

内燃机车走行部故障诊断与维护技术探讨

刘俊刚

安阳钢铁股份有限公司(运输作业部机务作业区)

DOI:10.32629/bd.v9i8.4645

[摘要] 内燃机车走行部是保障机车安全平稳运行的关键部件,长期承受复杂载荷和恶劣工况,容易出现磨损、裂纹、松动等故障,直接影响行车安全和运营效率。把走行部的核心结构和运行原理说清楚,分析各类典型故障的特征和产生机理,对比传统诊断技术和现代智能化诊断技术各自的优劣势和适用场合。同时针对传统定期维护的弊端,提出部件专项维护的优化方案,搭建状态化的精准运维体系,为提升机车走行部故障防控能力和运维质量提供技术参考。

[关键词] 内燃机车走行部;故障诊断;维护技术

中图分类号: U269.32 **文献标识码:** A

Fault Diagnosis and Maintenance Technology of Running Gear of Diesel Locomotives

Jungang Liu

Locomotive Operation Area, Transportation Operations Department, Anyang Iron & Steel Co., Ltd.

[Abstract] The running gear of diesel locomotives is a key component for ensuring safe and stable locomotive operation. It is subjected to complex loads and harsh working conditions over extended periods and is therefore prone to failures such as wear, cracks, and loosening, which directly affect operational safety and efficiency. This paper clarifies the core structure and operating principles of locomotive running gear, analyzes the characteristics and mechanisms of various typical faults, and compares the advantages, disadvantages, and applicable scenarios of traditional and modern intelligent fault diagnosis technologies. In response to the shortcomings of traditional periodic maintenance, an optimized component-specific maintenance scheme is proposed, and a condition-based precision operation and maintenance system is established, providing technical references for improving fault prevention and control capabilities and operation and maintenance quality of diesel locomotive running gear.

[Key words] diesel locomotive running gear; fault diagnosis; maintenance technology

引言

内燃机车是铁路运输核心动力,走行部承载、导向、传力,状态直接关乎行车安全。长期重载高频运行及复杂线路条件,易导致疲劳损伤与磨损老化。传统人工巡检和定期维护已难适应现代化需求,漏检、过修、滞后处置等问题突出。为减少行车事故、提升运维精细化水平,从故障机理、诊断技术与优化维护策略三方面研究,为机车运维技术升级提供参考。

1 内燃机车走行部结构组成与故障机理分析

1.1 走行部核心结构与工作原理

(1) 内燃机车走行部主要由转向架、轮对、轴箱、轴承和弹簧悬挂系统几大件组成。转向架是整个走行部的骨架,既要扛住车体重量,还得传递牵引力和制动力;轮对由两根车轴和四个车轮压装在一起,直接跟钢轨接触,承担运行和导向的任务;轴箱和轴承把轮对和转向架连起来,承受垂向载荷的同时保证轮对

灵活旋转;弹簧悬挂系统包括螺旋弹簧、板弹簧和减振器,用来缓冲轨道不平顺带来的冲击振动^[1]。(2) 各部件配合起来干活的时候,轮对通过轮轨接触实现承载和导向,轴箱轴承把滑动摩擦变成滚动摩擦,弹簧悬挂系统衰减垂向和横向的冲击,保证机车跑起来平稳。转向架构架把各个部件集成到一起,牵引力从轮对传到转向架,再通过心盘或旁承传到车体,力流就这么一步步传递上去。(3) 走行部的受力挺复杂,垂向有静载也有动载,横向有轮轨作用力,纵向有牵引和制动力。磨损快慢跟运行速度、轴重、线路条件、曲线半径都有关系,润滑状态和环境温度也直接影响各部件能用多久。

1.2 走行部常见故障类型及特征

(1) 轮对方面,轮缘磨损表现为轮缘厚度变薄、踏面斜度变大,严重了有脱轨风险;车轮裂纹多从辐板孔或轮毂附近冒出来,呈放射状疲劳纹;轮箍弛缓是轮箍和轮芯配合松动了,跑起来有

异响和相对位移,容易引发热切事故。(2)轴承和轴箱这块,轴承烧损表现为滚动体变色、保持架断裂,还伴有异常温升和振动;抱轴瓦碾烧是滑动轴承缺油或过载导致合金层熔化迁移;轴箱松动多半是螺栓预紧力不够或定位销磨损,轴箱在导框内产生冲击性窜动。(3)悬挂和构架方面,弹簧失效表现为永久变形或断裂,车体歪斜、减震能力没了;构架变形多因超载或碰撞引起,轮重分配就不均匀了;横撑连接螺栓断裂导致部件松动脱落,直接危及行车安全。(4)传动配合这块,齿轮磨损包括齿面点蚀、剥落和齿侧间隙变大;啮合异常表现为啮合印痕偏移,产生周期性的冲击噪音;配合间隙超标主要发生在牵引齿轮和车轴的过盈配合松动,动力传递就不平稳了。

1.3故障产生核心机理与诱因分析

(1)机械磨损和疲劳损伤导致的结构性故障。轮轨接触应力超过材料的屈服极限后,踏面会出现塑性流动和磨粒磨损;交变弯曲应力在轮轴配合处萌生微裂纹,慢慢扩展成宏观疲劳裂纹,最终就断了。(2)润滑不良和高温过载引发的部件损坏。润滑油脂失效后,轴承接触面从润滑状态变成边界润滑甚至干摩擦,摩擦热大量积累导致表面回火软化,严重时发生粘着撕裂和抱轴。(3)恶劣工况、振动冲击和长期重载这些外部诱因。小半径曲线通过时轮缘偏磨加剧;轨道不平顺引起高频振动,弹簧的应力幅增大;长期重载把轮轨接触应力水平抬高了,疲劳寿命就缩短了。(4)检修不规范和运维滞后的人为因素。探伤周期执行不严导致裂纹漏检;油脂加注不规范使轴承润滑跟不上;组装公差控制不当造成配合间隙超限,直接加速部件失效。

2 内燃机车走行部主流故障诊断技术研究

2.1传统故障诊断技术及应用

(1)人工目视巡检靠的是看和摸:看轮对踏面有没有擦伤、弹簧有没有断裂痕迹、紧固螺栓的标记线有没有移位,摸轴箱和轴承盖感受温度和振动正不正常,耳朵听听轮轨冲击声、轴承异响和齿轮啮合噪声。这套手法在现场最基础、最快,能先过一遍。(2)常规仪器检测方面,用游标卡尺或轮缘尺量轮缘厚度和踏面磨耗深度,塞尺测轴箱和构架的配合间隙,红外点温计或接触式热电偶监测轴箱、齿轮箱和牵引电机的温升。这些定量数据能辅助判断磨损、松动和润滑状态。(3)传统诊断技术的优势是操作简单、不用复杂设备、能快速覆盖大面积关键部位。短板也挺明显:精度靠人的经验和主观判断,内部裂纹、早期疲劳、微观磨损这些隐性故障很难识别,数据没法连续存、也做不了趋势分析,故障发现往往滞后。

2.2现代智能化故障诊断技术

(1)振动频谱分析:在轴箱、齿轮箱、构架上装加速度传感器,采集运行中的振动信号,通过傅里叶变换把特征频率提取出来(比如轴承内圈外圈的故障特征频率BPFI/BPFO、齿轮啮合频率边带),判断剥落、点蚀、齿面磨损这些故障的类型和严重程度。(2)油液分析:定期抽齿轮油和轴承润滑油,用铁谱分析分离磨粒、看形貌尺寸,或者用光谱仪检测金属元素含量变化。根据铜、铁、铬这些元素浓度的变化判断轴瓦磨损、齿轮疲劳和

异常切削状态,摸清部件损耗的趋势。(3)红外测温:用便携式热像仪或固定式红外探头,非接触式扫描轴承端盖、齿轮箱壳体和制动盘的表面温度场,精准找出异常过热的地方,及时发现润滑失效、摩擦副异常接触或冷却不良导致的温升隐患^[2]。(4)超声波无损检测:用脉冲反射法或穿透法,配合专用探头扫查车轴、车轮辐板、构架焊缝、轮箍压装部位,能检出毫米级的内部裂纹、气孔和夹杂物,有效防范疲劳断裂风险。

2.3智能监测与诊断系统应用

(1)走行部在线监测系统的硬件包括压电式加速度传感器、PT100温度传感器、霍尔转速传感器和多通道数据采集卡。同步采集中频振动和温度信号,模数转换后通过CAN总线或工业以太网传到车载边缘处理单元,实现连续状态数据的实时获取。(2)多维度数据融合诊断技术把振动、温度、转速、载荷等多源信息关联起来,用D-S证据理论或深度神经网络做决策级融合,克服了单一参数误报率高的毛病,故障定位准确性和诊断可靠度都上去了。(3)智能预警机制基于长期运行数据建自适应阈值模型或趋势预测算法(比如灰色预测、LSTM),对轴承初期点蚀、齿轮缓慢磨损这些早期隐性故障提前报警,在劣化加速之前推送维修建议,减少突发停运。

2.4各类诊断技术对比与适用场景分析

(1)振动频谱分析精度较高、能识别早期故障、响应快,设备投入中等;油液分析能反映全寿命磨损趋势,但时效性差,得有实验室支撑;红外测温操作快、成本低,但只能看表面温度;超声波精度极高,但检测耗时长、成本也最高。各技术互补性强,综合着用效果最好。(2)常态化巡检适合人工目视加红外点温计结合,效率和覆盖面都有;故障排查优先用振动频谱分析加油液铁谱,把根源定准;大修检测就得全面上超声波探伤、精密尺寸测量和油液光谱分析,确保结构完整和安全。

3 内燃机车走行部优化维护技术与运维策略

3.1传统定期维护模式及存在问题

(1)传统运维走的是固定周期的路子,日检、月检、定修、架修、大修分级保养,层级清楚。日常检查主要看走行部外观和基本功能有没有异常,定修按运行里程或时间节点做规定项目(轮对镟修、轴承换油、弹簧探伤),大修则把全部件拆解检修、关键件换掉,形成一套按部就班的计划检修制度^[3]。(2)这套模式的核心矛盾在于“检修刚性”和“状态波动”对不上。按规定周期走,不管部件实际状态好不好都得拆检,人力物力浪费不少;反过来,运用条件恶劣导致提前劣化的部件,固定检修周期又覆盖不到它的突发故障窗口,容易形成“还没到检期就先坏了”的漏检问题,中途机破就这么来的。(3)新型故障比如早期疲劳微裂纹、润滑脂老化引起的轴承渐变损伤,传统定期拆检不太容易发现。技术手段还是以目视加常规仪器为主,对新型材料和新型结构的故障特征适配不了,隐患也就留下来了。

3.2针对性部件专项维护技术优化

(1)轮对维护方面。轮缘磨损用数控不落轮镟修,恢复踏面外形和轮缘厚度,保留硬度层的同时保证轮轨匹配;车轮裂纹用

磁粉探伤精确定位, 浅的裂纹打磨消除并圆滑过渡, 超标的坚决换掉; 轮箍弛缓通过高频加热轮箍后重新压装, 配合激光测量过盈量保证紧固可靠。(2) 轴承与轴箱维护方面。润滑这块根据不同轴型和季节温度选合适牌号的润滑脂, 定量加注周期严格执行, 装自动注油装置减少人工偏差; 间隙调整上定期检测轴箱轴承径向游隙, 按标准选配调整垫片把游隙恢复到设计范围; 防烧损上强化轴承冷却风道清洁、更换轴箱密封圈, 杜绝水分和粉尘进去。(3) 悬挂与构架维护方面。变形校正用火焰加热或压力机械矫正恢复构架尺寸, 校正后及时焊后热处理消除残余应力; 螺栓紧固按扭矩分级法复拧, 防松用双螺母、开口销或厌氧胶结合; 减震性能修复通过更换老化减振器油封、充氮压力调整、磨损杆件镀铬修复来实现^[4]。

3. 3 基于状态的精准维护技术体系构建

(1) 状态检修的核心思路是“充分监测、科学判断、按需维修”。在走行部关键点布温振一体传感器、转速传感器, 连续采集运行数据传到地面数据中心, 系统根据实时数据跟历史健康基线比对, 判定部件当前状态, 从“到期必修”变成“状态触发维修”。(2) 预防性维护的重点是故障预判和提前干预。用振动趋势外推和油液磨粒增长曲线预估剩余寿命, 预测指标逼近阈值时, 在停放或整备阶段主动安排针对性检查(轴承补充润滑、齿轮齿面复检等), 把维修动作提前到劣化加速点之前, 减少临修和救援。(3) 故障后快速处置与修复校验闭环流程: 确认故障后第一时间启动应急隔离预案, 切除故障转向架动力或限速运行回段; 进库后用便携式振动分析仪和内窥镜快速确定失效部件并更换; 检修完经过空载跑合试验和加载振动复核, 所有监测参数恢复到健康区间才能重新投入运用, 从报警到处置再到验证形成闭环。

3. 4 运维管理优化与技术保障措施

(1) 完善走行部运维管理制度和检修标准, 把各部件检修工艺卡片细化, 检测项目、周期、技术标准、不合格处置办法都写清楚。推行检修质量追溯责任制, 每项维修记录经作业者自检、互检、质检员专检三级签认, 作业规范化、过程受控^[5]。(2) 强

化运维人员专业技能和智能化设备操作能力, 定期组织轮对探伤、振动频谱判读、红外热图分析这些专项培训, 增设模拟故障排查演练, 让运维人员熟练掌握在线监测系统使用、数据分析和故障快速定位, 队伍技术素养往上提。(3) 建立故障台账和数据复盘优化机制。按部件分类建数据库, 记录故障时间、位置、成因、处理措施, 每月汇总分析频次和规律, 用来动态调整检修周期、优化工艺参数。结合历史数据做根本原因分析, 从设计选型、材料改进、操作规范层面制定对策, 运维策略持续迭代优化。

4 结束语

把内燃机车走行部的结构特点、故障类型和成因理了一遍, 对比了各类诊断技术的长短处, 分析了传统运维模式的突出问题, 提出了部件专项维护的优化方案和状态化精准运维体系。把智能化监测诊断技术和精细化运维管理结合起来, 能有效解决走行部早期故障难发现、维护策略跟实际状态不匹配等痛点。往后需要继续用好大数据和智能算法, 把故障预警模型做得更准, 完善运维管理制度, 持续提高内燃机车走行部的运行可靠性和运维智能化水平。

[参考文献]

- [1] 亢永明. 企业专用铁路内燃机车走行部典型故障分析及检修策略[J]. 铁道机车与动车, 2025, 8(2): 56-59.
- [2] 廖道鹏. DF8B型内燃机车走行部轴箱密封故障分析与维护改进[J]. 铁道机车与动车, 2022, 11(9): 24-32.
- [3] 朱乾鑫. 机车走行部旋转部件故障智能诊断技术应用研究[J]. 铁路计算机应用, 2024, 33(3): 45-49.
- [4] 李成龙. 机车走行部故障预测与健康管理系统设计与运维应用[J]. 铁路计算机应用, 2023, 32(2): 28-32.
- [5] 朱高玲. 基于振动信号的内燃机车走行部轴承智能故障诊断方法[J]. 机械工程学报, 2025, 61(2): 62-70.

作者简介:

刘俊刚(1981--), 男, 汉族, 河南人, 大专, 助理工程师, 研究方向: 运输。