

塔里木盆地北部跃参区块 走滑断裂对油气成藏的控制

田鹏,马庆佑,吕海涛

(中国石化西北油田分公司,乌鲁木齐 830011)

摘要:通过对跃参区块近30口单井及其生产动态的分析解剖,结合岩心观察、分析化验等资料,深入探讨了跃参区块“X”形共轭走滑断裂体系对奥陶系岩溶缝洞体形成及油气成藏的控制作用。走滑断裂带多期活动形成了大量的高角度构造裂缝,伴随后期热液流体改造而发育大型缝洞型储集体。油气沿主干走滑断裂带垂向向上运移后,再沿次级走滑断裂带发生再分配,控制着该区油气性质的变化及油气充注程度。主干走滑断裂带上油气充注程度高、原油物性好、已钻井产能较好,而次级走滑断裂带上油气充注程度低、原油物性相对偏差、已钻井产能也相对偏差。此外,走滑断裂带的展布方向、断裂左右盘的相对位置、离断裂带的远近等因素对油气富集也具有重要的控制作用。研究表明,近NE向走滑断裂带的上升盘是油气最富集的部位。

关键词:走滑断裂;油气富集规律;奥陶系;跃参区块;塔里木盆地

中图分类号:TE122.3

文献标识码:A

Strike-slip faults and their controls on hydrocarbon reservoirs in the Yuecan block of the Northern Tarim Uplift, Tarim Basin

Tian Peng, Ma Qingyou, Lü Haitao

(SINOPEC Northwest Company, Urumqi, Xinjiang 830011, China)

Abstract: We studied the production performance of about 30 wells in the Yuecan block of the Northern Tarim Uplift in the Tarim Basin, and considered the controls of the X-shaped strike-slip faults in the study area on the Ordovician fractured and vuggy system reservoirs, combined with core sample observations and testing. The strike-slip faults were active during multiple stages, and formed a large number of high-angle tectonic fractures, which developed a large fractured and vuggy system during the following thermal evolution. Oil and gas migrated upwards along the main strike-slip faults, then redistributed along secondary faults, and finally determined the hydrocarbon properties and charging extent in the study area. Reservoirs with a high charging degree and excellent crude oil properties were found in the main strike-slip faults, and the wells showed a good production performance. On the contrary, the secondary strike-slip faults had a low charge and poor crude oil properties, and the wells showed poorer production performance. In addition, the direction of strike-slip faults, the relative position of fault walls, and the distance to faults also played important roles in controlling hydrocarbon enrichment. Results showed that hydrocarbon was most enriched in the upper wall of the NE-oriented strike-slip faults.

Key words: strike-slip fault; hydrocarbon enrichment regularity; Ordovician; Yuecan block; Tarim Basin

塔里木盆地北部相继发现了塔河、轮古、哈拉哈塘、英买力等一批大中型油气田^[1-8],丰富了塔里木盆地海相碳酸盐岩油气成藏与勘探理论。随着油气田勘探开发的持续深入,需要石油地质勘探人员不断深化对油气富集主控因素的研究,才能更精准地确定出高产稳产油气井的分布位置,并提高从勘探主体区向外围区块扩展的成功率。

塔里木盆地北部寒武—奥陶系走滑断裂发育,

前人对其构造样式、形成演化及控油作用等方面取得了较多的研究成果^[9-13],但结合大量单井生产动态来研究走滑断裂控储控藏作用的较少,同时前人研究大多集中在沙雅隆起区,而从沙雅隆起区向外围区块扩展的研究成果偏少。本文选取沙雅隆起向顺托果勒低隆过渡的跃参区块为研究对象,通过对多口单井及其生产动态的分析解剖,来探讨该区块走滑断裂对奥陶系油气运聚成藏的控制作

用,旨在为深化跃参区块油气分布规律的认识及下一步对外围区块的油气勘探扩展有所启发。

1 地质概况

塔里木盆地北部跃参区块位于顺托果勒低隆起,北部毗邻沙雅隆起,早古生代受控于这2大构造单元的多期构造活动,形成了寒武—奥陶系走滑断裂体系(图1)。跃参区块东、西部分别紧邻满加尔、阿瓦提2大生烃坳陷,油气成藏背景与沙雅隆起区的阿克库勒凸起相似,成藏条件十分有利。

1.1 储盖组合特征

跃参区块奥陶系地层发育齐全,自下而上为下统蓬莱坝组(O_{1p})、中一下统鹰山组(O_{1-2y})、中统一间房组(O_{2yj})、上统恰尔巴克组(O_{3q})、良里塔格组(O_{3l})与桑塔木组(O_{3s}),目前勘探目的层主要为中奥陶统一间房组。跃参区块一间房组为开阔台地相台内砂屑滩、生屑滩沉积,岩石类型主要为黄灰色亮晶砂屑灰岩、微晶砂屑灰岩及含砂屑微晶灰岩,局部夹硅质结核或硅质团块。储集空间以高角度裂缝为主,其次为溶蚀孔洞,储层类型以溶蚀孔洞型、裂缝型和孔洞—裂缝型储层为主,主要受控于加里东中期岩溶作用、走滑断裂的构造破裂作用及后期的热液改造作用。目前跃参区块已钻井主要钻揭奥陶系上统“黑被子”泥岩盖层与中统一间房组灰岩组成的良好储盖组合(图1)。

1.2 油藏特征

跃参区块奥陶系原油密度分布在 0.794 ~ 0.842 g/cm³,为轻质—挥发性原油。原油的 Ts/(Ts+Tm)值分布在 0.435~0.750 之间、C₂₁/C₂₂+三环烷值分布在 0.343~0.545 之间,表明跃参区块受晚期高一过成熟油气充注和改造影响,原油成熟

度较高,与邻区托普台南部相近。同时对油气藏特征解剖表明,跃参区块奥陶系油气藏由多个不同规模的岩溶缝洞单元在空间上叠合形成复合体,为岩溶缝洞型复合性油藏。跃参区块奥陶系经历了多期油气充注和成藏,根据其流体性质、生标特征和流体包裹体分析,判断其主成藏时间为喜马拉雅晚期。

1.3 走滑断裂特征

跃参区块加里东中期处于塔里木盆地北部近SN向挤压应力场中,形成了多组“X”形的近NE和NW走向的共轭走滑断裂体系。在跃参区块 O_{2yj}顶部相干图上(图2a),走滑断裂体系表现为多组“X”形共轭的直线延伸状断裂。地震剖面显示(图3),走滑断裂垂直断距较小,绝大部分断距在十几米左右,地震同相轴未见明显错断,仅发生褶曲变形;同时主干断裂近直立向下插入寒武系,向上在奥陶—志留系地层中分叉发散,形成多条分支断裂共同组成正花状或负花状构造,具有明显的“挤压、逆断、断垒、断堑、背斜”等样式,如 YJ3 井区的断堑、YJ2-3 井区的挤压背斜等。从断裂断穿层位及变形样式分析,跃参区块走滑断裂形成于加里东中期,定型于海西早期,与奥陶系碳酸盐岩岩溶缝洞体的形成及油气运聚关系密切。

2 走滑断裂控制大型缝洞系统的发育

跃参区块中奥陶统一间房组灰岩脆性较大,走滑断裂多期活动容易导致碳酸盐岩内部形成破碎带及诱导裂缝带^[14-15]。岩心与薄片观察发现(图4a,b,c),跃参区块一间房组主要发育高角度裂缝及少量斜缝,而平缝几乎不发育。高角度裂缝大部分缝宽 1~2 mm,被方解石全充填或半充填,沿裂缝可溶蚀成孔洞而形成“串珠”形态,缝洞内早期

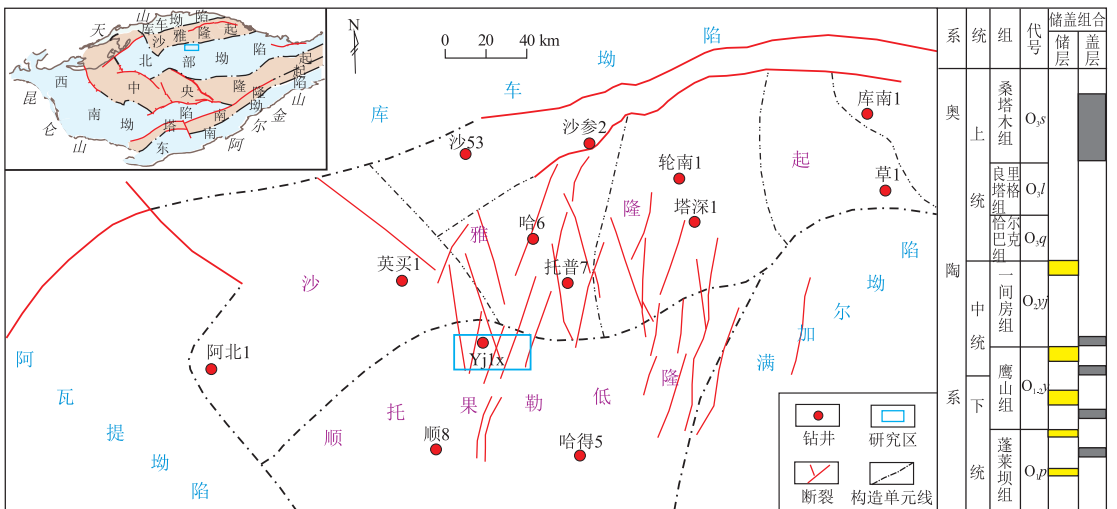


图1 塔里木盆地北部跃参区块构造位置及断裂展布

Fig.1 Tectonic location and fracture distribution in the Yuecan block of the Northern Tarim Uplift, Tarim Basin

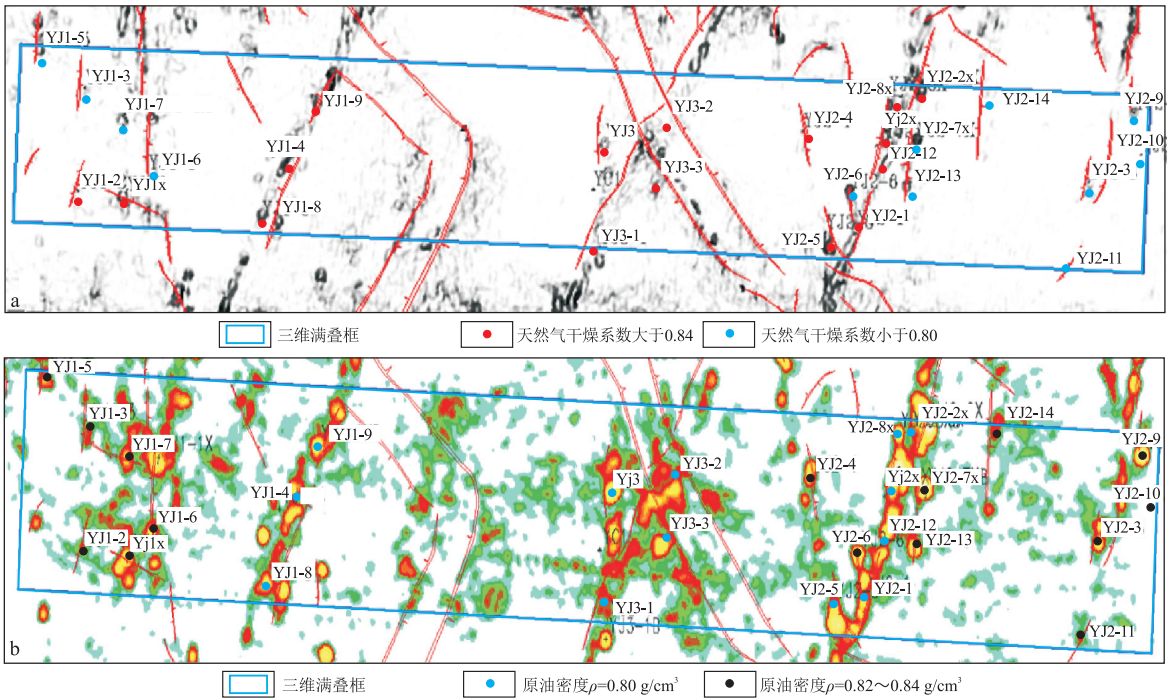


图 2 塔里木盆地北部跃参区块一间房组顶部地震属性与油气性质叠合图

a. 相干体属性与天然气干燥系数叠合图; b. 振幅变化率属性与原油密度叠合图

Fig.2 Congruent map of seismic attribution and hydrocarbon properties of the Yijianfang Formation top in the Yuecan block of the Northern Tarim Uplift, Tarim Basin

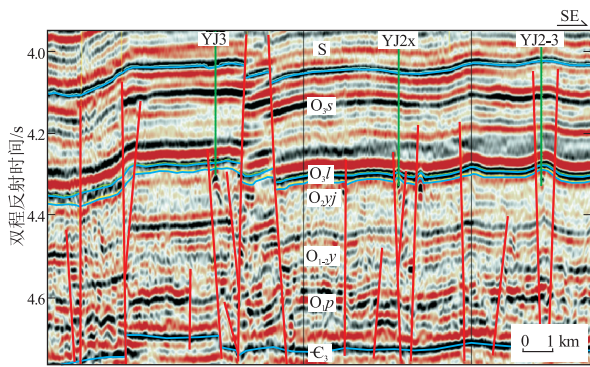


图 3 塔里木盆地北部跃参区块走滑断裂地震剖面特征

Fig.3 Seismic characteristics of strike-slip faults in the Yuecan block of the Northern Tarim Uplift, Tarim Basin

能观察到黑褐色原油外渗。成像测井 FMI 图像显示(图 4d),部分井段一间房组构造微裂缝较发育,沿裂缝往往发生溶蚀扩大现象,且裂缝主要为 NEE 或 NWW 走向,与该区走滑断裂带走向大致具有一致性,表明可能主要受走滑断裂的影响而形成。

由于走滑断裂断穿了基底,热液流体可沿走滑断裂进入上覆一间房组碳酸盐岩地层,有利于早期风化壳岩溶及后期热液溶蚀作用的进行^[16]。跃参区块多口钻井沿构造裂缝发现了硅质团块、萤石或石英晶体等,可能为热液活动的产物充填或半充填,如 YJ1x 井在 7 260.45~7 260.52 m 硅质岩岩心中发育网状交织裂缝,沿裂缝发育孔径 0.8~1.3 cm 的溶

蚀孔洞,被石英晶体半充填(图 4e),在 7 260.89 m 岩心硅质岩裂缝中见萤石全充填(图 4f,g)。另外 YJ1x 井一间房组高角度裂缝中充填的方解石 $\delta^{13}\text{C}$ 平均值为 -1.6‰ , $\delta^{18}\text{O}$ 平均值为 -16‰ ,与围岩的 $\delta^{13}\text{C}$ 平均值 0.1‰ , $\delta^{18}\text{O}$ 平均值为 -7.5‰ 有明显差异,且裂缝及溶蚀孔洞充填物(方解石、石英及硅质岩)的包裹体测温发现了 $120\sim 170\text{ }^\circ\text{C}$ 的温度区间,表明可能与后期深埋藏热液改造有关。

跃参区块走滑断裂是在加里东中期压扭应力场中形成的,主位移带(主干断裂)附近裂缝发育,有利于加里东中期风化壳岩溶作用进行,再加上后期热液作用改造容易形成大型缝洞型储集体,而次级断裂带附近裂缝相对减少,不利于早期风化壳岩溶及后期热液溶蚀作用的改造,储集体发育程度相对较差。统计跃参区块钻遇放空、漏失的井发现,它们均分布于“X”形共轭走滑断裂带上,且在纵向上多集中于奥陶系一间房组顶面以下 $0\sim 50\text{ m}$ 范围内。如 YJ2x 井位于近 NE 向走滑断裂带上,在一间房组顶面以下 32.43 m 钻遇了 7.57m 放空,累计漏失泥浆 699 m^3 ; YJ3 井位于近 NW 向走滑断裂带上,在一间房组顶面以下 46 m 钻遇 5.88 m 放空,累计漏失泥浆 $2\ 059.73\text{ m}^3$ 。另外在跃参区块奥陶系一间房组顶部振幅变化率图上(图 2),地球物理属性参数异常条带也主要沿近 NE、NW 向走

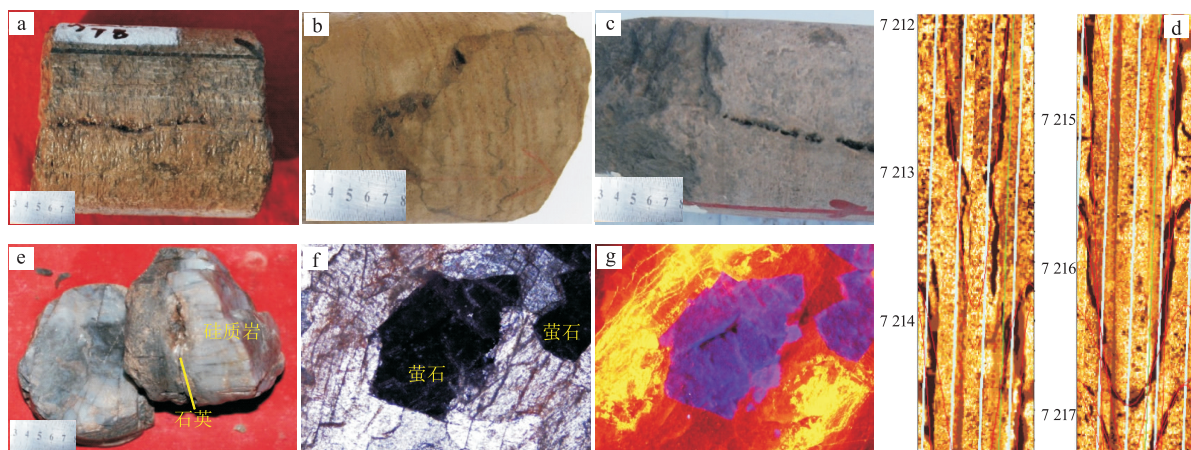


图4 塔里木盆地北部跃参区块奥陶系储层发育特征

a. YJ1x井, O₂yj, 7 206.26~7 206.32 m, 岩心照片, 高角度构造裂缝, 方解石半充填, 含砂屑泥晶灰岩; b. YJ2x井, O₂yj, 7 157.60~7 157.70 m, 岩心照片, 中—高角度裂缝, 沿裂缝见溶蚀孔洞, 孔径1~3 mm, 被原油及沥青质半充填, 浅灰色油迹泥晶灰岩; c. YJ2-3井, O₂yj, 7 084.00~7 084.12 m, 岩心照片, 高角度半充填—未充填裂缝, 沿裂缝见溶蚀孔洞, 浅灰色油斑泥晶灰岩; d. YJ1x井, O₂yj, 7 212.00~7 217.00 m, 成像测井 FMI 图像, 直劈裂缝及高角度斜交裂缝, 呈网状交错, 裂缝开口性好, 沿裂缝发育溶蚀孔洞; e. YJ1x井, O₂yj, 7 260.45~7 260.52 m, 岩心照片, 网状交织裂缝, 沿裂缝发育溶蚀孔洞, 被石英晶体半充填, 硅质岩; f. YJ1x井, O₂yj, 7 260.89 m, 岩石薄片, 单偏光, 放大28倍, 沿裂缝发育溶蚀孔洞, 被萤石全充填, 砂屑泥晶灰岩夹硅质条带; g. 图f的荧光薄片

Fig.4 Characteristics of the Ordovician reservoirs in the Yuecan block of the Northern Tarim Uplift, Tarim Basin

滑断裂展布,表明该区走滑断裂控制着优质储层的发育与展布。

3 走滑断裂控制油气性质及富集程度

跃参区块中奥陶统一间房组原油密度与走滑断裂的断穿深度及规模密切相关,断开层位较深的主干走滑断裂带上原油密度较低,多小于 0.80 g/cm³,而断开层位较浅的次级走滑断裂带上原油密度则相对较高,多大于 0.80 g/cm³(图 2b),表明主干走滑断裂带是晚期油气充注的优势通道^[17]。由于烃源岩的多期演化,使晚期形成的高成熟度油气相对于早期形成的中—低成熟度油气而言,轻烃组分含量相对较高、重烃含量相对较低,晚期轻质油气首先沿主干走滑断裂带垂向运移上来后,再沿次级走滑断裂带发生运移调整和再分配,导致主干走滑断裂带上原油充注程度高、轻烃组分含量较高、密度较小,而次级走滑断裂带上原油充注程度低、轻烃组分含量较低、密度较大。另外,跃参区块奥陶系一间房组已钻井的天然气干燥系数也受走滑断裂的规模控制(图 2a),如 YJ3 井及 YJ2x 井区主干走滑断裂带上的井天然气干燥系数偏高,多大于 0.84,而 YJ2-9 井、YJ2-13 井、YJ1-5 井等井区的次级走滑断裂带上的井天然气干燥系数偏低,多小于 0.80,同样证实主干走滑断裂带是晚期天然气充注的主要通道,沿主干走滑断裂带天然气充注程度较高、干燥系数偏高。

跃参区块目前建产井均沿走滑断裂带分布,且

高产、稳产井均分布在主干走滑断裂带附近,而次级走滑断裂带上的井大部分油气产能较差、递减迅速,说明主干走滑断裂带是油气运移的有利通道,控制着跃参区块奥陶系的油气富集程度。如以 YJ2x 井区走滑断裂带为例(图 5,表 1),位于主干走滑断裂带上的 YJ2x、YJ2-1、YJ2-12 等井稳产及累产均较高,但位于次级走滑断裂带上的 YJ2-6、YJ2-7x 井,距离主干断裂带的距离分别为 380 m

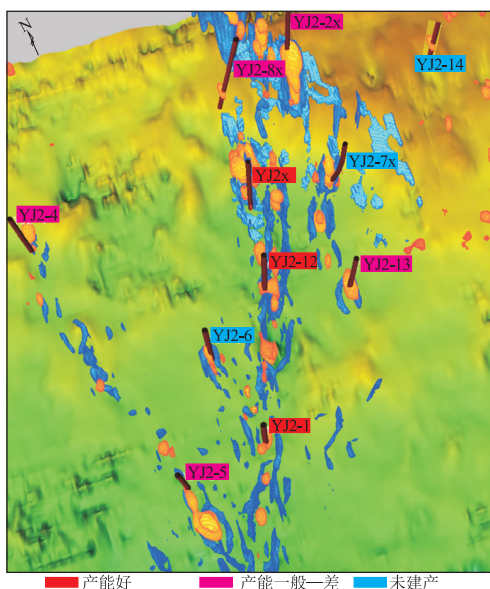


图5 塔里木盆地北部跃参区块 YJ2x 井区走滑断裂与产能叠合

Fig.5 Congruent map of strike-slip faults and productivity of well YJ2x area in the Yuecan block of the Northern Tarim Uplift, Tarim Basin

表 1 塔里木盆地北部跃参区块 YJ2x 井区已钻井产能情况

Table 1 Productivity of wells in well YJ2x area in the Yuecan block of the Northern Tarim Uplift, Tarim Basin

井名	构造位置	离主干断裂带距离/m	油嘴/mm	稳产油/(t·d ⁻¹)	累产油/10 ⁴ t	产能情况
YJ2x	NE 向走滑断裂带	10	3	43	2.28	好
YJ2-1	NE 向走滑断裂带	30	3	38	1.46	好
YJ2-12	NE 向走滑断裂带	20	3	41	0.76	好
YJ2-2x	NE 向走滑断裂带	80	3	25	0.58	一般
YJ2-8x	NE 向走滑断裂带	100	3	23	0.44	一般
YJ2-13	NE 向走滑断裂带	450	3	12	0.11	差
YJ2-6	NE 向走滑断裂带	380				
YJ2-7x	NE 向走滑断裂带	410		未建产		
YJ2-14	NE 向走滑断裂带	1 100				
YJ2-5	NW 向走滑断裂带	20	3	25	0.65	一般
YJ2-4	NW 向走滑断裂带	30	3	18	0.19	差

注:数据截至 2014 年 7 月。

和 410 m,测试则均为干层。在跃参区块“X”形共轭走滑断裂体系中,近 NE 向走滑断裂体系的油气富集程度要好于近 NW 向走滑断裂体系,原因在于近 NE 向走滑断裂的展布方向与近 NE 向(满加尔拗陷方向)晚期轻质油气充注的方向一致,是油气运移的最主要的通道,其次近 NE 向走滑断裂体系与现今最大主应力方向一致,酸压更容易沟通有效储集体,也更有利于油气富集。如位于近 NW 向走滑断裂带上的 YJ2-4、YJ2-5 井稳产量、累产量均明显比位于近 NE 向的 YJ2x 井区走滑断裂带上的井低。另外走滑断裂带所引起的断裂左右盘的相对高差也控制油气聚集(图 6),如 YJ2x 井区走滑断裂带上位于下降盘的 YJ2-8x 井比位于上升盘的 YJ2-2x 井稳产量、累产量要稍低。

综合上述对跃参区块走滑断裂与油气性质及富集程度的关系研究表明(图 6),该地区主干走滑断裂带控制形成的裂缝—溶蚀孔(洞)型储层较次级走滑断裂带更发育,主干走滑断裂带是油气优势的运移通道及聚集场所,实钻也表明主干走滑断裂带附近油气较富集。同时,由于后期轻质油气的气侵作用优先沿主干走滑断裂带发生,使得主干走滑断裂带较次级走滑断裂带附近的原油密度较小、天然气干燥系数较高。另外油气沿走滑断裂通道垂向

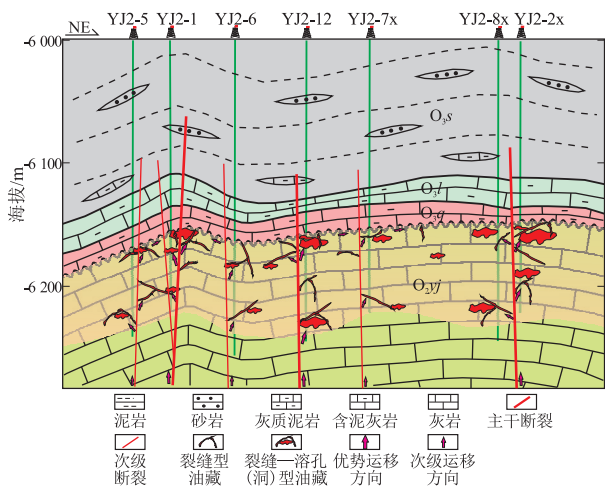


图 6 塔里木盆地北部跃参区块走滑断裂与油气聚集模式
Fig.6 Strike-slip faults and hydrocarbon accumulation pattern in the Yuecan block of the Northern Tarim Uplift, Tarim Basin

运移上来后,沿断裂两侧差异富集,总体来看走滑断裂上升盘相对构造高部位较下降盘相对构造低部位油气更富集。

4 结论

(1) 跃参区块奥陶系发育多组“X”形共轭的走滑断裂带,平面分布表现为近 NE 和近 NW 走向,主要是在加里东中期压扭应力场中形成的,是沙雅隆起走滑断裂体系向顺托果勒低隆方向的延伸。

(2) 跃参区块中奥陶统一间房组构造裂缝较发育,裂缝走向与走滑断裂体系方向大体一致,表明主要受走滑断裂带活动形成。同时后期热液流体可沿走滑断裂带活动,对一间房组储层起叠加改造作用,控制了该区大型缝洞型储集体的发育。

(3) 跃参区块主干走滑断裂带上稳产、高产井较多,原油物性相对偏好、天然气干燥系数相对偏高,而次级走滑断裂带上的井大部分油气产能较差,递减迅速,原油物性相对偏差、天然气干燥系数相对偏低,表明主干走滑断裂带是晚期油气充注的主要通道,油气充注程度较高。同时,近 NE 向的走滑断裂带与晚期轻质油气充注的方向及现今最大主应力方向一致,所以比近 NW 向的走滑断裂带更富集油气。

参考文献:

[1] 翟晓先.塔里木盆地塔河特大型油气田勘探实践与认识[J].石油实验地质,2011,33(4):323-331.
Zhai Xiaoxian.Exploration practice and experience of Tahe Giant Oil-and-Gas Field,Tarim Basin[J].Petroleum Geology & Experiment,2011,33(4):323-331.

[2] 汪泽成,赵文智,胡素云,等.我国海相碳酸盐岩大油气田油

- 气藏类型及分布特征[J].石油与天然气地质,2013,34(2):153-160.
- Wang Zecheng, Zhao Wenzhi, Hu Suyun, et al. Reservoir types and distribution characteristics of large marine carbonate oil and gas fields in China[J]. Oil & Gas Geology, 2013, 34(2): 153-160.
- [3] 杜金虎,周新源,李启明,等.塔里木盆地碳酸盐岩大油气区特征与主控因素[J].石油勘探与开发,2011,38(6):652-661.
- Du Jinhu, Zhou Xinyuan, Li Qiming, et al. Characteristics and controlling factors of the large carbonate petroleum province in the Tarim Basin, NW China [J]. Petroleum Exploration and Development, 2011, 38(6): 652-661.
- [4] 漆立新.塔里木盆地地下古生界碳酸盐岩大油气田勘探实践与展望[J].石油与天然气地质,2014,35(6):771-779.
- Qi Lixin. Exploration practice and prospects of giant carbonate field in the Lower Paleozoic of Tarim Basin [J]. Oil & Gas Geology, 2014, 35(6): 771-779.
- [5] 翟晓先, 云露.塔里木盆地塔河大型油田地质特征及勘探思路回顾[J].石油与天然气地质,2008,29(5):565-573.
- Zhai Xiaoxian, Yun Lu. Geology of giant Tahe oilfield and a review of exploration thinking in the Tarim Basin [J]. Oil & Gas Geology, 2008, 29(5): 565-573.
- [6] 周玉琦,黎玉战,侯鸿斌.塔里木盆地塔河油田的勘探实践与认识[J].石油实验地质,2001,23(4):363-367.
- Zhou Yuqi, Li Yuzhan, Hou Hongbing. Exploration practice in the Tahe oilfield, Tarim Basin [J]. Petroleum Geology & Experiment, 2001, 23(4): 363-367.
- [7] 康玉柱.中国海相油气田勘探实例之四塔里木盆地塔河油田的发现与勘探[J].海相油气地质,2005,10(4):31-38.
- Kang Yuzhu. Cases of discovery and exploration of marine field in China (part 4): Tahe oilfield in Tarim Basin [J]. Marine Origin Petroleum Geology, 2005, 10(4): 31-38.
- [8] 梁狄刚.塔里木盆地轮南—塔河奥陶系油田发现史的回顾与展望[J].石油学报,2008,29(1):153-158.
- Liang Digang. Review and expectation on the discovery of Ordovician Lunan-Tahe oilfield, Tarim Basin [J]. Acta Petrolei Sinica, 2008, 29(1): 153-158.
- [9] 邬光辉,成丽芳,刘玉魁,等.塔里木盆地寒武—奥陶系走滑断裂系统特征及其控油作用[J].新疆石油地质,2011,32(3):239-243.
- Wu Guanghui, Cheng Lifang, Liu Yukui, et al. Strike-slip fault system of the Cambrian-Ordovician and its oil-controlling effect in Tarim Basin [J]. Xinjiang Petroleum Geology, 2011, 32(3): 239-243.
- [10] 杨春林,吴奇之,夏义平.塔里木盆地北部隆起中、新生界张扭断裂系统成因及其油气聚集的作用[J].石油地球物理勘探,2000,35(4):461-468.
- Yang Chunlin, Wu Qizhi, Xia Yiping. The origin of Mesozoic-Cenozoic extension torsional fault system in the north positive element in the Tarim Basin, and its role in accumulating oil and gas [J]. Oil Geophysical Prospecting, 2000, 35(4): 461-468.
- [11] 马庆佑,沙旭光,李玉兰,等.塔中顺托果勒区块走滑断裂特征及控油作用[J].石油实验地质,2012,34(2):120-124.
- Ma Qingyou, Sha Xuguang, Li Yulan, et al. Characteristics of strike-slip fault and its controlling on oil in Shuntuoguole region, middle Tarim Basin [J]. Petroleum Geology & Experiment, 2012, 34(2): 120-124.
- [12] 罗小龙,汤良杰,谢大庆,等.塔里木盆地雅克拉断凸走滑作用及其形成机理[J].石油与天然气地质,2013,34(2):257-263.
- Luo Xiaolong, Tang Liangjie, Xie Daqing, et al. Strike-slip movement and its genetic mechanism in Yakela faulted salient, the Tarim Basin [J]. Oil & Gas Geology, 2013, 34(2): 257-263.
- [13] 李萌,汤良杰,李宗杰,等.走滑断裂特征对油气勘探方向的选择:以塔中北坡顺1井区为例[J].石油实验地质,2016,38(1):113-121.
- Li Meng, Tang Liangjie, Li Zongjie, et al. Fault characteristics and their petroleum geology significance: A case study of well Shun-1 on the northern slope of the central Tarim Basin [J]. Petroleum Geology & Experiment, 2016, 38(1): 113-121.
- [14] 潘文庆,侯贵廷,齐英敏,等.碳酸盐岩构造裂缝发育模式探讨[J].地学前缘,2013,20(5):1-7.
- Pan Wenqing, Hou Guiting, Qi Yingmin, et al. Discussion on the development models of structural fractures in the carbonate rocks [J]. Earth Science Frontiers, 2013, 20(5): 1-7.
- [15] 吕修祥,杨宁,周新源,等.塔里木盆地断裂活动对奥陶系碳酸盐岩储层的影响[J].中国科学: D 辑: 地球科学, 2008, 38(增刊 I): 48-54.
- Lü Xiuxiang, Yang Ning, Zhou Xinyuan, et al. Influence of Ordovician carbonate reservoir beds in Tarim Basin by faulting [J]. Science in China: Series D: Earth Sciences, 2008, 38(S1): 48-54.
- [16] 黄太柱.塔里木盆地塔中北坡构造解析与油气勘探方向[J].石油实验地质,2014,36(3):257-267.
- Huang Taizhu. Structural interpretation and petroleum exploration targets in northern slope of middle Tarim Basin [J]. Petroleum Geology & Experiment, 2014, 36(3): 257-267.
- [17] 张保涛,于炳松,朱光有,等.塔中北斜坡富油气区油气分布规律与富集主控因素研究[J].地学前缘,2015,22(1):271-280.
- Zhang Baotao, Yu Bingsong, Zhu Guangyou, et al. Research on hydrocarbon distribution regularity and main accumulation controlling factors of Tazhong northern slope hydrocarbon-rich region [J]. Earth Science Frontiers, 2015, 22(1): 271-280.

(编辑 黄娟)