

# 断裂密集带对油气运聚成藏的控制

——以松辽盆地杏北扶余油层为例

刘峻桥<sup>1</sup>, 张桐<sup>2</sup>, 吕延防<sup>1</sup>, 张梦迪<sup>1</sup>, 孙同文<sup>1</sup>, 姜贵璞<sup>3</sup>, 薛盼<sup>1</sup>

(1. 东北石油大学 地球科学学院, 黑龙江 大庆 163318; 2. 大庆油田有限责任公司 勘探开发研究院, 黑龙江 大庆 163712; 3. 大庆油田有限责任公司 第四采油厂, 黑龙江 大庆 163511)

**摘要:** 为了明确断裂密集带在油气运聚成藏中的控制作用, 选取松辽盆地杏北扶余油层断裂密集带为研究对象, 以三维地震为基础, 结合断裂密集带平面、剖面特征, 总结杏北地区扶余油层断裂密集带分布特征及成因机制。同时, 利用油藏解剖技术, 结合断裂密集带分布特征、油气分布规律及砂体分布特征, 对断裂密集带在油气运聚成藏中的控制作用进行了分析, 研究结果表明: (1) 杏北地区扶余油层断裂密集带广泛分布, 主要包括伸展成因机制的平行地堑带和耦合成因机制的混合式密集带; (2) 横向断裂密集带的遮挡作用导致中央背斜带南部和东部缓坡带无油气富集, 断裂密集带外油气主要富集在密集带边界反向断裂上盘, 反向断裂断距规模越大, 油气富集程度越高; (3) 顺向断裂密集带边界断裂可以作为油气沿断裂走向运移的通道, 受构造反转作用影响, 中央背斜带发育的断裂密集带内部形成“堑中隆”构造, 断裂密集带内部油气主要富集在“堑中隆”构造发育部位。

**关键词:** 断裂密集带; 油气成藏; 控制作用; 扶余油层; 杏北地区; 松辽盆地

**中图分类号:** TE122.3

**文献标识码:** A

## Controls of intensively faulted zones on hydrocarbon migration and accumulation:

An example of Fuyu oil layer in Xingbei area, Songliao Basin

Liu Junqiao<sup>1</sup>, Zhang Tong<sup>2</sup>, Lü Yanfang<sup>1</sup>, Zhang Mengdi<sup>1</sup>, Sun Tongwen<sup>1</sup>, Jiang Guipu<sup>3</sup>, Xue Pan<sup>1</sup>

(1. College of Geosciences, Northeast Petroleum University, Daqing, Heilongjiang 163318, China;

2. Exploration and Development Research Institute of Daqing Oilfield Company Ltd, Daqing, Heilongjiang 163712, China;

3. No.4 Oil Recovery Plant, Daqing Oilfield Corp Ltd, Daqing, Heilongjiang 163511, China)

**Abstract:** The types and genetic mechanism of intensively faulted zones in the Fuyu oil layer in the Songliao Basin were studied based on 3D seismic data and combined with the plane and profile characteristics of intensively faulted zones, so as to identify the controls of intensively faulted zones on hydrocarbon migration and accumulation. Reservoir dissecting technology was applied, and the distribution characteristics of intensively faulted zones, hydrocarbon and sand bodies were taken into consideration. Several conclusions were made as follows. (1) Intensively faulted zones are widely distributed in the Fuyu oil layer in Xingbei area, including the parallel graben belts caused by stretching and the hybrid intensively faulted zones caused by coupling. (2) Sheltered by transverse intensively faulted zones, the ramp zones to the south and east of the central anticline have no oil or gas enrichment. Hydrocarbon was enriched in the hanging wall of boundary reverse faults outside intensively faulted zones. The larger the scale of fault displacement, the higher the degree of oil enrichment. (3) The boundary faults of consequent intensively faulted zones can be hydrocarbon migration pathways along the fault strike. Tectonic inversion occurred in the central anticline zone, and the “uplifted graben” morphology formed in intensively faulted zones, where oil and gas accumulated.

**Key words:** intensively faulted zone; reservoir formation; controlling effect; Fuyu oil layer; Xingbei area; Songliao Basin

收稿日期: 2017-03-28; 修订日期: 2017-05-25。

作者简介: 刘峻桥 (1989—), 男, 博士研究生, 从事断裂控藏方面的研究。E-mail: smartqiao\_2013@163.com。

通信作者: 吕延防 (1957—), 男, 教授, 从事油气藏形成与保存方面的研究。E-mail: 571128lyf@nepu.edu.cn。

基金项目: 国家自然科学基金项目 (41372154, 41602164)、中国博士后科学基金 (2016M591509) 和东北石油大学研究生创新科研项目 (YJSCX2016-001NEPU) 联合资助。

杏北地区构造上位于松辽盆地杏树岗背斜北部,是大庆油田重要的产油区。该区自下而上依次发育下白垩统火石岭组、沙河子组、营城组、登娄库组、泉头组和上白垩统青山口组、姚家组、嫩江组、四方台组、明水组以及古近系和新近系沉积地层。扶余油层位于泉四段地层,属于典型的河道沉积,是该区主要的含油层位,目前已钻探多口工业油流井,展现出良好的勘探前景。油源对比表明,该区西侧紧邻的齐家古龙凹陷青一段源岩倒灌运移至扶余油层之后可侧向运移至杏北地区扶余油层,盖层为广泛发育的青一段暗色泥岩<sup>[1]</sup>。杏北地区共划分为 4 个构造单元,分别为东部缓坡区、中央背斜带、西南斜坡区和西北斜坡区<sup>[2]</sup>,该区断裂极其发育,油气分布受断裂控制作用明显(图 1)。前人对该区及周边扶余油层断裂在油气运聚成藏过程中的作用曾进行了大量的研究和探讨<sup>[1-11]</sup>,但断裂密集带作为断裂密集条带状分布的整体,其在该区扶余油层成藏过程中的作用研究相对较少,阻碍了对扶余油层油气富集规律的认识和油气勘探的深

入。因此,开展断裂密集带对油气分布的控制作用研究,对该区成藏规律的进一步认识和指导油气勘探均具有重要的理论和实际意义。

# 1 断裂密集带特征及与油气分布关系

## 1.1 断裂密集带分布特征

松辽盆地发育经历了“断陷、断拗、拗陷、反转”4 个阶段<sup>[12]</sup>,断裂在拗陷期密度最大,反转期其次,断陷期最小,断裂规模大小混杂,断距大小不一,延伸距离长短不一,表现出断裂多期活动特点<sup>[13]</sup>。扶余油层断裂属于拗陷层断裂,断裂走向以近北西和北西西向为主,其次是北东东向断裂,断裂密度高达 1.3 条/km<sup>2</sup>,平面上以平行、雁列组合形态为主,剖面上表现为“似花状”和“V”字形组合形态。

断裂密集带是由一系列走向相同或相近,在平面上呈条带状分布,剖面上表现为“V”字型或嵌套“V”字形组合样式,具有一定成因联系的断裂组合。在三维地震精细解释基础上,厘定出杏北地区

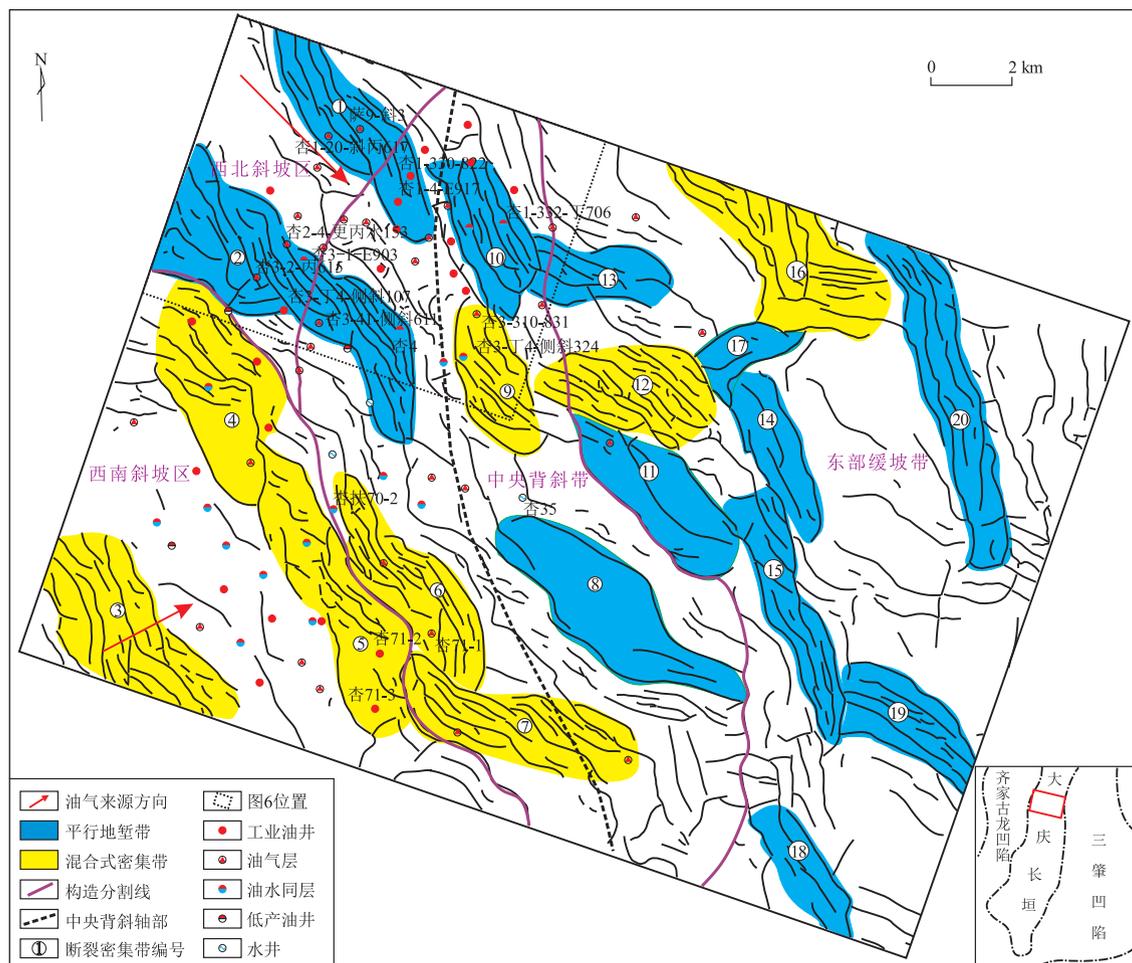


图 1 松辽盆地杏北地区地质概况及扶余油层断裂密集带平面分布

Fig.1 Geological situation and the plane distribution of intensively faulted zones of Fuyou oil layer in Xingbei area, Songliao Basin

扶余油层 20 条断裂密集带, 并对其进行编号 (图 1)。断裂密集带在杏北地区扶余油层分布广泛, 在西北斜坡区仅发育 2 条断裂密集带, 呈北西走向, 并且东南端均延伸入中央背斜带; 西南斜坡区仅发育 3 条断裂密集带, 走向为北西向; 中央背斜带发育 5 条断裂密集带, 走向为北西向和北北西向; 东部缓坡带面积最大, 发育断裂密集带条数也最多, 共发育密集带 10 条, 走向多方位, 主要以北西向为主。一般情况下, 断裂密集带存在发辫式断裂密集带、平行式地堑密集带、雁行式密集带和混合式密集带 4 种不同的平面组合样式<sup>[14]</sup>。该区主要发育平行地堑式密集带和混合式密集带, 无论哪种平面组合类型的断裂密集带, 剖面上均表现为垒堑相间的花状结构、平面上密集成带的特征 (图 2)。

1.2 断裂密集带成因分析

平行地堑式密集带属于伸展成因, 是原岩受水平方向拉张力和自身岩体重力影响, 产生的一组或多组相向倾斜的正断层。在平面上表现为一组或多组走向大致相同的断层组合, 剖面上呈现“V”字形地堑或阶梯式断层组合模式。若盆地基底存在拆离带, 基底在拉张作用力下会发育大型铲式正断层, 于断层上盘派生出低级别断裂, 二者在剖面组合形成“Y”字形样式 (图 2)。此种断裂密集带是松辽盆地断裂密集带的主体, 分布广泛, 主要产生在拗陷期<sup>[15-16]</sup>。研究区此类断裂密集带是拗陷期近东西向拉张作用力下形成的南北向密集带, 后因反转作用走向表现为北西和北北西向, 除西南斜坡区外, 该平面组合样式密集带在全区均有分布。

混合式平面组合样式密集带可在两种不同情况下产生。一是受水平伸展与后期反转共同作用

产生。以松辽盆地大庆长垣地区为例, 断裂密集带拗陷期受近东西向水平拉张作用形成, 反转期在盆地反转变形过程中受左旋压扭作用逆时针旋转改造定型, 反转变形程度取决于先存断陷构造展布方向与区域挤压应力场方向的夹角<sup>[17-18]</sup>, 夹角越大, 挤压分量越大, 反转变形程度越高, 反之, 夹角越小, 相对先存断陷的展布方向而言, 促使其发生走滑位移的应力分量越大, 从而反转变形程度越低, 故在同一区带内不同位置发生反转变形程度不同, 在变形强烈位置平面形态就可由平行式变为雁列式, 断裂带内部出现反转构造。二是在区域水平张力作用下, 受先存主干断裂影响, 产生斜向拉张作用, 其上方新生断裂平面上呈现雁列式面貌, 不存在先存主干断裂的地区不受其影响, 平面上仍然呈现出平行式样貌特征<sup>[19]</sup>。两种成因的区别在于前者是在反转期定型, 后者在拗陷期定型, 位于先期主干断裂之上。研究区混合式平面组合样式密集带属于第 2 种成因, 杏北地区西南斜坡区和中央背斜带中南部发育有 3 条基底断裂<sup>[13]</sup>, 混合密集带均位于基底断裂之上, 在拗陷期形成, 近东西向拉张作用力受基底断裂影响产生斜拉效果, 在平面上形成一系列北北西或北西向混合样式排列的断裂密集带 (图 2)。

1.3 断裂密集带与油气分布关系

杏北地区扶余油层自下而上发育 F I、F II、F III 和 F IV 4 个油层组, 油气分布表现为西好东差的特征, 油气主要分布在中央背斜带和西南斜坡区, 西北斜坡区油气分布较少, 东部缓坡带几乎无油气富集, 目前已发现的油藏绝大部分均富集在断裂密集带内部或附近, 仅少量与断裂密集带无关 (图 3)。

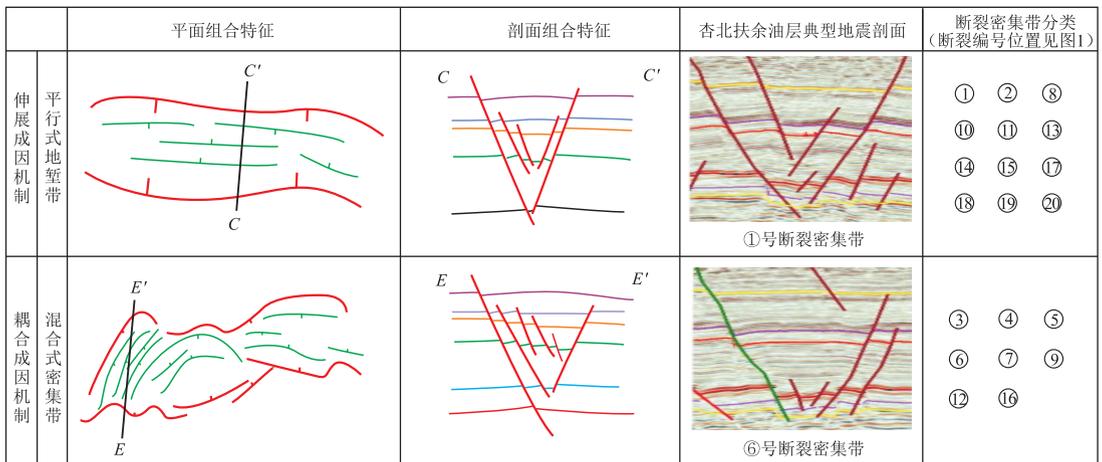


图 2 松辽盆地杏北地区断裂密集带模式

Fig.2 Different types of intensively faulted zones in Xingbei area, Songliao Basin

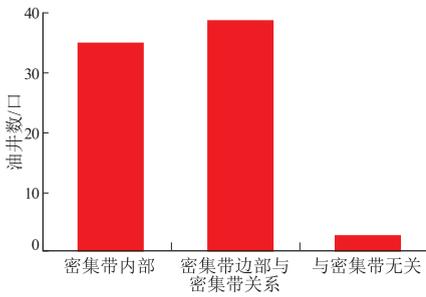


图 3 松辽盆地杏北地区扶余油层断裂密集带与油井分布关系

Fig.3 Relationship between intensively faulted zones and oil well distribution of Fuyu oil layer in Xingbei area, Songliao Basin

## 2 断裂密集带对油气成藏的控制作用

杏北地区扶余油层断裂密集带对油气成藏有重要的控制作用。油源对比表明,杏北扶余油层油气来自其西侧齐家-古龙凹陷青一段源岩<sup>[20]</sup>,具有西北和西南 2 个油气来源<sup>[8]</sup>。断裂密集带外油气往往受断裂密集带边界反向断裂遮挡聚集成藏,断裂密集带内油气主要在“堑中隆”构造聚集成藏。

### 2.1 密集带边界反向断裂下盘是有利聚油部位

当密集带走向与地层倾角呈大角度(45°~90°)相交时称为横向密集带,横向密集带通常对油气运移具有遮挡作用<sup>[21]</sup>。横向断裂密集带因其走向与地层倾角近垂直,油气从油源区沿砂体运移,遇到横向断裂密集带遮挡,因断裂密集带边界断裂

和内部断裂不同程度的封闭作用,油气不能穿越断裂密集带继续运移。以西南斜坡区最为明显,断裂密集带边界断裂断距较大,断裂下盘砂体与上盘青一段泥岩能够形成砂泥对接,形成封闭,受多条横向断裂密集带遮挡作用,油气很难运移至中央背斜带南部和东部缓坡带。通过井壁取心可以进一步验证该地区是否发生过油气运移<sup>[22-23]</sup>,对东部缓坡带钻井(杏 4-2-丙 490、杏 4-3-更 2431、杏 5-1-更丙 35、杏 35、杏 353 和杏 7-丁 4-更 143)和中央背斜带南部钻井(杏扶 69-1、杏扶 69-2、杏 5-2-更 27 和杏 5-21-侧斜 624)合计 10 口井共 268 个取心样品(泉四段)的含油气性统计发现,所有砂岩样品均无油气显示,证实了东部缓坡带和中央背斜带南部未发生油气运移,横向断裂密集带的部分和完全遮挡作用是中央背斜带南部和东部缓坡区油藏不发育的原因之一。

齐家古龙凹陷生成的油气向杏北地区运移的过程中,无论是西南侧油源还是西北侧油源,均会受到研究区广泛发育的北北西向断裂不同程度的遮挡作用。统计发现,断裂密集带边界反向断裂下盘是断裂密集带外油气主要富集部位(图 4),反向断裂断距规模越大,油气越难以穿过断裂,上盘油气越少(图 5)。造成这一现象主要是因为当反向断裂断距较大时,断裂下盘砂体往往与断裂上盘青一段砂体形成砂泥对接,断距越大,对接的青一段

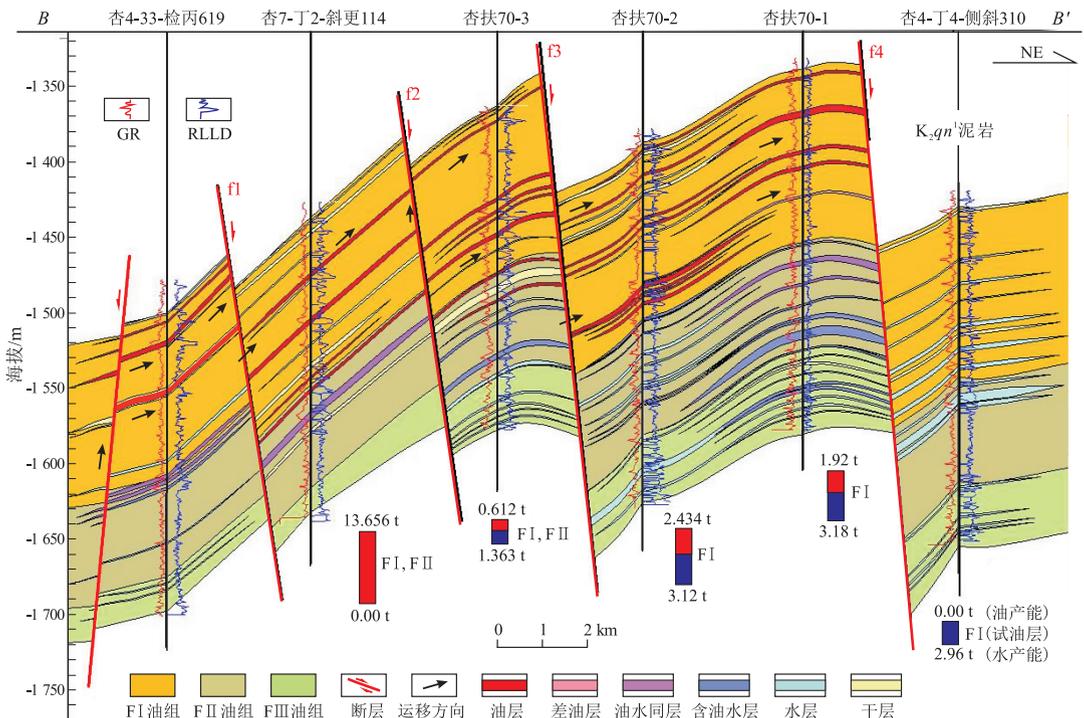


图 4 松辽盆地杏北地区西南斜坡区扶余油层油气运聚成藏模式

Fig.4 Oil-and-gas accumulation model of Fuyu oil layer in southwestern slope of Xingbei area, Songliao Basin

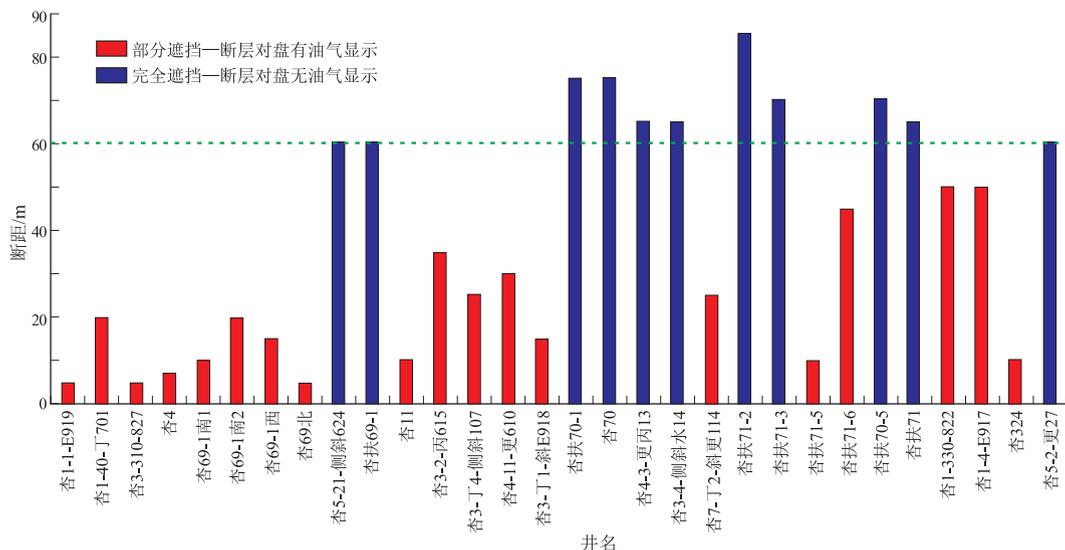


图5 松辽盆地杏北地区反向断裂断距规模与油气富集关系

Fig.5 Relationship between displacement scale of reverse faults and hydrocarbon enrichment in Xingbei area, Songliao Basin

泥岩厚度越大,所封堵的断层下盘有效砂层组越多,油气在断裂上盘的含油层数也越多。相反,若断裂断距小,则与之对接的青一段泥岩厚度小,断裂封堵的油层数量减小,油气富集程度降低,同时,断裂上盘油气富集程度升高。而当横向断裂密集带边界反向断裂断距规模较小时,断裂下盘扶余油层砂体可以与断裂上盘扶余油层砂体形成砂砂对接,油气可穿过断裂继续运移,在油气继续运移的过程中,在浮力作用下,油气可以自下而上沿断裂向上覆油组调整(图4)。

### 2.2 密集带内部“堑中隆”构造为富油部位

目前研究认为<sup>[24-28]</sup>,盆地后期构造反转作用强烈会导致部分断裂密集带内部形成“堑中隆”形态,有利于油气聚集,因此,密集带内“堑中隆”的发育是断裂密集带内能否富油的关键。

当密集带走向与地层倾向呈小角度(0°~45°)相交时称为同向断裂密集带<sup>[21]</sup>,同向断裂密集带走向与地层倾角方向近一致时,配合良好的盖层条件和砂体展布特征油气可沿断裂走向运移,成藏关键时刻活动的密集带边界断裂是油气沿断裂走向运移的主要通道<sup>[29-30]</sup>。研究区此种断裂密集带主要发育在西北斜坡区(图6),由于上覆青一段大套泥岩盖层相隔形成顶部封闭,地层抬升方向与断裂密集带内断裂走向一致,砂体近南北向展布,构造上沿断裂向东具有油气运移流体势,边界油源断裂在成藏关键期开启<sup>[31]</sup>,断裂密集带边界断裂与砂体配合形成“接力式”长距离侧向输导通道。

对西北斜坡区顺向断裂带原油密度与原油黏度统计可知,沿断裂密集带自西北向东南高部位原

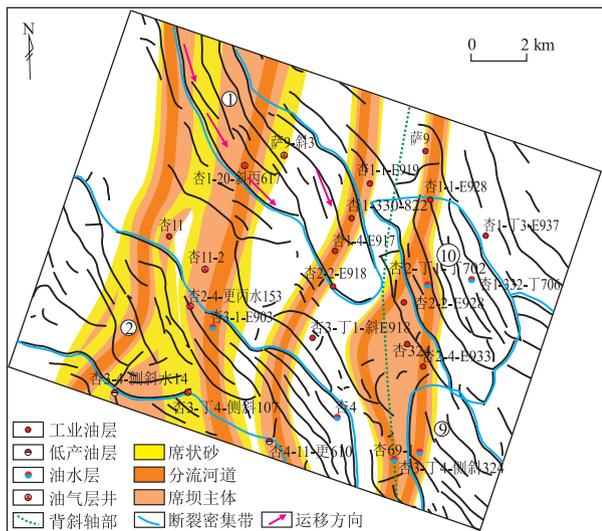


图6 松辽盆地杏北地区西北斜坡区油气沿断裂输导特征及断裂密集带—砂体配置关系  
平面位置见图1左上部虚线框。

Fig.6 Characteristics of oil and gas migration along conducting fractures and the relationship between intensively faulted zones and sand body in northwest slope area, Xingbei area, Songliao Basin

油密度和黏度逐渐减小(图7),充分证明了油气沿同向断裂密集带发生运移。因此,当油气沿西北部断裂密集带运移时,同向断裂密集带为油气侧向运移的通道,有利于油气运移。

中白垩世末期,日本海开始扩张,向西的推挤力波及到松辽盆地,产生左旋压扭应力场<sup>[32-33]</sup>,大庆长垣杏树岗背斜构造形成,在背斜的轴部和翼部发育的断裂密集带受此应力场影响发生反转,在断裂密集带内部形成“堑中隆”构造。对比断裂密集

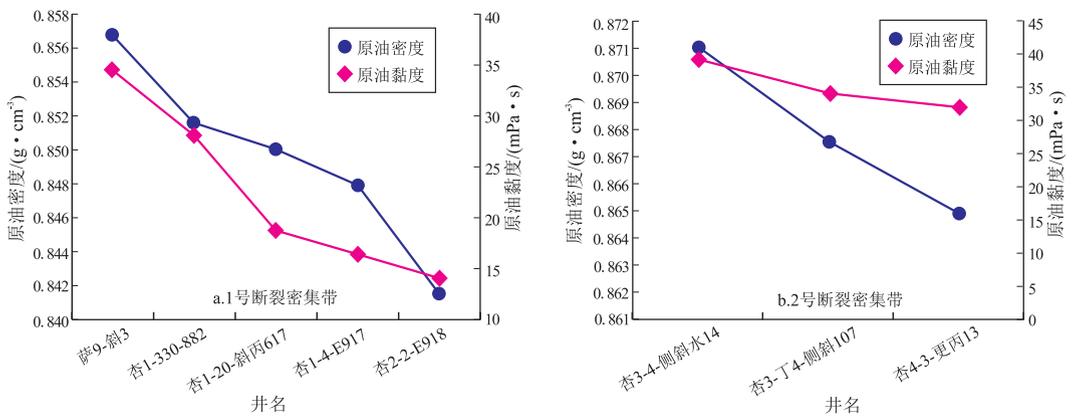


图 7 松辽盆地杏北地区西北斜坡区顺向断裂密集带原油物性变化

Fig.7 Changes of crude oil physical properties in consequent intensively faulted zones in Xingbei area, Songliao Basin

带位于斜坡区和中央背斜带部分可以看出,位于中央背斜带部分由于受构造反转作用较强,具有明显的“堑中隆”特征;而位于斜坡区部分为正常地堑,无明显“堑中隆”特征(图 8),不利于油气聚集,几乎没有油气显示。对西北斜坡区和中央背斜带的密集带内部及周围分布的不同井类型数据统计结果表明:位于中央背斜带 6 号、9 号和 10 号断裂密集带及西北斜坡区 1 号、2 号密集带延伸到中央背斜带的部分“堑中隆”构造内的井,多为工业油流

表 1 松辽盆地杏北地区不同断裂带内部结构井类型统计

Table 1 Well statistics of different fault zone structures in Xingbei area, Songliao Basin

井名	井类型	位置	断裂密集带号	密集带内部形态
萨 9-斜 3	解释油气层	西北斜坡区	1	正常地堑
杏 1-20-斜丙 617	解释油气层	西北斜坡区	1	正常地堑
杏 2-4-更丙水 153	解释油气层	西北斜坡区	2	正常地堑
杏 3-2-丙 615	解释油气层	西北斜坡区	2	正常地堑
杏 3-41-侧斜 611	解释油气层	西北斜坡区	2	正常地堑
杏 3-1-E903	解释油水同层	西北斜坡区	2	正常地堑
杏 1-330-822	工业油流井	中央背斜带	1	“背形”构造
杏 1-4-E917	工业油流井	中央背斜带	1	“背形”构造
杏 3-丁 4-侧斜 107	工业油流井	中央背斜带	2	“背形”构造
杏 3-丁 4-侧斜 324	试油同层	中央背斜带	9	“背形”构造
杏扶 70-2	试油同层	中央背斜带	6	“背形”构造
杏 1-332-丁 706	油水同层	中央背斜带	10	“背形”构造

井和试油同层井;而位于断裂密集带内部正常地堑部位的井,多为测井解释油气层井和测井解释油水同层井(表 1)。

### 3 结论

(1) 杏北地区扶余油层断裂密集带广泛分布,共发育 20 条断裂密集带,主要为伸展作用下形成的平行式地堑密集带和耦合作用下形成的混合式密集带。

(2) 杏北扶余油层主要存在西北和西南 2 个油气来源,油气分布与断裂密集带关系密切,断裂密集带对油气侧向运移具有“同向输导、横向遮挡”作用,导致中央背斜带和西南斜坡区油气富集,而中央背斜带南部和东部缓坡带几乎无油气聚集。

(3) 杏北地区扶余油层断裂密集带外油气主要受密集带边界反向断裂遮挡,在断裂上盘聚集成

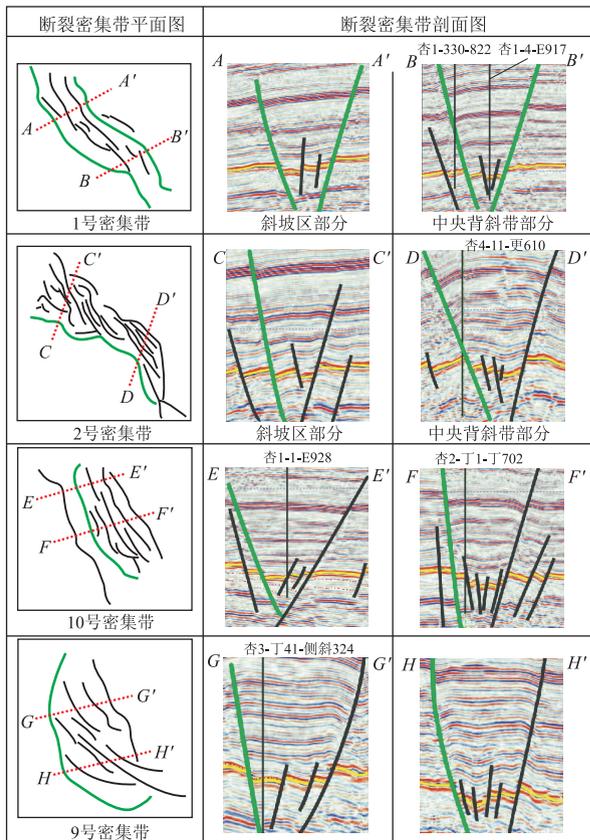


图 8 松辽盆地杏北地区已钻遇成功井断裂密集带对比解剖

Fig.8 Contrast and anatomy of intensively faulted zones through successful wells in Xingbei area, Songliao Basin

藏,边界断裂断距规模越大,油气越富集;而断裂密集带内油气主要分布在后期反转作用下形成的“堑中隆”构造内。

#### 参考文献:

- [1] 付广,薛盼,孙同文,等.源外隆起区油气成藏与分布主控因素及模式:以松辽盆地杏北地区扶余油层为例[J].岩性油气藏,2013,25(5):13-17.  
Fu Guang, Xue Pan, Sun Tongwen, et al. Main controlling factors and models of oil and gas accumulation and distribution in uplift area outside source rock: An example from Fuyu oil layer in Xingbei area, Songliao Basin [J]. Lithologic Reservoirs, 2013, 25(5): 13-17.
- [2] 董立,赵旭,付斌,等.杏北地区扶余油层构造单元精细划分及其对油气成藏研究的意义[J].油气地质与采收率,2014,21(3):20-23.  
Dong Li, Zhao Xu, Fu Bin, et al. Importance of fine tectonic units division for hydrocarbon accumulation in Fuyu oil reservoir, Xingbei district [J]. Petroleum Geology and Recovery Efficiency, 2014, 21(3): 20-23.
- [3] 付广,刘美薇.松辽盆地长10区块扶余油层运移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.
- [4] 付广,冯赫青.凹陷区上生下储油侧向运移模式及油聚集:以松辽盆地三肇凹陷扶余油层为例[J].岩性油气藏,2012,24(3):11-14.  
Fu Guang, Feng Heqing. Lateral migration model of oil in combination of upper source rock and lower reservoir and oil accumulation in depressed area: An example from Fuyu and Yangdachengzi oil layer in Sanzhao Depression, Songliao Basin [J]. Lithologic Reservoirs, 2012, 24(3): 11-14.
- [5] 付晓飞,平贵东,范瑞东,等.三肇凹陷扶余油层油气“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.
- [6] 刘宗堡,付晓飞,吕延防,等.大型凹陷向斜区油气倒灌式成藏:以松辽盆地三肇凹陷扶余油层为例[J].地质论评,2009,55(5):685-692.  
Liu Zongbao, Fu Xiaofei, Lü Yanfang, et al. Hydrocarbon reversed accumulation model of big depression syncline area: A case of the Fuyang reservoir in the Sanzhao Depression [J]. Geological Review, 2009, 55(5): 685-692.
- [7] 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.
- [8] 孙同文,付广,王芳,等.源外隆起区输导脊对油气运聚成藏的控制作用:以大庆长垣杏北地区扶余油层为例[J].中南大学学报(自然科学版),2014,45(12):4308-4316.  
Sun Tongwen, Fu Guang, Wang Fang, et al. Control effect of transporting ridge in hydrocarbon accumulation in uplift area outside of source area: A case study of Fuyu oil layer in Xingbei region, Daqing placanticline [J]. Journal of Central South University (Science and Technology), 2014, 45(12): 4308-4316.
- [9] 付广,李建民.断裂对油气富集程度的控制作用[J].断块油气田,2014,21(6):707-710.  
Fu Guang, Li Jianmin. Control effect of faults to oil-gas enrichment degree [J]. Fault-Block Oil and Gas Field, 2014, 21(6): 707-710.
- [10] 柳永军,徐长贵,吴奎,等.辽东湾拗陷走滑断裂差异性与大中型油气藏的形成[J].石油实验地质,2015,37(5):555-560.  
Liu Yongjun, Xu Changgui, Wu Kui, et al. Different characteristics of strike-slip faults and the formation of large and medium-scaled oil and gas fields in the Liaodong Bay Depression [J]. Petroleum Geology & Experiment, 2015, 37(5): 555-560.
- [11] 孙超亚,李坤,任东超,等.辽中凹陷北段断裂差异演化特征[J].断块油气田,2016,23(4):442-446.  
Sun Chaoya, Li Kun, Ren Dongchao, et al. Differential evolution characteristics of northern Liaozhong Sag [J]. Fault-Block Oil and Gas Field, 2016, 23(4): 442-446.
- [12] 高瑞祺,蔡希源.松辽盆地油气田形成条件与分布规律[M].北京:石油工业出版社,1997:12-40.  
Gao Ruiqi, Cai Xiuyan. Hydrocarbon reservoirs formation and distribution in Songliao Basin [M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 1997: 12-40.
- [13] 孙永河,陈艺博,孙继刚,等.松辽盆地北部断裂演化序列与反转构造带形成机制[J].石油勘探与开发,2013,40(3):275-283.  
Sun Yonghe, Chen Yibo, Sun Jigang, et al. Evolutionary sequence of faults and the formation of inversion structural belts in the northern Songliao Basin [J]. Petroleum Exploration and Development, 2013, 40(3): 275-283.
- [14] 谢昭涵,付晓飞.松辽盆地“T<sub>2</sub>”断裂密集带成因机制及控藏机理:以三肇凹陷为例[J].地质科学,2013,48(3):891-907.  
Xie Zhaohan, Fu Xiaofei. The genetic mechanism and accumulation mechanism of “T<sub>2</sub>” fault dense zone in Songliao Basin: In Sanzhao Depression [J]. Chinese Journal of Geology, 2013, 48(3): 891-907.
- [15] 陈方文,卢双舫,薛海涛,等.三肇凹陷扶余油层断裂密集带样式及有利成藏部位[J].地球科学(中国地质大学学报),2013,38(6):1281-1288.  
Chen Fangwen, Lu Shuangfang, Xue Haitao, et al. Types and favorable oil accumulation parts of fault dense belts in Fuyang formation of Sanzhao Depression, Songliao Basin [J]. Earth Science (Journal of China University of Geosciences), 2013, 38(6): 1281-1288.
- [16] 肖佃师,卢双舫,陈海峰,等.源外斜坡区断裂密集带对油气成藏的控制作用:以松辽盆地肇源南扶余油层为例[J].中

- 南大学学报(自然科学版),2012,43(9):3548-3557.
- Xiao Dianshi,Lu Shuangfang,Chen Haifeng, et al.Control effect of fault condensed belts in hydrocarbon accumulation in slope area outside of source area: A case study of Fuyu oil layer in Zhaoyuannan region, Songliao Basin [J]. Journal of Central South University (Science and Technology), 2012, 43(9): 3548-3557.
- [17] Harding T P, Lowell J D. Structural styles, their plate-tectonic habitats, and hydrocarbon traps in petroleum provinces [J]. AAPG Bulletin, 1979, 63(7): 1016-1058.
- [18] Ventisette C D, Montanari D, Sani F, et al. Basin inversion and fault reactivation in laboratory experiments [J]. Journal of Structural Geology, 2006, 28(11): 2067-2083.
- [19] 孙永河,白鹿,付晓飞.松辽盆地北部 T<sub>2</sub> 反射层断裂密集带成因机制 [J]. 地球科学(中国地质大学学报), 2013, 38(4): 797-806.  
Sun Yonghe, Bai Lu, Fu Xiaofei. Genetic mechanism of T<sub>2</sub> reflector fault dense zones in northern Songliao Basin [J]. Earth Science (Journal of China University of Geosciences), 2013, 38(4): 797-806.
- [20] 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(3): 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(3): 294-298.
- [21] 陈方文,卢双舫,徐运亭,等.断裂密集带对油气运移和聚集的制约研究:以王府凹陷为例 [J].中国矿业大学学报, 2011, 40(2): 235-239.  
Chen Fangwen, Lu Shuangfang, Xu Yunting, et al. Intensively faulted zones and their controlling on the hydrocarbon migration and accumulation: A case study of the Wangfu Depression, Songliao Basin [J]. Journal of China University of Mining & Technology, 2011, 40(2): 235-239.
- [22] 王志信.井壁取心技术的发展与应用 [J].测井技术, 1997, 21(1): 66-70.  
Wang Zhixin. Development of sidewall coring technology and its application [J]. Well Logging Technology, 1997, 21(1): 66-70.
- [23] Losh S, Eglinton L B, Schoell M, et al. Vertical and lateral fluid flow related to a large growth fault, South Eugene Island Block 330 Field, Offshore Louisiana [J]. AAPG Bulletin, 1999, 83(2): 244-276.
- [24] 侯贵廷,冯大晨,王文明,等.松辽盆地的反转构造作用及其对油气成藏的影响 [J].石油与天然气地质, 2004, 25(1): 49-53.  
Hou Guiting, Feng Dachen, Wang Wenming, et al. Reverse structures and their impacts on hydrocarbon accumulation in Songliao Basin [J]. Oil & Gas Geology, 2004, 25(1): 49-53.
- [25] 李新琦,李慧勇,于海波,等.张家口—蓬莱断裂带渤海段断裂特征及其与油气差异成藏关系 [J].油气地质与采收率, 2016, 23(5): 16-22, 49.  
Li Xinqi, Li Huiyong, Yu Haibo, et al. Fault characteristics and its relationship with differential hydrocarbon accumulation of Zhangjiakou-Penglai Fault in Bohai region [J]. Petroleum Geology and Recovery Efficiency, 2016, 23(5): 16-22.
- [26] 王新新,戴俊生,马洪坤.金湖凹陷石港断裂带构造特征及控油作用 [J].断块油气田, 2015, 22(6): 686-691.  
Wang Xinxin, Dai Junsheng, Ma Hongkun. Structural characteristics and its control on oil and gas of Shigang fault zone in Jinhu Sag [J]. Fault-Block Oil and Gas Field, 2015, 22(6): 686-691.
- [27] 姜治群,吴智平,李伟,等.断裂对黄河口凹陷新近系油气分布的控制作用 [J].特种油气藏, 2016, 23(6): 50-54.  
Jiang Zhiqun, Wu Zhiping, Li Wei, et al. Effect of faults on Neogene hydrocarbon distribution in the Yellow River Estuary Depression [J]. Special Oil & Gas Reservoirs, 2016, 23(6): 50-54.
- [28] 孟庆洋,贾茹,陈琰,等.逆冲断裂断层侧向封闭性评价:以柴达木盆地英东一号油气田为例 [J].断块油气田, 2016, 23(2): 142-145.  
Meng Qingyang, Jia Ru, Chen Yan, et al. Evaluation on lateral fault sealing capacity in thrust fault: taking No.1 Yingdong Oil-field, Qaidam Basin as an example [J]. Fault-Block Oil and Gas Field, 2016, 23(2): 142-145.
- [29] 陈伟,吴智平,侯峰,等.油气沿断裂走向运移研究 [J].中国石油大学学报(自然科学版), 2010, 34(6): 25-30.  
Chen Wei, Wu Zhiping, Hou Feng, et al. Study on hydrocarbon migration along fault strike [J]. Journal of China University of Petroleum, 2010, 34(6): 25-30.
- [30] 孙同文,付广,吕延防,等.断裂输导流体的机制及输导形式探讨 [J].地质论评, 2012, 58(6): 1081-1090.  
Sun Tongwen, Fu Guang, Lü Yanfang, et al. A discussion on fault conduit fluid mechanism and fault conduit form [J]. Geological Review, 2012, 58(6): 1081-1090.
- [31] 孙同文,吕延防,刘宗堡,等.大庆长垣以东地区扶余油层油气运移与富集 [J].石油勘探与开发, 2011, 38(6): 700-707.  
Sun Tongwen, Lü Yanfang, Liu Zongbao, et al. Hydrocarbon migration and enrichment features of the Fuyu oil layer to the east of the Daqing placanticline [J]. Petroleum Exploration and Development, 2011, 38(6): 700-707.
- [32] 张莉,岳乐平,杨亚娟,等.反转构造盆地裂缝特征:以松辽盆地大庆三肇地区为例 [J].石油与天然气地质, 2002, 23(4): 361-363.  
Zhang Li, Yue Leping, Yang Yajuan, et al. Fracture features of reversed basin: Taking Sanzhao area of Songliao Basin for example [J]. Oil & Gas Geology, 2002, 23(4): 361-363.
- [33] 宋鹰,任建业,阳怀忠,等.松辽盆地北部姚家组底界面特征及其动力学背景 [J].石油学报, 2010, 31(2): 187-195.  
Song Ying, Ren Jianye, Yang Huaizhong, et al. Characteristics and dynamic background of bottom boundary in Yaojia Formation of the northern Songliao Basin [J]. Acta Petrolei Sinica, 2010, 31(2): 187-195.