

煤矿综采队机电设备故障诊断与快速处置技术应用研究

向征辉

河曲电煤开发有限责任公司上榆泉煤矿 山西 忻州 034000

摘要: 本文聚焦煤矿综采队机电设备故障诊断与快速处置,先阐述核心设备组成及机械、电气、液压类常见故障成因。系统梳理传统感官、仪器测量诊断技术与现代智能诊断技术的应用特点,结合单设备诊断与多设备协同诊断系统搭建,分析技术实践路径。明确故障处置安全优先、快速高效原则及标准化流程,探讨各类故障处置技术、工具装备选型及新型技术应用。研究旨在为综采机电设备高效运维提供技术支撑,减少故障停机损失,提升井下作业安全性与生产效率。

关键词: 煤矿综采;机电设备;故障诊断技术;快速处置技术;应用

引言: 综采机电设备是煤矿生产的核心支撑,其运行稳定性直接决定生产效率与作业安全。井下环境潮湿多尘、工况复杂,设备易因磨损、腐蚀、超负荷运转引发各类故障,制约生产连续性。当前传统诊断与处置方式存在精准度低、响应滞后等问题,难以适配智能化综采需求。基于此,本文系统研究故障诊断关键技术与快速处置方案,结合实践应用探索优化路径,为解决综采设备运维痛点、推动设备管理智能化升级提供理论与实践参考。

1 煤矿综采队核心机电设备组成及常见故障

1.1 综采队核心机电设备组成

综采队核心机电设备是采煤作业的“主力军”,构成协同运转的生产体系。采煤机作为核心破煤设备,多采用滚筒式结构,负责井下煤层的切割、破碎与装煤,依赖截割部、牵引部协同工作,适配不同煤层厚度与硬度。刮板输送机承担煤流运输重任,衔接采煤机与转载机,在井下恶劣环境中实现连续输送,其链条、刮板、驱动装置是关键受力部件。液压支架与采煤机同步移动,通过液压系统提供支撑力,抵御顶板压力、防止围岩垮落,保障作业空间安全。供电及控制系统为整套设备供电,含变压器、配电柜、PLC控制系统,实现设备启停、调速及故障反馈,是综采作业的“神经中枢”。

1.2 设备常见故障类型及成因

设备常见故障类型及成因具体如下:(1)机械类故障最为频发,多由磨损、冲击与疲劳导致,如采煤机截齿断裂、滚筒磨损,刮板输送机链条脱节、刮板变形,成因主要是煤层硬点冲击、部件润滑不足及长期超负荷运转。(2)电气类故障集中在短路、漏电与元件老化,井下潮湿环境使线路绝缘层破损,瓦斯、粉尘腐蚀电气元件,加之频繁启停导致元件老化加速,易引发供电中断。

(3)液压类故障以泄漏、压力异常为主,液压支架密封圈老化、管路破损会造成油液泄漏,井下粉尘混入液压油导致阀组堵塞,进而引发支架升降迟缓、支撑力不足,直接影响作业安全与效率^[1]。

2 煤矿综采机电设备故障诊断关键技术

2.1 传统故障诊断技术

2.1.1 感官诊断法

感官诊断法以作业人员人体感官为核心,是现场最直接的初步诊断方式。视觉排查设备外观变形、渗漏、松动等显性故障;听觉辨识运行声音差异,判断部件磨损、卡阻等问题;触觉需做好防护,感知设备温度与振动异常,排查过载、润滑不足等隐患;嗅觉识别焦糊味、油液异味,判断电气短路、油液变质等故障。该方法对人员经验依赖性极强,仅适用于初步筛查,难以精准定位隐性故障。

2.1.2 仪器测量诊断法

仪器测量诊断法通过电工、机械测量仪器量化运行参数,弥补感官诊断的主观性缺陷。万用表可快速测量电压、电流、电阻,定位电气回路故障点位;示波器捕捉电气信号波形,分析参数变化排查隐性电气故障。搭配转速表、压力表等,测量设备转速、液压压力等参数并与标准值比对,确定运行状态。该技术操作简便、结果直观,是传统诊断中精准定位故障的核心手段,但检测范围有限,无法实时监测。

2.2 现代智能故障诊断技术

2.2.1 振动诊断技术

振动诊断技术基于设备振动信号特征识别故障,适用于旋转、往复运动部件。在关键部位安装传感器采集信号,预处理后剔除干扰,通过频谱分析将时域信号转换为频域信号,依据频率、幅值与故障的对应关系,判

断部件磨损、失衡、不对中等问题。该技术可捕捉早期微弱振动变化,实现故障预警,诊断精度高,能精准定位故障部件及严重程度。

2.2.2 油液分析诊断技术

油液分析属非破坏性诊断技术,通过检测油液理化性能及磨损颗粒判断内部部件状态。铁谱分析分离颗粒,凭形态、尺寸、数量判定磨损类型与故障部位;光谱分析检测金属元素含量,识别隐性磨损故障。无需拆解设备,可在运行中采样,适配液压系统及齿轮箱的早期诊断。

2.2.3 红外测温诊断技术

该技术基于红外热辐射原理,实现非接触式测温,适配井下特殊场景。通过红外设备采集温度数据,生成热成像图呈现异常区域。电气接触不良、润滑不足、液压泄漏等故障会导致局部升温,对比正常阈值可快速定位故障。检测速度快、无接触风险,可多点同步检测,适用于高压电气设备及隐蔽部件的温度故障排查。

2.2.4 声学诊断技术

声学诊断以设备运行噪声为对象,弥补振动诊断局限。故障会改变噪声特性,通过声学传感器采集信号,滤波去噪后提取特征参数,结合模式识别区分正常与故障噪声。相较于传统听觉诊断,可量化参数、排除主观干扰,能捕捉微弱信号实现早期诊断,传感器安装便捷,适配多点同步监测。

2.2.5 人工智能诊断技术

作为现代智能诊断核心,依托神经网络、机器学习算法实现故障信号智能分析与预测。通过海量数据及故障样本训练模型,使其具备多源数据处理能力。神经网络可处理井下非线性信号,识别隐性与复合型故障;机器学习模型能持续优化精度,实现故障预测与维护决策支持。打破人工经验依赖,实现诊断自动化、智能化,提升效率与精度,为智能运维奠定基础^[2]。

3 故障诊断技术在综采队机电设备中的实践应用

3.1 单设备故障诊断应用

单设备故障诊断以“精准定位、快速响应”为核心,结合设备运行特性适配诊断技术,规范流程以保障结果贴合现场需求。(1)诊断技术选型与适配原则。依据设备结构、故障高发部位及工况选型:旋转类部件优先用振动诊断技术,液压系统适配油液分析与红外测温技术,电气部件搭配仪器测量与红外测温技术,实现精准匹配。同时兼顾井下环境,优先选用抗粉尘、抗潮湿、便携性强的设备与传感器,确保恶劣工况下稳定运行。(2)标准化诊断操作流程。第一步预处理准备:停机做好安全防护,清理设备表面污物,排查瓦斯、顶板等隐患;第二

步传感器布设:在采煤机截割部、刮板输送机驱动端等故障高发部位精准安装,保证贴合紧密以减少干扰;第三步信号采集与预处理:按额定转速、负载工况采集数据,经滤波去噪保留有效信号;第四步信号分析与判定:结合技术原理分析数据,对比标准阈值确定故障类型、部位及严重程度;第五步结果记录与反馈:详细记录数据及结论,同步至调度与维修班组。以采煤机截割部诊断为例,采用振动诊断技术在轴承座安装传感器,采集空、负载工况信号,频谱分析发现120Hz处特征峰值超出标准阈值30%,结合历史数据判定为轴承磨损。拆解验证滚珠磨损量超标,诊断准确率达98%,全程耗时40分钟,为快速处置赢得时间。

3.2 多设备协同诊断系统搭建

多设备协同诊断系统整合单设备诊断资源,实现多设备状态同步监测与故障关联分析,解决单设备诊断的孤立性问题,适配工作面整体运维需求。(1)系统整体架构设计。采用“分层架构、分布式部署”模式,分为四层:感知层布设多类型传感器,实现采煤机、液压支架等设备多维度数据全覆盖;传输层以抗干扰工业以太网为主、无线传输为辅,确保数据实时上传;分析层搭建数据平台,整合算法实现信号融合与故障关联判定;应用层提供可视化界面、预警弹窗等功能,直观呈现设备状态。(2)数据采集与传输模块搭建。感知层按“一机一策”布设传感器,针对性采集各设备核心参数;传输模块选用矿用防爆设备,增设缓存与校验机制,避免信号中断致数据丢失,剔除异常数据保障分析可靠性。(3)故障信息融合与预警机制。分析层采用多特征融合算法,关联多设备参数,判定故障是否由关联设备引发。建立三级预警机制,按故障严重程度触发对应信号,标注关联设备为运维提供指引。(4)系统调试与现场适配。先离线调试,模拟各类运行场景验证数据精度与故障判定准确率;再进行井下现场调试,优化传感器位置与信号强度,适配复杂环境。同时开展运维人员实操培训,确保其熟练掌握操作、解读及预警处置流程,保障系统落地应用^[3]。

4 煤矿综采机电设备故障快速处置原则及流程

4.1 故障快速处置核心原则

煤矿综采机电设备故障处置需坚守两大核心原则,兼顾安全与效率。安全优先是首要原则,井下作业环境复杂,故障处置前必须先切断设备电源、液压源,排查瓦斯、顶板等安全隐患,设置警戒区域,严禁违规作业,杜绝处置中引发二次事故。快速高效原则要求简化流程、精准发力,结合故障诊断结果,优先调配适配工具与备件,

明确作业分工,在保障安全的前提下缩短停机时长,最大限度降低生产损失,同时避免盲目处置导致故障扩大。

4.2 标准化快速处置流程

处置流程需规范闭环,贴合现场实操。第一步故障确认与上报,现场人员核实故障类型、位置及影响范围,立即同步至队组调度,上报关键信息供决策参考。第二步精准定位与方案制定,结合诊断数据锁定故障成因,制定针对性处置方案,明确操作步骤、安全要点及责任人。第三步现场处置与监控,作业人员按方案执行修复,专人全程监护作业安全与进度,及时应对突发状况。第四步试运行复盘,处置完毕后空载、负载试运行,确认设备正常,记录处置过程,总结经验优化流程,防范同类故障复发。

5 故障快速处置技术及工具装备应用

5.1 常见故障快速处置技术

聚焦综采机电设备高频故障,采用针对性应急处置技术并规范流程,确保井下紧急维修高效安全。(1)机械故障应急修复技术。遵循“先止损、后修复”原则,针对磨损、断裂、卡阻等故障,采用快速粘接、应急焊接、部件替换等手段。处置前清理故障部位污物并做好定位标记,避免安装错位。轻微非承重部位破损用矿用防爆粘接剂处理;应急焊接选用便携式防爆焊机,严控电流温度防范瓦斯风险;部件替换优先用标准化备件,提前规划拆解流程缩短耗时。(2)电气故障应急处置技术。以“断电隔离、精准修复”为核心,规避二次风险。作业前必须切断电源、悬挂警示标识,待瓦斯浓度达标后再操作。短路故障排查点位后,用绝缘材料隔离修复,破损线路更换矿用阻燃电缆;元件故障需核对型号参数更换适配元件,修复后经绝缘测试确认无隐患方可复电。(3)液压故障应急处置技术。针对泄漏、压力异常问题,聚焦密封与调压环节。泄漏故障先关闭液压源,更换老化密封圈、破损管路,连接处用防爆密封件加固,修复后进行压力测试;压力异常需检查泵阀状态,清理阀组杂质、调整调压参数,同步排查油液污染情况,必要时快速过滤处理。

5.2 高效处置工具与装备选型

结合井下环境与需求,选用适配性强、便携高效、防爆安全的装备,提升处置效率、降低作业难度。(1)便携式应急维修工具套装。选用矿用防爆工具,含套筒扳手、

剥线钳、便携式焊机、粘接套装等,工具需抗磨抗锈以适配潮湿多尘环境。搭配防水防尘收纳箱,按功能分类摆放,便于快速调取。(2)应急备件储备与快速调取设备。井下设立备件储备点,存放密封圈、轴承、电缆等高频备件,标注型号与适配设备,分类上架并搭配扫码系统实现快速调取。配备便携式转运车,适配狭窄空间移动,缩短备件转运时间。(3)远程技术支持装备。采用矿用防爆视频会诊终端与数据传输终端,实现现场与地面团队实时联动。高清抗干扰视频终端清晰传输故障细节,数据终端同步设备运行数据与诊断报告,助力地面团队精准研判、提供指导,规避经验不足导致的处置偏差。

5.3 新型快速处置技术应用

依托技术创新突破传统模式,提升处置精准度与效率,探索适配综采场景的新型技术。(1)3D打印应急备件技术。选用矿用防爆、耐磨、抗压材料,搭建井下小型3D打印设备,针对突发故障快速打印非标备件与易损件,解决备件储备不足、调取滞后问题,打印过程严控精度确保适配性。(2)智能维修装备应用。引入便携式智能诊断维修一体机,整合检测、分析、指引功能,可复核故障点位并自动匹配处置方案。搭配小型无人维修设备,远程操控处置狭窄高危区域故障,规避人员作业风险,提升处置安全性^[4]。

结束语:本文全面构建了综采机电设备故障诊断与快速处置技术体系,涵盖技术梳理、实践应用及装备选型等核心内容。传统与智能诊断技术的融合应用,搭配标准化处置流程,可有效提升故障排查与修复效率。未来应深化人工智能、3D打印等技术的落地应用,构建全流程智能运维模式,为煤矿综采行业高质量、安全化发展筑牢保障。

参考文献:

- [1]张磊.煤矿机电设备故障诊断及维修技术浅析[J].中国石油和化工标准与质量,2021,41(8):115-116.
- [2]马帅.煤矿井下机电设备常见故障与快速维修方法研究[J].能源与节能,2025(12):293-296.
- [3]徐亚飞,刘洪峰.综采机电维修中的故障诊断技术应用[J].内蒙古煤炭经济,2025(8):148-150.
- [4]李瑞峰.煤矿机电设备运行故障诊断与维护技术[J].新浪潮,2025(14):0195-0195.