

文章编号: 1000-0550(2009) 03-0558-09

# 三肇凹陷扶杨油层油气“倒灌”运聚成藏规律研究<sup>1</sup>

付晓飞<sup>1</sup> 平贵东<sup>1</sup> 范瑞东<sup>2</sup> 刘宗堡<sup>1</sup>

(1 大庆石油学院地球科学学院 黑龙江大庆 163318; 2 大庆榆树林油田开展有限责任公司 黑龙江大庆 163000)

**摘要** 松辽盆地三肇凹陷扶杨油层有着丰富的油气资源,但由于油“倒灌”运聚成藏的复杂性,使得如何进一步扩大储量区和已探明区块如何开发成为困扰勘探家的两大难题。扶杨油层油成藏的特殊性体现在两个方面:一是断层密度大、规模小且密集成带;二是三肇凹陷扶杨油层处于物源交汇区,主要的储集体河道砂展布规律难以预测。本研究在系统油源对比的基础上,以断裂形成演化为核心,标定油源断层,分析断裂与砂体的配置关系及其控油规律,建立了成藏模式。油源对比表明,三肇凹陷扶杨油层油主要来自青山口组烃源岩,成藏关键时刻为明水组沉积末期,因此断陷期形成拗陷期和反转期活动的断层以及拗陷期形成反转期活动的断层为主要的油源断层,油在超压作用下沿着油源断层“倒灌”运移,下排的深度一般为 200 m,因此只有扶杨油层的顶部才是有利的目的层。扶杨油层断裂具有密集成带的特征,油源断层多为断裂密集带的边界断层,是主要的控藏断裂。油沿油源断层“倒灌”运移动力条件、断裂多期变形机制以及反转期青山口组泥岩水平拆离作用形成的水平裂缝的输导作用决定油主要富集在油源断层下盘河道砂中,在油源断层控制的地垒型断块中油最富集,断裂密集带处于构造低部位,不是主要的富集区。

**关键词** 三肇凹陷 扶杨油层 “倒灌”运移 油源断层 断裂密集带 下盘河道砂 运聚

**第一作者简介** 付晓飞 男 1973 年出生 副教授 石油地质 E-mail: Fuxiaofe2008@sohu.com

**中图分类号** TE122.1 **文献标识码** A

三肇凹陷为松辽盆地拗陷期二级构造单元,具有典型裂陷盆地“下断上凹”的二元结构<sup>[1-4]</sup>,扶杨油层为三肇凹陷拗陷构造层下部含油组合<sup>[5]</sup>,目前总体表现为‘资源探明率低’、‘探明储量动用率低’。造成这种现象的根本原因是扶杨油层成藏规律复杂,主要体现在两个方面:一是断裂系统复杂,表现为规模小、密度大且具有密集成带的特征<sup>[6-9]</sup>;二是三肇凹陷扶杨油层为河流—浅水三角洲沉积体系,主要的储集空间为河道砂<sup>[10]</sup>,但三肇凹陷为物源交汇区,砂体展布规律复杂。断层是油气向扶杨油层“倒灌”的通道<sup>[11]</sup>,垂向运移的油气直接进入砂体内富集成藏,因此断裂、河道砂及其二者时空匹配关系是扶杨油层成藏的关键因素。本文在系统油源对比的基础上,以断裂形成演化为核心,标定油源断层,分析断裂与砂体的配置关系及其控油规律,分析扶杨油层成藏机制,建立成藏模式,以利指导进一步的勘探开发。

## 1 扶杨油层油来源于青山口组且成藏关键时刻为明水组沉积末期

沉积物和原油中分离出的各种类异戊二烯型烷烃中姥鲛烷(Pr)和植烷(Ph)是丰度很高生物标记化合物。Pr/Ph 主要与沉积水介质性质有关<sup>[12-15]</sup>,而与热演化程度关系不大,来自于同一油源的原油具有相近 Pr/Ph 值<sup>[16-18]</sup>。三肇凹陷不同地区原油的 Pr/Ph 值都在 1.0~1.4 范围内(表 1),且均值相近,变化不大,属姥植均势,说明原油具有大致相同油源。Pr/nC<sub>17</sub>、Ph/nC<sub>18</sub>既可以反映原油母质类型,也可以在一定程度上反映成熟度<sup>[19]</sup>。一般而言,同源油分布在一条线上,且随着成熟度的增加,Pr/nC<sub>17</sub>、Ph/nC<sub>18</sub>值变小<sup>[19]</sup>。三肇原油及周边尚家地区原油在 Pr/nC<sub>17</sub>与 Ph/nC<sub>18</sub>关系图中分布在一条很清晰的直线上(图 1),说明两地各层原油母质类型相同。

表 1 三肇凹陷原油 Pr/Ph Pr/nC<sub>17</sub>和 Ph/nC<sub>18</sub>值分析结果

Table 1 Analysis on oil Pr/Ph Pr/nC<sub>17</sub> and Ph/nC<sub>18</sub> in Sanzhao Depression

油层	地区	Pr/Ph	Pr/nC <sub>17</sub>	Ph/nC <sub>18</sub>
扶余油层(F)	三肇凹陷(样品数 7)	1.15(1.04~1.26)	0.34(0.27~0.52)	0.27(0.19~0.41)
杨大城石油层(Y)	三肇凹陷(样品数 20)	1.27(1.02~1.42)	0.29(0.22~0.37)	0.24(0.19~0.32)

<sup>1</sup> 中国石油股份有限公司风险创新基金项目(编号: 07-06D-01-04-01-06)资助。

收稿日期: 2008-02-01 收修修改稿日期: 2008-09-18

表 2 三肇地区主要源岩和原油的 OEP 值分析结果

Table 2 The OEP analysis result of major source rock and crude oil in Sanzhao depression

层位	嫩一段烃源岩	青二三段烃源岩	青一段烃源岩	泉四段	泉三段	三肇扶杨油样
OEP	1.507(11)	1.086(31)	1.131(100)	1.125(224)	1.083(167)	1.06(45)
	1.03~2.57	0.92~1.25	1.01~1.363	0.89~2.31	0.91~2.3	1.02~1.12

已聚集成藏原油的成熟度受两个因素的控制。一是烃源岩的热演化程度,二是成藏后的继续加热所发生的热蚀变作用<sup>[20,21]</sup>。如果原油没用发生明显的热蚀变作用则油的成熟度唯一受烃源岩的热演化程度制约。这种制约表现为油的成熟度不高于烃源岩所经历的最高演化程度。因此从成熟度角度,三肇凹陷原油只能来自于成熟度高于或等于原油成熟度的烃源岩。正构烷烃的奇偶碳优势(OEP)为常用的研究成熟度指标,随着源岩的成熟度演化,OEP值接近于1,扶杨油层原油的OEP值为1.1~1.18,平均值为1.15(表2),为成熟油。嫩江组一段烃源岩OEP均值为1.507(表2),成熟度低,排除嫩江组一段成为三肇凹陷扶杨油层油源的可能性。Ph/nC<sub>18</sub>与Pr/Ph关系、Pr/nC<sub>17</sub>与Pr/Ph关系均反映嫩江组一、二段在成熟度上明显小于油样(图2),因此在成熟度上扶杨油层油源可排除三肇凹陷嫩一段源岩。油样的Ph/nC<sub>18</sub>与Pr/Ph关系、Pr/nC<sub>17</sub>与Pr/Ph关系与泉三段数据重合性较差(图2),与青一段、青二、三段、泉四段数据点都有较好重合,又与青一段数据重合性最好,这表明泉三段作为三肇凹陷扶杨油层油源的可能性较小,而与青一段亲缘关系最密切。但泉四段为非、差源岩,生烃能力有限<sup>[22]</sup>。因此,三肇凹陷扶杨油层油源主要应是青一段和青二、三段。

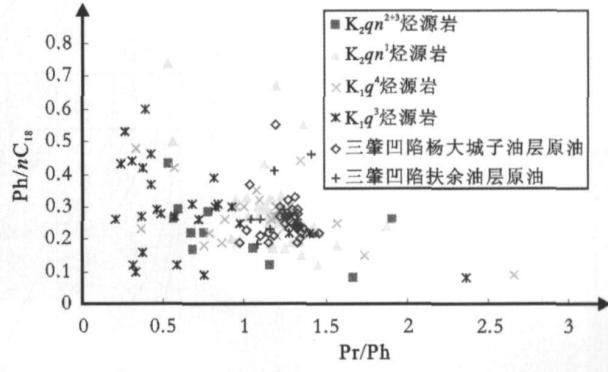


图 2 三肇凹陷烃源岩及扶杨油层原油 Ph/nC<sub>18</sub>与 Pr/Ph关系图  
Fig 2 The relationship of oil Pr/nC<sub>18</sub> and Pr/Ph of Fuyang oil of Fuyang oil reservoir and the source rock in Sanzhao depression

油气运移方式和聚集的部位关键取决于成藏关键时刻一系列位能变化和成藏要素组合<sup>[22]</sup>,确定成藏关键时刻主要有两种方式<sup>[22,23]</sup>:一是正演烃源岩大量生排烃时期;二是间接确定油藏形成时期。青山口组烃源岩在四方台组沉积时期开始生油,在明一段时期达到生油高峰,到明水组沉积末期开始大量排油<sup>[24]</sup>,从构造演化过程看,明水组末期构造反转定型<sup>[24]</sup>,断层圈闭形成,同时断裂活动为油运移提供了通道。青山口组超压一般形成于嫩江组沉积晚期<sup>[24]</sup>,之后生烃作用和粘土矿物脱水作用使超压持续增大,为油运移提供了动力。明水组末期断裂活动正赶上青山口组烃源岩大量排烃。三肇凹陷尚家油田包裹体均一温度也证实扶杨油层成藏主要时期为明水组沉积末期(图3)。因此扶杨油层油成藏的关键时刻为明水组沉积末期(图4)。

## 2 断裂和河道砂合理匹配是扶杨油层成藏的关键因素

### 2.1 成藏关键时刻活动的断层为扶杨油层的油源断层且为主要的控藏断裂

扶杨油层断裂(T<sub>2</sub>断层系)具有规模小、密度大、密集成带的特征<sup>[6-9]</sup>,许多学者认为这些断层均为油气运移的通道<sup>[10]</sup>,实际上扶杨油层断裂系统复杂,三肇凹陷断裂存在7个主要形成和活动时期<sup>[24]</sup>;即断

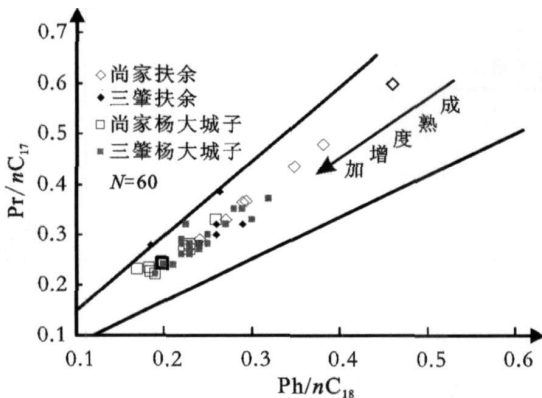


图 1 三肇凹陷及周边尚家油田扶杨油层原油 Pr/nC<sub>17</sub>与 Ph/nC<sub>18</sub>关系图

Fig 1 The relationship of oil Pr/nC<sub>17</sub> and Ph/nC<sub>18</sub> reservoir in Sanzhao depression and Shangjia oil field

陷期(早白垩世早期)、坳陷期(青山口组沉积早期、姚家组沉积时期和嫩江组沉积早期)和反转期(嫩江组沉积末期、明水组沉积末期和古近纪末期),按照断裂形成活动时期,扶杨油层主要由四类不同演化史的断层构成(图 5):一是断陷期形成坳陷期活动的断

裂( $T_5$ 、 $T_4$ 断至  $T_2$ 、 $T_1$ );二是断陷期形成坳陷期和构造反转期继续活动的断裂( $T_5$ 、 $T_4$ 断至  $T_{06}$ 以上);三是坳陷期形成的断裂( $T_3$ 断至  $T_2$ 、仅断  $T_2$ 、 $T_2$ 断至  $T_1$ );四是坳陷期形成构造反转期活动的断裂( $T_3$ 、 $T_2$ 断至  $T_{06}$ 以上)。只有在成藏关键时刻(明水组沉积末期)

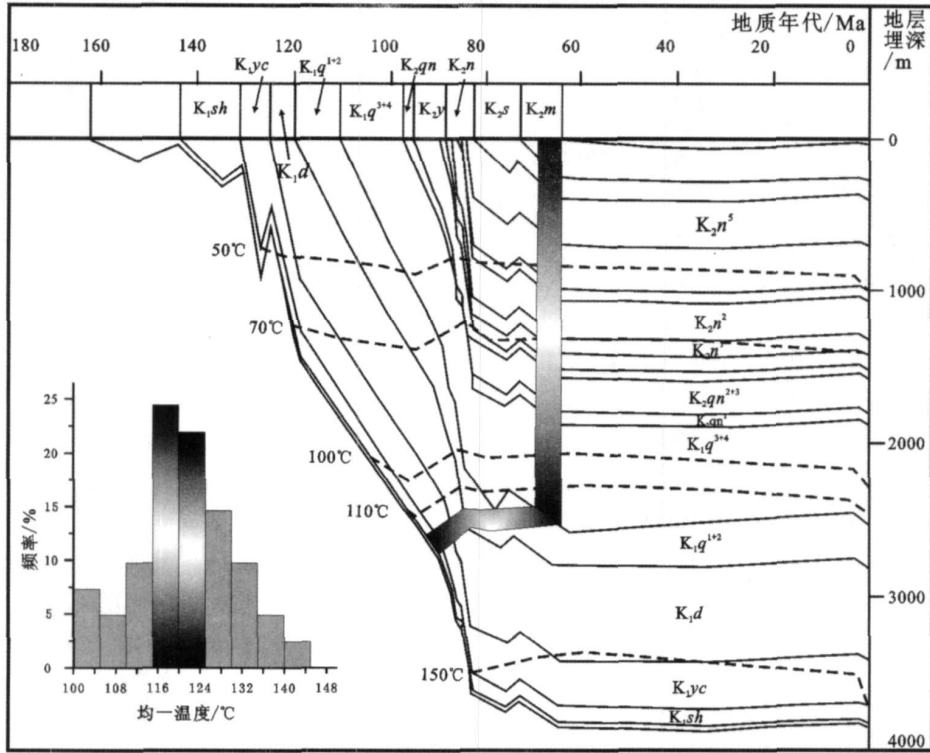


图 3 三肇凹陷尚家油田包裹体均一温度及成藏时期

Fig. 3 The inclusion homogenization temperature and hydrocarbon migration and accumulation period of Shangjia oil field in Sanzhao depression

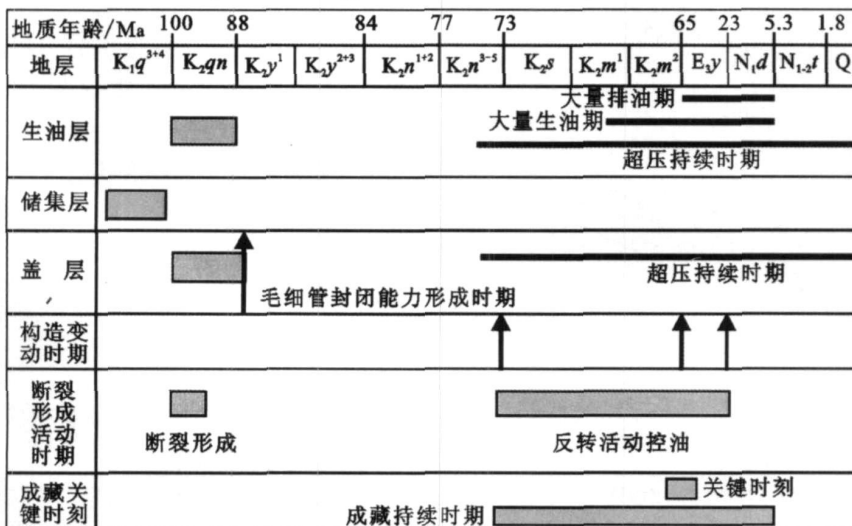


图 4 三肇凹陷扶杨油层油气成藏事件图

Fig. 4 Hydrocarbon migration and accumulation events of Fuyang oil reservoir in Sanzhao depression

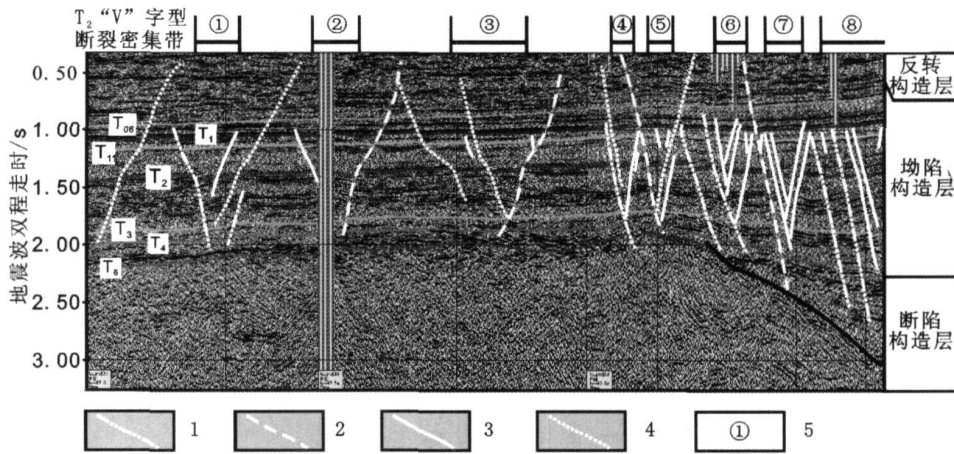


图 5 三肇凹陷断裂系统划分及活动规律

1. 断陷期形成坳陷期继续活动的断裂 (从  $T_5$  和  $T_4$  断至  $T_2$  和  $T_1$  断裂);
- 2 断陷期形成坳陷期和构造反转期继续活动的断裂 (包括从  $T_5$  和  $T_4$  断至  $T_{06}$  断裂);
3. 坳陷期形成的断裂 (包括断穿  $T_3$ 、 $T_2$ 、 $T_{11}$  和  $T_1$  断裂);
- 4 坳陷期形成构造反转期继续活动的断裂 (包括从  $T_3$  和  $T_2$  断至  $T_{06}$  断裂);
5. 断裂密集带。

Fig 5 The classification of fault system and its action pattern in Sanzhao depression

活动的断层才是扶杨油层的油源断层,因此第二类和第三类断层为扶杨油层主要的油源断层。

油源断层控制着扶杨油层油的富集,表现在以下 4 个方面: (1)解剖全区 39 个 F1 油层组已钻探的区块,39 个区块中 33 个区块均发育油源断层,只有 6 个区块不发育油源断层;油产能在发育油源断层区块比不发育区要高(图 6a); (2)随着距油源断层的距离增加,单井产能总体趋势逐渐降低(图 6b); (3)无油源断层发育的区块尽管砂体发育也主要富集水,如升 8 升 56 芳 12 肇 401 和肇 59~45; (4)仅受油源断层控制的区块油最富集,如州 182 和州 16 两个开发试验区块。

油源断层具有 2 个典型特征: (1)规模相对第 1 和 3 类断层来说较大,断距一般为 50~100 m,延伸长度大于 1 km; (2)多为“V”字型断裂密集带的边界

断层(图 5)。这两个特征决定了三肇凹陷扶杨油层油运聚的方式和富集的部位。

2.2 油沿着油源断层“倒灌”垂向运移为主侧向运移为辅

关于扶杨油层油运移方式争议较大,基本存在 3 种认识<sup>[24]</sup>:一是“倒灌”垂向运移;二是断层使青山口组烃源岩与扶杨油层对接,油侧向运移进入扶杨油层<sup>[1]</sup>;三是扶杨油层可能为自生自储油藏。通过系统油源对比基本排除第三种可能。扶杨油层断裂断距相对较小,普遍小于 120 m(图 7a),主力烃源岩青一段最大厚度 100 m(图 7b),因此断层使上盘青一段烃源岩与下盘扶杨油层对接,但与断裂上盘青山口组烃源岩对接的扶杨油层距离下盘烃源岩底界最大 120 m,即扶杨油层油水包络面距离烃源岩底界不超过 120m,实际的油水包络面距烃源岩底界距离最大

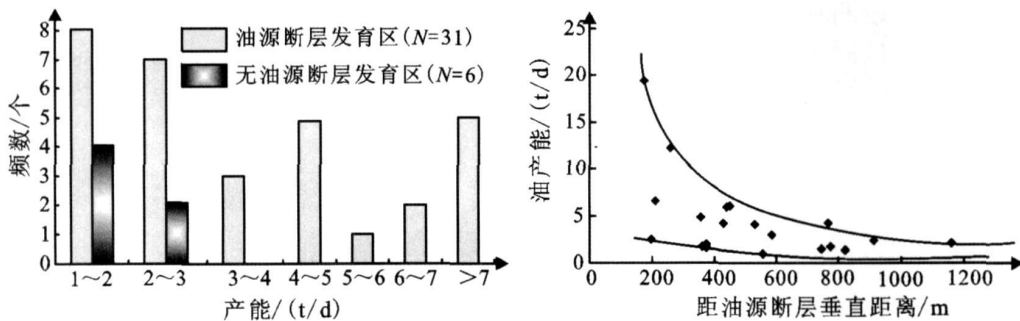


图 6 三肇凹陷扶杨油层油源断层对产能的控制作用

Fig 6 Fault through oil sources controlling flow potential in Sanzhao depression

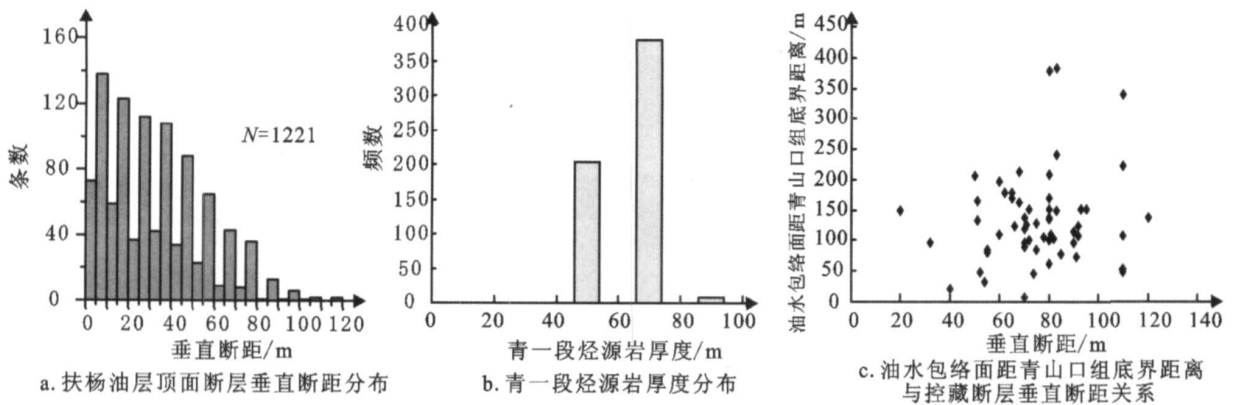


图 7 三肇凹陷扶杨油层断裂断距、烃源岩厚度及下排厚度关系

Fig 7 Relation to fault throw, source rock thickness and migration length in Fuyang reservoir of Sanzhao depression

为 320 m, 一般在 50~200 m (图 7b), 同时断层最大断距与油水包络面距烃源岩底界距离之间的关系也不是正相关关系 (图 7c), 说明三肇凹陷扶杨油层油侧向运移对成藏的贡献较小, 主要以“倒灌”垂向运移为主。从成藏动力学角度看, “倒灌”垂向运移的动力为烃源岩层中异常高压, 超压形成于嫩江组沉积晚期 (图 3), 嫩江组沉积末期之后伴随断层活动超压周期性释放, 促进油下排进入扶杨油层, 下排过程中需要克服浮力、毛细管阻力以及流体粘滞力等多种阻力, 因此阻力小的部位是油主要的分流方向。油源断层上盘和下盘相比, 下盘埋藏浅阻力小, 因此下盘河道砂是油主要的分流方向和聚集的部位, 而“V”字型断裂密集带处于低部位, 不是油主要的运聚方向。

### 2.3 油主要富集在油源断层下盘河道砂中且在地垒断块中更富集

三肇凹陷扶杨油层南部几个密井网开发区块扶杨油层沉积微相精细解剖表明, 三肇凹陷南部扶杨油层受控于西南保康沉积体系的控制, 河道砂体呈北北东向延伸, 而断层总体展布的方向为近南北向, 部分为北北西和北北东向, 北北西和近南北向断层与河道砂呈一定角度相交 (图 8a), 形成有利的断层—岩性圈闭。四个开发区块精细解剖, 揭示油主要聚集在油源断层的下盘河道砂中, 州 182 区块为 5 条背倾的油源断层共享下盘的高断块, 油富集在河道砂中 (图 8A); 芳 48 和州 201 两个开发区块均位于油源断层上升盘, 多期河道叠置, 河道砂发育 (图 8c、d 和图 8B), 为主要的储集层。解剖全区 33 个 F1 油层组富油或单井工业油流区块中只有一个区块 (芳 24) 位于油源断层的上盘, 其余均位于油源断层下盘。有油源断层发育但试油产水的区块, 多数处于断层上盘, 扶

杨油层处于构造低部位, 如升 541 和升 604 井。三肇凹陷扶杨油层已钻探区块断层平面组合模式主要有 3 种: 地垒、断阶和地堑, 有油源断层控制的地垒型断块钻井产能明显高于断阶, 断阶明显好于地堑 (图 9), 因此认为三肇凹陷扶杨油层油主要富集在油源断层下盘河道砂中, 且在地垒型断块中更富集。

### 2.4 断裂密集带不是主要的富油构造

扶杨油层断裂最突出的特征是密集成带, 即剖面上多条断层以“地堑”式、“y”字型、反“y”字型或“似花状”组合方式密集发育 (图 3)、平面上小规模断层以“平行带状”、“发辫状”、“雁行式”紧密排列组成断裂带。三肇凹陷共发育 16 条呈近南北向、9 条北北西、8 条北北东和 2 条近东西向四个方位的断裂密集带交叉组合, 将三肇凹陷扶杨油层切割成“网格”状构造。许多学者认为断裂密集带与河道砂合理匹配是油富集的主要部位<sup>[9,10]</sup>。但断裂密集带均为“地堑式”断层组合 (图 3), 处于构造低部位, 不是“倒灌”油运移分流指向区, 也不是主要的富油构造, 三肇凹陷扶杨油层钻遇断裂密集带 (或附近) 的井数 59 口, 其中, 干层井 7 口、水层井 7 口, 低产油流井 (压裂后日产小于 2 t) 35 口, 未钻到高产油层。未钻遇断裂密集带的井产能比钻遇断裂密集带井产能明显高 (图 10)。

## 3 油沿断裂倒灌运聚成藏模式

扶杨油层油来自上覆青山口组烃源岩, 是在超压的作用下沿着油源断层“倒灌”下排成藏<sup>[11]</sup>, 下排过程中要克服断裂带中浮力、地层压力和储层毛细管阻力, 随着埋藏深度的增大, 阻力越来越大, 因此下排的距离不会太大, 扶杨油层实际油水包络面

的分布证实下排的距离最大为 320 m, 一般在 50~200 m (图 11)。油总是向着阻力最小的方向运移, 油源断层多为断裂密集带的边界断层, 断裂密集带为“地堑式”断层组合, 因此油源断层下盘为高部

位、阻力小, 断裂密集带为构造低部位、阻力大, 因此沿着油源断层下排的油最易向着下盘方向排运 (图 12), 油主要富集在下盘河道砂中, 断裂密集带不是主要的富油构造。

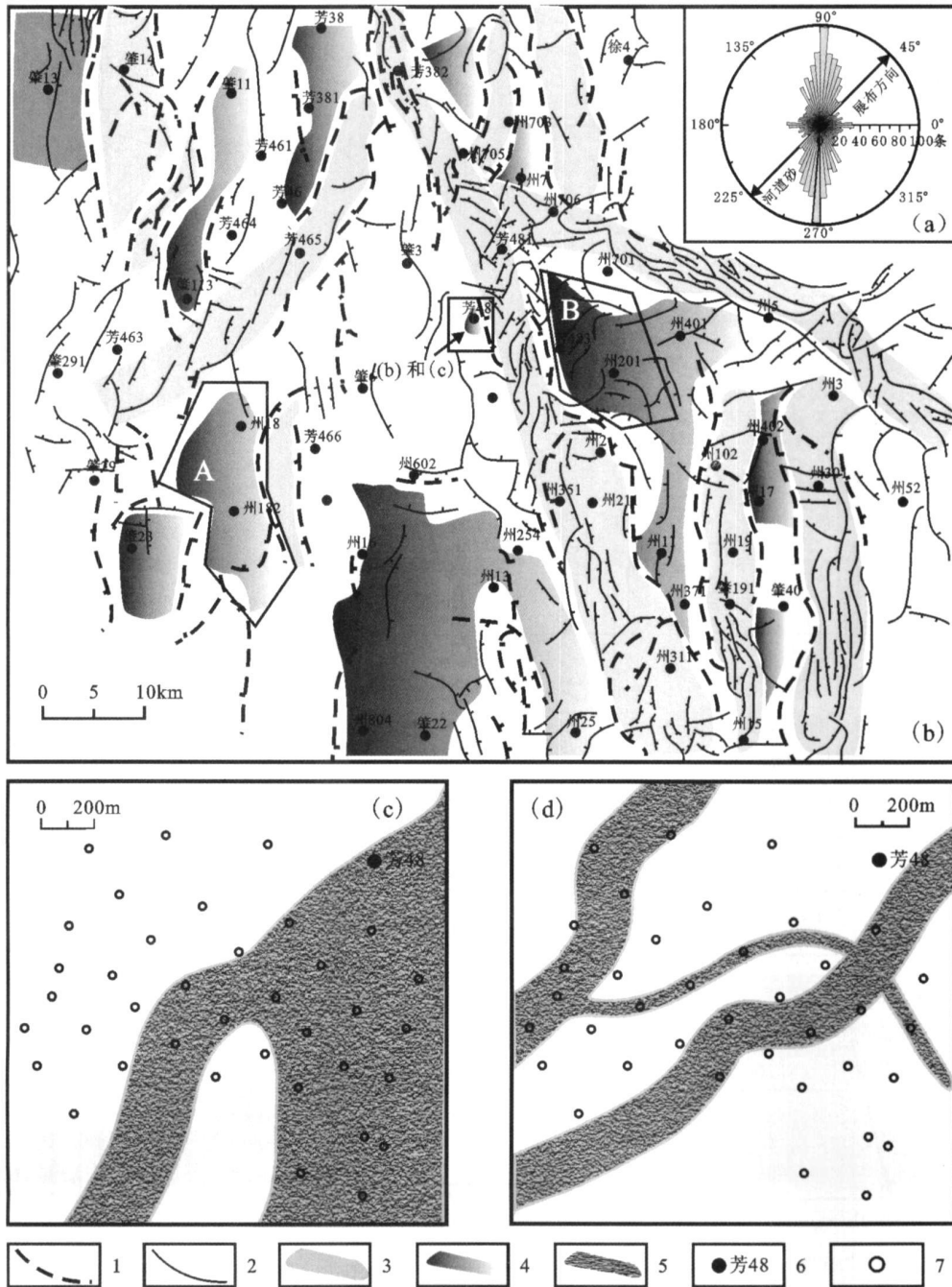


图 8 三肇凹陷扶杨油层油田与断裂、河道关系

1 油源断层; 2 遮挡断层; 3. 扶杨油层 (T<sub>2</sub>) 断裂密集带; 4. 油田 (探明储量区); 5. 分流河道砂; 6 探井; 7 开发井;

(a) 不同类型断裂与油田关系; (b) 芳 48 开发区 F17 小层河道展布; (c) 芳 48 区块 F15 小层分流河道展布

Fig 8 The relationship among oil field fault and fluvial channel sandstone of Fuyang reservoir in Sanzhao depression

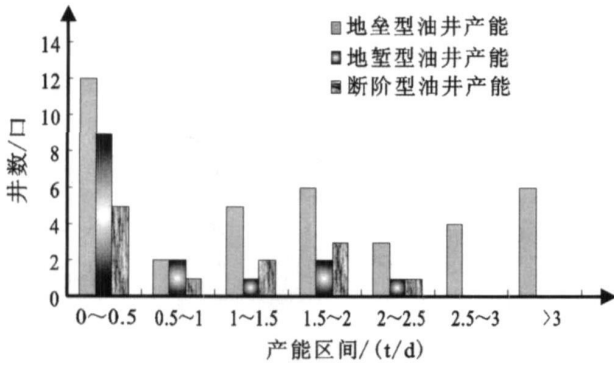


图 9 三肇凹陷扶杨油层不同类型断块产能对比图  
Fig. 9 Flow potential comparison between different type fault block of Fuyang reservoir in Sanzhao depression

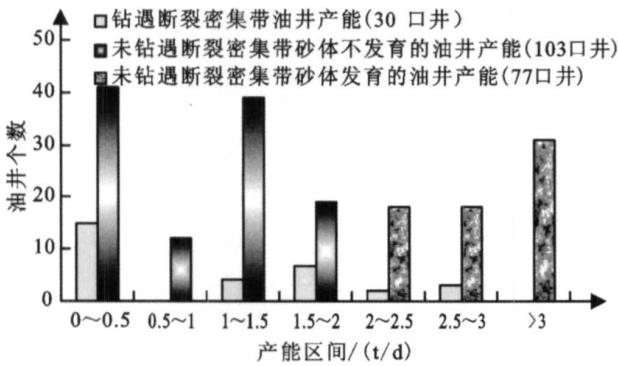


图 10 三肇凹陷扶杨油层钻遇与没钻遇断裂密集带油井产能对比  
Fig. 10 Flow potential comparison between well meeting fault belt and not meeting of Fuyang oil reservoir in Sanzhao depression

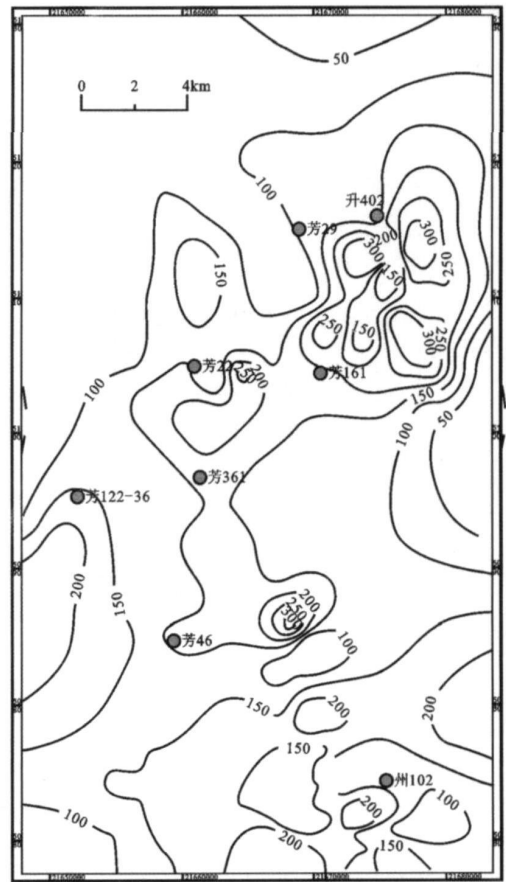


图 11 三肇凹陷扶杨油层油水包络面距青一段底部距离等值线图  
Fig. 11 Isopleth of the distance between the oil-water enveloping surface and the bottom of Qn1 of Fuyang oil reservoir in Sanzhao depression

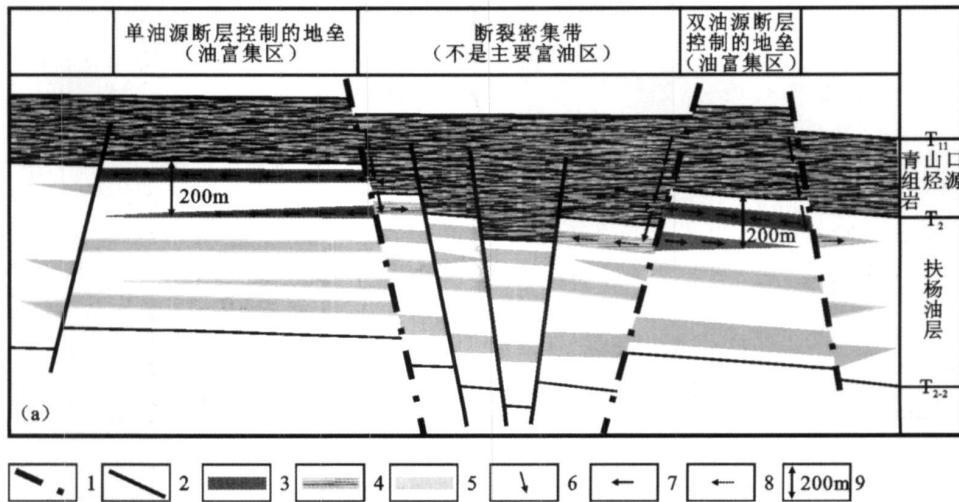


图 12 断裂控藏机理及油“倒灌”运聚成藏模式

- 1. 油源断层; 2. 遮挡断层; 3. 油层; 4. 低产油层; 5. 干层或水层; 6. 油沿断裂倒灌迁移方向;
- 7. 油向砂岩主分流方向; 8. 油向砂岩次要分流方向; 9. 油倒灌迁移平均深度为 200m。

Fig. 12 The mechanism of the fault controlling oil - gas accumulation and oil “flow downward” migration and accumulation pattern



## 4 结论

(1) 三肇凹陷扶杨油层油主要来自青山口组烃源岩,成藏关键时刻为明水组沉积末期(构造反转期),因此断陷期形成的在拗陷期和反转期活动的断层以及拗陷期形成反转期活动的断层为主要的油源断层,油在超压作用下沿着油源断层“倒灌”运移,下排的深度一般为200 m,因此只有扶杨油层的顶部才是有利的目的层。

(2) 扶杨油层断裂具有密集成带的特征,油源断层多为断裂密集带的边界断层,是主要的控藏断裂,油主要富集在油源断层下盘河道砂中,断裂密集带不是主要的富集区。

(3) 油沿油源断层“倒灌”运移主要向下盘方向充注取决于,油在超压作用下“倒灌”运移,要克服油在地层水中的浮力、负向地层压力梯度和毛细管阻力等。油源断层下盘阻力较小,是油主要的分流方向。

## 参考文献 (References)

- 胡望水,吕炳全,张文军,等. 松辽盆地构造演化及成盆动力学探讨[J]. 地质科学, 2005, 40(1): 16-31 [Hu Wangshui, Lv Bingquan, Zhang Wenjun, et al. An approach to tectonic evolution and dynamics of the Songliao Basin[J]. Chinese Journal of Geology, 2005, 40(1): 16-31]
- 迟元林,云金表,蒙启安. 松辽盆地深部结构及成盆动力学与油气聚集[M]. 北京:石油工业出版社, 2002, 10-80 [Chi Yuanlin, Yun Jinbiao, Meng Qian. Deep Structure and Dynamics and Its Relation to Hydrocarbon Accumulation of Songliao Basin[M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 2002, 10-80]
- Hellinger S J, Sclater J G. Some comments on the two layer extensional models for the evolution of sedimentary basins[J]. Journal of Geophysical Research, 1983, 88: 825-827
- Mckenzie D P. Some remarks on the development of sedimentary basins[J]. Earth and Planetary Science Letters, 1978, 40: 25-32
- 云金表,金之钧,殷进垠. 松辽盆地继承性断裂带特征及其在油气聚集中的作用[J]. 大地构造与成矿, 2002, 26(4): 379-385 [Yun Jinbiao, Jin Zhijun, Yin Jinyin. Characteristic of inherited fault belts and their effect on hydrocarbon accumulation[J]. Geotectonica et Metallogenia, 2002, 26(4): 379-385]
- 胡望水. 松辽盆地“T<sub>2</sub>”断层系及青山口早期伸展裂陷[J]. 石油勘探与开发, 1996, 22(2): 8-12 [Hu Wangshui. 'T<sub>2</sub>' faults system and early Qingshankou stretched rifting in Songliao Basin[J]. Petroleum Exploration and Development, 1996, 22(2): 8-12]
- 刘德来,陈发景,温详泉. 松辽盆地拗陷期 T<sub>2</sub>断层成因机制分析[J]. 大庆石油学院学报, 1996, 20(1): 23-26 [Liu Delai, Chen Fajing, Wen Xiangquan. Analysis on the origin of T<sub>2</sub> post-rift formations in Songliao Basin[J]. Journal of Daqing Petroleum Institute, 1996, 20(1): 23-26]

- (1): 23-26]
- 梅廉夫,费琪,徐思煌. 松辽盆地“T<sub>2</sub>”天然水力断裂系统[J]. 地球科学—地质大学学报, 1996, 21: 632 [Mei Lianfu, Fei Qi, Xu Sihuang. T<sub>2</sub> natural hydraulic fault system of Songliao Basin[J]. Earth Geoscience, 1996, 21: 632]
- 付广,张云峰,杜春国. 松辽盆地北部岩性油藏形成机制及主控因素[J]. 石油勘探与开发, 2002, 29(5): 22-24 [Fu Guang, Zhang Yunfeng, Du Chunguo. Formation mechanism and main controlling factors for lithologic reservoirs in northern Songliao Basin[J]. Petroleum Exploration and Development, 2002, 29(5): 22-24]
- 高瑞琪,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, 1996, 12-40 [Gao Ruiqi, Cai Xiyuan. Hydrocarbon Reservoirs Formation and Distribution in Songliao Basin[M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 1996, 12-40]
- 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]
- Brooks J D, Gould K, Smith J W. Isoprenoid hydrocarbons in coal and petroleum[J]. Nature, 1969, 222(5): 90
- Powell T G, Mckirdy D M. Relationship between ratio of pristane to phytane crude oil composition and geological environment in Australia[J]. Nature, 1973, 243(124): 37-39
- Dilyk B M, Simoneit B R T, Brassell S C, et al. Organic geochemical indicators of paleoenvironmental conditions of sedimentation[J]. Nature, 1978, 272: 216-222
- Ten Haven H L, de Leeuw J W, Rulkötter J. Restricted utility of the pristane/phytane ratio as a paleoenvironmental indicator[J]. Nature, 1987, 330(6149): 641-643
- Boudou J P, Duran B, Oudin J L. Diagenetic trends of a Tertiary low-rank coal series[J]. Geochimica et Cosmochimica Acta, 1984, 48: 2005-2010
- 王春江,夏燕青. 吐哈盆地侏罗系褐煤中脱 A 环芳香三萜烃类的检出及其成因[J]. 沉积学报, 1995, 13(增刊): 138-146 [Wang Chunjiang, Xia Yanqing. Aromatic Des-A-triterpenoid hydrocarbons in Jurassic coals from the Turpan-Hami Basin[J]. Acta Sedimentologica Sinica, 1995, 13(Suppl): 138-146]
- Koopmans M P, Koster J, Kaas-Peters H M E. Diagenetic and catagenetic products of isorenieratene: molecular indicators for photic zone anoxia[J]. Geochimica et Cosmochimica Acta, 1996, 44: 67-96
- 曾宪章,梁狄刚,王忠然,等. 中国陆相原油和生油岩中的生物标志化合物[M]. 兰州:甘肃科学技术出版社, 1989, 109-116 [Zeng Xianzhang, Liang Digan, Wang Zhongran, et al. Biomarkers of Terrestrial Oil and Source Rock of China[M]. Lanzhou: Gansu Science Technology Press, 1989, 109-116]
- Evans C R, Rogers M A, Bailey N J L. Evolution and alteration of petroleum in western Canada[J]. Chemical Geology, 1971, 8(3): 147-170
- 卢双舫,张敏. 油气地球化学[M]. 北京:石油工业出版社, 2008, 78-90 [Lu Shuangfang, Zhang Min. Oil and Gas Geochemistry[M].



- Beijing: Petroleum Industry Press, 2008: 78-90]
- 22 赵文智, 何登发, 范士芝. 含油气系统术语、研究流核心内容之我见 [J]. 石油勘探与开发, 2002, 29(2): 1-7 [Zhao Wenzhi, He Dengfa, Fan Tuzhi. The study on terminology, technological process and kernel content for petroleum system [J]. Petroleum Exploration and Development, 2002, 29(2): 1-7]
- 23 燕烈灿, 黄卫东. 确定含油气系统关键时刻研究方法的探讨 [J]. 新疆石油地质, 2000, 21(4): 270-274 [Yan Liecan, Huang Weidong. Approach to the research method for determination of hydrocarbon generation-migration-accumulation stage in petroleum system [J]. Xinjiang Petroleum Geology, 2000, 21(4): 270-274]
- 24 付晓飞. 三肇凹陷葡萄花油层断裂成因机制及对成藏的控制作用 [D]. 博士论文, 2007: 30-80 [Fu Xiaofei. Fault formation mechanism and controlling of hydrocarbon migration and accumulation of Putaohua reservoir in Sanzhao sag [D]. 2007: 30-80]

## Research on Migration and Accumulation Mechanism of Hydrocarbon “Reversed Migration” in Fuyu and Yangdachengzi Formation in Sanzhao Depression

FU Xiaofei<sup>1</sup> PING Guidong<sup>1</sup> FAN Rudong<sup>2</sup> LIU Zongbao<sup>1</sup>

(1. Daqing Petroleum Institute, Daqing Heilongjiang 163318;

2 Daqing Yushulin Exploration and Development Company Ltd., Daqing Heilongjiang 163000)

**Abstract** There is abundant oil and gas in E<sub>1</sub>Y Formation of Sanzhao depression in Songliao Basin, how to further enlarge reservoir area and how to exploit proven territory are two problem puzzling explorer because of the complexity of reversed migration. The distinctiveness of accumulation of E<sub>1</sub>Y Formation are manifested in two aspects: first, higher density fault, smaller scale and concentrated in zone; second, it's difficult to forecast distribution of the fluvial channel sand since E<sub>1</sub>Y Formation located in convergence of provenance. This paper based on the correlation of oil and gas, centering on the formation and evolution of fault, oil source fault is calibrated, the allocation of fault and sand body and regulation of controlling oil has been analyzed and the accumulation model is established. It's considered that the oil of E<sub>1</sub>Y Formation mainly comes from the hydrocarbon source rock of K<sub>1</sub>qn, the key period of accumulation is last sediment stage of K<sub>2</sub>m, consequently, the main oil source faults are those among the periods of fault depression to depression and depression to inversion, reversed migration happened along the oil source fault under the action of overpressure, the depth downward is usually 200m, so the favorable formation of interest is the top of E<sub>1</sub>Y Formation. Faults in E<sub>1</sub>Y Formation is featured by concentration in zone, oil source faults, the ones controlling accumulation, are mainly the boundary faults. The force condition of "reversed migration", namely, oil along oil source faults, multiple phases of deformation of faults and transportation of horizontal fracture caused by the decoupling of mudstone of K<sub>1</sub>qn in reversed period determined the concentration of oil in footwall channel sand of fault, oil in horst controlled by oil source fault is highly concentrated, whereas the concentration zone of fault which is the lower tectonic place is not concentration area of oil.

**Key words** Sanzhao depression, Fuyang Formation, reversed migration, oil source fault, fault concentration belt, footwall fluvial channel sand