

文章编号:1671-251X(2022)S1-0033-03

锦界煤矿智能化转型探索与实践

李永勤, 于在川

(国家能源集团神东煤炭集团有限责任公司 锦界煤矿, 陕西 榆林 719319)

摘要:介绍了锦界煤矿以“一个平台、两个系统”为核心的智能矿山体系及智能化建设现状,阐述了煤矿在积累数字矿山建设经验基础上,在智能化采煤工作面少人化、智能掘进、固定场所无人值守等方面的智能化转型升级举措,以及智能矿山综合管控平台在锦界煤矿的应用。

关键词:智能矿山;煤矿智能化转型;智能开采;智能掘进;无人值守;机器人

中图分类号:TD67 文献标志码:A

Exploration and practice of intelligent transformation in Jinjie Coal Mine

LI Yongqin, YU Zaichuan

(Jinjie Coal Mine, CHN Energy Shendong Coal Group Co., Ltd., Yulin 719319, China)

0 引言

目前是煤炭行业大力发展的历史机遇期,随着智能矿山应用技术的逐步发展,矿山生产组织方式将实现“两化”深度融合,使矿山全业务流程、生产全工艺流程和产品全生命周期实现信息化和智能化,以智能化带动煤矿少人化和无人化,具体表现在:① 更透彻的感知。主动感知加被动采集,利用视频、传感、物联等多种通信技术,实现全面、随时、随地感知,快速稳定地实现信息捕获、分析、展示及预警。② 更全面的互联互通。运用网络智能交互技术,实现有线与无线网络的互联互通、人与物之间的信息共享、系统间协同控制。③ 更深入的智能化。对海量信息运用数据挖掘、大数据分析、专家决策等人工智能技术,实现全矿山智能指挥和决策,实现煤矿采掘、运输、通风、洗选、安全保障、经营管理等过程的智能化运行,使矿山生产和管理越来越安全、高效、绿色、智能^[1]。

智能化矿山建设主要遵循以下原则:

(1) 可靠性原则。在平台设计、硬件选型、网络设计、支撑环境、应用系统的规划建设中,必须充分体现可靠性原则。关键系统、设备要充分考虑冗余设计,系统设计必须考虑完善的应急方案。主要从数据级、设备级、模块级3个方面确保系统的高可靠性,对于重要的存储和交换设备采用冗余设计,使其具备自动故障切换能力,支持在线热插拔,确保业务

系统长时间稳定运行。

(2) 开放性原则。在面对多厂家、多协议、多组态等复杂情况下,智能矿山规划和建设要充分考虑通用标准,兼容多种数据源。对不同类型的自动化系统、不同要求的生产和经营管理系统,要能够提供各种层次的尽可能多的符合国家、行业标准的不同类型接口,以实现软硬件之间、各系统之间、传输协议之间的兼容性,充分保证所有子系统最大限度的信息开放共享。

(3) 易维护性原则。系统日常维护和运行管理会随着智能化建设越来越复杂,系统的易维护性是保障智能化正常运行的必要因素,特别是数据方面,要从数据监测、故障寻源、系统接入、集成展示等多方面考虑,实现统一监测、快速定位、冗余保障、快速匹配,为智能化长期稳定运行做好保障。

国能神东煤炭集团有限责任公司锦界煤矿在2013年建成了国内首座数字矿山示范矿井,从系统规划、应用架构、设计标准等方面,通过信息化对煤炭行业进行升级改造,拓宽了煤炭企业的创新与发展新路径。针对煤矿进行智能化升级,是煤炭行业转型发展的首选,不断将新技术、新设备应用于煤矿井下,对煤矿灾害预防、安全管理、风险预控及隐患治理具有重要意义。应用集控、智控及AI等方式,以大数据、云平台等数字化处理手段,实现精确预测、精准检修,操作岗位少人化、固定岗位无人化,对煤矿企业生产组织方式的转变具有推动作用,有利

收稿日期:2022-04-02;责任编辑:李明。

作者简介:李永勤(1970—),男,陕西子洲人,高级工程师,主要从事煤炭开采工作;E-mail:10019632@chnenergy.com.cn。

于实现煤矿少人化和无人化生产作业。

1 智能化建设成果及现状

2011 年 5 月至 2013 年 12 月,锦界煤矿开启了煤矿数字化建设的新篇章,借助物联网、大数据、云计算、移动互联及人工智能等技术,将煤矿涉及的各个领域进行数字化表达,用数字诠释矿山资源开采、资源匹配、安全生产、经营管理及决策支持,建成了以“一个平台、两个系统”为核心的智能矿山体系,即综合智能一体化平台、生产控制系统和生产执行系统。生产控制系统实现了采、掘、机、运、通等 21 个子系统(包括 13 个监控子系统和 8 个监测子系统)的集成控制;生产执行系统实现了矿井煤炭生产全流程信息化管理;综合智能一体化平台实现了信息采集全覆盖、数据资源全共享、统计分析全自动、业务管理全透明、人机状态全监控、生产过程全记录,数据采集点达 7.2 万个,控制设备 3 471 台。后期在综采自动化割煤、连采破碎机与梭车自动联动控制等方面进行了尝试和改革,达到了预期效果。

2 智能化建设关键技术及应用

2.1 智能化采煤工作面少人化技术

采煤工作面集控、自主割煤、液压支架跟机及“三机”控制等技术已相对成熟,要进一步实现少人化和无人化开采,需研究综采各子系统间的自主联动控制。现有综采工作面均已实现基于 AI 的自适应预测割煤,综采工作面采用由采煤机器人、液压支架机器人和供电、供液、照明等辅助系统组成的机器人协同作业,通过集中控制协同作业平台实现了各子系统的信息采集、信息交互和协同控制。通过工作面设备集控、十二工步割煤法、采煤机 AI 预测割煤和液压支架跟机自动化,以及采煤机与“三机”双闭环调速、基于视频识别的卡堵监测等,实现了自主预测、局部干预、远程控制的自主预测智能割煤^[5]。

在采煤机记忆预测割煤、液压支架跟机自动化基础上,实现采煤机、液压支架远程控制与干预,以及工作面视频覆盖、5G 局域网络覆盖、井上下视频语音通话^[2-3]。另外,实现了井下供电系统集中控制,采煤机、“三机”、泵站等设备状态在线监测,采煤机、“三机”设备自动润滑及注油,数据接口和协议符合《国家能源集团-矿山机电设备通信接口和协议规范(EIP 标准征求意见稿)》要求;引进工作面自动调直系统、人员接近防护系统、自移式移变列车、反渗透水处理系统、绞车无线遥控技术、单轨吊自移等先进技术,提高矿井智能化水平。拓展应用刮板链

自动张紧、采煤机与“三机”双闭环调速、乳化液浓度自动配比、“三机”冷却水智能启停等技术。

2.2 智能掘进技术

连掘智能化水平相对落后,工作面内设备智能化及联动水平不高,连采机定位截割、梭车无人驾驶、支护设备自动运行等技术仍不成熟,需要长期积累、逐步推进。针对现有技术水平,为提升掘进系统智能化,建设了掘进工作面集中控制平台和地面远端控制平台。该平台集供电系统、胶带保护系统、视频监控系统等掘进工作面设备远程集中操控。通过长运距远程集控连掘胶带机、低噪通风联动控制、运输设备联动控制等功能,实现智能化运行^[4-5]。掘进系统智能截割、自动运网、自动钻锚等技术,以及综掘机远程控制、姿态自动调整和自动仿形割煤等技术仍需不断探索和实践。

2.3 固定场所无人值守技术

(1) 主运输系统。主运输系统控制及监测技术相对成熟,锦界煤矿固定岗位均已实现无人值守,主要应用技术包括设备在线监测、无损监测、防纵向撕裂、胶带机防灭火、集中润滑等,正在投用的技术包括智能视频调速、给煤机逻辑控制、巡检机器人等。集中润滑技术可实现在设备运行中智能注油,提高润滑效果,减轻员工劳动强度;在线监测技术提高设备运行状态的实时在线监测能力,具备异常报警功能,代替人工检测;智能视频调速技术实现基于煤量的调速功能,但在节能及损耗方面的数据获取较慢,特别是对于异步电动机用于调速的效果及影响仍需进一步验证;机器人巡检技术的应用可在一定程度上满足移动巡检需求,但针对采集数据的分析仍需进一步完善;主运输系统的生产组织模式已发生变革,在巡检方式及多系统融合巡检方面还需不断探索^[6]。

(2) 供配电系统。为实现煤矿井下供配电区域的无人值守,锦界煤矿建设了智能供配电系统,在高压柜远程控制的基础上,拓展低压设备远控功能,实现了变电所、辅运配电点、主运输机头等地点的低压设备的数据采集与远程控制,主要控制的低压设备包括移变、馈电开关、照明综保、UPS 等,实现供电控制直达用电设备。

同时建立了电缆火灾监测预警系统,对电缆运行电流、电缆局部放电、电缆及附件表面温度、环境温湿度、有害气体进行综合监测分析;变电所配备自动防灭火装置,实现供配电区域的智能消防监控;安装了轨道式巡检机器人,代替人工巡检设备;零星排

水控制设备实现基于水位的自动开停。基于上述技术,煤矿已具备大范围区域巡检功能,改变了原有单线巡检方式,配套电动车巡检,更加便捷高效。

(3) 供排水系统。锦界煤矿水文地质类型为极复杂型,涌水量为 5 000 m³/h 左右,矿井面积为 141.8 km²。矿井建立智能均衡排水模型,自主采集流量、浊度、压力等数据,自动分析矿井排水变化趋势,实现了井下泵房与地面污水处理厂的联动控制,基于处理能力及水质指标,实现排水管路自动切换,提高矿井排水能力。根据水泵运行时间,采用均衡自动排水,提高设备的可靠性与使用寿命^[7]。

水泵房全部实现集中控制、可视化监控、无人值守、机器人巡检,中转水仓全部实现自动排水、数据上传。引入智能清仓机器人,快速清理水仓煤泥。建设采空区水位及压力在线监测系统、矿井水文监测系统、采空区水质与流量监测系统,通过实时监测矿井水水位、水质等参数,防止水位过高带来的安全隐患。建设主排水设备在线点检、风泵自动排水与远程监测系统,实现矿井回风巷自动排水。

(4) 机器人技术。锦界煤矿已应用喷浆机器人、开槽机器人、巡检机器人、自动钻孔机器人等,同时采用多种设备联动控制的机器人集群功能,很大程度上代替了人工作业,改变了传统的生产组织方式,逐步解决了煤矿招工、用工问题。虽然目前机器人在稳定性和人工智能方面仍存在欠缺,但在一定程度上改善了作业环境、降低了劳动强度。

3 智能矿山综合管控平台

锦界煤矿部署了基于工业互联网架构的智能矿山综合管控平台,实现了矿井全要素三维“一张图”集中管控、融合联动和决策分析。智能矿山综合管控平台是以国家能源局下发的《煤矿智能化建设指南(2021 年版)》为依据,基于工业互联网和微服务架构设计,采用物联网、大数据、云计算、5G、二三维 GIS 一体化等先进技术,融合全矿井“人-机-环-管-控”等业务系统和数据资源,建立煤矿统一私有云数据中心,实现了各系统之间数据的互联互通与融合共享,实现全矿井安全生产智能监控、智能调度、智能预警和智能决策。同时开发了适用于智能矿山建设的移动端软件,目前国能神东煤炭集团有限责任公司已开发了生产管控平台、神东移动等移

动端软件,实现了电子化检修。锦界煤矿根据自身特点,开发了智慧锦界 APP,其为集视频、生产环节、采集测点、通信状态为一体的移动端软件,为实现多岗融合、区域巡检的生产组织方式变革提供技术支撑。

4 结语

根据锦界煤矿智能化建设经验,提出以下建议:
① 前瞻性。规划要高起点、高标准,要具有前瞻性,大胆采用新技术、新装备、新工艺,不能有等、靠思想,满足集团跨越式发展的需要。
② 先进性。要创新煤矿智能化管理模式,勇于尝试新的生产组织方式,针对大范围的智能化升级,要兼顾运维手段的先进性,培养一批素质高、能力强的技术团队,保持技术与人才的先进性。

锦界煤矿智能化建设正处于技术创新、验证与成熟的发展过渡期,既要快速推广成熟技术,尽快取得成效,同时也要勇于尝试,以解决现场实际问题 and 安全问题为出发点,引进新技术、新装备,直面存在的问题并积极改造升级,让智能化装备陆续成熟,达到减人提效、助力安全的目标。

参考文献:

- [1] 王国法,庞义辉,任怀伟.智慧矿山技术体系研究与发展路径[J/OL].金属矿山:1-12[2022-01-08].<http://kns.cnki.net/kcms/detail/34.1055.TD.20210726.1042.002.html>.
- [2] 王世博,葛世荣,王世佳,等.长壁综采工作面无人自主开采发展路径与挑战[J].煤炭科学技术,2022,50(2):231-243.
- [3] 王国法,徐亚军,张金虎,等.煤矿智能化开采新进展[J].煤炭科学技术,2021,49(1):1-10.
- [4] 李国华.矿井巷道智能掘进装备的关键技术问题探讨[J].矿业装备,2021(4):216-217.
- [5] 潘涛,赵永峰,丁涛,等.国家能源集团智能矿山建设实践与探索[J].中国煤炭,2020,46(5):30-40.
- [6] 高启业,李军.煤矿供电智能化建设关键技术[J].煤矿安全,2021,52(6):153-157.
- [7] 李继军,白茹玺,梁占泽,等.自动化控制技术在矿井供排水系统的应用[J].陕西煤炭,2019,38(3):106-109,113.