

松辽盆地北部敖古拉 - 他拉哈断裂带 对油气成藏控制作用分析

郝 慧

大庆油田有限责任公司第九采油厂, 黑龙江 大庆

收稿日期: 2024年2月19日; 录用日期: 2024年3月18日; 发布日期: 2024年3月28日

摘 要

敖古拉 - 他拉哈断裂带附近已发现有利油气聚集区沿断裂带串珠状分布, 呈现出对断裂带较强的依赖性。搞清断裂带构造几何学、运动学特征, 及生排烃期断层启闭性, 对于断裂带附近油气资源发现具有重要意义。通过平面和剖面的构造演化分析, 发现断裂带纵向四期、平面两期构造变形期次, 对比分析发现断裂带对油气成藏控制作用具有“北强南弱”的特征, 同时, 沿断裂带分析发现多处构造变换带特征, 油气聚集条件有利, 为断裂带控藏区滚动增储和开发部署提供理论依据。

关键词

构造演化, 断层启闭性, 构造变换带

Analysis on the Control of Aogula-Talaha Fault Belt in the North of Songliao Basin on Hydrocarbon Accumulation

Hui Hao

NO. 9 Oil Production Plant, Daqing Oil Field Co., Ltd., CNPC, Daqing Heilongjiang

Received: Feb. 19th, 2024; accepted: Mar. 18th, 2024; published: Mar. 28th, 2024

Abstract

Beneficial oil and gas accumulation areas have been discovered near the Aogula Talaha fault zone, distributed in a bead like pattern along the fault zone, showing a strong dependence on the fault zone. Understanding the structural geometry and kinematic characteristics of fault zones, as well

as the opening and closing characteristics of faults during hydrocarbon generation and expulsion periods, is of great significance for the discovery of oil and gas resources near fault zones. Through the analysis of the structural evolution of the plane and profile, it was found that the fault zone had four stages of vertical and two stages in the plane of tectonic deformation. Comparative analysis revealed that the control effect of the fault zone on oil and gas accumulation was characterized by "strong in the north and weak in the south". At the same time, multiple structural transformation zones have been discovered along the fault zone, providing favorable conditions for oil and gas accumulation, and providing a theoretical basis for the rolling increase of reserves and development deployment in the oil and gas accumulation controlled by fault zone areas.

Keywords

Structural Evolution, The Opening and Closing Characteristics of Faults, Transfer Zone

Copyright © 2024 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

构造特征是含油气盆地分析中重要的研究内容之一，控陷断层是控制盆地形成、演化、内部结构、局部构造特征的重要因素。断层的输导和封闭机理是决定断块油气藏勘探成败的关键问题之一[1] [2] [3] [4]。但单纯研究断层现今状态下的启闭性显然不足以支撑勘探开发需求。同一条断层在其形成、发育直至消亡的演化过程中，可能要经历多期的开启与封闭[5]，即：现今封闭的断层不能说明各地质时期，尤其是生排烃期也处于相同状态，它也可能刚好处于断层开启时期，并对油气垂向疏导起到积极作用，进而促使油气藏形成。

敖古拉 - 他拉哈断裂带位于松辽盆地松辽盆地北部中央凹陷区西侧，是北东向展布的小林克 - 敖古拉 - 他拉哈 - 大安断裂带的一个组成部分[6]。目前的勘探成果发现，油气有利聚集区沿断裂带附近呈明显的串珠状排列特征，从统计学规律看，断裂带对油气藏形成具有明显的控制作用。前人从断盖封闭性研究油气疏导条件[7] [8]，认为断盖不封闭区为油气疏导区，可进一步指导油气藏发现[9] [10]。但断盖封闭性的研究始终无法定量定义，且对于生排烃期断盖封闭条件的研究难度较大，因此该理论虽然可靠，但实际应用可操作性不足，因此仍需对研究区成藏机理开展深入研究，力求支撑有力目标区优选。

为了搞清敖古拉 - 他拉哈断裂带对油气成藏的控制作用，本文从几何学、运动学角度深入剖析断裂带，以断裂带构造演化特征为主线，确定了断裂带对油气运聚的影响因素，并根据研究成果开展了评价井位部署实践，证实了理论研究可靠性，为该区滚动增储和有效开发动用提供依据，并对断裂带控藏油气富集区研究提供借鉴。

2. 构造演化特征研究

构造演化可以从纵向和平面两个方面进行分析，纵向构造演化根据断层两盘的地层结构可以分析断层活动历史，而不同的断层之间在活动性上也可能具有相关性，能够展现剖面上构造演化特征，搞清断层活动期次；平面构造演化可恢复各地质时期断裂系统格局，研究构造及沉积演化特征，搞清油气有利聚集区演变过程和主控因素，对于油气富集区寻找提供指向性意见。

2.1. 纵向演化特征

敖古拉 - 他拉哈断裂带北东 - 南西向延伸约 54 km, 由于断裂带延伸较长, 单一演化剖面无法表征整体构造变形特征, 因此沿断裂带选取多条垂直于断裂带方向地质剖面开展平衡剖面分析(如图 1)。

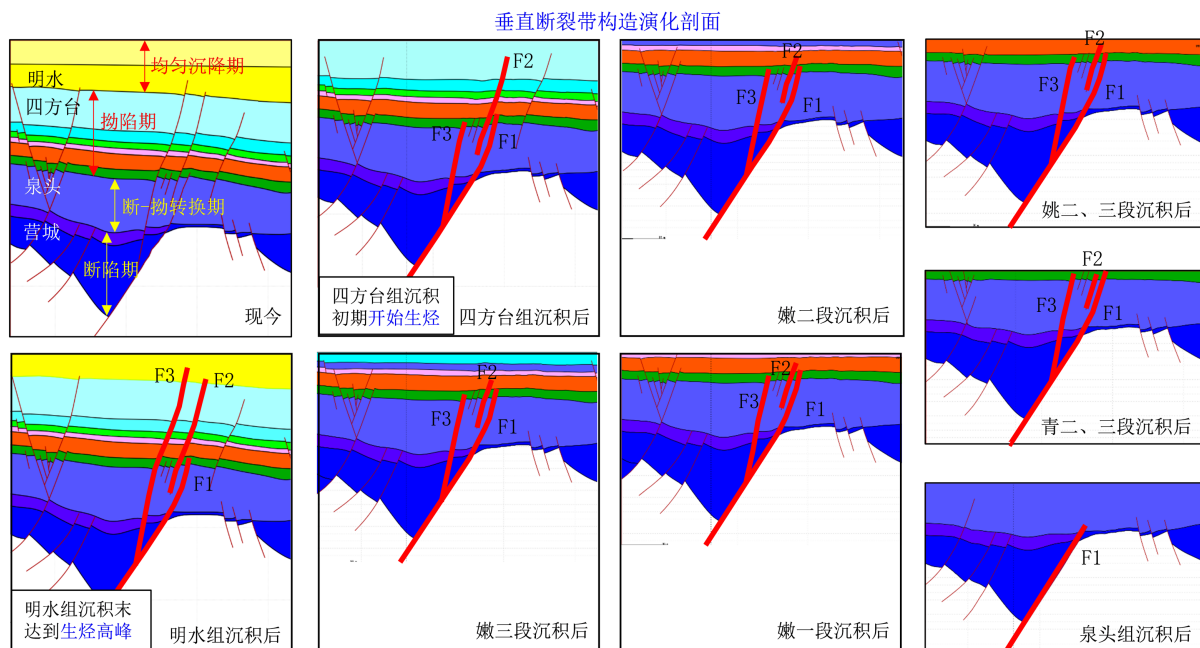


Figure 1. Typical profile of structural development history in the study area

图 1. 研究区典型剖面构造发育史剖面图

12 条平衡剖面研究结果发现, 研究区晚白垩纪主要经历了断陷、断 - 拗转换、拗陷、均匀沉降四个阶段, 主断裂发育过程具有明显的幕式活动特征, 断陷期、断拗转换为第一幕活动期, 形成断层锥形, 拗陷期早期断层停止活动, 拗陷期晚期主断裂带开启第二幕活动期, 开始切穿上覆地层, 此时, 正值四方台组地层沉积期, 烃源岩进入生烃门限, 开始生烃, 断层活动开启, 为油气运移提供良好纵向疏导通道; 从演化剖面看, 明水组沉积期开始均匀沉降, 断层停止活动, 明水组末期的构造反转为区域性整体抬升, 未对断层造成较大影响, 此时生烃达到峰值, 断层活动停止, 势必导致疏导能力减弱, 因此导致该区油源供给不足。

同时, 利用联合地质剖面技术横向对比断裂带各构造位置变形差异。由南到北 12 条演化剖面联合显示, 断裂带不同构造位置构造变形程度不同, 导致断裂带油气疏导能力不同(如图 2)。6~9 号剖面显示明水组地层顶面未被断层切开, 表示断层活动性较弱, 生烃高峰期油气疏导能力变差, 1~5 号剖面显示断裂带切穿整个明水组地层, 表示断层活动性相对较强, 在生烃高峰期对油气的运移起到了积极作用, 为油气聚集成藏提供了较好的疏导通道。因此, 整体看北部变形程度比南部强, 油气疏导能力强, 油气聚集条件有利。

2.2. 平面演化特征

首先, 从不同地质界面断裂系统特征看, 深层 T5、T3 反射界面顶面构造图断层走向玫瑰花图显示, 断层均为北东和北北东向展布, T2 及晚期地层顶面出现大量北西、北北西向断层, 揭示了区域拉张应力场由 NWW-SEE 方向到 NNE-SSW 的两期转换特征(如图 3)。

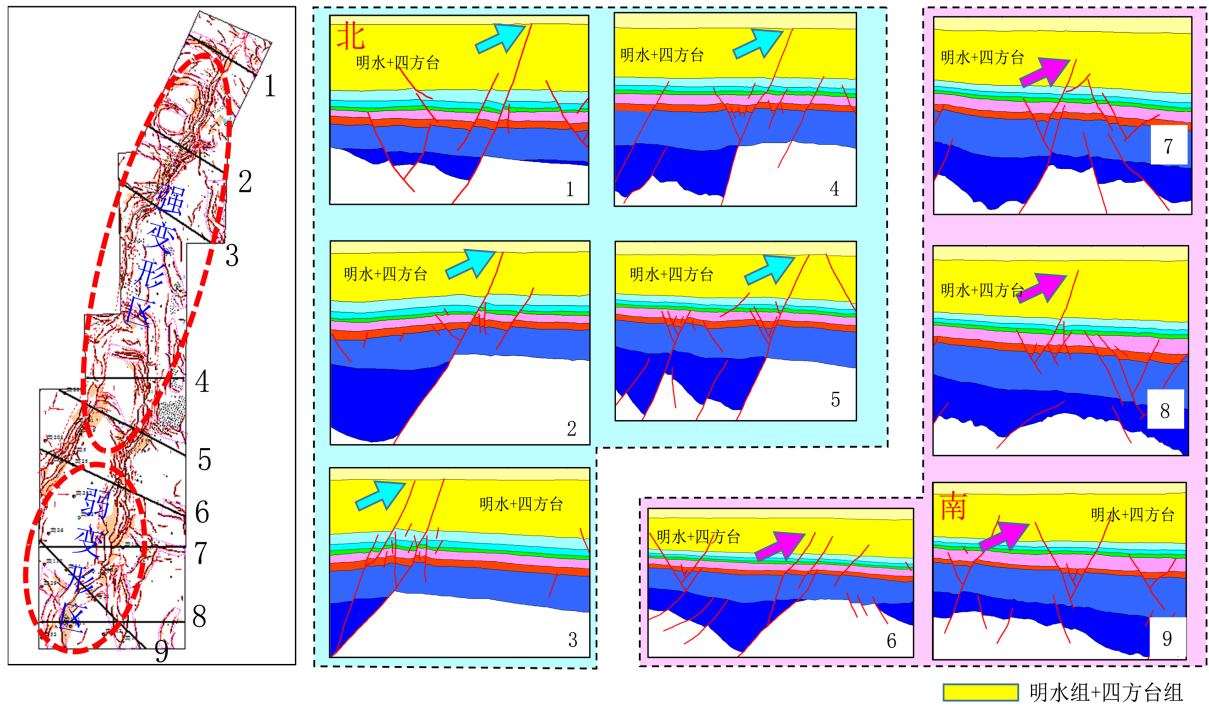


Figure 2. Comparison of structural deformation intensity between the north and south of the study area
图 2. 研究区南北构造变形强度对比图

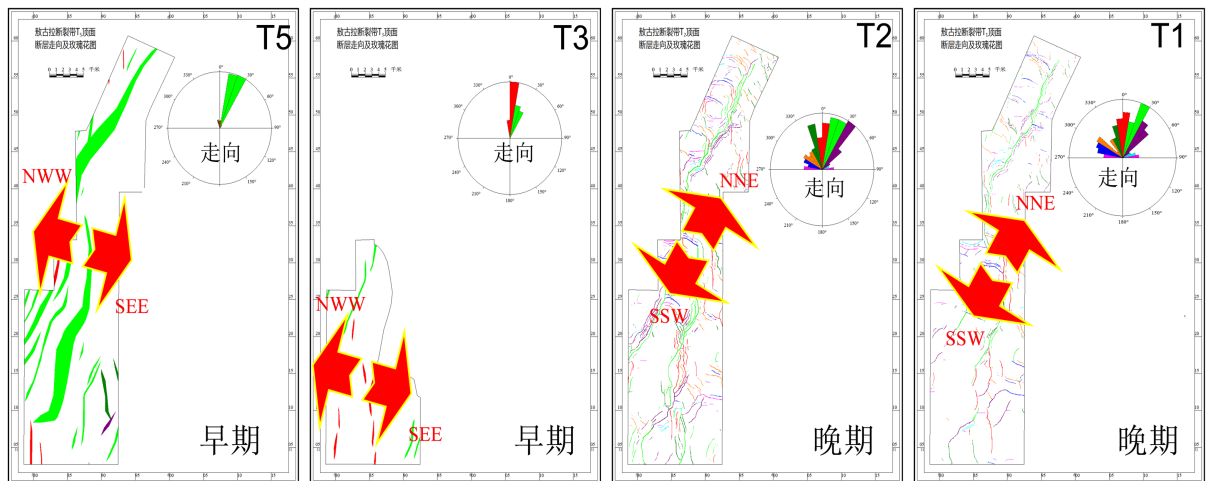


Figure 3. Planar distribution of the main faults in the fault zone of the study area
图 3. 研究区断裂带主要断裂平面展布图

另一方面，通过连续定量分析断裂带断距变化规律，搞清平面演化特征。由南到北，沿敖古拉 - 他拉哈断裂带连续记录断层断距大小，从断距变化曲线上看，断裂带断距大小出现多次回返，揭示了断裂带早期为多条独立、斜列展布的断层，晚期在应力场方向发生变化的前提下继续纵向断开、横向延伸，相互连锁，形成现今断裂平面形态，连锁部位易形成构造变换带(如图 4)。

综上所述，利用纵向和平面构造演化分析手段，搞清了断裂带“纵向四期、平面两期”的构造演化规律，搞清了断裂带纵向上和平面上油气疏导能力差异，同时发现研究区构造变换带多发，理论上，变换带通常是油气聚集的有利区带。

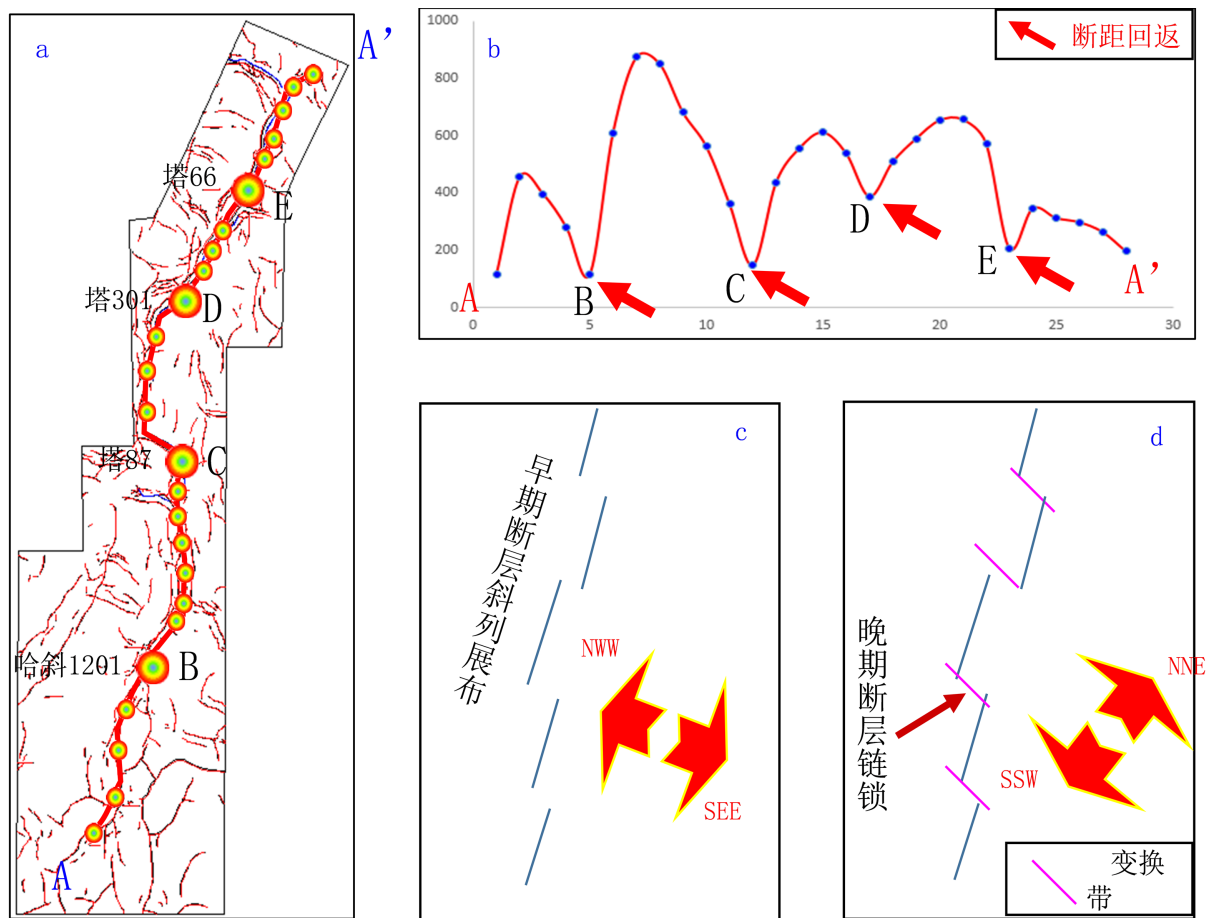


Figure 4. Schematic diagram of the evolution of the planar fault system in the study area. (a) Fault system diagram of the study area; (b) The variation curve of the fault distance at the base of the main fault; (c) Schematic diagram of early stress direction and fracture distribution; (d) Diagram of late stress direction and fault distribution

图 4. 研究区平面断裂系统演化示意图。(a) 研究区断裂系统图; (b) 主断裂基底断距变化曲线; (c) 早期应力方向及断裂展布示意图; (d) 晚期应力方向及断裂展布示意图

3. 成藏主控因素分析

统计发现,目前的勘探成果与研究区发育的构造变换带,具有显著的匹配关系,规模较大的构造变换带附近均有较好的油气富集区,因此推测构造变换带是该区油气聚集的重要控制因素之一。

漆家福先生基于渤海湾盆地伸展构造的研究实践,提出裂陷盆地构造变换带分类方案[11]。敖古拉-他拉哈断裂带依据此分类方案,发现3种变换带类型(如图5)。构造变换带往往是河流进出盆地的位置,对沉积扇、三角洲的发育有明显的控制作用[7],变换带附近物源相对较为充足,在控陷断层影响下埋深较大,更有利于油气生成;同时变换带附近又极易形成多种类型的构造圈闭,为油气聚集提供有利场所。因此,研究区构造变换带为油气提供有利聚集场所。构造变换带控制形成一系列构造圈闭,以及对沉积的控制提供了充足的物源基础,为油气成藏提供了良好的先决条件。

依据构造变形强弱及圈闭类型,将7个构造变换带划分为两级,一级变换带位于断裂带北部,构造变形较强,圈闭类型以滚动背斜圈闭为主,每平方公里完钻试油工业油流井大于1口,二级变换带主要位于断裂带南部。其中6号变换带为一级变换带,已经获得较好的开发效果,2号变换带为二级变换带,已发现油藏规模小,证实“变换带成藏地质认识”能够有效指导目标优选(如图6)。

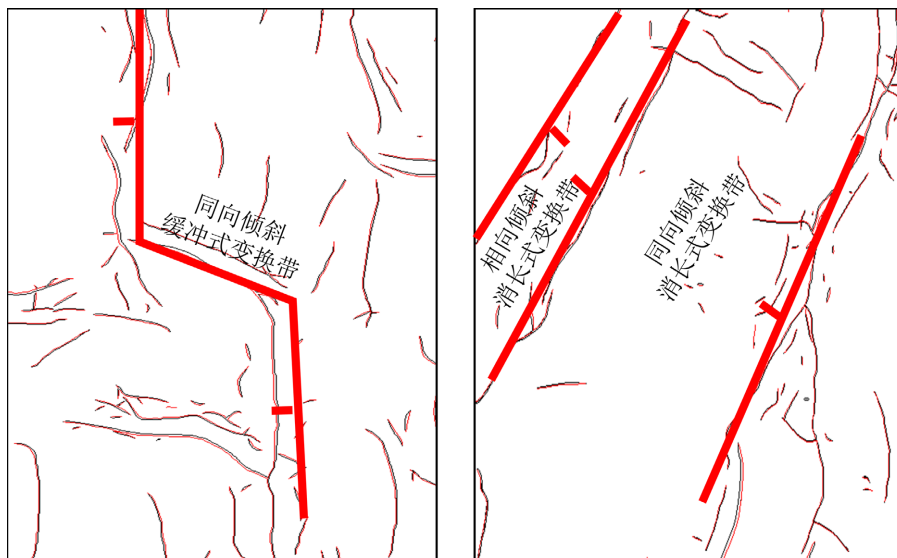


Figure 5. Main forms and classification of structural transformation zones in the study area
图 5. 研究区构造变换带主要形态及分类

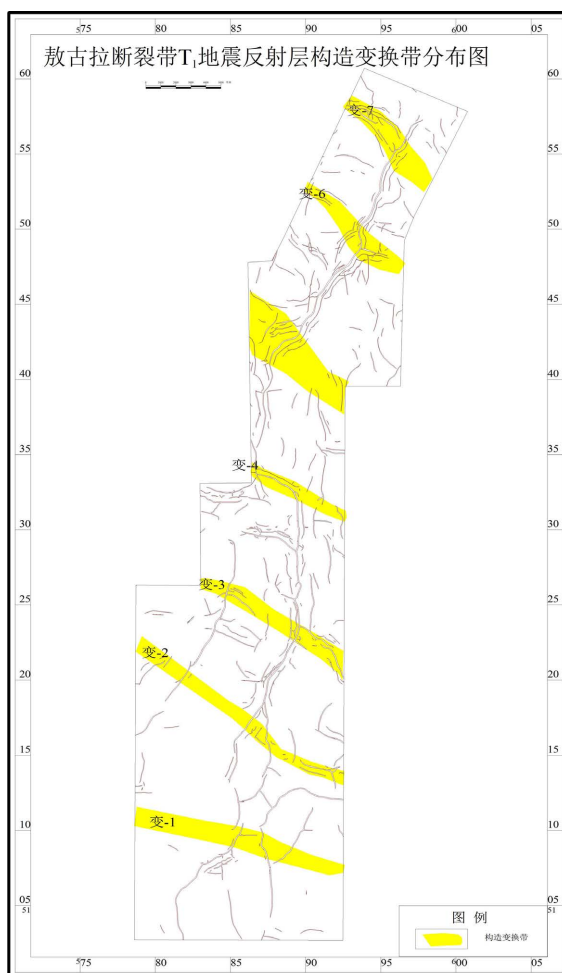


Figure 6. Division of structural transformation zones in the study area
图 6. 研究区构造变换带划分图

4. 变换带成藏地质认识应用效果

依据“变换带成藏”地质认识,采用“一级优先、二级兼顾、评价落实、滚动开发”的研究思路,为滚动增储及开发部署指明方向。一级变换带 3、6、7 号均以有效开发,因此下步不再对其开展进一步研究工作,针对其它一级变换带已落实区开展开发部署工作,针对一级、二级变换带待落实区开展评价部署工作,因此,优选 3 个有利目标区制定策略。

“变换带成藏”地质认识在 3 个区块部署评价井 5 口均获得工业油流,部署开发井 65 口,钻井成功率 100%,均获得了较好的应用效果。

5. 结论

1) 本文首次从平面和纵向 2 个维度分析了敖古拉 - 他拉哈断裂带的构造演化期次,研究表明其具有“平面两期、纵向四期”构造演化规律,且断裂带南、北部断层活动性存在差异,北部强变形区油气疏导能力较好,油气聚集条件相对有利;

2) 研究形成“敖古拉 - 他拉哈断裂带油气主要沿构造变换带附近有利圈闭,特别是断层上盘滚动背斜聚集成藏”的油藏地质认识,依据变形强弱、圈闭类型,建立变换带分级标准,能够有效指导有力目标区优选,应用效果较好。

参考文献

- [1] Sorkhabir, T. (2005) The Place of Faults in Petroleum Traps, Faults, Fluid Flow, and Petroleum Traps. AAPG Memoir, Tulsa, 1-31. <https://doi.org/10.1306/M851033>
- [2] 吕延防, 沙子萱, 付晓飞, 等. 从断层的内部结构出发评价断层垂向封闭性的方法[J]. 地球科学, 2005, 30(3): 328-336.
- [3] Chen, S.P., Xu, S.S., Wang, D.R., et al. (2013) Effect of Block Rotation on Fault Sealing: An Example in Dongpusag, Bohai Bay Basin, China. *Marine and Petroleum Geology*, **39**, 39-47. <https://doi.org/10.1016/j.marpetgeo.2012.10.002>
- [4] 王学军, 苏惠, 曾溅辉, 等. 东濮凹陷西部斜坡带长垣断层封闭性及其输导模式[J]. 油气地质与采收率, 2012, 19(4): 5-9.
- [5] 徐春华, 王亚琳. 基于无机二氧化碳成藏期探讨博兴断层启闭性[J]. 油气地质与采收率, 2016, 23(5): 30-36.
- [6] 孙显义, 许凤鸣, 王瑞. 松辽盆地敖古拉断裂带反转构造圈闭形成机制及控藏作用[J]. 大庆石油地质与开发, 2020, 39(5): 10-16
- [7] 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.
- [8] 姜治群, 吴智平, 李伟, 等. 断裂对黄河口凹陷新近系油气分布的控制作用[J]. 特种油气藏, 2016, 23(6): 50-54.
- [9] 付广, 王浩然. 不同时期油源断裂输导油气有利部位确定方法及其应用[J]. 石油学报, 2018, 39(2): 180-188.
- [10] 杨德相, 付广, 孙同文, 等. 油源断裂优势通道输导油气能力综合评价方法及其应用[J]. 吉林大学学报(地球科学版), 2017, 47(6): 1678-1686.
- [11] 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.