

准噶尔盆地彩南油田彩003井区侏罗系 辫状河三角洲相储层特征研究

张建良^{1,2,3}, 刘金华⁴, 杨少春⁴

(1. 中国科学院广州地球化学研究所, 广东 广州 510640; 2. 中国科学院研究生院, 北京 100049;

3. 江苏油田地质科学研究院, 江苏 扬州 225261;

4. 中国石油大学(华东)地球资源与信息学院, 山东 东营 257061)

摘要:为对我国西部盆地中广泛发育的辫状河三角洲储层特征进行研究,以准噶尔盆地彩南油田侏罗系辫状河三角洲相储层为研究对象,对储层矿物特征、孔隙结构特征以及储层物性进行了详细分析。通过岩石碎屑组分、粘土矿物、颗粒磨圆度、分选等方面研究对研究区储层矿物特征进行分析,发现研究区储层岩性主要为长石岩屑砂岩和岩屑砂岩为主,碎屑组分中不稳定组分(长石+岩屑)含量高,成分成熟度低;利用孔隙半径平均值、平均孔喉比、孔隙配位数、孔隙均质系数、平均喉道宽度、排替压力等6个参数指标对孔隙特征进行分析,结果显示辫状河三角洲相储层孔喉特征中等;储层物性分析结果显示辫状河三角洲相储层的孔渗变化较大,整体上为中等孔渗储层,可以作为一种较好的油气储集层。

关键词:准噶尔盆地;彩南油田;侏罗系;辫状河三角洲;储层特征

中图分类号:TE122.2

文献标识码:A

文章编号:1672-1926(2009)03-0335-07

0 引言

我国西部盆地中辫状河三角洲储层比较常见,因而辫状河三角洲储层的研究对我国西部盆地勘探和开发工作都具有重要意义^[1-2]。准噶尔盆地彩南油田下侏罗统三工河组(J_1s)和中侏罗统西山窑组(J_2x)储层均以辫状河三角洲前缘亚相为主,具有较为典型的辫状河三角洲储层的特征^[3]。此次研究从彩南油田储层的具体情况研究入手,利用多种研究方法,通过多种储层参数综合评价彩南油田彩003井区的储层特征,从而总结辫状河三角洲储集层的特征,意在储层作出系统评价,为准噶尔盆地下一步油气勘探和开发提供依据。

1 区域概况

彩南油田位于新疆准噶尔盆地东部沙漠覆盖区,油区平均地面海拔为690 m,是一个典型的内陆盆地

干旱沙漠油田(图1)。彩南油田区域地质构造位于准噶尔盆地中央隆起带东段白家海凸起东斜坡带上,为一被断裂切割而复杂化的低幅度背斜构造^[4]。此次研究的主要研究区为彩003井区,面积约20 km²,位于白家海凸起上,东邻彩9井区,南邻阜东斜坡,西邻白家海凸起,北邻东道海子北凹陷。构造上位于彩南油田低幅度背斜构造的中部,是被断层复杂化的彩9井区低幅度背斜构造的西翼,内部断层发育。

彩南油田彩003井区的主要含油层系为下侏罗统的三工河组(J_1s)和中侏罗统的西山窑组(J_2x),下侏罗统的三工河组(J_1s)分为3个砂层组,从下而上分别为:S3砂层组、S2砂层组、S1砂层组;中侏罗统的西山窑组(J_2x)分为2个砂层组,从下而上分别为:X2砂层组、X1砂层组。中下侏罗统沉积以辫状河三角洲相沉积为主,夹杂少量滨浅湖沉积^[5-6]。研究区内的主要储层发育于X2砂层组和S2砂层组2个砂层组内,均为辫状河三角洲前缘亚相沉积。

收稿日期:2008-10-28;修回日期:2009-03-28.

基金项目:中国石油天然气股份有限公司科技风险创新基金项目(编号:060511-1-8);石油大学(华东)博士创新基金项目(编号:B2008-3)联合资助.

通讯作者 E-mail: liujinhua0726@yahoo.com.cn.

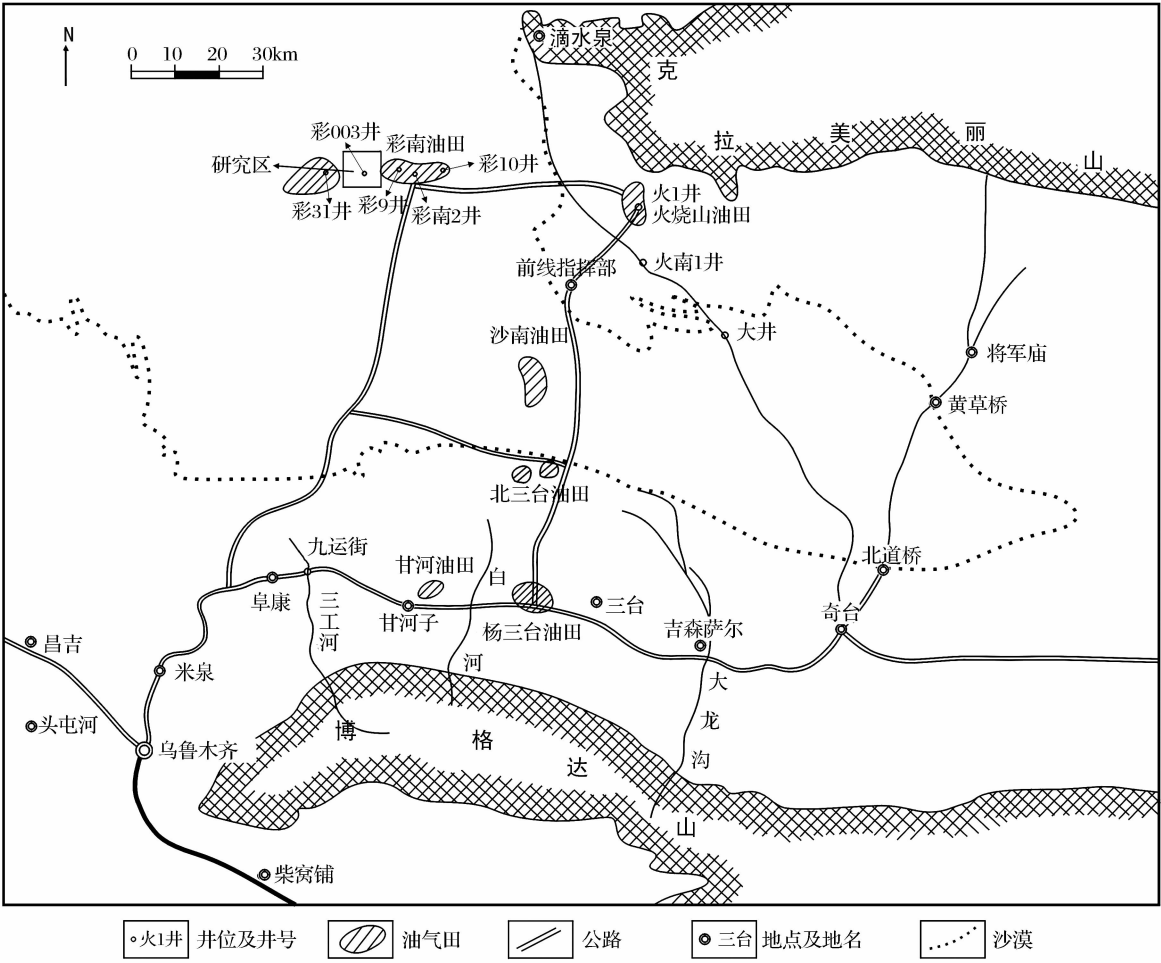


图1 准噶尔盆地彩南油田彩003井区位置

2 储层岩矿特征

依据岩心观察和薄片分析,彩南油田彩003井区中侏罗统西山窑组(J_2x)和下侏罗统(J_1s)的储层均为碎屑岩,其岩性以中—细砂岩为主,部分地层发育粗砂岩、砾状砂岩及粉砂岩。通过研究区内铸体薄片和扫描电镜分析,西山窑组和三工河组的储层在物质成分上非常接近。

2.1 碎屑组分

依据薄片分析结果统计,彩南油田西山窑组和三工河组储层的主要碎屑组分为石英、长石和岩屑(表1),岩屑以火山碎屑岩和岩浆岩岩屑为主,其次为变质岩及少量沉积岩岩屑,研究区内西山窑组和三工河组储层以岩屑砂岩或长石岩屑砂岩为主(图2、图3)。其中三工河组储层石英含量为4.79%~44.44%,平均为33.16%,长石(图4a)含量为4.97%~13.88%,平均为10.07%,岩屑含量为41.86%~86.5%,平均为77.93%;西山窑组储层石英含量为18.29%~45%,平均为31.5%,长石含

量为21.95%~35%,平均为25.92%,岩屑含量为21%~59.76%,平均为46.55%(表1)。西山窑组和三工河组储层碎屑组分中不稳定组分(长石+岩

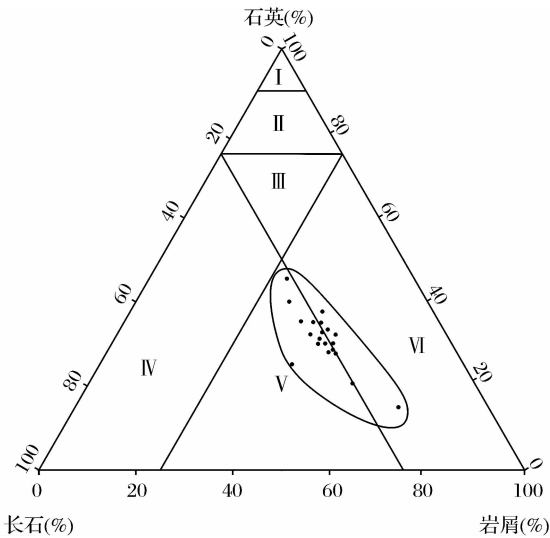


图2 彩003井区西山窑组砂岩矿物含量三角图

I 纯的石英砂岩;II 石英砂岩;III 次岩屑长石砂岩或次长石岩屑砂岩;IV 长石砂岩;V 岩屑长石砂岩或长石岩屑砂岩;VI 岩屑砂岩

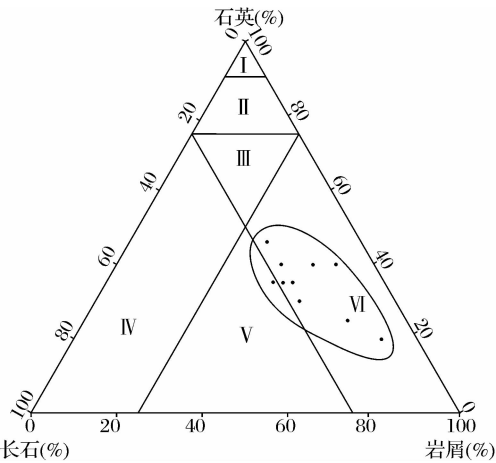


图 3 彩 003 井区三工河组砂岩矿物含量三角图

I 纯的石英砂岩; II 石英砂岩; III 次岩屑长石砂岩或次长石岩屑砂岩; IV 长石砂岩; V 岩屑长石砂岩或长石岩屑砂岩; VI 岩屑砂岩

屑)含量占 50%以上,成分成熟度低,岩性主要为长石岩屑砂岩和岩屑砂岩。

2.2 粘土矿物

西山窑组和三工河组储层中的粘土矿物主要为高岭石(图 4b)、伊/蒙混层(图 4c)、伊利石(图 4d)和绿泥石,另外还有方解石等自生胶结矿物。

依据 X-衍射和扫描电镜分析,西山窑组和三工河组储层中粘土矿物以伊/蒙混层含量最高(表 2),其次为高岭石、绿泥石、伊利石。其中高岭石多呈板状、叠层状,绿泥石多呈针叶状、鳞片状,它们以不同的形式充填于孔隙之间或者分布于颗粒表面(图 4b)。伊/蒙混层呈不规则状充填于孔隙之间(图 4c),伊利石和绿泥石呈规定向片状或粒表叶片状充填于孔隙内或分布于颗粒表面(图 4d)。

2.3 岩石结构

通过对彩 003 井区 5 口取心井铸体薄片分析结果的统计,在彩 003 井区储层砂体颗粒磨圆度一般以次棱角状一次圆状为主,部分储层砂体颗粒为次圆状或次棱角状,几乎没有出现棱角状和圆状砂体;分选性以中—好型为主,部分砂体分选性为好。

表 1 彩 003 井区石英长石含量

井号	层位	石英(%)			长石(%)		
		最大值	最小值	平均值	最大值	最小值	平均值
彩 45	J _{1s}	44.44	4.97	33.16	13.88	4.97	10.07
彩 502	J _{2x}	45	18.29	31.5	35	21.95	25.92

表 2 彩 003 井区 X-衍射粘土矿物含量统计

井号	层位	伊/蒙混层(%)			伊利石(%)			高岭石(%)			绿泥石(%)		
		最大值	最小值	平均值	最大值	最小值	平均值	最大值	最小值	平均值	最大值	最小值	平均值
彩 002	J _{2x}	56	23	40.4	21	10	15.4	47	17	29.8	26	12	14.4
	J _{1s}	55	47	52	17	14	16	23	15	19	16	10	13
彩 502	J _{2x}	34	2	9.35	32	3	17.5	76	35	60.2	25	9	12.9
	J _{1s}	9	2	5.14	26	11	18	70	40	49.0	37	15	27.8
彩 45	J _{2x}	17	15	16	17	16	16.5	59	57	57.5	10	9	9.5
	J _{1s}	13	13	13	8	8	8	39	39	39	40	40	40
彩 18	J _{2x}	21	5	14.3	21	10	16.4	71	39	55.3	26	10	13.9
彩 19	J _{2x}	11	3	6.3	22	11	14.1	69	53	42.7	34	22	26
	J _{1s}	32	11	20.4	18	7	9.67	60	57	58.3	16	14	15

研究区内胶结类型主要以孔隙式为主,部分层位砂体出现基底式胶结;支撑类型主要为颗粒支撑;接触方式为点—凹凸接触或者点—线接触。

从碎屑组分、粘土矿物和岩石结构等方面来分析,彩南油田彩 003 井区侏罗系辫状河三角洲前缘储层碎屑组分中不稳定组分(长石+岩屑)含量高,成分成熟度低,岩性主要以长石岩屑砂岩和岩屑砂岩为主,粘土矿物复杂多样,以伊/蒙混层含量最高,

其余各类粘土矿物含量均较高。

3 储层孔隙结构特征

3.1 孔隙类型

西山窑组和三工河组储层砂岩的孔隙类型主要为粒间孔,偶见方解石粒内溶孔。在此次研究中原生粒间孔、剩余粒间孔和裂缝 3 类粒间孔均有发现(图 5a、图 5b),并且特征典型,易于辨认。

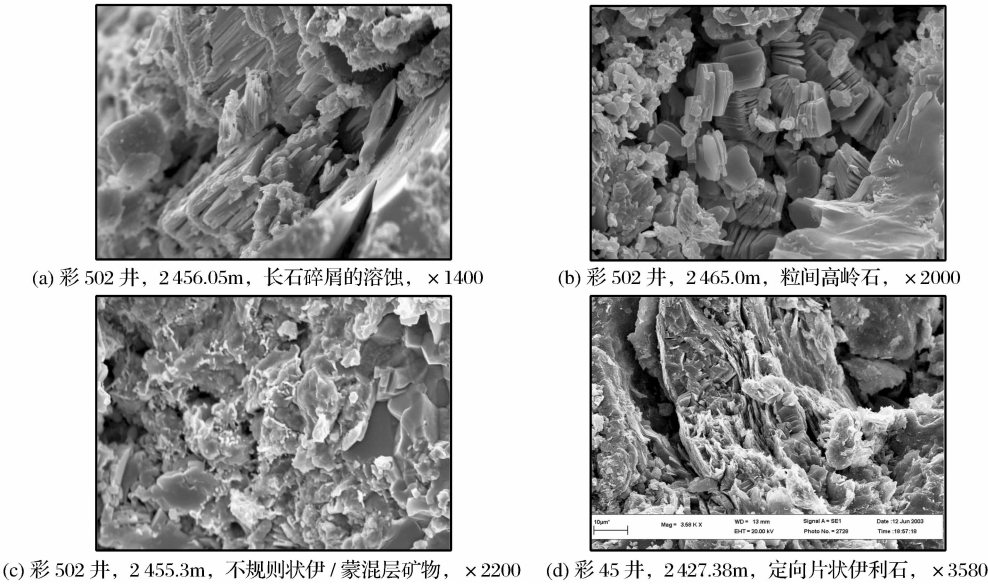


图 4 彩 003 井区储层岩石矿物特征

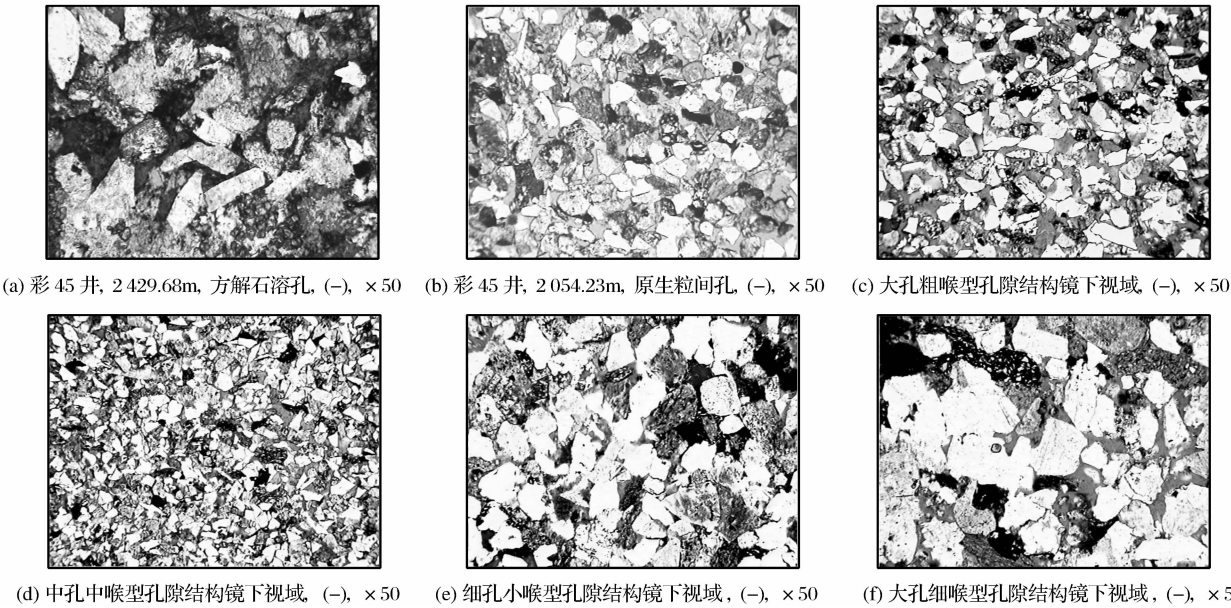


图 5 彩 003 井区储层结构特征

3.2 孔隙结构类型

根据对图像分析所得出的数据进行对比分析，将研究区的储层孔隙结构划分为 4 种类型(图 5c—图 5f):大孔粗喉型结构、中孔中喉型结构、细孔细喉型结构和大孔细喉型结构。其中大孔细喉型结构最为多见，大孔粗喉型极少，说明研究区储层孔隙结构一般，虽具备油气储集条件，但是油田采收率较低，主要是孔隙结构较差，导致渗透率不高所致。

3.3 孔隙结构特征

本次研究主要通过孔隙半径平均值、平均孔喉比、孔隙配位数、孔隙均质系数、平均喉道宽度、排替压力等 6 个参数指标对孔隙结构进行分析。

3.3.1 孔隙半径平均值

孔隙半径平均值是孔隙大小的总平均量，主要是用来对孔隙半径做定量评价。西山窑组和三工河组孔隙半径均值大多在 35~65 μm 之间，西山窑组平均孔径多数在 15~43 μm 之间，三工河组平均孔径数值集中优势不明显，在 15~130 μm 之间(图 6a、图 6b、表 4)。

3.3.2 平均孔喉比

孔喉比的大小取决于成岩作用的强弱，一般成岩作用加强时，孔喉比会减小；孔喉半径的大小也会随着下降，在孔喉半径均值已定时，孔喉比越大，分散于孔隙中的孤立油滴受阻力就越大，越不易流

动^[7-8]。由铸体薄片分析得出,目的层段平均孔喉比较小(表 4),据此推测喉道的连通性较差。

3.3.3 孔隙配位数

孔隙配位数主要取决于成岩作用强度和填隙物的含量。填隙物(如杂基和胶结物)的增多往往会导致孔隙配位数减小、连通性变差^[7-8]。目的层段成岩阶段的压实和胶结作用较强,导致孔隙配位数小,在 0.33 以下(表 4)。西山窑组配位数多数近于 0,说

明孔隙连通性差。

3.3.4 孔隙均质系数

孔隙均质系数是指各级别的孔隙与最大孔隙偏离的程度,在铸体薄片分析中以孔隙面积的权重来计算。均质系数越接近于 1,说明孔隙越均质,分选性越好^[7-8]。铸体薄片分析结果表明,西山窑组和三工河组储层孔隙的均质系数在 0.25~0.70 之间,普遍大于 0.45,说明孔隙分选性较好(表 4)。

表 4 彩 45 井铸体薄片图分析结果

层位	深度(m)	面孔率(%)	平均孔径(μm)	平均配位数	平均孔喉比	平均喉道宽度(μm)	均质系数
J _{2x}	2 419.89	0.018 6	33.051 6	0.05	1.293 3	23.720 8	0.507 4
	2 421.04	0.569 70	35.537 2	0	0	0	0.386 9
	2 422.7	0.570 50	44.921 6	0	0	0	0.413 5
	2 424.33	0.662 8	42.190 2	0	0	0	0.468 6
	2 427.38	1.141 4	54.124 0	0	0	0	0.523 4
	2 429.68	0.002 2	17.266 5	0	0	0	0.675 4
	2 432.16	1.260 5	45.566 0	0.01	4.760 5	9.730 0	0.470 6
	2 432.75	0.737 2	35.222 9	0	0	0	0.404 4
	2 434.31	0.790 0	47.661 3	0	0	0	0.464 3
J _{1s}	2 551.83	0.002 3	27.997 6	0	0	0	0.656 5
	2 553.29	4.188 7	65.997 0	0	0	0	0.453 0
	2 554.34	2.735 1	57.975 6	0.02	4.086 7	4.086 7	0.436 6
	2 555.53	2.865 7	64.576 7	0	0	0	0.545 7
	2 557.83	8.256 7	121.511 4	0.33	7.873 5	7.873 5	0.288 3
	2 558.15	5.512 4	71.285 6	0.2	2.224 5	2.224 5	0.456 4
	2 561.74	4.762 4	61.856 3	0.09	6.09 3	6.09 3	0.452 3
	2 563.61	2.247 6	47.839 4	0.05	3.842 1	3.842 1	0.435 4

3.3.5 平均喉道宽度

喉道作为流体渗流的通道,对油气的运移影响很大。铸体薄片分析结果显示,三工河组喉道平均宽度在 0~8.0 μm 之间,喉道宽度较小;西山窑组喉道平均宽度多为 0 μm,说明喉道宽度非常小,但该层段平均宽度的 2 个非 0 值数值很大,说明喉道宽度差异很大。西山窑组平均喉道宽度从 9 μm 到 24 μm,主要在 9~14 μm 之间,且分布较分散;三工河组平均喉宽集中在 10~20 μm、30~40 μm 之间,说明三工河组储层平均喉宽要好于西山窑组。

3.3.6 排替压力

排替压力是非润湿相开始进入岩石孔隙的启动压力,即在岩石最大连通孔喉中非润湿相连续流动所需的最小压力,也称排替压力阈压^[7-8]。西山窑组排替压力为(0.3~1.8)×10⁶ Pa,而三工河组排替压力集中在(0~0.8)×10⁶ Pa 之间(图 6c、图 6d),

这说明三工河组的储层中的油气更易于形成连续流,储层连通性更好些。

彩南油田彩 003 井区侏罗系储层的孔隙中等发育,孔隙类型主要为粒间孔,通过孔隙半径平均值、平均孔喉比、孔隙配位数、孔隙均质系数、平均喉道宽度、排替压力等 6 个参数指标对孔隙特征进行分析,三工河组孔隙结构比西山窑组略好。从整体上看辫状河三角洲相储层孔喉特征中等,主要是由于辫状河三角洲储层的成分成熟度较低而导致的。

4 储层物性特征分析

4.1 孔隙度特征

通过浮重法对彩 003 井区的部分取心进行了孔隙度测定,根据统计结果,各井孔隙度最大值之间差别较大,彩 502 井西山窑组孔隙度最大值可以达到 26%,而彩 18 井西山窑组最大值仅为 16%(表 5);

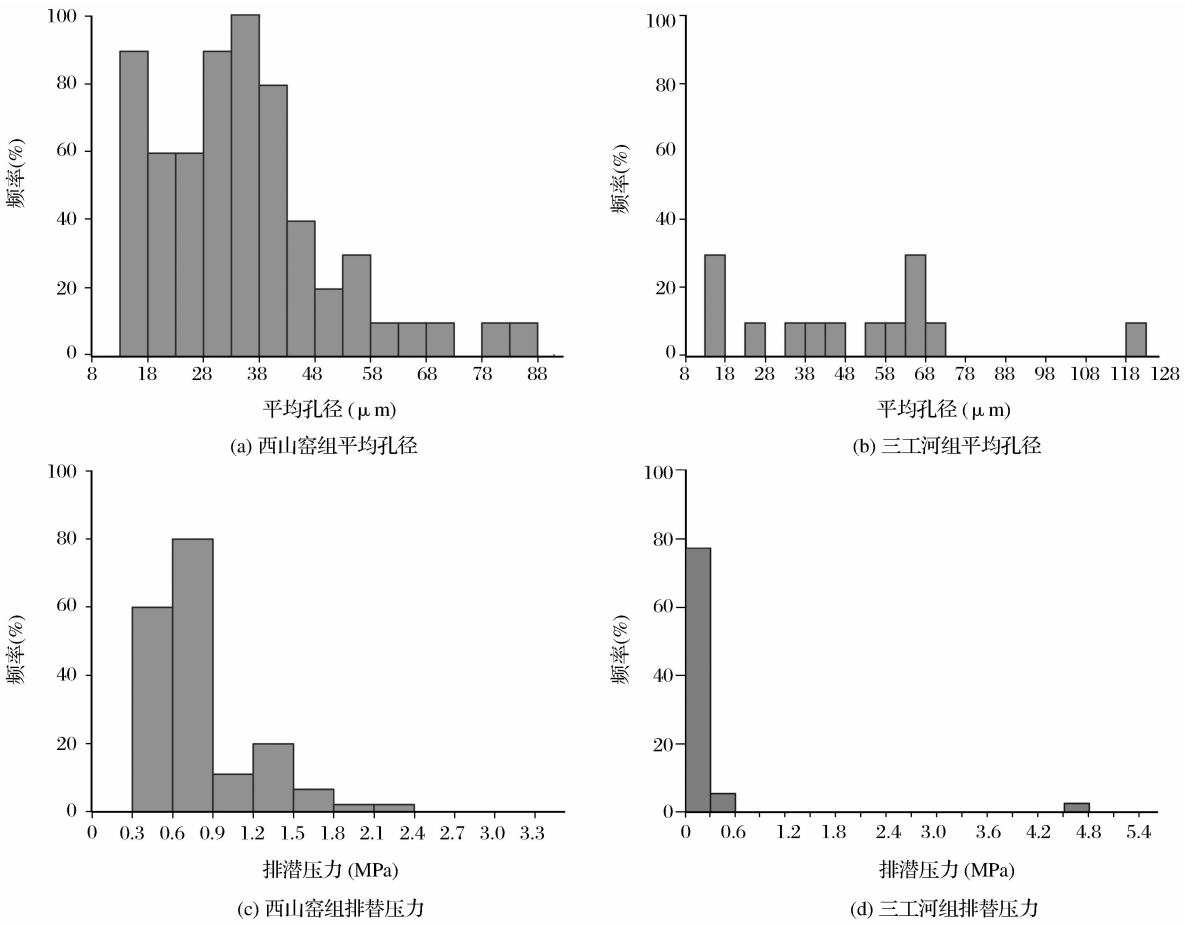


图 6 彩 003 井区储层平均孔径、排替压力频率分布

各井孔隙度最小值之间也有差别,但是变化较小,彩 002 井三工河组最小值为 10%,而彩 45 井三工河组最小值仅为 3.7%,可见西山窑组孔隙度最大值之间差别较大,而三工河组孔隙度最小值之间差别较大。整体上三工河组孔隙度略大于西山窑组,但无论是西山窑组还是三工河组,其孔隙度平均值均在 14%左右,属于中等孔隙度储层。具体数据见表 5。

4.2 渗透率特征

彩 003 井区各井渗透率特征与孔隙度特征不

同,西山窑组渗透率最大值之间差别较大,主要集中在 $(1.0\sim10)\times10^{-3}\mu\text{m}^2$ 之间,而三工河组要比西山窑组略大,主要集中在 $(2.5\sim100)\times10^{-3}\mu\text{m}^2$ 之间,彩 502 井西山窑组渗透率最大值可达到 $1\,254.84\times10^{-3}\mu\text{m}^2$,而彩 45 井西山窑组最大值仅为 $8.81\times10^{-3}\mu\text{m}^2$;三工河组渗透率最小值之间差别较大,彩 002 井三工河组最小值为 $2.5\times10^{-3}\mu\text{m}^2$,而彩 45 井三工河组最小值仅为 $0.01\times10^{-3}\mu\text{m}^2$ (表 5)。

表 5 彩 003 井区部分井物性参数分布

井号	层位	孔隙度(%)			渗透率($\times10^{-3}\mu\text{m}^2$)		
		最大值	最小值	平均值	最大值	最小值	平均值
彩 002	J _{2x}	20.55	5.95	15.63	185.43	0.04	24.58
	J _{1s}	21.87	10.26	16.50	903.71	2.5	171.51
彩 18	J _{2x}	16.16	12.75	14.35	9.07	0.41	3.68
彩 19	J _{2x}	18.42	5.66	13.51	25.77	0.1	3.06
	J _{1s}	20.24	6.25	13.84	159.33	0.13	36.94
彩 45	J _{2x}	17.71	6.44	13.65	8.81	0.011	1.03
	J _{1s}	20.02	3.71	14.13	595.03	0.01	33.58
彩 502	J _{2x}	26.21	9.67	17.12	1\,254.84	0.6	101.17
	J _{1s}	20.89	3.75	13.64	1\,198.57	0.6	126.22

研究区内各井的孔隙度平均值相似,但是孔隙度的最大值和最小值却变化较大;各井的渗透率变化巨大,与孔隙度特征不同,各井的渗透率平均值变化也较大。辫状河三角洲相储层的孔渗变化较大,整体上为中等孔渗储层,是油气较好的储集层,但是在开发过程中应注意储层非均质性问题^[9-11]。

5 结论

(1)彩南油田彩 003 井区侏罗系辫状河三角洲前缘储层碎屑组分中不稳定组分(长石+岩屑)含量高,成分成熟度低,岩性主要为长石岩屑砂岩和岩屑砂岩为主,粘土矿物复杂多样,以伊/蒙混层含量最高,其余各类粘土矿物含量均较高。

(2)研究目的层的储层孔隙中等发育,孔隙类型主要为粒间孔,通过孔隙半径平均值、平均孔喉比、孔隙配位数、孔隙均质系数、平均喉道宽度、排替压力等 6 个参数指标对孔隙特征进行分析,结果显示辫状河三角洲相储层孔喉特征中等,这主要是由于辫状河三角洲储层的成分成熟度较低而导致的。

(3)研究区内各井的孔隙度平均值相似,但是孔隙度的最大值和最小值却变化较大,各井的渗透率最大、最小值与平均值变化都比较大,因而辫状河三角洲相储层的孔渗变化较大。综合物性、孔喉等特征,辫状河三角洲相储层是一种中等储层。

参考文献:

- [1] 王家豪,姚光庆,赵彦超. 浅水辫状河三角洲发育区短期基准面旋回划分及储层宏观特征分析[J]. 沉积学报,2004,22(1): 87-94.
- [2] 何顺利,兰朝利,门成全. 苏里格气田储层的新型辫状河沉积模式[J]. 石油学报,2005,26(6):25-29.
- [3] 姜香云,吴胜和,王志章. 储层三维模型在彩 9 区块油藏描述中的应用[J]. 西安石油大学学报:自然科学版,2005,20(4): 31-34.
- [4] 李兴训,欧亚平,沈楠,等. 彩南油田石树沟群油气成藏规律[J]. 新疆石油地质,2005,26(2):142-144.
- [5] 丁安娜,孟任祥,惠荣耀. 准噶尔盆地彩南油田油源研究[J]. 新疆石油地质,1994,18(4):324-329.
- [6] 唐俊伟,胡建国,陈彩红,等. 储层物性分布统计新方法[J]. 天然气地球科学,2003,14(6):456-459.
- [7] 钟大康,朱筱敏. 克拉 2 气田储层特征及优质储层形成机理[J]. 天然气工业,2007,27(1):8-11.
- [8] 吴晓智,宋志刚. 准噶尔盆地南缘西部第三系储层特征及影响因素[J]. 石油学报,1994,15(4):23-30.
- [9] 胡明毅,李士祥,魏国齐,等. 川西前陆盆地上三叠统须家河组致密砂岩储层评价[J]. 天然气地球科学,2006,17(4): 456-458.
- [10] 唐海发,赵彦超,汪立君. 胜坨气田明化镇组下段沉积微相特征及其与储层物性的关系[J]. 天然气地球科学,2004,15(3):257-260.
- [11] 代金友,张一伟,熊琦华,等. 成岩作用对储集层物性贡献比率研究[J]. 石油勘探与开发,2003,30(4):54-55,71.

Jurassic Reservoir Characteristics of Braided-Delta in Cainan Oilfield, Junggar Basin

ZHANG Jian-liang^{1,2,3}, LIU Jin-hua⁴, YANG Shao-chun⁴

(1. Guangzhou Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Sciences, Guangzhou 510640, China;

2. Graduate University of the Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China;

3. Geology Research Institute Jiangsu Oilfield Branch, SINOPEC, Yangzhou 225261, China;

4. Resources and Information Institute, University of Petroleum China, Dongying 257061, China)

Abstract: For the purpose of studying the characteristics of braided-deltaic reservoirs that are widely developed in the western basins of China, we take the braided-deltaic reservoir in Cainan oilfield, Junggar Basin as an example to analyze the mineral character, pore structure, and physical property of reservoir in this area. After researching the detrital component, clay mineral, grain psephicity, and grain selection, we analyze the mineral character of this reservoir, and find that the main lithologies are lithic sandstone and feldspar-lithic sandstone. The unstable components (feldspar and debris) in the detrital components are high, and compositional maturity is low. We also utilize the average value of pore radius, average pore throat ratio, pore coordination number, pore uniformity coefficient, average throats width and replacement pressure to study the pore character, and the result shows that the pore character of the braided-deltaic reservoir is moderate. In the analysis of the physical property, we find the porosity and permeability are changed greatly, and the reservoir of this kind is characterized by moderate porosity and permeability. In summary, the braided-delta reservoir is a kind of moderate reservoir, and it is able to form good hydrocarbon reservoir.

Key words: Junggar Basin; Cainan oilfield; Jurassic; Braided-delta; Reservoir characteristics.