

HXD2C 型机车轮对踏面剥离问题的分析研究

王文斌

(大秦铁路股份有限公司 侯马北机务段, 山西 侯马 043000)

摘要: 机车轮对是铁路机车走行部的重要部件, 其技术质量直接影响到铁路行车安全。针对 HXD2C 型机车在侯马北机务段投入运用以来出现的轮对踏面剥离问题, 通过对运行线路信息、HXD2C 型机车轮对踏面剥离情况、轮对材质、用砂质量等情况跟踪分析, 找到 HXD2C 型机车轮对踏面剥离相关原因, 提出减少 HXD2C 型机车轮对踏面剥离问题的具体措施。经过运用验证效果显著, 为解决铁路机车轮对踏面剥离问题提供了一定的理论依据。

关键词: HXD2C 型机车; 轮对; 踏面剥离

中图分类号: U260.331⁺.1

文献标识码: B

doi: 10.13890/j.issn.1000-128x.2017.04.028

0 引言

机车轮对是铁路机车走行部的重要部件。近年来, 随着我国货运铁路向高速、重载方向发展, 铁路机车走行部出现的问题也随之增多, 而机车轮对踏面剥离问题变得尤为突出, 占机车轮对故障问题比例很大^[1]。作为铁路机车走行部的重要部件之一, 其技术质量直接影响到铁路行车的安全, 成为铁路运输的一个重要安全因素。因此, 为确保铁路行车安全水平, 需要对 HXD2C 型机车轮对踏面剥离进行分析与研究。

机车轮对作为铁路机车在轨道上运行的重要部件, 其踏面出现剥离问题后, 将会对整个机车系统、钢轨产生不良作用。这不仅影响铁路机车运行的平稳性, 甚至危及铁路行车安全。同时轮对踏面剥离加大了镟修轮对和更换轮对的概率, 增加了铁路机务检修部门工作量^[2]。针对轮对踏面剥离问题, 国外研究较早, 但由于造成剥离问题的原因涉及多个方面, 且经常反复出现, 至今仍是亟需解决的世界性难题^[3-5]。近年来, 国内学者提出研制和开发新的轮对材料, 提高轮对韧性和抗马氏体相变能力^[6]。文献[7]提出减少机车轮对

空转以降低轮对损伤。文献[8]提出改善牵引力对机车轮对粘着性能的影响。文献[9]提出消除轮对的纵向共振现象来改善轮对踏面的使用寿命。文献[10]提出采用弹性车轮以降低轮对剥离问题。目前针对 HXD2C 型机车轮对技术质量的研究多集中于机车操纵防止空转和检修镟修技术水平上^[11-13]。

本文从 HXD2C 型机车轮对踏面剥离情况、运行线路信息、机车轮对材质、用砂质量等情况跟踪分析, 找到机车轮对踏面剥离相关原因, 提出针对 HXD2C 型机车轮对踏面剥离问题的具体措施, 以消除或减少轮对踏面剥离问题。

1 机车运用情况

1.1 机车配属情况

为响应我国货运铁路高速、重载的发展方向, 根据大秦铁路股份有限公司生产任务布局的调整, 侯马北机务段自 2014 年底陆续从中车大同电力机车有限责任公司接回 40 台 HXD2C 型电力机车(编号 7001~7040), 担当货运列车牵引任务。该型机车自投入运用以来, 机车轮对踏面剥离频繁, 严重影响了侯马北机务段正常运输秩序。

1.2 运行线路基本信息

HXD2C 型电力机车配属侯马北机务段以来, 主要担当货车牵引任务, 其运行线路有南同蒲线、侯西线、瓦日线等。

1) 南同蒲线

侯马北—介休—太原北, 铁路运营里程 477.5 km。南同蒲线起伏坡道较多, 最大坡度 13‰, 曲线半径小于 600 m 的上行 125 处、下行 119 处, 最小曲线半径 400 m, 线路中“S”型曲线较多, 属于客货混运交路。

2) 侯西线

侯马北—韩城间, 铁路运营里程 108.9 km, 最大坡度 9‰, 曲线半径小于 600 m 的上行 6 处、下行 5 处, 最小曲线半径 400 m, 属于内燃/电力混跑、客货混运交路。

3) 瓦日线

瓦塘—长子南, 运营里程 503.47 km, 最大坡度

13‰，曲线半径小于 800 m 的上行 24 处、下行 57 处，最小曲线半径 569 m。由于线路大多处于山区，连续上、下坡道较多，桥梁、隧道长度占线路长度一半以上。

2 轮对剥离情况

2.1 剥离现象及特征

HXd2C 型机车轮对踏面剥离主要发生在轮对踏面的中间部位，主要有 2 种表现：麻点和剥离缺陷，如图 1 所示。



(a) 轮对麻点图 (b) 剥离缺陷图

图 1 轮对踏面剥离类型

剥离初期特征主要表现为滚动圆处和轮缘根部一整圈的龟裂现象，滚动圆处的龟裂现象分布在端轴和中间轴车轮轮轨接触滚动圆的圆周方向，轮缘根部的龟裂现象分布在端轴车轮轮轨接触滚动圆的圆周方向。剥离发展特征为在龟裂带上出现大小不等的剥离脱落坑。镟修表层，在轮缘根部、滚动圆处沿圆周方向一整圈呈现间隔性裂纹，中间轴仅滚动圆处呈现间隔性裂纹，如图 2 所示。



图 2 轮对镟修表层图

2.2 剥离与走行公里数的关系

统计了 60 台次剥离轮对（自 2014 年 10 月上线运行至 2015 年 10 月），其剥离集中发生在走行 2 万~5 万 km 范围内，占踏面剥离机车数的 58.3%，详见表 1。

表 1 剥离与走行公里数的关系

公里数 /km	踏面剥离机车数 / 台	占剥离数的比例 /%
0~1 万	3	5.00
1 万~2 万	4	6.67
2 万~3 万	15	25.00
3 万~4 万	13	21.67
4 万~5 万	7	11.67
5 万~6 万	3	5.00
6 万~8 万	7	11.67
8 万~10 万	6	10.00
10 万~12 万	2	3.33

统计上述 60 台次的剥离车轮，不同轴位的轮对剥离数如图 3 所示，不同轮位的轮对剥离数图 4 所示。统计分析结果表明不同轴位、不同轮位的轮对都有剥离发生，剥离轮对和其所处的轴位、轮位无明显的规律。

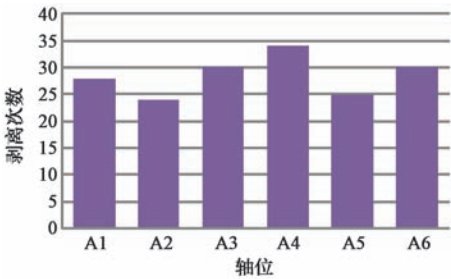


图 3 轮对剥离次数与轴位关系

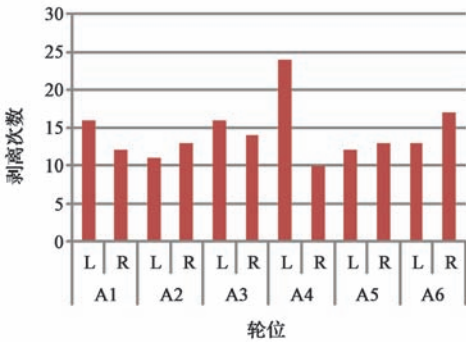


图 4 轮对剥离次数与轮位关系

2.3 剥离与轮对毛坯厂家的关系

所隶属 40 台 HXd2C 型机车中，其中前 20 台（编号 7001~7020）装备西班牙 CAF 公司的轮对，后 20 台（编号 7021~7040）装备德国 BV 公司的轮对。截至 2015 年 10 月，装 CAF 轮对的 20 台机车其轮对都有剥离现象并进行了镟修，装 BV 轮对的 20 台机车也有 14 台机车的轮对因剥离进行了镟修，但其余 6 台车的轮对踏面状态已经有轻微剥离，并且后 20 台（编号 7021~7040）机车的走行公里数普遍少于小号机车。可以确定 HXd2C 型机车轮对发生剥离与车轮制造厂家无直接关系。

2.4 剥离与镟修情况

截至 2015 年 10 月的统计数据，由于轮对踏面剥离扣车镟修 34 台车，占机车总数的 85%，并有一半的轮对踏面剥离机车发生了重复剥离现象，如 2 次镟修的机车 11 台，3 次镟修的机车 6 台，4 次镟修的机车 1 台，因剥离累计镟修高达 60 台次，更换轮对 22 条。由于剥离镟修造成车轮直径快速减小，目前车轮最小直径减小到 1 207 mm（HXd2C7010，走行 106 933 km），已接近 C4 修车轮直径（ $D \geq 1\,200\text{ mm}$ ）的限度值。未镟轮机车车轮直径还保持在 1 250 mm 以上，车轮直径统计详见表 2。

3 轮对材质信息

HXd2C 型机车采用整体辗钢车轮，其材料为 R7T 碳钢，硬度为 820~940 N/mm²，符合国际铁路联盟标

准 UIC812-3—1984《非合金钢整体车轮技术规范》和欧洲标准委员会 EN 13262—2008《铁路应用设施—轮副及转向架—轮轴—产品要求》的相关要求。车轮轮径 $D=1\,250\text{ mm}$ ，最小磨耗直径为 $1\,150\text{ mm}$ ，车轮踏面为 JM3 磨耗型踏面，符合 TB/T 449—2016《机车车辆车轮轮缘踏面外形》标准规定。轴重为 23 t （无配重）、 25 t （加配重），牵引吨位为 $5\,000\text{ t}$ 。

表 2 机车轮对直径统计情况

轮径范围/mm	机车数/台	机车编号
$D<1\,210$	1	7010
$1\,210\leq D<1\,219$	7	7003, 7008, 7011, 7012, 7017, 7019, 7020
$1\,219\leq D<1\,229$	4	7001, 7005, 7026, 7032
$1\,229\leq D<1\,239$	13	7002, 7004, 7006, 7007, 7009, 7014, 7015, 7016, 7018, 7021, 7024, 7034, 7037
$1\,239\leq D<1\,245$	7	7013, 7025, 7028, 7031, 7033, 7035, 7038
$1\,245\leq D<1\,250$	0	—
$D\geq 1\,250$	8	7022, 7023, 7027, 7029, 7030, 7036, 7039, 7040

侯马北机务段有在用 DF_{8B} 型机车 44 台，其中整体车轮 27 台，分体车轮 17 台，轴重 23 t ，车轮踏面为 JM3 磨耗型踏面，轮径为 $1\,050\text{ mm}$ ，整体轮材质为车轮钢牌号 3，分体轮轮毂材质为 CL60，牵引吨位为 $5\,000\text{ t}$ ，在使用中，很少发生轮对踏面剥离现象。侯马北机务段另有在用 SS₄ 型机车 85 台，其中整体车轮 2 台，分体车轮 83 台，轴重 23 t ，车轮踏面采用 JM3 磨耗型踏面，轮径为 $1\,250\text{ mm}$ ，整体轮材质为车轮钢牌号 3，分体轮轮毂材质为 CL60，牵引吨位为 $5\,000\text{ t}$ ，在使用中很少发生轮对踏面剥离现象。

通过对 HX_D2C 型机车新造轮对和使用过的机车轮对进行踏面硬度检测，得知新造车轮踏面中心硬度为 $259\sim 263\text{ HB}$ ，靠近轮辋外侧为 $267\sim 271\text{ HB}$ 。使用过的车轮踏面中心硬度为 $395\sim 418\text{ HB}$ ，靠近轮辋外侧为 $296\sim 332\text{ HB}$ 。检测结果表明 HX_D2C 型机车新造车轮硬度符合新造 R7T 车轮 I 级技术标准要求。

车轮材质 R7T、CL60 和车轮钢牌号 3 的材料力学性能技术指标（抗拉强度、断后伸长率、收缩率和硬度等）如表 3 所示。

表 3 R7T、CL60、车轮钢牌号 3 的材料力学性能

材质牌号	抗拉强度/MPa	断后伸长率/MPa	收缩率/MPa	硬度/HB
R7T	820~940	≥ 14	≥ 15	≥ 245
CL60	910~1 155	≥ 8	≥ 14	≥ 255
3	900~1 050	≥ 13	≥ 14	≥ 250

由表 3 可知 R7T 车轮材质的抗拉强度和硬度技术条件上低于 CL60 和车轮钢牌号 3，从而可知 DF_{8B}、SS₄ 型机车车轮技术条件相对较好。

南同蒲线、侯西线、瓦日线基本采用的是 60 轨，根据 TB/T 2344—2012《43 kg/m~75 kg/m 钢轨订货技术条件》标准可知，60 轨的抗拉强度不小于 980 MPa ，断后伸长率不小于 10 MPa ，收缩率不小于 16 MPa ，硬

度不小于 280 HB ，R7T 车轮材质在抗拉强度和硬度技术条件上也低于 60 轨的技术条件，由文献 [15] 可知车轮硬度低于钢轨硬度时，车轮易发生剥离等缺陷。

4 用砂信息

2015 年 4 月份以前车轮踏面状态显示，在车轮轮轨接触范围内，沿滚动圆圆周方向呈现麻点型剥离，这种剥离现象与发生在西安铁路局安康机务段 HX_D2 型机车轮对踏面剥离现象极其相似^[14]。这种麻点型剥离特征与砂子质量有直接关系。

通过机务段技术科相关数据统计，由图 3 可知撒砂部位 1、3、4、6 位的轮对踏面发生剥离 171 起占 71.34%。可以看出装有撒砂装置的部位出现轮对剥离的概率高，因此用砂质量将直接关系到车轮踏面质量。

通过对侯马北机务段 HX_D2C 型机车用砂检验分析（由山西省地质矿产研究院检验），发现用砂与主机厂出厂要求有较大差异，具体砂子信息如表 4 所示。

表 4 砂子颗粒大小分布情况

厂家样砂		单位用砂	
砂子直径/mm	比例(按重量)/%	砂子直径/mm	比例(按重量)/%
$d\leq 0.5$	1.9	$d\leq 0.5$	7
$0.5<d\leq 2.8$	90.3	$0.5<d\leq 2.8$	50
$2.8<d\leq 4$	7.8	$2.8<d\leq 4$	37
$d>4$	0	$d>4$	6

根据表 4，表明厂家提供的砂粒约在 $0.5\sim 2.8\text{ mm}$ 之间，符合 TB/T 3254—2011 规定，而侯马北机务段购买使用的砂粒一般都在 $0.5\sim 4\text{ mm}$ 左右，且硬度较大，易啃伤车轮踏面。

根据 TB/T 3254—2011《机车、动车用撒砂装置》标准规定及结合其他机务段使用经验，用砂越干燥、石英含量越高、粘土成分越少的砂子其流动性能越好，摩擦性能越好；反之，砂子的流动性能越差，摩擦性能越差。通过对侯马北机务段整备车间上砂房作业环境及作业人员作业过程的调查，发现上砂环境处于露天场所，储砂箱受环境影响较大（易被雨雪、沙尘污染），且经常发生洒落地面用砂未经处理又放回储砂箱，极易影响砂质。

5 剥离原因分析

通过对 HX_D2C 型机车轮对踏面剥离情况、运行线路信息、轮对材质、用砂质量等情况跟踪分析，可以确定以下因素：①相比 SS₄、DF_{8B} 机车，HX_D2C 型机车轮对材质抗拉强度和硬度较低，且未达到机车车轮与钢轨硬度匹配要求^[15]。②据机务段安全科 LKJ 分析，在相同线路上，运行的 SS₄、DF_{8B} 很少发生空转，而 HX_D2C 型机车表现欠佳，特别在连续上坡道、小曲线半径线路上（天气不良时），极易发生空转导致踏面剥离，HX_D2C 型机车防空转系统灵敏度较低。③机车用砂质量低，不符合用砂标准，是造成轮对踏面出现

麻点的主要原因。④铁路工务部门更换新轨、钢轨轨肩涂抹油脂作业,会降低轮轨粘着系数,极易造成机车轮对空转、滑行,使轮对踏面发生剥离。根据添乘和调查发现铁路线路与轨道病害(轨缝过大、钢轨接头出现台阶和折角、钢轨轨面损伤及线路的不平顺等)对机车踏面剥离也有一定影响。

6 预防措施

通过对HXD2C型机车轮对踏面剥离的原因分析,为减少车轮踏面剥离,侯马北机务段采取了一些针对性措施:

1) 确保用砂质量

①根据TB/T 3254—2011《机车、动车用撒砂装置》标准规定及机车厂家要求,并结合侯马北机务段实际情况,要求供砂单位提供符合规定的优质砂,严格审查供砂质量;②改善上砂作业环境,强化上砂作业标准,减少用砂污染。

2) 优化机车控制程序

联系东芝公司对HXD2C机车的控制程序进行全面升级,使撒砂逻辑控制和轮对控制时机适应实际线路,减少车轮踏面剥离。

3) 规范乘务员作业

①机车出库前,机车乘务员必须确认砂箱满砂,砂管畅通;②乘务员应熟悉线路情况,做好班前预想,在启动列车、弯道、道口、长大上坡道前进行预防性撒砂;③轨面粘着条件不良(处于油污、雨雪及霜冻环境等)时,施行机车常用或紧急制动,在低速特别是即将停稳前应适量撒砂。

4) 强化检修工作

①加强轮对踏面的日常监控工作,发现剥离现象,及时镟修处理,防止裂纹源向深处发展。结合车载“6A”数据分析,对发生踏面预警的机车进行人工复查,如果确有剥离现象,应及时安排镟修处理。②镟修时采用分次镟修,按照3 mm的镟修量消除轮对踏面表层剥离缺陷,对超过3 mm的剥离缺陷进行多次镟修消除。③HXD2C机车轮径尺寸减小到1 220 mm时,对主机厂中车大同电力机车有限责任公司进行预警,由该主机厂和侯马北机务段共同负责盯控轮对后期磨耗情况,及时准备更换备品。

5) 加强沟通联系

①加强与中车大同电力机车有限责任公司、日本东芝公司的联系,做好日常机车运用、故障情况统计,及时将问题反馈给相应单位,确保机车质保工作,保证机车正常运用。②加强与工务系统联系,及时反馈线路病害信息,减少因线路病害对轮对踏面的影响。

7 效果

采取以上预防措施后,收到了明显效果,侯马北机务段所属的40台HXD2C型机车轮对踏面出现剥离

问题的次数已明显下降,已无麻点型剥离现象,不仅延长了机车轮对的使用寿命,而且减少了机车轮对镟修及更换轮对次数,提高了铁路机车运用效率,降低了铁路机务部门维修成本。

8 结语

随着我国货运铁路向高速、重载方向发展,机车车轮作为铁路机车走行部的重要部件,其技术质量对于保障铁路行车安全的作用愈加突出,HXD2C型机车轮对技术质量问题更加迫切。造成机车轮对踏面剥离问题的原因是复杂的、多方面的,本文通过对HXD2C型机车的运行线路信息、机车轮对踏面剥离情况、轮对材质、用砂质量等情况跟踪分析,找到HXD2C型机车轮对踏面剥离相关原因,提出减少机车轮对踏面剥离问题的具体措施;经过运用验证效果显著,为机车运营管理和检修维护工作提供参考,同时也为解决铁路机车轮对踏面剥离问题提供一定的理论依据。

参考文献:

- [1] 王玉辉. 机车整体车轮踏面剥离原因分析与研究[J]. 铁道机车车辆, 2012, 32(1): 87-88.
- [2] 耿幸福. 机车动轮擦伤的原因及对策[J]. 机电产品开发与创新, 2009, 22(4): 93-94.
- [3] 郑伟生, 刘会英. 关于车轮擦伤剥离的若干问题[J]. 铁道车辆, 2001, 39(2): 19-22.
- [4] Kazuyuki H, Yoshisato K, Yoshinao M. Surface cracks initiation on carbon steel railway wheels under concurrent load of continuous rolling contact and cyclic frictional heat[J]. Wear, 2013(1): 50-58.
- [5] Wang W J, Lewis R, Yang B, et al. Wear and damage transitions of wheel and rail materials under various contact conditions[J]. Wear, 2016(1): 146-152.
- [6] 高义刚, 何庆复, 柳拥军. 车轮踏面损伤对策及其容限标准的修订[J]. 铁道机车车辆, 2002(5): 20-23.
- [7] 王迁. 浅谈电力机车的空转故障[J]. 机车电传动, 2009(6): 60-61.
- [8] 马卫华, 罗世辉, 王自力. 提速机车车轮踏面剥离问题研究[J]. 电力机车与城轨车辆, 2005, 28(5): 37-40.
- [9] 毕鑫, 罗世辉, 马卫华. 牵引力对机车车轮轮轨黏着性能的影响分析[J]. 铁道学报, 2014, 36(2): 18-24.
- [10] 岳智涛, 王文斌, 张栋栋. 踏面擦伤弹性车轮冲击影响因素的研究[J]. 机电一体化, 2015(3): 35-39.
- [11] 王昊. HXD2C型机车空转故障分析及其对策[J]. 电力机车与城轨车辆, 2013, 36(4): 88-89.
- [12] 周浪漫. HXD2C型机车轮对踏面频繁剥离的分析[J]. 机车车辆, 2012(3): 29-31.
- [13] 王琳. HXD2C型机车轮对轮径消耗过快分析及对策[J]. 郑铁科技, 2015(4): 15-18.
- [14] 李志士, 张承锐, 马呈祥, 等. HXD2型新八轴机车轮对踏面剥离的原因分析及解决措施[J]. 铁道机车与动车, 2015(12): 31-34.
- [15] 丁韦, 黄辰奎, 高文会, 等. 铁路车轮与钢轨的强度及硬度匹配[J]. 铁道物资科学管理, 2003, 21(6): 37-38.

作者简介: 王文斌(1987-), 男, 硕士, 主要从事机车运用与维护工作。