

文章编号: 1000-0550(2009) 06-1057-08

姬塬地区长 8 油层组浅水三角洲沉积特征

韩永林^{1,2,3,4} 王成玉³ 王海红³ 李士春⁴ 郑荣才⁵ 王昌勇⁵ 廖一⁵

(1 中国科学院地质与地球物理研究所 北京 100029; 2 西北大学地质学系 西安 710069;

3 中国石油长庆油田分公司勘探开发研究院 西安 710021; 4 中国石油长庆油田分公司第二采油厂 甘肃庆城 745100;

5 成都理工大学“油气藏地质及开发工程”国家重点实验室 成都 610059)

摘要 姬塬地区位于鄂尔多斯盆地中偏西部地区,晚三叠世主要受北东、北西及南部三个方向的物源控制。通过岩心观察、薄片鉴定、测井曲线等资料的综合分析,对研究区上三叠统长 8 油层组岩石类型、沉积构造、物源方向、古生物和沉积相特征进行了详细研究,发现长 8 沉积时期姬塬地区地形平缓,河流作用较弱,主要发育一套浅水三角洲沉积体系,其沉积作用和砂体展布受湖平面升、降和物源方向控制明显,对油气成藏有着重要的意义,表现为:①湖平面上升期,湖岸线快速向物源方向迁移,以发育长条状和鸟足状水上—水下分流河道砂体为主;②下降期以发育三角洲平原为主,来自不同物源方向的前缘砂体在研究区中部交汇;③湖平面上升期水下分流河道砂体呈席状发育以及岩性遮挡条件更好,因而比湖平面下降期发育的砂体更有利于形成岩性油藏。

关键词 鄂尔多斯盆地 姬塬 长 8 油层组 浅水三角洲 岩性油藏

第一作者简介 韩永林 男 1964 年出生 高级工程师 油藏评价 E-mail: hyl-cq@petrochina.com.cn

中图分类号 P512.2 **文献标识码** A

0 前言

浅水三角洲概念最早由 Fisk 提出, Donaldson 将河控三角洲分为深水型及浅水型二类^[1], Postma 也将低能盆地中的三角洲分为浅水三角洲及深水三角洲两大类,识别出 8 种浅水三角洲端元^[2]。我国学者对浅水三角洲研究始于 20 世纪 80 年代^[3,4],至 20 世纪 90 年代早期的相关研究成果主要集中在浅水三角洲的砂体形态与聚煤作用的关系等方面,而 90 年代中后期的研究开始探讨浅水三角洲的主控因素^[5,6]及其对油气储层的控制^[7],认为浅水三角洲具有良好的储、盖组合和优越的油气成藏条件^[8,9],很可能形成大型油气田。

姬塬地区位于鄂尔多斯盆地西部,北起红井子,南抵黄米庄科,西自山城,东到安边,区域构造横跨伊陕斜坡和天环坳陷(图 1)。长 8 油层组包括长 8₁和长 8₂两个油层,按不同级次的基准面旋回特征,可划分为两个中期旋回层序和 6 个短期旋回层序(表 1)。前人一般认为研究区长 8 油层组北部物源为曲流河三角洲沉积,西南部物源为扇三角洲^[10]或辫状河三角洲沉积^[11]。通过详细的岩心观察,识别出各种典型的层理及层面构造,认为姬塬地区长 8 油层组既非一般的曲流河三角洲沉积,也非辫状河三角洲沉积,

更不具备扇三角洲的沉积特征。根据不同沉积构造、三角洲发育程度、演化特征和组合规律,首次提出姬塬地区上三叠统延长组长 8 油层组为典型的浅水三角洲沉积体系,其沉积特征也明显有别于长 4+5 长 6 长 7 等延长组其它油层组^[12~14],由北东、北西及南西方向的 3 个三角洲扇体组成,各三角洲扇体的前缘在研究区中部交汇,形成一相对闭塞和间歇沼泽化的湖湾。

表 1 姬塬地区长 8 油层组层序划分方案

Table 1 Sequence stratigraphy division of the Interval 8 of Yanchang Formation in Jiyuan area

油层组	砂层组	短期旋回层序	中期旋回层序
长 8	长 8 ₁	SSC 6	
		SSC 5	M SC2
		SSC 4	
	长 8 ₂	SSC 3	
		SSC 2	M SC1
		SSC 1	

1 长 8 油层组沉积特征

1.1 岩石类型

姬塬地区长 8 油层组主要由灰色粉—细粒砂岩、深灰色粉砂质泥岩、灰黑色泥岩及少量中—粗砂岩组成,研究区边缘砂岩粒度可到粗砂级别。碎屑分选和

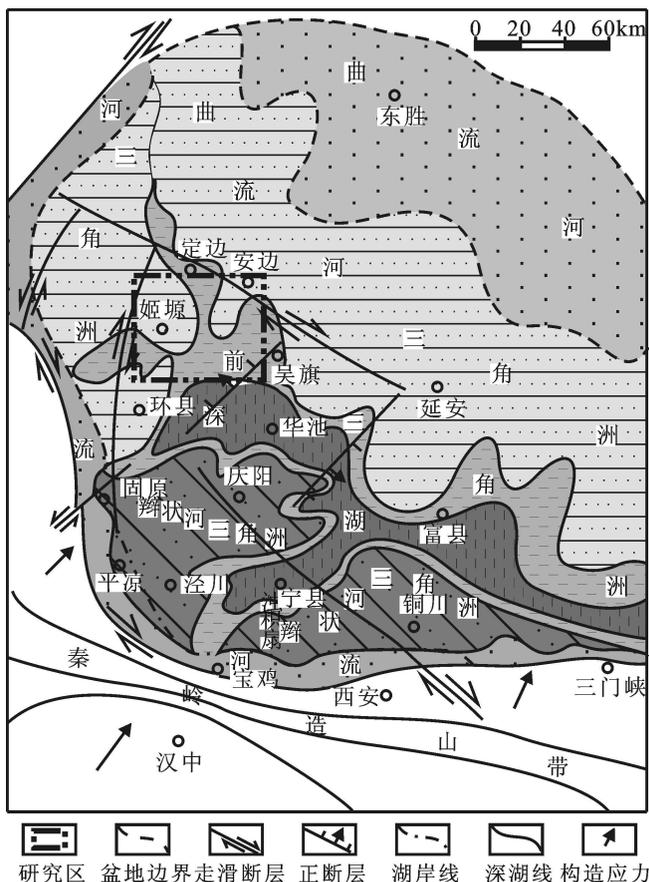


图 1 鄂尔多斯盆地姬塬地区长 8 沉积期古地理及构造位置简图 (据陈全红, 2006 修改)

Fig 1 Sketch map of the paleogeographic and tectonic location of the Interval 8 of Yanchang Fm. in Jiuyan area Ordos Basin (modified from Chen Quanhong 2006)

磨圆较好, 反映为较高能量的“底载荷”搬运特征。研究区中部的大部分区域主要发育粉—细砂岩, 砂岩碎屑分选中等, 但磨圆较差, 主要为次棱角状—棱角状, 为典型的“悬移载荷”搬运。长 8 油层组砂岩类型主要为长石砂岩和岩屑长石砂岩, 支撑类型以颗粒支撑为主, 主要为接触—孔隙式胶结。

1.2 沉积构造

研究区长 8 油层组岩心中可见大量植物根茎化石、平行层理、交错层理、同生变形构造、虫孔以及结核等典型沉积构造, 为恢复其沉积环境提供了依据。

1.2.1 平行层理及底冲刷

长 8 油层组细—中砂岩中发育大量平行层理 (图 2B) 及底冲刷构造, 冲刷面上可见同生泥砾岩 (图 2C), 其形成条件与水动力条件突发性地由弱变强过程有关, 一般位于进积型水道化砂、砾岩体的底部, 指示高能量牵引流作用为主的水道沉积环境。

1.2.2 交错层理

姬塬地区长 8 油层组中发育大量小型双向交错层理 (图 2F) 和浪成交错层理 (图 2G), 前者在研究区内相当普遍, 形成于波浪和流水共同作用的沉积环境, 下凹的纹层为水流作用形成的小型槽状交错层理, 上凸的纹层为波浪作用形成的浪成交错层理。小型双向交错层理在全区的普遍发育反映了研究区当时大部分区域受波浪和流水共同作用的事实。典型的浪成交错层理发育较少, 一般只在三角洲前缘河口附近见及。

1.2.3 植物根茎化石

在温暖潮湿气候条件的三角洲沉积中, 植物化石往往比较发育, 保存完好的植物化石一般可作为判断沉积环境的辅助标志。长 8 油层组中含有大量保存完好的植物根茎化石, 多为芦木 (图 2A), 为典型的沼泽化浅水洼地沉积环境的产物。

1.2.4 虫孔及生物扰动构造

研究区内生物扰动和虫管特别发育。特别是垂直虫管 (针管迹) 较为发育 (图 2D), 管壁光滑, 管径较大为 5~20 mm, 虫管内被粉—细砂充填。此类虫管一般发育在水流搅动性强的、富氧的环境^[15], 可作为判别间歇动荡的水下沉积环境辅助标志之一。

1.2.5 同生变形构造

同生沉积构造常出现在堆积速度较高的粉—细砂岩与泥岩互层的沉积组合中, 为三角洲前缘环境常见的沉积构造, 在研究区内主要发育有泄水变形构造 (图 2E) 和滑塌变形构造, 前者多出现在水下分流河道与分流间湾交替部位, 后者一般发育在三角洲前缘向前三角洲过渡的坡折带。

1.2.6 结核

长 8 油层组岩心中可见大量菱铁矿结核, 一般发育在富含植物化石的灰黑色泥岩中, 指示闭塞缺氧的分流间洼地沉积环境。

2 长 8 油层组浅水三角洲环境分析

2.1 浅水三角洲的识别标志

已有的众多研究成果表明鄂尔多斯盆地延长期气候以亚热带潮湿型为主^[16], 主要为湖泊沉积环境, 以浅湖—半深湖为主, 湖底坡度平缓, 在大型河流入湖的地区极易形成特殊的浅水三角洲沉积体系。姬塬地区长 8 油层组沉积期, 其周边地形十分平缓, 倾角很小, 大的构造背景处于基底整体一致下降的拗陷时期, 沉积环境主要表现为浅水湖泊, 湖平面升、降和



A: 罗 11 井, 8(37/37), 2 360 9 m, 长 8₁, 灰黑色泥岩中的菱铁矿结核和丰富的芦木化石; B: 罗 31 井, 3(67/81), 2 827. 98 m, 长 8₁, 灰色中—粗粒砂岩, 平行层理; C: 罗 22 井, 2(34-35/39), 2 709 7 m, 长 8₁, 深灰色钙质细粒砂岩, 板状交错层理, 冲刷面见灰黑色泥砾; D: 元 132 井, 16(22/88), 2 550 0 m, 长 8₁, 灰色粉—细粒砂岩夹深灰色粉砂质泥岩, 生物垂直钻孔, 分流间湾; E: 罗 36 井, 8(91/91), 2 568 m, 长 8₁, 粉砂质泥岩及粉—细粒砂岩, 碟状构造, 水下分流河道; F: 元 147 井, 9(16/136), 2 369 35 m, 长 8₂, 灰色粉—细砂岩, 小型双向交错层理, 水下分流河道末梢; G: 安 65 井, 5(20/25), 2 488 54 m, 长 8₂, 灰色粉细粒砂岩, 浪成交错层理, 河口坝

图 2 姬塬地区长 8 油层组典型沉积构造

Fig 2 Sedimentary structure characteristics of the Interval 8 of Yanchang Formation in Jiyuan area

湖平面波动频繁, 由此引起岸线摆动幅度大而迅速, 在河流入湖处发育浅水三角洲。浅水三角洲识别标志^[3-9]主要有以下几点:

2.1.1 典型沉积层序

在诸多探井中见到反旋回的沉积层序或频繁叠置的砂层(图 3), 这是浅水三角洲前缘的沉积学响应特征。由于浅水三角洲形成于浅水环境, 三角洲的前积速度很快, 三角洲不断向前推进, 而前缘部位沉积

物卸载最快, 代表了较高的沉积速率, 因此浅水三角洲前缘一般表现为进积或加积沉积层序。

2.1.2 沉积微相类型

如同正常三角洲, 浅水三角洲可以划分出浅水三角洲平原、浅水三角洲前缘、前浅水三角洲三个亚相和水上分流河道、水下分流河道、分流间洼地、分流间湾、河口坝、远砂坝、水下决口河道、水下天然堤和水下决口扇等众多的微相类型(图 3)。由于浅水三角

洲水上平原沉积与水下前缘的部分在沉积特征上不易区分,因此,本次研究以识别浅水三角洲的水上平原与前缘的差别为沉积相划分主要依据。通过岩心的岩性、沉积构造、泥岩颜色详细描述,结合测井曲线和古生物特征,将灰色、灰绿色泥岩发育区定义为水上的三角洲平原沉积区,将有间歇波浪作用的暗色泥岩和炭质泥岩发育区定义为三角洲前缘的水下部分和前三角洲沉积区。

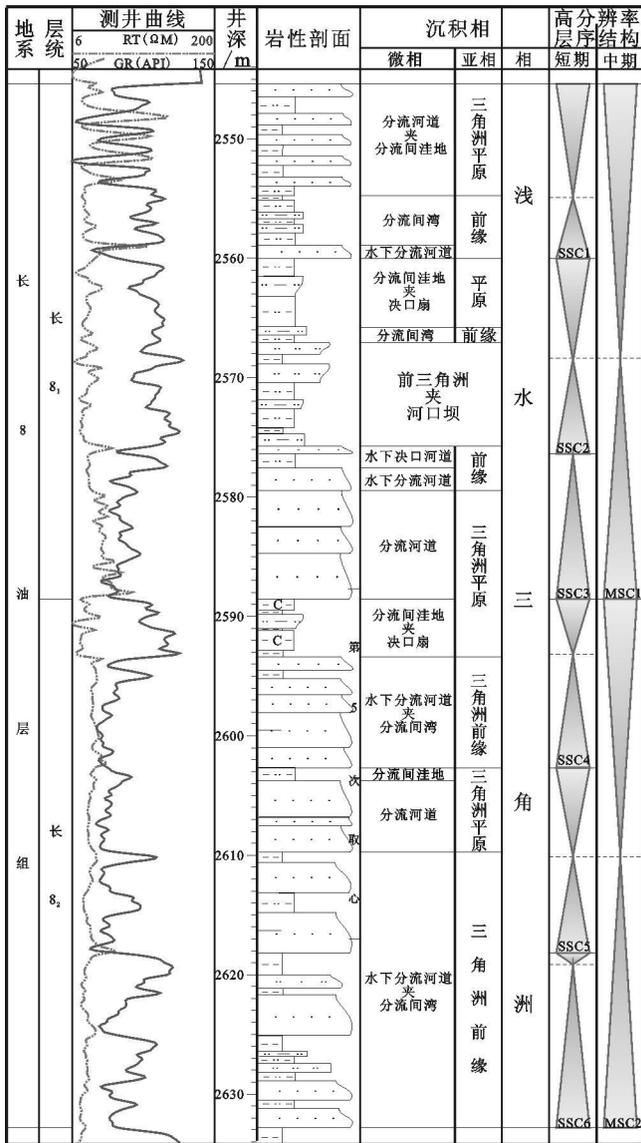


图 3 姬塬地区长 8 油层组沉积相综合柱状图 (耿 221 井)
Fig 3 The structure of sedimentary sections of the Interval 8 of Yanchang Formation in Jiuyan area (From Well G221)

2.1.3 特殊的岩性和沉积构造组合

在长 8 油层组的砂、泥岩互层沉积序列中,于分流间湾发育有大量指示泥炭沼泽环境的芦木化石^[17]

和炭质泥岩,以及指示水下沉积环境的小型双向交错层理及浪成交错层理,显然属于河湖过渡的三角洲沉积。而在分流河道砂体中大型板状交错层理(图 2C)的普遍发育,在河口坝砂体中小型双向交错层理的大量发育,但典型的浪成交错层理的稀少,说明三角洲前缘大部分处于水流和波浪共同作用的浅水区域。在相对深水的河口位置典型的浪成交错层理虽然很难保存,但出现指示沉积地形存在一定坡度的滑塌变形构造。同时,指示安静水力条件下典型的水平层理也很少见及,而富含植物根茎化石的暗色地层与广泛发育小型双向交错层理或浪成交错层理的地层频繁地交替出现,可作为沉积环境水体较浅、较安静,但又普遍受到波浪扰动的一个旁证。

2.1.4 测井相特征

三角洲沉积的测井响应一般为反旋回的平直基线—漏斗形—箱形—钟形—齿形的测井曲线形态组合,以反映河口坝→分流河道的进积序列的漏斗形→箱形(或钟形)测井曲线较为发育为重要特征。长 8 油层组虽然具备三角洲的进积→加积测井相响应特征,但在河口坝→分流河道的进积→加积序列中反映河口坝的漏斗形测井曲线往往并不甚发育(图 3),或由漏斗形测井曲线所反映的河口坝砂体的沉积厚度非常薄,这是浅水三角洲的典型测井响应特征。

2.2 长 8 油层组浅水三角洲的平面展布特征

姬塬地区长 8 油层组各中期和短期基准面旋回层序于区域上有很好的等时可对比性(图 4)。长 8₂和长 8₁分别对应于 MSC1 和 MSC2 二个中期旋回层序,分别代表在长 8 沉积早期和晚期所经历的二次较大的湖侵—湖退沉积旋回。以相当中期旋回层序的长 8₂和长 8₁油层为等时地层单元编制层序—岩相古地理图(图 5),结果发现姬塬地区长 8 油层组沉积期发育有东北部、北西部和南部 3 个三角洲扇体,以北西部的三角洲扇体规模为最大,其余依次为东北部和南部的三角洲扇体。此 3 个三角洲前缘的水下分流河道自物源区方向向湖泊方向延伸的距离很大,于低湖水位期在湖泊的中心部位发生交汇,显示了受湖平面波动引起的岸线大幅度摆动及其所影响的浅水三角洲沉积特征。因此,湖平面的升、降和河道的延伸与退缩对浅水三角洲沉积相格局和砂体展布、特别是分流河道砂体的展布特征有直接的控制作用,长 8₂和长 8₁油层的沉积相格局和砂体展布特征既有相似性和继承性,也有一定的差异性。此二油层的浅水三角洲平面展布特征如下。

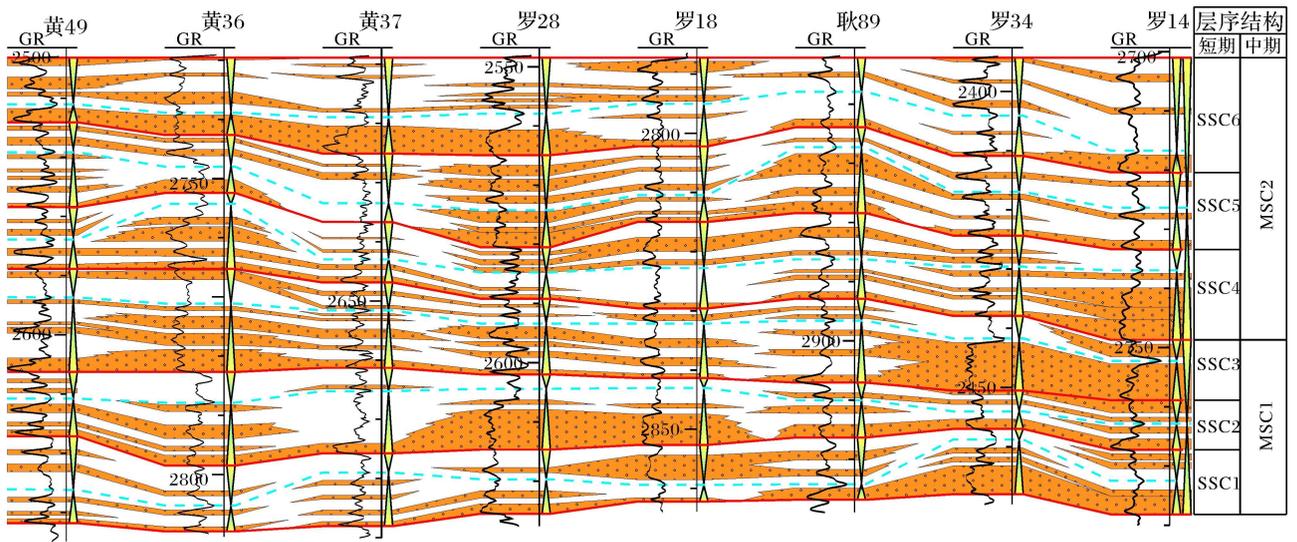


图 4 长 8 油层组层序地层对比和地层格架图

Fig 4 The sequence stratigraphic correlation and framework of interval 8 of Yanchang Formation

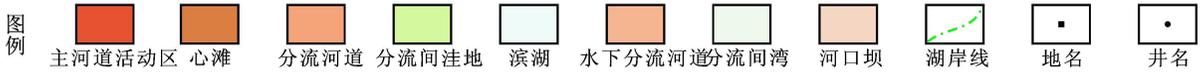
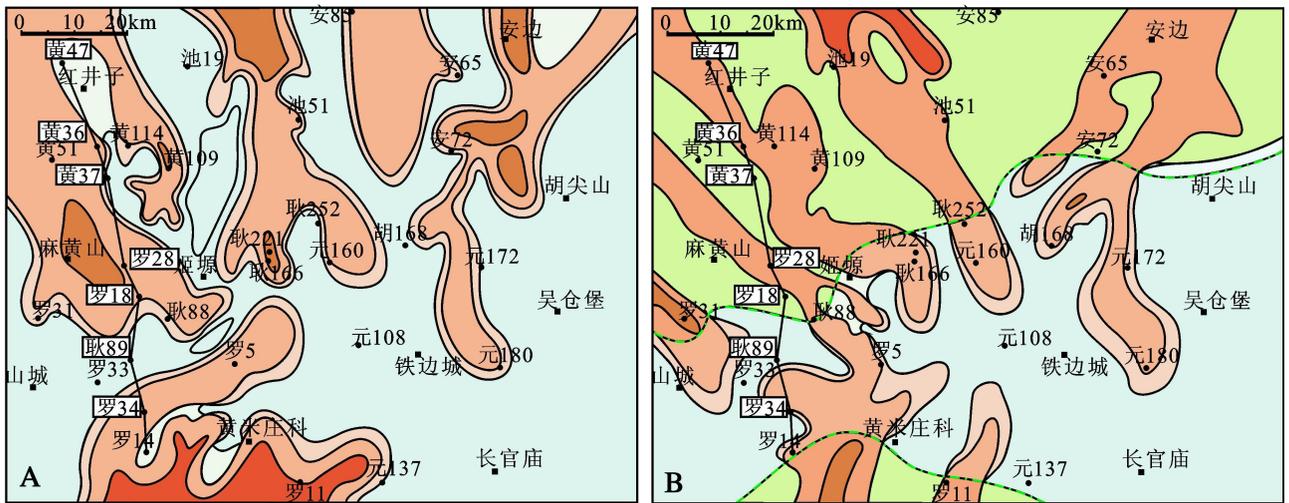


图 5 姬堰地区长 8 油层组沉积相平面分布图 (A. 长 8₂; B. 长 8₁)

Fig 5 Sedimentary facies of Interval 8 of Yanchang Formation in Jiuyan area

2.2.1 长 8₂ 沉积期浅水三角洲平面展布特征

该时期湖平面相对较高, 湖岸线向物源方向扩展, 研究区主要为湖域扩大的三角洲前缘及前三角洲沉积环境, 来自北东、北西及南部物源区的 3 个三角洲呈相互独立的扇体, 其前缘的水下分流河道呈鸟足状 (图 5A), 分流河道中以发育有较多的心滩为显著特征。

2.2.2 长 8₁ 沉积期浅水三角洲平面展布特征

该时期湖平面下降, 湖岸线向湖泊方向大幅度推进, 研究区主要为三角洲平原沉积环境 (图 5B), 以发育含大量芦木化石的沼泽化分流间洼地为典型标志。三角洲前缘沉积区面积较小, 来自不同三角洲扇体的前缘部分的长条状和鸟足状水下分流河道在研究区中部发生交汇。前三角洲—浅湖沉积区的分布范围更小, 被长条状和鸟足状交汇的水下分流河道砂体分隔成湖湾形态。

3 长 8 油层组浅水三角洲沉积特点

浅水三角洲是一种特殊的三角洲类型,与常规三角洲虽然有很多相似点,但更多的表现为自身的独特性,是一类非常有利于储层发育和形成岩性油气藏的沉积体系。长 8 油层组浅水三角洲沉积特征可归纳为如下几点:

3.1 具有建设性三角洲沉积特征

三角洲的沉积特征是河流和水盆能量相互作用的结果。渤海新近纪湖盆大多为浅水湖盆,湖底地形非常平缓,入湖水携带大量泥砂可以一直推进到前缘很远的地方,以分流河道为骨架砂体的浅水三角洲形态常常表现为长条状、鸟足状和树枝状(图 5),所以多为高建设性的河控三角洲。

3.2 沉积层序的连续性差

长 8 浅水三角洲沉积物中,由于湖底地形十分平缓,湖水的快速扩张和收缩可以造成大面积、大范围的湖岸线推移,加上河控作用的特点,浅水三角洲的水上和分流河道可直接覆盖在前三角洲(浅湖)泥之上,局部缺失三角洲前缘亚相的河口坝沉积,造成垂向上相序的连续较差(图 3)。

3.3 具备变化幅度很大的前缘相带

由于斜坡长,坡度缓,长 8 油层组浅水三角洲砂体广布,相带宽阔,沉积分异较完善。平面上浅水三角洲平原与宽展的三角洲前缘、前三角洲相接(图 3 和 5),无明显转折,也就不存在 Gilbert 型三角洲模式的顶积层、前积层、底积层三层结构。通过浅水三角洲扇体的纵向和侧向迁移,在平面上形成大面积稳定分布的扇形席状体,单个韵律旋回的沉积厚度仅 8~12 m,但在纵向剖面上可形成多个旋回砂体的连续加积层序,于扇体范围内具有很好的等时性和可追踪对比性。

3.4 水下分流河道相对较发育

在浅水三角洲的沉积物中,在靠近湖岸线的前缘相带范围内,相对较厚的单一成因的砂体不是反韵律的河口坝进积砂体,而是具有明显加积 \rightarrow 进积特征的水下分流河道砂体。在浅水三角洲前缘亚相的组合中,水上 \rightarrow 水下分流河道砂体构成了浅水三角洲的骨架砂体,水下分流河道是水上平原分支河道入湖后的延伸部分,它与深水三角洲有许多相似之处,所不同的是深水三角洲水下分流河道侧向上与之伴生的是经湖浪改造的席状砂和分流间湾,河口坝和远砂坝也较发育。浅水三角洲主要是水下分流河道和被水下

分流河道分割的分流间湾,而河口坝、远砂坝、席状砂和前三角洲不甚发育,常被水下分流河道冲刷减薄,甚至消失,反映了浅水三角洲水下分流河道明显的进积作用。因此,水下分流河道是浅水三角洲前缘砂体集中发育的相带,浅水三角洲骨架砂体主要由水上 \rightarrow 水下分流河道构成,而不是前缘席状砂体和河口坝、远砂坝砂体。

3.5 河口坝砂岩单层厚度较薄

由于浅水三角洲地形平缓,水浅、湖浪作用的能量很低,水上 \rightarrow 水下分流河道进积速度很快,先期沉积的河口坝和远砂坝砂体很容易被后期的水下分流河道冲刷变薄,甚至消失殆尽。因此,在浅水三角洲中河口坝和远砂坝砂体不甚发育,厚度一般很薄,而前缘席状砂体则基本不发育。

3.6 砂体展布具有明显的方向性

由于浅水三角洲主要受河流作用控制,因而其砂体往往顺流向分叉展布,表现出明显的方向性(图 5)。水上 \rightarrow 水下分流河道砂体的平面形态多呈带状、长条状、鸟足状分布,砂体宽度不等,具有大的宽/厚比值和良好的纵向延伸性及连通性,非常有利于岩性油气藏的形成^[18-22]。

4 结语

晚三叠世长 8 油层组沉积期,鄂尔多斯盆地姬塬地区经历了前期沉积充填作用,地形趋于平缓,主要发育浅水三角洲沉积,其沉积相发育特征及其与储层的关系有如下 4 个特点:

(1) 长 8 油层组浅水三角洲尽管不存在典型的 Gilbert 型三角洲的三层结构,但仍然可以划分为浅水三角洲平原、浅水三角洲前缘、前三角洲三个亚相,三个亚相可以进一步划分为多个微相类型。由于沉积地形平缓,水上 \rightarrow 水下分流河道进积速度快和侵蚀作用较强,三角洲前缘席状砂体、河口坝和远砂坝砂体及前三角洲不甚发育;

(2) 长 8 湖平面上升期,湖岸线快速向物源方向迁移,不同三角洲体系的前缘及前三角洲亚相发育完整,研究区内以沉积大面积分布的长条状和鸟足状水下分流河道砂体为特征,砂体规模较大;

(3) 长 8 湖平面下降期,以发育大面积的三角洲平原和较小范围的三角洲前缘沉积为主,来自不同三角洲体系的水上 \rightarrow 水下分流河道可在研究区中部交汇,而前三角洲沉积不甚发育,由于河道侧向迁移受阻,砂体规模比长 8₂的砂体小,且来自北部和南部

三角洲体的河道砂体往往在研究区中部连通而缺乏岩性封堵, 其成藏条件比长 8₂砂体要苛刻的多, 一般需要与鼻状构造复合才能形成圈闭;

(4) 姬塬地区长 8 油层组浅水三角洲受河流、气候和湖平面波动影响强烈, 特别是对三角洲前缘水下分流河道的形态和发育程度的控制更明显, 从而直接和间接地影响和控制岩性油气藏的成藏规律, 表现为长 8₂沉积期气候更为暖湿, 湖平面较高, 河道侧向迁移频繁, 发育大面积的储层, 同时三角洲前缘为前三角洲泥所封堵, 因此相对长 8₁对形成岩性圈闭的油气藏更为有利。

参考文献 (References)

- 1 Donakson A C. Pennsylvanian sedimentation of central Appalachians [J]. The Geological Society of America Special Paper 148, 1974: 47-48
- 2 Postma G. An analysis of the variation in delta architecture [J]. *Terra Nova*, 1990, 2 (2): 124-130
- 3 孙永传, 李蕙生, 邓新华, 等. 山西寿阳—阳泉地区石炭—二叠系沉积环境及其沉积特征 [J]. 地球科学: 武汉地质学院学报, 1986, 11 (3): 273-280 [Sun Yongzhan, Li Huisheng, Deng Xinhua, et al. Sedimentary characteristics and environment of Carboniferous and Permian in Shouyang-Yanguan area, Shanxi Province [J]. *Earth Science*, 1986, 11 (3): 273-280]
- 4 龚绍礼. 河南禹县早二叠世晚期—浅水三角洲沉积和聚煤环境 [J]. 煤田地质, 1986, 11 (2): 85-91 [Gong Shaoli. Deposit of shallow-water delta and coal accumulation environment in Early Permian late stage Yu County, Henan Province [J]. *Coal Geology & Exploration*, 1986, 11 (2): 85-91]
- 5 楼章华, 兰翔, 卢庆梅, 等. 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 [J]. 地质学报, 1999, 73 (1): 83-92 [Lou Zhanghua, Lan Xiang, Lu Qingmei, et al. Controls of the topography, climate and lake level fluctuation on the depositional environment of a shallow-water delta: a case study of the Cretaceous Putaohua reservoir in the northern part of Songliao Basin [J]. *Acta Geologica Sinica*, 1999, 73 (1): 83-92]
- 6 楼章华, 卢庆梅, 蔡希源, 等. 湖平面升降对浅水三角洲前缘砂体形态的影响 [J]. 沉积学报, 1998, 16 (4): 27-31 [Lou Zhanghua, Lu Qingmei, Cai Xiyuan, et al. Influence of lake level fluctuation on sandbody shapes at shallow-water delta front [J]. *Acta Sedimentologica Sinica*, 1998, 16 (4): 27-31]
- 7 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 Yanqiao, et al. Reservoir characteristics of distributary channel sandbodies of shallow water delta [J]. *Acta Petrologica Sinica*, 1995, 16 (1): 24-31]
- 8 邹才能, 赵文智, 张兴阳, 等. 大型敞流坳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 basin [J]. *Acta Geologica Sinica*, 2008, 82 (6): 813-825]
- 9 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 Xinhua, et al. Neogene shallow water deltaic system and large hydrocarbon accumulations in Bohai Bay, China [J]. *Acta Sedimentologica Sinica*, 2008, 26 (4): 575-582]
- 10 李凤杰, 王多云, 陈明应. 西峰油田延长组长 8 油组砂体高分辨率层序等时对比分析 [J]. 成都理工大学学报: 自然科学版, 2007, 34 (2): 121-127 [Li Fengjie, Wang Duoyun, Chen Mingying. Isochronic correlation of sandbodies with Chang 8 oil formation by high resolution sequence analysis in Yanchang Formation, Xifeng oil field, Ordos Basin, China [J]. *Journal of Chengdu University of Technology, Science & Technology Edition*, 2007, 34 (2): 121-127]
- 11 邓秀芹, 简昉晓, 刘显阳, 等. 鄂尔多斯盆地三叠系延长组沉积演化及其与早印支运动关系的探讨 [J]. 古地理学报, 2008, 5 (4): 159-166 [Deng Xiuping, Jian Fangxia, Liu Xianyang, et al. Discussion on relationship between sedimentary evolution of the Triassic Yanchang Formation and the Early Indosinian Movement in Ordos Basin [J]. *Journal of Palaeogeography*, 2008, 10 (2): 159-166]
- 12 陈全红, 李文厚, 郭艳琴, 等. 鄂尔多斯盆地南部延长组油积岩体系及油气勘探意义 [J]. 地质学报, 2006, 80 (5): 656-663 [Chen Quanhong, Li Wenhou, Guo Yanqin, et al. Turbidite systems and the significance of petroleum exploration of Yanchang Formation in the Southern Ordos Basin [J]. *Acta Geologica Sinica*, 2006, 80 (5): 656-663]
- 13 郑荣才, 王昌勇, 李虹, 等. 鄂尔多斯盆地白豹—华池地区长 6 油层组物源区分析 [J]. 岩性油气藏, 2007, 1 (1): 20-25 [Zheng Rongcai, Wang Changyong, Li Hong, et al. Provenance analysis of Chang 6 oil-bearing formation of Baibao-Huachi region in Ordos Basin [J]. *Lithologic Reservoirs*, 2007, 1 (1): 20-25]
- 14 刘化清, 廖建波, 房乃珍, 等. 鄂尔多斯盆地环县地区长 6 沉积体系展布特征 [J]. 沉积学报, 2005, 23 (4): 584-588 [Liu Huaqing, Liao Jianbo, Fang Naizhen, et al. Distribution characteristics of the Chang 6 sedimentary system (Triassic) in Huanxian Area, Ordos Basin [J]. *Acta Sedimentologica Sinica*, 2005, 23 (4): 584-588]
- 15 杨式溥, 张建平, 杨美芳. 中国遗迹化石 [M]. 北京: 中国科学出版社, 2004: 29-46 [Yang Shipu, Zhang Jianping, Yang Meifang. *Trace Fossils of China* [M]. Beijing: Science Press, 2004, 29-46]
- 16 郑荣才, 柳眉清. 鄂尔多斯盆地长 6 油层组古盐度研究 [J]. 石油与天然气地质, 1999, 20 (1): 20-25 [Zheng Rongcai, Liu Meiqing. Study on paleosalinity of Chang 6 oil reservoir set in Ordos Basin [J]. *Oil & Gas Geology*, 1999, 20 (1): 20-25]
- 17 王士俊, 田宝霖, 郭英廷. 太原西山煤田 7 号煤层古泥炭沼泽植物群落及其演替 [J]. 煤炭学报, 1995, 20 (1): 88-92 [Wang Shijun, Tian Baolin, Guo Yingting. Paleocommunity and its succession of peat swamp of No. 7 seam in Xishan Coalfield [J]. *Journal of China Coal Society*, 1995, 20 (1): 88-92]
- 18 王立武, 李建忠, 王兆云, 等. 松辽盆地保乾三角洲前缘带演变及其勘探意义 [J]. 沉积学报, 2003, 21 (3): 404-408 [Wang Liwu, Li Jianzhong, Wang Zhaojun, et al. Evolution and its exploration significance of the pro-deltaic zone of Baokan delta in Songliao Basin [J]. *Acta Sedimentologica Sinica*, 2003, 21 (3): 404-408]

- Jianzhong Wang Zhaoyun, *et al.* Evolution of front facies belt of Baerqian delta in Songliao Basin and its role on hydrocarbon exploration [J]. *Acta Sedimentologica Sinica* 2003, 21(3): 404-408]
- 19 张小莉, 查明. 惠民凹陷临邑洼陷岩性油藏控制因素分析 [J]. *沉积学报*, 2006, 24(2): 289-293 [Zhang Xiaoli, Zha Ming. Analysis of the controls on lithologic oil reservoir in Linyi Sub-sag, Huimin Sag [J]. *Acta Sedimentologica Sinica* 2006, 24(2): 289-293]
- 20 苏永进, 蒋有录, 廉庆存, 等. 博兴洼陷下第三系沙四上亚段和沙三段岩性油藏形成机制 [J]. *石油学报*, 2005, 26(5): 28-32 [Su Yongjin, Jiang Youlu, Lian Qingcun, *et al.* Forming mechanism of lithologic reservoir in the Upper E₃ and E₂ of the Paleogene in Boxing Sag [J]. *Acta Petrolei Sinica* 2005, 26(5): 28-32]
- 21 方杰, 赵力民, 赵太良, 等. 用层序地层学构建辫状河三角洲岩性油藏地质模型 [J]. *石油学报*, 2004, 25(5): 30-33 [Fang Jie, Zhao Limin, Zhao Tailiang, *et al.* Construction of geologic model for lithologic oil reservoirs in braided river delta with sequence stratigraphy [J]. *Acta Petrolei Sinica* 2004, 25(5): 29-33]
- 22 关德师, 李建忠. 松辽盆地南部岩性油藏成藏要素及勘探方向 [J]. *石油学报*, 2003, 24(3): 24-27 [Guan Deshi, Li Jianzhong. Factors controlling lithologic oil pool formation and exploration prospects in southern Songliao Basin [J]. *Acta Petrolei Sinica* 2003, 24(3): 24-27]

Sedimentary Characteristics of Shallow-water Deltas in Chang-8 Subsection of Yanchang Formation, Jiyuan area

HAN Yong-lin^{1, 2, 3, 4} WANG Cheng-yu¹ WANG Hai-hong¹ LI Shi-chun⁴
ZHENG Rong-cai⁵ WANG Chang-yong⁵ LIAO Yi⁵

(1. Institute of Geology and Geophysics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100029;

2. Department of Geology, Northwest University, Xi'an 710069;

3. Research Institute of Exploration and Development, Changqing Oil-field Company of CNPC, Xi'an 710021;

4. No. 2 Oil Production Company of Changqing Oil-field Company of CNPC, Qingcheng Gansu 745100;

5. State Key Laboratory for Oil and Gas Deposit Geology and Development Project, Chengdu University of Technology, Chengdu 610059)

Abstract Jiyuan area is in the middle of the western Ordos Basin and its sedimentary facies is controlled by provenance from northeast, northwest and south directions in Late Triassic epoch. Detailed studies have been made on the rock types, sedimentary structures, and direction of provenance, paleontology and sedimentary facies characteristics of Chang-8 subsection of Yanchang Formation of Upper Triassic of Jiyuan area by an integrated analysis of cores, thin sections, well log and other data. During the deposition of the Chang-8 subsection of Yanchang Formation, the topography was gentle and stream actions were weak and the depositional system of shallow-water delta facies was developed. The sedimentation and sandbodies distribution were controlled by the raise and fall of the lake level and the direction of provenance obviously which were significant for hydrocarbon accumulation. It can be summarized as follows:

① The shoreline moved to provenance directions quickly and strip-shaped or birdfoot-shaped subaqueous distributary channel sandbodies developed in the periods of high water levels; ② The delta plain developed and the front sandbodies came from different provenance converged in the center of the study area in the periods of low water levels; ③ The sandbodies deposited in the periods of high water levels were favorable to develop lithologic reservoirs than those deposited in low water levels because the former distributed as sheet-shaped which formed lithologic barriers.

Key words Ordos Basin, Jiyuan area, Chang-8 subsection, shallow-water delta, lithologic reservoir