

Key Faults and Treatment Strategies Analysis of HXD1C Electric Locomotive

Xiuxiu Tian

Shandong High-Speed Rail Transit Group Co., Ltd., Jinan, Shandong, 250000, China

Abstract

The HXD1C electric locomotive is a six-axle, 7200 kW AC-driven main-type locomotive used in China's trunk freight transport, long-term undertaking traction tasks on mountainous trunk lines, heavy-load sections, and high-density freight operations. This locomotive adopts an overall solution featuring coordinated operation of traction converters, auxiliary converters, network control systems, and modular high-voltage equipment, with high system integration. Its faults often exhibit characteristics such as multiple interlocks, rapid main circuit breaker tripping, intense repeated alarms, and significant challenges in on-site diagnosis. Any abnormalities in the pantograph, high-voltage insulation, auxiliary power supply, or braking air source linkage can directly impact traction establishment, mid-trip maintenance, and safe parking. This paper analyzes representative key faults encountered during the operation of HXD1C electric locomotives and proposes corresponding handling strategies based on field maintenance logic.

Keywords

HXD1C electric locomotive; key faults; handling strategies; analysis

HXD1C 型电力机车重点故障及处理策略分析

田秀秀

山东高速轨道交通集团有限公司, 中国 · 山东 济南 250000

摘 要

HXD1C型电力机车是中国干线货运中的六轴7200 kW交流传动主型机车, 长期承担山区干线、重载区段和高密度货运牵引任务。该型机车采用牵引变流器、辅助变流器、网络控制系统与模块化高压设备协同工作的总体方案, 系统集成度高, 故障往往具有联锁多、跳主断快、重复报警强和现场判断难度大的特点。受电弓、高压绝缘、辅助供电以及制动风源链路一旦异常, 通常会直接影响机车牵引建立、途中维持和安全停车。本文围绕HXD1C型电力机车运用中具有代表性的重点故障展开分析, 并结合现场检修逻辑提出对应处理策略。

关键词

HXD1C型电力机车; 重点故障; 处理策略; 分析

1 引言

HXD1C 型电力机车是铁路电力机车车型中的一种, 依托自主化交流传动平台研制功率较大, 车体采用整体承重结构及模块化设计, 最高运行速度可达每小时 120km, 同时通过网络化控制、双受电弓高压布置和模块化牵引供电系统, 具备 7200 kW 持续功率和 120 km/h 运营能力, 已在中国多条货运干线承担重载牵引任务^[1]。随着系统集成程度提高, 现场故障已不再单纯表现为某一器件损坏, 而更多体现为气路、电路、控制逻辑与状态反馈相互耦合。基于这一特点, HXD1C 型电力机车故障分析必须立足运用现场, 从故障现象、触发条件和系统关联三个层面同步展开。

【作者简介】田秀秀(1990-), 女, 中国山东济宁人, 硕士, 工程师, 从事铁路货运运输研究。

2 HXD1C 型电力机车重点故障

2.1 受电弓升弓异常

受电弓升弓异常是 HXD1C 型电力机车运用中较为突出的故障类型, 现场最常见的表现并非单一的完全无法升弓, 而是升弓失败、升起后不能保持以及刚刚建立高压又自动降弓等连续性异常。HXD1C 车顶设有两套 TSG15B 型受电弓, 升弓前需依靠微机显示屏确认感应电压后方可实施作业, 这说明该故障既与弓体机械状态有关, 也与气路压力建立、控制阀动作和反馈信号保持密切相关。实际运用中, 一旦保压不稳或联锁状态识别出现波动, 机车便容易出现受电弓动作存在但高压通道不能稳定维持的现象, 进而影响主断闭合和后续牵引建立, 故障特点具有突发性和反复性。

2.2 高压绝缘检测报警

高压绝缘检测报警是 HXD1C 型电力机车中直接影响高压建立和主断状态的一类重点故障, 现场通常表现为升弓

后高压绝缘检测装置迅速报警, 6A 终端同步报码, 机车随即出现主断拒合或自动断开的现象。这类故障的复杂之处在于, 既可能来源于车顶母线、受电弓及相关高压部件绝缘状态下降, 也可能与检测回路本身的参数漂移、软件适配偏差和信号判断失准有关。已有运用案例表明, 部分机车在控制软件升级后, 当网压升至一定数值即触发异常报警, 说明该故障并不总是单纯的硬件击穿, 而常带有检测逻辑与实际状态不一致的特征。由于该故障直接作用于主断控制链, 故障一旦出现, 机车往往不能顺利维持高压供电^[2]。

2.3 辅助变流器故障停机

辅助变流器故障停机是 HXD1C 型电力机车运用中影响范围较广的一类电气故障, 其典型特征是微机连续报码、复位后短时恢复、运行一定时间再次报故障, 严重时伴随主断自动断开和辅助设备失电。辅助变流器承担机车多类辅机供电任务, 故障一旦发生, 往往不是单个局部设备异常, 而是会牵连通风、冷却、充电和泵类负载工作状态同步波动。高原 HXD1C 型电力机车运用案例显示, 辅助变流器均压电阻异常时, 相关测点电压会持续下滑, 电压下降到阈值后主断路器自动断开, 并反复报码。由此可见, HXD1C 辅助变流器故障具有明显的中间电压失衡特征, 且在运行负载作用下更容易暴露, 这类故障对机车持续运行能力影响十分直接。

2.4 制动与风源系统异常

制动与风源系统异常在 HXD1C 型电力机车上具有较强的现场关联性, 往往表现为总风压力建立缓慢、制动缸压力响应不正常、制动缓解迟滞或操纵指令与压力变化不一致。HXD1C 司机室制动显示装置可实时显示均衡风缸、列车管、总风缸、流量和制动缸等压力参数, 这表明该类故障并不是单一阀件问题, 而是供风、控制和执行链路共同作用后的结果。货运电力机车制动系统可靠性本就高度依赖风源稳定, 而机车空气压缩机又长期处于高温、多尘、振动和间歇工作环境中, 因而风压建立能力下降、泄漏增大和反馈失真常会叠加出现。对于 HXD1C 而言, 这类故障直接关系到途中制动建立、缓解一致性和停车控制稳定性, 属于运用中必须重点盯控的故障类型。

3 HXD1C 型电力机车重点故障的处理策略

3.1 建立受电弓气电联查处置流程

针对 HXD1C 型电力机车受电弓类故障处置要把升弓条件核对、执行链路排查和复测确认放在同一顺序内完成。第一, 机车报出升弓失败后, 司机应先在微机主屏核对网压是否已出现约 3 kV 感应电压, 再检查端位选择、初始化状态以及高压接地开关、受电弓隔离开关、A10 总风缸截断塞门、F114 控制电源自动开关和紧急按钮状态, 先把未满足升弓前提的故障剥离出来, 避免一开始就拆查弓上部件; 这一环节若主屏条件已缺项, 后续气路、电空阀和弓体动作检查都应暂缓, 并同步核对操纵端是否选择正确^[3]。第二,

HXD1C 配用 TSG15B 单臂气囊式受电弓, 升弓链条本身就包括气囊、快排阀和车内气阀板, 因此进入执行阶段后, 应按压缩空气入口、K75 和 K74 电控阀、U99 钥匙位、调压与节流部件、快排阀、升弓气囊的次序逐段查风。常用处置资料明确控制风缸最低气压不得低于 400 kPa, 若进风表与回风表读数不一致, 应优先判定车顶支路、接头或膜囊附近存在漏风, 而不是先怀疑控制板件失效。第三, 对升起后自行降弓的机车, 不能只看弓体是否落下, 还要把快排阀后分出的压力开关支路与 ADD 相关反馈一并核对, 结合控制阀板接线、插头压接和抖动痕迹判断是否存在瞬时反馈中断; 蓄电池电压低于 77 V 时, 低压控制稳定性下降, 也容易把原本短时的反馈波动放大成自保护降弓。第四, 故障排除后必须连续完成升弓、保弓、降弓三种工况复测, 确认受电弓升起后压力保持稳定、主断动作与显示一致、降弓后风压释放正常, 再核对司机显示屏状态变化与现场实际动作是否同步; 只有动作链、反馈链和显示链三者闭合一致, 方可恢复机车上线。

3.2 实行高压绝缘分段检测与复位隔离

处理 HXD1C 型电力机车高压绝缘报警时, 应把故障切入点放在分段判别和受控复位上, 先把真实绝缘下降、局部接地和检测链误报分开。第一, 机班接到报警后先核对微机网压、主断状态、6A 告警和弓位信息是否同步, 再按车顶设备、绝缘检测箱、主回路三层顺序排查; HXD1C 车顶布置两台受电弓、两台高压隔离开关, 并在隔离开关与主断之间设置 JDZXW2-25 型电压互感器, 检查时应先定边界、后定部件、再定是否隔离, 不能在故障性质未清前连续合主断。第二, 静态检查要把受电弓底架绝缘件、车顶母线支撑绝缘子、电压互感器外表、高压电缆引出端作为同一路径连续查看, 重点看雨雪后潮湿、煤尘油污附着、瓷件裂纹、端部松动和放电痕。对曾经发生污闪的区段机车, 还要注意互感器接线端、避雷器邻近和母线转角部位是否存在沿面脏污带。发现闪络炭化、护套破损或接头爬电距离明显变差时, 应先隔离故障侧, 再换另一弓位做对比验证。第三, 对重复误报机车不能只按外部绝缘处理, 6A 高压绝缘检测箱本身具有自检和 CAN 传输链路, 自检异常时不能进入有效检测; 已有运用案例表明, 个别 HXD1C 在 C4 软件升级后网压升至 18.8kV 即触发报警, 处置时必须把参数版本、采样一致性、报警阈值和显示端报码对应关系一并核对, 必要时调取同批次机车参数做横向比对^[4]。第四, 复位恢复必须按低压确认、升弓、主断建立、连续观察逐级推进, 确认微机界面已有感应电压后再升弓, 升弓后应完成一次完整高压建立观察, 并盯看主断闭合是否稳定、6A 是否再次报码、网压曲线是否突降, 只有报警链、主断链和显示链保持一致, 方可结束本次处置。

3.3 围绕中间电压失衡开展辅变模块化处置

围绕 HXD1C 型电力机车中间电压失衡开展辅变模块

化处置时,现场判断不能停留在单次复位是否成功,而应把TGF54辅变的输入、直流支撑与输出链条连成一体核对。第一,机车报码后应同步调取显示终端与事件记录信息,先分清是两台辅变中哪一台先报码、哪一台随后进入降级供电,再对照辅助绕组输入是否处于AC470V正常允许波动范围内,检查中间电压是瞬时跌落、缓慢下坠还是周期性摆动,并记录波动幅值,因为HXD1C型电力机车每台车设2台TGF54辅助变流器,单台额定容量248kVA,正常工况下一台承担VVVF,另一台承担CVCF,报码先后顺序基本可以反映故障起点位于整流侧还是负载侧。第二,若故障具有重复性,应把检查面收紧到支撑电容、均压电阻、采样板、插件件和门极驱动回路,重点测量同桥臂、同母排两侧及采样反馈值是否一致,特别要核对均压电阻阻值漂移、采样插件松脱和板卡供电波动,因为中间环节一旦出现分压失衡,常先表现为检测值偏移,随后才发展为模块保护。第三,对已形成稳定触发规律的机车,不宜反复强制带故障投入,应按运行区段和当班负载情况实施故障辅变隔离,由健全辅变转入CVCF集中供电,先保住440V恒频负载和必要冷却、通风、泵类及充电回路,再撤并非必须负载,避免在中间电压未恢复均衡时再次叠加压缩机或风机冲击。第四,处理结束后必须连续完成空载、分组带载和切换复测,至少核对440V输出、VVVF侧10~60Hz调频响应、辅机起动电流波动及同类报码是否清零,若复测中中间电压仍有不对称摆动,即使短时不再报码,也应回段更换对应模块或采样部件,不再上线观察。

3.4 按制动链路和风源链路分层排查

在HXD1C型电力机车制动与风源异常处理中,应把压力数据、阀件动作和记录信息放到同一条链路上核对,先分清风源侧失压还是制动侧失控,再进入针对性检修。第一,司机和检修人员接到异常后,应先在LCDM制动页面连续比对均衡风缸、列车管、总风缸和制动缸显示值,重点看列车管能否稳定跟随均衡风缸变化。对配有CCB II制动配置的机车,本机投入状态下BP应达到ER设定值附近,允许偏差为 $ER \pm 7 \text{ kPa}$,若ER已变化而BP、BC不同步,则故障点多不在机械制动单元,而在控制或传感环节。第二,若总风建立迟缓、反复掉压或升压无力,应先转入风源链检

查。HXD1C空气压力调节器开断值为 $900 \pm 20 \text{ kPa}$,闭合值为 $750 \pm 20 \text{ kPa}$,低于 $680 \pm 20 \text{ kPa}$ 时两台压缩机投入, $950 \pm 20 \text{ kPa}$ 为安全阀动作值,因此现场应按压缩机启停顺序、干燥器通畅性、总风缸排水和管路泄漏点逐项核对。第三,若总风缸压力保持在下限以上,而常用制动、追加制动或缓解响应仍不正常,就应把重点落到制动控制链,先调取事件记录和故障代码,核对ERCP、BPCP、16CP等模块状态,再结合阀件动作时刻与压力曲线变化,查明是命令未发出、发出后未转换为列车管控制,还是制动缸建立后不能按指令回落。第四,故障消除后不能只做一次缓解试验,应按缓解、常用、追加、紧急顺序复试,并把总风缸充至不低于 750 kPa 、列车管充至 500 kPa 后再校验显示值和实测值的一致性,若复试中压力建立速度、回落幅度与操纵位次仍有迟滞或跳变,就不能结束处理^[9]。

4 结语

HXD1C型电力机车故障处理的难点,不在于单一部件更换本身,而在于高压、辅助、制动和反馈信号之间存在明显耦合。受电弓升弓异常、高压绝缘报警、辅助变流器停机以及制动风源异常之所以在运用中反复出现,往往与环境应力、模块状态漂移和现场判断顺序不当同时有关。对HXD1C型电力机车而言,先读故障信息、再划系统边界、后做分段验证的处理思路,更符合一线运用和回段检修实际。后续运用段还应把故障代码积累、修后复测和重复故障闭环记录进一步做细做实。

参考文献

- [1] 孟辉,郭花花.HXD1C型机车牵引系统典型故障分析及研究[J].现代科技研究,2025(1).
- [2] 赵国德.HXD1B,HXD1C型电力机车常见故障及处理[J].探索科学,2020(4):51-51.
- [3] 王祥,陈智.电力机车HXD1C型机车辅逆故障[J].中国战略新兴产业,2020(34):218-219.
- [4] 周嘉煜,郑新火.HXD1C机车预见性C1修修制改革浅析[J].广西铁道,2020(1):2.
- [5] 陈亚东.HXD1C型机车DK-2制动机一典型问题的分析及对策[J].铁道机车与动车,2023(9):44-45.