

# 数控加工技术在汽车机械模具加工制造中的应用分析

郭中福

江西江铃集团新能源汽车有限公司

**摘要:** 随着全球汽车产业的快速发展和市场需求的多样化,对汽车机械模具加工制造的精度、质量等方面的要求不断提高,而高效、精准的数控加工技术成为提升模具制造竞争力的关键。为解决传统加工效率低下、精度不足的问题,本文首先分析了数控加工技术在汽车机械模具加工制造中的应用优势,如提高加工精度、缩短生产周期、降低生产成本等。并探讨了该技术的应用原则,最后从汽车模具加工制造生产的角度出发,提出了数控加工技术的应用策略,实现了模具加工自动化、智能化,显著提高了生产效率和产品质量,以此为汽车模具制造领域的相关人员提供实践参考,推动行业向更高效、智能化方向发展。

**关键词:** 数控加工; 汽车机械模具加工; 策略性设计; 多轴加工

【DOI】 10.12252/j.issn.2096-6261.2023.12.195

## 前言

随着汽车工业的快速发展,对汽车机械模具的质量、精度和生产效率要求日益提高,而数控加工技术作为现代制造业的核心技术之一,在汽车机械模具加工制造中扮演着至关重要的角色。该项技术通过计算机编程控制复杂的机械加工过程,实现了高精度、高效率 and 自动化的生产方式。但由于汽车模具为精密工具,形状复杂,对结构强度、刚度、加工精度等多方面均有极高要求,因此如何有效地应用数控加工技术以满足这些要求成为研究和实践中亟待解决的问题。本文旨在从汽车模具加工制造的角度出发,探讨如何应用数控加工技术达到提升生产效率、确保产品质量和支持快速原型制作等目标。

## 一、数控加工技术在汽车机械模具加工制造中的应用优势

### 1. 提高加工精度与一致性

传统手工或半自动化生产方式受限于操作人员的技能和经验,难以保证每个模具部件的尺寸完全一致,数控加工技术通过计算机编程和自动化控制,可大幅提高汽车模具的加工精度,工作人员依托于软件设定精确参数,实现对切削路径、深度、速度等多方面的严格控制,此种精密控制确保了模具零部件按照设计规格准确无误生产,即使是极其复杂的几何形状也能够得到精确再现。在批量生产时,传统方法存在较大的尺寸偏差风险,而数控机床能够连续作业并保持始终如一的加工质量。由于所有操作都是预先编程好的,并由计算机系统执行,因此每个复制出来的零件都将与原型几乎完全相同,以保证成千上万个零件均符合严格标准,确保最终产品(汽车)的质量和安全。而且在数控加工中还可以采用高级检测装置与反馈系统(例如闭环系统),进一

步提升加工精度,此类系统可实时监测刀具位置、速度和负载条件,并自动调整以补偿可能出现的任何偏差,以此减少废品率并提高整体效率<sup>[1]</sup>。

### 2. 缩短生产周期与增强响应速度

数控技术大幅缩短了从设计到成品之间所需时间,工作人员可借助先进软件如CAD和CAM,快速将概念转换成详细图纸,并生成可直接导入数控机床进行生产的代码,此种快速从设计到原型再到最终产品阶段转换极大地缩短了产品开发周期。在遇到市场变化或客户需求改变时,数控程序可以迅速调整来适应新要求。相比之下,传统方法需要花费更多时间来重新设置设备或重新训练操作人员。数控技术使得企业能够灵活调整生产线并快速响应市场变化。在实际生产过程中,数控机床通常配备有自动换刀功能和多轴联动能力,允许在不停机情况下完成多道工序或处理复杂形状,进一步缩短了单个模具部分或整体模具组装所需时间<sup>[2]</sup>。

### 3. 降低成本与节约资源

采用数控加工还有助于降低总体生产成本并节约资源。在人力方面,由于操作简便且易于自动化,单独操作员可以同时监督多台数控机床运行。在材料方面,加工过程中通过优化刀具路径和使用高效率策略如高速铣削(HSM),可以最小化材料浪费。在时间方面,因加工过程均为计算机控制,这便减少人为错误及其导致重做或修正所需时间。除上述多方面成本优势外,工作人员可利用数字仿真技术在实际生产开始前虚拟测试各种切削条件和策略,不仅减少了试错成本,还可减少测试阶段的原材料浪费,经过验证有效且最优化的参数,最后才会用于实际生产<sup>[3]</sup>。

## 二、数控加工技术在汽车机械模具加工制造中的应用原则

### 1. 精度原则

数控加工技术在汽车模具制造中的应用，首先必须遵循精度原则，在加工过程中，工作人员必须确保模具的尺寸、形状和位置精度满足设计要求。为实现此点，数控机床必须具备高精度的定位和重复定位能力，同时加工程序需要精确编写，以避免误差的累积。精度原则的指导下，模具制造工作人员应选择适合的数控机床、使用高质量的刀具和夹具、编写精确的数控程序、定期对数控系统进行维护和校准、采用先进的测量技术以及反馈修正等，以大幅减少加工误差，从而保证汽车模具的质量和性能。

### 2. 效率原则

在遵循精度的基础上，汽车机械模具制造的加工过程还应遵循效率原则，在保证加工质量的同时，通过合理的加工策略和工艺优化来提高生产效率。效率原则要求工作人员在加工过程中合理规划刀具路径、选择合适的切削参数、减少非生产时间（如换刀时间和空行程时间）和利用高效的自动化设备。为实现高效的生产，此原则指导下，工作人员应运用多轴加工技术减少机床的设置次数、使用高速切削技术以提高材料去除率、应用自适应控制技术以实时调整切削条件，并实施计算机辅助制造（CAM）软件以优化刀具路径，彼此缩短生产周期，提升汽车模具制造的整体效率<sup>[4]</sup>。

### 3. 灵活性原则

汽车行业的快速发展和市场需求的多变性要求模具制造过程具有高度的灵活性，此现实需求下，汽车机械模具加工中，数控加工技术应根据灵活性原则进行操作，快速适应设计变更、定制化需求和小批量生产的挑战，灵活性原则要求数控系统能够快速调整或更换工具，以适应不同的加工任务，同时保证加工质量。为了提高灵活性，在模具设计中，应实施模块化设计以便于快速调整和替换模具部件，同时采用快速编程技术以缩短产品从设计到生产的时间，建立高效的供应链管理系统以确保原材料和零部件的及时供应，以此提高应对市场变化的能力，在保证模具质量的前提下实现个性化定制和快速响应市场<sup>[5]</sup>。

## 三、数控加工技术在汽车机械模具加工制造中的应用策略

### 1. 整合策略性设计与数控编程

策略性设计指的是采用计算机辅助设计（CAD）软件，创建详细的三维模型，并对模具进行优化以适应数控加工的需求。实际汽车机械模具（简称模具）生产

中，工作人员可以通过减少锐角和增加圆角来优化刀具路径，既可以延长刀具寿命也能提高表面处理质量，并考虑到材料去除率和潜在的加工难点，如难以达到的内部角落或复杂的几何形状，以提高模具质量，以便于后续零部件的生产。工作人员在从策略性设计过渡到数控编程时，可使用高级计算机辅助制造（CAM）软件，CAM软件能够直接读取CAD文件中的数据，并将其转换为数控程序代码（通常是G代码），该代码指导数控机床进行精确加工。在编写程序时，工作人员可利用软件提供的仿真功能来预测并优化刀具路径，避免碰撞、降低空行程时间，并确保最高效率的材料去除。针对特定操作如铣削、车削或钻孔等，选择合适的切割参数（包括转速、进给速度、切深等），同时根据实际情况调整以最大限度地提升生产效率与表面质量。

在策略性设计与数控编程整合过程中，工作人员应不断进行测试和优化，结合真实条件对第一版反馈信息，并根据实际加工结果调整CAD/CAM参数，比如发现某些区域有程序进行测试运行，收集过度磨损或者未达到预期精度时，需要修改原始设计或调整编程策略改善，而且在多轴加工中特别需要注意动态调整轴向移动以适配复杂曲面处理。为确保策略性设计与数控编程之间有效融合，在整个流程中都要密切注意生产周期和成本因素，工作人员可利用标准化组件和统一接口简化模具结构来缩短制备时间，并采取批量购买原材料、节约能源消耗等方法降低生产成本。

### 2. 优化多轴加工与切削路径

模具制造中，复杂曲面和紧密空间是常规要求，为应对此类高精度、复杂作业条件的挑战，工作人员可使用高级CAM软件生成精确的多轴切削路径，CAM软件能够基于3D模型数据创建切削路径，并考虑到机床的几何限制和动态性能，以实现每个轴向移动的精细控制，以避免碰撞、减少空行程并保持恒定的刀具负载。

在多轴加工过程中，工作人员可针对每个特定部件选择合适的刀具及其参数，以加工硬质合金模具为例，可选用涂层硬质合金或陶瓷刀具提高耐磨性和生产效率，并调整刀具长度以适应不同深度的加工需求，采用合理的进给速率和转速以提高表面质量并延长刀具寿命。考虑到加工过程的安全性和效率，实际模具加工时，工作人员可利用仿真功能进行预先验证，以提高多轴加工的安全性。在实际数控编程之前，依托软件进行仿真可以检测潜在碰撞、估计加工时间，并评估可能

出现的问题如过度热处理或者机械应力集中等问题,工作人员可以在不损害实际零件或机床设备情况下调整策略。此外,从生产的角度出发,工作人员在制定多轴加工策略时,还需要考虑到材料去除率与完成时间之间的平衡,增大进给速度和切深提升材料去除率会缩短加工时间,但可能引起更大震动与热量积累;反之,则会增长生产周期但有利于提升零件精度与表面完整性,两者之间的平衡需要工作人员结合实际模具生产需求进行灵活调整。

### 3. 自适应加工与实时监控

自适应加工在数控加工技术中的作用是通过动态调整切削参数响应材料的变化和工具磨损,以确保加工精度和提高工具寿命,此数据在模具制造中,自可通过传感器实时监控切削力、振动和温度等关键参数。比如,当传感器检测到切削力超过预设阈值时,数控系统可自动调整进给速率或主轴转速,以减少工具负荷并防止断刀,还可直接在数控程序中嵌入工具磨损模型,利用系统预测工具寿命并根据实际磨损情况调整切削参数,以减少因工具突然磨损造成的生产中断,并确保零件加工质量的一致性。

实时监控方面,工作人员可依托安装在机床上的摄像头和传感器,监控系统以实时跟踪加工过程,并使用图像识别和数据分析等技术,检测模具制造中潜在的加工缺陷。例如,使用机器视觉系统可以检测到切屑堆积情况,并通过数控程序调整来清除切屑,以防止切屑再切削引起的表面缺陷。而且实时监控还可对机床状态进行监测,分析从伺服电机和主轴传感器收集的数据,系统可以识别异常模式,如轴承故障或不平衡,从而提前进行维护,避免意外停机。

自适应加工和实时监控的整合可保障加工过程中的材料去除率和加工稳定性,工作人员可采用联网的数控系统,将传感器数据实时传输到中央控制单元,该单元使用先进的算法对数据进行分析,并将调整指令反馈给数控机床,此闭环控制系统能够确保高效数据进行分析,并将调整指令反馈给数控机床,此种闭环控制系统可确保高效和精准地模具加工。

### 4. 模具生命周期管理与数控维护

模具生命周期管理指的是从设计到报废整个过程中的管理,确保模具的最大化使用。为实现此点,工作人员在初始设计阶段,可使用CAD软件通过有限元分析(FEA)预测模具的磨损模式并模拟使用寿命,FEA可模拟加工过程中模具所承受的压力和热量,从而预测可能

的疲劳点,依托FEA的分析结果,工作人员可在模具设计阶段对其进行强化,以减缓磨损速度。同时,为了保持模具在其生命周期内的高效能,工作人员还应注意数控机床的日常维护,维护计划应包括定期的机械检查,比如对滑轨、丝杠和换刀装置的检查与润滑,除机械系统外,数控机床的电气系统也应定期检查,确保所有传感器和电机正常工作。

在上述模具生命周期管理和数控设备维护的基础上,工作人员还可实施预测性维护,确保数控机床和模具长期稳定运行,安装振动分析仪和温度传感器,实时监测设备的运行状态。数据分析软件能够处理传感器所收集的信息,并在出现潜在问题前发出警告,依托具体警告,工作人员可以在机床出现故障前进行维修工作,避免生产停机时间。

### 结束语

综上所述,本文系统性地对数控加工技术在汽车机械模具制造领域内应用策略的深入分析,明确指出了该技术在提升模具设计、生产效率和产品质量方面所发挥的关键作用,实际加工生产中,相关人员可从整合设计与编程、优化切削路径、实施自适应加工及强化模具生命周期管理等方面入手,达到提高生产效率和产品质量的目的,以此增强企业在竞争日益激烈的市场中的竞争力。未来,随着智能制造和人工智能技术的进一步发展,数控加工技术将迎来更广阔的应用前景,相关工作人员应不断持续深化对其应用策略的研究,并根据行业需求不断调整和优化加工方法,是推动汽车机械模具制造行业向更高水平发展。

### 参考文献

- [1] 李桐顺. 数控技术在机械制造中的应用和发展[J]. 科学与财富, 2017(8): 76-76.
- [2] 徐小娟. 数控加工技术在机械模具制造中的应用分析[J]. 中国设备工程, 2021.
- [3] 杨鹏. 浅析数控加工技术在机械模具制造中的具体应用[J]. 时代汽车, 2020(15): 2.
- [4] 常秀旺. 机械模具数控加工制造技术及其应用研究[J]. 汽车世界, 2019(18): 1.
- [5] 严江. 机械制造中数控高速切削加工技术的应用方式[J]. 南方农机, 2017, 48(18): 1.

作者简介: 郭中福, 1984年10月, 性别: 男, 民族: 汉, 籍贯: 江西省南昌市, 职称: 助理工程师; 大学本科; 研究方向: 汽车机械模具数控加工制造。