

文章编号: 1006-6616 (2012) 01-0032-10

# 夏口断层对惠民南部地区油气成藏的控制作用

吴孔友<sup>1</sup>, 赵仲祥<sup>1</sup>, 崔世凌<sup>2</sup>, 李继岩<sup>1</sup>

(1. 中国石油大学(华东)地球资源与信息学院, 山东 青岛 266555;

2. 中国石化胜利油田分公司物探研究院, 山东 东营 257061)

**摘要:** 夏口断层对惠民南部地区的油气成藏起着重要的控制作用。通过岩性对置、泥岩涂抹 ( $R_{sc}$ )、紧闭指数等参数对夏口断层封闭性进行定量评价表明, 夏口断层不同位置封闭性差异明显。在对夏口断层断面形态分析基础上, 结合物理实验模拟, 确定夏口断层作为惠民南部地区的运移通道, 主要存在东西两个优势方向, 目前发现的油气主要集中在这两个方向上。通过分析夏口断层的活动期与油气运移期的配置关系, 得出明化镇期伴随主力烃源岩大量排烃, 夏口断层成为惠民南部地区主要的油气运移通道。夏口断层东西两端复杂的封闭与开启状态, 决定了惠民南部地区油气分布的复杂性。

**关键词:** 惠民南部地区; 夏口断层; 断层活动性; 断层封闭性; 油气成藏

**中图分类号:** TE122.3

**文献标识码:** A

大量研究表明, 断层是控制含油气盆地各种地质作用和油气生、运、聚、散、分布的重要因素<sup>[1]</sup>, 它既可以作为油气运移的通道, 也可以作为遮挡物封堵油气<sup>[2]</sup>。前人针对夏口断层对惠民南部地区油气成藏的控制作用做过很多研究, 但大多都是专门针对断层封闭性或断裂带特征等进行单方面评价。断层在油气成藏过程中所起的作用, 与断层的形态、断层活动性以及断层封闭性等诸多因素有着密切关系。本文从这3个方面综合评价了夏口断层对惠民南部地区油气分布的控制作用, 更加明确了夏口断层在惠民南部地区成藏过程中所起的作用。

## 1 研究区地质背景

惠民凹陷位于济阳拗陷的西部, 是其最大的一个次级凹陷。南、北分别以鲁西隆起和埕宁隆起为界, 东、西分别与东营凹陷和临清拗陷莘县凹陷相通。北西倾的夏口断层平面上从禹城到斜庙横贯全区, 为惠民凹陷内的一级断层, 长约90 km; 剖面上, 夏口断层以铲形或平面式为主, 上部倾角在50°至52°, 向下变缓(见图1)。夏口断层控制了惠民南部地区地层沉积与油气分布, 并将研究区分隔为夏口断裂带和南部斜坡带两部分。夏口断裂带位于夏口断层下降盘, 自西向东主要发育了夏2、双丰、江家店、瓦屋和夏28等多个鼻状构造; 纵向上主断裂在沙河街组沉积时期最发育, 在东营组沉积时期基本停止活动; 平面上形成了

收稿日期: 2011-12-06

基金项目: 国家科技重大专项(2010ZX05001); 中央高校基本科研业务费专项(10CX04002A)

作者简介: 吴孔友(1971-), 男, 博士, 副教授, 从事地质构造与油气成藏研究, E-mail: wukongyou@163.com

4 个三级帚状断裂，每个三级帚状断裂向东与夏口断层相交，向西向临南洼陷撒开。临南斜坡带分布面积广阔，构造简单，主要由大型的单斜构成，在近北东向断层改造下，常形成断阶。

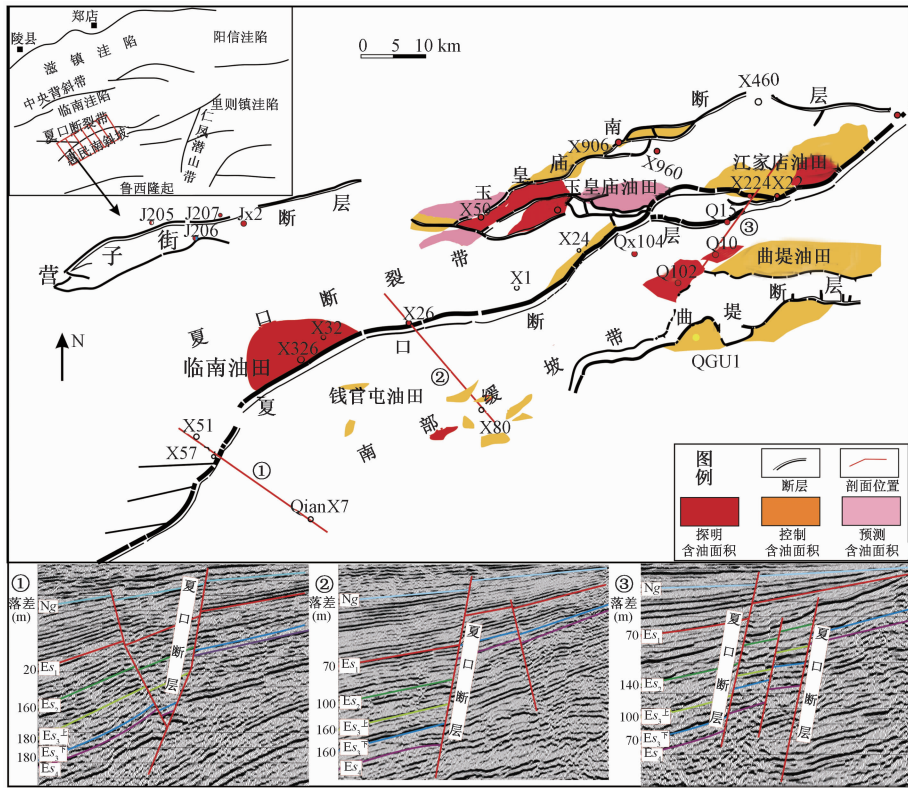


图 1 夏口断层平面及剖面图

Fig. 1 The plane and profile map of Xiakou fault

## 2 断层活动与油气运聚匹配关系

从区域上分析，夏口断层是兰聊断裂向济阳拗陷的延伸部分，在中生代晚期发育，持续活动到新近纪，经历了燕山、喜马拉雅两期构造运动，断层活动由早期左旋扭扭到中晚期的右旋拉张，控制了惠民凹陷南部中生代及第三系沉积及地层保存；燕山运动末期表现为一条完整的北东东向正断层。新近纪，受区域右旋拉张作用，夏口断层持续发育，形成了临南—江家店—瓦屋东雁行式断裂，控制了临南洼陷南部的沉积及油气成藏<sup>[3]</sup>。

从夏口断层不同区段地震剖面（见图 1）上看，夏口断层沿走向不同位置、不同层段的的活动强度不同。平面上西段活动强度稍大；纵向上，西段和中段的主要活动期出现在沙三到沙二段沉积期，活动峰值出现在沙三段，东段活动较晚，主要活动期在沙三下到沙二段沉积期，活动峰值出现在沙二段。

田世澄等<sup>[4]</sup>研究认为：临南洼陷沙三下烃源岩在东营组沉积期，于深洼陷部位就已进入生排烃门限。沙三下烃源岩的大量排烃期是从馆陶组沉积初期开始，沙三中烃源岩大量排烃期则从馆陶组沉积末期开始，而沙三上烃源岩生烃高峰直到明化镇组沉积末期才开始，也

就是说沙三下烃源岩的排烃持续了 25 ~ 30 Ma, 沙三中烃源岩的排烃期为 10 ~ 26 Ma, 而沙三上烃源岩的排烃期为 3 ~ 12.5 Ma。烃源岩排烃期与构造地理位置、烃源岩发育程度、有机质类型等密切相关, 在洼陷中部, 沙三下烃源岩在东营组沉积时期进入生烃门限深度, 馆陶组沉积时期开始大量生油; 沙三中烃源岩在馆陶组沉积期开始进入生油门限, 馆陶组沉积末期开始大量生油; 沙三上烃源岩在馆陶组沉积末期开始进入生油门限, 明化镇组沉积末期才开始大量生油。在外围盘河地区、曲堤地区、商河局部由于沙三段烃源岩始终没有被埋藏到门限以下, 故至今未能生烃。

从夏口断层活动期与油气运移期的匹配关系 (见图 2) 分析, 夏口断层为惠民南部地区油气运移提供过两次通道 (东营组沉积期和明化镇组沉积期)。夏口断层的开始活动期在沙三段和沙二段沉积期, 但此时临南洼陷烃源岩并未达到生烃门限, 夏口断层对油气的输导处于无效期。东营组沉积初期, 沙三下烃源岩开始排烃, 夏口断层西段和中段的活动为油气的运移提供了通道, 惠民南部地区初次成藏。馆陶组沉积时期, 夏口断层活动较弱, 静止的夏口断层开始慢慢封闭, 封堵先前运移来的油气。至明化镇组沉积期, 主力烃源岩开始大量排烃, 夏口断层整体再次活动, 不仅为惠民南部地区提供新的油气, 而且使先前的油气藏发生破坏, 原先聚集的油气重新分配。因此, 明化镇组沉积时期是惠民南部地区的主要成藏期。

地质时期	夏口断层活动强度			主要生排烃期			匹配关系
	西段	中段	东段	Es <sub>3</sub> <sup>上</sup>	Es <sub>3</sub> <sup>中</sup>	Es <sub>3</sub> <sup>下</sup>	
Q							保存期
Nm							次生成藏期
Ng							保存期
Ed							运移成藏期
Es <sub>1</sub>							无
Es <sub>2</sub>							效
Es <sub>3</sub>							
Es <sub>4</sub>							
Ek							期

图 2 夏口断层活动期与油气运移期的匹配关系

Fig. 2 Matching relationship between faulting activity of Xiakou fault and hydrocarbon migration

### 3 断面形态对油气运移方向的控制作用

油气运移一直是石油地质学研究的难点。20 世纪 90 年代以前, 油气运移研究的焦点是初次运移的动力、相态、过程及其地球化学效应<sup>[5-9]</sup>。20 世纪 90 年代以来, 油气在输导层中的运移行为得到更广泛的关注, 这是因为它决定了油气与岩层的接触体积和油气的运移路径<sup>[10]</sup>, 这是实现油气运移通道预测和油气藏定位的基础。国内外学者对油气的

二次运移过程进行过大量物理模拟实验和数值模拟研究<sup>[10~13]</sup>，这些研究证明，油气二次运移只通过局限的优势通道进行，油气运移空间可能只占据整个输导层的1%~10%<sup>[11~14]</sup>。

断层，尤其是长期活动的断层，往往导致断面凹凸不平，表现为“脊”、“槽”相间的形态。夏口断层整体表现为两“脊”一“槽”的形态，呈北西、南东向的“M”型（见图3a）。有人认为油气进入断层会沿着“槽”运移，也有人认为根据流体势模拟，油气应沿着“脊”运移<sup>[10~13]</sup>。本次研究进行了物理实验模拟，通过实验得出：油气主要沿“脊”运移，而很难从“槽”中运移（见图3b）。只要有断层与烃源岩接触，油气就不会均匀地向四周扩散，油气会主要沿着断层面的凸面向上运移，而且只有在油气运移路径上的圈闭才有可能捕获油气。夏口断层相对北面临南洼陷生烃中心，呈东北向的“M”型。为油气向南坡地区运移提供两个“梁”。事实证明夏口断层附近的油气基本都分布在这两个方向上，第一条路径形成临南油田、钱官屯油田；第二条路径形成江家店油田、曲堤油田（见图1）。

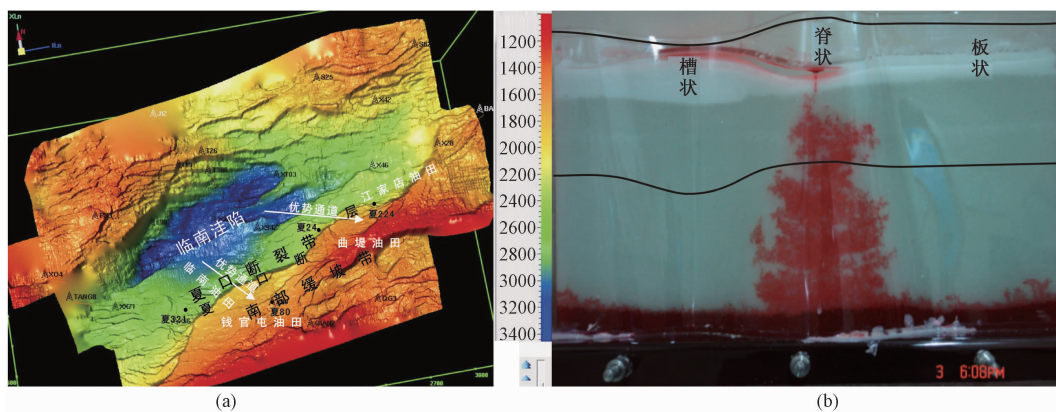


图3 夏口断层断面形态及油气运移模拟实验

Fig. 3 Fault surface shape of Xiakou fault and hydrocarbon migration simulation experiment

## 4 断层封闭性与油气成藏作用

一般情况下，在断层活动期，断层常呈开启状态；在静止期，断层封堵与否的根本在于排替压差。夏口断层作为惠民南部地区的主要控油断层，封闭与开启的情况比较复杂，导致夏口断层两侧油气分布多元化。平面上夏口断层上盘发育临南油田和江家店油田，下盘发育曲堤油田和钱官屯油田，纵向上油气在从沙四到沙二的各个层段上都有分布。所以本次研究综合多种方法对夏口断层的封闭性展开研究。

### 4.1 岩性对置

本次研究主要采用了Allan (1989) 提出的著名Allan图，其定义是以断面为截面，将断裂两盘的构造和岩性沿断面的截面形态以断面为叠合面叠加到一张图上，从图上分析两侧砂泥岩的对接概率来研究断层的封堵性。

图4为夏口断层Allan图，整体来看，夏口断层东西两边以及中段X23井附近砂体发育，上盘（粉红色）和下盘（黄色）的砂体相互叠置的较多，说明两盘砂岩对接概率大，

其他区段上下盘砂岩对接概率小。因此从断面两侧岩性对接定性评价夏口断层的封闭性认为：夏口断层最东段、最西段封闭性差，中段 X23 井附近以及曲 15 井的西侧断层封闭性较差，其他区段断层封闭性好。从图 4 还可以看出，未处在优势运移通道上的下盘砂体，即使与对盘的泥岩对接，也不会成藏；处在优势运移通道上的砂体，并依靠夏口断层封堵形成的油气藏，主要集中在 X326 井和 X224 井剖面附近的与对盘泥岩相对置的砂体中，对盘的泥岩为下盘油气成藏起了遮挡作用。

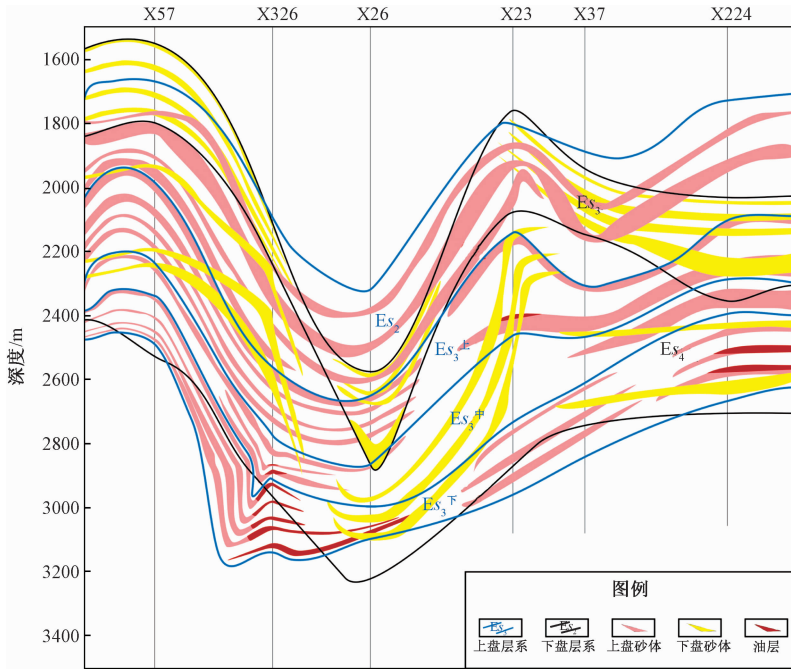


图 4 夏口断层 Allan 图

Fig. 4 The Allan map of Xiakou fault

#### 4.2 泥岩涂抹分析

Yielding 等<sup>[15-16]</sup>和 Knipe 等<sup>[17]</sup>提出运用泥岩削刮比 ( $R_{SC}$ ) 来定量评价断层的泥岩涂抹效应，其公式如下：

$$R_{SC} = (\sum h/d) \times 100\% \quad (1)$$

式中  $h$ ——泥岩厚度，m； $d$ ——断距，m。

根据前人的研究以及本区的实际情况确定，当  $R_{SC}$  值不小于 0.45 时，在断裂带内可形成比较连续的泥岩涂抹<sup>[15-17]</sup>。从夏口断层  $R_{SC}$  分布图（见图 5）可以看出，夏口断层侧向封闭性情况复杂，上盘侧向封闭性总体好于下盘。西部上盘侧向封闭性上部好，下部中等，下盘侧向封闭性整体较差，使得北部运移来的油气，很难从临南油田的沙三中上部继续向前运移，只能通过沙三下部分层位向前运移，下盘较差的侧向封闭性，利于上盘经过沙三下段运移来的油气就近进入下盘与之对接的储集层内；东部上盘的封闭性上差下好，使得上盘油气利于在沙三下储集层聚集，下盘的侧向封闭性整体较差，油气主要通过上盘的沙三中上部的开启层段运移而来（见图 5、图 6）。中部地区处在“槽”面上，目前为止没有发现油气藏。

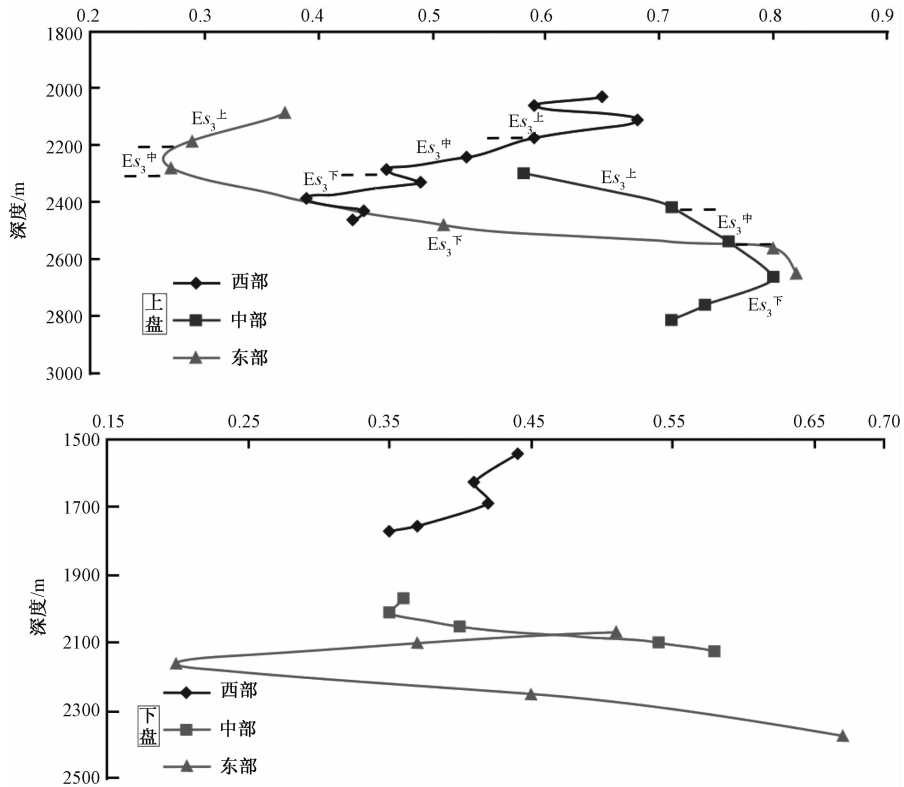


图 5 夏口断层沙三段  $R_{SC}$  分布

Fig. 5 The  $R_{SC}$  distribution of the third member of Shahejie Formation of Xiaokou fault

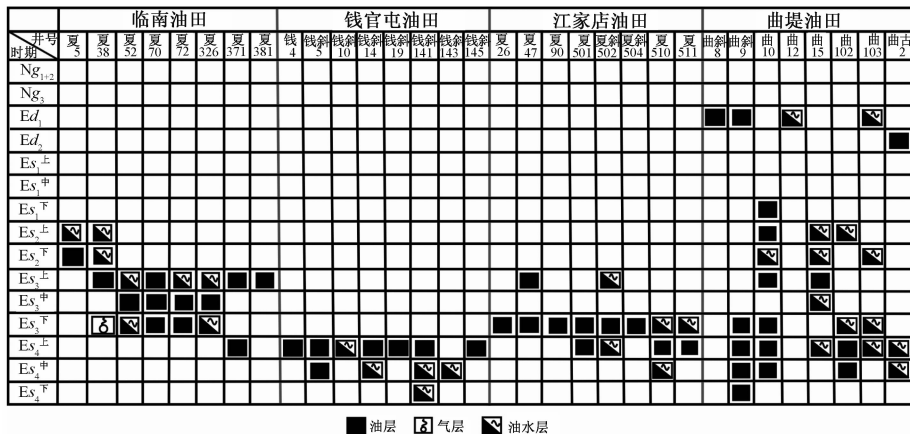


图 6 惠民南部地区油气垂向分布

Fig. 6 Vertical distribution of oil and gas in the south of Huimin depression

### 4.3 紧闭指数

断层停止活动后垂向能否在短期内形成封闭，将成为油气成藏的关键。影响断层垂向封闭性的关键因素是断面的紧闭程度。若断面紧闭，断层垂向封闭性好，油气不能沿断面作垂向运移；否则，断层开启，油气沿断层运移或散失<sup>[23]</sup>。断面的紧闭程度可用断

面所受压应力与岩石抗压强度（为断裂带内各种岩性抗压强度的均值）的比值，即紧闭指数来衡量。

断面所受压应力的计算公式：

$$p = Z(\rho_r - \rho_w)g\cos\theta + \sigma\sin\theta\sin\beta \quad (2)$$

式中  $p$ ——断面所承受的正压力，MPa；

$Z$ ——断面埋深，m；

$\rho_r$ ——上覆地层平均密度， $g/cm^3$ ；

$\rho_w$ ——地层水密度， $g/cm^3$ ；

$g$ ——重力加速度；

$\sigma$ ——水平地应力，MPa；

$\theta$ ——断面倾角， $(^\circ)$ ；

$\beta$ ——地应力与断层走向之间的夹角， $(^\circ)$ 。

喜马拉雅晚期运动后，惠民地区又受到了新构造运动的影响，处于继续拉张状态。区域水平挤压应力方向为 NW  $40^\circ$ ，最大主应力有效值为 8 ~ 30 MPa<sup>[24~25]</sup>。持续的拉张环境不利于油气的垂向封闭，而且拉张环境下上覆地层的压力显得尤为重要。断层垂向封闭性好，油气从上盘运移到断层后，会只进入临近的下盘层位聚集成藏；如果垂向封闭性差，油气则沿着断层向上运移到下盘的多个层位聚集，甚至从地表流失。夏口断层整体紧闭指数随深度的增加增大，西部紧闭指数较大，垂向封闭性较好，使得油气从上盘的沙三段渗出后，只能进入下盘与其对接的沙四段，经过下盘沙四段侧向封闭性较差的储集层，在钱官屯地区聚集成藏；而东部紧闭指数较小，垂向封闭性差，利于油气向下盘的多个层位运移（见图 6、图 7）。

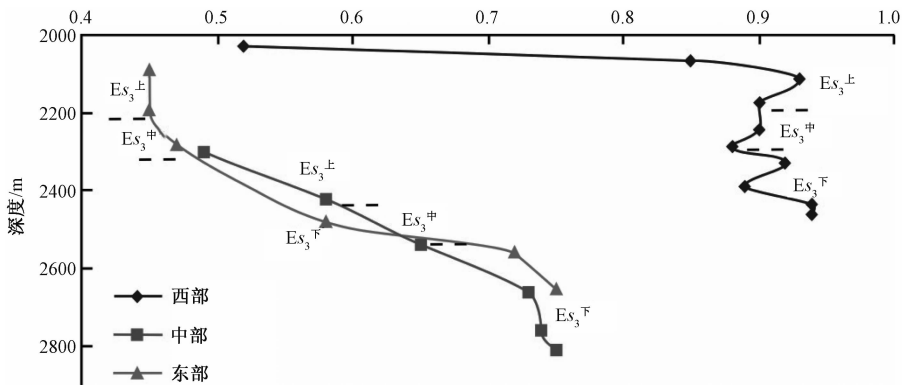


图 7 夏口断层紧闭指数分布

Fig. 7 The tightness index distribution of Xiakou fault

## 5 结论

夏口断层在中生代晚期发育，持续活动到新近纪，经历了燕山、喜马拉雅两期构造运动。持续的活动加上复杂的地质背景，使得夏口断层活动性在时间和空间上都有着很强的差异性，加之沉积体系的差异性共同决定了夏口断层复杂的封闭情况。

持续活动的夏口断层并不是一直为惠民地区的油气输导起着通道的作用，只有在主要烃

源岩排烃期(明化镇组沉积时期),活动的夏口断层才源源不断地为惠民南部地区输导油气,而且东西两端不同强度的活动性为两端油气的输导起到了不同程度的作用。

物理模拟实验证明了断面形态与运移模式的关系,即油气进入断层后沿断面构造脊的方向运移。夏口断层特殊的“M”型形态,使得惠民南部地区的油气集中分布在夏口断层的東西两侧,即沿夏口断层的“梁”分布。而复杂的封闭性使得东西两端断层两侧的油气分布差异较大:西部上盘侧向封闭性上好下中等,下盘侧向封闭性整体中等,加之较好的垂向封闭性,使得上盘临南油田靠夏口断层封闭的油气主要分布在沙三段的多个层位,而下盘的前官屯油田油气只是分布在沙四段;东部上盘的侧向封闭性上差下好,下盘侧向封闭性情况复杂,垂向封闭性差,使得上盘江家店油田靠夏口断层封闭的油气主要集中在沙三下段,下盘的曲堤油田油气分布在多个层位。

### 参 考 文 献

- [1] 罗群,庞雄奇. 运用断裂控烃理论实现柴达木盆地油气勘探大突破 [J]. 石油学报, 2003, 24 (2): 24~29.  
LUO Qun, PANG Xiong-qi. Application of fault control hydrocarbon theory to realize a great breakthrough of petroleum exploration in Qaidam Basin [J]. Acta Petrolei Sinica, 2003, 24 (2): 24~29.
- [2] 周建勋,徐凤银,胡勇. 柴达木盆地北缘中、新生代构造变形及其对油气成藏的控制 [J]. 石油学报, 2003, 24 (1): 19~24.  
ZHOU Jian-xun, XU Feng-yin, HU Yong. Mesozoic and Cenozoic tectonism and its control on hydrocarbon accumulation in the northern Qaidam Basin of China [J]. Acta Petrolei Sinica, 2003, 24 (1): 19~24.
- [3] 韩会军,郑德顺. 济阳坳陷东西部构造单元中—新生代断裂特征对比及其控制因素 [J]. 油气地质与采收率, 2007, 14 (3): 12~15.  
HAN Hui-jun, ZHONG De-shun. The fault zone characteristics and controlling factors of contrast in Jiyang east and west tectonic units in Mesozoic and Cenozoic [J]. Petroleum Geology and Recovery Efficiency, 2007, 14 (3): 12~15.
- [4] 王吉升,付金华,何瑞武,等. 惠民凹陷临南斜坡带资源评价及勘探潜力研究 [J]. 油气地质与采收率, 2001, 8 (5): 18~21.  
WANG Ji-sheng, FU Jin-hua, HE Rui-wu, et al. Resource evaluation and exploration potential on Linnan slop belt [J]. Petroleum Geology and Recovery Efficiency, 2001, 8 (5): 18~21.
- [5] 李明诚. 石油与天然气运移研究综述 [J]. 石油勘探与开发, 2000, 27 (4): 1~10.  
LI Ming-cheng. An overview of hydrocarbon migration research [J]. Petroleum Exploration and Development, 2000, 27 (4): 1~10.
- [6] 李明诚. 对油气运聚研究中一些概念的再思考 [J]. 石油勘探与开发, 2002, 29 (2): 13~16.  
LI Ming-cheng. Reconsideration on concepts in research of hydrocarbon migration and accumulation [J]. Petroleum Exploration and Development, 2002, 29 (2): 13~16.
- [7] 罗晓容. 油气运移动力学研究进展及存在问题 [J]. 天然气地球科学, 2003, 14 (5): 337~346.  
LUO Xiao-rong. Review of hydrocarbon migration and accumulation dynamics [J]. Natural Gas Geoscience, 2003, 14 (5): 337~346.
- [8] 华保钦,林锡祥,杨小梅. 天然气二次运移与聚集研究 [J]. 天然气地球科学, 1994, 5 (4): 1~31.  
HUA Bao-qin, LIN Xi-xiang, YANG Xiao-mei. The research of second migration and accumulation of natural gas [J]. Natural Gas Geoscience, 1994, 5 (4): 1~31.
- [9] 郝芳,邹华耀,姜建群. 油气成藏动力学及其研究进展 [J]. 地学前缘, 2000, 7 (3): 11~21.  
HAO Fang, ZOU Hua-yao, JIANG Jian-qun. Dynamics of petroleum accumulation and its advances [J]. Earth Science Frontiers, 2000, 7 (3): 11~21.
- [10] Dembicki H Jr, Anderson M J. Secondary migration of oil; Experiments supporting efficient movement of separate, buoyant oil phase along limited conduits [J]. AA PG Bulletin, 1989, 73 (8): 1018~1021.
- [11] HINDLE A D. Petroleum migration pathways and charge concentration: A three dimensional model [J]. AAPG Bulletin,



- 1997, 81 (9): 1451 ~ 1481.
- [12] 李明诚,李伟,蔡峰,等. 油气成藏保存条件的综合研究 [J]. 石油学报, 1997, 18 (2): 41 ~ 48.  
LI Ming-cheng, LI Wei, CAI Feng, et al. Integrative study of preservation conditions of oil and gas pools [J]. Acta Petrolei Sinica, 1997, 18 (2): 41 ~ 48.
- [13] 庞雄奇,金之均,姜振学. 油气成藏定量模式 [M]. 北京:石油工业出版社, 2003: 123 ~ 145.  
PANG Xiong-qi, JIN Zhi-jun, JIANG Zhen-xue. Quantitative models of hydrocarbon accumulation [M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 2003: 123 ~ 145.
- [14] 李明诚. 油气运移基础理论与油气勘探 [J]. 地球科学, 2004, 29 (4): 379 ~ 383.  
LI Ming-cheng. Basic principles of migration and hydrocarbon exploration [J]. Earth Science, 2004, 29 (4): 379 ~ 383.
- [15] Yielding G, Freeman B, Needham D T. Quantitative fault sealing prediction [J]. AAPG Bulletin, 1997, 81 (6): 897 ~ 917.
- [16] Yielding G. Shale gouge ratio-Calibration by geohistory [C] //Koestler A G, Hunsdale R. Hydrocarbon seal quantification: Norwegian Petroleum Society (NPF) Special Publication11. Amsterdam: Elsevier, 2002: 1 ~ 15.
- [17] Knipe R J. Juxtaposition and seal diagrams to help analyze fault seals in hydrocarbon reservoirs [J]. AAPG Bulletin, 1997, 81 (2): 187 ~ 195.
- [18] 韩天佑,漆家福,林会喜. 惠民凹陷西南缓坡带新生代构造演化与油气成藏特征 [J]. 石油与天然气地质, 2003, 24 (3): 245 ~ 248.  
HAN Tian-you, QI Jia-fu, LIN Hui-xi. Study of Cenozoic tectonic evolution and hydrocarbon accumulation in southwest gentle slope belt, Huimin sag [J]. Oil & Gas Geology, 2003, 24 (3): 245 ~ 248.
- [19] 吕延防,李国会,王跃文,等. 断层封闭性的定量研究方法 [J]. 石油学报, 1996, 17 (3): 39 ~ 45.  
Lü Yan-fang, LI Guo-hui, WANG Yao-wen, et al. Quantitative analyses in fault sealing properties [J]. Acta Petrolei Sinica, 1996, 17 (3): 39 ~ 45.
- [20] 侯青,赵健,回春,等. 惠民凹陷构造应力场与油气运聚模拟分析 [J]. 油气地质与采收率, 2006, 13 (1): 62 ~ 65.  
HOU Qing, ZHAO Jian, HUI Chun, et al. Simulation analysis of the tectonic stress field and the oil-gas migration accumulation in Huimin sag [J]. Petroleum Geology and Recovery Efficiency, 2006, 13 (1): 62 ~ 65.
- [21] Hindle A D. Petroleum migration pathways and charge concentration a three-dimensional model [J]. AAPG Bulletin, 1997, 81 (9): 1451 ~ 1481.

## CONTROLLING OF XIAKOU FAULT ON HYDROCARBON ACCUMULATION IN THE SOUTHERN PART OF HUIMIN DEPRESSION

WU Kong-you<sup>1</sup>, ZHAO Zhong-xiang<sup>1</sup>, Cui Shi-ling<sup>2</sup>, LI Ji-yan<sup>1</sup>

(1. Faculty of Geo-Resources and Information, China University of Petroleum, Qingdao 266555, China;

2. Geophysical Research Institute, Shengli Oilfield Company, Sinopec, Dongying 257061, China)

**Abstract:** Xiakou fault plays an important role in controlling oil-gas accumulation in Huimin depression. By analyzing the lithologic association on two sides of fault, the mudstone-smearing and fault tightness index, Xiakou fault-sealing is studied quantitatively. The result shows that Xiakou fault sealing varies significantly in different locations. Based on the analysis of the fractured surface form of Xiakou fault, combined with the oil-gas migration simulation experiment, Xiakou fault is determined as the migration path in the south Huimin depression. It is found that Xiakou fault has two dominant migration channels, which contain most of the oil and gas. According to the relationship between faulting stage and hydrocarbon migration period of Xiakou fault, Xiakou fault accounts for the major oil and gas migration pathways in the south of Huimin depression, with the main hydrocarbon source rocks rowing in bulk. The complex closure property of Xiakou fault leads to the uneven oil-gas distribution in the south of Huimin depression.

**Key words:** southern part of Huimin depression; Xiakou fault; fault activity; fault sealing; hydrocarbon accumulation