

Thinking about the Fault Finding of Subway 35kV Ring Network Cable and Its Coping Strategy

Changzheng Zhu

Kunming Metro Operation Co., Ltd., Kunming, Yunnan, 650100, China

Abstract

In the construction of subway projects, 35kV is an important part of the subway power supply system, which plays an important role in the transmission and distribution network. In the specific operation, the 35kV outlet switch cabinet of the main substation will transmit power supply to the independent power supply in different areas under the auxiliary action of the ring network cable. However, during the operation of the 35kV ring network cable, fault problems such as joint failure and external insulation damage are prone, which pose a threat to the safe operation of the whole cable. Therefore, it is necessary to quickly find out and accurately locate the faults of the 35kV ring network cable, and to put forward targeted coping strategies in time to avoid the impact on the normal power supply of the subway.

Keywords

subway 35kV ring network; cable fault; search; coping strategy

地铁 35kV 环网电缆故障的查找及应对策略思考

朱长征

昆明地铁运营有限公司, 中国 · 云南 昆明 650100

摘 要

在地铁项目建设中, 35kV 是地铁供电系统的重要组成部分, 发挥着重要的输电、分配网络等功能作用。在具体操作中, 主变电所 35kV 出线开关柜, 会在环网电缆的辅助作用下, 向不同区域的独立电源输送电源, 但是在 35kV 环网电缆运行过程中, 容易出现接头故障、外绝缘破损等故障问题, 对整体电缆的安全运行造成威胁。因此, 需要对 35kV 环网电缆故障进行快速查找, 精准定位, 并及时提出针对性的应对策略, 避免对地铁正常供电造成影响。

关键词

地铁 35kV 环网; 电缆故障; 查找; 应对策略

1 引言

35kV 高压电缆是地铁供电系统的关键构成, 可以为地铁车辆的稳定运行提供可靠的电能供应。主变电所 35kV 出线开关柜能够对不同区域地铁站提供电源供应, 保障车站接触网、机电的稳定运行^[1]。一旦 35kV 环网电缆出现故障问题, 会对整体地铁系统的正常运行造成威胁。因此, 需要对电缆敷设质量、接头质量、施工工艺等进行优化管控, 最大程度上减少电缆故障问题的出现几率, 同时需要对电缆故障问题进行快速查找, 精准定位, 并在第一时间进行积极应对处理, 避免对地铁正常运行造成干扰, 促进地铁交通运行的正常开展。

2 地铁 35kV 环网常见的电缆故障问题

35kV 环网电缆的作用主要是实现电能传输, 并用于网

络分配, 因此在对电缆进行敷设时需要满足输电、配电网的运行需求, 既要能够对电网电压具有足够的承载力, 与特定的传输功率保持契合性, 同时还 需要与电缆故障状态以及正常运行状态下的电流通过要求相符合。在此基础上, 还需要满足安装、敷设、使用过程中的力学强度、弯曲度要求^[2]。一般情况下, 35kV 高压电缆通过以下方式进行供电: 主变电所的 35kV 出线开关在环网电缆的辅助作用下, 会向下级区域的变电站提供两个电源, 而且它们彼此保持独立性, 然后通过车站变电所, 将 35kV 电压进行转化, 使其满足不同区域的低电压需求, 以便向不同区域的接触网提供供电服务。为了保障地铁用电安全性与供电可靠性, 需要在两个主变电所之间安装联络电缆, 即形成环网供电, 该供电方式可以对突发故障进行积极应对, 即使其中一个主变电所出现问题不能正常供电, 另一个主变电所还可以利用环网电缆把电源与地铁电力系统进行连接, 保障地铁稳定供电。随着地铁建设规模的拓展, 35kV 电缆敷设长度加大, 为了保障整体电缆的稳定运行, 需要在中间设置多个接头, 但是这些接头

【作者简介】朱长征 (1986-), 男, 中国云南宣威人, 本科, 工程师, 从事供电维护研究。

在运行过程中容易受到环境、工艺、使用年限等因素的干扰，出现各种各样的故障问题，影响整体 35kV 环网电缆的正常运行。因此，需要及时发现环网电缆故障问题，并快速查找、定位，并第一时间进行处置，避免影响地铁的正常运行。

除了电缆接头故障外，35kV 环网电缆还容易出现电缆外绝缘破损问题。主要是因为电缆常年受到紫外线照射，表面包塑材料容易出现老化、脱落问题，再加上电缆热胀冷缩的现象，容易引起电缆表皮损伤；而且在电缆热胀冷缩过程中，内衬橡胶带会发生脱离钢带的情况，导致钢抱箍表面对电缆表皮造成割伤；电缆受到高温条件时，容易出现膨胀移动问题，这时候一旦电缆支架长度不足，会引起电缆脱落现象，当温度降低时，电缆冷缩过程中容易被支架边缘尖锐部位划伤；电缆支架安装螺栓长度过大等问题。以上这些情况都有可能引起电缆外绝缘破损现象，甚至引起电缆放电接地故障，严重情况下还会引起电缆开关跳闸，影响地铁站大面积停电事故^[3]。

3 地铁 35kV 环网电缆故障查找方法

现阶段，在地铁 35kV 环网电缆故障快速查找作业中较为常见的查找方法就是高压脉冲放电法。当前，地铁 35kV 环网电缆的主要敷设方式就是利用电缆支架在轨行区进行敷设。在现代化科技高速发展的背景下，高压脉冲放电法在环网电缆故障点的快速查找中发挥了越来越重要的作用，查找速度较快，可以帮助工作人员以最短的时间快速定位故障位置点，以便及时进行故障处置和维修，避免对地铁系统的正常用电造成影响^[4]。在使用该方法进行故障检测时，芯线释放的电压往往只对电缆支架屏蔽层进行放电，不会在轨道上产生电流，因此不会对工作人员造成危险。其中，高压脉冲放电法的应用原理如图 1 所示。在使用该方法时，要保障电缆屏蔽层可以可靠性接地，同时保障接线的稳定性，可以保障可靠性送电。电容中的电压值要与电容器耐压值保持契合性，以便防止发生电容爆裂现象。在具体操作中，可以结合保护装置自身的记录，对故障位置进行定位，同时结合故障仪测距，然后工作人员按照电缆异响情况以最快速度定位故障点。

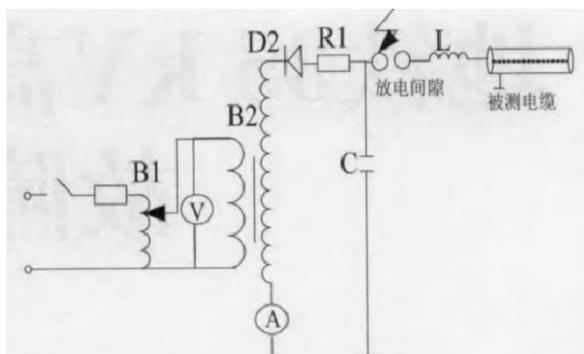


图 1 高压脉冲放电法原理

在图 1 中，B1 是试验变压器，B2 是控制箱，当电源电压经过 B1 时，可以合理调节电源电压，在经过 B2 时电压上升，然后要充分发挥限流电阻 R1 的限流作用，图中的 D 为硅堆，当电流经过整流后可以向电容器 C 直接充电，这时候电容器的电压值逐渐提升，当达到特定参数后，会出现放电间隙击穿现象^[5]。在这种情况下，试验电压会利用放电间隙对电缆放电，这时候电缆故障点的绝缘性能较差，一旦受到放电现象，容易出现击穿问题，并产生异常响声。基于此，工作人员可以通过监测电缆声音的方式，或者观察电缆外观的击穿现象，以便对电缆故障点进行精准定位。通过该试验装置的有效性应用，可以进一步提升电缆故障点查找速度，并对故障进行精准定位，以便提出地铁故障抢修效率，尽快恢复地铁正常运行。

在对该试验装置进行制作时，需要满足以下条件：①选择合适的试验变压器，通常情况下选择小型油浸试验变压器，其额定电流为 3~5kVA；②要对限流电阻进行优化选择，一般情况下选择水电阻类型，其电阻值为 0.5MΩ。③要对硅堆进行合理选择，可以使用一个 0.03A 电线进行并联，其电流综合保持 0.03A 不变，同时需要结合电缆的电压等级对反向耐压值进行确定；④要对电容器进行合理选择，结合实际应用需求，选择电容量为 2μf、压等级为 4 万伏特的电容器类型；⑤要选择通用型的放电间隙，其电极直径一般为 6×70mm，材料为套丝铜质的螺标，为了保障对接线与间隙之间的大小进行合理调节，需要确保电机中间的接线端套满丝^[6]。

在对该装置进行使用过程中，需要结合具体的连接方式，对电缆屏蔽层节点进行科学选择，确保放电与限流电阻间隙保持悬空状态，同时需要把它们放到绝缘台上，保障接线符合相关规范要求，然后开始送电作业。在试验过程中，需要对电容器的电压值进行动态实时监测和观察，避免高于电容器的耐压值，房子出现电容爆炸现象；同时要对 35kV 环网电缆的放电间隙进行科学控制，一般情况下为三毫米，一旦超过或者不足这一数值，容易引起放电电压过低或者放电声过小的现象，会对电缆故障查找速度产生不利影响；在试验过程中，需要安排专业人员进行操作，一般情况下，一个人进行操作，另一个人进行全过程监护，彼此互相协调配合，从而有效提升故障查找速度，尽快精准定位故障位置，为后续故障高效处置奠定良好的基础^[7]。通常情况下，高压脉冲放电法的作业顺序包含：结合保护装置记录识别故障点；查处电缆插拔头，并利用绝缘表校验；利用电缆故障仪测距；监测电缆声响定位故障点。

4 地铁 35kV 环网电缆故障处置措施

4.1 优化电缆敷设

要严格按照相关规范、标准、技术要求对电缆进行敷设。用于固定电缆的夹具、扎带、捆绳或支托件等构件，需要对

其质量进行严格检查,检测外观,确保表面光滑性,方便进行安装,同时要保障这些构件具有较强的机械强度,能够对复杂环境进行耐久性适应;如果电缆敷设场所具有周期性振动特点,需要在电缆支撑部位放置由弹性材料制成的橡胶等弹性材料,并将其敷设成波浪状,同时预留一定的伸缩节,方便在振动过程中造成过度拉伸现象;同时还需要调整环网电缆的绑扎方式,利用余量绑扎方式对支架电缆进行固定,不能绑扎过紧,需要为电缆移动预留一定的空间;在支架两端的电缆悬空的位置需要使用品字形绑扎形式进行固定,方便电缆整体移动,避免被割破;针对高架段电缆,尽量敷设在背阳面,避免阳光直接照射,并将其辐射成S形,减少温度因素的影响;在敷设过程中尽量使用加长支架,控制电缆支架固定螺栓的长度,防止出现电缆膨胀滑落的问题,同时在支架固定螺栓与电缆保持足够的间隙^[8]。

4.2 电缆故障快速处置方法

在对电缆故障进行判断时,需要根据保护模块动作记录数据,对故障回路相进行精准识别和判断,同时把出现故障的一相插拔式电缆终端头进行拆除,从热提升电缆故障抢修效率,通常情况选只需要拆除电缆一端即可;需要工作人员对35kV电缆进行科学合理的绝缘测试工作,同时还需要对故障点展开测距试验,这样可以对具体的故障点进行初步判断;结合相关规范要求,对高压脉冲试压的设备仪器进行良好连接^[9];在查找故障、开展绝缘校验的过程中,还需要工作人员做好全面的实验准备工作,如对相关的抢修资料进行全面收集,并准备好充足的临时照明、电缆剥削工具等,为后续工作的顺利开展做好充足的准备;在具体的操作中,需要对电缆两端主绝缘层进行剥开,并立即使用塑料保鲜膜对其进行严密包裹,避免积落灰尘,从而加快后续工作进度;当收到相关通知后,工作人员需要开展脉冲放电试验工作,并结合电缆实际走向,对电缆运行中出现的异响进行仔细观察。一般情况下,高压放电声响具有较强的指向性,而且频率较高,工作人员可以把放电间隙声响与故障位置展开对比分析,以便精准判断故障点,然后停止加压;在确定电缆故障点之后,需要利用专业仪器进行检测,确保电缆没有电压的情况下,才能对故障电缆分布进行切除作业,防止出现触电危险。在具体的切割作业中,需要对电缆长度进行精准测量,避免超过已剥开的电缆长度,但也不能过长,容易影响电缆后续的敷设效果。当切除故障位置的电缆后,需要对电

缆两端展开绝缘测试,防止出现其他故障点,通过测试后才能开展电气试验,并选择一段电缆进行连接,回复插拔头工作,保障电缆的正常运行^[10]。由此可见,一旦35kV环网电缆出现故障问题,需要第一时间进行故障点的查找工作,并明确故障位置,同时结合具体的故障类型、特点等,准备针对性的施工材料,以便对故障配件进行更换和维修,尤其要注重在故障处置过程中对主绝缘、半导体层、保护套等部分进行打磨,优化故障处理效果。

5 结语

综上所述,随着城市建设水平的提升,城市地铁交通事业高速发展,同时对地铁电力系统建设质量提出了更高的要求。为了保障地铁电力系统的安全可靠性运行,需要对35kV环网电缆故障问题进行快速查找,精准定位,并提出针对性的应对处置措施,避免电缆故障问题逐渐扩大化,对整体地铁行车安全造成威胁。当前常用的电缆故障查找方法为高压脉冲放电法,可以对电缆接头故障进行高效处置,提升故障抢修效率,促进地铁运行安全性与稳定性。

参考文献

- [1] 黄俊.地铁35kV中压环网和继电保护方案[J].中国设备工程,2022(21):130-132.
- [2] 刘广军.35kV供电环网电缆金属护套感应电压仿真分析[J].城市轨道交通研究,2020,23(12):95-98.
- [3] 陈继勇,徐文亮,郑杰.地铁35kV环网数字通信电流保护测试方法[J].城市轨道交通研究,2019,22(6):187-190.
- [4] 谭晓冰,张星阳,赵瑞生.浅谈地铁35kV环网电缆故障快速查找与处理办法[J].科技风,2018(32):167.
- [5] 张兵.地铁工程高架段35kV环网电缆敷设技术分析[J].工程建设与设计,2018(7):140-142.
- [6] 郭强.城市轨道交通35kV电缆接地对中压环网的影响[J].自动化与仪器仪表,2017(6):54-55+58.
- [7] 陈良君,刘刚.地铁工程高架段35kV环网电缆敷设方法研究[J].铁道建筑技术,2017(5):119-123.
- [8] 王义忠.地铁35kV环网接地变压器的故障分析与保护设计[J].企业技术开发,2016,35(2):88+90.
- [9] 余红梅,陈刚,于纪利.城市轨道交通供电系统35kV环网电缆敷设工程施工方案[J].城市轨道交通研究,2015,18(7):49-51+57.
- [10] 宋大治,汪理.35kV环网电缆单相短路故障分析[J].都市快轨交通,2009,22(6):90-93.