

铁路货车车辆轮对故障分析及改进措施

贾潍臣

呼和浩特局集团有限公司包头西车辆段 内蒙古 乌海 016000

摘要: 轮对是铁路货车走行部的核心承载部件,其运行状态直接关系铁路货运安全与运输秩序。本文以铁路货车轮对为研究对象,结合现场运用与检修实际,系统梳理轮对踏面磨耗、轮缘破损、车轴裂纹、装配失效等常见故障类型。从运行工况、材质工艺、检修养护三个维度剖析故障产生的核心诱因,阐述各类故障对车辆运行品质、线路设备及行车安全造成的危害。在此基础上,从技术改造和管理防控两方面提出针对性改进方案,通过优化材料工艺、改善轮轨结构、规范操控方式、完善智能检修及全周期管理体系,有效降低轮对故障发生率,提升货车运行稳定性与铁路货运安全保障能力。

关键词: 铁路货车车辆;轮对故障;类型及成因;改进技术;管理防控措施

引言: 随着我国铁路货运重载化、常态化运营模式不断推进,货车车辆长期处于高负荷、长距离、复杂线路工况下运行,走行部关键部件损耗问题日益突出。轮对作为直接承载和导向的核心装置,受轮轨冲击、交变载荷、环境侵蚀等多重因素影响,成为货车故障高发部位。轮对各类隐患不仅会加剧车辆与线路设备损耗,严重时还会引发脱轨、停运等安全事故,制约铁路货运高效稳定开展。为有效控制轮对故障问题,保障行车安全,本文结合现场检修经验,系统开展轮对故障类型、成因及危害分析,制定切实可行的技术改进与防控管理措施,为现场运维工作提供参考。

1 铁路货车轮对基本结构及工作原理

铁路货车轮对是车辆走行部的核心关键部件,主要由左右两个车轮、一根车轴通过过盈配合组装而成,是承载车体载荷、实现列车滚动行驶的核心装置,其运行状态直接决定货车行驶安全性与平稳性。轮对整体采用一体式钢结构设计,核心构件车轮分为踏面与轮缘两部分,踏面与钢轨顶面接触,承担滚动行走功能,轮缘突出于车轮内侧,主要起到导向和防脱轨作用;车轴为整体锻造结构,包含轴颈、轮座、轴身等部位,轴颈与轴承配合支撑车体重量,轮座用于固定车轮,保障轮对整体结构稳定性。

在服役过程中,轮对依托钢轨约束与自身结构特性完成运行工作,车体的载重、冲击力通过转向架传递至轮对,再均匀传导至钢轨,实现列车平稳行驶。列车转向、过曲线时,依靠轮缘与钢轨侧面贴合导向,抵消横向偏移力,规避脱轨风险。铁路货车轮对有着严格的行

业技术标准,轮缘厚度、踏面磨耗限度、车轴形位公差等参数必须符合规范。轮对长期承受交变载荷、摩擦冲击与环境侵蚀,是货车故障高发部件,掌握其结构与工作原理,是分析故障、制定改进措施的重要基础^[1]。

2 铁路货车轮对常见故障类型及故障成因

2.1 铁路货车轮对常见故障类型

结合铁路货车现场运用、检修实际,轮对故障多集中于车轮、车轴及装配部位,是货车高频多发故障,核心类型分为以下四类:(1)车轮踏面故障。为最常见故障,主要包含踏面磨耗、局部剥离、裂纹及制动擦伤。长期滚动摩擦会造成踏面均匀磨耗,超出规定限度;紧急制动、车轮抱死会引发踏面擦伤,反复交变载荷作用下,踏面表层金属易出现疲劳剥离、细小裂纹,严重时影响轮对贴合度。(2)轮缘故障。主要表现为轮缘垂直磨耗、厚度超限、顶部崩裂。货车长期通过曲线、道岔区段,轮缘持续与钢轨侧面挤压摩擦,造成厚度持续减薄;同时局部应力集中易导致轮缘顶部金属崩缺、开裂,不符合行车安全标准。(3)车轴故障。以轴颈磨损、轴身疲劳裂纹、微变形为主。车轴长期承受车体重载与交变冲击载荷,轴颈与轴承长期摩擦产生磨损;线路颠簸、超载运行会使轴身产生应力疲劳,逐步滋生细微裂纹,存在断轴安全隐患。(4)轮对装配故障。主要为轮座松动、轮毂微裂、装配偏移。轮对长期服役后,过盈配合精度下降,出现轮座松动窜动;装配工艺偏差、长期振动冲击,会引发轮毂开裂、轮对同轴度偏移。

2.2 轮对故障主要成因分析

结合现场运维实际,轮对故障并非单一因素导致,主要由运行工况、工艺材质、检修养护三类核心因素引发,各类因素相互叠加、共同加速轮对损伤劣化,是现场故障多发的根本原因:(1)运行工况因素。铁路货车普遍存在重载、长距离服役特点,长期超载运行会大幅增加轮对承载压力;线路曲线多、钢轨磨损不均、路基沉降等线路问题,会加剧轮轨摩擦与横向冲击;频繁紧急制动、调速制动,是踏面擦伤、轮缘磨损的主要诱因。同时列车长期往复运行产生的高频交变载荷,会持续累积结构疲劳,加速故障萌生与扩展。(2)材质与制造工艺因素。部分轮对钢材材质纯度不足,内部存在微小杂质、气孔,降低材料抗疲劳性能;加工过程中轮对尺寸精度不达标、热处理工艺不完善,导致车轮、车轴硬度和韧性不足,长期服役易产生疲劳损伤。(3)检修养护因素。日常巡检存在漏检、目测排查不细致问题,细微裂纹、轻微磨损无法及时发现;定期探伤、修磨作业流程不规范,检修周期执行不到位;老旧检测设备精度不足,难以精准识别隐性故障,导致故障持续扩大,由轻微隐患发展为典型病害^[2]。

3 轮对故障对铁路货车运行的危害影响

轮对作为铁路货车走行部核心承载与行走部件,其各类故障会直接破坏轮轨配合状态,引发连锁安全问题,对列车运行安全、设备状态及运输生产造成多重实质性危害,具体如下:(1)恶化车辆运行动力学性能。轮对踏面磨损、擦伤、轮缘偏磨等故障,会造成轮轨接触关系异常,车辆运行过程中产生持续振动与横向摆动。曲线运行时车体晃动幅度加剧,转向架受力失衡,大幅降低车辆运行平稳性,严重时会出现车体共振现象,直接恶化列车运行品质。(2)加速线路及车辆部件损耗。轮对故障导致轮轨作用力异常增大,不规则的冲击载荷会持续磨损钢轨、轨枕及扣件,加剧线路道床松动、钢轨波磨等问题。同时,异常载荷会反向作用于转向架、轴承、悬挂等车辆部件,造成部件疲劳损伤加快,缩短设备使用寿命,增加设备故障率。(3)诱发重大行车安全隐患。轮缘崩裂、踏面剥离、车轴裂纹等严重故障,会直接丧失轮对导向与承载能力。列车高速、重载过曲线或道岔时,极易出现轮缘爬轨、车轮脱轨、车轴断裂等恶性事故,迫使列车紧急停运、线路封锁,引发行车安全事故。(4)增加运维成本并降低运输效率。轮对故障频发会缩短轮对检修周期,增加探伤、镟修、更换作业频次,大幅提升人力与物料运维成本。故障车辆临时扣修、线路临时限速及故障处置作业,会打乱铁路运输调度秩序,降低货车周转效率,影响货运整

体运输效能^[3]。

4 铁路货车轮对故障改进技术与防控管理措施

4.1 铁路货车轮对故障针对性改进技术措施

针对当前铁路货车轮对踏面磨耗、轮缘破损、车轴疲劳、装配失效等多发故障,结合现场重载、高密度、复杂线路的实际运用工况,从以下四个维度制定专项技术改进措施。(1)优化轮对制造材料与热处理工艺。针对轮对材质疲劳、耐磨性能不足的问题,统一采用高纯净度车轮专用钢材,严控钢材内部杂质、气孔、偏析等缺陷,提升材料整体均匀性与组织稳定性。优化车轮整体热处理工艺,细化分段淬火、恒温回火温度参数,使车轮踏面与轮缘表层形成高硬度耐磨组织,同时保证轮芯与车轴芯部良好韧性,有效抵御重载工况下的轮轨冲击载荷与高频交变疲劳作用,大幅减少踏面剥离、表层裂纹等典型疲劳故障。对车轴锻造工艺进行规范化管理,严格执行墩粗、拔长、精整工艺流程,杜绝锻造夹层、折叠、晶粒粗大等工艺缺陷,显著提升车轴整体抗疲劳强度与结构稳定性。(2)优化轮对踏面与轮缘结构参数。结合既有线路曲线半径、道岔分布及钢轨磨损现状,针对性优化踏面廓形设计,匹配现阶段钢轨磨损状态,有效改善轮轨单点集中接触问题,分散轮轨接触应力,减缓踏面磨耗速率。针对小半径曲线区段轮缘偏磨、顶部崩裂频发问题,合理优化轮缘厚度、高度及圆弧过渡参数,提升轮缘抗挤压、抗剪切摩擦性能。同时严格执行轮对数控镟修标准,依据铁路检修技术限度精准恢复轮对标准廓形、踏面平整度及同轴度,彻底消除踏面擦伤、凹陷、波浪磨耗等遗留缺陷,保证轮轨动态贴合状态稳定,降低车辆运行振动。(3)规范列车运行与制动技术操控。针对频繁制动抱死导致的踏面擦伤、剥离问题,优化货车空气制动系统匹配参数,合理调整制动风压梯度与制动减速度,规避粗暴制动、紧急制动等不良工况。针对长大坡道、密集启停区段运行车辆,优化司机操控作业流程,推行平稳制动、匀速运行、缓起缓行的操纵模式,最大程度减少车轮与钢轨间的剧烈滑动摩擦。同时严格落实货车装载管控标准,利用车载装载监测设备实时监控车辆载重、偏载状态,坚决杜绝超载、偏载、集重等违规装载情况,避免局部应力过大引发的轮对单边磨耗和累积疲劳损伤。(4)升级轮对表面防护与修复技术。引入新型高耐磨、耐候防腐涂层技术,对车轮踏面非摩擦区域、轮缘侧面及车轴外露轴身、轮座部位进行专项涂层防护,有效提升轮对表面耐磨、抗氧化、抗雨水腐蚀能力,降低潮湿、雨雪、粉尘环境带来的结构侵蚀损伤。针对现场轮对常见的轻

微磨耗、表层微裂纹、局部缺损等小型缺陷,采用激光熔覆、精密补焊等新型无损修复技术替代传统简易打磨处理,修复后构件金相组织、硬度指标均与母材保持一致,有效恢复轮对几何尺寸与力学性能,延长轮对服役周期,降低整体设备更换成本^[4]。

4.2 完善轮对检修管理与故障防控体系

轮对故障的有效防控,除技术升级外,还需依托完善的检修管理制度和标准化防控体系,具体如下:(1)规范轮对标准化检修作业流程。严格落实铁路货车轮对检修规程及技术限度要求,细化日常外观检查、定期专项探伤、周期性镟修三级检修作业制度。日常检查重点排查踏面擦伤、踏面磨耗、轮缘厚度超限、外观开裂等显性故障,做到隐患早发现、早处置。定期对车轴、轮毂、轮座关键部位开展超声波探伤与磁粉探伤作业,重点排查肉眼无法识别的内部微裂纹、疲劳层损伤及装配松动隐患,坚决杜绝带病轮对上线运行。统一各工位检修作业标准,细化镟修、装配、尺寸检测、质量验收全工序管控,严禁简化作业流程、超限度使用配件,从检修源头把控轮对运用质量。(2)引入智能化在线监测预警系统。依托铁路智能化运维体系,在关键站场、区间部署轮对踏面故障动态检测、轮轨作用力监测、轴温在线监测等智能化设备,实现轮对运行状态全天候实时采集、动态分析。系统可自动识别踏面剥离、严重磨耗、轮对偏载、轴承过热等异常工况,并及时发出预警信息,有效弥补传统人工巡检覆盖面有限、滞后性较强的短板。通过平台大数据统计分析不同线路、不同车型的轮对故障规律,精准预判轮对疲劳老化周期,推动检修模式从传统故障修、周期修向状态修、预防性检修转变。(3)强化检修人员技能与作业管控。建立常态化分层岗位培训机制,定期组织检修人员开展轮对结构认知、典型故障识别、无损探伤操作、数控镟修设备使用及最新检修规章的专项培训,持续提升一线人员实操水平与故障研判能力。严格落实岗位责任制,明确巡检、探伤、镟修、验收各岗位职责,实行作业全过程留痕、质量逐级验收、问题溯源追责制度。加强现场作业过程

监督,杜绝漏检、误检、超修、漏修等违规行为,最大限度规避人为作业偏差引发的轮对安全隐患。(4)建立轮对全生命周期台账管理体系。为每一条服役轮对建立专属电子化档案台账,完整记录轮对出厂技术参数、投入运用时间、累计运行里程、历次镟修尺寸变化、探伤检测结果、故障处置情况、检修次数及报废评估信息。通过动态台账实时跟踪轮对全服役周期技术状态,精准把控检修间隔与报废时限,杜绝轮对超期服役、带隐患运行。同时依托台账大数据总结故障高发区段、高发车型及故障规律,针对性优化检修计划、镟修标准和现场运用管控措施,形成数据驱动的常态化故障防控模式,全面提升货车轮对运行安全性与设备稳定性^[5]。

结束语: 本文通过对铁路货车轮对常见故障的系统性分析,明确了踏面损伤、轮缘磨耗、车轴疲劳、装配失效等主要故障类型,分析了工况条件、制造工艺、检修管理等因素的致病机理。实践表明,轮对故障的发生是设备、工况、人为管理多因素共同作用的结果。通过优化制造工艺、改善轮轨接触状态、规范运用操控,可从源头减少结构性故障;依托标准化检修、智能监测、全周期台账管理,能够有效实现隐患前置防控。综合技术升级与管理优化,可显著降低轮对故障率,提升货车运行可靠性,对保障铁路货运安全、降低运维成本具有实际应用价值。

参考文献

- [1] 赵敏. 铁路货车车辆轮对故障分析及改进措施 [J]. 现代交通与路桥建设, 2026, 5(1): 22-23.
- [2] 井鸿刚. 铁路货车车辆制动系统故障诊断分析 [J]. 中国设备工程, 2025(24): 15-17.
- [3] 冯壮. 基于 FMECA 和 FTA 的铁路货车故障分析与对策研究 [D]. 北京: 中国铁道科学研究院, 2023(02): 11-12.
- [4] 张中校. 铁路货车车辆轮对故障分析及改进措施研究 [J]. 车时代, 2021(1): 13.
- [5] 张雪, 春玲, 林世龙, 赵晓飞, 董卓皇. 铁路货车轮轴故障预测与健康管理系统设计与实现 [J]. 铁路计算机应用, 2025, 34(5): 84-89.