

湖盆滩坝沉积研究进展

王腾飞, 金振奎, Aliyeva Gunay, 王金艺, 黎瑞, 袁坤

中国石油大学(北京)地球科学学院, 北京 102249

摘要 介绍了滩坝的定义, 综述了湖盆滩坝研究的相关成果。滩坝可根据其沉积物、发育位置以及对与潮汐作用响应等进行分类。基于沉积物, 滩坝分为碳酸盐岩滩坝和碎屑岩滩坝; 基于发育位置, 滩坝分为近岸滩坝和远岸滩坝等; 基于对潮汐作用响应, 滩坝分为小潮差滩坝、中潮差滩坝和大潮差滩坝等。针对滩坝砂体沉积特征提出滩坝的沉积模式, 并可进一步对其内部微相进行划分。滩坝发育的控制要素为古地貌、水动力条件、沉积旋回、物源以及古水深、古气候等, 古地貌的控制体现在岸线形态和局部地形起伏; 水动力条件的控制体现在不同强度的波浪作用; 沉积旋回的控制体现在基准面的升降和旋回; 物源的富集及贫乏对滩坝的形成类型起到决定性作用; 古水深、古气候则影响滩坝的发育与否。

关键词 湖盆滩坝; 湖相沉积; 沉积模式; 控制因素

滩坝研究始于1845年法国 De Beaumont 开展的工作^[1], 1981、1982年由吴崇筠、刘宝珺等引入中国^[2-4], 并经过诸多学者不断投入, 滩坝沉积已经成为国内重要的沉积学研究领域。滩坝沉积体具有物性好、近油源的地质特征, 因此常能形成较大规模的油气田, 是中国含油气盆地中重要的储集类型之一, 这些已被油气勘探和开发实践证明^[5-7]。渤海湾盆地^[8-10]、准噶尔盆地^[6,11]、鄂尔多斯盆地^[12]、珠江口盆地^[13]、苏北盆地^[14]等发现了相当数量的含油气滩坝沉积体, 均为重要的油气勘探目标。但是, 对于滩坝的研究尚存分歧, 例如对于“滩坝”这一概念, 有学者认为两者不存在截然的区别, 而是过渡的关系^[10]; 还有学者认为滩、坝是不同的术语, 具有不同的特征^[18]; 且多数研究关注古代滩坝, 而对于现代滩坝沉积的研究较少。鉴于滩坝沉积的重要学术和油气勘探意义, 系统地总结滩坝相关研究成果是必要的。本文从滩坝定义的提出开始, 综述滩坝沉积的分类、沉积模式

以及发育控制因素, 以期对滩坝的进一步研究提供参考。

1 滩坝定义

Thompson(1937)^[15]提出, 滩(beach)是滨岸带在波浪作用下形成的与岸线平行、席状展布的沉积体, 其向陆一侧与海岸相连; 坝(bar)是在沿岸流作用下沉积于岸线拐弯处的沉积体, 与海岸之间有水体相间, 其形成常由砂嘴开始。Olson(1958)^[16]指出, 与滩伴生出现的沿岸砂坝是湖浪作用下, 向湖一侧不断受到侵蚀而向陆一侧不断接受沉积, 导致沿岸砂坝不断向岸推进, 最终与滩连接在一起。

中国关于滩坝的概念最早由吴崇筠、刘宝珺等提出, 认为滩是在波浪作用下呈砂泥岩频繁互层、分布面积较广、条带状(或席状)展布、大致与岸线平行的沉积

收稿日期: 2018-08-20; 修回日期: 2018-10-29

作者简介: 王腾飞, 博士后, 研究方向为火山岩油气勘探、构造-沉积学及石油地质学, 电子信箱: wang.tf@foxmail.com; 金振奎(通信作者), 教授, 研究方向为沉积学及石油地质学, 电子信箱: jin.zk@hotmail.com

引用格式: 王腾飞, 金振奎, Aliyeva Gunay, 等. 湖盆滩坝沉积研究进展[J]. 科技导报, 2018, 36(23): 57-67; doi: 10.3981/j.issn.1000-7857.2018.23.009

体;而坝包括沿岸砂坝和砂嘴,常呈长条形与岸线平行,之间有湖湾相隔^[2-4]。随着后期学者们的研究,滩坝的定义也随之发生改变。朱筱敏等(1994)^[7]提出,滩是指湖盆滨浅湖处受波浪冲洗与改造形成的分布范围较广、沉积厚度较薄的砂(砾)沉积体;坝是指那些细长的脊、堤和隆起物,主要由砂、砾或其他未固结的物质组成,由波浪或水流作用建造而成,经常发育在河口处和河湾处,也常出现在滩沉积体的附近;但也认为在实际研究中难以区分二者,故统称为滩坝。操应长等(2009)^[9]、邓宏文等(2010)^[10]、姜在兴等(2015)^[5]认为,滩与坝一起共生,坝砂是整个滩坝沉积体系中的一种特殊情况,是滩砂在特殊条件下垂向增生、变厚形成的,波浪带水下形成的沿岸的砂坝为坝,砂坝间和波浪带沉积体为滩。王冠民等(2016)^[18]提出,滩是自浪基面至最大湖泛面范围内,碎屑物质在波浪作用下垂直于湖岸搬运和沉积的、与岸大致平行的席状(或条带状)沉积体,向陆地方向直接与湖岸平原相连;坝是在沿岸流作用下,碎屑物质平行湖岸搬运并沉积于岸线向陆弯折处、一端与岸相连、另一端向湖区自由伸展的沉积体,坝与湖岸平原常有湖湾或泻湖相隔。

综合国内外对滩坝的定义可以发现,目前尚没有统一的定义。由于滩和坝的定义不统一,导致滩和坝在水动力特征、形成机制、沉积特征、平面展布、沉积序列以及沉积模式等方面难以形成统一的认识。

2 滩坝分类

2.1 依据沉积物类型的分类

依据滩坝的沉积物类型,可将滩坝划分为碳酸盐岩滩坝和碎屑岩滩坝,其中碎屑岩滩坝可进一步划分为砾质滩坝和砂质滩坝。

Williamson等(1974)^[19]在对 Uinta 盆地 Green River 组进行研究时分辨出一种砂坝(壳灰岩或鲕粒)湖岸和受其保护的泻湖沉积环境,首先提出了湖相碳酸盐岩滩坝沉积。碳酸盐岩滩坝多形成于气候温暖潮湿、湖水清澈、物源区为碳酸盐岩、陆源碎屑匮乏的比较安静的滨岸环境中,在盆地缓坡地带、水下隆起处更容易形成。碳酸盐岩滩坝多以泻湖泥为沉积基底,少部分为砂质滩坝,主要由颗粒灰岩和生物碎屑灰岩组成。前者主要是内碎屑和鲕粒,后者主要是藻屑、介形虫化石

和螺旋灰岩^[20-22]。颗粒灰岩滩坝通常由亮晶鲕粒灰岩、亮晶生物碎屑灰岩、藻丘灰岩、亮晶内碎屑灰岩或白云岩组成^[23]。例如,中国四川盆地东北部地区飞仙关组中普遍发育鲕粒滩和坝,岩性主要为亮晶生屑鲕粒、亮晶鲕粒灰岩及含砾屑鲕粒灰岩^[24];碳酸盐岩滩坝在渤海湾盆地古近系的湖相沉积中也广泛存在^[25-28]。王英华(1993)^[29]在《中国湖相碳酸盐岩》一书中,对湖相碳酸盐岩滩坝的沉积做了从成因到岩石微观分析的研究。

陆相湖泊多以陆源碎屑砂泥沉积为主,这些陆源碎屑物质,如(扇)三角洲等近岸浅水砂体、基岩等^[30],为砂质滩坝的形成提供了物质基础。经由波浪和沿岸流筛选,在水动力、古地貌条件的控制下形成砂质滩坝。砂质滩坝非常普遍,可发育于滨岸带、水下隆起区和潜山周缘等。例如,世界各地的沿海地区,发育大量的砂质滩坝^[31];青海湖等内陆湖泊也发育有典型的砂质滩坝,具有重要的科研价值^[32]。在古代沉积中砂质滩坝也广泛存在,并可以形成潜力巨大的油气藏。例如,中国渤海湾盆地的东营凹陷^[33-35]、沾化凹陷^[36]、惠民凹陷^[37-38]、济阳凹陷^[39]、板桥凹陷^[40]等,均发现典型的砂质滩坝油气藏。

在岸线附近,可能发育以砾石为主的滩坝。砾质滩坝相对砂质滩坝比较少见,分布比较局限,其发育需要3个重要条件,即充足的物源供应、较强而持续的水动力条件和比较平缓的有利古地形。砾质滩坝的岩性为砾岩、含砾砂岩等。砾石往往大小混杂堆积,分选性较差,但磨圆度较高^[30]。中国海南三亚湾地区以及周围地区普遍发育一种海岸海滩,多分布在珊瑚岛礁和基岩后的波浪影响区或者珊瑚礁平台旁侧及后侧,这里水动力条件强、波浪作用持久,有利于砾质滩坝发育,多为砂和砾石混杂堆积,分选性差,但磨圆度高^[41],是比较典型的砾质滩坝沉积地区。古代沉积如渤海湾盆地东营凹陷博兴洼陷沙四段,在南部古岸线附近也识别出了典型的砾质滩坝^[34,42]。

2.2 依据发育位置的分类

依据滩坝发育的地理位置,李秀华等^[43]将滩坝划分为靠近湖岸边的近岸滩坝和断鼻构造侧翼或倾没部位的远岸滩坝。朱筱敏等^[7]将滩坝划分为4种类型,即湖岸线拐弯处滩坝、水下古隆起处滩坝、三角洲侧缘处滩坝、开阔浅湖处滩坝,如图1所示。李丕龙等^[44]、田继军等^[45]、杨勇强等^[30]根据滩坝的平面位置、距离湖岸线远近以及成因特征将滩坝划分为沿岸滩坝、近岸滩坝和远岸滩坝。

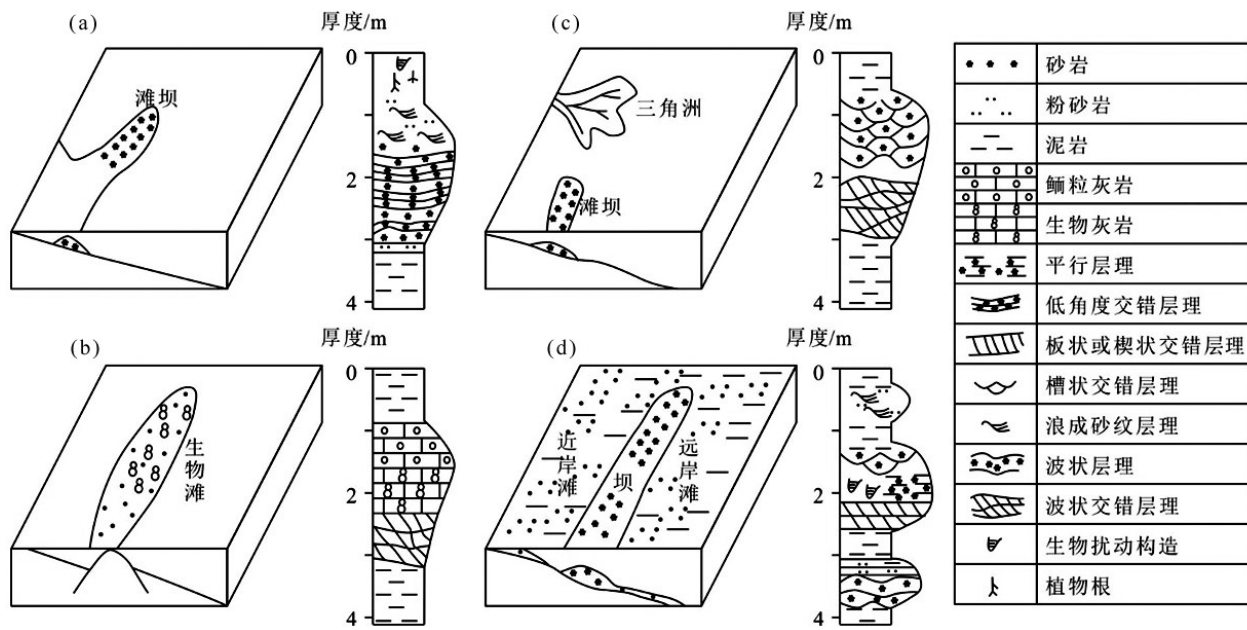


图1 依据发育位置的断陷湖盆滩坝沉积分类^[7]

Fig. 1 Sedimentary types of beach-bars in faulted basins

2.3 依据潮汐效应的分类

在所有自然形成的滩中,滩的形成过程及形态变化主要受波浪和潮汐作用控制。根据 Davies^[46]对潮汐大小的分类,潮汐可分为小潮差(<2 m)、中潮差(2~4 m)和大潮差(>6 m),滩坝可以此进行分类。然而, Davis等^[47]指出,滩的形态不仅决定于波浪高度或潮差,而且决定于波浪和潮汐的相互作用;类似地, Scott等^[48]将英格兰和威尔士地区的滩坝分成9类,即低能反射型(reflective, low-energy)、高能反射型(reflective, high-energy)、线型潮下障壁型(linear sub-tidal barred)、低能低

潮阶地或无障壁弥散型(low-tide terrace/non-barred dissipative, low-energy)、低潮阶地和股道型(low-tide terrace and rip)、低潮股道型(low-tide bar rip)、高能无障壁弥散型(non-barred dissipative, high-energy)、潮间障壁复合型(non-barred dissipative, high-energy)和潮坪过渡型(transition to tidal flats)。

2.4 其他分类

依据平面形态的分类。胡晨林等^[49]通过对鄱阳湖滩坝的研究,根据滩坝的平面形态将滩坝划分为如图2所示的类型。

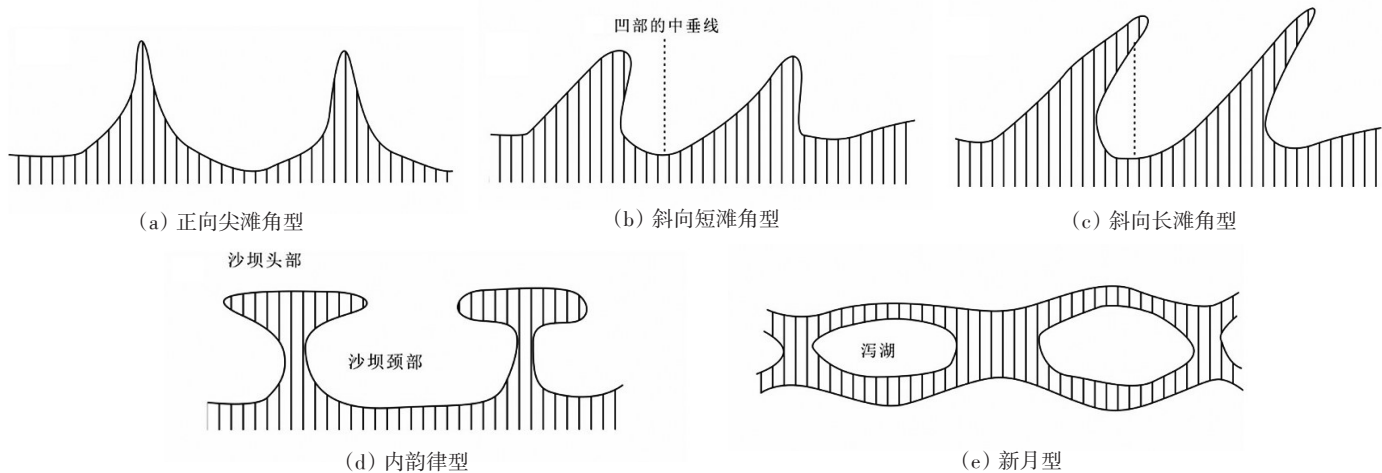


图2 依据平面形态的滩坝分类^[49]

Fig. 2 Beach-bar classification according to horizon shapes

依据滩坝对风暴的响应进行分类。Burvingt等^[50]依据对极端风暴的响应,确定了4种主要滩的类型,即完

全暴露滩、半暴露滩、隐蔽短滩、隐蔽长滩。依据极端风暴反应的滩类型及相关参数如表1所示。

表1 依据极端风暴反应的滩分类^[50]

Table 1 Beach classification based on the reaction to extreme storms

类型	净体积变化 NVV/(m ³ ·m ⁻¹)	沿岸变化指数 LVI	入射波角度 IVA/(°)	横向海浪功率 CSWP/(kW·m ⁻¹)	规范化海滩长度 NBL
完全暴露滩	~100	~0.40	~10	~170	~4.0
半暴露滩	~50	~0.45	~20	~120	~3.5
隐蔽短滩	0	~0.60	~60	~30	~3.5
隐蔽长滩	0	~0.80	~55	~25	~8.5

3 滩坝的沉积模式

3.1 沉积模式

针对中国陆相湖泊滩坝砂的沉积特点,许多学者从不同角度总结出多种滩坝沉积模式。湖泊滩坝沉积模式的分类依据及分类方案如表2所示。

3.2 微相划分

针对滩坝砂体内部微相的划分,目前的方案主要是依据滩、坝内外缘沉积特征的差异性。曾发富等(1998)^[53]首先将滩坝砂体单独划分开,将坝砂体划分为

坝主体、坝侧缘和坝间微相,将滩砂体划分为滩主体、滩侧缘和滩间,共6种微相类型。在垂向从下向上依次划分为坝间(滩间)-坝侧缘(滩侧缘)-坝主体(滩主体)-坝侧缘(滩侧缘)-坝间(滩间)复合序列。类似地,操应长等^[9]、郭建卿等^[54]也将滩坝砂体单独划分开,进一步将坝砂体划分为坝主体和坝边缘微相,将滩砂体划分为滩席(滩脊间)及滩脊,共4种微相类型。另外,对于滩砂与坝砂较难区分的情况,陈世悦等^[55]、刘为付等^[56]划分为坝前、滩坝外侧缘、滩坝主体、滩坝内侧缘及坝后5种微相类型。

表2 湖泊滩坝沉积模式分类

Table 2 Classification of sedimentary models for lacustrine beach-bars

分类依据	分类方案	学者及文献
古地理位置、物源供给条件以及形成滩坝的水动力条件	湖岸线拐弯处滩坝沉积模式、水下古隆起处滩坝沉积模式、三角洲侧缘处滩坝沉积模式以及开阔浅湖处滩坝沉积模式	朱筱敏等(1994) ^[7]
陆相断陷盆地不同演化阶段	断-拗期碟形洼陷碎屑岩滩坝相、断-拗期双断对称中隆型洼陷滩坝相以及断陷期单断非对称式水下中隆型洼陷滩坝相	马立祥等(2009) ^[51]
滩坝类型	基岩滩坝、扇三角洲滩坝、正常三角洲滩坝以及碳酸盐岩滩坝	杨勇强等(2011) ^[30]
湖浪水动力条件	正常波浪水动力条件和间歇性波浪水动力条件的滩坝沉积模式	李安夏等(2010) ^[52]
滨浅湖地区的地貌特征、水动力条件等因素	滩坝共生、有滩无坝和有坝无滩	操应长等(2009) ^[9]

4 滩坝的控制因素

因沉积环境的差异,不同湖泊或同一湖泊不同时期的滨岸砂坝的发育部位和规模千差万别,而影响滩坝沉积的因素主要在于古气候和古构造。古气候包括

当时盛行的风向和风力、气候的干燥与潮湿情况以及湖水中的水介质特点和含沙量等。古构造主要包括砂坝沉积的地形起伏特征、构造活动的强烈程度等。各种因素又相互作用^[42,57],如受风的影响产生波浪,在平缓的古地貌条件下,波浪作用范围大,就会发育规模较大

的滨岸砂坝沉积。

4.1 古地貌与构造活动

古地貌是指滩坝砂沉积基底原始的地形状态。研究表明,滩坝的规模往往与古地形坡度有较大的反相关关系,如展布范围较大、砂体较厚的滩坝多沉积在地形坡度小的区域^[58]。古地貌控砂作用表现在岸线形态和局部地形起伏与变化对滩坝砂体的控制。Charvin等^[59]在美国Utah地区的滨岸研究地形对波浪的影响,并测量分析不同地貌形态与沉积物的沉积速率和沉积粒度之间的关系,认为地形高地对波能具有幅聚作用,有利于沉积物的分选和堆积,是物性好、厚度大的滩坝发育有利区。Brooks等^[60]通过对不同时期海平面的位置与当时地貌形态的对比,同样可以看出古地貌特征对砂体沉积的控制。王延章等^[61]重点研究了古地貌与物源供给耦合对砂质滩坝和碳酸盐岩滩坝的控制作用,并提出了3大类共9种微型古地貌,指出其在不同的物源供给条件下对不同类型的滩坝具有不同的控制作用,如图3所示。在物源供给充分的情况下,高点、古梁、断鼻以滩砂沉积为主;向斜、沟槽、断洼以坝砂沉积为主;缓斜、陡斜、阶地的低部位以坝砂沉积为主,高部位以滩砂沉积为主。在物源供给不足的情况下,高点、古梁、断鼻以碳酸盐岩滩坝沉积为主;向斜、沟槽、断洼以砂岩滩坝及泥灰岩沉积为主;缓斜、陡斜、阶地的低部位以砂岩滩坝沉积为主,高部位以碳酸盐岩滩坝沉积为主。

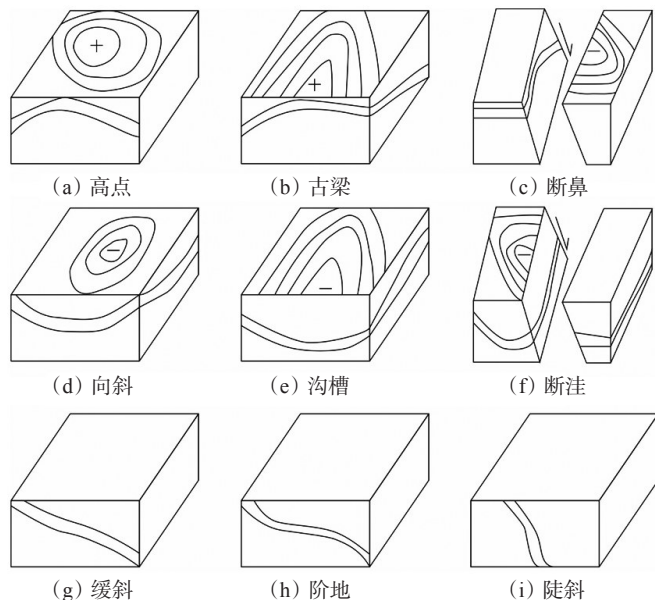


图3 微型古地貌划分^[61]

Fig. 3 Micro-paleogeomorphology types

古地貌构造活动可能造成湖盆内水体的大范围迁移,引起可容空间的再分配。Chow等(2013)^[62]研究了Hull地台的同沉积断层活动对砂质碎屑和碳酸盐岩沉积的影响,并分析了滩坝砂体的迁移趋势。庞小军等(2012)^[63]对渤中凹陷石南地区古近系断层活动进行了研究,指出断层活动性对沉积相类型具有控制作用,不同沉积时期断层的不同活动速率对应不同的沉积相类型,并且当断层活动速率大约在11.77 m/Ma时发育滩坝沉积。

4.2 水动力条件

滩坝的形成与湖泊的水动力条件密切相关。在滨浅湖地带,各种水动力作用交叉混杂,有向岸传播的波浪也有沿岸传播的沿岸流,有时还会有风暴浪,这些水动力会作用于湖泊周缘的沉积物,导致砂体被湖水搅起,反复淘洗,在有利构造部位再次沉积形成滩坝,因此水动力越强越利于滩坝的发育。水动力条件受古气候的影响较大,主要表现在受风的控制,形成不同强度的波浪;另一方面,风向会决定波浪的传播方向,进而控制滩坝的沉积部位^[58]。

Konicki等^[64]利用美国卡罗莱纳州北部Duck滨岸近10年的视频影视资料对滨岸砂坝的动态变化进行分析,发现砂坝的规模与波浪的频率呈一定正相关关系,并证实波浪与沿岸流强度的变化是滨岸砂坝形成的重要机制。Shand等^[65]对北爱尔兰Wanganui地区多列沿岸砂坝进行研究,认为砂坝的迁移速率受波浪能量变化的控制,并且发现随砂坝的迁移变化,不同列的砂坝之间会相互衔接,最终砂坝总会沿平行岸线的趋势展布。

4.3 物源

物源是控制沉积物的类型及其分布的基本因素,是物质基础。对于二次搬运沉积而形成的滨浅湖滩坝,其物源主要来自波浪对早期形成的沉积物的改造和二次分配,因此物源的富集与贫乏对滩坝的形成类型起到决定性作用。在物源供应充足的情况下,滩坝非常发育,而在物源供应匮乏处,则常形成碳酸盐岩滩坝^[66]。杨勇强等^[30]根据物源区与滩坝的关系,建立了以物源为基础的滩坝分类方案,将东营凹陷发育的滩坝分为两大类:富源型和贫源型。其中,富源型可以分为基岩-滩坝、正常三角洲滩坝和扇三角洲-滩坝;贫源型主要为碳酸盐岩滩坝。

4.4 沉积旋回

沉积旋回对滩坝的控制作用主要体现在沉积基准

面的升降和沉积基准面的旋回两方面。基准面的升降控制滩坝的生长与发育, Keighley等^[67]对美国 Utah 盆地 Green River 组的研究, 以及 Valero-Garcés 等^[68]对伊比利亚岛 Karst 湖泊的研究, 均认为滨岸滩坝的生长与终止的根本原因是相对湖水水位大幅度下降与上升所导致的河流注屑速率的变化, 并提出了多种沉积模式。Hoy 等^[69]、Deng 等^[33]研究认为滩坝的沉积与基准面的旋回有关, 基准面下降, 滩坝呈进积叠加型式, 砂层厚度较大, 坝砂比较发育; 基准面上升, 滩坝呈退积叠加型式, 层数多, 单层厚度薄, 滩砂较为发育。短期基准面旋回频繁且震荡控制着滩坝呈砂泥薄互层的沉积特征, 而中长期沉积基准面持续上升有利于滩坝砂体的保存。

4.5 古水深及古气候

古水深是碳酸盐岩发育的重要控制因素。不同类型碳酸盐岩沉积受到古水深控制的主要原因是受到化学岩沉积序列的控制。王延章等^[61]通过对东营凹陷沙四上纯下亚段碳酸盐岩滩坝的研究, 认为碳酸盐岩的主要发育区间为 3~32 m, 最大产率峰值对应水深为 24.5 m。宋国奇等^[70]、李胜玉等^[71]在各自的研究中也得到了类似的结论。

古气候也是滩坝发育的重要控制因素之一^[72,73]。王延章等^[74]通过对济阳拗陷沙河街组二段-四段孢粉建立古气候与沉积相的关系, 认为碳酸盐岩滩坝发育于较干旱的温热适中的气候环境, 较干燥的环境使蒸发作用增大, 有利于化学岩的形成和碳酸盐岩滩坝的发育; 同时, 适宜的气候条件使古生物腹足类和介形类大量发育, 藻类和底栖生物的大量发育有利于形成生物湖相碳酸盐岩。刘江涛等(2015)^[72]在对沾化坳陷的研究中也得到类似的结论。

5 结论

1) 滩坝是重要的沉积砂体, 多发育于湖岸或海岸之上。由于优良的物性和邻近烃源岩等特点, 滩坝是有利的储集层, 滩坝研究对油气勘探和开发意义重大。

2) 依据滩坝的沉积物、发育位置以及对潮汐作用响应等, 可以对滩坝进行分类。依据沉积物组成, 可将滩坝划分为碎屑岩滩坝和碳酸盐岩滩坝。依据滩坝的发育位置(至岸线的距离), 可将滩坝划分为沿岸滩坝、近岸滩坝和远岸滩坝。依据滩坝对于潮汐作用的响应, 可将滩坝划分为小潮差滩坝、中潮差滩坝和大潮差

滩坝等。依据滩坝对于波浪作用、风暴作用的响应以及滩坝的平面形态等也可对滩坝进行分类。

3) 针对滩坝砂体的沉积特点, 许多学者总结了滩坝的沉积模式, 研究角度包括古地理位置、物源供给条件、水动力条件、盆地发育阶段等。对滩坝内部沉积微相也可进一步划分, 其依据主要是滩坝内外缘沉积特征差异。

4) 古地貌、水动力条件、物源、沉积旋回等要素综合控制滩坝的发育。古地貌与构造活动一起影响坡度和岸线形态, 进而控制滩坝发育。水动力条件与物源供给, 则决定了滩坝的发生和发展; 沉积旋回特别是基准面升降及旋回也会影响滩坝发育。其他影响因素还包括古水深和古气候等。

致谢: 成文过程中, 程日辉教授和彭飙博士提出了启发性建议。

参考文献 (References)

- [1] De Beaumont L E. Leçons de géologie pratique: Professées au Collège de France, pendant l'année scolaire 1843-1844[M]. P Bertrand, 1845.
- [2] 刘宝珺. 海相陆源地层的环境分析[J]. 地质通报, 1982, 1(1): 32-43.
Liu Baojun. Environmental analysis of marine terrestrial strata [J]. Geological Bulletin of China, 1982, 1(1): 32-43.
- [3] 吴崇筠. 湖盆砂体类型[J]. 沉积学报, 1986, 4(4): 1-27.
Wu Chongyun. Sandbodies in lake basin [J]. Acta Sedimentologica Sinica, 1986, 4(4): 1-27.
- [4] 吴崇筠, 刘宝珺, 王德发, 等. 碎屑岩沉积相模式[J]. 石油学报, 1981, 2(4): 1-10.
Wu Chongyun, Liu Baojun, Wang Defa, et al. Patterns of sedimentary facies of clastics in China[J]. Acta Petrolei Sinica, 1981, 2(4): 1-10.
- [5] 姜在兴, 王俊辉, 张元福. 滩坝沉积研究进展综述[J]. 古地理学报, 2015, 17(4): 427-440.
Jiang Zaixing, Wang Junhui, Zhang Yuanfu. Advances in beach-bar research: A review [J]. Journal of Palaeogeography, 2015, 17(4): 427-440.
- [6] 向奎, 鲍志东, 庄文山. 准噶尔盆地滩坝砂石油地质特征及勘探意义——以排2井沙湾组为例[J]. 石油勘探与开发, 2008, 35(2): 195-200.
Xiang Kui, Bao Zhiding, Zhuang Wenzhan. Petroleum geology and exploration of beach sandbar in Junggar Basin, NW China: A case from the Shawan Formation in Well Pai 2[J]. Petroleum

- Exploration and Development, 2008, 35(2): 195-200.
- [7] 朱筱敏, 信荃麟, 张晋仁. 断陷湖盆滩坝储集体沉积特征及沉积模式[J]. 沉积学报, 1994, 12(2): 20-28.
Zhu Xiaoming, Xin Quanlin, Zhang Jinren. Sedimentary characteristics and models of the beach-bar reservoirs in faulted down lacustrine basins[J]. Acta Sedimentologica Sinica, 1994, 12(2): 20-28.
- [8] 商晓飞, 侯加根, 孙福亭, 等. 砂质滩坝储集层内部结构特征及构型模式——以黄骅坳陷板桥油田古近系沙河街组为例[J]. 石油学报, 2014, 35(6): 1160-1171.
Shang Xiaofei, Hou Jiagen, Sun Futing, et al. Architectural characteristics and sedimentary models of beach-bar sandstone reservoirs: A case study of the Paleogene Shahejie Formation in Banqiao oilfield, Huanghua depression[J]. Acta Petrolei Sinica, 2014, 35(6): 1160-1171.
- [9] 操应长, 王健, 刘惠民, 等. 东营凹陷南坡沙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), 2009, 33(6): 5-10.
Cao Yingchang, Wang Jian, Liu Huimin, et al. Sedimentary characteristics and models of beach-bar sandbodies in the upper part of the fourth member of Paleogene in the south slope of Dongying depression [J]. Journal of China University of Petroleum (Edition of Natural Science), 2009, 33(6): 5-10.
- [10] 邓宏文, 高晓鹏, 赵宁, 等. 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, 2010, 12(6): 737-747.
Deng Hongwen, Gao Xiaopeng, Zhao Ning, et al. Genetic types, distribution patterns and hydrocarbon accumulation in terrigenous beach and bar in northern faulted-lacustrine-basin of Jiyang Depression[J]. Journal of Palaeogeography, 2010, 12(6): 737-747.
- [11] 赵东娜, 朱筱敏, 董艳蕾, 等. 地震沉积学在湖盆缓坡滩坝砂体预测中的应用——以准噶尔盆地车排子地区下白垩统为例[J]. 石油勘探与开发, 2014, 41(1): 55-61.
Zhao Dongna, Zhu Xiaomin, Dong Yanlei, et al. Application of seismic sedimentology to prediction of beach and bar sandbodies in gentle slope of lacustrine basin: A case study of the Lower Cretaceous in Chepaizi area, Junggar Basin, NW China[J]. Petroleum Exploration and Development, 2014, 41(1): 55-61.
- [12] 杨西燕, 沈昭国, 方少仙, 等. 鄂尔多斯盆地乌审旗气田中二叠统下石盒子组盒8段下亚段滩坝砂体沉积特征[J]. 古地理学报, 2007, 9(2): 175-183.
Yang Xiyan, Shen Zhaoguo, Fang Shaoxian, et al. Sedimentary characteristics of beach and bar sandbodies in the lower submember of Member 8 of Xiashihezi Formation of Middle Permian in Wushenqi Gasfield, Ordos Basin[J]. Journal of Palaeogeography, 2007, 9(2): 175-183.
- [13] 刘强虎, 朱红涛, 舒誉, 等. 珠江口盆地恩平凹陷古近系恩平组物源体系及其对滩坝的控制[J]. 石油学报, 2015, 36(3): 286-299.
Liu Qianghu, Zhu Hongtao, Shu Yu, et al. Provenance systems and their control on the beach-bar of Paleogene Enping Formation, Enping sag, Pearl River Mouth Basin[J]. Acta Petrolei Sinica, 2015, 36(3): 286-299.
- [14] 纪友亮, 卢欢, 刘玉瑞. 苏北盆地高邮凹陷古近系阜宁组一段浅水三角洲和滩坝沉积模式[J]. 古地理学报, 2013, 15(5): 729-740.
Ji Youliang, Lu Huan, Liu Yurui. Sedimentary model of shallow water delta and beach bar in the Member 1 of Paleogene Funing Formation in Gaoyou sag, Subei Basin[J]. Journal of Palaeogeography, 2013, 15(5): 729-740.
- [15] Thompson W O. Original structures of beaches, bars, and dunes[J]. Geological Society of America Bulletin, 1937, 48(6): 723-752.
- [16] Olson J S. Lake Michigan dune development. 3. Lake-level, beach, and dune oscillations[J]. The Journal of Geology, 1958, 66(5): 473-483.
- [17] 朱筱敏. 沉积岩石学[M]. 北京: 石油工业出版社, 2008.
Zhu Xiaomin. Sedimentary petrology[M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 2008.
- [18] 王冠民, 王群, 王春阳, 等. 论湖相滩与坝的成因差异[J]. 吉林大学学报(地球科学版), 2016, 46(1): 1-10.
Wang Guanmin, Wang Qun, Wang Chunyang, et al. Discussion on genesis difference of lake beach and bar[J]. Journal of Jilin University (Earth Science Edition), 2016, 46(1): 1-10.
- [19] Williamson C R, Picard M D. Petrology of carbonate rock of the Green River Formation (Eocene)[J]. Journal of Sedimentary Research, 1974, 44(3): 738-759.
- [20] 常德双, 卢刚臣, 孔凡东, 等. 大港探区湖泊浅水滩、坝油气藏勘探浅析[J]. 中国石油勘探, 2004, 9(2): 26-32.
Chang Deshuang, Lu Gangchen, Kong Fandong, et al. Analysis on exploration of lake shallow-water beach and bar oil and gas reservoirs in Dagang exploration area[J]. China Petroleum Exploration, 2004, 9(2): 26-32.
- [21] 邬金华, 张哲, 王柏轩. 东营凹陷沙一段滩坝-泻湖沉积体系和层序发育的控制特点[J]. 地球科学-中国地质大学学报, 1998, 23(1): 21-62.
Wu Jinhua, Zhang Zhe, Wang Baixuan. Barrier-lagoon sedimentary system and sequence development control of Shahejie formation member 1 of Dongying sag[J]. Earth Science, 1998, 23(1): 21-62.
- [22] 谢天闯. 冀中地区湖相碳酸盐岩成岩作用与油气储集关系[J]. 石油勘探与开发, 1989(2): 24-30.
Xie Tianyin. The relationship between the diagenesis of lacustrine carbonate and the accumulation of oil and gases in Ji-

- zhong[J]. *Petroleum Exploration and Development*, 1989(2): 24-30.
- [23] Janson X, Kerans C, Bellian J A, et al. Three-dimensional geological and synthetic model of Early Permian redeposited basinal carbonate deposits, Victorio Canyon, West Texas [J]. *AAPG Bulletin*, 2007, 91(10): 1405-1436.
- [24] 王冠民, 鹿洪友. 惠民凹陷商河地区沙一段碳酸盐岩沉积特征[J]. *中国石油大学学报(自然科学版)*, 2002, 26(4): 1-4.
Wang Guanmin, Lu Hongyou. Sedimentary characters of carbonate rock of Shahejie formation in Shanghe area of Huimin sag [J]. *Journal of The University of Petroleum, China(Edition of Natural Science)*, 2002, 26(4): 1-4.
- [25] 杜毓华. 渤海湾地区下第三系湖相碳酸盐岩及沉积模式[J]. *石油与天然气地质*, 1990, 11(4): 376-392.
Du Yunhua. Eocene lacustrine carbonate rocks and sedimentary model in Bohai Bay region[J]. *Oil and Gas Geology*, 1990, 11(4): 376-392.
- [26] 秦云龙. 饶阳凹陷湖泊碳酸盐岩储层特征[J]. *石油勘探与开发*, 1988, 15(3): 48-56.
Qin Yunlong. Reservoir characteristics of lake carbonate rock in Raoyang subdepression[J]. *Petroleum Exploration and Development*, 1988, 15(3): 48-56.
- [27] 杨雨, 王一刚, 文应初, 等. 川东飞仙关组沉积相与鲕滩气藏的分布[J]. *天然气勘探与开发*, 2001, 24(3): 18-21.
Yang Yu, Wang Yigang, Wen Yingchu, et al. Distribution of sedimentary facies and oolitic beach gas reservoirs in Feixian-guan formation in eastern Sichuan Province[J]. *Natural Gas Exploration & Development*, 2001, 24(3): 18-21.
- [28] 郑清, 信荃麟. 饶阳凹陷大王庄地区沙三上及沙一下碳酸盐岩沉积模式与含油性[J]. *中国石油大学学报(自然科学版)*, 1987, 11(2): 6-18.
Zheng Qing and Xin Quanlin. The models of carbonate deposition and hydrocarbon distribution at Shahejie formation of Dawangzhuang district in Raoyang depression[J]. *Journal of East China Petroleum Institute(Edition of Natural Science)*, 1987, 11(2): 6-18.
- [29] 王英华. 中国湖相碳酸盐岩[M]. 徐州: 中国矿业大学出版社, 1993.
Wang Yinghua. *Lacustrine carbonate rocks in China*[M]. Xuzhou: China Mineral University Press, 1993
- [30] 杨勇强, 邱隆伟, 姜在兴, 等. 陆相断陷湖盆滩坝沉积模式——以东营凹陷古近系沙四上亚段为例[J]. *石油学报*, 2011, 32(3): 417-423.
Yang Yongqiang, Qiu Longwei, Jiang Zaixin, et al. A depositional pattern of beach bar in continental rift lake basins: A case study on the upper part of the fourth member of the Shahejie Formation in the Dongying Sag[J]. *Acta Petrolei Sinica*, 2011, 32(3): 417-423.
- [31] Tamura T. Beach ridges and prograded beach deposits as palaeoenvironment records [J]. *Earth- Science Reviews*, 2012, 114(3-4): 279-297.
- [32] 韩元红, 郝乐伟, 王琪, 等. 青海湖近岸现代沉积滩坝主要类型及沉积特征[J]. *古地理学报*, 2016, 18(5): 759-768.
Han Yuanhong, Hao Lewei, Wang Qi, et al. Sedimentary characteristics and types of beach bars deposited in modern times in nearshore of Qinghai Lake[J]. *Journal of Palaeogeography*, 2016, 18(5): 759-768.
- [33] Deng H, Xiao Y, Ma L, et al. Genetic type, distribution patterns 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*, 2011, 46(4): 380-389.
- [34] Jiang Z, Liang S, Zhang Y, et al. Sedimentary hydrodynamic study of sand bodies in the upper subsection of the 4th Member of the Paleogene Shahejie Formation the eastern Dongying Depression, China[J]. *Petroleum Science*, 2014, 11(2): 189-199.
- [35] Jiang Z, Liu H, Zhang S, et al. Sedimentary characteristics of large-scale lacustrine beach-bars and their formation in the Eocene Boxing Sag of Bohai Bay Basin, East China[J]. *Sedimentology*, 2011, 58(5): 1087-1112.
- [36] 赵宁, 邓宏文. 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*, 2010, 28(3): 441-450.
Zhao Ning, Deng Hongwen. Beach-bar depositional laws and controls of the 2nd member of Shahejie formation in Zhuangxi area, Zhanhua sag[J]. *Acta Sedimentologica Sinica*, 2010, 28(3): 441-450.
- [37] 田继军, 姜在兴. 惠民凹陷与东营凹陷沙四上亚段滩坝沉积特征对比与分析[J]. *吉林大学学报(地球科学版)*, 2012, 42(3): 612-623.
Tian Jijun and Jiang Zaixing. Comparison and analysis of beach bars sedimentary characteristics of upper Es4 in Huimin and Dongying depression[J]. *Journal of Jilin University (Earth Science Edition)*, 2012, 42(3): 612-623.
- [38] 张鑫, 张金亮. 惠民凹陷中央隆起带沙四上亚段滩坝与风暴岩组合沉积[J]. *沉积学报*, 2009, 27(2): 246-253.
Zhang Xin and Zhang Jinliang. Composite deposits of beach bar and tempestite in the upper 4th member of Shahejie formation in the central uplift belt of Huimin depression[J]. *Acta Sedimentologica Sinica*, 2009, 27(2): 246-253.
- [39] 赵宁, 邓宏文, 王训练. 济阳坳陷沾化凹陷古近系沙河街组二段潜山周缘滩坝及物性特征[J]. *古地理学报*, 2010, 12(1): 57-68.
Zhao Ning, Deng Hongwen, Wang Xunlian. Beach-bar deposition and petrophysical properties around buried hills of the Member 2 of Paleogene Shahejie Formation in Zhanhua Sag, Jiyang Depression[J]. *Journal of Palaeogeography*, 2010, 12

- (1): 57-68.
- [40] 周丽清, 邵德艳, 房世瑜, 等. 板桥凹陷沙河街组滩坝砂体[J]. 石油与天然气地质, 1998, 19(4): 351-355.
Zhou Liqing, Shao Deyan, Fang Shiyu, et al. Beach-bar sandbodies of Shahejie formation in Banqiao depression[J]. Oil and Gas Geology, 1998, 19(4): 351-355.
- [41] 毛龙江, 张永战, 魏灵, 等. 海南岛三亚湾海滩研究[J]. 第四纪研究, 2006, 26(3): 477-484.
Mao Longjiang, Zhang Yongzhan, Wei Ling, et al. Study on beach characteristics in Sanya area of Hainan island[J]. Quaternary Sciences, 2006, 26(3): 477-484.
- [42] 李国斌, 姜在兴, 陈诗望, 等. 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, 2008, 35(5): 911-921.
Li Guobin, Jiang Zaixing, Chen Shiwang, et al. Sedimentary characteristics and controlling factors of beach bars in the Upper Submember of the Fourth Member of the Shahejie Formation in the Lijin sub-basin[J]. Geology in China, 2008, 35(5): 911-921.
- [43] 李秀华, 肖焕钦, 王宁. 东营凹陷博兴洼陷沙四段上亚段储集层特征及油气富集规律[J]. 油气地质与采收率, 2001, 8(3): 21-24.
Li Xiuhua, Xiao Huanqing, Wangning. Reservoir characteristics and hydrocarbon enrichment rules in upper Es4 of Boxing subsag in Dongying sag[J]. Petroleum Geology and Recovery Efficiency, 2001, 8(3): 21-24.
- [44] 李丕龙, 张善文, 曲寿利. 陆相断陷盆地油气地质与勘探[M]. 北京: 石油工业出版社, 2003.
Li Pilong, Zhang Shanwen, Qu Shouli. Petroleum geology and exploration for lacustrine faulted-depress basins[M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 2003.
- [45] 田继军, 姜在兴. 东营凹陷沙河街组四段上亚段层序地层特征与沉积体系演化[J]. 地质学报, 2009, 83(6): 836-846.
Tian Jijun and Jiang Zaixing. Sequence stratigraphy characteristics and sedimentary system evolution of upper Es4 in the Dongying Depression[J]. Acta Geologica Sinica, 2009, 83(6): 836-846.
- [46] Davies J L. A morphogenic approach to world shorelines[J]. Zeitschrift für Geomorphologie, 1964, 8: 127-142.
- [47] Davis R A J, Hayes M O. What is a wave-dominated coast? [J]. Marine Geology, 1984, 60(1): 313-329.
- [48] Scott T, Masselink G, Russell P. Morphodynamic characteristics and classification of beaches in England and Wales[J]. Marine Geology, 2011, 286(1/4): 1-20.
- [49] 胡晨林, 张元福, 姜在兴, 等. 风浪作用下鄱阳湖现代滨岸滩坝的形态变化[J]. 石油学报, 2015, 36(12): 1543-1552.
Hu Chenlin, Zhang Yuanfu, Jiang Zaixing, et al. Morphologic changes in modern onshore beach bar of Poyang Lake under wind and wave actions[J]. Acta Petrolei Sinica, 2015, 36(12): 1543-1552.
- [50] Burvingt O, Masselink G, Russell P, et al. Classification of beach response to extreme storms[J]. Geomorphology, 2017, 295: 722-737.
- [51] 马立祥, 邓宏文, 林会喜, 等. 济阳拗陷三种典型滩坝相的空间分布模式[J]. 地质科技情报, 2009, 28(2): 66-71.
Ma Lixiang, Deng Hongwen, Lin Huixi, et al. Three kinds of spatiotemporal models of typical beach and bar sedimentary facies in Jiyang depression[J]. Geological Science And Technology Information, 2009, 28(2): 66-71.
- [52] 李安夏, 王冠民, 庞小军, 等. 间歇性波浪条件下湖相滩坝砂的结构特征——以东营凹陷南斜坡王73井区沙四段为例[J]. 油气地质与采收率, 2010, 17(3): 12-14.
Li Anxia, Wang Guanmin, Pang Xiaojun, et al. Structural features of lacustrine shoal-bar sandstone under intermittent wave: A case of Sha 4 member of Shahejie formation of well Wang 73, southern slope zone, Dongying depression[J]. Petroleum Geology and Recovery Efficiency, 2010, 17(3): 12-14.
- [53] 曾发富, 董春梅, 宋浩生, 等. 滩坝相低渗透油藏储层非均质性与剩余油分布[J]. 中国石油大学学报(自然科学版), 1998, (6): 39-42.
Zen Fafu, Dong Chunmei, Song Haosheng, et al. Reservoir heterogeneity and distribution of remaining oil in low permeability reservoir of beach bar facies[J]. Journal of the University of Petroleum, China, 1998, (6): 39-42.
- [54] 郭建卿, 林承焰, 董春梅. 博兴油田滩坝相高分辨率层序地层对比及垂向砂体展布特征[J]. 特种油气藏, 2011, 18(3): 20-23.
Guo Jianqing, Lin Chengyan, Dong Chunmei. High-resolution sequence stratigraphic correlation and vertical sand distribution in beach-bar facies of the Boxing oilfield[J]. Special Oil & Gas Reservoirs, 2011, 18(3): 20-23.
- [55] 陈世悦, 杨剑萍. 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, 2000, 28(3): 1-4.
Chen Shiyue and Yang Jianping. Sedimentary characteristics of two kinds of beach-bars of oligocene shahejie formation in western Huimin depression, China[J]. Coal Geology & Exploration, 2000, 28(3): 1-4.
- [56] 刘为付, 刘双龙, 孙立新, 等. 大港枣园油田孔二段储层综合评价[J]. 东北石油大学学报, 2000, 24(3): 5-7.
Liu Weifu, Liu Shuanglong, Sun Lixin, et al. Comprehensive evaluation of reservoir on K2 formation of Zaoyuan oilfield [J]. Journal of Daqing Petroleum Institute, 2000, 24(3): 5-7.
- [57] 阳孝法, 林畅松, 刘景彦, 等. 博兴洼陷沙四段滩坝沉积体系及其主控因素[J]. 油气地质与采收率, 2009, 16(3): 22-25.
Yang Xiaofa, Lin Changsong, Liu Jingyan, et al. Depositional systems and main controlling factors of beach bar of Sha 4 member, Boxing depression[J]. Petroleum Geology and Recovery

- ery Efficiency, 2009, 16(3): 22-25.
- [58] 帅萍. 济阳拗陷古近纪古地貌特点及其对沉积的控制作用[J]. 油气地质与采收率, 2010, 17(3): 24-26.
Shuan Ping. Palaeotopographic features and their depositional control in Palaeogene, Jiyang depression[J]. Petroleum Geology and Recovery Efficiency, 2010, 17(3): 24-26.
- [59] Charvin K, Hampson G J, Gallagher K L, et al. Characterization of controls on high-resolution stratigraphic architecture in wave-dominated shoreface-shelf Parasequences Using inverse numerical modeling[J]. Journal of Sedimentary Research, 2011, 81(7-8): 562-578.
- [60] Brooks G R, Doyle L J, Suthard B C, et al. Facies architecture of the mixed carbonate/siliciclastic inner continental shelf of west-central Florida: implications for Holocene barrier development [J]. Marine Geology, 2003, 200(1/4): 325-349.
- [61] 王延章, 宋国奇, 王新征, 等. 古地貌对不同类型滩坝沉积的控制作用——以东营凹陷东部南坡地区为例[J]. 油气地质与采收率, 2011, 18(4): 13-16.
Wang Yanzhang, Song Guoqi, Wang Xinzhen, et al. Controlling effect of paleogeomorphology on deposition of beach and bar sand reservoir: case study of south slope, east Dongying depression[J]. Petroleum Geology and Recovery Efficiency, 2011, 18(4): 13-16.
- [62] Chow N, George A D, Trinajstić K M, et al. Stratal architecture and platform evolution of an early Frasnian syn-tectonic carbonate platform, Canning Basin, Australia[J]. Sedimentology, 2013, 60(7): 1583-1620.
- [63] 庞小军, 李建平, 王冠民, 等. 渤中凹陷石南地区古近系断层活动特征及其对沉积相的控制[J]. 西安石油大学学报(自然科学版), 2012, 27(1): 11-16.
Pang Xiaojun, Li Jianping, Wang Guanmin, et al. Characteristics and controlling effect of fault activity of Paleogene in Shinnan area of Bozhong Depression on sedimentary facies[J]. Journal of Xi'an Shiyou University (Natural Science Edition), 2012, 27(1): 11-16.
- [64] Konicki K M and Holman R A. The statistics and kinematics of transverse sand bars on an open coast[J]. Marine Geology, 2000, 169(1): 69-101.
- [65] Shand R D, Bailey D G, Shepherd M J. Longshore realignment of shore-parallel sand-bars at Wanganui, New Zealand [J]. Marine Geology, 2001, 179(3): 147-161.
- [66] 李继岩, 宋国奇, 王晓蕾, 等. 不同沉积环境形成的储层成岩差异性研究——以东营凹陷王家岗地区红层与博兴洼陷灰层滩坝为例[J]. 天然气地球科学, 2015, 26(2): 269-276.
Li Jiyan, Songguoqi, Wang Xiaolei, et al. Study on the differences of diagenetic evolution under different sedimentary environment: Take an example of the red-beds of Wangjiagang, Dongying Sag and Oligocene gray-beds beach-bar of Boxing Sag[J]. Natural Gas Geoscience, 2015, 26(2): 269-276.
- [67] Keighley D, Flint S, Howell J, et al. Sequence stratigraphy in lacustrine basins: A model for part of the Green River Formation (Eocene), Southwest Uinta Basin, Utah, USA[J]. Journal of Sedimentary Research, 2003, 73(6): 987-1006.
- [68] Valero-Garcés B, Morellón M, Moreno A, et al. Lacustrine carbonates of Iberian Karst Lakes: Sources, processes and depositional environments[J]. Sedimentary Geology, 2014, 299(2): 1-29.
- [69] Hoy R G, Ridgway K D. Sedimentology and sequence stratigraphy of fan-delta and river-delta deposystems, Pennsylvanian Mintum Formation, Colorado[J]. AAPG Bulletin, 2003, 87(7): 1169-1191.
- [70] 宋国奇, 王延章, 路达, 等. 山东东营凹陷南坡地区沙四段纯下亚段湖相碳酸盐岩滩坝发育的控制因素探讨[J]. 地理学报, 2012, 14(5): 565-570.
Song Guoqi, Wang Yanzhang, Lu Da, et al. Controlling factors of carbonate rock beach and bar development in lacustrine facies in the Chunxia submember of Member 4 of Shahejie Formation in south slope of Dongying Sag, Shandong Province[J]. Journal of Palaeogeography, 2012, 14(5): 565-570.
- [71] 李胜玉, 田景春, 刘鹏, 等. 咸化湖盆沉积物有序分布及其控制因素——以渤南洼陷沙四上亚段为例[J]. 地质科学, 2018(1): 327-340.
Tian Shengyu, Tian Jingchun, Liu Peng, et al. Control factors and ordered distribution of sediments in saline lacustrine basin: A case from the upper part of 4th member of Shahejie formation in Bonan sag[J]. Chinese Journal of Geology, 2018(1): 327-340.
- [72] 刘江涛, 邓大伟, 廖东良, 等. 沾化凹陷沙四段上亚段滩坝沉积特征及其主控因素[J]. 油气地质与采收率, 2015, 22(1): 42-46.
Liu Jiangtao, Deng Dawei, Liao Dongliang, et al. Sedimentary characteristics and main controlling factors of the upper fourth member of Shahejie Formation in Zhanhua depression [J]. Petroleum Geology and Recovery Efficiency, 2015, 22(1): 42-46.
- [73] 施振生, 邱振, 董大忠, 等. 古构造、古气候和古基准面对三角洲前缘砂体类型的控制——以四川盆地上三叠统为例[J]. 地质科学, 2017, (1): 270-284.
Shi Zhensheng, Qiu Zhen, Dong Dazhong, et al. Controls of paleotectonics, paleoclimate and base level fluctuation on the type and structure of delta front: A case study of the Upper Triassic in the Sichuan Basin, China[J]. Chinese Journal of Geology, 2017, (1): 270-284.
- [74] 王延章, 王新征, 石小虎, 等. 古气候及其对碳酸盐岩滩坝发育的控制作用[J]. 西南石油大学学报(自然科学版), 2013,

35(5): 15-22.

Wang Yanzhang, Wang Xinzhen, Shi Xiaohu, et al. Palaeoclimate and its controlling on the development of carbonate

beach and bar[J]. Journal of Southwest Petroleum University (Science & Technology Edition), 2013, 35(5): 15-22.

Research progress of lacustrine beach-bars

WANG Tengfei, JIN Zhenkui, ALIYEVA Gunay, WANG Jinyi, LI Rui, YUAN Kun

College of Geosciences, China University of Petroleum, Beijing 102249, China

Abstract Starting from the definition of the beach bar, this paper comprehensively reviews the latest progress of the beach bar research. According to the deposit types, the locations and the responses to the tidal action, the beach bars can be classified. According to the deposit types, the beach-bars can be divided into the carbonate beach-bars and the detrital beach-bars. According to the development locations, the beach-bars can be divided into the near shore beach-bars and the off shore beach-bars. According to the responses to the tidal actions, the beach-bars can be divided into the low tidal beach-bars, the middle tidal beach-bars and the high tidal beach-bars. In this paper, in view of the sedimentary characteristics of China's lacustrine beach bars, the sedimentary patterns of the beach bars are summarized and their internal microfacies are further divided. The development of the beach bars is controlled by the paleogeomorphology, the hydrodynamic conditions, the material source, the sedimentary cycle, etc. The controlling function of the paleogeomorphology is reflected in the configuration of the shoreline and the local topographic uplifts. The hydrodynamic condition controls the water flow in the development of the beach-bar, which is reflected in the wave actions of different strengths. The material source is the material foundation of the beach-bars and the beach-bars are better developed with abundant materials. The controlling effects of the sedimentary cycle on the beach bar is reflected in two aspects, the rise and fall of the datum level and its cycle. The paleo water depth and the paleoclimate control the development of the beach-bars, especially, the carbonate beach-bars.

Keywords lacustrine beach-bar; lacustrine sediment; sedimentary models; controlling factors ●



(责任编辑 韩星明)