文章编号: 1009-3850(2009)04-0029-06

准噶尔盆地阜东斜坡带深水浊积扇沉积及油气勘探意义

刘桠颖[1], 徐怀民[1], 李 林[2], 黄 芸[2]

(1. 中国石油大学 资源与信息学院, 北京 102249; 2. 中国石油 新疆油田公司勘探开发研究院, 新疆 乌鲁木齐 830011)

摘要: 通过对准噶尔盆地阜东斜坡带侏罗系三工河组的岩性组合、粒度分析和地震反射特征等方面的研究, 认为储油砂体主要为浊积岩, 岩性为灰色泥岩、灰色中砂岩和灰色粗砂岩夹砂砾岩。岩石成份成熟度和结构成熟度均较低, 见典型鲍马沉积序列, 浊积扇是不稳定三角洲前缘砂质沉积物向坡折带及深水盆地的再分配的结果。研究该区具有多个浊积扇体, 其中阜 16井已获得低产油气流, 说明阜东斜坡带具有良好的勘探前景。

关 键 词: 准噶尔盆地; 深水浊积扇; 沉积模式; 油气前景

中图分类号: TE121.3+2 文献标识码: A

近 20年来, 浊积岩油田的勘探与开发呈快速增长趋势[1~4]。我国在岔西地区、史南地区和东营凹陷浊积扇的勘探方面取得了重要进展[5~7]。过去认为, 阜东斜坡侏罗系为细粒沉积为主的半深湖相沉积, 受构造影响较弱, 因此该区较少发育构造圈闭及岩性圈闭; 但最近在阜 16井获得了低产油气流, 其储层以含砾砂岩、中粗砾砂岩和细砂岩为主。本文通过综合研究, 阐述了阜东斜坡带下侏罗统三工河组深水浊积扇的沉积特征、相类型、沉积模式及其与油气的关系, 为该地区的勘探开发工作提供地质依据。

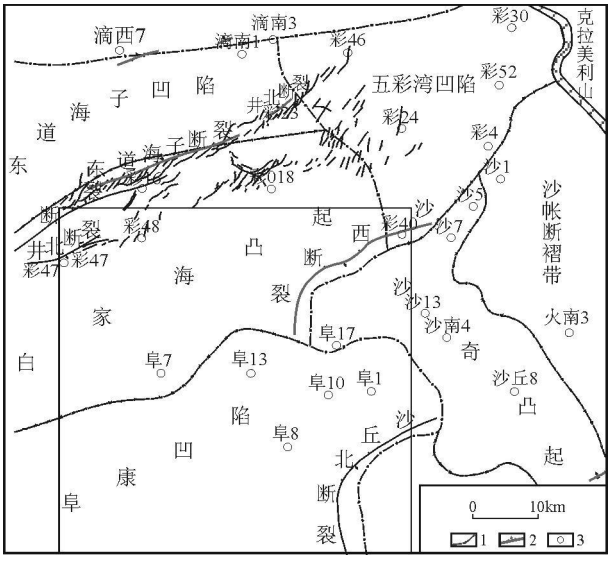

图 1 阜东斜坡带位置示意图

1. 构造界线; 2. 断层; 3. 井位

Fig. 1 Location of the eastern Fukang slope zone

1= tectonic boundary; 2= fault; 3= well site

1 地质概况

准噶尔盆地阜东斜坡区位于白家海凸起以南, 沙帐凸起以西。其北抵彩 36井区, 西南向阜康凹陷过渡, 东靠沙西 沙南隆起, 南到北 28井区, 面积约 5000 km^2。

研究区的侏罗系自下而上可划分为八道湾组 (J_1b)、三工河组 (J_1s)、西山窑组 (J_2x)和石树沟群

收稿日期: 2009-03-15; 改回日期: 2009-09-04
作者简介: 刘桠颖 (1978—), 女, 博士生, 主要从事矿物学、岩石学和矿床地球化学研究。E-mail: aiwalin2002@163.com
资助项目: 国家自然科学基金项目 (40472075)

(J_{2-3} sh)。在早侏罗系三工河组(J_1s)沉积时期,整个准东地区持续处于均衡沉降的泛盆发育阶段,湖盆表现为水进过程,白家海地区半深湖面积扩大,沿阜16-阜2-阜8井区一线湖水变深形成半深湖沉积。

2 沉积特征

2.1 岩性组合

阜东斜坡区侏罗系沉积物具有成分成熟度和结构成熟度较低的特点,其粗粒沉积物稳定矿物石英的含量一般低于35%,杂基含量变化较大,在1%~12%之间。三工河组(J_1s)岩性主要为灰色泥岩、灰色中砂岩和灰色粗砂岩夹砂砾岩,总厚度约150~300m,砂砾岩体上覆沉积了巨厚灰色深灰色泥岩,为强还原环境。砂砾岩颗粒粗,填隙物含量高。砂砾岩为具有明显重力流特征的杂基支撑砾岩、颗粒支撑砾岩和块状砂岩等。

2.2 沉积构造

在岩心观察中,发现了大量浊积岩沉积的典型特征:①阜东斜坡带阜16、阜2和阜8井三工河组(J_1s)普遍发育正递变层理(图2a),以细粒砂岩作为基质,较粗的砾岩和砂岩向上逐渐减少和变细,这是由于悬浮体含有各种大小不等的颗粒,在流速减低的时候因重力分异而整体堆积的结果;②块状砂岩指示重力流水道沉积,是砂质快速堆积的产物,单层厚度0.5~6m,且常见片状泥砾和不规则状泥砾(图2e);③特征的叠覆冲刷现象。阜16井岩心中见由正递变层理与砂岩块状层理组成的"ABAB"序列(图2b)。A为含砾砂岩,B段为具有平行层理的砂岩,多个递变韵律表明发生了多次重力流事件;④杂基支撑砾岩层系水下泥石流沉积作用所致,反映内扇重力流水道沉积环境(图2c);⑤深水生物扰动构造。可见一些弯曲状觅食迹和单向爬痕(图2d);⑥辨别沉积环境的孢子花粉古生物标志。三工河组(J_1s)沉积时孢粉化石丰富,有35属61种之多,以蕨类桫椤科为主,八道湾组(J_1b)可达39属40余种,表明下侏罗统沉积时为潮湿还原环境[8]。

2.3 粒度特征

对本区三工河组岩心样品做粒度分析,应用萨胡(Sahu,1964)[9]鉴别浅海与河流(三角洲)及河流(三角洲)与浊流的两项判别式进行计算,结果绝大多数样品Y值<9.8433,证明属浊流沉积;该区本

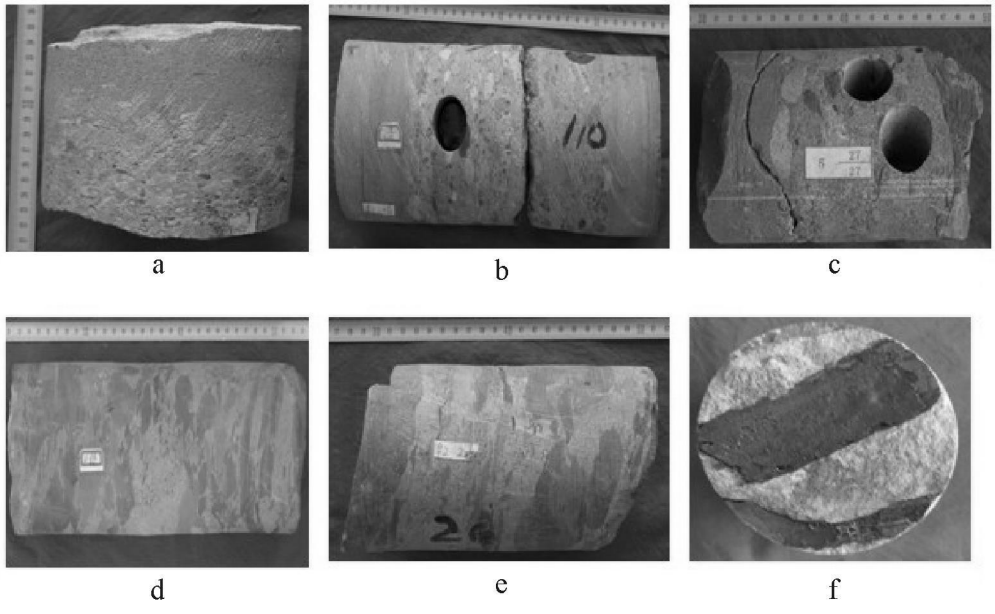

图2 阜东斜坡带岩心照片

a.阜2井3983m正递变层理;b.阜2井3831.81m叠覆冲刷;c.阜16井4696.47m杂基支撑砾岩;d.阜8井岩芯中的生物扰动;e.阜2井3736.78m不规则状泥砾;f.阜16井4675.09m碳屑

Fig.2 Photographs of the cores from the eastern Fukang slope zone

a. Normal graded bedding, 3983 m in the Fu-2 well; b. Superimposed scouring, 3831.81 m in the Fu-2 well; c. Matrix-supported conglomerate, 4696.47 m in the Fu-16 well; d. Bioturbation observed in the cores from the Fu-8 well; e. Muddy gravel, 3736.78 m in the Fu-2 well; f. Carbonaceous clastics, 4675.09 m in the Fu-16 well

组样品粒度标准偏差值为 1～2.422, 平均值为 1.2573, 说明分选较差, 反映密度流特征; 其粒度概率图也显示出浊积岩沉积的特点, 以阜 16井岩心为代表选取顶部、中部、底部样品粒度值做图, 显示其悬浮总体含量大, 悬浮总体与跳跃总体之间的截点在 1.6φ以下, 一般不存在滚动组分 (图 3); 选取阜东斜坡带阜 2井、阜 4井、阜 16井和阜 8井岩心粒度做 C-M图, 点群集中, 基本平行于 C=M基线, 表现递变悬浮为主的深水重力流沉积特点 (图 4)。

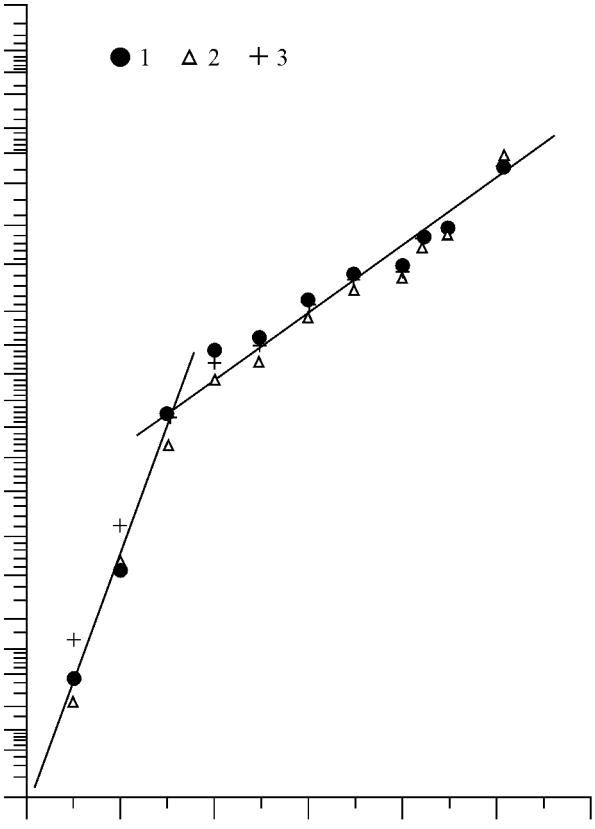

图 3　阜 16井粒度累计概率曲线

Fig. 3　Grain size probability accumulation curves for the turbidites in the Fu-16 well

2.4　地震反射特征

在阜 2井地震剖面上, 三工河组 (J1s) 可见明显的前积反射结构, 扇体外形呈斜丘状, 反射波组为低频率、强振幅和高连续, 表现为深水环境中稳定沉积的特征 (图 5a)。阜 4和阜 8井区以西向盆地延伸的地区发育透镜状地震相, 反映为一组亚平行反射中存在较强振幅、延伸较短的地震反射同相轴, 该同相轴向两侧振幅减弱直至尖灭[10]。透镜状地震相为典型的三角洲前缘远端滑塌浊积扇的地震响应。

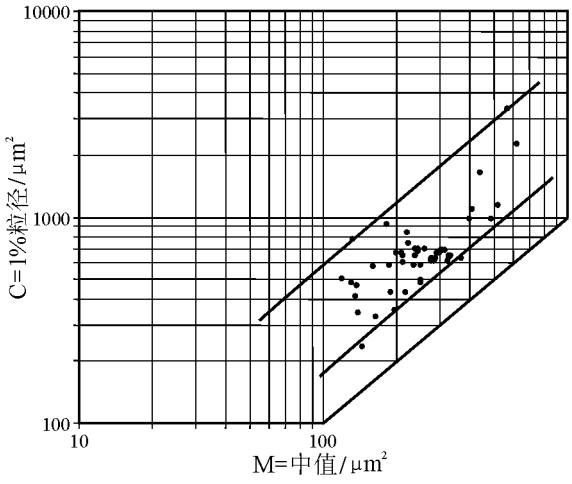

图 4　阜东斜坡带三工河组 C—M图

Fig. 4　C-M patterns for the cores from the Sangonghe Formation in the eastern Fukang slope zone

在沿层做的该区地震属性平面图上, 可见向西南下倾方向延伸的多个浊积扇群发育, 阜 16井就位于一个向前延伸至深湖域的浊积扇体上 (图 5b)。在垂直与浊积扇走向的联井剖面图 5c上, 阜 16井与上倾方向的彩 36井对比, 三工河组 (J1s) 层厚及各砂组砂体厚度都具有明显减薄的趋势。

3　沉积层序及沉积模式

3.1　鲍玛沉积序列

阜东斜坡区阜 16井、阜 2井、阜 8井等井的取心井段均显示出不完整的鲍马序列层序段。阜 16井 4690.53～4696.47m岩心为鲍玛序列 (A) 灰色砾岩和块状砂岩, 其上由中砂岩组成, 含片状炭屑 (B) (图 2f), 4696.47～4807.08m未取心, 4807.08～4812.68m为灰色、褐灰色中砂岩和细砂岩 (C), 岩心中普遍含片状泥砾, 为泥岩撕裂屑, 其顶部为深灰色泥岩, 见水平层理 (F)。阜 8井 3518.92～3526.48m, 底部厚度为 0.95m的灰色粗砂岩及少量细砾与下伏岩层侵蚀突变接触, 上部发育灰色含泥粉砂岩和灰色泥岩与下部灰色粗砂岩组成了 AE层序。在本区其它井岩心中也多见 A、AE层序组合, 这类层序多反映水道沉积形成后由于水道迁移而被后期泥岩粉砂岩覆盖。

3.2　沉积模式

深水浊积扇属沉积物重力流沉积。本区浊积扇成因是不稳定三角洲前缘砂质沉积物向坡折带及深水盆地的再分配。三角洲前缘砂体纵向上为典型的前积结构, 随着三角洲前缘砂体的继续发育, 在砂体

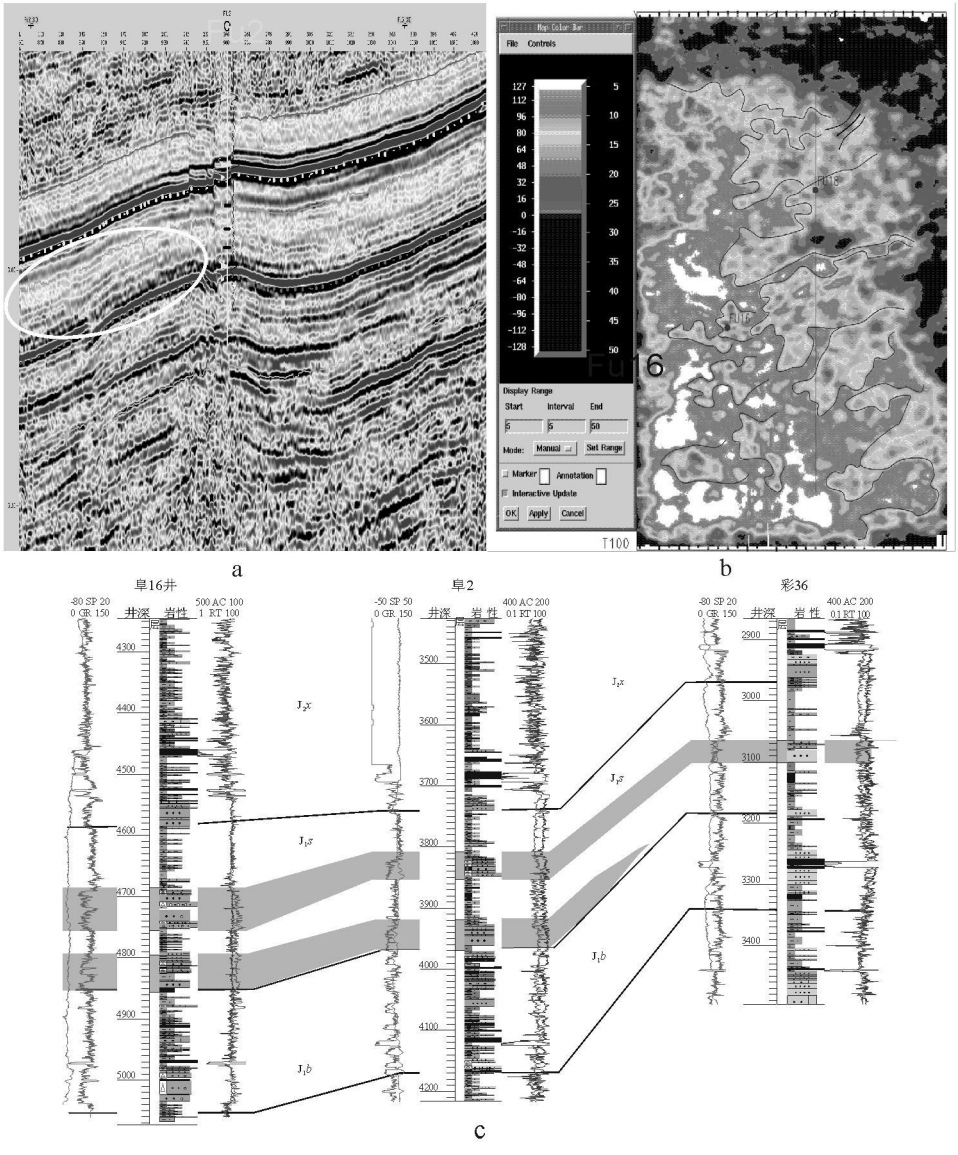

图 5 地震反射特征和联井剖面图

a. 阜 2井地震反射特征图; b. 阜 16井地震属性图; c. 阜 16-阜 2-彩 36井连井剖面图

Fig. 5 Seismic reflection and well-tie section

a. Seismic reflection in the Fu-2 well; b. Seismic attribute measurement for the Fu-16 well; c. Well-tie section across the Fu-16—Fu-2-Cai-36 well zone

堆积处与湖相泥岩过渡带逐渐形成沉积斜坡。随着砂体厚度增大,斜坡坡度也越来越大,在三角洲前缘斜坡上的砂质沉积在重力作用下处于不稳定状态。若有外界动力诱发时,易顺斜坡滑塌,并很快与湖水混合而形成浊流,而浊流携带这些碎屑物质向深水区搬运而形成浊积扇[11]。

研究区北部白家海地区在早侏罗世为三角洲,受燕山运动及后续的构造运动的影响,阜东斜坡带主要表现为整体的升降,使三角洲前缘斜坡存在一定的坡度。在频繁的断裂构造活动和地震、风暴浪、差异压实等的作用下,大量的沉积物在陡坡另一侧深水盆地卸载沉积。本区沉积模式见图 6。

研究区受北部的白家海凸起和东部沙西-沙南隆起的构造格局和物源供给的影响,形成多个扇状砂体,每个浊积岩体规模相对较小,根据其特征从近物源方向可划分为内扇、中扇、外扇三个亚相。内扇亚相靠近物源区,在整个深水浊积扇中所占面积较少,其主沟道微相主要发育杂基支撑砾岩,常见片状炭屑,炭质纹层。每套沟道砂发育递变层理,鲍玛序列中多见 A、B段。单层电测曲线中高幅箱形或微

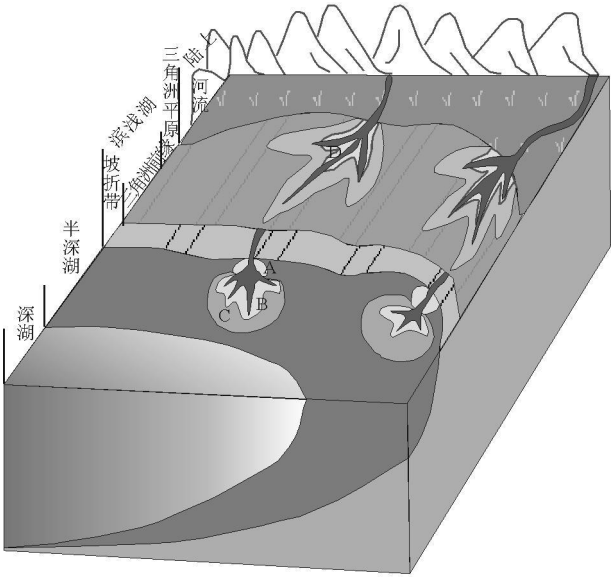

图6　阜东斜坡带深水浊积扇模式图

A.内扇;B.中扇;C.外扇;D.河道砂体

Fig.6　Sedimentary model for the deep-water turbidite fan in the eastern Fukang slope zone

A. Inner fan; B. Middle fan; C. Outer fan; D. Channel sandstone

齿化箱形;中扇亚相以发育块状砂岩为主,辫状水道微相可见卵石质砂岩和块状砂岩连续出现。水道间微相主要是溢出沟道的浊流沉积,沉积物为粉砂岩和砂岩。测井曲线为微齿化箱形到钟形的组合,具突变及加速渐变的顶和底;外扇亚相位于水道末端,基本无水道,沉积物分布广阔而层薄,岩性主要为暗色泥岩,粉砂岩、细砂岩等。电测曲线为低幅齿形。

4　浊积扇与油气藏

在三角洲前缘形成的深水浊积扇由于受古地形、水动力条件、三角洲发育规模等多种因素的影响,其形成的浊积砂体厚度大小不等,形状各异,但砂体数量多,且常常被生油岩包裹,成藏条件优越。有的砂体叠合连片分布,造成含油气面积达,累计储量多,可形成岩性油气富集带。阜东斜坡带下侏罗统深水浊积扇具备形成岩性油气藏的条件:①烃源岩研究表明,二叠系平地泉组和中下侏罗统煤系地层为该区的主产油层系,其中侏罗中下统烃源岩已经成熟,其生烃高峰在古近纪和新近纪,如果侏罗系发育适当圈闭就可以聚集成藏。在彩43、阜11和彩36井侏罗系中上统石树沟群($J_{2-3}sh$)发现岩性油气藏就是阜东斜坡带具备充足油源的良好证据;②良好的油气运移条件:物源及古水流分析对湖泊内沉积体系及砂体展布有大的影响。根据前人研究的结果,本区侏罗系三工河组的沉积物源以北部物源(抬升的克拉美利山)为主,南部物源次之[12,13],形成多个浊积砂体;断层发育也为油气运移提供可靠保障,斜坡带东南部阜5井区发育小规模断层,在阜2井区发育多条小的由东西向的南倾正断层和由南北向的西倾正断层,为油气运移创造了条件。这些断层联通了下部煤系烃源岩和上部的砂体,构成一种有效以砂体单一输导系统和砂体-断裂复合输导系统为主的输导体系[14,15]。

5　结　论

(1)阜东斜坡带侏罗系三工河组深水浊积扇砂体发育,其砂砾岩的成分和结构成熟度低,碎屑物质以递变悬浮搬运为主,沉积构造具有典型的重力流成因特征,岩心中见典型鲍马沉积序列。

(2)浊积扇沉积模式为不稳定三角洲前缘砂质沉积物向坡折带及深水盆地的再分配。可分为内扇、中扇及外扇亚相,中扇是深水浊积扇的主体,发育辫状水道和水道间微相。内扇和外扇亚相分布范围窄。

(3)浊积扇砂体被生油岩包裹并有良好的运移通道,具备优越的成藏条件,可形成岩性油藏或构造-岩性复合油藏。

参考文献:

[1]　STOW D A V, MIKE M. Deep-water sedimentary systems: New models for 21st century[J]. Marine and Petroleum Geology, 2000, 17(2): 125-135.

[2]　GALLYOWAY W E. Siliclastic slop and base of slop depositional systems: component of facies, stratigraphic architecture, and classification[J]. AAPG Bulltin, 1998, 82(4): 569-595.

[3]　彭大钧,庞雄,黄先律,等. 南海珠江深水扇系统的形成模式[J]. 石油学报. 2007, 28(5): 7-11.

[4]　庞雄,申俊,袁立忠,等. 南海珠江深水扇系统及其油气勘探前景[J]. 石油学报. 2006, 28(5): 11-15.

[5]　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.

[6]　雷怀玉,邹伟宏,王连军,等. 岔西地区浊积岩的发现及其油气勘探意义[J]. 沉积学报. 1999, 17(1): 89-94.

[7]　高飞,王萍,游兴友,等. 史南地区浊积岩油藏描述[J]. 油气地质与采收率. 2003, 10(1): 55-57.

[8]　张满郎,朱筱敏,张琴. 准噶尔盆地阜东斜坡区侏罗系沉积特征[J]. 沉积于特提斯地质, 2000, 20(4): 60-70.

[9]　SAHU B K. Depositional mechanisms from the size analysis of clastic sediments[J]. J Sed Petro, 1964, (34): 73-83.

[10]　张琴,朱筱敏,张满郎. 准噶尔盆地阜东斜坡区侏罗系地震相

研究[J]. 石油大学学报(自然科学版). 2001, 25(1): 72—76.
[11] 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.
[12] 张琴, 张满郎, 朱筱敏, 等. 准噶尔盆地阜东斜坡区侏罗纪物源分析[J]. 新疆石油地质. 1999, 20(6): 501—504.
[13] 张琴, 朱筱敏, 张满郎, 等. 准噶尔盆地阜东斜坡区侏罗系层序地层格架的建立[J]. 沉积学报. 2001, 19(4): 575—580.
[14] 常迈, 刘震, 梁全胜, 等. 准噶尔盆地阜东斜坡带中上侏罗统岩性圈闭形成条件及成藏主控因素分析[J]. 西安石油大学学报(自然科学版) 2007, 22(6): 20—23.
[15] 梁全胜, 常迈, 韩军. 阜东斜坡带中上侏罗统疏导系统发育特征及油气运聚模式分析[J]. 西安石油大学学报(自然科学版). 2006, 21(4): 29—32.

Deep-water turbidite fan deposits and their significance for the oil-gas exploration in the eastern Fukang slope zone, Junggar basin, Xinjiang

LIU Ya-ying, XU Huai-min[1], LI Lin[2], HUANG Yun[2]
(1. School of Resources and Information Technology, China University of Petroleum, Beijing 102249, China; 2. Xinjiang Oil Field Company, PetroChina, Urumqi 830011, Xinjiang, China)

Abstract: The integration of lithologic assemblage, core, grain size and seismic reflection data on the Jurassic strata in the Sangonghe Formation in the eastern Fukang slope zone, Junggar Basin, Xinjiang has disclosed that the reservoir sandstones dominantly consist of turbidites including grey mudstone, grey medium- to coarse-grained sandstone intercalated with sandstone and conglomerate with low compositional and textural maturity and typical Bouma sequences. The turbidite fans in the study area resulted from the redeposition of the unstable delta front sandy sediments in the slope break zone and deep-water basin, and may be highly prospective for the oil-gas exploration.

Key words: Junggar Basin; deep-water turbidite fan; sedimentary model; oil-gas exploration