

文章编号:1671-251X(2021)S2-0013-06

智能化采煤工作面建设研究

呼木吉力吐

(国家能源集团准能公司 科学技术研究院, 内蒙古 鄂尔多斯 010300)

摘要:为提高煤矿智能化采煤工作面建设管理水平,以煤矿智能化开采及智慧矿山建设为框架,详细介绍了智能化采煤工作面控制系统结构、配置及功能参数等。智能化采煤工作面控制系统主要包括巷道控制系统、液压支架与超前支架电液控制系统、采煤机控制系统、三机控制系统、工作面视频控制系统、工作面矿压监测控制系统、工作面人员定位控制系统及工作面环境监测控制系统。巷道控制系统是实现智能化采煤工作面建设的关键,采煤机控制系统是智能化采煤工作面建设的重要组成部分,工作面矿压监测控制系统是实现智能化采煤工作面智能化生产安全的重要环节。在整体结构上,构建了以“远程一键式启停、自动开采为主、远程人工干预为辅,最终实现无人值守”为目标的智慧矿山运营体系,旨在为智慧矿山建设的发展与完善提供参考。

关键词:智慧矿山;智能化采煤工作面;智能化开采;三机;工控平台

中图分类号:TD67 文献标志码:A

Research on the construction of intelligent coal mining face

Humujilitu

(Science & Technology Insititute, CHN Energy Zhunneng Group Co., Ltd., Ordos 010300, China)

0 引言

目前,我国正处于转型升级与结构调整的关键时期,随着网络技术与传统工业的深度融合,各行业正迎来一场深刻、巨大的结构化变革,其中,以智能化产业推动传统成套装备的融合,实现产业的转型升级成为时代热潮。煤矿开采行业在提高安全、环保意识的大趋势下,对智能化开采技术与装备的需求尤为迫切。因此,发展以实现无人化开采为目标的智能技术与装备,提高智能化采煤工作面建设水平,对我国煤矿开采产业具有深远意义^[1-2]。关于智能化采煤系统的研究已取得一定成果,如刘学君等^[3]介绍基于惯性导航技术的综采智能化系统在红柳煤矿的实践应用,成功实现了在 $8^{\circ}\sim 15^{\circ}$ 倾角煤层中全工作面双向全截深自动化跟机工艺、采煤机记忆截割、快速移架、工作面直线度检测与找直、工作面设备视频监控及集中控制等功能的常态化应用。何春光等^[4]研发了工作阻力为 20 MN 的超大采高液压支架及电液控制系统,提出了智能化大功率采煤机系统的参数要求,研发了基于变频控制的智能

刮板输送机系统,并利用智能化集成供液系统保证了超大采高工作面液压支架快速跟机移架,为单一工作面实现产量 15 Mt/a 奠定了基础。通过视频监控系统、三机语音通信系统及高可靠性工作面高速网络平台,实现了以工作面巷道监控中心为基础的综采设备智能化集成设计。岳巧珍等^[5]为了给智能化采煤工作面巡检人员提供安全保障,提出一套智能化采煤工作面安全闭锁及解锁策略方法,利用高精度人员定位系统实现人员识别,利用人员定位系统、智能化采煤工作面电液控制系统主机、支架控制器实现协同配合及逻辑判断,结合巡检人员实际移动速度进行动态匹配,实现人员定位系统、液压支架电液控制系统、巡检人员的安全协同。郭卫等^[6]针对目前基于组态软件设计的采煤机监控系统存在的不足,提出了一种基于 MVC 的采煤机智能化控制系统,该系统能够实时监测采煤机,记录并显示采煤机运行过程中的各项参数,可远程控制采煤机各个动作,根据液压支架、刮板输送机以及环境参数信号对采煤机进行自适应调速、调高以及停机等操作。路妮妮^[7]研究设计了具有自主控制以及监测功能的

收稿日期:2021-02-02;责任编辑:王晖。

作者简介:呼木吉力吐(1981—),男,内蒙古鄂尔多斯人,工程师,主要研究方向为智能化采煤工作面建设,E-mail:903894463@qq.com。

采煤机智能化控制系统,运用滚筒采煤机煤岩识别技术、现代化截割技术等先进手段来实现智能化采煤机的自主控制、手动控制、远程控制等工作模式,为系统监测工作及时提供科学准确的参考数据。

1 智能化采煤工作面控制系统组成

1.1 巷道控制系统

巷道控制系统是实现智能化工作面建设的关键,工作面所有采集数据均通过数据传输平台连接至巷道控制中心,通过工控平台对图像数据进行识别分析,采用预警机制,生成科学的运行规划。在工作面回采期间,根据刮板输送机移动的轨迹,对采煤机运行路径进行设计,制定液压支架耦合自适应系统,实现工作面智能化生产。巷道控制系统可按设定的周期生成设备运行状态统计报告,通过分析异常的关键性指标,有效反映设备故障原因,实现对设备的有效维护及传统更换式维护向智能化预防式服务的平稳过渡。

1.2 液压支架与超前支架电液控制系统

液压支架与超前支架电液控制系统主要实现对工作面液压支架与超前支架的控制,同时兼作工作面数据传输平台。该系统采用以太网现场总线控制方式,与传统采用 CAN 总线控制方式相比,数据传输效率、控制范围与执行能力大大提高。通过工控平台的控制,液压支架与超前支架电液控制系统能对局部及全工作面范围内液压支架运行姿态进行实时修正与调整,精确高效地完成支架单架或成组动作,实现对液压支架的自适应控制。

1.3 采煤机控制系统

采煤机控制系统是智能化采煤工作面建设的重要组成部分,同时也是实现对煤炭资源高效回采的关键性技术。采煤机控制系统分为采煤机就地控制与工控平台 2 个部分,具有规划采煤机采煤路径、安全防护、实现综采与环境联动等功能,采煤机数据传输采用双向传输方式,既可通过自身数据线进行数据交换,也可借助工作面数据传输平台完成对数据的传输与接收,具有较强的反干扰能力与环境适应度。

1.4 三机控制系统

智能化采煤工作面设备中的“三直两平”是检验智能化采煤工作面建设 with 实现矿井安全高效生产的关键性指标,三机控制系统以对采煤机的精确定位为基础,利用行程传感器、图像识别技术与工控平台数据分析处理功能,生成刮板输送机运行轨迹曲线,在此基础上,实时调整工作面液压支架位置,实现工作面液压支架、刮板输送机与采煤机的平直状态。

此外,三机控制系统能通过工控平台分析处理工作面端头的视频数据,对大块煤体进行有效识别与处理,避免转载机受到损坏。

1.5 工作面视频控制系统

工作面视频控制系统是实现智能化采煤工作面智能化生产的“眼睛”,承担着对整个工作面的监控与记录工作。工作面视频控制系统利用工控平台对视频图像数据进行分析、识别,获取工作面煤壁、巷道围岩、顶板赋存状况,同时实现对工作面液压支架内护帮板、刮板输送机及支架底座前端位置的实时追踪。基于分析结果,对三机位置进行适度调整,有效确保设备平直度,提高工作面与巷道支护质量、强度^[8]。

1.6 工作面矿压监测控制系统

工作面矿压监测控制系统是实现智能化采煤工作面智能化生产安全的重要环节。该系统以工控平台为数据处理中心,通过对工作面支架立柱压力监测数据、巷道超前支架立柱压力监测数据和工作面巷道顶板位移传感器数据进行综合统计分析,进而生成矿压分布曲线,根据历史矿压数据,预测工作面顶板初次来压的周期与强度,实时制定液压支架支护规划,实现支护设计的超前性与预见性^[9]。

1.7 工作面人员定位控制系统

工作面人员定位系统是提高矿井管理水平、确保工作人员施工安全的重要保障,矿井工作人员携带 RFID 射频发射器,可与工作面电液控制系统控制器形成双向通信。RFID 数据由数据传输平台接入工控上位机,通过工控平台对数据进行处理,精确人员位置,获悉设备运行状态等相关参数,以此制定相应的保护措施,确保工作面人员施工作业的安全。

1.8 工作面环境监测控制系统

工作面环境监测控制系统是实现智能化采煤工作面标准化、安全化生产的“监督员”,通过在工作面安装各类环境监测仪器,利用数据传输平台将监测数据传输至工控平台,实时反馈各工作面生产环境情况。针对环境异常数据,及时调整设备运行状态及开采工艺,确保工作面各类指标均正常。工作面环境检测系统是实现数据化管理、智能化管理的重要手段。

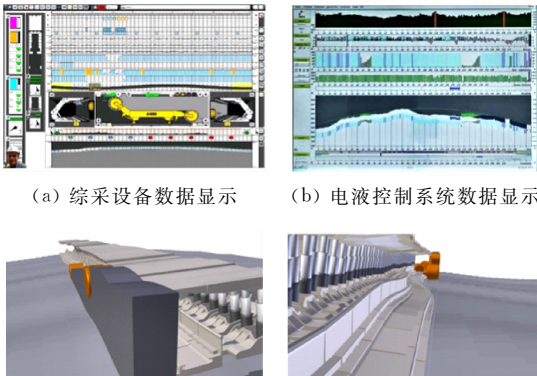
2 智能化采煤工作面控制系统配置与功能

2.1 巷道控制系统配置

工控平台是智能化采煤工作面控制系统的核心部分,具备强大的数据分析与自主决策功能,同时支持多种通信协议,巷道控制中心工控平台能实时显示设备运行状况,根据设备运行规律生成运行规划。

该平台主要实现数据采集、数据显示、设备控制、数据分析、智能控制及保护功能^[10],各部分功能介绍如下。

(1) 数据采集功能是工控平台的基础功能,主要通过交换机反馈工作面设备、环境监测与人员定



(a) 综采设备数据显示 (b) 电液控制系统数据显示 (c) 液压支架应力分析显示 (d) 液压支架 3D 显示 (e) 三维工作面数据显示 1 (f) 三维工作面数据显示 2 (g) 采煤机应力分析显示 (h) 采煤机 3D 显示

图 1 巷道控制系统数据显示界面

(3) 设备控制功能可实现设备间联动、设备环境联动与设备人员联动,进而实现采煤机与液压支架防撞、采煤机与三机荷载平衡、工作面瓦斯浓度和采煤机联动、工作面粉尘和液压支架喷雾联动、液压支架和泵站联动等功能。

(4) 数据分析功能是实现智能化采煤工作面建设的基本前提,主要包括生产数据、设备运行维护状态及视频图像识别等多种综合性功能,利用传感器监测工作面任意时间段内产量、推进度、设备开机率、液压系统压力、液压支架关键部分应力、机械设备振动状态等。

(5) 智能控制功能建立在工控平台数据分析功能的基础上,通过将生产监控数据与系统设定数据进行对比分析,科学地形成运行规划,实现对系统的整体协调、修正功能,其工作内容主要包括对工作面推进直线度、液压支架耦合自适应、采煤机智能化路径及三机自移控制等。

(6) 保护功能主要实现对设备工作环境、人员的保护,包括对工作面煤壁片帮、顶板冒落、采煤机和液压支架碰撞、电动机过载及施工人员的保护。

2.2 液压支架与超前支架电液控制系统配置

液压支架与超前支架电液控制系统主要由上位机、控制器、传感器、液压主阀和供电系统 5 个部分组成,其结构如图 2 所示。控制器下连 LED 照明灯、视频摄像头,控制器之间通过标准 conm/4c 型电缆连接,形成电液控制系统,并由交换机接入工控平台。

液压支架与超前支架电液控制系统采用分层技术,将液压支架运行状态、数据分析显示集成在同一

位信息。

(2) 数据显示功能具备生成和显示工作面三维立体图、工作面各设备组件运行和受力情况、设备维护状态的作用。巷道控制系统数据显示界面如图 1 所示。

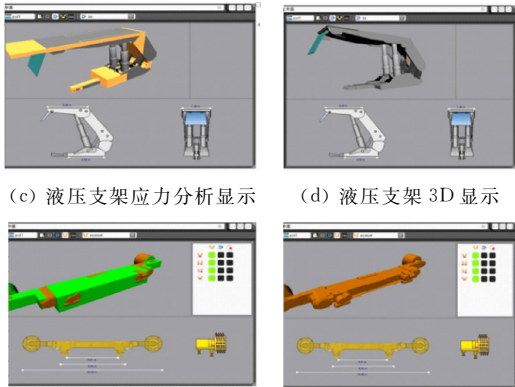


图 2 液压支架与超前支架电液控制系统结构

界面上。该控制系统主要实现支架运行状态显示、支架运行控制、无线遥控、急停闭锁、采煤机路径设计规划及矿压分析与预警功能,各部分功能介绍如下。

(1) 支架运行状态显示功能可直观显示支架立柱压力、采煤机位置与方向、采煤机推移轨迹行程、位置与支架护帮板状态等。

(2) 支架运行控制功能主要通过控制相邻支架或隔架的单组动作与组合动作,执行跟机自动化动作,实现对三角煤的自动截割功能。

(3) 无线遥控功能主要通过无线遥控指令,远程指导工作面支架与超前支架的推进动作,实现工作面智能化支护工艺。

(4) 急停闭锁功能主要实现突发事件下对设备运行状态的有效控制,当工作面出现突发情况时,通过控制急停按钮,停止设备运行,确保工作面人员与设备安全。

(5) 采煤机路径设计规划功能主要通过工控平台智能控制功能形成路径运行规划,实现对采煤机智能化控制^[11]。

(6) 矿压分析与预警功能通过接收工控平台矿压规划指令,实现对工作面顶板初期来压与周期来压强度、周期的有效分析,从而对下次顶板来压情况进行预测,有效预防顶板灾害的出现。

2.3 采煤机控制系统配置

采煤机控制系统主要由上位机、工控平台、数据交换机 3 个部分组成,其结构如图 3 所示。控制系统安装在巷道控制室内,采煤机上位机通过交换机和工控平台相连,生产数据通过工作面数据传输平台接入工控平台,实现数据的双向传输通信功能。

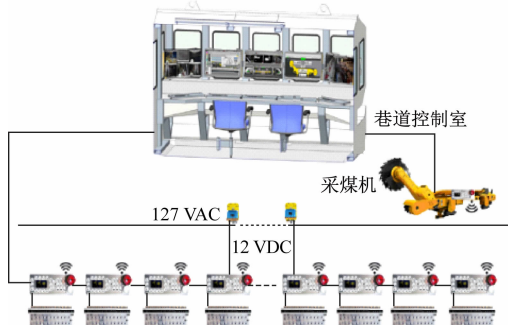


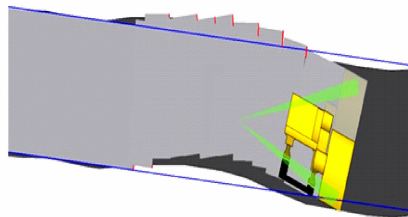
图 3 采煤机控制系统结构

采煤机控制系统主要实现对采煤机路径的规划与控制。目前,在巷道顶底板稳定、赋存结构无明显变化的情况下,智能化采煤工作面采用的采煤机记忆截割方式已取得一定成效。但对于巷道顶底板结构复杂、工作面变化较大的情况,智能化采煤作业仍存在一定局限性。为有效解决这一难题,实现采煤作业的平稳推进,采煤机智能控制系统通过工控平台的数据处理分析,生成采煤机下 6 刀路径规划,通过巷道控制室内采煤机上位机输入工作面高度修正值的方式,获取与工作面地质构造相适应的截割曲线,实现对煤层的高效智能化截割。该系统较传统采煤机记忆截割工艺,在精度与适应性方面明显提高^[12],智能化采煤机路径规划前后对比如图 4 所示。

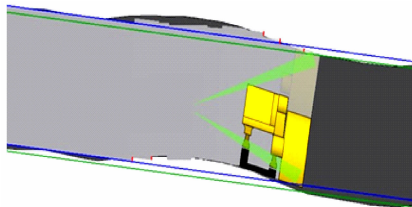
2.4 三机控制系统配置

三机控制系统主要由三机就地控制箱、数据交换机和工控平台 3 个部分组成,其结构如图 5 所示。三机就地控制箱通过工作面数据传输平台与工控平台相连,实现数据交换与传输。

三机控制系统主要实现就地控制、逻辑控制与智能化控制等功能,工控平台能显示三机运行状态、电流、胶带启停状态、烟雾报警、减速机油温油位及语音闭锁情况等设备运行状态,进而实现刮板输送机、巷道转载机、破碎机的集成控制功能。该系统控制模式主要包括自动化模式、单机模式和维修保护模式:自动化模式主要实现设备一键启停机功能,设备启动顺序为语音报警→巷道胶带→破碎机→巷道



(a) 无路径规划的煤壁剖面图



(b) 有路径规划的煤壁剖面图

图 4 智能化采煤机路径规划前后对比

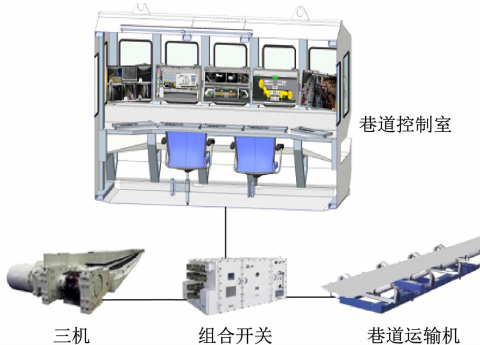


图 5 三机控制系统结构

转载机→刮板输送机,设备停机顺序为语音报警→刮板输送机→巷道转载机→破碎机→巷道胶带;单机模式主要实现设备联锁时,工控平台对刮板输送机、巷道转载机及巷道胶带的直接控制;维修保护模式主要实现设备无联锁时,工控平台对刮板输送机、巷道转载机及巷道胶带的直接控制^[13]。此外,工控平台能实时监测刮板输送机电动机的电流,实现实时预警,确保三机运行安全。当工作面煤岩体出现大面积冒落、片帮时,煤岩体会在瞬间堆积在刮板输送机上,造成刮板输送机功率骤增,易引起刮板输送机过载损坏。当工控平台监测到刮板输送机功率过载时,三机控制系统能自动降低采煤机推进速度,停止刮板输送机运行状态,并通过语音预警提醒维护工作人员对故障进行处理,降低设备故障率。

2.5 工作面视频控制系统配置

工作面视频控制系统主要由云台摄像头与工控平台 2 个部分构成,其结构如图 6 所示。云台摄像头一般安装在液压支架顶梁处,摄像头朝向煤壁,间距一般以 4 台支架的距离为宜,云台摄像头与提供电能和控制功能的控制器相连,工作面视频数据可通过数据传输平台传至工控平台,实现视频数据的分析与显示。

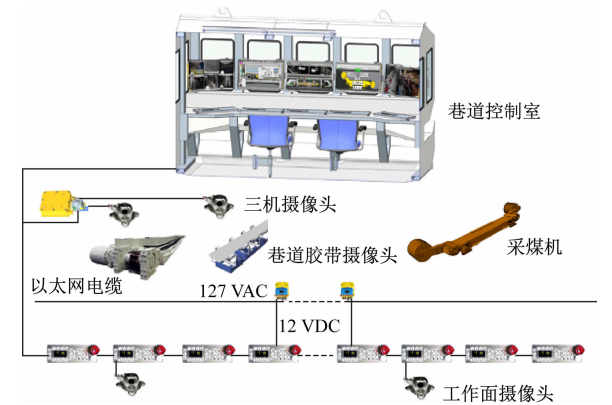


图 6 工作面视频控制系统结构

工作面视频控制系统主要实现监测工作面设备运行情况、视频跟机自动切换、追踪井下定位人员、通过红外补光生成高清晰度矿井生产现场视频资料,并通过对视频数据的有效分析,生成对工作面智能化控制指令等功能^[14],工作面视频控制系统图像识别效果如图 7 所示。

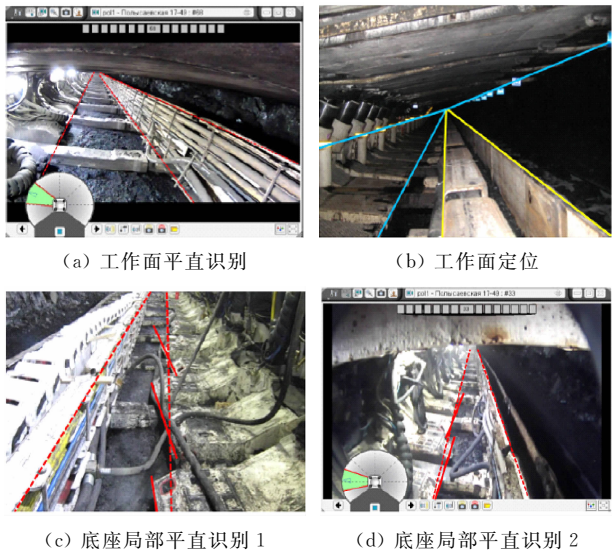


图 7 工作面视频控制系统图像识别效果

2.6 工作面矿压监测控制系统配置

工作面矿压监测控制系统主要由工作面支架压力传感器、超前支架压力传感器及巷道顶板位移传感器 3 个部分组成,其结构如图 8 所示。

工作面矿压监测控制系统主要实现采集、显示工作面顶板、超前支护区域巷道顶板压力情况,设定预警值,对工作面顶板来压进行预警,并通过整理分析工作面顶板历史来压数据,分析生成对工作面顶板初次来压与周期来压的实时预警等功能。

2.7 工作面人员定位控制系统配置

工作面人员定位控制系统主要由人员无线定位卡、以太网控制器与工控平台 3 个部分组成,其结构如图 9 所示。人员无线定位卡获取的定位数据通过采用千兆网传输速率的交换机连接传输至巷道控制室,由工控平台处理后显示人员精确的定位情况。

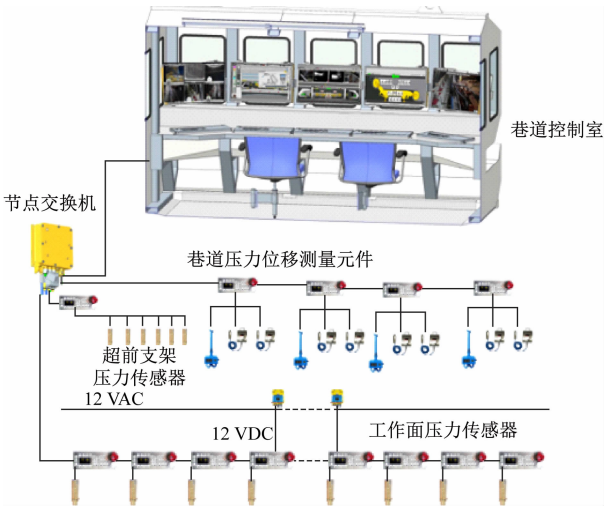


图 8 工作面矿压监测控制系统结构

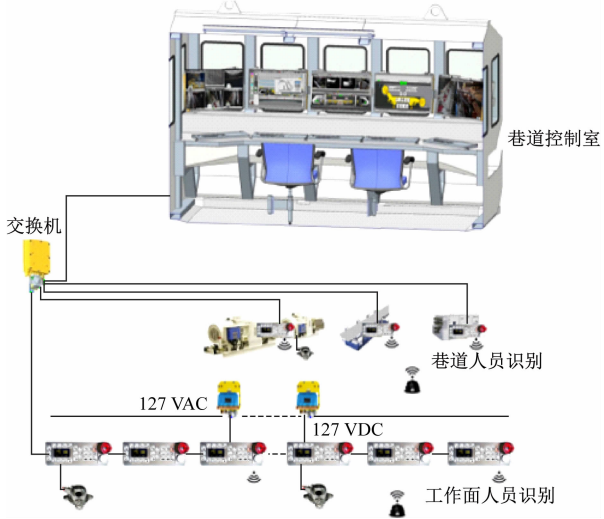


图 9 工作面人员定位控制系统结构

工作面人员定位控制系统主要实现实时监测当前井下人员动态、精确定位工作面、工作面巷道及超前支架区域范围工作人员的位置等功能,其中,精确定位工作面与超前支架范围内人员位置的精度控制在 $\pm 20\text{ cm}$,精确定位工作面 2 个巷道人员位置的精度控制在 $\pm 30\text{ cm}$ 。

2.8 工作面环境监测控制系统配置

工作面环境监测控制系统主要由环境监测传感器与工控平台 2 个部分组成。环境监测传感器包括粉尘传感器、温度传感器、CO 传感器、瓦斯传感器、风速传感器等,传感器安装在液压支架上,由控制器直接供电。随着工作面的推进自动前移,监测数据由交换机连接传输至工控平台,实现对数据的分析与处理^[15]。

工作面环境监测控制系统主要实现监测、显示烟雾、CO 与瓦斯浓度、风速变化、温度波动等环境参数,通过分析超限数据,实现设备故障闭锁及环境与综采系统的联动功能。

3 结语

为全面加快智能化采煤工作面的建设步伐,推动高产、高效煤炭开采,基于我国目前推广应用的可视化远程干预智能化采煤模式,提出智能化采煤工作面建设方案;通过融合采煤机自动截割、液压支架及端头支架自动移架、运输系统智能运行、远程视频监控、工作面远程集控等关键技术,力求构建高效的开采生产体系,实现整个工作面“有人巡视、无人操作、远程干预、安全高效、绿色节能”的智慧运营。

参考文献:

[1] 杨福佳. 采煤机智能控制系统的应用[J]. 能源与节能,2020(7):184-186.

[2] 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.

[3] 刘学君,赵志志,杨长俊,等. 基于惯性导航技术的综采智能化系统在红柳煤矿的实践应用[J]. 神华科技,2019,17(10):17-21.

[4] 何春光,李明忠. 超大采高智能化综采成套装备及系统集成[J]. 煤矿机械,2018,39(2):132-134.

[5] 岳巧珍,牛磊,秦文光,等. 智能化采煤工作面人员感

知定位控制系统策略研究[J]. 煤炭工程,2020,52(8):127-132.

[6] 郭卫,刘磊,郑高祥,等. 基于 MVC 的采煤机智能化控制系统开发[J]. 采矿与岩层控制工程学报,2018,23(5):25-28.

[7] 路染妮. 采煤机智能化控制系统研究与设计[J]. 煤矿机械,2018,39(2):23-24.

[8] 刘文鹏. 基于系统集成的工作面智能监测平台开发[J]. 当代化工研究,2020(1):32-33.

[9] 陈广庆,于晓晨. 综采工作面智能监控系统研究[J]. 煤矿机械,2019,40(8):182-184.

[10] 刘凤伟,任文永,李继忠,等. 正利煤矿综采工作面全系统智能化控制的实现[J]. 煤矿安全,2019,50(9):116-119.

[11] 王玮. 矿井综采工作面智能综采控制系统研究[J]. 机电工程技术,2020,49(4):122-123,186.

[12] 张飞. 煤矿智能化综采工作面系统设计与应用探讨[J]. 中国设备工程,2020(5):28-30.

[13] 黄曾华,王峰,张守祥. 智能化采煤系统架构及关键技术研究[J]. 煤炭学报,2020,45(6):1959-1972.

[14] 夏护国,宋卫军,杨宪国. 综采工作面自动化系统集成研究[J]. 工矿自动化,2014,40(6):31-33.

[15] 刘超. 基于系统集成的工作面智能监测平台开发[J]. 自动化应用,2019(8):87-88.