

许凤鸣. 受油源断裂控制的不同层位油气运聚空间分布部位预测方法及其应用. 吉林大学学报(地球科学版), 2024, 54(2): 461-469. doi:10.13278/j.cnki.jjuese.20220220.

Xu Fengming. Prediction Method of Hydrocarbon Migration and Accumulation Space Distribution Positions in Different Layers Controlled by Oil Source Faults and Its Application. Journal of Jilin University (Earth Science Edition), 2024, 54(2): 461-469. doi:10.13278/j.cnki.jjuese.20220220.

受油源断裂控制的不同层位油气运聚空间分布部位预测方法及其应用

许凤鸣

大庆油田公司勘探事业部, 黑龙江 大庆 163453

摘要: 为了研究含油气盆地油源断裂附近油气分布规律, 在受油源断裂控制的不同层位油气运聚空间及分布部位研究的基础上, 通过油源断裂在下部储层内输导油气有利部位, 确定下部盖层油气运聚空间分布部位; 通过油源断裂在下部储层内输导油气有利部位和下部区域性泥岩盖层渗漏部位, 确定中部盖层油气运聚空间分布部位; 通过油源断裂在下部储层内输导油气有利部位、下部和中部区域性泥岩盖层渗漏部位, 确定上部盖层油气运聚空间分布部位; 三者组合建立了一套受油源断裂控制的不同层位油气运聚空间分布部位的预测方法, 并将其应用于渤海湾盆地歧口凹陷受港东断裂控制的不同层位油气运聚空间分布部位的预测。结果表明: 除西南部端部外, 其余部位皆为受港东断裂控制的沙三段源岩—沙一中亚段盖层油气运聚空间分布部位; 受港东断裂控制的沙三段源岩—东二段盖层和沙三段源岩—明化镇组盖层油气运聚空间分布部位均在其中部, 前者分布范围略大于后者。这些分布部位分别有利于下伏沙三段源岩生成的油气在港东断裂附近的沙一中亚段、东二段和明化镇组区域性泥岩盖层之下的储层中运聚成藏。该预测方法的预测结果与目前港东断裂附近沙一中亚段、东二段和明化镇组区域性泥岩盖层之下储层中已发现油气分布相吻合。

关键词: 油源断裂; 油气运聚空间; 分布部位; 预测方法; 歧口凹陷

doi:10.13278/j.cnki.jjuese.20220220

中图分类号: TE132; P618.13

文献标志码: A

Prediction Method of Hydrocarbon Migration and Accumulation Space Distribution Positions in Different Layers Controlled by Oil Source Faults and Its Application

Xu Fengming

收稿日期: 2022-07-24

作者简介: 许凤鸣(1978—), 男, 高级工程师, 主要从事石油天然气地质综合方面的研究, E-mail: xufengming@petrochina.cn

基金项目: 黑龙江省自然科学基金项目(LH2022D013, LH2023D005); 2021年黑龙江省中央支持地方高校青年骨干人才项目(14011202101); 黑龙江省重点研发计划项目(JD22A022)

Supported by the Natural Science Foundation of Heilongjiang Province of China (LH2022D013, LH2023D005), the Natural Science Foundation of Central Support Project for Young Talents in Local Universities in Heilongjiang Province (14011202101) and the Key Research and Development Program of Heilongjiang Province (JD22A022)

Exploration Department of Daqing Oilfield Company Ltd., Daqing 163453, Heilongjiang, China

Abstract: In order to study the distribution law of oil and gas near oil source faults in petroliferous basins, based on the study of spatial distribution of oil and gas migration and accumulation in different layers controlled by oil source faults, through the oil source faults transporting favorable positions of oil and gas in the lower reservoir, the spatial distribution position of oil and gas migration and accumulation between source rock and lower cap rock controlled by oil source faults is determined. The spatial distribution of hydrocarbon migration and accumulation between source rock and middle cap rock controlled by oil source faults is determined through the oil source faults transporting favorable parts of oil and gas in the lower reservoir and the leakage parts of regional mudstone caprock in the lower reservoir. The spatial distribution of oil and gas migration and accumulation from the source rock to the upper cap rock controlled by oil source faults is determined by the oil source fault in the favorable part of oil and gas transmission in the lower reservoir and the leakage parts of the lower and central regional mudstone cap rocks. A prediction methods of hydrocarbon migration and accumulation space distribution positions in different layers controlled by oil source faults was established by the combination of the three. The results show that, except the western end, the rest parts are the spatial distribution parts of oil and gas migration and accumulation from the source rock of the Es^3 Formation to the caprock of the Es^{1+2} Formation controlled by Gangdong fault. The spatial distribution of hydrocarbon migration and accumulation in the source rock of the Es^3 Formation and the caprock of the Ed^2 Formation, which are controlled by Gangdong fault, are distributed in its middle part, the former is slightly larger than the latter. These position are respectively beneficial to oil and gas generated by the source rock of the Es^3 Formation migration and accumulation to the reservoirs under the regional mudstone caprock of the Es^{1+2} Formation, the Ed^2 Formation and Nm Formation near Gangdong fault, it is consistent with the oil and gas distribution found in the reservoirs under the regional mudstone caprock of the Es^{1+2} Formation, the Ed^2 Formation and Nm Formation near Gangdong fault at present, indicating that the method is feasible to predict the hydrocarbon migration and accumulation space distribution positions in different layers controlled by oil source faults.

Key words: oil source fault; hydrocarbon migration and accumulation space; distribution position; prediction method; Qikou depression

0 引言

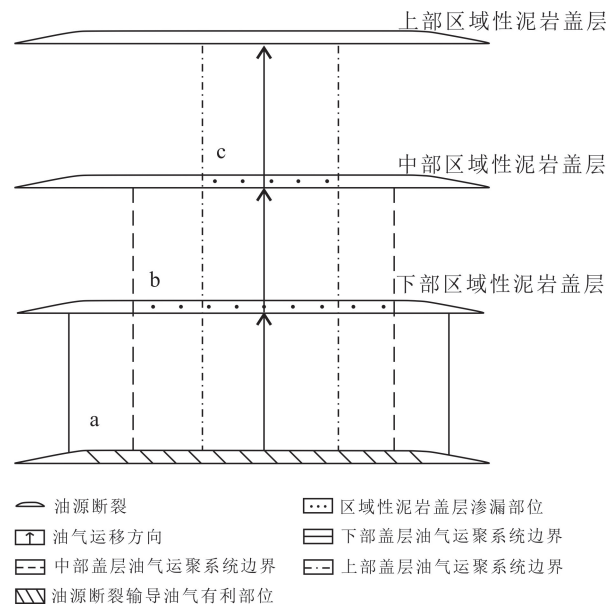
随着油气勘探的深入,人们发现在含油气盆地虽然油气分布明显受到油源断裂(连接源岩与储层,且在油气成藏期活动的断裂)控制,但不同部位的油气分布层位却不同,这除了受到圈闭和砂体分布的影响外,主要是受油源断裂控制的不同层位油气运聚空间分布部位的影响。因为其分布部位的不同,油气在油源断裂附近成藏层位和部位也就不同。因此,准确地预测受油源断裂控制的不同层位油气运聚空间分布部位,对正确认识含油气盆地油源断裂附近不同层位油气分布规律及指导其油气勘探均具有重要意义。

关于受油源断裂控制的油气运聚部位,前人曾做过一定研究工作,总结主要有以下 3 个方面:一是认为只有能排出油气的源岩与油源断裂输导油气有利位置耦合的部位,才能形成输导油气有利位置^[1-4];二是认为油源断裂只有在区域性泥岩盖层内分段生长上下不连接的部位,才是区域性泥岩盖层封闭部位^[5-8];三是认为只有油源断裂输导油气有利部位与区域性泥岩盖层封闭部位耦合的部位,才是受油源断裂控制的油气运聚部位^[9-12]。上述研究成果对正确认识含油气盆地油源断裂附近油气分布规律及指导其油气勘探起到了非常重要的作用。然而,上述研究只能给出油源断裂处同一层位油气运聚部位,却不能预测出不同层位油气运聚空间分布

的部位。因此,开展受油源断裂控制的不同层位油气运聚空间分布部位预测方法的研究,对于正确认识其分布规律及指导其油气勘探均具有重要意义。

1 受油源断裂控制的不同层位油气运聚空间及分布部位

大量研究表明,在含油气盆地中,下伏源岩生成的油气沿着油源断裂向上运移过程中,首先遇到下部区域性泥岩盖层阻挡,若下部区域性泥岩盖层封闭,那么油源断裂输导油气便在下部区域性泥岩盖层之下的储层中发生侧向分流运移和聚集,形成了下部盖层油气运聚系统(图 1a)。若下部区域性泥岩盖层不封闭,油源断裂输导油气穿过下部区域性泥岩盖层向上运移,然后遇到中部区域性泥岩盖层的阻挡,若盖层封闭,那么油气便向中部区域性泥岩盖层之下储层中发生侧向分流运移和聚集,形成了中部盖层油气运聚系统(图 1b)。若中部区域性泥岩盖层不封闭,油源断裂输导油气穿过中部区域性泥岩盖层渗漏部位向上运移,最后遇到上部区域性泥岩盖层的阻挡,油源断裂输导油气向上部区域性泥岩盖层之下储层侧向分流运移和聚集,形成了上



a. 下部盖层油气运聚系统;b. 中部盖层油气运聚系统;c. 上部油气运聚系统。

图 1 受油源断裂控制的不同层位油气运聚空间分布部位示意图

Fig.1 Spatial distribution of hydrocarbon migration and accumulation in different layers controlled by oil-source faults

部盖层油气运聚系统(图 1c)。由图 1 可以看出,受油源断裂控制的不同层位油气运聚空间分布部位是不同的:受油源断裂控制的源岩一下部盖层油气运聚空间分布部位应为油源断裂输导油气有利部位同下部区域性泥岩盖层之间的封闭部位;受油源断裂控制的源岩—中部盖层油气运聚空间分布部位应是油源断裂输导油气有利部位与下部区域性泥岩盖层渗漏部位的耦合部位同中部区域性泥岩盖层间的封闭部位;受油源断裂控制的源岩—上部盖层油气运聚空间分布部位应是油源断裂输导油气有利部位、下部和中部区域性泥岩盖层渗漏部位的耦合部位同上部区域性泥岩盖层间的封闭部位。

2 受油源断裂控制的不同层位油气运聚空间分布部位预测方法

预测受油源断裂控制的不同层位油气运聚空间分布部位,需要确定出受油源断裂控制的源岩一下部盖层、中部盖层和上部盖层 3 套油气运聚空间分布部位。

确定受油源断裂控制源岩一下部盖层油气运聚空间分布部位,需要确定出油源断裂在下部储层内输导油气有利部位。利用三维地震资料确定油源断裂在目的层内断距:首先,由文献[13-14]中方法恢复油气成藏期油源断裂古断距,除以断裂活动时间,可以得到油源断裂在下部储层内不同部位古活动速率(v);然后,由文献[15]中方法计算研究区断裂输导油气所需的最小活动速率(v_{min});最后,当 $v > v_{min}$ 时,便可以得到油源断裂在下部储层内输导油气有利部位,如图 2 所示。将上述已确定出的油源

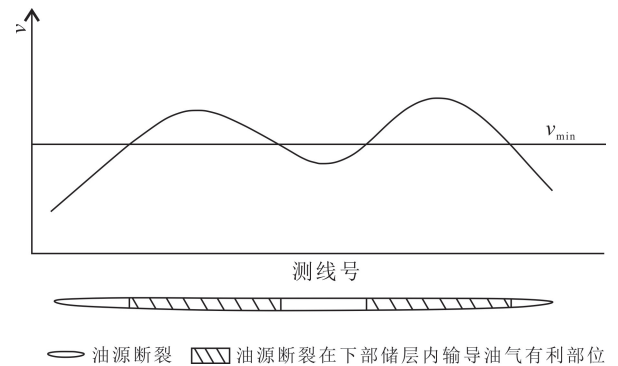


图 2 油源断裂在下部储层内输导油气有利部位厘定示意图

Fig.2 Delineation of favorable position for transporting oil and gas by oil source fault in lower reservoir

断裂在下部储层内输导油气有利部位与下部区域性泥岩盖层分布叠合,便可以得到受油源断裂控制的源岩—下部盖层油气运聚空间分布部位,如图 1a 所示。

要确定受油源断裂控制源岩—中部盖层油气运聚部位,须确定出油源断裂在下部储层内输导油气有利部位和下部区域性泥岩盖层渗漏部位,油源断裂在下部储层内输导油气有利部位上文已确定,只要确定出下部区域性泥岩盖层渗漏部位即可。利用三维地震资料确定油源断裂在下部区域性泥岩盖层内断距和被其错断的下部区域性泥岩盖层厚度:首先,由文献[13, 15 - 17]中方法恢复油源断裂古断距和下部区域性泥岩盖层古厚度,由后者减去前者求取下部区域性泥岩盖层古断接厚度(H_f);然后,由文献[18]中方法确定研究区盖层封闭油气所需的最小断接厚度($H_{f, \min}$);最后,将下部区域性泥岩盖层古断接厚度小于盖层封闭油气所需的最小断接厚度的部位圈在一起,便可以得到下部区域性泥岩盖层渗漏部位,如图 3 所示。将上述已确定出的油源断裂在下部储层内输导油气有利部位和下部区域性泥岩盖层渗漏部位叠合,便可以得到受油源断裂控制的源岩—中部盖层油气运聚空间分布部位,如图 1b 所示。

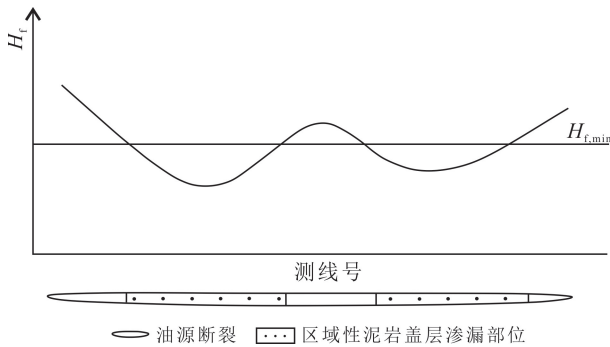


图 3 区域性泥岩盖层渗漏部位厘定示意图
Fig.3 Schematic diagram of regional mudstone cap seepage location determination

要确定受油源断裂控制的下部至上部盖层油气运聚部位,须确定出油源断裂在下部储层内输导油气有利部位、下部和中部区域性泥岩盖层渗漏部位。油源断裂在下部储层内输导油气有利部位和下部区域性泥岩盖层渗漏部位上述已确定,中部区域性泥岩盖层渗漏部位可按照下部区域性泥岩盖层渗漏部位的确定方法来确定。将上述已确定出的油源断裂

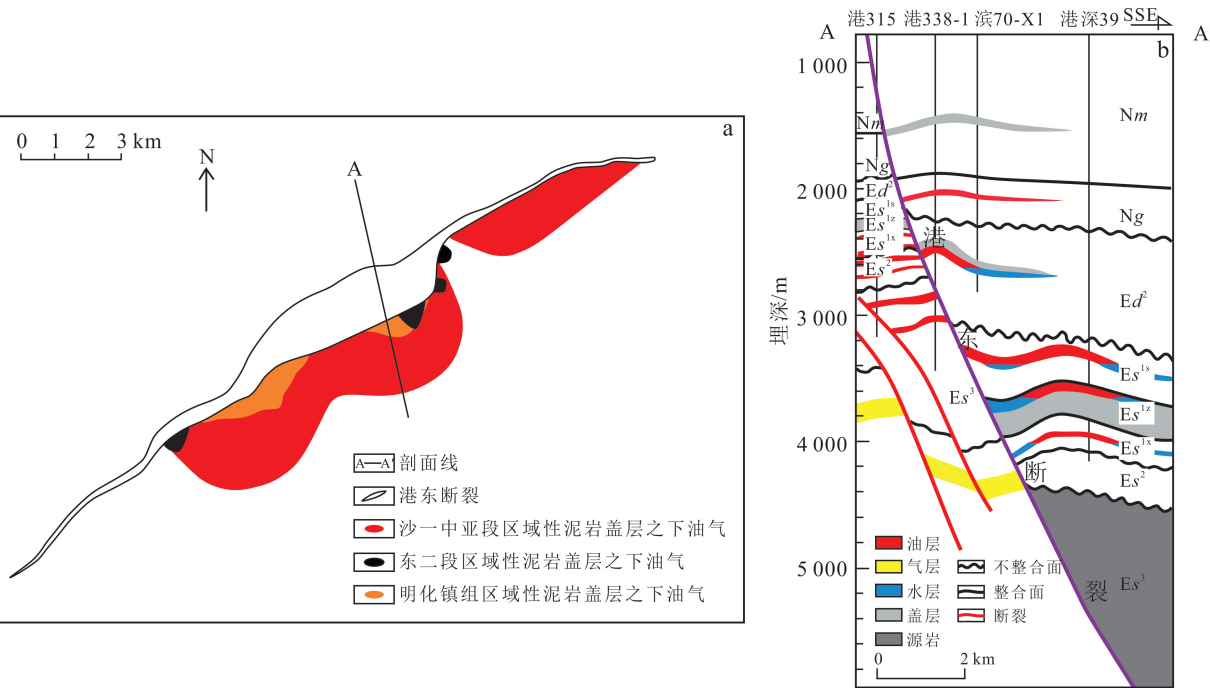
在下部储层内输导油气有利部位、下部和中部区域性泥岩盖层渗漏部位叠合,便可以得到受到油源断裂控制的源岩—上部盖层油气运聚空间分布部位,如图 1c 所示。

3 实例应用

本文选取渤海湾盆地歧口凹陷港东断裂作为实例,利用上述方法预测受港东断裂控制的不同层位油气运聚空间分布部位,并通过预测结果与目前港东断裂附近不同层位已发现油气分布之间关系分析,验证该方法用于预测受油源断裂控制的不同层位油气运聚空间分布部位是否可行。

港东断裂位于歧口凹陷歧北斜坡区,是一条北东向展布的正断层,在平面上延伸长度约为 23 km,向南东方向倾斜,倾角变化在 53°~71°之间。由图 4 中可以看出,港东断裂从下部沙三段(E_s^3)向上断至明化镇组(N_m)顶部,为一条长期继承性发育的断裂。目前港东断裂附近已发现油气主要分布在沙河街组(E_s),其次是东营组(E_d)、馆陶组(N_g)和明化镇组(N_m),其盖层分别为沙一中亚段(E_s^{12})、东二段(E_d^2)和明化镇组区域性泥岩盖层,油气主要来自下伏沙三段源岩^[19]。由于港东断裂连接了下伏沙三段源岩和上覆沙河街组、东营组、馆陶组、明化镇组储层,且在油气成藏期—明化镇组沉积中晚期活动,是沙河街组、东营组、馆陶组、明化镇组的油源断裂。港东断裂附近目前已发现的油气主要分布在沙一中亚段区域性泥岩盖层之下,油气在港东断裂附近大面积分布,而东二段和明化镇组区域性泥岩盖层之下油气仅分布在其中部,这除了受到圈闭和砂体发育的影响外,主要是受到了港东断裂控制的沙三段源岩—沙一中亚段盖层、沙三段源岩—东二段盖层和沙三段源岩—明化镇组盖层油气运聚空间分布部位的影响。因此,能否准确地预测这些盖层油气运聚空间分布部位,是港东断裂附近不同层位油气勘探的关键。

利用三维地震资料确定港东断裂在沙一下亚段内断距,由文献[13 - 14]中方法计算断裂古断距,结合断裂活动时间,得到港东断裂在沙一下亚段内古活动速率(图 5)。由图 5 中可以看出,港东断裂在沙一下亚段内古活动速率中部相对较大,东西两端相对较小。由歧口凹陷断裂输导油气所需的最小活动速率约为 4 m/Ma^[20],可以得到港东断裂在



a. 港东断裂与不同层位油气分布平面图;b. 过港东断裂剖面图。Es^{1s}, 沙一上亚段; Es^{1z}, 沙一中亚段; Es^{1x}, 沙一下亚段。

图 4 港东断裂与不同层位油气分布关系图

Fig.4 Distribution relationship between Gangdong fault and oil and gas in different layers

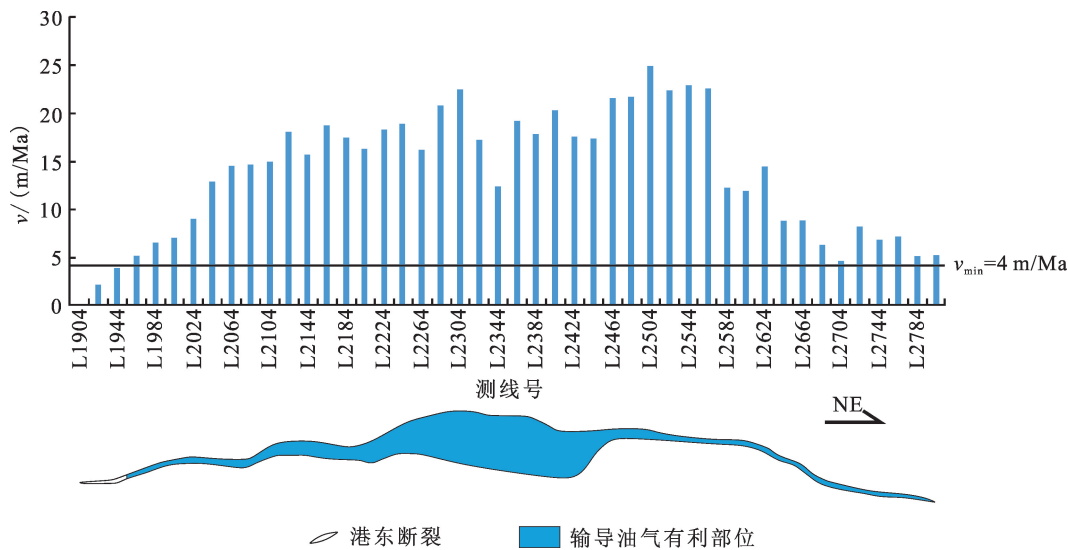


图 5 港东断裂在沙一下亚段内输导油气有利部位厘定示意图

Fig.5 Schematic diagram of Gangdong fault in the Lower Submember of the 1st Member of Shahejie Formation to determine the favorable position for transporting oil and gas

沙一下亚段内输导油气有利部位。图 5 可以看出,除左端(港东断裂西南部)部外,其余部位港东断裂在沙一下亚段内皆为输导油气有利部位。

利用钻井和三维地震资料确定港东断裂在沙一中亚段及东二段区域性泥岩盖层断距和被其错断的

泥岩盖层厚度,由文献[13-14,16-17]中断裂古断距和地层古厚度恢复方法恢复油气成藏期港东断裂在沙一中亚段内古断距及东二段区域性泥岩盖层古厚度,由后者减去前者求取沙一中亚段和东二段区域性泥岩盖层古断接厚度。由图6、7可以看出,港东

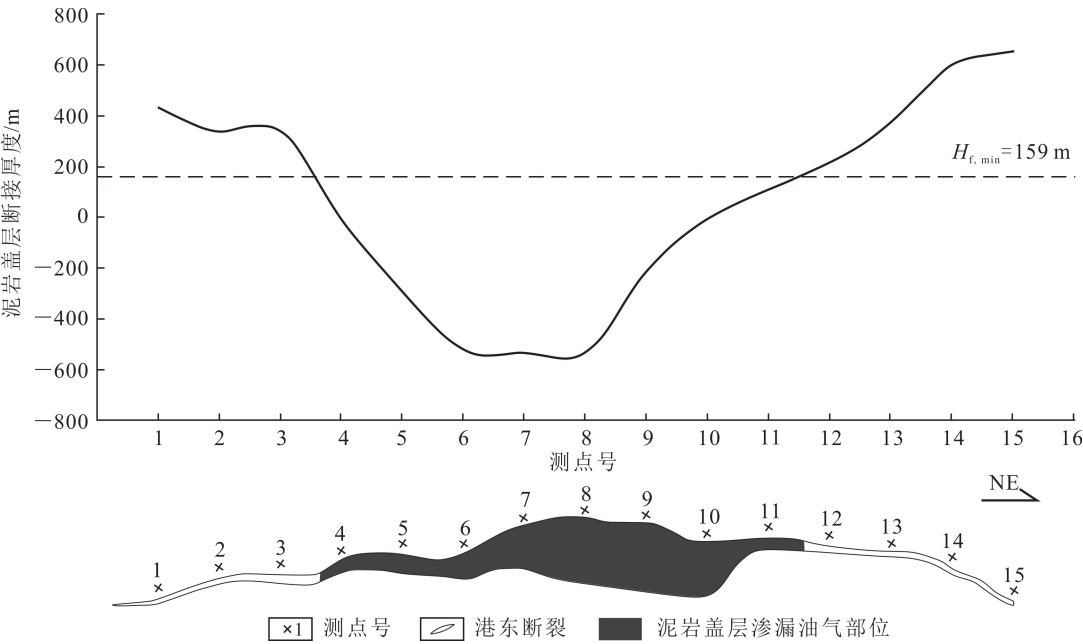


图 6 港东断裂处沙一中亚段区域性泥岩盖层渗漏部位厘定图

Fig.6 Determination of seepage location of regional mudstone cap in the Middle Submember of the 1st Member of the Shahejie Formation of Gangdong fault

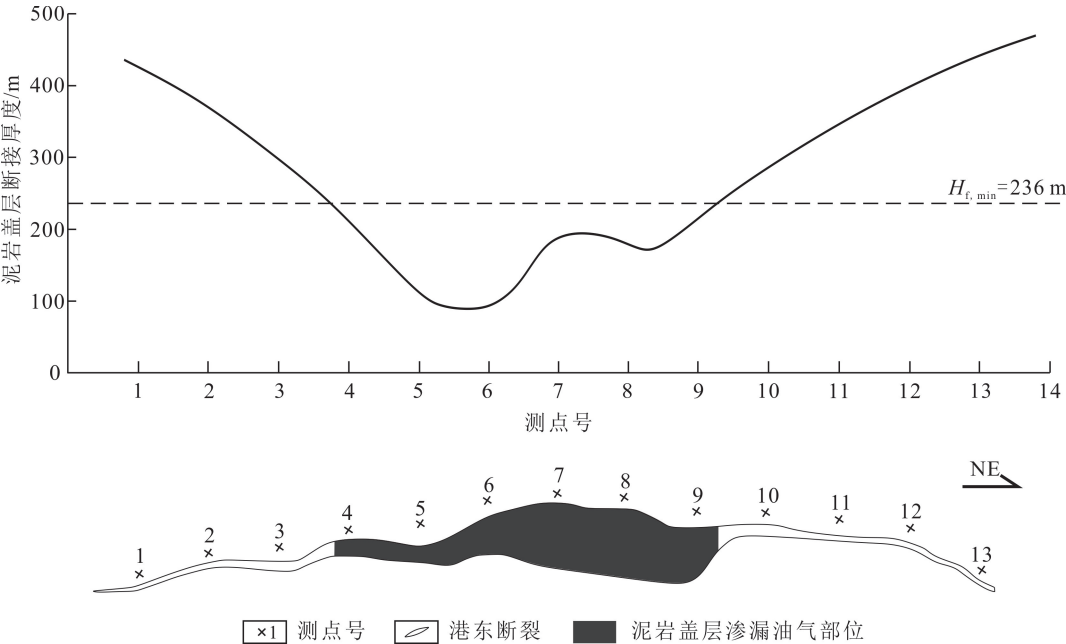


图 7 港东断裂处东二段区域性泥岩盖层渗漏部位厘定图

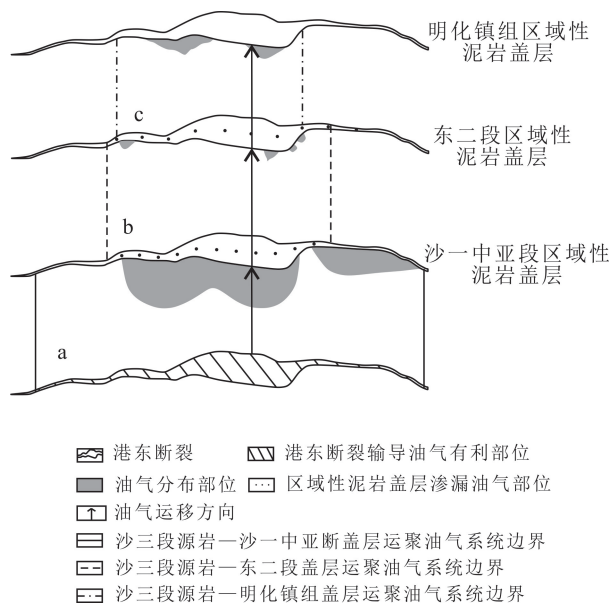
Fig.7 Determination of seepage location of regional mudstone cap in the 2nd Member Dongying Formation of Gangdong fault

断裂处沙一中亚段和东二段区域性泥岩盖层断接厚度均是中部相对较小,两侧相对较大。结合歧口凹陷沙一中亚段和东二段区域性泥岩盖层封闭油气所需的最小断接厚度分别约为 159 m 和 236 m^[21-23], 可以得到港东断裂处沙一中亚段和东二段区域性泥岩盖层渗漏部位,且均分布在其中部。

由图 4 中可以看出,明化镇组地层厚度相对较大,且港东断裂未断穿明化镇组,至今其上未见到油

气,表明明化镇组区域性泥岩盖层封闭,无渗漏部位。

将上述已确定出的港东断裂在沙一下亚段输导油气有利部位,沙一下亚段、东二段区域性泥岩盖层渗漏部位,沙一中亚段、东二段和明化镇组区域性泥岩盖层封闭部位分布叠合,便可以得到受港东断裂控制的沙三段源岩—沙一中亚段盖层、东二段盖层和明化镇组盖层油气运聚空间分布部位(图 8),可以看出,港东断裂处除了西南部端部外,其余部位皆为沙三段源岩—沙一中亚段盖层油气运聚空间分布部位;沙三段源岩—东二段盖层和沙三段源岩—明化镇组盖层油气运聚空间分布部位皆分布在其中部,只是沙三段源岩—东二段盖层油气运聚空间分布部位略大于沙三段源岩—明化镇组盖层油气运聚空间分布部位。



a. 沙三段源岩—沙一中亚段盖层油气运聚系统;b. 沙三段源岩—东二段盖层油气运聚系统;c. 沙三段源岩—明化镇组盖层油气运聚系统。

图 8 受港东断裂控制的油气运聚空间分布部位与油气分布关系图

Fig.8 Relationship between spatial distribution of hydrocarbon migration and accumulation controlled by Gangdong fault and hydrocarbon distribution

港东断裂附近沙一中亚段区域性泥岩盖层之下目前已发现油气在整个港东断裂均有分布,东二段和明化镇组区域性泥岩盖层之下目前已发现油气均分布在其中部,正好分别位于受港东断裂控制的沙

三段源岩—沙一中亚段盖层、东二段盖层和明化镇组盖层油气运聚空间分布部位及附近,这是因为只有分别位于受港东断裂控制的沙三段源岩和相对应的盖层油气运聚空间分布部位及附近,才能通过港东断裂输导油气有利部位从下伏沙三段源岩处获得大量油气,在盖层之下储层中运聚成藏,油气钻探才能发现油气;否则无油气发现。

4 结论

1)通过油源断裂在下部储层输导油气有利部位,确定源岩一下部盖层油气运聚空间分布部位;通过油源断裂在下部储层输导油气有利部位和下部区域性泥岩盖层渗漏部位,确定源岩—中部盖层油气运聚空间分布部位;通过油源断裂在下部储层内输导油气有利部位、下部和中部区域性泥岩盖层渗漏部位,确定源岩—上部盖层油气运聚空间分布部位。三者结合建立了一套受油源断裂控制的不同层位油气运聚空间分布部位的预测方法,经实例应用,结果证实了该方法用于预测油源断裂控制的不同层位油气运聚空间分布部位是可行的。

2)渤海湾盆地歧口凹陷除西南部外,其余部位皆为受港东断裂控制的沙三段源岩—沙一中亚段盖层油气运聚空间分布部位;沙三段源—东二段盖层和沙三段源岩—明化镇组盖层油气运聚空间分布部位均分布在其中部,只是前者分布面积略大于后者分布面积,分别有利于下伏沙三段源岩生成油气在沙一中亚段、东二段和明化镇组区域性泥岩盖层之下储层中聚集成藏,与目前港东断裂附近沙一中亚段、东二段和明化镇组区域性泥岩盖层之下储层中已发现油气分布相吻合。

3)该方法主要适用于砂泥岩含油气盆地受油源断裂控制的不同层位油气运聚空间分布部位的预测。

参考文献(References):

[1] 付广,梁木桂,李乔乔. 源断砂空间匹配输导油气有效性研究[J].中国矿业大学学报,2019,48(3):584-591. Fu Guang, Liang Mugui, Li Qiaoqiao. Effectiveness of Transporting Oil and Gas of Source-Fault-Sandstone Space Matching[J]. Journal of China University of Mining & Technology,2019,48(3):584-591.

[2] 平贵东,刘云燕,高煜婷,等. 走滑断裂端部破碎带发育特征及控藏作用:以方正断陷大罗密地区走滑断裂系为例[J].中国矿业大学学报,2016,45(3):553-561.

- Ping Guidong, Liu Yunyan, Gao Yuting, et al. Characteristics of Strike-Slip Fault Tip Damage Zones and Their Control on Hydrocarbon Accumulation: A Case Study of Strike-Slip Fault System of Daluomi, Fangzheng Fault Depression [J]. Journal of China University of Mining & Technology, 2016, 45 (3): 553 - 561.
- [3] 王浩然, 付广, 宿碧霖, 等. 下生上储式油气运移优势路径确定方法及其应用[J]. 石油与天然气地质, 2018, 39 (6): 1237 - 1245.
- Wang Haoran, Fu Guang, Su Bilin, et al. A Method to Determine Preferential Pathways for Hydrocarbon Migration in "Lower Source Rock and Upper Reservoir" Combination and Its Application[J]. Oil & Gas Geology, 2018, 39 (6): 1237 - 1245.
- [4] 姜福杰, 董月霞, 庞雄奇, 等. 南堡凹陷油气分布特征与主控因素分析[J]. 现代地质, 2013, 27 (5): 1258 - 1264.
- Jiang Fujie, Dong Yuexia, Pang Xiongqi, et al. Hydrocarbon Distribution Features and Main Controlling Factors in the Nanpu Sag [J]. Modern Geology, 2013, 27 (5): 1258 - 1264.
- [5] 田孝茹, 卓勤功, 张健, 等. 准噶尔盆地南缘吐谷鲁群盖层评价及对下组合油气成藏的意义[J]. 石油与天然气地质, 2017, 38 (2): 334 - 344.
- Tian Xiaoru, Zhuo Qingong, Zhang Jian, et al. Sealing Capacity of the Tugulu Group and Its Significance for Hydrocarbon Accumulation in the Lower Play in the Southern Junggar Basin, Northwest China [J]. Oil & Gas Geology, 2017, 38 (2): 334 - 344.
- [6] 付晓飞, 陈哲, 闫百泉, 等. 海拉尔—塔木察格盆地中部断陷带油气富集主控因素分析: 断层和盖层双控模式[J]. 中国科学: 地球科学, 2013, 43 (8): 1338 - 1351.
- Fu Xiaofei, Chen Zhe, Yan Baiquan, et al. Analysis of Main Controlling Factors for Hydrocarbon Accumulation in Central Rift Zones of the Hailar-Tamtsag Basin Using a Fault-Caprock Dual Control Mode [J]. Science China: Earth Sciences, 2013, 43 (8): 1338 - 1351.
- [7] 吕延防, 许辰璐, 付广, 等. 南堡凹陷中浅层盖-断组合控油模式及有利含油层位预测[J]. 石油与天然气地质, 2014, 35 (1): 86 - 97.
- Lü Yanfang, Xu Chenlu, Fu Guang, et al. Oil-Controlling Models of Caprock-Fault Combination and Prediction of Favorable Horizons for Hydrocarbon Accumulation in Middle-Shallow Sequences of Nanpu Sag [J]. Oil & Gas Geology, 2014, 35 (1): 86 - 97.
- [8] 付广, 杨敬博. 断盖配置对沿断裂运移油气的封闭作用: 以南堡凹陷中浅层为例[J]. 地球科学: 中国地质大学学报, 2013, 38 (4): 783 - 791.
- Fu Guang, Yang Jingbo. Sealing of Matching Fault and Caprock to Oil-Gas Migration Along Faults: An Example from Middle and Shallow Strata in Nanpu Depression [J]. Earth Science: Journal of China University of Geosciences, 2013, 38 (4): 783 - 791.
- [9] 牟敦山, 付广, 陈雪晴. 南堡 1 号构造馆三段断盖配置油气渗漏部位及其控藏作用[J]. 吉林大学学报(地球科学版), 2018, 48 (4): 1008 - 1017.
- Mu Dunshan, Fu Guang, Chen Xueqing. Oil and Gas Leakage Positions of Fault Caprock Configuration and Its Control on Hydrocarbon Accumulation of Ng³ in Nanpu 1 Structure Area [J]. Journal of Jilin University (Earth Science Edition), 2018, 48 (4): 1008 - 1017.
- [10] 王雅春, 王胜男. 源岩、超压和断裂空间匹配对三肇凹陷扶杨油层油成藏的控制作用[J]. 吉林大学学报(地球科学版), 2009, 39 (4): 656 - 661.
- Wang Yachun, Wang Shengnan. Controlling of the Match of Source Rock, Overpressure and Fault on Oil Accumulation of Fuyang Oil Layer in Sanzhao Depression [J]. Journal of Jilin University (Earth Science Edition), 2009, 39 (4): 656 - 661.
- [11] 付广, 吕延防, 付晓飞, 等. 断陷盆地源盖断时空匹配关系对油气成藏的控制作用[J]. 油气地质与采收率, 2004, 11 (5): 17 - 20.
- Fu Guang, Lü Yanfang, Fu Xiaofei, et al. Time-Space Matching Relation of Source Rock, Caprock and Faults and Its Controlling Effect on Oil and Gas Reservoir Forming in Fault Basin [J]. Petroleum Geology and Recovery Efficiency, 2004, 11 (5): 17 - 20.
- [12] 王金生, 付广, 刘洪霞, 等. 从源盖断时空匹配关系剖析乌尔逊凹陷南二段油气前景[J]. 大庆石油地质与开发, 2005, 24 (4): 1 - 3.
- Wang Jinsheng, Fu Guang, Liu Hongxia, et al. Analysis of Oil and Gas Prospecting of K₁n² in Wuershun Depression from Time-Space Matching Relation Among Source Rock, Caprock and Faults [J]. Petroleum Geology & Oilfield Development in Daqing, 2005, 24 (4): 1 - 3.
- [13] 刘哲, 吕延防, 付广, 等. 断层古侧向封闭能力恢复方法及其应用[J]. 中南大学学报(自然科学版), 2013, 44 (5): 1964 - 1970.
- Liu Zhe, Lü Yanfang, Fu Guang, et al. A Recovering Method for Ancient Lateral Sealing Ability of Fault

- and Its Application[J]. Journal of Central South University (Natural Science Edition), 2013, 44(5): 1964 - 1970.
- [14] Rowan M G, Hart B S, Nelson S, et al. Three-Dimensional Geometry and Evolution of a Salt-Related Growth-Fault Array: Eugene Island 330 Field, Offshore Louisiana, Gulf of Mexico [J]. Marine and Petroleum Geology, 1998, 15(4): 309 - 328.
- [15] 姜丽娜, 邹华耀. 郑庐断裂带渤中—渤南段新构造运动期断层活动与油气运聚[J]. 石油与天然气地质, 2009, 30(4): 462 - 468.
- Jiang Lina, Zou Huayao. Fault Activities and Hydrocarbon Migration and Accumulation During the Neotectonic Period in the Bozhong-Bonan Segment of the Tanlu Fault Zone[J]. Oil & Gas Geology, 2009, 30(4): 462 - 468.
- [16] 曹强, 叶加仁, 王巍. 沉积盆地地层剥蚀厚度恢复方法及进展[J]. 中国石油勘探, 2007, 12(6): 41 - 46, 76 - 77.
- Cao Qiang, Ye Jiaren, Wang Wei. Methods of Eroded Strata Thickness Restoration in Sedimentary Basins and Its Advancement [J]. China Petroleum Exploration, 2007, 12(6): 41 - 46, 76 - 77.
- [17] 吴涛, 吴采西, 戚艳平, 等. 准噶尔盆地地层剥蚀厚度定量恢复方法研究与应用: 以克拉玛依油田八区二叠系下乌尔禾组为例[J]. 古地理学报, 2015, 17(1): 81 - 90.
- Wu Tao, Wu Caixi, Qi Yanping, et al. Quantitative Resumption Method of Stratum Denudation Thickness and Its Application in Junggar Basin: A Case Study on the Permian Lower Urho Formation in Block 8 of Karamay Oil Field [J]. Journal of Palaeogeography, 2015, 17(1): 81 - 90.
- [18] 胡春明, 付广, 展铭望. 过盖层断裂的垂向封闭性预测方法及其在冀中坳陷中的应用[J]. 地质论评, 2018, 64(1): 227 - 236.
- Hu Chunming, Fu Guang, Zhan Mingwang. Hydrocarbon Upward Uigration Condition in Different Directions and Prediction Method of Distribution Area [J]. Geological Review, 2018, 64(1): 227 - 236.
- [19] 何春波, 张亚雄, 于英华, 等. 油源断裂输导油气演化阶段的确定方法及其应用[J]. 吉林大学学报(地球科学版), 2023, 53(4): 1066 - 1074.
- He Chunbo, Zhang Yaxiong, Yu Yinghua, et al. Determination Method of Oil-Source Fault Transporting Oil and Gas Evolution Stage and Its Application [J]. Journal of Jilin University (Earth Science Edition), 2023, 53(4): 1066 - 1074.
- [20] 付广, 韩旭, 梁木柱. 油源断裂输导和遮挡配置油气成藏有利部位预测方法及其应用[J]. 地质论评, 2021, 67(2): 411 - 419.
- Fu Guang, Han Xu, Liang Mugui. Prediction Method of Favorable Position of Oil Source Fault Transmission and Shielding Configuration for Oil and Gas Accumulation and Its Application [J]. Geological Review, 2021, 67(2): 411 - 419.
- [21] 付广, 邓春, 于桐, 等. 断盖配置-闭性组合形成的多层油气运聚有利部位预测方法[J]. 中国石油大学学报(自然科学版), 2022, 46(6): 80 - 88.
- Fu Guang, Deng Chun, Yu Tong, et al. Prediction Method of Favorable Positions for Oil and Gas Migration and Accumulation in Multi-Layers Formed by Sealing Combination of Fault-Cap Configuration [J]. Journal of China University of Petroleum (Edition of Natural Science), 2022, 46(6): 80 - 88.
- [22] 付广, 李佳静, 于桐. 油源断裂输导油气时期厘定方法的改进及其应用: 以渤海湾盆地歧口凹陷南大港断裂为例[J]. 石油与天然气地质, 2022, 43(6): 1481 - 1488.
- Fu Guang, Li Jiajing, Yu Tong. Improvement of Method for Timing of Hydrocarbon Migration along Source Rock-Rooted Faults and Its Application: A Case of the South Dagang Fault in Qikou Sag, Bohai Bay Basin [J]. Oil & Gas Geology, 2022, 43(6): 1481 - 1488.
- [23] 徐田武, 张成富, 金爱民, 等. 东濮凹陷北部流体作用与油气运聚[J]. 断块油气田, 2022, 29(2): 152 - 156.
- Xu Tianwu, Zhang Chengfu, Jin Aimin, et al. Fluid Action and Hydrocarbon Migration and Accumulation in the Northern Part of Dongpu Sag [J]. Fault-Block Oil & Gas Field, 2022, 29(2): 152 - 156.