

迈陈凹陷东部涠洲组储层特征及影响因素

——以 XW6 油藏为例

陈平, 马英俊, 施琰, 成为

(中国石化 江苏油田分公司 勘探开发研究院, 江苏 扬州 225012)

摘要: 利用岩石铸体薄片鉴定、扫描电镜分析、X 射线衍射分析等测试手段, 以 XW6 油藏为例, 对北部湾盆地迈陈凹陷东部涠洲组储层的岩石学特征、物性及孔隙结构特征及影响储层物性的主控因素进行了分析。结果表明, 涠洲组储层物性总体较差, 涠二段砂岩储层颗粒较细, 分选中—差, 以中孔—中低渗—中细喉类储层为主, 储层物性相对较好; 涠三段砂岩储层颗粒较粗, 分选差, 以特低孔、低孔—超低渗、低渗—细微喉类储层为主, 储层物性相对较差。影响储层物性的因素有: 压实作用是导致储层物性变差的主要原因; 油气充注对溶蚀孔隙的形成和孔渗空间的保存起到了较好的作用; 相同埋深情况下, 沉积微相和岩石类型对储层的物性起着重要的控制作用。

关键词: 储层特征; 成岩作用; 储集空间; 溶蚀作用; 涠洲组; 迈陈凹陷; 北部湾盆地

中图分类号: TE122.2⁺3

文献标志码: A

Reservoir characteristics and influencing factors of Weizhou Formation in eastern Maichen Sag, Beibuwan Basin:

A case study of reservoir XW6

Chen Ping, Ma Yingjun, Shi Yan, Cheng Wei

(Exploration & Production Research Institute of SINOPEC Jiangsu Oilfield Company, Yangzhou, Jiangsu 225012, China)

Abstract: The lithologic characteristics, physical properties, pore structure and their controlling factors of the XW6 reservoir in the Weizhou Formation in the eastern Maichen Sag were studied based on thin section observations, scanning electron microscopy and X-ray diffraction analysis. The physical properties of the Weizhou Formation are generally poor with the second member featuring fine grain size, medium-poor sorting, medium porosity, medium-low permeability and medium-narrow throat diameters. The third member has coarse grain size, poor sorting, ultra-low porosity, super-low permeability and microthroat diameters, indicating less favorable physical properties. The controlling factors for physical properties were summarized as follows. Compaction made the physical properties of the reservoir become worse. Hydrocarbon filling was beneficial for the generation of dissolved pores and the preservation of porosity and permeability. Sedimentary micro-facies and rock type played a very important role in reservoir physical properties.

Key words: reservoir properties; diagenesis; reservoir space; dissolution; Weizhou Formation; Maichen Sag; Beibuwan Basin

迈陈凹陷位于北部湾盆地中南部雷—琼坳陷区, 北临流沙港凸起, 南靠临高一灯楼角凸起, 东接徐闻凸起。凹陷自下而上发育古新统长流组、始新统流沙港组、渐新统涠洲组、中新统下洋组、角尾组和上新统登楼角组地层^[1-3]。北部湾盆地诸凹陷

目前发现的油气藏主要集中在流沙港组, 而迈陈凹陷东部目前所发现的油气藏以涠洲组为主^[4-14]。其中以 XW6 油藏最为富集, 油气层主要分布在渐新统涠洲组三段 (E_3w_3) 和涠洲组二段 (E_3w_2) 底部, 因此以 XW6 油藏涠洲组油层为例进行储层特征及

收稿日期: 2015-03-03; 修订日期: 2015-06-28。

作者简介: 陈平 (1965—), 男, 高级工程师, 从事油气勘探地质研究。E-mail: chenp.jsyt@sinopec.com。

通信作者: 马英俊 (1964—), 女, 工程师, 从事石油地质研究。E-mail: mayj.jsyt@sinopec.com。

基金项目: 中国石化股份公司项目“北部湾盆地中部地区油气成藏条件与勘探潜力” (P14088) 和江苏石油勘探局项目“徐闻地区油气成藏综合地质研究” (JS13041) 资助。

影响因素研究,为下一步勘探、开发提供指导。

1 岩石学特征

1.1 岩矿特征

研究区渐新统涠二段以不等粒岩屑长石砂岩等为主,涠三段以含砾不等粒长石岩屑砂岩为主;岩石的结构成熟度普遍较低,涠二段岩石成分成熟度相对较高,涠三段岩石成分成熟度相对较低。碎屑颗粒分选多为差或中一差,磨圆度主要为次棱—次圆,胶结类型以接触为主(表1)。

1.2 粒度特征

根据粒度参数统计,涠洲组储层粒度参数差异较大。涠三段粒径平均值在 $0.33 \sim 5.05 \phi$,从巨砂到粉砂均有分布;标准偏差 $0.92 \sim 2.38$;偏度和峰度值的分布范围较宽分别为 $0.07 \sim 0.64$ 和 $0.78 \sim 2.01$,分选差。涠二段粒径平均值在 $2.07 \sim 4.37 \phi$,以细砂为主;标准偏差 $1.76 \sim 2.1$;偏度和峰度值的分布范围较窄,分别为 $0.45 \sim 0.60$ 和 $0.98 \sim 1.79$,分选总体中一差。

2 物性及孔隙结构特征

2.1 物性特征

研究区涠二段储层物性较好,以中孔—中低渗储层为主。17个岩心分析样品统计结果显示,孔隙度 $10\% \sim 15\%$ 的低孔储层占 23.5% ,孔隙度 $15\% \sim 25\%$ 的中孔储层占 76.5% ;渗透率小于 $1 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 的超低渗和渗透率 $(1 \sim 10) \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 的特低渗样品均占 17.6% ,渗透率 $(10 \sim 50) \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 的低渗储层占 23.6% ,渗透率 $(50 \sim 100) \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 的中渗储层占 41.2% 。

与涠二段相比,涠三段储层物性相对较差,以特低孔、低孔—超低渗、低渗储层为主。60个岩心分析样品统计中,孔隙度 $5\% \sim 10\%$ 的特低孔储层占 25% ,孔隙度 $10\% \sim 15\%$ 的低孔储层占 60% ,孔隙度 $15\% \sim 25\%$ 的中孔储层仅占 15% ,没有高孔储层发育;渗透率频率统计表现为典型的负偏态,渗透率小于 $1 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 的超低渗样品为

26.7% ,渗透率 $(1 \sim 10) \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 的特低渗和 $(10 \sim 50) \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 的低渗储层分别占 51.6% 和 16.7% ,仅有 5% 的中渗储层发育。

2.2 孔隙结构特征

根据铸体薄片分析,涠二段孔隙结构相对较好。在6个样品中,面孔率为 $3.12\% \sim 13.11\%$,平均 7.99% ;孔隙类型以粒内溶孔、原生粒间孔为主,少量铸模孔、粒间溶孔、微孔,可变断面的收缩部分是主要喉道。

涠三段铸体薄片分析结果显示,孔隙结构普遍较差。在9个分析样品中,面孔率在 $1.86\% \sim 9.56\%$ 之间,平均 4.4% ;孔隙类型以粒内溶孔、原生粒间孔、粒间溶孔为主,少量微孔。毛管压力分析结果与铸体薄片分析结果相似,在15个实验样品中,排驱压力为 $0.1161 \sim 0.8606 \text{ MPa}$;最大孔喉半径 $0.8541 \sim 7.1509 \mu\text{m}$;部分毛管压力曲线有平台(图1)。

3 影响储层物性的主要因素

研究区涠洲组储层物性总体较差,其中涠二段好于涠三段;对储层特征和影响储层物性的因素综合分析表明,储层物性与成岩作用、含油性、沉积微相及岩石类型密切相关。

3.1 成岩作用

研究区涠洲组储层主要经历的成岩作用类型有:压实、胶结和溶蚀作用。

3.1.1 压实作用

压实作用是导致研究区涠洲组储层物性变差的主要原因^[15-23]。在镜下薄片可见砂岩中颗粒由于压实作用呈点—线状接触,具定向排列;颗粒发生变形、甚至破裂,云母受压弯曲,原生孔隙缩小(图2a,b)。

由于研究区涠洲组储层结构成熟度普遍较差,成岩过程中的压实作用非常强烈,储层受埋深的影响很大,埋深越大,储层物性越差。对涠洲组储层物性与深度的相关关系分析表明(图3),储层物性随埋深的增大迅速变差,3200m以下孔隙度基本小

表1 北部湾盆地迈陈凹陷东部涠洲组储层岩矿特征

Table 1 Petrological and mineralogical characteristics of reservoirs in Weizhou Formation, eastern Maichen Sag, Beibuwan Basin

| 层位 | 碎屑含量/% | | | 隙物含量/% | 分选 | 磨圆度 | 胶结类型 | 样品数/个 |
|----------|--------------|--------------|--------------|-------------|-----|-------|-------|-------|
| | 石英 | 长石 | 岩屑 | | | | | |
| E_3w_2 | 53 ~ 73/60.2 | 15 ~ 20/18.7 | 12 ~ 27/21.2 | 3 ~ 9/6.8 | 中一差 | 次棱—次圆 | 孔隙—接触 | 8 |
| E_3w_3 | 42 ~ 67/51.9 | 7 ~ 21/14.8 | 17 ~ 48/33.2 | 5 ~ 18/10.9 | 差 | 次棱—次圆 | 孔隙—接触 | 17 |

注:表中数字意义为:最小值~最大值/平均值。

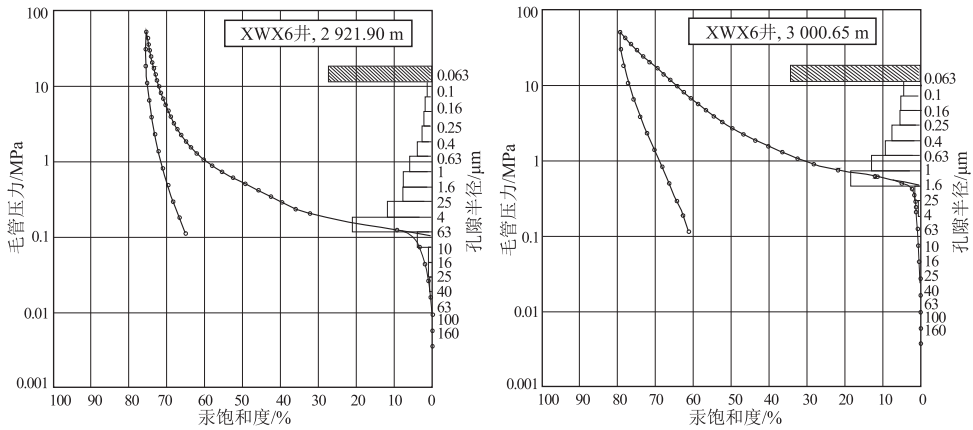


图 1 北部湾盆地迈陈凹陷东部涠洲组毛管压力曲线

Fig. 1 Mercury injection curves of Weizhou Formation in eastern Maichen Sag, Beibuwan Basin

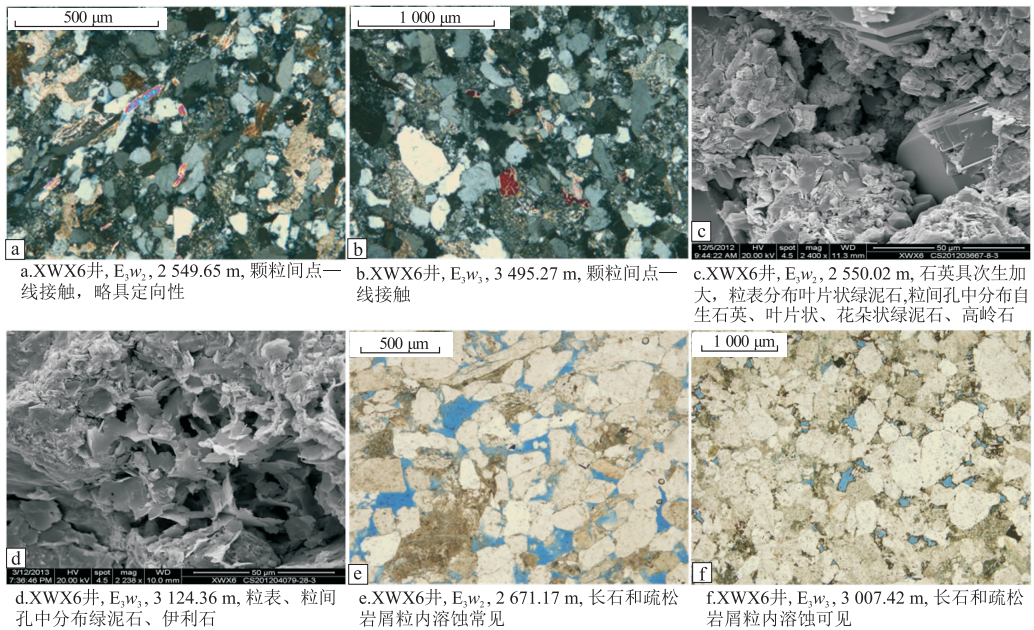


图 2 北部湾盆地迈陈凹陷东部涠洲组储层成岩作用特征

Fig. 2 Reservoir diagenetic characteristics of Weizhou Formation in eastern Maichen Sag, Beibuwan Basin

于 10%，渗透率小于 $1 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 。在储层物性总体随埋深增加而减小的情况下，各深度段孔渗都有一定的分布区间，这种现象在埋深 3 000 m 以上变化比较明显，其孔隙度分布在 10% ~ 23% 左右，渗透率分布在 $(0.1 \sim 100) \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 之间，说明除压实作用外，还有其他因素对储层物性产生重要影响。

3.1.2 胶结作用

研究区涠洲组储层胶结物的成分以碳酸盐为主，硅质、黏土矿物次之，碳酸盐胶结物主要为方解石、白云石。据碳酸盐含量与孔、渗的关系图（图 4），碳酸盐含量的高低对物性基本无影响。硅质胶结主要表现为石英的次生加大，石英生长于孔隙之中，缩小了储集空间；黏土矿物有伊利石、高岭石、绿泥石等，分布于粒间孔及孔喉表面，在一定程

度上也影响了储层的储集性能（图 2c, d）。

3.1.3 溶蚀作用

从镜下薄片、扫描电镜等观察，涠洲组储层的溶蚀作用主要表现为碎屑颗粒的溶蚀，长石和岩屑的粒内溶蚀最为常见，是形成次生孔隙的主要原因。溶蚀作用的发生与酸性水介质密切相关，一般情况下在有油气充注时溶蚀作用更发育（图 2e, f）。

3.2 油气充注

油气充注过程中会产生大量的酸性水，可以对储层形成溶蚀，充注后又可以抑制成岩作用，保留较好的孔渗空间^[24-25]。从涠三段分析结果来看，油迹和非含油砂岩的储层孔隙度没有明显差异，而油斑砂岩的孔隙度明显高于油迹和非含油的砂岩（图 5），说明含油性越好，储层物性越好，油气充注

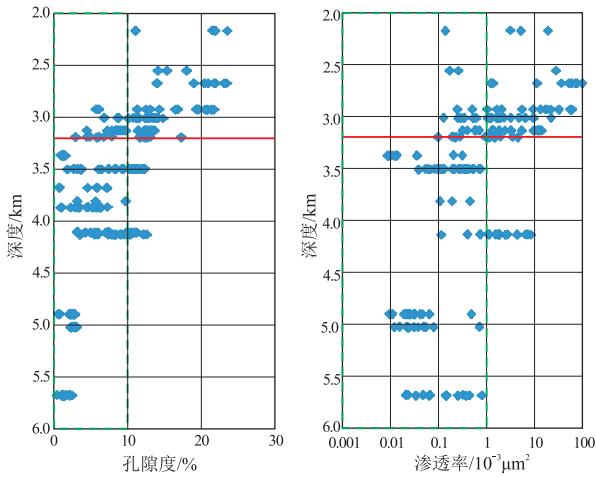


图 3 北部湾盆地迈陈凹陷东部涠洲组储层物性与深度关系

Fig. 3 Correlation between reservoir physical properties and depth of Weizhou Formation in eastern Maichen Sag, Beibuwan Basin

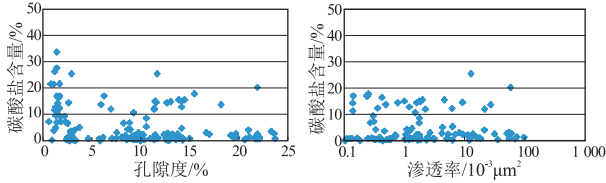


图 4 北部湾盆地迈陈凹陷东部涠洲组储层物性与碳酸盐含量关系

Fig. 4 Correlation between reservoir physical properties and carbonate content of Weizhou Formation in eastern Maichen Sag, Beibuwan Basin

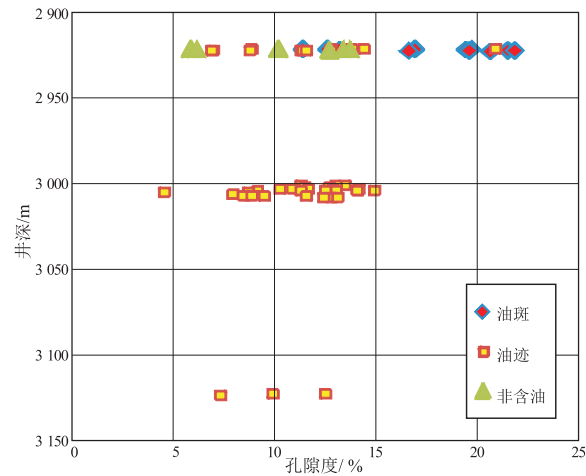


图 5 北部湾盆地迈陈凹陷东部 XW6 油藏涠洲组储层含油性孔隙度关系

Fig. 5 Correlation between oil content and porosity of XW6 oil reservoir in eastern Maichen Sag, Beibuwan Basin

对溶蚀孔隙的形成和储渗空间的保存起到了较好的作用。

油气充注对成岩作用的抑制在 XW6 井沉积岩黏土矿物 X 衍射定量分析中表现特别典型，

2 920.95 ~ 2 922.03 m (E_3w_3) 是本井油气显示最好、试油产量最高的井段。该井段油斑含砾砂岩黏土矿物中伊蒙混层的蒙脱石所占比例 (% S) 高达 75% ~ 90%，其上下岩性相似，含油性差或不含油的井段黏土矿物中 % S 为 20%，说明油气充注使酸性环境得以保持，I/S 混层中 S 含量基本没有转化 (表 2)。

3.3 沉积微相和岩石类型

相同埋深情况下，沉积微相和岩石类型对研究区涠洲组储层的物性起着重要的控制作用。研究区涠洲组储层主要有砾岩、含砾砂岩、细砂岩、粉砂岩等 4 种岩石类型。不同岩石类型与储层孔隙度相关关系分析表明，相同埋深条件下，含砾砂岩与细砂岩类储层孔隙度最好，粉砂岩类次之，砾岩类最差 (图 6)。

选择分析样品相对较多的 XWX6 井，利用粉末粒度定量分析结果，分别对涠二段、涠三段平均粒径与储层孔隙度进行相关关系分析。结果显示，涠二段平均粒径与孔隙度之间有一定的正相关关系；涠三段平均粒径与孔隙度之间的相关性不好，其中平均粒径 1 ~ 3 ϕ 之间储层孔隙度相对较好 (图 6)。

岩石类型主要由沉积微相控制。涠二段储层主要为三角洲前缘水下分支河道砂体，储层粒径越大、储层物性越好，所以相同埋深情况下，沉积时水动力强，沉积颗粒粗的相带是涠二段储层发育的有利区带。涠三段储层主要为扇三角洲平原、前缘水道砂砾岩体，粗碎屑砾岩分选差，成岩作用强，储层物性差，分选相对较好的含砾砂岩和细砂岩类成岩

表 2 北部湾盆地迈陈凹陷东部 XWX6 井涠洲组储层黏土矿物 X 衍射定量分析统计

Table 2 Quantitative statistics of X-ray diffraction of clay minerals of XW6 reservoir in eastern Maichen Sag, Beibuwan Basin

| 深度/m | 层位 | 岩性或样品类型 | 黏土矿物相对含量/% | | | | |
|----------|----------|----------------|------------|-----|----|----|----|
| | | | % S | I/S | I | K | C |
| 2 669.44 | E_3w_2 | 灰色细砂岩 | 37 | 20 | 7 | 5 | 51 |
| 2 670.79 | E_3w_2 | 灰色细砂岩 | 20 | 6 | 4 | 60 | 30 |
| 2 920.95 | E_3w_2 | 棕褐色油斑含砾细砂岩 | 85 | 26 | 7 | 58 | 9 |
| 2 921.05 | E_3w_2 | 棕褐色油斑含砾细砂岩(含油) | 90 | 51 | 5 | 37 | 7 |
| 2 921.16 | E_3w_2 | 灰褐色油迹含砾细砂岩 | 80 | 25 | 9 | 60 | 6 |
| 2 921.59 | E_3w_3 | 棕褐色油斑含砾细砂岩 | 90 | 44 | 11 | 36 | 9 |
| 2 922.03 | E_3w_3 | 棕褐色油斑含砾细砂岩 | 75 | 8 | 7 | 80 | 5 |
| 3 000.53 | E_3w_3 | 灰褐色油迹含砾细砂岩 | 20 | 36 | 31 | 17 | 16 |
| 3 003.26 | E_3w_3 | 灰褐色油迹含砾细砂岩 | 20 | 27 | 41 | 11 | 21 |
| 3 006.06 | E_3w_3 | 灰褐色含砾细砂岩 | 20 | 46 | 30 | 8 | 16 |
| 3 007.42 | E_3w_3 | 灰褐色油迹含砾细砂岩 | 20 | 38 | 30 | 15 | 17 |
| 3 123.72 | E_3w_3 | 深灰色油迹含砾细砂岩 | 20 | 34 | 45 | 5 | 16 |
| 3 124.36 | E_3w_3 | 深灰色油迹细砂岩 | 20 | 29 | 41 | 5 | 25 |

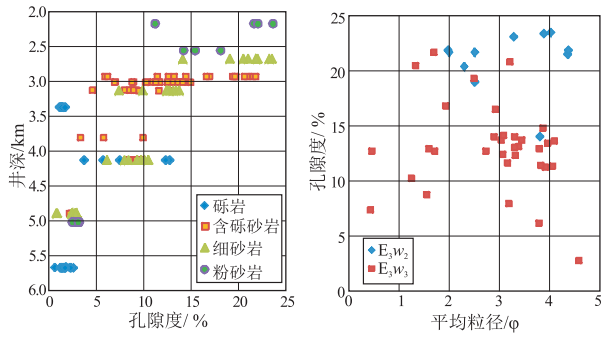


图 6 北部湾盆地迈陈凹陷东部涠洲组储层岩石类型、平均粒径与孔隙度关系

Fig. 6 Correlation between rock types, average grain size and porosity of Weizhou Formation in eastern Maichen Sag, Beibuwan Basin

作用相对较弱,储层物性相对较好。因此扇三角洲平原、前缘的相对细的相带是涠三段储层发育的有利相带。

4 结论

(1) 迈陈凹陷东部涠二段储层以不等粒岩屑长石砂岩为主,涠三段储层以含砾不等粒长石岩屑砂岩为主。

(2) 涠二段以中孔—中低渗—中细喉类储层为主,储集空间主要为粒内溶孔、原生粒间孔,储层物性较好;涠三段以特低孔、低孔—超低渗、低渗—细微喉类储层为主,储集空间主要为粒内溶孔、原生粒间孔、粒间溶孔,储层物性相对较差。

(3) 涠洲组储层物性与成岩作用、含油性、沉积微相及岩石类型密切相关。压实作用是导致储层物性变差的主要原因;油气充注对溶蚀孔隙的形成和储渗空间的保存起到了较好的作用;相同埋深情况下,沉积微相和岩石类型对储层的物性起着重要的控制作用。

参考文献:

[1] 陈伟,刘宏宇,侯峰,等. 迈陈凹陷东部构造特征及其对油气成藏的影响[J]. 复杂油气藏,2013,6(1):17-21.
Chen Wei, Liu Hongyu, Hou Feng, et al. Tectonic characteristics and their impacts on hydrocarbon accumulation in Eastern Maichen Sag[J]. Complex Hydrocarbon Reservoirs, 2013, 6(1): 17-21.

[2] 陈长征,陈伟,吴峰,等. 北部湾盆地迈陈凹陷东部构造物理模拟研究[J]. 石油实验地质,2014,36(4):516-522.
Chen Changzheng, Chen Wei, Wu Feng, et al. Structural physical simulation research of eastern Maichen Sag, Beibuwan Basin[J]. Petroleum Geology & Experiment, 2014, 36(4): 516-522.

[3] 张佰涛,唐金炎,王文军,等. 北部湾盆地北部坳陷构造—沉积特征及其演化[J]. 海洋石油,2014,34(2):7-12.
Zhang Baitao, Tang Jinyan, Wang Wenjun, et al. Characteristics

of tectonic sedimentary evolution in northern depression of Beibuwan Basin[J]. Offshore Oil, 2014, 34(2): 7-12.

[4] 胡望水,吴婵,梁建设,等. 北部湾盆地构造迁移特征及对油气成藏的影响[J]. 石油与天然气地质,2011,32(6):920-927.
Hu Wangshui, Wu Chan, Liang Jianshe, et al. Tectonic transport characteristics and their influences on hydrocarbon accumulation in Beibuwan Basin[J]. Oil & Gas Geology, 2011, 32(6): 920-927.

[5] 李春荣,张功成,梁建设,等. 北部湾盆地断裂构造特征及其对油气的控制作用[J]. 石油学报,2012,33(2):195-203.
Li Chunrong, Zhang Gongcheng, Liang Jianshe, et al. Characteristics of fault structure and its control on hydrocarbons in the Beibuwan Basin[J]. Acta Petrolei Sinica, 2012, 33(2): 195-203.

[6] 李媛,王华,刘恩涛,等. 北部湾盆地福山凹陷层序地层格架下油气藏分布规律与控制因素[J]. 中南大学学报:自然科学版,2014,45(5):1542-1554.
Li Yuan, Wang Hua, Liu Entao, et al. Distribution regularities and control factors for reservoir formation within sequence stratigraphic framework in Fushan Sag, Beibuwan Basin[J]. Journal of Central South University: Science and Technology, 2014, 45(5): 1542-1554.

[7] 宋刚练,席敏红,张萍,等. 北部湾盆地涠西南凹陷油气成藏特征研究[J]. 地质与勘探,2012,48(2):415-420.
Song Ganglian, Xi Minhong, Zhang Ping, et al. Hydrocarbon accumulation characteristics in the Weixinan Sag, Beibu Gulf Basin[J]. Geology and Exploration, 2012, 48(2): 415-420.

[8] 杨海长,梁建设,胡望水. 乌石凹陷构造特征及其对油气成藏的影响[J]. 西南石油大学学报:自然科学版,2011,33(3):41-46.
Yang Haizhang, Liang Jianshe, Hu Wangshui. Structural features and impacts on hydrocarbon accumulation in Wushi Sag[J]. Journal of Southwest Petroleum University: Science & Technology Edition, 2011, 33(3): 41-46.

[9] 袁冰,杨希冰,张迎朝. 源下油气成藏主控因素与成藏模式:以北部湾盆地乌石凹陷乌石 17X 下始新统流沙港组三段油藏为例[J]. 科学技术与工程,2014,14(30):23-27.
Yuan Bing, Yang Xibing, Zhang Yingchao. Main Controlling factor of hydrocarbon accumulation under source rock and pool-forming pattern: a case study of the field of early Eocene third member of Liushagang Formation in Wushi Sag, Beibu Gulf Basin [J]. Science Technology and Engineering, 2014, 14(30): 23-27.

[10] 龚晓峰,何家雄,刘菊,等. 南海北部北部湾盆地迈陈凹陷中南部 X 井油气成藏地质条件[J]. 海洋地质前沿,2014,30(4):7-13.
Gong Xiaofeng, He Jiaxiong, Liu Ju, et al. Geological conditions for hydrocarbon accumulation: a case from well X in southern central part of Maichen Sag of Beibuwan Basin [J]. Marine Geology Frontiers, 2014, 30(4): 7-13.

[11] 陈善斌,甘华军,时阳,等. 北部湾盆地福山凹陷烃源岩地球化学特征及地质意义[J]. 油气地质与采收率,2015,22(1):14-19,25.
Chen Shanbin, Gan Huajun, Shi Yang, et al. Geochemical features and geologic significance of source rocks in Fushan sag, Beibuwan Basin[J]. Petroleum Geology and Recovery Efficiency, 2015,

- 22(1):14-19,25.
- [12] 王苗,黄传炎,左宗鑫,等. 同沉积生长断层的控砂作用研究:以北部湾福山凹陷永安—白莲地区流沙港组一段为例[J]. 石油实验地质,2014,36(2):194-199.
Wang Miao, Huang Chuanyan, Zuo Zongxin, et al. Controls of syndimentary faults on sedimentary filling of 1st member of Liushagang Formation in Yong'an-Bailian areas in Fushan Sag, Beibuwan Basin [J]. Petroleum Geology & Experiment, 2014, 36(2):194-199.
- [13] 范蕊,李水福,何生,等. 涠西南凹陷烃源岩地球化学特征及油源对比[J]. 石油实验地质,2014,36(2):238-244.
Fan Rui, Li Shuifu, He Sheng, et al. Geochemical characteristics of source rocks and oil-source correlation in Weixinan Sag, Beibuwan Basin [J]. Petroleum Geology & Experiment, 2014, 36(2):238-244.
- [14] 岳绍飞,刘杰,马丽娜,等. 福山凹陷流沙港组三段储层四性关系及有效厚度下限标准[J]. 油气地质与采收率, 2013, 20(4):42-45.
Yue Shaofei, Liu Jie, Ma Lina, et al. Study on reservoir four-property relations and effective thickness lower limit in third member of Liushagang formation, Fushan sag [J]. Petroleum Geology and Recovery Efficiency, 2013, 20(4):42-45.
- [15] 陈刚,林良彪,王威,等. 元坝地区须家河组砂岩成岩作用与孔隙演化[J]. 石油实验地质,2014,36(4):405-410,415.
Chen Gang, Lin Liangbiao, Wang Wei, et al. Diagenesis and porosity evolution of sandstones in Xujiahe Formation, Yuanba area [J]. Petroleum Geology & Experiment, 2014, 36(4):405-410,415.
- [16] 周晓峰,牛小兵,王建国,等. 陇东油区长8含油砂岩成岩过程中的孔隙度演化[J]. 科技导报,2014,32(12):41-47.
Zhou Xiaofeng, Niu Xiaobing, Wang Jianguo, et al. Porosity evolution during diagenesis of oil-bearing sandstone in Chang 8 of Longdong oil-producing region [J]. Science & Technology Review, 2014, 32(12):41-47.
- [17] 刘杰,孙美静,岳绍飞,等. 福山凹陷花场—白莲地区流沙港组成岩作用及储层物性影响因素[J]. 油气地质与采收率, 2013, 20(2):21-24, 29.
Liu Jie, Sun Meijing, Yue Shaofei, et al. Analysis of diagenesis and major controlling factors on reservoir quality of the Liushagang formation in Huachang-Bailian area, Fushan depression, Beibuwan basin [J]. Petroleum Geology and Recovery Efficiency, 2013, 20(2):21-24, 29.
- [18] 尤丽,李伟,李才,等. 琼东南盆地宝岛区深埋藏储层物性主控因素[J]. 特种油气藏,2014,21(3):37-40.
You Li, Li Wei, Li Cai, et al. Main factors affecting physical properties of deep burial reservoir in Baodao area of Southeast Hainan Basin [J]. Special Oil & Gas Reservoirs, 2014, 21(3):37-40.
- [19] 高永利,王勇,孙卫. 姬塬地区长4+5低渗储层成岩作用与孔隙演化[J]. 特种油气藏,2014,21(1):68-72.
Gao Yongli, Wang Yong, Sun Wei. Diagenesis and pore evolution process of Chang4+5 low permeability reservoir in Jiyuan area [J]. Special Oil & Gas Reservoirs, 2014, 21(1):68-72.
- [20] 黄方方,丁晓琪,万友利,等. 张家垛油田阜三段储层成岩作用[J]. 断块油气田,2013,20(2):150-153.
Huang Fangfang, Ding Xiaoqi, Wan Youli, et al. Diagenesis of Fu 3 Member reservoir in Zhangjiaduo Oilfield [J]. Fault-Block Oil & Gas Field, 2013, 20(2):150-153.
- [21] 钟大康,漆立新,云露,等. 塔里木盆地塔河油田石炭系卡拉沙依组砂岩储层特征与物性控制因素[J]. 地球科学与环境学报,2013,35(1):48-55.
Zhong Dakang, Qi Lixin, Yun Lu, et al. Reservoir characteristics and controlling factors on physical properties of sandstones in Kalashayi Formation of Carboniferous from Tahe Oilfield of Tarim Basin [J]. Journal of Earth Sciences and Environment, 2013, 35(1):48-55.
- [22] 朱毅秀,杨程宇,陈明鑫,等. 安塞油田杏河区长6储层成岩作用及对孔隙的影响[J]. 特种油气藏,2013,20(3):51-55.
Zhu Yixiu, Yang Chengyu, Chen Mingxin, et al. Diagenesis of chang 6 reservoirs of Xinghe area in Ansai Oilfield and its influence on reservoir pores [J]. Special Oil & Gas Reservoirs, 2013, 20(3):51-55.
- [23] 吕成福,陈国俊,张功成,等. 珠江口盆地白云凹陷珠海组碎屑岩储层特征及成因机制[J]. 中南大学学报:自然科学版, 2011, 42(9):2763-2773.
Lü Chengfu, Chen Guojun, Zhang Gongcheng, et al. Reservoir characteristics of detrital sandstones in Zhuhai formation of Baiyun sag, Pearl River Mouth Basin [J]. Journal of Central South University: Science and Technology, 2011, 42(9):2763-2773.
- [24] 操应长,陈林,王艳忠,等. 东营凹陷民丰北带古近系沙三段成岩演化及其对储层物性的影响[J]. 中国石油大学学报:自然科学版,2011,35(5):6-13.
Cao Yingchang, Chen Lin, Wang Yanzhong, et al. Diagenetic evolution of Es₃ reservoir and its influence on property in the northern Minfeng sub-sag of Dongying sag [J]. Journal of China University of Petroleum: Edition of Natural Science, 2011, 35(5):6-13.
- [25] 宋国奇,刘鹏,刘雅利. 渤南洼陷沙河街组四段下亚段成岩作用与储层孔隙演化[J]. 沉积学报,2014,32(5):941-948.
Song Guoqi, Liu Peng, Liu Yali. Diagenesis and reservoir porosity evolution of the lower section of the 4th member of Shahejie Formation in Bonan Sag [J]. Acta Sedimentologica Sinica, 2014, 32(5):941-948.

(编辑 黄娟)