

文章编号: 1000-0550(2010)06-1076-05

滨浅海泥流沟谷识别标志、类型及沉积模式^①

——以莺歌海盆地东方1-1气田为例

李胜利¹ 于兴河¹ 谢玉洪² 陈志宏² 刘力辉³

(1. 中国地质大学 北京 100083; 2. 中国海洋石油有限公司湛江分公司 广东湛江 524057;

3. 诺克斯达石油科技有限公司 北京 100192)

摘要 在滨浅海沉积环境中有一类特殊的重力流水道沉积,名为泥流沟谷(mud flow gully)。泥流沟谷以泥岩充填为主,呈正韵律,厚度中等,往往切割其下部的砂体。在垂向上表现为泥流沟谷之下多为临滨或滨外的砂坝与滩砂,其上多为滨外泥沉积。泥流沟谷主要形成于滨浅海地形转折之处,由于构造事件的影响,导致塑性的尚未固结成岩的泥质沉积产生滑动,形成一种形态上类似下切河道的沟谷,在地形平缓之处,这些泥流又发生汇聚形成前端连片分布的特征。按泥流冲沟切割砂体的规模,可细分为“深”、“中”、“浅”三种类型,其中“深沟谷”表现为“深而宽”的特征,发育在地形坡折带,下切程度强;而“浅沟谷”呈现“浅而窄”的特点,发育在地形上游平缓带,下切程度弱。“中沟谷”下切深度介于“深”、“浅”两种沟谷之间,下切程度中等。泥流沟谷是储集砂体的侧向渗流屏障,浅沟谷往往分布在砂体中心部位,深沟谷分布在砂体边缘,中沟谷处于二者之间。受泥流沟谷的影响,砂坝砂体呈孤立状分布,同时由于夹层的影响使得砂体横向及垂向连续性与连通性变差。

关键词 滨浅海 泥流沟谷 临滨砂坝 沉积模式

第一作者简介 李胜利 男 1971年出生 副教授 博士 储层沉积学 E-mail: slli@cugb.edu.cn

中图分类号 P512.2 **文献标识码** A

0 前言

本研究所论述的泥流为沉积成因,并非地质构造中塑性流动的泥底辟。沉积物泥流并不简单等同于泥石流,通常所说泥石流也叫碎屑流,是四大类沉积物重力流之一,其沉积物粒径范围宽广,且多呈现砂泥混杂的特征。根据泥质含量的多少可将泥石流划分为富泥型与贫泥型^[1],其中富泥型即可称为泥流。泥流在我国的黄土高原地区主要现较多,因其流动物质主要为第四系黄土,结构疏松,质地较均一,以粉沙—泥级颗粒含量为主^[2]。

国内有关滨浅海区的泥流研究并不多见,目前主要集中于泥流物质成分^[3]、所造成的一些灾害^[5]等方面的研究,但对其成因研究较少;同时,在地质历史时期中对于泥流特征、成因研究就更鲜见了。在我国莺歌海盆地新近系沉积岩中有典型的泥流沟谷实例,其中在东方气田区的新统莺歌海组二段下临滨至滨外沉积区发育有非常清晰的以泥质充填物为主的、外形呈沟谷状的沉积,过去简称为冲沟,但一直缺

乏对其沉积成因与分布规律的研究,同时这些沟谷对储层分布会产生怎样的影响也是一个令人感兴趣的问题。需要说明的是这种泥流沟谷与富泥质的下切谷在成因上是不同的,下切谷通常由河道牵引流作用产生,在滨浅区,离岸远近不同时,其富砂、富泥性质不同,通常远离物源时,以富泥质的下切谷常见^[4]。

1 泥流沟谷识别标志与类型

1.1 主要识别标志

通过对东方1-1气田已钻遇沟谷的岩心与测井特征分析表明:该区泥流沟谷以泥岩充填为主,砂岩次之且呈薄层状,呈正韵律,厚度中等;测井曲线GR呈线形,接近泥岩基线,电阻率RILD均匀且为低值,底部多为突变,往往切割其下部的砂岩;垂向相序上表现为泥流沟谷之下多为临滨或滨外的砂坝与滩砂,其上多为滨外泥沉积(图1)。

在地震剖面上(图2)泥流沟谷具明显的沟谷特征,与钻遇沟谷的Well-B井对比可发现,井上GR曲线是典型泥岩的特征,因此沟谷内基本上以泥质充填

^①国家科技重大专项(2008ZX05056-002-02-01),中国地质大学(北京)海相储层演化与油气富集机理教育部重点实验室开放基金项目资助(EEL2008-6)。

收稿日期:2009-09-28; 收修改稿日期:2010-03-01

为主,而与之相邻井的 Well-A 与 Well-C 井位于沟谷边缘或其外,可见明显砂坝的特征,这样在横向上就形成了泥流沟谷与砂坝间或接触分布并使砂体易呈现孤立分布的特点。

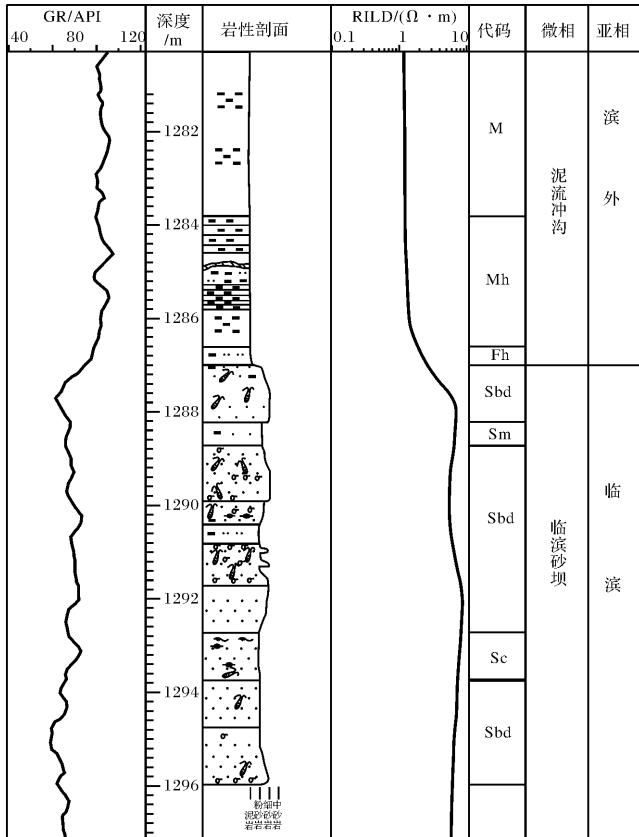


图 1 泥流沟谷、临滨砂坝岩相组合

(注: Fh - 水平层理粉砂岩, Mh - 水平层理泥岩, M - 块状泥岩, Sbd - 生物扰动砂岩, Sc - 复合层理砂岩, Sm - 块状砂岩)

Fig. 1 Lithofacies assemblage of mud flow gully and shoreface sandbar

(in which, Fh-fine to silt sandstone with horizontal bedding; Mh-mudstone with horizontal bedding M-mudstone with massive structure; Sbd-sandstone with bioturbate disturbing; Sc-sandstone with composite bedding; Sm - sandstone with massive structure

1.2 泥流沟谷分类

按泥流沟谷切割砂体的规模大小,可进一步将其细分为“深”、“中”、“浅”三种类型(图 3)。其中“深沟谷”垂向上表现出“深而宽”的特征,多发育在两个砂体之间或砂体边缘,对砂体冲蚀程度强。“浅沟谷”则呈现出“浅而窄”的特点,多发育在砂体中心部位,对砂体冲蚀程度弱;而“中沟谷”对砂体冲蚀作用介于“深”、“

“浅”沟谷之间,对砂体分割也不彻底(图 3A)。

“深”、“中”、“浅”三种沟谷不同类型的泥流沟谷主要与形成时的地形坡度及能量大小有关,一般浅沟谷在地形较缓处出现,能量较小;而中、深沟谷在地形坡度较陡、地形突变处易出现,同时其能量相对较大。

2 泥流沟谷沉积成因与模式

2.1 滨浅海泥流沟谷的沉积成因

一般来说,泥流的固态物质主要来自于沟谷上段的滑坡、崩塌等的重力侵蚀或沟床冲刷的水力侵蚀^[6]。在滨浅海地形转折之处,由于构造事件的影响,导致这些塑性的尚未固结成岩的泥质沉积产生滑动,形成一种形态上类似下切河道的沟谷,在地形平缓之处,这些泥流又发生汇聚形成前端连片分布的特征(图 4)。

不同类型的泥流沟谷形成有一定的成因顺序,浅沟谷形成略早于中、深沟谷,是泥流形成的初始阶段,表现为多分支、小规模的特点;接着在地形突变与突发构造事件作用下,浅沟谷发生汇聚又产生中、深沟谷;最后在相对较平缓地带由于流速变缓又形成面积较大的泥流沉积(图 3B、图 4)。

2.2 研究区泥流沟谷的沉积模式

东方 1-1 气田总体上位于临滨与滨外沉积转换地带,总体远离沉积物源,以细粒的粉、细砂及泥质沉积物为主,为成岩程度较低的弱固结砂、泥岩组合,这为泥流的形成奠定了物质基础。同时,本区受泥底辟构造影响强烈,由于泥底辟热流体上侵活动强烈^[9,10],这客观上为该区海底表面泥流的形成提供了动力与坡度条件;海平面上升形成的细粒泥质沉积是泥流的物质来源,构造事件诱使泥底辟构造产生,这两者相结合使本区泥流得以形成,由于泥流形成时沉积固结程度差,这使密度低的泥质沉积物能够较易冲蚀砂质沉积物从而形成沟谷(图 5),而先期末固结或弱固结的富砂质沉积体随之遭受侵蚀。

泥流在地势较高坡度变化大的地方下切作用强,其横向延伸距离小,形成一些冲蚀沟谷;而到了相对较平坦的地区就开始流速变缓并进行汇集,形成面积较大的沉积,因此泥流总体具“头大尾小”的分布特征,被泥流改造的砂质体则逐渐形成相对孤立的临滨与滨外砂坝(图 5),这使砂坝本身连续性受到破坏,同时也使砂坝与砂坝之间的连通性变差,对储层的分布与储量规模也产生影响。

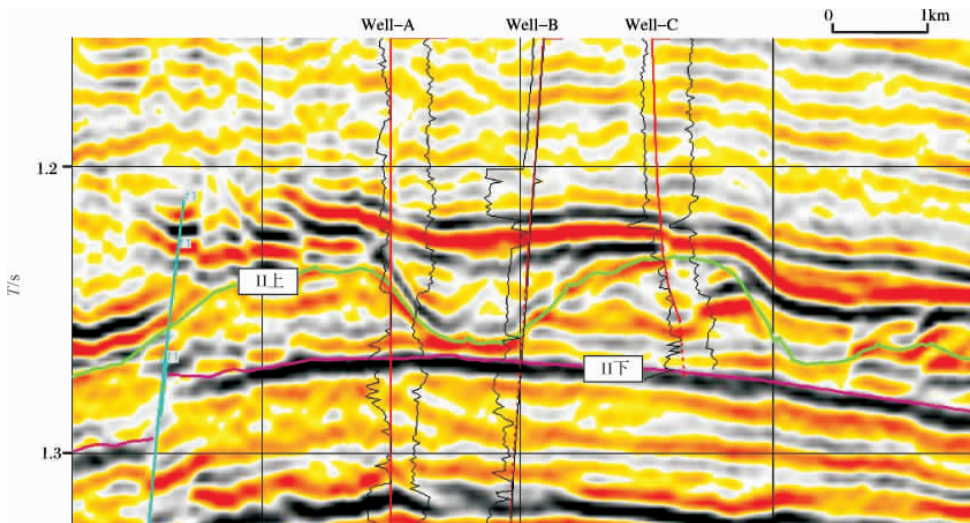


图2 泥流沟谷地震剖面反射特征(注:图中各井左侧的测井曲线为GR 右侧为RILD)
Fig.2 Seismic reflection characteristic of mud flow gully

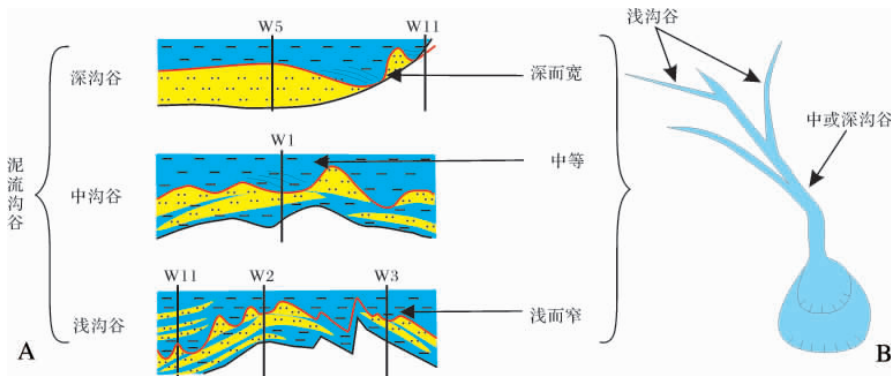


图3 东方1-1 气田莺二段泥流沟谷分类图
Fig.3 Types of mud flow gully in 2nd Member of Yinggehai Formation in Dongfang1-1 gas field

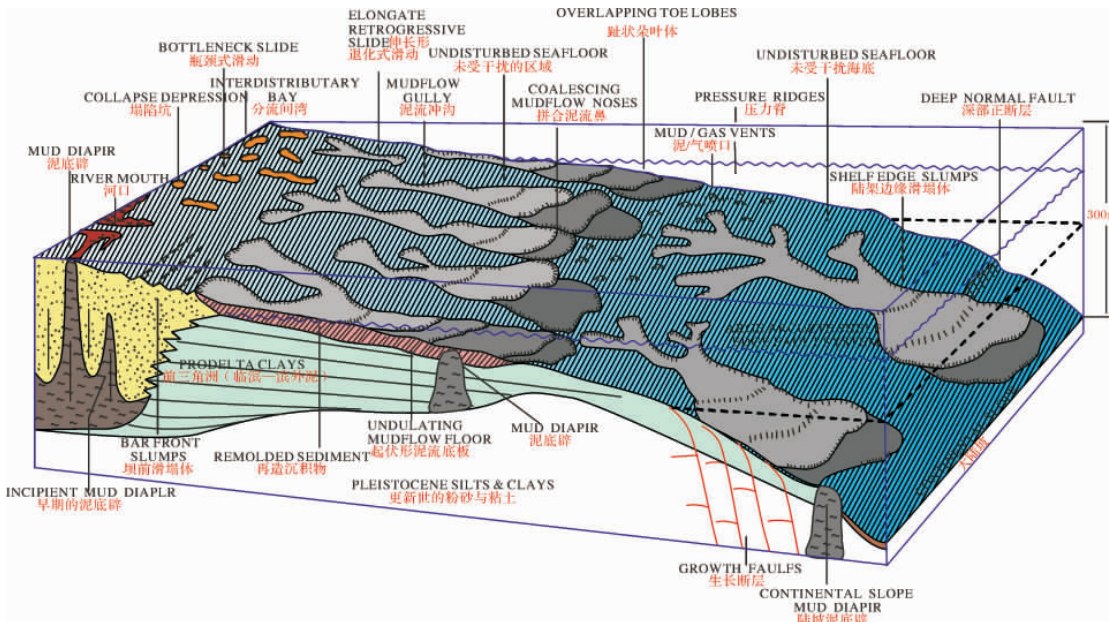


图4 墨西哥湾水下典型沉积类型分布^[7,8]
Fig.4 Typical sub-aquifer sedimentary distribution in Mexico Gulf
(According to Yu Xinghe, 2008; Coleman J M, 1976)

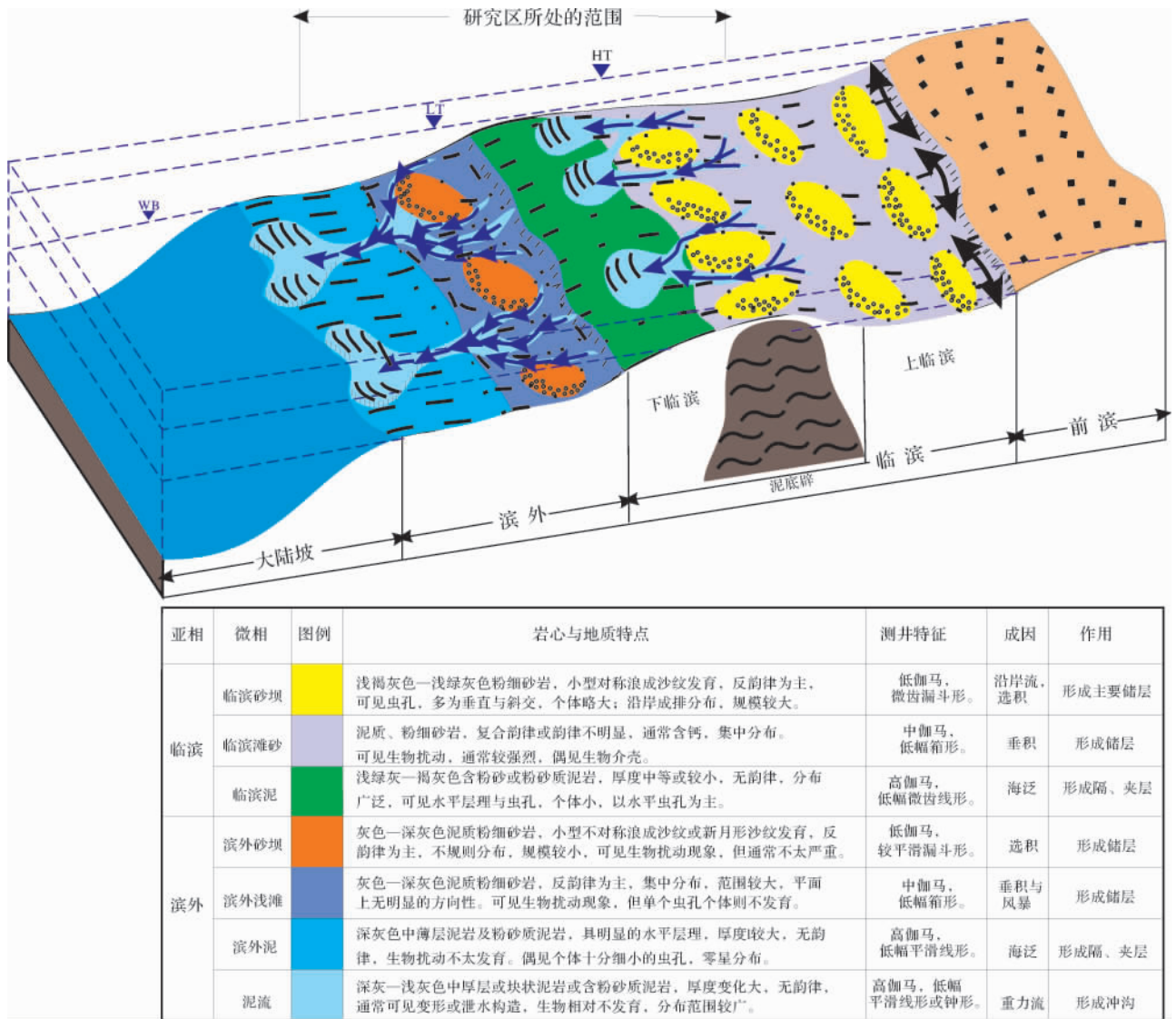


图 5 东方 1-1 气田莺二段沉积相模式

注: HT - 平均高潮面, LT - 平均低潮面, WB - 浪基面

Fig. 5 Sedimentary facies model of 2nd Member of Yinggehai Formation in Dongfang 1-1 gas field in which:

HT - high tidal line(average) , LT - low tidal line(average) , WB - wave base

3 结论

泥流是一种低密度富含泥质沉积物的重力流, 其多形成于沉积物固结程度不高、泥质沉积丰富的地区。在一定诱发机制作用下产生的泥流首先形成下切沟谷, 对先期沉积物有改造作用。因此, 泥流对弱固结成岩的细粒储层的连续性与连通性有影响, 识别并刻画它们的垂向与平面特征对评价储层的分布与非均质性有重要作用。

参考文献 (References)

- 冯增昭, 王英华, 刘焕杰, 等. 中国沉积学 [M]. 北京: 石油工业出版社, 1994 [Feng Zengzhao, Wang Yinghua, Liu Huanjie, et al. Sedimentology in China [M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 1994]
- 赵之旭, 聂福彪, 张万福. 黄土塬区沟道流域泥流的形成因素与防治对策 [J]. 防护林科技, 2005, 5: 33-35 [Zhao Zhixu, Nie Fubi-ao, Zhang Wanfu. Forming factors and controlling countermeasures of debris flow of gully valley in plateau loess [J]. Protection Forest Science and Technology, 2005, 5: 33 - 35]
- 肖尚斌, 李安春. 东海内陆架泥区沉积物的环境敏感粒度组分 [J]. 沉积学报, 2005, 23 (1), 122-129 [Xiao Shangbin, Li An-

- chun. A study on environmentally sensitive grain-size population in inner shelf of the East China Sea [J]. *Acta Sedimentologica Sinica*, 2005, 23(1), 122-129
- 4 Edward Cotter, Steven G Driese. Incised-valley fills and other evidence of sea-level fluctuations affecting deposition of the Catskill Formation (Upper Devonian), Appalachian foreland basin, Pennsylvania [J]. *Journal of Sedimentary Research*, 1998, 68: 347-361
- 5 王立忠, 缪成章. 慢速滑动泥流对海底管道的作用力研究 [J]. *岩土工程学报*, 2008, 30(7): 982-987 [Wang Lizhong, Miao Chengzhang. Pressure on submarine pipelines under slowly sliding mud flows [J]. *Chinese Journal of Geotechnical Engineering*, 2008, 30(7): 982-987]
- 6 舒安平, 费祥俊, 刘青泉. 非均质泥流的输移特性 [J]. *水利学报*, 2003, 7: 46-51 [Shu Anping, Fei Xiangjun, Liu Qingquan. Characteristics of non-uniform muddy flow transportation [J]. *Shuili Xuebao*, 2003, 7: 46-51]
- 7 于兴河. 碎屑岩系油气储层沉积学 [M]. 北京: 石油工业出版社, 2008 [Yu Xinghe. *Hydrocarbon Reservoir Sedimentology* [M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 2008]
- 8 Coleman J M. *Deltas: Processes of Deposition and Models for Exploration* [M]. Champaign: Continuing Education Publ Corp., Inc. 1976: 102,
- 9 王振峰, 何家雄, 解习农. 莺歌海盆地泥-流体底辟带热流体活动对天然气运聚成藏的控制作用 [J]. *地球科学-中国地质大学学报*, 2004, 29(2): 203-210 [Wang Zhenfeng, He Jiaxiong, Xie Xiong. Heat flow action and its control on natural gas migration and accumulation in mud fluid diapir areas in Yinggehai basin [J]. *Earth Science (Journal of China University of Geosciences)*, 2004, 29(2): 203-210]
- 10 何家雄, 夏斌, 刘宝明, 等. 莺歌海盆地泥底辟热流体上侵活动与天然气及 CO₂ 运聚规律剖析 [J]. *石油实验地质*, 2004, 26(4): 349-358 [He Jiaxiong, Xia Bin, Liu Baoming, et al. Analysis on the upintrusion of thermal fluid and the migration and accumulation rules of natural gas and CO₂ in the mud diapers of the Yinggehai Basin [J]. *Petroleum Geology & Experiment*, 2004, 26(4): 349-358]

Mud Flow Gully Identification Mark, Type and Depositional Model in the Littoral and Neritic Marine: A case study of Dongfang1-4 gas field in Yinggehai Basin

LI Sheng-li¹ YU Xing-he¹ XIE Yu-hong² CHEN Zhi-hong² LIU Li-hui³

(1. China University of Geosciences, Beijing 100083;

2. Zhanjiang Division of CNOOC, Zhanjiang, Guangdong 524057; RockStar Petroleum Science and Technology Ltd, Beijing 100192)

Abstract In the littoral and neritic sedimentary environment, there is a special kind of gravity-flow deposition, known as mud flow gully. Mudflow gully filled with mudstone mainly positive rhythm, the thickness of the middle, often incised the sand body below it. Vertically, the mud flow gully was often underlain by shoreface or offshore sandbar and beach sand and overlain mostly by offshore mudstone deposition. Mud flow gully mainly formed at the topography transition area of shore and offshore, due to the tectonic events which resulted in slumping of plastic, low diagenetic consolidation fine-grained sediment and forming a gully shape similar to incised valley. Finally, in the gentle terrain, those mud flows began to afflux and generate contiguous cluster distribution characteristics. According to the size of incising sand body, mud flow gully can be classified into "deep", "middle" and "shallow" three types. In which, "deep gully" performed for the "deep and wide", mainly developed in the terrain slope-break area and incised the sand body deeply; while "shallow gully" presented "shallow and narrow", appeared mainly in the upper area of flat terrain with a lower level of a weak cut; meanwhile, "middle gully" cutting degree was between deep and shallow depth. Mud flow gully was the lateral seepage barrier for reservoir sand bodies, and usually, shallow gullies were often found in the center of sand body, deep gullies were located in the edge of the sand body and middle gullies were between such two. Influenced by the mud flow gullies, sand bars were isolated and at the same time, because of the impact of intercalation mudstone, sand body's lateral and vertical continuity and connectivity became worse.

Key words littoral and neritic marine; mud flow gully; shoreface sand bar; depositional model