

智能制造背景下的数控机床提质 增效措施探讨

王巨冰，吴慧敏

（通用技术集团机床工程研究院有限公司大连分公司，辽宁 大连 116620）

摘要：“智能制造”是基于新一代信息通信技术与现代制造技术融合的新型制造模式，它不仅体现了现代机械加工的进步，而且对提高工人工作效率和社会进步也有着积极的影响。本文在了解当前高端数控数字化制造存在的问题的基础上，结合以往的实践和经验，探讨了如何在智能制造的框架下有效提高数控机床数字化制造效率。

关键词：智能制造；数控机床；机械加工；维护管理

中图分类号：TP273 **文献标识码：**A

1 引言

“智能制造”代表着新一代信息通信技术与现代制造技术深度融合所催生的新型生产模式，已成为当前产业转型升级浪潮中的核心动力源。在“中国制造 2025”战略规划中，它被确立为赢得未来市场竞争优势的主导方向^[1]。在此宏观背景下，高端装备制造业作为国家综合实力的坚实基础，在催化新型生产力成长、深化制造强国战略部署及构建先进产业体系方面，扮演着至关重要的支撑角色。

与传统技术相比，先进的智能化数字化加工方法具有明显的应用优势，不仅可以应用于多种加工设备，还能提高加工精度和速度。机械加工在我国制造业中占有重要地位。然而，受传统应用方法和机械设备的限制，大型复杂工件的加工难度很大^[2]。这就提出了如何有效提

高高端数控机床生产效率的问题。

2 机械加工过程中提质增效的意义

智能制造背景下，机械制造业迫切需要集成信息技术以深化智能化转型^[3]。自动化与信息技术的融合，不仅提高了生产设备的稳定性和高效性，而且智能技术的广泛部署，可以显著提升加工效率，削减运营成本，增加机床制造商的经济效益。

尽管传统制造方法仍能应对市场需求，但其高时间成本和人力资源密集度成为制约因素。目前，部分国内机床企业面临管理机制不完善的问题，操作人员技能不足，加之为控制成本而减少人力，进一步导致生产效率下滑，难以适应市场快速变化的需求^[4]。设备老化和零部件损耗导致的额外维护时间及效能下降，也成为制约行业效率和质量的瓶颈。在此环境下，制造的零部件的精

度保持性差，甚至某些批次的零件废品率极高。

同时，员工的全面素质和专业能力是决定机床整体机械加工效率的关键因素，如果技术人员在实际操作中出現失误，那么机床的机械加工效率将会大幅度降低。因此通过适当地采纳和广泛运用智能化技术，实现自动化操作，才能提高设备生产效益。

3 制约数控机床加工效率的因素分析

3.1 数控机床机械加工的编程程序不够规范

当今时代，新型经济与科技蓬勃发展，数控机床必须借助计算机编程系统及其相关技术来精准地掌握机械生产流程的每一个细节，实现对整个生产过程的全面管理，以期达到高效、精准、稳定的生产目标。

然而，当前众多机床制造企业在推进智能化设备生产时，电脑编程技术的应用程度并不尽如人意。在系统初步调试阶段，编程不规范的问题尤为凸显，使得调试过程中困难重重，并且难以迅速且准确地识别并解决潜在问题。特别是在设备走刀这一核心环节，由于编程不规范，对走刀路径、速度及精度的控制不够精确，频繁出现走刀偏差、碰撞等问题，对加工质量和生产效率造成了严重影响。例如，某家制造企业在引入新型数控机床后，由于编程不规范，导致机床在生产过程中频繁出现误报警和停机现象。技术人员花费了大量时间在调试和修正编程中，结果生产进度严重受阻，客户交货时间也因此延迟。该企业后来通过引入专业的编程规范和培训，最终解决了这一问题，提高了生产效率和产品质量。

这些问题的存在，导致整个数字化设备制造流程在操作安全性和稳定性方面难以获得充分保障。设备在运行中可能因编程缺陷而突发故障，这不仅会提升维修成本并延长维修时间，还可能引发生产事故^[5]，为企业和操作人员带来重大损失。因此，当前的数字化设备制造流程效能大打折扣，未能充分发挥其应有的优势，严重阻碍了机械行业在数字化转型道路上的发展进程。

3.2 数控机床操作人员技能参差不齐

关于数控机床机械加工设备在受损或质量受损时对整个制造加工精度造成的负面影响程度，学术界尚未达成共识。此外，众多专业技术人员过度倚重数控机床及相关设备，倾向于依赖采购新设备来解决面临的问题，却忽视了个人自主学习与技能提升的重要性^[6]。

另一方面，部分技术人员未能熟练掌握高级数控机

床及其他相关设备的标准操作流程。这一现状导致他们难以精准评估数控机床的制造效率与质量，也无法敏锐捕捉制造流程中的细微差异。多重因素的交织影响，显著制约了整体数控设备制造效能的发挥^[7]，使其未能充分展现应有的潜力。例如，某机器人制造企业在生产线上频繁出现故障，影响了生产效率。企业管理层选择了采购更高性能的数控机床，但由于技术人员缺乏相应的维护和操作技能，新设备的故障率依然很高。最终，企业意识到问题的根源在于技术人员的技能提升问题，于是加强了内部培训和技能提升计划，设立了完善的故障处理制度。结果，企业不仅减少了设备故障，还降低了维护成本，提高了生产效率。

3.3 数控机床智能化水平相对较低

数控机床作为现代制造业的基石，其智能化水平的高低直接关系到生产效率、产品质量及企业的市场竞争力。然而，当前数控机床智能化水平相对较低的问题依然突出，具体表现在以下几个方面，这些问题不仅限制了生产潜能的充分发挥，也阻碍了制造业向更高层次的智能化转型。

在自动化与灵活性方面，尽管现代数控机床已具备一定的自动化加工能力，但面对复杂多变的生产任务时，其自动化水平仍有待提升。许多数控机床仍依赖于预设的固定程序进行操作，对于非标准件或特殊工件的加工，往往需要人工介入进行程序修改或调整，这不仅增加了操作难度和人力成本，也降低了生产效率和灵活性^[8]。此外，部分数控机床在换刀、对刀、测量等辅助工序上的自动化程度不足，仍需人工辅助完成，这同样限制了生产线的整体自动化水平。

在智能化决策与优化方面，数控机床的智能化水平也显得捉襟见肘。现有的数控机床大多只能执行预设的加工指令，缺乏根据实时生产状况进行自主决策与优化的能力。例如，在面对材料性能变化、刀具磨损或加工参数不合理等异常情况时，数控机床往往无法自主识别并采取相应的应对措施，而是需要依赖操作人员的经验和判断进行干预。这不仅影响了生产过程的稳定性和可靠性，也限制了生产效率的进一步提升。

在数据采集与分析能力上，数控机床智能化水平的不足也显而易见。当前，许多数控机床的数据采集能力有限，无法实时、全面地收集生产过程中的各类数据，导致生产数据的缺失和不完整。同时，即便能够采集到

数据，由于数据格式、接口标准的不统一，以及数据处理与分析技术的滞后，使得这些宝贵的数据资源难以得到有效利用。这不仅影响了生产过程的透明度和可追溯性，也阻碍了智能制造系统的构建与优化。

在人机交互与智能化服务方面，数控机床也存在明显的智能化不足。传统的数控机床操作界面复杂、操作繁琐，对于非专业操作人员而言，学习和掌握难度较大。同时，数控机床在故障诊断、维护保养及远程服务等方面的智能化水平也有待提升。例如，当机床发生故障时，往往需要专业人员到现场进行诊断和维修，这不仅延长了停机时间，也增加了维修成本^[9]。而智能化服务系统的缺失，则使得机床的维护保养工作难以做到及时、精准和高效。

4 数控机床在提高机械加工效率中的措施探析

4.1 规范数控机床加工程序编程标准

针对机械加工的编程程序不够规范的问题，需要建立和推广规范化的编程标准，制定详细的编程规范，包括程序结构、命名规则、注释标准、坐标系使用、刀具选择与补偿，以及切削参数设置等；确保所有程序员都遵循相同的规则；使用专门的编程模板和宏命令，减少重复劳动，提高编程效率和一致性。

1) 加强编程培训，为程序员提供系统性的培训，包括数控原理、编程语言、加工工艺和安全规范等。鼓励程序员学习高级编程技术，如参数化编程、宏程序、CAD/CAM 集成等，以提高编程效率和优化加工过程。

2) 建立程序审查机制，设立程序审查岗位，由经验丰富的工程师对新编写的程序进行审查，确保其符合规范，避免潜在问题。鼓励程序员之间的互相审查和交流，共同提高编程水平。

3) 优化刀具路径和切削参数，使用优化算法和仿真工具，优化刀具路径，如图 1 所示，减少刀具路径偏差和碰撞问题。根据不同材料和加工要求，选择合适的切削参数，提高加工精度和效率。加工工艺优化实例图如图 2 所示。

4.2 提升数控机床操作人员技能

在数控机加领域，数控机床操作人员技能水平存在差异^[10]，因此亟需制定系统化的持续培训方案。该培训方案应全面覆盖数控机床的多个关键领域，包括机械结

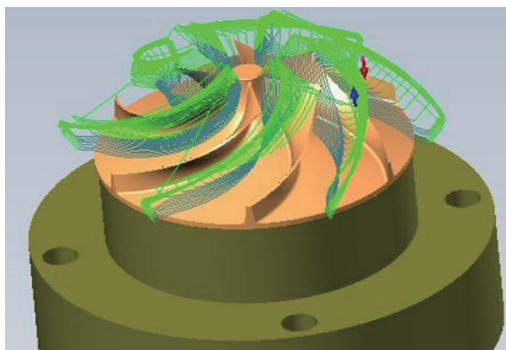


图 1 仿真工具加工路径规划图



图 2 加工工艺优化实例图

构原理、电气控制系统、液压与气动系统维护、编程语言的进阶应用、材料特性分析与刀具选择、先进加工工艺、质量控制、安全操作规程及故障诊断与排除等。通过系统培训，全面提升操作人员的专业素养和技术能力。

为确保操作人员技能水平的客观、公正评估，应构建完善的技能认证体系。该体系可依据不同技能模块和能力层次划分为初级操作、高级编程、设备维护和质量控制等多个等级，以精准衡量操作人员的技能水平，为人才选拔与岗位匹配提供科学依据。

同时，建立多元化的激励机制至关重要。激励机制应充分考虑操作人员的需求与期望，除与技能水平挂钩的薪资待遇外，还应提供晋升机会、项目奖金、技术津贴、培训机会及荣誉称号等。此外，营造积极向上的学习氛围，鼓励操作人员相互学习、共同进步，有助于激发其内在动力，提升整体团队能力。

此外，应打造互动的知识分享平台，使其不仅是信息存储库，更是活跃的交流空间。通过建立线上交流群组、定期组织技术交流会和案例分享会等方式，促进操作人员之间的经验交流与技術分享，推动知识的传播与应用，进一步提升团队整体技术水平。人员技能培训软件界面如图 3 所示。

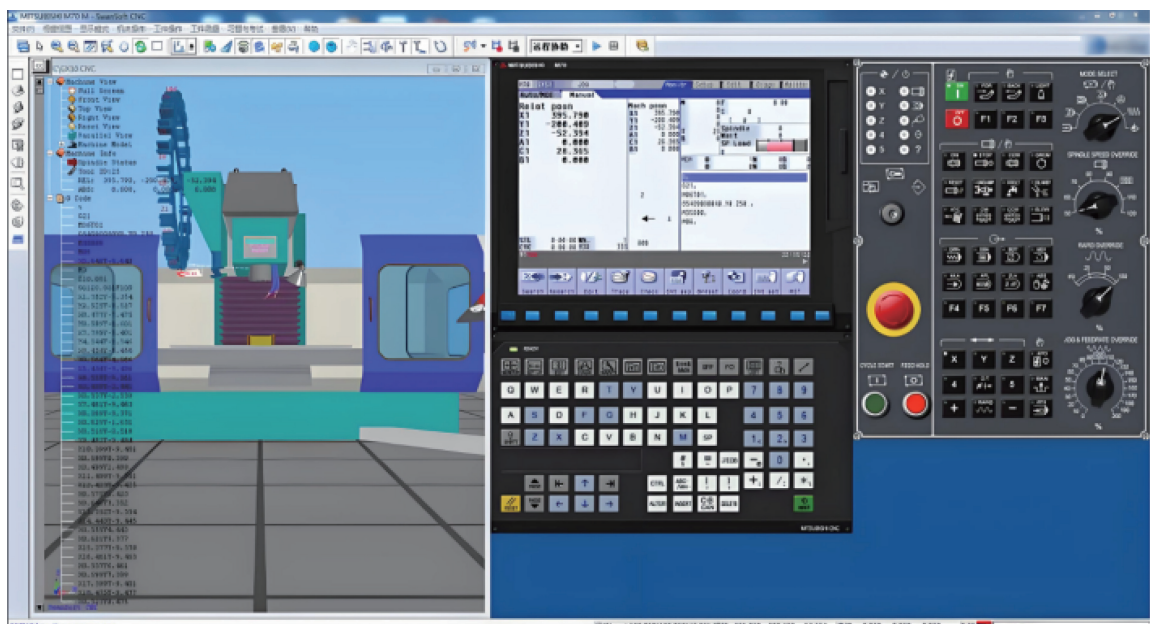


图3 人员技能培训软件界面

4.3 提升数控机床智能化水平

提升数控机床智能化水平，不仅能够显著提高生产效率、降低生产成本，还能增强产品的灵活性和定制化能力，推动制造业向更高质量、更高效的方向发展。为实现这一目标，需从技术创新、系统集成、人才培养、标准制定与政策支持等多个维度综合施策。

第一，加强技术创新，推动数控机床智能化技术的研发与应用。技术创新是提升数控机床智能化水平的根本动力。一方面，应加大对传感器技术、人工智能算法、物联网技术和大数据处理等关键技术的研发投入，提升数控机床在数据采集、处理与分析方面的能力，实现生产过程的实时监控与智能优化。另一方面，推动智能控制系统、自适应加工技术、远程运维服务等技术的研发与应用，使数控机床能够根据加工任务自动调整加工参数，实现更高效、更精准的加工，同时降低对人工干预的依赖，提升生产线的整体智能化水平。

第二，强化系统集成，构建数控机床智能化生态系统。数控机床智能化水平的提升不仅仅是单一设备的智能化，更是整个生产系统的智能化。因此，应加强数控机床与上层管理系统（如ERP、MES等）的集成^[1]，实现生产计划、调度、监控与执行的智能化。同时，推动数控机床与周边设备（如物流系统、检测设备、清洗设备等）的协同作业，形成高效、灵活、智能的生产线，提升整个生产系统的响应速度和效率。此外，还应构建开放、共享的数据平台，

促进生产数据的整合与分析，为智能制造提供有力支撑。

第三，注重人才培养，构建数控机床智能化领域的专业队伍。人才是提升数控机床智能化水平的关键因素。一方面，应加强高校、科研机构与企业之间的合作，共同培养具备跨学科知识背景的复合型人才，如机械工程、计算机科学、数据科学等领域的交叉人才。另一方面，推动在职人员的培训与再教育，提升其智能化技术的应用能力，培养一批既懂技术又懂管理的复合型人才，为数控机床智能化水平的提升提供人才保障。

第四，制定标准与规范，推动数控机床智能化技术的标准化与模块化。标准化与模块化是提升数控机床智能化水平的重要保障。一方面，应加快制定数控机床智能化技术的国家标准和行业规范，明确数据采集、处理与分析的格式、接口标准，以及智能控制系统、自适应加工技术等技术要求，推动技术的标准化与规范化。另一方面，推动数控机床智能化技术的模块化设计，实现不同功能模块之间的快速组合与替换，提升系统的灵活性和可扩展性，降低企业的升级成本。

最后，加强政策支持与引导，为数控机床智能化水平的提升营造良好的外部环境。政府应出台相关政策，鼓励企业加大数控机床智能化技术的研发投入，支持智能制造示范项目的建设推广。同时，加强国际合作与交流，借鉴国际先进经验，推动数控机床智能化技术的引进、消化与再创新。此外，还应加强知识产权保护，

为数控机床智能化技术的研发与应用提供法律保障。

5 结束语

机床工具行业是关系国民经济和国防安全的战略性基础行业。机床是装备制造业智能制造的工业母机，没有机床的智能化，就无法实现装备制造业的智能制造。加快发展智能机床，是实施《中国制造 2025》打造制造强国的关键和基础。

为了强化社会的劳动生产效率，并推动经济加速发展，科研人员与机床制造业企业需共同努力，从两个核心方面入手：一是深化数控机床机械加工流程的优化工作，二是结合实践案例，探索并提出具有针对性的提升策略。在此过程中，积极融合并借鉴全球顶尖的技术智慧，对于提高数字化机床的制造效能与品质具有不可替代的作用。

“智能制造”的蓬勃兴起，正对传统制造体系带来颠覆性的影响，并深刻改变着产业格局。当前，制造业正经历从大规模批量生产向个性化定制生产的转变，从集中式生产模式向网络化、异地协同生产的模式演进，以及从传统的单一制造企业向跨行业融合企业的转型。随着价值链关键环节的重新构建，那些掌握核心技术的企业将在这一变革中占据领先地位。

面对我国经济新常态下机床工具行业市场需求的快速升级，机床制造企业正逐步调整其经营策略。从过去单一提供机床设备，转变为同时提供包含“硬件与软件”在内的综合解决方案；从提供单机设备，升级到提供涵盖整个生产流程的“系统解决方案”；竞争策略也从传统的“以质取胜”转变为“以智取胜”^[12]。积极应对当前挑战，提升装备的智能化水平，已成为机床企业在激烈的市场竞争中脱颖而出关键。

因此，机床企业应持续加大在研发和创新方面的投入，积极引入人工智能、大数据、物联网等先进技术，推动数控机床向更高水平的智能化、自动化发展。同时，加强与国际先进企业的合作与交流，借鉴其成功经验和

技术成果，不断提升自身的核心竞争力。通过这些努力，机床企业不仅能够更好地满足市场需求，还能在全球产业竞争中占据更有利的地位，为推动我国制造业的高质量发展作出积极贡献。■

参考文献

- [1] 单卓然，徐苗，袁满．中国智能制造装备产业生产供应关系的空间演化特征[J]．地理科学进展，2025，44(1)：17-33．
- [2] 柯泽豪．浅谈提升数控机床机械加工效率的途径[J]．中国设备工程，2021(16)：90-91．
- [3] 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(8)：163-164．
- [4] 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，2021，11(6)：120-121．
- [5] 肖国涛．提高数控机床机械加工效率的有效措施探讨[J]．内燃机与配件，2020(19)：72-73．
- [6] 袁梦阳，杨晓英，张琪，等．考虑异常因素的机械加工生产智能排程方法研究[J]．机电工程，2021，38(8)：1030-1037．
- [7] 牟忠凯．提高数控机床机械加工效率的方法研究[J]．现代工业经济和信息化，2019，9(12)：131-132．
- [8] 侯志锋．浅谈如何强化企业安全生产管理[J]．现代职业安全，2023(12)：40-41．
- [9] 张德磊．提高火力发电工程项目质量管理水平的策略研究[J]．自动化应用，2023，64(S1)：148-150．
- [10] 司保全．模块化数控编程及 CAM 软件后置处理二次开发[J]．模具制造，2024，24(9)：17-18，22．
- [11] 刘阳．智能物流技术在仓储管理中的应用[J]．中国航务周刊，2025(2)：54-58．
- [12] 张琦．人工智能时代计算机应用技术发展研究[J]．数字通信世界，2024(12)：37-39．

收稿日期：2025-01-16