

文章编号:0253-9985(2012)02-0159-07

## 鄂南镇泾地区延长组油气富集主控因素及勘探方向

尹伟<sup>1</sup>,郑和荣<sup>1</sup>,胡宗全<sup>1</sup>,刘震<sup>2</sup>,商晓飞<sup>2</sup>

(1. 中国石化石油勘探开发研究院,北京 100083; 2. 中国石油大学 地球科学学院,北京 102249)

**摘要:**通过对已发现油气与有利相带、局部构造、断裂及裂缝分布等关系的分析,结合试油资料与砂体厚度、储层物性与录井显示关系的统计分析,开展了油气富集主控因素研究,提出了本区延长组油气富集“三元主控”的地质新认识——有利相带、局部构造背景、断裂及裂缝共同控制油气富集;油气主要富集在三角洲前缘水下分流河道砂体中;北西-南东宽缓鼻状构造高部位是油气富集区;垂直缝及高角度斜交缝是研究区延长组主要的有效裂缝。断裂及裂缝控制油气富集。长6和长8已发现油藏和规模储量主要分布在断距较大的F<sub>2</sub>和F<sub>3</sub>断裂带的附近。并指出了下步勘探的有利方向,即区块东南部局部鼻状构造、断裂及裂缝发育带和三角洲前缘水下分流主河道砂体叠置区是该区油气最富集的地区。

**关键词:**断裂;有利相带;构造背景;油气富集;延长组;三叠系;镇泾地区;鄂尔多斯盆地

中图分类号:TE122.1

文献标识码:A

## Main factors controlling hydrocarbon accumulation and favorable exploration targets for the Yanchang Formation in Zhenjing area, south Ordos Basin

Yin Wei<sup>1</sup>, Zheng Herong<sup>1</sup>, Hu Zongquan<sup>1</sup>, Liu Zhen<sup>2</sup> and Shang Xiaofei<sup>2</sup>

(1. SINOPEC Exploration &amp; Production Research Institute, Beijing 100083, China; 2. China University of Petroleum, Beijing 102249)

**Abstract:** Through analyzing the relations between petroleum discoveries and distributions of the favorable facies zones, local structures, faults and fractures, this paper studied the main factors controlling hydrocarbon accumulation in combination with statistical analysis of the relationship between formation test data and sand thickness, reservoir property and logging data. The results show that favorable sedimentary microfacies zones, local structural setting, and faults & fractures are the three major factors controlling hydrocarbon accumulation. Hydrocarbon mainly accumulate in the underwater distributary channel sands of the delta front. The high of NW-SE-trending broad nose structure is the favorable place for hydrocarbon accumulation. The vertical and high-angle heterotropic fractures are the main effective fractures in the study area. Faults and fractures control hydrocarbon accumulation. The discovered pools with a great amount of reserves are mainly distributed near the F<sub>2</sub> and F<sub>3</sub> fault zones with large fault displacement. The sandbodies of underwater distributary channel subfacies with well-developed faults and fractures in the local nose structures in the southeastern part of the study area are the most favorable targets for further exploration.

**Key words:** fault, favorable facies zone, tectonic setting, hydrocarbon accumulation, Yanchang Formation, Triassic, Zhenjing area, Ordos Basin

镇泾区块(简称镇泾地区)位于鄂尔多斯盆地西南部,天环坳陷的南部,为一近西倾单斜,构造平缓,面积为2 515.68 km<sup>2</sup>。与中国石油西峰油田紧

邻,具有相似的成藏背景<sup>[1-2]</sup>。三叠纪延长期鄂尔多斯盆地湖盆面积大,烃源岩广泛发育,生烃条件良好<sup>[1]</sup>,镇泾地区位于或紧临生烃中心,区内烃源

收稿日期:2011-06-05;修订日期:2012-02-29。

第一作者简介:尹伟(1972—),男,博士、副研究员,油气成藏。

基金项目:国家油气重大专项(2008ZX05002);中国石化科技部项目(P09014)。



性油藏,已初步形成了多层勘探的良好局面<sup>①</sup>。延长组主要目的层为长6、长8油层组,中生界资源丰度为 $22.85 \times 10^4 \text{ t/km}^2$ ,资源探明率仅5.55%。

由此可见,镇泾地区延长组资源潜力大,但资源丰度低,油气富集规律难以把握,严重制约着该区的勘探发现。因此,在前人大量研究成果基础上,开展油气富集主控因素研究,明确油气富集区对该区提高勘探效果具有重要的意义。

## 1 水下分流河道砂体控制延长组油气富集

有利沉积相带和优质储层是石油成藏富集的基础。沉积相分析表明,镇泾地区延长组主要为辫状河三角洲前缘沉积<sup>[4]</sup>。三角洲前缘水下分流河道砂体是延长组油藏形成和分布的主要部位,这是由于在河道位置砂体发育规模大,物性好,因而含油性好;而在河道间部位砂体减薄甚至尖灭,岩性变细,物性变差,非均质性增强,泥质成分增多,因而含油性变差<sup>[5]</sup>。长8<sup>1</sup>亚油层组是镇泾地区近几年新发现的一个主力含油层系,勘探效果好。沉积微相研究结果表明,长8<sup>1</sup>亚油层组主要发育4个三角洲前缘水下分流河道砂体(代家坪河道、中原河道、川口河道、何家坪河道),每个砂体为多期水下分流河道叠加,砂体厚度大,分布稳定,最厚处达35 m,主体厚度为12~20 m(图2);长6油层组也发育多期水下分流河道砂体<sup>[5]</sup>。有利沉积微相控制有利储层分布,水下分流河道砂体厚度大,储层物性好,构成了油气富集的良好储集空间<sup>[6]</sup>,并得到勘探实践的证实。目前已见工业油流井(包括探井和评价井)均位于水下分流河道砂体中(图2)。另外,长6油层组和长9油层组已见的工业油流井同样均分布在水下分流河道砂体中。

镇泾区块长8<sup>1</sup>已钻井油气显示与砂体厚度分布统计结果表明,油流井砂体厚度大,进一步证明水下分流河道主体油气更富集(图3a)。镇泾区块延长组录井油气显示与物性统计关系表明,油浸显示样品储层物性普遍好于油斑,油斑显示样品储层物性普遍好于油迹(图3b)。具体而言,油

气显示达到油浸以上,储层物性必须满足此下限:孔隙度( $\Phi$ ) $\geq 7\%$ ,渗透率( $K$ ) $\geq 0.14 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 。这充分说明了有利相带控制储层物性,储层物性控制油气富集。

## 2 局部构造背景控制延长组油气富集

关于镇泾地区油气成藏机制及成藏主控因素前人开展了大量研究工作<sup>[7-12]</sup>。镇泾地区总体上构造背景为一近西倾单斜,构造平缓,但局部发育鼻状构造。从镇泾地区长8油组顶面构造图(图2)上不难看出,沿红河9井—红河7井—红河10井—红河2井—红河103井—红河39井一线发育一个宽缓鼻状构造。该鼻状构造与北东方向主河道呈斜交关系,是油气运聚指向区,从而控制镇泾地区局部油气富集高产。目前已发现的工业油流井(包括探井和评价井),除红河1、镇探1井区外,主要分布在该鼻状构造的高部位。高部位的镇泾5井区长8<sup>1</sup>油气富集(图2),探明储量丰度为 $39.7 \times 10^4 \text{ t/km}^2$ ,也证实了这一点。勘探实践表明,镇泾地区延长组主要为岩性油藏,有利相带控制油气分布,但局部鼻状隆起构造具有明显的油气富集作用,控制着油气富集高产。此外,长6油层组底面沿红河9井—红河7井—红河10井—红河2井—红河103井一线也发育一个宽缓鼻状构造。该鼻状构造与河道方向呈交割关系,同样也控制着油气后期调整运移方向,从而控制长6油层组油气富集部位。目前已发现的油气主要分布在该鼻状构造的高部位,也证实了这一点<sup>②</sup>。

## 3 断裂及裂缝控制延长组油气富集

与常规储层相比,低孔特低渗透储层一个突出特征就是微裂缝发育。本次研究发现,无论是现场岩心观察还是地震剖面上,均表明本区延长组储层断裂及裂缝发育,且主要以高角度裂缝为主,裂缝无充填或充填少量的方解石,部分裂缝还保留有石油运移后的痕迹(图4)。从而证明裂缝是石油运移的良好通道,前人研究成果也证实了

① 周荔青. 鄂尔多期盆地中石化探区资源潜力与勘探开发需求. 交流多媒体, 2010.

② 郑和学. 中西部重点碎屑岩领域油气富集规律与分布预测. 十一五成果报告, 2100.

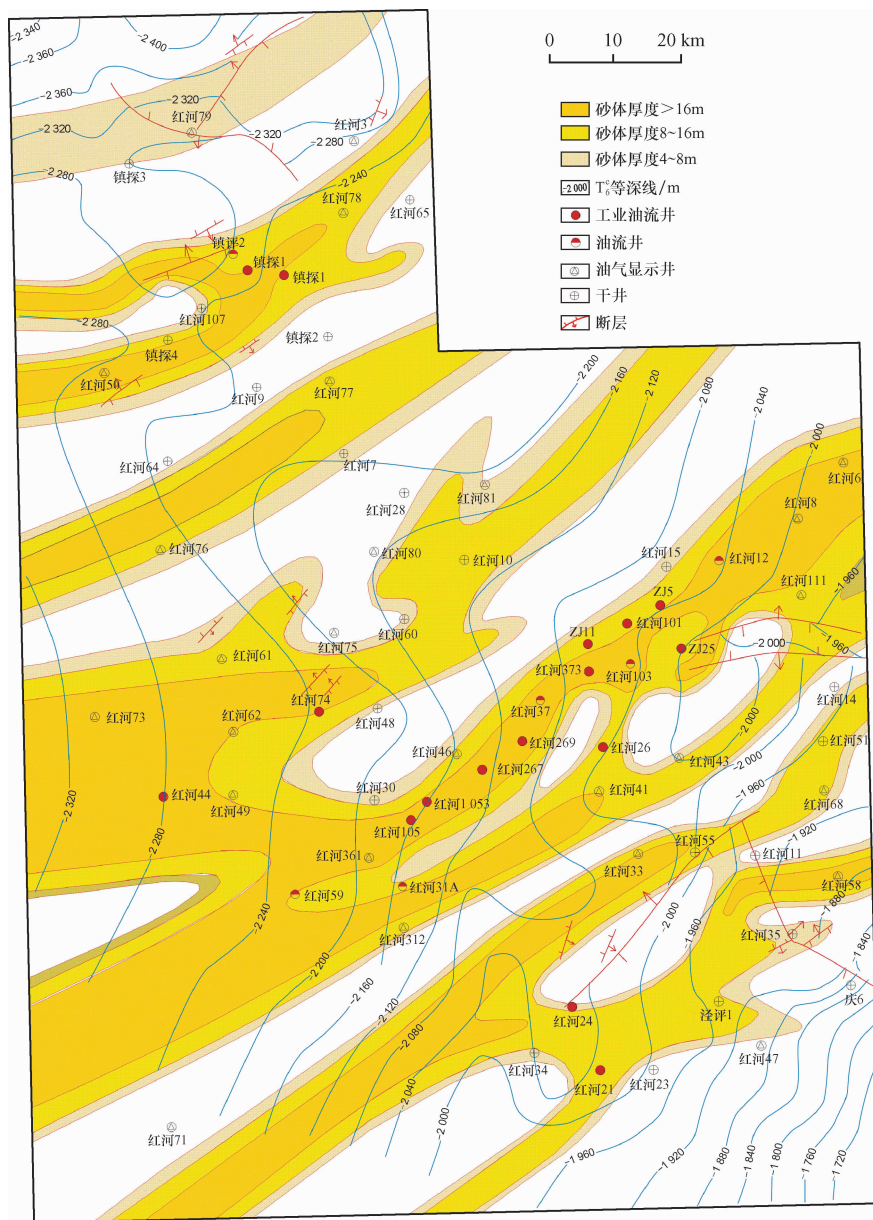


图2 镇泾地区长8<sup>1</sup>亚油层组工业油流井与长8顶构造、长8<sup>1</sup>砂体分布叠合图

Fig. 2 Stacking chart showing wells with commercial oil flow, top structure and sands distribution in the 8<sup>th</sup> member of Yanchang Formation in Zhenjing area

这一点<sup>[13-14]</sup>。延长组以构造成因裂缝为主,其次为成岩网状裂缝和由于地层隆升造成的卸载裂缝,成岩网状裂缝和地层隆升造成的卸载裂缝主要为近水平或低角度的无效裂缝,对储集性能所起的作用甚微,因此,构造成因的高角度裂缝是延长组的有效裂缝<sup>[15]</sup>。垂直缝及高角度斜交缝是本区延长组主要的有效裂缝,裂缝延伸长度大且无充填或充填少量的方解石,地层中的裂缝发育明显呈带状分布,集中分布于构造轴线、高点、构造鼻隆等变形大的部位,且正向构造叠加次数多的

区域发育裂缝<sup>[16]</sup>。本区鼻状构造高部位应力集中,微裂缝发育<sup>[15-16]</sup>,微裂缝大大改善了储层的物性,具有局部富集油气的作用。

通过对地震剖面的分析和解释,识别出了多条近垂直的断裂带(图4)。对比各个断裂带的断距、形态等特征,结合区域应力背景,在长8、长6油层组底面上进行平面断裂带组合,大致发现存在3条主要的北东向断裂带,周围发育一些小规模的次级断层(裂缝),这些断裂及裂缝形成于印支和燕山期挤压走滑构造背景<sup>[17-18]</sup>。其中,东侧

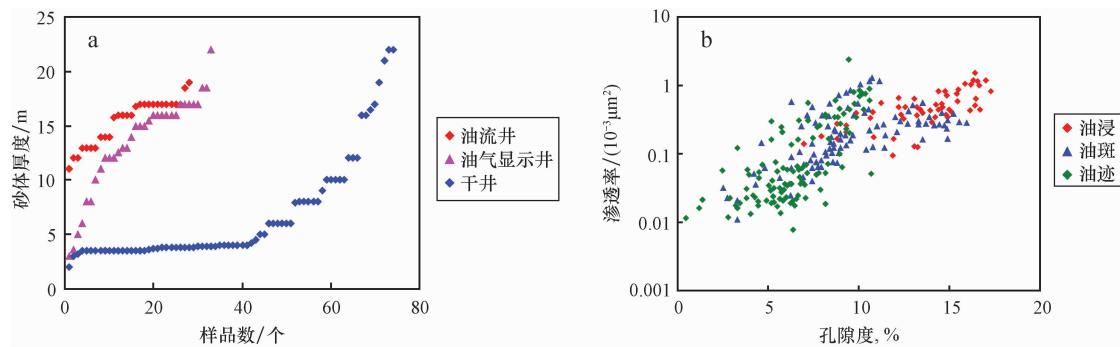


图3 镇泾地区油气显示与砂体厚度、储层物性统计关系

Fig. 3 Statistical relation between oil shows, sand thickness and reservoir physical property in Zhenjing area

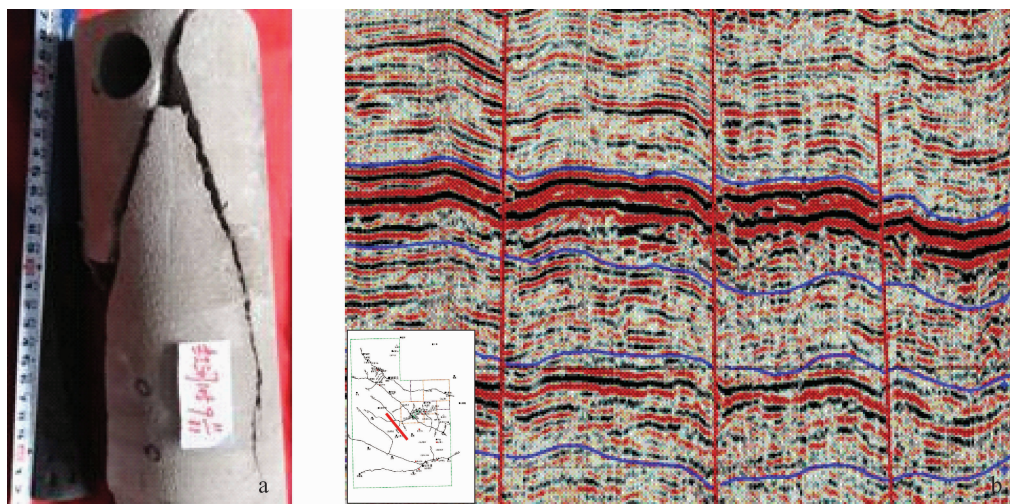
a. 长8<sup>1</sup> 钻井显示与砂体厚度交会图; b. 延长组录井油气显示与物性交会图

图4 镇泾地区延长组断层及裂缝发育证据

Fig. 4 Evidences of development of fractures and faults in the Yanchang Formation in Zhenjing area

a. 岩心上发育高角度裂缝; b. Zhenjing - ZSK - 8 - original 测线解释 (断裂带 F<sub>2</sub>)

两条断裂带的断距较大,而西侧的断裂带则只有一些扭断。这些断裂产状近垂向,多断穿延长组、延安组。燕山运动时期,盆地南缘处于北西-南东向左旋挤压的构造应力场环境中,由此产生的扭压性走滑断裂应与主应力方向成一定角度斜交,同时受北东-南西向基底断裂影响,可能形成北东-南西走向断裂。

断裂具有明显的增孔作用,靠近断裂带,孔隙度增长幅度较大,最大达4.5%;断裂带周缘孔隙增长幅度较低,平均为3.5%(图5a)。延长组断裂构成垂向运移通道,沟通长7主力烃源岩与长6油层组、长8油层组主要目的层,并和长6油层组、长8油层组水下分流河道砂体构成立体输导网络,长7生成的油气沿断裂向下运移到长8油

层组成藏,向上运移到长6油层组,甚至上部延安组延9油层组聚集成藏。

通过断层和目前已发现油田(藏)叠合分析发现,现今油田(藏)和出油井点与断裂具有良好的匹配关系。长6已发现油藏和探明储量均分布在断距较大的F<sub>2</sub>和F<sub>3</sub>断裂带附近(图5b)。延安组延9已发现油藏和探明储量均分布在断距较大的F<sub>2</sub>断裂带附近;F<sub>3</sub>断裂带周围的探井几乎都能够见油流,这说明断裂及裂缝对成藏富集具有明显的控制作用,是本区延长组油气富集主控因素之一。

综合上述各油气富集主控因素分析结果,认为镇泾地区东南部局部鼻状构造、断裂及裂缝发育带和水下分流主河道砂体叠置区是该区油气最富集的地区,是下一步勘探的重点地区。

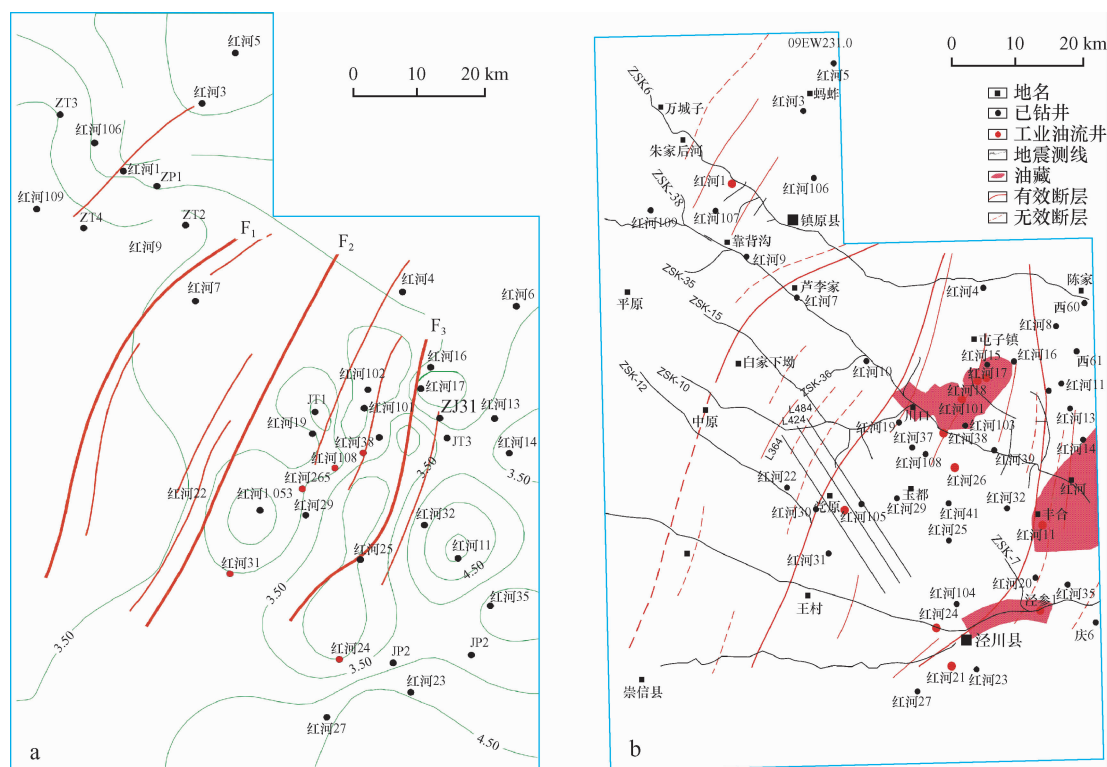


图5 镇泾地区延长组(长6底)断裂增孔效应与油气分布关系

Fig. 5 Relation between petroleum distribution and faults in the Yanchang Formation in Zhenjing area

a. 断裂增孔效应; b. 断裂展布与油气分布的关系

## 4 结论

镇泾地区延长组油气富集具有“三元”主控特点:1)有利储集相带控制油气富集,油气主要富集在三角洲前缘水下分流河道砂体中;2)局部构造控制油气富集,有利相带控制镇泾地区延长组油气分布,但鼻状隆起及局部构造具有明显的油气富集作用,控制着油气富集高产,北西-南东向宽缓鼻状构造高部位是油气富集区;3)断裂及裂缝控制油气富集,垂直缝及高角度斜交缝是研究区延长组主要的有效裂缝,长6已发现油藏和储量均分布在断距较大的 $F_2$ 和 $F_3$ 断裂带的附近。镇泾地区东南部局部鼻状构造、断裂及裂缝发育带和下水分流主河道砂体叠置区是该区油气最富集的地区,是下一步勘探的重点地区。

## 参考文献

- [1] 何自新. 鄂尔多斯盆地演化与油气[M]. 北京:石油工业出版社,2003:68-75.  
He Zixin. The evolution and petroleum of Ordos basin[M].

Beijing:Petroleum Industry Press,2003,68-75.

- [2] 武明辉,张刘平,罗晓容,等. 西峰油田延长组长8段储层流体作用期次[J]. 石油与天然气地质,2006,27(1):33-36.  
Wu Minghui, Zhang Liuping, Luo Xiaorong, et al. Analysis of hydrocarbon migration stages in the 8<sup>th</sup> member of Yanchang Fm in Xifeng oilfield[J]. Oil & Gas Geology, 2006, 27(1): 33-36.
- [3] 周兴熙. 成藏要素的时空结构与油气富集——兼论近源富集成藏[J]. 石油与天然气地质,2005,26(6):711-716.  
Zhou Xingxi. Time-space structure of reservoiring elements and hydrocarbon enrichment-concurrently discussing near-source reservoiring[J]. Oil & Gas Geology, 2005, 26(6): 711-716.
- [4] 张哨楠,胡江奈,沙文武,等. 鄂尔多斯盆地南部镇泾地区延长组的沉积特征[J]. 矿物岩石,2000,20(4):25-30.  
Zhang Shaonan, Hu Jiangnai, Sha Wenwu, et al. The sedimentary characteristics of Yanchang formation in Zhenyuan and Jingchuan districts, Southern part of Ordos basin[J]. Journal of Mineralogy and Petrology, 2000, 20(4): 25-30.
- [5] 乐锦波,张哨楠,丁晓琪,等. 鄂尔多斯盆地镇泾地区长6<sup>2</sup>油藏沉积微相研究[J]. 石油天然气学报,2009,31(2):241-244.  
Yue Jinbo, Zhang Shaonan, Ding Xiaoqi, et al. Sedimentary microfacies of Chang 6-2 reservoir of Zhenjin region in Ordos basin[J]. Journal of Oil and Gas Technology, 2009, 31(2):

- 241-244.
- [6] 葛鹏莉,张哨楠,丁晓琪,等.鄂尔多斯盆地镇泾地区长6<sup>2</sup>储层含油性研究[J].岩性油气藏,2009,21(3):65-69.  
Ge Pengli, Zhang Shaonan, Ding Xiaoqi, et al. Oiliness of Chang 6~2 reservoir in Zhenyuan and Jingchuan area in southern Ordos basin [J]. Lithologic Reservoirs, 2009, 21(3): 65-69.
- [7] 张宗林,周文,苏复义.镇泾地区延长组河流相砂体分布与圈闭形成的关系研究[J].矿物岩石,2008,28(4):95-99.  
Zhang Zonglin, Zhou Wen, Su Fuyi. Research on the relationship between distributions of fluvial facies sandbody and the formation of trap, the Yanchang Formation in Zhenjing region [J]. Journal of Mineralogy and Petrology, 2008, 28(4): 95-99.
- [8] 周文,苏复义,戴建文.鄂尔多斯盆地曙光地区延长组低丰度油藏成藏机理[J].石油与天然气地质,2009,30(3):330-337.  
Zhou Wen, Su Fuyi, Dai Jianwen. Accumulation mechanism of low-abundance oil reservoirs in the Yanchang formation of Shuguang oilfield, the Ordos basin [J]. Oil & Gas Geology, 2009, 30(3): 330-337.
- [9] 杨华,刘显阳,张才利,等.鄂尔多斯盆地三叠系延长组低渗透岩性油藏主控因素及其分布规律[J].岩性油气藏,2007,19(3):1-6.  
Yang Hua, Liu Xianyang, Zhang Caili, et al. The main controlling factors and distribution of low permeability lithologic reservoirs of Triassic Yanchang formation in Ordos basin [J]. Lithologic Reservoirs, 2007, 19(3): 1-6.
- [10] 王震,李仲东,惠宽洋.鄂尔多斯盆地镇泾地区中生界油气成藏主控因素分析[J].新疆石油天然气,2007,3(1):34-39.  
Wang Zhen, Li Zhongdong, Hui Kuanyang, et al. Analysis the main control factor of Mesozoic oil and gas accumulation in the Zhenjing Ordos basin [J]. Xinjiang Oil & Gas, 2007, 3(1): 34-39.
- [11] 李艳霞,刘洪军,袁东山,等.石油充注对储层成岩矿物演化的影响[J].石油与天然气地质,2003,24(3):274-280.  
Li Yanxia, Liu Hongjun, Yuan Dongshan, et al. Effect of oil chargeing on reservoirs diagenetic mineral evolution [J]. Oil & Gas Geology, 2003, 24(3): 274-280.
- [12] 李荣西,席胜利,邸领军,等.用储层油气包裹体岩相学确定油气成藏期次——以鄂尔多斯盆地陇东油田为例[J].石油与天然气地质,2006,27(2):194-199,217.  
Li Rongxi, Xi Shengli, Di Lingjun, et al. Oil/gas reservoiring phases determined through petrographic analysis of hydrocarbon inclusions in reservoirs; taking Longdong oilfield, Ordos basin, as an example [J]. Oil & Gas Geology, 2006, 27(2): 194-199, 217.
- [13] 郭艳琴,李文厚,陈全红,等.鄂尔多斯盆地安塞-富县地区延长组-延安组原油地球化学特征及油源对比[J].石油与天然气地质,2006,27(2):218-224.  
Guo Yanqin, Li Wenhui, Chen Quanhong, Cao Hongxia, et al. Geochemical behaviors of oil and oil-source correlation in Yanchang Yan'an Formations in Ansai-Fuxian area, Ordos basin [J]. Oil & Gas Geology, 2006, 27(2): 218-224.
- [14] 杨华,张文正.论鄂尔多斯盆地长7段优质油源岩在低渗透油气成藏富集中的主导作用——地质地球化学特征[J].地球化学,2005,34(2):147-154.  
Yang Hua, Zhang Wenzheng. Leading effect of the Seventh Member high-quality source rock of Yanchang Formation in Ordos basin during the enrichment of low-penetrating oil-gas accumulation; geology and geochemistry [J]. Geochimica, 2005, 34(2): 147-154.
- [15] 张林炎,范昆,刘进东,等.鄂尔多斯盆地镇原-泾川地区三叠系延长组构造裂缝分布定量预测[J].地质力学学报,2006,12(4):476-484.  
Zhang Lin yan, Liu Kun, Liu Jingdong, et al. Quantative prediction of distribution of tectonic fractures in the Yanchang formation in the Zhenyuan Jingchuan area, Ordos basin [J]. Journal of Geomechanics, 2006, 12(4): 476-484.
- [16] 周文,林家善,张银德,等.镇泾地区曙光油田延长组构造裂缝分布评价[J].石油天然气学报,2008,30(5):1-4.  
Zhou Wen, Lin Jiasan, Zhang Yinde, et al. Evaluation on distribution of structural fractures of Yanchang formation of Shuguang oilfield of Zhenjing region [J]. Journal of Oil and Gas Technology, 2008, 30(5): 1-4.
- [17] 李士祥,邓秀芹,庞锦莲,等.鄂尔多斯盆地中生界油气成藏与构造运动的关系[J].沉积学报,2010,28(2):798-807.  
Li Shi xiang, Deng Xiu qin, Pang Jin lian, et al. Relationship between petroleum accumulation of Mesozoic and tectonic movement in Ordos basin [J]. Acta Sedimentologica Sinica, 2010, 28(2): 798-807.
- [18] 张岳桥,廖昌珍.晚中生代-新生代构造体制转换与鄂尔多斯盆地改造[J].中国地质,2006,33(1):28-40.  
Zhang Yue qiao, Liao Chang zhen. Transition of the Late Mesozoic-Cenozoic tectonic regimes and modification of the Ordos basin [J]. Geology in China, 2006, 33(1): 28-40.

(编辑 高岩)