

# 临南洼陷营子街地区沙三下亚段油气富集主控因素

封东晓<sup>1,2</sup>

1. 中国地质大学(北京)能源学院, 北京 100083
2. 中国石化胜利油田分公司地质科学研究院, 东营 257015

**摘要** 营子街地区临近洼陷的生烃中心,但由于构造简单,缺乏构造圈闭,传统上认为勘探潜力不大。为突破勘探瓶颈,从沉积演化、相带类型研究出发,在优势砂体类型、烃源岩压力及隐蔽圈闭的综合分析基础上,对营子街地区沙三下亚段油气成藏富集因素进行了研究。结果表明,营子街地区沙三下亚段沉积时期发育席状砂和浊积扇两类优势砂体,并夹持包裹于烃源岩中,形成了隐蔽型岩性油藏,其成藏富集因素主要受烃源岩超压和有效储层2个因素的控制,其中烃源岩超压控制了油气充满度,烃源岩超压区范围内有效储层的分布控制了含油规模,由此建立了自生自储-超压控藏型成藏模式。

**关键词** 烃源岩超压;有效储层;富集规律;成藏模式;营子街地区;临南洼陷

**中图分类号** TE132      **文献标志码** A      **doi** 10.3981/j.issn.1000-7857.2015.02.007

## Main controlling factors in hydrocarbon accumulation of lower Sha 3 in Yingzijie area of Linnan Sag

FENG Dongxiao<sup>1,2</sup>

1. School of Energy Resources, China University of Geosciences, Beijing 100083, China
2. Institute of Geosciences, Shengli Oilfield Company, Sinopec, Dongying 257015, China

**Abstract** Although Yingzijie area is near the hydrocarbon generation center, because of its simple structure and the lack of structural traps, traditionally, the exploration potential is considered not great. In order to overcome the exploration obstacles, the sedimentary evolution and the facies types are studied in this paper. Based on the dominant sand-body types, the hydrocarbon source rock pressure and the subtle traps, the main controlling factors in the hydrocarbon accumulation of lower Sha 3 in Yingzijie area are analyzed. It is shown that there are two kinds of dominant sand-bodies: The sheet sand and the turbidite fan sand. These sand-bodies are surrounded by the source rock with the reservoir types being subtle lithologic, where the hydrocarbon accumulation factors are controlled by the overpressure of the source rock and the effective reservoirs. The oil fullness degree of the reservoirs are controlled by the overpressure of the source rock and the oil scale is controlled by the effective reservoirs in the region of the overpressure of the source rock, and the accumulation model can thus be built, as the self-source and the self-reservoir and the overpressure controlling accumulation.

**Keywords** overpressure of source rock; effective reservoirs; accumulation regularity; accumulation model; Yingzijie area; Linnan Sag

营子街地区位于临南洼陷的西南部,北部临近生烃中心,西北部发育营子街断裂带,目前已发现沙三上、沙三中两

套含油层系,主要发育断层切割前缘砂体的构造、构造-岩性油藏,对于此类油藏研究较多<sup>[1-3]</sup>,认为是临南洼陷的主要油

收稿日期:2014-07-24;修回日期:2014-10-28

基金项目:国家科技重大专项(2011ZX05006);中国石化科技攻关项目(P12037)

作者简介:封东晓,高级工程师,研究方向为油气勘探,电子信箱:1308849576@qq.com

引用格式:封东晓. 临南洼陷营子街地区沙三下亚段油气富集主控因素[J]. 科技导报, 2015, 33(2): 54-58.

藏类型。对于岩性油藏,前人曾进行初步研究<sup>[4]</sup>。该地区的东南部整体表现为一个南抬北倾的宽缓斜坡(图1),构造简单,缺乏断裂,来自南部物源的各类砂体没有断层的切割遮挡,难以形成有效的圈闭,更难以形成油气的规模聚集,传

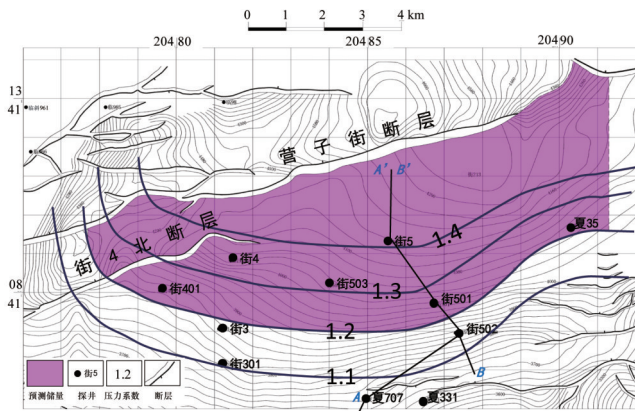


图1 营子街地区沙三下亚段T6构造

Fig. 1 Structure of T6 reflecting layer of Yingzijing area

统上认为勘探潜力不大,因此斜坡区一直没有引起勘探的重视。

随着勘探的不断深入,沿该区营子街断裂带的各类构造、构造-岩性圈闭几乎钻探殆尽,油气勘探进入停滞状态。为打破勘探瓶颈,挖掘勘探潜力,本文针对主要的生烃层系沙三下亚段,从该区沉积演化、砂体类型研究出发,对其发育的优势砂体及油藏类型进行剖析,并围绕烃源岩超压及有效储层的展布对油气的富集主控因素进行探讨。

### 1 构造及地层特征

该区构造较为简单,断裂相对不发育。其内规模较大的断层有2条,一是营子街断层,走向近东西向,倾向北西,延伸长度约15 km,断距最大可达300 m;二是街4井北断层,走向近东西向,倾向北西,区内延伸约7 km,断距最大100 m。

该区地层发育齐全,自上而下钻遇了平原组、明化镇组、馆陶组、东营组及沙河街组地层。其中沙河街组的沙三下亚段地层分布稳定,厚度约为500~600 m。根据岩电特征将其进一步划分为早、晚两期,整体受物源来自南部的辫状河三角洲的控制,其中早期三角洲规模大,主要为灰色细砂岩、粉砂岩、泥质粉砂岩、灰质粉砂岩与灰色泥岩不等厚互层,厚度约为300~350 m。晚期湖水扩张,三角洲规模缩小,靠近洼陷区地层为油页岩集中段,厚度约为200~250 m,发育上下两套油页岩,岩性为褐灰色泥岩、灰质泥岩、油页岩与灰褐色油页岩不等厚互层,中间是浊积砂岩发育段,夹在上、下油页岩之间,岩性为深灰色泥岩、粉砂质泥岩与褐灰色粉砂岩、灰色粉砂岩、泥质粉砂岩、浅灰色粉砂岩互层,厚度约为90~120 m(图2)。

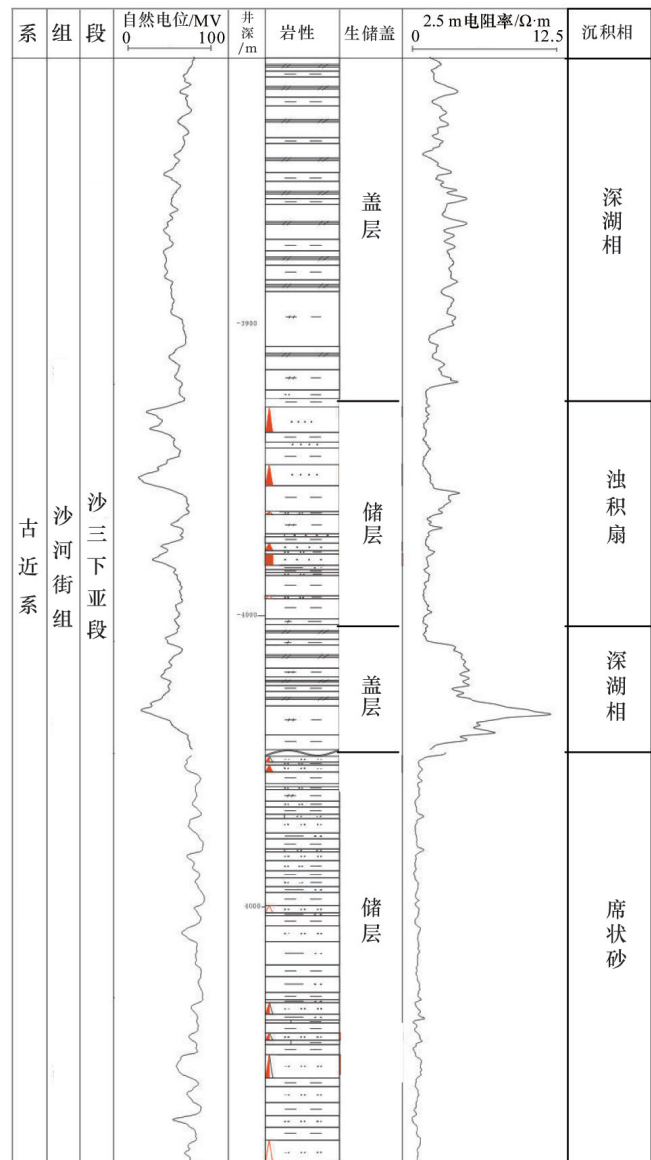


图2 营子街地区沙三下亚段综合柱状图

Fig. 2 Comprehensive stratigraphic column of lower Sha 3 in the Yingzijing area

### 2 沉积储层特征

#### 2.1 沉积演化规律

该区沉积整体属双丰三角洲沉积体系<sup>[5-7]</sup>。双丰三角洲沙三段沉积时期经历了两进一退的演化过程。其中,沙三下亚段沉积早期,由于发育宽缓斜坡背景,物源供应相对充足,南部靠近物源方向发育三角洲平原分流河道砂体,北部的营子街地区湖水较浅,湖泊水动力较强,水体震荡频繁,三角洲前缘砂体受到改造,形成大面积分布的薄互层席状砂体(图3);沙三下亚段沉积晚期,双丰地区的双丰三角洲继承性发育,此时水体加深,三角洲砂体向北入湖形成大型浊积扇体,它包括中扇、外扇2个亚相(图4),在营子街地区广泛发育。

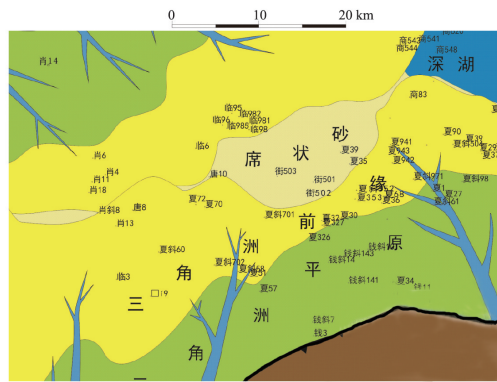


图3 营子街地区沙三下亚段早期沉积相

Fig. 3 Sedimentary facies of early lower Sha 3 in the Yingzijing area

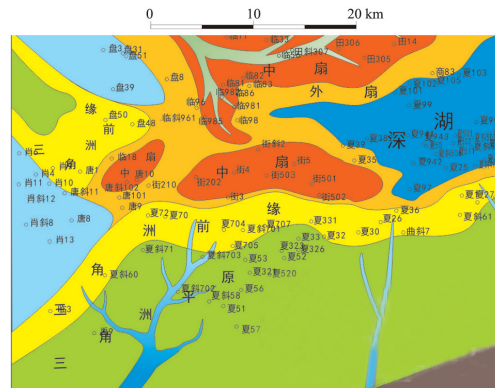


图4 营子街地区沙三下亚段晚期沉积相

Fig. 4 Sedimentary facies of late lower Sha 3 in the Yingzijing area

## 2.2 储层展布特征

钻井揭示该区沙三下亚段早期席状砂体单层厚度较薄,一般1~5 m,单层砂体最大厚度约6.5 m,连通性较差(图5)。砂体层数较多,储层累计厚度一般20~50 m,其中沉积厚度中心均分布在街501井附近,最大厚度55 m。沙三下亚段晚期浊积砂体单层厚度一般1~5 m,单层砂体最大厚度约8 m,累计厚度一般5~30 m,集中段厚10~25 m(图5)。厚度中心位于街4井和街5井区一带,最大厚度26.5 m,分布在街5井附近。

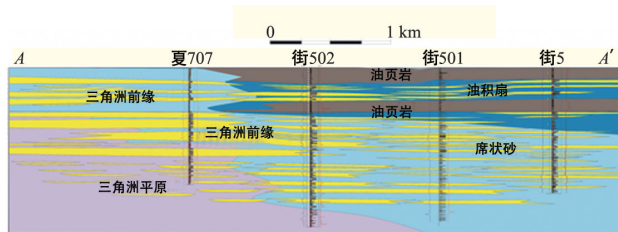


图5 营子街地区沙三下亚段南北向地层对比  
(剖面线位置见图1)

Fig. 5 NS stratigraphic correlation map of lower Sha 3 in the Yingzijing area  
(Section line position is shown in Fig. 1)

据实测岩心分析结果,沙三下亚段早期的席状砂体储层孔隙度一般为6.1%~16.2%,渗透率一般介于 $1.6 \times 10^{-3}$ ~ $6.5 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ ,沙三下亚段晚期的浊积砂体储层物性比席状砂体略低,孔隙度一般为5.3%~14.5%,渗透率一般介于 $1.1 \times 10^{-3}$ ~ $5.8 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ ,为低孔低渗储层。

沙三下亚段沉积时期发育的两类优势砂体纵向上层层叠置,横向上互不连通,且整体叠合连片,横向上分布稳定,互不连通,因此,有利于形成隐蔽性岩性圈闭。

## 3 油气富集控制因素探讨

对沙三下亚段浊积扇、席状砂而言,纵向上砂泥间互,平

面上叠合连片,多为低孔低渗薄储层,叠置关系复杂,各砂体之间连通性很差,仅靠油气的侧向输导难以形成大规模的油气藏。综合研究分析认为,油气运聚成藏主要受控于超压、有效储层展布2个主要因素的控制。

### 3.1 烃源岩超压控制油气充满程度

沙三下亚段发育两套优质烃源岩<sup>[8,9]</sup>,主要由油页岩、钙质泥岩和深灰色泥岩组成,有机碳含量在3.5%~8.1%,干酪根主要为I型和II型,氯仿沥青“A”质量分数在0.05%~0.65%,镜质体反射率( $R_o$ )多在0.51~0.66,为成熟的优质烃源岩。在洼陷带优质烃源岩发育区,最高异常压力系数在1.5以上,分布在营子街北部—江家店北部的深洼区,展布面积约80 km<sup>2</sup>,洼陷带烃源岩段地层压力系数普遍在1.2以上,在此范围内,由于沙三下亚段沉积时期的大规模湖泛为形成大面积分布的优质烃源岩奠定了基础,而且整个洼陷带烃源岩埋深均超过3000 m,进入大量排烃深度<sup>[10]</sup>,形成广泛分布的烃源岩超压。

席状砂、浊积扇发育区砂体连通差,砂体层数多,叠合连片。每个砂体为一个独立油水系统,独立成藏,为岩性控藏,但砂体在不同的构造部位含油性差异较大,越靠近洼陷,含油性越好,油、干层比例增大,水层比例减少。为进一步分析油藏主控因素,选择沙三下亚段浊积扇、席状砂发育范围内已完钻探井统计了油层、干层、含水层、水层所占储层段的比例与地层压力,通过散点图分析含油性与地层压力关系(图6,图7),统计表明压力与含油性具有较好的对应关系,压力越大,油气充满度越高,含油性越好。岩性油藏发育区,油层井压力系数基本都大于1.2,根据统计结果,压力与含油性具有较好对应关系。如高压区压力系数大于1.4的街5、夏39井发育油层或干层,处于压力系数1.2附近的街501井油水间互,位于压力系数1.0常压区的夏707井储层均为水层。

### 3.2 烃源岩超压与有效储层两者叠合控制含油规模

构造背景控制着沉积相带的发育,南部物源方向的构造

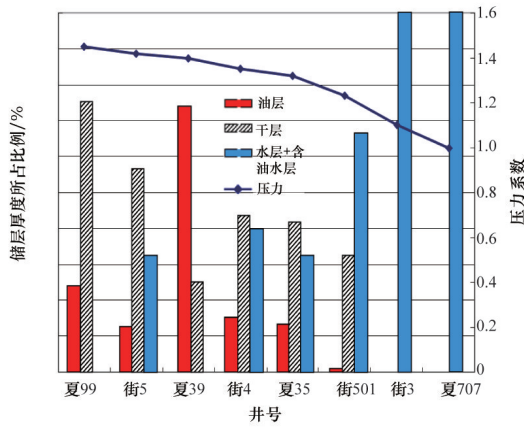


图6 浊积扇含油性与压力关系  
Fig. 6 Turbidite fan oiliness-pressure relation diagram

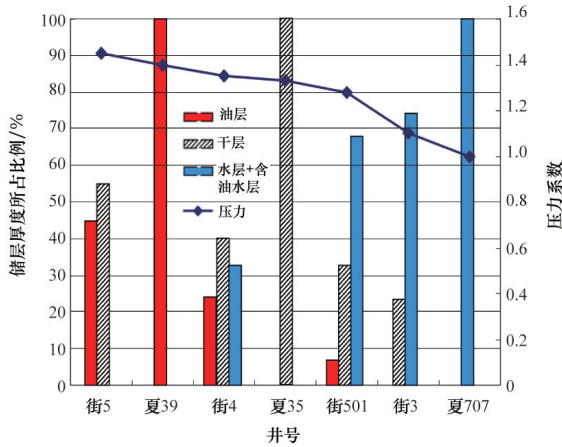


图7 席状砂含油性与压力关系  
Fig. 7 Sheet sand oiliness-pressure relation diagram

高部位发育三角洲前缘亚相,在北部构造低部位,沙三下亚段沉积早期发育浊积扇体,沉积晚期则发育席状砂体。

浊积扇与席状砂砂体的大面积连片分布决定着有效储

层的连片分布,有效储层连片决定油气成藏范围,勘探表明,研究区孔隙度大于10%的储层为有效储层,从目前勘探效果看,只要是油源条件有利的地区,在压力系数大于1.2的区域,沙三下亚段有效储层均不同程度地含油,储层的质量控制砂岩含油性。埋藏较浅、碳酸盐含量低、厚度大、分选性好的储层物性好,含油性也较好。反之,埋藏较深、碳酸盐含量高、厚度薄、分选性差的储层物性较差,含油性也较差。储层的非均质性影响着岩性油藏的分布,储层的非均质性越强,越有利于岩性油藏的形,而且有效储层和油层分布与厚度具有非常明显的相关性,表明有效储层对油气富集的控制作用也十分明显,例如营子街地区的街5井位于浊积扇发育的厚度中心,有效储层厚度为20.5 m,油层厚度15 m,而东部的夏35井处于浊积扇有效储层发育的边部,有效储层厚度为10.5 m,油层厚度3 m,夏39井位于有效储层发育的边界之外,储层厚度仅为2 m,电测解释为干层。

临南洼陷近1/3的面积范围内存在烃源岩超压。超压中心位于营子街地区北部的洼陷中心,其中洼陷中心地层压力系数多在1.4以上,局部地区超过1.5。异常高压是沙三下亚段优势砂体大面积成藏的主要动力,烃源岩广泛超压控制油气充满程度。从已钻井油气显示看,压力系数大于1.2的范围,只要发育有效储层就发育油层,因此压力系数大于1.2,有效储层发育区是沙三下亚段含油连片的范围,发育面积在50 km<sup>2</sup>以上,压力系数1.1与1.2之间,是沙三下亚段油水过渡带。

### 3.3 油气成藏模式

营子街地区沙三下亚段为自生自储-超压控藏型成藏模式(图8)。沙三下亚段是临南洼陷主力烃源岩层系,靠近盆缘主要发育以三角洲前缘为主的砂体沉积,向盆地内变细,成为富含有机质的烃源岩。随着埋深增加,烃源岩逐渐演化成熟,研究表明,临南洼陷生烃门限为2500~2600 m,沙三下亚段烃源岩在渐新世东营期开始生烃,由于砂体和烃源岩处于同一层系且位于上倾方向,是油气运移的必经之路,如果圈闭合适,具有优先捕获油气的条件<sup>[11,12]</sup>,油气沿砂体顺层运

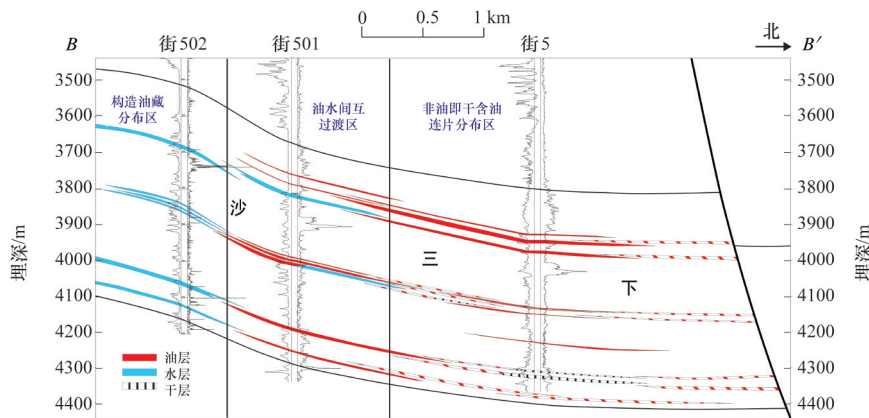


图8 自生自储-超压控藏型成藏模式(剖面线位置见图1)  
Fig. 8 Self-source and self-reservoir and overpressure controlling accumulation model (Section line position is shown in Fig. 1)

移,在砂岩透镜体的限制下成藏。

构造背景控制着沉积相带的发育,南部物源方向的构造高部位发育三角洲前缘亚相,向北部构造低部位入湖方向,在沙三下亚段沉积早期发育浊积扇体,沉积晚期则发育席状砂体,这两类砂体的分布控制着有效储层的发育,在沙三下亚段优质烃源岩形成的异常压力分布区,有效储层的广泛发育决定了岩性油藏的成藏与油气富集。因此由于受烃源岩异常高压的影响,从斜坡高部位到洼陷中心,随着压力的升高,砂体的油气充满度依次增加。压力系数大于1.2的范围内,表现为非油即干的含油连片分布区,压力系数在1.1和1.2之间为油水间互的过渡区,压力系数小于1.1的地区,是有边底水的构造油藏分布区。

#### 4 结论

1) 受宽缓斜坡古沉积背景的控制,营子街地区沙三下亚段主要发育两类优势砂体。沙三下亚段沉积早期前缘砂体受到湖水改造,形成大面积分布的薄互层席状砂体;沙三下亚段沉积晚期,水体加深,三角洲砂体向北入湖形成复合型浊积扇体。

2) 两类优势砂体纵向上层层叠置,横向上互不连通,且分布稳定,互不连通,整体叠合连片,夹持包裹于沙三下亚段优质烃源岩中,形成了隐蔽型岩性油藏。

3) 沙三下亚段油气富集成藏主要受烃源岩超压、有效储层展布2个主要因素的控制。其中烃源岩超压控制了油气充满度,烃源岩超压区压力系数大于1.2的范围内有效储层的分布控制了含油规模,其成藏模式为自生自储-超压控藏型。

#### 参考文献(References)

[1] 刘建国. 惠民凹陷临南斜坡带成藏条件分析[J]. 石油天然气学报, 2009, 31(4): 19-22.  
Liu Jianguo. Hydrocarbon accumulation conditions in Linnan slope belt of Huimin Depression[J]. Journal of Oil and Gas Technology, 2009, 31(4): 19-22.

[2] 谭丽娟, 蒋有录. 渤海湾盆地东营-惠民凹陷油气成藏模式和油气富集控制因素[J]. 石油实验地质, 2003, 25(4): 366-370.  
Tan Lijuan, Jiang Youlu. Pool-forming patterns of hydrocarbon and controlling factors of hydrocarbon enrichment in the Dongying and the Huimin Sags[J]. Petroleum Geology & Experiment, 2003, 25(4): 366-370.

[3] 于轶星, 庞雄奇, 陈冬霞, 等. 临南洼陷油气藏分布特征与油气富集主控因素分析[J]. 科技导报, 2011, 29(4): 30-33.  
Yu Yixing, Pang Xiongqi, Chen Dongxia, et al. Characteristics and main controlling factors about hydrocarbon accumulation and distribution in the Linnan Sag[J]. Science & Technology Review, 2011, 29(4): 30-33.

[4] 李国栋, 白卫卫, 孙金磊, 等. 扇三角洲岩性油气藏储层描述技术研究——以营子街地区为例[J]. 岩性油气藏, 2013, 25(2): 55-59.  
Li Guodong, Bai Weiwei, Sun Jinlei, et al. Technology of lithologic reservoir description in fan delta: A case study from Yingzijie[J]. Lithologic Reservoirs, 2013, 25(2): 55-59.

[5] 孙淑艳, 谢刚, 姜蕾, 等. 多属性综合判识三角洲亚相方法——以临南洼陷双丰三角洲为例[J]. 石油地球物理勘探, 2009, 44(1): 81-86.  
Sun Shuyan, Xie Gang, Jiang Lei, et al. Method using multi-attributes to integrative identification of delta parfacies: Case of Shuangfeng delta in Linnan Sag[J]. Oil Geophysical Prospecting, 2009, 44(1): 81-86.

[6] 杨俊生, 樊太亮. 惠民凹陷古近系沙河街组三段沉积体系[J]. 新疆石油地质, 2007, 28(4): 457-461.  
Yang Junsheng, Fan Taiyang. Depositional system of the third member of shahejie formation of paleogene in Huimin Sag[J]. Xinjiang Petroleum Geology, 2007, 28(4): 457-461.

[7] 孙淑艳, 陈海云, 谢刚, 等. 惠民凹陷临南地区分流河道砂体描述[J]. 油气地质与采收率, 2008, 15(3): 54-56.  
Sun Shuyan, Chen Haiyun, Xie Gang, et al. Description on distributary channel sandbodies in Linnan Area, Huimin Depression[J]. Petroleum Geology and Recovery Efficiency, 2008, 15(3): 54-56.

[8] 邓春呈. 临南洼陷有机质丰度研究[J]. 新疆石油学院学报, 2001, 13(1): 39-42.  
Deng Chuncheng. Research into abundance of organic matter in Linnan low-lying[J]. Journal of Xinjiang Petroleum Institute, 2001, 13(1): 39-42.

[9] 郭显令, 熊敏, 周秦, 等. 烃源岩生排烃动力学研究——以惠民凹陷临南洼陷沙河街组烃源岩为例[J]. 沉积学报, 2009, 27(4): 723-731.  
Guo Xianling, Xiong Min, Zhou Qin, et al. Petroleum generation and expulsion kinetics: A case study of the Sahejie formation source rocks from Linnan sag of Huimin Depression[J]. Acta Sedimentologica Sinica, 2009, 27(4): 723-731.

[10] 朱芒征, 陈建渝. 惠民凹陷临南洼陷下第三系烃源岩生烃门限[J]. 油气地质与采收率, 2002, 9(2): 35-37.  
Zhu Mangzheng, Chen Jianyu. Hydrocarbongenerating threshold of the source rocks in Palaeogene of Linnan subsag in Humin Sag [J]. Oil & Gas Recovery Technology, 2002, 9(2): 35-37.

[11] 刘瑞红, 陈海云, 付建伟. 惠民凹陷盘河构造深层油气成藏条件研究[J]. 科技导报, 2010, 28(4): 93-96.  
Liu Ruihong, Chen Haiyun, Fu Jianwei. Reservoir-forming conditions of deep zone in Panhe structure of Huimin Depression[J]. Science & Technology Review, 2010, 28(4): 93-96.

[12] 王仁冲, 徐怀民. 超深层油气藏储层特征和成藏模式[J]. 科技导报, 2009, 27(3): 40-45.  
Wang Renchong, Xu Huaimin. Reservoir characteristics and reservoir formation model of super deep oil and gas reservoirs[J]. Science & Technology Review, 2009, 27(3): 40-45.

(责任编辑 王媛媛)

#### 《科技导报》“研究论文”栏目征稿

“研究论文”栏目专门发表自然科学、工程技术领域具有创新性的研究论文,要求学术价值显著、实验数据完整、具有原始性和创造性,同时应重点突出、文字精炼、引证及数据准确、图表清晰,并附中、英文摘要以及作者姓名、所在单位、通信地址、关键词等信息。在线投稿:www.kjdb.org。