

煤矿综采工作面机电设备智能化运维研究

白东安 612724199011080313

摘要

煤矿综采工作面机电设备是煤炭开采的核心载体，其运行稳定性直接决定开采效率与井下作业安全。传统运维模式依赖人工巡检、事后维修，不仅巡检盲区多、故障预判精度低，还增加了井下人员的作业风险，已无法适配高产高效现代化煤矿的生产需求。随着物联网、人工智能、大数据技术在煤炭领域的深度应用，智能化运维成为综采设备管理的升级方向。本文梳理了当前综采工作面机电设备运维存在的痛点，分析了智能化运维系统的总体架构与核心技术路径，探讨了智能化运维落地应用中面临的现实问题，提出了针对性优化策略，为煤矿推进机电设备运维智能化转型提供参考。

关键词：煤矿综采；机电设备；智能化运维；故障预判

一、煤矿综采工作面机电设备传统运维模式的现存问题

煤矿综采工作面的核心机电设备涵盖采煤机、刮板输送机、液压支架、转载机、供电系统等多个单元，设备长期处于高负荷、高粉尘、高湿度的恶劣井下环境，磨损、老化、故障发生概率远高于地面工业设备，对运维管理的及时性、准确性要求极高。但传统运维模式存在明显短板：第一，运维模式被动，多数煤矿采用“计划检修+事后抢修”的模式，计划检修难以匹配不同设备的实际损耗程度，要么过度检修造成生产中断与资源浪费，要么检修不足埋下故障隐患；事后抢修则会导致突发性停产，打乱整体开采计划，甚至引发次生安全事故。第二，人工巡检局限性大，综采工作面环境复杂，部分设备位置偏僻，人工巡检无法实现全时段、全覆盖监测，巡检人员依靠经验判断设备状态，漏检、误判概率高，难以提前识别隐性故障。第三，数据整合能力不足，传统运维中设备运行数据分散在不同控制系统，没有形成统一的数据分析体系，无法挖掘数据背后的设备运行规律，难以支撑故障的提前预判与精准定位。第四，安全风险较高，人工进入工作面巡检本身就面临顶板、瓦斯等安全威胁，一旦设备发生故障，抢修作业的风险也会进一步提升。

二、综采工作面机电设备智能化运维系统的架构与核心技术

智能化运维以数据采集与分析为核心，实现设备状态的实时监测、故障提前预警、故障精准定位与运维决策智能生成，其总体架构可分为三层：感知层、传

输层、应用层。感知层依靠布置在设备关键部位各类传感器，采集采煤机的牵引力、滚筒转速、温度，液压支架的工作压力、位移，刮板输送机的链条张力、电机温度电流等核心运行参数，为系统分析提供基础数据。传输层依靠矿井工业以太网、5G 专网实现数据的低延迟、高可靠传输，解决井下复杂环境下数据传输卡顿、丢包的问题，保障监测数据实时上传至地面管控平台。应用层则整合大数据分析、人工智能算法，实现状态监测、预警、决策等核心功能。

智能化运维的核心技术主要包括三个方面：第一，多源数据融合技术，将传感器采集的实时运行数据、历史检修数据、设备出厂参数、环境监测数据等多源异构数据进行标准化整合，消除数据孤岛，为数据分析提供完整的数据支撑。第二，基于机器学习的故障预警与诊断技术，通过收集历史故障数据训练算法模型，让模型学习不同故障的特征参数变化规律，能够在设备出现异常初期就识别故障征兆，发出预警，并精准定位故障部位与故障类型，相比于传统经验判断，预警准确率大幅提升。例如针对采煤机截齿磨损故障，模型可以通过牵引力、振动信号的变化提前预判磨损程度，提醒运维人员提前更换，避免截齿磨损加剧引发采煤机整机故障。第三，智能决策支持技术，系统可以根据故障类型、工作面生产安排自动生成最优运维方案，包括运维人员调配、备件准备、检修时间规划等，大幅缩短故障处理时间，降低对生产的影响。

三、智能化运维落地应用面临的现实问题

当前国内多数煤矿都在推进智能化改造，但综采设备智能化运维的落地效果参差不齐，仍面临不少现实障碍：首先，传感器适配性不足，井下高粉尘、强腐蚀、高冲击的环境对传感器的可靠性要求极高，部分低成本传感器容易出现数据漂移、损坏等问题，导致监测数据不准确，影响模型判断结果，而高可靠性的进口传感器成本较高，增加了改造投入。其次，故障数据积累不足，智能化运维算法模型的精度依赖大量的故障样本数据，但不同煤矿的地质条件、设备型号、开采强度都存在差异，通用模型在特定矿井的适配性较差，而煤矿自身积累的故障样本数量少，难以完成针对性的模型训练，导致预警误报、漏报问题时有发生。第三，运维人员能力不匹配，智能化运维系统对运维人员的技术能力提出了更高要求，既需要掌握传统机电设备维修技能，也需要掌握信息化系统操作、数据分析的相关知识，当前多数煤矿运维人员的技术水平达不到要求，无法充分发挥智能化系统的作用。第四，改造成本压力大，对于很多老矿井而言，原有设备没有预留智能化改造的接口，全面改造需要更换大量设备、铺设新的传输网络，前期投入成本较高，部分煤炭企业出于成本考虑，改造积极性不足。

四、推进智能化运维发展的优化策略

针对上述问题，推进煤矿综采机电设备智能化运维可以从四个方面着手：第一，加强适配井下环境的感知设备研发，由煤炭企业、设备厂商、科研机构联合攻关，开发低成本、高可靠性的矿用传感器，优化传感器的防护设计与校准技术，提升感知数据的准确性与稳定性，降低改造投入成本。第二，建立行业级故障数据共享平台，由行业协会牵头，整合不同矿井、不同型号设备的故障数据，建立标准化的故障数据库，在保障数据安全的前提下为企业提供模型训练数据，同时允许企业结合自身数据对模型进行微调，提升模型的适配性与准确率。第三，加强专业运维人才培养，煤矿企业要建立完善的培训体系，针对现有运维人员开展智能化运维技术培训，同时引进兼具机电知识与信息化技能的复合型人才，打造适应智能化生产的运维团队。第四，推行分阶段改造模式，对于老矿井而言，可以优先对核心故障高发设备进行智能化改造，逐步推进全工作面的智能化升级，降低一次性投入压力，同时政府可以出台相应的补贴政策，鼓励煤炭企业推进智能化转型，提升改造积极性。

五、结语

智能化运维是煤矿综采设备管理的必然发展方向，对于提升煤矿开采效率、降低井下作业安全风险、推动煤炭行业智能化转型具有重要意义。当前我国煤矿综采工作面机电智能化运维仍处于发展阶段，面临技术、人才、成本等多方面的挑战，需要行业各方共同协作，逐步突破技术瓶颈，完善应用体系，推动智能化运维技术的普及落地，助力煤炭行业高质量发展。

参考文献

- [1] 王国法, 庞义辉. 煤矿智能化发展现状与未来方向[J]. 煤炭学报, 2019, 44(1): 11-22.
- [2] 葛世荣. 煤矿智能化开采技术研究现状及展望[J]. 煤炭科学技术, 2016, 44(1): 1-6.
- [3] 王世博, 葛世荣. 综采工作面智能化开采技术与装备[J]. 煤炭工程, 2020, 52(1): 1-5.
- [4] 李剑峰. 煤矿机电设备智能化运维技术应用研究[J]. 煤炭工程, 2021, 53(S1): 168-172.