

文章编号: 1009-3850(2005)03-0046-06

辽河盆地冷家油田沙河街组三段储层岩相古地理

赖生华^{1,2}, 麻建明²

(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. 中石化南方勘探开发公司, 云南 昆明 650200)

摘要: 辽河盆地在沙河街组三段早期水体较深, 主要形成扇三角洲及盆底扇; 沙三晚期水体较浅, 发育湖泊砂体。依据沉积相分布规律, 沙三早、中、晚 3 个时期可进一步分别划分出湖泊扩张和收缩阶段。盆地西部凹陷的冷家油田为东陡西缓的箕状洼陷。研究区内沙三段的古地理格局是决定相分布的关键因素, 河流和湖泊能量相对强弱决定扇体沉积的规模。受相对湖平面变化的影响, 纵向扇三角洲主要形成于湖泊扩张时期, 并且有相带窄、过渡快、以粗碎屑沉积为主的特点。扇体沉积中主要发育前缘分流河道充填沉积, 但位于河口前缘或侧缘的滩坝及前三角洲中的盆底扇局部也较发育。

关键词: 辽河盆地; 冷家油田; 沙河街组三段; 岩相古地理; 辽宁

中图分类号: TE121.3

文献标识码: A

沙河街组三段是辽河盆地重要油气储集层, 西部凹陷冷家油田是 20 世纪 90 年代重要发现之一。该区不仅发育多期次和多种类型的湖底扇沉积^[1], 还发育有扇三角洲。笔者依据沉积学最新理论和测井相分析技术, 多学科结合, 在广泛分析单井资料的基础上, 研究了该区沙三段储层的微相特征、古地理格局及集体平面分布特征。

1 地质概况

辽河盆地是渤海裂谷系的一个分支。其东界为辽东台隆, 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^[2] (图 1)。

该盆地从晚侏罗世开始发育, 一直持续到现代, 但主要活动时期在古近纪。早中侏罗世末期, 辽河盆地所在的区域形成北东向地幔隆起带, 产生北西-

南东方向的拉张应力, 形成北西向和北东向两组断裂系统, 为裂谷盆地的孕育阶段。古近纪时期, 辽河盆地进入裂陷阶段, 经历了沙河街期四段一三段和沙二段一东营期两期构造旋回。此时期, 北东向断裂日趋活跃, 使该区具有“三凸四凹”特征, 由断裂控制的裂谷断陷盆地。渐新世晚期, 北西-南东向拉张应力场逐渐松弛, 形成东西向断裂系统。古近纪以来, 辽河盆地构造活动微弱, 盆地进入萎缩阶段。

沙三早期, 块断运动强烈, 湖盆水体较深, 主要形成扇三角洲及盆底扇, 统称为水下扇体^[3]。沙三后期, 盆地构造活动减弱, 水深变浅, 湖盆面积缩小, 湖盆周边地区甚至出露水面遭受剥蚀, 主要为湖泊沉积体系, 发育湖泊砂体^[4]。区内沙三段厚 1000 ~ 1800m, 与下伏沙四段呈整合接触, 主要岩性为砂砾岩、砂岩、泥岩。

2 沙三段储层典型沉积微相

冷家油田沙三时期, 深水湖盆中扇三角洲及盆

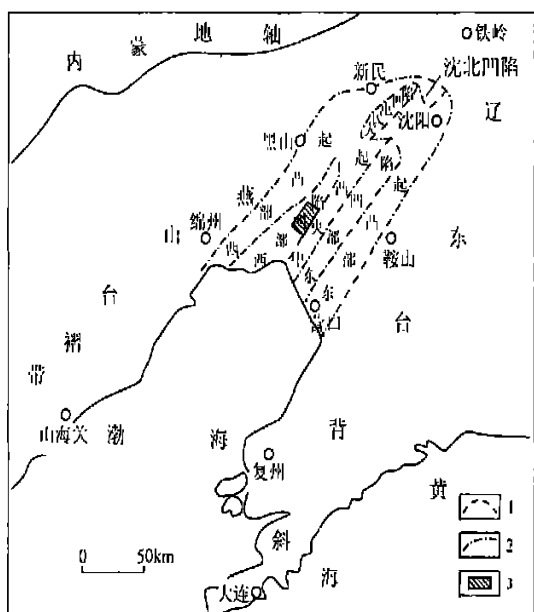


图1 辽河盆地大地构造位置及次级构造单元(李应暹, 1995, 有修改)

1. 辽河盆地边界; 2. 次级构造单元界线; 3. 冷家油田

Fig. 1 Tectonic setting and secondary tectonic units in the Liaohe Basin (modified from Li Yingxian, 1995)

1= boundary of the Liaohe Basin; 2= boundary of secondary tectonic units; 3= Lengkia Oil Field

底扇发育^[9], 形成不同类型储集体。根据岩心观察, 扇三角洲上主要发育辫状分流河道、滩坝储集微相。

1. 盆底扇

扇体沉积物在平面上总是沿搬运方向向远端变细, 近端的等深流、颗粒流等向远端变为高密度浊流, 最后变为低密度流。从图2可以看出, 该区沙三段储层具有深水湖盆中盆底扇典型特征及复杂的结构, 且自下而上可以分出6个单元。(1)为夹粉砂条带的砾岩。(2)为含细砾的泥质粉砂岩, 其底面波状起伏; 下部的砾石分布显反向递变, 是由密度流离散力引起的; 上部含泥纹和碳化植物(标以C, 下同)。这一变化相当于鲍马序列中的A和B。单元(3)的构造类似于(2), 顶部的灰白粉砂质纹层更显著, 纹层面上有碳化植物屑(煤), 说明浊流过后的静水环境。单元(4)的特点是中部出现碟状泄水构造, 而上部出现丰富的钻孔生物活动遗迹及富泥纹层。可见洪水浊流之后, 堆积速率降低, 砂床稳定, 食泥生物得以繁荣。单元(5)、(6)皆为粗砂岩(标以Cs), 其底皆为一明显起伏的侵蚀面, 提示水道化过程。单元(5)下部显正向递变, 上部含泥纹; 单元(6)的顶为



图2 L95井 1046-47/47 岩芯素描图

Fig. 2 Sketch of the core 1046-47/47 from the L95 well

泥层披盖。故这两个单元都是减速的高密度浊流堆积的。

由此可见, 盆底扇沉积结构十分复杂, 由此导致储层的强烈非均质性。

2. 扇三角洲

山区河流高负载的季节性洪水出山口以后, 由于坡度陡降和河槽断面展宽, 导致流速骤然降低而在山麓地带堆积扇形体, 称为洪积扇(即冲积扇)。这种近源陡坡降河流延伸入静水体(湖、海)而堆积粗砾屑扇, 即为扇三角洲。

冯敏等(1989)将漠东的扇三角洲分为两类, 即洪水出山谷后直接入湖的冲积扇三角洲和流经一定距离后入湖的滨岸水下扇。不过, 这两类在地层记录中是难以区分的。扇三角洲前缘总的特征是: 一般呈梨或舌形, 有一渐变辫状水道系统, 内扇向下坡方向分流辐射, 扇头主河道搬运粗碎屑。在坡度变缓的扇中区, 水流扩散, 河道分叉成网状, 水道中搬运较粗物质, 水道间为较细悬浮组分。随着坡度进一步变缓, 网状河道消失点以下为扇缘, 主要堆积粉砂^[9]。其次, 湖水的簸选使沉积物粗化。如扇中前缘受湖水波浪改造, 使砾石沿湖滨平行岸线排列; 扇

缘的近河口部分,可出现由细砾、粗砂组成的砂坝和砂砾滩,远离河口则为湖滨席状砂。

L602 井沙三段主要为扇三角洲前缘(图 3)。(a) 示 L602 井钻井剖面及取芯位置, Rt 曲线表现为向上变粗和厚块状特征。(b) 底部为灰棕色质软泥岩,含砂砾岩薄夹层,应为湖泥而有浊流侵入。往上的粉砂岩富生物扰动构造,并有植物碎屑,为低能浅滩环境。35~36 次芯的向上变细厚砂岩直接覆盖在湖泥之上,标志着可容空间生长速率低时的水道侵蚀充填。33~34 次芯为富含植屑的较薄砂—粉砂、泥互层与反韵律厚层中砂岩的交互,分别属滩间与滩坝环境。30~32 次岩芯同样表明由下而上为水道、波浪带浅滩至沙坝的变化。此剖面顶部的较厚泥岩可能为初次洪泛。(c) 为 16~25 次岩芯,由较厚的、向上变细的砂砾岩与较薄的向上变粗粉砂、泥岩单元组成。前者显然为分流水道沉积,后者则为分流间决口充填相。(d) 底部的中、细砂至粉砂单元为有堤的分流水道沉积;下部具浪成构造、微波状层理和植物碎屑的细砂—粉砂岩段,主要为波浪带浅滩;中

部的一个砾岩层,标志着滨线砾石;上部的含砾细砂、含砾中砂为沿岸滩坝。顶部 4 层向上变细砾—粉砂岩,标志着 4 次水道入侵。(e) 中下部为水道、波浪带浅滩相,往上为河口的砾石层,滨面的粗、中砂岩并变为滨线砾石滩。上部含泥砾的砾石层为辫状水道沉积,向顶部变为富波浪交错纹层、浪成构造或生物扰动的浅滩。

因此,在 L602 井的岩心中,具有分流水道、水道间,沿岸浅滩以至滨滩等各种能量高的较粗微相。由于水流和波浪筛选,不含泥质,因而成为良好储层,含油饱满。

3 古地理平面分布规律

根据钻井资料,对区内 60 余口井沙三段进行微相划分,分早、中、晚 3 个时期按湖泊扩张和收缩阶段讨论沙三段古地理特征。

沙三时期,该区内总体上是东高西低、北高南低,凸凹相间的古地理格局,但不同时期有所不同。这一特点决定了不同演化阶段,沉积相分布的差异

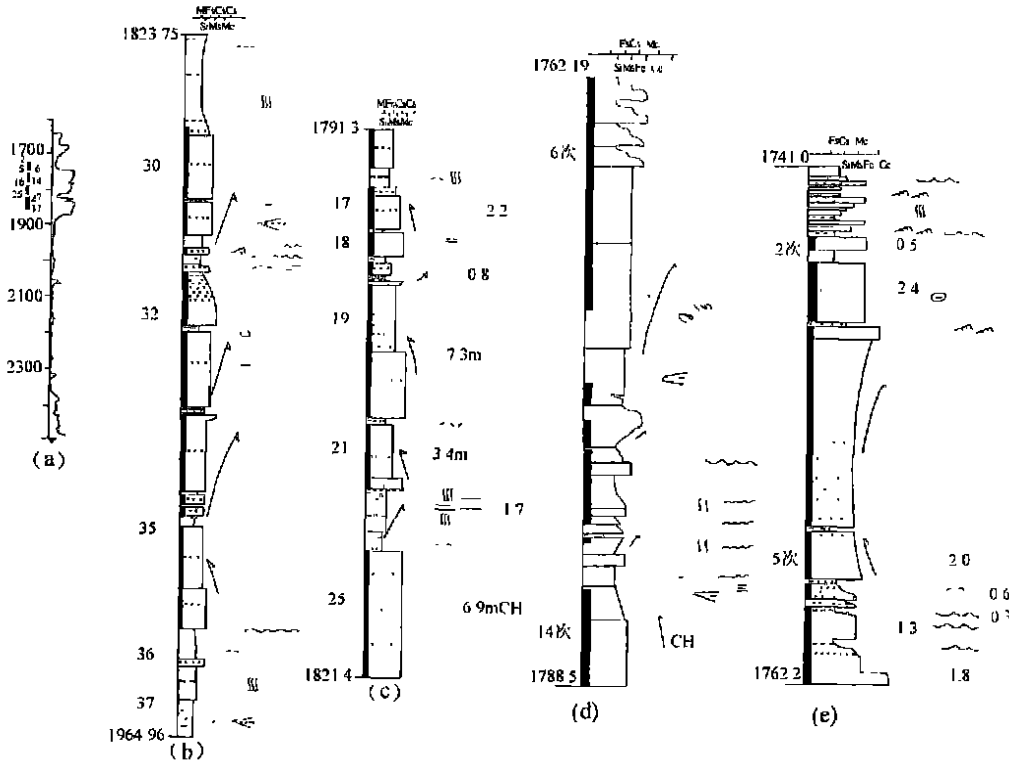


图 3 L602 井取芯位置及岩芯沉积特征

(a). 取芯位置; (b). 26~37 次取芯; (c). 16~25 次取芯; (d). 6~14 次取芯; (e). 2~5 次取芯

Fig. 3 The coring sites in the L602 well and depositional features of the cores

(a). Coring sites; (b). 26th—37th corings; (c). 16th—25th corings; (d). 6th—14th corings; (e). 2nd—5th coring

性。

沙三早期湖水进侵,北部纵向扇三角洲具有明显继承性,但辫状主河道已西移至L92—L83—L42—L39一线。L602—L41水下高地以北的扇体沉积为前缘水下分流河道带。主河道流经L39井时,被水下高地所阻。在洪水期,河流沿断层与水下高地交界处发生溢流,河水折而西下。由于湖水的消能作用,在两个水下高地之间的低洼区形成滩坝体系。沿L115、L68水下高地南侧缘形成南部水进扇三角洲。辫状主河道流经L33井,能量弱、流量小,携带的粗碎屑物质在短距离内发生沉积,水下分流河道带窄。在扇三角洲前缘前部,河水、湖浪相互作用,于L114、L145区域形成一滩坝。其前方为窄带状前缘席状砂砾岩沉积(图4a)。

与湖泊扩张期比较,湖泊收缩期的古地理格局焕然一新,即仅在L10—L11—L33一线形成水下高地。湖泊收缩期后期,湖水变浅,在L121及L35、L48两区各自形成水下高地,同时形成3个各自独立的扇三角洲沉积体系。北部扇三角洲复合体规模较大,辫状主河道流经L44—L83—L93。河流能量强、流量大,携带大量粗碎屑物质向湖盆方向延伸,形成宽阔的前缘水下分流河道带。在分流河道带侧缘,湖水急剧变深,河流能量快速降低,形成的滩坝沉积并延伸至L71井。水下高地两侧各形成一个规模较小的扇三角洲。辫状主河道分别流经高地两侧的L121、L39,形成狭窄的水下分流河道带。在其前方分别发育半圆、半椭圆形滩坝体系(图4b)。

沙三中期水进阶段,沿陡坡带相对低洼区沉积粗碎屑物质。北部纵向扇三角洲延伸距离短,形成规模较小的纵向搬运系统。携带碎屑物质的辫状主河道由北向南流动,能量弱,大量碎屑物质入湖不久即发生沉积,形成L82井以北的水下河道带。水下河道带向湖一侧,发育滩坝体系(L601井区)。在南部,辫状主河道由L39附近直接流入深槽。当河流流至L6井时,被水下高地所阻,形成南北向水下断槽充填。沉积物主要为砾岩、砂砾岩,局部夹灰色泥岩,但沿流动方向粗碎屑减少,泥岩逐渐增多。在重力或某种诱发因素作用下,水下高地边缘发生滑塌,在其前方的L71井附近形成盆底扇(图5a)。

随着相对湖平面不断降低,湖面萎缩,河流能量相对增强,形成规模较大的扇三角洲复合体⁷⁾。辫状主河道流经L44—L83—L93一线,向湖延伸较远,发育较宽阔的水下分流河道带。洪水期,主河道决口,沿L43—L128—L601卸洪入湖,形成滩坝系统。

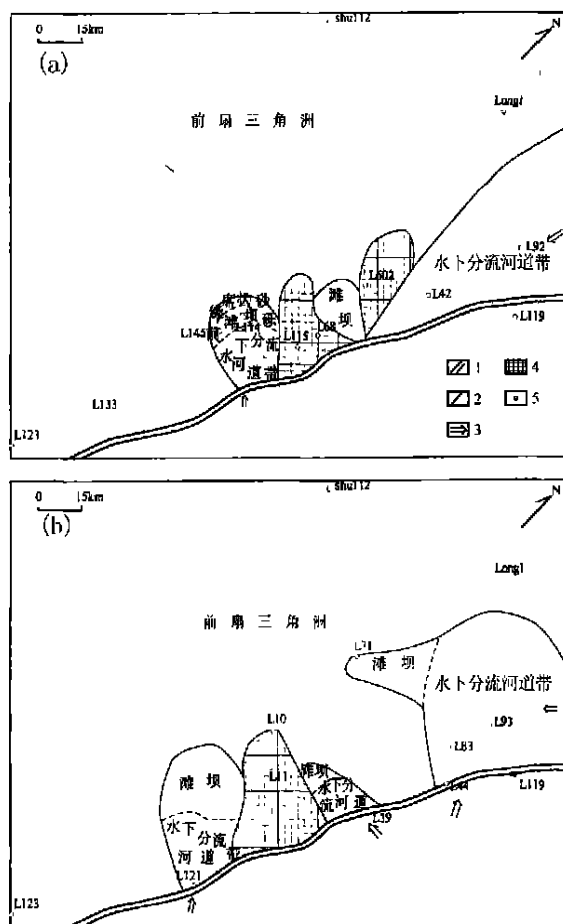


图4 沙三早期古地理格局

1. 边界正断层; 2. 扇体边界; 3. 物源方向; 4. 水下高地; 5. 钻井。
(a). 湖泊扩张期; (b). 湖泊收缩期

Fig. 4 The palaeogeographic framework during the early stage of the deposition of the third member of the Shahejie Formation
1= boundary normal fault; 2= fan boundary; 3= provenance; 4= submarine highland; 5= borehole. (a) = lake spreading; (b) lake collapse

决口河道及前缘小水道继续向湖延伸,携带的碎屑物质逐渐减少,在沿岸湖流的搬运作用下,形成薄层前缘席状砂砾岩(图5b)。

在陡坡带近断层区域,沙三晚期地层常常缺失。湖泊扩张时期,湖盆中部形成巨大的水下高地,高地靠陡坡带一侧形成湖滩。辫状主河道流经L601井区,形成北部纵向搬运系统, L143以北为水下分流河道带发育区。河道继续延伸,于L35井遇水下高地,大量碎屑物质卸载,在河口前缘形成滩坝沉积,而在两侧则为前缘席状砂砾岩分布区。由于突发因素作用,如断裂活动,水下高地产生崩塌,大量混杂的碎屑物质向深湖区搬运,形成规模较大的盆底扇(图6a)。

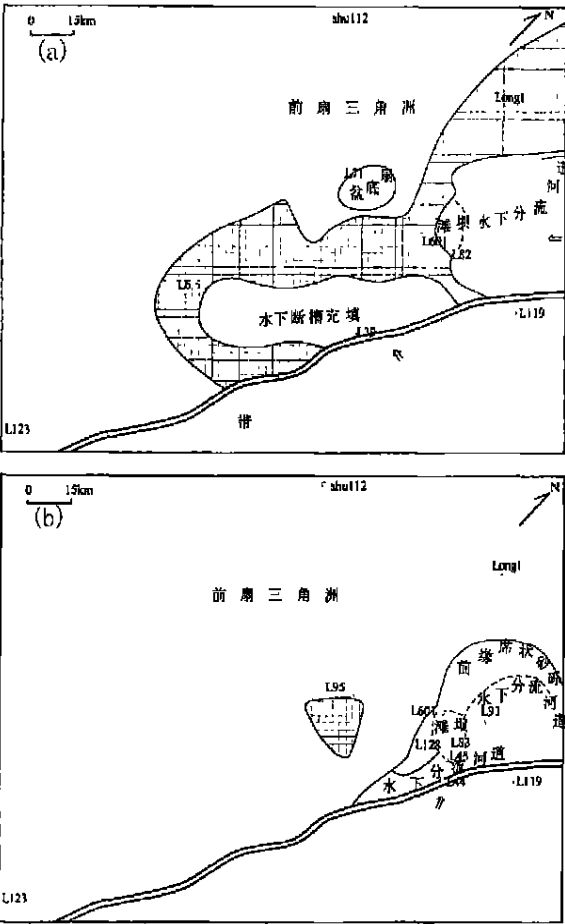


图 5 沙三中期古地理格局(图例见图 4)

Fig. 5 The palaeogeographic framework during the middle stage of the deposition of the third member of the Shahejie Formation. See Fig. 4 for the explanation of symbols

湖平面下降阶段, 辫状主河道可能由陡坡带直接入湖。由于断层下盘抬升, 河道沉积物被剥蚀, 仅滩坝系统得以保存, 呈鸟足状展布。在重力作用下, 碎屑物向深湖区搬运, 形成盆底扇(图 6b)。

综上所述, 研究区分割性强, 河流搬运距离常较短, 主要物源位于陡坡带, 次为纵向方向。因此, 相带发育常不完整、窄、过渡快, 多为粗碎屑岩。前缘分流河道沉积为扇三角洲主要发育相带。但是, 位于河口前缘或侧缘的滩坝及前扇三角洲中盆底扇有时也较发育。

总之, 区内沙三段的古地理格局是决定相分布特点的关键因素, 河流的能量强弱决定扇体沉积规模的大小。此外, 本次研究发现, 湖水加深时期有利于纵向扇三角洲形成。因此, 相对湖平面的变化影响了扇体的展布方向。

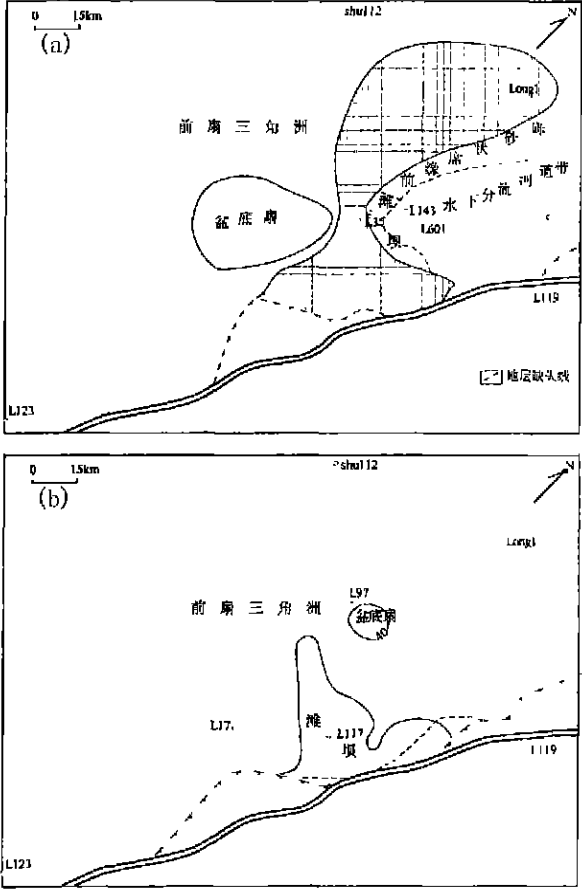


图 6 沙三晚期古地理格局(图例见图 4)

Fig. 6 The palaeogeographic framework during the late stage of the deposition of the third member of the Shahejie Formation. See Fig. 4 for the explanation of symbols

4 结 论

(1) 区内沙三时期总体上为东高西低、北高南低, 凸凹相间的湖泊古地理环境。深水湖盆中扇三角洲及盆底扇发育, 形成不同类型储集体。扇三角洲上主要发育分流河道和滩坝。

(2) 区内沙三段扇体沉积相带窄、过渡快, 多为粗碎屑岩。扇体沉积中主要发育前缘分流河道充填沉积。但是, 位于河口前缘或侧缘的滩坝及前扇三角洲中的盆底扇有时也较发育。本次研究同时表明, 相对湖平面的变化影响扇体的展布方向, 即纵向扇三角洲主要形成于湖泊不断加深时期。

参考文献:

[1] 信葵麟, 等. 含油气盆地构造岩相分析[M]. 北京: 地质出版社, 1993.

- [2] 孙洪斌, 等. 辽河断陷西部凹陷古近系砂岩储层[J]. 古地理学报, 2002, 4(3): 83—92.
- [3] 丘东洲, 等. 陆盆扇体沉积的形成机制及其油气意义[A]. 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.
- [4] 吴崇筠. 对国外浊流沉积和扇三角洲沉积研究的评述[A]. 浊流沉积和扇三角洲译文集[C]. 北京: 石油工业出版社, 1986.
- [5] 鞠俊成, 等. 辽河盆地西部凹陷南部沙三段储层沉积特征及含油气性分析[J]. 古地理学报, 2001, 3(1): 63—70.
- [6] 赵霞飞. 动力沉积学与陆相沉积[M]. 北京: 科学出版社, 1992.
- [7] 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.

Sedimentary facies and palaeogeography of the third member of the Shahejie Formation in the Lengjia Oil Field, Liaohe Basin, Liaoning

LAI Sheng-hua^{1,2}, MA Jian-ming²

(1. Southwest China Institute of Petroleum, Nanchong 637001, Sichuan, China; 2. Research Institute of Petroleum Exploration and Development, Southern Branch, SINOPEC, Kunming 650200)

Abstract: During the early stage of the deposition of the third member of the Shahejie Formation in the Lengjia Oil Field, Liaohe Basin, Liaoning, the deeper lake water facilitated the formation of fan deltas and basin-floor fans in which the braided distributary channel and beach-bar reservoir microfacies are accentuated. Till the late stage of the deposition of the third member of the Shahejie Formation, the shallower lake water should be responsible for the development of lacustrine sandstones. According to the distribution of the sedimentary facies in the study area, the early, middle and late stages of the deposition of the third member of the Shahejie Formation may be involved into two phases of lake spreading and collapse. The Lengjia Oil Field in the western depression of the basin occurs as a half graben depression being steeper in the east and gentle in the west. The palaeogeographic framework is interpreted as the key factor which has an important effect on the sedimentary facies distribution in the third member of the Shahejie Formation. The sizes and scales of fan deposits depend on the energy intensity in the rivers and lakes. Influenced by the lake-level changes, the longitudinal deltas were formed in the spreading phases of the lakes, and characterized by narrower facies belts, sharp gradation and coarser clastics. The fan deposits consist dominantly of frontal distributary channel deposits. The basin-floor fans are often developed on the beaches and bars and profan deltas in the frontal parts or flanks of the estuary.

Key words: Liaohe Basin; Lengjia Oil Field; third member of the Shahejie Formation; sedimentary facies and palaeogeography; Liaoning