

煤柱群稳定性综合指数法与模糊评价法综合分析

王同旭,马 磊,马文强

(山东科技大学 矿业与安全工程学院,山东 青岛 266590)

摘要:为了研究小条带开采采空区内遗留大量煤柱群的稳定性,分析采空区上部煤层正常开采的可行性。根据煤柱群稳定性受多种因素综合影响的特点,在建立定量与定性评价指标体系的基础上,提出综合指数法与模糊评价法综合分析的方法。充分利用专家经验和知识的同时兼顾所评价对象的实际测量数据信息,提高评价结果的准确性与科学性。对虎龙沟矿8[#]煤层采空区煤柱群稳定性评价结果表明,该矿小条带煤柱群属于稳定性较好等级,可以进行采空区上部5[#]煤层的正常开采。

关键词:煤柱群稳定性;综合指数法;模糊评价法;综合分析

中图分类号:TD325.4

文献标志码:A

文章编号:1672-3767(2015)04-0072-07

Comprehensive Analysis of Comprehensive Index and Fuzzy Evaluation of Coal Pillars' Stability

Wang Tongxu, Ma Lei, Ma Wenqiang

(College of Mining and Safety Engineering, Shandong University of Science and Technology, Qingdao, Shandong 266590, China)

Abstract: In order to study the stability of the coal pillars left in the strip mining gob, this paper analyzed the feasibility of normal mining of the coal seam above the gob. According to the characteristic that the stability of coal pillar group is affected by many factors, an evaluation system with both quantitative and qualitative indexes was established, on the basis of which the comprehensive analysis of comprehensive index and fuzzy evaluation was put forward. This method, making full use of the experience and knowledge of experts as well as the real survey data information of the evaluation objects, improved the accuracy and scientificity of evaluation results. This method was used to evaluate the stability of coal pillars in the gob of No. 8 coal seam in Hulonggou Mine. The results show that the strip coal pillars of this mine are of higher stability and the No. 5 coal seam above the gob can be mined normally.

Key words: coal pillars' stability; comprehensive index; fuzzy evaluation; comprehensive analysis

由于建筑物下开采或顶板控制等需要,许多矿井采用小条带煤柱或房式开采方案^[1],导致采空区内遗留大量尺寸不一的煤柱群。这些煤柱群能否长期稳定,关系到地表建筑物安全、采空区上部煤层正常开采以及防止地表突然塌陷及冲击地压等动力灾害的重大公共安全问题。

国内外学者对条带煤柱稳定性研究主要包括煤柱的载荷和强度理论^[2]、煤柱尺寸设计^[3]、煤柱稳定性分析^[4]等,提出了“稳定核区”的概念,从理论上计算煤柱的实际承载能力,为判断条带煤柱稳定性提供理论依据。高玮^[5]通过极限平衡法分析煤层倾角对煤柱稳定性的影响,郭文兵等^[6]采用突变理论分析条带煤柱的稳定性,刘如铁等^[7]对煤矿大面积采空区失稳危险源进行分析,吴立新等^[8]分析煤柱屈服带宽度及其影响因素和变化规律。在数值模拟方面,付武斌等^[9]通过有限元强度折减法分析煤柱稳定性,刘贵等^[10]采用

收稿日期:2014-12-22

基金项目:国家自然科学基金项目(51474136)

作者简介:王同旭(1963—),男,山东海阳人,教授,博士,主要从事矿山压力与控制方面的研究。E-mail:wtx6383@163.com

FLAC^{3D}数值方法分析深部厚煤层条带煤柱的稳定性。上述研究多数是针对单个煤柱的稳定性进行的,对煤柱群稳定性研究较少。此外,由于采煤工作面现场地质条件、开采技术、外界扰动影响的不确定性与诸多复杂性因素不能定量给出,传统的稳定性分析方法存在一定的局限性。

近年来,模糊数学理论在矿业工程领域得到了越来越广泛的应用^[11]。付在林^[12]应用模糊评判原理进行煤柱稳定性评价。模糊评价法^[13]的优点是充分利用专家的经验 and 知识,不足之处是人为因素对结果影响较大,主观性太强。而综合指数法^[7]优点是不受主观因素影响,数据信息越详细评价越可靠,缺点是数据有时与现场实际不太相符。本文提出模糊评价法与综合指数法结合的分析方法,充分利用专家经验的同时兼顾各个数据信息,可降低评价的主观性和盲目性,并以同煤集团公司虎龙沟煤矿 8# 煤层为工程背景,对小条带(房式)煤柱群的稳定性进行评价,取得了较为满意的结果。

1 工程概况

同煤集团公司虎龙沟煤矿,位于大同煤田中段东南边缘,总体构造形态为单斜构造,伴随有宽缓的波状起伏,靠近井田东部边界倾角较大(约 8°),井田大部倾角 1°左右,煤层自燃倾向性等级为 II 级,属于自燃煤层,发火期为 6 个月。开采的 8# 煤层埋深 300 m 左右,平均厚度 4.5 m,煤的单轴抗压强度 16.2 MPa;采用采宽 9~15 m、留宽 4~6 m 的小条带(房式)回采方法,回采率为 70%,煤层开采后形成大范围空区及遗留煤柱群。为分析煤柱群稳定性对上部 5# 煤层正常开采的影响,采用综合指数法与模糊评价法综合分析的方法,对 8# 煤层的煤柱群的长期稳定性及多次采动下的稳定性进行预分析与评价。

2 综合指数法确定客观权重评定指数

从顶板-煤柱群-底板系统综合考虑的角度,确定 3 个影响因素(自然地质条件、开采技术条件、外界扰动影响)和 16 个子因素(表 1~3)。子因素的选取是在文献[10]基础上,结合虎龙沟矿小条带(房式)采空区煤柱群自身的特点,增加地质构造、采空区自燃情况、条带煤柱宽高比、重复采动次数等 4 个子因素。

根据虎龙沟矿具体条件,采用综合指数法^[7]给出 3 个影响因素的各子因素对采区内煤柱群稳定性影响分值,表中给出的分值是虎龙沟矿各影响因素对煤柱群稳定性的评分值,最大分值代表最不利于煤柱群稳定的评分值(表 1~3)。

表 1 影响因素 U_1 (地质条件) 各子因素对煤柱群稳定性影响分值

Tab. 1 The influencing scores of coal pillars' stability evaluated by influencing factor U_1 (geological conditions) and its sub factors

序号	子因素编号	子因素名称	子因素的值	分值	最大分值
1	u_{11}	地质构造	无断层	0	2
2	u_{12}	煤层倾角 $f/(^\circ)$	$5^\circ \leq f < 15^\circ$	1	3
3	u_{13}	煤厚 h/m	$3 \leq h < 5$	2	3
4	u_{14}	开采深度 H/m	$H \geq 300$	1	3
5	u_{15}	岩层单轴抗压强度 R_1/MPa	$R_1 < 60$	4	6
6	u_{16}	煤柱单轴抗压强度 R_2/MPa	$R_2 < 60$	4	6
7	u_{17}	采空区自燃情况	部分自燃	2	4

表 2 影响因素 U_2 (开采技术条件) 各子因素对煤柱群稳定性影响分值

Tab. 2 The influencing scores of coal pillars' stability evaluated by influencing factor

U_2 (mining conditions) and its sub factors

序号	子因素编号	子因素名称	子因素的值	分值	最大分值
8	u_{21}	条带开采宽度/m	12~16	2	4
9	u_{22}	条带煤柱宽高比 P	$1 \leq P < 3$	4	8
10	u_{23}	顶板处理方式	顶板未处理, 部分垮落	2	6
11	u_{24}	煤柱面积比率 S	$30\% \leq S < 35\%$	2	4
12	u_{25}	采空区积水情况	少量	2	4
13	u_{26}	采空区密闭情况	一般密闭	2	4

表 3 影响因素 U_3 (外界扰动影响) 各子因素对煤柱群稳定性影响分值

Tab. 3 The influencing scores of coal pillars' stability evaluated by influencing factor

U_3 (external disturbance) and its sub factors

序号	子因素编号	子因素名称	子因素的值	分值	最大分值
14	u_{31}	重复采动次数	1	2	3
15	u_{32}	上下及周围煤层开采情况	上下及周围煤层部分开采	2	3
16	u_{32}	周围发生矿震次数	1	3	8

参考文献[7], 由表 1~3 计算各因素对煤柱群稳定性客观权重评定指数:

$$W_i = \sum_{j=1}^{n_i} G_{ij} / \sum_{j=1}^{n_i} G_{ij \max}, i = 1, 2, 3. \quad (1)$$

其中: W_i —分别为自然地质条件、开采技术条件、外界扰动影响对煤柱群稳定性指数; G_{ij} —影响因素 i 的各子因素的实际分值; $G_{ij \max}$ —影响因素 i 的各子因素中最大分值; n_i —各影响因素中子因素数目。

将表 1~3 的分值代入式(1), 可得三个影响因素的客观权重评定指数:

$$W_1 = 0.519, W_2 = 0.467, W_3 = 0.5.$$

3 模糊评价法确定主观权重评定指数

3.1 建立模糊评价因素集并确定各因素权重

3.1.1 建立模糊评价因素集

从煤柱群自身赋存条件及开采技术角度, 建立目标层 U =(煤柱群稳定性), 因素集 $u_i = (u_1, u_2, u_3) =$ (自然地质条件, 开采技术条件, 外界扰动影响), 各因素的子因素集 u_{ij} 见表 1~3。

3.1.2 因素层相对目标层的权重分配集

设因素 u_i 相对于目标层的权重为 a_i , 各因素权重的集合用 A 表示。模糊评价法中应用层次分析法^[14] 确定各因素的权重分配集, 其方法是先对两指标之间的重要程度作出判断, 采用 1-9 标度法得到判断矩阵, 并求出判断矩阵的最大特征值 λ_{\max} , 然后求出它的特征向量, 做归一化处理, 即可得到判断矩阵的权重分配集; 最后进行一致性检验, 其方法是先由判断矩阵最大特征值求出一致性指标 $C_1 = (\lambda_{\max} - n) / (n - 1)$, 式中 n 为判断矩阵的阶数, 再由文献[15]方法确定平均随机一致性指标 R_1 , 然后根据行一致性检验公式 $C_R = C_1 / R_1$ 进行计算。若 $C_R < 0.1$, 则认为判断矩阵赋值合理, 否则需重新赋值直至满足要求为止。可利用 MATLAB 软件进行上述过程计算。

经过多次试算分析, 得到的虎龙沟矿 8# 煤层小条带(房式)煤柱群稳定性判别矩阵如表 4 所示, 其中 $\lambda_{\max} = 3.0142, n = 3, R_1 = 0.53$, 则 $C_R = 0.014 < 0.1$, 故满足一致性检验。

由表 4 可得, u_1, u_2, u_3 三个因素相对于目标层小条带(房式)煤柱群稳定性 U 的权重分配集 $A = (0.739\ 6, 0.166\ 6, 0.093\ 8)$ 。以此分配集数据为基础, 可进一步确定子因素层对因素层的权重集。

3.1.3 子因素层相对因素层权重分配集

考虑各因素受子因素的影响, 根据虎龙沟矿的实际情况, 采用上述类似步骤多次试算分析, 得到子因素层对因素层的判别矩阵及权重分配集, 如表 5~7 所示。

表 4 u_i 对于 U 的判断矩阵 ($i=1,2,3$)

Tab. 4 The judgement matrix of U given by $u_i (i = 1, 2, 3)$

$U-u_i$	u_1	u_2	u_3	权重
u_1	1	5	7	0.739 6
u_2	1/5	1	2	0.166 6
u_3	1/7	1/2	1	0.093 8

表 5 u_{1j} 对于 u_1 的判断矩阵 ($j=1,2,3,4,5,6,7$)

Tab. 5 The judgement matrix of u_1 given by $u_{1j} (j = 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7)$

u_1-u_{1j}	u_{11}	u_{12}	u_{13}	u_{14}	u_{15}	u_{16}	u_{17}	权重
u_{11}	1	1	7	2	2	3	5	0.276 6
u_{12}	1	1	5	1	1	1/3	2	0.141 8
u_{13}	1/7	1/5	1	1/3	1/3	1/4	1/2	0.036 6
u_{14}	1/2	1	3	1	1/2	3	2	0.166 6
u_{15}	1/2	1	3	2	1	1/2	2	0.139 8
u_{16}	1/3	3	4	1/3	2	1	3	0.177 0
u_{17}	1/5	1/2	2	1/2	1/2	1/3	1	0.061 6

表 5 中, $\lambda_{\max} = 7.687\ 8, n = 7, R_1 = 1.36, C_R = 0.084 < 0.1$ 。则自然地地质条件各子因素相对于 u_1 的权重分配集 $A_1 = (0.276\ 6, 0.141\ 8, 0.036\ 6, 0.166\ 6, 0.139\ 8, 0.177\ 0, 0.061\ 6)$ 。

表 6 u_{2j} 对于 u_2 的判断矩阵 ($j=1,2,3,4,5,6$)

Tab. 6 The judgement matrix of u_2 given by $u_{2j} (j = 1, 2, 3, 4, 5, 6)$

u_2-u_{2j}	u_{21}	u_{22}	u_{23}	u_{24}	u_{25}	u_{26}	权重
u_{21}		1	1/2	1/8	1/2	1/3	0.059 8
u_{22}	1	1	2	1/4	2	1/5	0.107 0
u_{23}	2	1/2	1	1/3	1/3	1/2	0.082 8
u_{24}	8	4	3	1	3	3	0.396 0
u_{25}	2	1/2	3	1/3	1	1/3	0.113 2
u_{26}	3	5	2	3	3	1	0.241 3

表 6 中, $\lambda_{\max} = 6.6, n = 6, R_1 = 1.26, C_R = 0.095 < 0.1$ 。开采技术条件各子因素相对于 u_2 的权重分配集 $A_2 = (0.059\ 8, 0.107\ 0, 0.082\ 8, 0.396\ 0, 0.113\ 2, 0.241\ 3)$ 。

表 7 中, $\lambda_{\max} = 3.003\ 7, n = 3, R_1 = 0.53, C_R = 0.004 < 0.1$ 。外界扰动影响各子因素相对于 u_3 的权重分配集 $A_3 = (0.309\ 0, 0.581\ 6, 0.109\ 5)$ 。

表 7 u_{3j} 对于 u_3 的判断矩阵 ($j=1,2,3$)

Tab. 7 The judgement matrix of u_3 given by $u_{3j} (j = 1, 2, 3)$

u_3-u_{3j}	u_{31}	u_{32}	u_{33}	权重
u_{31}	1	1/2	3	0.309 0
u_{32}	2	1	5	0.581 6
u_{33}	1/3	1/5	1	0.109 5

最后, 对层次总排序也需作一致性检验, 这是因为虽然各层次均已经过层次单排序的一致性检验, 各成对比较判断矩阵都已具有较为满意的一致性, 但综合考察时, 各层次的非一致性仍有可能

积累起来,引起最终分析结果较严重的非一致性。由表 5~7 数据,根据文献[16]计算方法,得 $C_R = 0.083 < 0.1$ 。可见上述层次总排序结果符合一致性,因此可接受该分析结果。

3.2 建立评价集确定模糊评价指数

评价集是评价者对评价对象的评价结果所组成的集合,通常用 V 表示。参照文献[17-18],将采区煤柱群稳定性等级分为 5 级,即 $V = (\text{稳定性极差,稳定性较差,稳定性中等,稳定性较好,稳定性好})$ 。

这里采用专家调查法,咨询 10 位从事煤矿研究工作的专家,让他们分别对 3 个影响因素 u_i (自然地质条件、开采技术条件、外界扰动影响)的子因素对煤柱群稳定性的影响程度进行打分,然后用概率法进行统计,最终形成各因素的评价矩阵 $K_i (i=1,2,3)$:

$$K_1 = \begin{bmatrix} 0.3 & 0.2 & 0.3 & 0.1 & 0.1 \\ 0.0 & 0.0 & 0.1 & 0.4 & 0.5 \\ 0.0 & 0.1 & 0.3 & 0.4 & 0.2 \\ 0.0 & 0.0 & 0.2 & 0.5 & 0.3 \\ 0.3 & 0.2 & 0.4 & 0.1 & 0.0 \\ 0.0 & 0.0 & 0.2 & 0.5 & 0.3 \\ 0.1 & 0.3 & 0.2 & 0.3 & 0.1 \end{bmatrix}; \quad K_2 = \begin{bmatrix} 0.0 & 0.2 & 0.4 & 0.2 & 0.2 \\ 0.1 & 0.2 & 0.4 & 0.2 & 0.1 \\ 0.3 & 0.3 & 0.3 & 0.1 & 0.0 \\ 0.2 & 0.3 & 0.3 & 0.1 & 0.1 \\ 0.2 & 0.2 & 0.3 & 0.2 & 0.1 \\ 0.3 & 0.2 & 0.3 & 0.2 & 0.0 \end{bmatrix};$$

$$K_3 = \begin{bmatrix} 0.0 & 0.0 & 0.0 & 0.6 & 0.4 \\ 0.0 & 0.0 & 0.2 & 0.5 & 0.3 \\ 0.0 & 0.0 & 0.1 & 0.5 & 0.4 \end{bmatrix}。$$

最后,根据前述 A_i 与 K_i ,通过合成算子合成相应的各因素评价矩阵^[19]为:

$$C_1 = A_1 \cdot K_1 = (0.1311, 0.1054, 0.2451, 0.3033, 0.2151),$$

$$C_2 = A_2 \cdot K_2 = (0.2078, 0.2449, 0.3137, 0.1511, 0.0726),$$

$$C_3 = A_3 \cdot K_3 = (0, 0, 0.1273, 0.5309, 0.3419)。$$

根据模糊评价法最大隶属度原则,取各因素评价矩阵中最大值为主观权重评定指数。则自然地质条件评定指数 c_1 为 0.3033,开采技术条件评定指数 c_2 为 0.3137,外界扰动评定指数 c_3 为 0.5309。

4 确定煤柱群稳定性等级

将综合指数法(客观赋权)和模糊评价法(主观赋权)利用数学方法进行综合分析,对采区煤柱群稳定性进行等级划分。根据计算的稳定性指数(H)大小,煤柱群稳定性等级划分如下: $H \geq 0.75$ (稳定性极差); $0.65 \leq H < 0.75$ (稳定性较差); $0.55 \leq H < 0.65$ (稳定性中等); $0.45 \leq H < 0.55$ (稳定性较好); $H < 0.45$ (稳定性好)。

先采取乘法合成归一化法^[20],计算各因素的稳定性指数:

$$H_i = (c_i \cdot W_i) / \sum_{j=1}^3 c_j \cdot W_j \quad (2)$$

其中: H_i —各因素稳定性指数, c_i —各因素主观权重评定指数, W_i —各因素客观权重评定指数, $i=1,2,3$ 。

将上述计算所得的 c_i 及 W_i 值代入式(2),得 $H_1 = 0.3527, H_2 = 0.1074, H_3 = 0.5399$;根据最大隶属度原则,求得总的稳定性指数 $H = 0.5399$ 。可见该矿的煤柱群稳定性指数 $0.45 \leq H < 0.55$,属于稳定性较好等级。

5 结论

1) 在应用煤柱群稳定性综合指数法与模糊评价法综合分析过程中,为提高评价的精度,考虑的影响条带煤柱群稳定性因素越多、信息越充足、专家意见越详细,评价结果越准确。

2) 为了克服综合指数法及模糊评价法各自的缺陷,将综合指数法与模糊评价法利用数学公式综合分析,提高了评价的准确性与科学性。

3)针对小条带(房式)煤柱群的特点以及虎龙沟矿的具体条件,增加了地质构造、采空区自燃情况、煤柱宽高比、重复采动次数等4个子因素。分析结果表明,该矿的小条带(房式)煤柱群属于稳定性较好等级,可以进行采空区上部5[#]煤层的正常开采。

参考文献:

- [1]洪春生.条带采煤法的理论及在实践中的运用[J].煤炭技术,2003,22(4):327-328.
Hong Chunsheng. Theory of strip mining method and its application in practice[J]. Coal Technology of Journal, 2003, 22(4):327-328.
- [2]王方田,屠世浩,李召鑫,等.浅埋煤层房式开采遗留煤柱突变失稳机理研究[J].采矿与安全工程学报,2012,29(6):770-775.
Wang Fangtian, Tu Shihao, Li Zhaoxin, et al. Mutation instability mechanism of the room mining residual pillars in the shallow depth seam[J]. Journal of Mining & Safety Engineering, 2012, 29(6):770-775.
- [3]王旭春,黄福昌,张怀新,等. A. H. 威尔逊煤柱设计公式探讨及改进[J].煤炭学报,2002,27(6):604-607.
Wang Xuchun, Huang Fuchang, Zhang Huaixin, et al. Discussion and improvement for A. H. Wilsons coal pillar design[J]. Journal of China Coal Society, 2002, 27(6):604-607.
- [4]邹友峰,柴华彬.我国条带煤柱稳定性研究现状及存在问题[J].采矿与安全工程学报,2006,23(2):141-145.
Zou Youfeng, Chai Huabin. Research status of strip coal pillar stability and its main problems in China[J]. Journal of Mining & Safety Engineering, 2006, 23(2):141-145.
- [5]高伟.倾斜煤柱稳定性的弹塑性分析[J].力学与实践,2001,23(2):23-26.
Gao Wei. The elastic-plastic analysis of stability of inclined coal pillar[J]. Mechanics and Practice, 2001, 23(2):23-26.
- [6]郭文兵,邓喀中,邹友峰.走向条带煤柱破坏失稳的尖点突变模型[J].岩石力学与工程学报,2004,23(12):1996-2000.
Guo Wenbing, Deng Kazhong, Zou Youfeng. Study on cusp catastrophic model for instability of strip coal pillar along strike[J]. Chinese Journal of Rock Mechanics and Engineering, 2004, 23(12):1996-2000.
- [7]刘如铁,李文,李杰.煤矿大面积采空区失稳危险源分级[J].煤矿安全学报,2012,43(5):143-146.
Liu Rutie, Li Wen, Li Jie. Mine large gob destabilization hazard rating[J]. Mine Safety Journal, 2012, 43(5):143-146.
- [8]吴立新,王金庄.煤柱屈服区宽度计算及其影响因素分析[J].中国矿业大学学报,1995,20(6):625-630.
Wu Lixin, Wang Jinzhuang. Analysis yield zone coal pillar width calculation and its influencing factors[J]. Journal of China University of Mining and Technology, 1995, 20(6):625-630.
- [9]付武斌,邓喀中,张立亚.房柱式采空区煤柱稳定性分析[J].煤矿安全学报,2011,42(1):136-139.
Fu Wubin, Deng Kazhong, Zhang Liya. Room and pillar mining coal pillar stability analysis[J]. Mine Safety Journal, 2011, 42(1):136-139.
- [10]刘贵,张华兴,徐乃忠.深部厚煤层条带开采煤柱的稳定性[J].煤炭学报,2008,33(10):1087-1090.
Liu Gui, Zhang Huaxing, Xu Naizhong. Deep thick coal seam coal pillar stability[J]. Journal of China Coal Society, 2008, 33(10):1087-1090.
- [11]王旭,霍德利.模糊综合评价法在煤矿安全评价中的应用[J].中国矿业,2008,17(5):75-78.
Wang Xu, Huo Deli. Application of fuzzy comprehensive evaluation in coal mine safety evaluation[J]. China Mining Magazine, 2008, 17(5):75-78.
- [12]付在林.应用模糊综合评判原理评价安全煤柱的留设[J].中国煤炭地质,2010,22(5):45-48.
Fu Zailin. Safety pillar setting appiariisal through fuzzy comprehensive evaluation[J]. Coal Geology of China, 2010, 22(5):45-48.
- [13]王起全,佟瑞鹏.模糊综合评价方法在企业安全评价中的分析和应用[J].华北科技学院学报,2006,3(4):26-31.
Wang Qiquan, Tong Ruipeng. Fuzzy comprehensive evaluation methods and applications in the enterprise safety evaluation[J]. Journal of North China Institute of Science and Technology, 2006, 3(4):26-31.
- [14]袁梅. AHP在煤矿安全现场评价中的应用[J].中国煤炭,2009,35(1):72-74.
Yuan Mei. AHP application in the field of coal mine safety evaluation[J]. Chinese Coal, 2009, 35(1):72-74.
- [15]焦树峰. AHP法中平均随机一致性指标的算法及 MATLAB实现[J].太原师范学院学报,2006,5(4):45-47.
Jiao Shufeng. AHP arithmetic mean random consistency index and MATLAB realization[J]. Journal of Taiyuan Teachers College, 2006, 5(4):45-47.

- [16]徐扬,周延.基于模糊层次分析法的矿井安全综合评价[J].中国安全科学学报,2009,19(5):147-152.
Xu Yang,Zhou Yan. Synthesized assessment method for coal mine safety based on fuzzy analytic hierarchy process[J]. China Safety Science Journal,2009,19(5):147-152.
- [17]李文.房采采空区失稳危险性评价[J].中国安全科学学报.2011,21(3):95-100.
Li Wen. Risk assessment of room method goafs instability[J]. China Safety Science Journal,2011,21(3):95-100.
- [18]李博,郭小铭,徐爽,等.基于模糊评判-综合赋权的煤层底板突水危险性评价[J].河南理工大学学报,2014,33(1):6-10.
Li Bo,Guo Xiaoming,Xu Shuang,et al. Risk assessment of coal floor groundwater bursting based on fuzzy comprehensive evaluation-comprehensive weight[J]. Journal of Henan Polytechnic University,2014,33(1):6-10.
- [19]彭安华,王智明.基于层次分析法的二级模糊综合评判在机构评价中的应用[J].淮海工学院学报,2006,15(4):11-14.
Peng Anhua,Wang Zhiming. Application of AHP based two level fuzzy synthetic evaluation into mechanism evaluation[J]. Journal of Huaihai Institute of Technology,2006,15(4):11-14.
- [20]杨静.改进的模糊综合评价法在水质评价中的应用[D].重庆:重庆大学,2014:10-14.

(责任编辑:吕海亮)

第十届全国采矿学术会议暨采矿技术装备展预通知

各有关单位:

由中国煤炭学会、中国工程院能源与矿业工程学部和中国金属学会、中国有色金属学会、中国化工学会、中国硅酸盐学会、中国矿业联合会、中国黄金协会、中国核学会、中国岩石力学与工程学会联合主办,鄂尔多斯市人民政府协办的“第十届全国采矿学术会议暨采矿技术装备展”定于2015年9月9日在内蒙古鄂尔多斯市召开。

组委会联系方式

中国煤炭学会

参会报名:岳燕京、赵奇 010-84262778、13801023690 传真:010-84264526

论文征集:王蕾、白希军 010-84264419、13811589118 投稿邮箱:bxj@chinacs.org.cn

会议委托上海申仕展览服务有限公司承接展览服务工作。

展览服务:彭海鹏 13917396698

联络邮箱:175343661@qq.com

会议情况请关注中国煤炭学会网站(www.chinacs.org.cn)和大会官方微信。

中国煤炭学会

2015年6月1日