

煤矿机械故障诊断与维修方法的应用探析

张旭东 向征辉

河曲电煤开发有限责任公司上榆泉煤矿, 中国·山西 忻州 036500

摘要: 煤矿机械设备是保证煤炭生产顺畅且高效运转的核心部分, 设备是否能够平稳地运行并且保持良好的性能, 会直接决定矿井每天能生产多少煤炭以及整个矿井的安全水平如何。这篇文章专门研究煤矿机械故障诊断和修理的具体方法和实际应用。首先简单介绍了一下采煤机、掘进机、输送设备以及液压支架这些常见煤矿机械的种类、各自的功能特点, 还有这些设备在井下那种高负荷工作环境、粉尘到处飞扬、空气特别潮湿又容易生锈腐蚀的恶劣条件下所遇到的种种困难和问题。接着详细分析了磨损、疲劳断裂、变形以及密封材料老化这些常见的机械故障产生的原因, 清楚说明了过去靠工人凭经验判断和每隔一段时间就进行常规检查的传统修理方式存在很多落后的地方, 效果不够理想, 同时也有很多不足之处, 所以后来才开始尝试使用振动监测、油样化验、红外热成像以及声音信号捕捉等多种现代化手段来进行故障诊断, 这些新技术不仅能够提前发现潜在的问题, 还能提供非常有用的诊断信息。然后比较了事后修理、定期预防性修理以及未来可以预先预测故障发生的修理方式之间的优缺点和适合什么样的具体情况, 特别详细说明了利用设备平时运行时产生的各种数据来进行故障预警和提前安排修理的具体操作步骤。同时还在文章结尾处提出了建立一套智能化运维系统的设想, 这个系统需要从多个来源收集各种各样的数据, 并且把这些数据整合起来形成一个完整的整体, 这样就能大大提高故障识别的准确度和修理工作的效率。

关键词: 煤矿机械; 故障诊断; 预测性维修; 智能化运维; 状态监测

Analysis on the Application of Coal Mine Machinery Fault Diagnosis and Maintenance Methods

Zhang Xudong, Xiang Zhenghui

Shangyuquan Coal Mine, Hequ Electric Coal Development Co., Ltd., China Shanxi Xinzhou 036500

Abstract: Coal mining machinery is the core component ensuring smooth and efficient coal production. Whether the equipment can operate stably and maintain good performance directly determines the daily coal output and the overall safety level of the mine. This article specifically examines the specific methods and practical applications of fault diagnosis and repair in coal mining machinery. It begins with a brief introduction to the types and functional characteristics of common coal mining machinery such as shearers, roadheaders, conveyors, and hydraulic supports, as well as the various difficulties and problems these devices encounter in the harsh underground working conditions—high-load environments, pervasive dust, exceptionally humid air prone to rust and corrosion. The analysis then delves into the causes of common mechanical failures like wear, fatigue fractures, deformation, and seal material aging, clearly illustrating the shortcomings of traditional repair methods that relied on worker experience and periodic routine inspections. These outdated approaches were often ineffective and had many deficiencies, leading to the later adoption of modern diagnostic techniques such as vibration monitoring, oil sample testing, infrared thermal imaging, and acoustic signal capture. These new technologies not only enable early detection of potential issues but also provide highly valuable diagnostic information. The article further compares the advantages and disadvantages of post-failure repairs, scheduled preventive maintenance, and future predictive maintenance approaches, detailing which scenarios are suitable for each method. It specifically outlines the operational steps for using real-time operational data to predict failures and schedule repairs in advance. Additionally, the conclusion proposes the development of an intelligent operation and maintenance system that integrates data from multiple sources to form a comprehensive whole, significantly improving the accuracy of fault identification and the efficiency of repair work.

Keywords: Coal mine machinery; Fault diagnosis; Predictive maintenance; Intelligent operation and maintenance; Condition monitoring

0 引言

煤炭是我国主体能源,其安全高效开采对国民经济平稳运行至关重要。煤矿机械设备,比如采煤机、掘进机、输送设备以及液压支架等等,是构成现代化矿井生产系统的关键部分,其性能的稳定程度和可靠程度直接影响到矿井的产量和安全保障程度。煤矿井下环境非常繁杂,设备常常承受巨大压力冲击、大量灰尘磨损、潮湿破坏以及空间狭窄等各种严苛考验,导致机械零件容易出现磨损、疲劳、变形以及密封失效等一系列故障问题,明显妨碍生产过程的顺畅进行和安全保障。过去常用的故障诊断和维修手段主要依靠人工经验加上定期检查,存在诊断延迟、精确度不够并且维修缺乏预见性等问题,很难满足智能化矿山发展的迫切需要。深入研究先进的故障诊断技术和合理的维修办法,促进运维模式朝着智能化、提前预警的方向发展,对于保证设备能够长时间保持良好状态、提高煤矿整体生产效益具有非常重要的实际价值。本文计划全面归纳各种技术手段,为建立高效的煤矿机械运维体系提供参考借鉴。

1 煤矿机械设备概述与运行工况

1.1 煤矿主要机械设备类型与功能

煤矿机械设备成为实现煤炭开采、运输以及安全保障的关键物质基础,其性能和可靠程度会直接影响到矿井生产的效率和安全保障水平。主要机械设备可以分为采掘、运输和支护这三类。采掘设备中最关键的部分就是采煤机和掘进机,采煤机负责把煤层从煤壁上切削并破碎成适合开采的形式,而掘进机则专门用来开挖巷道,扩大矿井开采的空间范围,这两类设备成为实现连续开采的主要工具。运输设备中,刮板输送机和带式输送机是最常见的两种类型,它们承担起将采出来的煤炭从工作面源源不断地运送出去的任务,矿井里的生产和生存环境都靠这两类设备维持畅通无阻,可以说是矿井里的“动脉”系统^[1]。支护设备中液压支架对于采煤工作面来说起到支撑顶板和推动煤体移动的重要作用,能够给采煤作业创造一个安全舒适的工作环境。

1.2 井下恶劣工况对机械设备运行的影响

煤矿井下的工作环境跟地面工业环境有着很大的区别,工作条件特别糟糕而且非常复杂,给机械设备带来了很大的压力。高负荷是其中最突出的特点,设备每天都要承受来自煤层和岩石的巨大压力,还有从上往下打来的冲击力,这样就很容易让关键部件出现疲劳损坏或者塑性变形的情况。井下空气里充满了灰尘,这是一个很大的问题,煤尘和岩尘会进入设备的运动部分、液压系统和电气连接

处,造成零件表面不断磨损,还容易堵塞散热通道,甚至引发润滑不顺畅的问题,有时候还会引起电气短路。井下空气湿度很高,遇到矿井里的腐蚀性水流,就会让金属结构件被腐蚀得更快,同时也会产生电化学反应造成的破坏,大大降低结构的坚固程度。空间非常狭窄,给设备的安装、修理和日常保养工作带来了不少麻烦,直接影响到维修的效果和工作的效率。

2 煤矿机械常见故障类型与诊断技术

2.1 典型机械故障及其成因分析

煤矿机械在井下持续承受高强度、强烈震动、大量粉尘以及湿润腐蚀的恶劣工作环境中运转,很容易出现各种常见故障。第一种叫磨损类故障,比如采煤机截齿和刮板输送机链轮过度磨损,原因来自坚硬煤岩被切割时产生的磨损,还有物料输送过程中颗粒撞击带来的磨蚀,以及油液润滑不够充分导致的磨损。第二种叫疲劳断裂与变形,常见于掘进机刀具主轴和液压支架的立柱这些重要承重部件,根本原因在于长期承受交变应力和突然承受过大的冲击负荷。第三种叫密封失效,表现形式是液压系统出现油液泄漏或者气动元件突然停止工作,主要原因包括密封件因为老化而失去弹性,粉尘进入设备内部造成磨损,或者因为金属表面生锈或者安装错误导致密封部位受到破坏。

2.2 传统故障诊断手段及其局限性

传统故障诊断主要依靠维修人员的经验判断加上提前安排的定期保养工作。维修人员会仔细倾听设备发出的声音、用手去感受设备的温度变化、认真观察设备外表的各种变化情况,然后根据设备运行的时间长短来进行停机解体检査。这种方式特别依赖个人经验积累,诊断的标准容易出现主观偏差,不同的人做出的判断结果也不同^[2]。最大的问题在于反应慢且没有预见性,很多故障都在发展到非常明显的时候才被发现,已经造成了无法挽回的次生损害或者生产过程被迫停止。传统的诊断方法已经无法满足现在及时发现问题和准确找到故障位置的要求。

2.3 现代智能化诊断方法的应用

克服传统手段的局限后,基于传感器和数据分析的现代智能化诊断方法得到广泛应用。通过监测旋转机械的振动频谱,可以准确发现轴承磨损和转子失衡这类早期故障。通过分析润滑油中的磨粒成分和粘度变化,可以评价设备的磨损程度和润滑效果。红外热像技术通过捕捉设备表面的温度分布情况,能够高效诊断出电气接头过热以及摩擦部位温度异常升高的问题。声发射技术对材料内部裂纹扩展和变形释放的应力波信号非常敏感,特别适合用于压力

容器和大型结构件的早期损伤监测。

3 煤矿机械维修模式与策略选择

3.1 不同维修模式的对比与适用性

煤矿机械的保养方法包括事后修理、定时保养以及提前预测修理几种方式。事后修理就是等到设备出了问题才去修理,这种方式的优点是修理费用比较便宜,但缺点是经常会造成不必要的停工,这样会大大干扰正常生产的安全和效率,适合那些对生产影响不大的或者损坏情况不算严重的辅助设备。定时保养则是根据以往的经验或者统计数据来确定一个固定的周期,然后安排好修理工作或者更换零部件,这样做可以很好地减少突然发生的故障,但是容易出现两种极端的情况,要么修理做得不够到位,要么反而因为频繁检查而造成了不必要的资源浪费,适合那些磨损规律比较清楚的核心部件。

3.2 基于状态监测的预测性维修做法

依靠状态监测来进行预防性维修的核心部分就是利用收集到的各种数据来帮助做出正确的维修决定。具体的操作步骤是这样的:首先使用振动传感器、油液分析仪器、红外热成像仪器这些工具,对采煤机里面的轴承、输送机里面的驱动部件、液压支架里面的密封位置这些重要部位进行连续或者定期的状态参数测量,得到一些能够体现设备当前健康状况的具体信息,比如振动频率分布情况、磨粒颗粒含量多少、局部区域温度是否出现异常等^[1]。把这些测量得到的数据传送到专门的数据分析系统里面,然后利用设定好的数值界限、变化趋势判断方法以及智能计算模型来仔细检查设备到底处于什么状态,并且提前发出可能出问题的警告通知。如果监测到的数据显示出某种不正常的恶化趋势,或者超过了事先规定的危险临界值,系统就会马上发出红色警报,清楚说明可能会发生的故障种类以及问题的严重程度。

3.3 维修资源配置与成本控制措施

执行高效维修策略需要配合合理的资源分配和费用管理。在资源分配领域,应当构建依托设备重要性评估和故障预测的备件存储管理体系,对于贵重且采购时间较长的重要备件配置充足储备,对于普通零件或者容易磨损的零件实施精确购买,降低资金占用压力。推广维修人员能力等级管理体系,依据预测性维修的技术标准实施专项训练,提高他们解决疑难问题的能力。在费用管理领域,借助预测性维修降低突发修理频率,从而削减昂贵的紧急人工费用和运输费用。借助维修决策辅助平台对各种修理方案的直接费用、停工损失等因素进行全面核算,挑选总支出最

小的方案。

4 智能化运维系统的构建与应用保障

4.1 数据采集与融合技术的应用

搭建一套智能化运维系统最重要的基础工作就是把设备运行时的各种状态信息收集起来,做到全面、准确并且快速。煤矿里面的采煤机和掘进机这些机械设备工作的地方特别复杂,所以必须使用多种类型的传感器和传感器网络来完成这项任务。现在的大数据采集技术已经能够做到井下重要设备的关键参数随时都能被监控到,很好地解决了过去那种只能定点检查、无法覆盖全部区域的老问题。但是只用一种信号来源很难完整展示出设备当前到底处于什么状态,这时候数据融合技术就起到非常重要的作用。把各种各样的监测信号放到一起进行特征层或者决策层上的整合处理,就能更全面地展现设备目前的健康状况^[4]。比如把振动产生的声音特征跟油里面含有的磨损金属颗粒数量变化的趋势结合起来分析,就能更准确地判断出齿轮箱是不是刚刚出现过轻微的磨损或者正在经历疲劳破坏这样的问题。

4.2 故障诊断与维修决策支持系统

高质量的数据作为根本条件,搭建起一套功能齐全的故障诊断和维修决策支持系统,成为智能化运维中非常重要的一个应用方向。这套系统一般由三个主要部分组成:智能诊断模块、寿命预测模块和维修决策优化模块。智能诊断模块依靠先进的机器学习算法,仔细研究过去积累的故障案例和当前实时采集的数据,通过不断学习和模式识别的方式,可以快速判断出设备是否出现了问题,并且准确找出故障的具体类型和严重程度。同时,还会根据设备本身的物理原理模型,深入分析出导致故障的根本原因。有了这样的准确诊断结果后,寿命预测模块会分析设备当前的状态变化情况,使用支持向量机或者深度神经网络这些预测模型,来估算出重要部件还能使用多长时间^[5]。整个系统把分散的监测、诊断、预测和决策步骤整合成一个统一的整体,大大提高了维修工作的科学性、前瞻性和经济效益,真正成为保证煤矿安全生产和高效运行的重要技术支持手段。

5 结语

随着智能化技术与煤矿生产的紧密结合,煤矿机械的故障诊断和维修方式正在发生很大的变化。深入研究了各种主要机械所遇到的复杂工作环境和常见故障的原因,详细分析了从过去依靠经验和人工判断的传统方法,转变为依靠振动分析和油液监测这些先进智能技术的发展道路,

建议建立一套利用实时数据监控和多种信息整合起来的提前预测性维护系统，成为确保设备高效运行的关键手段。应该积极推广物联网、大数据和人工智能技术的实际应用，创建一个集成了智能诊断、使用寿命预估和维修决策功能的整体维护管理系统，依靠技术、方法和管理方面的全面革新，一定能够大大提高煤矿机械的可靠程度、安全保障水平和运行费用控制能力，从而为煤炭行业的高质量发展和长期稳定运行提供强有力的支持。

参考文献：

[1] 李晶. 探析机械故障诊断及相关维修[J]. 装备维修

技术, 2021(03):0167.

[2] 王伟发. 浅谈煤矿机械的故障诊断和维修[J]. 当代化工研究, 2022(12):95-97.

[3] 王腾飞. 煤矿机械设备的使用维修与故障诊断[J]. 模具制造, 2023,23(07):245-247.

[4] 李志农. “机械故障诊断”专题序言[J]. 失效分析与预防, 2023,18(03):F0002.

[5] 杨闯. 浅析煤矿机械的故障诊断和维修[J]. 中文科技期刊数据库(全文版)工程技术, 2023(07):0013-0015.