

基于 IIoT 与人工智能的工业生产 过程监测与优化研究

项本杰, 王 锐, 陈 杰, 陈圣贤

(安徽祯欣互联科技有限公司, 安徽 芜湖 241000)

摘 要 面向工业生产过程中数据割裂、决策滞后、效率与安全难以协同的现实难题, 本文围绕工业物联网与人工智能融合应用展开系统探究, 明确二者在工业数字化转型中的支撑作用与升级目标。构建多维度数据感知、异常智能识别的生产过程监测体系, 形成工艺参数调优、资源流程配置的优化路径, 并提出技术集成、应用推广与长效运维的实施策略。研究成果旨在为工业生产从自动化向智能化跃迁提供理论参考与实践思路, 助力企业提升生产质量、降低能耗损耗、强化安全防控水平, 推动工业生产实现高效稳定与绿色可持续发展。

关键词 工业物联网; 人工智能; 工业生产; 过程监测; 智能优化

中图分类号: TP18; F407

文献标志码: A

DOI: 10.3969/j.issn.2097-3365.2026.11.009

0 引言

工业数字化转型进入高质量发展新阶段, 培育新质生产力成为工业发展核心导向。工业物联网 (IIoT) 与人工智能深度融合, 成为破解传统生产数据割裂、决策滞后、效能与安全失衡的关键路径, 契合《推动工业互联网平台高质量发展行动方案 (2026-2028 年)》中强化 AI 赋能的部署要求。当前工业生产仍面临数据要素流通不畅、智能应用深度不足等难题, 制约转型升级步伐。立足于这一现实, 聚焦生产全流程监测与优化, 探究 IIoT 与人工智能协同应用模式, 破解生产瓶颈、释放增效空间, 为工业生产向智能化、绿色化跃迁提供支撑, 助力制造业实现质的有效提升和量的合理增长。

1 IIoT 与人工智能赋能工业生产的价值定位

1.1 工业生产数字化转型的技术支撑

IIoT 与人工智能构成工业生产智能化升级的核心技术基础, 二者协同发力, 为工业生产数字化转型提供不可替代的技术支撑。IIoT 通过各类传感器、射频识别设备、工业网关等终端, 打破生产环节中设备、物料、人员、环境等要素的信息孤岛, 实现生产全要素全域互联与数据贯通, 让原本分散的生产数据形成完整的数据流, 为后续的分析与优化提供真实、全面的基础素材。人工智能依托机器学习、深度学习等算法,

对 IIoT 采集的海量生产数据进行深度挖掘与智能分析, 摆脱传统人工决策的主观性与滞后性, 为生产决策提供智能分析与自主执行能力, 推动生产决策从“经验驱动”向“数据驱动”转型^[1]。多技术融合并非简单的技术叠加, 而是通过 IIoT 的数据采集能力与人工智能的数据分析能力深度耦合, 打破传统生产模式中效率低下、精度不足、决策滞后的瓶颈, 重构生产模式的运行逻辑, 推动工业生产从“自动化”向“智能化”跨越, 为工业生产数字化转型筑牢技术根基, 支撑生产模式的根本性变革。

1.2 生产过程智能化升级的核心目标

以监测与优化作为核心落实生产系统提质增效与安全可控, 成为工业生产智能化升级的核心目标。这一个目标贯穿整个生产流程, 兼顾质量、效率与安全三个核心诉求, 提升生产过程稳定性与产品一致性, 核心是借助智能化手段规避生产过程中的人为误差与环境波动, 让生产工艺保持在稳定运行状态, 确保每一批次产品的质量指标都符合标准, 减少因为生产波动带来的不合格产品, 提升生产质量的稳定性与可靠性, 降低生产能耗与资源冗余损耗, 聚焦在生产过程中的能源消耗与物料利用, 借助智能监测与优化, 精准匹配生产需求与资源供给, 避免能源浪费与物料损耗, 实现生产过程的绿色化、高效化, 在提升生产效益的同时降低环境压力。强化生产安全预警与风险防

作者简介: 项本杰 (1987-), 男, 本科, 工程师, 研究方向: 网络与数据安全、人工智能。

控能力,依靠智能化监测体系,实时捕捉生产过程中的安全隐患,提前预判风险发展趋势,及时发出预警信号并联动相关环节采取防控措施,规避生产安全事故的发生,保障生产人员安全与生产系统的稳定运行,实现生产安全与生产效率的协同提升。

2 基于 IIoT 与人工智能的生产过程监测体系构建

2.1 多维度生产数据感知与采集策略

全域感知为生产过程精准监测提供数据基础,多维度生产数据感知与采集策略围绕生产全流程,构建全面、实时、精准的数据采集体系,确保监测数据的完整性与有效性。生产设备运行状态数据实时采集,聚焦生产设备的核心运行参数,包括转速、温度、振动、负载等,通过 IIoT 终端设备实现 24 小时不间断采集,精准捕捉设备运行过程中的细微变化,为设备状态评估与故障预判提供数据支撑,避免因设备故障导致的生产中断^[2]。生产工艺参数动态跟踪与采集,针对生产过程中的核心工艺指标,如压力、流量、浓度、反应时间等,进行动态跟踪采集,实时掌握工艺参数的波动情况,确保工艺运行符合标准要求,为后续工艺优化提供精准的数据依据。生产环境与物料质量数据同步获取,兼顾生产环境的温湿度、粉尘浓度等环境参数,以及原材料、半成品、成品的质量指标,实现环境数据与物料数据的同步采集,全面覆盖生产过程中的各类影响因素,为生产过程的全面监测与精准分析奠定坚实的基础,确保监测体系能够全面反映生产实际状态。

2.2 生产过程异常智能识别与诊断

人工智能技术能够对生产过程中出现的异常情况做出精准识别和根源定位,生产过程异常智能识别与诊断借助人工智能算法和多方面来源的生产数据,建立高效的异常识别与诊断体系,从而提高生产过程的风险防控水平。多源数据融合有助于提高异常识别的准确程度,将设备运行数据、工艺参数数据、环境数据以及物料质量数据整合并加以分析,突破单一数据维度带来的限制,借助数据之间的相互补充来提升异常识别的全面性和准确性,防止由于单一数据偏差造成误判,准确找出生产过程中可能出现的各类异常状况,如设备异常、工艺异常、质量异常等。智能算法可以快速完成生产故障的诊断工作,依靠深度学习、神经网络等智能算法,对已经识别出来的异常数据进行深入分析,迅速确定异常产生的根源,明确异常发生的具体环节和原因,避免传统人工诊断方式耗时较

长、准确率不高的问题,为异常处理给出明确指引。异常趋势预判有助于降低生产中断带来的风险,通过对历史异常数据和实时数据的分析,提前判断异常发展的趋势,及早发现潜在的异常隐患,在异常扩大之前发出预警并联动相关环节采取应对措施,尽可能减少生产中断的可能性,保障生产过程的连续性和稳定性。

3 基于 IIoT 与人工智能的生产过程优化路径

3.1 生产工艺参数智能调优

数据驱动实现工艺参数动态适配与最优控制,生产工艺参数智能调优以 IIoT 采集的多源数据为核心,依托人工智能算法构建优化模型,实现工艺参数的动态调整与持续优化。基于历史与实时数据构建参数优化模型,整合生产过程中的历史工艺数据、质量数据、设备运行数据,结合实时采集的生产数据,通过人工智能算法构建工艺参数优化模型,明确工艺参数与生产质量、效率之间的内在关联,确定不同生产工况下的最优参数区间^[3]。生产工况变化下参数自适应调整,依托实时数据监测,精准捕捉生产工况的变化,包括原材料特性变化、设备运行状态变化、环境条件变化等,通过优化模型实现工艺参数的自适应调整,确保工艺参数始终处于最优区间,规避因工况变化导致的生产质量波动与效率下降。工艺优化持续迭代提升生产质量,通过对生产数据的持续采集与分析,不断优化参数模型,结合生产实际需求调整优化策略,实现工艺优化的持续迭代,逐步提升生产质量与生产效率,推动生产工艺向更高效、更精准、更稳定的方向发展。

3.2 生产资源与流程智能配置

从生产系统全局最优的核心目标出发,实现生产资源的高效利用与业务流程的顺畅流转,从生产全局视角出发,以工业物联网和人工智能为技术支撑,对生产资源与流程进行智能配置,可精准协调资源调度与生产流程的适配关系,实现生产系统整体运行的最优化。设备负荷与产能之间实现动态匹配和优化,通过工业物联网实时观察每台生产设备的运行负荷和产能情况,再配合生产任务的实际需要,使用人工智能的计算方法,将设备负荷做动态分配,避免有的设备超负荷运转,而有的设备却闲置,这样设备资源就能高效使用,整体生产产能也会提升。生产物料的流转和调度进行智能规划,依据生产任务和物料需求,把物料库存信息、生产进度信息整合到一起,用智能算法来安排物料流转的路线和调度办法,优化物料入库、出库、转运环节,减少物料积压和流转时间,保证物

料能及时供应,让生产流程能够顺利推进,生产各环节之间优化协同,降低流程耗时^[4]。以生产全流程的系统性梳理为基础,通过数据驱动的跨环节信息互联互通与协同联动,识别并剔除流程冗余节点,同时优化环节间的衔接机制,进而压缩生产周期,实现生产流程整体运转效能的提升。

4 工业生产监测与优化系统实施策略

4.1 技术落地与系统集成方案

技术落地与系统集成方案立足于工业生产实际场景,聚焦 IIoT 与人工智能技术的落地应用,构建兼容、稳定、安全的一体化系统。IIoT 设备与现有生产系统兼容部署,充分考虑现有生产设备与系统的技术规格,选择适配性强的 IIoT 终端设备,通过接口适配、协议转换等方式,实现 IIoT 设备与现有生产系统的无缝对接,避免因设备不兼容导致的系统冲突,确保数据采集的顺畅性与稳定性,最大限度降低技术落地的改造成本。人工智能模型轻量化适配工业现场环境,针对工业现场算力有限、环境复杂的特点,对人工智能模型进行轻量化处理,简化模型结构、优化算法流程,确保模型能够在工业现场设备上高效运行,实现数据的实时分析与决策输出,满足工业生产的实时性需求。数据传输与存储安全体系构建,聚焦生产数据的安全性、保密性,构建全方位的数据安全体系,采用加密传输技术保障数据在传输过程中的安全,建立分级存储机制实现数据的安全存储,同时完善数据访问权限管理,防范数据泄露、篡改等风险,为监测与优化系统的稳定运行提供安全保障^[5]。

4.2 应用推广与长效运维机制

应用推广与长期运维机制围绕体系实际使用与不断改进,建立分段和全流程保障架构,保证体系能够长时间平稳发挥作用,实现技术应用规模化落地与持续化价值输出,按场景按阶段带动智能化体系使用,充分结合不同行业、不同产线工业生产场景特性与实际生产需要,组织技术团队与生产班组开展联合调研,梳理各生产环节难点与改进潜力,为不同场景配备具有差异性使用推广计划^[6]。遵循“试点先行、以点带面”原则,先在生产瓶颈明显、质量波动大、能耗损耗高的核心场景进行试点应用,组建专项技术保障团队,实时跟踪系统运行情况,及时解决试点过程中出现的设备适配、操作适配等问题,积累成熟应用经验与优化方案后,再逐步向整个生产流程推广,防止盲目推广带来资源浪费、生产脱节与投入产出比失衡问

题,保证体系使用完全符合生产实际需要,生产人员数字化技能同步加强,面对智能化体系操作与使用需要,构建“分层分类、理论+实操”系统化培训体系^[7]。针对生产管理人员、一线操作工人、设备运维人员制定不同培训内容,管理人员重点培训数据决策分析能力,操作工人重点培训系统实时监测、异常反馈操作能力,运维人员重点培训设备故障排查、模型基础调试能力。培训采用线下实操教学、线上视频课程、现场案例讲解相结合方式,搭配考核与实操认证机制,确保生产人员能够熟练掌握体系操作流程,提升数字化操作水平、数据理解水平与异常处理水平,使生产人员可以高效使用体系开展生产监控与改进工作,充分体现体系使用价值,带动人与体系高效配合运转,消除“技术与人员脱节”应用壁垒。

5 结束语

工业物联网与人工智能的深度融合,正在重塑传统生产运行逻辑,为工业生产全过程监测与优化开辟全新路径。依托全域数据感知与智能分析能力,生产系统可摆脱经验依赖,实现状态可感知、异常可预判、过程可调控、资源可优配。未来,随着技术持续迭代与场景深度渗透,监测与优化体系将更趋轻量化、自主化与协同化,持续破解生产瓶颈、释放增效空间。企业需立足于自身生产场景,稳步推进技术落地与人才适配,在实践中不断完善系统功能与运维机制,让智能化技术真正转化为核心竞争力,为工业高质量发展注入持久动力。

参考文献:

- [1] 刘鹏威.IIoT 和云计算在智能制造业中的应用[J].信息记录材料,2023,24(05):196-198.
- [2] 贝加莱.基于人工智能的机器健康追踪系统[J].现代制造,2025(12):68.
- [3] 张影,徐杨,王京.AI+背景下工业互联网平台开放策略演化博弈与仿真模型[J/OL].计算机集成制造系统,1-29 [2026-03-02].<https://www.cnki.com.cn/Article/CJFDTTotal-JSJJ20250926002.htm>.
- [4] 宋寒.电子信息工程在工业领域的应用研究[J].电子元器件与信息技术,2024,08(04):41-43,47.
- [5] 汤敏贤,史勇民,李日南.工业物联网关键技术及发展挑战[J].中国信息化,2021(09):76-78.
- [6] 陈宏,苏征,张菁,等.基于人工智能的工业运行数据短期预测方法探析[J].数字技术与应用,2024,42(12):19-21.
- [7] 张朋,张洁.生成式人工智能的工业应用技术与前景[J].自动化仪表,2024,45(08):1-10.