

机加工自动化生产线在转向器零件批量生产中的效率优化方案

骆 甫

新乡市豫北靖道汽车零部件有限公司 河南新乡

【摘要】机加工自动化生产线在转向器零件批量生产中发挥着关键作用，提升其效率直接关系到生产成本和交货周期的优化。本文针对转向器零件加工过程中的瓶颈环节，分析了现有自动化生产线的效率影响因素，提出了合理的工艺流程优化与设备协调方案。通过改进刀具路径规划、智能调度系统和生产线布局，显著提升了生产线的运行效率和加工精度。实验结果表明，该方案有效减少了设备空转时间和换刀等待时间，提高了整体生产节拍，满足了批量生产的高效需求。该研究为转向器零件加工领域自动化生产线的效率提升提供了切实可行的技术支持。

【关键词】机加工自动化；转向器零件；效率优化；生产线布局；智能调度

【收稿日期】2025 年 3 月 10 日 **【出刊日期】**2025 年 4 月 11 日 **【DOI】**10.12208/j.jeea.20250133

Efficiency optimization scheme of machining automation production line in mass production of steering gear parts

Fu Luo

Xinxiang Yubei Jingdao Auto Component Co., Ltd., Xinxiang, Henan

【Abstract】 The machining automation production line plays a key role in the mass production of steering gear parts. Improving its efficiency is directly related to the optimization of production costs and delivery cycles. Focusing on the bottleneck links in the processing of steering gear parts, this paper analyzes the efficiency-influencing factors of the existing automation production line and proposes a reasonable process optimization and equipment coordination scheme. By improving tool path planning, intelligent scheduling systems, and production line layout, the operating efficiency and machining accuracy of the production line have been significantly enhanced. Experimental results show that this scheme effectively reduces equipment idle time and tool change waiting time, improves the overall production rhythm, and meets the high-efficiency requirements of mass production. This research provides practical technical support for improving the efficiency of automation production lines in the field of steering gear part processing.

【Keywords】 Machining automation; Steering gear parts; Efficiency optimization; Production line layout; Intelligent scheduling

引言

转向器零件作为汽车转向系统的重要组成部分，其加工质量和生产效率直接影响整车性能和制造成本。当前，随着批量生产需求的不断增加，传统的机加工方式已难以满足高效、精确的制造要求，自动化生产线逐渐成为主流解决方案。如何在保持加工质量的前提下，最大限度提升自动化生产线的效率，成为制造企业亟待解决的问题。本文以转向器零件的批量生产为背景，深入剖析生产线中存在的效率瓶颈，

结合现代智能制造技术，探索优化方案。通过合理的工艺调整与智能调度，实现了设备与流程的协同提升，极大改善了生产节奏和资源利用率。本研究不仅为转向器零件的加工效率优化提供了创新思路，也为类似机加工自动化系统的升级改造奠定了基础。

1 转向器零件批量加工中的效率瓶颈分析

转向器零件作为机械传动系统中的核心组成部分，其加工精度直接关系到汽车转向系统的性能稳定性和安全性，同时批量生产效率也影响着整车制

造的生产周期和成本控制。在实际的批量加工过程中，常见的效率瓶颈主要表现为设备利用率不足、各加工工序之间的衔接不够顺畅，以及刀具更换频率较高，导致生产线整体运行效率受限^[1]。尽管现代自动化生产线配备了高精度数控机床和机器人自动上下料系统，提升了部分环节的自动化水平，但在多工序转换和零件定位的精准度方面仍存在一定的不足。这种限制使得设备在部分关键工序中出现等待时间过长的情况，工艺转换过程中缺乏有效衔接，生产节奏被拉长，最终影响了转向器零件批量加工的整体效率和产品质量。

加工过程中的材料传输路径不合理也制约了效率的提升。生产线布局如果未能合理规划，物料在车间内的运输距离较长，增加了非加工时间，降低了设备的持续运转率。特别是在批量较大的情况下，运输和缓冲环节容易产生拥堵，影响整体生产节奏。转向器零件形状复杂，加工精度要求高，使得刀具磨损速度加快，频繁的刀具更换和维护成为制约生产效率的另一重要因素。刀具的选择和寿命管理未得到有效优化，直接导致生产中断次数增加。生产调度策略缺乏灵活性，不能根据实时生产状态进行动态调整，造成部分机床空闲而其他设备过载。信息流与物流不同步，制约了自动化系统的响应速度和调度效率。生产线整体的自动化水平虽然有所提高，但智能化控制系统尚未充分发挥作用，缺乏对设备状态和生产进度的实时监控及分析，难以及时发现和解决瓶颈问题。综合来看，这些因素共同限制了转向器零件批量加工中自动化生产线的效率提升。

2 机加工自动化生产线工艺流程优化策略

优化工艺流程是提升机加工自动化生产线效率的核心环节。通过科学设计加工工序，合理划分工序顺序，可以减少机床之间的等待时间和工件中转次数。对转向器零件的加工工艺进行深入分析，依据零件的结构特点和加工要求，将关键加工步骤整合，减少不必要的装夹次数和工件转运，从而提高整体工艺的连贯性和稳定性。在工艺规划中，重点考虑刀具路径的优化，采用先进的数控编程技术，实现刀具切削路径的最短化和平滑化，降低换刀频率并减少切削时间^[2]。在生产线布局方面，采取单件流与多件流相结合的方式，有效缩短物料在车间内的移动距离。通过模块化生产单元的划分，使得各加工单元既能独立完成一定量的加工任务，又能灵

活组合，满足不同批量和工艺要求。物流输送系统的改进同样重要，采用自动导引车（AGV）或自动输送带，实现工件的智能搬运，避免人工干预带来的不确定性，提高物料运输的连续性和稳定性。布局优化的最终目标是形成一个高效、紧凑且易于管理的生产环境，减少非加工时间占比。

刀具管理系统的优化在提升机加工自动化生产线效率中起着至关重要的作用。通过引入先进的刀具状态监测技术和预测维护方法，可以实时掌握刀具的磨损情况，科学合理地安排换刀时间，避免因盲目更换导致的资源浪费，也避免因过度使用而造成加工质量下降或设备损坏。配合自动换刀装置的应用，不仅提高了换刀的速度和精度，还大幅度缩短了机床的停机时间，提升了生产线的连续运行能力。针对转向器零件加工的特殊工艺需求，开发专用刀具或采用复合刀具技术，能够有效提升切削效率，保证加工表面的质量和尺寸精度。优化工艺流程时，不仅要关注单个环节的提升，更应从整体系统的角度出发，加强各部分之间的协调与集成，确保生产线各个环节高效协同运行，实现效率和质量的双重提升。

3 智能调度系统在生产效率提升中的应用

智能调度系统在机加工自动化生产线中发挥着核心作用，它依托先进的数据采集技术，能够实时收集设备运行状态、工件加工进度和环境参数等多维度信息。基于这些数据，调度系统通过分析生产线各环节的负荷状况，智能地调整生产计划和资源分配，从而避免设备闲置和过载，提高整体生产效率。在转向器零件的批量加工中，零件结构复杂，加工工序多样，智能调度能够实时识别生产瓶颈，针对关键工序调整任务优先级，确保生产节奏流畅。结合遗传算法、粒子群优化等现代计算方法，系统能够快速搜索最优或近似最优的作业顺序和路径规划，降低切换时间和等待时间，实现资源的最合理配置。这种高效的动态调度机制，极大地提升了设备利用率和生产线的响应速度，保障批量生产的高效稳定运行。

系统调度的灵活性还体现在其对任务的动态重排能力。基于工件的加工优先级、所需时间和设备状态，智能调度能够实时调整生产计划，确保关键工序不被延误，从而保证生产的整体节奏和产品交付时间。通过与制造执行系统（MES）的深度集成，调度方案进入闭环控制阶段，能够持续监控生产进展并根据实际情况优化调度策略。系统内置的故障

预警机制能够提前检测设备异常,自动调整后续加工任务,减少意外停机对生产的影响。异常处理功能帮助系统快速响应,重新分配资源,使生产线在面对突发事件时依然保持高效运转和稳定性,极大地提升了生产线的可靠性和持续工作能力。

智能调度不仅支持单条生产线的高效运行,还能实现多条生产线之间的协调管理,解决资源冲突和生产调度复杂度问题。在多工序、多品种混合生产的车间环境下,调度系统通过建立数字孪生模型,模拟生产线的实时运行状态,提前发现潜在瓶颈和资源冲突,并提出优化调整方案^[3-7]。这种模拟技术增强了调度的前瞻性和准确性。系统还能对设备和人员进行实时监控和管理,合理分配劳动力和安排维护计划,优化生产资源使用效率。智能调度技术的广泛应用为转向器零件自动化生产线带来了显著效益,不仅提升了生产效率,还推动了传统制造模式向智能制造的转型升级,实现了生产系统的数字化和智能化管理。

4 自动化生产线效率提升效果验证与分析

在转向器零件批量生产中实施工艺流程优化和智能调度后,对生产线效率的提升效果进行了系统验证。通过采集关键工序的运行数据,对比优化前后的生产节拍、设备利用率及加工质量指标,结果显示生产线整体效率显著提高。设备空转时间明显缩短,生产节奏更加均衡,工序间等待时间减少,零件加工周期缩短。加工质量稳定,合格率提高,满足了高精度和大批量的生产需求。对刀具使用效率和换刀时间的统计分析表明,刀具管理系统的优化极大降低了换刀频率和设备停机时长。刀具寿命得到合理延长,生产连续性增强。物流输送系统的改进使工件在车间内的移动更加顺畅,有效避免了物流瓶颈的出现。智能调度系统的动态任务分配功能使得车间资源配置更加合理,减少了人工干预,提高了生产计划的执行率和响应速度。

该方案的实施显著提高了机加工自动化生产线的整体运行效率,同时有效增强了生产系统的灵活性和稳定性。在面对不同批量规模和多样化工艺需求时,生产线展现出了更为优越的适应能力,能够灵活调整加工节奏和流程,确保生产连续性和加工质量^[8]。生产线的扩展潜力也得到了提升,为未来工艺升级和产能扩展奠定了坚实基础。这种高效且灵活的生产模式,为转向器零件的批量制造提供了一条行之有效的路径,具备较强的推广和应用价值。结

合先进的智能制造技术,如物联网、大数据分析和人工智能,未来生产线有望实现更高层次的自动化和智能化管理,从而推动制造效率的进一步飞跃,满足工业 4.0 时代对高效、柔性制造的需求。

5 结语

机加工自动化生产线在转向器零件批量生产中的效率提升,对于提高企业竞争力和满足市场需求具有重要意义。通过科学的工艺优化和智能调度系统的应用,生产线的资源利用率和加工质量得到了显著提升,生产节奏更加稳定且响应迅速。未来,随着智能制造技术的不断发展,自动化生产线将实现更加精准的控制和更高的柔性化水平,助力制造企业实现绿色、高效和智能的生产目标。持续推进技术创新和系统集成,将为转向器零件及其他关键零部件的加工提供更具有竞争力的解决方案,推动制造业迈向智能化新时代。

参考文献

- [1] 丁永平.不破不立助力用户拥抱机加工自动化新时代[J].现代制造,2025,(01):42.
- [2] 梁伟伟,罗绍杰,王磊,等.防错防混技术在活塞机加工自动线的应用[J].内燃机与动力装置,2025,42(01):87-91.
- [3] 龚建永,王双华,曹伟,等.基于电气控制的机加工自动化生产线的安全技术研究[J].自动化应用,2024,65(11):105-107.
- [4] 张珂昕,吉晓民,王茜.基于环型工件的机加工设备自动上下料系统设计[J].机电工程技术,2024,53(01):64-69.
- [5] 任佳勋.铝合金车轮机加工自动化技术研究与应用.河北省,保定市立中车轮制造有限公司,2023-08-13.
- [6] 梁艳,唐煜,张亮.车/铣双机加工自动化生产线的节拍平衡研究[J].自动化与仪器仪表,2023,(01):80-84.
- [7] 许思博,乔毅恒,王国卫.发动机凸轮轴机加工柔性自动化浅谈[C]//河南省汽车工程学会.第十九届河南省汽车工程科技学术研讨会论文集.广州风神汽车有限公司郑州分公司,2022:103-105.
- [8] 任熠鸿.CQK 厂球销接头生产线的自动化分析与改进[D].重庆理工大学,2022.

版权声明: ©2025 作者与开放获取期刊研究中心(OAJRC)所有。本文章按照知识共享署名许可条款发表。

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



OPEN ACCESS