2019年8月，第25卷，第4期，568-577页
August 2019，Vol. 25，No.4， pp. 568-577

高 校 地 质 学 报
Geological Journal of China Universities

DOI: 10.16108/j.issn1006-7493.2019012
引用格式：魏恒飞，关平，王鹏，吴颜雄，李秋媛. 2019. 柴达木盆地滩坝沉积特征、成因及沉积模式：以扎哈泉地区上干柴沟组为例[J]. 高校地质学报，25（4）：568-577

柴达木盆地滩坝沉积特征、成因及沉积模式：以扎哈泉地区上干柴沟组为例

魏恒飞[1]，关 平[1]，王 鹏[2]，吴颜雄[2]，李秋媛[3]

1. 造山带与地壳演化教育部重点实验室，北京大学 地球与空间科学学院，北京 100871；
2. 青海油田公司 勘探开发研究院，敦煌 736202；3. 中国石油 大港油田研究院，天津 300280

摘要：文章在对600多米岩芯颜色、沉积构造、粒度分析、薄片等进行研究的基础上，分析了柴达木盆地扎哈泉地区滩坝沉积特征，研究了滩坝在层序地层格架中的分布及成因，建立了滩坝砂体沉积模式。结果表明，上干柴沟组滩坝单砂体厚度较薄，滩坝中发育较多典型的波浪作用形成的沉积构造，粒度概率累积曲线多以跳跃和悬浮两个总体为主。坝砂体主要发育于中长期基准面旋回的可容纳空间较大处，且多分布于短期基准面旋回上升半旋回可容纳空间较大处；滩主要发育于各级别基准面旋回中可容纳空间较小处。滩坝的形成与可容纳空间的大小及沉积水动力条件有关，在高可容纳空间条件下，水体较深，湖泊面积大，易形成大的湖浪和湖流，从而发育坝砂体。最后，根据瓦尔特定律，结合一个中短期基准面旋回过程中沉积类型垂向变化，建立了上干柴沟组滩坝沉积模式。

关键词：瓦尔特相律；滩坝；柴达木盆地；相模式；可容纳空间
中图分类号：P618.130.1　　**文献标识码：**A　　**文章编号：**1006-7493（2019）05-568-10

Sedimentary Characteristics, Oriqin, and Model of Beach-Bar in the Qaidam Basin: A Case of the Upper Ganchaigou Formation in the Zhahaquan Area

WEI Hengfei[1]，GUAN Ping[1]，WANG Peng[2]，WU Yanxiong[2]，LI Qiuyuan[3]

1. MOE Key Laboratory of Orogenic Belts and Crustal Evolution, School of Earth and Space Sciences, Peking University, Beijing 100871, China；
2. Research Institute of Petroleum Exploration and Development, Petrochina Qinghai Oilfield Company, Dunhuang 736202, China；
3. Petro China Dagang Oilfield Company, Tianjin 300280, China

Abstract: Based on comprehensive analyses of color, sedimentary structure, particle size and thin sections for 600 meters cores, this paper analyzed the sedimentary characteristics of beach-bar in the Zhahaquan area, Qaidam Basin, studied the distribution and origin of the beach-bar in the sequence stratigraphic framework, and finally established the beach-bar sedimentary model. Results show that the single sand body of beach-bar is thin in the Upper Ganchaigou Formation. There are many typical sedimentary structures formed by wave action in beach-bar. The probability accumulation curve of particle size is mainly composed of two population: jumping and suspended types. The bar is mainly developed in the large accommodation space of medium- and long-term base level cycle, and mostly distributed in the large accommodation space of rising half cycle of short-term base level cycle. The beach is mainly developed in the

收稿日期：2019-01-24；**修回日期：**2019-04-02
基金项目：国家重点基础研究发展计划（973计划）项目（2012CB214801）
作者简介：魏恒飞，1983年生，博士，主要从事沉积学和沉积地球化学研究；E-mail: hengfei_w14@126.com

small accommodation space of base level cycle. The formation of the beach-bar is related to the accommodation space and the sedimentary hydrodynamic conditions. Under the condition of high accommodation space, the water body is deep and the lake area is large, which is favorable for forming large lake waves and lake flows. As such, the bar is developed. According to Walter's law, the sedimentary model of the Upper Ganchaigou Formation is established in combination with vertical variation of sedimentary types in a medium- to short-term base level cycle.

Key words: Walther´s law; beach-bar; Qaidam Basin; facies model; accommodation

First author: WEI Hengfei, Ph.D.; E-mail: hengfei_w14@126.com

滩坝砂体在陆相湖泊中普遍存在，广泛发育于湖泊的滨岸区域，由于其厚度较薄，难于预测，一直未得到人们的重视，但是随着油田勘探开发的推进，滩坝砂体渐渐引起了人们的注意，并取得了重大的突破，比如济阳凹陷滩坝砂岩油藏探明储量达上亿吨（刘惠民，2010）。许多学者对滩坝砂体沉积特征、成因及沉积模式等进行了研究（操应长等，2009；朱筱敏等，1994；王夏斌等，2018；陈世悦等，2000；邓宏文等，2010；赵宁等，2010；马立祥等，2009; Taylor and Ritts, 2004; Deng et al., 2011），其成果对滩坝砂体为储集体的油藏勘探起到重要作用。从前人研究成果来看，滩坝砂体主要发育于湖泊的滨浅湖地带，主要受沿岸流和湖浪作用力影响，具有厚度较薄、分布广、坝砂体厚度较滩砂体厚度大的特征（李国斌等，2008；赵宁和邓宏文，2010；袁文芳等，2005，邓宏文等，2008）。柴达木盆地西南缘扎哈泉地区上干柴沟组致密油储层主要为滩坝砂体，目前该地区发育的滩坝砂体沉积特征、成因等还不清楚，这严重制约着该区致密油甜点储层的准确预测。因此，本文在对扎哈泉地区上干柴沟组岩芯描述和岩芯实验数据分析基础上，研究了上干柴沟组滩坝沉砂体积特征，通过对滩坝在基准面旋回过程中的分布特征，探讨了滩坝沉积形成的沉积动力条件，并建立了滩坝沉积模式。

1　区域地质概况

柴达木盆地北起祁连山，西为阿尔金山走滑断层，南为昆仑山东段，其是一个多阶段多旋回演化的叠合盆地（罗群，2008; Wang et al., 1999）。在渐新世—中新世时发育的上干柴沟组，处于挤压坳陷型盆地向前陆盆地的转化阶段初期。扎哈泉地区位于盆地的西南缘，其主要包括扎哈泉构造和乌南—绿草滩斜坡带，是柴达木盆地西南缘重要的致密油勘探区（图1）。区内新生代地层发育

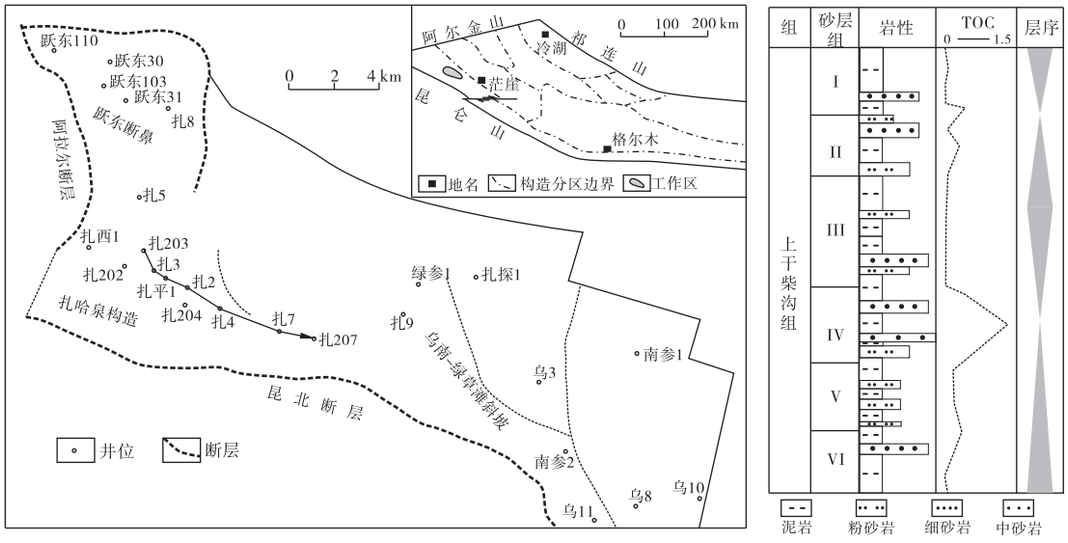


图1　研究区位置图和上干柴沟组综合柱状图

Fig. 1　Location of the study area and comprehensive column of the Upper Ganchaigou Formation

较全，自下而上依次为：路乐河组（E_{1+2}）、下干柴沟组（E_3）、上干柴沟组（N_1）、下油砂山组（N_2^1）、上油砂山组（N_2^2）、狮子狗组（N_2^3）及七个泉组（Q_{3+4}）。其中，上干柴沟组可分为上、下两段，且根据砂体发育情况，自下而上发育6个砂组（下段包括VI砂组、V砂组、IV砂组，上段包括III砂组、II砂组、I砂组），其中滩坝主要发育在上干柴沟组下段IV砂组和上段III砂组中（图1）。

2 滩坝沉积特征

滩坝砂体主要是受波浪及沿岸流影响，在滨浅湖环境中形成的砂体类型，是较薄层滩砂和较厚层坝砂的总称（姜在兴等，2015; Jiang et al., 2011）。根据岩芯描述、粒度分析及薄片等观察结果，在滩坝砂体单砂层厚度、沉积构造、垂向序列、粒度分析、古水流特征等方面，本文对扎哈泉地区上干柴沟组滩砂和坝砂沉积特征进行了分析总结。

2.1 单砂层厚度特征

通过对扎哈泉地区600多米取芯进行精细描述，统计砂体单砂层厚度，本次研究发现该区单砂层厚度90%以上小于1 m（图2），最大单层厚度不超过4 m，具有层多砂薄，砂泥互层的特点，其中，单层厚度大于1 m砂体多为坝砂体。另外，该区滩坝砂体的碎屑粒度多以细砂和粉砂为主，粒度偏细。

2.2 沉积构造特征

由于滩坝砂体形成的主要水动力为波浪作用，因此，在岩芯上发育较多的波浪成因的原生沉积构造，这也是区别滩坝砂体与其他类型水动力成因砂体的主要标志，如该区滩坝砂体中见较多的低角度交错层理、浪成波纹交错层理、浪成波痕等典型波浪成因的沉积构造。另外，在岩芯上也发育波状层理、透镜状层理、脉状层理及平行层理。

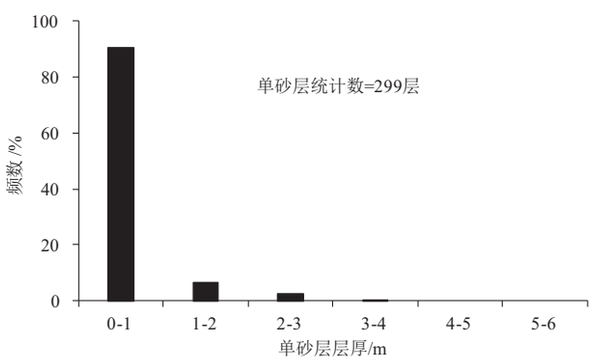


图2 扎哈泉地区上干柴沟组砂体单砂层厚度统计直方图
Fig. 2 Histogram showing the thickness of single sand layer in the Upper Ganchaigou Formation of the Zhahaquan area

浪成波纹交错层理是由于浪成沙波迁移形成的，本区见到的浪成波纹交错层理主要见于粉砂岩—细砂岩中，主要形成于滩和坝的侧缘部位。它表现为两种形式，一是呈单纹层的前积单向倾斜，且层系界面呈缓波面（图3a），二是上部的层系由倾向相反、相互超覆的前积纹层组成特征的人字形和收敛束状，层系组界面呈不规则波状（图3b）。低角度交错层理主要在坝砂体中见到（图3d，e），有时与平行层理过渡，表明沉积物遭受过波浪的来回冲刷作用。另外，在一些砂岩和粉砂岩中见到一些对称性较好的浪成波痕（图5f），主要见于滩坝和滨浅湖中，代表着该区强烈的波浪改造作用。

平行层理主要发育于中砂岩中（图3c），在岩芯上常常沿纹层面破裂成薄片状，主要发育于坝砂体中，有时向上变为低角度交错层理。波状层理、透镜状层理及脉状层理主要见于坝与浅湖的过渡地带和滩砂和坝砂的过渡带上，表明该带水动力强弱交替的和砂泥交替供应的沉积条件，这也是本区常见的层理类型（图3g，h）。

2.3 粒度分析特征

根据滩坝砂体粒度分析成果，扎哈泉地区滩坝砂体具有四种类型的概率累积曲线，一是四段式（图4a），滚动总体不发育，跳跃总体呈三段式，细截点对应的颗粒粒度小于0.0625 mm，说明水动力较弱，主要在滩砂体见到。二是三段式（图4b），滚动、跳跃及悬浮总体均发育，且跳跃总体斜率较大，主要在坝砂体中见到。三是三段式（图4c），仅发育跳跃、悬浮两个总体，其中跳跃总体又可以划分为两个次总体，斜率较大，细截点对应颗粒粒度较大，水动力相对较强，主要在坝砂体中见到。四是两段式（图4d），仅发育跳跃和悬浮两个总体，主要在坝砂体中见到。总体来看，扎哈泉地区滩坝砂体粒度概率累积曲线跳跃和悬浮总体较发育，滚动总体不发育，另外跳跃总体常发育两个或三个次总体，说明沉积物受



(a) 浪成波纹交错层理，扎2井，3131.80 m，III砂组；(b) 浪成波纹交错层理，扎平1井，3270.20 m，IV砂组；(c) 平行层理，扎平1井，3274.50 m，IV砂组；(d) 低角度交错层理，扎4井，3332.6 m，III砂组；(e) 低角度交错层理，扎平1井，3433.7 m，VI砂组；(f) 浪成波痕，扎平1井，3426.50 m，VI砂组；(g) 透镜状层理、波状层理，扎4井，3332.10 m，III砂组；(h) 状层理，扎平1井，3462.80 m，VI砂组；(i) 绿灰色泥砾，扎平1井，3278.0 m，IV砂组；(j) 色人字形泥砾，扎2井，3128.1 m，III砂组；(k) 含鲕粒长石砂岩，扎平1井，3254 m，IV砂组；(l) 含鲕粒长石岩屑砂岩，扎201井，3274.85 m，IV砂组

图3　扎哈泉地区上干柴沟组典型岩芯照片及薄片图

Fig. 3　Representative core photographs and thin section microphotographs of the Upper Ganchaigou Formation in the Zhahaquan area

多向水动力作用，是向岸流、离岸流和沿岸湖流综合作用的结果。

2.4　沉积古水体特征

在咸水湖泊水体中，由于动荡的水体特征，常在波浪作用地带发育一些表皮鲕，是古水体含盐度和水体动荡特征的良好识别标志。卡罗兹认为鲕粒的形成主要受搬运鲕粒核心的水流强度和成鲕环境的水体动荡程度的控制，当水动荡强度小于最大颗粒的搬运水流强度，而又大于最小颗粒的搬运水流强度时，成鲕环境中既有鲕粒也有非鲕粒，且鲕粒多为表皮鲕（冯增昭，1994）。图3k、l显示的鲕粒多为表皮鲕，而且鲕粒核心越小，同心层越厚，而非鲕粒的颗粒粒径多较鲕粒核心大，表明此时水体是动荡水体，且这种动荡

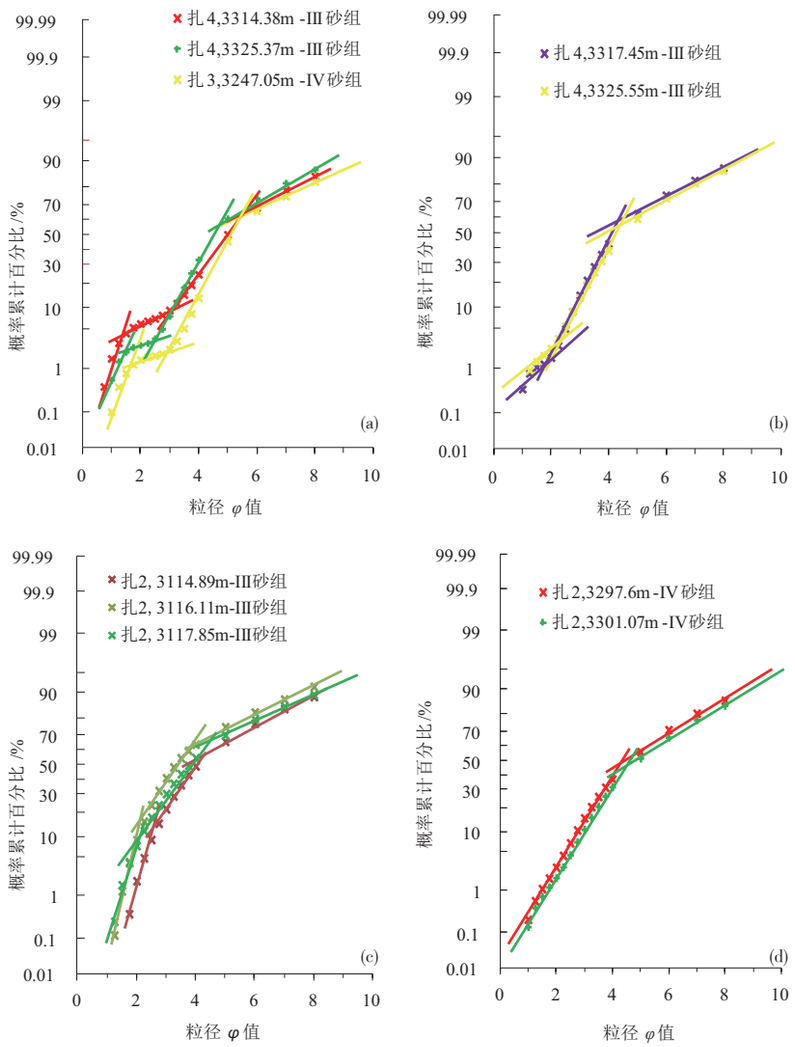


图4 上干柴沟组滩坝砂体典型粒度概率累积曲线图

Fig. 4 Representative probability cumulative curves of beach-bar sandstones of the Upper Ganchaigou Formation

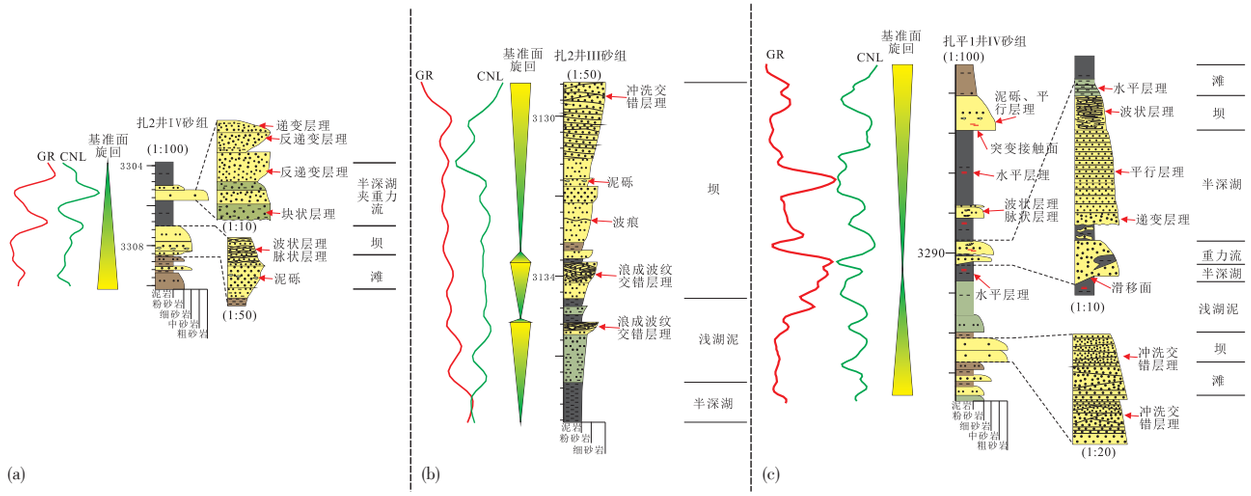


图5 扎哈泉地区上干柴沟组典型坝砂体垂向序列图

Fig. 5 Vertical sequence of representative beach-bars of the Upper Ganchaigou Formation in the Zhahaquan area

水体的动力小于把最大颗粒搬运来的另一种水流动力。本次研究认为这种动荡水体应该与湖泊波浪作用持续作用有关，而表皮鳊是波浪作用长期发育的一种沉积响应。

2.5　风暴改造特征

该区滩坝砂体中常见一些绿灰—灰色泥砾，且泥砾扁平面多与层面平行（图3i），或低角度斜交（图3j）呈“人”字形，磨圆往往较好。这种相对深水的暗色泥岩出现在坝砂体中，说明有某种动力把深水泥岩带到了水体较浅部位，它是风暴时期浪基面的降低，使波浪冲刷深水的暗色泥岩，并携带至坝上而形成的。

2.6　单一坝砂体垂向序列特征

通过岩芯描述，发现坝砂体发育三种类型的沉积序列，一是复合型沉积序列，粒度先变粗后变细（图5a），在粒度较粗部位见灰色泥砾，该序列在上干柴沟组中发育较少，该序列中坝砂体厚度较薄。二是向上粒度变粗的反序列（图5b），顶部常为突变面，该序列中坝砂体较厚。三是向上粒度变细的正序列（图5b），底部常为突变面，该序列中坝砂体较厚，在上干柴沟组发育较多。

3　层序地层学精细划分

3.1　不同级别基准面旋回划分

上干柴沟组一共发育两个长期基准面旋回，即两次较大范围湖侵，本次研究在对扎哈泉地区上干柴沟组划分的基础上，着重讨论中期基准面旋回和短期基准面旋回中滩坝砂体的分布。

在中期基准面旋回和短期基准面旋回划分过程，主要根据泥岩颜色、测井曲线及有机地球化学分析数据进行划分。一般情况下，随着湖平面的升高，泥岩的有机质含量会有所增高，因此，根据泥岩有机质含量的高低，可以直观的识别出基准面旋回的界面。另外，泥岩颜色在扎哈泉地区的变化具有一定的规律性，在基准面旋回划分中是较好的标志之一，在描述过程中发现，从滨湖到半深湖，泥岩的颜色由紫红色依次渐变为棕褐色、棕灰色、灰绿色、青灰色及深灰色，反映水体由浅到深的变化，氧化还原性由氧化环境变为还原环境的特征。此外，在湖湖水较深时期发育的泥岩颜色多为深灰—青灰色，且具有高的自然伽马和高的电阻率；而湖水较浅处发育的泥岩颜色多为棕褐色—棕灰色，具有中等的自然伽马和低的电阻率。根据上述中短期基准面旋回划分依据，对上干柴沟组Ⅳ砂组进行高分辨率层序地层划分，一共识别出4个中期基准面旋回和9个短期基准面旋回（图6）。

3.2　不同级别基准面旋回的特征

（1）短期基准面旋回特征

短期基准面旋回的形成多与天文因素短周期引起的古气候变化有关，本文在短期基准面旋回识别时，主要根据有机地球化学数据及短期基准面旋回首末相的变化来识别。通过分析发现，短期基准面旋回多为完整的基准面旋回，即发育上升半旋回又发育下降半旋回，根据上升半旋回和下降半旋回的对称形态，又可以划分为三种类型：以上升半旋回为主的短期基准面旋回（图6中C2、C4、C5、C6、C7、C8）、完全对称性的短期基准面旋回（图6中C3）和以下降半旋回为主的短期基准面旋回（图5b），以前两种最为发育。

以上升半旋回为主的短期基准面旋回主要发育于中期基准面旋回的上升半旋回过程中，以下降半旋回为主的短期基准面旋回主要发育于中期基准面的下降半旋回中，而对称性短期基准面旋回主要发育于中期基准面旋回的最大可容纳空间的转换处附近。在沉积相序上，上升半旋回自下而上依次发育具生物扰动构造的泥坪沉积的紫红色泥岩，具浪成波纹交错层理的滩沉积的棕灰色—棕褐色泥岩、粉砂岩及细砂岩，具有平行层理、低角度交错层理的坝沉积的灰色细砂岩、中砂岩及中粗砂岩，浅湖沉积的灰绿色泥岩，具水平层理的半深湖沉积的青灰色泥岩。而这三种短期基准面旋回的下降半旋回自下而上依次发育具水平层理的半深湖沉积的青灰色泥岩，浅湖沉积的灰绿色泥岩，具有平行层理、低角度交错层理的坝沉积的灰色细砂岩，具有浪成波纹交错层理的滩沉积的棕灰色—棕褐色泥岩、粉砂岩。在以下降半旋回为主的短期基准面旋回和对称性短期基准面旋回的上升半旋回中，一般不发育滨湖沉积，这与它们发育时的初始可容纳空间的大小有关。另外，有时坝砂体直接与半深湖水平层理泥岩接触，而不发育浅湖灰绿色泥岩。

（2）中期基准面旋回特征

中期基准面旋回往往由多个短期基准面旋回

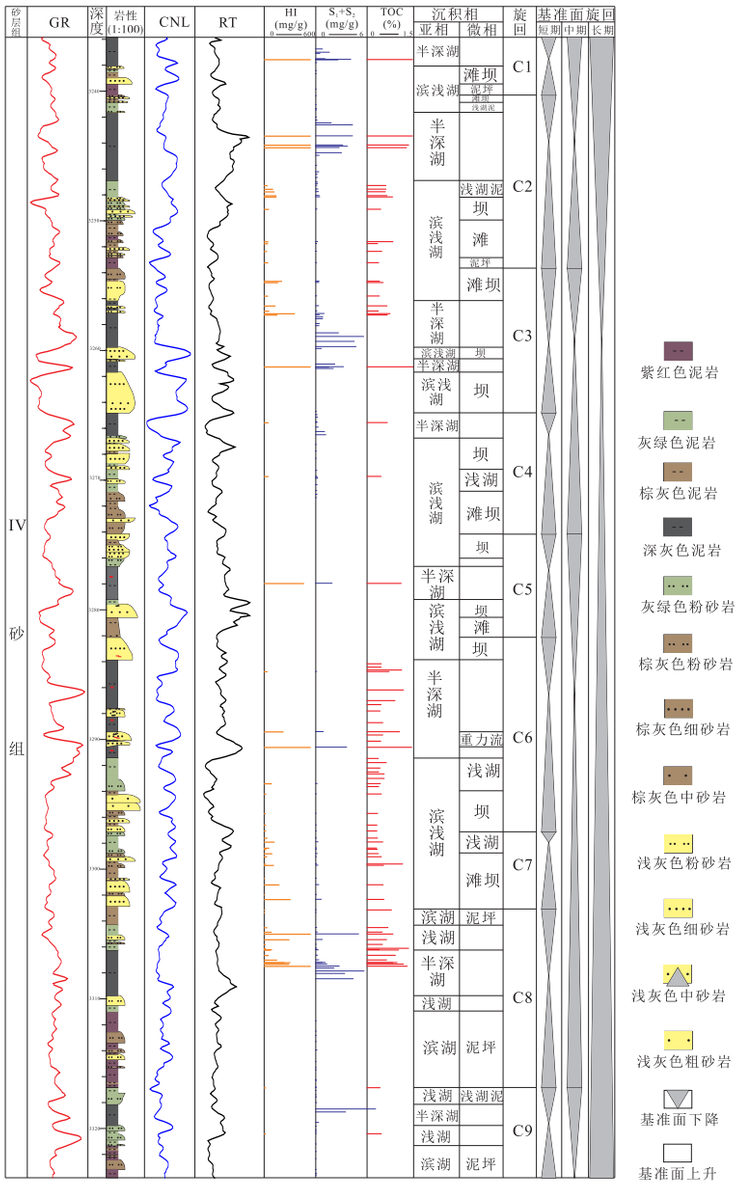


图6 扎平1井Ⅳ砂组取芯井段基准面旋回划分

Fig. 6 Division of base level cycles of coring section of the sand group Ⅳ in Zhaping1 well

组成，主要与天文因素偏心率长周期有关。本文中期基准面旋回的识别主要根据有机地球化学数据、钻测井资料及短期基准面旋回叠置样式来划分，一般情况下，在中期基准面旋回可容纳空间较小处，泥岩的有机碳很低，而在可容纳空间较大处，有机碳含量往往很高。在研究区内，在一个中期基准面旋回上升半旋回发育期，随着可容纳空间的增大，滨湖泥坪和滩沉积越来越来越少，而坝和半深湖沉积逐渐增多增厚。在一个中期基准面旋回下降半旋回发育期，随着可容纳空间的减少，滩沉积越来越发育，而坝和半深湖沉积减少，直至演变成大范围发育滨湖泥坪和滩沉积。

4 滩坝在层序地层格架中发育规律及成因

研究区范围内上干柴沟组沉积相主要为滨湖泥坪、浅湖泥、半深湖泥、滩、坝五种类型，并在半深湖中发育少量的重力流沉积。滨湖泥坪及滩沉积主要发育于上干柴沟组下部（Ⅴ、Ⅵ砂

组），是可容纳空间较小时形成，而浅湖泥、半深湖泥岩主要发育于可容纳空间较大时，主要分布于上干柴沟组的IV砂组和III砂组下部。

通过对上干柴沟组下部中长期基准面旋回的划分，特别是对IV砂组取芯较全部位各级别基准面旋回的划分，发现坝砂体主要发育于中长期基准面旋回可容纳空间较大处（图7），滩主要发育于中长期基准面旋回可容纳空间较小时。另外，坝沉积多发育于短期基准面旋回上升半旋回可容纳空间较大时，在短期基准面旋回下降半旋回中，坝沉积发育相对不发育，仅在III砂组部分短期基准面旋回下降半旋回发育较多（图5b）。

从上述层序地层格架中滩坝砂的分布规律来看，研究认为形成这种分布规律的原因是基准面旋回过程中可容纳空间大小变化及滩坝沉积形成沉积动力条件。一般在一个短期基准面旋回自下而上发育过程中，当低位期A/S<1时，由于较低的可容纳空间，湖平面较低，湖浪和湖流不发育，主要发育滩和滨湖泥坪沉积。随着湖平面的升高，在湖侵期A/S>>1时，由于可容纳空间的迅速增加，湖平面的升高，湖浪和湖流较发育，坝沉积开始大量形成。当湖平面达到最大之后的早期，即高位早期A/S>1时，由于较大可容纳空间，主要发育半深湖泥岩沉积，而坝砂向岸方向迁移。在高位中晚期A/S<1时，湖平面开始下降，可容纳空间由于前期的沉积充填而大大降低，而逐渐开始发育滨湖和滩沉积，并在局部发育少量坝沉积。

滩坝沉积体主要是在滨岸地区受湖浪和湖流作用形成沉积物，也即是滩坝的形成主要与湖浪和湖流发育有关。在无三角洲入湖区域，湖流和湖浪的强弱与湖泊水深具有重要的关系，即水浅无大浪。当湖水较浅时，即可容纳空间较小时，湖盆的湖平面整体范围也较小，难于形成大的湖浪，湖流也不发育，沉积动力小，在无三角洲发育区，搬运来的粗粒沉积物少，多形成滩。当湖水较深时，湖盆的湖平面范围也较大，有利于形成大的湖浪，湖流也较发育，沉积水动力较大，在无三角洲发育区，由于三角洲入湖形成的湖流带来较粗的沉积物，而形成较粗粒的坝状沉积物。

综上所述，滩坝沉积的发育与可容纳空间的大小及不同可容纳空间条件下沉积水动力发育情况有关，高的可容纳空间条件下，湖泊水动力强，能够搬运较粗的沉积物，形成坝沉积，而低的可容纳空间条件下，湖泊水动力弱，主要带来悬浮沉积物，主要形成滩。

5　滩坝沉积模式

在对该区滩坝砂体发育特征，滩坝砂体在层序地层格架中的发育规律及成因分析的基础上，发现一般情况下，在一个水体上升的过程中，从下向上依次发育滨湖泥坪、滩、坝、浅湖泥岩、半深湖沉积（图8）；而在一个水体下降的过程中，从下向上依次发育半深湖、浅湖泥、坝、滩沉积。那么根据瓦尔特相序定律，在侧向上沉积

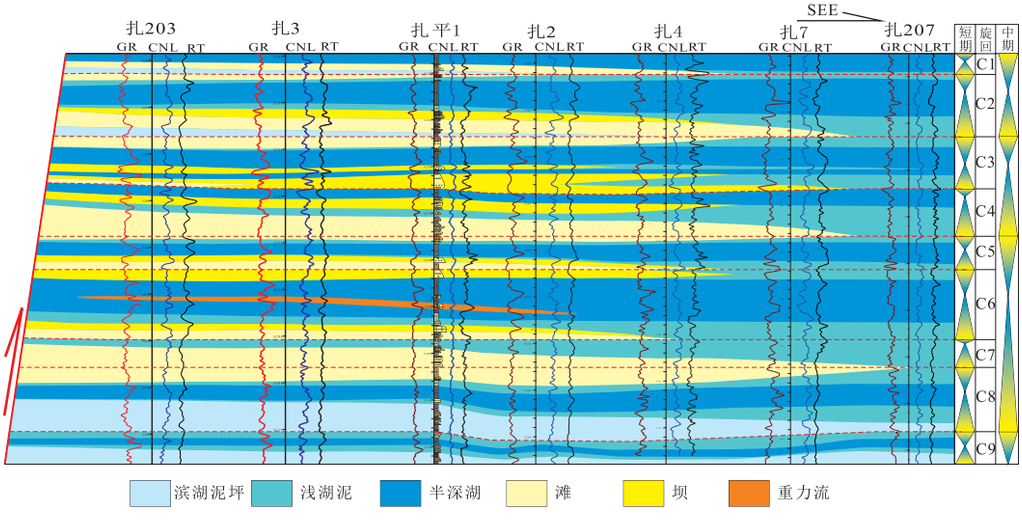


图7　扎哈泉地区上干柴沟组IV砂组连井沉积相剖面图

Fig. 7　Cross-sectional sedimentary facies of the sand group IV of the Upper Ganchaigou Formation in the Zhahaquan area

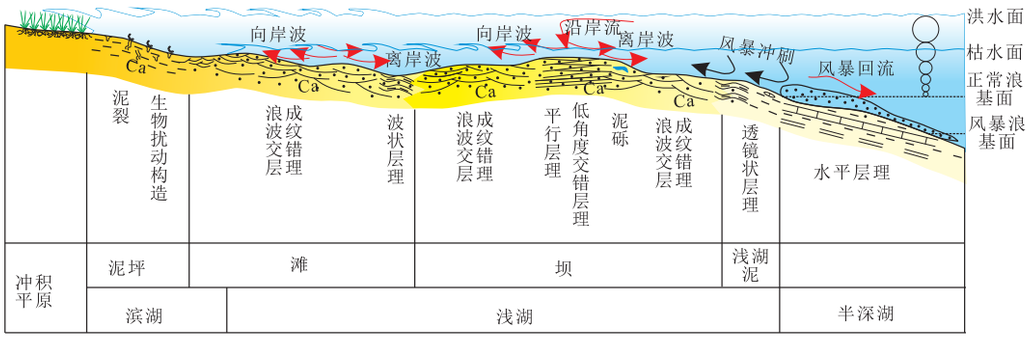


图8 柴达木盆地扎哈泉地区上干柴沟组滩坝沉积发育模式图

Fig. 8 Sedimentary model of beach-bar facies of the Upper Ganchaigou Formation in the Zhahaquan area, Qaidam basin

亚相应依次为滨湖泥坪、滩、坝、浅湖泥、半深湖（图8）。在滨湖靠岸一侧，由于长期处于暴露状态，形成紫红色的泥坪沉积物，并多见生物扰动和泥裂构造；滩发育区，由于波浪的向岸波和离岸波的作用，在粉砂岩或细砂岩中常形成浪成波纹交错层理，局部见波痕。在坝发育区，在坝的顶部由于较强的波浪和湖流作用，形成平行层理和低角度交错层理，而在坝的两侧多见浪成波纹交错层理，并局部发育波痕。在坝和半深湖之间的过渡地带上，有时发育浅湖泥沉积，见透镜状层理，而半深湖区主要以水平层理泥岩为主，另外，在特大风暴浪时，波浪冲刷风暴浪基面以上的湖底，当风暴停歇期间，风暴向上带来的冲刷物向半深湖区域回流，并形成重力流沉积（图5c），这种重力流砂体一般较薄。

6 结论

通过对岩芯观察及岩芯实验资料的分析，对柴达木盆地扎哈泉地区上干柴沟组滩坝沉积特征、滩坝在层序地层格架中的发育规律及成因进行了分析，可得知以下结论：

（1）根据钻井取芯资料显示，扎哈泉地区上干柴沟组单砂层厚度90%以上小于1 m，砂体具有厚度薄，砂泥频繁互层的特征；滩坝砂体中发育浪成波纹交错层理、低角度交错层理、波痕等典型的波浪成因原生沉积构造。另外，坝砂体中见较多的动荡水体环境下形成的表皮鲕，滩坝砂体概率累计曲线中滚动总体不发育，跳跃总体常发育多个次总体。

（2）在柴达木盆地扎哈泉地区上干柴沟组，坝砂体主要发育在中长期基准面旋回较大可容纳空间附近，且多发育于短期基准面旋回上升半旋回可容纳空间较大处；而滩主要发育于各级别基准面旋回中可容纳空间较小时。

（3）滩坝的形成与基准面旋回过程中可容纳空间的大小及沉积水体动力条件有关，在高可容纳空间发育期，易形成大的湖浪，而发育坝，在低可容纳空间发育期，难形成大的湖浪，主要发育滩。

（4）通过滩坝沉积特征、成因等分析，发现在一个基准面旋回上升过程中，在垂向上依次发育滨湖泥坪、滩、坝及浅湖泥、半深湖泥沉积，根据瓦尔特相律，在侧向上也是连续，从而建立了该区的滩坝发育模式。

参考文献(References):

操应长，王健，刘惠民，等. 2009. 东营凹陷南坡砂四上亚段滩坝砂体的沉积特征及模式[J]. 中国石油大学学报（自然科学版），33(6): 5-10.

陈世悦，杨剑萍，操应长. 2000. 惠民凹陷西部下第三系沙河街组两种滩坝沉积特征[J]. 煤田地质与勘探，28(3): 1-4.

邓宏文，高晓鹏，赵宁，等. 2010. 济阳坳陷北部断陷湖盆陆源碎屑滩坝成因类型、分布规律与成藏特征[J]. 古地理学报，12(6): 737-747.

邓宏文，马立祥，姜正龙，等. 2008. 车镇凹陷大王北地区沙二段滩坝成因类型、分布规律与控制因素研究[J]. 沉积学报，26(5): 715-724.

冯增昭. 1994. 沉积岩石学（第二版）[M]. 北京：石油工业出版社.

姜在兴，王俊辉，张元福. 2015. 滩坝沉积研究进展综述[J]. 古地理学报，17(4): 427-440.

李国斌，姜在兴，陈诗望，等. 2008. 利津洼陷沙四上亚段滩坝沉积特征及控制因素分析[J]. 中国地质，35(5): 911-921.

刘惠民. 2010. 济阳坳陷滩坝砂岩油藏取得重大突破[J]. 油气地质与采收率, 17(2): 44.

罗群. 2008. 柴达木盆地成因类型探讨[J]. 石油实验地质，30(2): 115-120.

马立祥，邓宏文，林会喜，等. 2009. 济阳坳陷三种典型滩坝相的空间分布模式[J]. 地质科技情报，28(2): 66–71.

王夏斌，姜在兴，胡光义，等. 2018. 辽河西部凹陷曙北地区古近系沙四上亚段滩坝发育的控制因素[J]. 高校地质学报，24(6)：800–809.

袁文芳，陈世悦，曾昌民. 等. 2005. 柴达木盆地西部地区第三系碎屑岩粒度概率累积曲线特征[J]. 石油大学学报（自然科学版），29(5): 12–18.

赵宁，邓宏文，王训练. 2010. 济阳坳陷沾化凹陷古近系沙河街组2段潜山周缘滩坝及特性特征[J]. 古地理学报，12(1): 57–68.

赵宁，邓宏文. 2010. 沾化凹陷桩西地区沙二上亚段滩坝沉积规律及控制因素研究[J]. 沉积学报，28(3): 441–450.

朱筱敏，信荃麟，张晋仁. 1994. 断陷湖盆滩坝储集体沉积特征及沉积模式[J]. 沉积学报，12(2): 20–28.

Deng H W, Xiao Y, Ma L X, et al. 2011. Genetic type, distribution paterms and controlling factors of beach and bars in the second member of the Shahejie Formation in the Dawangbei Sag, Bohai Bay, China [J]. Geological Journal, 46: 380–389.

Jiang Z X, Liu H, Zhang S W, et al. 2011. Sedimentary characteristics of large-scale lacustrine beach–bars and their formation in the Eocene Boxing Sag of Bohai Bay Basin, East China [J]. Sedimentology, 58: 1087–1112.

Taylor A W and Ritts B D. 2004. Mesoscale heterogeneity of fluvial–lacustrine reservoir analogus: examples from the Eocene Green river and Colton formations, Uinta basin, Utah, USA [J]. Journal of petroleum Geology, 27(1): 3–25.

Wang J, Wang Y J, Liu Z C, et al. 1999. Cenozoic environmental evolution of the Qaidam basin and its implications for the uplift of the Tibetan Plateau and the drying of central Asia [J]. Palaeogeography Palaeoclimatology Palaeoecology, 152: 37–47.