

文章编号:1000-582x(2001)05-0070-05

煤与瓦斯突出矿井分级技术

梁运培,于不凡

(煤炭科学研究总院 重庆分院,重庆 400037)

摘要:对突出矿井进行危险等级划分,并实行分级管理,可减少防突工程量、减少防突的盲目性,具有非常显著的社会和经济效益。作者将突出矿井划分为严重、中等、较弱3个等级,选取12个指标综合评判矿井的突出危险等级。在分析分级指标并进行量化的基础上,采用模糊数学的多因素多层次综合评判方法,建立决策模型,按最大隶属原则,确定矿井突出危险等级。运用所建立的模型,对一些突出矿井进行了分析,评判的分级结果与实际情况相吻合。

关键词:突出矿井;危险等级划分;模糊综合评判

中图分类号:TD 712⁺.52

文献标识码:A

煤与瓦斯突出是煤矿的重大灾害之一,是影响生产安全和经济效益的重要因素。对于突出矿井而言,进行突出危险性预测 采取防治措施是安全生产的前提。然而,各突出矿井的突出危险程度不尽相同,若在实践中采用统一的管理方法,将会给防突工作带来极大的盲目性,不利于提高生产效率和经济效益。因此,不少国家都在探索对突出矿井进行分级并实行分级管理。然而,迄今所采用的分级指标不够全面,方法过于简单。我国的250多对突出矿井,突出危险程度差别很大,而目前采用统一的管理规范。为了对突出矿井实行分级管理,首先必须根据矿井的突出危险程度进行等级划分。因此,对突出矿井分级技术进行研究,具有非常重要的现实意义。

1 国内外研究概况

前苏联按瓦斯等级将矿井分为6级,但对6级中的突出矿井未按其突出危险性进一步分级,而将煤层按突出危险程度分为4级,即无突出危险、突出威胁、突出危险和严重突出危险。但在分级中所采用的指标和方法过于简单。

波兰也未对突出矿井进行分级,但对下西里西亚煤田和上西里西亚煤田的突出煤层和采区进行了分级。下西里西亚煤田将突出煤层按突出危险程度由轻到重划分为I、II、III、IV 4个等级,上西里西亚煤田将

突出煤层划分为无沼气突出危险、有突出倾向、有突出危险3个等级。这种对突出煤层进行分级的方法过于简单。

西班牙将矿井按瓦斯危险程度划分为4类:非瓦斯矿井、瓦斯矿井、高瓦斯矿井和有突出危险矿井。没有对突出矿井按危险程度进行分级;分类指标是矿井回风流中瓦斯浓度及瓦斯涌出形式,分级指标过于简单且非量化。

国内,卞伯绥等曾提出用百万吨突出强度与最大突出强度两个指标对突出矿井进行分级。百万吨突出强度是指最近十年每生产一百万吨原煤的突出煤量,取其对数作为指标第一部分,数值越大越危险;最大突出强度是采用历史上发生过的最大一次突出煤量划分成4级,作为指标第二部分;把两部分结合起来构成矿井危险等级。然而突出次数、强度与矿井井型及产量没有必然的联系,采用百万吨突出强度作为划分指标值得探讨。同时,该方法采用两个指标的简单组合、分级结果的相对和绝对危险程度及其等级比较模糊。

2 矿井突出危险等级划分的指标

2.1 分级指标的选取

突出矿井分级所采用的指标必须充分反映矿井发生突出的危险性和突出发生后造成的危害性。从突出发生后所造成的危害出发,分析突出的参数和危害性

· 收稿日期:2001-03-26

基金项目:“九五”国家重点攻关项目(96-223-01-13-06)

作者简介:梁运培(1971-),男,山东临沂人,硕士,工程师,1993年毕业于重庆大学,主要从事煤矿安全技术研究。

大小的关系,提出了6个突出危害性指标:从突出的机理出发,分析影响煤与瓦斯突出的因素,提出了6个突出危险性指标;共采用12个分级指标综合评判矿井的突出危险等级。

突出危害性各指标在评判中所占权数,是根据各指标对突出发生后造成的危害性的反映程度确定的,按权数的大小依次为:

1) 最大突出强度(t)

最大突出强度决定了突出的最大直接危害范围。因煤的抛出距离决定于突出强度,抛出的碎煤及粉煤将矿工掩埋导致死亡。同时,最大突出强度也基本决定了突出瓦斯涌出量,故作为权数最大的一个指标。该指标选取历史上最大突出强度。

2) 瓦斯逆流次数(次)

当突出后发生瓦斯逆流时,瓦斯煤粉流可能破坏通风系统并导致瓦斯煤尘爆炸,因此瓦斯逆流造成的危害是较大的。该指标取统计时间内所有的逆流次数。

3) 突出最大吨煤瓦斯涌出量(m³/t)

突出时涌出大量瓦斯可使矿工窒息,也可破坏通风系统,引起瓦斯爆炸。突出时的最大吨煤瓦斯涌出量既决定于瓦斯涌出量,也决定于突出强度。该指标取历史上的最大值。

4) 突出平均强度(t)

尽管一个矿井的突出强度可能差别很大,但其突出平均强度可以总体上反映一个矿井的突出危险程度。平均突出强度取统计时间内全部突出的平均强度。

5) 突出频度(次/年)

突出次数的多少,也反映了矿井的突出危险程度。为能反映矿井的真实情况,取最近10年的年平均次数作为突出频度。

6) 突出类型比重(突出型次数/总次数)

动力现象按成因可以分为煤的倾出、煤的突然压出以及煤(岩)和瓦斯突出。煤(岩)和瓦斯突出在强

度、抛出距离、瓦斯涌出量、动力效应等方面,都要强于倾出和压出类型,因此,煤和瓦斯突出次数占总次数(均为统计时间内的)的比重愈高,其危害愈大。

突出危险性各指标在综合评判中所占权数,是根据各指标对矿井突出危险性的反映程度确定的,按权数的大小依次为:

1) 打钻时动力现象

对于危险性较小的煤层,打钻时较平稳,没有动力现象出现;反之,随着煤层的突出危险性增大,打钻时会发生垮孔、夹钻、甚至喷孔,严重还伴随有劈裂声、雷声等。

2) 最大瓦斯压力(MPa)

是从瓦斯因素来评定突出危险性的指标,瓦斯压力愈高,突出危险性愈大。该指标采用开拓区的最大瓦斯压力。

3) 最大开采深度(m)

因为直接测量地应力较为困难,因此最大开采深度是从地应力因素评定突出危险性的指标,开采深度愈大,突出危险性愈大。该指标采用开拓区最大深度。

4) 地质构造

在地质构造带,常造成应力集中,瓦斯含量高,突出危险性大。该指标系全矿范围内的地质构造。

5) 最大钻孔瓦斯涌出初速度(L/min·m)或最大瓦斯解吸指标(ml/gmin^{1/3})

这是目前突出危险性预测最常用的两个指标,其实测值越大,突出危险性就越大。该指标采用预测的最大值。

6) 煤的最小坚固系数

突出往往只发生在软煤分层,煤层越软,突出危险性越大。该指标采用测定的最小值。

2.2 分级指标的取值

将矿井按突出危险程度划分为严重、中等、较弱3个等级。各个分级指标在突出矿井3个等级中的取值见表1。

表1 各评判指标在矿井分级中的取值表

指标名称	符号	单位	严重	中等	较弱
1.最大突出强度	T	t	T ≥ 500	500 > T ≥ 100	T < 100
2.瓦斯逆流次数	N	次	N > 1	N = 1	N = 0
3.突出最大吨煤瓦斯涌出量	Q	m ³ /t	Q ≥ 60	60 > Q ≥ 30	Q < 30
4.平均突出强度	T'	t	T' ≥ 100	100 > T' ≥ 50	T' < 50
5.突出频度	n	次/年	n ≥ 10	10 > n ≥ 2	n < 2
6.突出类型比重	b	%	b ≥ 60	60 > b ≥ 20	b < 20

突出危害性指标

指标名称	符号	单位	严重	中等	较弱
1.打钻时动力现象			喷孔	堵水,夹钻	正常
2.最大瓦斯压力	P	MPa	$P \geq 3.0$	$3.0 > P \geq 1.1$	$P < 1.1$
3.最大开采深度	H	m	$H \geq 500$	$500 > H \geq 200$	$H < 200$
4.地质构造			复杂	中等	简单
5.最大钻孔瓦斯涌出初速度 (或最大瓦斯解吸指标)	q k_1	L/min·m ml/g·min ^{-1/2}	$q \geq 10$ $k_1 \geq 0.8$	$10 > q \geq 5$ $0.8 > k_1 \geq 0.5$	$q < 5$ $k_1 < 0.5$
6.煤的最小坚固系数	f		$f \leq 0.2$	$0.2 < f \leq 0.3$	$f > 0.3$

3 突出矿井分级的模糊综合评判法

3.1 模糊综合评判法的理论基础

采用模糊综合评判法进行分类决策时,首先建立由 m 个决策因素 u_i 构成的因素集 U 和由 n 个决策结果 v_j 构成的决策集 V ,在此基础上构造从 U 到 V 的隶属度模糊关系矩阵 R ,矩阵 R 的元素 $r_{ij} = R(u_i, v_j)$ 表示因素 u_i 对于结果 v_j 的隶属度。然后,确定单因素 u_i 的权重 a_i ,构造权重集 A ,将权重集 A 输入矩阵 R 中,进行评判并输出决断集 B 。根据最大隶属度原则,确定对因素集的决策结果。

在工程应用中所考虑的因素比较多,决策系统比较复杂,可以采用多层次综合评判法。以二层次评判法为例,根据因素集中各单因素的不同特性,将因素集 U 分成 s 个子因素集 U_i ;对每个子因素集 U_i ,给出权重分配子集 A_i ,分别作出综合评判并输出模糊决断子集 B_i ;然后将子集 B_i 作为单因素,构成多因素集 B ,经数学变换构造出模糊关系矩阵 R ,给出 R 的分配权重构成权重集 A ,采用模糊综合评判法,作出评判并输出决断集 C ,根据最大隶属度原则,确定对因素集的决策结果。多因素二层次模糊综合决策模型如图 1。

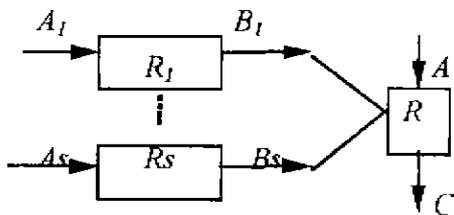


图 1 多因素二层次模糊综合决策模型示意图

3.2 模糊分类模式

对突出矿井进行危险等级划分时,很难确定明显的划分界限,严重、中等、较弱 3 个等级之间具有模糊性,确定某一评判指标在各个等级的取值也带有模糊性;因此采用模糊综合评判法进行分级。

在模糊分类时,将 12 个指标作为论域 $U_i = [0, 1]$ 。严重、中等、较弱 3 个划分等级,分别表示论域 U

上的 3 个模糊集 A, B, C ,分别确定其隶属函数 $\mu_A(u), \mu_B(u), \mu_C(u)$,见图 2。隶属函数满足如下条件:
 $\mu_A(u) + \mu_B(u) + \mu_C(u) = 1$ 。对于某一指标集 u_0 分别求出其隶属度 $\mu_A(u_0), \mu_B(u_0), \mu_C(u_0)$,然后按照最大隶属原则确定突出矿井的等级,即如果满足条件 $\mu_A(u_0) = \max[\mu_A(u_0), \mu_B(u_0), \mu_C(u_0)]$,则认为 u_0 隶属于模糊集 A 。

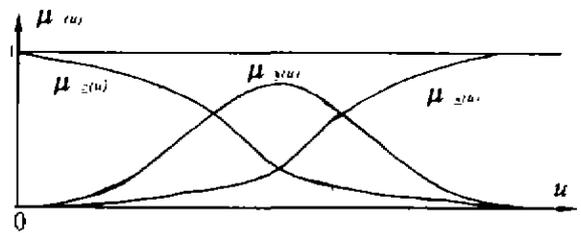


图 2 严重、中等、较弱三个等级的隶属函数示意图

3.3 模糊综合评判模型的建立

在突出矿井分级中所采用的评判指标和考察因素较多,模糊评判决策系统比较复杂,因此拟采用多因素二层次模糊综合评判决策法,建立综合决策模型,具体方法如下:

- 1) 将因素集 $U = \{u_1, u_2, \dots, u_n\} (n = 12)$,按指标分成 s 个子集 ($s = 2$),
 $U_i = \{u_{i1}, u_{i2}, \dots, u_{ij}, \dots, u_{im}\} (i = 1, 2; j = 1, 2, \dots, m; m = 6)$ (1)

因素子集满足如下条件:

$$\begin{cases} U_1 \cup U_2 = U \\ U_1 \cap U_2 = \Phi \end{cases} \quad (2)$$

- 2) 对每一子因素集 U_i ,分别作出综合评判决策。设 $V = \{v_1, v_2, \dots, v_f\} (f = 3)$ 为决策集, U_i 中的各因素的权数分配为:

$$A_i = (a_{i1}, a_{i2}, \dots, a_{iy}, \dots, a_{im}) \quad (3)$$

各因素的权数满足如下关系式: $\sum_{y=1}^m a_{iy} = 1$

确定各个分级指标在各个等级中的隶属度,由此构造出多因素模糊评判矩阵如下:

$$R_i = \begin{Bmatrix} r_{i11} & r_{i12} & r_{i13} \\ r_{i21} & r_{i22} & r_{i23} \\ r_{i31} & r_{i32} & r_{i33} \\ r_{i41} & r_{i42} & r_{i43} \\ r_{i51} & r_{i52} & r_{i53} \\ r_{i61} & r_{i62} & r_{i63} \end{Bmatrix} \quad (4)$$

式中, $r_{i11}, r_{i12}, \dots, r_{i63}$ 为各指标的隶属度, 当 $i = 1$ 时为突出危害性指标的隶属度; 当 $i = 2$ 时为突出危险性指标的隶属度。

将多因素的权重集 A_i 输入模糊关系矩阵 R_i , 可以得到第二层次的评判向量:

$$B_i = A_i \circ R_i = (b_{i1}, b_{i2}, \dots, b_{i3}) \quad i = 1, 2 \quad (5)$$

3) 再将每个子因素集 U_i 视为一个因素, 记

$$U \triangleq \{U_1, U_2\} \quad (6)$$

于是 U 又是个因素集, U 的模糊关系矩阵为:

$$R = (B_1, B_2)^T = \begin{Bmatrix} b_{11} & b_{12} & b_{13} \\ b_{21} & b_{22} & b_{23} \end{Bmatrix} \quad (7)$$

子因素集 U_i 作为 U 的一部分, 反映了 U 的某种属性, 根据其重要性确定其权数分配:

$$A = (a_1, a_2) \quad (8)$$

将权重集 A 输入模糊关系矩阵 R , 可以得到第一层次的评判向量:

$$C = A \circ R = (c_1, c_2, c_3) \quad (9)$$

4) 通过上面计算, 得到因素集 U 隶属于严重、中等、较弱 3 个划分等级的隶属度分别为 c_1, c_2, c_3 , 按照最大隶属原则, 根据 c_1, c_2, c_3 中的最大值来确定矿井相对隶属于哪一等级。即若 c_1 最大, 则属于严重突出矿井; 若 c_2 最大, 则属于中等突出矿井; 若 c_3 最大, 则属于较弱突出矿井。

3.4 实例分析

运用所建立的二层次模糊综合评判决策模型, 对我国的一些突出矿井进行了模糊综合评判(表 2), 评判的分级结果与实际情况相吻合, 说明所确定的多因素二层次模糊综合评判方法是有效、可行的。

表 2 我国一些突出矿井的模糊综合评判分级结果

项 目	平顶山 5 矿	平顶山 8 矿	平顶山 12 矿	中梁山北矿	鱼田堡煤矿	打通二矿
1. 最大突出强度	20	478	293	8765	8765	560
2. 瓦斯逆流次数	0	2	0	3	3	2
3. 突出最大吨煤瓦斯涌出量	63.9	109	227.3	700	700	72
4. 平均突出强度	12.4	79	64.3	88	88	152
5. 突出频度	0.7	2.6	2.1	28.1	28.1	2.5
6. 突出类型比重	0	7	28.6	27.76	27.76	40
7. 打钻时动力现象	正常	喷孔	喷孔	喷孔	喷孔	喷孔
8. 最大瓦斯压力	0.8	1.99	2.9	8.6	8.6	3.52
9. 最大开采深度	469	622.5	731	605	605	487
10. 地质构造	中等	中等	中等	复杂	复杂	复杂
11. 最大钻孔瓦斯涌出初速度	0.6	4.2	4.2	9.7	9.7	38
12. 煤的最小坚固系数	0.12	0.13	0.99	0.19	0.19	0.162
评 属 于 较 弱 级 别 评 判 向 量:	0.7300	0.1455	0.2359	0.0146	0.0146	0.0488
判 属 于 中 等 级 别 评 判 向 量:	0.0851	0.2753	0.3857	0.1584	0.1584	0.2018
结 属 于 严 重 级 别 评 判 向 量:	0.185	0.5793	0.3785	0.8270	0.8270	0.7494
果 按 最 大 隶 属 度 原 则 评 定 为:	较弱	严重	中等	严重	严重	严重

4 结 语

1) 通过研究, 对 12 个分级指标进行量化, 作为评判矿井突出危险等级的定量指标, 全面地考虑了突出危害与危险的各种相关因素, 从矿井生产的历史以及今后的发展趋向两方面动态地反映了矿井的突出危险程度, 是目前国际上最先进的定量综合评判方法。

2) 运用模糊数学的分析方法, 首次建立了突出矿井分级的多因素二层次模糊综合评判决策模型。运用

所建立的模型, 按最大隶属原则, 确定突出矿井的危险等级。对我国的一些突出矿井进行了模糊综合评判, 分级结果与实际情况吻合, 说明所建立多因素二层次模糊综合评判方法是有效的和可行的。

参考文献:

[1] 屠锡根, 王佑安. 关于矿井瓦斯等级划分的建议[J]. 煤矿安全, 1998, 29(9): 22-26

- [2] 于不凡. 矿井瓦斯等级分级探讨[J]. 煤炭工程师, 1992, 19 (1): 15-23.
- [3] 李洪兴, 汪培庄. 模糊数学[M]. 北京: 国防工业出版社, 1994.

Technique of Classification of Coal and Gas Outburst Mines

LIANG Yun-pei, YU Bu-fan

(Chongqing Branch of China Coal Research Institute, Chongqing 400037, China)

Abstract: managing the coal mines according their dangerous grade determined, can decrease the engineering quantity and lessen the sightless characteristic. It has marked benefit for community and great economic benefit. The dangerous grade of outburst mines are determined. Outburst coal mines are classified into mines with serious outburst hazard, mines with middle outburst hazard and mines with ordinary outburst hazard. Twelve classification indicators are used in comprehensively evaluating the dangerous grade of outburst mines. The dangerous grade of outburst mines are determined according to the principle of the most subjection with fuzzy comprehensive evaluation method, on the basis of the classification indicators and its quantification. By the model founded, some coal mines are studied and the research results are accordant with the fact.

Key words: outburst mines ; dangerous grade classification ; fuzzy comprehensive evaluation

(责任编辑 钟学恒)



(上接第 69 页)

Analysis of Failure Behaviors in Glass under Shock Loading

YAO Guo-wen, LIU Zhan-fang

(Department of Engineering Mechanics, Chongqing University, Chongqing 400044, China)

Abstract: The failure wave phenomena in glass media under shock loading are analyzed. The propagating mechanism and dynamic characteristics of failure wave and the property of failure layer are revealed. On the basis of experimental analysis, a damage-accumulating model determined by partial stress impulse is proposed, which describes the phenomenon of failure delay in materials being done with the Heaviside function. The propagating procedure, the evolution characters of transverse stress and longitudinal compression strain in failure layer are simulated. Furthermore a phenomenon is revealed that the failure wave velocity decreases after reflection of rarefaction wave at the boundary of failure layer.

Key words: high-speed shock ; failure wave ; failure layer ; damage-accumulating model

(责任编辑 钟学恒)