

电气自动化设备故障诊断与维修方法

董长青

内蒙古蒙泰不连沟煤业有限责任公司 内蒙古 鄂尔多斯准格尔旗 010303

摘要: 电气自动化设备是现代工业生产的核心基础设施,设备运行中易受自身老化、复杂工况、人为操作失误等因素影响,产生电气、机械及程序控制类故障,严重制约生产效率与生产安全。本文系统剖析设备故障类型与核心诱因,对比传统诊断与智能诊断技术的优劣及适用场景,阐述针对性维修手段与常态化维保方案,规范维修安全管控流程,同时探析行业运维技术发展趋势,为工业电气设备高效运维提供可靠参考。

关键词: 电气自动化设备;故障诊断;维修方法

引言: 工业智能化升级背景下,电气自动化设备已全面普及于各类工业生产线,实现生产流程自动化、精准化管控,极大提升了工业生产效率。但设备长期连续高负荷运行,叠加车间粉尘、温湿度、电磁干扰等恶劣环境影响,加之日常维保与操作不规范,各类故障频发,极易造成生产停滞、设备损坏及安全隐患。基于此,本文深入探究设备故障诊断与维修维护方法,助力企业提升设备运行稳定性与运维标准化水平。

1 电气自动化设备常见故障类型及成因分析

1.1 电气自动化设备核心组成结构

(1) 控制系统:作为设备的核心指挥中枢,主要包含PLC、变频器、伺服控制系统。PLC依托可编程逻辑程序实现设备自动化逻辑控制与流程调度;变频器通过调节供电频率,完成电机转速的平稳调控;伺服控制系统可精准把控设备位置、转速与扭矩,保障设备高精度运行。(2) 执行系统:是设备运行的动力执行单元,核心器件为电机、继电器、接触器。电机为设备运转提供动力支撑,继电器负责小电流信号的控制与切换,接触器主要承担主电路的通断控制,三者协同完成各类自动化生产动作。(3) 检测系统:以传感器和数据采集模块为核心,主要负责实时采集设备运行的温度、压力、转速、电流等工况数据,将模拟信号转化为数字信号传输至控制系统,为设备精准控制、故障预警提供数据支撑^[1]。

1.2 设备常见故障分类

(1) 电气类故障:属于高频基础故障,主要包括电路短路、断路、设备漏电及电压异常等。此类故障会直接导致设备断电、停机,严重时还会烧毁电气元器件,引发设备无法启动、运行跳闸等问题。(2) 机械类故障:集中于设备传动与结构部件,常见传动卡顿、零部件磨损、结构松动等问题,多出现于长期运转的机械结构中,会造成设备运行异响、运转偏差、传动效率下降,

影响生产精度与稳定性。(3) 程序与控制类故障:涵盖程序紊乱、信号传输异常、参数漂移三类问题,多为隐性故障,不易直接排查,会导致设备动作错乱、运行参数偏差、自控系统失灵,引发生产工艺不达标等问题。

1.3 故障主要诱发因素

(1) 设备自身因素:核心为元器件长期运行出现老化、出厂存在质量缺陷,同时设备达到额定使用寿命后性能持续衰减,内部线路、芯片、机械部件性能下降,是设备故障的基础性诱因。(2) 环境因素。工业生产环境对设备运行影响极大,车间温湿度过高或过低、粉尘堆积、腐蚀性气体侵蚀,会加速线路绝缘老化、部件锈蚀。此外,生产现场的电磁干扰会破坏设备信号传输与程序运行,引发控制失灵、参数偏移等各类隐性故障。(3) 人为因素:操作人员违规操作、日常维护保养疏漏、定期检修流程不规范或检修失误,会造成设备隐性损伤,积累后引发各类故障,是人为可控的主要故障诱因。

2 电气自动化设备故障诊断核心方法

2.1 传统故障诊断方法

(1) 直观检测法:这是最基础、最常用的人工排查方法,依托工作人员的目视、听觉、触觉完成简易故障检测。工作人员通过目视观察设备线路破损、元件烧毁、指示灯异常等外观问题,通过听觉辨别设备异响、异音故障,借助触觉感知设备部件过热、震动异常等情况,无需借助专业仪器,操作便捷、排查快速,多用于设备初步故障筛查。(2) 仪器检测法:该方法依靠专业检测工具开展精准诊断,常用设备包含万用表、示波器、摇表等。万用表主要检测电路电压、电流、电阻参数,判断线路通断与元器件工况;示波器可捕捉设备运行信号波形,排查信号失真、波动异常问题;摇表多用于检测电气设备绝缘性能,精准识别漏电、绝缘老化故障,是电气故障精准排查的核心手段^[2]。(3) 故障树

分析法：该方法属于逻辑化排查方式，以设备核心故障为顶层节点，结合设备结构与运行原理，逐层梳理故障诱因，搭建树形故障逻辑结构。通过层层推导、分级排查，逐步锁定故障点位与故障根源，能够系统性梳理复杂故障的因果关系，避免盲目排查，适用于常规复杂电气故障的系统性诊断。

2.2 智能故障诊断方法

(1) 基于大数据的故障监测与预判诊断技术：依托设备长期运行积累的工况数据，通过数据筛选、分析、比对，建立设备故障数据模型。可实时监测设备运行参数变化，提前识别参数异常趋势，实现故障预判与提前预警，突破传统事后维修的局限，有效降低设备突发故障概率。

(2) 神经网络算法在故障识别中的应用：借助人工智能神经网络算法，模拟人脑数据处理逻辑，对设备复杂、非线性的故障数据进行深度学习。能够精准识别隐蔽性、复合型故障特征，规避人工排查的主观性误差，大幅提升疑难故障的识别准确率，适配复杂自动化设备的故障诊断需求。(3) 物联网实时在线故障诊断技术：依托物联网传感与传输技术，实时采集、上传设备运行工况数据，实现设备全天候在线监测。工作人员可远程掌握设备运行状态，实时排查运行异常，无需现场停机检测，保障设备连续运行，适配规模化、全天候作业的自动化生产设备。

2.3 不同诊断方法的优劣对比与适用场景

(1) 传统诊断方法的优缺点及适用低端、简易设备场景：传统诊断方法操作简单、成本低廉、灵活度高，无需复杂设备与技术支撑，但诊断效率低、误差较大，难以识别隐性、复合型故障。该方法适用于结构简单、功能单一的低端自动化设备，以及小型设备的日常简易故障排查与快速检修场景。(2) 智能诊断方法的技术优势与高端自动化设备适配性：智能诊断方法具备自动化、精准化、预判性强的优势，可高效处理海量运行数据，精准识别各类疑难、隐性故障，支持远程实时监测，诊断效率与精度远超传统方法。其技术适配性强，可完美匹配高精度、智能化、大型成套的高端电气自动化设备的运维诊断需求^[3]。(3) 故障诊断方法的选型原则与组合应用策略：设备故障诊断需遵循因地制宜、适配性优先的选型原则，结合设备智能化程度、结构复杂度、生产工况选择诊断方式。在实际运维工作中，可采用组合应用模式，以传统方法完成初步筛查，搭配智能诊断技术完成精准定位与故障预判，兼顾诊断成本与诊断精度，全面提升设备故障检修效率。

3 电气自动化设备针对性维修方法与维护策略

3.1 典型设备故障针对性维修技术

(1) 电气线路与元器件故障快速维修方法。电气线路及元器件故障多表现为线路老化、短路、断路、接触不良及元件烧毁、性能衰减等，是设备最常见的基础故障。维修作业中，需先通过仪器检测锁定故障点位，对破损、老化线路进行整体更换或接驳修复，清理线路氧化、积尘导致的接触不良问题。对于电阻、电容、继电器等易损元器件，需核对参数型号进行替换，杜绝混用配件引发二次故障。同时规整线路布线，做好绝缘防护与固定，避免线路拉扯、磨损，快速恢复电路正常通断与运行状态。(2) 电机、变频器等核心动力设备维修技术。电机与变频器是设备动力核心，故障多体现为电机异响、过热、转速异常，变频器报错、调频失效、输出不稳等。电机维修需重点检查轴承磨损、定子转子卡顿、绕组绝缘破损等问题，及时更换润滑油脂、磨损轴承，修复绕组短路、漏电故障。变频器维修需检测内部模块、散热系统与线路接口，清理散热粉尘，排查参数错乱、模块损坏问题，校准调频参数，修复信号异常故障，保障动力输出稳定、转速调控精准^[4]。(3) PLC控制系统故障修复与程序调试方法。PLC控制系统故障分为硬件故障与程序故障，硬件包含模块损坏、接口松动、电源异常，程序多为程序紊乱、逻辑错误、参数漂移、信号匹配异常。硬件维修需逐一检查电源模块、输入输出模块及通讯接口，紧固线路、更换故障模块，恢复系统硬件通讯。程序层面需备份原始程序，对照设备运行工艺修正错误逻辑，重置偏移参数，调试信号匹配程序，完成程序下载与模拟测试，确保控制系统逻辑精准、指令传输顺畅。

3.2 设备常态化维护保养策略

(1) 定期预防性维护。预防性维护是降低设备故障率的核心手段，主要包含日常巡检、定期校验、元器件更换三项内容。日常巡检重点观察设备运行状态、外观变化、异响异味，及时处理轻微隐患；定期校验针对传感器、控制系统、动力设备的运行参数，校准精度偏差；依据元器件使用寿命，定期更换老化、临近报废的配件，从源头规避设备突发故障，保障设备长期稳定运行。(2) 状态监测维护。状态监测维护属于动态化精准维护模式，依托设备检测系统采集的电流、温度、转速、压力等运行数据，实时分析设备工况状态。通过数据对比判断设备部件磨损、性能衰减趋势，摒弃传统固定周期维护的局限性，根据设备实际运行状态调整维护时间与维护内容，实现按需维护，既减少过度维护造成的资源浪费，又能精准规避隐性故障。(3) 故障后复盘维护。设备故障修复后需开展复盘维护工作，首先全面

记录故障类型、诱因、维修过程与处理方式,形成故障台账。针对故障根源开展全方位隐患排查,清理同类潜在隐患,避免故障重复发生。同时结合频繁故障问题,针对性优化设备运行参数与作业模式,优化薄弱部件防护方式,逐步提升设备运行稳定性与抗故障能力^[5]。

3.3 维修作业规范与安全管控

(1) 设备维修标准化作业流程。电气设备维修需严格遵循标准化流程,作业前完成停机断电、挂牌警示、工况记录,明确故障点位与维修方案;作业中严格按照设备操作规范拆解、维修、更换部件,规范线路对接、模块安装操作;作业后整理作业现场,核对设备装配完整性,形成完整维修记录,全程规范化操作,杜绝违规作业引发设备损伤。(2) 带电作业、设备拆装安全防护要点。针对必要的带电检测、带电调试作业,工作人员需穿戴绝缘防护用具,使用绝缘工具,严控作业范围,避免触电、短路事故。设备拆装作业需先彻底断电、泄压,标记线路与部件位置,避免错装、漏装,严禁暴力拆装损坏精密元器件,同时做好现场隔离,防范机械挤压、部件坠落等安全风险。(3) 维修质量检测与设备试运行验收标准。维修完成后需开展全面质量检测,利用专业仪器检测电路参数、设备绝缘性能、信号传输状态,核对所有故障点位均已修复。检测合格后开展空载、负载分段试运行,观察设备运行噪音、转速、参数变化,确认无异常抖动、报错、升温现象,各项运行指标符合工艺标准后方可投入正式生产,保障维修质量达标。

3.4 故障维修技术优化与发展趋势

(1) 模块化快速维修技术的应用优化。模块化维修是现阶段高效维修的重要优化方向,通过将自动化设备划分为控制模块、动力模块、检测模块等独立单元。故障发生后可直接定位故障模块,采用整体替换、返厂检修的方式替代传统逐点维修,大幅缩短停机维修时间。同时通过优化模块适配标准、统一配件规格,提升模块

替换兼容性,有效提升设备维修效率。(2) 预测性维护技术的发展与落地前景。依托大数据、物联网技术,预测性维护技术逐步替代传统被动维修与定期维护。该技术可实时分析设备运行数据,精准预判部件老化、故障趋势,提前制定维护计划,实现故障提前干预,最大限度降低设备停机损失,目前已广泛应用于大中型自动化生产线,落地实用性与经济效益显著。(3) 智能化、一体化运维体系的发展趋势。未来电气自动化设备运维将朝着智能化、一体化方向发展,整合在线监测、智能诊断、自动预警、精准维修、数据管理为一体。依托智能平台实现设备全生命周期运维管理,减少人工干预,提升运维精准度与自动化水平,构建高效、安全、智能的现代化设备运维体系,适配工业智能化生产发展需求。

结束语

本文完整梳理了电气自动化设备的各类故障成因与特征,归纳适配不同工况的故障诊断方式,制定了针对性的设备维修技术与常态化、规范化维护保养策略,明确维修作业的安全管控标准。同时结合工业技术发展现状,阐述模块化维修、预测性维护及智能一体化运维的发展趋势,有效弥补传统运维模式短板,为工业电气自动化设备长效稳定运行提供重要技术支撑。

参考文献

- [1]王继超.冶金电气自动化设备故障诊断及维护[J].天津冶金,2022,9(3):65-68.
- [2]李磊峰.船舶电气自动化系统的故障检测与恢复研究[J].内燃机与配件,2021,22(23):146-147.
- [3]刘家国.基于神经网络的电气自动化设备故障智能检测方法[J].电工技术,2021,12(4):36-41.
- [4]芦小雨,程刚.神经网络技术在电气自动化设备故障诊断中的应用[J].中国新技术新产品,2023(18):36-39.
- [5]张玉鹏.电气自动化设备故障诊断技术与维护策略研究[J].造纸装备及材料,2025,54(3):61-63.