

海塔盆地中部主要断陷带南一段油气成藏的有利条件

付 广, 郭君嗣

(东北石油大学 地球科学学院, 黑龙江 大庆 163318)

摘 要:通过分析油气分布及其与源岩、盖层、储层和构造之间空间分布关系,对海塔盆地中部主要断陷带南一段油气成藏条件进行了研究,得出海塔盆地中部主要断陷带南一段油气之所以富集是因为以下 4 方面的有利条件:① 2 套主力源岩为南一段油气聚集成藏提供了充足的油源;② 2 套区域性盖层为南一段油气聚集成藏提供了有效封盖保存条件;③ 扇三角洲前缘亚相砂体为南一段油气聚集成藏提供了良好的储集空间;④ 反向断裂翘倾隆起和注中隆为南一段油气聚集提供了有利条件。

关键词:海塔盆地;中部主要断陷带;南一段;油气聚集;源岩;盖层

中图分类号:P618.13

文献标志码:A

文章编号:1672-3767(2012)04-0001-09

The Favorable Conditions for Oil Accumulation of K_1n_1 in Main Depression Zones of Central Haita Basin

FU Guang, GUO Junsu

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

Abstract: By analyzing the oil and gas distribution and its relation to spatial distribution, spatial distribution source-rock, and sourcerock, caprock, reservoir and structures, the formation conditions of oil and gas accumulation of K_1n_1 in the central depression of Haita basin was studied. It is considered that there are four following favorable conditions for oil and gas accumulation of K_1n_1 in the central depression zones of Haita basin: ① Two sets of source rock provide enough oil and gas for accumulation of K_1n_1 ; ② Two sets of caprocks provide effective sealing conditions for oil and gas accumulation of K_1n_1 ; ③ Front sandbody of fan delta provide reservoir space for oil and gas accumulation; ④ Reverse fault tilting and uplift in sag provide favorable places for oil and gas accumulation.

Key words: Haita basin; main central depression zones; K_1n_1 ; oil and gas accumulation; source rock; caprock

海塔盆地中部已找到近 5 亿 t 储量油气,但 90% 以上的油气分布在南一段内,南一段油气富集的原因除了其为近源短距离成藏油气运移损失量少外,还具有较其他层位更有利的地质条件。前人研究认为海塔盆地主要存在 2 套优质烃源岩,分别是南一段上部烃源岩^[1]和南一段特殊岩性段烃源岩^[2],均位于南屯组内部。南屯组沉积末期、伊敏组沉积末期及青元岗组沉积初期 3 期主要的构造运动^[3]中,伊敏组沉积末期烃源岩排出的油气主要沿断裂向上运移,同时沿不整合面侧向运移,在局部盖层的遮挡下,在有利的砂体或不整合面内聚集成藏^[1,4];青元岗组沉积初期,构造运动导致之前形成的油气藏遭到破坏调整^[2]。区内形成的油气藏类型有背斜油气藏、断块油气藏和地层—岩性油气藏,大多与断层相关^[5-7]。

前人^[8-15]认为,研究区成藏的主要控制因素有烃源岩条件、盖层与源岩的配置关系、断层分布、圈闭条件、沉积相带、次生孔隙以及坡折带发育关系等。但对研究区成藏的有利条件的总结不够系统,甚至存在纰漏,或仅针对研究区局部的某个或某几个成藏条件进行分析,不具有普遍规律。

因此,本文在前人研究的基础上,系统地剖析了海塔盆地中部成藏的有利地质条件,为研究区下一步的

收稿日期:2012-02-19

基金项目:国家大型油气田及煤层气开发科技重大专项(2011ZX05007)

作者简介:付 广(1962—),男,辽宁新宾人,教授,博士,主要从事油气藏形成与保存条件方面的研究。

E-mail: fuguang2008@126.com

勘探和开发提供参考依据,对于推动海塔盆地油气勘探的纵深发展具有重要意义。

1 研究区概况

海塔盆地指我国的海拉尔盆地和蒙古国的塔木察格盆地,位于我国东北部和蒙古国东部,总面积 79 610 km²,我国境内面积 44 210 km²,蒙古国境内面积 35 400 km²。海拉尔-塔木察格盆地位于蒙古-大兴安岭裂谷盆地群的东部,东以大兴安岭隆起相隔,与大杨树盆地、松辽盆地相邻;西为西北隆起,与蒙古乔巴山盆地相望;北部与布拉达林盆地相连;东南部以巴音宝力格隆起为界,与二连盆地遥遥相对。中部从北至南包括乌尔逊、贝尔、南贝尔和塔南 4 个断陷,是海塔盆地目前油气勘探的主要区域。4 个断陷从下至上发育上三叠统基岩、下白垩统铜钵庙组、南屯组、大磨拐河组、伊敏组和下白垩统青元岗组、呼查山组地层。盆地演化经历了地壳隆起、断陷、拗陷和萎缩 4 个阶段。研究区经历了南屯组沉积末期、伊敏组沉积末期和青元岗组沉积初期 3 个阶段的构造运动,伊敏组沉积末期来自南屯组内部烃源岩的油气沿断裂和不整合面向上或侧面运移,在南一段扇三角洲前缘亚相发育的砂体内和不整合面下部聚集成藏,属于自生自储式组合。

2 油藏类型及分布规律

钻探结果表明,海塔盆地中部主要断陷内南一段油藏类型有反向断层遮挡、地层不整合、岩性上倾尖灭和砂岩透镜体 4 种类型油气藏,如图 1 所示。以特殊岩性段油居多,可占南一段发现油气总量的 62.8%,上部泥岩段之下的油相对较少,为南一段发现油气总量的 21.1%,如图 2 所示。平面上油气分布受到源岩分布、沉积相带和构造部位的控制,主要分布在油源区内或附近(图 3)、扇三角洲前缘亚相内(图 4)和反向断裂翘倾隆起(图 1)和洼中隆(图 5)上。

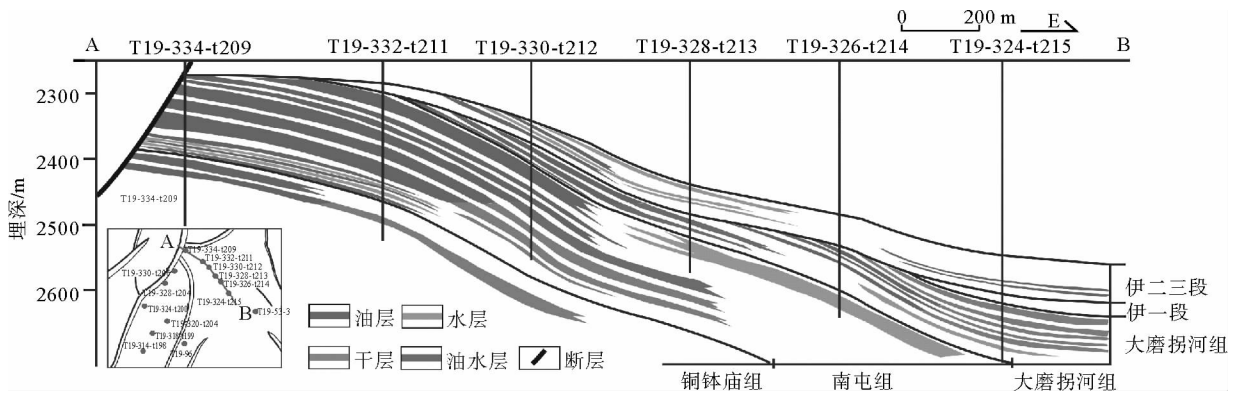


图 1 海塔盆地中部主要断陷带反向断裂翘倾隆起油藏剖面图

Fig. 1 The tilting uplift of antithetic fault reservoir profile in main central depression zones in middle Haita basin

3 油气成藏的有利地质条件

通过油气藏解剖、油气分布与成藏条件之间空间匹配关系的研究,海塔盆地中部主要断陷带南一段油气成藏的有利条件主要有以下 4 个方面。

3.1 2 套主力烃源岩提供了充足油源

油气源对比结果表明,海塔盆地中部主要断陷带南一段油气主要来自其自身发育的特殊岩性段(除了正常暗色泥岩和砂岩外,还发育碳酸盐岩,且地层厚度不大,简称为特殊岩性段)和上部泥岩段。由钻井揭示结果表明,海塔盆地中部主要断陷带南一段特殊岩性段源岩虽然厚度相对较薄,但 4 个断陷均有分布,如表 1 所示。

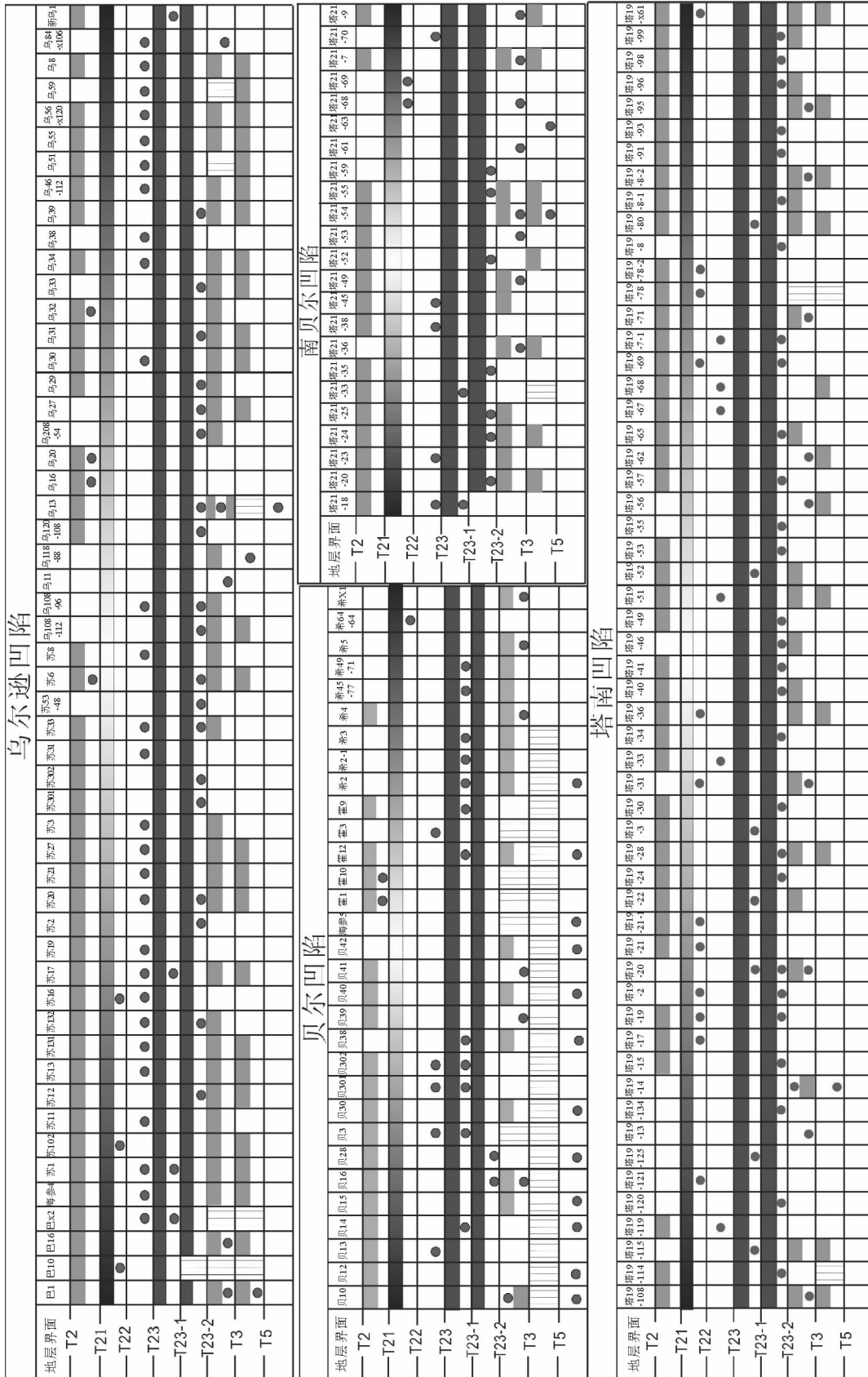


图2 海塔盆地中部主要断陷带盖层与油气分布关系图

Fig.2 The distribution relationship between caprocks and hydrocarbon of main central depression zones in middle Haita basin



图 3 海塔盆地中部主要断陷带 2 套主力烃源岩与南一段油藏之间分布关系图

Fig. 3 The distribution relationship between two main sets of source rocks and oil reservoirs of Nanyi member in main central depression zones of Haita basin

乌尔逊凹陷南一段特殊岩性段暗色泥岩最大厚度 250 m, 平均 54.9 m; 贝尔凹陷南一段特殊岩性段暗色泥岩厚度最大 105 m, 平均 35.7 m, 南贝尔凹陷南一段特殊岩性段暗色泥岩厚度最大, 可达 275 m, 平均 65.4 m。塔南凹陷南一段特殊岩性段暗色泥岩厚度最大 138 m, 平均 31.9 m。海塔盆地中部主要断陷带南一段上部泥岩段较特殊岩性段暗色泥岩发育, 如表 1 所示。乌尔逊凹陷南一段上部泥岩段暗色泥岩最大厚度 270 m, 平均 73.16 m; 贝尔凹陷南一段上部暗色泥岩最大厚度 350 m, 平均 80.7 m; 南贝尔凹陷南一段上部暗色泥岩最大厚度 320 m, 平均 83.7 m; 塔南凹陷南一段上部泥岩段暗色泥岩厚度最大 310 m, 平均 93.2 m。

地化分析测试结果(表 1)表明, 海塔盆地中部主要断陷带南一段 2 套主力源岩有机质丰富, 乌尔逊凹陷南一段特殊岩性段和上部泥岩段源岩有机碳最大含量分别达 13.35% 和 3.80%, 平均 1.73% 和 1.85%; 贝

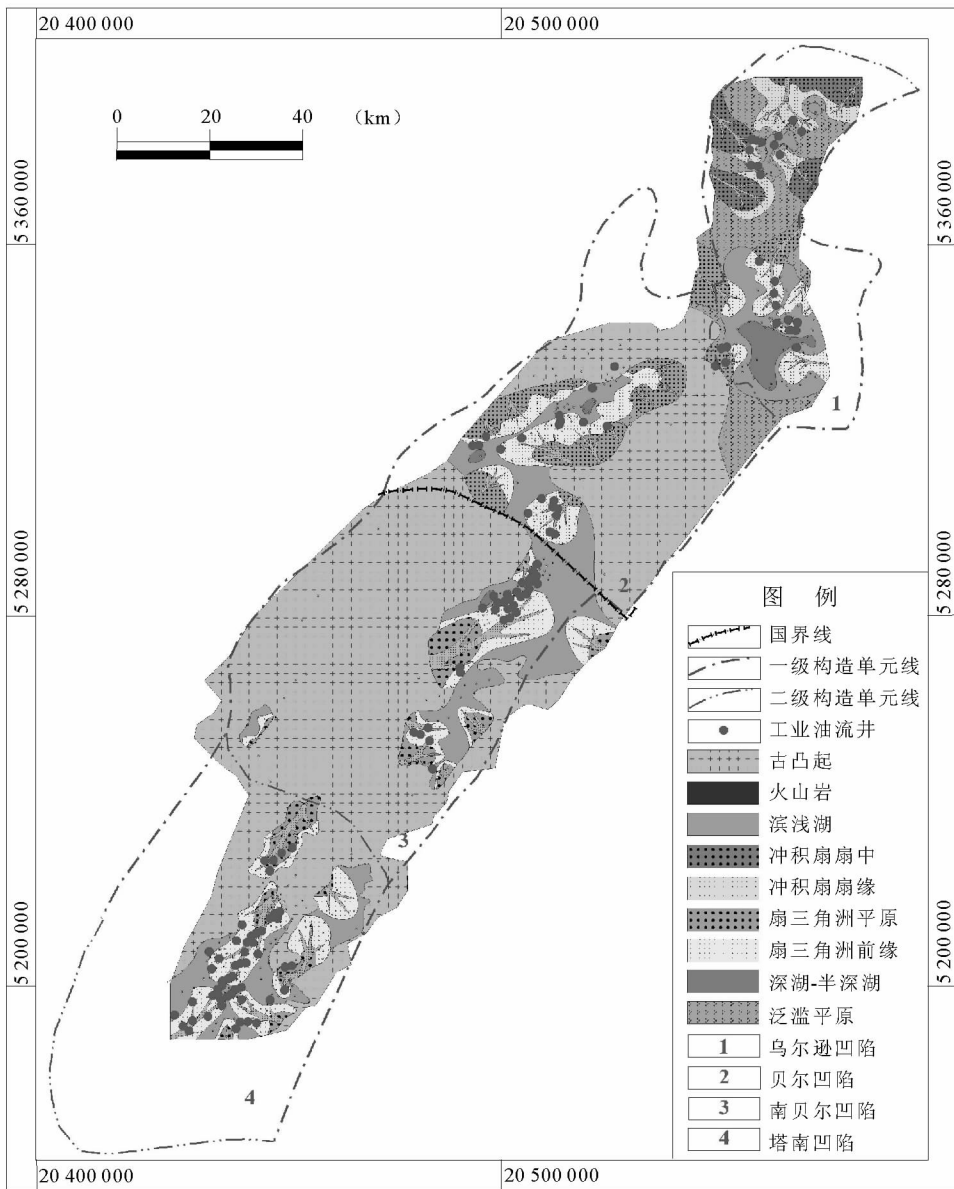


图 4 海塔盆地中部主要断陷带南一段扇三角洲前缘亚相砂体与油藏关系图

Fig. 4 The relationship between fan-delta front sandbody and oil reservoirs of K_1n_1 in main central depression zones of Haita basin

尔凹陷南一段特殊岩性段源岩有机碳含量最大分别为 3.80% 和 2.80%，平均 1.28% 和 1.63%；南贝尔凹陷南一段特殊岩性段和上部泥岩段源岩有机碳含量最大分别为 2.45% 和 2.75%，平均 0.96% 和 1.47%；塔南凹陷南一段特殊岩性段和上部泥岩段源岩有机碳含量最大分别为 3.1% 和 3.15%，平均 1.08% 和 2.00%；海塔盆地中部主要断陷带南一段 2 套主力烃源岩有机质类型以 II 型干酪根为主，塔南凹陷南一段特殊岩性段和乌尔逊凹陷南一段上部泥岩段源岩有机质类型略好一些为 II₁ 型，其余皆为 II₂ 型。海塔盆地中部主要断陷带南一段 2 套主力源岩有机质演化已进入生烃门限，大部分已进入大量生烃阶段。乌尔逊凹陷南一段特殊岩性段和上部泥岩段源岩有机质镜质体反射率最大分别达 1.40% 和 1.27%，平均 0.82% 和 0.72%；贝尔凹陷南一段特殊岩性段和上部泥岩段源岩有机质镜质体反射率最大分别为 1.26% 和 1.24%，平均 0.76% 和 0.74%；南贝尔凹陷南一段特殊岩性段和上部泥岩段源岩有机质镜质体反射率最大分别为 1.22% 和

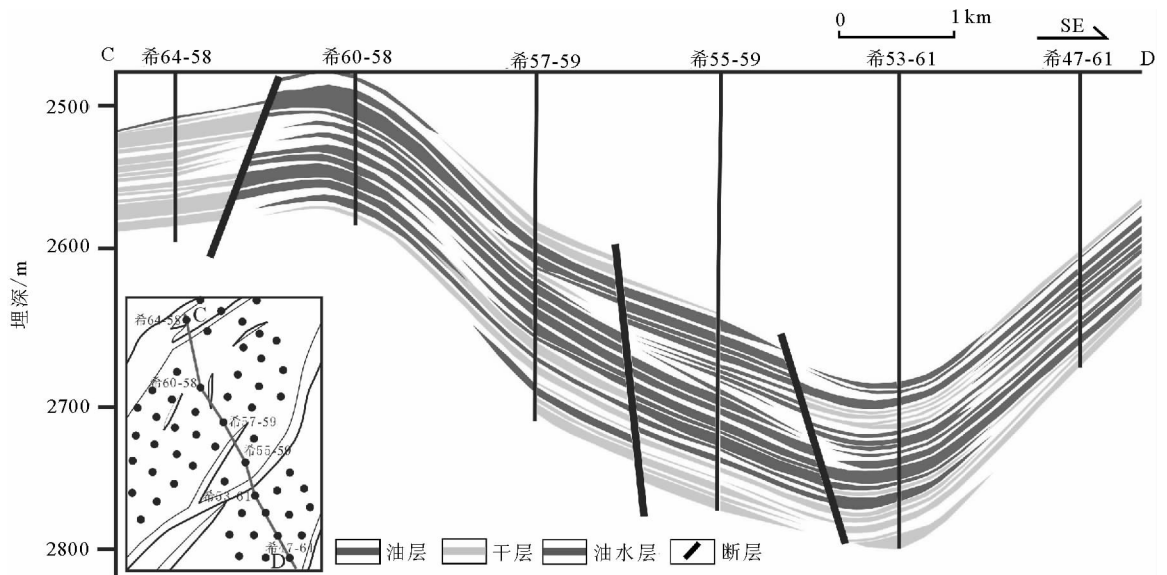


图 5 海塔盆地中部主要断陷带洼中隆油藏剖面图

Fig. 5 The reservoir profile of uplift in sag of main central depression zones in middle Haita basin

表 1 海塔盆地中部主要断陷带南一段 2 套源岩发育及地化特征表

Tab. 1 The development and geochemical features of two sets source rocks of Nanyi member in main central depression zones in middle Haita basin

层位	参数	值	乌尔逊	贝尔	南贝尔	塔南
特殊岩性段	厚度/m	最大值	250	105	275	138
		平均值	54.9	35.7	65.4	31.9
	有机碳/%	最大值	3.80	3.80	2.45	3.10
		平均值	1.73	1.28	0.96	1.08
	类型		II ₂ 型	II ₂ 型	II ₂ 型	II ₁ 型
	演化程度 R ₀ /%	最大值	1.40	1.26	1.22	1.32
平均值		0.82	0.76	0.81	0.95	
南一段泥岩上段部	厚度/m	最大值	270	350	320	310
		平均值	73.1	80.7	83.7	93.2
	有机碳/%	最大值	3.35	2.80	2.75	3.15
		平均值	1.85	1.63	1.47	2
	类型		II ₁ 型	II ₂ 型	II ₂ 型	II ₂ 型
	演化程度 R ₀ /%	最大值	1.27	1.20	1.04	1.20
平均值		0.72	0.74	0.77	0.89	

1.04%，平均 0.81% 和 0.71%；塔南凹陷南一段特殊岩性段和上部泥岩段源岩有机质镜质体反射率最大分别达 1.32% 和 1.2%，平均 0.96% 和 0.89%。

从上述分析可以看出，海塔盆地中部主要断陷特殊岩性段和南一段上部 2 套烃源岩具有较强的生烃能力，可为南一段油气聚集成藏提供充足油源。由图 3 可以看出，海塔盆地中部主要断陷带南一段目前发现的油气藏皆分布在 2 套烃源岩排烃区内或附近，说明油气藏的形成，是因为不仅与源岩同层，而且在平面上也位于油气源区内，具有“近水楼台”的成藏优势。这可能是造成南一段油气富集为整个油气聚集 90% 以上的

根本原因。

3.2 3套区域性盖层为有效的封盖保存条件

海塔盆地中部主要断陷带发育的南一段特殊岩性段和上部泥岩段不仅是南一段的2套主力烃源岩,而且是南一段油聚集成藏的2套区域性盖层,其特征如表1所示。由钻探揭示结果可以看出,海塔盆地中部主要断陷带南一段上部泥岩段盖层明显较特殊岩性段发育,乌尔逊凹陷南一段上部盖层最大厚度355.3 m,平均38.0 m;贝尔凹陷南一段上部泥岩段盖层最大厚度213.8 m,平均45.8 m;南贝尔凹陷南一段上部泥岩段盖层最大厚度289.3 m,平均110.7 m;塔南凹陷南一段上部泥岩段盖层最大厚度225 m,平均55.7 m。

由文献[15]可知,贝尔凹陷和乌尔逊凹陷南一段2套泥岩盖层实测排替压力值均较高,可达13 MPa,据文献[15]中盖层封闭能力评价标准,从微观上完全可以封闭住其下伏已聚集的油气。可以看出,海塔盆地中部主要断陷带南一段2套区域性盖层具有较强的封闭能力,而且4个断陷大面积分布,可以封盖住聚集其下的油气。由图2可以看出,海塔盆地南一段目前已发现的油气均分布在这2套区域性盖层之下,其中特殊岩性段盖层封闭了南一段62.8%的油气,上部泥岩段盖层封闭了南一段22.1%的油气,不难看出,南一段2套区域性盖层为海塔盆地中部主要断陷带南一段油气富集起到了重要的封盖作用。

3.3 扇三角洲前缘亚相砂体提供了良好储集空间

海塔盆地中部主要断陷带南一段沉积时期正处于断陷盆地的伸展时期,湖水面积较大,湖水较深,断陷四周发育一系列扇三角洲沉积,由于受到沉积颗粒大小分选性的影响,扇三角洲前缘亚相砂体较其他相带砂体具有相对较高的孔渗性,如图6所示。同时由于扇三角洲前缘亚相砂体距烃源岩较近,烃源岩排出的有机酸易对扇三角洲前缘亚相砂体产生溶蚀作用,造成其孔渗性增高,如图6所示。因此,孔渗性较好的扇三角洲前缘亚相砂体应是海塔盆地中部主要断陷带南一段油气聚集成藏的主要储集体。由图4可以看出,海塔盆地中部主要断陷南一段目前已找到的油气均分布在扇三角洲前缘亚相砂体中。这充分说明扇三角洲前缘亚相砂体为南一段油气富集成藏提供了良好的储集空间。

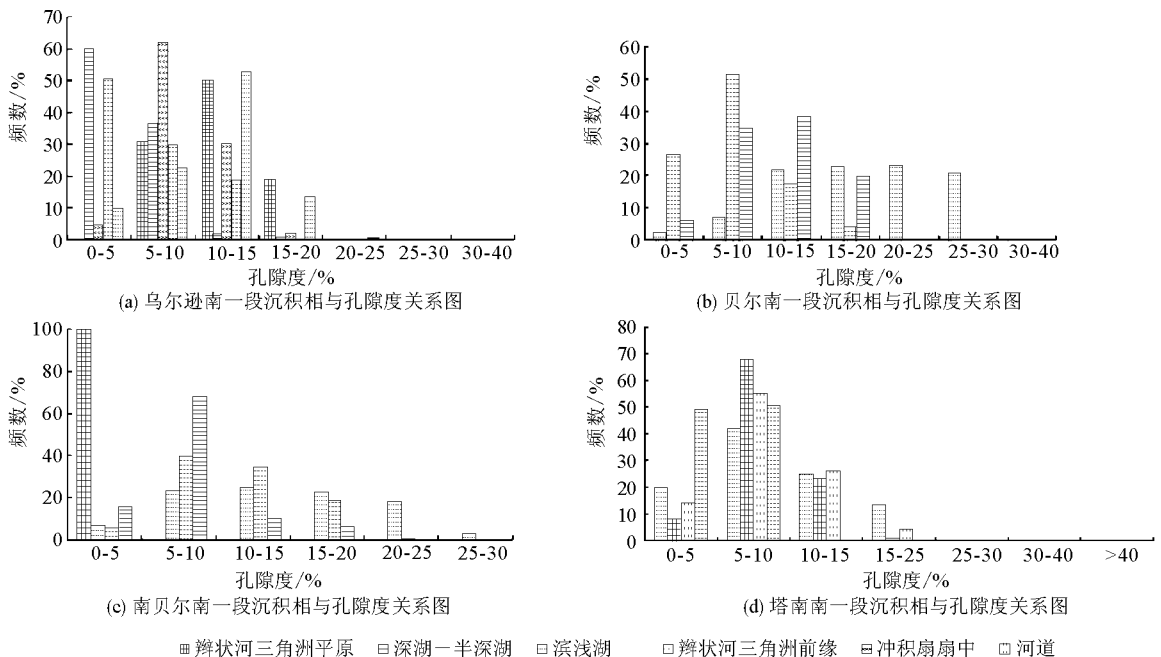


图6 海塔盆地中部主要断陷南一段沉积相与孔渗性关系图

Fig. 6 The relationship between microfacies and porosity, permeability of K_{1n1} in main central depression zones of Haita basin

3.4 反向断裂翘倾隆起和洼中隆为成藏的有利部位

3.4.1 反向断裂翘倾隆起是成藏的最有利部位

油气勘探结果表明,海塔盆地中部主要断陷带南一段目前发现的油气有 62.1% 分布在反向断裂翘倾隆起上,它们分布在 4 个断陷中,其中地质储量最大的是塔南凹陷的中次凹油田,其次是贝尔凹陷的呼和诺仁油田,再次是乌尔逊凹陷的巴彦塔拉油田和南贝尔东次凹的北洼槽油田,最少的是贝尔凹陷的苏德尔特油田和乌尔逊凹陷的苏仁诺尔油田。反向断裂翘倾隆起之所以成为南一段油气聚集成藏的最有利场所,是因为反向断裂翘倾隆起具备三方面的有利成藏条件:①反向断裂翘倾隆起位于油气源区的边部,是油气侧向运移的指向;2 套主力源岩生成的油气不需要长距离运移便可进入,油气在运移途中损失量小。②反向断裂翘倾隆起扇三角洲前缘亚相砂体发育,且在一定程度上遭受过地表水淋滤作用,孔渗性好,有利于油气储集成藏。③反向断裂翘倾隆起不仅发育反向断裂遮挡圈闭,而且还发育地层不整合遮挡圈闭和岩性上倾尖灭圈闭,如图 1 所示,有利于油气聚集成藏。

3.4.2 洼中隆是成藏的有利部位

目前,海塔盆地中部主要断陷带南一段已发现的油气藏除了主要分布在反向断裂翘倾隆起外,洼中隆也是南一段油气聚集的有利部位,如贝尔凹陷的贝中油田、苏德尔特油田和乌尔逊凹陷的苏仁诺尔油田。洼中隆之所以有利于油气聚集成藏,是因为具备了以下条件:①洼中隆位于油气源区内,是 2 套烃源岩生成油气运移的指向,有利于油气向其运移;②洼中隆扇三角洲前缘亚相砂体发育,且易受源岩排出有机酸的溶蚀,孔渗性好,有利于油气储集成藏;③洼中隆不仅发育小型背斜圈闭,而且还发育断层-岩性、构造-岩性圈闭,如图 5 所示,有利于油气聚集成藏。

4 结论

综合分析可以得到,海塔盆地中部主要断陷带南一段油气成藏具有 4 个有利的地质条件:

- 1) 在南屯组内部具有 2 套主力源岩,分别是特殊岩性段和上部泥岩段,为南一段油气聚集成藏提供充足的油源的必要条件;
- 2) 特殊岩性段和上部泥岩段是南一段 2 套有效的区域性盖层,是南一段油气聚集成藏有利的封盖保存条件;
- 3) 南一段内部发育的扇三角洲前缘亚相砂体,具有相对较高的孔渗性,是南一段油气聚集成藏良好的储集空间;
- 4) 反向翘倾隆起和洼中隆是成藏的有利部位。

参考文献:

- [1] 霍秋立,汪振英,李敏,等. 海拉尔盆地贝尔凹陷油源及油气运移研究[J]. 吉林大学学报:地球科学版,2006,36(3):377-383.
HUO Qiuli, WANG Zhenying, LI Min, et al. Study on the source and migration of oil and gases in the Beier depression in the Hailaer basin[J]. Journal of Jilin University: Earth Science Edition, 2006, 36(3): 377-383.
- [2] 付晓飞,王勇,渠永红,等. 被动裂陷盆地油气分布规律及主控因素分析:以塔木察格盆地塔南拗陷为例[J]. 地质科学, 2011, 46(4): 1119-1131.
FU Xiaofei, WANG Yong, QU Yonghong, et al. The law of oil and gas distribution and mainly controlling factors of the passive rift basin: The Tanan depression of Tamuchage basin[J]. Chinese Journal of Geology, 2011, 46(4): 1119-1131.
- [3] 吴河勇,李子顺,冯子辉,等. 海拉尔盆地乌尔逊:贝尔凹陷构造特征与油气成藏过程分析[J]. 石油学报, 2006, 27(S1): 1-6.
WU Heyong, LI Zishun, FENG Zihui, et al. Analysis on structural features and reservoir-forming process of Wuerxun and Beier sags in Hailaer basin[J]. Acta Petrolei Sinica, 2006, 27(S1): 1-6.
- [4] 侯启军,冯子辉,霍秋立. 海拉尔盆地乌尔逊凹陷石油运移模式与成藏期[J]. 地球科学:中国地质大学学报, 2004, 29(4): 397-403.
HOU Qijun, FENG Zihui, HUO Qiuli. Oil migration model and entrapment epoch of north Wuerxun depression in Hailaer basin[J]. Earth Science: Journal of China University of Geosciences, 2004, 29(4): 397-403.

- [5]刘赫,李军辉,金镇龙.海拉尔盆地乌尔逊:贝尔凹陷岩性地层油气藏特征及其勘探方向[J].地质科学,2011,46(4):1079-1093.
LIU He,LI Junhui,JIN Zhenlong. Forming characteristics of lithologic and stratigraphic reservoirs and its exploration direction of Wuxun Beir sag in Hailar basin[J]. Chinese Journal of Geology,2011,46(4):1079-1093.
- [6]张吉光,彭苏萍,张宝奎,等.乌尔逊-贝尔断陷油气藏类型与勘探方法探讨[J].石油勘探与开发,2002,29(3):48-50.
ZHANG Jiguang,PENG Suping,ZHANG Baoxi, et al. The oil/gas reservoir types in Wuerxun-Beier faulted-down depression and their exploration methods[J]. Petroleum Exploration and Development,2002,29(3):48-50.
- [7]马中振,庞雄奇,王洪武,等.海拉尔盆地乌尔逊-贝尔凹陷断层控藏作用[J].西南石油大学学报:自然科学版,2009,31(6):27-31,205.
MA Zhongzhen,PANG Xiongqi,WANG Hongwu, et al. Study on fault controlling hydrocarbon accumulation in Wuerxun-Beier sag, Hailaer basin[J]. Journal of Southwest Petroleum University: Science & Technology Edition,2009,31(6):27-31,205.
- [8]付广,孟庆芬,徐琴.乌尔逊凹陷南二段油气成藏与分布主控因素及有利区预测[J].吉林大学学报:地球科学版,2004,34(3):377-382,387.
FU Guang,MENG Qingfen,XU Qin. Main factors controlling oil or gas accumulation and distribution and forecasting for favorable exploration areas of K_1n_2 in Wuerxun depression[J]. Journal of Jiling University: Earth Science Edition,2004,34(3):377-382,387.
- [9]刘志宏,万传彪,任延广,等.海拉尔盆地乌尔逊-贝尔凹陷的地质特征及油气成藏规律[J].吉林大学学报:地球科学版,2006,36(4):527-534.
LIU Zhihong,WAN Chuanbiao,REN Yanguang, et al. Geological features and the rule of oil and gas accumulation of Urxun-Beier depression in Hailaer basin[J]. Journal of Jilin University: Earth Science Edition,2006,36(4):527-534.
- [10]付晓飞,胡春明,李景伟.贝尔凹陷布达特群潜山演化及含油气性[J].石油学报,2008,29(3):356-362.
FU Xiaofei,HU Chunming,LI Jingwei. Evolution of buried hill and oil-gas bearing property in Budate group of Beier depression[J]. Acta Petrolei Sinica,2008,29(3):356-362.
- [11]刘志宏,任延广,李春柏,等.海拉尔盆地乌尔逊-贝尔凹陷的构造特征及其对油气成藏的影响[J].大地构造与成矿学,2007,31(2):151-156.
LIU Zhihong,REN Yanguang,LI Chunbai, et al. Structural features and their impacts on hydrocarbon accumulation in Wuxun-Beier depression in Hailaer basin[J]. Geotectonica et Metallogenia,2007,31(2):151-156.
- [12]付广,刘云燕.贝尔凹陷“源断势”对油成藏与分布的控制作用[J].地质科学,2011,46(4):1068-1078.
FU Guang,LIU Yunyan. Controlling of “sourcerock-faults-potential energy” to oil accumulation and distribution in Beier depression[J]. Chinese Journal of Geology,2011,46(4):1068-1078.
- [13]金利洪,孙效东,李强,等.南贝尔凹陷油气成藏条件与富集规律[J].地质科学,2011,46(4):1094-1105.
JIN Lihong,SUN Xiaodong,LI Qiang, et al. Hydrocarbon accumulation conditions and enrichment rule in the South Beir sag[J]. Chinese Journal of Geology,2011,46(4):1094-1105.
- [14]陈守田,刘招君,崔凤林,等.海拉尔盆地含油气系统[J].吉林大学学报:地球科学版,2002,32(2):151-154.
CHEN Shoutian,LIU Zhaojun,CUI Fenglin, et al. Oil-gas bearing system of Hailaer basin[J]. Journal of Jilin University: Earth Science Edition,2002,32(2):151-154.
- [15]付广,陈章明,姜振学,等.盖层封堵能力评价方法及其应用[J].石油勘探与开发,1995,22(3):46-50.
FU Guang,CHEN Zhangming,JIANG Zhenxue, et al. Evaluation of the sealing ability of caprock and its application[J]. Petroleum Exploration and Development,1995,22(3):46-50.