

doi: 10.11799/ce201903020

# 坚硬顶板工作面高抽巷层位布置优化试验研究

杨 鹏

(中煤能源研究院有限责任公司, 陕西 西安 710054)

**摘要:** 针对山西正邦煤矿综放工作面上隅角瓦斯超限和采空区煤层自燃问题, 从瓦斯治理、自然发火和瓦斯流场等方面对该矿高抽巷层位合理位置进行分析论证, 确定高抽巷层位布置在  $K_2$  灰岩底板, 不仅可以减少灰岩对于瓦斯运移的阻止作用, 而且最大程度发挥了高抽巷抽采效果, 并且保证采空区内横三带的稳定性, 有效地防止了采空区自燃。高抽巷层位优化结果的可靠性得到现场实测数据的验证。

**关键词:** 坚硬顶板; 高抽巷; 层位布置; 上隅角; 瓦斯流场

**中图分类号:** TD712<sup>+</sup>.6 **文献标识码:** A **文章编号:** 1671-0959(2019)03-0087-05

## Optimal Study on Horizon Position of High Level Gas Drainage Gateway in Hard Roof Mining Face

YANG Peng

(China Coal Research Institute Co., Ltd., Xi'an 710054, China)

**Abstract:** To solve the problems of gas overrun at the upper corner in full mechanized mining face and spontaneous combustion in the goaf of Zhengbang Coal Mine, the horizon position of high level gas drainage gateway was analyzed from the views of gas controlling, spontaneous combustion and gas flow field. It was found that the best horizon position of high level gas drainage gateway was  $K_2$  limestone floor, which could not only reduce stopping effect of gas transportation by limestone, but also exert a better extraction effect of high level gas drainage gateway. Furthermore, this floor could ensure the stability of the three-horizontal zones in the goaf, and effectively prevent its spontaneous combustion. The optimized horizon position of high level gas drainage gateway was verified by measured data.

**Keywords:** hard roof; high level gas drainage gateway; horizon Position layout; upper corner; gas flow field

采用高抽巷抽采瓦斯是治理综放工作面采空区瓦斯涌出的可行措施和有效途径<sup>[1]</sup>。山西正邦煤矿15号煤综放工作面开采时, 原设计高抽巷层位选择仅借鉴邻近矿井经验, 未能结合现场科学全面地分析高抽巷层位布置, 不仅造成不必要的资源浪费, 而且瓦斯治理和采空区防灭火效果也不够理想, 基于此, 本文对正邦煤矿高抽巷层位进行优化分析, 并对优化方案进行效果考察。

### 1 工作面概况

正邦煤矿150102工作面开采煤层为15号煤层, 平均厚度约6m, 煤层倾角约为9°, 综放工作面走向长度933m, 工作面切眼长度100m, 采用走向长壁

综采放顶煤采煤法, 采放比为1:1.4, 顶板管理采用全部垮落法, 工作面采用“U”型通风, 配风量为1400m<sup>3</sup>/min。瓦斯等级鉴定结果为高瓦斯矿井, 15号煤层煤尘爆炸性鉴定结果为有煤尘爆炸危险性, 自燃倾向性鉴定结果为不易自燃煤层。

150102综放工作面老顶自下而上由 $K_2$ 、 $K_3$ 、 $K_4$ 三层灰岩组成, 三层灰岩位于15号煤层以上15m至50m以内, 井田内稳定赋存。煤层综合柱状图如图1所示。

### 2 高抽巷层位合理性分析

#### 2.1 原高抽巷层位设计

原高抽巷距工作面回风巷水平垂直投影距离

收稿日期: 2018-09-30

作者简介: 杨 鹏(1984—), 男, 陕西铜川人, 硕士, 助理研究员, 现在主要从事矿井瓦斯灾害防治理论与技术研究工作, E-mail: yp113@163.com。

引用格式: 杨 鹏. 坚硬顶板工作面高抽巷层位布置优化试验研究 [J]. 煤炭工程, 2019, 51(3): 87-91.

柱状	序号	厚度/m	岩性
[Diagram]	K <sub>2</sub>	6.76~7.12	石灰岩
		6.94	
[Diagram]	14	0.6~1.1	煤
		0.79	
[Diagram]	15	14.23~15.77	泥岩
		15.00	
[Diagram]	15	4.8~7.20	煤
		6.00	
[Diagram]	K <sub>1</sub>	4.30~7.60	泥岩
		5.30	
[Diagram]	K <sub>1</sub>	1.20~7.80	细粒砂岩
		3.00	

图1 煤层综合柱状图

50m, 距15号煤顶板距离53m, 与回风巷水平距离30m, 净宽2.5m、净高2.2m, 净断面5.5m<sup>2</sup>, 采用锚网支护, 其布置方式如图2所示。



图2 15号煤层回采工作面邻近层瓦斯抽放示意图

### 2.2 瓦斯来源分析

根据该矿一采区瓦斯涌出量预测报告, 150102综放工作面瓦斯涌出量为29.901m<sup>3</sup>/min, 其中本煤层瓦斯涌出量为18.747m<sup>3</sup>/min, 邻近层瓦斯涌出量为9.954m<sup>3</sup>/min, 工作面瓦斯涌出以本煤层瓦斯涌出为主, 邻近层瓦斯涌出为辅, 受K<sub>2</sub>、K<sub>3</sub>、K<sub>4</sub>三层灰岩的阻隔和邻近层煤层厚度及瓦斯排放率等因素影响, 邻近层瓦斯主要涌出来源为14号煤层。

15号煤层工作面采场布置如图3所示, 由图3分析可知, 当150102综放工作面回采时, 上隅角瓦斯来源有以下方面<sup>[2]</sup>: ①上邻近层14号煤层间距15号煤层约15m, 受15号煤层采动影响, 14号煤层松动并冒落到15号煤层工作面采空区涌出瓦斯, 其他上邻近层瓦斯在顶板卸压后涌入15号煤层采空区涌出瓦斯; ②15号煤层在采空区遗煤涌出瓦斯; ③15号煤层顶底板围岩涌出瓦斯; ④15号煤层工作面架顶未放顶煤卸压后从工作面向采空区的煤壁涌出瓦斯。以上来源瓦斯在工作面通风负压作用下进入工作面回风巷, 当通风风量不能稀释瓦斯达安全指标

时, 易造成回风瓦斯超限并致使上隅角瓦斯积聚, 给工作面安全生产带来重大隐患。因此, 合理有效的抽采采空区瓦斯才能保障工作面安全生产。

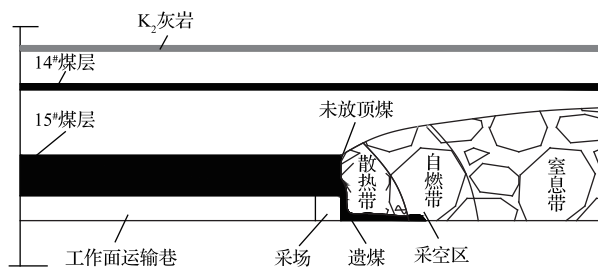


图3 15号煤层工作面采场布置示意图

### 2.3 采空区竖三带分析

根据国内瓦斯抽放经验, 高抽巷的层位适宜位置选择在裂隙带的中下部<sup>[1]</sup>。掌握采空区竖三带高度对于高抽巷层位的选择有指导作用。根据工作面顶板岩性、采高等因素, 参照经验公式计算冒落带和裂隙带的高度<sup>[3]</sup>。

冒落带理论高度H<sub>1</sub>采用式(1)计算:

$$H_1 = \frac{h}{(k-1)\cos\alpha} \quad (1)$$

式中, H<sub>1</sub>为冒落带高度, m; h为采高, m; k为冒落岩石的平均碎胀系数, 取1.25; α为煤层平均倾角, 取9°。

裂隙带高度理论高度H<sub>2</sub>采用式(2)计算:

$$H_2 = \frac{100h}{ah+b} \pm c \quad (2)$$

式中, H<sub>2</sub>为裂隙带高度, m; a、b、c为待定常数, 需根据煤矿设计规范确定, 见表1。

150102综放工作面煤层平均厚度6m, 工作面采高为2.5m, 煤层平均倾角为9°, 冒落岩石的平均碎胀系数为1.25, 上覆岩层为坚硬顶板, 将相关参数代入式(1)和式(2), 计算可知冒落带高度为10m, 裂隙带高度为41.1~58.9m。

表1 a、b、c待定常数取值表

岩性	a	b	c
坚硬岩石	1.2	2.0	8.9
中硬岩石	1.6	3.6	5.6
软弱岩石	3.1	5.0	4.0
极软弱岩石	5.0	8.0	3.0

原设计高抽巷布置在距15号煤顶板距离53m, 以K<sub>4</sub>灰岩为底板掘进巷道。根据计算结果, 原设计高抽巷布置在顶板裂隙层内, 满足国内瓦斯抽放经验要求层位。但在实际施工中, 由于高抽巷掘进需

穿过  $K_2$ 、 $K_3$ 、 $K_4$  三层灰岩, 合计厚度约 15m, 施工效率低且费用高。且灰岩对于气体的储存具有一定的封闭能力, 阻止了瓦斯的运移, 影响了设计高抽巷对于 15 号煤层采空区和邻近层 14 号煤层瓦斯的抽采<sup>[4]</sup>。

## 2.4 采空区自燃三带分析

15 号煤层的自燃倾向性鉴定结果为不易自燃煤层, 但上邻近层 14 号煤层距离 15 煤层约 15 m 左右, 平均厚度为 0.79 m, 属于 I 类易自燃煤层, 自然发火期为 1 个月, 最短仅为 7d。14 号煤层随 15 号煤层采动冒落到 15 号煤层采空区。

根据采空区内遗煤所受到的氧化升温作用时间, 采空区内不发生自然发火的必要安全条件为式 (3)<sup>[5]</sup>:

$$t_1 = \frac{L_m}{v_1} < t_1^* \quad (3)$$

式中,  $t_1$  为采空区的遗煤从自热开始所受的氧化时间, d;  $L_m$  为进风侧的自燃氧化带宽度, m;  $v_1$  为工作面推进速度, m/d;  $t_1^*$  为煤的最短自然发火期, d。

由式(3)可见, 防止采空区发火问题必须减小采空区自燃氧化带宽度, 或者加快工作面推进速度, 或者延长煤的最短自然发火期。否则, 工作面可能面临自燃的危险<sup>[6,7]</sup>。

150102 综放工作面保持开采强度不变的情况下, 防止采空区自燃应当尽量减少采空区漏风, 减小采空区自燃氧化带宽度<sup>[8]</sup>。

## 2.5 数值模型构建及分析

根据正邦煤矿 150102 综放工作面实际情况, 建立工作面采空区模型, 基础参数见表 2, 工作面采用“U”型通风, 配风 1400m<sup>3</sup>/min, 采空区模型倾角为 9°, 回风巷一侧偏高。高抽巷位于采空区上方, 面积为 5.5m<sup>2</sup>。采空区模型如图 4 所示。

表 2 150102 综放工作面采空区模型参数表

名称	参数
采空区	走向长度设为 250m, 倾向长度设为 100m, 高度设为 40m
进风巷	进风巷宽度设为 4.5m, 高度设为 4.5m, 长度设为 20m
回风巷	回风巷宽度设为 4.5m, 高度设为 4.5m, 长度设为 20m
工作面	工作面宽度设为 5 m, 高度设为 4.5 m, 切眼长度为 100m

对该矿工作面采空区模型进行数值模拟分析<sup>[9]</sup>, 高抽巷对采空区风流影响如图 5 所示, 原设计层位高抽巷对采空区自燃三带分布的影响如图 6 所示。

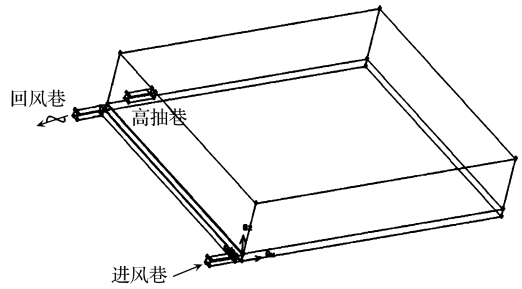


图 4 150102 综放工作面采空区模型图

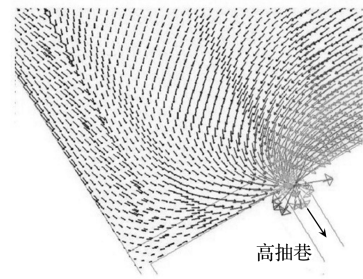


图 5 高抽巷对采空区风流影响模拟图

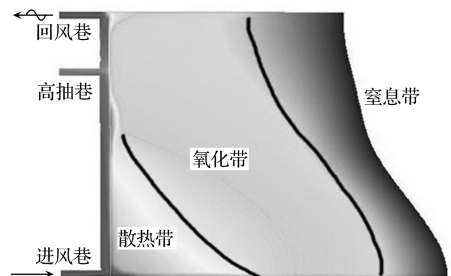


图 6 原设计采空区自燃三带分布图

## 2.6 高抽巷层位优化分析

由瓦斯涌出来源、采空区竖三带、采空区自然发火、瓦斯流场和风流状态综合考虑分析如下:

1) 根据瓦斯来源分析可知, 150102 综放工作面在本煤层预抽瓦斯的基础上, 工作面瓦斯来源于采面煤壁、落煤和采空区, 因此, 有效抽采采空区瓦斯是保障工作面安全生产的重中之重。

2) 150102 综放工作面高抽巷虽然布置在理论层位, 但是 14 号煤层之上有平均厚度为 6.94m 的  $K_2$  灰岩, 灰岩对于气体的储存具有一定的封闭能力, 阻止了瓦斯的运移, 影响了设计高抽巷对于 15 号煤层采空区和邻近层 14 号煤层瓦斯的抽采。

3) 由图 5 可知, 高抽巷抽放瓦斯时会对采空区风流形成“拉拽”作用, 工作面进风侧由于“拉拽”作用导致风速加快, “拉拽”作用导致工作面回风侧风流也流向高抽巷, 如果工作面上下隅角和采空区管理不严格, 必然导致新鲜空气涌入采空区。

由图6可知,由于高抽巷带入新鲜空气,导致采空区氧化带宽度明显加宽,并在采空区内呈现出向高抽巷一侧偏移。结合图7综合分析,在15号煤层工作面推进后,直接顶随之垮落,而质地坚硬的 $K_2$ 灰岩在15号煤层采空区内形成“悬臂”,滞后于工作面的推进。高抽巷对工作面风流的“拉拽”作用致使部分新鲜空气进入采空区。由于采空区 $K_2$ 灰岩“悬臂”的存在,使得新鲜空气在采空区内运移距离加长,高抽巷引导采空区内气体后移,加大了采空区内氧化带的宽度,容易引发采空区遗留14号煤层自燃<sup>[10]</sup>。

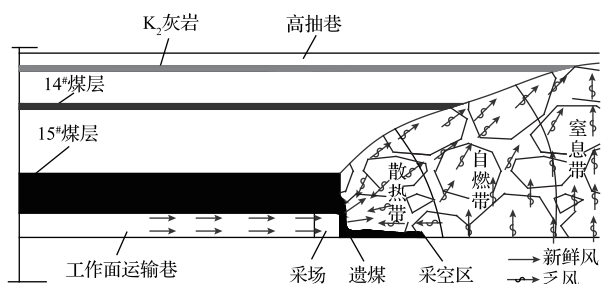


图7 原设计工作面瓦斯流场图

综上,150102综放工作面原设计高抽巷具有优化的条件和理由。

### 3 高抽巷层位优化方案

高抽巷的层位选择对于治理瓦斯效果非常重要,首先应考虑的因素是将高抽巷布置在邻近层瓦斯涌出密集期,一般来讲,高抽巷布置太低,处于冒落带范围内,在综放工作面推进后很快即能抽出瓦斯,但也很快被岩石冒落所破坏与采空区沟通,抽放瓦斯为低浓度采空区瓦斯;如果布置层位过高,工作面采过后,顶板卸压瓦斯大量涌向采场空间,高抽巷截流效果差,抽放不及时,即便能够抽出大量较高浓度的瓦斯,但对于工作面瓦斯涌出超限问题效果较差,不能保证工作面的安全<sup>[1]</sup>。因此,高抽巷的层位布置必须以解决工作面瓦斯涌出超限问题为首要目的,综合考虑邻近层层间距、工作面采高、工作面推进距离、岩石性质、地质构造及自然发火等多方面因素<sup>[11,12]</sup>。

综合考虑多方面影响因素,对150102高抽巷层位进行优化,高抽巷开口位置为150102回风巷正对的轨道上山右侧,开口后沿14号煤掘进约100m后,起坡掘进至 $K_2$ 石灰岩后,以 $K_2$ 石灰岩为巷道顶板掘进。巷道为矩形断面,巷道净宽2.5m,净高

2.3m,净断面 $5.75\text{m}^2$ 。巷道穿过14号煤层区域均喷洒阻化剂。高抽巷距回风巷水平距离为30m,距15号煤层顶板距离为15m。优化后工作面瓦斯流场示意图如图8所示,优化后采空区自燃三带分布图如图9所示。

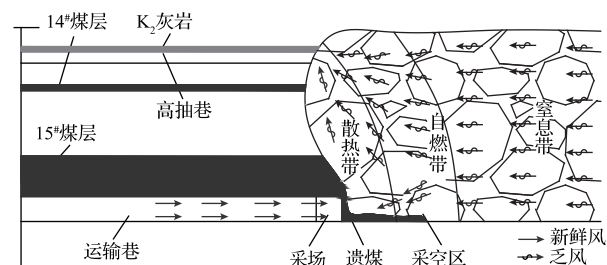


图8 优化后工作面瓦斯流场图

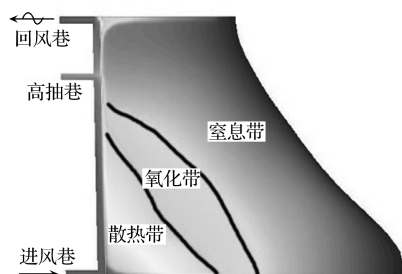


图9 优化后采空区自燃三带分布图

1) 从工作面瓦斯治理考虑,根据图8可知,将高抽巷层位落在 $K_2$ 灰岩以下,减少灰岩对于瓦斯的运移的阻止作用,在综放工作面推进后即能抽出瓦斯,最大程度发挥了高抽巷对于15号煤层采空区和14号煤层瓦斯的抽采,增加了150102综放工作面高抽巷的抽采效果,减轻了风排瓦斯的压力。

2) 从工作面防灭火考虑,根据图9可知,氧化带宽度较优化前大幅度降低,氧化带边界靠近工作面中部,是因为高抽巷布置在 $K_2$ 灰岩底板,在15号煤层工作面推进后,直接顶随之垮落,高抽巷的巷口在工作面的切顶线,高抽巷抽放瓦斯时不会将新鲜风流带入采空区,极大地降低了采空区供氧量,保证了采空区内自燃三带的稳定性,而且有效地防止了采空区自燃。

3) 从掘进成本和维护方便考虑,高抽巷避免穿过 $K_2$ 、 $K_3$ 、 $K_4$ 三层灰岩,减少了施工量;以 $K_2$ 灰岩为顶板便于巷道维护。

## 4 高抽巷层位优化效果分析

### 4.1 工作面瓦斯涌出量实测数据

150102综放工作面实际配风 $1400\text{m}^3/\text{min}$ ,根据

现场测定数据,工作面瓦斯涌出量在  $21.86 \sim 44.23 \text{ m}^3/\text{min}$  之间,高抽巷抽放量在  $15.5 \sim 37.95 \text{ m}^3/\text{min}$  之间,风排瓦斯量在  $3.17 \sim 4.67 \text{ m}^3/\text{min}$  之间,高抽巷抽采率  $70.91\% \sim 85.8\%$ 。回采工作面瓦斯涌出量变化曲线如图 10 所示。

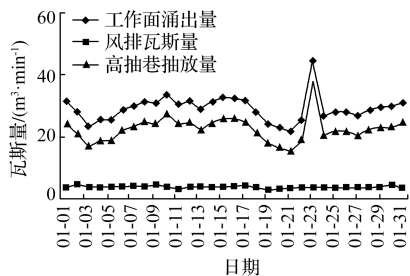


图 10 150102 综放工作面瓦斯涌出量变化曲线

#### 4.2 150102 综放工作面瓦斯治理效果

对 150102 综放工作面瓦斯浓度、上隅角瓦斯浓度和回风巷 3 处位置的瓦斯浓度数据进行现场实测,统计分析瓦斯治理效果。150102 综放工作面瓦斯浓度曲线如图 11 所示。

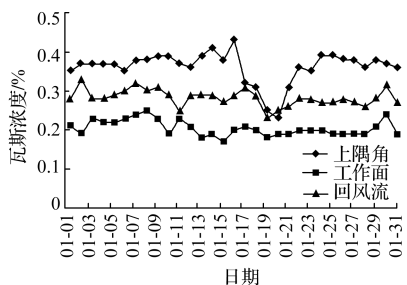


图 11 150102 回采工作面瓦斯浓度曲线

150102 综放工作面瓦斯浓度在  $0.17\% \sim 0.25\%$  之间,平均瓦斯浓度为  $0.20\%$ ;上隅角瓦斯浓度  $0.23\% \sim 0.43\%$  之间,平均瓦斯浓度为  $0.36\%$ ;回风巷瓦斯浓度在  $0.23\% \sim 0.33\%$  之间,平均瓦斯浓度为  $0.28\%$ 。

通过采用风排瓦斯、本煤层预抽瓦斯、高抽巷抽放瓦斯等综合瓦斯治理措施后,150102 综放工作面、上隅角和回风巷 3 处瓦斯浓度均满足安全要求,治理效果显著,自回采至今,工作面及上隅角未出现过瓦斯超限事故,工作面上隅角未检测出 CO 超限

## 5 结论

1) 150102 综放工作面上隅角瓦斯主要来源有以下方面:14 号煤层冒落到 15 号煤层工作面采空区涌出瓦斯,其他上邻近层瓦斯在顶板卸压后涌入 15

号煤层采空区涌出瓦斯,15 号煤层在采空区遗煤涌出瓦斯,15 号煤层顶底板围岩涌出瓦斯和 15 号煤层工作面架顶未放顶煤卸压后从工作面向采空区的煤壁涌出瓦斯。

2) 经过对多方面因素进行综合分析,对该矿高抽巷层位进行设计优化,将高抽巷布置在  $K_2$  石灰岩下层,距回风巷水平距离约  $30\text{m}$ ,距 15 号煤层垂直距离约  $15\text{m}$ 。优化后的高抽巷降低了工程量且便于巷道维护;减少了灰岩对于瓦斯运移的阻止作用,最大程度发挥了高抽巷对瓦斯抽采的作用;高抽巷巷道口靠近切顶线,保证了采空区内自燃三带的稳定性,有效的防止了采空区自燃。

3) 根据现场测定数据可知,采用风排瓦斯、本煤层预抽瓦斯、高抽巷抽放瓦斯等综合瓦斯治理措施后,150102 综放工作面、上隅角和回风巷三处瓦斯浓度均满足安全要求,治理效果显著,自回采至今,工作面及上隅角未出现过瓦斯超限事故,工作面上隅角未检测出 CO 超限。

## 参考文献:

- [1] 于不凡. 煤矿瓦斯灾害防治及利用技术手册 [M]. 北京: 煤炭工业出版社, 2005.
- [2] 崔宏磊, 王岩, 赵海波, 等. 下沟煤矿高瓦斯特厚煤层综放工作面瓦斯涌出分布规律 [J]. 煤矿安全, 2016, 47(8): 178-181.
- [3] 朱红青, 张民波, 申健, 等. 常村矿 2103 工作面顶板走向高抽巷合理层位的确定 [J]. 煤炭工程, 2013, 45(6): 66-68.
- [4] 王迁, 张科学, 杨建雄, 等. 顶板走向高抽巷合理位置研究 [J]. 煤炭技术, 2017, 36(3): 41-43.
- [5] 苗磊刚, 石必明, 秦如祥, 刘庄矿 13-1 煤高抽巷合理位置与抽采效果研究 [J]. 煤炭工程, 2017, 49(4): 7-9.
- [6] 陈淑山, 陈磊. 复杂裂隙层易自燃煤层综合防灭火技术应用 [J]. 煤炭技术, 2016, 35(10): 165-167.
- [7] 杨元勋, 张凌. 易自燃煤层工作面过断层期间自然发火防治技术 [J]. 煤矿安全, 2017, 48(7): 92-94.
- [8] 朱成涛, 袁树杰, 张龙, 等. 五沟煤矿 CT101 工作面采空区三带分布研究 [J]. 煤炭工程, 2014, 46(5): 90-92.
- [9] 丁厚成, 马超. 走向高抽巷抽放采空区瓦斯数值模拟与试验分析 [J]. 中国安全生产科学技术, 2012, 8(5): 5-10.
- [10] 刘伟. 综合防灭火技术在鹤煤六矿 2808 工作面的应用 [J]. 煤炭工程, 2017, 49(7): 81-83.
- [11] 刘奎, 王大强. 余吾煤业高抽巷合理层位优选与应用 [J]. 煤炭工程, 2017, 49(8): 50-52.
- [12] 顾合龙, 王文, 王利民. 综放开采上覆岩层移动对邻近层瓦斯运移的影响分析 [J]. 煤炭工程, 2016, 48(3): 61-63.

(责任编辑 张宝优)