

兴安煤矿矿井瓦斯涌出量预测研究

Study on Prediction of Mine Gas Emission Rate of Xing'an Coal Mine

郭琦(山西中煤平朔北岭煤业有限公司,山西朔州 036000)

摘要:本文以山西榆次北山兴安煤矿为工程实例,通过分源预测模型对该矿井的回采工作面、掘进工作面、生产采区以及矿井瓦斯涌出量进行预测。通过理论计算及预测结果分析表明:15_下号煤层回采时,回采工作面瓦斯涌出量组分中,以开近层为主、邻近层为辅。第一时期、第二时期、第三时期开采时和第四时期开采时,开采层瓦斯涌出量平均占比93.77%,邻近层瓦斯涌出量平均占比6.23%。采区瓦斯涌出量组分中,第一至四时期开采时,采区瓦回采面、掘进面以及采空区斯涌出量平均占比分布为56.88%、19.99%和23.13%;矿井瓦斯涌出量组分中,第一至四时期开采时,生产采区瓦斯涌出量占比83.38%,已采采区瓦斯涌出量占比16.62%。预测结果可为兴安煤矿瓦斯抽采技术的应用与工程实践提供理论指导。

关键词:分源预测模型;瓦斯涌出量;工程指导

中图分类号:TD724 **文献标志码:**A **文章编号:**1672-609X(2022)06-0045-05

Abstract:This paper takes Xing'an Coal Mine in Yuci, Shanxi Province as an engineering case, predicting the stoping working face, advancing working face, production mining area and the mine gas emission rate in the mine by different-source prediction model. The theoretical calculation and prediction results show that: during the stoping of No. 15_{lower} coal seam, the gas gushing quantity of gas emission from the stoping working face are mainly composed of extracting seam and then the adjacent seam. The compositions of the is mainly composed of open layer and then the adjacent layer. During the mining period of phases 1, 2, 3 and 4, the average gas emission from extracting seam accounted for 93.77%, and the from the adjacent seam accounted for 6.23%. For the gas emission compositions of stoping area, during the mining from phase 1 to phase 4, the average gas emission of stoping face, advancing face and mined-out area accounted for 56.88%, 19.99% and 23.13% respectively; and for the gas emission compositions of mine, during the mining from phase 1 to phase 4, the average gas emission of production mining area accounted for 83.38%, and of the mined area accounted for 16.62%. The prediction results can provide theoretical guidance for the application and engineering practice of gas extraction technology in Xing'an Coal Mine.

Key words:different-source prediction model; gas emission; engineering guidance

1 前言

瓦斯是影响矿井安全生产的重要因素之一^[1-2]。煤矿瓦斯涌出量的准确预测是工作面通风优化设计、瓦斯抽采设计等重要参考因素^[3],瓦斯涌出量不仅决定了工作面通风方式、开采方法及瓦斯抽采方法,而且与矿井的安全生产和经济效益密切相关,通过瓦斯抽采技术实现瓦斯的高效治理^[4-7]。瓦斯涌出具有多变性、不均衡性等特性。准确分析工作面瓦斯涌出来源和涌出量,才能在生

产过程中采取行之有效的防治瓦斯治理瓦斯^[8]。目前常用的瓦斯涌出来源分析方法主要有分源预测法^[9-10]、矿山统计法。本文以山西榆次北山兴安煤矿为背景,预测矿井回采工作面和掘进工作面的瓦斯涌出量^[11-12]。

2 工程概况及基础参数

2.1 工程概况

山西榆次北山兴安煤业有限公司矿井位于晋中市榆次区乌金山镇平地泉村。矿井生产能力60万t/a,主要可采煤层为13、15、15_下号。煤层平均厚度分别为0.86m、4.31m、1.56m,平均层间距分为24.63m、5.65m。13煤层在井田西南局部可采,其他煤层全区可采。煤质硬度一般为2~3,有一定的韧性,贝壳状、参差状断口,视密度一般为1.40~1.57t/m³。以亮煤为主,丝炭少量,宏观煤

[作者简介] 郭琦(1985-),男,工程师,从事矿井火灾防治和瓦斯管理工作。

[基金项目] 中煤平朔集团技术创新项目(KJXZ20220024)

[引用格式] 郭琦.兴安煤矿矿井瓦斯涌出量预测研究[J].中国矿山工程,2022,51(6):45-49+54.

岩类型多为半亮型、光亮型、半暗型、暗淡型较少。煤层主要为条带状、线理状结构,层状构造为主,块状构造次之。煤种特点为特低灰~中灰、特低硫~中高硫、特高热值贫煤。15号煤和15下号煤尘均具有爆炸危险性,自燃倾向性等级均为Ⅲ级,属于不易自燃煤层。矿井采用立井开拓的方式,中央分列式通风,机械抽出式的通风方法,回采工作面采用U+L全风压通风,掘进工作面采用局部通风机压入式通风。

2.2 煤层瓦斯参数

煤矿矿井煤层瓦斯的赋存情况直接决定了通风方式。新建矿井在规划未来发展都需进行瓦斯含量进行预测,为抽采提供理论指导。生产矿井一般采用井下钻屑解吸法测定煤层瓦斯含量。

1) 井下瓦斯解吸量测定

$$V_z = f \sqrt{t_0 + t} \quad (1)$$

式中: V_z ——所测样品自采样暴露起至解吸测定 t 时的瓦斯总解吸体积, mL;
 f ——比例常数, mL/min^{1/2};
 t_0 ——所测样品解吸测定前的暴露于外界的时间, min;
 t ——煤样解吸测定的时间, min。

解吸瓦斯量按下式换算成标准条件下体积为

$$V_0 = \frac{273.2}{1.01325 \times 10^5 (273.2 + t)} (p_a - p_s) V \quad (2)$$

式中: V_0 ——解吸瓦斯体积, mL;
 V ——量管内解吸瓦斯体积, mL;
 p_a ——大气压力, Pa;
 t ——气温, °C;
 p_s ——饱和水蒸气压力, Pa。

2) 瓦斯损失量的计算

解吸测定出的瓦斯解吸量 V 仅为煤样总解吸量的一部分,仅是 t_0 到 t 那部分解吸量,解吸测定前煤样在暴露时间 t_0 时已损失的瓦斯量 $V_2 = k \sqrt{t_0}$, 因此:

$$V = k \sqrt{t_0 + t} - V_2 \quad (3)$$

3 矿井瓦斯涌出量预测

矿井瓦斯涌出量主要受采煤煤层与其周围岩的瓦斯含量、矿井开采规模以及开采顺序与开采方法等多重因素制约下。本文通过采用分源预测法预测兴安煤矿矿井瓦斯涌出量。其示意图如图

1 所示。

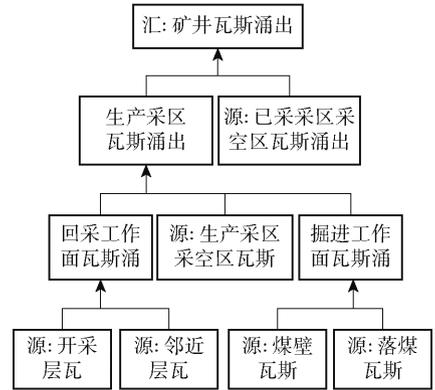


图1 矿井瓦斯涌出源汇关系示意图

3.1 15_下煤层工作面瓦斯涌出量预测

矿井设计生产能力为0.60 Mt/a,在进行15_下号煤层瓦斯涌出量预测时,根据煤层采区划分情况,划分为4个时期进行预测,分别是开采一采区期间、开采二采区期间、开采三采区期间、开采四采区期间四个时期,瓦斯涌出预测结果见表1。回采工作面瓦斯涌出量包含开采层瓦斯涌出和邻近层瓦斯涌出量组成,具体为

$$q_{采} = q_1 + q_2 \quad (4)$$

式中: $q_{采}$ ——回采面相对瓦斯涌出量, m³/t;
 q_1 ——开采面相对瓦斯涌出量, m³/t;
 q_2 ——邻近层相对瓦斯涌出量, m³/t。

1) 开采煤层瓦斯涌出量^[13]

$$q_1 = K_1 K_2 K_3 (W_0 - W_c) \quad (5)$$

式中: q_1 ——相对瓦斯涌出量, m³/t;
 K_1 ——围岩瓦斯涌出系数, $K_1 = 1.3$;
 K_2 ——丢煤瓦斯涌出系数,回采率的倒数,取 $K_2 = 1.05$;
 K_3 ——准备巷道瓦斯涌出影响系数,根据矿井设计基础资料可知采用长壁后退式 $K_3 = (L - 2h)/L$, L ——工作面长, 130 m;
 h ——巷道瓦斯等值宽度,其取值查表2并根据地质资料可知:15_下号煤层为瘦煤,巷道暴露时间平均160 d,取14.2 m, $K_3 = (150 - 2 \times 14.2)/150 = 0.81$;
 W_0 ——煤层瓦斯含量, m³/t,第一时期取值5.45 m³/t,第二时期取值4.61 m³/t,第三时期取值5.57 m³/t,第四时期取值4.73 m³/t;
 W_c ——煤的残存瓦斯含量, m³/t,

根据实验室取样实测数据,取值为 2.66 m³/t。

2)工作面回采时邻近层的瓦斯涌出量为^[14]

$$q_2 = \sum_{i=1}^n (W_{oi} - W_{ci}) \frac{m_i}{M} \eta_i \quad (6)$$

式中:q₂——邻近层瓦斯涌出量,m³/t;

m_i——邻近层煤层厚度,m;

η_i——邻近层瓦斯排放率,% ,大小由图2查取;

W_{oi}——近层煤层最初瓦斯含量,m³/t;

W_{ci}——邻近层煤层残存瓦斯含量,m³/t;

M——开采煤层厚度,m。

邻近层的瓦斯排放率与层距的关系如图2所示。

3.2 15_下号煤掘井工作面瓦斯涌出量预测

兴安煤矿15_下煤层掘进面瓦斯涌出量由煤壁和落煤涌出量两部分。

表1 15_下号煤层回采工作面瓦斯涌出预测结果表

开采煤层	开采时期	日产量/ t·d ⁻¹	瓦斯涌出量预测值					
			开采层		邻近层		合计	
			m ³ /t	m ³ /min	m ³ /t	m ³ /min	m ³ /t	m ³ /min
15 _下 号煤层	第一时期	1 693	2.98	3.50	0.20	0.24	3.18	3.74
	第二时期	1 693	2.09	2.46	0.14	0.16	2.23	2.62
	第三时期	1 693	3.11	3.66	0.21	0.25	3.32	3.90
	第四时期	1 693	2.21	2.60	0.15	0.18	2.36	2.77

表2 巷道预排瓦斯等值宽度

巷道煤壁暴露时间/d	不同煤种巷道预排瓦斯等值宽度/m					
	无烟煤	瘦煤	焦煤	肥煤	气煤	长焰煤
25	6.5	9.0	9.0	11.5	11.5	11.5
50	7.4	10.5	10.5	13.0	13.0	13.0
100	9.0	12.4	12.4	16.0	16.0	16.0
160	10.5	14.2	14.2	18.0	18.0	18.0
200	11.0	15.4	15.4	19.7	19.7	19.7
250	12.0	16.9	16.9	21.5	21.5	21.5
300	13.0	18.0	18.0	23.0	23.0	23.0

1)掘进面煤壁瓦斯涌出量公式为

$$q_3 = Dvq_0 \left(2 \sqrt{\frac{L}{v}} - 1 \right) \quad (8)$$

式中:q₃——煤壁瓦斯涌出量,m³/min;

D——煤壁面周长长度,m;15_下号煤层 D = 2m₀,m₀为采厚,D = 2 × 1.56 = 3.12 m;

v——巷道平均掘进速度,综掘掘进速度为 280 m/mon、炮掘 165 m/mon;

L——掘进巷道长度,取 400 m;

q₀——煤壁瓦斯涌出初始速度,取 m³/m²·min。

式中:q_掘——掘进面瓦斯涌出量,m³/min;

q₃——煤壁瓦斯涌出量,m³/min;

q₄——落煤涌出量,m³/min。

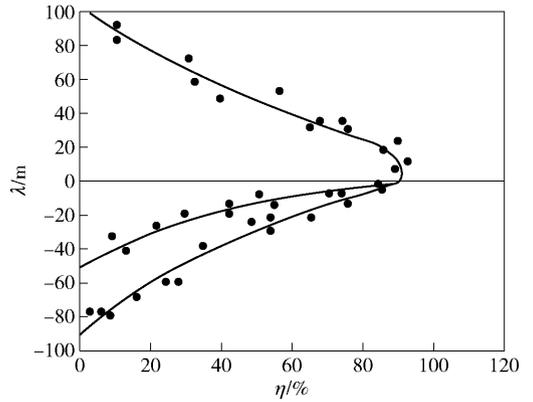


图2 邻近层瓦斯排放率与层间距的关系

$$q_0 = 0.026 [0.0004(V_{daf})^2 + 0.16] W_0 \quad (9)$$

式中:V_{daf}——煤中挥发份含量,取采样实测值 12.72%;

W₀——煤层瓦斯含量,m³/t,第一时期取值 5.45 m³/t,第二时期取值 4.61 m³/t,第三时期取值 5.57 m³/t,第四时期取值 4.73 m³/t。

掘进工作面落煤瓦斯涌出量为

$$q_4 = Sv\gamma(W_o - W_c) \quad (10)$$

式中:q₄——掘进巷道落煤瓦斯涌出量,m³/min;

v——掘进速度;

S——截面断面积,m²;

γ——所取煤试样的视密度,t/m³;取 1.41 t/m³;

W_o——开采煤层中瓦斯含量,m³/t,第一时期取值 5.45 m³/t,第二时期取值 4.61 m³/t,第三时期取值 5.57 m³/t,第四时期取值 4.73 m³/t;

W_c——煤层残存瓦斯含量,m³/t,取 2.66 m³/t。

15_下号掘进工作面相关瓦斯涌量见表3、表4、表5。

表3 15_下号煤层掘进工作面煤壁瓦斯涌出计算结果表

开采煤层	开采时期	开采巷道	瓦斯含量/ $\text{m}^3 \cdot \text{t}^{-1}$	煤壁周长/ m	掘进速度/ $\text{m} \cdot \text{min}^{-1}$	巷道长度/ m	涌出初速度/ $\text{m}^3 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{min}^{-1}$	煤壁涌出量/ $\text{m}^3 \cdot \text{min}^{-1}$
15 _下 号煤层	第一时期	回风顺槽	5.45	3.12	0.0038	400	0.0318	0.24
		运输顺槽	5.45	3.12	0.0065	400	0.0318	0.32
		运输上山	5.45	3.12	0.0065	400	0.0318	0.32
	第二时期	回风顺槽	4.61	3.12	0.0038	400	0.0269	0.21
		运输顺槽	4.61	3.12	0.0065	400	0.0269	0.27
		运输上山	4.61	3.12	0.0065	400	0.0269	0.27
	第三时期	回风顺槽	5.57	3.12	0.0038	400	0.0325	0.25
		运输顺槽	5.57	3.12	0.0065	400	0.0325	0.33
		运输上山	5.57	3.12	0.0065	400	0.0325	0.33
	第四时期	回风顺槽	4.73	3.12	0.0038	400	0.0276	0.21
		运输顺槽	4.73	3.12	0.0065	400	0.0276	0.28
		运输上山	4.73	3.12	0.0065	400	0.0276	0.28

表4 15_下号煤层掘进工作面落煤瓦斯涌出计算结果表

开采煤层	开采时期	开采巷道	瓦斯含量/ $\text{m}^3 \cdot \text{t}^{-1}$	残存量/ $\text{m}^3 \cdot \text{t}^{-1}$	掘进速度/ $\text{m} \cdot \text{min}^{-1}$	巷道断面/ m^2	视密度/ $\text{t} \cdot \text{m}^{-3}$	落煤涌出量/ $\text{m}^3 \cdot \text{min}^{-1}$
15 _下 号煤层	第一时期	回风顺槽	5.45	2.66	0.0038	5.77	1.41	0.086
		运输顺槽	5.45	2.66	0.0065	5.77	1.41	0.148
		运输上山	5.45	2.66	0.0065	5.93	1.41	0.152
	第二时期	回风顺槽	4.61	2.66	0.0038	5.77	1.41	0.060
		运输顺槽	4.61	2.66	0.0065	5.77	1.41	0.103
		运输上山	4.61	2.66	0.0065	5.93	1.41	0.106
	第三时期	回风顺槽	5.57	2.66	0.0038	5.77	1.41	0.090
		运输顺槽	5.57	2.66	0.0065	5.77	1.41	0.154
		运输上山	5.57	2.66	0.0065	5.93	1.41	0.158
	第四时期	回风顺槽	4.73	2.66	0.0038	5.77	1.41	0.064
		运输顺槽	4.73	2.66	0.0065	5.77	1.41	0.109
		运输上山	4.73	2.66	0.0065	5.93	1.41	0.113

表5 15_下号煤层掘进工作面瓦斯涌量汇总

开采煤层	开采时期	开采巷道	巷道断面/ m^2	巷长/m	平均掘进速度/ $\text{m} \cdot \text{min}^{-1}$	瓦斯涌出量/ $\text{m}^3 \cdot \text{min}^{-1}$		
						煤壁	落煤	合计
15 _下 号煤层	第一时期	回风顺槽	5.77	400	0.0038	0.24	0.09	0.33
		运输顺槽	5.77	400	0.0065	0.32	0.15	0.47
		运输上山	5.93	400	0.0065	0.32	0.15	0.47
	第二时期	回风顺槽	5.77	400	0.0038	0.21	0.06	0.27
		运输顺槽	5.77	400	0.0065	0.27	0.10	0.37
		运输上山	5.93	400	0.0065	0.27	0.11	0.38
	第三时期	回风顺槽	5.77	400	0.0038	0.25	0.09	0.34
		运输顺槽	5.77	400	0.0065	0.33	0.15	0.48
		运输上山	5.93	400	0.0065	0.33	0.16	0.49
	第四时期	回风顺槽	5.77	400	0.0038	0.21	0.06	0.27
		运输顺槽	5.77	400	0.0065	0.28	0.11	0.39
		运输上山	5.93	400	0.0065	0.28	0.11	0.39

3.3 生产采区瓦斯涌出量预测

生产采区瓦斯涌出量系采区内所有回采工作面、掘进工作面及采空区瓦斯涌出量之和,计算结果见表6:15下号煤层回采时,回采工作面瓦斯涌出量组分中,以开近层为主、邻近层为辅。第一时期开采

时,开采层瓦斯涌出量占比93.58%,邻近层瓦斯涌出量占比6.42%;第二时期开采时,开采层占比93.79%,邻近层占比6.11%;第三时期开采层占比93.85%,邻近层占比6.41%;第四时期开采层占比93.86%,邻近层占比6.5%。

表6 15下号煤层瓦斯涌出计算结果表

开采煤层	开采时期	采区日产量/ $t \cdot d^{-1}$	采区瓦斯涌出量				合计	
			回采/ $m^3 \cdot t^{-1}$	掘进/ $m^3 \cdot min^{-1}$	采空区/ $m^3 \cdot min^{-1}$	m^3/min	m^3/t	
15下号煤层	第一时期	1 818	3.180	1.13	5.01	6.33	1.46	
	第二时期	1 818	2.230	1.02	3.75	4.73	1.09	
	第三时期	1 818	3.320	1.31	5.37	6.78	1.57	
	第四时期	1 818	2.360	1.06	3.95	4.99	1.16	

3.4 矿井瓦斯涌出量预测

矿井瓦斯涌出量为矿井内全部生产采区和已采采区(包括其他辅助巷道)瓦斯涌出量之和和矿井瓦斯涌出量汇总计算见表7。第一时期开采时,生产采区瓦斯涌出量占比83.40%,已采采区瓦斯涌出

量占比16.60%;第二时期生产采区占比83.27%,已采采区占比16.73%;第三时期生产采区占比83.39%,已采采区占比16.61%;第四时期生产采区占比83.44%,已采采区占比16.56%。表现为生产为主,已采采区为辅的结构体系。

表7 矿井瓦斯涌出量预测

开采煤层	开采时期	日产量/ $t \cdot d^{-1}$	矿井瓦斯涌出量				合计	
			生产采区/ $m^3 \cdot t^{-1}$	已采采区/ $m^3 \cdot min^{-1}$	m^3/t	m^3/min		
15下号煤层	第一时期	1 818	5.010	1.000	6.010	7.590		
	第二时期	1 818	3.750	0.750	4.500	5.680		
	第三时期	1 818	5.370	1.070	6.440	8.130		
	第四时期	1 818	3.950	0.790	4.740	5.980		

4 结论

(1)15下号煤层回采时,回采工作面瓦斯涌出量组分中,第一时期、第二时期、第三时期开采时和第四时期开采时,开采层瓦斯涌出量平均占比93.77%,邻近层瓦斯涌出量平均占比6.23%。以开近层为主、邻近层为辅。

(2)15下号煤层回采时,采区瓦斯涌出量组分中,其中第一时期、第二时期、第三时期开采时和第四时期开采时,采区瓦斯涌出量平均占比分布为56.88%、19.99%和23.13%,结构表现为回采面为主、掘进面和采空区瓦斯涌出量为辅的含量体系。

(3)15下号煤层回采时,矿井瓦斯涌出量组分中,其中第一时期、第二时期、第三时期开采时和第四时期开采时,生产采区瓦斯涌出量占比83.38%,已采采区

瓦斯涌出量占比16.62%。表现为以生产采区瓦斯涌出量为主、已采采区瓦斯涌出量为辅的结构体系。

[参考文献]

- [1] 林海飞,刘时豪,周捷,等.基于STL-EEMD-GA-SVR的采煤工作面瓦斯涌出量预测方法及应用[J].煤田地质与勘探,2022;1-11.
- [2] 秦玉金,苏伟伟,姜文忠,等.我国矿井瓦斯涌出量预测技术研究进展及发展方向[J].煤矿安全,2020,51(10):52-59.
- [3] 孙瑞玉,庄永胜,乔鼠盟,等.煤矿工作面瓦斯综合治理技术研究[J].中国矿山工程,2010,39(1):26-29.
- [4] 申凯.分源预测法在大型矿井瓦斯涌出量预测中的应用[J].能源技术与管理,2018,43(3):1-4.

(下转第54页)