

文章编号: 1009-3850(2000)03-0009-05

## 大庆油田萨中地区葡121层储层流动单元的初步划分

李凤娟<sup>1</sup>, 马小刚<sup>1</sup>, 刘立<sup>1</sup>, 闫建萍<sup>1</sup>, 江淮友<sup>2</sup>,  
袁淑芬<sup>2</sup>, 李丽萍<sup>2</sup>, 杨海波<sup>3</sup>

(1. 长春科技大学地球科学学院, 吉林 长春 130026; 2. 大庆石油管理局第一采油厂地质大队, 黑龙江 大庆 163001; 3. 大庆石油管理局高级人才培训中心, 黑龙江 大庆 163001)

**摘要:** 储层流动单元是指影响流体流动的岩性和岩石物理性质在内部相似, 在垂向上和横向上连续的储集带, 它是基于油藏数值模拟的目的提出的, 对于油气田开发, 特别是对二次采油和三次采油具有较大的实际意义。目前国内外对流动单元的研究主要集中于探索流动单元的划分方法, 笔者在研究各种划分方法的基础上提出了一种最简单的划分方法, 该方法可直接从测井解释成果图上读取数据, 求出存储系数和渗流系数, 通过聚类分析划分出流动单元。该方法虽有不足, 但简便易行, 且在单一沉积微相中可取得很好的效果。

**关键词:** 储层流动单元; 存储系数; 渗流系数

中图分类号: TE122.2

文献标识码: A

## The preliminary classification of the flow units within the P121 bed in central Sa'ertu, Daqing oil field

LI Feng-juan<sup>1</sup>, MA Xiao-gang<sup>1</sup>, LIU Li<sup>1</sup>, YAN Jian-ping<sup>1</sup>, JIANG Huai-you<sup>2</sup>, YUAN Shu-fen<sup>2</sup>, LI Li-ping<sup>2</sup>, YANG Hai-bo<sup>3</sup>

1. College of Earth Sciences, Changchun University of Sciences and Technology, Changchun 130026, Jilin, China; 2. Geological Party of No. 1 Oil-Extraction Factory, Daqing Petroleum Administration Bureau, Daqing 163001, Heilongjiang, China; 3. Training Centre for Senior Talents, Daqing Petroleum Administration Bureau, Daqing 163001, Heilongjiang, China

**Abstract:** A flow unit is defined as a volume of reservoir rocks that is extensive both vertically and laterally, and has similar lithology and physical property that affect fluid flows. The flow units are based on the numerical modelling of petroleum deposits, and has important implications for the development of oil and gas fields, especially for the secondary or tertiary recovery. The current research focus both at home and abroad is directed more to the classification schemes of flow units. This paper aims to provide a useful tool by which the storage coefficients and seepage coefficients can be calculated in terms of the data on porosity and permeability. As a result, the flow units can be identified by means of cluster analysis of the storage coefficients and seepage coefficients obtained. This method is convenient and conducive to the analysis of a single sedimentary microfacies.

**Key words:** flow unit; storage coefficient; seepage coefficient

储层流动单元指影响流体流动的岩性和岩石物理性质在内部相似,在垂向上和横向上连续的储集带<sup>[1,2]</sup>。储层流动单元的概念由 Hearn(1984) 提出<sup>[1]</sup>,将其定义为横向上和垂向上连续的具有相似的渗透率、孔隙度和层理特征的储集带。近几年开始引进我国<sup>[3~5]</sup>,并被广泛接受。且在国外研究的基础上,中国学者指出流动单元是一个相对的概念,并提出岩石物理相的概念及孔隙几何相或水力单元(hydraulic flow units)<sup>[6]</sup>。经研究表明,储层流动单元的研究对油气田开发,特别是对二次采油和三次采油具有较大的实际意义<sup>[7]</sup>。

目前国内外对流动单元的研究主要集中于探索流动单元的划分方法,国外学者紧密围绕 Hearn(1984)的原始定义进行了大量研究,从定性、半定量到定量,由原来的纯地质概念发展成地质和油藏工程通用的概念,中国学者则把流动单元看作建筑结构的一部分,由此来进行研究和划分。目前国内外的识别方法主要有以下几种:①岩相与宏观岩石物理参数法<sup>[1,2,8~9]</sup>;②孔隙几何学法<sup>[6]</sup>;③传导系数、储存系数法;④生产动态资料法;⑤35%孔隙体积的孔喉半径法<sup>[10]</sup>;⑥FZI, RQI 划分法<sup>[3]</sup>。这些研究方法在流动单元划分中均具有一定的实用价值和借鉴意义。

在充分了解流动单元的含义和识别方法后,笔者在进行大庆油田萨中地区葡121层流动单元划分方法研究的初始阶段提出以下简单识别方法。

## 1 流动单元的划分步骤

### 1.1 成因单元层的划分与沉积微相的研究

在垂向上,根据测井曲线和层内夹层把原来的小层划分为若干个成因单元,并以此作为划分流动单元的基础。在平面上,把各成因单元层按单砂体划分出不同的沉积微相。对成因单元和沉积微相的研究为储层流动单元的划分提供平面与纵向的框架。

### 1.2 参数读取与计算

在成因单元与沉积微相研究的基础上,以成因单元层为单位,在测井资料成果图上直接读取砂岩有效厚度( $h$ )、孔隙度( $\phi$ )和渗透率值( $k$ ),并据此计算存储系数( $\phi_{hc}$ )和渗流系数( $kh/\mu$ )。

$\mu$ )。由于同一油藏原油的粘度( $\mu$ )和岩石的压缩系数( $c_v$ )变化不大,可视为定值。因此,计算中未考虑原油的粘度和岩石的压缩系数,只计算  $\phi h$  和  $kh$  值。

### 1.3 聚类分析

根据同一流动单元应具有相似的存储系数和渗流系数的原则,以成因单元层为单位对各井的存储系数和渗流系数数据进行聚类,每一聚类组便为一个流动单元。综合考虑存储系数与渗流系数的大小来进行流动单元的类型排序,当两者不一致时则以渗流系数的大小作为排序的依据。

### 1.4 绘制流动单元平面分布图

将各井的流动单元类型标在其所属的成因层上,结合各层沉积微相的平面分布特征构绘出各成因单元层上流动单元的分布范围图。

## 2 应用实例

笔者以松辽盆地大庆油田萨尔图地区中部葡萄花油层葡 121 层的流动单元的划分为例,进一步阐明这种简单方法的步骤及思路。

### 2.1 地质背景

大庆油田的主要产油层为萨尔图、葡萄花和高台子油层,形成于早白垩世中期,为典型的大型河流-三角洲沉积产物,具有埋藏深度浅,油层厚度大,平面及纵向上非均质性严重的特点。多年的地质研究成果表明,大庆油田的河流相储层砂体类型包括:砂质辫状河砂体、曲流河高弯度分流河道砂体、低弯度和顺直分流河道砂体。河道相储层主要分布于萨、葡油层中。笔者的研究区域为葡萄花油层的 121 层,该层主要为分流河道砂和三角洲前缘席状砂等。

### 2.2 划分步骤

首先在纵向上,通过成因地层分析并结合沉积过程分析、砂体建筑结构分析和测井曲线相分析,将那些不具有有效厚度,渗透率一般为  $(20 \sim 50) \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$  之间的薄层沉积相进一步细分。在平面上,把各成因层划分为水下分流河道砂体、表内席状砂体和表外席状砂体等沉积微相。如沉积相图所示,笔者的研究区域主要发育分流河道砂等沉积微相。

然后根据现有资料,笔者统计和计算了 50 余口井的几十个砂岩的有效厚度、孔隙度、渗透率、存储系数和渗流系数数据,以成因单元层为单位建立数据库,并对各数据库的存储系数和渗流系数进行聚类分析,共划分出 3 个流动单元类型(表 1),由此可知每个成因单元层流动单元的平均孔隙度、渗透率、存储系数和渗流系数值。同时还绘制了存储系数和渗流系数的分布关系图(图 1)

最后把各井的流动单元类型标注在沉积相带图上,找出流动单元的分布规律,在沉积相带图上画出流动单元的分界线,最终编制出流动单元的平面划分图(图 2)。

### 2.3 划分结果

通过以上步骤,笔者将研究区划分 3 个流动单元(表 1)从中给出了该成因单元层流动单元的平均孔隙度、渗透率及存储系数和渗流系数值。

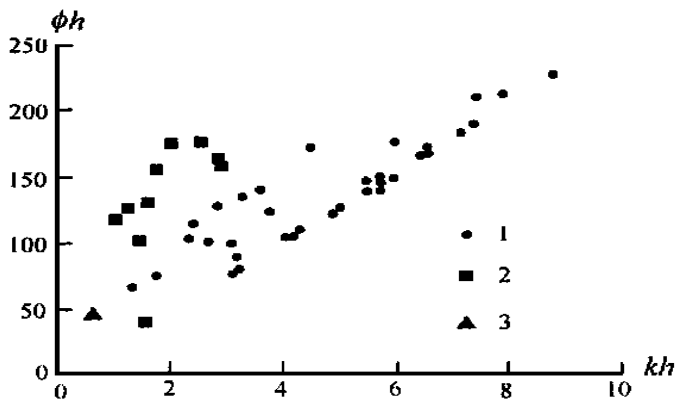


图 1 葡 121 存储系数与渗流系数关系

1. A 类; 2. B 类; 3. C 类

Fig 1 Relationship between storage coefficients and seepage coefficients for the P121 bed

1=A type; 2=B type; 3=C type

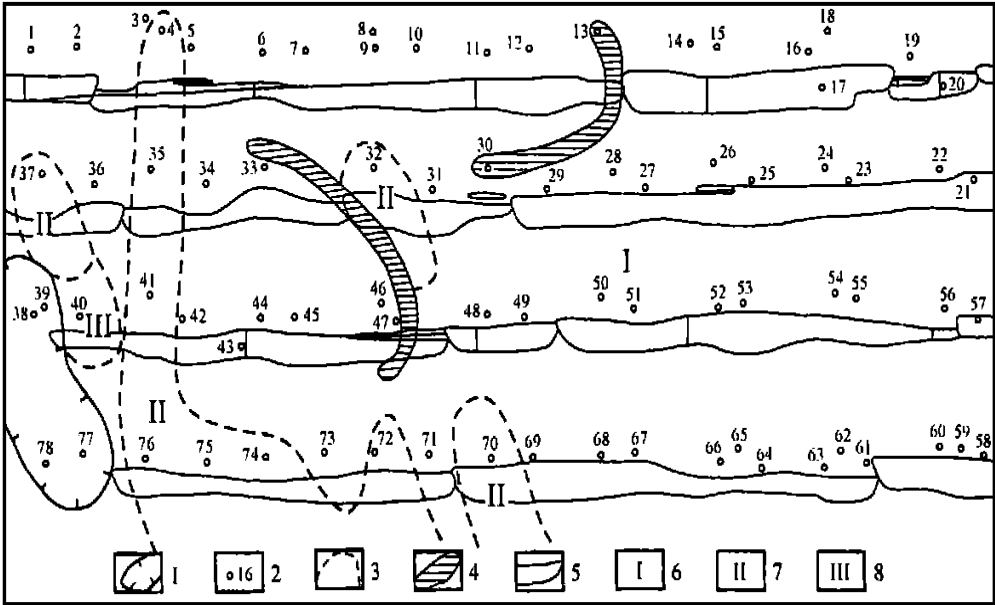


图 2 萨北葡 121 流动单元划分平面图

1. 尖灭线; 2. 井位及编号; 3. 流动单元分界线; 4. 废弃河道; 5. 河道; 6. 一类流动单元; 7. 二类流动单元; 8. 三类流动单元

Fig 2 Plan showing the division of the flow units in the P121 bed

1= wedge-out line; 2= well site; 3= flow unit boundary; 4= abandoned channel; 5= present-day channel; 6= type 1 flow unit; 7= type 2 flow unit; 8= type 3 flow unit

表 1 葡 121 储层流动单元划分及其有关参数

Table 1 Division of flow units and associated parameters for the P121 bed

成因单元层	流动单元类型	平均有效厚度/ m	平均孔隙度/ %	平均渗透率/ $\mu\text{m}^2$	平均存储系数/ $10^{-2}\text{m}$	平均渗流系数/ $\mu\text{m}^{2\cdot\text{s}}/\text{m}$
P121	I	4. 58	34. 84	1. 04	135. 95	4. 83
P121	II	4. 38	29. 63	0. 49	133. 35	1. 90
P121	III	1. 5	30. 1	0. 40	45. 15	0. 60

流动单元的平面分布图表明, 流动单元的类型主要受沉积微相的控制。I 类和 II 类流动单元主要分布在水下分流河道相区, 而 III 类流动单元则主要分布在席状砂和分流河道间相区。但情况并不完全如此, 有时流动单元与沉积微相的划分并不完全吻合。

在由一种沉积微相组成的成因单元层中, 存储系数与渗流系数的聚类结果, 将不发育夹层的河道砂岩与发育夹层的河道砂岩归于不同的流动单元类型, 前者为 I 类流动单元, 后者为 II 类或 III 类流动单元。II 类或 III 类流动单元多分布在河道复合体的边部。由此表明, 这种划分方法适用于同一沉积微相区中的流动单元划分, 并可反映夹层的存在与否。

3 讨论

简单流动单元划分方法的优点在于简便易行, 易于获取资料, 在没有岩心资料和其它必要经验的情况下, 也可以识别流动单元。特别是对单一沉积微相, 识别效果很好。其划分结果可提供区块储层非均质性的宏观分布特征和规律。如该层广泛发育水下分流河道与识别出的 I (A)、II (B)、III (C) 三类流动单元具有很好的可比性, 从表 1 和图 1 中可以看出。该方法的缺点在于: 首先, 测井资料解释成果结出的孔渗资料一般未经岩心资料校正, 因而计算出来的存储系数与渗流系数存在系统误差; 其次, 并非每口井都有孔隙的解释资料, 这就增加了流动单元平面连图的非确是性; 最后在测井解释中, 并非等。间距逐点解释数据, 因而这种方法不能合理地反映储层纵向的非均质性。

参考文献:

[1] HEAN C J, EBANKS W and RAGANATHAN V. Geological factors influencing reservoir performance of Hartog Draw Field, Wyoming [ J ]. Journal of Petroloum Technology. 1984, 36( 11): 1335— 1344.

[2] EBANKS W J. Flow unit concept— integrated approach to reservoir description for engineering projects [ J ]. AAPG Bulletin, 1987, 71( 5): 551— 552.

[3] 吕晓光, 严伟林等. 储层岩石物理相划分方法及应用[ J ]. 大庆石油地质与开发, 1997, ( 16): 18— 21.

[4] 吕晓光, 赵永胜等. 储层流动单元的概念及研究方法评述[ J ]. 世界石油工业, 1998, ( 5): 38— 43.

[5] 金佩强, 杨克远. 国外流动单元描述与划分[ J ]. 大庆石油地质与开发, 1998, ( 17): 49— 51.

[6] AMAEFU LE J O, ALTUNBAY M, TIAB D, KERSEY D G and KEELAN D K. Enhanced reservoir description using core and log data to identify hydraulic ( flow ) units and predict permeability in uncored intervals wells[ A ]. Fomation Evolution and Reservoir Geology Proceedings [ C ]. Omega Society of Petroleum Engineering Annual Technical Conference and Exhibition, 1993, 205— 220.

[7] 吴胜和, 王仲林. 陆相储层流动单元研究的新思路[ J ]. 沉积学报, 1999, 17( 2): 252— 256

[8] MACDONALD A C and AASEN J O. A prototype procedure for stochastic modeling of facies tract distribution in shore face reservoirs [ J ]. AAPG Computer Application in Geology, 1984, 78( 3): 77— 89.

[9] HAM LIN H S, DUTTON S P, SEGIE R J and TYLER N. Depositional controls on reservoir properties in a braid-delta sandstone, Tirrawarra oil field, South Australia [ J ]. AAPG Bulletin, 1996, 80( 2): 139— 156.

[10] MARTIN A J and SOLOMONS T. Characterizaion of petrophysical flow units in carbonate reservoir [ J ]. AAPG Bulletin, 1997, 81( 5): 734— 759.