

智能矿山背景下综采队机电设备自动化运维体系构建

向征辉

山西鲁能河曲电煤开发有限责任公司上榆泉煤矿 山西 忻州 034000

摘 要：综采队机电设备长期处于高负荷、强联动的井下运行环境中，传统人工运维模式在响应时效与管控精度上已显现出明显不足。本文围绕智能矿山转型需求，从体系架构、核心模块、运行机制与保障体系四个层面，系统探讨了综采机电设备自动化运维体系的构建路径。体系以智能感知、数据分析、执行管控与安全协同为四大功能支柱，配套全生命周期运行流程、多设备联动机制、资源智能调配与异常自适应调控等运行逻辑，并从技术支撑、人员能力、流程标准与软硬件配套四个方向夯实体系落地基础，为综采设备运维从经验驱动向数据驱动的转型提供了可参照的框架方案。

关键词：智能矿山；综采机电设备；自动化运维；智能感知；全生命周期管控

引言：智能矿山建设持续推进，综采工作面的机电设备智能化水平不断攀升，设备集成度与运行数据体量同步增长。采煤机、刮板输送机、液压支架等核心装备彼此联动、协同运转，任一环节出现异常都可能沿链条传导至整套系统。传统依靠人工巡检与事后抢修的运维方式，在响应速度与管控深度上已难以匹配当前作业节奏。如何借助智能化手段重构运维体系，让设备状态管控从被动响应转向主动预防，已成为综采队面临的现实课题。

1 综采机电设备自动化运维体系架构

1.1 综采核心机电设备运维特征分析

综采作业场景配套的机电设备涵盖采煤输送及支护等多类关键装备，各类设备长期处于复杂井下作业环境之中，运行状态会随采掘工况变化产生动态波动。设备整体结构集成度较高，机械传动与电气控制单元深度融合，常规人工运维模式难以适配设备精细化运行的基本需求。井下作业空间的封闭属性，会让设备持续承受粉尘潮湿与负荷波动的多重影响，设备零部件损耗与性能衰减具备动态化的变化特点。综采作业保持连续推进的作业模式，设备启停频次与运行负荷处于动态变化状态，设备潜在运行隐患具备隐蔽性与累积性的特点。机电设备各运行单元存在紧密的联动关系，单一设备部件的运行异常会逐步影响整套综采系统的运行状态，运维工作需要兼顾单体设备状态与整套设备集群的运行稳定性。设备运行产生的运行数据体量庞大，数据变化频率较快，传统运维模式无法实现对设备运行状态的全程把控。

1.2 自动化运维体系搭建的底层支撑要素

自动化运维体系的搭建依托智能感知硬件完成基础数据的采集工作，各类传感采集设备分布部署于综采机电设备关键运行部位，可实时捕捉设备温度振动及运行参数的各类动态数据^[1]。数据传输网络为体系运行提供稳定的传输载体，能够保障井下设备运行数据向后台管控终端的稳定传输，维系数据流转的完整性与时效性。智能数据处理技术承担数据筛选分析与整合的核心作用，可对海量设备运行数据进行分层梳理，挖掘数据包含的设备运行状态信息。智能化管控平台作为体系运行的核心载体，可实现对各类机电设备运行数据的集中处理与统筹管控，支撑运维工作的智能化推进。专业化运维技术体系为整套体系落地提供技术依托，适配智能矿山设备运维的全新工作模式，适配自动化运维的各项作业需求。

1.3 智能矿山环境下运维体系转型逻辑

智能矿山建设推进过程中，井下综采作业的智能化程度持续提升，机电设备的智能化与集成化水平逐步升级，传统人工巡检与事后维修的运维模式无法适配现代化综采作业的发展节奏。矿山智能化建设对设备运行的稳定性与运维效率提出更高标准，运维工作的核心重心从故障维修转向全周期的状态管控。智能化技术的深度应用，推动设备运维工作摆脱人工经验主导的作业模式，转向数据驱动的智能运维模式。井下综采作业的规模化与智能化发展，促使运维工作打破分散化的作业形式，形成一体化的设备运维管控模式。设备全生命周期管控理念的融入，让运维工作覆盖设备运行的全部阶

段,实现机电设备运行状态的动态管控与科学维护。

2 综采机电设备自动化运维体系核心模块设计

2.1 设备状态智能感知模块设计

设备状态智能感知模块依托前端智能传感硬件完成综采机电设备运行信息的全域采集,硬件点位按照设备传动结构电控系统及承载部件的分布规律完成布设。模块针对设备运行过程中的物理参数与工况参数进行持续采集,覆盖设备振动幅度、工作温度、运行转速以及负载压力等多项核心运行指标^[2]。采集流程遵循分层采集的设计思路,针对核心作业设备与辅助配套设备划分不同采集精度,适配综采设备差异化的运行特性。模块搭载信号预处理程序,可对井下复杂环境下产生的干扰数据进行过滤净化,保障原始采集信息的真实有效。模块适配综采设备动态作业的工作属性,可跟随采掘工作面的推进节奏调整采集范围与采集频次,适配井下多变的作业工况。

2.2 运维数据智能分析模块设计

运维数据智能分析模块承接感知模块传输的标准化设备运行数据,完成数据分类甄别与深度解析工作。模块搭载智能化数据运算模型,可对设备运行参数的动态变化规律进行深度拆解,梳理设备运行性能的波动规律。模块建立分层式数据解析逻辑,针对常规稳态数据与异动数据设置差异化解析规则,精准识别设备运行过程中的异常数据特征。模块具备数据关联分析能力,可联动不同设备、不同时段的数据,挖掘设备性能衰减的内在规律。模块依托智能化算法完成数据深度挖掘,摆脱人工数据研判的局限性,提升设备运行状态分析的精准度与专业性。

2.3 自动化运维执行管控模块设计

自动化运维执行管控模块作为体系运维落地的核心执行单元,承接数据分析模块输出的设备状态研判结果,匹配对应的运维作业内容。模块搭建智能化运维调度逻辑,依据设备异常等级与作业影响范围,划分运维作业的优先级,有序推进各类运维工作落地实施。模块可自主生成标准化运维作业流程,匹配综采不同机电设备的维保检修标准,规范运维作业的整体流程。模块支持运维作业的动态管控,可实时跟进运维作业的推进进度,调整运维作业的资源配比,保障运维工作高效落地。模块贴合井下综采运维作业标准,实现设备检修维保作业的智能化与标准化落地。

2.4 运维安全协同管控模块设计

运维安全协同管控模块聚焦综采机电设备运维全过

程的安全管控需求,搭建多维度的安全管控逻辑。模块整合设备运行安全与运维作业安全两类管控内容,针对设备带病运行与违规运维作业建立智能防控机制。模块打通设备运维系统与井下作业管控系统的信息通道,实现运维作业与现场采掘作业的协同适配。模块对运维全过程的安全风险进行动态甄别,捕捉运维作业过程中的不稳定因素,规避设备运维引发的作业隐患。模块构建一体化安全管控模式,统筹设备运行安全与运维操作安全,筑牢自动化运维体系的安全运行基础。

3 综采机电设备自动化运维运行机制搭建

3.1 设备全生命周期自动化运维运行流程

全生命周期自动化运维流程覆盖综采机电设备投入使用后的全部运行阶段,依托智能化管控逻辑替代传统阶段性运维模式。流程体系适配设备投产运行、日常运转、性能衰减、检修维保的完整运转链条,针对不同运行阶段设定专属运维管控逻辑^[3]。系统持续采集设备运行状态数据,结合设备运行时长与工况变化,自动触发对应阶段的运维管控程序。设备常规运转阶段以动态监测与常态维保为主要管控内容,持续维持设备运行性能的稳定性。设备性能衰退阶段启动精细化检测与部件养护流程,延缓设备性能衰减速度。设备检修完成后自动更新运维数据台账,衔接后续常态化运维工作,形成连贯的全流程运维管控链条。

3.2 多设备协同运维联动机制

多设备协同运维联动机制适配综采工作面多类机电设备并行运转的作业特点,破除单一设备独立运维的管控壁垒。机制建立统一的设备运维数据交互标准,实现采煤支护输送等各类设备运行数据的互通流转。系统依据综采设备的作业关联属性,搭建设备集群运维联动逻辑,识别单台设备运行波动对集群系统的影响程度。设备运行出现参数异动时,联动机制自动关联关联设备的运行状态,开展集群整体性运维排查工作。运维作业开展过程中,机制统筹各类设备运维进度,保障整套综采设备集群保持稳定运行状态。

3.3 运维资源智能调配机制

运维资源智能调配机制针对井下综采运维物资与技术资源开展动态统筹分配,适配自动化运维的作业需求。机制依托设备运行状态数据与运维作业需求,精准判定各类运维资源的使用场景与耗用标准。系统结合井下采掘作业布局与设备分布位置,规划运维资源的投放范围与投放数量。资源调配过程依托智能算法完成动态测算,依据运维作业紧急程度调整资源分配优先级,提

升资源利用效率。机制实时更新运维资源库存与使用数据,完成运维资源的动态补给与合理分配,适配持续推进的井下运维作业。

3.4 运维异常自适应调控机制

运维异常自适应调控机制针对设备运维过程中出现的各类异常工况建立动态处置体系,提升运维体系的环境适配能力。机制实时捕捉设备运行参数突变、运维流程卡顿与数据传输异常等各类问题,完成异常类型的精准区分。系统针对不同类型的运维异常匹配对应的调控策略,自主调整运维参数与作业模式。面对井下工况变动引发的设备运行异常,机制自动优化运维管控标准,适配动态变化的作业环境。机制持续迭代异常处置逻辑,依托运行数据完善调控策略,提升自动化运维体系的自主适配与故障处置能力。

4 综采机电设备自动化运维体系保障体系建设

4.1 智能化技术支撑保障建设

智能化技术支撑保障为自动化运维体系长效运转提供核心技术依托,持续适配智能矿山综采设备的运维升级需求^[4]。持续迭代井下数据处理与智能研判相关技术,优化设备运行数据解析与状态识别的核心算法,提升运维研判的精准程度。稳步更新数据传输与信号处理技术,弱化井下复杂环境对数据流转的干扰,维持运维数据传输的稳定状态。深耕智能化运维适配技术,结合综采设备迭代升级方向,优化运维系统与各类机电设备的适配性能。持续引入前沿智能化技术手段,完成传统运维技术的迭代更新,夯实自动化运维体系的技术根基。

4.2 运维人员专业能力保障建设

运维人员专业能力保障围绕智能化运维作业的岗位需求搭建培育体系,适配自动化运维模式的岗位要求。搭建系统化的技能培育体系,覆盖智能设备操控、数据解析、系统运维等专业技能内容,完善人员知识储备结构。搭建常态化技能提升渠道,跟进智能矿山运维技术的更新节奏,更新人员技能培育内容。建立规范化的岗位能力培育标准,细化不同运维岗位的技能要求,推动人员专业素养的整体提升。强化人员智能化运维思维,转变传统设备运维的作业认知,适配数据驱动的新型运维作业模式。

4.3 运维流程标准化保障建设

运维流程标准化保障依托井下综采运维作业规范,梳理自动化运维全链条作业流程。细化设备状态监测、数据研判、运维执行、风险防控各环节作业标准,统一自动化运维的作业规范。规整运维作业的流程步骤,剔除冗余作业环节,提升运维工作的整体推进效率。建立流程规范化管控标准,约束各类智能化运维作业的开展方式,维系运维工作的规范性。结合井下工况变化与设备升级节奏,动态优化运维流程标准,适配持续更新的自动化运维作业场景。

4.4 设备运维软硬件配套保障建设

设备运维软硬件配套保障完善自动化运维体系的基础运行条件,支撑运维工作常态化开展。定期检修校准各类传感采集设备与传输硬件,保障前端数据采集的精准性与稳定性,维系硬件设备的运行性能。持续优化运维管控后台程序,修复系统运行漏洞,优化软件运行逻辑,提升运维系统的运行稳定性^[5]。补充更新井下运维配套硬件设施,匹配智能化运维的作业精度要求。升级运维软件功能模块,贴合综采设备运维的实际需求,实现软硬件设施与自动化运维体系的高度适配。

结束语

综采队机电设备自动化运维体系的构建是一项涵盖架构搭建、模块设计、机制运行与保障建设的系统工程。智能感知与数据分析模块为运维决策提供信息支撑,执行管控与安全协同模块保障运维作业规范落地,全生命周期流程与多设备联动机制驱动运维工作有序运转,技术、人员、流程与软硬件保障为体系长效运行筑牢根基。各部分紧密衔接、协同运作,方能推动综采机电设备运维从人工经验型向数据智能型转变,支撑智能矿山综采作业的持续稳定推进。

参考文献

- [1] 胡俊. 矿山机电设备智能运维管理平台的设计和实现 [J]. 管理学家, 2025(18):19-21.
- [2] 刘晓辉. 金属矿山机电设备运维中故障诊断技术的应用研究 [J]. 微型计算机, 2025(16):175-177.
- [3] 蒋方平, 庄竞. 煤矿综采机电设备的质量管理探讨 [J]. 中国设备工程, 2022(4):232-233.
- [4] 张东光. 探究煤矿机电设备维修管理现状与提升路径 [J]. 内蒙古煤炭经济, 2022(11):142-144.
- [5] 刘欣文. 煤矿综采机电系统数字孪生建模与智能运维决策方法 [J]. 工程技术研究, 2025, 7(17):250-252.