

文章编号: 1001- 6112(2005)04- 0360- 05

# 断陷湖盆层序演化对储集体 成因类型及构型的控制

赖生华<sup>1,2</sup>, 麻建明<sup>2</sup>, 孙来喜<sup>1</sup>

(1. 西南石油学院 油气藏地质及开发工程国家重点实验室, 四川 南充 637001;

2. 中国石化 南方勘探开发公司 勘探开发研究院, 昆明 650200)

摘要: 断陷湖盆中层序发育、演化取决于相对湖平面(可容空间)的变化和沉积物供给。相对湖平面上升时, 湖浪能量增加, 湖水向物源方向推进, 形成水进型扇三角洲, 水进滩坝和滑塌型浊积岩体较发育; 相对湖平面下降时, 湖水活动急剧减弱, 河流能量增强, 形成水退型扇三角洲, 分流河道砂、砾岩体最为发育, 同时也可形成高位滩坝砂、砾岩体和洪水型浊积岩体。在层序不同演化阶段, 沉积环境的水动力能量状况有所不同, 所形成的砂、砾岩体在平面上的构型有较大差异。

关键词: 构型; 层序演化; 储集体; 断陷湖盆; 辽河盆地

中图分类号: TE122. 2

文献标识码: A

断陷湖盆中层序发育、演化取决于相对湖平面(可容空间)的变化和沉积物供给。沉积物供给、河流和湖水能量控制了湖成砂、砾岩体的成因类型<sup>[1-3]</sup>。

Gibbons 认为河流、湖水能量和沉积物供给变化与相对湖平面上升和下降有关<sup>[4]</sup>。相对湖平面上升, 湖浪能量增加, 湖水向物源方向推进。反之, 相对湖平面下降, 湖水活动急剧减弱, 相应地河流能量增强。现代湖相研究也表明, 相对湖平面上升, 在岩石中常留下波浪作用的证据; 相对湖平面下降期, 河道向湖心延伸更远, 河道充填沉积特别发育。

在层序演化不同阶段, 沉积环境的水动力能量状况有所不同, 所形成的砂、砾岩体在平面上的构型有较大差异。Normark 在 Santa Monica 海相盆地中的研究表明, 海平面升降控制了海底扇的结构特征和构型<sup>[5]</sup>。因此, 不同层序阶段沉积的砂、砾岩体在平面上具有不同的构型特征。本文根据冷家油田 60 余口井沙三段砂、砾岩厚度资料研究了层序演化对砂砾岩体构型的控制作用。

为辽东台隆, 西靠燕山台褶带, 北邻内蒙古地轴东段和松辽盆地。它由西部凹陷、东部凹陷、大民屯凹陷、沈北凹陷和中央凸起、西部凸起、东部凸起等次级构造单元组成。冷家油田位于辽河盆地西部凹陷, 为东陡西缓的箕状洼陷(图 1)<sup>[6,7]</sup>。

该盆地从晚侏罗世开始发育, 一直持续到现在,

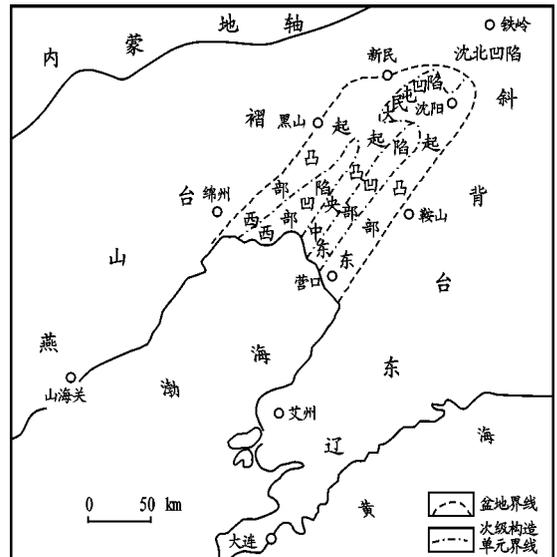


图 1 辽河盆地大地构造位置及次级构造单元<sup>[6]</sup>

Fig.1 Egotectonics location and secondary structural element of the Liaohe Basin

## 1 地质概况

辽河盆地是渤海裂谷系的一个分支<sup>[6]</sup>。其东界

收稿日期: 2004- 04- 21; 修订日期: 2005- 06- 15。

作者简介: 赖生华(1966—), 男(汉族), 重庆人, 博士, 高级工程师, 主要从事层序地层学及储层评价研究。

基金项目: 油气藏地质及开发工程国家重点实验室资助项目(PLN0404)。

但主要活动时期在早第三纪。早中侏罗世末期, 辽河盆地所在区域形成 NE 向地幔隆起带, 产生 NW—SE 方向的拉张应力, 形成 NW 向和 NE 向 2 组断裂系统, 为裂谷盆地的孕育阶段。早第三纪时期, 辽河盆地进入裂陷阶段, 经历了沙四—沙三, 沙二—沙一及东营 2 期构造旋回。此时期, NE 向断裂日趋活跃, 使该区成为具有三凸四凹, 由断裂控制的裂谷断陷盆地。渐新世晚期, NW—SE 向拉张应力场逐渐松弛, 形成 EW 向断裂系统。晚第三纪以来, 辽河盆地构造活动微弱, 盆地进入萎缩阶段。

冷家油田内沙三段厚 1 000~ 1 800 m, 与下伏沙四段呈整合接触, 自下而上划分为 5 个层序: 即 I, II, III, IV, V。每个层序均由水进体系域和高水位体系域组成, 主要岩性为砂砾岩、砂岩和泥岩<sup>[8]</sup>。砾石成分以混合花岗岩、酸性喷出岩和石英岩变余砂岩为主。砾石磨圆度差, 多数为棱角状和次棱角—圆状。垂向上砂岩厚度远远大于泥岩厚度, 砂地比高, 均在 60% 以上。成分成熟度低, 主要成分为长石、石英及岩屑。填隙物由泥质杂基和胶结物(包括方解石、自生高岭石、菱铁矿、铁白云石等)组成, 以方解石为主, 含量高达 10%。岩石颗粒以点接触为主, 在基质较重的岩石中呈悬浮状态。主要胶结类型为孔隙式和接触—孔隙式及基底式。

沙三早期, 块断运动强烈, 湖盆水体较深, 主要发育扇三角洲及盆底扇<sup>[9, 10]</sup>, 形成隐蔽圈闭<sup>[11-13]</sup>。沙三后期, 盆地构造活动减弱, 主要为湖泊沉积体系。

## 2 层序发育与储集体成因类型

本文以冷家油田沙三段层序为例, 阐明层序发育与不同成因类型砂、砾岩体的关系(图 2)。

在水进体系域时期, 相对湖平面快速上升, 湖水能量极大增加。辫状分流河道向湖盆延伸不远, 大

量粗粒物质堆积在岸线附近。随着湖面不断扩张, 在湖泊沿岸带形成向上变细的水进型扇三角洲。扇三角洲前缘辫状分流河道频繁迁移, 迅速分叉, 河道砂、砾岩体延伸距离较短。在浪基面以上的区域, 湖水冲刷、侵蚀能力不断加强, 分流河道沉积物被湖水再改造, 大量细粒物质向湖方向搬运。伴随着沉积物不断供给和河流不断迁移, 在分流河道前缘或侧缘河口处形成大面积较厚砂岩、含砾(泥)砂岩及含砂(泥)砾岩为主的水进滩坝体系。剖面上常形成反韵律结构。可见典型的由波流浪作用形成的浪成交错层理。

冀中地区第三系研究表明, 浊流主要形成于断陷湖盆深水期。云南抚仙湖等现代湖泊调查证实, 浊流沉积主要发育于水进期。在水进期, 扇三角洲不断向陆迁移, 扇三角洲前缘斜坡超过安定角而产生重力滑塌。滑塌物质与水混合形成高密度重力流, 向湖心流动, 与水体进一步混合转化为低密度浊流。浊流携带大量碎屑物质卸载于湖泊深水区, 形成滑塌型浊积体。主要岩性为大段灰—深灰色泥岩夹薄层粉砂岩、砾质含泥砂岩及含砂(泥)砾岩。砾石圆度极好。滑塌型浊积岩中发育滑塌变形构造, 滑塌截切构造, 可见碳化植物茎(图 3)。

在高水位时期, 特别是晚期, 相对湖平面不断下降, 湖面不断萎缩, 湖水能量降低, 与此同时, 河流能量增强, 进一步向湖心延伸, 形成向上变粗的进积型扇三角洲。由于河道迁移, 河道砂、砾岩体在侧向上不断拼合, 在垂向上多期叠置, 常叠覆成数十米、甚至上百米厚的河道充填沉积。主要岩石类型为分选差—较差、次棱角状的含砾(泥)砂岩、含砂(泥)砾岩、砾岩及少量砂岩。支撑类型主要为颗粒支撑。板状交错层理较发育, 局部见砾石定向排列。洪水期, 携带大量碎屑物的河流进一步向湖盆延伸, 在河口处由于湖水的消能作用而发生沉积, 形成高水位

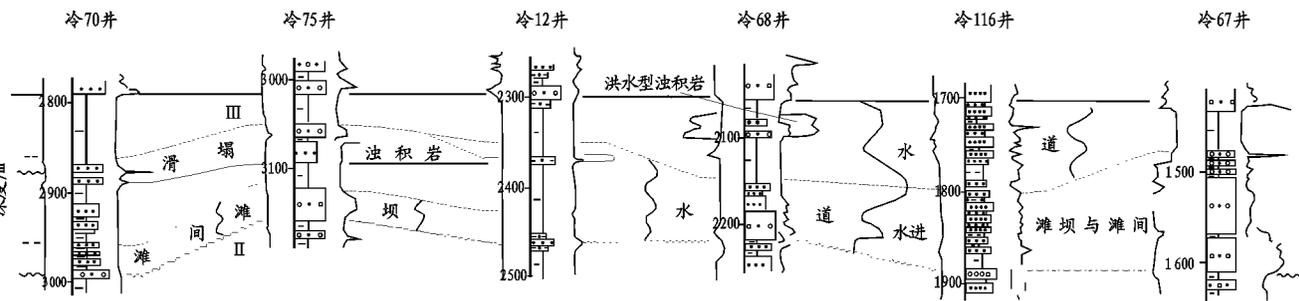


图 2 辽河盆地冷 70 井—冷 67 井沙三段层序砂砾岩体成因类型

Fig. 2 Genetic type of sandstone and conglomerate body in the third member of Shahejie Formation from well L70 to well L67 in the Liaohe Basin

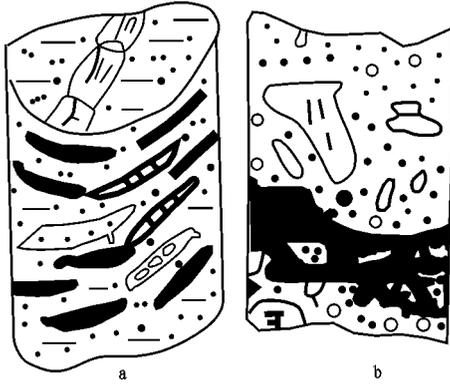


图 3 辽河盆地滑塌型浊积岩中的植物茎、滑塌截切构造

a. 植物茎(冷 75 井); b. 滑塌截切构造(冷 83 井)  
Fig.3 Plant stem and slump p structure in slumped turbidite, the Liaohe Basin

北扇三角洲沿水下高地两侧呈舌形向湖心延伸。扇三角洲前缘辫状分流河道不断分叉、迁移、改道。河道充填砂、砾岩体在纵向上不断叠置,侧向上不断拼合。南部扇三角洲前缘辫状分流河道带砂、砾岩体以 L114 井、L11 井最厚,超过 90 m;而北部辫状分流河道带砂、砾岩体厚 50~140 m,于 L38 井增至 140 m。相比之下,扇三角洲前缘滩坝砂、砾岩体厚度减薄,一般为 50~70 m(图 5a)。

高水位体系域时期,南、北扇三角洲发育程度有较大差异。南部扇三角洲夹于两水下高地之间,略呈宽缓舌形,辫状河道砂、砾岩体厚度 60~180 m,靠近断层边缘的 L47 井、L115 井砂、砾岩体累计厚度超过 140 m。向湖方向,滩坝砂、砾岩体逐渐减薄,多数区域为 20~85 m。前缘席状砂砾岩厚度薄,一般为 20 m 左右。而北部扇三角洲沿断层上盘低洼带前积,受前方水下高地阻挡而呈楔形。辫状分流河道砂、砾岩体厚度为 40~200 m。洪水期河道冲裂,在 L92 井附近形成厚度超过 320 m 的砂、砾岩体。毗邻水下高地的滩坝及 L75 井附近的盆底扇砂、砾岩体明显薄于河道砂、砾岩体,厚度为 40 m 左右(图 5b)。

层序水进时期,南部扇三角洲呈舌状分布,辫状分流河道砂、砾岩体最厚超过 110 m,一般为 70~90 m;而滩坝砂、砾岩体厚度多数小于 70 m。北部扇三角洲辫状分流河道沿断槽流动,频繁迁移(图 5c)。

高水位体系域发育阶段,南部扇三角洲在平面上虽然也呈舌状分布,但其厚度分布与水进时期差异明显。辫状分流河道砂、砾岩体累计厚度不超过 90 m;而滩坝砂、砾岩体在 L145 井附近超过 150 m,一般为 70~130 m。北部扇三角洲辫状分流河道带十分发育,分布范围广。在河道带分布区域,砂、砾岩体厚度多数介于 70~90 m,但在 L38 井、L93 井接近 200 m。与之相比,滩沉积规模较小,砂、砾岩体厚度 70 m 左右(图 5d)。

层序水进阶段,南部水下断槽充填呈条带状展布,砂、砾岩体厚度 40~120 m。北部扇三角洲在平面上呈舌形,以 L92 井为中心,辫状分流河道砂、砾岩体厚度向四周变薄,即从 170 m 降至 50 m。滩坝砂、砾岩体进一步减薄,不足 50 m。盆底扇分布在 L71 井周围,累计砂、砾岩厚度一般为 40~60 m(图 5e)。

高水位体系域发育时期,扇三角洲砂、砾岩体东厚西薄,从 160 m 逐渐减薄至不足 60 m。此扇三角洲平面上呈由北向西延伸的舌状体(图 5f)。

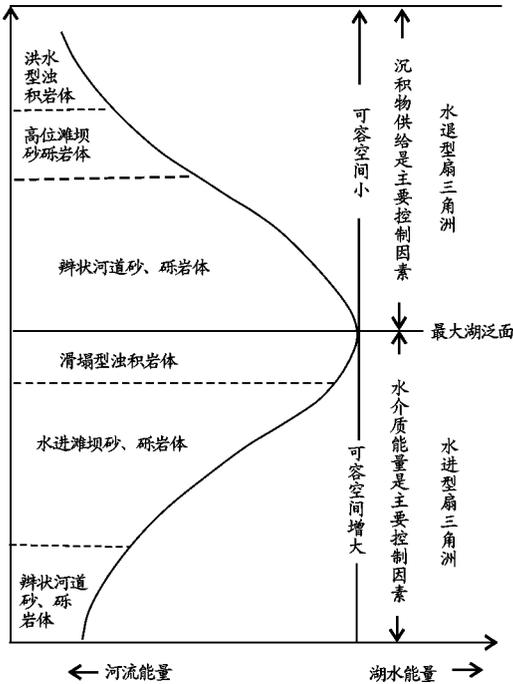


图 4 辽河盆地层序发育与砂砾岩体成因类型模式

Fig.4 Mode of genetic type of sandstone and conglomerate in sequence, the Liaohe Basin

滩坝体系;在深湖区,甚至形成洪水型油积岩。

高水位滩坝和水进滩坝在岩石学上的主要区别在于:前者与河道充填沉积近似,显示出向上变细的韵律特征,但整体上岩石颗粒更细,并且波浪作用特征不明显,砂砾岩体平行于滨线分布;而后者为向上变粗序列,分选变好,浪成交错层理较发育。

层序发育与砂、砾岩体成因类型模式见图 4。

### 3 各层序砂、砾岩体构型特征

工区内沙三段 层序水进体系域发育阶段,南、

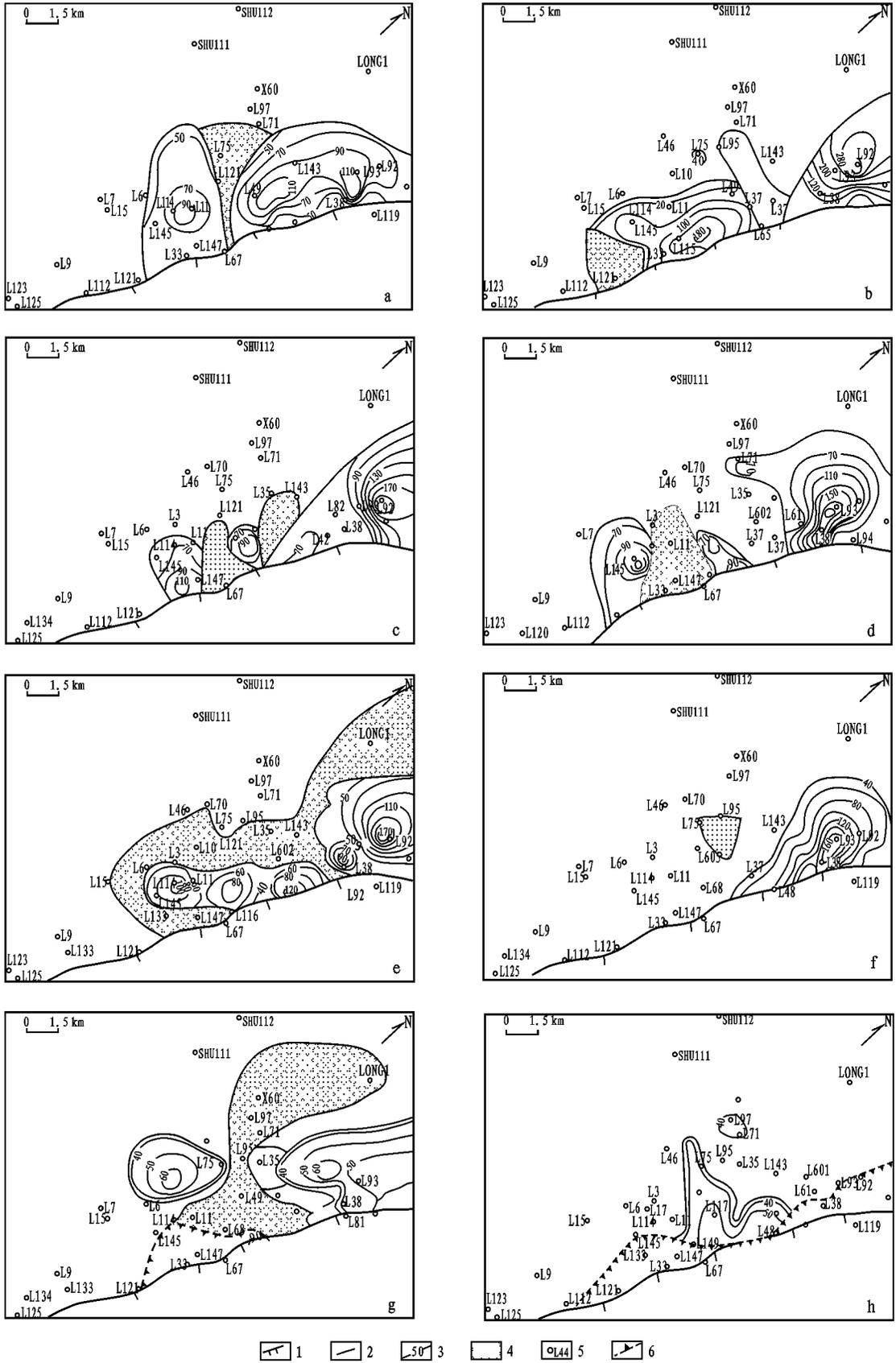


图 5 辽河盆地 - 层序砂、砾岩厚度平面分布图  
 a. 水进体系域; b. 高水位体系域; c. 水进体系域; d. 高水位体系域;  
 e. 水进体系域; f. 高水位体系域; g. 水进体系域; h. 高水位体系域  
 1. 边界正断层; 2. 扇体边界; 3. 等值线/m; 4. 水下高地; 5. 已钻井; 6. 地层缺失线

Fig. 5 Distribution of thickness of sandstone and conglomerate in the 2nd- 5th sequences, the Liaohe Basin

层序水进时期,三角洲在平面上也呈舌形,而盆底扇则表现为卵形。二者沉积的砂、砾岩厚度一般为 40~60 m,但滩坝砂、砾岩厚度不足 40 m(图 5g)。

高水位体系域时期形成的扇三角洲在工区范围内仅见滩坝沉积,在平面上呈鸟足状分布,东厚西薄,砂、砾岩厚度从 60 m 降至 40 m。L97 井、L71 井区见盆底扇沉积,砂、砾岩累计厚度 40~50 m(图 5h)。

## 4 结论

相对湖平面的变化控制了砂、砾岩体的类型。在水进期,湖水能量强,形成水进型扇三角洲,水进滩坝和滑塌型浊积岩体较发育;高水位体系域时期,河流能量增强,形成水退型扇三角洲,分流河道砂、砾岩体最为发育,同时也可形成高位滩坝砂、砾岩体和洪水型浊积岩体。

在层序发育、演化的不同时期,沉积环境具有不同的水动力状况、古地理格局。因此,不同体系域中发育的砂、砾岩体在平面上的分布形态及厚度变化特征各具特色。但总体看来,工区内沙三段各体系域砂、砾岩体在平面上多呈舌形或扇形,次为楔形、卵形,而厚度差异较大。

### 参考文献

1 吴崇筠. 构造湖盆三角洲与油气分布[J]. 沉积学报, 1983, 1(1):

5~26

- 2 吴崇筠. 湖盆砂体类型[J]. 沉积学报, 1986, 4(4): 1~27
- 3 吴崇筠. 对国外浊流沉积和扇三角洲沉积研究的评述[A]. 见: 浊流沉积和扇三角洲译文集[C]. 北京: 石油工业出版社, 1986
- 4 Gibbons K. Sequence architecture, facies development and carbonate-cemented horizons in the Troll Field reservoir, Offshore Norway[A]. In: Ashton M, ed. Advances in reservoir geology [M]. London: Geological Society Special Publication, 1993
- 5 Normark W R, Piper D J W, Hiscott R N. Sea level controls on the textural characteristics and depositional architecture of the Hueneme and associated submarine fan systems, Santa Monica Basin, California[J]. Sedimentology, 1998, 45(1): 53~70
- 6 李应暹. 辽河裂谷渐新世初期的扇三角洲[J]. 石油勘探与开发, 1995, 22(4): 53~60
- 7 陈振岩. 辽河盆地新生代断裂与油气关系[J]. 石油实验地质, 2002, 24(5): 407~412
- 8 董春梅. 储集砂砾岩体成因、分布规律及形成条件探讨——以辽河西部凹陷高升油田高二、三区为例[J]. 石油实验地质, 1996, 18(3): 289~297
- 9 丘东洲. 陆盆扇体沉积的形成机制及其油气意义[A]. 见: 第十四届国际沉积学会议论文集[C]. 北京: 石油工业出版社, 1990
- 10 赖生华. 辽河盆地冷家油田沙三段沉积体系[J]. 石油实验地质, 2004, 26(5): 469~473
- 11 陈景达. 块断运动与隐蔽圈闭——以辽河西部凹陷为例[J]. 石油实验地质, 1982, 4(4): 254~261
- 12 于兴河. 辽河油田东、西部凹陷深层沙河街组成岩演化规律[J]. 石油实验地质, 1999, 21(4): 291~296
- 13 方世虎. 辽河滩海地区西部凹陷成藏条件与成藏模式[J]. 石油实验地质, 2004, 26(3): 223~228

## SEQUENCE CONTROL ON TYPE AND ARCHITECTURE OF RESERVOIR BODY IN RIFT-SUBSIDENCE LAKE BASIN

Lai Shenghua<sup>1,2</sup>, Ma Jianming<sup>2</sup>, Sun Laixi<sup>1</sup>

(1. State Key Laboratory of Oil and Gas Reservoir Geology and Exploitation, Petroleum Institute of Southwest, Nanchong, Sichuan 637001, China; 2. Research Institute of Petroleum Exploration and Production, Southern Branch, SINOPEC, Kunming, Yunnan 650200, China)

**Abstract:** Sequence development and evolution are determined by relative lake level (accommodation) change and sediment delivery in rift-subsidence lake basin. When relative lake level rises, wave energy increases, lake water prograds toward source area, lake-transgression beach and bar and slumped turbidite increases and lake-transgression fan-delta is formed. When relative lake level drops, wave energy decreases, fluvial energy increases, lake-regression fan-delta is formed, sandstone and conglomerate of distributary river course develop, and beach and bar of HST and flood turbidite are formed. Because that hydrodynamic force energy of sedimentary environment in different stages of sequence evolution is different, distribution of sandstone and conglomerate is different.

**Key words:** architecture; sequence evolution; reservoir body; rift-subsidence lake basin; the Liaohe Basin