

城市轨道交通车辆

城轨车辆轮对踏面擦伤的分析

蒋 欣, 刘 泰, 李克雷

(南车青岛四方机车车辆股份有限公司 技术中心,
山东 青岛 266111)

摘 要：针对某市郊线路车辆轮对踏面出现的擦伤，建立故障树，列出造成轮对踏面擦伤的原因，借鉴事件记录仪所记载的数据进行分析，指出牵引系统防滑控制判断标准及空电配合策略的缺陷可能是造成车辆轮对踏面擦伤的主要原因，并提出了建议和措施。

关键词：城轨车辆；踏面擦伤；故障树；粘着；防滑策略
中图分类号：U260.331*.1；U260.37 **文献标识码：**B
文章编号：1000-128X(2012)06-0061-03

对于轮轨间粘着的控制和利用，是所有轨道车辆优化牵引制动性能永恒的主题。城轨车辆大流量、快速、短的发车间隔等特点，决定了车辆“急停、急起”的运行特性，也决定了必须充分利用并追求较高的粘着。对于主要运用于市郊铁路的轨道车辆，由于其线路主要在地面，轮轨关系容易受到包括气候和环境的影响，在下雨、下雪、结霜、轨面结冰、轨面有树叶等情况下，轮轨间的粘着容易受到破坏，发生空转、滑行的几率很大，如果没有适合的防空转、防滑策略和措施，轮对踏面容易受到损伤甚至发生剥离。

1 踏面擦伤机理分析

在某市郊线路运行的车辆在运行1年后，陆续有几列车出现了踏面损伤情况，踏面损伤的照片如图1。

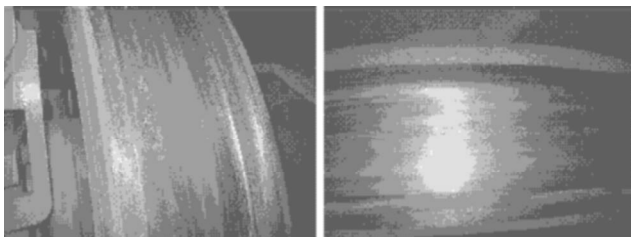


图1 踏面擦伤情况

针对踏面擦伤的情况，首先从车轮擦伤的机理进行分析，建立踏面擦伤故障树，如图2所示。

从车轮踏面擦伤的故障树分析看，造成车轮踏面擦伤有2个必要条件：一个是轮轨接触不良，粘着下降；另一个是空转或滑行保护失效。进一步的分析如下。

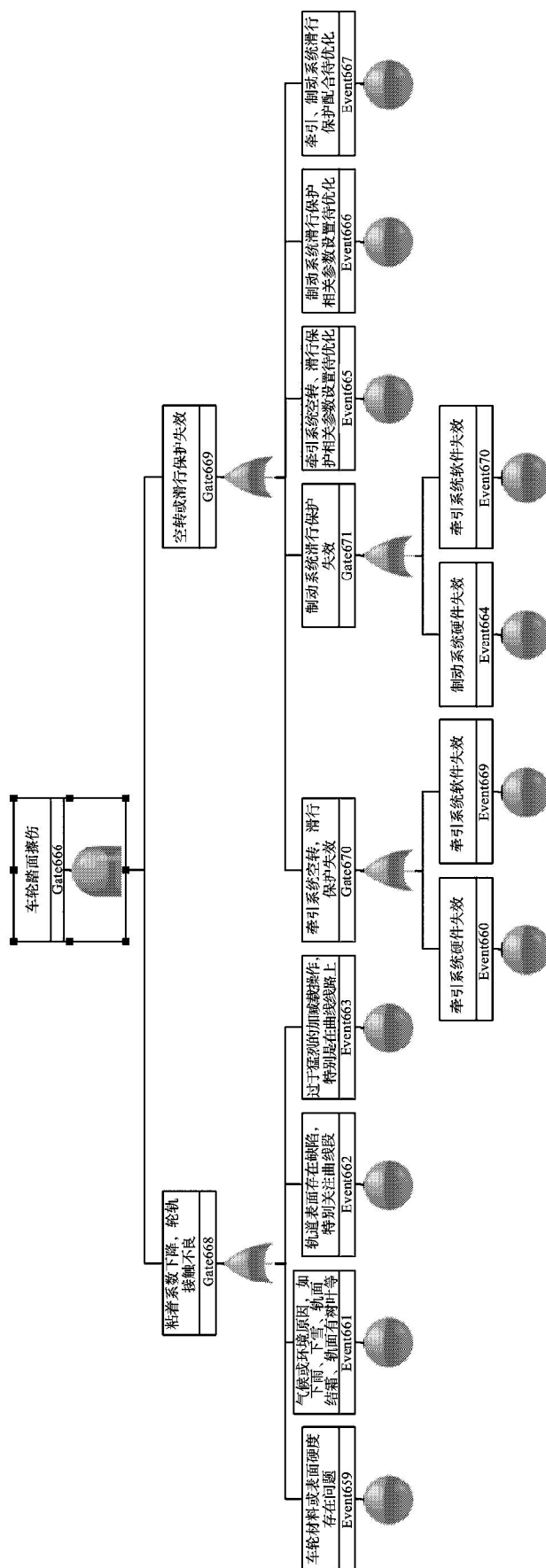


图2 轮对踏面擦伤故障树

1.1 轮轨接触不良

① 车轮材料或踏面硬度存在问题。从后期的检测报告指出，车轮的材质符合设计要求，且发生擦伤的

车轮与未发生擦伤的车轮制造批次没有呈现一定的规律,此原因基本排除。

②气候或环境原因。考虑到运行的线路主要为地面线路,在雨、雪等极端气候条件下,轮轨粘着会不可避免地恶化,后期通过对事件记录仪下载数据的分析表明,在恶劣的气候下,确实有空转和滑行的记录。

③轨面质量的不良。轨道不平顺或轨面质量差,特别是曲线路段,也有可能造成轮轨粘着恶化。

④过于猛烈的加减速操作。过于猛烈的加减速操作(特别是在曲线路段),也有可能造成轮轨粘着恶化。

1.2 牵引系统防空转/防滑行或制动系统防滑行失效

①牵引系统空转或滑行保护失效。对牵引控制软件版本进行检查,没有发现问题,故障信息分析中没有发现硬件故障信息。

②制动系统滑行保护失效。对制动控制软件版本进行检查,没有发现问题;对包括防滑阀等在内的硬件设备进行测试和检查,暂时没发现问题。

③牵引、制动系统滑行保护的配合。从已提交的试验报告及其他车辆运行的情况分析,牵引、制动系统滑行保护基本配合满足要求。

从以上分析可知,在极端情况下,轮轨粘着存在急剧下降的可能性。车辆牵引、制动控制计算需要依据设定的粘着系数来进行,为满足车辆正常运营的要求(包括车辆加减速、技术速度等),车辆的加减速正常情况下会据此进行计算控制。当轮轨粘着破坏产生空转或滑行时,车辆的牵引或制动系统会依据空转或滑行的严重情况,按照此前试验所确定的参数进行自动减载,以恢复粘着。如果由于种种原因,粘着不能及时恢复,踏面和轮轨之间发生滑行,局部有高温,会造成淬火处理后的踏面出现退火现象,踏面硬度下降而造成擦伤。

防空转、防滑策略和参数的最终确定是通过试验完成的。但是,试验是否涵盖了所有可能出现的恶劣工况,牵引、制动系统的控制策略和具体参数的设置是否已经是最优,需要展开进一步的讨论和分析。

2 空电配合策略的探讨和分析

2.1 牵引系统空转/滑行的控制策略

VVVF的空转滑行控制如图3所示。根据通向电机的电流检测出电机的旋转速度,将根据检测结果所求得的车轮转速作为车辆速度,再根据车辆速度测知加速度、减速度。

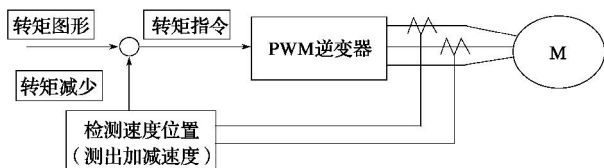


图3 速度检测原理图

另外,空转/滑行检测到车辆的加速度、减速度的变动率达到1.25倍时,将判断为空转、滑行,降低电机转矩,参照图4。

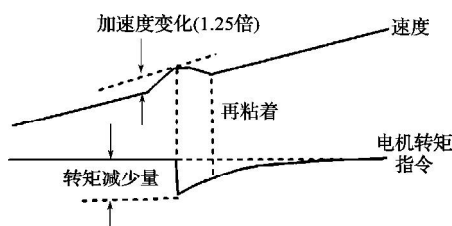


图4 空转/滑行控制原理图

2.2 制动系统的控制策略

2.2.1 BCU空气制动防滑控制分析

BCU主要采用速度差和减速度进行滑行检测,同时还参照其他车的速度来检测滑行。主要采取以下检测和控制方法:

①速度差检测:当某一轴速度低于参考速度(基准速度)达到滑行判定值时,产生空气防滑控制。

②减速度检测:当某一轴的减速度达到滑行判定值。

紧急制动 $\beta_N > 8.2 \text{ km/h/s}$ 且 $V_{\text{ref}} - V_N \geq 2 \text{ km/h}$

常用制动 $\beta_N > 6.8 \text{ km/h/s}$ 且 $V_{\text{ref}} - V_N \geq 2 \text{ km/h}$

式中: V_{ref} 为防滑系统的参考速度; V_N 为各轴速度; β 为减速度。

③为防止4根轴同时连续滑行时参考速度出现偏差,当本车参考速度与它车参考速度相差较多时,防滑系统对本车进行防滑控制,以恢复同车的轴速度和参考速度。

显然,由于BCU的空气制动防滑采用了速度差和减速度进行滑行检测,并具有在全轴滑行时的参照它车参考速度差的滑行检测方式,可以比较可靠地检测出滑行的产生。

2.2.2 空气制动与电制动的防滑控制配合

当VVVF或BCU检测滑行时,各自进行防滑控制,当VVVF检测到连续滑行超过5s时,VVVF将自动切除电制动,由BCU施加空气制动并进行空气制动的防滑控制。

3 故障数据分析

通过事件记录仪下载的数据进行分析表明,几乎所有的列车均出现过空转、滑行的现象,并且数量较多,多发生在小雨、霜冻的天气。对已获取比较典型的一张图(图5)进行分析。

如图5所示,车辆速度在17 km/h时,防滑控制系统检测到滑行产生,4根轴的防滑阀均产生动作,进行保压和排风动作。但轴速接近为0.4 km/h的时候,电制动力持续增大,制动缸压力迅速降为0。各轴的防滑阀持续地保压排风,但各轴速度仍然不能及时恢复,此时电制动力继续增加,达到最大26 kN左右。电制动持续施加9s左右,速度在0.4 km/h左右,接近抱死状态,9s之后轴速度才开始恢复到车辆的基准速度。其他几列发生踏面擦伤的车辆也有同样的电制动滑行现象。

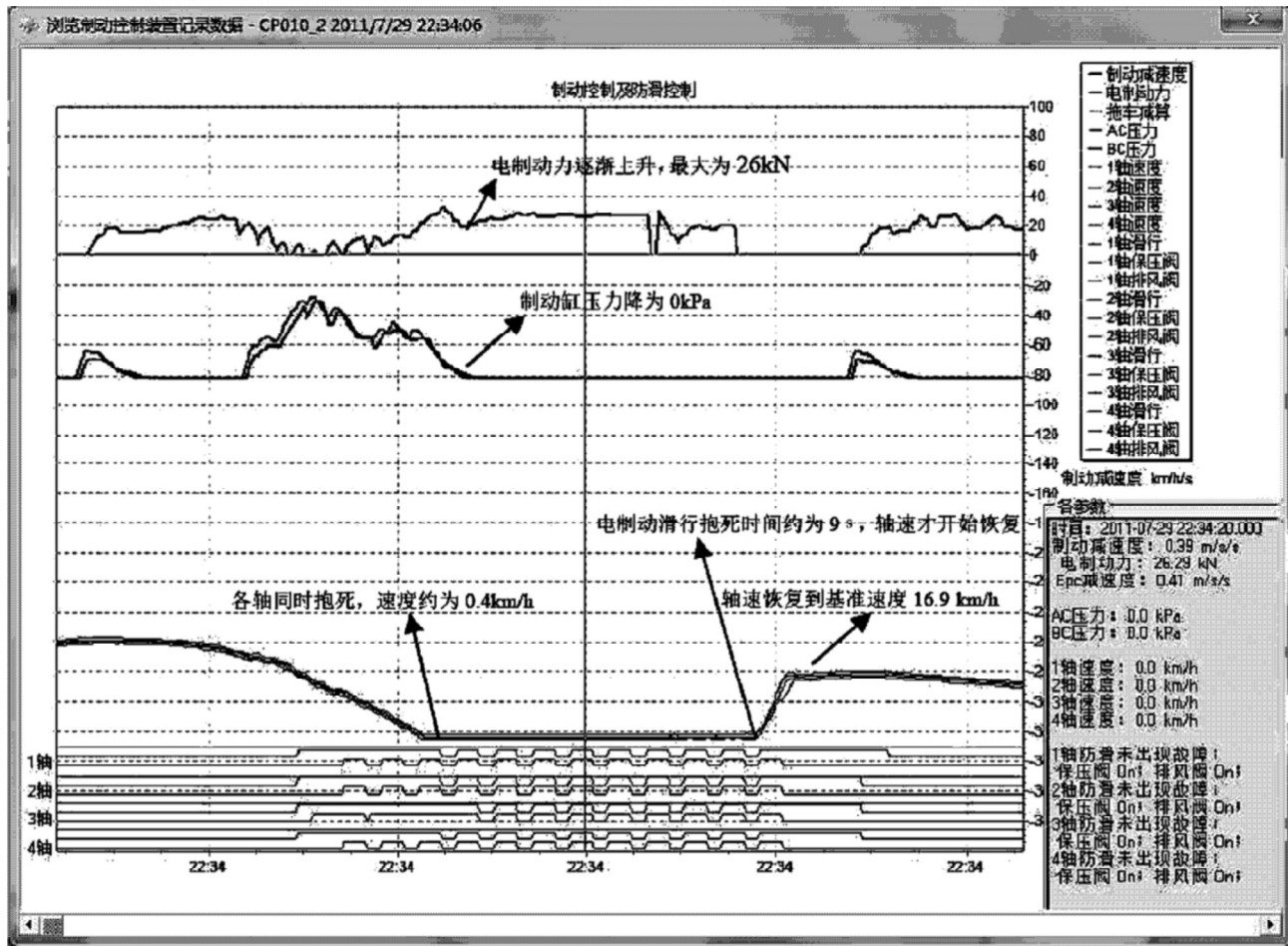


图 5 电制动滑行抱死曲线

此外, 从事件记录仪的防滑记录分析, 当所有车辆均有滑行产生时, 列车两端车辆的拖车采用纯空气制动来控制防滑, 防滑系统能及时检测到本车各轴速度的差异变化, 并控制防滑阀产生保压、排风的动作, 各轴速能恢复到车辆基准速度, 轮对没有擦伤。

4 结论和建议

从上述的分析, 有以下初步结论和建议:

- ①牵引系统的防滑策略: 牵引系统的防滑控制中, 仅有加速度检测, 在特定情况下, 有可能出现车辆 4 根轴全部抱死, 单靠加速度检测无法判断出现滑行的情况。因此, 牵引系统应具有速度和加速度同时检测, 无论哪个信号出现滑行特征, 即进行防滑控制。
- ②关于电制动与空气制动系统的防滑控制策略: 电制动和空气制动均实时检测车辆的运行状态 (是否发生滑行), 当检测到出现滑行后, 先由牵引系统的电

制动进行防滑控制, 空气制动保持原制动力, 发生大滑行时, 电制动退出, 由空气制动接管防滑控制, 直至恢复粘着。这样的策略在不影响车辆运行安全的情况下, 可最大限度减少因空电配合引起的踏面擦伤。

③建议加强对线路的检查和维修, 特别是小曲线区段, 为车辆运行提供良好的工作环境。

④针对线路情况, 在极端气候和环境条件下, 尽量避免或减少急剧加、减载操作, 降低空转、滑行发生的几率。

参考文献:

[1] 王伯铭. 城市轨道交通车辆工程[M]. 成都: 西南交通大学出版社, 2007.
[2] 严隽奎. 车辆工程[M]. 北京: 中国铁道出版社, 2007.
[3] 南车青岛四方机车车辆股份有限公司. 北京地铁昌平线车辆型式试验报告[R]. 青岛: 南车青岛四方机车车辆股份有限公司, 2010.