

文章编号:1009-3850(2011)02-0043-06

鄂尔多斯盆地延长组坡折带演化 及其对砂体的控制作用 ——以延长组长6油层为例

胡海涛¹, 张忠义², 喻建³, 宋江海¹, 孙勃¹, 刘丽丽⁴, 薛俊林⁴

(1. 长庆油田公司第七采油厂, 陕西 西安 710016; 2. 长庆油田公司勘探开发研究院, 陕西 西安 710021; 3. 长庆油田公司勘探部, 陕西 西安 710021; 4. 长庆油田公司低渗透油藏第一项目部)

摘要: 本文在研究鄂尔多斯盆地构造与沉积背景基础上, 通过古水深恢复、地层厚度统计、沉积相组合分析、地震剖面解释等方法, 识别出盆地内部有四条沉积坡折带。坡折带的发育受湖盆地形控制。东北部发育三条多级缓坡折带, 西南发育一条陡坡折带, 分别控制着研究区三角洲前缘砂体和西南浊积砂体的展布形态。随着沉积中心的迁移和沉积相演化, 坡折带和砂体规模在长6不同时期都有所变化。

关键词: 鄂尔多斯盆地; 坡折带; 三角洲前缘砂体; 滑塌浊积岩

中图分类号: P512.2

文献标识码: A

近年来, 随着鄂尔多斯盆地中生界石油勘探的不断深入, 勘探领域逐渐转向湖盆的拗陷部位, 勘探难度越来越大, 随之出现的难题也越来越多。作为盆地主力勘探目的的长6油层, 其坡折带特征及其如何控制砂体分布等问题, 一直困扰着勘探部署。为了更好地指导石油勘探部署, 提高钻井成功率, 特开展此项研究。

1 盆地构造与沉积背景

鄂尔多斯盆地中生界是典型的稳定克拉通内拗陷型湖盆沉积, 其现今构造形态总体显示为一东翼宽缓, 西翼陡倾的不对称大向斜。晚三叠世盆地向东南开口, 呈现北翼宽缓, 南翼较陡, 沉积厚度北薄南厚, 沉积物粒度北粗南细的特点^[1]; 盆地内东西分异比较明显, 从西向东依次为: 强烈沉降的平凉-石沟驿-汝箕沟近南北向大型拗陷带, 最厚达

2400m以上; 向东为狭窄的鄂托克前旗-盐池-环县-千阳南北向潜隆带, 其上沉积厚度减薄了400~600m; 再向东则为安塞-铜川拗陷, 沉积厚度1100m以上, 广泛分布浊积岩。

鄂尔多斯盆地是在晚三叠世构造背景基础上形成的, 具有多向性物源, 但东北方向和西南方向占主导地位。在盆地南部, 延长组早期由于盆地边缘不均衡拉张下陷, 盆地边缘斜坡带上形成了许多阶梯状同生断陷带, 坡降大, 不稳定, 并且水体深, 在宁县-旬邑-耀县-铜川一带形成浊积砂体。盆地西南缘河流体系活跃, 沉积物以强牵引流搬运为主, 并且物源供给充足, 由于坡度较大, 以辫状河三角洲沉积为主, 冲积扇、扇三角洲共存; 盆地北部及东部坡度较缓主要发育缓坡曲流河三角洲沉积体系。受东北方向物源控制的曲流河三角洲体系, 在湖盆不同演化阶段分别发育浅覆水型三角洲和

收稿日期: 2010-08-02; 改回日期: 2010-09-17

作者简介: 胡海涛(1970-), 男, 长庆油田公司第七采油厂 副总地质师

深水盆地型两种类型,前者三角洲水下沉积薄,平原亚相较宽,平原沼泽发育,分流河道流经距离长,砂体向盆地内部延伸远,但前缘亚相分布较局限,三角洲缺乏完整进积序列;后者是在深水盆地背景上发育起来的一种深水盆地型三角洲,进积序列厚而完整,主要在延安、黄陵以及庆阳西南一带发育。

2 沉积坡折带识别

近几年,通过对湖盆中部延长组厚砂体成因的分析,目前普遍认为厚层砂体的形成主要受深水坡折带的控制^[2]。由于湖盆中部构造稳定,坡度平缓,因此从成因上看该类坡折带属沉积坡折带。通

过古水深恢复、地层厚度统计、沉积微相组合类型分析、基准面旋回、可容纳空间与沉积物供给量比值分析等方法^[3],识别出鄂尔多斯盆地晚三叠世延长组发育四条沉积坡折带。

另外,根据过钻井地震剖面特征也可以识别坡折带,主要表现为地层厚度的突然变化。在地震剖面上一般与前积反射的顶部相对应,表现为反射时间厚度显著增大,具有明显的“S”型前积结构、超覆和削截现象,并于坡折带底部发育有低位域沉积,超覆在层序界面之上。如北东向的04GLQ03B地震剖面,可以清晰看出上超现象以及多级坡折的存在(如图1)。

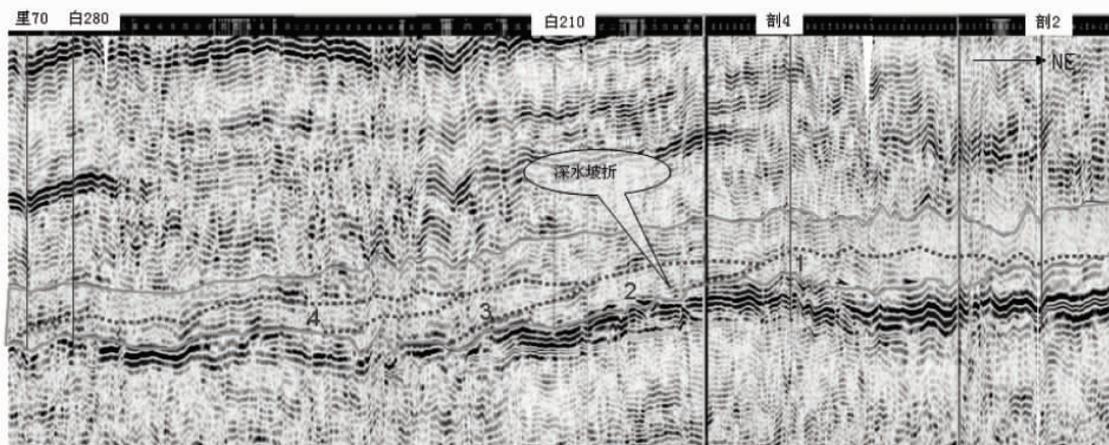


图1 多井地震剖面常规解释图

Fig. 1 Conventional interpretation for the seismic profiles through several wells

3 坡折带演化及展布特征

鄂尔多斯盆地晚三叠世延长组长6坡折带结构在平面上以斜交结构和平行结构为主,整体上西南坡折带处于稳定状态,北东坡折带由于是多级坡折带,地形相对平缓,变化的概率相对较大。

长6₃期,湖盆发育四条坡折带,其中垂直北东向物源方向有三条坡折线,分别是靖边-子长坡折带,宽度保持在20km左右,坡折带坡度2°左右;定边-安边-安塞坡折带,这条坡折带坡度两头向中间减缓,坡度在1.5-3°之间,宽度在15~30km左右,在陕73井处最宽;姬塬-王盘山-吴起-高桥坡折带,宽度15~40km,由西向东逐渐加宽,属于典型水下坡折带,几乎平行于深湖界限,坡折坡度相对较缓,向两侧都保持相对平稳状态,坡折带坡度也相对均匀,但是坡度大于前两条坡折带坡度,一般为3~4°,在华庆地区发育不明显。垂直于西南物源方向确定出一条坡折带,为环县-贺旗-孟坝-庆阳-宁县-正宁-宜君坡折带,属于单一坡折

即陡坡类型,坡度比较陡;宽度在15~25km左右,向中间变窄,坡度在3.5~5.5°间。

长6₂期,由于湖盆的进一步萎缩,马家山-吴起-张岔坡折带由马家山向湖盆中心方向推移至姬塬;定边-安边坡折带向沉积中心方向推移;靖边-子长坡折带局部向物源方向迁移。长6₁期,湖盆有所扩大,四条坡折都分别有所改变,靖边-子长坡折带局部向沉积中心方向迁移;定边-安边坡折带恢复到长6₃期位置;姬塬-吴起-张岔坡折带出现交叉组合坡折带;环县-贺旗-孟坝-庆阳-宁县坡折带在上里塬-庆阳地区出现交叉组合,整体坡度有所减低。

4 坡折带组合特征

根据坡折带在平面和剖面上的分布特征,湖盆中部、北东部由于地层倾斜度较平稳,属于缓坡型坡折带,为多级坡折带。剖面上具有正向阶梯组合和逆向阶梯组合模式;盆地西南部坡度比北东部大,属于陡坡型坡折带。在剖面上主要以正向阶梯

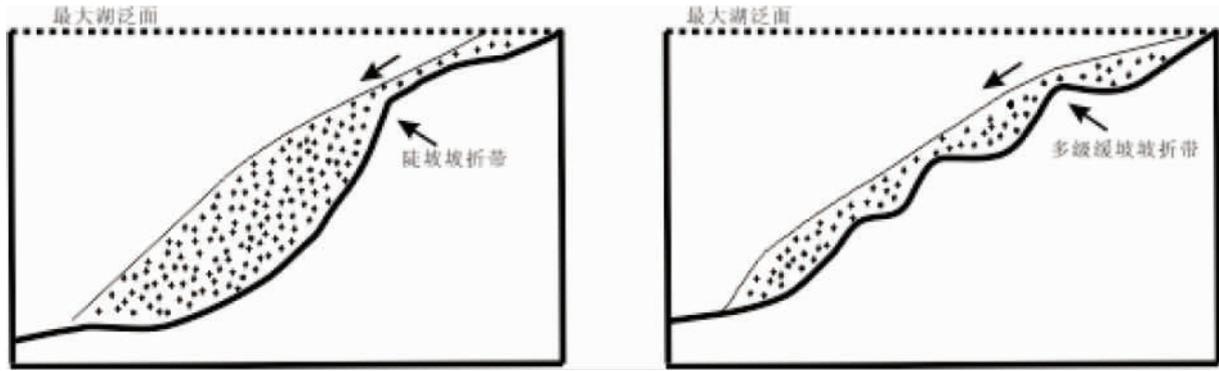


图2 鄂尔多斯盆地延长组西南陡坡坡折及北东缓坡坡折模式图

Fig. 2 Models for the steep slope break in the southwestern part and ramp breaks in the northeastern part of the Ordos Basin

组合为主(如图2)。

在平面上,北东坡折带发育平行组合样式和梳状组合模式,西南坡折与东北部深水坡折发育斜交组合模式(如图3)。

5 坡折带对储集砂体的控制作用

构造沉降、水平面变化、沉积物供应、气候变化和压实作用等控制着盆地内可容纳空间的变化,影响着不同体系域的发育。不同坡折带样式控制着砂体的形态及分布样式,其总的特征是盆缘沟谷控制着扇体发育的位置,坡折带坡度控制着砂体的厚度,砂体的展布方向受控于坡折带的走向。

剖面形态组合样式		平面形态组合样式	
正向阶梯状组合		平行组合	
逆向阶梯状组合		梳状组合	
		斜交组合	

图3 鄂尔多斯盆地延长组坡折带剖面及平面模式

Fig. 3 Profile and planar patterns for the slope breaks in the Yanchang Formation, Ordos Basin

鄂尔多斯盆地延长组湖盆中部主要有两种沉积砂体,其中北东方向地形坡度较缓发育三角洲沉积砂体,西南方向地形坡度较陡,水体深,主要发育浊积砂体。本文通过分析延长组湖盆中部长6油层可容纳空间与沉积物供给比值(A/S)在时间域和空间域的变化,研究沉积坡折带对长6油层储集砂体的控制作用。

5.1 坡折带对三角洲前缘砂体的控制作用

鄂尔多斯盆地晚三叠世湖盆东北部发育多级缓坡坡折带,沿着缓坡平行状、梳状和斜交状展布。坡折带之下发育低位三角洲前缘和下水扇砂体,坡折带之上发育下切水道砂体。这些砂体的发育部位与盆缘沟谷有一定对应关系,砂体厚度受坡折带

的控制。坡折带基本位于浪击面的波及范围,长期接受湖岸流、波浪的侵蚀与改造作用,受基准面控制(如图4),因此,在坡折带发育水侵体系域和高水位体系域沉积。按断面、断阶面、转换带在平面的组合方式,北东坡折带具有3种砂体控制模式:缓坡平行状组合沉积坡折带、梳状同沉积构造坡折带、斜交状组合坡折带(如图5、图6)。

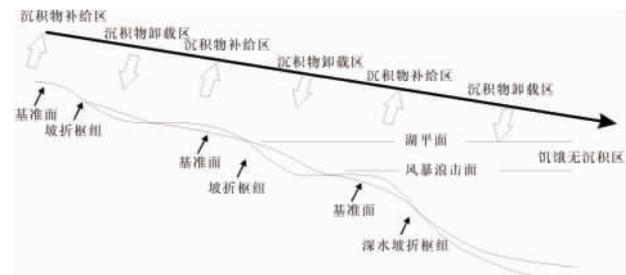


图4 鄂尔多斯盆地北东缓坡坡折带 A/S 的变化与沉积物体积分配模式

Fig. 4 Model showing the variations in A/S ratios and distribution of sediment volumes in the ramp breaks in the northeastern part of the Ordos Basin

长6₃沉积期:定边-安边-安塞一线的坡折带,从西向东逐渐消失,坡折带坡度在2~3°之间,向两头坡度减小,坡折逐渐消失,坡折带宽度在定边地区为25km左右。砂体控制模式以三角洲前缘砂体模式为主,由于坡度较缓,同时受到湖水淘洗等因素,坡折上的砂体沉积较薄,一般为5~15m,深切谷砂体厚度为20~25m,坡度较缓处地层厚度变化不明显。

马家山-王盘山-吴起-西河口-甘泉一线的坡折带处于深湖区域,平行于深湖线,属于水下坡折带。该坡折带在西河口处消失,从东向西坡折带宽度逐渐增加,最宽达30km以上,坡度逐渐增大,平均坡度为3~4°,最大处位于马家山-王盘山



图5 缓坡平行状坡折带砂体控制示意图

Fig. 5 Sketch to show the controls of sandstones along the parallel ramp breaks

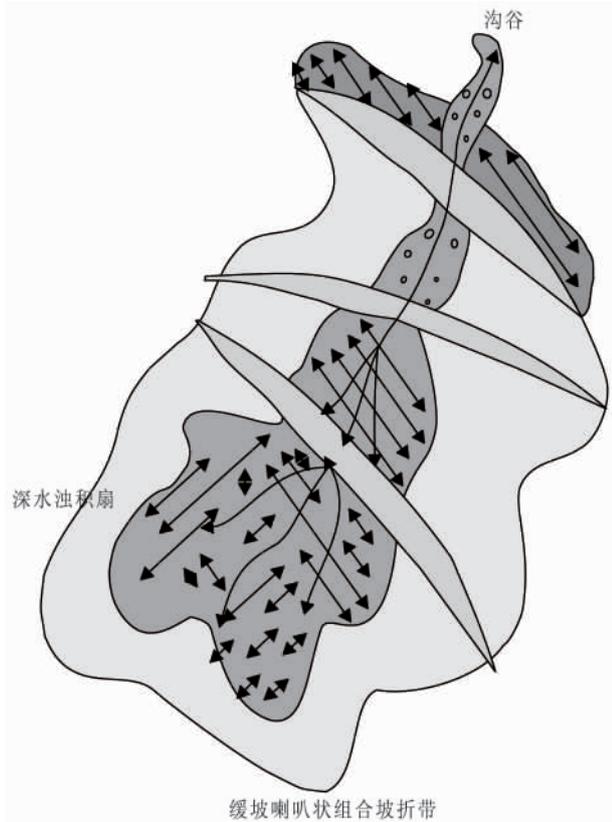


图6 缓坡喇叭状坡折带砂体控制示意图

Fig. 6 Sketch to show the controls of sandstones along the trumpet ramp breaks

一带 坡度为 5°, 然后逐渐消失。整条坡折带处砂体控制模式属于三角洲前缘浊积砂体控制模式, 因此, 华庆地区浊积砂体与西南砂体连成一片, 形成较厚的浊积砂体, 砂体厚度 20 ~ 35m。

长 6₂ 期基本继承了长 6₃ 的沉积特征, 只是由于湖盆萎缩, 砂体沉积以前积为主, 导致坡折带向湖心方向移动, 以安定 - 安塞坡折带最为明显, 直接与北东深水坡折带在马家山地区结合, 形成斜交状坡折带。长 6₁ 期, 由于湖盆有所增大, 砂体沉积以加积为主, 导致坡折带向物源方向移动, 以安定 - 安塞坡折带最为明显, 恢复了长 6₃ 期模式, 但砂体规模相对较小, 并且在北东缘深水坡折带的姬塬地区形成梳状组合坡折带。其中定边 - 安边 - 安塞一线坡折带在安定区域坡折向物源方向移动, 因此坡折带坡度 2 ~ 5°, 变化较大。坡折带宽度在定边地区为 26km 左右。砂体控制模式以三角洲砂体模式为主, 坡折上的砂体沉积较薄, 一般为 10 ~ 20m, 深切谷砂体厚度为 15 ~ 25m。

5.2 坡折带对浊积砂体的控制作用

长 6 期, 研究区西南部主要为深水浊流沉积, 仅发育一条坡折带, 且坡折带属陡坡型坡折, 坡度明显大于北东部的坡度。长 6 期靠近西南缘深湖地区的浊积砂体, 很大程度上是由于陡坡坡折带的因素影响, 在坡折带斜坡位置特别是坡度骤减的低部位是发育低位域砂体的部位, 也是形成岩性油气藏的有利部位。根据坡折带的特征, 陡坡坡折带控制了前积砂体的方向、动力以及延伸程度, 对深湖区的岩性油藏形成具有促进作用(图 7)。在以上分析基础上, 总结出西南坡折带对砂体的控制模式有两种: 一种是梳状同沉积构造坡折带, 如上里塬 - 庆阳地区坡折带; 一种是陡坡斜交组合坡折带, 如庆阳 - 宁县地区坡折带(如图 8、9)。

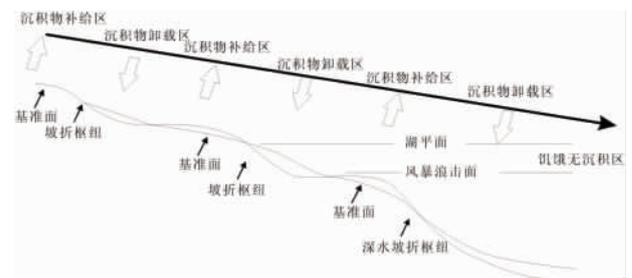


图7 鄂尔多斯盆地西南陡坡坡折带 A/S 的变化与沉积物体积分配

Fig. 7 Model showing the variations in A/S ratios and distribution of sediment volumes in the steep slope break in the southwestern part of the Ordos Basin

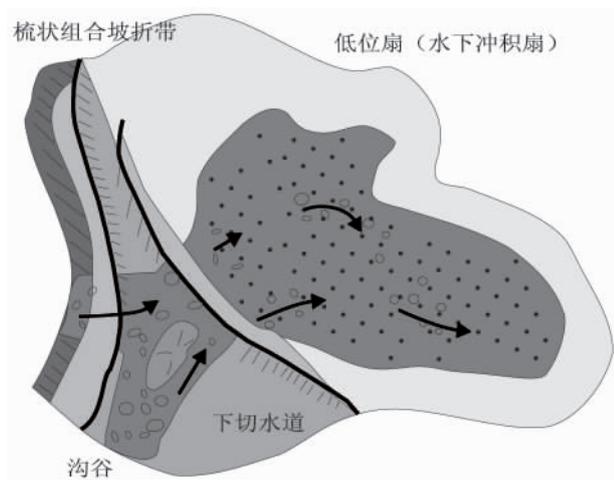


图8 梳状同沉积构造坡折带砂体控制示意图

Fig. 8 Sketch to show the controls of sandstones along the comb syn depositional slope breaks

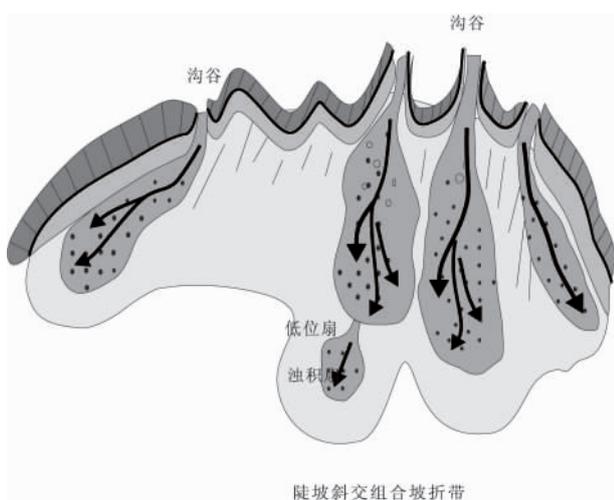


图9 陡坡斜交组合坡折带砂体控制示意图

Fig. 9 Sketch to show the controls of sandstones along the cross steep slope break

长 6_3 期,西南缘坡折带为木钵-桐川-庆阳-正宁一线坡折带,盆地南面最宽为20~30km,向中间变窄,向北到木16井时坡度最大,为 5.25° ;向东坡折带逐渐尖灭,坡折带收缩至10km以内。沿着坡折带展布方向,环县-上里塬-庆阳-宁县-正宁一线砂体厚度均匀,均为5~15m,延伸至深湖区域,砂体厚度增加到10~25m,形成巨厚的浊积砂体。因为在环县地区坡度最大,因此在深水区域形成的浊积砂体厚度达到25m以上;正宁地区坡折带坡度次之,浊积砂体厚度也达到25m。

长 6_2 期,坡折带宽度变大,最宽为30~40km,坡度变小,最大为 4.6° ,坡折带收缩至15km以内。在环县-上里塬-庆阳-宁县-正宁一线砂体厚

度均为5~10m,正宁地区坡折带坡度达到 4° ,浊积砂体厚度也达到25~30m。长 6_1 期,西南坡折带基本保持了长 6_1 期坡折带的特征,坡折带宽度有一定变化,中间最窄为15km,向两边变宽,向东坡折带逐渐变宽,最大宽度为30km。

6 结论

(1) 鄂尔多斯盆地延长组长6期发育4条沉积坡折带:东北部发育3条缓坡多级坡折带,西南发育一条陡坡坡折带。其受湖盆地形起伏、沉积中心迁移和沉积环境演化等因素控制,4条坡折带在长6的不同时期都有所变化;

(2) 坡折带的存在控制了低位时期沉积物在盆地各沉积亚相的分配,研究区东北部坡折带之下发育低位三角洲前缘和水下扇砂体,坡折带之上发育下切水道砂体;

(3) 坡折角度是控制滑塌浊积砂岩的一个重要因素,西南部坡度大,在坡折带斜坡位置,特别是坡度骤减的低部位是发育低位域砂体的部位,也是形成岩性油气藏的有利部位。

参考文献:

- [1] 长庆油田石油地质志编写组. 中国石油地质志(12) [M]. 北京: 石油工业出版社, 1992.
- [2] 惠潇, 张海峰, 张东阳, 等. 鄂尔多斯盆地延长组湖盆中部长6厚层砂体成因分析[J]. 中国地质, 2008, 35(3): 482-488.
- [3] 李树同, 王多云, 王彬, 等. 坳陷型湖盆缓坡边缘沉积坡折带的识别——以鄂尔多斯盆地三叠纪延长长期沉积坡折带为例[J]. 天然气地球科学, 2008, 19(1): 83-88.
- [4] 刘晖, 操应长, 徐涛玉, 等. 沉积坡折带控砂的模拟实验研究[J]. 山东科技大学(自然科学版), 2007, 26(1): 34-37.
- [5] 吕大炜, 李增学, 孙静, 等. 浅析陆相湖盆坡折带理论及其对沉积的控制[J]. 大庆石油地质与开发, 2008, 27(3): 70-72.
- [6] 刘豪, 王英民, 王媛. 坳陷湖盆坡折带特征及其对非构造圈闭的控制[J]. 石油学报, 2004, 25(2): 48-53.
- [7] 刘豪, 王英民, 王媛, 等. 大型坳陷湖盆坡折带的研究及其意义——以准噶尔盆地西北缘侏罗纪坳陷湖盆为例[J]. 沉积学报, 2004, 22(1): 95-102.
- [8] WANG YINGMIN, LIU HAO, XIN RENCHEN et al. Lacustrine Basin Slope Break - A New Domain of Strata and Lithological Trap Exploration [J]. Petroleum Science, 2004, 1(2): 55-61.
- [9] 胡宗全, 朱筱敏. 具有地形坡折带的坳陷湖盆层序地层模拟[J]. 沉积学报, 2002, 20(2): 217-221.
- [10] 王颖, 王晓州, 王英民. 陆坡研究成果对湖盆坡折带研究的启示[J]. 内蒙古石油化工, 2008, 7期: 13-17.
- [11] 刘忠保, 龚文平, 张春生, 等. 坡折带上深切谷的形成及发育沉积模拟试验研究[J]. 石油天然气学报, 2006, 28(6): 32

- 34.
- [12] 张关龙,陈世悦,鄢继华,等.三角洲前缘滑塌浊积体形成过程模拟[J].沉积学报,2006,24(1):50-55.
- [13] 李凤杰,王多云,宋广寿,等.陕甘宁盆地坳陷型湖盆缓坡带三角洲前缘短期基准面旋回与储层成因分析[J].沉积学报,2004,22(1):73-78.

Evolution and controls of the slope breaks on the Yanchang Formation sandstones in the Ordos Basin: An example from the Chang-6 oil measures of the Yanchang Formation

HU Hai-tao¹, ZHANG Zhong-yi², YU Jian³, SONG Jiang-Hai¹, SUN Bo¹, LIU Li-li⁴, XUE Jun-lin⁴

(1. No.7 Oil Production Plant, Changqing Oil Field Company, Xi'an 710016, Shaanxi, China; 2. Research Institute of Petroleum Exploration and Development, Changqing Oil Field Company, Xi'an 710021, Shaanxi, China; 3. Exploration Division, Changqing Oil Field Company, Xi'an 710021, Shaanxi, China; 4. Changqing Oil Field Company, Xi'an 710021, Shaanxi, China)

Abstract: Four slope breaks including three ramp breaks in the northeastern part and one steep slope break in the southwestern part of the basin have been distinguished on the basis of the integration of tectonic setting, sedimentary background, palaeobathymetry, stratigraphic thickness, sedimentary facies and seismic profiles. These slope breaks have exerted an influence on the distribution of delta-front sandstones and turbidity sandstones.

Key words: Ordos Basin; slope break; delta-front sandstone; fluxoturbidite