PLC 控制系统下电气设备故障诊断与维护技术探讨

王　强

国家能源集团宁夏煤业有限责任公司洗选中心　宁夏　银川　750400

摘　要：PLC 电气设备的稳定运行是工业自动化控制系统安全运转的核心保障，设备故障会直接影响工业生产秩序与运行安全。本文针对 PLC 控制系统电气设备的常见故障类型与成因进行梳理，归纳电源系统、模块、执行设备及线路接地等故障的特征。结合现阶段主流故障诊断技术，对比各类诊断方式的应用特点与适用范围，从设备维护、环境优化、参数校准及管理制度等方面提出标准化运维策略，完善 PLC 电气设备全周期维护方案，能够有效降低设备故障发生率，保障工业控制系统的稳定、安全运行。

关键词：PLC 控制系统；电气设备；故障诊断；设备维护；自动化控制

引言：工业自动化生产体系的普及，让 PLC 控制系统在各类生产场景中得到大范围应用，电气设备作为系统核心组成部分，其运行状态直接关系生产流程的有序推进。设备长期连续运行容易引发各类故障问题，造成生产停滞和设备损耗。针对 PLC 电气设备故障开展精准诊断与科学维护，是保障系统稳定运行的关键举措。本文结合工业现场设备运行特点，分析 PLC 电气设备常见故障成因与诊断手段，梳理可行的标准化维护方案，为现场设备运维工作提供实践参考。

1 PLC 控制系统下电气设备常见故障类型及成因

1.1 电源系统故障

电源系统可为 PLC 控制系统各类电气设备提供运行动力，该系统的运行稳定程度能够直接影响整套控制设备的工作状态，同时也是电气系统中故障高发的组成部分。电源系统常见故障主要有电压异常、模块损坏、供电中断及滤波失效等类别，电网负荷变化、大型设备启停及线路压降问题都会造成电压波动，进而引发 PLC 程序紊乱、设备误动作及数据丢失等问题[1]。设备长期过载运行、高压冲击与散热不佳会损坏电源模块，线路松动、氧化锈蚀会造成间歇性断电，现场杂物堆积引发的散热故障也会触发设备保护停机。这类故障多具备隐蔽性与突发性，能够持续损耗电气元件，加快设备老化速度，降低系统整体运行稳定性。

1.2 输入输出模块故障

PLC 的 I/O 模块主要承担设备信号采集与控制指令传输工作，是衔接控制器与现场电气设备的关键部件，设备长期高频运行会使其频繁产生故障，这类故障可以划分为输入故障和输出故障两种。输入模块会出现采集失灵、数据偏差以及信号异常等问题，设备传感器损坏、线路故障、电磁干扰以及模块通道老化都是主要诱因，这些问题会直接造成信号采集和传输工作出现异常。输出模块故障多表现为指令传输失效和设备误动作，继电器触点损耗、模块过载、程序逻辑异常和负载短路都会引发这类故障，电磁干扰、负载超标等问题还会造成模块损坏，引发生产设备异常运行，给工业生产带来安全风险。

1.3 执行电气设备故障

执行电气设备属于 PLC 控制系统的终端工作部件，设备会直接参与生产作业，机械损耗和电气问题的共同作用，会让这类设备出现故障的概率大幅提升。该类设备常见故障集中出现在电机、接触器、继电器以及变频器等装置上。电机运行异常、部件损耗、散热缺陷都会引发设备故障，接触器和继电器的频繁工作会造成触点和线圈损坏，让电路控制功能出现异常。变频器运行故障大多和供电波动、负载变化、散热不畅、元件老化有关。设备故障的外在表现较为明显，但故障产生的原因相对复杂，机械问题和电气问题会相互叠加，表层维修无法彻底解决问题，设备故障会出现反复出现的情况。

1.4 线路与接地系统故障

线路和接地系统能够保障电气信号正常传输，也可以为整套控制系统提供安全防护，这两类故障普遍存在隐蔽性较强的特点，工作人员很难及时排查，还会诱发其他电气故障。工业生产的复杂环境会加速电线绝缘结构老化损坏，设备持续振动也会造成接线部位松动脱落，进而出现电路接触不良和信号中断的问题。不规范的布线施工会加重电磁干扰问题，影响设备信号传输精

度。接地系统出现异常后，设备接地电阻会超出标准范围，接地结构锈蚀断裂会让防护功能失效，系统电磁干扰、设备漏电和硬件损坏等问题都会随之出现，生产运行的安全性也会因此下降。

2 PLC 控制系统下电气设备现代化故障诊断技术

2.1 常规人工故障诊断技术

人工诊断技术是 PLC 电气设备故障排查中最为基础的手段，该技术的操作流程相对简单，主要适用于排查设备较为浅显的故障问题，整体可以分为三类常用操作方法。直观检查法依托运维人员的感官经验开展作业，工作人员可以通过观察设备外观状态、辨别设备运行声响与温度变化的方式，判断设备线路、元器件以及指示灯的运行情况，这种方式一般用于故障的初步筛查工作[2]。仪表检测法需要工作人员使用专业电气检测仪器，设备的各项电气运行数据都可以被仪器精准测出，工作人员会对比实测数据与标准数据，以此判断设备和线路的运行状态，有效排查设备存在的隐性故障。分段排查法多用于结构复杂的控制系统，工作人员可以按系统结构分步开展检测工作，逐步缩小故障排查范围，精准定位复合型故障的具体位置，能够有效提升复杂故障的排查效率，是人工故障诊断中较为核心的技术手段。

2.2 PLC 自诊断技术

PLC 系统配置的自诊断功能，在工业电气设备故障排查中有着广泛的应用，该功能可以提升设备检测的自动化水平与检测准确度。系统诊断模式主要分为硬件诊断和程序诊断两类，这两项功能会协同完成设备运行状态的实时监测工作。硬件诊断模块可以对 PLC 内部各类功能单元进行动态监测，系统一旦识别出模块损坏、供电不稳、通讯断开以及通道异常等问题，设备就会启动报警机制，面板指示灯也会同步提示故障信息，同时系统会自动保存对应的故障编码。运维人员可以调取系统存储的故障代码，快速判定故障位置和故障类型，以此缩减故障排查耗费的时间。程序诊断依靠系统预设的控制逻辑运转，能够持续监测设备运行参数、动作时序及信号交互情况，数据超标、信号缺失、逻辑矛盾等问题都会触发系统自保机制，锁定故障设备并留存运行记录。运维人员可以对照系统运行日志分析设备工况，以此判断故障成因和具体类型，为设备维修工作提供基础的数据参考。

2.3 智能监测故障诊断技术

智能监测诊断技术结合了物联网、大数据以及人工智能等相关技术，目前在 PLC 电气设备的日常运维工作中已经得到普遍应用。这种技术模式改变了传统故障事后排查的工作形式，让设备状态监测与故障预判成为运维工作的核心内容。运维人员能够借助各类传感装置，持续采集电气设备运行过程中的温度、电流、电压、振动等基础数据，采集后的所有数据都会统一上传至云端监测平台，平台可对设备工况开展全天候动态监测。系统会依托大数据算法对比设备实时运行数据与历史数据，以此识别设备参数偏移和运行异常等问题，并提前发出预警提示，帮助运维工作落实事前预防的管理模式。人工智能算法可以不断迭代故障识别模型，系统能够自主判别故障类型、分析故障成因、评估运行风险并匹配对应的维修方案，有效减少隐性故障漏检问题，切实提升 PLC 控制系统运维工作的智能化水平。

2.4 信号分析故障诊断技术

传统故障诊断手段存在一定局限性，信号分析诊断技术可以对其进行有效补充，这项技术多用于检测设备隐性故障与间歇故障，整体检测精度较为稳定。运维人员可以在设备正常运行阶段采集各类运行数据，主要涵盖电气、振动和温度三类基础信号，并从采集数据当中提取有效故障特征，以此完成疑难故障的排查工作。工作人员可以通过分析电流、电压波形变化，判断线路接触情况、元件老化程度以及现场电磁干扰状态，波形畸变与电压波动数据均可作为判断依据[3]。设备振动数据可以直观体现机械磨损、部件卡滞和结构偏移等问题，温度监测数据能够反映元件老化、接触不良和设备过载等常见隐患。该技术可以及时捕捉设备早期微小异常，预判设备老化发展状态，能够为现场预防性维护工作提供数据支撑，有效提升故障诊断工作的整体质量与可靠程度。

3 PLC 控制系统下电气设备标准化维护技术与实施策略

3.1 建立常态化预防性维护体系

事后维修的作业模式存在明显短板，预防性维护工作可以有效改善这类问题，该运维模式可以减少电气设备故障的出现次数，也能够延长设备整体使用年限，是 PLC 控制系统运维工作的基础核心内容。企业需要结合设备结构工况、运行环境以及使用周期，搭建分层化的预防性维护机制，运维工作主要分为日常、周度、月度和年度四个维护阶段。工作人员可通过日常巡检排查设备运行隐患，观察线路外观、设备温度以及运行声响，及时处理轻微设备问题。周度保养工作以模块清洁和参数核对为主，保障系统信号传输保持稳定状态。月度与年度检修的覆盖范围更广，工作人员会全面检测线路、

接地结构与执行设备，紧固接线、更换老化配件并校准系统参数。企业需要搭建完善的运维台账，记录设备运行、故障处理及配件更换数据，实现设备全周期动态管理，为后续运维方案优化提供有效的数据依据。

3.2 设备专项清洁与环境维护

外部现场环境是影响 PLC 电气设备运行状态的关键因素，环境带来的各类影响也是设备出现故障的主要外部诱因，设备清洁维护和运行环境优化，是保障整套控制系统稳定运行的基础工作。运维人员需要落实常态化清洁工作，定期对设备主机、功能模块、供电装置、传感元件和接线端子进行清理作业，疏通设备散热通道内的堆积杂物，保证设备散热效果可以维持正常状态，避免热量堆积引发元件老化和设备自动停机的问题[4]。运维人员需要依照标准流程开展清洁工作，防止违规操作造成线路脱落或元件破损，精密电气模块一般采用干式清理方式，能够规避设备受潮进水的故障风险。企业需要持续优化设备运行环境，对电气控制柜进行密封处理，阻挡粉尘、水汽和腐蚀气体侵入设备内部，根据现场工况加装温湿度调节设备，同时合理规划设备摆放位置，让电气设备远离腐蚀源与振动设备，减少外部环境对控制系统的损耗，降低设备故障的发生频次。

3.3 电气参数校准与系统优化维护

PLC 控制系统经过长时间运行，设备内部元件会出现老化问题，外加外部环境的持续干扰，系统整体运行状态会受到一定影响。系统控制参数与程序逻辑会逐步发生偏移，控制精度会随之降低，进而导致电气设备运行状态出现波动。运维人员需要定期开展参数校准和系统优化工作，保障设备可以稳定运行。工作人员需要定期核对 PLC 主机、传感设备以及执行器件的运行数据，校准系统信号、电力参数、运行转速与传感阈值，修正存在偏差的参数，保证设备运行数据符合生产标准，减少参数异常引发的设备故障。工作人员需要定期梳理系统控制程序，修复程序逻辑缺陷，清理冗余程序内容，优化设备启停与联动运行时序，降低程序问题导致的设备误动作。同时，工作人员可规整现场线路，完善信号防护措施，借助稳压、滤波设备削弱电压波动与电磁干扰的影响，提升控制系统整体运行精度，减少功能性故障的发生。

3.4 运维管理优化与人员能力提升

PLC 电气设备的运维工作想要取得实际成效，企业就要搭建完善的管理制度，同时组建专业的运维工作团队。企业可以制定统一的设备运维规范，明确日常巡检、设备保养以及故障处置的具体流程，清晰划分各岗位的工作职责，以此改善运维工作不规范、执行不到位的情况。企业可以搭建故障闭环管理模式，工作人员在完成设备故障修复工作后，需要对故障成因进行分析，落实隐患整改工作并总结相关运维经验，能够在一定程度上避免同类故障反复出现[5]。企业需要跟随生产工艺与设备的更新节奏，不断调整和完善运维制度，让管理规范能够适配更新后的控制系统与电气设备。企业需要定期组织运维人员参与专业培训，夯实工作人员的理论知识与实操能力，帮助工作人员熟练掌握系统运行原理、故障排查方式和标准化操作流程，依托技术交流平台与岗位考核制度，逐步提升整体运维工作的专业性与规范性。

结束语

综上所述，PLC 控制系统电气设备的故障问题会直接影响工业自动化生产的整体稳定性，各类故障的产生均有对应的诱因与运行规律。合理运用多样化故障诊断技术，能够快速识别设备运行隐患与故障问题。落实常态化、标准化的设备运维措施，可以从源头降低设备故障发生概率，减缓设备老化速度。规范设备运行环境、校准系统参数并完善运维管理制度，能够持续提升 PLC 控制系统的运行可靠性，为工业自动化生产的稳定开展提供基础保障。

参考文献

[1] 王娟.PLC 控制技术在工业电气设备自动化系统设计中的应用 [J]. 消费电子,2026(11):206-208.

[2] 陈悦, 侯慧鹏, 吕泽, 张忻恺.PLC 在电气设备控制系统中的应用 [J]. 造纸装备及材料,2026,55(7):18-20.

[3] 魏小伟, 张威.PLC 在电气控制系统故障诊断中的应用研究 [J]. 新潮电子,2026(6):142-144.

[4] 张峥, 滕杨, 李诗彬.PLC 技术在电气设备自动化控制中的运用分析 [J]. 消费电子,2026(9):65-67.

[5] 李磊.PLC 技术在矿山电气设备变频控制中的应用 [J]. 电气技术与经济,2026(6):143-145.