

文章编号: 1001-1986(2007)05-0016-04

金鸡滩井田开采地质条件的模糊综合评判

苗霖田¹, 夏玉成¹, 姚建明²

(1. 西安科技大学地质与环境工程系, 陕西 西安 710054;

2. 陕西省煤田地质局一八五队, 陕西 榆林 719000)

摘要: 煤炭开采方式受开采地质条件控制。开采地质条件包含多种因素, 每一因素对采矿方式的适应度没有明显的界限, 只是模糊概念。将影响金鸡滩井田煤炭生产的地质因素分为煤层赋存特征、构造发育特征和其他因素 3 大类以及 14 个评价因子; 采用“降半梯形”法和专家打分法确定其隶属度和权重值; 通过二级模糊综合评判, 结果显示, 金鸡滩井田比较适合机械化综采。经与同一矿区内邻近生产矿井类比, 评判结果是合理的。

关键词: 金鸡滩井田; 5—2 煤层; 开采地质条件; 二级模糊综合评判

中图分类号: TD163.1 **文献标识码:** A

Fuzzy comprehensive evaluation for mining geological condition of Jinjitan mine

MIAO Lin-tian¹, XIA Yu-cheng¹, YAO Jian-ming²

(1. Department of Geology and Environment Engineering, Xi'an University of Science and Technology, Xi'an 710054, China;

2. The 185th Exploration Team, Shaanxi Bureau of Coal Geological Exploration, Yulin 719000, China)

Abstract: Coal mining method is controlled by mining geological condition which contains many factors. Each factor has influences on the mining way, but the adaptability of factors has no apparent limit, but only with fuzzy concept. The geological factors, influencing coal mining way of Jinjitan coal field, are divided into three kinds including fourteen evaluating factors. Their membership and weight value are determined with “step-down trapezoid” method and expert system. After the two step fuzzy comprehensive evaluation, it is considered that the mining geological condition in Jinjitan mine fits for mechanized comprehensive mining. The analogue analysis of mining area and adjacent mines indicated that the evaluation result is reliable.

Key words: Jinjitan mine; No. 5—2 coal seam; mining geological conditions; two step fuzzy comprehensive evaluation

机械化开采是建设安全、高产、高效的现代化矿井的必由之路, 越来越多的煤矿开始采用这种采矿方式。但是, 对开采地质条件的客观分析和准确评价是合理选择采矿方式的必要前提。开采地质条件包含多种地质因素, 其中有些因素又包含次一级因素。每一个因素对采矿方式的适应度没有明确的界限, 只是一个模糊概念。如果将采矿方式分为不同类别, 则某项地质因素对采矿方式的适应度可表示

为根据该因素某个井田“属于”(即适合采用)某种采矿方式类别的隶属程度。不同因素对某种采矿方式的适应度可能不同, 对一个井田开采地质条件的评价应该采用多因素综合评判法, 而评价因素太多又容易导致权重失衡, 即某个影响作用小的因素被其它因素“吃掉”的情况。所以, 这里采用二级模糊综合评判方法, 对陕北榆神矿区金鸡滩井田 5—2 煤层(该煤层是本区主要可采煤层之一)的开采地质条件

收稿日期: 2007-05-11

作者简介: 苗霖田(1979—), 男, 山西河曲人, 硕士研究生, 矿产普查与勘探专业。

ing three-dimensional objects[J]. Computers & Geosciences, 2001, 27(1): 59—69.

[3] 陈学习, 吴立新, 车德福, 等. 基于钻孔数据的含断层地质体三维建模方法[J]. 煤田地质与勘探, 2005, 33(5): 5—8.

[4] MARRETT R, BENTHAM P A. Geometric analysis of hybrid fault—detachment propagation/detachment folds[J]. Journal of Structural Geology, 1997, 19: 243—248.

[5] EGAN S S, KANE S, BUDDIN T S, et al. Computer modelling and visualisation of the structural deformation caused by movement along geological faults[J]. Computers & Geosciences, 1999, 25(3): 283—

297.

[6] 武强, 徐华. 虚拟矿山系统中三维断层模拟技术[J]. 辽宁工程技术大学学报, 2005, 24(03): 316—319.

[7] 李青元, 常燕卿, 曹代勇. 3 维 GIS 拓扑关系中“一面三层”的概念及其在 2 维的推广[J]. 测绘学报, 2002, 31(04): 350—356.

[8] 朱良峰, 吴信才, 刘修国, 等. 基于钻孔数据的三维地层模型的构建[J]. 地理与地理信息科学, 2004, 20(03): 26—30.

[9] 陈述彭, 鲁学军, 周成虎. 地理信息系统导论[M]. 北京: 科学出版社, 1999.

进行综合评判。

1 模糊综合评判基本原理^[1-2]

模糊综合评判法是应用模糊变换原理和最大隶属度原则,综合考虑被评判事物或其属性的相关因素,进而对某事物进行等级或类别评判。一般先选择 n 个相关因素构成因素集:

$$U=\{u_1,u_2,\cdots,u_n\}。$$
 (1)

将被评判事物分为 m 类,或 m 个等级,构成评语集:

$$V=\{v_1,v_2,\cdots,v_m\}。$$
 (2)

再根据各因素的影响程度确定其权重,构成权重集:

$$A=\{a_1,a_2,\cdots,a_m\}，$$
 (3)

式中 a_i 为第 i 个因素在综合评判中所占权重, $\sum a_i=1$ 。

根据单个因素,确定被评判对象属于某个类(级)别的隶属度,得到单因素评判矩阵:

$$R=\{r_{ij}\}_{n\times m},$$
 (4)

式中 r_{ij} 为根据第 i 项因素评判,被分类(级)对象对第 j 个类别(等级)的隶属度。

通过模糊合成运算:

$$B=A\bigcirc R，$$
 (5)

得到综合评判 B 。按照最大隶属原则,被评判对象应属于 B 中隶属度最大值所对应的类别(等级)。

2 评价指标选择及分级标准

根据研究区实际,将矿井开采地质条件的影响

因素分为 3 个一级指标:煤层赋存特征、构造发育特征、其它因素。煤层赋存特征主要包括煤层厚度、煤厚变异系数、煤层结构、稳定性、埋深等 5 个二级指标;构造发育特征主要考虑断层、褶皱和倾角等 3 个二级指标;其它因素包括瓦斯、水文地质条件、煤尘、地热害、直接顶板稳定性、基本顶板压力显现。

将开采地质条件分为 4 个等级,即:

$$V=\{I,II,III,IV\}，$$

其中 I 为开采地质条件最适合综采; II 为适合综采; III 为较适合综采; IV 为不适合综采。

评判等级与指标之间的关系详见表 1。

表 1 中评判因素与开采地质条件之间的关系采用的是确定性标准。例如,2.0~3.5 m 的中厚煤层对综采最为有利^[3],故属于第 I 等级。但实际上,开采地质条件等级之间的界线是模糊的,或者说等级之间存在“亦此亦彼”的过渡状态。煤厚 3.5 m 时属于第 I 等级,3.6 m 时也应属于第 I 等级,随着厚度继续增加,煤厚因素对综采的适用程度是逐步降低的。所以,对这类问题的处理,采用模糊综合评判法是比较适宜的。

3 隶属度的确定

在模糊分类中,隶属度描述被评判对象隶属于某个类(级)别的可能性。根据隶属度确定的基本原则,对定量指标和定性指标的隶属度采用不同的确定方法。考虑到各评判指标数据在同一个井田内的空间变化,在取值时查阅了尽可能多的钻孔资料。

表 1 评价因子与分级标准

Table 1 Evaluation factors and grade standards

评判因素		开采地质条件等级			
一级	二级	I	II	III	IV
煤层赋存特征	煤层厚度/m	2~3.5	3.5~6	1.3~2	<1.3 或 >6
	厚度变异系数	<0.15	0.15~0.3	0.3~0.4	>0.4
	结构	单一或少量夹矸	含矸(<30cm)2~3 层,且硬度较大	含厚矸(>30cm)1~3 层	含厚矸多于 3 层,且硬度大
	稳定性	稳定	较稳定	不稳定	极不稳定
	埋深/m	<600	600~1 000	1 000~1 500	>1 500
构造发育特征	断层	无断层或稀少	断层较发育	有多组断层	大断层(落差>20m)很发育
	褶皱	为数不多的宽缓褶皱	局部小褶皱发育	有紧密褶皱并伴有次级褶皱	形态复杂的褶皱
	倾角/(°)	<12	12~18	18~35	>35
其他因素	瓦斯	低	中	高	突
	水文地质条件	简单	中等	复杂	极复杂
	煤尘	不爆炸	不易爆炸	易爆炸	很易爆炸
	地热	无地热害	无地热害	一级地热害	二级地热害
	直接顶板稳定性	很稳定	稳定	较稳定	不稳定
	基本顶压力显现	不明显	明显	显现强烈	非常强烈

3.1 定量指标的隶属度确定

陕北榆神矿区金鸡滩井田地质勘探资料^[4]显示,5—2 煤层厚度为 0.7~2.17 m,平均厚度为 1.53 m,厚度变异系数为 0.16,绝大部分地区煤层厚度在 1.3~1.7 m,厚度变化小,且规律性明显。通过对 25 个钻孔数据的分析,煤层埋深平均值为 403.45 m,其中最大 447.58 m,最小为 379.19 m,16 个数据点的煤层埋深在 400 m 以下,煤层倾角小于 2°。对于表 1 中的上述几个定量指标,采用“降半梯形”法确定其隶属度,见图 1。

根据图 1 确定金鸡滩井田定量指标的单因素评判结果,见表 2。

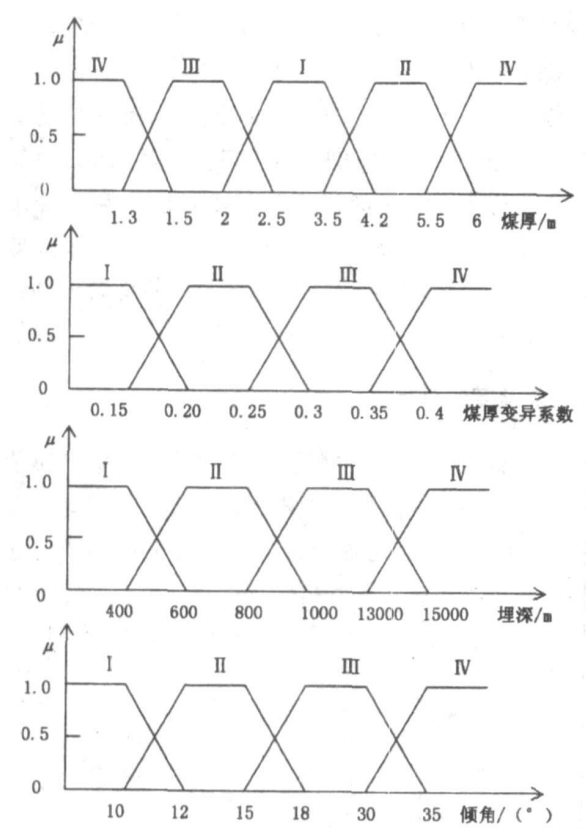


图 1 定量因子隶属度函数(μ)半梯形图
Fig. 1 Half trapezoidal map of quantitative factors' membership function

表 2 定量指标的隶属度

定量因子	隶属度			
	I	II	III	IV
煤层厚度	0.05	0	0.9	0.1
煤厚变异系数	0.8	0.2	0	0
煤层埋深	0.9	0.2	0	0
煤层倾角	1	0	0	0

3.2 定性指标的隶属度确定

对于表 1 中的定性指标很难进行准确量化,无

法准确界定其等级界线。这里采用专家打分法确定其隶属度。

研究区 5—2 煤层一般含 0~1 层夹矸,仅见一个钻孔含 2 层夹矸,厚度 0.04~0.50 m。煤层厚度稳定。构造简单,地层平坦,无明显褶皱和岩浆活动,发育小型宽缓的波状起伏和一条正断层 F1。该断层倾向约 108°,落差 15~17 m,倾角 68°左右,为高角度正断层,区内延伸长度约 6 km。另外,经地震勘探在不同测线上发现有 5 个断点。区内瓦斯含量低,水文地质条件属于二类 I 型(简单),无地热害;经测试 5—2 煤层的火焰长度均大于 400 mm,岩粉用量在 55%~80%之间,煤尘有爆炸性危险。其顶板类型以基本顶为主,范围占井田的 65%。经计算,基本顶属 I 级,即基本顶压力显现不明显。直接顶约占 30%的面积,岩性以粉砂岩、泥岩为主,厚度 1.24~3.87 m,平均 1.21 m,经计算,直接顶初次垮落步距为 9.12 m,属 II 类中等稳定顶板。根据以上特征,通过专家打分确定定性指标的隶属度见表 3。

表 3 定性指标的隶属度
Table 3 Membership of qualitative factors

定性因子	隶属度			
	I	II	III	IV
煤层结构	0	0.8	0.2	0
煤层稳定性	1	0	0	0
断层	0.3	0.6	0.1	0
褶皱	1	0	0	0
瓦斯	0.8	0.2	0	0
水文地质条件	0.7	0.3	0	0
煤尘	0	0.1	0.8	0.1
地热	1	0	0	0
直接顶稳定性	0	0.3	0.6	0.1
基本顶压力显现	0.6	0.4	0.0	0

4 权重的确定

权重表示各评价因子在模糊综合评判中对评价结果所起作用的大小或影响的相对重要程度。这里采用试算法和专家打分法相结合确定权重,见表 4。

5 模糊综合评判

5.1 一级综合评判

按每一个因素子集进行综合评判,则可求出相应的子集等级模糊向量。在一级模糊综合评判中考虑到单因素评判结果数据差距较大,应用“主因素突出型”算子,即 $M(\cdot, V)$ 型(\cdot 为乘法运算符; V 为取大运算符)。3 个因素的一级模糊综合评判结果为:

表 4 评价因子权重表
Table 4 Weight of evaluating factor

一级指标	权重	二级指标	权重
煤层赋存特征	0.45	煤层厚度	0.4
		煤厚变异系数	0.25
		煤层结构	0.15
		稳定性	0.1
		埋深	0.1
构造发育特征	0.25	断层	0.5
		褶皱	0.35
		倾角	0.15
其他因素	0.3	瓦斯	0.25
		水文地质条件	0.25
		煤尘	0.1
		地热	0.1
		直接顶稳定性	0.1
		基本顶压力显现	0.2

$$b_{11} = \begin{pmatrix} 0.4 \\ 0.25 \\ 0.15 \\ 0.1 \\ 0.1 \end{pmatrix}^T \begin{pmatrix} 0.05 & 0 & 0.9 & 0.1 \\ 0.8 & 0.2 & 0 & 0 \\ 0 & 0.8 & 0.2 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0.9 & 0.2 & 0 & 0 \end{pmatrix} =$$

(0.2 0.12 0.36 0.04),
归一化 (0.28 0.17 0.50 0.05);
$$b_{12} = \begin{pmatrix} 0.5 \\ 0.35 \\ 0.15 \end{pmatrix}^T \begin{pmatrix} 0.3 & 0.6 & 0.1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} =$$

(0.35 0.3 0.05 0),
归一化 (0.5 0.43 0.07 0);
$$b_{13} = \begin{pmatrix} 0.25 \\ 0.25 \\ 0.1 \\ 0.1 \\ 0.1 \\ 0.1 \\ 0.2 \end{pmatrix}^T \begin{pmatrix} 0.8 & 0.2 & 0 & 0 \\ 0.7 & 0.3 & 0 & 0 \\ 0 & 0.1 & 0.8 & 0.1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0.3 & 0.6 & 0.1 \\ 0.6 & 0.4 & 0 & 0 \end{pmatrix} =$$

(0.2 0.08 0.08 0.01),
归一化 (0.54 0.22 0.22 0.03)。
归一化是指,由于 $0.2+0.12+0.36+0.04=0.72 \neq 1$ 分别用各项除以它们的和 0.72, 所得结果为 (0.28 0.17 0.50 0.05), 且: $0.28+0.17+0.50+0.05=1$, 这一过程称为“归一化”。

5.2 二级综合评判

将 3 个一级指标当作 3 个单因素看待, 再进行总的二级评定。因一级评判结果中数据差距较大, 故在二级模糊综合评判中还用“主因素突出型”, 即 $M(\cdot, V)$ 型。二级模糊综合评判结果 B 为:

$$B = \begin{pmatrix} 0.45 \\ 0.25 \\ 0.30 \end{pmatrix}^T \begin{pmatrix} 0.28 & 0.17 & 0.50 & 0.05 \\ 0.5 & 0.43 & 0.07 & 0 \\ 0.54 & 0.22 & 0.22 & 0.03 \end{pmatrix} =$$

(0.162 0.107 0.225 0.025),
归一化 (0.312 0.207 0.433 0.048)。

5.3 评价结果分析

在 B 矩阵中选取最大值, 得 $B_{\max}=0.433$ 。根据最大隶属原则, 其相对应的开采地质条件等级是Ⅲ级, 说明该井田的开采地质条件较适合机械化综采。

6 结语

- a. 开采地质条件受多种因素的影响, 而且不同等级之间没有明确的界线。对开采地质条件的评判, 采用二级模糊综合评判法是比较适宜和有效的途径。
- b. 金鸡滩井田开采地质条件二级模糊综合评判结果显示, 井田较适合机械化综采。根据与同一矿区内临近生产矿井类比, 评判结果是合理的。
- c. 针对金鸡滩井田 5—2 煤层做的评判, 考虑到个体特殊性, 只列出了 14 项评判指标, 在确定隶属度和权重值时采用了“降半梯形”法和专家打分法, 其准确性有待进一步验证。

致谢

本文在写作过程中得到了陕西省煤田地质局 185 队牛建国高工、魏捐鹏高工的帮助, 在此一并表示感谢。

参考文献

[1] 夏玉成, 陈练武, 薛喜成. 地学信息数字化技术概论[M]. 陕西: 陕西科学技术出版社, 2003.
[2] 楼世博. 模糊数学[M]. 北京: 科学出版社, 1983.
[3] 赵理中. 高产高效矿井地质条件的定量预测与检验模型[J]. 煤田地质与勘探, 1998, 26(4): 21—26.
[4] 陕西煤田地质局一八五队. 金鸡滩井田勘探地质报告[R]. 2003.