

太原地铁2号线一期电客车受电弓碳滑板异常磨耗浅析

李 焯

太原中车轨道交通装备有限公司 山西 太原 030027

摘要：分析了可能造成太原地铁2号线受电弓碳滑板异常磨耗的原因，同时针对碳滑板异常磨耗的情况介绍了在碳滑板异常磨耗期间，车辆检修作业中可以进行的相关整治措施。

关键字：地铁；受电弓；碳滑板；异常磨耗

1 问题提出

太原地铁2号线接触网全段为刚性接触网，受电弓碳滑板采用浸金属碳滑板。异常磨耗期间滑板磨耗型面为偏“U”型，滑板表面光亮碳晶层减少，严重时无碳晶层，如下图1所示；接触线出现拉丝，部分区段出现波磨^[1]。

2 原因分析

结合历年受电弓碳滑板异常磨耗，对不同阶段进行监测，出现了季节性异常磨耗，即当环境相对湿度较低时受电弓滑板磨耗率会有所升高。

如下图2所示，对隧道湿度和每日受电弓碳滑板的万公里磨耗进行统计分析，在4月1日和4月12日、17日三个时间点，均有不同程度的降雨，与此同时隧道内的湿度

相比未降雨的时间明显上升，观察受电弓碳滑板日万公里平均磨耗也随着湿度的升高而下降。



图1 “U”型碳滑板表面状态

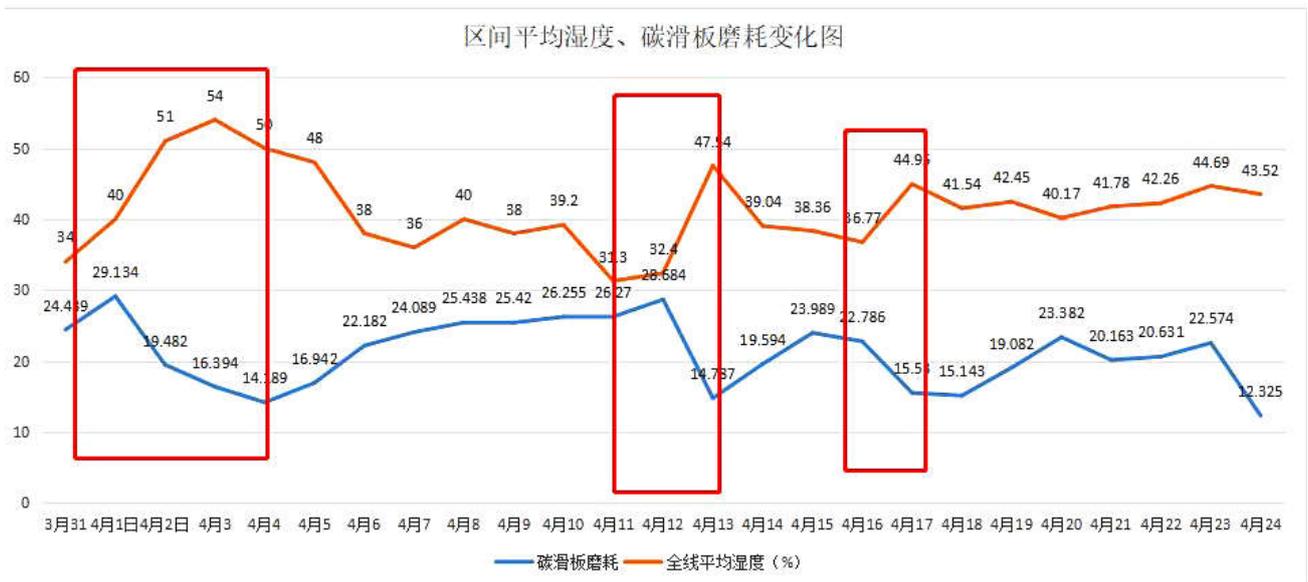


图2 隧道区间平均湿度、碳滑板万公里磨耗变化图

3 试验验证

为了验证隧道内环境湿度对受电弓碳滑板表面碳晶层形成有正向作用，改善弓网关系，使用环-块式载流摩擦磨损试验机、恒温箱、抽湿机等进行了相关验证试验。如下图3所示。

本试验采用环-块式载流摩擦磨损试验机，试验机的接触线采用与2号线相同材质、刚性强度的铜银合金接触线，碳滑板采用上海摩根品牌浸金属碳滑板，试验过程中滑板相对于接触线的拉出值在电客车碳滑板实际拉出值范围内(±250mm)。通过该试验来辨识不同环境湿度

下对弓网系统载流摩擦磨损性能的影响^[2]。



图3 工业级抽湿机和恒温箱

本次试验中，分别设置的试验工况为高湿度（大于50%），和低湿度（小于30%）两种环境，然后在不同电流参数、不同运行速度的情况下计算磨损情况。

通过对比试验，结果显示，在未加电流且静态接触力保持恒定的情况下，高湿度时，磨损量随速度的变化不明显，滑板的磨损量随着速度的增加略有上升趋势但增加趋势比较平缓；低湿度时，磨损量随着运行速度的变化波动较大，当运行速度为40km/h及60km/h时磨损量较大。因此，碳滑板的磨损情况变化在湿度不同的情况下作用不同，低湿度时速度的变化对弓网关系影响大于高湿度工况下的影响。

当增加滑板载流（工况载流250A）的情况下，高湿度时，磨损量随速度的增加而缓慢增加。在低湿度时，磨损量随着运行速度的提高呈先减小后增大的趋势，当法向力为25N和35N时，磨损量随速度的提升而降低。

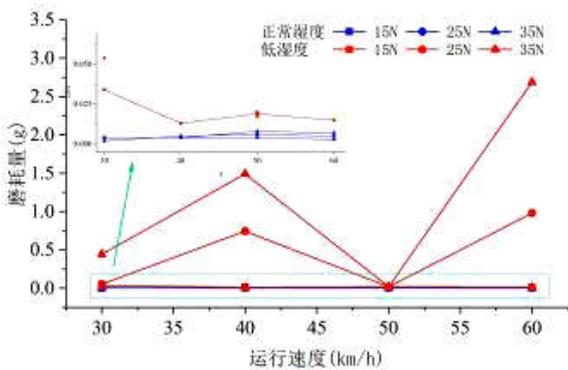


图4 未加电流且静态接触力保持恒定的情况下磨损量随速度变化曲线

综上所述，在相同的试验条件下，低湿度工况下，滑板的磨损量明显大于高湿度工况下滑板的磨损量，低湿度的磨损量为高湿度磨损量的5倍以上。在相同的试验工况下，滑板的磨损量随着电流的增加而增加^[3]。

低湿度的工况下，弓网接触间的机械磨损所占比例比高湿度的条件下大；且相同载流工况下电弧烧蚀情况更严重。低湿度工况下滑板磨痕表面总存在一块面积较

大的黑色烧蚀区，滑板的磨痕表面比较粗糙。高湿度的工况下滑板磨痕表面比较光滑，电弧烧蚀区面积较小

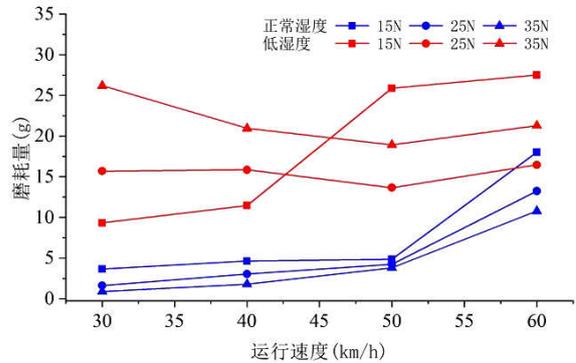


图5 载流工况且静态接触力保持恒定的情况下磨损量随速度变化曲线

4 已有工作及效果

4.1 车辆专业

根据历史异常磨损经验，主要的工作包括碳滑板打磨、厚度测量、接触力测量等，具体整改措施包括如下几条：

4.1.1 每日登顶电客车，进行碳滑板的测量和计算万公里平均磨损。下载电客车弓网检测系统的数据，对数据进行相关分析和统计。

4.1.2 对电客车受电弓打磨作业，具体打磨要求为在碳滑板表面喷水，使用800目、1200目、2000目砂纸分别由粗到细进行打磨。打磨完成后，跟踪碳滑板状况，在每日运营大约500km的情况下，磨损量未变化，万公里磨损仍然处于较高水平。碳滑板表面的粗糙状态相比前期改善。

4.1.3 统一更换所有电客车的碳滑板为新碳滑板。更换新碳滑板后，受电弓万公里磨损未发现明显好转的现象，每日万公里磨损仍处于较高水平，且车顶铜粉明显增加。

4.1.4 更换新碳滑板后涂抹石墨粉的测试，选择一列电客车，将滑板表面涂抹导电膏和石墨粉混合物。在试车线以CM模式运行测试。测试后照片如图6所示，电客车测试完成后表面导电膏黏着未脱落，有反光亮面。且在拉出值范围内出现横向条纹，且棱边位置出现亮黑条纹。石墨粉在碳滑板表面积累形成沿滑板方向的贯穿线。



图6 电客车涂抹石墨粉和导电膏后运营后表面照片

4.2 其他专业

异常磨耗期间,接触网专业的主要工作就是针对接触网线面的检查,对作业区间内的线边毛刺情况进行排查打磨。此外,接触网专业在异常磨耗期间采取的作业如下几项:

4.2.1 组织接触网专业工作组,对隧道内刚性接触网进行全线打磨;

4.2.2 接触网专业人员结合碳滑板表面形态对刚性接触网进行对应得调整,比如异常磨耗初期得“U”型状态,调整正线滑板对应拉出值范围内的定位点导高;在完成全线的调整后,碳滑板的磨耗形态恢复正常。

4.2.3 在上述工作完成后,接触网的重点也是加强接触面的打磨,主要就是利用夜间人工点,使用粗布打磨接触网底部,或者使用带纤维轮的电动角磨机对接触网底部进行打磨覆盖全线。

4.2.4 选择合适的工艺措施,增加隧道内环境的湿度,比如使用消防栓喷水,增加湿度;打开通风风机增加隧道内湿度。

5 总结

5.1 弓网关系恶化的原因

综上所述,针对上述的理论验证试验和太原地铁2号线的实际验证,刚性接触网的参数变化是弓网异常恶化的主要原因,当刚性接触网的参数发生变化,比如导高的突变导致弓网接触工作面急剧变化,受电弓碳滑板的机械磨耗异常上升。

当发生弓网异常磨耗以后,弓网关系需要进行重新匹配和优化,而这一优化的方式主要是通过接触网参数的不断调整,调整的过程中要结合碳滑板表面和整个板面的状态变化进行优化参数,当碳滑板表面状态优化

为正常磨耗的形态后,增加接触网工作面和碳滑板表面的打磨,为弓网关系的匹配营造良好的环境。

与此同时,采取合理的措施增加隧道内的温湿度,湿度的增加不是受电弓碳滑板表面碳晶层产生的主要原因,但是湿度的增加是碳晶层形成的重要条件之一,占有不可或缺的作用。

5.2 建议措施

综合以上的分析和试验结果,为保证受电弓碳滑板的正常磨耗,可以采用如下几个措施:

1) 保证正线接触网“之”字布置的均匀性,严格控制刚性接触网的导高,不可以单方调整接触网或者受电弓参数;

2) 提高正线隧道的温湿度环境,为碳晶层形成提供良好环境条件;

3) 异常磨耗期间,加强刚性接触网和车辆专业的配合打磨,接触网加强接触面的打磨(使用纤维轮)和线边毛刺的跟踪处理,同时车辆专业加强碳滑板表面的打磨(不同目数的砂纸)。从而为弓网的配合提供良好的环境因素^[4]。

参考文献

[1]《TJ/CL 328-2014 动车组碳滑板暂行技术条件》

[2]宋冬利,江亚男,张卫华.滑板磨耗对受电弓系统服役性能的影响研究[J].西南交通大学学报,2017,052(003):450-457.

[3]孙文峰.城市轨道交通接触网中弓网磨耗的原因[J].住宅与房地产,2016,No.428(15):237.

[4]GB/T 21561.2-2008《轨道交通 机车车辆 受电弓特性和试验 第2部分:地铁与轻轨车辆受电弓》