智能制造背景下数控机械加工工艺参数优化策略

李天成
荆门职业学院，湖北 荆门 448000
DOI: 10.61369/RTED.2026180018

摘　　要： 随着智能制造技术的迅速发展，数控机械加工行业也开启了由传统化向数字化、智能化方向转型升级的浪潮。以往的数控加工工艺参数依靠人工经验、静态固化、适应性差的缺点愈发突出，已经无法满足高端装备制造对加工高精度、高效率、低能耗、低损耗的多元化生产需求。对此，基于智能制造背景，深入探究数控机械加工工艺参数的优化策略也有着重要现实意义。本文在分析传统数控机械加工工艺参数设置现存问题与数控机械加工核心工艺参数影响机制的同时，就智能制造背景下数控机械加工工艺参数优化策略进行了探讨，旨在为相关人士提供一些借鉴参考。

关 键 词： 智能制造；数控机械加工；工艺参数；优化策略

Optimization Strategy of CNC Machining Process Parameters Under the Background of Intelligent Manufacturing

Li Tiancheng
Jingmen Vocational College, Jingmen, Hubei 448000

Abstract: With the rapid development of intelligent manufacturing technology, the CNC machining industry has embarked on the transformation and upgrading from traditional mode to digitalization and intelligence. Traditional CNC machining process parameters, which rely on manual experience, feature static solidification and poor adaptability. Such shortcomings have become increasingly prominent and can no longer meet the diversified production requirements of high-precision, high-efficiency, low-energy-consumption and low-loss machining in high-end equipment manufacturing. In this context, in-depth research on the optimization strategy of CNC machining process parameters under intelligent manufacturing is of important practical significance. This paper analyzes the existing problems in the parameter setting of traditional CNC machining and the influence mechanism of core process parameters, and discusses the optimization strategies of CNC machining process parameters under the background of intelligent manufacturing, aiming to provide references for relevant practitioners.

Keywords: intelligent manufacturing; CNC machining; process parameters; optimization strategy

随着工业4.0和智能制造不断深入发展，机械加工行业正由原来的粗放式生产向高精度、高效率、绿色低碳、柔性化的生产方式转变，这也对数控加工的工艺稳定、产品一致、资源利用率提出更高的要求[1]。工艺参数作为数控加工的核心控制要素，直接决定工件加工质量、生产效率与生产成本。长期以来数控机械加工工艺参数设置大多依赖于人工经验、行业工艺手册固定数值，其适应性不足、生产效率低下的问题较为突出。而智能制造的推广为数控机械加工工艺参数优化带来了新机遇，对此，我们也应深入探索智能制造背景下数控机械加工工艺参数优化策略，推动参数改良“人工经验主导”转向“数据智能推动”的改变，为数控加工工艺的智能化升级以及机械制造行业高质量发展贡献力量[2]。

一、传统数控机械加工工艺参数设置现存问题

（一）依赖人工经验，主观性强

传统的数控加工工艺参数的确定，很大程度上依靠工艺人员的经验，没有形成标准化、数据化科学的支撑体系。不同的工艺人员技术水平、操作习惯不一样，对同一工件、同一设备、同一材料的加工参数设定常常会有差别，容易造成参数的偏差[3]。同时，行业通用工艺手册的参数数值为通用标准值，适用于所有的加工场景，没有根据具体的设备精度、刀具状态、加工环境、工件批量特性等个性化地调整参数，使得参数匹配度不高，不能充分发挥设备的最佳加工性能，也不能满足精密零部件的加工精度要求。

（二）参数静态固化，动态适配性差

传统的工艺参数调节属于静态固定的方式，加工过程中参数一经输入数控系统中，就会一直保持不变的状态，不能适应加工过程中动态工况的变化[4]。加工过程中由于加工时间的增长而引起刀具不断磨损、设备主轴存在轻微的振动、工件材料硬度存在微小的差异等状况出现，此时的加工工况处在动态变化之中。静态

 Copyright © This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License

参数不能根据工况变化实时调节，容易造成加工前期精度达标、中后期精度下降、工件一致性差等问题，而在多品种、小批量的柔性化生产环境中，参数固化的弊病更加明显，极大地影响着生产质量的稳定性。

（三）参数优化单一，忽略多目标耦合关系

数控加工工艺参数之间存在着非常强的非线性耦合关系，切削速度、进给量、切削深度等参数相互影响，它们共同决定加工质量、效率、能耗和刀具寿命。传统的参数优化大多是一个目标的优化，即单纯地追求加工效率而盲目提高切削参数，或者仅仅为了保证加工精度而减少切削参数，没有实现提质、增效、降耗、延寿的多目标平衡[5]。单一化优化思路很容易引起次生问题，例如，过度提高加工效率会使切削温度急剧上升、刀具磨损加快、工件表面出现毛刺变形；过分保守的参数设置会使加工时间过长，设备利用率低，生产成本高。

（四）数据利用率低，缺乏闭环优化机制

在传统的加工模式下，数控设备在运行过程中产生的主轴功率、切削力、振动数据、加工精度数据、刀具磨损数据等大量的生产数据，大部分处于闲置状态，没有被有效地采集、分析和利用起来[6]。企业缺少完善的数据采集和工艺优化闭环体系，无法从历史加工数据中总结出参数优化的规律，只能做事后整改，不能进行事前预判、事中调控，工艺优化滞后于智能制造数字化管控的发展要求。

二、数控机械加工核心工艺参数的影响机制

（一）切削速度的影响

切削速度是决定切削温度、刀具磨损和工件表面质量的主要参数。在合理的范围内，适当提高切削速度可以缩短加工时间，提高生产效率。但是切削速度过高会使切削区温度急剧升高，加大刀具磨损，产生积屑瘤，使工件表面粗糙度超差、尺寸精度不合格，同时增加设备能耗和加工振动[7]。此外，切削速度太低会使切削过程中排屑不畅，工件容易产生划痕、毛刺，直接影响着加工效率与质量。

（二）进给量的影响

进给量直接决定工件表面成型质量与加工负荷。进给量越大，单位时间内切削去除的材料就会越多，加工效率也就越高。但是过大的进给量也会造成切削力增大，引起设备振动，使工件表面出现纹路不规则、尺寸误差大，并且加大了设备和刀具的负担，从而缩短了设备的使用寿命。反之，进给量越小，可以提高加工表面精度，但是也会大幅度降低加工效率，增加生产成本，适应的场合比较狭窄。

（三）切削深度的影响

切削深度作为单次切削去除量和加工稳定性的主要影响因素，是调节加工效率、切削负荷的重要参数。切削深度增大时，单次切削材料去除量增多，加工工序减少，生产效率提高。但是切削深度过大又会使总切削力显著增加，容易造成工件变形、刀具崩刃和设备振动等状况，尤其对于薄壁件、高精度零部件的加工来说，过大的切削深度会造成工件报废。合理减小切削深度可以提高加工的稳定性和精度，但是也会使切削次数增多，加工周期变长。

（四）主轴转速的影响

主轴转速和切削速度相适配，直接影响着加工的稳定程度。其转速过高容易造成主轴振动、加工噪声增大，影响工件成型精度；转速过低则会造成切削不够、排屑困难，产生加工残留、表面划痕等缺陷。在实际加工中，主轴转速要按照工件材料、刀具材质、切削方式精确搭配，这样才能做到平稳、高效、高精度的加工。

三、智能制造背景下数控机械加工工艺参数优化核心策略

（一）搭建数据采集体系，夯实参数优化数据基础

企业首先可以利用工业互联网、物联网传感技术，在数控机床、加工刀具、检测设备上安装振动传感器、温度传感器、功率传感器、尺寸检测传感器，对加工全过程的数据进行实时采集（包含主轴转速、切削速度、进给量、切削深度等工艺参数数据和切削力、切削温度、设备振动、刀具磨损、工件尺寸精度、表面粗糙度等加工状态与质量数据）[8]。其次，加快构建云端工艺数据库，对采集到的大量数据进行分类存储、清洗筛选、标准化处理，剔除异常数据、无效数据，建立不同的工件材质、不同的加工工艺、不同的设备工况下的工艺参数数据集，形成标准化参数样本库。通过历史加工数据的统计分析，得到不同加工场景下参数和加工质量、效率、能耗的关系规律，从而为后续智能算法优化、参数精准匹配提供全面可靠的数据支撑。

（二）引入智能优化算法，实现多目标参数协同优化

在智能制造背景下数控机械加工工艺参数优化还应注重智能优化算法的运用，建立多目标协同优化模型，达到加工精度、生产效率、设备能耗、刀具寿命综合最优的目的[9]。目前常用的智能算法有粒子群算法、遗传算法、NSGA-II 算法、灰狼算法等，它们可以很好地处理工艺参数之间非线性耦合的关系，突破传统优化的局限性。其次，要基于数控加工的实际需要，将加工表面的粗糙度和尺寸精度作为质量约束条件，加工工时最少为目标函数，设备能耗最少、刀具损耗最小为目标成本函数。采用智能算法对参数空间进行迭代搜索，得到最佳的参数组合区间。例如，在铝合金薄壁件铣削中，可以基于粒子群优化算法对切削速度、进给量参数进行不断迭代，以此来有效减小工件的变形量，提高表面加工精度，缩短加工时间，节约能源，全面提高参数的匹配性。

（三）构建动态调控机制，适配实时加工工况变化

在数控机械加工工艺参数优化过程中，可以依托智能制造实时监测和自动控制技术，冲破传统静态参数固化的状况，创建起工艺参数动态自适应调节体系，达成加工全过程的实时改良。具体来说，可以依托传感器对设备的振动、切削温度、刀具磨损、工件加工偏差等动态工况数据进行采集，然后把数据传送到智能

Copyright © This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License

控制系统。系统按照事先设定好的参数优化模型，对工况发生改变时产生的偏离情况加以对比，进而对切削速度，进给量，主轴转速等加工参数进行微小的调节调整。例如，当监测到刀具磨损加重、切削温度太高时，系统就会对切削速度、进给量做出适当的调整，以防止工件精度超出范围或者刀具出现损毁状况发生；当加工的工况比较稳定、设备运行情况良好之时，则可以在满足质量标准的基础上对参数加以优化，从而改善加工效率。而对多品种、小批量柔性化生产的工件来说，通过智能系统调取同类工件的最优参数模板，根据目前设备的状态快速调节，可以有效减少参数调试的时间，进一步保证生产适配性以及工件的一致性。

（四）建立闭环优化体系，实现参数迭代升级

基于智能制造背景，企业可以搭建由数据采集、智能优化、加工应用、质量检测、数据反馈以及参数迭代所组成的全流程闭环优化体系，从而达成工艺参数不断改良并持续升级的效果。加工完毕之后，系统会自动抓取工件最终的质量数据、设备能耗数据、刀具损耗数据，同优化前的加工数据加以对比，评判本次参数改良成果，总结参数匹配存在的问题和欠缺之处[10]。同时，对本次加工得到的各种参数组合、工况和质量数据加以记录，然后更新到工艺数据库当中，以此不断地充实样本数据，从而不断改善智能算法模型，从而提高模型的参数预测及优化准确率。而经过长时间的闭环改善，逐步创建起契合企业自身设备、产品种类、生产状况的标准化工艺参数体系，实现工艺参数从“被动整改”向“主动预判、持续优化”转变。

（五）强化设备与人才适配，保障优化落地实效

首先，企业要加快老旧数控设备智能化改造，安装数据采集模块、智能控制系统，使设备的数据可以互相连接、参数可以自动调节，给智能参数优化提供硬件支持。其次，要通过定期培训、专家讲解等方式培养出更多既有数控加工工艺知识又有智能制造技术的复合型人才，掌握数据采集、智能算法的应用、参数模型的调试和系统运维的技术。此外，还应建立相应的考核机制，更新人才的经验化思维，规范智能化参数优化的程序，保证所有的优化方案能够真正地落到实处。

总的来说，随着智能制造时代的来临，数控机械加工企业需持续深耕工艺参数智能化优化技术，不断完善数据体系与优化模型，推动加工工艺从经验驱动向数据智能驱动转型，从而有效强化数控加工的精细化、智能化水平，为制造行业可持续、高质量发展奠定基础。

参考文献

[1] 和红波 . 智能制造背景下机械加工工艺参数优化与精度控制研究 [J]. 中国设备工程 ,2025,(24):118-120.

[2] 傅慧梅 . 基于人工智能的机械设备自动化加工过程优化研究 [J]. 智能制造研究与应用 ,2025,1(2):70-72.

[3] 夏付欣 . 智能制造背景下数控加工工艺参数优化研究 [J]. 造纸装备及材料 ,2025,54(9):88-90.

[4] 罗淼 , 邹东奇 , 于文杰 . 基于人工智能的机械加工过程智能监测与故障诊断系统研究 [J]. 时代汽车 ,2025,(19):144-146.

[5] 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.

[6] 李超 . 现代机械制造工艺及精密加工技术应用研究 [J]. 中国高新科技 ,2025,(14):89-91.

[7] 贺东 , 湛西帅 . 基于人工智能的机械设备自动化加工过程优化研究 [J]. 机械工业标准化与质量 ,2025,(7):71-74.

[8] 刘飞 . 数控刀具智能技术在机械加工中的应用研究 [J]. 造纸装备及材料 ,2023,52(5):128-130.

[9] 李俊岭 . 机械制造工艺中的合理化机械设计研究 [J]. 造纸装备及材料 ,2021,50(11):101-103.

[10] 谌小婷 . 机械制造工艺中的合理化机械设计分析 [J]. 内燃机与配件 ,2021,(18):196-197.

 Copyright © This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License