

# 油源区内外断裂控藏作用差异性研究

## ——以松辽盆地三肇凹陷和长10区块扶余—杨大城子油层为例

付广<sup>1)</sup>, 雷琳<sup>2)</sup>

1) 东北石油大学, 黑龙江大庆, 163318;

2) 中国石化河南油田分公司石油勘探开发研究院, 河南南阳, 473132

**内容提要:** 在松辽盆地三肇凹陷和长10区块断裂发育及分布特征研究的基础上, 利用断裂与三肇凹陷之间空间分布位置关系对三肇凹陷和长10区块断裂控藏作用的差异性进行了研究, 得到三肇凹陷和长10区块扶余—杨大城子(扶杨)油层主要发育南北向的 $T_2$ 断裂, 断裂密度大、平面分布不均, 断裂断距小, 延伸距离短, 剖面上受基底断裂控制形成似花状垒堑组合, 平面上密集成带。三肇凹陷 $T_2$ 源断裂主要对青一段源岩生成的油起垂向运移输导作用, 使油向下“倒灌”运移进入扶杨油层。长10区块 $T_2$ 断裂对扶杨油层的油则主要起侧向运移输导作用, 使三肇凹陷扶杨油层中的油向长10区块侧向运移。三肇凹陷 $T_2$ 断裂密集带不是扶杨油层油聚集成藏的主要部位, 油主要聚集在 $T_2$ 源断裂的下盘, 长10区块 $T_2$ 断裂密集带则是扶杨油层油聚集成藏的主要部位。

**关键词:** 三肇凹陷; 长10区块; 扶杨油层; 断裂; 输导; 聚集

油气勘探的实践表明, 断裂在含油气盆地内油气的运聚成藏中起着非常重要的作用, 既可以作为油气聚集的遮挡物, 又可以成为油运移的输导通道, 这已是不争的事实, 但对断裂在油气成藏中的作用, 许多学者(罗群, 2002; 杜春国等, 2004; 刘志宏等, 2003; 雷茂盛等, 1999; 孙宝珊, 1996; 付广等, 2006, 2008; 迟元林等, 2000; 霍秋立等, 1999; 邹才能等, 2005)都曾做过研究和探讨, 但都是针对同一盆地或一个凹陷地区内断裂对油气运聚成藏所起作用的研究, 并没有考虑断裂与含油气盆地或凹陷空间位置关系不同对其在油气运聚成藏作用产生的影响。然而, 由于断裂在含油气盆地或凹陷所处的位置不同, 其与源岩、储层空间的位置关系也就不同, 虽然其仍可对油气的运聚成藏起着控制作用, 但是其对油气运移和聚集所起作用形式和程度却存在着明显的差异。三肇凹陷与长10区块同是位于松辽盆地中央凹陷区内的2个地区, 前者是一个长期继承性发育的深水凹陷, 其内青一段沉积了厚度较大的暗色泥岩(最大厚度可达到90m), 有机质丰富, 有机碳平均为3.13%, 氯仿沥青“A”可达到0.50%, 有机质类型以I型和II型为主, 镜质体反射率平均为0.55%

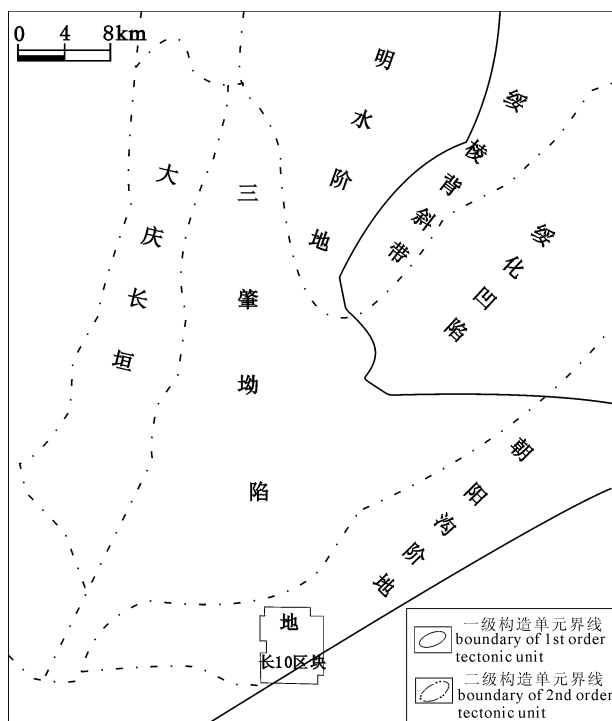


图1 松辽盆地三肇凹陷和长10区块位置分布图  
Fig. 1 The location of the Sanzhao depression and Chang-10 block, Songliao Basin

注: 本文为国家973重大基础研究项目——“高效大气田形成机理与分布研究”(编号2001CB209104)的成果。

收稿日期: 2009-12-18; 改回日期: 2010-04-20; 责任编辑: 章雨旭。

作者简介: 付广, 男, 1962年生。教授。现从事油气藏形成与保存条件研究方面的教学和科研工作。电话: 0459-6504024; Email: Fuguang2008@126.com。

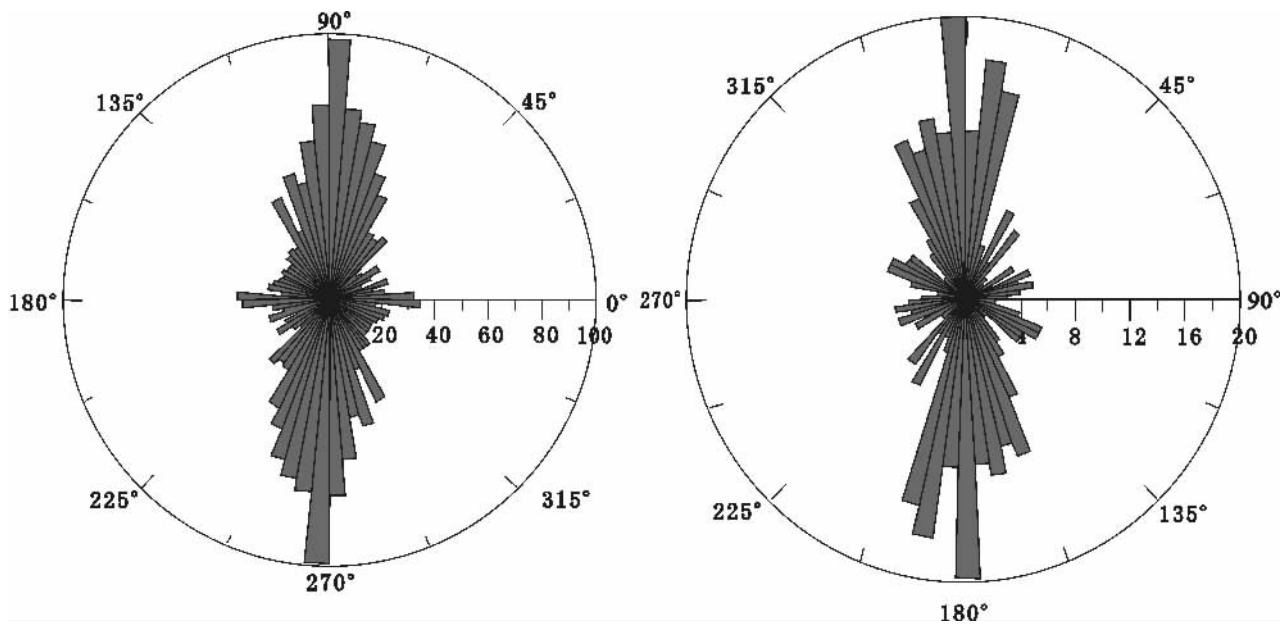


图2 松辽盆地三肇凹陷和长10区块断裂走向分布图  
 Fig. 2 The distribution of fault strike in the Sanzhao depression and Chang-10 block, Songliao Basin

~1.26%，已进入大量生烃阶段。其生成的油可以在其内超压的作用下通过断裂向下“倒灌”运移进入下伏扶余—杨大城子（扶杨）油层中（付广等，2008），而长10区块则位于三肇凹陷南部，如图1所示，其内部也发育青一段源岩，但由于埋藏浅，加之其内超压值低，其生成的油不能向下“倒灌”运移进入下伏扶杨油层，其扶杨油层的油主要来自三肇凹陷青一段源岩。虽然二个地区在主要目的层—扶杨油层均发育有大量的 $T_2$ 断裂，但由于2个地区所处的空间位置不同， $T_2$ 断裂对扶杨油层油运聚成藏所起的作用也就不同。因此，开展三肇凹陷与长10区块扶杨

油层断裂对油运聚成藏作用的差异性研究，对于正确认识三肇凹陷油源区内外扶杨油层油成藏规律和指导油勘探均具有重要意义。

### 1 $T_2$ 断裂发育及分布特征

通过三维地震资料解释成果对三肇凹陷和长10区块 $T_2$ 断裂梳理和拆分得到，二个地区的 $T_2$ 断裂发育及分布具有如下特征。

#### 1.1 主要发育南北向平直断裂

由图2中可以看出，三肇凹陷和长10区块 $T_2$ 断裂均以南北向断裂为主，三肇凹陷具有少量近东

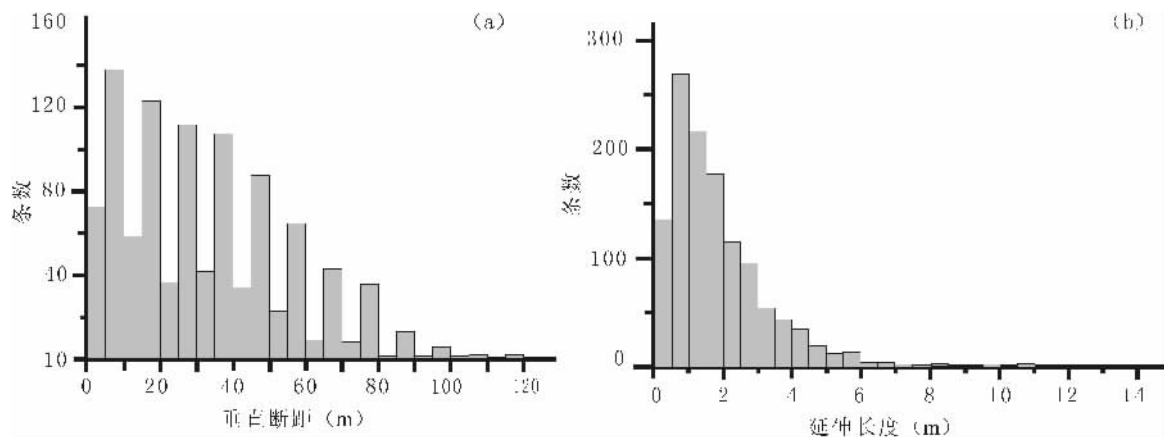


图3 松辽盆地三肇凹陷和长10区块断裂断距和延伸长度分布图  
 Fig. 3 The distribution of fault throw and extended length in the Sanzhao depression and Chang-10 block, Songliao Basin

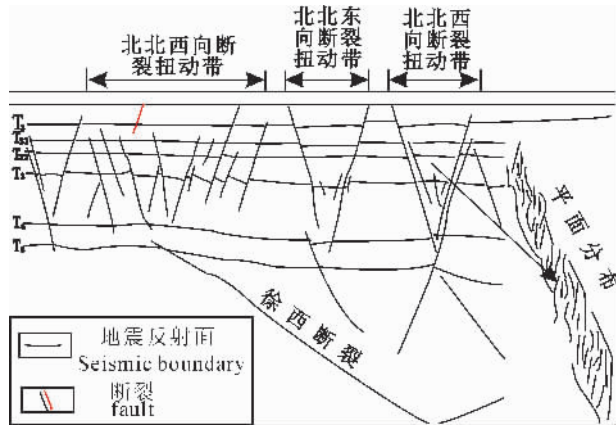


图 4 松辽盆地三肇凹陷断裂似花状构造剖面图  
 Fig. 4 The similar flower structure profile of faults in the Sanzhao depression, Songliao Basin

西向展布的断裂, 而长 10 区块具有少量北东东向展布的断裂。两个地区断裂倾角为  $35^{\circ} \sim 70^{\circ}$ , 平均为  $50^{\circ}$ , 均属于平直断裂。

1.2  $T_2$  断裂断距小, 延伸距离短, 规模小

三肇凹陷和长 10 区块  $T_2$  断裂最大断距 120m, 一般在 10~80m。最大延伸长度 14 km, 一般小于 4

km, 如图 3 所示。

1.3  $T_2$  断裂在剖面上受基底断裂控制形成似花状垒堑组合

三肇凹陷和长 10 区块的中浅层断裂由于受基底断裂控制, 在剖面上均呈似花状构造组合, 每个花状构造边界断层规模较大, 总体走向平行于基底断裂, 内部断裂呈雁行式排列, 与边界断裂呈低角度相交, 如图 4 所示。 $T_2$  断层本身呈现地垒和地堑式构造, 内部表现为小型地堑, 似花状构造之间表现为地垒, 形成地垒和地堑相间的构造格局。

1.4  $T_2$  断裂在平面上密集成带, 但 2 个地区发育特征不同

由图 5 中可以看出, 三肇凹陷和长 10 区块  $T_2$  断裂平均密度为  $0.81$  条/ $\text{km}^2$ , 最大断裂密度可达到  $5$  条/ $\text{km}^2$ , 一般在  $0.1 \sim 3.0$  条/ $\text{km}^2$ 。在平面上均呈密集带分布, 但三肇凹陷  $T_2$  断裂密集带发育, 且方向也多, 主要发育 4 个方向的断裂密集带, 近南北向 16 条, 北西向 9 条, 北北东向 8 条和近东西向 2 条, 4 个方向的断裂带交叉组合, 将三肇凹陷分割成网格状(图 5b)。长 10 区块  $T_2$  断裂仅发育 5 个断裂密集带, 主要呈北北东向和近南北向展布, 彼此之间无交叉(图 5a)。

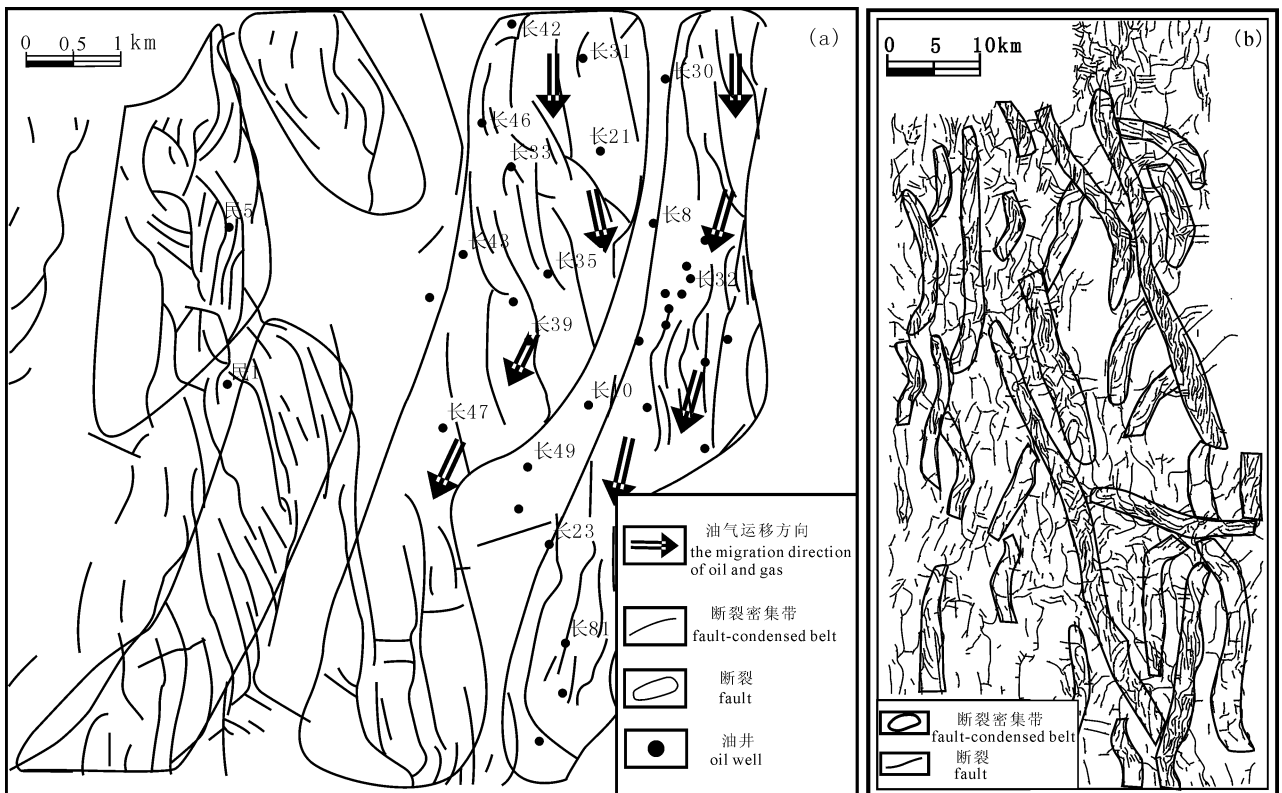


图 5 松辽盆地三肇凹陷和长 10 区块  $T_2$  断裂密集带分布图

Fig. 5 The distribution of  $T_2$  fault-condensed belt in the Sanzhao depression and Chang-10 block, Songliao Basin

### 2 T<sub>2</sub>断裂对油运移输导作用的差异性

油源对比结果表明,三肇凹陷和长 10 区块扶杨油层油均来自三肇凹陷的青一段源岩,但 2 个地区扶杨油层与三肇凹陷青一段源岩之间空间位置关系却明显不同,三肇凹陷扶杨油层直接位于青一段源岩之下,而长 10 区块扶杨油层则位于三肇凹陷青一段源岩之外的下部。正是这一空间分布位置差异造成了二个地区扶杨油层的油成藏机制和模式明显不同,T<sub>2</sub>断裂对油运移输导作用也就不同。

#### 2.1 三肇凹陷 T<sub>2</sub>源断裂主要对青一段源岩生成的油在垂向上起运移输导作用

由于三肇凹陷扶杨油层位于青一段源岩之下,青一段生成的油主要是向上进行运移,但由于该区青一段源岩之上的青二、三段地层储层不发育,主要发育泥岩层,青一段源岩生成的油难以向上覆地层中运移。而青一段源岩之下的扶杨油层储层发育,青一段源岩生成的油易向下运移,但青一段源岩生成的油要向下伏扶杨油层中运移除了要克服扶杨油层地层毛细管力的阻挡外,还要克服油本身浮力和扶杨油层地层压力的阻挡,因此其必须具有足够大的能量才能实现。由付广等(2008)、迟元林等(2000)、霍秋立等(1999)和邹才能等(2005)研究可知,三肇凹陷青一段源岩不仅目前具有较高的超压,而且在油大量生成向下“倒灌”运移时期——明水组沉积末期也具有较高的古超压,可以成为青一段源岩生成油向下“倒灌”运移进入扶杨油层的动力。三肇凹陷青一段源岩生成的油向下伏扶杨油层中“倒灌”运移除了要求其具有足够的超压外,还需要存在输导通道,这种输导通道不是地层孔隙,而是断裂。只有断裂才具有最小的毛细管力,油才能沿其向下伏扶杨油层中“倒灌”运移。三肇凹陷 T<sub>2</sub>层发育有大量断裂,但并不是所有 T<sub>2</sub>断裂均可以成为油向下伏扶杨油层中“倒灌”运移的输导通道,只有那些 T<sub>2</sub>源断裂才能成为油向下伏扶杨油层中“倒灌”运移的输导通道。所谓 T<sub>2</sub>源断裂是指连接青一段源岩和下伏扶杨油层,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。这类断裂在该区主要是过 T<sub>2</sub>至 T<sub>06</sub>断裂,这些 T<sub>2</sub>源断裂在三肇凹陷主要有 348 条,主要为近 SN 向分布,均为正断层。一般断距为 20~60m,最大为 150m。断层长度为 2~5km,在东西方向测线上 T<sub>2</sub>源断裂的发育密度为 0.5~1.8 条/km<sup>2</sup>,如图 6 所示,三肇凹陷青一段源

岩生成的油就是在其内超压作用下通过这些 T<sub>2</sub>源断裂向下“倒灌”运移至扶杨油层的。根据付广等(2008)研究,三肇凹陷青一段源岩生成的油可以通过 T<sub>2</sub>源断裂向下“倒灌”运移至大部分扶余油层,部分地区可以达到杨大城子油层。

#### 2.2 长 10 区块 T<sub>2</sub>断裂主要对扶杨油层油起侧向运移输导作用

由于长 10 区块位于三肇凹陷青一段源岩区之外的下部,青一段源岩生成的油不能直接运移至长 10 区块扶杨油层。只能是三肇凹陷青一段源岩生成的油通过 T<sub>2</sub>源断裂在超压作用下“倒灌”运移进入其下的扶杨油层后,然后再通过侧向运移才能到

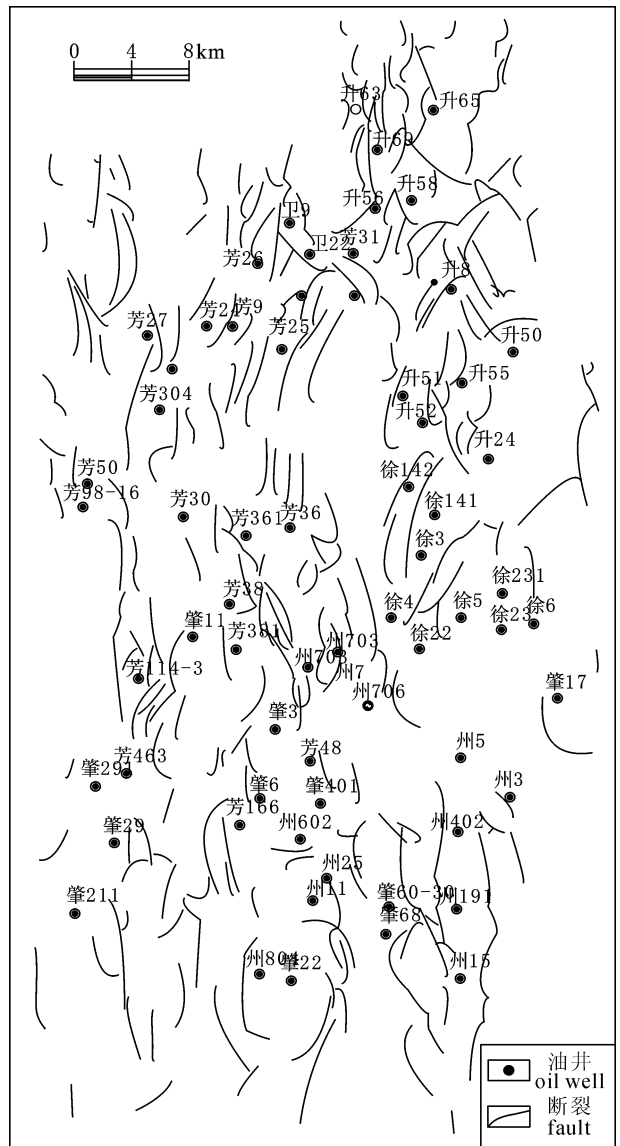


图 6 松辽盆地三肇凹陷 T<sub>2</sub>源断裂分布图  
Fig. 6 The distribution of T<sub>2</sub> faults connected source rocks in the Sanzhao depression, Songliao Basin

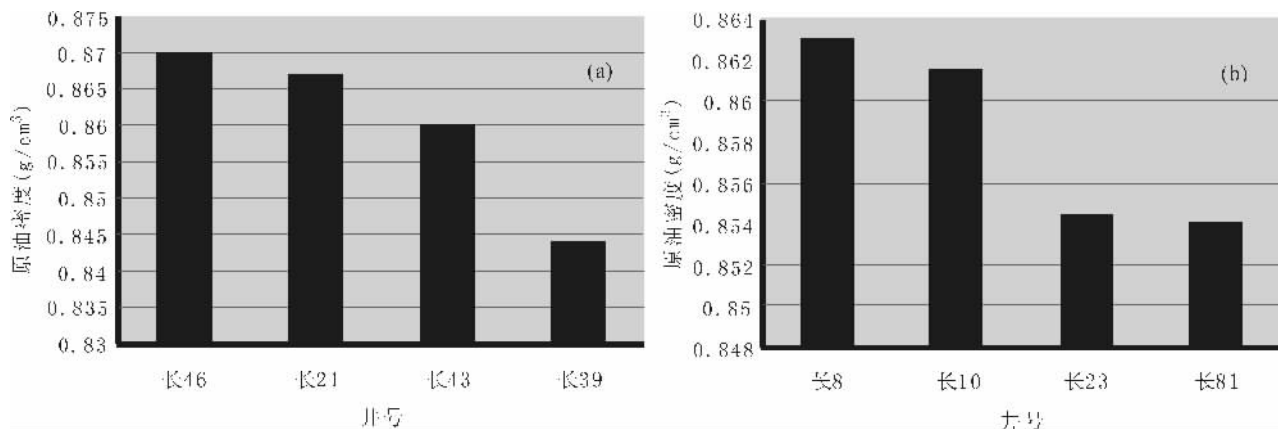


图 7 松辽盆地长 10 区块 2 个断裂密集带由北向南原油密度变化特征

Fig. 7 The density diversification feature of oil from north to south in the two fault-condensed belts of Chang-10 block, Songliao Basin

达长 10 区块的扶杨油层。由于长 10 区块扶杨油层河道砂体展布方向为北东向,与三肇凹陷东南边部平行,且处于斜坡无高程差或高程差相对较小的区域内,油气沿砂体侧向运移的浮力无或很小,因此三肇凹陷扶杨油层中的油不能沿这些河道砂体进行向长 10 区块的侧向运移。但长 10 区块扶杨油层的  $T_2$  断裂呈南北向展布,却可以直接连接三肇凹陷和长 10 区块。尽管  $T_2$  断裂呈侧向雁行式排列,彼此之间并不连接,但由于砂体对断裂的沟通作用,使

$T_2$  断裂可以连接三肇凹陷扶杨油层和长 10 区块形成油侧向运移的输导通道,如图 5a 所示。长 10 区块扶余油层中的油就是通过这些被砂体沟通的  $T_2$  断裂输导通道由三肇凹陷扶余油层向长 10 区块侧向运移的。由图 7 中可以看出,由长 10 区块 2 个断裂密集带由北部至南部扶余油层原油密度逐渐减小的变化趋势,说明长 10 区块扶余油层中的原油确实是从三肇凹陷沿  $T_2$  断裂侧向运移至长 10 区块的。

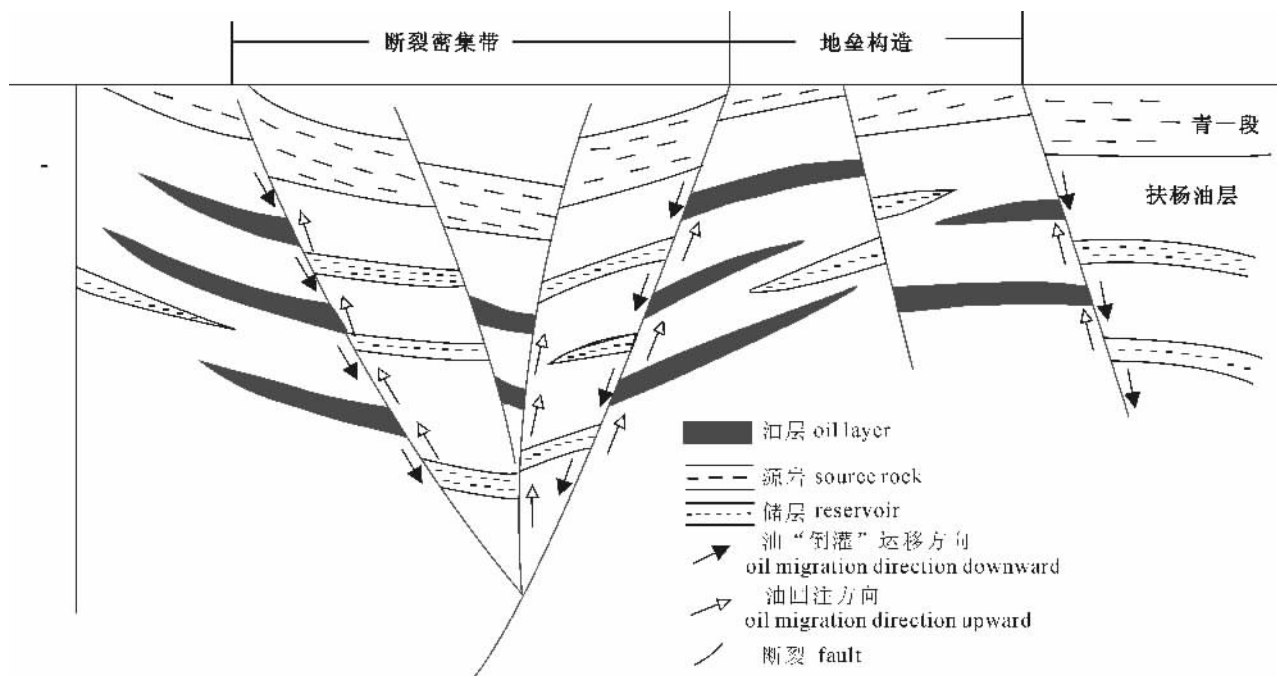


图 8 松辽盆地三肇凹陷扶杨油层油成藏模式图

Fig. 8 Oil accumulation model of Fuyu—Yangdachengzi oil layers in the Sanzhao depression, Songliao Basin

### 3 $T_2$ 断裂对油聚集作用的差异性

$T_2$  断裂不仅对三肇凹陷和长 10 区块扶杨油层油运移起着重要作用,而且对油聚集起着重要作用,但由于三肇凹陷和长 10 区块  $T_2$  断裂对油运移所起的作用方式不同,造成其对油聚集的作用也不同。

#### 3.1 三肇凹陷 $T_2$ 断裂密集带不是扶杨油层油聚集成藏的主要部位,油主要聚集在 $T_2$ 源断裂的下盘

三肇凹陷青一段源岩生成的油主要是通过  $T_2$  源断裂向下“倒灌”运移至扶杨油层的,由于  $T_2$  源断裂为  $T_2$  断裂密集带的边界断裂,且  $T_2$  断裂密集带为负向构造,相对于密集带两侧距上覆青一段源岩的距离相对较远,油向其运移所受的阻力大,故  $T_2$  断裂密集带不是油运移的指向,也就不是油聚集成藏的主要部位。而  $T_2$  源断裂的下盘为正向构造,距离上覆青一段源岩的距离相对较近,油向其运移所受的阻力小,故为油运移的指向,是油聚集成藏的有利部位,其油在其内的成藏模式如图 8 所示。实际钻井油显示统计结果也应说明三肇凹陷扶杨油层油井主要分布在  $T_2$  断裂密集带之外的地垒构造上,而不是  $T_2$  断裂密集带中的地堑构造,如图 9 所示。

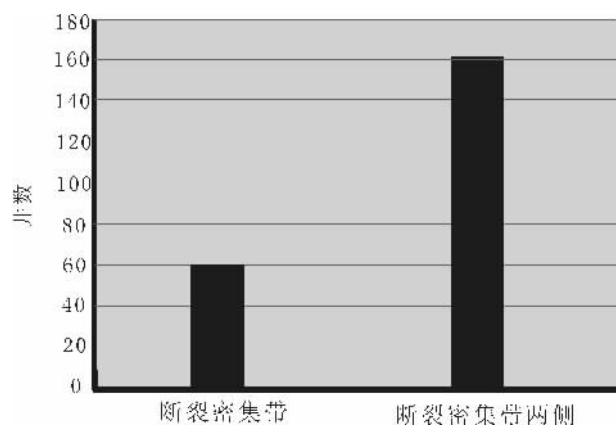


图 9 三肇凹陷扶杨油层  $T_2$  断裂密集带内外油井分布图  
Fig. 9 The distribution of oil wells in and outside  $T_2$  fault-condensed belt of Fuyu—Yangdachengzi oil layers in the Sanzhao depression, Songliao Basin

#### 3.2 长 10 区块 $T_2$ 断裂密集带是扶杨油层油聚集成藏的主要部位

由上可知,长 10 区块扶杨油层中的油主要是通过  $T_2$  断裂从三肇凹陷侧向运移而来的,油在沿着  $T_2$  断裂密集带向长 10 区块侧向运移过程中,遇到  $T_2$  断裂密集带内断裂与砂体配合形成的断层—岩性或断块圈闭便可聚集成藏。这主要是由于受该区

砂体展布方向无高程差或高程差较小和油源供给不足的影响,运移进入到长 10 区块扶杨油层断裂密集带中的油量有限,只能在  $T_2$  断裂密集带内聚集成藏,无多余油向  $T_2$  断裂密集带之外运移,故  $T_2$  断裂密集带内应是该区扶余油层油聚集成藏的主要场所,如图 10 所示。

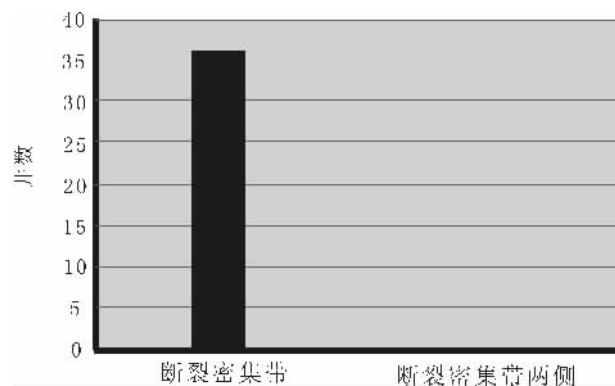


图 10 松辽盆地长 10 区块扶杨油层  $T_2$  断裂密集带内外油井分布图

Fig. 10 The distribution of oil wells in and outside  $T_2$  fault-condensed belt of Fuyu—Yangdachengzi oil layers in the Chang-10 block, Songliao Basin

## 4 结论

(1) 三肇凹陷和长 10 区块  $T_2$  断裂主要为南北向,断裂密度大,平面分布不均,断裂断距小,延伸距离短,剖面上受基底断裂控制形成似花状垒堑组合,平面上密集成带。

(2) 三肇凹陷  $T_2$  源断裂主要对扶杨油层油在垂向上起着运移输导作用,使油向下“倒灌”运移进入扶杨油层;长 10 区块  $T_2$  断裂对扶杨油层油则起侧向运移输导作用,使三肇凹陷扶杨油层中的油向长 10 区块侧向运移。

(3) 三肇凹陷  $T_2$  断裂密集带不是扶杨油层油聚集成藏的主要部位,油主要聚集在  $T_2$  源断裂的下盘。长 10 区块  $T_2$  断裂密集带是扶杨油层油聚集成藏的主要部位。

## 参 考 文 献 / References

- 罗群. 2002. 断裂控烃理论与油气勘探实践. 地球科学, 27(6): 751~755.
- 杜春国, 付广, 王安. 2004. 断裂在乌尔逊凹陷油气成藏中的作用. 新疆石油地质, 25(5): 495~497.
- 刘志宏, 王文革, 林东成, 张立国. 2003. 塔里木盆地吐木休克断裂带断层封闭性研究. 吉林大学学报(地球科学版), 33(1): 19~25.

雷茂盛,林铁锋. 1999. 松辽盆地断裂纵向导流性浅析. 石油勘探与开发, 26(1):43~49.

孙宝珊. 1996. 铲(犁)式断裂控油模式概析. 地质力学学报, 2(4):17~27.

付广,黄劲松,康德江,周海超. 2006. 源断裂在油气成藏与分布中的作用研究——以贝尔凹陷布达群潜山为例. 石油物探, 45(5):459~463.

付广,王有功. 2008. 源外鼻状构造区油运转移通道及对成藏的作用——以松辽盆地尚家地区为例. 地质评论, 54(5):646~652.

迟元林,萧德铭,殷进垠. 2000. 松辽盆地三肇地区上生下储“注入式”成藏机制. 地质学报, 74(4):371~377.

霍秋立,冯子辉,付丽,刘世研. 1999. 松辽盆地三肇凹陷扶余、杨大城子油层石油运移方式. 石油勘探与开发, 26(3):25~27.

邹才能,贾承造,赵文智,陶士振,谷志东,侯启军,赵占银,宋立忠. 2005. 松辽盆地南部岩性—地层油气成藏动力和分布规律. 石油勘探与开发, 32(4):125~130.

付广,王有功. 2008. 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. 沉积学报, 26(2):355~360.

## Research on Differences of Controlling of Fault to Oil Accumulation in and outside Oil Source Area

### ——An Example of Fuyu—Yangdachengzi Oil Layers in Sanzhao Depression and Chang-10 Block, Songliao Basin

FU Guang<sup>1)</sup>, LEI Lin<sup>2)</sup>

1) Northeast Petroleum University, Daqing, Heilongjiang, 163318;

2) Research Institute of Exploration and Development, Henan Oilfield Branch Company,  
Sinopec, Nanyang, Henan, 473132

**Abstract:** On the basis of the research on fault development and distribution in the Sanzhao depression and Chang-10 block, Songliao Basin, the differences of controlling of fault to oil accumulation in the Sanzhao depression and Chang-10 block was studied by use of the spatial distribution of the faults in the Sanzhao depression. It was considered that there mainly developed  $T_2$  faults of the Fuyu—Yangdachengzi oil layers in SN direction in the Sanzhao depression and Chang-10 block, which were high density, uneven distribution in the plane, small fault throw and short extended distance. On the section, resembling flower-like graben-horst combinations were formed by the control of basement faults. In a plane the faults are dense to be in belt. Oil from  $K_1qn_1$  source rocks migrated vertically through  $T_2$  source faults in the Sanzhao depression and downward into the Fuyu—Yangdachengzi oil layers. Oil from the Fuyu—Yangdachengzi oil layers of the Sanzhao depression was transported laterally into the Fuyu—Yangdachengzi oil layers though  $T_2$  faults in the Chang-10 block.  $T_2$  fault-condensed belt in the Sanzhao Depression is not the major accumulation position of oil in Fuyu—Yangdachengzi oil layers. Oil is mainly accumulated in the bottom walls of  $T_2$  source faults.  $T_2$  fault-condensed belt in the Chang-10 block is the main accumulation position of oil in the Fuyu—Yangdachengzi oil layers.

**Key words:** Sanzhao depression; Chang-10 block; Fuyu—Yangdachengzi oil layers; Songliao Basin