

地铁电气火灾监控系统的“误警”分析

贾博宇 任珮珮 王斗

北京城建设计发展集团股份有限公司长春分公司 吉林 长春 130000

【摘要】：随着我国地铁运输行业蓬勃发展，为防止地铁车站发生电气火灾，目前地铁项目普遍设置了电气火灾监控系统。在调试及运营阶段，电气火灾监控回路出现非正常报警现象称为电气火灾监控系统“误警”。本文针对电气火灾监控系统误报警产生的原因进行分析，并提出解决建议，以供参考。

【关键词】：地铁；电气火灾监控系统；“误警”

"False Alarm" Analysis of Subway Electrical Fire Monitoring System

Boyu Jia, Peipei Ren, Dou Wang

Changchun Branch of Beijing Urban Construction Design and Development Group Co.Limited Jilin Changchun 130000

Abstract: With the vigorous development of my country's subway transportation industry, in order to prevent electrical fires from occurring in subway stations, electrical fire monitoring systems are generally installed in subway projects. During the commissioning and operation stage, the abnormal alarm phenomenon in the electrical fire monitoring circuit is called "false alarm" of the electrical fire monitoring system. This paper analyzes the causes of false alarms in electrical fire monitoring systems, and proposes solutions for reference.

Keywords: Subway; electrical fire monitoring system; "false alarm"

引言

根据公安消防局《中国消防年鉴》统计，电气原因造成的火灾占有所有火灾的比例高达30%。自2013年以来，我国年均发生电气火灾115599起，平均每5分钟发生1起电气火灾，造成人员伤亡1280人，数据触目惊心。地铁是城市生活中的重要交通工具，地铁车站内所使用的电气设备种类繁多、线路密集，若发生火灾事故，将产生不可估量的影响与损害。为了避免电气线路造成火灾，地铁管理部门应根据火灾的主要原因分析电路是否存在漏电、短路、过载等现象。地铁项目设置电气火灾监控系统是为了提供地铁安全、平稳运行的保障，防止地铁车站发生电气火灾，维护人民的生命及财产安全。但是现在全国范围内地铁行业电气火灾监控系统在调试及运营阶段都不同程度地出现了误报警现象，本文将阐述电气火灾监控系统构成及工作原理，通过工程实际情况剖析系统误报警原因，并给出相应的应对措施。

1 电气火灾监控系统的组成与工作原理

1.1 电气火灾监控系统组成

电气火灾的发生多数是由于电气线路、设备故障所产生的高温、电火花及电弧等现象所致。一般电火花、电弧的产生都是源于电气设备及线缆的绝缘水平下降。为了能在电气火灾发生前提前预测、预警火灾的发生，电气火灾监控系统作为一项切实有效的措施应当被设置，以实现电气线路的电流泄漏检测。电气火灾监控系统一般由电气火灾监控主机、监控单元、电气火灾探测器、通讯总线、系统软件等组成。

1.1.1 电气火灾监控主机

电气火灾监控主机能实时接收和处理来自测温式电气火灾监控探测器、剩余电流式电气火灾监控探测器的信息，如故障信息、灾害信息，并对其进行快速处理和管理。监控主机具有故障监控、显示、报警、信息交换等功能，同时通过网络通信可实现远程监控，并与FAS专业通信接口，实现数据交互。

1.1.2 监控单元

监控单元安装于0.4kV开关柜内，与本柜内各馈线回路中的火灾监控探测器连接，对本柜火灾监控探测器数据集中管理和监控，具备本地声光报警功能，快速定位报警点，缩短维护时间，并将采集数据上传至电气火灾监控系统主机。

1.1.3 电气火灾监控探测器

电气火灾探测器主要分为两种，一种为测温式电气火灾监控探测器，一种为剩余电流式电气火灾监控探测器。

测温式电气火灾监控探测器的设置以探测台式电气设备接头异常发热为基本原则，设置在低压开关柜母线接头、开关触头等发热部位。测温式电气火灾探测器采用直接接触式安装，并满足原有电气设备的绝缘标准。

剩余电流式电气火灾监测探测器是对低压电气回路的剩余电流进行监测，电缆穿过互感器时为A、B、C、N相四根电缆，并满足原有电气设备的绝缘标准。

1.1.4 通讯总线

电气火灾监控主机与监控单元、火灾探测器通过CAN或RS485总线技术进行连接，电气火灾监控系统与FAS系统的信

息传输可根据需求确定。

1.2 电气火灾监控系统工作原理

电气火灾监控系统工作原理基于基尔霍夫电流定律，任意时刻任意一接点流入电流和等于流出电流和，在正常运行时，三相四线制配电系统，A、B、C、N线电流矢量和为0，此时现场安装的剩余电流互感器测得的泄漏电流为0；当线路遭到破坏或受环境影响绝缘水平下降时，一部分电流通过破损的绝缘外皮流出，此时电流互感器测得A、B、C、N线电流矢量和不再为0，从而判定线路存在泄漏电流。剩余电流互感器将测得的泄漏电流值数据上传至监控单元与电气火灾监控系统主机，监测单元和主机将测试值与设定的预警值、报警值做比较，判断是否达到预警、报警条件。当测量值达到预设数值时，监控单元和系统主机发出声、光报警，提示检修人员进行线路排查，并将故障信息储存，检修人员可以手动复归声光报警，但只有当线路故障排除后，监控单元和主机的声、光报警信号才能解除。

2 地铁电气火灾监控系统设置方案

我国新建地铁线路陆续设置了电气火灾监控系统，设置方案大同小异，仅略有不同。笔者仅以长春市城市轨道交通线路为例，介绍地铁电气火灾监控系统设置方案。电气火灾监控系统设计参照GB50116-2013《火灾自动报警系统设计规范》9.2.1规定“剩余电流式电气火灾监控探测器应以设置在低压配电系统首端为基本原则，宜设置在第一级配电柜（箱）的出线端。在供电线路泄漏电流大于500mA时，宜在下一级配电柜（箱）设置”。在地铁车站每面0.4kV馈线断路器下口设置火灾监控探测器，停车场、车辆段供电线路较长，泄漏电流较大，在动力照明总配电柜下口设置火灾监控探测器；在每面0.4kV开关柜设置一个监控单元，用于收集本柜各馈线回路火灾探测器信息，将各回路火灾探测器信息汇总后上传至火灾监控系统主机；电气火灾监控主机采用0.4kV母线分段柜内安装和变电所壁挂安装两种形式，主机接收报警信息并储存，发出声、光报警，提醒运营人员及时检修排查故障，并能将电气火灾监控系统信息上传至FAS系统。

3 误报警产生原因分析

长春地铁1、2号线，轻轨3、4、8号线均采用剩余电流式电气火灾监控探测器，各条线路建成通车后都不同程度出现电气火灾监测装置的误报警现象。装置的误报警增加了运营维修人员的巡检工作量，并且很多误报警现场无法治理解决。误报警现象已经影响电气火灾监控系统应发挥的功能，给运营维护、调试带来极大的负面影响。经过对已运营线路分析，“误报警”现象原因总结起来有以下几点：

3.1 线路的固有漏电

经过对电缆线路、金属灯具、各类风机、水泵等用电设备

的基础资料调查并计算，在线路、设备正常运行情况下，各回路的泄漏电流总值均不高于150mA，电气火灾监控装置的预报警值设置为300mA，报警值设置为500mA。现场发生报警现象，说明计算值与实际值不符，经过现场勘察发现，部分电缆敷设路径上存在潮湿积水环境，电缆长期处于潮湿积水环境，会造成电缆外绝缘性能降低，泄漏电流升高；另一类车辆段、停车场规模较大，配电电缆敷设长度较长，电缆敷设环境复杂，末端配电设备种类、数量较多，固有泄漏电流值较高。上述原因均可以造成电气火灾监控系统的报警。

3.2 开关选型不当

电气火灾报警信息中有一类涉及弱电系统回路报警。一般弱电系统为一级负荷，供电系统分别从0.4kV开关柜I、II段引一路电源敷设至弱电系统配电箱，在配电箱电源进线处设置双电源切换开关。

双电源切换开关一般由动力照明专业实施，开关选型为4P开关；但是一些弱电专业例如信号系统专业，因为专业本身的特殊性，由信号系统自行设置双电源切换开关，双电源切换开关选型为3P开关。由于选择3P开关，N极不断，当两路电源中的主回路电源在供电，正常情况选择4P开关时，负荷侧N线电流经过主回路N线返回变压器中性点，由于选择4P开关，此时备用回路的N线断开，故图1中 $I_1=I_2$ ；当选择3P开关时，此时主回路、备用回路N线都处于接通状态，负荷侧N线电流经过主回路N线和备用回路N线返回变压器中性点，此时 $I_1=I_2+I_3$ 。这时在低压开关柜馈线断路器侧设置的剩余电流互感器检测到的电流值有可能超过报警值，造成误报警。

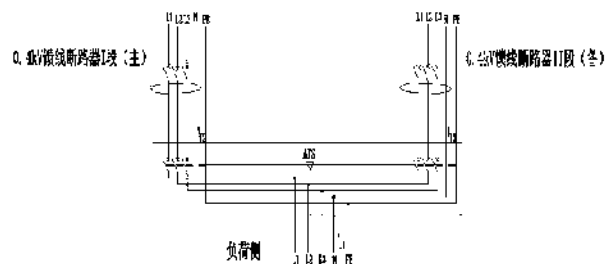


图1 双电源开关为3P开关

3.3 施工问题

由于施工不规范造成的误报警占总误报警事件的70%以上，在施工时A、B、C三根相线和N线应一同穿过剩余式电流互感器，保护接地线一定不能穿过电流互感器。当报警事件发生后，经现场排查发现有如下问题：

(1) PE线和N线混接。在施工过程中由于施工人员将PE线、N线混淆，错将PE线当做N线与A、B、C相线一起穿过电流互感器，由于末端回路用电负荷存在三相不平衡，此时电流互感器测量值可能超过设定的报警值，从而引起电气火灾监测装置的误报警；

(2) N线接线错误。现场巡检发现有个别回路剩余电流互感器仅穿A、B、C相线，N线未穿电流互感器，此时电流互感器测得的电流为零序电流；另一种情况是极个别回路N线穿线方向与相线相反，测得的电流值是2倍的A、B、C三相电流矢量和即2倍零序电流，上述情况均可以造成电气火灾监控系统的误报警；

(3) N线接地。在车辆段、停车场现场巡检中发现单体建筑总配电箱入户做重复接地时，误将N线当成PE线与接地母排连接；还有个配电箱内N排和PE排搭接，两种情况都能使一部分N线电流经PE线返回电源点，造成电气火灾监控系统的误报警；

(4) 施工过程中操作不当，造成电缆损坏。绝缘损坏使得剩余电流互感器测得的电流矢量和不为零，造成电气火灾监控系统误报警。

4 误报警的应对措施

4.1 “线路的固有漏电”应对措施

在电缆敷设过程中，如遇积水、潮湿现象应及时做好排水、除湿工作。例如地下车站在房间配合阶段尽量避免变电所房间、电缆敷设路径与泵房、卫生间、冷冻机房紧邻；当变电所处于站台层时，变电所应设置在泵房集水坑的对端，避免设置在同端时站台板下夹层积水、废水通过变电所夹层流入集水坑；当电缆与水管一同敷设时，应保证足够的安全距离和操作空间，电缆应敷设于电缆支架上，不能将电缆直接敷设固定在地面。通过上述措施能一定程度改善电缆敷设环境，避免由于环境潮湿造成绝缘下降而引起的电流泄漏量升高。

在车辆段、停车场，由于末端设备种类、数量较多，固有的泄漏值偏高，建议将剩余电流式电气火灾监控探测器设置在

0.4kV开关柜下级的动力照明配电箱，这样能够避免泄漏电流值汇总后过大，造成电气火灾监控系统误报警。

4.2 “开关选型不当”的应对措施

由于末端弱电系统开关选型不当造成的误报警，需与弱电专业沟通尽量选择断零的4P开关；若确实有特殊原因不能断零而选择3P开关时，应选用测温式火灾监控探测器代替剩余电流式火灾探测器，避免误报警现象的频繁发生^[1]。

4.3 “施工问题”的应对措施

施工类问题是造成现场误报警的主要原因，也是排查中较容易发现的，施工过程中应选择国家标准规定颜色的线缆，方便区分A、B、C相线、N线、PE线；在接线过程中严格按照设计要求将A、B、C、N线一起穿过剩余电流式电流互感器，不得将PE线穿过电流互感器，也应注意相线、N线穿过电流互感器的方向必须保持一致；对于末端配电箱应重点排查配电箱内是否有零排、PE排混用搭接现象；最后做好电缆敷设完成后的成品保护工作，避免绝缘破损。施工问题在所有误报警原因中占比最大，也是最容易控制避免发生的一类问题，施工单位应严格按照设计及相关法规、标准进行施工，业主、监理方应加强现场巡查，发现施工问题后立即责令施工单位进行整改。

5 结语

本文结合已开通运营地铁线路出现的电气火灾监控系统误报警现象，对常见的误报警原因进行了分析总结，并提出了相应的应对措施，可以作为新建线路建设的参考，加强各专业人员沟通和施工管理，减少误报警现象的发生，使电气火灾监控系统发挥其应有的功能。

参考文献：

- [1] 刘毅.城市轨道交通电气火灾监控系统误报警分析及治理[J].城市轨道交通研究, 2020,23(5):196-199.