

文章编号: 1000-0550(2010) 02-0254-10

# 鄂尔多斯盆地三叠系延长组长 7 沉积相分析

杨 华<sup>1</sup> 窦伟坦<sup>2</sup> 刘显阳<sup>3</sup> 张才利<sup>3</sup>

(1 西北大学 西安 710069; 2 中国石油长庆油田分公司 西安 710021; 3 中国石油长庆油田分公司勘探部 西安 710021;  
3 中国石油长庆油田分公司勘探开发研究院低渗透油气田勘探开发国家工程实验室 西安 710021)

**摘 要** 三叠纪延长期长 7 沉积期是鄂尔多斯盆地中生代湖盆发育的鼎盛时期, 沉降幅度大, 湖盆范围广。通过研究明确了长 7 沉积期物源来自盆地周边五个方向, 其中东北部、西南部为主要物源方向, 西部、南部、西北部为次要物源方向; 长 7 主要发育三角洲相和湖泊相, 进一步划分出 5 种亚相 10 种微相, 其中长 7<sub>3</sub> 期湖盆面积最大, 半深湖—深湖相油积砂体不发育, 暗色泥岩及高阻泥岩发育, 为中生界主要优质烃源岩; 长 7<sub>2</sub> 期, 半深湖—深湖相沉积面积明显减少, 油积砂体较发育; 长 7<sub>1</sub> 期, 湖盆面积及半深湖—深湖相沉积面积继续减少, 油积砂体最为发育, 是长 7 油藏的主力储层。

**关键词** 沉积相 三角洲相 湖泊相 长 7 油层组 鄂尔多斯盆地

**第一作者简介** 杨 华 男 1963 年出生 博士 教授级高级工程师 E-mail: yh-cq@petrochina.com.cn

**中图分类号** P512.2 **文献标识码** A

鄂尔多斯盆地位于华北地台的西部, 是我国第二大沉积盆地, 古生代属于大华北盆地的一部分, 中生代晚期才演化为一独立的拗陷盆地, 具有典型的克拉通沉积盆地的特点。区域构造呈现为西倾的平缓大单斜<sup>[1]</sup>。根据盆地重磁电特征、基岩埋深、现今构造等基本地质特征, 结合盆地的构造演化, 将盆地划分为六个次级构造单元<sup>[2]</sup>。按沉积旋回将延长组从上到下划分为 10 个油层组<sup>[3]</sup>, 长 1—长 10 在盆地不同地区均有油藏分布和发现, 长 7 长 9 段发育优质烃源岩。

长 7 沉积期是鄂尔多斯盆地延长期湖盆发育的鼎盛时期, 气候温暖潮湿<sup>[4]</sup>, 湖盆范围最广, 拗陷最深, 暗色泥岩最大厚度 120 m, 一般 70~80 m, 湖水环境最为安静, 泥岩中有机质丰富, 母质类型以腐殖—腐泥型为主, 为一套优质的源岩<sup>[5]</sup>; 依据沉积旋回长 7 油层组自上而下划为长 7<sub>1</sub>、长 7<sub>2</sub> 和长 7<sub>3</sub> 三个小层。

近年来随着盆地勘探程度的不断提高, 长 7 油藏不断获得突破, 发现了多个含油富集区, 打破了“长 7 沉积水体较深, 砂体规模小, 物性差, 不能形成规模油藏”的传统观念, 而前期对长 7 的研究仅仅停留在烃源岩的层面上, 有关延长组长 7 油层组物源方向、沉积相类型、砂体形态和平面展布规律等方面的研究工作至今还未进行过详细的专题研究。本文通过对盆地野外露头剖面(中生界延长组露头剖面)、岩心、测井和粒度分析等资料综合分析, 分别对延长组长 7 物

源、沉积相类型、沉积相展布及其演化特征进行了详细研究, 并在此基础上建立沉积模式, 为盆地中生界延长组长 7 油层的勘探评价提供了地质依据。

## 1 物源分析

通过对轻重矿物及岩屑资料的整理、分析和甄别, 明确了长 7 重矿物、轻矿物和岩屑平面分布特征(图 1~图 3), 分区性较为明显, 可划分出东北(iv 区)、西南(⊕区)、西北(⊙区)、西部(⊖区)、南部(∩区)、中部(v 区)六个区, 反映五个物源方向, 其特征概括如下:

iv 区: 位于盆地东北及东部, 向西南延伸至吴起—志丹南—黄陵一线, 重矿物表现为锆石+石榴子石组合, 石榴子石含量一般大于 50%; 轻矿物表现为高长石区, 长石含量占主导地位, 含量大于 50%, 石英含量小于 30%, 岩屑含量 10%~15%; 岩屑特征表现为火成岩屑+变质岩屑区, 沉积岩屑较少, 岩屑总含量 10%~15%。该区由于石油勘探主要集中在长 6 层, 钻至长 7 及以下层位的井较少, 无含油显示, 取芯较少, 但至今为止, 东北物源为盆地中生代沉积主要物源方向的观点已得到研究学者的一致认可<sup>[6,7]</sup>。

⊕区: 位于盆地西南部镇原—宁县地区, 向东北方向前端延伸至华池—正宁一线, 重矿物表现为石榴子石+电气石+高锆石组合区, 由西南向东北盆地中心方向不稳定矿物硬绿泥石含量减少至消失, 稳定矿

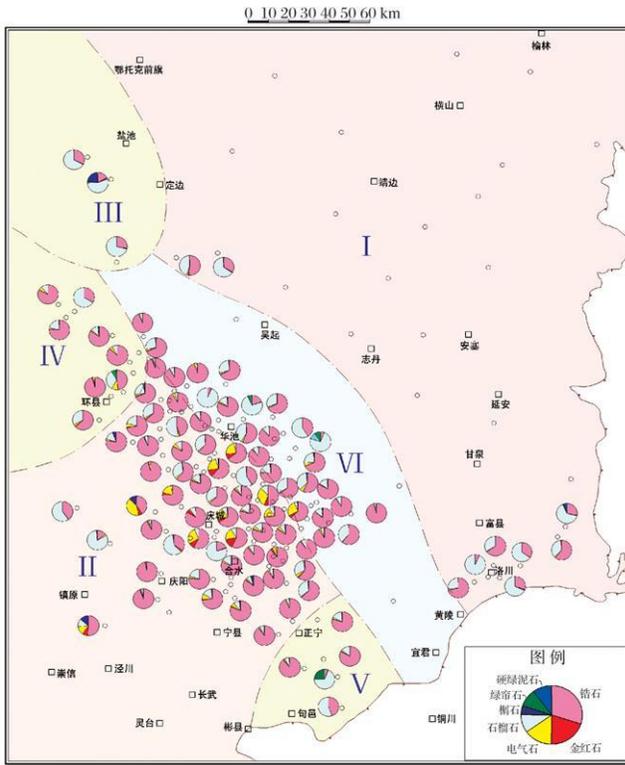


图 1 鄂尔多斯盆地延长组长 7 重矿物分布图  
Fig 1 Heavy minerals distribution of Member 7 of Yanchang Formation in Ordos Basin

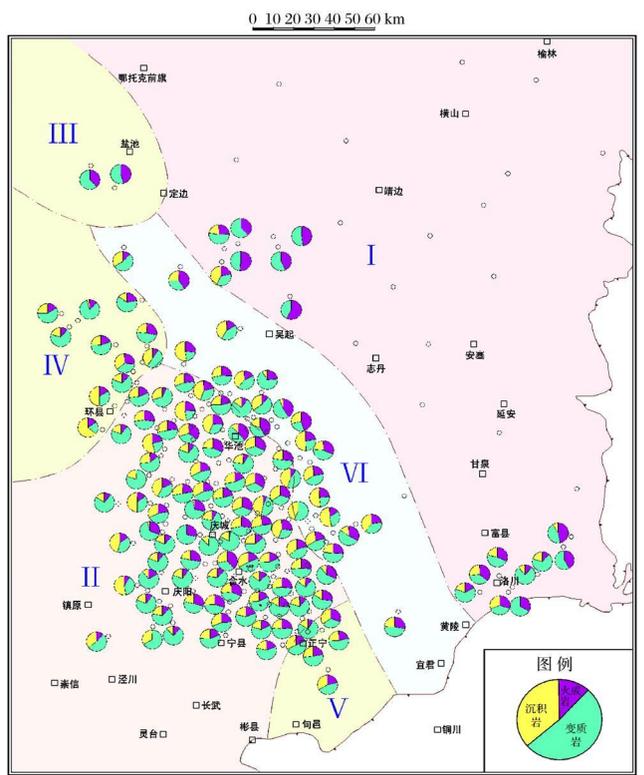


图 3 鄂尔多斯盆地延长组长 7 岩屑分布图  
Fig 3 Detritus distribution of Member 7 of Yanchang Formation in Ordos Basin

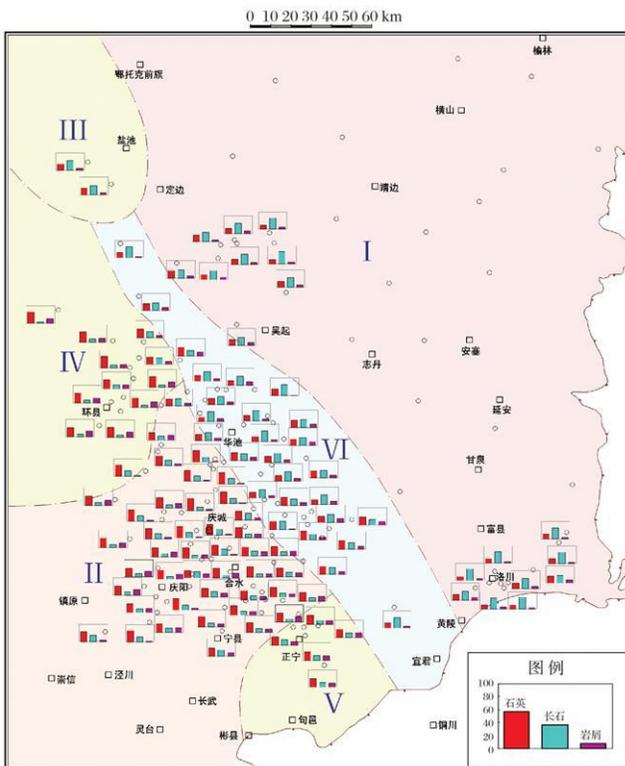


图 2 鄂尔多斯盆地延长组长 7 轻矿物分布图  
Fig 2 Light minerals distribution of Member 7 of Yanchang Formation in Ordos Basin

物电气石出现;轻矿物表现为高石英、低长石区,与 iv 区不同的显著特点是石英含量大幅提高,而长石含量却降低,石英含量为 45% ~ 60%,长石含量 20% ~ 30%,岩屑含量 20% ~ 30%;岩屑特征表现为火成岩屑 + 沉积岩屑 + 变质岩屑区,岩屑总含量高于 iv 区,为 20% ~ 30%,沉积岩屑含量高。

④区:位于湖盆西北盐池一定边地区,重矿物表现为高石榴子石区,锆石次之,含有少量硬绿泥石;轻矿物表现为石英、长石含量近等,岩屑含量低;岩屑特征表现为高变质岩屑区,含量 10% ~ 20%,沉积岩屑含量低,变质岩屑含量高达 5% ~ 15%。

⑤区:位于盆地西部环县地区,重矿物表现为石榴子石 + 高锆石组合区,以锆石为主,石榴子石次之,含有少量的电气石、绿帘石,锆石含量大于 60%;轻矿物表现为高石英区,石英含量一般大于 50%,而长石、岩屑含量偏低;岩屑特征表现为火成岩屑 + 变质岩屑 + 沉积岩屑区,岩屑含量 10% ~ 35%,向盆地中部岩屑含量减少。

⑥区:位于盆地南部正宁—旬邑地区,重矿物表现为石榴子石 + 锆石组合区,由南向北次稳定矿物石

榴石含量减少,不稳定矿物绿帘石消失,稳定矿物锆石含量增加,电气石出现;轻矿物表现为高石英、长石岩屑近等区,石英含量 40%~50%,长石、岩屑含量近似相等,约 20%;岩屑特征表现为火成岩屑+变质岩屑+沉积岩屑区,岩屑含量约 20%。

v 区:位于盆地中部吴起—华池—宜君地区,为混源区,轻重矿物及岩屑组合比较混杂,说明该区为周边物源交汇区。

综上所述,长 7 沉积期,物源来自盆地周边五个方向:东北、西南、南部、西北和西部,其中东北和西南是主要的两个物源方向,其余三个为次要物源方向。

## 2 沉积相类型及特征

通过岩性、沉积构造、沉积序列、电性组合特征、野外露头和粒度特征等多种分析方法,结合区域沉积背景、垂向沉积序列和沉积相共生组合关系,从岩性观察入手,建立单井沉积微相综合柱状图,进行井间相剖面对比,最终在平面上划分相区。鄂尔多斯盆地延长组长 7 油层组主要由湖泊相和三角洲相组成,进一步分为 5 种亚相,10 种微相(表 1 图 4),在盆地西缘还发育有冲积扇沉积。

表 1 鄂尔多斯盆地延长组长 7 层沉积相类型

Table 1 Sedimentary facies types of Member 7 of Yanchang Formation in Ordos Basin

相	亚相	微相
冲积扇		
	三角洲平原	分流河道、分流间洼地
		水下分流河道、水下天然堤、分流间湾、
三角洲	三角洲前缘	河口坝、远砂坝、席状砂
	前三角洲	
	浅湖	滩砂
湖泊	半深湖—深湖	浊积岩

### 2.1 冲积扇沉积

鄂尔多斯盆地延长组长 7 冲积扇主要发育在盆地西南缘崆峒山和策底坡一带。

平凉崆峒山冲积扇主要发育扇根碎屑流沉积。剖面底部为一套红色泥岩与粉细砂岩互层的洪泛沉积。序列下部主要为片流和辫状水道沉积,表现为扇端和扇中沉积的特点,剖面向上主要为扇根沉积,以挺拔俊秀的崆峒山为主体,几乎全部由扇根碎屑流组成(图 5),不具任何层理构造,大套砾岩中偶夹砂岩透镜体,厚度几十厘米到 1 m 左右。崆峒山砾岩的碎屑组合与盆地内部延长组相比,与长 7 以上地层类

似,均含白云岩屑;但重矿物组合特征则明显不同,盆地内部长 7 以上地层均表现为高锆石、中等白钛矿、低石榴石和磁铁矿的特征,而崆峒山砾岩则表现为低锆石、高磁铁矿的特征。

华亭策底坡剖面主要为扇中辫状水道沉积,为三套灰、灰绿色砾岩、厚层块状细砂岩、粉砂岩向上渐变为薄层深灰色、灰黑色泥岩的正旋回组成,每个旋回底部为砾岩与泥岩冲刷接触,砾岩单层厚度由下向上由 0.3 m 增加到 5 m(图 6),反映出扇中进积序列;砾岩呈透镜状,为多期水道叠加迁移的产物,砾石的磨圆、分选与崆峒山相比明显变好,圆度、球度中—好,砾径 1~2 cm。泥质、粉砂质沉积物中植物茎杆、叶片非常发育,穿层富集。

### 2.2 三角洲相沉积

三角洲沉积为河流与湖泊沉积的过渡地带,在河流入湖地区,因坡度减缓,水流扩散,流速降低,水流携带的泥砂迅速沉积,形成三角洲沉积体。晚三叠世鄂尔多斯盆地周边地区主要发育河控三角洲。根据入湖河流的性质又可细分为曲流河三角洲和辫状河三角洲。盆地坡度较缓的东北地区主要发育曲流河三角洲沉积,而位于陡坡带的西南、西北地区主要发育辫状河三角洲沉积。

#### (1) 三角洲平原沉积

三角洲平原为三角洲沉积的水上部分,以分流河道和河漫滩砂、泥岩互层及分流间湾沉积为特征。其中分流河道沉积最为典型,底部具有冲刷面,内部具向上变细的沉积序列,底部砂岩含有零星分布的泥砾,向上为中—细砂岩,发育槽状交错层理和平行层理,顶部为沙纹交错层理的粉—细砂岩与泥岩互层。砂岩分选较好,厚度几米到几十米,横向延伸可达 100 m。河道间沉积为粉砂质泥岩、黑色泥岩及煤线,见植物根化石。三角洲平原亚相沉积主要发育在盆地东北部横山以北地区。

#### (2) 三角洲前缘沉积

三角洲前缘亚相是三角洲沉积的主体部分。鄂尔多斯盆地延长组长 7 沉积期三角洲前缘亚相以水下分流河道和分流间湾沉积为主,河口坝不发育。

水下分流河道为三角洲平原分流河道的水下延伸部分,具有河流沉积特征,砂体呈上平下凸的透镜体,平面上呈朵状或鸟足状向湖内伸展,砂体在纵向剖面具有下粗上细的正旋回特点,反映其随着沉积物的不断加积,水体变浅,水动力条件减弱。其沉积特点是厚层的砂体与前三角洲泥或分流间湾泥岩相互

叠置, 砂岩底部具冲刷面, 含有磨圆度较好的泥砾, 底部砂岩一般不显层理, 为块状; 向上出现平行层理 (图 7-1)、板状交错层理、槽状交错层理 (图 7-2)、沙

纹交错层理、变形层理和水平层理。水下分流河道粒度概率图为三段式, 以跳跃总体为主, 悬浮总体极小, 反映沉积时水动力条件较强。

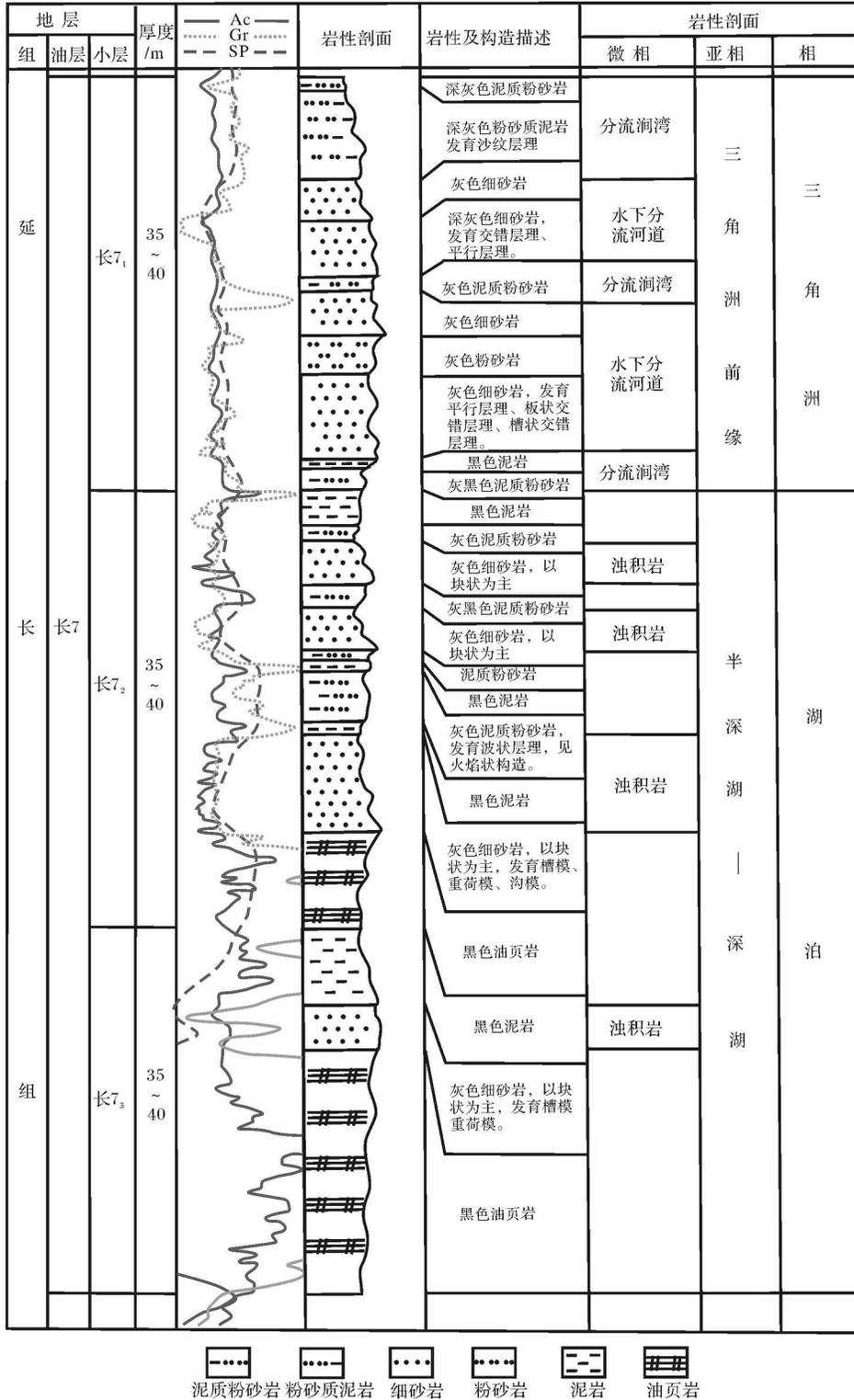


图 4 鄂尔多斯盆地延长组长 7 综合柱状图

Fig 4 Column of Member 7 of Yanchang Formation in Ordos Basin

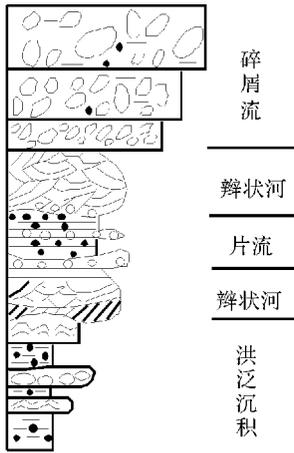


图 5 平凉崆峒山冲积扇沉积序列

Fig 5 Sedimentary sequence of an alluvial fan in Konglongshan section, Pingliang



图 6 华亭策底坡剖面冲积扇中沉积序列

Fig 6 Sedimentary sequence of an alluvial fan in Cedipo section, Huating

分流间湾主要指位于三角洲前缘水下分流河道之间的、向下游方向开口并向上游方向收敛的小型洼地环境。岩性为深灰色泥岩、粉砂质泥岩和泥质粉砂岩的韵律薄互层组合。沉积构造以水平层理为主(图 7-3), 波状层理次之, 表明该微相主要处于安静的低能环境并有间歇湖浪改造作用。所含化石以碳化植物为主。生物扰动作用强烈, 垂直、水平虫孔较为发育, 变形、包卷构造常见(图 7-4)。

河口坝微相在鄂尔多斯盆地三叠世延长期长 7 沉积期不太发育, 只是在半深湖—深湖区的三角洲前缘局部出现, 分布在三角洲平原分流河道入湖的河口处, 其特征是具有向上变粗的沉积序列, 主要为厚层

块状砂岩, 分选较好, 具槽状、板状、沙纹交错层理、平行层理和水平层理, 层面上有时见波痕, 泥质粉砂岩中见生物逃逸遗迹, 生物化石较少, 有时见炭化植物碎片。

远砂坝是由河流所携带的细粒沉积物在三角洲前缘河口坝与浅湖过渡的地带所形成的坝状沉积体; 席状砂是由河口坝和远砂坝经湖浪改造, 沿岸侧向堆积而成, 其特点是砂体分布面积广泛, 厚度薄, 砂质纯, 与滨浅湖相泥岩呈互层。由于湖浪改造作用较弱, 因此研究区内远砂坝及席状砂沉积微相不发育。

### (3) 前三三角洲沉积

前三三角洲是指河流携带入湖沉积的泥质和细粉砂等细粒部分, 在河口处由于水动力强不能沉积下来, 继续呈悬浮状态向前搬运到较安静环境才沉积下来。岩相主要为深灰色、黑色、灰色泥岩或页岩夹粉砂岩薄层, 发育水平层理。

### 2.3 湖泊相沉积

延长组长 7 沉积期, 由于盆地不均衡强烈拉张下陷, 为湖盆最大扩张阶段, 湖盆面积达到最大, 浅湖亚相和半深湖—深湖亚相沉积最为发育。

浅湖亚相沉积物粒度较细, 研究区浅湖亚相的主要岩性为深灰色—灰黑色泥岩、粉砂质泥岩、泥质粉砂岩, 局部夹薄层状粉—细砂岩, 具浪成沙纹交错层理, 通常在几十米范围内即可尖灭。泥岩中水平层理发育, 含沥青及大量植物碎片和垂直虫孔, 此外可见介形虫、叶肢介和双壳类等动物化石。其滩砂沉积微相岩性以灰色薄层细砂岩为主, 间夹薄层暗色泥岩, 滩砂的分布面积广, 呈席状产出, 大致与岸线平行。其成因和发育位置与湖浪作用相对较强的湖底正地貌有关。在研究中, 由于这种沉积亚相与湖泊三角洲前三三角洲亚相相邻, 亚相标志区分难度大, 都划归为三角洲前缘亚相。

半深湖—深湖亚相在盆地延长组长 7 油层组中十分发育, 其中长 7<sub>3</sub>期分布范围最广。岩性主要为深灰—灰黑色碳质泥岩、纹层状粉砂质泥岩、页岩和油页岩夹浊积岩。泥岩含介形虫、方鳞鱼(图 7-5)等动物化石, 植物化石较少。半深湖—深湖区是低洼地带, 易形成沉积物重力流, 主要为浊流、碎屑流和液化流, 其中浊流最为发育, 浊积岩也是长 7 油层的主要储集体。

根据盆地 34 口井长 7 的 66 个样品粒度资料分析, 浊积岩在粒度概率曲线上表现为两段式或三段式, 主要由跳跃总体组成; 在 C—M 图上为平行于 C

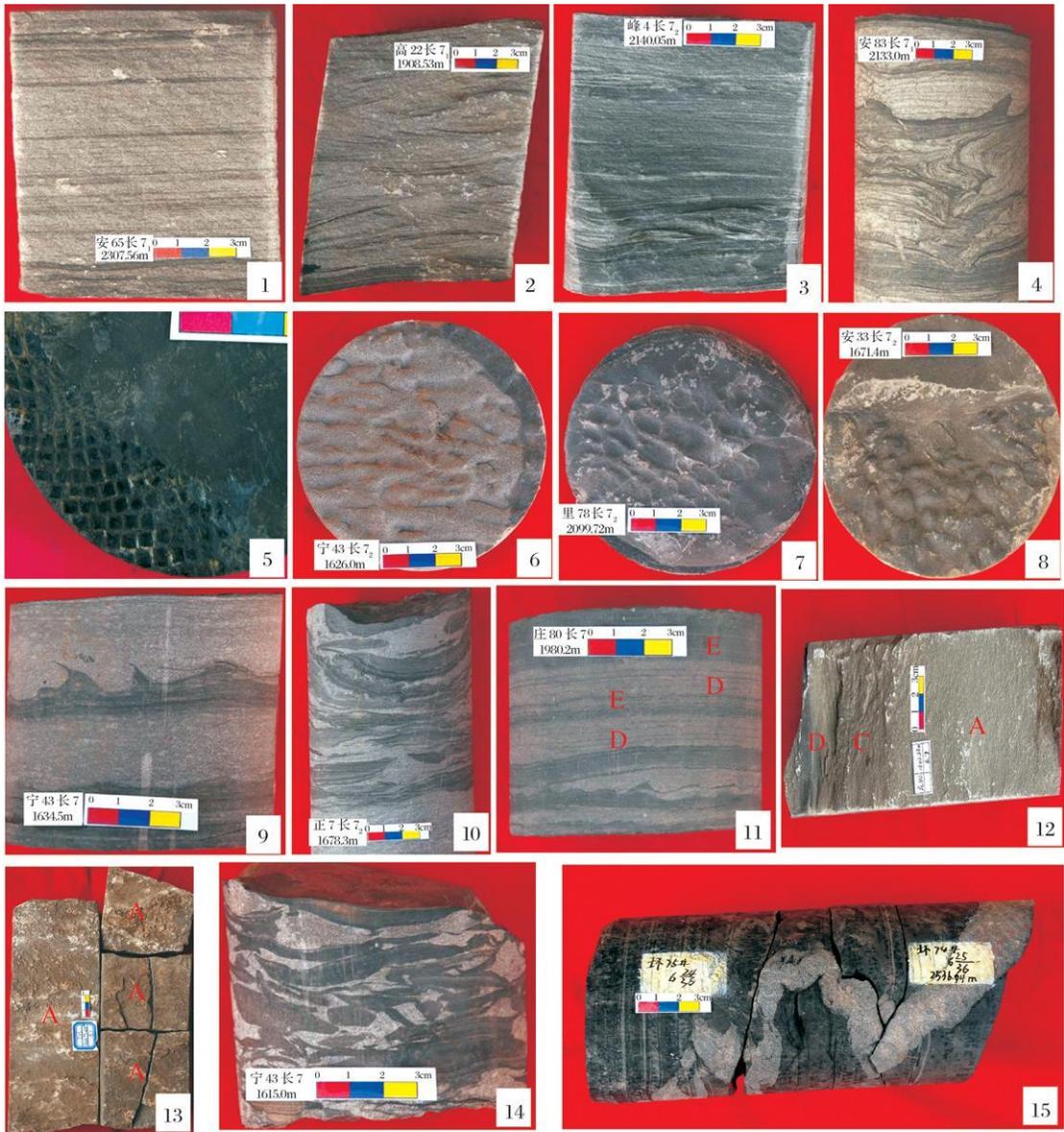


图 7 鄂尔多斯盆地延长组长 7 油层组岩心照片

Fig 7 Core photographs of Member 7 of Yanchang Formation in Ordos Basin

1. 安 65 2307.56m 长  $\tau_1$  平行层理; 2 高 22 1908.53m 长  $\tau_1$  槽状交错层理; 3. 峰 4 2140.05m 长  $\tau_2$  水平层理; 4 安 83 2133.0m 长  $\tau_1$  包卷构造; 5. 岭 79 长  $\tau_1$  1740.5m 鱼鳞化石; 6 宁 43 1626.0m 长  $\tau_2$  槽模; 7. 里 78 2099.72m 长  $\tau_2$  印模; 8 宁 33 1671.4m 长  $\tau_2$  重荷模; 9 宁 43 1634.5m 长  $\tau_2$  火焰状构造; 10. 正 7 1678.3m 长  $\tau_2$  滑塌变形构造; 11. 庄 80 1980.2m 长  $\tau_2$  薄层油积岩; 12 庄 42 1842.88m 长  $\tau_1$  中层油积岩; 13 宁 33 AAAA 层序 长  $\tau_1$  1638.2~1638.8m; 14 宁 43 1615.0m 长  $\tau_1$  泥岩撕裂屑; 15 环 74 2536.94m 长  $\tau_1$  液化砂岩脉

=M 基线的直线段, 表现为浊流沉积的特征; 萨胡函数判别值为  $6.8147 < Y < 9.9500$  平均值  $Y = 8.4295$  判别为浊流沉积环境。同时通过盆地 50 余口井的岩心观察发现, 浊积岩在剖面上表现为深水泥岩中间夹具有递变层理的砂岩, 见鲍马序列, 与浊流伴生的沉积构造现象丰富多样。

延长组长 7 油积岩中层理类型发育, 以块状为主, 多见变形层理, 平行层理、水平层理和沙纹层理较少。变形层理主要见于泥质粉砂岩和粉砂质泥岩中, 显包卷状和小褶皱状, 主要是由于沉积物未固结前水下滑动所致。沙纹层理主要在细砂—粉砂岩中见到, 水平层理主要发育于泥岩中, 而在粉砂—细砂岩与泥

岩的互层段发育丰富的槽模、沟模、印模(图 7-6、7-7)等底层面构造;与此同时,还发育有重荷模(图 7-8)及伴生的泥岩火焰构造(图 7-9)、包卷层理和滑塌变形构造(图 7-10)等同生变形构造。

结合岩石类型、沉积构造、结构特征,识别出盆地长 7 三种类型的浊积岩,即薄层浊积岩、中层浊积岩和厚层浊积岩。它们具有以下特征:

**薄层浊积岩:**一般厚度小于 10 cm,有的不到 1 cm。通常由下部的细—粉砂岩和上部粉砂质泥岩或泥岩组成多个韵律层,常以砂泥岩薄互层出现。细—粉砂岩底部平整,岩性突变,常有微型重荷模出现,具有正粒序,上部水平层理,少量岩心可见沙纹层理,其组成相当于鲍马序列的 AB 段、ADE 段或 DE 段(图 7-11)。

**中层浊积岩:**厚度几厘米到 30 cm,一般常见十几厘米的中层浊积岩,一种通常可见到较完整的鲍马序列 ABCDE 段或不完整的鲍马序列组合(图 7-12),还有一种夹于暗色泥岩中的中层浊积岩,该浊积砂岩顶底界面突变,底部可见微冲刷,略显正粒序。砂岩为细砂岩,多饱含油,底面具有较清楚的槽模、沟模、重荷模。

**厚层浊积岩:**砂层厚度一般大于 0.5 m,有的可达 10 m 以上。厚层浊积岩通常不具任何沉积构造,呈块状,泥岩夹层极薄或缺失,经常出现多个递变层的重复出现,其间有微冲刷现象, Walker R G (1979) 称之为叠覆冲刷砂岩,他认为块状砂岩主要形成于沟道环境,不像典型浊积岩那样呈层状稳定分布。厚层浊积岩中每个递变层类似于鲍马序列的 A 段,可用鲍马序列“A, A, A, A”序描述(图 7-13)。

碎屑流是含水的粘滞性或非粘滞性砾石级碎屑的块体流,借助砾间的碰撞力和流体的粘度进行支撑和悬浮,在重力作用下进行块体搬运和沉积作用,碎屑流属于沉积物重力流的一种,不仅形成于陆上冲积扇环境,而且也广泛发育于深水沉积体系中。碎屑流的沉积物通常表现为厚层或块状,沉积层底面不具侵蚀性,内部板条状砾石一般顺层排列,有时在块状砂岩内可见泥岩撕裂屑(图 7-14)。

液化沉积物流是结构松散的砂被液化后产生超孔隙压力(向上的粒间流)支撑的液体流,在重力作用下进行的块体流搬运和沉积作用,发育泄水构造、砂岩脉<sup>[8]</sup>(图 7-15)、火焰状—重荷模构造、旋圈纹层,常与碎屑流、浊流沉积共生,研究区液化流与碎屑流都发育在浊流启动初期。

### 3 沉积相展布及演化

在各种沉积相标志的研究基础上,结合岩心观察描述及野外露头剖面资料,对其中 18 口井进行单井相分析,选取了五纵四横九条剖面进行连井相分析,同时结合砂岩百分含量等值线图编制长 7 各小层沉积相平面图(图 8—图 10)。从这些图中可以看出,延长组长 7 沉积相类型比较丰富,其空间展布具有一定规律性。

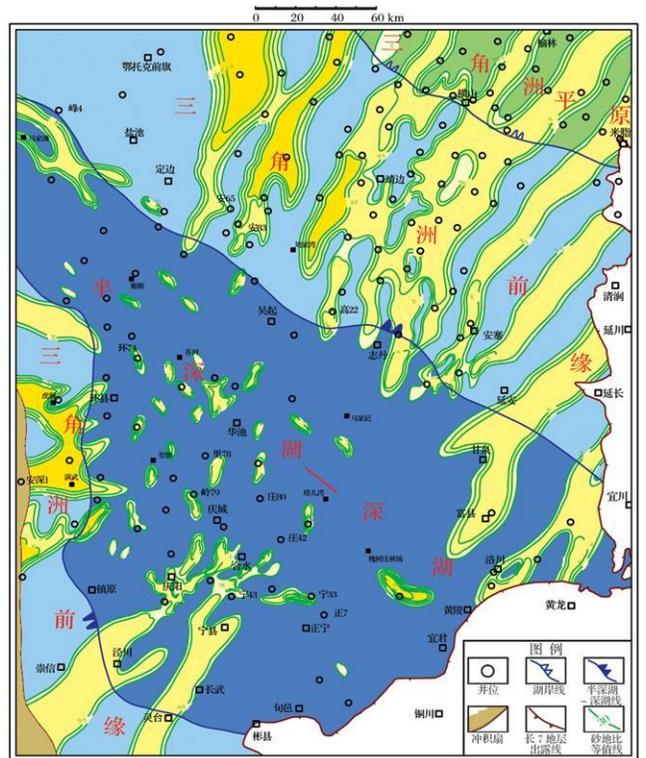


图 8 鄂尔多斯盆地延长组长 7<sub>3</sub>沉积相分布图

Fig 8 Sedimentary facies of Member 7<sub>3</sub> of Yanchang Formation in Ordos Basin

#### 3.1 长 7<sub>3</sub>沉积时期

长 7<sub>3</sub>沉积时期鄂尔多斯盆地湖盆面积最大,东北部地区湖岸线位于横山一带,西南部地区冲积扇直接过渡为三角洲前缘沉积;半深湖—深湖相沉积面积最大。

在盆地东北部地区,主要发育三角洲沉积体系,其中横山一线以北地区主要由分流河道组成,沿主河道方向,砂体厚度 5~10 m,砂地比 10%~40%,分流河道间发育大面积的泛滥平原和分流间洼地。而在横山一线以南和吴起—志丹—宜川一线以北地区,则由上游平原相多个交汇的三角洲向下游逐渐分异成

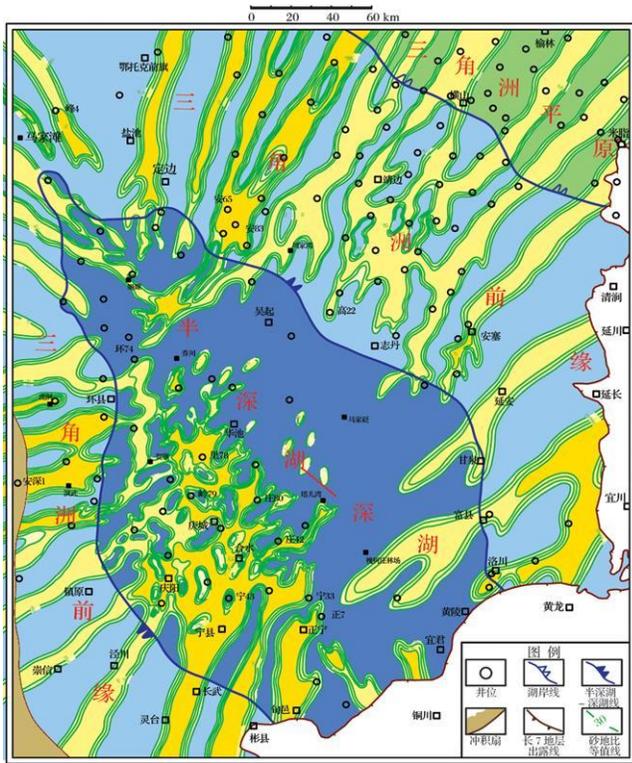


图 9 鄂尔多斯盆地延长组长 7<sub>2</sub>沉积相分布图

Fig. 9 Sedimentary facies of Member 7<sub>2</sub> of Yanchang Formation in Ordos Basin

朵体呈裙带状分布的三角洲前缘亚相, 主要由水下分流河道和分流间湾组成, 河道砂体厚度 5~15 m, 砂地比 10%~40%。

在盆地西南部环县—泾川—灵台—彬县一线以南地区分布着三角洲前缘亚相沉积, 水下分流河道由中细粒岩屑砂岩、岩屑长石砂岩和长石砂岩组成, 砂体厚度 5~25 m, 砂地比 10%~70%, 最高可达 80%。

湖盆中部地区为半深湖—深湖亚相沉积, 浊积岩不发育, 砂体规模小, 零星分布, 砂体厚度 5~30 m, 砂地比 10%~50%; 该亚相主要沉积了具有高阻、高伽马、高时差、低电位、低密度特征的一套油页岩和高阻泥岩, 其中油页岩及其底部凝灰岩测井响应的特征组合是盆地延长组地层对比的最主要标志层, 其厚度由几米到几十米, 往往由厚层深灰、灰黑色泥岩或碳质泥岩与灰绿色、深灰色泥质粉砂岩、粉砂质泥岩、粉、细砂岩的薄互层、韵律层组成, 反映深水沉积特征, 这套以泥质为主的深水沉积俗称“张家滩页岩”, 为鄂尔多斯盆地中生界主力烃源岩。

3.2 长 7<sub>2</sub>沉积时期

长 7<sub>1</sub>期的岩相古地理是在长 7<sub>2</sub>的基础上进一步演化而成的, 分布特征继承了长 7<sub>2</sub>期的格局, 盆地湖水面积有减少趋势, 显示湖侵作用逐渐减弱, 三角洲平原相带变化不大, 而前缘亚相带向湖盆中心扩大, 半深湖—深湖相沉积面积较长 7<sub>2</sub>明显减少, 沉积中心位于姬塬—华池—塔儿湾—黄陵一线。三角洲分流河道砂体较长 7<sub>2</sub>发育, 半深湖—深湖浊积砂体发育, 平行于湖岸线展布, 砂体厚度 5~25 m, 砂地比 10%~60%; 从平面上看, 盆地南部发育的浊积砂体较西南部和西部浊积砂体规模大, 延伸距离长, 浊积砂体宽度 10~20 km, 砂体厚度 5~25 m, 砂地比 10%~60%; 而在湖盆中部东北地区浊积岩不发育, 主要沉积物为暗色泥岩。

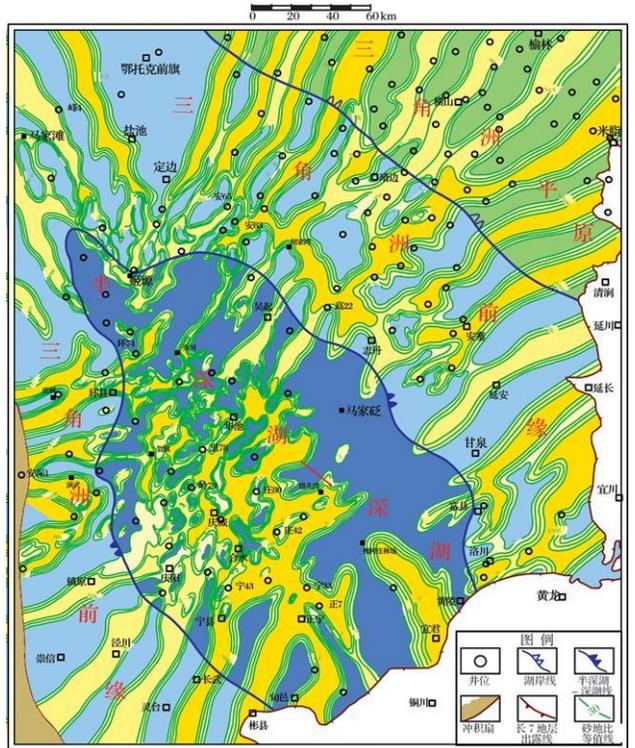


图 10 鄂尔多斯盆地延长组长 7<sub>1</sub>沉积相分布图

Fig. 10 Sedimentary facies of Member 7<sub>1</sub> of Yanchang Formation in Ordos Basin

3.3 长 7<sub>1</sub>沉积时期

长 7<sub>1</sub>期的岩相古地理基本继承了长 7<sub>2</sub>期的格局, 盆地内总体上湖水面积比长 7<sub>2</sub>明显减少, 显示湖侵作用进一步减弱, 相应的三角洲平原相带进一步变宽; 前缘亚相带较长 7<sub>2</sub>向湖盆中心萎缩, 与平原相带的界限位置明显向湖盆中心进一步位移; 长 7<sub>1</sub>明显的特征是浊积砂体和前缘相砂体较长 7<sub>2</sub>、长 7<sub>2</sub>发育。与长 7<sub>2</sub>、长 7<sub>2</sub>相比, 平原亚相分流河道增多, 砂体厚

度增大,分流河道宽 10~20 km,泛滥平原沉积面积减小,沿河道主流方向,砂体厚度 5~20 m,砂地比 10%~50%,砂岩主要为长石砂岩。泛滥平原内部以粉砂质泥岩和泥质粉砂岩为主。

盆地东北部三角洲前缘微相类型以水下分流河道和分流间湾为主,分流河道宽 5~40 km,砂体厚度 5~30 m,砂地比 10%~70%。其中吴起三角洲是长<sub>7</sub>延伸最远的三角洲,直接抵达盆地腹地白豹地区与西南三角洲体系末端的浊积砂体交汇,形成湖盆中部的混源区。与长<sub>7</sub>相比,前缘亚相还有一显著特征就是西部分流河道砂体发育,河道宽 5~20 km,砂体厚 5~25 m,砂地比 10%~50%。

长<sub>7</sub>沉积时期半深湖—深湖沉积浊积砂体规模较<sub>7</sub>大,平行于湖岸线展布,浊积砂体厚度 5~30 m,砂地比 10%~70%,长<sub>7</sub>浊积砂体也是长<sub>7</sub>油藏的主力储层,目前已发现的长<sub>7</sub>油藏主要集中分布在长<sub>7</sub>浊积砂体储层中。

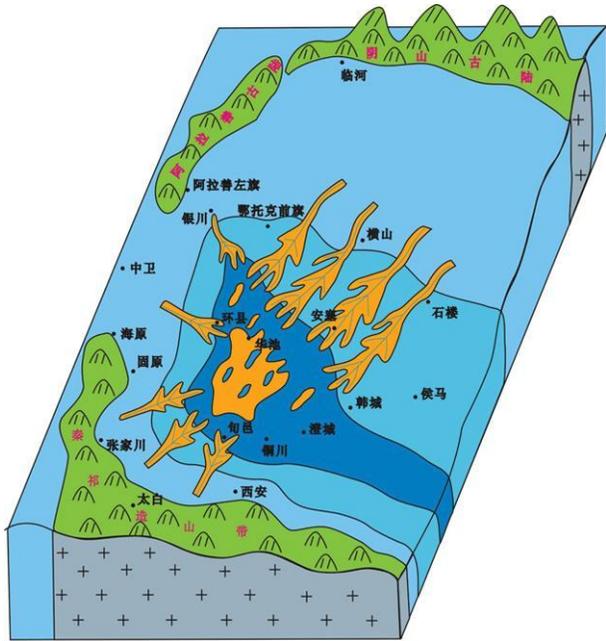


图 11 鄂尔多斯盆地延长组长<sub>7</sub>期沉积模式图

Fig. 11 Sedimentary model of Member 7 of Yanchang Epoch in Ordos Basin

根据以上研究,建立了鄂尔多斯盆地延长期长<sub>7</sub>沉积期沉积模式图。在晚三叠世内陆湖盆的演化过程中,区域构造运动不但控制着盆地的性质、湖盆的兴衰历史,而且也决定着盆地的沉积格局和岩相古地理的时空变化。长<sub>7</sub>沉积期湖盆沉积主要物源来自盆地东北和西南方向,多条水系同时发育(图 11),盆

地的主要储集体是由西南陡坡带辫状河三角洲沉积体系和东北缓坡带曲流河三角洲沉积体系砂体在湖盆中部形成的厚层浊积砂体,为长<sub>7</sub>油层主要储集体。

## 4 结论

(1) 延长组长<sub>7</sub>沉积期物源主要来自盆地周边五个方向:东北、西南、南部、西北和西部,其中东北和西南是主要的两个物源方向,其余三个为次要物源方向。

(2) 鄂尔多斯盆地延长组长<sub>7</sub>沉积期沉积类型主要为湖泊相和三角洲相,在盆地西缘发育有冲积扇沉积。

(3) 延长组长<sub>7</sub>三个岩性段沉积时期,受印支期盆地西南缘构造运动的影响,沉积相变化具有明显的规律性,长<sub>7</sub>沉积时期,盆地湖盆面积最大,半深湖—深湖相浊积砂体不发育;长<sub>7</sub>沉积时期,半深湖—深湖相沉积面积明显减少,三角洲前缘砂体和半深湖—深湖相浊积砂体较为发育;长<sub>7</sub>沉积时期,湖盆面积继续收缩减少,三角洲前缘砂体与半深湖—深湖浊积砂体最为发育。

(4) 延长组长<sub>7</sub>沉积期三角洲前缘砂体和半深湖—深湖浊积砂体发育,特别是长<sub>7</sub>和长<sub>7</sub>的浊积砂体,厚度大,分布面积广,对于盆地中生界石油勘探和评价具有重要的现实意义,是进行勘探部署的首选目标。

## 参考文献 (References)

- 任战利,赵重远,张军,等. 鄂尔多斯盆地古地温研究[J]. 沉积学报, 1994, 12(1): 56-65 [Ren Zhanli Zhao Zhongyuan Zhang Jun, et al. Research on paleotemperature in Ordos Basin [J]. Acta Sedimentologica Sinica, 1994, 12(1): 56-65]
- 杨俊杰. 鄂尔多斯盆地构造演化与油气分布规律[M]. 北京: 石油工业出版社, 2002: 60-85 [Yang Junjie. Structural Evolution and Oil and Gas Regularities of Distribution in Ordos Basin [M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 2002: 60-85]
- 付金华,郭正权,邓秀芹. 鄂尔多斯盆地西南地区上三叠统延长组沉积相及石油地质意义[J]. 古地理学报, 2005, 7(1): 35-44 [Fu Jinghua Guo Zhengquan Deng Xiupin. Sedimentary facies of Yanchang Formation of Upper Triassic and petroleum geological implication in the southwestern Ordos Basin [J]. Journal of Paleogeography, 2005, 7(1): 35-44]
- 吉利明,吴涛,李林涛. 陇东三叠系延长组主要油源岩发育时期的古气候特征[J]. 沉积学报, 2006, 24(3): 723-728 [Ji Liming Wu Tao Li Lintao. Paleoclimatic characteristics during sedimentary period of main source rocks of Yanchang Formation (Triassic) in Eastern Gansu]

- su[ J]. *Acta Sedimentologica Sinica* 2006 24(3): 723-134]
- 5 张文正, 杨华, 杨奕华, 等. 鄂尔多斯盆地长 7 优质烃源岩的岩石学、元素地球化学特征及发育环境 [ J]. *地球化学*, 2008 37(1): 59-64 [ Zhang Wenzheng Yang Hua Yang Yihua *et al.* Petrology and element geochemistry and development environment of Yanchang Formation Chang-7 high quality source rocks in Ordos Basin [ J]. *Geochimica* 2008 37(1): 59-64]
- 6 武富礼, 李文厚, 李玉宏, 等. 鄂尔多斯盆地上三叠统延长组三角洲沉积及演化 [ J]. *古地理学报*, 2004, 6(3): 307-315 [ Wu Fuli Li Wenhou Li Yuhong *et al.* Delta sediments and evolution of the Yanchang Formation of Upper Triassic in Ordos Basin [ J]. *Journal of Palaeogeography*, 2004, 6(3): 307-315]
- 7 魏斌, 魏红红, 陈全红, 等. 鄂尔多斯盆地上三叠统延长组物源分析 [ J]. *西北大学学报: 自然科学版*, 2003, 33(4): 448-450 [ Wei Bin, Wei Honghong Chen Quanhong *et al.* Sediment provenance analysis of Yanchang Formation in Ordos Basin [ J]. *Journal of Northwest University: Natural Science Edition* 2003 33(4): 448-450]
- 8 李元昊, 张东阳, 吕剑文, 等. 鄂尔多斯盆地三叠系延长组震积岩特征及其地质意义 [ J]. *低渗透油气田*, 2008 13(1-2): 15-20 [ Li Yuanhao Zhang Dongyang Lv Jianwen *et al.* Seinite characteristics and its geological significance of Triassic Yanchang Formation in Ordos Basin [ J]. *Low Permeability Oil & Gas Fields* 2008 13(1-2): 15-20]

## Analysis on Sedimentary Facies of Member 7 in Yanchang Formation of Triassic in Ordos Basin

YANG Hua<sup>1</sup> DOU Weitang<sup>2</sup> LU Xian-yang<sup>3</sup> ZHANG Cai-li<sup>3</sup>

(1 Changqing Oilfield Company, Petrochina, Xi'an 710021;

2 Department of Exploration, Changqing Oilfield Company, Petrochina, Xi'an 710021;

3 Research Institute of Exploration and Development, Changqing Oilfield Company, Petrochina, Xi'an 710021)

**Abstract** The depositional stage of member 7 of Yanchang Formation in Triassic was the maximum of Mesozoic lake basin in Ordos basin, the subsidence of lake basin was the largest and the lake basin scope was extensive. It has been clarified that the source sediments were from five directions of basin circumference, the mainly source was located in the northeast and southwest area. In addition, there are three secondary source areas that was located in the west, south and northwest. The sedimentary facies of member 7 of Yanchang Formation are the delta and lacustrine facies, which can be further sub-divided into five sub-facies and ten microfacies. During the deposition of Member 7<sub>3</sub> of the Yanchang Formation, the lacustrine area was maximum, the turbidite of half-deep lake and deep lake facies were not developed, but the dark and high resistance mudstone were developed, which were main high quality source rock of Mesozoic; the depositional area of half-deep lake and deep lake facies were clearly reduced during the deposition of Member 7<sub>2</sub> of the Yanchang Formation, the turbidite were relatively developed, the lacustrine area and the depositional area of half-deep lake and deep lake facies continually reduced during the deposition of Member 7<sub>1</sub> of the Yanchang Formation, the turbidite was extensively developed, which was the main reservoir of Member 7.

**Key words** sedimentary facies; delta facies; lake facies; Chang-7 oil reservoir set; Ordos basin