

Innovative Application and Development Trend of Automation Technology in Chemical Machinery

Jinbao Wang

Inner Mongolia University of Technology, Ordos, Inner Mongolia, 017200, China

Abstract

With the deepening of Industry 4.0, the integration of chemical machinery industry and automation technology has become the core driving force for industry transformation, upgrading and efficiency improvement. This article systematically reviews the current application status of automation technology in the field of chemical machinery, analyzes the implementation paths of key technologies such as PID control, distributed control system (DCS), and intelligent sensors in the chemical machinery industry, and explores the significant advantages of automation technology in improving production efficiency, ensuring safety production, and optimizing product quality. Based on the bottleneck of industry development, this paper analyzes the challenges currently faced such as technology integration, cost control, and talent shortage, and looks forward to future development trends from three dimensions: intelligence, digitization, and greening. Research has shown that the deep integration of chemical machinery and automation technology is not only the key to enhancing the competitiveness of enterprises, but also an inevitable choice to promote the sustainable development of the chemical industry.

Keywords

chemical machinery; Automation technology; Intelligent control; Safety production; development trend

自动化技术在化工机械中的创新应用与发展趋势

王金宝

内蒙古工业大学, 中国·内蒙古 鄂尔多斯 017200

摘要

随着工业4.0的深入推进, 化工机械行业与自动化技术的融合成为行业转型升级和效率提升的核心驱动力。本文系统梳理了自动化技术在化工机械领域的应用现状, 剖析了自动化技术: PID控制、分布式控制系统(DCS)、智能传感器等关键技术的在化工机械行业的实现路径, 探讨了自动化技术在提升生产效率、保障安全生产、优化产品质量等方面的显著优势。结合行业发展瓶颈, 分析了当前面临的技术整合、成本控制及人才短缺等挑战, 并从智能化、数字化、绿色化三个维度展望了未来发展趋势。研究表明, 化工机械与自动化技术的深度融合不仅是提升企业竞争力的关键, 更是推动化工行业可持续发展的必然选择。

关键词

化工机械; 自动化技术; 智能控制; 安全生产; 发展趋势

1 引言

化工行业是国民经济重要支柱, 生产具高温、高压、有毒有害特点, 对生产效率和安全性要求严苛。传统化工机械生产依赖人工, 存在效率低、误差率高和安全隐患问题。随信息技术等发展, 自动化技术渗透化工机械全流程, 成破解行业困境关键[2]。从单机自动化到智能工厂, 其应用从简单控制到系统集成跨越发展。当前, 化工企业引入DCS、PID、智能传感器等实现精准监测、智能调控和安全隐患预警。但因市场需求多元和环保要求提高, 应用仍面临技术标准不统一、兼容性差、成本高问题。在此背景下, 梳理应

用现状、提炼技术路径、分析挑战与趋势, 对化工行业智能化转型有重要意义[3]。

2 自动化技术在化工机械中的应用现状

2.1 生产流程自动化

自动化技术广泛应用于化工机械生产全流程, 涵盖原料采集、加工、产品存储与运输, 实现连续化、集约化生产。在原料处理环节, 借助自动化输送带、智能配料系统等精准控制原料配比与输送速度, 如某化工企业用高精度称重传感器与流量计, 使原料利用率提升超10%[4]。加工环节, 应用数控机床、工业机器人等实现切割、焊接、装配等工序自动化, 某案例引入6轴工业机器人后, 生产效率提高30%, 人工成本降低50%。产品检测与包装环节, 自动化优

【作者简介】王金宝(1992-), 男, 中国内蒙古人, 本科, 从事机械设计制造及其自动化研究。

势显著，自动化检测设备利用机器视觉与激光测量技术，检测效率比人工提升超 5 倍；自动化包装线结合机器人与传送带，大幅减少包装人工干预。

2.2 设备监控与故障诊断

实时监控与故障预警是化工机械自动化核心应用场景。在设备部署温度、压力、振动等传感器，结合数据采集分析系统，可实时掌握设备运行状态。如某企业自动监控系统用高精度传感器对关键设备 24 小时监测，参数超阈值时自动预警并调整工艺参数。故障诊断技术基于大数据分析机器学习算法，对比设备历史与实时数据，实现故障提前预测。例如某化工企业预测性维护系统用振动传感器监测设备，结合故障模式库，降低设备故障率 20%，缩短维修时间 30%。远程诊断技术应用使技术人员能通过 AR 眼镜远程指导维修，提升故障处理效率 [4]。

2.3 安全控制系统

化工生产风险高，对安全控制要求高，自动化技术应用提高了生产安全性。紧急停车系统（ESD）整合传感器与逻辑控制器，异常时可迅速关停设备，避免事故扩大。如某煤化工企业 ESD 系统响应仅 15ms，成功避免管道泄漏爆炸事故 [7]。安全仪表系统（SIS）采用三冗余（TMR）架构，有容错控制与快速响应能力，能为关键设备提供安全保障。危险与可操作性分析（HAZOP）技术与自动化系统结合，模拟生产偏差与风险场景，为安全管控提供数据支持。某案例显示，应用 HAZOP 分析后，安全事故发生率降低 70% [1]。

3 自动化技术在化工机械中的关键技术

3.1 控制算法与系统

比例积分微分控制（PID）是化工机械自动化的基础技术，目前 80% 以上的控制器采用 PID 类型。基于分布式控制系统（DCS）的 PID 性能评测与优化系统，可实现对控制参数的实时调整与优化，某系统通过建立三级评测模型，使装置运行稳定性提升 20% [2]。先进控制算法如模型预测控制（MPC）、模糊控制等，进一步提升了复杂化工过程的控制精度，在精细化学品生产中，产品纯度可提高 1%-2% [5]。

3.2 传感器与网络通信技术

传感器是自动化系统的“感知器官”，其精度与稳定性影响控制效果。在环境监测中，温湿度、气体传感器可监测有毒气体浓度；在设备控制中，位移、力传感器可操控机械臂、阀门等设备。某企业激光位移传感器测量精度达 $\pm 0.01\text{mm}$ ，确保装配工序一致性 [3]。而网络通信技术为数据传输与远程控制提供支撑，工业以太网、物联网（IoT）技术实现设备与控制系统实时互联，5G 技术的低延迟特性让远程监控与智能决策成为可能。

3.3 机器人与智能装备

工业机器人在化工机械中的应用从简单搬运拓展到复杂操作。焊接机器人利用电弧跟踪技术，实现管道、容器高

精度焊接，焊缝合格率达 99.5%；涂装机器人采用静电喷涂技术，使涂料利用率提升 30%，改善涂层厚度均匀性。协作机器人实现人机协同作业，在危险环境替代人工完成投料、取样等操作，降低人员暴露风险。智能仓储与物流装备是自动化技术的重要应用。自动化立体仓库借助堆垛机与智能调度系统，实现物料自动存取与库存管理，提升空间利用率 50%；AGV 替代传统叉车，完成车间内物料柔性运输，使物流效率提升 40%。

4 自动化技术应用的趋势分析

4.1 提升生产效率与质量

自动化技术通过减少人工干预、优化生产流程，显著提升了化工机械的生产效率。自动化流水线可实现 24 小时不间断生产，某案例显示，其生产周期较传统模式缩短 40%；同时精确的程序控制使产品质量一致性大幅提升，某化工产品的合格率从 85% 提高至 99%。此外自动化系统的快速响应能力，可使企业更灵活地应对市场需求变化，缩短产品交付周期 [3]。

4.2 保障生产安全

化工生产的高风险性因自动化技术的应用得到有效缓解。通过实时监控、自动预警与紧急停车系统，可以及时发现并处理安全隐患，减少事故发生率。某统计数据显示，应用自动化安全系统的企业，工伤事故率降低 60% 以上 [6]。

5 自动化技术应用的挑战分析

5.1 技术整合难度大

化工机械自动化涉及控制算法、传感器、网络通信等多领域技术，系统整合难度较高。不同厂商的设备接口不统一、通信协议不兼容等问题，导致“信息孤岛”现象普遍存在 [2]。解决策略涵盖以下几个方面：一是建立行业统一的技术标准，以此推动设备与系统的兼容性设计；二是采用模块化架构，借助中间件实现不同系统之间的对接；三是引入工业互联网平台，达成数据的集中管理与共享 [3]。

5.2 成本投入过高

化工生产所具有的高风险性，因自动化技术的运用而得到了有效的缓解。依托实时监控、自动预警以及紧急停车系统，能够及时察觉并处理安全隐患，从而降低事故的发生概率。有统计数据表明，应用了自动化安全系统的企业，其工伤事故率下降幅度超过 60%。机器人替代人工在高温、高压、有毒环境中作业，从根本上避免了人员伤亡风险。

6 自动化技术应用的展望

6.1 技术整合难度大

人工智能技术融入将推动化工机械自动化向更高层次发展。机器学习算法可通过分析历史数据预测反应转化率等优化生产参数，实现工艺自优化；自主决策系统能依据市场需求自动调节生产计划，增强企业柔性制造实力。智能机器

人环境适应能力将进一步提升，可独立完成复杂装配、检测等工作，降低对人工编程的依赖。

6.2 成本投入过高

数字孪生技术有望成为化工机械自动化领域的关键发展方向。借助搭建设备及生产过程的数字模型，能够达成全生命周期的虚拟仿真与优化工作。在设计阶段，数字孪生可模拟设备运行状态，提前发现设计缺陷；在生产阶段，通过虚实交互可实时调整工艺参数，提升生产效率 [5]。

7 结语

在化工行业发展中，自动化技术与化工机械深度融合是必然趋势。此融合优势突出，能提升生产效率、保障生产安全。但目前仍面临技术整合难、前期投入高、专业人才匮乏等挑战。随着智能化、数字化和绿色化技术发展，化工机械自动化将迈向更先进完善。企业要提升技术创新能力、培养专业人才，政府要完善政策扶持体系和行业标准。政企协

同发力，才能推动自动化技术在化工机械领域的应用。通过多方努力，化工行业将从“传统制造”向“智能制造”转型升级，为国民经济可持续发展提供支撑。

参考文献

- [1] 邓金艳. 化工机械设备与电气自动化控制的有机融合探讨[J]. 模具制造,2024,24(8):168 - 170.
- [2] 袁聆峰. 化工机械设备与电气自动化控制的有机融合[J]. 四川化工,2024,27(1):58 - 60.
- [3] 郝瑞卿,任谦. 解析化工机械设备与电气自动化控制的有机结合[J]. 粘接,2021,46(5):119 - 123.
- [4] 李西锋. 机械设备自动化技术在化工机械制造中的应用[J]. 化工自动化及仪表,2024,51(4):571 - 576.
- [5] 朱荣荣. 机械自动化技术在化工安全生产中的应用研究[J]. 当代化工研究,2023(6):108 - 110.
- [6] 代智毅. 煤化工安全生产中机械自动化技术的应用[J]. 今日自动化,2022(9):98 - 100.