

引用格式:魏三妹.金马—鸭子河地区构造演化特征分析及与油气藏关系[J].油气藏评价与开发,2020,10(4):130-134.

WEI S M. Structural evolution characteristics and hydrocarbon accumulation of Jinma-Yazihe area[J]. Reservoir Evaluation and Development, 2020, 10(4): 130-134.

DOI:10.13809/j.cnki.cn32-1825/te.2020.04.021

金马—鸭子河地区构造演化特征分析及与油气藏关系

魏三妹

(中国石化石油物探技术研究院,江苏 南京 211103)

摘要:金马—鸭子河地区位于龙门山褶皱冲断带与四川台坳(盆地)的交界处,依据三维地震资料对断裂特征及构造演化过程进行分析可知,关口断裂下盘发育的白鹿场断裂可视作其先存断裂,形成的构造楔造成关口断裂下盘地层局部增厚。关口断裂南东方向收缩程度渐小,总体表现出双滑脱层控制的分层滑脱断层垂向叠加构造组合。彭县断裂为多条断裂构成的断裂带,中段断距较大,可以作为局部构造应力转换或集中的指示。金马—鸭子河地区主要断裂活动起始于印支早期,在印支运动晚期持续变形,强烈活动于燕山期,关口断裂、彭县断裂于燕山期发生强烈逆冲,与喜马拉雅期至新构造期持续变形,发生走滑并影响至地表。构造活动与油气成藏具有密切联系,对于构造圈闭形成、储层改造、油气运移和聚集均有贡献。

关键词:金马—鸭子河;关口断裂;彭县断裂;构造演化;油气成藏

中图分类号:TE122

文献标识码:A

Structural evolution characteristics and hydrocarbon accumulation of Jinma-Yazihe area

WEI Sanmei

(Sinopec Geophysical Research Institute, Nanjing, Jiangsu 211103, China)

Abstract: Jinma-Yazihe area is located at the junction of Longmenshan fold-thrust belt and Sichuan basin. Based on the 3D seismic data, the characteristics of faults and the process of tectonic evolution are analyzed. The Bailuchang fault developed in the lower wall of Guankou fault can be regarded as its pre-existing fault, and the formed structural wedge causes local thickening of the lower wall. The shrinkage degree of the Guankou fault in the southeast direction is becoming smaller and smaller, which generally shows the vertical superimposed structural combination of stratified slip faults controlled by double slip layers. Pengxian fault is composed of several faults with a large fault distance in the middle part, which can be used as an indication of local tectonic stress transformation or concentration. The main faults in the Jinma-Yazihe area started in the early Indosinian period, continued to deform in the late Indosinian movement and strongly moved in the Yanshanian period. The Guankou and Pengxian faults thrust strongly in the Yanshanian period, and continued to deform from the Himalayan to the neotectonic period, resulting in strike-slip and affecting the surface. Structural activities are closely related to hydrocarbon accumulation and contribute to the formation of structural traps, reservoir transformation, hydrocarbon migration and accumulation.

Key words: Jinma-Yazihe, Guankou fault, Pengxian fault, tectonic evolution, hydrocarbon accumulation

金马—鸭子河地区位于龙门山褶皱冲断带与四川台坳的交界处,受龙门山冲断带影响,构造复杂,包含通济场断裂、关口断裂(灌县—安县断裂)、彭县断裂等数条被动走向的区域性主干断裂。关于金马—鸭子河地区之前的研究多集中在龙门山冲断带的构造样式^[1]、区域应力特征^[2-4]、区域构造演化特征^[2-6]和动力学模式^[4-7]等方面。虽然在地质理论方面取得

了突破,但大多集中在野外地质调查、构造模拟等方面,研究所运用的地震资料多为采集覆盖次数较低、品质较差的老资料。从三维地震实际资料出发,结合钻井和地表露头信息,对金马—鸭子河地区内的主干断裂进行分析,对典型复杂构造进行构造平衡剖面恢复,并探讨构造与油气成藏的关系,为类似地区油气勘探提供经验。

收稿日期:2020-02-19。

作者简介:魏三妹(1982—),女,硕士,工程师,从事地震构造解释及储层预测研究。通讯地址:江苏省南京市江宁区上高路219号,邮政编码:211103。E-mail:weism.swty@sinopec.com

1 区域概况

龙门山冲断带为多个逆冲断层和岩片所组成的挤压构造带,整体走向为北东—南西方向,倾向北西,沿四川盆地西缘呈带状分布,对川西拗陷构造起决定性作用。孙晓猛等一般将龙门山构造带分为北、中、南三段,什邡双盛—都江堰玉堂所在区域为龙门山构造带中段,中段以北为北段,以南为南段。金马—鸭子河地区属于龙门山构造带中段与川西拗陷交汇处,属于龙门山前隐蔽带,包含一部分的前山带。本文在金马—鸭子河地区三维地震资料选择过CY126井和YaS1井的典型地震剖面,结合地表露头的地层产状和钻井揭示的地下地层产状进行地质地震综合解释,并进行构造样式分析、平衡剖面恢复等研究。

古生代以来,金马—鸭子河地区在川西拗陷沉降接收沉积的背景下,形成了多套油气生储盖组合,经印支运动、燕山运动和喜马拉雅运动后形成现今的收缩构造格局^[6-7,12]。古生界至中三叠统雷口坡组为海相碳酸盐岩沉积,厚度约4 000~7 000 m;上三叠统小塘子组、须家河组为海陆过渡相至陆相的碎屑岩沉积,厚度约250~3 000 m;侏罗系以上为陆相碎屑岩沉积,巨厚的沉积物为本区提供了丰富的烃源岩、储层层及盖层。此外,受龙门山冲断带活动的影响,金马—鸭子河地区形成了成条带分布、不同规模的背斜,为油气聚集成藏提供了有利条件。上述沉积和构造条件,为本区油气勘探提供了广阔的前景。

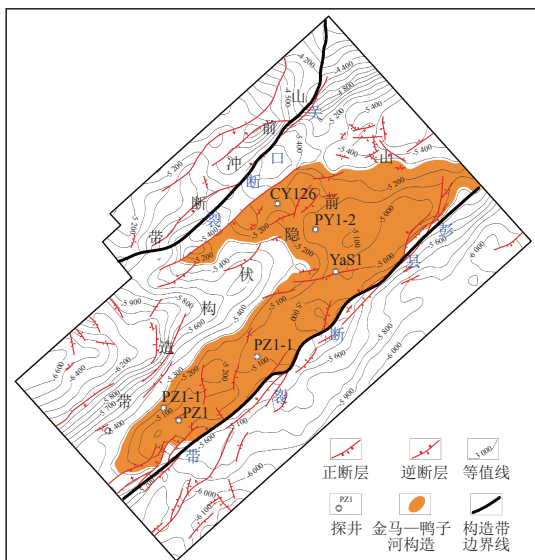


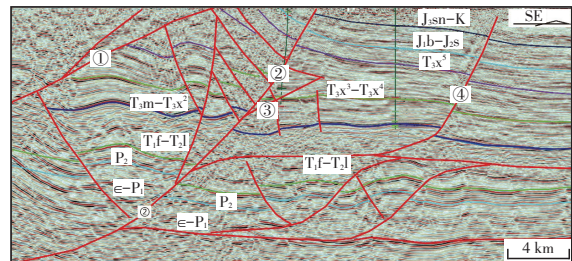
图1 川西拗陷金马—鸭子河地区构造

Fig. 1 Structure of Jinma-Yazihe area in West Sichuan sag

2 构造特征分析

2.1 断裂几何学特征

金马—鸭子河地区位于龙门山带褶皱冲断带的中部(图1),研究区整体表现为受关口断裂和彭县断裂夹持的大型正向构造带。关口断裂上盘由于地层倾角大导致地震成像质量差,综合地表露头剖面和测井信息可以准确揭示关口断裂附近构造及地层特征(图2)。



注:①为通济场断裂;②为关口断裂;③为白鹿场断裂;④为彭县断裂。

图2 过CY126-YaS1井典型地震剖面解释模式

Fig. 2 Typical seismic profile interpretation pattern of well-CY126-YaS1

本区断层发育及褶皱程度自山前带向盆地内部逐渐减弱,以关口断裂带为分界,北西方向即前山带地层褶皱强烈,受龙门山构造带大规模推覆作用,以通济场断裂为代表的断层表现出巨大的断距,地表出露彭灌基底杂岩并发育飞来峰。关口断裂出露地表,产状上陡下缓,上盘发育数条反冲断层,地层以高角度出露地表。下盘发育有白鹿场断裂,白鹿场断裂下端与关口断裂相连接,上端没入须家河组内部,与反冲断层组合形成构造楔,造成关口断裂下盘地层的局部增厚。南东方向地层褶皱程度减弱,总体表现出双滑脱层控制的分层滑脱断层垂向叠加构造组合,彭县断裂上端切穿中生界并出露地表,下端没入雷口坡组膏盐滑脱层。雷口坡组膏盐岩层与寒武系滑脱面作为双重构造顶底板断层存在,其内部发育若干切穿二叠系、三叠系飞仙关组的逆冲断层及反冲断层。

2.2 断裂定量分析

通过对彭县断裂带对雷口坡组顶面错断的断距进行统计,彭县断裂在金马—鸭子河地区沿走向表现出不同的组合样式:南段(YaS1井附近)、中段(PZ1井附近)表现为多条断裂构成的断裂带形式,北段(YaS1井附近)以单条逆冲断裂样式存在。在单条断裂的断距上,北段较南段更大。

彭县断裂(带)整体上表现为北端、南端断距相对较小,中部断距大“弓形”特征。彭县断裂上二叠系底部反射层断距表现为南段断距小、北段断距大,而受多个断层断距累加影响,中段断距异常大(图3)。

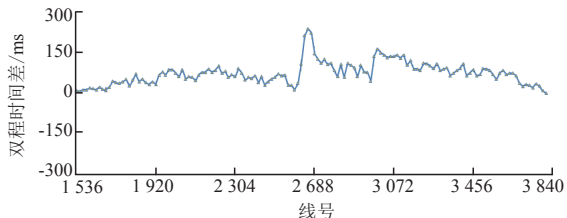


图3 金马—鸭子河地区彭县断裂铅直断距分布
Fig. 3 Distribution of fracture lead straight fault in Jinma-Yazihe area

雷口坡组顶面断距相对较大的部位,与金马—鸭子河地区数个正向构造具有对应关系,断距的大小在一定程度上反映了燕山构造期彭县断裂对金马—鸭子河地区构造圈闭的形成及现今构造幅度具有控制作用,印证了彭县断裂经历了多期运动,燕山期为彭县断裂的主要活动期次。断距分析结果也表明彭县断裂的活动存在南北差异,其差异分解点位于金马构造,表明金马构造可能裂缝相对较发育。

3 构造演化特征分析

在对本区构造演化的分析中,采用先提出假设模型再正演分析,最后构造恢复的三步平衡法进行定量分析:1)选取本区的一条典型剖面,结合地震剖面确定主要断层和主要滑脱层,得到几种简化的构造样式;2)以刚性地层遵循层长守恒的原则、断层遵循位移一致性原则平衡的原则建立简化的未变形剖面,由原始的未变形剖面正演至经构造变形后的剖面(正演考虑的主要变量是断面的几何形态、地层厚度、断层数目及位移量),快速建立几个演化模式,对照演化模式、构造运动期次和本区存在的几种构造假说,选定较合理的解释模式;3)以剖面东南端为钉线,按照构造平衡的原则将变形接回到原始未变形状态。

金马—鸭子河地区其构造演化主要受龙门山冲断带的演化所影响,控制因素主要包括两个方面:1)龙门山冲断带持续多期的强烈挤压变形;2)嘉陵江组膏岩及志留系、寒武系泥岩等塑性地层构成的多套区域滑脱层在强烈挤压背景下的滑脱变形。印支早期,在晚二叠世古构造、古地理格局的基础上继承与发展,中下三叠统沉积厚度相对稳定。中三叠末的印支运动地层造成抬升,但是金马—鸭子河地区的地层抬升剥蚀程度较小(发育较完整雷四段地层),同

时结束了海相地层的沉积历史进入海陆过渡相—陆相地层沉积。马鞍塘组—小塘子组为海陆过渡相。

印支运动晚期暨须家河组沉积末期,龙门山冲断带持续构造变形,金马—鸭子河地区遭受挤压,形成了通济场逆冲断层和白鹿场断裂(关口断裂先存断裂),通济场断裂上盘遭受部分剥蚀,白鹿场断裂(关口断裂先存断裂)此时尚未出露地表,而是向上没入须家河组内部,断裂上盘开始出现低角度逆冲楔,下盘沿嘉陵江组膏岩层和寒武系泥岩滑脱断层发生收缩变形。彭县断裂开始形成,石羊场、金马和鸭子河背斜已成雏形,形成宽缓背斜,低幅度古构造形成。

燕山构造期,龙门山冲断带发生强烈挤压,靠近龙门山的通济场断裂上盘地层变形剧烈发生倒转,关口断裂在白鹿场断裂基础上形成,断裂上盘继续发育,须家河组在逆冲楔和反冲断层影响下地层增厚;彭县断裂继续活动,嘉陵江组滑脱面与寒武系泥岩面构成双重构造顶底板断层,同时将龙门山冲断带引起的强烈变形向盆地方向传递。石羊场、金马和鸭子河背斜继续发育。

喜马拉雅期至新构造期变形持续,区域处于压扭应力场控制下,通济场断裂、关口断裂和彭县断裂在压扭应力场作用下发生逆冲及走滑并影响至地表。地层剥蚀程度由盆地内向前山呈增大趋势,形成现今的构造形态(图4)。

4 构造与油气成藏的关系

四川盆地是一个多旋回复合叠加盆地,加里东

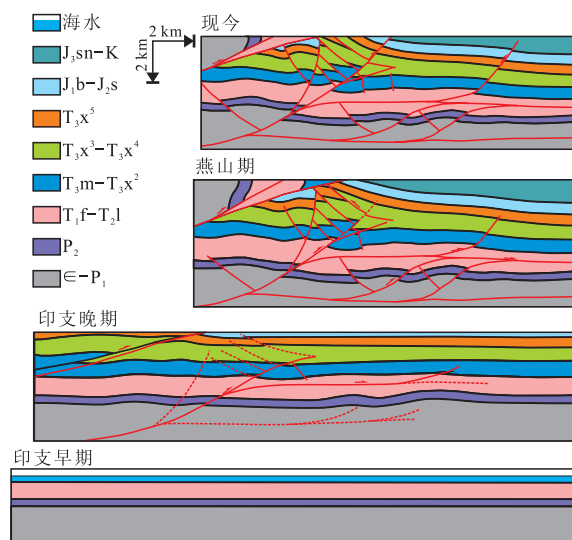


图4 金马—鸭子河地区构造演化分析(过YaS1井剖面)
Fig. 4 Structural evolution analysis of Jinma-Yazihe area (Profile of well-YaS1)

期—印支早期为扬子地台及其周缘盆地形成演化阶段。构造运动与构造圈闭的形成、油气运移、聚集或藏等过程密切相关。多期次强烈活动使川西地区构造改造调整^[8-10],控制了川西构造与构造—岩性复合圈闭的形成,控制了烃类向多种类型圈闭运聚,调整改造了古油藏。其中白鹿场断裂在关口断裂形成之前发挥了重要作用。

根据构造演化分析的结果,白鹿场断裂可以视为关口断裂的先存断裂,这一特征也使得关口断裂表现出对于油气成藏分带性的控制。在关口断裂以西的前山带,受强烈的挤压变形抬升影响,断层高角度通天发育,虽然也存在大圆包构造,但高角度断层对于油气的逸散和破坏作用明显。在关口断裂以东,白鹿场断裂、彭县断裂断层面倾角相对较小,呈低角度没入地层中,构造楔作用使断层下盘挤压形成褶皱相关的断层,与逆冲断层夹持构成封闭的断块。同时,随着挤压的传递,在白鹿场断裂下盘形成逆牵引背斜,彭县断裂活动性增强,关口断裂与彭县断裂之间形成了长轴方向与断裂近平行的背斜,对于雷口坡组顶部雷四段形成构造圈闭,见图5。另外,同时彭县断裂、白鹿场断裂、关口断裂作为油气运移通道,沟通了雷口坡组顶部储层与雷口坡组内部及二叠系内部广泛发育的烃源岩。由此可见,白鹿场断裂、彭县断裂充当了强烈变形区和低角度盆内斜坡的山前构造过渡带,相比关口断裂以西构造复杂、地层产状高陡、断层出露地表的强烈变形区和彭县断裂以东构造圈闭幅度低、缺少烃源断层的平坝区,过渡带在油气的运移、聚集保存方面更为有利。

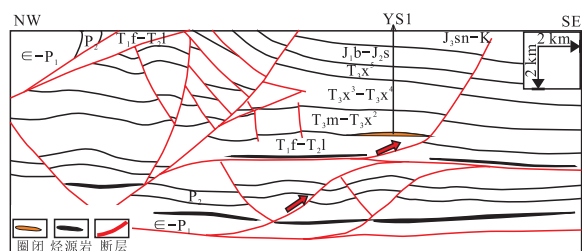


图5 金马—鸭子河雷四段气藏剖面

Fig. 5 Gas reservoir profile of the 4th Member of Leikoupo Formation in Jinma-Yazihe area

此外,过渡带的断裂活动对裂缝的多期次发育也起着促进作用^[11-12]。早期断裂及构造缝的发育为埋藏期溶蚀性流体提供了运移通道,沿裂缝及微断裂发育大量溶蚀缝,改善了储层的储集性能。同时,晚期发育的未被胶结、充填的构造裂缝,不仅可以改善储层岩石的渗透率,而且与晚期裂缝相伴生的溶蚀作用,也可以增加孔隙空间,从而对一些储层物性

的改善、提高具有明显的控制作用,对油气疏导以及储层性能起着建设性的作用。在勘探中,应着重寻找如白鹿场断裂、彭县断裂的山前构造过渡带。

5 结论与认识

1) 关口断裂北西方向地层收缩程度大,断裂产状上陡下缓,总体表现出双滑脱层控制的分层滑脱断层垂向叠加构造组合。彭县断裂为多条断裂构成的断裂带,表现为北端、南端断距相对较小,中部断距大“弓形”特征,受多个断层断距累加影响,中段异常大的断距可以作为局部构造应力转换或集中的指示。

2) 金马—鸭子河地区主要断裂活动起始于印支早期,在印支运动晚期持续变形,强烈活动于燕山期,关口断裂、彭县断裂于燕山期发生强烈逆冲,与喜马拉雅期至新构造期持续变形,发生走滑并影响至地表。

3) 山前构造过渡带与油气成藏具有密切联系,对于构造圈闭形成、储层改造、油气运移和聚集均有贡献,应作为油气勘探的重要目标。

参考文献

- [1] 缙付戈,尹宏伟. 四川龙门山地区反转构造样式分析及其成因机制探讨[J]. 大地构造与成矿学, 2009, 33(3): 321-333. ZHOU F G, YIN H W. Analysis on the patterns and mechanism of inversion structures in Longmenshan region, Sichuan, China[J]. Geotectonica et Metallogenia, 2009, 33(3): 321-333.
- [2] 徐东卓,焦守涛,朱传宝,等. 芦山 Ms7.0地震前龙门山断裂带西南段区域形变特征分析及发震模型探讨[J]. 地质学报, 2017, 91(10): 2175-2184. XU D Z, JIAO S T, ZHU C B, et al. Regional deformation characteristics in the southwestern segment of Longmen Mountain Fault Zone before Lushan Ms7.0 earthquake and possibly induced earthquake model[J]. Acta Geologica Sinica, 2017, 91(10): 2175-2184.
- [3] 范增辉,刘树根,范存辉,等. 龙门山褶皱冲断带典型地震剖面平衡剖面恢复及构造演化分析[J]. 地质评论, 2018, 64(2): 347-360. FAN Z H, LIU S G, FAN C H, et al. Analysis of typical seismic profile and balanced cross-section recovery and tectonic evolution in the Longmenshan Fold-Thrust Belt[J]. Geological Review, 2018, 64(2): 347-360.
- [4] 于福生,张芳峰,杨长清,等. 龙门山前缘关口断裂典型构造剖面的物理模拟实验及其变形主控因素研究[J]. 大地构造与成矿学, 2010, 34(2): 147-158. YU F S, ZHANG F F, YANG C Q, et al. Physical simulation and major deformation-controlling factors of typical structural sections for Guankou Fault in the front of Longmen Mountains[J]. Geotectonica et Metallogenia, 2010, 34(2): 147-158.
- [5] 孙晓猛,杜继宇,单玄龙,等. 龙门山冲断带北段前山带构造分带性及山前带变形特征析[J]. 吉林大学学报(地球科学版), 2010, 40(6): 1323-1332. SUN X M, DU J Y, SHAN X L, et al. Tectonic zonation of front range and deformation features of foreland in Northern Longmen Mountain thrust zone[J]. Journal of Jilin University (Earth Science Edition), 2010, 40(6): 1323-1332.

- [6] 鲁人齐,何登发,SUPPE J,等. 龙门山中段山前带浅层冲断系统的结构、形成与演化[J]. 地质科学, 2010,45(4):997-1010.
LU R Q, HE D F, SUPPE J, et al. The structures, thrusting system information and evolution of the shallow the central Longmen Mountains front belt[J]. Chinese Journal of Geology, 2010, 45(4): 997-1010.
- [7] 时志强,马利梅,罗啸泉,等. 龙门山地区关口断裂形成与演化分析[J]. 地质学报, 2010,30(2):132-135.
SHI Z Q, MA L M, LUO X Q, et al. Formation and evolution of the Guankou Fault in the Longmen Mountains[J]. Acta Geologica Sinica, 2010, 30(2): 132-135.
- [8] 陈斌,李勇,王伟明,等. 晚三叠世龙门山前陆盆地须家河组物源及构造背景分析[J]. 地质学报, 2016,30(5):857-872.
CHEN B, LI Y, WANG W M, et al. The provenance and tectonic setting of Late Triassic Xujiache Formation in the Longmenshan Foreland Basin, SW China[J]. Acta Geologica Sinica, 2016, 30(5): 857-872.
- [9] 李书兵,许国明,宋晓波,等. 川西龙门山前构造带彭州雷口坡组大型气田的形成条件[J]. 天然气技术与经济, 2018, 12(2):16-20.
LI S B, XU G M, SONG X B, et al. Forming conditions of Pengzhou large gas field of Leikoupo Formation in Longmenshan piedmont tectonic belt, western Sichuan Basin[J]. China Petroleum Exploration, 2016, 21(3): 74-82.
- [10] 宋晓波,刘诗荣,王琼仙,等. 川西坳陷西缘中下三叠统油气成藏主控因素[J]. 岩性油气藏, 2011, 23(1):67-73.
SONG X B, LIU S R, WANG Q X, et al. Main controlling factors of hydrocarbon accumulation of Middle-Lower Triassic in western margin of western Sichuan Depression[J]. Lithologic Reservoirs, 2011, 23(1): 67-73.
- [11] 罗啸泉,唐桂宾. 川西龙门山前缘雷口坡组油气成藏条件[J]. 四川地质学报, 2012,32(1):32-35.
LUO X Q, TANG G B. Conditions of hydrocarbon accumulation in the Leikoupo Formation, Longmenshan Longmenshan frontal margin West Sichuan[J]. Acta Geologica Sichuan, 2012, 32(1): 32-35.
- [12] 罗啸泉,李书兵. 川西龙门山油气保存条件探讨[J]. 石油实验地质, 2010,32(1):10-14.
LUO X Q, LI S B, HE X B, et al. Hydrocarbon preservation conditions in Longmen Mountain, West Sichuan Basin[J]. Petroleum Geology & Experiment, 2010, 32(1): 10-14.
- (编辑 黄颖)
-
- (上接第124页)
- 72-74.
CAO G Z, HOU J R, YUE X A, et al. Dynamic gelling property of modified graft starch-acrylamide copolymer as profile control/water shutoff agent[J]. Petroleum Geology and Recovery Efficiency, 2008, 15(5): 72-74.
- [6] 曹伟佳,卢祥国,苏鑫,等. 空间尺寸对淀粉接枝共聚物凝胶成胶效果影响及作用机理——以渤海绥中36-1油田为例[J]. 油气地质与采收率, 2018, 25(4):93-99.
CAO W J, LU X G, SU X, et al. Effect of space size on gel formation of starch graft copolymer and its mechanism: taking the reservoirs of sz36-1block in Bohai Oilfield as an example[J]. Petroleum Geology and Recovery Efficiency, 2018, 25(4): 93-99.
- [7] 王婷婷,卢祥国,陈阳,等. 渤海油田大尺寸优势通道封堵剂性能评价[J]. 油气地质与采收率, 2017, 24(6):103-107.
WANG T T, LU X G, CHEN Y, et al. performance evaluation of plugging agent for large-size preferential channels in Bohai Oilfield[J]. Petroleum Geology and Recovery Efficiency, 2017, 24(6): 103-107.
- [8] 刘义刚,徐文江,姜维东. 海上油田调驱技术研究与实践[J]. 石油科技论坛, 2014, 33(3):41-44.
LIU Y G, XU W J, JIANG W D. Study of flooding technology for offshore oilfields pipelines[J]. Oil Forum, 2014, 33(3): 41-44.
- [9] 潘广明,吴金涛,张彩旗,等. 海上稠油油藏弱凝胶驱油吞吐增油效果研究[J]. 特种油气藏, 2017, 24(6):134-138.
PAN G M, WU J T, ZHANG C Q, et al. Oil enhancement analysis of weak-gel-assisted soak in offshore heavy oil reservoir[J]. Special Oil & Gas Reservoirs, 2017, 24(6): 134-138.
- [10] 廖月敏,付美龙,杨松林. 耐温抗盐凝胶堵水调剖体系的研究与应用[J]. 特种油气藏, 2019, 26(1):158-162.
LIAO Y M, FU M L, YANG S L. Study and application of water plugging and profile control system of heat and salt resistant gel[J]. Special Oil & Gas Reservoirs, 2019, 26(1): 158-162.
- [11] 张继红,贾飞. 弱凝胶深部调驱可视化驱油实验研究[J]. 科学技术与工程, 2018, 18(29):54-58.
ZHANG J H, JIA F. Experimental study on visual displacement of deep profile control with weak gel[J]. Science Technology and Engineering, 2018, 18(29): 54-58.
- [12] 王西强,郝栋,刘智玮,等. HJ油田侏罗系油藏聚合物微球调驱技术矿场实践[J]. 油田化学, 2018, 35(3):417-421.
WANG X Q, HAO D, LIU Z W, et al. Field practice of polymer microspheres deep profile control technique in Jurassic reservoirs in HJ Oilfield[J]. Oilfield Chemistry, 2018, 35(3): 417-421.
- [13] 杨昌华. 污泥凝胶颗粒调驱剂的研制及应用[J]. 油田化学, 2018, 35(3):422-426.
YANG C H. Development and application of profile control and oil displacement agent contained oil sludge filled gel particle[J]. Oilfield Chemistry, 2018, 35(3): 422-426.
- [14] 王平美,罗健辉,林远平,等. 低渗透裂缝油田长效智能深部调驱技术[J]. 油田化学, 2018, 35(2):252-256.
WANG P M, LUO J H, LIN Y P, et al. Long term intelligent in-depth profile control technology for low permeability fractured oilfield[J]. Oilfield Chemistry, 2018, 35(2): 252-256.
- [15] 卢祥国,高振环,闫文华. 人造岩心渗透率影响因素试验研究[J]. 大庆石油地质与开发, 1994, 13(4):53-55.
LU X G, GAO Z H, YAN W H. Experimental study of factors influencing permeability of artificial core[J]. Petroleum Geology and Oilfield Development in Daqing, 1994, 13(4): 53-55.
- [16] 卢祥国,宋合龙,王景盛,等. 石英砂环氧树脂胶结非均质模型制作方法:中国, ZL200510063665.8[P]. 2005-09-07.
LU X G, SONG H L, WANG J S, et al. Process for making quartz sand epoxy resin cementations non-homogeneous model: China, ZL200510063665. 8[P]. 2005-09-07.
- [17] 鲍文博,卢祥国,刘义刚,等. 微球/高效驱油剂复合驱油体系增油效果及作用机理[J]. 石油化工, 2019, 48(8):843-849.
BAO W B, LU X G, LIU Y G, et al. Oil increasing effect and mechanism of polymer microspheres/high efficiency oil displacement agent composite flooding system[J]. Petrochemical Technology, 2019, 48(8): 843-849.
- [18] 王修朝. 致密砂岩气藏井型优化方法[J]. 大庆石油地质与开发, 2018, 37(4):166-170.
WANG X C. Optimizing method of the well type in tight sandstone gas reservoirs[J]. Petroleum Geology and Oilfield Development in Daqing, 2018, 37(4): 166-170.
- [19] 田鸿照. 水平井注采井网和注采参数优化研究[J]. 石油化工应用, 2016, 35(8):6-9.
WANG H Z. Optimization of horizontal injection-production well pattern and parameter[J]. Petrochemical Industry Application, 2016, 35(8): 6-9.
- [20] 张颖苹. 稠油油藏聚合物驱剖面反转现象室内实验[J]. 特种油气藏, 2016, 23(6):111-114.
ZHANG Y P. Laboratory experiment of profile inversion regulation in heavy-oil reservoir with polymer flooding[J]. Special Oil & Gas Reservoir, 2016, 23(6): 111-114.
- (编辑 常燕)