

基于 PLC 的电气火灾监控系统设计与研究

宋凯

鞍山技师学院, 辽宁 鞍山 114000

DOI: 10.61369/SDME.2025300012

摘 要： 目前, 随着工业生产和民用建筑电气化水平的不断提升, 因电气故障而引发的火灾事故频发, 这无疑给人们的生命和财产安全带来了严重威胁。但电气火灾的隐蔽性较强、预警难度大, 传统的监控手段很难实现精准预判和快速响应。于是, PLC 凭借自身抗干扰能力强、可靠性高等优势, 逐渐成为电气火灾监控系统的核心控制单元。本文主要针对基于 PLC 的电气火灾监控系统设计展开了相关分析与研究, 旨在进一步提高电气线路运行的安全性和可靠性, 为电气火灾监控领域提供可靠的技术参考。

关 键 词： PLC; 电气火灾; 监控系统; 剩余电流; 温度监测

Design and Research of Electrical Fire Monitoring System Based on PLC

Song Kai

Anshan Technician College, Anshan, Liaoning 114000

Abstract： At present, with the continuous improvement of the electrification level in industrial production and civil buildings, fire accidents caused by electrical faults occur frequently, which undoubtedly poses a serious threat to people's lives and property safety. However, electrical fires are highly concealed and difficult to early warn, and traditional monitoring methods are difficult to achieve accurate prediction and rapid response. Therefore, relying on its advantages of strong anti-interference ability and high reliability, PLC has gradually become the core control unit of electrical fire monitoring systems. This paper mainly conducts relevant analysis and research on the design of the electrical fire monitoring system based on PLC, aiming to further improve the safety and reliability of the operation of electrical circuits and provide a reliable technical reference for the field of electrical fire monitoring.

Keywords： PLC; electrical fire; monitoring system; residual current; temperature monitoring

随着城市化进程的持续加速和工业现代化的不断发展, 电力作为核心能源如今已经广泛渗透到人们生产生活的各个领域当中。但与此同时, 电气火灾发生的概率也在逐年攀升。据统计, 2024 年因电气故障而引发的火灾占总数的 32.3%^[1]。其中, 剩余电流超标和线路温度异常是电气火灾发生最主要的前兆特征。不过, 这些故障特征的隐蔽性较强, 很难在初期阶段仅通过人工巡检及时发现, 容易给火灾防控工作带来极大挑战。而 PLC 作为一种具有强抗干扰能力的工业控制设备, 以其为核心设计电气火灾监控系统, 可以有效实现对电气线路关键参数的 24 小时连续监测, 有利于及时捕捉火灾隐患并发出报警信号, 降低电气火灾发生的概率^[2]。因此, 为了有效预防电气火灾事故的发生, 相关人员有必要以 PLC 为核心和基础, 对电气火灾监控系统进行优化设计, 从而为电气安全防护提供强有力的技术支撑。

一、电气火灾监控核心原理与 PLC 技术特性

(一) 电气火灾监控的核心原理

电气火灾监控的核心原理其实主要就是对相关关键数据的检测, 识别出参数异常状态并做出预警。

具体来看, 电气火灾监控的参数主要包括三类: 一是剩余电流, 能够反映线路的绝缘性能。线路正常运行时, 剩余电流通常不会超过 30mA。而当线路绝缘层老化或者出现破损时, 剩余电流就会急剧增大, 超过 50mA 就容易引发火灾隐患^[3]。二是温度, 能够反映线路的发热状态。当导线接头、断路器等关键部位的温度超过 70℃ 时, 加速线路绝缘老化; 而温度超过 130℃ 时, 非常

容易引发火灾。三是电流参数, 能够反映线路的负载情况。长期超过额定电流 10% 以上运行, 容易导致线路发热加剧, 进而引发火灾。

(二) PLC 技术的核心特性

PLC 技术的核心特性主要体现在以下几个方面: 一是具备较高的可靠性。PLC 所采用的是模块化结构设计, 内部电路在经过严格的抗干扰处理后可以有效抵御复杂工业环境中的电磁干扰、电压波动等, 平均无故障工作时间可高达 10 万小时以上, 能够很好地满足电气火灾监控系统的全天候运行需求^[4]。

二是编程灵活便捷。PLC 采用梯形图、功能块图、指令表等多种编程语言。其中, 梯形图语言 and 传统电气控制电路图比较相

似，容易让工程技术人员理解和掌握。通过编程，可以实现数据采集、逻辑判断、报警输出、联动控制等多种功能。不仅如此，编程程序的修改也十分方便，能够让系统根据不同监控场景的需求快速调整自身功能。

三是扩展能力强。PLC 通过扩展模块可以实现输入输出点数的增加和功能的扩展。例如，通过添加模拟量输入模块，能够有效实现对温度、电流等模拟信号的数据采集；而通过添加通信模块，则可以实现与上位机、触摸屏、手机 APP 等设备的通信，从而达到扩展远程监控功能的目的。

四是联动控制能力强。PLC 的接口资源十分丰富，可以与接触器、电磁阀等直接连接，有利于实现对消防设备的联动控制。当所监测的参数出现异常时，PLC 可以快速输出控制信号并触发接触器、电磁阀等执行动作，从而实现火灾防控的自动化。

二、基于 PLC 的电气火灾监控系统工作原理

基于 PLC 的电气火灾监控系统在 PLC 技术的支持下，能形成“传感器采集—PLC 处理—报警反馈”的工作闭环，有利于实现对电气火灾隐患的全流程监控。

在电气火灾监控系统运行的过程中，各类传感器按照预设位置和采集频率对电气线路中的剩余电流、温度和电流参数进行实时采集，同时将物理信号转换为标准的电信号（比如 4~20mA 模拟量信号）并传输至 PLC 的模拟量输入接口^[6]。PLC 收到传感器信号以后，可以通过内部处理将电信号转化为数字信号，并结合各参数预设的阈值进行逻辑运算和对比分析^[6]。当参数在正常范围之内时，PLC 将会继续接受并存储数据，同时将数据上传至上位机等设备，从而实现各项参数的实时监测和记录。当某个参数超过预设阈值以后，PLC 就会通过输出接口控制声光报警器发出报警信号，并将异常参数值、发生位置和发生时间等基本信息上传至上机位，用于提醒相关工作人员及时排查安全隐患^[7]。而如果参数持续超标并达到一定危险阈值时，PLC 可以根据预设的程序控制断路器等设备，及时切断故障线路电源，进而从源头上遏制火灾的发生。

三、基于 PLC 的电气火灾监控系统设计

（一）系统总体架构

基于 PLC 的电气火灾监控系统设计可以采用分层架构设计，自上而下可分成三个部分：感知层、控制层和监控层。各层相互协同，共同为系统完整功能的正常运行提供服务^[8]。具体分析如下：

感知层由剩余电流传感器、温度传感器、电流传感器等组成，是电气火灾监控系统的数据采集终端，主要负责对电气线路关键参数的实时采集，同时将物理参数转化为 PLC 可识别的电信号，从而为后续的 PLC 处理提供充足的数据支撑。至于传感器的安装，应当覆盖电气线路的主干线、分支线、关键设备接头等火灾高发部位^[9]。

控制层是电气火灾监控系统的核心处理单元，以 PLC 为基础和核心，需要配备电源模块、I/O 扩展模块、通信模块等设备，主要负责接收感知层所传输的各参数信号，同时将信号进行数据转换、逻辑运算和阈值对比，并根据运算和对比结果及时触发报警以及控制联动设备，从而实现对火灾隐患的处理。此外，控制层中的通信模块，还会将报警信息和各参数的监测数据实时上传至监控层设备。

监控层则需要配备上位机、声光报警器、触摸屏等设备，主要负责显示数据、人机交互和信息管理。具体来看，上位机可以实时显示各监测点的参数值以及运行状态，同时将历史数据存储起来并支持查询和统计分析。触摸屏主要是为了给工作人员提供操作界面，可以通过触摸屏完成参数阈值设置、程序调试、手动控制等操作。声光报警器主要是在参数异常时发出明显的报警信号，用来提醒现场人员处置。

（二）系统硬件设计

对于基于 PLC 下电气火灾监控系统的硬件设计可以从两方面着手：一是 PLC 核心控制器选型。PLC 核心控制器的选型需要综合考虑系统的监控规模、参数采集数量、扩展需求等因素，确保其性能能够满足系统设计的要求。二是传感器选型，主要包括剩余电流传感器、温度传感器、电流传感器。

其中，对于剩余电流传感器的选型，相关人员需要根据电气线路的额定电流匹配传感器规格，如此才能够确保传感器的测量范围覆盖线路正常运行与异常状态下的剩余电流值，从而保障监测的全面性。对于温度传感器的选型，相关人员需要根据监测部位的安装空间，选择装配式或插入式结构的传感器，如此才能确保安装牢固且与监测部位紧密接触，从而提升温度采集的准确性。而对于电流传感器的选型，相关人员则需要根据电气线路的额定电流确定传感器的量程，确保量程比线路额定电流大 20%，如此才能有效避免线路过载时传感器超出测量范围，进而更好保障监测的有效性。

（三）系统软件设计

基于 PLC 的电气火灾监控系统软件设计可以通过模块化设计，让软件各部分功能更加清晰地呈现出来，便于后期对单一模块进行修改与升级，有利于降低维护的成本。

在软件设计过程中，系统可以以 PLC 编程软件为开发工具，将软件功能划分为五个核心模块，即数据采集模块、逻辑运算模块、报警控制模块、通信模块和数据存储模块。软件在运行时，首先需要完成对系统的初始化操作，包括 PLC 参数设置、传感器校准、阈值预设、通信参数配置等一系列操作。初始化完成以后，数据采集模块启动，持续采集各传感器的参数信号。逻辑运算模块对采集的数据进行转换与分析，判断是否超出预设阈值。如果发现参数有异常，报警控制模块则会立即触发报警并控制联动设备动作，同时通过通信模块将信息上传至监控层。数据存储模块则实时存储监测数据与报警信息，从而为后续查询与分析提供支撑。

另外，在系统软件设计过程中，主程序的设计也尤为重要，其目的主要是为了保障上述各模块协调运行。系统上电以后，首

先执行初始化程序，包括参数配置、校准传感器测量精度以及预设各监测参数的正常阈值、报警阈值、危险阈值，同时初始化数据存储区域，清空历史数据缓存^[10]。初始化完成以后，主程序进入循环扫描状态，读取各传感器传输的各参数信号，将其转换为数字信号并存储至对应的数据存储单元，随后调用逻辑运算模块，将采集的数值与预设阈值进行对比分析，判断参数是否正常。若参数处于正常范围，主程序继续循环扫描，持续采集数据；若参数超过报警阈值但未达到危险阈值，调用报警控制模块，触发声光报警器发出报警信号，同时将报警信息上传至上位机；若参数达到危险阈值，则会触发报警同时控制联动断路器动作，切断故障线路电源，避免隐患扩大。在报警状态下，若工作人员排查隐

患后通过触摸屏发出复位指令，主程序复位报警信号，恢复正常监测状态；若未及时复位，报警信号持续输出，同时数据存储模块记录报警时长、参数变化趋势等信息。

四、结语

总而言之，基于 PLC 设计电气火灾监控系统，具备精度高、响应快、稳定性强、扩展性好等诸多优势，可以有效弥补传统监控方式的不足，及时捕捉电气火灾隐患，并通过采取报警和联动控制措施从源头上降低火灾发生的概率，有利于为工业生产与民用建筑的电气安全提供可靠保障。

参考文献

- [1] 袁雅迪. 基于单片机的电气火灾监控系统设计 [J]. 集成电路应用, 2025, 42 (01): 280-281.
- [2] 刘桂秀. 浅议对电气火灾监控系统的理解 [J]. 中国设备工程, 2024, (23): 249-251.
- [3] 李俊华. 电气火灾监控探测器与保护电器的探讨 [J]. 建筑电气, 2024, 43 (S2): 43-46.
- [4] 刘金木. 电气火灾监控系统的应用实践分析 [J]. 工程技术研究, 2024, 9 (16): 229-231.
- [5] 赵闯. 电气火灾监控系统火灾报警的处理方式 [J]. 现代建筑电气, 2024, 15 (02): 56-59.
- [6] 王少军. 电气火灾监控在现代智能建筑中的应用 [J]. 智能建筑与智慧城市, 2024, (02): 138-140.
- [7] 黄桂红. 电气火灾监控系统在地铁车站低压配电系统应用中存在的问题及解决措施 [J]. 安装, 2023, (12): 95-96+99.
- [8] 周毅飞, 张芷铭. 电气火灾监控系统与电气火灾防护 [J]. 今日消防, 2023, 8 (09): 4-6.
- [9] 邹甲, 刘祺, 欧明端, 等. 谐波监测式电气火灾监控系统设计 [J]. 电气技术, 2023, 24 (08): 22-28.
- [10] 洪长平. 基于无线通信技术的老旧小区电气火灾监控系统设计 [J]. 济源职业技术学院学报, 2023, 22 (01): 61-66.