

DOI:10.16031/j.cnki.issn.1003-8035.2016.01.23

内蒙黄玉川煤矿 4#煤层顶板稳定性评价

陈江峰¹, 武洪涛¹, 董佳斌¹, 王崇平², 豆浩²

(1. 河南理工大学资源与环境学院, 河南 焦作 454000;

2. 神华集团有限责任公司黄玉川煤矿, 内蒙古 准格尔 010399)

摘要: 煤层顶板稳定性是影响煤矿安全生产的主要因素之一。通过分析影响顶板稳定的地质因素, 运用岩石力学、分形理论以及沉积岩石学等方法, 结合钻孔、地震资料选取定量评价指标, 在 AHP—模糊综合评价模型的基础上, 应用 Mathematica 对 4 煤顶板进行了综合分区。结果表明: 煤层顶板稳定性主要由顶板岩石力学性质和构造发育程度控制; 研究区 4 煤顶板以泥岩、粉砂质泥岩为主, 岩石力学强度低, 小构造较发育, 顶板完整性差, 将顶板分为极不稳定、不稳定、较稳定和稳定四类。首采区中部顶板构造较复杂, 岩石力学性质差, 多为不稳定、极不稳定型顶板; 东南部稳定性较好, 利于大采高综采生产。

关键词: 顶板稳定性; 岩石力学; 分形理论; 模糊数学; 综合分区

中图分类号: TD350.1

文献标识码: A

文章编号: 1003-8035(2016)01-0141-06

Stability assessment of No. 4 coal seam's roof in Huangyuchuan coal mine of inner Mongolia

CHEN Jiangfeng¹, WU Hongtao¹, DONG Jiabin¹, WANG Chongping², DOU Hao²

(1. School of Resources and Environment, Henan Polytechnic University, Jiaozuo, Henan 454003, China;

2. Huangyuchuan Coal Mine, China Shenhua Energy Company Limited, Jngar, Inner Mongolia 010399, China)

Abstract: The roof stability of coal seam is one of the major factors concerning coal mine safety production. Base on the Analytic Hierarchy Process (AHP) and the Fuzzy Synthetic Comprehensive Evaluation Model, a comprehensive assessment of 4# coal roof is made with the assistance of Mathematica. The assessment is conducted through the theoretical analysis of geological factors that affect roof stability, with the application of such methods as rock mechanics, fractal theory and sedimentary petrology etc. as well as the selection of quantitive assessment criteria on drill hole and seismic data. According to all the researches above, it is found that the roof stability is mainly determined by mechanical properties of the roof rock and the degree of structure-development. The research area of 4# coal roof is mainly mudstone and silty mudstone, which is of low mechanical strength with relatively numerous minor scaled structure and poor roof integrity. Four types of stability are thus classified, known as extreme-instability, instability, relative-stability and stability. The roof in the central section of the chief mining-district is mainly of instability and extreme-instability types with relatively complex structure and poor mechanical properties, while the southeastern section is of preferable stability which is conducive to mechanized mining production.

Keywords: coal roof stability; rock mechanics; fractal theory; fuzzy mathematics; synthesis zoning

收稿日期: 2015-05-04; 修订日期: 2015-06-02

基金项目: 浅埋薄基岩大开采空间顶板动力灾害预测与控制(U12612031)

第一作者: 陈江峰(1965-), 男, 河南南阳人, 博士后, 教授, 研究方向为矿井地质。E-mail: cjh838@163.com

煤层顶板稳定性评价是防治煤矿顶板事故的主要方法。自 Elliott, Horne 等将沉积岩石学理论引入顶板稳定性研究以后,后人对影响煤层顶板稳定性的因素做了大量卓有成效的探索^[1-2]。有学者将工程地质学的方法引入到煤层顶板稳定性评价当中,取得了良好效果^[3-4]。彭苏萍、孟召平等运用岩体力学的方法,论证了沉积特征和构造特征是控制沉积岩体力学性质的主要因素^[5]。随着交叉学科的兴起,很多学者采用神经网络、模糊数学、层次分析法等工具对顶板稳定性进行分类和评价^[6-7],丰富了煤层顶板稳定性研究的内容。然而由于不同地质条件下,定量评价指标的选取、量化存在很多不确定性,再者需要简化评价模型,严重影响了评价结果的准确性。因此探讨顶板稳定性的影响因素,选取合理的定量指标及评价方法,对煤层顶板稳定性的评价具有重要意义。

1 井田概况

黄玉川煤矿位于内蒙古准格尔煤田西南部。区域构造主要为田家石畔挠曲,地层总体为一向西倾伏的单斜构造,倾角一般为 1°~3°。4 号煤层位于山西组中部,平均煤厚 3.35 m,属较稳定煤层,为井田内主采煤层。研究区域为位于矿井东部的首采区。

2 顶板特征

4 煤直接顶板岩性以泥岩、粉砂质泥岩为主(表 1),岩石强度较低,小构造较发育。顶板质量差别较大,在巷道准备以及维护过程中,直接顶易冒落、难维护、片帮严重。

表 1 4#煤层顶底板特征表

Table 1 The characteristics of 4# coal roof and floor		
名称	岩性	平均厚度(m)
基本顶	细砂岩	7.3
直接顶	砂质泥岩或泥岩	4.15
伪顶	泥岩+煤	0.8
4#煤层	煤	3.35
底	泥岩	0.7

2.1 顶板岩体质量

顶板岩体的力学特性直接决定了顶板的稳定性。4 煤顶板岩石胶结程度低,力学性质差,在横向上变化大,抗拉强度 0.9~4.5 MPa,抗压强度 6.3~55.7 MPa,抗压强度总体上细砂岩>中砂岩>粗砂

岩>粉砂岩>砂质泥岩和泥岩(表 2)。各类岩石抗压强度 $\sigma_c < 20$ MPa 的占 30%, $20 \text{ MPa} \leq \sigma_c < 30$ MPa 的占 38%; $30 \text{ MPa} \leq \sigma_c < 60$ MPa 的占 32%。说明本井田含煤地层各类岩石多数为软弱岩石,其次为半坚硬岩石^[8],另外含有部分软岩^[9]。根据相邻矿区情况,顶板岩体强度小于 40 MPa 时,随岩体强度的降低,巷道顶底板的移近率急剧增加^[7],因此将顶板分为: $60 \text{ MPa} > \sigma_c \geq 40 \text{ MPa}$ (稳定型)、 $40 \text{ MPa} > \sigma_c \geq 30 \text{ MPa}$ (较稳定型)、 $30 \text{ MPa} > \sigma_c \geq 20 \text{ MPa}$ (不稳定型)、 $\sigma_c < 20 \text{ MPa}$ (极不稳定型)。

对 13 个钻孔 273 个层次(点)进行岩石质量 RQD 值统计。同一钻孔 RQD 值规律为:中、细砂岩>粗砂岩>粉砂岩>泥岩。不同钻孔同一岩性的岩石 RQD 值差异较大,一般构造复杂区域 RQD 值较低,浅部岩石和煤层附近薄层岩石 RQD 值为Ⅳ级,其它层段的岩石一般以Ⅲ级居多,其次为Ⅱ级。研究区内岩石质量 RQD 值主要为 50%~90%,即岩石质量以中等-好为主,岩体以中等完整-较完整为主(表 3)。根据 RQD 值将顶板分为: $100 > \text{RQD} \geq 75$ (稳定型)、 $75 > \text{RQD} \geq 50$ (较稳定型)、 $50 > \text{RQD} \geq 25$ (不稳定型)、 $\text{RQD} < 25$ (极不稳定型)(表 4)。

表 2 4#煤层顶板岩石力学性质

Table 2 The rock mechanic properties of 4#coal roof					
岩石物理性质		粗砂岩	中、细粒砂岩	粉砂岩	砂质泥岩、泥岩
抗拉强度/ MPa	最大值	2.4	2.5	2.9	1.4
	最小值	0.8	1.5	0.9	1.2
	平均值	1.44	2.38	1.77	1.32
抗压强度/ MPa	最大值	42.2	55.7	34.9	31.4
	最小值	14.1	20.3	14.0	10.0
	平均值	27.01	34.15	24.19	21.63

表 3 岩石质量等级统计^[8]

Table 3 The statistics of rock quality level ^[8]					
等级	RQD/%	层数	所占比例	岩石质量	岩体完整性
I	90~100	1	0.4%	极好	完整
II	75~90	87	31.9%	好	较完整
III	50~75	141	51.6%	中等	中等完整
IV	25~50	39	14.3%	劣	完整性差
V	<25	5	1.8%	极劣	破碎

2.2 构造特征

地质构造是影响煤层顶板稳定、导致矿井常见地质灾害的重要因素。研究区内褶皱构造较少,影响煤层顶板稳定性的构造主要为断层(图 1)。

断裂构造的分维值能够综合反映矿井断层的复杂程度^[10-12]。根据本区地震和钻孔资料,采用计盒维数法计算分形维数。

断裂分维值的计算方法及过程之前已作详细说明,此处不作赘述^[11]。

经计算,区内分维值为 0.470 ~ 1.437,各块段的相关系数 R 均在 0.9 以上,表明煤层中断裂体系的分布在所采用的标度下具有分形特征。从分维图上可以看出,块段内分维值大小与断层密度、条数有很好的关联,能够反映出断层的复杂程度(图 1)。

根据徐志斌等提出的利用断层分维值划分煤矿构造复杂程度的方法,结合本矿井构造特征将顶板分为:复杂区域($Dr \geq 1.35$),中等区域($1.35 > Dr \geq 1.15$),简单区域($Dr > 1.15$)^[10]。又因为 $Dr < 1$ 时,块段内没有断层或仅在边缘很小区域见到断层,因此将 $Dr < 1$ 划为极简单区域, $1.15 > Dr \geq 1$ 为简单区域(表 4)。

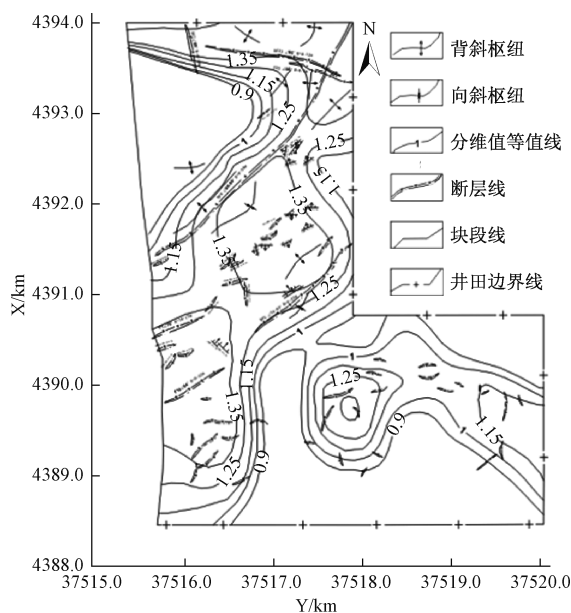


图 1 断裂分维及构造纲要图

Fig. 1 The D values of fractal dimension of fracture system

2.3 岩性组合特征

煤层顶板是煤层上覆沉积岩层的组合体,各岩层的力学特性及垂向、横向上的组合特征共同决定了其力学性质。因此岩性组合特征是影响顶板稳定性的主要因素。

根据钻孔柱状图对比统计,总结 4 煤顶板岩层组合类型包括以下 6 类(图 2)。

(1)顶板由单一厚层砂岩组成。顶板岩性单一,

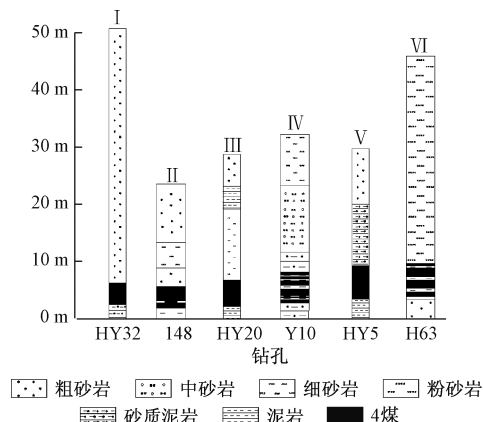


图 2 顶板岩性组合特征

Fig. 2 The combination features of coal seam roof

强度大,工程力学性能优良,整体稳定性极佳,易于支护,但容易形成强烈周期来压。

(2)顶板由多分层砂岩组成。组合类型为中-粗-细粒或粗-细-粗粒砂岩。易于支护,顶板稳定性好。

(3)顶板上、下部为中厚层状砂岩,中部为泥岩、粉砂质泥岩。下部砂岩要承担中部软弱岩层重量,当中部岩层过厚或者下部砂岩较薄或完整性较差,无法承担上部泥岩重量,容易发生冒顶,对于此类顶板应及时探测。

(4)顶板下部为薄层、中厚层状泥岩、粉砂质泥岩,上部为多分层砂岩。由于泥质岩体较薄同样易于支护,此类顶板应注意下部软弱岩层的变化,防止冒顶发生。

(5)顶板下部为厚层状泥岩、粉砂质泥岩,上部为厚层状砂岩。下部岩层大于采高,小于 3 ~ 4 倍采高,容易沿层面剥离产生冒顶现象;回采时形成典型周期来压,当工作面沿砂岩变薄方向推进时,极易产生大范围冒顶。

(6)顶板由单一的泥岩、砂质泥岩或粉砂岩组成,此类顶板岩石力学性质差,一般比较破碎,支护困难,容易产生冒顶事故。

2.4 埋深

矿井所在矿区,地应力总体上随深度增加而增大,属于低值区^[13]。随着埋深增加,地应力增加,顶、底板移近率加大,顶板管理难度加大^[14],因此顶板埋深是影响顶板稳定性的主要因素。

4 煤层埋深 140 ~ 300 m,平均 205 m。运用 Spss 软件对埋深进行 K-mean 聚类分析,聚类中心见表 5。根据埋深聚类中心,以及实际信息对不同埋深下煤层顶板进行分类(表 4)。

表 4 顶板稳定性单因素评价指标

Table 4 The indexes for single factor evaluation of roof stability

U(第二层次)	V(第一层次)	稳定	较稳定	不稳定	极不稳定
顶板岩体质量(U1)	顶板岩石抗压强度(MPa)	$60 > \sigma_c \geq 40$	$40 > \sigma_c \geq 30$	$30 > \sigma_c \geq 20$	$\sigma_c < 20$
	RQD(%)	$100 > RQD \geq 75$	$75 > RQD \geq 50$	$50 > RQD \geq 25$	$RQD < 25$
构造(U2)	断层分维值 * Dr	$Dr < 1$	$1 \leq Dr < 1.15$	$1.15 \leq Dr < 1.35$	$1.35 \leq Dr$
岩性组合(U3)	岩性组合特征	I、II类	III类	IV类	V、VI类
其他(U4)	埋深(m)	$h < 160$	$160 \leq h < 200$	$200 \leq h < 250$	$250 \leq h < 300$
	直接顶与采高比	$0 \leq N < 1$	$1 \leq N < 2$	$2 \leq N < 3$	$3 \leq N \leq 4$

* $D_r = \ln(N_r) / \ln(1/r)$; D_r :断层分维值; r :网格边长值; N_r :网格边长为 r 时含有断层痕迹的网格数。

表 5 埋深聚类中心

Table 5 The cluster center of burial depth

聚类中心	1	2	3	4
埋深(m)	141.06	179.70	219.81	277.17

2.5 直接顶与采高比值

直接顶越厚,工作面顶板整体强度越小,巷道围岩应力也会越大,顶板稳定性越差。因此直接顶厚度是影响煤层顶板的主要因素。

4 煤直接顶厚度 0 ~ 23 m,横向变化较大,设计采高为 4 m。根据刘玉堂、朱永健等的统计分类方法^[7,14],采用就低不就高的原则,通过直接顶板厚度与采高的比值 N 将顶板分为 4 类,稳定($0 \leq N < 1$)、较稳定($1 \leq N < 2$)、不稳定($2 \leq N < 3$)、极不稳定($3 \leq N \leq 4$)(表 4)。

3 顶板稳定性综合评定

运用层次分析法和模糊数学方法建立 AHP—模糊综合评价模型,对顶板稳定性进行综合评定。基本步骤为:(1)利用上述指标建立评价指标集合;(2)采用层次分析法建立每层各分类指标的比较矩阵,求出各指标权重值;(3)运用模糊综合评判方法对顶板稳定性进行评定。该评价模型可信度高,在地质领域得到了广泛应用^[6,15]。

3.1 单因素评价

参照国家各岩体工程稳定性分级标准,将煤层顶板分为 4 类;根据各个量化指标在研究区相应特点,采用就低不就高的原则,对各因素标准进行划分(表 4)。

3.2 指标权重

运用层次分析法求指标权重:将影响因素划为第二层次,指标为第一层次。通过专家评判,比较指标间两两相对重要程度,引用 1 ~ 9 标度方法,建立判断矩阵。表 6 为第二层次判断矩阵,其中 $U = \{U_1, U_2, U_3, U_4\} = \{\text{顶板岩体质量因素, 构造因素, 岩性组合因素, 其他因素}\}$,运用数学软件 MTALAB 矩

阵运算功能,对其作归一化处理,求得特征向量 $W_1 = [0.4157, 0.1974, 0.1497, 0.2372]$,并对结果进行一致性检验,计算一致性指标 $CI = 0.0189$, $CR = 0.0210 < 0.1$,特征向量通过一致性检验,可作为因素权重向量。通过上述方法依次求出各级指标权重(表 7)。

表 6 判断矩阵

Table 6 The judgment matrix

分类指标	U1	U2	U3	U4
U1	1	2	3	2
U2	1/2	1	2	1/2
U3	1/3	1/2	1	1
U4	1/2	2	1	1

表 7 各因素指标相对权重

Table 7 The relative quotient of every index factor

影响因素	量化指标	评价指标权重	影响因素权重
顶板质量	顶板抗压强度	0.2435	0.4157
	RQD 值	0.1722	
构造特征	断裂分维值	0.1974	0.1974
沉积特征	岩层组合方式	0.1497	0.1497
其他因素	埋深	0.0982	0.2372
	直接顶与采高的比	0.1390	

3.3 模糊综合评判

根据表 4 中的标准做出单因素稳定性分区,填充上不同的 RGB 颜色,将各单因素稳定性填充图栅格化,采用 575 × 670 的像素图像。对每一个像素点进行评价,减少了划分块段求隶属度的过程,能够大大提高评价的准确性。用 Mathematica 分别对不同稳定性像素点赋值,将各个单因素图像数字化,得出单因素栅格分区图中一个像素点的评判矩阵:

$$R = [R_{1i}, R_{2i}, R_{3i}, R_{4i}, R_{5i}, R_{6i}]^T \tag{5}$$

将评判矩阵 R 和权重向量进行 $B = W \times R$ 的模糊变换,得出该像素点综合评判模型: $B = \{b_i\}$, $i = 1, 2, 3, 4$ 为稳定等级;对 B 的分析采用加权平均原则,即将

等级看成一种相对位置使其连续化。分别对评价集合 $A = \{\text{稳定, 较稳定, 不稳定, 极不稳定}\}$, 各等级赋值 $\{4, 3, 2, 1\}$, 用 $B = \{b_i\}$ 对所赋的值加权求平均, 求得评判值。这种方法可以比较所有点的稳定性, 并且综合考虑了各个等级的影响, 信息量更为完整。通过比较评判值, 判断各像素点的稳定程度, 用 Array Plot 命令作图, 得出综合评价分区图, 用 AutoCAD 进行优化处理得到图 3。

3.4 稳定性分区

极不稳定顶板主要分布在首采区中西部, 沿断层发育区域展布, 地质条件差, 构造复杂, 岩石破碎, 力学性质差, 直接顶较厚, 采掘中管理难度大, 易发生冒顶事故。工作面、巷道的布置应尽量避免此类顶板。

不稳定性顶板, 顶板力学性质较差, 构造较发育, 多为粉砂岩、泥岩, 上覆岩层以软弱岩层为主, 分布较分散。此类顶板应加强支护、重点管理。

较稳定地区, 地质条件较好, 顶板力学性质一般, 构造不发育, 顶板较完整, 不易冒落, 有利于综采生产。

稳定区域, 岩石力学强度大, 顶板多为细砂岩、粉砂岩, 构造简单, 完整性好, 结构为单一厚层砂岩或多层砂岩, 无直接顶, 此类顶板稳定性能最好。

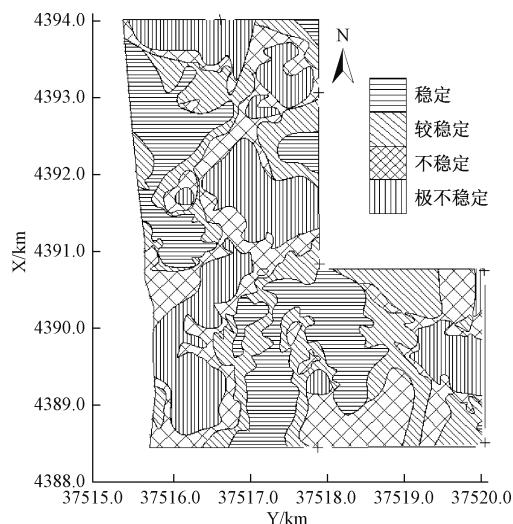


图3 顶板稳定性综合分区图

Fig.3 Synthesis zoning of 4#coal seam roof stability

4 结论

(1) 影响煤层顶板稳定性的主要因素有: 顶板岩体质量、构造、岩性组合特征以及埋深、直接顶厚度等。

(2) 结合煤层顶板特征, 选用顶板抗压强度、RQD值、断层分维值、顶板岩层的组合关系、埋深、直接顶与采高的比值, 对影响煤层顶板稳定性的地质因素进行

量化, 并分析了分类标准。

(3) 在 AHP—模糊综合评价模型的基础上, 引入加权平均的原则, 应用 Mathematic 软件图像处理功能对首采区进行综合评价, 评价效果良好, 方法简单、准确, 具有推广价值。

(4) 通过量化指标对 4 煤顶板地质特征进行了分析研究, 发现沿断层分布区域, 岩石力学性质差, 顶板极不稳定; 首采区东南部构造简单, 顶板岩体完整, 力学性质较好, 有利于综采生产。

参考文献:

- [1] Shea-Albin, Valois R.. Geological features that contribute to ground control problems in underground coal mines[J]. Inf Circ US Bur Mines, 9370, 1993: 01-38.
- [2] 葛道凯, 杨起, 李宝芳, 等. 平顶山矿区综采面顶板稳定性的沉积模式[J]. 煤炭学报, 1994, 19(2): 170-181.
GE Daokai, YANG Qi, LI Baofang, et al. Depositional model of roof stability in fully mechanized coal faces in pingdingshan mine area[J]. Journal of China Coal Society, 1994, 19(2): 170-181.
- [3] 彭向峰, 于双忠. 煤层顶板工程地质分类方案初步研究[J]. 煤田地质与勘探, 1997(6): 36-39.
PENG Xiangfeng, YU Shuangzhong. The plan of engineering geology classification of coal seam top [J]. Coal Geology & Exploration, 1997(6): 36-39.
- [4] Mark C, Molinda GM. The Coal Mine Roof Rating (CMRR)—a decade of experience[J]. International Journal Of Coal Geology, 2005, 64 (1-2): 86-103.
- [5] 孟召平, 彭苏萍. 沉积岩体结构类型及其对煤炭开采矿压分布的影响[J]. 岩石力学与工程学报, 2004, 23(9): 1454-1459.
MENG Zhaoping, PENG Suping. Sedimentary rock mass structure types and their influence on underground pressure in coal mining [J]. Chinese Journal of Rock Mechanics and Engineering, 2004, 23 (9): 1454-1459.
- [6] 刘海燕, 伍法权, 李增学, 等. 兖州煤田主采煤层顶板稳定性特征分析[J]. 岩石力学与工程学报, 2006, 25(7): 1450-1456.
LIU Haiyan, WU Faquan, LI Zengxue, et al. Study on stability characteristics of main seam roof in yanzhou coalfield [J]. Chinese Journal of Rock Mechanics and Engineering, 2006, 25 (7): 1450

- 1456.
- [7] 朱永建. 神东矿区锚杆支护煤巷顶板稳定性分类研究[D]. 北京: 中国矿业大学(北京);2007.
- ZHU Yongjian. Research on classification of stability of bolt supporting coal roadway's roof in Shen-Dong diggings[D]. Beijing: China University of Mining & Technology(Beijing); 2007.
- [8] GB/T 12719—1991. 矿区水文地质工程地质勘探规范[S].
- GB/T 12719—1991. Exploration specification of hydrogeology and engineering geology in mining areas [S].
- [9] 何满潮. 煤矿软岩工程技术现状及展望[J]. 中国煤炭, 1999, 25(8): 12-21.
- HE Manchao. The present status and prospects of coal mine soft rock engineering[J]. China Coal, 1999, 25(8): 12-21.
- [10] 徐志斌, 王继尧, 张大顺, 等. 煤矿断层网络复杂程度的分维描述[J]. 煤炭学报, 1996, 21(4): 358-363.
- XU Zhibin, WANG Jiyao, ZHANG Dashun, et al. Fractal dimension description of complexity of fault network in coal mines [J]. Journal of China Coal Society, 1996, 21(4): 358-363.
- [11] 陈江峰, 胡诚. 煤中断裂分布的分形特征[J]. 煤田地质与勘探, 1999(9): 8-10.
- CHEN Jiangfeng, HU Cheng. Fractal characteristics of fracture distribution in coal [J]. Coal Geology & Exploration, 1999(9): 8-10.
- [12] 李建林, 张洪云, 冯有利, 等. 煤矿断层构造复杂程度的非线性分析[J]. 中国地质灾害与防治学报, 2011, 22(4): 69-73.
- LI Jianlin, ZHANG Hongyun, FENG Youli, et al. Nonlinear analysis of complexity of faults structures in coal mines [J]. The Chinese Journal of Geological Hazard and Control, 2011, 22(4): 69-73.
- [13] 刘江. 伊泰矿区井下地应力测量及应力场分布特征研究[J]. 煤炭学报, 2011, 36(4): 562-566.
- LIU Jiang. In-situ stress measurements and study on distribution characteristics of stress fields in underground coal mines in Yitai mining area [J]. Journal of China Coal Society, 2011, 36(4): 562-566.
- [14] 刘玉堂, 侯朝炯, 姚建国, 等. 我国缓倾斜、倾斜煤层回采巷道围岩稳定性分类研究[J]. 煤炭学报, 1989, 9(3): 21-36.
- LIU Yutang, HOU Chaojiong, YAO Janguo, et al. Rock stability classification of gateways in gently inclined and inclined coal seams [J]. Journal of China Coal Society, 1989, 9(3): 21-36.
- [15] 刘厚成, 谷秀芝. 基于可拓层次分析法的泥石流危险性评价研究[J]. 中国地质灾害与防治学报, 2010, 21(3): 61-66.
- LIU Houcheng, GU Xiuzhi. Hazard assessment of debris flow along highway based on extension AHP [J]. The Chinese Journal of Geological Hazard and Control, 2010, 21(3): 61-66.

关于为《中国地质灾害与防治学报》征集照片的启事

为了使本刊论文内容更加形象、生动,便于读者清晰地识别地质灾害的各种地质作用及现象,反映治理措施及治后效果,本刊每期另附彩版照片。凡为彩版或封面提供照片者,每版应附100~500字说明,每张照片也应有相应说明。为保证出版效果,请提供原照片;若用数码相机拍摄,请采用200万像素以上的模式拍照。照片的分辨率应在1600×1200dpi以上(Fine或High模式);如照片文件为扫描版,请采用600dpi以上的设置扫描。如用电子邮件发送,请提供照片的原电子文档JPG格式(勿自行用Photoshop或ACDsee等软件处理),以保证照片的清晰度。另请提供1份Word文档,但其仅供排版时参考,不能作为印刷、排版的原始稿件。提供的照片采用刊登后,付稿酬。欢迎各地、各界同仁踊跃选送各种典型照片(含国外照片)。

感谢您的支持与合作!

本刊网址: <http://zgdzzyfz.paperopen.com>

电子信箱: nitx@mail.cigem.gov.cn zhaoh@mail.cigem.gov.cn

《中国地质灾害与防治学报》编辑部