

文章编号:0253-9985(2012)04-0616-08

松辽盆地三肇凹陷葡萄花油层成藏条件及模式的差异性

刘云燕

(东北石油大学,黑龙江 大庆 163318)

摘要:典型油藏解剖和油藏与成藏条件空间分布配置关系研究表明,三肇凹陷油源区内外葡萄花油层油成藏与分布主要存在4个差异。①油来源不同:油源区内葡萄花油层油直接来自下伏青山口组一段源岩;而油源区外油直接来自下伏扶杨油层。②油运移条件不同:油源区内葡萄花油层油运移动力有浮力和超压,运移距离短,途中损耗量小;而油源区外油运移动力仅有浮力,运移距离长,途中损耗量大。③油运聚成藏过程和模式不同:油源区内葡萄花油层油成藏模式为青一段源岩生成的油在超压和浮力的作用下,通过油源断裂向上覆葡萄花油层中运移,在油源断裂附近的断块或断层-岩性圈闭中聚集成藏;而油源区外油成藏过程及模式为下伏扶杨油层中已聚集的油在浮力的作用下,通过油源断裂向上部葡萄花油层调整运移,在油源断裂附近的断块或断层-岩性圈闭中聚集成藏。④油成藏分布的控制因素不同:油源区内葡萄花油层油成藏过程及分布主要受油源断裂分布控制;而油源区外油成藏分布主要受扶杨油层油区和油源断裂分布的共同控制。正是上述4个差异,造成油源区葡萄花油层油明显较油源区外富集。

关键词:成藏条件;成藏模式;葡萄花油层;三肇凹陷;松辽盆地

中图分类号:TE122.1

文献标识码:A

Differences of oil accumulation conditions and patterns in Putaohua play, Sanzhao depression, Songliao Basin

Liu Yunyan

(Northeast Petroleum University, Daqing, Heilongjiang 163318, China)

Abstract: Analysis of typical oil reservoirs and hydrocarbon accumulation conditions indicate that there are four major differences of hydrocarbon accumulation and distribution between Putaohua play inside and outside hydrocarbon kitchen in Sanzhao depression. ①Oil sources are different. Oil of Putaohua play inside the kitchen is directly sourced from the source rocks in the underlying 1st member of Qingshankou Formation (MQF), while that outside the kitchen is directly sourced from the underlying Fuyang play. ②Hydrocarbon migration conditions are different. Oil migration to Putaohua play inside the kitchen are driven by both buoyancy and overpressure and features in short distance and small amount of loss. In contrast, that outside the kitchen is solely driven by buoyancy, and is characterized by long distance and large amount of loss. ③Hydrocarbon accumulation process and patterns are different. For Putaohua play inside the kitchen, oil generated by MQF source rocks migrates to the overlying Putaohua play along the source rock-rooted faults under the driving of overpressure and buoyancy, and accumulates in fault blocks or fault-lithologic traps near the faults. In contrast, for Putaohua play outside the kitchen, oil from Fuyang play migrates to the overlying Putaohua play along the source rock-rooted faults under the driving of buoyancy and accumulates in fault blocks or fault-lithologic traps near the faults. ④Controlling factors of hydrocarbon accumulation and distribution are different. Hydrocarbon accumulation and distribution of Putaohua play inside the kitchen is mainly controlled by the distribution of the source rock-rooted faults, while

收稿日期:2012-04-21;修订日期:2012-07-11。

作者简介:刘云燕(1968—),女,博士研究生,石油地质及开发。

that outside the kitchen is jointly controlled by the distribution of Fuyang play and source rock-rooted faults.

Key words: hydrocarbon accumulation condition, hydrocarbon accumulation pattern, Putaohua play, Sanzhao Depression, Songliao Basin

三肇凹陷位于松辽盆地北部中央坳陷内,是松辽盆地中部含油气组合油气勘探的重点地区。该区从下至上发育有下白垩统的火石岭组、沙河子组、营城组、登娄库组、泉头组,上白垩统青山口组、姚家组、嫩江组、四方台组和明水组及古近系、第四系,位于上白垩统姚家组内的葡萄花油层是该区的主力产油层位,已发现卫星、升平、徐家围子、肇州、宋芳屯、模范屯、永乐和尚家油田,充分展示了该区葡萄花油层油的潜在资源远景。然而,该区葡萄花油层除了主要分布在油源区内(排烃门限以内),如卫星、升平、徐家围子、肇州中北部、永乐中北部和模范屯中北部,在油源区之外(即排烃门限外)也找到了一些油藏,如尚家、肇州南部、永乐南部和模范屯南部(图1)。这些油藏与油源区内油藏相比,不仅位置不同,而且其成藏条件也不相同,尽管前人对该区扶杨油层(F,Y)

和葡萄花油层(p,y)油运聚成藏条件及模式曾做过大量研究和探讨^[1-16],但对油源内、外葡萄花油层油成藏条件和模式的对比研究仍是一个空白,这无疑不利于该区葡萄花油层勘探由凹陷向边部发展。因此,开展三肇凹陷油源区内外葡萄花油层油成藏条件和模式差异性研究,对于总结油气成藏规律和指导深入勘探均具有重要意义。

1 主力油层油来源不同

油-源对比结果表明,三肇凹陷葡萄花油层无论是源内还是源外油的样本点与其下伏青山口组一段(青一段)源岩的样本点在 $Pr/nC_{17}-Ph/nC_{18}$ 关系图(图2)上分布在相同的区域内。一般而言,同源油分布在一条线上表明二者之间具较好的亲缘关系,即三肇凹陷内、外葡萄花油层油都应

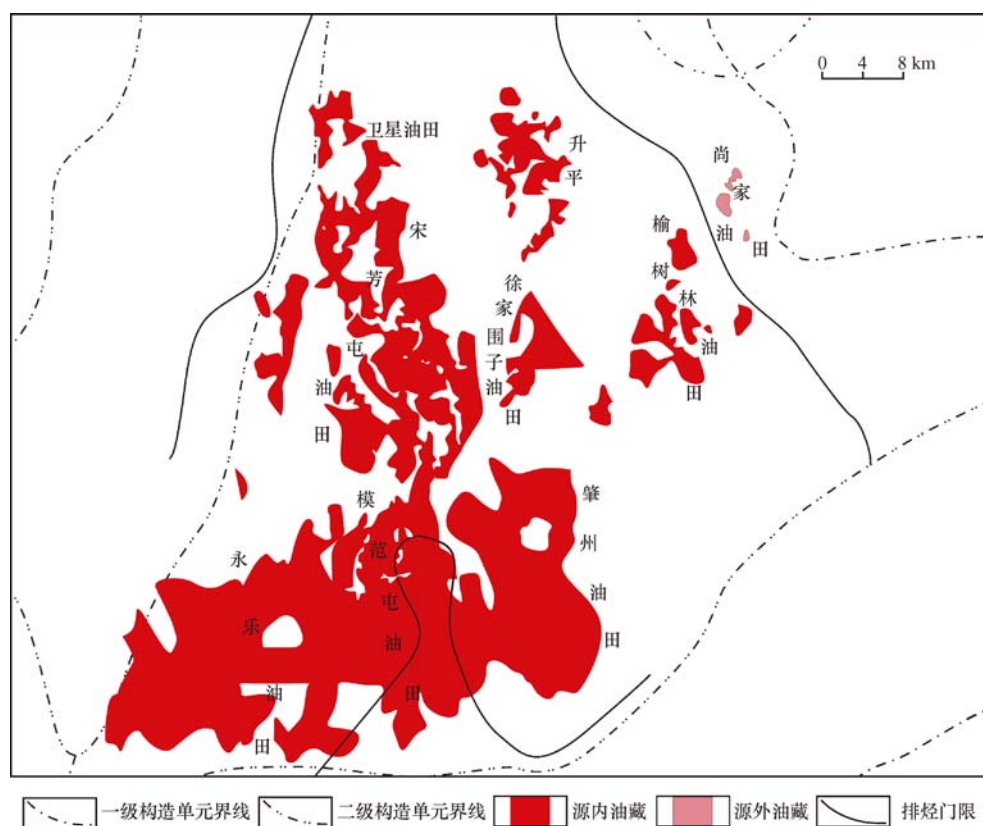


图1 三肇凹陷葡萄花油层油藏分布与油源区关系

Fig. 1 Relation between Putaohua play distribution and hydrocarbon kitchen in Sanzhao depression

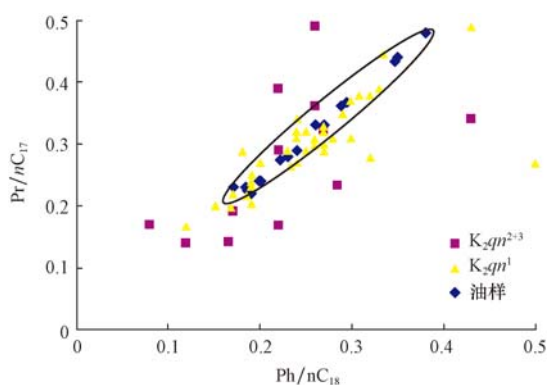


图2 三肇凹陷葡萄花油层青一段源岩
Pr/nC₁₇-Ph/nC₁₈关系

Fig. 2 Pr/nC₁₇ vs. Ph/nC₁₈ of source rocks in the 1st member of Qingshankou Formation in Putaohua play in Sanzhao Depression

来自下伏青一段源岩。油源区内葡萄花油层位于下伏青一段源岩正上方,通过断裂便可使青一段源岩生成的油向上运移进入到上覆葡萄花油层中,因此,三肇凹陷油源区内葡萄花油层油应直接来自下伏青一段源岩。而油源区外葡萄花油层油主要为下部扶杨油层调整运移的结果:一方面前人通过甾烷和萜烷色谱-质谱等地化指标也证实了源外来源于青一段源岩^[10],但其之下青一段源岩为未成熟源岩,不可能成为之上葡萄花油层的直接来源。另一方面,油源区外葡萄花油层油藏不是源内油侧向运移的结果,葡萄花油层砂体不发育,砂地比一般小于20%,横向分布不连续,难以成为油侧向长距离运移的输导通道,另外源

外葡萄花油层原油低碳数含量较源内原油低^[4],如果油沿葡萄花油层侧向运移而来,由于地层的层析作用,低碳数比例应该大,造成低碳数偏低的根本原因可能是断裂活动将扶杨油层的原油调整到葡萄花,造成部分轻烃散失所致。凹陷区内青一段源岩生成的油先“倒灌”运移至下伏扶杨油层^[2],后沿砂体侧向运移至油源区之外的葡萄花油层下方的扶杨油层中,再通过晚期断裂活动调整垂向运移至上覆葡萄花油层中聚集成藏。从目前油源区外葡萄花油层已发现的油藏来看,其下的扶杨油层皆有油,通过油油对比(图3)可以得到,葡萄花油层中的油与下伏扶杨油层中的油具较好的亲缘关系,表明油源区之外葡萄花油层中的油应直接来自下伏扶杨油层。

2 葡萄花油层油运移条件不同

由上可知,三肇凹陷油源区内、外葡萄花油层油来源不同,前者直接来源于下伏青一段源岩,后者则直接来源于下伏扶杨油层。由于葡萄花油层与下伏青一段源岩和扶杨油层之间空间距离不同,以及青一段源岩和扶杨油层本身的特征不同,造成油源区内、外葡萄花油层油运移条件也就不同,主要表现在以下两个方面。

2.1 运移动力不同

三肇凹陷油源区内青一段源岩具有超压特

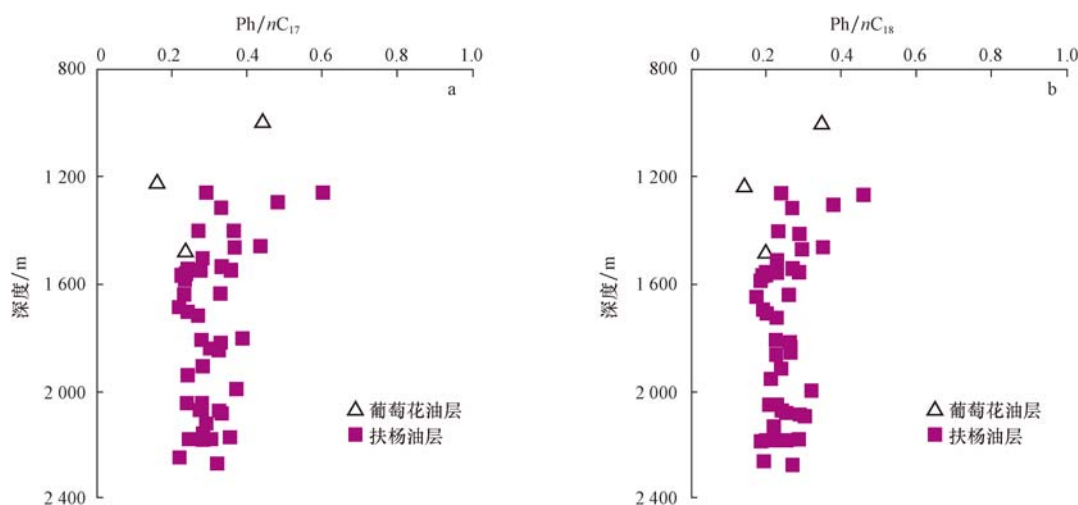


图3 尚家地区葡萄花油层与扶杨油层油特征随深度变化关系

Fig. 3 Correlation between geochemical characteristics of oil in Putaohua and Fuyang play in Shangjia area

a. Pr/nC₁₇与深度关系; b. Pr/nC₁₈与深度关系

征^[1], 现今超压值最大可达 20 MPa, 普遍在 8 ~ 16 MPa, 其生成的油在通过油源断裂向上运移的过程中, 除了油本身的浮力外, 还有源岩内的超压作用, 油极易向上覆葡萄花油层中运移聚集, 且运移速度快。而油源区外的扶杨油层为常压油层 (压力系数近于等于 1), 其内油在通过源断裂向上覆葡萄花油层运移的过程中, 仅仅受到浮力作用, 而无超压作用, 且又要穿过青山口组大套泥岩, 油相对不易向上覆葡萄花油层中运移聚集, 且运移速度慢。因此, 油源区外与油源区内葡萄花油层油相比, 油运移动力小, 运移速度慢, 这可能是造成三肇凹陷油源区内葡萄花油层油富集程度较油源区外油富集程度高的一个重要原因。

2.2 运移距离不同

由于葡萄花油层和扶杨油层分布位于青一段接触, 而葡萄花油层至青一段源岩的距离一般为 180 ~ 220 m 左右, 扶杨油层距上覆葡萄花油层的空间距离大于青一段源岩距上覆葡萄花油层之间距离, 一般超过 90 ~ 120 m, 造成油从扶杨油层向上覆葡萄花油层运移过程中所受到的地层吸附阻力大于油从青一段源岩向上覆葡萄花油层运移所受到的地层吸附阻力, 加之扶杨油层油向上覆葡萄花油层中运移要穿过青一段源岩, 其内超压也会阻止油向上运移。因此, 三肇凹陷油源区内葡萄花油层中的油在运移途中的损失量明显小于油源区之外油在运移途中的损失量, 这可能也是造成前者油富集而后者油不富集的又一个重要原因。

3 油运聚过程和成藏模式不同

由于三肇凹陷油源区内、外油来源和运移条件不同造成其油运聚成藏过程和模式不同。通过油藏解剖得到, 油源区内葡萄花油层油运聚成藏过程及模式为青一段源岩生成的油在超压和油本身浮力的作用下, 通过油源断裂向上覆葡萄花油层中运移, 在油源断裂附近的断块或断层-岩性圈闭中聚集成藏 (图 4)。该区卫星、升平、宋芳屯、徐家围子、模范屯北部和中部、永乐北部和中部、肇州北部和中部葡萄花油层油藏均属于此类型。

油源区之外葡萄花油层油运聚成藏过程及模式为下伏扶杨油层中已聚集的油在浮力作用下通过油源断裂向上覆葡萄花油层运移, 在油源断裂附近的断块或断层-岩性圈闭中聚集成藏 (图 5, 图 6)。这个模式的前提需要源外葡萄花油层之下的扶杨油层有油的聚集, 而源外扶杨油层油的聚集是源内源岩生成的油在超压的作用下经倒灌运移至储层, 后经侧向运移而成藏^[2]。因此, 源外葡萄花油藏为晚期构造活动断裂垂向调整扶杨油层油运移的结果, 在成藏时间上晚于下部扶杨油层, 源外地区的尚家地区、肇州南部、永乐南部、模范屯南部葡萄花油层油藏皆属于此类型。

由此可以看出, 油源区内葡萄花油层油运聚成藏过程和模式明显较油源区外葡萄花油层油运聚成藏过程和模式简单, 这不仅表现为: ①前者油

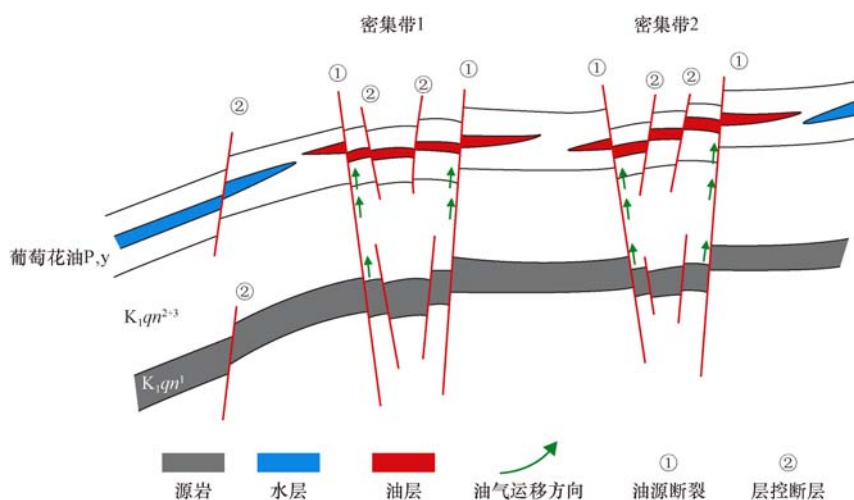


图 4 三肇凹陷油源区内葡萄花油层油运聚成藏模式

Fig. 4 Hydrocarbon migration and accumulation pattern of Putaohua play inside the kitchen in Sanzhao depression

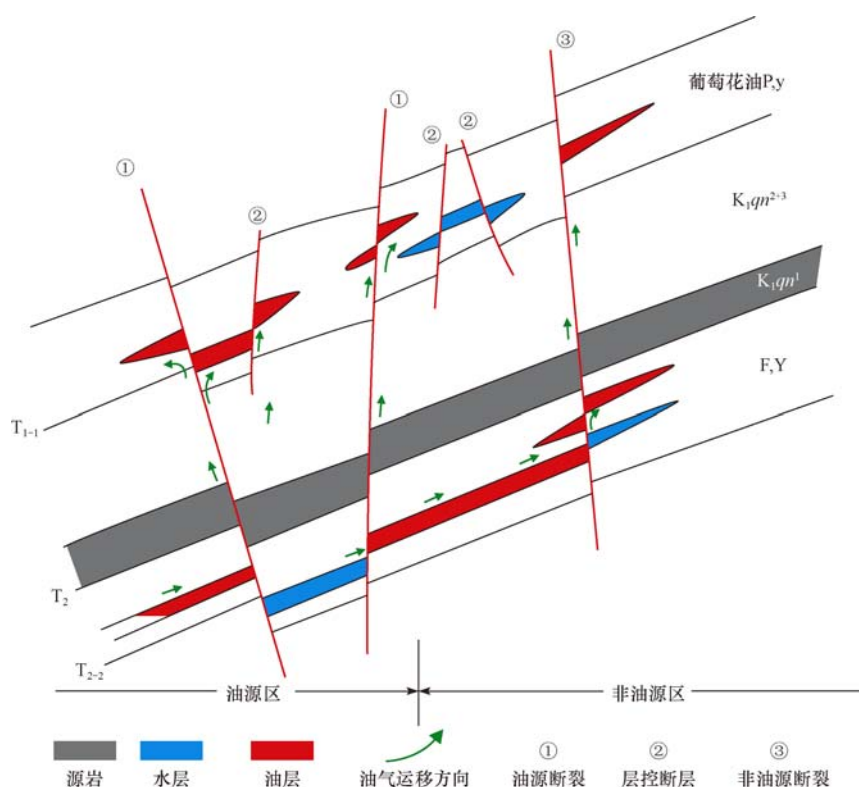


图5 三肇凹陷油源区外葡萄花油层运聚成藏模式

Fig. 5 Hydrocarbon migration and accumulation pattern of Putaohua play outside the kitchen in Sanzhao depression

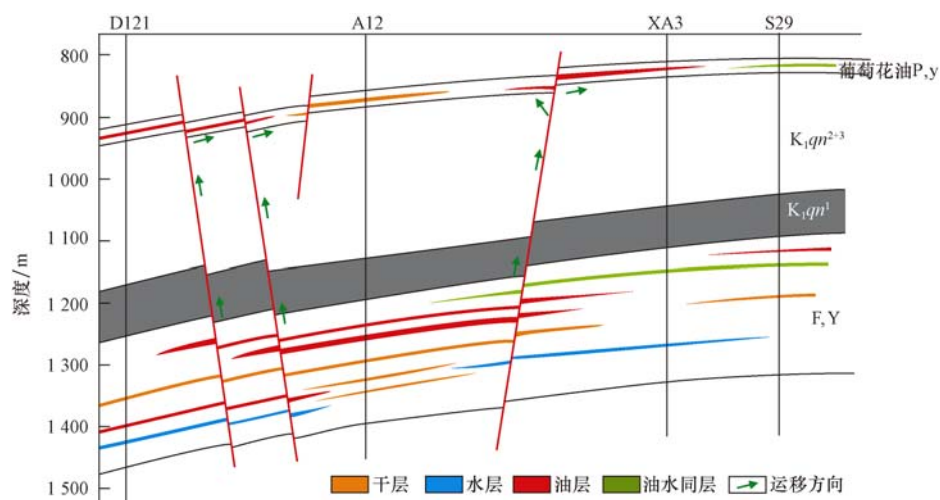


图6 三肇凹陷油源区外葡萄花油层运聚成藏剖面

Fig. 6 Oil reservoir section showing Putaohua play outside the kitchen in Sanzhao depression

运聚成藏只需垂向运移即可,而后者除了垂向运移外还需要侧向运移;②前者油气垂向运移的距离相对后者也要近。

4 油成藏分布的控制因素不同

由于三肇凹陷油源区内、外葡萄花油层油成

藏过程和模式不同,造成油成藏分布的控制因素也就不同。油源区内葡萄花油层油直接来自下伏青一段源岩,青一段源岩生成的油主要通过油源断裂向上运移进入葡萄花油层,且在油源断裂附近的断块或断层-岩性圈闭中聚集成藏。由此看出,油源区内葡萄花油层油成藏分布主要受油源断裂分布的控制。所谓葡萄花油层的油源断裂是

指连接葡萄花油层和下伏青一段源岩,且在青一段源岩大量生排烃期——明水组沉积末期活动的断裂,这种断裂在该区应为断陷期形成、坳陷期和反转期均活动的断裂和坳陷期形成反转期活动的断裂。油源区内这类断裂在该区大量发育,共有282条,主要为北北东向、北北西向和近南北向分布,升平、宋芳屯、卫星、肇州和模范屯地区油源断裂发育,永乐地区、徐家围子地区东部油源断裂不发育,正是由于油源断裂广泛发育,下伏青一段源岩生成的油可以通过其向上覆葡萄花油层大面积运移,造成油源区内葡萄花油层油藏大面积分布(图7)。

而油源区外葡萄花油层油直接来自下伏扶杨油层,只有扶杨油层有油存在的地方,再加之有断裂作为输导通道,下伏扶杨油层中的油才能在浮力的作用下运移至上覆葡萄花油层中,且在输导断裂附近的断块或断层-岩性圈闭中聚集成藏(图6)。由此看出,油源区外葡萄花油层成藏分布要受到扶杨油层油区分布和油源断裂分布的共同控制(图8,图9)。在尚家地区、肇州南部、永乐南部、模范屯南部葡萄花油层下伏扶杨油层均有油分布(图8),这些地区葡萄花油层在有油源断裂分布的区域就有油聚集成藏(图9),而其它地区下伏扶杨油层无油分布,葡萄花油层也就无油聚集成藏;下伏有扶杨油层油分布的区域,若无油源断裂输导,葡萄花油层也无油成藏分布。因此

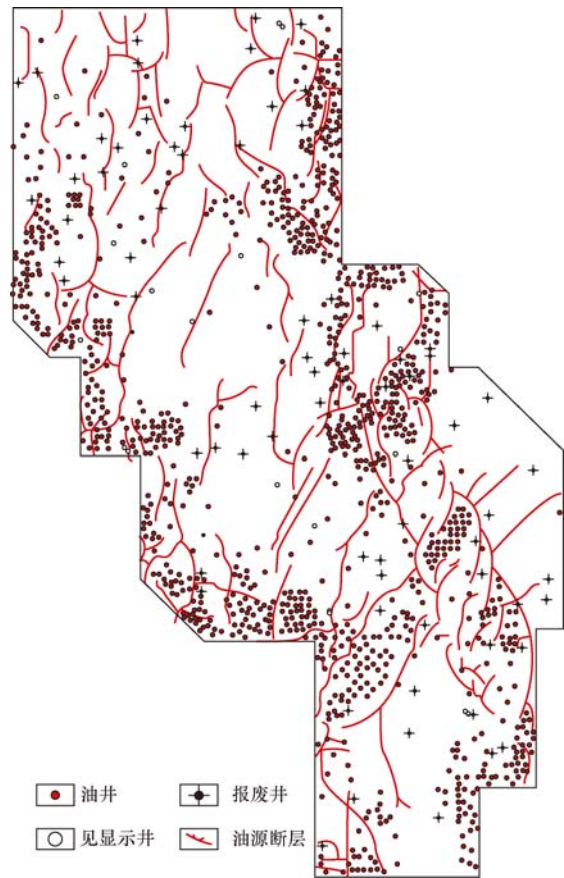


图7 三肇凹陷徐家围子油田葡萄花油层油井分布与油源断裂关系

Fig. 7 Relationship between the distribution of oil wells and source rocks-rooted faults of Putaohua play in Xujiaweizi oilfield, Sanzhao depression

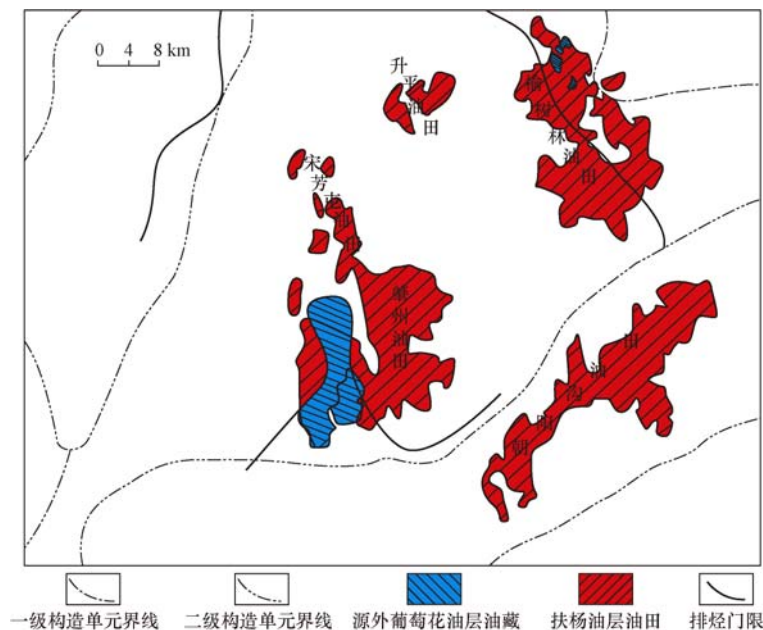


图8 三肇凹陷油源区外葡萄花油层油分布与扶杨油层油分布关系

Fig. 8 Relations between the distribution of oil in Putaohua and Fuyang plays outside the kitchen in Sanzhao depression

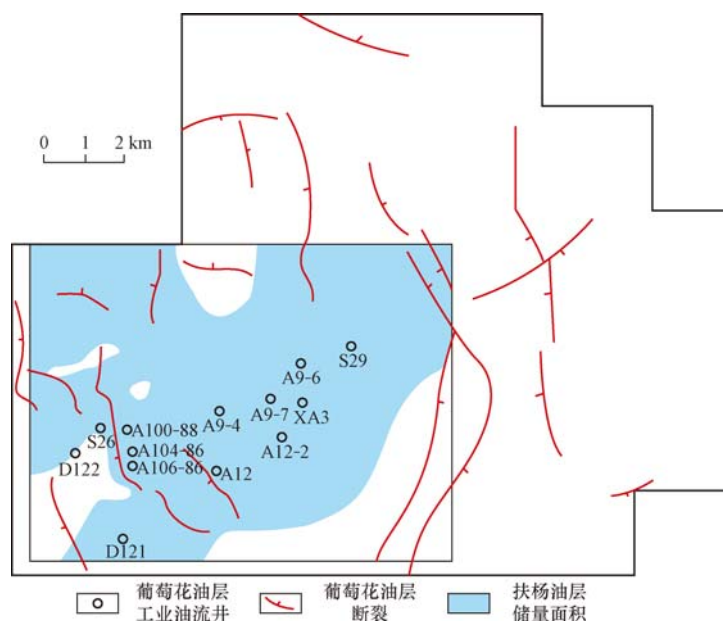


图9 尚家地区葡萄花油层油与扶杨油层油关系

Fig. 9 Relationship between oil in Putaohua and Fuyang plays in Shangjia area

总结起来葡萄花油层源外成藏需要具备的两个必要条件:一是下伏扶杨油层有油分布;二是要有沟通葡萄花和扶杨的油源断裂。

由于油源区外扶杨油层油藏分布有限,仅分布在朝阳沟油田、榆树林油田东部和肇州油田南部(图8),其分布面积远远小于三肇凹陷青一段源岩区的分布面积,造成油源区外葡萄花油层油的供给量小于油源区内葡萄花油层油的供给量,这可能也是造成三肇凹陷油源区内葡萄花油层油较油源区外葡萄花油层油富集又一主要原因。

5 结论

1) 三肇凹陷以排烃门限为界分为油源区内和外两个油区,油源区内葡萄花油层油直接来源于下伏青一段源岩,而油源区外葡萄花油层油直接来自下伏扶杨油层。

2) 三肇凹陷油源区内、外葡萄花油层油运移条件不同。油源区内葡萄花油层油运移动力为浮力和超压,而油源区外葡萄花油层运移动力仅为浮力。

3) 三肇凹陷油源区内、外葡萄花油层油运聚成藏过程和模式不同。

4) 三肇凹陷油源区内、外葡萄花油层油成藏分布的控制因素不同,油源区内葡萄花油层油成

藏分布主要受到油源断裂分布的控制,油源区外葡萄花油层油成藏分布主要受到扶杨油层油区分布和油源断裂分布的共同控制。

参 考 文 献

- [1] 付广,王有功. 三肇凹陷青山口组源岩生成油向下“倒灌”运移层位及其研究意义[J]. 沉积学报,2008,26(2):355-360.
Fu Guang, Wang Yougong. Migration horizons downward of oil from K_1 qn source rock of F,y Oil layer in Sanzhao Depression and its significance[J]. Acta Sedimentologica Sinica,2008,26(2):355-360.
- [2] 付广,王有功. 源外鼻状构造区油运移通道及对成藏的作用——以松辽盆地尚家地区为例[J]. 地质论评,2008,54(5):646-652.
Fu Guang, Wang Yougong. Oil migration transporting pathways in nose structure region outside oil source area and their Controlling on oil accumulation——example of shangjia region in the Songliao basin[J]. Geological Review,2008,54(5):646-652.
- [3] 王雅春,王胜男. 源岩、超压和断裂空间匹配对三肇凹陷扶杨油层油成藏的控制作用[J]. 吉林大学学报(地球科学版),2009,39(4):656-661.
Wang Yachun, Wang Shengnan. Controlling of the match of source rock, overpressure and fault on oil accumulation of Fu-Yang oil layer in Sanzhao Depression[J]. Journal of Jilin University (Earth Science Edition), 2009, 39(4): 656-661.
- [4] 付晓飞. 三肇凹陷葡萄花油层断层成因机制及对成藏的控制作用[D]. 北京:中国石油勘探开发研究院,博士论文,

- 2007, 182-200.
- Fu Xiaofei. Research on faults genetic mechanism and controlling petroleum migration and accumulation of Putaohua reservoirs in Sanzhao depression [D]. Beijing: China Petroleum Exploration and Development Research Institute, 2007: 182-200.
- [5] 任战利, 萧德铭, 迟元林, 等. 松辽盆地基底石炭-二叠系热演化史[J]. 石油与天然气地质, 2011, 31(3): 430-439.
- Ren Zhanli, Xiao Deming, Chi Yuanlin, et al. Restoration of thermal history of the Permo-Carboniferous basement in the Songliao Basin[J]. Oil & Gas Geology, 2011, 31(3): 430-439.
- [6] 迟元林, 萧德铭, 殷进垠. 松辽盆地三肇地区上生下储“注入式”成藏机制[J]. 地质学报, 2000, 74(4): 371-377.
- Chi Yuanlin, Xiao Deming, Yin Jinyin. The Injection pattern of oil and gas migration and accumulation in the Sanzhao area of songliao Basin[J]. Acta Geologica Sinica, 2000, 74(4): 371-377.
- [7] 付晓飞, 平贵东, 范瑞东. 三肇凹陷扶杨油层油气“倒灌”运聚成藏规律研究[J]. 沉积学报, 2009, 27(3): 558-566.
- Fu Xiaofei, Ping Guidong, Fan Rui dong. Research on migration and accumulation mechanism of hydrocarbon “reversed migration” in Fuyu and Yangdachengzi Formation in Sanzhao Depression. [J]. Acta Sedimentologica Sinica, 2009, 27(3): 558-566.
- [8] 张顺, 崔坤宁, 张晨晨, 等. 松辽盆地泉头组三、四段河流相储层岩性油藏控制因素及分布规律[J]. 石油与天然气地质, 2011, 31(3): 411-419, 429.
- Zhang Shun, Cui Kunning, Zhang Chenchen, et al. Controlling factors and distribution patterns of lithologic pools in the fluvial facies of the 3rd and 4th members of the Quantou Formation in the Songliao Basin [J]. Oil & Gas Geology, 2011, 31(3): 411-419, 429.
- [9] 谭保祥, 侯德艳, 林景晔. 三肇地区扶余、杨大城子油层油源与油气运移模式探讨[J]. 大庆石油地质与开发, 1995, 14(1): 5-8.
- Tan Baoxiang, Hou Deyan, Lin Jingye. Hydrocarbon distribution and exploration potential of the FuYuYangDaChengzi petroleum pays, San-Zhao Depression, Song-Liao Basin [J]. Petroleum Exploration and Development, 1995, 22(1): 1-4.
- [10] 王文明, 王成文. 尚家地区葡萄花油层成藏模式及主控因素[J]. 吉林大学学报(地球科学版), 2009, 39(1): 37-44.
- Wang Wenming, Wang Chengwen. Oil accumulation model and main controlling factors of Putaohua oil layer in Shangjia Region [J]. Journal of Jilin University (Earth Science Edition), 2009, 39(1): 37-44.
- [11] 王洪江, 吴聿元. 松辽盆地长岭断陷火山岩天然气藏分布规律与控制因素[J]. 石油与天然气地质, 2011, 31(3): 360-367.
- Wang Hongjiang, Wu Yuyuan. Distribution patterns and controlling factors of volcanic gas pools in the Changling fault depression, the Songliao Basin [J]. Oil & Gas Geology, 2011, 31(3): 360-367.
- [12] 陈志海, 任利军, 陈亮宇, 等. 复杂断块超低渗油气藏试采动态评价与开发对策——以松辽盆地南部十屋油田营城组及沙河子组一段油藏为例[J]. 石油与天然气地质, 2011, 32(1): 133-141.
- Chen Zhihai, Ren Lijun, Chen Liangyu, et al. Performance evaluation on production tests in the extra low permeability reservoirs of complex fault blocks and development strategies-examples from oil reservoirs in the Yingcheng Formation and the first member of the Shahezi Formation in Shiwu oilfield of the southern Songliao Basin [J]. Oil & Gas Geology, 2011, 32(1): 133-141.
- [13] 陈伟, 李鹏, 彭承文, 等. 大庆油田肇35区块葡萄花油层储层特征及控制因素[J]. 石油与天然气地质, 2010, 31(6): 802-809.
- Chen Wei, Li Peng, Peng Chengwen, et al. Characteristics and controlling factors of pore features in the Putaohua oil reservoir in the B lock Zhao35, Daqing oilfield [J]. Oil & Gas Geology, 2010, 31(6): 802-809.
- [14] 孙雨, 马世忠, 刘云燕, 等. 松辽盆地三肇凹陷葡萄花油层成藏模式初探[J]. 地质科学, 2008, 43(4): 746-757.
- Sun Yu, Ma Shizhong, Liu Yunyan, et al. A preliminary study on models of hydrocarbon accumulations of the Putaohua oil layer in the Sanzhao Sag, Songliao Basin [J]. Chinese Journal of Geology (Scientia Geologica Sinica), 2008, 43(4): 746-757.
- [15] 单敬福, 王峰, 孙海雷, 等. 基于地震波阻抗反演的小层砂体预测技术——在大庆油田州57水平井区块的应用[J]. 石油与天然气地质, 2010, 31(2): 212-218.
- Shan Jinfu, Wang Feng, Sui Hailei, et al. Prediction of sublayer sandstones based on wave impedance inversion in the wellblock of the horizontal well Zhou 57 [J]. Oil & Gas Geology, 2010, 31(2): 212-218.
- [16] 高兴有. 三肇凹陷葡萄花油层油气运聚成藏模式[J]. 大庆石油地质与开发, 2008, 27(2): 9-15.
- Gao Xingyou. Hydrocarbon migration and accumulation mode in Putaohua oil layer of Sanzhao Depression [J]. Petroleum Geology & Oilfield Development in Daqing, 2008, 27(2): 9-15.

(编辑 张亚雄)