

基于三角模糊数的煤与瓦斯突出危险性评价

刘 勇

(贵州大学 矿业学院, 贵州 贵阳 550003)

摘要: 介绍了三角模糊数的基本理论与方法, 在煤与瓦斯突出综合假设的基础上建立了煤与瓦斯突出危险性评价指标体系, 应用三角模糊数的综合评价法定量评价了煤与瓦斯突出的影响因素, 得出了煤与瓦斯突出危险性评价指标中各个因素相对权重的大小为: $D_3 > D_4 > D_4 > D_2 = D_8 > D_9 > D_3 = D_6 > D_1 > D_{10} > D_{11}$, 说明瓦斯放散初速度是煤与瓦斯突出危险性评价中最为重要的指标。

关键词: 三角模糊数; 瓦斯; 危险性评价;

中图分类号: TD713

文献标识码: A

文章编号: 1006-6772(2011)02-0078-04

煤与瓦斯突出已成为煤炭工业发展中急需解决的问题。然而煤与瓦斯突出机理尚不完全清楚, 且影响煤与瓦斯突出的因素众多。笔者在建立煤与瓦斯突出危险性评价指标体系的基础上, 应用三角模糊数的数学方法对煤与瓦斯突出危险性的影响因素进行评价, 找出影响突出的主控因素, 为预测和防治煤与瓦斯突出提供理论依据。

1 三角模糊数的基本原理

荷兰学者 Van Laarhoven 于 1983 年提出用三角模糊数获得指标权重排序的计算方法, 克服了通过层次分析法获得权重时人为因素影响大的缺陷, 很好地解决了模糊信息的处理和计算问题。应用三角模糊数的综合评价方法分析影响煤与瓦斯突出危险性的众多因素, 能更好地反映主观判断的模糊性, 克服层次分析法的局限性。

若模糊数 M 可由 (l, m, u) 决定, 且隶属度函数值可表示为^[1-2]:

$$\mu_M(x) = \begin{cases} \frac{1}{m-l} \cdot \frac{x-l}{m-l} & x \in [l, m] \\ \frac{1}{m-u} \cdot \frac{x-u}{m-u} & x \in [m, u] \\ 0 & x \leq l \text{ 或 } x \geq u \end{cases}$$

则称 μ_M 为三角模糊数, 记 $M = (l, m, u)$, 式中 $l \leq m \leq u$ 和 u 分别表示 M 所支撑的下界和上界, m 为 M 的中值。设 $\delta = u - l$, δ 越大表示模糊程度越高, δ 越小表示模糊程度越低, $\delta = 0$ 表示判断是非模糊的, M 为一个精确数值。

三角模糊数的分布如图 1 所示。

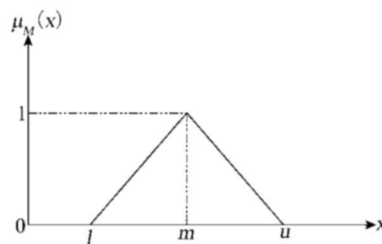


图 1 三角模糊数的分布

基于三角模糊数的煤与瓦斯突出危险评价中, 为了由模糊判断矩阵求出各因素的权重向量, 定义三角模糊数评价方法中的几个基本概念:

$a_{ij} = (l_{ij}, m_{ij}, u_{ij})$ 和 $a_{kj} = (l_{kj}, m_{kj}, u_{kj})$ 分别表示 2 个三角模糊数, 则 $a_{ij} \geq a_{kj}$ 的可能性程度 $K(a_{ij} \geq a_{kj})$:

$$K(a_{ij} \geq a_{kj}) = \max\{0, \min\left[\frac{u_{ij} - l_{kj}}{m_{ij} - u_{ij}}, \frac{u_{ij} - l_{kj}}{m_{kj} - u_{kj}}\right]\} \quad (1)$$

三角模糊数 a_{ij} 大于 m 个三角模糊数 a_{kj}

收稿日期: 2010-12-29

基金项目: 贵州省地方煤矿瓦斯突出预测技术的研究 (Z053074)

作者简介: 刘勇 (1961-), 男, 天津人, 博士, 1982 年 7 月毕业于贵州工学院采煤专业, 现在贵州大学矿业学院从事采矿工程专业的教学和科研工作。

$\{k \neq i, k=1, 2, \dots, m\}$ 的可能性程度定义为:

$$K(a_i \geq a_k) = \min_{k=1, 2, \dots, m, k \neq i} (a_i \geq a_k) \quad (2)$$

设因素集 $X = \{x_1, x_2, x_3, \dots, x_n\}$, 三角模糊数 a_{ij} 表示经两两比较判断所得的因素 x_i 比因素 x_j 重要的模糊判断程度, 即可得到模糊判断矩阵 $A = (a_{ij})_{n \times n}, i, j=1, 2, \dots, n$, 则对因素集 X 上的权重模糊集的计算如下:

因素 x_i 对其他因素的“模糊判断程度”定义为:

$$m(x_i) = a_i \oplus a_2 \oplus \dots \oplus a_n \Delta \sum_{j=1}^n a_{ij} \quad i=1, 2, \dots, n \quad (3)$$

全部因素的“总模糊判断程度”定义为:

$$m(X) = m(x_1) \oplus m(x_2) \oplus \dots \oplus m(x_n) \Delta \sum_{i=1}^n m(x_i) \quad (4)$$

因素 x_i 对其它因素的模糊综合程度为:

$$S_i = m(x_i) \otimes m(X)^{-1} \quad (5)$$

x_i 与诸因素相比综合重要程度为:

$$d(x_i) = K(S_i \geq S_1, S_2, \dots, S_n) = \min_{k=1, 2, \dots, n, k \neq i} K(S_i \geq S_k) \quad (6)$$

故可得因素集 X 中各个因素的权重模糊向量 W

$$W = (d(x_1), d(x_2), \dots, d(x_n)) \quad (7)$$

经归一化处理后, 则因素集 X 上的权重模糊集为 W'

$$W' = (d(x_1)', d(x_2)', \dots, d(x_n)') \quad (8)$$

2 煤与瓦斯突出危险性评价指标的选取与建立

综合假设煤与瓦斯突出是地应力、瓦斯和煤的物理力学性质等因素共同作用的结果。根据煤与瓦

斯突出发生的一般规律以及综合假设的理论基础, 笔者从影响突出的各个因素(地应力、瓦斯、煤的物理力学性质)中筛选 11 个影响因素作为煤与瓦斯突出危险性评价的指标, 从而建立了煤与瓦斯突出危险性评价指标体系, 图 2 为煤与瓦斯突出危险性指标体系^[3]。



图 2 煤与瓦斯突出危险性评价指标体系

3 煤与瓦斯突出危险性评价指标的三角模糊

综合评判

构建三角模糊判断矩阵时, 首先依据各个因素相对于目标层的重要性程度通过两两比较的方式, 来确定因素的相对重要性, 将评价结果用三角模糊数 $A = (l_i, m_i, u_i)$ 来表示因素 x_i 比 x_j, m_j, u_j 的重要程度。 l_i, m_i, u_i 分别表示因素 x_i 相对于 x_j 的重要程度的最悲观估计、最可能估计和最乐观估计。表 1 为重要程度三角模糊数判断准则。笔者采用表 1 中的数值来描述各因素的重要程度。

表 1 重要程度三角模糊数判断准则^[4]

重要程度的语言含义	三角模糊数取值范围	三角模糊数倒数取值范围
表示 2 个元素相比, 恰好等于	(1 1 1)	(1 1 1)
表示 2 个元素相比, 具有同等重要性	(1/2 1 3/2)	(2/3 1 2)
表示 2 个元素相比, 一个元素比另一个元素稍微重要	(1 3/2 2)	(1/2 2/3 1)
表示 2 个元素相比, 一个元素比另一个元素比较重要	(3/2 2 5/2)	(2/5 1/2 2/3)
表示 2 个元素相比, 一个元素比另一个元素相当重要	(2 5/2 3)	(1/3 2/5 1/2)
表示 2 个元素相比, 一个元素比另一个元素绝对重要	(5/2 3 7/2)	(2/7 1/3 2/5)

根据表 1 中重要程度三角模糊数判断准则, 对煤与瓦斯突出危险性评价指标中的各个因素进行两两比较, 得到准则层指标对于总目标的三角模糊判断矩阵。表 2 为准则层指标权重模糊评判矩阵。

根据表 2 中的三角模糊判断矩阵, 应用模糊综合重要程度的计算公式可以分别计算各个元素的模糊综合重要度值 S_i 。

表 2 准则层指标权重模糊评判矩阵

A	B ₁	B ₂	B ₃	权重
B ₁	(1 1 1)	(2/5 1/2 2/3)	(1/2 2/3 1)	0.167
B ₂	(3/2 2 5/2)	(1 1 1)	(1/2 1 3/2)	0.441
B ₃	(1 3/2 2)	(2/3 1 2)	(1 1 1)	0.393

$$S_{B_1} = m\left(\begin{matrix} x_1 \\ x_2 \end{matrix}\right) \otimes m(X)^{-1} = (1.9 \ 2.17 \ 2.67) \otimes (1/12 \ 67 \ 1/9 \ 67 \ 1/7 \ 57) = (0.150 \ 0.224 \ 0.353)$$

$$S_{B_2} = m\left(\begin{matrix} x_1 \\ x_2 \end{matrix}\right) \otimes m(X)^{-1} = (3 \ 4 \ 5) \otimes (1/12 \ 67 \ 1/9 \ 67 \ 1/7 \ 57) = (0.237 \ 0.414 \ 0.661)$$

$$S_{B_3} = m\left(\begin{matrix} x_1 \\ x_2 \end{matrix}\right) \otimes m(X)^{-1} = (2 \ 67 \ 3 \ 5 \ 5) \otimes (1/12 \ 67 \ 1/9 \ 67 \ 1/7 \ 57) = (0.211 \ 0.362 \ 0.661)$$

计算各因素的相对权重,由(5)式得:

① $K(S_{B_1} \geq S_{B_2}) = 0.379$ $K(S_{B_1} \geq S_{B_3}) = 0.507$

② $K(S_{B_2} \geq S_{B_1}) = 1.000$ $K(S_{B_2} \geq S_{B_3}) = 1.000$

③ $K(S_{B_3} \geq S_{B_1}) = 1.000$ $K(S_{B_3} \geq S_{B_2}) = 0.891$

根据式(3~10)可得 $W = (d(x_1), d(x_2), \dots, d(x_n)) = (0.379 \ 1.000 \ 0.891)$ 经过归一化处理得到各个因素的相对权重 $W' = (0.167, 0.441, 0.393)$ 。

根据三角模糊数的综合评价方法的评判步骤,分别建立指标层 B₁、B₂、B₃子因素的模糊判断矩阵,依据三角模糊数的计算原理和步骤得到 B₁、B₂、B₃子因素的模糊判断矩阵和相对权重见表 3 表 4 表 5

表 3 指标层 B₁子因素模糊判断矩阵及相对权重

B ₁	D ₁	D ₂	权重
D ₁	(1 1 1)	(1/2 2/3 1)	0.32
D ₂	(1 3/2 2)	(1 1 1)	0.68

表 4 指标层 B₂子因素模糊判断矩阵及相对权重

B ₂	D ₃	D ₄	D ₅	D ₆	权重
D ₃	(1 1 1)	(1 3/2 2)	(3/2 2 5/2)	(3/2 2 5/2)	0.42
D ₄	(1/2 2/3 1)	(1 1 1)	(1 3/2 2)	(1 3/2 2)	0.28
D ₅	(2/5 1/2 2/3)	(1/2 2/3 1)	(1 1 1)	(1/2 1 3/2)	0.13
D ₆	(2/5 1/2 2/3)	(1/2 2/3 1)	(2/3 1 2)	(1 1 1)	0.17

表 5 指标层 B₃子因素模糊判断矩阵及相对权重

B ₃	D ₇	D ₈	D ₉	D ₁₀	D ₁₁	权重
D ₇	(1 1 1)	(1 3/2 2)	(1 3/2 2)	(2 5/2 3)	(3/2 2 5/2)	0.37
D ₈	(1/2 2/3 1)	(1 1 1)	(1 3/2 2)	(3/2 2 5/2)	(1 3/2 2)	0.28
D ₉	(1/2 2/3 1)	(1/2 2/3 1)	(1 1 1)	(3/2 2 5/2)	(1 3/2 2)	0.22
D ₁₀	(1/3 2/5 1/2)	(2/5 1/2 2/3)	(2/5 1/2 2/3)	(1 1 1)	(1 3/2 2)	0.07
D ₁₁	(2/5 1/2 2/3)	(1/2 2/3 1)	(1/2 2/3 1)	(1/2 2/3 1)	(1 1 1)	0.05

合成绝对权重,第 k 层全体因素对总目标合成绝对权重为第 (k-1)层全体因素对总目标乘以第 k

层各个因素对 (k-1)层上各因素的相对权重,其分量为第 k 层因素在总目标下的绝对权重。

表 6 指标层因素重要程度绝对权重

指标	D ₁	D ₂	D ₃	D ₄	D ₅	D ₆	D ₇	D ₈	D ₉	D ₁₀	D ₁₁
权重	0.05	0.11	0.19	0.12	0.07	0.07	0.15	0.11	0.09	0.03	0.02
排名	7	4	1	3	6	6	2	4	5	8	9

在煤与瓦斯突出综合假设的基础上建立了煤与瓦斯突出的危险性评价指标体系,利用三角模糊数的相关理论和知识,对影响煤与瓦斯突出危险性的指标进行了评价,得到了各个指标权重的大小,

具体见表 6。由表 6 可知,煤与瓦斯突出危险性评价中各个指标的权重大小,即: $D_3 > D_7 > D_4 > D_2 = D_8 > D_9 > D_3 = D_6 > D_1 > D_{10} > D_{11}$ 。

4 结 语

在煤与瓦斯突出综合假设的基础上,建立了煤与瓦斯突出危险性评价指标体系,并应用三角模糊数的综合评价方法,分析了影响煤与瓦斯突出危险性的各个指标,对煤与瓦斯突出危险性评价指标进行了排序,得到了瓦斯放散初速度和煤的破坏类型为突出危险性评价中最为重要的指标,为煤矿预测和防治煤与瓦斯突出提供了理论依据。克服了层次分析法的局限性且符合人的认识模糊性,能够有效降低个人主观片面性,提高评价指标权重可信度。

由于影响煤与瓦斯突出危险性的因素众多,而且各因素可能存在相互影响及制约,因此,评价指标模型有待于进一步探讨,基于三角模糊数的煤与

瓦斯突出危险性的评价方法,虽然很好地解决了模糊信息的处理和计算问题,但仍然存在一定人为因素的影响,有待进一步改进。

参考文献:

- [1] 李春辉,陈日辉,苏恒瑜.基于三角模糊数的矿山作业人员安全生产综合素质的分析[J].工矿自动化,2010,10(8):37-40
- [2] 肖辞源.工程模糊系统[M].北京:科学出版社,2004
- [3] 李春辉.基于BP神经网络的煤与瓦斯突出危险性预测的研究[D].昆明:昆明理工大学,2010
- [4] 李成华,李慧民,云小红.基于模糊层次分析法的建筑安全管理绩效评价研究[J].西安建筑科技大学学报(自然科学版),2009,41(2):208-210

Hazard evaluation of coal and gas outburst based on triangular fuzzy numbers

LIU Yong

(College of Mining, Guizhou University, Guiyang 550003, China)

Abstract Introduce the basic theory and methods of triangular fuzzy numbers, a hazard evaluation index system of coal and gas outburst is established on the basis of synthesizing hypothesis, the influence factors of coal and gas outburst is evaluated quantitatively and comprehensively by the comprehensive assessment of triangular fuzzy numbers, the relative weight of various factors is obtained about evaluation index of coal and gas outburst. The results show $D_3 > D_7 > D_4 > D_2 = D_8 > D_6 > D_5 = D_9 > D_1 > D_{10} > D_{11}$, namely that the initial velocity of gas irradiation is mostly important indexes in coal and gas outburst hazard evaluation, the method can provide theoretical basis for predicting and controlling disasters of coal and gas outburst.

Key words triangular fuzzy numbers; coal and gas outburst; hazard evaluation

信息检索

民企进军煤制天然气有难度

虽然近两年来中国煤制天然气政策有所收紧,但天然气的需求前景和价格改革预期仍然吸引着各路资金的进入,众多民营企业集体进军煤制天然气一时间成为业内关注的话题。但是,民营企业进军煤制天然气的前景并不乐观。一是国家政策不确定的风险,二是可能面临产能过剩的风险,三是为煤制天然气进入管网的难度较大。有专家认为,煤制天然气项目虽然值得研究和探索,但由于投资成本和管网配套等因素抬高了其进入门槛,因此短时间内要想进行商业化运作还很难。此外,虽然煤制天然气市场相对稳定,但经济性的关键是原料价格和管道投资,这2个成本如果降不下来,那么煤制天然气的经济效益甚微。