

煤矿机电设备智能化运维管理平台构建及应用研究

马进武

宁夏王洼煤业有限公司银洞沟煤矿 宁夏 固原 756505

摘要：针对煤矿传统机电设备运维模式管理滞后、状态感知薄弱、数据管理混乱、协同效率低等问题，本文结合煤矿采掘、运输、辅助保障类设备运行工况，搭建五层架构的智能化运维管理平台。平台融合物联网、5G 与大数据技术，设计监测预警、数字化运维、数据决策等核心模块，解决设备运维痛点。经矿井试点应用，平台有效提升运维效率与设备可靠性，降低运维成本，可为煤矿智能化安全生产运维提供参考。

关键词：煤矿机电设备；智能化运维；管理平台构建；应用

引言：机电设备是煤矿安全生产的核心载体，其稳定运行直接关乎矿井生产效率与作业安全。当前多数煤矿仍沿用传统人工运维模式，依赖人员经验开展巡检检修工作，存在故障预警滞后、运维流程不规范、数据利用率低等诸多弊端，难以适配智能化矿山建设需求。为破解煤矿机电运维难题，本文构建智能化运维管理平台，通过技术赋能优化运维体系，助力煤矿安全生产提质、降本、增效。

1 煤矿机电设备运维现状及智能化需求分析

1.1 煤矿核心机电设备概况

(1) 采掘类机电设备。主要包括采煤机、掘进机、液压支架等核心生产设备，是煤矿采掘作业的核心装备，设备负荷大、工况复杂、故障高发，直接影响采掘生产效率。(2) 运输与提升类设备。涵盖带式输送机、刮板输送机、矿井提升机等，负责煤炭运输、人员及物料升降，设备连续运行时间长，故障易导致全线停产，安全影响范围广。(3) 辅助保障类设备。包含通风机、排水泵、压风机、供电设备等，保障矿井通风、排水、供电安全，是煤矿安全生产的基础保障设备，运维可靠性要求极高。

1.2 传统运维模式及现存问题分析

(1) 运维管理模式滞后。传统运维以人工定期巡检、计划检修为主，运维工作依赖工作人员经验，标准化、规范化程度低，缺乏科学的数据支撑，运维决策主观性强。(2) 设备状态感知能力不足。缺乏全方位、实时化的设备状态监测手段，仅能发现显性故障，无法预判设备潜在隐患、性能衰减趋势，故障预警滞后性强。(3) 运维数据管理混乱。设备运行数据、检修记录、故障台账分散存储，未形成统一数据管理体系，

数据利用率低，无法为设备寿命评估、运维优化提供有效支撑。(4) 运维协同效率低下。设备管理、运维检修、安全生产等部门数据不通、流程脱节，故障上报、处置、复盘流程繁琐，运维闭环管理难以实现。

1.3 智能化运维平台建设需求

(1) 实时状态监测需求。实现各类机电设备运行参数、工况状态、环境参数的全天候实时采集与动态展示，精准掌握设备运行状态。(2) 智能故障预警与诊断需求。依托大数据与智能算法，实现设备异常状态识别、故障类型诊断、隐患趋势预判，提前规避设备故障停机风险。(3) 数字化运维管理需求。实现巡检、检修、故障处置、台账管理全流程数字化、线上化，规范运维流程，提升运维工作标准化水平。(4) 数据赋能决策需求。搭建统一数据处理与分析体系，通过数据挖掘分析设备运行规律，为设备运维计划制定、设备更新换代、安全生产管控提供数据支撑^[1]。

2 煤矿机电设备智能化运维管理平台构建

2.1 平台构建原则与总体架构

(1) 平台构建基本原则。遵循安全性、实用性、兼容性、扩展性、智能化原则，适配井下高粉尘、高湿度、强电磁干扰、空间受限等工况，兼容现有设备监测系统与数据接口，预留功能拓展与算法迭代空间，保障稳定运行与长期升级。(2) 平台总体层级架构。搭建感知层、传输层、数据层、应用层、管理层五层架构。感知层负责参数、状态、环境数据采集与边缘预处理，源头提质；传输层依托工业环网与 5G，保障高速稳定安全传输；数据层实现多源异构数据统一存储、清洗融合、挖掘与管理；应用层承载监测、诊断、运维、统计等业务，提供易用界面；管理层负责权限、安全、审计与运

行监控,五层协同闭环^[2]。(3)平台技术支撑体系。依托物联网感知、5G 传输、大数据分析、AI 诊断、云计算弹性扩展等核心技术,构建智能化一体化运维技术体系,实现数据采集、传输、存储、分析、应用全链条贯通,为功能高效运行提供坚实底座。

2.2 平台核心功能模块设计

(1)设备实时监测模块。集成振动、温度、电流、电压、压力、转速、流量等各类传感器数据,实现采掘、运输、辅助保障等全品类机电设备运行参数、设备状态、工况环境的实时监测、动态展示与异常标记,支持多设备集中管控、关键参数阈值超限自动声光报警,帮助运维人员第一时间掌握设备运行态势。(2)智能故障预警诊断模块。基于设备历史运行数据与故障案例库,融合机器学习算法构建智能诊断模型,实现设备故障自动识别、精准定位、原因智能分析及设备隐患提前预警,有效降低非计划停机频次,显著缩短故障排查时间,提升故障响应处置效率。(3)数字化运维管控模块。涵盖智能巡检任务派发与执行、计划检修周期自动编排与提醒、故障报修快速提报、工单智能派发与跟踪、运维验收结果记录、设备台账信息动态更新等全流程线上闭环管理,运维流程全程可追溯、可复盘,提升运维管理标准化与规范化水平^[3]。(4)数据统计分析与决策模块。自动统计设备故障率、平均故障间隔时间、停机时长、运维人工与物料成本、设备剩余寿命评估等核心指标,生成可视化分析报表与驾驶舱看板,多维度呈现设备运行规律与运维绩效,为运维策略优化、检修计划科学编制及设备更新改造投资决策提供有力数据支撑。

2.3 平台数据体系搭建与处理

(1)多源数据采集体系。明确设备振动特征、关键点温度、运行电流电压、液压系统压力、机械转速等核心采集参数,科学布设高精度传感器与数据采集终端,搭建全覆盖、高可靠的数据采集网络,实现设备运行数据、运维作业数据、井下环境参数的全方位、多维度实时采集。(2)数据传输与存储设计。采用工业环网作为主干传输链路、5G 无线作为移动设备与难布线区域补充传输手段,保障井下各类数据高速、稳定、安全上传至地面数据中心;搭建专属数据仓库,实现多源异构数据的统一建模、分类存储、分级管理与定期备份防护,确保数据完整、准确、可追溯^[4]。(3)数据清洗与融合处理。通过数据清洗剔除异常跳变值、缺失值及冗余重复信息,有效提升数据精准度与可用性;完成多维度数据关联融合分析,挖掘设备运行深层规律与潜在关联,为智能诊断模型迭代优化、故障趋势精准预测及运维决策科学研判提供高质量数据支撑。

2.4 平台安全与权限管理设计

(1)数据安全防护设计。搭建数据加密存储与传输通道、网络访问拦截防护、系统漏洞扫描修复等安全机制,严防运维数据、设备运行参数泄露、丢失或被恶意篡改,配套数据容灾备份与恢复策略,定期开展安全渗透测试与风险评估,全面保障平台数据安全与业务连续性^[5]。(2)分级权限管理设计。按照系统管理员、运维主管、技术人员、普通操作人员划分多级权限体系,实现功能菜单操作权限、数据查看范围、系统管理维护的分级分类精准管控,细化权限粒度至具体按钮与数据字段级别,规范平台使用流程,确保岗位职责与操作权限严格匹配,从源头杜绝越权操作与误操作风险。

3 平台工程应用与效果分析

3.1 工程应用概况

(1)应用矿井工程背景。选取某年产能力 300 万吨以上的大型煤矿作为应用试点矿井,该矿配备采煤机、掘进机、液压支架、带式输送机、矿井提升机、通风机、排水泵等主要机电设备共计 200 余台(套)。试点前运维管理以传统人工定期巡检与计划检修为主,存在设备状态感知滞后、故障处置响应慢、运维数据散乱、部门协同效率低等突出问题,具备开展平台应用试验的典型条件。(2)平台现场部署方案。结合矿井井下巷道布局、设备分布及现有网络基础设施现状,制定硬件安装、系统部署、数据对接、联调运行的整体实施方案。在关键设备加装振动、温度、电流等多参数智能传感器,依托矿井已有工业环网与 5G 基站完成数据传输链路搭建,部署平台软件系统并完成与矿井现有自动化系统的数据接口对接,经分系统测试与整体联调后正式投入试运行,实现平台现场全流程落地。(3)应用试验方案设计。设定连续 12 周的平台试运行试验周期,明确设备故障率、故障停机时长、巡检耗时、故障处置时长、设备完好率等核心监测指标,以平台应用前同期数据为对照基线,采用对比试验方法,确保试验条件一致性,为后续应用效果量化评估提供可靠的数据对比基础。

3.2 平台核心功能应用实践

(1)设备实时监测功能应用。通过平台对试点矿井采掘、运输、辅助保障等全品类机电设备开展全天候不间断状态监测,实时采集设备运行参数与工况环境数据。实践表明,平台能够快速捕捉设备运行异常波动并自动标记,解决了传统人工监测覆盖不全、发现滞后、数据断续等问题,显著提升了设备状态感知的时效性和全面性。(2)智能预警与故障诊断应用。依托平台内

置的智能诊断算法模型,结合设备历史数据与实时运行特征,对轴承磨损、电机过载、温升异常等潜在故障实现提前预警,并精准定位故障点位与成因。现场应用期间,平台多次在设备出现明显故障前发出预警提示,辅助运维人员提前介入处置,有效避免了突发停机事件的发生,故障排查时间大幅缩短。(3)数字化运维流程应用。通过平台完成日常巡检任务派发与执行、检修计划自动编排与提醒、故障报修工单提报与跟踪、运维验收记录与台账更新等全业务流程线上化管控。运维工作各环节有记录、有时效、有责任人,流程全程可追溯、可复盘,有效解决了传统运维流程散乱、标准不统一、信息传递滞后等问题。

3.3 应用效果对比分析

(1) 运维效率提升效果对比。平台应用后,设备巡检平均耗时由原来的每班次约 3.5 小时缩短至约 1.8 小时,降幅约 48%;故障平均处置时长由原来的约 4.2 小时缩短至约 2.5 小时,降幅约 40%;运维工作整体耗时显著减少,运维人员劳动强度有效降低,人力资源配置更加合理。(2) 设备运行可靠性提升效果。平台应用后,试点矿井机电设备月均故障次数由应用前的平均 12.5 次下降至约 6.8 次,降幅约 46%;月均故障停机时长由原来的约 28 小时下降至约 12 小时,降幅约 57%;设备综合完好率由应用前的平均 92.3% 提升至约 96.8%,设备运行稳定性和可靠性明显提升。(3) 运维成本与安全效益分析。平台应用后,月均设备维修物料成本下降约 18%,因停机造成的生产损耗大幅减少;运维人工工时成本降低约 22%。同时,平台应用期间共提前识别并处置设备安全隐患 30 余项,有效避免了潜在安全事故的发生,矿井安全生产保障能力显著增强,安全效益突出。

3.4 平台应用现存问题与优化对策

(1) 现场应用现存问题。平台试点过程中仍存在部分问题:一是个别传感器在井下高粉尘、强振动环境下数据

采集精度偶有偏差;二是部分功能界面操作路径偏长,一线运维人员使用便捷性有待提升;三是特殊工况条件下数据传输偶有延迟波动;四是部分老旧设备数据接口协议不兼容,仍需人工补录数据。(2) 针对性优化改进对策。针对上述问题制定优化方案:一是选用更高防护等级、抗干扰能力更强的传感器,优化安装工艺,提升数据采集稳定性;二是简化平台操作界面,优化核心功能一键式操作流程,降低使用门槛;三是优化数据传输策略,增加边缘缓存与断点续传机制,保障特殊工况下数据完整性;四是开发通用数据转换网关,逐步解决老旧设备数据接入问题,持续完善平台现场适配能力。

结束语

本文完成了煤矿机电设备智能化运维管理平台的架构搭建、功能设计与现场应用研究,有效解决了传统运维模式的诸多痛点,显著提升了矿井设备运维效率与安全管控能力。同时总结了平台应用中传感器精度、设备适配、操作体验等现存问题,并提出针对性优化方案。后续将持续优化算法模型与系统功能,完善数据传输体系,进一步提升平台智能化水平,助力煤矿行业智能化、标准化转型发展。

参考文献

- [1] 李博文,张斌,吕晓明.煤矿机电设备智慧检修系统研究与应用[J].中国煤炭,2023,49(11):87-91.
- [2] 王国法,庞义辉.智能化煤矿机电装备运维平台关键技术与体系构建[J].煤炭学报,2022,47(01):61-74.
- [3] 曹现刚,罗璇,张鑫媛.煤矿机电设备运行状态大数据管理平台设计[J].煤炭工程,2022,54(03):189-194.
- [4] 李伟,孙希奎.智能矿山机电设备全生命周期运维管控技术及平台应用[J].煤炭科学技术,2024,52(01):52-64.
- [5] 任万杰.基于标准化管理的煤矿机电设备智能化管