

# 浅谈模具数字化设计与制造技术

## Introduction on Digital Design and Manufacturing Technology of Mould and Die

普什模具有限公司 陈平 杨本伟 尧军



陈平

硕士, 机械工程高级工程师, 现任四川省宜宾普什模具 CB 事业部(冲压模具事业部) 部长, 在国内期刊发表学术论文 10 余篇, 并获得多项行业殊荣。

数字化设计与制造是计算机技术、制造技术、网络技术与管理科学的交叉、融和、发展与应用的结果, 也是制造企业、制造系统与生产过程、生产系统不断实现数字化的必然趋势。它使原有的传统制造业变成了智力型的工业, 使企业主要通过资源要素(如劳动力、设备、资金)竞争逐渐变为以创新能力知本型的竞争。目前, 世界科技已由 20 世纪的“机械化时代”迈入了 21 世纪的“智能化时代”, 模具数字化设计与制造技术的发展应以提高自动化和智能化水平为主, 积极创新和采用高新技术, 逐步将 CAD/CAE/CAM/IT 和模具系统集成化一体, 最终实现模具的无纸化、数字化、自动化加工。

DOI:10.16080/j.issn1671-833x.2015.09.049

自 20 世纪 80 年代改革开放以来, 中国以其资源丰富、人才富集、基础建设完备、政策支持等优势迅速成为“世界工厂”, 各类产品以“物美价廉”的优点畅销世界各地。在改革开放的浪潮中, 作为各经济大国国民经济支柱产业的制造业, 一直保持着快速发展的趋势。模具, 是以特定的结构形式通过一定方式使材料成形

的一种生产工具或工业产品, 它在航空、航天、汽车、轨道交通、新能源、食品、饮料、医疗器械等各行各业中都发挥着重要作用, 因此模具工业素有“工业之母”的称号, 其发展水平是制造水平的重要标志之一。中国制造业的快速发展带动模具产业的发展, 模具产业的创新又支撑着制造业的新一轮快速发展, 两者相互依存、相互促进。此外, 由于市场和成本等因素, 发达国家的模具产业也在逐步

向以中国为代表的发展中国家转移。这些综合因素促成了我国模具工业的高速发展。根据我国模具工业协会经营管理委员会提供的数据来看, 我国模具以平均 15% 的年增长率高速发展, 高于国内 GDP 的平均增值一倍多, 发展态势十分活跃。

随着人类文明迈入全新的 21 世纪, 世界经济全球化态势日臻成熟, 全球资源、资本、人才、市场逐步融合, 众多国外知名企业和“世界 500

强”蜂拥进入国内市场,加上国内的制造企业,各厂商之间的竞争已进入了白热化状态,产品的更新换代速度日趋加快,这就导致厂家对模具的制造周期要求越来越短,精度要求越来越高。而以前传统模具企业技术上过度依赖钳工作业并以钳工为核心的生产管理模式,正逐渐被以数字化技术为核心的 CAE 分析、CAD 精细模面设计、CAD 三维结构设计和 CAM 全数字化高速加工所替代,CAD/CAE/CAM 一体化集成系统技术在新兴模具企业得到越来越广泛的应用,推动着模具工业向着周期更快、品质更高、成本更低的方向发展。模具企业常用的模具开发制造流程如图 1 所示。

### 模具数字化设计

自从 20 世纪 50 年代第一台数控机床诞生以来,制造业先后经历了加工中心、柔性制造(FMS)系统、计算机集成制造(CIMS)系统的工业化转型升级。随着模具技术、数字化技术和网络技术发展的日益成熟,模具数字化设计与制造技术已经成为世界各制造大国研究的热点,它是由计

算机辅助设计(CAD)、计算机辅助分析(CAE)、计算机辅助工艺(CAPP)、计算机辅助制造(CAM)、产品数据库管理(PDM)基于网络实现系统集成的一项技术,它可以实现产品的全数字化开发制造过程,大大提高企业对新产品的开发能力和对市场的快速反应能力。

我国从 20 世纪 80 年代引入模具 CAD 技术,这项技术以其操作简便、设计高效、数据存储和交换快捷等优点得到快速发展,及至今日,国内主要模具企业的 CAD 技术都已从二维设计发展到了三维设计。不过,由于国内的工程软件开发能力较弱,自主开发的软件综合性能不高,国内模具企业使用的高端工程软件基本都是来自国外的软件公司,目前常用的 CAD 软件有 UG、CATIA、Pro/E、Cimatron、Delcam 等。国内模具 CAE 技术自 20 世纪 90 年代开始发展,因其具有仿真模拟可视化、工程问题分析简单化、分析过程层次化、分析结果使问题可预见化等优点迅速被模具企业推广和使用,目前模具企业常用的 CAE 软件有 Dynaform、Autoform、Pamstamp、Moldflow 等。

借助先进的 CAD 和 CAE 技术,模具工程师可以对全三维化的模具复杂运动过程进行仿真模拟分析,确保机构的运动协调,避免运动干涉现象,能最大限度地减少模具的设计问题,从而减少不必要的模具质量成本。此外,模具工程师也可以对产品数模进行仿真模拟分析,通过仿真分析结果,对产品进行相应的修正和调整,预先性地消除常见的产品开裂、起皱、回弹等问题,能够大幅度地减少这些常见问题带来的品质改修次数和制造成本。

模具数字化设计主要包含工艺方案设计和结构设计两方面的内容。合理的工艺方案设计既是模具设计制造的基础,又对产品的质量起着关键性作用,它影响着模具和产品的 QCT(质量、成本和周期);而结构设计则决定着模具的功能、结构尺寸、重量、强度等,它是模具生产制造实质上的指导文件,决定着模具的制造工艺性和生产操作性。

### 1 模具工艺方案设计

#### 1.1 模具工序的优化

通过优化冲压工艺,减少模具工序和数量,实现集约化生产,可以大幅降低模具成本和冲压生产成本。图 2 是几个不同产品在同一套模具上实现共模生产的示意图,使模具成本下降约 25%,生产成本下降约 50%。

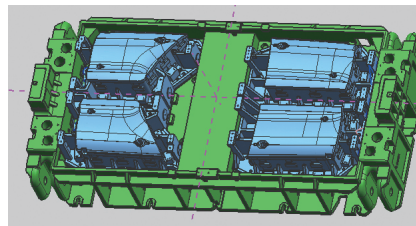


图2 一模多产品的模具

#### 1.2 NC 模面变间隙技术

综合零件成形性、材料变薄率、零件精度要求等因素对模面做变间隙处理,减少模具加工和钳工研配时间,降低调试难度及其工作量,确保

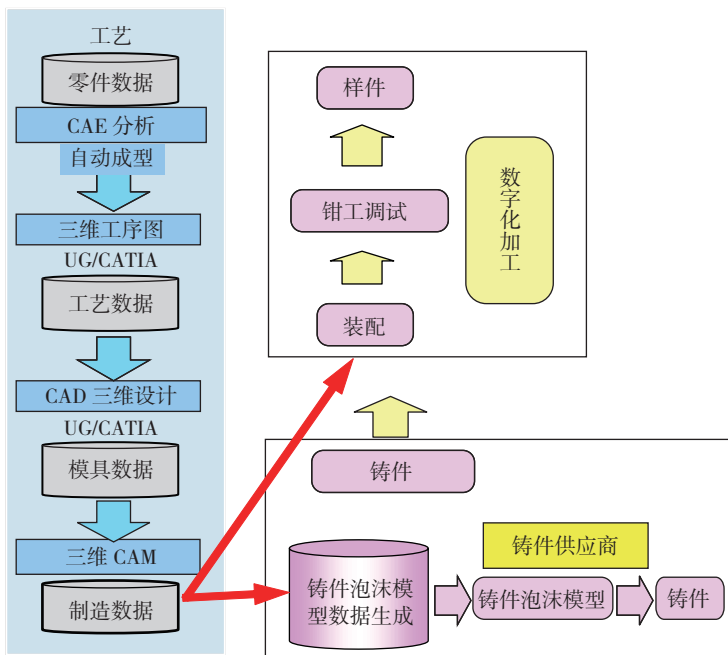


图1 模具设计与制造流程

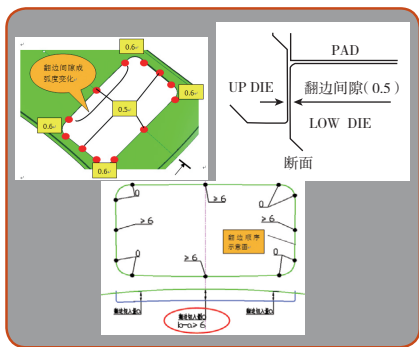


图3 某产品变间隙技术示意图

研配质量,提高零件精度。图3为某产品变间隙技术示意图。

### 1.3 零件整体变形补偿技术

因大尺寸平坦零件拉伸成形后的零件整体刚性差,零件顶面会发生塌陷,可使用整体隆起变形补偿技术保证零件品质。使用Dynaform等CAE软件完成板料的成形工艺分析,为模具的重构加工数模提供板料变形状态分析,并从CAE参数中得到自动回弹补偿的模面,且保持和原先曲面模型相同的拓扑。此项技术可降低模具型面的研配工作量,提高模具的型面精度。

### 1.4 RE——逆向工程技术

逆向工程技术是一种对产品设计技术再现过程的技术。逆向工程技术被广泛地应用到新产品开发和产品改型设计、产品逆向追溯、质量



图4 某零件数据采集

分析检测等领域,其作用有:

- (1) 缩短产品的设计和开发周期,加快产品的更新换代速度;
- (2) 降低企业开发新产品的成本和风险;
- (3) 加快产品的造型与系列化的设计;
- (4) 适合单件或小批量的零件制造,特别是模具的制造。

逆向工程技术在模具行业中的应用主要是通过对模具实际加工面和样件的光学扫描数据进行采集,分析出理论数据与实际数据的差异,从而快速重构加工模面。此项技术可以为模具品质改修提供重要的理论依据,提升模具品质改修的质量和效率。图4所示为工程师正在对某零件进行数据采集,以便对其品质改修提供理论依据。

## 2 结构设计

### 2.1 三维实体创建

三维实体设计的出现使CAD技术从单纯模仿工程图纸的三视图模式中解放了出来,三维实体设计能够直观地反映设计的真实状态,通过运动模拟、干涉检查等分析手段,在设计阶段就能避免以往在生产制造中才能发现的问题,从而降低模具制造的成本。

### 2.2 模具设计资料库

模具设计资料库包含标准件库、冲压设备库、典型结构库及基本结构库4部分。标准件库为模具结构设计提供可以直接装配的参数化、系列化零件;冲压设备库、典型结构库为结构设计提供可参考的模型;而参数化的基础结构库使模具设计更加灵活、智能。模具标准化资料库的建立,有效缩短了模具的设计周期,提高了模具质量。

### 2.3 自动冲压过程仿真

自动冲压线中各机构形状和运动比较复杂,通过冲压线的过程仿真既可以直观地看到整个过程中的各部件位置关系,又可以输出干涉曲线,从而发现设计中可能存在的干涉现象,及时进行结构优化。这样,就可以在设计中对端拾机构以及斜楔机构进行修改,避免模具在线调试和

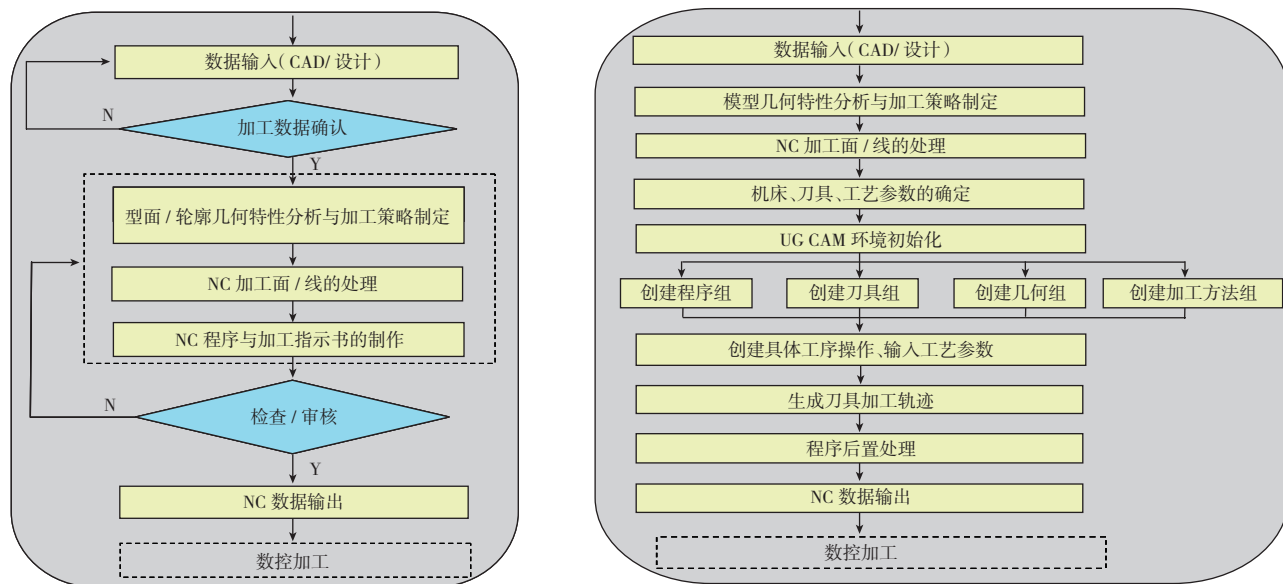


图5 CAM过程示意图

生产时产生干涉,达到降低模具调试成本,缩短生产周期的目的。

### 模具数字化制造

数字化技术是模具制造中一项重要技术,随着计算机技术的发展,数字化技术的应用也越来越广泛。近年来,信息技术不断地与制造技术相融合,使制造业日益走向数字化。广义的CAM(计算机辅助制造)技术是指借助计算机来完成从生产准备到产品制造完成过程中的各项活动,包括工艺辅助过程设计(CAPP)、数控(NC)加工编程、加工模拟分析、生产作业计划、制造过程控制、质量检测与分析等。CAM技术在模具企业里的应用通常是根据CAD模型自动生成零件加工的数控代码,对加工过程进行动态模拟,同时完成在机床加工时的干涉和碰撞检查模拟,常见的CAM过程如图5所示。模具制造自动化加工需要注意以下几方面问题。

#### 1 加工模板和参数库

模具企业里的制造技术都需要日积月累的沉淀,通过资深工程师建立加工模板和参数库的方法,能让新技术员应用成功的经验,编写出接近一般水平的程序。在编程规范中,应明确规定机床的选用、刀具的选择、走刀方向、加工余量等切削参数和不同形状特征所应采取的NC加工工艺方法。

#### 2 坯料建立

由于原材料、铸造工艺等原因,国内模具的毛坯铸造精度较差,模具毛坯和模具的理论数模经常会出现偏差,给后续加工带来撞刀、撞机等重大制造风险。通过白光扫描技术(TRITOP技术,即利用特有的数码点和参考点来构建一个完整的坐标定位系统,利用光学拍照定位技术和光栅测量原理,可在极短的时间获得复杂工件表面的完整点云的一种技术)对加工前的毛坯进行扫描成型,用扫

描成型的数据与三维模型进行比对(如图6所示),便于CAM工程师在程序编制之前,提前发现加工铸件的干涉、余量异常、铸造缺陷等问题并进行预先处理,规避模具制造的事故风险,保证加工制造的顺利完成。

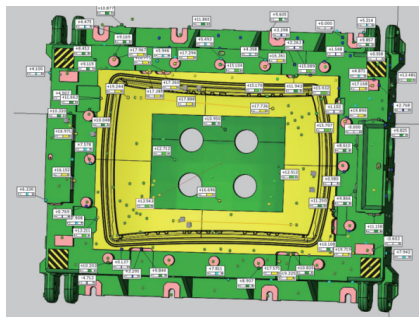


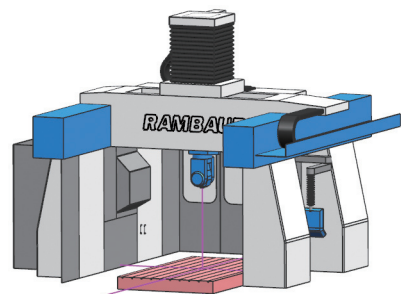
图6 扫描数据与模型比对

### 3 仿真模拟

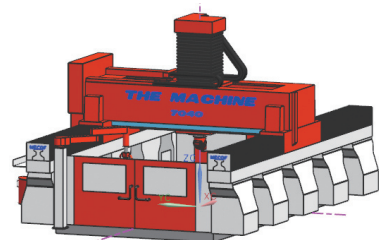
大型模具的结构通常都很复杂,侧切、侧整形模具上斜楔机构较多,在加工中刀具或主轴与工件容易发生干涉,会对模具和机床造成损伤,造成经济损失并影响模具周期。因此,为确保模具制造中的安全性和加工的质量,工程师结合本公司的机床设备,建立了相应的参数库、刀具库、主轴头库等,在程序编制完成后,调用相应的机床数据库进行切削仿真模拟,验证程序并对干涉区域进行修正和优化,保证零件在现场加工的正确性和安全性,如图7所示。

#### 4 在机检测

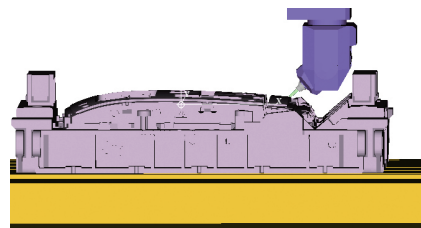
在机检测系统是在机床上利用测头对工件进行检测的一种测量方式,目的是对工件加工前、加工过程中以及加工完成后进行全过程的监测,防止人为误操作,进而有效地提高加工质量及效率。例如,以前在模具加工完成后,传统的检测模式是将模具转运到三坐标测量机上进行复检,这种方式虽然精确但是费时费力,也无法解决和模具数字化加工进行无缝衔接的问题。现在可以使用在机检测方法对加工完的模具进行自动检测并出具检验报告,减少了工件的转运和辅助时间,大大提高了检



(a) Rambodi



(b) Mecof



(c) 端头侧整形位置程序模拟验证

图7 模具加工的仿真模拟

测效率。

### 结束语

数字化设计与制造是计算机技术、制造技术、网络技术与管理科学的交叉、融和、发展与应用的结果,也是制造企业、制造系统与生产过程、生产系统不断实现数字化的必然趋势。它使原有的传统制造业变成了智力型的工业,使企业主要通过资源要素(如劳动力、设备、资金)竞争逐渐变为以创新能力知本型的竞争。目前,世界科技已由20世纪的“机械化时代”迈入了21世纪的“智能化时代”,模具数字化设计与制造技术的发展应以提高自动化和智能化水平为主,积极创新和采用高新技术,逐步将CAD/CAE/CAM/IT和模具系统集成为一体,最终实现模具的无纸化、数字化、自动化加工。

(责编 谷雨)