

陆相湖盆浅水三角洲沉积体系研究

刘诗奇, 朱筱敏, 王 瑞, 金 婷

(中国石油大学 地球科学学院, 北京 102249)

摘 要: 油气勘探实践证明, 陆相湖盆浅水三角洲是岩性油气藏勘探的重要目标之一。基于对我国多个陆相湖盆的系统研究, 发现陆相湖盆浅水三角洲大量发育于拗陷盆地中, 同时断陷盆地萎缩期也可发育。沉积体系特征受地形条件、水体深度、沉积基准面升降旋回、物源供给、气候变化及盆地构造运动 6 大因素控制。以岩性、垂向沉积相组合、古生物、地震及测井 4 种浅水三角洲识别标志, 将其分为 6 种成因-结构类型: 冲积扇供给物源, 发育于断陷湖盆初始裂陷期及前陆湖盆初始形成期的毯式、吉尔伯特式浅水扇三角洲; 辫状河供给物源, 发育于拗陷湖盆初始形成期的短轴两侧、前陆湖盆和断陷湖盆萎缩充填期的缓坡背景下的毯式、吉尔伯特式辫状河浅水三角洲; 曲流河供给物源, 发育于拗陷盆地的毯式、吉尔伯特式曲流河浅水三角洲。

关键词: 浅水三角洲; 陆相湖盆; 沉积特征; 沉积模式; 控制因素

中图分类号: P512.2

文献标志码: A

文章编号: 1672-3767(2012)05-0093-12

Study on Sedimentary System of Shallow Delta in Continental Lake Basin

LIU Shiqi, ZHU Xiaomin, WANG Rui, JIN Ting

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

Abstract: In recent years, shallow delta in continental lake basin has been proved to be one of the important targets of exploration for litho-hydrocarbon reservoirs. According to the systematic researches of the continental lake basin in our country, we found that most of the shallow deltas in continental lake basin were developed in the depression basins, a few could also grow in the shrinking period of the signs. Depositional system features are controlled by such 6 factors as terrain condition, water depth, elevation and subsidence of deposition base level, supply of material source, climatic change and the basin tectonic movement. Also, we recognized that the shallow-water delta was affected by 4 kinds of signs. Depending on Postma's Delta classification in 1990, we summed up 6 cause-structure types of shallow delta in continental lake basin. Different division methods are given for both depression basins and basins due to the different sedimentary system features. Rivers, shallow deltas and continental basins together make up the depositional system of shallow delta in continental lake basin, which always form the excellent source-reservoir-seal assemblages.

Key words: shallow delta; continental lake basin; depositional feature; sedimentary pattern; control factor

自浅水三角洲的概念被提出后, 将河控三角洲^[1]和低能盆地三角洲^[2]分为浅水型和深水型两大类。其沉积环境具有水体较浅、地形平缓、构造稳定以及整体缓慢沉降的特征, 主要发育于陆表海和大型拗陷盆地^[3]。20 世纪 80 年代, 楼章华^[4]等对浅水三角洲沉积环境的决定因素、沉积特征及沉积模式进行了研究, 认为沉积环境的主控要素包括地形、气候和水平面波动, 浅水三角洲不具有经典 Gilbert 型三角洲结构, 并根

收稿日期: 2012-01-05

基金项目: 国家自然科学基金项目(41272133)

作者简介: 刘诗奇(1990—), 女, 黑龙江大庆人, 硕士研究生, 主要从事沉积及储层地质方面的研究。

朱筱敏(1960—), 男, 江苏江都市人, 教授, 博士, 主要从事沉积地质学及含油气盆地评价方面的研究, 本文通信作者。E-mail: xmzhu@cup.edu.cn

据前缘砂体形态分为席状、坨状及枝状 3 种类型^[5],三角洲前缘河口坝不发育^[6],是有利的油气储集单元。

本文在对前人陆相湖盆浅水三角洲研究的基础上,完善了对浅水三角洲分类、沉积特征及控制因素的分析,提出 4 种浅水三角洲的有效识别标志,为陆相湖盆浅水三角洲的识别和研究提供了理论基础。

1 陆相湖盆浅水三角洲的研究状况

我国中—新生代湖盆中存在大量中、大型浅水三角洲砂体形成的岩性油气藏^[7-8]。由于沉积环境的差异,陆相湖盆浅水三角洲大多发育在构造稳定、浅水的坳陷盆地中,亦可发育在断陷湖盆萎缩期。

1.1 坳陷湖盆浅水三角洲

坳陷湖盆浅水三角洲具有盆大、水浅、坡缓等特征,河控作用为主,整体延伸较远,垂向叠加不明显,具有不同于 Gilbert 型三角洲的沉积相带、骨架砂体和垂向层序及相组合特征。

浅水三角洲的概念提出后,松辽盆地、鄂尔多斯盆地、渤海湾盆地、准噶尔盆地、四川盆地及现代鄱阳湖等多个湖盆陆续发现典型陆相坳陷湖盆浅水三角洲沉积,如:焉耆盆地侏罗系三工河组^[9-11]、渤中坳陷新近系^[12]、松辽盆地北部东区葡萄花油层^[13]、晋中北山西组^[14]、鲁西^[15]、山东滕南矿区山西组^[16]、鄂尔多斯盆地中部下二叠统^[17]以及秦岭北麓晚二叠世^[18]。

1.2 陆相断陷湖盆浅水三角洲

断陷湖盆在我国陆相盆地中广泛发育,由于不具备大范围浅水、平缓地形、稳定构造等条件,通常不利于浅水三角洲发育。但在断陷湖盆萎缩期,构造运动减弱,也可出现缓坡带为主的平缓地形,为浅水收缩的可容空间。当物源供给充足时,便可形成陆相断陷湖盆浅水三角洲,如东营凹陷牛庄洼陷古近系沙三段上亚段和沙二段的沉积体系^[19]。

2 陆相湖盆浅水三角洲分类及特征

2.1 陆相湖盆浅水三角洲分类

结合河流—三角洲—湖盆体系的物源体系以及三角洲前缘倾斜的坡度 2 个要素,将陆相湖盆浅水三角洲分为 6 种成因-结构类型^[20](图 1)。

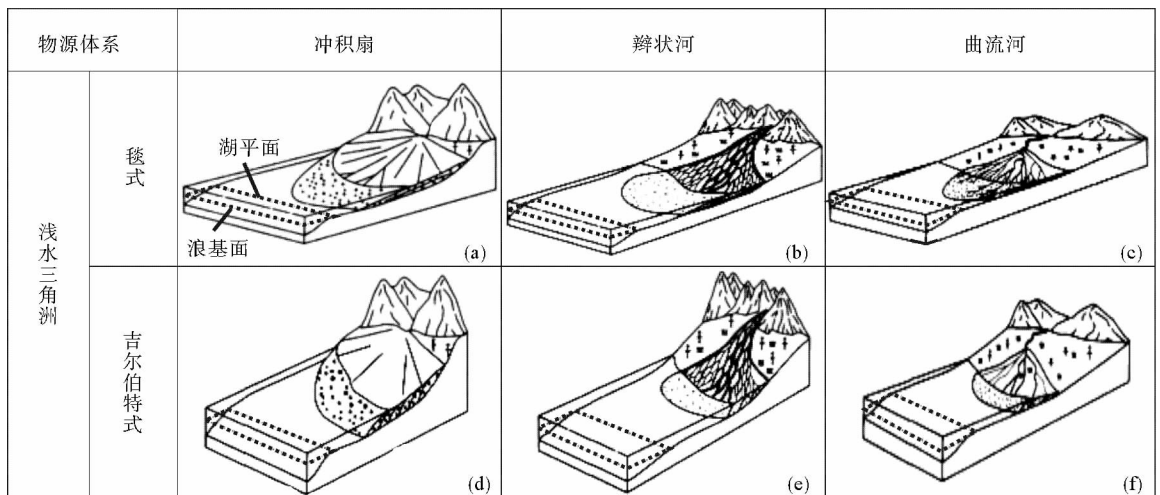


图 1 陆相湖盆浅水三角洲分类图^[2,20]

Fig. 1 Classification of shallow-water deltas in continental lake basin

2.1.1 浅水扇三角洲

浅水扇三角洲具有近物源、供源速率快等特征,湖盆边缘较陡、朵叶面积较小,发育于初始裂陷期的断陷

湖盆和前陆湖盆初始形成期的冲断带,包括^[20]:①毯式浅水扇三角洲。三角洲前缘沉积顶面坡度平缓,前积层特征不明显;三角洲平原的展布面积与前缘相近,发育辫状沟道重力流沉积;前三三角洲为正常浅湖沉积(图1(a))。②吉尔伯特式浅水扇三角洲。展布面积最小,发育重力流沉积;三角洲前缘沉积顶面坡度较陡,前积层结构明显;前三三角洲为正常浅湖沉积,夹少量前缘垮塌重力流沉积(图1(d))。

2.1.2 浅水辫状河三角洲

浅水辫状河三角洲盆地边缘坡度中等,三角洲展布面积较大,可发育在断陷盆地、坳陷盆地及前陆湖盆的不同发育阶段,如坳陷湖盆初始形成期的短轴两侧、萎缩充填期前陆湖盆和断陷湖盆,包括^[20]:①毯式辫状河浅水三角洲。整体特征与毯式浅水扇三角洲基本相同,但发育叠置的砂质辫状水道沉积(图1(b))。②吉尔伯特式辫状河浅水三角洲。前缘顶面倾斜,前积结构明显,前缘面积小,局部发育滑塌重力流沉积及河口坝(图1(e))。

2.1.3 浅水曲流河三角洲

浅水曲流河三角洲河道相对稳定,盆缘坡度平缓,分布面积较大^[20],包括:①毯式曲流河浅水三角洲。三角洲平原及前缘较大;前缘沉积顶面平缓倾斜,前积结构不明显,由于河道冲蚀破坏作用强烈,不发育河口坝沉积;前三三角洲为正常浅湖—深湖沉积(图1(c))。②吉尔伯特式曲流河浅水三角洲。三角洲平原较大,前缘相对较小;前缘斜坡顶面较陡,河道冲蚀作用在斜坡处骤减,见前积结构,发育并可保存河口坝沉积(图1(f))。

2.2 坳陷湖盆浅水三角洲沉积特征

2.2.1 坳陷湖盆浅水三角洲沉积特点

在坳陷湖盆浅水三角洲中,由于缺乏明显减弱河流冲刷作用的陡坡结构,因此以河控作用为主。由于物源、地形、气候及水深等条件不同,三角洲平原、前缘及前三三角洲发育程度有一定差异,但通常具有以下特征:

1)较大的沉积面积,较薄的沉积厚度,较远的推进距离。松辽盆地早白垩世黑鱼泡浅水三角洲一般厚度只有几 m,面积可达上千 km^2 ^[21];准噶尔盆地侏罗系三工河组沉积时期,浅水辫状河三角洲延伸距离长达 58 km,分布面积 1200~2000 km^2 ^[22]。

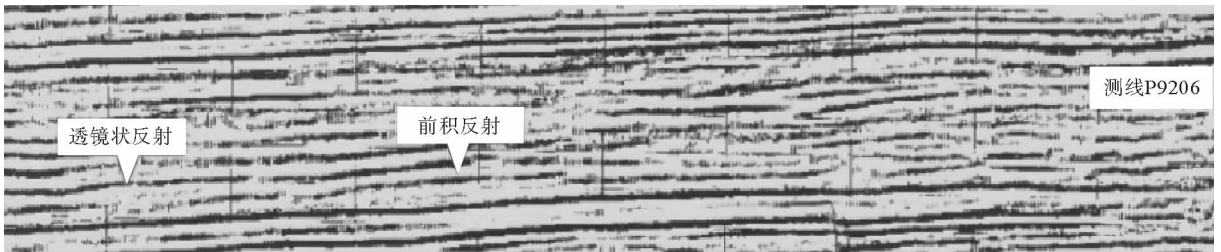


图2 准噶尔盆地侏罗系三工河组三角洲前积地层反射特征图^[22]

Fig. 2 The reflection characteristics of foreset beds in the Jurassic Sangonghe group delta in Junggar basin

2)河道建设性与河道砂体方向性。河流作用明显,湖水改造作用较弱,三角洲平原分支河道通过堆积和频繁的分叉改道,三角洲前缘的浅水区域分支河道与水下分支河道砂体相互切割、叠加,构成坳陷湖盆具有明显方向性的浅水三角洲骨架砂体^[23],如三肇凹陷白垩系扶杨油层的浅水三角洲沉积体系分布图(图3)。

3)河口坝、远砂坝不发育。坳陷湖盆浅水三角洲中,河口坝、远砂坝较难发育和保留,主要决定于以下三个因素^[24]:①浅水限制可容空间大小,无法形成大规模坝体;②湖盆水动力较弱,难形成产生河口坝砂体的水流体系;③快速向湖盆推进的河道严重破坏了已形成的坝体,使其较难保存,仅见残余的坝体沉积(图4)。

4)垂向相续不完整,缺乏三层式沉积结构。地形平缓 and 浅水背景下可容空间有限,亚相平面展布范围广,垂向叠加部分小,缺少传统三层结构^[4,21,23](图5);此外,三角洲前缘水下分流河道延伸较远,冲蚀并叠置在前三角洲支流间湾和前缘浅湖沉积之上,造成前积结构的部分缺失,多期改道更扩大了冲蚀范围,使得该

特征具有区域普遍性^[25](图 6)。

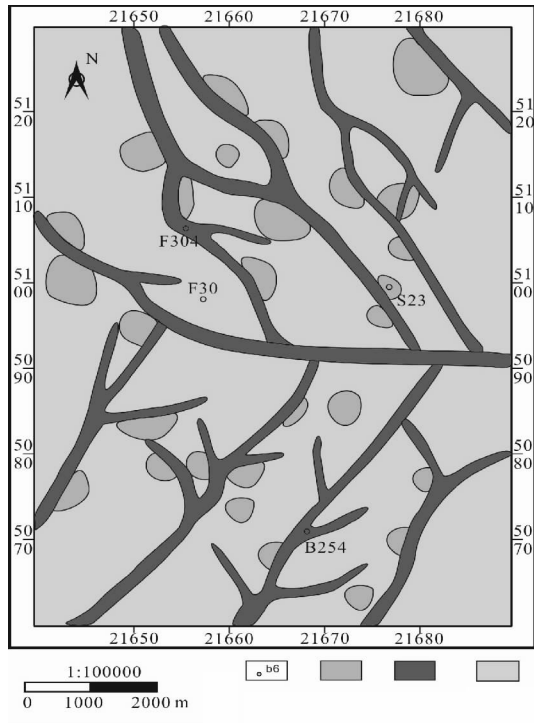


图 3 三肇凹陷白垩系泉四段 FI72 小层沉积体系图

Fig. 3 The depositional system of FI72 Quansi division in Sanzhao depression in Cretaceous system

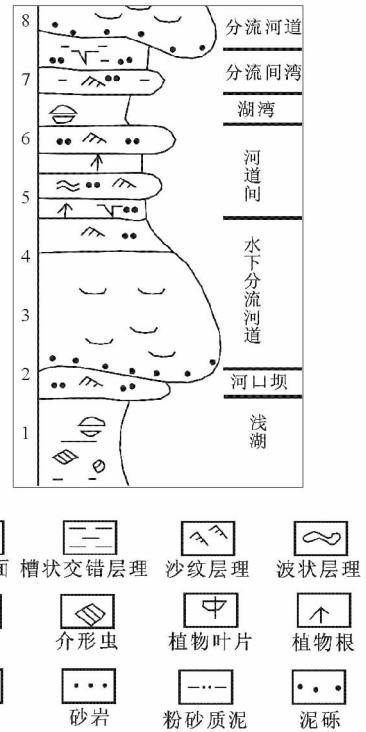


图 4 浅水三角洲前缘沉积层序图^[34]

Fig. 4 The depositional sequence of the shallow delta front^[34]

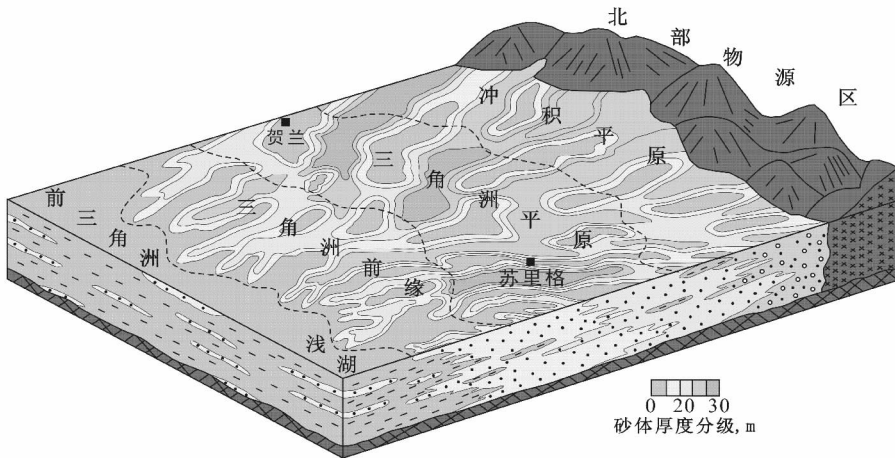


图 5 鄂尔多斯盆地坳陷湖盆浅水三角洲砂体叠加示意图^[26]

Fig. 5 Sketch of sand fold in shallow-water delta of depression lake basin in Ordos basin

2.2.2 坳陷湖盆浅水三角洲沉积相带划分

大部分坳陷湖盆浅水三角洲亚相类型较为一致,难以识别出前三角洲。而微相类型略有差异,浅水三角洲平原亚相中,均发育河道微相,大量沼泽微相是辫状河浅水三角洲的标志,曲流河浅水三角洲则发育决口扇和天然堤微相。浅水三角洲前缘亚相中,水下分流河道延伸较远的通常是曲流河浅水三角洲。

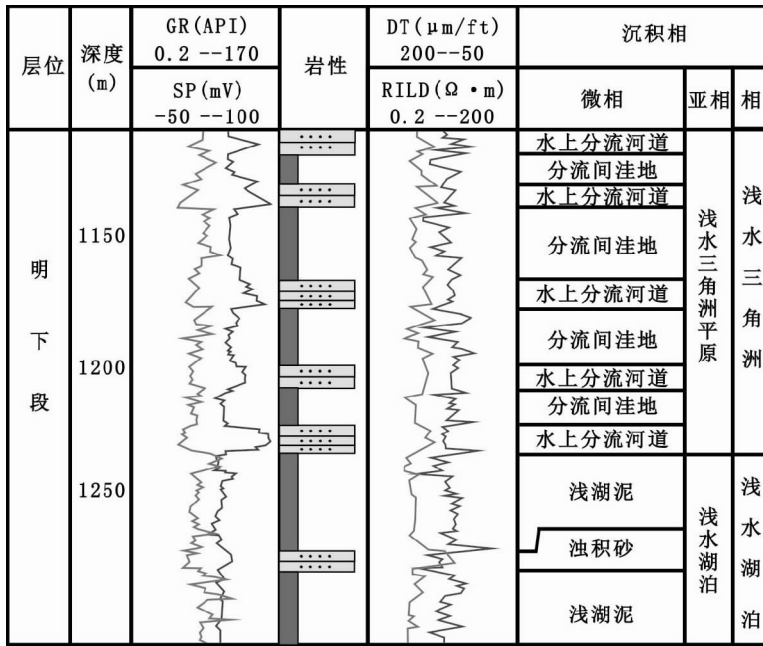


图 6 浅水三角洲垂向不连续层序图^[27]

Fig. 6 Vertical discontinuous sequence of the shallow-water delta

1) 曲流河浅水三角洲: 以松辽盆地姚家组一段(葡萄花油层)浅水曲流河三角洲为例, 曲流河浅水三角洲沉积包括三角洲平原、三角洲内前缘和三角洲外前缘 3 个亚相。各沉积微相的特征如表 1 所示。

表 1 松辽盆地曲流河浅水三角洲沉积微相特征表

Tab. 1 Micro-facies characteristics of the meandering river shallow-water delta in Songliao basin

微相	浅水三角洲平原			浅水三角洲前缘				浅水前三角洲				
	分流河道	天然堤	决口扇	分流间湾	水下分流河道	河口砂坝	内前缘席状砂	分流间湾泥坪	水下决口扇	远端水下分流河道	远端河口砂坝	外前缘席状砂
岩性	中/细砂岩, 夹粉砂岩	灰绿色泥质粉砂岩、泥岩、粉砂质泥岩	灰白粉砂、泥质粉砂岩, 分选差	灰绿色泥岩夹灰黑泥岩	粉砂岩、细砂岩	细砂岩、粉砂岩薄互层	细砂岩、粉砂岩夹泥质粉砂	粉砂岩、泥质粉砂岩/泥岩	粉砂岩或泥质粉砂岩	泥质细砂岩/粉砂岩	泥质细砂岩、粉砂质泥岩	粉砂岩、泥质粉砂岩
构造	大型槽状或板状交错层理、平行层理、纹层	纹层为主, 偶见平行层理, 富含植物根系、生物钻孔	纹层、块状层理, 局部层段发育交错层理	局部见水平纹层或季节性纹层	块状层理、槽状交错层理、平行层理、纹层	低角度交错层理、平行纹层、脉状、波状层理	低角度槽状交错层理、脉状层理、波状层理	水平纹层	波状复合层理、透镜状层理和水平纹层	槽状、低角度交错层理、平行纹层; 脉状、透镜状层理、波状复合层理	低角度交错层理、脉状层理、纹层, 生物扰动	透镜状层理、波状复合层理、脉状、浪成沙纹层理; 泄水构造; 同生变形
厚度/m	单砂体 2~5	0.2~0.5	0.2~0.5	厚度不等	约 1~3	0.1~0.4	0.5~2.5	不等	0.4~1.5	0.5~1.5	一般 < 0.5	0.1~0.6
垂向特征	底: 冲刷面; 正粒度旋回	位于河道顶部, 粒度基本不变	正粒度旋回, 底冲刷面	基本无垂向变化	间断正韵律, 规模较小	反韵律, 顶水下分流河道	复合韵律	基本无韵律	小规模正韵律	正韵律—复合韵律—反韵律	反韵律	反正复合旋回
平面特征	宽厚比较大, 连续性带状	条带状位于河道两侧	位于喇叭状河道边	连片分布	条带状, 分布较窄	连片分布	土豆状分布	大面积片状分布	规律难以识别	断续条带状分布, 规模不一	连片分布	片状孤立分布, 直径常 < 500m
典型特征	高幅钟形、齿状、底突变	中幅箱型、齿状、顶底渐变或轻微突变	中幅扁钟形, 底弱突变、顶渐变	低幅直线形、微齿状厚层	高幅钟形、箱形、齿状钟形	明显中高幅漏斗形, 底渐变, 顶突变	中幅指状、漏斗状、漏斗状	极低幅、低幅直线形状、微齿状	低或中等幅度的极扁钟形	中低幅度值指状、扁齿状箱状为特征	中高幅漏斗形, 底部渐变, 顶部突变	中幅指状、扁钟状、扁漏斗状

2) 辫状河浅水三角洲: 鄂尔多斯盆地浅水三角洲是辫状河浅水三角洲的典型代表, 渤海海域和准噶尔盆地也有发育。辫状河浅水三角洲主要发育三角洲平原和三角洲前缘 2 个亚相。

① 辫状河浅水三角洲平原: 湖盆边缘侵蚀区与湖岸线之间的三角洲水上部分, 发育辫状河和心滩, 以洪水期洼地积水形成的沼泽相为标志, 岩性以还原色泥岩和薄煤层为主, 含完整植物根茎化石, 代表静水沉积环境。如准噶尔盆地侏罗系三工河组辫状河浅水三角洲, 岩性从浅灰色砂质砾岩至灰黑色碳质泥岩, 粒度变化较大, 夹中厚层煤(约 60 m)^[22]。

② 辫状河浅水三角洲前缘: 以水下分流河道为主, 冲蚀并覆盖在前缘支流间湾和前三角洲浅湖相沉积之上, 较少发育河口坝。包括水下分流河道、水下分流河道间、河口坝、远砂坝以及席状砂沉积微相。其中, 水下分流河道水浅流急, 岩性粒度较粗, 沉积构造丰富(冲刷面、平行层理、板状交错层理、叠瓦构造等), 常见几 m 至几十 m 多期间断型粗粒正韵律^[22], 反映辫状河三角洲反复迁移和冲刷、叠置的过程, GR 曲线表现为良好的箱形和钟形; 水下分流河道间发育于水下分流河道侧翼, 水动力较弱, 悬浮沉积为主, 岩性为泥岩、粉砂质泥岩以及泥质粉砂岩, 偶见水下河道漫溢形成的薄层孤立砂体; 河口坝以残余状态存在, 单砂层厚度仅 2~3 m, 岩性以中细砂岩为主, 反旋回, 三段式粒度曲线^[28], 湖浪的改造作用相对较强, 易形成浪成交错层理; 远砂坝仅发育在于河口坝的末端, 砂体较薄, 多为泥质粉砂岩和粉砂岩, 反旋回, 水平层理、波状层理; 席状砂在湖盆波浪作用下, 前缘滩、坝沉积被改造为连片分布的砂体, 分选、磨圆较好, 波状交错层理为主。

2.3 断陷湖盆浅水三角洲沉积相带的划分及特征

当物源条件具备时, 断陷湖盆萎缩期会出现大面积分布的浅水三角洲, 其沉积特征与体系域演化具阶段性。如东营凹陷牛庄洼陷古近系沙三段上亚段和沙二段浅水三角洲^[19], 发育三角洲前缘亚相, 以水下分流河道和分流河口砂坝微相为主, 见三角洲滑塌浊积扇。低位和湖退体系域中, 水下分流河道砂体推进速度快, 延伸距离远, 砂体厚度较大, 达 10 m, 但横向连续性差。湖侵和高位体系域河口坝和席状砂沉积呈大片连续分布, 砂体薄, 多为 2~5 m, 横向连续性好。

3 陆相湖盆浅水三角洲的主控因素

综合陆相湖盆浅水三角洲的特征, 总结出控制陆相湖盆浅水三角洲沉积的影响因素: 地形条件、水体深度、湖平面变化、物源供给、气候变化以及盆地构造运动等。

3.1 平缓的地形条件

陆相湖盆浅水三角洲沉积体系发育在地形平缓、坡度较小的环境下, 因此浅水三角洲在陆相拗陷盆地中广泛发育, 而断陷湖盆中较少见。如渤海湾古近纪^[27,29]、松辽北部东区葡萄花油层、扶余油层^[4,5,21,24,30]以及鄂尔多斯二叠纪山西组、下石盒子组^[31]浅水三角洲坡度均小于 1°。

3.2 较浅的水体深度

浅水三角洲水体深度尚未有定量规定。常以湖浪波长的 1/2 作为浅水区的下限深度, 湖盆的浪基面深度较海洋小。如美国密执安湖最大波长约 30 m, 中国青海湖及鄱阳湖波长一般为 15 m, 通常浪基面不超过 20 m, 即陆相湖盆浅水三角洲水深不超过 20 m。水深一定程度上限制了可容空间大小: 一方面, 水浅坡缓, 陆源碎屑推进较远, 侧向加积不明显, 单层厚度较薄; 另一方面, 可容空间限制河口坝的规模, 河流频繁改道对坝体进行冲蚀改造, 河口坝和远砂坝沉积微相不发育。

3.3 频繁多变的湖平面升降旋回

相同深度的水体变化在浅水三角洲上表现为湖岸线的摆动, 展布范围广, 延伸距离远(图 7)。顺物源方向, 三角洲大幅推进; 垂物源方向, 三角洲整体频繁变迁^[30]。长期的湖平面频繁升降, 可形成水退、水进及复合层序等旋回组合。如鄂尔多斯盆地西北部二叠系下石盒子组盒 8 段浅水三角洲(图 8)^[26]。

3.4 充足的物源供给

物源控制三角洲发育位置, 浅水三角洲地势平缓, 对物源流量、流速的要求更高, 其形成均伴随着充足的物源供给^[4,32]。陆相湖盆浅水三角洲多发育于多面环山, 多物源背景下。充足的物源为河流和浅水三角洲向盆延伸提供了能量; 多源多期浅水三角洲相互叠置, 砂体间相接触, 甚至连通。如松辽盆地下白垩统泉头

组扶余油层浅水三角洲具多物源,各相态砂体连片分布;鄱阳湖的多物源控制了浅水三角洲的发育(图9)。

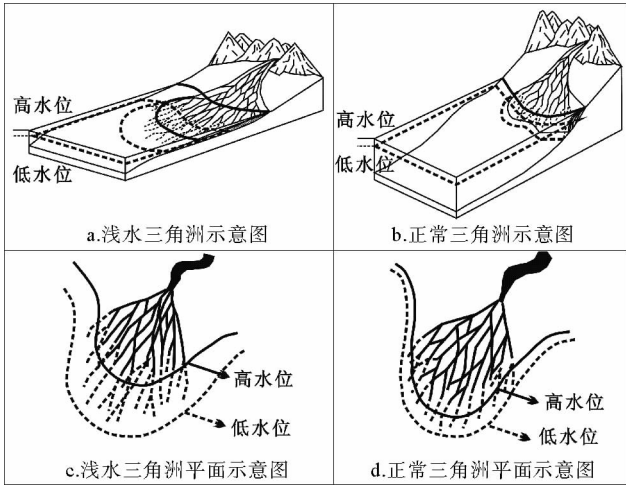


图7 相同幅度湖平面变化,浅水三角洲与正常三角洲河流推进作用对比示意图

Fig. 7 Sketch of the comparison of river advances between shallow delta and normal delta under the same range of lake level changes

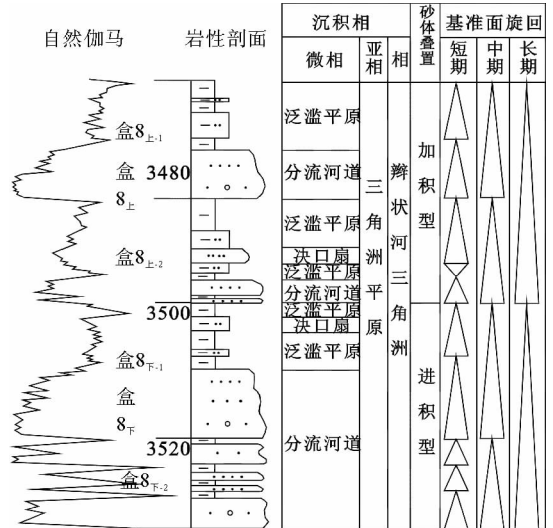
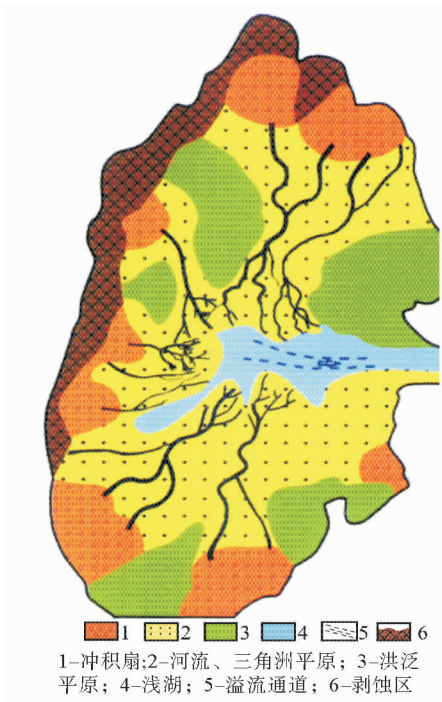
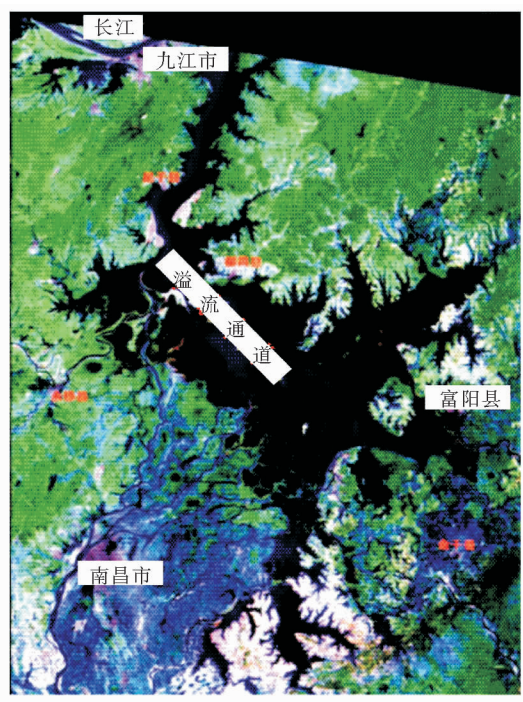


图8 鄂尔多斯盆地苏59井二叠系盒8段沉积-层序与砂体成因类型图^[26]

Fig. 8 Sedimentation-sequence and sand body genetic type of Well Su 59, He 8 segment in Permian system of Ordos basin^[21]



(a) 松辽盆地地下白垩统泉头组扶余油层^[20]
(a) Fuyu oil layer in Quantou group at lower Cretaceous system in Songliao basin



(b) 鄱阳湖洪水期沉积^[20]
(b) Sedimentary environment in the flooding period of Poyang Lake

图9 浅水三角洲物源控制作用及连片发育特征图

Fig. 9 The source control function and the characteristics of lamellar growth in the shallow-water delta

3.5 频繁的气候变化

气候对三角洲发育的控制作用主要为湖平面波动以及物源供给两个方面。气候的周期性和季节性变化,导致湖平面呈周期性波动、湖岸线的摆动以及三角洲的推进和迁移。松辽盆地北部东区葡萄花油层的浅水三角洲发育于气候相对干旱时期,湖岸线摆动宽度达 20~50 km 以上^[4,23]。鄂尔多斯盆地地下二叠统山西组的浅水三角洲和准噶尔盆地侏罗系三工河组辫状河浅水三角洲发育于温暖、潮湿的古气候条件^[5,22,30-31]。

3.6 稳定的盆地构造活动

浅水三角洲多发育于构造稳定、盆地整体缓慢沉积的背景中。新近纪渤海湾处于盆地拗陷演化阶段^[27,29]。鄂尔多斯盆地、准噶尔盆地浅水三角洲发育于构造稳定、盆地整体缓慢沉积阶段^[22,32]。东营凹陷牛庄洼陷古近系沙三段上亚段和沙二段于断陷湖盆的萎缩期,在缓坡带为主的平缓地带,发育浅水三角洲^[19]。

4 陆相湖盆浅水三角洲沉积体系的识别标志

通过露头观察、岩心描述以及测井和地震属性分析,结合古生物资料以及分析化验资料等,认为浅水三角洲具有以下 4 种识别标志。

4.1 氧化环境的岩性标志

陆相湖盆浅水三角洲形成于弱氧化-弱还原环境,泥岩为灰绿色、紫褐色、红褐色至棕红色,泥质含量较高。如渤中凹陷新近系浅水三角洲,碎屑颗粒中泥岩体积含量高达 70%~80%。

4.2 垂向沉积相组合标志

平缓地形和频繁波动的湖平面,导致浅水三角洲推进和后退规模较大,沉积间断明显,形成不连续的垂向沉积组合^[33-34]。浅水三角洲的骨架砂体-水下分流河道向湖盆延伸较远,可形成直接叠加或切割与较薄河口坝、席状砂和浅湖相泥岩的垂向相组合^[29,34](图 10)。

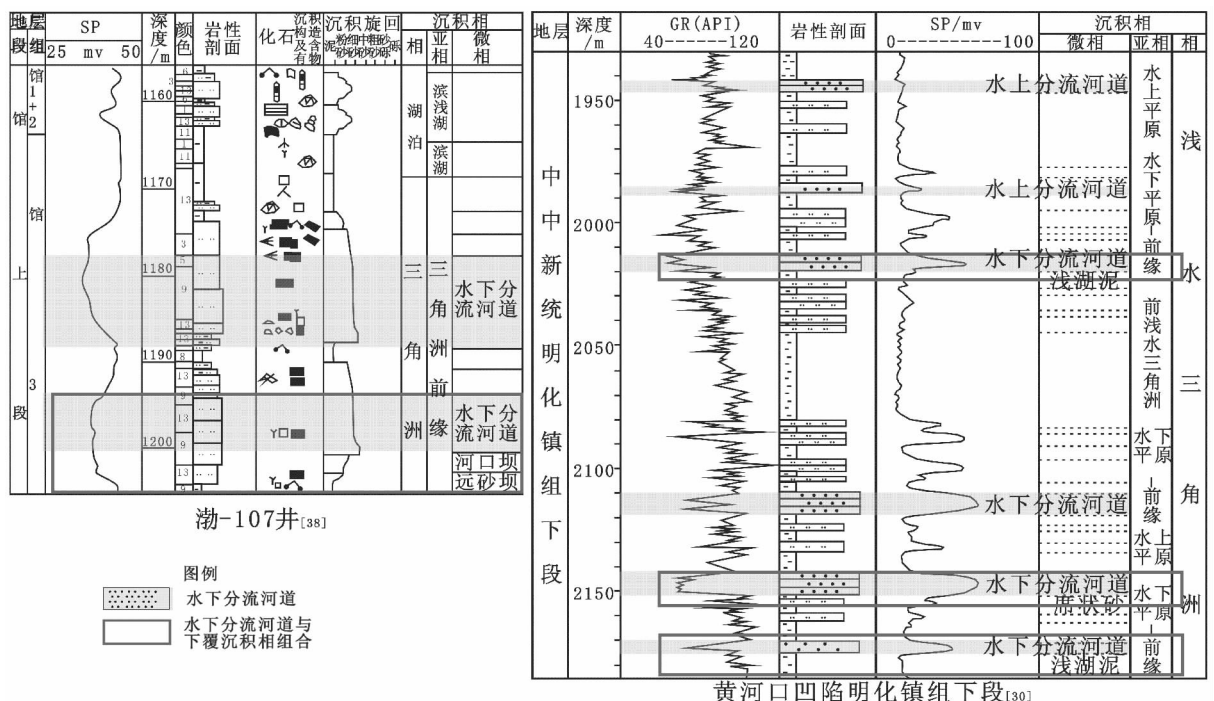


图 10 浅水三角洲垂向沉积相组合标志图

Fig. 10 Signs of shallow-water delta on vertical facies composition

4.3 古生物标志

古生物化石是识别浅水三角洲的重要标志之一。孤岛油田馆陶组浅水三角洲泥岩中见水平状生物钻孔和螺化石,形成于浅水湖泊环境^[34];渤中凹陷明下段浅水三角洲见大量繁殖蕨类粗肋孢粉和短棘盘星藻类化石,形成于浅水及较强水动力的淡水湖泊环境^[33]。

4.4 物探标志

浅水三角洲沉积为平行亚平行地震反射构型,具叠瓦式前积^[33](图2)。其中,河道沉积测井曲线为箱型或钟型曲线(正韵律),河口坝沉积呈低幅度薄层漏斗型(反韵律),水下分流河道沉积呈高幅箱型或钟型(正韵律),分流河道间为低幅齿状,席状砂为指状^[33,35-36]。

5 结论及建议

1)陆相湖盆浅水三角洲受控于6大要素:平缓的地形条件、较浅的水体深度、多变的湖平面升降旋回、充足的物源供给、频繁的气候变化以及稳定的盆地构造活动。具有4种识别标志:指示弱氧化-弱还原的岩性标志、垂向沉积组合标志、古生物标志和地震及测井等物探标志。

2)按河流-三角洲-湖盆体系的物源体系(冲积扇、辫状河、曲流河)以及三角洲前缘倾斜的坡度(陡峭、平缓)2个要素,陆相湖盆浅水三角洲沉积体系可划分为3类6种结构类型。

3)陆相湖盆浅水三角洲沉积体系,以水下分流河道为骨架砂体,沉积特征:①三角洲沉积面积较大,厚度较薄,推进距离远;②河道建设性与河道砂体方向性明显;③河口坝、远砂坝不甚发育;④垂向相续不完整,缺乏三层式沉积结构。

4)随着浅水三角洲得到越来越多的关注和应用,陆相湖盆浅水三角洲的界定标准有待进一步讨论和确定,其沉积模式也需要更详尽的研究,以此拓宽并加深对三角洲体系的认识。

参考文献:

- [1]DONALDON A C,RENTON J J,PRESLEY M W. Pennsylvanian deposystems and paleoclimates of the Appalachians[J]. International Journal of Coal Geology,1985,5(1):167-193.
- [2]POSTMA G. An analysis of the variation in delta architecture[J]. Terra Nova,1990,2(2):124-130.
- [3]复文臣,雷建喜,王超勇. 鄂尔多斯盆地南部延安组水下分流河道型湖泊三角洲体系的沉积构成[J]. 地球科学:中国地质大学学报,1991,16(2):23-31.
FU Wenchen,LEI Jianxi,WANG Chaoyong. The depositional architecture of the lacustrine deltaic system with subaqueous distributary channel of Yanan formation in southern Ordos basin[J]. Earth Science:Journal of China University of Geosciences,1991,16(2):23-31.
- [4]楼章华,兰翔,卢庆梅. 地形、气候与湖面波动对浅水三角洲沉积环境的控制作用:以松辽盆地北部东区葡萄花油层为例[J]. 地质学报,1999,73(1):82-91.
LOU Zhanghua,LAN Xiang,LU Qingmei. Controls of the topography,climate and lake level fluctuation on the depositional enviroment of a shallow-water delta:A case study of the Cretaceous Putaohua reservoir[J]. Acta Geologica Sinica,1999,73(1):82-91.
- [5]韩晓东,楼章华,姚炎明,等. 松辽盆地湖泊浅水三角洲沉积动力学研究[J]. 矿物学报,2000,20(2):305-312.
HAN Xiaodong,LOU Zhanghua,YAO Yanming,et al. Analysis of the sedimentary dynamic process of the shallow-water lake delta in the Songliao basin,northeast China[J]. Acta Mineralogica Sinica,2000,20(2):305-312.
- [6]姚光庆,马正,赵彦超,等. 浅水三角洲分流河道砂体储层特征[J]. 石油学报,1995,16(1):24-31.
YAO Guangqing,MA Zheng,ZHAO Yanchao,et al. Reservoir characteristics of distributary channel sand bodies of shallow water delta[J]. Acta Petrolei Sinica,1995,16(1):24-31.
- [7]朱筱敏. 沉积岩石学[M]. 北京:石油工业出版社,2008.
- [8]袁选俊,邹才能,贾承造,等. 拗陷湖盆大型浅水三角洲成因模式与大面积岩性油气藏勘探[C]//第四届全国沉积学大会论文集. 青岛,10月15-19日,2009:252-253.
- [9]龙国清,郑俊峰,黄郑,等. 宝浪油田侏罗系三工河组浅水辫状河三角洲沉积模式研究[J]. 河南石油,2002,16(2):4-6.
LONG Guoqing,ZHENG Junfeng,HUANG Zheng,et al. Deposition modes of shallow braided river delta in Sangonghe for-

mation of Jurassic in Baolang oilfield[J]. Henan Petroleum, 2002, 16(2): 4-6.

- [10] 王家豪, 姚光庆, 赵彦超. 浅水辫状河三角洲发育区短期基准面旋回划分及储层宏观特征分析[J]. 沉积学报, 2004, 22(1): 87-94.
WANG Jiahao, YAO Guagnqing, ZHAO Yanchao. Study on identification of short-term base-level cycle and macroscopic distribution of reservoirs in shallow-water braided delta[J]. Acta Sedimentologica Sinica, 2004, 22(1): 87-94.
- [11] 谢辉. 浅水粗粒辫状河三角洲沉积微相特征与油气产能的关系: 以焉耆盆地宝浪油田为例[J]. 地球科学与环境学报, 2004, 26(4): 37-40.
XIE Hui. Relationships between hydrocarbon productivity and characteristics of shallow-water and coarse grain braided river delta deposit microfacies: Taking Yanqi basin Baolang oilfield as an example[J]. Journal of Earth Sciences and Environment, 2004, 26(4): 37-40.
- [12] 加东辉, 吴小红, 赵利昌, 等. 渤中25-1南油田浅水三角洲各微相粒度特征分析[J]. 沉积与特提斯地质, 2005, 25(4): 87-94.
JIA Donghui, WU Xiaohong, ZHAO Lichang, et al. The grain size analysis for the shallow-water delta microfacies: An example from one well in the Bozhong 25-1 Southern oil field[J]. Sedimentary Geology and Tethyan Geology, 2005, 25(4): 87-94.
- [13] 楼章华, 袁笛, 金爱民. 松辽盆地北部浅水三角洲前缘砂体类型特征与沉积动力学过程分析[J]. 浙江大学学报, 2004, 31(2): 211-215.
LOU Zhanghua, YUAN Di, JIN Aimin. Types, characteristics of sandbodies in shallow-water deltafront and sedimentary models in Northern Songliao basin, China[J]. Journal of Zhejiang University, 2004, 31(2): 211-215.
- [14] 郭英海, 刘焕杰, 李壮福, 等. 晋中北山西组浅水三角洲沉积特征及聚煤作用[J]. 中国矿业大学学报, 1995, 24(1): 64-70.
GUO Yinghai, LIU Huanjie, LI Zhuangfu, et al. Sedimentary characteristics and coal-accumulating process of shallow-water delta of Shanxi formation in the middle-north district of Shanxi province[J]. Journal of University of Mining and Technology, 1995, 24(1): 64-70.
- [15] 李增学, 魏久传, 李守春. 鲁西河控浅水三角洲沉积体系及煤聚集规律[J]. 煤田地质与勘探, 1995, 23(2): 7-12.
LI Zengxue, WEI Jiuchuan, LI Shouchun. The depositional system of fluvial-controlled shallow-water delta and coal-accumulation analysis in western shandong[J]. 煤田地质与勘探, 1995, 23(2): 7-12.
- [16] 薛庆远. 山东滕南矿区山西组浅水三角洲的沉积构成和聚煤特征[J]. 中国矿业大学学报, 1995, 24(2): 43-51.
XUE Qingyuan. Depositional architectures and coal-forming features of shallow-water delta system in the Tengnan coal mining district, Shandong province[J]. Journal of China University of Mining and Technology, 1995, 24(2): 43-51.
- [17] 何义中, 陈洪德, 张锦泉. 鄂尔多斯盆地中部石炭-二叠系两类三角洲沉积机理探讨[J]. 石油与天然气地质, 2001, 22(1): 68-71.
HE Yizhong, CHEN Hongde, ZHANG Jinqian. Discussion on sedimentation mechanism of two kind deltas from Permian-Carboniferous of central Ordos basin[J]. Oil and Gas Geology, 2001, 22(1): 68-71.
- [18] 郑超, 李宝芳, 温显端. 秦岭北麓晚二叠世平顶山段辫状河-辫状三角洲沉积体系及其构造涵义[J]. 现代地质, 2003, 17(4): 415-420.
ZHENG Chao, LI Baofang, WEN Xianduan. Depositional characteristics of the late Permian braided channel-braided delta deposits in northern foothills of the Qinling mountains, China[J]. Geoscience, 2003, 17(4): 415-420.
- [19] 赵伟, 邱隆伟, 姜在兴, 等. 断陷湖盆萎缩期浅水三角洲沉积演化与沉积模式: 以东营凹陷牛庄洼陷古近系沙三段上亚段和沙二段为例[J]. 地质学报, 2011, 85(6): 1019-1027.
ZHAO Wei, QIU Longwei, JIANG Zaixing, et al. Depositional evolution and model of shallow-water delta in the rifting lacustrine basins during the shrinking stage: A case study of the third member and second member of Paleogene Shahejie formation in the Niuzhuang subsag, Dongying sag[J]. Acta Geologica Sinica, 2011, 85(6): 1019-1027.
- [20] 邹才能, 赵文智, 张兴阳, 等. 大型敞流拗陷湖盆浅水三角洲与湖盆中心砂体的形成与分布[J]. 地质学报, 2008, 82(6): 813-825.
ZOU Caineng, ZHAO Wenzhi, ZHANG Xingyang, et al. Formation and distribution of shallow-water deltas and central-basin sandbodies in large open depression lake basins[J]. Acta Geologica Sinica, 2008, 82(6): 813-825.
- [21] 赵翰卿. 松江盆地大型叶状三角洲沉积模式[J]. 大庆石油地质与开发, 1987, 6(4): 1-10.

- ZHAO Hanqing. A sedimentary scheme for a large leaf-like delta in Songliao basin[J]. Petroleum Geology and Oilfield Development in Daqing, 1987, 6(4): 1-10.
- [22] 朱筱敏, 张义娜, 杨俊生, 等. 准噶尔盆地侏罗系辫状河三角洲沉积特征[J]. 石油与天然气地质, 2008, 29(2): 244-251.
ZHU Xiaomin, ZHANG Yina, YANG Junsheng, et al. Sedimentary characteristics of the shallow Jurassic braided river delta, the Junggar basin[J]. Oil and Gas Geology, 2008, 29(2): 244-251.
- [23] 孙雨, 马世忠, 姜洪福, 等. 松辽盆地三肇凹陷葡萄花油层河控浅水三角洲沉积模式[J]. 地质学报, 2010, 84(10): 1502-1509.
SUN Yu, MA Shizhong, JIANG Hongfu, et al. Sedimentary mode of shallow lacustrine fluvial-dominated delta of Putaohua reservoirs in the Sanzhao depression, Songliao basin[J]. Acta Geologica Sinica, 2010, 84(10): 1502-1509.
- [24] 张庆国, 鲍志东, 郭雅君, 等. 扶余油田扶余油层的浅水三角洲沉积特征及模式[J]. 大庆石油学院学报, 2007, 31(3): 4-7.
ZHANG Qingguo, BAO Zhidong, GUO Yajun, et al. Sedimentary characteristics and model of the Fuyu oil-bearing reservoir in Fuyu oil field[J]. Journal of Daqing Petroleum Institute, 2007, 31(3): 4-7.
- [25] 余逸凡, 戴胜群, 尹太举, 等. 鄂尔多斯盆地寺湾油区延长组浅水三角洲沉积研究[J]. 特种油气藏, 2009, 16(5): 28-31.
YU Yifan, DAI Shengqun, YIN Taiju, et al. Study on shallow-water delta deposition in Yanchang formation of Xiasiwan, Ordos basin[J]. Special Oil and Gas Reservoir, 2009, 16(5): 28-31.
- [26] 李洁, 陈洪德, 林良彪, 等. 鄂尔多斯盆地西北部盒8段浅水三角洲砂体成因及分布模式[J]. 成都理工大学学报: 自然科学版, 2011, 38(2): 132-139.
LI Jie, CHEN Hongde, LIN Liangbiao, et al. Genesis and distribution pattern of shallow water delta sandbodies in Member 8 of Lower Shihezi formation in the Northwest of Ordos basin[J]. Journal of Chengdu University of Technology: Science and Technology Edition, 2011, 38(2): 132-139.
- [27] 代黎明, 李建平, 周心怀, 等. 渤海海域新近系浅水三角洲沉积体系分析[J]. 岩性油气藏, 2007, 19(4): 75-81.
DAI Liming, LI Jianping, ZHOU Xinhuai, et al. Depositional system of the Neogene shallow water delta in Bohai Sea area[J]. Lithologic Reservoirs, 2007, 19(4): 75-81.
- [28] 罗东明, 陈召佑, 吝文, 等. 鄂尔多斯盆地大牛地气田合2_3段沉积微相研究[J]. 大庆石油地质与开发, 2007, 26(1): 21-26.
LUO Dongming, CHEN Zhaoyou, LIN Wen, et al. Sedimentary microfacies of He2 and He3 member in Daniudi gas field of Ordos basin[J]. Petroleum Geology and Oilfield Development in Daqing, 2007, 26(1): 21-26.
- [29] 朱伟林, 李建平, 周心怀, 等. 渤海新近系浅水三角洲沉积体系与大型油气田勘探[J]. 沉积学报, 2008, 26(4): 575-582.
ZHU Weilin, LI Jianping, ZHOU Xinhuai, et al. Neogene shallow water deltaic system and large hydrocarbon accumulations in Bohai bay, China[J]. Acta Sedimentologica Sinica, 2008, 26(4): 575-582.
- [30] 吕小光, 李长山, 蔡希源, 等. 松辽大型浅水湖盆三角洲沉积特征及前缘相储层结构模型[J]. 沉积学报, 1999, 17(4): 572-577.
LU Xiaoguang, LI Changshan, CAI Xiyuan, et al. Depositional characteristics and front facies reservoir framework model in Songliao shallow lacustrine delta[J]. Acta Sedimentologica Sinica, 1999, 17(4): 572-577.
- [31] 向芳, 陈洪德, 李志宏, 等. 鄂尔多斯盆地东北部山西组三角洲相沉积演化特征[J]. 成都理工大学学报: 自然科学版, 2008, 35(6): 693-699.
XIANG Fang, CHEN Hongde, LI Zhihong, et al. Sedimentary and evolution characters of the delta in the Lower Permian Shanxi formation in the Northeast of Ordos basin, China[J]. Journal of Chengdu University of Technology: Science and Technology Edition, 2008, 35(6): 693-699.
- [32] 郭英海, 刘焕杰, 李壮福, 等. 晋中北山西组浅水三角洲沉积特征及聚煤作用[J]. 中国矿业大学学报, 1995, 24(1): 64-70.
GUO Yinghai, LIU Huanjie, LI Zhuangfu, et al. Sedimentary characteristics and coal-accumulating process of shallow-water delta of Shanxi formation in the middle-north district of Shanxi province[J]. Journal of University of Mining and Technology, 1995, 24(1): 64-70.
- [33] 吴小红, 吕修祥, 周心怀, 等. BZ34油区明下段浅水三角洲沉积特征及其油气勘探意义[J]. 大庆石油学院学报, 2009, 33(5): 32-40.
WU Xiaohong, LU Xiuxiang, ZHOU Xinhuai, et al. Discovery of the shallow delta sediment in Minghuazhen formation in BZ34 oil fields and its significance in oil and gas exploitation[J]. Journal of Daqing Petroleum Institute, 2009, 33(5): 32-40.
- [34] 王代流, 王蛟. 孤岛油田馆陶组湖相沉积认识及应用[J]. 西南石油大学学报: 自然科学版, 2009, 31(2): 41-44.

WANG Dailiu, WANG Jiao. The recognition and application of lacustrine facies in Guantao formation of Gudao oilfield[J]. Journal of Southwest Petroleum University: Science and Technology Edition, 2009, 31(2): 41-44.

[35] 王建功, 王天琦, 卫平生, 等. 大型拗陷湖盆浅水三角洲沉积模式: 以松辽盆地北部葡萄花油层为例[J]. 岩性油气藏, 2007, 19(2): 28-34.

WANG Jiangong, WANG Tianqi, WEI Pingsheng, et al. Sedimentary mode of shallow lacustrine delta of large continental basin: An example from Putaohua Formation in northern Songliao basin[J]. Lithologic Reservoirs, 2007, 19(2): 28-34.

[36] 胡明毅, 马艳荣, 刘仙情, 等. 大型拗陷型湖盆浅水三角洲沉积特征及沉积模式: 以松辽盆地兴茂-教南地区泉四段为例. [J]. 石油天然气学报, 2009, 31(3): 13-17.

HU Mingyi, MA Yanrong, LIU Xianqing, et al. Sedimentary characteristics and mode of shallow delta in large scale down wrap lacustrine basin: By taking Quan-4 formation in maoxing and aonan region in Songliao basin for example[J]. Journal of Oil and Gas Technology, 2009, 31(3): 13-17.

“沉积·资源·环境”研究专栏征稿

征稿范围:

- ◇地质基本科学问题、应用及发展
- ◇全球环境变化与沉积作用
- ◇盆地分析与板块运动
- ◇盆地运动学的新理论
- ◇能源的勘探与开发
- ◇大地构造沉积学
- ◇层控矿床
- ◇岩相古地理
- ◇生物成矿作用
- ◇流域开发与环境保护
- ◇层序地层与事件地质
- ◇油气储集层的成岩作用

欢迎相关领域专家、学者和工程技术人员踊跃投稿, 来稿请注明“沉积·资源·环境”专栏。稿件经专家评审通过后优先发表, 并实行优稿优酬。

投稿平台: http://xuebao.sdust.edu.cn/index_z.asp

电子邮箱: zkglhxx@163.com; zkzxcg@sdust.edu.cn

联系电话: 0532-86057859

山东科技大学学报(自然科学版)编辑部