

文章编号: 1000-0550(2009) 04-0752-08

松辽盆地宋站南地区扶杨油层运聚成藏机制及主控因素¹

王雅春^{1,2} 赵金涛¹ 王美艳¹

(1 大庆石油学院 地球科学学院 黑龙江大庆 163318
2 中国石油大学 资源与信息学院 北京 102249)

摘要 通过油藏解剖和油成藏条件空间配置关系,对宋站南地区扶杨油层运聚成藏机制和主控因素进行了研究,得到宋站南地区扶杨油层油主要来自青一段源岩。油源区内扶杨油层油运聚成藏模式为:三肇凹陷青一段源岩生成的油在超压作用下通过 T₂源断裂向下“倒灌”运移进入扶杨油层后,再在浮力作用下沿断裂向高断块圈闭进行短距离的运聚成藏。油源区外扶杨油层油运聚成藏模式为:三肇凹陷扶杨油层中的油在浮力作用下沿被断裂沟通的砂体侧向运移至宋站南地区,在断层上升盘圈闭中聚集成藏。油源区内扶杨油层油成藏主要受以下 3 个因素控制:①青一段源岩生成的油向下“倒灌”运移区控制着油藏形成与分布区域;②T₂源断裂控制着油运聚的部位;③断裂上升盘是油聚集的主要场所。油源区外扶杨油层油成藏主要受以下 2 个因素控制:①位于运移路径上或附近的圈闭才能形成油藏;④断裂上升盘有利于油藏形成。综合上述研究可以得到油源区内 T₂源断裂附近和油源区外运移路径附近的断裂上升盘应为油勘探的有利目标。

关键词 宋站南地区 三肇凹陷 扶杨油层 油源断裂 成藏模式 主控因素

第一作者简介 王雅春 女 1967 年出生 副教授 在站博士后 油气资源评价与油气藏形成机理

E-mail: dqpwy@163.com

中图分类号 T122.1 文献标识码 A

宋站南地区是松辽盆地北部三肇凹陷北部的一个长期继承发育的平缓古鼻状构造的一部分,鼻状构造的走向为北东向,向三肇凹陷倾伏,向北东方向翘起,如图 1 所示。截止目前宋站南地区已于扶杨油层获得 13 口工业油气流井,低产油气流井 3 口,充分显示了该区油气的潜在资源远景。然而,由于该区处于三肇凹陷油源区(以 1 750 m 排径门限为界确定的青一段源岩分布)边部,如图 1 所示,一部分位于油源区内,一部分位于油源区外,油源区内外油气运聚成藏的机制和主控因素明显存在着差异,这无疑给勘探带来了困难。尽管前人对松辽盆地其它地区扶杨油层运聚成藏机制及条件曾做过大量研究和探讨^[1-9],但对宋站南地区扶杨油层油气成藏机制及主控因素的研究仍是一个薄弱环节。因此,开展宋站南地区扶杨油层油成藏机制及主控因素的研究,对于正确认识研究区扶杨油层油成藏规律和指导勘探均具有重要的意义。

1 油来源及源岩供烃特征

宋站南地区扶杨油层目前已发现的油井主要分

布在鼻状构造的鼻尖上及其附近,少部分分布在三肇凹陷油源区内,大部分分布在油源区之外靠近油源区的一侧。油源对比研究表明,宋站南地区扶杨油层油的 Ph/nC₁₈和 Pr/nC₁₇值与三肇凹陷扶杨油层油的 Ph/nC₁₈和 Pr/nC₁₇值位于同一条直线上(图 2a),说明它们具有同源特征。由图 2b 中可以看出,三肇凹陷泉三段源岩的 Pr/Ph 值分布与宋站南地区扶杨油层油样的 Pr/Ph 值分布相差很大,表明宋站南扶杨油层原油不是来自三肇凹陷的泉三段源岩。三肇凹陷青二、三段、泉四段和姚家组源岩的 Pr/Ph 值分布在宋站南扶杨油层油样的附近,但地化特征研究结果表明三肇凹陷姚家组与泉四段为非、差源岩,生烃能力有限,也不应是宋站南扶杨油层原油的源岩。三肇凹陷青一段源岩的 Pr/Ph 值分布与宋站南扶杨油层油样的 Pr/Ph 值分布最为相近,且其又是主力源岩,因此青一段源岩应该是宋站南地区扶杨油层原油的主要来源。

三肇凹陷青一段暗色泥岩发育,最大厚度可达到 80 m,主要分布在凹陷中心处的肇 34 井附近,由此向凹陷四周,暗色泥岩厚度逐渐减小,在凹陷边部减小

¹ 基金项目:国家 973 重点基础研究项目(2001CB209104)和黑龙江省教育厅科技项目(11531Z13)资助。

收稿日期:2008-09-09 收修稿日期:2008-10-27

到 20m 以下。青一段源岩有机质丰富, 有机碳含量平均为 3.13%, 氯仿沥青“ A ”平均为 0.5%, 生烃潜力一般大于 6 mg/g。有机质类型以 iv 型和 ⊕₁ 型为主, 少部分属于 ⊕₂ 型。镜质体反射率为 0.55% ~

1.26%, 已进入生烃门限。并在四方台组沉积时期向外排烃, 明水组沉积末期达到排烃高峰期。由此看出, 三肇凹陷青一段源岩可以向宋站南地区扶杨油层提供充足的油源。

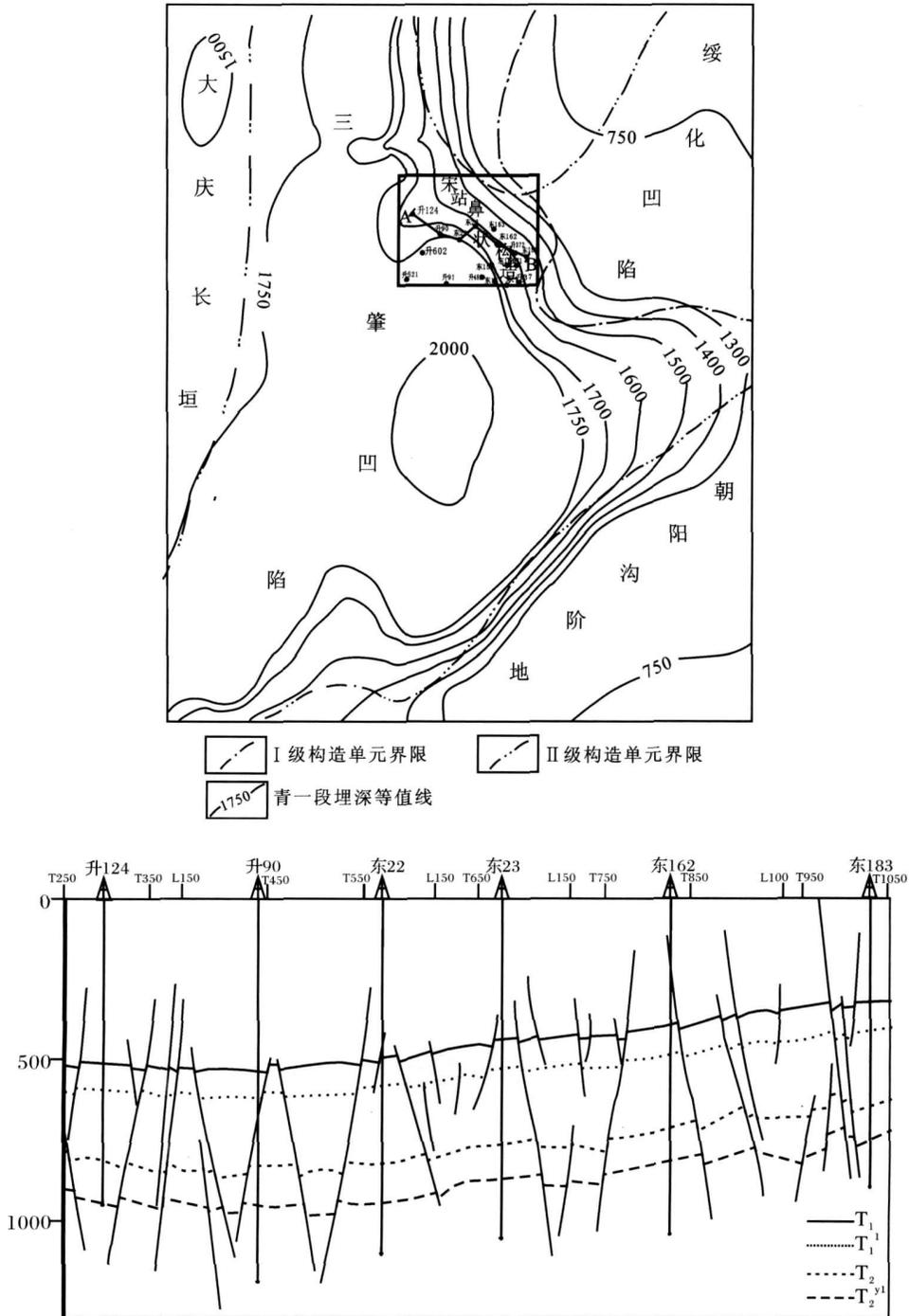


图 1 宋站南地区鼻状构造特征及位置图

Fig 1 Tectonic location and nosing characteristic of the south Songzhan

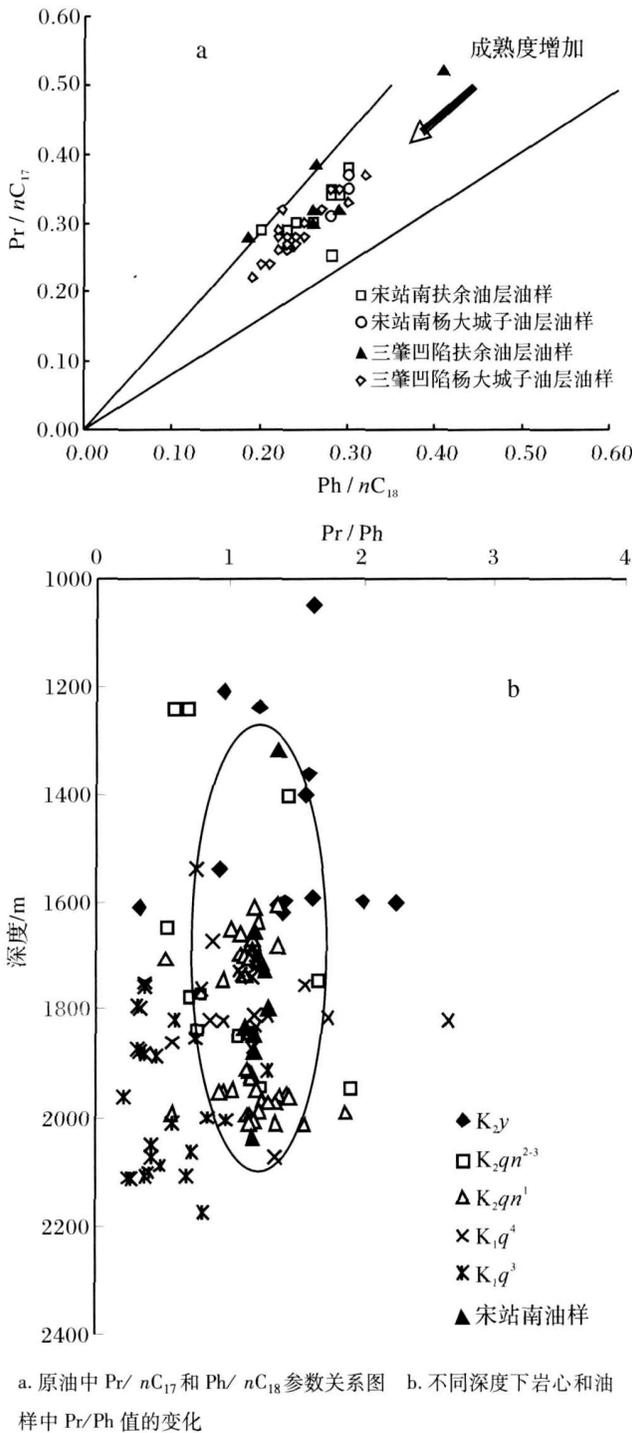


图 2 宋站南地区扶杨油层油源对比图

Fig 2 Oil-source correlation of F, Y oil layers in the south Songzhan

2 油运聚成藏机制

根据上述油源对比结果, 结合宋站南地区扶杨油层与三肇凹陷青一段源岩之间的空间位置关系, 以及油运移动力和通道特征, 可将其油运聚成藏分为以下

2种机制。

2 1 油源区内扶杨油层油运聚成藏机制

这种油运聚成藏机制主要发生在宋站南位于三肇凹陷油源区内的部分地区。通过油藏解剖, 将其油运聚成藏又可细分为以下 2 个过程。

2 1 1 三肇凹陷青一段源岩生成的油在超压作用下通过 T_2 源断裂向下“倒灌”运移进入扶杨油层

由于宋站南这部分地区扶杨油层位于青一段源岩之下, 青一段源岩生成的油要向下“倒灌”运移, 其必须具备 2 个条件^[10], 即具有超压和断裂输导通道。三肇凹陷青一段源岩单层厚度大, 沉积速度快, 目前普遍欠压具超压。由等效深度法, 利用声波时差资料对其超压值大小及分布进行了研究, 得到三肇凹陷青一段源岩超压值最大可达到 20 MPa 主要分布在三肇凹陷中心的徐 8 井和徐 9 井处, 次极值点分布在芳 21 井处, 超压值可达 16 MPa 由三个高值区向其四周青一段源岩超压值逐渐减小, 在凹陷边部排烃边界减小至 8 MPa 以下^[1]。三肇凹陷青一段源岩超压开始形成于青二、三段沉积时期, 主要形成于在嫩四段沉积时期^[6]。

青一段沉积时期松辽盆地伸展, 导致 NE 和 NW 向两组基底断裂带继承性活动, 在三肇凹陷及周边形成了大量断开青一段源岩和扶杨油层的 T_2 源断裂, 构成了网络状的断裂发育密集带。通过统计得到三肇凹陷 T_2 源断裂有 348 条, 主要为近 SN 向分布, 均为正断层, 一般断距为 20~ 60 m, 最大为 150 m。断层长度 2~ 5 km, 在东西方向测线上 T_2 源断层的发育密度为 0.5~ 1.8 条/km^[1]。综合上述分析可以看出, 三肇凹陷青一段源岩生成的油具备了向下伏扶杨油层“倒灌”的运移条件。

由于三肇凹陷青一段源岩之上的青二、三段均发育为泥岩, 其生成的油难以向上覆地层中运移, 相比之下青一段源岩之下扶杨油层砂岩发育, 其生成的油可以向下“倒灌”运移。青一段源岩生成的油在超压的作用下向下伏扶杨油层的“倒灌”运移, 除了要克服地层毛细管力外, 还要克服油本身浮力和地层压力的阻力, 只有超压值大于上述阻力后方可向下“倒灌”运移。同时青一段源岩的排油强度也应满足油向下“倒灌”运移的需要时, 才能发生青一段源岩生成油向下伏扶杨油层的“倒灌”运移。由文献^[1]中可以得到三肇凹陷青一段源岩生成的油向扶杨油层“倒灌”运移的最大厚度为 400 m 以上, 主要分布在徐 4 井, 宋深 10 井, 肇 13 井和树 19 井附近, 由此向

凹陷四周, 青一段源岩生成的油向扶杨油层“倒灌”运移的最大距离逐渐减小, 在局部地区出现不能向下“倒灌”运移区域, 这是因为青一段源岩超压值小于油向下“倒灌”运移所受到的阻力的缘故, 如图 3 所示。由图 4 中可以看出, 三肇凹陷青一段源岩生成的油可以“倒灌”进入扶余油层的绝大部分地区, 杨 I 油层组的大部分地区, 因此其可以成为宋站南扶余油层的油供给区。

2.1.2 油在浮力作用下沿断裂向其两侧高断块圈闭短距离运移成藏

宋站南位于三肇凹陷油源区内的部分地区, 青一段源岩生成的油在其内超压的作用下, 沿开启的 T_2 源断裂“倒灌”运移进入扶杨油层后, 便可在浮力的作用下沿断裂向其两侧高断块圈闭进行短距离运移成藏, 如图 5 所示。目前该区内已发现的 3 口工业油流井和 2 口低产油流井均属此运聚机制形成的。

2.2 油源区外扶杨油层油运聚成藏机制

这种油运聚成藏机制主要发生在宋站南位于三肇凹陷油源区外的大部分地区。由于这一地区扶杨油层位于三肇凹陷油源区之外, 三肇凹陷青一段源岩生成的油不能直接“倒灌”运移进入该区的扶杨油层。其油运聚成藏机制为: 三肇凹陷青一段源岩生成的油首先向下“倒灌”运移进入扶杨油层后, 再在浮力作用下, 沿被断裂沟通的扶杨油层砂体侧向运移至宋站南地区, 再在断裂(以近南北向为主)和河道砂

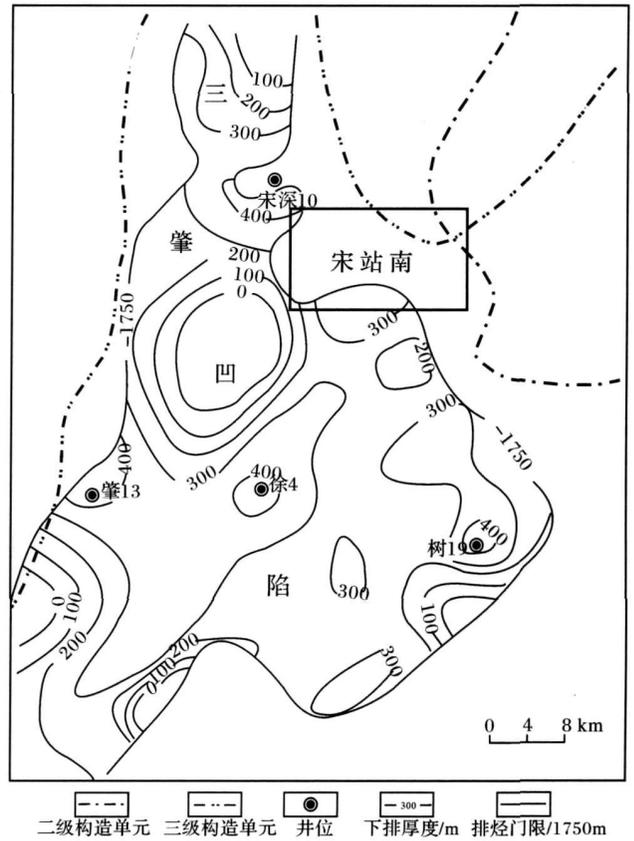
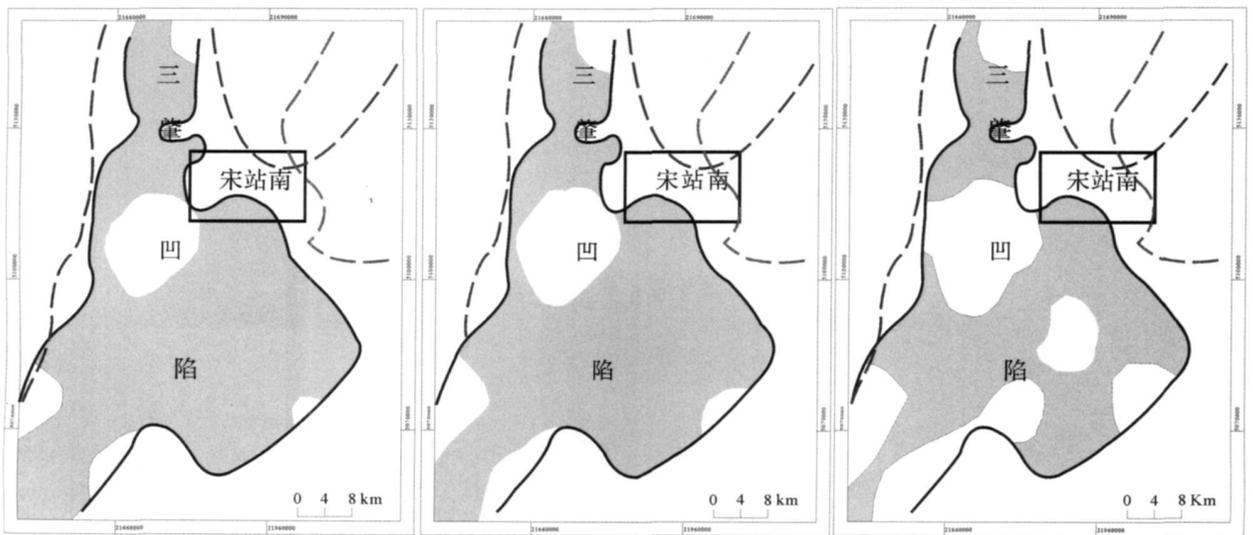


图 3 三肇凹陷青一段源岩生成油向下“倒灌”运移距离分布图(付广等, 2008)

Fig 3 The distance of oil migration downward from K_1qn^1 source-rock in Sanzhao depression



a. 进入扶 II 油层范围 b. 进入扶 III 油层范围 c. 进入杨 I 油层范围

图 4 三肇凹陷青一段源岩生成油向下“倒灌”层位分布图(付广等, 2008)

Fig 4 The layers of oil migration downward from K_1qn^1 source-rock in Sanzhao Depression

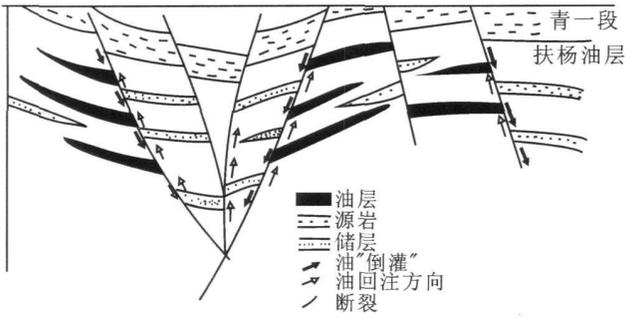


图 5 宋站南油源区内扶杨油层油运聚成藏模式

Fig 5 Oil accumulation models in F, Y oil layers within the source-rock area south Songzhan

体(北东向展布)交叉配合形成的断块、断层遮挡和断层一岩性圈闭中聚集成藏,如图 6 所示。目前该区内已发现的 10 口工业油流井和 1 口低产油流井均属此运聚机制形成的。

3 油成藏主控因素

由于宋站南地区扶杨油层在油源区内外油运聚成藏机制不同,其成藏的主控因素也不相同。

3.1 油源区内扶杨油层油成藏主控因素

通过油源区内油藏解剖分析和油藏与油成藏条件之间空间位置关系研究得到,宋站南油源区内扶杨油层油成藏主要受到以下 3 个因素的控制。

3.1.1 油源区控制着油藏形成与分布的区域

由图 7 中可以看出,宋站南油源区内扶杨油层目前已经发现的工业油流井均分布在三肇凹陷青一段源岩生成的油向下“倒灌”运移的分布范围内或其附近。这说明只有位于三肇凹陷青一段源岩生成的油向下“倒灌”运移区内或附近的扶杨油层,才能从三肇凹陷青一段源岩处获得油进行运聚成藏;否则,其它成藏条件再好,也无法进行运聚成藏。

3.1.2 T₂源断裂控制着油运聚的部位

由图 7 中可以看出,宋站南油源区内扶杨油层工业油流井均分布在 T₂源断裂附近。这说明 T₂源断裂,不仅为青一段源岩生成的油向下伏扶杨油层“倒灌”运移提供了输导通道,而且为沿其向下“倒灌”运移进入扶杨油层中的油在其附近聚集提供了遮挡条件,造成工业油流井分布其附近。

3.1.3 断裂上升盘是油聚集的主要场所

由图 8 中可以看出,宋站南油源区内扶杨油层工业油流井主要分布在断层的上升盘上,少数分布在下降盘上。这是因为三肇凹陷青一段源岩生成的油在向下“倒灌”运移过程中,上升盘距离上覆青一段源岩最近,油“倒灌”运移所受到的阻力最小,油优先在上升盘聚集成藏,只有油源充足的条件下,上升盘被充注满之后,才会有油在下降盘中聚集成藏。

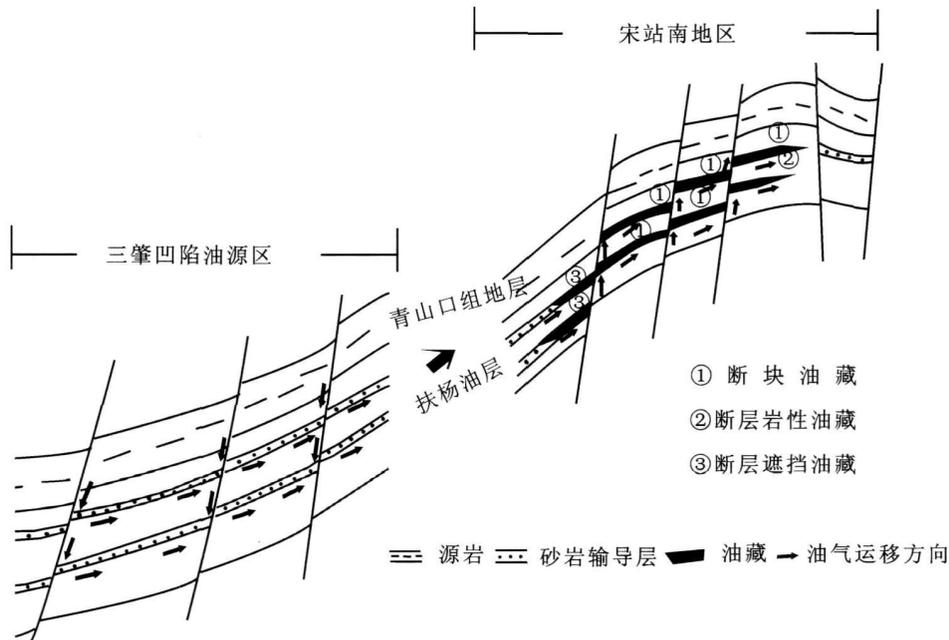


图 6 宋站南油源区外扶杨油层油运聚成藏模式

Fig 6 Oil accumulation models in F, Y oil layers outside the source-rock area south Songzhan

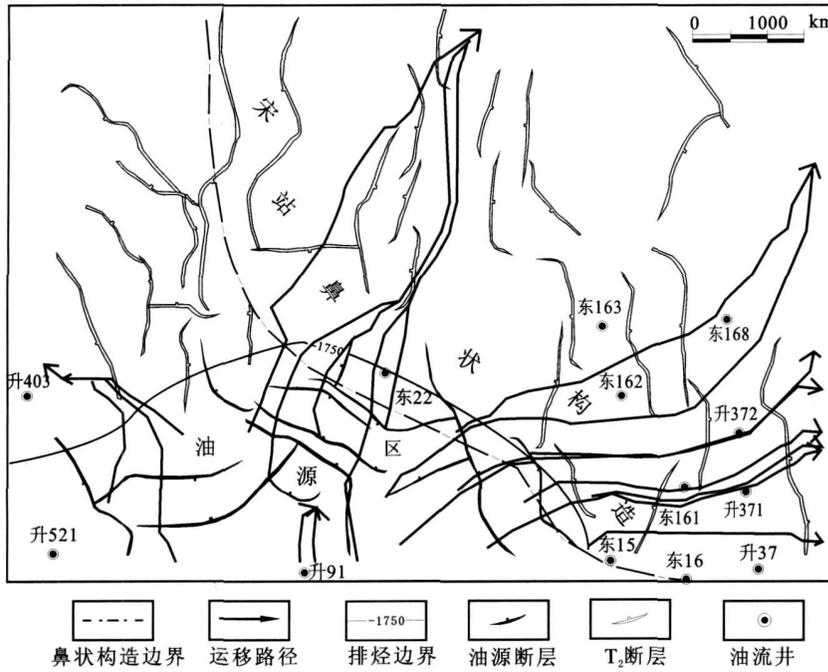


图 7 宋站南地区扶杨油层油运移路径与油井关系图

Fig 7 Relationship between oil migration pathways and oil wells of F, Y layers in the south Songzhan

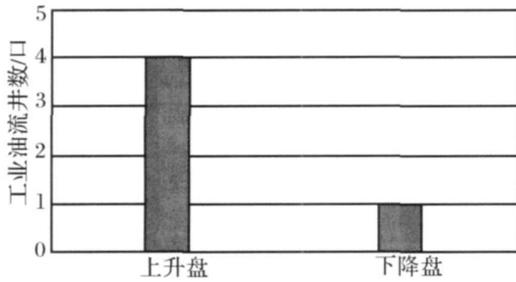


图 8 宋站南油源区内扶杨油层油流井在 T₂油源断层上下盘的分布图

Fig 8 Oilwells distribution within the source-rock area in the upper and lower walls of T₂ faults connecting the source-rock, F, Y layers in the south Songzhan

3 2 油源区外扶杨油成藏主控因素

通过油源区外油藏解剖分析和油藏与油成藏条件之间空间位置关系研究得到, 宋站南油源区外扶杨油层油成藏主要受到以下 2 个因素的控制。

3 2 1 位于运移路径上或附近的圈闭才能形成油藏

由图 7 中可以看出, 宋站南地区断裂走向与三肇凹陷油源区油向宋站南地区运移方向直交, 不能成为油侧向运移的直接输导通道, 只能对砂体输导通道起到沟通作用。由图 7 中还可以看出, 宋站南油源区外

扶杨油层工业油流井均分布在扶杨油层油运移路径上或附近。这是因为只有位于油运移路径上或附近的圈闭, 才能捕获到从三肇油源区运移而来的油进行运聚成藏; 否则, 其它条件再好, 也无法聚集成藏。

3 2 2 断裂上升盘有利于油藏形成

由图 9 中可以看出, 宋站南油源区外扶杨油层工业油流井也主要分布在断层的上升盘上, 少数分布在下降盘上。这是因为从三肇凹陷扶杨油层侧向运移来的油到了宋站南油源区外, 在浮力作用下应向低势区进行侧向运移, 由于断层上升盘相对下降盘而言埋藏相对较浅, 势能值低, 是油侧向运移的指向, 因此油

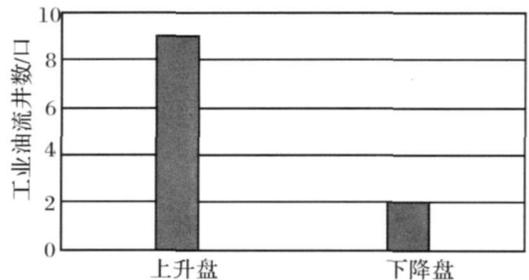


图 9 宋站南油源区外扶杨油层油流井在 T₂油源断层上下盘的分布图

Fig 9 Oilwells distribution outside the source-rock area in the upper and lower walls of T₂ faults connecting the source-rock, F, Y layers in the south Songzhan

便在断裂上升盘聚集形成油藏。

4 结论

(1) 宋站南地区扶杨油层油主要分布在鼻状构造上,一部分位于三肇凹陷油源区内,一部分位于三肇凹陷油源区外。

(2) 宋站南地区扶杨油层油主要来自青一段源岩。油源区内扶杨油层油运聚成藏模式为:三肇凹陷青一段源岩生成的油在超压作用下通过 T_2 源断裂向下“倒灌”运移进入扶杨油层后,再在浮力作用下沿断裂向高断块圈闭进行短距离运移成藏。油源区外扶杨油层油运聚成藏模式为:三肇凹陷扶杨油层中的油在浮力作用下沿被断裂沟通的砂体侧向运移至宋站南地区,在断层上升盘圈闭中聚集成藏。

(3) 宋站南油源区内扶余油层油成藏主要受以下3个因素控制:①青一段源岩生成的油向下“倒灌”运移区控制着油藏形成与分布区域;② T_2 源断裂控制着油运聚的部位;③断裂上升盘是油聚集的主要场所。油源区外扶余油层油成藏主要受以下2个因素控制:①位于运移路径上或附近的圈闭才能形成油藏;②断裂上升盘有利于油藏形成。

(4) 宋站南地区油源区 T_2 源断裂附近和油源区外油运移路径附近断层上升盘位置应为扶杨油层的有利勘探目标。

参考文献 (References)

- 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输导通道及对成藏的作用[J].地质评论,2008,54(5):652-646[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): 652-646]
- 3 霍秋立,冯子辉,付丽.松辽盆地三肇凹陷扶杨油层石油运移方式

- [J]. 石油勘探与开发, 1999, 26(3): 25-27[Huo Quli, Feng Zihui, Fu Li. Themigration model of oil in Fuyangdachengzi reservoir of Sanzhao Depression Songliao Basin[J]. Petroleum Exploration and Development, 1999, 26(3): 25-27]
- 4 闫建萍,刘池洋,郭桂红.松辽盆地扶杨油层油气成藏期和时限确定[J].兰州大学学报,2008,44(05):26-29[Yan Jianping, Liu Chiayang, Guo Guihong. Determination of oil/gas entrapment stage and time in Fuyang reservoir of Songliao Basin[J]. Journal of Lanzhou University, 2008, 44(05): 26-29]
- 5 杨贵喜,付广.松辽盆地北部扶杨油层油气成藏与分布的主控因素[J].特种油气藏,2002,9(02):8-11[Yang Xigui, Fu Guang. Dominating factors of formation and distribution of Fuyang reservoirs in north of Songliao Basin[J]. Special Oil & Gas Reservoirs, 2002, 9(2): 8-11]
- 6 门广田,林景晔,张革,等.松辽盆地北部扶杨油层油气注入期次和成藏时间研究[C]//全国包裹体及地质流体学术研讨会论文摘要.南京:2002[Men Guangtian, Lin Jingye, Zhang Ge, et al. Study on the times of oil and gas injection in FY oil layers and the period of petroleum accumulation in the north of Songliao basin[C]//National Meeting on the Geologic Fluid and Fluid Inclusion. Nanjing, 2002]
- 7 王雪.松辽盆地齐家凹陷与大庆长垣扶杨油层油源[J].石油勘探与开发,2006,33(03):294-298[Wang Xue. Oil sources of Fuyang oil formation in Qijia Sag and Daqing Placanticline, Songliao Basin[J]. Petroleum Exploration and Development, 2006, 33(03): 294-298]
- 8 迟元林,萧德铭,殷进根.松辽盆地三肇地区上下生储“注入式”成藏机制[J].地质学报,2000,74(4):372-377[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]
- 9 林景晔,张革,杨庆杰,等.大庆长垣扶余杨大城子油层勘探潜力分析[J].大庆石油地质与开发,2003,22(3):16-18[Lin Jingye, Zhang Ge, Yang Qingjie, et al. Analysis on exploration potential of Fuyang reservoir in Daqing Placanticline[J]. Petroleum Geology & Oilfield Development in Daqing, 2003, 22(3): 16-18]
- 10 邹才能,贾承造,赵文智,等.松辽盆地南部岩性—地层油气成藏动力和分布规律[J].石油勘探与开发,2005,32(4):125-130[Zou Caineng, Jia Chengzao, Zhao Wenzhi, et al. Accumulation dynamics and distribution of lithostratigraphic reservoirs in South Songliao Basin[J]. Petroleum Exploration and Development, 2005, 32(4): 125-130]

Mechanisms of Oil Migration and Accumulation in F, Y Oil Layers of South Songzhan Region, Songliao Basin

WANG Ya-chun^{1, 2} ZHAO Jin-tao¹ WANG Mei-yan¹

(1. Geoscience College, Daqing Petroleum Institute, Daqing Heilongjiang 163318;

2. Faculty of Geo-Resource and Information, China University of Petroleum, Beijing 102249)

Abstract The study on the oil reservoir formation and its conditions matching in space revealed that the oil in F, Y oil layers in south Songzhan region, Songliao basin was derived from K_1qn^1 source rock in Sanzhao depression and two mechanisms of oil migration and accumulation in F, Y oil layers existed. Within the source-rock area, oil from the K_1qn^1 source rock migrated downward into F, Y layers through the passageway of the T_2 faults connecting source-rock and reservoir and the driving force of overpressured K_1qn^1 source rock, and then the oil in F, Y layers migrated short distance along the faults and accumulated in the high fault blocks with the buoyancy force. Outside the source-rock area, the oil in F, Y layers, Sanzhao depression migrated laterally to south Songzhan along the sandbody connected by faults with the buoyancy force and then accumulated in the upper walls of the faults. Different model of the reservoir formation has different controlling factors. Within the source-rock area, there are 3 factors, one is that the area of oil from the K_1qn^1 source rock migrated downward controlled the oil pool formation and its distribution, the second is that the T_2 faults connecting the source-rock and reservoir controlled the place of oil accumulation and the third is that the upper walls of the faults are the main area of oil accumulation. Outside the source-rock area, there are 2 factors, one is that the traps located in and near the pathways of oil migration can form reservoirs in them, the second is that the upper walls of the faults are favor of oil reservoir formation. From the above comprehensive study, the areas near the T_2 faults connecting source and reservoir within the source-rock area and the upper side of the fault near the path of oil migration outside the source-rock area should be the favorable objects oil exploration.

Key words South Songzhan, Sanzhao Depression, F, Y oil layers, faults connecting source-rock and reservoir, model of reservoir formation, controlling factor of reservoir formation