

DOI: 10.3969/j.issn.1009-9492.2020.10.081

于伟峰, 杜昊岩. 零线短接引起电气火灾探测器报警的分析与解决 [J]. 机电工程技术, 2020, 49 (10): 244-247.

零线短接引起电气火灾探测器报警的分析与解决

于伟峰¹, 杜昊岩²

(1.天津滨海新区建设投资集团有限公司, 天津 300450; 2.天津滨海新区轨道交通运营管理有限公司, 天津 300450)

摘要: 双电源回路中的电气火灾监控系统在运行过程中出现异常报警, 影响系统的正常监测和预警功能, 其中一个重要原因是不同电位零线短接。因此, 提出在不影响配电柜的仪表显示功能的前提下, 将两路电源的零线分开的方案。从难易度和经济性的角度考虑, 加装备用电源独立零线排的方法优于换用4P双电源开关。安装新的铜排用作备用电源的独立零排, 利用继电器实现双电源互投切换联动仪表零线切换。经过改造后, 泄漏电流恢复正常值, 配电柜功能未受影响。

关键词: 电气火灾监控系统; 剩余电流式电气火灾探测器; 报警; 零线; 双电源切换器; 继电器; 泄漏电流

中图分类号: U231.96

文献标志码: A

文章编号: 1009-9492(2020)10-0244-04

Analysis and Solution for Alarm of Electrical Fire Detector Caused by Neutral Short Circuit

Yu Weifeng¹, Du Haoyan²

(1. Tianjin Binhai New Area Construction Investment Group Co., Ltd., Tianjin 300450, China;

2. Tianjin Binhai New Area Rail Transit Operation Management Co., Ltd., Tianjin 300450, China)

Abstract: The electrical fire monitoring system in the dual power supply loop has abnormal alarm in the process of operation, which affects the normal monitoring and early warning function of the system. One of the important reasons is the short circuit of zero line with different potential. The scheme of separating the zero lines of the two power supplies without affecting the instrument display function of the power distribution cabinet was proposed. From the point of view of difficulty and economy, the method of adding independent zero line bank of equipment power supply is better than switching to 4P dual power switch. The new copper bar is installed as the independent zero bar of the standby power supply, and the relay is used to realize the switching of the double power supply and the zero line switching of the linkage instrument. After the modification, the leakage current returned to normal value, and the function of distribution cabinet was not affected.

Key words: electrical fire monitoring system; residual current electrical fire detector; alarm; zero line; dualpower transfer switch; relay; leakage current

0 引言

城市轨道交通对安全性具有极高的要求, 在设计、施工、验收、运营的过程中, 必须时刻检查安全设备、设施的性能, 考虑消除安全隐患的方法。电气火灾监控系统是现今各城市轨道交通为防范电气火灾而广泛采用的技术手段, 包括剩余电流监测、电气线路温度监测等系统, 为轨道交通安全运营提供了保障。

城市轨道交通中的UPS配电柜是重要设备的电源保障, 经常采用双电源回路设计。为了预防剩余电流造成的电气火灾, 回路中必须安装电气火灾探测器。在安装过程中, 对于UPS配电柜双电源功能的关注, 往往会让施工者忽略回路中的电气火灾探测器能否正常运行。因此, 由于施工原因造成的电气火灾监控系统异常报警常有发生。

通过研究电气火灾监控系统和探测器的原理, 零线短接(或混接)是产生系统故障和异常报警的重要原因。本文对于影响电气火灾监控系统正常运行的施工缺陷, 开展进一步的分析和探索, 并提出解决方法。利用科学合理、经济高效的方法分开零线, 并且不影响UPS配电柜的基本功能, 能够有效解决异常报警问题, 使得电气火灾监控系统监测到更加有

用的漏电数据, 从而预防电气火灾的发生。这对于提高城市轨道交通的安全性具有重要意义。

1 电气火灾监控系统的重要性

由于城市轨道交通多数为人员密集的地下建筑, 一旦发生火灾, 首先会对当事人员的心理产生冲击, 造成恐慌情绪, 导致行动混乱, 不利于疏散逃生; 其次, 起火产生的烟雾难以控制和排除, 会形成积聚的浓烟。上述特点导致城市轨道交通火灾事故中的人员伤亡和经济损失十分严重^[1]。综合统计国内外城市轨道交通的火灾事故, 电气原因事故占事故总数的40.2%, 所占比例最高^[2], 如图1所示。电气火灾监控就是通过技术手段, 对电气线路的温度、泄漏电流等进行全方位的监视, 测量、接收并分析数据, 产生报警信息提醒维护人员及时发现漏电隐患, 制定预防

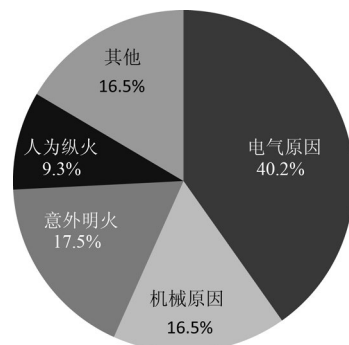


图1 地铁火灾原因分布

收稿日期: 2020-04-05

措施,可以有效减少甚至避免发生电气火灾,是城市轨道交通中非常必要的安全技术手段。

2 电气火灾监控系统相关设计规范

国家有关部门一直十分重视消防安全,尤其是对电气火灾的有效防范。自从在民用建筑中大力发展电气火灾监控系统以来,国家在近几年陆续修订了《GB50054—2011 低压配电设计规范》、《GB50116—2013 火灾自动报警设计规范》等设计标准,为电气火灾系统的设计和使用提供了依据。

对电气线路中的剩余电流监测是电气火灾监控的重要内容,在相关标准中有明确的安装和使用规定:(1)建筑物中配电线路绝缘损坏时可能出现接地故障的配电系统宜设置剩余电流监测电器^[3];(2)剩余电流式电气火灾监控探测器宜设置在第一级配电柜(箱)的出线端^[4]。因此轨道交通项目的配电系统往往设有电气火灾监控,施工中必须保证电气火灾监控探测器的正常运行。

3 剩余电流式电气火灾探测器

3.1 系统原理

过载、短路、线路绝缘老化、接触不良、静电、电气回路高次谐波过载等原因都可能造成电气火灾。剩余电流式电气火灾探测系统如图2所示,该探测器监测的数据是电线(电缆)的泄漏电流。通过泄漏电流的大小判断被检测电线(电缆)中的火线、零线对地线的绝缘水平,进而判断绝缘状况是否良好^[5]。泄漏电流过大(超过报警阈值),代表线路中可能出现绝缘破损或短路现象,必须立刻着手解决。

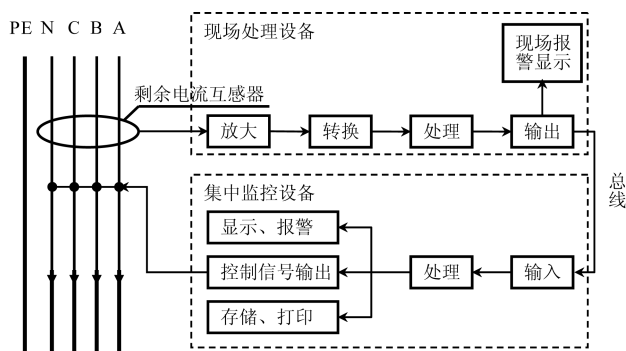


图2 剩余电流式电气火灾探测系统构成

3.2 剩余电流互感器测量原理

剩余电流互感器是测量泄露电流的装置,它将泄露电流的数值传输给剩余电流式电气火灾探测器进行显示和分析。

由基尔霍夫电流定律可知,流经电路中任一节点的电流的代数和等于0,即 $\sum_{k=1}^n I_k = 0$,这是剩余电流互感器工作的基本原理。在测量时,A相线、B相线、C相线与中性线N一起穿过电流互感器,如图3所示。在电气设备与线路均正常的情况

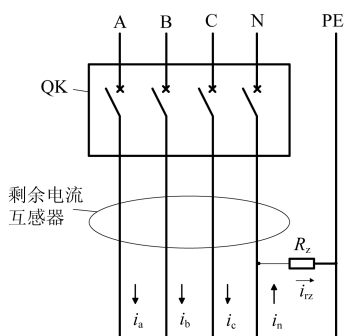


图3 剩余电流互感器测量原理

下(不考虑不平衡电流和接地故障,也不考虑线路中固有的泄漏电流),理论上各相电流的相量和等于0($I_A + I_B + I_C + I_N = 0$),各相线工作电流在电流互感器环形铁芯中所产生的磁通量之和也为0($\varphi_A + \varphi_B + \varphi_C + \varphi_N = 0$),此时剩余电流互感器的输出端应无电压信号输出。一旦电路发生了绝缘故障或者接地故障,将会造成各相电流的相量和不为0。剩余电流互感器的铁芯为环形,故障电流在其中产生磁通,互感器输出端会产生电压信号,从而测出电路中的泄漏电流。在实际情况下,线路电流会有一些量的谐波电流和固有的正常的泄漏电流,因此探测器的报警值应设定在20~1 000 mA之间^[6]。除此之外,设定过程中还要考虑报警值和设定值之差,其绝对值不应大于设定值的5%,以免造成误报警。

4 工程中产生的问题

滨海站交通枢纽配套工程在400 V开关柜馈线处设置剩余电流式电气火灾探测装置,设定其报警阈值为800 mA,即 $I_A + I_B + I_C + I_N \geq 800$ mA时,剩余电流式电气火灾探测器报警。此设定值符合相关规范,能够有效对电气线路中的泄露电流进行预警。

枢纽站内通信机房电源系统采用主、备双路电源输入(I、II段电源),直接引自站内10/0.4 kV变电所400 V开关柜。通信机房UPS配电柜内设有3P双电源自动转换开关(即互投开关),目前仅将主、备电源的A、B、C三相接入转换开关,零线未接入。UPS配电柜内仅有一个供电电源零线接线的铜排(以下简称“零排”),主、备电源零线均接至此零排上,如图4所示。

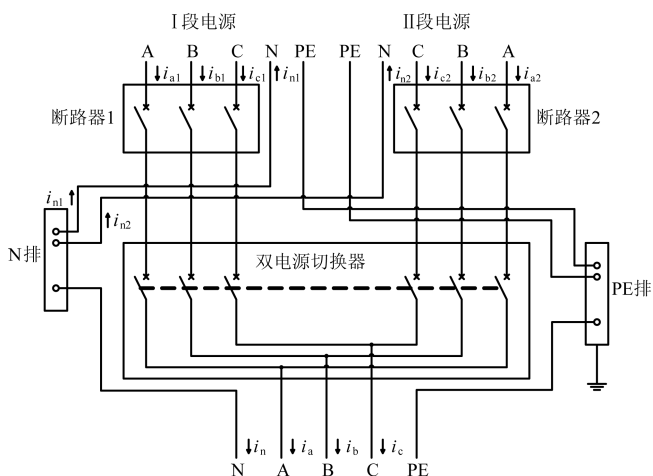


图4 UPS配电柜接线示意图

主、备电源的两个进线端(即400 V开关柜馈线处)各设置有剩余电流互感器,UPS配电柜通电运行后,剩余电流式电气火灾探测器不断报警,检查后未发现线路绝缘问题。经排查分析,主、备电源零线之间存在电位差,由于主、备电源在UPS配电柜中共用一个零排,2个有电位差的零线被接在一起,两者之间就产生了电流,被剩余电流互感器作为泄露电流检测出来,超过了报警阈值,造成进线端电气火灾探测装置报警。故障排查过程中,断开主、备电源中的任意一根零线,漏报警当消除,因此初步判断主、备电源零线短

接是造成故障的原因。由于设计或施工中的疏忽，不同电位的零线短接，是剩余电流式电气火灾监控器在安装和使用中的一个常见问题⁷⁾。

5 解决方案及分析

解决方案有以下2种。

5.1 方案一

双电源开关由3P改为4P。将UPS配电柜内双电源自动转换开关由3P改装为4P，即在双电源自动转换开关上增加零极，供主、备电源的零线连接，这样就能将两路电源的零线分开，消除不同电位零线短接的故障。由于配电柜内空间有限，综合考虑安装布局、器件尺寸等问题，无法单独更换双电源自动转换装置，必须更换整个UPS配电柜。

5.2 方案二

加装供备用电源使用的独立零排。在配电柜内加装一根新的铜排，将备用电源零线从原有零排摘下连接至新装铜排上，用新的铜排做备用电源的独立零排，如图5所示。

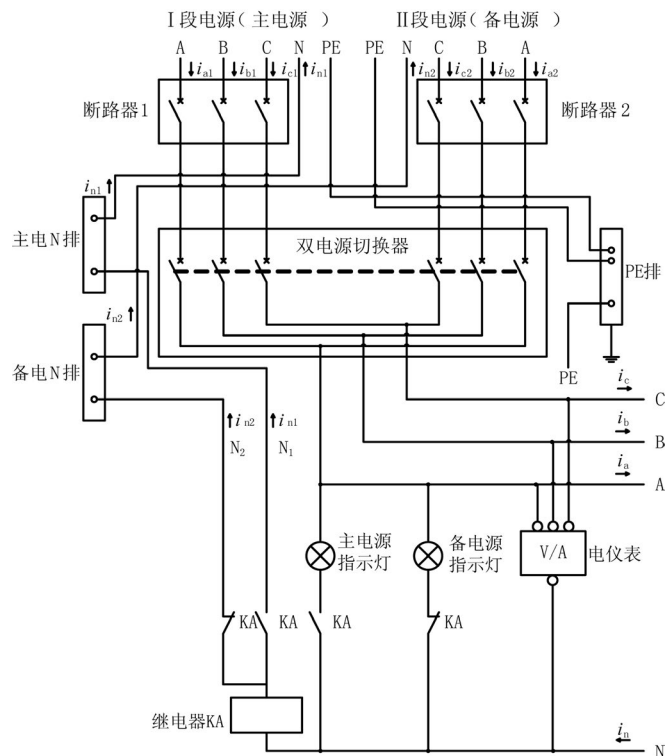


图5 加装零排的改造方法示意图

考虑到配电柜内装有双电源切换器和输入电仪表，这2个设备要求主、备电源均接入才能正常运行，故需要从2个零排将主、备零线分别引至上述设备。

双电源切换器的主、备火线分别取自主、备电源的相线，该设备支持两路市电同时接入，配置有“主电零线”及“备电零线”2个接口，加装1根零线引入新装的备电零排即可。

输入电仪表不具备两路电源同时接入功能，其火线取自双电源切换器下口相线，伴随双电源切换器动作使用主电或备电，且仅配置1个“零线”接口。为确保仪表工作，需将主、备电零线与互投动作同步，即仪表使用主电火线时将主电零线接入仪表“零线”接口，仪表使用备电火线时将备电零线接入仪表“零线”接口。综合上述情况，应加装1个继电器，将主、备电零线分别接至继电器的常开、常闭点。继电器输入端与“主路电源”指示灯并联，指示灯点亮时继电器吸合常开点接通主电零线；指示灯熄灭时继电器释放常闭点接通备电零线，间接实现互投切换联动仪表零线切换。

上述2种方案都能有效解决不同电位零线短接造成的电气火灾探测器报警问题，但施行过程存在差异，需要进一步从施工难易程度、工期长短、改造成本等方面进行比较，选择最合适的方案。比较内容如表1所示。

由于方案一要对UPS配电柜整体进行更换，施工难度较为复杂。滨海交通枢纽站内共有10处UPS配电柜需要改造，如表1所示，方案一的工期要远远长于方案二，改造成本也明显高于方案二。枢纽站处于运营过程中，UPS设备配置的蓄电池的供电极限在2h左右，必须要考虑UPS长时间停电对下端负荷的影响，方案一对单个配电柜改造时间较长，意味着UPS的停电时间也较长。通过综合比较，方案二在各方面要优于方案一，因此选择方案二对UPS配电柜进行施工改造。

6 改造效果

经过上述方案二的改造，双电源切换器、输入电仪表以及UPS设备均正常运行，主、备电源失电测试以及手、自动倒闸测试均正常，泄漏电流恢复正常值，变电所内电气火灾探测器漏电信号报警消除。改造后UPS配电柜中一周的泄漏电流值如表2所示。UPS配电柜的功能未受影响，电气火灾探测器漏电信号报警故障得到消除，能够进行正常的电气火灾监测工作。

表2 改造后UPS配电柜7天的泄漏电流值（每日10:00记录）

mA					
配电柜	主电源	备电源	配电柜	主电源	备电源泄
进线	泄漏电流	泄漏电流	进线	泄漏电流	漏电流
第1天	34.7	0	第5天	37.5	0
第2天	42.4	0	第6天	40.1	0
第3天	38.4	0	第7天	38.8	0
第4天	38.2	0			

7 结束语

不同电位零线短接（或混接）造成的电气火灾探测器报警是工程中常见的施工缺陷，影响了电气火灾监控系统的正

表1 方案一和方案二的比较

方案	需改装/加装设备	需改装或加装设备订货时间/天	单个配电柜改造时间/h	改造成本计算（设备+人工+辅材，单个配电柜）/万元
方案一	整个UPS配电柜	40~45	5~7	2.7
方案二	加装铜排和继电器	5~6	1~2	0.2

常监测。经过研究和改造,UPS配电柜泄漏电流恢复正常值(小于阈值800 mA),报警消除,供电、仪表显示等功能未受影响。改造结果验证了加装独立零排、利用继电器实现双电源互投切换联动仪表零线切换是解决该缺陷的有效方法。此方法改造周期短、资金投入少,实效性和经济性与其他方法相比具有明显优势,电气火灾和配电系统施工中的零线短接(或混接)问题均可以采用此种方式解决。该方法消除了电气火灾监控系统无意义的报警,提高了系统预防电气火灾的能力,对于减少人民生命财产损失有着重要的意义。

参考文献:

- [1] 林楚斌.电气火灾监测系统在城市轨道交通中的应用[J].城市轨道交通研究,2015(3):121-124.
- [2] 袁勇,邱俊男.地铁火灾的原因与统计分析[J].城市轨道交通研究,2014(7):26-31.
- [3] 中华人民共和国住房和城乡建设部.GB50054-2011低压配电设计规范[S].北京:中国计划出版社,2011.
- [4] 中华人民共和国住房和城乡建设部.GB50116-2013火灾自

动报警系统设计规范[S].北京:中国计划出版社,2013.

- [5] 卢贛生.电气火灾监控系统在地铁供电系统中的应用分析[J].现代城市轨道交通,2017(6):4-7.
- [6] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局.GB 14287.2-2014 电气火灾监控系统第2部分:剩余电流式电气火灾监控探测器[S].北京:中国标准出版社,2014.
- [7] 万聪,李成波,范可,等.剩余电流式电气火灾监控器安装使用常见问题的探讨[J].智能建筑电气技术,2012,6(3):49-51.

作者简介:

于伟峰(1985-),男,山东日照人,硕士,工程师,研究领域为工程质量管理。

杜昊岩(1993-),男,宁夏固原人,大学本科,助理工程师,研究领域为地铁站内供电设备检修、技术改造和维护管理。(编辑:刁少华)

(上接第229页)

在附加制动器实际动作时,当限速开关动作后,除了系统设置的延迟时间外,仍然有一段不可忽略的加速过程。包括以下过程:光电传感器传输数据到主板,主板判定并下达指令给附加制动器,制动器抱闸动作过程,由加速度转变为减速度过程^[5]。棘爪断裂有可能是由于系统响应、触发延迟致使瞬间冲击力超出棘爪强度范围。

特别说明,目前国内大部分厂家棘爪居于成本考虑,都是采用普通Q-235A作为原材料,经锻打和后序机加工后,采用表面渗碳处理,淬火加低温回火热处理工艺。热处理后能保证有足够的淬硬层,能提高强度、表面硬度和耐磨性,又保留棘爪的较好韧性来满足附加制动器制停瞬间的冲击力。但工业化批量生产,也存在棘爪毛坯件在锻打工程中出现温度过高导致较大组织应力和热应力,出现裂纹夹边等缺陷。在后序的热处理过程中也可能出现加热速率过大,保温时间不长,冷却速率过快等原因导致工件内外温度不均匀,最终影响力学性能情况。本案中初步判断制动失效的主因是延迟动作,在调整电路延迟设定值后,更换同规格的棘爪后再进行有载试验能满足要求,因此没有进行后续的材料破裂金相分析。

3 结束语

附加制动器的制动性能对扶梯的安全运行至关重要。根据检验经验,对棘轮型附加制动的的设计、制造提出以下参考建议。

(1) 合理设置附加制动器延迟时间。延迟时间过大可能会导致棘爪实际动作扶梯速度已超过1.4倍额定速度,棘爪无法承受冲击力而断裂,造成设备损坏或者人员受伤,无法发挥附加制动器的安全底线作用。

(2) 采用两级限速开关监控的制动系统,在保证制动器不误动作前提下,应充分考虑正常工况下扶梯允许速度偏差

$\pm 5\%$ ^[6],充分考虑系统响应时间导致的速度增加,相应减小1级和2级限速动作整定值。

(3) 优化棘爪截面积设计,案例棘爪断裂处设计有一工艺孔,减少了受剪面积,降低了强度。在对危险截面进行受剪强度校核时除了按平均剪力公式,还应根据实际截面特征进行弯曲切应力的计算^[7]。计算出接触面的最大切应力。

(4) 优化棘爪的加工工艺和热处理工艺,避免裂纹、夹杂等缺陷。建议棘爪原材料采用合金材料代替普通Q235-A。

(5) 定期检查、维护,按照检规要求每隔5年进行制动试验。对运行环境恶劣,人员密集场所建议3年进行1次有载制动试验^[8]。

参考文献:

- [1] GB16899-2011.自动扶梯和自动人行道的制造与安装安全规范[S].
- [2] GB/T 10058-2009.电梯技术条件[S].
- [3] 刘鸿文.材料力学[M].北京:高等教育出版社,2017.
- [4] 叶伟国,余国祥.大学物理[M].北京:清华大学出版社,2012.
- [5] 毛怀新.电梯与自动扶梯技术检验[M].北京:学苑出版社.
- [6] 梁敏健,汤景升.自动扶梯附加制动器原理及检验要点[J].中国特种设备安全,2015,5(010):41-44.
- [7] 陈传斌.电梯制动器的结构和制动力的理论分析与计算[J].特种设备安全技术,2008(1):47-50.
- [8] TSG T7005-2012.电梯监督检验和定期检验规则—自动扶梯与自动人行道[S].

第一作者简介:李俊林(1989-),男,广东麻章人,大学本科,工程师,研究领域为电梯检验技术,已发表论文2篇。

(编辑:刁少华)