

104 型/120 型车辆制动机常见故障机理分析与应急处置策略

袁士成

中国电子科技集团公司第三十三研究所 山西 太原 030032

摘要: 104 型与 120 型制动机分别适配铁路客、货运车辆,是列车安全运行的核心关键设备。本文对比两类制动机的结构组成与运行特性,系统剖析制动不良、缓解不良、保压异常、管系漏泄等高频故障的深层机理。结合现场运维实际,明确故障分级处置原则与应急处置方案,从巡检、检修、配件管控、技术升级等方面提出优化对策,可有效提升制动机运维质量,降低行车故障风险。

关键词: 104 型/120 型车辆制动机; 常见故障机理; 应急处置策略

引言: 制动系统是铁路车辆的核心安全保障装置,104 型客车制动机与 120 型货车制动机广泛应用于国内铁路客货运输场景。两类制动机结构原理存在差异,长期复杂工况运行下易出现各类故障,直接影响列车制动精度与运行平稳性,严重时引发安全事故。为有效防控制动故障、规范现场处置流程,本文深入分析两类制动机常见故障机理,梳理应急处置策略,提出常态化预防与技术优化措施,为铁路制动设备运维提供参考。

1 104 型/120 型车辆制动机结构与工作原理

1.1 104 型客车制动机结构与工作原理

(1) 核心结构组成: 104 型制动机核心为 104 型分配阀,由中间体、主阀、紧急阀三部分组成。中间体为铸铁长方体,外部四面分别连接制动管、工作风缸管、副风缸管和制动缸管。主阀内设主活塞、滑阀、节制阀等精密部件;紧急阀负责紧急制动响应。配套风缸包括副风缸、工作风缸(缓解风缸)及制动缸,通过管路系统连接。(2) 基本工作原理: 104 分配阀为二压力间接作用式结构。充气缓解位: 制动管增压,主活塞下移,工作风缸和副风缸充气,容积室及制动缸排气。常用制动位: 制动管减压,主活塞上移,副风缸向制动缸充气产生制动。保压位: 制动管停止减压,各压力平衡,维持制动缸压力。紧急制动位: 制动管急剧减压,紧急阀动作,加速排风实现紧急制动^[1]。(3) 设备运行特性: 104 型制动机制动波速和缓解波速较快,能减少列车纵向冲动,提高旅客列车运行平稳性。采用一次缓解方式,无阶段缓解,稳压性能良好,适合客车舒适性要求。

1.2 120 型货车制动机结构与工作原理

(1) 核心结构组成: 120 型控制阀由中间体、主阀、

半自动缓解阀和紧急阀四部分组成。阀体包含 140 多个零件,孔径通路细至 0.2mm。主阀由作用部、减速部、局减阀、加速缓解阀和紧急二段阀组成。配套包括制动缸、闸瓦间隙调整器及空重车调整装置等。(2) 基本工作原理: 120 型为二压力机构直接作用式。充风缓解: 制动管增压,主活塞下移,副风缸充气,制动缸排气。常用制动: 制动管减压,主活塞上移,副风缸压力空气进入制动缸。保压: 压力平衡后维持制动状态。紧急制动: 紧急阀动作,加速排风。(3) 设备运行特性: 120 型制动波速高、压力保持性好。采用橡胶膜板替代金属涨圈结构,密封可靠。具有加速缓解功能,适应重载及长编组列车需求。

1.3 两类制动机结构与运行差异对比

(1) 结构差异: 104 型为分配阀结构,120 型为控制阀结构。104 型为二压力间接作用式,120 型为二压力直接作用式。104 型主阀与紧急阀分体安装于中间体两侧;120 型集成度更高,包含半自动缓解阀等更多功能模块。(2) 性能差异: 120 型制动波速高于 104 型,更适合长大编组;104 型缓解平稳性更优,适合客运。120 型采用橡胶膜板密封,漏泄耐受度更好。(3) 故障诱因差异: 104 型常见缓解不良、自然缓解等故障;120 型常见排风口漏泄、灵敏度差、自然缓解等问题。两者均对滑阀研磨精度和清洁度要求极高。

2 104 型/120 型制动机常见故障及机理分析

2.1 制动不良故障及机理分析

(1) 故障表现: 常用制动时列车减速度明显不足,制动缸压力上升迟缓或达不到规定定压值,紧急制动工况下不触发或触发延时,施行制动后闸瓦与车轮贴合压

力偏弱,制动距离显著延长,危及行车安全。(2)104型制动机故障机理:分配阀滑阀与滑阀座研磨面因油脂干涸或异物侵入产生卡滞,导致副风缸向制动缸充气的主通路未完全开启;充气止回阀阀口损伤或弹簧失效,副风缸充风量无法满足制动需求;管路系统内壁锈蚀剥落或尘埃积聚形成局部堵塞,压力波沿管路传递受阻,制动缸压力输出不足^[2]。(3)120型制动机故障机理:主阀内橡胶模板长期受压变形或过量磨损,活塞行程偏离设计值致制动缸压力异常;紧急阀模板磨损破损,紧急排风速度不达标;缩堵孔径错装或内部堵塞,破坏各部充排气时间匹配关系;制动管系接头漏泄量超标,副风缸充风容量不足,制动力下降。

2.2 缓解不良故障及机理分析

(1)故障表现:缓解操作后制动缸压力不能完全排尽,闸瓦与车轮踏面持续摩擦,列车启动时拖拽运行并伴有异响和异味,严重时擦伤踏面或引发热轴报警,缓解过程明显延迟或需反复操作方可缓解。(2)104型制动机故障机理:均衡阀排气行程调整偏差过大,排气口开度不足以完全释放制动缸压力;缓解电磁铁芯卡滞于关闭位,气路切换失效;O形密封圈老化变形导致阀内串风,制动缸压力排出通路受阻,残留余压过大。(3)120型制动机故障机理:半自动缓解阀内部顶杆与阀座卡滞,排风通路未能全部贯通;排风通路内油污凝结或异物堵塞,排风截面缩小;主活塞胀圈严重磨损致上下腔串风,活塞复位缓慢;复原弹簧弹性衰减,活塞回位行程滞后。

2.3 保压异常故障及机理分析

(1)故障表现:保压位时制动缸压力持续缓慢下降,列车出现自然缓解趋势,或制动管与副风缸间压差波动,风压表指针晃动不稳,无法维持稳定平衡,干扰长大下坡道调速操作。(2)104型制动机故障机理:缓解风缸压力空气经滑阀配合间隙逆流至制动缸;微小颗粒垫住阀口导致密封面无法贴合;橡胶密封件在交变压力载荷下疲劳损伤,高压区向低压区持续渗漏,保压功能失效。(3)120型制动机故障机理:加速缓解阀内部密封不严,副风缸压力经加缓通路缓慢泄漏至大气;主阀座研磨面存在划痕或异物嵌入,密封比压不足;紧急室缩堵漏风超标,紧急活塞上腔压力非正常下降,破坏保压平衡。

2.4 管系漏泄类故障及机理分析

(1)故障表现:管路接头处涂抹检漏液后连续产生气泡,阀体安装面周边耳闻漏风声,空压机频繁启动打

风,全列充风至定压时间明显延长,保压试验压力下降速率超标,风压表指针往复摆动。(2)核心故障机理:橡胶O形圈长期使用老化变硬失弹,低温环境下收缩加剧密封失效;中间体安装螺栓扭矩不均导致阀体变形产生间隙;管路受振动磨损、低温冻裂或沙石击打形成微裂纹;滑阀等精密偶件研磨及装配精度不足造成内漏超标。(3)故障衍生危害:漏泄延长全列充风时间,制动与缓解响应明显滞后,紧急制动距离增加,空压机长时间高负荷运转致能耗上升、设备寿命缩短,严重时供风能力严重不足,制动机完全失效,直接威胁行车安全。

3 104型/120型车辆制动机故障应急处置策略与预防优化措施

3.1 故障应急处置基本原则与流程

(1)处置基本原则:始终坚持安全优先,将行车安全和人员生命安全置于首位,任何处置操作均不得违背安全规范;快速研判故障现象,准确判断故障性质与影响范围,避免误判扩大事态;依据故障严重程度实施分级处置,匹配相应资源与权限;处置完毕后必须进行性能复核,确认制动机各项功能恢复标准状态方可投入运用,形成闭环管理,严禁制动机带病运行。(2)通用处置流程:首先通过风压表异常读数、漏泄异响、闸瓦非正常磨损等前兆信号捕捉故障预警;其次结合故障现象与制动机工作原理快速锁定故障区段与具体点位;随后按预定方案实施应急操作或部件更换;处置完成后进行全面性能试验复核,确认动作正常;最终将故障时间、现象、处置措施及复核结果详细记录并报备技术管理部门存档溯源。(3)故障分级标准:一般故障指不影响运行安全但需入库处理的性能偏差,由当班乘务员记录报修,处置时限24小时内入库解决;重点故障指影响制动效能但可限速运行至前方站的问题,须由专业技术骨干现场处置,处置时限4小时内完成;紧急故障指制动失效、抱闸严重危及行车安全的状况,须立即采取停车措施、设置防护信号,启动应急抢修预案,组织多部门联合处置^[3]。

3.2 典型故障现场应急处置方案

(1)制动不良故障处置:迅速通过制动管压力表确认总风供给是否正常;逐段排查管路堵塞点,清除异物或更换堵塞管段;使用专用工具现场校验分配阀或控制阀主活塞动作状态;对确认失效的阀件临时更换备用阀体;检查节流缩堵规格是否与设计图纸一致,必要时调整或更换,确保各部充排气时间匹配,快速恢复制动缸压力输出至标准值。(2)缓解不良故障处置:在做好安全防护并确认周边无人员靠近的前提下,使用手动缓解

装置实施强制缓解,解除抱闸状态;拆解卡滞阀体,清除内部油污、锈尘等异物并重新涂抹适量润滑脂;更换老化变形或龟裂破损的 O 形密封圈;使用深度尺测量并调整均衡阀或主活塞行程至规定公差范围,更换弹力不达标的复原弹簧,确保缓解动作干脆迅速。(3) 保压异常与漏泄故障处置:使用专用检漏液沿管系与阀体结合面逐段排查,精准定位漏泄点位;对松动接头实施紧固并更换损坏的紫铜垫圈或密封垫;对无法立即修复的微小裂纹或砂眼采用专用密封胶带或应急夹具进行临时封堵处理;处置后持续观察风压表,确认副风缸及制动缸压力在保压时间内稳定不降后方可恢复运行。

3.3 故障常态化预防管控措施

(1) 强化日常巡检:依据 104 型分配阀与 120 型控制阀结构差异分别制定差异化巡检清单,重点检查橡胶密封圈有无裂纹老化失去弹性、阀体安装螺栓及管接头有无松动脱出、管路有无异常磨损及锈蚀穿孔、日常单车保压试验数据是否合格达标,巡检频次不少于每趟出库前一次。(2) 规范检修工艺:统一两类制动机分解、清洗、研磨、组装及试验的全流程标准化作业指导书,明确主滑阀与滑阀座配合间隙、模板行程极限尺寸等关键参数的检测方法 with 验收标准,严格执行滑阀与阀座研磨平面度 $\leq 0.02\text{mm}$ 及表面粗糙度 $Ra0.4$ 要求,严禁随意省略工序或降低验收标准^[4]。(3) 严控配件质量:建立合格供方动态管理名录并每季度评审,对模板、O 形密封圈、复原弹簧等易损配件实行入库批次全数检验,逐件查验材质报告与合格证明文件,定期抽样送第三方检测机构复验,坚决杜绝不合格或非标准配件装机使用。

3.4 运维优化与技术改进建议

(1) 运维体系优化:建立覆盖单阀全生命周期的故障电子台账,按阀型、故障类别、运行里程、线路条件及季节因素统计分析高发点位与主要诱因,定期开展月度数据评审和季度趋势分析,实现故障溯源、纠正措施落实及效果验证的全过程闭环管控。(2) 设备技术改

进:优化橡胶模板与密封圈的耐高低温及抗磨配方,拓展 $-50^{\circ}\text{C}\sim+70^{\circ}\text{C}$ 宽温域工作能力,提升极端气候条件下的使用寿命;改进节流缩堵防堵塞倒角结构设计,优化排风通路流道截面参数,减少涡流与积尘,增强制动机抗油污、抗干扰及耐老化综合性能,目标将检修周期由现行 1 年延长至 1.5 年^[5]。(3) 智能化升级:推广配备智能试风系统,实现制动管系自动充排风、性能参数采集及合格性智能判定;安装车载在线压力监测与温度传感设备,实时采集风压动态及阀体温度数据并设定多级阈值报警,遇异常参数提前向司机显示屏及地面监测平台同步推送预警信息,实现故障超前发现与主动干预,有效降低突发故障概率。

结束语

本文系统梳理了 104 型与 120 型车辆制动机的结构原理差异,精准拆解四类典型故障的诱发机理与衍生危害,构建了分级应急处置体系与常态化预防管控制制。通过优化运维模式、严控检修工艺、推进智能化升级,可有效解决两类制动机运行中的常见问题。研究成果能够切实提升铁路车辆制动系统运行稳定性与安全性,为一线检修运维工作提供实操性较强的技术支撑与理论依据。

参考文献

- [1] 刘杰,王磊.120 型空气制动机典型故障机理及快速处置方法[J].铁道车辆,2023,61(7):45-49.
- [2] 张博文.104 型分配阀制动失效故障分析及应急检修策略[J].铁道技术监督,2024,52(3):67-71.
- [3] 陈宇,赵鑫.铁路客货车 104/120 型制动机共性故障及防控技术[J].轨道交通装备与技术,2022,8(6):33-36.
- [4] 周明轩.铁路货车 120 型控制阀缓解不良故障机理及整治措施[J].机车车辆工艺,2023,11(4):56-59.
- [5] 王浩.列车运行途中 104 型制动机突发故障应急处置研究[J].铁道运营技术,2025,31(2):41-43.