

# HXD1C机车制动系统常见问题及处理

陈光斌

西创宁东铁路有限公司 宁夏 银川 751409

**摘要:**HXD1C型电力机车是我国铁路货运主型机车之一,其制动系统采用CCB II型电空制动系统,具有集成度高、响应迅速、制动性能稳定等优点。然而,在长期运用过程中,由于环境因素、部件老化、操作习惯等原因,制动系统各类故障时有发生,直接影响行车安全与运输效率。本文结合HXD1C机车制动系统的结构原理与实际运用经验,系统分析了制动显示屏故障、均衡风缸压力异常、列车管不保压、常用制动不缓解、惩罚制动误动作等典型问题,剖析故障成因并提出针对性处理措施,为机车运用与检修人员提供技术参考,提升制动系统故障处置能力。

**关键词:**HXD1C机车;制动系统;故障分析;维护处理

引言:HXD1C型电力机车是我国铁路干线货运主力车型,其制动系统采用CCB II电空制动系统,由电子制动阀、制动显示屏、微处理器及电空控制单元等部件构成,具备自动制动、紧急制动等多种功能。该系统控制精确,但对使用环境要求较高。实际运用中,制动显示屏黑屏、均衡风缸压力异常、制动后不缓解等问题时有发生,现场处理难度较大。本文归纳总结HXD1C机车制动系统典型故障现象、原因及处理方法,为现场检修提供参考。

## 1 HXD1C 机车制动系统概述

### 1.1 制动系统基本组成

HXD1C机车制动系统采用CCB II电空制动系统,主要由以下单元构成:电子制动阀负责发出制动指令;制动显示屏用于状态显示与故障诊断;微处理器是系统的控制核心;继电器接口模块负责逻辑转换与元件驱动;电空控制单元包括均衡风缸控制模块、列车管控制模块、制动缸控制模块等;此外还包括电源模块、空气管路及各类传感器。系统通过电子制动阀将司机的操作转换为电信号,由微处理器处理后驱动各电空控制单元动作,实现机车制动、缓解及保压功能。CCB II系统还具有故障自诊断功能,能够通过制动显示屏显示故障代码,辅助检修人员快速定位问题。

### 1.2 制动系统工作原理

CCB II制动系统基于“电气指令+气动执行”的协同控制逻辑。司机操作自动制动阀或单独制动阀后,电子制动阀将手柄位置转换为PWM或电平信号,通过CAN总线传输至微处理器。微处理器根据制动指令和当前状态,向相应的电空控制单元发送控制信号,控制充风或排风电磁阀动作,调节均衡风缸压力。均衡风缸压力作为指令压力,经列车管控制模块转换为列车管压力,再

通过中继阀转换为制动缸压力,最终作用于闸缸实现制动。该过程中,各压力传感器实时监测压力值并反馈至微处理器,形成闭环控制,确保制动压力精确。紧急制动时,紧急电磁阀直接排空列车管压力,实现快速停车。系统还设置了惩罚制动功能,在列车分离、无人警惕等异常情况下自动触发制动<sup>[1]</sup>。

### 1.3 制动系统运用特点

HXD1C机车制动系统在实际运用中具有以下特点。一是制动响应迅速,电空控制方式较传统空气制动缩短了充排风时间,列车管减压速度明显加快。二是具备阶段缓解功能,可实现列车管压力的精确控制,有利于长大下坡道的操纵。三是故障诊断与数据记录完善,制动屏可实时显示故障代码,事件记录仪可存储故障时刻的关键参数,便于事后分析。四是冗余设计,关键部件如微处理器、电源模块等具备双套配置,单套故障时可切换至备用单元维持基本功能。然而,该系统对电压稳定性、压缩空气清洁度、电气连接可靠性等要求较高,现场运用中因环境恶劣、维护不到位引发的故障较为常见,需要针对性地加强预防性检修。

## 2 制动系统常见问题及处理

### 2.1 制动显示屏故障

制动显示屏是CCB II系统的人机交互界面,用于显示制动状态、压力参数及故障代码,同时支持参数设置和自检操作。常见故障现象包括显示屏黑屏、花屏、触摸无响应以及显示数据异常。黑屏通常因电源模块输出异常、显示屏内部电源板损坏或连接线接触不良引起;花屏多为显示屏与微处理器之间的通信故障或屏幕驱动板故障;触摸无响应常见于长期使用后触摸屏老化或校准失效。处理措施方面,首先检查显示屏电源线及通信线插头是否松动,测量电源模块输出电压是否在标称范

围内；若电源正常仍黑屏，可尝试断电重启或在断电状态下重新插拔连接器；重启无效则需更换显示屏总成。对于显示数据异常，如均衡风缸压力显示与机械表指示偏差过大，可通过显示屏内置校准程序进行零点校正和增益调整。日常运用中应注意避免用水直接冲洗操纵台，防止液体渗入显示屏内部造成短路。

## 2.2 均衡风缸压力异常

均衡风缸是CCB II系统的指令压力源，其压力稳定性直接影响列车管压力和制动缸压力的控制精度。常见问题包括均衡风缸压力不上升、压力上升过慢、压力波动大以及减压不到位。压力不上升多因均衡风缸控制模块的充风电磁阀阀芯卡滞或线圈烧损，或该模块前排风塞门被误关。压力上升过慢常见原因有均衡风缸控制模块的限缩孔堵塞，或充风通路内存在异物。压力波动大通常与均衡风缸压力传感器故障或AD转换异常有关，也可能是传感器气路内存在水分或杂质导致测量值跳变。减压不到位常见原因是排风电磁阀排风口被异物堵塞，或均衡风缸控制模块内部密封件老化导致内泄漏。处理措施需根据具体现象逐项排查：充风电磁阀故障可使用备用模块替换测试；传感器问题可参照制动显示屏显示的故障代码定位，临时处理时可切除该模块使用备用均衡风缸维持运行，入库后更换传感器。日常维护中应定期对电空控制单元进行自检，每半年清洗一次电磁阀滤网<sup>[2]</sup>。

## 2.3 列车管不保压

列车管不保压是指自阀手柄置于保压位后，列车管压力持续下降，说明系统存在泄漏或阀件密封不良。该故障可分为外泄漏和内泄漏两类。外泄漏可通过涂抹检漏液查找漏点，常见部位包括列车管软管接头、折角塞门、各模块的管路接口等。内泄漏原因复杂，主要涉及列车管控制模块的中继阀膜板破损、供气阀或排气阀密封不严，以及微处理器输出信号异常导致电空阀未能完全关闭。处理时，首先通过关闭列车管折角塞门、分段隔离的方法缩小故障范围。若判断为列车管控制模块内部故障，可使用模块备用通道或采用“转储”功能切换至备份模块维持运行。需注意的是，列车管不保压故障往往导致机车制动后自然缓解，存在溜逸风险，发现后应立即停车处理，严禁带病运行。入库检修时应分解中继阀检查膜板状态，使用专用工装测试阀件密封性，故障阀件及时更换。

## 2.4 常用制动不缓解

常用制动不缓解是指自阀手柄移至缓解位后，列车管压力和制动缸压力均不能恢复至定压，机车仍处于制动状态。该故障常见原因包括：列车管控制模块的充风

电磁阀线圈烧损或阀芯卡滞；排风电磁阀漏风导致列车管无法充风；中继阀膜板破损，供气阀无法正常开启；微处理器或继电器接口模块故障，导致控制信号异常。处理时应首先通过单独制动阀确认机车制动缸是否能够单独缓解，以区分故障在自动制动部分还是单独制动部分。若确定故障在自动制动部分，可将自阀手柄短暂置于紧急位再拉回缓解位，利用紧急位直接排风产生的冲击尝试复位电磁阀。若无效，应立即停车并切除故障端操纵台，使用后备制动模式维持运行。入库后需分解检查列车管控制模块，测量充风电磁阀线圈电阻，清洗或更换电磁阀组件。为预防此类故障，运用中建议定期对电空阀进行动作测试，每半年进行一次模块整体性能试验。

## 2.5 惩罚制动误动作

惩罚制动是CCB II系统的安全保护功能，当检测到列车分离、无人警惕、监控装置输出制动指令、牵引风机故障、主断路器未闭合等异常情况时，系统自动触发紧急制动。惩罚制动误动作则是指上述条件未满足时系统仍触发制动，属于非正常制动。常见误触发原因包括：无人警惕装置传感器故障或人为误操作；列车管压力开关或中继阀位置开关触点接触不良；微处理器接收到干扰信号；各传感器零点漂移导致逻辑误判。处理时，制动显示屏会显示相应的故障代码，如“无人警惕超时”“列车分离”等，检修人员可依据故障代码定位原因。若因无人警惕踏板或按钮故障引起，可暂时切除无人警惕功能维持运行。若为误报，可通过断电重启制动系统使微处理器复位。对于列车管压力开关触点接触不良，可使用继电器接口模块测试工具检查触点状态，必要时更换开关。日常应定期检查各开关和传感器接线，每年进行一次系统逻辑验证测试。

## 2.6 其他常见故障

除上述典型故障外，HXD1C机车制动系统还存在一些其他常见问题。电源模块故障表现为机车升弓后制动系统无法上电或运行中突然断电，主要原因包括DC110V输入保险烧断、模块内部稳压电路损坏、散热风扇卡死导致过热保护等。处理时首先检查输入保险，更换后若仍故障则需更换电源模块。后备制动失效是指当CCB II系统故障时，后备制动装置无法正常投入或制动缸压力不足，常见原因有后备制动通路中存在异物堵塞、切换阀密封老化或操作顺序不当。运用中应要求乘务员做好“转后备”操作演练，检修时定期进行后备制动功能试验。空气管路冻结主要发生在冬季低温环境下，管路内积水结冰导致阀件卡滞或通路堵塞。预防措施包括强化空气干燥器的维护，每日执行总风缸排水作业，在关键

管路加装电伴热装置。季节性变化前应重点检查干燥器的工作状态,确保其除湿效果达标。

### 3 故障处理流程与预防措施

#### 3.1 标准化故障处理流程

针对HXD1C机车制动系统故障,应建立标准化的处理流程,提高现场处置效率。第一步,信息确认:通过制动显示屏读取故障代码,记录故障时刻、运行工况、操纵方式等关键信息,判断故障性质。第二步,现象复核:确认制动状态是否与司机描述一致,检查均衡风缸、列车管、制动缸压力是否正常,尝试缓解或再次施加制动验证故障是否复现。第三步,初步隔离:使用故障复位按钮或断电重启尝试恢复,通过制动屏切除疑似故障模块,观察故障是否消失。第四步,应急处理:根据故障类型采取针对性应急措施,如切换至备用模块、使用后备制动、关闭故障端操纵台等,确保机车能维持运行至前方站或机务段。第五步,信息报送:将故障现象、处理过程及当前状态报告调度部门,获取后续运行指示。第六步,入库检修:入段后依据故障记录进行分解检查,更换故障部件,完成功能试验后方可重新投入运用<sup>[3]</sup>。

#### 3.2 预防性检修措施

降低HXD1C机车制动系统故障率的核心在于加强预防性检修。日常检查方面,乘务员出勤时应检查制动显示屏自检状态,确认均衡风缸和列车管定压,测试常用制动和紧急制动功能。定期检修方面,按照CCB II系统检修规程,每6个月进行一次电空控制单元自检和电磁阀清洗,每12个月更换均衡风缸控制模块和列车管控制模块滤网,每24个月进行中继阀分解检修并更换膜板。环境控制方面,机车整备时加强空气干燥器状态检查,定期更换干燥剂;冬季来临前做好管路保温及排水工作,防止冻结。信息化管理方面,建立制动系统故障数据库,记录各机车故障类型、原因及处理方法,利用数据分析识别高发故障和易损部件,针对性地调整检修周期和备件储备。通过上述预防性措施,可显著降低制动系统运用故障率,提高机车运用可靠性。

### 4 未来展望:HXD1C 机车制动系统的智能化与信息化升级

随着铁路装备技术的快速发展,HXD1C机车制动系统正逐步向智能化、信息化方向迈进。通过在制动系统中集成高精度传感器网络,实时采集风压、温度、电流、振动等关键参数,并利用机器学习算法建立动态健康评估模型,可精准分析设备劣化趋势,提前识别潜在故障风险。例如,通过监测制动缸压力波动频率与闸瓦磨损量的关联性,可预测基础制动装置的剩余寿命,实现从传统的“定期检修”向“按状态维修”的转变,显著降低非计划停运率。另外,物联网与5G通信技术的应用将推动制动系统向远程运维模式升级。通过车载无线传输装置,制动系统的实时运行数据(如BCU控制指令、空压机工作状态等)可同步回传至地面云平台,结合数字孪生技术构建虚拟制动系统模型,实现故障的远程复现与精准定位。地面专家系统可基于历史案例库自动生成维修建议,指导现场人员快速处置,同时为制动系统的设计优化提供数据支撑<sup>[4]</sup>。未来,随着氢能源机车、混合动力机车等新型装备的推广,制动系统还需融合能量回收与绿色制动技术,进一步提升能源利用率,助力铁路行业实现“双碳”目标。

#### 结束语

HXD1C机车制动系统作为保障铁路货运安全的核心装备,其稳定运行直接关系到运输效率与行车安全。本文通过系统分析制动显示屏、均衡风缸、列车管等关键部件的典型故障及处理措施,提出了标准化处置流程与预防性检修策略,为现场运维提供了技术支撑。未来,随着智能化技术的深度应用,制动系统将实现从被动维修向主动预测的跨越,为铁路装备的可靠性提升与绿色发展注入新动能。

#### 参考文献

- [1]王虎威. HXD1型机车制动柜管路母材断裂分析与防治对策[J].铁道机车与动车,2022(2):41-44.
- [2]贺佳,李锦辉,谢启明,等.机车制动机平均管压力控制原理分析[J].机电信息,2022(23):58-60.
- [3]刘昉. HXD1C型机车轮对反压掉吨原因分析及改进[J].电力机车与城轨车辆,2025,48(5):131-134.
- [4]段泉强. HXD1C型电力机车轮对踏面误报警原因分析及对策[J].铁道机车与动车,2024(3):43-45.