

文章编号:1009-3850(2015)04-0068-09

鄂尔多斯盆地富县地区延长组长6、长8低孔渗 储层物性及其影响因素

熊志强, 钟建华, 李 勇, 王书宝, 刘绍光

(中国石油大学(华东), 山东 青岛 266580)

摘要:通过普通薄片、铸体薄片观察和扫描电镜研究,并结合X射线衍射与压汞分析等资料,对鄂尔多斯盆地富县地区延长组长6段、长8段的储层物性特征及影响因素进行了研究。研究发现,延长组长6段、长8段储层岩石类型主要为岩屑长石砂岩,其次为长石岩屑砂岩。储层颗粒分选中等-较好,磨圆度为次棱角状-次圆状,其中以次圆状居多,接触式胶结。孔隙类型主要有残余粒间孔隙、填隙物内微孔隙、粒间溶孔、粒内溶孔、微裂隙等。总体上富县地区延长组储层由于受岩性、成岩等作用影响表现出低孔低渗的特征。

关键词:鄂尔多斯盆地;富县地区;延长组;储层物性

中图分类号:TE122.2⁺3

文献标识码:A

富县地区位于鄂尔多斯盆地东南部(图1)。构造上属于陕北斜坡,该斜坡为由东向西倾斜的大型单斜,地层平缓,地层倾角一般小于1°。区内构造简单,无大的构造变形与褶皱,在局部地区存在差异压实作用形成的幅度较小的鼻隆构造^[1]。该区储层砂体性质主要受沉积相和成岩作用等因素的控制,砂体储层非均质性强,为低孔低渗储层^[2]。延长组沉积类型以三角洲-湖泊沉积体系为主,三角洲平原部分相对不发育,主要发育三角洲前缘^[3]。长6、长8油层组主要发育水下分流河道沉积砂体,厚度较大,是富县地区的有利储层。本文通过普通薄片和铸体薄片观察以及扫描电镜研究,并结合X射线衍射与压汞分析等资料,对鄂尔多斯盆地富县地区延长组长6段、长8段的储层物性特征及影响因素进行研究,从而为该区延长组深入油气勘探提供科学依据。

1 储层岩石学特征

1.1 砂岩碎屑组分特征

根据 Fork(1968)砂岩分类^[4],富县地区延长组长6、长8段储层砂岩主要为岩屑长石砂岩,次为长石岩屑砂岩(图2),砂岩的碎屑组成为长石、石英、岩屑及碎屑云母等。其中长6段砂岩石英含量平均为29.01%,长石含量平均为44.33%。岩屑含量平均为26.66%,其成分主要为碎屑云母和变质岩岩屑,岩浆岩岩屑次之,沉积岩岩屑较少,碎屑云母平均为13.69%。变质岩岩屑平均为9.75%,岩浆岩岩屑平均为2.07%,沉积岩岩屑平均为1.14%。

研究区长8段砂岩长石含量在25.3%~47.8%之间,平均为43.18%;石英含量在19.8%~32.6%之间,平均为25.61%;岩屑含量在19.6%~41.4%之间,平均为29.21%,主要为碎屑云母、变质岩岩屑及岩浆岩岩屑,沉积岩岩屑含量较少。碎屑云母为6.4%~22.8%,平均为14.65%;变质岩岩屑为5.4%~16.2%,平均为10.77%;岩浆岩岩屑为1.4%~3.9%,平均为2.66%;沉积岩岩屑为0~2.2%,平均为1.13%。

1.2 填隙物组分及特征

收稿日期:2014-10-06; 改回日期:2014-10-17

作者简介:熊志强(1988-),男,硕士,主要从事沉积学与层序地层学研究。E-mail:baihe630609@126.com

资助项目:“富县地区油气主控因素及成藏规律研究”项目资助(ycsy2013ky-A-13)

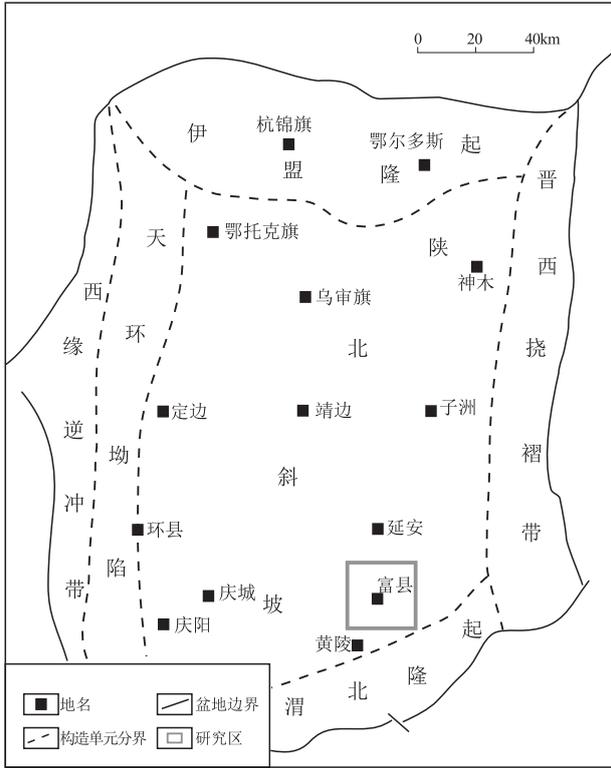


图 1 研究区位置及区域构造单元示意图

Fig. 1 Tectonic setting of the Fuxian region in the Ordos Basin

富县地区延长组长 6 段填隙物含量为 11.5% ~ 18.25%，平均为 14.27%，主要呈胶结物，杂基含量很少。杂基含量为 2.0% ~ 7.0%，平均为 4.88%；胶结物含量为 6.0% ~ 13.75%，平均为 9.98%，成分主要为方解石(5.72%)和铁白云石(2.63%)，白云石(1.04%)相对较少。

研究区长 8 段填隙物含量为 7.1% ~ 21.8%，平均为 14.77%。与长 6 油层组类似，陆源泥质杂

基含量低，为 4.0% ~ 8.0%，平均为 5.80%，成分主要为方解石(4.20%)、白云石(2.27%)及铁白云石(2.50%) (图 3)。

据 X 射线衍射粘土矿物含量定量分析(图 4)，粘土矿物主要为绿泥石(40.29%)、伊/蒙间层(29.18%)，其次为伊利石(20.25%)和高岭石(10.29%)。

通过扫描电镜观察，可见砂岩中方解石胶结物的自形程度非常高(图 5a)，石英呈加大自形粒状充填孔喉(图 5b)。大量叶片状绿泥石发育于碎屑颗粒表面，形成绿泥石膜(图 5c)。高岭石含量较低，主要分布在长 8 段，呈假六方板状、集合体呈书页状或蠕虫状，以粒间或粒内孔隙充填物的形式产出，晶间孔隙发育(图 5d)。高岭石经常占据长石溶解形成的次生孔隙，显示其沉淀与长石溶解之间的相关关系^[5]。伊/蒙间层矿物呈蜂窝状发育于碎屑颗粒表面(图 5e)，以长 6 段较发育，伊利石呈丝状及片状分布(图 5f)。

1.3 结构特征

富县地区延长组长 6 段碎屑颗粒粒径最大为 1.5mm，主要在 0.03 ~ 0.8mm 之间，以细砂岩为主。砂岩的成分成熟度较低，结构成熟度中等，分选中等-较好，磨圆度呈次棱角状-次圆状。颗粒之间以点-线接触为主，颗粒支撑。胶结类型主要为接触式胶结，部分为孔隙式胶结。

研究区长 8 段碎屑颗粒粒径最大为 0.3mm，主要在 0.03 ~ 0.2mm 之间，以细粉砂岩为主。砂岩的成分成熟度较长 6 段低，结构成熟度为中等，分选较好，磨圆度以次圆状为主。颗粒之间多为点-线接触，其次为线接触，颗粒支撑，接触式胶结。

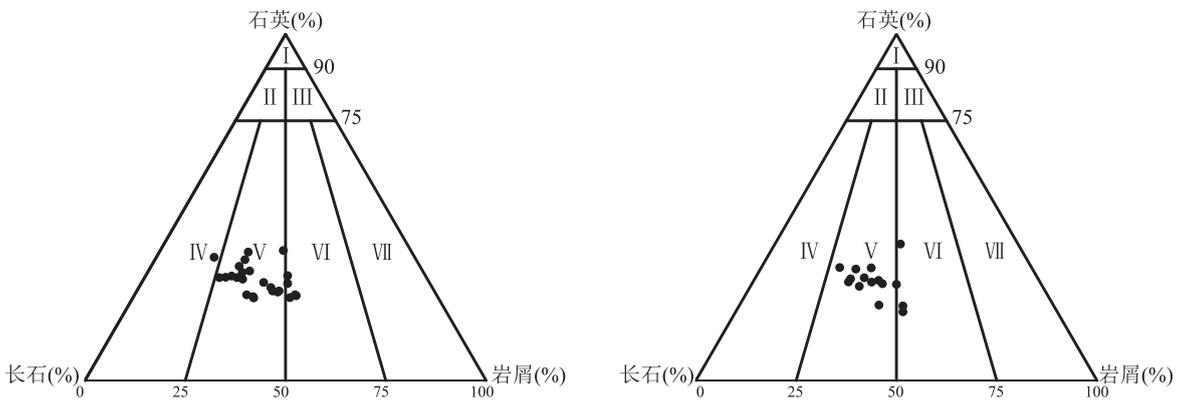


图 2 富县地区长 6(左)、长 8(右)油层组砂岩分类三角图

I. 石英砂岩; II. 长石石英砂岩; III. 岩屑石英砂岩; IV. 长石砂岩; V. 岩屑长石砂岩; VI. 长石岩屑砂岩; VII. 岩屑砂岩

Fig. 2 Triangular diagrams of the sandstones from the Chang-6 (left) and Chang-8 (right) oil reservoirs in the Yanchang Formation, Fuxian region, Ordos Basin

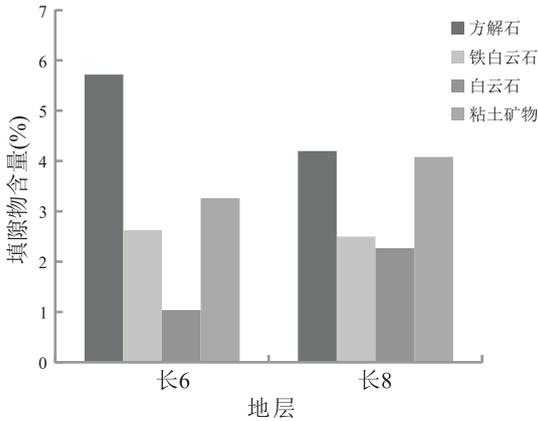


图3 富县地区延长组长6、长8油层组填隙物组成直方图
Fig. 3 Histograms showing the compositions of the interstitial materials from the Chang-6 and Chang-8 oil reservoirs in the Yanchang Formation, Fuxian region, Ordos Basin

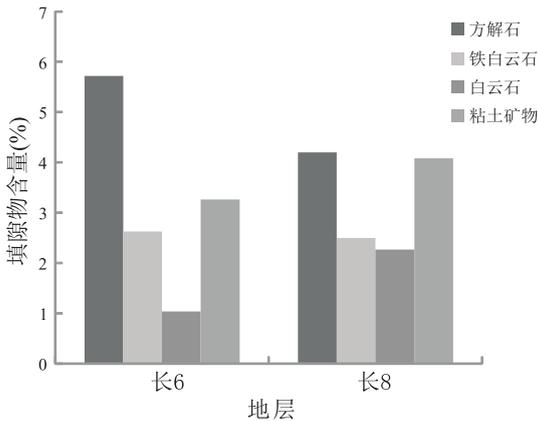


图4 富县地区延长组长6、长8油层组X射线衍射粘土矿物组成直方图

Fig. 4 Histograms showing the compositions of the clay minerals from the Chang-6 and Chang-8 oil reservoirs in the Yanchang Formation, Fuxian region, Ordos Basin

2 储层物性特征

研究区长6段按沉积演化特征分为长6¹、长6²、长6³和长6⁴4个小层。722个样品的物性数据统计分析表明,长6段砂岩孔隙度为3.03%~19.44%,平均孔隙度为8.62%,主要分布在6%~12%之间,孔隙度大于10%的样品占29.92%;渗透率为 $(0.04 \sim 9.72) \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,平均为 $0.64 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,其中 $(0.1 \sim 0.5) \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 的样品占60.94%。长6¹、长6²相对于长6³、长6⁴物性更好(图6a、b)。

研究区长8段按沉积演化特征分为长8¹和长8²两个小层。通过405个样品物性数据统计分析,长8段砂岩孔隙度为2.45%~17.1%,平均为8.69%,较长6段整体孔隙度偏小,孔隙度大于

10%的样品占29.38%;渗透率为 $(0.02 \sim 8.06) \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,平均为 $0.46 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,主要分布在 $(0.1 \sim 0.5) \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,占66.17%。长8²比长8¹具有更好的物性(图6c、d)。

3 储层孔隙结构特征

3.1 孔隙类型

根据铸体薄片与扫描电镜观察,研究区储层的孔隙类型可分为原生孔隙和次生孔隙。原生孔隙包括残余粒间孔隙(图8a)、填隙物内微孔隙(图5d);次生孔隙包括粒间溶孔(图5e)、粒内溶孔(图5f)、微裂隙(图8b)。主要储集空间为次生孔隙,以溶蚀孔隙为主。

3.2 孔隙结构特征

通过分析常规压汞实验所得到的孔喉特征参数(表1),可以得到如下结论:

(1)储层中大孔隙喉道较少,对流体运移聚集不利,因而储层渗流能力不甚理想。

(2)中值压力相对较大,反映岩石渗滤性较差,产能较低。

(3)由表1可知,长6、长8油层组均质系数较小,变异系数较大,反映喉道分布均匀程度较差。

(4)歪度反映孔喉分布相对于平均值是偏大孔还是偏小孔,即表示喉道大小分布的对称性。其值大于0时为正偏,表示粗歪度,相对偏大。

(5)峰态表征孔喉分布频率曲线陡峭程度,其值大于1时表示高尖峰曲线。

(6)特征结构系数反映喉道分选程度,也反映喉道连通程度,其值越小,反映岩样孔隙结构越差。可见,长6油层组比长8油层组孔隙结构好。

综合上述分析并结合鄂尔多斯盆地延长组低孔渗砂岩储层孔隙结构分类表(表2),长6段砂岩的孔隙结构相对于长8段较好,属细小孔-微细喉型,局部发育小孔-细喉型与微孔-微喉型,分选性相对较好。长8段砂岩喉道较细,以微孔-微喉型居多,分选性较差(图7)。

4 储层物性影响因素

4.1 岩石成分和砂岩粒度

碎屑的成分和性质是影响储层原生孔隙发育与成岩演化的重要因素之一。富县地区长6段的石英含量较长8段高,颗粒磨圆度较长8段差,压实作用期间会有一部分原生孔隙得以保存。

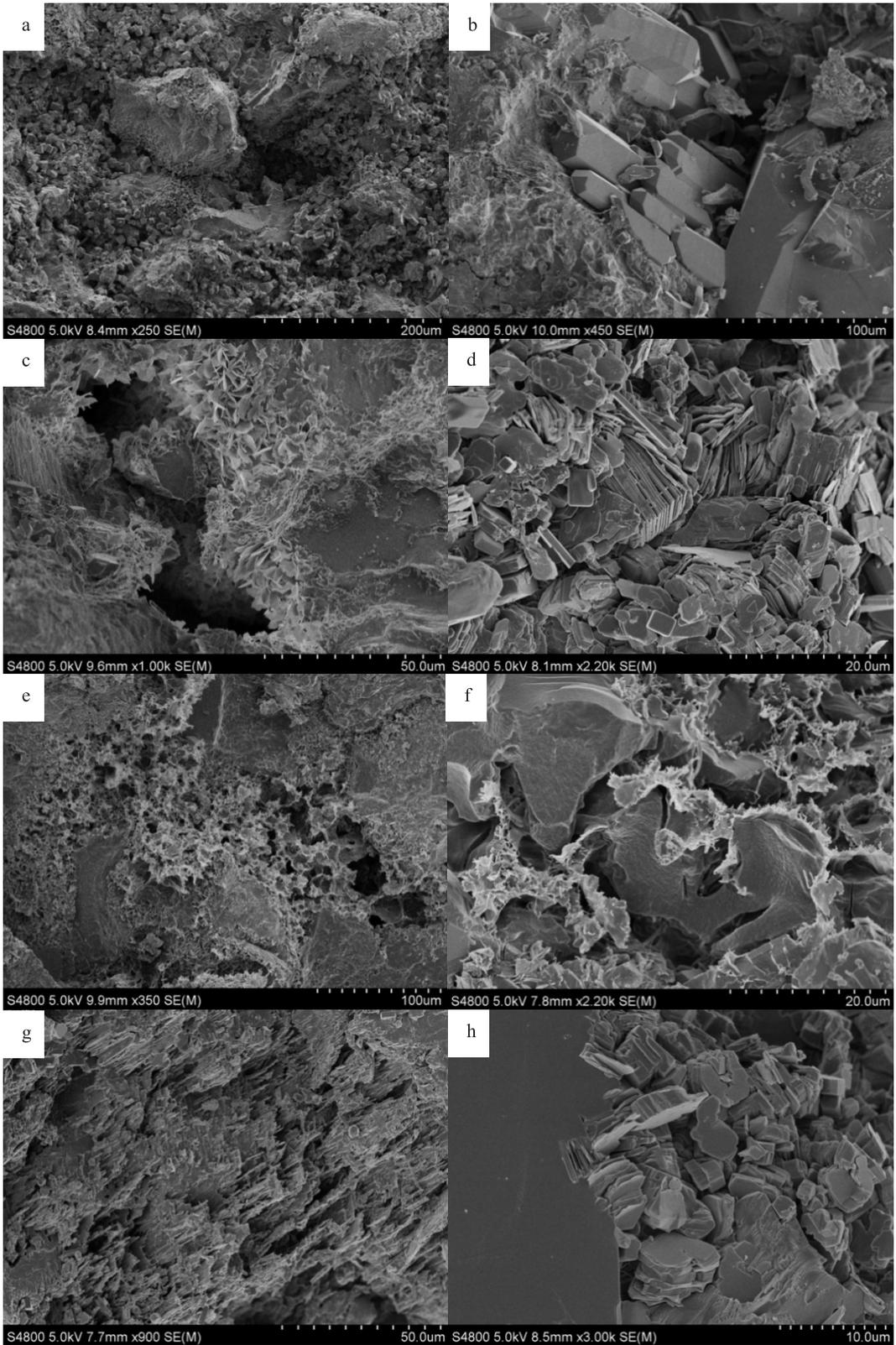


图 5 富县地区延长组长 6、长 8 油层组砂岩扫描电镜照片

a. 方解石胶结物, FZ84, 847.7m, 长 6, $\times 250$; b. 石英次生加大充填残余粒间孔隙, FZ71, 805.7m, 长 6, $\times 450$; c. 颗粒边缘绿泥石膜向孔隙生长, FZ163, 782.7m, 长 8, $\times 1.00K$; d. 自生高岭石充填孔隙, 高岭石晶间微孔隙, FZ51, 1042.3m, 长 8, $\times 2.20K$; e. 颗粒表面具蜂窝状伊/蒙混层粘土, 粒间溶蚀孔隙, FZ40, 870.5m, 长 6, $\times 350$; f. 溶蚀颗粒伊利石化, 粒内溶蚀孔隙, FZ102, 379.8m, 长 6, $\times 2.20K$; g. 长石英沿解理方向溶蚀, 形成长石溶孔, FZ51, 1042.3m, 长 8, $\times 900$; h. 石英边缘高岭石化, FZ22, 792.3m, 长 6, $\times 3.00K$

Fig. 5 Photomicrographs for the sandstones from the Chang-6 and Chang-8 oil reservoirs in the Yanchang Formation, Fuxian region

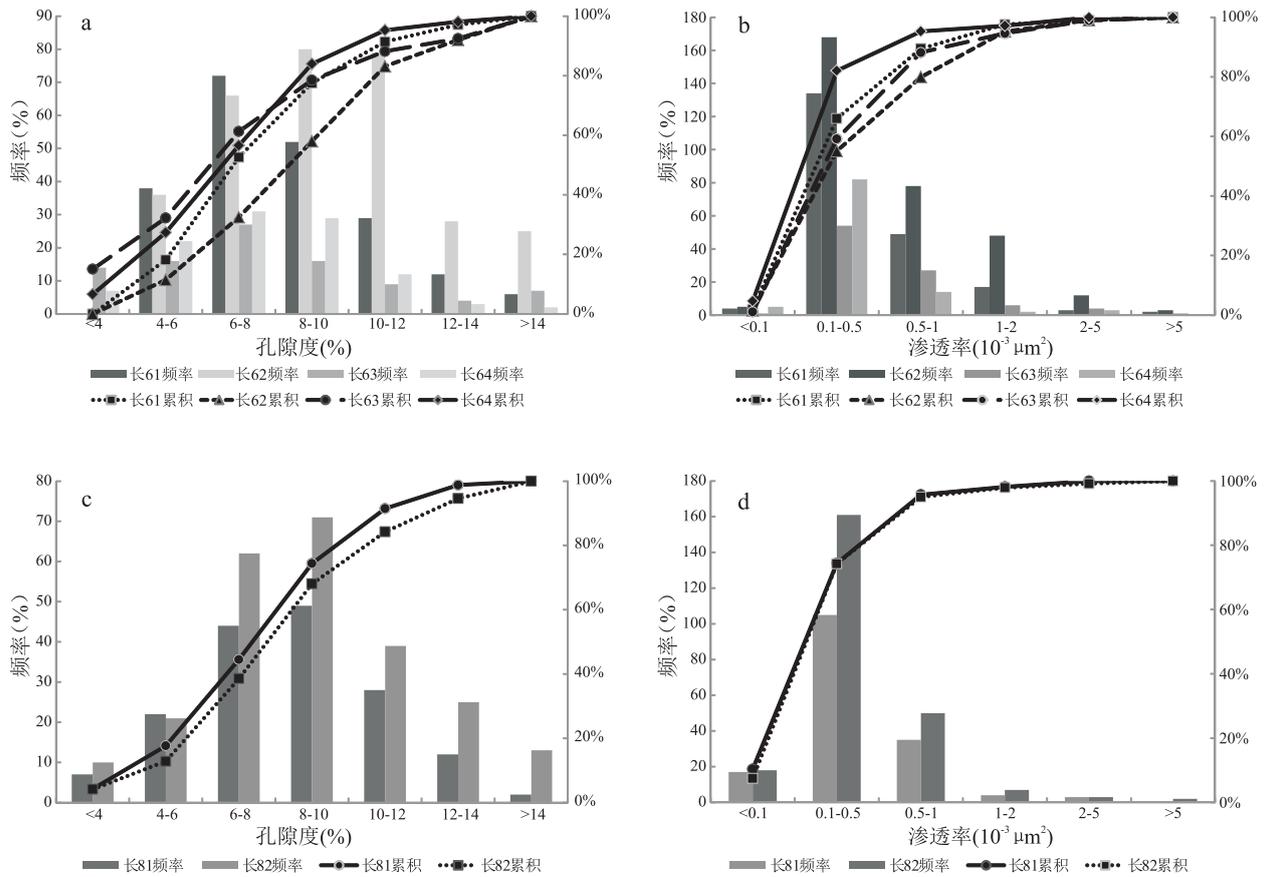


图6 富县地区长6、长8油层组孔渗分布直方图与累积曲线

a. 长6油层组孔隙度分布直方图与累积曲线; b. 长6油层组渗透率分布直方图与累积曲线; c. 长8油层组孔隙度分布直方图与累积曲线; d. 长8油层组渗透率分布直方图与累积曲线

Fig. 6 Histograms and accumulative curves showing the porosity and permeability of the Chang-6 and Chang-8 oil reservoirs in the Yanchang Formation, Fuxian region, Ordos Basin

表1 富县地区长6、长8段孔隙结构特征参数统计表

Table 1 Statistics of the diagnostic parameters for the pore structures of the Chang-6 and Chang-8 oil reservoirs in the Yanchang Formation, Fuxian region, Ordos Basin

特征参数	层位	长6油层组		长8油层组	
		范围值	平均值	范围值	平均值
排驱压力 (MPa)		0.21 ~ 3.94	2.52	0.51 ~ 1.98	1.37
中值压力 (MPa)		> P (max)	-	15.06 ~ 22.53	18.79
最大孔喉半径 (μm)		0.19 ~ 3.49	1.06	0.37 ~ 1.44	0.73
中值半径 (μm)		< r (min)	-	0.03 ~ 0.05	0.04
最大汞饱和度 (%)		20.84 ~ 61.71	39.3	18.43 ~ 62.14	42.99
退汞效率 (%)		27.80 ~ 65.51	41.48	29.38 ~ 41.52	34.91
歪度		0.79 ~ 1.57	1.18	0.85 ~ 2.51	1.58
峰态		2.59 ~ 5.38	3.8	2.73 ~ 10.59	5.58
平均孔喉半径 (μm)		0.07 ~ 1.02	0.31	0.07 ~ 0.32	0.18
均质系数		0.25 ~ 0.40	0.33	0.19 ~ 0.31	0.25
变异系数		0.52 ~ 0.90	0.69	0.73 ~ 0.93	0.82
岩性系数		0.06 ~ 1086.71	273.75	0.47 ~ 4.86	2.05
结构系数		0.002 ~ 15.63	4.34	0.75 ~ 2.24	1.32
特征结构系数		0.07 ~ 1034.51	259.92	0.54 ~ 1.82	1.18

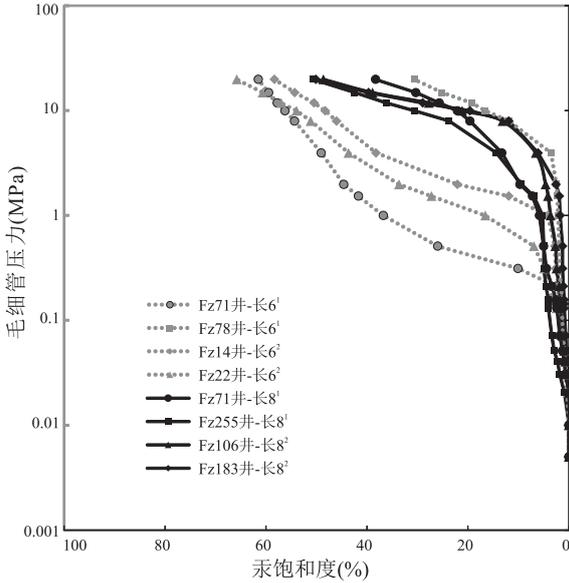


图7 富县地区长6、长8油层组小层典型压汞曲线特征

Fig. 7 Mercury injection curves for the Chang-6 and Chang-8 oil reservoirs in the Yanchang Formation, Fuxian region, Ordos Basin

表2 鄂尔多斯盆地延长组低孔渗砂岩储层孔隙结构分类表^[6]

Table 2 Classification of the pore structures of the Chang-6 and Chang-8 oil reservoirs in the Yanchang Formation, Fuxian region, Ordos Basin

类别		I	II	III	IV	V
孔隙组合		中小孔中细喉型	小孔中细喉型	小孔细喉型	细小孔微细喉型	微孔微喉型
孔隙结构参数	孔隙度(%)	>15	17.5~12.5	15.0~11.0	14.0~10.0	<10.0
	渗透率($\times 10^{-3} \mu\text{m}^2$)	>10	10~3	3.0~1.0	1.0~0.2	<0.2
	排驱压力(MPa)	<0.15	0.15~0.25	0.25~0.50	0.5~1.5	>1.5
	中值压力(MPa)	<0.15	1.0~2.5	2.0~5.0	3.0~7.5	>7.5

的砂岩,其碎屑颗粒间主要为点-线状接触,由于机械压实作用较弱,从而发育了更多残余粒间孔隙(图8c);而绿泥石膜不发育的砂岩含有较多泥质杂基,碎屑颗粒以线状接触为主,部分为凹凸接触,表明发生了较强烈的机械压实。泥岩岩屑和云母碎屑在强烈的压实作用下,发生假杂基化(图8d),因此会大量减少砂岩的原生孔隙,致使其结构更加致密。

(2) 胶结作用

胶结作用是除压实作用之外导致本区延长组砂岩孔隙度减小、渗透率降低的最大原因,胶结物含量越高,砂岩孔隙度越低。

① 碳酸盐胶结作用

研究区碳酸盐胶结物主要为方解石、白云石及铁白云石。在胶结的同时,方解石对各种碎屑矿物往往产生不同程度的交代。由于研究区方解石基

影响储层物性的另一个重要因素是砂岩粒度,粒度越粗,原始孔隙越好。富县地区长8砂岩的粒度要比长6砂岩的粒度细。总体上,长6油层组的较好储层多于长8油层组。

4.2 成岩作用

碎屑岩储层的物性不仅受沉积相控制,还受成岩作用,尤其是各种成岩产物发育及分布的控制^[7]。通过普通薄片和铸体薄片观察、扫描电镜研究和X射线衍射分析,发现研究区成岩作用类型丰富,主要包括机械压实作用、胶结作用、溶蚀作用、交代作用及破裂作用等。

本文引用黄思静(2007)的分类方案^[8],将研究区砂岩的成岩作用分为破坏性成岩作用和建设性成岩作用。

4.2.1 破坏性成岩作用

(1) 机械压实作用

研究区延长组长6段、长8段均发育机械压实作用。通过观察铸体薄片,发现大量发育绿泥石膜

基本上都是晚期形成,导致一些孔隙被充填,使孔隙度和渗透率明显下降,甚至形成钙质致密砂岩,从而成为阻止油气运移、渗流的隔层、夹层甚至是盖层,对次生孔隙具有强烈的破坏作用。

② 粘土矿物胶结作用

储层物性常由于颗粒间孔隙被自生粘土矿物充填而变差。富县地区延长组砂岩储层中自生粘土矿物以绿泥石最为发育,伊利石、伊/蒙间层矿物含量次之,高岭石含量较少。伊利石、伊/蒙间层及高岭石的胶结作用具有破坏性。充填于粒间或附着于颗粒表面的高岭石,在扫描电镜下为蠕虫状或书页状集合体。自生高岭石常充填砂岩碎屑颗粒间的溶蚀孔隙,导致物性降低(图5d)。伊利石呈丝缕状、纤维状,伊/蒙间层呈网络状、搭桥状,集合体为蜂巢状,常与绿泥石共生充填孔隙或形成薄膜包壳。伊利石和伊/蒙间层矿物常以针叶状或丝缕状

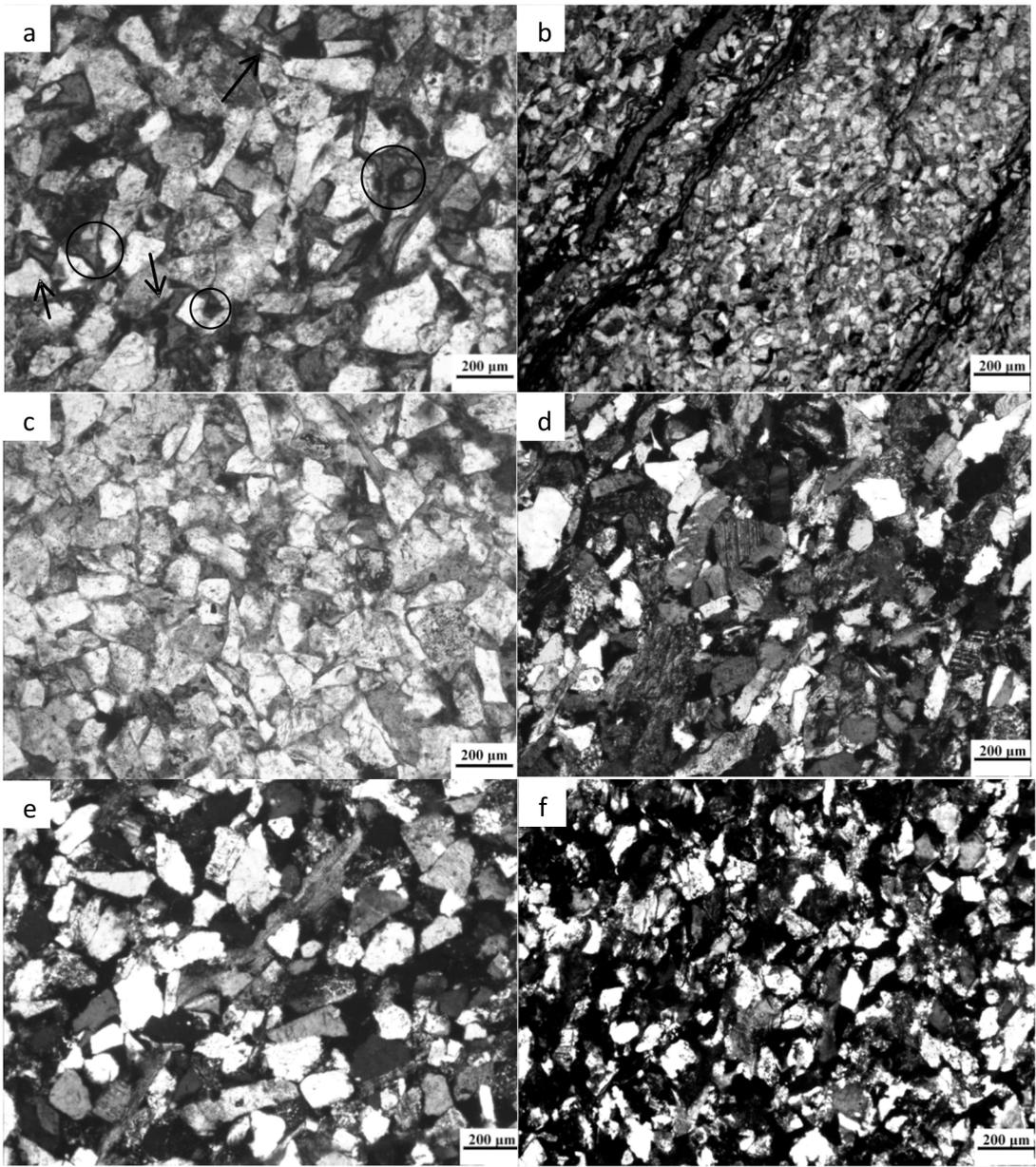


图8 富县地区延长组长6、长8油层组砂岩铸体薄片镜下照片

a. 原生残余粒间孔隙, FZ103, 长 8,624.1m(-); b. 微裂缝, FZ259, 长 8,986.1m(-); c. 残余粒间孔隙, FZ78, 长 6,792.3m(-); d. 云母变形, 挤入粒间孔隙中形成假杂基, FZ40, 长 6,750.8m(+); e. 碎屑黑云母蚀变, FZ8, 长 6,622.8m(-); f. 铁白云石交代碎屑颗粒, FZ71, 长 6,767.8m(+)

Fig. 8 Photomicrographs of the cast sections of the sandstones from the Chang-6 and Chang-8 oil reservoirs in the Yanchang Formation, Fuxian region, Ordos Basin

晶体呈桥接式堵塞喉道, 导致残余粒间孔变小, 渗透率大幅降低(图 5f)。

③硅质胶结作用

储层物性常因自生石英胶结堵塞孔隙喉道而降低。硅质胶结作用在研究区砂岩中也较为常见, 可见石英次生加大边和石英微晶, 其中石英次生加大一般为 I-II 级(图 5b)。对原生孔隙本来就小的粉砂岩和极细砂岩来说, 石英加大容易填满所有的

原生粒间孔^[9]。总体上看, 本区长 6 段砂岩硅质胶结作用较较长 8 段更强。

4.2.2 建设性成岩作用

(1) 溶蚀作用

由溶蚀作用形成的溶蚀孔隙是延长组储层的主要孔隙类型之一, 溶蚀孔隙改善储层物性, 具有建设性作用。富县地区延长组储层砂岩中, 长石易遭受溶蚀形成长石溶孔(图 5g), 酸性溶液沿长石颗

粒的解理和双晶缝等进行溶解,使得被溶蚀的长石常呈“蜂窝状”^[10],岩屑遭受溶蚀形成岩屑溶孔,常见黑云母沿解理缝溶蚀。

(2) 绿泥石胶结作用

镜下观察表明,延长组砂岩中绿泥石含量平均达5.4%。在扫描电镜下,绿泥石呈现两种形态:其一为粘土膜或包壳,多以孔隙衬边的方式产出;其二为填隙物,多为针叶状或玫瑰花状的集合体(图5c)。在成岩早期,沿着孔隙壁发育的薄膜状绿泥石胶结物会保护碎屑颗粒,阻碍其与孔隙水接触,从而保留了大部分原生粒间孔,之后可形成次生溶蚀孔隙。自生绿泥石膜通常不会堵塞孔隙,反而因为其阻碍石英的次生加大保护了原生孔隙^[11],其主要通过降低每个砂岩颗粒上单晶生长部位的数量来起到对石英胶结的抑制作用^[8]。绿泥石的大量发育亦可使喉道结构变差甚至完全堵塞,造成渗透率的极大损失。

(3) 破裂作用

对于低孔、低渗储层,裂缝能够改善物性。裂缝在一定程度上加强了岩石孔隙之间的连通状况,使孔隙组合表现为裂缝-孔隙型,增大了岩石渗透率,改善了致密储层的渗透性^[12-13]。通过铸体薄片观察(图8b)与扫描电镜分析,发现富县地区延长组储层内部裂缝较为发育的地层具有更好的孔渗性能。

4.2.3 保持性成岩作用——交代作用

交代作用在本区延长组储层砂岩中较为常见,包括碎屑颗粒的蚀变和胶结物对碎屑颗粒的交代等。砂岩薄片常见的交代现象有:碎屑黑云母蚀变(图8e)、绿泥石化(图5c)、铁白云石交代碎屑颗粒(图8f)、石英被高岭石化(图5h)等。由于交代作用过程中遵循体积保持定律和质量守恒定律,因此对岩石的孔隙度和渗透率的影响很小^[14]。

5 结论与认识

鄂尔多斯盆地富县地区延长组长6、长8段储层岩石类型主要为岩屑长石砂岩,其次为长石岩屑砂岩。长6段砂岩的成分成熟度较长8段好,长8段的分选性与磨圆度更好。孔隙类型主要有残余粒间孔隙、填隙物内微孔隙、粒间溶孔、粒内溶孔、微裂隙等。长6段砂岩的孔隙结构相对于长8段较好,属于细小孔-微细喉型,局部发育小孔-细喉型与微孔-微喉型,分选性相对较好;而长8段砂岩喉道较细,以微孔-微喉型居多,分选性较差。长6段砂

岩平均孔隙度为8.62%,平均渗透率为 $0.64 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$;长8段砂岩平均孔隙度为8.69%,平均渗透率为 $0.46 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 。富县地区长6、长8段表现出典型的低孔低渗储层特征。

成岩作用是影响富县地区长6、长8储层特征的重要因素。主要包括机械压实作用、胶结作用、溶蚀作用、交代作用及破裂作用等。总体上,富县地区储层受岩性、成岩等作用控制,机械压实作用与碳酸盐胶结作用会破坏储层的物性,使之大幅下降;而溶蚀作用、绿泥石胶结作用和破裂作用对改善砂岩储层的物性起到积极作用。

参考文献:

- [1] 郭艳琴.富县探区延长组储层微观特征研究[D].西安:西北大学,2006.
- [2] 王新民,郭彦如,付金华.鄂尔多斯盆地延长组长8段相对高孔渗砂岩储集层的控制因素分析[J].石油勘探与开发,2005,32(2):35-38.
- [3] 杨绍辉,王鹏.杨米河—青阳岔地区长4+5,长6储层特征研究[J].内蒙古石油化工,2012,4:111-112.
- [4] 赵澄林,朱筱敏.沉积岩石学(第三版)[M].北京:石油工业出版社,2001.
- [5] 朱世全,黄思静,姚鹏,等.姬塬地区上三叠统长2油层组高岭石胶结与储层评价[J].沉积与特提斯地质,2006,26(1):88-91.
- [6] 赵靖舟,吴少波,武富礼.论低渗透储层的分类与评价标准——以鄂尔多斯盆地为例[J].岩性油气藏,2007,19(3):28-31.
- [7] WORDEN R H, MATRAY J M. Carbonate cement in the Triassic Chaunoy Formation of the Paris Basin: distribution and effect on flow properties [J]. Spec. Publs int. Ass. Sediment. 1998, 26: 163-177.
- [8] 黄思静,黄培培,王庆东,等.胶结作用在深埋藏砂岩孔隙保存中的意义[J].岩性油气藏,2007,19(3):7-8.
- [9] 姜红霞,吴亚生,罗晓容,等.鄂尔多斯盆地中南部三叠系延长组8油层组成岩作用及其对储层物性的控制[J].沉积与特提斯地质,2007,27(1):54-61.
- [10] 旷红伟,刘俊奇,覃汉生,等.束鹿凹陷古近系沙河街组第三段下部储层物性及其影响因素[J].沉积与特提斯地质,2008,28(1):88-95.
- [11] STORVOLL V, BJO RLYKKEA K, KARLSENA D et al. Porosity preservation in reservoir sandstones due to grain-coating illite: a study of the Jurassic Garn Formation from the Kristin and Lavrans fields, offshore Mid-Norway [J]. Marine and Petroleum Geology, 2002,19:767-781.
- [12] 袁海科,郝世彦,张文忠.延长油田志丹西区延长组天然裂缝发育规律研究[J].西安石油大学学报(自然科学版),2009,24(5):46-49.
- [13] 强昆生,王建民,冯永春,等.鄂尔多斯盆地志丹油田永宁探

区长6储层特低渗成因及主控因素[J]. 沉积与特提斯地质, 2011, 31(2): 82-90.

[14] 周加佳, 马杨洋, 闻建, 等. 姬源地区上三叠统长2、长1储层成岩作用研究[J]. 石油化工应用, 2009, 28(9): 41-49.

Low-porosity and low-permeability hydrocarbon reservoirs and their controlling factors in the Chang-6 and Chang-8 members of the Yanchang Formation in the Fuxian region, Ordos Basin

XIONG Zhi-qiang, ZHONG Jian-hua, LI Yong, WANG Shu-bao, LIU Shao-guang
(China University of Petroleum, Qingdao 266580, Shandong, China)

Abstract: In the light of thin section examination, SEM, X-ray diffraction analysis and mercury injection analysis, the porosity and permeability and their controlling factors are explored for the hydrocarbon reservoirs in the Chang-6 and Chang-8 members of the Yanchang Formation in the Fuxian region, Ordos Basin. The hydrocarbon reservoirs in the Chang-6 and Chang-8 members of the Yanchang Formation consist dominantly of lithic feldspar sandstone and subordinately of feldspathic litharenite, which are moderately to well sorted, subangular to subrounded, and in contact cementation. The porosity types include residual intergranular pores, interstitial micropores, intergranular solution openings, intragranular solution openings and microfissures. Influenced by lithology and diagenesis, the hydrocarbon reservoirs in the Fuxian region are assigned to the low-porosity and low-permeability hydrocarbon reservoirs.

Key words: Ordos Basin; Fuxian region; Yanchang Formation; physical property