

# 自然伽玛数字判别法研究沉积微相

## —以东濮盆地文留地区沙四段为例

李元元 方少仙 陈景山

(西南石油学院)

**提要** 本文主要讨论在油区取心井少的情况下,利用自然伽玛测井值研究沉积微相的平面分布的方法,并对中原油田文留区沙四段进行了实际的分析计算和划分,最后作出了该区沙四上段和沙四下段两张微相平面分布图。

**关键词** 沉积微相 自然伽玛测井 单井相分析 数值判别

**第一作者简介** 李元元 女 32岁 讲师 沉积相、地震地层学

### 一、自然伽玛数字判别的原理和方法

自然伽玛测井对砂泥岩地层的岩性有敏感的反应,其值的大小变化反映了泥质含量的变化,它不仅能够确定地层中的砂泥比,而且剖面上自然伽玛幅度的组合还是砂泥岩地层沉积韵律良好标志。

利用自然伽玛测井曲线进行沉积微相判别主要有以下三个步骤:

- 1.选择一口或多口有代表性的取心井,对其进行详细的单井微相分析,划分出不同层段的沉积微相;
- 2.计算与各微相对应的自然伽玛判别参数,建立与已知微相对应自然伽玛微相标准模式;
- 3.利用自然伽玛微相模式的判别参数判别工区内未知井、未知点的微相类型,并打印沉积微相平面分布图。

以下简要说明数字判别中的计算过程和参数意义:

#### 1.标定自然伽玛值

由于各井测井时间、所用仪器、计量单位及各时期测井技术的差异,所记录的自然伽玛值是非标准化的,为了使各井的自然伽玛值在相同的标准下参加判别,需要将各井的自然伽玛值进行标定。

标定公式:

$$\Delta GR = (GR - GR_{min}) / (GR_{max} - GR_{min}) \quad (h \geq 3d)$$

其中:  $\Delta GR$  标定后的自然伽玛值  $h$  = 层厚



其中: XA—自然伽玛平均值                      C1—XA 对应的频数

XE—自然伽玛负偏差值                      C2—XE 对应的频数

XH—自然伽玛正偏差值                      C3—XH 对应的频数

3. 确定工区各微相的自然伽玛微相标准模式图及确定判别参数。

4. 计算未知井自然伽玛曲线的判别参数, 判别微相, 计算出各井段的判别参数, 用距离加权平均法计算工区各点的微相参数, 最后绘出微相平面分布图。

计算公式:

$$F1 = \sum_{I=1}^3 (XA(I) / D(I)) / \sum_{I=1}^3 D(I) \quad (1)$$

$$F2 = \sum_{I=1}^3 (XE(I) - XH(I)) / D(I) / \sum_{I=1}^3 D(I) \quad (2)$$

$$F3 = \sum_{I=1}^3 (C1(I) - C2(I)) / D(I) / \sum_{I=1}^3 D(I) \quad (3)$$

$$D(I) = \sqrt{(x(I) - x)^2 + (y(I) - y)^2} \quad (4)$$

其中: F1 未知点自然伽玛平均值

F2 未知点自然伽玛正偏值和负偏值之差

F3 未知点自然伽玛正偏值和负偏值所对应的频数之差

D(I) 未知点到已知点的距离

x(I) 相对横坐标

y(I) 相对纵坐标

以下先对文留地区沙四段进行单井微相分析, 而后利用上述方法讨论该区微相在平面的展布。

## 二、文留地区文 109 井沙四段沉积微相分析

根据岩性、沉积构造、沉积物粒度特征、沉积序列、以及测井资料的综合分析, 在文 109 井沙四段地层中识别出以下几种沉积相类型:

### 咸化深湖

湖底扇 { 远端扇—细粒浊积  
          { 中部扇 { 中扇浊积  
                  { 滑塌浊积

### 滨湖—浅湖—砂质湖滩

季节性河流 { 河道沙坝  
                  { 洪漫

通过对以文 109 井为主及其它取心井的分析认为: 该区沙四上段以重力流沉积为主, 其形成的湖底扇沉积构成了本区沙四上段的主体。其沉积特征主要包括:

表 1 文 109 井沙四段沉积微相类型及主要特征表

Table 1 Types of sedimentary facies and their main characteristics of 1-6 intervals, Sha-4 member in well-109

井深 (m)	沙层组	沉积体系	相	亚相	厚度 (m)	主要岩性	代表性沉积构造		
2750	1	湖	咸化深湖		12.2	浅灰色泥岩 白云质泥岩夹薄层白云岩	水平纹理、互层 层理、韵律层理		
	46m		湖底扇	远端扇	47.2	暗色泥、页岩 夹浅灰色粉砂岩	水平纹理, 递变层理	范围 均值	
2	中			浅水浊积	71.6	浅灰色粉砂岩、 泥质粉砂岩和泥岩的不等厚互层	递变层理平, 行层理, 浪成波痕层理, 波痕层理, 水平纹理, 底面印痕	范围 均值	
2800	58.4m		湖底扇	扇	滑塌浊积	23.25	以灰黄色含泥砾粉砂岩 和粉砂岩为主, 夹浅灰色泥岩	递变层理, 变形层理, 滑塌构造、底面印痕	范围 均值
2850	32.6m			滨湖	沙质滩湖	33.75	灰黄色粉、细砂岩夹浅灰色泥岩薄层	浪成波痕及其层理, 平行层理, 冲刷面	范围 均值
2900	51m		泊		沙坝	78.5	紫红色、灰黄粉色砂岩为主, 夹泥质粉砂岩、泥质粉砂岩、泥岩的不等厚互层	中、小型槽状交错层理, 涉波痕, 平行层理, 块状层理, 冲刷面, 冲刷面, 冲淤构造	范围 均值
2950	69m	季节性河流		洪漫					
3000	59m								

续表 1

砂岩碎屑成分含量(%)			粒度参数					储层物性	
石英	长石	岩屑	C( $\mu\text{m}$ )	M <sub>2</sub> ( $\phi$ )	$\sigma_1$	SK <sub>1</sub>	K <sub>g</sub>	$\phi$	K( $\text{md}$ )
73-85	13-25	0-4		3.61-5.13		0.97-2.55		4.1-13.1 < 0.2-2.4	
				0-0.87		0.24-1			
80.33	18.22	1.87		4.57	1.67	0.27	0.73	10.04	0.89
68-88	10-25	0-10C		153-243	0.66-2.66	0.04-1.21		4.0-18.3 < 0.2-49	
				3.32-5.91		0-1.24			
79.24	17.86	2.90		182.05	4.4	1.13	0.03	12.9	4.93
75-81	16-20	2-5		165-203	0.78-1.49	0.77-1.75		2.6-19.8 < 0.2-174	
				3.19-4.68		0-0.79			
78.43	18.43	3.14		179.8	4.03	1.09	0.26	16.01	23.86
64-85	13-25	2-22.5		165-415	0.29-1.55	0.06-1.12		6.2-19.2 < 0.2-174	
				3.02-4.47		0-0.67			
76.36	17.64	6.00		222.7	3.9	1.02	0.23	14.70	15.76
68-85	11.5-27	2-11.5		165-415	0.29-1.55	0.06-1.12		6.2-19.2 < 0.2-94	
				3.2-6.39		0-0.57			
78.09	16.69	4.83		218.5	3.86	0.99	0.705	14.10	10.03
68.5-83	15-25	2-7		154-258	0.25-1.33	0.77-1.59		7.2-18.3 < 0.2-95	
				3.2-6.42		0-0.77			
73.15	21.2	5.65		199.7	4.5	1.07	0.497	13.87	10.06

- (1) 细砂、粉砂岩层夹于大段的水平纹层状暗色泥、页岩间;
- (2) 具完整或不完整的鲍马序列;
- (3) 发育浊积特征性沉积构造, 如递变层理、各种冲刷痕和压刻痕及其铸型, 负载构造、泄水构造及粉砂岩脉;
- (4) 具有浊流沉积特有的粒度分布, 概率曲线以一段式为主, CM 图表现出平行于 C=M 的图型, 反应了递变悬浮搬运, 119 个样品的河流对浊流的萨胡判别值几乎全部小于 9.8433, 表明它们属于浊流沉积。

一般说来, 湖底扇主要由三个单元组成: ①近端扇, 但本区不存在, 推测位于本区以北; ②中扇; ③远端扇, 该区主要发育后两个单元。

此外, 文中所提的浅水浊流沉积是指本区中扇所发育的具有明显浊积特征, 但局部又可见浅水沉积构造 (如浪成波痕及其层理, 垂直和倾斜潜穴), 这种在较浅水域形成的浊流沉积。

沙四下段 5+6 砂组以牵引流沉积为主, 发育季节性河道沙坝及洪漫沉积, 其特征主要包括:

- (1) 紫红色细砂、粉砂岩, 紫红色泥岩, 泥砾发育, 为一套向上变细的层序, 电测曲线呈钟状;
- (2) 主要发育的沉积构造为中小型槽状交错层理, 块状层理, 小型波状层理, 冲刷面, 冲淤构造;
- (3) 所作的概率图、各类散点图具有明显的河流沉积的粒度分布特征;
- (4) 在洪漫沉积中生物扰动构造发育。

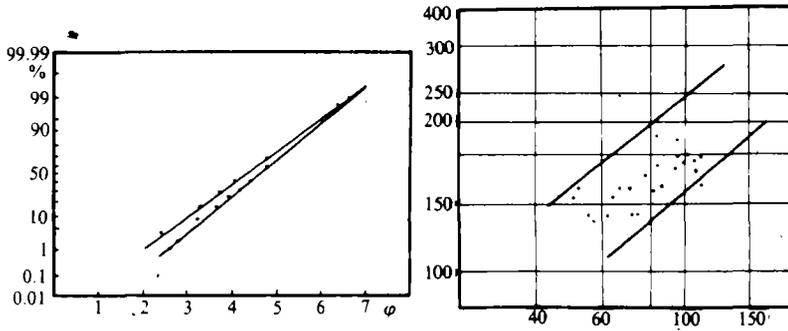


图2 文109井沙四上段浊积岩的概率图和CM图

Fig. 2 Probability cumulative curve and C-M pattern of turbidity facies in well-109, Wenliu area.

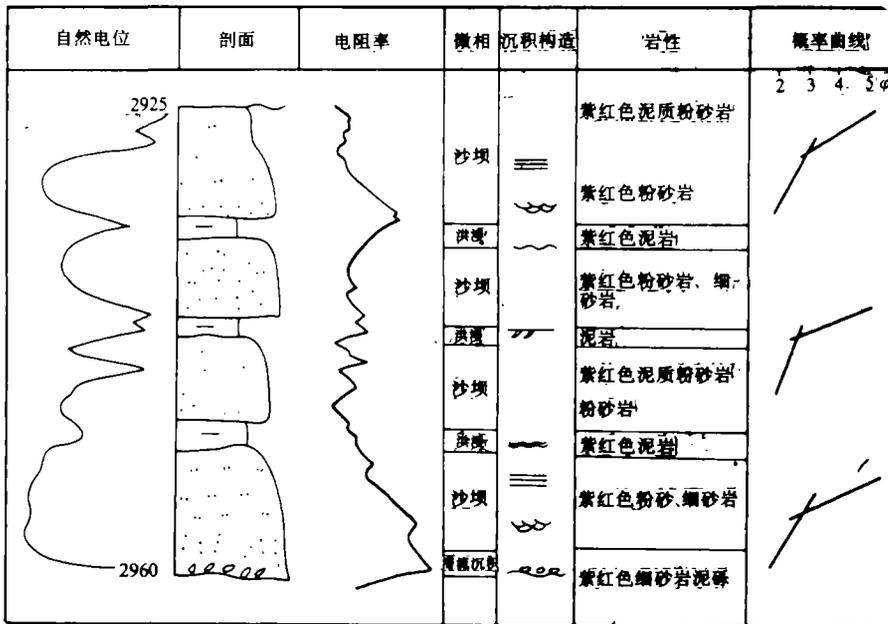


图3 文109井季节性河流沉积剖面图

Fig. 3 Sections of the ephemeral fluvial deposit

### 三、文留地区沙四段微相平面分布

通过以上单井岩心观察和录井资料分析, 可以确定文留地区沙四段沉积相的类型及其特征, 在此基础上, 利用前述自然伽玛数字判别法进行该区微相平面展布的研究。

首先标定了工区内 14 口井的自然伽玛测井曲线, 然后以取心最全、资料丰富、单井微相分析最详细的文 109 井作为标准井, 建立与之对应的自然伽玛微相模式, 绘制模式图及计算微相判别参数 (图 4)。

GR 频率、偏差模式图		微相	判别参数
频率图 偏差图		扇中滑塌浊积	$XA < 4$ $XE - XH < 3$
频率图 偏差图		扇中浊积	$XA < 4$ $XE - XH > 4$
频率图 偏差图		远端扇	$XA < 5$ $C1 > C2$
频率图 偏差图		夹细粒浊积岩深湖相	$XA < 5$ $C1 > C2$
频率图 偏差图		河道沙坝	$XA < 4$

图 4 文留地区微相标准模式及判别值

Fig. 4 Standard digit judgment model and criterion values of the sedimentary microfacies in Wenliu area

利用这一判别模式对全区各井沙四上段 3+4 砂组和沙四下段 5+6 砂组进行了判别计算, 结果如图 5、图 6。

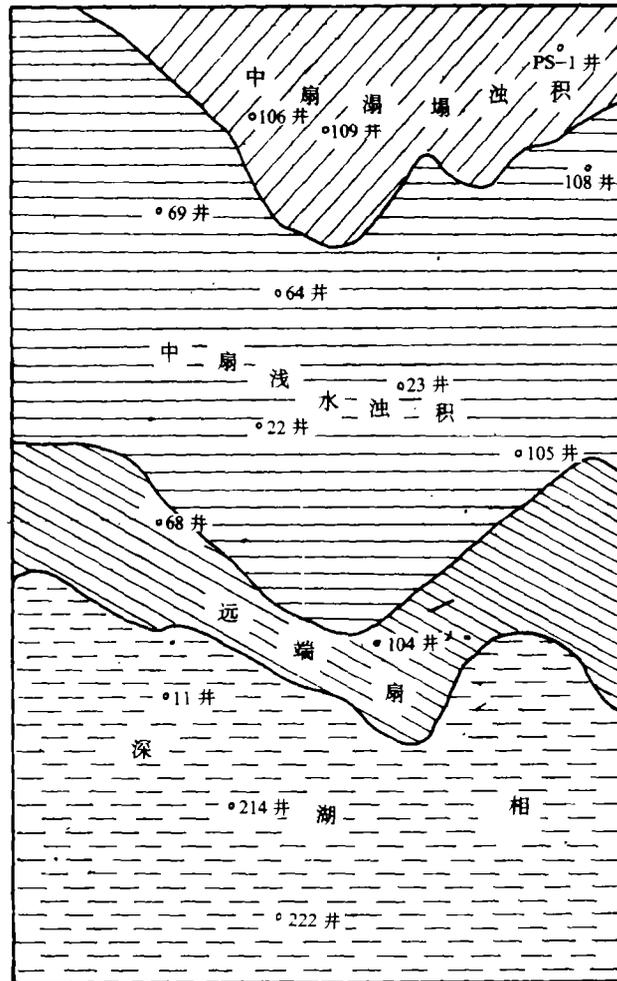


图 5 3+4 砂组沉积微相平面分布

Fig. 5 Plan extension of sedimentary micofacies in 3+4 intervals of Sha-4 member

3+4 砂组为沙四上段湖底扇沉积的主体, 它们的微相平面展布基本代表了沙四上段的微相分布。从图 5 可见, 该区平面上由北向南依次出现中扇浊积微相、中扇浅水浊积微相、远端扇细粒浊积微相及深湖相, 呈扇形展布, 表明当时由北向南水体变深, 沉积物变细, 南北相变较明显的沉积特征。

沙四下段 5+6 砂组微相平面分布如图 6, 沿文 109 井、文 64 井、文 22 井主要为河道沙坝沉积, 其余地带以洪漫沉积为主。

由以上结果可以看出, 自然伽玛数值判别沉积微相平面分布的方法能较好的解决取心井少的情况下研究平面微相分布问题, 但值得指出的是, 这种方法是要在一定的地质条件下才

能得到较起起真实的结果，这些条件主要是：①井分布较均匀（具有自然伽玛测井曲线的井）；②无特殊放射性岩层的干扰；③砂泥岩层的层厚较大（ $h > 3d$ 。）。

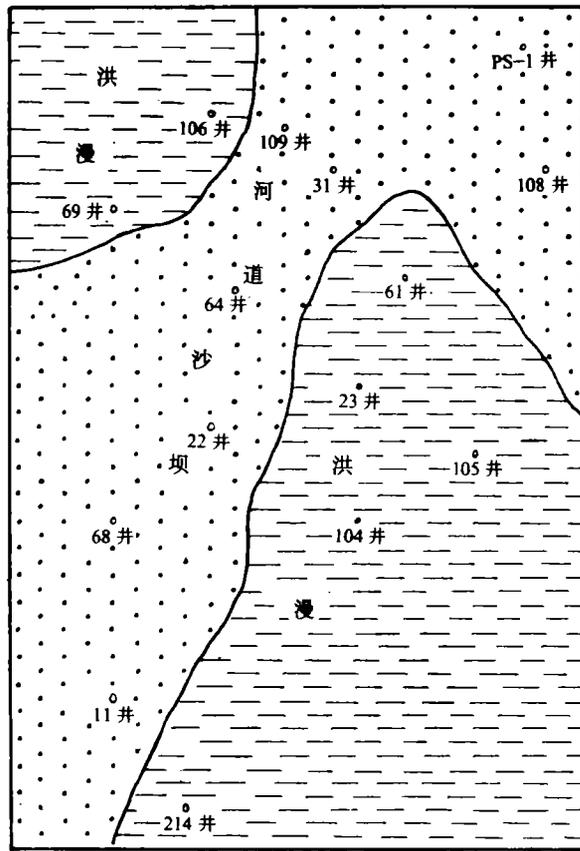


图 6 5+6 砂组沉积微相平面分布

Fig. 6 Plan extension of sedimentary microfacies in 5+6 intervals

### 四、结 论

文留地区沙四段主要沉积微相类型为：洪漫微相、季节性河道沙坝微相、中扇滑塌浊积微相、浅水浊积微相、远端扇细粒浊积微相及深湖相。沙四上段 3+4 砂组为湖底扇沉积的主体，利用自然伽玛数值判别法确定其微相在平面上的分布为：由北向南依次出现中扇滑塌浊积微相，中扇浅水浊积微相，远端扇细粒浊积微相及深湖相。沙四下段 5+6 砂组以季节性河流沉积为主，沿文 109 井、文 64 井、文 22 井一带为河道沙坝沉积为主，其余地带以洪漫沉积为主。

自然伽玛数值判别沉积微相平面分布的方法能较好的解决取心井少的情况下平面微相划分问题，是一种值得深入探讨和推广的方法。

### 参 考 文 献

- (1) 尚作源, 1982, 地球物理测井方法原理, 石油工业出版社
- (2) F.P.阿格特伯格, 1981, 地质数学, 科学出版社
- (3) 于崇文等, 1980, 数学地质的方法与应用, 冶金工业出版社

## Determine the Plan Extension of Sedimentary Microfacies by Means of GR Digit Judgment

Li Yuanyuan    Fang Shaoxian    Chen Jingshan

(Southwest Petroleum Institute)

### Abstract

It is a hard problem to determine the plan extension of sedimentary microfacies in cases of lacking the coring wells in oil fields. This paper discussed the method of the digit judgment using GR log data, and mapped the plan extension of the sedimentary microfacies in Wenliu area, Dongpu Depression GR has sensitive response to the petrography of clastic rock. The GR's amplitude is affected by the intermediate value of mud content, so it is available to determine the ratio of sand to mud in strata, and the composing features of GR amplitude is a symble of sedimentary rhythm on sections.

The digit judgment and analysis using GR logging data involves the following steps:

- 1) Chose one or more core wells, analyse their sedimentary microfacies by means of petrography, sedimentary structures, grain size and so on;
  - 2) Evaluate the judgment criterion corresponding to microfacies and establish the GR model of them;
  - 3) Judge the types of the microfacies using GR data in no-core wells, determine and map the plan extension of sedimentary microfacies in study area.
- 2) and 3) can be finished in IBM-PC XT. The plan extension of sedimentary microfacies of the 3+4 and 5+6 intervals in upper Sha-4 member are provided.

Through the analysis of the petrography, sedimentary structure, the feature of grainsize and the trace fossils the core of well-109, the following microfacies can be outlined: overflow, channel point bar, midfan slump turbidity, midfan shallow water turbidity and externalfan fine turbidity. The GR standard model is established and criterion values of the facies are mapped.

The maps (Fig.5 and Fig.6) showed: 1) 3+4 intervals in upper Sha-4 member, from north to south, vary from midfan slump turbidity, midfan shallow water turbidity to externalfan fine turbidity; 2) 5+6 intervals in lower Sha-4 member are subjected to the ephemeral facies complex in which the channel point bar deposit distributes along the line joining well-109, well-64, well-22, and overflow deposit cover others.