

鄂尔多斯盆地延安三角洲长4+5和长6油气聚集模式

李爱荣^{1,2}, 王维喜³, 武富礼², 赵靖舟², 张 惠²

(1. 西北大学 大陆动力学国家重点实验室, 陕西 西安 710069; 2. 西安石油大学 地球科学与工程学院, 陕西 西安 710065; 3. 延长油田股份有限公司 南泥湾采油厂, 陕西 延安 716000)

摘要:延安三角洲位于鄂尔多斯盆地陕北斜坡东南部, 该三角洲之上发育多个油藏, 主力产油层为长4+5和长6。根据沉积相带、储盖条件和距油源距离等差异, 建立了不同的油气聚集模式。三角洲沉积背景下河道主砂体的叠置发育区为油气主运移通道, 油气可以远距离地垂向、侧向运移。根据油藏距油源的相对位置和油气的聚集能力, 油藏可分为近源聚集区、近源逸散区和远源聚集区3种。近源聚集区和远源聚集区由于油气运移或遮挡条件有利, 具有较好的油气富集条件; 近源逸散区尽管距油源最近, 但由于油气具有向构造高部位运移的特点, 油气聚集的能力有限, 往往仅具备油气运移通道的功能。综合油气运移通道的优劣与油藏所处区带位置的不同, 将延安三角洲油气聚集模式分为主运移通道近源聚集、主运移通道远源聚集、次运移通道近源聚集、次运移通道远源聚集、近源逸散5种模式。

关键词:油气运移; 油气聚集模式; 延安三角洲; 鄂尔多斯

中图分类号:TE122.3

文献标识码:A

Oil accumulation patterns of Chang 4+5 and Chang 6 in Yan'an delta, Ordos Basin

Li Airong^{1,2}, Wang Weixi³, Wu Fuli², Zhao Jingzhou², Zhang Hui²

[1. State Key Laboratory of Continental Dynamics, Northwest University, Xi'an, Shaanxi 710069, China;

2. School of Earth Sciences and Engineering, Xi'an Shiyou University, Xi'an, Shaanxi 710065, China;

3. Yangchang Petroleum (Group) Co. LTD, Yan'an, Shaanxi 716000, China]

Abstract: Yan'an Delta is located in the southeastern part of Shanbei slope in Ordos Basin and contains several oil reservoirs. Chang 4+5 and Chang 6 are the main pay zones. According to sedimentary facies, reservoir-seal assemblage and distance from source, this paper established several hydrocarbon accumulation patterns. The superimposed channel sandbodies in the delta are the major migration pathways for the hydrocarbon, and they provided conditions for long distance lateral and vertical migration of hydrocarbons. According to the distance between source and reservoir and the ability of oil accumulation, the reservoirs can be divided into three types, i. e., proximal accumulation, distal accumulation and proximal dissipation. The former two types of accumulation areas have better oil enrichment conditions as the hydrocarbon migration and/or sealing conditions are favorable, while the later is limited in hydrocarbon accumulation capacity despite its shortest distance to oil source due to the migration of hydrocarbons to structural high. According to the migration pathways' quality and reservoir location, the accumulation pattern of Yan'an Delta are divided into five types, i. e. the proximal accumulation pattern with main migration pathways, the distal accumulation pattern with main migration pathways, the proximal accumulation pattern with sub-migration pathways, the distal accumulation pattern with sub-migration pathways and the proximal dissipation pattern.

Key words: hydrocarbon migration; hydrocarbon accumulation pattern, Yan'an delta, Ordos Basin

1 地质背景

鄂尔多斯盆地形成于晚三叠世, 当时为大型的内陆湖泊^[1-2]。近湖盆自西北向东南方向依次发育了定边三角洲、吴起三角洲、子长-安塞-志丹三角洲、延

安三角洲、宜川三角洲(图1)。根据油气层纵向分布规律, 自下而上将其划分为10个油层组: 即长10—长1油层组^[3]。

鄂尔多斯盆地是一个中、新生代盆地叠加在古生代盆地之上的复合盆地, 盆地边缘断裂褶皱较发育, 盆地内部构造相对简单, 区域构造为一平缓的西倾单斜,

收稿日期: 2013-03-31; 修订日期: 2013-08-22。

第一作者简介: 李爱荣(1976—), 女, 博士研究生、讲师, 油气成藏、油藏描述。E-mail: lar9503@xsyu.edu.cn。

基金项目: “十一五”国家科技支撑计划项目(2007BAB17B05); 陕西省教育厅基金项目(12JK0488); 西安石油大学青年基金项目(2011QN005)。

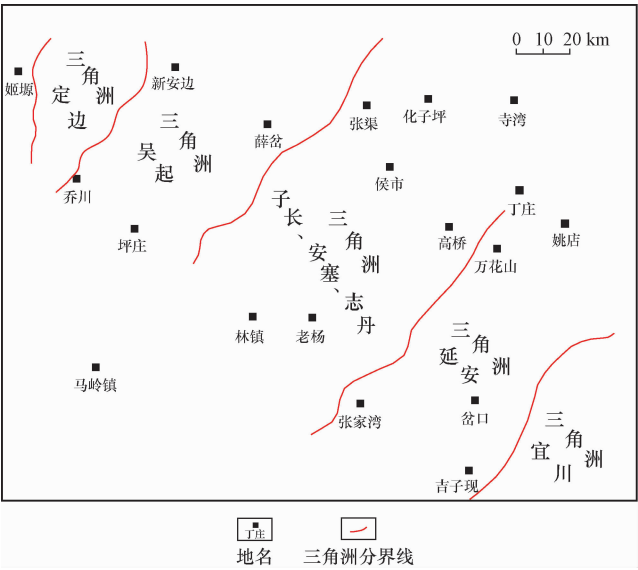


图 1 鄂尔多斯盆地长 4 + 5 和长 6 三角洲分布
Fig. 1 Chang 4 + 5 and Chang 6 delta distribution in Ordos Basin

地层倾角小于 1°, 千米坡降为 7 ~ 10 m。
延安三角洲位于鄂尔多斯盆地陕北斜坡东南部, 该三角洲平面之上发育多个油藏。纵向上发育多个含油层位, 主力含油层系为长 4 + 5²、长 6¹ 和长 6² 组成的延长组中部组合^[4]。

2 油藏分布特征

2.1 成藏要素

2.1.1 烃源岩

鄂尔多斯盆地三叠系延长组烃源岩主要为长 4 + 5—长 8 段的暗色泥岩, 并以长 7 段为主, 长 7 生油岩分布面积最广、有机质丰度最高, 是整个鄂尔多斯盆地的主力烃源岩^[5-7]。

2.1.2 储 - 盖组合

长 4 + 5 油层组盖层在陕北斜坡东部广泛分布, 岩性主要为泛滥平原相、沼泽相泥岩、粉砂质泥岩、炭质页岩及煤线。研究区盖层表现为综合性盖层, 即盖层以砂泥互层的形式出现, 一般由多段厚度不等的泥岩组成^[8-10]。

2.1.3 输导体系

研究区长 4 + 5 和长 6 油气主要来自下伏长 7 生油岩, 其运移聚集既具有垂向运移方式又具有侧向运移方式^[11-12]。

2.1.4 圈闭和保存条件

鄂尔多斯盆地陕北斜坡三叠系延长组油藏的形成和分布主要受沉积相控制, 圈闭类型受沉积相带控制

明显, 以岩性圈闭为主^[13-15], 成藏时间在早白垩世晚期, 成藏之后未发生大型破坏性运动。

2.2 平面分布规律

2.2.1 长 4 + 5² 油藏

长 4 + 5² 油藏分布主体呈北西 - 南东向带状展布, 在带的中部向东北方向有所延伸呈“T”字型分布。按照油藏分布的情况划分为 A 和 B 两类区(图 2)。
A 类区: 油藏分布较为密集, 是油藏分布、富集的最有利区域。有河庄坪、川口、南泥湾、延长等油田。
B 类区: 在 A 类区的西南部, 为较有利分布区, 目前仅发现劳山油田。

长 4 + 5² 油藏的这种分布特征与沉积背景有关。本期沉积的物源为北东 - 南西方向, 当时湖岸线呈北西 - 南东向分布。一般认为, 湖岸线左右由于距油源近, 是油藏形成的有利部位。油藏分布的主体形态与湖岸线方向吻合, 正是基于这一原因。此外, 条带中部位于三角洲的主体沉积区, 砂岩相对发育, 油气运移条件较好, 因此形成了向东北延伸的油藏条带。但由于长 4 + 5 储层发育差于长 6, 纵向上也距油源相对较远等原因, 故形成油藏的密度较长 6 油藏要小。

2.2.2 长 6¹ 油藏

长 6¹ 油藏主体呈北东 - 南西向席状展布, 是延安三角洲上储量最大、分布最广的油藏。按照油藏分布的情况又划分为 A、B 和 C 类区(图 3)。

A 类区分布范围大, 油藏分布密集, 基本连片分布, 单油藏的含油面积也大, 是油藏分布、富集的最有利区域。发育有川口、南泥湾、延长、甘谷驿、王家川等油田。B 类区在 A 类区的西北部 and 东南部延展的两个

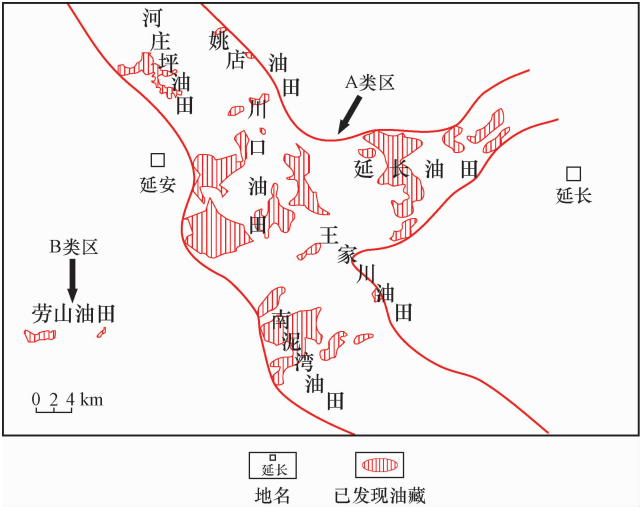


图 2 延安三角洲长 4 + 5² 油藏平面分布
Fig. 2 Plane view of Chang 4 + 5² reservoir in Yan'an delta

① 武富礼. 延长油矿管理局油气储量利用现状调查与可持续发展研究, 西安石油大学.

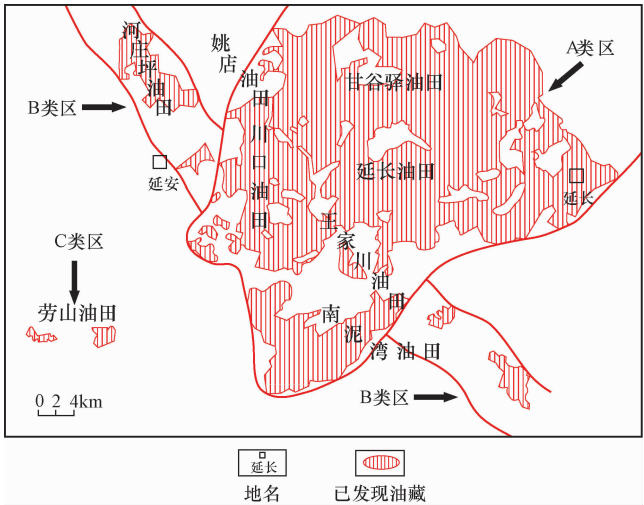


图3 延安三角洲长6¹油藏平面分布

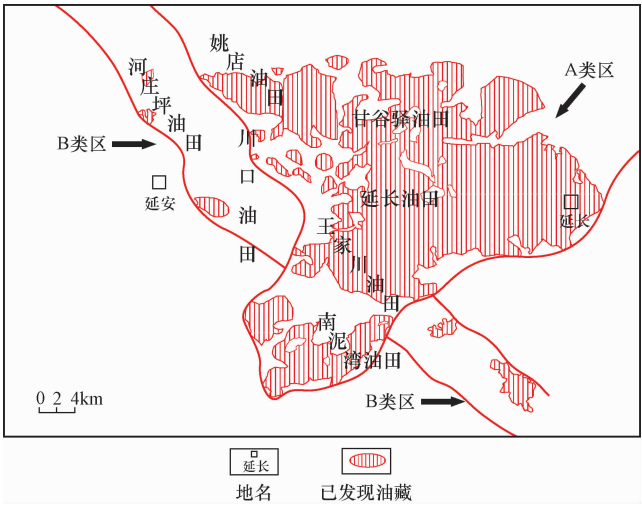


图4 延安三角洲长6²油藏平面分布

Fig. 3 Plane view of Chang 6¹ reservoir in Yan'an delta

条带,有河庄坪油田、南泥湾油田,为油藏较有利分布区。C类区在三角洲的西南部,目前仅发现劳山油田。

长6¹直接上覆的长4+5泥质岩类是盆地较好的盖层,这种良好的储盖配置正是长6¹在位于三角洲主体部位的A区形成本区规模最大的油田群的主要原因。B区处在三角洲的边缘,油气运移的条件相对较差,但由于其分布在距油源较近的区域,也形成了一定的油藏。而C区处在构造的低部位,主要作为油气运移的通道,只有在特殊的条件下,才能形成油藏,因此在这一区内油藏分布最少。

2.2.3 长6²油藏

与长6¹相比,长6²油藏分布更偏东北方向。而在西南区则形成狭长的条带。按照油藏分布的情况又划分为A和B类区(图4)。

Fig. 4 Plane view of Chang 6² reservoir in Yan'an delta

A类区分布范围大,油藏分布密集,单油藏的含油面积也大,是本层油藏分布、富集的最有利区域。发育有南泥湾、王家川、甘谷驿、延长等油田。B类区在A类区的西北部和东南部,有河庄坪油田,川口油田,南泥湾油田,为较有利分布区。

长6²油藏的这种分布特征也与沉积背景相关。长6²在长6¹之下,即更接近油源,理论上更容易捕获油气。但因为长6¹以砂岩发育为主,作为盖层或遮挡的条件较差。长6²油藏一般是在上部长6¹储层油气充注饱和的情况下才会发育形成,否则其往往会扮演运移通道的角色。与长6¹相比,长6²油藏发育更靠近北东方向就是这一原因所致。

2.3 长4+5和长6油藏纵向分布

通过油藏剖面分析(图5),最西缘1014井代表了

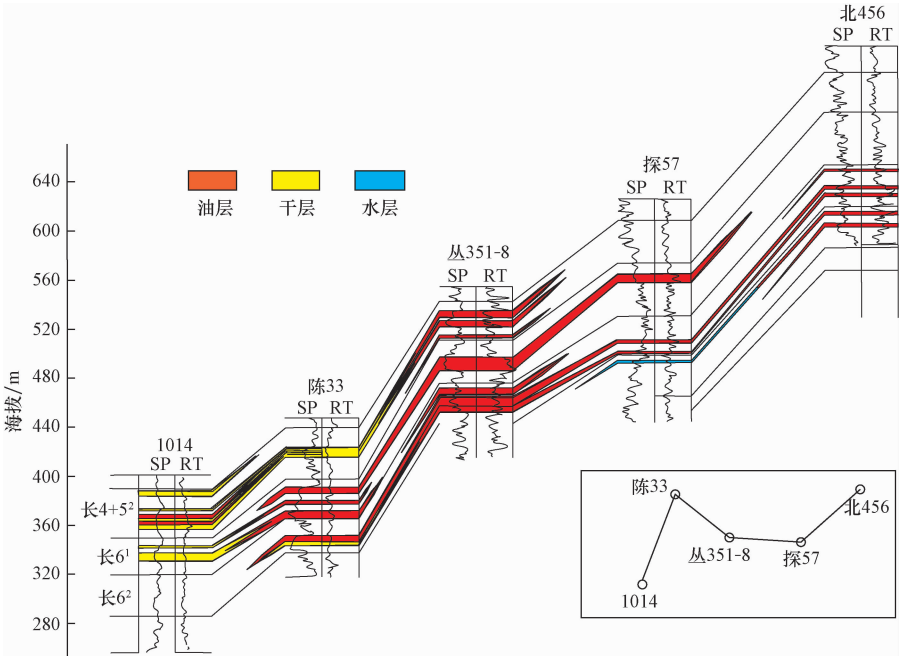


图5 延安三角洲长4+5和长6油藏剖面

Fig. 5 Profile of Chang 4+5 and Chang 6 reservoirs in Yan'an delta

长 4 + 5² 小层中的 B 类油藏的油层发育情况,油层发育 2 层,发育多个干层,在长 6¹ 和长 6² 小层未发育油层;而中间的丛 351 - 8 井代表了各小层 A 类油藏的油层发育情况,油层发育多,单油层厚度也大;其左、右两口井则代表了长 6¹ 和长 6² 小层 B 类油藏的油层发育情况;最东缘的北 456 井可归为长 6² 小层中 A 类油藏的油层发育情况,但是该井距离油源较远。

3 油气聚集模式

根据前面的研究认为,运移通道的优劣与距离油源的远近是油气聚集的主控因素。

运移通道可以分成主运移通道及次运移通道,所谓主运移通道是指三角洲砂体主要叠置分布区,也是地层中的高渗透带,油气运移能力较强^[16]。

延安三角洲主体大都沉积在张家滩湖相黑页岩之上,因为湖的中心在西南方向,越靠近湖中心,其张家滩黑色页岩越厚,作为生油岩的品质越好,生油能力越强,油源供应越充足^[17-18]。

3.1 主运移通道近源聚集模式

油气主要由主运移通道供应,油藏分布距油源较近,具有油源充分的优势。但不利之处在于,相对于远源聚集区,处在构造的低部位,较低层位(如长 6²)的油气更具有向构造高部位或上覆层位运移的倾向,因此对较低层位的油气聚集不利。属于此类的有南泥湾油田、川口油田等。这一模式中,长 4 + 5² 和长 6¹ 油藏最为发育,而长 6² 油藏则相对较差。

3.2 主运移通道远源聚集模式

油气主要由主运移通道供应,油藏分布距油源较远,油源条件差于上一种模式。其有利之处在于,由于其上倾方向为遮挡区(图 6),处在构造的低部位,较低层位(如长 6²)的油气向高构造部位运移受阻,当上覆地层油气充注饱和后,如果油源充足,也可以聚集成藏,因此对较低层位的油气聚集有利。但由于油源条件相对较差,不利于较高层位(如长 4 + 5)油藏的形成。属于此类的有姚店、延长、甘谷驿、王家川等油田。这一模式中,长 6¹ 和长 6² 油藏最为发育,而长 4 + 5 油藏则相对较差。

3.3 次运移通道近源聚集模式

油气主要由次运移通道供应,尽管油藏分布距油源较近,但由于供应不畅,油源条件相对较差。形成的油藏规模小,平面分布的密度小。如河庄坪、南泥湾油田等。

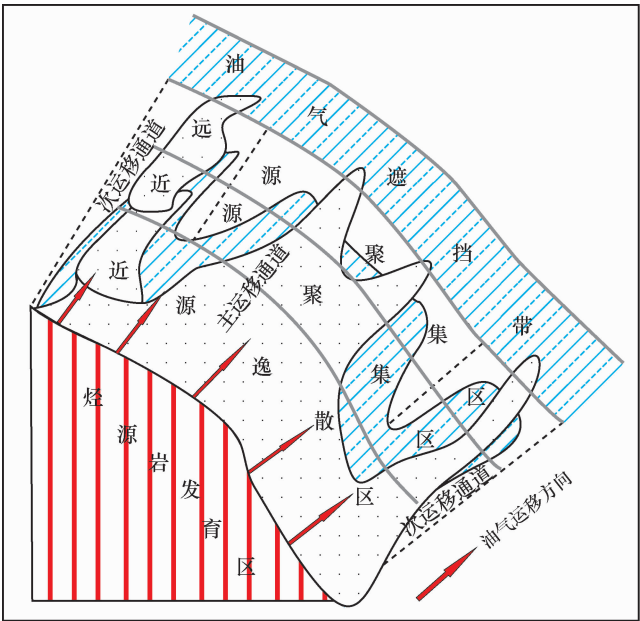


图 6 延安三角洲长 4 + 5 和长 6 油气聚集模式示意图
Fig. 6 Accumulation patterns of Chang 4 + 5 and Chang 6 in Yan'an delta

3.4 次运移通道远源聚集模式

由于运移及油源条件差,目前尚无油藏发现,但不排除有小型油藏发现的可能。

3.5 近源逸散区模式

油源条件好,但由于油气具有向构造高部位运移的特点,油气聚集的能力有限,在特殊的情况下,如圈闭条件特别优越等,也可以聚集成藏。此模式有劳山油田。总的特点是油藏规模小,根据石油补偿成藏规律,油藏一般在上部层位发育^[19]。

4 结论

- 1) 延安三角洲油气聚集成藏主要受运移通道的优劣与距离油源远近两个因素的控制。
- 2) 延安三角洲油气聚集模式分为 5 种,即:主运移通道近源聚集区、主运移通道远源聚集区、次运移通道近源聚集区、次运移通道远源聚集区、近源逸散区模式。
- 3) 根据延安三角洲油气聚集模式,对于鄂尔多斯盆地其他三角洲的油气聚集模式可以起到借鉴作用,有利于新油气田的发现和开发。

参 考 文 献

[1] 李玉宏,张化安,魏仙祥,等. 延长油田长 6 油层组沉积特征与油气分布[J]. 西北大学学报(自然科学版), 2005, 35(5): 606 - 611.
Li Yuhong, Zhang Huanan, Wei Xianxiang, et al. Sedimentary characteristics and distribution of oil and gas in Chang6 in the Yanchang oilfield[J]. Journal of Northwest University (Natural Science Edi-

tion)2005,35(5):606-611.

[2] 武富礼,李文厚,李玉宏,等.鄂尔多斯盆地上三叠统延长组三角洲沉积及演化[J]. 古地理学报,2004,6(3):307-314.
Wu Fuli,Li Wenhou,Li Yuhong,et al. Delta sediments and evolution of the Yanchang Formation of Upper Triassic in Ordos Basin[J]. Journal of Palaeogeography,2004,6(3):307-314.

[3] 武富礼,王变阳,赵靖舟,等.鄂尔多斯盆地油藏序列特征及成因[J]. 石油学报,2008,29(5):639-643.
Wu Fuli,Wang Bianyang,Zhao Jingzhou,et al. Origin and characteristics of oil pool sequence in Ordos Basin[J]. Acta Petrolei Sinica,2008,29(5):639-643.

[4] 苏复义,周文,金文辉,等.鄂尔多斯盆地中生界成藏组合划分与分布评价[J]. 石油与天然气地质,2012,33(4):582-590.
Su Fuyi,Zhou Wen,Jin Wenhui,et al. Identification and distribution of the Mesozoic plays in Ordos Basin[J]. Oil & Gas Geology,2012,33(4):582-590.

[5] 邹才能,陶士振,谷志东. 中国低丰度大型岩性油气田形成条件和分布规律[J]. 地质学报,2006,80(11):1739-1751.
Zou Caineng,Tao Shizhen,Gu Zhidong. Formation conditions and distribution rules of large lithologic oil-gas fields with low abundance in China[J]. Geologica Sinica,2006,80(11):1739-1751.

[6] 张文正,杨华,杨奕华,等.鄂尔多斯盆地长7优质烃源岩的岩石学、元素地球化学特征及发育环境[J]. 地球化学,2008,37(1):59-64.
Zhang Wenzheng,Yang Hua,Yang Yihua,et al. Petrology and element geochemistry and development environment of Yanchang Formation Chang-7 high quality source rocks in Ordos Basin[J]. Geochimica,2008,37(1):59-64.

[7] 赵靖舟,白玉彬,曹青,等.鄂尔多斯盆地准连续型低渗透-致密砂岩大油田成藏模式[J]. 石油与天然气地质,2012,33(6):811-827.
Zhao Jingzhou,Bai Yubin,Cao Qing,et al. Quasi-continuous hydrocarbon accumulation;a new pattern for large tight sand oilfields in Ordos Basin[J]. Oil & Gas Geology,2012,33(6):811-827.

[8] 宋凯,吕剑文,杜金良,等.鄂尔多斯盆地中部上三叠统延长组物源方向分析与三角洲沉积体系[J]. 古地理学报,2002,4(3):59-66.
Song Kai,Lu Jianwen,Du Jinliang,et al. Source direction analysis and delta depositional systems of Yanchang formation of the upper Triassic in the central Ordos basin[J]. Journal of Palaeogeography,2002,4(3):59-66.

[9] 赵靖舟,蒙晓灵,杨县超,等.鄂尔多斯盆地北部姚店油田南区长6段沉积相特征及其控油规律[J]. 石油勘探与开发,2006,33(1):49-53.
Zhao Jingzhou,Meng Xiaoling,Yang Xianchao,et al. Sedimentary facies of Member 6 oil-bearing unit of the Triassic Yanchang Formation and its controlling rule on oil distribution in the Yaodian Oilfield,Ordos Basin[J]. Petroleum Exploration and Development,2006,33(1):49-53.

[10] 赵文智,胡素云,汪泽成,等.鄂尔多斯盆地基底断裂在上三叠统延长组石油聚集中的控制作用[J]. 石油勘探与开发,2003,30(5):1-5.
Zhao Wenzhi,Hu Suyun,Wang Zecheng,et al. Key role of basement fault control on oil accumulation of Yanchang Formation,Upper Triassic,Ordos Basin[J]. Petroleum Exploration and Development,2003,30(5):1-5.

[11] 席胜利,刘新社,王涛. 鄂尔多斯盆地中生界石油运移特征分析[J]. 石油实验地质,2004,26(3):229-235.
Xi Shengli,Liu Xinshe,Wang Tao. Analysis on the migration characteristics of the mesozoic petroleum in the Ordos basin. [J]. Petroleum Geology & Expeximent,2004,26(3):229-235

[12] 曾联波,郑聪斌. 陕甘宁盆地延长统区域裂缝的形成及其油气地质意义[J]. 中国区域地质,1999,18(4):391-396.
Zeng Lianbo,Zheng Congbin. Origin of the regional fracturing in Yanchang epoch,Shanganning basin,significance for geology of oil and gas[J]. Regional Geology of China,1999,18(4):391-396.

[13] 杨华,付金华,喻建. 陕北地区大型三角洲油藏富集规律及勘探技术应用[J]. 石油学报,2003,24(3):6-10.
Yang Hua,Fu Jinhua,Yu Jian. Oil reservoir enrichment patterns of large delta systems andapplication of exploration techniques in Shanbei area[J]. Acta Petrolei Sinica,2003,24(3):6-10.

[14] 周荔青,刘池洋,张淮,等. 中国各类陆相盆地斜坡区大中型岩性型油气田形成特征[J]. 石油实验地质,2003,25(6):637-643.
Zhou Liqing,Liu Chiyang,Zhang Huai,et al. Formation features of middle-large scale lithologic oil and gas fields in the slopes of main terrestrial oil basins of China[J]. Petroleum Geology & Expeximent,2003,25(6):637-643.

[15] 赵靖舟,武富礼,闫世可,等. 陕北斜坡东部三叠系油气富集规律研究[J]. 石油学报,2006,27(5):24-28.
Zhao Jingzhou,Wu Fuli,Yan Shike,et al. Regularity of Triassic petroleum accumulation and distribution in the east part of North Shaanxi Slope[J]. Acta Petrolei Sinica,2006,27(5):24-28.

[16] 曾滢辉,王洪玉. 输导层和岩性圈闭中石油运移和聚集模拟实验研究[J]. 地球科学——中国地质大学学报,1999,24(3):193-200.
Zeng Jianhui,Wang Hongyu. An experimental study of petroleum migration and accumulation in carrier bed and lithological trap[J]. Earth Science(Journal of China University of Geosciences),1999,24(3):193-200.

[17] 李元昊,刘建平,梁艳,等. 鄂尔多斯盆地上三叠统延长组低渗透岩性油藏成藏物理模拟[J]. 石油与天然气地质,2009,30(6):706-712.
Li Yuanhao,Liu Jianping,Liang Yan,et al. Physical simulation of hydrocarbon accumulation in low-permeability lithologic reservoirs: an example from the Yanchang Formation in the Upper Triassic of the Ordos Basin. [J]. Oil & Gas Geology,2009,30(6):706-712.

[18] 牛小兵,冯胜斌,刘飞,等. 低渗透致密砂岩储层中石油微观赋存状态与油源关系——以鄂尔多斯盆地三叠系延长组为例[J]. 石油与天然气地质,2013,34(3):288-293.
Niu Xiaobing,Feng Shengbin,Liu Fei,et al. Microscopic occurrence of oil in tight sandstones and its relation with oil sources—a case study from the Upper Triassic Yanchang Formation,Ordos Basin[J]. Oil & Gas Geology,2013,34(3):288-293.

[19] 武富礼,赵靖舟,闫世可,等. 陕北地区中生界石油补偿成藏规律研究[J]. 石油学报,2007,28(3):23-27.
Wu Fuli,Zhao Jingzhou,Yan Shike,et al. Compensatory petroleum accumulation rules in the Mesozoic of Shaanbei area. [J]. Acta Petrolei Sinica,2007,28(3):23-27.