

小断层数量对采掘工作面瓦斯涌出的影响

肖高礼, 蔡康旭

(湖南科技大学 能源与安全工程学院, 湖南 湘潭 411201)

摘要: 煤层中小断层的出现, 会对采掘工作面煤层瓦斯涌出量产生很大的影响, 且与小断层的数量有关; 基于分析和整理矿山的基础资料, 通过量化算法, 把小断层数量对采掘工作面瓦斯涌出的影响定量化, 并利用最小二乘多项式曲线拟合宏观地分析断层数量对采掘工作面瓦斯涌出的具体影响, 发现它对回采和掘进工作面瓦斯涌出的影响总体上大致相同, 但局部影响变化有所不同。

关键词: 小断层; 采掘工作面; 瓦斯涌出量; 最小二乘法; 曲线拟合

中图分类号: TD712.5

文献标志码: A

文章编号: 1672-9102(2014)02-0011-04

Influence of the number of small faults on gas emission at mining face

XIAO Gaoli, CAI Kangxu

(School of Energy and Safety Engineering, Hunan University of Science and Technology, Xiangtan 411201, China)

Abstract: The emergence of small faults seams has a huge impact on coal seam gas mining face emission, with small faults related to the number. Based on the analysis and collation of basic data mining through quantization algorithm, the number of small faults is worked out for mining side effects of gas emission quantification. By using the least squares polynomial curve fitting, this paper analyzes the macroscopic number of faults on the specific gas emission mining face. It finds that mining and tunneling face of gas emission impact, on the whole, is roughly the same, but the local impact of the change is different.

Key words: small faults; mining face; gas emission quantity; least squares; curve fitting

小断层附近, 断层影响带内煤体破坏程度千差万别, 煤巷掘进在通过断层时, 瓦斯涌出出现明显的差异, 因此掌握小断层对瓦斯涌出的影响分布规律, 对防治局部瓦斯超限, 指导防治措施的实施有重要意义; 同时采掘工作面是瓦斯涌出的主要地点, 准确预报工作面瓦斯涌出量的大小, 有利于增强矿井瓦斯防治措施制定的针对性、实施的主动性和管理的可靠性。

虽说关于小断层对矿井瓦斯涌出的影响, 前人进行了许多研究, 但那些研究大多侧重于断层构造这一本身特性, 对多个断层同时出现的研究甚少,

本文收集了唐山开滦赵各庄矿、唐山矿、吕家坨矿、钱家营矿有关小断层的基础统计资料, 分析了不同断层数量对采掘工作面瓦斯涌出的影响, 将断层对矿井瓦斯涌出的影响从点到面进行了扩展研究, 对预防煤矿恶性事故的发生, 保证煤矿的安全生产具有重要的指导意义。

1 小断层对采掘瓦斯涌出的影响系数的确定

为了更加精准地分析, 我们把断层对回采、掘进工作面瓦斯涌出量(简称采掘瓦斯涌出)的影响

定量化,用影响系数表示;影响因素的量化是建立在对矿井地质、生产、通风资料的系统了解,对瓦斯数据连续检测、统计分析等基础之上的.依据的基础资料主要包括:瓦斯检测预报、矿井通风月报、采掘工程平面布置图和矿井地质说明书.

采掘瓦斯涌出是以工作面月进度为单位,工作面在某个生产月内的瓦斯涌出量平均值,因此,影响因素的量化也是指月变化系数的平均值,其基本计算公式为

$$K_b = Q_i / Q_j \quad (1)$$

式中, K_b : 有断层构造的工作面瓦斯涌出量月变化系数(简称影响系数); Q_i : 有断层构造的工作面瓦斯涌出量月平均值; Q_j : 瓦斯涌出基本量.

瓦斯涌出基本量(简称基本量)是指在正常生产情况下,从煤层极其顶底板涌向采掘空间的瓦斯数量.基本量分回采、掘进定量,采用统计平均值计算,统计数据选自煤层赋存比较稳定的采、掘地点:

$$Q_j = \sum q_i / n \quad (2)$$

式中, Q_j : 瓦斯涌出基本量, m^3/min ; q_i : 煤层赋存正常地点回采或掘进的瓦斯涌出量 ($i = 1, 2, 3 \dots n$), m^3/min .

瓦斯涌出基本量的确定与生产工艺有关.在多工艺采、掘煤层中,瓦斯涌出基本量的确定不是唯一的,通常是在机械化程度较低的采、掘工艺下确定.

考虑到并非每个矿井都有 7 种类型数量的断层,为满足统计的数据全面与精确,在统计过程中我们选择了小断层较多并且种类也较多的唐山开滦的赵各庄矿、唐山矿、吕家坨矿、钱家营矿 4 个矿,如赵各庄矿井采掘工作面中 1 个小断层和 2 个小断层出现的情况较多,而 6 个或 7 个小断层却几乎没出现在同一工作面中;如唐山矿在采掘工作面中 3 个小断层和 4 个小断层出现的频率较高;而吕家坨和钱家营矿井采掘工作面中出现了几次 6 个小断层;

通过统计、分析、整理唐山开滦赵各庄矿、唐山矿、吕家坨矿、钱家营矿业有限公司的基础资料(包括瓦斯检测预报、矿井通风月报和采掘工程平面布置图),再利用影响因素量化公式,求出在不同的地点下断层数量对回采、掘进工作面瓦斯涌出的影响系数(见表 1 和表 2)

表 1 断层数量对回采工作面瓦斯涌出的影响系数

地点	1	2	3	4	5	6	7
T2195	1.3	1.6	1.7				
T1491	1.3		1.5		2.7		
T2294	1.4			3.4			
T1351 上				2.7			
T1451	1.4	1.5					
2292 东卡	1.2					2.9	
2422 东卡	1.3	1.5		2.0			
2497 东卡				1.8			
T1351 上							3.0
平均值	1.3	1.5	1.6	2.5	2.7	2.9	3.0

表 2 断层数量对掘进工作面瓦斯涌出的影响系数

地点	1	2	3	4	5	6
T2294 风	1.2	1.4	1.5			
T2294 泄			1.6	2.0		
T2193 溜	1.4		1.6			2.2
T2194 风	1.4	1.5			2.2	
T1351 溜		1.4				
T1452 风	1.1			2.0		
2420 西中						2.4
平均值	1.3	1.4	1.6	2.0	2.2	2.3

2 小断层对采掘瓦斯涌出的影响系数的曲线拟合

2.1 最小二乘多项式拟合的基本原理

对给定数据 $(x_i, y_i) (i = 0, 1, 2 \dots, m)$, 在取定的函数类 $\Phi = \text{Span}\{\varphi_0(x), \varphi_1(x), \dots, \varphi_m(x)\}$ 中找一个函数 $y = \varphi^*(x)$, 使误差向量 e^* 的 2-范数的平方达到最小值, 即

$$\|e^*\|_2^2 = \sum_{i=0}^n [\varphi^*(x_i) - y_i]^2 = \min_{\varphi(x) \in \Phi} \|e\|_2^2 \quad (3)$$

从几何意义上讲, 就是寻找与给定点 $(x_i, y_i) (i = 0, 1, 2 \dots, m)$ 的距离平方和为最小的曲线 $y = \varphi^*(x)$ (图 1) 此曲线便为最小二乘拟合函数.

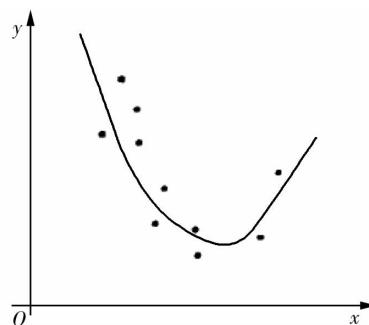


图 1 曲线拟合图

在曲线拟合中,函数类(可有不同的选取方法,且函数类为多项式函数,次数 n 满足 $n \leq m$; 现求一

$$p_n(x_i) = \sum_{k=0}^n a_k x_i^k \in \Phi, \quad (4)$$

使得

$$I = \sum_{i=0}^m [p_n(x_i) - y_i]^2 = \sum_{i=0}^m \left[\sum_{k=0}^n a_k x_i^k - y_i \right]^2 = \min. \quad (5)$$

称为最小二乘拟合多项式. 由断层数量对采掘工作面瓦斯涌出影响系数的数据表,我们可以粗略地知道,这些数据的波动范围比较小,没有出现大幅度的变化,在不影响整体数据曲线拟合的基础上,可以选择使用最小二乘多项式拟合法. 具体拟合算法可分为

1) 画出散点图,确定拟合函数的次数;

2) 计算 $\sum_{i=0}^m x_i^j (j = 0, 1, \dots, 2n)$ 与 $\sum_{i=0}^m x_i^j y_i (j = 0, 1, \dots, n)$, 求出正规方程组及要求的函数的相关未知参数 a_i ;

3) 求出多项式函数

$$p_n(x_i) = \sum_{k=0}^n a_k x_i^k \in \Phi.$$

2.2 影响系数的曲线拟合

2.2.1 画出散点图

根据表1和表2分别画出断层对采、掘瓦斯涌出的影响散点图(图2和图3).

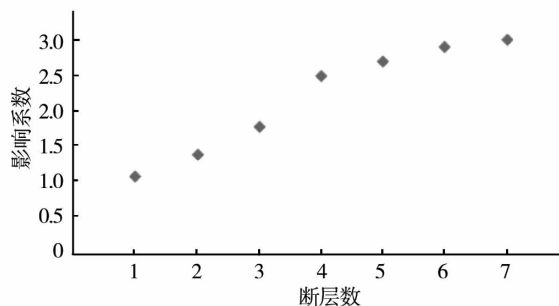


图2 断层对回采瓦斯涌出的影响散点图

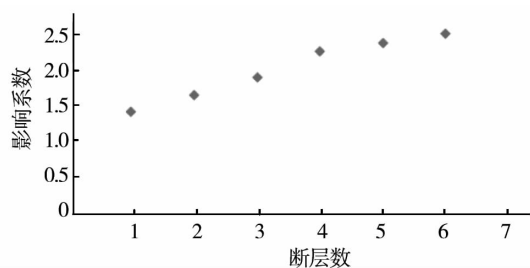


图3 断层对掘进瓦斯涌出的影响散点图

由散点图可见,测得的数据接近抛物线,故取 $n = 2$, 拟合函数为 $y = a_0 x^2 + a_1 x + a_2$.

2.2.2 列表计算

列表计算 $\sum_{i=0}^m x_i^j (j = 0, 1, \dots, 2n)$ 与 $\sum_{i=0}^m x_i^j y_i (j = 0, 1, \dots, n)$, 得到表3和表4.

表3 回采相关参数的计算

i	x_{i1}	y_i	x_i^2	x_i^3	x_i^4	$x_i y_i$	$x_i^2 y_i$
0	1	1.3	1	1	1	1.3	1.3
1	2	1.5	4	8	16	3.0	6.0
2	3	1.6	9	27	81	4.8	14.4
3	4	2.5	16	64	256	10.0	40.0
4	5	2.7	25	125	625	13.5	67.5
5	6	2.9	36	216	1296	17.4	104.4
6	7	3.0	49	343	2401	21.0	147.0
Σ	28	15.5	140	784	4676	71.0	380.6

表4 掘进相关参数的计算

i	x_i	y_i	x_i^2	x_i^3	x_i^4	$x_i y_i$	$x_i^2 y_i$
0	1	1.3	1	1	1	1.3	1.3
1	2	1.4	4	8	16	2.8	5.6
2	3	1.6	9	27	81	4.8	14.4
3	4	2.0	16	64	256	8.0	32.0
4	5	2.2	25	125	625	11.0	55.0
5	6	2.3	36	216	1296	13.8	82.8
Σ	21	10.8	91	441	2275	41.7	191.1

由表3和表4可以得到正规方程组

$$\begin{bmatrix} 7 & 28 & 140 \\ 28 & 140 & 784 \\ 140 & 784 & 4676 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a_0 \\ a_1 \\ a_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 15.5 \\ 71 \\ 380.5 \end{bmatrix}; \quad (6)$$

$$\begin{bmatrix} 6 & 21 & 91 \\ 21 & 91 & 441 \\ 91 & 441 & 2275 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a_0 \\ a_1 \\ a_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 10.8 \\ 41.7 \\ 191.1 \end{bmatrix}. \quad (7)$$

2.2.3 求出拟合多项式

利用 Matlab 软件编程求得式(6)中 $a_0 = 0.7143, a_1 = 0.4643, a_2 = -0.0179$; 求得式(7)中 $a_0 = 1.020, a_1 = 0.2229, a_2 = -0.000$.

故断层数量对回采瓦斯涌出影响系数的函数是:

$$K_d = 0.7143 + 0.4643n - 0.0179n^2; \quad (8)$$

断层数量对掘进瓦斯涌出影响系数的函数是:

$$K_d = 1.02 + 0.2229n. \quad (9)$$

2.3 结果分析

1) 由图2和图3以及式(8)和式(9)可知,无

论是回采还是掘进,它们的瓦斯涌出影响系数都随着断层数量的增加而增大,由此可知断层的数量对瓦斯涌出的影响在总体上是叠加关系。

2)由散点图2和图3可知,回采与掘进的瓦斯涌出影响系数都是在断层数为3时出现拐点,曲线的斜率逐渐变小,说明在断层数为3之前,断层数量对瓦斯涌出影响的叠加性比较明显,在断层数为3之后,断层数量对瓦斯涌出影响的叠加性趋于平缓。

3)式(8)断层数量对回采瓦斯涌出影响系数的函数,是一个开口向下的抛物线,而式(9)断层数量对掘进瓦斯涌出影响系数的函数,是一个单调递增的一次函数,开口向下的抛物线变化趋势是先急促后平缓,而一次函数的增长趋势是趋于稳定的,说明在回采和掘进工作面中,断层数量对瓦斯涌出影响在总体上是-一致的,但局部影响的程度有所不同,特别是当断层数量更多时,对它们两者的影响变化差异就更大。

3 结论

1)小断层对采掘工作面瓦斯涌出的影响不仅与断层构造这一特性有关,也与小断层的数量有关,并且随着小断层数量的增加,它对采掘工作面瓦斯涌出的影响也越大,且这种影响变化逐渐趋于平缓。

2)断层数量对回采瓦斯涌出影响与掘进瓦斯涌出影响在总体上是-一致的,但局部影响变化上有所不同。

3)断层数量对回采瓦斯涌出影响系数的函数是 $K_d = 0.7143 + 0.4643n - 0.0179n^2$;断层数量对掘进瓦斯涌出影响系数的函数是 $K_d = 1.02 +$

$0.2229n$;产生这一差异,一是因为回采和掘进工艺所用的方法不同,影响的围岩范围也不同,故瓦斯涌出的数量也不同;二是回采和掘进工作面顶底板不同的岩性组合,决定了不同的瓦斯储气能力,故它们向回采、掘进空间涌出瓦斯的强度也不同。

参考文献:

- [1] 陈杰. 小断层对瓦斯涌出的影响[J]. 瓦斯地质基础与应用研究,2011,13(8):22-24.
- [2] 严家平,姚金林. 任楼煤矿小断层对瓦斯涌出的控制作用[J]. 煤田地质与勘探,2007,40(12):115-118.
- [3] 李庆明. 浅谈最小二乘法在回采工作面瓦斯涌出量预测中的应用[J]. 煤炭安全,2006,27(3):85-89.
- [4] 武建国,蔡康旭. 采掘瓦斯涌出量性能化预报方法[J]. 煤炭科学技术,2009,15(2):8-12.
- [5] Burden R. Land Faires J. D. Numerical analysis [M]. Prindle: Boston Weder & Schmidt,2005.
- [6] 王恩营. 煤层断层的结构分析[J]. 煤炭学报,2005,30(3):319-321.
- [7] 林柏泉. 矿井瓦斯防治理论与技术[M]. 徐州:中国矿业大学出版社,1998.
- [8] 谢生荣,赵耀江. 综采工作面的瓦斯涌出规律及涌出量的预测[J]. 太原理工大学学报,2005,36(5):553-556.
- [9] 张胜军,朱瑞杰. 基于偏最小二乘回归的回采工作面瓦斯涌出量预测模型[J]. 煤矿安全,2013,21(3):44-50.
- [10] 代冬岩,李智勇. 最小二乘曲线拟合及其 MATLAB 实现[J]. 黑龙江科技信息,2009,17(1):66-71.
- [11] 王永坤. 综采工作面瓦斯涌出规律的研究[D]. 呼和浩特:内蒙古科技大学,2012.