

数控机床机械加工效率的改进路径

邓 鹏

长春长光奥立红外技术有限公司 吉林 长春 130102

摘 要：数控机床作为现代制造业核心设备，其机械加工效率直接影响企业生产效能与竞争力。本文针对数控机床加工效率提升问题，系统分析技术、管理、设备、工艺及人员等多维影响因素，提出涵盖技术优化、管理改进、设备维护更新、工艺优化及人员培训的全方位改进路径。研究表明，通过数控系统升级、刀具系统优化、智能化监控技术应用，结合生产计划调度优化、标准化程序管理、设备定期维护及人员技能提升等措施，可显著提升数控机床加工效率，为制造业智能化转型提供实践参考。

关键词：数控机床；机械加工；效率；改进；路径

引言：在智能制造快速发展的背景下，数控机床已成为实现精密加工与高效生产的关键装备。然而，当前制造业面临成本控制、产能提升与质量优化的多重挑战，数控机床加工效率不足问题日益凸显。技术参数滞后、管理流程冗余、设备维护不到位、工艺参数不合理及人员操作技能差异等因素，均制约着加工效率的提升。为此，深入剖析影响因素并构建科学改进路径，对推动制造业高质量发展具有重要意义。基于生产实践，从多维度探讨数控机床加工效率的提升策略，为行业优化提供理论与方法支撑。

1 数控机床机械加工效率的概述

数控机床机械加工效率是衡量现代制造业生产水平的重要指标，其核心在于单位时间内设备完成合格产品的数量与质量，直接影响企业的生产周期、成本控制和市场竞争力。随着智能制造技术的快速发展，数控机床凭借其高精度、自动化和可编程特性，已成为机械加工领域的主流设备，但加工效率的优化仍是行业持续探索的关键课题。数控机床机械加工效率体现为设备的综合运行效能，涵盖设备利用率、加工精度保持性、生产连续性等多个维度。设备利用率反映机床在生产计划周期内的实际工作时间占比，涉及设备闲置、故障停机等因素；加工精度保持性则强调在高效加工过程中，机床对零件尺寸、形位公差等指标的稳定控制能力；生产连续性关乎从毛坯装夹、程序执行到成品产出的全流程流畅度，依赖于设备、工艺、人员的协同配合。在制造业转型升级的背景下，提升数控机床加工效率不仅是降低生产成本、缩短交货周期的需求，更是企业实现智能化生产、增强核心竞争力的必由之路^[1]。

2 数控机床机械加工效率的影响因素分析

2.1 技术因素

在技术层面，部分企业使用的数控系统版本老旧，运算速度与指令处理能力不足，导致加工路径规划效率低下，无法充分发挥机床性能。刀具技术的适配性也存在不足，刀具材料耐磨性差、几何参数设计不合理，易引发切削力过大、振动等现象，不仅缩短刀具寿命，还降低切削速度与进给量。此外，智能化监控技术应用不足，缺乏对加工过程实时数据的采集与分析，难以提前预判异常，常因突发故障中断加工，影响整体效率。

2.2 管理因素

管理方面，生产计划与调度缺乏科学统筹，任务分配未充分考虑设备负载与加工优先级，导致机床空转或超负荷运行。程序管理混乱，程序编写不规范、版本更新记录缺失，容易引发加工错误，增加调试时间。刀具与工装夹具管理粗放，刀具更换周期不明确、夹具定位精度未定期校准，频繁出现因工具异常导致的停机检修，造成生产时间浪费，降低加工效率。

2.3 设备因素

设备因素对加工效率影响显著。长期高强度使用后，机床传动部件磨损、导轨精度下降，导致加工精度超差，工件废品率上升。部分设备缺乏必要的技术升级，伺服驱动系统响应滞后、主轴转速受限，难以满足高速切削需求。设备维护保养不到位，润滑系统堵塞、冷却装置失效等问题频发，不仅加速设备老化，还可能引发突发故障，迫使生产线中断，严重影响加工连续性与效率。

2.4 工艺因素

工艺设计不合理是制约效率的关键。加工工艺路线规划缺乏优化，存在冗余工序或不合理的加工顺序，延长加工时间。切削参数选择不当，如切削深度、进给速度与主轴转速不匹配，易产生积屑瘤、刀具崩刃等问

题,既影响表面质量,又限制加工速度。误差补偿技术应用不足,对机床热变形、刀具磨损等误差未进行有效修正,导致多次返工,增加加工成本与时间成本。

2.5 人员因素

人员因素在加工效率中起决定性作用。操作人员技能参差不齐,部分员工对数控编程、设备操作原理解释不深,编程效率低、操作失误多,影响加工进度。新设备、新工艺的培训滞后,员工难以快速掌握先进技术,导致设备性能无法充分发挥。此外,团队协作与沟通机制不完善,生产、技术、质检部门间信息传递不畅,问题反馈与解决效率低下,延误加工进程,阻碍整体效率提升^[2]。

3 数控机床机械加工效率的改进路径

3.1 技术优化路径

3.1.1 数控系统升级与配置优化

老旧数控系统的运算能力与指令处理速度,已难以满足复杂零件的高效加工需求。对此,企业应优先升级数控系统至高性能版本,利用其更先进的算法优化加工路径规划,减少空行程时间,提升加工效率。同时,根据机床实际加工需求,对数控系统参数进行精细化配置,如调整伺服增益、加减速时间常数等,使机床运动控制更精准,降低因参数不匹配导致的振动与误差,在保障加工精度的前提下,实现更高的进给速度和主轴转速,充分释放机床性能潜力。

3.1.2 刀具系统优化

刀具性能直接影响切削效率与加工质量。企业需根据加工材料特性,针对性选择高性能刀具材料,如加工高强度合金时采用涂层硬质合金刀具,提高耐磨性与切削速度。同时,优化刀具几何参数设计,合理调整前角、后角、刃倾角等角度,降低切削力与切削热,减少刀具磨损。建立刀具寿命管理体系,通过实时监测刀具磨损状态,科学设定更换周期,避免因刀具过度磨损引发的加工质量下降与停机更换时间浪费,实现刀具资源的高效利用。

3.1.3 智能化监控技术应用

引入智能化监控技术,可实时采集加工过程中的关键数据,如切削力、主轴振动、刀具温度等。通过传感器与数据分析系统的协同,构建加工状态预警模型,提前预判刀具磨损、设备故障等异常情况,避免非计划性停机。同时,利用大数据与人工智能技术对历史加工数据进行深度分析,挖掘最优加工参数组合,为后续生产提供智能决策支持。此外,将监控数据与数控系统集成,实现加工参数的动态自适应调整,确保机床始终处于高效稳定

的运行状态,全面提升加工效率与生产可靠性。

3.2 管理改进路径

3.2.1 生产计划与调度优化

传统生产计划与调度方式常因缺乏科学统筹而降低效率。企业应引入先进的生产计划管理系统,结合数控机床的加工能力、设备负载情况以及订单优先级,制定精细化的生产排程。通过优化任务分配策略,平衡各机床的加工负荷,避免出现设备闲置或超负荷运转现象。同时,建立动态调度机制,实时跟踪生产进度,针对紧急订单、设备故障等突发情况,快速调整生产计划,减少因计划变更导致的停机等待时间,提高整体生产效率与资源利用率。

3.2.2 程序管理与标准化

程序管理混乱易导致加工错误与效率低下。企业需建立完善的数控程序管理体系,规范程序编写标准,统一代码格式、注释规范及坐标系设定,降低程序编写错误率。对程序版本进行严格管控,详细记录程序修改时间、修改内容及修改人员,确保可追溯性。同时,搭建程序共享平台,实现程序的集中存储与快速检索,减少重复编程工作量。定期组织程序评审,优化加工工艺路径,删除冗余指令,提升程序运行效率,缩短加工准备时间。

3.2.3 刀具与工装夹具管理

刀具与工装夹具管理不善会频繁中断生产。企业应建立智能化的刀具管理系统,对刀具采购、入库、领用、使用及报废进行全生命周期管理。通过条码或RFID技术实现刀具信息的快速识别与跟踪,结合刀具寿命预测模型,科学安排刀具更换计划,避免因刀具异常磨损导致的停机。对于工装夹具,制定严格的定期校准与维护制度,确保其定位精度与夹紧可靠性。同时,优化刀具与工装夹具的库存管理,根据生产需求合理储备物资,减少因工具短缺或积压造成的生产延误与成本浪费。

3.3 设备维护与更新路径

3.3.1 定期维护与保养

设备长期高负荷运转易出现精度下降、部件磨损等问题,定期维护保养是保障其稳定运行的关键。企业需制定科学的设备维护计划,对机床的机械传动系统、润滑系统、冷却系统等进行周期性检查与保养。例如,定期清理导轨、丝杠上的铁屑和油污,及时更换磨损的轴承、皮带等易损件;严格按照规定周期添加润滑油,防止润滑不足导致部件卡死。同时,建立设备维护档案,详细记录每次维护的时间、内容及发现的问题,通过对历史数据的分析,预判潜在故障风险,提前采取措施消

除隐患,减少非计划停机时间,确保机床始终处于最佳运行状态^[3]。

3.3.2 设备更新与技术升级

老旧设备在性能和功能上难以满足高效加工需求,适时进行设备更新与技术升级十分必要。企业应结合自身生产需求与技术发展趋势,对服役年限过长、技术落后的机床进行淘汰更新,引入具备更高精度、更快响应速度和更强加工能力的新型数控机床。对于仍有使用价值的设备,可通过加装伺服电机、更新数控系统等方式进行技术改造,提升其自动化和智能化水平。此外,关注行业新技术动态,积极引入高速加工、五轴联动等先进技术,拓展设备加工能力,突破传统加工的效率瓶颈,为企业生产效率的持续提升提供设备保障。

3.4 工艺优化路径

3.4.1 加工工艺与参数优化

不合理的加工工艺和参数设置会严重制约加工效率。企业需对现有加工工艺进行系统性梳理,通过工艺仿真软件模拟加工过程,分析工序间衔接的合理性,合并冗余工序,优化加工顺序,减少工件装夹次数和空行程时间。同时,针对不同的加工材料和零件结构,借助切削数据库或实验验证的方式,确定最佳切削参数组合,如合理提高切削深度以减少走刀次数,在刀具承受范围内提升进给速度和主轴转速。此外,引入先进的加工工艺,如高速切削、微量润滑加工等,突破传统工艺的效率瓶颈,在保证加工质量的前提下显著提升加工效率。

3.4.2 误差控制与补偿技术

加工过程中产生的误差会导致工件返工甚至报废,影响加工效率。企业需加强对误差来源的分析,针对机床热变形、刀具磨损、伺服系统滞后等误差因素,采用实时监测与补偿技术。例如,在机床关键部位安装温度传感器,建立热变形误差补偿模型,实时修正刀具运动轨迹;利用在线测量技术,动态监测刀具磨损量,自动补偿刀具半径或长度变化。同时,优化机床的伺服控制参数,减少因系统响应延迟产生的轮廓误差。通过将误差控制在极小范围内,降低废品率和返工率,避免因质量问题导致的加工时间浪费,从而有效提升加工效率。

3.5 人员培训与团队建设路径

3.5.1 操作人员技能提升

操作人员的专业水平直接决定设备操作效率与加工

质量。企业应制定分层分类的培训体系,针对新员工开展基础操作、安全规范与基础编程培训,确保其快速掌握机床基础操作技能;对经验丰富的老员工,开展数控系统高级应用、复杂零件编程等进阶课程,帮助其掌握五轴联动加工、高速切削等新技术。同时,引入线上学习平台,提供丰富的视频教程、案例库资源,支持员工自主学习。定期组织技能竞赛与经验分享会,激发员工学习积极性,促进技能交流,提升整体操作水平,减少因人为操作失误导致的加工延误。

3.5.2 团队协作与沟通机制

部门间信息传递不畅易造成生产效率低下。企业需构建高效的跨部门协作机制,明确生产、技术、质检等部门在加工流程中的职责与协作节点,通过定期召开生产协调会,同步加工进度、技术难点及质量问题。搭建信息化沟通平台,实现加工任务分配、程序变更、设备故障等信息的实时共享与快速反馈。建立问题协同解决机制,针对突发技术难题或生产异常,组建跨部门应急小组,打破信息壁垒,缩短问题处理周期,确保加工流程顺畅,提升团队整体协同作战能力与生产效率^[4]。

结束语

提升数控机床机械加工效率是一项系统性工程,需从技术、管理、设备、工艺和人员等多维度协同发力。通过数控系统升级、智能化监控应用等技术革新,生产计划优化、程序标准化等管理改进,设备定期维护与技术升级,加工工艺参数优化及人员技能提升,可有效突破效率瓶颈。在智能制造快速发展的背景下,企业应持续探索新技术、新模式,将数字化、智能化手段深度融入加工全流程,构建高效协同的生产体系,以加工效率的提升驱动制造业向高质量、高附加值方向迈进,增强行业整体竞争力。

参考文献

- [1]神伟.探究数控机械机床加工效能提升的途径[J].中国设备工程,2021(19):105-106.
- [2]刘丽娜,宋欣钢,高一博.提高数控机床机械技术加工效率的对策分析[J].内燃机与配件,2021(18):178-179.
- [3]李玉龙.数控机床机械加工存在的不足及效率提升方法[J].新型工业化,2021(06):120-121.
- [4]孙楠,陈迪蕾,原军令,崔二娟.数控机床机械加工效率的改进方法[J].设备管理与维修,2019(08):232-234.