

工业自动化产线中 PLC 控制系统故障诊断方法的现场应用分析

黄智勇

重庆川仪自动化股份有限公司智能控制系统分公司 重庆 400707

【摘要】：工业自动化产线的高效运行离不开 PLC 控制系统的稳定支撑，现场故障的多样性与复杂性对诊断方法提出更高要求。本文先剖析 PLC 控制系统硬件、程序逻辑、信号传输等故障类型及成因，再阐述诊断方法的现场应用逻辑与优化策略，包括多源数据融合、场景化适配等技术手段。实践表明，该诊断方法可缩短故障修复时间、降低故障率，推动运维模式转型，为产线精益化、智能化发展提供技术保障。

【关键词】：PLC 控制系统；故障诊断；工业自动化产线

DOI:10.12417/2811-0536.26.07.015

引言

工业自动化产线智能化进程中，PLC 控制系统成为核心执行单元，其故障易引发生产中断、成本增加等问题。现场环境复杂导致故障呈现耦合性、突发性特征，传统排查方式效率低下，难以适配现代化产线运维需求。构建精准高效的故障诊断体系，成为破解运维瓶颈、保障生产连续性的关键，对提升产线抗风险能力、推动制造业高质量发展具有重要现实意义。

1 工业自动化产线 PLC 控制系统现场故障类型与成因分析

工业自动化产线 PLC 控制系统的现场故障受环境、设备运行及信号交互等多重因素影响，呈现出明显的场景关联性特征。硬件层面的故障主要集中在输入输出模块、电源单元及通信接口，其中模块故障多因长期高温粉尘侵蚀导致触点氧化、接线松动，电源单元故障则与电压波动、过载运行引发的元件老化直接相关，通信接口故障常源于线缆磨损、电磁干扰造成的信号传输中断。程序逻辑故障多由指令编写疏漏、参数设置偏差或程序升级兼容问题引发，表现为执行动作错乱、时序配合失调等现象，这类故障在产线切换生产任务、调整工艺参数时更易凸显。信号传输故障涉及传感器、执行器与 PLC 主机的信息交互环节，传感器故障多因安装偏差、灵敏度衰减导致信号失真，执行器故障则与机械磨损、液压气动系统压力异常相关，进而造成 PLC 接收信号与实际工况不符^[1]。

2 PLC 控制系统故障诊断方法在产线中的实际应用与优化

PLC 控制系统故障诊断方法在工业自动化产线中的实际应用，以全链路数据采集为基础，构建起覆盖硬件、程序、信号传输的立体化诊断框架。现场应用中，诊断系统通过分布式传感器节点与 PLC 内置监测功能联动，实时捕捉电源模块输出电压稳定性、输入

输出模块信号响应速度、通信总线数据传输延迟等核心参数，将设备运行状态转化为可量化的数字指标。针对硬件故障，诊断方法通过分析模块温度变化趋势与历史故障数据的关联性，识别触点氧化、元件老化等隐性故障，同时借助电路阻抗检测技术，精准定位接线松动、线缆破损等显性故障，避免传统人工排查的盲目性。程序逻辑层面，诊断系统通过实时比对标准指令序列与实际执行路径，捕捉逻辑跳转异常、参数调用错误等问题，尤其在产线工艺切换时，通过动态监测程序加载过程中的内存占用率与指令执行周期，及时发现程序兼容性冲突，保障生产流程的顺畅衔接。信号传输故障诊断则聚焦传感器信号幅值、频率稳定性及执行器反馈信号的完整性，通过建立信号特征模型，快速识别电磁干扰导致的信号失真、传感器安装偏差引发的数据漂移等问题，为现场运维提供明确指向^[2]。

诊断方法的优化围绕精度提升与效率优化双向推进，针对复杂工况下的故障耦合问题，引入多源数据融合算法，通过加权整合硬件运行参数、程序逻辑状态、环境监测数据等多维度信息，强化故障特征提取的准确性。传统诊断阈值固定化导致的误判、漏判问题，通过自适应阈值调整机制得到有效解决，系统可根据产线运行负荷、环境温湿度变化动态优化判断标准，在高负荷生产时适当放宽参数波动容忍度，在低负荷运行时收紧阈值，提升对微小异常的敏感度。针对间歇性故障与瞬时故障难以捕捉的痛点，优化数据采集频率与存储策略，采用高频采样与事件触发式存储相结合的方式，确保短时间内的参数突变被完整记录，同时通过数据压缩技术，在不影响诊断精度的前提下降低存储压力。

不同类型产线的工艺特性推动诊断方法的场景化适配优化，离散制造产线因工序切换频繁、设备启停密集，诊断方法重点强化对瞬时故障的捕捉能力，通

过优化程序逻辑监测算法，实时跟踪指令执行的时序协调性，同时提升诊断系统的响应速度，确保在设备频繁启停过程中快速识别故障。流程制造产线则侧重长期稳定性监测，通过建立设备运行参数的长期趋势模型，分析缓慢演变的故障隐患，如元器件老化导致的性能衰减，同时强化通信链路的冗余诊断，采用双总线备份与数据校验技术，避免单一通信通道故障引发的全产线停机。针对老旧产线设备型号杂、数据采集接口不统一的问题，开发兼容性适配模块，通过协议转换技术实现不同型号 PLC 与诊断系统的无缝对接，同时优化诊断算法的低数据依赖特性，借助有限的有效数据结合设备老化规律，实现故障精准诊断，无需大规模改造现有设备^[2]。

现场环境的复杂性对诊断方法的抗干扰能力提出更高要求，优化措施从硬件设计与软件算法双层面展开。硬件层面，诊断模块采用屏蔽封装技术，减少电磁干扰对数据采集的影响，同时优化接地系统设计，降低电网谐波与设备启停产生的电磁辐射干扰，传感器节点则选用耐温、耐湿、抗振动的工业级产品，提升极端环境下的稳定性。软件层面，引入自适应滤波算法，实时滤除环境噪声与电磁干扰导致的信号失真，通过数据校验与纠错技术，确保传输过程中数据的完整性，针对通信链路中的误码问题，采用循环冗余校验（CRC）与自动重传请求（ARQ）机制，提升数据传输的可靠性。

诊断方法与现场运维体系的深度融合是优化的核心方向，通过与预防性维护体系联动，诊断结果直接为维护计划制定提供数据支撑，系统根据故障发生频率、严重程度对设备组件进行风险分级，优先安排高风险单元的检修维护，合理分配运维资源。在故障应急处置环节，诊断系统与维修知识库联动，自动匹配故障类型与历史维修案例，生成标准化处理流程，同

时通过物联网技术实现维修资源的智能调度，缩短故障修复时间。产线性能优化层面，诊断过程中采集的海量运行数据被深度挖掘，用于识别设备运行瓶颈与参数优化空间，例如通过分析 PLC 程序执行效率数据，优化指令排列顺序，提升系统响应速度，结合故障发生规律调整设备运行参数，降低故障发生率，实现运维与生产效率的协同提升。

3 PLC 故障诊断技术对产线稳定运行的应用成效与实践价值

PLC 故障诊断技术通过精准定位故障源头、缩短排查周期，为工业自动化产线稳定运行筑牢技术屏障。其应用成效直接体现在故障停机时间的显著压缩，借助实时监测与快速诊断能力，避免传统排查中盲目拆卸、逐一测试的低效流程，将单次故障修复时间大幅缩短，保障生产节拍的连续性。在运行稳定性层面，诊断技术通过提前预警隐性故障、实时监控关键参数变化，有效降低突发故障发生率，减少因硬件损坏、程序错乱导致的批量产品质量问题，同时降低设备过度损耗与维修成本，优化产线资源配置效率。实践价值体现在对产线运维模式的革新，推动运维工作从被动抢修向主动预防转型，通过积累故障数据与诊断经验，形成适配特定产线的运维体系，提升整体抗风险能力^[3]。

4 结语

PLC 控制系统故障诊断方法的现场应用与优化，有效解决了硬件、程序、信号传输等层面的故障难题。通过优化诊断算法、适配不同产线场景，该方法显著提升了故障排查效率与产线稳定性，推动运维模式从被动抢修向主动预防转型。其不仅为产线降本增效提供支撑，更通过数据赋能助力工艺优化。未来，随着技术融合深化，诊断方法将持续升级，为工业自动化产线高效运行筑牢保障。

参考文献:

- [1] 罗宪昌.基于 PLC 的工业生产线自动化控制系统优化与故障诊断研究[J].现代工程科技,2025,4(9):137-140.
- [2] 万茸,程丽琴.融合 PLC 与工业互联网的模具生产线自动化控制系统开发与应用[J].模具技术,2025(5):137-143
- [3] 董慧洁,陆小辉,张谦.基于 PLC 控制的汽车生产线自动化系统设计与实现[J].汽车电器,2025(6):128-130.