

# 临南洼陷南坡沙三段沉积充填的差异性

刘 华

(中国石化胜利油田分公司 地质科学研究院, 山东 东营 257015)

**摘要:** 临南洼陷南坡沙三段储层发育, 砂体类型多样, 但由于对西部双丰地区和东部江家店地区沉积体系演化过程及其沉积充填的差异性缺乏系统研究, 制约了该区岩性、构造-岩性油藏的勘探。利用井—震资料相结合, 对该区古地貌、古湖岸线和同沉积断层进行系统研究, 恢复临南洼陷南坡西部双丰地区和东部江家店地区沙三段的古沉积背景, 明确东西部地区沉积差异性及其控制因素, 建立了西部和东部2种沉积模式; 其沉积特征受控于物源入湖方向与控洼断层的活动强度等因素。西部双丰地区双丰沉积体系与夏口断层西部撒开端斜交入湖, 断层活动性弱, 古沉积坡度小, 三角洲推进距离远, 表现为稳定缓坡型三角洲沉积, 三角洲平原亚相辫状河道砂体发育、砂地比低的特点; 东部江家店地区江家店瓦屋沉积体系与夏口断层垂直入湖, 夏口断层活动强烈, 活动时长期, 古沉积坡度较大, 表现为同沉积断坡型三角洲沉积, 砂体快速入湖快速堆积, 具有砂体推进距离近、河口坝砂体发育、砂地比高的特点。

**关键词:** 沙三段 沉积充填 沉积背景 差异性 临南洼陷南坡

**中图分类号:** TE111.3

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1009-9603(2015)03-0057-005

## Sedimentary filling diversity in the third member of Shahejie Formation in south part of Linnan subsag

Liu Hua

(Geoscience Research Institute, Shengli Oilfield Company, SINOPEC, Dongying City, Shandong Province, 257015, China)

**Abstract:** Reservoir developed well in the third member of Eocene Shahejie Formation with various kind of sandbodies. Since the evolution history and distribution diversity of sedimentary system are not fully understood, exploration of lithologic reservoir and structural-lithologic reservoir are greatly restricted in west Shuangfeng area and east Jiangjiadian area. Based on well data and seismic data, the palaeo geomorphology, palaeo shoreline, and synsedimentary faults were analyzed systematically, and the palaeo-depositional setting of the third member of Shahejie Formation in the area was restored, also the filling diversity of sedimentary system and control factors were clarified, and finally two kinds of depositional models were established. In the south part, sedimentation was controlled by the relationship between provenance direction and depression faults, and the fault activity also played its role. In the west part, Shuangfeng delta intersected with dispersed end of Xiakou fault, which makes progradation toward the lake; weak fault activity and gentle slope resulted in stable delta through long distance progradation, while sandbodies of braided river developed in delta plain subfacies greatly with low ratio of sandstone to clay. In the east part, Jiangjiadian delta and Wawu delta intersected uprightly with Xiakou fault, which makes progradation toward the lake; intense and long-term fault activity and steep slope resulted in synsedimentary faulted delta through short distance progradation, while sandbodies were transported rapidly into the lake and piled up quickly to develop mouth bars with high ratio of sandstone to clay.

**Key words:** the third member of Shahejie Formation; sedimentary filling; depositional setting; diversity; south part of Linnan subsag

收稿日期: 2015-03-16。

作者简介: 刘华(1962—), 男, 四川成都人, 高级工程师, 博士, 从事沉积学与油气资源评价研究。联系电话: 13905466665, E-mail: dyliuhua@126.com。

基金项目: 国家科技重大专项“济阳坳陷油气富集机制与增储领域”(2011ZX05006-003), 中国石化科技攻关项目“惠民凹陷油气成藏要素及富集规律研究”(P12037)。

临南洼陷位于惠民凹陷西部,北以中央隆起带与阳信和滋镇洼陷相隔,南以夏口断层为界,整体上呈现出两大帚状断裂夹一洼的构造格局,北为临商帚状断裂带,南为夏口帚状断裂带,中间为生油洼陷。作为济阳拗陷的一部分,临南洼陷的构造演化经历了多个期次叠合发育的过程,形成现今复杂的地质构造格局。勘探面积为1 000 km<sup>2</sup>,是惠民凹陷的主力生油洼陷和油气最为富集的地区。目前已发现古近系、新近系等多套含油层系,其中沙三段是临南洼陷南坡主要的含油层系。

受鲁西隆起和夏口帚状断裂的影响,临南地区构造特征复杂,具有断层活动强烈、构造样式多样、成因机制模糊的特点,沉积砂体发育,具有多物源充填、多沉积体系相互交错叠置、储层类型多样的特点,这对油气生成、运移、聚集及分布控制作用的研究带来了极大的困难。前人对临南地区的断裂系统、沉积体系、油气成藏等方面进行过大量研究<sup>[1-7]</sup>,但对临南洼陷南坡沙三段沉积演化过程中西部双丰地区和东部江家店地区沉积体系的差异性和砂体的发育类型缺乏系统的研究,制约了该区对岩性、构造-岩性油气藏的勘探。为此,笔者综合利用地震、钻井和测井资料,结合岩心观察,从沉积体系分析入手,对临南洼陷南坡沙三段沉积时期在西部双丰地区和东部江家店地区的沉积背景、沉积特征及充填模式进行了深入研究,明确了东、西部地区物源沉积充填的差异及其发育的优势砂体类型,以期作为下步的勘探部署工作提供可靠的地质依据。

## 1 沉积背景差异

通过对同沉积断层活动性、古湖岸线变化及古地貌特征分析,明确了临南洼陷南坡沙三段沉积演化过程中在西部双丰地区和东部江家店地区古沉积环境的差异性。

### 1.1 同沉积断层活动性

在多期构造运动和右旋扭张应力场的影响下,齐广断层从沙四段沉积时期到沙三段沉积时期均持续活动,临南地区发育自东向西撒开的夏口帚状断裂体系,主要二级断层有夏口断层和曲堤断层;三级断层有营子街断层和玉皇庙断层<sup>[8]</sup>。根据夏口断层各沉积时期断层活动速率统计分析,认为夏口断层在沙四段沉积时期活动强烈,沙三段沉积时期仍持续活动,但有所减弱。

从同沉积断层在沙三段沉积时期东、西活动的差异性来看,西端弱,东端强。临南洼陷南坡西部

双丰地区双丰沉积体系位于夏口断层西段撒开端,活动弱,断距落差小;东部江家店地区江家店瓦屋沉积体系位于中、东端,活动性强,断层落差大。

### 1.2 古湖岸线

深水沉积环境通常为还原环境,泥岩一般呈深灰色、黑褐色。湖岸线以上为氧化环境,泥岩一般呈红色、紫红色。红灰相间的区域可认为是湖岸线的摆动位置。利用红色与灰色泥岩比例法确定沙三段各亚段湖岸线的发育位置,从沙三段下亚段到沙三段上亚段西部双丰地区湖岸线向北推进较快,东部江家店地区湖岸线摆动较小,向北推进较慢。

### 1.3 古地貌

通过合成记录标定和地震剖面精细解释,结合湖岸线、顶积层、底积层发育位置及内幕地层产状等沉积要素,并通过顶积层水平校正、底积层倾斜校正和压实校正,恢复了西部双丰地区和东部江家店地区古地貌,明确了两地区古地貌特征的差异。

西部双丰地区位于夏口断层向西撒开端,在沙三段沉积时期,夏口断层活动强度弱、断距小,古沉积坡度小,起伏变化不大,整体表现为一个开阔的缓坡带,延伸距离长,可达20 km。因此,双丰地区古地貌为宽阔的稳定缓坡带(图1a)。

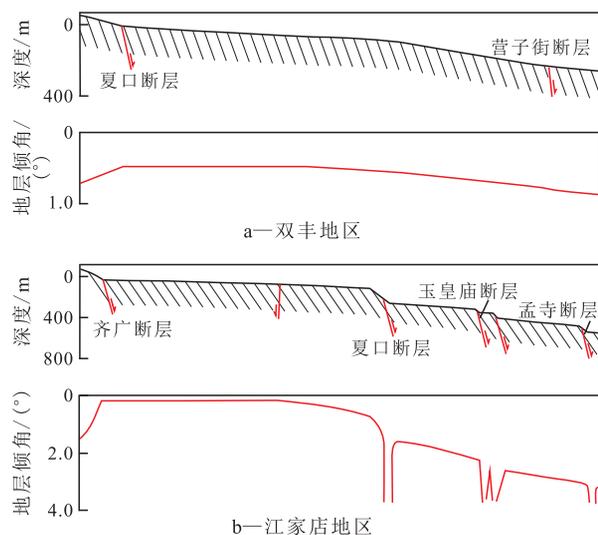


图1 临南洼陷南坡东、西部地区沙三段近南北向古地貌剖面

Fig.1 Nearly N-S striking palaeo geomorphology section of Es<sub>3</sub> in the south part of Linnan subsag

东部江家店地区主要受齐广与夏口断层的双重控制<sup>[9]</sup>,该区南部齐广断层在沙三段沉积时期活动强烈,断距一般为300~500 m,控制物源的注入方向。夏口断层在沙三段沉积时期活动强烈、断距达600~1 000 m,古沉积坡度较大,古地形变化剧烈,起伏变化大,延伸距离小,长度为8~10 km,表现为控

制沉积物入洼的堆积样式。整体上看,江家店地区古地貌为同沉积断坡带(图1b)。

## 2 沉积特征及沉积充填的差异性

### 2.1 沉积特征

#### 2.1.1 沙三段下亚段

西部双丰地区沙三段下亚段岩性表现为典型

的二元结构特征。下部由紫红色泥岩和灰色砂岩组成,单砂体厚度小,最大厚度仅为7 m,砂地比低,为20%~30%,属于辫状河三角洲沉积;上部由浅灰色、灰色砂岩和泥岩组成,砂地比为30%~50%,沉积微相主要为河口坝,浊积岩不发育。双丰地区整体上表现为浅水环境条件下发育的辫状河三角洲沉积,向北推进到街斜2井区,东部推进到夏942井以西(图2,图3)。

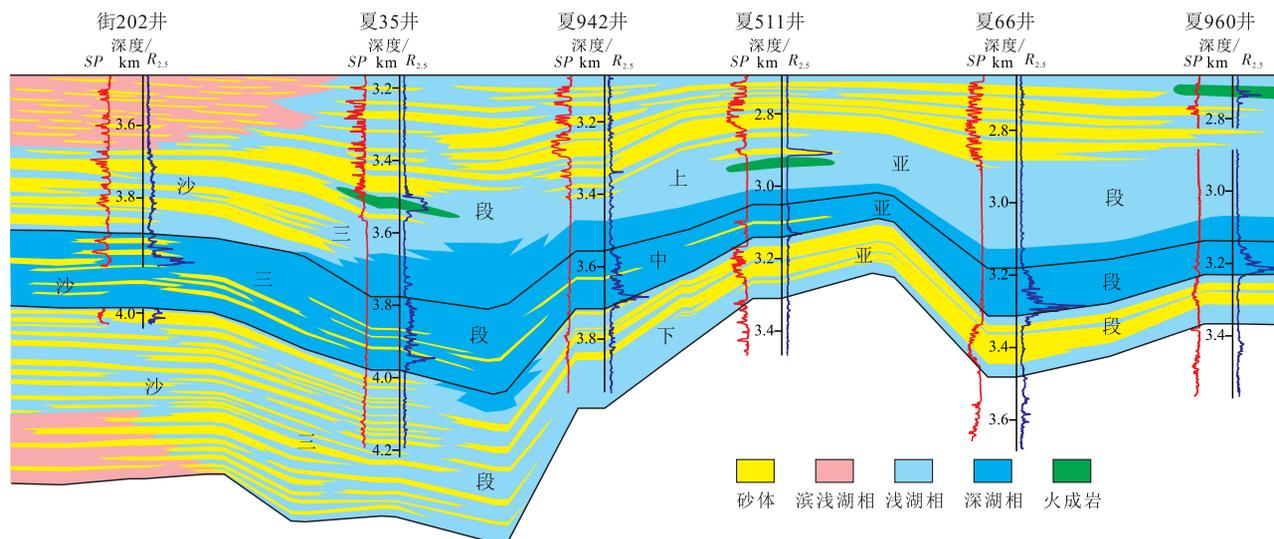


图2 临南洼陷南坡街202井—夏960井近东西向地层对比剖面

Fig.2 Nearly E-W striking stratigraphic correlation section across Well Jie202-Xia960 in the south part of Linnan subsag

东部江家店地区沙三段下亚段由灰色砂岩和泥岩组成,为一元结构,砂地比高,为50%~70%。江家店地区整体表现为深水环境条件下发育的扇三角洲沉积(图3)。沉积微相主要为水下分流河道和河口坝,砂体向北西推进到夏99井区,北部到夏48井附近(图3)。

#### 2.1.2 沙三段中亚段

西部双丰地区由深灰色砂岩、深灰色泥岩和褐色油页岩组成,为深水沉积环境,在双丰北部营子街地区发育大范围叠合连片的浊积砂体。

东部江家店地区主要发育深灰色、黑色泥岩和褐色油页岩,浊积岩不发育。

#### 2.1.3 沙三段上亚段

西部双丰地区沙三段上亚段岩性组合为典型的二元结构。但与该区沙三段下亚段岩性组合相反,下部由浅灰色、灰色砂岩和浅灰色泥岩组成,沉积微相主要为河口坝、废弃远砂坝和席状砂,砂地比为40%~50%;上部由紫红色泥岩和浅灰色砂岩组成,砂地比低,为20%~30%,为三角洲平原亚相的辫状河道微相沉积(图2,图3a)。

东部江家店地区沙三段上亚段与沙三段下亚

段具有相似的岩性特征和沉积微相类型,砂地比高,为60%~70%,在玉皇庙断层下降盘一带发育深水浊积岩。

### 2.2 沉积充填的差异性

临南洼陷南坡在沙三段沉积时期持续下陷,经历了两进一退的湖水演化过程<sup>[10]</sup>。沙三段下亚段和沙三段上亚段为进积型沉积,沙三段中亚段为退积型沉积。

西部双丰地区具有稳定缓坡型地质结构,地形缓,湖岸线摆动频繁,新增可容空间速率与沉积充填速率比值约为1。早期湖水较浅,湖岸线摆动频繁,波浪改造作用强,三角洲前缘砂体遭受波浪改造形成大规模分布的薄层席状砂;中期湖水加深,三角洲发生退积作用,在斜坡带营子街地区发育深水浊积岩,受波浪的改造作用,浊积岩具有叠合连片分布的特征;晚期开始湖退,三角洲进积作用强,为辫状河沉积,受波浪改造作用,波痕构造、槽状交错层理发育。双丰地区沉积物以浅灰色、紫红色泥岩和浅灰色砂岩为主,发育的沉积微相类型以三角洲平原相辫状河、三角洲前缘河口坝为主,在沙三段中亚段沉积时期发育深湖相浊积岩。分析认为

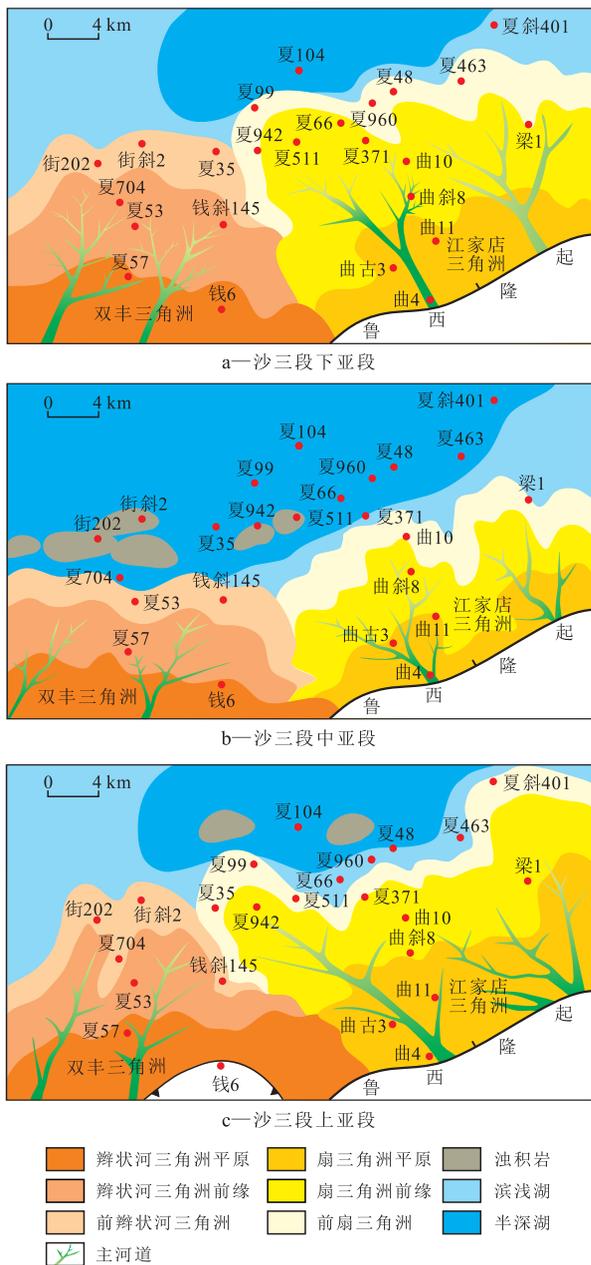


图3 临南洼陷南坡沙三段沉积相  
Fig.3 Sedimentary facies of Es<sub>3</sub> in the south part of Linnan subsag

双丰地区发育浅水型辫状河三角洲沉积<sup>[11]</sup>(图4a)。

东部江家店地区为同沉积断坡型地质结构,齐广与夏口断层的持续活动控制了沙三段各时期新增可容空间的规模。夏口断层以南地形较缓,湖岸线摆动幅度很小,新增可容空间速率与沉积充填速率比值小于1,夏口断层下降盘新增可容空间大,新增可容空间速率与沉积充填速率比值大于1,在沙三段中亚段沉积时期达到最大。沉积物主要由灰色的泥岩和砂岩组成,主要以水下分流河道、口坝沉积微相为主,浊积岩发育。综合分析认为:江家店地区为同沉积断坡型扇三角洲沉积<sup>[12]</sup>(图4b)。

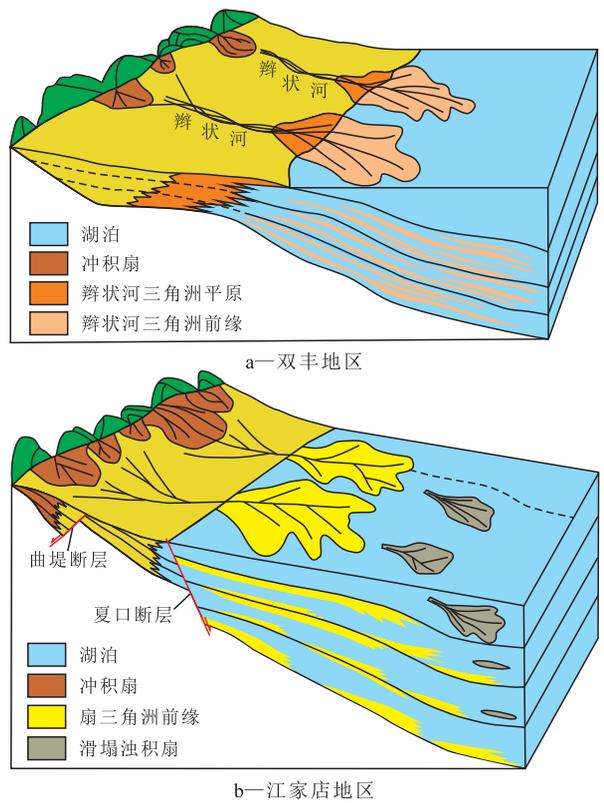


图4 临南洼陷南坡沙三段三角洲沉积模式  
Fig.4 Deltaic depositional model for Es<sub>3</sub> in the south part of Linnan subsag

### 3 沉积充填差异对储层的控制作用

扭张构造形成的特殊古地理背景宏观上控制了多物源沉积体系分布的差异。不同地质结构控制了不同的沉积充填模式,临南洼陷南坡在沙三段沉积演化过程中西部双丰地区和东部江家店地区之间沉积充填存在明显差异(图4)。

西部双丰地区为宽缓斜坡带沉积背景,上游可容空间较大,沉积坡折带控制岸线分布,河流—湖浪潮流双控水动力作用明显。在纵向上发育多个退积进积旋回,地层沉积厚度相对稳定,三角洲类型表现为弱进积型,推进距离中等(15~20 km),其优势相主要为三角洲平原亚相和前缘亚相。有利储层砂体类型主要为:三角洲平原辫状河道、前缘河口坝、水下分流河道、前缘席状砂(图4a)。

东部江家店地区为断坡型沉积背景,沉积物的发育程度主要受齐广、夏口及曲堤断层幕式活动的共同控制,由于自南向北3条断层活动时期的差异,造成夏口断层上下盘的地层沉积厚度由南向北变化非常大,上升盘的济阳地堑—曲堤地垒沉积地层很薄,而且由于曲堤断层的活动造成地层翘倾,地

层遭受大面积剥蚀,而夏口断层下降盘的江家店地区,地层沉积厚度大,且由南向北向洼陷区地层沉积厚度逐渐增大。该区沙三段沉积特点是:上游水动力较强,下游弱,下游可容空间较大,断坡控制了湖岸线的走向,基准面上升期上游沉积物发生二次搬运,不易保存,基准面下降期强进积。因此在纵向上发育多个退积进积旋回,特别是夏口断层控制沉积明显,上、下盘地层厚度差别大,上升盘地层残留厚度薄,为薄泥薄砂,下降盘地层厚度巨大,为厚泥厚砂。三角洲类型表现为弱进积型,推进距离近(6~8 km)。其优势相主要为三角洲前缘亚相。有利储集砂体类型主要为:三角洲前缘河口坝、水下分流河道和浊积岩(图4b)。

## 4 结论

通过对临南洼陷南坡沙三段的沉积背景、沉积特征及充填模式的研究可知,西部双丰地区为古坡度小、延伸长的宽缓斜坡带,沉积类型为浅水型辫状河三角洲沉积,发育的主要砂体类型为三角洲平原辫状河道、前缘河口坝、前缘席状砂、浊积岩,其中沙三段上、下亚段浊积岩不发育;东部江家店地区为同沉积断坡带,沉积类型为同沉积断坡型扇三角洲沉积,发育的主要砂体类型为三角洲前缘河口坝、水下分流河道和浊积岩,其中沙三段中、下亚段浊积岩不发育。

### 参考文献:

- [1] 王永诗,郝雪峰.断陷盆地油气成藏作用面及其石油地质意义——以济阳拗陷东营凹陷为例[J].油气地质与采收率,2013,20(1):1-5.  
Wang Yongshi, Hao Xuefeng. A brief analysis on reservoir-forming acting surface and its petroleum geological significance—case of Dongying sag, Jiyang depression[J]. Petroleum Geology and Recovery Efficiency, 2013, 20(1): 1-5.
- [2] 覃克,赵密福.惠民凹陷临南斜坡带油气成藏模式[J].石油大学学报:自然科学版,2002,26(6):21-24.  
Qin Ke, Zhao Mifu. Pool-forming models of Linnan slope belts in Huimin depression[J]. Journal of the University of Petroleum, China; Edition of Natural Science, 2002, 26(6): 21-24.
- [3] 郝雪峰,尹丽娟.陆相断陷盆地油气差异聚集模式探讨——成藏动力、输导、方式的关系[J].油气地质与采收率,2014,21(6):1-5.  
Hao Xuefeng, Yin Lijuan. Discussion on hydrocarbon differential accumulation mode in continental rift basins—relationship of dynamics, conduit and pattern[J]. Petroleum Geology and Recovery Efficiency, 2014, 21(6): 1-5.
- [4] 袁静,梁绘媛,谭明友,等.惠民凹陷南坡沙四上亚段滩坝砂体沉积特征及形成条件[J].石油与天然气地质,2014,35(3):410-416.  
Yuan Jing, Liang Huiyuan, Tan Mingyou, et al. Sedimentary characteristics and forming conditions of beach-bar sandbodies in the upper fourth member of the Shahejie Formation in the south slope of the Huimin Sag[J]. Oil & Gas Geology, 2014, 35(3): 410-416.
- [5] 贾红义,谭明友,韩波,等.渤海湾盆地惠民凹陷临北地区帚状构造物理模拟实验研究[J].石油实验地质,2013,35(1):92-97.  
Jia Hongyi, Tan Mingyou, Han Bo, et al. Physical simulation of brush structure in Linbei area, Huimin Sag, Bohai Bay Basin[J]. Petroleum Geology & Experiment, 2013, 35(1): 92-97.
- [6] 邱桂强,王勇,熊伟,等.济阳拗陷新生代盆地结构差异性研究[J].油气地质与采收率,2011,18(6):1-5.  
Qiu Guiqiang, Wang Yong, Xiong Wei, et al. Study on structural differences of Cenozoic basin, Jiyang depression [J]. Petroleum Geology and Recovery Efficiency, 2011, 18(6): 1-5.
- [7] 李继岩,宋国奇,赵仲祥,等.惠民凹陷南部地区断层输导与封闭性能研究[J].油气地质与采收率,2011,18(4):17-20.  
Li Jiyan, Song Guoqi, Zhao Zhongxiang, et al. Main controlling factors analysis and evaluation on transporting and sealing performance of fault, south region of Huimin depression [J]. Petroleum Geology and Recovery Efficiency, 2011, 18(4): 17-20.
- [8] 王纪祥,陈发景,李趁义.山东惠民凹陷伸展构造及调节带特征[J].现代地质,2003,17(2):203-204.  
Wang Jixiang, Chen Fajing, Li Chenyi. Character of the extensional structures and accommodation zones in the Huimin depression, Shandong province [J]. Geoscience, 2003, 17(2): 203-204.
- [9] 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):245-246.  
Han Tianyou, Qi Jiafu, Lin Huixi. Study of Cenozoic tectonic evolution and hydrocarbon accumulation in southwest gentle slope belt, Huimin sag [J]. Oil & Gas Geology, 2003, 24(3): 245-246.
- [10] 张勇,柳永清.惠民凹陷西部老第三系沙河街组三段三角洲体系及砂岩体沉积特征和演化规律[J].地质评论,2001,47(3):322-327.  
Zhang Yong, Liu Yongqing. The evolution of palaeogene delta depositional system and sand bodies in the western Huimin depression, Shandong province [J]. Geological Review, 2001, 47(3): 322-327.
- [11] 封东晓.临南洼陷南部沙三段下亚段储层综合评价[J].油气地质与采收率,2010,17(1):33-36.  
Feng Dongxiao. Comprehensive evaluation of the lower Sha3 reservoir in south Linnan Depression [J]. Petroleum Geology and Recovery Efficiency, 2010, 17(1): 33-36.
- [12] 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):457-460.  
Yang Junsheng, Fan Tailiang. Depositional system of the third member of Shahejie Formation of Paleogene in Huimin Sag [J]. Xinjiang Petroleum Geology, 2007, 28(4): 457-460.