

鄂尔多斯盆地马坊地区延长组长8油层组油藏特征与富集规律

邵晓岩^{1,2}, 田景春¹, 樊勇杰², 李凤杰¹

(1. 成都理工大学 油气藏地质与开发工程国家重点实验室, 四川 成都 610059;

2. 中国石油 长庆油田分公司 第三采油厂, 宁夏 银川 750006)

摘要:为了研究鄂尔多斯盆地马坊地区长8油层组油藏特征及富集规律,在沉积相研究的基础上,通过地震资料的解释和构造对比等方法,对该区的断层发育特征进行了详细研究。研究认为鄂尔多斯盆地马坊地区长8油层组油藏发育于三角洲平原分流河道高孔、高渗的砂体中,分布于天环坳陷两侧的斜坡带上,东侧斜坡是油藏主要的分布区,西侧斜坡带则分布较少。马坊地区中部发育北西-南东向展布正断层,对岩性油藏进行重新调整,造成断层下盘油藏被破坏。长8段油藏富集规律可归纳为:分流河道高孔高渗砂体是油藏形成的基础,泥岩封堵形成的岩性圈闭是油藏聚集的场所,后期的断层对先期的油藏起沟通和调整作用,相向正断层形成的断背斜是油藏富集的重要的构造部位。

关键词:断层;油藏富集规律;成藏模式;延长组;马坊地区;鄂尔多斯盆地

中图分类号:TE122.3

文献标识码:A

Characteristics and accumulation pattern of oil reservoirs in the 8th member of the Yangchang Formation in Mafang area, Ordos Basin

Shao Xiaoyan^{1,2}, Tian Jingchun¹, Fan Yongjie¹, Li Fengjie¹

(1. State Key Laboratory of Oil and Gas Reservoir Geology and Exploitation Engineering, Chengdu University of Technology, Chengdu, Sichuan 610059, China; 2. No. 3 Oil Production Plant of Changqing Oilfield Company, CNPC, Yinchuan, Ningxia 750006, China)

Abstract: Sedimentary facies study was combined with seismic data interpretation and tectonic correlation to analyze the features of faults development in the Mafang area of Ordos Basin, so as to gain a deep insight into the characteristics and accumulation pattern of oil reservoirs in the 8th member of the Yangchang Formation. The research shows that the reservoirs were developed in delta-plain distributary channel sands with high-porosity and high-permeability and distributed on the slope belts along the two flanks of the Tianhuan sag. Oil reservoirs were mainly distributed in the east flank. In contrast, fewer reservoirs occur in the west flank. However, the northwest-southeast striking normal fault developed in the central Mafang area readjusted and destroyed the reservoirs in the foot wall. The accumulation pattern of the reservoirs can be summarized as the high-porosity and high-permeability sand bodies in the distributary channels were the reservoirs, lithological traps bounded by mudstone provided accumulation space for oil; later faulting activities connected and adjusted the previously-formed reservoirs and faulted anticline formed by opposite normal faults was important structural locations for oil and gas to accumulate.

Key words: fault, oil accumulation pattern, reservoiring model, Yangchang Formation, Mafang area, Ordos Basin

马坊地区处于鄂尔多斯盆地的西缘盐池南部,是盐池地区长8油层组的主要产油区。近年来,随着对该区延长组长8油层组勘探程度的不断深入,尤其是区内断层的发现,改变了长8油层组以岩性油藏和低幅构造油藏的认识^[1-4]。断层在成藏过程中具有沟通长7优质烃源岩和长8油层组储层的运移通道的作用^[5-7],也可能对先期的油藏起破坏或重新调整的作

用^[5],形成构造油藏。因此识别与查明马坊地区长8油层组断层的分布,是重新认识长8油层组油藏富集规律的重要一环。本文以丰富的断层和油藏等勘探成果为基础,深入研究马坊地区长8油层组油藏的成藏特点,分析断层对油藏的作用,进而分析研究区长8油层组油藏富集规律,为长8油层组油藏的进一步勘探开发提供基础资料和科学依据。

收稿日期:2014-12-10;修订日期:2015-01-20。

第一作者简介:邵晓岩(1978—),男,博士、工程师,沉积学与油田开发地质学。E-mail:xygrand@163.com。

基金项目:国家科技重大专项(2011ZX05007-04-01)。

1 长8油层组地质概况

研究区范围北到盐池南部、西到大水坑梁、南至史家湾,东以马家山为界(图1),横跨天环凹陷和西缘逆冲带2个构造单元,该区长8油层组自上而下可分为长8¹和长8²段,通过近年来对长8油层组的勘探与开发,对沉积相、储层特征和顶面起伏构造有了深入的研究。

1.1 沉积相特征

马坊地区长8油层组主要储层砂体包括粗砂岩(图2a,b)、中砂岩(图2c)、细砂岩(图2d)等。主要的沉积构造类型包括底冲刷面(图2a)、块状层理(图2b,c)、平行层理、沙纹交错层理(图2d),研究区的南部黄39井可见煤层(图2e),属辫状河三角洲平原亚相沉积,储层砂体为分流河道砂体,砂体发育,累积厚度大于20 m,受分流间湾泥岩的阻挡与分隔,砂体连片性较强。

1.2 储层特征

马坊地区长8油层组孔隙度为9.51%,渗透率为 $0.82 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,以岩屑长石砂岩为主(图2f)。杂基含量平均在7.6%,以伊利石为主;胶结物成分以碳酸盐和硅质胶结为主(图2i),二者的平均含量分别为3.2%和1.9%,也发育绿泥石环边胶结(图2f)和高岭石(图2j)。储层主要的储集空间为剩余原生粒间孔,绿泥石薄膜状充填孔(图2f,g)和长石溶孔(图2h,i),分别占2.82%和1.08%,少量的晶间孔主要为高岭石晶间孔(图2j)。

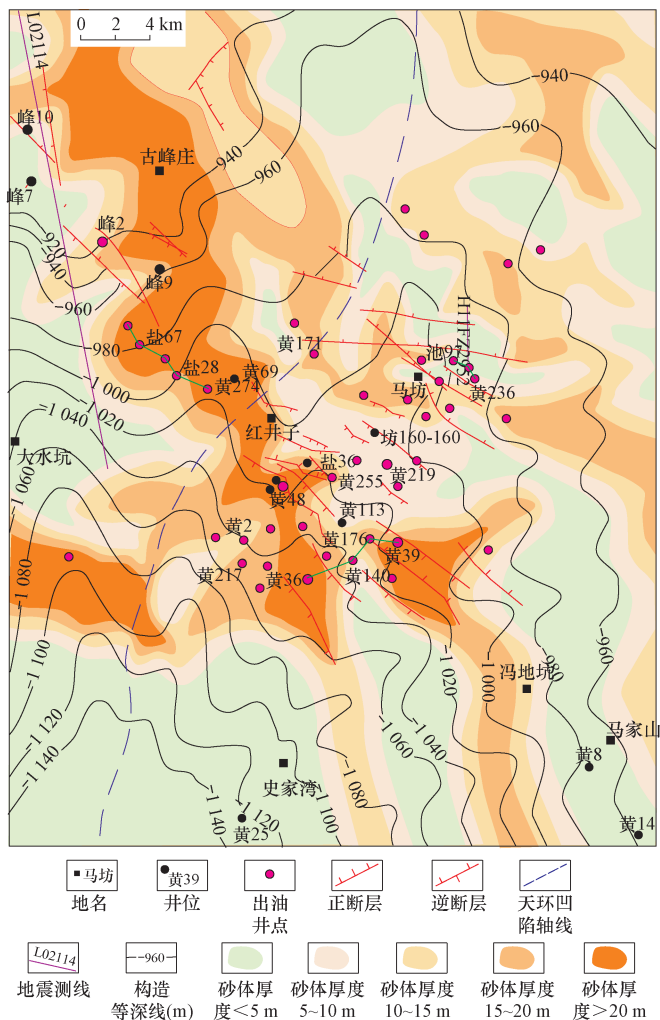


图1 马坊地区砂体厚度与构造分布

Fig. 1 Isopach of sand bodies with structure distribution overlaid in Mafang area

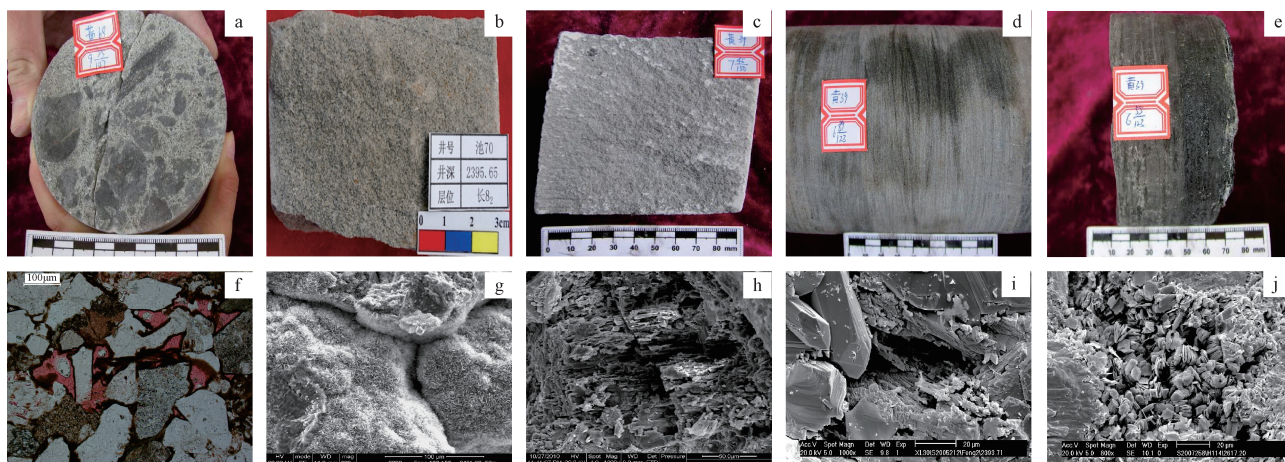


图2 马坊地区长8油层组典型沉积构造与储层特征

Fig. 2 Typical sedimentary structures and reservoirs features in the 8th member of the Yangchang Formation in Mafang area
a. 粗砂岩,冲刷面,泥砾,分流河道,黄69井,长8¹段,埋深2602.08 m; b. 粗砂岩,块状层理,分流河道,池70井,长8²段,埋深2395.65 m; c. 中砂岩,块状层理,分流河道,黄39井,长8²段,埋深2691.7 m; d. 细砂岩,沙纹交错层理,黄39井,长8¹段,埋深2676.96 m; e. 煤线,黄39井,长8¹段,埋深2671.48 m; f. 绿泥石薄膜状充填孔隙,粒间孔发育,黄212井,长8²段,埋深2597.7 m; g. 绿泥石膜发育,坊166-186井,长8²段,埋深2431.29 m; h. 长石强烈溶蚀,黄124井,长8²段,埋深2602.5 m; i. 粒内溶孔,见石英次生加大晶面,峰2井,长8¹段,埋深2393.71 m; j. 高岭石晶间孔,黄114井,长8¹段,埋深2617.2 m

1.3 构造及油藏平面分布

马坊地区长8油层组油藏分布于分流河道砂体发育区,两侧受分流间洼地泥岩阻挡。沿着天环坳陷轴部可将研究区划分为东西两部分(图1),轴线以东为西倾单斜的特征,发育7排鼻状隆起。长8油层组油藏主要分布于天环坳陷带两侧的斜坡带上,而非天环坳陷带内。在天环坳陷带两侧的斜坡带油气分布也存在明显的差别,坳陷带东侧斜坡是油藏主要的分布区,西侧斜坡带则分布较少。从研究区内长8油藏的分布特征可以看出,油藏体与砂体顶面构造的起伏没有直接的关系:在砂体顶面构造的高点部位有油藏分布,如长8²段的池97井区、长8¹段的黄48井区的油藏;在砂体顶面构造的低点部位同样也有油藏分布,如长8²段的黄36井区油藏。长8油层组油藏出油井点与微断层分布关系密切,分布于微断层发育区,在池97井区受相向正断层形成的背斜所控制。

2 马坊地区断层识别

众多研究表明,鄂尔多斯盆地长8油层组油藏的石油来源于长7油层组中的烃源岩,其排烃过程中产生的异常高压是油气运移的动力^[6-8],长8油层组连片砂体和垂向上的叠置是油气运移的主要方式^[9-11]。后期的断层以及由此派生的裂隙系统是长7优质烃源岩向长8油层

组储层中输油的优势通道^[12-14]。断层的发育利于油气的运移,形成于油气充注之后的断层则对油藏分布起破坏或调整作用,因此识别与查明断层分布,对于分析鄂尔多斯盆地西北缘长8油层组油藏分布规律具有重要意义。

晚侏罗世鄂尔多斯盆地在NW-SE挤压应力的作用下,形成了自西向东依次分布的逆冲带、坳陷和斜坡的构造格局,晚侏罗世一早白垩世盆地西缘发生逆冲作用,使得鄂尔多斯盆地西部形成逆冲断层^[12-14](图3)。喜马拉雅期鄂尔多斯盆地的力学性质发生变化,由印支、燕山期的挤压环境改变为喜马拉雅期的拉张环境,最大主应力方向为NNE-SSW向^[15]。在此期间,在天环坳陷内部形成了一系列北西-南东向的正断层,规模较小的正断层(图4),断距较小,仅仅错断延长组和延安组(图4)。该类型的断层主要分布于研究区中部红井子—马坊一带(图1)。

地层构造突变是识别断层存在的重要依据。如天环坳陷西侧构造特征延续了西倾单斜的构造形态,每千米坡降为7~10 m,这是断层活动的结果。通过分析,研究区红井子东南一带的断层均为正断层,断距为20~50 m,断层延伸长度为3~5 km,方向为NW向。

3 长8油层组油藏类型及特征

研究区长8油层组油藏包括4种类型,分别为岩

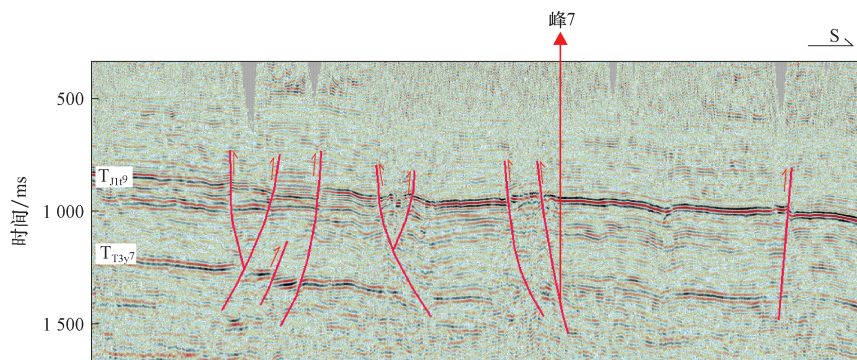


图3 马坊地区 L02114 地震测线叠加剖面(剖面位置见图1)

Fig. 3 Stacking profile of L02114 seismic line in Mafang area(see Fig. 1 for the location of the profile)

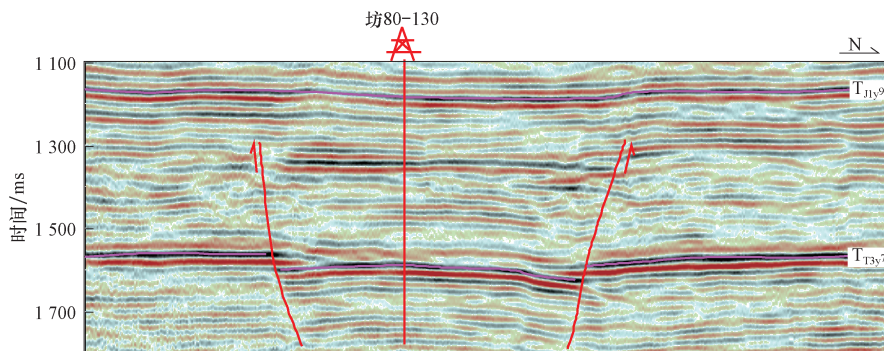


图4 马坊地区 H11FZ5952 测线地震叠加剖面(剖面位置见图1)

Fig. 4 Stacking profile of H11FZ5952 seismic line in Mafang area(see Fig. 1 for the location of the profile)

性油藏、低幅背斜构造油藏、断层构造油藏、岩性-构造油藏。

1) 岩性油藏是由三角洲分流河道砂体与其上倾向的分流间湾泥岩的相互叠置所形成的。油藏边界常与岩性边界有着很好的一致性,主要分布于三角洲平原,如图5a中的黄36井和图5b中的盐28井的长8²段油藏均为分流河道砂体被泥岩封堵,形成上倾尖灭型岩性油藏。

2) 低幅背斜构造油藏圈闭的局部遮挡层是由顶部泥岩组成,形成小幅度的背斜状构造。长8油层组油藏构造幅度小,圈闭高度、圈闭面积不大,使得构造油藏规模较小。在平面上低幅构造成排发育,形成鼻状隆起带,长8油层组虽然有该类型的油藏,但是鼻状隆起对油藏的控制不明显,如图5a中的黄176井长8¹段油藏。

3) 断层构造油藏是在岩性-构造油藏或构造油藏的基础上,由于断层的作用,导致早先的油藏被分割为高、低两部分,在浮力的作用下油藏重新调整,

低处的油藏侧向运移、泄漏、消失。如图5a中的新盐94-100井处于断层的低洼处,油藏沿两侧断层向高点运移,在断层的上盘聚集成藏,盐67井发育很好的油藏。这类油藏规模视断层的发育程度,油水关系复杂。

4) 综合性油藏是岩性圈闭与断层导致的低幅鼻状隆起共同作用所形成的。受到断层的影响,油藏分布于上升盘的高点,如图5b中的盐67井,受断层沟通和低幅背斜的叠置作用,形成综合性油藏。

4 长8油层组油藏富集规律

4.1 岩性油藏的富集

长8油层组发育于湖侵期,三角洲分流河道砂体规模较小,砂体被分流间湾泥岩所分割,最终形成岩性油气藏。晚侏罗世鄂尔多斯盆地受NW-SE挤压应力的作用,形成了自西向东依次分布的逆冲带、坳陷和

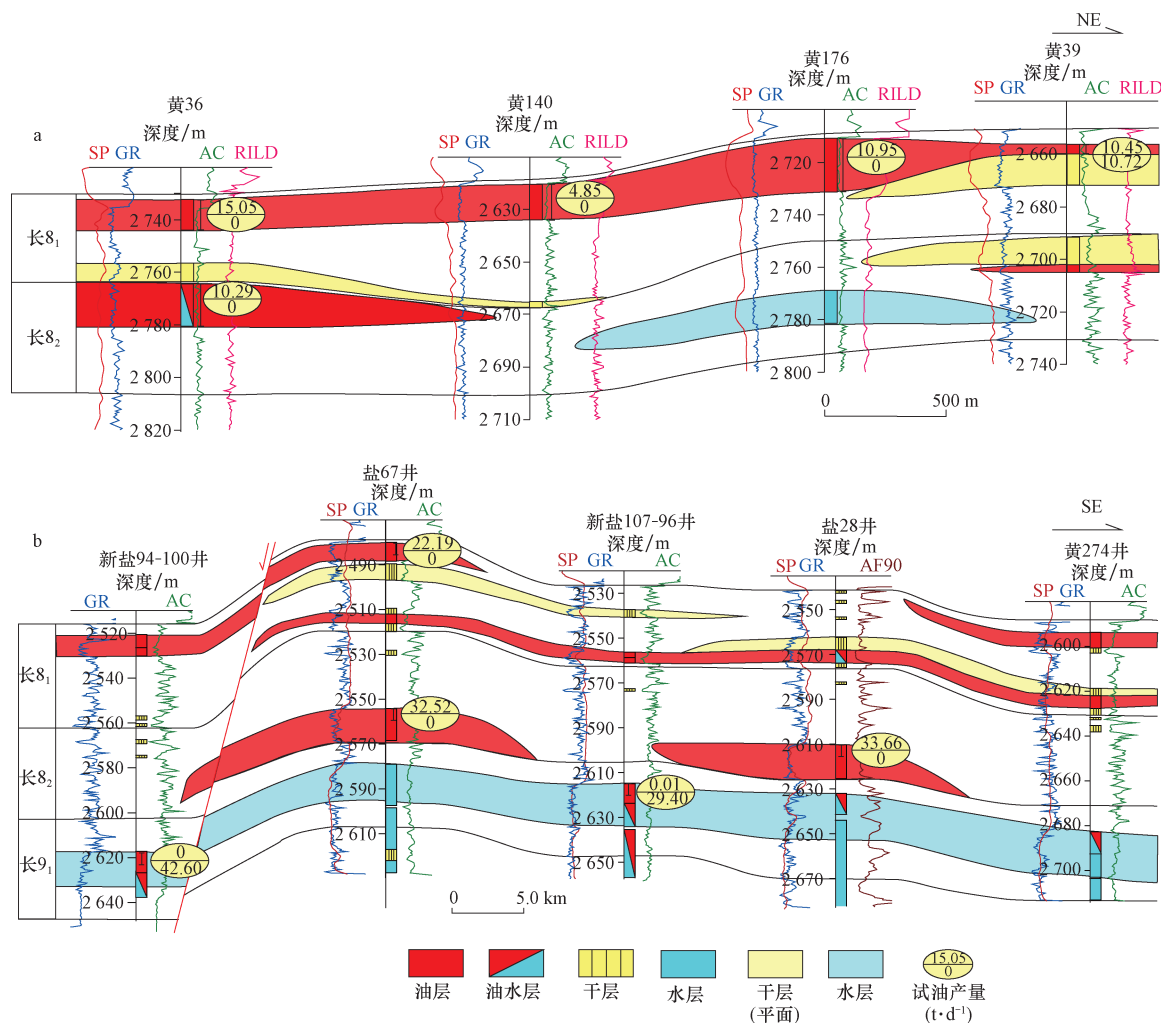


图5 马坊地区长8油层组油藏类型

Fig. 5 Types of reservoirs in the 8th member of the Yangchang Formation in Mafang area

a. 黄36井—黄39井油藏剖面; b. 新盐94-100井—黄274井油藏剖面

斜坡的构造格局^[15]。早白垩世末期,燕山运动再次强烈活动,使得西倾斜坡幅度进一步加强并定型^[15]。早白垩世不但延长组处于最大埋深期,而且烃源岩已达到生排烃高峰期^[6,16-17],生烃增压也产生异常高压。在异常高压动力的驱使下,长7烃源岩生成的油气通过砂体的侧向沟通,运移至岩性圈闭中成藏。如果该岩性圈闭与低幅构造相叠置,可以形成低幅构造圈闭。

4.2 断层对油藏的控制作用

由于马坊地区长8油层组断层形成的时间晚于岩性油藏的时间,因此断层对油藏的控制主要表现为对早期岩性油藏的破坏与调整2个方面。

如上所述,由于喜马拉雅期盆地的力学性质发生变化(由印支、燕山期的挤压环境改变为喜马拉雅期的拉张环境,最大主应力方向为NNE-SSW向^[15]),导致此时期内在天环坳陷内部形成了一系列北西-南东向的正断层。马坊地区,这些断层明显晚于早白垩世生烃高峰期,从而导致长8油层组油藏发生调整。断层破坏了前期鼻状隆起内的油藏,使得油气发生大规模的运移与调整,原来聚集的油藏被分割为高、低两部分,低处的油藏侧向沿断层向上运移,部分运移至断层高部位(图5b);若断层连通性好,则切穿上部的长9油层组,使聚集在长9油层组中的油气遭受破坏,油气沿着断层向上运移至长8砂体中,聚集成藏,导致长9鼻状隆起内的油藏发生泄漏、并最终导致消失。如图5b中所示,长9¹段中新盐94-100井、新盐107-96井、盐28井和黄274井测井解释均为油水层,但是试油成果却均不产油、只产生水,这可能是由于早期长9¹段存在油藏,由于断层的贯通,造成油藏发生泄漏、并沿断层向上至长8油层组中再次聚集成藏。正是由于断层对油藏的重新调整,导致油藏发生分割、甚至被破坏,使油藏预测难度加大。

4.3 成藏模式

综上所述,研究区长8油层组油藏不是单一的岩性油藏,而是受断层的影响,形成构造油藏。长8油层组发育的厚度大的分流河道砂体,具有高孔高渗的良好物性,这是优质储层形成的基础。分流河道连片性低,被分流间湾泥岩封堵,形成岩性圈闭,成为油气聚集的主要部位。早期油藏在异常压力的驱动下,运移到天环坳陷带两侧斜坡带上的岩性圈闭中聚集成藏。发育于喜马拉雅期的正断层沟通先期形成的油藏,导致油藏在底水浮力的驱动下,沿断层进行调整,运移到断层上盘的位置重新聚集成藏。断层切割下部的长9油层组,使得长9油层组中的油藏遭受破坏,油气沿着

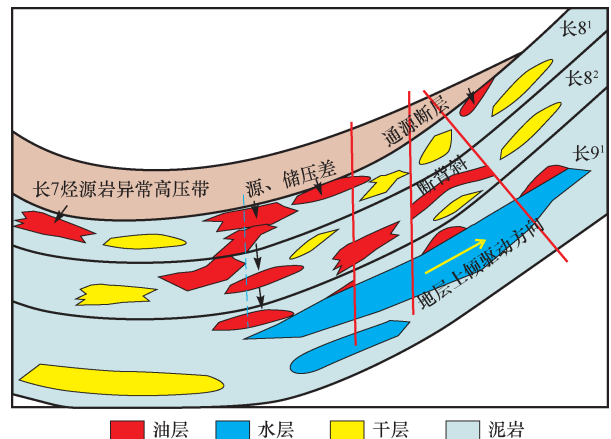


图6 马坊地区长8油层组油藏成藏模式

Fig. 6 Accumulation model of reservoirs in the 8th member of the Yangchang Formation in Mafang area

断层向上运移至长8砂体中,聚集于相向正断层形成的断背斜中成藏(图4,图6)。总结长8油层组油藏的富集规律为分流河道高孔高渗砂体是油藏形成的基础,泥岩封堵形成的岩性圈闭是油藏聚集的场所,后期的断层对先期的油藏起沟通和调整作用,相向正断层形成的断背斜是油藏富集的重要构造部位。

5 结论

- 1) 马坊地区长8油层组油藏类型有4种,包括岩性油藏、低幅背斜构造油藏、断层构造油藏和复合型油藏。
- 2) 马坊地区长8油层组发育正断层,呈北西-南东向展布,形成于喜马拉雅期,时间较晚。断层的活动对油藏起重新调整,在此过程中油藏被分隔、破坏作用。
- 3) 马坊地区长8油层组油藏成藏规律为分流河道高孔、高渗砂体是油藏形成的基础,泥岩封堵形成的岩性圈闭是油藏聚集的场所,后期的断层对先期的油藏起沟通和调整作用,相向正断层形成的断背斜是油藏富集的重要构造部位。

参 考 文 献

- [1] 王昌勇,郑荣才,李忠权,等. 鄂尔多斯盆地姬塬油田长8油层组岩性油藏特征[J]. 地质科技情报, 2010, 29(3): 69-74.
Wang Changyong, Zheng Rongcai, Li Zhongquan, et al. Characteristics of lithologic reservoir of interval 8 of Yanchang Formation in Jiyuan Oilfield of Ordos Basin[J]. Geological Science and Technology Information, 2010, 29(3): 69-74.
- [2] 刘昊伟,王健,刘群明,等. 鄂尔多斯盆地姬塬地区上三叠统延长组长8油层组有利储集层分布及控制因素[J]. 古地理学报, 2012, 14(3): 285-294.
Liu Haowei, Wang Jian, Liu Qunming, et al. Favorable reservoir dis-

- tribution and its controlling factors of the Chang 8 interval of Upper Triassic Yanchang Formation in Jiyuan area, Ordos Basin[J]. Journal of Palaeogeography, 2012, 14(3): 285–294.
- [3] 周瑞, 胡学智. 鄂尔多斯盆地西北部灵盐定地区油藏类型及其控制因素[J]. 石油实验地质, 2001, 23(4): 390–394.
- Zhou Rui, Hu Xuezhong. Oil reservoir types and their controlling factors in Lingyanding region, the northwest Ordos Basin[J]. Petroleum Geology & Experiment, 2001, 23(4): 390–394.
- [4] 王昌勇, 郑荣才, 王成玉, 等. 鄂尔多斯盆地姬塬地区延长组中段岩性油藏成藏规律研究[J]. 岩性油气藏, 2010, 22(2): 84–94.
- Wang Changyong, Zheng Rongcai, Wang Chengyu, et al. Hydrocarbon accumulation law of lithologic reservoirs of middle Yanchang Formation in Jiyuan area, Ordos Basin[J]. Lithologic Reservoirs, 2010, 22(2): 84–94.
- [5] 成良丙, 曲春霞, 苟永俊, 等. 姬塬油田长油藏断层特征及对油藏的影响[J]. 岩性油气藏, 2012, 24(5): 50–54.
- Cheng Libing, Qu Chunxia, Gou Yongjun, et al. Fault characteristics of Chang 9 reservoir and its impact on reservoir in Jiyuan Oilfield[J]. Lithologic Reservoirs, 2012, 24(5): 50–54.
- [6] 段毅, 于文修, 刘显阳, 等. 鄂尔多斯盆地长 9 油层组石油运聚规律研究[J]. 地质学报, 2009, 83(6): 855–860.
- Duan Yi, Yu Wenxiu, Liu Xianyang, et al. Oil migration and accumulation rules of Chang-9 oil-bearing formation in the Ordos Basin[J]. Acta Geologica Sinica, 2009, 83(6): 855–860.
- [7] 吴保祥, 段毅, 郑朝阳, 等. 鄂尔多斯盆地古峰庄-王洼子地区长 9 油层组流体过剩压力与油气运移研究[J]. 地质学报, 2008, 82(6): 844–849.
- Wu Baoxiang, Duan Yi, Zheng Zhaoyang, et al. Fluid over pressure and migration of oil and gas from Chang 9 Member in Gufengzhuang-Wangwazi area, Ordos Basin[J]. Acta Geologica Sinica, 2008, 82(6): 844–849.
- [8] 刘显阳, 邓秀芹, 赵彦德, 等. 姬塬地区长 9 油层组油气运移规律及模式探讨[J]. 岩性油气藏, 2011, 23(5): 9–14.
- Liu Xianyang, Deng Xiuqing, Zhao Yande, et al. Hydrocarbon migration law and model of Chang 9 reservoir in Jiyuan area, Ordos Basin[J]. Lithologic Reservoirs, 2011, 23(5): 9–14.
- [9] 孟祥宏, 王多云, 李树同, 等. 马岭-镇北地区延长组长 8 油组的砂体类型与多层叠置的连续型油藏特征[J]. 沉积学报, 2011, 29(6): 1206–1212.
- Meng Xianghong, Wang Duoyun, Li Shutong, et al. Characteristics and reservoir forming mode of the oil pools of Chang 8 reservoir in Maling-Zhenbei Area, Ordos Basin[J]. Acta Sedimentologica Sinica, 2011, 29(6): 1206–1212.
- [10] 李凤杰, 王多云. 鄂尔多斯盆地西峰油田延长组高分辨率层序地层学研究[J]. 天然气地球科学, 2006, 17(3): 339–344.
- Li Fengjie, Wang Duoyun. The high-resolution sequence stratigraphic feature of Yanchang Formation in Xifeng Oil Field, Ordos Basin[J]. Natural Gas Geoscience, 2006, 17(3): 339–344.
- [11] 邹才能, 陶士振, 袁选俊, 等. 连续型油气藏形成条件与分布特征[J]. 石油学报, 2009, 30(3): 324–331.
- Zou Caineng, Tao Shizhen, Yuan Xuanjun, et al. The formation conditions and distribution characteristics of continuous petroleum accumulations[J]. Acta Petrolei Sinica, 2009, 30(3): 324–331.
- [12] 时保宏, 郑飞, 张艳, 等. 鄂尔多斯盆地延长组长 7 油层组石油成藏条件分析[J]. 石油实验地质, 2014, 36(3): 285–290.
- Shi Baohong, Zheng Fei, Zhang Yan, et al. Hydrocarbon accumulation conditions of Chang 7 section, Yanchang Formation, Ordos Basin[J]. Petroleum Geology & Experiment, 2014, 36(3): 285–290.
- [13] 赵文智, 胡素云, 汪泽成, 等. 鄂尔多斯盆地基底断裂在上三叠统延长组石油聚集中的控制作用[J]. 石油勘探与开发, 2003, 30(5): 1–5.
- Zhao Wenzhi, Hu Suyun, Wang Zecheng, et al. Key role of basement fault control on oil accumulation of Yanchang Formation, Upper Triassic, Ordos Basin[J]. Petroleum Exploration and Development, 2003, 30(5): 1–5.
- [14] 梁晓伟, 韩永林, 王海红, 等. 鄂尔多斯盆地姬塬地区上三叠统延长组裂缝特征及其地质意义[J]. 岩性油气藏, 2009, 21(2): 49–53.
- Liang Xiaowei, Han Yonglin, Wang Haihong, et al. Fracture characteristics and geological significance of Upper Triassic Yanchang Formation in Jiyuan area, Ordos Basin[J]. Lithologic Reservoirs, 2009, 21(2): 49–53.
- [15] 李士祥, 邓秀芹, 庞锦莲, 等. 鄂尔多斯盆地中生界油气成藏与构造运动的关系[J]. 沉积学报, 2010, 28(4): 798–807.
- Li Shixiang, Deng Xiuqian, Pang Jinlian, et al. Relationship between petroleum accumulation of Mesozoic and tectonic movement in Ordos Basin[J]. Acta Sedimentologica Sinica, 2010, 28(4): 798–807.
- [16] 吴保祥, 何金先, 张晓丽, 等. 鄂尔多斯盆地地层埋藏演化与油气成藏分析[J]. 东北石油大学学报, 2010, 36(6): 8–13.
- Wu Baoxiang, He Jinxian, Zhang Xiaoli, et al. Analysis of burial evolution of stratum and oil-gas reservoirs formation in Ordos Basin[J]. Journal of Northeast Petroleum University, 2010, 36(6): 8–13.
- [17] 任战利, 李文厚, 梁宇, 等. 鄂尔多斯盆地东南部延长组改密油成藏条件及主控因素[J]. 石油与天然气地质, 2014, 35(2): 190–198.
- Ren Zhanli, Li Wenhui, Liang Yu, et al. Tight oil reservoir formation conditions and main controlling factors of Yanchang Formation in southeastern Ordos Basin[J]. Oil & Gas Geology, 2014, 35(2): 190–198.

(编辑 董立)