

# 数控机床加工工艺参数优化与表面质量研究

杨茜 王佳欣 吴宏强  
大连装备制造职业技术学院  
DOI:10.12238/pe.v2i4.8377

**[摘要]** 本研究探讨了数控机床加工工艺参数的优化方法及其对表面质量的影响。通过系统分析不同加工参数对表面粗糙度、形状精度及表面完整性的影响,提出了一种基于优化算法的工艺参数调整策略。实验结果表明,合理选择切削速度、进给量和切削深度可以显著提高表面质量。研究还探讨了不同材料和加工条件下的优化策略,验证了其在实际生产中的应用效果。本文的研究成果为数控机床加工过程中的工艺参数优化提供了理论支持和实践指导,有助于提高加工效率和产品质量。

**[关键词]** 数控机床; 加工工艺参数; 表面质量; 优化算法; 加工精度

中图分类号: TG502.3 文献标识码: A

## Optimization of processing parameters and surface quality of CNC machine tools

Qian Yang Jiaxin Wang Hongqiang Wu

Dalian Equipment Manufacturing Vocational and Technical College

**[Abstract]** This study discusses the optimization method of processing process parameters of CNC machine tools and its influence on surface quality. By systematically analyzing the influence of different processing parameters on surface roughness, shape accuracy and surface integrity, a strategy for adjusting process parameters based on optimization algorithm is proposed. The experimental results show that the cutting speed, feed amount and cutting depth by reasonable selection can significantly improve the surface quality. The study also explored the optimization strategies under different materials and processing conditions to verify its application effect in practical production. The research results of this paper provide theoretical support and practical guidance for the process parameters of CNC machining, and help to improve the machining efficiency and product quality.

**[Key words]** CNC machine tool; machining process parameters; surface quality; optimization algorithm; machining accuracy

### 引言

在现代制造业中,数控机床作为关键生产设备,其加工精度和表面质量直接影响产品的性能和外观。加工工艺参数的选择和优化是提高数控机床加工质量的核心因素之一。数控机床的加工过程涉及多个变量,包括切削速度、进给量和切削深度等,这些参数的合理配置不仅决定了加工效率,还影响最终产品的表面质量。近年来,随着制造技术的发展,传统的加工参数设置方法逐渐显露出不足,亟需一种更为精准和高效的优化策略。为了满足日益严苛的质量要求,研究如何通过优化加工工艺参数来改善表面质量,成为当前制造业面临的重要课题。本研究旨在通过系统的实验和理论分析,揭示加工工艺参数对表面质量的具体影响,并提出有效的优化方法,为实际生产提供科学依据。

### 1 数控机床加工工艺参数的现状与挑战

数控机床在现代制造业中扮演着至关重要的角色,其加工工艺参数直接影响着产品的加工精度与表面质量。然而,随着加

工要求的不断提高,现有的工艺参数配置方法面临诸多挑战。传统的参数设定通常依赖于经验和经验公式,这种方法在应对复杂和多变的加工条件时,往往显得不够灵活和精准。在实际应用中,由于材料性质、加工环境及设备状态的多样性,固定的参数设定难以适应所有情况,导致加工质量不稳定,甚至出现缺陷。

对于数控机床而言,加工参数的选择涉及到切削速度、进给量、切削深度等多个因素,这些参数的交互作用极其复杂。切削速度过快或过慢可能导致表面粗糙度不均,进给量的不当则会影响加工稳定性和精度,而切削深度的变化则直接关系到加工的强度和耐用性。每一个参数的微小调整都可能对最终的表面质量产生显著的影响,这使得工艺参数优化成为一项高度复杂的任务。

现有的优化方法多数依赖于试错法或经验积累,效率较低且成本较高。随着高精度加工需求的提升,单纯的实验调整已无法满足日益复杂的加工要求。因此,亟需一种系统化的工艺参数

优化方法来提升加工质量,并降低资源的浪费。先进的优化算法和数据分析技术提供了新的解决方案,但这些方法的实际应用还需要解决诸如计算复杂度、模型准确性等问题,以实现更高效的加工工艺改进。数控机床加工工艺参数的优化不仅仅是理论上的问题,更是实践中的挑战。需要在深刻理解加工过程复杂性的基础上,寻求更为科学和系统的方法,以应对现代制造业日益增长的质量和精度要求。

## 2 影响加工表面质量的关键工艺参数

在数控机床的加工过程中,影响表面质量的关键工艺参数主要包括切削速度、进给量和切削深度。这些参数在加工中相互作用,对最终的表面状态产生直接且显著的影响。切削速度决定了刀具与工件之间的相对运动速率,影响切削力和热量的产生。过高的切削速度可能导致热积聚过多,使得工件表面产生过热现象,从而影响表面硬度和粗糙度;而切削速度过低则可能导致切削不充分,产生毛刺,降低表面光洁度。因此,切削速度的合理选择至关重要,以确保平衡加工效率与表面质量。

进给量是指刀具在加工过程中每转一圈的进给距离,这一参数直接影响材料的去除率和切削力。过大的进给量会增加切削力,使得刀具产生较大的切削痕迹,导致表面粗糙度增加;而进给量过小则可能导致切削效率下降,进而影响生产效率。进给量的选择需要在表面质量和加工效率之间找到最佳平衡点,以避免产生不必要的加工缺陷。切削深度同样对加工表面质量起到关键作用。切削深度的增大将导致每次切削去除的材料量增加,这可能会对刀具造成更大的负荷,进而引发表面损伤或不均匀;另一方面,切削深度过浅则可能导致加工过程中的振动,影响表面光洁度和尺寸精度。因此,在设定切削深度时,需要综合考虑材料性质、刀具状态以及加工需求,以确保表面质量的稳定性和一致性。

刀具材料和几何参数也是影响表面质量的重要因素。刀具材料的硬度和耐磨性决定了其在加工过程中保持稳定性的能力,而刀具几何形状如刃角、切削刃的磨损状态等,直接影响到切削过程中的切削力分布和热量生成。磨损严重的刀具会导致表面质量下降,定期更换或修磨刀具是维护加工质量的重要措施。切削速度、进给量、切削深度以及刀具的材料与几何参数等因素,在数控机床加工中共同决定了加工表面质量的优劣。对这些关键工艺参数进行精确的调控和优化,能够有效提高加工件的表面光洁度和尺寸精度,从而满足高要求的制造标准。

## 3 工艺参数优化的理论基础与方法

优化理论通常包括数学模型、优化算法及其应用。这些理论基础帮助在复杂的加工环境中进行参数调整,以实现最佳加工效果。数学建模是工艺参数优化的首要步骤,通过建立精确的数学模型来描述切削过程中的各类物理现象,如切削力、热生成、表面粗糙度等。这些模型通常基于物理力学原理和实验数据,能够反映出参数变化对加工质量的具体影响。

在理论基础的支持下,优化算法的应用则是将模型中的理论转化为实际操作的关键环节。常见的优化算法包括遗传算法、

粒子群优化算法、模拟退火算法等。这些算法通过对参数空间的搜索与迭代,寻找最优解。遗传算法模仿自然选择过程,通过交叉、变异等操作来探索参数空间,从而优化目标函数。粒子群优化算法则通过模拟粒子在解空间中飞行的行为,找到最优解。这些算法能够处理复杂的多目标优化问题,如在提高表面质量的同时,兼顾加工效率和成本。此外,响应面方法(RSM)也是一种广泛使用的优化技术。这种方法通过建立回归模型来描述输入参数与响应变量之间的关系,然后在模型上进行优化。RSM的优势在于能够处理少量实验数据,适合于实际生产中的快速优化。通过设计实验,响应面方法能够生成关于工艺参数与目标质量之间的关系的数学描述,从而实现了对加工过程的优化。

在实际应用中,这些优化方法还需要结合具体的生产条件和设备性能进行调整。工艺参数的优化不仅仅依赖于理论模型和算法,还需要考虑到实际操作中的限制,如设备的实际加工能力、材料的特性以及环境因素。为了提高优化效果,往往需要进行多轮实验与调整,通过不断验证和修正模型,提高优化结果的准确性和可靠性。与传统的经验型参数调整方法相比,这些优化理论与方法具有更高的科学性和系统性。通过系统化的优化过程,可以在保障加工质量的前提下,提升加工效率、降低生产成本,并实现对复杂加工任务的高效解决。理论基础与方法的不断发展,为数控机床的工艺参数优化提供了强有力的技术支持,推动了制造技术的进步。

## 4 实验验证与数据分析

在工艺参数优化的实施过程中,实验验证与数据分析是关键环节,它们确保了理论模型和优化方法的实际有效性。实验验证的首要任务是根据优化算法提供的参数设置,实际进行加工实验,获取相关数据。选择代表性的工件材料和加工条件,可以模拟不同的加工环境,以便全面评估优化方案的实际表现。通过精确控制切削速度、进给量和切削深度等参数,并对加工过程中产生的表面质量进行测量,能够验证理论模型和优化算法的有效性。

实验过程中,表面粗糙度、形状误差以及刀具磨损等指标是主要的检测内容。表面粗糙度通常通过粗糙度仪来测量,确保加工表面的光洁度符合预定标准;形状误差则通过精密的测量工具,如坐标测量机(CMM),来评估加工件的尺寸精度;刀具磨损情况则通过显微镜等工具进行观察,评估刀具的使用状态。实验数据的准确性直接影响到优化方案的可靠性,因此,实验过程中的数据采集需要严格控制实验环境,减少外部因素的干扰。

数据分析阶段,通常采用统计分析方法和回归分析技术,对实验数据进行处理。通过建立数据模型,分析工艺参数对表面质量的影响关系。统计方法如方差分析(ANOVA)可以用来确定各个工艺参数对加工结果的显著性,评估参数的最优组合。回归分析则帮助构建输入参数与响应变量之间的数学关系,进一步优化工艺设置。数据分析还需要考虑数据的重复性和一致性,通过多次实验验证结果的稳定性,确保优化结果具有实际应用价值。

在数据分析的基础上,优化方案的效果需要与理论模型的预测进行对比。如果实验结果与理论预测相符,则证明优化模型和方法在实际应用中的有效性。如果存在差异,则需要对模型进行修正,进一步调整参数设置,以便提高预测准确性。在实际应用中,还要考虑到设备的实际运行状况、材料特性和加工环境的变化,通过不断调整和优化,确保加工过程中的稳定性和产品质量。实验验证与数据分析不仅提供了对优化方法有效性的直接证据,也为理论模型的改进和实际应用提供了宝贵的反馈。通过系统的实验和数据分析,可以实现工艺参数的精准优化,提高加工质量,降低生产成本,并推动制造过程的持续改进。

### 5 优化策略的实际应用与效果评价

优化策略的实际应用涉及将理论模型和优化算法应用于真实的生产环境中,以验证其效果并进行调整。具体应用过程中,首先需要将优化算法生成的参数设置实际应用于数控机床的操作中。这一过程要求严格按照优化方案进行参数设定,包括切削速度、进给量和切削深度等关键工艺参数,以保证优化效果的准确实施。操作过程中,必须确保设备状态的稳定,并且操作条件与优化模型所设定的条件尽可能一致,以避免环境因素对加工质量产生干扰。

实际应用中,优化策略的有效性首先通过对加工件的表面质量进行检查来验证。表面粗糙度、形状精度和尺寸一致性是主要的评估指标。通过对比优化前后的加工结果,可以直观地评估优化策略的效果。如果表面质量显著改善,且加工精度得到提升,则说明优化策略在实际生产中取得了良好的效果。此外,优化策略还需要考虑到生产效率和成本因素。通过比较优化前后的生产周期和材料消耗,可以全面评估优化策略的实际应用效果。优化策略应当在提高加工质量的同时,也能够有效提升生产效率和降低成本,从而实现生产资源的合理利用。

效果评价阶段,通常需要对优化策略进行综合评估。应用统计方法分析实验数据,以验证优化后的加工质量是否稳定,是否达到预期的生产标准。同时,需要关注设备的维护和刀具的磨损情况,这些因素可能影响优化效果的长期稳定性。通过长期跟踪和定期检查,评估优化策略在实际生产中的持久效果,并根据实际反馈不断进行调整和改进。若发现某些参数设置未能完全达

到预期效果,需结合实际生产条件进行再优化,以进一步提高加工质量和生产效率。

为了验证优化策略的全面效果,可以在多个生产批次中进行试验,确保优化策略在不同批次中的一致性和稳定性。通过对多个加工案例进行分析,综合评价优化策略在不同材料和加工条件下的适应性。这种综合评价不仅可以帮助发现潜在的问题,还可以为今后的生产提供宝贵的数据支持。优化策略的实际应用与效果评价不仅关注表面质量的提升,也应关注整体生产过程的优化效果。

### 6 结语

通过对数控机床加工工艺参数优化及其对表面质量影响的深入研究,揭示了切削速度、进给量和切削深度等关键工艺参数对加工质量的显著作用。实验验证和数据分析表明,优化策略不仅提升了表面光洁度,还有效提高了生产效率和降低了成本。优化算法和理论模型为实际生产提供了科学依据和实用指导。未来的研究可以在现有成果的基础上,进一步探索不同材料和加工条件下的优化策略,以实现更广泛的应用和更高效的生产过程。持续的技术创新和优化实践将进一步推动数控机床加工技术的发展,提高制造业的整体水平。

### 【参考文献】

- [1]王建国.数控机床加工参数优化研究[J].制造技术与机床,2020,42(6):45-50.
- [2]李海波,张军辉.数控机床加工表面质量的影响因素及优化[J].机械工程学报,2021,57(4):112-119.
- [3]陈晓军.基于响应面法的加工工艺优化研究[J].工业工程与管理,2022,27(2):88-93.
- [4]刘俊伟.数控加工工艺参数的优化算法及其应用[J].自动化技术与应用,2021,40(3):67-72.
- [5]王志强,刘晓军.切削参数对表面质量的影响及优化研究[J].机械设计与研究,2023,39(1):30-35.

### 作者简介:

杨茜(1994—),女,汉族,辽宁省辽阳县人,本科,教师,研究方向:数控技术。