

文章编号:1671-251X(2022)S1-0016-04

# 敏东一矿智能化建设研究

赵治泽, 董慧彬, 修景鑫

(国家能源集团国神公司 敏东一矿, 内蒙古 呼伦贝尔 021000)

**摘要:**从智能化综采系统、智能化掘进系统、智能化通风系统、智能化供电系统、智能化运输系统、智能监测管控平台等方面,介绍了国家能源集团国神公司敏东一矿建设方案,为煤矿智能化建设提供了具体思路。

**关键词:**煤矿智能化;智能矿山;智能采掘;智能通风;智能供电;智能运输;智能监管

中图分类号:TD67 文献标志码:A

Research on intelligent construction of Mindong No.1 Mine

ZHAO Zhize, DONG Huibin, XIU Jingxin

(Mindong No.1 Mine, CHN Energy Guoshen Company, Hulunbeier 021000, China)

## 0 引言

经过近 40 a 快速发展,我国煤炭行业现代化建设已经取得了巨大成就,目前大多数矿井已经实现采煤机械化,部分矿井实现了采煤自动化。根据国家发展改革委和国家能源局发布的《能源技术创新行动计划(2016—2030 年)》,到 2030 年将建成与国情相适应的能源技术创新体系,能源自主创新能力全面提升,能源技术整体达到国际先进水平,支撑我国能源产业与生态环境协调可持续发展,进入世界能源技术强国行列<sup>[1]</sup>。

随着我国智能化技术水平的提高,尤其是在人工智能、5G 通信技术取得世界性进展后,煤矿掀起了新一轮的产业革命,从机械化、自动化逐步向智能化发展。本文结合国家能源集团国神公司敏东一矿智能化建设的实际情况,从智能化综采系统、掘进系统、通风系统、供电系统、运输系统、智能监测管控平台等方面出发,论述了煤矿智能化解决方案,为智能矿山建设提供了有益参考。

## 1 智能化综采系统

智能工作面又称无人工作面,是智能生产在煤矿上的具体应用。依据工业 4.0 中智能化生产的定义:在无人干预的前提下,工作面控制平台依据所获取的信息和数据,采用专业算法,生成采煤路径,控制、协调和修正设备的执行情况,通过采煤机依据顶底板情况自适应割煤、液压支架自适应跟机、煤流输

送系统持续平稳运行,实现井下集中控制、地面远程操作,具有主动感知、智能分析、自动控制的安全、高效、绿色的智能化综采工作面<sup>[2]</sup>。

### 1.1 智能化综采系统发展

1954 年英国 Kellingley 煤矿装备滚筒采煤机、自移液压支架和刮板输送机,实现了煤矿生产的流线化。1984 年 Kellingley 煤矿采用 Downty 公司的液压支架双按键控制器,实现了液压支架自动化控制。1994 年我国大柳塔煤矿引进德国 DBT 公司成套综采设备,包括大功率采煤机、重载刮板输送机、液压支架控制系统,标志着我国煤炭生产进入自动化阶段。2008 年神东榆家梁矿薄煤层综采工作面实现了“无人值守,有人巡检”的人工干预型综合自动化模式,即以采煤机记忆割煤、液压支架自动跟机和“三机”顺序控制为主的自动化割煤模式。随着煤炭开采智能化技术的深入研究,我国从煤炭产业大国步入煤炭科技强国行列<sup>[3]</sup>。

### 1.2 智能化综采系统方案

智能化综采系统包括地面调度中心、综采工作面巷道集控中心和综采设备 3 个部分,如图 1 所示。地面调度中心系统主要是上位机监控系统,调度人员可实时监控综采设备运行情况,观察设备运行参数。综采工作面巷道集控中心系统设置在综采工作面,人员可在集控中心内操作综采设备,观察设备运行参数。综采设备主要包括采煤机、“三机”、液压支架、视频监控设备、组合开关、照明设备、语音设备、液压站、人员定位及环境监测装置组成。采煤机可

实现自动割煤,通过压力、位置、角度等传感器配合,实现采煤机自动循环反复割煤功能;通过调节 PID 运行参数,使采煤机自动调节每次循环割煤角度;通过在带式输送机上设置煤量传感器实时监测煤量,根据煤量监测结果实时调节割煤速度;通过带式输送机变频器实时调控输送带速度,保证割煤量与带式输送机运量相符,避免刮板输送机堆煤情况<sup>[4]</sup>。液压支架可实现自动跟机功能,在液压支架上安装射频发射器,采用射频技术与以太网控制器进行双向无线通信,完成液压支架自动跟机找直。液压支架自动跟机与人员定位联动配合,液压支架在人员通过时自动停止作业,并进行语音报警。视频监控设备用于识别输送带上的大块煤矸,当检测到有大块矸石在输送带上时,自动停机并通知检修人员<sup>[5]</sup>。

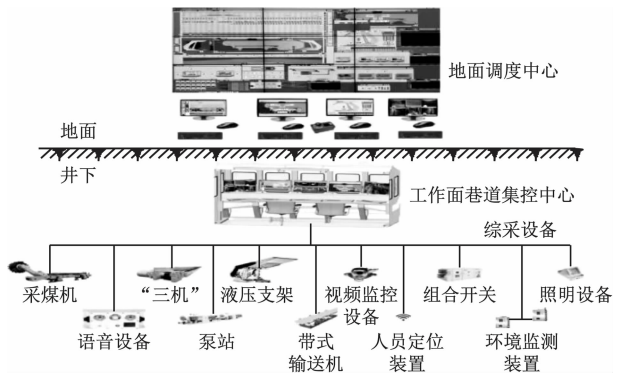


图 1 智能化综采系统组成

敏东一矿现有综采工作面液压支架电液控制系统和工作面集中控制系统已投入使用,人员精准定位系统已进入后期阶段,达到工作面智能化初级水平。预计下个工作面实现采煤机、“三机”、液压支架联动控制,达到工作面智能化中级水平,减少工作面操作人员 50%。

2 智能化掘进系统

据统计,我国大中型煤矿每年新掘进的巷道总长度超过 7 000 km,大部分是煤岩巷道。悬臂式掘进机是综掘工作面最重要的大型设备,目前井下在役数量为 5 000~6 000 台,掘进工作面工作人员有数十万人,掘进作业是井下最重要、最危险的前端生产环节。智能化掘进系统主要指平台通过智能化掘进机采集数据,自行进行掘进、巷道断面成形、自行规划路线,最终完成巷道掘进任务,实现井下集中控制、地面远程操作的高效掘进系统<sup>[6]</sup>。

智能化掘进系统组成如图 2 所示。该系统包括地面调度中心、井下集中控制系统和智能化掘进机。智能化掘进机为核心系统,掘进机上设有雷达控制器、三轴加速度传感器、三轴角速度传感器等<sup>[7]</sup>。各种传感器相互配合,确定掘进机自身位置、掘进角度

和掘进速度,自动完成巷道断面成形和修平,补偿切割断面。在掘进时自动清除浮煤,自动完成掘进走向路径规划,同时完成瓦斯浓度、粉尘浓度、截割负载与摆动速度联动控制<sup>[8]</sup>。

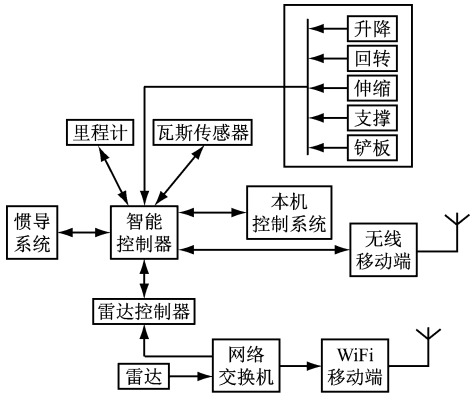


图 2 智能化掘进系统组成

敏东一矿目前有 2 个长期掘进工作面。针对实际情况,选择使用悬臂式掘锚机,实现掘锚平行作业、遥控作业,减少人工作业,提高掘进工效。智能化掘进系统的应用可大量减少掘进工作面人员数量,助力矿山安全生产。

3 智能化运输系统

敏东一矿井下主运输系统为带式输送机系统。智能化运输系统采用视频识别技术,识别计算输送带上的煤量,动态、全流程地调节带式输送机运行速度,实现节能降耗目标。根据上游带式输送机的煤量、运输长度、带宽和当前速度,计算煤流到达时间和煤量,通过预测控制算法调整转速<sup>[9]</sup>。系统控制架构如图 3 所示。在带式输送机机头、机尾安装摄像头,获得瞬时煤量图像,通过对图像进行背景提取及运动物体识别,获取煤流宽度相对值,经运算和分析得出检测范围内的煤流量。通过带式输送机自适应和最优控制,实现运输节能。依据煤流负载控制输送带速度,减少托辊等的磨损,降低运维工作量。在不增加运输设备投资的前提下,通过提高运行负荷效率,提高生产能力,及时发现系统中的瓶颈、短板。智能化运输系统可实现视频识别机头堆煤、输送带大块煤矸、输送带纵撕保护等功能,降低电费、备件费、维修费和人员劳动强度<sup>[10]</sup>。

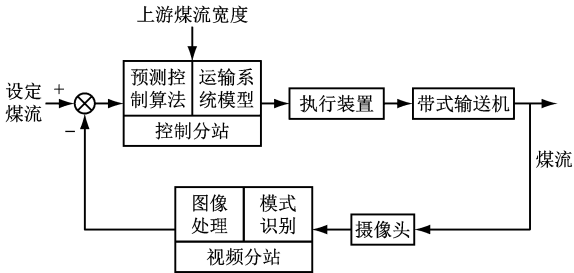


图 3 智能化运输系统控制架构

目前,敏东一矿主运输系统已进入智能化运输第一阶段,可实现远程控制井下多条胶带顺序启停,并通过摄像头观察关键位置的实时数据。预计本年度完成主运输系统升级改造工作,根据煤流量智能调节胶带速度,增大启动转矩,减少带式输送机启停时产生的冲击,保证设备使用寿命,降低能耗。

4 智能化供电系统

敏东一矿供电系统包括地面 110 kV 变电系统和井下 10 kV 供电系统。智能化供电系统由集中控制系统、防越级跳闸系统和巡检机器人系统组成。

集中控制系统为智能化供电系统的核心部分,即将全矿井供电系统集中在一起管理,通过井下中央变电所集控中心实时监测全矿井供电,将传统的分级控制变为集中控制,优化供电系统控制方式。

防越级跳闸系统为矿井供电安全的重要保障。由于井下供电级数多,电缆短,阻抗小,电缆首末端短路时的电流几乎相等,上下级开关速断保护无法区分先后顺序,导致越级跳闸;供电系统发生单相接地事故时,由于自动选线准确性差,只能通过人工拉路选线,选线时间长,由单相接地故障发展成相间短路,导致越级跳闸;短路故障、电动机群起、地面电网电压波动等导致母线短时欠压,井下开关欠压脱扣器动作,引起越级跳闸;由于井下环境恶劣,高爆开关跳闸机构灵敏度下降甚至卡塞,跳闸时间长,导致上级开关后备保护动作,引起越级跳闸;井下工人随意更改保护定值,导致上下级开关保护定值配合不合理,当发生短路等故障时,导致越级跳闸。矿井一旦发生越级跳闸事故,极易造成全矿井大范围断电,一旦影响到矿井一类负荷(如通风机)运行,将对井下作业人员安全构成极大威胁。矿井防越级跳闸系统可有效防止该类事故的发生。

变电所巡检机器人是矿井供电无人值守的重要环节,可代替大部分人工检查工作。巡检机器人通过滑道实时监测变电所内高低压设备运行参数,如电压、电流、开关温度、开关合闸状态等,并可通过无线发射器将数据传输至数据中心。调度人员可通过计算机或手机监控变电所实时状态,为矿井无人值守高效运行提供有力保障。

目前,敏东一矿已实现地面 110 kV 变电所智能化,实现了防越级跳闸、远程控制、机器人自动巡检功能。预计本年度完成井下供电系统的智能化升级改造,实现敏东一矿全矿井智能化供电,实现无人值守供电方式。

5 智能监测管控平台

矿井智能监测管控平台是利用云计算、物联网、

大数据分析等技术,构建基于统一数据标准的以空间地理位置为主线,以基于统一时空数据的矢量图形管理为组织形式,以打造矿山全时间、全方位控制为目标的矿山综合数据库,为智慧矿山应用提供一体化、智能化协同管理平台<sup>[11]</sup>。

矿井智能监测管控平台架构如图 4 所示。通过手机 APP、计算机监控系统等形成监控界面,管理人员根据权限登录平台。监测管控平台将全矿井各项数据写入数据库并通过终端显示<sup>[12]</sup>,涵盖地质防治水、一通三防、采掘管理、安全管理、机电运输、生产调度等方面,还可显示煤炭日产量、月度产量、生产安全事故告警、重点工程和重大项目跟踪管控等数据,辅助安全生产决策<sup>[13]</sup>。

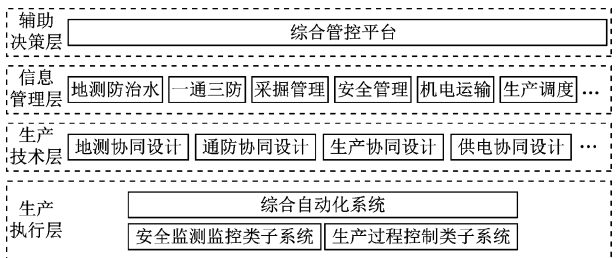


图 4 矿井智能监测管控平台架构

目前敏东一矿已完成调度室升级改造,新的矿总调度室汇聚井下所有摄像头和传感器数据,集成采掘、机电、运输、通风、探放水等多系统信息,实现实时监控、远程控制功能。

6 结语

矿山智能化建设是我国能源改革的重要组成部分,是煤矿在新一轮能源改革中站稳脚步的根基。实现煤矿智能化需要长期的投入和建设<sup>[14]</sup>。目前智能化系统在敏东一矿开始大规模投入并使用,尽管部分系统尚需完善,但总体使用效果良好,具有推广意义。

参考文献:

[1] 发展改革委 能源局印发《能源技术革命创新行动计划(2016—2030 年)》[EB/OL]. [2022-01-23]. [http://www.gov.cn/xinwen/2016-06/01/content\\_5078628.htm](http://www.gov.cn/xinwen/2016-06/01/content_5078628.htm).

[2] 杨丰越. 矿山电气自动化控制系统设计中人工智能技术的应用[J]. 冶金管理,2020(17):77-78.

[3] 马小平,杨雪苗,胡延军,等. 人工智能技术在矿山智能化建设中的应用初探[J]. 工矿自动化,2020,46(5):8-14.

[4] 王文飞. 自动化在煤矿机电技术中的创新应用初探[J]. 能源与节能,2017(5):176-177.

[5] 马超. 自动化在煤矿机电技术中的创新应用浅述[J]. 内蒙古煤炭经济,2018(7):23-24.

[ 6 ] 刘晓忱. 煤矿机电自动化设备自动化控制技术探究[J]. 内蒙古煤炭经济, 2019(15): 34, 36.

[ 7 ] 刘建军. 自动化技术及其在矿山中的应用[J]. 工矿自动化, 2005, 31(3): 68-69.

[ 8 ] 陈明君. 智能控制在矿山机电一体化系统中的应用[J]. 当代化工研究, 2021(18): 65-66.

[ 9 ] 杜强. 智能控制在矿山机电一体化系统中的应用[J]. 矿业装备, 2020(6): 156-157.

[10] 刘永乐. 智能控制在矿山机电一体化系统中的应用[J]. 中国金属通报, 2020(10): 57-58.

[11] 马德健. 智能控制在矿山机电一体化系统中的应用[J]. 矿业装备, 2020(5): 168-169.

[12] 吴立新, 汪云甲, 丁恩杰, 等. 三论数字矿山——借力物联网保障矿山安全与智能采矿[J]. 煤炭学报, 2012, 37(3): 357-365.

[13] 过江, 古德生, 罗周全. 区域智能化采矿构想初探[J]. 采矿技术, 2006(3): 147-150.

[14] 陈建宏, 周科平, 古德生. 新世纪采矿 CAD 技术的发展: 可视化、集成化和智能化[J]. 科技导报, 2004(7): 32-34.