

电力技术

电客车受电弓过出入段线分段绝缘器打火特性及整治策略研究

赵经东

广州地铁集团有限公司

DOI: 10.12238/jpm.v5i9.7211

[摘要] 为研究电客车受电弓过出入段线分段绝缘器打火特性,组织对广州地铁八号线入段线接触网设备开展热滑试验及故障件模拟冷滑试验,并针对两次跳闸事件,以八号线赤沙入车厂线 F 磨 4 分段绝缘器为例,分析打火原因,探索打火整治策略,以达到提高设备运行质量的目的。

[关键词] 接触网; 出入段线; 分段绝缘器; 打火特性; 整治策略

Study on ignition characteristics and remediation strategy of electric bus

Zhao Jingdong

Guangzhou Metro Group Co., Ltd.

[Abstract] for the study of electric bus by pantograph out section line segment insulator ignition characteristics, organization of Guangzhou metro line 8 into the section of the catenary equipment for thermal slip test and fault parts simulation cold slip test, and for two trip events, with line 8 red sand into the depot line F grinding 4 segment insulator, for example, analysis reason, explore the ignition regulation strategy, in order to achieve the purpose of improving the quality of equipment operation.

[Keywords] catenary; access line; section insulator; ignition characteristics and remediation strategy

城市轨道交通系统中,对于出入段线的分段绝缘器,当列车受电弓经过时往往会产生不同程度的打火、拉弧现象。为保障设备的安全运行,本文针对此类现象特性及整治策略进行研究。

1 八号线入车厂线 F 磨 4 分段绝缘器热滑试验

本次试验主要测试电客车以不同车型、车速、模式行驶于八号线赤沙入车厂线,对比受电弓经过 F 磨 4 分段绝缘器的过渡情况。另试验过程中,通过闭合入车厂线 2112 隔离开关,测试在分段两端供电区导通的情况下,受电弓的过渡情况。

1.1 试验概况

1.1.1 4月25日热滑试验概况(A5型车)

此次试验由 A5 型电客车以 ATO 模式由赤沙入车厂线驶至磨碟沙下行线,并跟随尾班车由磨碟沙下行线经入车厂线回厂,采集热滑数据,得出电客车经过 F 磨 4 分段绝缘器时有轻微打火现象。

1.1.2 4月26日热滑试验概况(A2型车)

此次热滑实验由 A2 型车从赤沙车辆段出车,经入车厂线至磨碟沙下行线,后续以磨碟沙下行站台-W808-W806-入车厂线洞口处运行 5 个来回,期间在第 3 个来回前闭合 2112 越区开关,在第 4 个来回结束后断开 2112 越区开关。

热滑监测情况如下表 1 所示:

表 1 电客车以不同路径经 F 磨 4 打火情况

Table with 11 columns: Path, Train Type, Mode, Return 1, Return 2, Closed Switch, Return 3, Return 4, Open Switch, Return 5. Rows include data for '磨碟沙下行线-入车厂线(回厂)' with sub-rows for '前弓(69车)' and '后弓(70车)', and various parameters like '过段时间', '实际车速', '网压', and '打火等级'.

入车厂线-磨碟沙下行线(出厂)	前弓(70车)	过分段时间	0: 23: 16	1: 07: 59	1: 22: 30	1: 50: 55	2: 02: 14	2: 22: 13
		实际车速 (km/h)	30	25	20	25	20	10
		网压 (V)	1673	1617	1646	1660	1674	1680
		打火等级	1 级	3 级	1 级	0 级	0 级	1 级
	后弓(69车)	过分段时间	0: 23: 21	1: 08: 05	1: 22: 39	1: 51: 03	2: 02: 20	2: 22: 29
		实际车速 (km/h)	30	30	20	30	20	10
		网压 (V)	1667	1673	1686	1660	1651	1678
		打火等级	1 级	1 级	1 级	0 级	0 级	1 级
打火等级：0 级（无）、1 级（轻微）、2 级（轻度）、3 级（中等）								

1.1.3 4月26日电客车在线监测(A2型车)

(1) 电客车受电弓网压变化

4月26日热滑试验过程中,车辆专业利用在线监测设备记录电客车受电弓经过F磨4分段绝缘器的网压变化。根据监测结果,列车由入厂线向磨碟沙下行站台运行过程中以及由磨碟沙下行站台向入厂线运行过程中,速度越高,网压差越大;速度越低,网压差越低;闭合2112越区隔离开关在ATO模式下,网压差基本可忽略。

(2) 在线监测设备波形图对比

通过对比正常工况时ATO行驶模式下在线监测设备记录的波形图,B、C车牵引系统网压与辅逆网压变化趋势基本一致,牵引系统电流随着网压增加而减少。列车前、后弓通过分段绝缘器时的网压变化幅值未有大幅度变化,均在200V以内。

1.3 试验结论

经两次热滑试验,总结得出结论如下:

(1) 不同类型电客车,以相同速度、相同路径经过F磨4分段绝缘器,打火强度无明显差异。

(2) 一般情况下,同一行车路径及行车模式,电客车通过F磨4分段绝缘器时的速度越低,网压值越低,打火强度越小。

(3) 在相同车速和行车路径下,同一电客车前后弓通过F磨4分段绝缘器时,前弓的打火强度均大于后弓;

(4) 在相同车速下,同一电客车沿“入车厂线→磨碟沙下行线”路径,经过F磨4的打火强度普遍小于列车沿“磨碟沙下行线→入车厂线”路径时的打火强度;

(5) 闭合磨碟沙2112越区隔离开关后,电客车以不同路

径、不同速度通过F磨4分段绝缘器,均无打火情况。

2 碳滑板与分段绝缘器故障件冷滑测试试验

为模拟跳闸过程中,碳滑板和分段绝缘器的相对位置关系,将2020年4月12日跳闸后换下的故障件F磨4分段绝缘器导滑板与2B75碳滑板模拟冷滑测试,测试结论如下。

在车体滑入导流板宽口侧时,如果车体受电弓存在沿垂直线路方向靠左侧25mm及以上的摆动,F磨4分段绝缘器的右侧导流板将滑入碳滑板凹槽内,致使左侧导流板与碳滑板分离产生空气间隙,无法平滑过渡。



图1 导滑板宽口侧相对位置关系 图2 假设导滑板滑入凹槽时相对位置关系

3 八号线入车厂线F磨4分段绝缘器监控数据分析

针对F磨4分段绝缘器热滑试验,为进一步扩大数据采集量,论证试验结果的普遍存在性,现在轨行区F磨4分段绝缘器旁加装摄像头,用于监控运营期间电客车通过入车厂线时,F磨4分段绝缘器的运行状态。

自2020年4月19日至2020年6月18日,共统计34列电客车1090车次,经F磨4分段出厂,按照早高峰和下午两个时段,统计经过F磨4分段绝缘器的打火次数及占比,如下表2所示:

表2 不同时段电客车经F磨4的打火数量

时段	车次数量	弓架次	打火数量					
			合计	占比	前弓		后弓	
					打火数量	占打火总数比例	打火数量	占打火总数比例
早高峰	762	1524	1001	65.68%	458	45.75%	543	54.24%
下午	318	644	356	55.28%	155	43.54%	201	56.46%

由上表4所得,早高峰时段总打火数量占比相较于下午时段高10.4%,以及下午时段车次数和打火数量明显低于早高峰时段,故可得出打火时段大多集中于早高峰期间。

4 打火原因分析

经过八号线入车厂线分段绝缘器热滑试验、故障件模拟冷滑试验以及录像监控数据分析,总结得出原因如下:

4.1 电压差

由热滑试验结论可得,当闭合越区隔离开关,使分段绝缘

器两端的供电区导通后,列车通过分段绝缘器时的打火现象即可消除,从而推断该打火原因为,列车通过分段绝缘器,受电弓由一个供电区向另一个供电区过渡时,不同供电区的电压差造成的电气拉弧。

(1) 上网点与分段位置导致的电压差

根据上述原因分析,复核F磨4分段绝缘器前后两供电区的牵引变电所至分段绝缘器的距离。赤沙车辆段8D6区上网侧至F磨4分段绝缘器的距离约为930m,磨碟沙站8A2区上网侧

至F磨4分段绝缘器的距离约为119m,至牵引变电所距离的差异,使得分段绝缘器两端的线路阻抗相差较大,导致分段绝缘器两端电压差的产生。

#### (2) 牵引负载的变化

经F磨4分段绝缘器监控数据分析,早高峰出车时段,列车通过分段绝缘器的打火程度及打火次数均高于下午列车回厂时段,且八号线入车厂线前后两次短时失压事件各发生于末班车回厂和首班车出厂时期。由此可推断:

1) 早高峰时期:正线侧行车密度大,同一时间段内,多趟列车在同一供电区内行驶,正线侧供电区(8A2区)的馈线开关馈出电流远高于车厂侧供电区(8D6区),此时两供电区将产生电压差。

2) 首/末班车出/入厂时期:该时期车厂侧多台电客车正处于等待出厂或陆续回厂阶段,此时的电客车受电弓均位于升弓取流状态,且正线侧已无其他电客车取流,故车厂侧供电区(8D6区)的馈线开关馈出电流远高于正线侧供电区(8A2区),此时两供电区将产生电压差。

在受电弓通过分段绝缘器时,其碳滑板导通分段绝缘器的导流通道,因电压差的存在,在取流点转换的瞬间,相当于电路带负荷闭合后断开的过程,从而导致产生不同程度的电弧。

#### 4.2 大电流

由上述F磨4分段绝缘器监控数据可知,列车通过F磨4分段绝缘器时速度越高,打火强度越大;而速度越大,列车取流将越大,此时,受电弓碳滑板切换取流点的瞬间,产生较大电弧。

#### 4.3 弓网匹配性

由日常受电弓检查情况可知,受电弓的碳滑板磨耗最大处普遍存在于距离碳滑板中心点130mm-180mm范围内,该范围内碳滑板表面多数会因磨耗较大而形成一個凹槽。

根据分段绝缘器安装位置要求,分段绝缘器应安装于线路中心,距离线路中心线不超过50mm。故以浙江旺隆刚性分段绝缘器为例,针对直线区段,分段绝缘器导流板宽口侧的拉出值为125mm,窄口侧的拉出值为60mm。

经对比可得,分段绝缘器导流板宽口侧安装位置(拉出值125mm)与碳滑板凹槽普遍分布位置(拉出值130mm-180mm)相差仅5mm。由于不同电客车受电弓碳滑板的磨耗情况不尽相同,且电客车行驶过程中,受电弓存在一定的左右晃动情况。故可判断在电客车通过分段绝缘器时,存在碳滑板凹槽与导流板位置重叠的情况,该情况导致分段绝缘器导流板与受电弓碳滑板短时分离,分离的同时接触电阻增大,电客车取流的巨大能量导致局部温度陡升,并随之产生电弧,振动波的传导使导流板始触部位的工况恶化,进一步加剧电弧的伤害。

### 5 打火整治策略探讨

通过此次八号线出入段线处分段绝缘器打火原因分析及试验结果论证,探究降低弓网间打火的思路如下:

#### 5.1 降低电压差

##### 5.1.1 闭合越区开关,消除电压差

针对设置在出入段线的分段绝缘器,两端不同供电分区的

情况,由于该区域行车密度小,仅在列车上下线运营时有车通过。故根据列车时刻表,在列车高频次出入车厂的时段闭合越区隔离开关,将两供电区临时导通,消除因不同牵引所供电而产生的电压差。

##### 5.1.2 调整变电所馈出电压,降低电压差

根据分段绝缘器至两不同供电区牵引变电所的距离差,调整车厂侧变电所的馈出电压值,确保列车通过分段绝缘器时,不同供电区的电压差接近于零。

#### 5.2 降低大电流

##### 5.2.1 列车限速

在满足列车运作命令的前提下,对出入段线分段绝缘器所在的轨道区段设置限速,降低列车受电弓通过分段绝缘器的取流,从而降低大电流。

##### 5.2.2 采取列车自动控制过分段系统

在分段绝缘器两端一定距离处设置断电标,列车在自动控制方式下正向运行时,当列车前端距离正向断电标还有一定时间时,车载控制设备向列车发送过分段指令,即实现列车主断路器分闸,当列车前端通过反向断电标后一定距离时,车载控制设备向列车发送撤除过分段指令,恢复主断路器合闸状态。通过上述操作,实现列车通过分段绝缘器时处于不取流状态,从而消除大电流。

#### 5.3 改善弓网匹配

定期组织开展列车受电弓检查,对碳滑板最大磨耗点剩余厚度较小时,及时提醒车辆专业更换。并对上述列车,结合列车时刻表,定期加密跟踪。

另根据分段绝缘器导流板打火位置分布,预测受电弓通过分段绝缘器时,受电弓碳滑板凹槽与分段导流板的普遍位置关系。根据位置关系,适当调整分段绝缘器主体与线路中心的水平距离,从而确保分段导流板可错开碳滑板凹槽位置,实现受电弓平滑过渡,提高弓网稳定性。

### [参考文献]

- [1]甘永忠.关于接触网分段绝缘器运行问题的探讨[J].电气铁道,2018,29(3):19-21+24
  - [2]苗为民,李勇力.关于分段绝缘器运行问题的探讨[J].铁道机车车辆,2010,30(1):83-93.
  - [3]张弘.接触网用消弧分段绝缘器[J].中国铁路,1991(12):28,27.
  - [4]刘鹏.影响分段绝缘器性能的原因探讨[J].铁道建筑技术,2007(S2):57-58.
  - [5]25 kV 电气化铁道接触网用分段绝缘器:TB/T 3036—2002[S].2002.
  - [6]TB/T 3036—2016.电气化铁路接触网用分段绝缘器
  - [7]周悦,魏文赋,高国强,等.弓网电接触系统滑板温升特性研究[J].铁道学报,2019(6):74-80.
- 作者简介:赵经东(1986-),男,甘肃武威,城市轨道交通供电工程师职称,主要从事城市轨道交通供电设备运维工作。