

# 塔河油田志留系油气成藏特征研究

王勋杰<sup>1,2</sup>

(1. 中国石油勘探开发研究院, 北京 100083; 2. 中国石油 长城钻探工程有限公司, 北京 100101)

**摘要:**塔河油田志留系发育3种油气藏类型,分别为地层油气藏、岩性油气藏以及复合油气藏。研究认为塔河油田志留系油气藏经历多期成藏和改造过程,油气成藏可以概括为“多期充注、多期调整、晚期定型”。构造及断裂发育程度控制了油气的运聚及分布,志留系断裂活动期次和油气充注期次一致,断裂的发育程度控制了志留系油气运聚;河口砂坝和潮汐水道等相带发育的优质储层控制着油气的富集;油气主要富集在志留系剥蚀尖灭线附近形成的圈闭中。塔河油田构造地层类型油气藏以在塔河南部地区为有利区,志留系原生油气藏主要分布在托普台地区。

**关键词:**成藏特征;油气藏类型;主控因素;志留系;塔河油田

中图分类号: TE122.3

文献标识码: A

## Reservoir characteristics of Silurian in Tahe Oil Field

Wang Xunjie<sup>1,2</sup>

(1. Research Institute of Petroleum Exploration and Development, PetroChina, Beijing 100083, China;

2. CNPC Great Drilling Company, Beijing 100101)

**Abstract:** The Silurian oil and gas reservoir types include stratigraphic, lithologic and compound ones in the Tahe Oil Field. Studies indicate that the Silurian reservoirs have experienced multiple stages of hydrocarbon accumulation and reconstruction, which can be concluded as “multiple stages of hydrocarbon charging, multiple stages of adjustment, late-stage formation”. The generation degree of structures and faults controlled the migration and distribution of oil and gas. The active stage of fractures in Silurian matched with hydrocarbon charging stage, and the generation degree of fractures controlled the migration and accumulation of oil and gas in Silurian. The favorable reservoirs of channel mouth bar and tidal channel facies determined the enrichment of oil and gas. The traps adjacent to the Silurian erosional pinch-out line are the gathering places of normal oil. The southern Tahe Oil Field is favorable for tectono-stratigraphic reservoir exploration. The Tuoptai area of the Tahe Oil Field is favorable for primary pool exploration.

**Key words:** reservoir characteristics; reservoir type; controlling factor; Silurian; Tahe Oil Field

塔河油田构造主体位于沙雅隆起阿克库勒凸起,该区志留系受海西早期影响,志留系顶部剥蚀严重,区内仅发育柯坪塔格组和塔塔埃尔塔格组2套地层<sup>[1]</sup>。近年来,塔河奥陶系油藏的勘探过程中,位于塔河地区的多口井,连续钻遇志留系,累计视厚度从几十米至500多米;有多口井钻遇较好油气显示,并解释出油层。测试井有十余口,其中S112-2井在志留系柯坪塔格组5 286~5 289 m井段射孔后获得高产工业油气流,其产油量约为80 m<sup>3</sup>/d,产气量约为1 200 m<sup>3</sup>/d,无水期累产原油2.9×10<sup>4</sup> t,目前该井区已累产油十余万吨,这些油气发现预示着塔河油田志留系的油气勘探前景广阔。但针对塔河地区的勘探与研究重点主要集中在奥陶系和三

叠系,志留系缺乏系统深入的研究工作,这就阻碍了该区志留系的勘探部署进程。在总结吸收前人研究成果基础上<sup>[2-10]</sup>,针对该区志留系的成藏特点进行了系统研究工作,并结合研究成果,对该区志留系下一步的勘探领域和方向提出了建议,对于扩大该区油气勘探成果,增储上产,寻找塔河地区新的储量后备基地具有重要的现实意义。

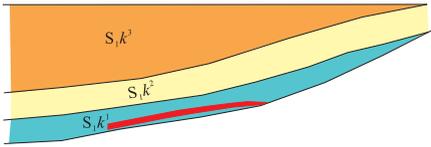
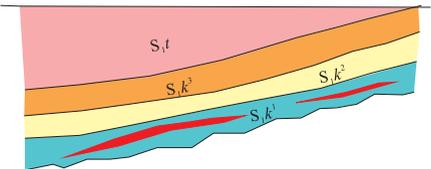
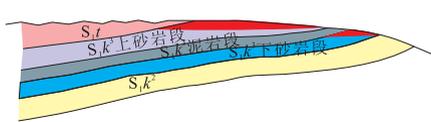
## 1 油气藏类型

根据该区志留系的圈闭类型,结合油气藏分析认为塔河油田志留系主要发育3种油气藏类型(表1)。

从取得的勘探成果来看,在柯坪塔格组上段中形成的构造—地层复合油气藏、地层不整合遮挡等

表 1 塔河地区志留系油气藏类型统计

Table 1 Statistics of Silurian reservoir types in Tahe Oil Field

类型	特征描述	典型井	分布区域	样式
地层型	因储集层纵向沉积连续性中断而形成的圈闭,即与地层不整合有关	TP2	主要分布在塔河南地区	
岩性型	由于储集层在纵向上渐变成不渗透性岩层而形成	S112-1	主要分布在托普台地区	
复合型	受构造、岩性、不整合面等多种因素控制而形成的油气藏	S112-2	全区均有分布	

类型油气藏最为有利,这 2 类油气藏主要分布在北部的尖灭线附近。托普台地区斜坡部位上分布的地层超覆油气藏、岩性油气藏成藏条件较好,是值得下一步勘探的油藏类型<sup>[11]</sup>。

## 2 典型油气藏解剖

### 2.1 油气藏基本特征

塔河油田南部 S112-2 井志留系油气藏位于塔河油田登记区南端,柯坪塔格组上段中发育的砂岩是其油气产层。该套储集砂体主要分布于 S112-2 井区和 S114-1 井区及托甫台一带,TP2、TP3、TP301、TP4、TP7 等井均有揭示,以发育潮坪相的砂脊砂体和潮汐三角洲相潮道砂体为特征,储层物性较好,但砂体厚度较薄。该砂岩孔隙度分布范围为 0.9%~16.6%,平均 7.9%;渗透率为  $(0.0019 \sim 39.8) \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ ,平均  $1.4 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ ,低孔低渗型储层。孔隙类型主要是残余粒间孔隙和溶蚀粒间孔,局部砂岩见岩屑内溶孔。

### 2.2 储盖组合及圈闭类型

该油气藏为柯坪塔格组上段砂岩与上覆泥岩构成的储盖组合。通过邻井对比并结合地震资料,认为 S112-2 井志留系柯坪塔格组砂岩段发育构造—岩性圈闭,其底封为下伏志留系泥岩,顶封及侧封为砂泥岩互层段灰质胶结的致密砂岩。由此可见,控制柯坪塔格组上段油气聚集的主要因素是岩相或岩性因素,考虑到柯坪塔格组地层尖灭为圈闭的重要边界,因而可定为地层—岩性、构造—岩性复合圈闭。

### 2.3 油气成藏模式

加里东期,阿克库勒凸起已具雏型,满加尔凹陷中部中下奥陶统烃源岩在此时已经进入生油门

限;沙雅隆起也开始发育,成为油气运移的有利指向区,该时期形成的油气运聚至此成藏。加里东晚期运动使沙雅隆起进一步扩大,早期形成的志留系油气藏当然也遭到强烈改造和破坏,现今的奥陶系浅部沥青灰岩和志留系沥青砂岩就是部分古油藏遭到破坏的最好佐证。

海西早期运动对塔北隆起改造最强烈,隆起轴部泥盆系—志留系地层剥蚀殆尽,局部地区出露下奥陶统,石炭系直接与奥陶系不整合接触。

海西晚期,随着上覆地层的沉积,中下寒武统的烃源岩在满加尔凹陷进入过成熟阶段,以生干气为主,分布在盆地北部阿—满地区的中下奥陶统烃源岩已经成熟,以生油为主,可以为志留系提供正常原油。海西末期构造运动使沙雅隆起沿早期的断裂进一步断褶隆升,志留系油气藏再次遭受破坏。

燕山晚期,白垩系沉积之后,上奥陶统台缘斜坡灰泥丘相的烃源岩在白垩纪末期就部分处于成熟生烃阶段,开始生油。喜马拉雅期,尤其是晚古近纪,巨厚的古近系沉积覆盖其上,导致上奥陶统烃源岩进入大量生油阶段。此时志留系地层埋藏较深,储盖组合配置较好。伴随沙雅隆起的再次抬升,海西早期形成的不整合面( $T_0^0$ )由南倾转为北倾,但志留系仍然保持原来的构造面貌,即北高南低,始终处于构造的相对高部位,是油气运移聚集的指向区,喜马拉雅期生成的油气继续向该油气藏中运移聚集,形成了早、晚期混合充注、调整油气藏(图 1)。

## 3 成藏主控因素

### 3.1 构造及断裂对油气成藏具有重要控制作用

塔河油田南部是塔北残余古隆起的一部分,古

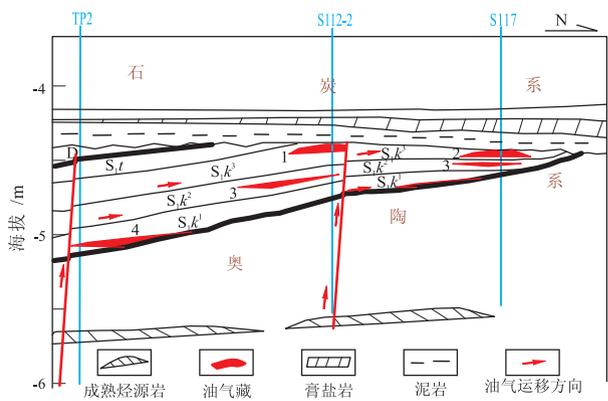


图1 塔河油田志留系油气成藏模式

S<sub>1t</sub> 为塔塔埃尔塔格组; S<sub>1k<sup>3</sup></sub> 为柯坪塔格组上段; S<sub>1k<sup>2</sup></sub> 为柯坪塔格组中段; S<sub>1k<sup>1</sup></sub> 为柯坪塔格组下段

Fig.1 Reservoir pattern in Silurian, Tahe Oil Field

隆起形成、发育、定型过程和后期构造作用控制着志留系地层沉积和构造特征。塔北残余古隆起自古生界古隆起形成以来,多次隆起上升,古生界遭受强烈剥蚀,部分隆起高部位古生界被严重剥蚀,残余的志留系与上覆地层配置形成油气藏。

塔河地区志留系构造高部位主要位于塔河南部,在塔河南地区,油气显示井多数位于构造高部位,低部位的油气显示井不多,且与断裂存在有关。

根据志留系断裂分布特征和延伸方向,结合奥陶系断裂特征,认为志留系断裂分布和展布主要受控于下伏奥陶系的加里东中晚期断裂。通过对塔河地区志留系断层活动期次分析认为,逆断层活动期多为加里东中晚期(或海西早期)—海西晚期;正断层活动期为印支、燕山期和喜马拉雅期。通过流体包裹体分析认为,塔河地区志留系在加里东晚期、海西期、印支期、燕山期及喜马拉雅期均有油气充注,这与断裂活动期次一致;同时志留系油气主成藏期为加里东晚期、海西晚期和喜马拉雅期<sup>[12]</sup>,说明断裂对志留系油气运聚具有重要控制作用。

总体而言,塔河地区志留系油气运聚和分布主要

受到所处的构造位置及断裂发育程度的控制。塔河油田深大断裂带是奥陶系油气充注的优势通道,同时沟通断裂是志留系油气成藏的关键。通源断裂的空间展布控制志留系油气的垂向运移距离和平面分布范围。塔河油田志留系的油气聚集成藏更易发生于断裂较发育地区,目前的勘探成果即是如此,如S112-2井油藏就位于断裂发育地区(图2)。

### 3.2 优质储层控制了油气富集

塔河地区志留系剥蚀严重,但是局部地区塔塔埃尔塔格组下段和柯坪塔格组上段保存好,局部地区柯坪塔格组上段的砂岩与上覆石炭系的泥岩组成储盖组合形成油气藏。同时沙雅隆起南部柯坪塔格组中段暗色泥岩和下段砂岩组合成良好的储盖组合(图3)。

该区志留系主要发育滨岸、下切水道等沉积相带,储集砂体以中细砂岩为主,砂岩中各种层理发育,储集性能较好,同时岩心上可观察到沥青砂岩、油气沿层理面分布。统计结果可以看出,含有油气的砂岩孔隙度普遍高于不含油气的砂岩孔隙度,这也进一步说明优质储层对油气运移聚集的控制。

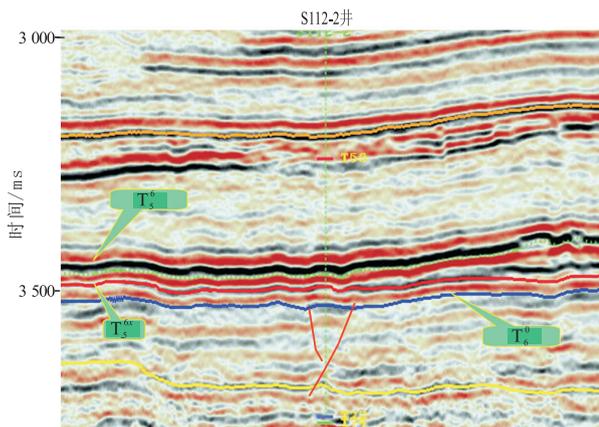


图2 塔河地区南部沙112-2井区过井地震剖面

Fig.2 Seismic section of S112-2 well region in southern Tahe area

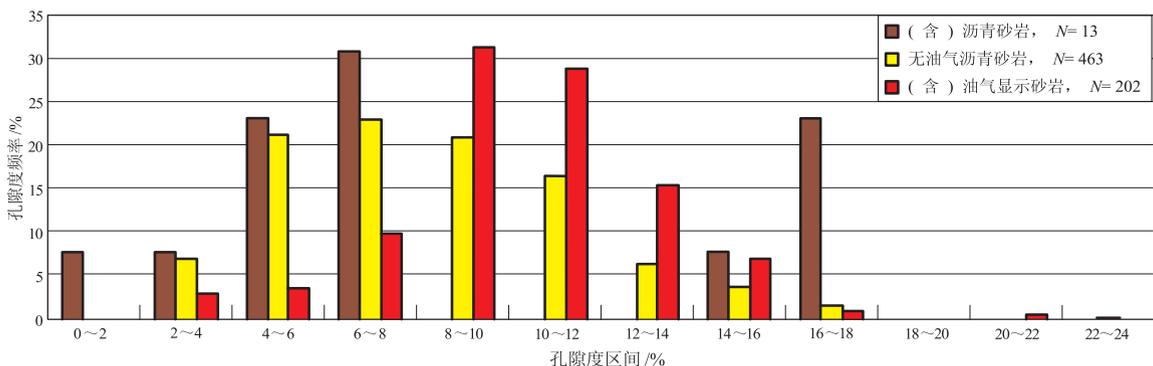


图3 塔河地区志留系含烃类砂岩孔隙度直方图

Fig.3 Porosity histogram of Silurian oil-bearing sandstones in Tahe area

### 3.3 圈闭对油气富集的控制

S112-2井油气藏的圈闭为地层尖灭—构造复合型,表明被海西早期破坏成的稠油经喜马拉雅期的油气充注可以重新形成正常油气藏。塔河南地区自海西期以来志留系一直呈南东倾,上覆石炭系为一套致密的砾岩及(盐)泥岩地层,剥蚀尖灭线附近是形成构造地层复合圈闭的有利地区,也是喜马拉雅期油气运移的指向区。喜马拉雅期生成的正常油气运移到这些圈闭中形成油气藏,是正常油富集的有利场所。

## 4 塔河油田志留系勘探方向

塔河地区志留系油气资源量为  $0.846 9 \times 10^8$  t, 具有较大的油气勘探潜力,综合分析认为在塔河地区存在以下2种勘探区。

### 4.1 与尖灭线配合的地层型油气藏勘探区

该勘探区主要位于塔河南地区,在这个地区存在志留系砂岩和石炭系泥岩构成的储盖组合,这套储盖组合配置较好,同时塔河南地区北部志留系剥蚀尖灭,与尖灭线配合可以形成地层尖灭圈闭;该区志留系南倾,油气向北运移。该区已经发现了S112-2井、AT19井油气藏,说明该领域具有较好的成藏条件,是寻找志留系正常油气藏的有利勘探地区。

### 4.2 地层超覆及岩性油气藏勘探区

该勘探区位于塔河西部的托普台地区,这个地区为一个单斜构造,在这种构造背景下志留系可以形成地层超覆圈闭和岩性圈闭。该区多口井在志留系具有良好油气显示,S108、S117等井获得低产稠油,是早期原生油气藏勘探的有利地区<sup>[13-16]</sup>。

## 5 结论

(1)塔河油田志留系具有3种油气藏类型,其中以柯坪塔格组上段地层中发育的靠近剥蚀尖灭线形成的地层油气藏最为有利。

(2)塔河油田志留系油气藏经历多期成藏和改造过程,油气成藏可以概括为“多期充注、多期调整、晚期定型”。

(3)油气成藏主要受以下因素控制:构造控制了油气的运移指向;断裂发育程度控制了油气的分布,志留系断裂活动期次和油气充注期次一致,断裂的发育程度控制了志留系油气运聚;河口砂坝和潮汐水道等相带发育的优质储层控制着油气的富集;志留系剥蚀尖灭线附近形成的圈闭是正常油富集的有利场所。塔河油田构造地层类型油气藏以

在塔河南部地区为有利区,志留系原生油气藏主要分布在托普台地区。

### 参考文献:

- [1] 范春花,蒲仁海,漆立新,等.塔河地区志留系的对比[J].地质论评,2007,53(1):1-5.  
Fan Chunhua, Pu Renhai, Qi Lixin, et al. The silurian correlation in Tahe area, Tarim basin, northwestern China [J]. Geological Review, 2007, 53(1): 1-5.
- [2] 金晓辉,闫相宾,张哨楠,等.塔里木盆地志留系成藏条件与勘探方向探讨[J].西安石油大学学报:自然科学版,2006,21(2):1-5.  
Jin Xiaohui, Yan Xiangbin, Zhang Shaonan, et al. Discussion on oil reservoir forming conditions and exploration targets of the Silurian in Talimu Basin [J]. Journal of Xi'an Shiyou University: Natural Science Edition, 2006, 21(2): 1-5.
- [3] 顾忆.塔里木盆地北部塔河油田油气藏成藏机制[J].石油实验地质,2000,22(4):307-312.  
Gu Yi. Forming mechanism of hydrocarbon pools in Tahe oilfield of the northern Tarim basin [J]. Experimental Petroleum Geology, 2000, 22(4): 307-312.
- [4] 赵靖舟,李启明.塔里木盆地克拉通区海相油气成藏期与成藏史[J].科学通报,2002,47(S1):116-121.  
Zhao Jingzhou, Li Qiming. Timing and history of marine hydrocarbon accumulation in Tarim craton [J]. Science Bulletin, 2002 (S1): 116-121.
- [5] 郑和荣.中国中西部四大盆地碎屑岩油气地质与勘探技术新进展[J].石油与天然气地质,2012,33(4):497-505.  
Zheng Herong. New advances in petroleum geology and exploration techniques of clastic reservoirs in the four large-sized basins in central-western China [J]. Oil & Gas Geology, 2012, 33(4): 497-505.
- [6] 刘洛夫,赵建章,张水昌,等.塔里木盆地志留系沥青砂岩的成因类型及特征[J].石油学报,2000,21(6):12-17.  
Liu Luofu, Zhao Jianzhang, Zhang Shuichang, et al. Genetic types and characteristics of the Silurian asphaltic sandstones in Tarim Basin [J]. Acta Petrolei Sinica, 2000, 21(6): 12-17.
- [7] 王祥,吕修祥,刘国勇,等.塔河油田碳酸盐岩油气输导体系与勘探方向[J].石油实验地质,2012,34(1):14-18.  
Wang Xiang, Lü Xiuxiang, Liu Guoyong, et al. Hydrocarbon carrier system of carbonate rock and exploration direction in Tahe Oilfield, Tarim Basin [J]. Petroleum Geology & Experiment, 2012, 34(1): 14-18.
- [8] 马晖.利用测井方法识别和评价塔河油田岩溶溶洞[J].断块油气田,2012,19(2):266-269.  
Ma Hui. Identification and evaluation of karst caves with well logging method in Tahe Oilfield [J]. Fault-Block Oil and Gas Field, 2012, 19(2): 266-269.
- [9] 黄继文,顾忆,丁勇,等.塔里木盆地北部地区上奥陶统烃源条件[J].石油与天然气地质,2012,33(6):853-858.  
Huang Jiwen, Gu Yi, Ding Yong, et al. Upper Ordovician source rocks in northern Tarim Basin [J]. Oil & Gas Geology, 2012, 33(6): 853-858.

- [10] 张文博,金强,徐守余,等.塔北奥陶系露头古溶洞充填特征及其油气储层意义[J].特种油气藏,2012,19(2):50-54.  
Zhang Wenbo, Jin Qiang, Xu Shouyu, et al. Paleo-cavern filling characteristics and hydrocarbon reservoir implication in the Ordovician outcrops in northern Tarim Basin [J]. Special Oil & Gas Reservoirs, 2012, 19(3): 50-54.
- [11] 王招明,何爱东,塔北隆起中西部油气富集因素与勘探领域[J].新疆石油地质,2009,30(2):153-156.  
Wang Zhaoming, He Aidong. Hydrocarbon enrichment and exploration domains in Mid-Western Tabei Uplift, Tarim Basin [J]. Xinjiang Petroleum Geology, 2009, 30(2): 153-156.
- [12] 张永贵,张忠民,冯兴强,等.塔河油田南部志留系油气成藏主控因素与成藏模式[J].石油学报,2011,32(5):767-774.  
Zhang Yonggui, Zhang Zhongmin, Feng Xingqiang, et al. Main controlling factors and models of Silurian hydrocarbon accumulation in the southern Tahe Oilfield [J]. Acta Petrolei Sinica, 2011, 32(5): 767-774.
- [13] 武芳芳,朱光有,张水昌,等.塔里木盆地油气输导体系及对油气成藏的控制作用[J].石油学报,2009,30(3):332-341.  
Wu Fangfang, Zhu Guangyou, Zhang Shuichang, et al. Types of hydrocarbon migration pathways and its controlling effects on hydrocarbon distribution in Tarim Basin [J]. Acta Petrolei Sinica, 2009, 30(3): 332-341.
- [14] 朱筱敏,王贵文,谢庆宾.塔里木盆地志留系沉积体系及分布特征[J].中国石油大学学报:自然科学版,2002,26(3):5-11.  
Zhu Xiaomin, Wang Guiwen, Xie Qingbin. Characteristics and distribution of depositional systems of Silurian in Tarim basin [J]. Journal of the University of Petroleum, China, 2002, 26(3): 5-11.
- [15] 刘家铎,张哨楠,田景春,等.塔里木盆地志留—泥盆系沉积体系及勘探方向讨论[J].成都理工大学学报:自然科学版,2004,31(6):654-657.  
Liu Jiaduo, Zhang Shaonan, Tian Jingchun, et al. Discussion on exploration direction and depositional system of Silurian-Devonian in Tarim Basin, China [J]. Journal of Chengdu University of Technology: Science & Technology Edition, 2004, 31(6): 654-657.
- [16] 蔡希源.塔里木盆地台盆区油气成藏条件与勘探方向[J].石油与天然气地质,2005,26(5):590-597.  
Cai Xiyuan. Reservoiring conditions and exploration targets in Tarim basin [J]. Oil & Gas Geology, 2005, 26(5): 590-597.

(编辑 黄娟)

(上接第170页)

- [9] 杨莹莹,李国蓉,邓勇.川东北开江—梁平陆棚两侧飞仙关组储层特征[J].石油与天然气地质,2012,33(5):736-742.  
Yang Yingying, Li Guorong, Deng Yong. Reservoir characteristics of the Feixianguan Formation in Kaijiang-Liangping continental shelf flanks, northeastern Sichuan Basin [J]. Oil & Gas Geology, 2012, 33(5): 736-742.
- [10] 张欣国,饶丹,蔡立国.普光气藏储层中鲕粒白云岩孔隙成因分析[J].天然气技术,2009,3(2):11-13.  
Zhang Xinguo, Rao Dan, Cai Ligu. Pore origin of oolitic dolomite reservoir in Puguang gasfield [J]. Natural Gas Technology, 2009, 3(2): 11-13.
- [11] 严丽,冯明刚,张春燕.川东北元坝地区长兴组油气成藏模式[J].长江大学学报:自然科学版,2011,8(10):19-21.  
Yan Li, Feng Minggang, Zhang Chunyan. Hydrocarbon accumulation mode of Changxing Formation in YB Area of Northeastern Sichuan Basin [J]. Journal of Yangtze University: Natural Science Edition, 2011, 8(10): 19-21.
- [12] 马永生,蔡勋育,郭彤楼.四川盆地普光大型气田油气充注与富集成藏的主控因素[J].科学通报,2007,52(增刊):149-155.  
Ma Yongsheng, Cai Xunyu, Guo Tonglou. Main controlling factors of gas filling and gas accumulation in Puguang large-scale oil field, Sichuan Basin [J]. Chinese Science Bulletin, 2007, 52(Supplement): 149-155.
- [13] 蔡立国,金之钧,陈孔全,等.中国海相层系油气基本特点与潜力[J].石油与天然气地质,2008,29(5):557-564,573.  
Cai Ligu, Jin Zhijun, Chen Kongquan, et al. Essential feature and potential of hydrocarbon accumulation in China marine sequences [J]. Oil & Gas Geology, 2008, 29(5): 557-564, 573.
- [14] 马永生,傅强,郭彤楼,等.川东北地区普光气田长兴—飞仙关气藏成藏模式与成藏过程[J].石油实验地质,2005,27(5):455-460.  
Ma Yongsheng, Fu Qiang, Guo Tonglou, et al. Pool forming pattern and process of the Upper Permian-Lower Triassic, the Puguang gas field, northeast Sichuan Basin, China [J]. Petroleum Geology & Experiment, 2005, 27(5): 455-460.
- [15] 马永生,郭旭升,郭彤楼,等.四川盆地普光大型气田的发现与勘探启示[J].地质论评,2005,51(4):477-480.  
Ma Yongsheng, Guo Xusheng, Guo Tonglou, et al. Discovery of the large-scale Puguang gas field in the Sichuan Basin and its enlightenment for hydrocarbon prospecting [J]. Geological Review, 2005, 51(4): 477-480.
- [16] 戴建全.川东北元坝地区长兴组—飞仙关组气藏勘探潜力评价[J].成都理工大学学报:自然科学版,2010,37(4):419-423.  
Dai Jianquan. Exploration potential evaluation of the Changxing-Feixianguan formation gas pool in Yuanba Block of Northeast Sichuan, China [J]. Journal of Chengdu University of Technology: Natural Science Edition, 2010, 37(4): 419-423.

(编辑 徐文明)