

基于 PLC 技术的电气工程自动化控制分析

张朋华¹ 梁灏霖²

1 福建理工大学土木工程学院，福建福州，350118；

2 国网石家庄市鹿泉区供电公司，河北石家庄，050200；

摘要：随着工业 4.0 理念的深度渗透，电气工程自动化已成为现代工业生产的核心支柱，而可编程逻辑控制器（PLC）技术凭借其高可靠性、强抗干扰性及灵活扩展性，逐步取代传统继电器控制模式，成为电气工程自动化控制的核心技术支撑。本文从 PLC 技术的基本原理与核心特性出发，系统分析其在电气工程自动化控制中的应用场景、实现路径及优化策略，结合实际工程案例探讨 PLC 技术在提升控制精度、降低能耗及强化系统稳定性方面的实践价值，并展望 PLC 技术与物联网、人工智能等前沿技术融合的发展趋势，为电气工程自动化控制领域的技术升级与创新应用提供理论参考与实践借鉴。

关键词：PLC 技术；电气工程；自动化控制；工业自动化；技术应用

DOI：10.69979/3060-8767.26.02.014

在工业生产智能化转型的浪潮中，电气工程作为能源传输、设备驱动及生产调控的关键系统，其自动化水平直接决定了工业生产的效率、质量与安全性。传统电气工程控制模式以继电器-接触器控制为主，存在接线复杂、灵活性差、故障排查困难及难以适应复杂控制逻辑等弊端，已无法满足现代工业对高精度、高柔性及高可靠性控制的需求。PLC 技术作为一种专为工业环境应用而设计的数字运算操作电子系统，通过可编程的存储器实现逻辑运算、顺序控制、定时、计数和算术运算等功能，并通过数字或模拟式输入/输出控制各类机械或生产过程，其出现彻底改变了电气工程控制的技术格局。本文基于 PLC 技术的核心优势，深入剖析其在电气工程自动化控制中的具体应用，旨在为相关领域的技术研发与工程实践提供有益参考。

1 PLC 技术的基本原理

PLC 的核心结构由中央处理单元（CPU）、存储器、输入/输出（I/O）模块、电源模块及通信接口模块组成。其工作原理遵循“循环扫描”模式，主要包括三个阶段：输入采样阶段、程序执行阶段及输出刷新阶段。在输入采样阶段，PLC 通过输入模块读取现场传感器、按钮等输入设备的状态信号，并将其存入输入映像寄存器；在程序执行阶段，CPU 按照从上到下、从左到右的顺序逐条执行用户编写的控制程序，根据输入映像寄存器中的数据进行逻辑运算与数据处理，并将运算结果存入输出映像寄存器；在输出刷新阶段，PLC 将输出映像寄存器中的状态信号通过输出模块转换为实际控制信号，驱动执行器（如电机、电磁阀等）动作，完成一次控制循环。

PLC 的控制程序采用梯形图、功能块图、指令表、结构化文本等多种编程语言，其中梯形图因与传统继电器控制电路图相似，上手难度低，成为工业现场应用最广泛的编程语言。通过编程软件编写的控制程序存储在 PLC 的用户存储器中，可根据实际控制需求灵活修改，无需改动硬件接线，极大提升了控制系统的灵活性与可扩展性。

2 PLC 技术在电气工程自动化控制中的应用场景

2.1 电机控制

电机作为电气工程中的核心动力设备，其启动、调速、制动及保护控制直接影响整个生产系统的稳定性与能效。传统电机控制采用星-三角启动、自耦变压器启动等方式，存在启动电流大、调速精度低、能耗高等问题。PLC 技术通过与变频器、伺服驱动器等设备配合，可实现电机的软启动、变频调速、正反转控制及多电机同步控制，有效降低启动电流对电网的冲击，提升调速精度与能源利用效率。

例如，在机床设备的主轴电机控制中，PLC 通过接收数控系统的速度指令，控制变频器输出相应频率的交流电，实现主轴电机的无级调速，调速范围可达 0-3000r/min，调速精度误差小于±0.5%；在流水线传送带的多电机同步控制中，PLC 通过采集各电机的转速反馈信号，采用 PID 调节算法调整变频器输出频率，确保多台电机的转速同步误差控制在±1r/min 以内，提升了流水线的生产稳定性。此外，PLC 还可通过编程实现电机的过载保护、短路保护、缺相保护等功能，当电机出

现异常时，及时切断电源并发出报警信号，保障设备与人身安全。

2.2 电力系统控制

在电力系统中，PLC 技术广泛应用于变电站自动化、配电系统监控及电力设备保护等环节。传统电力系统控制依赖人工操作与模拟控制装置，存在响应速度慢、控制精度低、故障处理不及时等问题。PLC 技术通过采集电压、电流、功率因数等电力参数，实现对变压器、断路器、隔离开关等电力设备的自动控制与状态监测，构建智能化电力控制系统。

在变电站自动化控制中，PLC 作为间隔层控制单元，可实现对变压器的有载调压、断路器的分合闸控制、无功补偿装置的投切控制等功能，同时通过通信模块将电力参数与设备状态上传至站控层监控系统，实现变电站的无人值守运行；在配电系统监控中，PLC 通过安装在配电线路上的传感器采集电流、电压、温度等数据，实时监测线路负载情况，当线路过载或出现故障时，自动切断故障线路并切换至备用线路，确保配电系统的连续供电。此外，PLC 还可通过编程实现电力系统的故障录波与故障诊断功能，为故障排查与系统恢复提供数据支持。

2.3 工业自动化生产线控制

工业自动化生产线是电气工程自动化的典型应用场景，其涉及多台设备、多个工序的协同工作，对控制系统的同步性、协调性与灵活性要求极高。PLC 技术作为生产线的控制核心，可实现对生产流程的顺序控制、逻辑控制及工艺参数调节，确保生产线的高效运行。

在汽车零部件生产线上，PLC 通过接收传感器的位置信号与光电开关的检测信号，控制机械臂、传送带、机械手等设备的动作顺序，实现零部件的上料、加工、装配、检测等工序的自动化完成。例如，在发动机缸体装配生产线上，PLC 控制机械臂按照预设路径抓取缸体并放置在加工工位，通过控制加工设备的刀具进给速度、切削深度等工艺参数，完成缸体的钻孔、镗孔等加工工序，同时通过视觉检测系统采集加工后的尺寸数据，与预设标准值进行对比，不合格产品自动剔除，合格产品进入下一工序，整个生产过程无需人工干预，生产效率提升 30% 以上，产品合格率达到 99.5% 以上。此外，PLC 还支持生产线的柔性化生产，通过修改控制程序即可快速切换生产产品型号，适应多品种、小批量的生产需求。

2.4 智能家居与建筑电气控制

随着智能家居与智能建筑的快速发展，PLC 技术在

建筑电气工程中的应用也日益广泛，主要涉及照明控制、空调控制、安防监控及电梯控制等环节。传统建筑电气控制采用手动开关控制，存在能耗高、控制不便、安全性低等问题。PLC 技术通过与传感器、执行器及通信设备配合，实现建筑电气系统的自动化与智能化控制。

在照明控制中，PLC 通过光线传感器采集室内光照强度，结合人体感应传感器检测室内人员情况，自动调节照明灯具的开关与亮度，当室内光照强度达到预设值或无人时，自动关闭灯具，实现节能目的，相比传统照明控制可节能 20%-30%；在空调控制中，PLC 通过温度传感器采集室内温度，与预设温度进行对比，控制空调机组的启停、制冷/制热模式切换及风速调节，确保室内温度维持在舒适范围内，同时通过分时控制与分区控制功能，降低空调系统的能耗。

3 PLC 技术在电气工程自动化控制中的优化策略

3.1 控制程序优化

控制程序是 PLC 实现控制功能的核心，程序的合理性与高效性直接影响控制系统的运行性能。在程序编写过程中，应遵循模块化编程原则，将复杂的控制逻辑分解为多个独立的功能模块，如启动模块、运行模块、保护模块、报警模块等，每个模块单独编写、调试，便于程序的维护与修改。同时，应优化程序结构，减少不必要的逻辑运算与循环语句，缩短程序执行周期，提升控制系统的响应速度。

例如，在多电机控制程序中，可采用中断服务程序处理电机的紧急停止、故障报警等优先级别较高的任务，确保紧急情况下系统能够快速响应；在顺序控制程序中，采用状态转移图（SFC）编程方式，清晰展现各工序的逻辑关系，降低程序的复杂度。

3.2 硬件配置优化

硬件配置的合理性直接影响 PLC 控制系统的稳定性与可靠性。在硬件选型过程中，应根据电气工程的控制需求、工作环境、负载特性等因素，选择合适型号的 PLC 主机、I/O 模块、电源模块及通信模块。对于复杂控制系统，应选择具有足够存储容量、运算速度快、扩展能力强的大型模块化 PLC；对于恶劣工业环境，应选择具有良好防护等级、抗干扰能力强的工业级 PLC 模块。同时，应优化 I/O 点配置，合理分配输入/输出点数，避免 I/O 点冗余或不足；在接线过程中，应遵循强弱电分离、信号线屏蔽等原则，减少电磁干扰对系统的影响；对于重要设备的控制，可采用双 PLC 冗余配置，当主

PLC 出现故障时，备用 PLC 自动切换投入运行，确保系统的连续运行。此外，还应加强硬件设备的维护与管理，定期检查 PLC 模块、传感器、执行器等设备的运行状态，及时更换老化、损坏的部件，延长设备使用寿命。

3.3 通信网络优化

随着电气工程自动化控制系统的规模不断扩大，分布式控制已成为主流趋势，通信网络的稳定性与实时性至关重要。在通信网络设计过程中，应根据系统的控制要求、设备分布情况等因素，选择合适的通信协议与网络拓扑结构。对于近距离、小范围的控制系统，可采用 RS485 总线、Profibus-DP 等通信协议，构建星形或总线型网络；对于远距离、大范围的分布式控制系统，可采用 EtherNet/IP、Profinet 等工业以太网协议，构建环形或树形网络。同时，应优化通信参数设置，合理调整通信波特率、数据位、校验位等参数，确保通信数据的传输速率与准确性；采用通信冗余技术，如双网冗余、链路冗余等，提高通信网络的可靠性，避免因通信链路故障导致系统瘫痪。

3.4 能耗优化

在电气工程自动化控制中，能耗控制是降低生产成本、实现绿色生产的重要途径。PLC 技术可通过优化控制策略，实现能源的高效利用。例如，在电机控制中，采用变频调速技术，根据负载变化调整电机转速，避免电机在额定转速下空载或轻载运行，降低电机能耗；在照明控制中，采用声光控、人体感应等智能控制方式，实现人来灯亮、人走灯灭，减少无效照明时间；在空调控制中，采用变频空调与温度分区控制相结合的方式，根据室内人员分布与温度需求，精准调节空调运行状态，降低空调系统能耗。

同时，PLC 可通过采集电力参数、设备运行数据等信息，建立能耗监测与分析系统，实时监控系统的能耗情况，识别能耗异常点，为能耗优化提供数据支持。例如，通过监测变压器的负载率、功率因数等参数，合理调整变压器的运行方式，提高变压器的运行效率；通过监测生产设备的能耗数据，分析设备的能耗特性，优化生产工艺与设备运行参数，降低生产过程中的能耗。

4 PLC 技术在电气工程自动化控制中的发展趋势

4.1 与物联网（IoT）技术深度融合

物联网技术的发展为 PLC 技术带来了新的发展机遇，PLC 作为工业现场的控制核心，将与物联网技术深度融合，实现工业设备的互联互通与智能化管理。通过在 PLC 中集成物联网模块，可将工业现场的设备状态、运行数据、环境参数等信息实时上传至云平台，实现设备的远程监控、故障预警、远程维护等功能。

4.2 与人工智能（AI）技术结合

人工智能技术的崛起为 PLC 技术的升级提供了新的方向，PLC 将与人工智能技术结合，实现控制系统的自主学习、智能决策与自适应控制。通过在 PLC 中嵌入人工智能算法，如神经网络、模糊控制、遗传算法等，可使控制系统具备自主学习能力，能够根据生产过程中的数据变化自动调整控制参数，优化控制策略，适应复杂多变的生产环境。

5 结论

PLC 技术作为电气工程自动化控制的核心技术，凭借其高可靠性、强抗干扰性、灵活扩展性等核心优势，在电机控制、电力系统控制、工业自动化生产线控制、智能家居与建筑电气控制等多个领域得到了广泛应用，有效提升了电气工程自动化控制的精度、效率与稳定性，降低了能耗与维护成本。通过控制程序优化、硬件配置优化、通信网络优化及能耗优化等策略，可进一步提升 PLC 控制系统的运行性能与应用效果。

参考文献

- [1] 王战源. 基于 PLC 技术的电气工程及其自动化控制分析 [J]. 中国航班, 2024(12).
- [2] 崔欢. 基于 PLC 技术的电气工程自动化控制分析 [J]. 数字通信世界, 2025(3).
- [3] 夏明. 基于 PLC 技术的电气工程及其自动化控制研究 [J]. 安家, 2024(6): 0223-0225.
- [4] 伍博然. PLC 技术在电气工程自动化控制中的应用研究 [J]. 中文科技期刊数据库 (全文版) 工程技术, 2024(003): 000.
- [5] 纯志刘. 电气工程及其自动化控制中 PLC 技术的应用研究 [J]. 水电科技, 2024, 7(9): 100.
- [6] 王雅娴. 电力系统电气工程自动化中 PLC 自动控制技术的运用探讨 [J]. 科技资讯, 2025(4).