

电动轮卡车电气系统常见故障诊断与维修方法研究

赵瑞锋

国家能源集团准能集团设备维修中心汽修车间 内蒙古 鄂尔多斯 010300

摘要：电动轮卡车作为矿山等恶劣环境作业的核心设备，其电气系统的稳定运行直接影响生产效率与作业安全。本文分析了电动轮卡车电气系统的结构与工作原理，分类梳理动力供电、驱动控制、辅助电气系统的常见故障及成因，重点研究各类故障的具体诊断方法与实操维修要点，提出针对性的质量控制与故障预防措施。研究注重方法的专业性与可操作性，为电动轮卡车电气系统故障的快速诊断、高效维修及长效预防提供技术支撑，降低故障复发率，保障设备连续稳定运行。

关键词：电动轮卡车；电气系统；故障类型与成因；诊断方法；维修方法

引言：随着矿山开采智能化发展，电动轮卡车凭借环保、高效的优势广泛应用于重载运输场景，其电气系统作为核心控制与动力供给单元，结构复杂且工况负荷大，易因环境恶劣、维护不当等引发各类故障。当前相关维修技术仍存在针对性不足、实操性不强等问题，因此，开展电动轮卡车电气系统常见故障诊断与维修方法研究，明确故障成因、优化诊断维修流程，对提升设备可靠性、降低维修成本、保障矿山生产连续进行具有重要现实意义。

1 电动轮卡车电气系统结构与工作原理

电动轮卡车电气系统是车辆行驶的核心控制与动力供给单元，整体由动力供电系统、驱动控制系统、辅助电气系统三大模块构成，各模块协同工作，保障车辆稳定运行。主发电机作为核心能源，它是由柴油发动机同轴带动旋转，将机械能转化为电能，主发电机发出的三相交流电通过整流桥转换为直流电，然后由变频器将直流电转换为频率和电压均可改变的三相交流电为驱动电机供电。驱动电机是动力执行核心，接收电控系统指令后，将电能转化为机械能，驱动车轮转动，其转速、扭矩由电控单元精准调控。电控系统作为“大脑”，集成整车控制器、电机控制器等核心部件，负责采集车辆运行参数，输出控制信号，协调各模块工作。电气系统信号传输以CAN总线为核心，实现电控单元、传感器、执行器之间的高速数据交互，控制逻辑遵循“采集-分析-指令-执行”的闭环流程，传感器采集车速、电机温度扭矩等参数，电控单元分析处理后，向执行器发送指令，确保车辆动力输出、制动、转向等功能精准实现，为后续故障诊断与维修提供基础支撑^[1]。

2 电动轮卡车电气系统常见故障分类与成因分析

电动轮卡车电气系统故障可按核心功能模块划分为

动力供电系统、驱动控制系统、辅助电气系统三类，各类故障成因明确、特征清晰，具体分类及成因如下：

（1）动力供电系统故障及成因。该系统故障核心集中于柴油发动机及主发电机和电动轮与供电线路的故障，是卡车断牵引、跨速及无电制动的主要诱因。发动机常见故障包括供油量不匹配、进气歧管压力低等，从而导致功率不足，主发电机常见故障有碳刷磨短，励磁接触器损坏，绕组搭铁及线包受潮，这些会导致发电异常从而导致断牵引和无电制动，供电线路故障以短路、断路、接触不良为主，多因线路老化、绝缘层破损、接头松动氧化，或车辆行驶过程中振动导致线路磨损、脱落，进而引发供电中断或异常。（2）驱动控制系统故障及成因。作为车辆动力控制核心，该系统故障直接影响行驶性能，主要涉及电机与电控单元。驱动电机故障表现为转速异常、异响、无法启动，成因包括电机绕组短路烧毁、轴承磨损、转子退磁，齿轮卡死，多由电机长期高负荷运行、散热不良，或电控指令异常导致过载；电控单元故障主要为整车控制器、电机控制器信号异常，成因是线路接触不良、控制模块进水受潮，或芯片老化、程序错乱，导致信号采集与指令输出偏差。（3）辅助电气系统故障及成因。该系统故障虽不影响核心行驶功能，但易影响操作安全性，涵盖灯光、仪表、制动电气等。常见故障有灯光不亮、仪表显示异常、制动电气失效，成因包括灯泡烧毁、保险丝熔断、传感器故障，或线路接触不良、控制开关损坏；此外，雨刮器、空调等辅助设备电气故障，多由电机损坏、线路短路或供电不足导致。（4）环境因素引发的故障及成因。电动轮卡车多在矿山、工地等恶劣环境作业，高温、粉尘、潮湿等环境会加速电气部件老化，粉尘堆积导致散热不良，潮湿环境引发绝缘性能下降，进而诱发各类短路、接触不

良故障，间接引发供电故障^[2]。

3 电动轮卡车电气系统常见故障具体诊断方法

3.1 动力供电系统故障诊断方法

动力供电系统故障诊断以发动机、主发电机、电动轮为核心，结合实操检测流程，具体方法如下：（1）发动机检测。通过做恒功测试，检查发动机转速和功率是否正常，如果转速不够联系发动机维修人员处理，如果转速够而功率不足，检查主发电机励磁系统。（2）检查主发电机，用万用表测量绕组线圈阻值（0.018-0.022欧姆）及输出线路对地绝缘。检查碳刷及滑环是否良好，检查GF接触器是否犯卡，触头是否烧坏，检查AFSE是否良好。（3）检查电动轮，同样测量线圈绕组阻值（0.015-0.019欧姆），及三相对地绝缘，速度传感器是否良好，（4）检查主发电机出来大线到整流桥及电动轮的电缆有无磨损及接头松动。

3.2 驱动控制系统故障诊断方法

驱动控制系统故障诊断以故障码解读和信号检测为核心，贴合现场实操，具体方法如下：（1）故障码解读。连接车辆专用诊断仪，进入驱动控制系统模块，读取故障码，对照故障码手册明确故障类型，重点关注电机控制器、整车控制器相关故障码，如“电机过流”“电控单元通信异常”等，初步定位故障范围，避免盲目排查。解读后清除故障码，启动车辆试运行，观察故障是否复现，判断是瞬时故障还是持续性故障。（2）信号检测。用示波器检测电机控制器输入输出信号，包括转速信号、扭矩信号，对比标准信号波形，判断信号是否存在失真、中断等异常；用万用表检测电控单元供电电压，确保供电稳定，排查电控单元引脚接触不良问题；检测电机绕组电阻，若电阻值偏离标准范围，可判定为绕组短路或断路故障，同时检查电机速度传感器，排查转速检测异常问题。

3.3 辅助电气系统故障诊断方法

辅助电气系统故障诊断以分段排查和直观检测为主，操作简便、贴合现场，具体方法如下：（1）直观检测。先观察辅助电气设备外观，如灯光不亮时，检查灯泡是否烧毁、灯罩是否破损；仪表显示异常时，检查仪表接线是否松动、仪表本身是否损坏。同时查看保险丝盒，排查对应回路保险丝是否熔断，若熔断，需更换保险丝后试运行，观察是否再次熔断，判断是否存在短路故障。（2）分段排查。针对线路较长的辅助电气回路，采用分段排查法，将回路分为若干段，断开分段节点，用万用表通断档检测各段线路，定位故障段落。如制动电气失效时，从制动开关到执行器分段排查，检测开关通断

性能、线路导通情况，逐步缩小故障范围，重点排查接头、接线端子等易接触不良部位，确保诊断精准高效^[3]。

4 电动轮卡车电气系统故障维修方法与实操要点

4.1 基础维修操作规范与安全注意事项

维修前需严格遵循操作规范，落实安全防护，避免安全事故及二次故障，具体实操要点如下：（1）安全防护准备。维修人员需穿戴绝缘手套、绝缘鞋，佩戴护目镜，避免触电或零件飞溅受伤；作业前断开车辆总电源，关闭蓄电池总开关，等待5-10分钟，释放电气系统残余电量，防止带电作业引发短路。（2）操作环境要求。维修作业需在干燥、通风、无粉尘的环境中进行，避免潮湿、粉尘环境影响维修质量；禁止在易燃易爆区域作业，维修过程中严禁吸烟、使用明火，防止电池、线路故障引发火灾。（3）基础操作规范。维修前做好零件标记，记录线路连接位置，避免维修后接线错误；使用专用工具，严禁用普通工具替代专业工具，防止损坏电气部件；维修过程中轻拿轻放零件，避免碰撞、摔落导致部件损坏。

4.2 常见故障维修流程与具体操作方法

结合故障诊断结果，按“定位故障-拆解检查-维修更换-初步测试”的流程操作，具体方法如下：（1）故障定位确认。根据诊断结果再次核对故障部位，明确故障类型，如线路短路、部件损坏等，避免维修方向偏差；对于复杂故障，再次检测相关联部件，确认无连带故障后再开展维修。（2）拆解与检查。按车辆维修手册拆解故障部位，拆解时循序渐进，避免强行拆卸导致线路断裂、部件变形；拆解后直观检查部件外观，如线路绝缘层破损、接头氧化、部件鼓包等，进一步确认故障根源。（3）维修与更换。线路短路、断路故障，需裁剪破损线路，重新对接接头，用绝缘胶带缠绕固定，确保绝缘良好；部件损坏故障，更换同型号、同规格的合格部件，禁止混用不同规格部件。（4）初步测试。维修完成后，接通总电源，进行空载测试，观察电气系统运行状态，确认故障是否消除，无异常后再进行负载测试。

4.3 核心电气部件的维修与更换技巧

核心电气部件维修更换需注重实操细节，避免因操作不当导致部件损坏或功能异常，具体技巧如下：（1）发动机空滤的更换，严格按照操作规程作业，每条螺丝必须要用扭力扳手拧到位，执行器在更换前必须清洗干净，同时使用符合标准的密封。（2）更换主发电机碳刷必须断电，碳刷必须放到位，松紧有度，刷辫压紧，更换GF接触器时必须做好验电放电工作，每条螺丝要用扭力扳手紧到位，注意校正触头。（3）驱动电机维修与

更换。电机绕组短路、烧毁时,拆解电机,更换绕组线圈,重新检测绕组电阻,确保符合标准;电机轴承磨损时,更换同型号轴承,添加专用润滑脂,组装后检测电机转动灵活性;电机整体损坏时,更换驱动电机,安装后校准电机编码器信号,确保与电控单元匹配。(4)电控单元维修与更换。电控单元故障时,先检测引脚接触情况,清理引脚氧化层,重新插拔接头;若芯片老化、程序错乱,需更换电控单元,更换后导入车辆控制程序,进行参数调试,确保指令传输正常。

4.4 维修后检测与调试方法

维修后需通过全面检测与调试,确保电气系统运行稳定,具体方法如下:(1)外观与线路检测。检查维修部位零件安装是否牢固,线路连接是否正确、接头是否紧固,绝缘层是否完好,无松动、破损、氧化等问题;清理维修部位粉尘、杂物,确保部件散热良好。(2)仪器检测。用万用表检测线路导通性、供电电压,用示波器检测信号波形,用诊断仪读取电气系统参数,对比标准值,确认无异常;检测电压、电机转速、电控单元信号等核心参数,确保符合运行要求。(3)负载调试。启动车辆,进行空载、轻载、重载分级调试,观察电气系统运行状态,检查动力输出、制动、灯光等功能是否正常;连续运行30分钟以上,检测部件温度,排查散热异常、信号不稳定等问题,确保维修质量达标^[4]。

5 故障诊断与维修质量控制及预防措施

故障诊断与维修质量控制及预防措施,是降低电动轮卡车电气系统故障复发率、保障维修效果的关键,结合实操需求,具体内容如下:(1)维修质量检测需遵循明确标准,采用仪器检测与实操验证相结合的方式,对照电气系统各部件标准参数,检测维修后线路导通性、部件运行参数,评估维修部位是否达到正常运行要求,对不合格维修部位及时返工。(2)电气系统故障预防需

立足日常,落实定期维护与检测,定期清理电气部件粉尘、检查线路绝缘层及接头状态,及时更换老化部件;定期校准电控系统参数。(3)明确维修人员技能要求,需熟练掌握核心部件检测与维修技巧,熟悉诊断工具操作,定期开展技能培训与考核,规范维修操作流程,减少人为失误导致的故障。通过完善质量控制标准、强化预防策略、提升人员技能,实现电气系统故障“早预防、早发现、早处理”,保障车辆长期稳定运行。(4)建立故障台账,记录故障类型、维修过程及效果,通过数据分析优化预防方案,结合设备运行工况动态调整维护周期,进一步降低故障发生率。

结束语:本文围绕电动轮卡车电气系统故障诊断与维修展开系统研究,结合国能准能设备维修中心实操经验,明确了电气系统结构原理,梳理了各类故障成因,提出了贴合现场的诊断、维修方法及质量控制与预防措施。研究有效解决了实操中故障定位难、维修效率低、复发率高的问题,为一线维修工作提供了技术指导。未来将结合智能化技术,优化故障诊断与预防体系,进一步提升电动轮卡车电气系统的可靠性,为矿山重载运输设备安全稳定运行提供更有力的保障。

参考文献

- [1]李二平.930E卡车电动轮总成件故障诊断与维修技术分析[J].中文科技期刊数据库(引文版)工程技术,2025(5):163-166.
- [2]卢志明,李振林,李雪峰,王家舜.930E重型卡车变频器常见故障分析[J].中文科技期刊数据库(文摘版)工程技术,2024(8):081-083.
- [3]王科懿.大吨位矿用自卸卡车电动轮检修技术研究[J].现代制造技术与装备,2024,60(11):131-133.
- [4]孙利.矿用电动轮自卸卡车液压系统的维护与保养技术[J].大众汽车,2023(11):138-141.