

鄂尔多斯盆地吴定地区延长组下部油气成藏模式与主控因素

于波^{1,2}, 周康², 郭强², 白奋飞²

(1. 西北大学地质学系 大陆动力国家重点实验室, 陕西西安 710069;

2. 陕西延长石油(集团)有限责任公司研究院, 陕西西安 710075)

[摘要]在综合沉积相、油源对比、地层压力结构、包裹体均一温度等方面的基础上,对鄂尔多斯盆地吴起-定边地区延长组下部油气成藏模式与主控因素进行了研究,认为研究区发育长7和长9两套烃源岩,油源对比显示吴定地区长8、长9油气主要来源于长7烃源岩,长9烃源岩次之;延长组长7生烃增压是石油向下运移的主要动力,平面上长7及长8过剩压力差低值背景下的高值区是油气聚集的主要场所;延长组下部以三角洲前缘水下分流河道和河口坝为主,能够形成孔渗条件较好的储集空间;且长8、长9油藏具有“幕式充注、连续成藏”的特征,两者同属于源下成藏组合;综合分析认为上三叠统油藏分布主要受“近源、低压、优相”三大因素的控制。

[关键词]鄂尔多斯盆地 吴定地区 延长组 成藏规律 主控因素

[中图分类号]TE122 [文献标识码]A [文章编号]0495-5331(2012)04-0858-7

Yu Bo, Zhou Kang, Guo Qiang, Bai Fen-fei. Hydrocarbon accumulation models and the main controlling factors for the lower member of the Upper Triassic Yanchang Formation in the Wuqi-Dingbian area of the Ordos basin[J]. Geology and Exploration, 2012, 48(4): 0858-0864.

0 引言

鄂尔多斯盆地是一个多旋回沉积型克拉通类含油气盆地,也是我国第二大沉积盆地,蕴含着丰富的油气资源(杨华等,2005)。中生界三叠系延长组长10~长1油层组是盆地内重要的含油层系,具有横向上分布面积广,纵向上发育多套含油组合的特点,习惯上把长7~长10油层组称为下部组合。

近几年,在鄂尔多斯盆地的陕北斜坡和天环坳陷等构造带上,下组合油层组勘探均获得了工业油流,如西峰、姬塬、吴起、定边等油田,其中西峰、姬塬油田主力产层为长8油层组。下组合油田的发现,显示出下组合蕴藏着丰富的油气资源,已经引起了人们的重视。但截止目前,有关延长组下部油藏的研究多集中于沉积相、储层特征的研究(王力等,2003;王纹婷等,2009;段毅等,2009),而对于油气运聚成藏机理的研究较少,因此本文拟通过对下部油

层组烃源岩的地球化学特征、压力结构特征以及成藏特征、成藏模式的研究,来探讨延长组下部油层组油气成藏机理及控制因素。深化对延长组下组合油气成藏机理的认识,可以进一步完善延长组成藏理论,同时,对下组合油田的下一步勘探具有重要的指导作用。

1 区域地质背景

吴定地区在区域构造上主体位于鄂尔多斯盆地伊陕斜坡带西部中区,横跨天环凹陷东缘(图1)。伊陕斜坡带上发育一系列规模大小不一、且由东向西倾没的低幅度鼻状隆起构造;隆起两翼倾角较小,一般小于1.5°。

研究区位于盆地的西缘中区,延长组下部属于河流-湖泊-三角洲沉积体系,主要发育浅水三角洲、三角洲前缘水下分流河道沉积。其有利的沉积相带主要为三角洲前缘水下分流河道和河口坝砂

[收稿日期]2011-11-29;[修订日期]2012-02-20;[责任编辑]郝情情。

[基金项目]“十一五”国家科技支撑项目(项目编号:2007BAB17B00)。

[第一作者]于波(1979年—),男,2008年毕业于西北大学,获博士学位,高级工程师,主要从事石油地质研究。Email:bylnfreeboy@126.com。

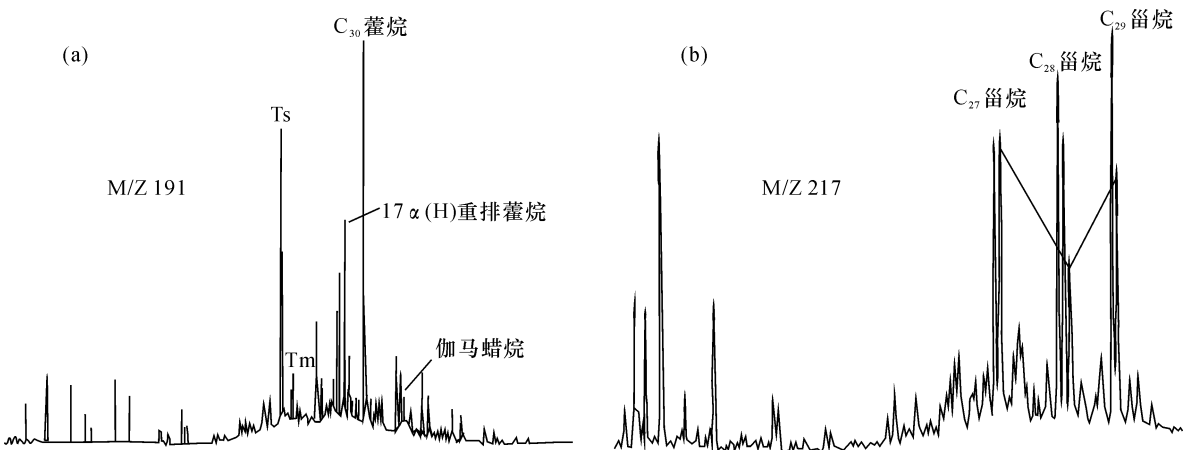


图 2 研究区 DT3155 井长 7 烃源岩萜、甾烷分布特征(据雷路等,2009)

Fig. 2 Diagrams showing terpane and sterane distribution of the source rock in Chang7 from the well DT3155 in the study area(after Lei *et al.* , 2009)

(a) –萜烷; (b) –甾烷
(a) –terpane; (b) –sterane

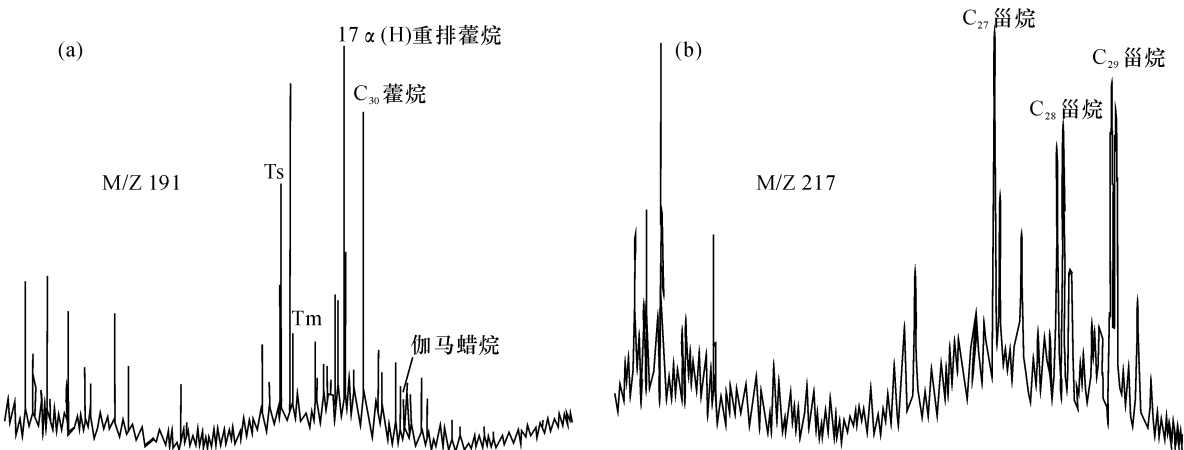


图 3 研究区 DT4129 井长 9 烃源岩萜、甾烷分布特征(据雷露等,2005)

Fig. 3 Diagrams showing terpane and sterane distribution of the source rock in Chang9 of the well DT4129 well in the study area(after Lei *et al.* , 2005)

(a) –萜烷; (b) –甾烷
(a) –terpane; (b) –sterane

烷分布也很相似,同样以规则甾烷 C₂₇ 含量相对较高,与 C₂₈、C₂₉ 规则甾烷呈不对称“V”字形分布的特征,但是与 DT4129 井的长 9 烃源岩的甾、萜类生标物分布特征有显著差异,尤其是长 9 烃源岩中五环三萜重排藿烷的含量明显高于 C₃₀ 藿烷,得出长 9 烃源岩以重排藿烷丰富、重排甾烷含量较高和正常甾烷含量较低为主要特征(图 4),这与长 8 原油特征存在明显不同,表明在吴定地区长 8 的原油来自于长 7 烃源岩(雷路等,2009)。

2.2 压力结构特征

地层压力结构是指垂向上超压系统的发育特征,超压系统与上覆正常压力系统的过渡关系。地层压力结构与油气的聚集与保存有密切的关系(王红军等,1999;杨颢等,2006)。超压盆地的压力结构可分为三种基本类型:突变型(A 型)压力结构、渐变型(B 型)压力结构、叠置型(C 型)压力结构。研究区延长组主要发育突变型、叠置型两种压力结构。

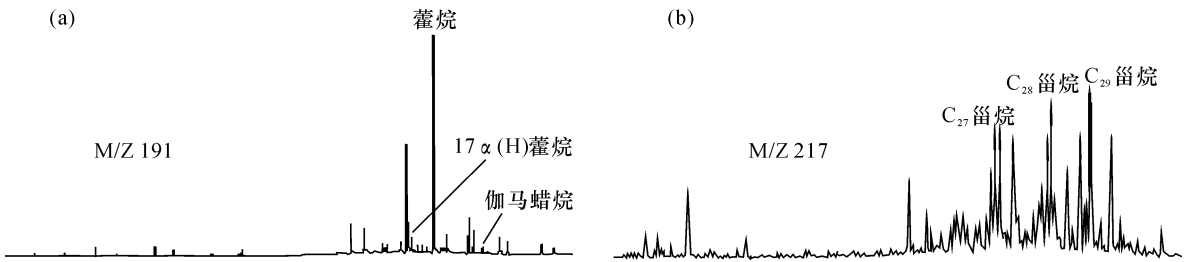


图 4 C46 井长 8 原油生物标志化合物-甾萜类对比图(据李元昊等,2008)

Fig.4 Comparison of biomarker terpene with sterane from crude oil of Chang8 in well C46(after Li *et al.* , 2008)

(a)-萜烷;(b)-甾烷

(a)-terpane;(b)-sterane

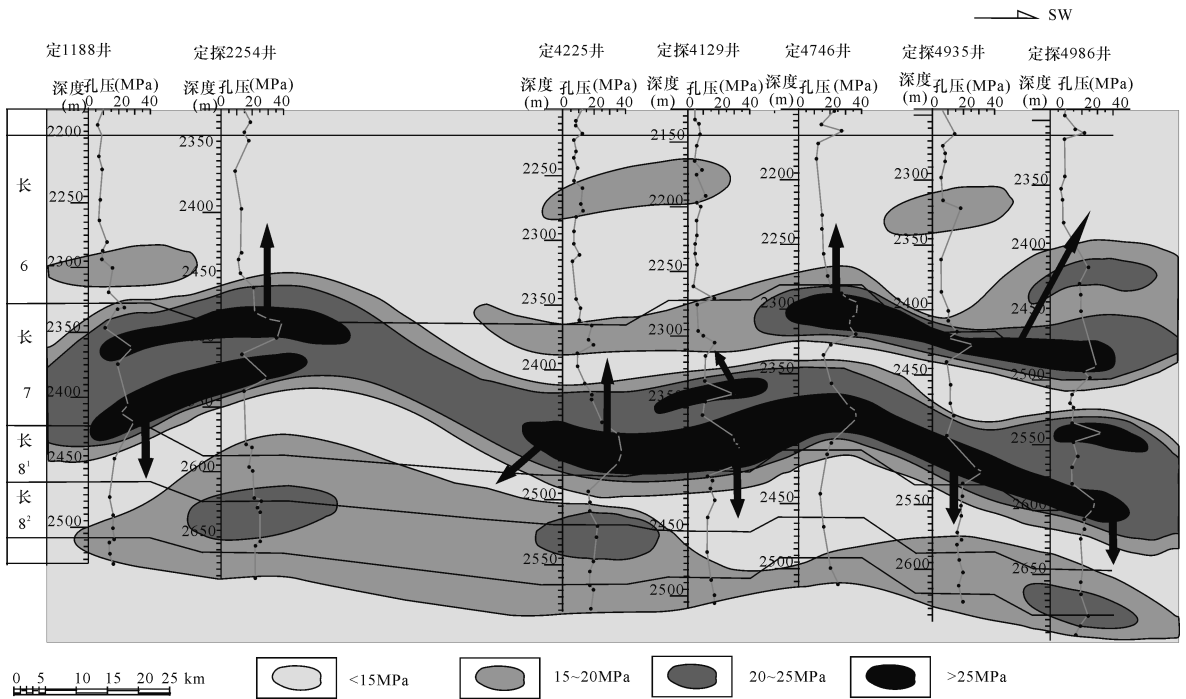


图 5 吴起-定边地区延长组定 1188 井-定探 4986 井过剩压力剖面图

Fig.5 Geological profile showing excess pressure in the wells Ding 1188 to Dingtan 4986 in the Yanchang Formation of the Wuqi-Dingbian area

由剖面压力结构图(图 5)可以看出,从定 1188 井至定探 4986 井,长 7 为最大的剩余压力分布层位(大于 20MPa),一般超过 25MPa,主要集中在长 7 下部,连续性好,长度超过 110km;长 8 流体剩余压力总体较小,大部分<15MPa。长 7 与长 8 过剩压力一般在超过 10MPa,为石油向下运移提供了充足的动力。

2.3 成藏特征及模式

早白垩世中晚期,研究区发生区域性大幅度沉降,接受新的沉积,到晚白垩世早期埋深达到最大

(张正文等,2006)。此时,长 7 烃源岩热演化达到生烃高峰阶段,形成大量油气,长 7 烃源岩在异常高压控制下运移、聚集成藏。

2.3.1 成藏特征

研究采用包裹体均一温度测定的方法对区内油气藏油气充注时间进行了分析,结果表明均一温度分布范围较宽且分布较连续,在 70~170℃之间,表明整个充注过程未发生大的构造事件,反映出油气连续充注的特征。在 80~100℃和 120~130℃之间各有一个明显的温度峰区(图 6、7),表示研究区烃

类的运移和充注是一个由强到弱,再由弱到强的幕式充注的连续过程,两个峰值表明有两次幕式充注(李明诚,2005)。

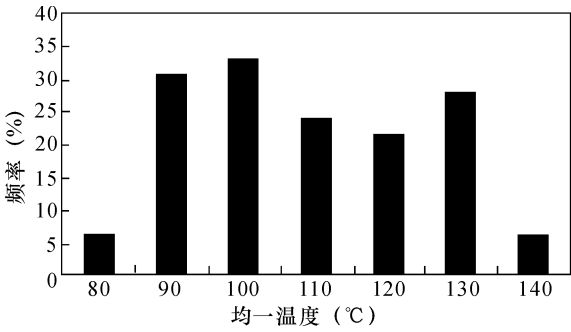


图6 研究区长8流体包裹体均一温度分布图

Fig.6 Histogram showing homogenization temperatures of fluid inclusions in the source rock of Chang 8

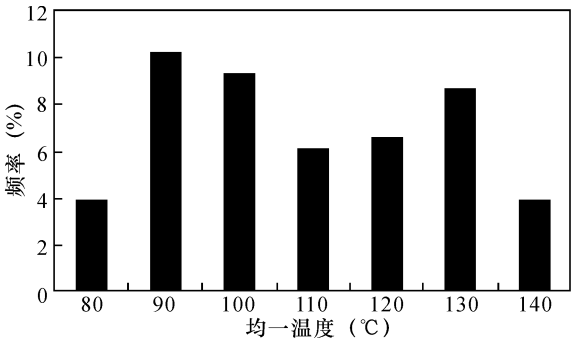


图7 研究区长9流体包裹体均一温度分布图

Fig.7 Histogram showing homogenization temperatures of fluid inclusions in the source rock of Chang 9

2.3.2 成藏模式

通过对异常压力的研究,证实了前人认为鄂尔多斯盆地西部中区延长组成藏为上生下储模式(李元昊,2009)的成果,异常压力不仅是油气运聚的重要动力来源,而且在一定地质背景下是控制油气分布的重要因素(郝芳,2005;查明等,2002)。吴定地区长7地层与下部长8地层普遍存在较高的过剩压力差,一般在8~12MPa左右,局部地区超过12MPa,过剩压力差是油气向下运移的主要动力。

从油气运移方向上看,纵向和横向上均有运移。

在异常压力作用下,纵向上,长7烃源岩生成的油气一部分向上运移形成以长6为主要储集层的油藏,另一部分则向下运移,形成下部长8油藏,在过剩压力较大处,油气甚至可运移至长9。进一步研究认为研究区主要发育四种成藏类型:(1)储层与烃源岩直接接触成藏;(2)油气通过叠置渗砂体运聚成藏;(3)油气通过流体压裂缝运聚成藏;(4)油气通过叠置渗砂体和流体压裂缝运聚成藏。

3 油气成藏主控因素

通过对研究区烃源岩分布、储层分布、异常压力及成藏机理的研究,总结出吴定地区延长组油气富集控制因素可以归纳为“近源、优相、低压”。

3.1 近源

生油气源岩为形成油气藏提供物质基础。前人研究认为,鄂尔多斯盆地延长组长7期沉积的暗色泥岩是盆地主要的烃源岩,具有厚度大,分布广,有机质含量高,有机质类型好,成熟度高等特点(吴崇筠,1993)。大面积分布的长7深湖、半深湖泥岩是研究区良好的生油岩系,为油气的形成提供了丰富的油源。

受烃源岩控制,距长7暗色泥岩较近的长8期沉积的砂岩捕获的油气相对较多,形成的油藏也多。根据研究区延长组长8~长10已获工业油流井的数量与长7底距离的远近(表2)可以看出:离长7烃源岩越近,油藏分布越多,即长8~长10已获工业油流井的数量与长7底距离成反比。

3.2 优相

储集层的发育与盆地沉积体系和沉积相关系密切,优越的沉积、成岩相有利于形成厚度大、物性好的储层,便于石油聚集。研究表明,砂体主体部位砂岩厚度大,抗压实能力强,有利于粒间孔保存,面孔率高,孔喉连通性好,物性好,是油气富集的主要地区。在研究区,三角洲前缘水下分流河道和河口坝位置,是三角洲砂体发育区,特别是三角洲前缘水下分流河道,不仅粒度相对较粗,而且受到河流和湖浪的改造作用,颗粒分选较好,因此孔隙比较发育,渗透性往往较好,形成了良好的储层物性。

表2 研究区长8~长10工业油流井数量与长7距离关系表

与长7底距离(m)	0~15	15~30	30~45	45~60	60~75	75~90	90~105	105~120	总数
已获工业油流井数(口)	19	12	12	8	5	6	3	2	67

3.3 低压

研究区长 7 地层与下部长 8 地层普遍存在较高的过剩压力差,过剩压力差是石油向下运移的主要动力。在过剩压力作用下,油气从高压区向低压区运移。因此,在高压背景下的低压区是油气聚集的主要场所。

4 结论

- (1) 油源对比显示吴定地区长 8、长 9 油气主要来源于长 7 烃源岩;长 9 烃源岩次之;
- (2) 研究区延长组长 7 生烃增压是石油向下运移的主要动力。早白垩世延长组长 7、长 8 期发育的相对低压区是油气运移的有利指向,利于油藏的形成。平面上长 7 及长 8 过剩压力差低值背景下的高值区是延长组下组合油气聚集的主要场所;
- (3) 研究区延长组长 8、长 9 油藏具有“幕式充注、连续成藏”的特征,两者属同一个成藏组合,即源下成藏组合。下组合主要发育四种成藏类型:储层与烃源岩直接接触成藏、通过叠置渗砂体运聚成藏、通过流体压裂缝运聚成藏、油气通过叠置渗砂体和流体压裂缝运聚成藏;
- (4) 通过沉积、储层、异常压力、成藏机理等方面的综合研究,得出研究区延长组油藏分布主要受“近源、低压、优相”三大因素的控制。

[References]

Dou Wei-tan, Hou Ming-cai, Chen Hong-de, Dong Gui-yu. 2008. A research on the conditions of the reservoir formation and the main controlling factors of Upper Triassic Yanchang Formation in Ordos Basin [J]. Journal of Chengdu University of Technology (Science & Technology Edition), 35(6): 686-692 (in Chinese with English abstract)

Duan Yi, Yu Wen-xiu, Liu Xian-yang, Guo Zheng-quan, Wu Bao-xiang, Sun Tao, Wang Chuan-yuan. 2009. Oil migration and accumulation rules of Chang-9 oil-bearing formation in the Ordos Basin [J]. 83(6): 855-857 (in Chinese with English abstract)

Guo Yan-qin, Li Wen-hou, Chen Quan-hong, Cao Hong-xia, Zhang Dao-feng. 2006. Geochemical behaviors of oil and oil-source correlation in Yanchang Yan an Formations in Ansai-Fuxian area, Ordos basin[J]. Oil & Gas Geology, 27(2): 218-224 (in Chinese with English abstract)

Han Zong-yuan, Miao Jian-yu, Bu Zhan-qi. 2005. The Comparative Study on Organic Geochemical Characters of the Mesozoic Source Rocks in T3y and J2y of Zhenyuan in Ordos Basin[J]. Geoscience, 21(3): 532-537 (in Chinese with English abstract)

Hao Fang. 2005. Kinetics of hydrocarbon generation and mechanisms of petroleum accumulation in overpressured basins[M]. Beijing: Science Press; 32-36 (in Chinese with English abstract)

Lei Lu, Qu Hong-jun, Miao Jian-yu, Fan Yu-hai, Wan Yan-zhou.

2009. Oil-source correlation of source rocks in Wuding area, Ordos Basin[J]. Inner Mongolia Petrochemical Industry, 19: 64-66 (in Chinese with English abstract)

Li Ming-cheng, Shan Xiu-qin, Ma Cheng-hua, Hu Guo-yi. 2005. An approach to hydrocarbon accumulation period [J]. Xinjiang Petroleum Geology, 26(5): 587-591 (in Chinese with English abstract)

Li Yuan-hao, Liu Chi-yang, Wang Xiu-mei, Du Yu-guo. 2009. Episodic migration and accumulation of hydrocarbon in lower Yanchang Formation of the northwestern Ordos Basin[J]. Acta Petrolei Sinic, 30(1): 61-67 (in Chinese with English abstract)

Li Yuan-hao. 2008. The oil reservoir forming mechanisms and its main controlling factors of the Lower Yanchang Formation in the middle of the West Ordos Basin[D]. Xi'an: Northwestern University; 104-135 (in Chinese with English abstract)

Wang Hong-jun, Huang Xiao-ming. 1999. Pressure structure and petroleum distribution in Tazhong area [J]. Experimental petroleum geology, 21(3): 242-245 (in Chinese with English abstract)

Wang Wen-ting, Zheng rong-cai, Wang Cheng-yu, Wang Hai-jun, Niu Xiao-bing, Wang Chang-yong. 2009. Provenance analysis of the 8th oil-bearing member of Yanchang Formation, Upper Triassic, Jiuyuan area, Ordos Basin[J]. Lithologic Reservoirs, 21(4): 41-43 (in Chinese with English abstract)

Wang Li, Cui Pang-feng. 2003. Study on the sedimentary facies of Chang 8 oil-bearing bed in Xifeng oilfield, Erdosu basin[J]. Journal of Xi'an Petroleum Institute (Natural Science Edition), 18(6): 26-29 (in Chinese with English abstract)

Wu Chun-jun, Xue Shu-hao. 1993. Sedimenology of petroliferous basins in china[M]. Beijing: Petroleum Industry Press; 26-96 (in Chinese with English abstract)

Yang hua, Zhang wen-zheng. 2005. Leading effect of the Seventh Member high-quality source rock of Yanchang Formation in Ordos Basin during the enrichment of low-penetrating oil-gas accumulatin; Geology and geochemistry[J], Geochimica, 34(2): 147-148 (in Chinese with English abstract)

Yang Yang, Guo Zheng-quan, Huang Jin-xiu, Du Jin-liang. 2006. Overpressure relation to oilfields in Yanchang Formation SW Ordos Basin[J]. Journal of Earth Sciences and Environment, 28(2): 49-52 (in Chinese with English abstract)

Zha Ming, Qu Jiang-xiu, Zhang Wei-hai. 2002. The relationship between overpressure and reservoir forming mechanism[J]. Petroleum Exploration and Development, 29(1): 19-22 (in Chinese with English abstract)

Zhang Wen-zheng, Yang Hua, Li Jian-feng, Ma Jun. 2006. Leading effect of high-class source rock of Chang 7 in Ordos Basin on enrichment of low permeability oil-gas accumulation—hydrocarbon generation and expulsion mechanism[J]. Petroleum Exploration and Development, 33(3): 289-293 (in Chinese with English abstract)

[附中文参考文献]

窦伟坦, 侯明才, 陈洪德, 董桂玉. 2008. 鄂尔多斯盆地三叠系延长组油气成藏条件及主控因素研究[J]. 成都理工大学学报自然科学版, 35(6): 686-692

段 毅,于文修,刘显阳,郭正权,吴保祥,孙 涛,王传远. 2009. 鄂尔多斯盆地长9 油层组石油运聚规律研究[J]. 地质学报, 83(6): 855-857

郭艳琴,李文厚,陈全红,曹红霞,张道锋. 2006. 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,27(2):218-224

韩宗元,苗建宇,布占琦. 2005. 鄂尔多斯盆地镇原地区中生界延长组、延安组烃源岩地球化学特征对比分析[J]. 现代地质,21(3):532-537

郝 芳. 2005. 超压盆地生烃作用动力学与油气成藏机理[M]. 北京: 科学出版社:32-36

雷 路,屈红军,苗建宇, 范玉海,万延周. 2009. 鄂尔多斯盆地吴定地区烃源岩的油源对比[J]. 内蒙古石油化工,19:64-66

李明诚,单秀琴,马成华, 胡国艺. 2005. 油气成藏期探讨[J]. 新疆石油地质, 26(5):587-591

李元昊,刘池洋,王秀娟, 独育国. 2009. 鄂尔多斯盆地西北部延长组下部幕式成藏特征[J]. 石油学报,30(1):61-67

李元昊. 2008. 鄂尔多斯盆地西部中区延长组下部石油成藏机理及主控因素[D]. 西安: 西北大学: 104-135

王红军,黄晓明. 1999. 塔中地区地层压力结构与油气的分布[J]. 石油实验地质, 21(3): 242-245

王 力,崔攀峰. 2003. 鄂尔多斯盆地西峰油田长8 沉积相研究[J]. 西安石油大学学报自然科学版,18(6):26-29

王纹婷,郑荣才,王成玉,王海军,牛小兵,王昌勇. 2009. 鄂尔多斯盆地姬塬地区长8 油层组物源分析[J]. 岩性油气藏,21(4):41-43

吴崇筠,薛叔浩. 1993. 中国含油气盆地沉积学[M]. 北京:石油工业出版社:26-96

杨 华,张文正. 2005. 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, 34(2):147-148

杨 颢,郭正权,黄锦秀, 杜金良. 2006. 鄂尔多斯盆地西南部延长组过剩压力与油藏的关系[J]. 地球科学与环境学报,28(2):49-52

查 明,曲江秀, 张卫海. 2002. 异常高压与油气成藏机理[J]. 石油勘探与开发, 29(1): 19-22

张文正,杨 华,李剑锋,马 军. 2006. 论鄂尔多斯盆地长7 段优质油源岩在低渗透成藏富集中主导作用-强生排烃特征及机理分析[J]. 石油勘探与开发, 33(3): 289-293

Hydrocarbon Accumulation Models and the Main Controlling Factors for the Lower Member of the Upper Triassic Yanchang Formation in the Wu-Ding area of the Ordos Basin

YU Bo ^{1,2}, ZHOU Kang², GUO Qiang², BAI Fen-fei²

- (1. Department of Geology, State Key Laboratory of Continental Dynamic, Northwest University, Xi'an, Shaanxi 710069;
- 2. The Research Institute of Shaanxi Yanchang Petroleum (group) Co. Ltd. Xi'an, Shaanxi 710075)

Abstract:Based on the integrated studies of the sedimentary facies, oil-source correlation, formation pressure structure and homogenization temperatures of fluid inclusions, this paper researches the hydrocarbon accumulation models and the main controlling factors for the lower member of Upper Triassic Yanchang Formation in the Wuqi-Dingbian area of the Ordos Basin. The result shows that the formations Chang 7 and Chang 9 are the two sets of fine source rocks which possess good hydrocarbon generation potential in the region. Oil-source correlation shows hydrocarbon in the Chang 7 and Chang 9 formations mainly derives from the source rock Chang 7 in the Wuqi-Dingbian area, and the Chang 9 formation follows. Hydrocarbon generating pressurization is the main drive force for petroleum migration in the Chang 7 formation of the region. The area with high values in the background of low values in excess pressure difference for Chang 7 and Chang 8 is the main locus for hydrocarbon accumulation in the lower member of the Yanchang formation. The main sedimentary facies of the Yanchang formation in the research region is deltaic front subaqueous distributary channels and debouch bars; which may serve as reservoir space with generally higher porosity and permeability. The Chang 8 and Chang 9 reservoirs are characterized by episodic injection and continuous accumulation, and both of the reservoirs belong to hydrocarbon accumulation assemblages under source rocks. Comprehensive analysis suggests that the distribution of the upper Jurassic reservoirs is mainly controlled by three major factors of near sources, low pressure and good facies.

Key words:Ordos Basin, Wuqi-Dingbian area, Yanchang Formation, forming rule, controlling factors