

泌阳凹陷毕店地区核三段湖底扇与重力流沉积

彭勇民^{1,2}, 黄捍东¹, 罗群¹, 彭玉林¹

(1. 中国石油大学, 北京 102200; 2. 中国石化胜利油田分公司新疆勘探开发中心, 山东 东营 257000)

摘要: 毕店地区处于泌阳凹陷中部, 属于深水沉积区, 含砂率多数在 20%。该区核桃园组三段 III ~ VI 砂组可识别出湖泊相和湖底扇相, 具有较为典型的重力流沉积特征。在取心井段中可寻找到液化流、滑塌、拉裂与掉落岩块的滑动证据, 此外, 发育砂纹层理、泄水沟构造及碟状构造, 后二者见于鲍玛序列 C 段, 它们和砂纹层理伴生, 这些岩块的上下层均为鲍玛 BE 段组合的浊积岩所构成的平整岩层。层拉平的地震剖面也表明核三段 IV 砂组中的平行、亚平行地震相之间夹有透镜状或波状、眼球状反射结构, 平行、亚平行反射解释为深水背景泥沉积, 而波状与眼球状反射为典型的湖底扇。

关键词: 湖底扇, 浊积岩, 重力流沉积, 泌阳凹陷

中图分类号: TE121.1 P512.2

文献标识码: A

文章编号: 1000-6524(2008)01-0032-07

Sublacustrine fans and sedimentary gravity flows within the 3rd Member of Hetaoyuan Formation in Bidian area of Biyang sag

PENG Yong-min^{1,2}, HUANG Han-dong¹, LUO Qun¹ and PENG Yu-lin¹

(1. China University of Petroleum, Beijing 102200, China; 2. Xinjiang Center of Exploration and Production of SOLF, Sinopec, Dongying 257000, China)

Abstract: Located in middle Biyang sag, the Bidian area is a deep-water deposition area with sand-bearing ratios being mostly 20%. There exist typical sedimentary gravity flows in the Bidian area, and two kinds of facies, i. e., lacustrine facies and sublacustrine fan facies, were identified in III ~ IV sand-bed sets of 3rd Member of Hetaoyuan Formation. Sliding evidence of fluidized flows, slips, pull-apart and drop-down rock masses could be found from well cores. In addition, ripple cross laminations, water-escaping structure and dish-shaped structure also grew, with the last two phenomena developed in the Bouma sequence of C segment, in association with the ripple cross laminations. Flat and conformable beds formed by turbidites of Bouma BE segments are seen above and below the rock masses. The layer-flattening seismic profiles also show that, before the deposition of the second sand-bed set of 3rd Member of Hetaoyuan Formation, there existed parallel and sub-parallel seismic reflections interbedded with lentoid or wavy, eyeball-shaped textures. It is held that the parallel and sub-parallel textures probably represent background sediments of deep-water mudstones, whereas the wavy and eyeball-shaped textures represent typical sublacustrine fans.

Key words: sublacustrine fan; turbidite; sedimentary gravity flows; Biyang sag

收稿日期: 2007-04-20; 修订日期: 2007-07-27

基金项目: 国家 973 项目(2006CB202306), 国家 863 项目(2006AA09A101-0103)

作者简介: 彭勇民(1965-), 男, 研究员, 研究方向为层序地层学与隐蔽油气藏预测, 电话: 010-69743979, E-mail: pengyongmin2005@

泌阳凹陷是我国东部一个中生代富含油气且有“小而肥”称号的南断北超断的箕状陷湖盆,经过 30 多年的勘探,研究对象已由构造油气藏转为隐蔽油气藏,因此沉积体系研究将为隐蔽圈闭勘探提供重要的依据。在这方面,地质学家近年来做了许多有益的工作(鲜本忠等,2001;林社卿等,2002;胡受权等,2002;孙尚如,2004;杨道庆等,2005;李斌等,2005;陈春强等,2005;蒋恕等,2005;明海会等,2005;樊中海等,2005;陈萍,2006;钟俊义等,2006;陈亮等,2006;温志新等,2006)。针对该区核桃园组三段(简称核三段)的砂体成因,不同学者的观点存在分歧,多年来生产单位也一直沿用多数地质学家“北部三角洲前缘或南部扇三角洲前缘”的认识(鲜本忠等,2001;林社卿等,2002;胡受权等,2002;杨道庆等,2005;李斌等,2005;陈春强等,2005;蒋恕等,2005;明海会等,2005;陈萍,2006;钟俊义等,2006)进行勘探开发部署,仅有的少数学者的“浊积扇”主张因缺乏过硬的证据而未被生产单位采纳(孙尚如,2004;樊中海等,2005;陈亮等,2006;温志新等,2006)。但是,大家对半深湖-深湖相背景泥沉积的认识却是一致的(林社卿等,2002)。为此,这里的砂体成因环境值得再认识。

本文经过详细的工作,在核桃园组三段识别出湖泊相、湖底扇砂体,拓展了该区油气勘探的思路。

1 沉积背景

泌阳凹陷的新生界最厚约 8 000 m,自下而上划分为下第三系的玉皇顶组、大仓房组、核桃园组、廖庄组,上第三系的上寺组以及第四系的平原组,其中核桃园组是主要含油气目的层。毕店地区处于泌阳凹陷中部,属于深水沉积区(图 1),位于南部平氏扇三角洲和北部古城、张厂三角洲交互叠加部位(林社卿等,2002)。研究区砂体主要由北部的古城、张厂及南部的平氏水道或水系带来。与盆地边缘粗颗粒的富砂相比,毕店地区相对贫砂,除西北区域含砂大于 40% 之外,大部分区域小于 40%,多数在 20% 左右,这表明研究区具有泥包砂与少量的砂泥互层特征。

2 沉积相分析

研究表明毕店地区的核三段 III ~ VI 砂组的砂体属于深水背景下的重力流成因砂,其中可识别出湖泊相和湖底扇相,进一步又可分出半深湖-深湖、中扇与外扇 3 类亚相以及半深湖泥夹浊积岩、中扇水道、中扇前缘、中扇水道间、外扇泥夹浊积砂等 5 类微相。这与以往认识有所不同。以前多半将该区的北

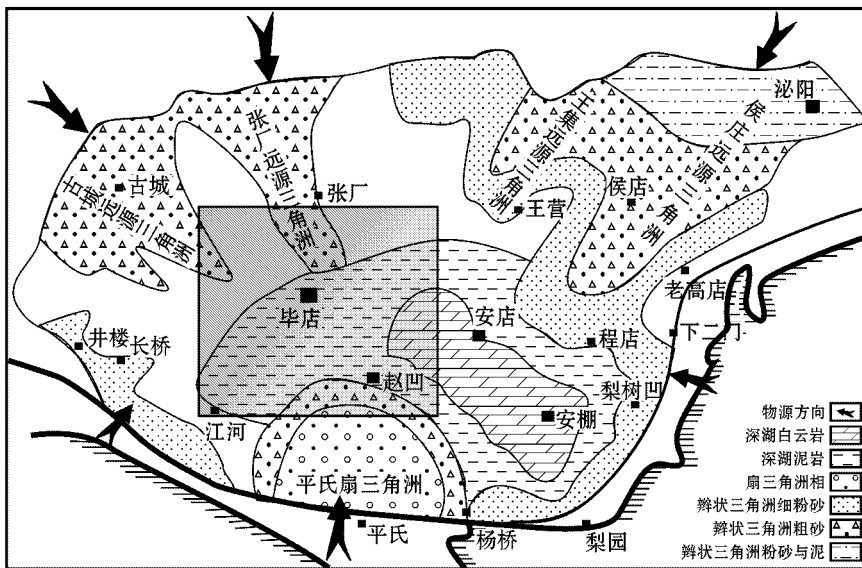


图 1 毕店地区核三段沉积体系[据林社卿等(2002)修改]

Fig. 1 Depositional systems of 3rd Member of Hetaoyuan Formation in Bidian area (modified after Lin Sheqing et al., 2002)

部斜坡带砂体称作侯庄与杨楼辫状河三角洲(林社卿等,2002;胡受权等,2002;杨道庆等,2005)张厂与古城曲流河三角洲(蒋恕等,2005;钟俊义等,2006)或远源三角洲(李斌等,2005)成因,而南部陡坡带为扇三角洲成因(Payton,1977;Walker,1978;鲜本忠等,2001;林社卿等,2002;胡受权等,2002;杨道庆等,2005;李斌等,2005;陈春强等,2005;蒋恕等,2005;明海会等,2005;樊中海等,2005;陈萍,2006),有少数学者提出了南部赵凹、安棚、下二门等地区的浊积砂(或扇)或滑塌浊积扇的观点(鲜本忠等,2001;孙尚如,2004;樊中海等,2005;陈萍,2006;陈亮等,2006;温志新等,2006),甚至识别出了下二门南部等地的下切谷中的湖底扇(鲜本忠等,2001;杨道庆等,2005)。针对“北部三角洲前缘或南

部湖底扇三角洲前缘”这一认识,下面阐述毕店地区重力流砂特征。

岩心观察表明,研究区中北部的B215井核三段具有较为典型的重力流沉积特征。在第1次取心井段1520.06~1526.12m中见到液化流沉积(图2),岩心照片上,各种形状的塑性砂团陷于泥质背景中,这是液化作用的产物。在第2次取心井段1526.12~1537.6m中,发育着季纹层理的黑色油页岩,它们为深水背景沉积。同样,在第2次取心井段还出现了滑塌、拉裂与掉落岩块的滑动现象,这些岩块的上下层均为平整岩层,后者为鲍玛BE段组合的浊积岩。在第3次取心井段发现了砂纹层理、泄水沟构造及渠状构造,后者见于鲍玛序列C段,它们和砂纹层理伴生。在第4次取心井段1538.2~1539.52

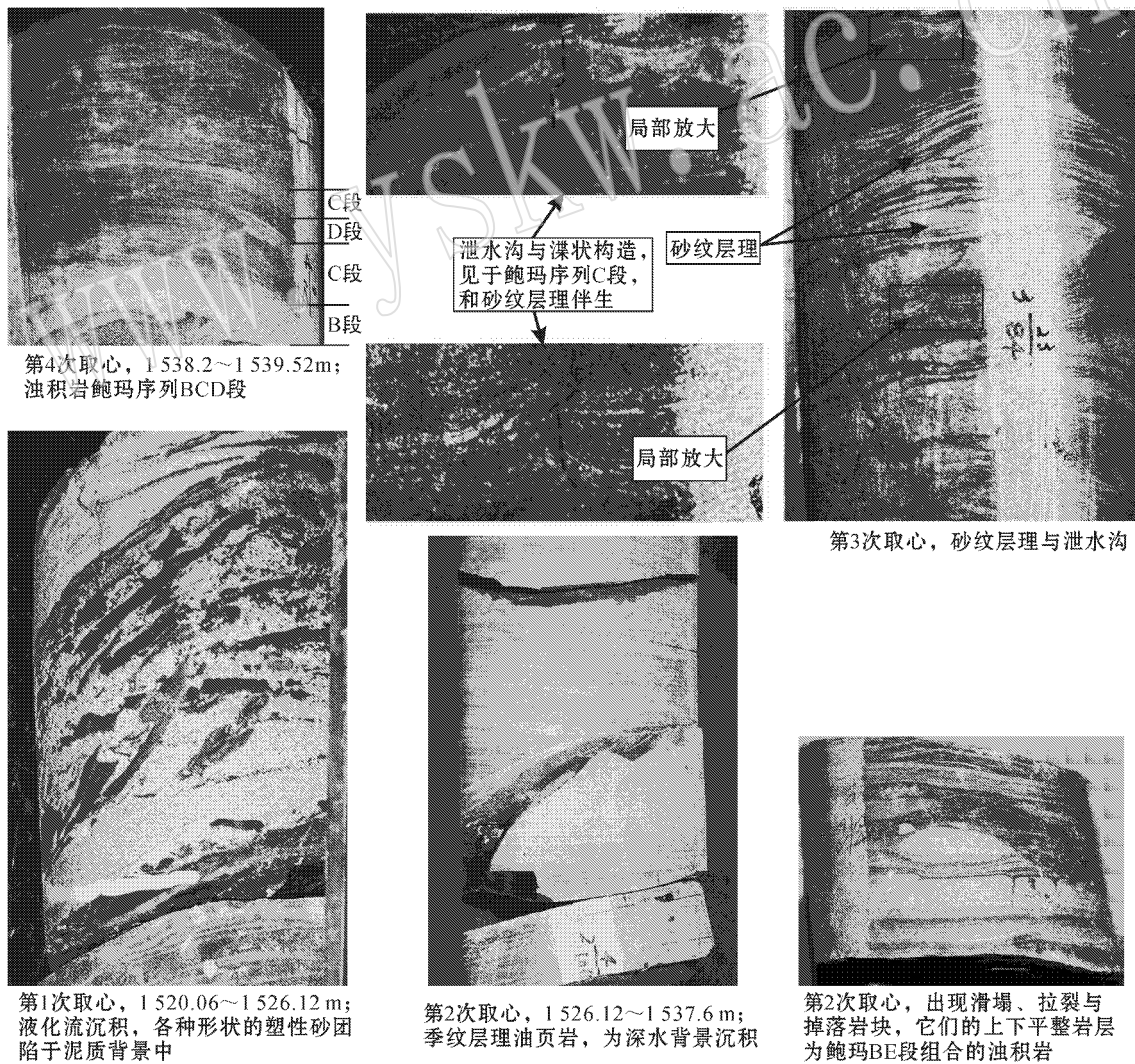


图2 B215井重力流岩心照片

Fig. 2 Well core photos of gravity flows in Well B215

m 中,发育具鲍玛序列 BCD 段的浊积岩。

上述沉积特征说明,研究区出现了滑塌、液化和丰富的浊流等重力流组合,并与深水背景泥沉积共生在一起,结合图 1 中的平面扇形砂体的展布特征,这无疑表明研究区存在湖底扇沉积。

对典型井(如发现井,研究区南部的 B139 井)的精细沉积相分析也反映了湖底扇沉积特征(图 3 左),它相当于经典浊积扇(Walker, 1978)的中扇亚相叠复扇叶的平滑部分→水道部分及下扇亚相的向上变粗变厚序列(图 3 右)。在图 3 左的 B139 井中,

中扇水道微相主要由浊流形成的厚层细砂岩夹薄层粉砂岩与泥岩或厚层细砂岩与泥岩的互层组成,测井曲线组合呈钟形或箱状。中扇水道间微相为泥夹中-薄层浊积砂,测井曲线组合呈平直锯齿形态,与大套的半深湖-深湖泥夹少量薄层浊积砂相区别。中扇前缘微相为中-厚砂与泥互层,测井曲线组合呈漏斗状或箱状形态。外扇为中-薄层泥与浊积砂互层或泥夹浊积砂,测井曲线组合呈微弱漏斗(图 3)。在该井相邻的南部,赵凹-安棚地区也为浊积砂(孙尚如, 2004; 陈萍, 2006),它们与深水白云岩沉积共生。

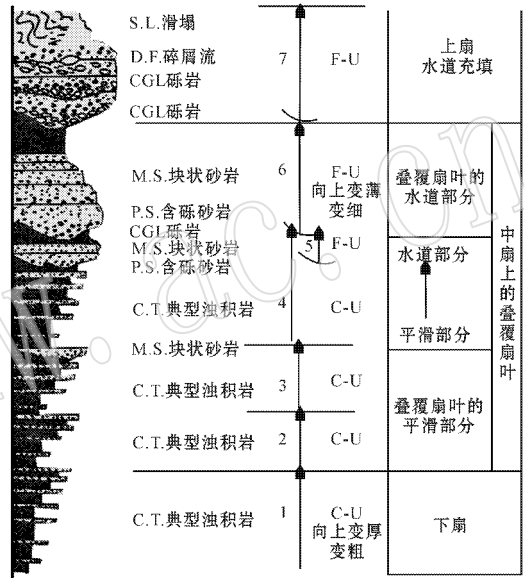
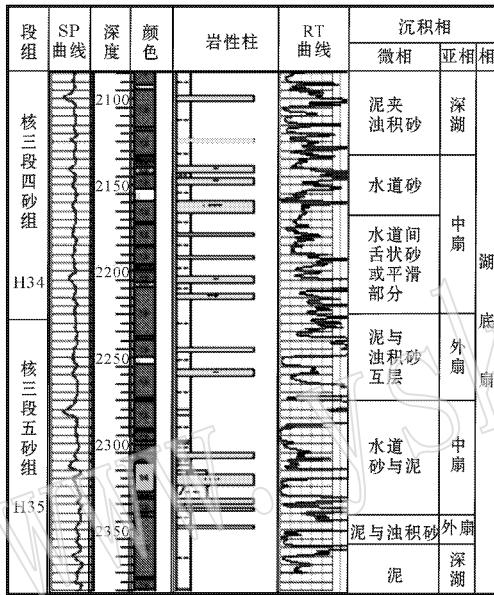


图 3 B139 井精细沉积相(左)及海底扇相模式(右,据 Walker(1978))

Fig. 3 Fine sedimentary facies of Well B139 (left) and facies model of submarine fans (right, from Walker, 1978)

研究区地震资料也证实了湖底扇沉积的存在。以 H32 砂组顶进行的层拉平地震剖面(图 4)表明,在 B224—B49—B50—B47—B55—B139 一带的核三段 II 砂组沉积前,核三段 IV 砂组中的平行与亚平行地震相之间夹有透镜状或波状、眼球状反射,眼球状反射在 B224—B49 井区发育最好。亚平行与平行反射为深水背景泥沉积,透镜状或波状、眼球状反射是典型的湖底扇标志。这些扇与现今加洲海底扇(图 5 上)或北海海底扇(图 5 下)的地震反射非常相似,均具有透镜状与眼球状反射的特点(Payton, 1977)。这些地震反射特征与蒋恕等(2005)的研究结果一致,认为 B139 核三段对应“特殊低位地质体”向盆中心的前缘,具双向下超的地震反射结构(即透镜状或波状反射)。

3 沉积模式分析

综上所述,笔者建立了研究区核三段的南部陡坡带沉积模式(图 6),并认为该时期研究区属于深水沉积,即远离高山区(或物源区,或现今凸起带),分布于深水湖盆中心。在深水背景黑色泥或油页岩之中堆积了湖底扇与滑塌浊积扇等特色沉积,所展示的沉积物源来自南部。由于滑塌浊积扇发育不好,也不是本文重点,详细的描述超出了本文的范围。滑塌浊积扇与湖底扇的关键区别在于:前者是重力作用下沉积物的滑动而形成的,是无根的或无水道补给的,后者是密度流或重力流产生的、有水道补给的或有根的浊积扇沉积。

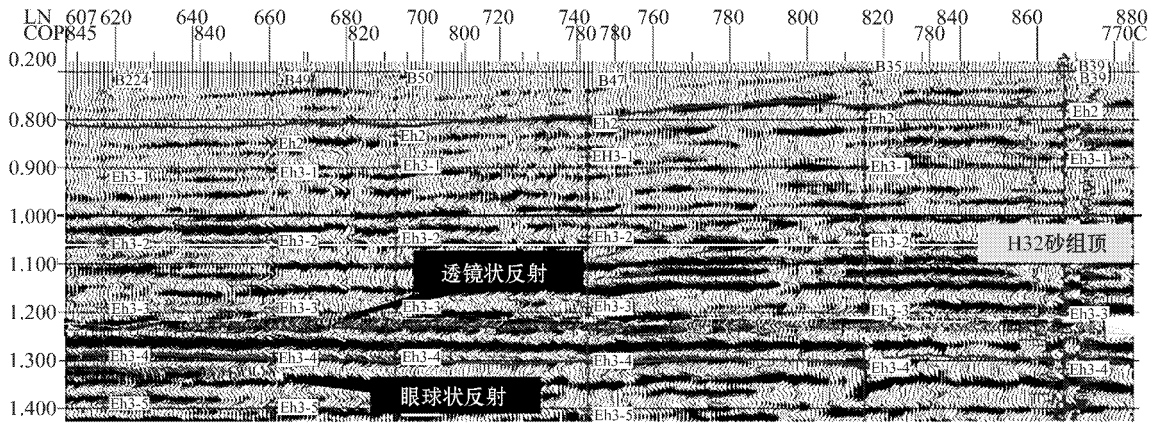


图 4 B224—B139 连井层拉平地震剖面

Fig. 4 Layer-flattening profile from Well B224 to Well B139

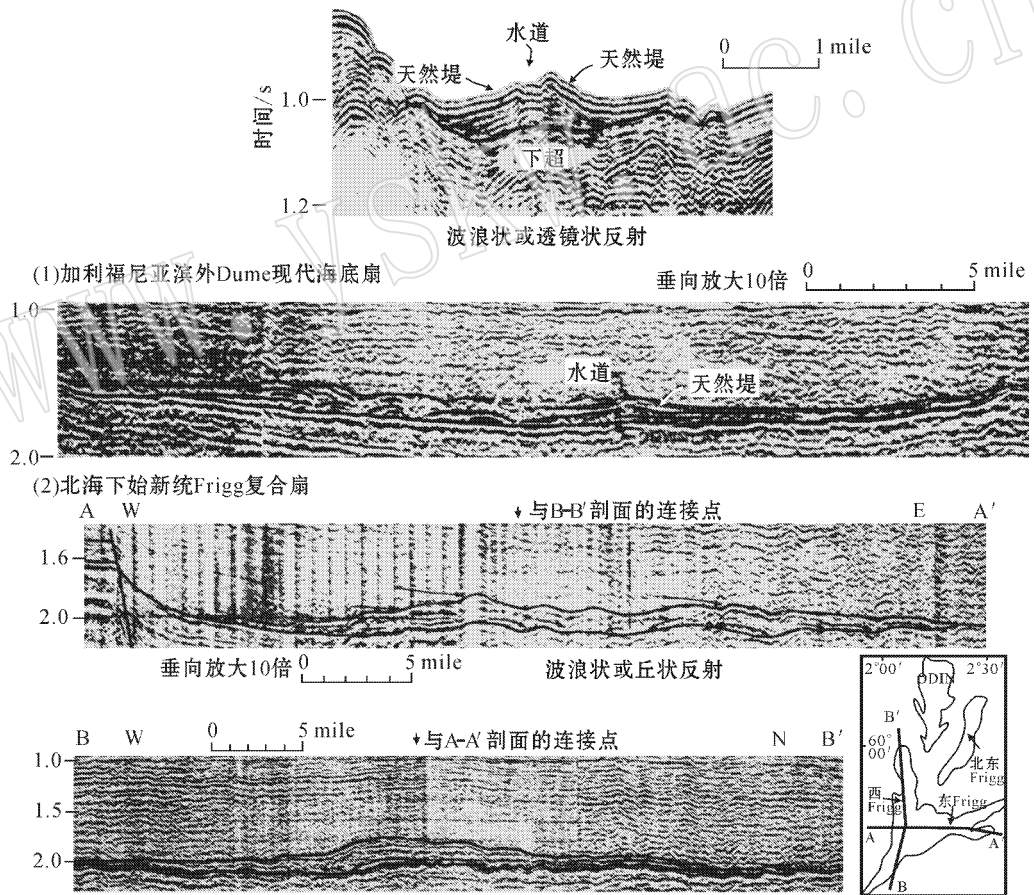


图 5 海底扇的典型地震反射特征(据 Payton ,1977)

Fig. 5 Typical characteristics of seismic reflections from submarine fans(from Payton ,1977)

平面上,由陆向湖盆中心,依次分布着冲积扇、扇三角洲或水下扇、湖底扇及滑塌浊积扇。研究区仅发育较好的湖底扇及少量的滑塌浊积扇,2类扇体

沿主构造线呈串珠状排列,侧向变化快,并呈孤立状被包于大片的深湖相中,呈现深湖有扇的沉积格局。

剖面上,湖底扇砂体与扇三角洲或水下扇侧向

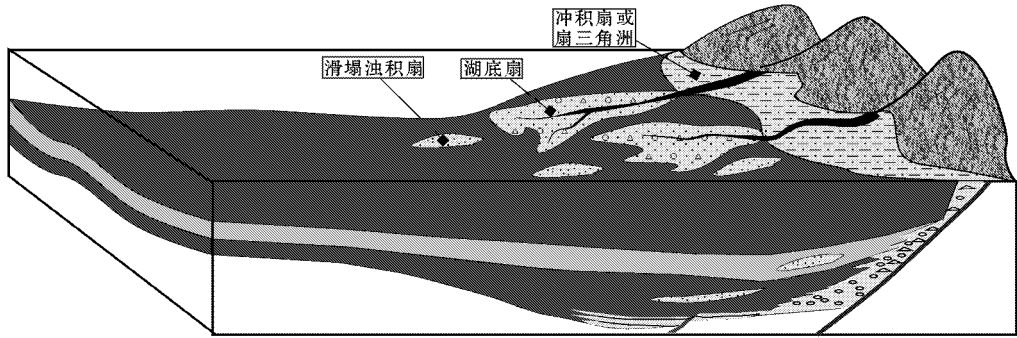


图 6 深水背景中湖底扇沉积模式(陡坡带一侧)

Fig. 6 Depositional model for lake fans in deep-water settings (on the side of steep slope zone)

相接,滑塌浊积扇往往位于湖底扇的前方,并且湖底扇与滑塌浊积扇砂砾岩均堆积于深湖相泥岩中,夹持在深水背景的黑色泥岩之中。两类扇砂砾岩纵向上反复叠置,当扇体为半深湖-深湖泥覆盖时或出现大套“泥包砂”现象时,表示扇体已停止发育并被废弃,这反映了较大规模的湖平面上升过程。

4 结论

(1)核三段Ⅲ~Ⅵ砂组可识别出湖泊相和湖底扇相,具有较为典型的重力流沉积特征,出现液化流、滑塌、拉裂与掉落岩块的滑动现象以及泄水沟构造、漂状构造和具鲍玛 BE 段组合的浊积岩,它们夹于深水背景的泥岩中。

(2)层拉平的地震剖面表明核三段Ⅳ砂组中的平行与亚平行地震相之间夹有透镜状或波状、眼球状反射平行与亚平行地震相,它们被解释为深水背景泥沉积,透镜状或波状、眼球状反射被解释为典型的湖底扇堆积。

References

Chen Chunqiang, Zhang Yazhong, Wu Liyan, *et al.* 2005. Characteristics of fan delta microfacies and its hydrocarbon distribution in Anpeng Field [J]. *Xinjiang Petroleum Geology*, 26(5): 529~533 (in Chinese).

Chen Liang, Wang Hua, Han Jinyang, *et al.* 2006. Sequence stratigraphy and stratum lithology trap prediction of the Eh3 upper member of Hetaoyuan Formation in south Xia'ermen Oilfield, Biyang Sag [J]. *Petroleum Exploration and Development*, 33(1): 262~267 (in Chinese).

Chen Ping. 2006. Sand reservoir prediction of steep slope zone in Biyang Sag [J]. *Petroleum Exploration and Development*, 33(2): 198~

200 (in Chinese).

Fan Zhonghai, Yang Zhenfeng, Zhang Cheng, *et al.* 2005. Application of high-resolution sequence stratigraphic framework to detailed correlation of fan-delta sandstone reservoirs: a case study from Zhaowu Oilfield of Biyang depression [J]. *Geological Science and Technology Information*, 24(2): 33~38 (in Chinese).

Hu Shouquan and Guo Wenping. 2002. Application of high-resolution sequence stratigraphy in Biyang fault depression of Nanxiang basin [J]. *Xinjiang Petroleum Geology*, 23(3): 201~204 (in Chinese).

Jiang Shu and Wang Hua. 2005. Geophysical feature of special low-positional geologic bodies in minor fault lake basin: a case of Biyang sag [J]. *Oil Geophysics Prospect*, 40(5): 565~568 (in Chinese).

Li Bin, Meng Zifang, Li Xiangbo, *et al.* 2005. The structural features and depositional systems of the Early Tertiary in the Biyang depression [J]. *Journal of Jilin University (Earth Science Edition)*, 35(3): 332~339 (in Chinese).

Lin Sheqing, Li Liansheng, Bai Zhenrui, *et al.* 2002. Features of the complex fault block reservoirs in Biyang depression and exploration techniques [J]. *Henan Petroleum*, 16(3): 12~14 (in Chinese).

Ming Haihui, Jin Zhenkui, Li Qingzuo, *et al.* 2005. Sedimentary facies of deep sequences of Anpeng Oilfield in Biyang Depression and its control over oil-gas distribution [J]. *Journal of Earth Sciences and Environment*, 27(2): 48~51 (in Chinese).

Payton C E. 1977. Seismic stratigraphy: Applications to hydrocarbon Exploration [J]. *AAPG Special*, 1~467.

Sun Shangru. 2004. Analysis of high-resolution sequence stratigraphy of lake-dolomite formation in Biyang depression [J]. *Northwestern Geology*, 37(1): 302~307 (in Chinese).

Walker R G. 1978. Deep-water sandstone facies and ancient submarine fan for model for exploration for stratigraphic trap [J]. *AAPG Bulletin*, 62: 932~996.

Wen Zhixin, Wang Hongman, Chen Chunqiang, *et al.* 2006. Formation and distribution of subtle reservoirs in the southern steep slope zone in the Biyang sag of the Nanxiang basin [J]. *Petroleum Geology & Experiment*, 28(2): 117~121 (in Chinese).

Xian Benzong, Jiang ZaiXing, Cao Yingchang, *et al.* 2001. Discovery of incised valley in southeast of Biyang depression and its signifi-

- cand[J]. Oil & Gas Geology, 22(4): 304~308 (in Chinese).
- Yang Daoqing and Lu Jianlin. 2005. Forming mechanism and structural evolution of Cenozoic in Biyang sag[J]. Journal of Oil and Gas Technology (JJPI), 27(14): 416~419 (in Chinese).
- Zhong Junyi, Zheng Junmao, Wang Zhenfu, et al. 2006. Study on delta system and reservoir-forming characteristics on the north slope of Biyang depression[J]. Special Oil and Gas Reservoirs, 13(1): 26~29 (in Chinese).
- 附中中文参考文献**
- 陈春强, 张亚中, 吴丽艳, 等. 2005. 安棚油田扇三角洲沉积微相特征与油气分布[J]. 新疆石油地质, 26(5): 529~532.
- 陈亮, 王华, 韩晋阳, 等. 2006. 泌阳凹陷下二门地区南部核三上亚段层序地层特征及地层-岩性圈闭预测[J]. 石油勘探与开发, 33(1): 262~267.
- 陈萍. 2006. 泌阳凹陷陡坡带砂砾岩体预测[J]. 石油勘探与开发, 33(2): 198~200.
- 樊中海, 杨振峰, 张成, 等. 2005. 高精度层序地层格架在扇三角洲体系储层精细对比中的应用——以泌阳凹陷赵凹油田为例[J]. 地质科技情报, 24(2): 33~38.
- 胡受权, 郭文平. 2002. 南襄盆地泌阳断陷高分辨率层序地层研究[J]. 新疆石油地质, 23(3): 201~204.
- 蒋恕, 王华. 2005. 小型断陷湖盆特殊地质体地理物理特征研究——以泌阳凹陷为例[J]. 石油地理物理勘探, 40(5): 565~568.
- 李斌, 孟自芳, 李相博, 等. 2005. 泌阳凹陷下第三系构造特征与沉积体系[J]. 吉林大学学报(地球科学版), 35(3): 332~339.
- 林社卿, 李连生, 白振瑞, 等. 2002. 泌阳凹陷复杂断块群油藏特征及勘探技术[J]. 河南石油, 16(3): 12~14.
- 明海会, 金振奎, 李清作, 等. 2005. 泌阳凹陷安棚油田深层系沉积相及对油气分布的控制作用[J]. 地球科学与环境学报, 27(2): 48~51.
- 孙尚如. 2004. 泌阳凹陷湖相白云岩层序地层学分析[J]. 西北地质, 37(1): 302~307.
- 温志新, 王红漫, 陈春强, 等. 2006. 南襄盆地泌阳凹陷南部陡坡带隐蔽油气藏形成与分布[J]. 石油实验地质, 28(2): 117~121.
- 鲜本忠, 姜在兴, 操应长, 等. 2001. 泌阳凹陷东南部下切谷的发现及其意义[J]. 石油与天然气地质, 22(4): 304~308.
- 杨道庆, 陆建林. 2005. 泌阳凹陷新生代构造演化及其形成机制[J]. 石油天然气学报(江汉石油学院学报), 27(4): 416~419.
- 钟俊义, 郑浚茂, 王振付, 等. 2006. 泌阳凹陷北部斜坡带三角洲沉积特征与油气成藏研究[J]. 特种油气藏, 13(1): 26~29.

致 谢

2007年度,许多地质学及相关学科的专家在百忙之中抽出时间,配合编辑部为本刊评审了稿件,为提高刊物质量做出了贡献。没有这些专家的辛勤劳动,本刊是不可能多方面取得进步的。为此,本刊编辑部向他们表示衷心的感谢!

这些专家有(以姓氏的汉语拼音排序):

白峰 陈懋弘 樊祺诚 冯雄汉 甘甫平 郭立鹤 韩炜 何雪梅 洪大卫 侯贵廷
 黄小龙 李斌 李锦轶 李献华 连宾 廖群安 刘长礼 柳少波 鲁安怀 罗莹华
 马红艳 聂凤军 彭书传 任成军 任战利 邵龙义 施春华 史仁灯 宋天锐 孙振亚
 万渝生 王长秋 王非 王立本 王秀艳 王彦斌 吴大清 吴宏海 吴平霄 吴珍汉
 夏林圻 徐九华 徐晓春 许荣华 许中坚 杨莹琴 杨友运 杨赞中 袁家义 袁俊生
 袁忠信 曾溅辉 张德全 张建新 张琴 张先如 张招崇 张振克 张作衡 钟华明
 周海民 朱金初 朱筱敏