

文章编号: 1000-0550(2011)06-1086-10

鄂尔多斯盆地长8油层组古地理环境与沉积特征

刘化清 李相博 完颜容 魏立花 廖建波

(中国石油勘探开发研究院西北分院 兰州 730020)

摘要 通过对地震、钻井资料的综合分析,认为延长组下部长8沉积时期鄂尔多斯湖盆可能不具有明显的“南陡北缓”的古地貌特征,也可能不存在大面积分布的半深湖—深湖环境。长8期湖盆古地形较为平坦,坡降不足 0.1° 或 2 m/km ,气候较为干旱,湖泊水体为微咸水,水深小于 10 m 。具有如下特征的浅水湖泊三角洲为此时盆地的主体沉积类型:1)砂岩以中—细粒岩屑长石砂岩和长石岩屑砂岩为主;2)三角洲前缘延伸范围大($80\sim 100\text{ km}$),并频繁暴露;3)砂体主要为水下分支河道沉积成因;4)河口坝和重力流沉积不发育;5)吉尔伯特型三角洲具有的顶积、前积和底积三元结构在长8不发育。盆地南北古地形之间的显著差异出现在长8之后的长7早期,受印支运动及与盆地西南边缘毗邻的西秦岭强烈造山活动的影响,鄂尔多斯盆地的基底不对称挠曲变形,从而形成“南陡北缓”的盆地古地貌格局。从长7开始至晚三叠世末,盆内坡折带普遍发育,具有顶积、前积和底积三元结构的吉尔伯特型三角洲也就成为盆地内部最主要的沉积类型之一。

关键词 古地貌 浅水湖泊三角洲 长8油层组 延长组 三叠系 鄂尔多斯盆地

第一作者简介 刘化清 男 1969年出生 博士 石油地质 E-mail: Liu_hq@petrochina.com.cn

中图分类号 TE121.3 **文献标识码** A

0 引言

自鄂尔多斯盆地开展石油勘探工作以来,尤其是本世纪初在陇东西峰地区延长组发现亿吨级大油田以来,我国学者在长8油层组的沉积特征与沉积相方面已经做了大量卓有成效的研究工作,并有效指导和推动了该层系的后续勘探生产。然而,随着勘探工作的深入开展和资料的不断积累,以前的部分认识逐渐显现其不合理性,需要修正或完善。例如,前人认为包括长8在内的延长组沉积时期,湖盆具有南陡北缓的结构特点,并且在湖盆沉积中心发育有面积分布的半深湖—深湖区。但越来越多的资料显示,长8沉积时期湖泊地形十分平坦,水体整体较浅,很可能不存在大面积分布的半深湖—深湖区,南北坡降也并无显著差异,沉积体系以浅水湖泊三角洲为特色。

1 古地理环境特征

包括古地貌、古水深、古气候、古构造背景在内的诸多古地理地质条件直接影响盆地内部沉积体系的规模及沉积特点,鄂尔多斯盆地长8油层组的沉积体系分布格局、沉积类型、砂体叠置样式等也直接受控于这些因素。

1.1 古地貌特征

前人普遍认为,长8油层组沉积时鄂尔多斯湖盆为南陡北缓的大型不对称拗陷盆地,盆地东北部地形平缓,以源远流长的曲流河三角洲沉积体系为主,而西南部坡度较大,发育辫状河—辫状河三角洲沉积体系^[1~7]。

近年来,随着延长组勘探程度的不断提高,越来越多的资料显示“南陡北缓”这一模式适用于延长组中上部沉积时期盆地的古地貌格局是没有问题的,但延长组沉积早期(长8及以下地层沉积时期)是否同样具备这样的盆地结构特点目前尚缺乏充分依据。就长8而言,目前的资料显示古湖泊地形较为平坦,盆内不存在明显的区域规模的陡坡带,也看不出盆地南、北古地形之间存在显著差异。

图1是位于盆地西南部的一条资料品质较好的南北向2D地震测线,为更好反映长8沉积时的湖泊古地形,沿长7₃“张家滩页岩”顶面附近的反射同相轴拉平显示,该同相轴为延长组内部最易识别的标志层,也是从经典层序地层学角度识别的延长组自下而上第三个三级层序(SQ3)的最大湖泛面(mfs3)^[6,8,9]。图中可以看出,长8地层自南而北向湖盆中心方向虽然厚度略有增加,古地形存在波状起

收稿日期: 2010-11-05; 收修改稿日期: 2011-01-15

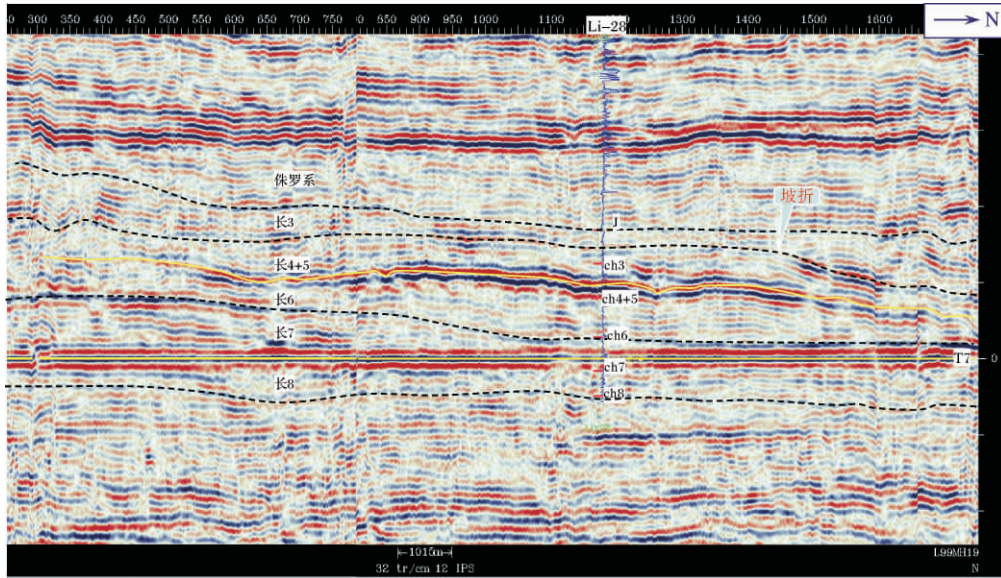


图 1 陇东地区南北向地震剖面

Fig. 1 Seismic profile directed south to north in southwestern Ordos basin showing the flat and steep physiognomy of Chang 8 and the above beds respectively

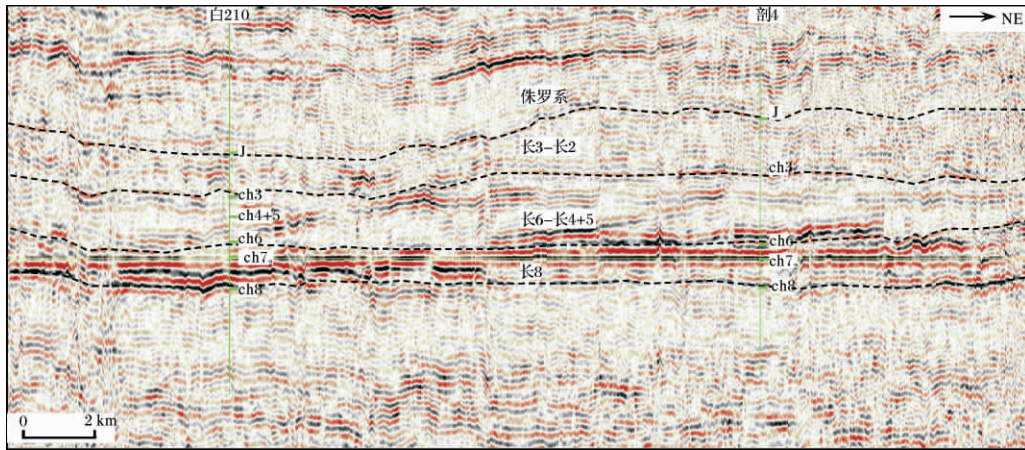


图 2 陕北地区东北—南西向地震剖面

Fig. 2 Seismic profile of NE—SW direction in Shaanbei showing the flat and steep physiognomy of Chang 8 and the above beds respectively

伏,但变化梯度较小,总体而言湖泊底形较为平坦,没有大的起伏。图中还清楚的显示,长 8 以下地层大致呈“千层饼”状展布,坡度明显变大的地方鲜见。而长 7 以上地层的情况就显然不同,同一时代的地层厚度从南向北存在显著差异。长 7₂₋₁ 地层为延长组层序 3(SQ3)的高水位体系域沉积,在里 28 井处厚度为 63 m,但向南约 1.5 km 处厚度开始急剧加厚,继续向南到距离 Li-28 井约 4.5 km 处地层厚度已经达到约 130 m,之后变化梯度变小,厚度稳定增加。从 Li-28 井向北,该套地层厚度逐渐减小,但变化率很小。显

然,盆地西南部在长 7 中后期其古底形与长 8 及之前的湖泊古地形已经有明显的不同。

图 2 是位于盆地东北部的一条 SW—NE 向 2D 地震测线,同样沿长 7₃ 拉平显示,可以看出长 8 沉积厚度在横向上是稳定变化的,不发育明显的坡折带。而长 7 中上部陡坡带及对应发育的三角洲三元结构开始出现,这种特征在长 6 及以上地层中持续发育。这些现象揭示,与盆地西南部一样,盆地东北部在长 8 及以前湖泊底形是比较平坦的,向盆地中心方向坡降很小,明显的陡坡带只有长 7 以后的地层才发育。



图 4 长 8 油层组反映浅水环境的岩芯照片

a. 庄 29 井, 新芦木化石, \downarrow 857.45 m; b. 黄 48 井, 植物茎杆; c. 白 131 井, 2 215.4 m, 含大量植物茎杆的泥岩; d. 塔 4 井, \downarrow 614.5 m, 炭化植物茎干; e. 西 17 井, 含炭化植物茎干的灰绿色中粒砂; f. 白 280 井, 2 219.8 m, 煤线; g. 黄 39 井, 垂直虫孔 (引自韩永林等 2009); h. 镇 65 井, 2 473.7 m, 垂直虫孔; i. 黄 36 井, 2 744.5 m, 垂直须根; j. 镇 68 井, 2 466.1 m, 粉砂岩中垂直层面的植物根; k. 塔 20 井, \downarrow 599.5 m, 灰色细砂岩中的槽状交错层理; l. 木 18 井, 2 383.15 m, 细砂岩中的泥砾

Fig. 4 Sedimentary structures showing shallow water environment of Chang 8 in Ordos basin

池、白豹、庆城、塔儿湾等地区,长8岩芯中普遍见到保存完好的植物根系、(炭化)植物茎干、碳质泥岩、煤线(图4a-f; i-j)。植物化石见有新芦木、蕨类和水草类,以高大的草本植物新芦木(*Neocalamites*)为主,而新芦木是中生代主要造煤植物之一,多发育在沼泽、滨浅湖等浅水环境中,其赖以生长的水体深度一般不会超过5 m,与现今的芦苇在生活习性上比较相似。碳质泥岩及劣质煤线的普遍发育也证明湖盆为浅覆水环境,反映当时具有一定封闭性的沼泽环境遍地发育,喜湿植被繁盛其中,但由于湖水进退频繁,沼泽环境难以长久维持,因而无法形成厚煤层。煤线厚度一般3~6 cm,通常不超过10 cm^[11]。

盆地中心白豹、华池、姬塬东部等地探井的长8地层中发现较多的或垂直或高角度倾斜的虫孔(图4g-h),指示动荡的浅覆水富氧沉积环境。这些虫孔多见于泥质粉砂岩或粉砂质泥岩中,管壁大多光滑平直,管径一般5~20 mm,管内多充填粉细砂岩^[12],以石针迹(*Cylindricum*)组合、沙蠅迹(*Arenicolites*)组合为主^[11]。这些都表明,长8期鄂尔多斯湖盆总体上为浅水湖泊。

尽管如此,并不排除深水区在局部地区小范围存在的可能。陈飞等^[13]通过岩芯观察、地震解释和测井分析,认为盆地东南部富县地区富县—张村驿—一直罗镇一带长8油层组发育有砂质碎屑流,并依据地震均方根振幅属性的变化对其分布进行了平面成图。谢渊等^[14]也指出在该区内长8发现有油页岩,但是富县以东—牛武一带即演化为三角洲前缘沉积,砂泥互层,泥岩多为富含植物碎片的碳质泥岩,代表近岸沉积环境;同时在张村驿—一直罗镇的西南部也为三角洲前缘沉积区。从而表明,前三角洲—半深湖亚相的范围确实存在,但十分有限。

从沉积演化背景讲,延长组沉积时期,鄂尔多斯湖盆沉积中心具有由东而西、由北而南迁移演化的特点,长10期湖盆沉积中心在豫西—东秦岭,大致位于东秦岭商丹缝合线北部的南召、五里川、马市坪、卢氏瓦穴子、双槐树一带,现今概念的鄂尔多斯盆地范围内以河流遍布为特色,不存在汇水区;至长9期才在吴起东南—富县一带形成汇水中心,发育油页岩。长8与长9相比湖盆萎缩,因而深水区范围很可能向东南方向退缩,但在富县局部地区存留是完全有可能的。然而 $0.1 \times 10^4 \text{ km}^2$ 左右的半深湖分布规模与当时近 $5 \times 10^4 \text{ km}^2$ 左右的覆水区面积相对比,所占比重非常小。

另外需要注意的是,本文强调长8期湖泊水体总体较浅,并不代表整个长8在纵向沉积演化过程中水体深度没有变化。实际上,长8中部(长8₁下部和长8₂上部)因为位于延长组层序3(SQ3)底界面附近^[8,9],为长8盆地可容纳空间最小时期的沉积,这时候湖泊水体面积最小,也最浅,且大面积沼泽化,造煤植被发育,先期沉积物频繁暴露地表。而长8₂下部和长8₁上部由于分别为延长组层序2(SQ2)的高水位期和层序3(SQ3)低水位后期沉积,湖泊覆水面积及水体平均深度较长8中部沉积时要稍微深一点,这时候三角洲前缘的沉积物不再频繁暴露地表,但湖泊总体仍然是浅水环境,深水环境可能只存在于很局限的地区,如富县一带。盆地真正大面积深水区的形成应该在长7初期,主要受到秦岭造山活动的影响,盆地不对称挠曲变形,具有明显陡坡地形的深洼陷才形成,加之此时气候开始更为湿润,降雨量充沛,为深水湖盆的形成奠定了基础。这一点在后文将进一步叙述。

1.3 古气候条件

罗顺社等^[15]通过对姬塬地区长8泥岩样品微量元素Sr/Ba比值和B元素含量的研究,发现Sr/Ba比值变化于0.1~0.4,平均0.24,B元素丰度变化于75.5~58.21,平均65.2,均显示长8沉积时期湖泊水体为微咸水。这就表明当时气候比较干旱,蒸发量大于降雨量,湖泊水体的补给可能主要靠季节性洪水,这种气候条件不利于大面积深水湖泊的形成和发育。

长8期气候比较干旱在生物演化方面也有所体现。从前人对我国陆相三叠系建阶剖面——铜川市漆水河延长组剖面的研究结果看,延长组自下而上,生物面貌逐渐丰富。长10—长7₃(铜川阶)岩石组合中含有较多的古植物、孢粉、介形虫、双壳类、叶肢介及少量昆虫类化石,但面貌总体较单调;长7—长2虽然所含生物均以古植物为主,属*Danaeopsis*—*Bernoullia*组合,但晚期(长3—长2,永坪阶)的生物面貌较早期(长7₂—长4+5,胡家村阶)更为丰富;到长1地层发育时期(瓦窑堡阶),不但含有丰富的古植物(仍为*Danaeopsis*—*Bernoullia*组合)、介形虫、双壳类及古脊椎动物化石,还发育古鳕类,包括龙鱼和裂齿鱼等,生物的丰度和分异度均达到最大^[16],而长1在陕北发育的可采煤层(瓦窑堡煤系)也是气候更为潮湿的证据。

除此之外,岩石的矿物组分的变化在一定程度上

也显示出延长组沉积时期气候由干到湿的渐变过程,以镇原—马岭地区为例,长9—长8砂岩碎屑含量中长石含量在30%左右,长7和长6分别为20%和25%,而长3—长2长石含量小于20%(图5)。长石属于相对不稳定的矿物,在搬运过程中容易分解蚀变,相对于潮湿的气候条件,干燥气候更有利于长石从物源区向盆地内长距离搬运和沉积。因此,长石含量较高从另一个侧面反映包括长8在内的延长组沉积早期较中晚期相对干旱的古气候条件。

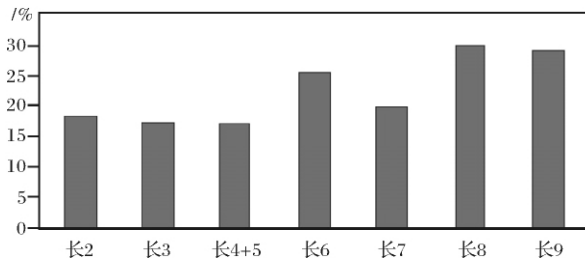


图5 陇东地区碎屑岩组成分中长石含量柱状图

Fig. 5 Feldspar content in sandstones of Longdong area

1.4 古构造环境

前文指出,延长组沉积早期(长10—长8)古湖盆地形较为平坦,盆内不发育明显的坡折带;而延长组沉积中晚期(长7及以后),无论盆地南北均显著发育陡坡带,发育典型的具有顶积层、前积层和底积层的吉尔伯特型三角洲。造成上述差异的原因很可能与发生在长7早期的印支运动有关。此时西秦岭造山活动异常活跃,从西南方向强烈挤压鄂尔多斯盆地,导致了盆地基底的强烈变形和不均衡沉降,西南陡东北缓的古地貌格局这才清晰的显现出来^[17]。此次构造活动不但改变了盆地的沉积古地形,同时改变了盆地的供源体系,导致了延长组下部(长10—长8)与中上部(长7—长1)不但沉积体系类型及展布格局存在明显差异,还导致沉积物岩石学特征的显著变化。而本次构造运动发生的时间正是中、晚三叠世的过渡时期^[18],也就是说延长组沉积期盆地内部比较明显的陡坡地形在晚三叠世之初(长7期)才开始出现。就南北比较,由于盆地受力位置主要在盆地西南边缘,因而盆地基底弯曲变形具有明显的不对称性,西南部变形强而东北部变形相对较弱,从而导致了整体而言南陡北缓的古地貌的形成,长7以上地层就是在这种古地形的基础上发育的。而中三叠世晚期(延长组下部长10—长8沉积时期),盆地沉积范围及古地貌、古地形在很大程度上继承了中三叠世早

期(纸坊组沉积期)的特征,构造稳定、底形平坦、沉积范围大,更多的具有克拉通盆地的性质,二者的岩石学特征也有很大相似性,均以长石含量较高为特色,纸坊组上部也常常因为含有浊沸石砂岩而与延长组底部长10无法区分^[18]。

至于前人用以证明西南部延长组沉积时期地形陡峭、发育水下冲积扇或扇三角洲沉积的崆峒山砾岩,其时代很可能属于晚三叠世(长7—长1),理由是:(1)崆峒山砾岩自底至顶普遍发育碳酸盐岩砾石,这与盆内西南部长7及以上地层中碳酸盐岩岩屑含量(平均3.3%)较高的特征相一致,而显然不同于长10—长8地层中碳酸盐岩岩屑含量(0.1%~0.2%)非常少的情况^[18];(2)晚三叠世初期(长7),早印支运动导致西秦岭快速隆升造山,受其影响在盆地西南缘的古生代碳酸盐岩及砂泥岩地层被挤压隆起,从而成为物源区给盆地提供沉积物,发育了分布在崆峒山—太统山—策底坡一带的厚层砾岩堆积,并向盆地腹地提供碳酸盐岩碎屑而导致西南部长7以上地层沉积物中含有相对较高的碳酸盐岩岩屑^[17]。

此次构造运动在产生上述沉积效应的同时,还在秦岭—昆仑山一线发生比较强烈的火山喷发,大量火山灰降落在与火山活动带毗邻的盆地西南部,在长7地层中保存了规模不小的凝灰岩。据钻井资料统计,长7底部的凝灰岩在盆内的分布范围超过5万km²,涵盖盐池—吴起—黄陵—正宁—庆阳—环县一线所圈定的广大的地域,厚度变化于0.2~1.0m,总体趋势是越靠近西南边界厚度越大。至长7中上部—长6下部,尽管分布范围和厚度较长7底部的大为减小,凝灰岩夹层在盆地西南部地层中仍然比较普遍,集中在环县—白豹—正宁一带,厚度0.2~0.6m。反映长7—长6早期西秦岭造山活动持续发生,只是逐渐减弱。赵俊兴等^[19]研究表明,此次构造事件还导致了盆地内部缺氧事件、浊流事件,导致生物大量死亡埋藏,为盆地烃源岩的形成提供了有利条件。

因而,长8与长7及其后鄂尔多斯古湖泊底形及沉积特征的显著差异从根本上讲与沉积时期的区域构造环境有关。

2 沉积相特征

2.1 三角洲前缘相带宽,并频繁暴露

由于湖底地形平缓,由季节性洪水补给的入湖河流携带大量泥沙可以一直推进到前缘很远的地方,因而长8期三角洲前缘相带很宽。其中,西南三角洲沉

积体系自虎洞—三岔—镇原一带入湖后,前缘相带可达耿湾—白豹—马家砭一线,宽度变化于80~100 km;西北部长8三角洲沉积体系呈北西—南东向展布,前锋在耿湾—萝卜塬一带,水下延伸长度也达80 km以上;而陕北地区长8三角洲沉积体自周家湾—侯市—高桥一线入湖后,向湖盆中心也推进有80~100 km(图6)。不同方向控制的三角洲前缘在湖盆中心汇聚,几乎覆盖了整个湖盆,形成了前三三角洲和浅湖沉积发育规模很小的情景。

前文已经提到,从岸线到湖盆中心的长8地层中,垂直生长的植物根系、炭化植物茎干、碳质泥岩、煤线、垂直虫孔等常见,表明湖泊沼泽化,三角洲前缘沉积经常暴露地表。

2.2 以水下分支河道砂体为主体

由于长8期湖盆地形十分平缓,湖泊水体较浅(大部分地区极有可能小于5 m),在没有强风暴的情况下,波浪作用通常不会太强,而且在向湖岸方向长距离推进过程中与底面沉积物摩擦,能量还会逐渐减弱。如此,沿岸流的作用力也通常比较小。在此背景下,入湖河流遭遇的阻力就较小,能够在惯性力作用下长距离向相对低洼的湖泊中心延伸,从而形成以水下分支河道主导湖泊砂体沉积的局面。

在平面上,长8三角洲分支河道主体呈条带状向湖盆中心延伸,在三角洲前缘地带由于地势十分平缓,水下分支河道不断分叉合并,因而呈现网状分布的特点,在末端常常显示鸟足状或朵状特点。而在水下分支河道的前端,常发育一些席状分布砂体,大多垂直河道方向或与河道斜交,是分支河道砂体遭湖水

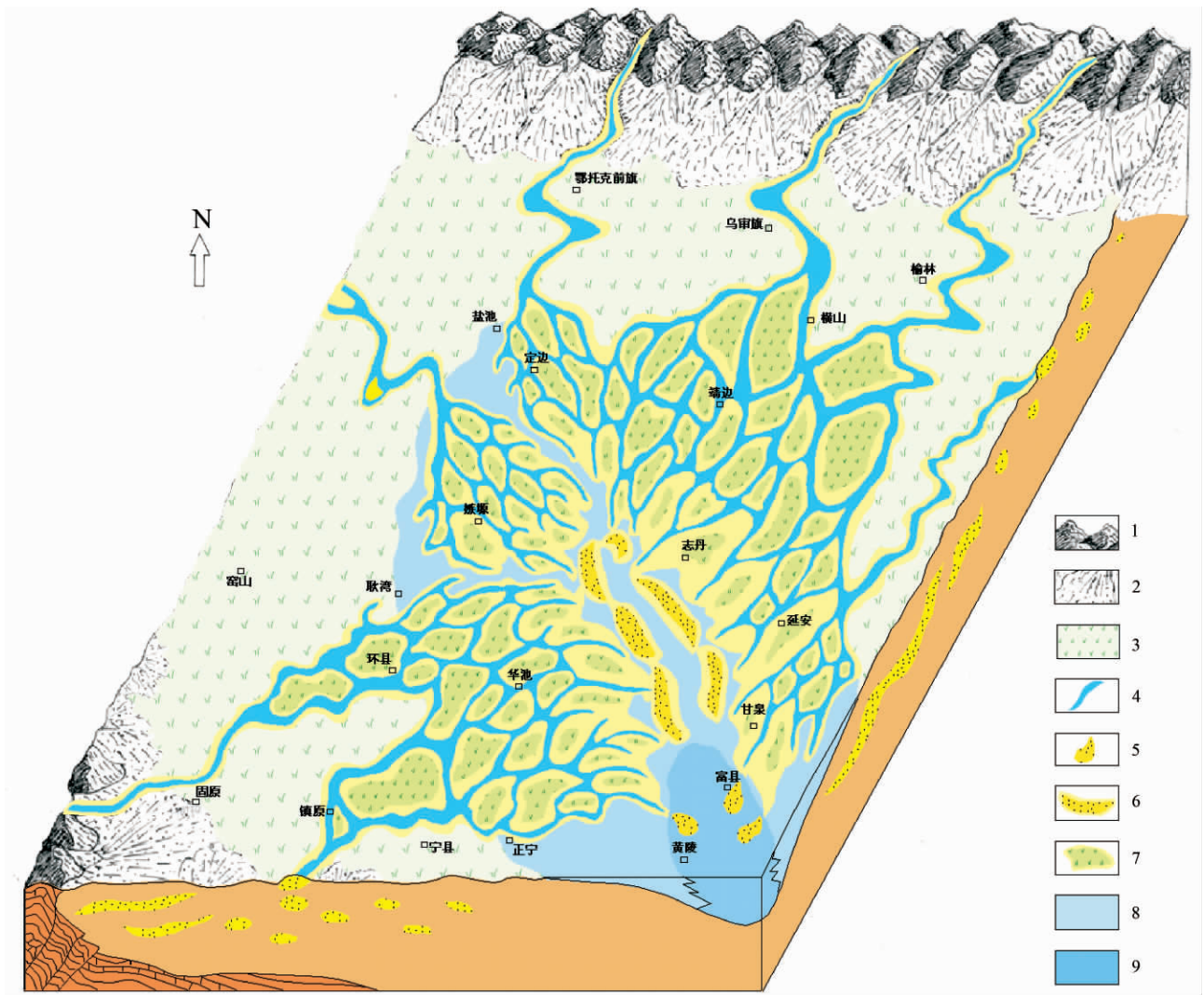


图6 鄂尔多斯盆地长8₁沉积模式图

图例说明: 1. 山地; 2. 洪积扇; 3. 冲积平原; 4. 河道; 5. 重力流沉积; 6. 席状砂; 7. 河道间洼地; 8. 滨浅湖; 9. 半深湖

Fig. 6 Sedimentary model of Chang 8₁ in Ordos Basin

波浪及沿岸流改造而成(图6)。在剖面上,多显现正韵律结构,测井曲线组合特征以向上幅度减小的钟形为主,但齿化箱形曲线也较常见,反映顶底突变的沉积环境(图7)。砂体单层厚度通常变化于5~25 m,剖面上常呈多期复合叠加,主要由粉砂岩和细砂岩组成。砂岩底部常见侵蚀冲刷,造成下伏细粒沉积的沉积构造在与砂岩接触部位中断;砂岩下部多见灰黑色、灰色撕裂状泥砾,或“漂浮”或集中富集于砂岩内部,有时还见有炭化植物碎片发育其中。此外,反映动能较强的牵引流特征的槽状交错层理、板状交错层理、平行层理等在砂岩中也比较发育(图4k-1)。发育在河道上部或侧翼的粉砂质泥岩、泥质粉砂岩中多见一些波长不大的波纹层理、透镜状、脉状层理。

2.3 河口砂坝相对不发育

湖泊三角洲的进积作用主要发生在洪水期,此时携沙河水密度总是大于湖水,因此河流入湖后仍保持较高流速在湖底流动,以至把推移荷载带到河口以外的湖区,不利用形成河口坝单元^[20]。而且,河口坝的发育需要较强的湖水改造先期沉积物,但在浅水盆地中湖泊水动力较弱,因而很难具备河口坝发育的水动力条件。此外,由于浅水盆地构造稳定,沉降幅度小,因而沉积物可容纳空间有限,三角洲的水下沉积厚度通常也较小,压实和沉陷作用微弱,即使早期形成了少量河口坝沉积,也容易被沿湖底流动的河水侵蚀破坏,因而更不利于河口坝的保存。

2.4 重力流沉积不发育

由于长8形成时期地形平缓,三角洲前缘没有较大坡度的地形,因而沉积体堆积稳定。虽然不排除在分支河道边部,由于河水冲刷堤岸导致平衡破坏而发生小规模垮塌,这些垮塌沉积物除被河水带走形成河道砂岩的滞留沉积之外,也会在原地形成以泥质粉砂岩和粉砂质泥岩为主体的垮塌变形构造,如包卷层理等,但规模很小,一般厚度不会超过1 m,因而很难进一步发展成具备一定规模的重力流,也就较难形成重力流沉积。盆地针对长8油层组的探井及取芯资料已经不少,但在长7—长6地层中常见的沟模、槽模等指示重力流沉积的最常见沉积构造在本层十分少见,变形层理也甚为稀少。

2.5 不具备典型的吉尔伯特三角洲特征

由于不发育陡峭的斜坡地形(坡折带),也就不具备形成经典吉尔伯特三角洲的顶积层、前积层和底积层三元结构的基本地貌条件。测井曲线以向上幅度略有减小的箱状、或多期叠加的钟形为主,而反映

明显前积特征的漏斗形曲线组合较少。地震剖面上也很难在长8地层找到具有前积构形的反射结构,以相互平行的连续或断续反射为主(图1)。

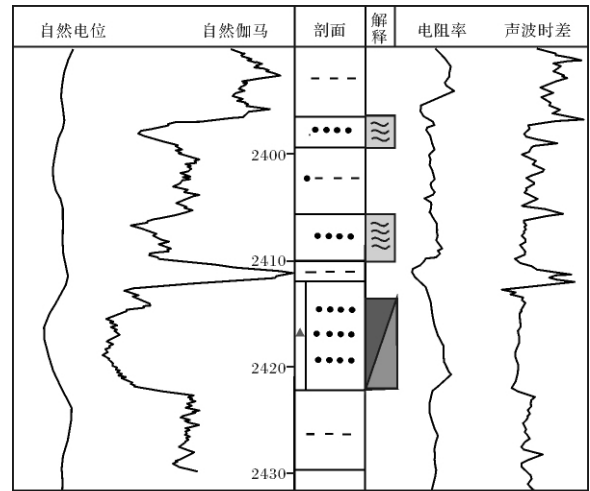


图7 长8水下分支河道典型测井曲线特征

Fig. 7 Columnar section of subaqueous channel of Chang 8

3 结论

(1) 钻井及地震资料相结合的研究显示,长8油层组沉积时期鄂尔多斯湖盆古地形十分平缓,坡降不足2 m/km,或只有0.1°左右;古气候较为干旱,湖泊覆水面积大,但水深大多小于10 m,只有东南部富县地区可能存在面积不超过1 000 km²的半深水环境。

(2) 长8油层组以浅水湖泊三角洲沉积为主,各三角洲前缘相带宽广,呈鸟足状或朵状向盆地中心展布汇聚;岸线频繁进退,三角洲前缘暴露频繁,煤线、植物茎干等反映不稳定沼泽沉积环境者甚为发育;水下分支河道为油气储层的主体微相类型,河口砂坝、重力流沉积发育程度差;不发育陡坡地形,因而不发育吉尔伯特型三角洲的三元结构(顶积层、前积层和底积层)。

(3) 包括长8在内的延长组沉积早期和中晚期(长7及以后),鄂尔多斯盆地在古湖泊地形由缓而陡,三角洲由宽广展布而变为具有三元结构等,这些沉积特征上的显著差异从根源上与长7初期发生的早期印支运动有关,这次构造运动明显改变了盆地的结构特征,进而导致了早、晚沉积特征的差异。

感谢西北大学李文厚教授、长庆油田公司杨华教授、付金华教授、张文正教授、刘显阳高工、邓秀芹高

工、李元昊博士、中国石油勘探开发研究院王新民教授、郭彦如高工、陈孟晋高工的指导和帮助 参加本文研究工作的还有中国石油勘探开发研究院西北分院的冯明、白云来、马玉虎等,在此一并致谢。

参考文献(References)

- 1 郑希民,宋广寿,王多云,等. 陕甘宁盆地陇东地区长8油组厚层非均质砂体的沉积学解剖[J]. 沉积学报,2003,21(2): 273-276 [Zheng Ximin, Song Guangshou, Wang Duoyun, *et al.* Sedimentary anatomy of thick anisotropic sandstones for Chang 8 oil-bearing interval in Longdong area, Shaan-Gan-Ning Basin [J]. *Acta Sedimentologica Sinica*, 2003, 21(2): 273-276]
- 2 王志坤,王多云,郑希民,等. 陕甘宁盆地陇东地区三叠系延长组长6—长8储层沉积特征及物性分析[J]. 天然气地球科学,2003,14(5): 380-385 [Wang Zhikun, Wang Duoyun, Zheng Ximin, *et al.* Depositional characteristics and physical behavior analysis of the Chang 6-8 reservoir of Triassic Yanchang Formation in Longdong area, Shaan-Gan-Ning basin [J]. *Natural Gas Geoscience*, 2003, 14(5): 380-385]
- 3 武福礼,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与演化[J]. 古地理学报,2004,6(3): 307-315 [Wu Fuli, Li Wenhong, Li Yuhong. Delta sediments and evolution of the Yanchang Formation of Upper Triassic in Ordos Basin [J]. *Journal of Palaeogeography*, 2004, 6(3): 307-315]
- 4 杨友运. 鄂尔多斯盆地南部延长组沉积体系与层序特征[J]. 地质通报,2005,24(4): 369-272 [Yang Youyun. Characteristics of the depositional systems and sequence evolution of the Yanchang Formation in the Southern Ordos Basin [J]. *Geological Bulletin of China*, 2005, 24(4): 369-272]
- 5 杨友运,张蓬勃,张忠义. 鄂尔多斯盆地西峰油田长8油组辫状河三角洲沉积特征与层序演化[J]. 地质科技情报[J]. 2005, 24(1): 45-48 [Yang Youyun, Zhang Pengbo, Zhang Zhongyi. Sedimentary features and sequence evolution of braided river delta of Chang 8 oil-bearing interval of Xifeng Oilfield in Ordos Basin [J]. *Geological Science and Technology Information*, 2005, 24(1): 45-48]
- 6 杨华,付强,付金华. 鄂尔多斯晚三叠世盆地沉积层序与油气成藏[M]. 北京: 地质出版社,2007 [Yang Hua, Fu Qiang, Fu Jinhua. Sedimentary Sequence and Petroleum Play of the Late Triassic, Ordos Basin [M]. Beijing: Geological Publishing House, 2007]
- 7 邓秀芹,蔺昉晓,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,2008,10(2): 159-166 [Deng Xiuqin, Lin Fangxiao, Liu Xianyang. 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]
- 8 李相博,郭彦如,刘化清,等. 浅谈小波分析在鄂尔多斯盆地延长组层序地层划分中的应用[J]. 天然气地球科学,2006,17(6): 779-782 [Li Xiangbo, Guo Yanru, Liu Huaqing, *et al.* The application of wavelet analysis in sequence stratigraphic subdivision of the Yanchang Formation, Ordos basin [J]. *Natural Gas Geosciences*, 2006, 17(6): 779-782]
- 9 郭彦如,刘化清,李相博,等. 大型拗陷湖盆层序地层格架的研究方法体系——以鄂尔多斯盆地中生界延长组为例[J]. 沉积学报,2008,26(3): 384-390 [Guo Yanru, Liu Huaqing, Li Xiangbo, *et al.* Method system on studying sequence stratigraphic framework of large sagged lacustrine basin: A case study from Mesozoic Yanchang Fm., Ordos Basin [J]. *Acta Sedimentologica Sinica*, 2008, 26(3): 384-390]
- 10 魏永佩,陈会鑫. 沉积盆地碎屑岩原始厚度恢复经验图板——一种快速实用的方法[J]. 石油与天然气地质,1999,20(1): 90-93 [Wei Yongpei, Chen Huixin. Recovering plate on initial thickness of clastic rocks in sedimentary basins: A quick and practical method [J]. *Oil & Gas Geology*, 1999, 20(1): 90-93]
- 11 李元昊,刘池洋,独育国,等. 鄂尔多斯盆地西北部上三叠统延长组长8油层组浅水三角洲沉积特征及湖岸线控砂[J]. 古地理学报,2009,11(3): 265-274 [Li Yuanhao, Liu Chiyang, Du Yuguang, *et al.* Sedimentary characteristics of shallow water delta and lake shoreline control on sandbodies of Chang 8 oil-bearing interval of the Upper Triassic Yanchang Formation in northwestern Ordos Basin [J]. *Journal of Palaeogeography*, 2009, 11(3): 265-274]
- 12 韩永林,王成玉,王海红,等. 姬塬地区长8油层组浅水三角洲沉积特征[J]. 沉积学报,2009,27(6): 1057-1064 [Han Yonglin, Wang Chengyu, Wang Haihong, *et al.* Sedimentary characteristics of shallow-water deltas in Chang-8 subsection of Yanchang Formation, Jiyuan area [J]. *Acta Sedimentologica Sinica*, 2009, 27(6): 1057-1064]
- 13 陈飞,樊太亮,高志前. 鄂尔多斯盆地富县地区上三叠统延长组砂质碎屑流的沉积特征[C]//第四届全国沉积学大会论文集,2009: 480-488 [Chen Fei, Fan Tailiang, Gao Zhiqian. Sedimentary Characteristics of Debris Flow of the Upper Triassic Yanchang Formation, Fuxian District, Ordos Basin [C]//Symposium of the 4th National Sedimentary Congress. 2009: 480-488]
- 14 谢渊,王剑,刘家铎,等. 鄂尔多斯盆地东南部延长组湖盆致密砂岩储层层序地层与油气勘探[M]. 北京: 地质出版社,2004 [Xie Yuan, Wang Jian, Liu Jiaduo, *et al.* Reservoir Sequence Stratigraphy and Petroleum Exploration of Tight Sandstones of the Yanchang Formation, Southeastern Ordos Basin [M]. Beijing: Geological Publishing House, 2004]
- 15 罗顺社,银晓. 鄂尔多斯盆地姬塬地区延长组长8沉积相的研究[J]. 石油天然气学报,2008,30(4): 4-9 [Luo Shunshu, Yin Xiaoxiao. Study on the sedimentary facies of Chang 8 of the Yanchang Formation in the Jiyuan area, Ordos basin [J]. *Journal of Oil and Gas Technology*, 2008, 30(4): 4-9]
- 16 全国地层委员会. 中国地层指南及中国地层指南说明书(修订版) [M]. 北京: 地质出版社,2001 [National Commission on Stratigraphy. China Stratigraphic Guide and the Manual of China Stratigraphic Guide (Revised Edition) [M]. Beijing: Geological Publishing House, 2001]
- 17 刘化清,李相博,白云来,等. 鄂尔多斯盆地“崆峒山砾岩”成因初步分析[J]. 天然气地球科学,2006,17(5): 668-671 [Liu Huaqing, Li Xiangbo, Bai Yunlai, *et al.* Origin of the “Kongtong

- Conglomerate" in Ordos Basin [J]. *Natural Gas Geoscience*, 2006, 17(5): 668-671]
- 18 邓秀芹,李文厚,刘新社,等. 鄂尔多斯盆地中三叠统与上三叠统地层界线讨论[J]. *地质学报*, 2009, 83(8): 1089-1096 [Deng Xiuqin, Li Wenhou, Liu Xinshe, *et al.* Discussion on the stratigraphic boundary between the middle Triassic and Upper Triassic [J]. *Acta Geologica Sinica*, 2009, 83(8): 1089-1096]
- 19 赵俊兴,陈洪德,付锁堂,等. 鄂尔多斯盆地南部延长组中几个重要事件沉积及其油气聚集关系[J]. *矿物岩石*, 2008, 28(3): 90-95 [Zhao Junxing, Chen Hongde, Fu Suotang, *et al.* Discussion on some important depositional events and their relationship with hydrocarbon accumulation of Yanchang Formation in South Ordos Basin [J]. *Mineral Petrology*, 2008, 28(3): 90-95]
- 20 梅志超,林晋炎. 湖泊三角洲的地层模式和骨架砂体的特征[J]. *沉积学报*, 1991, 9(4): 1-11 [Mei Zhichao, Lin Jinyan. Stratigraphic pattern and character of skeletal sand bodies in lacustrine deltas [J]. *Acta Sedimentologica Sinica*, 1991, 9(4): 1-11]

Palaeogeographic and Sedimentological Characteristics of the Triassic Chang 8, Ordos Basin, China

LIU Hua-qing LI Xiang-bo WANYAN Rong WEI Li-hua LIAO Jian-bo
(Research Institute of Petroleum Exploration & Development-Northwest Branch, PetroChina, Lanzhou 730020)

Abstract Data of seismic and bore hole show that the palaeotopography of the Triassic Chang 8, in the lower part of the Yanchang Formation, Ordos basin, was possibly not "steep to the south while gentle to the north" style as the previous studies suggested, and large areas of bathyal or abyssal areas were also impossible in this age. The bed form of the lake was very gentle on the basin scale with the slope angle no more than 0.1° , or 2 m/km. The climate was possibly a little dry and the mildly brackish water with depth no more than 10m was the dominant media of the sediments. Vertical or high angel burrows and root systems, coal seams or coaly mudstones and plant fossils of *Neocalamites* are commonly inclusions either at the edge or in the center of the basin. Shallow lacustrine delta with the following characters were well developed in this basin at that time: 1) detrital components mostly medium-fine graded lithic arkose and feldspathic litharenite, 2) wide delta front with 80 ~ 100 km in length and uncovered frequently to the air, 3) sandstones mainly the subaqueous distributary channel deposits, 4) mouthbar and the gravity flow deposits being infrequent, 5) topsets, foresets and bottomsets of the Gilbert Delta not developed.

Obvious difference of the slopes of the southern part and the northern part of the basin emerged in the early Chang 7, tightly following the Chang 8 in age. Triggered by the early Indosinian movement and the uplift of the west Qinling Mountains at the southwestern margin of the Ordos basin, the base of this basin was bended over unsymmetrically and the palaeotopography of the "steep to the south while gentle to the north" was generated. And from this time (Chang 7) to the end of the late Triassic slope-breaks and deltas with three elements of topsets, foresets and bottomsets were well developed in the basin.

Key words palaeogeography; shallow lacustrine delta; Chang 8; Yanchang Formation; Triassic; Ordos basin