

可视化远程干预型智能化采煤关键控制技术研究

田 成 金

(北京天地玛珂电液控制系统有限公司,北京 100013)

摘 要: 针对目前基于煤岩分界的自适应调高技术、水平控制技术智能化采煤控制技术还难以突破的情况,为解决回采工作面的智能化采煤难题,进行了可视化远程干预型智能化采煤控制技术研究。通过采用基于视频追踪、接力和拼接技术的工作面远景实时呈现的方法,研究了远程干预集中操作技术,集成融合采煤机记忆割煤技术、工作面跟机自动化控制技术,研制了综采智能控制系统。试验结果表明:实现了工作面内无人操作(仅1人巡视)的智能采煤常态化运行,将综采工作面每班作业人数由平均15人减少到3人。因此,利用该项技术能够实现综采工作面设备的智能化运行,能有效减少作业人数和提高综采工作面的安全生产水平。

关键词: 智能化采煤;综采工作面;可视化;远程干预;互联网+

中图分类号: TD67 **文献标志码:** A **文章编号:** 0253-2336(2016)07-0097-06

Study on key control technology of visualized remote interference type intelligent mining

Tian Chengjin

(Beijing Tiandi-Marco Electro-Hydraulic Control System Company Limited Beijing 100013, China)

Abstract: According to an adaptive ranging technology based on the coal and rock boundary, horizontal control technology and intelligent coal mining control technology are hard to have a breakthrough, in order to solve the intelligent coal mining difficulty of coal mining face, a study on a control technology of the visualized remote interference type intelligent coal mining was conducted. Based on the video tracing, relay and mosaic technology, a coal mining face television real-time presence method was applied to study the remote interference concentrated operation technology, the integration fusion memory cutting technology of the coal shearer and the automatic control technology of the coal mining face followed up. And the intelligent control system of the fully mechanized coal mining was researched and developed. The test results showed that an unmanned intelligent coal mining normal operation (only one man for inspection) of the coal mining face was realized and the operation personnel in each shift of the coal mining face were reduced from 15 personnel in average to 3 personnel. Therefore, technology the application technology could realize the intelligent operation of equipment in fully mechanized coal mining face, could effectively reduce number of the operation personnel and could improve the safety production level of fully mechanized coal mining face.

Key words: intelligent mining; fully-mechanized coal mining face; visualization; remote interferences; internet plus

0 引 言

煤炭是我国主体能源,安全智能、绿色高效矿井是我国煤矿发展的主要方向,应用智能化技术和装备建设智能煤矿是实现我国煤矿由劳动密集型向两化融合人才技术密集型转变,以及促进煤炭行业由

数量、速度型向质量、效益型转变,提高煤矿安全生产保障程度和煤炭企业管理水平的重要手段,也是提升煤炭工业发展科学化水平的必然要求。煤矿采掘工作面是煤矿安全生产的关键环节,智能化开采技术水平低,工人劳动强度高,发生在该处的煤矿重特大事故占70%左右,实现智能化开采有利于保障

收稿日期:2016-03-08;责任编辑:曾康生 DOI: 10.13199/j.cnki.est.2016.07.017

基金项目:国家高技术研究发展计划(863计划)资助项目(2013AA06A410);国家能源装备技术专项资助项目(20151780)

作者简介:田成金(1979—),男,山东费县人,副研究员,硕士。Tel:010-84263000, E-mail:tcj@tdmarco.com

引用格式:田成金.可视化远程干预型智能化采煤关键控制技术研究[J].煤炭科学技术,2016,44(7):97-102.

Tian Chengjin. Study on key control technology of visualized remote interference type intelligent mining[J]. Coal Science and Technology, 2016, 44(7): 97-102.

煤矿安全,减轻工人劳动强度。目前,智能化采煤技术迎来了重要的历史发展机遇期。2016年3月,国家第“十三”个五年规划纲要正式发布,其中“加快推进煤炭无人开采技术研发和应用”明确列入第三十章“建设现代能源体系”的能源发展重大工程中;另外,针对我国大部分煤矿企业存在关键环节、重点部位用人多、机械化、自动化程度低、事故风险较大的现象,为从根本上有效防范和遏制重特大事故发生,保障煤矿安全生产,国家安全生产监督管理总局下发通知要求开展“机械化换人、自动化减人”科技强安专项行动,重点以机械化生产替换人工作业、以自动化控制减少人为操作,大力提高煤矿企业的安全生产科技保障能力。因此,智能化采煤技术已成为煤炭回采技术的发展方向^[1]。

智能采煤技术的理想目标是实现智能自适应采煤,即通过对煤层赋存条件和环境因素的智能感知,回采工作面的采煤设备自主实现设备的自调节和控制,执行完成整个采煤过程和工作面设备的移动,整个过程无人工操作,实现采煤过程的智能感知、控制、执行。但实现该技术目前面临着—系列难题^[2-4],如感知煤层赋存曲线的煤岩分界技术、工作面采煤设备经过多次移架推移刮板输送机后序列化的位置排列不整齐等,诸如此类的技术和问题长期以来难以突破,成为制约智能自适应采煤技术发展的关隘,非常需要以另一种思路和技术路线能够绕开这些关键技术的方法解决回采工作面的智能化采煤问题,因此提出了可视化远程干预型智能化采煤控制技术。

1 可视化远程干预型智能化采煤控制的关键技术

可视化远程干预型智能化采煤控制技术的概念是以采煤机、液压支架、刮板输送机等设备为控制对象,通过建立以巷道集控中心为控制枢纽的智能控制系统的智能感知和控制,实现回采工作面的智能化控制;以全工作面的视频系统为监视手段,操作人员在监控中心实时监视智能化采煤过程中的设备,对智能化运行过程中没有按照程序要求完成的设备进行实时人工远程干预,可视化远程干预型智能化采煤关键控制技术的逻辑逻辑如图1所示。

1) 整个控制逻辑以巷道集控中心为控制核心,对工作面设备实施集中控制,主要包括采煤机、液压支架、刮板输送机、转载机、破碎机等主要设备和泵

站、开关等工作面辅助设备。

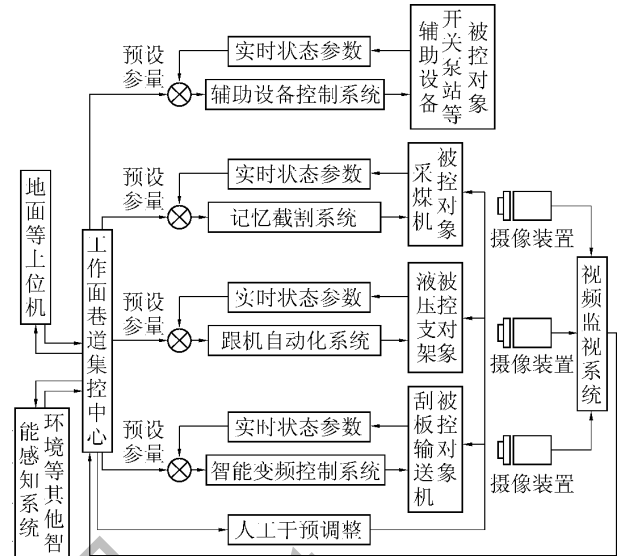


图1 可视化远程干预型智能化采煤关键控制技术的逻辑示意

Fig. 1 Logic schematic of key control technology for visual remote intervention type intelligent coal mining

2) 智能集成控制系统通过记忆割煤系统、跟机自动化控制系统、智能变频控制系统分别对采煤机、液压支架、刮板输送机实施控制,实现回采工作面设备的智能化运行;通过智能集成供液控制系统和开关控制系统实现对泵站和开关的智能控制,并实现智能化运行。

3) 智能集成系统通过视频监视系统对回采工作面内采煤机的滚筒、液压支架、刮板输送机的状态进行实时监视,在智能化运行的过程中,巷道监控中心的操作人员发现工作面设备偏离原有轨迹或工作面情况有变化时,通过巷道监控中心的操作台对偏离设备单独操作恢复正常位置,例如当现场煤炭赋存界线与采煤机存储的记忆割煤曲线不一致时(即当前采煤机滚筒割顶或过低时),操作人员通过及时调整采煤机的滚筒实现正常的割煤,液压支架移架不到位或推移刮板输送机不到位时,通过定向操作选取该支架完成剩余行程的移架或推移刮板输送机动作,使回采工作面设备保持较好的队形。

1.1 基于记忆截割技术的可视化远程干预技术

记忆截割技术是采煤机自动化割煤的核心技术,对回采工作面自动化破煤和装煤工艺环节具有重要作用。记忆截割技术是对长期以来煤岩分界技术无法突破的一种迂回解决技术,目前广泛应用于国内外主流的采煤机上。

采煤机割煤如图2所示,采煤机在工作面内采

煤时,上滚筒需不停调节滚筒的高度以适应顶板的高低,记忆截割技术的核心内容可以分为 2 步:①由采煤机司机操作采煤机在工作面内采出第 1 刀煤,将顶板的实时高度 H_1 以采煤机位置为 X 轴基准进行存储,得到目前工作面的顶板曲线 S_1 ,第 2 刀煤及后续依据该曲线自动调节滚筒高度实现自动化采煤,如果煤层赋存没有变化将一直沿该曲线来回采煤^[5-7];②当煤层赋存发生变化时,操作人员需通过巷道集控中心的视频远程监视系统呈现的现场画面,手动远程调节滚筒的高度进行远程干预,并实时将调节后的修正数据及时覆盖原来存储的数据得到曲线 S_2 ,下一次即按照 S_2 的高度 H_2 进行自动割煤;再次遇到变化时仍然通过远程人工干预实现调整,重复上述过程,即可实现采煤机的智能化割煤。

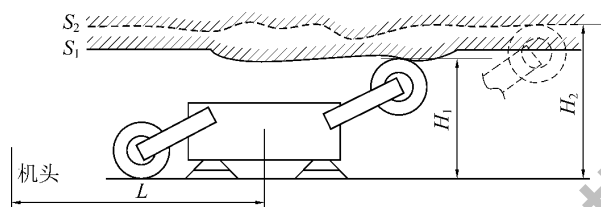


图 2 采煤机割煤示意

Fig. 2 Coal cutting schematic for shearer

基于记忆截割技术的可视化远程干预技术包含 3 个分支技术:①采煤机位置和滚筒高度关联数据(即图 2 中的 L 和 H 的一一对应关联数据)的掉电存储技术,目前的铁电存储技术很好地解决了该问题。②滚筒高度智能感知技术,目前的技术基本是通过倾角传感器进行测量,再通过智能算法得到实时的滚筒高度来实现滚筒高度的感知;③采煤机位置检测技术,采煤机位置可分为连续型表示法和离散型表示法。

目前广泛应用的主流采煤机位置检测技术有以下 3 种:基于齿轮计数或编码器计数的位置检测技术、基于惯性测量单元的采煤机位置检测技术^[8-9]以及基于红外线检测原理的采煤机位置检测技术^[10-11]。前 2 种是线性连续型的位置检测方式,一般用距离机头的长度表示,精度达到毫米级,因此该种表示法的特性是连续并且是线性的,适合于采煤机自动化割煤过程中滚筒的自动调高;基于红外线检测原理的采煤机位置检测技术属于离散型的位置检测方式,该种方式以支架号为编码,其特性是跳跃的,适合于支架的跟机自动化操作,不适用于记忆割煤或无人智能采煤机技术下的采煤机的自动调高。

1.2 基于跟机自动化控制技术的可视化远程干预

跟机自动化控制技术是回采工作面智能支护和设备智能移动的核心技术,是以采煤机位置信息为依据,根据工作面的回采工艺和作业规程,在采煤机位置前或后的设定距离上自动执行相应的动作,全自动化地完成综采工作面液压支架和刮板输送机跟随采煤机行走的所有功能动作,主要包括自动推移刮板输送机、自动移架、自动伸缩护帮板、自动喷雾等功能^[12]。

根据不同的地质条件和综采工作面管理规定,跟机自动化的割煤工艺多种多样,按照不同的分类标准细分为多种,例如按照割煤方向有单向跟机自动化割煤工艺、双向跟机自动化割煤工艺^[13-14];按照工作面三角区段的工艺不同分为全截深跟机自动化割煤工艺和半截深跟机自动化割煤工艺;按照割煤位置的划分又分为中间段跟机自动化割煤和工作面端部跟机自动化割煤;按照自动推移刮板输送机和自动移架的先后顺序还可分为先推移刮板输送机后移架模式和先移架后推移刮板输送机模式,先推移刮板输送机后移架模式的特点是:采煤机通过后,支架能够及时支护顶板,空顶面积小,过人通道窄,适用于顶板松软地区,而先移架后推移刮板输送机模式的特点是:采煤机通过后空顶面积较大,过人通道较宽、能方便行人通行,适合于顶板较好的工作面。目前采用比较多的综合双向跟机自动化、三角区全截深割煤、先推移刮板输送机后移架模式的割煤工艺,其一个完整循环过程如图 3 所示,整个循环过程分为 10 个阶段,其中 1—4 号和 6—9 号属于三角区割煤阶段,5 和 10 号为工作面中部割煤阶段^[15]。

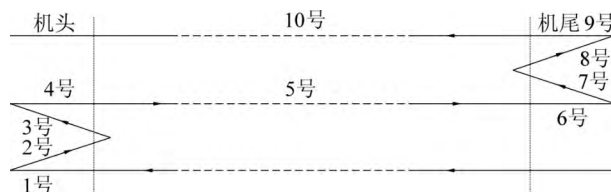


图 3 跟机自动化周期循环作业阶段

Fig. 3 Cycle operation stage with machine automatic

在跟机自动化执行的过程中,如果出现自动推移刮板输送机、自动移架、自动伸缩护帮板等动作完成后行程不到位的情况下,巷道监控中心操作员根据远程视频监视系统发现的情况及时作出调整,达到程序的要求标准,在调整过程中需在确定具体的支架位置后,手动选取架号,采用快捷键或者动作序

列完成调整。

1.3 视频追踪、接力和拼接技术

1) 视频监视系统的构成和安装。该系统以工作面采煤机为视频监控追踪对象,融合多个视频画面,实现对回采工作面实时、动态和无盲区的全景视频监视和对液压支架、采煤机等设备运动过程中的全方位观测。系统主要由视频摄像机、控制和通信系统、监控中心3个部分构成,如图4所示。摄像机位于工作面液压支架上,每隔6架安装1个。控制和通信系统包括综采综合接入器和光电转换器等,主要功能如下:用于组建系统环网;监控中心位于巷道集控中心;用于解析视频信号、拼接、显示、控制等功能。

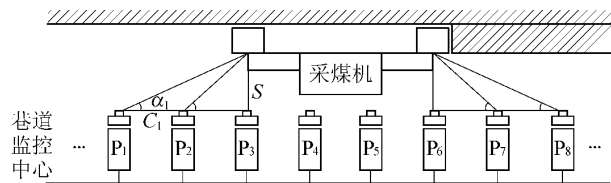


图4 视频监视系统原理示意

Fig. 4 Principleschematic of video surveillance system

2) 视频追踪和接力技术。摄像机可通过内部安装的云台旋转实现 180° 可视范围的拍摄,视频追踪技术的对象包括采煤机和液压支架。以采煤机为例,其原理如下:①视频监视系统从电液控制系统获取采煤机位置,确定左右滚筒处于哪几个摄像机的监视范围,如图4所示左滚筒处于摄像机 P_1 — P_3 的监视范围,右滚筒处于摄像机 P_6 — P_8 的监视范围;②确定旋转角度,实施视频追踪,现以摄像机 P_1 为例进行说明,巷道监控中心的主控计算机可根据采煤机位置确定 S 和 C_1 的距离,得出 α_1 的角度,根据当前摄像机 P_1 的角度计算出摄像机需旋转的角度,并通知到摄像机 P_1 ,然后控制摄像机的云台完成旋转得到最佳拍摄位置,同理,可得出其他摄像机的旋转角度。接力技术同样依据采煤机位置,系统根据预先确定的距离采煤机滚筒最近的3个摄像机参与监视的原则,随着采煤机的移动,距离某一个滚筒最近的3台摄像机自动进入系统参与追踪监视,其他摄像机自动退出。对于液压支架的追踪基本与采煤机类似,根据需要追踪的液压支架确定追踪位置,确定左右2个最近的摄像机,再系统计算出2个摄像机各需旋转的角度,通知摄像机控制云台完成旋转达到预定位置,实现对需追踪支架的自动追踪功能^[16]。

3) 视频拼接技术。单个视频摄像机的监视范围受到限制,为了在巷道或地面呈现完整的回采工作面煤壁情况和采煤机整机画面的清晰视频,需要对各个摄像机的取景进行拼接进而连接成呈现工作面煤壁的完整画面,该技术的处理难点是对相邻2个视频摄像机的相互之间重叠的影像进行裁剪,保留效果较好的影像进行取舍和对齐,得到完整的图像,处理过程的关键手段是分析、寻找重合区域的视频关键帧,并从中获取采煤机的特征点,将采煤机的多组视频信息通过拼接技术将视频拼接出来形成全景图像和视频。

1.4 远程干预集中操作技术

远程干预集中操作技术是可视化远程干预型智能化采煤控制执行环节的技术,该技术针对记忆割煤和跟机自动化过程中出现的变化和设备动作不到位的情况及时作出调整。主要突破点包括3个方面:①创新研制了位于巷道集控中心内的以液压支架、采煤机模型为依据的远程操作台,使得远程干预操作准确、快速、实用;②开发了工业以太网与现场总线深度融合的网络传输系统,一方面使得工作面液压支架200个节点的远程控制延时小于300 ms,有效解决了液压支架远程实时控制难题,另一方面通过安全和介入机制,实现了采煤机的远程控制延时小于200 ms,有效解决了采煤机远程实时控制难题;③研发了综采工作面智能控制(LongwallMind)软件平台,实现了过程数据监控、视频监控、三维虚拟现实、人机交互输入、语音喊话对讲、视频通话等多种功能的融合统一^[17]。通过攻克以上的技术难题,形成了一套SAM型综采工作面智能控制系统,实现了可靠、灵活、便利的远程集中控制,为可视化远程干预型智能化采煤模式的建立奠定了坚实的基础。

2 应用情况及存在问题

以可视化远程干预型智能化采煤控制技术为基础架构,研制的SAM型回采工作面可视化远程干预型智能控制系统已在我国多个工作面实现了应用,典型示范应用主要有以下3个矿井工作面。

1) 陕西煤业化工集团红柳林煤矿15205工作面,工作面走向长度3 030 m,工作面长度354 m,平均采煤高度6.8 m。该工作面配置了174台液压支架,1台采煤机,1套刮板输送机、转载机和破碎机,4台乳化液泵,3台喷雾泵,人员从11人减至5人,年

产量达1 009.72万t。

2) 黄陵矿业集团黄陵一号煤矿1001工作面,该工作面煤层厚度1.10~2.75 m,平均采高2.22 m,工作面长度235 m,工作面走向长度2 280 m,通过应用该套智能系统在国内外首次实现了“有人巡视、无人操作”可视化远程干预型智能化采煤,实现了“巷道监控中心2人可视化远程干预控制,工作面内1人巡视”常态化连续运行,月产量达17.03万t,年生产能力200万t以上,生产效率提高25%,生产作业人员由11人递减至3人,年节约人工成本700多万元,安全生产水平获得较大提升^[18]。

3) 阳泉煤业新元矿310205工作面,该工作面走向长度2 105 m,工作面长度240 m,平均采高2.85 m,瓦斯绝对涌出量35.83 m³/min,相对涌出量5.94 m³/t,实现了可视化远程干预控制的常态化连续运行,是我国首次实现瓦斯与采煤机速度关联控制的矿井,依据瓦斯浓度对采煤机速度进行实时调整与控制,综采队人员由176人减至81人,共减员95人,人均工效由38.995 t提高到54.224 t,年节约人工成本580多万元。

通过可视化远程干预型智能化采煤控制技术的示范应用,一方面积累了大量的智能化采煤技术和经验,另一方面,在应用过程中也存在着以下3个问题,制约着系统的推广应用:①恶劣环境下视频摄像仪的清晰度和视频拼接效果较差,影响了远程操作员的观测,实时干预受到较大影响。②系统可复制性不强,影响了系统的推广应用。由于每个回采工作面的开采工艺及三角煤开采工艺的特殊性和底层软件平台的不足,每个工作面的应用系统须定制开发,系统可扩展性不足,影响了推广的进度。③智能感知和控制环节不够全面。例如由于工作面直线度感知手段的欠缺,在工作面多次推进循环后,工作面的设备沿煤壁方向的排列不成直线,需人工现场给予适当调整,影响了后续连续推进。

3 结 论

通过以上研究和现场实践应用证明,在煤岩分界等智能自适应关键控制技术无法突破的情况下,采用可视化远程干预型智能化采煤关键控制技术能够实现工作面的无人化或少人化开采,能够满足我国当前顶底板条件较好的矿井实现智能化开采的需求。针对该项技术目前存在的不足还需进一步研究和完善,弥补目前的技术欠缺,特明确以下重点攻关

方向,主要有以下4个方面。

1) 通过研究热成像等多种技术的视频融合技术和继续完善视频拼接技术,实现远程现场视频的高清晰呈现。

2) 归纳、总结现场工作面的开采工艺类型,提炼共同点,研究特殊性,升级综采工作面智能控制(Longwallmind)底层软件平台,完成系统软件平台的参数化研究,积极提升系统的适宜性。

3) 通过基于惯性导航的感知技术研究和高精度采场地理信息技术的研究,解决困扰工作面设备直线排列和水平控制的难题。

4) 完善工作面两巷设备的智能化控制技术,与综采智能控制系统实现集成融合,实现工作面两巷和工作面设备全系列化的智能运行。

参考文献(References):

- [1] 王国法.综采自动化智能化无人化成套技术与装备发展方向[J].煤炭科学技术,2014,42(9):30-34.
Wang Guofa. Development orientation of complete fully-mechanized automation, intelligent and unmanned mining technology and equipment [J]. Coal Science and Technology, 2014, 42(9): 30-34.
- [2] 张 良,李首滨,黄曾华.煤矿综采工作面无人化开采的内涵与实现[J].煤炭科学技术,2014,42(9):26-29,51.
Zhang Liang, Li Shoubin, Huang Zenghua. Definition and realization of unmanned mining in fully-mechanized coal mining face [J]. Coal Science and Technology, 2014, 42(9): 26-29, 51.
- [3] 王金华,黄乐亭,李首滨.综采工作面智能化技术与装备的发展[J].煤炭学报,2014,39(8):1418-1423.
Wang Jinhua, Huang Leting, Li Shoubin. Development of intelligent technology and equipment in fully-mechanized coal mining face [J]. Journal of China Coal Society, 2014, 39(8): 1418-1423.
- [4] 李松强,马邵峰,史矿民.智能化综放设备在义马矿区的应用[J].中州煤炭,2014(5):16-18.
Li Songqiang, Ma Shaofeng, Shi Kuangmin. Application of intelligentized fully mechanized top coal caving equipments in Yima Mining Area [J]. Zhongzhou Coal, 2014(5): 16-18.
- [5] 张福建.电牵引采煤机记忆截割控制策略的研究[D].北京:煤炭科学研究总院,2007.
- [6] 张丽丽,谭 超,王忠宾,等.基于微粒群算法的采煤机记忆截割路径优化[J].煤炭科学技术,2010,38(4):69-71.
Zhang Lili, Tan Chao, Wang Zhongbin, et al. Optimization of mnemonic cutting path for coal shearer based on corpuscular group algorithm [J]. Coal Science and Technology, 2010, 38(4): 69-71.
- [7] 徐志鹏.采煤机自适应截割关键技术研究[D].徐州:中国矿业大学,2011.
- [8] 樊启高,李 威,王禹桥.一种采用捷联惯导的采煤机动态定位方法[J].煤炭学报,2011,36(10):160-163.

- Fan Qigao ,Li Wei ,Wang Yuqiao. A shearer dynamic positioning method using strap down inertial navigation [J]. Journal of China Coal Society 2011 ,36(10) : 160-163.
- [9] 杨海,李威,罗成名.基于捷联惯导的采煤机定位姿态技术实验研究[J].煤炭学报,2014,39(12):2550-2556.
Yang Hai ,Li Wei ,Luo Chengming. Experimental study on position and attitude technique for shearer using SINS measurement [J]. Journal of China Coal Society 2014 ,39(12) : 2550-2556.
- [10] 许春雨,宋渊,宋建成.基于单片机的采煤机红外线位置检测装置开发[J].煤炭学报,2011,36(5):171-175.
Xu Chunyu ,Song Yuan ,Song Jiancheng. Development of the device to detect the position of coal mining machine by infrared ray based on MCU [J]. Journal of China Coal Society ,2011 ,36 (5) : 171-175.
- [11] 刘清,魏文艳.基于红外检测装置的采煤机定位算法研究[J].机械工程与自动化,2013(6):157-159.
Liu Qing ,Wei Wenyan. Coal winning machine localization algorithm research based on the infrared detection device [J]. Mechanical Engineering & Automation 2013(6) : 157-159.
- [12] 吴国强,张北辰.液压支架电液自动控制系统国产化研究[J].中州煤炭,2006(5):14-15.
Wu Guoqiang ,Zhang Beichen. Automatic control system for hydraulic support electro-hydraulic localization of research [J]. Zhongzhou Coal 2006(5) : 14-15.
- [13] 李骏,林福严.跟机自动化中采煤机自动控制方法研究[J].工矿自动化,2014(2):1-4.
Li Jun ,Lin Fuyan. Research of automatic control method of shearer in machinery-tracked automation [J]. Industry and Mine Automation 2014(2) : 1-4.
- [14] 王峰.综采无人工作面自动化开采技术研究与应[J].工矿自动化,2015(7):5-9.
Wang Feng. Research and application of automatic mining technology of unmanned fully-mechanized coal mining face [J]. Industry and Mine Automation 2015(7) : 5-9.
- [15] 田成金,魏文艳,朱小林.基于SAC型液压支架电液控制系统的跟机自动化技术研究[J].煤矿开采,2012,17(2):46-50.
Tian Chengjin ,Wei Wenyan ,Zhu Xiaolin. Automatic following coal-cutter technology based on sac electrohydraulic control system in powered support [J]. Coal Mining Technology 2012 ,17 (2) : 46-50.
- [16] 牛剑峰.无人工作面智能本安型摄像仪研究[J].煤炭科学技术,2015,43(1):77-80.
Niu Jianfeng. Research on intelligent intrinsically safe camera for unmanned fully-mechanized coal mining face [J]. Coal Science and Technology 2015 ,43(1) : 77-80.
- [17] 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):1-6,21.
Wang Jinhua ,Huang Zenghua. Innovation and development of intelligent coal mining science and technology in China [J]. Coal Science and Technology 2014 ,42(9) : 1-6 21.
- [18] 袁建平,黄陵一号煤矿薄煤层综采工作面智能化控制系统的研究[J].山东煤炭科技,2014(11):198-200.
Yuan Jianping. Research on intelligent control system of fully mechanized mining face in thin coal seam in Huangling No.1 Coal Mine [J]. Shandong Coal Science and Technology ,2014(11) : 198-200.