

文章编号: 0253-9993(2007)04-0382-04

保护层开采工作面瓦斯涌出量预测

戴广龙¹, 汪有清¹, 张纯如², 李庆明², 邵广印²

(1. 安徽理工大学 资源开发与管理工程系, 安徽 淮南 232001; 2. 淮南矿业集团 谢桥煤矿, 安徽 淮南 232001)

摘要: 分析了分源法预测保护层工作面瓦斯涌出量理论和保护层开采时上覆煤岩层采动裂隙的分布, 然后应用分源法预测了谢桥矿 1242 (1) 保护层开采工作面瓦斯涌出量, 预测结果为 15.93 ~ 17.22 m³/min, 误差为 3.3% ~ 4.5%.

关键词: 保护层开采; 瓦斯涌出量; 预测; 瓦斯治理

中图分类号: TD712.5 **文献标识码:** A

Forecast of the gas effused from the face in protective seam

DAI Guang-long¹, WANG You-qing¹, ZHANG Chun-ru², LI Qing-ming², SHAO Guang-yin²

(1. Department of Resources Exploration and Management Engineering, Anhui University of Science and Technology, Huainan 232001, China; 2. Xieqiao Mine, Huainan Mining (Group) Co. Ltd., Huainan 232001, China)

Abstract: The theory of forecasting gas seepage from different sources at protective face was analyzed and the rule of cranny distribution on the top of cover was given. Then the forecasted gas flow from the protective face 1242 (1) of Xieqiao Mine is between 15.93 and 17.22 m³/min, and the error is 3.3% ~ 4.5%.

Key words: extract protective seam; gas emission flow; forecast; gas control

随着煤矿开采深度的增加, 开采规模不断扩大, 煤矿安全生产问题变得越来越突出, 成为制约矿井高产高效的主要因素, 尤其是在开采低透气性高瓦斯有突出危险的煤层过程中, 煤与瓦斯突出是严重威胁煤矿安全生产的自然灾害之一. 目前, 公认为开采不具高瓦斯和突出危险性的保护层是有效减少或消除被保护层煤与瓦斯突出危险性的有效措施. 开采保护层的目的是对被保护层卸压, 释放被保护层的弹性潜能, 增大煤层的透气性, 有利于煤层气的运移和解吸, 降低被保护层的瓦斯含量及内能. 在《煤矿安全规程》中也明确规定: “在开采具有煤与瓦斯突出煤层群时, 必须首先开采保护层”. 由于保护层的开采, 造成邻近层煤层卸压, 致使裂隙范围内的卸压瓦斯涌入开采工作面, 为了确保回采工作面的安全生产, 所以对保护层的开采工作面瓦斯来源分析以及瓦斯涌出量的预测变得尤为重要.

1 分源法预测保护层开采工作面瓦斯涌出量理论

分源法预测矿井瓦斯涌出量亦称瓦斯含量法预测矿井瓦斯涌出量. 该预测法的实质是按照矿井生产过程中瓦斯涌出源的多少、各个瓦斯源涌出瓦斯量的大小, 来预计该矿井各个时期 (如投产期、达标期、萎缩期等) 的瓦斯涌出量. 各个瓦斯源涌出瓦斯量的大小是以煤层瓦斯含量、瓦斯涌出规律及煤层开采技术条件为基础进行计算确定的. 根据煤炭科学研究总院抚顺分院的研究, 矿井瓦斯涌出的源、汇关系如图 1 所示.

收稿日期: 2006-06-26 责任编辑: 毕永华

基金项目: 安徽省高校科技创新团队计划资助项目 (矿业安全技术 2006KJ005Td); 安徽省自然科学基金资助项目 (070414171)

作者简介: 戴广龙 (1962-), 男, 安徽霍邱人, 教授. E-mail: gldai@ aust. edu. cn

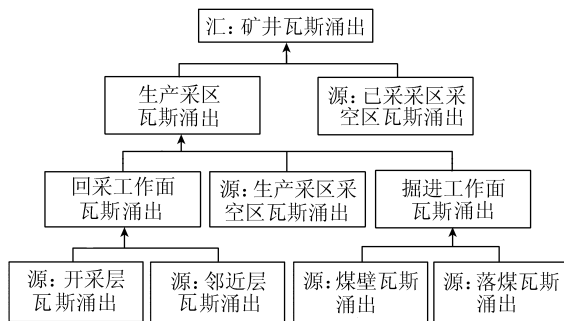


图1 矿井瓦斯涌出源、汇关系

Fig. 1 The relationship between source and collection of mine gas

瓦斯涌出的影响系数,采用长壁后退式回采时,按 $K_3 = (L - 2h) / L$ 确定,其中, L 为回采工作面长度, m ; h 为巷道预排瓦斯带宽度, m ; X 为煤层原始瓦斯含量, m^3/t ; X_c 为煤的残余瓦斯含量, m^3/t ,按实验室测定取值,若无实验数据,则按表1取值。

表1 纯煤的残余瓦斯含量

Table 1 The remains gas of pure coal

煤的挥发分含量 $V_{daf}/\%$	6 ~ 8	8 ~ 12	12 ~ 18	18 ~ 26	26 ~ 35	35 ~ 42	42 ~ 50
纯煤残余瓦斯含量 $X'_c/m^3 \cdot t^{-1}$	9 ~ 6	6 ~ 4	3 ~ 2	2	2	2	2

在实际计算时取

$$X_c = (100 - A - M)X'_c/100, \quad (2)$$

式中, A 为煤的灰分,%; M 为煤的水分,%。

1.2 邻近层瓦斯涌出量 q_2

$$q_2 = \sum_{i=1}^n \frac{m_i}{m_0} k_i (x_i - x_{ic}),$$

式中, m_i 为第 i 个邻近层的煤厚, m ; m_0 为开采煤层的回采厚度, m ; k_i 为第 i 个邻近层受采动影响的瓦斯排放率,取值与开采层的距离关系如图2所示; x_i 为第 i 个邻近层的瓦斯含量, m^3/t ,一般取与开采层相同值; x_{ic} 为邻近层的残余瓦斯含量, m^3/t ,一般取与开采层相同值。

2 保护层开采时上覆煤岩层采动裂隙的分布

开采保护层后,在地层中形成一定的采空空间,周围的岩层和煤层便向已形成的采空空间移动和变形,从而引起地层应力重新分布,并在采空区上方形成自然垮落拱,使压力传递给采空区以外的岩层,由于受采动影响,煤层、岩层局部卸压,产生膨胀变形,原有的天然裂隙(构造的、内生的)和大孔隙张开,并形成了新裂隙(外生的),由此增加了煤、岩体的渗透能力和透气性,提高了瓦斯解吸能力与排放能力^[1]。

在“三带”分布高度上,根据文献[2]的研究计算公式

垮落带高度

$$H_k = 100d/(2.1d + 16) \pm 1.25. \quad (3)$$

断裂带高度

1.1 开采煤层(包括围岩)瓦斯涌出量 q_1

$$q_1 = K_1 K_2 K_3 \frac{m}{m_0} (X - X_c), \quad (1)$$

式中, K_1 为围岩瓦斯涌出系数,与围岩岩性、围岩瓦斯含量及顶板管理方法有关,一般按顶板管理方法取值,全部陷落法管理顶板时, $K_1 = 1.20$,局部充填法时, $K_1 = 1.15$,全部充填法时, $K_1 = 1.10$; K_2 为工作面丢煤瓦斯涌出系数, $K_2 = 1/\eta$,其中, η 为工作面采出率; m 为煤层回采厚度, m ; m_0 为开采煤层厚度, m ; K_3 为采区内准备巷道预排瓦斯对开采层煤体瓦

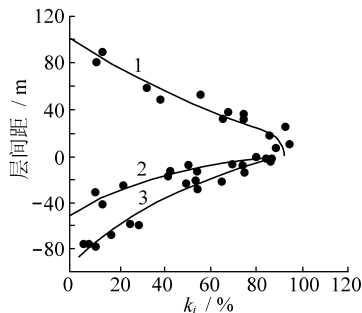


图2 邻近层瓦斯排放率与层间距的关系

Fig. 2 The relationship between gas emission rate of close seams and the distance of the seams

1——上邻近层; 2——缓倾斜下邻近层;
3——倾斜、急倾斜下邻近层

$$H_b = 100d / (1.2d + 2.0) \pm 2, \quad (4)$$

式中, d 为煤层回采厚度, m.

3 现场应用

3.1 保护层工作面概况

谢桥矿保护层工作面为西一煤下山采区西翼的 1242 (1) 工作面, 工作面回风巷煤层底板标高为 $-578.7 \sim -606.5$ m, 运输巷底板标高为 $-641.6 \sim -670.4$ m, 西至 F_5 边界断层, 东至 F_6 断层, 为该矿 11-2 煤层首采工作面. 该工作面走向长 3 000 m, 倾斜长 240 m, 平均煤厚 2.81 m, 平均煤层倾角 14° , 其煤的灰分为 30.11%, 水分为 2.15%. 1242 (1) 工作面煤层老顶为浅灰色粉细砂岩, 厚度为 8.08 m, 直接顶为浅灰—灰白色砂质泥岩, 厚度为 3.42 m, 直接底为灰色砂质泥岩, 厚度为 10.32 m. 该工作面为谢桥矿首个保护层开采工作面, 对应的被保护工作面为 1232 (3) 工作面.

13-1 煤厚为 1.93 ~ 8.28 m, 平均煤厚 5.2 m. 11-2 煤层位于 13-1 煤层下方, 平均间距为 70 m 左右, 煤岩赋存如图 3 所示.

11-2 煤层平均厚度为 2.81 m, 带入公式 (3), (4) 计算跨落带高度 $H_k = 11.6 \sim 14.1$ m, 断裂带高度 $H_b = 50.3 \sim 54.3$ m. 由于 13-1 煤层与 11-2 煤层平均垂距为 70 m, 最小为 66 m, 所以, 在理论上 13-1 煤层的卸压瓦斯基本上不会下串到开采工作面, 通过综合柱状图的比较, 所以 1242 (1) 工作面瓦斯主要来源于本煤层 11-2 煤层、下邻近层 11-1 煤层和上邻近层 11-3 煤层.

3.2 1242 (1) 工作面瓦斯涌出量预测

根据谢桥矿提供的现有瓦斯含量资料, 11-2 煤层原始瓦斯含量为 $3.77 \sim 4.40$ m³/t, 其邻近层 11-1, 11-3 煤层为不稳定、不可采煤层, 因煤质较 11-2 煤层差, 取 11-1, 11-3 煤层原始瓦斯含量为 3 m³/t; 11-2 煤层厚度取 2.81 m.

(1) 本煤层瓦斯涌出量 q_1 根据现场实际取巷道瓦斯排放宽度 $h = 13$ m, 综合式 (1), (2) 得

$$q_1 = 1.2 \times 1.053 \times 0.89 \times 2.81 / 2.81 \times [(3.77 \sim 4.40) - 1.2] = 2.89 \sim 3.15 \text{ m}^3/\text{t}.$$

(2) 邻近层瓦斯涌出量 q_2 从表 2 中计算得: $q_2 = 0.184 + 0.122 = 0.306$ m³/t. 所以 1242 (1) 工作面预测瓦斯涌出量 $q = q_1 + q_2 = 0.306 + (2.89 \sim 3.15) = 3.196 \sim 3.456$ m³/t, 按工作面设计日产 7 176 t 计算, 则绝对瓦斯涌出量为 $15.93 \sim 17.22$ m³/min.

表 2 保护层开采邻近层瓦斯涌出量计算结果

Table 2 The calculation results of gas emission from close seam

煤层编号	厚度/m	距开采层间距/m	$k_i/\%$	$x_i/\text{m}^3 \cdot \text{t}^{-1}$	$x_{ic}/\text{m}^3 \cdot \text{t}^{-1}$	瓦斯涌出量/ $\text{m}^3 \cdot \text{t}^{-1}$
11-1	0.32	3.9	90	3.00	1.20	0.18
11-2	2.81	开采层		3.77 ~ 4.00	1.20	0
11-3	0.20	8.7	95	3.00	1.20	0.12

注: $q_{11-1} = 0.32 / 2.81 \times 0.9 \times (3 - 1.2) = 0.184$; $q_{11-3} = 0.2 / 2.81 \times 0.95 \times (3 - 1.2) = 0.122$.

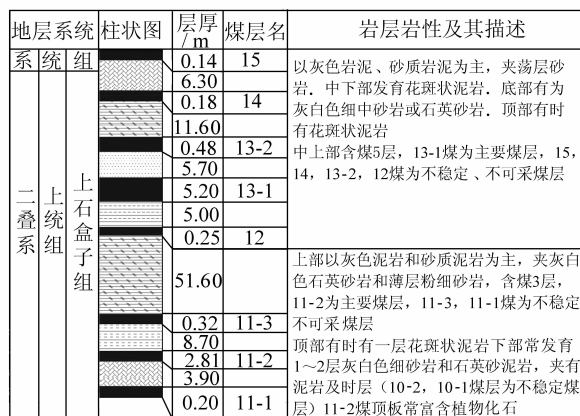


图 3 煤系地层局部综合柱状图

Fig. 3 Histogram of local coal series

3.3 工作面实际瓦斯涌出量

1242 (1) 工作面于2004-11-14开始回采,后退式开采,日进度8 m. 工作面回采14 d的实际瓦斯涌出量见表3.

表3 1242 (1) 工作面实际瓦斯涌出量

Table 3 Actual gas emission flow at work face 1242 (1)

时间	回风流瓦斯 浓度/%	风排瓦斯量 / $\text{m}^3 \cdot \text{min}^{-1}$	工作面距切 眼距离/m	瓦斯涌出总量 / $\text{m}^3 \cdot \text{min}^{-1}$	时间	回风流瓦斯 浓度/%	风排瓦斯量 / $\text{m}^3 \cdot \text{min}^{-1}$	工作面距切 眼距离/m	瓦斯涌出总量 / $\text{m}^3 \cdot \text{min}^{-1}$
14日	0.54	10.96	0	10.96	21日	0.52	10.55	27.60	11.07
15日	0.58	11.77	8.80	11.77	22日	0.52	10.55	31.55	11.41
16日	0.68	13.80	10.80	13.80	23日	0.46	9.33	34.50	10.16
17日	0.82	16.64	14.20	16.68	24日	0.46	9.33	36.70	10.20
18日	0.62	12.58	16.80	13.03	25日	0.38	7.97	39.30	8.67
19日	0.52	10.55	21.50	10.96	26日	0.40	8.39	42.50	9.12
20日	0.48	9.74	24.50	10.39	27日	0.42	8.81	49.35	9.82

瓦斯涌出总量、风排瓦斯量随工作面推进度的关系如图4所示. 从图4可以看出,随着工作面的推进,瓦斯涌出量逐渐增大,根据实测资料工作面初次来压步距为25.2 m,周期来压步距为12.1~18.0 m,所以在工作面推进50 m左右时,后方采空区应该充分垮落. 从表3可以看出,在工作面推进到14.2 m时,绝对瓦斯涌出量达到最大,为 $16.68 \text{ m}^3/\text{min}$,而预计绝对瓦斯涌出量为 $15.93 \sim 17.22 \text{ m}^3/\text{min}$,误差为3.3%~4.5%.

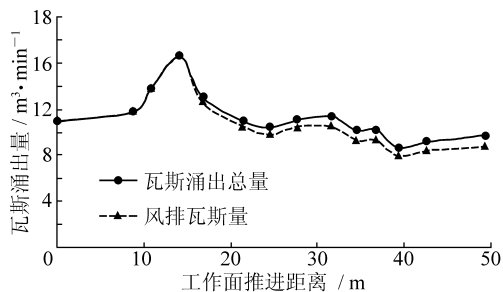


图4 瓦斯涌出量、风排瓦斯量随工作面推进距离的关系

Fig. 4 The relationship between the situation of work face and emission gas and gas of up laneway

4 结 论

(1) 保护层开采后,致使被保护层发生了整体移动,破坏了原岩应力的平衡,地应力重新分布,岩体向采空区方向移动,被保护范围内煤层发生卸压、膨胀,产生“O-X”型破坏,造成裂隙范围内邻近煤层瓦斯涌入开采工作面,使处于断裂带以上被保护范围内煤层产生大量的层内破断裂缝和层间裂隙,增大了处于断裂带以上被保护范围内煤层的透气性. 所以保护层开采工作面的瓦斯主要来源于裂隙范围内的邻近煤(岩)层瓦斯及本煤层瓦斯.

(2) 采用分源法预测了现场保护层开采工作面绝对瓦斯涌出量为 $15.93 \sim 17.22 \text{ m}^3/\text{min}$,而实际工作面瓦斯涌出量为 $16.68 \text{ m}^3/\text{min}$,误差为3.3%~4.5%,满足现场要求,为回采前期的瓦斯治理工作提供了可靠依据.

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, 2000.
- [2] 涂 敏. 潘谢矿区采动岩体裂隙发育高度的研究 [J]. 煤炭学报, 2004, 29 (6): 641~645.