

Coal quality control technology in intelligent mining of fully mechanized coal mine working face

Jun Li

Shanxi Jin Xing Energy Co., Ltd., Luliang, Shanxi, 033600, China

Abstract

As China's coal resource development progresses into deeper and more complex geological environments, intelligent mining technology for fully mechanized coal mining faces (FMC) faces has become a crucial approach to enhance production efficiency and ensure stable coal quality. In this intelligent mining process, coal quality control serves as the core element for achieving efficient, safe, and environmentally friendly production. Focusing on the practical implementation of intelligent mining in FMC faces, this study explores technical approaches and implementation methods for coal quality control. First, it investigates the primary influencing factors of coal quality fluctuations in FMC faces, including geological complexity, roof and floor conditions, and equipment operational precision. Subsequently, it elaborates on real-time monitoring and regulation technologies for coal quality through sensor-based monitoring, big data analysis, and intelligent control systems. Finally, it presents an optimized solution for coal quality prediction and dynamic adjustment via an intelligent decision support platform.

Keywords

coal mine fully mechanized mining face; intelligent mining; coal quality control; big data analysis; intelligent monitoring

煤矿综采工作面智能化开采过程中的煤质控制技术

李军

山西锦兴能源有限公司, 中国·山西 吕梁 033600

摘要

伴随我国煤炭资源开发迈向深部及复杂地质环境, 煤矿综采工作面智能化开采技术逐步成为提升生产效能与保障煤炭质量稳定的重要手段。智能化开采进程中, 煤质控制是实现高效、安全、绿色生产的核心要素。聚焦综采工作面智能化开采实际情况, 研究了煤质控制的技术途径与实施办法。首先探究了综采工作面煤质波动的主要影响因子, 涵盖地质构造复杂程度、顶底板状况及设备作业精准度等; 接着阐述了依托传感监测、大数据分析以及智能控制系统的煤质实时监测与调控技术; 最终给出了借助智能决策支持平台达成煤质预测与动态调整的优化方案。

关键词

煤矿综采工作面; 智能化开采; 煤质控制; 大数据分析; 智能监测

1 引言

煤炭作为我国一次能源消费结构里的关键部分, 对保障国家能源安全和推动经济发展起着不可替代的作用。伴随煤炭开采强度持续加大, 煤矿地质情况日益繁杂, 煤质稳定性问题逐步显现。煤炭质量既直接左右煤炭产品的市场价值与用户需求, 又关乎下游电力、冶金等行业的生产效率及环保成效。传统综采工作面凭借人工经验开展煤质控制工作, 常出现监测不及时、调控方式单一、执行精准度欠佳等状况, 无法契合现代煤矿智能化发展需求。伴随智能感知、物联网、大数据及人工智能技术的迅猛进步, 煤矿综采工作面实现智能化开采已成为行业发展新潮流。鉴于这一形势, 煤质控制

技术迫切需要与智能化开采实现深度融合, 从而达成对煤质的实时感知、精准调控以及动态优化。探究煤矿综采工作面智能化开采时的煤质控制技术, 不仅有重大理论价值, 又有实际工程意义。

2 煤质控制的目标与意义

智能化开采煤矿综采工作面期间, 煤质控制旨在保障煤炭的灰分、硫分、粒度和水分等指标稳定, 以契合市场需求与环保标准。稳定的煤炭质量可保障其发热量与燃烧效率, 削减下游企业的除灰及脱硫成本, 增强市场竞争优势。从环保层面考量, 煤质保持稳定可从根源上降低二氧化硫、粉尘等污染物排放, 与绿色矿山建设及“双碳”战略目标相适配。煤质把控对资源高效利用意义非凡, 削减矸石混入情况、增强煤流纯净程度, 既提升了资源回收比例, 还减少了矸石排放, 缓和了土地与环境的压力。在安全方面, 煤质变

【作者简介】李军(1975-), 男, 中国江苏徐州人, 工程师, 从事采矿工程研究。

化往往反映地质条件的变化,如夹矸或顶底板稳定性问题,因而煤质监测也是安全生产的重要预警手段^[1]。

3 煤质波动的成因与传统方法局限性

复杂的地质条件与动态的开采环境是煤质波动的主要根源。例如,煤层厚度不一致、夹矸出现频繁、顶底板岩性有变化,都有可能造成煤矸界面不稳定,进而影响煤炭纯净度。按照传统的方式,煤质检测大多依靠人工采样与化验,该方式存在滞后问题,常常在煤炭进入运输或存储阶段后才得出检测结果,难以迅速反馈至生产环节。人工经验在煤质判断里起着关键作用,然而不同工人在辨别煤矸界面方面能力高低不一,易引发误判或延误时机。传统依靠人工来控制煤机截割高度以及调整支架压力的方式,难以契合综采工作面高强度、连续作业的要求。这些制约因素让煤质控制无法做到实时精准,造成煤质频繁波动,既损害经济效益,还可能产生安全及环保方面的问题。

4 传感器与智能检测技术在煤质控制中的应用

4.1 分布式传感器在煤质控制中的应用

伴随矿山智能化建设持续推进,分布式传感器的运用逐步成为煤质控制核心要素。通过合理地在综采工作面布置激光扫描仪、压力传感器、红外探头和高清摄像机等设备,系统能够即时采集煤层厚度、煤矸界面位置以及煤流运行情况等关键数据。该分布式监测模式成功攻克传统点位监测覆盖范围受限、信息不连续的困境,助力煤矿达成全面、动态的数据收集。例如,激光扫描技术可精准构建煤层三维剖面图,为采煤机截割高度的调整提供依据;压力传感器可实时监测顶板与底板的稳定性^[2]。

4.2 激光扫描与光谱成像的精准识别

在煤质控制时,怎样准确辨别煤与矸石是关键所在。以往依赖人工肉眼观察或经验判定的方法,既效率欠佳,而且精准度不够,引入激光扫描、红外光谱以及高光谱成像等现代检测技术,成功攻克了这一难题。激光扫描技术借助高精度扫描煤层表面,可构建实时空间模型,直观呈现煤层厚度和夹矸分布情形。红外光谱和高光谱成像依靠煤矸石在光谱吸收特性方面的差别,达成成分的识别与分类。当这些技术相互结合,可在煤流运输时实时剖析和甄别物料,进而为采煤机自动调节截割轨迹提供依据,最大程度降低矸石混入煤流的量。

4.3 图像识别技术与煤流监测

综采工作面生产期间,动态监测煤流对煤质控制极为关键。伴随计算机视觉技术迅猛发展,图像识别技术在煤流监测中得到广泛应用。利用高清摄像头以及高速处理器,系统可抓取煤流表面的纹理、颜色及颗粒分布等特征数据,运用深度学习算法快速区分煤和矸石。该技术解决了传统人工巡检效率低下的难题,可在毫秒级时间里完成图像采集与识别,极大增强了煤质控制的实时性。

4.4 智能检测与自动控制的联动

智能检测技术的核心价值是和综采设备自动控制系统达成无缝对接。传感器采集的数据会马上传输到中央控制平台,由算法进行分析处理。若煤层厚度或者煤矸界面位置出现变动,系统能马上做出回应。例如,采煤机可按照检测数据自动对截割高度予以调整,防止矸石过度夹杂;刮板输送机和转载机可根据煤质特征参数对运行速度与角度进行优化,维持煤流稳定。支架压力自动调节功能可有效保障顶板稳定,降低煤质波动引发的安全隐患。

5 大数据与地质模型驱动的煤质预测与优化

5.1 大数据与多源信息融合构建煤质分析体系

煤质控制的要点是对动态、复杂信息进行高效整合,而大数据平台恰好具备了这种能力。在煤矿综采工作现场,传感器可实时采集煤层厚度、煤矸界面位置、煤流粒度分布等一手数据,采煤机、输送机等设备的运行状态参数不断传至系统。若多源数据被孤立运用,常难作出系统性判断,但借助大数据平台进行融合处理,可对多维度信息进行相互验证与全面分析,从而搭建起煤质动态分析体系。平台可将地质勘探数据与煤层三维地质模型相融合,促成生产现场和地质条件的深度契合^[3]。

5.2 基于地质模型的煤质趋势预测

预测能力是大数据驱动的另一核心功能,地质模型在这当中起到了极为关键的作用。煤层地质情形往往十分复杂,煤层厚度变动、夹矸层分布以及顶底板稳定性等要素,均会直接影响煤质。依托大数据平台,系统把传感器采集的实时数据和地质模型进行匹配,系统可模拟不同开采工况下煤质的变化。例如,一旦煤层厚度急剧变薄,模型可预判矸石混入几率,并提供避开该区域的截割策略。面对更为复杂的地质状况,系统可借助蒙特卡洛模拟、有限元分析等手段,对比不同截割路径下的煤质结果,进而为采煤机确定最佳作业路径。

5.3 煤质优化与产能平衡的实现路径

预测的终极目的是实现优化,且煤质优化并非单纯追求煤流的纯净度,而是要在保障煤质的同时兼顾产能。借助大数据平台开展趋势分析,煤矿企业能对不同工况中产量与煤质的关联实施量化评估。例如,系统或许会察觉,在某个区域提升采煤机的截割高度可大幅降低矸石混入量,然而会导致产量下滑;另一种工况下,稍微降低煤质指标竟可显著增加产能。基于数据驱动的优化手段能协助管理者在煤质和产能间找准平衡点,达成综合效益的最大化。大数据优化系统可根据市场需求和环保要求,实时调整煤质控制目标,当市场对低硫煤的需求上升时,系统会优先选定硫分较少的煤层区域进行采掘。

5.4 数据驱动的决策支持与主动调控

基于大数据的预测与优化不只是技术领域的进步,更

是煤矿管理模式的革新。煤质控制大多依靠现场人员根据经验作出判断,存在显著的滞后性与不确定性。依托大数据平台的支撑,管理者能于采前阶段提前规划出科学方案,采中阶段即时调整生产策略。例如,一旦系统预测到某区域煤矸含量升高,调度人员可马上调整作业安排,防止大量矸石混入。

6 人工智能与自动化控制在煤质调控中的作用

6.1 人工智能在煤质监测数据分析中的作用

人工智能的关键优势是能处理海量数据并挖掘潜在规律。在煤矿综采工作面,煤质的波动受地质状况、设备运行状态以及开采工艺等诸多因素作用,传统人工分析无法精确把握各因素彼此的复杂关系。通过机器学习和深度学习算法,AI系统可对传感器收集的煤层厚度、煤矸界面位置、煤流粒度和煤质成分数据开展全面剖析,从中归纳出规律性特征,搭建煤质波动与地质条件、设备参数的预测模型。例如,AI可识别某类煤层厚度变化模式和矸石混入概率之间的联系,进而为开采方案提供量化支撑。此数据驱动手段增强了煤质监测的科学性,又能精确处理复杂的非线性、多变量问题,为后续动态调控筑牢了数据根基^[4]。

6.2 实时识别与偏差预警

人工智能在煤质控制方面的另一关键作用是实时察觉煤质偏差并发出预警。常规办法一般依赖人工巡检与周期性抽样,具有滞后特性,不易及时察觉煤质异常。AI系统能借助模型对实时采集的数据开展分析,当检测到煤质指标(例如灰分、硫分、粒度或水分)偏离既定范围时,系统马上生成偏差预警,并且自动标注异常之处与可能缘由。凭借这种实时识别本领,赋予管理者在问题起始阶段采取行动的能力,避免煤质出现大面积波动,降低经济损失与生产风险。同时,AI凭借持续学习能力能持续优化偏差识别模型,增强预警精准度,推动煤质管理由被动应对转变为主动掌控,达成智能化管理。

6.3 自动生成优化控制指令

AI于煤质控制里的优势,不光体现在监测和预警,还可达成自动化调控。凭借预测模型,系统可生成针对各异煤质偏差的调整指令。例如,一旦煤矸混入量超出标准,AI能自动调控采煤机的截割高度、支架压力,或对刮板输送机的速度进行优化,进而减少矸石含量,保障煤流纯净。智能调控过程无需人工介入,可于开采期间达成“边采边控”。和传统人工调节相比,AI控制具备更快的响应速度和更高

的精准度,还可实现持续监控与动态优化,能有效适应复杂多变的地质条件与施工环境,达成煤质控制的自主与智能。

6.4 边采边控与生产效率提升

借助人工智能与自动化控制系统相融合,煤矿可真正实现“边采边控”。在综采作业期间,AI系统不断收集煤质数据、设备状态及地质信息,即时调控采煤参数,保障各批次煤炭质量稳定。该模式既削减了人工操作与人为失误,增强了开采精准度,又大幅提高了生产效率。煤矿企业能够在确保煤质稳定的基础上,实现产量的优化以及资源利用最大化,同时降低因煤质不稳定引发的返工和损失。高度智能化的开采模式的出现,代表着煤矿管理从依赖传统经验向数字化、智能化管理迈进升级^[5]。

6.5 推动智能矿山建设与绿色发展

煤质控制中运用人工智能具备长远意义。通过引入AI技术后,煤矿生产质量和效率得以提升,还促使矿山朝着智能化、无人化迈进。智能化煤质控制削减了人工介入,减轻劳动强度并降低安全风险,达成生产过程的高效、安全与可控。

7 结语

煤矿综采工作面实施智能化开采时,煤质控制技术已然成为保障生产效率和资源利用率的核心所在。借助传感监测、数据融合、人工智能算法和智能决策平台的联合运用,能达成煤质实时监测、趋势预测与动态调控,攻克了传统方法监测迟缓、精度欠佳的难题。该技术路线不仅让煤炭产品质量更稳定、市场竞争力更强,还能减少矸石混入并降低环境污染,达成资源开采的绿色与智能目标。未来,伴随智能矿山建设的持续推进,煤质控制技术将朝着多源数据融合、深度学习模型优化以及全流程智能决策的方向持续发展,为煤炭行业转型与可持续发展筑牢根基。

参考文献

- [1] 侯本猛.赵楼煤矿智能化综采工作面关键技术的应用研究[J].山东煤炭科技,2025,43(08):51-56.
- [2] 崔泽锋.煤矿智能化综采工作面关键技术研究[J].能源与节能,2025,(08):161-163.
- [3] 陈钊,刘卿.煤矿综采工作面高效开采技术研究[J].内蒙古煤炭经济,2025,(15):37-39.
- [4] 王涛涛,王飞,包苏东.煤矿综采工作面机械设备高效安装技术研究[J].中国设备工程,2025,(13):222-224.
- [5] 李晓博.煤矿综掘工作面机电设备智能化控制的研究与应用[J].当代矿工,2025,(05):34-35.