

HXD1C 型机车牵引系统典型故障分析及研究

孟辉 郭花花

国能朔黄铁路发展有限责任公司机辆分公司 062350

【摘要】铁路运输作为国家交通体系的中流砥柱，在推动经济进步以及维持社会有序运转方面有着举足轻重的作用。

HXD1C型机车作为货运铁路的核心运载工具，其牵引系统能否稳定运行，直接关系到铁路运输能否高效、安全地开展。然而在实际运行过程中，由于作业环境复杂、运行任务繁重，HXD1C型机车牵引系统频繁遭遇各类故障。这些故障不仅导致铁路运输效率大幅下滑，还为铁路运输安全埋下了隐患。所以，本文将深入分析HXD1C型机车牵引系统的典型故障，旨在为故障提前预判，及时采取措施应对，切实提升机车的可靠性与稳定性助力。

【关键词】HXD1C型机车；牵引系统；典型故障

Typical fault analysis and study of HXD 1 C locomotive traction system

Meng Hui Guo Huahua

Energy Shuohuang Railway Development Co., LTD. Machinery Branch 062350

【Abstract】As the mainstay of the national transportation system, railway transportation plays an important role in promoting economic progress and maintaining the orderly operation of the society. As the core carrier tool of freight railway, whether the traction system of HXD 1 C locomotive stably is directly related to whether the railway transportation can be carried out efficiently and safely. However, in the actual operation process, due to the complex operating environment and heavy operation task, the HXD 1 C locomotive traction system frequently encounters various faults. These faults not only lead to a sharp decline in the efficiency of railway transportation, but also lay a hidden danger for railway transportation safety. Therefore, this paper will deeply analyze the typical faults of HXD 1 C locomotive traction system, aiming to predict the fault in advance, take timely measures to deal with it, and effectively improve the reliability and stability of the locomotive.

【Key words】HXD 1 C locomotive; traction system; typical fault

引言：

HXD1C 型机车作为我国铁路运输领域的关键装备，在承担货运重任方面发挥重要作用。牵引系统作为 HXD1C 型机车的重要组成部分，直接决定着机车的运行表现以及运输效能。然而，随着使用时间的增加和运行里程的累积，HXD1C 型机车的牵引系统难以避免地会产生各类故障。这些故障的出现，极大地干扰了铁路运输有条不紊的秩序。因此，深入剖析这些典型故障，对于及时制定并实施有效的预防与应对策略，确保机车安全、稳定地运行，有着极为重要的现实意义。

一、国内机车典型故障分析现状

在我国铁路运输领域，机车故障分析对保障运输安全和效率意义重大。随着铁路技术发展，机车种类增多，故障类型也更加复杂。目前，国内主要采用故障树分析法、FMEA 等分析机车典型故障。故障树分析法通过构建模型，从顶层故障出发剖析原因，找出故障根源与系统薄弱点；FMEA 则

针对每种故障模式评估其对系统功能的影响并提出改进措施^[1]。同时，大数据、人工智能兴起，数据驱动的故障诊断手段在机车故障分析中得到应用，通过分析机车运行数据实现故障预警和诊断，如借助机器学习算法分析振动、温度等参数判断潜在故障。但这些技术在实际应用中存在数据质量差、模型通用性不足等问题，有待进一步改进。

二、HXD1C 型机车故障统计

为全面掌握 HXD1C 型机车的故障状况，对某铁路局在特定时间段内的 HXD1C 型机车故障相关数据展开了详细统计与分析。分析结果表明，在机车出现的所有故障里，牵引系统故障占比高达 35%，成为阻碍机车正常运行的首要因素。在牵引系统故障中，牵引变流器故障占比 40%，主断路器故障占比 30%，受电弓故障占比 25%，其余类型故障仅占 5%。从故障发生的时间维度来看，HXD1C 型机车投入运行的前 5 年，故障发生频率相对较低，并且大多是一些对机车运行影响较小的轻微故障^[2]。随着运行时长的不断增加，故障发生率呈逐步上升趋势，特别是在运行 8-10 年后，故

障发生率显著提高,此时出现的故障大多会严重干扰机车的正常运行。从故障发生的季节分布特点来看,夏季和冬季的故障发生率相较于其他季节偏高。这是因为夏季的高温环境容易致使设备温度过高,而冬季的低温则可能对设备的性能及可靠性产生不良影响。

三、HXD1C 型机车牵引变流器典型故障分析及处理

(一) HXD1C 型机车牵引变流器 TCU 通信故障与处理方法

当牵引变流器 TCU 发生通信故障,机车显示屏会显示对应故障代码,牵引系统可能无牵引力输出或牵引力波动。严重时,机车可能自动紧急制动,严重威胁行车安全。引发这类故障的原因在于以下方面:第一,通信线路故障。线路老化、破损、接触不良会中断或错误传输信号,引发通信故障。第二,TCU 硬件故障。TCU 内电路板故障,如芯片受损、焊点松动,会影响通信模块正常运作。第三,软件故障。TCU 控制软件有漏洞或编写错误,解析通信协议失误会引发故障。在处理过程中,应全面检查线路破损、老化、接触不良情况,有问题及时更换或修复。通信线路正常时,怀疑 TCU 硬件故障,此时要更换故障单元并对新 TCU 参数设置与调试。如果判断为软件故障,则用专业编程设备升级 TCU 控制软件,修复漏洞与错误。

(二) HXD1C 型机车牵引变流器主回路接地故障与处理方法

若牵引变流器主回路接地故障,机车接地保护装置启动,显示屏显示故障信息。牵引变流器自动停输脉冲、停止工作,机车失去牵引力无法正常运行。引发这类故障的原因在于主回路电气设备长期运行,绝缘层老化、破损致绝缘性能下降;或者机车运行时,灰尘、金属屑等异物进入主回路,造成电气设备短路引发接地故障^[9]。此外,机车启动、制动或运行中,受电网电压波动、雷击等过电压冲击,主回路绝缘薄弱处被击穿也会引发故障。在故障处理中,要用专业接地故障检测仪逐台检测主回路电气设备,确定故障位置。针对绝缘损坏所致的故障,应修复绝缘材料或更换设备;针对异物侵入所致的故障,要清除异物并检查修复受影响设备。为防止类似故障,需对主回路电气设备采取强化绝缘措施,如增加绝缘涂层、安装屏蔽装置。

(三) HXD1C 型机车牵引变流器充电接触器卡合故障与处理方法

牵引变流器充电接触器卡合故障时,机车启动阶段,接触器无法正常吸合或释放,导致牵引变流器充电异常;运行中,接触器突然卡合会引发电流冲击,可能损坏其他电气设备。之所以出现此类故障,原因在于充电接触器衔铁、弹簧等机械部件长期使用可能磨损、变形,影响正常动作;或控

制电路故障,如线圈短路、断路,会影响接触器吸合和释放功能,引发卡合故障。另外,油污或杂质进入接触器内部,影响其电气和机械结构,导致故障。这就需要全面检查接触器机械部件磨损、变形情况,有问题及时更换并清洁润滑。详细检查控制电路,测线圈电阻判断短路或断路故障,有故障修复或更换元件。拆开接触器深度清洁,清除油污和杂质,保证内部清洁度。

四、HXD1C 型机车主断路器典型故障分析及处理

(一) HXD1C 型机车主断路器状态不明故障及处理方法

机车主断路器状态不明时,机车控制系统难精准判断其实际状态,显示屏显示状态与实际不符,易使司机操作误判,影响机车正常运行。这是因为主断路器位置传感器检测分合闸状态并传信号给控制系统,损坏或故障会使信号出错,导致控制系统无法准确掌握状态。位置传感器与控制系统间的传输线路断路、短路或接触不良,会使信号中断或出错,引发状态不明故障^[4]。或控制系统软硬件故障会使主断路器状态信号处理出错,无法正确显示状态。针对此类故障,要用专业设备检测位置传感器,损坏则立即更换。全面检查信号传输线路,修复断路、短路或接触不良问题,确保信号准确传输。同时,检查调试控制系统,更新软件版本,修复硬件故障,保证正确处理状态信号。

(二) HXD1C 型机车主断路器卡分故障及处理方法

主断路器卡分故障表现为执行分闸操作时无法断开,仍保持合闸。这会使机车在紧急停车或特定操作时不能及时断电,带来严重安全隐患。之所以出现此类故障,原因在于主断路器传动、锁扣等机械部件长期使用可能磨损、变形或被异物卡住,导致无法正常分闸。电磁系统控制分合闸,若电磁线圈损坏、铁心卡滞或电磁力不足,会使主断路器分闸异常。或控制电路问题,如分闸信号传输不畅或控制元件损坏,会引发卡分故障。在故障处理中,要全面检查主断路器机械结构,清除异物,修复或更换磨损变形部件,确保其灵活可靠。检测电磁线圈电阻判断短路或断路,查看铁心运动,卡滞则清洁润滑,电磁力不足可调整参数或换线圈。另外,细致检查控制电路,修复分闸信号传输故障,更换损坏元件,保证其正常工作。

(三) HXD1C 型机车主断路器合允许继电器故障及处理方法

主断路器合允许继电器故障时,无法正常运行,导致主断路器不能合闸。机车启动或需重新合闸时,系统提示允许条件不满足,合闸操作无法完成。引发故障的原因在于继电器长期使用,触点可能烧蚀、线圈可能损坏,致使其无法正常工作。控制电路若出现控制信号错误、电源故障等问题,

会使继电器无法正常吸合,影响主断路器合闸。压力传感器、风速传感器等相关设备故障,会导致允许条件不满足,使继电器工作异常。针对此类故障,如果确定继电器自身故障后,应及时更换型号和规格合适的新继电器,确保性能达标^[5]。另外,全面检查测试控制电路,修复控制信号传输线路故障,保障正常供电。或者逐一检查相关设备(如压力、风速传感器)工作状态,确保能正常提供允许信号。

五、HXD1C 型机车受电弓典型故障分析及处理

(一) HXD1C 型机车受电弓典型故障分析及处理方法

受电弓典型故障有滑板磨损过度、升弓不到位、降弓迟缓。滑板磨损严重会使受电弓与接触网接触不稳定,影响电力传输;升弓不到位导致机车无法获能;降弓不迅速在紧急时无法及时断电,威胁行车安全。引发此类故障的原因在于滑板材质不符标准或质量不佳,长时间与接触网摩擦易严重磨损。升弓降弓装置的气路元件、机械部件故障,如气囊漏气、弹簧疲劳、传动机构卡滞等,会导致升弓不足或降弓缓慢。受电弓的控制系统要是出现故障,比如升弓信号不能正常传输,或者控制元件损坏等,同样会导致受电弓升弓故障。在处理中,如果滑板磨损严重时及时更换,选质量可靠、材质合规产品,确保安装质量。同时全面检查维护升弓降弓装置,修复或更换故障元件和部件,定期调试校验,保证性能达标。并对受电弓的控制系统进行检查和调试工作,修复升弓信号传输线路中存在的故障,更换损坏的控制元件,确保控制系统能够正常对受电弓的升弓动作进行控制。

(二) HXD1C 型机车受电弓升弓故障及处理方法

受电弓升弓故障表现为无法正常升起,或升起时卡顿、抖动,导致机车无法正常取电,影响运行。引发此类故障的主要原因,在于升弓气路漏气、堵塞会使气压不足,如气管老化破裂、接头密封不严、过滤器堵塞等。或升弓装置机械部件损坏、变形,升弓弹簧疲劳、断裂,影响升弓动作。此外,受电弓控制系统故障,如升弓信号传输异常、控制元件损坏,导致升弓故障。在故障处理过程中,要全面检查升弓气路,修复漏气点,更换老化破裂气管,清洗或更换过滤器,

确保气路畅通、气压正常。检查维修升弓装置机械部件,更换损坏变形部件和疲劳断裂弹簧,保证机械性能良好。同时,检查调试受电弓控制系统,修复升弓信号传输故障,更换损坏元件,确保正常控制升弓。

(三) HXD1C 型机车受电弓降弓故障及处理方法

受电弓降弓故障呈现出受电弓不能按正常情况降下的状况,或者在降下的过程中会出现降下速度缓慢、中途停顿等异常表现。当遇到需要紧急切断电源或者开展某些特定操作的情况时,这种故障会导致无法及时断开电源,给行车安全带来不利影响。故障原因在于降弓气路要是存在堵塞、漏气等问题,会造成降弓时气压不足,或者无法正常排出气体,进而使得受电弓无法顺利降下。降弓装置里的机械部件出现卡滞、损坏的情况,或者降弓弹簧失去应有的弹性等,都会对受电弓降弓的正常动作产生阻碍。受电弓的控制系统一旦出现故障,比如降弓信号不能正常传输,或者控制元件损坏等,同样会引发受电弓降弓故障。针对此类故障,要对降弓气路进行全面的检查和清理工作,找出并修复存在漏气的地方,把堵塞的气路元件进行更换,以此保证降弓气路畅通无阻,让降弓时的气压保持在正常水平。对降弓装置的机械部件进行详细的检查和修复,将出现卡滞的部件清理顺畅,把损坏的机械部件以及失效的降弓弹簧进行更换,确保降弓装置能够正常运行。对受电弓的控制系统进行检查和调试,修复降弓信号传输线路中存在的故障,把损坏的控制元件进行更换。

总结:

综上所述,开展 HXD1C 型机车牵引系统典型故障分析研究极具现实价值。全面深入剖析牵引变流器、主断路器、受电弓等核心部件故障现象,精准找成因、定对策,能更精准应对故障,最大程度降低对机车运行的负面影响。但机车运行环境复杂多变,新故障随时可能出现。未来要持续加强故障数据收集与细致分析,积极引入大数据、人工智能等先进技术,优化故障诊断与处理策略。如此,方能保障 HXD1C 型机车牵引系统稳定运行,为铁路运输安全高效提供坚实保障。

参考文献

- [1]魏宏,曹富智,温吉斌,等.3000 马力混合动力调车机车牵引系统轴控架控兼容性研究[J].铁道机车车辆,2022,42(1):71-76.
 - [2]曲强,张广远,吴志友.一种交流传动内燃机车牵引系统试验平台[J].铁道机车车辆,2019,39(3):25-29.
 - [3]汤成,胡继胜.基于准 PR 控制器的内燃机车牵引系统仿真研究[J].电工技术,2021(3):7-10,13.
 - [4]刘书坤.内燃机车牵引系统升级改造及性能提升[J].电气技术与经济,2023(6):169-172.
 - [5]丛巍,王瑞,曹哲强,等.内燃机车牵引系统矢量控制研究[J].铁道机车与动车,2021(8):6-9,13.
- 作者简介:孟辉(1985.3-)男,河北石家庄人,大学专科,助理工程师,研究方向:铁路机车电工检修专业。