

# 龙门加工柔性线的智能化升级与改造路径研究

张宇杰 廖敏 丁俊

宁波海天精工股份有限公司 浙江 宁波 315000

**摘要:** 本文聚焦龙门加工柔性线的智能化升级与改造路径。介绍龙门加工柔性线的基础知识,涵盖概述、核心组成部分、优势特点及应用领域。分析其现有问题,如生产效率瓶颈、设备利用率不均等,进而提出智能化升级需求。阐述智能化升级的关键技术,包括智能感知、控制、工业物联网及大数据与人工智能技术。详细探讨智能化升级与改造路径,从总体规划与设计、设备升级与改造、信息系统建设到人员培训与管理,为龙门加工柔性线的智能化发展提供全面指导。

**关键词:** 龙门加工; 柔性线; 智能化升级; 改造路径

## 1 龙门加工柔性线基础知识



龙门加工如图所示

第一, 龙门加工柔性线 (Flexible Gantry Machining Line) 是一种集成了数控龙门加工中心、自动化物流系统、智能控制系统于一体的先进制造系统。它通过高精度、高效率的加工能力, 结合灵活的自动化物流, 实现了从原材料到成品的全流程自动化生产, 显著提升了制造业的生产效率和产品质量。第二, 核心组成部分; 数控龙门加工中心: 作为柔性线的核心加工设备, 具备大跨度、高刚性的特点, 可进行重型、大型工件的铣削、钻孔、攻丝等复杂加工。自动化物流系统: 包括自动上下料装置、输送带、AGV (自动导引车) 等, 实现工件在各加工单元间的无缝流转, 减少人工干预, 提高生产效率。智能控制系统: 采用先进的数控技术和物联网技术, 实现设备间的互联互通, 通过数据分析优化生产流程, 提高生产灵活性和响应速度<sup>[1]</sup>。第三, 优势特点; 高精度: 龙门加工中心的高精度加工能力, 确保了产品的高质量。高效率: 自动化物流和智能控制系统的应用, 大幅缩短了生产周期。高柔性: 可根据生产需求快速调整加工工艺和物流路径, 适应多品种、小批量的生产模式。第四, 应用领域; 龙门加工柔性线广泛应用于航空

航天、汽车制造、能源装备、模具制造等领域, 是推动制造业向智能化、柔性化转型的重要力量。

## 2 龙门加工柔性线智能化升级需求分析

### 2.1 现有问题分析

在当前制造业快速发展的背景下, 龙门加工柔性线作为重要的生产装备, 虽然已经实现了部分自动化与集成化, 但仍存在一些亟待解决的问题: 传统龙门加工柔性线在生产调度、任务分配上多依赖人工经验, 缺乏智能优化算法支持, 导致生产效率受限, 难以应对快速变化的市场需求。由于缺乏有效的设备状态监测与预测性维护系统, 部分设备可能因过度使用或维护不足而出现故障, 影响整体生产线的稳定性和设备利用率。生产过程中的数据分散在各个子系统中, 缺乏统一的数据平台进行整合与分析, 导致数据价值未能充分挖掘, 难以支持管理决策。面对多品种、小批量的生产需求, 传统龙门加工柔性线在工艺调整、工装更换等方面耗时较长, 难以快速响应市场变化。随着生产规模的扩大, 安全生产和环境保护的压力增大, 传统生产线在安全监控、能耗管理等方面存在不足<sup>[2]</sup>。

### 2.2 智能化升级需求分析

龙门加工柔性线的智能化升级需求主要体现在几个方面: (1) 引入智能调度系统。利用先进的算法和人工智能技术, 实现生产任务的智能分配与调度, 提高生产效率, 缩短生产周期; (2) 构建设备健康管理系统。通过物联网技术实时监测设备状态, 运用大数据分析预测设备故障, 实施预防性维护, 减少停机时间, 提升设备利用率; (3) 建立统一的数据平台。整合生产过程中的各类数据, 运用数据分析技术挖掘数据价值, 为生产管理、质量控制、成本控制等提供决策支持; (4) 增强生产线柔性。通过模块化设计、快速换模技术等手段, 提

高生产线的适应性和灵活性，快速响应市场变化，满足多样化生产需求；（5）强化安全与环保管理。引入智能安全监控系统，加强安全生产管理；采用节能技术和环保设备，降低能耗，减少污染排放，实现绿色生产。

### 3 龙门加工柔性线智能化升级的关键技术

#### 3.1 智能感知技术

智能感知技术是龙门加工柔性线智能化升级的基础，它如同生产线的“眼睛”和“耳朵”，负责实时、准确地获取生产过程中的各类信息。具体而言，智能感知技术涵盖了多种传感器技术，如视觉传感器、力觉传感器、位置传感器等。视觉传感器能够实时捕捉工件的形状、尺寸、表面质量等关键信息，为后续的加工精度控制提供数据支持。据相关数据显示，采用高精度视觉传感器的龙门加工中心，其加工精度可提升15%-20%。力觉传感器则能感知加工过程中的切削力变化，通过分析这些数据，可以判断刀具的磨损情况，提前预警刀具更换需求，避免因刀具过度磨损导致的加工质量问题。有研究表明，合理应用力觉传感器可使刀具使用寿命延长25%-30%。位置传感器在龙门加工柔性线中用于精确监测机床各运动部件的位置信息，确保加工轨迹的准确性。借助先进的位置传感器，机床的定位精度可达到微米级，大大提高了加工质量，智能感知技术还包括对环境参数的监测，如温度、湿度、振动等，这些参数的变化可能会影响加工精度和设备性能，实时监测并采取相应措施，能有效保障生产的稳定性和可靠性。

#### 3.2 智能控制技术

智能控制技术是龙门加工柔性线实现高效、精准加工的核心。自适应控制技术能够根据工件材料、加工要求等实时调整加工参数，如切削速度、进给量等，以实现最佳的加工效果。智能路径规划技术可以根据工件的形状和加工要求，自动生成最优的加工路径，减少空行程时间，提高加工效率。通过优化路径规划，可使加工时间缩短20%-30%。智能控制技术还包括故障诊断与容错控制。当设备出现故障时，故障诊断系统能够快速准确地定位故障点，并采取相应的容错控制策略，使生产线能够继续运行或尽快恢复正常生产，减少停机损失。

#### 3.3 工业物联网技术

工业物联网技术是龙门加工柔性线实现设备互联互通、信息共享的关键。通过将各类设备、传感器和执行器连接到工业物联网平台，实现了生产数据的实时采集、传输和分析。在龙门加工柔性线中，工业物联网技术可以实现设备之间的协同工作。工业物联网技术还可以实现远程监控和管理<sup>[3]</sup>。生产管理人员可以通过手机、

电脑等终端设备随时随地查看生产线的运行状态、设备参数等信息，及时发现并解决问题。工业物联网技术还为供应链管理提供了支持，通过与供应商的信息系统对接，可以实现原材料的及时供应，减少库存积压。据统计，采用工业物联网技术的企业，库存周转率可提高20%-30%，供应链响应速度可加快30%-50%。

#### 3.4 大数据与人工智能技术

大数据技术可以对生产过程中产生的海量数据进行存储、管理和分析。通过对这些数据的挖掘，可以发现生产过程中的潜在问题和规律，为生产优化提供依据。人工智能技术，如机器学习、深度学习等，可以对大数据进行分析和建模，实现生产过程的智能决策。例如，利用机器学习算法可以对加工参数进行优化，提高加工效率和质量；利用深度学习算法可以对产品质量进行智能检测，准确率可达到95%以上。大数据与人工智能技术还可以用于生产计划和调度的优化，通过分析市场需求、设备状态、人员安排等多方面数据，制定出最优的生产计划，提高生产资源的利用率。有数据显示，采用大数据与人工智能技术进行生产计划和调度优化后，企业的生产效率可提高15%-25%，生产成本可降低10%-15%。

### 4 龙门加工柔性线智能化升级与改造路径

#### 4.1 总体规划与设计

总体规划与设计是龙门加工柔性线智能化升级与改造的基石，它为整个项目指明了方向和目标。首先，要对企业现有的龙门加工柔性线进行深入调研，了解其生产能力、设备状况、工艺流程以及存在的问题。通过数据分析，明确智能化升级与改造的重点和难点。其次，结合市场需求和企业的战略目标，确定智能化升级与改造后的生产能力、产品质量和生产效率目标。比如，企业计划在未来三年内将市场份额扩大20%，那么在规划中就要确保智能化升级后的生产线能够满足这一增长需求，具备更高的灵活性和响应速度。在总体设计方面，要运用先进的设计理念和办法，构建一个高效、智能、绿色、安全的龙门加工柔性线系统架构。这包括确定系统的功能模块、数据流向、设备布局以及与其他生产系统的集成方式。同，要制定详细的项目实施计划和时间表，明确各个阶段的任务、责任人和时间节点。考虑到智能化升级与改造可能涉及的技术难题和风险，要制定相应的应对措施和预案，确保项目顺利推进。

#### 4.2 设备升级与改造

设备升级与改造是龙门加工柔性线智能化升级与改造的核心环节。一方面，对现有设备进行智能化改造。

通过改造,可以使设备具备自适应加工、故障诊断和预测性维护等功能,提高设备的可靠性和使用寿命。另一方面,对于老旧或无法满足智能化生产需求的设备,要进行更新换代。选择具有先进技术和高性能的智能设备,如高精度的数控龙门加工中心、智能机器人等。新设备的引入不仅可以提高生产效率和产品质量,还可以为企业的智能化生产提供更强大的技术支持。在设备升级与改造过程中,要注重设备之间的兼容性和协同性。确保新设备与现有设备以及后续可能引入的设备能够无缝集成,实现信息的共享和协同作业。同时要对设备进行严格的测试和调试,确保其性能和质量符合要求。还要建立完善的设备维护和管理体系,定期对设备进行维护和保养,保证设备的正常运行。

#### 4.3 信息系统建设

信息系统建设是龙门加工柔性线智能化升级与改造的关键支撑。建设生产执行系统(MES),实现生产计划的制定、生产任务的分配、生产进度的跟踪以及生产数据的采集和分析。MES系统可以将生产现场的实时数据与企业资源计划(ERP)系统、供应链管理系统等进行集成,实现企业生产管理的信息化和一体化。建立工业物联网平台,实现设备之间的互联互通和数据共享。通过在设备上安装传感器和通信模块,将设备的运行数据实时传输到工业物联网平台,进行集中管理和分析。工业物联网平台可以为企业的生产决策提供数据支持,实现设备的远程监控和故障预警。还要建设质量管理体系(QMS),实现对产品质量的全程监控和管理。通过在生产过程中设置质量检测点,实时采集产品质量数据,运用数据分析技术对质量数据进行分析和处理,及时发现质量问题并采取相应的措施。在信息系统建设过程中,要注重信息系统的安全性和可靠性。采取有效的安全措施,防止信息泄露和网络攻击。同时建立完善的信息系统维护和管理机制,确保信息系统的正常运行。

#### 4.4 人员培训与管理

人员培训与管理是龙门加工柔性线智能化升级与改造成功实施的重要保障。对于操作人员,要进行全面的

智能化设备操作和维护培训。培训内容包括设备的操作方法、维护保养知识、故障排除技巧等。通过培训,使操作人员能够熟练掌握智能化设备的操作技能,能够及时处理设备运行过程中出现的问题。对于管理人员,要进行信息化管理和智能化生产管理培训<sup>[4]</sup>。培训内容包括生产计划制定、生产进度跟踪、数据分析与决策等方面的知识和技能。通过培训,使管理人员能够运用先进的信息系统进行生产管理,能够根据数据分析结果做出科学的决策。在人员管理方面,要建立科学合理的绩效考核机制和激励机制。根据操作人员和管理人员的工作表现和贡献,给予相应的奖励和惩罚,激发员工的工作积极性和创造性。还要注重人才的培养和引进,通过与高校、科研机构合作,培养一批具有创新能力和专业技能的高素质人才。同时积极引进外部优秀人才,为企业的智能化升级与改造提供人才支持。

#### 结束语

龙门加工柔性线的智能化升级与改造是制造业发展的必然趋势,对于提升企业竞争力、推动产业升级具有重要意义。本文围绕其智能化升级与改造路径展开研究,提出系统的解决方案。智能化升级是一个复杂而长期的过程,需要企业根据自身实际情况,科学规划、稳步推进。未来,随着技术的不断进步,龙门加工柔性线的智能化水平将不断提升,为制造业的高质量发展注入新的动力。

#### 参考文献

- [1]张险峰,邵帅,祝贺.柔性自动化生产线评述[J].世界制造技术与装备市场,2021(05):60-63.
- [2]黄浩.浅析简易柔性自动化机械加工生产线[J].中国设备工程,2020(04):92-94.
- [3]岳婧.数控定梁龙门柔性镗铣加工线防护设计[J].金属加工(冷加工),2024(9):40-45.DOI:10.3969/j.issn.1674-1641.2024.09.010.
- [4]余易,李波,朱文利,等.面向柔性机加产线的自动装夹系统研究[J].机床与液压,2022,50(20):118-123. DOI:10.3969/j.issn.1001-3881.2022.20.021.