

# 铁路货车车辆制动故障与预防措施

吴尚禹

中国铁路呼和浩特局集团有限公司包头西车辆段 内蒙古 包头 014000

**摘要:** 铁路货车制动系统由空气管路、制动控制、基础制动及辅助装置构成,以空气制动原理实现制动与缓解。常见故障有制动失灵、缓解不良及泄漏,成因包括部件老化磨损、维护保养不当、操作不规范。为预防故障,应强化部件质量管控,构建全流程管控体系;完善维护保养体系,实施动态维护策略,推行标准化作业流程,建立质量监督机制;加强操作人员培训与管理,开展专业技能培训与安全意识教育,建立健全考核奖惩制度,提升制动系统可靠性,保障铁路货车运行安全。

**关键词:** 铁路货车;车联制动故障;预防措施

引言:铁路货车作为铁路运输的重要载体,其制动系统的可靠运行直接关系到运输安全与效率。随着铁路货运量的持续增长和运行速度的提升,制动系统面临的工况愈发复杂,故障风险也随之增加。制动失灵、缓解不良及泄漏等故障不仅威胁行车安全,还可能造成重大经济损失。因此,深入分析制动系统的组成结构与工作原理,系统梳理常见故障类型及其成因,并针对性地提出强化部件质量管控、完善维护保养体系、加强操作人员培训与管理等预防措施,对于提升铁路货车制动系统的可靠性、保障铁路运输安全具有重要意义。

## 1 铁路货车车辆制动系统概述

### 1.1 制动系统的组成

铁路货车车辆制动系统是保障列车运行安全与稳定的关键子系统,其结构复杂且功能紧密关联。该系统主要由空气管路系统、制动控制装置、基础制动装置及制动辅助装置四大模块构成。空气管路系统作为压缩空气的传输通道,涵盖主风管、支管、连接软管等组件,通过精密的管路布局与接口设计,实现压缩空气从风源到各制动部件的稳定、高效分配,确保制动指令执行时气压的及时性与准确性。制动控制装置是系统的核心控制单元,集成制动机、分配阀、紧急制动阀等关键部件,通过接收司机操作指令或车辆运行状态监测信号,精准调控压缩空气的通断时机与压力参数,实现制动力的分级控制与快速响应。基础制动装置作为制动力传递与执行的终端,由制动梁、闸瓦、闸瓦托、推杆等部件组成,在压缩空气驱动下,通过机械杠杆原理将气动压力转化为闸瓦与车轮踏面的摩擦力,完成车辆减速或停车动作。制动辅助装置则包括制动软管、折角塞门、制动缸等组件,通过优化部件连接方式与密封性能,保障制动系统各环节的可靠协同,为制动功能的完整实现提供技术支撑<sup>[1]</sup>。

### 1.2 制动系统的工作原理

铁路货车制动系统以空气制动原理为核心,通过精密的气动控制与机械传动机制实现制动与缓解功能,其工作流程可系统划分为制动施加与制动解除两个阶段。(1)在制动施加阶段,司机通过操纵制动阀发出制动指令,该指令经列车管传递至各车辆制动控制装置中的分配阀。分配阀依据指令信号精准调控气路通断,使压缩空气从总风缸经制动主管、支管进入制动缸。制动缸内活塞在气压作用下克服复位弹簧阻力向外移动,通过推杆、杠杆及制动梁等传动机构将线性位移转化为闸瓦的径向运动,使闸瓦以设定压力贴合车轮踏面。此时闸瓦与踏面间产生的滑动摩擦力形成制动力矩,通过轮轨接触点传递至钢轨,反向作用于车轮,实现车辆动能向热能的转化,进而降低车轮转速并带动整车减速,直至达到目标停车状态。(2)在制动解除阶段,司机操纵制动阀切断制动指令,分配阀随即开启制动缸排气通路,缸内压缩空气经排风口快速释放,缸内压力骤降。活塞在复位弹簧作用下回缩至初始位置,通过传动机构带动闸瓦与踏面分离,消除摩擦制动力。此时车辆轮对恢复自由转动状态,列车得以重新加速或保持运行,完成制动系统的完整工作循环<sup>[2]</sup>。

## 2 铁路货车车辆常见制动故障类型

### 2.1 制动失灵故障

制动失灵是铁路货车制动系统最为严重的故障类型之一,指车辆在需要制动时,制动系统无法产生足够的制动力或完全无法产生制动力,导致车辆无法按照预期减速或停车。根据故障发生的范围,可分为全车制动失灵和局部制动失灵。全车制动失灵通常表现为操作制动阀后,所有车辆均无制动反应,车轮仍保持正常转速;局部制动失灵则表现为部分车辆或个别车轮在制动时无

制动力,其他车辆或车轮制动正常。制动失灵故障若在行车过程中发生,尤其是在高速行驶或下坡路段,极易引发严重的安全事故,对铁路运输安全构成极大威胁。

### 2.2 制动缓解不良故障

制动缓解不良,也称为“抱闸”故障,指车辆在制动缓解指令发出后,制动系统无法完全解除制动力,闸瓦仍与车轮踏面保持接触,导致车辆在行驶过程中始终受到额外的摩擦力。该故障主要表现为缓解后车轮转动困难、车辆行驶阻力增大,严重时甚至出现车轮拖滑现象。由于闸瓦与车轮踏面长时间摩擦,会导致闸瓦过度磨损、车轮踏面过热,不仅会缩短闸瓦和车轮的使用寿命,还可能引发车轮踏面擦伤、剥离等损伤,进一步影响车辆的运行安全性。同时,行驶阻力的增加会导致车辆能耗上升,降低铁路货运的经济性<sup>[3]</sup>。

### 2.3 制动泄漏故障

制动泄漏故障是指制动系统中的压缩空气在传输或存储过程中出现泄漏现象,导致系统内空气压力无法维持在正常工作范围。根据泄漏部位的不同,可分为管路泄漏、部件泄漏等类型。管路泄漏通常发生在空气管路的接头、焊缝以及软管连接处,表现为泄漏部位有明显的空气逸出声音,同时制动系统压力下降速度加快;部件泄漏则发生在制动机、分配阀、制动缸等核心部件内部,如阀类部件的密封件损坏、制动缸缸体出现裂纹等,此类泄漏故障较为隐蔽,不易直接察觉,但会导致制动系统压力不稳定,影响制动性能。制动泄漏故障会使制动系统的压力无法满足制动需求,可能引发制动失灵、制动反应迟缓等衍生故障,严重影响制动系统的可靠性。

## 3 铁路货车车辆制动故障成因分析

### 3.1 部件老化与磨损因素

部件老化与磨损是导致铁路货车制动故障的主要原因之一。制动系统中的许多部件在长期使用过程中,会受到机械摩擦、环境腐蚀、温度变化等因素的影响,逐渐出现老化、磨损现象。例如,制动缸内的活塞密封件长期在压缩空气和油脂的作用下,会发生橡胶老化、弹性降低,导致密封性能下降,引发制动缸泄漏;闸瓦在与车轮踏面的反复摩擦过程中,会逐渐磨损变薄,当磨损量超过规定限度时,会导致制动力不足,甚至出现制动失灵;空气管路的橡胶软管长期暴露在户外,受到紫外线、雨水、灰尘等环境因素的侵蚀,会出现老化、开裂现象,导致管路泄漏。此外,制动梁、推杆等传动部件的磨损会导致传动间隙增大,影响制动指令的传递效率,进而引发制动缓解不良等故障<sup>[4]</sup>。

### 3.2 维护保养不当因素

维护保养不当是加剧制动故障发生的重要人为因素。部分铁路运输企业或维修单位在日常维护保养工作中,存在维护流程不规范、检查不细致、保养不到位等问题。例如,在定期检修过程中,工作人员未按照规定对制动系统的关键部件进行全面检查,遗漏了潜在的故障隐患,如未及时发现分配阀内部部件的磨损、制动管路的微小泄漏等;在部件更换过程中,使用了不符合标准的伪劣配件,导致更换后的部件使用寿命短、性能不稳定,容易引发新的故障;在润滑保养工作中,未按照规定对制动梁、推杆等传动部件添加合适的润滑剂或润滑剂添加量不足,导致部件之间的摩擦阻力增大,加速部件磨损,引发制动故障。

### 3.3 操作使用不规范因素

操作人员的不规范操作也是导致制动故障的重要原因。在铁路货车的驾驶与调车作业过程中,部分操作人员未严格按照操作规程进行操作,存在不当操作行为。例如,在制动操作时,频繁进行急制动,导致制动系统部件受到剧烈冲击,加速部件的磨损与损坏,同时也会使制动缸内压力瞬间骤升,增加制动泄漏的风险;在缓解操作时,未等待制动系统完全缓解就急于启动车辆,导致闸瓦与车轮踏面之间仍存在部分接触,引发制动缓解不良故障;在车辆编组作业中,对制动软管的连接操作不规范,如接头连接不紧密、软管存在扭曲现象,导致制动管路泄漏,影响制动系统的正常工作。此外,操作人员对制动系统的日常检查意识不足,未及时发现制动系统的异常现象,也会导致故障隐患积累,最终引发制动故障。

## 4 铁路货车车辆制动故障预防措施

### 4.1 强化部件质量管控

强化部件质量管控是铁路货车制动系统安全运行的核心保障,需构建覆盖采购、验收、使用全流程的管控体系。(1)采购环节应建立供应商分级管理制度,综合评估生产企业的技术实力、设备精度及质量管控能力,优先选择具有铁路行业配套经验且工艺稳定的制造商。通过实地考察其生产现场、审核工艺文件及质量记录,确保原材料检验、过程控制及成品检测等环节符合铁路装备制造要求。(2)入库验收阶段需实施多维度检测,采用专业量具测量关键尺寸公差,运用压力试验装置验证制动管系密封性,通过材料性能测试评估闸瓦等部件的耐磨性与抗热衰退性。所有检测数据应完整记录并纳入质量追溯系统,对存在缺陷的部件实行零容忍退换机制。(3)使用阶段应建立部件健康管理档案,通过信息化手段跟踪部件服役历程,结合运行里程与检修记录分

析性能衰减趋势。当部件累计损伤达到设计阈值或关键参数偏离初始值时,及时启动更换程序,确保制动系统始终处于可靠工作状态,从源头消除故障隐患。

#### 4.2 完善维护保养体系

完善的维护保养体系是保障铁路货车制动系统可靠运行的核心支撑,需构建以风险预控为导向的精细化管理模式。(1)应建立动态维护策略,基于车辆运行大数据分析,结合线路条件、载重等级及气候特征等参数,制定差异化维护方案。针对制动缸、分配阀等关键部件,采用振动监测与温度传感技术实时采集状态数据,通过趋势分析动态调整维护周期;对空气管路、制动软管等易老化部件,则实施寿命预测管理,运用无损检测技术评估管壁腐蚀程度,结合使用时长综合判定更换时机。(2)操作层面需推行标准化作业流程,编制可视化维护手册,明确从工具选用到质量验收的全流程技术规范。例如制动缸解体检修须遵循“清洁-检测-修复-组装-试验”五步法,使用扭矩倍增器控制螺栓紧固力矩,通过气密性试验台进行300kPa压力保持测试。同时建立三级质量监督机制,维护人员自检、班组互检与质检员专检相结合,运用智能检测设备对制动系统进行功能验证,重点监测制动缓解时间、制动缸活塞行程等关键参数,确保维护后系统性能恢复至设计值的95%以上。通过全过程质量追溯系统记录维护数据,为制动系统健康管理提供数据支撑<sup>[5]</sup>。

#### 4.3 加强操作人员培训与管理

加强操作人员培训与管理是预防制动故障的重要环节。(1)应加强对操作人员的专业技能培训,制定系统的培训计划,涵盖制动系统的工作原理、操作规范、故障识别与应急处理等内容,通过理论教学、实操训练、案例分析等多种培训方式,提高操作人员对制动系统的认知水平和操作技能,使其能够熟练掌握正确的制动与缓解操作方法,避免因操作不规范引发故障。(2)应强

化操作人员的安全意识教育,通过安全讲座、事故警示案例学习等方式,让操作人员充分认识到制动故障的严重危害,增强其安全责任感和风险防范意识,使其在工作中严格遵守操作规程,认真履行日常检查职责,及时发现制动系统的异常情况并上报处理。(3)建立健全操作人员考核与奖惩制度,将操作人员的操作规范性、故障发现率等指标纳入考核体系,对表现优秀的操作人员给予表彰奖励,对违规操作、责任心不强的操作人员进行批评教育和处罚,激励操作人员规范操作、主动排查故障隐患。

#### 结束语

铁路货车车辆制动系统的安全稳定运行,是保障铁路运输安全与效率的关键所在。从部件质量管控到维护保养体系完善,再到操作人员培训与管理,每一环节都紧密关联、缺一不可。通过构建全流程质量管控体系、实施风险预控的精细化维护模式、强化人员专业技能与安全意识,能够有效预防制动失灵、缓解不良及泄漏等常见故障。唯有持续优化管控机制、提升技术保障能力、增强人员责任意识,才能确保制动系统始终处于可靠工作状态,为铁路货车安全运行筑牢坚实防线,推动铁路货运事业高质量发展。

#### 参考文献

- [1]王化君,刘天傲.关于铁路货车车辆轮对故障分析及解决方案的研究[J].科技视界,2019,(25):60+19.
- [2]穆金海.城市轨道交通车辆制动系统故障智能诊断技术研究[J].轨道交通技术,2023,40(5):23-28.
- [3]王浩然.基于深度学习的列车制动系统健康状态预测与故障诊断[J].交通运输工程学报,2022,22(4):110-118.
- [4]王毅.铁路货车车辆滚动轴承运用中的故障及解决方法探讨[J].模具制造,2024,24(02):241-243.
- [5]范志强.铁路货车车辆滚动轴承运用中的故障及解决方法[J].现代工业经济和信息化,2021,11(01):119-120.