

# 模糊模式识别方法 在气测资料解释中的应用

吴正平\*

(江汉石油学院)

吴正平. 模糊模式识别方法在气测资料解释中的应用. 天然气工业, 2000; 20(4): 30~32

**摘要** 综合录井的主要目的就是要查清钻井地层剖面的含油气性, 并根据显示强度与组分构成资料对发现的含油气层进行合理解释、评价。在气测录井中, 影响气测显示的因素很多, 如地层烃类的物性、泥浆出口管线的散失、泥浆性能、仪器对某一组分的灵敏度和脱气器的脱气效率等, 这些因素对气测资料的影响具有很大的随机性和模糊性。文章从常用的气测资料解释一般方法入手, 着重介绍了模糊模式识别方法的基本原理, 以及如何用模糊模式识别的方法对气测资料进行解释的具体步骤和开发的相应软件。选取某油气田实际资料用该方法进行处理, 识别率为 81%。实验结果表明, 该方法对气测资料解释具有比较理想的效果。

**主题词** 模糊数学 识别 综合 录井 钻井液录井 烃类异常 气测井 地层剖面

## 油田常用气测资料解释法

### 1. 烃类组分比值图版解释法

烃类组分比值图版解释法是比较常用也是比较有效的方法。烃类组分比值图版解释法包括烃组分对数比值图版解释(又叫 Pixler 比值法)及烃组分三角形比值图版解释两种方法, 这两种解释方法的基本机理是: 相同或相近的地球化学环境, 生油母岩会产生具有相似成分的碳氢化合物, 也就是说, 同一地区同样性质的油气层产生的气测显示的烃类组分是相似的。这两种方法通过选用如下参数:  $C_1/C_2$ 、 $C_1/C_3$ 、 $C_1/C_4$ 、 $C_2/C_3$ 、 $C_2/C_4$  和  $C_4/C_5$ 。对已经证实的油气层的流体样品进行色谱分析, 找出各种性质的油气层的上述参数的取值规律, 绘制出解释用的两种标准图版, 然后对比标准图版进行气测资料解释。

### 2. 轻烷比值法

该方法是在 Pixler 比值法的基础上延伸, 它包括烃湿度值( $W_h$ )、烃平衡值( $B_h$ )、烃特性值( $C_h$ ) 3 个参数, 其定义如下:

$$W_h = \frac{C_2 + C_3 + C_4 + C_5}{C_1 + C_2 + C_3 + C_4 + C_5} \times 100\%$$

$$B_h = \frac{C_1 + C_2}{C_3 + C_4 + C_5}$$

$$C_h = \frac{C_4 + C_5}{C_3}$$

显然, 此方法和烃比值法相似, 它是先利用大量的井场记录数据统计确定各种类型生产层的区带划分值, 然后利用该划分值进行解释。在统计规律的基础上建立的模糊模式识别方法, 是通过选择上述解释方法中所选的参数, 综合多种解释方法的优点, 对气测资料进行解释。

## 模糊模式识别原理

### 1. 隶属度函数<sup>[1]</sup>

模糊集合理论最早由美国加利福尼亚大学控制论者札德教授于 1965 年提出的, 他通过隶属度函数描述对某个不确定事件的印象, 其定义为: 设论域  $X = \{x\}$  上的模糊集合  $A$  的隶属度函数  $\mu_A(x)$  来表征, 其中,  $\mu_A(x)$  是在实轴的闭区间  $[0, 1]$  上取值, 它的大小反映  $x$  对模糊集合  $A$  的从属程度, 即  $A = \{x, \mu_A(x)\}$ , 其中  $x \in X$ ,  $\mu_A(x)$  是  $A$  的值。

### 2. 隶属原则识别法<sup>[2]</sup>

建立在模糊集合理论基础上的模式识别方法,

\*吴正平, 讲师, 1968 年生; 现在江汉石油学院从事综合地球物理测井等方面教学和科研工作。地址: (434102) 湖北省荆州市江汉石油学院测试中心。电话: (0716) 8477687。

称为模糊模式识别。模糊模式识别方法一般可分三种:隶属原则识别法、择近原则识别法和模糊聚类分析法。本文介绍模糊模式识别的隶属原则识别法在气测资料解释中的应用,该识别法可简述如下:

设  $A_1, A_2, \dots, A_n$  是  $E$  中的  $n$  个模糊集,  $X_0$  是  $E$  中的一个元素,若有

$$\mu_{A_i}(X_0) = \max[\mu_{A_1}(X_0), \mu_{A_2}(X_0), \dots, \mu_{A_n}(X_0)]$$

则  $X_0 \subset A_i \quad i = 1, 2, \dots, n$

在该方法中,关键是求隶属函数。下面介绍用模糊模式识别中隶属原则识别法解释气测资料的具体步骤。

隶属原则识别法

在气测资料解释中的应用

1. 特征选择

在气测录井中,气测仪所测得的参数一般有:甲烷、乙烷、丙烷、正丁烷、异丁烷、正戊烷、异戊烷,但是根据实践经验及现有气测资料解释的成功经验,我们一般不直接选用上述参数作为判别参数,而是选择 9 个参数: PIXLER 比值(即  $C_1/C_2$ 、 $C_1/C_3$ 、 $C_1/C_4$ ); 烃组分的相对百分含量(即  $C_2/C$ 、 $C_3/C$  和  $C_4/C$ ); 轻烷比值(即烃的湿度值  $W_h$ 、烃的平衡值  $B_h$ 、烃的特征值  $C_h$ )。将上述参数作为特征参数目的是希望综合现场常用的各种解释方法的优点,在实践运用中这样处理也是有效的、可行的。

2. 样本数据库组织

为了使样本库易于组织,易于被识别的系统所引用,样本库组织采用 dbf 文件的形式。上述 9 个参数都是由原始参数经计算或处理而得到的,因此可将原始参数甲烷、乙烷、丙烷、正丁烷、异丁烷、正戊烷、异戊烷、新戊烷、总烃作为样本库文件字段,另外加一些描述性字段如井号、井深、仪器型号、试油结论等。按实际情况我们对气测资料进行解释时,系统的判别是分步进行的,其判别步骤如图 1 所示。因此,我们在组织样本数据库时,应根据判别结论要求,按样本的试油结论分类组织。例如,我们把试油结论为有油气、无油气的样本组织在一个库文件中,作为判断有油气、无油气的训练用样本库,把试油结论为油层、气层的样本组织在另一个库文件中,作为判断油层、气层的训练用样本库等等。另外,对样本库而言,应使其中样本数尽可能多,样本尽量具有代表性。

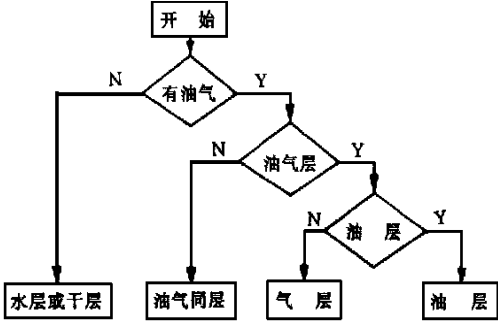


图 1 判别顺序图

3. 统计函数

用上述 9 个特征参数来对气测资料解释时,我们并不知道总体的分布形式,也无法找到某一数学表达式作为其分布函数,于是我们只能直接用统计样本分布情况的方法来估计总体分布,将分布函数用数组(即表格的形式)来表示。在估计总体的分布函数时,我们采用 Parzen 窗法。窗函数有多种形式,我们采用方窗函数,它计算简单,也能满足实践的需要。通过对实际数据的分析,我们规定上述 9 个特征参数的窗口数均为 20,最大最小值及窗口大小如表 1 所示。

表 1 特征参数的最大、小值及窗口大小

参数名	$\frac{C_1}{C_2}$	$\frac{C_1}{C_3}$	$\frac{C_1}{C_4}$	$\frac{C_2}{C}$	$\frac{C_3}{C}$	$\frac{C_4}{C}$	$W_h$	$B_h$	$C_h$
最大值	120	300	400	99	99	99	40	240	99
最小值	2	2	2	0	0	0	0	0	0
窗口大小	6	15	20	5	5	5	2	12	5

设特征  $x$  的最小值为  $x_{\min}$ ,最大值为  $x_{\max}$ ,窗口大小为  $h$ ,则

$$x_1 = x_{\min} + h, x_2 = x_1 + h, \dots, x_{21} = x_{20} + h$$

特征值在  $[x_1, x_{21}]$  区间上,设类别数为  $M$ ,则在  $[x_1, x_{21}]$  区间上定义  $M$  个统计函数  $T_i(x_k)$  ( $i = 1, 2, \dots, M; k = 1, 2, \dots, 20$ ),  $T_i(x_k)$  的值表示为第  $i$  类样本中特征  $x$  的值为  $x_{k-1} < x < x_{k+1}$  范围内的样本个数。

4. 隶属函数

隶属函数的建立是本文介绍的模糊模式识别方法的关键,在上述统计函数的基础上,通过下式便可方便地得到隶属函数:

$$\mu_i(x_k) = \frac{T_i(x_k)}{\sum_{i=1}^M T_i(x_k)}$$

$\mu_i(x_k)$  是当特征为  $x_k$  时对第  $i$  类的隶属度,其实际意义可解释为:  $T_i(x_{k-1}, x_k)$  为中心的小区域  $[x_{k-1}, x_k]$  内样品多少的度量;  $T_i(x_k)$ 、 $T_j(x_k)$  ( $i = 1, 2, \dots, M; j = 1, 2, \dots, M$ ) 的大小反映了  $x_k$  对第  $i$  类和第  $j$  类隶属程度的高低。按直观经验,当未知样本的特征为  $x_k$  时,将它判为第  $i$  类和第  $j$  类的依据是比较特征为  $x_k$  的第  $i$  类已知样本和第  $j$  类中已知样本的数目,  $T_i(x_k)$  和  $T_j(x_k)$  即是这样的量,通过上式,将它规一化为  $0 \sim 1$  的模糊隶属度,然后进行比较。

5. 系统优化

为了提高系统的识别能力,在系统学习时,能在系统提供的上述特征参数中自由选择有识别能力的参数以及样本数据库文件,用刀切法的方法检验系统学习后的结论,并将检验结果返回给操作者,以使操作者能对是否需要系统进一步优化作出决断。

系统实例及结论

用某油田某区块一些井的试油资料对该系统进行验判,特选用  $C_1/C_2$ 、 $C_1/C_3$ 、 $C_1/C_4$ 、 $C_2/C_3$ 、 $C_3/C_4$ 、 $C_4/C_3$  等 6 个参数,另外,在计算这些参数时,如分母为 0,则取为该参数的最大值。实验结论见表 2。

从表 2 中看出,以刀切法检验系统,判对率为 81%,表明该方法具有较大的实用价值,在实践中运用时,对不同区块和不同的判别要求,应建立不同的

表 2 气测数据识别分类与试油结论对比表

编号	C <sub>1</sub> C <sub>2</sub>	C <sub>1</sub> C <sub>3</sub>	C <sub>1</sub> C <sub>4</sub>	C <sub>2</sub> C	C <sub>3</sub> C	C <sub>4</sub> C	试油 结论	刀切法 结论
1	7.69	10.04	12.39	9.93	7.53	6.16	油层	油层
2	9.29	25.00	20.31	9.00	3.34	4.11	油层	油层
3	10.42	15.46	45.80	8.12	5.47	1.85	油层	油层
4	14.12	23.41	300	6.36	3.84	0	油层	气层
5	28.50	57.00	7.13	2.94	1.47	11.76	油层	油层
6	6.00	4.29	18.75	11.47	16.05	3.67	油层	油层
7	12.00	60.00	12.00	7.04	1.41	7.04	油层	油层
8	14.09	22.14	81.58	6.29	4.00	1.09	油层	油层
9	11.96	47.83	200	7.54	1.88	0.45	气层	气层
10	16.18	70.29	175.7	5.71	1.32	0.53	气层	气层
11	10.12	12.67	30.06	8.16	6.51	2.75	气层	油层
12	12.50	16.67	300	7.02	5.26	0	气层	气层
13	13.33	160	200	6.90	0.58	0.46	气层	气层
14	32.26	62.49	300	2.95	1.52	0.31	气层	气层
15	19.50	39.00	300	4.75	2.38	0	气层	气层
16	14.67	250	300	6.38	0	0	气层	气层

样本数据库,随着系统样本数据库的完善,系统的判别准确性有望进一步提高。

参 考 文 献

1 贺仲雄. 模糊数学及应用. 天津:天津科学技术出版社, 1993  
2 罗耀光,盛立东. 模式识别. 北京:人民邮电出版社,1989

(收稿日期 2000-03-05 编辑 韩晓渝)

印尼将提高液化天然气产量

印度尼西亚石油和天然气公司负责人日前介绍,印尼打算建设更多的液化天然气厂,并将设法打入中国和印度市场。据称,印尼准备扩建在加里曼丹东部的邦坦液化天然气厂,预计新增的年产能为 300 万吨液化天然气的生产装置可以在 2004~2005 年间完工。还将开始在伊里安查亚省西部建设液化天然气基础工程,将来每年可以生产 300 万吨液化天然气。印尼石油和天然气公司已经签署了先期工程合同,这个工厂就可以在 2005 年年中出口第一批液化天然气。东加里曼丹可以开采的天然气储藏量接近 52 万亿立方英尺,而伊里安查亚探明的储藏量有 18 万亿立方英尺。印尼液化天然气的传统市场是日本。目前正努力打开中国和印度市场。据估计,亚洲和太平洋地区的液化天然气需求量将从目前的每年 8 000 万吨增加到 2010 年的 1.3 亿吨。

(陈 敏 摘自《中国石油报》)

of studying cleats and cleat systems in coal-bed in detail are proposed and the method of evaluating permeability by cleats is perfected; through analyzing the internal factors influencing the growth of cleats, it is thought that the cleats are formed by the external geological agents (coalification and tectonic stress, etc.) in combination with the internal attribution of coal-bed (coal thickness, coal petrologic composition and ash content, etc.), being a comprehensive reflection of various geological agents in coal reservoir bed. Not a single one of both the internal attribution of coal-bed and the external geological agent can be dispensed with and they are the necessary conditions of forming cleats and improving the permeability of coal-bed.

**SUBJECT HEADINGS:** Coal, Reservoir, Fracture (rock), Evaluation, Method

**Liu Honglin** (Master, engineer), born in 1973, is mainly engaged in the research on coal-bed gas exploration and development. Add: Langfang, Hebei (065007), China Tel: (0316) 6012861—3277.

## APPLICATION OF FUZZY PATTERN RECOGNITION METHOD TO GAS LOGGING DATA INTERPRETATION

Wu Zhengping (Jiangnan Petroleum Institute). *NATURAL GAS IND.* v. 20, no. 4, pp. 30 ~ 32, 7/25/2000. (ISSN 1000-0976; In Chinese)

**ABSTRACT:** The major purpose of compound logging is to prove the hydrocarbon potential of stratigraphic profile drilled and to reasonably interpret and evaluate the hydrocarbon-bearing layers found in accordance with display strength and compositional composition data. In gas logging there are many factors influencing gas logging display, such as the physical property of hydrocarbons in formation, gas loss in mud outlet pipeline, mud property, the sensitivity of device to a certain component and the working effectiveness of degasser, etc. The influence of these factors on gas logging data is of randomness and fuzzyness. On the basis of introducing the general methods commonly used for gas logging data interpretation, the basic principle of fuzzy pattern recognition method and the practical steps of how to interpret gas logging data by use of fuzzy pattern recognition method and relevant software developed are emphatically introduced in the paper. Through processing the practical data from a certain oil and gas field by this method, it is proved that its recognition rate is up to 81%. Therefore this method is relatively reliable for gas logging data interpretation.

**SUBJECT HEADINGS:** Fuzzy mathematics, Recognition, Integration, Logging, Drilling fluid logging, Hydrocarbon anomaly, Gas logging, Stratigraphic section

**Wu Zhengping** (lecturer), born in 1968, is engaged in

teaching and scientific research on integrated geophysical well logging at present. Add: Jingzhou, Hubei (434102), China Tel: (0716) 8477687

## FOLLOW-UP MONITORING AND EVALUATION OF THE FORMATION PRESSURE IN THE PROCESS OF DRILLING

Long Haitao (East Sichuan Drilling Geology Service Co., Sichuan Petroleum Administration). *NATURAL GAS IND.* v. 20, no. 4, pp. 33 ~ 36, 7/25/2000. (ISSN 1000-0976; In Chinese)

**ABSTRACT:** In Sichuan basin, especially in East Sichuan region, the multiple pay beds and multiple pressure systems are common longitudinally and the high pressure and low one are alternative, which generally causes the complexity in borehole, prolongs the drilling cycle and increases the drilling cost. For this reason, utilizing the function of logging while drilling with combination logging tool to conduct the follow-up monitoring and evaluation of the carbonate formation pressure in the process of drilling to evaluate thus the main target zone and the reservoirs above the target zone is of a very important practical significance for the drilling engineering decision (making drill stem test or not, selecting the density of the drilling fluid and drilling measures for following drilling and adopting casing off or not to change casing program, etc.) and completing the drilling with safety and high quality and efficiency.

**SUBJECT HEADINGS:** Drilling, Formation pressure, Monitoring, Evaluation, Sichuan basin, East

**Long Haitao** (engineer), born in 1958, graduated in geology from Chongqing Petroleum School in 1981 and graduated in geology from correspondence department of Southwest Petroleum Institute in 1995. He has been engaged in well logging all along. Add: No. 101, Hanyu Road, Chongqing (401120), China Tel: (023) 67821701

## WELL CEMENTING TECHNOLOGY FOR SICHUAN REGION

Xu Yongjie (Sichuan Petroleum Administration), Yang Wanzhong and Li Yi (Downhole Operation Service, SPA). *NATURAL GAS IND.* v. 20, no. 4, pp. 36 ~ 40, 7/25/2000. (ISSN 1000-0976; In Chinese)

**ABSTRACT:** The well cementing technology for Sichuan region is mainly aimed at the fractured carbonate gas reservoirs which are characterized by the multiple pressure systems, the