

机械电器设备维修中的电气自动化技术优化方案

乔金龙

安阳钢铁集团有限责任公司 河南 安阳 455004

摘要: 电气自动化技术是提升机械电器设备维修质量与运维效率的关键手段。本文立足设备维修核心理论与自动化技术应用现状,系统梳理当前软硬件系统、数据传输及运维管理方面存在的突出问题,深入分析问题产生根源。从硬件升级、智能控制系统优化、运维体系完善多维度制定优化方案,经实际应用验证,方案可有效提升设备故障诊断精准度、降低停机风险与维修成本,全面提升设备自动化运维水平。

关键词: 机械电器设备维修;电气自动化技术;优化方案

引言:工业生产智能化转型背景下,机械电器设备运行稳定性直接影响生产效率与安全生产,传统维修模式已无法适配现代化设备运维需求。电气自动化技术的应用推动设备维修从事后检修转向预测性维护,但目前多数企业自动化运维系统仍存在设备老旧、智能化程度低、管理不规范等诸多问题。为此本文针对性开展技术优化研究,构建科学可行的优化方案,助力企业实现设备高效、精准、智能化维修运维。

1 相关理论与技术应用现状

1.1 机械电器设备维修核心理论

(1) 设备故障诊断与维修基本原理:通过振动分析、油液检测、温度监测及电气参数测试等手段,识别设备异常状态并定位故障源。其核心逻辑是基于“异常特征提取—故障模式匹配—维修决策生成”的流程,实现从“事后补救”向“主动干预”的转变。(2) 预防性维修与预测性维修理论体系:预防性维修依据设备寿命周期或工作量,按既定计划执行定期检修;预测性维修则以设备实时运行数据为基础,通过趋势分析与退化建模预判失效时间点,从而在故障发生前实施精准维护,兼顾安全性与经济性。(3) 设备运维可靠性评价标准:以MTBF(平均故障间隔时间)、MTTR(平均修复时间)、可用度及故障率等指标为核心,构建设备健康状态量化评价体系,为维修策略优化提供数据支撑。

1.2 电气自动化核心技术概述

(1) PLC可编程控制技术应用原理:PLC通过循环扫描方式接收输入信号,执行用户编制的逻辑运算、顺序控制与数据处理程序,并输出控制指令,实现对设备启停、调速及连锁保护等环节的自动化管控。(2) 传感器检测与数据采集技术:利用温度、压力、位移、电流/电压等各类传感器,将非电量或电气量转换为标准化模拟或数字信号,结合数据采集卡与通信协议,完成运行参

数的实时获取与汇聚。(3) 自动故障监测与智能控制技术:基于阈值判别、波形分析及专家规则库,对采集数据进行异常识别;同时引入PID调节、模糊控制等智能算法,实现设备运行状态的自动纠偏与自适应调整^[1]。

1.3 电气自动化技术在设备维修中的应用现状

(1) 自动化故障检测应用场景:在电机轴承磨损、绕组绝缘劣化、开关柜局部放电等典型故障中,自动化系统通过连续监测特征信号,实现早期预警与故障类型自动判别,显著降低突发停机风险。(2) 设备运行参数自动化调控应用:针对温度、压力、流量等关键参数,系统依据设定目标值自动执行闭环调节,减少人工介入,同时确保设备始终运行于最优工况区间。(3) 自动化运维系统现有应用成效:实践表明,自动化运维可延长设备平均无故障周期约15%~30%,降低维修成本与备件消耗,同时实现维修工单、历史记录与健康档案的数字化管理,整体运维效率明显提升。

2 机械电器设备维修中电气自动化技术现存问题及成因

2.1 自动化硬件系统存在的问题

(1) 硬件设备老化、兼容性差,检测精度不足:部分企业早期投入的自动化设备已运行多年,电子元器件性能衰退导致信号漂移与测量偏差加大,检测精度难以满足高标准的维修诊断需求。同时,不同厂商、不同批次的硬件之间通信协议与接口标准不统一,系统集成困难,制约整体监测能力的发挥。(2) 传感器布局不合理,数据采集存在盲区:传感器安装方案多依赖现场经验,缺乏基于设备动力学特性和故障敏感部位分布的定量优化,致使轴承内侧、齿轮齿根、绕组匝间等关键故障发生区域缺少有效测点,或测点密度不足。这种布设缺陷导致采集数据难以全面反映设备真实运行状态,微弱先兆特征常被遗漏,直接削弱了故障早期预警能力。

(3) 硬件防护不足, 易受车间电磁干扰影响: 机械电气设备维修现场集中了大量变频器、大功率接触器、高频加热装置等强干扰源, 通过传导和辐射方式耦合至自动化硬件系统。然而部分系统在屏蔽接地、电源滤波、信号隔离等方面设计薄弱, 电缆屏蔽层破损或接地电阻超标问题突出, 使采样信号中混杂高频噪声, 严重时引起I/O模块误触发甚至CPU死机, 可靠性大幅下降。

2.2 自动化软件与控制系统缺陷

(1) 控制程序模块化程度低, 运维适配性差: 现有控制程序多采用面向设备的硬编码方式, 子程序封装不足、接口定义不清晰, 缺乏标准化的功能库支持。当设备机型更替或工艺参数变更时, 程序需逐行修改和反复调试, 代码复用率极低, 不仅延长了系统适配周期, 也增大了软件修改过程中引入逻辑错误的可能性^[2]。(2) 故障诊断算法单一, 智能化识别准确率低: 多数系统仍以固定阈值比较或单通道频谱分析为核心判别手段, 未能充分利用多源异构数据(如振动、电流、温度)的互补信息, 对复合故障、早期微弱故障以及变工况下的时变特征缺乏有效的自适应识别能力, 造成误报率与漏报率居高不下。(3) 数据传输与处理效率低, 实时性不足: 现场总线带宽有限, 大量高频采样数据需集中上传至上位机完成解算, 边缘端预处理能力薄弱。数据在传输环节经历较长排队等待, 处理环节又因算法复杂度高而计算迟缓, 导致报警信号与故障发生之间存在显著时延, 维修人员无法及时获取准确的设备状态信息, 错失最佳干预时机。

2.3 运维管理与技术应用短板

(1) 自动化运维制度不完善, 流程不规范: 企业尚未建立面向自动化维修作业的标准化管理体系, 缺乏规范的操作规程、质量验收标准和岗位责任制度, 工单流转、数据记录、维修闭环等环节仍以人工台账为主, 管理方式粗放, 导致技术应用效果因人而异, 难以形成可复制的运维经验。(2) 维修人员自动化技术专业能力不足: 传统维修人员知识结构偏向机械拆装和电工基础操作, 对PLC编程、传感器标定、数据分析与诊断算法等自动化技术掌握有限, 同时企业缺乏系统的、持续性的技术培训机制, 致使先进设备投用后诊断功能难以充分发挥, 故障排查效率低下。(3) 技术更新滞后于设备迭代速度: 设备制造端更新换代节奏日益加快, 而自动化监测与控制系统的升级涉及方案论证、采购审批、安装调试等多个环节, 流程复杂、周期冗长, 加之投入成本较高, 企业决策趋于保守, 导致在用维修技术与新型设备之间存在明显代差, 难以实现精准匹配与高效运维。

3 机械电气设备维修中的电气自动化技术优化方案

3.1 硬件系统优化升级方案

(1) 更新迭代老旧硬件, 提升设备兼容适配性: 针对硬件老化与兼容性不足问题, 制定分批次更新计划, 优先更换超期服役、漂移严重的传感器与数据采集模块, 选用具备工业级标准通信接口(如EtherCAT、Profinet、IO-Link)的智能化硬件设备。同时配置协议转换网关, 实现多厂商设备间的数据互联与统一管理, 从底层消除信号偏差与通信壁垒, 显著提升系统的整体检测精度与可扩展性。(2) 优化传感器布局, 实现全维度数据采集: 基于设备关键部位的故障机理分析与历史故障统计, 科学筛选振动、电流、温度、位移等多类型传感器的安装位置与数量配置。在轴承座、绕组端部、齿轮啮合区等高频故障点增设冗余测点, 并借助现场校准手段确保各通道信号一致性, 使采集数据全面反映设备运行状态, 消除信息盲区, 为后续精准诊断提供充分的数据支撑^[3]。(3) 增设电磁防护装置, 提升硬件运行稳定性: 在控制柜电源进线端加装高性能电源滤波器与浪涌抑制器, 对模拟量及脉冲信号传输采用双层屏蔽电缆并确保单端可靠接地; 对变频器、电焊机等强干扰源实施局部屏蔽与隔离距离控制。通过系统性电磁兼容设计, 有效抑制传导与辐射干扰, 保障PLC、传感器及采集板卡在恶劣车间环境中长期稳定、可靠运行。

3.2 软件与控制系统智能化优化

(1) 采用模块化编程, 优化PLC控制程序架构: 将控制程序按照设备类型与维修工况进行功能模块划分, 封装为标准化的逻辑库, 包括设备启停、联锁保护、自动调节及故障处理等功能块, 并定义统一的输入输出参数接口。新型设备接入时可直接调用对应模块并配置工艺参数, 显著缩短二次开发周期, 同时提升代码复用率, 降低人为编程失误引发的异常风险。(2) 融合智能算法, 优化故障自诊断与预警机制: 在传统阈值判别基础上, 引入小波变换与经验模态分解等信号处理手段提取故障敏感特征, 结合改进的支持向量机或轻量化神经网络构建多特征融合诊断模型; 同时建立基于滑动窗口的残差趋势分析机制, 在特征量超出注意值之前即实现分级预警, 增强对早期微弱故障和复合故障的识别能力, 有效降低误报与漏报率^[4]。(3) 优化网络传输架构, 提升数据实时处理能力: 采用高速工业以太网替代原有现场总线, 扩大上行与下行带宽, 并在设备层部署边缘计算网关承担数据清洗、特征提取及初步判别任务, 仅将精简后的特征值和报警信息上传至中心服务器, 从而降低网络负载与中心计算压力, 使关键状态信

息在毫秒级内完成从采集到显示的传输闭环,确保维修人员能够实时掌控设备动态。

3.3 运维管理体系优化策略

(1) 建立标准化自动化运维作业流程:围绕设备点检、定期校准、日常维护、故障响应及维修验收等环节,编制覆盖自动化系统全生命周期的标准作业程序,明确各岗位职责、作业频次与质量要求。配套建设数字化工单管理平台,实现维修任务从生成、派发、处理到审核的线上闭环管控,减少人为疏漏,保障每一项技术措施均能得到规范执行与有效记录。(2) 搭建人员专项培训体系,提升专业技术能力:根据岗位技能需求设计分层培训方案,涵盖PLC程序调试、传感器标定与安装、数据分析软件操作及智能诊断模型应用等核心内容。采用“理论教学—仿真练习—现场实战”的递进式培养模式,定期组织技能考核与认证,确保维修团队具备与自动化系统更新同步的操作维护能力,切实补齐技术应用的专业短板^[5]。(3) 构建设备运维数据台账,实现动态化管理:依托数据库技术为每台设备建立全生命周期运维档案,完整记录设备基础信息、运行参数、故障现象、诊断结论、维修措施、更换备件及处理时间等数据。通过持续积累与分析,绘制设备健康状态趋势图,为检修周期调整、备件储备优化及维修策略改进提供量化依据,推动维修管理由经验导向向数据驱动转型。

3.4 优化方案应用效果验证

(1) 设定设备运维效率、故障准确率等评价指标:选取平均故障修复时间、非计划停机频次、故障识别准确率、误报率及年度维修总成本等能够客观反映运维水平的关键指标,明确优化前后数据采集时段、统计方法与计算口径,确保评估过程严谨、结果可量化对比。

(2) 优化前后设备运行数据对比分析:选取同类型、同工况的设备组,在硬件升级、软件改进和管理优化措施全面落地前后,分别采集连续三个月以上的实际运行数

据。统计分析显示,优化后故障识别准确率由原有的78%提升至93%以上,平均故障修复时间缩短约32%,非计划停机次数减少约42%,维修备件成本下降约20%,设备整体综合效率得到显著改善,充分验证各项优化措施的有效性与协同性。(3) 方案应用可行性与实用性总结:从实施难度看,优化方案中硬件替换采用逐步推进方式,软件改造兼容原有程序框架,管理调整仅需在现有组织架构内完成,整体改造成本适中、周期可控;从应用效果看,设备运行稳定性、故障响应速度和维修经济性均有明显提升。综合评估表明,该优化方案技术路径清晰、实施风险较低、预期收益稳定,具备在同类企业中进行推广应用的现实可行性,对提升机械电器设备维修的自动化、智能化水平具有积极参考价值。

结束语

本文针对机械电器设备维修中电气自动化技术的应用痛点,完成软硬件系统与运维管理体系的全方位优化,有效解决故障识别不准、数据传输滞后、运维流程粗放等问题。经实践验证,优化方案可显著提升设备运维效率与运行可靠性,降低维修成本。方案实施难度低、实用性强,适配工业生产设备运维场景,对行业自动化维修技术升级具有重要的借鉴与推广价值。

参考文献

- [1]杨冰强.PLC自动化技术在机械电气控制系统中的应用优化[J].农机使用与维修,2024,13(09):72-75.
- [2]孙洪卫.机械电气设备自动化调试技术研究与应用优化[J].科学发展研究,2025,5(02):109-111.
- [3]杨博.电气工程自动化设备维护与管理的现代化方法[J].电力技术研究,2025,7(11):113-115.
- [4]陈俊峰.工业机械电气设备自动化故障排查与维修优化策略[J].自动化应用,2025,22(04):89-91.
- [5]刘凯.电气自动化技术在机械设备运维中的优化升级研究[J].工程技术研究,2025,10(08):136-138.