

塔中北围斜区北东向走滑断裂特征及其控油作用

杨圣彬¹, 刘军², 李慧莉¹, 张仲培¹, 李婧婧¹

(1. 中国石化石油勘探开发研究院, 北京 100083; 2. 中国石化西北油田分公司, 新疆乌鲁木齐 830011)

摘要:塔里木盆地塔中北围斜区发育一系列北东走向的走滑断裂,主要发育花状构造、平行高陡断裂带、雁列构造等多种构造样式。加里东中期塔中I号断裂、南缘断裂活动剧烈,北西向的逆掩岩片或滑动块体中由于差异运动而形成了北东走向的撕裂断层-调节断层。加里东末期塔中地区受到东南向强烈斜向挤压作用是走滑断裂形成的动力机制,在基底薄弱带的基础上,塔中地区发生了右旋走滑特征。在这种板内挤压转换构造背景下,形成了一些连接北西向逆冲断层的北东向走滑断裂。加里东晚期—海西早期断裂基本上沿着加里东中期的调节断层带的基础上继承发育,具有多期活动的特征。走滑断裂对碳酸盐岩储集层具有强烈的改造作用,还控制了古生界碎屑岩构造圈闭的发育,并作为重要的油气运移通道。

关键词:断裂形成演化;控油作用;调节断层;走滑断裂;塔中北围斜区

中图分类号:TE121.2

文献标识码:A

Characteristics of the NE-trending strike-slip fault system and its control on oil accumulation in north peri-cline area of the Tazhong paleouplift

Yang Shengbin¹, Liu Jun², Li Huili¹, Zhang Zhongpei¹, Li Jingjing¹

(1. Exploration & Production Research Institute, SINOPEC, Beijing 100083, China;

2. Northwest Oilfield Company, SINOPEC, Urumqi, Xinjiang 830011, China)

Abstract: A series of strike-slip faults occur in north peri-cline area of the Tazhong Uplift in the Tarim Basin. The structural styles include flower structure, parallel high-steep fault, en-echelon structure etc. In the Middle Caledonian, the Tazhong-I fault and the southern boundary fault were most active, and the NE-trending tear faults were formed because of the differential movement of NW-trending overthrust nappe or sliding block. In the Late Caledonian, the Tazhong uplift experienced strong oblique compression from the SE direction, which was the dynamic mechanism for the formation of strike-slip faults. This resulted in right-lateral strike-slip on the basis of basement weak zone. NE-trending strike-slip faults were formed in the tectonic setting of intraplate transpressional nature, and were connected with the NW-trending thrust fault. In the Late Caledonian to Early Hercynian, faults were developed in inheritance along the Middle Caledonian tear faults, and were characterized by multistage activities. The strike-slip faults not only greatly modified carbonate reservoirs, but also controlled the development of structural trap in the Paleozoic clastic rocks. In addition, they also acted as important pathways of hydrocarbon migration.

Key words: formation and evolution of faults, control on oil accumulation, tear fault, strike-slip fault, north peri-cline area of Tazhong Uplift

塔中北围斜区位于塔中I号断裂带下盘,主要包括顺托果勒低隆起和古城墟隆起的一部分,紧邻满加尔坳陷的生烃中心,成藏条件有利。从钻井情况来看,塔中北围斜区多口井见良好的油气显示,顺9井志留系柯坪塔格组下段获得低产油流;古隆2井一间房组-鹰山组试获低产气流;古隆1井鹰山组内幕获低产气流;近期钻探的顺南1井在T₄界面首次见到天然

气和轻质油,展示了良好的油气勘探前景。通过我们前期的勘探成果来看,北围斜区古生界碎屑岩系低幅度圈闭的发育以及碳酸盐岩储层的发育均与北东向断裂关系密切。前人通过对I号坡折带三维地震资料的解释,在塔中地区发现了一定规模的北东向走滑断裂体系,分析了其构造样式和演化过程,并对碳酸盐岩储层改造、油气运移进行了简单的论述,但对整个塔中

地区北东向断裂的特征、发育及控油作用缺少系统的研究,而且对演化期次的分析也存在不同的解释^[1-2]。

通过对塔中北围斜区二维地震资料和三维地震资料的详细解释,详细论述北东向断裂的特征、演化期次以及控油作用,这对我们拓展北围斜区的油气勘探具有重要的意义。

1 断裂发育特征

1.1 剖面特征

北东向走滑断层剖面上主要发育3种主要类型的构造样式:花状构造、平行高陡断裂带、火山岩有关的断裂(图1)。

1.1.1 花状构造

走滑断裂中主干断裂和分支断裂在剖面上的特殊组合形态,是鉴别走滑断裂的重要标志之一^[3]。根据结构和力学性质分为正花状构造和负花状构造^[4]。正花状构造是由收敛性走滑断层在压扭性应力状态下形成的,它由一条陡立走滑断层向上分叉散开,形成由逆断层组成的背冲构造。断面下陡上缓、凸面向上,被切断的地层多成背形。沿走滑断裂带收敛处常形成正花状构造,主干断裂在奥陶系碳酸盐岩上部形成两个向上撒开背冲的分支断裂,在碳酸盐岩顶部形成断垒,类似冲断系统的突发构造,但断面高陡,向下收敛、合并,平面上断裂带与区域挤压应力场斜交。走滑断裂带还可以向正断层转化、过渡到断堑,具有明显的挤压、逆断、背形的正花状构造特征。

负花状是在张扭性应力场中由离散性走滑断层作

用派生,由一组凹面向上的正断层构成类似地堑式构造。

1.1.2 平行高陡断裂带

断裂高陡、平直,倾角大于80°,断层倾向有变化,不同层位的断距变化较大,因为断面陡直,倾角稍有变化即可能造成断面倾向反转,从而导致断层性质沿走向发生变化。这组断裂系统近于等间距排列,剪切带仅局限于断裂带,向下断穿寒武系直至基底,向上断至志留系。

1.1.3 与火成岩有关的断裂

岩浆活动与断层之间有着密切的联系。在板块构造的框架下,断层和岩浆活动是一对孪生兄弟。有些研究者把岩浆活动分为主动型和被动型两种。前者指岩浆活动在前,由于岩浆上拱造成地层破裂^[3]。通过对顺1井西三维地震资料的解释可知,在顺1井西三维区发育典型的由于岩浆上拱造成地层破裂,平面上往往成弧形,而且没有断入基底,向上不会断穿T₅⁰,断裂在侵入体的上面发育;后者指断裂活动在前,由于断裂向地壳深部发育,从而引起岩浆活动并上升到地表。大洋中脊广泛存在的传递断层就是在岩浆上涌、冷却到海底扩张这一板块增生过程中产生的。这种环境下应该是典型的主动型岩浆活动。

1.2 平面展布特征

通过对北围斜区二维、三维地震资料分析,发现塔中地区大量北东向走滑断裂。整个断裂系统主要以北西向逆冲断裂与北东向走滑断裂组成的网格状断裂格局(图2)。

塔中北围斜区断裂在平面上呈线性延伸、断续分布的特征,断裂的规模和级别有较大的差异,规模较大

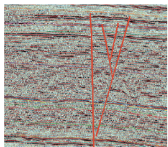
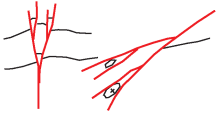
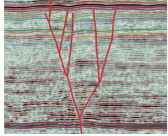
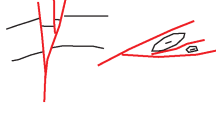
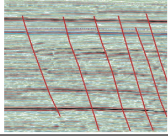
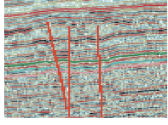
样式	典型剖面	平面和剖面图示	基本特征与成因	断裂带名称
正花状构造			基底走滑错断,盖层斜向压扭错断,上部形成分支断裂向上撒开背冲,形成断垒,断面高陡,向下收敛、合并	顺南2断裂带 顺南1井断裂带 顺南3井断裂带 古隆1井断裂带
负花状构造			基底走滑错断,高陡切入基底,盖层斜向张扭错断,形成局部断陷下掉断块,一系列分支断裂呈发散状,向下收敛	顺西2断裂带 顺9井断裂带 塔中45井断裂带
平行高陡断裂			平行断裂发育,规模较小,断裂高陡、平直,断层倾向有变化,不同层位的断距变化较大,断层性质沿走向发生变化,断裂系统近于等间距排列	塔中4北断裂带 顺9井断裂带
与火成岩有关的断裂			火成岩的发育与断裂发育关系密切,断裂高陡、平直	顺西地区

图1 塔中北围斜区走滑断层构造样式

Fig.1 Structural types of strike-slip faults in north peri-cline area of the Tazhong Uplift

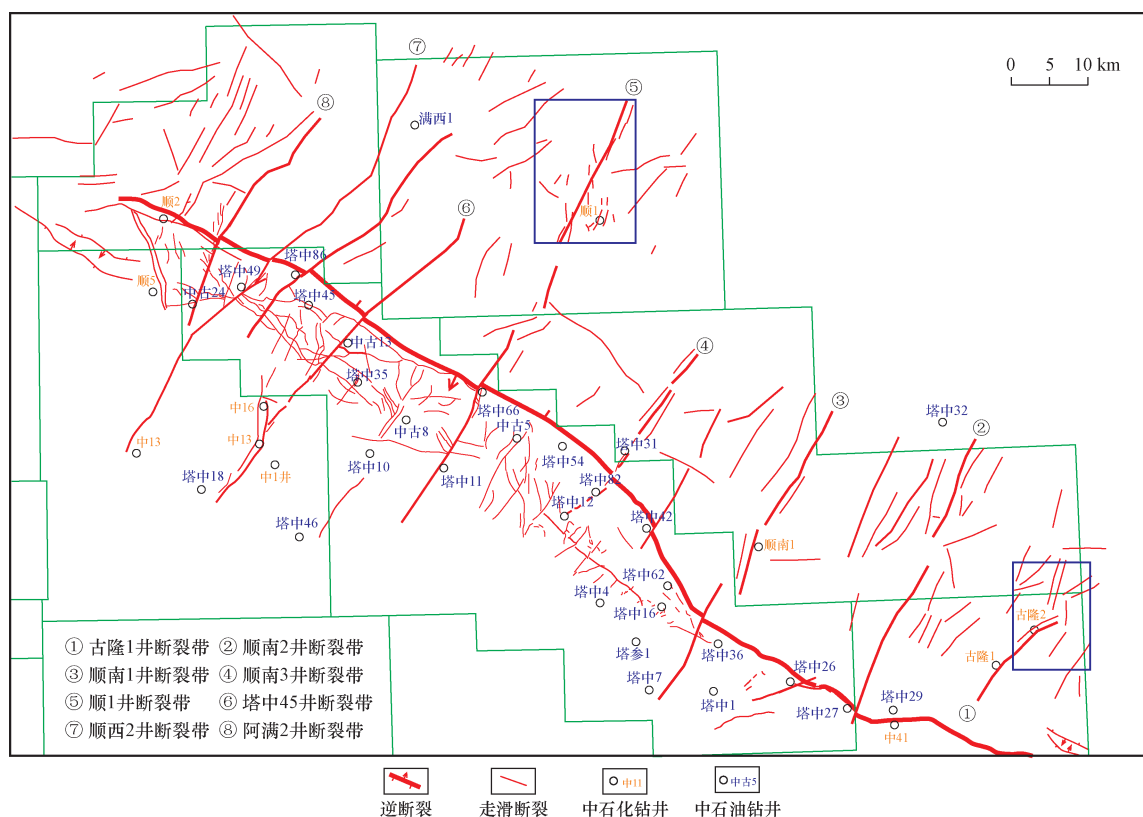


图2 塔中北围斜区断裂平面图

Fig. 2 Map of strike-slip faults in north peri-cline area of of Tazhong Uplift

的延伸大于 20 km。平面主要表现为雁列构造、拉分地堑与狭长深地堑。从断层走向来看,大致发育 3 个方向的走滑断层:北东向、北东东向和北西向。

通过对顺 1 井三维、顺 1 井西三维以及古隆三维地震资料的精细解释发现,走滑断裂系统出现明显的雁列展布断裂系统,在志留系构造层断裂异常发育。

由于张扭断裂的断面陡直,强烈的张扭断裂活动应力集中在断面附近很窄的范围内,因而造成窄而深的地堑、半地堑^[2]。

1.3 空间展布特征

走滑断层沿断层的走向可见海豚效应和丝带效应,这两种特征也是鉴别走滑断层的重要标志之一。海豚效应就是在断层倾向相同的情况下,沿断层的走向常见到正断层、逆断层相间出现的一种现象。从地震剖面可见,顺 1 井走滑断裂带沿走向切过的地震剖面断裂发育特征有变化,正、逆断层频繁交互出现,走滑断裂带上构造变形复杂,两侧升降有变化,但是变化不是很明显,与典型的走滑断层所表现出来的海豚效应具有一定的区别。丝带效应就是沿断层的走向,断层的倾向发生变化,造成正断层和逆断层的交替出现。在顺西 2 井走滑断裂带上,沿走向上走滑断裂带内部构造变形复杂,在寒武系—奥陶系以垂直狭窄断裂带为特征,但其倾向发生不同程度的变化,既有正断层形

式出现,也有逆断层特征显现。

2 断裂形成演化

2.1 加里东中期

在早奥陶世末期,塔里木板块由于南部岛弧的拼接,从被动大陆边缘转为活动大陆边缘,构造背景从伸展转为汇聚,导致塔中地区整体抬升,塔中 I 号断裂、南缘断裂活动剧烈,控制了卡塔克隆起的形成。北西向的逆掩岩片或滑动块体中由于差异运动而形成了一系列北东走向的撕裂断层—调节断层,北东向调节断层的发育控制着地形起伏和沉积环境,造成了 I 号坡折带沿其走向其构造样式、演化模式、成因机制不尽相同,具有分段性和多期性发育的特点^[5]。由于塔中 I 号坡折带主要形成于加里东中期,后期构造活动影响较弱,所以我们可以根据塔中 I 号坡折带的构造样式、派生构造、断距等特点,来确定加里东中期重要的转换断层带。塔中 I 号坡折带平面上可以划分为 5 段,其间发育 4 个构造转换带,自西向东分别为顺西 2 井断裂带、塔中 45 井断裂带、顺南 1 井断裂带和顺南 2 井断裂带(图 3)。

塔中北围斜区除发育北东向的转换断层外,还发育平行于 I 号断层带的北西向断裂,控制了斜坡背景

2.2 加里东晚期—海西早期

加里东末期,由于车尔臣断裂的强烈的左行走滑,塔中地区受到东南方向强烈斜向挤压作用是走滑断裂形成的动力机制。在基底薄弱带的基础上,塔中地区发生了右旋走滑特征。在这种板内挤压转换构造背景下,形成了一些北东向的连接逆冲断层的左行走滑断裂^[6-7],它是挤压作用的应变承接带,属于典型的被动型走滑断裂(图5)。在局部应力场的控制下,在顺西地区形成了一系列北西向雁列式排列的张扭断层,在顺南地区形成了一系列北西向雁列式排列的压扭性断裂。压扭性断裂对油气聚集更有利,而张扭性断裂对油气后期运聚更有利。

加里东末期—早海西期的走滑断层基本上沿着加里东中期的转换断层带的基础上继承发育,造成了两期构造的强烈叠加,同时也发育一系列规模和级别更小的走滑断层。造成了现今塔中地区东西分块的构造格局。

通过地震剖面上对走滑断层所卷入的地层层位来看,走滑断层向上主要发育在志留系和中、下泥盆统,未断至上泥盆统东河砂岩段,所以北东向走滑断层主要发育在志留纪末—中泥盆世。海西晚期具有继承发育的特点,主要继承发育在顺西地区,与火山活动关系密切。

3 北东向走滑断层的控油作用

3.1 对碳酸盐岩储集层的改造作用

北东向走滑断裂具有多期叠加改造的特点,多期次的构造变形是裂缝发育的基础^[8]。从位于北东向断裂带上古隆2井的钻探情况来看,储集空间类型主要为裂缝,见弱溶蚀孔洞。而且大量的地表水、地下水具有沿走滑断裂带汇聚的运移趋势,有利于断裂带附近的岩溶作用发育。岩溶作用基本上是沿北东向走滑断裂带发育,而且从产能与裂缝关系的统计来看,产能好的井裂缝的走向基本上为北东走向。

在地震剖面上,塔中北围斜区鹰山组风化壳串珠状地震响应的大型缝洞体沿走滑断裂带附近较发育,而且后期有一定的继承性发育。而塔中地区鹰山组内分布稳定、厚4~10 m的高电阻含云灰岩构成的致密层段可作为局部封盖层,与下伏储层可能形成良好的储—盖组合配置关系^[9-10]。另外构造转换带对烃类及地下水的聚集有重要的影响,所以塔中北围斜区几条重要的北东向的构造转换带作为优先评价的目标。

3.2 对古生界碎屑岩圈闭发育的控制作用

北东向走滑断裂发育,具备形成低幅度构造圈闭

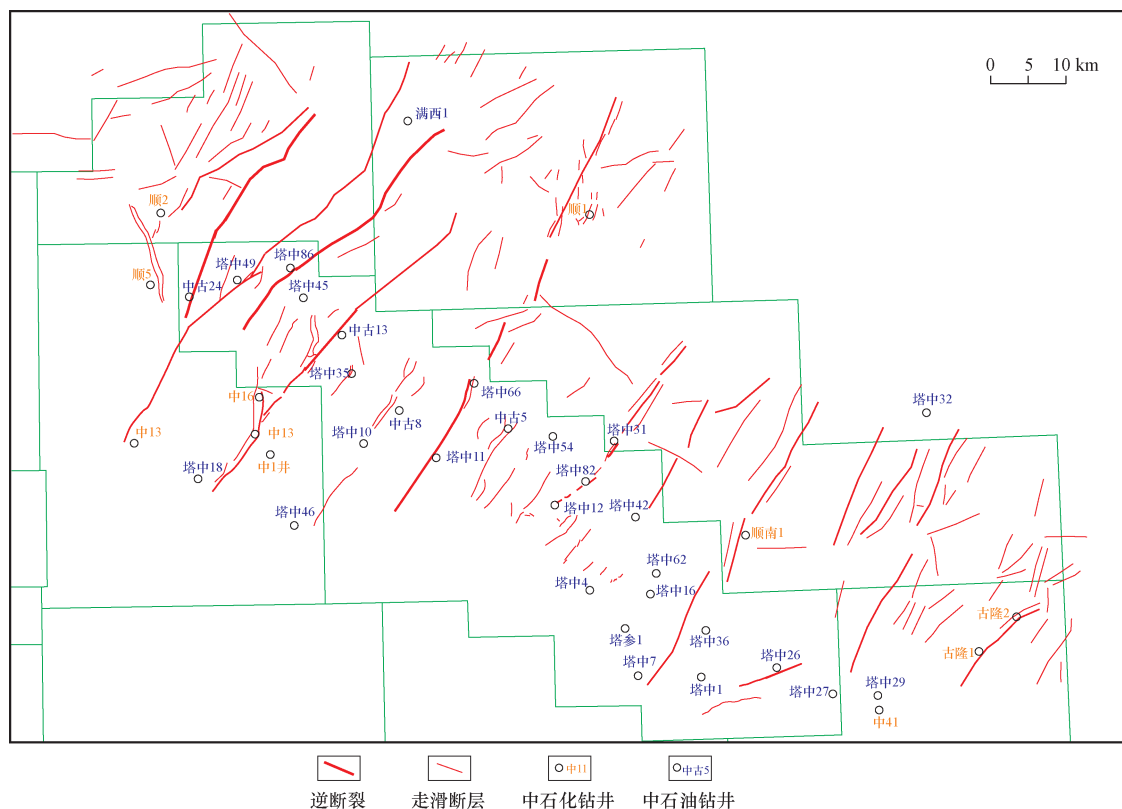


图5 塔中北围斜区加里东晚期—海西早期断裂分布

Fig. 5 The Late Caledonian to Early Hercynian fault system of in north peri-cline area of the Tazhong Uplift

群条件。从顺1井区三维地震资料解释落实志留系—泥盆系—石炭系低幅度构造圈闭来看,均与北东向走滑断裂(顺托1号)关系密切。主要的圈闭类型一个是与英买力地区相似的这种掀斜断块构造,一个是与地垒有关的这种低幅度构造圈闭。而且断裂以张扭性的断裂为主,对油气的后期运聚有利。

3.3 对油气的运聚作用

塔中北围斜区广泛发育的中、上奥陶统泥岩构成其上圈闭成藏的不利因素,北东向断裂很可能是该区重要的一组油气运移通道^[11-12]。通过最近对顺9井志留系油气成藏特征的研究可知,顺9井油气冲注时间为志留纪末—中泥盆世末,与北东向走滑断裂的形成时间基本一致或晚于断裂形成时间,北东向断裂为油气运移的一个重要通道。

喜马拉雅晚期,塔中地区处于北东—南西向的挤压下,走滑断裂与现今的区域挤压应力方向一致,有利于断裂的开启,走滑断裂成为油气运移的重要通道。塔中82井区,塔中I号断裂未断穿基底,但该区走滑断裂发育,断穿基底,而且一直向南延伸到塔中10号构造带,油气沿走滑断裂上来向南东方向运移,造成油气的线性分布。

4 结论

1) 通过对塔中北围斜区二维和三维地震资料的解释可知,北围斜区发育一系列北东走向的走滑断裂,剖面上主要发育3种主要类型的构造样式:花状构造、平行高陡断裂带、火山岩有关的断裂;平面上发育雁列式断层和窄而深的地堑、半地堑;空间可见海豚效应和丝带效应。

2) 加里东中期因逆掩岩片或滑动块体的差异运动而形成的走向滑动断层;加里东晚期—海西早期(志留纪—泥盆纪早期)是走滑断裂活动的主要时期。由于车尔臣断裂的强烈的左行走滑,塔中地区受到东南方向强烈斜向挤压作用是走滑断裂形成的动力机制。在基底薄弱带的基础上,塔中地区发生了右旋走滑特征。在这种板内挤压转换构造背景下,形成了一些北东向的连接逆冲断层的走滑断裂,它是挤压作用的应变承接带,属于典型的被动型走滑断裂。

3) 北东向走滑断裂具有多期叠加改造的特点,多期次的构造变形是裂缝发育的基础,而且有利于断裂带附近的岩溶作用发育。

4) 北东向断裂不仅控制了古生界碎屑岩层系低幅度构造圈闭的发育,还成为油气运移的重要通道。

参 考 文 献

- [1] 李明杰,胡少华,王庆果,等.塔中地区走滑断裂体系的发现及其地质意义[J].石油地球物理勘探,2006,41(1):116-121.
Li Mingjie, Hu Shaohua, Wang Qingguo, et al. Discovery of strike-slip fault system in Tazhong area and geologic meaning[J]. Oil Geophysical Prospecting, 2006, 41(1): 116-121.
- [2] 郭光辉,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.
- [3] 夏义平,刘万辉,徐礼贵,等.走滑断层的识别标志及其石油地质意义[J].中国石油勘探,2007,12(1):17-23.
Xia Yiping, Liu Wanhui, Xu Ligui, et al. Identification of strike-slip fault and its petroleum geology significance[J]. China Petroleum Exploration, 2007, 12(1): 17-23.
- [4] Wilcox R E, Harding T P, Seely D R. Basic wrench tectonics[J]. AAPG Bulletin, 1973, 57(1): 74-96.
- [5] 郭光辉,李启明,张宝收,等.塔中I号断裂坡折带构造特征及勘探领域[J].石油学报,2005,26(1):27-30.
Wu Guanghui, Li Qiming, Zhang Baoshou, et al. Structural characteristics and exploration field of No. 1 faulted slope break in Tazhong area[J]. Acta Petrolei Sinica, 2005, 26(1): 27-30.
- [6] 王义天,李继亮.走滑断层作用的相关构造[J].地质科技情报,1999,18(3):30-34.
Wang Yitian, Li Jiliang. Fault-related tectonics of the strike-slip faulting[J]. Geological Science and Technology Information, 1999, 18(3): 30-34.
- [7] Sylvester A G. Strike-slip faults[C]//Centennial Articles. Geological Society of America Bulletin, 1988, 100(2): 206-242.
- [8] 刘宏,邓荣贵.塔中I号断裂构造特征地质力学模拟[J].地质灾害与环境保护,2003,14(1):49-52.
Liu Hong, Deng Rongui. Geomechanic modeling on the tectonic characteristic of the No. 1 fault in Tazhong area[J]. Journal of Geological Hazards and Environment Preservation, 2003, 14(1): 49-52.
- [9] 钱一雄,何治亮,陈强路,等.塔里木盆地塔中地区奥陶系碳酸盐岩封盖性能[J].石油与天然气地质,2012,33(1):1-9.
Qian Yixiong, He Zhiliang, Chen Qianglu, et al. Sealing capacity of the Ordovician carbonate rocks in Tazhong area, the Tarim Basin[J]. Oil & Gas Geology, 2012, 33(1): 1-9.
- [10] 华晓莉,罗春树,吕修祥,等.塔中北斜坡奥陶系鹰山组碳酸盐岩高阻层分布特征及其意义[J].石油与天然气地质,2013,34(3):323-331.
Hua Xiaoli, Luo Chunshu, Lü Xiuxiang, et al. Distribution and significance of high-resistivity carbonates of Ordovician Yingshan Formation of northern slope of Tazhong area, Tarim Basin[J]. Oil & Gas Geology, 2013, 34(3): 323-331.
- [11] 陈治军,刘洛夫,王伟力,等.塔中I号断裂带上奥陶统油气藏特征及主控因素[J].石油勘探与开发,2010,37(4):409-415.
Chen Zhijun, Liu Luofu, Wang Weili, et al. Characteristics and controlling factors of the Upper Ordovician petroleum reservoirs in the Tazhong No. 1 fault belt, Tarim Basin[J]. Petroleum Exploration and Development, 2010, 37(4): 409-415.
- [12] 杨俊,姜振学,向才富,等.塔里木盆地塔中83—塔中16井区碳酸盐岩油气特征及其成因机理[J].石油与天然气地质,2012,33(1):101-110.
Yang Jun, Jiang Zhenxue, Xiang Caifu, et al. Carbonate reservoir characteristics and their genetic mechanisms in Tazhong83-Tazhong16 wellblock, Tarim Basin[J]. Oil & Gas Geology, 2012, 33(1): 101-110.