

文章编号: 1000-0550(2009) 01-0041-07

# 鄂尔多斯盆地三叠纪延长期湖水分布特征及演化规律

李树同<sup>1,3</sup> 王多云<sup>2</sup> 陶辉飞<sup>1,3</sup> 王彬<sup>1,3</sup> 何善斌<sup>4</sup> 栾琴<sup>4</sup> 朱晓燕<sup>4</sup>

(1. 中国科学院地质与地球物理研究所气体地球化学重点实验室 兰州 730000; 2 北京师范大学资源学院 北京 100875;  
3. 中国科学院研究生院 北京 100049; 4 长庆油田公司第二采油厂 甘肃庆阳 745100)

**摘要** 利用 Fisher 图解求取了延长期可容空间变化, 结合露头、岩芯、测井等资料在延长组内识别出了 6 期三级湖泛层 (iv、㉓、㉔、㉕、v), 并对其进行了识别和对比。在此基础上, 研究了与湖泛层 ㉔、㉕、v 相对应的长 7、长 4 + 5、长 3、长 2 的湖水分布特征及整体演化规律。最后, 通过各期湖泛层沉积厚度中心分布特征探讨了延长湖盆沉积洼陷的分布和演化问题, 认为延长湖除长 7 存在一个大的沉积洼陷外, 其它各期是多个沉积洼陷同时存在的, 且其沉积洼陷整体逐渐向东北部迁移的拗陷型湖盆。

**关键词** 鄂尔多斯盆地 湖泛层 延长湖 沉积洼陷

**第一作者简介** 李树同 男 1979 年出生 博士 储层沉积学 E-mail: lishutong1979@163.com

**通讯作者** 王多云 E-mail: wdy@bnu.edu.cn

**中图分类号** P539.2 TE121.3 **文献标识码** A

## 0 引言

鄂尔多斯盆地三叠系延长组层序地层的研究表明<sup>[1-4]</sup>: 长 7 是该组三级层序最大湖泛面发育层位, 也是该盆地延长组的主要生油层位, 所以针对长 7 油页岩的沉积特征、古气候、古环境、生油潜力等方面的研究较多<sup>[5-8]</sup>, 目前, 只有长 7 期的深水湖盆的大致范围没有重大争议(陈安宁等<sup>[1]</sup>), 而其它各期的深水湖盆范围还比较模糊, 而这些油组恰恰又是岩性油藏的赋存层位。因此, 研究三叠纪延长各期湖水分布特征, 尤其是深水区的分布范围将对认识该盆地的全貌以及演化均有重要的意义, 同时, 对该盆地延长组今后岩性油藏勘探具有一定的指导和借鉴作用。

笔者研究了延长各期湖泛层的沉积以及空间展布特征, 在此基础上, 尝试着利用湖泛层研究了延长各期湖水分布特征和演化规律, 另外, 借助湖泛层厚度沉积中心的分布情况, 探讨了该湖盆延长期的沉积洼陷分布和迁移问题。所谓湖泛层是指陆相湖盆在湖泛期内, 在浅湖、深湖环境下形成的一层以泥岩为主的细粒沉积层, 它不是通常所说的凝缩层, 而是富含各种湖水特征的地质信息记录的载体, 由于其在形成和发育过程中, 相对其它类型的沉积物来说受到外界因素的影响较小, 因此, 具有等时、稳定、连续的沉

积特征。从某种程度上来讲, 它是最完整、最直接、最有效的湖水特征和演化的地质信息记录者<sup>④</sup>, 因此, 研究湖泛层的分布特征就能间接的反映出湖水分布特征以及各期湖水的演化规律。

## 1 地质概况

鄂尔多斯盆地三叠系延长组发育一套完整的陆相河流—三角洲—湖泊沉积体系, 湖进—湖泛—湖退的“三段式”演化阶段很连续、很平稳, 相应地保存了一套湖盆地发生—发展—消亡全过程的沉积物, 是一个持续时间最长, 阶段性最明显, 保存最完整的片段, 其时间跨度约有 12 Ma。延长组从下向上细分为 5 个岩性段, 10 个油层组, 在整个延长组沉积过程中, 发育“李家畔(长 9)页岩”、“张家滩(长 7)页岩”和“长 4+5 细脖子高阻泥岩”典型的湖泛期的地层标志层见表 1。延长组第一段沉积时, 河流相广泛发育; 第二段沉积时, 湖相沉积逐渐扩大, 湖水逐渐变深, 该期湖盆范围达到最大, 当时气候温湿, 生物繁多; 此后延长组的第三段、第四段和第五段沉积时期, 地壳逐渐抬升, 湖盆逐渐变小并最终瓦解。

## 2 湖泛层识别及对比

利用 Fisher 图解求取延长期的可容空间变化<sup>[9]</sup>,

<sup>1</sup> 陈安宁. 陕甘宁盆地中生界生油层特征及评价. 长庆石油勘探局勘探开发研究院. 1984

<sup>④</sup>王多云, 等. 鄂尔多斯盆地延长期湖盆底形形成及演化特征研究. 中国科学院兰州地质研究所. 2006

收稿日期: 2008-02-29 收修改稿日期: 2008-04-15

研究发现从长 10—长 1 存在 6 次明显的可容空间变化,在此基础上结合露头、岩芯、测井等资料在延长组内识别出了 6 个三级湖泛层(图 1),各期湖泛层均以灰黑色、黑色页岩、泥岩和炭质泥岩为主,偶尔发育粉砂质泥岩和泥质粉砂,自然伽马和电位曲线呈平直状或齿状(图 2),各期湖泛层具体沉积特征见表 2。

表 1 鄂尔多斯盆地三叠系延长组地层划分表  
(据谢庆邦, 1988 改编)

Table 1 The stratigraphic classification of Yanchang Formation of Triassic in Ordos Basin (after Xie Qingbang 1988)

组	期	段	油层组	标志层
延长组 T <sub>3</sub> y	消亡期	第五段 T <sub>3</sub> y <sup>5</sup>	长 1	
		第四段 T <sub>3</sub> y <sup>4</sup>	长 2	长 <sub>2</sub> <sup>1</sup>
				长 <sub>2</sub> <sup>2</sup>
			长 <sub>2</sub> <sup>3</sup>	
			长 <sub>3</sub>	
	湖泛期	第三段 T <sub>3</sub> y <sup>3</sup>	长 4+5	细脖子泥岩
			长 6	长 <sub>6</sub> <sup>1</sup>
				长 <sub>6</sub> <sup>2</sup>
				长 <sub>6</sub> <sup>3</sup>
			长 7	张家滩页岩
湖进期	第二段 T <sub>3</sub> y <sup>2</sup>	长 8		
		长 9	李家畔页岩	
	第一段 T <sub>3</sub> y <sup>1</sup>	长 10		

笔者研究发现, 6 套湖泛层在全盆地内基本上可以对比, 但是, 最容易对比的是内部发育张家滩页岩的湖泛层 ④ 因为张家滩页岩为高阻、高伽马的黑色页岩, 是明显的标志层, 在地震资料上也有非常明显的反射。因此, 在湖泛层对比过程中, 首先对比和追踪湖泛层 ④ 然后把湖泛层 ④ 中部拉平, 结合层序和沉积相演化特征对比和追踪其它湖泛层。因为受河流、三角洲的影响, 湖泛层 ④ 在各区的厚度不同, 最大湖泛层 ④ 的中部才是延长湖另一演化阶段的开始, 是一明显的环境转折面, 具有等时性, 这样就避免了

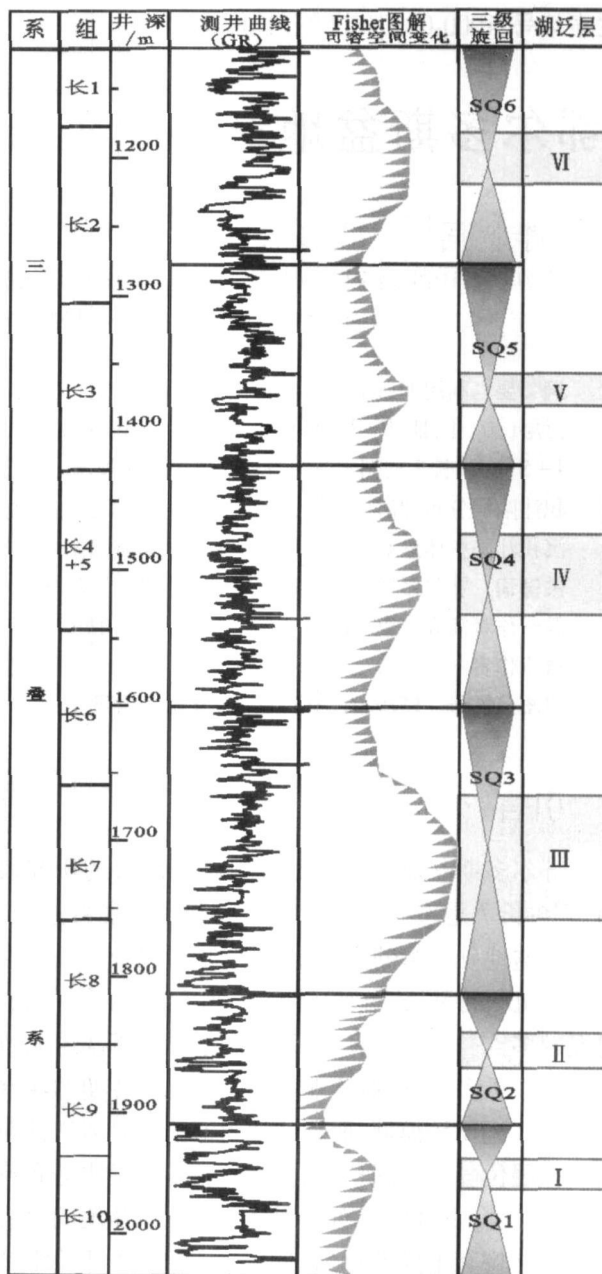


图 1 G36-5 井延长组湖泛层划分方案  
Fig 1 Division of flooding layers in Yanchang Formation of Well G36-5

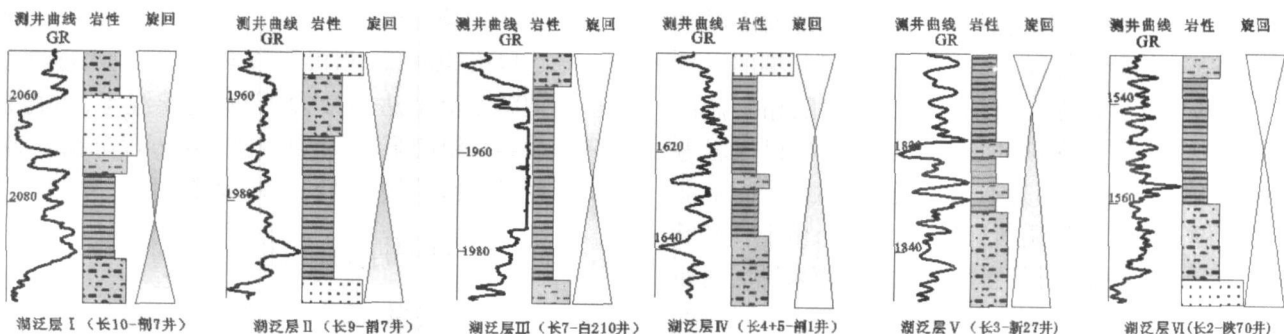


图 2 延长组各期湖泛层岩电特征

Fig 2 Lithological and electrical characteristics of flooding every layers of Yanchang Formation

表 2 延长组各期湖泛层沉积特征

Table 2 Sedimentary characteristics of each flooding layers of Yanchang Formation

湖泛层	发育层位	沉积特征
湖泛层 iv	长 10 中部	陇东和宁夏马家滩地区钻穿长 10 的一些深井中, 可以见到一套 10~ 20 m 厚的暗色泥岩, 由于盆地中钻穿长 10 的井不是很多, 其空间分布不是很清楚。
湖泛层 ㉔	长 9 中上部	庆阳和华池地区的深井中发育一套黑色泥岩沉积, 其厚度约 30 m, 习称“李家畔页岩”, 由于打穿长 9 的井不是很多, 其空间分布亦是不太清楚。
湖泛层 ㉕	长 7 中下部	在全盆地范围内, 发育一套黑色富含有机质泥岩, 局部夹粉砂岩, 厚度 60~ 90 m, 一般为“高阻泥岩”。在盆地的中心, 在其中部形成厚度 4~ 6 m 的黑色富含有机质泥页岩, 俗称“张家滩”页岩, 厚度 3~ 6 m, 测井曲线为高伽马、高电阻、高时差, 而在盆地的一些边缘地区, 过渡为泥岩或者泥岩和粉砂岩互层。
湖泛层 ㉖	长 4+ 5 中部	基本上在全盆地范围内, 发育一套比较细的浅灰色、灰色细砂岩和深灰色、灰黑色、灰色泥岩, 在陕北地区测井曲线上是典型的“细脖子”段, 其上部和下部分别为滨浅湖的滩砂或者小型的分流河道砂, 其最大厚度可以达到 40 m。GR 曲线呈平直状或齿状, 且值高。
湖泛层 ㉗	长 3 上部	主要在陕北地区发育一套暗色泥岩或者粉砂质泥岩, 并非都是分流河道间沼泽化的炭质泥岩, 有时被滩砂或者分流河道砂分割, 其厚度 20~ 30 m。GR 曲线呈齿状, 且值高。
湖泛层 v	长 2 上部	陕北地区的长 <sub>2</sub> <sup>1</sup> 是一套暗色湖相泥岩沉积, 其厚度 30~ 40 m, 但是在盆地的西部和西南部已经被剥蚀。GR 曲线呈齿状, 且值高。

将张家滩页岩底作为对比基准面的不确定性。通过湖泛层的对比发现, 由于打穿长 10 和长 9 的井不多, 发育在其中的湖泛层 iv、㉔无法对比和追踪, 湖泛层 ㉕、㉖在全盆地范围内基本上可以对比和追踪, 而湖泛层 ㉗、v 遭剥蚀而主要存在于盆地的东北部, 但在该区域是可以追踪和对比的 (图 3)。

### 3 湖水分布特征和演化规律

湖水深度和湖泛层沉积厚度成正比关系, 一般认

为湖泛层沉积厚度大于 30 m 则为深湖—半深湖沉积环境<sup>[5]</sup>。通过各期湖泛层厚度平面展布, 研究了与湖泛层 ㉕、㉖、㉗、v 相对应的长 7、长 4+ 5、长 3、长 2 期最大湖水分布特征和演化规律。

湖泛层 ㉕主要发育在长 7 中下部, 其最大厚度达到 60 m, 分布范围最广, 几乎覆盖了整个鄂尔多斯盆地。从该期湖泛层厚度分布图可以看出 (图 4), 长 7 期湖水总体呈北西—南东向分布, 在该期湖水面积达到最大, 几乎覆盖了整个鄂尔多斯盆地, 湖水以姬

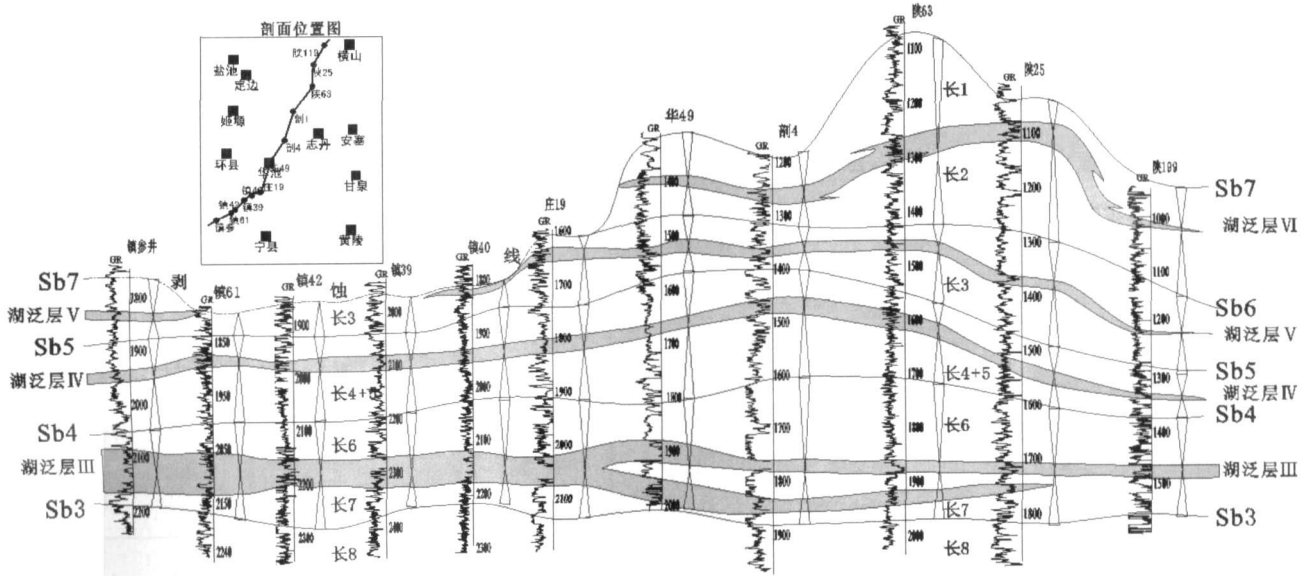


图 3 延长组各期湖泛层对比剖面

Fig 3 Comparison profile of each flooding layers in Yanchang Formation

塬—环县—华池—庆阳—正宁—宜君为轴线的不对称分布,在湖盆的北—东部—东部水浅,变化缓慢且分布范围广,而在湖盆的西北—西—西南部以及盐池—一定边地区水深变化快且分布面积小,深湖—半深湖分布在湖泛层厚度等值线值大于 30 m 的范围之内,而大面积的浅湖区主要分布在湖盆的东北部。同时,在湖盆的中部出现了以板桥—安置农场为界的华池—环县、正宁—黄陵两个水体最深区,说明湖盆底部形态具有半分隔性。

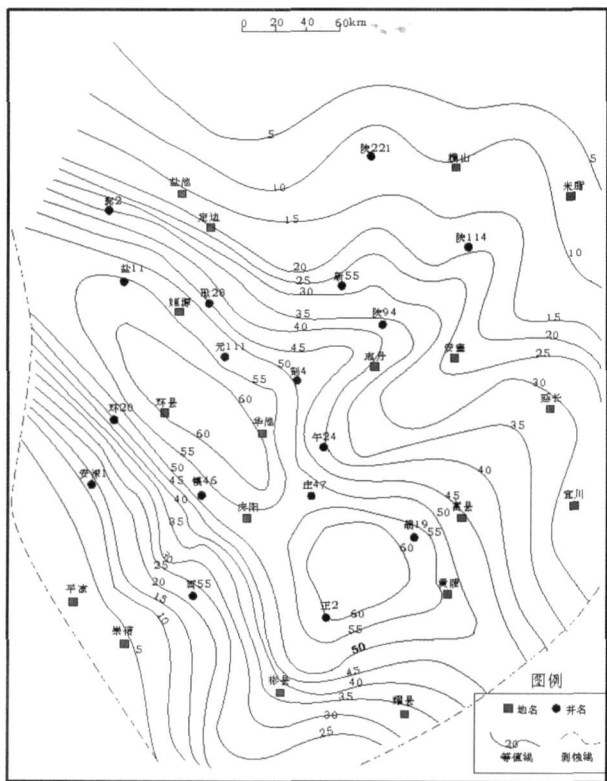


图 4 湖泛层 ④平面分布图

Fig 4 Plane distribution map of flooding layers ④

湖泛层 ⑤主要发育在长 4+5 的中部,相对湖泛层 ④其沉积厚度变薄,最大厚度降为 40 m。从该期湖泛层厚度分布特征来看(图 5),长 4+5 期湖水分布大体上继承了长 7 湖水分布特征,还是呈北西—南东向分布,分布范围相对长 7 期略有缩小且湖水进一步变浅。深湖—半深湖主要分布在环县—庆阳、姬塬—华池—黄陵的两个湖泛层厚度大于 30 m 的带上,同时在盆地东北部的志丹地区也出现了小面积的深湖—半深湖区。

湖泛层 ⑥主要分布在长 3 的中部,最大厚度达到 35 m。从该期湖泛层分布特征来看(图 6),该期湖水分布范围进一步缩小,水体进一步变浅,尤其是在湖

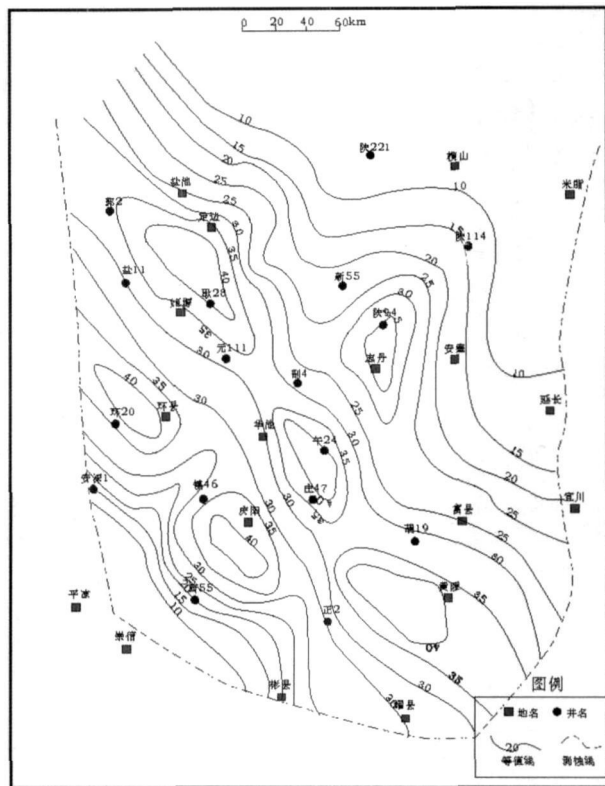


图 5 湖泛层 ⑤平面分布图

Fig. 5 Plane distribution map of flooding layers ⑤

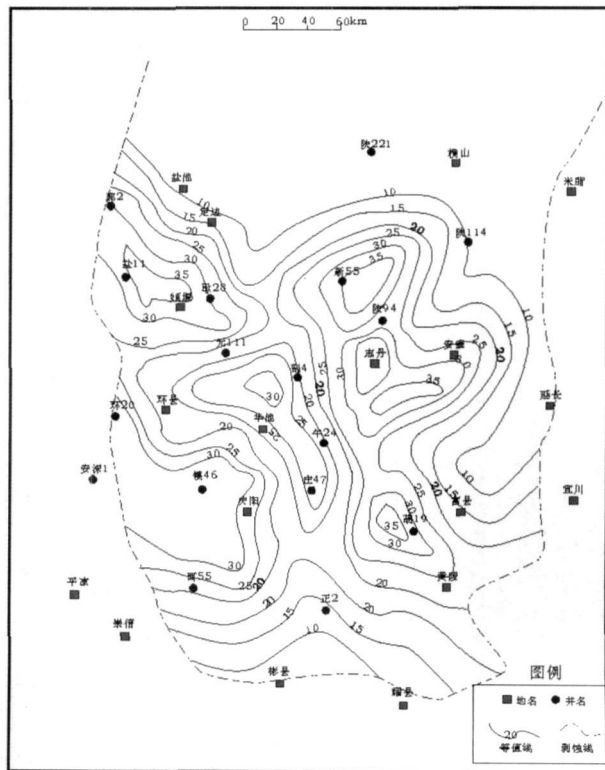


图 6 湖泛层 ⑥平面分布图

Fig. 6 Plane distribution map of flooding layers ⑥

盆的南部相对长 4+ 5 期湖水开始变浅, 而在盆地的东北部则开始变深。同时, 在盆地中部的元 111 井—华池—庄 47 井一带的浅湖区将湖盆的深水区分为三部分: 新 55 井—志丹—葫 19 井一带、姬塬地区以及庆阳以西地区。

湖泛层 v 主要发育于长 2 的顶部, 最大厚度达到 45 m, 在盆地的西—西南—南部的大部分被剥蚀掉。由于湖泛层被剥蚀, 湖水的整体分布不是很清楚, 从现存的湖泛层厚度分布图来看 (图 7), 湖盆内基本上被分隔为三个深水区: 新 55 井—陕 94 井—安塞一带出现了大面积的深水区, 并且一直延续到定边地区, 另外在姬塬、庄 47 井—正宁也出现小范围的深水区。

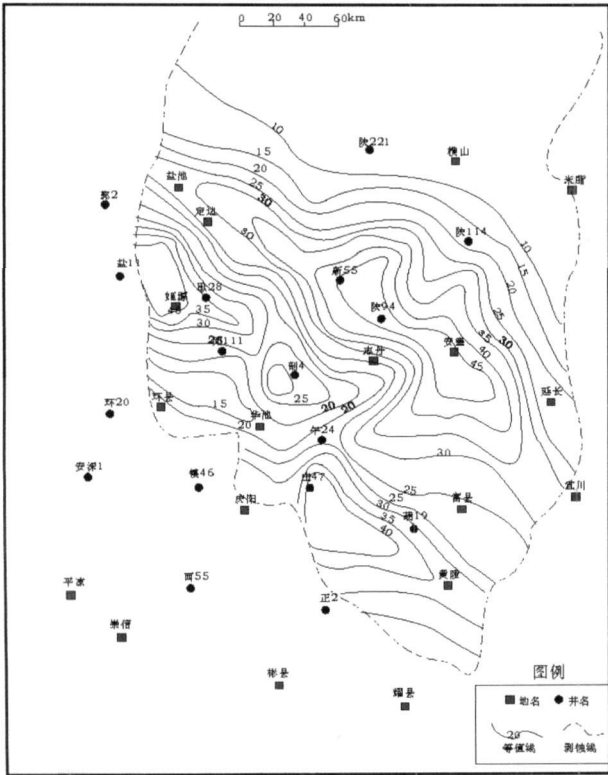


图 7 湖泛层 v 平面分布图

Fig 7 Plane distribution map of flooding layers v

从四期湖水分布来看, 长 7 期为延长湖鼎盛时期, 湖水分布最广、水体最深, 湖水分布面积几乎覆盖整个盆地, 湖盆从长 7 到长 2 期整体上湖水萎缩, 其中长 3 期湖水最浅、分布面积最小, 至长 2 期由于该期湖泛层在湖盆的西—西南—南部被剥蚀掉, 其湖水分布面积无法确定大小, 但是就湖水深度相对长 3 期而言有所加深, 至少在陕北地区存在此现象。同时, 长 7 期湖盆的深水区只有一个且最大, 而其它三期的深水区面积变小且出现了多个同时存在的现象。

#### 4 沉积洼陷分布和迁移

由于沉积时间是湖泛层沉积厚度主要决定因素, 所以越靠近湖盆中心其沉积厚度越厚且沉积物粒度越细, 在沉积洼陷区的水体一直保持较深, 接受沉积时间相对水体较浅的浅湖区要长, 进而湖泛层的沉积较厚, 因此, 可以利用湖泛层的沉积厚度中心分布特征来分析湖盆沉积洼陷的分布情况。从湖泛层 ④ ⑤ ⑥ ⑦ v 四期的主要沉积厚度中心分布图可以看出 (图 8): 长 7 期湖盆的沉积洼陷最深、最大, 整体上呈北西—南东方向分布; 长 4+ 5 期湖盆只存在一个沉积洼陷的景观消失, 出现了多个沉积洼陷同时存在, 主要位于姬塬—华池—黄陵以及环县—庆阳两条带上; 至长 3 期湖盆持续保持了姬塬地区、志丹地区、环 20 井—镇 46 井—庆阳地区以及葫 19 井区多个沉积洼陷区同时存在的现象; 长 2 期继承了长 3 期的湖盆沉积洼陷分布特征, 但在陕北地区的新 55 井—安塞地区的沉积洼陷变大且向东北部有所迁移, 而在其它地区的则变小或消失。从四期的沉积洼陷来看, 整体演化特征为: 从一个单一的沉积洼陷演变为多个沉积

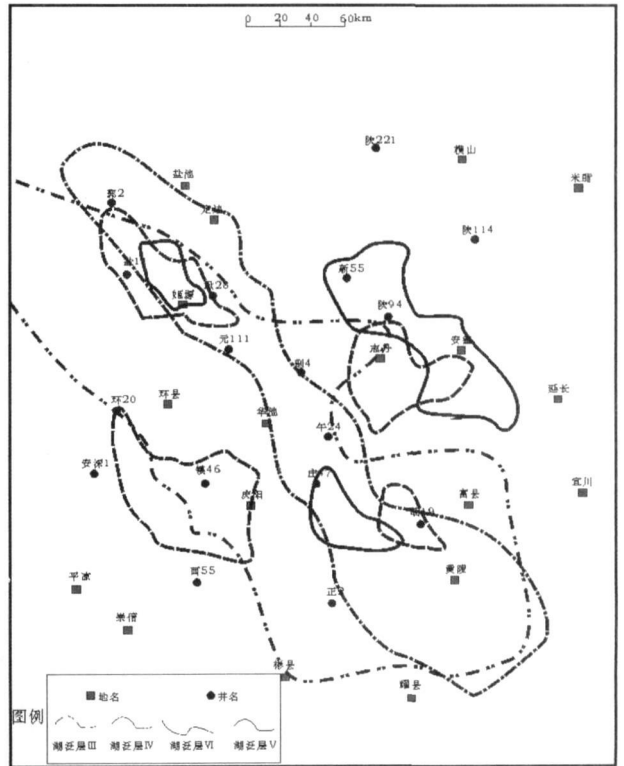


图 8 延长期湖泛层 ④ ⑤ ⑥ ⑦ v 沉积中心分布图

Fig 8 Distribution map of depositional center of flooding layers of ④ ⑤ ⑥ ⑦ v Yanchang Formation

洼陷同时存在,同时沉积洼陷不断变浅,且逐渐向湖盆东北部迁移和演化。

## 5 结论

(1) 运用湖泛层对延长湖长 7 长 4+ 5 长 3 长 2 四期的湖水分布特征和演化规律进行了研究。另外,对各期沉积洼陷的研究认为,在延长湖除长 7 外,存在多个沉积洼陷,且从长 7—长 2 整体上逐渐向湖盆东北部迁移。

(2) 研究表明,对于鄂尔多斯盆地延长组这种稳定的坳陷型湖盆,利用湖泛层研究其湖水分布特征的方法是合理的、有效的和可行的,但若某期湖泛层剥蚀严重,则该方法存在缺陷和不足。

致谢 该文是指导老师王多云项目成果的一部分,是在老师的悉心指导下完成的。同时,长庆油田的杨华教授以及付金华、席胜利、喻建、刘显阳、罗安湘、邓秀芹等专家提出了宝贵的建议,吕剑文、庞锦莲、李仕祥等也对本文给予了有益帮助,在此一并致谢!

## 参考文献 (References)

- 傅强,李益.鄂尔多斯盆地三叠系延长组长 8—长 7 油层组高分辨率层序地层格架及其地质意义 [J]. 现代地质, 2006, 22(4): 579-584 [Fu Qiang, Li Yi. The high-resolution sequence stratigraphy framework and its geological significance of Triassic Yanchang Formation ch8-ch7, Ordos Basin [J]. Geoscience, 2006, 22(4): 579-584]
- 王宏波,郑希民,冯明,等.鄂尔多斯盆地三叠系延长组层序地层与生储盖组合特征 [J]. 天然气地球科学, 2006, 17(5): 677-681 [Wang Hongbo, Zheng Xinmin, Feng Ming et al. Sequence stratigraphy and sources-reservoir-cap assemblages of Yanchang Formation in Ordos Basin [J]. Natural Gas Geoscience, 2006, 17(5): 677-681]
- 李凤杰,王多云,张庆龙.鄂尔多斯盆地陇东地区延长组沉积相特征与层序地层分析 [J]. 沉积学报, 2006, 24(4): 549-554 [Li Fengjie, Wang Duoyun, Zhang Qinglong. Sedimentary facies characteristics and sequence stratigraphy analysis of Yanchang Formation in Longdong area, Ordos Basin [J]. Acta Sedimentologica Sinica, 2006, 24(4): 549-554]
- 李树同,王多云,王彬,等.坳陷型湖盆缓坡边缘沉积坡折带的识别——鄂尔多斯盆地三叠纪延长组为例 [J]. 天然气地球科学, 2009, 待刊 [Li Shutong, Wang Duoyun, Wang Bin et al. Recognizing the sediment slope breaks in the margin of a downwarped lake basin's ramp belt as an example to Ordos Basin Triassic Yanchang Formation [J]. Natural Gas Geoscience, 2009, in press]
- 卢进才,李玉宏,魏仙祥,等.鄂尔多斯盆地三叠系延长组长 7 油层组油页岩沉积环境与资源潜力研究 [J]. 吉林大学学报 (地球科学版), 2006, 36(6): 928-932 [Lu Jincan, Li Yuyong, Wei Xianyang et al. Research on the depositional environment and resources potential of the oil shale in the Chang 7 member, Triassic Yanchang Formation in the Ordos Basin [J]. Journal of Jilin University (Earth Science Edition), 2006, 36(6): 928-932]
- 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): 426-434 [Ji Liming, Wu Tao, Li Lintao et al. Paleoclimatic characteristics during sedimentary period of main source rocks of Yanchang Formation (Triassic) in eastern Gansu [J]. Acta Sedimentologica Sinica, 2006, 24(3): 426-434]
- 马素萍,漆亚玲,张晓宝,等.西峰油田延长组烃源岩生烃潜力评价 [J]. 石油勘探与开发, 2005, 32(3): 51-54 [Ma Suping, Qi Yaling, Zhang Xiaobao et al. Geochemical characteristics and hydrocarbon generation potential of the source rocks Yanchang Formation Xifeng Oilfield, Ordos Basin, NW China [J]. Petroleum Exploration & Development, 2005, 32(3): 51-54]
- 张文正,杨华,李剑锋,等.论鄂尔多斯盆地长 7 段优质油源岩在低渗透油气成藏富集中的主导作用——强生排烃特征及机理分析 [J]. 石油勘探与开发, 2005, 33(3): 289-293 [Zhang Wenzheng, Yang Hua, Li Jianfeng et al. Leading effect of high-class source rock of Chang 7 in Ordos Basin on enrichment of low permeability oil-gas accumulation-hydrocarbon generation and expulsion mechanism [J]. Petroleum Exploration & Development, 2005, 33(3): 289-293]
- 胡受权,陈国能,王英民,等.图解及其沉积响应的计算机模拟 [J]. 石油与天然气地质, 1999, 20(1): 70-75 [Hu Shouquan, Chen Guoneng, Wang Yingmin et al. Fischer diagram and its computer simulation of sedimentary response [J]. Oil & Gas Geology, 1999, 20(1): 70-75]

# The Lake Distribution and Evolution Law of the Ordos Basin in Triassic Yanchang Period

LI Shu-tong<sup>1,3</sup> WANG Duo-yun<sup>2</sup> TAO Hu-fei<sup>1,3</sup> WANG Bin<sup>1,3</sup>  
HE Shan-bin<sup>4</sup> LUAN Qin<sup>4</sup> ZHU Xiao-yao<sup>4</sup>

(1 Key Laboratory of Gas Geochemistry, Lanzhou Oil and Gas Research Center, Institute of Geology and Geophysics

Chinese Academy of Sciences, Lanzhou 730000

2. College of Resources Science & Technology, Beijing Normal University, Beijing 100875

3. Graduate School, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049;

4. The Second Oil Production Plant of Changqing Oilfield Company, Qingyang Gansu 745100)

**Abstract** Fisher diagram used to get the Yanchang period accommodation changes, combining the data of outcrop core and logging in Yanchang group, we identified six period (iv, ⑦, ④, ⑤, ⑨, v) third-degree flooding layers and compared them. On this basis, we further studied the lake distribution and overall evolution of the flooding layers ④, ⑤, ⑨ and v, which are corresponding to Chang7, Chang4+5, Chang3 and Chang2 section. Finally through each flooding layer deposition center distribution characteristics, we discussed that the distribution and evolution issues of Yanchang lake basin's sedimentary depression, and believed that the Yanchang lake besides the Chang7 existed a big sedimentary depression, also there were more than one sedimentary depressions in other period, and the sedimentary depressions overall move to the north-east.

**Key words** Ordos Basin, flooding layers, the Yanchang lake, sedimentary depression