

PLC技术在电气工程及其自动化控制中的运用

王建东

山东盛和热能有限公司 山东 滨州 256500

摘要：PLC技术凭借可编程逻辑控制与循环扫描机制，在电气工程自动化控制中展现出核心优势。其通过高抗干扰工业级元器件及模块化设计，实现继电器灵活控制与程序在线修改，支持复杂逻辑实时处理。在顺序控制中，PLC精准协调多设备时序，提升生产线效率；闭环调节通过PID算法实现温度、压力等参数精准控制。此外，其兼容工业以太网与现场总线技术，支持分布式架构，有效提升系统扩展性与稳定性，成为电气工程智能化转型的关键技术。

关键词：PLC技术；电气工程及其自动化控制；运用

引言：在电气工程及其自动化控制领域，追求高效、精准与稳定运行是永恒目标。传统控制系统如继电器控制，存在灵活性差、故障率高等弊端；单片机系统开发成本高、周期长，难以满足快速投产需求。而PLC技术凭借高可靠性、强灵活性、便捷维护及良好兼容性等优势脱颖而出。它不仅能适应复杂多变的工业环境，还可通过软件编程实现多样化控制功能。深入探究PLC技术在电气工程自动化控制中的运用，对提升工业生产效率、保障系统稳定运行、推动行业智能化发展具有重要意义。

1 PLC 技术基础与核心优势

1.1 PLC技术概述

(1) 定义与工作原理：PLC（可编程逻辑控制器）是一种专为工业环境应用而设计的数字运算操作电子系统。其工作原理遵循循环扫描模式，依次完成输入采样、程序执行、输出刷新三个阶段，通过不断循环实现对工业设备的实时控制，精准响应现场信号并执行预设操作。(2) 硬件组成：核心硬件包括CPU，作为PLC的“大脑”负责指令执行与数据处理；I/O模块承担输入输出功能，实现与现场设备的信号交互；通信接口支持PLC与其他设备、工业网络的数据传输，此外还包含电源模块、存储器等辅助部件，共同保障系统稳定运行。(3) 软件编程环境：主流编程方式有梯形图，以图形化形式模拟继电器控制电路，直观易懂；指令表采用助记符编程，适合复杂逻辑编写；还有功能块图、顺序功能图等，满足不同场景的编程需求，适配各类工业控制任务。

1.2 PLC技术的核心优势

作者简介：王建东，男，1981年10月出生，汉族，山东滨州人，本科，中级工程师，毕业于华北电力大学，研究方向：电力

(1) 可靠性高：具备极强的抗干扰能力，能抵御工业现场的电磁干扰、电压波动等环境影响，且采用工业级元器件，故障率远低于普通控制设备，保障连续生产。(2) 灵活性好：采用模块化设计，可根据控制需求增减模块扩展功能；程序支持在线修改，无需改动硬件接线，能快速适配生产工艺的调整。(3) 维护便捷：配备远程诊断功能，技术人员可远程排查故障；支持程序在线更新，减少设备停机时间，降低维护成本。(4) 兼容性强：能与以太网、Profibus等工业网络无缝对接，同时兼容各类传感器、执行器，轻松融入工业自动化系统。

1.3 PLC与传统控制系统的对比分析

(1) 继电器控制的局限性：继电器控制系统依赖硬件接线实现逻辑控制，修改功能需重新布线，灵活性差；且触点易磨损，故障率高，难以适应复杂多变的生产需求。(2) 单片机系统的开发成本与周期问题：单片机系统需定制化开发硬件和软件，开发周期长，对技术人员要求高，后期维护难度大，不适用于中小规模企业的快速投产需求。(3) PLC的综合性价比优势：相比前两者，PLC兼顾高可靠性与灵活性，开发周期短，维护成本低，既能满足简单控制需求，也能应对复杂工业场景，综合性价比远超传统控制系统。

2 PLC 技术在电气工程及其自动化控制中的运用

2.1 顺序控制与逻辑运算

(1) 自动化生产线流程控制：在汽车装配线中，PLC是流程控制的核心。从车身焊接、零部件组装到最终检测，每个环节的启动、停止、动作顺序均由PLC精准把控。例如，当车身到达焊接工位时，PLC接收传感器信号后，触发机械臂焊接动作，同时锁定输送线防止位移；焊接完成后，PLC发送指令解锁输送线，将车身传送至下一工位。整个过程无需人工干预，可实现24小时连续

生产，大幅提升装配效率，降低人为操作误差^[1]。（2）多设备协同作业的时序管理：在物流分拣中心的自动化分拣系统中，PLC负责协调输送带、分拣机械臂、扫码设备等多台设备的时序。当扫码设备识别包裹信息后，PLC快速运算并确定分拣路径，提前向对应分拣机械臂发送动作指令，确保包裹到达分拣节点时，机械臂能精准完成抓取与投放动作。同时，PLC还能避免设备间动作冲突，如防止前一包裹未完成分拣时，后一包裹进入分拣区域，保障整个分拣系统有序运行。

2.2 过程控制与闭环调节

（1）温度、压力、流量等参数的PID控制：在电气工程自动化控制中，PLC结合PID（比例-积分-微分）算法，可实现对温度、压力、流量等关键参数的精准闭环调节。以供暖系统为例，PLC通过温度传感器实时采集室内温度，与设定温度进行对比计算。若实际温度低于设定值，PLC通过PID调节增大供暖设备的输出功率；若实际温度高于设定值，则减小输出功率，始终将室内温度控制在误差±0.5℃的范围内，既保证供暖效果，又避免能源浪费。（2）化工反应釜的温度控制系统：化工反应釜的反应效率与安全性依赖精准的温度控制。系统中，PLC连接铂电阻温度传感器，实时采集反应釜内温度数据。当反应釜内温度低于反应所需温度时，PLC控制加热装置启动，逐步提升温度；若温度超过阈值，PLC立即切断加热电源，并开启冷却系统。同时，PID算法可根据温度变化速率动态调整控制参数，避免温度骤升骤降，确保化学反应稳定进行，降低因温度失控引发的安全风险。

2.3 运动控制与定位系统

（1）伺服电机驱动的精确位置控制：PLC通过脉冲输出或总线通信方式，向伺服驱动器发送控制信号，实现对伺服电机的精确位置控制。在自动化装配设备中，PLC可控制伺服电机带动机械爪移动到指定坐标，完成零部件的抓取与装配，定位精度可达0.01mm。此外，PLC还能实时接收伺服电机的位置反馈信号，对运行轨迹进行修正，确保位置控制的准确性^[2]。（2）数控机床、机器人关节控制：在数控机床中，PLC协同数控系统控制各轴伺服电机的运动，实现刀具的精准进给、切削与换刀动作，保证加工零件的尺寸精度与表面质量。在工业机器人中，PLC负责控制机器人各关节的伺服电机，根据预设程序调整关节角度与运动速度，使机器人完成焊接、搬运、喷涂等复杂作业。例如，在汽车焊接机器人中，PLC可精确控制机器人关节的运动轨迹，确保焊点位置偏差不超过0.1mm，满足汽车制造的高精度要求。

2.4 数据采集与监控（SCADA）

（1）实时数据采集与远程监控：PLC作为数据采集终端，可实时采集电气工程设备的运行参数，如电压、电流、设备温度、运行状态等，并通过通信网络将数据上传至SCADA（监控与数据采集）系统。工作人员在监控中心即可通过SCADA系统查看各设备的实时运行数据，掌握整个电气工程系统的运行状况。例如，在变电站中，PLC采集变压器的电压、电流、油温等数据，上传至SCADA系统，工作人员可远程监控变压器运行状态，无需现场值守^[3]。（2）故障预警与诊断功能实现：PLC通过对采集到的数据进行分析，可实现设备故障的预警与诊断。当设备运行参数超出正常范围时，PLC立即向SCADA系统发送报警信号，并记录故障数据。同时，PLC内置的故障诊断程序可初步判断故障类型与位置，如电机过载时，PLC可诊断出过载原因是电流过大，并将故障信息反馈给工作人员。工作人员根据PLC提供的故障信息，能快速定位故障点，缩短故障排查与维修时间，减少设备停机损失。

2.5 网络通信与分布式控制

（1）工业以太网与现场总线技术：在电气工程自动化控制中，PLC通过工业以太网（如Profinet）或现场总线（如Modbus）技术，实现与其他设备的高速通信。Profinet具有传输速率高、实时性强的特点，适用于对通信实时性要求高的场景，如自动化生产线中PLC与伺服驱动器、传感器的通信；Modbus协议简单易用、兼容性强，广泛应用于PLC与变频器、仪表等设备的通信，可实现设备间的数据交互与控制指令传输。（2）多PLC协同工作的分布式架构：在大型电气工程系统中，采用多PLC协同工作的分布式架构可提升系统的稳定性与扩展性。例如，在大型火力发电厂中，将整个控制系统分为锅炉控制、汽轮机控制、发电机控制等子系统，每个子系统由一台PLC负责控制。各PLC通过工业以太网连接，实现数据共享与协同控制。当某一PLC出现故障时，其他PLC可临时接管部分控制功能，避免整个系统瘫痪。同时，分布式架构便于系统扩展，新增设备时只需增加相应的PLC子系统，并接入通信网络即可，无需对原有系统进行大规模改造^[4]。

3 PLC技术面临的挑战与优化策略

3.1 技术瓶颈分析

（1）复杂环境下的抗干扰能力不足：在冶金、化工等工业场景中，存在强电磁辐射、高温、粉尘等复杂环境因素，会干扰PLC的正常运行。例如，冶金车间的高频感应加热设备会产生强电磁信号，可能导致PLC采集的传感器数据失真，出现控制指令延迟或误触发的情况；高

温环境还会加速PLC内部元器件老化，降低其信号处理稳定性，影响整个控制系统的可靠性。（2）大型系统编程与调试的复杂性：在大型制造业生产线（如整车制造工厂）中，PLC控制系统需关联成百上千个I/O点和数十台设备，编程时需处理复杂的逻辑关系与时序协同。由于缺乏统一的编程规范，不同工程师编写的程序兼容性差，后期调试时需逐行排查代码逻辑漏洞，若某个环节出现时序冲突，可能导致整个系统停机，调试周期常长达数周，严重影响生产进度。（3）网络安全风险：随着PLC与工业网络的深度融合，网络安全风险显著增加。2010年“震网”病毒攻击伊朗核设施的案例中，病毒通过工业网络入侵PLC系统，篡改设备运行参数，导致离心机失控，造成严重生产事故。如今，黑客可通过漏洞扫描工具获取PLC的IP地址与通信协议，非法修改控制程序或中断数据传输，威胁工业生产安全。

3.2 优化策略与改进方向

（1）硬件冗余设计提升可靠性：采用硬件冗余设计，为PLC关键部件如CPU、电源、I/O模块配备备用模块。当主模块出现故障时，备用模块可自动切换投入运行，无需人工干预，减少设备停机时间。例如，在电力系统的PLC控制中，双CPU冗余设计能确保其中一个CPU故障时，另一个CPU立即接管控制任务，保障电力供应稳定。（2）模块化编程与标准化接口：推行模块化编程，将大型系统的控制逻辑拆分为多个独立功能模块，每个模块单独编程、调试，降低整体编程复杂度，且模块可重复利用，提高编程效率。同时，采用标准化接口，统一PLC与其他设备的通信协议和连接方式，减少设备间的兼容性问题，简化系统集成与调试流程。（3）加密通信与安全防护机制：在PLC与工业网络的通信环节，采用加密技术对传输数据进行加密处理，防止数据被窃取或篡改。同时，部署防火墙、入侵检测系统等安全防护设备，实时监控网络访问行为，拦截非法访问与恶意攻击。此外，定期对PLC系统进行安全漏洞扫描与固件更新，提升系统的抗攻击能力。

3.3 与其他技术的融合发展

（1）人工智能（AI）在PLC故障预测中的应用：将AI技术与PLC结合，通过AI算法分析PLC采集的设备运行数据，建立故障预测模型。例如，利用机器学习算法对电机运行时的电流、温度等数据进行分析，提前识别电机潜在故障风险，并向工作人员发出预警，实现故障的提前干预，减少突发故障造成的损失，提升PLC控制系统的智能化水平。（2）物联网（IoT）与PLC的集成架构：构建IoT与PLC的集成架构，使PLC作为数据采集终端，将工业设备的运行数据实时上传至IoT云平台。工作人员可通过云平台远程监控设备运行状态，实现对分散设备的集中管理。同时，云平台可对海量数据进行分析，为生产优化提供数据支持，例如根据设备运行数据调整生产参数，提高生产效率，推动工业自动化向智能化、网络化方向发展。

结束语

PLC技术作为电气工程及其自动化控制领域的核心驱动力，凭借其卓越的可靠性、灵活性与兼容性，已成为推动工业智能化转型的关键力量。从顺序控制的精准时序管理，到闭环调节的毫厘级参数控制；从分布式架构的系统稳定性提升，到与新兴技术融合的故障预测能力，PLC技术持续拓展着工业自动化的边界。未来，随着人工智能、物联网等技术的深度融合，PLC技术将进一步赋能智能生产，助力企业实现降本增效与可持续发展，为构建高效、安全、绿色的现代工业体系提供坚实支撑。

参考文献

- [1]白洋,王文广.PLC技术在电气工程及其自动化控制中的运用[J].中国设备工程,2023,(03):29-30.
- [2]徐园园.PLC控制技术在电气自动化系统中的应用[J].电子技术,2024,(12):94-95.
- [3]姬广盈.PLC技术在电力电气自动化系统中的控制研究[J].自动化与仪器仪表,2024,(11):125-126.
- [4]朱勋雯.PLC技术在电气自动化控制系统中的应用[J].电子技术,2023,(09):84-85.