

塔里木盆地顺托果勒地区北东向走滑断裂带的油气勘探意义

焦方正

(中国石化股份有限公司 油田事业部,北京 100029)

摘要:古隆起碳酸盐岩风化壳领域是多年来塔里木盆地油气勘探发现的重要领域。近年来,在塔中、塔北古隆起之间的顺托果勒低隆、斜坡区,通过新的地震资料识别出一系列走滑断裂带,且钻井揭示其具有较好的含油气性,相继在顺南、顺托、顺北实现重大油气突破。顺托果勒地区北东向左行走滑断裂带在构造样式上具有“纵向分层变形、深部主滑移带沿走向分段变形”的特征,上奥陶统及其之上的碎屑岩层系多发育雁列式正断层,其下部对应于发育在碳酸盐岩层系的走滑断层主滑移带。受斜列侧接部位局部应力场改变的影响,走滑断裂带深部通常表现为拉分负花状、压隆正花状及平移平直状3类样式。多期活动的系列北东向走滑断裂带形成了规模较大的碳酸盐岩缝洞体系,为后期埋藏溶蚀改造形成规模储层和油气运聚均提供了有利条件,具有明显的“控储、控藏、控富”特征。在这种奥陶系发育较为齐全的低隆斜坡区呈现出沿断裂带大面积富含油气的勘探形势,具有不同于古隆起暴露剥蚀区风化壳领域的油气成藏模式,使得“塔河之外找塔河”成为可能,已初步落实轻质油资源量 12×10^8 t,将成为中石化塔里木探区“十三五”期间增储建产的主战场。

关键词:热液溶蚀改造;断裂控储;走滑断裂带;顺托果勒地区;塔里木盆地

中图分类号:TE121.2

文献标识码:A

Significance of oil and gas exploration in NE strike-slip fault belts in Shuntuoguole area of Tarim Basin

Jiao Fangzheng

(Oilfield Business Division, China Petroleum and Chemical Corporation, Beijing 100029, China)

Abstract: For years, the carbonate weathering crust of paleo-uplifts has been a major exploration domain in Tarim Basin. A series of strike-slip fault belts were recognized with updated seismic data in the Shuntuoguole low uplift and slopes between the Tazhong and Tabei paleo-uplifts in Tarim Basin. Drilling data from the area revealed great oil or gas potential, and later significant oil and gas discoveries in the south (also called Shunnan) and north (also called Shunbei) parts as well as Shuntuo of the area verified the revelation. The left lateral strike-slip fault belts of north-east trending in the area are characterized by “layered deformation in vertical direction and segmented deformation along strike of the major slip zone in the deep”. Echelon normal faults are common in the clastic rocks in the upper Ordovician and layers above it. The lower Ordovician corresponds to the major strike-slip zone developed in carbonates. Local stress field variation in echelon and side joint parts had shaped the strike-slip fault belts into three types of structural patterns: pull-apart negative flower pattern, compressive uplifting positive flower pattern and straight parallel displacement. The strike-slip fault belts with multiple stages of activities formed massive carbonate fracture-vug systems, which provided favorable conditions for the migration and accumulation of oil and gas after a later burial and dissolution process and showed obvious features of “controlling reservoir formation, hydrocarbon accumulation and enrichment”. The slope zones of low-uplifts with fully developed Ordovician feature in extensive hydrocarbon accumulation along the fault belts, which is different from those in weathering crust of the exposed and denuded paleo-uplifts. The understanding of the new hydrocarbon accumulation pattern made it possible to obtain another Tahe-like discovery. Currently, about 1.2 billion tons of light oil resources have been confirmed, making the area a main “battlefield” of achieving the goal of reserve growth and productivity construction.

收稿日期:2017-03-01;修订日期:2017-07-03。

作者简介:焦方正(1962—),男,博士、教授级高级工程师,石油与天然气工程。

of oil and gas during the 13th-Five-Year-Plan Period by Sinopec.

Key words: hydrothermal dissolution and modification, reservoir formation controlled by faults, strike-slip fault belt, Shunguotule area, Tarim Basin

长期的油气勘探开发实践表明,古隆起碳酸盐岩风化壳岩溶作用和逆冲断裂活动对塔里木叠合盆地油气聚集成藏及分布具有重要控制作用^[1-4]。中石化、中石油两大公司前期针对塔里木盆地几大古隆起区逆冲断裂的差异变形特征及控储、控藏作用开展过大量研究,取得了丰硕的油气成果与认识^[1-5],而对盆地斜坡、凹陷等部位的断裂研究程度较弱。由于这些部位发育的断裂垂向断距较小,在二维地震测网上解释与识别难度大,前期认为这些部位断裂不发育^[5]。

塔里木盆地顺托果勒地区主要包括顺北、顺托、顺西及顺南等工区,南北方向夹持在沙雅、卡塔克两大古隆起之间,东西方向位于阿瓦提、满加尔两大坳陷的低

梁部位,主要横跨顺托果勒低隆与古城墟隆起两大构造单元^[6](图1),现今构造处于相对低洼部位。近年来,在顺托果勒地区陆续部署实施了一批三维地震勘探,系统开展了对该地区走滑断裂的攻关解释与研究,综合运用走滑断裂建模、相干切片、曲率分析等方法技术刻画出了18条近NE向走滑断裂带(图1),并对其中的5条走滑断裂带进行了钻探,相继获得油气发现^[7-10]。本文基于大量二维、三维地震-地质解释与已钻井分析,刻画了顺托果勒地区NE向走滑断裂的活动特征,探讨其控储、控藏作用,总结与走滑断裂相关的油气成藏规律,旨在进一步完善塔里木盆地的油气成藏理论,同时为其他相似地区的油气勘探提供参考和借鉴。

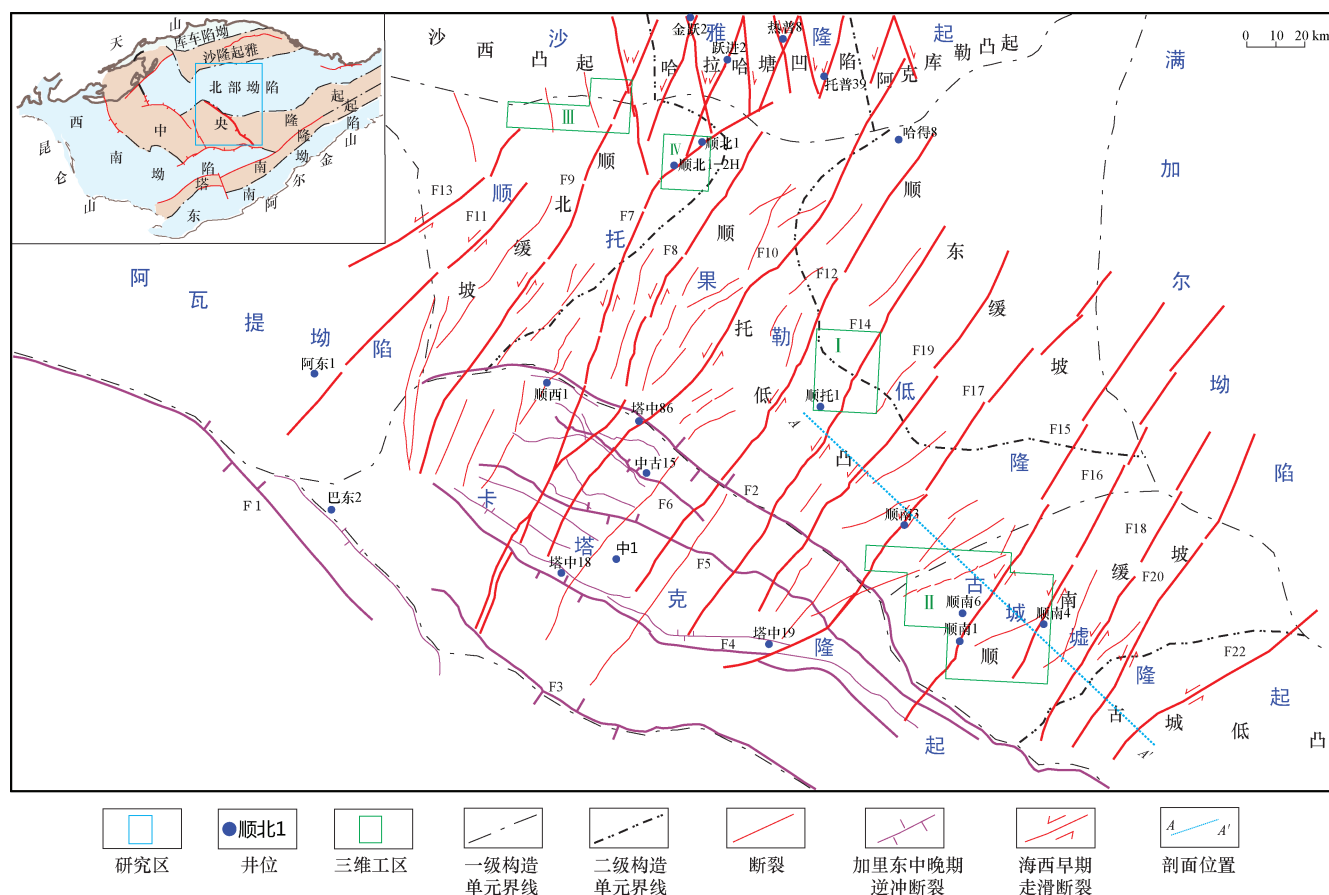


图1 塔里木盆地顺托果勒地区下古生界主要断裂分布

Fig. 1 Distribution of major faults in the Lower Paleozoic in Shuntuguole area, Tarim Basin

I. 顺托三维工区; II. 顺南三维工区; III. 顺8井北三维工区; IV. 顺北三维工区

F1. 吐木休克断裂; F2. 塔中I号断裂; F3. 塔中南缘断裂; F4. 塔中II号断裂; F5. 塔中10号断裂; F6. 塔中35井断裂; F7. 顺北1号断裂; F8. 顺北2号断裂; F9. 顺北3号断裂; F10. 顺北4号断裂; F11. 顺北5号断裂; F12. 顺北6号断裂; F13. 顺北7号断裂; F14. 顺北8号断裂; F15. 顺南1号断裂; F16. 顺南2号断裂; F17. 顺南3号断裂; F18. 顺南4号断裂; F19. 顺南5号断裂; F20. 顺南6号断裂; F22. 顺南8号断裂

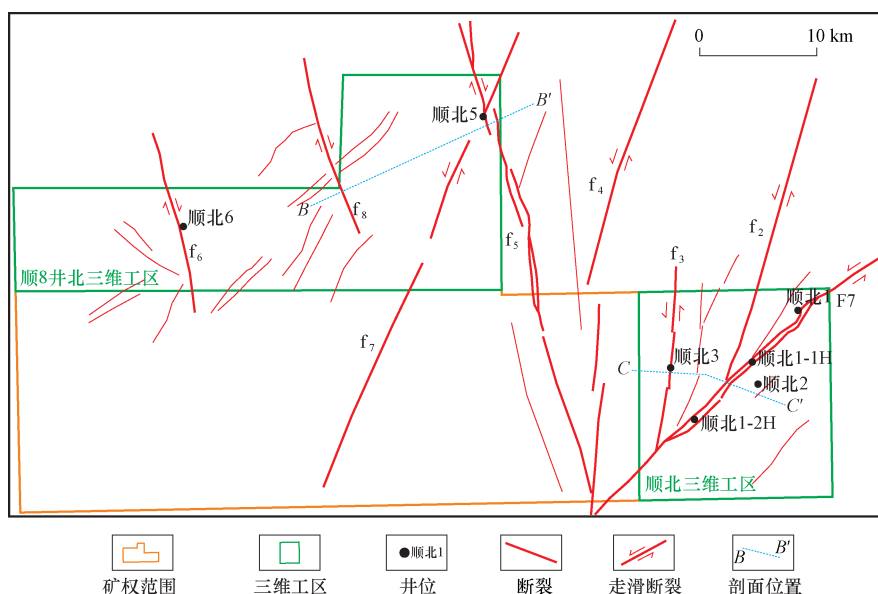


图2 塔里木盆地顺托果勒地区顺北工区下古生界主要断裂分布(工区位置见图1)

Fig. 2 Distribution of major faults in the Lower Paleozoic of the Shunbei seismic acreage in Shuntuguole area, Tarim Basin

F7. 顺北1号断裂; f₃. 顺北3井断裂; f₅. 顺北5井断裂; f₆. 顺北6井断裂

1 断裂展布与活动特征

根据目前中石化、中石油越来越多的三维地震资料解释成果,顺托果勒及邻区的断裂体系呈现出较为清晰的格局,大致以 NE45°走向的顺北1号走滑断裂为界,形成南、北两个不同的走滑断裂体系。北部为呈近 NE、NW 两组走向的“X”型共轭剪切走滑断裂体系,南部则是以 NE 走向为主的单排左行走滑断裂体系(图1)。

1.1 断裂展布特征

顺北工区发育近 NW、NE 和 SN 向等多个走向的断裂(图2)。顺北1号走滑断裂带呈 NE45°走向,顺北3井断裂呈近 SN 走向,与顺北1号走滑断裂带相交并终止发育;顺北5井断裂呈 NW 走向,与北部“X”型共轭走滑断裂体系中的 NW 向断裂走向一致。顺北2井断裂走向上与顺北1号走滑断裂带平行,但发育规模较小,属于次级断裂。顺8井北三维工区还发育总体呈 NE 走向的延伸较远、规模较大但走向并不稳定的断裂带,样式及规模不同于顺北1号走滑断裂带,性质有待进一步厘定。

顺托、顺南工区走滑断裂带均以近 NE 走向为主,规模较大,延伸较远,与卡塔克隆起内发育的近 NE 向走滑断裂带具有较好的对应性。顺南三维工区发育 NE30°和 NE65°两组近 NE 向走滑断层(图3)。其中,

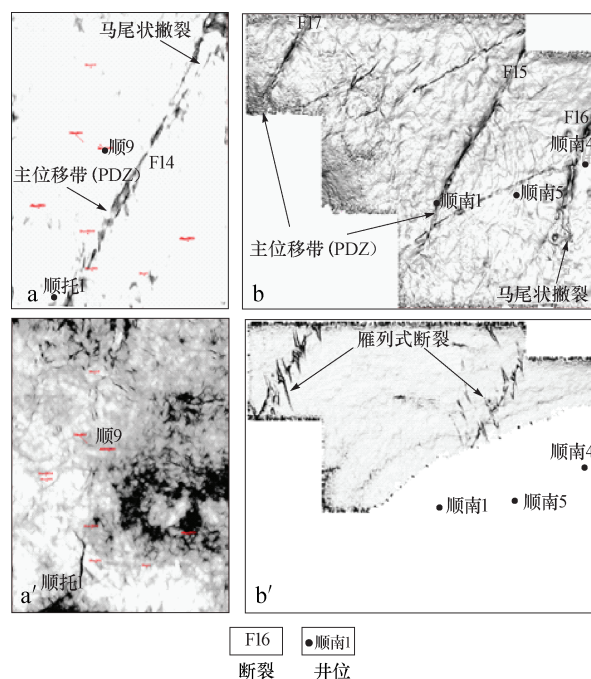


图3 塔里木盆地顺托果勒地区主要界面曲率属性(工区位置见图1)

Fig. 3 Curvature of the main interfaces in Shuntuguole area of Tarim Basin (location of the seismic acreage refers to Fig. 1)

a. 顺托工区顺9井三维工区中、下奥陶统顶面; a'. 顺托工区顺9井三维工区二叠系顶面; b. 顺南工区顺南1井三维工区中、下奥陶统顶面; b'. 顺南工区顺南1井三维工区志留系顶面

NE30°一组发育规模较大,延伸较远;另一组 NE65°走滑断层,如顺南5井断层,断层规模较小。在古隆工区,断裂走向有所变化,以 NEE 走向为主。从目前的

二维地震资料看,顺托果勒地区一系列近 NE 向走滑断裂切割近 NW 向的卡塔克隆起(图 1),延伸长度在 100~200 km,在中石化矿权范围内其展布长度在 10~80 km 不等。

1.2 断裂样式与活动特征

1) 走滑断裂带具有“纵向分层变形”特征

对各构造层的断裂解释表明,各区均以下古生界碳酸盐岩刚性体(中、下奥陶统顶面至基底部分)为主滑(位)移带(图 3a,b),其上为上古生界及中、新生界碎屑岩塑性体发育的雁列式正断层组(图 3b')。主位移带之上雁列式正断层组发育层位不一,在顺南、古隆工区主要发育在上奥陶统一、下泥盆统^[8],在顺托、顺西工区主要发育至上古生界^[7](图 4),但在顺北工区、塔北地区主要见于上古生界—中、新生界^[11],反映了不同地区后期改造活动存在的差异性。总体来看,由南至北晚期的走滑断裂再活动逐渐增强。

2) 走滑断裂带下部具有“沿走向分段变形”特征

地震资料解释表明,本区 NE 向走滑断裂带构造样式有小型负花构造、正花构造和垂直线状构造(图 5),分段性明显,具有小尺度滑移距的走滑断层特征。小尺度滑移距的走滑断层因应变相对较小,识别标志不明显,通常在断层连接处与叠加区应变相对较大些^[12]。研究表明^[13],走滑断裂带中斜列侧接或弯曲部位,会因局部应力场改变而形成垂直升降位移,造

成走滑断裂带的分段性,通常会表现为隆升幅度不一的负花状构造、正花状构造及平直构造。在叠接张扭处,表现为正断层或小型张性破裂较发育的负花状构造;在叠接压扭处,表现为逆冲或小型剪切破裂密集发育的正花状构造;在平移段,基本上以断层两盘相对滑动为主,只在两盘的围岩发育与主变形带小角度相交的次级破裂。

顺托果勒地区多排近 NE 向走滑断裂沿走向均表现出明显的分段性特征。根据垂向断距沿断裂带的变化以及断裂带平面解释几何特征,可对断裂带在各界面进行分段。如以顺北 1 号走滑断裂带为例,根据垂向活动的类型(隆升或下凹)、垂向活动幅度大小以及平面几何特征,可将其总体分为 3 种类型的分段变形,即平移走滑段(垂向活动幅度小于 10 ms)、叠接拉分负花段(下凹幅度最大超过 -25 ms)和叠接压隆正花段(隆升幅度最大值可超过 30 ms)。

1.3 多期活动与叠加改造特征

根据区域构造演化阶段、盆地古隆起与边界断裂演化历史^[14-15],结合本次对研究区断裂活动特征的研究,认为该区断裂体系经历了长期的演变过程,可大致分为 4 个阶段:加里东中期(I 幕挤压逆冲形成边界断裂、III 幕区域走滑破裂体系形成期)、加里东晚期—海西早期(走滑断层主要活动期)、海西晚期—印支期(走滑断层再活动期)和燕山期—喜马拉雅期(中、北部走滑断层再活动期)。

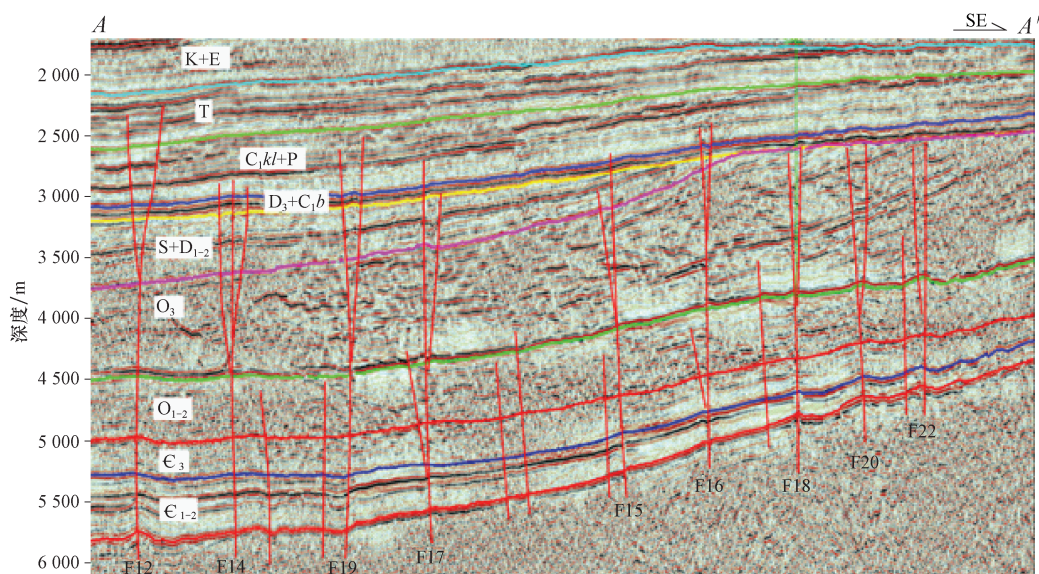


图 4 塔里木盆地顺托—古隆地区二维地震断裂解释剖面(剖面位置见图 1)

Fig. 4 Faults on interpreted 2D seismic sections in Shuntuo-Paleouplift in Tarim Basin(see Fig. 1 for the section location)

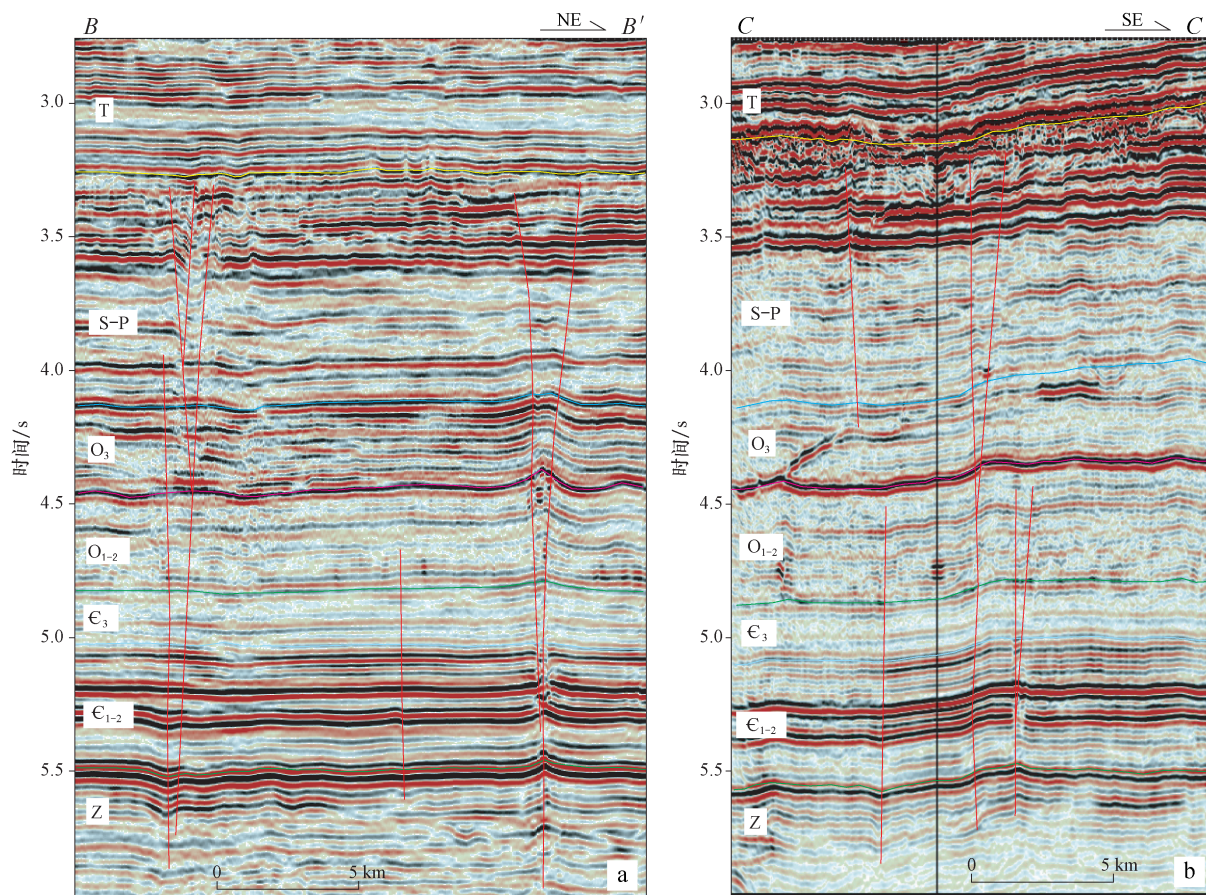


图5 塔里木盆地顺托果勒地区顺北工区三维地震断裂解释剖面(剖面位置见图2)

Fig. 5 Faults on interpreted 3D seismic sections of Shunbei seismic acreage in Shuntuoguoole area in Tarim Basin(see Fig. 2 for the section location)

1) 加里东中期

加里东中期 I 幕,在西昆仑区域挤压作用下,碳酸盐岩台地开始区域抬升,形成塔中 I 号、塔南和吐木休克等边界断裂,塔西南古隆起、卡塔克隆起和塔北隆起开始发育。加里东中期 III 幕,受阿尔金造山带活动影响,塘沽巴斯坳陷区存在强烈挤压变形,顺托果勒地区在近 SN 向挤压应力作用下,发育区域上的小规模破裂体系。

2) 加里东晚期—海西早期

从部分 NE 向走滑断裂带的地震剖面上看,上奥陶统可能有走滑断裂的相关沉积活动。但从顺北、顺托和顺南工区整体来看,走滑断裂带的主要活动期还是以加里东晚期—海西早期为主,志留系—泥盆系与上奥陶统断裂格局与下伏下古生界碳酸盐岩不一致;地震剖面显示,由下部碳酸盐岩主走滑带引起的上部负花状构造(雁列状继承性张扭断裂)主要发育在志留系—泥盆系与上奥陶统(图3—图5),且断距自上而下呈依次递减趋势。而古隆工区等缺失志留系—泥盆系,局部甚至缺失上奥陶统,因此上部层系正断层控制的小断陷并不明显。

3) 海西晚期—印支期

海西晚期—印支期,盆地应力场主要受控于盆地北部的南天山造山作用,推断主压应力仍以近 SN 向为主。该阶段是雅克拉断凸和轮台断裂的强烈活动期,在此影响下在沙雅隆起形成了近 EW 走向的阿克库木和阿克库勒逆冲构造带,以及沿早期深部断层存在继承性再活动。顺北、顺托工区均可见石炭系—二叠系内部的断层响应特征或者继承性小型断陷,表明该阶段走滑断层再活动较为普遍(图 3a',图 4)。而印支期盆地东缘沿阿尔金—祁连—秦岭发育的大型走滑构造作用受东南断阶阻隔,在盆内基本无同期构造变形响应。

4) 燕山期—喜马拉雅期

燕山期—喜马拉雅期,塔里木盆地主要进入陆内坳陷与山前坳陷演化阶段。该阶段塔北地区断裂活动强,出现局部拉张应力。受此时近 NE 向张扭应力场影响,早期以左行走滑为主的 NE 向大断裂重新再活动。由塔河地区白垩系顶面小型雁列正断层的排列方式推断,该阶段下部早期活动的 NE 向断裂出现了右行走滑再活动。托普 39 井区走滑断裂的地震剖面上

可以看到白垩系(T_3^0 界面)发育受正断层控制的漏斗状断陷,界面以上仍有再活动的正断层。顺北地区的晚期断层活动相对弱一些;而靠南部的顺托地区,可能出现过断层再活动(图3a'),但非常微弱,地震剖面上找不到明显的证据。

2 断裂带控储、控藏作用

从顺托果勒地区下古生界碳酸盐岩的油气勘探历程来看^[8-10],顺南1井首先证实了塔中I号断裂带下盘的斜坡部位具有良好的油气成藏条件,后续的三维勘探发现并落实了一系列NE向走滑断裂带。经过顺南4、顺托1及顺北1井的钻探,进一步认识到走滑断裂带对顺托果勒地区具有重要的控储、控藏作用。同时根据油气性质的变化认识到,顺南4井区至古隆工区为天然气聚集区,顺南1井区至顺托工区存在凝析气聚集,而顺北工区存在挥发油-轻质油聚集。这种油气分布特征表明,顺托果勒地区奥陶系的油气聚集格局与本地下部烃源岩在不同埋藏温、压条件下的差异热演化有关。大部分NE向主干走滑断裂带向下切至寒武系底界,沟通中、下寒武统烃源层,为油气垂向运聚成藏提供了关键条件。

2.1 走滑断裂带控储作用

根据地层层序、构造演化及已钻井资料分析,顺托果勒地区不具备发育大规模性的加里东中期及海西早

期暴露淡水岩溶作用^[10]。顺托果勒地区奥陶系碳酸盐岩主要储集空间为高陡断层相关洞穴、高角度缝和沿缝洞发育的多类型溶蚀孔洞,既有沿层序界面形成的溶蚀孔洞,也有如顺南7井揭示的微生物岩基质孔隙,还有中、下部白云岩化造成的晶间孔,更多的是断裂破裂形成的裂缝以及如顺南4井揭示的热液溶蚀改造形成的孔洞,应该属多类型、多成因裂缝-孔洞型储集体。储层形成最主要的控制因素为构造破裂作用与深埋藏状态下的热液溶蚀改造,而两者均与走滑断裂活动关系密切。

首先,下古生界碳酸盐岩属于刚性地层,受外力作用,断裂带岩石破碎程度高,洞穴(钻井放空)主要发育在断裂带附近。顺北1号走滑断裂带上的顺北1-2H、顺北1-3CH和顺北1-4H井在钻进过程中均钻遇放空,表明钻遇了缝洞型储层。断裂带多期活动形成的裂缝系统本身可以作为一种重要的储集空间,如位于次级断裂带上的顺北2井直井与侧钻井成像测井资料均揭示发育高角度裂缝(图6),高角度裂缝走向以NE向为主,与主断裂走向一致,表明受走滑断裂带控制。

其次,深大走滑断裂带也为后期埋藏溶蚀改造提供了有利通道,沿断裂带溶蚀储层发育。顺托果勒地区井下可见硅质团块、石英晶簇、鞍形白云石、萤石和岩浆蚀变岩等与热液相关的矿物(图7),尤其是顺南4井揭示硅质热液溶蚀改造孔洞发育,连结晶充填物本身都具备较好的储集性能,表明热液溶蚀改造作用在本区发育,与塔里木盆地晚加里东和晚海西两期岩浆活动关系密切。

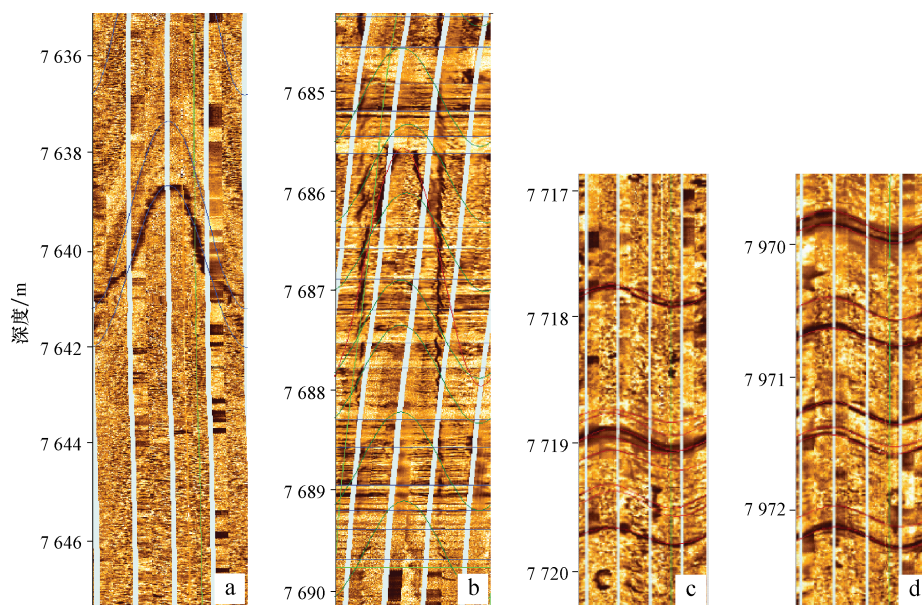


图6 塔里木盆地顺托果勒地区顺北2井直井与侧钻井水平段成像测井裂缝识别

Fig. 6 Fracture identification on image logs in the vertical wellbore and the sidetracked lateral of Well Shunbei-2 in Shuntuoguole area, Tarim Basin

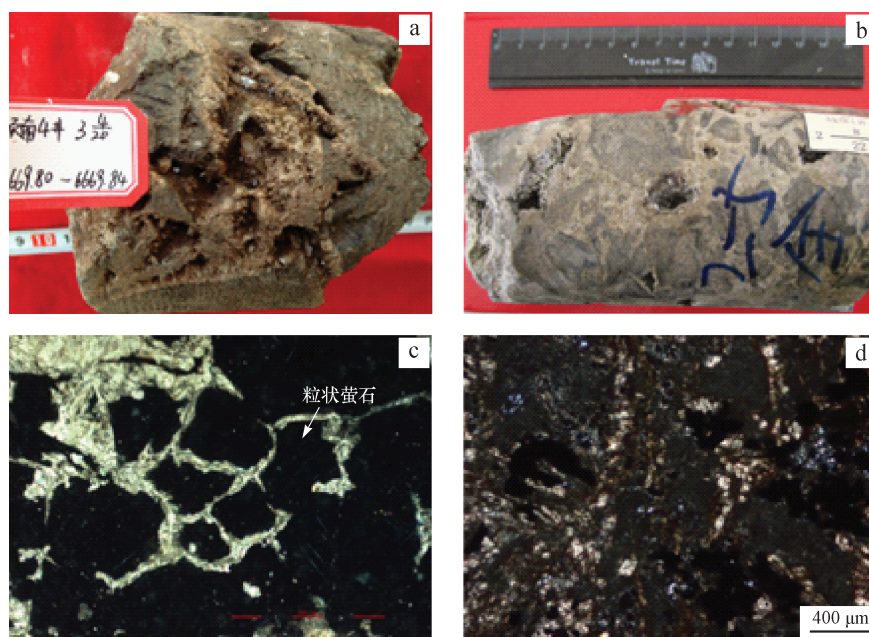


图7 塔里木盆地顺托果勒地区及周缘碳酸盐岩热液改造标志识别图版

Fig. 7 Graphs for identifying markers of hydrothermal fluid modification in carbonates of Shuntuoguole area and its periphery, Tarim Basin

a. 顺南4井,埋深666 9.80~666 9.84m,扩溶裂缝内充填石英;b. 城探1井,中晶云岩,乳白色鞍形白云石半充填;c. 跃进1X井,硅质岩中萤石;d. BT7井,埋深633 4.79~633 4.95m,黄铁绢英岩

2.2 走滑断裂带控藏作用

顺托果勒地区的油气突破,得益于两点重要认识:

①北塔里木烃源岩广泛分布;②深大走滑断裂带控制油气运移与富集。勘探实践与基础地质研究表明,顺托果勒地区油气成藏具有“本地烃源、垂向输导、晚期成藏、断裂控富”的主要特征。

1) 沟通烃源的深大走滑断裂带控制着油气的运移

顺托果勒地区发育多条NE向走滑断裂带,主干断裂带向下切至寒武系底界,沟通中、下寒武统烃源层,形成油气垂向运移的地质条件。从顺北1-1H井测定的井底流体流温与初期静温平均温度之差为9.66℃,表明有来自井底之下450m左右的地层高温流体沿着断裂进入了井筒,进一步证明垂向运聚特征明显,断穿基底的断裂是油气运移的主要通道。

顺托果勒地区多条断裂带上的钻井揭示,发育规模大的主干断裂带油气多期充注特征明显,充注强度大,油气富集程度高(如顺北1号、顺北2号和顺北8号断裂带);规模较小的次级断裂带(如顺西1井断裂带)油气富集程度弱,表现为油、气、水同层特征;而断裂带之间的钻井(如顺2或顺6井)油气晚期充注特征不明显,油气藏表现为调整破坏的特征。

2) 不同规模的走滑断裂带控制着油气富集成藏的差异性

已钻井揭示,离主干断裂带越近,奥陶系碳酸盐岩

缝洞型储层越发育,且缝洞型储层与深大断裂的连通性越好,油气充注越充足^[16-17](图8),钻井测试产能越高,稳产出油气时间越长。如顺北1号主干断裂带上的顺北1-1H井,钻进过程中漏失泥浆1810 m³,测试初期产能高(油压42.3 MPa,日产油129 t,日产气6.49×10⁴ m³),稳产时间长,累产油3.08×10⁴ t,累产气1445.7×10⁴ m³;顺北8号断裂带旁的顺托1井离顺北8号主干断裂带4 km,油气产能高,累产气2379.4×10⁴ m³,累产油400 t,分析认为顺托1井旁可能发育有与深大断裂带相沟通的次级断裂,改善了储集条件,油气富集规模较大。反之,离主干断裂带越远或次级断裂带活动强度越小,碳酸盐岩缝洞型储层发育程度越弱,储集空间多以孤立洞穴或溶蚀孔洞为主,储层与通源断裂的连通性越差,油气充注程度越弱,钻井测试产能下降快、见水快。如位于顺北1号主干断裂带旁的顺北1井,钻进过程中漏失泥浆1314 m³,但地震振幅变化率显示缝洞体与主干断裂带连通性较差,测试产少量油气,地层返排能力差。

同时,同一条断裂带上油气藏具有分段的特征。分段性可对缝洞型油气藏形成良好的侧向封堵。如顺北1号断裂带7口油气井的干扰试井资料结果显示,顺北1-4H与顺北1-5H井、顺北1-1H与顺北1-7H井是连通的,而其余油气井是不连通的,推测这种油藏的连通性差异与走滑断裂的分段性有关系。

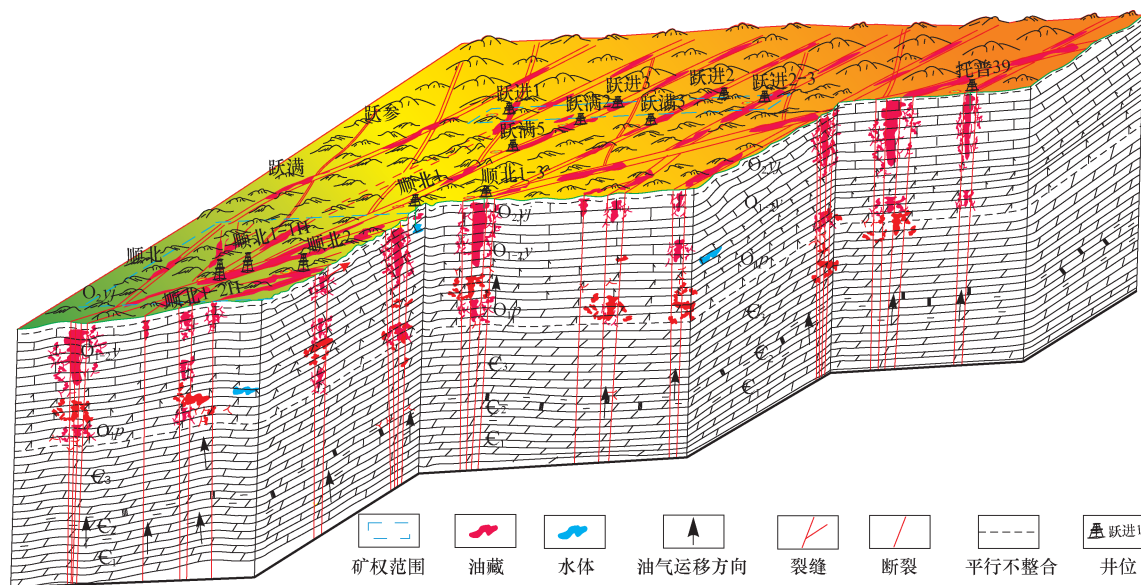


图8 塔里木盆地顺托果勒地区奥陶系碳酸盐岩成藏模式

Fig. 8 Hydrocarbon accumulation patterns of the Ordovician carbonates in Shuntuoguole area, Tarim Basin

3 油气勘探意义

正是基于前述系列走滑断裂带多期活动、分段变形特征及其控储、控藏作用的认识,所部署探井相继在多个走滑断裂带上获得油气突破,发现了顺北油藏、顺托1井区凝析气藏及顺南气藏。顺北大油气田的格局初步形成。

顺北油田的发现,是中石化西北油田分公司走出塔河,在新地区、新领域、新类型获得的重大油气突破,也是近10年来塔里木盆地石油勘探的新亮点。顺北大油气田的发现,初步实现了西北油田分公司“塔河之外找塔河”的战略构想,为处在寒冬中的石油行业带来了暖意,对中国石化上游发展有着重要的战略意义。同时,这也是在长期潜行研究、科技攻关、不断创新的基础上,通过夯实地质认识带来的重大发现。顺北油田的发现其油气勘探意义在于:一是,认识到北塔里木台盆地区广泛发育以寒武系玉尔吐斯组为主的优质烃源岩,打破了烃源岩只分布在满加尔、阿瓦提和塔西南坳陷的固有认识,扩大了油气勘探有利区范围;二是,认识到在隆起区高部位之外的斜坡区、凹陷区等低部位多期活动的深大断裂带,控制了碳酸盐岩储层发育、油气运移和富集成藏。在上述认识指导下,勘探实践由之前的“临近烃源岩,立足古隆起、古斜坡,寻找早期原生油气藏”的思路,转变为“立足原地烃源岩,沿着深大断裂带,以超深层多成因、多类型裂缝-洞穴型储集体为目标,寻找晚期原生规模轻质油气藏”的勘探思

路^[18]。这种勘探思路的重大转变,既丰富和发展了海相碳酸盐岩油气成藏理论,又带来了从隆起向斜坡低隆部位、从喀斯特缝洞型储层向断控裂缝洞穴型储层、从碳酸盐岩表层向内幕、从调整改造油气藏向晚期原生轻质油气藏的勘探拓展。

根据测算,顺托果勒地区18条NE向走滑断裂带控制有利含油气面积3400 km²,油气资源量达17×10⁸ t,其中石油12×10⁸ t、天然气5000×10⁸ m³。因此,近2.8×10⁴ km²的顺托果勒探区呈现出富含油气的成藏格局与良好的勘探前景,极大地拓展了塔里木盆地的勘探领域,将成为中石化塔里木探区“十三五”期间重要的勘探领域与主战场,预计可实现获得3×10⁸ t轻质油探明储量、建成100×10⁴ t轻质油产能阵地的战略目标。

另外,二维资料连片解释与区域研究结果表明,这种NE向走滑断裂带在塔河深层(如托鹰1井)、巴楚断隆和麦盖提斜坡也均有发育(如罗斯2井)。深化研究这些断裂构造,将为碳酸盐岩内幕以及相似构造部位的油气勘探开拓新的阵地。

参 考 文 献

- [1] 周新源,王招明,杨海军,等. 中国海相油气田勘探实例之五——塔中奥陶系大型凝析气田的勘探和发现[J]. 海相油气地质, 2006,11(1):45-51.
Zhou Xinyuan, Wang Zhaoming, Yang Haijun, et al. Cases of discovery and exploration of marine fields in China (Part 5): Tazhong Ordovician condensate field in Tarim Basin[J]. Marine Origin Petroleum Geology, 2006,11(1):45-51.
- [2] 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.
- [3] 金晓辉, 闫相宾, 李铁军, 等. 塔里木盆地油气勘探实践与发现规律探讨[J]. *石油与天然气地质*, 2008, 29(1): 45–52.
- Jin Xiaohui, Yan Xiangbin, Li Tiejun, et al. A discussion on gas and oil exploration activities and discovery patterns in the Tarim Basin [J]. *Oil & Gas Geology*, 2008, 29(1): 45–52.
- [4] 郭光辉, 杨海军, 屈泰来, 等. 塔里木盆地塔中隆起断裂系统特征及其对海相碳酸盐岩油气的控制作用[J]. *岩石学报*, 2012, 28(3): 793–805.
- Wu Guanghui, Yang Haijun, Qu Tailai, et al. The fault system characteristics and its controlling roles on marine carbonate hydrocarbon in the central uplift, Tarim Basin [J]. *Acta Petrologica Sinica*, 2012, 28(3): 793–805.
- [5] 汤良杰, 漆立新, 邱海峻, 等. 塔里木盆地断裂构造分期差异活动及其变形机理[J]. *岩石学报*, 2012, 28(8): 2569–2583.
- Tang Liangjie, Qi Lixin, Qiu Haijun, et al. Poly-phase differential fault movement and hydrocarbon accumulation of the Tarim Basin [J]. *Acta Petrologica Sinica*, 2012, 28(8): 2569–2583.
- [6] 马庆佑, 吕海涛, 蒋华山, 等. 塔里木盆地台盆区构造单元划分方案[J]. *海相油气地质*, 2015, 20(1): 1–9.
- Ma Qingyou, Lü Haitao, Jiang Huashan, et al. A division program of structural units in the Paleozoic platform-basin region, Tarim Basin [J]. *Marine Origin Petroleum Geology*, 2015, 20(1): 1–9.
- [7] 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.
- [8] 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): 1–11.
- Huang Taizhu. Structural interpretation and petroleum exploration targets in northern slope of middle Tarim Basin [J]. *Petroleum Geology & Experiment*, 2014, 36(3): 1–11.
- [9] 云露, 曹自成. 塔里木盆地顺南地区奥陶系油气富集与勘探潜力[J]. *石油与天然气地质*, 2014, 35(6): 788–798.
- Yun Lu, Cao Zicheng. Hydrocarbon enrichment pattern and exploration potential of the Ordovician in Shunnan area, Tarim Basin [J]. *Oil & Gas Geology*, 2014, 35(6): 788–798.
- [10] 漆立新. 塔里木盆地顺托果勒隆起奥陶系碳酸盐岩超深层油气突破及其意义[J]. *中国石油勘探*, 2016, 21(3): 38–51.
- Qi Lixin. Oil and gas breakthrough in ultra-deep Ordovician carbonate formations in Shuntuoguole uplift, Tarim Basin [J]. *China Petroleum Exploration*, 2016, 21(3): 38–51.
- [11] 孙东, 杨丽莎, 王宏斌, 等. 塔里木盆地哈拉哈塘地区走滑断裂体系对奥陶系海相碳酸盐岩储层的控制作用[J]. *天然气地球科学*, 2015, 26(增刊1): 80–87.
- Sun Dong, Yang Lisha, Wang Hongbin, et al. Strike-slip fault system in Halahatang area of Tarim Basin and its control on reservoirs of Ordovician marine carbonate rock [J]. *Natural Gas Geoscience*, 2015, 26(S1): 80–87.
- [12] Kim Young-Seog, Sanderson D J. Inferred fluid flow through fault damage zones based on the observation of stalactites in carbonate caves [J]. *Journal of Structural Geology*, 2009, 32(9): 1305–1316.
- [13] 吕修祥, 张艳萍, 敬兵, 等. 走滑断层弯曲破碎带特征及对深部岩溶储集层发育的控制作用[J]. *矿物岩石地球化学通报*, 2016, 35(5): 839–850.
- Lv Xiuxiang, Zhang Yanping, Jing Bing, et al. Characteristics of bend damage zones of strike-slip faults and its control on development of deep karst reservoirs [J]. *Bulletin of Mineralogy, Petrology and Geochemistry*, 2016, 35(5): 839–850.
- [14] 贾承造. 塔里木盆地板块构造与大陆动力学[M]. 北京: 石油工业出版社, 2004.
- Jia Chengzao. Plate tectonics and continental dynamics, Tarim Basin [M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 2004.
- [15] 许志琴, 李思田, 张建新, 等. 塔里木地块与古亚洲/特提斯构造体系的对接[J]. *岩石学报*, 2011, 27(1): 1–22.
- Xu Zhiqin, Li Sitian, Zhang Jianxin, et al. Paleo-Asian and Tethyan tectonic systems with docking the Tarim block [J]. *Acta Petrologica Sinica*, 2011, 27(1): 1–22.
- [16] 张艳萍, 吕修祥, 于红枫, 等. 塔中隆起两组走滑断裂对岩溶储层发育的控制机制[J]. *石油与天然气地质*, 2016, 37(5): 663–673.
- Zhang Yanping, Lyu Xiuxiang, Yu Hongfeng, et al. Controlling mechanism of two strike-slip fault groups on the development of the Ordovician karst reservoirs in the Tazhong Uplift, Tarim Basin [J]. *Oil & Gas Geology*, 2016, 37(5): 663–673.
- [17] 田鹏, 马庆佑, 吕海涛. 塔里木盆地北部跃参区块走滑断裂对油气成藏的控制[J]. *石油实验地质*, 2016, 38(2): 156–161.
- Tian Peng, Ma Qingyou, Lü Haitao. Strike-slip faults and their controls on hydrocarbon reservoirs in the Yuecan block of the northern Tarim Uplift, Tarim Basin [J]. *Petroleum Geology & Experiment*, 2016, 38(2): 156–161.
- [18] 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.

(编辑 李 军)