

智能制造全流程管控系统关键技术研究与应用

彭世云², 居传振¹, 李一琛¹, 王雅馨¹, 赵国柱¹

1. 滁州学院, 安徽 滁州 239000

2. 滁州爱沃富光电科技有限公司, 安徽 滁州 239000

摘要：本研究聚焦于智能制造领域的创新实践，以滁州爱沃富光电科技有限公司开发的全流程管控系统为案例，探讨该系统在智能制造中的应用及其对企业运营效率、质量控制和市场竞争力的提升作用。通过对系统架构、技术特点、创新应用以及实施效果的分析，揭示了智能制造技术在促进企业数字化转型、实现智慧工厂目标和推动新质生产力爆发中的关键作用。研究结果显示，全流程管控系统不仅实现了生产过程的透明化和智能化，还为企业提供了精准的经营决策支持，为智能制造的发展提供了新的启示和方向。

关键词：智能制造；全流程管控系统；人工智能决策

Research and Application of Key Technologies in Full-Process Control Systems for Smart Manufacturing

Peng Shiyun², Ju Chuanzhen¹, Li Yichen¹, Wang Yaxin¹, Zhao Guozhu¹

1.Chuzhou University, Chuzhou, Anhui 239000

2.Chuzhou Aiwoofu Photoelectric Technology Co., LTD. Chuzhou, Anhui 239000

Abstract：This study focuses on innovative practices in the field of smart manufacturing, taking the full-process control system developed by Chuzhou Aiwoofu Photoelectric Technology Co., Ltd. as a case study to explore the application of this system in smart manufacturing and its role in improving enterprise operational efficiency, quality control, and market competitiveness. By analyzing the system's architecture, technology, and implementation, the research highlights the pivotal role of smart manufacturing in driving digital transformation and achieving smart factory goals. The findings demonstrate that the system improves production transparency and decision-making, offering valuable insights for the future development of smart manufacturing.

Keywords：smart manufacturing; full-process control system; AI decision-making

引言

智能制造（Smart Manufacturing）是新一代信息技术与制造业深度融合的结果，是制造业向数字化、网络化、智能化发展的重要体现^[1]。作为新一轮工业革命的核心驱动力，智能制造不仅改变了传统制造的生产模式和管理方式，更提升了全球制造业的竞争力。在全球经济进入数字化转型的新时代，智能制造的重要性日益凸显。首先，智能制造能够通过大数据、物联网、人工智能等技术，实现生产过程的实时监控和优化，显著提高生产效率和产品质量，减少资源浪费和生产成本。其次，智能制造能够更好地满足市场对产品的多样化、定制化需求，增强企业的市场竞争力和应变能力^[2]。此外，智能制造还推动了产业链上下游的协同创新和供应链的智能化管理，实现了产业链的可视化和透明化。未来，智能制造将朝着个性化、绿色化和智能化方向进一步发展^[3]。伴随着5G通信、物联网、云计算、区块链等前沿技术的不断进步，智能制造的技术集成度和智能化水平将大幅提高，逐步从“生产自动化”向“生产智慧化”过渡，助力制造业实现高质量发展，成为全球经济增长的新引擎^[4]。

一、全流程管理系统的核心技术

智能制造的核心在于其“智能化”，而全流程管控系统正是实现这一目标的重要支撑。全流程管控系统通过整合企业从客户管理、订单处理、生产制造、物流仓储到财务分析等各个环节，

形成了一套完整的数字化管理体系。这一系统的核心技术包括物联网（IoT）技术、大数据分析人工智能技术、云计算技术以及区块链技术^[5]。物联网技术的应用能够实时采集生产过程中各类设备和物料的运行数据，实现设备状态监控、生产流程追踪和工艺参数的自动调整。基于智能制造全流程管控系统的运行数据，大

基金项目：安徽省重点研究与开发计划项目任务书，202304a05020004，星地光网用低成本高性能集成光通信芯片研发与产业化；赵国柱，优秀青年教师培育项目，YQYB2023048。

数据分析技术与应用能够挖掘生产过程中的海量数据进行分析^[6]，识别出影响生产效率和产品质量的关键因素，再通过人工智能辅助系统进行决策。通过构建企业私有云平台，实现数据的快速存储、处理和共享，支持多方协同作业和远程监控，提高信息流通的速度和效率。在数据安全和隐私方面，区块链技术提供了一种分布式的信任机制，确保数据的不可篡改和透明化管理，增强了供应链的可追溯性^[7]。

二、系统的研究价值

全流程管控系统的研究和应用对于智能制造的发展具有重要价值。它不仅能够帮助企业全面了解和优化其运营流程，实现精益生产和敏捷制造，还能够通过实时数据监控和分析，增强企业的风险预警能力和应变能力。此外，该系统还能通过智能化、自动化的管理流程，降低人工操作的错误率和劳动强度，提高生产的安全性和可靠性。因此，全流程管控系统是智能制造的核心组成部分，其研究和应用有助于推动企业数字化转型，提升制造业整体的技术水平和市场竞争力^[8]。

三、框架设计



> 图1 智能制造全流程管控系统技术架构图

（一）智能制造全流程多模数据传感与感知

智能制造全流程管控系统的物联网层是整个系统的基础，它通过多种传感器和智能设备采集、传输和处理数据，支持系统的实时监控、优化和决策^[9]。通过传感器、RFID、摄像头等设备，对设备状态、工艺参数、环境条件、库存和物流情况等多模态数据进行实时采集，确保生产过程的透明化和可视化。构建以5G、Zigbee 以及 WIFI 为基础的异构通信网络，利用无线通信技术将采集到的数据实时传输至中央系统或云平台，实现不同系统和部门之间的数据共享和协同工作^[10]。基于全流程多模数据传感与感知采集的数据，训练实时数据分析模型和 AI 算法，预测设备故障、生产异常等潜在问题，及时发出预警信号，支持快速反应和应急管理。通过标准化接口实现设备间的互联互通，支持生产过程中的智能协同和自动执行优化策略，提高生产效率和灵活性，同时采用数据加密、访问控制等安全措施，保障数据在采集、传输和存储过程中的安全性和隐私性，防止数据泄露和篡改。

（二）云计算技术

在智能制造全流程管控系统中，云计算平台的主要功能是提

供强大的计算能力和存储资源，支持数据的集中管理、实时分析、智能决策和协同操作^[11]。构建数据存储与管理云平台，提供海量数据的存储空间，对设备状态、工艺参数、库存情况、订单信息、产品标签、追溯标识等数据进行集中存储和管理，确保数据的完整性、一致性和可用性。利用云计算的强大计算能力，对实时数据和历史数据进行大规模并行处理和分析，识别生产过程中的模式和趋势，支持工艺优化、质量改进和决策制定。利用云计算平台搭建用于支持机器学习与 AI 模型的工业生产大数据样本集，为机器学习和 AI 算法的训练和部署提供计算资源，支持智能预测、故障诊断、生产计划优化和工艺参数调整等功能^[12]。通过开发标准化接口和 API，集成不同的生产管理系统（如 MES、ERP、SCADA 等），实现数据共享和系统间的无缝协同，支持企业的整体运营和管理优化。

（三）人工智能决策层

依托生产运营过程种的多模态数据，创建支撑多模态全流程生产运营监测预警与主动事前防控模型训练和优化的样本集，构建基于私有云平台的海量多维度数据库，形成所属行业（光电科技领域）专有的多模态大数据中心。根据现有大模型底座设计和开发基于神经网络、元学习模型、CNN 深度学习和生成对抗网络技术的生产运营监测、预警 AI 模型，采用网格搜索、贝叶斯优化、超参数组合搜索等方法实现 AI 模型的参数调优和模型更新，满足实时性、智能化、定制化等生产运营场景的需要，探索模型用于产业链协同创新、跨国（境）项目精准协调以及重大产业领域决策和研判。

（四）区块链技术

区块链技术在智能制造全流程管控系统中具有重要作用，特别是在数据透明化和安全性方面。利用区块链的分布式账本技术，系统为生产链中的数据记录提供了不可篡改的存储，从而确保关键数据（如工艺参数、产品追溯、质量检测报告等）具有高度的可信性和透明度。区块链能够追踪从原材料采购到产品交付的整个生产流程，确保生产过程的可追溯性，并通过智能合约自动执行交易与协议，减少人为错误和延误。此外，加密技术和分布式存储进一步增强了数据的安全性，有效防止数据篡改和泄露，建立各方之间的信任机制，确保数据交换和共享的安全。结合云计算和物联网，区块链技术提升了智能制造企业的透明度、安全性和协同能力，为企业提供了更加高效、安全的运营环境，增强了风险防控能力。

四、系统的实施与效果优化

（一）系统实施策略

全流程管控系统的实施涉及技术集成、人员培训和系统维护等关键环节。技术集成需要将物联网、云计算、人工智能和区块链等技术有机结合，确保各模块之间的协同运作。为此，实施方案应明确每个阶段的目标和任务，确保系统顺利推进。而人员培训是保障系统顺利运行的重要因素，操作人员应熟悉系统功能、操作流程以及故障排除和维护技能，确保系统的稳定性。此外，

系统的维护和升级也需系统化管理，确保问题能及时解决，以保障系统长期稳定运行。

（二）效果评估与改进建议

系统的实施效果评估应包括生产效率、产品质量、运营成本和企业竞争力等方面。通过实时监控和优化生产过程，系统能够有效识别并解决生产瓶颈，从而提升生产效率^[13]。产品质量的提升则源于智能化质量监控，能够及时发现和解决质量问题，减少不合格产品的出现。运营成本的降低通过自动化和智能管理实现，减少人工操作错误，提升安全性和可靠性^[14]。系统还增强了企业的市场竞争力，能够快速响应市场需求并灵活调整生产能力。基于这些效果评估，建议进一步优化系统功能，提升数据分析和智能决策能力，增强系统的兼容性和适应性，以更好地支持企业数字化转型与智能制造需求。持续的技术创新和系统升级将

助力企业应对市场挑战，促进其长期发展^[15]。

五、总结

智能制造全流程管控系统展示了智能制造技术在提升企业运营效率和市场竞争力方面的核心价值。通过集成物联网、云计算和人工智能等技术，该系统实现了生产过程的智能化和透明化，为企业提供了精准的决策支持，并推动了数字化转型和智慧工厂的实现。系统的实施优化了生产过程，提高了生产效率、产品质量和运营成本控制能力，增强了市场竞争力。未来，随着技术进步，智能制造将向更高水平发展，为制造业的高质量发展注入新动能。

参考文献

- [1] 王立岩. 高质量发展下智能制造的变革驱动与天津实践 [J]. 城市, 2019, (08): 3-11.
- [2] 乔侠, 刘双勇, 杨磊. 智能制造技术在铝车轮生产中的应用 [J]. 汽车测试报告, 2023, (08): 34-36.
- [3] 杨人杰. 北京现代汽车智能制造技术的应用与实践 [J]. 智慧中国, 2018, (06): 65-67.
- [4] 黄百灵. 全球数字经济发展趋势展望 [J]. 现代信息科技, 2020, 4(22): 6-10. DOI: 10.19850/j.cnki.2096-4706.2020.22.002.
- [5] 姚前. 新冠肺炎疫情与数字基础设施建设 [J]. 清华金融评论, 2020, (06): 33-35. DOI: 10.19409/j.cnki.thf-review.2020.06.009.
- [6] 储招节, 王标, 王露, 等. 基于 IIoT 的发动机生产制造过程管控系统构建及应用 [J]. 汽车实用技术, 2019, (17): 253-255. DOI: 10.16638/j.cnki.1671-7988.2019.17.095.
- [7] 赵玉霞. 浅谈以区块链技术为依托打通航空物流信息孤岛 [J]. 空运商务, 2023, (12): 37-40.
- [8] 王玉, 张占斌. 传统企业数字化、组织韧性与市场竞争力——基于 236 家企业调查数据 [J]. 华东经济管理, 2022, 36(07): 98-106. DOI: 10.19629/j.cnki.34-1014/f.220215012.
- [9] 李小杰. 智能网络技术在内装饰装修设计中的实践探究 [J]. 居舍, 2024, (15): 87-89.
- [10] 卜成杰. 智慧园区电力无线异构通信网络适配及切换控制问题研究 [D]. 南京邮电大学, 2022. DOI: 10.27251/d.cnki.gnjdc.2022.000619.
- [11] 张爱玉, 周卫东, 夏吉广, 等. 云平台搭建的关键技术研究 [J]. 中国安防, 2012, (09): 88-94.
- [12] 陈礼政. 基于智能制造技术的轧钢生产线优化研究 [J]. 冶金与材料, 2023, 43(06): 32-34.
- [13] 张晓鹏. 机械设计制造及其自动化在现代企业中的发展分析 [J]. 科技创新与生产力, 2023, 44(07): 15-16+19.
- [14] 吕琨. 高速铁路施工装备智能化研究 [J]. 山东工业技术, 2018, (12): 87-88+90. DOI: 10.16640/j.cnki.37-1222/t.2018.12.078.
- [15] 张朝晖. 技术创新背景下企业资本运营现状及对策研究 [J]. 投资与合作, 2023, (10): 135-137.