

# 基于 RST 的海底采场顶板稳定性二级模糊评价方法

赵国彦, 余佩佩, 周礼

中南大学资源与安全工程学院, 长沙 410083

**摘要** 为更加科学准确地评价海底采场顶板稳定性, 提出一种基于粗糙集理论(RST)的采场顶板稳定性二级模糊评价方法。结合三山岛金矿海底开采实例, 选取岩体抗压强度、岩石质量指标、节理平均间距、地下水状况、以及采场的深度、跨度、跨高比、周围扰动影响、顶板暴露面积、顶板最大暴露时间和支护措施等 11 项指标作为评价因子, 采用连续分段函数和模糊语言变量隶属度取值表, 分别确定连续性指标隶属度和离散型变量隶属度, 并以 12 个采场为训练样本, 采用粗糙集理论(RST)确定各指标权重, 运用所建二级模糊评价模型, 对 12 个采场样本逐一进行检验, 正确率为 100%; 对-400m 水平采场顶板稳定性进行评价, 评价结果与该采场顶板的实际状况吻合, 表明了该方法用于海底采场顶板稳定性评价的可行性。

**关键词** 海底采场; 顶板稳定性; 粗糙集理论; 二级模糊评价

**中图分类号** TD821

**文献标志码** A

**doi** 10.3981/j.issn.1000-7857.2013.35.008

## Two-stage Fuzzy Evaluation of Under-sea Stope Roof Stability Based on Rough Set Theory

ZHAO Guoyan, YU Peipei, ZHOU Li

School of Resources and Safety Engineering, Central South University, Changsha 410083, China

**Abstract** In order to evaluate the stope stability scientifically and accurately, a two-stage fuzzy evaluation model of stope roof stability was established with the engineering practice of Sanshandao under-sea gold mining. Eleven indexes, i.e., compressive strength of rock mass, RQD, average joint spacing, groundwater condition, exposed area of roof, depth of stope, span of stope, span-depth ratio of stope, disturbance influence around, maximum exposure time of roof, support measures, were selected to be the evaluation indicators. Degree of membership of the continuous indicators was calculated using sectional-continuous functions and degree of the discrete indicators was obtained by fuzzy language variables. To avoid the influence of subjective factors, rough set theory was applied to determine the weight of indicators by training 12 sets of stope samples. Each of the 12 sets of stope samples was tested by the model, and the accurate ratio was 100%. Stability of another stope roof on the -400 m level was predicted by the model. The results show that the predicted stability classification was in good agreement with the actual situation. Therefore, the evaluation model can be used in the practical stope stability evaluation.

**Keywords** under-sea stope; roof stability; rough set theory; two-stage fuzzy evaluation

### 0 引言

地下矿山开采过程中, 采场顶板稳定与否直接关系到井下作业人员与设备的安全<sup>[1]</sup>, 尤其是在海下开采中, 一旦顶板失稳将导致海水灌入矿井, 造成毁灭性的灾害。据不完全统计, 2002—2005 年仅中国煤矿每年发生的冒顶事故就多达 1900~2300 次, 死亡 2200~2500 人<sup>[2]</sup>。采场冒顶往往具有突发

性和不可预见性, 因此采场顶板稳定性评价就显得尤为重要。

长期以来, 国内外在采场顶板稳定性评价方面做了大量的研究工作, 提出许多顶板稳定性评价方法, 归纳起来主要分为 3 类。第 1 类为现场监测法, 如王恩元等<sup>[2]</sup>用电磁辐射法对矿山采空区顶板稳定性进行检测和预报, 利用顶板垮落前电磁辐射的异常反应能够准确预报冒顶事故, 但该方法实

收稿日期: 2013-06-20; 修回日期: 2013-10-29

基金项目: 国家重点基础研究发展计划(973 计划)项目(2010CB732004); 国家重点实验室开放基金项目(SKLGDUK0906)

作者简介: 赵国彦, 教授, 研究方向为采矿工程、矿山安全、岩石力学与工程等, 电子信箱: gy.zhao@263.net; 余佩佩(共同第一作者), 硕士研究生, 研究方向为矿山安全与技术, 电子信箱: 905102248@qq.com

施中需在现场布置大量测点,工作量大且成本较高;第2类为理论计算与数值模拟方法,如曹刚<sup>[9]</sup>采用三维弹塑性软件模拟分析了某矿深部难采矿体的顶板稳定性,该类方法定量地分析采场顶板中各物理力学指标,但由于工程地质的复杂多变性和岩石材料本身各向异性特质,该类方法的分析结果带有先天缺陷。第3类为多元统计方法,随着非线性科学的发展,该类方法在顶板稳定性分析中被广泛应用。丁陈建等<sup>[4]</sup>用神经网络对采空区地基稳定性进行了定量评价;王其胜等<sup>[5]</sup>建立了采场顶板稳定性集对分析模型并运用到矿山实际中;赵延林等<sup>[6]</sup>利用突变理论建立采空区重叠顶板稳定性强度折减法,研究了重叠顶板的安全储备;高峰等<sup>[7]</sup>利用可拓学理论对顶板稳定性进行了分析;王新民等<sup>[8]</sup>将灰色关联分析引入采空区危险度评价。多元统计方法在工程实践中均取得了一定的应用效果,但同时也存在着诸如评价指标不够完整、评价精度不够准确、易陷入局部最优解<sup>[9]</sup>等问题。为了更加准确地评价采场顶板稳定性,本文应用连续分段函数、模糊语言变量隶属度取值表和粗糙集理论,以山东黄金三山岛海下开采为例,研究海底采场稳定性二级模糊评价方法。

### 1 二级模糊评价基本原理

对于受多层次多因素影响的复杂系统,若采用常规的一级模糊评判,某些因素对系统的作用会因其权重系数太小而受影响甚至被忽略。为避免这一弊端,可按照一定规则将评价因子集  $U$  划分为不同的子集  $U_1, U_2, \dots, U_s$ , 先对各子集进行一级模糊评价,然后以各一级模糊评判向量组成新的隶属度矩阵进行二级模糊评价<sup>[10-12]</sup>。步骤如下:

(1) 设评价因子集  $U$  的第  $i$  个子集为  $U_i (i=1, 2, \dots, s)$ , 其对应的权重向量为  $w_i$ , 隶属度矩阵为  $R_i$ , 则一级模糊评价向量为:

$$B_i = w_i R_i \quad (1)$$

(2) 分别求得  $U_1, U_2, \dots, U_s$  的一级模糊评价向量和隶属度矩阵  $B=[B_1 B_2 \dots B_s]^T$ 。设二级权重向量为  $W=(W_1, W_2, \dots, W_s)$ , 由此得到二级模糊评价向量为:

$$C=WB \quad (2)$$

(3) 评价集  $V=(V_1, V_2, \dots, V_m)$ , 结合二级模糊评价向量  $C$ , 采用最大隶属度原则进行判别。

### 2 评价因子及分级标准

采场作为整个矿山开采系统中的基本单元,从系统的角度出发,其稳定与否由多个因素共同决定。工程实践表明,采场顶板稳定性不仅受岩体物理力学性质的影响,还与诸如爆破振动、采场支护等诸多因素息息相关,归纳起来采场稳定性主要受以下3个方面的影响,分别为采场岩体质量因素  $U_1$ 、采场结构特征因素  $U_2$  以及采场工程环境因素  $U_3$ 。其中,采场岩体质量因素  $U_1$  又主要包括岩体抗压强度  $U_{11}$ 、岩石质量指标  $U_{12}$ 、节理平均间距  $U_{13}$ 、地下水状况  $U_{14}$ ;采场结构特征  $U_2$  主要包括采场顶板暴露面积  $U_{21}$ 、采场深度  $U_{22}$ 、采场跨度  $U_{23}$ 、采场跨高比  $U_{24}$ ;采场环境特征  $U_3$  主要包括周围扰动影响  $U_{31}$ 、最大暴露时间  $U_{32}$ 、支护措施  $U_{33}$ 。由此建立采场顶板稳定性二级模糊综合评判模型,如图1所示。根据上述评价因子将采场顶板稳定性分为 I、II、III、IV、V 级,分别代表非常稳定、稳定、中等稳定、不稳定、非常不稳定,其分级标准见表 1<sup>[3]</sup>。

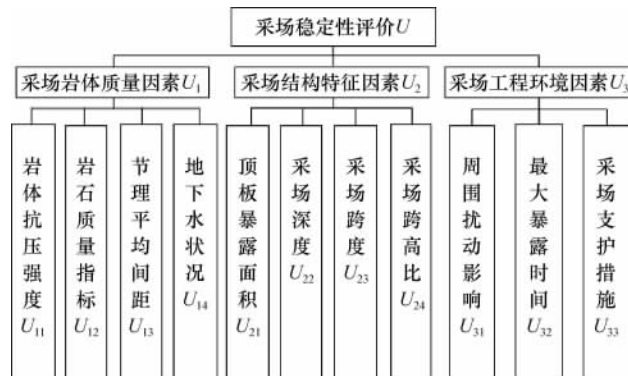


图1 采场顶板稳定性二级模糊评判模型  
Fig.1 Two-stage fuzzy evaluation model of slope roof stability

表1 采场顶板稳定性分级标准

Table 1 Classification standard of slope roof stability

稳定性等级	$U_1$				$U_2$				$U_3$		
	$U_{11}/\text{MPa}$	$U_{12}/\%$	$U_{13}/\text{cm}$	$U_{14}$	$U_{21}/\text{m}^2$	$U_{22}/\text{m}$	$U_{23}/\text{m}$	$U_{24}$	$U_{31}$	$U_{32}/\text{d}$	$U_{33}$
I	>200	90~100	>200	无	<200	<100	<20	<2	无	<1	非常合理
II	100~200	75~90	60~200	较小	200~800	100~200	20~60	2~4	较小	1~10	较合理
III	50~100	50~75	20~60	中等	800~1500	200~400	60~100	4~6	一般	10~30	一般
IV	25~50	25~50	6~20	较严重	1500~2500	400~600	100~150	6~8	较大	30~100	不合理
V	0~25	0~25	0~6	非常严重	>2500	>600	>150	>8	非常大	>100	无

### 3 隶属度的确定

隶属度的确定是模糊评价的核心步骤之一。各指标按是否连续可分为连续性和离散型。对于离散型指标,参照模糊

语言描述隶属度取值表(表2)取值<sup>[4]</sup>。对于连续性指标,采用单指标测度函数来确定其隶属度,各指标测度函数见图2,图中各点坐标对应的值为各指标分级区间的中点。

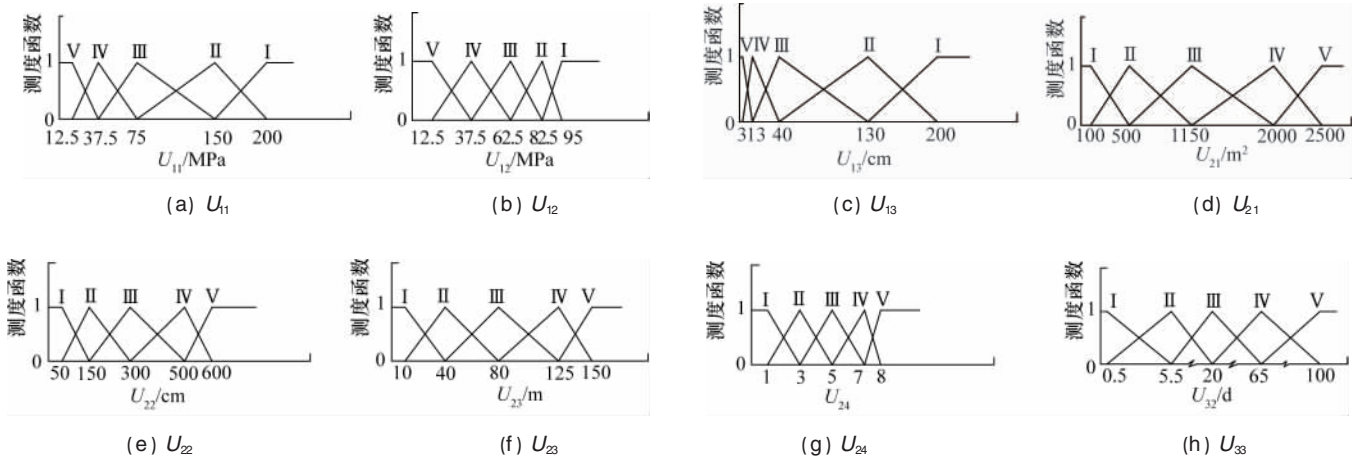
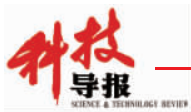


图 2 指标测度函数

Fig. 2 Uncertainty measurement function

表 2 模糊语言变量隶属度取值

Table 2 Membership values of discrete indicators

模糊语言变量	稳定性等级				
	I	II	III	IV	V
非常严重、高	0	0	0.10	0.30	0.60
较严重、较高	0	0.08	0.20	0.52	0.20
中等、一般	0.05	0.20	0.50	0.20	0.05
较好、较低	0.20	0.52	0.20	0.08	0
无、非常低	0.60	0.30	0.10	0	0

#### 4 基于粗糙集理论的权重计算

粗糙集理论是波兰学者 Pawlak 于 1982 年提出的一种非线性数学方法,它能有效地分析、处理各种不完整、不精确数据,简化冗余属性,去除人为主观因素的影响,从中发现隐含知识,揭示潜在的基本规律<sup>[5,6]</sup>。

粗糙集理论认为知识就是利用等价关系集  $E$  对离散空间  $F$  划分的结果,而知识库  $K$  则被定义为属于  $E$  中的一切可能关系对  $F$  的划分,记为

$$K=(F, E) \quad (8)$$

该理论中一个知识系统被定义为

$$S=(F, A, V, f) \quad (9)$$

式中,  $F$  为论域;  $A=C \cup D, C \cap D = \Phi$ ,  $C$  为条件属性集,  $D$  为决策属性集,两者构成的  $A$  为属性的非空集合;  $V$  为各属性的值域;  $f$  为信息函数,它指定了论域中各对象的属性值。

定义决策属性集  $D$  对条件属性集  $C$  的依赖度为

$$\gamma_C(D) = \frac{1}{F} \sum_{i=1}^m |\gamma_C(D_i)|, Y_i \in F/D \quad (10)$$

式中,  $0 \leq \gamma_C(D) \leq 1$ 。当  $\gamma_C(D) = 1$  时,  $D$  完全依赖于  $C$ ; 当  $\gamma_C(D) = 0$  时,  $D$  完全独立于  $C$ ; 当  $0 < \gamma_C(D) < 1$  时,  $D$  部分依赖于  $C$ 。

考虑去掉条件属性  $C_i$  时决策属性对条件属性的依赖度,

则

$$\gamma_{C-C_i}(D) = \frac{1}{F} \sum_{i=1}^m |\gamma_{C-C_i}(D)| \quad (11)$$

结合式(10)和式(11)即可得到条件属性  $C_i$  对于决策属性的重要程度,即

$$\delta_{CD}(C_i) = \gamma_C(D) - \gamma_{C-C_i}(D) \quad (12)$$

$\delta_{CD}(C_i)$  的值越大说明条件属性  $C_i$  对于决策属性越重要。

#### 5 工程实例评价

山东黄金三山岛金矿是国内目前唯一的海外开采硬岩矿山,主要采矿方法为上向分层充填法。回采时人员设备均直接暴露在顶板下,一旦顶板失稳破坏,将引起重大安全事故,并有可能导致海水灌入井筒,引发毁灭性的灾难。因此,采场顶板稳定性评价显得尤为重要。

选取新立矿区-320~-400m 中段、直属矿区-465~-600m 中段部分采场为训练样本(表 3)<sup>[3]</sup>,利用粗糙集理论计算各评价因子的权重,计算结果见表 4。各指标按权重取值大小排序由大到小依次为周围扰动影响、地下水状况、采场支护措施、采场深度、岩石质量指标、岩体矿压强度(节理平均间距)、采场跨度(采场跨高比)、最大暴露时间、顶板暴露面积。该矿主要采用上向分层充填采矿法开采,采场顶板暴露面积相对较小,且机械化水平高,回采强度大,分层回采完毕立即充填,故顶板暴露时间也相对较短,因此影响采场顶板稳定性的前 3 位主要因素为周围扰动影响、地下水状况和采场支护措施。运用该模型对 12 个训练样本进行回判,判别结果完全符合现场实际情况。

应用所建模型对该矿-400m 水平某采场顶板稳定性<sup>[3]</sup>进行评价。该采场各指标数据由现场测量获得,具体取值:  $U_{11} = 95.0 \text{ MPa}$ ,  $U_{12} = 79.8\%$ ,  $U_{13} = 31.8 \text{ cm}$ ,  $U_{14}$  为较小,  $U_{21} = 2500 \text{ m}^2$ ,  $U_{22} = 400 \text{ m}$ ,  $U_{23} = 50 \text{ m}$ ,  $U_{24} = 1.25$ ,  $U_{31}$  为较大,  $U_{32} = 90 \text{ d}$ ,  $U_{33}$  为较合理。

根据模糊评价原理进行一级模糊评价,可得一级模糊隶

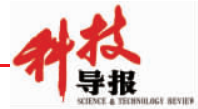


表 3 样本采场各指标实测值  
Table 3 Value of indicators stope samples

采场编号	$U_{11}/\text{MPa}$	$U_{12}/\%$	$U_{13}/\text{cm}$	$U_{14}$	$U_{21}/\text{m}^2$	$U_{22}/\text{m}$	$U_{23}/\text{m}$	$U_{24}$	$U_{31}$	$U_{32}/\text{d}$	$U_{33}$	稳定性等级	本文方法
63#	81	82	15	较严重	135	320	50	1.3	一般	20	不合理	III	III
79#	81	82	13	较严重	76	350	55	1.5	较大	20	不合理	IV	IV
4#	81	82	33	中等	110	360	48	1.3	较小	20	一般	III	III
59#	81	82	25	较严重	188	365	50	1.4	较大	20	一般	III	III
55#	81	75	33	较严重	127	400	100	2.5	较小	20	一般	III	III
83#	81	80	33	较严重	42	410	58	1.2	较大	20	一般	III	III
N461S	106	82	39	较小	104	465	45	0.9	较小	20	一般	III	III
463	106	90	29	中等	222	480	100	2.2	较小	20	一般	III	III
S511	106	88	35	无	128	510	95	2.3	较小	30	较合理	II	II
512	72	80	20	较严重	145	520	60	1.3	较大	20	不合理	IV	IV
551	72	90	33	较小	258	555	100	2.5	较小	30	一般	III	III
601	80	83	34	较严重	160	600	98	2.9	一般	20	一般	III	III

表 4 各指标权重值  
Table 4 Weight value of indicators

一级指标层	一级指标权重 $W_i$	二级指标层	二级指标权重 $W_{im}$	总评价权重 $W$
$U_1$	0.3728	$U_{11}$	0.2186	0.0815
		$U_{12}$	0.2389	0.0898
		$U_{13}$	0.2186	0.0815
		$U_{14}$	0.3239	0.1200
$U_2$	0.2988	$U_{21}$	0.1832	0.0548
		$U_{22}$	0.3040	0.0908
		$U_{23}$	0.2564	0.0766
		$U_{24}$	0.2564	0.0766
$U_3$	0.3284	$U_{31}$	0.4251	0.1397
		$U_{32}$	0.2312	0.0759
		$U_{33}$	0.3437	0.1128

属度矩阵及相应的权重向量。

(1) 采场岩体质量因素  $U_1$

$$R_1 = \begin{bmatrix} 0 & 0.267 & 0.733 & 0 & 0 \\ 0 & 0.135 & 0.865 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0.696 & 0.304 & 0 \\ 0.200 & 0.520 & 0.200 & 0.080 & 0 \end{bmatrix}$$

$$w_1 = [0.2186 \quad 0.2389 \quad 0.2186 \quad 0.3239]$$

$$B_1 = w_1 R_1 = [0.065 \quad 0.259 \quad 0.584 \quad 0.092 \quad 0]$$

(2) 采场结构特征因素  $U_2$

$$R_2 = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 1.000 \\ 0 & 0 & 0.500 & 0.500 & 0 \\ 0 & 0.750 & 0.250 & 0 & 0 \\ 0.875 & 0.125 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

$$w_2 = [0.1832 \quad 0.3040 \quad 0.2564 \quad 0.2564]$$

$$B_2 = w_2 R_2 = [0.224 \quad 0.224 \quad 0.216 \quad 0.152 \quad 0.183]$$

(3) 采场工程环境因素  $U_3$

$$R_3 = \begin{bmatrix} 0 & 0.080 & 0.200 & 0.520 & 0.200 \\ 0 & 0 & 0 & 0.286 & 0.714 \\ 0.200 & 0.520 & 0.200 & 0.080 & 0 \end{bmatrix}$$

$$w_3 = [0.4251 \quad 0.2312 \quad 0.3437]$$

$$B_3 = w_3 R_3 = [0.069 \quad 0.213 \quad 0.154 \quad 0.315 \quad 0.250]$$

根据模糊评价原理和一级模糊评价结果进行二级模糊评价,可得:

$$R = [B_1 \quad B_2 \quad B_3]$$

$$W = [0.3728 \quad 0.2988 \quad 0.3284]$$

$$B = WR = [0.114 \quad 0.234 \quad 0.333 \quad 0.182 \quad 0.137]$$

根据上述评价结果,采用最大隶属度原则进行判别,表明该采场顶板稳定性为 III 级(中等)。该采场回采过程中,局部顶板偶尔发生较小规模冒落,顶板整体稳定性为中等,顶板整体稳定性的实际状况与二级模糊评价结果吻合。

## 6 结论

海底采场顶板稳定性评价的难点在于各影响因素的不确定性、隐蔽性及其权重的科学确定,二级模糊评价能较好地处理分析类似问题。本文提出一种基于 RST 的采场顶板稳定性二级模糊评价方法。分析了影响采场顶板稳定性的因素,采用连续分段函数和模糊语言变量隶属度取值表确定各指标的隶属度,利用粗糙集理论确定各指标的权重,克服了常规权重确定方法(如专家打分法、层次分析法等)难以排除人为主观因素影响的不足。结合山东黄金三山岛海下开采实例,建立了采场顶板稳定性二级模糊评价模型,并对 12 个训练样本进行回判,正确率达 100%;对三山岛金矿-400m 水平



某采场顶板稳定性进行评价,评价结果符合该采场顶板的实际情况,表明本文方法是科学、可行的。

### 参考文献(References)

- [1] 解世俊. 金属矿床地下开采[M]. 北京: 冶金工业出版社, 2008.  
Xie Shijun. Metal mineral deposit underground mining[M]. Beijing: Press of Metallurgy Industry, 2008.
- [2] 王恩元, 贾慧霖, 李忠辉, 等. 用电磁辐射法检测预报矿山采空区顶板稳定性[J]. 煤炭学报, 2006, 31(1): 16-19.  
Wang Enyuan, Jia Huilin, Li Zhonghui, et al. Journal of China Coal Society, 2006, 31(1): 16-19.
- [3] 曹刚. 康家湾深部难采矿体采场稳定性及安全开采技术研究[D]. 长沙: 中南大学, 2008.  
Cao Gang. Research on stope stability and safe mining technology in complicated deep ore body of Kangjiawan Mine[D]. Changsha: Central South University, 2008.
- [4] 丁陈建, 汪吉林. 神经网络法的采空区地基稳定性评价[J]. 采矿与安全工程学报, 2009, 26(2): 208-211.  
Ding Chenjian, Wang Jilin. Journal of Mining & Safety Engineering, 2009, 26(2): 208-211.
- [5] 王其胜, 李夕兵. 采场顶板稳定性评价的集对分析模型与应用[C]//第十届全国岩石力学与工程学术大会论文集. 北京: 中国电力出版社, 2008: 274-279.  
Wang Qisheng, Li Xibing. Set pair analysis model and application for evaluation of stability of stope roof[C]//The 10th National Conference of Rock Mechanics and Engineering Academic Essays. Beijing: China Electric Power Press, 2008: 274-279.
- [6] 赵延林, 吴启红, 王卫军, 等. 基于突变理论的采空区重叠顶板稳定性强度折减法及应用[J]. 岩石力学与工程学报, 2010, 29(7): 1424-1434.  
Zhao Yanlin, Wu Qihong, Wang Weijun, et al. Chinese Journal of Rock Mechanics and Engineering, 2010, 29(7): 1424-1434.
- [7] 高峰, 周科平. 基于可拓学理论的采场顶板稳定性评价[J]. 矿业研究与开发, 2005, 25(5): 76-79.  
Gao Feng, Zhou Keping. Mining Research & Development, 2005, 25(5): 76-79.
- [8] 王新民, 丁德强, 段瑜. 灰色关联分析在地下采空区危险度评价中的应用[J]. 中国安全生产科学技术, 2006, 2(4): 35-39.  
Wang Xinmin, Ding Deqiang, Duan Yu. Journal of Safety Science and Technology, 2006, 2(4): 35-39.
- [9] 董陇军, 赵国彦. 未确知均值分级方法在回采巷道围岩分类中的应用[J]. 解放军理工大学学报, 2009, 10(6): 575-579.  
Dong Longjun, Zhao Guoyan. Journal of PLA University of Science and Technology, 2009, 10(6): 575-579.
- [10] 何忠明, 付宏渊, 秦艳琪. 基于变权重二级模糊综合评判的岩溶区陆域水环境分类[J]. 中南大学学报, 2012, 43(2): 702-707.  
He Zhongming, Fu Hongyuan, Qin Yanqi. Journal of Central South University, 2012, 43(2): 702-707.
- [11] 沈世伟, 仵磊, 徐燕. 不同权重条件下降雨对边坡稳定性影响的二级模糊综合评判[J]. 吉林大学学报, 2012, 42(3): 777-784.  
SHen Shiwei, Er Lei, Xu Yan. Journal of Jilin University, 2012, 42(3): 777-784.
- [12] Karwowski W, Anil M. Applications of approximate reasoning in risk analysis[M]//Applications of Fuzzy Set Theory in Human Factors. New York: Elsevier, 1986: 227-243.
- [13] 董陇军, 赵国彦, 李夕兵, 等. 基于岩体质量分级的开采方法选择与开采技术参数优化[R]. 长沙: 中南大学, 2011.  
Dong Longjun, Zhao Guoyan, Li Xibing, et al. Mining method choose and mining technology parameters optimization based on rock mass quality classification[R]. Changsha: Central South University, 2011.
- [14] 廖春生, 赵建平. 压力容器风险模糊分析方法的研究[J]. 压力容器, 2005, 22(3): 1-3.  
Liao Chunsheng, Zhao Jianping. Pressure Vessel Technology, 2005, 22(3): 1-3.
- [15] 杨金林, 李夕兵, 周子龙, 等. 粗糙集理论在采空区分级指标权重确定中的应用[J]. 矿冶工程, 2011, 31(2): 8-11.  
Yang Jinlin, Li Xibing, Zhou Zilong, et al. Mining and Metallurgical Engineering, 2011, 31(2): 8-11.
- [16] 张鹏, 陈剑平, 邱道宏. 基于粗糙集的隧道围岩质量可拓学评价[J]. 岩土力学, 2009, 30(1): 246-250.  
Zhang Peng, Chen Jianping, Qiu Daohong. Rock and Soil Mechanics, 2009, 30(1): 246-250.

(责任编辑 韩星明)

### ·学术动态·



## 中国科协第 83 期“新观点新学说学术沙龙”聚焦新型疫苗研发

2013年10月16—18日,由中国科协主办,中华医学会、济南市疾病预防控制中心承办,主题为“新型疫苗研发面临的挑战及关键技术”的中国科协第83期“新观点新学说学术沙龙”在济南举行。北京生物制品研究所研究员、中国工程院院士赵铠、中国疾病预防控制中心副主任杨维中研究员担任领衔科学家,美国疾控中心教授 Lance E. Rodewald、佛罗里达大学教授 Gregory C. Gray 及中国疾病预防控制中心、北京大学、复旦大学、中山大学、西安交通大学等单位近30位专家与会研讨。

通过交流、讨论,与会专家普遍认为,当前新型疫苗的研发及相关技术的研究仍面临巨大的挑战,要时刻把握国内外疫苗的研发动向;针对新型疫苗,需整合各相关学术领域的力量,研发出更适宜中国人群的疫苗;要保持多个部门、单位的合作,共享资源,共同发展。

详见中国科协网 <http://www.cast.org.cn/n35081/n35533/n38575/15133139.html>。