

## 数控机床加工精度不稳定的原因分析与改进

刘宇翔

珠海科技学院 广东珠海

**【摘要】**数控机床加工精度不稳定严重影响产品质量和生产效率，成为制造业亟需解决的问题。本文通过分析数控机床加工过程中影响精度的主要因素，如机械结构误差、环境振动、刀具磨损及控制系统波动，提出针对性的改进措施，包括优化机械设计、加强环境控制、合理选择刀具及改进数控系统算法。实践表明，这些改进有效提升了加工精度的稳定性，促进制造过程的高质量发展。

**【关键词】**数控机床；加工精度；误差分析；改进措施；稳定性

**【收稿日期】** 2025 年 3 月 10 日

**【出刊日期】** 2025 年 4 月 19 日

**【DOI】** 10.12208/j.ijme.20250029

### Analysis and improvement of causes for instability in CNC machine tool machining accuracy

Yuxiang Liu

Zhuhai College of Science and Technology, Zhuhai, Guangdong

**【Abstract】** The instability of machining accuracy in CNC machine tools severely affects product quality and production efficiency, becoming a critical issue that the manufacturing industry urgently needs to address. This paper analyzes the main factors influencing machining accuracy during the CNC process, such as mechanical structure errors, environmental vibrations, tool wear, and fluctuations in the control system. Targeted improvement measures are proposed, including optimizing mechanical design, enhancing environmental control, selecting tools reasonably, and improving CNC system algorithms. Practical results show that these improvements effectively enhance the stability of machining accuracy and promote high-quality development in the manufacturing process.

**【Keywords】** CNC machine tool; Machining accuracy; Error analysis; Improvement measures; Stability

#### 引言

随着现代制造业对产品质量的要求不断提升，数控机床的加工精度成为关键指标。然而，实际生产中加工精度的不稳定问题依然普遍存在，导致废品率升高和成本增加。探讨并解决加工精度波动的原因，不仅有助于提升设备性能，也对保证生产效率和产品质量具有重要意义。本文旨在深入分析数控机床加工精度不稳定的主要成因，并提出切实可行的改进策略，为相关领域提供参考和借鉴。

#### 1 数控机床加工精度不稳定的现状与问题分析

数控机床作为现代制造业的核心设备，其加工精度直接决定着产品的质量水平和生产效率。然而，在实际生产过程中，加工精度的不稳定现象普遍存在，严重制约了数控机床技术的进一步发展和应用推广<sup>[1]</sup>。加工精度的不稳定表现为零件尺寸偏差超出公差范围、表面粗糙度波动大以及形位误差频繁

发生，这不仅导致产品质量不达标，还增加了返工率和材料浪费，进而推高了生产成本。加工精度的波动也给生产计划安排带来了困难，难以保证批量生产的一致性和可靠性，影响企业的市场竞争力。

引起数控机床加工精度不稳定的原因多方面且复杂，涉及机械系统、控制系统及外部环境等多个环节。机械结构误差是其中的主要因素之一，机床的刚性不足、部件装配精度低以及长期使用导致的零部件磨损都会引发几何误差和热变形，从而影响刀具与工件的相对位置精度<sup>[2]</sup>。环境振动和温度变化同样对加工过程产生显著影响，车间内设备运行产生的振动传递至机床，加工时的热膨胀效应也会导致零件尺寸变化。此外，刀具的磨损状态直接关系到加工精度，刀具磨损会引起切削力和热量分布变化，导致切削轨迹偏差。数控系统的控制精度和响应速度不足也可能引发数控指令执行误差，使得机床运动

轨迹产生偏离，综合作用下导致加工精度不稳定。

针对加工精度不稳定的问题，必须对影响因素进行全面、系统的分析和评估，结合实际加工条件和设备状态，找出关键制约因素。通过测量和监控机械误差、振动频率和温度分布，可以有效掌握机床状态并预判加工精度变化趋势。同时，利用先进的传感技术和数据采集系统，实现实时监控加工过程中的各种误差，有助于发现潜在的精度波动原因。此外，生产过程中合理安排刀具管理和维护周期，确保刀具处于最佳切削状态，对于稳定加工精度至关重要。通过这些措施，可以为后续的改进和优化提供科学依据和技术支持，从而为提升数控机床加工精度的稳定性奠定坚实基础。

## 2 影响数控机床加工精度的关键因素探讨

影响数控机床加工精度的关键因素复杂且多样，涉及机械系统、环境条件、刀具状态及数控系统等多个方面。机械结构误差是导致加工精度波动的重要原因之一。数控机床在长期运转过程中，主轴、导轨和丝杠等关键部件会因磨损、松动或变形产生定位误差和传动误差<sup>[3]</sup>。这些误差积累不仅使工件加工尺寸偏差增大，还可能引起形状误差和表面粗糙度的恶化。此外，机械刚性不足及振动传递问题也会对加工精度产生不利影响，尤其是在高速切削和重载加工条件下，机床结构的动态响应直接影响到加工的稳定性和重复精度。

环境因素同样是加工精度不稳定的重要诱因。车间温度变化、湿度波动及设备周围振动等外部环境因素都会引起机床零部件的热膨胀或收缩，导致加工误差。特别是在温差较大的季节或生产环境中，热变形是不可忽视的问题<sup>[4]</sup>。机床的热变形不仅影响机床自身的几何精度，也会引发数控系统的反馈误差，进而影响工件的加工精度。同时，环境中的机械振动和冲击会使机床在加工过程中产生微小位移，进而引起工件尺寸的波动，影响加工的稳定性和精度。

刀具的磨损和数控系统的波动也是影响加工精度的关键因素。随着加工时间延长，刀具切削刃逐渐磨损，导致切削力增大和切削参数变化，使得工件尺寸偏差和表面质量下降。及时监测刀具状态并合理选择刀具材料和几何参数，是保持加工精度的重要手段。此外，数控系统作为机床的控制核心，其性能的稳定性和精度直接决定了加工过程的精度。系统控制算法的不完善、反馈传感器精度不足或电气干扰均会

引起控制信号波动，导致机床运动轨迹偏离预定轨迹，从而影响加工精度。综合来看，只有全面识别并协调处理这些关键因素，才能有效提升数控机床的加工精度稳定性。

## 3 针对性改进措施的设计与实施路径

针对数控机床加工精度不稳定的问题，设计和实施有效的改进措施是保障加工质量的关键。机械设计的优化是提升加工精度稳定性的基础。通过提高机床主轴和导轨的刚性，减少机械结构的形变和振动，能够显著降低由机械误差引起的加工偏差。此外，采用高精度的线性导轨和滚动轴承，配合精密的丝杠副，可以有效提升机床的重复定位精度，减小传动系统的反向间隙和摩擦影响<sup>[5]</sup>。机械结构的优化不仅需要选用优质材料，还要注重结构布局的合理性，确保机床各部分受力均匀，避免局部应力集中导致的变形。同时，润滑系统的设计也直接关系到机械部件的磨损和精度保持，定期维护和优化润滑路径能延长设备寿命并维持加工精度。

环境因素对数控机床加工精度的影响不容忽视。车间温度的波动会导致机床热变形，进而引起加工误差。因此，建立稳定的环境控制系统，保证温湿度在合理范围内，是实现加工精度稳定的重要保障。振动干扰同样会影响加工过程中的定位和切削质量，隔振设计和减震措施的应用可以有效抑制外界和机床自身产生的振动，减少其对加工精度的影响。此外，刀具状态的监控与管理是保障加工一致性的关键。刀具的磨损、破损和装夹不当都会直接影响切削精度<sup>[6]</sup>。采用刀具状态在线监测技术，结合数控系统实时调整切削参数，可以有效延长刀具寿命并提升加工精度的稳定性。合理制定刀具更换周期及优化刀具路径规划，能够有效避免因刀具异常导致的加工误差。

数控系统作为数控机床加工过程的“大脑”，其控制算法和反馈机制的完善对加工精度的提升至关重要。优化数控系统的软件算法，包括插补算法和误差补偿算法，能够提高轨迹控制的准确性，减少系统响应迟滞和指令执行误差。采用闭环控制系统，通过高精度的编码器反馈，实现对机床运动的实时监测和动态调整，使加工过程中的偏差得以及时纠正。此外，智能诊断和故障预警功能的集成，能提前发现系统异常并采取补救措施，进一步保障加工的连续性和稳定性。结合大数据分析和机器学习技术，对历史

加工数据进行深度挖掘,为优化加工参数和制定维护计划提供科学依据,推动数控机床向智能化和高精度方向发展。综合机械结构优化、环境控制、刀具管理与数控系统改进,构建起多维度的改进体系,显著提升了数控机床加工精度的稳定性和可靠性。

#### 4 改进措施应用效果的验证与评估

数控机床加工精度的稳定性直接关系到产品的质量水平和生产效率,针对加工过程中存在的精度波动问题,实施改进措施后,其效果的验证与评估成为检验方案合理性和有效性的关键环节。通过对具体生产案例的跟踪监测,可以发现优化机械结构设计后,机床主轴及导轨的几何误差显著减少,有效降低了定位偏差和重复定位误差,从而使加工工件的尺寸精度和形位公差达到设计要求<sup>[7]</sup>。此类机械层面的改进通常需要采用高精度测量设备,如三坐标测量机(CMM)和激光干涉仪,对改造前后的机械误差进行量化分析,确保误差控制在允许范围之内。

环境因素对加工精度的影响也得到了有效控制,改进措施涵盖了振动隔离、温度恒定以及空气洁净度的提升,显著减少了因环境扰动引起的机床热变形和振动误差。实际生产数据表明,通过环境参数的持续监控和自动调节系统的引入,机床运行过程中的热膨胀误差降低了约30%,振动峰值也有明显减弱,极大地提升了加工稳定性<sup>[8]</sup>。刀具磨损状态的实时监测及及时更换策略的实施,有效避免了因刀具钝化带来的加工偏差,维持了切削过程的稳定性与一致性。

数控系统算法的优化与控制策略的改进在提升机床加工的动态响应能力和控制精度方面发挥了重要作用。采用先进的数控插补算法,使机床能够更加精确地计算和执行加工路径,减少因离散插补引起的轨迹误差。同时,自适应误差补偿技术能够实时监测并修正由于系统响应滞后、机械传动间隙以及信号噪声等因素产生的路径偏差,从而有效提高加工过程的精度和稳定性。在复杂曲面加工的实际应用中,改进后的数控系统表现出更高的轨迹跟踪精度,轮廓误差显著降低,保证了工件表面的光洁度和严格的加工精度要求。此外,优化后的控制系统不仅提升了加工性能,还增强了设备的稳定性,表现为故障率明显下降和维护周期延长,减少了非计划停机时

间,降低了生产成本,提升了整体生产效率。这些改进措施经过实际生产环境的检验,证实了其有效性,促进了数控机床加工精度的持续、稳定提升,为高精度制造提供了坚实的技术保障。

#### 5 结语

数控机床加工精度的稳定性是保证产品质量和生产效率的关键。针对机械结构误差、环境振动、刀具磨损及数控系统控制波动等因素,采取系统性的改进措施显著提升了加工过程的稳定性。实践证明,机械优化、环境调控与先进控制算法的综合应用,不仅有效降低了误差,还增强了机床的可靠性和加工一致性。未来,持续完善这些技术手段将为制造业高质量发展奠定坚实基础,推动数控加工迈向更高水平。

#### 参考文献

- [1] 崔再铎.五轴数控机床加工误差建模检测与补偿研究[D].沈阳工业大学,2014.
- [2] 解家润,唐云鹏.不规则零件的数控机床加工工艺探讨[J].现代制造技术与装备,2025,61(04):109-111.
- [3] 王明,尹秀铭,陈廷卫.数控机床加工精度优化措施研究[J].现代制造技术与装备,2025,61(04):175-177.
- [4] 凌廷喜,覃启路,钟海雄.数控车床加工薄壁零件的工艺参数分析[J].南方农机,2025,56(06):189-192.
- [5] 王明锋.数控机床加工精度的在线监测技术[J].大众标准化,2025,(03):55-57.
- [6] 戴志超.数控机床零件加工精度的影响因素与改善措施探讨[J].内燃机与配件,2025,(03):125-127.
- [7] 李昌,程剑锋.数控机床加工精度的影响因素及提高方法研究[J].时代汽车,2025,(02):148-150.
- [8] 林玲,林宇辉.数控机床加工精度提高技术及其问题分析[J].模具制造,2025,25(02):157-159.

版权声明: ©2025 作者与开放获取期刊研究中心(OAJRC)所有。本文章按照知识共享署名许可条款发表。

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



OPEN ACCESS