

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,将车身传送到下一工位。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 $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 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.