

诱发轨电位动作的原因分析

Cause Analysis of Induced Orbital Potential Action

安军

Jun An

北京市地铁运营有限公司供电分公司
中国·北京 100082
Beijing Subway Power Supply Branch,
Beijing, 100082, China

【摘要】北京地铁十号线开通运营初期, 钢轨电位限制装置出现多站次频繁动作的情况, 频繁的动作大大地缩短了轨电位装置主接触器的使用寿命。同时轨电位装置的频繁动作也带来了一些次生危害。论文通过分析轨电位装置的动作原理及诱发轨电位装置动作的因素, 提出合理的改进措施, 为避免轨电位装置的频繁动作提供参考。

【Abstract】In the early stage of the opening and operation of Beijing metro line 10, the rail potential limiting device had several frequent movements, which greatly shortened the service life of the main contactor of the rail potential device. At the same time, the frequent action of rail potential device also brings some secondary hazards. By analyzing the action principle of the rail potential device and the factors inducing the action of the rail potential device, the paper puts forward some reasonable improvement measures, which can provide reference for avoiding the frequent action of the rail potential device.

【关键词】轨电位; 纵向电阻; 过度电阻

【Keywords】rail potential; longitudinal resistance; excessive resistance

【DOI】10.36012/peti.v2i1.1308

1 工作原理和动作过程

由于轨道上有电阻, 在产生回流的同时便形成了压降, 走行轨对地也就产生了电压差。乘客在上下车时, 会在列车与站台之间产生“跨步电压”, 当此电压超出安全许可电压, 便会对上下车乘客造成危害或不适, 同时, 轨电位电压过高也会对设备造成影响。为了保护乘客和设备安全, 在地铁直流系统回流回路与大地之间装设了一套轨电位限制装置, 以满足地铁列车安全可靠运行及乘客安全的要求。地铁十号线轨电位装置由直流接触器、晶闸管、测量和控制单元、西门子 S7-200 可编程控制单元等元器组成, 在正常运行情况下, 轨电位装置直流接触器处于断开状态, 通过监测回路检测走行轨对地电压, 当电压值到达相应动作定值时直流接触器或晶闸管迅速导通, 使走行轨和大地导通形成等电位。

2 轨电位装置频繁动作的原因分析

正常运行状态下, 供电区段内列车运行时, 钢轨中流过牵引负荷电流, 造成钢轨对地电位升高, 钢轨对地电位的大小, 主要与线路机车数量、负载电流、牵引距离、钢轨与地之间的

过渡电阻等因素有关, 当发生故障时, 将引起钢轨对地电压陡升。当直流系统发生故障时, 必须短时间内切除故障或降低走行轨对地电位, 以保证人身和设备安全。这时, 需要轨电位可靠动作。

2.1 轨电位装置内部故障的判断

系统设计模拟计算时, 测算走行轨对地电压在北京地铁十号线正常牵引下一般应大于 60V。可能引起地铁十号线轨电位装置频繁动作的原因除去直流设备故障因素外, 主要是轨电位装置本身存在缺陷。回流不畅和牵引负荷增大导致流经走行轨的电流增加, 也是引起走行轨电位升高的原因, 走行轨纵向电阻过高是造成回流不畅的主要原因。

针对检查可能引起轨电位装置频繁动作的原因, 应首先检查轨电位装置本身存在的缺陷, 按照轨电位装置的保护原理及动作定值, 选用 PW40 继电保护测试仪, 校验装置的测量回路, 校验结果显示轨电位装置保护动作均正常, 符合轨电位装置的定值要求。

2.2 走行轨对地电位的形成原因

地铁十号线直流牵引系统中, 采用走行轨作为牵引系统的

故障分析 Fault Analysis

回流介质。并且为了防止杂散电流的危害,牵引系统设计为不接地系统,直流供电设备采用绝缘安装,走行轨通过扣件下部的绝缘垫板与大地绝缘。车辆通过受流器与接触轨连接取流,牵引电流再通过走行轨回到变电所负极母线。走行轨本身存在电阻,该电阻称为纵向电阻。绝缘安装的走行轨与大地之间存在的泄漏电阻称为过渡电阻。由于直流牵引系统走行轨正常回流时,纵向电阻的存在,走行轨会与大地之间形成电位差。

2.3 走行轨对地电压过高的原因分析

由于地铁直流系统较为复杂,走行轨对地电压与杂散电流吸收情况、过渡电阻、纵向电阻等多方面因素有关。

2.3.1 负荷电流 I

通过对走行轨对地电位差形成的分析,将理想状态下牵引电流回流的过程简化为等效电路:符合电流 I 与电压成正比关系,走行轨对地电压不越限条件是负荷电流控制在合理的范围内。设计阶段已对负荷电流进行控制,北京地铁十号线车辆采用 B 型车,通过监测车辆在地铁十号线最大启动电流达到 3000A。根据设计,在牵引系统模拟计算时采用的走行轨纵向电阻 $12\Omega/\text{km}$,按照地铁十号线惠新西街南口站牵引区间为 2.18,负荷电流 3000A 计算,该区段走行轨对地电位为 78V,没有达到轨电位装置动作定值,因此,车辆牵引负荷电流大不是造成地铁十号线轨电位装置频繁动作的原因。

2.3.2 走行轨纵向电阻 R_1

在负荷电流 I 已经控制在合理范围内时,纵向电阻 R_1 增大将增大走行轨对负极的电位差,并且造成泄漏电流增大,最终造成轨电位过高。在对走行轨纵向电阻进行测量时,将地铁十号线所有中间站直流牵引系统中的纵联开关闭合,使全线上行、下行接触轨形成一个电气回路,由于地铁走行轨采用无缝焊接,全线走行轨无电气间断。上行接触轨电阻为 R_1 ,下行接触轨电阻为 R_2 ,走行轨电阻为 R_3 ,组成回路所需的连接电缆的内阻为 r ,组成回路电阻的测量装置采用 ZZC-H10 直流电阻快速测试仪。

①测量上行接触轨电阻 R_1 与下行接触轨电阻 R_2 的回路电阻:将端头 B 站的 30、40 开关闭合,在端头 A 站 10 开关与 20 开关下口连接直流电阻快速测试仪,测量出 R_1+R_2 的电阻值为 $340.768\text{m}\Omega$ 。

②测量上行接触轨电阻 R_1 与走行轨电阻 R_3 的回路电阻:在端头 B 站用连接电缆将负母排下口电缆与 30 开关下口电缆短接。在端头 A 站 10 开关下口与负母排下口连接直流电阻快速测试仪,测量出 R_1+R_3+r 的电阻值为 $530.219\text{m}\Omega$ 。

③测量 R_2 与 R_3 的回路电阻:在端头 B 站用连接电缆将负母排下口电缆与 40 开关下口电缆短接。在端头 A 站 20 开关下

口与负母排下口连接直流电阻快速测试仪,测量出 R_2+R_3+r 的电阻值 $525.019\text{m}\Omega$ 。通过计算得出每公里走行轨的电阻超过了设计的 $12\text{m}\Omega/\text{km}$,走行轨纵向电阻过大,使得走行轨对地电压增大超过轨电位装置的动作值,致使轨电位装置频繁动作。

2.3.3 过渡电阻 R

如果走行轨对地绝缘符合 CJJ 49—92《地铁杂散电流腐蚀防护技术规程》,即兼用做回流的地铁走行轨与隧洞主体结构或大地之间的过渡电阻,对于新建线路不应小于 $15\Omega\cdot\text{km}$,对于运行线路不应小于 $3\Omega\cdot\text{km}$ 。当过渡电阻满足要求时,形成的杂散电流很小,走行轨对地电压是可以控制在合理范围内的。过渡电阻变小到一定的范围时,由走行轨泄漏到大地杂散电流变大,杂散电流与过渡电阻形成的电压降会较大。因过渡电阻值不能直接测量的,通过分析走行轨扣件对地绝缘可以间接反映过渡电阻的情况。在忽略走行轨纵向电阻的前提下,可以理想地认为由绝缘电阻均匀的扣件并联而成,GB 50157—2013《地铁设计规范》规定 60kg/m 钢轨, 1km 的轨枕数量为 1680 个,因此扣件数量也为 1680 个,单个扣件对地绝缘电阻不应小于 $50\text{k}\Omega$ 。通过现场实测,地铁十号线一期有 31% 的走行轨扣件绝缘不足 $50\text{k}\Omega$,走行轨对地绝缘不够造成杂散电流泄漏增大,走行轨对地电位升高。因此,增大走行轨对地电压,导致轨电位装置频繁动作的情况,与过渡电阻有关^[1]。

2.3.4 原因分析

通过实验测试与分析,可以得出地铁十号线一期轨电位装置频繁动作的原因为走行轨纵向电阻较大以及走行轨对地的过渡电阻未在合理范围内,导致走行轨对地电位过高所引起。

3 避免轨电位频繁动作的措施

采用爆炸焊实现被连接导体的可靠连接。走行轨均流电缆的连接处、道岔处、鱼尾板连接处采用涨钉固定方式。

4 结语

北京地铁十号线轨电位装置频繁动作,通过对轨电位装置频繁动作的原因分析,对于装置内部故障所引起的频繁动作,可通过测试、校验及更换元器件来解决。但是由外部原因,走行轨对地电压过高引起的轨电位装置频繁动作的问题,处理解决的难度要大很多,走行轨对地电位过高的原因在于纵向电阻与过渡电阻,而影响上述两个电阻值的因素多数是在建设施工环节当中,因此,在地铁线路前期的建设施工期间应严格按照设计要求进行施工。

参考文献

[1]GB 50157-2013.地铁设计规范(附条文说明)[S].