

文章编号:1671-251X(2022)S2-0053-05

乌东煤矿近直立特厚煤层智能化工作面建设

王富忠

(国家能源集团新疆能源有限责任公司, 新疆 乌鲁木齐 830084)

摘要:近直立煤层由于独特的煤层赋存条件,存在信息孤岛严重、智能化应用水平低、人员劳动强度较大等问题。基于智能矿山建设要求,开展了乌东煤矿近直立特厚煤层智能化工作面建设,针对性地对乌东煤矿近直立特厚煤层智能化工作面建设实践、关键技术进行了研究。构建井下采煤工作面集中控制系统,实现对采煤工作面设备的协调管理与集中控制;集成接入煤矿生产集中控制系统,实现采煤工作面的远程集中控制和现场少人安全作业。乌东煤矿近直立特厚煤层智能化工作面建设实践形成以“工作面自动控制为主、集控中心远程干预为辅、放煤程序有人干预”的智能化生产模式,实现记忆截割、自动跟机移架、一键启停、远程放煤、工作面胶带智能调速、液压支架姿态监测等功能,所有设备具备远程集中控制和监测功能,工作面单班作业人数由10人减少至5人,实现了工作面快速智能开采、智能化减人、煤矿降本增效。

关键词:煤矿智能化;近直立特厚煤层;智能化工作面;记忆截割;集中控制

中图分类号:TD67 文献标志码:A

Intelligent working face construction of near vertical extra-thick coal seam in Wudong Coal Mine

WANG Fuzhong

(CHN Energy Xinjiang Energy Co., Ltd., Urumqi 830084, China)

0 引言

煤炭担负着保障我国能源安全的重任,以煤为主的能源资源禀赋和经济社会发展所处阶段,决定了未来相当长一段时间内,我国经济社会发展仍将离不开煤炭^[1-3]。煤炭高效智能开采具有减人、增效、促安等多重效益,是煤炭工业技术创新的重要方向,建设智能化矿井,助推煤炭产业升级,改变传统作业方式,是新时代煤炭行业高质量发展的必然选择^[4-6]。国家能源集团新疆能源有限责任公司乌东煤矿是近直立特厚煤层开采的典型矿区^[7-8]。近直立煤层由于独特的煤层赋存条件(煤层倾角大,向斜构造,属于复杂地质条件),尤其向深部开采过程中会受到瓦斯、冲击地压等灾害威胁,是国际公认的难采煤层。乌东煤矿资源整合后存在信息孤岛严重、智能化应用水平低、人员劳动强度较大等问题,需研发相应的智能开采技术,以提高近直立特厚煤层开采的自动化程度,降低开采成本,增加开采效益。

2018年以来智能化煤矿建设进入了快速发展

阶段,以王国法院士为代表的科研工作者在煤矿智能化基础理论体系^[9-11]、标准体系建设^[12-14]、分类分级智能化煤矿建设路径^[15-16]、高效开采模式^[17-25]等方面取得了显著成效。乌东煤矿深入贯彻落实“四个革命、一个合作”能源安全新战略,以国家能源集团“一个目标、三型五化、七个一流”为引领,以“智能提效、无人则安”为目标,提升煤矿安全生产管理水平,推动煤炭行业高质量发展,促进煤炭产业转型升级。2020年11月,乌东煤矿被列入国家首批智能化示范煤矿。对照《国家能源集团煤矿智能化建设指南》要求,乌东煤矿当前自动化、数字化和智能化建设现状距离生产智能化目标尚存较大差距。为推进煤矿智能化建设工作的开展,按照《国家能源集团智能矿山建设指南》和《国家能源集团新疆能源智能矿山建设方案》总体要求,开展乌东煤矿近直立特厚煤层智能化工作面建设。本文基于乌东煤矿近直立特厚煤层独特的煤层赋存和开采工艺,从智能化工作面建设设计、关键技术和建设实践等方面总结了乌东煤矿近直立特厚煤层智能化工作面建设和应用

收稿日期:2022-08-25;责任编辑:盛男。

作者简介:王富忠(1969—),男,河南南阳人,工程师,现主要从事煤矿安全管理方面的工作,E-mail:fuzhong.wang.a@chnenergy.com.cn。

情况, 以期为同类地质条件煤矿智能化建设提供参考和借鉴。

1 矿井及工作面概况

1.1 矿井概况

乌东煤矿井田面积为 19.94 km², 地质资源量为 12.8 亿 t, 设计可采储量为 6.61 亿 t, 设计生产能力为 600 万 t/a, 服务年限为 71.05 a, 同时配套 800 万 t/a 选煤厂。矿井划分 3 个区, 分别为北区、南区和西区。

井田位于八道湾向斜南、北两翼, 北翼煤层倾角为 45°, 南翼煤层倾角为 87°, 主采 B₁₊₂ 和 B₃₋₆ 2 组组合煤层, 厚度为 30~48 m, 属于急倾斜特厚煤层, 赋存条件特殊且复杂。

乌东煤矿为高瓦斯、中等冲击危险性矿井; 开采煤层为易自然煤层; 水文地质类型为中等。开拓布局采用立井斜井混合分区开拓方式。采煤工作面采用走向短壁综合机械化水平分段放顶煤采煤方法, 采用全部垮落法处理顶板。

1.2 工作面开采条件

+443 mB₃₋₆ 煤层工作面位于乌东煤矿西区副斜井东侧(主副斜井相距 46 m), 距副斜井中心线 84~1 892 m。B₃₋₆ 煤层对应地表为条状塌陷区域, 南侧为 B₁₊₂ 煤层开采后形成的条状沉陷区域, 北侧为荒山丘陵。

+443 mB₃₋₆ 综放工作面位于+443 m 石门东侧, 上部为+469 mB₃₋₆ 综放工作面及开采后形成的采空区范围, 下部为+418 m 石门及实体煤层, 北侧为 B₆-B₇ 煤层间粉砂岩层, 南侧为 B₂-B₃ 煤层间粉砂岩层。

工作面走向长度为 1 780 m, 宽度为 53.6 m, 基本顶为粉砂岩, 厚度为 56 m, 直接顶为粉砂岩, 厚度为 8 m, 伪顶为炭质泥岩, 厚度为 0.6 m, 煤层伪底为炭质泥岩, 厚度为 1 m, 直接底为粉砂岩, 厚度为 49 m。

2 智能化工作面建设实践

2.1 现状分析

乌东煤矿+443 mB₃₋₆ 综放工作面目前只实现了工作面运输系统自动化。根据《国家能源集团智能矿山建设指南》要求, 对+443 mB₃₋₆ 综放工作面进行智能化建设和改造, 西区+443 mB₃₋₆ 综放工作面在 2020 年 12 月设备安装完成, 实现了记忆截割、电液控自动跟机、定点视频监控、工作面“三机”的远程控制和“一键启停”等功能, 2021 年 4 月综放工作面完成智能化系统调试。

2021 年 10 月对西区+443 mB₃₋₆ 综放工作面进行系统升级补套, 对液压支架安装自动反冲洗装置, 对带式输送机自移机尾、转载机自移装置和超前/端头液压支架电液控制系统进行补套安装, 2021 年底达到初级验收标准。

2.2 建设目标

根据国家能源局《智能化示范煤矿验收管理办法》和《国家能源集团煤矿智能化建设指南》, 西区+443 mB₃₋₆ 工作面按照初级标准进行建设, 实现采煤工作面 5 人生产作业目标。

2.3 建设方案

乌东煤矿西区+443 mB₃₋₆ 采煤工作面进行智能化建设, 实现短臂单滚筒采煤机记忆截割; 中间、过渡液压支架实现自动跟机, 工作面、煤仓、各转载点安装视频监视系统; 在地面或工作面集控中心实现对工作面采煤机、前后刮板输送机、转载机、破碎机、工作面带式输送机远程控制和“一键启停”; 液压支架实现自动轮序放煤为主、远程视频监视人工干预为辅的架后放煤方式, 带式输送机机尾、转载机实现自移, 超前/端头液压支架实现就地、遥控移架, 构建“以工作面自动控制为主、集控中心远程干预为辅、放煤程序有人干预”的智能化生产模式, 实现工作面采煤过程无人操作、放煤过程少人介入。

(1) 构建井下采煤工作面集中控制系统, 实现采煤机控制系统、支架电液控制系统、工作面“三机”监测控制系统、泵站控制系统、供电系统及智能视频监控之间的高效集成, 实现对采煤工作面设备的协调管理与集中控制。

(2) 集成接入煤矿生产集中控制系统, 通过与智能视频监控、智能煤流、灾害精准预警等系统融合, 实现采煤工作面远程集中控制和现场少人安全作业。

2.4 系统功能

综放工作面智能化控制系统主要由液压支架电液控制系统、视频监控系统、采煤机电控系统、“三机”泵站集控系统、工作面集控系统组成。通过工作面高速以太环网将采煤机控制系统、支架电液控制系统、工作面运输控制系统、“三机”控制系统、泵站控制系统及供电系统有机融合, 辅以工作面煤壁和液压支架高清视频系统, 实现对工作面设备的协调管理与集中控制, 形成工作面液压支架电液控制系统跟机自动化与远程人工干预控制相结合的自动化采煤工作模式。

该系统可在工作面或地面调度中心对采煤机和液压支架工况进行监测与远程集中控制, 实时监控工作面综采设备运行工况和煤壁及顶板的空

况。当设备异常或工作面空间形态异常时,可在指挥控制中心通过远程人工干预手段对设备进行远程调控。采煤生产过程实现了“以工作面自动控制为主、人工干预控制为辅”的自动化生产模式,达到工作面少人安全高效开采。工作面智能化控制系统实现了以下功能:

(1) 工作面自动化远程集中控制功能。将工作面主要设备(包括采煤机、液压支架、运输系统、供电系统、供液系统)通过自动化控制系统连接,实现在井下集控中心和地面调度中心的远程集中控制,并实现“一键启停”和“顺序启停”功能。

在远程操作台上能够实现对采煤机运行方向、速度、滚筒转速和摇臂高度的控制功能;实现对单个支架或成组支架的锁定、解锁、执行动作等功能;实现对破碎机、转载机、刮板输送机单独启停功能;

(2) 采煤机全工作面记忆截割功能。采用智能决策记忆割煤技术实现采煤机自动化割煤过程。通过读取采煤机机身传感器的高度、速度、当前位置等数据,在控制程序数据库进行记忆,实现对“示范刀”和历史割煤数据的学习,最终实现记忆截割。

(3) 液压支架全工作面跟机自动化与远程人工干预功能。在液压支架电液控制系统实现全工作面跟机自动化的基础上,将电液控制系统的数据与液压支架视频相结合,通过集控操作中心和地面调度中心的操作台对液压支架进行人工干预,以满足复杂环境下液压支架的自动化控制。

(4) 乳化液保障系统。通过自动控制技术,将远程配液、高压过滤系统集成,形成智能化集成供液控制系统,提高供液系统自动化水平及运行效率。乳化液地面配液站实现乳化液自动配比、箱体液位自动检测、自动补液功能,以及反冲洗过滤站压力自动检测、自动反冲功能。

(5) 工作面视频监控功能。视频监控系统通过网络传输方式完成对工作面采煤机、液压支架及采场状况的视频监控,实时为远程操作员建立身处现场实景的信息,确保远程操作安全。

通过视频监控系统传送工作面图像,操作人员根据煤层变化、滚筒截割、支架状态等信息,必要时对采煤机进行远程干预。

(6) 设备运行状态监控功能。工作面集控中心和地面调度中心的上位机界面能够实时显示系统连接状态、采煤机运行状态、支架状态、“三机”和乳化液保障系统工作状态。

(7) 数据统计分析功能。数据统计分析功能包括采煤机轨迹分析、工作面压力分布分析和支架单架压力分析功能。分析采煤机轨迹可对比分析采煤

机工作状态和工作效率,工作面压力分布图可以给煤矿安全生产提供准确的数据参考,支架单架压力分析可以统计单个支架在不同时间段的压力分布,帮助设备维护人员了解支架工作状态。

3 智能化工作面建设关键技术

3.1 支架电控及姿态监测技术

依据智能化工作面建设设计,建成支架电控及姿态监测系统,系统具有基本控制、程序更新、矿压监测及分析、液压支架自动跟机、自动补压、液压支架姿态精确监测等功能。

(1) 基本控制和程序更新。实现本架电磁阀按钮控制,本架电控,急停闭锁,邻架、隔架、成组控制。架内实现自动更新,工作面主机实现成套更新。

(2) 矿压监测及分析。通过安装在支架立柱下腔的压力传感器实时监测工作面压力分布情况,在自动化主机软件上实时显示和存储,使用矿压分析软件显示工作面压力显现云图,并可查询任意支架的压力历史数据。

(3) 液压支架自动跟机。液压支架自动跟机技术主要是工作面电控系统通过红外线接收器实时接收工作面采煤机的位置信息,按照事先编订的程序,控制采煤机相对位置范围内的支架自动动作。

(4) 自动补压。支架在正常支撑的情况下,因顶板松动等原因导致立柱下腔压力低于设定值时,电控系统自动发送升柱指令将立柱压力补充至初撑力。

(5) 液压支架姿态精确监测。自动化控制系统通过安装在底座、连杆、顶梁、尾梁上的倾角传感器,根据支架运动模型计算出支架当前的顶底板高度,以此换算出工作面采高并在界面上展示,同时通过倾角传感器可以实时监测支架姿态,并在自动化软件中显示。

3.2 视频监控技术

(1) 视频跟机。云台摄像头能够根据自动化控制系统得到的采煤机位置信息实现自动跟机旋转,确保采煤过程中对采煤机前后滚筒区域的跟机监控,当采煤机超出监控范围时能够自动切换合适位置的摄像头持续监控。

(2) 定点监控。摄像头可实现胶带机机头、集控中心、转载机和破碎机的定点监控。

3.3 地面及工作面集中控制技术

3.3.1 设备工况监测

(1) 采煤机工况监测。对采煤机与生产相关、运行环境和故障信息等数据进行实时监测。生产相关数据主要包括采煤机位置、速度、左右滚筒高度、

左右摇臂轴承温度、机身仰俯角度、牵引方向、各电动机工作电流等;运行环境数据主要包括泵箱液压油的油位,冷却水流量、压力,油箱温度等;故障信息主要包括各电动机故障报警等。

(2) “三机”工况监测。对“三机”运行状态和保护信息等进行监测。“三机”运行状态主要包括启停状态、工作电流、电动机转速、冷却水压力和流量等;保护信息主要是电动机工作电流保护等。

(3) 液压支架工况监测。各支架压力、各支架推移行程、各电磁阀动作状态、主机与工作面控制系统通信状态。生产信息:采煤机位置方向、工作面推进度等;工况信息:支架推移行程、立柱压力、电液控制系统与工作面自动化控制系统通信状态等;动作信息:各电磁阀动作状态等;故障信息:传感器故障信息、压力超限信息等。

(4) 泵站系统工况监测。需要矿方通知并监督泵站系统厂家配合加装泵站所需的各类传感器及进行配套设计。工况信息:泵站润滑油油温、油位、进出液压力、液箱液位、乳化油油箱油位、乳化液浓度;故障信息:传感器故障信息等;参数信息:出口压力。

(5) 对综采工作面关键设备工况运行信息的集中监测、故障报警:包括支架、采煤机、胶带、开关、泵站、输送机等设备的运行状态、故障信息;具备工作面语音系统电话闭锁状态显示。

3.3.2 工作面起伏状态监测

利用采煤机机身安装的倾角传感器采集的采煤机倾角变化信息,采用数据拟合算法,监测工作面起伏曲线。

3.3.3 工作面设备顺序启停

(1) 启动过程。泵站启动→带式输送机启动→破碎机启动→转载机启动→刮板输送机启动→采煤机启动(上电)→采煤机记忆割煤程序启动(需采煤机开放相应接口)→液压支架跟随采煤机自动化控制程序启动,全自动化启动。

(2) 运行过程。实时监控工作面综采设备运行工况,当设备运行异常,可通过人工干预手段对设备进行远程干预(采煤机远程干预需要采煤机厂家开放控制端口)。

(3) 停机过程。液压支架动作停止→采煤机停机→刮板输送机停机→转载机停机→破碎机停机→带式输送机停机,全自动化停止。

(4) 急停。按下工作面“急停”按钮,工作面所有设备顺序停机。

3.3.4 自动化割煤

(1) 记忆截割。通过人工操作采煤机完成完整一刀(包含端头斜切进刀及割三角煤),采煤机控制

系统行程记忆轨迹(高度和位置),并记录各工艺段,当采煤机自动运行时依据记忆轨迹和工艺段信息进行自动割煤。

(2) 支架与采煤机联动控制。主要包括中部上行跟机、端部割透、斜切进刀、进刀割透、中部下行跟机等工艺流程。

3.3.5 设备远程控制

(1) 液压支架远程控制。以电液控计算机主画面和工作面视频画面为辅助手段,通过支架远程操作台实现液压支架远程控制(图 1);远程控制功能包括液压支架单架或成组推溜、降架、拉架、升架等动作,液压支架跟机自动化启停控制。

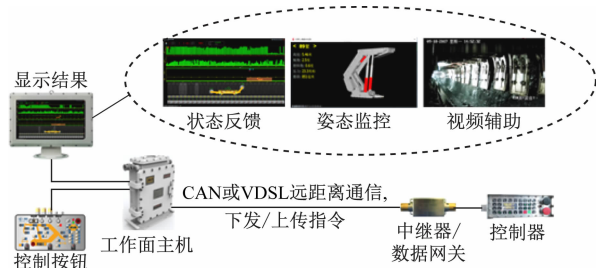


图 1 液压支架远程控制

(2) 采煤机远程控制技术。依据采煤机主机系统及工作面视频,通过操作采煤机远程操作台实现采煤机远程控制(图 2);远程控制功能包括采煤机滚筒升降,采煤机组左牵、右牵、急停等动作,采煤机记忆割煤功能启动/关闭。

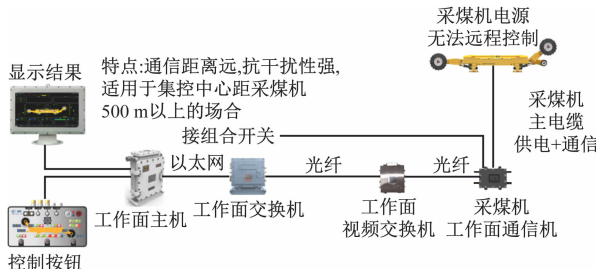


图 2 采煤机远程控制

(3) 工作面输送机、转载机、破碎机集中自动化控制技术。具备如下功能:单设备启停功能,包括刮板输送机、转载机、破碎机(需解除联锁);顺序开机功能,启动顺序为破碎机→转载机→刮板输送机→采煤机(存在联锁关系);顺序停机功能,停机顺序为采煤机→刮板输送机→转载机→破碎机;急停闭锁功能。

(4) 设备故障诊断技术。① 采煤机故障诊断:通信故障、开机率、位置错误等。② 液压支架故障诊断:智能设备故障诊断,包括程序丢失、参数错误、输入错误、输出错误、通信错误、人机交互错误和安全操作装置故障等;采集数据故障诊断,超量程报警;数值固定不变报警等。③ 输送机故障报警:对设备的每台减速器及电动机进行温度、压力、流量、

位移、转速等参数的检测,并对这些参数进行分析处理,实现设备运行数据的实时显示、报警、传输。

4 结语

针对乌东煤矿近直立特厚煤层综放面智能化程度低、综采作业人员多、效率低等问题,针对性地对智能化工作面建设设计、关键技术和建设实践进行了研究,提出了乌东煤矿近直立特厚煤层综放工作面智能化控制系统,对系统功能和相关关键技术和应用情况进行了分析。乌东煤矿近直立特厚煤层智能化工作面建设实践形成“以工作面自动控制为主、集控中心远程干预为辅、放煤程序有人干预”的智能化生产模式,实现记忆截割、自动跟机移架、“一键启停”、远程放煤、工作面胶带智能调速、液压支架姿态监测等功能,所有设备具备远程集中控制和监测功能,工作面单班作业人数由 10 人减少至 5 人,实现了工作面快速智能开采、智能化减人、煤矿降本增效。

参考文献:

[1] 谢和平,任世华,谢亚辰,等.碳中和目标下煤炭行业发展机遇[J].煤炭学报,2021,46(7):2197-2211.

[2] 何满潮,谢和平,彭苏萍,等.深部开采岩体力学研究[J].岩石力学与工程学报,2005,24(16):2803-2813.

[3] 康红普,王国法,王双明,等.煤炭行业高质量发展研究[J].中国工程科学,2021,23(5):130-138.

[4] 王国法,刘峰,孟祥军,等.煤矿智能化(初级阶段)研究与实践[J].煤炭科学技术,2019,47(8):1-36.

[5] 刘峰,曹文君,张建明,等.我国煤炭工业科技创新进展及“十四五”发展方向[J].煤炭学报,2021,46(1):1-15.

[6] 葛世荣,郝尚清,张世洪,等.我国智能化采煤技术现状及待突破关键技术[J].煤炭科学技术,2020,48(7):28-46.

[7] 来兴平,孙欢,单鹏飞,等.急斜特厚煤层水平分段综放开采覆层类椭球体结构分析[J].采矿与安全工程学报,2014,31(5):716-720.

[8] 方贤威.急倾斜特厚煤岩体动力失稳与调控研究[D].西安:西安科技大学,2020.

[9] 王国法.加快煤矿智能化建设 推进煤炭行业高质量发展[J].中国煤炭,2021,47(1):2-10.

[10] 任怀伟,王国法,赵国瑞,等.智慧煤矿信息逻辑模型及开采系统决策控制方法[J].煤炭学报,2019,44(9):2923-2935.

[11] 王国法,任怀伟,庞义辉,等.煤矿智能化(初级阶段)技术体系研究与工程进展[J].煤炭科学技术,2020,48(7):1-27.

[12] 刘峰.对煤矿智能化发展的认识和思考[J].中国煤炭工业,2020(8):5-9.

[13] 张建明,曹文君,王景阳,等.智能化煤矿信息基础设施标准体系研究[J].中国煤炭,2021,47(11):1-6.

[14] 王翀,魏立科,张冬阳,等.煤矿智能化建设目标和总体框架的研究与设计[J].中国煤炭,2020,46(4):26-31.

[15] 王国法,徐亚军,孟祥军,等.智能化采煤工作面分类、分级评价指标体系[J].煤炭学报,2020,45(9):3033-3044.

[16] 王国法,庞义辉,刘峰,等.智能化煤矿分类、分级评价指标体系[J].煤炭科学技术,2020,48(3):1-13.

[17] 袁永,屠世浩,陈忠顺,等.薄煤层智能开采技术研究现状与进展[J].煤炭科学技术,2020,48(5):1-17.

[18] 张高杰,赵楷棣,时小勇.中厚偏薄煤层智能开采设备选型及管理实践[J].山东煤炭科技,2021,39(7):141-143,145.

[19] 高士岗,高登彦,欧阳一博,等.中薄煤层智能开采技术及其装备[J].煤炭学报,2020,45(6):1997-2007.

[20] 李明忠.中厚煤层智能化工作面无人高效开采关键技术研究与应用[J].煤矿开采,2016,21(3):31-35.

[21] 杨俊哲.8.8 m 智能超大采高综采工作面关键技术与装备[J].煤炭科学技术,2019,47(10):116-124.

[22] 霍昱名.厚煤层综放开采顶煤破碎机理及智能化放煤控制研究[D].太原:太原理工大学,2021.

[23] 鲍永生.特厚煤层综放工作面智能控制关键技术研究[J].煤炭科学技术,2020,48(7):55-61.

[24] 张德文,张文坦,郝胜峰.金滩煤矿智能煤流均衡系统研制与应用[J].煤炭科学技术,2021,49(增刊1):142-145.

[25] 朱元军.黄陵一号煤矿实现数字化矿山的转型实践[J].陕西煤炭,2020,39(3):119-122.