

地铁道岔转辙机产生电火花现象原因分析

赵 垒 薛小强

(西安市地下铁道有限责任公司运营分公司,710016,西安//第一作者,工程师)

摘 要 介绍了西安地铁直流牵引供电系统中轨道回流的特性,并对运营线路中发生的较为典型的道岔转辙机产生电火花现象进行了分析;结合直流牵引供电系统的特点,为消除道岔转辙机发生电火花现象的处理措施提出了建议。

关键词 地铁;牵引回流;道岔转辙机;电火花

中图分类号 U224.2⁺6;U213.6⁺1

DOI:10.16037/j.1007-869x.2019.08.039

Analysis of Electric Spark Phenomenon on Metro Turnout Switch Machine

ZHAO Lei, XUE Xiaoqiang

Abstract In this paper, the characteristics of track return current in traction DC power supply system of Xi'an metro are introduced, the typical electric spark phenomenon on metro line turnout switch machine is analyzed. Combines with the characteristics of DC traction power supply system, corresponding treatment suggestions are put forward to eliminate the electric spark phenomenon of the turnout machine.

Key words metro; traction return current; turnout switch machine; electric spark

Author's address The Operation Branch of Xi'an metro Co., Ltd., 710016, Xi'an, China

0 引 言

在西安地铁一号线运营初期,正线某车站先后在运营期间发生道岔转辙机电火花及接地线烧断等现象,对正常行车和设备安全带来严重干扰和威胁。

经过现场检查,发现在钢轨和转辙机绝缘连接处存在烧灼现象;通过进一步拆卸、分解连接部件,发现连接处的绝缘套管、绝缘垫片等均存在绝缘烧毁或短接。针对这一故障现象,结合地铁直流牵引供电系统轨道回流的特性进行分析,并采取了初步的处置,取得了一定的效果。其对相关系统的检修

维护具有一定的参考价值。

1 直流牵引供电回流系统与道岔转辙机的关系

为了分析道岔转辙机发生电火花现象的原因,需要了解直流牵引供电系统的组成和特性。图1为一个典型的牵引供电回流系统:牵引混合变电所将直流电源经直流开关柜、上网隔离开关送至接触网,经列车取流使用后馈至钢轨,再由钢轨回流至牵引变电所的整流器负极端,形成一个完整的直流牵引回流系统。

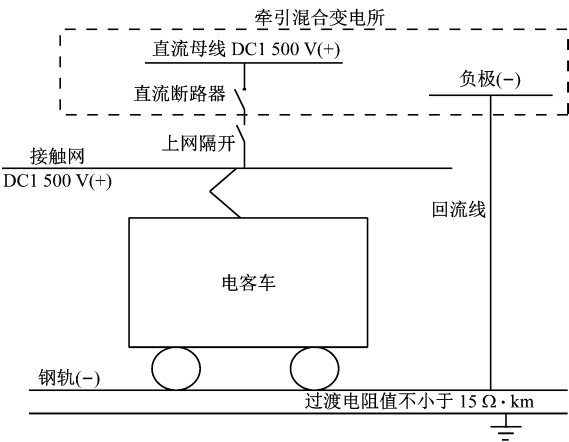


图1 地铁牵引回流系统示意图

由于考虑杂散电流的防护要求,在地铁直流牵引系统中轨道对地采用绝缘安装,使用绝缘垫、绝缘套筒等方式,加大走行轨与道床之间的过渡电阻(不小于15Ω·km)。在对地绝缘安装的钢轨上流经回流电流时,由于钢轨自身电阻的存在,钢轨对地会产生一定的电压,即轨电位。

道岔转辙机是附着在钢轨上的设备。由于转辙机本身是一个电力驱动的带电设备,为了保证人身安全,转辙机金属外壳通过接地线就近接至轨行区弱电电缆支架接地排上。为了防止牵引回流流过转辙机,转辙机与钢轨之间也采取了相应的绝缘

措施,保证钢轨与转辙机的电气隔离。而当这种绝缘被破坏或失效时,隔离措施就会失效,从而出现钢轨直流电回流经过绝缘破坏处进入大地的情况,造成道岔转辙机不同程度的烧伤并产生电火花现象。

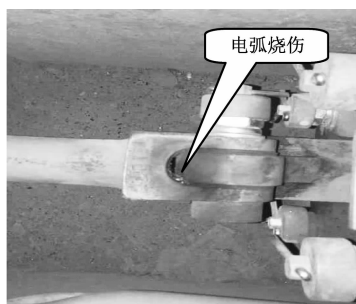
2 道岔转辙机发生电火花故障的现场调查

多次发生道岔转辙机电火花现象的现场情况如下:

1)如图2所示,道岔转辙机的连接轴虽然采用了绝缘材料进行隔离,但在绝缘两边距离较短的地



a) 故障前



b) 故障后

图2 转辙机连接轴故障前后对比

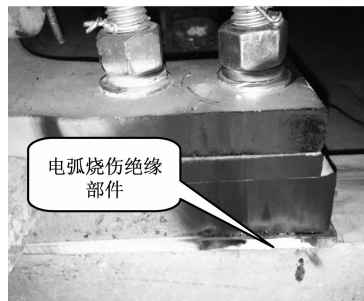


图3 烧损的绝缘垫片

3 道岔转辙机产生电火花的原因分析

道岔转辙机处出现的电火花烧伤现象是由于绝缘受到破坏。而导致绝缘破坏的原因主要有:绝缘承受过高的电压被击穿,绝缘本身劣化,强度降低满足不了绝缘要求,被导电体短接等。

3.1 地铁钢轨对地电压分析

由于地铁采用直流供电系统,利用钢轨进行回流。为防止杂散电流,回流钢轨均采用绝缘安装的方法,因此在列车通过时,钢轨回流对地会产生一定的电压,即轨电压。为了限制钢轨电压过高,沿线的每个变电所均设置有轨电位限制装置,按照GB 50490—2009《城市轨道交通技术规范》要求轨电位限制装置的I段保护动作值通常设置为90 V,设置延时0.8 s。该装置可有效保护钢轨对地的持续电压不高于90 V。此外,还设有150 V无延时短路保护、600 V晶闸管快速短路保护,可以有效地限制钢轨对地电位过高的情况。

但在特殊情况下,如钢轨回流不畅、列车行车密度较大等,均可能产生90 V以上的短时过电压,甚至瞬时电压可达到600 V。维护人员调取了全线

方发现了电烧灼的现象。采用万用表测量此处的钢轨与道岔转辙机接地部分的绝缘时,万用表显示为导通状态,此处的绝缘已失效。

2)道岔转辙机地线过流严重,地线与道岔转辙机连接处端子烧断。经检测发现道岔转辙机与钢轨处于导通状态,经反复测试检查发现该处道岔转辙机安装过程中漏装了一个绝缘垫。

3)检查另一处道岔转辙机与钢轨的连接部分,其安装绝缘垫片处存在明显烧灼现象,采用万用表测量钢轨对道岔转辙机接地部分,万用表显示为导通状态,此处的绝缘已失效,如图3所示。

各站的轨电位记录,轨电位最高记录为89 V。(其他城市地铁轨电位最高曾达120 V)。图4为国内某地铁采用高分辨率仪器对轨电位的监测情况,通过其曲线可知,最大电压值超过90 V,瞬时电压可达549 V,如果还考虑接触网对钢轨短路故障,轨电位瞬间可能达到1 500 V左右。因此,钢轨与连接设备之间的绝缘应做相应考虑,采用可靠的绝缘措施,才可以有效地防止钢轨对地的短路放电现象。

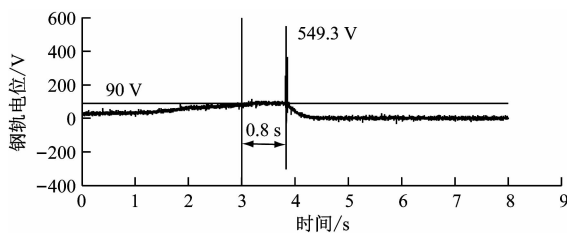


图4 某地铁轨电位监测曲线

3.2 道岔转辙机与钢轨连接处绝缘状况分析

通过对道岔转辙机与钢轨连接处烧损的绝缘垫、绝缘护套及地线的分析,发现绝缘护套垫板绝缘劣化、空气间隙不足,绝缘被短接是引起道岔转

辙机产生电火花现象的主要原因。具体分析如下:

1) 经对道岔转辙机检查,发现其连杆关节处绝缘套管表面积灰严重。用万用表测量,产生电火花现象的道岔转辙机绝缘套管两端电阻为 $3.9\ \Omega$,万用表导通,而相邻的道岔转辙机测量电阻值为无穷大。说明该故障道岔转辙机设备已与钢轨连通,绝缘套管已失去绝缘功能。通过图 5 及图 6 对照分析,故障道岔转辙机的空气绝缘间隙明显小于正常道岔转辙机的空气间隙。同时由于钢轨附近金属性灰尘较多,在绝缘空气间隙较小的情况下,容易造成灰尘填满绝缘间隙,导致钢轨对地短接,随着短接处流过电流的增加从而产生电火花现象。



图 5 正常转辙机空气间隙

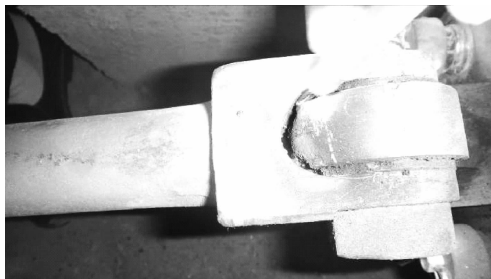


图 6 故障道岔转辙机空气间隙

2) 另一种情况如图 7 所示:道岔转辙机与钢轨间的绝缘垫片由于绝缘击穿,已被严重烧损,造成绝缘失效。绝缘垫片的绝缘击穿是由于绝缘垫片绝缘强度降低,发生爬电或击穿等现象,导致钢轨对转辙机结构接地放电,经过长时间的积累,造成连接件严重烧损。此类烧伤的共同特点是烧伤均从连接螺栓上的绝缘套管上部或下部某一点开始发展。通过推断可知,由于绝缘套管上下端外露面镶嵌于转辙机框架内,在隧道潮湿的环境下,轮轨磨损的铁屑、灰尘等会在绝缘套管上下表面集聚从而对绝缘造成不良的影响。



图 7 烧损的绝缘垫

4 处理措施和建议

针对以上出现的问题分别采取了不同的处理措施。如:维护人员对绝缘间隙进行了打磨处理,对绝缘垫片进行了清理,保证了钢轨侧与接地侧在中间连接轴处的空气绝缘间隙,对烧伤处绝缘垫片及套管进行了更换,故障得以消除。

为了最大限度的减少此类问题的发生,对后续的新安装设备建议如下:

1) 保证道岔转辙机相关绝缘部件封边处理良好,检验合格;转轴处应选择提供较大空隙的连接方式。

2) 在安装施工过程中,须保持绝缘部件的状态良好,避免用力过大造成绝缘垫片、绝缘套筒出现裂纹受损,防止绝缘间隙受到异物的填充。

3) 在转辙机的日常检修中,将绝缘部件的清洁维护纳入作业内容,保持绝缘部件清洁、绝缘良好。

4) 优化道岔转辙机绝缘设计。目前地铁所用转辙机绝缘设计均源于交流牵引供电系统设计的标准,由于交流牵引供电系统钢轨与地面是等电位连接,对道岔转辙机的绝缘安装要求较低,而地铁采用的直流供电系统,对钢轨具有较高的对地电压,应针对地铁直流供电的特点提高道岔转辙机的绝缘性能。

参考文献

- [1] 周捷,宋云翔,徐劲松. 直流牵引供电系统的微机保护测控探讨[J]. 电网技术, 2002, 26.
- [2] 王宏. 地铁牵引供电系统直流馈线保护[J]. 电气化铁道, 2002 (4): 41.
- [3] 徐劲松,高劲,江平,等. 浅析地铁直流牵引变电所的保护原理[J]. 电气化铁道, 2003 (6): 44.

(收稿日期:2017-11-02)