

## 数控加工过程质量控制的关键环节研究

王琦 刘新

中智沈阳经济技术合作有限公司, 辽宁 沈阳 110000

**[摘要]** 随着制造业对高精度零件需求的不断增长, 数控加工技术已成为实现精密加工的关键手段。在高精度加工过程中, 即使是微小的误差也可能导致产品质量的严重偏差。尽管现代数控设备持续进步, 但如何确保加工质量的稳定性, 仍然是一个在复杂生产环境中亟待解决的难题。深入研究数控加工中的关键质量控制因素, 不仅对提高生产效率至关重要, 也有助于保障产品质量, 并能有效降低生产成本。

**[关键词]** 数控加工; 质量控制; 关键环节

DOI: 10.33142/ect.v2i12.14769

中图分类号: TH161.1

文献标识码: A

### Research on the Key Links of Quality Control in CNC Machining Process

WANG Qi, LIU Xin

Zhongzhi Shenyang Economic and Technological Cooperation Co., Ltd., Shenyang, Liaoning, 110000, China

**Abstract:** With the increasing demand for high-precision parts in the manufacturing industry, CNC machining technology has become a key means of achieving precision machining. In high-precision machining processes, even small errors can lead to serious deviations in product quality. Despite the continuous progress of modern CNC equipment, ensuring the stability of machining quality remains an urgent problem to be solved in complex production environments. In depth research on key quality control factors in CNC machining is not only crucial for improving production efficiency, but also helps to ensure product quality and effectively reduce production costs.

**Keywords:** CNC machining; quality control; key links

#### 引言

数控加工技术在现代制造业中占据着核心地位, 广泛应用于航空、汽车、电子等多个领域。尽管数控机床的精度与自动化水平不断提升, 但如何在实际生产过程中确保加工质量的稳定性, 仍然是一个亟待解决的难题。加工质量不仅受材料、刀具及设备选择与管理的影响, 还与加工参数的设定、实时监控系统的运作以及环境条件的控制密切相关。因此, 对数控加工过程中的质量控制问题进行深入探讨, 已成为提升生产效率、降低成本并确保产品质量的关键所在。

#### 1 数控加工中的质量控制要素

##### 1.1 加工材料的选择与控制

在数控加工中, 材料的选择与控制对产品质量的保障至关重要。材料的物理和化学特性, 如硬度、韧性、导热性及加工性, 直接影响切削力、刀具磨损及加工精度。因此, 合理的材料选择不仅有助于提高加工效率, 还能显著降低生产成本。较硬的材料通常会增加切削力进而加重刀具的磨损, 为延长刀具使用寿命, 选择合适的刀具材料及切削参数是必要的。硬度较大的材料常常需要使用涂层刀具, 同时适当降低切削速度以避免刀具的过度磨损。材料内部结构的均匀性以及是否存在杂质、孔洞或不规则的晶粒结构, 直接影响加工过程的稳定性, 加工过程中任何不均匀之处都可能引发表面缺陷或尺寸偏差, 从而影响最终

产品的性能。因此, 从采购、检验到储存的每一个环节, 都应进行严格的质量控制以确保材料符合标准。对于一些难加工材料, 如钛合金、不锈钢等, 它们在切削性能与热稳定性上的要求更为严格。加工此类材料时通常采用低切削速度与高进给量的组合, 能有效降低热量的生成。此外, 增加冷却液的使用能减少热量的积聚, 同时防止因温度过高导致材料变形, 从而确保加工精度。

##### 1.2 刀具的选择与管理

刀具选择与管理在数控加工中具有至关重要的作用, 直接影响加工效率、表面质量及零件精度。合理的刀具选择不仅有助于提升加工质量, 还能延长刀具及设备的使用寿命同时降低生产成本。为实现这一目标, 刀具的选择与管理需要综合考虑材料特性、加工工艺及生产需求等多方面因素。刀具的选择应根据工件材料的特性来进行。例如, 针对硬度较高的材料, 如不锈钢或钛合金, 通常应选择具备较高硬度和耐磨性的刀具, 如涂层硬质合金刀具或陶瓷刀具, 这些刀具能在高切削力的条件下保持稳定, 从而延长使用寿命。对于铝合金、铜材等较软材料, 则适宜选用涂层较薄的高速钢刀具, 这类刀具具备较好的韧性和较低的切削温度, 从而有助于提高加工效率。刀具的几何参数也对加工效果产生重要影响, 切削角度、前角、后角等几何参数应根据具体的加工工艺要求进行调整。在高精度加工时, 通过选择较小的前角和适中的后角, 可以有效控

制切削力并提升加工精度。而在粗加工时,采用较大的前角及更强的刀具切削刃,有助于提高进给速度减少切削力,从而提高生产效率。刀具的磨损直接影响加工精度与表面质量,甚至可能损害加工设备。为避免这些问题,企业应建立完善的刀具管理体系,定期检查刀具磨损情况,并根据磨损记录预测其更换周期。此外,通过借助刀具寿命管理系统,如预警系统及智能监控技术,可实时监控刀具状态及时采取修复或更换措施,从而避免过度磨损或不必要的提前更换,有效降低生产成本。刀具的保养与储存同样对其性能产生显著影响,刀具应存放在干燥、清洁的环境中,避免腐蚀或物理损伤。定期清洗和涂油能够保持刀具的良好状态,确保其在加工过程中的最佳性能。

### 1.3 数控机床的性能与精度

数控机床的性能与精度是确保数控加工质量的核心因素,直接决定了产品的加工精度与表面质量。高性能数控机床不仅能够保证加工过程的稳定性,且能在高精度及复杂的加工任务中表现出色。因此,选择合适的机床、合理配置以及做好日常维护,均为确保加工质量的关键所在。加工精度的重要因素之一是机床的刚性与稳定性,机床刚性与其结构设计、材料强度以及关键部件的精密加工程度密切相关。较强的刚性使机床能够承受更大的切削力,减少外力对机床造成的变形进而确保加工精度,在高负载或高精度加工时,机床的稳定性尤为重要。加工过程中的常见问题,如振动与热变形必须通过高效的减振系统与热变形补偿机制来解决,从而确保机床即便长时间运行,仍能维持较高的加工精度。另外,定位精度与重复定位精度也是评估数控机床性能的关键指标,定位精度直接影响工件的尺寸精度,而重复定位精度则决定了零件加工的一致性。现代数控机床通过精密伺服系统与反馈控制系统来确保精准定位,借助高分辨率编码器与高精度线性导轨实现实时调整,从而显著减少加工过程中的误差。在提高加工精度的过程中,机床的运动系统同样起着至关重要的作用,驱动系统决定了切削速度、加速度及动态响应能力。一个高效的驱动系统能够在高速与高负荷状态下稳定工作,从而提高加工效率与精度,特别在高精度零件加工时,机床运动系统的响应速度与稳定性,直接影响着产品的尺寸误差与表面质量。最后,数控机床的控制系统与软件在加工精度方面也发挥着重要作用,精确的计算能力与运动指令执行能力直接影响着机床的加工表现。现代数控系统配备了先进的补偿算法,能够补偿系统误差、几何误差以及温度变化,从而有效减少加工过程中的偏差。同时,友好的软件界面与强大的编程功能,便于操作人员高效设定加工参数,减少人为误差的发生。

### 1.4 加工参数的设定与优化

加工参数的设定与优化在数控加工中占据着至关重要的位置,直接影响着加工效率、产品质量以及成本控制。

合理的加工参数不仅能显著提高加工精度,还能延长刀具寿命、降低能耗,从而提升整体生产效率。在设定加工参数时,必须综合考虑工件材料、刀具种类以及加工方式等多重因素。切削速度、进给速度与切削深度是常见的关键加工参数,若切削速度过高刀具的磨损将迅速加剧,且过热可能严重影响加工质量;反之,切削速度过低则会降低生产效率,浪费时间与资源。同样,进给速度的合理调整直接影响切削力的变化,适宜的进给速度能够减少刀具磨损、降低振动,并优化加工表面质量。在加工过程中,参数的适应性尤为重要,需应对诸如刀具磨损、切削力波动与温度变化等动态因素的影响。例如,高精度加工常通过逐步调整切削参数来避免误差的逐步积累。在复杂工件加工中,通常依靠计算机模拟或试切工艺来进一步优化加工参数,确保加工过程能够高效、精准地进行。刀具选择与材料的匹配对加工参数的设定至关重要,不同材料的刀具对切削参数有不同需求。例如,硬质合金刀具适合高切削速度,而涂层刀具则能够承受更高的温度与磨损,适合高强度材料的加工。刀具与材料的合理配对对提高加工效果与效率起着决定性作用。为进一步优化加工过程,现代数控技术已引入实时监控与自适应控制系统,这些系统能够根据实时监测的数据,如刀具磨损与温度变化,自动调整加工参数,确保加工过程的稳定性与高效性。例如,一些先进的数控系统通过传感器监测刀具状态,实时调整进给速度与切削深度,确保加工始终处于最佳状态,避免资源浪费或质量问题的发生。

## 2 数控加工质量控制的关键环节

### 2.1 加工前的准备阶段

加工前的准备阶段是确保数控加工顺利进行的关键环节,它对后续加工的精度、效率以及产品质量具有深远的影响。在加工前必须确认所选材料符合工艺要求,确保其材质种类、硬度及表面状态满足加工需求。材料的检验应包括尺寸精度、表面缺陷,以及可能存在的裂纹或杂质等问题。若材料存在缺陷,往往会导致加工过程中产生无法修复的误差,从而影响加工质量与合格率。因此,选用符合技术要求的合格材料是确保加工顺利进行的前提。刀具的性能直接决定了加工效率与加工质量,在准备阶段,操作人员应检查刀具是否有损伤或磨损,确保其几何尺寸及装配状态符合工艺要求<sup>[1]</sup>。此外,刀具的预调与校准工作同样必不可少,确保其在加工过程中始终保持良好的切削状态,以减少误差对加工质量的影响。数控机床应定期进行精度校验与调整,确保始终处于最佳工作状态,操作人员应检查机床的各项参数设定,确保其运动精度、主轴转速及伺服系统响应等指标达到要求。同时,机床的液压、气动系统及夹具的检查与调整也必须做好,以确保工件在加工过程中的稳定夹持与精准定位,避免因夹具不稳或工件定位误差导致的加工偏差。对于高精度加工任务,编程

的合理性与加工工艺路线的优化至关重要,数控程序必须准确无误,并在编制过程中考虑刀具路径的合理性与切削顺序的优化,避免不必要的空刀或冗余操作。程序上传机床前,进行虚拟仿真或干切模拟,有助于发现潜在问题,从而减少实际加工中可能发生的错误。环境因素对加工质量也有着不容忽视的影响,温度、湿度以及车间的清洁度都可能对加工精度产生影响,尤其在高精度加工时,温度变化可能导致机床与工件的热变形,进而产生尺寸偏差。因此,确保车间环境温湿度的稳定,并控制尘埃污染,是提升加工质量的重要环节。

## 2.2 加工过程中的实时监控

实时监控在数控加工过程中发挥着至关重要的作用,不仅能够及时发现潜在问题,还能通过调整加工参数防止缺陷的产生。随着技术的不断进步,现代实时监控系統显著提升了加工精度与效率,并通过对关键参数的监测与动态调整,有效延长了刀具的使用寿命,降低了生产成本。实时监控系統能够持续跟踪切削力、振动、温度等关键参数,这些因素直接影响加工质量。过大的切削力或振动会导致刀具加速磨损,甚至产生表面缺陷,通过集成传感器,切削参数可以实时调整,切削力得以减小,从而避免对工件或刀具造成损伤。同时,温度过高时热变形可能发生,进而影响加工精度,通过温度传感器系統能监控温度变化并采取必要的冷却措施,确保加工过程稳定运行<sup>[2]</sup>。刀具磨损的监测是实时监控系統的重要组成部分,刀具磨损不仅会降低加工质量,严重时还可能導致刀具断裂,通过安装磨损监测系统刀具状态可实时检测,系統根据磨损程度自动调整切削参数或及时更换刀具,从而保证加工质量不受影响。现代数控系統还具备自适应功能,能够根据实时数据优化刀具路径和进给速度,延长刀具使用寿命并减少停机时间。通过实时监控,操作人员能够及时识别加工过程中可能出现的问题。例如,刀具与工件的接触状态、加工位置的精度等,均可通过系統反馈得到监控。当出现异常时,警报将由系統发出,并提供处理建议,帮助操作人员迅速采取行动,减少缺陷并避免返工。在实时监控中,数据采集与分析技术也发挥着重要作用,通过实时采集加工过程中的各类数据,管理人员可发现潜在的规律,为优化加工工艺提供数据支持。对切削力、温度、刀具磨损等数据的分析,能够准确预测刀具的剩余使用寿命,提前做好更换计划避免因刀具问题而造成的停机。

## 3 影响数控加工质量的主要因素分析

数控加工质量受多方面因素影响,其中设备状态与维护、加工环境以及数控系統精度是关键。每个环节的变化都会影响加工效果,必须从多个角度综合考虑,确保加工质量的稳定性与精度。设备状态与维护是保障数控加工精度的前提,长期使用中,磨损、积尘及润滑不良等问题常导致设备精度下降。定期保养与维修,特别是对机床关键部件如主轴、伺服系统的检查,可及时发现潜在故障并调整或更换,确保设备始终保持最佳工作状态,精良的设备维护不仅提高生产效率,还延长机床寿命降低维修成本<sup>[3]</sup>。加工环境的稳定性也对加工质量至关重要,温度、湿度及洁净度的变化可能导致工件及机床热膨胀或电子系統故障,从而影响加工精度,使用空调、温控系統等设备可有效减少环境变化对加工质量的影响。数控系統精度决定了整个加工过程的质量,现代数控系統通过精确的控制算法和先进的反馈机制,实时修正潜在问题。高端数控系統采用自适应控制和误差补偿技术,动态调整加工参数,确保加工过程中的高精度与稳定性。

## 4 结语

数控加工质量控制在保证产品精度与提升生产效率方面,发挥着至关重要的作用。通过材料选择、刀具管理、机床性能及加工参数的优化,不仅可提高加工精度还能延长设备的使用寿命。实时监控系統的应用确保了加工过程的稳定性与高效性。此外,操作人员的技术水平、设备的维护状况及加工环境等因素,在很大程度上影响着加工质量。随着智能化技术的持续进步,未来的数控加工质量控制将变得更加精准与高效。通过对各个环节的全面优化,市场日益严格的需求将得以满足,确保加工质量的不断提升。

### [参考文献]

- [1] 闫梅. 数控加工过程质量控制的关键环节研究[J]. 山东工业技术, 2019(6): 72.
  - [2] 杨校可. 对数控加工质量控制关键环节的几点探讨[J]. 南方农机, 2019, 50(15): 137.
  - [3] 耿吉. 机械数控加工过程中的质量控制问题探究[J]. 内燃机与配件, 2021(20): 177-178.
- 作者简介: 王琦(1992.6—), 男, 毕业院校: 辽宁石油化学工业大学顺华能源学院, 学历: 大学本科, 所学专业: 测控技术与仪器, 当前工作单位: 当前就职中智沈阳经济技术合作有限公司, 技术员, 及所在职务的年限: 9年。