

# 山西省煤层气定量预测方法

魏永佩

(西北大学地质系, 西安 710069)

李侠 陈会鑫

(西安工程学院, 西安 710054)

本文对山西省煤层气资源作了概括性总结。介绍了弗晰模型识别方法的原理和计算过程; 并将该方法首次用于山西省煤层甲烷的定量预测。指出富甲烷含量、中等甲烷含量和贫甲烷含量的平面分布特征。

关键词 富甲烷区 煤层气 模型识别 山西

第一作者简介 魏永佩 男 34岁 博士生 煤田与油气勘探专业

随着国内外煤层气资源的勘探与开发的蓬勃发展, 1993年煤炭工业部把煤层气开发利用列为中国煤炭工业3大发展战略之一。中国煤田地质总局, 将煤层气开发利用作为煤田地质行业未来的支持性产业之一。我国煤系地层分布广, 储量大, 煤层气含量极其丰富。然而, 新老煤矿将煤层甲烷一直作为有害气体。每年发生的瓦斯爆炸给个人和国家都造成巨大损失。如何开发并利用煤层中赋存的天然气, 首要的问题就是预测天然气在煤层中的富集规律。

煤层气的富集规律有别于通常的天然气, 主要原因在于煤层易于破碎, 其内微孔隙及微裂缝极其发育; 再者, 煤层对天然气有很强的吸附能力, 它对储集层、盖层的要求也有别于通常的天然气。

煤层气的富集程度通常由单位体积内甲烷含量表示( $\text{m}^3/\text{t}$ )。按照煤炭工业部的规定: 大于 $8\text{m}^3/\text{t}$ 为富甲烷煤层气, 介于 $4\sim 8\text{m}^3/\text{t}$ 为中等富集煤层气, 小于 $4\text{m}^3/\text{t}$ 为贫甲烷煤层气(无工业价值)。山西省煤炭储量居全国之首, 煤层气储量也是巨大的。现已获得甲烷含量的井在百余口, 但这些井分布极不均匀, 无法直观显示煤层平面富集规律。为了能尽快研究本区煤层气富集规律, 作者以现有资料为基础, 研究了影响煤层气富集的各种因素, 利用弗晰模型识别方法对山西省煤层气分布进行了预测, 有效地指出富甲烷分布区, 中等甲烷富集区及贫甲烷区。这将对今后该区煤层气的进一步勘探起一定的参考作用。

## 1 弗晰模型识别方法

弗晰模型识别方法实际上是根据集合上的隶属函数, 按隶属原则识别对象, 判定其属哪一类。该方法也可根据各弗晰集两两之间的贴进度, 按择近原则, 确定哪两个弗晰集最贴近。因此, 该方法实际上是根据实际数据计算弗晰集的隶属度及贴进度(上海计算机技术研究所, 1982; 肯德尔, 1983)。

### 1.1 隶属度的计算

对于正态型的弗晰集变量  $x$ , 隶属函数为

$$A(x) = \exp\left[-\left(\frac{x-a}{b}\right)^2\right]$$

其中  $a$  为均值,  $b^2 = 2\sigma^2$ ,  $\sigma^2$  为相应的方差。按泰勒级数展开, 取近似值, 得

$$A(x) = \begin{cases} 1 - \left(\frac{x-a}{b}\right)^2 & x - a < b \\ 0 & x - a > b \end{cases}$$

当该式应用到  $n$  种类型  $m$  种指标的情况, 则第  $i$  种类型在第  $j$  种指标上的隶属函数为

$$A_{ij}(x) = \begin{cases} 0 & x < a_{ij}^{(1)} - b_{ij} \\ 1 - \left[\frac{x - a_{ij}^{(1)}}{b_{ij}}\right]^2 & a_{ij}^{(1)} - b_{ij} < x < a_{ij}^{(1)} \\ 1 & a_{ij}^{(1)} < x < a_{ij}^{(2)} \\ 1 - \left[\frac{x - a_{ij}^{(2)}}{b_{ij}}\right]^2 & a_{ij}^{(2)} < x < a_{ij}^{(2)} + b_{ij} \\ 0 & a_{ij}^{(2)} + b_{ij} < x \end{cases}$$

其中  $a_{ij}^{(1)}$  和  $a_{ij}^{(2)}$  分别是第  $i$  类元素第  $j$  种指标的最小值和最大值,  $b_{ij}^2 = 2\sigma_{ij}^2$ , 而  $\sigma_{ij}^2$  是第  $i$  类元素第  $j$  种指标的方差。

给定一具体对象  $x^*$ , 设它的  $m$  个指标为  $x_1^*, x_2^*, \dots, x_m^*$ , 令

$$S_i = \min_{j=1, \dots, m} A_{ij}(x_j^*)$$

又若 
$$S_{io} = \max_{i=1, \dots, n} (S_i)$$

则认为对象  $x^*$  属第  $i_0$  类  $A_{i_0}$ 。

### 1.2 贴近度的计算

已知有几种类型  $(A_1, A_2, \dots, A_n)$ , 它们都有  $m$  种指标, 均为正态弗晰变量, 相应的参数分别为  $(a_{ij}^{(1)}, a_{ij}^{(2)}, b_{ij})$ ,  $(i = 1, 2, \dots, n; j = 1, 2, \dots, m)$ 。其中  $a_{ij}^{(1)} = \min(x_{ij})$ ,  $a_{ij}^{(2)} = \max(x_{ij})$ ,  $b_{ij} = 2\sigma_{ij}^2$ ,  $\sigma_{ij}^2$  为  $x_{ij}$  的方差, 待判对象  $B$  的  $m$  个指标分别具有参数  $(a_j, b_j)$   $(j = 1, 2, \dots, m)$  的正态型弗晰变量, 则  $B$  为各类型的贴近度为

$$(A_{ij}, B) = \begin{cases} 0 & a_j - a_{ij}^{(1)} - (b_j - b_{ij}) \\ 1 - \frac{1}{2} \left[ \frac{a_j - a_{ij}^{(1)}}{b_j + b_{ij}} \right]^2 & a_{ij}^{(1)} - (b_j - b_{ij}) < a_j < a_{ij}^{(1)} \\ 1 & a_{ij}^{(1)} - a_j - a_{ij}^{(2)} \\ 1 - \frac{1}{2} \left[ \frac{a_j - a_{ij}^{(2)}}{b_j - b_{ij}} \right]^2 & a_{ij}^{(2)} < a_j < a_{ij}^{(2)} + (b_j + b_{ij}) \\ 0 & a_{ij}^{(2)} + (b_j + b_{ij}) - a_j \end{cases}$$

又记  $S_i = \min_{j=1, \dots, m} (A_{ij}, B)$

若有 
$$S_{io} = \max_{i=1, \dots, n} (S_i)$$

按贴近原则, 可以认为  $B$  与  $A_{i_0}$  最贴近。

## 2 实例及应用

煤层气或煤层中储集的甲烷的含量, 在不同深度、不同构造部位、不同煤类中的含量是不同的, 也即影响煤层甲烷含量的因素是多种的, 这些因素配合得愈好, 则煤层中甲烷含量愈高。反之, 影响煤层甲烷的因素配合得不好, 则煤层中甲烷含量就愈低(程宝洲, 1992; 毛邦倬等, 1992; 王同和, 1995; 桂学智, 1973)。经过对本区影响煤层甲烷的分析, 并结合实际资料情况, 我们采用弗晰模型识别方法预测本区甲烷的含量分布。在预测过程中, 共选择了以下 8

种参数。

#### 1 煤层埋深

埋深小于 1500m, 取值 1; 大于 1500m, 取值 2。

#### ④ 最高古地温

小于 128 , 取值 2(生气门限前期古地温);

128 ~ 237 , 取值 1(生气窗前古地温);

大于 237 , 取值 3(死亡线外古地温)。

#### (四) 上煤组厚度

小于 1.5m, 取值 3; 1.5 ~ 10m, 取值 2; 大于 10m, 取值 1。

#### ¼ 下煤组厚度

小于 1.5m, 取值 3; 1.5 ~ 10m 取值 2; 大于 10m, 取值 1。

#### ½ 构造形态

向斜轴部, 取值 1; 背斜轴部, 取值 3; 斜坡地带及背向斜两翼, 取值 2。

#### ¾ 水动力因素

按照水动力条件对煤层气的影响分别取值为: 好, 取值 1; 中等, 取值 2; 差, 取值 3。

#### ⑧ 构造条件

按照单元内断裂的发育程度, 构造对煤层甲烷的破坏程度, 构造对煤层甲烷的保存条件, 共分 3 个级别: 构造对煤层甲烷保存有利, 取值 1; 保存中等, 取值 2; 构造对煤层甲烷保存最差, 取值 3。

#### (七) 岩浆的影响

按照单元内有无岩浆岩及岩浆岩对煤层气的影响, 分为 3 个级别: 岩浆岩对煤层气有利, 取值 1; 岩浆岩对煤层气保存良好, 取值 2; 岩浆岩对煤层气保存较差, 取值 3。

以上 8 种参数基本上覆盖了现有的资料。

在预测中首先选取已知富甲烷单元、已知含甲烷单元及已知贫甲烷单元。在这些单元内均进行过甲烷含量的测试, 将这些已知的曾经测试过甲烷的单元作为模型区, 然后, 预测未知单元。经过统计, 模型单元数如下:

类(甲烷含量 > 8m<sup>3</sup>/t): 共 25 个单元

类(甲烷含量 4 ~ 8m<sup>3</sup>/t): 共 12 个单元

类(甲烷含量 < 4m<sup>3</sup>/t): 共 20 个单元

以上 3 类已知单元数(每一类)均大于 8(8 种参数), 因此, 可以用来识别未知单元的甲烷含量。

参加本次预测的未知单元总数共计 169 个, 经预测后, 将这 169 个单元划分为 3 个区。类区(甲烷含量大于 8m<sup>3</sup>/t) 共有 52 个单元(表 1); 类区

(甲烷含量  $4 \sim 8\text{m}^3/\text{t}$ ) 共 80 个单元; 类区(甲烷含量小于  $4\text{m}^3/\text{t}$ ) 共 12 个单元。

从甲烷含量模型识别图(图 1) 可知, 本区富甲烷单元主要分布在沁水煤田和河东煤田。大同煤田无富甲烷单元分布, 宁武煤田和西山煤田仅有少量甲烷单元的分布, 宁武煤田和西山煤田仅有少量甲烷单元的分布(表 1)。沁水煤田富甲烷单元总数达

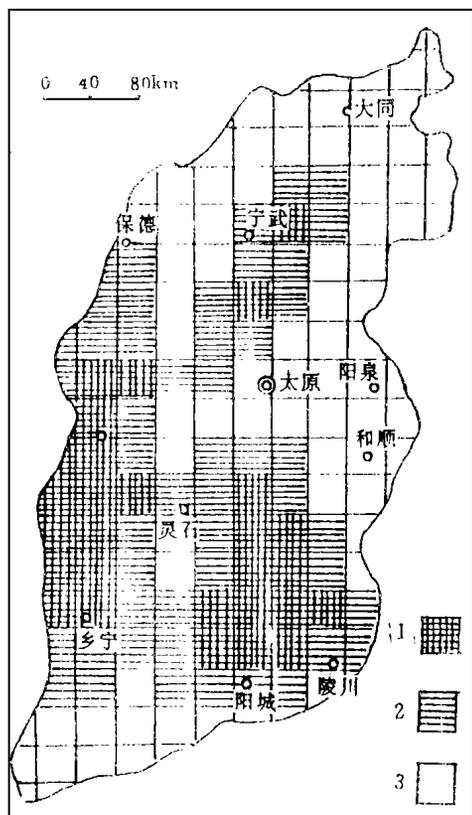


图 1 山西省煤层气弗晰模型识别预测示意图

1. 富甲烷区( $8\text{m}^3/\text{t}$ ); 2. 中等甲烷区( $4 \sim 8\text{m}^3/\text{t}$ ); 3. 贫甲烷区( $4\text{m}^3/\text{t}$ )

表 1 富甲烷单元弗晰模型识别预测结果

煤田	富甲烷实测单元数	富甲烷预测单元数	富甲烷单元总数
大同煤田	0	0	0
宁武煤田	0	3	3
河东煤田	8	10	18
西山煤田	1	2	3
霍西煤田	0	1	1
沁水煤田	16	36	52
合计	25	52	77

52 个, 其中已知单元 15 个, 预测单元 36 个, 这些单元主要分布于沁水煤田北部、东部及南端, 该煤田富甲烷数占山西省富甲烷单元总数的 68%, 近 70%,

因此该煤田是评价区最重要的地区。河东煤田富甲烷单元总数共 18 个, 其中已知富甲烷单元总数为 8 个, 预测的富甲烷单元总数为 10 个, 主要分布在河东煤田的西部, 总体呈带状展布。

宁武、西山两煤田富甲烷单元主要分布在煤田的中部, 霍西煤田的富甲烷单元分布在该煤田的东南部。

预测结果表明, 沁水煤田的东部北端及南端, 河东煤田西部是本区最有希望的高含甲烷区, 应给予足够的重视。

### 3 几点认识

通过运用弗晰模型识别方法对山西省煤层气富集区预测结果, 可得出如下几点认识。

(1) 该方法实用而且方便, 能有效地对煤层气分布区进行自动识别。

(2) 该预测方法的独到之处在于不需要对原始数据进行预处理, 而且计算速度快, 优于传统的统计方法。

(3) 利用该预测方法的关键是模型区块的划分(样品数)及影响因素(变量)的选择。

(4) 山西省煤层气富集区位于该省西缘及中南部地区。

(5) 该方法也可用于不同勘探阶段的含油气评价中。

本文在撰写的过程中, 得到刘池阳教授的悉心指导, 在此表示衷心感谢。

### 参 考 文 献

- 1 上海计算机技术研究所. 电子计算机算法手册. 上海: 教育出版社, 1982
- 2 M. 肯德尔(英国). 多元分析. 北京: 科学出版社, 1983
- 3 程宝洲. 山西省古生代沉积环境与聚集规律. 太原: 山西科技出版社, 1992
- 4 毛邦倬等译. 煤和含煤地层研究新进展. 西安: 陕西科学技术出版社, 1992
- 5 王同和. 晋陕地区地质构造演化与油气聚集. 华北地质矿产杂志, 1995, 10(3)
- 6 桂学智. 河东煤田晚古生代聚煤规律与煤炭资源评价. 太原: 山西科学技术出版社, 1993

(收稿日期: 1998 年 4 月 6 日)

# A QUANTITATIVE METHOD OF PREDICTING COAL BED GASES IN SHANXI PROVINCE

Wei Yongpei

*(Department of Geology, Northwest University, Xian 710069)*

Li Xia Chen Huixin

*(Xian Engineering College, Xian 710054)*

## Abstract

In this paper, the coal bed gas resources in Shanxi Province are summarized. The principle and calculation process of the Fusi Model-recognition Method are introduced. This method is first used to the quantitative prediction of coal bed methane in Shanxi province. As a result, the plane distributive characteristics of methane-rich, methane-fair and methane-poor areas are pointed out.