

赵新. 采用“U+L”型通风方式的回采工作面瓦斯涌出规律研究[J]. 矿业安全与环保, 2018, 45(2): 93-96.  
文章编号: 1008-4495(2018)02-0093-04

# 采用“U+L”型通风方式的回采工作面瓦斯涌出规律研究

赵 新

(煤科集团沈阳研究院有限公司, 辽宁 沈阳 110016)

**摘要:**为治理煤矿回采工作面回风流及上隅角瓦斯超限问题,掌握回采工作面瓦斯涌出规律,以宣东二矿采用“U+L”型通风方式的33204回采工作面为研究对象,通过对该工作面布置测点,测定风量和瓦斯浓度,并对数据进行整理、数值模拟分析及回归处理,得出33204回采工作面沿工作面走向、倾向瓦斯涌出规律,以及煤壁、采空区瓦斯涌出系数,可为矿井通风管理、瓦斯抽采设计,以及瓦斯治理工作提供必要的理论依据与技术指导。

**关键词:**回采工作面;工作面走向;工作面倾向;瓦斯涌出规律;瓦斯浓度  
**中图分类号:**TD712      **文献标志码:**B

## Study on Gas Effusing Law of Working Face in the “U+L” Ventilation

ZHAO Xin

(CCTEG Shenyang Research Institute, Shenyang 110016, China)

**Abstract:** In order to solve the problem that gas in the upper corner and return air tunnel is over limit, master gas effusing law of working face, the 33204 working face in Xuandong Second Coal Mine where use “U+L” ventilation was selected as the research object. Through the layout of measuring points in the working face, detection of air volume and gas concentration, the gas effusing law of 33204 working face along trend and the inclination of gas emission, as well as the gas emission coefficient of coal wall and goaf was concluded by data processing, numerical simulation analysis and regression processing. It provided the necessary theoretical basis and technical guidance for mine ventilation management, gas drainage design and gas control.

**Keywords:** working face; working face tendency; working face trend; gas effusing law; gas density

近年来,随着现代综合机械化采煤技术的发展,开采强度大和开采速度快已成为我国煤矿生产的发展趋势。与此同时,回采工作面瓦斯涌出量也不断加大,造成回采工作面回风流及上隅角瓦斯浓度时常超限,因此需要掌握回采工作面瓦斯涌出规律,这对于指导矿井通风管理、瓦斯抽采设计,以及瓦斯治理工作都有着重要的理论意义和实用价值<sup>[1]</sup>。笔者以宣东二矿采用“U+L”型通风方式的33204回采工作面为研究对象,对该工作面瓦斯涌出规律进行研究。

### 1 瓦斯涌出规律研究现状

为了保证矿井的正常生产活动,我国投入了大量的人力、物力对瓦斯涌出规律进行研究。目前,我国已在煤层瓦斯含量测定、煤结构特征、孔隙分布、

比表面积、煤层瓦斯成分、矿井瓦斯涌出量预测、煤层气开发利用等方面,取得了长足的发展<sup>[2-3]</sup>。

瓦斯运移规律是研究瓦斯涌出的基础,研究瓦斯运移规律涉及到多个学科,一般包括:渗流力学、岩石力学、采矿及安全工程等,其中力学学科的渗流理论是研究的主要方向。国内外目前对于瓦斯运移主要提出了瓦斯渗流理论、瓦斯扩散理论、瓦斯渗流—扩散理论,其中瓦斯渗流理论包括线性渗流理论和非线性渗流理论2个方面,并且认为瓦斯渗流—扩散理论较为符合实际,得到一致认可<sup>[4-6]</sup>。

### 2 工作面概况

宣东二矿位于河北张家口市宣化县东南,距宣化城区约10 km,大部分地区隶属宣化县顾家营乡所辖,部分位于张家口市下花园区辛庄子乡。井田内含煤地层为侏罗系中下统下花园组。下花园组含可采及局部可采煤层5层,平均厚度10.8 m。Ⅲ3煤层位于上部,为主要可采煤层,Ⅴ2煤层属较稳定

收稿日期:2017-05-22;2018-01-09 修订

作者简介:赵 新(1982—),男,辽宁铁岭人,硕士研究生,助理研究员,从事矿井瓦斯灾害防治及科研工作。

型,也是主要可采煤层,其余IV1、IV2、IV3 为不稳定型,是局部可采煤层。

33204 回采工作面位于-230 m 水平二采区,其标高为-314 ~ -218 m,上部为-200 m 胶带运输大巷。工作面倾向长度为1 246 m、走向长度为119 m、面积148 274 m<sup>2</sup>,回采Ⅲ3 煤层,煤层较稳定,煤层厚度2.4 ~ 4.0 m,平均厚度3.2 m。工作面回采循环进度为0.5 m,即割一刀煤移架一次,然后推溜,采用“三八”制作业,早8点检修,4点、0点两班出煤,每个生产班进4刀;推进速度4 m/d,出煤3 000 t/d。采用全部垮落法管理顶板;开始使用“U”型通风,后来改为“U+L”型通风方式,即设置1条尾巷作为瓦斯专用排放巷道,将工作面回风侧尾部涌出的大量瓦斯在通风负压的作用下经过联络巷带走,使其进入瓦斯专用排放巷道。33204 回采工作面供风量为2 350 m<sup>3</sup>/min 左右。

### 3 工作面瓦斯涌出测定

2016年10月27日(检修)、11月1日(生产)、11月4日(生产),在33204回采工作面20#架(B点)、40#架(C点)和60#架(D点)处,以及进回风巷道共布置11个测点对风量和瓦斯浓度(体积分数)进行测定,考察各测点瓦斯浓度的变化来研究工作面瓦斯涌出规律。测点布置情况见图1,测定结果见表1。

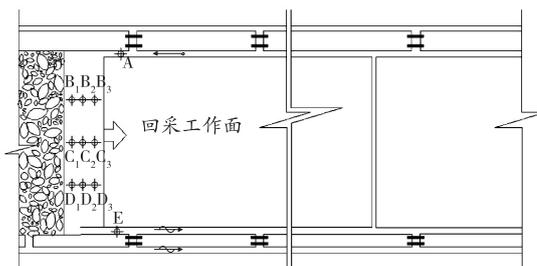


图1 回采工作面测点布置示意图

表1 工作面走向各测点瓦斯浓度及瓦斯涌出量测定数据

测点 编号	距进风巷 距离/m	10-27 测定数据			11-01 测定数据			11-04 测定数据		
		风量/ (m <sup>3</sup> · min <sup>-1</sup> )	瓦斯浓度/ %	瓦斯涌出量/ (m <sup>3</sup> · min <sup>-1</sup> )	风量/ (m <sup>3</sup> · min <sup>-1</sup> )	瓦斯浓度/ %	瓦斯涌出量/ (m <sup>3</sup> · min <sup>-1</sup> )	风量/ (m <sup>3</sup> · min <sup>-1</sup> )	瓦斯浓度/ %	瓦斯涌出量/ (m <sup>3</sup> · min <sup>-1</sup> )
A	0	2 340	0	0	2 395	0	0	2 373	0	0
B	29	2 030	0.06	1.22	1 886	0.14	2.64	1 887	0.12	2.26
C	58	1 415	0.14	1.98	1 522	0.26	3.96	1 612	0.30	4.84
D	87	1 714	0.35	6.00	1 846	0.45	8.31	1 744	0.50	8.72
E	119	1 058	0.68	7.19	1 393	0.62	8.64	1 463	0.65	9.51

为了更直观地体现测定情况,以进风巷为起点,各测点距进风巷的距离为横坐标,以各测点的瓦斯浓度和瓦斯涌出量为纵坐标,根据表1 绘制测点沿

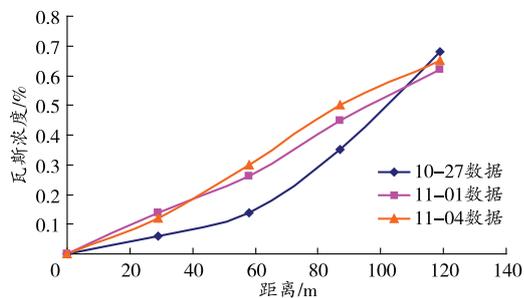


图2 测点沿工作面走向瓦斯浓度变化图

从图2、图3可以看出,33204回采工作面瓦斯浓度和瓦斯涌出量从进风侧到回风侧逐渐增大,且生产班瓦斯的涌出量比检修班瓦斯涌出量大,这是因为生产班煤壁为新暴露煤壁,瓦斯涌出强度较检修班高,且割落的煤块在工作面运输过程中也会涌出一部分瓦斯。

工作面走向距离增加时瓦斯浓度及瓦斯涌出量变化图,如图2、图3所示。

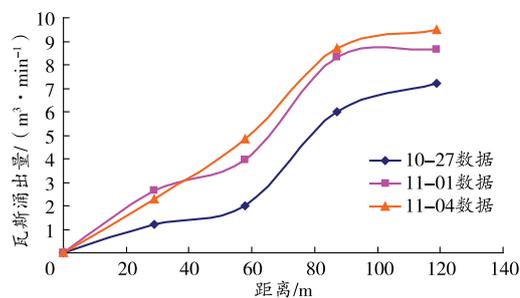


图3 测点沿工作面走向瓦斯涌出量变化图

### 4 回采工作面瓦斯涌出规律

#### 4.1 沿工作面走向瓦斯涌出规律

根据采场瓦斯运移规律,建立数学模型,该模型包括弥散和渗流两个子问题,对非均质气体,上述两个问题的方程必须联立求解<sup>[7-8]</sup>。某点瓦斯浓度的

变化要影响该点处气流的密度和黏度,又会引起流场状态的改变,也就是说,浓度变化对速度分布有反作用。一方面瞬时浓度分布依赖于瞬时速度分布,另一方面平均速度分布又依赖于浓度分布,其均为未知函数<sup>[9-10]</sup>。

按照以上数学模型和表1、图2、图3等数据条件,采用采空区渗流场瓦斯运移数值模拟软件进行数值模拟分析,可以得到33204回采工作面沿工作面走向瓦斯涌出规律图,如图4、图5所示。

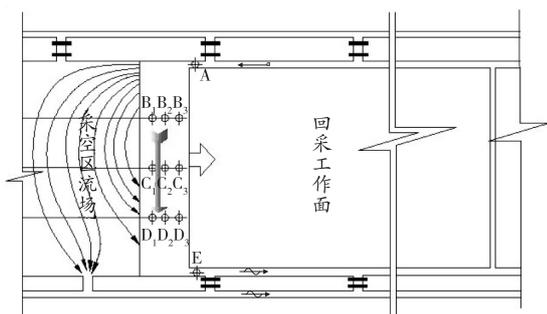


图4 “U+L”型通风方式采空区内漏风流向图

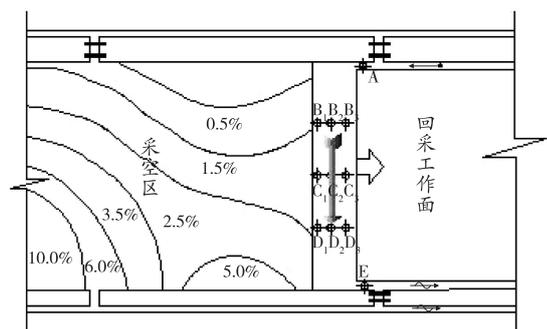


图5 回采工作面沿走向瓦斯浓度变化图

分析图4、图5可知,33204回采工作面沿工作面走向瓦斯涌出规律为:从进风侧到工作面中部(即测点A到测点C)瓦斯浓度与瓦斯涌出量平均增长幅度不大,但从工作面中部到工作面中后部(即测点C到测点D)平均增长幅度较快,而工作面中后部到工作面回风巷(即测点D到测点E)平均增长幅度有所减缓。与工作面采用单一“U”型通风时的瓦斯涌出规律不一致。一般来说,工作面采用单一“U”型通风时工作面中部到回风侧瓦斯涌出的幅度较大,且距工作面回风侧30m内的瓦斯涌出强度最大<sup>[11-12]</sup>。通过分析认为,这与33204回采工作面通风方式有关。

根据表1所测定的数据反映,在33204回采工作面涌出瓦斯构成中,采空区瓦斯涌出占较大比例。

当33204工作面回采Ⅲ3煤层时,在煤层群条件下,受开采层的采动影响,其下部的邻近煤层IV1、IV2、

IV3和V2煤层得到卸压,从而产生膨胀变形,煤层透气性大幅度提高,此时煤层与岩层之间形成孔隙和裂缝,不仅可以储存卸压瓦斯,也是瓦斯流动的良好通道,促使邻近层瓦斯向采空区大量涌入<sup>[13-15]</sup>,进而导致采空区瓦斯涌出量较大。

#### 4.2 沿工作面倾向瓦斯涌出规律

为了研究33204回采工作面沿工作面倾向瓦斯涌出规律,在B、C、D这3个测点沿工作面倾向距离煤壁3.8m(测点1)、2.7m(测点2)和1.0m(测点3)处布置3个测点,对瓦斯浓度和涌出量进行测定,测定数据见表2。

表2 工作面倾向各测点瓦斯浓度测定数据

日期	位置	各测点瓦斯浓度/%		
		测点1	测点2	测点3
10-27 (检修班)	B(20#架)	0.08	0.02	0.09
	C(40#架)	0.15	0.10	0.18
	D(60#架)	0.42	0.28	0.36
11-01 (生产班)	B(20#架)	0.11	0.10	0.21
	C(40#架)	0.24	0.21	0.33
	D(60#架)	0.59	0.41	0.35
11-04 (生产班)	B(20#架)	0.10	0.09	0.18
	C(40#架)	0.30	0.29	0.32
	D(60#架)	0.70	0.39	0.40
生产班 平均	B(20#架)	0.105	0.095	0.195
	C(40#架)	0.270	0.250	0.325
	D(60#架)	0.645	0.400	0.375

以工作面煤壁为起点,B、C、D3个测点沿工作面倾向布置位置到工作面煤壁的距离为横坐标,以各测点测定的瓦斯浓度为纵坐标,根据表2绘制测点沿工作面倾向瓦斯浓度变化图,如图6、图7和图8所示。

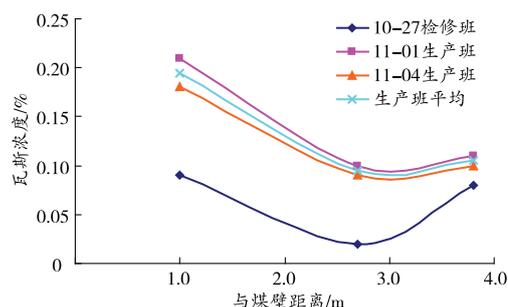


图6 B测点沿工作面倾向瓦斯浓度变化图

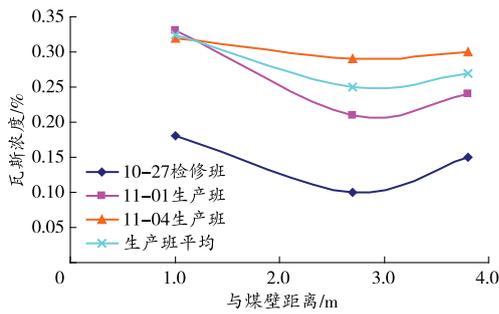


图7 C测点沿工作面倾向瓦斯浓度变化图

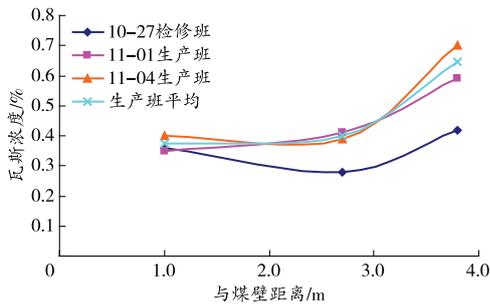


图8 D测点沿工作面倾向瓦斯浓度变化图

由图6~8可以看出,33204回采工作面沿工作面倾向瓦斯涌出规律为:检修班和生产班工作面倾向上的瓦斯浓度从工作面煤壁起慢慢下降,到中部时达到最低后逐渐上升,呈现出一个不对称的“V”型形状,不对称程度随测点在工作面走向位置的不同而发生变化,从进风侧起到工作面中部(20#架到40#架处),均为邻近工作面煤壁侧的瓦斯浓度高,但随着走向距离的增加,煤壁瓦斯涌出量相对下降;但从工作面中部到工作面回风侧(40#架和60#架处),邻近采空区侧的瓦斯浓度比煤壁处瓦斯浓度高。

### 4.3 煤壁、采空区瓦斯涌出系数

为了求出煤壁、采空区涌出瓦斯在工作面风流瓦斯中所占的比例,在正常生产期间的非生产班(即11月27日检修班),在工作面回风流下部(C、D两测点)由煤壁到采空区布置测点,多次测定风流中的瓦斯浓度(见表2),将数据回归处理后绘制出工作面回风侧倾向平均瓦斯浓度随距离变化图,如图9所示。

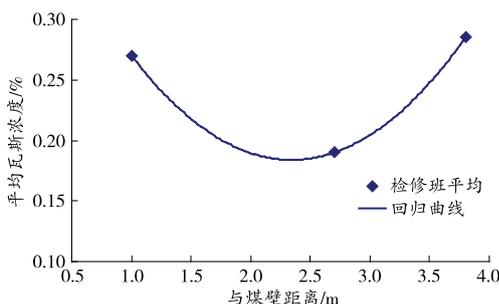


图9 工作面回风侧倾向平均瓦斯浓度随距离变化图

根据图9,结合工作面倾向长度做出沿工作面倾向瓦斯浓度变化图,如图10所示。

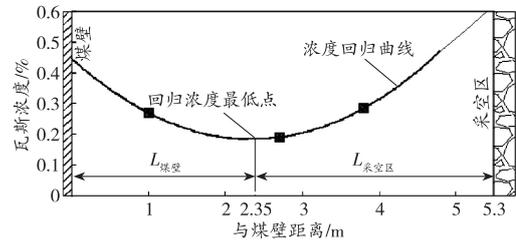


图10 工作面回风侧沿工作面倾向瓦斯浓度变化图

由图10中所示数据进行计算,得出煤壁瓦斯涌出系数  $k_{煤壁}$  为:

$$k_{煤壁} = \frac{L_{煤壁}}{L_{煤壁} + L_{采空区}} = \frac{2.35}{5.30} = 44.34\%$$

采空区瓦斯涌出系数  $k_{采空区}$  为:

$$k_{采空区} = \frac{L_{采空区}}{L_{煤壁} + L_{采空区}} = \frac{2.95}{5.30} = 55.67\%$$

回采工作面煤壁、采空区瓦斯涌出所占回采工作面瓦斯涌出的比例与煤层开采深度、生产接续布局 and 采掘强度等因素有关。根据以上计算结果,确定33204回采工作面瓦斯涌出中煤壁瓦斯涌出所占比例为44.34%,采空区瓦斯涌出所占比例为55.67%。

## 5 结语

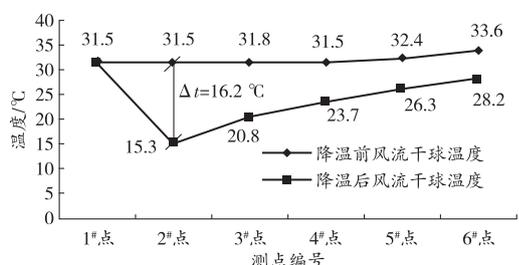
以宣东二矿采用“U+L”型通风方式的33204回采工作面为研究对象,通过对该工作面布置测点,测定风量和瓦斯浓度,并对数据进行整理、数值模拟分析及回归处理,得出33204回采工作面沿工作面走向、倾向瓦斯涌出规律,以及煤壁、采空区瓦斯涌出系数,可为矿井通风管理、瓦斯抽采设计,以及瓦斯治理工作提供必要的理论依据与技术指导。

## 参考文献:

- [1] 王志权. 高瓦斯综采工作面瓦斯涌出规律分析[J]. 煤矿安全, 2010(12): 89-91.
- [2] 李开学, 王琳, 王广宏. 综采工作面瓦斯涌出规律分析[J]. 矿业安全与环保, 2010(4): 48-50.
- [3] 原德胜, 陈跟马, 李子文, 等. 大佛寺煤矿40108综采工作面瓦斯涌出规律及影响因素分析[J]. 煤矿安全, 2014(5): 155-158.
- [4] 蒋仲安, 蒋江林, 王洪胜, 等. 矿井综放工作面采空区瓦斯运移规律实验研究[J]. 矿业安全与环保, 2015(3): 5-11.
- [5] 程涛, 杨胜强, 徐全, 等. 采场瓦斯运移规律模拟及其治理措施分析[J]. 煤炭科学技术, 2010(12): 61-65.

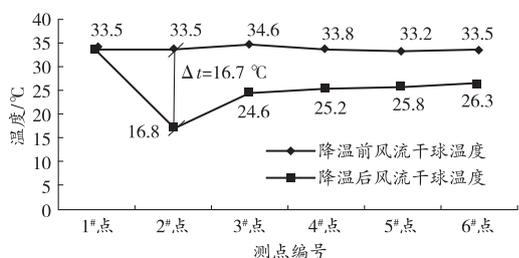
(下转第101页)

投入试运行,2台ZLS-3300/10000制冷装置交替运行,累计运行时间约2000h。在运行期间,连续在8月和9月对系统降温效果进行了现场考察。下面重点针对3303采煤工作面 and 3308胶带巷的降温效果进行分析,其降温效果分析图见图3和图4。



1#点—空冷器入风口;2#点—空冷器出风口;3#点—风筒出口;  
4#点—工作面进风口;5#点—工作面中段;6#点—工作面回风口。

图3 3303采煤工作面降温效果分析图



1#点—空冷器入风口;2#点—空冷器出风口;3#点—风筒出口;  
4#点—掘进面端头;5#点—距端头5m处;6#点—距端头10m处。

图4 3308胶带巷掘进工作面降温效果分析图

由图3和图4可以看出,3303采煤工作面进风流通过空冷器多级冷却后风流温度由31.5℃下降至15.3℃,降温幅度达到16.2℃。另外,风筒出口(3#点)、工作面进风口(4#点)、工作面中段(5#点)和工作面回风口(6#点)各测点降温幅度分别为11.0、7.8、6.1、5.4℃,均超过5℃,且各测点相对湿度均由95%以上降至80%以下。同理,3308胶带巷各测点的风流温度降幅均超过5℃,相对湿度均降至80%以下。

## 6 结语

1) 该制冷降温系统充分利用了阳城煤矿自有电厂冷却水系统和井筒中现有的排水管路,既能实现降温系统的排热功能,又能满足特殊时期矿井的排水要求,简化了系统工艺,降低了投资,对类似条件的高温矿井具有借鉴意义。

2) 概述了井下集中制冷降温系统的工艺设计的关键内容,总结了一套既简单又行之有效的冷负荷和管路系统水力计算方法,经验证,可应用于工程实际。

3) 通过对制冷降温系统运行效果的考察,单台ZLS-3300制冷装置最大制冷量可达到3600kW,达到设计的10%富余量指标,可满足阳城煤矿深部采区“一面三头”的降温需求。

4) 通过对采掘工作面降温前后的风流参数进行观测,降温后各主要测点的温湿度指标均优于预定指标,采掘工作面作业环境得到显著改善。

## 参考文献:

[1] 中国煤炭工业协会. 煤矿千米深井开采技术现状[Z]// 全国煤矿千米深井开采技术座谈会资料,2013.

[2] 矿井降温技术规范:MT/T 1136—2011[S].

[3] JER Z Y WOJCIECHOWS K I. Application of the GMC-1000 and GMC-2000 mine cooling units for central air-conditioning in underground mines[J]. Arch. Min. Sci., 2013,58(1):199-216.

[4] 煤矿井下热害防治设计规范:GB 50418—2007[S].

[5] 张习军. 我国矿井空调的现状与发展趋势[J]. 矿业安全与环保,2014,41(1):87-90.

[6] 杨德源,杨天鸿. 矿井热环境及其控制[M]. 北京:冶金工业出版社,2009.

[7] 尉迟斌. 实用制冷与空调工程手册[M]. 北京:机械工业出版社,2002.

(责任编辑:陈玉涛)

(上接第96页)

[6] 高宏杰. 魏家地煤矿瓦斯涌出规律及影响因素分析[J]. 煤炭工程,2016(10):58-60.

[7] 王志亮,陈学习. 采煤工作面煤壁瓦斯涌出强度实测方法及应用[J]. 矿业安全与环保,2016(2):45-49.

[8] 张学民,张晓波,张仲信,等. 阳泉矿区瓦斯涌出规律研究及其综合治理[J]. 煤炭科学技术,2014(9):123-125.

[9] 张明禄,梁雷,雷喜良. 回采工作面异常区瓦斯涌出规律及预测研究[J]. 中州煤炭,2014(6):51-53.

[10] 邱建,邱帅. 采煤工作面瓦斯涌出规律及其防治[J]. 山东煤炭科技,2012(2):173-175.

[11] 陈大力,秦永洋,赵俊峰,等. 综采工作面瓦斯涌出规律

及影响因素分析[J]. 煤矿安全,2003(12):7-10.

[12] 张华. 天池煤矿103综采工作面瓦斯涌出规律分析[J]. 煤矿安全,2014(10):130-132.

[13] 陈静,王继仁,贾宝山. 低透气性煤层瓦斯抽采技术与应用[J]. 煤炭技术,2009(3):70-73.

[14] 张建斌. 某煤矿综采面瓦斯涌出规律及防治措施研究[J]. 内蒙古煤炭经济,2015(10):130-132.

[15] 郝佳顺,周建伟. 余吾煤业S2107工作面瓦斯涌出规律研究[J]. 现代矿业,2016(9):236-237.

(责任编辑:陈玉涛)