

Research on Application of Rail Potential Limit Device in Beijing Metro

Yue Fu

Beijing Rail Transit Operation and Management Co., Ltd., Beijing, 100071, China

Abstract

In the Beijing subway DC traction system in China, the steel rail (walking rail) is installed on the ground insulation. However, in actual operation, the rail produces a certain potential difference to the ground, and the train and the rail is equal potential. If the rail potential is too high, it will cause harm to the safety of passengers. In order to limit rail to ground potential and ensure the safety of passengers, the Beijing subway has installed rail potential restrictions between rail and ground.

Keywords

subway; rail walking; rail potential limit loading

钢轨电位限制装置在北京地铁中的应用研究

付跃

北京市轨道交通运营管理有限公司, 中国·北京 100071

摘要

在中国北京地铁直流牵引系统中, 钢轨(走行轨)是对地绝缘安装的, 但在实际运行当中, 钢轨对地会产生一定的电位差, 而列车与钢轨之间是等电位的, 如果钢轨电位过高, 就会对乘客的安全产生危害。为了限制钢轨对地电位, 确保乘客安全, 北京地铁在钢轨与地之间安装了钢轨电位限制装置。

关键词

地铁; 走行轨; 钢轨电位限制装置

1 引言

与道路等交通方式相比, 轨道交通运输具有运量大、定时、环保、节能等显著优点。因此, 城市轨道交通受到越来越多的关注。随着地铁在中国北京爆炸式的发展, 其安全性也受到了广泛关注和极高重视。论文会对钢轨电位限制装置造成的设备误动作的原因进行分析, 并总结这些年对钢轨电位限制装置的改进措施, 为钢轨电位限制装置在新建线路的投入或产品的更新换代提供理论依据和经验。论文从分析地铁走行轨电位升高的原因开始, 论述钢轨电位限制装置在北京地铁中设置的必要性和保护原理, 并对钢轨电位限制装置误动作的原因进行分析, 并总结这些年对钢轨电位限制装置的改进措施, 为钢轨电位限制装置在新建线路的投入或产品的更新换代提供理论依据和经验。

2 走行轨对地电位的形成原因分析

在地铁直流牵引系统中, 不论是接触轨式供电系统还是架空接触网式供电系统均采用走行轨作为牵引系统的回

路介质, 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。在车辆运行时, 牵引电流通过变电所的直流母线送到接触轨上, 车辆通过受流器与接触轨连接取流, 牵引电流在通过走行轨回到变电所负极母线。少许的电流流入大地形成杂散电流。走行轨到变电所的负母线间存在着纵向电阻。绝缘安装的走行轨与大地之间的泄漏电阻称为过渡电阻。直流牵引系统采用走行轨正常回流时, 因为纵向电阻的存在走行轨会与大地之间形成电位差。运行原因, 列车在进行电制动时, 牵引电机变为发电机, 正极连接接触网, 负极连接走行轨, 由于牵引电动机在制动是反电动势, 因此相当于向钢轨进行反送电, 造成钢轨电位的上升。故障原因, 接触电网与钢轨发生短路、直流设备发生框架泄露故障、牵引变电所整流变压器二次侧交流系统发生单相接地短路时, 钢轨对地电位就会升高。

3 钢轨电位限制装置在北京地铁必要性

屏蔽门的安装模式屏蔽门、安全门的安装, 主要是为了防止旅客进入行车轨道的一种安全措施, 目前屏蔽门和安全门的安装共有两种安装方式是可行的。屏蔽门、安全门直接接地, 不与走行轨做等电位连接。这样做从理论上讲,

【作者简介】付跃(1985-), 男, 中国北京人, 本科, 工程师, 从事轨道交通供用电研究。

对人身安全是无危害的，因为屏蔽门实际上是直接接在地下结构钢筋上，走行轨对钢筋间的过渡电阻在实际中测量为 0.3Ω 左右，而理论上的走行轨通过钢轨电位限制装置接地的“地”为 0.5Ω ，显然 $0.3 < 0.5$ ，从这个不等式中就可以得出结论，人员在这种安装方式上是安全可靠的。但这种屏蔽门安装方式必须配备有钢轨电位限制装置，因为这种屏蔽门安装方式不能解决站台跨步电压的危害，如果钢轨电位过高，人员站在站台上会受到危害。屏蔽门、安全门与走行轨做等电位连接并绝缘安装、站台设绝缘安全带。此方案的优点是站台上的旅客的活动范围与走行轨完全隔离，不会有跨步电压的危害，乘客只有在上下车的过程中有可能接触到车辆（走行轨），而旅客站在绝缘安全带上，不存在人身安全问题。如果屏蔽门是全封闭设计，解决了人员在上下车的过程中接触到车体的可能，就完全可以取代钢轨电位限制装置的作用，而钢轨电位限制装置就可以不在地铁中应用。

4 屏蔽门对地电阻测试

屏蔽门系统对提高地铁运营安全有着重要的作用，北京地铁新线已经全部安装了屏蔽门，还对老线进行改造，全部加装屏蔽门。北京地铁屏蔽门系统安装方式采取屏蔽门、安全门与走行轨等电位连接并绝缘安装，站台设置绝缘安全带的安装模式。这种安装模式在上文中已经叙述，理论上只要屏蔽门系统解决了人员在上下车的过程中接触到车体的可能，就完全可以取代钢轨电位限制装置的作用，而钢轨电位限制装置就可以不在地铁中应用。但在实际中，受地铁站环境复杂，温度，湿度等天气气候影响，这种理论是不可行的。

请看对屏蔽门做的测试：

测试项目：屏蔽门对地绝缘电阻，本次测试依据建设年代、生产厂家、运营线路从北京地铁运营线路上选取典型车站进行绝缘电阻的测试，验证屏蔽门的绝缘是否达到规定标准，为项目研究提供基础数据。

测试方法：使用 Fluke1587 绝缘测试多用表，一端接屏蔽门金属门体，一端接站台地面（大地），测试绝缘电阻。

接线说明：测试点选取在屏蔽门金属门柱内侧。地面测试点选取在绝缘安全带范围内。

5 钢轨电位限制装置保护原理

钢轨电位限制装置，又称短路装置，设置车站变电所内。

由图 1 可以看出，钢轨电位限制装置保护为传统的三段式保护，钢轨电位限制装置主要通过检测钢轨对地电压进行保护动作。地铁钢轨电位限制装置主要由多级电压测量元件和短路复合开关组成，短路复合开关电路由直流接触器和晶闸管并联组成。

保护动作设置最初设计如下：当钢轨电位大于 $90V$ 并经一定延时，接触器合闸动作使钢轨与地相连，延时 $10s$ 后分闸，如果在设定的时间内连续动作 3 次后，钢轨电位还偏

高，则限制装置合闸后不再分闸。当钢轨电位大于 $150V$ 时，接触器无延时动作，不再分闸，直到电压恢复正常值接触器断开。当钢轨电位大于 $300V$ 时，晶闸管在 $1ms$ 之内导通，使钢轨与地相连，同时接触器启动其常开触点永久接通^[1]。

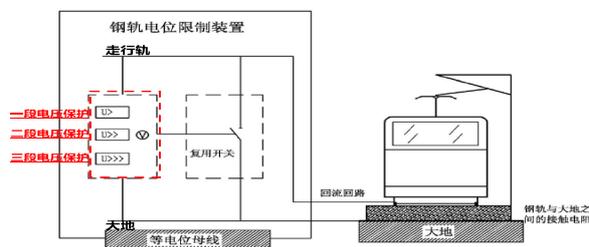


图 1 钢轨电位限制装置工作示意图

6 钢轨电位限制装置造成设备误动作的原因分析及改进措施

钢轨电位限制装置频繁动作分析：在 5 号线、房山线、八号线、九号线开通运营初期，钢轨电位限制装置频繁动作，究其原因，一为钢轨电位限制装置达到动作值而正常动作，即钢轨对地电位已经超过保护定值所设定的 $90V$ ，另一种原因就是钢轨电位限制装置的误动作。那到底是哪种原因呢？是不是北京地铁走行轨对地电压不稳定而造成钢轨电位限制装置动作呢，包括作者在内的地铁技术人员专门做过各条线路走行轨对地电压的测试。钢轨电位限制装置误动作原因分析及改进措施：钢轨电位限制装置自身误动作的原因可分为内因和外因两种。内因：钢轨电位限制装置本身存在元件缺陷：如其微机保护装置抗干扰能力差，遇到电磁干扰后误动作；又如测量装置故障导致测量数据不准确，未能反映出走行轨对地的实际电压，造成轨电位装置误动作。

7 改进措施

加强钢轨电位限制装置中各元器件的抗干扰性。钢轨电位限制装置柜体镀锌处理，增强防锈防腐力度。加强钢轨电位限制装置测量装置的精度与准度，定期给微机保护装置升级，防止其测量有误。装置内一、二次电缆加装金属护套，加强抗磁干扰。

钢轨电位限制装置与走行轨电缆连接工艺：在钢轨电位限制装置应用的 5 号线、亦庄线、房山线、八通线等线路中，钢轨电位限制装置与走行轨之间的电缆连接采取栓接工艺，即在钢轨上用电钻开孔，采用螺钉固定的模式。这种模式接触电阻大，且受人员施工质量的制约，在地铁经过的时候受到强烈震动，造成部分螺丝松动，导致接触电阻增大，使钢轨电位限制装置误动作。钢轨电位限制装置与走行轨间电缆连接工艺可以采用爆炸焊实现被连接导体之间的可靠连接。与螺栓连接和涨栓连接相比较，焊接优点在于实现了永久分子结合，永不松动或被腐蚀，其受到地铁列车经过震动影响

（下转第 79 页）

工作,在实际操作过程中,要根据自身特点,制定出一套适合本企业发展需要,并且能够有效控制风险隐患最大限度地降低危害程度的应对措施和方法。首先,应加强对人员和机械设备等方面的管理工作与培训;其次,应对工程项目管理人员、施工人员素质水平进行有效提升,同时还应当完善相应制度体系以及考核机制来约束企业员工行为规范化及责任划分细则落实情况;最后,不断优化组织结构并建立起合理科学高效的激励体制,以此激发建筑施工工作人员工作热

情度,提高其综合素养。

参考文献

- [1] 惠渊峰.浅谈建筑施工现场安全管理的现状及对策[J].经营管理者,2011(5):126.
- [2] 魏安能.建立建筑施工安全保证体系的构想[J].建筑安全,2005,20(3):37-39.
- [3] 丁传波,关柯,李恩轅.施工企业安全评价研究[J].建筑技术,2004,35(3):214-215.

(上接第69页)

小。对于已经采用栓接工艺的各条线路来说,加强设备的巡视检修工作,若发现电缆连接处有松动及时整改,并考虑涂抹导电膏,连接螺母更换成防脱扣螺母等等。外因:钢轨电位限制装置误动作的外因是外部环境所造成的。钢轨在无地铁经过的时候,对地电压非常的低;在列车驶过的时候,钢轨对地电压会上升,但正常情况下低于钢轨电位限制装置的动作值;但是当列车进站刹车的时候,会使钢轨出现一个瞬时电压,这个电压持续时间不长,但其大小可能就会超出钢轨电位限制装置的动作值,造成钢轨电位限制装置误动作。对于列车在刹车时产生的瞬时电压造成的钢轨电位限制装置误动作的问题,可以从钢轨电位限制装置微机保护装置的程序上来解决,如钢轨电位限制装置与屏蔽门联动,使钢轨电位限制装置只在乘客上下地铁时启动,从而避开列车刹车。目前八通线钢轨电位限制装置加装工程中,钢轨电位限制装置就是这样设置的。采用此种方案,可以在很大程度上减少走行轨电位限制在运行过程中不必要的动作,减轻由于不必要动作对地铁系统造成的影响,减少走行轨直接接地的时间,在保证人身安全的同时提高了设备可靠度与安全性,大大减小了走行轨直接接地造成的电能损失,降低了杂散电流对结构及设备造成的危害^[2]。

8 结语

论文通过对地铁钢轨(走行轨)电位产生原因进行了分析,发现有三个原因导致地铁钢轨电位有所上升,分别是钢轨本身原因,运行原因和故障原因。其中通过对第一个原因建模分析发现,在此原因下轨电位对地电压大小受负荷电流、回流走行轨电阻、过度电阻影响。这种原因产生的钢轨对地电位不高,在人体安全电压范围之内,一般不会超过40V。故运行原因和故障原因是导致钢轨电位过高的主要因素。钢轨电位限制装置作为北京地铁控制钢轨(走行轨)对地电压的重要保护装置,目前起到不可替代的作用。北京地铁技术人员一直在对钢轨电位限制装置进行改进,使得钢轨电位限制装置的运行稳定性有了很大的提高^[1]。论文总结分析了钢轨电位限制装置进入北京地铁以来出现的误动作原因以及相应的改进措施,为钢轨电位限制装置在新线的投入或产品的更新换代提供经验和理论依据。

参考文献

- [1] GB 50157—2003 地铁设计规范[S].
- [2] 北京地铁运营有限公司供电公司.城轨供电系统及设备[Z].
- [3] 孙章,何宗华,徐金祥.城市轨道交通概论[M].北京:中国铁道出版社,2000.