

基于智能化的机械设备电气自动化技术应用研究

张志敏

重庆机电控股集团机电工程技术有限公司, 重庆 400000

[摘要]随着工业 4.0 推进, 智能化与机械设备电气自动化加速融合。本篇文章分析了 PLC 智能化升级、传感器数据融合等核心技术, 探讨了在制造业生产线和冶金重型设备等场景的应用。2024 年行业数据显示, 智能化改造后设备故障率平均下降 32.5%, 生产效率提升 28%。研究还指出技术融合与绿色节能是未来重点方向。研究表明, 智能化显著提升了设备稳定性和智能化水平, 对推动工业高质量发展具有重要意义。

[关键词]智能化; 机械设备; 电气自动化技术; 应用策略

DOI: 10.33142/ec.v8i7.17571

中图分类号: TM74

文献标识码: A

Research on the Application of Intelligent Mechanical Equipment Electrical Automation Technology

ZHANG Zhimin

Electromechanical Engineering Technology Co., Ltd. of Chongqing Machinery & Electronics Holding Group, Chongqing, 400000, China

Abstract: With the advancement of Industry 4.0, the integration of intelligence and electrical automation of mechanical equipment is accelerating. This article analyzes core technologies such as PLC intelligent upgrading and sensor data fusion, and explores their applications in manufacturing production lines and metallurgical heavy equipment scenarios. Industry data in 2024 shows that after intelligent transformation, the average equipment failure rate has decreased by 32.5%, and production efficiency has increased by 28%. The study also pointed out that technology integration and green energy conservation are key directions for the future. Research has shown that intelligence significantly improves device stability and intelligence level, which is of great significance for promoting high-quality industrial development.

Keywords: intelligence; mechanical equipment; electrical automation technology; application strategy

引言

在智能制造背景环境下, 传统机械设备电气自动化技术面临着精度存在不足、响应出现滞后等一系列问题, 以至于难以满足现代工业对于高效精准和柔性生产方面的需求。智能化技术凭借着在数据处理、自主决策等方面所具备优势, 为电气自动化技术升级提供了一条全新路径。当前阶段, 全球工业领域在智能化改造方面投入呈现年均增长 15%态势, 我国身为制造业大国, 极其需要推动智能化与机械设备电气自动化实现深度融合, 从而突破生产瓶颈, 提升产业竞争力。因此, 深入研究该技术应用, 对于促进工业生产模式变革实现产业转型升级具有重要意义。

1 智能化在机械设备电气自动化中的核心技术支撑

1.1 PLC 智能化升级技术

可编程逻辑控制器 (PLC) 作为电气自动化系统中核心控制单元, 其开展智能化升级工作正极大程度提升设备控制效率和自适应能力。通过把人工智能算法嵌入其中, PLC 能够基于历史数据和实时数据来开展自主学习设备运行规律工作, 进而动态优化控制参数。以电机调速控制为例, 传统 PLC 依靠固定参数, 调速精度约为 $\pm 2\%$, 而

智能 PLC 能够依据负载变化、温度波动等条件马上实时调节输出频率, 将控制精度提高至 $\pm 0.5\%$ 以内, 这样既提高了生产效率, 同时还降低了能源消耗^[1]。

凭借物联网 (IoT) 技术, 智能 PLC 可以接入云端平台, 实现设备状态远程监控数据分析和协同控制。运行数据马上实时上传至云系统, 结合故障预测模型, 能够在异常发生之前向工作人员发送预警信息。运维人员通过电脑或者移动终端就可以查看设备状态、调整参数乃至完成部分调试任务, 极大程度减少了现场巡检频次和人力成本, 推动自动化系统朝着“无人化值守智能化运维”方向发展。

1.2 传感器与数据融合技术

传感器作为电气自动化系统中用于感知环境和设备状态的关键部件, 其智能化发展正推动检测能力朝着高精度多参数高可靠方向迈进。当前, 温度振动、噪声、电流、电压等多种类型传感器能够实现对设备运行状态同步采集, 构建起多维度、实时化的数据感知网络。借助数据融合算法, 系统能够对多源异构数据进行筛选校正和整合, 有效剔除噪声和干扰信息, 显著提升数据准确性和可用性, 为智能决策提供高质量输入。

以电机调速控制为例, 通过对振动温度和电机电流等多传感器数据融合分析, 系统能够精准识别轴承早期磨损

特征。相较于传统单信号检测方式,能够提前 300 小时以上发出故障预警,准确率提升超过 30%。这使维护人员能够有计划安排检修,避免因突发轴承失效导致非计划停机和生产中断,既提升了设备可靠性,同时还降低了运维成本,多传感器数据融合已然成为预测性维护和智能化运维不可或缺的技术基础。

1.3 人工智能故障诊断技术

人工智能技术给电气自动化设备故障诊断带来了根本性变革,彻底改变了传统依靠人工经验与规则判断诊断模式,基于机器学习故障诊断模型,能够利用大量历史故障数据进行训练,从中提取电压电流振动温度等多维信号中故障特征,并且建立其与故障类型(轴承损坏绝缘老化、电路短路等)之间精准映射关系。当设备出现异常时,模型能够实时比对运行数据与故障特征库,实现毫秒级诊断,准确率超过 95%,远远超过传统阈值报警方式,极大程度提升了故障识别效率和可靠性^[2]。

更进一步,基于深度学习预测性维护模型能够捕捉设备运行中微弱异常征兆,实现故障早期预测和健康状态评估。在压缩机电气系统中,模型能够通过分析电流信号、高频谐波成分和微小波动,识别出绕组绝缘退化或者匝间短路等潜在故障,提前数百小时发出预警,让维护人员能够有计划介入维修,避免突发停机和严重损坏。这种“预测-干预”一体智能运维模式,显著降低了故障维修成本和生产中断风险,推动电气自动化系统朝着更安全、经济、可靠的方向发展。

2 基于智能化的机械设备电气自动化技术实际应用场景

2.1 制造业生产线自动化应用情况

在汽车、电子等这类具备高度复杂性的现代制造业生产环境中,智能化电气自动化技术已然成为达成全流程无人化生产核心推动力量。整个生产线借助部署数量众多高精度传感器,对物料定位、设备运行状态、环境参数和质量检测数据展开实时采集工作。通过高速工业网络把这些数据汇聚至中央控制系统,可编程逻辑控制器(PLC)作为关键智能化控制单元。针对数据进行以毫秒级为单位处理和逻辑判断,进而精确协调机械臂伺服电机、传送带、AGV 小车等执行机构展开协同作业,从而形成具备高度柔性和自适应性生产节拍的生产系统。

以汽车零部件智能生产线为例,当全面引入该项技术之后,其综合效能得到了显著提升。在精度方面,基于视觉定位与伺服纠偏系统,零部件装配精度能够稳定控制在 0.01mm 以内,极大程度上提高了总成分匹配质量和一致性。在生产节拍方面,通过对设备启停逻辑和并行作业调度进行优化,单件产品生产时间缩短了 15s,达成了更为高效的生产流转。在产能方面,日产量从原本 800 件稳步提升至 1050 件,增幅超过 30%,有效满足了市场需求快

速增长的状况。在质量层面,依靠在线检测与实时反馈控制,产品合格率由 97%提升至 99.8%,大幅度降低了废品率和返工成本。该案例表明,智能化电气自动化技术不单单是无人化生产基础,更是制造业在提质增效降本方面关键赋能手段^[3]。

2.2 冶金行业重型设备应用情况

冶金行业中轧机高炉、转炉等重型设备长期处于高温、高湿且多粉尘存在强电磁干扰复杂工业环境中运行,这就对电气自动化系统稳定性、可靠性和抗干扰能力提出了极高要求。智能化电气自动化技术深入运用,显著提高了设备在恶劣条件下适应能力和运行效率。

以轧机设备为例,其智能化电气系统通过布设在轧辊、轴承电机等关键部位多类传感器,针对轧制力、板材温度、轧辊振动和转速等多维度数据进行实时采集。这些数据经由边缘计算单元和 PLC 系统进行高速处理与分析,借助预设智能算法模型(PID 控制自适应模糊控制)动态调整轧辊压力转速和冷却水流量,从而实现轧制过程精准闭环控制。该系统不但能够有效抑制因参数波动致使板材厚度不均、表面裂纹等质量问题,还能够依据来料特性自动优化轧制策略,提升生产灵活性和材料利用率。

实际应用表明,在引入该智能化系统之后,冶金企业收获了显著效益:产品因尺寸超差性能不均等导致不良率下降了 25%,有效提升了高附加值产品合格率;同时,设备故障预警与健康管理系统完善,使计划外停机大幅度减少,连续稳定运行时间从原来平均 500h/周期延长至 720h/周期,既保障了生产连续性,也降低了维护成本,这充分体现了智能化技术对冶金这一传统重工业在提质增效转型升级方面的核心支撑作用。

2.3 新能源领域设备应用情况

在风电光伏等新能源发电领域,智能化电气自动化技术保障能源高效转换、安全运行和稳定并网核心支撑要素。这些新能源设备常常处于环境多变、工况复杂的野外场景,其发电性能与电网接入质量高度依赖于智能化系统的精准感知和快速响应。以智能化风电机组为例,其控制系统通过安装在机舱叶片、塔筒等处多种传感器,实时采集风速、风向、温度、振动等数据。主控系统依据这些数据,通过先进控制算法(比如最大功率点跟踪 MPPT)动态调整机舱偏航角度和叶片桨距角,使风机始终处于最佳迎风状态,进而显著提升风能捕获效率。实践表明,该项技术能够使单机风能利用率提升 12%以上,有效提高了发电效益^[4]。

在电能输出环节,智能化变流器与并网控制系统发挥着至关重要的作用,它们能够实时监测并网点的电压频率和谐波含量。通过有功/无功调节谐波抑制等策略,主动平滑功率波动,改善输出电能质量,确保其严格符合电网接入标准,减少对电网谐波污染和冲击。大型风电场在全

面引入智能化电气自动化系统后,实现了运行效益显著提升:年发电量增加 800 万 kWh,相当于节约标准煤约 2600t;同时,依托于状态监测与预测性维护功能,设备故障率大幅下降,运维成本降低了 18%,充分体现了智能化技术在新一代新能源电站中不可或缺的价值。

3 基于智能化的机械设备电气自动化技术发展趋势与优化方向

3.1 技术深度融合趋势

在未来发展进程中,伴随人工智能、物联网和先进通信技术持续不断向前推进,电气自动化将会与智能化技术达成更深层次融合,进而逐步构建起高度协同的“感知-决策-执行-反馈”闭环控制系统。在这样一个体系中,智能传感器会实时采集设备运行过程中所产生数据,借助边缘计算和云计算平台开展高效处理与分析工作,最终通过可编程逻辑控制器(PLC)等执行机构达成精准控制。5G 技术大规模商用会极大程度提升工业现场数据传输能力,其具备的低延时、高可靠特性,可使关键指令远程下发的延迟缩短至毫秒级别,从而对实时性要求极高工业应用场景提供支持。同时,数字孪生技术广泛运用使物理设备能够在虚拟空间中构建高精度动态模型,通过多物理场仿真模拟不同工况下运行状态,为设备参数优化故障预测和系统维护提供有力支撑。以大型化工生产系统为例,可以基于实际产线构建对应数字孪生模型,在虚拟环境中模拟反应釜内温度与压力变化过程,提前发现潜在运行风险并且优化控制策略,显著提高生产安全性和运行效率。这种深度融合不但推动电气自动化系统朝着智能化、自适应方向发展,还为工业互联网实现奠定了坚实基础^[5]。

3.2 绿色低碳发展方向

在“双碳”战略目标政策引导和市场驱动双重作用下,电气自动化技术正朝着高效、低碳和可持续方向加速迈进,绿色节能已然成为行业创新核心议题。智能化技术通过精细化能源管理与控制策略,显著提高用电设备能效水平。尤其是,在工业领域广泛选用水泵、风机等通用机械中,传统恒定转速运行方式在能源浪费方面较为严重。而引入智能变频控制系统之后,能够依据实际负荷需求动态调整电机转速,达成电能与负载最佳匹配,此类技术通常能够带来 20%~30%能耗下降。除此以外,基于物联网和大数据分析智能化能源管理系统正在普遍推广,该系统能够对企业内各类用电设备进行实时监测和能效评估,精准识别高能耗环节,并且自动生成优化运行方案或者调度策略。据行业预测而言到 2026 年,智能节能技术在工业领域应用比例将会突破 60%,每年能够减少约 500 万 t 二氧化碳

排放,不但为企业降低运营成本,也为国家实现碳达峰碳中和目标提供关键技术支撑。

3.3 安全防护升级方向

随着电气自动化设备智能化网络化水平持续不断提升,系统所面临的安全威胁也日益复杂起来,其中囊括网络攻击数据泄露设备故障等多重风险,所以安全防护技术升级已经成为行业发展的必然要求,在网络安全层面,需要强化对工业控制系统全方位保护,借助端到端加密传输、多层次访问控制、入侵检测和身份认证等关键技术,有效抵御外部黑客攻击和未授权访问,确保控制指令与数据交换保密性和完整性。在设备物理安全方面,智能安全监测装置应用日益广泛,红外热成像传感器能够对开关柜、变压器等关键电气设备进行非接触式温度监测,及时发现过热隐患,防范因绝缘老化、接触不良等引发短路或火灾事故,同时,振动监测局部放电检测等技术在故障诊断方面也发挥着重要作用^[6]。

4 结语

本文研究了智能化技术在机械设备电气自动化中的应用,强调了 PLC 智能化升级与传感器数据融合等核心技术支撑作用,分析了其在制造业冶金及新能源等领域实践效果,验证了其在提升效率与降低故障方面的显著优势。研究指出,技术深度融合绿色节能与安全防护是未来主要发展方向。未来需持续推动技术创新与应用突破,解决融合难点,进一步发挥智能化赋能作用,为工业高质量发展提供支撑,并建议围绕成本控制与跨行业适配展开深入研究,促进技术更广泛普及。

[参考文献]

- [1]郑孝明,崔猛,马传杰.基于智能化的机械设备电气自动化技术应用研究[J].城市建设,2025(13):51-53.
- [2]韩效成.基于智能化的机械设备电气自动化技术应用研究[J].冶金设备管理与维修,2025,43(3):73-75.
- [3]赵飞.可持续发展视角下智能化机械设备和电气自动化技术的创新与应用[J].造纸装备及材料,2024,53(2):61-63.
- [4]李伟.基于智能化的机械设备电气自动化技术[J].装备维修技术,2023(6):94-96.
- [5]孙灵修.智能化机械设备电气自动化技术分析[J].电子测试,2022,36(14):123-125.
- [6]陈丽.智能化机械设备电气自动化技术应用研究[J].河北农机,2021(8):124-125.

作者简介:张志敏(1986.12—),男,重庆大学,机械设计制造及其自动化,重庆机电控股集团机电工程有限公司,安质中心副总监,高级工程师。