

探究数控机械机床加工效能提升的途径

王洪勇 宁 勇 张 奇

航宇救生装备有限公司 湖北 襄阳 441003

【摘要】在制造业向高精度、高效率转型的背景下，数控机械机床作为核心加工设备，其效能直接影响生产周期、产品质量与企业竞争力。当前，部分企业的数控机床仍存在加工精度波动、工序衔接耗时、设备空载率高等问题，既浪费资源，又制约产能释放。基于此，本文将围绕数控机床加工全流程，从设备调试、工艺优化、智能管控等维度，探究切实可行的效能提升途径，为制造业高质量发展提供实践参考。

【关键词】 数控；机械机床；加工效能；提升

DOI:10.12417/2705-0998.25.19.058

引言

在我国社会经济快速发展的背景下，工业化不断发展，而数字化机床控制技术为工业产业的发展和科技化、自动化的实现作出了重大贡献。与此同时，如何进一步提升数控机械机床的加工效能也变得尤为重要，效能的提升也有助于工厂和企业的经济效益的进一步提升。

1 数控机械机床加工效能提升的意义

1.1 助力制造业转型升级，适配高端需求

当前制造业正从“规模扩张”转向“质量效益”，对生产效率与精度的要求持续提升。数控机床加工效能提升，能突破传统生产局限。一方面，单位时间产能增加、精度稳定性增强，可满足高端制造对零部件“高批量、高精密”的需求。另一方面，效能优化常伴随流程智能化改造，通过参数自动调节、工序智能衔接减少人工干预，推动生产向“智能制造”转型，为产业向高附加值领域延伸奠定基础，避免陷入“低端锁定”。

1.2 降低企业成本，提升经营效益

成本控制是企业核心竞争力之一，数控机床效能不足易导致多重浪费，设备空载增加固定成本，精度波动提高原材料损耗，工序耗时延长资金占用。提升效能可多维度降本，优化参数减少空载、摊薄单位成本，提升精度降低废品率，优化工序缩短周期、加快资金周转。在原材料涨价、竞争加剧的背景下，此举能扩大利润空间、增强抗风险能力，为研发与市场拓展提供支撑，形成“效能—成本—效益”的良性循环。

1.3 保障产品质量稳定，强化市场信任

消费升级与高端需求下，产品质量稳定性是企业赢得市场的关键。数控机床效能不足易引发精度波动、尺寸偏差，导致同批次产品质量不均，损害品牌形象。提升效能的过程，同步优化精度控制。通过设备调试、参数校准减少误差，借助实时监测确保长时间加工稳定，实现“批量生产、一致品质”。稳定的质量能满足客户对高精度、高可靠性的需求，减少售后纠纷与订单流失，积累市场信任，为开拓高端市场创造条件。

1.4 增强行业竞争力，推动全球协作

全球化分工中，制造业竞争已升级为产业链整体较量。我国制造业虽规模占优，但部分领域因机床效能不足，面临“高端依赖进口、低端利润微薄”的困境。提升效能能缩小与国际先进水平的差距，凭借高精度、高效率生产打破国际高端垄断，依托设备智能化改造融入全球智能制造体系，减少协作壁垒。这不仅能帮助国内企业争取国际话语权，还能吸引全球产业链资源，推动制造业高水平开放发展。

2 数控机械机床加工效能提升的实践痛点

2.1 设备运维体系不完善，硬件支撑薄弱

设备是效能提升的基础，部分企业数控机床运维存在明显短板。缺乏全生命周期管理意识，多采用“故障后维修”模式，忽视预防性维护，导致设备精度随使用衰减、加工误差增大，突发故障还会造成长时间停机，破坏生产连续性。运维技术与设备智能化不匹配，新型机床的数字化控制、实时监测功能，因运维人员依赖传统经验而无法充分发挥，难以通过数据预判故障、校准参数。部分企业为控成本，未及时更新老化配件或使用非适配部件，加剧设备性能损耗，形成“性能不足—效能难升—运维成本增”的恶性循环。

2.2 工艺衔接碎片化，流程协同低效

数控机床效能提升需全流程工艺协同，但实际生产中工艺衔接常呈碎片化。工序设计与设备能力脱节，规划时未结合机床加工精度、转速范围等参数，导致工序“超负荷”或“低负荷”运行，浪费产能且增加加工时间。上下道工序衔接不畅，前道零件精度不达标需返工，或工序间转运、等待时间过长，设备空载率升高。工艺参数未动态优化，加工中未根据材料特性、刀具磨损调整切削速度、进给量，难以平衡效率与精度，甚至因参数不适配产生质量问题，增加无效加工时间，各环节效能无法形成合力。

2.3 专业人才供给不足，技能适配性差

当前行业人才缺口明显，基层操作工技能参差不齐，部分仅能完成基础操作，无法熟练运用机床自动编程、参数自调整

等高级功能，导致先进功能闲置，效能难以释放。复合型技术人才短缺，既懂机械加工原理又掌握数字化技术的人员较少，难以完成工艺参数优化、设备系统协同调试等复杂任务，制约方案落地。企业缺乏系统人才培养体系，多依赖短期岗前培训，未建立长期技能提升机制，且人才流失率高，技术经验无法传承，效能提升缺乏持续保障。

2.4 数据应用不充分，智能化赋能不足

多数企业数据应用存在局限，数据采集不全面，仅关注设备运行时间、加工数量等基础数据，忽视切削力、温度等影响精度与效率的关键数据，无法精准分析效能瓶颈。数据处理能力弱，采集数据多“原始存储”，未通过工具挖掘关联规律，难以预判刀具更换周期、优化工艺参数。数据协同性差，机床数据与生产计划、库存管理等系统未打通，形成“数据孤岛”，无法动态调整加工计划、实现“按需生产”，导致产能与市场需求不匹配，效能提升缺乏数据驱动的科学依据。

3 数控机床机床效能提升的途径

3.1 构建“预测性运维+智能校准”的设备管理体系

为解决设备运维体系不完善的问题，可搭建融合预测性运维与智能校准的全生命周期管理体系。在数控机床关键部件（如主轴、导轨）安装振动、温度、电流传感器，实时采集设备运行数据，通过边缘计算模块对数据进行初步处理，筛选出异常波动阈值。同时，将处理后的数据上传至云端运维平台，平台搭载机器学习算法，通过分析历史故障数据与实时运行参数的关联，建立故障预测模型，如当传感器监测到主轴振动频率超出正常范围时，模型自动预警“轴承磨损风险”，并推送维护建议（如更换周期、适配型号）。随后，引入智能校准设备，定期对机床定位精度、重复定位精度进行自动化检测，对比检测数据与出厂标准值，生成精度偏差报告，平台根据报告自动生成参数补偿方案，运维人员只需按照方案在数控系统中输入补偿值，即可完成精度校准，无需依赖传统经验。此外，还要建立设备配件“智能库存”系统，根据设备使用年限、配件损耗规律自动预判需求，提前备货，避免因配件短缺导致停机时间延长。通过这套体系，可将设备突发故障率降低，确保加工精度稳定，为效能提升提供硬件支撑。

3.2 打造“工艺数字化孪生+动态优化”的流程协同模式

针对工艺衔接碎片化的痛点，可借助数字化孪生技术构建全流程工艺协同体系。首先，相关部门需利用三维建模软件搭建数控机床与加工工序的数字化孪生模型，将机床加工精度、转速范围、刀具特性等参数，以及零件加工的工序步骤、尺寸要求录入模型。并在模型中模拟不同工艺方案的加工过程，如对比“先粗加工后精加工”与“分段粗加工+连续精加工”两种方案的时间消耗、精度达标率，通过模拟结果筛选最优工艺路径。随后，要将最优工艺方案导入生产执行系统（MES），

系统根据实时生产进度自动分配工序任务，如当某台机床完成前道粗加工后，MES 立即向负责精加工的机床推送零件信息与工艺参数，同时通知物流人员完成零件转运，减少等待时间。在实际加工过程中，孪生模型实时接收机床上传的加工数据（如切削速度、进给量、零件尺寸偏差），通过对比模拟数据与实际数据，分析偏差原因，若因刀具磨损导致尺寸偏差增大，模型自动生成参数调整方案（如适当降低进给量），并推送至机床数控系统，实现工艺参数动态优化；此外，建立跨工序质量追溯机制，在孪生模型中记录每个零件的加工设备、工艺参数、检测结果，若后续工序发现质量问题，可快速定位源头并调整相关工艺，以此实现工序间无缝衔接，提升整体加工效率。

3.3 推行“阶梯式培养+校企协同”的人才培育机制

为解决专业人才供给不足的问题，相关部门需构建阶梯式、多元化的人才培育体系。针对基层操作工，设计“基础操作—高级功能—故障排查”的阶梯培训课程，基础阶段通过虚拟仿真设备教授机床开关机、程序调用等基础操作，避免因误操作损坏设备。高级阶段需聚焦自动编程、参数自调整等功能，通过“案例教学+实操训练”让操作工掌握如利用 CAM 软件生成复杂零件加工程序、根据材料特性调整切削参数等技能。故障排查阶段则通过模拟设备常见故障（如报警代码解读、机械卡顿处理），提升操作工应急处理能力。同时，针对复合型技术人才，与职业院校、高等院校合作开设“数控机床效能优化”定向班，课程设置兼顾机械加工原理、数字化技术、智能控制等内容，企业派遣技术骨干参与教学，院校组织学生到企业实习，参与实际效能优化项目（如工艺参数调试、设备数据采集），实现“在校学习—企业实践”无缝衔接。在建立人才激励机制的基础上，对掌握高级技能的操作工给予薪资上浮、技能等级认证，对参与效能优化项目并取得成果的技术人才提供项目奖金、晋升机会。另外，还要搭建“技术经验库”，鼓励资深员工将操作技巧、故障处理方法、工艺优化方案录入库中，新员工可通过经验库快速学习，避免技术经验流失，从而逐步解决人才缺口问题，为效能提升提供人力保障。

3.4 建立“全维度数据采集+AI 分析”的智能赋能体系

针对数据应用不充分的痛点，可构建覆盖加工全流程的数据采集与智能分析体系。相关部门需拓展数据采集维度，除设备运行时间、加工数量等基础数据外，重点采集切削力、切削温度、刀具磨损量、零件尺寸偏差等关键数据，通过加装压力传感器、红外测温仪、刀具磨损监测装置等设备，确保数据采集全面性。同时，搭建数据中台对采集到的多源数据进行整合处理，统一数据格式与存储标准，打破“数据孤岛”，如将机床数据与生产计划数据、库存数据关联，形成“设备—生产—库存”一体化数据集。随后，在数据中台部署 AI 分析模型，不同模型承担不同功能：产能优化模型通过分析设备运行时间、订单量数据，预测未来产能需求，自动调整生产计划，避

免设备过载或闲置；质量预测模型通过挖掘加工参数与零件质量的关联规律，如分析切削速度与零件表面粗糙度的关系，提前预判质量风险并调整参数；刀具寿命预测模型则根据刀具磨损量、加工材料硬度等数据，计算刀具剩余使用寿命，提前提醒更换，避免因刀具失效导致废品率升高；最后，将 AI 分析结果以可视化报表（如设备效能仪表盘、质量趋势图）的形式呈现给管理人员，为决策提供数据支撑。凭借全维度数据采集与 AI 分析，可实现加工过程精准管控，推动效能提升从“经验驱动”向“数据驱动”转变。

3.5 应用“绿色加工技术+能耗优化”的低碳效能模式

在提升加工效能的同时，可融入绿色制造理念，通过技术创新实现效能与低碳的协同提升。在推广绿色切削技术的基础上，采用高速干切削替代传统湿切削，减少切削液使用量，既降低环境污染，又省去切削液回收处理环节的时间与成本；选用涂层刀具（如 TiAlN 涂层），提升刀具耐磨性，延长使用寿命，减少刀具更换频率与材料浪费。同时，对数控机床进行能耗优化改造，在机床数控系统中增加“能耗监测模块”，实时

显示加工过程中的电力消耗，对比不同切削参数下的能耗差异，引导操作人员选择“高效低耗”的参数组合。在非加工时段（如零件转运、程序调试），系统自动将机床切换至“节能模式”，降低主轴、液压系统的能耗。除此之外，还要优化零件设计与加工工艺，采用轻量化设计减少零件材料用量，通过合并工序减少加工步骤，既降低能耗，又提升加工效率；并建立绿色效能评价体系，将能耗指标、材料利用率与加工效率、精度指标共同纳入评价范围，定期评估各台机床的绿色效能水平，对表现优秀的设备操作人员给予奖励。通过绿色加工技术与能耗优化，可在提升加工效能的同时降低生产成本与环境影响，实现可持续发展。

总而言之，数控机械机床的加工过程是工序比较复杂的过程，影响因素有很多。数控机械机床的加工效能是影响企业厂商经济效益的直接因素，需要在管理和技术两方面齐头并进，不断尝试并找出在实际生产中出现的问题，及时发现、及时分析、及时解决，从而促进数控机械机床加工效能的不断提升和企业厂商的经济效益的不断增加。

参考文献：

- [1] 周欣.提高数控机械加工精度的措施[J].现代工业经济和信息化,2022,12(11):259-261.
- [2] 全永强.数控机械的加工效率优化措施分析[J].集成电路应用,2022,39(06):132-133.
- [3] 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.
- [4] 刘凯,徐一刚,陈沿宏,等.提高数控机床机械加工效率的方法简述[J].轻工科技,2021,37(09):42-43.
- [5] 郭伟.提高数控机床机械加工效率的方法[J].现代制造技术与装备,2021,57(08):163-164.