

机械制造过程中数控加工技术的应用与改进探讨

严康¹ 葛晓炜² 汤杭东¹

1. 浙江联宜电机有限公司 浙江东阳 322100

2. 浙江英洛华装备制造有限公司 浙江东阳 322100

摘要: 制造业飞速发展背景下, 数控加工技术变得越发丰富, 其在机械制造中追求高精度、高效率 and 灵活性, 对于整个行业都产生了巨大影响。与传统加工模式相比, 数控加工具有高精度控制、柔性化生产以及过程可追溯的核心特征。文章从数控加工技术的内涵出发, 分析了机械制造过程中数控加工技术的应用策略和改进路径, 旨在为数控加工技术的应用和发展提供参考。

关键词: 机械制造; 数控加工技术; 应用策略; 改进措施

引言

进入21世纪后, 伴随着工业互联网和人工智能技术的发展渗透, 数控加工技术开始逐渐朝着网络化、智能化的方向发展, 五轴联动、车铣复合等高端设备的出现, 使得很多复杂工件都可以实现一体化加工, 智能补偿算法的应用, 可以将加工误差控制在0.001mm以内。另外, 在现代制造业体系中, 数控加工技术的战略价值变得越发凸显, 在一些高端制造领域, 数控化率超过90%。研究数控加工技术在机械制造过程中的应用, 做好必要的改进优化, 能够为高端设备的自主可控提供关键支撑。

一、数控加工技术概述

数控加工技术(Computerized Numerical Control, CNC), 指利用计算机数字化控制技术做好控制程序的预先编写, 利用提前编写好的程序来对加工过程进行控制, 从而最大限度地保障加工精度及效率。在数控加工中, 需要做好工件加工工艺参数、加工路线等的梳理工作, 明确切削用量, 编制加工程序, 并且将程序导入数控系统中。而当数控系统接收到相关信息后, 能够自动完成数据运算和处理, 生成对应的控制指令, 确保机床能够依照预设参数和轨迹, 精准执行切削加工操作^[1]。

数控加工技术具有加工灵活、自由度高的优势, 在相对优越的生产运行环境中, 数控加工技术可以实现对工件的自动加工, 而且有着稳定的加工质量。同时, 数控加工技术有着极强的适应性, 通过对加工程序的调整, 能够加工各种各样的零件, 在联动计算机通信网络的情况下, 还可以实现技术的优化, 推动生产管理工作的现

代化发展。因此, 在机械制造中, 引入数控加工技术, 可以有效提升工件的加工精度, 将数控加工技术应用到机械制造过程中, 能够切实提高工件加工的精度和一致性, 可以切实提高产品的质量, 有效减少材料浪费问题。另外, 数控加工技术可以实现生产的自动化和智能化, 有效降低工件加工对人工操作的依赖性, 促进生产效率的提高, 而且数控加工的废品率和返工更少, 可以更好地控制生产成本。

二、机械制造过程中数控加工技术的应用

(一) 高精度定位控制

机械制造中, 想要保障加工精度, 需要做好加工机床坐标轴的精准定位, 加强运动控制。高精度定位控制是保障产品质量的核心环节, 其通过多维度技术协同实现微米级甚至纳米级的定位精度, 满足精密零部件的加工需求。这种技术的核心是数控系统, 通过搭载的高精度伺服驱动装置以及位置检测反馈系统, 形成闭环控制流程。数控系统可以根据加工图纸, 自动生成精准的运动控制轨迹指令, 伺服电机在接收到控制指令后, 会驱动各传动部件运动, 同时利用光栅尺、编码器等检测元件实时采集坐标轴位置数据, 将偏差信息反馈至数控系统, 系统快速计算并补偿误差, 确保刀具或工件始终处于预设加工位置。

(二) 刀具路径规划

刀具路径规划与数控加工的精度和效率存在密切关联, 以复杂形状工件的加工为例, 刀具路径的规划需要将各方面的因素考虑在内, 如工件形状、加工工艺等。例如, 型腔加工中, 如果选择环切法, 可以很好地保障

加工余量分布的均匀性，这样一方面可以提高工件加工的精度，另一方面则能够有效延长刀具的使用寿命，不过，环切法的走刀路线较长。如果选择行切法，能够缩短走刀路线，但是也会导致拐角位置出现较大的切削力，导致工件表面加工质量下降。数控加工技术可以利用计算机辅助制造软件CAM，实现刀具路径的可视化，通过模拟操作找出其中存在的问题，做好刀具路径和优化，提前预判加工过程中可能出现的过切、刀具干涉等问题，实现刀具路径的智能规划^[3]。

（三）复杂形状零件加工

数控加工技术能够完成复杂几何形状的高精度加工，保障工件加工的质量和效率。以汽车制造业为例，不少零件都有着复杂的内部结构，如变速器壳体、发动机气缸等，数控加工技术在实际应用中，可以通过多轴联动控制的方式，完成对于一些复杂曲面的加工处理。不仅如此，数控机床有着较高的柔性，功能丰富，一台设备就可以完成不同的加工工序，有助于生产效率的提高。例如，在模具加工中，很多零部件都存在复杂的三维曲面，常规加工技术并不能满足加工要求，借助数控编程和自动化加工操作，数控机床还能够在一次装夹的情况下，完成多道加工工序，这样能够有效减少装夹误差，提高加工效率。

（四）数控加工编程

数控加工编程包含了两种方式，一种是手工编程，适用于一些简单结构零件的加工。编程人员可以对照零件设计图和加工工艺顺序，完成加工程序的编制工作^[4]。以圆柱形零件的加工为例，必须先确定好零件的各种要素，如长度、直径、切削参数等，然后在数控机床中将相应的指令代码输入，控制刀具完成加工作业。手工编程有着很强的灵活性，不过在面对复杂形状零部件时，存在工作量误差高的问题。另一种是自动编程，自动编程的基本原理，是使用CAM软件进行编程，适用于复杂形状工件。技术人员需要利用专业的编程软件，构筑起完善的零件模型，并且将模型导入到CAM中，做好加工参数的合理设置。CAM软件可以根据设置好的参数，自动生成加工程序。相比较手工编程，自动编程有着更高的效率，在面对一些特殊零件的编程需求时，也可以顺利完成。

（五）自动化机械制图

机械制图对于机械制造意义重大，但是常规的人工制图效率较低，精度也无法得到保障。在合理应用数

控加工技术的情况下，可以实现自动化机械制图，依照提前设定的指令和参数，绘制零件三维图形，为机械零件的加工制造提供参考借鉴。例如，在汽车发动机缸体制图中，可以在专业制图软件中，输入缸体尺寸、形状以及各部分的连接关系，制图软件能够自动依照这些关键数据，生成高精度三维模型，对细节部分进行清晰展示，为后续的加工制造提供参考。另外，自动化机械制图在设计修改方面，同样表现出了良好的优势，如果只需要改变机械部件的某个尺寸，或者对其结构做出适当调整，只需要在软件中修改对应的参数即可，对比人工制图能够极大地缩短更新周期，提升机械设计制造的灵活性^[5]。

三、机械制造过程中数控加工技术的改进

当前，数控加工技术在实际应用中，面临着诸多挑战，如精度与效率协同不足、核心部件依赖进口、智能化技术落地障碍等，想要将其有效地应用到机械制造过程中，充分发挥数控加工技术的优势，需要做好技术的改进和优化，具体来讲，可以从四个方面着手：

（一）改进工艺体系

想要同时提高加工精度和加工效率，需要优化工艺体系和加工路径。实践中，可以借助智能优化算法，如遗传算法、粒子群算法等，缩短复杂零件的加工路径，减少空行程。例如，DELMIA Machining的AI驱动工具路径推荐系统能够借助相应的神经网络，精准识别几何形状模式，推荐最优加工作业，从而降低人工编程错误率，缩短设置时间。以航空翼肋的加工为例，通过双主轴配置据诶和路径优化的方式，实现了轻重切削的同步进行，使得加工效率提高了60%。

可以依照不同材料的特性，构建相应的参数数据库，借助AI系统，完成对切削速度、切削深度和进给量的实时调整，保障加工质量的同时，延长刀具的使用寿命。例如，在合理应用多目标优化方法的情况下，可以实现工件加工质量和加工成本的综合平衡，有效降低了复杂零件废品率。不仅如此。对于机械制造加工中存在的加工精度瓶颈，可以通过在线检测和动态补偿技术实现有效突破。借助坐标测量仪等检测设备，能够在对工件进行加工的同时，完成工件尺寸的实时监测，搭配相应的智能误差补偿算法，能够切实提高加工精度^[6]。

（二）突破核心技术

针对核心部件依赖进口的问题，应该重视核心技术的突破，实现自主化和智能化的协同推进。一是加速高

端数控系统的国产化，如华中数控、科德数控等企业在五轴联动、纳米级精度控制等核心技术上完成了突破，2025年，数控领域国产数控系统的数次航渗透率预计可以超过35%。以航天叶片加工为例，运用科德数控开发的五轴联动系统，借助Vericut仿真平台对铣削参数的优化，能够有效降低加工误差。二是推动关键零部件技术攻关，以国家科技重大专项为支撑，光栅尺的测量精度达到了0.001mm，核心部件的自给已经提升到了75%左右。各种新型刀具材料的研发使用，可以大幅度提升数控机床的加工性能，例如，在高温合金加工领域，硬质合金刀具对比常规刀具，使用寿命可以延长80%。三是智能化技术的融入，基于AI技术的预测性维护系统可以深入分析数控机床的运行数据，依照坏数据的波动，预测潜在故障，从而延长设备无故障连续运行时间，降低维护成本。例如，基于数字孪生技术的虚拟机床模型，能够对工件的整个加工过程进行追溯，降低试切成本^[7]。

（三）转型绿色制造

绿色制造是机械制造领域发展的主流方向，强调在保障机械制造质量和效率的同时，实现节能降耗。具体来讲，一是通过对数控加工的绿色化改进，实现能源利用优化以及污染控制。数控系统在集成实施节能控制功能的情况下，通过对能源的合理分配，能够显著提升数控机床的运行效率，同时降低机床耗电量。例如，通过刀具的合理选择以及路径的持续优化，可以减少不必要的切削实践，降低单位零件的加工能耗。二是通过冷却润滑技术的个性优化，实现效能和环保的双赢。以航空发动机叶片的加工为例，借助干式切削、微量润滑等技术，能够大幅度减少切削液的使用量，降低切削温度，如果搭配绿色切削液，还能够有效减少环境污染问题。三是通过构建能源管理平台，实现整体节能效果的提升。可以通过建立能耗数据库的方式，对加工过程中的各种参数信息进行实时监测，以大数据分析技术为依托，识别能源浪费环节，借助能源管理平台，实现对机械制造过程的能耗管理，降低综合能耗。

（四）构建产业生态

一方面，应该利用好产业集群效应，借助产业链协

同的方式，提高中端市场的国产化率。地方政府部门可以对效率提升较大的智能化加工项目提供财政补贴，以此来提高行业技术研发的资金投入力度。另一方面，应该建立起完善的人才培养体系，职业教育与企业合作开展定向培训，通过校企合作的方式，共同打造实训基地，这样不仅可以显著提高毕业生的就业率，也能够强化其对于岗位的适应能力，缩短岗位适应周期^[8]。

结语

总而言之，随着《中国制造2025》与“十四五”规划等政策的深入实施，预计到2030年，我国数控化率将突破80%，数控加工技术成为支撑我国从制造大国向制造强国转型的关键，在高端装备制造领域占据了重要地位。未来，随着高速高精加工技术的迭代，以及数字化、网络化的深入发展，数控加工技术将与人工智能技术实现更深层次的融合，进而推动制造业向更高水平的自动化与智能化方向迈进。

参考文献

- [1] 叶旭东. 机械模具数控加工制造技术及应用探索研究[J]. 模具制造, 2023, 23(8): 276-278.
- [2] 张楠, 张洁. 数控加工技术在机械工业设计与制造中的应用研究[J]. 装备制造技术, 2025(1): 123-125.
- [3] 孔繁清. 机械模具制造中的数控加工技术探究[J]. 时代汽车, 2025(8): 139-141.
- [4] 戴晶. 刍议数控加工技术在机械模具制造中的应用[J]. 机电产品开发与创新, 2025, 38(1): 80-82.
- [5] 崔媛媛. 数控加工技术在机械设计与制造中的应用[J]. 造纸装备及材料, 2025, 54(3): 94-96.
- [6] 胡向南, 魏代钢. 数控加工技术在机械加工制造中的应用策略探究[J]. 中国金属通报, 2025(4): 129-131.
- [7] 蒋伟锋. 数控加工技术在机械加工制造中的应用[J]. 中国设备工程, 2025(16): 246-248.
- [8] 余海涛, 陈燕燕. 数控机械加工技术在汽车传动系统零部件制造中的应用[J]. 内燃机与配件, 2025(15): 89-91.