

# 电气自动化控制中的 PLC 应用研究

陆锦昊

湖南大学电气与信息工程学院 24 级电自 2412 湖南 长沙 410082

**摘要:** PLC技术以微处理器为基础, 凭借可编程性、模块化扩展及毫秒级实时响应等核心属性, 成为电气自动化控制的中枢载体。本文系统梳理其在逻辑控制、过程控制、运动控制等场景的实施路径, 并聚焦系统稳定性优化、控制响应效率提升、多设备协同集成等发展方向, 推动电气自动化向智能化、高可靠性方向演进, 为工业生产全流程绿色管理提供技术支撑。

**关键词:** PLC技术; 电气自动化控制; 应用优化

引言: 工业生产对稳定性与效率的双重需求催生了电气自动化控制技术, 其通过闭环反馈机制实现精准调节与连续运行。PLC技术凭借抗干扰能力强、适应恶劣工业环境的特点, 在信号采集、逻辑处理、执行输出全流程中发挥核心作用, 通过简化硬件接线、提升系统可靠性, 持续推动制造流程的智能化升级, 成为现代工业控制不可或缺的技术基石。

## 1 PLC与电气自动化控制基础概述

### 1.1 PLC技术的核心属性

PLC技术作为电气自动化控制的核心载体, 以微处理器为基础实现逻辑运算与顺序控制, 具备抗干扰能力强、适应工业恶劣环境的特点。在现代工业生产中, PLC搭建起电气控制与现场执行的桥梁, 以高可靠性适配多场景工控需求, 是自动化系统稳定运行的核心保障。(1) 可编程性: 通过梯形图、指令表等编程语言灵活配置控制逻辑, 满足不同工艺需求; (2) 模块化扩展: 支持输入输出模块、通信模块等扩展, 适配复杂系统架构; (3) 实时响应: 在毫秒级周期内完成信号采集、逻辑判断与执行输出, 保障生产流程连续性。该技术凭借简化硬件接线、提升系统可靠性的优势, 成为工业控制领域的主流解决方案, 为制造流程智能化升级提供支撑。

### 1.2 电气自动化控制的运行原理

电气自动化控制通过闭环反馈机制实现精准调节, 其运行原理根植于工业生产对稳定性与效率的双重需求。核心流程分为三个阶段: (1) 信号采集: 通过传感器实时监测设备状态参数, 如温度、压力、转速等; (2) 逻辑处理: 基于预设算法对输入信号进行运算分析, 生成控制指令; (3) 执行输出: 驱动执行机构完成动作调整, 形成闭环控制回路。该模式通过动态调节生产参数, 提升系统响应速度与抗干扰能力, 减少人工干预需求。从信号输入到执行输出的全流程自动化, 有效保障了生产连

续性, 成为现代制造智能化升级的关键技术支撑, 推动工业控制向更高效、更可靠的方向演进。

### 1.3 PLC在控制体系中的基础作用

PLC在控制体系中承担着中枢协调功能, 通过标准化接口实现多设备协同作业。其基础作用体现在三方面: (1) 动态优化: 根据实时工况自动调整控制策略, 适应生产参数波动; (2) 协议兼容: 支持多种工业通信协议, 如Modbus (串行通信协议)、Profinet (过程现场网协议), 实现跨设备数据互通; (3) 故障隔离: 通过模块化设计快速定位故障点, 减少停机时间。该技术通过强化系统鲁棒性, 降低人工维护成本, 推动控制架构向高集成度、高可靠性方向发展<sup>[1]</sup>。从单机控制到生产线级联, PLC持续赋能工业系统实现更精准的流程管控与资源调配, 成为智能制造转型中不可或缺的技术基石。

## 2 PLC在电气自动化控制中的应用实施

### 2.1 逻辑控制的应用构建

逻辑控制作为电气自动化基石, 通过精确的逻辑运算实现设备间协同作业, 保障生产流程的连续性与准确性。其构建需紧密贴合工艺需求, 形成高效稳定的控制网络。(1) 逻辑可扩展架构: 采用模块化设计理念, 支持根据生产需求灵活增减控制模块, 如新增设备接口或调整逻辑链路, 适应未来产能扩展需求。(2) 多设备联动策略: 通过PLC实现多设备间的无缝衔接, 例如传送带与加工设备的速度匹配, 确保物料流转顺畅, 减少生产瓶颈。(3) 逻辑冗余配置: 在关键控制节点部署冗余逻辑路径, 当主路径发生故障时自动切换至备用路径, 保障系统持续运行, 提升整体可靠性。逻辑控制的应用构建不仅夯实了自动化系统的基础运行框架, 更通过灵活扩展与冗余设计, 为系统长期稳定运行提供了坚实保障, 推动电气自动化向更可靠、更灵活的方向发展。

### 2.2 过程控制的应用执行

电气自动化控制中,PLC在过程控制领域发挥着核心作用。其通过精准的程序逻辑与实时反馈机制,实现生产流程的自动化调节,有效提升系统运行效率与稳定性。

(1) 模块化编程优势: PLC支持模块化编程架构,可针对不同工艺环节独立设计控制模块,如温度、压力、流量等参数调节模块,实现灵活配置与快速迭代。(2) 动态响应能力: 在过程控制中,PLC能够快速响应外部参数变化,通过PID算法或模糊控制策略实现闭环调节,确保生产参数始终处于设定范围内,减少人为干预误差。(3) 故障诊断与保护: PLC内置自诊断功能,可实时监测硬件状态与程序执行情况,当检测到异常时自动触发保护机制,如紧急停机或切换备用回路,保障设备安全运行<sup>[2]</sup>。从原料投入至成品产出,PLC贯穿于生产全流程的自动化控制,通过优化控制策略与提升系统可靠性,为工业生产提供稳定高效的技术支撑,推动电气自动化控制向智能化方向发展。

### 2.3 运动控制的应用落地

运动控制是PLC在电气自动化中实现精准机械动作的关键环节,通过协调电机、驱动器等设备完成位置、速度、加速度的精确调控,满足工业场景对运动轨迹的高标准要求。(1) 多轴协同控制: PLC支持多轴运动协调,例如自动化生产线中多个电机同步运行或插补运动,确保各轴位置与速度精确匹配,提升整体系统运行效率。(2) 速度曲线优化: 通过PLC编程实现加减速曲线平滑调整,减少机械冲击,延长设备寿命,同时提升运动过程的平稳性,适应不同工况需求。(3) 位置反馈闭环: 结合编码器等位置反馈装置,PLC可实时校正运动偏差,确保实际位置与目标位置高度一致,提升控制精度与系统可靠性。这种应用落地不仅提升了机械系统的运动精度,还通过动态调整策略适应不同工况需求,推动自动化设备向高精度、高适应性方向发展。

### 2.4 信号处理的应用实现

信号处理在PLC应用中承担着数据转换与传递的核心功能,通过高效处理输入输出信号,确保设备间信息交互的准确性与实时性,支撑自动化系统稳定运行。(1) 信号滤波优化: 采用数字滤波算法对输入信号进行平滑处理,有效抑制高频噪声干扰,提升信号采集的纯净度与可靠性。(2) 多通道同步采集: 支持多路信号并行采集与同步处理,确保不同传感器数据的时间一致性,满足复杂工况下的精准控制需求。(3) 抗干扰设计强化: 通过硬件隔离与软件算法结合的方式,增强信号传输的抗电磁干扰能力,保障信号在恶劣工业环境中的稳定传输<sup>[3]</sup>。这种应用实现不仅夯实了数据交互的底层基础,更通过精

准信号处理与抗干扰设计,为系统实时响应与精准调控提供了关键支撑,推动自动化系统向更稳定、更高效的方向持续演进。

### 2.5 安全控制与故障诊断应用

安全控制与故障诊断是PLC在电气自动化中保障系统稳定运行的关键环节,通过实时监测与智能响应,有效预防设备故障与安全事故,提升系统整体可靠性。(1) 实时状态监测: PLC通过传感器持续采集设备运行参数,如温度、振动、电流等,精准识别异常波动,提前预警潜在风险,避免突发故障。(2) 故障模式识别: 基于内置诊断算法,PLC可对电机过载、线路短路等常见故障模式进行快速识别与分类,提升故障定位效率,缩短维修响应时间。(3) 应急保护机制: 当检测到严重故障时,PLC自动触发应急保护程序,如紧急停机、切断电源等,防止故障扩大,保障人员与设备安全,降低损失风险。这种应用不仅强化了系统的安全防护能力,还通过智能诊断与快速响应,降低了维护成本与停机时间,推动电气自动化向更安全、更高效的方向持续演进。

## 3 PLC应用的优化与发展方向

### 3.1 系统运行稳定性优化

电气自动化控制中PLC应用需聚焦系统运行稳定性优化,结合工业生产实际需求,通过技术革新提升设备可靠性。稳定性优化需从硬件架构、软件算法及环境适应三方面协同推进,形成多维度保障体系,切实解决现场运行中的各类稳定性难题。(1) 硬件冗余设计: 采用双CPU热备份架构,当主CPU故障时备用CPU立即接管,确保控制指令连续输出,避免生产中断。(2) 抗电磁干扰模块: 集成专用滤波电路与屏蔽层,有效抑制工业现场高频噪声对PLC信号传输的干扰,提升数据采集精度。(3) 动态故障预测算法: 基于设备运行数据构建AI模型,实时分析温度、电流等参数变化趋势,提前预警潜在故障点,实现预防性维护。优化后的PLC系统在复杂工况下仍能保持高精度控制,延长设备使用寿命,为自动化生产线持续稳定运行提供坚实支撑。

### 3.2 控制响应效率提升

电气自动化控制中PLC控制响应效率提升需聚焦核心环节优化,通过技术迭代实现指令执行速度与精度的双重突破。效率提升需围绕通信、算法、系统三维展开,形成闭环优化路径。(1) 通信协议优化: 采用高速现场总线技术替代传统串行通信,降低数据传输延迟,确保控制指令在毫秒级内完成传输与执行,提升系统实时性。(2) 自适应控制算法: 引入基于模型预测的自适应PID算法,根据系统负载动态调整控制参数,在保证稳定性的

同时缩短响应时间,适应工况变化。(3)多核处理器架构:采用多核处理器替代单核设计,实现控制任务并行处理,提升指令处理速度,减少任务排队等待时间<sup>[4]</sup>。优化后的PLC系统在高速运动控制、精密加工等场景中表现出更优的动态响应特性,为自动化生产线的高效运行提供关键支撑。

### 3.3 多设备协同集成应用

多设备协同集成是电气自动化控制中提升生产效率的关键路径,通过设备间的高效配合实现生产流程的优化。协同集成需突破传统设备孤立运行的局限,构建跨设备、跨系统的联动体系。(1)标准化通信接口:采用统一的工业以太网协议,确保不同品牌设备间数据无障碍传输,提升系统兼容性,降低集成难度。(2)动态数据融合技术:通过传感器数据实时融合,构建设备运行状态的全景视图,为协同控制提供精准依据,避免信息孤岛。(3)分布式协同控制算法:基于边缘计算技术,实现设备间控制指令的快速分发与执行,减少中央处理器负担,提升响应速度,适应动态工况需求。优化后的多设备协同系统在柔性生产线、智能仓储等场景中展现出更强的适应性和扩展性,为自动化生产的高效运行奠定坚实基础。

### 3.4 技术融合创新发展趋势

技术融合创新是推动PLC应用升级的核心驱动力,结合当前工业数字化转型需求,通过跨领域技术交叉实现功能突破。融合发展需聚焦前沿技术与传统控制的深度结合,立足实际应用场景,形成创新应用生态。(1)智能算法嵌入:将轻量化机器学习算法集成至PLC内部,实现设备自学习与自适应调整,提升复杂工况下的决策能力,减少人工干预。(2)模块化硬件架构:采用可插拔功能模块设计,支持快速扩展通信、计算、存储等能力,适应不同场景需求,降低系统升级成本。(3)云端协同控制:通过边缘计算与云端平台的联动,实现远程监控与参数优化,提升系统维护效率,支持大规模设备集群管理。技术融合后的PLC系统在智能制造、工业物联网等

领域展现出更强的创新潜力,为自动化控制技术发展注入持续动能。

### 3.5 安全防控与可靠性保障

安全防控与可靠性保障是PLC应用中不可忽视的核心环节,需从硬件防护、软件安全及系统冗余多维度构建立体防护体系。(1)硬件安全加固:采用防尘防水外壳设计,提升设备在恶劣工业环境中的物理防护能力,减少粉尘、湿气等外部因素导致的故障概率。(2)软件安全防护:集成代码加密与权限管理模块,通过访问控制防止未经授权的程序修改或数据泄露,保障系统运行安全。(3)动态冗余备份:构建多级冗余架构,当主控单元故障时自动切换至备用单元,确保控制指令连续执行,提升系统容错能力<sup>[5]</sup>。通过硬件加固、软件防护与冗余备份的协同作用,PLC系统在复杂工业环境中能够保持高安全性与可靠性,为自动化生产的稳定运行提供坚实保障。

结束语:未来,PLC技术将深度融合智能算法、边缘计算与云端平台,实现设备自学习、自适应调整及远程监控优化。通过硬件安全加固、软件安全防护与动态冗余备份的协同,构建高安全性、高可靠性的工业控制体系。随着技术融合创新的持续突破,PLC将在智能制造、工业物联网等领域释放更大潜力,为构建低碳、高效的工业生态注入强劲动能。

### 参考文献:

- [1]袁苑.PLC技术在钢铁冶金企业电气自动化控制中的应用研究[J].冶金与材料,2025,45(1):53-55.
- [2]马奇友.PLC技术在电气仪表自动化控制中的应用研究[J].现代盐化工,2025,52(1):97-99.
- [3]刘勇.PLC技术在电气工程及其自动化控制中的应用[J].中国设备工程,2025(1):227-229.
- [4]戴璿伟.PLC在机械设备电气自动化控制中的应用研究[J].仪器仪表用户,2025,32(7):118-120.
- [5]程剑.PLC技术在电气工程及其自动化控制中的应用研究[J].今日自动化,2025(4):141-143.