

电气火灾预警系统中剩余电流监测技术的有效性分析

张 鹏

平潭海电运维科技有限责任公司 福建平潭

【摘要】在电气火灾频发的当下，消防安全备受瞩目。剩余电流监测技术成为关键防线，它基于对线路漏电的敏锐感知，通过电流互感器精准捕捉异常电流。无论是居民楼、商业场所还是工业厂房，该技术都能实时监测，及时察觉绝缘破损、设备故障引发的漏电。分析其原理、探究应用实效、剖析影响因素并寻求优化策略，为提升电气火灾预警能力筑牢根基，切实保障生命财产安全。

【关键词】电气火灾；剩余电流；监测技术；预警；安全保障

【收稿日期】2025 年 1 月 20 日 **【出刊日期】**2025 年 2 月 18 日 **【DOI】**10.12208/j.jeea.20250055

Analysis on the effectiveness of residual current monitoring technology in electrical fire early warning system

Peng Zhang

Pingtian Haidian Operation and Maintenance Technology Co., Ltd, Pingtan, Fujian

【Abstract】In the current era of frequent electrical fires, fire safety has garnered significant attention. Residual current monitoring technology stands as a critical defense mechanism. It relies on its acute sensitivity to leakage in circuits and accurately captures abnormal currents through current transformers. Whether in residential buildings, commercial premises, or industrial plants, this technology can monitor in real-time, promptly detecting leaks caused by insulation damage or equipment failure. Analyzing its principles, exploring practical applications, examining influencing factors, and seeking optimization strategies lay the foundation for enhancing electrical fire early warning capabilities, effectively safeguarding lives and property.

【Keywords】Electrical fire; Residual current; Monitoring technology; Early warning; Safety guarantee

引言

如今，电气设备充斥生活各个角落，带来便捷的也埋下诸多隐患，电气火灾事故频频冲击安全底线。一旦发生，火势蔓延迅速，救援难度大，损失惨重。在此背景下，剩余电流监测技术崭露头角，它恰似电气系统的“鹰眼”，紧盯线路电流细微变化。探究其有效性，既能为复杂电气环境下的火灾预防提供有力支撑，又能保障各类场所的平稳运行，吸引我们深入挖掘，开启守护安全之旅。

1 解析技术原理

在理想的电路世界里，电流如同训练有素的士兵，沿着既定路线有条不紊地流动，为各类电气设备的正常运转提供源源不断的动力支持，维持着整

个电气系统的稳定运行。现实情况却远非如此完美。在长期使用过程中，线路老化是不可避免的问题，绝缘层逐渐失去原有的韧性与防护能力；受潮环境下，水分的侵入会降低绝缘性能，使电流有了“逃逸”的机会；外力破坏，如施工过程中的误碰、自然因素导致的线路磨损等，也会让线路的完整性遭受破坏；还有一些劣质设备，从源头就埋下了安全隐患，其内部的电气结构和绝缘材料无法满足正常使用要求^[1]。这些问题一旦出现，就会导致绝缘失效，部分电流不再沿着原本规划好的路径前行，而是“另辟蹊径”，形成了所谓的剩余电流。

而工业环境相较于居民用电场景，复杂程度呈几何倍数增长。工厂车间内，大型机械昼夜轰鸣，设

备启动时产生的瞬间电流犹如汹涌澎湃的浪潮，对线路的稳定性造成巨大冲击。在这种恶劣环境下，剩余电流监测技术必须具备极为强大的滤波能力，能够有效去除因设备运行产生的各类电磁干扰信号，同时还需拥有精准的识别能力，能够准确区分正常作业时产生的电流尖峰和危险的漏电电流。例如，在一些自动化程度较高的生产线上，设备的运行节奏紧凑，任何短暂的停电或故障都可能导致整个生产线的停滞，造成巨大的经济损失。

不同场景下，剩余电流监测技术在细节方面也展现出了因地制宜的特性。在民用领域，产品设计更加注重便捷安装，力求让普通住户能够轻松完成设备的安装与调试。报警系统采用傻瓜式设计，即使是对电气知识了解甚少的用户，也能在第一时间明白警报的含义并及时做出应对^[2]。而在工业领域，面对复杂的电磁环境和多设备协同工作的需求，监测设备则聚焦于高抗干扰能力，能够在强电磁干扰的环境中稳定运行，准确采集数据。多节点协同功能也是工业应用的关键，通过多个监测节点之间的信息共享与协同分析，实现对整个生产区域电气安全的全方位监控，保障连续生产的顺利进行，从细微之处彰显出该技术在不同场景下的灵活适配特性，为电气安全提供全方位的坚实捍卫。

2 探寻应用实效

当我们走进住宅小区，配电箱内看似普通的剩余电流监测模块正悄然发挥着巨大的作用。以某新建小区为例，在业主入住不久后的装修期间，一户业主由于施工人员操作不当，误损了家中的线路。就在线路绝缘层被破坏的瞬间，漏电现象随即发生。幸运的是，配电箱内的剩余电流监测装置犹如一位时刻保持警惕的卫士，在第一时间检测到了异常电流变化，并即刻发出尖锐的报警声。物业管理人员接到警报后，迅速响应，立即组织专业维修人员前往现场进行抢修。由于发现及时、处理得当，成功阻止了可能因漏电引发的火势，守护了整个小区邻里的安宁^[3]。据相关大数据统计显示，在普及了剩余电流监测技术的小区中，电气火灾发生率呈现出直线下滑的趋势，居民的生活因此变得更加踏实、安心，再也无需为潜在的电气安全隐患提心吊胆。

将目光切换至大型商业综合体，这里人流如织，热闹非凡，各类电气设备更是日夜不停地忙碌运转，

为消费者提供舒适便捷的购物环境。以一家商场开业季为例，为了营造出良好的商业氛围，商场内的照明系统全部开启，璀璨夺目；电梯频繁上下，运送着大量顾客；餐饮区域的各种电器设备也在高频运转，制作出美味佳肴。在这种高强度的用电环境下，线路负荷急剧飙升，对电气安全监测提出了极高的要求^[4]。商场内安装的剩余电流监测系统犹如一位经验丰富的老中医，实时为整个电气系统“把脉”。在一次日常监测过程中，系统凭借其精准的数据分析能力，敏锐地揪出了一处因长期震动导致接线松动的漏电隐患。

再把视角转向办公写字楼，这里电脑、打印机、中央空调等设备相互交织，构成了一个复杂的用电网络。在某写字楼中，由于中央空调长期运行，部分部件逐渐老化，出现了轻微漏电的情况。起初，这种漏电现象十分隐蔽，难以察觉，但幸运的是，写字楼内安装的剩余电流监测系统犹如一位敏锐的侦探，凭借其高灵敏度的监测能力，精准地察觉到了这一细微变化。运维人员在接到监测系统发出的警报后，立即对中央空调系统进行全面排查，及时找到了漏电点并进行修复。正是因为监测系统的及时发现和运维人员的迅速处理，成功避免了因漏电可能导致的办公秩序大乱，确保了写字楼内的办公环境安全稳定。无论是居民生活的住宅小区、繁华热闹的商业综合体，还是忙碌紧张的办公写字楼，剩余电流监测技术的有效应用都如同一块坚固的盾牌，为人们的日常生活和工作提供着全方位的保驾护航，用实实在在的应用实效证明了其自身的价值。

3 深挖影响因素

环境因素无疑是实现精准剩余电流监测过程中的一块巨大“绊脚石”。以潮湿闷热的南方地下车库为例，这里终年水汽氤氲，空气湿度长期处于较高水平。线路长期处于这样的环境中，就仿佛浸泡在水中一般，绝缘性能受到严重影响，逐渐大打折扣。在这种情况下，即使是极其微弱的漏电信号，也会与因水汽导致的各种干扰信号混杂在一起，形成一种类似于“噪声”的干扰源，严重干扰监测设备对漏电信号的准确判断，进而导致误报情况频繁发生。与之类似的是高温车间环境，车间内酷热难耐，高温加速了线路绝缘材料的老化进程，使其绝缘性能快速下降^[5]。车间内飞扬的粉尘在长期积累过程中，会附着在线路

表面,形成导电通道,进一步影响电流的正常传输。这些因素相互交织,使得监测设备采集到的数据严重偏离真实值,给电气安全监测带来了极大的挑战。面对这样的困境,具备温湿度补偿功能以及防尘防潮设计的监测设备成为解决问题的刚需。

线路复杂程度同样给剩余电流监测工作带来了棘手难题。以历史悠久的校园建筑为例,历经多次翻新改造,线路布局变得纵横交错,随意拼接、分支众多的情况屡见不鲜。在这种复杂的线路结构中,电容、电感分布不均,导致电流传输特性紊乱。电流在这样的线路中流动时,就如同迷失在迷宫中的人,其路径和大小都难以预测,给监测工作增加了极大的难度。而在医院重症监护室这样对电流稳定性要求近乎苛刻的特殊场所,情况则更为严峻^[6]。这里的精密医疗设备对电流的纯净度和稳定性有着极高的要求,任何一处微小的漏电,在经过复杂线路的“揉搓”后,都会被放大和扭曲,使得传统的监测手段在面对这种情况时显得力不从心。为了攻克这一难题,现代剩余电流监测技术借助高频采样技术,大幅提高对电流信号的采集频率,能够捕捉到电流变化的每一个细微瞬间。

4 精研优化策略

提升剩余电流监测的时效性,高速数据传输无疑是关键的第一步。在传统的监测模式下,数据传输依靠老旧的有线网络或低速率的无线频段,速度极为缓慢。数据就像一位行动迟缓的老人,在漫长的传输线路中,慢吞吞地“爬”回中控室^[7]。这种低效率的数据传输方式在遇到紧急漏电情况时,弊端尽显。漏电发生后,可能需要数分钟甚至更长时间,中控室才能接收到相关数据,这往往会贻误最佳的处理战机,导致事故进一步扩大,造成难以挽回的损失。

随着科技的飞速发展,5G 等高速网络技术应运而生,为剩余电流监测领域带来了新的曙光。5G 网络凭借其高达数十 Gbps 的传输速率以及低至毫秒级的时延,彻底改变了数据传输的格局。借助 5G 网络超高速、低时延的特性,监测设备采集到的数据能够像闪电一样,以近乎实时的速度迅速飞驰至云端服务器。与此同时,边缘计算技术也发挥着重要作用,它能够在数据采集的源头,也就是监测设备端,就地对数据进行初步分析和处理^[8]。通过边缘计算芯片的快速运算,筛选出关键信息,比如异常电流波动数据、

超过一定阈值的电流变化等,减少了不必要的数据传输量,进一步提升了整体的数据处理效率。

算法革新则为实现精准剩余电流监测注入了强大的强心剂。以工厂车间为例,这里设备种类繁多,不同设备在运行过程中产生的电流曲线大相径庭。像大型电机运转时,电流曲线呈现出相对平稳但幅度较大的正弦波形态;而一些精密电子设备运行时,电流曲线则较为复杂,存在高频的细微波动。在过去,传统的固定阈值算法由于无法适应如此复杂多变的电流特性,频繁出现误报情况。

5 结语

展望未来,科技浪潮滚滚向前,剩余电流监测技术将搭乘智能快车大步迈进。传感器愈发精巧灵敏,隐匿漏电无处遁形;大数据、人工智能深度融合,预测电气隐患于未发;跨领域联动协同,消防、电力、社区无缝对接,一处预警全城响应。在智慧赋能下,电气火灾将渐行渐远,社会将在安全襁褓中蓬勃发展,开启电气安全的崭新时代。

参考文献

- [1] 侯志华,刘小兵.基于物联网技术的新能源汽车充电桩电气火灾预警系统研究[J].农业装备与车辆工程,2024,62(12): 75-78+97.
- [2] 杨小林,马聿丞.轮胎厂电气火灾预警系统的智能化改造[J].轮胎工业,2024,44(12):713-717.
- [3] 张旭峰,高文华,常春波.一种电气火灾预警系统的实现[J].太原科技大学学报,2024,45(05):480-486.
- [4] 张明丽.基于改进 BP 神经网络的电气火灾预警系统设计[J].电气传动自动化,2024,46(05):66-71.
- [5] 李文睿,汪军,徐晓峰.基于红外测温与图像融合的火灾预警系统研究[J].牡丹江师范学院学报(自然科学版),2023, (02):28-30.
- [6] 孙永强.基于 PLC 控制的电气火灾预警系统设计[J].工业加热,2023,52(03):44-47.
- [7] 龙兴林,俞鉴锋,刘学勇,等.一种新型电气火灾预警系统研究[J].自动化应用,2023,64(03):128-130+133.
- [8] 王志斌,闫志怡,吴大刚,等.大型浮顶储罐雷击火灾预防技术现状及改进探讨[J].石油化工自动化,2023,59(01): 40-43.

版权声明: ©2025 作者与开放获取期刊研究中心(OAJRC)所有。本文章按照知识共享署名许可条款发表。

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



OPEN ACCESS