

城市轨道交通

广州地铁 5 号线直线电机车辆  
安全鼻与车轴刮蹭问题分析

谭名强

(广州市地下铁道总公司 运营总部事业,  
广东 广州 510710)

**摘 要:**为解决广州地铁 5 号线直线电机车辆批量出现的安全鼻与车轴刮蹭问题,从车体结构及轮轨关系两方面进行了分析,对出现安全鼻与车轴刮蹭的车辆采取了调整安全鼻间隙到正常范围、确认连接部件状态正常、监测直线电机气隙范围、对刮轴部位重新涂漆跟踪处理、对轨道进行检测修复等应对措施,最终确定轮轨关系恶劣引起的走行部振动幅度大是导致刮蹭问题的主要原因,橡胶件的变形超差是次要原因。

**关键词:**广州地铁 5 号线;安全鼻;车轴刮蹭;轮轨关系

中图分类号: U231                      文献标识码: B  
文章编号: 1000-128X(2015)04-0092-03  
doi: 10.13890/j.issn.1000-128x.2015.04.025

1 概况

广州地铁 5 号线直线电机车辆(以下简称 L 型车)采用第三轨受流和直线电机驱动系统。L 型车直线电机与转向架通过 5 根垂向吊杆及 2 根横向拉杆固定连接,其作用是限制电机在垂向及水平方向的移动,从而确保电机与转向架之间的固定。安全鼻安装在直线电机上,用来预防直线电机垂向吊杆失效时,直线电机下沉刮伤感应板,属于安全防护装置。列车正常运行时,安全鼻与车轴之间保持一定的间隙。

L 型车在以往的运营过程中,车轴与安全鼻之间曾断续出现过轻微刮蹭情况。但在 2013 年 12 月份, L 型车开始批量出现安全鼻与车轴刮蹭现象,此次车轴刮蹭数量多、范围广、时间集中,已远超偶发故障的范畴。

2 直线电机安装结构及故障情况简述

2.1 直线电机安装结构

在垂向,直线电机通过 5 根垂向吊杆与直线电机悬挂梁连接。垂向吊杆上端为橡胶关节,起到缓冲减振的作用,下端为球关节轴承与直线电机连接。直线电机悬挂梁通过双头螺柱直接安装于轴箱上,由调节套筒与弹簧套管通过螺纹配合调整电机高度,上下支撑橡胶起缓冲减振作用,同时由双重锁紧装置保证调

整后的电机与轨面之间的距离不变。轴箱通过轴箱轴承与车轴连接,车轴与车轮过盈配合,车轮直接与轨道接触,承载整车重力。为预防直线电机垂向吊杆失效,引起直线电机下沉进而刮伤感应板,在直线电机两端安装了 3 个安全鼻(见图 1),并与车轴之间保持一定的间隙,列车正常运行时起安全防护作用。

在横向,直线电机通过 2 根横向拉杆与转向架连接。横向拉杆与直线电机连接端为球关节轴承,与构架连接端为橡胶关节,起到缓冲减振的作用。

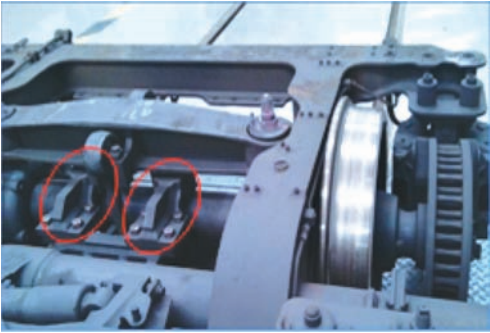


图 1 安全鼻及直线电机安装状态

2.2 故障情况

2013 年 12 月 1 日至 12 月 23 日,共发现 37 列车的 226 根轴出现刮轴现象,每日刮轴数量统计见图 2。车轴刮痕均呈不连续状态、车轴面漆未被刮透,绝大多数刮蹭位置位于电机前端左侧安全鼻的左边缘。具体情况如图 3、图 4。

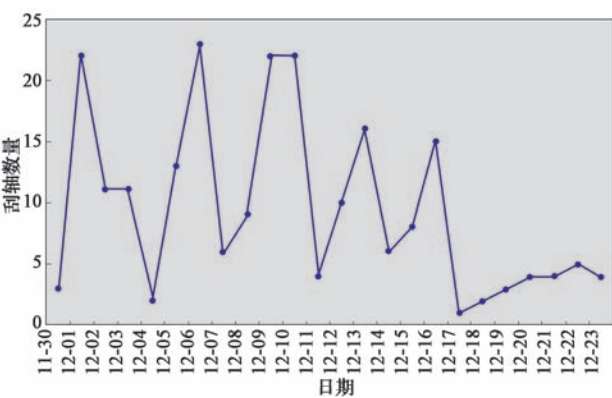


图 2 2013 年 12 月每日刮轴数量情况

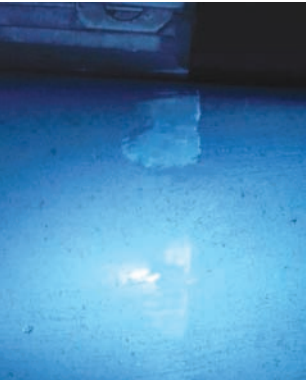


图 3 安全鼻刮轴局部情况

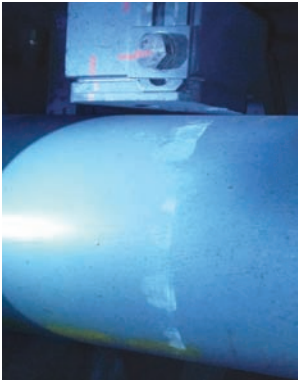


图 4 安全鼻刮轴整体情况

3 故障原因分析

从电机安装结构来看，列车车体本身结构故障及轮轨关系恶劣引起的振动都可能引起安全鼻与车轴刮蹭。

3.1 车体结构方面的原因

3.1.1 安全鼻间隙

按照架修规程安全鼻间隙要求在 4.5~5.5 mm，当安全鼻间隙低于要求值时，有可能导致列车在允许的振动范围内引起电机连接部件的橡胶件发生形变，当橡胶件的形变量超过安全鼻间隙时，安全鼻将会与车轴刮蹭。

维修人员按照架修规程调整电机高度，确保安全鼻间隙在 4.5~5.5 mm，并连续跟踪 5 天，安全鼻间隙个别存在异常（应为非标准轨情况下轨面左右高度超差过大导致），对行车安全应无影响。

3.1.2 连接部件状态

检查有关安全鼻与车轴刮蹭故障相关的转向架各连接部件状态，具体检查情况如下：

1）杆件状态

依次检查 5 根垂向吊杆及 2 根横向拉杆，杆件无断裂，目测无明显裂纹，状态正常。

2）橡胶件状态

逐个检查直线电机悬挂梁支撑橡胶，无下沉现象；逐个检查垂向吊杆橡胶关节，无裂纹或破损；逐个检查直线电机横向拉杆橡胶关节，无裂纹或破损。

3）轴承状态

车轴无倾斜情况，轴箱轴承状态正常。逐个检查直线电机垂向吊杆关节球轴承外观，无故障，用手摇晃，无松动现象，表明状态正常。逐个检查直线电机横向拉杆关节球轴承外观，无故障。

4）连接销状态

用手摇晃直线电机横向拉杆，由于横向拉杆销磨损，部分存在松动现象。

通过现场检查转向架各连接部件状态，除部分横向拉杆销存在 0.38~1.46 mm 的磨损外，其他连接部件状态正常。按照架修规程，横向拉杆销磨损超过 1 mm 时，需要按故障部件进行更换。横向拉杆销磨损导致直线电机横向拉杆松动，当列车过弯道时，电机存在横向振动，而电机前端的 2 根垂向吊杆布置在直线电机的中线上，一旦电机横向振动，将有可能导致安全鼻与电机刮蹭。目前只有部分横向拉杆销磨损，还有大部分横向拉杆销正常。

3.1.3 直线电机气隙检测

查看出现刮伤车轴的直线电机气隙在线检测装置的数据，发现大部分刮轴的电机在第三齿处高度都在 24.50~26.00 mm，符合不低于 21.3 mm 的预警值。查看列车最近 2 次运行时在线气隙监测系统数据正常且无较大波动，没有发现异常情况。

3.1.4 刮轴部位重新涂漆跟踪处理情况

根据前期跟踪检查统计数据，05009010 车车轴刮蹭情况相对比较严重，为了更好地了解车轴刮蹭情况，尽早查出故障发生原因，从 2013 年 12 月 12 日晚上开始，对 05009010 车车轴刮蹭进行连续 5 天的跟踪。使用一端厚度为 4.5 mm，另一端厚度为 5.5 mm 的专用工装测量安全鼻间隙，如安全鼻间隙在 4.5~5.5 mm，则记录安全鼻间隙正常。如安全鼻间隙超出 4.5~5.5mm，则采用塞尺进行测量并记录数值。跟踪情况如表 1，故障情况如表 2。从连续跟踪 5 天的情况来看，刮伤点逐渐减少但分布较分散，刮痕均为漆层表面刮蹭。

表 1 2013 年 12 月 05009010 车车轴刮蹭跟踪情况

| 日期    | 刮蹭情况    | 安全鼻间隙 | 连接部件 | 备注         |
|-------|---------|-------|------|------------|
| 12-12 | 未发现新刮痕  | 3 处超标 | 正常   | 为非标准轨原因导致  |
| 12-16 | 5 处轻微刮痕 | 正常    | 正常   | 记录位置，拍照后补漆 |
| 12-17 | 未发现新刮痕  | 正常    | 正常   |            |
| 12-18 | 3 处轻微刮痕 | 正常    | 正常   | 记录位置，拍照后补漆 |
| 12-19 | 未发现新刮痕  | 2 处超标 | 正常   | 非标准轨原因导致   |

表 2 2013 年 12 月 05009010 车车轴刮蹭故障情况

| 日期    | 位置        | 安全鼻间隙 /mm | 安全鼻间隙设计要求 /mm | 是否刮伤 |
|-------|-----------|-----------|---------------|------|
| 12-12 | A09 车四轴右侧 | 6.5       | 4.5~5.5       | 否    |
| 12-12 | C09 车一轴右侧 | 5.6       | 4.5~5.5       | 否    |
| 12-12 | B10 车四轴右侧 | 5.9       | 4.5~5.5       | 否    |
| 12-16 | B09 车一轴左侧 | 4.5~5.5   | 4.5~5.5       | 是    |
| 12-16 | B10 车一轴右侧 | 4.5~5.5   | 4.5~5.5       | 是    |
| 12-16 | A09 车四轴右侧 | 4.5~5.5   | 4.5~5.5       | 是    |
| 12-16 | B09 车四轴右侧 | 4.5~5.5   | 4.5~5.5       | 是    |
| 12-16 | A09 车一轴右侧 | 4.5~5.5   | 4.5~5.5       | 是    |
| 12-18 | C09 车一轴右侧 | 4.5~5.5   | 4.5~5.5       | 是    |
| 12-18 | B10 车一轴右侧 | 4.5~5.5   | 4.5~5.5       | 是    |
| 12-18 | B09 车一轴右侧 | 4.5~5.5   | 4.5~5.5       | 是    |
| 12-19 | B09 车四轴左侧 | 5.7       | 4.5~5.5       | 否    |
| 12-19 | B10 车四轴右侧 | 4.3       | 4.5~5.5       | 否    |

由表 2 可看出，连接部件状态良好，安全鼻间隙正常时，仍存在轻微刮痕，因此列车车体本身结构不是引起安全鼻与车轴刮蹭的主要原因。

3.2 轮轨关系方面的原因

3.2.1 车辆方面引起的激振

根据相关部门提供的镟修情况，发现有刮轴的车在 2013 年 11 月份镟过轮的有 4 列（占 11%），最早的列车镟轮时间是在 2013 年 6 月份。现场测量车轮轮对数据，符合架修规程规定，即轮对内侧距为  $1\ 353\pm 2\text{ mm}$ ，最小轮径值不小于 675 mm，最小轮缘厚度值不小于 29 mm，最大轮缘高度值不大于 32 mm，同一车轮的不圆度不大于 0.5 mm。车轮踏面有轻微擦伤，车轮无锥形。因此车辆方面的原因不会引起列车激振，它不是引起安全鼻与车轴刮蹭的原因。

3.2.2 轨道引起的激振

钢轨接头处的轮轨冲击、钢轨的垂向变形、钢轨的局部不平顺、钢轨的随机不平顺均将导致轨道的振动。

2013 年 12 月 12 日确认，5 号线存在 2 处轨道异常，