

文章编号:1671-251X(2021)S2-0029-04

黄玉川煤矿无人干预自动化放煤研究

米彦军¹, 潘卫东², 杨克虎³, 李新源², 王冲¹

- (1. 国能亿利能源有限责任公司黄玉川煤矿, 内蒙古 鄂尔多斯 017000;
2. 中国矿业大学(北京) 能源与矿业学院, 北京 100083;
3. 中国矿业大学(北京) 机电与信息工程学院, 北京 100083)

摘要:以黄玉川煤矿 226_上02 综放工作面为工程背景,采用 PFC 数值模拟软件,对单轮顺序放煤、单轮间隔放煤和多轮顺序放煤工艺进行了模拟分析,比较了放煤过程中放出体大小和煤岩分界面变化情况,结果显示多轮顺序放煤工艺下顶煤采出率比单轮放煤工艺高 5%~8%。为实现黄玉川煤矿 226_上02 综放工作面放煤效率、顶煤采出率最大化,提出了多轮顺序记忆放煤控制技术,并在开采装备的配套上,采用煤矸图像识别和顶煤跟踪仪实时监控等手段,将软件和硬件形成有机整体。煤矸图像识别软件可很好地区分煤和矸石,并能够实时显示顶煤放出体的矸石含量,起到监控放煤效果的作用;顶煤跟踪仪信号采集装置和处理软件可实时反映不同位置顶煤放出情况,为无人干预自动化放煤技术的实现提供了途径。

关键词:综放开采; 自动化放煤; 多轮顺序放煤; 记忆放煤; 煤矸识别

中图分类号:TD823 文献标志码:A

Research of automatic top-coal caving without human intervention in Huangyuchuan Coal Mine

MI Yanjun¹, PAN Weidong², YANG Kehu³, LI Xinyuan², WANG Chong¹

- (1. CHN Energy Elion Energy Co., Ltd. Huangyuchuan Colliery, Ordos 017000, China; 2. School of Energy and Mining Engineering, China University of Mining and Technology(Beijing), Beijing 100083, China; 3. School of Mechanical Electronic and Information Engineering, China University of Mining and Technology(Beijing), Beijing 100083, China)

0 引言

煤矿生产为贯彻“少人则安、无人则安”的安全理念,要大力推行煤矿智能化建设,其中减少采煤工作面作业人员数量是减少人员伤亡、保障安全的重要手段^[1-2]。近年来,各大有煤炭企业都在加快建设无人(少人)智能开采采煤工作面^[3],其中以采煤机智能割煤、液压支架智能跟机动作及关键设备智能协同控制等智能手段为代表,切实减少了综采工作面作业人数。对于开采厚及特厚煤层综放工作面的采煤工艺,除了采煤机自动化割煤,还有一个关键是液压支架自动化放煤。由于散体顶煤流动难以控制,所以自动化放煤的核心问题在于液压支架正确把握放煤口开启和关闭时机。

目前综放工作面放顶煤工作主要采用人工控制放煤口开关的方式^[4],由于工作人员视线容易受放煤粉尘和降尘水雾的干扰,很难判断散体顶煤是否被完全放出,放煤效果不理想,也不符合工作面“减人、无人”的要求。针对自动化放煤,众多科技工作者提出了采用高光谱摄像头^[5-6]、振动受力分析^[7-8]、电磁波^[9]、红外热像^[10]等煤岩识别技术手段,通过判别放出体是煤炭还是岩石,确定是否关闭放煤口。但煤矿综放工作面实际生产环境复杂,受众多干扰因素影响,目前的煤岩识别技术手段很难在放煤口进行成功应用。

基于顶煤跟踪仪可表征顶煤流动状态的原理^[11],在黄玉川煤矿率先提出了利用顶煤跟踪仪确定顶煤放出时间、确定多轮顺序放煤工艺,并采用图

收稿日期:2021-02-02;责任编辑:盛男。

基金项目:国家重点研发计划资助项目(2018YFC0604501)。

作者简介:米彦军(1983—),男,内蒙古鄂尔多斯人,工程师,现从事煤矿智能化建设研究方面的工作,E-mail:10015768@chnenergy.com.cn。

潘卫东(1982—),男,满族,辽宁丹东人,副教授,博士,主要研究方向为煤炭地下开采,E-mail:pwd@cumt.edu.cn。

像自动识别和监控手段,从而实现无人干预条件下的远程自动化放煤。

1 工程背景

黄玉川煤矿 226_上02 综放工作面位于矿井二水平二盘区,主采 6_上煤层,北侧为 226_上01 工作面采空区。工作面倾斜长度为 250 m,走向推进距离为 3 800 m,采用综放回采工艺。6_上煤层结构较为复杂,煤层厚度为 10.1~12.5 m,平均厚度为 11.6 m;煤层起伏变化不大,煤层倾角为 0~11°,平均倾角为 5°;煤层坚固性系数为 1.5;煤层具水平层理,节理较发育;煤层有自然发火现象,自然发火期为 2~3 个月;工作面相对瓦斯涌出量为 0.19 m³/t,绝对瓦斯涌出量为 1.93 m³/min;煤尘具有爆炸危险性;地压不明显。

2 不同放煤工艺效果

在实现自动化放煤之前,大部分煤矿综放工作面常采用操作简便的单轮或多轮放煤工艺,包括单轮顺序放煤、单轮间隔放煤和多轮顺序放煤。根据黄玉川煤矿 226_上02 工作面煤岩特征,利用 PFC 数值模拟软件建立数值模拟计算模型,如图 1 所示,模型物理力学参数见表 1。



图 1 数值模拟计算模型

表 1 煤岩物理力学参数

材料	密度/ (kg·m ⁻³)	弹性模 量/GPa	刚度 系数	摩擦 因数	滚动摩 擦因数
顶煤	1 360	2.43	3.70	0.5	0.5
岩石	2 570	26.71	7.69	0.6	0.5

2.1 单轮放煤工艺

单轮顺序放煤工艺按照液压支架 1,2,⋯的序号顺序放煤,模拟结果如图 2 所示(红色代表顶煤被放出的部分)。可看出第 1 架液压支架放出的煤量最多;第 2 架液压支架放煤过程中,由于煤岩分界面距离放煤口太近,第 1 架液压支架上方的直接顶矸石很快就窜入了第 2 架液压支架放煤口,迫使第 2 架液压支架放煤提前结束(放煤口过早关闭)。

单轮间隔放煤工艺按照液压支架先 1,3,⋯再 2,4,⋯的序号顺序放煤,模拟结果如图 3 所示。可看出由于放煤口距离煤岩分界面较远,第 3 架液压支架放煤量大于单轮顺序放煤工艺下第 2 架液压支架放煤量。

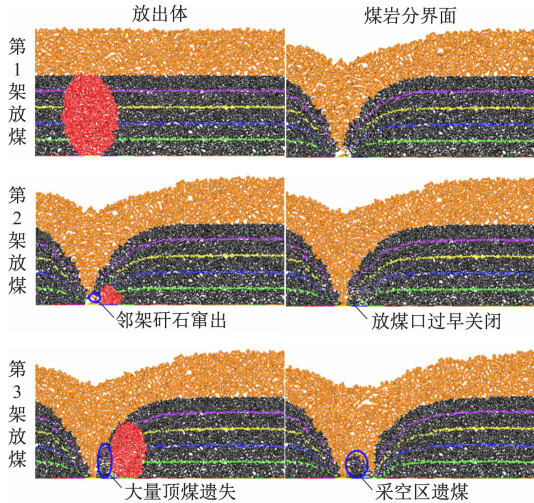


图 2 单轮顺序放煤工艺下顶煤放出体形态及

煤岩分界面演化

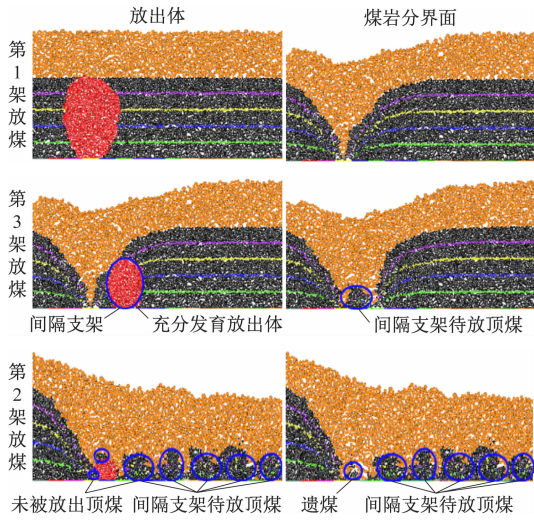


图 3 单轮间隔放煤工艺下顶煤放出体形态及

煤岩分界面演化

整个模拟过程结束后,单轮顺序放煤和单轮间隔放煤工艺下采空区遗煤情况如图 4 所示。可看出单轮间隔放煤工艺下采空区遗煤量少于单轮顺序放煤工艺。

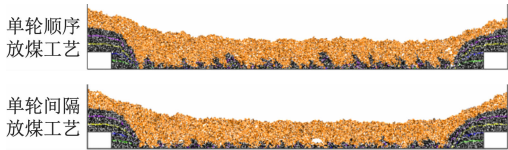


图 4 单轮放煤工艺下采空区遗煤情况对比

2.2 多轮放煤工艺

通过综放工作面采煤机割煤时间、液压支架尾梁插板 1 个动作循环时间、后部输送机运输能力和放煤口煤量等数据综合分析,初步确定在 226_上02 综放工作面可以每刀采用 5 轮放煤的方案。多轮顺序放煤工艺模拟结果如图 5 所示。可看出煤岩分界面整体缓慢下沉,直接顶的矸石没有机会提前窜入放煤口,因此顶煤采出率可实现最大化。

单轮顺序、单轮间隔和多轮(5 轮)顺序 3 种放

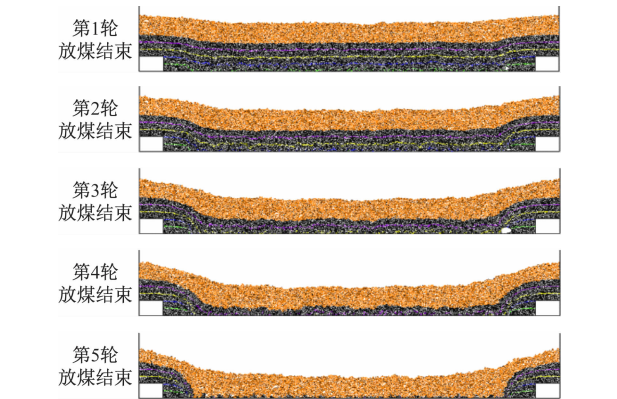


图5 多轮顺序放煤工艺下煤岩分界面演化

煤工艺的顶煤采出率分别为 77.89%, 80.2%, 85.85%。多轮放煤工艺的顶煤采出率比单轮放煤工艺高,具有明显的开采效率优势。但多轮放煤工艺如果采用人工放煤的方式,每班放煤工至少需要 4 人,由于人工差异大,放煤时间和放煤量难以精确控制,极易出现交叉影响和设备过载现象。

3 多轮顺序记忆放煤控制技术

为提高放煤效率、顶煤采出率,降低人力成本,提出了多轮顺序记忆放煤控制技术,流程如图 6 所示。

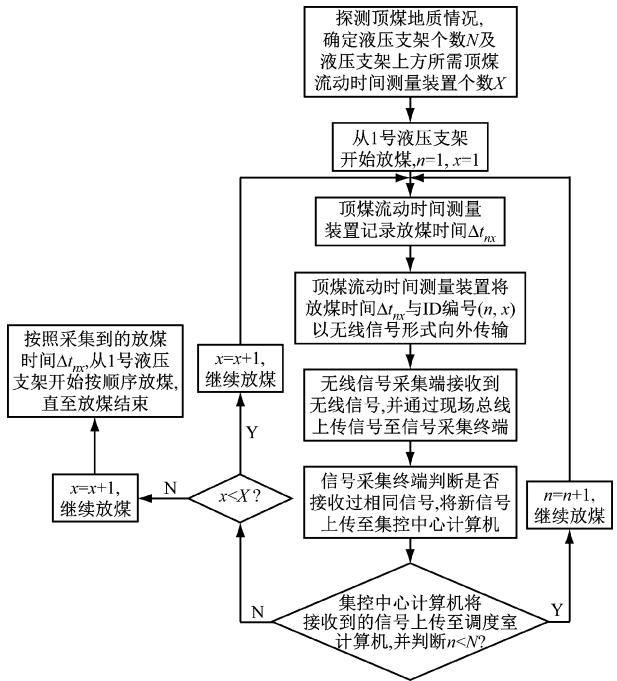


图6 多轮顺序记忆放煤控制技术流程

多轮顺序记忆放煤控制技术具体实施步骤如下。

(1) 基于地质信息沿工作面倾向在 N 个液压支架处分别由下至上依次设置 X 个顶煤流动时间测量装置,且第 X 个顶煤流动时间测量装置位于煤岩分界面;根据顶煤流动时间测量装置安放位置对其进行 ID 编号, ID 编号形式为“ n, x ”($n \in [1, N]$,

$x \in [1, X]$)。

(2) 放煤开始时,记 $n=1, x=1$ 。

(3) 打开第 n 个液压支架的放煤板,各顶煤流动时间测量装置随顶煤开始向下运动,当第 x 个顶煤流动时间测量装置掉落至刮板输送机上时,第 x 个顶煤流动时间测量装置测量得到放煤时间,记为第 n 个液压支架处第 x 个放煤时间 Δt_{nx} ,并向外发送无线信号;无线信号包括放煤时间 Δt_{nx} 和 ID 编号;无线信号经过采集器接收、采集终端处理、现场总线传输后到达井下集控中心,集控中心计算机根据 ID 编号记录放煤时间 Δt_{nx} ,关闭第 n 个液压支架的放煤板。

(4) 判断 n 是否小于 N ,若是,则令 $n=n+1$,返回步骤(2),如果 n 等于 N ,判断 x 是否小于 X 。如果 x 小于 X ,令 $x=x+1$,返回步骤(2);如果 x 等于 X ,令液压支架沿工作面推进方向推进,同编号液压支架处顶煤按采集到的对应 X 个放煤时间 Δt_{nx} 按顺序依次放煤。

若工作面推进方向煤层厚度出现较大变化,可在对应位置重新放置顶煤跟踪仪,按照新采集到的顶煤放出时间来调整放煤工艺。

多轮顺序记忆放煤控制技术通过确定多轮放煤工艺的具体参数(包括放煤轮数、每一轮的放煤口开启时间),不仅可实现远程无人干预自动化放煤,还能最大限度地提高顶煤采出率。

4 自动化放煤配套装备

在液压支架预留顶煤跟踪仪信号采集装置的安装位置,并在液压支架侧后方安装防爆摄像头,用于放煤口监控和煤矸图像识别。在液压支架放煤过程中,防爆摄像头将放出体情况传输到控制中心,通过软件分析,将放出体的矸石含量实时显示,从而达到自动监控的目的。

将顶煤跟踪仪实时显示软件和液压支架电液控系统连接起来,在放煤过程中,操作人员可在控制中心实时看到顶煤放出情况。

5 结语

与单轮放煤工艺相比,多轮放煤工艺可显著提高顶煤采出率,但多轮放煤工艺不适合采用人工操作方式,更适合通过自动化放煤来实现。综放工作面无人干预自动化放煤可通过采用多轮顺序记忆放煤控制技术和与之相适应的配套设备,调整液压支架放煤量和放煤速度,有效减少设备过载情况,不但有效提高煤炭采出率、增加产量,而且可减少大量人工成本。

参考文献：

[1] 王家臣,张锦旺,王兆会.放顶煤开采基础理论与应用[M].北京:科学出版社,2018.

[2] 王国法,赵国瑞,任怀伟.智慧煤矿与智能化开采关键核心技术分析[J].煤炭学报,2019,44(1):34-41.

[3] 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.

[4] 张锦旺.综放开采散体顶煤三维放出规律模拟研究[D].北京:中国矿业大学(北京),2017.

[5] 李良晖.放顶煤工作面煤矸混合度自动识别研究进展[J].煤炭工程,2017,49(10):30-34.

[6] 李化敏,王伸,李东印,等.煤矿采场智能岩层控制原理及方法[J].煤炭学报,2019,44(1):127-140.

[7] 王家臣,杨胜利,黄国君,等.综放开采顶煤运移跟踪仪研制与顶煤回收率测定[J].煤炭科学技术,2013,41(1):36-39.

[8] 康红普,王国法,姜鹏飞,等.煤矿千米深井围岩控制及智能开采技术构想[J].煤炭学报,2018,43(7):1789-1800.

[9] 王家臣,陈祎,张锦旺.基于BBR的特厚煤层综放开采放煤方式优化研究[J].煤炭工程,2016,48(2):1-4.

[10] 王家臣,张锦旺.综放开采顶煤放出规律的BBR研究[J].煤炭学报,2015,40(3):487-493.

[11] 潘卫东,李新源,员明涛,等.基于顶煤运移跟踪仪的自动化放煤技术原理及应用[J].煤炭学报,2020,45(增刊1):23-30.