

杏北西斜坡区扶余油层成藏模式及主控因素

王雅春^{1,2}, 陈崇光^{1,2}, 王璐^{1,2}, 朱琳^{1,2}, 蒋政^{1,2}, 席国兴³

(1. 东北石油大学 地球科学学院, 黑龙江 大庆 163318; 2. “非常规油气成藏与开发”省部共建国家重点实验室培育基地 东北石油大学, 黑龙江 大庆 163318; 3. 中国石油 大庆油田有限责任公司 第四采油厂, 黑龙江 大庆 163511)

摘要:斜坡是油气区域运移的主要指向和主要成藏地带, 具有较大的勘探潜力。为了探究杏北西斜坡区扶余油层油藏特征及勘探重点, 综合利用地震、测井、录井、油田实际生产等资料开展了研究。研究表明, 该区主要是发育受断层和岩性控制的断层遮挡、断块、断鼻、断背斜、岩性上倾尖灭和断层-岩性等油藏。油水分布整体呈现“上油下水”的规律, 没有统一的油水界面。对油成藏模式的研究表明, 该区具有“源内倒灌运移”、“源外侧向运移”聚集成藏两种模式: 即油源区内青山口组源岩生成并排出的油在青山口组古超压的动力作用下, 以沟通油源和下部扶余油层砂体以及圈闭的源断裂为路径, 向下“倒灌”进入了圈闭成藏; 第二种模式是西侧齐家-古龙凹陷青山口组源岩生成的油先“倒灌”到扶余油层后, 沿着连通齐家-古龙凹陷和杏北地区的砂体和断层等通道, 向东进入杏北地区。该区油藏的分布主要受油源、断层和砂体的有机匹配及反向正断层的控制。首先青山口组的超压是倒灌运移的关键, 充足的油源是成藏基础, 断层和砂体的有机匹配提供了倒灌运移的通道。最后指出了断砂匹配较好的反向正断层的上升盘是本区勘探的重点, 下降盘对油聚集起到诱导作用。

关键词: 油水分布规律; 成藏模式; 扶余油层; 杏北西斜坡; 松辽盆地

中图分类号: TE122.3

文献标识码: A

Oil accumulation patterns and key controlling factors of Fuyu oil layer in the western slope of the northern Xingshugang oilfield, Songliao Basin

Wang Yachun^{1,2}, Chen Chongguang^{1,2}, Wang Lu^{1,2}, Zhu Lin^{1,2}, Jiang Zheng^{1,2}, Xi Guoxing³

(1. College of Geosciences, Northeast Petroleum University, Daqing, Heilongjiang 163318, China; 2. Accumulation and Development of Unconventional Oil and Gas, State Key Laboratory Cultivation Base Jointly-constructed by Heilongjiang Province and the Ministry of Science and Technology, Northeast Petroleum University, Daqing, Heilongjiang 163318, China; 3. Oil Recovery Plant No. 4, Daqing Oilfield Corp. Ltd., PetroChina, Daqing, Heilongjiang 163511, China)

Abstract: A slope zone is an important region for hydrocarbon migration and accumulation, thus has relatively high exploration potential. Through integration of seismic, well logging and oilfield production data, this paper studied the oil reservoir characteristics and important exploration targets in the Fuyu oil layer in the western slope zone of the northern Xingshugang oilfield, Songliao Basin. The results show that oil reservoirs in this area are developed under the joint control of fault and lithology, and the major oil reservoir types include fault-screened, fault block, fault-nose, fault anticline, updip lithologic pinch-out, and fault-lithologic reservoirs. These oil reservoirs are characterized by ‘upper oil and lower water without unified oil-water contact’. Two hydrocarbon accumulation patterns are identified in the Fuyu oil layer, namely downward migration and accumulation within the source kitchen and lateral migration and accumulation beyond the source kitchen. The former refers to that, driven by the paleo-overpressure of the Qingshankou Formation, the oil sourced from the 1st Member of Qingshankou Formation (K_2qn^1), migrated downward along the faults connecting the K_2qn^1 source rock and the underlying sand bodies and traps of the Fuyu oil layer, forming oil reservoirs. The latter means that the oil sourced from the K_2qn^1 source rock in the Qijia-Gulong depression first migrated downward to the Fuyu oil layer, and then migrated laterally into the northern Xingshugang region along pathways such as sand bodies and faults connecting the Qijia-Gulong depression and the northern Xingshugang region, forming oil reservoirs. The distribution of oil reservoirs are mainly controlled by available oil sources, match of faults and sand-bodies, and antithetic normal faults. The overpressure

收稿日期: 2014-04-20; 修订日期: 2014-07-25。

第一作者简介: 王雅春(1967—), 女, 博士、教授, 石油地质。E-mail: dqpiwyc@163.com。

基金项目: 中国石油科技创新基金项目(2013D-5006-0101); 黑龙江省自然科学基金项目(D201406); 黑龙江省青年科学基金项目(QC2012C127)。

of the Qingshankou Formation is the key to ‘downward migration’ of oil, while abundant oil sources form the material basis and match of faults and sand-bodies provides pathways for ‘downward migration’ of oil. At last, it is suggested that the hanging walls of antithetic normal faults in good match with sandbodies are important targets for oil exploration.

Key words: oil-water distribution, hydrocarbon accumulation pattern, Fuyu oil layer, western slope of the northern Xingshugang oilfield, Songliao Basin

箕状凹陷作为一种广为发育的盆地类型往往构成一个独立的油气勘探对象,它可分为陡坡带、深陷带和缓坡带(斜坡)3 个基本构造单元^[1-5]。斜坡是箕状凹陷的主要构造单元,方玉斌等^[6]提出了“缓坡坡折带——箕状断陷的精华”。据统计约 70% 的油气向斜坡区运移,甚至斜坡自身就具有生烃能力,成为箕状凹陷重要的油气聚集和成藏带^[3]。“凹陷生油、斜坡成藏”是一个普遍规律,许多学者都曾先后开展过陆相盆地斜坡带油气成藏规律和成藏模式的研究^[7-15]。但是,由于斜坡地质和成藏条件的复杂性,斜坡勘探程度相对较低,是一个有待进一步加强勘探的领域。

杏北西斜坡区主体位于大庆长垣内,西邻齐家—古龙凹陷的金 28 区块,东部是杏树岗油田,研究区面积约 135.6 km²。总体上表现为西低东高、西陡东缓、被断层复杂化、走向近南北的不对称背斜构造(图 1),扶余油层是该区一主要目的层。扶余油层属下白垩统泉头组四段,主要受北部、南部和西部物源影响,沉积了一套以浅水湖泊三角洲为背景的三角洲平原及三角洲前缘亚相砂体。根据已有数据统计,研究区截止到 2012 年已有 44 口探井、评价井钻遇扶余油层,42 口井见到含油显示,其中 6 口探井(杏 70 井、杏 71 井、杏 69 井、杏 11 井、杏 324 井、杏 4 井)见工业油流,试油结果显示扶余油层具有较好的勘探前景。但目前研究区扶余油层,尤其是接近西斜坡区扶余油层油水分布规律及主控因素尚不清晰,影响了潜力区的确定。因此,分析扶余油层油水关系、解剖油藏类型、研究油成藏模式和主控因素,对杏北西斜坡区扶余油层的有效勘探开发具有重要的意义。

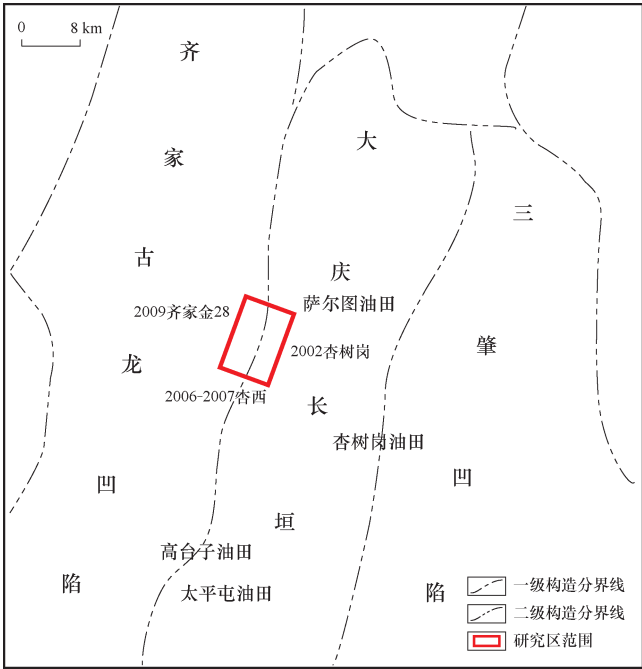


图 1 杏北西斜坡区构造位置

Fig. 1 Structure map of the western slope of the northern Xingshugang oilfield

1 油藏类型与油水分布规律

1.1 油藏类型

杏北西斜坡区断层发育,储层预测显示扶余油层具有良好的砂体展布,同时上覆的青山口组在研究区可以作为良好的盖层。试油结果表明,油主要富集在扶余油层一、二油层组(简为扶一、扶二油层组),油藏有断层遮挡、断块、断鼻、断背斜、岩性上倾尖灭和断层—岩性等类型(表 1)。

表 1 杏北西斜坡区部分井试油结论及油藏类型

Table 1 Formation test results and reservoir types in the western slope of the northern Xingshugang oilfield

井号	试油层位(油层组)	试油结论	油藏类型型
杏 11	扶一、扶二	工业油层	断层—岩性
杏 1-40-丁 701	扶一、扶二、扶三	高产工业油层	断背斜
杏 1-丁 3-E937	扶一	中产工业油层	岩性
杏 324	扶一	工业油层	断层—岩性
杏 3-丁 4-侧斜 107	扶一	中含水低产工业油层	断块
杏 4-2-丙 101	扶一	工业油层	岩性上倾尖灭
杏 69	扶一、扶二	工业油层	断层—岩性
杏 70	扶一、扶二	工业油层	断层—岩性
杏 71	扶一、扶二	工业油层	断层—岩性

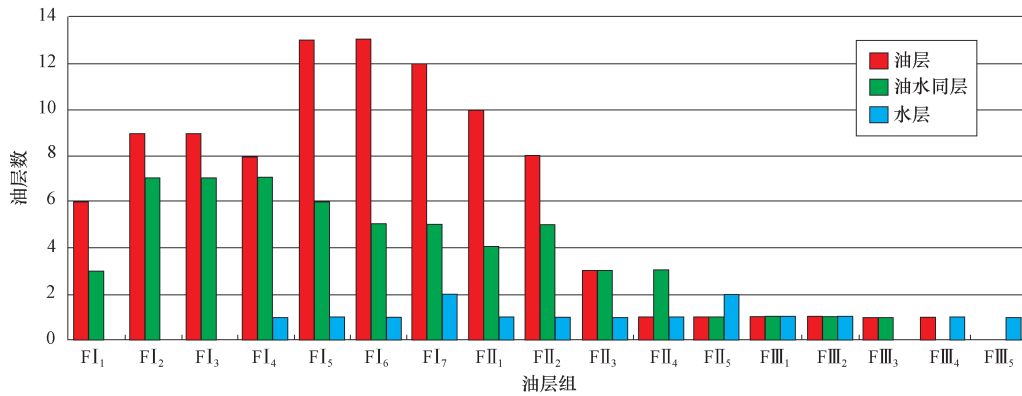


图3 杏北西斜坡区扶余油层各沉积单元含油情况

Fig.3 Oil distribution in the sedimentary units of Fuyu oil layer in the western slope of the northern Xingshugang oilfield

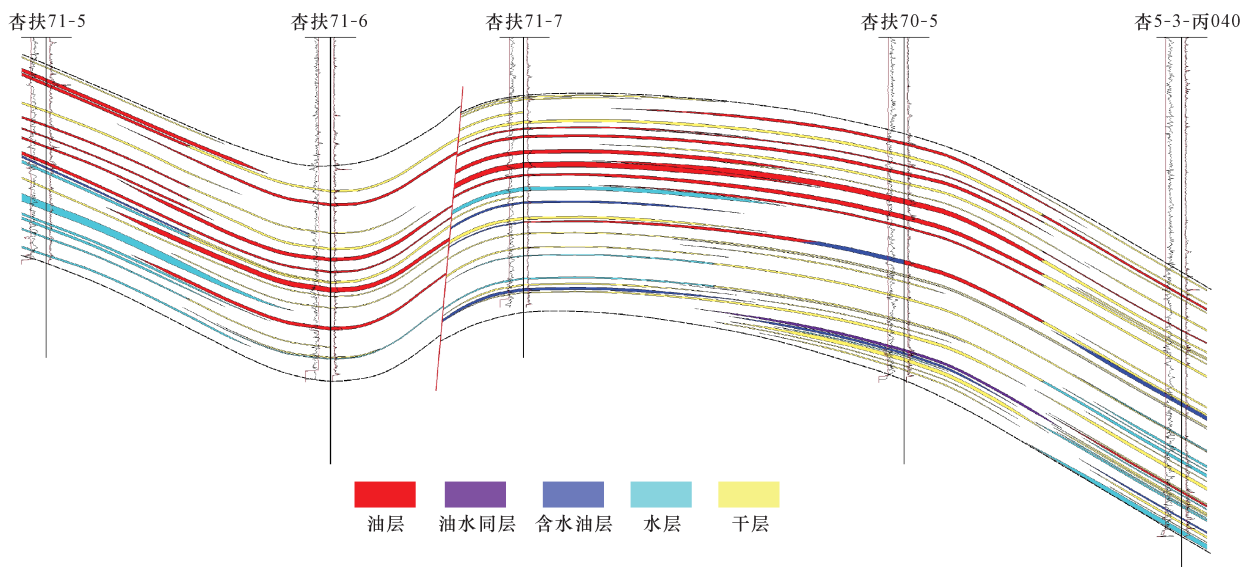


图4 杏北西斜坡区扶余油层杏扶71-5井—杏扶71-6井—杏扶71-7井—杏扶70-5井—杏5-3-丙040井油藏剖面

Fig.4 Oil reservoir profile crossing wells of Xingfu71-5,Xingfu71-6,Xingfu71-7,Xingfu70-5,Xing5-3-Bing040 of Fuyu oil layer in the western slope of the northern Xingshugang oilfield

面,含油砂体厚度较薄,扶一、扶二、扶三油层组均有油层分布,但主要集中在扶一、扶二油层组(图4)。

2 油运聚成藏模式

由于松辽盆地扶余、杨大城子油层以下的泉头组、登娄库组缺失高有机质丰度烃源岩,许多学者根据油源对比来确定石油的来源,他们认为扶余、杨大城子油层为青山口组一段源岩生成的油在超压下向下“倒灌”而成藏^[16-22]。但是近年来,也有学者对油气是否能够“倒灌”成藏提出了质疑^[23-25]。

综合前人的研究,结合杏北西斜坡区构造发育、油源条件以及沉积微相等研究成果,将研究区扶余油层油成藏模式概括为如下两种类型。

2.1 源内上生下储式成藏模式

杏北西斜坡区青山口组源岩,尤其是青一段源岩,

具备一定的生油能力,它生成并排出的油在古超压作用下,以沟通油源和砂体以及圈闭的源断裂为路径,向下“倒灌”运移进入扶余油层后,便在浮力的作用下沿断裂向其两侧运移至高断块圈闭聚集成藏(图5)。

然而,由于研究区青一段源岩与扶余油层之间存在大量的T₂反射层断裂,这些断裂规模较小,断距不

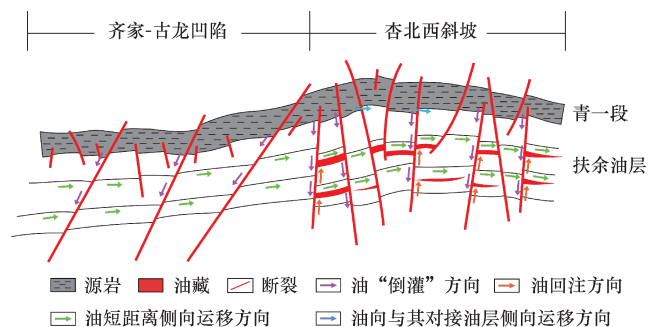


图5 杏北西斜坡区扶余油层油运聚成藏模式

Fig.5 Oil migration and accumulation patterns in the Fuyu oil layer in the western slope of the northern Xingshugang oilfield

大,一般在 30 m 以内,最大为 90 m,基本小于扶一油层组厚度。这些断裂将青一段源岩错断,使上覆青一段源岩与下伏扶余油层侧接,所以存在青一段源岩生成的油在浮力作用下直接向与其对接的扶余油层侧向运移的可能。而这种侧向运移的关键在于砂泥对接处的断层在青一段源岩大量生烃时期是否侧向开启,若断层侧向开启,则油可能在浮力作用下克服地层毛细管压力的阻挡,穿过断层面面向对接的扶余油层侧向运移(如图 5 中蓝色箭头指向)。

断裂密集带的内部为地堑构造,为构造相对低部位,断裂密集带两侧为构造相对高部位,断裂密集带两侧的正向构造较断裂密集带内部的正向构造距上覆青一段源岩近,油沿断裂优先进入断裂密集带两侧聚集成藏(图 2)。

2.2 近源短距离侧向运移成藏模式

研究区西侧为齐家-古龙凹陷,东侧为三肇凹陷,虽然三肇凹陷烃源岩条件较好^[26],但是油源中心距杏北西斜坡距离较远,不利于大规模油的运移和聚集。研究区紧邻齐家-古龙生烃凹陷,侧向运移距离较短,齐家-古龙凹陷青山口组源岩生成的油“倒灌”进入扶余油层后,可以沿着连通齐家-古龙凹陷和杏北地区的砂体和断层等通道,就近向东进入杏北地区(图 5),形成油的富集。

3 油成藏与分布主控因素

通过成藏模式的研究,结合研究区生、储、盖、圈、运、保等地质要素作用的综合分析,杏北西斜坡区油成藏与分布主要受三方面控制。

3.1 充足的油源是研究区扶余油层油成藏的关键

3.1.1 研究区内油源

研究区录井资料统计表明,区内青山口组暗色泥岩比较发育,青一段泥岩平均厚度达到 55.81 m,青二、三段泥岩平均厚度超过 100 m。有机碳含量(TOC,%)、氯仿沥青“A”含量(%）、镜质体反射率(R_o ,%)、生烃潜量($S_1 + S_2$,mg/g)和源岩的元素组成等表明研究区青山口组源岩具有较好的生油特征,有机碳含量平均值 1.0% 以上,镜质体反射率平均值超过了 0.9%,氯仿沥青“A”含量超过了 0.4%,干酪根类型以 I 型为主(表 2),源岩达到了好源岩的标准,对研究区的油藏应该具有一定的贡献。

进一步分析还表明,杏北西斜坡青一段和青二、三段暗色泥岩在埋深 740 m 左右(相当于明水组末期)进入了生油门限,在埋深 1 140 m 达到成熟阶段,排油

表 2 研究区青山口组暗色泥岩有机地化数据
Table 2 Geochemical data of dark mudstone in the Qingshankou Formation in the western slope of the northern Xingshugang oilfield

烃源岩层	TOC/%	氯仿沥青“A”含量/%	R_o /%	$(S_1 + S_2)/(mg \cdot g^{-1})$	有机质类型
$K_2qn^{2,3}$	1.034	0.039 7	0.98	5.32	Ⅱ型为主
K_2qn^1	2.316	0.418 7	0.92	17.65	I型为主

门限在埋深1 500 m左右(相当于嫩江组末期),目前本区青山口组一段源岩普遍埋深达到了 1 500 m,显示了研究区具有较好的油源条件。

3.1.2 研究区外油源

许多学者对长垣扶杨油层油的来源做了研究。黄春意^[27]根据对生油岩样品化验数据的分析,认为杏北地区扶杨油层油主要来自齐家-古龙凹陷,其次是三肇凹陷;王雪^[28]对松辽盆地齐家凹陷与大庆长垣扶杨油层油源问题进行了研究,认为大庆长垣的扶杨油层原油与齐家凹陷南部的原油为同一族群,油源对比结果表明,长垣的扶杨油层原油是齐家凹陷南部的青一段烃源岩生成并经短距离运移到长垣;林景晔等^[19]研究表明,从嫩江组沉积(73 Ma)以来,到现今大庆长垣始终处于低势区,齐家-古龙凹陷和三肇凹陷为高势区,但由于齐家-古龙凹陷向大庆长垣北部的流体势降为三肇凹陷的 3 倍,故大庆长垣北部油气主要以由齐家-古龙凹陷向东运移为特征。

3.2 断层和渗透性砂体是油气运移的通道

3.2.1 断穿 T_2 反射层的断裂为油向下“倒灌”运移提供了必要的输导通道

研究区断裂主要有三期强烈的变形:即青山口组沉积时期(I期)、嫩一、二段沉积时期(Ⅱ期)和嫩三段—第四系时期(Ⅲ期),其中青山口组沉积时期和嫩一、二段沉积时期为拉张变形,嫩三段以来为多期的反转变形。围绕断裂三期变形及断裂形成演化过程可以将杏北西部地区剖面上划分出 5 套断裂系统(图 6)。基于地震解释成果,将 T_2 反射层发育的断裂进行了拆分,结果显示 T_2 反射层发育的断裂主要存在 3 种穿层规律,即单断 T_2 反射层(和 T_2y^1 反射层)、断穿 T_2 反射层(和 T_2y^1 反射层)和 T_1^1 反射层(和 T_1 反射层)以及断穿 T_2 反射层(和 T_2y^1 反射层)和 T_0^0 反射层。在此基础上,结合断裂的 3 期变形和上述断裂系统的划分依据,可以明确 T_2 反射层主要发育 3 种类型的断裂系统,即 I 型断裂系统、I-Ⅱ型断裂系统和 I-Ⅱ-Ⅲ型断裂系统。地震剖面上扶余油层顶面为 T_2 反射

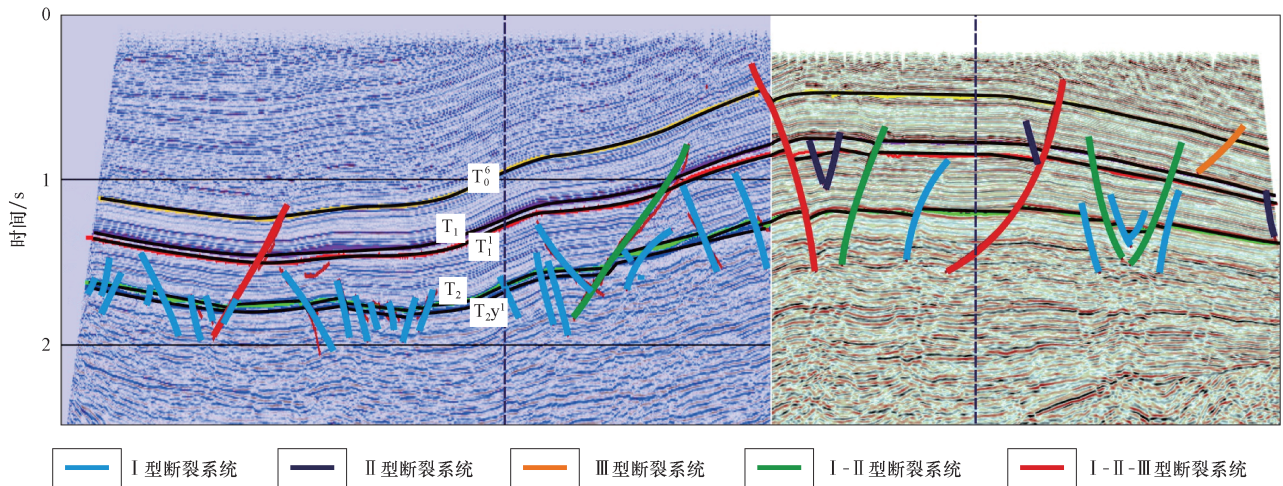


图6 杏北西斜坡典型剖面断裂系统分布 (L200 + L5598)

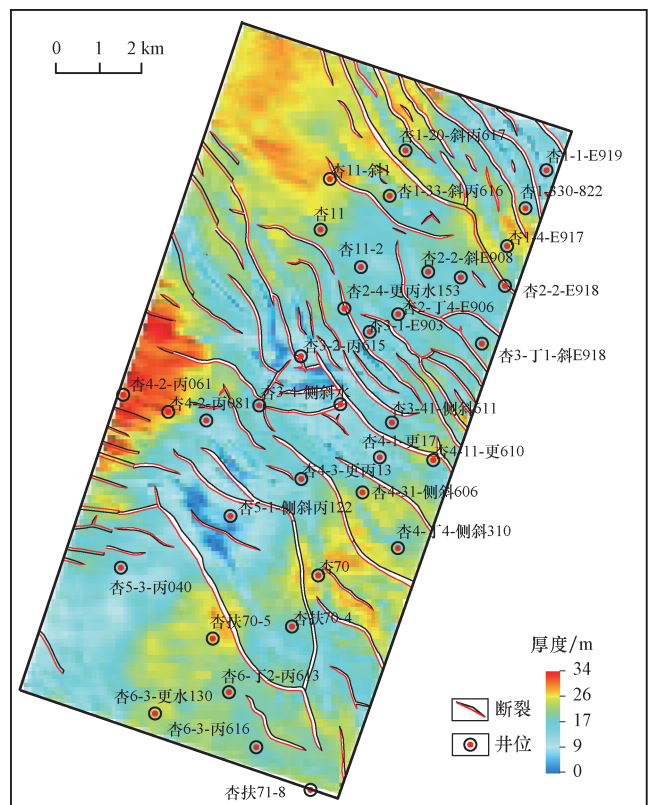
Fig. 6 Typical fracture distribution in the western slope of the northern Xingshugang oilfield (L200 + L5598)

层,因此断穿 T_2 反射层沟通了青一段源岩和扶余油层,在油气大量排烃期活动开启的断裂为本区的源断裂。

邹才能等^[29]研究认为,油气要发生向下“倒灌”运移必须满足两个条件:①源岩具有足够大的超压;②存在连通源岩和下伏储集层的断层。研究区青一段源岩不仅目前普遍具有超压^[30],而且其底部 T_2 界面上发育大量的断裂,具备生成油向下“倒灌”运移的条件。然而,并不是所有的 T_2 断层均可成为油运移的输导通道。上部消失于青一段源岩内的 T_2 界面上的断裂是青一段源岩生成油向下伏扶余油层“倒灌”运移的输导通道,即 I 型断裂系统为油源断裂,虽然其在明水组沉积末期并没有明显错动活动,其仍会在区域张应力场的作用下呈开启状态,成为油气运移的输导通道^[31]。I - II 型断裂系统和 I - II - III 型断裂系统也断穿青一段源岩,且在青一段源岩大量排烃期活动明显,开启程度较高,但是能否作为油源断裂取决于油气向上运移克服的岩石毛细管阻力和向下“倒灌”运移所要克服的岩石毛细管阻力、地层压力以及油本身的浮力的大小关系。

3.2.2 T_2 断层和砂体的有机匹配构成油侧向运移的良好通道

齐家 - 古龙凹陷青山口组烃源岩生成的油“倒灌”进入扶余油层后,在浮力作用下沿着被 T_2 反射层断层沟通的储层砂体向杏北西斜坡区进行短距离侧向运移(如图5中齐家 - 古龙凹陷内绿色箭头指向)。杏北西斜坡区扶余油层反演预测砂岩厚度与断裂叠合图(图7)表明:齐家 - 古龙凹陷与杏北西斜坡之间 T_2 反射层断层展布方向总体为北北西、北西向,与齐家 - 古龙凹陷油向杏北西斜坡侧向运移方向一致;杏北西斜坡扶余油层砂体展布方向为近南北向(受控于沉积相展布特征),与齐家 - 古龙凹陷油向杏北西斜坡侧向

图7 杏北西斜坡区扶余油层反演预测砂岩厚度与 T_2 断裂叠合图Fig. 7 Seismic interseption-based isopach map of sandstone with T_2 fault overlain in the Fuyu oil layer in the western slope of the northern Xingshugang oilfield

运移方向斜交,因此断裂与砂体组合可为油的侧向运移提供良好的运输通道。

3.3 反向正断层对油聚集与分布有重要控制作用

反向正断层的上升盘由于断层面和上升盘岩层的倾向相反,因而上升盘地层与断面间形成具有良好封闭条件的构造高部位。正断层的封闭性主要受断面两侧的岩性组合关系制约,两侧都为非渗透性岩层时断

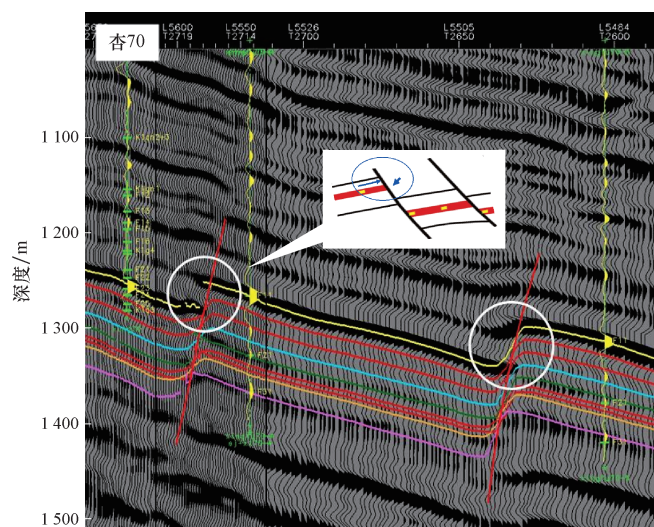


图8 杏北西斜坡区扶余油层反向正断层控制的断层-岩性油藏
Fig. 8 Fault-lithologic reservoirs controlled by antithetic normal faults in the Fuyu oil layer in the western slope of the northern Xingshugang oilfield

层起封闭作用,否则地层流体压力很容易超过断层破碎带压力而形成泄流带,地层流体也可能穿过断层破碎带继续沿输导层向上倾方向运移^[32-33]。

本区在北部物源控制下,扶余油层河道走向以近南北向为主,并与本区众多的北西向断层斜交,在有利的油源条件下可形成断层-岩性油藏。上升盘扶余油层砂岩与下降盘的青一段泥岩并置,同时,下降盘的青一段泥岩在断层活动时也易于形成致密的断层泥,直接与扶余油层对接。因此,反向断层上升盘储集层能够形成良好的上封侧堵型断块圈闭,而上倾方向发育的反向正断层下降盘岩性遮挡形成的局部构造对油聚集则起到诱导作用^[34]。从本区扶余油层的实际钻探情况看,在6口见工业油流的探井中,有5口探井(杏11、杏70、杏71、杏4和杏69井)受到反向正断层的控制(图8)。

4 结论

1) 杏北西斜坡区扶余油层主要有断层遮挡、断块、断鼻、断背斜、岩性上倾尖灭和断层-岩性等油藏类型,油水分布整体呈现“上油下水”的分布规律,没有统一的油水界面。

2) 杏北西斜坡区扶余油层油成藏模式有两种:一是本区青山口组源岩,尤其是青一段源岩生成并排出的油在古超压作用下,通过沟通油源和砂体以及圈闭的源断裂,向下“倒灌”进入运移通道上及附近的圈闭成藏,同时也存在青一段源岩生成的油在浮力作用下直接向与其对接的扶余油层侧向运移的可能;二是西侧齐家-古龙凹陷青山口组源岩生成的油“倒灌”到

扶余油层后,沿着连通齐家-古龙凹陷和杏北地区的砂体和断层等通道,向东进入杏北地区。

3) 杏北西斜坡区扶余油层油成藏主要受以下3个方面控制:①充足的油源是研究区扶余油层油成藏的关键;②断层和渗透性砂体是油气运移的通道;③反向正断层对油聚集与分布有重要控制作用。

参 考 文 献

- [1] 蒋有录. 高青地区油气藏类型和分布特征[J]. 石油大学学报(自然科学版), 1998, 22(4): 30-34.
- [2] Jiang Youlu. Reservoir types and their distribution characteristics in Gaoqing region[J]. Journal of The University of Petroleum, China, 1998, 22(4): 30-34.
- [3] 李火车, 刘秋生, 王亚红, 等. 斜坡油气勘探[J]. 石油地球物理勘探, 2001, 36(5): 602-610.
- [4] Li Huoche, Liu Qiusheng, Wang Yahong, et al. Oil-gas exploration on slope[J]. Oil Geophysical Prospecting, 2001, 36(5): 602-610.
- [5] 漆家福. 裂陷盆地中的构造变换带及其石油地质意义[J]. 海相油气地质, 2007, 12(4): 43-50.
- [6] Qi Jiafu. Structural transfer zones and significance for hydrocarbon accumulation in rift basins[J]. Marine Origin Petroleum Geology, 2007, 12(4): 43-50.
- [7] 孟繁有, 李勇, 何川, 等. 歧口凹陷缓坡带层序地层模式[J]. 中国石油大学学报(自然科学版), 2011, 35(4): 14-26.
- [8] Meng Fanyou, Li Yong, He Chuan, et al. Sequence stratigraphic models on gentle slope of Qikou depression[J]. Journal of China University of Petroleum (Edition of Natural Science), 2011, 35(4): 14-26.
- [9] 李明义, 岳湘安, 江青春, 等. 海拉尔-塔木察格盆地中部断陷输导体系类型及其控藏作用[J]. 石油与天然气地质, 2012, 33(3): 407-416.
- [10] Li Mingyi, Yue Xiang'an, Jiang Qingchun, et al. Migration system types and their control on hydrocarbon accumulation in central fault depressions of Hailar-Tamtsag Basin[J]. Oil & Gas Geology, 2012, 33(3): 407-416.
- [11] 方玉斌, 刘秋生, 刘淑, 等. 缓坡折带——箕状断陷的精华[J]. 断块油气田, 2003, 10(1): 15-17.
- [12] Fang Yubin, Liu Qiusheng, Liu Shu, et al. Slow slope fold belt—the soul of half graben rift[J]. Fault-Block Oil & Gas Field, 2003, 10(1): 15-17.
- [13] 赵靖舟, 武富礼, 闫世可, 等. 陕北斜坡东部三叠系油气富集规律研究[J]. 石油学报, 2006, 27(5): 24-27.
- [14] Zhao Jingzhou, Wu Fuli, Yan Shike, et al. Regularity of Triassic petroleum accumulation and distribution in the east part of North Shaanxi Slope[J]. Acta Petrolei Sinica, 2006, 27(5): 24-27.
- [15] 覃克, 赵密福. 惠民凹陷临南斜坡带油气成藏模式[J]. 石油大学学报(自然科学版), 2002, 26(6): 21-32.
- [16] Tan Ke, Zhao Mifu. Pool-forming models of linnan slope belts in Huimin depression[J]. Journal of the University of Petroleum, China, 2002, 26(6): 21-32.
- [17] 袁选俊, 靳久强, 孟庆仁, 等. 冀中坳陷杨村斜坡结构成因及油气成藏模式[J]. 石油学报, 2004, 25(4): 19-22.
- [18] Yuan Xuanjun, Jin Jiuqiang, Meng Qingren, et al. Genetic characteristics and hydrocarbon accumulation model of Yangcun Slope in Jizhong Depression[J]. Acta Petrolei Sinica, 2004, 25(4): 19-22.
- [19] 周庆华, 吕延防, 付广, 等. 松辽盆地北部西斜坡油气成藏模式和主控因素[J]. 天然气地球科学, 2006, 17(6): 765-774.
- [20] Zhou Qinghua, Lü Yanfang, Fu Guang, et al. The pool-forming pattern and main control factors in west slope of the north of Songliao Basin[J]. Natural Gas Geoscience, 2006, 17(6): 765-774.
- [21] 付晓飞, 王朋岩, 申家年, 等. 简单斜坡油气富集规律——以松辽盆地西部斜坡北段为例[J]. 地质论评, 2006, 52(4): 522-531.

- Fu Xiaofei, Wang Pengyan, Shen Jianian, et al. Migration and accumulation of oil and gas in a simple slope area: a case study on the western slope of the northern Songliao Basin[J]. Geological Review, 2006, 52(4): 522-531.
- [12] 杨伟荣, 钱铮, 张欣, 等. 冀中地区文安斜坡带成藏特征研究[J]. 岩性油气藏, 2008, 20(3): 49-52.
- Yang Weirong, Qian Zheng, Zhang Xin, et al. Accumulation characteristics in Wen'an slope belt in Jizhong Depression[J]. Lithologic Reservoirs, 2008, 20(3): 49-52.
- [13] 刘宗堡, 马世忠, 吕延防, 等. 大型凹陷斜坡带油气成藏模式——以三肇凹陷葡萄花油层为例[J]. 吉林大学学报(地球科学版), 2008, 38(6): 937-945.
- Liu Zongbao, Ma Shizhong, Lü Yanfang, et al. Hydrocarbon accumulation model of big depression ramp area—as putaoehua reservoir in the Sanzhao Depression[J]. Journal of Jilin University (Earth Science Edition), 2008, 38(6): 937-945.
- [14] 由辉. 松辽盆地长10区块扶余油层源外斜坡区油成藏规律[J]. 大庆石油学院学报, 2010, 34(4): 23-26.
- You Hui. Research into oil accumulation law in slope region outside source—F oil layer of Chang 10 block in Songliao Basin[J]. Journal of Daqing Petroleum Institute, 2010, 34(4): 23-26.
- [15] 张雷, 卢双舫, 张学娟, 等. 松辽盆地三肇地区扶余油层油气成藏过程主控因素及成藏模式[J]. 吉林大学学报, 2010, 40(3): 491-502.
- Zhang Lei, Lu Shuangfang, Zhang Xuejuan, et al. Controlling factors and accumulation model of hydrocarbon accumulation of the Fuyang oil units in Sanzhao region of the Songliao Basin[J]. Journal of Jilin University (Earth Science Edition), 2010, 40(3): 491-502.
- [16] 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 sanzhaoh area of Songliao Basin[J]. Acta Geologica Sinica, 2000, 74(4): 371-377.
- [17] 施立志, 吴河勇, 林铁锋, 等. 松辽盆地大庆长垣及其以西地区扶余油层油气运移特征[J]. 石油学报, 2007, 28(6): 21-26.
- Shi Lizhi, Wu Heyong, Lin Tiefeng, et al. Characteristics of hydrocarbon migration in Fuyang oil layer in Daqing placanticline and its western area in Songliao Basin[J]. Acta Petrolei Sinica, 2007, 28(6): 21-26.
- [18] 杨喜贵, 付广. 松辽盆地北部扶余油层油气成藏与分布的主控因素[J]. 特种油气藏, 2002, 9(2): 8-11.
- Yang Xigui, Fu Guang. Dominating factors of forming and distribution of Fuyang reservoirs in north of Songliao Basin[J]. Special Oil & Gas Reservoirs, 2002, 9(2): 8-11.
- [19] 林景晔, 张革, 杨杰杰, 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, 12(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, 12(3): 16-18.
- [20] 赵文革, 黄薇, 林景晔, 等. 大庆长垣西侧扶余油层油水同层形成及识别[J]. 石油实验地质, 2006, 28(5): 472-475.
- Zhao Wenge, Huang Wei, Lin Jingye, et al. Formation and identification of the oil water intervals in Fuyu-Yangdachengzi pay zone in the west of Daqing Placanticline[J]. Petroleum Geology & Experiment, 2006, 28(5): 472-475.
- [21] 罗群, 宋子学. 油气沿断裂向下幕式运移的机理[J]. 新疆石油地质, 2008, 29(2): 170-171.
- Luo Qun, Song Zixue. Mechanism of episode petroleum migration along faults down[J]. Xinjiang Petroleum Geology, 2008, 29(2): 170-171.
- [22] 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.
- [23] 张景康. 油气“倒灌”论质疑[J]. 岩性油气藏, 2009, 21(3): 122-128.
- Zhang Jinglian. Query about petroleum downward migration[J]. Lithologic Reservoirs, 2009, 21(3): 122-128.
- [24] 李传亮. 油气倒灌不可能发生[J]. 岩性油气藏, 2009, 21(1): 6-10.
- Li Chuanliang. Downward migration of oil and gas can not occur[J]. Lithologic Reservoirs, 2009, 21(1): 6-10.
- [25] 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.
- [26] 霍秋立, 冯子辉, 付丽, 等. 松辽盆地三肇凹陷扶余油层石油运移方式[J]. 石油勘探与开发, 1999, 26(3): 25-27.
- Huo Qiuli, Feng Zihui, Fu Li, et al. The migration model of oil in Fuyu Yangdachengzi reservoir of Sanzhao depression, Songliao basin[J]. Petroleum Exploration and Development, 1999, 26(3): 25-27.
- [27] 黄春意. 杏北地区扶余油层沉积相研究及有利区预测[J]. 石油天然气学报, 2011, 33(5): 161-164.
- Huang Chunyi. Study on sedimentary facies and favorable area prediction of Fuyang reservoir in Xingbei Region[J]. Journal of Oil and Gas Technology, 2011, 33(5): 161-164.
- [28] 王雪. 松辽盆地齐家凹陷与大庆长垣扶余油层油源[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.
- [29] 邹才能, 贾承造, 赵文智, 等. 松辽盆地南部岩性-地层油气藏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 litho-stratigraphic reservoirs in South Songliao Basin[J]. Petroleum Exploration and Development, 2005, 32(4): 125-130.
- [30] 付广, 孙克智, 宋国徽. 大庆长垣东西两侧青一段泥岩超压形成与演化的差异性[J]. 大庆石油学院学报, 2008, 32(5): 1-4.
- Fu Guang, Sun Kezhi, Song Guowei. Difference of formation and evolution of overpressure of K_1qn^1 mudstone east and west of Daqing Placanticline[J]. Journal of Daqing Petroleum Institute, 2008, 32(5): 1-4.
- [31] 付广, 王有功, 袁大伟. 三肇凹陷扶余油层源断裂的再认识及其对成藏的控制作用[J]. 石油学报, 2010, 31(5): 763-773.
- Fu Guang, Wang Yougong, Yuan Dawei. Source faults of F, Y oil layer in Sanzhao Depression and its control to oil accumulation[J]. Acta Petrolei Sinica, 2010, 31(5): 763-773.
- [32] 应丹琳, 潘壁, 李忠权, 等. 乌尔逊凹陷反向断层及与油气的关系[J]. 成都理工大学学报(自然科学版), 2012, 39(3): 244-250.
- Ying Danlin, Pan Mao, Li Zhongquan, et al. The relationship between antithetic faults and hydrocarbon in the Wuerxun depression[J]. Journal of Chengdu University of Technology (Science & Technology Edition), 2012, 39(3): 244-250.
- [33] 孙永河, 赵博, 董月霞, 等. 南堡凹陷断裂对油气运聚成藏的控制作用[J]. 石油与天然气地质, 2013, 34(4): 540-549.
- Sun Yonghe, Zhao Bo, Dong Yuexia, et al. Control of faults on hydrocarbon migration and accumulation in the Nanpu Sag[J]. Oil & Gas Geology, 2013, 34(4): 540-549.
- [34] 张永波, 高宇慧, 马世忠, 等. 反向正断层在松辽盆地南部油气聚集中的作用[J]. 西南石油大学学报, 2012, 34(5): 59-64.
- Zhang Yongbo, Gao Yuhui, Ma Shizhong, et al. Function of oil and gas accumulation and formation mechanism of antithetic normal faults in the south of Songliao Basin[J]. Journal of Southwest Petroleum University (Science & Technology Edition), 2012, 34(5): 59-64.