

断裂密集带在上生下储油运聚成藏中的作用

——以松辽盆地三肇凹陷扶杨油层为例

付广,王超

(东北石油大学 地球科学学院,黑龙江 大庆 163318)

摘要:为了认识断裂密集带在三肇凹陷扶杨油层油聚集成藏中的作用,利用地震解释结果对断裂密集带的发育和成因进行了研究,得到三肇凹陷扶杨油层发育有大量 T_2 断裂,这些 T_2 断裂在平面上呈35个密集带分布。它们主要是由基底活动、斜拉调整和火山口分布控制形成的。通过油藏解剖及油成藏条件空间匹配关系研究,得到三肇凹陷扶杨油层油成藏模式:青一段源岩生成的油在其内超压作用下沿着断裂密集带边界断裂向下伏扶杨油层中运移,再在浮力作用下向断裂密集带两侧扶杨油层侧向运移,在地垒构造上的断块或断层-岩性圈闭中聚集成藏。通过断裂密集带与油分布关系研究,得到断裂密集带对扶杨油层运移成藏有4个方面的控制作用:①断裂密集带两侧是油聚集的有利地区;②断裂密集带附近,扶杨油层距青一段源岩底面越近的油层,油越富集;③断裂密集带两侧地垒构造是油聚集的主要场所;④距断裂密集带边界断裂越近,油井产能越高。

关键词:断裂密集带;三肇凹陷;青一段源岩;扶杨油层;运聚;控制作用

中图分类号:TE122.12

文献标志码:A

文章编号:1672-3767(2011)01-0021-06

Effect of Fault Condensed Belts on Oil Migration and Accumulation in Combination of Upper Source Rocks and Lower Reservoirs

——An Example of Fuyu, Yangdachengzi Oil Layer in Sanzhao Depression of Songliao Basin

FU Guang, WANG Chao

(College of Earth Science, Northeast Petroleum University, Daqing, Heilongjiang 163318, China)

Abstract: To understand the effect of fault condensed belts on oil migration and accumulation of F, Y oil layer in Sanzhao depression, the development and genesis of fault condensed belts were studied by using seismic interpretation results. The development of a number of T_2 faults was discovered in F, Y oil layer of Sanzhao depression. These T_2 faults were distributed in 35 fault condensed belts in horizontal plane. They were formed by the control action of basement action, regulation with oblique extension and distribution of volcanic mouth. By anatomy of oil reservoirs and study of space match relation between oil reservoirs and accumulation conditions, it was discovered that oil accumulation model of F, Y oil layer in Sanzhao depression was that the oil from $K_1 q_n^1$ source rock migrated down to F, Y oil layer through boundary faults of fault condensed belts under the action of overpressure and migrated laterally to two sides of fault condensed belts under the action of buoyancy, at last, accumulating in fault blocks or fault-lithology traps on horst structure architecture. By the study of space match relation between fault condensed belts and oil distribution, four control actions of fault condensed belts were discovered in oil migration and accumulation of F, Y oil layer: ① Two sides of fault condensed belts were favorable areas for oil to accumulate; ② The nearer is the F, Y oil layer from bottom of $K_1 q_n^1$ source rock the more abundant is the oil accumulation in vicinity of fault condensed belts; ③ Horst structures of two sides of fault condensed belts were favorable places for oil to accumulate; ④ The nearer distance from boundary faults of fault condensed belts, the higher productivity of oil well is.

Key words: fault condensed belts; Sanzhao depression; $K_1 q_n^1$ source rock; F, Y oil layer; migration and accumulation; control action

收稿日期:2010-11-01

基金项目:国家油气重大专项课题(2008ZX05007-03);教育部高等学校博士学科点专项科研基金项目(20060220002)。

作者简介:付广(1962—),男,辽宁新宾人,教授,博士,博士生导师,主要从事油气藏形成与保存条件研究。

E-mail: fuguang2008@126.com.

三肇凹陷位于松辽盆地中央坳陷区内,是松辽盆地油气的重要产区。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、泉头组和上白垩统的青山口组、姚家组、嫩江组、四方台组、明水组及古近系、第四系。位于泉头组四段的扶余油层和泉三段杨大城子油层属于河道相沉积,是该区中部含油气组合的主要产油层。目前,该区扶杨油层已找到了升平、宋芳屯、肇州、徐家围子、榆树林和朝阳沟等油田,充分展示了该区扶杨油层良好的含油远景。油源对比结果表明,三肇凹陷扶杨油层油主要来源于上覆青山口组一段发育的暗色泥岩,盖层也为上覆青一段发育的暗色泥岩,属于上生下储式生储盖组合。然而,由于该区扶杨油层位于青山口组一段源岩之下,其内又发育大量密集成带的 T_2 断裂,这些 T_2 断裂密集带不仅与扶杨油层油藏分布关系密切,而且在一定程度上控制着青一段源岩生成的油向下伏扶杨油层运移和聚集。前人对该区扶杨油层油运移聚集成藏曾做过大量研究和探讨^[1-7],都认为 T_2 断裂对青一段源岩生成的油向下伏扶杨油层运移起到了导通作用,但并不是所有的 T_2 断裂均可起导通作用,只有连接青一段源岩和扶杨油层,且在青一段源岩大量排烃时期活动的断裂才能成为青一段源岩生成油向下伏扶杨油层运移的输导通道^[1,3,8-11]。但对这类断裂的分布及其与断裂密集带之间的关系,目前研究的甚少,不利于三肇凹陷扶杨油层油分布规律的认识,在很大程度上制约了扶杨油层勘探的深入。因此,开展三肇凹陷 T_2 断裂密集带对扶杨油层油运聚成藏控制作用研究,对于正确认识其油成藏规律和指导油勘探与开发均具有重要意义。

1 T_2 断裂密集带发育及成因

地震资料解释结果表明,三肇凹陷扶杨油层(T_2 层)发育有大量 T_2 断裂,这些断裂主要由坳陷期、断陷期形成坳陷期继续活动、断陷期形成坳陷期和反转期均活动和坳陷期形成反转期继续活动4类断裂组成,共计3689条,主要为近南北走向,在肇州北部和徐家围子北部地区为近东西向。断层倾角为 $35^\circ \sim 70^\circ$,平均为 50° 。平均断裂密度为 0.81 条/ km^2 ,最大密度为 5.0 条/ km^2 ,平面上分布不均一,具有密集成带的特征。由图1可以看出,三肇凹陷共发育35条断裂密集带,其中近南北向16条,北北西向9条,北北东向8条,近东西向2条。 T_2 断裂之所以在平面上密集成带是由于受基底断裂活动、斜拉调整和火山口分布的影响, T_2 断裂在剖面上呈“似花状”组合形成垒坳相间结构,如图2所示。边界断裂规模较大,一般平行基底断裂。该区深部的徐西和徐中2条基底断裂走滑切割,分为南北2段,2条断裂走滑扭动形成北北东向和北北西向两组基底断裂交叉的构造格局。这两组基底断裂与坳陷期近东西向拉张应力场方向之间夹角为 36° ,斜拉作用产生了一系列斜交基底断裂的小断裂,它们均沿基底断裂分布。基底断裂的这种“张扭运动”的复活,控制形成了该区扶杨油层北北东向和北北西向断裂密集带的形成。近南北向断裂密集带是基底断裂活动和火山口分布联合控制形成的。近东西向断裂密集带是受其

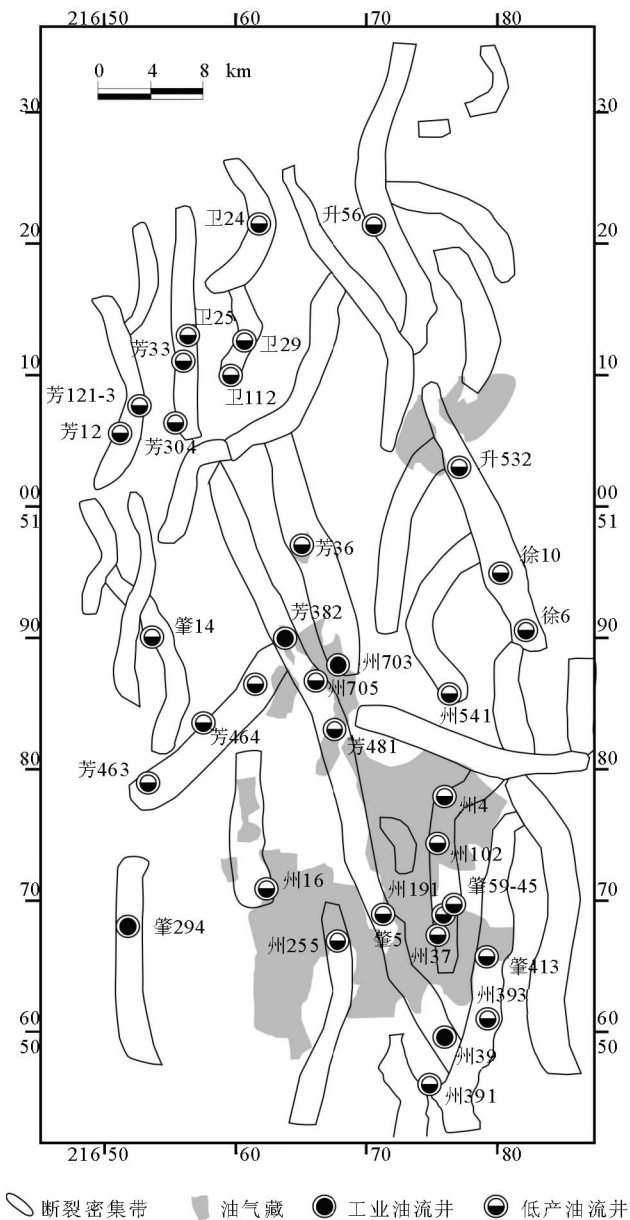


图1 三肇凹陷 T_2 层断裂密集带与油藏分布关系图
Fig. 1 Relation between T_2 fault condensed belts and distribution of oil reservoirs in Sanzhao depression

它方向断裂密集带形成时的作用而形成的,即:其他方向断裂带形成过程中产生差异伸展作用,进而产生调整作用,近东西向断裂密集带就是在这种调整作用下形成的。

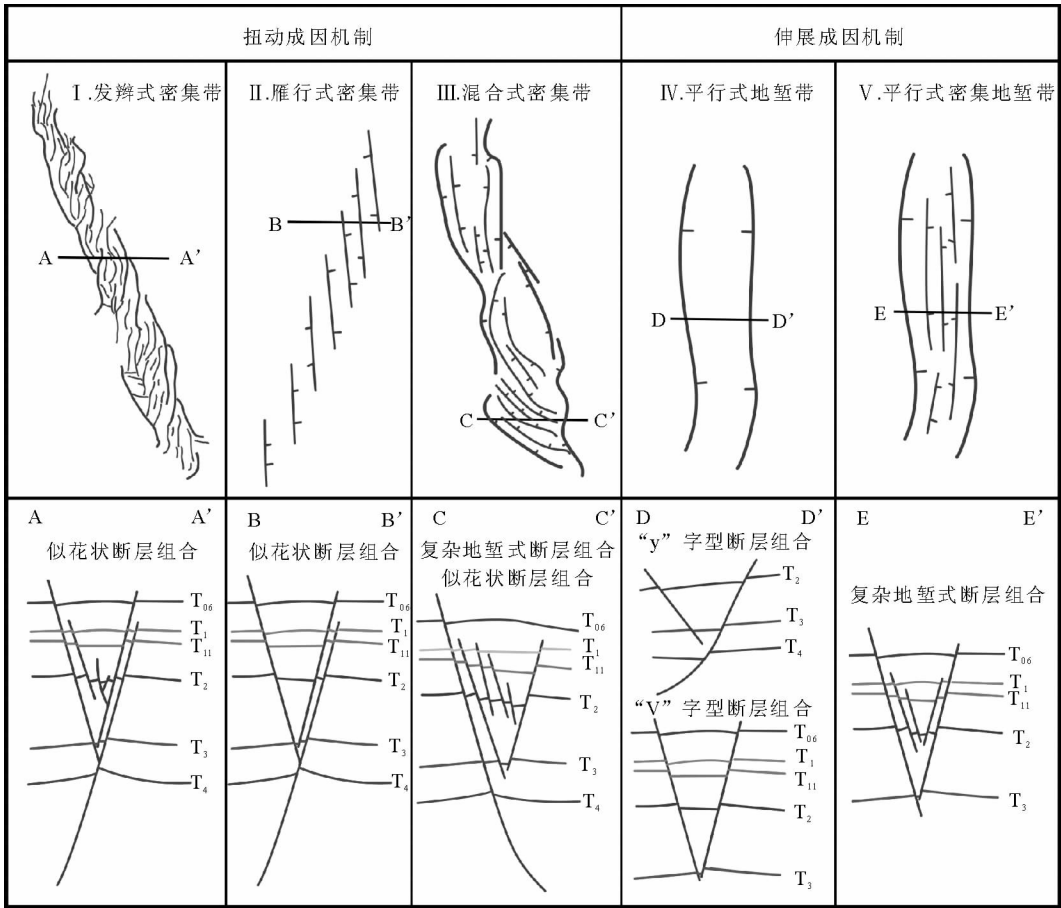


图 2 三肇凹陷断裂剖面组合形式图

Fig. 2 The combination of section profiles of faults in Sanzhaio depression

2 油成藏模式与断裂密集带之间的关系

由三肇凹陷 T_2 断裂密集带与扶杨油层油藏之间的关系(图 1)可以看出,三肇凹陷扶杨油层目前发现的油藏均分布在断裂密集带附近。油源对比结果表明,三肇凹陷扶杨油层油主要来自上覆青一段源岩,由于扶杨油层位于青一段源岩之下,青一段源岩生成的油难以通过地层岩石孔隙向下伏扶杨油层中运移,而主要是通过断裂向下伏扶杨油层中运移^[1-5]。扶杨油层内虽然发育有大量的断穿 T_2 层的断裂,这些断裂之中,在青一段源岩大量排烃期(明水组沉积末期)活动的断裂(即油源断裂)才能成为青一段源岩生成油向下伏扶杨油层运移的输导通道。由此看出, T_2 断裂中只有拗陷期形成反转期继续活动的断裂和断陷期形成拗陷期和反转期继续活动的断裂才能成为青一段源岩生成油向上覆葡萄花油层运移的输导通道,它们主要分布在断裂密集带的边部,如图 1 和图 3 所示。

通过大量油藏解剖及油成藏条件的空间匹配关系研究,得到三肇凹陷扶杨油层油成藏模式:青一段源岩生成的油在其内超压的作用下,通过断裂密集带边部断裂向下伏扶杨油层中“倒灌”运移,再在浮力作用下向断裂密集带两侧侧向运移,在地垒构造上的断块或断层-岩性圈闭中聚集成藏,如图 3 所示。

3 对油成藏与分布的控制作用

三肇凹陷 T_2 断裂密集带对扶杨油层油成藏与分布具有 4 个方面的控制作用。

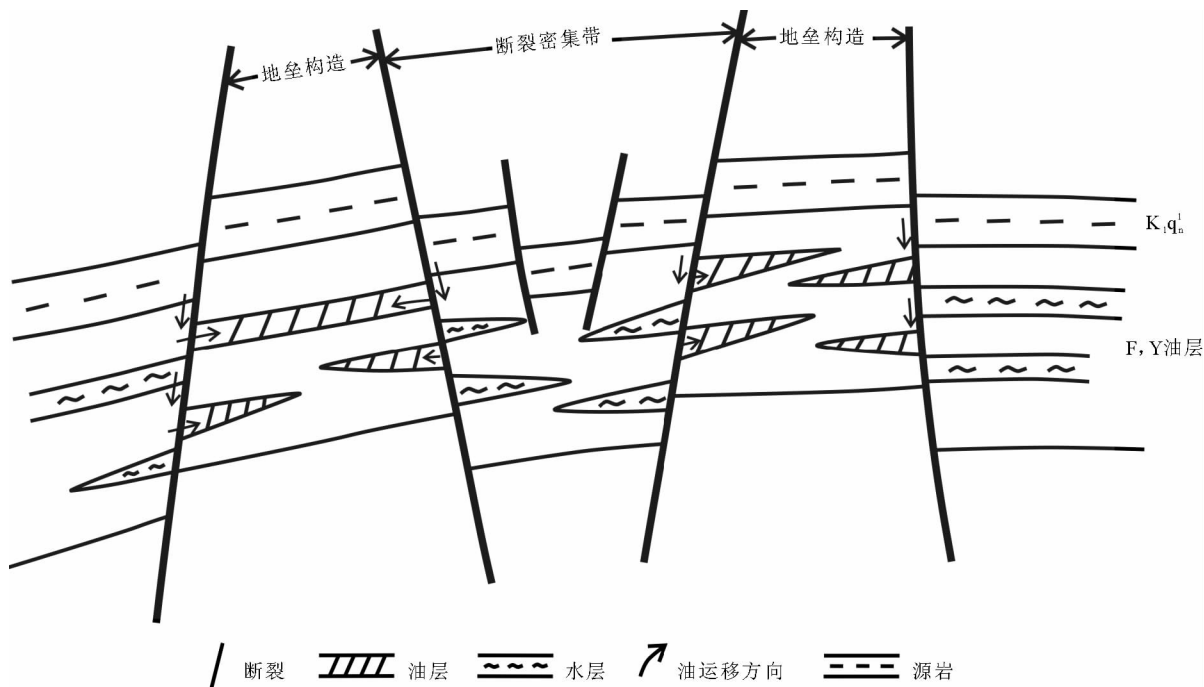


图3 三肇凹陷扶杨油层油成藏模式图

Fig. 3 The oil accumulation model of F, Y oil layer in Sanzhaoh depression

3.1 断裂密集带两侧是油聚集的有利地区

由图1可以看出,三肇凹陷扶杨油层目前发现的油藏与断裂密集带关系密切,均分布在断裂密集带两侧,这是因为断裂密集带内通常为地堑构造,可形成1~4阶地堑,构造位置相对两侧较低,是油运移的高势区。在青一段源岩生成的油沿断裂密集带边部断裂由上向下运移过程中,先向断裂密集带两侧扶杨油层的低势区进行侧向运移,而不是向断裂密集带内部扶杨油层的高势区运移。因此,造成断裂密集带两侧扶杨油层油明显较其内部富集。通过统计三肇凹陷扶杨油层钻遇到断裂密集带内的59口井得到,干层井7口,水层井7口,低产油流井(压裂后日产油小于2t)35口。此外,断裂密集带两侧油流井的产能也明显高于断裂密集带内油井产能,如图4所示。

3.2 断裂密集带附近距青一段源岩底面越近的层位,油越富集

由图5可以看出,三肇凹陷扶杨油层从F₁油层组至Y₁油层组工业油流井的数量逐渐减少。这是因为青一段源岩生成的油在沿着断裂密集带边界断裂向下运移的过程中,从F₁油层组至Y₁油层组距离青一段源岩的距离逐渐增加,青一段源岩生成的油向F₁油层组至Y₁油层组运移的距离逐渐增大,阻力也就逐渐增大,油运移量从F₁油层组至Y₁油层组逐渐减小,这是造成该区扶杨油层从F₁油层组至Y₁油层组工业油流井数逐渐减少的根本原因。

3.3 断裂密集带两侧的地垒构造是油聚集的主要场所

由图6可以看出,断裂密集带两侧的工业油流井数和油井产能均是地垒构造好于断阶和地堑构造。这是因为地垒构造在构造位置上相对于断阶和地堑构造高,是油侧向运移的低势区,青一段源岩生成的油在沿

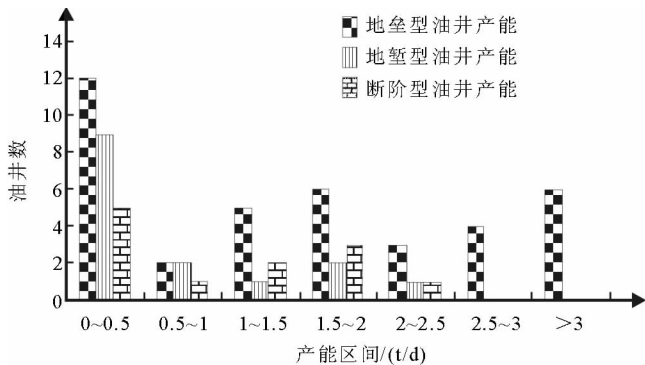


图4 三肇凹陷扶杨油层59个含油构造圈闭类型与油井数、产能关系图

Fig. 4 The relation between the trap types of 59 oil-bearing structures and number of oil wells, oil productivity of F, Y oil layer in Sanzhaoh depression

断裂密集带边界断裂向下运移过程中,在向两侧扶杨油层发生侧向运移时首先向低势区的地垒构造运移,在其上的断块或断层-岩性圈闭中聚集成藏,只有将地垒构造断圈充满后才会有油在断阶和地堑上的断圈中聚集成藏,从而造成地垒构造油较断阶和地堑构造油富集,而且地垒构造上油井产能均高于断阶和地堑构造。

3.4 距断裂密集带边界断裂越近,油井产能越高

由图7可以看出,三肇凹陷扶杨油层油井距断裂密集带边界断裂越近,油井产能越高;反之则越低。这是因为青一段源岩生成的油主要是通过断裂密集带边界断裂向下伏扶杨油层“倒灌”运移的,因此距断裂密集带越近的井,青一段源岩生成的油向其侧向运移的距离越近,所遇到的阻力越小,损失量越少,越有利于油聚集成藏;相反,距离断裂密集带越远的井,青一段源岩生成的油向其侧向运移的距离越远,所遇到阻力越大,损失量也就越大,越不利于油聚集。这可能是造成距断裂密集带边界断层越近,油井产能越高的根本原因。

4 结论

1)三肇凹陷 T_2 层发育有大量断裂,平面上呈 35 个密集带分布,主要由基底断裂活动、斜拉调整和火山口分布控制形成。

2)三肇凹陷扶杨油层油藏模式为青一段源岩生成的油在超压的作用下沿着断裂密集带边界断裂向下伏扶杨油层中“倒灌”运移,再在浮力作用下向断裂密集带两侧侧向运移,在地垒构造上的断块或断层-岩性圈闭中聚集成藏。

3) T_2 断裂密集带对扶杨油层运移成藏具有 4 个方面的控制作用:①断裂密集带两侧是油聚集的有利地区;②断裂密集带附近,距青一段源岩底面越近的层位,油越富集;③断裂密集带两侧的地垒构造是油聚集的主要场所;④距断裂密集带边界断裂越近,油井产能越高。

参考文献:

[1]付广,刘美薇.松辽盆地长 10 区块扶余油层运移输导通道及对油成藏的控制[J].沉积学报,2010,28(1):201-207.

FU Guang, LIU Meiwei. Migration pathways of Fuyu oil layer in Chang 10 block in Songliao basin and its control on oil accumulation[J]. Acta Sedimentologica Sinica, 2010, 28(1): 201-207.

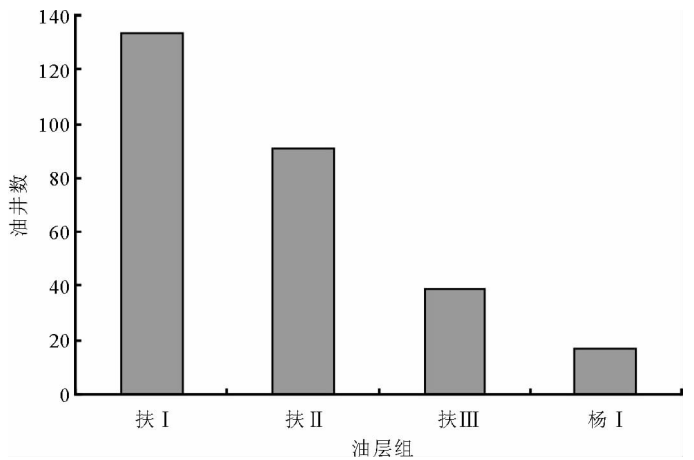


图 5 三肇凹陷扶杨油层油分布特征图

Fig. 5 The oil distribution characteristics of F, Y oil layer in Sanzhao depression

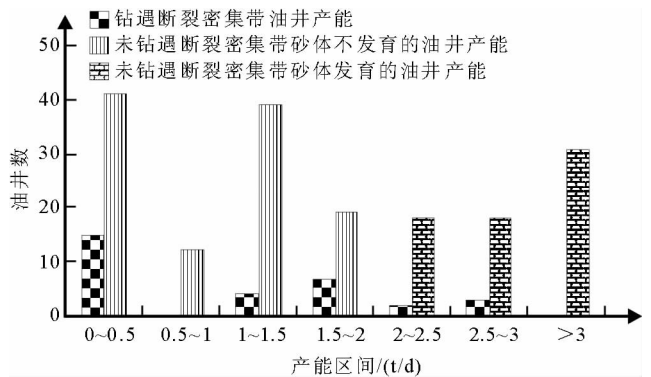


图 6 三肇凹陷扶杨油层钻遇与没钻遇断裂密集带油井产能对比图

Fig. 6 The comparison between productivity of oil wells with or without drilling in fault condensed belts of F, Y oil layer in Sanzhao depression

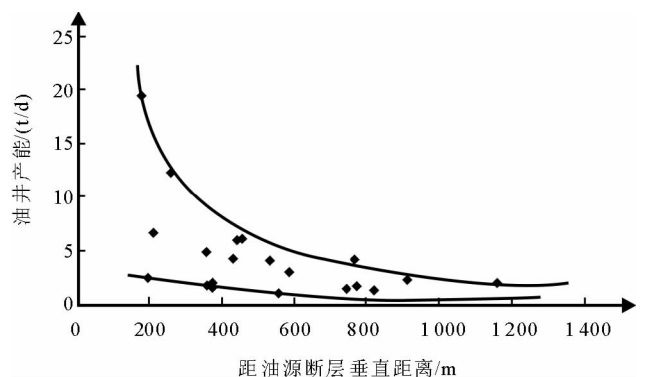


图 7 三肇凹陷扶杨油层油井产能与距离断裂密集带之间距离关系图

Fig. 7 The relation between productivity of oil wells and distance from fault condensed belts of F, Y oil layer in Sanzhao depression

- [2] 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_1qn source rock of F, Y oil layer in Sanzhao depression and its significance[J]. Acta Sedimentologica Sinica, 2008, 26(2): 355-360.
- [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气成藏的控制作用[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, 平贵东, 范瑞东, 等. 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 Ruidong, et al. 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.
- [5] 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.
- [6] 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 Qiuli, FENG Zihui, FU Li. The migration model of oil in Fuyu Yangdachengzi reservoir of Sanzhao depression, Songliao basin[J]. Petroleum Exploration and Development, 1999, 26(3): 25-27.
- [7] 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: 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.
- [8] 王雅春, 赵金涛, 王美艳. 松辽盆地宋站南地区扶杨油层运聚成藏机制及主控因素[J]. 沉积学报, 2009, 27(4): 752-759.
WANG Yachun, ZHAO Jintao, WANG Meiyuan. Mechanisms of oil migration and accumulation in F, Y oil layers of south Songzhan region, Songliao basin[J]. Acta Sedimentologica Sinica, 2009, 27(4): 752-759.
- [9] 谭保祥, 侯德艳, 林景晔. 三肇地区扶杨油层油气藏分布规律及勘探前景分析[J]. 石油勘探与开发, 1995, 22(1): 1-4.
TAN Baoxiang, HOU Deyan, LIN Jingye. Hydrocarbon distribution and exploration potential of the Fuyu-Yangdachengzi petroleum pays, San-Zhao depression, Songliao basin[J]. Petroleum Exploration and Development, 1995, 22(1): 1-4.
- [10] 姜振学, 付广. 三肇地区扶余油层油气运移形式及供油气单元特征[J]. 天然气工业, 1994, 14(6): 24-28.
JIANG Zhenxue, FU Guang. Oil-gas migration type and supplying unit characteristics of Fuyu oil layer in Sanzhao area[J]. Natural Gas Industry, 1994, 14(6): 24-28.
- [11] 付广, 李晓伟. 源外上生下储成藏主控因素及有利区预测: 以松辽盆地尚家地区泉二段为例[J]. 岩性油气藏, 2009, 21(1): 1-5.
FU Guang, LI Xiaowei. Controlling factors of above-generation and below-storage reservoir accumulation and favorable area prediction: A case study from K_1q_2 in Shangjia region of Songliao basin[J]. Lithologic Reservoirs, 2009, 21(1): 1-5.