

Research on intelligent operation and maintenance management strategy of coal washing equipment

Huigang Zhu

National Energy Group Xinjiang Coal and Gas Co., Ltd., Changji, Xinjiang, 831700, China

Abstract

Coal is an important energy resource in our country and plays a pivotal role in the development of the national economy. Coal washing is an important link in improving coal quality and reducing environmental pollution, and coal washing equipment is its core. With the continuous progress of science and technology, intelligent technology is becoming more and more widely used in various fields, and the intelligent operation and maintenance management of coal washing equipment has become an important trend. Intelligent operation and maintenance management can not only improve equipment operation efficiency and reduce failure rate, but also optimize the production process and improve the economic and environmental benefits of enterprises. Therefore, in-depth research on the intelligent maintenance and management strategy of coal washing equipment is a hot topic in related industries.

Keywords

coal washing equipment; intelligent operation and maintenance; Management Strategy

煤炭洗选设备智能化运维管理策略研究

朱会刚

国家能源集团新疆煤制气有限公司, 中国·新疆 昌吉 831700

摘要

煤炭是我国重要的能源资源,对国民经济的发展起着举足轻重的作用。煤的洗选是提高煤质和减少环境污染的重要环节,洗煤设备是其核心。随着科学技术的不断进步,智能化技术在各个领域中的应用越来越广泛,煤炭洗选设备的智能运维管理已成为一个重要的趋势。智能运维管理不仅可以提高设备运行效率,减少故障率,而且可以优化生产流程,提高企业经济效益与环保效益。因此,对煤炭洗选装备的智能维护与管理策略进行深入研究,为当前相关行业的热议课题。

关键词

煤炭洗选设备;智能化运维;管理策略

1 引言

在煤洗选生产中,设备的稳定运行对提高生产效率、提高产品质量至关重要。然而,传统的人工运维管理模式存在效率低、响应速度慢、故障诊断精度低等问题,难以满足现代洗选企业高效精准运维的需求。智能运维管理以物联网、大数据分析和人工智能等先进信息技术为基础,实现对设备的实时监控、故障预警和远程故障诊断。该管理模式能有效地对设备运行数据进行整合,优化运行过程,提高设备运行可靠性,延长设备寿命。同时,智能运维管理也可以辅助企业进行决策支持,以应对市场变化与技术挑战,增强核心竞争能力。

【作者简介】朱会刚(1986-),男,中国宁夏贺兰人,本科,助理工程师,从事机电管理工作,在各类输送设备、煤炭洗选设备、化工装备等研究。

2 煤炭洗选设备运维现状与技术挑战

2.1 运维管理现状分析

目前,煤炭洗选装备运行维护模式仍然以经验为主导,存在三个问题:①状态感知滞后,主要依靠人工巡检记录,关键指标(轴承温度、振频、油压等)采集时间长达2-4个小时,难以及时发现故障征兆。二是诊断方法粗放,主要依靠“听声、看表、摸温度”等主观判断,难以准确识别介质旋流器磨损程度和滤布堵塞状况等隐蔽故障^[1]。三是维修决策僵化,以定期计划维修为主,造成“过度维修”占30%以上,“维护不足”占突发故障的25%。有研究表明,我国洗选厂设备综合效率只有65%-70%,落后于国际先进水平15-20个百分点,运行管理滞后已成为制约我国洗选行业发展的重要瓶颈。

2.2 智能化转型的技术挑战

推进洗选装备智能化运营面临三大技术障碍:一是设备异构性强,洗选流程涉及机械、液压、电气、控制等多类

设备,其接口协议不统一;二是数据采集需兼容10多个标准,如Modbus, Profinet, OPC UA等,造成“信息孤岛”现象严重;三是洗选装备智能化运行面临三大挑战:1)洗选装备智能化运行面临三大难题:1)设备异构性强。二是运行工况复杂,原煤煤质波动、分选介质浓度变化、负荷冲击等因素使得运行参数呈现强非线性特性,传统阈值判断方法容易出现虚假报警(虚警率高达20-30%)^[2]。(3)决策模型适配性差,一般工业装备故障诊断算法很难迁移到洗选场景,如跳汰机“床层松弛度-风压相关性模型”需要结合煤粒度分布进行动态调整,否则诊断准确率将降低40%以上。此外,老设备改造难度大,操作人员技能断层,数据安全保护不足,使得实现智能化改造更加困难。

3 煤炭洗选设备智能化运维体系架构

3.1 体系框架设计

基于“感知-分析-决策-执行”的闭环思路,构建四层智能运维系统:感知层采用振动、红外测温、超声波流量计等智能终端,对振动、温度、流量、压力等关键参数进行高频率(1 kHz)的高频率测量^[3]。在传输层,采用“5G+工业以太网”混合组网,保证数据传输实时性(延迟<50 ms)和可靠性(丢包率<0.1%)。数据层以边缘计算网关和云平台为基础,对数据进行净化、融合和存储,形成一个动态的数据库,包括设备日志、运行日志和维修记录;应用层将智能算法和业务过程相结合,实现状态监控、故障诊断和维修优化等功能,使整个运维过程数字化和智能化。

3.2 核心技术支撑

该体系的运行依赖于物联网(IoT)技术来实现设备的泛在性连接,基于低功耗广域网(LPWAN)部署传感网络,以无线振动传感器(电机、泵等)作为旋转部件,采用有线压力变送器(如溜槽、水箱等)来保证数据采集的全面性和经济性。利用大数据分析技术,建立多维度特征库,采用时序分析方法提取运行趋势特征,并利用频谱分析对故障频率进行识别。本项目以智能决策为目标,以随机森林为基础,以强化学习为基础,研究基于强化学习的维修计划优化方法,利用同类设备数据,缩短训练周期,提高小样本条件下的自适应能力。

4 煤炭洗选设备智能化运维关键策略

4.1 多维度状态监测策略

建立“设备-系统-流程”三层监控网络,是实现洗选装备智能化运行的基础。在设备层面,针对不同类型设备的结构特点和失效模式定制监测方案:针对重介质旋流器,采用高频超声测厚(10 kHz)技术,在易磨损区域(锥段、柱体等)布置8个监测点,实时采集壁厚变化数据,当单次测量值偏差大于3 mm或者月平均磨损量大于1.2 mm时,自动触发预警,比人工检测效率提高40倍以上,并可有效捕捉局部异常磨损^[4]。采用“压力-油液-温度”三位一体

的监测方案,在主油路上安装高精度压力传感器(测量精度 $\pm 0.2\%$ FS),实时记录压滤过程中的夹紧力和进料压力的变化;采用激光粒子计数器和介质损耗检测仪同步分析油液污染程度(NAS等级8-10,预警阈值)、水分含量(高于0.1%时报警)和粘度变化;同时,在液压泵出口处加装红外测温传感器,实现对油温异常升高(高于55℃)的监测,实现多参数协同诊断。系统层面,依托数字孪生技术,构建1:1比例洗选系统虚拟镜像,利用工业互联网平台实时映射跳汰机床高(测量精度 ± 2 mm)、气压、进料量,旋流器进口压力、介质密度、分流比等关键参数实时映射到虚拟空间。基于计算流体力学(CFD)开展多场耦合数值模拟,模拟不同煤质和负荷条件下的流场分布(速度偏差大于15%时标记异常)、浓度场梯度(当介质密度变化大于 ± 0.03 g/cm³时触发分析)和设备受力状况,利用虚拟调试提前识别系统瓶颈,如跳汰机相邻风阀动作时差大于0.3 s时,虚拟系统预测床层松弛度异常,提前给出调整建议。

4.2 精准化故障诊断策略

通过“特征提取-模式识别-成因溯源”的三级诊断方法,实现对洗选装备故障的精确定位和深度解析,为洗选装备维修决策提供科学依据。针对洗选装备运行信号的非平稳强耦合特性,采用小波包分解的方法,对不同频段的振动信号进行8级分解,提取不同频段的能量特征;针对电机、水泵等旋转机械(如电机、水泵等),以1-10 kHz频率范围内的故障特征频率(如齿轮的断齿频率是转速的整数倍),利用希尔伯特-黄变换(HHT)对非线性信号进行处理,实现微弱故障特征的有效提取。采用多源信息融合的方法,构建28维高维特征向量,采用主成分分析方法,降低计算复杂度,保留95%以上的信息。在模式识别阶段,基于改进卷积神经网络(CNN)模型,构造故障分类器,针对洗选装备故障样本分布不均的情况,利用SMOTE算法对小样本进行超抽样,使得各类故障样本的比例小于1:3。在此基础上,引入注意机制强化关键特征权重,在250-500 Hz范围内增加旋流器振动信号权重,提高压滤系统压力波动特征的关注程度,实现类似装备故障诊断知识向目标设备迁移,使模型训练样本量降低40%。将旋流器堵塞、电机轴承早期故障、风门堵塞等12种典型故障诊断准确率提高到92%以上,其中早期剥落故障识别提前量比传统方法提高3-5天。

4.3 动态化维护决策策略

构建以预测维修为主,预防维修为辅的混合决策模型,实现洗选装备维修资源优化配置,在保证设备可靠性的前提下,降低维护成本。在此基础上,构建基于长-短记忆网络的跳汰机电磁电磁阀、旋流器进给阀等关键部件剩余寿命预测误差小于 ± 8 小时。当预测值小于72小时时,系统会自动启动预测维修工作单,该工作单包括工件型号(如跳汰机电磁阀采用2W-160-15型)、所需工具(如转矩扳手、万用表)、标准工作时间(30分钟)等,并与生产计划系统

进行接口分析,对今后48小时内的生产间隙(如中班结束后至夜班开始前的2小时窗口)进行自动调度维护时间,避免非计划停机,使跳汰机因电磁阀故障造成的非计划停机次数降低75%^[5]。采用多元线性回归方法,以累计运行时间、处理原煤量、煤质硬度(以普氏硬度系数f值为表征)、入料粒径分布(<0.5mm)为输入参数,采用多元线性回归算法,计算替换周期修正系数,如进料煤中小于0.5mm颗粒占30%以上,可缩短更换周期20%-25%;同时,结合在线监测数据(过滤布透光率降低至初始值60%等),动态调整易损零件库存周转率提高40%,采购成本下降18%。

4.4 协同化管理优化策略

建立“人-机协同,虚实相生”的管理模式,以流程重构和组织协同为手段,提高洗选装备智能运维效率。在组织结构上,突破“设备科-生产车间-维修班”垂直管理模式,建立由设备工程师3人(熟悉洗选设备结构及原理),算法专家2人,生产调度员2人,数据分析师1人(处理监控数据),中心配备数字孪生监控大屏,实时显示设备健康状况(红黄绿三种颜色)、当前工作进度(完成率、介耗)、生产目标达成情况(精煤产率、介耗)等关键信息,并采用“7×24小时”轮班制度,确保及时响应故障。在流程优化方面,对故障处理流程进行规范化的“接警-诊断-派单-维护-验收”五个步骤,每一个步骤都有清晰的时限和质量标准。在接警阶段,系统需要对故障进行自动识别和推送(响应时间不超过5分钟)。诊断部分需要在30分钟之内完成故障原因的分析 and 解决,派单环节通过手机APP向维修人员推送工作单,明确维修内容、备件需求和安全注意事项。维护部分按照操作规程进行,关键步骤(如旋风罩更换时的拧紧力矩)需拍照并上传存档。在验收阶段,将维修前后的设备参数(振动值、处理量等)进行对比,来验证维修效果。整个流程由工作流引擎自动流转,逾期未完成的部分会自动提醒相关人员,将故障平均处理时间由4.2小时减少到1.8小时。

5 案例应用

5.1 工程概况

大型国有矿井洗选厂具有年产800万吨的生产能力,主要设备有:LTG14型跳汰机3台,Φ1200型重介质旋流器2台,XAZG4000型压滤机4台,并配以相应的输送和筛分设备。在2024年引入智能运维管理系统之前,设备停机时间平均为12.5小时,维修费用占生产总成本18.7%,且存在故障响应滞后、维修过多等问题。

5.2 实施方案

完成三项技术改造:第一,在生产过程中部署128台智能传感器,覆盖电机轴承、液压系统、关键阀门等,采集频率设定在500Hz以上,并通过5G专用网络传输到云平台。二是以3年3200条历史数据为基础,建立洗选装备故障诊断模型,并对其中12种典型故障进行识别,如旋流器磨损、跳汰机组空气阀等12种典型故障进行识别。三是建立维修决策平台,将设备日志、维护记录、生产计划等数据进行集成,自动生成工作单,并对资源进行调度。

5.3 应用效果

经过半年的运行,取得明显的效果:设备故障停工平均每月8.1小时,降低了35.2%;维修费用减少28%,为13.5%;故障诊断的平均时间由4.2小时减少到1.5小时,响应速度提高64.3%。其中,重介质旋流器预警准确率达91%,提前发现7处严重磨损隐患,避免3-5天停产。同时,对滤布换布周期进行动态调整,使滤布耗降低19.6%,验证智能维护策略的有效性和经济性。

6 结语

综上,实现煤炭洗选设备的智能化运维管理,是实现煤炭工业转型升级的必然选择。不仅可提高设备的运行效率,提高设备的可靠性,而且具有明显的经济和环保效益。随着智能化技术的不断开发与应用,洗选设备运行管理向高效率、高精度、智能化方向发展。未来,要进一步加强技术研究与应用,促进智能运维管理与煤炭洗选生产的深度结合,为煤炭工业的可持续发展提供强有力的支持,促进我国能源工业的高质量发展。

参考文献

- [1] 连孟杰.选煤厂洗选设备监测监控系统研究[J].矿业装备,2024,(12):97-99.
- [2] 叶俊良.新型筛分设备在煤炭洗选行业的应用及影响[J].商业,2024,(21):90-92.
- [3] 母长春,杨国峰.我国智能化选煤厂技术与展望[J].选煤技术,2024,52(03):1-8.
- [4] 田田.PLC控制系统在煤炭洗选设备中的应用[J].能源与节能,2024,(04):58-61.
- [5] 张潮.煤炭洗选设备运行中的常见问题及其解决措施[J].能源与节能,2024,(03):265-267+270.
- [6] 谭兴富,邬金亮,徐虎彪.煤化工洗选机械设备运行状态监测方法[J].化工自动化及仪表,2024,51(01):128-132.