

智能化背景下煤矿机电远程控制技术存在问题与改进研究

王征峰

陕煤集团神木张家峁矿业有限公司 陕西 榆林 719000

摘 要：智能技术的不断升级，促使煤矿机电设备慢慢改用远程管控的运行模式，原有井下设备的管理方式也就随之发生改变，目前这套远程控制系统，在智能匹配，设备联动，运行稳定程度上依旧存在不少技术缺陷，文章对照智能矿井的技术特点，归纳相关使用难题；从整体结构，数据传输，适配调整，日常维护等角度给出优化措施，给机电远程控制的改造提升提供相应的技术借鉴。

关键词：智能化；煤矿机电；远程控制；改进

引言：煤炭作为我国基础能源，其开采作业的智能化、无人化转型是行业高质量发展的核心方向。机电设备是煤矿开采的核心载体，远程控制技术的应用是实现井下少人、无人作业的关键支撑。随着智能传感、大数据、物联网技术的普及，煤矿机电远程控制的自动化、智能化水平持续提升，但复杂井下作业环境对控制系统的适配性、稳定性、精准度提出了更高要求。现阶段各类远程控制技术的应用漏洞、系统适配缺陷逐步凸显，制约了煤矿机电智能化管控的提质增效，亟需开展问题剖析与技术优化研究。

1 智能化背景下煤矿机电远程控制技术概述

煤矿机电远程控制技术，整合了物联网感知、智能数据处理、无线传输、自动控制等多项技术，整套体系依托统一的控制平台，能够对井下输送、提升、通风、排水等机电设备，完成远距离监测、参数调节与运维管理的相关工作。智能化升级的过程中，这项技术改变了人工现场操作、就近管控的传统作业形式，各类感知设备可以持续采集设备运行参数与井下环境数据，借助云端与本地终端的数据交互，实现设备启停、参数优化、故障预警等自动化功能，有效减少人工操作的介入频次。智能化远程控制对比传统控制方式，具备数据化、自动化、预判化与协同化的运行特点，能够支持多设备联动管理与运行状态动态分析。现阶段该技术已经在大中型煤矿机电运维工作中普及应用，不过受井下复杂环境、技术适配不足、系统兼容性差等因素影响，设备整体运行稳定性、智能均衡性、协同管控水平仍有欠缺，难以完全匹配智能煤矿的建设标准^[1]。

2 智能化煤矿机电远程控制技术现存核心问题

2.1 井下硬件设备智能化适配性不足

硬件设备是机电远程控制的数据采集与执行终端，其智能化水平与环境适配性直接决定远程控制的整体效能。当前多数煤矿存在新旧设备混用、硬件智能化升级不彻底的问题，老旧机电设备的传感模块、执行模块智能化程度偏低，无法适配新型智能远程控制系统的数据采集与精准调控需求。部分井下传感设备长期处于高粉尘、高湿度、强电磁干扰的复杂工况中，设备抗干扰能力、稳定性较差，极易出现数据采集失真、终端执行滞后、设备频繁故障等问题，导致远程控制终端接收的设备运行数据存在偏差，进而引发调控指令失误、设备运行异常等状况。同时，不同类型机电设备的硬件接口、通信协议缺乏统一标准，各类终端设备兼容性较差，无法实现多设备数据互通与联动控制，形成独立的控制孤岛，极大限制了智能化远程控制一体化管控能力的发挥。

2.2 数据传输体系稳定性与完整性欠缺

智能化远程控制的核心依托是实时、完整、精准的数据传输，数据传输链路的稳定性直接影响远程控制的时效性与精准度。煤矿井下巷道结构复杂、空间封闭，电磁波传播损耗较大，无线传输信号易受巷道遮挡、设备电磁干扰、地质结构变化等因素影响，出现信号衰减、延迟、中断等问题，导致设备运行数据无法实时上传，远程控制指令传输存在滞后偏差。此外，现阶段部分煤矿的数据传输体系架构较为落后，数据传输带宽分配不合理，多设备同时运行、多数据同步传输时极易出现网络拥堵，造成数据丢失、时序错乱等问题。同时，数据传输过程中的加密、校验机制不完善，缺乏完整的数据纠错与备份机制，失真数据、缺失数据会直接影响

后台智能分析与指令输出,大幅降低远程控制的可靠性与精准性^[2]。

2.3 智能分析与自主调控技术能力薄弱

智能化远程控制区别于传统自动化控制的核心,在于具备数据智能分析、故障自主预判、参数自主优化的能力。当前多数煤矿的远程控制系统仅实现了基础的远程手动操控与超限报警功能,核心智能算法应用深度不足,数据挖掘与分析能力较为薄弱。系统仅能对设备运行的显性参数进行简单监测,无法对海量运行数据进行深度挖掘、关联分析与规律总结,难以精准识别设备运行的潜在异常与隐性故障。同时,控制系统自主决策能力不足,设备运行参数偏离标准区间时,无法根据工况变化自主完成参数微调、设备联动调控,仍需人工介入操作,智能化自主管控水平偏低。此外,系统算法模型适配性较差,未结合煤矿井下动态变化的工况环境完成迭代优化,通用化算法无法适配差异化设备的运行管控需求,导致智能分析结果精准度不足。

2.4 系统运维与技术保障体系滞后

智能机电远程控制系统整合了传感采集、网络通信、数据处理与自动控制等多项技术,整体结构相对繁琐,对运维工作的专业水平、系统规范程度都有着严格要求。当前煤矿的智能远程控制运维体系并不成熟,运维工作仍旧采用传统机电设备的检修模式,多以故障出现后的被动维修为主,缺少常态化的系统检测,也缺少提前性的设备状态优化工作。运维人员普遍只掌握基础操作与简易故障排查技能,对智能算法、数据传输、系统架构等核心技术了解不足,难以处理隐性故障、数据波动、算法偏差等深层问题。系统不具备灵活的动态更新机制,机电设备迭代、井下工况改变,都会让原有管控架构逐渐落后,系统适配能力持续降低,各类技术故障反复出现,无法保障远程控制系统长期平稳运行。

3 智能化背景下煤矿机电远程控制技术改进优化策略

3.1 推进硬件设备智能化升级与标准化适配

硬件设备的智能改造、标准统一与抗干扰优化,是解决远程控制数据失真、指令执行延迟、设备兼容不足等常见问题的基础条件。井下原有很多机电终端设备的技术水平相对老旧,智能性能、运行稳定性都有限,这类传感装置与执行设备可以逐步完成更新替换,更换为适配井下复杂作业环境的新型设备,这类设备具备防爆、防尘、防潮以及抗电磁干扰的基础性能,更加贴合矿井作业的使用场景。设备的数据采集精度和采集频率可以得到同步优化,能够对机电设备的温度、转速、压力、电流、振动等关键运行参数,开展全天候、

高精度的数据采集工作,可以从数据源头,保障远程控制系统获取信息的真实度与完整性。井下各类机电设备的通信端口、数据传输协议以及系统接入规范,可以进行统一规整,能够破除不同设备、不同控制系统之间存在的技术隔阂,彻底消除独立运行的控制孤岛,让输送机、提升机、通风与排水等各类井下机电设备,实现数据互通、状态同步、联动管控的运行效果,搭建整体性更强的硬件管控体系。结合井下特殊的工况条件,硬件设备的安装布局可以做出针对性调整,避开高干扰、高损耗的作业区域,有效提升终端设备的运行稳定性与使用周期,为煤矿机电远程智能控制的稳定落地,提供扎实的硬件保障^[3]。

3.2 优化数据传输架构,保障数据传输稳定完整

数据传输体系是远程控制系统的的核心,其稳定性、时效性直接决定智能管控的整体质量。针对井下信号干扰、网络拥堵、数据丢失等传输问题,需重构优化井下数据传输架构,构建有线与无线融合的复合型传输网络。依托工业以太网搭建主干传输网络,保障核心设备、关键数据的高速、稳定传输,同时结合井下巷道布局,合理布设 5G、物联网无线传输节点,弥补有线传输的空间局限,实现井下作业区域信号全覆盖,有效降低信号衰减、中断等问题。其次,优化网络带宽分配机制,根据机电设备重要程度、数据传输优先级,动态分配网络资源,对设备故障数据、实时调控数据等核心信息设置优先传输权限,规避多设备数据同步传输引发的网络拥堵问题。同时,搭建完善的数据校验、纠错与备份机制,在数据传输链路中嵌入智能校验模块,实时甄别失真、缺失、错乱数据,自动完成数据纠错与补全,同时建立本地与云端双重数据备份体系,保障设备运行数据全程可追溯、不丢失。此外,定期对传输线路、网络节点、通信设备进行检测优化,及时排查线路损耗、节点故障等隐患,持续提升数据传输体系的稳定性与可靠性。

3.3 迭代智能算法模型,提升系统自主管控能力

智能算法是煤矿机电远程控制由自动化模式转向智能化模式的关键核心,现阶段控制系统普遍存在数据解析深度不足,自主决策性能偏弱的问题,算法模型的场景适配优化与持续迭代升级,就成为技术改进的重点方向。煤矿机电设备的历史运行数据,还有井下工况的各类监测数据,都可以用来搭建专属的智能分析模型,模型能够对海量数据开展挖掘与关联分析,梳理设备参数的变化规律,识别设备故障的诱发原因,总结设备在不同工况下的适配特征,有效突破传统系统单一参数监测

的局限,让设备运行状态的分析更加全面。系统可以结合各类机电设备的运行标准,适配井下动态变化的作业环境,完善智能调控规则库,设备参数出现偏差、现场工况发生变动时,系统能够自主完成参数微调、设备启停以及联动调控等操作,减少人工干预的频次。算法体系可建立常态化迭代机制,持续收录设备全新运行数据,结合开采工况与设备状态的动态变化优化模型参数,修正数据分析存在的误差,增强算法对复杂井下场景的适配性;故障预判模型也可同步优化,依托参数趋势与异常特征识别隐性设备隐患,实现提前预警与前置管控,改善传统设备故障事后处理的管控模式^[4]。

3.4 构建多设备协同智能化远程管控体系

煤矿井下各类机电设备的运行状态存在紧密关联,设备之间会相互影响,单一设备独立管控的模式,很难适配智能开采的整体运行需求,搭建全域协同的智能远程管控体系,是提升机电运维效率的重要方式。井下各类机电设备的独立管控模块可以完成整合,一体化远程管控平台的搭建,能够打破分散独立的控制格局,实现所有机电设备运行状态的集中监测、统一调度与联动控制。平台可以依托数据互通的基础优势,建立多设备协同运行的逻辑体系,结合开采作业的推进进度,还有井下环境的实时变化,自动匹配各类机电设备的合理运行参数,让通风、排水、输送、提升等核心设备保持联动运行的状态,规避单一设备运行异常引发的整体作业故障。平台可优化分层管控模式,划分状态监测、智能决策、指令执行、数据复盘四个层级,明确各层级的管控职责,形成数据全流程智能闭环管控模式。系统可搭建设备运行动态评估机制,实时对比设备实际运行数据与最优运行标准,持续优化协同管控方案,提升多设备联动运行的适配性与稳定性,最大限度发挥煤矿整体机电系统的运行效能。

3.5 完善专业化智能化运维保障体系

科学完善的运维保障体系,是煤矿机电远程控制系统长期稳定运行的基础条件,传统运维模式存在更新滞后、专业匹配度不足的弊端,适配智能技术的新型运维体系,能够有效补齐这类运行短板。传统被动式的故障维修模式可以进行调整,建立常态化、前置化的主动

运维机制,明确系统全天候巡检标准,对硬件终端、传输网络、算法模型、管控平台等核心模块开展常态化检测,及时排查系统隐性故障、数据偏差以及适配漏洞等问题,从源头完成设备隐患的管控处置。运维队伍的专业能力需要持续提升,配套系统化的技能培训机制,围绕智能传感应用、数据传输逻辑、算法运维方式和平台操作技巧开展专项学习,补齐运维岗位的智能化技术短板,培育适配智能煤矿运维工作的复合型技术人员。系统可建立动态升级机制,结合行业智能技术发展趋势,贴合开采工况与设备迭代的变化特点,定期优化系统硬件、软件、算法与管控逻辑,提升系统场景适配能力。同时,运维台账与复盘机制的落地,能够完整记录故障类型、处置方式与优化效果,持续优化运维流程,形成运维、优化、迭代的良性运行循环,为远程控制系统稳定运行提供长效支撑^[5]。

结束语:智能化升级可以推动煤矿机电远程控制技术不断更新,也会对整套系统的运行稳定,操作精度,自主处理能力提出更严格的使用要求,文章归纳了硬件匹配,信号传递,智能管理,后期维护当中存在的现实缺陷,给出对应的优化办法;硬件改造,网络调整,模型更新,联动管控,运维完善,能够补齐技术缺陷,改善远程管控效果,助力煤矿机电管理朝着高效智能的方向转变

参考文献

- [1] 刘炳辛, 闫恪想, 李龙. 煤矿综采工作面机电智能化控制技术研究分析 [J/OL]. 中国科技期刊数据库工业 A, 2026, (4): 105-108.
- [2] 杨海龙, 葛江. 智能化技术在现代煤矿机电工程中的应用 [J]. 能源新观察, 2026, (5): 57-58.
- [3] 钟天丽. 智能化转型背景下煤矿机电自动化集中控制发展趋势及实践路径探究 [J/OL]. 中国科技期刊数据库工业 A, 2026, (4): 191-194.
- [4] 王拴. 基于智能化技术的煤矿电气工程自动化控制系统研究 [J/OL]. 中文科技期刊数据库 (文摘版) 工程技术, 2026, (2): 118-121.
- [5] 莫合旦尔江·吾吉. 煤矿井下机电系统智能感知与调度控制技术研究 [J]. 山东煤炭科技, 2026, 44(5): 158-162.