

文章编号: 1001-6112(2007)04-0415-05

非均质砾岩储层综合评价方法

——以克拉玛依油田七中、东区砾岩储层为例

宋子齐, 杨立雷, 程英, 王楠, 丁健

(西安石油大学, 西安 710065)

摘要: 克拉玛依油田七中、东区砾岩储层以其特高非均质性和复模态孔隙结构特点区别于砂岩储层, 受山麓洪积相带、成岩压实及后生成岩变化影响, 岩矿组分差异大, 颗粒大小不均匀, 纵横向相带变化剧烈, 层内、层间渗透性变化大。通过对反映砾岩储层特征的多种参数及评价指标的分析, 利用砾岩储层储能参数、储量参数、油层分布、规模、连片性、钻遇率、渗透率及其非均质性定量评价指标体系, 在该区克拉玛依砾岩储层建立起综合评价参数、标准和权重系数, 利用灰色理论有机集成和综合了非均质砾岩储层的多种信息, 对非均质砾岩储层进行了综合评价和分类描述。从而, 从不同角度分析并阐明了该区非均质砾岩储层静态质量, 从宏观上认识和评价微观结构特殊的砾岩储层及其非均质性, 有效控制和划分了非均质砾岩储层开发的有利井区、层位及类型, 为指导油田开发决策和增产措施提供了有利目标区。

关键词: 特高非均质性; 复模态孔隙结构; 砾岩储层; 指标体系; 综合评价; 有利目标区; 克拉玛依油田

中图分类号: TE122.2

文献标识码: A

COMPREHENSIVE EVALUATION OF HETEROGENEITY CONGLOMERATE RESERVOIRS

—TAKING CONGLOMERATE RESERVOIRS IN QIZHONG AND
QIDONG AREA OF KARAMAY OIL FIELD AS AN EXAMPLE

Song Ziqi, Yang Lilei, Cheng Ying, Wang Nan, Ding Jian

(Xi'an Shiyou University, Xi'an, Shaanxi 710065, China)

Abstract: Conglomerate reservoirs in Qizhong and Qidong area of Karamay Oil Field are different from sandstone ones due to extra-high heterogeneity and complex mode pore structure. Influenced by piedmont pluvial phase, diagenetic compact and epigenetic diagenetic change, the reservoir is characterized by obviously different rock and mineral components, unequal grain sizes, great changes of facies horizontally and vertically as well as changes of permeability in or between layers. It is established in this paper comprehensive evaluation parameter, criterion and weighting coefficient by quantitative evaluation index system of stored energy parameter, reserves parameter, reserves distribution, scales, connectivity, drilling meeting ratio, permeability and heterogeneity. Comprehensive evaluation and classification description of heterogeneity conglomerate reservoirs are also made with gray system. Hence it is analyzed and illustrated from different aspects the quiescent quality of heterogeneity conglomerate reservoirs in this area. Conglomerate reservoirs with special microcosmic construction are studied macroscopically. Potential wells, layers and types for heterogeneity conglomerate reservoir development are pointed out, providing guild for oil field exploration.

Key words: extra-high heterogeneity; complex model pore structure; conglomerate reservoir; index system; comprehensive evaluation; potential target area; Karamay Oil Field

克拉玛依油田砾岩储层属于多旋回的山前陆相盆地边缘沉积, 为多物源、多水系、多变的山麓洪

积扇沉积, 形成了多类型、窄相带的复模态孔隙结构特征碎屑岩体系, 储层以其特高非均质性和复模

收稿日期: 2006-11-28; 修订日期: 2007-06-02。

作者简介: 宋子齐(1944—), 男(汉族), 重庆人, 教授, 主要从事油气储层、测井解释及油藏剩余油分布教学与研究工作。

基金项目: 国家自然科学基金项目(40572082)。

态孔隙结构区别于砂岩储层。这个复模态结构的砾岩与泥岩交互沉积中,以砾石为骨架形成的孔隙常常部分或全部被砂粒所充填;而在砾岩和砂岩形成的孔隙中,又部分充填亚粘土级和粘土级颗粒。由于受其二级颗粒和三级颗粒影响,砾岩储层孔隙度明显降低,而且喉道半径减小,渗流通道的迂曲度增加,使渗透率变得更低。由于孔、渗参数受沉积相带、成岩压实、后生成岩变化影响,砾岩粗细分布十分不均,储层非均质性特别严重^[1,2]。

1 砾岩储层分类特征

描述砾岩储层的参数有很多种,主要有地质储量、储能参数、油层分布、规模、连片性、厚度钻遇率、渗透率、非均质参数、不规则系数、油砂体个数、最大油砂体面积百分比、孔隙度及易水窜结构发育程度、连通率、孔隙结构类型、原油性质等^[3~5]。

依据七中、东区克拉玛依组砾岩储层及其非均质特征,确定多项具有指示意义的参数,将非均质砾岩储层按好、中、较差、最差划分为一、二、三、四类(表 1)。

1.1 一类储层

一类储层为中高渗透性、非均质的层状孔隙型或拟双重介质砾岩储层,属于较稳定的宽大强水流的扇顶、扇中及河床相沉积物。在平面上,砾岩面积占油藏面积的 88%左右,呈层状连片分布,油层视连片率 80%,油层厚度钻遇率 60%左右。在单层中,平均储量较大,油层厚 2~4 m,或更厚一点,平均有效厚度可达 4 m 左右,储能参数 0.7 m 左右,这类储层占克拉玛依油田总砾岩油层储量的

17%左右。

该储层以细小砾岩和砾状砂岩为主,粒度中值 0.5~3.3 mm 或以上,渗透率及其非均质程度较高,平均 $200 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 左右,渗透率变异系数 0.8 左右,突进系数 1.3 左右,级差 5,夹层频率和密度都在 0.01 左右。

储层具有较大的孔隙度和较好的孔隙结构,以粒间孔或粒间溶孔为主,大孔(直径 230~450 μm)、中喉(直径 2.0~4.4 μm)组合为主,配位数 3~5,孔喉呈网络状、稀网络状连通。毛管压力曲线表现为阈压较低、进汞饱和度和退汞效率较高。以孔隙渗流型相渗透率关系为主,驱油效率可达 50%~60%。

1.2 二类储层

二类储层为中低渗透非均质性的层状拟双重介质型砾岩储层,属于不稳定水流或有相当成岩后生作用影响的扇顶、扇中、河床沉积物,以及发育易水窜的岩石结构的河床、三角洲沉积物。在平面上,砾岩呈层状、片状或条带状分布,砾岩面积占油藏面积的 80%左右,油层视连片率 60%,油层厚度钻遇率 40%左右。在单层中,平均储量也较大,油层厚 2~4 m,平均有效厚度 3 m,储能参数 0.4 m 左右,该二类储层是砾岩储层的主要类型,占总储量的 40%~60%左右。

该储层岩性变化大,有不等粒砾岩、大砾岩、小砾岩及砂岩,泥质含量 10%以上,渗透率 $100 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 左右,非均质程度高,渗透率变异系数 1.9,突进系数 2.7,级差 20,夹层频率和密度 0.1,具有较强的水敏、速敏性。

储层具较大孔隙度和多种孔隙类型,并以发育

表 1 克拉玛依油田砾岩储层分类特征

Table 1 Classified feature of conglomerate reservoir in Karamay Oil Field

储层分类	储量特征		物性特征		砾岩体特征		孔隙结构特征				其他特征
	占总储量比例, %	单层储量/ 10^4 t	空气渗透率/ $10^{-3} \mu\text{m}^2$	孔隙度, %	连通率, %	砂体个数/个	喉径均值/ μm	孔径均值/ μm	变异系数	退汞效率, %	
一类	17	428	200~450	16~24	82	1.8	2.4~4.4	250~330	1.1~3.6	40~60	
二类	40~60	242	100	17~18	65	3.8	0.5~1.1	100~200	5~10	35~55	相带变差及成岩后生作用较强部位发育易水窜结构
三类	10	45	30~50	13~18	31	9.7	0.34	75	14	25~45	易水窜结构比较发育
四类	20~30	2 114	0.9	9		2	0.18	45	15	20~40	成岩后生作用强烈、双重孔隙系统的块状体

线状孔隙为特点。孔喉分布偏细态,分选差,配位数低,为1~3,呈稀网状或渠道状连通。毛管压力曲线阈压较高,退汞效率中等。以综合型相渗透率关系为主,驱油效率中等(40%~50%)。

1.3 三类储层

三类储层为低渗透性、严重非均质的透镜状砂砾岩储层,属于低能量、不稳定的分散水流的洪积相扇顶、扇中和河流沉积物。在平面上,砂体呈透镜状或条带状分布,油砂体占油藏面积的10%左右,油层视连片率30%左右,油层厚度钻遇率约20%。在单层中,平均储量少,油层有效厚度1~2 m,储能参数0.2 m。这类储层储量占总储量的10%左右。

该类储层砾岩厚度占砂砾岩总厚度的14%,其他为各类不同粒级砂岩,泥质含量15%以上,渗透率 $(30\sim 50)\times 10^{-3}\mu\text{m}^2$,渗透率变异系数3左右,突进系数3.9,级差40左右,夹层频率和密度在0.2~0.3。

储层孔隙度及孔隙结构较差,发育大量的界面孔、粒内孔和杂基孔等,细孔(直径40~140 μm),细喉(平均直径0.34 μm),配位数0~2,连通率差。毛管压力曲线阈压较高(0.2~0.6 MPa),进汞饱和度和退汞效率低,相渗透率关系也差。

1.4 四类储层

四类储层为特低渗透、双重介质(拟双重介质)、非均质极严重的块状砾岩储层,属于较深层的严重成岩后生作用的扇顶、扇中沉积物。该类储层平面上主要砾岩体连片分布于全油藏,单层储量高达 $10\times 10^6\text{ t}$ 以上,单层厚度20~80 m,储层储量占总储量的20%~30%。

储层主要岩性是小砾岩、大砾岩和不等粒砾岩,胶结物含量高达19.9%,具有较强的水敏性。储层物性极差,严重不均质,渗透率多小于 $1\times 10^{-3}\mu\text{m}^2$,渗透率变异系数4.5,突进系数5.1,级差60~100,夹层频率及密度0.3~0.4,孔隙度6%~13%,含油饱和度41%~48%。孔隙类型主要为次生孔隙,自生矿物的演化和溶蚀起主要控制作用,显得十分复杂。孔隙直径1~100 μm ,孔喉直径0.1~0.3 μm ,配位数0~2,连通很差,退汞效率20%~40%,毛管压力及相渗透率性质都很差。

该类储层随着深度增加,裂缝可能愈发育,这种潜在的直劈裂缝,只是在钻井中受到机械作用致使部分高角度直劈裂缝张开时,对流体渗流发生作用。

2 砾岩储层综合评价指标体系

研究表明^[6~8],砾岩储层一般选用储能参数、

油层视连片率、油层厚度钻遇率、渗透率及其非均质参数、原油性质等几方面的参数进行综合评价,可以正确认识砾岩储层的基本特征和分类。因为储能参数可以反映含油丰度高低,油层视连片率及厚度钻遇率反映含油面积、规模大小,而渗透率及其非均质性和原油性质直接决定产能大小。

储能参数:储能参数为有效厚度、有效孔隙度和含油饱和度三者的乘积,其物理意义为纯油厚度,该参数反映油藏的含油程度,也包含了储层物性信息。

油层(或砂砾层)视连片率及厚度钻遇率:在同一井网条件下,每一层组油层有效厚度(或砂砾层)钻遇率反映含油面积(或砂砾面积)大小,间接反映油层(或砂砾层)规模相对大小。

渗透率及其非均质参数:渗透率反映油层的渗滤能力,是评价产能大小的重要指标之一。储层非均质性实质上就是储层内部流体被驱动过程中影响流体推动因素的不均一性,最终体现在渗透率差异上,它们是评价砾岩储层质量的重要指标。

夹层分布频率及分布密度:不稳定泥质或钙质夹层对流体的流动起着不渗透或极低渗透作用,不仅影响着垂向和水平方向的渗透率变化,而且可能形成注入剂遮挡堵塞,降低驱油效率。它们也是评价砾岩储层质量不可缺少的指标。

原油性质:主要包括粘度和密度2个参数,该参数反映原油性质好坏,因为流体性质对产能有直接影响,也是选择生产工艺的依据,在油藏分类评价中特别重要。凝固点对产能也有一定影响,可用作参考指标。

在计算上述各评价单元评价参数后,根据砾岩储层综合评价目的对各项参数给予不同“权”值,体现各参数的重要程度。在储层综合评价中,各层组占有的储量丰度和含油面积是评价储层的首要指标,因此首先给予储能参数和油层视连片率及钻遇率最大权重,影响储层渗流特征的渗透率可以给予较大权重。并给予与储能参数有关的有效厚度、孔隙度以及非均质参数和夹层分布参数以相应权值。

采用上述参数,结合砾岩储层综合评价分类特征、参数及分析准则^[9,10],分别建立研究区目的层段储层综合评价参数、标准及权值(表2)。储能参数、油层视连片率、厚度钻遇率、渗透率及其非均质(含夹层分布)等参数直接决定砾岩储层类型、质量及开发效果。特别对于该区特高非均质砾岩储层,非均质参数(含夹层分布参数)在储层质量和储层综合评价中显得都很重要,与储能参数、油层视连

片率等都同时作为砾岩储层综合评价参数标准和依据,通过计算机处理,实现该区克拉玛依组砾岩储层综合评价。

表 2 克拉玛依油田七中、东区
克拉玛依组砾岩储层综合评价指标

Table 2 Comprehensive evaluation index
of conglomerate reservoir of the Karamay Formation
in Qizhong and Qidong area, Karamay Oil Field

评价参数	砾岩储层分类评价标准				权值
	一类	二类	三类	四类	
孔隙度, %	24	18	13	9	1.2
渗透率/ $10^{-3} \mu\text{m}^2$	200	90	30	1	1.5
有效厚度/m	4	3	2	1	1.3
储能参数/m	0.7	0.4	0.2	0.1	1.8
油层视连片率, %	80	60	35	15	1.9
油层厚度钻遇率, %	65	40	20	10	1.6
变异系数	0.8	1.9	3.1	4.5	1.2
突进系数	1.3	2.7	3.9	5.1	1.1
级差	5	19	38	72	0.8
夹层分布频率/(个· m^{-1})	0.01	0.09	0.21	0.32	0.9
夹层分布密度/($\text{m} \cdot \text{m}^{-1}$)	0.01	0.11	0.28	0.43	0.8

3 应用效果

采用灰色系统砾岩储层综合评价^[10~12],使用反映砾岩储层储能、油层分布、规模、渗透率非均质性及其组合的 11 个参数,采用矩阵分析、标准化、标准指标绝对差的极值加权组合放大及综合归一^[10],利用灰色多元加权归一分析和处理技术,有机集成和综合了多种信息,实现了对该区七中、七东 1、七东 2 等 3 个井区克上、克下组 6 个开发单元的各个单砂砾层段评价处理。

从砾岩储层综合评价分析成果(表 3)可以看出,该区砾岩储层分布较多的是中低渗透的非均质层状拟双重介质型二类储层。以该研究区 3 个井区 6 个开发单元 76 个评价单砂砾层统计,二类储层 50 个,占研究区的 65.8%;三类储层 18 个,占研究区的 23.7%;四类储层 6 个,占研究区的 7.9%;一类储层 2 个,占研究区的 2.6%。

从井区上看,七中区和七东 1 区砾岩储层类型和质量较好。七中区二类储层分布发育最广,占

表 3 克拉玛依油田七中、七东 1、七东 2 区砾岩储层综合评价处理成果

Table 3 Comprehensive evaluation and processing results
of conglomerate reservoir in Qizhong, Qidong 1 and Qidong 2 area, Karamay Oil Field

井区	开发层组	单砂砾层位	孔隙度, %	渗透率/ $10^{-3} \mu\text{m}^2$	有效厚度/m	储能参数/m	油层视连片率, %	油层厚度钻遇率, %	变异系数	突进系数	级差	夹层频率/(个· m^{-1})	夹层密度/($\text{m} \cdot \text{m}^{-1}$)	综合评价分类			
克上组	克	s_1^1	18.64	146.59	2.68	0.38	46.25	68.52	3.51	3.55	35.71	0.13	0.18	二类			
		s_2^1	20.04	199.48	3.54	0.56	48.75	70.91	3.00	3.03	215.47	0.10	0.15	二类			
		s_2^2	20.10	59.06	0.94	0.14	1.25	100.00	0.83	2.66	13.72	0.00	0.00	二类			
		s_2^3	20.00	136.94	2.69	0.43	12.50	76.92	2.95	3.06	43.56	0.14	0.23	二类			
		s_3^1	21.10	202.00	2.01	0.33	38.75	52.54	2.48	2.53	46.24	0.18	0.16	二类			
		s_3^2	20.22	215.79	2.16	0.33	30.00	41.38	2.16	2.48	23.96	0.15	0.18	二类			
	七中	上	s_4^{1-1}	20.20	148.75	2.28	0.34	40.00	57.14	2.12	2.17	9.78	0.06	0.05	二类		
			s_4^{1-2}	20.51	170.23	1.97	0.30	32.50	44.83	2.08	2.13	8.54	0.05	0.03	二类		
		组	s_2^{2-1}	19.01	121.70	2.16	0.29	40.00	51.61	2.27	2.37	10.53	0.03	0.04	二类		
			s_2^{2-2}	18.01	62.18	2.34	0.33	37.50	46.15	1.73	1.76	11.46	0.09	0.07	二类		
		七	s_5^{1-1}	18.84	100.64	4.21	0.61	58.75	72.31	1.94	1.99	11.09	0.06	0.05	二类		
			s_5^{1-2}	17.86	53.54	3.58	0.47	63.75	75.00	1.75	1.78	11.71	0.05	0.03	二类		
			s_5^{2-1}	17.47	57.44	2.72	0.34	55.00	63.77	2.05	2.08	10.75	0.11	0.09	二类		
			s_5^{2-2}	18.34	50.35	1.79	0.23	36.25	42.03	2.18	2.24	15.61	0.16	0.12	二类		
			克下组	中	s_6^1	19.85	143.22	1.08	0.16	20.00	27.59	1.61	1.68	663.60	0.10	0.16	二类
					s_6^2	19.68	223.65	1.77	0.27	23.75	33.93	2.93	3.01	36.43	0.17	0.21	三类
s_6^3	19.40	125.29			2.04	0.30	50.00	64.52	2.06	2.08	14.27	0.19	0.16	二类			
s_7^1	19.02	136.76			1.81	0.26	46.25	59.68	1.95	1.98	26.66	0.07	0.08	二类			
下	s_7^{2-1}	17.91		57.46	2.36	0.32	52.50	71.19	1.97	1.99	10.58	0.04	0.02	二类			
	s_7^{2-2}	17.21		36.08	2.87	0.38	62.50	78.13	1.93	1.95	58.40	0.03	0.02	二类			
	s_7^{2-3}	17.34		43.57	3.00	0.39	68.75	83.33	1.98	1.99	8.18	0.04	0.03	二类			
	s_7^{3-1}	17.07		34.98	3.44	0.45	73.75	89.39	1.72	1.74	4.18	0.02	0.01	二类			
	s_7^{3-2}	16.23		40.06	3.39	0.42	78.75	94.03	1.81	1.83	8.48	0.02	0.01	二类			
	s_7^{3-3}	15.65		31.82	3.25	0.38	70.00	83.58	2.04	2.06	11.28	0.02	0.01	二类			
组	s_7^{4-1}	14.60	18.27	3.65	0.41	71.25	87.69	2.39	2.41	14.59	0.02	0.01	二类				
	s_7^{4-2}	14.26	23.08	2.66	0.29	61.25	76.56	3.44	3.56	73.04	0.01	0.01	三类				

续表 3

井区	开发层组	单砂砾层位	孔隙度, %	渗透率/ $10^{-3} \mu\text{m}^2$	有效厚度/m	储能参数/m	油层视连片率, %	油层厚度钻遇率, %	变异系数	突进系数	级差	夹层频率/ $(\text{个} \cdot \text{m}^{-1})$	夹层密度/ $(\text{m} \cdot \text{m}^{-1})$	综合评价分类	
七东	克上组	s_1^1	17.08	194.76	1.48	0.16	14.29	23.08	2.20	2.49	54.01	0.23	0.26	三类	
		s_1^2	15.87	31.44	2.25	0.25	28.57	35.29	2.42	2.53	59.76	0.12	0.16	三类	
		s_3^1	17.11	63.42	2.27	0.27	40.48	50.00	2.41	2.46	72.23	0.13	0.14	二类	
		s_3^2	16.91	65.54	2.31	0.31	52.38	56.41	2.13	2.19	14.56	0.11	0.11	二类	
		s_4^{1-1}	16.71	44.35	2.51	0.31	50.00	60.00	1.59	1.65	5.59	0.03	0.01	二类	
		s_4^{1-2}	16.82	41.42	2.03	0.24	54.76	62.16	2.00	2.22	31.12	0.05	0.01	二类	
		s_4^{2-1}	16.46	33.31	1.99	0.24	42.86	46.15	1.63	1.68	5.57	0.05	0.03	二类	
		s_4^{2-2}	16.08	36.21	1.96	0.23	33.33	35.00	1.63	1.72	11.83	0.08	0.04	三类	
	克下组	s_5^{1-1}	17.94	46.83	2.43	0.32	54.76	57.50	1.55	1.59	6.22	0.05	0.02	二类	
		s_5^{1-2}	18.23	75.69	2.44	0.34	69.05	72.50	1.73	1.80	11.14	0.12	0.06	二类	
		s_5^{2-1}	18.76	95.15	2.81	0.40	57.14	60.00	1.59	1.63	6.99	0.08	0.03	二类	
		s_5^{2-2}	17.94	58.74	2.37	0.32	59.52	62.50	1.64	1.88	18.10	0.10	0.07	二类	
		s_6^1	21.03	259.18	1.78	0.30	47.62	55.56	1.77	1.82	15.94	0.11	0.14	二类	
		s_6^2	22.80	520.75	1.93	0.35	54.76	63.89	1.71	1.75	10.95	0.16	0.20	二类	
		s_6^3	21.62	343.75	2.10	0.37	42.86	60.00	1.68	1.73	13.34	0.13	0.13	二类	
		s_7^1	21.19	320.44	2.21	0.37	45.24	59.38	1.95	2.01	14.74	0.13	0.15	二类	
克下组	s_7^{2-1}	19.97	290.29	2.59	0.42	54.76	76.67	1.85	1.90	16.51	0.14	0.08	二类		
	s_7^{2-2}	20.91	323.86	2.35	0.41	52.38	68.75	1.96	2.02	7.12	0.02	0.01	二类		
	s_7^{2-3}	20.04	213.31	3.15	0.50	57.14	77.42	1.92	1.95	28.44	0.05	0.02	一类		
	s_7^{3-1}	19.77	198.98	3.79	0.61	59.52	80.65	1.43	1.48	6.60	0.02	0.01	一类		
	s_7^{3-2}	20.37	230.10	3.78	0.65	59.52	80.65	1.26	1.29	2.75	0.04	0.01	二类		
	s_7^{3-3}	18.39	140.74	3.30	0.51	61.90	86.67	1.52	1.57	7.44	0.03	0.02	二类		
	s_7^{4-1}	16.99	81.44	3.93	0.54	57.14	80.00	2.04	2.08	17.52	0.00	0.00	二类		
	s_7^{4-2}	14.16	22.55	2.18	0.24	50.00	75.00	3.02	3.13	72.95	0.01	0.01	三类		
七东	克上组	s_1^1	16.65	24.63	2.33	0.29	27.78	29.41	6.33	6.64	945.19	0.14	0.35	三类	
		s_1^2	17.19	31.65	4.18	0.51	88.89	88.89	8.51	8.65	506.37	0.08	0.19	二类	
		s_2^1	19.77	63.76	1.17	0.17	16.67	21.43	2.30	3.03	134.79	0.13	0.20	三类	
		s_2^2	15.53	13.90	0.78	0.08	22.22	26.67	1.74	2.28	77.02	0.04	0.12	四类	
		s_3^1	17.17	45.77	3.74	0.50	61.11	64.71	3.19	3.33	145.79	0.15	0.44	二类	
		s_3^2	17.70	67.32	2.91	0.36	55.56	55.56	4.38	4.76	147.26	0.21	0.35	二类	
		s_4^{1-1}	16.20	150.71	3.16	0.32	44.44	53.33	4.48	29.31	1951.89	0.16	0.15	二类	
		s_4^{1-2}	14.33	6.87	2.75	0.28	38.89	43.75	2.90	3.01	60.31	0.14	0.12	三类	
	克下组	s_4^{2-1}	17.62	69.33	4.28	0.58	50.00	60.00	1.96	2.10	56.32	0.07	0.07	二类	
		s_4^{2-2}	18.63	201.14	4.00	0.60	50.00	64.29	2.52	3.13	21.69	0.10	0.08	二类	
		s_5^{1-1}	16.24	24.16	3.57	0.42	44.44	53.33	1.75	1.89	31.45	0.09	0.06	二类	
		s_5^{1-2}	15.03	23.09	2.63	0.27	50.00	60.00	2.71	2.86	12.24	0.06	0.06	二类	
		s_5^{2-1}	14.27	8.13	1.89	0.17	55.56	66.67	3.13	3.22	28.74	0.16	0.20	三类	
		s_5^{2-2}	15.30	8.79	3.00	0.31	16.67	20.00	0.96	1.30	9.27	0.15	0.23	三类	
		克下组	s_6^1	24.18	429.33	1.00	0.20	5.56	14.29	0.64	1.43	39.02	1.00	0.24	三类
			s_6^2	14.95	6.07	3.08	0.31	11.11	28.57	1.11	1.42	7.93	0.04	0.25	三类
s_6^3	13.29		3.92	2.39	0.22	22.22	50.00	2.18	2.79	42.85	0.07	0.19	三类		
s_7^1	13.52		3.71	1.00	0.09	11.11	33.33	2.55	3.05	8.14	0.10	0.38	四类		
s_7^{2-1}	14.25		10.10	1.69	0.14	16.67	50.00	2.39	2.64	46.80	0.05	0.02	三类		
s_7^{2-2}	11.75		1.73	1.50	0.11	11.11	33.33	1.27	2.07	6.70	0.09	0.09	四类		
s_7^{2-3}	12.65		2.17	1.88	0.14	11.11	33.33	1.54	1.94	4.00	0.24	0.08	三类		
s_7^{3-1}	12.50		2.66	2.21	0.17	11.11	28.57	1.94	2.41	8.86	0.19	0.18	三类		
克下组	s_7^{3-2}	11.35	1.17	2.00	0.13	11.11	28.57	0.95	1.28	2.35	0.00	0.00	三类		
	s_7^{3-3}	11.83	1.16	0.88	0.06		0.00	1.24	3.41	46.58	0.00	0.00	四类		
	s_7^{4-1}	11.26	1.26	1.88	0.13	16.67	42.86	3.85	4.35	10.57	0.00	0.00	四类		
	s_7^{4-2}	23.43	906.21	0.75	0.13	5.56	16.67	0.00	1.00	1.00	0.00	0.00	四类		

92.3%，三类储层仅占 7.7%；七东 1 区二类储层占 75%，三类储层占 16.7%，还有 2 个一类储层，占 8.3%。七东 2 区砾岩储层类型和质量较差，三类低

渗透严重非均质的透镜状储层增多，占 46.1%，二类储层占 30.8%，四类储层占 23.1%。从而有效地评
(下转第 425 页)

四烃源岩演化程度最低,生烃时间最晚,主要生烃时期最长。

参考文献:

- 张庆春,石广仁,田在艺. 盆地模拟技术的发展现状与未来展望[J]. 石油实验地质, 2001, 23(3): 312~317
- Welte D H. Petroleum origin and accumulation in basin evolution: A quantitative model[J]. AAPG Bull, 1981, 65: 1387~1396
- Nakayama K, VanSiclin D C. Simulation model for petroleum exploration [J]. AAPG Bull, 1981, 65: 1230~1255
- Beaumont C, Boutilier R, Mackenzie A S. Isomerization and aromatization of hydrocarbons and the paleothermometry and burial history of the Alberta Foreland Basin [J]. AAPG Bull, 1985, 69: 546~566
- 徐旭辉,江兴歌,朱建辉. 断陷—拗陷原型迭加系统的生烃史:以苏北盆地溱潼凹陷为例[J]. 石油实验地质, 2006, 28(3): 225~230
- Guidish T M. Basin evaluation using burial history calculation: An overview[J]. AAPG Bull, 1985, 69: 92~105
- Nakayama K. Hydrocarbon expulsion model and its application to Niigata Area, Japan[J]. AAPG Bull, 1987, 71: 810~821
- 李日容. 油气成藏动力学模拟现状与展望[J]. 石油实验地质, 2006, 28(1): 78~82
- Cao S, Lerche I. Geohistory, thermal history and hydrocarbon generation history of Navarin Basin Cost No. 1 well, Bering Sea, Alask[J]. Petroleum Geology, 1989, 12(3): 325~352
- 石广仁. 油气盆地数值模拟方法[M]. 北京: 石油工业出版社, 1999. 78~101
- 孙珍, 庞雄, 钟志洪等. 珠江口盆地白云凹陷新生代构造演化动力学[J]. 地学前缘, 2005, 12(4): 489~498
- 胡圣标, 汪集肠. 沉积盆地热体制研究的基本原理和进展[J]. 地学前缘, 1995, 2(3): 171~180
- 程本合, 项希勇, 穆星. 济阳拗陷沾化凹陷东部热史模拟研究[J]. 石油实验地质, 2002, 22(2): 172~175
- 陈长民, 施和生, 许仕策等. 珠江口盆地(东部)第三系油气藏形成条件[M]. 北京: 科技出版社, 2003
- Mckenzie D P. Some remarks on the development of sedimentary basins[J]. Earth and Planetary Science Letters, 1978, 40: 25~32
- Sweeney J J, Burnham A K. Evaluation of a simple model of vitrinite reflectance based on chemical kinetics [J]. AAPG Bull, 1990, 74: 1559~1570
- Burnham A K, Sweeney J J. A chemical kinetic model of vitrinite maturation and reflectance[J]. Geochimica et Cosmochimica Acta, 1989, 53(10): 2649~2656

(上接第419页)

价和划分出较多的中低渗非均质层状拟双重介质主要类型二类储层,控制并指出该类砾岩储层分布及进一步开发的有利井区、层位和目标区。

4 结语

砾岩储层以其特高非均质性和复模态孔隙结构区别于砂岩油藏,成为我国具有特色的重要储层类型。这个复模态结构特点,决定了砾岩储层具有较低孔隙度和渗透率,特别是受山麓洪积相带、成岩压实及后生成岩变化影响,非均质性很强。利用复模态结构砾岩储层储量参数、储能参数、油层分布、规模、连片性、钻遇率、渗透率及其非均质性参数等定量评价指标,在七中、东区克拉玛依组砾岩储层建立了综合评价参数、标准及权系数,从宏观上认识和评价微观结构特殊的砾岩油藏及其非均质性。通过对研究区砾岩储层目的层段含油状况、储层质量、油层分布、产能大小及其非均质进行综合评价处理,实现了灰色系统理论集成和综合多种信息,较好地评价和划分了该区七中、七东1、七东2等3个区块6个开发单元的特高非均质砾岩储层,有效评价和划分出较多的中低渗非均质层状拟双重介质主要类型二类储层,从不同角度分析并指出非均质砾岩储层有利区块和层位,为指导油田开

发决策以及开发工艺和增产措施提供相应依据。

参考文献:

- 胡复唐. 砂砾岩油藏开发模式[M]. 北京: 石油工业出版社, 1997. 110~131
- 康玉柱. 中国西北地区压性叠加盆地成油特征[J]. 石油实验地质, 2004, 26(2): 153~160
- 宋子齐, 谢向阳, 高兴军等. 克拉玛依油田八区克上组砾岩油藏非均质连通性与注采关系研究[J]. 测井技术, 2002, 26(4): 315~320
- 宋子齐, 刘青莲, 赵磊等. 克拉玛依油田八区克上组砾岩油藏参数及剩余油分布[J]. 大庆石油地质与开发, 2003, 22(3): 28~31
- 李红南, 徐怀民, 许宁等. 低渗透储层非均质模式与剩余油分布[J]. 石油实验地质, 2006, 28(4): 404~408
- 罗蛰潭. 油层物理[M]. 北京: 地质出版社, 1995. 18~45
- 宋子齐, 谭成仟, 王建功等. 储层定量评价指标和权系数研究[J]. 测井技术, 1997, 21(5): 351~355
- 宋子齐, 程国建, 杨立雷等. 利用测井资料精细评价特低渗透储层的方法[J]. 石油实验地质, 2006, 28(6): 595~599
- 童亨茂. 中国沉积盆地复杂性的成因剖析及其油气赋存特征[J]. 石油实验地质, 2004, 26(5): 415~421
- 宋子齐, 谢向阳, 王浩等. 灰色系统储盖组合精细评价的分析方法[J]. 石油学报, 2002, 23(4): 37~41
- 吴冲龙, 王燮培, 毛小平等. 油气系统动力学的概念与方法原理[J]. 石油实验地质, 1998, 20(4): 319~327
- 朱光有. 渤海湾盆地东营—沾化凹陷油气聚集的差异性 & 控制因素研究[J]. 石油实验地质, 2003, 25(4): 353~356