

电气火灾监控系统在城市轨道交通中的应用

李虎军

中电建铁路建设投资集团有限公司 北京 100000

摘要：本文旨在深入分析电气火灾监控系统中剩余电流式、测温式及故障电弧探测式的运作原理。结合当前国家的相关规范与标准，并考虑到轨道交通领域对电气火灾监控系统的实际应用情况，着重探讨了为确保系统在投入运行后能够精准、稳定地运作，避免误报情况的发生，在设计及施工阶段需特别关注的关键问题和注意事项。

关键词：电气火灾；剩余电流；馈线线缆

近年来，随着国内生产、生活用电量的不断增加，电气火灾事件频发，给人民生命财产安全带来了严重威胁。为了有效应对这一问题，我们研发了电气火灾监控系统，旨在通过科技手段提高火灾防范水平。

城市轨道交通设施投入运行后人流量大、人员密集，一旦发生电气火灾，后果将不堪设想。因此，在城市轨道交通设施中设置电气火灾监控系统至关重要。通过运用先进的信息技术，实时、准确地监测电气线路、设备的运行状态，及时发现潜在的安全隐患，为预防电气火灾提供有力保障。

一、电气火灾监控系统的介绍

电气火灾监控系统按照用途一般分为剩余电流式、测温式、故障电弧探测式等。

（一）剩余电流式电气火灾监控系统

剩余电流式电气火灾监控系统主要基于基尔霍夫电流定律进行工作。正常情况下，电流的流入和流出应该是平衡的。然而，当发生不完全接地故障时，部分电流会流入大地，形成剩余电流。这种剩余电流的存在，会对电气设备和人身安全构成威胁。剩余电流式电气火灾监控系统正是通过监测这一剩余电流来及时发现潜在的安全隐患。由于电气设备和线路的复杂性，很容易发生不完全接地故障。因此，安装剩余电流式电气火灾监控系统对于防范电气火灾具有重要意义。

探测器为零序电流互感器，零序电流互感器探测剩余电流（漏电流）的基本原理是基于基尔霍夫电流定律即流入电路中任一节点的总电流的代数和为零。在测量时，三相线（A/B/C相）和工作零线（N线）同时穿过零序电流互感器，在线路和电器设备正常的情况下，理论上各相电流的矢量和等于零，零序电流互感器的二次侧绕组无电压信号输出。当发生绝缘下降或接地故障时的

各相电流的矢量和不为零，故障电流使得零序电流互感器的环形铁芯中产生磁通，二次绕组感应电压并输出电压信号，从而测出剩余电流（漏电流）。考虑电气线路的不平衡系统，线路和设备的正常泄露电流，实际的电气线路都存在剩余电流（漏电流）。只有检测到剩余电流达到报警值时才报警。

在功能方面的优势，一是实时监测，剩余电流式电气火灾监控系统能够实时监测电气设备和线路的运行状态，及时发现不完全接地故障。二是精准定位，能够准确判断故障发生的位置，为维修人员提供准确的定位信息，提高维修效率。三是预警功能：能够在故障发生前进行预警，提醒用户及时采取措施，避免事故的发生。四是易于安装和维护：剩余电流式电气火灾监控系统安装简便，维护方便，降低了用户的使用成本。

（二）测温式电气火灾监控系统

测温式电气火灾监控系统的核心原理是：电气设备中的电阻值会随着温度的上升而上升。为系统的温度监测提供了可靠的理论依据。通过安装在电气设备关键部位的热电阻传感器，能够实时感知电缆接头、端子及重点发热部件的温度变化，从而及时发现异常温升，预防电气火灾的发生。

测温式电气火灾监控系统具有许多显著优势。首先，系统能够实现24小时不间断监测，及时发现并处理潜在的安全隐患。其次，通过实时监测温度变化，系统能够精确判断电气设备的运行状态。此外，系统还具备远程监控功能，方便管理人员随时随地了解电气设备的安全状况，提高工作效率。同时，系统的远程监控功能也大大提高了管理人员的工作效率，降低了电气火灾的风险。

（三）故障电弧探测式电气火灾监控系统

故障电弧探测式电气火灾监控系统是一种先进的电

气火灾预防设备，它能够实时监测线缆或设备老化、破损、接触不良等引发的电弧故障。系统的核心是其高精度的电弧探测器。能够实时监测电气系统中的微弱电弧信号，并在检测到异常信号时立即发出报警。通过安装在电气系统中的探测器，系统能够全面覆盖电气系统的各个部分。

故障电弧探测式电气火灾监控系统的优势，一是实时监测与预警，能够实时监测电气系统中的电弧故障，一旦检测到异常信号，系统会立即发出预警。二是智能化管理，具有智能化管理功能，可以通过网络将监测数据实时传输到数据中心，实现远程监控和管理。管理人员可以通过手机、电脑等设备随时查看运行状态，及时发现并处理潜在的安全隐患。降低了人工巡检的成本和劳动强度。三是可扩展性强，具有良好的可扩展性，可以根据实际需要灵活增加探测器数量和覆盖范围。这种可扩展性使得该系统能够适应不同规模的电气系统和场所，满足各种电气火灾预防需求。

二、城市轨道交通电气火灾监控系统设置

根据现行的《建筑设计防火规范》(GB50016)、《民用建筑电气设计规范》(JGJ16-2008)、《火灾自动报警设计规范》(GB50116-2013)及《交通建筑电气设计规范》(JGJ243-2011)等相关规定，并结合城市轨道交通的现场实际情况，配电回路需配置电气火灾监控系统。该系统的主要职责是对电气设备可能发生的短路、负荷过载、接触不良、静电等情形进行严密监控，以防止电气火灾的发生。在设置电气火灾监控系统时，必须确保其不会干扰供电系统的正常运行，并应避免自动切断供电电源，以保障城市轨道交通的稳定运行。

在城市轨道交通低压配电系统的工程实施中，系统

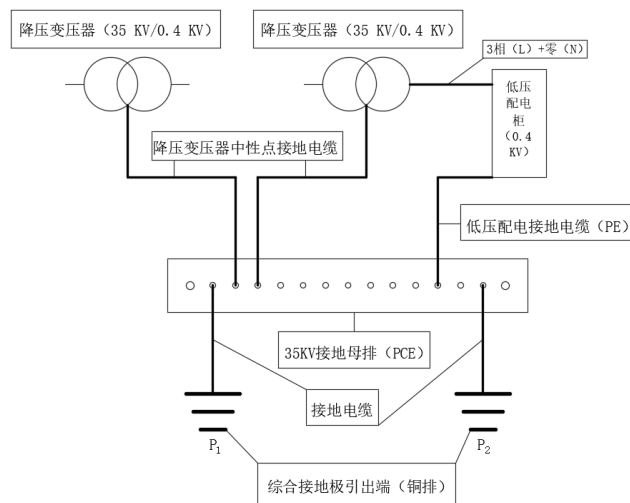


图1 低压配电系统接地系统(TN-S)示意图

设计采用三相四线制、独立的接地系统(TN-S)，其设计细节如图1所示。根据前述规范、城市轨道交通工程低压配电系统的设计原则，以及电气火灾监控系统的工作机制，城市轨道交通系统通常采用剩余电流式和测温式电气火灾监控系统，以全面、准确地监控电气火灾风险，确保城市轨道交通的安全运行。

三、电气火灾监控系统实施过程中应注意的事项

为确保电气火灾监控系统在投入运行后能够准确、稳定地工作，避免误报警情况的发生，在设计、施工阶段，需特别关注并遵循以下要点：

(一) 设计阶段

1. 双电源配电回路开关的选型

为确保供电系统的稳定与安全，需根据剩余电流式电气火灾监控系统的工作原理，对双电源配电回路开关进行合理选型。特别需要注意的是，供电线路在穿越剩余电流探测互感器时，必须确保供电线路的相线(L1/L2/L3)与零线(N)从同一方向穿过互感器。在一级负荷双电源箱的设计过程中，对于进线电源开关(包括双电源备自投开关、双电源不自投自复开关)的选型，应优先选择断开所有极型(N/L1/L2/L3)的电源开关。此外，为了确保系统的正常运行并避免误报警情况的发生，还应在箱内分别设置主/备电源回路的零线(N)端子排。这样可以有效防止在主备电源切换过程中，由于零序电流反窜入已切断的电源回路而引发的剩余电流误报警现象。

2. 关于总配电箱电源开关的选型

在总配电箱的总电源开关或分回路电源开关处设置剩余电流探测互感器时，为确保系统的稳定性和安全性，分回路电源开关应选用能够断开所有极型(N/L1/L2/L3)的开关(如图2所示)。此举能有效防止在切断某一回路电源时，其他回路的零序电流窜入线路，从而引发误报警的情况，确保整个电气系统的正常运行。

(二) 施工阶段

在电力系统的安装和施工过程中，馈线线缆的铺设是一个至关重要的环节。为了确保供电系统的正常运行和安全性能，我们必须严格遵守一系列的规定和操作要求。以下是在馈线线缆铺设过程中需要特别注意的几个关键点。

1. 进行馈线线缆的铺设时，3相线(L1/L2/L3)及零线(N)必须同时穿过剩余电流探测互感器。这一步骤是为了确保电流检测的准确性。在此过程中，严禁接地保护线(PE)穿越此互感器。这样的布局能够确保

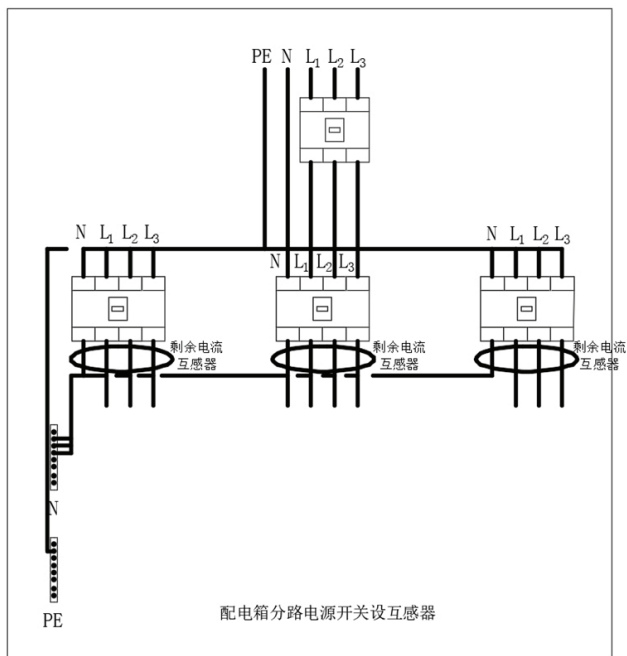


图2 总配电箱

电流的正确检测和流向，从而避免电气故障和安全隐患的发生。

2. 供电线路穿越互感器时，必须确保N线与L线从同一方向穿过。这样做是为了保证电流探测的准确性，避免因线路布局不当导致的误判和电气故障。正确的线路布局可以确保电流的稳定传输和精确检测，从而保障电力系统的可靠运行。

3. 供电线路穿越互感器后，零线（N）与地线（PE）必须严格分离，不得出现零线重复接地的情况。如图3所示，这样的布局能够避免电气回路中的干扰和安全隐患，确保电力系统的稳定性和安全性。

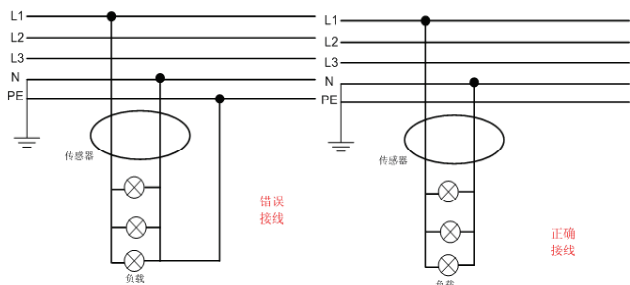


图3 零线与地线分离示意图

4. 供电线路穿越互感器后，不同供电线路的两根N线不得短接。这是因为短接可能导致电流干扰和安全隐患，影响电力系统的正常运行。如图4所示，正确的线路连接

方式是确保各线路独立运行、互不干扰的关键所在。

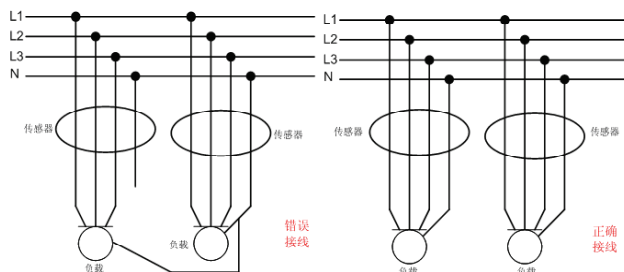


图4 不同供电线路N线不得短接示意图

5. 在存在UPS、EPS、直流屏等设备为电池充电的回路中，需要特别注意充电回路的N级与输出回路的N级共用的问题，可能导致输出回路的电流窜入充电回路的N线，从而产生剩余电流。为了避免此类情况的发生，我们应合理规划和设计电路，确保充电回路和输出回路之间的独立性。如图5所示，通过合理的电路设计，可以有效避免电流窜扰和电气故障的风险。

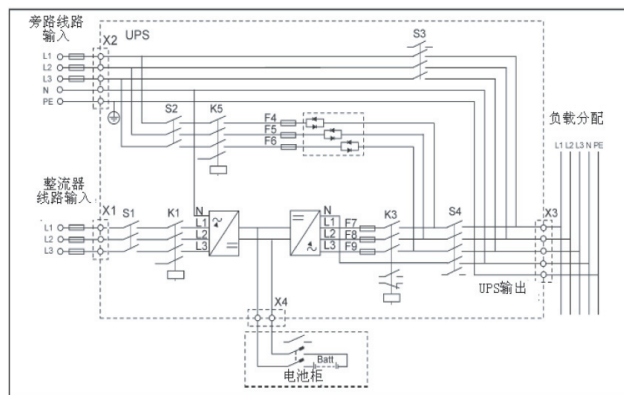


图5 充电回路与输出回路独立设计示意图

综上所述，在馈线线缆的铺设过程中，我们必须严格遵守相关规定和操作要求，确保线路布局的合理性和准确性。通过合理规划和设计电路、正确连接线路、避免短路和干扰等措施，我们可以保障电力系统的稳定运行和安全性能，为轨道交通提供可靠的电力支持。

参考文献

[1] 付朝立. 基于泄露电流监测的电气火灾报警系统在地铁中的应用[J]. 城市轨道交通研究, 2014(4): 122-124
 [2] 湛小莉. 广州地铁车站电气火灾监控系统设置方案. 现代建筑电气. 1674-8417(2015)07-0046-05
 [3] GB50016. 建筑设计防火规范[S]