煤矿井下矿山机电设备故障检修技术应用与管理优化分析

王军

弥勒市康和宏源煤业有限公司

DOI:10.12238/etd.v6i2.12976

[摘要] 本文聚焦于煤矿井下矿山机电设备故障检修技术的实践状况及管理改进策略。针对该技术的实践状况,本文对故障诊断专家系统、模糊数学方法、人工神经网络技术等各类技术的具体应用展开详细剖析,并从健全管理规章制度、构建完备的技术管理体系以及提升管理人员专业素养等多个维度,提出一系列管理优化策略,旨在增强煤矿井下机电设备运行的稳定性与安全性,确保煤矿生产活动能高效且平稳地推进。

[关键词] 煤矿井下; 矿山机电设备; 故障检修技术; 应用现状; 管理优化措施

中图分类号: TD82 文献标识码: A

Analysis on the application and management optimization of fault maintenance technology for mechanical and electrical equipment in underground coal mines

Jun Wang

Maitre Kanghe Hongyuan Coal Industry Co., LTD

[Abstract] This paper focuses on the practical status and management improvement strategies of fault maintenance technology for electromechanical equipment in underground coal mines. In response to the practical status of this technology, the paper provides a detailed analysis of various technologies such as expert systems for fault diagnosis, fuzzy mathematics methods, and artificial neural network techniques. It also proposes a series of management optimization strategies from multiple dimensions, including improving management regulations, establishing a comprehensive technical management system, and enhancing the professional competence of managers. The aim is to enhance the stability and safety of the operation of electromechanical equipment in underground coal mines, ensuring that coal production activities can proceed efficiently and smoothly.

[Key words] underground coal mine; mining mechanical and electrical equipment; fault maintenance technology; application status; management optimization measures

引言

在煤炭行业蓬勃发展的当下,煤矿井下生产作业的安全与效率至关重要,直接关系到矿山机电设备能否保持稳定运行状态。随着煤炭开采深度和强度的不断增加,井下机电设备面临着更为复杂恶劣的工况,故障发生的频率和影响也随之上升,若不能及时解决机电设备故障问题,会直接影响到生产流程,严重情况下还会危及井下工作人员的生命安全。目前,传统检修技术已难以满足煤矿企业在机电设备故障检修工作中的生产需求,故积极探索先进的故障检修技术,并优化升级现有的管理模式,已然成为亟待解决的关键问题。本文对煤矿井下矿山机电设备故障检修技术的实际应用状况展开细致剖析,并提出针对性的管理优化举措,旨在为煤炭企业提供切实可行的参考依据,提升机电设备的运维管理水平,确保煤矿生产活动的顺利开展。

1 煤矿井下矿山机电设备故障检修技术的应用现状

1.1 故障诊断专家系统的应用

故障诊断专家系统以人工智能技术为依托,整合多领域专家的实践经验与理论知识,构建起具备智能推理能力的诊断模型,可精准识别煤矿井下复杂工况中机电设备的运行故障^[1]。在实际应用中,该系统借助多维数据采集模块,实时采集设备的电气、机械特性等运行参数,运用规则引擎和知识图谱进行综合分析。以煤矿通风机为例,系统能实时监测其振动频谱、温度场分布、风压等关键指标。一旦检测到异常,便自动触发故障模式匹配机制,与预设的故障特征库和解决方案库对比,生成包含故障根源定位和维修路径建议的诊断报告。如振动特征参数偏离正常阈值,系统结合时域波形和频域频谱解析技术,判断故障诱因,如转子动平衡失调,并给出相应处置方案,如现场动平衡校正。此

系统的核心价值在于提升诊断的时效性与精准度,避免人工诊断的经验性误判,但知识图谱进化受限,井下环境易导致数据失真影响诊断。因此,实际应用中需构建数据质量保障和知识库动态更新机制,维持系统的先进性与可靠性。

1.2 模糊数学技术的合理应用

模糊数学技术在煤矿井下机电设备运维中为故障诊断的边界模糊现象提供量化分析。机电设备故障特征复杂,难以用简单的“正常/异常”判断。模糊数学技术借助构建模糊关系矩阵和隶属度函数体系,将设备运行参数转变为模糊语言变量,实现对复杂工况的量化^[2]。以采煤机系统为例,其会对油温、电机温度、截割部振动等关键参数进行模糊化处理,并根据各参数与不同故障模式的关联强度,制定隶属度分配规则。一旦油温在“高温故障”模糊集合中的隶属度超过设定阈值,且电机温度与截割部振动隶属度呈现协调异常时,系统便能综合判定采煤机存在散热系统失效或机械磨损等潜在故障,精准把握设备运行状态的渐变过程。模糊数学技术虽能弥补传统诊断方法的不足,但在实际应用中,面临建立高质量参数监测体系保障数据准确,以及模糊模型构建与参数调优依赖专业知识、考验技术人员能力的双重挑战。

1.3 人工智能技术的应用

人工智能技术凭借构建模拟生物神经元特性的计算模型,具备非线性映射、自适应学习与复杂模式解析能力,成为煤矿井下机电设备故障智能诊断的关键^[3]。在实际应用中,该技术采用多模态特征融合,将电气、机械、声学等多源数据作为输入节点,经多层神经元隐藏层并行处理来判别故障类型。以煤矿提升设备为例,其故障诊断系统整合电机电流等关键参数构建深度神经网络模型。训练时利用含正常与故障案例的混合数据集监督学习,通过误差反向传播算法提取故障特征向量,确定电机过载等故障的分类决策边界。随着训练样本增加,模型优化参数权重,提升泛化能力。该技术的核心优势是天然的非线性建模能力,适合处理多因素耦合故障,但深度网络训练需消耗大量计算资源,有梯度消失/爆炸问题,模型易陷局部最优解影响可靠性,网络架构设计等依赖专业知识。

1.4 检测压力和温度

压力参数与温度数据是煤矿井下机电设备运行状态的关键指标,可以构建针对设备核心节点的动态监测体系,对潜在故障隐患进行早期预警。在液压传动系统里,压力波动异常是设备故障的前兆。例如,采煤机液压调高系统压力的突升或突降,可能对应液压泵故障、管路阻塞或液压缸密封失效等问题。在液压回路部署高精度压力传感器,设定合理压力阈值区间,一旦监测值超出正常范围,监测系统立即触发预警,给检修人员提供排查方向。温度监测在设备状态管理中也极为重要。井下电机、变压器等旋转设备运行会产生热效应,散热失效或内部故障引发的异常升温,均有可能损坏设备。以刮板输送机电机为例,长时间重载运行,若电机温度突破允许阈值,会使绝缘材料热老化,甚至烧毁电机。在设备关键部位装上温度传感器,结合负载工

况、运行时长等动态参数分析温度趋势,能预判性维护设备,当温度异常攀升时,可及时强化散热或预防性停机检修。压力与温度监测是直观有效的故障诊断手段,但要依赖科学选型传感器和合理安装布局,综合考虑设备运行环境、监测精度需求等,构建高可靠性的数据采集网络,以保证监测数据真实有效。

1.5 参照记录监测故障问题

参照记录监测故障问题是借助过往运维经验进行设备检修的技术手段。煤炭生产企业运营中积累了包含设备运行参数、维护记录、故障处置案例等的完整数据集,其中暗藏设备故障演变规律。通过深挖设备全生命周期数据,统计分析累计启动频次、连续运转时长、故障频发时段、故障类型分布等关键指标,能够构建故障演进模型。以特定型号排水设备来说,梳理其历史故障档案可知,每年汛期前因排水负荷剧增,叶轮磨损故障有明显季节性。企业据此可在雨季前预防性维护,进行专项检修、预置易损件,防止关键排水期设备停机。参照记录监测故障问题能将设备实时状态与历史基准动态对比,关键参数如振动频谱、风量流速等即便未达报警阈值,一旦偏离正常区间,也可当作故障前兆预警。比如通风系统风量持续低于历史均值,可能意味着风机叶轮损伤或风道积尘早期问题,需及时诊断。参照记录监测故障问题操作简便、成本可控,但需要构建完善数据治理体系,建立覆盖设备全域的数字化档案库,把控数据采集、存储、分析全流程,同时还要强化数据质量管控,保证参数记录完整准确,防止数据失真引发误判。

1.6 信号参数的分析、处理和识别

信号参数的分析、处理和识别是煤矿井下机电设备运维技术的关键。设备运转产生的多维信号,蕴含着设备运行状态的丰富信息。振动信号解析是故障诊断常用手段。在设备核心部位布置振动感知单元获取原始数据,再用频域、时频域联合分析等算法深度处理。如频谱分析能展现振动信号频率分布,不同故障有特定频谱模式。轴承异常时振动信号会出现相关特征频段,借此可判断轴承故障状态与损伤程度。声学信号分析也极具诊断价值。煤矿机电设备正常与故障时的声学特征差异大,通过声学传感器采集声场数据,解析频率特性、能量分布、频谱形态等参数,能实现故障早期预警。如电机异常运行的尖锐啸叫或非典型噪声,经分析可快速定位故障源。电流信号监测专注电气系统状态评估。电气设备短路、过载时,电流参数变化明显,实时监测电流幅值、波形畸变等特征,能及时察觉电气系统异常。比如采煤机电机过载导致电流超限与波形畸变,经分析可触发保护性停机。进行信号参数的分析、处理和识别,需配备专业信号处理装置与算法平台,也要求运维人员掌握信号特征提取、故障模式识别等核心能力。

2 煤矿井下矿山机电设备故障检修技术的管理优化措施

2.1 健全煤矿机电设备故障检修管理制度

健全的管理机制是确保煤矿井下机电设备故障检修工作高效推进的核心支撑^[4]。首先要确立责任归属体系。煤矿企业应

组建专业设备管理机构,将检修职责细化到岗到人,实现网格化管理。比如推行设备负责人制度,为每台大型机电设备指定专属责任人,其全面负责设备日常巡检、故障申报以及维修监督等一系列工作。其次需构建标准化检修作业规范。制定包含故障发现、信息上报、技术诊断、维修实施和质量验收等环节的操作规程,保证检修流程规范。设备一旦故障,操作人员要立即停机,并在规定时间内向管理部门提交故障报告。检修团队接报后需按时抵达现场,利用专业方法定位故障,依照维修标准开展修复,维修完成后通过严格验收,设备性能达标才能重新投入使用。此外,要建立动态化绩效评估体系。定期考核设备管理部门和检修人员,把设备故障发生率、维修响应时效、维修质量达标率等关键指标纳入考核,与个人绩效挂钩。设立奖惩机制,对表现出色的检修人员给予物质奖励和荣誉表彰,对因工作失误致使设备故障频繁或维修延误的责任人问责,以此激发检修团队工作积极性,提升专业能力。

2.2 构建完备的井下机电设备技术管理体系

优化井下机电设备技术管理机制是提升故障检修效能的核心环节。首先,需强化设备技术文档的规范化管理。构建完整的设备技术档案体系,系统收集设备设计图纸、操作手册、维修日志等核心资料,并进行标准化分类与归档。上述技术文档构成了设备故障诊断与维修的基石,技术人员可借助文档资源快速掌握设备结构特征、性能参数及运行逻辑,精准定位故障根源并制定科学维修策略。在技术创新层面,需加大对故障检修技术研发的资源配置。引导煤矿企业与科研院所、高等院校建立产学研协同机制,重点突破煤矿井下机电设备故障检修的技术瓶颈。例如,开发高精度故障预警传感器系统,提升设备运行状态监测的实时性与准确性;构建基于大数据与人工智能的智能诊断平台,实现故障特征的自动识别与维修方案的智能推荐。同时,需搭建设备技术共享平台,通过定期组织技术研讨会、专项培训等形式,促进机电设备管理人员与检修人员的经验交流。此外,可邀请行业权威专家开展专题讲座,系统传授故障诊断技术前沿理论,并通过案例研讨、实操演练等方式,推动检修人员掌握先进诊断方法,持续提升技术实践能力。

2.3 提升机电设备管理队伍的整体素质

机电设备管理队伍的素养水平对故障检修成效与管理质量至关重要。煤矿企业应以人才培养与引进为核心战略,提升团队专业能力。在人才培育上,要构建体系化方案,按人员层级与岗

位设计差异化培训路径^[5]。新晋检修人员接受基础理论与实操技能训练,掌握设备构造原理和常见故障处理方法;资深检修人员参与前沿技术培训,紧跟行业趋势,学习创新检修技术。例如,定期组织深度学习故障诊断技术专项培训,助其掌握神经网络模型构建等,提高故障诊断精准度。在人才引进方面,需制定有竞争力政策,吸引知识储备深厚的高端机电人才,确保其在故障诊断算法优化、设备寿命预测等前沿领域能为煤矿机电设备智能化运维提供技术支持。此外,还应构建自主学习与创新激励机制。搭建数字化学习平台,提供前沿资料,鼓励技术人员参与学术研讨和技术竞赛,对取得创新成果的团队或个人实行分级奖励,激发持续创新动力,全面推动煤矿机电设备管理水平提升。

3 结语

综上所述,煤矿井下矿山机电设备的运维保障技术对维持煤矿生产系统的安全稳定与高效运转起着关键支撑作用。通过对煤矿井下矿山机电设备故障检修技术的应用现状进行系统解析后可知,不同技术路径在工程实践中均呈现特定的应用效能与适用边界。因此,为提升煤矿井下矿山机电设备故障检修技术的实施效能与管理质量,需从制度建设、管理体系、人才培养等方面进行管理优化,才能更好地保障井下机电系统长期处于可靠运行状态,为煤炭企业的持续发展筑牢技术根基。在未来的发展中,伴随科技创新的持续突破,煤矿井下机电设备检修技术体系将实现范式革新,为煤炭产业的安全生产与效能提升注入持续动能。

参考文献

- [1]齐英争.矿山机电设备故障检修技术的应用与研究[J].世界有色金属,2024,(14):54-56.
- [2]乔惠忠.矿山机电设备故障诊断技术分析[J].山西冶金,2021,44(6):294-295.
- [3]刘宗旨.故障诊断技术在矿山机电设备检修中的重要性及运用分析[J].中国设备工程,2022,(21):148-150.
- [4]王玉民.煤矿井下矿山机电设备故障检修技术应用研究[J].中国设备工程,2023,(6):210-212.
- [5]葛均超.分析煤矿井下矿山机电设备故障检修技术的应用[J].内蒙古煤炭经济,2022,(7):130-132.

作者简介:

王军(1985—),男,傣族,云南省弥勒市人,本科,机电工程师注册安全工程师,研究方向:矿山机电。