turnkey System)。其特点是具有针对性较强的软、硬件配套系统,无需用户进行新的开发工作,效率较高,但扩展能力差。

3) 工程工作站(Workstation)。工作站是介于个人机和小型机之间的一种计算机,通常具有 32 位以上的微处理机、高的浮点运算能力、大的虚拟存储空间、网络通信以及友好的人机交互图形界面。工作站还可组成分布式计算机系统。所谓分布式计算机系统,是指系统中没有主机,而是用局域网将若干个工作站连接起来,工作站之间可以通过网络进行数据通信。工程工作站系统是当前 CAD/CAM 系统的主要硬件环境之一。

4) 个人计算机(Personal Computer)。即通常所说的 PC 机,与前述几类相比,PC 机成

本低,运算速度和处理能力相对较低,但随着计算机硬件技术突飞猛进的发展,许多诸如 UG-II、Pro/E 等在工程工作站系统应用的软件,已均可在 PC 机的硬件环境下应用。可以相信,在一定的时期内,它将会是中小企业 CAD/CAM 系统采用的主要环境。

(2) CAD/CAM 外围设备 CAD/CAM 外围设备主要包括计算机的输入输出设备,与一般的计算机系统相比,它的特点在于偏重于图形。其输入设备除普通的如键盘、鼠标外,还采用图形输入板、数字化仪及自动扫描输入机等。就输出设备而言,为便于绘图,应尽可能采用大屏幕的显示器。为便于图纸的输出,除打印机外,还需采用绘图机等输出设备。

(3) 生产设备 生产设备主要有 CNC 机床和机器人等。

2. 模具 CAD/CAM 系统的软件配置

模具 CAD/CAM 系统除必要的硬件设备外,还必须配备相应的软件。如果没有软件的支持,硬件设备便不能发挥作用。软件是决定模具 CAD/CAM 系统功能强弱、效率高低和使用是否方便的关键因素。在购置模具 CAD/CAM 系统时,软件部分的投资往往要超过硬件的投资。

根据在 CAD/CAM 系统中执行任务及服务对象的不同,可将软件系统分为三个层次:系统软件、支撑软件和应用软件。

(1) 系统软件 系统软件(System Software)指的是在计算机运行状态下,保证用户正确而方便的工作的那一部分软件,包括操作系统、汇编系统、编译系统和诊断系统等。操作系统是用户和计算机之间的接口,使用户能够有效的使用计算机。操作系统全面管理计算机资源,合理的组织计算机的工作流程。操作系统是每一个计算机系统都具有的系统软件,如 DOS、UNIX、Linux、Windows 等。语言加工系统是指语言及其编译程序、解释程序和汇编程序。

(2) 支撑软件 支撑软件一般为市场上供应的各种商品化 CAD/CAM 系统。主要包括图形处理软件(含几何构型与绘图软件)、数据库管理系统(DBMS)、网络服务软件等。

1) 图形处理软件即目前通用的 CAD 系统,可用于二维和三维图形的产品构型及设计图纸的绘制。如早期的主要致力于实现交互绘图的 CADAM、AutoCAD、MEDUSA 等。20 世纪 80 年代,随着实体造型、线框造型、表面造型技术的日趋完善,不少 CAD 系统采用实体造型技术定义产品零件的几何模型,并进行分析、数控加工、输出工程图等,也有软件利用上述 3 种造型方法产生 3 种模型,即实体模型、线框模型、表面模型,并可使之相互转换。目前较为流行的通用 CAD/CAM 集成系统有 Pro/Engineer、UG-II、I-DEAS、CADD5-5、CAT-IA、Sie-mens-Design 等。

2) 数据库管理系统(DBMS)用于管理庞大的数据信息,提供数据的增加、删除、查询、共享、安全维护等操作,是用户与数据之间的接口。数据库管理系统使用 3 种数据模型,即层次模型、网状模型、关系模型。目前流行的系统有 Foxbase⁺、Oracle、Ingres 等,它们都属于关系型数据库管理系统,常用于商业、事务管理。这种传统的数据库管理系统对于 CAD/CAE/CAPP/CAM 集成系统来讲不太适用,因为在 CAD/CAE/CAM 集成系统中,数据属于工程数据,这种数据的特点是:数据结构复杂,系统中除结构化数据外,还有图形、文字、表格等非结构化数据;数据除有静态数据外(如标准、设计经验数据表等),还有动态数据,即系统运行过程中产生的设计数据;数据联系复杂,在数据元素之间存在复杂的联系;数据的使用与管理复杂,数据库既要处理设计过程中的图形数据和非图形数据,还要便

于查找、调用、存储和组织这两类数据。而一般商用数据库管理系统不能处理 CAD/CAE/CAM 系统中这种处理量大、形式多样、结构烦琐、关系复杂、活动规律性差又具有动态性能的工程数据,因此只能采用工程数据库管理系统。

3) 网络服务软件,采用微机和 workstation 局域网形式的 CAD/CAE/CAM 系统已成为 20 世纪 90 年代软、硬件配置的首选方案。网络服务软件为这些系统在网络上传输和共享文件提供了条件,最常用的是 Novell 公司的 Net Ware,它包括服务器操作系统、文件服务器软件、通信软件等。Microsoft 的 Windows 环境下可直接支持绝大多数的网络互连服务。通过 TCP/IP 协议及 Internet,用户可以发送邮件、查询世界各地各领域的信息。随着网络的普及,网络服务即通过计算机网络进行信息咨询服务的市场正迅速扩大,SAP 公司在短短几年内的成功就是一个例子。

(3) 应用软件 应用软件是在系统软件、支撑软件的基础上,针对某一专门应用领域的需要而研制开发的软件。这类软件通常由用户结合当前设计工作需要自行开发,也称“二次开发”。如模具 CAD/CAE/CAM 软件中的冲模设计软件、压铸模设计软件、注射模设计软件及塑性成形模拟软件等就属于应用软件。能否充分发挥已有系统软件与硬件的效益,应用软件的技术开发工作是关键,也是 CAD/CAE/CAM 工作者的主要任务。开发应用软件应充分利用已有支撑软件的技术及其二次开发功能,而不是从头开始,这样才能保证应用技术的先进性和开发的高效性。需要说明的是,应用软件与支撑软件之间并没有本质的区别。当某一行业的应用软件逐步商品化形成通用软件产品时,它也可以称为一种支撑软件。

专家系统也是一种应用软件。在设计过程中有相当一部分工作不是计算和绘图,而是依赖领域专家丰富的实践经验和专门知识,经过专家进行思考、推理和判断才获得求解方案。使计算机模拟专家解决问题的过程而编制的智能型计算机程序称为专家系统。在人工智能技术发展的基础上,近几年专家系统技术有了迅速的发展。

3. 模具 CAD/CAM 系统的网络配置

现在市场上有很多 CAD/CAM 系统软件,种类繁多,但多以单件个体设计加工为主,并且对技术和设备的要求很高。目前,除了一些大型的企业集团自身拥有雄厚的技术力量和制造能力外,众多企业还需要向外订购,严重影响了企业产品开发的速度和质量,成为制约企业发展的瓶颈。21 世纪是网络的时代,因此,如何应用现代信息技术,构建一个分散网络化制造体系,成为制造业发展的主要方向。有实力的企业均已建立了本企业的 CAD 局域网,有的甚至与 Internet 相连,通过 Internet 把先进的 CAD/CAM 技术和数控加工设备集成起来,可以实现异地设计与制造、资源共享的目的,变个体优势为整体优势。

利用通信系统将计算机与计算机以及相关的外部设备相连即可构成网络。

局域网 (Local Area Network, 简称 LAN) 能够以最高效率、最低成本在本地区范围内将计算机、终端、工作站以及常用的计算机外部设备连接成一个网络系统。

通过国际互联网 (Internet) 非常方便地实现全球资源共享,可以通过网络电子商务完成从采购至销售的一系列环节。

(1) 模具 CAD/CAM 系统常用的局域网络系统形式

1) 集中式 CAD/CAM 系统。集中式 CAD/CAM 网络系统中,如果计算机仅与一台图形终端相联,则为单用户系统。此时,用户拥有系统的全部资源,不会产生与其他用户争夺资源的问题。但是,因为整个计算机资源在某个时间内只为一个用户占有,所以会造成资源浪