

翟镇煤矿智慧矿山生产模式研究与实践

周楠^{1*}, 郑永胜², 程敬义¹, 安百富³, 张卫清¹, 孙凯¹

- (1. 中国矿业大学 煤炭资源与安全开采国家重点实验室, 矿业工程学院, 江苏 徐州 221116;
2. 山东泰山能源有限责任公司 翟镇煤矿, 山东 新泰 271204;
3. 湖南科技大学 南方煤矿瓦斯与顶板灾害预防控制安全生产重点实验室, 湖南 湘潭 411201)

摘要:针对翟镇煤矿井下综采装备落后、生产效率低、矿井运行体系复杂的问题,提出了智慧矿山生产模式,围绕煤矿八大系统,建立了智慧生产系统评价模型,分析了智慧矿山建设中八大系统的权重.在翟镇煤矿研究应用了采煤工作面无人化开采智能集控技术、掘进工作面智能化自动控制技术、矿井运输系统无人化巡检及自动控制技术、矿井生产保障系统自动化控制技术、基于数据融合的安全检测智能控制技术、智慧矿山综合信息平台与手机APP软件等,形成了智慧生产系统关键技术体系.实践证明,翟镇煤矿智慧矿山建设后,采煤效率提高了35%,掘进效率提高了30%,辅助系统高度智能、安全监控系统更加可靠,单班下井人数减少了115人,实现了煤矿生产的少人化和自动化,为我国智慧矿山建设提供了理论与技术借鉴.

关键词:智慧矿山;生产模式;自动控制;安全监控;无人化

中图分类号:TD353 **文献标志码:**A **文章编号:**1672-9102(2019)01-0001-12

Research and Practice on Production Mode of Intelligent Mine in Zhaizhen Coal Mine

Zhou Nan¹, Zheng Yongsheng², Cheng Jingyi¹, An Baifu³, Zhang Weiqing¹, Sun Kai¹

- (1. State Key Laboratory of Coal Resources and Safe Mining, School of Mines, China University of Mining & Technology, Xuzhou 221116, China;
2. Zhaizhen Coal Mine, Shandong Taishan Energy Group Co., Ltd., Xintai 271204, China;
3. Work Safety Key Lab on Prevention and Control of Gas and Roof Disasters for Southern Coal Mines, Hunan University of Science and Technology, Xiangtan 411201, China)

Abstract: In order to solve the problem of outdated fully mechanized mining equipment, low production efficiency and complicated mine operation system in Zhaizhen Coal Mine, an intelligent mine production mode is constructed. Around the eight major systems of coal mines, an intelligent production system evaluation model is established, and the weights of the eight systems in the construction of intelligent mine are analyzed. The intelligent centralized control technology for unmanned mining of coal mining face, intelligent automatic control technology for driving face, unmanned inspection of mine transportation system and automated control technology, mine production support system automation control technology, data fusion-based security detection intelligent control technology, intelligent mine comprehensive information platform and mobile APP research are studied and applied, forming a key technology system of intelligent production system. Practice has proved that the tunneling efficiency of Zhaizhen Coal Mine has been increased by 30%, and the coal mining efficiency by 35%. The auxiliary system is more intelligent, and the safety monitoring system is more reliable. The number of people in a shift has been decreased by 115, thus achieving the reduction and automation of coal mine production. It has provided theoretical and technical reference for the construction of intelligent mines in China.

Keywords: intelligent mine; production mode; automatic control; security monitoring; unmanned

煤炭开采是国民经济的基础性产业,是经济社会发展的命脉.在当前能源行业低迷的环境下,创新驱动发展将成为未来能源行业发展的新主题^[1-4].智能开采技术与智慧化管理将在传统产业的发展中扮演重要角色^[5-9].《能源技术革命创新行动计划(2016-2030年)》提出,到2030年实现煤矿智能化开采,重点煤矿区基本实现工作面无无人化,全国煤矿采煤机械化程度达到95%以上.在《国民经济和社会发展第十二个五年规划纲要》和《国务院关于加快培育和发展战略性新兴产业的决定》的颁布及“两化”深度融合的大形势下,工业领域正迎来产业发展的巨大变革,智慧矿山建设必然迎来发展的黄金时期^[10-14].

国内学者对智慧矿山的建设进行了较为深入的研究,并取得一定的成果.何敏^[15]通过分析现有文献中智慧矿山定义存在的问题,根据种差加属的下定义方法,形成了较为客观、完整的智慧矿山定义;李梅等^[16-20]对智慧矿山建设的架构体系进行了探讨,提出了数据采集与执行层、传输层、存储层、智慧决策与控制层、展示层等5层架构体系,对智慧矿山建设具有重要指导意义;此外,张小刚等^[21-25]对智慧矿山建设的诸多关键技术进行了深入研究,例如采掘工作面设备智能化控制技术、掘进工作面远程控制技术等,为智慧矿山的建设提供了参考.综上所述,目前对于智慧矿山建设的研究还处在理论阶段,未形成一套系统的生产模式,各系统智慧化开采技术尚不能进行完全融合,使得各系统“信息孤岛”现象异常突出,煤矿总体的信息化程度还有待进一步提高.

鉴于此,本文以翟镇煤矿为工程背景,对智慧矿山的建设进行深入具体的研究,提出了智慧矿山生产模式建设的总体构思,并配套建立了采掘工作面智能化控制系统、矿井运输无人化自动控制系统、矿井自动化生产保障系统、矿井全方位安全智能保障系统与矿井全息数字化平台集成控制系统的关键技术,形成了智慧矿山生产模式^[26,27],为我国智慧矿山建设提供了理论与技术借鉴,具有广阔的推广应用前景.

1 智慧矿山生产模式建设总体构思

智慧矿山生产模式可以分为5个方面,主要包括采掘工作面智能化控制系统、矿井运输无人化自动控制系统、矿井自动化生产保障系统、矿井全方位安全智能保障系统与矿井全息数字化平台集成控制系统,如图1所示.

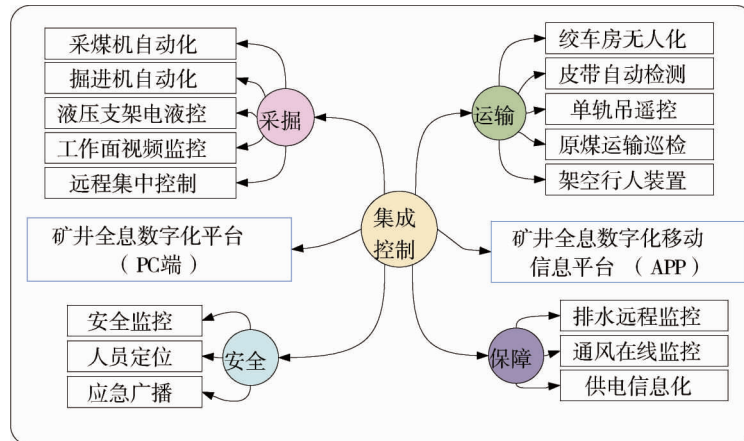


图1 智慧矿山生产模式系统结构

1) 采掘工作面智能化控制系统.采煤工作面需实现以采煤机记忆截割与定姿定位、液压支架自动跟机及可视化远程监控为基础的智能监测与集中控制技术,确保工作面割煤、推移刮板输送机、移架、运输、除尘等智能化运行.掘进工作面以掘进机姿态检测技术、远程监控与无线遥控技术、自动截割技术为基础,最终实现掘进工作面远程无人化切割操作,提高工作效率,减小掘进工作面作业的安全隐患.

2) 矿井运输无人化自动控制系统.矿井主动运输以胶带输送机煤量自动监测及变频控制技术、胶带输送机集中控制及无人化巡检技术为前提,实现煤炭运输系统的无人化控制;矿井辅助运输则以研发单轨吊无人化遥控技术、绞车房无人化巡检与远程控制技术为前提,实现辅助运输系统的少人化,提高矿井运输

系统效率,减少人员配置。

3) 矿井自动化生产保障系统.通过建立通风在线监控系统、供电自动信息化系统、排水远程自动化系统,为创建设备运行与人员安全可靠开采环境提供保障,推动煤矿向智慧矿山方向发展。

4) 矿井全方位安全智能保障系统.基于对矿井中的瓦斯、风速、温度、水压、设备开停状态等项目进行实时监测,通过融合、集成多种系统中的异构数据,从数据采集、预处理、存储到计算、分析、挖掘、可视化展示等多个方面,实现子系统之间的实时监控与应急联动。

5) 矿井全息数字化平台集成控制系统.通过服务器、专用磁盘阵列进行数据存储,实现电脑与手机对现场视频的实时调取.同时,在此基础上不断提高综合信息集成控制技术,设计专门用于煤矿的手机 APP,实现了信息融合集成、生产调度和自动化控制的全覆盖。

2 翟镇煤矿生产系统智慧化评价

2.1 翟镇煤矿智慧等级评价

翟镇煤矿位于新泰市翟镇境内,目前井下的综采装备以人工现场操作为主,仍处在机械化、单机自动化阶段,主要面临以下问题:一是设备依赖于人工手动操作,不仅费时、费力,操作不方便,还导致生产效率低,经济效益差;二是综采工作面生产环境恶劣多变,井下灾害突发性高,设备监测准确性、可靠性和安全性都较低,信息传递速度慢;三是井下采煤系统形成大规模复杂运行体系,各系统信息复杂,难以做到信息的实时整合汇报,管理困难.基于此,按照未确知测度模型^[28-30]和指标因素等级的划分标准,对翟镇煤矿的采煤系统、掘进系统、运输系统、机电系统、通风系统、供电系统、排水系统及监测监控系统“八大系统”分别构造未确知测度函数.将煤矿的智慧程度划分为5个等级,即I级、II级、III级、IV级、V级,分别表示“非常智慧”“比较智慧”“一般智慧”“不智慧”“很不智慧”。

采用专家评分的平均值建立各系统测度矩阵 μ_i^* ,结合各系统的权重向量 W_i ,求得矿山各系统的未确知测度评价向量 μ_i :

$$\mu_i = W_i \mu_i^* \quad (1)$$

由式(1)得到翟镇煤矿的权重向量 $W = [W_1, W_2, \dots, W_8]$,测度矩阵 $A = [\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_8]$,翟镇煤矿综合评价的多指标未确知测度向量 μ 可由式(2)求得

$$\mu = WA \quad (2)$$

引入置信度判别准则,最终确定翟镇煤矿生产系统的智慧评价等级为V级,即很不智慧。

2.2 翟镇煤矿生产系统权重分析

基于翟镇煤矿生产的“八大系统”,建立层次分析模型^[31-33],按照专家打分的方式根据“八大系统”在智慧矿山建设中的重要性大小,赋予相应的分值,分值越高,则该指标重要程度越高.通过专家对各系统所打分数的分析与计算,得到了“八大系统”对应的权重值分别为0.314 7,0.130 0,0.252 9,0.126 9,0.044 3,0.040 7,0.022 8以及0.067 8.根据各权重值绘制出的权重柱状图,如图2所示。

根据图2可知,在煤矿生产的“八大系统”中,采煤系统的智慧化程度对整个矿井的智慧化建设影响最大,其次是运输系统、掘进系统、机电系统、监控系统、通风系统、供电系统,排水系统的智慧化程度对整个矿井的智慧化建设影响最小。

为此,山东泰山能源有限责任公司翟镇煤矿联合多家科研院所,深度推进装备、系统升级,实现了“无人操作、有人巡视”的无人开采生产模式,成为我国在智慧矿山建设研究领域的典范。

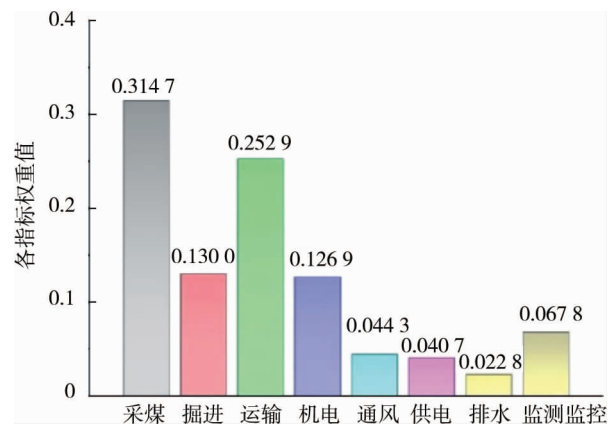


图2 各指标权重

3 翟镇煤矿智慧矿山关键技术

3.1 采煤工作面无人化开采智能集控技术

翟镇煤矿 11504W 智能开采工作面面长 180 m,走向长 760 m,平均煤厚 1.4 m(夹矸 0.2~0.3 m),储量 18.1 万 t,装备智能化三机配套设备,配套远程监控系统,形成三机联动、自动化作业的智能化工作面。

采煤工作面无人化开采智能集控技术以实现综采工作面无人化为目标,以采煤机记忆截割、定姿定位,液压支架自动跟机及工作面视频监控为基础,实现在巷道监控中心或地面对综采设备的智能监测与集中控制,确保工作面割煤、推移刮板输送机、移架、运输等智能化运行,实现工作面安全、高效开采。将工人从危险的工作面采场解放到相对安全的巷道监控中心或地面,实现在巷道监控中心或地面对采煤机、液压支架、刮板输送机等综采设备进行远程操控,达到工作面无人开采的目的,采煤工作面无人化控制总体系统如图 3 所示。

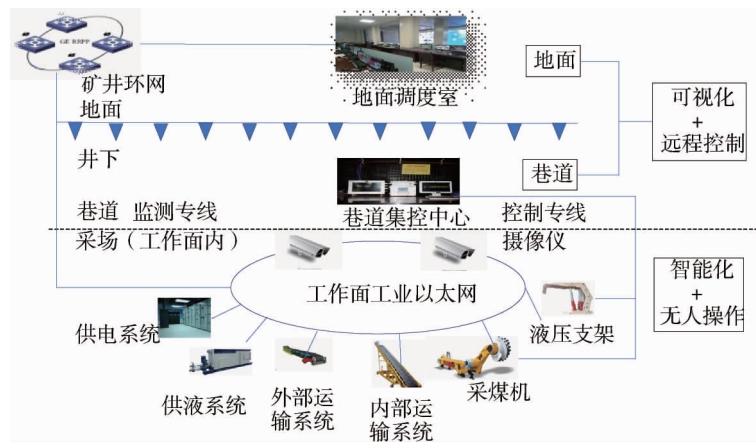


图 3 采煤工作面无人化控制总体系统

1) 采煤机自动化控制技术

采煤机采用记忆截割、定姿定位控制与远程控制系统,实现采煤机割煤智能化控制,能够将采煤机的工况参数实时的显示在集中控制中心监控软件的主界面上,为用户提供良好的人机交互环境。监控软件是针对工作面采煤机工况参数与远程控制开发的控制与操作平台,控制软件主界面上显示了工作面采煤机运行工况的参数,如图 4 所示。

2) 液压支架电液控技术

工作面液压支架采用电液控技术,包括自动升降架、跟机移架推溜、自动补压等功能。通过对操作台控制模式选择及设备相关按键操作,发送 CAN 数据命令到工作面电液控系统,控制支架动作,同时通过 RS232 通讯口发送数据至集控主机,实现操作信息的界面显示功能,如图 5 所示。



图 4 采煤机自动化控制软件主界面



图 5 液压支架电液控操作主界面

3) 工作面视频监控技术

为实现对 11504W 智能化采煤工作面开采设备尤其是滚筒采煤机的全面监控,在工作面实施了薄煤

层综采工作面视频监控技术.工作面每6架液压支架安装1台摄像机,摄像头监测范围能够覆盖整个工作面.工作面自动化开采期间,实现了工作面监控视频画面的自动跟机切换,能够实时显示采煤机工况及工作面全长范围开采环境,分别显示在集中控制台的监视界面上,如图6所示.

4) 远程集中控制技术

远程集中控制技术是在巷道或地面打造一个控制平台,操作员只需在控制平台即可通过显示器观察到工作面的实际生产情况,并可通过语音通信进行调度、联络以及远程操控工作上的相应设备.通过高速网络和高清视频的支持,在现有综采工作面以太环网基础上建立统一通信协议平台,实现设备数据高速上传和控制信号实时下达.通过“大数据”平台,将支架电液控制系统、煤机传感监测系统、工作面视频系统等采集到的信息,实时上传到地面调度监控中心,操作人员据此对工作面设备进行远程控制.翟镇煤矿远程集中控制技术设备如图7所示.

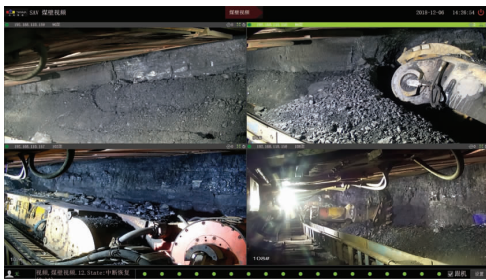


图6 工作面视频监控画面



图7 远程集中控制技术设备

3.2 掘进工作面智能化自动控制技术

翟镇煤矿智能化掘进工作面布置在11503W轨道巷,平均煤厚1.4 m(夹矸0.2~0.3 m),设计巷宽4 m,长度约1 045 m,巷高2.4 m,装备具有远程控制功能的掘进机,通过程序化设定、视频监控,实现远程操作、自动化截割,提高综掘单进水平.

掘进工作面环境高粉尘、高湿度和高噪声,且面临着冒顶片帮、冲击地压、煤与瓦斯突出和底板突水等危险,掘进工作面不仅是矿井安全性最差、作业环境最恶劣的场所之一,也是自动化程度较低的场所之一,远低于综采工作面.因此,只有将人从掘进工作面解放出来,才能彻底改变这种局面,实现“人得解放、无人则安”的目的.掘进工作面智能化开采技术是以煤岩为作用对象,巷道成型为最终目标,通过掘进机位姿检测技术、远程监控技术、无线遥控技术、自动截割技术等关键技术完成的智能化开采方式,如图8所示.

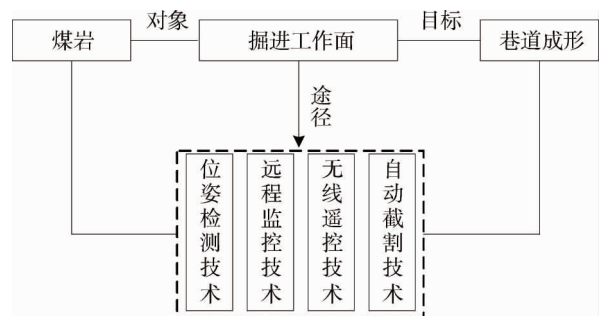


图8 掘进工作面智能化开采系统

掘进机位姿检测技术主要是为确定掘进机悬臂段、掘进机机身及掘进巷道的位置关系,为此需建立4种坐标系来采集掘进机姿态、位置、方向及切割头位置信息.掘进机远程视频监控系统包括摄像机、视频光端机、防爆监视器等组成,掘进机上安装的摄像机图像经光端机转换成光信号,后通过光缆传输至监视器.隔爆监视器上图像也可经工业环网,传至地面监控主机进行监测,为煤矿安全生产提供了有力保障,给人以直观的方式呈现出掘进机的运行情况.无线遥控技术则是通过发射器将操作手柄发出的信号传输到遥控接收器,接收器将信号进行融合处理,并传输到总线,然后控制器按照不同的传输地址进行数据信号的接收,并对传感器信号进行实时采集,经过处理输出相关驱动信号,进而控制掘进机执行下一步动作.

3.3 矿井运输系统无人化自动控制技术

1) 主动运输

煤炭运输系统无人化集控可实现井下所有皮带、刮板输送机、破碎机、给煤机、给矸机的监控,并通过

皮带的物料、煤仓仓位等信息的综合分析,实现主运皮带的顺煤流开机、无煤自动停机 etc 全自动运行功能,减少皮带空转运行时间,提升了运输效率.煤炭运输系统无人化自动控制技术主要包括胶带输送机煤量自动监测以及变频控制技术、主井绞车房无人控制技术、原煤运输巡检技术.

翟镇煤矿建成了井下主运的集中控制,皮带运输集控系统以西门子 S7-300PLC 为控制核心,共包括井底主运、六采区、后组采区、七采区运输集控,井下主运控制系统如图 9 所示.变频调速技术已普遍应用于翟镇矿设备的拖动上,变频调速技术是在配置料流传感器+变频调速装置后,胶带输送机具备了软启动、软停止、验带等功能,而且还具有了节能功效.采用变频调速的带式输送机在输送量发生变化时,可实时适度的调节和控制变频器的输出频率,使带式输送机按照与其输送量相匹配的速度运行.在综采顺槽胶带输送机上安装煤量监测系统,数据通过环网进行传输,控制器根据煤量监测系统进行调速控制.该系统主要由井下环网、皮带煤量监测系统、调速变频器、控制器等组成.由安装在胶带输送机上的煤量监测系统上传数据至井下环网,通过在主运胶带输送机机头安装一台具有网络接口和现场总线接口的控制器,在井下环网中采集数据,并进行调速算法运算,另一方面与变频器通信并进行调速控制.

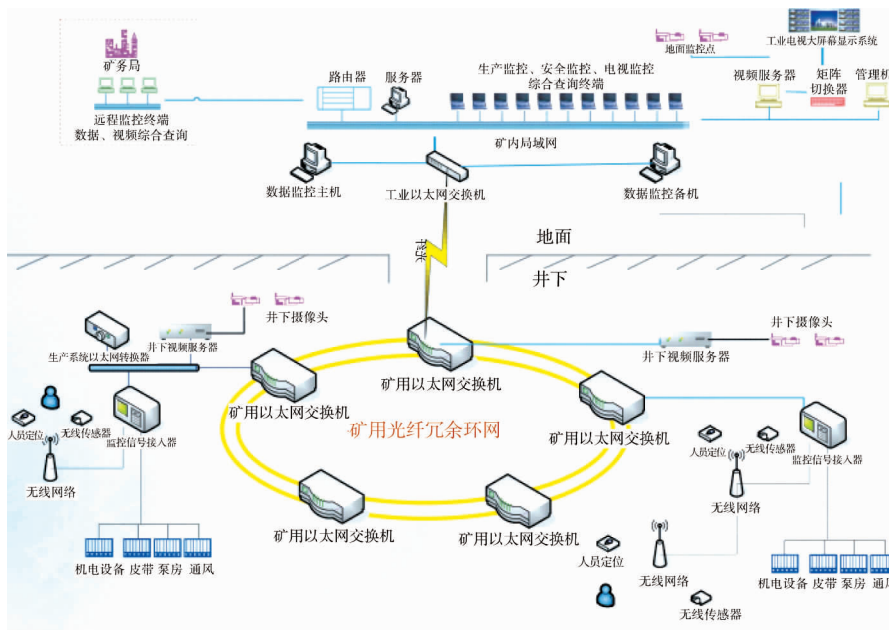


图 9 井下主运运行效果

翟镇煤矿主提升电控系统采用四象限高压变频调速全数字 PLC 控制系统,型号为 TKM-B/M-D2-6K1000×2,实现了远程全自动开车和绞车运行状态的实时监控,远程允许启动控制及急停控制,并对提升设备故障进行声光报警显示.远程操作监控台布置在中央集控室,具有独立的 PLC 控制器、上位监控机、视频监控屏等设备,主要作用是控制整个系统的启停操作,同时方便集控操作人员和维护人员监控系统状态,对可能发生的现场情况及时做出反应,在出现故障的时候能够随时追溯故障来源和发展情况,主井提升无人控制平台如图 10 所示.

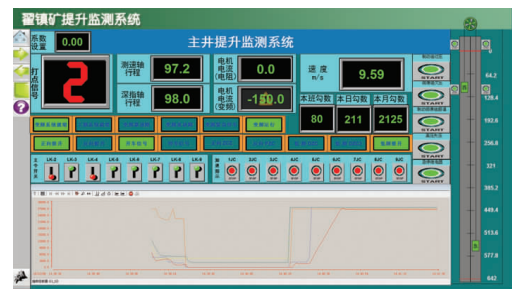


图 10 主井提升无人控制平台

11504W 皮带运输系统安装智能巡检机器人代替人工巡检,对皮带机滚筒、减速机、电机、胶带运行状态进行视频巡检和红外测温,对声音、图像、温度及甲烷、氧气、一氧化碳等气体参数实时采集、分析、上传和存储,具有烟雾检测报警、自动充电和避障功能,能够自主判断设备故障及故障位置.皮带无人巡检示意图如图 11 所示.

2) 辅助运输

翟镇煤矿辅助运输采用 DXP40 防爆蓄电池单轨吊车,是一种行驶于悬吊单轨系统的电牵引单轨吊车,在 DX40 单轨吊机车的基础上,取消司机室加装遥控功能,实现了单轨吊机车的遥控操作,主要为煤矿井下辅助运输服务.它不仅可进行材料和设备的运送,还可以完成井下设备的简单提升、吊装等任务,是一种多功能、高效率、多用途的井下辅助运输设备.单轨吊车主要由遥控接收端、控制梁架、蓄电池组装置、起吊梁、驱动部电控、液压系统等组成,可实现机车初始速度、加速、减速一键操作以及机车运行“复位”键一键停车操作,并且两端配备紧急停车装置,紧急情况下可实现快速停止.

架空行人装置,利用打点信号实现设备启动和停车,通过乘人间距提供设备连续运转信号,在无连续运转信号产生时设备转动一圈半后自动停车.在设备机头、机尾安装有高清视频监控装置,实现视频信号上传和存储,用于设备运转状态和人员操作行为的监视.此外,在机头、机尾还设计安装有循环式吊椅储存装置,并对吊椅抱索器进行更换改造,选用 HK-II 型大坡度可摘挂抱索器,实现吊椅不摘挂循环运行、无人值守.

通过对后一 15 层轨道绞车电控系统、斜巷运输信号及视频检测红外线监控系统自动化改造,由信号工进行“提人”“提物”模式选择并发出开车信号,绞车根据信号自动运行,信号工视频监视绞车运行状况,绞车运行实现一键式“电梯化运行”模式,有效避免人工操作失误,系统运行更加安全高效,绞车无人控制技术系统结构如图 12 所示.绞车房的巡检采用防爆巡检机器人,把巡检工从恶劣的工作环境中解脱出来,减轻劳动强度、降低劳动风险,及时发现出现的问题,避免事故扩大化,大大减少生产过程中的非正常停机时间.

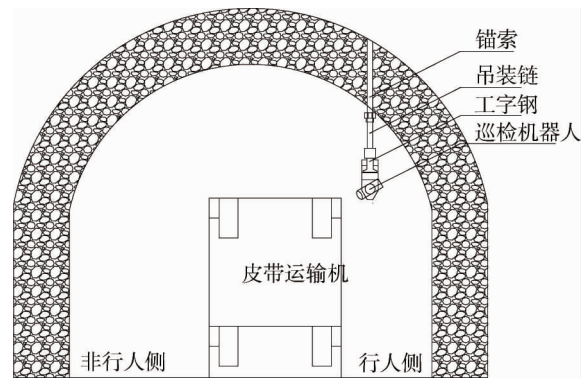


图 11 皮带无人巡检

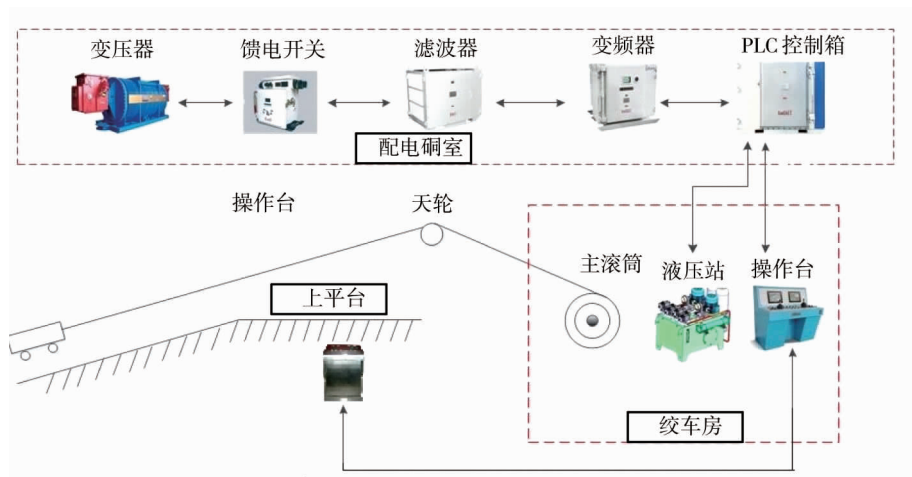


图 12 绞车房无人控制系统结构

3.4 矿井生产保障系统自动化控制技术

1) 通风在线监控技术

该矿的通风在线监控系统实现了风机的变频控制、风机运行的远程实时监控、风机停运报警等功能.采用多种智能传感器与各种外围电路相结合的方式,系统以西门子 S7-200PLC 为控制核心,配合 WinCC7.0 SP3 上位机软件,能够自动检测风机的开停、温度、冷却油温、风温与风压等运行参数,就地进行实时显示,并将数据传送到地面调度台,监控平台除可显示实时监测数据、报警信息,进行故障历史查询、监测数据曲线查询和报表打印外,还可以通过检测风机温度、电机电流、电机电压等参数,最终实现风机的无人值守.通风在线监控界面如图 13 所示.

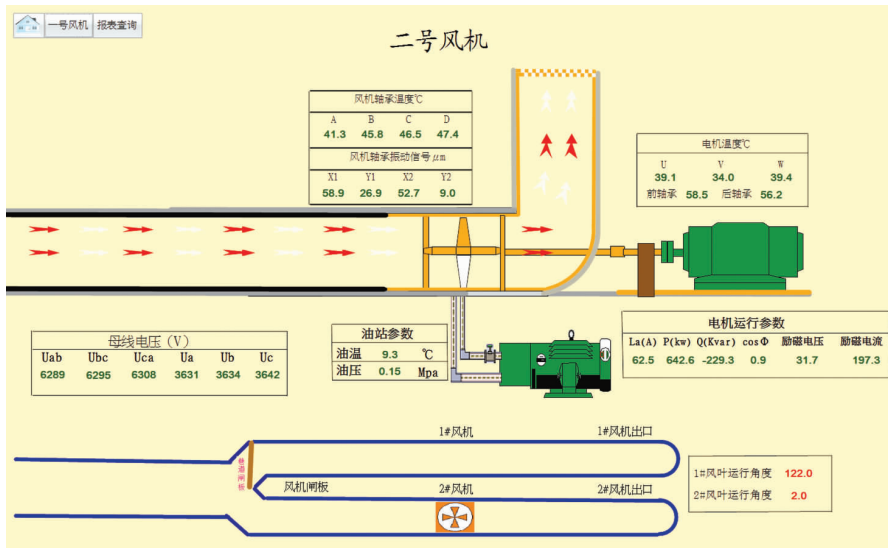


图 13 通风在线监控界面

2) 供电自动信息化技术

地面 35 kV 降压站安装变电站综合自动化系统,采用的是山东鲁能智能 RCS-9000 变电站综合自动化系统.该系列装置除完成常规的数据采集外,还可实现远程数据监测功能.中央配电所由上海山源自动化科技于 2011 年安装调试完毕,系统可以完成高压、低压配电系统的一次接线图的显示和操作、相关参数设置、遥控闭锁操作、报警、事件记录、分析曲线等.采区配电所由该矿与华腾自动化合作于 2011 年完成安装调试,共包括六采、后一、后三的供电自动化系统.采区自动化由开关保护器、智能协议转换器、串口服务器和交换机组成.其中,地面 35 kV 降压站集控运行图如图 14 所示.

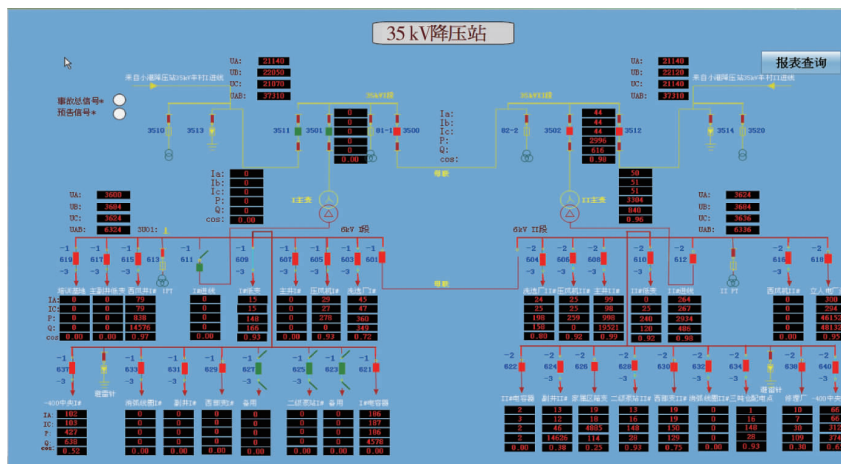


图 14 地面 35 kV 降压站集控运行图

3) 排水远程自动化监控技术

排水远程自动化监控系统以计算机控制、人机交互、传感器、工业以太网等技术为基础,整个控制系统由地面监控中心、地面蓄水池监测分站、矿井工业以太网、井下泵房监控主站 4 部分组成.地面监控中心配置 2 台具备冗余功能的服务器,一主一备可在一台故障时另一台继续工作.服务器与 PLC 通过工业以太网通讯,进行信息交换,包括采集、存储、查询、统计泵房系统的运行数据、曲线、事件信息、故障报警,远程控制泵房排水设备的运行,并对泵房供电系统进行控制,实时采集泵房馈电、启动器、照明综保的电流、电压、运行状态,可对馈电和照明综保远程分闸.WEB 发布服务器可以将所有信息在 WEB 网页上发布并传送到翟镇矿门户办公平台,实现信息的共享.井下泵房的工人可通过操作就地操作台上的相应按钮,来实现设备的开停.此外

系统还可根据工况设定、水泵的运行时长、水仓水位及煤矿用电负荷等参数自动开启或停止水泵,并实时监控水泵运行中的各种参数,实现井下水泵房无人值守.中央泵房排水监控系统如图 15 所示.

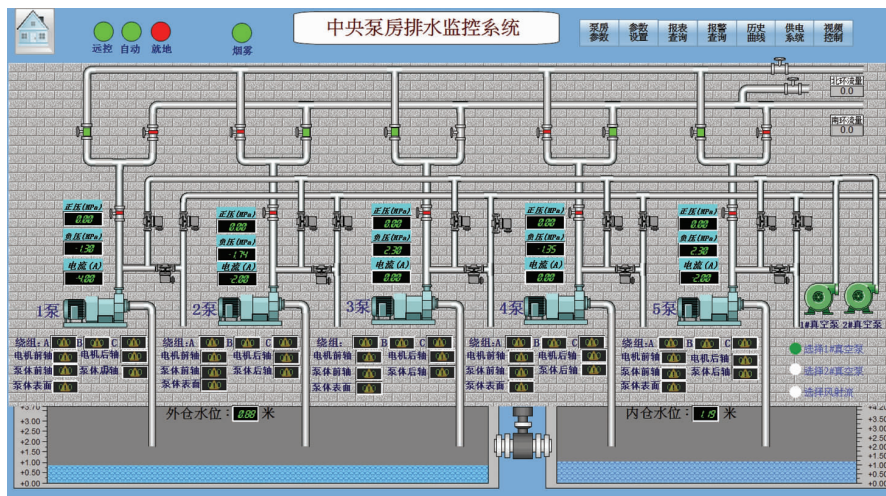


图 15 中央泵房排水监控系统

3.5 矿井全方位环境安全智能监测控制技术

翟镇煤矿目前所应用的 KJ76X 煤矿安全监控系统(如图 16 所示)是一种综合自动化的监控系统,它将井下的安全环境监控和全矿的设备及系统的安全监控集于一体,并兼顾煤矿的信息管理系统和办公自动化系统,通过计算机专用网或者公共网络实现国家、省级、市级监管部门监测数据的共享,实现煤炭行业的计算机网络化的管理.KJ76X 煤矿安全监控系统是集传感器技术、电子技术、电力电子技术、计算机技术、无线通信技术和网络技术于一体的国内领先的多功能的计算机网络系统.系统通过各类传感器及检测设备,实时进行井下、井上的环境物理量的监测、控制以及提升机、电力供电系统、风机、采煤设备、胶带运输等设备的监控和人员信息的定位,由矿井所构建的矿用工业环网进行实时的数据传输,最终由地面的信息处理系统实现采集数据的综合处理,以便实现对设备或者检测传感器、分站设置和控制,同时通过局域网实现检测信息的共享,构成煤矿企业信息系统.并且,KJ76X 煤矿安全监控系统还增设了应急广播功能,通过短信息、电话系统、无线移动系统可向有关部门和领导发送生产、事故等信息,使企业能快速做出事故应急处理,大大提高了事故处理的反应速度.

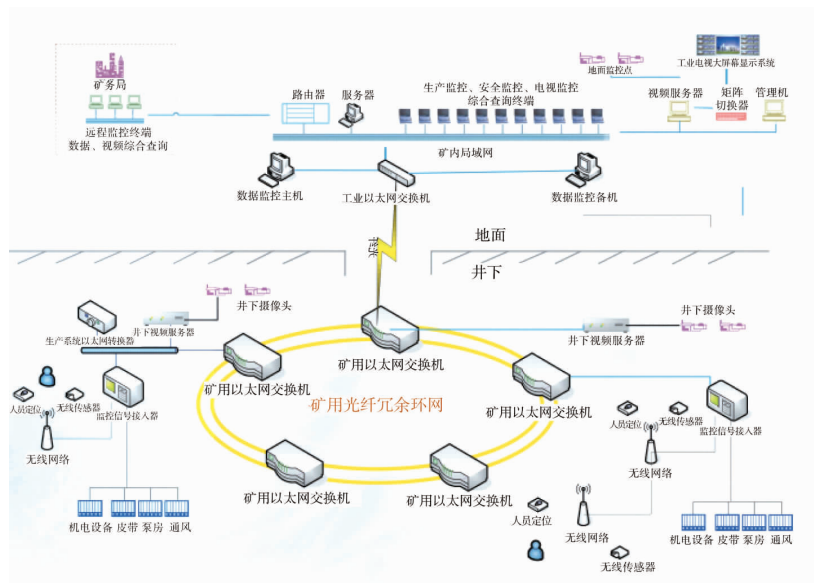


图 16 KJ76X 煤矿安全监控系统

3.6 矿井全息数字化平台集成控制技术

1) 矿井全息数字化平台(PC 端)建设

在矿井全息数字化平台中,将矿井生产中各个环节产生的数据流和信息流,从源头进行实时精准采集,并将信息流贯穿展示在煤矿生产的全过程,最大限度地发挥数据多方共享、指导生产、保障安全和辅助决策的效能,实现对矿井各环节关键信息的全面、实时、精准的感知.定制开发消息推送、环境监测信息、人员信息、安全信息、矿压信息、综合自动化信息、设备管理信息、综合自动化信息、视频监控信息的共享查看功能,并根据不同专业划分了技术管理、调度管理、机电管理、公共管理等 4 项的业务管理功能.最终实现现场管理数据采集与自动分类,实现移动平台与各业务子系统的业务协同和信息共享.翟镇煤矿矿井全息数字化平台共有 6 大功能板块:生产调度、安全管理、监测监控、智能集控、生产经营、党群保障,如图 17 所示.



图 17 翟镇煤矿综合信息系统平台

2) 矿井全息数字移动信息平台(APP)建设

APP 的出现,将通信行业的便捷交流、用户人数、软件应用和业务综合在一起.在智能移动终端上面安装的信息软件,使企业和用户的通信工作变得更加便利、有效.该项目基于一网一站的系统建设与人员与车辆定位系统的移动智能终端部署,使用智能手机实现对井下人员、设备等全程、实时、连续、精确的定位跟踪,矿井管理人员在井上可随时方便地使用手机终端了解矿井下的情况(如井下人员数量、位置,警告信息、统计信息等),并及时做出必要的处理,可极大提高矿井生产企业安全生产管理水平.翟镇煤矿移动 APP 主要划分为移动办公、环境监测、智慧开采和专业管理 4 个板块,如图 18 所示.



图 18 翟镇煤矿移动 APP 平台

4 翟镇煤矿智慧矿山应用效果

1) 经济效益

通过矿井装备智能化改造后,减少工作面操作人员,实现少人化高效生产.采煤工作面无人化后,单班由传统 26 人锐减为 4 人,整个采煤面每年可减少人工成本投入 400 万元;掘进工作面智能化开采建设后,单班由传统 16 人减为 6 人,每年可减少人工成本投入 360 万元;主提升与主排水智能化改造后,单班工作人员由传统 14 人锐减为 5 人,每年可减少人工成本投入 240 万元;运输系统智能化改造后,原煤运输系统由传统单班 30 余人锐减为 0 人,年人工成本投入可减少 720 万元,辅助运输系统累计可减少 29 人,人工成本投入可减少 160 万元;通风与安全智能监测系统智能化改造后,实现了信息集中化,减少了人员的使用,单班工作人员由传统 21 人锐减为 6 人,年人工成本投入可减少 360 万元.综上,整个矿井智能化改造后,仅人工成本投入每年可节约效益达 2 500 万元.

2) 技术优势

通过翟镇煤矿智慧矿山建设,采煤机实现远程可视化操控,采煤效率提高 35%,支架实现了自动收护帮板、跟机喷雾、自动推溜和自动移架、自动补压,移架速度提高 30%.掘进机智能化开采进一步优化了截割线路,使掘进效率提高了 30%,且保证了巷道断面一次成形后轮廓外观的平整度,避免了超采、少采的情况发生.井下所有采掘工作面运输皮带和矿井主运皮带全部实行顺煤流启停后,达到减人提效的目的,实现无人值守.安全智能监测控制系统应用后,矿井实现了信息集中化,减少了人员的使用,系统还可有效地对瓦斯、一氧化碳等有毒有害气体进行检测预警,防止了矿井灾害对工人的人身安全造成伤害,提升了矿井生产的安全性.

3) 社会效益

基于翟镇煤矿的实际条件,成功构建了智慧矿山生产模式及关键技术,提高矿井生产效率,增大煤矿经济效益;同时,解决了矿井生产的安全性问题,降低了作业环境的安全隐患;提升了企业的竞争力,保障企业生存和发展;此外,构建了智慧矿山生产模式,为我国煤矿智慧矿山生产模式及关键技术革新开拓了一条合理可行的途径,对科学与工程研究具有重大意义.

5 结论

1) 针对翟镇煤矿生产现状,构建了包括采掘工作面智能化控制系统、矿井运输无人化自动控制系统、矿井自动化生产保障系统、矿井全方位安全智能保障系统、矿井全息数字化平台集成控制系统等在内的智慧矿山生产模式,实现了“无人操作、有人巡视”的开采理念,为我国智慧矿山建设提供了理论与技术借鉴.

2) 提出了集矿井采掘、运输、通风、排水、供电、安全监测、综合信息集成管理等系统智能化运行于一体的,以采掘设备智能化、系统运行自动化、岗位巡守无人化、诊断预警自动化、信息传输集成化、设备监控可视化“六化”为核心的智慧矿山关键技术.资源开发利用水平显著提高,煤矿职业健康和工作环境根本改善,对透明矿井无人化安全高效开采具有重要推进作用.

3) 将该智慧矿山生产模式应用于翟镇煤矿,掘进效率提高了 30%,采煤效率提高了 35%,辅助系统高度智能、安全监控系统更加可靠,单班下井人数减少了 115 人,实现了煤矿生产的少人化和自动化,具有广阔的推广应用前景.

致谢

论文研究得到江苏中机矿山设备有限公司、山东能源重装集团、南京六合煤矿机械有限责任公司、北京天地玛珂电液控制系统有限公司、山东中选机械设备有限公司、山东新矿信息技术有限公司、山东吉泰发展集团吉泰科技信息工程分公司、天津民益电气有限公司、中信重工开诚智能装备有限公司、山东淄博瑞安特自控设备有限公司、上海中选网络科技有限公司、江苏三恒科技股份有限公司、大唐移动通信设备

有限公司等单位的支持,在此一并表示感谢!

参考文献:

- [1] 王国法,王虹,任怀伟,等.智慧煤矿 2025 情景目标和发展路径[J].煤炭学报,2018,43(2):295-305.
- [2] 韩茜.智慧矿山信息化标准化系统关键问题研究[D].北京:中国矿业大学(北京),2016.
- [3] 毛善君.“高科技煤矿”信息化建设的战略思考及关键技术[J].煤炭学报,2014,39(8):1572-1583.
- [4] 古德生.智能采矿触摸矿业的未来[J].矿业装备,2014(1):24-26.
- [5] 吕鹏飞,何敏,陈晓晶,等.智慧矿山发展与展望[J].工矿自动化,2018,44(9):84-88.
- [6] 古德生.矿业未来三主题[J].中国经济和信息化,2013(16):18-19.
- [7] 杨清平,蒋先尧,陈顺满.数字信息化及自动化智能采矿技术在地下矿山的应用与发展[J].采矿技术,2017,17(5):75-78.
- [8] 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.
- [9] 王金华,黄曾华.中国煤矿智能开采科技创新与发展[J].煤炭科学技术,2014,42(9):1-6.
- [10] 王国法,范京道,徐亚军,等.煤炭智能化开采关键技术创新进展与展望[J].工矿自动化,2018,44(2):5-12.
- [11] 宋振骐.安全高效智能化开采技术现状与展望[J].煤炭与化工,2014,37(1):1-4.
- [12] 王金华,黄曾华.我国煤矿智能化采煤技术的最新发展[J].Engineering,2017,3(4):24-35.
- [13] 袁建平.煤矿智能化开采技术的创新与管理[J].煤矿机电,2016(3):77-79.
- [14] 范京道.煤矿智能化开采技术创新与发展[J].煤炭科学技术,2017,45(9):65-71.
- [15] 何敏.智慧矿山定义探讨[J].工矿自动化,2017,43(9):12-16.
- [16] 李梅,杨帅伟,孙振明,等.智慧矿山框架与发展前景研究[J].煤炭科学技术,2017,45(1):121-128.
- [17] 陈晓晶,何敏.智慧矿山建设架构体系及其关键技术[J].煤炭科学技术,2018,46(2):208-212.
- [18] 许金.智慧矿山架构体系研究[J].能源与环保,2017,39(11):14-19.
- [19] 高文.智慧矿山智能决策支持技术架构设计[J].工矿自动化,2017,43(9):21-25.
- [20] 贺耀宜.智慧矿山评价指标体系及架构探讨[J].工矿自动化,2017,43(9):16-20.
- [21] 张小刚.采掘工作面设备智能化控制系统的研究[J].煤矿机械,2013,34(2):219-221.
- [22] 王苏彧,杜毅博,薛光辉,等.掘进机远程控制技术及监测系统研究与应用[J].中国煤炭,2013,39(4):63-67.
- [23] 应中宝.架空乘人装置远程监控系统的设计与应用[J].中国煤炭工业,2017(1):54-55.
- [24] 徐静,谭章禄.智慧矿山系统工程与关键技术探讨[J].煤炭科学技术,2014,42(4):79-82.
- [25] 汤海龙.智慧矿山信息系统通用技术规范解读及关键技术探讨[J].煤炭科学技术,2018(s2):157-160.
- [26] GB/T51272-2018,煤炭工业智能化矿井设计标[S].
- [27] GB/T34679-2017,智慧矿山信息系统通用技术规范[S].
- [28] 张瑾.基于未确知数学的煤矿“六大系统”安全评价研究[D].太原:中北大学,2014.
- [29] 闫乐林.未确知数学在煤矿安全综合评价中的应用研究[D].西安:西安科技大学,2004.
- [30] 张小利.煤矿安全评价中的未确知数学应用[J].煤炭技术,2013,32(6):92-94.
- [31] 王凡.层次分析法在煤矿设计中的应用探讨[J].资源信息与工程,2018,33(6):69-70.
- [32] 常宇晨.基于层次分析法的煤矿安全生产影响因素的研究[J].煤矿现代化,2018(3):135-137.
- [33] 徐星,孙文标.层次分析法在煤矿突水风险评价中的应用[J].煤炭技术,2016,35(6):143-144.