

引用格式:赵世杰,傅强,骆卫峰,等. 溱潼凹陷西斜坡阜三段断陷湖盆砂质滩坝沉积特征[J]. 油气藏评价与开发, 2021, 11(2): 248-255.

ZHAO Shijie, FU Qiang, LUO Weifeng, et al. Sedimentary characteristics of sandy beach-bar in faulted-lacustrine-basin,  $E_3^3$  in west slope of Qintong Sag[J]. Reservoir Evaluation and Development, 2021, 11(2): 248-255.

DOI:10.13809/j.cnki.cn32-1825/te.2021.02.016

## 溱潼凹陷西斜坡阜三段断陷湖盆砂质滩坝沉积特征

赵世杰<sup>1</sup>, 傅强<sup>1</sup>, 骆卫峰<sup>2</sup>, 黄健玲<sup>1</sup>, 滕骥<sup>1</sup>

(1. 同济大学海洋地质国家重点实验室, 上海 200092; 2. 中国石化华东油气分公司勘探开发研究院, 江苏 南京 210011)

**摘要:**以溱潼凹陷西斜坡阜三段砂质滩坝为研究对象,通过对钻井岩心、测井、录井以及各类分析化验数据进行综合研究,分析砂质滩坝沉积特征与沉积动力学条件,划分砂质滩坝成因类型并总结沉积主控因素,并在时空条件下讨论砂质滩坝沉积体系与分布特征。研究认为,溱潼凹陷西斜坡砂质滩坝可进一步划分为滩砂与坝砂,两者在岩性、颜色、厚度、粒度、沉积构造等方面存在较大差异。西斜坡带砂质滩坝沉积按照成因可以划分为远源三角洲前缘前端与侧缘再沉积砂质滩坝和近源冲积扇控制下的近岸砂质滩坝两种类型。远源三角洲前缘前端与侧缘再沉积砂质滩坝见于阜三段各砂组中,且在 $E_3^4$ 砂组中分布最为广泛;近源冲积扇控制下的近岸砂质滩坝则仅见于 $E_3^4$ 砂组中,局限于西斜坡东南沿岸呈条带状发育。对陆相断陷湖盆砂质滩坝沉积特征研究,以及湖相薄互层岩性油气的勘探与开发具有一定的理论借鉴。

**关键词:**砂质滩坝;沉积特征;沉积动力学;阜三段;西斜坡;溱潼凹陷

中图分类号:TE121

文献标识码:A

### Sedimentary characteristics of sandy beach-bar in faulted-lacustrine-basin, $E_3^3$ in west slope of Qintong Sag

ZHAO Shijie<sup>1</sup>, FU Qiang<sup>1</sup>, LUO Weifeng<sup>2</sup>, HUANG Jianling<sup>1</sup>, TENG Ji<sup>1</sup>

(1. State Key Laboratory of Marine Geology, Tongji University, Shanghai 200092, China;

2. Research Institute of Exploration and Development, Sinopec East China Oil and Gas Company, Nanjing, Jiangsu 210011, China)

**Abstract:** Taking the sandy beach-bar deposit in the 3rd member of Funing formation ( $E_3^3$ ) in the west slope zone of Qintong sag as the research object, based on core, logging and various analysis test data, the sedimentary characteristics and sedimentary dynamic conditions of the sandy beach-bar are analyzed comprehensively, the genetic types of sandy beach-bar have been divided and the main controlling factors under spatiotemporal conditions have been summarized. The research suggests that the sandy beach-bar deposits can be further divided into beach sand and bar sand, and they have great differences in lithology, color, thickness, particle size and sedimentary structure. According to the analysis of the sedimentary dynamic conditions for the formation of sandy beach-bar, the sedimentary genetic types of sandy beach-bar in the western slope belt can be divided into two types: ① the redeposited sandy beach-bar in front or side margin of far source delta, ② near-shore sandy beach-bar controlled by near-source alluvial fan. The former is found in each sand group of  $E_3^3$ , and most widely distributed in  $E_3^4$  sand group. The latter is only found in  $E_3^4$  sand group, which is restricted to the southeast coast of the west slope and developed in belts. The study of sedimentary characteristics of sandy beach-bar in continental faulted lacustrine basin is of theoretical significance for the exploration and development of lithologic oil and gas reservoirs in thin interbedded lacustrine facies.

**Key words:** sandy beach-bar, sedimentary characteristics, sedimentary dynamics, 3rd member of Funing formation ( $E_3^3$ ), west slope zone, Qintong sag

收稿日期:2019-11-04。

第一作者简介:赵世杰(1992—),男,硕士,在读博士研究生,主要从事沉积学与石油地质学方向的研究。地址:上海市杨浦区四平路1239号同济大学海洋楼,邮政编码:200082。E-mail:zhaoshijie9267@163.com

通信作者简介:傅强(1964—),男,博士,教授/博士生导师,主要从事沉积学、储层地质学方向的研究。地址:上海市杨浦区四平路1239号同济大学海洋楼,邮政编码:200082。E-mail:fuqiang@tongji.edu.cn

随着油气勘探程度不断深入,岩性油气藏发现的比例逐年增大,目前已成为国内外学者研究的重点与热点内容<sup>[1-4]</sup>。胜利油田、渤海油田等我国东部新生界油气勘探的实践证明,大量油气资源赋存于岩性圈闭、地层圈闭等非构造圈闭,以及构造—岩性圈闭等复合圈闭之中,而这些岩性油气藏、地层油气藏等非构造油气藏也正逐渐成为老区勘探中增储上产的重要目标<sup>[5-7]</sup>。

砂质滩坝作为发育于滨岸带的一种重要的沉积相类型,具有近油源、储集性能较好、生储盖组合配置好等各项优势条件,有利于油气富集并形成较好的岩性油气藏<sup>[8]</sup>。滩坝沉积的研究自20世纪初期至今,积累了国内外众多学者在沉积环境、成因、沉积特征、沉积模式以及储层特征等方面丰富的研究成果<sup>[9-14]</sup>。溱潼凹陷西斜坡阜三段发现的砂质滩坝沉积具有远离物源区且临近湖盆岸边的特征,由多期次、多方向的物源注入,其砂体与生油凹陷匹配,是构造—岩性复合油藏的有利发育区<sup>[15]</sup>。之前对溱潼凹陷西斜坡沉积模式、储层发育特征等方面进行过较为系统深入的研究,但对其沉积特征的研究或者过于笼统而忽视了处于三角洲前缘前端与滨岸近岸地区复杂水动力条件下的砂质滩坝沉积<sup>[16]</sup>,或者局限于西斜坡带某个区块而缺乏在溱潼凹陷整体大格局背景下的滩坝沉积特征的认识<sup>[17]</sup>,同时对滩坝沉积成因类型也缺乏深入研究。因此,本次研究在之前已取得的认识与成果基础上,以溱潼凹陷西斜坡阜三段为例,进一步研究砂质滩坝沉积特征与成因类型。这将进一步明确溱潼凹陷西斜坡阜三段构造—岩性复合油藏的分布规律及其控制因素,对有利区的勘探与下一步工作的部署具有重要的理论借鉴意义与实

际应用价值。

## 1 区域地质概况

苏北盆地为苏北—南黄海盆地的陆上部分,东面为南黄海海岸线,西边与郯庐断裂带相邻,南部紧邻张八岭隆起与通扬隆起(苏南隆起),北部接滨海隆起,总面积约35 000 km<sup>2</sup>,大体可分为北部盐阜拗陷、南部东台拗陷以及中部建湖隆起。目前已发现的主力油气富集区域均位于南部东台拗陷之内。溱潼凹陷位于苏北盆地东台拗陷东南部,东面以泰州凸起与海安凹陷相隔,西面与高邮凹陷间隔吴堡低凸起,西南部与通扬隆起(苏南隆起)相邻,东北承接小海凸起直接延伸到南黄海盆地,分布面积约1 200 km<sup>2</sup>(图1)。研究区位于溱潼凹陷西侧斜坡带上,包括蔡家堡、陈家舍、仓场、吉沟、北汉庄、华港、南华以及曹桥等地区,属于溱潼凹陷西侧外斜坡带—坡垒带区域,面积约200 km<sup>2</sup>。

溱潼凹陷阜三段与下部阜二段界面标志层为“泥脖子段”,与上部阜四段界面为阜四段“弹簧岩性段”底部,整体处于阜二段与阜四段两次海侵之间的间歇期<sup>[18]</sup>。阜三段沉积期,溱潼凹陷东南侧泰州凸起开始出露地表并遭受剥蚀<sup>[19]</sup>,与通扬隆起共同组成溱潼凹陷南边的湖岸。此时吴堡低凸起尚未出露地表,溱潼凹陷与金湖、高邮以及海安凹陷连片分布,并向南黄海盆地延展,总湖盆面积约16 000 km<sup>2</sup>。溱潼凹陷阜三段分为上下两套砂组,两套砂组在岩性、物性以及沉积特征方面基本一致,中部夹一套厚层泥岩段,岩性以灰黑色泥岩与浅灰、灰白色粉砂岩、细砂岩互层或不等厚互层为主。

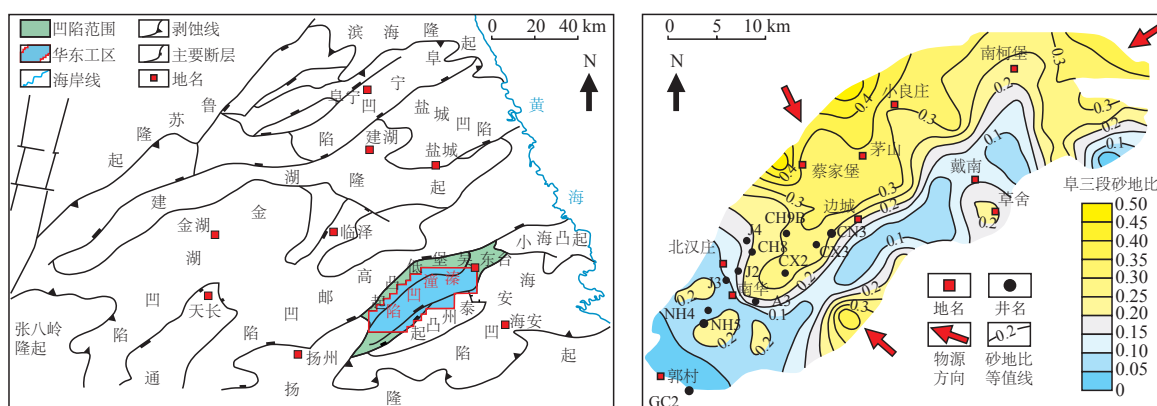


图1 溱潼凹陷区域位置  
Fig. 1 Structural location of Qintong sag

## 2 沉积特征

### 2.1 岩石学特征

溱潼凹陷西斜坡阜三段砂质滩坝储集岩以细砂岩、粉砂岩为主,岩石类型有长石石英砂岩、杂砂岩、岩屑长石石英砂岩等,以长石质石英砂岩、长石岩屑质石英砂岩为主(图2)。岩石成份和结构成熟度均中等,岩石组构由陆源碎屑和填隙物组成,陆源碎屑分布均匀、分选好,矿物磨圆度主要为次棱一次圆状(图3)。

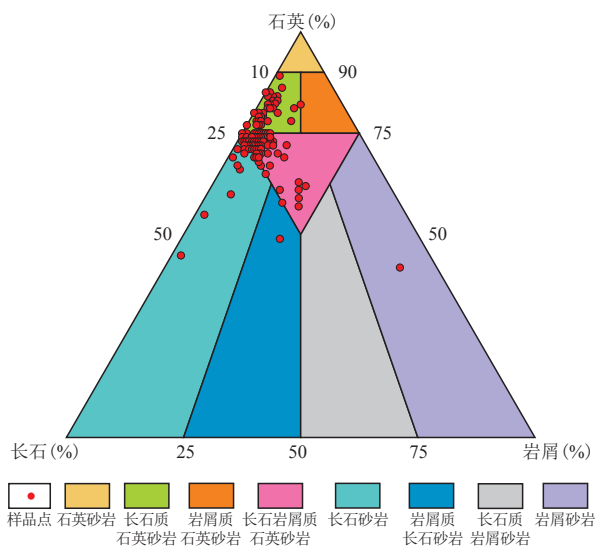


图2 溱潼凹陷西斜坡阜三段滩坝沉积砂岩矿物组分三端元  
Fig. 2 Three terminal element of the mineral composition of sandstone in beach-bar sediments of  $E_3$  in western slope of Qintong sag

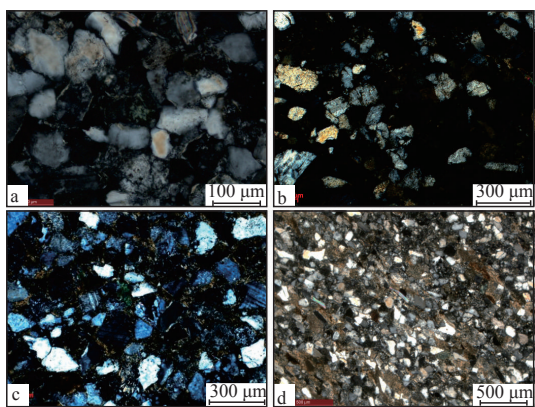


图3 溱潼凹陷西斜坡阜三段滩坝沉积砂岩薄片  
Fig. 3 Thin section photographs of sandstone in beach-bar deposit of  $E_3$  in western slope of Qintong sag

通过大量岩心照片观察发现,溱潼凹陷在阜三段砂岩的颜色主要以灰褐色、浅灰色细砂岩和粉砂岩为主(图4a、图4b),泥岩的颜色主要为黑色和深灰色(图4c、图4d、图4f)。深色沉积岩指示了沉积环境为缺氧的还原环境,说明在阜三段沉积时期,溱潼凹陷主要为还原环境,这与之前研究的三角洲前缘—浅湖沉积环境相吻合。湖中的有机物在还原环境中得以保留,成为后期生油的主要层位。

大规模的深色砂岩主要分布的区域是在溱潼凹陷西斜坡的南部和中部区域,另外在北部小部分地区里,砂岩的颜色主要为灰褐色和浅灰色,这说明溱潼凹陷北部小部分地区处于湖水水体较浅的区域,浅湖区的沉积物中的有机质在氧化条件下逐渐分解,沉积岩的颜色较浅。

### 2.2 沉积构造特征

阜三段取心井段可见大量生物扰动、冲刷面、槽状交错层理、波状交错层理、平行层理、水平层理、波状层理及同生变形构造等典型沉积构造,反映三角洲前缘—滩坝沉积的特点。其中粉细砂岩中可见波状层理、块状、反递变等构造,分选较好,反映低能量湖浪筛选与滩坝堆积的沉积机制;砂泥岩互层中见脉状层理、透镜状层理,层面见植物碎屑及云母碎片,并含大量生物潜穴及生物扰动构造(图4),体现水动力较弱的稳定沉积环境;灰黑色泥岩、深灰色泥岩,具水平层理、韵律层理,含大量生物潜穴、扰动构造。

### 2.3 沉积类型及特征

通过岩心观察,结合薄片与粒度分析测试,认为溱潼凹陷西斜坡阜三段发育具有双向水流作用特征的砂质滩坝沉积。滩砂体与坝砂体在成因、几何形



图4 溱潼凹陷西斜坡阜三段滩坝沉积特征  
Fig. 4 Beach-bar sedimentary structures of  $E_3$  in western slope of Qintong sag

态、分布规律上具有较大区别。因此,本次研究中,对滩坝沉积采用滩砂与坝砂两类沉积微相将滩坝沉积分别进行描述。

坝砂发育在滨浅湖地带,形成于湖浪、湖流的筛选与风暴浪冲刷作用,水动力能量较强<sup>[20]</sup>。坝砂通常见于沿湖岸平行分布的碎浪带或在三角洲前缘前端破浪带中,既有正常风浪作用形成的坝砂,也有风暴作用形成的风暴浪回流搬运于滨浅湖沉积形成,两种成因的坝砂通常呈伴生关系,其区别通常为风暴回流坝砂一般具有正粒序且往往仍保留有部分风暴成因的沉积构造,如块状层理、泥岩撕裂片、重荷构造、丘状层理、泥砾等,而正常风浪坝砂通常为与三角洲前缘河口坝特性相似的反粒序,沉积构造通常可见有弱平行层理、波状交错层理、波状层理以及少量的生物潜穴以及生物扰动构造(图4)。

坝砂由泥质含量很低、较纯的砂岩组成。溱潼凹陷西斜坡滩坝沉积中,并未见有完全纯净的坝砂沉积,这是由于溱潼凹陷具有较为复杂的物源条件,多物源的输入导致湖盆内部砂岩与泥岩分布关系变得更为复杂,从而增加了坝砂沉积中的泥质含量。溱潼凹陷西斜坡阜三段坝砂沉积厚度一般大于2 m,岩性以灰色细砂岩、灰色粉砂岩为主,具有多期叠置的特征,电测曲线上表现为中低幅度齿化反旋回漏斗形或舌形(表1),粒度概率曲线表现为滚动、2~3个不同斜率的跳跃总体与悬浮总体共同组成的特征,悬浮组分较低,反映波浪双向水流冲刷作用(图5a)。

滩砂是在较平坦地形上由湖浪、湖流作用形成的砂体,与坝相比,水动力能量要弱<sup>[20]</sup>。与坝砂相比,滩砂往往具有更大的分布面积和更小的厚度。受物源与地貌等多因素的共同影响,滩砂常呈席状分布,

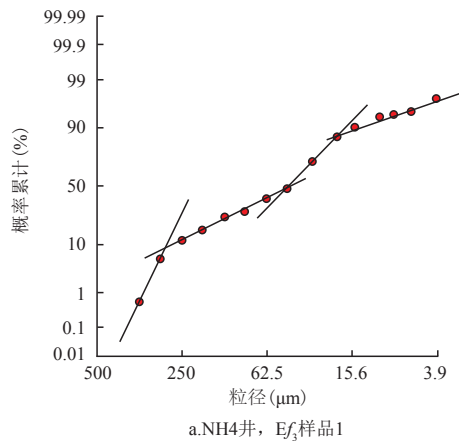


表1 滩砂、坝砂测井曲线与录井特征  
Table 1 Logging curves and characteristics of beach sand and bar sand

亚微相	GR(蓝色) SP(红色)	形态	幅度	接触关系	录井图	代表井
坝砂		舌状、反旋回漏斗形	中低幅,齿化	顶部突变底部渐变		CN3井 GC2井 CH9B井 CA3井
浅湖滩砂		指状或锯齿状	低幅齿化	顶底突变接触		J2井 J3井 NH4井 CX3井

厚度薄,分布面积大,具有多期叠置的特征。

溱潼凹陷西斜坡滩砂多为湖浪对三角洲前缘砂体改造形成,与浅湖泥频繁互层,砂泥突变接触,且受到波浪作用以及生物扰动作用的影响,砂岩与泥岩薄互层常呈现扰乱、混杂的组合特征,岩心上可见有波状交错层理、透镜状层理以及各种生物扰动构造,测井曲线呈现低幅指状或锯齿状形态特征(表1),粒度概率累计曲线呈现具有过渡带的跳跃—悬浮两段式特征,悬浮组分含量高,反映具有波状交错层理以及小型交错层理、具有更弱水动力的滩砂沉积(图5b)。

### 3 滩坝沉积成因类型

对于滩坝沉积的控制因素已有众多学者进行过相关研究,并从物源条件<sup>[17]</sup>、古地貌条件<sup>[21]</sup>、水动力条

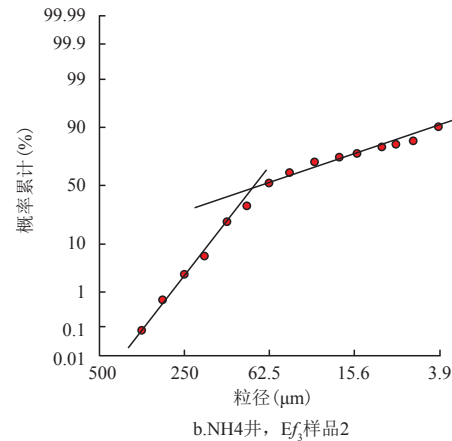


图5 溱潼凹陷西斜坡滩坝沉积砂岩粒度概率累计

Fig. 5 Cumulative probability of sand grain size of beach-bar deposits in western slope of Qintong sag

件<sup>[22]</sup>等多角度提出滩坝沉积的主要控制因素。苏北盆地东台坳陷阜宁组沉积物是在淡水注入与海水侵袭下,两种水体交互作用的背景下形成的<sup>[23]</sup>,而阜三段正是处在阜二段与阜四段两期大规模海侵之间的高位期,整体为浅湖一半深湖环境,砂体连片分布。从沉积动力学角度的砂体展布特征来看,在半深湖处发育的砂体多为重力流、风暴浪等事件沉积。因此,受湖浪作用为主的滩坝沉积(包括正常滩坝与风暴回流滩坝)主要发育在三角洲前缘的前端以及三角洲前缘侧部沿湖岸位置。通过对溱潼凹陷西斜坡阜三段滩坝沉积岩心观察,虽然泥岩颜色以深灰—黑色为主,但在岩心中较少见有重力流沉积的组合构造,而是多表现为受湖浪作用影响的构造组合特征,表明溱潼凹陷西斜坡阜三段沉积时具有一定的水深,但仍未到半深湖区,而对应滩坝砂体与三角洲前缘砂体以及湖岸边缘的相应位置,这类滩坝沉积多发育在平缓浅湖背景下的三角洲前缘的前端与侧缘部位,具有细砂、粉砂为主的粒度特征,通常呈现泥质含量较高的特征(图6)。然而CA3井在



a.J2井,1 641.02 m,褐灰色油斑粉砂岩,水平层理,条带状含油;b.J2井,1 642.43 m,褐灰色油斑粉砂岩,波状层理;c.J2井,1 641.02~1 643.72 m,第三次取心全筒照片,顶底泥岩突变接触;d.CA3井,2 195.59~2 197.59 m,第二次取心全筒照片,整体呈下细上粗反韵律特征,底部泥岩突变接触;e.CA3井,2 195.79 m,灰色粉砂岩,块状层理,含泥岩撕裂片,岩心表面见黄铁矿斑块;f.CA3井,2 196.15 m,灰色粉砂岩夹灰黑色泥质条带,发育波状交错层理、透镜状层理、生物扰动

图6 溱潼凹陷西斜坡阜三段远物源滩坝沉积叠加序列与沉积特征

Fig. 6 Stacking pattern and depositional feature of remote source beach-bar deposits of  $E_3$  in western slope of Qintong sag

2 195.59~2 197.59 m(图6d—图6f)再往上至1 847.60~1 849.60 m时(图7a—图7c),岩心断面可见有大块泥砾,反映为多期风暴回流坝向上变为正常风浪坝,这说明受水体动荡与湖平面变化的影响,纵向上滩坝沉积呈现出具有一定规律性的成因变化与多期次叠置的特征。

通过对青海湖现代滩坝沉积研究可以发现,沿岸滩坝砂岩粒度较粗,底部多见有砾石<sup>[24-25]</sup>,在GC2井岩心上亦可发现同样的特征。GC2井岩心上多见有波状交错层理、多期滩砂相互叠置特征,可反映双向水流的湖浪作用。同时,在底部也见有砾石,向上发育波状层理,符合坝砂沉积组合特征,结合波状交错层理等双向水流特征可以排除分流河道沉积,综合判断为滩坝沉积的坝砂(图7d—图7g)。GC2井位



a.CA3井,1 847.71 m,灰色细砂岩,块状层理;b.CA3井,1 849.06 m,灰色含砾细砂岩,块状层理,岩心断面见大块泥砾,反映风暴回流沉积特征;c.CA3井,1 847.60~1 849.60 m,第一次取心全筒照片,底部为2~3期风暴成因坝砂叠置,每一期底部见有泥砾向上正递变过渡为块状层理,向上变为正常风浪坝,块状层理;d.GC2井,2 228.23~2 232.06 m,第一次取心全筒照片,多期坝砂叠置而成,每一期坝砂界面明显,顶部发育一套滩砂沉积;e.GC2井,2 228.23 m,灰色粉砂岩与黑色泥岩薄互层,发育波状交错层理及透镜状层理,为典型滩砂沉积;f.GC2井,2 229.29 m,灰色细砂岩夹薄层灰色泥岩条带,上部斜层理切割下部近平行层理,为典型近岸坝砂特征;g.GC2井,2 230.26 m,灰色细砂岩夹薄层黑色泥岩条带,发育近平行层理,坝砂沉积特征

图7 溱潼凹陷西斜坡阜三段近岸滩坝沉积叠加序列与沉积特征

Fig. 7 Stacking pattern and depositional feature of off-shore beach-bar deposits of  $E_3$  in western slope of Qintong sag

于溱潼凹陷西南角落,临近通扬隆起与泰州凸起湖岸,J2井、CA3井则位于溱潼凹陷中部,更接近东北物源的三角洲前缘。对比青海湖现代沉积研究,认为这一类滩坝沉积与平缓浅湖背景下三角洲前缘的前端与侧缘发育的滩坝沉积在沉积构造及成因上具有明显差别,为受到来自东南方向物源的扇三角洲改造形成的沿岸滩坝。因此,溱潼凹陷西斜坡阜三段可以进一步归纳为两类不同成因的滩坝沉积:1)西斜坡中部发育受东北物源方向三角洲前缘影响下的三角洲前端、侧端滩坝沉积类型;2)受来自通扬隆起与泰州凸起控制的扇三角洲改造形成的西斜坡西南缘近岸滩坝沉积类型。综合两类不同成因滩坝沉积,可以将溱潼凹陷西斜坡滩坝沉积划分为受东北远物源控制下的三角洲前缘前端与侧缘再沉积砂质滩坝(简称远物源滩坝)与受东南近物源控制下的近岸砂质滩坝(简称近岸滩坝)两种类型。

#### 4 溱潼凹陷西斜坡阜三段沉积时空演化特征分析

溱潼凹陷阜三段为正常三角洲—滩坝沉积模式(图8)。从溱潼凹陷阜三段三个砂组沉积相平面展布特征来看,下砂组从 $E_f^4$ 到 $E_f^3$ 为三角洲前缘向前进积的特征,上砂组 $E_f^1$ 相对下砂组的 $E_f^3$ 湖水较为

变深。 $E_f^4$ 砂组发育有受东北远物源控制下的三角洲前缘前端与侧缘再沉积砂质滩坝与受东南近物源控制下的近岸砂质滩坝两种成因类型滩坝沉积,其中,远物源滩坝沉积在西斜坡呈片状广泛发育,而近岸滩坝发育位置仅局限于西斜坡东南沿岸呈条带状发育。 $E_f^3$ 与 $E_f^1$ 砂组仅发育有远物源滩坝,分布位置较为局限。

苏北盆地古近系阜三段沉积时期,盛行主力风向为南风<sup>[26]</sup>。溱潼凹陷西斜坡在凹陷内属于迎风缓坡带,地形平缓,形成了广阔的滨浅湖区,波浪作用强烈,三角洲前缘向前延伸受阻碍,前缘砂体被湖浪改造、再分配,在前缘前方、湖岸附近区域形成滩坝沉积,最终形成正常三角洲—滩坝体系。随着长期湖平面升降变化(旋回性)与短期湖水往返波动(季节性),多期次滩坝沉积互相叠置,呈现“雁列状”叠置分布的特征。因此,综合分析认为,平缓的地形、一定的水深、较强的湖浪以及稳定的物源供给为溱潼凹陷阜三段砂质滩坝沉积最为重要的控制因素。

#### 5 结论

1) 溱潼凹陷西斜坡具有宽而缓的构造特征,平缓的地形、一定的水深、较强的湖浪以及稳定的物源供给为溱潼凹陷阜三段砂质滩坝沉积最为重要的控

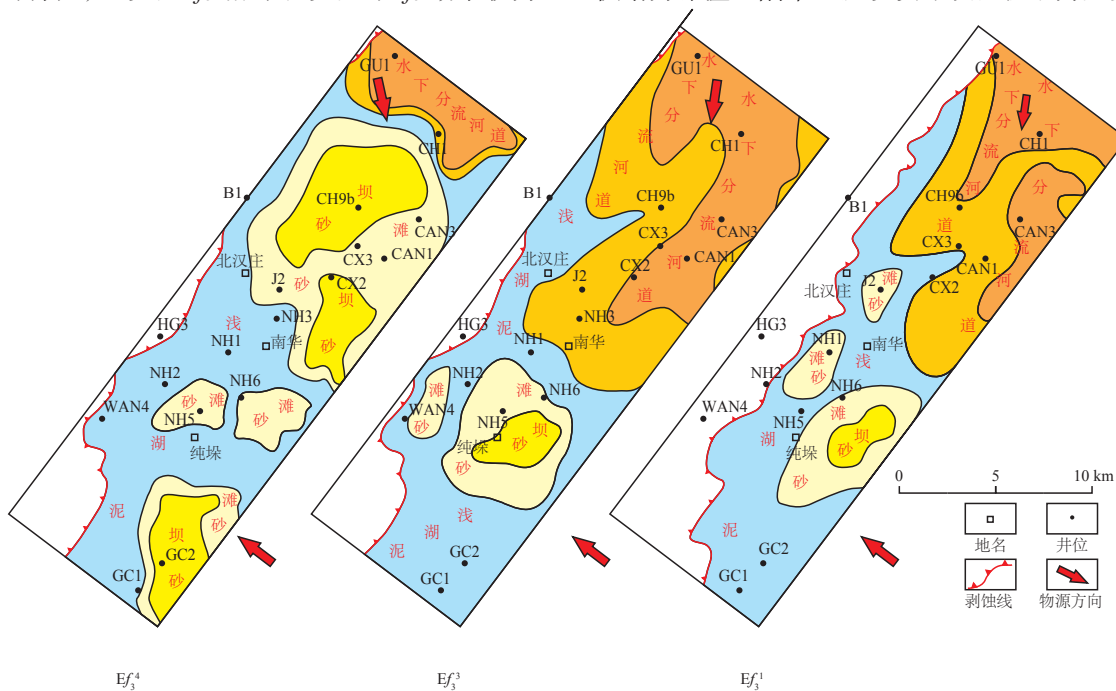


图8 溱潼凹陷西斜坡阜三段各砂组沉积相平面展布  
Fig. 8 Sedimentary facies of  $E_f^3$  in western slope of Qintong sag

制因素。溱潼凹陷西斜坡滩坝沉积可从电测曲线与岩心上进一步划分为滩砂沉积与坝砂沉积。

2) 溱潼凹陷西斜坡阜三段发育的滩坝沉积主要有两种成因,其一为东北物源控制下的三角洲前缘前端与侧缘滩坝沉积,主要特征为细砂—粉砂岩;其二为沿通扬隆起、泰州凸起湖岸受西南物源冲积扇控制下的近岸滩坝,主要特征是含砾。对应两种成因可以进一步将砂质滩坝沉积划分为远源三角洲前缘前端与侧缘再沉积砂质滩坝与近源冲积扇控制下的近岸砂质滩坝两种类型。

3) 时空分布上来看,溱潼凹陷西斜坡带阜三段最常见的砂质滩坝类型为远源三角洲前缘前端与侧缘再沉积砂质滩坝,见于阜三段各砂组中,且在 $E_f^4$ 砂组中分布最为广泛。近源冲积扇控制下的近岸砂质滩坝分布更为局限,仅发育在 $E_f^4$ 砂组中,并局限于西斜坡东南沿岸呈条带状发育。

4) 溱潼凹陷斜坡带阜三段整体为三角洲前缘—滩坝—湖相沉积背景,三角洲前缘进入凹陷湖盆内,受沿岸湖浪作用的影响,在凹陷南部形成大规模的滩坝沉积,并叠置连片。

#### 参考文献

- [1] 赵文智,邹才能,谷志东,等. 砂岩透镜体油气成藏机理初探[J]. 石油勘探与开发, 2005, 34(3): 273-284.  
ZHAO Wenzhi, ZOU Caineng, GU Zhidong, et al. Preliminary discussion on accumulation mechanism of sand lens reservoirs[J]. Petroleum Exploration and Development, 2005, 34(3): 273-284.
- [2] 马英俊. 苏北盆地金湖凹陷阜二段砂岩物性影响因素分析[J]. 石油实验地质, 2017, 39(4): 477-483.  
MA Yingjun. Influencing factors of sandstone properties of the second member of Funing formation in the Jinhu Sag, Subei Basin[J]. Petroleum Geology & Experiment, 2017, 39(4): 477-483.
- [3] CHONGWAIN G C, OSINOWO O O, NTAMAK-NIDA M J, et al. Lithological typing, depositional environment, and reservoir quality characterization of the "M-Field", offshore Douala Basin, Cameroon[J]. Journal of Petroleum Exploration and Production Technology, 2019, 9(3): 1705-1721.
- [4] YU Yu, LIN Liangbiao, ZHAI Changbo, et al. Impacts of lithologic characteristics and diagenesis on reservoir quality of the 4th member of the Upper Triassic Xujiahe Formation tight gas sandstones in the western Sichuan Basin, southwest China [J]. Marine and Petroleum Geology, 2019, 107: 1-19.
- [5] 吴群,余文端,骆卫峰,等. 苏北盆地溱潼凹陷岩性油藏勘探成果及启示[J]. 中国石油勘探, 2016, 21(3): 99-107.  
WU Qun, YU Wenduan, LUO Weifeng, et al. Achievements and recognitions of exploration in lithologic reservoirs in Qintong sag, North Jiangsu Basin[J]. China Petroleum Exploration, 2016, 21(3): 99-107.
- [6] 宋平,吴伟涛,钱钰. 松辽盆地三肇地区扶余油层致密油成藏模式研究[J]. 石油地质与工程, 2018, 32(4): 31-34.  
SONG Ping, WU Weitao, QIAN Yu. Accumulation models of tight oil in Fuyu reservoir of Sanzhao area in Songliao Basin[J]. Petroleum Geology and Engineering, 2018, 32(4): 31-34.
- [7] 宋明水,徐春华. 从烃源灶到油气田运移路径上的圈闭评价——以济阳拗陷为例[J]. 油气地质与采收率, 2019, 26(3): 1-8.  
SONG Mingshui, XU Chunhua. Evaluation of trap on migration pathway from hydrocarbon kitchen to oil-gas field: A case study of Jiyang depression[J]. Petroleum Geology and Recovery Efficiency, 2019, 26(3): 1-8.
- [8] 王永诗,刘惠民,高勇进,等. 断陷湖盆滩坝砂体成因与成藏——以东营凹陷沙四上亚段为例[J]. 地学前缘, 2012, 19(1): 100-107.  
WANG Yongshi, LIU Huimin, GAO Yongjin, et al. Sandbody genesis and hydrocarbon accumulation mechanism of beach-bar reservoir in faulted-lacustrine-basins: A case study from the upper of the fourth member of Shahejie Formation, Dongying Sag[J]. Earth Science Frontiers, 2012, 19(1): 100-107.
- [9] 高亮,孙波,王延章. 渤海湾盆地东营凹陷南坡沙四上亚段滩坝沉积特征及控制因素[J]. 石油实验地质, 2018, 40(5): 669-675.  
GAO Liang, SUN Bo, WANG Yanzhang. Sedimentary characteristics and controlling factors of beach-bar sandstones of the upper section of the fourth member of Shahejie formation on the southern slope of Dongying Sag, Bohai Bay Basin[J]. Petroleum Geology & Experiment, 2018, 40(5): 669-675.
- [10] 时瑞坤,高秋菊,韩小锋,等. 车镇凹陷沙二段滩坝砂体沉积特征及控制因素[J]. 岩性油气藏, 2018, 30(2): 50-57.  
SHI Ruikun, GAO Qiuju, HAN Xiaofeng, et al. Sedimentary characteristics and controlling factors of beach-bar sandbodies of the second member of Shahejie Formation in Chezhen Sag[J]. Lithologic Reservoirs, 2018, 30(2): 50-57.
- [11] 贾艳艳,操应长,林畅松,等. 东营凹陷博兴洼陷沙四上亚段滩坝优质储层形成机理与分布特征[J]. 吉林大学学报(地球科学版), 2018, 48(3): 652-664.  
JIA Yancong, CAO Yingchang, LIN Changsong, et al. Formations mechanism and distribution of high-quality reservoirs for beach-bar sandstones in upper part of Es<sub>4</sub> in Boxing Sag, Dongying Depression[J]. Journal of Jilin University (Earth Science Edition), 2018, 48(3): 652-664.
- [12] 商晓飞,段太忠,侯加根,等. 湖泊滨岸砂坝沉积砂泥空间配置关系及其地质意义[J]. 石油勘探与开发, 2019, 46(5): 902-915.  
SHANG Xiaofei, DUAN Taizhong, HOU Jiagen, et al. Spatial configuration of sand and mud in the lacustrine nearshore sand bar deposits and its geological implications[J]. Petroleum Exploration and Development, 2019, 46(5): 902-915.
- [13] WANG J, CAO Y C, XIAO J, et al. Factors controlling reservoir properties and hydrocarbon accumulation of the eocene lacustrine beach-bar sandstones in the Dongying Depression, Bohai Bay Basin, China[J]. Marine and Petroleum Geology,

- 2019, 99: 1-16.
- [14] 王菁,李相博,刘化清,等. 陆相盆地滩坝砂体沉积特征及其形成与保存条件——以青海湖现代沉积为例[J]. 沉积学报, 2019, 37(5): 1016-1030.  
WANG Jing, LI Xiangbo, LIU Huaqing, et al. Study of the development and preservation of lacustrine beach and bar based on the modern sedimentary characteristics of Qinghai Lake[J]. Acta Sedimentologica Sinica, 2019, 37 (5): 1016-1030.
- [15] 张航国, 笱灵. 苏北盆地溱潼凹陷西斜坡阜宁组三段油气富集规律[J]. 长江大学学报(自科版), 2016, 13(35): 13-17.  
ZHANG Hangguo, ZAN Ling. The rules of hydrocarbon enrichment in the 3rd member of Funing formation on the west steep slope of Qintong Depression of Subei Basin[J]. Journal of Yangtze University (Natural Science Edition), 2016, 13 (35): 13-17.
- [16] 臧素华. 苏北盆地溱潼凹陷西斜坡阜三段沉积相研究[J]. 石油地质与工程, 2014, 28(6): 22-24.  
ZANG Suhua. Sedimentary facies study of 3rd member Funing Formation in western slope of Qintong depression, northern Jiangsu Basin[J]. Petroleum Geology and Engineering, 2014, 28 (6): 22-24.
- [17] 卞梅. 溱潼凹陷西南斜坡阜三段滩坝沉积特征及模式[J]. 非常规油气, 2018, 5(3): 25-30.  
BIAN Mei. The beach bar sedimentary characteristics and models of the third member of Funing Formation in the southwest slope of Qintong Sag[J]. Unconventional Oil & Gas, 2018, 5(3): 25-30.
- [18] 傅强. 微量元素分析在高邮凹陷古近纪湖泊演化中的应用[J]. 同济大学学报(自然科学版), 2005, 33(9): 1219-1223.  
FU Qiang. Rare elements utility in paleo-lake evolution and signification of lower Tertiary Funing Formation, Gaoyou Sag, Subei Basin[J]. Journal of Tongji University (Natural Science), 2005, 33(9): 1219-1223.
- [19] 刘东鹰. 苏北—南黄海盆地的构造演化分析[J]. 石油天然气学报(江汉石油学院学报), 2010, 32(6): 27-31.  
LIU Dongying. Analysis on structural evolution of Northern Jiangsu-South Yellow Sea Basin[J]. Journal of Oil and Gas Technology, 2010, 32(6): 27-31.
- [20] 邓宏文, 马立祥, 姜正龙, 等. 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, 2008, 26(5): 715-724.  
DENG Hongwen, MA Lixiang, JIANG Zhenglong, et al. Sand bank generation types and its controls on their distribution, the second member of Shahejie Formation, lower Tertiary, Dawangbei, Chezhen Depression[J]. Acta Sedimentologica Sinica, 2008, 26(5): 715-724.
- [21] 王永诗, 刘惠民, 高勇进, 等. 断陷湖盆滩坝砂体成因与成藏——以东营凹陷沙四上亚段为例[J]. 地学前缘, 2012, 19(1): 100-107.  
WANG Yongshi, LIU Huimin, GAO Yongjin, et al. Sandbody genesis and hydrocarbon accumulation mechanism of beach-bar reservoir in faulted-lacustrine-basins: A case study from the upper of the fourth member of Shahejie Formation, Dongying Sag[J]. Earth Science Frontiers, 2012, 19(1): 100-107.
- [22] 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.
- [23] 黄健玲, 傅强, 邱旭明, 等. 咸化断陷湖盆混积岩特征及沉积模式——以金湖凹陷阜二段为例[J]. 岩性油气藏, 2020, 32(2): 54-66.  
HUANG Jianling, FU Qiang, QIU Xuming, et al. Characteristics and sedimentary models of diamicite in saline faulted lacustrine basin: a case study of Fu 2 member in Jinhu Sag, Subei Basin[J]. Lithologic Reservoirs, 2020, 32(2): 54-66.
- [24] 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.
- [25] ZHANG Y F, HU C L, WANG M, et al. A quantitative sedimentary model for the modern lacustrine beach bar (Qinghai Lake, Northwest China)[J]. Journal of Paleolimnology, 2018, 59: 279-296.
- [26] 王旭影, 姜在兴. 苏北盆地海安凹陷古近系阜三段滩坝沉积特征[J]. 油气地质与采收率, 2018, 25(5): 57-64.  
WANG Xuying, JIANG Zaixing. Sedimentary characteristics of beach-bar in the 3rd member of Paleogene Funing Formation in Hai'an Sag, North Jiangsu Basin[J]. Petroleum Geology and Recovery Efficiency, 2018, 25(5): 57-64.

(编辑 黄颖)