

·油气地质·

断层圈闭油气成藏源-断-势控藏作用综合评价

——以海塔盆地中部主要断陷带南一段为例

付广¹, 陈建华²

(1.东北石油大学,黑龙江大庆 163318; 2.中国石油大庆钻探工程公司 测井公司,黑龙江大庆 138000)

摘要:为明确海塔盆地中部主要断陷带南一段油气成藏规律,通过油气分布与源-断-势空间匹配关系分析,对研究区南一段断层圈闭的源-断-势控藏作用进行了综合评价。结果表明,源-断-势对海塔盆地中部主要断陷带南一段断层油气成藏具有3个方面的控制作用:①烃源岩区控制着断层油气藏形成与分布的范围;②早期伸展断裂为断层油气聚集提供了遮挡条件;③低势区控制着断层圈闭油气成藏的部位。反向断裂翘倾隆起和注中隆起是南一段烃源岩生成油气侧向运移的指向区。南一段断层圈闭油气成藏所需的源-断-势控藏作用综合评价价值应大于或等于2.63,由此预测得到海塔盆地中部主要断陷带南一段断层油气成藏的有利区主要分布在乌尔逊凹陷苏仁诺尔、乌东斜坡,贝尔凹陷苏德尔特,南贝尔凹陷东次凹、塔南凹陷中次凹的扇三角洲前缘亚相砂体分布区;其次是贝尔凹陷呼和诺仁、塔南凹陷东次凹的扇三角洲前缘亚相砂体分布区。

关键词:源-断-势 断层圈闭 综合评价 断层油气藏 南一段 海塔盆地中部主要断陷带

中图分类号:TE112.31

文献标识码:A

文章编号:1009-9603(2015)06-0001-06

Comprehensive evaluation for control of source rock, fault and potential on faults-enclosed oil/gas accumulation: A case study of K_1n_1 of main central depression zones in Haita basin

Fu Guang¹, Chen Jianhua²

(1.Northeast Petroleum University, Daqing City, Heilongjiang Province, 163318, China; 2.Logging Company, Daqing Drilling Engineering Company, PetroChina, Daqing City, Heilongjiang Province, 138000, China)

Abstract: To study laws of oil and gas accumulation in K_1n_1 in main central depression zones of Haita basin, based on analysis of oil and gas distribution law, the control effect of fault-trap source rock, fault and potential on oil and gas accumulation in K_1n_1 in main central depression zones of Haita basin was evaluated comprehensively and quantitatively by analyzing the spatial relation between oil/gas distribution, source rock, fault and potential. The result indicates that the control effects of source rock, fault and potential on oil and gas accumulation in K_1n_1 in main central depression exist in the following three areas: ① areas of source rock control faults-enclosed oil/gas accumulation and its distribution areas; ② early-extensional faults provide sealing conditions for faults-enclosed oil/gas accumulation; ③ low potential areas control the position of faults-enclosed oil/gas accumulation. The comprehensive evaluation value for control of source rock, fault and potential on oil and gas accumulation in K_1n_1 of main central depression zones in Haita basin should be more than or equal to 2.63. According to this, favorable areas for oil and gas accumulation in fault trap of K_1n_1 in main central depression zones of Haita basin were predicted. They distribute mainly in sandbodies of fan delta front in Surenouer, Wudong slope of Wuexun sag, Sudeerte of Beier sag, east sub-sag of south Beier sag and central sub-sag of Tanan sag; followed by the sandbodies of fan delta front in Hunouren of Beier sag, east sub-sag of Tanan sag.

收稿日期:2015-09-15。

作者简介:付广(1962—),男,辽宁新宾人,教授,博士,从事油气藏形成与保存方面的研究。联系电话:(0459)6504024, E-mail: fuguang2008@126.com。

基金项目:国家自然科学基金项目“油源断裂转换带优势输导运移油气条件研究”(41372153)。

Key words: source rock-fault-potential; fault trap; comprehensive evaluation; faults-enclosed reservoir; K_1n_1 ; main central depression zones of Haita basin

海塔盆地是指中国的海拉尔盆地和蒙古国的塔木察格盆地,前者位于中国东北部,后者位于蒙古国东部,总面积为79 610 km²。海塔盆地中部主要断陷带从北至南包括乌拉逊、贝尔、南贝尔和塔南4个凹陷,是海塔盆地目前油气勘探的主要地区。4个凹陷从下至上主要发育上三叠统基岩潜山,下白垩统铜钵庙组、南屯组、大磨拐河组、伊敏组,上白垩统青元岗组。截止到2010年,4个凹陷已发现油气储量近 5×10^8 t,而且近90%的油气分布在南屯组一段(南一段),油气藏类型以断层油气藏为主。油气分布除了受烃源岩分布的控制外,还受构造部位的控制,反向断裂翘倾隆起和洼中隆起是油气聚集的主要区域,洼槽中也有一定油气分布,但不管是隆起区还是洼槽区油气分布均与断裂密切相关。油源对比结果表明,南一段油气主要来自自身发育的烃源岩。南一段烃源岩生成的油气如何在南一段储层中聚集成藏,油气分布受哪些因素控制等,这些问题是海塔盆地中部主要断陷带南一段油气勘探的关键。尽管前人从油气运移^[1-2]、构造与油气聚集^[3-7]、油气聚集条件及主控因素^[8-13]等方面对研究区某些凹陷的油气成藏规律进行过大量研究和探讨,但这些研究主要是针对乌拉逊和贝尔2个凹陷进行的,而针对南贝尔和塔南凹陷油气成藏规律的研究相对较少^[9],将4个凹陷综合起来从源-断-势入手研究其油气成藏规律的则更少^[14],而且这些研究仅以定性研究为主,缺少定量研究,这不利于研究区南一段油气勘探的深入。因此,开展海塔盆地中部主要断陷带南一段断层圈闭油气成藏源-断-势控藏作用综合评价,对于指导研究区油气勘探具有重要意义。

1 源-断-势对断层圈闭油气成藏的控制作用

通过海塔盆地中部主要断陷带南一段已知断层圈闭油气藏的解剖和油气分布与源、断、势之间空间配置关系研究发现,断层圈闭油气成藏明显受到源、断、势的控制。

1.1 “源”控制油气藏形成与分布的范围

烃源岩是油气藏形成的物质基础,烃源岩只有进入大量生排烃阶段,才能为油气成藏与分布提供大量油气^[15-16]。由图1可以看出,海塔盆地中部主

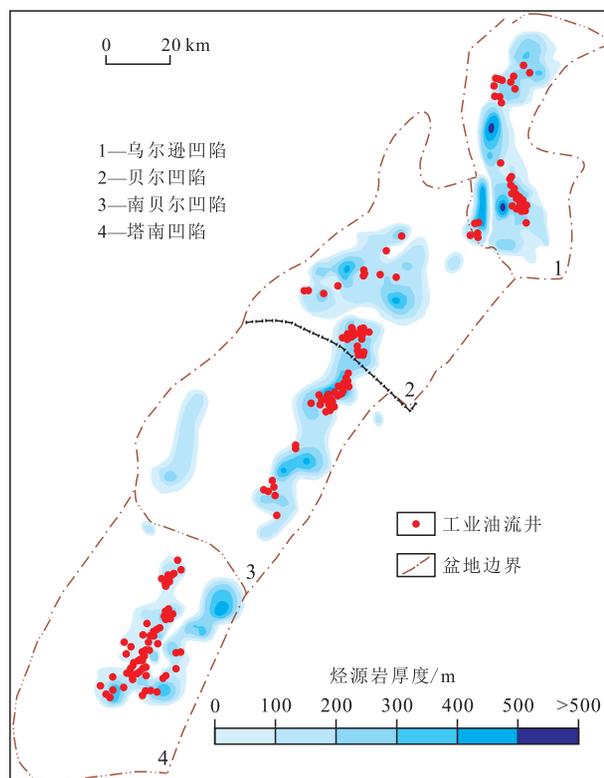


图1 海塔盆地中部主要断陷带南一段烃源岩与断层油气藏分布之间的关系

Fig.1 Relationship between source rock and faults-enclosed oil/gas reservoirs in K_1n_1 in main central depression zones of Haita basin

要断陷带南一段目前已找到的12个油气田均分布在南一段烃源岩成熟区内或附近,在烃源岩成熟区内或附近,断层圈闭才能获得油气并聚集成藏,否则其他油气成藏条件再好也无油气在南一段断层圈闭中聚集与分布。

1.2 “断”控制油气聚集与分布的数量

大量研究表明,断裂不仅能为油气成藏提供运移输导通道,而且为油气聚集提供遮挡条件^[17]。由于海塔盆地中部主要断陷带南一段为自生自储油气,断裂不是南一段油气运移的主要输导通道,对油气主要起遮挡作用。研究区南一段发育早期伸展、早期伸展中期走滑和早期伸展中期走滑晚期反转3种类型断裂^[14]。早期伸展断裂主要在铜钵庙组—南屯组沉积时期活动;早期伸展中期走滑断裂主要在伊敏组二、三段沉积时期活动;早期伸展中期走滑晚期反转断裂主要在青元岗组沉积时期活动。研究区南一段烃源岩在伊敏组沉积末期开始向外大量排烃^[2],由此可知,只有早期伸展断裂才能成为南一段断层圈闭油气聚集成藏的遮挡断裂。

由图2可以看出,研究区南一段目前发现的12个油气田均发育大量的早期伸展断裂,而且断层油气藏早期伸展断裂越发育,工业油流井数越多;反之则越少。如乌尔逊凹陷的苏仁诺尔和乌东斜坡构造带、贝尔凹陷苏德尔特、霍多莫尔、贝中次凹和贝西斜坡构造带、南贝尔凹陷东次凹北洼槽、塔南凹陷中次凹和东次凹均属此类。这是因为南一段储层内发育的早期伸展断裂在南一段烃源岩大量向外生排油气时期——伊敏组沉积末期早已停止活动,可成为南一段油气聚集的遮挡断裂,使油气在其附近形成的断层圈闭中聚集分布。而且早期伸展断裂越发育,受其控制形成的断层圈闭数量越多,油气聚集与分布的数量也越多;反之则越少。

1.3 “势”控制油气成藏与分布的部位

勘探实践表明,油气在地质空间中的运移和聚集明显受输导层流体势场空间分布的控制,油气由高势区向低势区运移,在低势区聚集成藏。根据流体势定义^[18],油气势能由重力、弹性和界面势能3部分构成。由于研究区南一段为常压地层,不存在超压(或无弹性势能),故其势能主要由重力和界面势能组成。其中重力势能主要由构造部位的相对高低来决定,而界面势能则主要由输导层孔渗性决定。

由图3可以看出,海塔盆地中部主要断陷带南一段

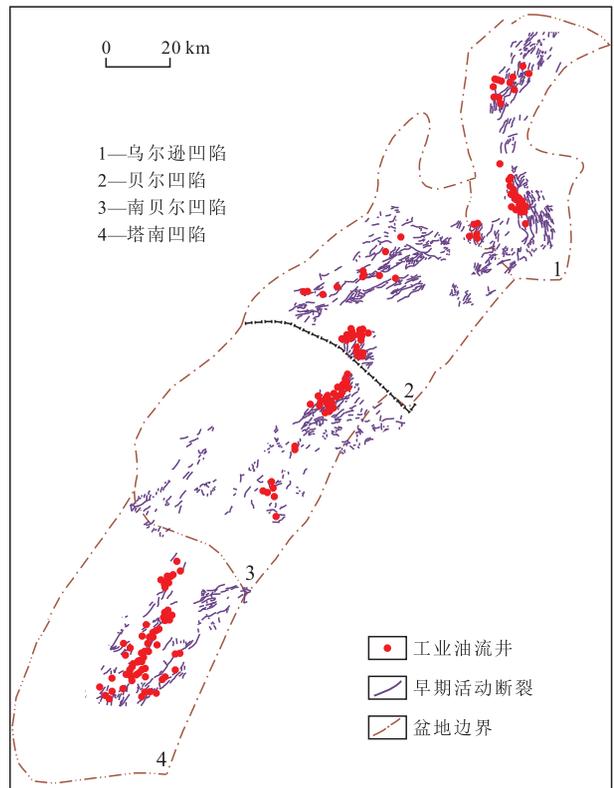
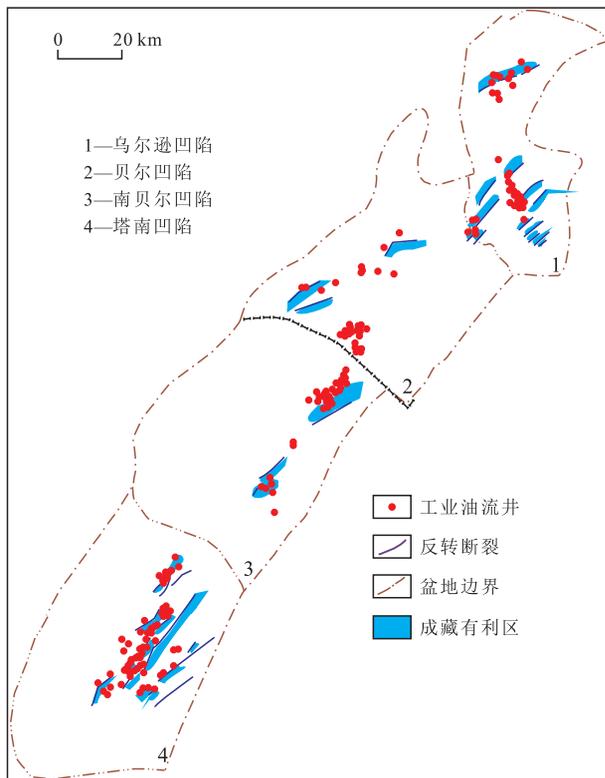
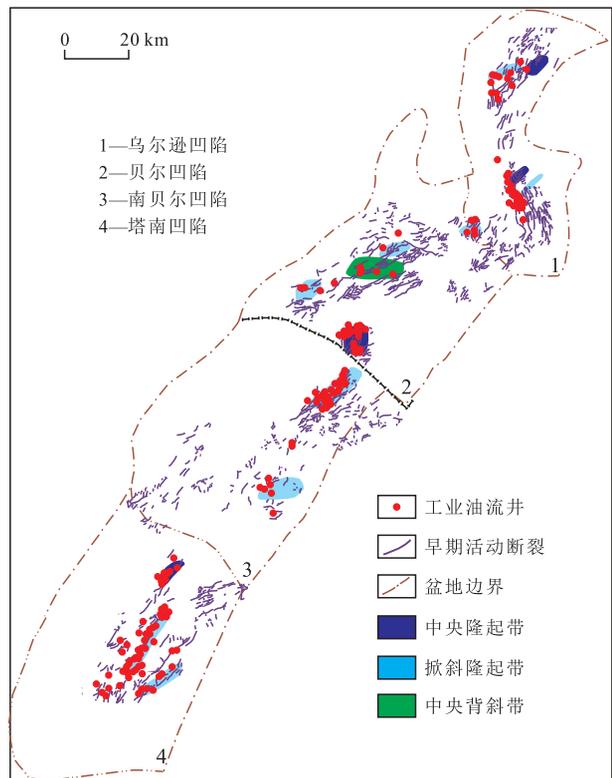


图2 海塔盆地中部主要断陷带南一段断层油气藏与早期伸展断裂之间的关系

Fig.2 Relationship between early extensional faults and faults-enclosed oil/gas reservoirs in K_1n_1 in main central depression zones of Haita basin



a—反转断裂翘倾隆起



b—洼中隆起

图3 海塔盆地中部主要断陷带南一段反转断裂翘倾隆起和洼中隆起与断层油气藏分布之间的关系

Fig.3 Relationship between faults-enclosed oil/gas reservoirs in K_1n_1 and the tilted uplift formed by reversed fault, the uplift in subsag in main central depression zones of Haita basin

一段目前发现的断层油气藏主要分布在反向断裂翘倾隆起和洼中隆起带,因为这2种隆起作为低重力势能区,是南一段烃源岩生成油气侧向运移的指向区,且这2种隆起上发育各种反向断裂遮挡的断层圈闭,同时均发育孔渗性相对较高的扇三角洲前缘亚相砂体^[15],为南一段烃源岩生成油气的聚集成藏提供了圈闭和储集体,有利于油气在此聚集成藏。

由图4可以看出,海塔盆地中部主要断陷带南

一段目前发现的断层油气藏有少部分发育在洼槽内的岩性发育区,这是因为洼槽内虽然构造圈闭不发育,不是油气侧向运移的低重力势能区,但储层内因岩性变化与早期伸展断裂配合却可形成低界面势能区,即发育断层-岩性形成的断层圈闭,也可成为油气运移的指向区,而且其位于南一段烃源岩区中心部位,油气供给充足,有利于油气聚集成藏。

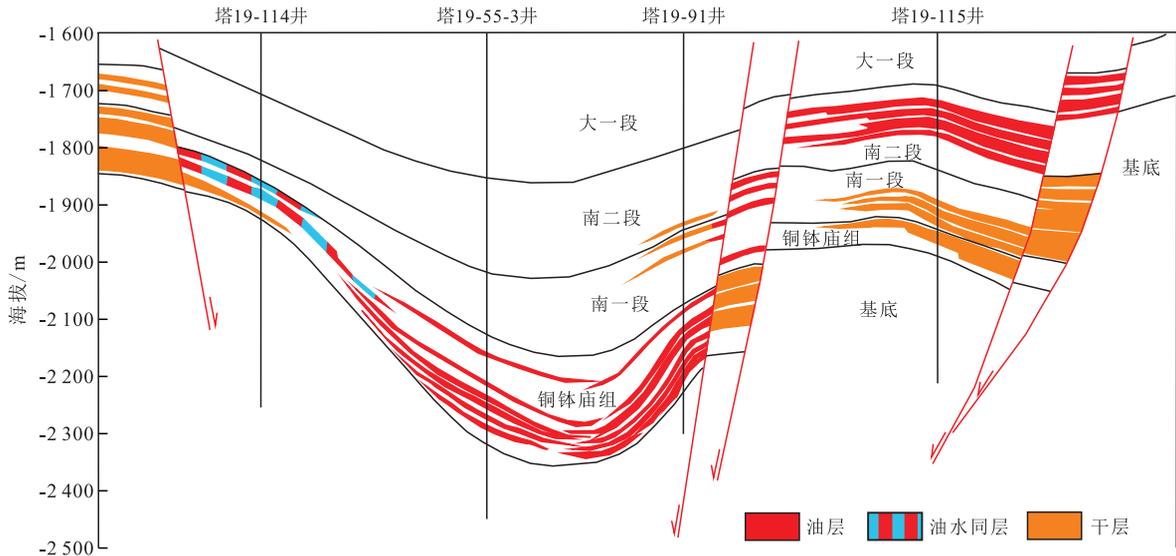


图4 塔南凹陷塔19-114—塔19-115井油藏剖面

Fig.4 Profile of oil-bearing reservoirs across Well Ta19-114-Ta19-55-3-Ta19-91-Ta19-115

2 源-断-势控藏作用综合评价

源、断、势是海塔盆地中部主要断陷带南一段断层圈闭油气成藏与分布的主控因素,然而,研究区南一段要形成大规模断层圈闭油气,仅仅具备这3个主控因素还不行,还必须要求这3个主控因素在空间上合理匹配。

2.1 评价方法

选取源、断、势作为断层圈闭油气成藏的3个评价参数,根据3个评价参数不同取值对油气成藏作用进行好、中、差等级的划分。按照断层圈闭与烃源岩区的位置关系,可将烃源岩对断层圈闭油气成藏的控制作用按位于源内、位于源边和位于源外划分为好、中、差3个等级;将断裂对断层圈闭油气成藏的控制作用按断层圈闭内发育2条以上早期伸展断裂、仅发育1条早期伸展断裂、无早期伸展断裂,且按距早期伸展断裂相对较远划分为好、中、差3个等级;重力势能可用构造部位特征来反映,将其对断层圈闭油气成藏的控制作用按反向断裂翘倾隆起、洼中隆起和洼槽划分为好、中、差3个等级;界面

势能可用优质储层是否发育来反映,将其对断层圈闭油气成藏的控制作用按扇三角洲前缘亚相砂体、滨湖及扇中亚相砂体和半深湖—深湖及扇根亚相砂体划分为好、中、差3个等级。对各评价参数的好、中、差3个等级分别赋予评价权值3,2,1;再按3个评价参数与断层圈闭油气成藏之间的所属关系权重系数分配,即烃源岩、早期伸展断裂、优质储层是否发育、构造部位对断层圈闭油气成藏控制作用的权重系数分别为1/3,1/3,1/6和1/6;最后由加权平均法便可计算得到源-断-势控藏作用的综合评价价值。

2.2 综合评价结果

对海塔盆地中部主要断陷带南一段已发现12个断层油气田的源、断、势特征进行了统计,按照上述方法对源-断-势控藏作用综合评价值进行了计算。结果(表1)表明,海塔盆地中部主要断陷带南一段12个断层油气田形成所需的源-断-势控藏作用综合评价值最小为2.63,最大可达3.0,平均为2.89。由此可以得到研究区南一段断层圈闭油气成藏形成所需源-断-势控藏作用的综合评价值应大于或等于2.63。

表1 海塔盆地中部主要断陷带南一段断层油气田源-断-势控藏作用综合评价结果

Table1 Comprehensive evaluation results on control effect of source rock-fault-potential on oil and gas accumulation in K_{m_1} of faults-enclosed oil and gas field in main central depression zones of Haita basin

凹陷	油气田	烃源岩	优质储层	断裂	构造	综合评价价值
乌尔逊	苏仁诺尔	源内	扇三角洲前缘亚相砂体	2条以上	洼中隆、反向断裂翘倾隆起	2.92
	乌东斜坡	源内	扇三角洲前缘亚相砂体	2条以上	局部洼中隆、反向断裂翘倾隆起	2.96
	巴彦塔拉	源边	扇三角洲前缘亚相砂体	2条以上	局部洼中隆、反向断裂翘倾隆起	2.63
贝尔	呼和诺仁	源内	扇三角洲前缘亚相砂体	2条以上	局部洼中隆、反向断裂翘倾隆起	2.96
	苏德尔特	源内	扇三角洲前缘亚相砂体	2条以上	反向断裂翘倾隆起	3.0
	霍多莫尔	源内	扇三角洲前缘亚相砂体	2条以上	洼中隆、反向断裂翘倾隆起	2.92
	贝中	源内	扇三角洲前缘亚相砂体	2条以上	洼中隆	2.83
南贝尔	东次北洼槽	源内	扇三角洲前缘亚相砂体	2条以上	洼中隆、反向断裂翘倾隆起	2.96
	东次南洼槽	源内	扇三角洲前缘亚相砂体	2条以上	洼中隆、反向断裂翘倾隆起	2.96
塔南	西次凹	源边	扇三角洲前缘亚相砂体	2条以上	局部洼中隆、反向断裂翘倾隆起	2.63
	中次凹	源内	扇三角洲前缘亚相砂体	2条以上	局部洼中隆、反向断裂翘倾隆起	2.96
	东次凹	源内	扇三角洲前缘亚相砂体	2条以上	局部洼中隆、反向断裂翘倾隆起	2.96

3 有利区预测

按照上述评价方法,对南一段断层圈闭源-断-势控藏作用进行了综合评价(图5),将源-断-势控藏作用综合评价价值大于2.63作为划分标准。由于

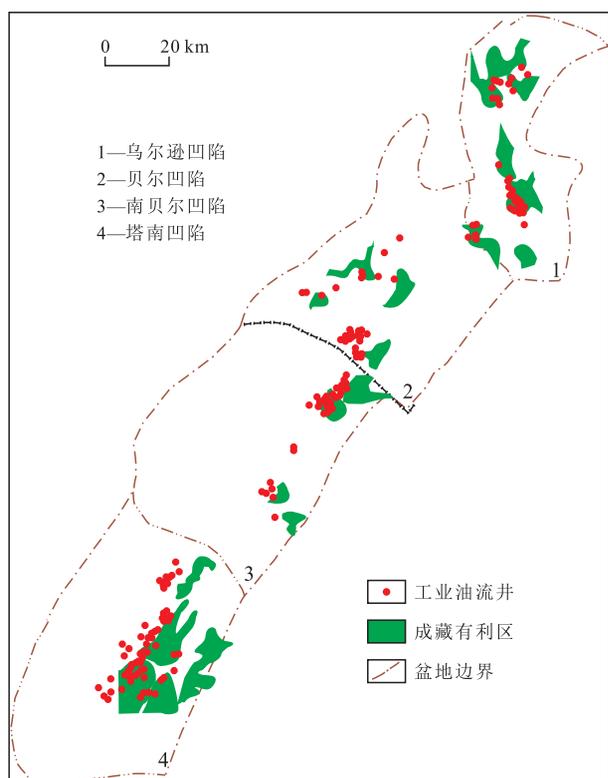


图5 海塔盆地中部主要断陷带南一段断层油气成藏有利区分布

Fig.5 Distribution of favorable areas of faults-enclosed oil/gas reservoir in K_{m_1} in main central depression zones of Haita basin

海塔盆地中部主要断陷带南一段为自生自储式含油气组合,砂体是否发育是断层圈闭油气聚集的重要条件,故选取研究区南一段目前已发现的三角洲前缘亚相砂体作为断层圈闭油气成藏有利区预测的评价单元,统计其源、断、势特征。由图5可以看出,研究区南一段断层圈闭油气成藏的有利区主要分布在乌尔逊凹陷苏仁诺尔和乌东斜坡、贝尔凹陷苏德尔特、南贝尔凹陷东次凹、塔南凹陷中次凹的扇三角洲前缘亚相砂体分布区,其次是贝尔凹陷呼和诺仁、塔南凹陷东次凹的扇三角洲前缘亚相砂体分布区。

4 结论

海塔盆地中部主要断陷带南一段断层油气成藏主要受源、断、势的控制,烃源岩区控制着油气形成与分布的范围,早期伸展断裂为油气聚集与分布提供了遮挡条件,低势区控制着油气成藏与分布的部位。建立了研究区南一段断层圈闭油气成藏源-断-势控藏作用综合评价方法,按照源-断-势控藏作用综合评价价值大于或等于2.63的标准,研究区南一段断层圈闭油气成藏有利区主要分布在乌尔逊凹陷苏仁诺尔和乌东斜坡、贝尔凹陷苏德尔特、南贝尔凹陷东次凹、塔南凹陷中次凹的扇三角洲前缘亚相砂体分布区,其次是贝尔凹陷呼和诺仁、塔南凹陷东次凹的扇三角洲前缘亚相砂体分布区。

参考文献:

[1] 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.
- [2] 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.
- [3] 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 Urxun—Beier depression in Hailaer basin [J]. Geotectonica et Metallogenia, 2007, 31(2): 151-156.
- [4] 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.
- [5] 赵亮.主控断裂在南贝尔凹陷的控藏作用[J].特种油气藏,2013,20(4):50-52,84.
- Zhao Liang. Control action of the master fracture on hydrocarbon accumulation in south Beier depression [J]. Special Oil & Gas Reservoirs, 2013, 20(4):50-52,84.
- [6] 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.
- 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.
- [7] 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(增刊):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(Supplement):1-6.
- [8] 刘赫,李军辉,金镇龙.海拉尔盆地乌尔逊—贝尔凹陷岩性—地层油藏成藏特征及勘探方向[J].地质科学,2011,46(4):1 079-1 093.
- Liu He, Li Junhui, Jin Zhenlong. Forming characteristics of lithologic and stratigraphic reservoirs and its exploration direction of Wuxun—Buir sag in Hailaer Basin [J]. Chinese Journal of Geology, 2011, 46(4):1 079-1 093.
- [9] 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):1 094-1 105.
- Jin Lihong, Sun Xiaodong, Li Qiang, et al. Hydrocarbon accumulation conditions and enrichment rule in the South Buir [J]. Chinese Journal of Geology, 2011, 46(4):1 094-1 105.
- [10] 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.
- Fu Guang, Meng Qingfen, Xu Qin. Main factors controlling oil or gas accumulation and distribution and forecasting for favorable exploration areas of K_2n_2 in Wuerxun depression [J]. Journal of Jilin University: Earth Science Edition, 2004, 34(3):377-382.
- [11] 张吉光,彭苏萍,张宝玺,等.乌尔逊—贝尔凹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.
- [12] 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.
- [13] 董焕忠.海拉尔盆地乌尔逊凹陷南部大磨拐河组油气来源及成藏机制[J].石油学报,2011,32(1):62-69.
- Dong Huanzhong. Oil-gas source and reservoir-forming mechanism of the Damoguaihe Formation in the southern Wuerxun Sag, Hailaer Basin [J]. Acta Petrolei Sinica, 2011, 32(1):62-69.
- [14] 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):1 068-1 078.
- Fu Guang, Liu Yunyan. Controlling of “sourcerock-fault-potential energy” to oil accumulation and distribution in Beier depression [J]. Chinese Journal of Geology, 2011, 46(4):1 068-1 078.
- [15] 任拥军,杜雨佳,郭潇潇,等.渤中凹陷古近系优质烃源岩特征及分布[J].油气地质与采收率,2015,22(1):5-13.
- Ren Yongjun, Du Yujia, Guo Xiaoxiao, et al. Characteristics and distribution of Paleogene high-quality source rocks in Bozhong sag [J]. Petroleum Geology and Recovery Efficiency, 2015, 22(1):5-13.
- [16] 陈善斌,甘华军,时阳,等.北部湾盆地福山凹陷烃源岩地球化学特征及地质意义[J].油气地质与采收率,2015,22(1):14-19,25.
- Chen Shanbin, Gan Huajun, Shi Yang, et al. Geochemical features and geologic significance of source rocks in Fushan sag, Beibuwang basin [J]. Petroleum Geology and Recovery Efficiency, 2015, 22(1):14-19,25.
- [17] 杨彩虹,曾广东,李上卿,等.东海西湖凹陷平北地区断裂发育特征与油气聚集[J].石油实验地质,2014,36(1):64-69.
- Yang Caihong, Zeng Guangdong, Li Shangqing, et al. Fault development characteristics and hydrocarbon accumulation in Pingbei area of Xihu Sag, East China Sea [J]. Petroleum Geology & Experiment, 2014, 36(1):64-69.
- [18] Hubbert M King. The theory of ground-water motion [J]. The Journal of Geology, 1940, 48(8):785-944.