

文章编号:0253-9985(2011)05-0743-08

泌阳凹陷核桃园组三段上亚段滑塌浊积扇沉积特征

刘建锋^{1,2},朱筱敏²,王 敏³,林社卿¹,熊 超¹,刘 鹏¹,程文举¹

(1. 中国石化 河南油田分公司 勘探开发研究院,河南 南阳 473132; 2. 中国石油大学 地球科学学院,北京 102249;
3. 中国石化 河南油田分公司,河南 南阳 473132)

摘要:通过对泌阳凹陷核桃园组三段上亚段岩性组合、粒度和地震反射特征的研究,认为深湖区滑塌浊积扇物源来自东北部侯庄辫状河三角洲,其岩性为灰色中砂岩、细砂岩,多夹于深灰色湖相泥岩中,与泥岩呈突变接触,地震剖面显示透镜状反射与前积反射共生,粒度概率曲线具有“低斜一段”式特征。湖平面下降有利于无外界触发机制作用下三角洲前缘滑塌浊积扇的形成。东北部三角洲前缘水体浅,当湖平面下降时,三角洲前缘出露部分因浮力消失而不稳定,可产生局部滑塌。波浪作用可以强烈剥蚀和改造浪基面附近的三角洲前缘沉积,并在波浪的回流作用下进一步形成浊积砂体。滑塌浊积扇均发育在辫状河三角洲和近岸水下扇之间的湖相泥岩中,当三角洲向前推进快、朵叶向前延伸较远时,易形成数量多、面积相对较大的滑塌浊积扇,且距离三角洲朵叶越近,滑塌浊积扇数量越多、面积越大。

关键词:辫状河三角洲;三角洲前缘;沉积模式;滑塌浊积扇;核桃园组;泌阳凹陷

中图分类号:TE121.3

文献标识码:A

Sedimentary characteristics of slump turbidite fans in the upper third member of the Hetaoyuan Formation in the Biyang Depression

Liu Jianfeng^{1,2}, Zhu Xiaomin², Wang Min³, Lin Sheqing¹, Xiong Chao¹, Liu Peng¹ and Cheng Wenju¹

(1. Research Institute of Exploration and Development, SINOPEC Henan Oilfield Company, Nanyang, Henan 473132, China;
2. College of Geosciences, China University of Petroleum, Beijing 102249, China;
3. SINOPEC Henan Oilfield Company, Nanyang, Henan 473132, China)

Abstract: Analyses of lithology assemblage, grain size and seismic reflection characteristics of the upper third member of Hetaoyuan Formation reveal that the provenance of slump turbidite fan in the deep lake came from Houzhuang braided river delta in the northeast. The slump turbidite fans are characterized by grey medium-fine sized sandstones, interbedding with dark grey lacustrine mudstone in sharp contact, coexistence of lens and progradation reflection on the seismic profile, as well as low slope and one segment of grain-size probability curve. The drop of lake level was favorable for the formation of slump turbidite fan in delta front without external triggering mechanism. As water in northeast delta front was shallow, when the lake level dropped, part of the delta front exposed and lost stability due to the lost of buoyancy, resulting in local slumping. Wave action could strongly corrode and modify delta front sediments near the wave base and resulted in the formation of turbidite sandbody due to wave back flow. All the slump turbidite fans were developed in the lake mudstones between braided river delta and nearshore subaqueous fan. When the delta pushed forward rapidly and the lobes protruded long forward, it was easy to form slump turbidite fans large in both number and area. The number of slump turbidite fans increases and their area enlarges near the delta lobes.

Key words: braided river delta, delta front, sedimentary model, slump turbidite fan, Hetaoyuan Formation, Biyang Depression

收稿日期:2011-04-12。

第一作者简介:刘建锋(1979—),男,博士,石油地质。

泌阳凹陷已进入高成熟勘探期,容易发现的油气藏日益减少,剩余待发现的油气藏隐蔽性增大。前人研究认为,核桃园组三段上亚段沉积时期,边界断裂活动强度大,沉积物分布较广,山高水深,沉积物补给处于欠饱和-饱和状态。凹陷持续强烈下沉,气候由干旱转为相对潮湿,出现了较深湖沉积,沿湖盆四周发育三角洲、扇三角洲、近岸水下扇砂体。近期,在深凹区钻探泌354井获高产油气流,研究认为该井钻遇三角洲前缘的滑塌浊积砂体,说明深凹区具有良好的勘探前景。那么,深凹区核三上亚段是否还存在类似的滑塌浊积砂体,如何发现和成功勘探这些岩性油气藏是目前亟待解决的问题。本文通过对泌阳凹陷核三上亚段滑塌浊积扇的沉积特征进行研究,建立沉积模式,为该区勘探部署与评价提供基础依据。

1 地质概况

泌阳凹陷深凹区位于凹陷中部,东接梨树凹鼻状构造,南邻安棚鼻状构造,东北与下二门背斜毗邻,是泌阳凹陷的一个次级构造单元,是凹陷的沉积、沉降与生油中心(图1)。古近系玉皇顶组一新近系平原组均有发育,是盆地地层发育最全的地区。通过地震、钻井、录井、测井资料的旋

回性等特征,将桃园组核三段划分为5个三级层序、8个四级层序,5个三级层序命名为SQ I—SQ V,8个四级层序分别大致对应于核三段的八个砂组,命名为SQ1—SQ8(图2)。已发现的滑塌浊积体主要分布在核三上亚段,也是泌阳凹陷的主要含油气层段,整体为北西高南东低的构造格局,局部发育微幅度鼻状构造,与浊积砂体配置可形成构造-岩性油藏^[1-2]。

2 深凹区滑塌浊积扇特征

深湖区滑塌浊积砂体是来源于北部的侯庄辫状河三角洲,还是来源于南部的近岸水下扇是一个颇有争议的问题^[3-5]。本次研究认为,深湖区的滑塌浊积扇来源于东北部的侯庄辫状河三角洲,该成果对于提高岩性圈闭的发现率及完善相应的预测技术,指导下一步油气勘探具有重要意义。

2.1 岩性及沉积构造特征

核三上亚段滑塌浊积扇岩性一般由细砂岩、粉砂岩、泥质粉砂岩组成,多呈正韵律,顶底与泥岩岩性突变接触;多发育块状层理、变形层理、波状层理及泥岩撕裂片、枕状构造、负荷模、液化构造等(图3);由于辫状河三角洲前缘的滑塌再搬

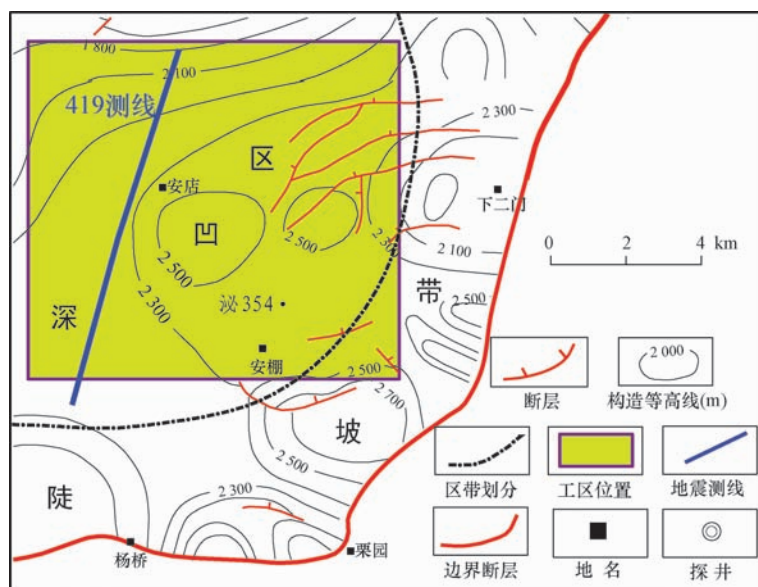


图1 研究区位置

Fig. 1 The location map of study area

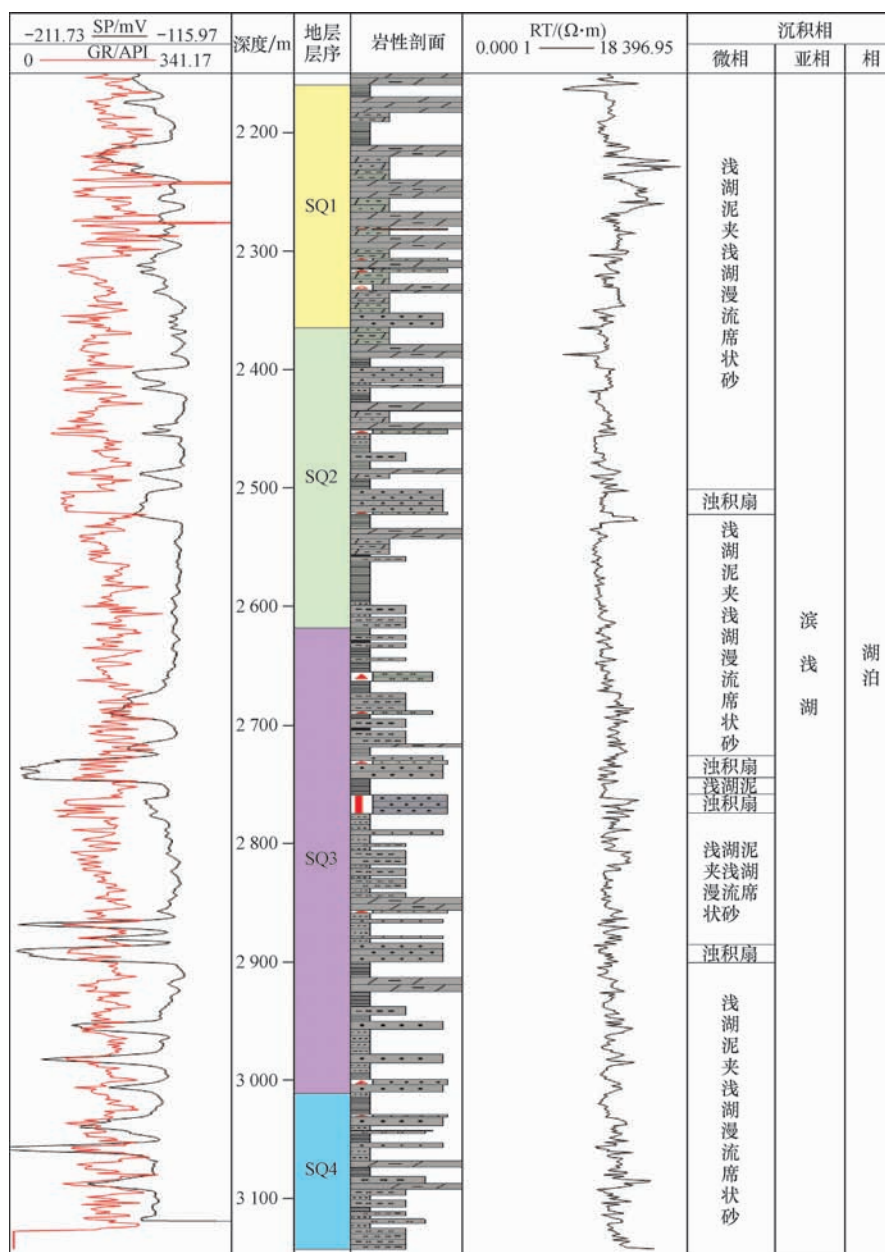


图2 泌354井层序地层与沉积相综合柱状图

Fig. 2 Column of sequence stratigraphy and sedimentary facies of Bi354 well

运,砂体为分选很好的块状砂岩,部分保留原生沉积构造^[6-9]。滑塌浊积扇沉积多夹于深灰色湖相泥岩中,与泥岩呈突变接触。

2.2 滑塌浊积扇与三角洲粒度概率曲线特征

泌155井为典型的三角洲前缘沉积,发育过渡带的两段式,主要特点是跳跃总体含量高,分选中等,悬浮总体组分低,含量小于15%,过渡带组分为10%~15%。这种粒度曲线反映了河流与湖盆水体相互作用、水体动荡性增强的水动力特

征^[10-12]。所以位于辫状河三角洲前缘的泌155井为牵引流特征(图4a)。

程1井核三段具有典型的滑塌浊积扇沉积特征,粒度概率曲线具有“低斜一段”式特征(图4b)。粒度(Φ 值)区间大,为0~4,跳跃和滚动总体不发育,悬浮总体占绝对优势,具有典型重力流的特征。反映了侯庄三角洲前缘向前滑塌时,沉积水流性质发生了变化,由牵引流向重力流转化,在搬运过程中,参杂了较多的悬浮物质,造成了侯庄三角洲前缘沉积物与滑塌浊积扇沉积物粒度概



图3 泌阳凹陷滑塌浊积扇岩心特征

Fig. 3 Core characteristics of slump turbidite fan in Biyang Depression

a. 泌365井,含砾粗砂岩,变形层理,底部具冲刷面,2 718.13 m; b. 程1井,泥岩和粉砂岩,变形层理,2 760.52 m; c. 泌365井,灰黑色泥岩与灰色泥质粉砂岩薄互层,波状层理及滑塌变形层理,2 740.55 m; d. 程1井,灰绿色泥岩,滑塌变形层理,2 757.18 m

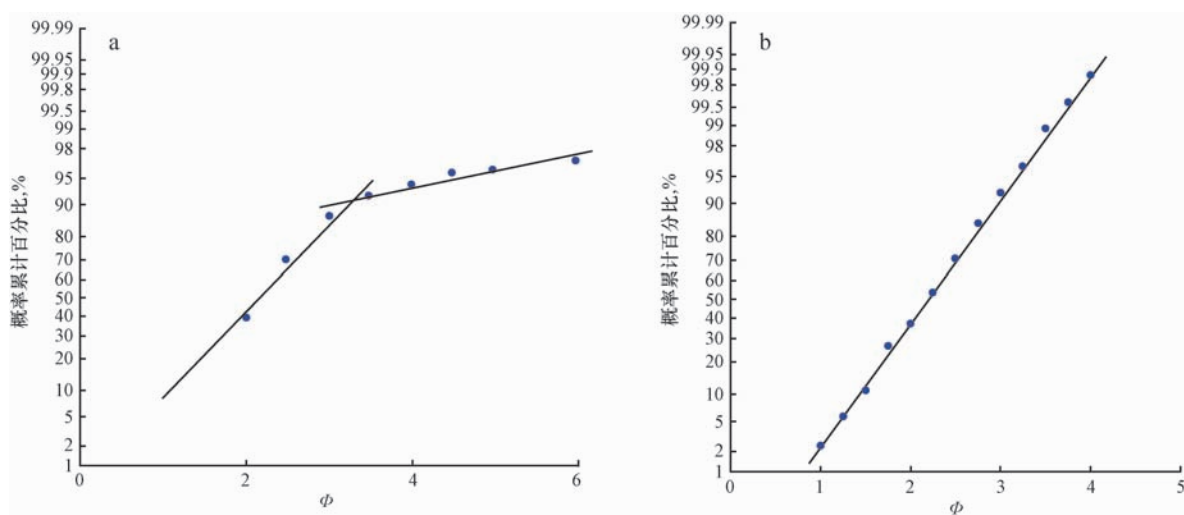


图4 泌155井与程1井粒度概率曲线

Fig. 4 Grain size probability curve of Bi155 well and Chen 1 well

a. 泌155井,水下分流河道,2 025.70 m; b. 程1井,浊流沉积,2 765.97 m

率曲线的差异^[13-14]。

2.3 滑塌浊积扇与三角洲砂岩成熟度相近

砂岩成分和结构成熟度研究表明,东北侯庄辫状河三角洲砂岩与滑塌浊积扇砂岩具有良好的亲缘关系(表1)。沉积学研究表明,泌256和泌

296井核三上亚段为辫状河三角洲沉积,泌270井核三上亚段为滑塌浊积扇沉积。二者石英和长石的含量极为相似,泌256井石英含量平均为43%,泌270井为45.6%,分选多为中等-好,磨圆为次棱-次圆。而南部近岸水下扇石英含量平均值为27.2%,长石和岩屑含量平均为42.6%和39.3%,

粒径较大,磨圆差,为近源快速堆积。表明北东向的候庄辫状河三角洲和滑塌浊积扇之间具有亲缘关系。

2.4 透镜状地震反射与前积地震反射共生

三角洲明显的前积作用易造成其前缘沉积物发生滑塌,在其前方形成规模较小的浊积扇,分别响应于前积和透镜状地震反射。在地震剖面 L419 上,发育向南西倾斜的 S 型前积反射(延伸约 3 km),在其前方湖盆中央方向发育 3 个透镜状地震反射,透镜体宽为 0.5 ~ 1.0 km,厚约几米。前积反射为候庄辫状河三角洲前缘沉积,透镜状地震反射响应于滑塌浊积扇沉积。由于受沉积坡折带的控制,地形坡度发生变化,三角洲向前滑塌,形成具有透镜状地震反射的滑塌浊积扇(图 5)。

2.5 湖平面下降利于三角洲前缘滑塌浊积扇形成

泌阳凹陷是一个南深北浅的箕状盆地,湖平面下降对北部斜坡三角洲前缘沉积物的影响较大,据鄢继华等水槽模拟试验证实^[15-18],湖平面的突然下降使得三角洲前缘出露部分因浮力消失而不稳定,可产生局部滑塌(图 6)。南部水体较深,湖平面下降对水体深度影响不大,近岸水下扇沉积物仍处于湖平面以下,受到湖水浮力顶托作用,不易产生滑塌。另外,北部斜坡水体浅,湖平面下降时波浪对三角洲前缘沉积物作用力进一步增强,可以强烈剥蚀和改造浪基面附近的三角洲前缘沉积,并在波浪的回流作用下进一步形成浊积砂体。因此,湖平面的下降有利于无外界触发机制作用下三角洲前缘滑塌浊积扇的形成。

表 1 泌阳凹陷 SQ3 层序辫状河三角洲前缘与滑塌浊积扇岩性特征

Table 1 Lithologic characteristics of braided delta front and slump turbidite fan of SQ3 in Biyang Depression

井名	层序	石英含量, %	长石含量, %	岩屑含量, %	粒径/mm	分选性	磨圆度	沉积类型
泌 256	SQ3	15 ~ 81/ 43 (37)	0 ~ 53/ 36 (37)	0 ~ 40/ 18 (37)	0.03 ~ 3.03/ 0.35 (37)	中-好	次棱-次圆	辫状河三角洲前缘
泌 296	SQ3	20 ~ 45/ 32.5 (2)	28 ~ 30/ 29 (2)	25 ~ 52/ 38.5 (2)	0.125 ~ 2.8/ 1.25 (2)	中-差	次棱	
泌 270	SQ3	40 ~ 48/ 45.6 (5)	45 ~ 53/ 48.2 (5)	3 ~ 5/ 3.6 (5)	0.062 5 ~ 0.7/ 0.125 (5)	中-好	次棱	滑塌浊积扇
泌 273	SQ3	26 ~ 33/ 27.2 (3)	27 ~ 55/ 42.6 (3)	28 ~ 53/ 39.3 (3)	1.2 ~ 13/ 2.45 (3)	中-差	次棱-棱角	近岸水下扇

注:表中数据为最小值~最大值/平均值(样品数)。

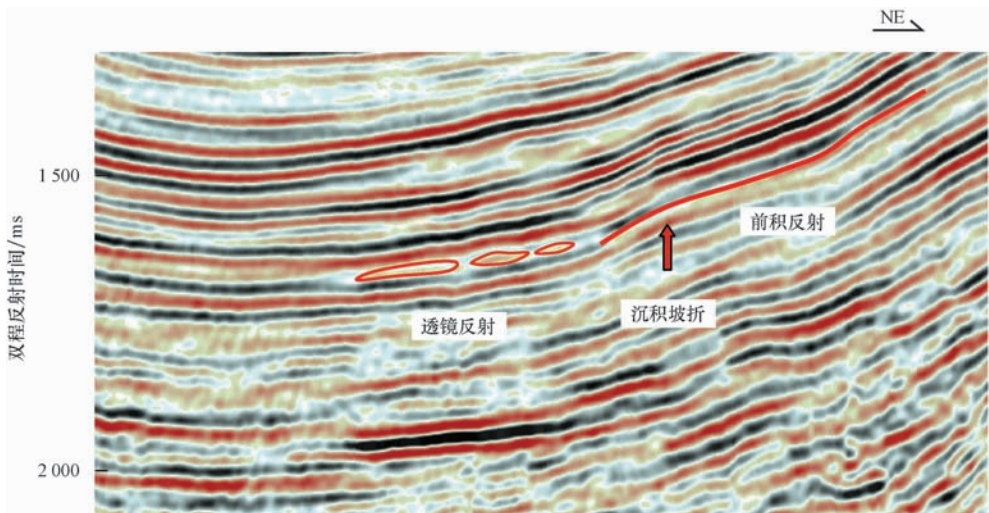


图 5 泌阳凹陷核三上亚段滑塌浊积扇反射特征(测线 419)

Fig. 5 Seismic reflection features of slump turbidite fan in the upper third member of Hetaoyuan Formation in Biyang Depression (Line 419)

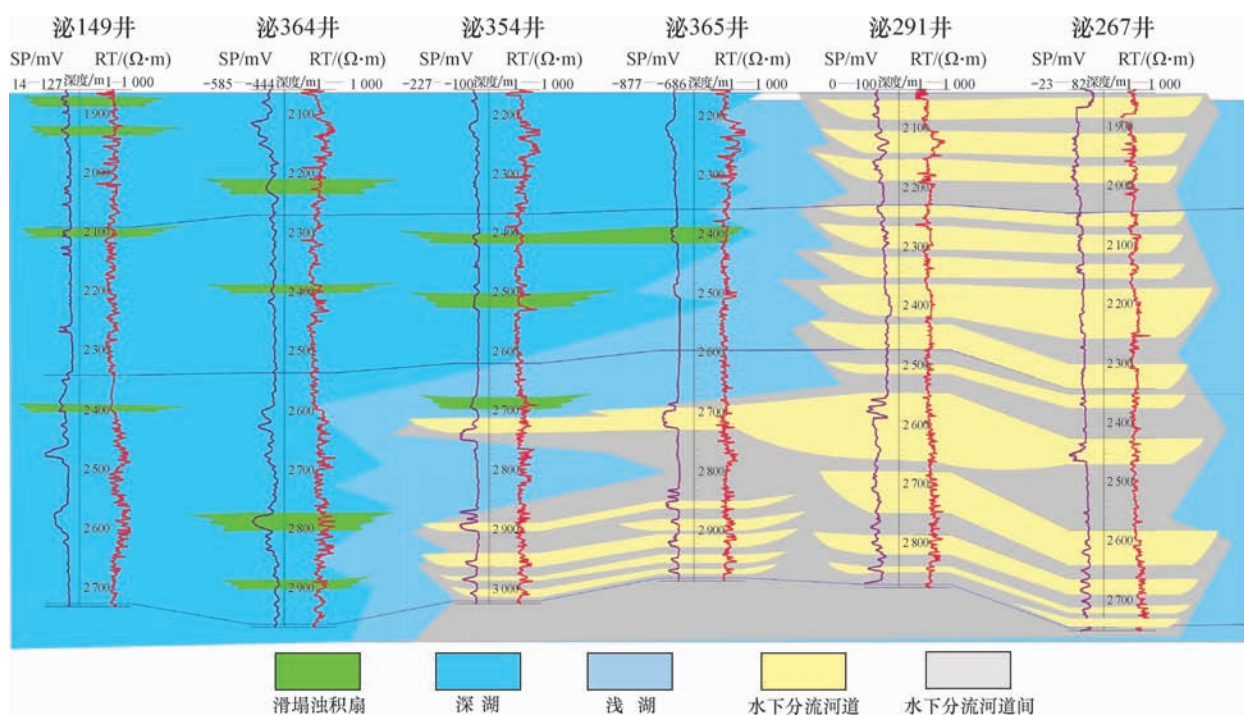


图8 泌阳凹陷泌149井—泌267井连井沉积相剖面

Fig. 8 Sedimentary facies profile tied to Bi149 and Bi267 well in Biyang Depression

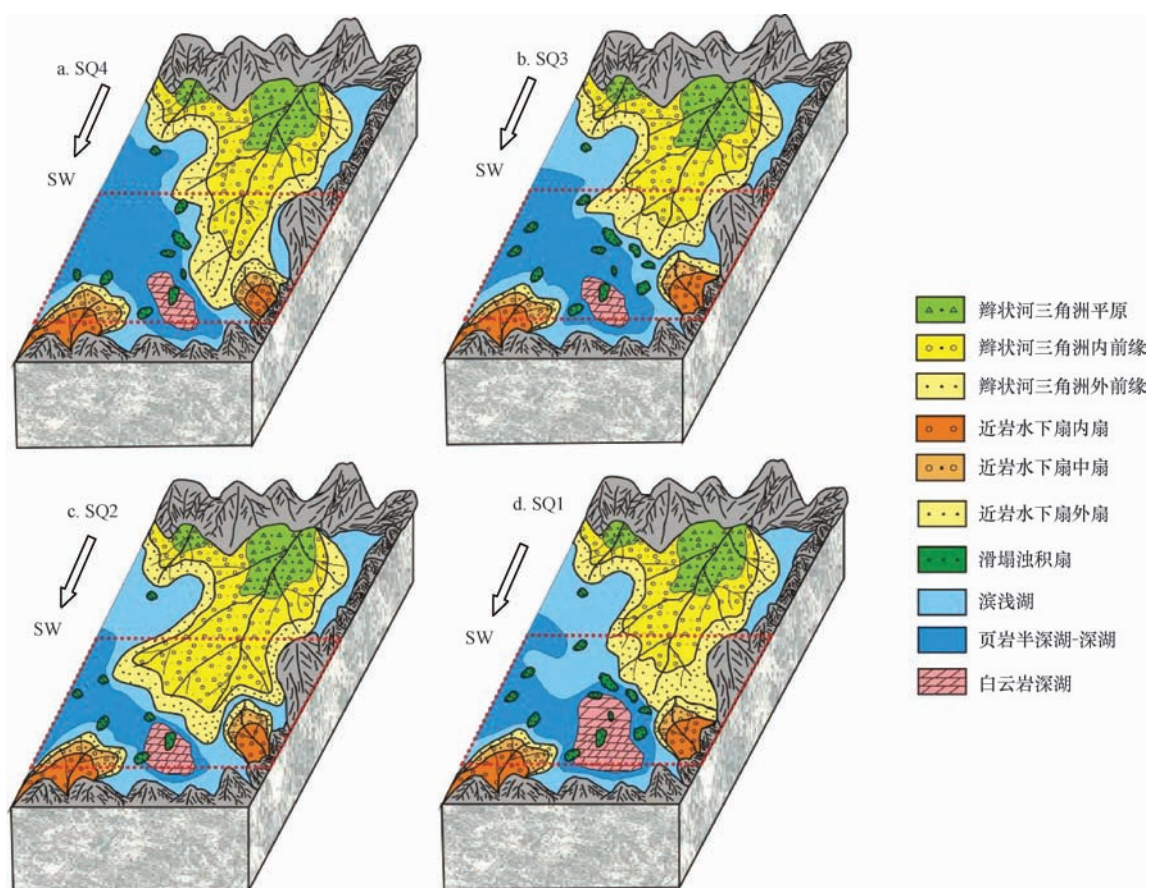


图9 泌阳凹陷 SQ1—SQ4 层序沉积演化立体模式(红框内为研究区)

Fig. 9 3D model of sedimentary evolution of SQ1-SQ4 in Biyang Depression(The Red box is the studying area)

发育在辫状河三角洲和近岸水下扇之间的湖相泥岩中,当三角洲向前推进快、朵叶向前延伸较远时,易形成数量多、面积相对较大的滑塌浊积扇,且距三角洲朵叶越近,滑塌浊积扇数量越多、面积越大(图9)。

4 结论

1) 泌阳凹陷深凹区的滑塌浊积扇来源东北部侯庄辫状河三角洲,粒度概率曲线具有“低斜一段”式特征,地震剖面显示透镜状地震反射与前积地震反射共生,多夹于深灰色湖相泥岩中,与泥岩呈突变接触。

2) 东北部辫状河三角洲前缘水体浅,湖平面的下降使三角洲前缘砂体受到重力作用和波浪改造作用增强,有利于无外界触发机制作用下三角洲前缘滑塌浊积的形成。

3) 辫状河三角洲向前推进快、朵叶向前延伸较远的时期,易形成数量多、面积大的滑塌浊积扇,距三角洲朵叶越近,数量越多、面积越大。

参 考 文 献

- [1] 吕明久, 马义忠, 曾兴, 等. 泌阳凹陷深凹区岩性油藏发育规律[J]. 特种油气藏, 2010, 17(5): 26-30.
Lü Mingjiu, Ma Yizhong, ZengXing, et al. Characteristics of the lithologic reservoirs in the sag area of the Biyang depression [J]. Special Oil and Gas Reservoirs 2010, 17(5): 26-30.
- [2] 常炳章, 张驰, 曲天红, 等. 泌阳凹陷深凹区白云岩裂缝预测研究[J]. 石油天然气学报, 2009, 31(3): 202-204.
Chang Binzhang, Zhang Chi, Qu Tianhong, et al. The research of dolomite crack forecast in the sag area of the Biyang depression [J]. Journal of Oil and Gas Technology, 2009, 31(3): 202-204.
- [3] 刘良刚, 罗顺社, 刘启亮, 等. 泌阳凹陷南部陡坡带核三段砂体沉积和油气分布特征[J]. 油气地球物理, 2010, 8(4): 32-37.
Liu Lianggang, Luo Shunshu, Liu Qiliang, et al. Sand body deposition and reservoir distribution characteristics of the E_h³ in the southern steep slope zone in the Biyang depression [J]. Petroleum Geophysics, 2010, 8(4): 32-37.
- [4] 邵先杰. 泌阳凹陷新庄辫状三角洲沉积体系及储集性能[J]. 特种油气藏, 2006, 13(5): 22-26.
Shao Xianjie. Deposition systems and reservoir properties of Xinzhuang braided delta in Biyang Depression [J]. Special Oil and Gas Reservoir, 2006, 13(5): 22-26.
- [5] 钟俊义. 泌阳凹陷北部斜坡带三角洲沉积与油气成藏研究[J]. 新疆石油天然气, 2006, 2(1): 30-37.
Zhong Junyi. A study on delta deposits and reservoir forming in the northern slope of Biyang depression [J]. Xinjiang Petroleum, 2006, 2(1): 30-37.
- [6] 韦东晓, 田景春, 倪新锋. 湖相浊积砂体沉积特征及油气勘探意义[J]. 油气地质与采收率, 2006, 13(5): 15-19.
Wei Dongxiao, Tian Jingchun, Ni Xinfeng. Sedimentary characteristics of lacustrine turbidite sand body and its significance on petroleum exploration [J]. Petroleum Geology and Recovery Efficiency, 2006, 13(5): 15-19.
- [8] 张晶, 王伟峰, 荣启宏, 等. 东营凹陷永55区块沙四上亚段深水浊积扇沉积与油气[J]. 吉林大学学报(地球科学版), 2007, 37(3): 519-524.
Zhang Jing, Wang Weifeng, Rong Qihong, et al. Deep-water turbidite fan deposits and relation to hydrocarbon of the Upper Sha-4 of Shahejie Formation at Yong-55 Block in Dongying Sag [J]. Journal of Jilin University (Earth Science Edition), 2007, 37(3): 519-524.
- [9] 刘桢颖, 徐怀民, 李林, 等. 准噶尔盆地阜东斜坡带深水浊积扇沉积及油气勘探意义[J]. 沉积与特提斯地质, 2009, 29(4): 29-35.
Liu Yaying, Xu Huaimin, Li Lin, et al. Deep-water turbidite fan deposits and their significance for the oil-gas exploration in the eastern Fukang slope zone, Junggar basin [J]. Sedimentary Geology and Tethyan Geology, 2009, 29(4): 29-35.
- [10] 姜辉. 浊流沉积的动力学机制与响应[J]. 石油与天然气地质, 2010, 31(4): 428-435.
Jiang Hui. Dynamical mechanism and depositional responses of turbidity current sedimentation [J]. Oil & Gas Geology, 2010, 31(4): 428-435.
- [11] 吴光华, 王红亮, 林会喜, 等. 渤海湾盆地埕岛地区东营组沉积特征及其油气地质意义[J]. 石油与天然气地质, 2009, 30(1): 33-40.
Wu Guanghua, Wang Hongliang, Lin Huixi, et al. Sedimentary features of the Dongying Formation in Chengdao area and their geological significance [J]. Oil & Gas Geology, 2009, 30(1): 33-40.
- [12] Ivanov M K, Kenyon N H, Suzyumov A E, et al. Introduction marine geology [M]. Amsterdam: Elsevier Pub, 2003, 195: 1-4.
- [13] 魏国齐, 杨威, 朱永刚, 等. 川西地区中二叠统栖霞组沉积体系[J]. 石油与天然气地质, 2010, 31(4): 442-448.
Wei Guoqi, Yang Wei, Zhu Yonggang, et al. Depositional system of the Middle Permian Qixia Formation in the western Sichuan Basin [J]. Oil & Gas Geology, 2010, 31(4): 442-448.
- [14] 操应长, 刘晖. 湖盆三角洲沉积坡度带特征及其与滑塌浊积岩分布关系的初步探讨[J]. 地质论评, 2007, 53(4): 454-458.

- 山岩气藏为例[J]. 石油与天然气地质, 2010, 31(2): 180-186.
- Sun Fenjin, Luo Xia, Qi Jinshun, et al. Controlling effects of volcanic rocks upon gas pools—taking two volcanic gas reservoirs in the Sonliao Basin as examples[J]. Oil & Gas Geology, 2010, 31(2): 180-186.
- [5] 袁平, 李培武, 施太和, 等. 超临界二氧化碳流体引发井喷探讨[J]. 天然气工业, 2006, 26(3): 68-70.
- Yuan Ping, Li Peiwu, Shi Taihe et al. Discussion on blowout caused by supercritical CO₂ fluid[J]. Natural Gas Industry, 2006, 26(3): 68-70.
- [6] 张智, 施太和, 吴优, 等. 高酸性气井超临界态二氧化碳硫化氢的相态变化诱发钻采事故探讨[J]. 钻采工艺, 2007, 30(1): 94-95.
- Zhang Zhi, Shi Taihe, Wu You, et al. Discussion of supercritical carbon dioxide and hydrogen sulfide induced drilling and production accidents in high sour gas well[J]. Drilling & Production Technology, 2007, 30(1): 94-95.
- [7] 王刚, 杨胜来, 吴晓云, 等. 富含CO₂天然气偏差因子研究[J]. 石油钻采工艺, 2010, 32(1): 53-56.
- Wang Gang, Yang Shenglai, Wu Xiaoyun, et al. Study on deviation factor of CO₂ rich gas[J]. Oil Drilling & Production Technology, 2010, 32(1): 53-56.
- [8] Mitsuo Ukai, Tadami Katahira, Yoichi Kume, et al. Volcanic reservoirs, their characteristics of the development and Production[J]. SPE4296.
- [9] 宋新民, 冉启全, 孙圆辉, 等. 火山岩气藏精细描述及地质建模[J]. 石油勘探与开发, 2010, 37(4): 458-465.
- Song Xinmin, Ran Qiquan, Sun Yuanhui, et al. Fine description and geologic modeling for volcanic gas reservoirs[J]. Petroleum Exploration and Development [J]. 2010, 37(4): 458-465.
- [10] 许进进, 徐旭辉, 凡哲元, 等. 考虑启动压力梯度下的火山岩气藏数值模拟研究[J]. 石油与天然气地质, 2010, 31(2): 240-243, 259.
- Xu Jinjin, Xu Xuhui, Fan Zheyuan, et al. A numerical simulation of volcanic gas reservoirs under consideration of start-up pressure gradient[J]. Oil & Gas Geology, 2010, 31(2): 240-243, 259.
- [11] 周学民, 唐亚会. 徐深气田火山岩气藏产能特点及影响因素分析[J]. 天然气工业, 2007, 27(1): 90-92.
- Zhou Xuemin, Tang Yahui. Productivity characteristics and influential factor of lava gas reservoir of Xushen gas field [J]. Nature Gas Industry, 2007, 27(1): 90-92.
- [12] 舒萍. 松辽盆地徐深气田火山岩气藏相态与渗流机理[J]. 世界地质, 2010, 29(1): 83-89.
- Shu Ping. Phase behavior and seepage mechanism of volcanic gas reservoir in Xushen gas field of Songliao Basin[J]. Global Geology, 2010, 29(1): 83-89.
- [13] 彭彩珍, 郭平, 贾闽惠, 等. 火山岩气藏开发现状综述[J]. 西南石油学院学报, 2006, 28(5): 69-72.
- Peng Caizhen, Guo Ping, Jia Minhui, et al. A summary of the development present situation for the volcanic-rock gas reservoir [J]. Journal of Southwest Petroleum Institute, 2006, 28(5): 69-72.
- [14] 杨胜来, 魏俊之. 油层物理学[M]. 北京: 石油工业出版社, 2004: 35-42.
- Yang Shenglai, Wei Junzhi. Petrophysics[M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 2004: 35-42.
- [15] 杨继盛. 采气工艺基础[M]. 北京: 石油工业出版社, 1991: 44-59.
- Yang Jisheng. Gas production technology[M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 1991: 44-59.

(编辑 李 军)

(上接第750页)

- Cao Yingchang, Liu Hui. Discussion on the relationship between distribution of fluxoturbidite and depositional slope of delta in lacustrine basin [J]. Geological Review, 2007, 53(4): 454-458.
- [15] 鄢继华, 陈世悦, 姜在兴. 三角洲前缘浊积体成因及分布规律研究[J]. 石油实验地质, 2008, 30(1): 16-20.
- Yan Jihua, Chen Shiyue, Jiang Zaixing. Genesis and distribution regularity of the turbidite bodies in the delta front[J]. Petroleum Geology & Experiment, 2008, 30(1): 16-20.
- [16] 吴小红, 吕修祥, 周心怀, 等. 黄河口凹陷浅水三角洲沉积特征及其油气勘探意义[J]. 石油与天然气地质, 2010, 31(2): 165-4172.
- Wu Xiaohong, Lv Xiuxiang, Zhou Xinhui, et al. Depositional characteristics and hydrocarbon exploration significance of shallow deltas in the Yellow River Mouth Sag[J]. Oil & Gas Geology, 2010, 31(2): 165-172.
- [17] Stow D A V, Mayll M. Deep-water sedimentary system: New models for the 21st century[J]. Marine and Petroleum Geology, 2000, 17(2): 125-135.
- [18] Lowe D R. Sediment gravity flows: (II) depositional models with special reference to the deposits of the high-density turbidity currents[J]. Journal of Sedimentary etroyear, 1982, 52: 279-297.

(编辑 董 立)