

文章编号: 1000-0747(2003)01-0112-03

东濮凹陷古近系的低位三角洲沉积

纪友亮¹, 冯建辉²

(1. 同济大学; 2. 中国石化中原油田分公司)

基金项目: “973” 基金资助项目 (G1999043304)

摘要: 在对东濮凹陷古近系盐岩成因重新认识的基础上, 发现了湖平面频繁变化的标志, 估算其湖平面变化频率为 1000 次/Ma。认为湖盆中央在高水位期深湖—半深湖相泥岩中发育有低位三角洲砂体, 其中所含的膏盐岩属于低位期蒸发成因的盐湖沉积。低位三角洲发育在主要物源区的前方, 处在深湖相泥岩包围之中, 相标志、相层序、相模式和砂体的展布特征有别于深水重力流沉积, 是重要的油气储集体。图 4 参 18

关键词: 低位三角洲; 湖平面变化; 相层序; 相标志; 相模式

中图分类号: TE122.3 文献标识码: A

东濮凹陷古近系的深湖—半深湖相泥岩和油页岩中含有大量砂岩体, 局部分布有膏盐岩(往往在盆地中心)。这些碎屑岩过去被解释为深水环境中的重力流沉积^[1-8], 膏盐岩被解释为深水成盐^[1], 即来自地壳的高浓度卤水沿大断裂上涌, 因密度差而聚集在低洼的深水区沉积成盐。但随着东濮凹陷勘探的深入, 在過去认为是深水重力流沉积的砂岩中发现了許多浅水的和牵引流的标志, 需要重新认识这类砂岩。

1 沙三段沉积期的湖平面变化

在重新研究东濮凹陷古近系盐岩成因的过程中, 除在盐岩中发现零散红层外, 还发现其垂向沉积序列与海水成因的蒸发盐相同, 据此认为东濮凹陷古近系盐岩是干旱蒸发成因; 根据东濮凹陷湖盆中部古近系深湖—半深湖相泥岩、油页岩与盐岩频繁互层^[1-3, 5, 9], 认为东濮凹陷古近系的深水和浅水环境也是频繁交替的。沙三段沉积期约 5 Ma, 盐岩累计厚度达 500m, 若单层盐岩的平均厚度按 0.1m 计算, 将每一单层盐岩的沉积作为一次湖平面下降的标志, 那么沙三段沉积期东濮凹陷湖平面的变化频率为 1000 次/Ma^[10]。在高位期, 湖盆边缘发育高位三角洲及扇三角洲等沉积, 而湖盆中央大部分地区发育浅湖、深湖、半深湖相泥岩及少量重力流砂岩、砂砾岩沉积。在低位期, 岸线退缩到湖盆中央, 在高位期沉积的背景上, 沿低位岸线发育低位三角洲砂体。若由于干旱水位继续下降, 则在湖盆中心沉积干盐湖相盐岩。因此, 低位三角洲砂体沿盐湖周围分布, 且与盐岩呈互为消长关系。湖盆中央绝大部分砂体是浅水牵引流成因的低位三角洲砂体, 往往分布在主要物源的前方, 即高位三角洲或扇三角洲的前方。

2 低位三角洲沉积的相标志

低位三角洲沉积特有的相标志为:

①岩石类型主要为粉砂岩、细砂岩或含砾砂岩, 成分成熟度较高, 分选及磨圆度均较好。

②主要发育块状构造、板状交错层理、槽状交错层理、波状层理、小型包卷层理等。由于岩心直径有限, 板状交错层理往往被误认为是平行层理, 因此以前常被当作是鲍玛序列中的 BBB 序, 被视为重力流标志。

③粒度分布具有明显的牵引流特征, 在概率图上表现为两段式(跳跃总体段和悬浮总体段)或三段式(滚动总体段、跳跃总体段和悬浮总体段)。

④砂岩中所含的暗色泥岩“撕裂屑”有一定程度的磨圆(见图 1a), 无压实变形和“火焰构造”, 表明其在再沉积前是已固结或半固结的泥岩(至少是暴露地表被晒干的湖底泥), 而不是湖底软泥。这种特征只有经过河流的侵蚀(形成切蚀谷)、磨圆、再沉积才能形成,

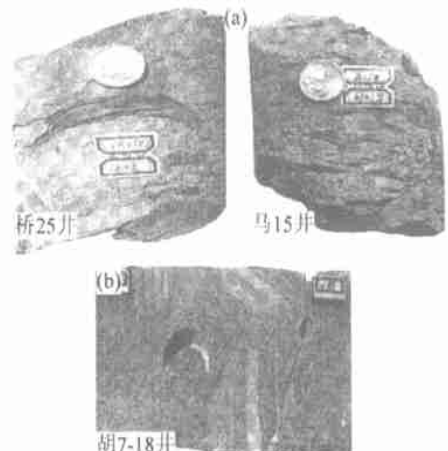


图 1 块状砂岩中的内碎屑

而这种形成条件只有在湖平面下降期才具备。

⑤块状砂岩中含的“同生砂岩角砾”棱角很明显(见图1b),说明没有经过长途搬运,是近源甚至就地沉积。另外,“同生砂岩角砾”有明显层理,松软程度与块状砂岩相差无几,“砂粒”成分与块状砂岩的“砂粒”成分相同,说明“原岩”沉积慢,即是被河流带来的砂质沉积物在三角洲处缓慢沉积而成;而含“同生砂岩角砾”的砂岩呈块状,说明沉积物供应快、沉积快,即块状砂岩是已沉积的高位三角洲或滩坝砂岩在湖平面下降过程中被二次侵蚀,然后再次快速沉积。

⑥测井曲线在暗色泥岩平直基线的背景上,间有齿化箱形、齿化钟形、齿化指形曲线,构成厚度不一的频繁交替的正韵律(见图2)。

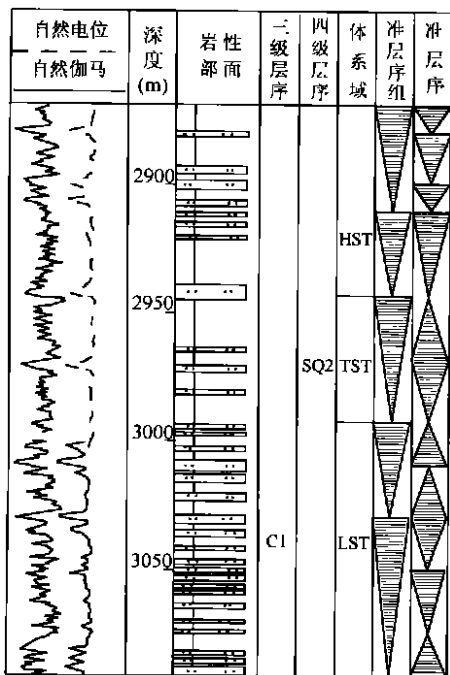


图2 低位三角洲层序特征及测井曲线特征

⑦低位三角洲砂体在地震相平面图上呈扇形,在地震剖面上多出现在断距较大的断层下降盘一侧,呈“短楔形”外形,三角洲前缘部位呈锯齿状,内部为叠瓦-短波状结构(见图3),缺少长期稳定水体条件下形成的前积反射结构。在联络测线地震剖面上,于低位三角洲上游方向往往能较清楚地发现一系列下切谷。

3 相层序

在水体稳定的条件下,三角洲从湖盆边缘向中央连续进积,垂向上发育完整的三角洲沉积层序,其下部为前三角洲微相的泥岩沉积,中部为三角洲前缘微相的分流河道砂岩与支流间湾微相的泥岩互层,上部为三角洲平原微相的分流河道砂岩和沼泽泥岩。这种相序的变化是连续的,符合沃尔索相律。

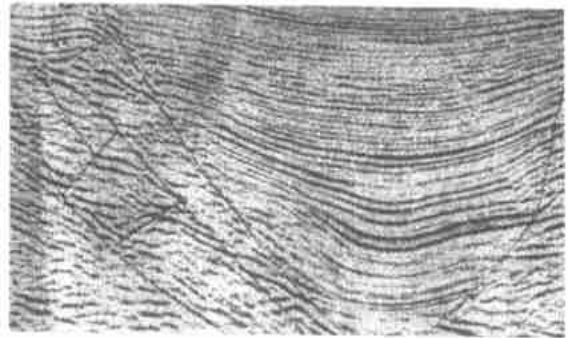


图3 邢庄低位三角洲地震剖面(INLINE1379 测线)

东濮凹陷古近纪湖平面变化频繁,发育低位三角洲的部位水体更不稳定,因此低位三角洲缺少完整的三角洲沉积层序,高频层序出现相序的不连续和跳跃。在多数钻井剖面上,低位三角洲主要由薄层的深灰色、灰褐色泥质粉砂岩、粉砂岩、细砂岩和深灰色泥岩组成的韵律,垂向层序为浅湖-前三角洲泥岩与三角洲前缘砂岩互层,缺少平原亚相(见图2)。

4 相模式与低位砂体预测

在早期建立的东濮凹陷沙三段湖盆沉积模式(见图4a)中,湖盆边缘发育三角洲或扇三角洲沉积,湖底的砂岩被解释为深水重力流沉积,湖底的盐岩被解释为来自地壳的卤水因与湖水之间存在密度差而聚集在低洼处(深湖区)沉淀。之所以建立这样的模式,是因为几乎没人怀疑或敢怀疑深水相的黑色泥岩、油页岩会曾经暴露地表,同时人们习惯地相信,蒸发岩与红色泥岩共生,而不是与暗色泥岩共生。因此,“暗色泥岩”既成为被其所夹的碎屑岩为“深水重力流沉积”的直接证据,也成为被其所夹盐岩为“深水成盐”的直接证据。

本文根据湖平面频繁变化的原理建立了动态沉积模式(见图4b),将与深湖相泥岩互层的有明显牵引流标志的砂岩解释为低位期的三角洲沉积,湖底的盐岩解释为低位期的干盐湖沉积。在湖盆的高水位期,发育高位三角洲、扇三角洲、浅湖、深湖、半深湖相及少量重力流水道沉积,三角洲及扇三角洲分布在湖盆的边缘,而湖泊中部区发育深湖、半深湖相泥岩。随着气候变干旱及河水注入的减少,湖平面下降,湖泊缩小,早期沉积物遭受剥蚀,被搬运和再沉积。在湖平面退缩过程中,湖盆的西侧缓坡和东侧陡坡均有生长断层活动,湖盆内也存在构造挠曲,只要处于主要物源方向,就会沉积较厚的低位三角洲砂体,当湖水浓缩到一定程度时,湖盆中心则形成盐岩。因此,在低位期发育低位三角洲、低位滩坝及盐湖沉积,砂体发育在湖盆中心,沿盐湖周围分布,其位置处在主要物源与沉积中心的连线方向。

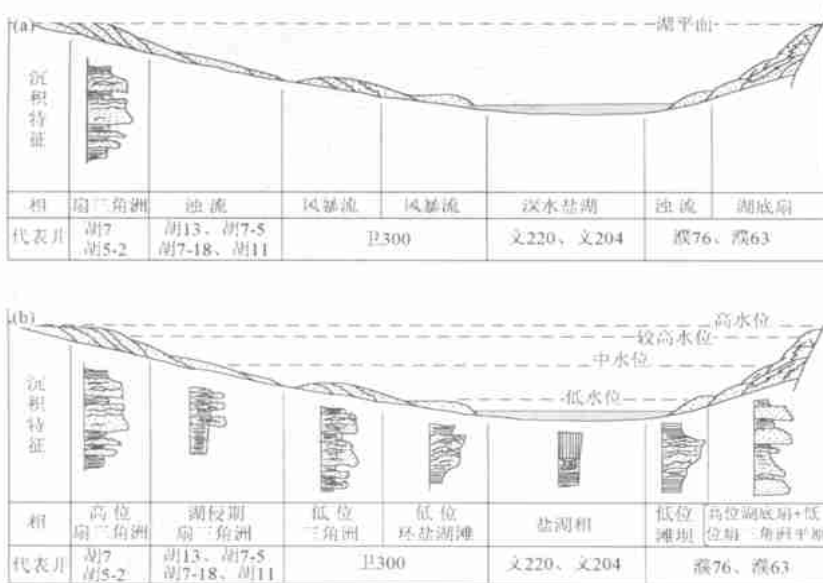


图4 东濮凹陷沙三段沉积期湖盆沉积模式图

用上述两种不同的沉积模式预测砂体分布^[11-18], 其结果不同。第一种模式, 深水重力流砂体可以与岩盐互层, 而到哪里去寻找重力流砂体, 影响因素较多。第二种模式, 低位三角洲砂体与低位干盐湖的盐岩呈消长关系, 只要确定了干盐湖的岸线, 在岸线周围的主要物源方向就应该存在较大的低位三角洲砂体。

5 结论

东濮凹陷沙三段沉积期湖平面变化频繁, 湖平面变化频率约为 1000 次/Ma。高水位期, 湖盆边缘发育高位三角洲及扇三角洲等沉积, 中部发育浅湖、深湖、半深湖相泥岩及少量重力流砂岩及砂砾岩。低水位期岸线退缩到盆地中央, 高位期沉积的背景上, 沿低位岸线发育低位三角洲砂体, 其位置在主要物源区的前方, 断阶带的断层下降盘, 甚至在湖盆的中心地带。

在任何湖盆的发展过程中, 湖平面不可能静止不动。本文按湖平面变化的观点建立动态沉积模式, 为东濮凹陷沙三段岩性圈闭的勘探提供了新思路。

参考文献:

- [1] 金强, 黄醒汉. 东濮凹陷下第三系深水成盐模式[J]. 华东石油学院学报, 1985, 9(1): 1-14.
- [2] 陈发亮, 等. 东濮凹陷下第三系沙河街组层序地层划分及岩盐成因探讨[J]. 沉积学报, 2000, 18(3): 384-388.
- [3] 赵鑫林, 刘孟慧. 东濮凹陷下第三系砂体微相和成岩作用[M]. 东营: 华东石油学院出版社, 1988.
- [4] 李任伟, 辛茂安. 东濮盆地沉积岩的成因[J]. 沉积学报, 1989, 7(4): 141-147.
- [5] 赵鑫林, 刘孟慧, 丁贵春. 东濮凹陷下第三系沙三段重力流沉积碎屑岩沉积相研究[M]. 北京: 石油工业出版社, 1988.

- [6] 刘孟慧, 等. 东濮凹陷文留地区盐下含气层系的储层特征[J]. 华东石油学院学报, 1986, 10(2): 1-6.
- [7] 赵鑫林, 姜在兴, 刘孟慧. 东濮凹陷西部下第三系的遗迹相[J]. 石油大学学报, 1989, 13(1): 1-7.
- [8] 赵鑫林, 吴崇筠. 油区岩相古地理[M]. 北京: 石油工业出版社, 1989.
- [9] 闫东育, 张同兴, 黄国平, 等. 东濮凹陷盐丘浅析[J]. 石油勘探与开发, 2001, 28(6): 99-100.
- [10] 纪友亮, 等. 东濮凹陷沙三段高频湖平面变化[J]. 高校地质, 2002.
- [11] 顾家裕. 陆相湖盆层序地层学模式[J]. 石油勘探与开发, 1995, 22(4): 12-17.
- [12] 纪友亮, 张世奇. 陆相断陷湖盆层序地层学[M]. 北京: 石油工业出版社, 1996. 12.
- [13] 纪友亮, 张世奇, 李红南. 东营凹陷下第三系陆相盆地层序地层学研究[J]. 地质论评, 1994, 40(增刊): 97-105.
- [14] 宋国奇. 济阳坳陷下第三系湖相沉积的层序地层学分析[J]. 现代地质, 1993, 7(1): 16-21.
- [15] 熊继辉, 贾承造, 王毅, 等. 层序地层学及其在塔里木盆地石炭系研究中的应用[M]. 北京: 石油工业出版社, 1996. 12.
- [16] 熊继辉, 姜在兴, 纪友亮. 层序地层学译文专辑[J]. 世界石油科学, 1992, 48(增刊).
- [17] 张世奇, 纪友亮. 陆相断陷湖盆层序地层学模式探讨[J]. 石油勘探与开发, 1996, 23(5): 23-28.
- [18] 张世奇, 纪友亮. 东营凹陷下第三系湖相密集段特征[J]. 石油大学学报, 1997, 21(2): 4-8.

第一作者简介: 纪友亮(1962-), 男, 山东博兴人, 同济大学教授, 博士生导师, 现从事沉积和层序地层学的教学和科研工作。地址: 上海市四平路 1239 号同济大学海洋与地球科学学院, 邮政编码: 200092。

收稿日期: 2002-04-03

(编辑、绘图 李建国)

Lowstand delta sedimentary of Paleogene in Dongpu sag

Ji You-liang¹, FENG Jian-hui² (1. Tongji University Shanghai 200092, P. R. China; 2. Zhongyuan Oil Field, Sinopec, Henan 457001, P. R. China)

Abstract: On the basis of restudy of the origin of halite in Paleogene of Dongpu depression, it was found that the lake level fluctuate frequently during the sedimentation of 3rd member of Shahejie Formation, and the fluctuation frequency is 1000 times per Ma. This article thinks that sandbodies in shale and oil shale of semi-deep lake-deep lake facies in the basin center of Paleogene in Dongpu depression are lowstand delta sandbodies and that gypsum and halite (often in the center of the basin) is playa lake sediment in low-stand stage. This article also summarizes facies mark, facies sequence, facies model and sandbody spreading character of lowstand delta.

Key words: lowstand delta; change of lake level; facies sequence; facies mark; facies model