

沈阳地铁车辆受电弓轴承烧蚀故障分析

马丽萍

沈阳地铁集团有限公司运营分公司 辽宁 沈阳 110000

摘要: 针对QG-120 (B-SYL9&10)型受电弓拉杆两端轴套连接处出现过流灼烧的问题,结合该型号受电弓自身特点与实际数据测量结果,提出相关故障解决措施,以确保地铁电客车运营使用安全。

关键词: 轴承关节;受电弓软连线

1 受电弓介绍

受电弓是动车组极其重要的电器部件,用来把接触网1500V的电能传导给车内高压设备。由于受电弓具有较好的气动力模型和气流调整装置,能有效改善受电弓的气动力稳定性,保证弓头位置稳定。沈阳地铁10号线电客车采用QG-120型单臂受电弓,每架弓配置四根浸金属滑板,相比两根滑板配置,具有载流量更大、电传导性优良、跟随性好、接触面积大等特点。该型号受电弓具有结构简单、性能安全可靠、维护简单、日常维护工作量小等特点,同时在电客车速度范围内具有良好的空气动力学特性,保证了受电弓与架空接触导线具有良好的接触状态和接触的稳定。

2 故障概述

2021年11月18日,沈阳地铁10号线1012电客车在库内检修时发现5车受电弓拉杆两端的轴套连接处出现过流灼烧的情况,具体表现为,轴承关节呈黄色,车顶有轴承内润滑脂溢出滴落现象,轴承关节边缘有金属熔化后再次冷却凝结而成的珠粒,部分呈现加热后的蓝色金属氧化物颜色。在对其进行拆解时,发现轴承内圈和轴承杆已经损伤严重,部分区域熔焊无法正常拆解,对其他车辆进行普查时又发现多起类似情况。所有受损受电弓未发生轴承关节卡滞情况,能够正常升降弓。假如隐患未及时被发现的话,严重情况下会导致活动关节卡滞,进而影响受电弓正常升降功能及弓网配合关系,易造成过渡区域出现严重拉弧打火,引起受电弓受流增大导致该部件加速恶化直至出现熔化、断裂等情况发生并影响地铁运营安全。

对电蚀过的轴承更换之后,2周内再次出现电蚀情况,通过图片可以看出,关节及轴承内部通过了较大的电流,由于轴承内部导电通道过少,在滚珠与内外圈的相对运动过程中点接触不稳定,故接触面会发生电闪络、产生高温,进而形成熔瘤、疤结或弧坑,最后发展为电蚀损伤。



图1 烧蚀后的受电弓拉杆关节



图2 拆解后的故障拉杆关节及内部轴承组件

3 原因分析

经过对受电弓工作原理进行分析,可能造成轴承烧蚀的原因为以下几项。

3.1 轴承本身的原因

全金属材质的轴承组件本身不具备承载大电流的能力,而且轴承本身为阻值极小的良导体,当与其近似为并联关系且同为良导体的软连线阻值稍有增大时,就会使得通过轴承自身的电流增大,造成该部件发热。

3.2 车辆负载过大

当电客车由于某种原因出现车辆负载过大的情况时,会导致实际取流量超过受电弓设计载流,致使拉杆部位分流增大,导致该结构热效应增大,引起轴承烧蚀。通过对电客车牵引电流进行对比,不存在负载突然

变大的情况。所以可以排除车辆负载过大的因素。

3.3 受电弓导流不畅

车辆运行时，受电弓从架空接触线汲取电流，传输至安装在受电弓底架上高压接线板后，通过车辆大线引入车辆内部，电流从架空接触网至车内的走向为：架空接触导线→受电弓弓头滑板条→连接在滑板条两端的软连线→受电弓上臂杆→连接上臂杆与下臂杆的软连线→下臂杆→连接下臂杆与底架的软连线→受电弓底架高压接线板→车顶大线→车辆内部。

出现大电流流经拉杆的原因在于下臂杆的相对电阻过大，致使电流选择从电阻较小的拉杆一路经过。下臂杆相对电阻阻值增大的原因可能为连接受电弓上下臂杆

的软连线阻值变大，及上下两处软连线材料出现过流引起发热烧损后电阻增大，车辆运行时所汲取的电流传导异常，无法通过下臂杆与底架连接的软连线传导，导致过大的电流从上臂杆位置经过图3中红色箭头所指拉杆传导至底架，使拉杆两端的轴承套组合过流烧损^[1]。

针对这种情况，对故障受电弓进行检查，使用直流低压电阻测试仪，检查各个部位的软连线电阻值，发现该架受电弓的底连接部位的软连线A组合（软连线编号为5-8）电阻较大，其中7#线的电阻值最大已达到395.6欧姆，而下臂杆的连接部位（1-4）的软连线B组合，工头连接部位（9-16）的软连线基本正常，小于1.03m欧姆，测量结果如表1：

表1 受电弓软连线阻值测量结果

测试编号	位置	软连线测试电阻	测试编号	位置	软连线测试电阻	测试编号	位置	软连线测试电阻
1	下臂杆软连线B组合	0.57mΩ	5	底架软连线A组合	232.4Ω	9	弓头软连线	1.03mΩ
2		0.16mΩ	6		183.5Ω	10		0.14mΩ
3		0.19mΩ	7		395.6Ω	11		0.49mΩ
4		0.17mΩ	8		143.62Ω	12		0.83mΩ
					13	0.19mΩ		
					14	0.11mΩ		
					15	0.12mΩ		
					16	0.46mΩ		



图3 受电弓软连线及其连接端子实物图

一个受电弓共24根软连线，分别布置在弓头、下臂杆和底架位置。软连线截面形状为圆柱形结构，在相同的截面面积和空气动力的情况下，该截面结构软连线所受的压力值较小，而从材料力学角度分析，该结构的抗弯曲和剪切许用应力值较扁平形软连线要大，出现边缘断股的概率要小，1500 V电流经过轴承滚珠与轴承内外圈接触表面之间的极薄油膜时，会使接触表面产生电闪络、弧光及高热熔化，进而发展为电蚀损伤。在电蚀初期检查，会发现端盖内侧面烧痕、轴承润滑脂变质、轴

承滚珠及滑道接触面轻微烧痕等轻微电蚀损伤现象，如继续使用，则轻微电蚀损伤会逐步发展为轴承内部烧损及金属堆积等严重电蚀损伤。

通过测试，确认为软连线电阻过大是导致轴承烧蚀的主要原因。软连线电阻过大会导致导流不畅或相对于拉杆轴承该导流线未形成低阻值导电通道，部分特大电流通过拉杆轴承造成电蚀。此时，如有列车再生制动产生的大电流逆向经过该轴承，则会进一步加剧电蚀损伤。

对软连线电阻异常增加的原因分析如下：

3.3.1 表面氧化

软连线材质主要为铜基合金，由于过流烧蚀等原因氧化后，会生成氧化铜等金属氧化物，附着在金属表面，降低电导率，致使软连线整体电阻增加。

3.3.2 端子压接不良

软连线两端为压接端子，压接不到位的情况下，随着运营里程逐渐增加，端子与软连线之间的缝隙进入灰尘与油脂，导致软连线端子接触不良，电阻率上升。

3.3.3 表面灰尘过大

由于软连线在滑板下方，磨损掉的滑板粉尘沉积在软连线表面，另外由于洗车或者雨水等原因造成软连线

被粉尘包裹,造成电阻过大。

4 解决措施

4.1 对接触线进行清洗、重新压接

使用超声波清洗设备能够有效清理软连线结构中的较小缝隙,将内部积压灰尘与油脂等能够增高电阻率的杂质清理出来,同时配合端子的重新压接,使得端子与软连线主体间结合部位紧密接触,降低杂物进入或接触部位间隙氧化导致整体电阻率增加的可能。

沈阳地铁10号线所有故障软连线在统一进行超声波清洗,用液压钳对接头重新压接后,电阻值全部减少到 $1\text{m}\Omega$ 以下,因为10号线运营公里数只有15万公里左右,所以接头压接不良很可能是厂家压接工艺的原因所致^[2]。

4.2 定期对接触电阻进行测量

围绕受电弓软连线制定检修工艺,定期对其进行拆卸并使用低压电阻测试仪测量阻值,以便于及时发现故障点,尽早进行处理,防止软连线状态进一步恶化导致弓体结构受损。

4.3 轴承进行绝缘处理

正常情况下,轴承处只有极其微小的电流通过,但

是如果因为各种原因,软连线电阻增大,导致轴承经过大电流,为了保证轴承功能,可以将轴承进行绝缘处理。将原本为纯金属良导体结构的受电弓拉杆关节进行绝缘化处理,使得软连线的电阻远远小于绝缘后的拉杆电阻,这样电客车在运行时电流几乎不会经过拉杆结构,且由于软连线为多组并联良导体,当部分软连线出现阻值增大的问题时,其余软连线承载负载电流时的热效应也不会导致其发生性质改变,能够较大程度地降低拉杆关节烧损故障率。

结束语:受电弓轴承烧蚀会直接影响弓网间良好的配合关系,对正线运营造成很大的安全隐患,通过对软连线进行压接,更换故障关节轴承,解决了大批轴承关节烧蚀的问题,保障正线供车需要。

参考文献:

[1]叶旺,成都地铁2号线1期电客车受电弓优化浅析.信息通讯,2021(31):255-256.

[2]陈玉林,王伟雄.蓄电池连接线的使用与维护技巧.南方农机,2020,6(16):157-158.