

文章编号:0253-9985(2012)02-0248-08

# 辽西低凸起中南段古近系东营组层序地层及 地层-岩性油气藏勘探意义

郭涛,王军,石文龙,郑敬贵,王保全,徐春强

[中海石油(中国)有限公司天津分公司,天津 300452]

**摘要:**陆相断陷盆地古地貌控砂研究较为成熟,但由同沉积构造的活动及其配置所产生的古地貌动态变化对沉积物砂分散体系控制的研究较少。通过对辽西低凸起中南段东营组构造-层序地层和沉积相开展整体和系统性研究,依据体系域界面和各体系域内三角洲地震反射构型的变化,有效地识别了东二层序的低位、水进和高位3个体系域,建立起研究区高精度层序地层格架。在层序地层单元精细划分对比的基础上,对层序格架内古地貌和沉积体系发育和演化规律进行了研究。研究区主要发育辫状河三角洲、曲流河三角洲、湖底扇和湖泊等沉积体系;辽西低凸起边界断层从北向南依次发育3个调节带,调节带的平面和空间差异活动控制了三角洲朵体的迁移。根据对各体系域砂体特征的描述,在东二层序识别了断层-岩性、上倾尖灭、岩性和地层超覆等4种地层-岩性圈闭类型。

**关键词:**沉积体系;层序地层;地层-岩性圈闭;辽西低凸起

**中图分类号:**TE122

**文献标识码:**A

## Sequence stratigraphy of the Paleogene Dongying Formation and its significance for stratigraphic-lithologic reservoirs exploration in the central-south Liaoxi salient

Guo Tao, Wang Jun, Shi Wenlong, Zheng Jinggui, Wang Baoquan and Xu Chunqiang

(CNOOC Tianjin Company, Tianjin 300452, China)

**Abstract:** The control of palaeotopography on the distribution of sandbodies has been well studied in continental rifted basin, while the control of palaeotopography dynamic changes caused by syndepositional structure movement on the sand distribution is less studied. Through the systematic study of tectonic-sequence stratigraphy and sedimentary facies of the Paleogene Dongying Formation in the central-south Liaoxi salient, the LST, TST and HST are recognized in the 2<sup>nd</sup> member of the Dongying Formation according to system tract boundaries and the seismic reflection features of deltas. A high resolution sequence stratigraphy framework is established. On the basis of the fine division and correlation of sequence stratigraphy unit, the paper studied the palaeotopography and the development and evolution of depositional system. The study reveals that braided river delta, meandering river delta, sublacustrine fan and lake are well developed in the study area. There are three transform belts along the boundary fault in the salient from north to south. The areal and spatial variation of activity of the transform belts is the key factor controlling the migration of delta lobes. Four types of stratigraphic-lithologic traps, including fault-lithologic trap, sandstone updip pinchout trap, lithologic trap and stratigraphic overlap trap, are recognized in the 2<sup>nd</sup> member of the Dongying Formation based on the sandbody characterization of each system tract.

**Key words:** depositional system, sequence stratigraphy, stratigraphic-lithologic trap, Liaoxi salient

收稿日期:2011-09-26;修订日期:2011-12-20。

第一作者简介:郭涛(1981—),男,硕士,层序地层学、储层预测和油气勘探。

基金项目:中海石油天津分公司“十二五”重大基础科研项目(2011ZX05023-002)。

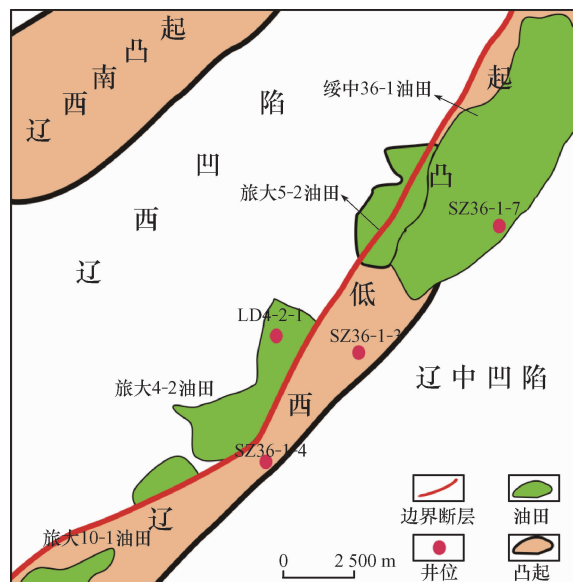
沉积体系的分布和预测一直是沉积盆地分析的重要内容,尤其是当一个凹陷经过了几十年的勘探,油气勘探的方向从构造油气藏转向岩性地层油气藏时,精确地查明沉积砂体在平面和空间的展布显得更为关键<sup>[1]</sup>。国内外岩性地层油气藏研究实例<sup>[2-3]</sup>表明,层序地层学是建立地层等时格架、预测有利砂体和烃源岩的时空配置,更进一步预测岩性地层油气藏的有效理论和方法。但是经典层序地层学起源于稳定的被动大陆边缘盆地,主要依靠海平面变化为主控因素解释盆内沉积体系的分布<sup>[4]</sup>,而在陆相断陷盆地中,构造作用对盆地充填往往起到更重要的控制作用,盆地构造的阶段性演化或幕式构造作用、同沉积构造活动对盆地的可容空间和沉积物源等都可产生深刻的影响<sup>[5-8]</sup>。本文研究目的就是应用层序地层学理论和构造地层学相结合,阐明研究区层序格架下的古地貌分布特征,在层序和古地貌联合作用控制下预测古沉积环境的变化及砂分散体系的展布规律,为地层-岩性油气藏勘探打下基础。

## 1 地质概况

辽西低凸起位于辽东湾拗陷西部,北东东向展布,西为辽西凹陷,东为辽中凹陷,是渤海海域重要的油气勘探区。辽西低凸起中南段指北起绥中36-1构造,南至旅大10-1构造的范围(图1)。始新世-渐新世早期,辽西低凸起沿西侧大断裂向东南抬升,孔店组-沙河街组沉积时期,低凸起主要遭受剥蚀;渐新世中期,低凸起开始接受沉积,主要发育由西侧燕山褶皱带提供物源的大型三角洲,东营组二、三段平均厚度达600多米。渐新世末期稳定抬升,东一段遭受剥蚀,在构造高部位几乎剥蚀殆尽。辽西低凸起含油气层段主要集中在东营组。

## 2 层序地层序列

层序地层研究的核心是不整合面识别和等时对比,在不整合面识别的基础上进一步开展地层等时格架的建立<sup>[9]</sup>。根据辽西低凸起构造演化特征、主要不整合界面及沉积充填特征,通过井震结合及水进-水退沉积旋回分析,把古近系东营组划分为SQd3、SQd2和SQd1三个三级层序。由于含



辽西低凸起中南段构造位置

Fig. 1 Structure location of the central-south Liaoxi salient

油气层段主要位于SQd2,因此本文在追踪SQd2顶底不整合面的基础上,识别了初始和最大湖泛面,首次建立了SQd2体系域级别的层序地层格架(图2)。

### 2.1 层序界面特征

三级层序一般由局部不整合及其对应的整合或无沉积作用面所限定,具有从水进到水退的沉积旋回所组成,是建立盆地层序格架的基本地层单元<sup>[9]</sup>。辽西低凸起SQd2顶底都是一个三级层序界面。

SQd2底界面(SBd2)为一超覆界面,主要表现为上超,但在某些局部隆起区仍能见到削截,界面之下主要为一套弱振幅、中低连续的地震波组,之上往往能见到2~4个连续性好、振幅较强的反射轴(图3a)。钻井上大部分地区表现为界面之下为反映水体逐渐变浅的进积型准层序组,界面之上为反映水体逐渐变深的退积型准层序组(图2)。

SQd2顶界面(SBd1)大致与东一段底相当,以地层超覆为主要发育特征,最重要特征是界面之下的顶超十分发育(图3b),主要是由于SQd2高位域时期大型三角洲顶积层比较发育。它在录井上往往为一砂-泥分界,界面之上发育加积-退积型砂岩组合,界面之下多以泥岩出现。在构造差异活动和物源控制的情况下,少数探井在界面之下也可见大套砂岩(图2, SZ36-1-4井处于物源的长期指向区)。

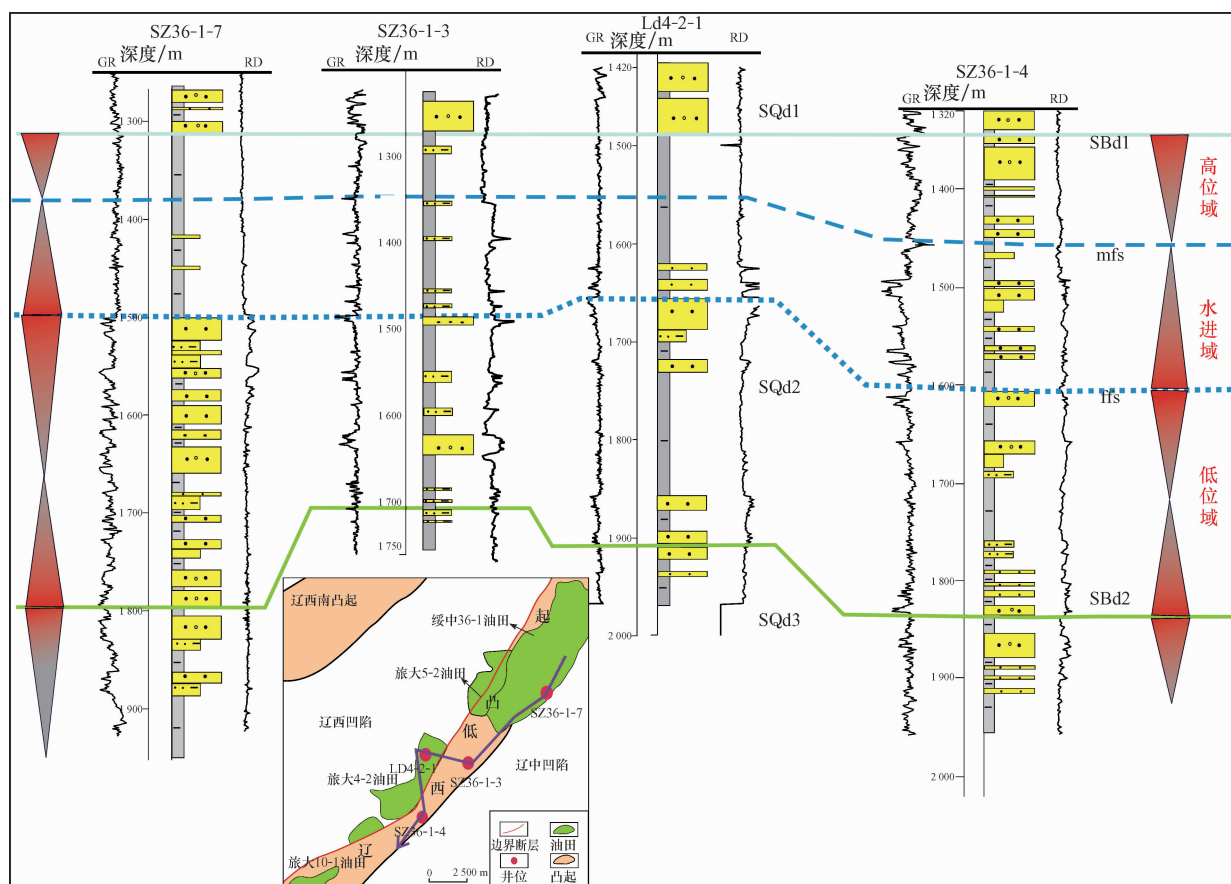


图2 辽西低凸起 SQd2 联井层序地层特征

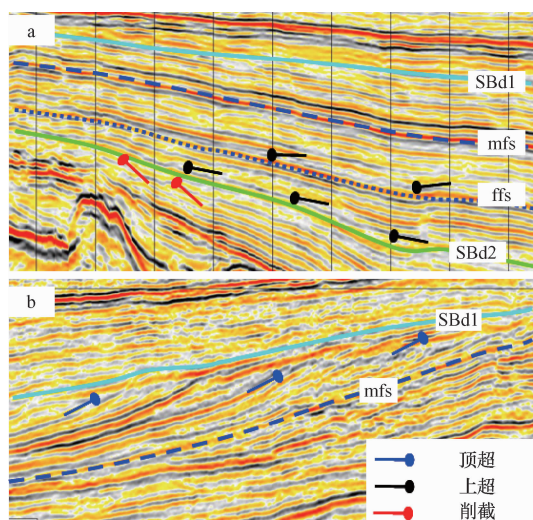
Fig. 2 Sequence stratigraphic characteristics of the 2<sup>nd</sup> member of the Dongying Formation in Liaoxi salient

图3 辽西低凸起层序及体系域界面地震反射特征

Fig. 3 Seismic reflectance signatures of sequence and system tract boundaries in Liaoxi salient

## 2.2 体系域特征

不同体系域地震特征反映了不同时期河湖作

用的相互消涨,相互消涨的河湖作用影响着不同时期三角洲砂体的分布特征,这一点前人已从体系域可容纳空间与沉积通量的关系进行过很好的解释<sup>[10-11]</sup>。低位域处于基准面上升早期,低 A/S 比值条件下形成河流作用较强的近源三角洲,剖面特征上多以楔形前积反射为特点;而湖泛域高 A/S 比值条件下湖浪作用较强,受湖浪改造的三角洲以沿岸条带状砂为主,平面上近平行于岸线,剖面上显示近叠瓦状前积反射,沉积特征类似于滩坝砂;高位域湖平面下降,物源供给充沛,河流作用三角洲占主导地位,由于前期沉积将古地貌基本添平,三角洲发育范围广,剖面上以大型前积为特点,前积构型以 S 型为主。本次研究工作的亮点就是依据不同类型三角洲地震反射构型的变化,有效识别了 SQd2 的三个体系域,使研究区 SQd2 地层格架建立的更加合理和精确(图4)。

另外,所识别的初始湖泛面(ffs)和最大湖泛面(mfs)在钻井和地震上都有相应的特征。初始

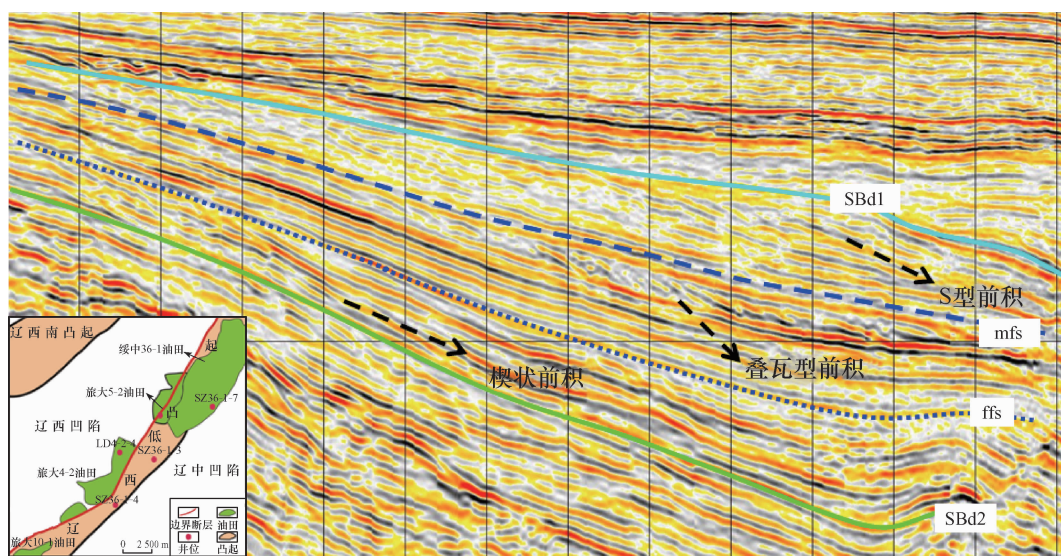


图4 辽西低凸起 SQd2 层序内三角洲地震反射特征

Fig. 4 Seismic reflectance signatures of deltas of the 2<sup>nd</sup> member of the Dongying Formation in Liaoxi salient

湖泛面在地震上表现为上超终止、中高连续与中强振幅反射(图 3a)。在钻井资料上,初始湖泛面的表现主要有 3 种:一种是砂泥岩不等厚互层内的薄层泥岩,界面之上为退积型准层序组,界面之下为加积和前积型准层序组,反映了陆源碎屑供应充分的情况下,界面之上发育水进期三角洲、界面之下发育低位期三角洲(图 2, LD4-2-1、SZ36-1-4 井);另一种是砂质泥岩与灰色泥岩的分界面,界面之下为锯齿状测井曲线,界面之上低平测井曲线,反映了物源供应贫乏的情况下,界面之下为低位域湖底扇,界面之上为湖相泥岩(图 2, SZ36-1-3 井);第三种受物源和构造差异活动影响,低位域还处于物源指向区,而水进域没有物源注入,界面之下为厚层三角洲砂体,界面之上为湖相泥岩(图 2, SZ36-1-7 井)。

最大湖泛面往往位于一套分布广泛,层位稳定的泥岩内部,在测井曲线上表现为“泥脖子”的中央位置的伽马曲线极大值附近(图 2),在地震资料上多为一高连续的强相位,之上可见下超反射终止现象(图 3a)。

### 3 古地貌分析

本区古地貌的研究主要针对 SQd2 辽西低凸起边界断层活动性的探讨。前人对此做了一些工

作<sup>[12]</sup>,主要有两种认识:一是该时期断层控制沉积,西侧沉积体不能跨越断层;二是该时期断层不控制沉积,辽西低凸起基本消亡,西侧沉积体可以跨越断层。断层活动性的研究可以通过断层两盘同时期地层厚度的差异来计算:辽西低凸起边界断层东盘钻井数量多,层位标定明确;而西盘位于凹陷内,钻井很少,且没有钻遇完整地层的标准井,西盘层位的精确确定非常困难,因此不同的地震方案就导致断层两盘同一层位解释出不同的厚度,那么前人对断层活动性的不同认识也就不可避免。

本次研究工作是对断层两侧重新井-震层序地层对比,对断层西盘仅有的 LD4-2-1, LD4-1-1 等井进行细致层序划分,使得断层两盘具有统一的体系域划分标准(图 2)。对 SQd2 辽西低凸起边界断层各体系域的活动性分析表明,同一时期,断层在平面上活动性极不均衡,它并不是整一的一条断层,而是被从北到南的 3 个断层活动性稍低的区带所分隔,3 个断层活动性低的区带类似于断层调节带(图 5a),断层在此处发生活动性及方向性的变化。在不同时期,3 个调节带的断层活动性也处于时时动态变化之中。低位域时期,北部调节带活动性最低;水进域沉积时期,中部调节带活动性最低,南部稍高,北部最高;高位域时期,南部调节带活动性最低(图 5b)。

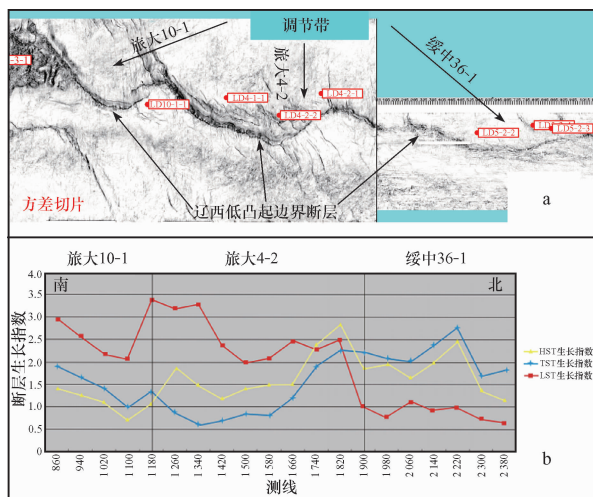


图5 辽西低凸起边界断层调节带平面特征及各时期活动性分析

Fig. 5 Plane distribution of the transform belts and their activity in different stages along the boundary fault of Liaoxi salient  
a. 调节带; b. 断层生长指数

## 4 沉积体系分析

结合测井曲线形态、岩心相及地震相综合分析,识别了主要的砂分散体系和沉积体系类型,本区 SQd2 主要发育稍近源的辫状河三角洲、远源曲流河三角洲、湖底扇和滨浅湖-半深湖泥质沉积等沉积相类型。

### 4.1 辫状河三角洲

辫状河三角洲是具有相对限制性河口和离源区一段距离的辫状河,注入断陷缓坡型或坳陷陡坡型湖泊所卸载形成的三角洲沉积<sup>[13]</sup>。研究区内主要发育在 SQd2 低位域,此时湖水范围小,物源出露多,研究区西侧近物源辫状河直接推进到湖盆中形成。辫状河三角洲多由粗碎屑组成,以厚层含砾粗砂岩、粗砂岩和中砂岩,砾石定向排列,发育大型交错层理为特征。测井曲线以高阻、低伽马和自然电位正高异常的钟形或箱形为特征(图6)。辫状河三角洲在地震剖面上表现为中强振幅、中高连续楔状前积反射结构(图4)。

### 4.2 曲流河三角洲

曲流河三角洲是由远源的曲流河注入较深水的湖泊后,在稳定的限定性的河口处,河水水

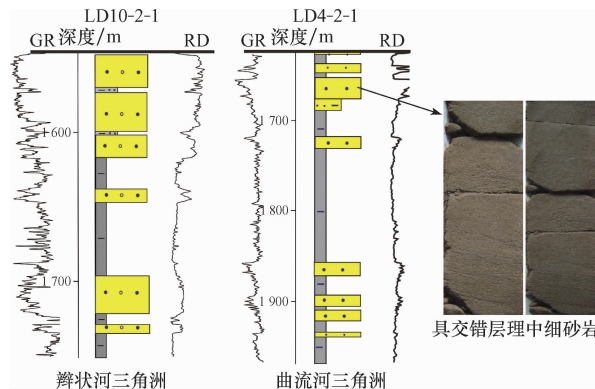


图6 辽西低凸起辫状河三角洲及曲流河三角洲沉积特征  
Fig. 6 Sedimentary characteristics of braided river delta and meandering river delta in Liaoxi salient

流明显分散,快速卸载,形成河口坝、远砂坝及前三角洲<sup>[13]</sup>。随着三角洲建设作用的进行,三角洲朵叶不断扩展,从而形成较大规模的曲流河三角洲沉积体系。研究区的曲流河三角洲发育在大规模水退时期的 SQd2 高位域沉积期,可以识别出三角洲平原、三角洲前缘和前三三角洲 3 个亚相,以前缘亚相最发育。三角洲前缘亚相呈典型的进积或进积-加积序列;岩性以中砂岩、细砂岩、粉砂岩、泥岩及过渡岩类为主。测井曲线以漏斗形的反韵律最为常见,小型交错层理极为发育(图6)。地震剖面上特征非常明显,为中弱振幅、中高连续的 S 型前积反射特征(图4)。

### 4.3 湖底扇

湖底扇是在陡坡背景下,包括断裂陡坡、挠曲陡坡和沉积陡坡等,由重力流,如滑塌、碎屑流、浊流等搬运的碎屑物质,在湖底堆积形成的扇形沉积体<sup>[14]</sup>。研究区主要分布在辽西低凸起向辽中凹陷过渡的斜坡-凹陷带,湖底扇具有蠕虫状反射特征和丘形双向底超的地震反射结构(图7)。测井曲线呈块状和箱型,扇缘呈指状,与上、下大套的泥岩背景呈突变接触。

### 4.4 湖泊体系

湖泊体系可区分出滨湖、浅湖和半深湖-深湖 3 个亚相。由于研究区储集层主要发育在辫状河三角洲、曲流河三角洲和湖底扇 3 个沉积相带内,因此把细粒沉积为主的滨湖、浅湖和半深湖合并为浅-半深湖,不做细致研究。其沉积物主要为灰绿色、灰色泥岩和粉砂质泥岩,夹钙质泥岩或泥灰

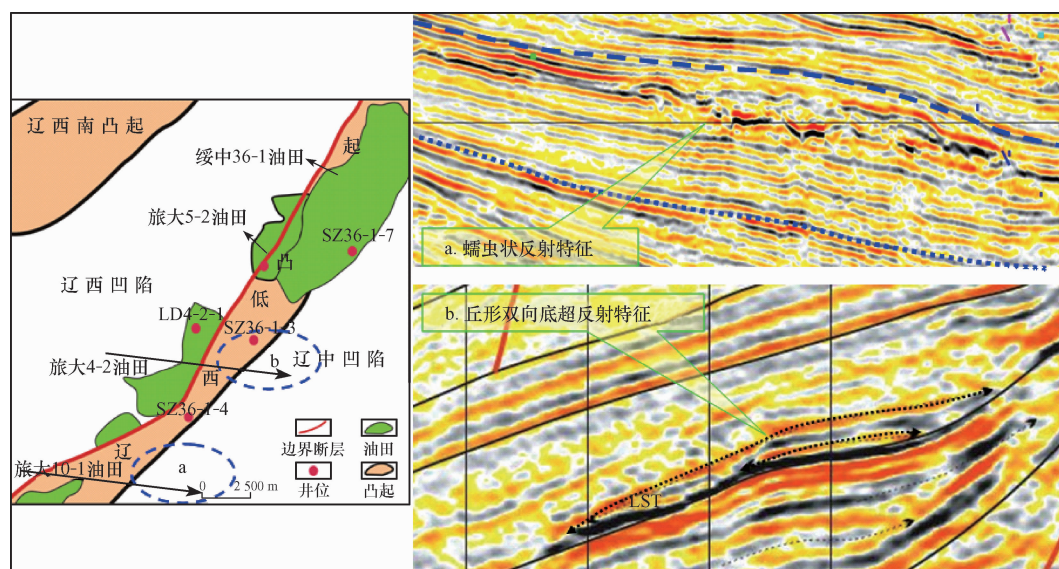


图7 辽西低凸起湖底扇地震反射特征

Fig. 7 Seismic reflectance signatures of sublacustrine fan in Liaoxi salient

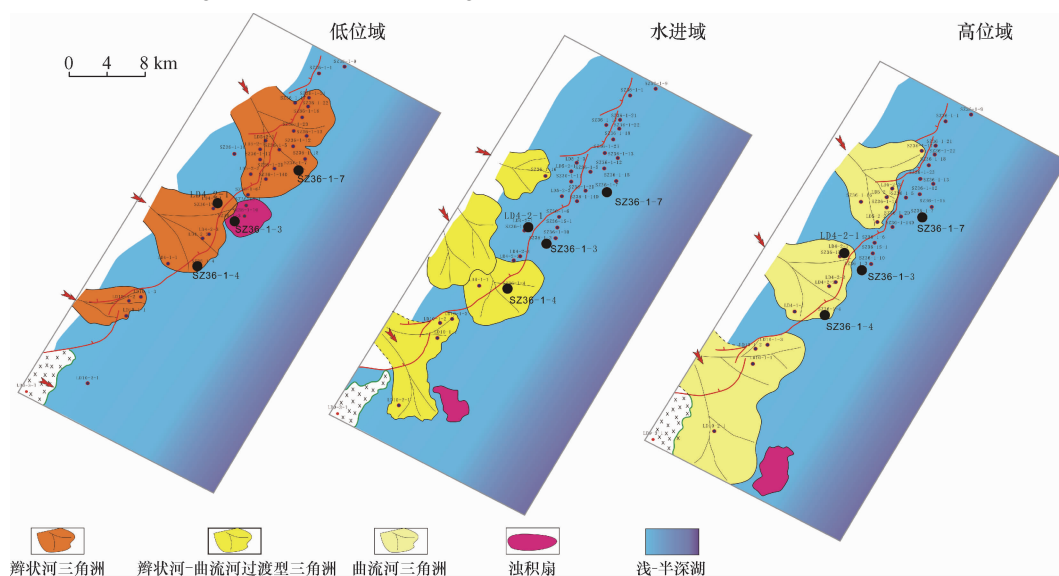


图8 辽西低凸起中南段 SQd2 三角洲展布规律

Fig. 8 Distribution of deltas in the 2<sup>nd</sup> member of the Dongying Formation in central-south Liaoxi salient

岩,暗色泥岩,具水平层理和块状层理。在地震剖面上表现为连续平行反射结构特征。

## 5 砂分散体系展布规律及控制因素

### 5.1 砂分散体系平面展布规律

SQd2 低位域时期,由于湖平面位置低,物源出露较多,加之此时期湖平面上升缓慢,低可容纳空间且物源供给充分的情况下多形成向湖盆进积

的近源辫状河三角洲。研究区自北向南发育3个东西向展布的三角洲朵体,分别为绥中36-1朵体,旅大4-2朵体,旅大10-1朵体。其中北部绥中36-1朵体发育范围最大,直接覆盖在辽西低凸起之上。由于旅大4-2朵体前方存在次级断裂坡折,坡折之下发育小型湖底扇(图8)。

水进域沉积时期,湖平面大幅上升,物源区向西撤退,北部绥中36-1朵体面积变小,只在工区西部发育;中部旅大4-2朵体发育面积变大,向东部有所推进;南部旅大10-1朵体范围也变大,

且有向南迁移的趋势。由于湖水的快速上升对三角洲朵体的改造,在旅大 10-1 朵体东侧发育大面积滑塌浊积扇。此时期三角洲逐渐向浪控三角洲转变(图 8)。

高位域沉积时期,湖平面开始下降,物源供给充足,但物源仍然处于较远位置,主要以发育大型曲流河三角洲为主。北部绥中 36-1 朵体推进到辽西低凸起附近,但仍不能越过凸起。中部旅大 4-2 朵体变化不大,南部旅大 10-1 朵体向盆内推进范围最广,而且三角洲向南延伸明显(图 8)。

## 5.2 砂分散体系控制因素

沉积体展布受湖平面变化控制明显,但不是唯一的主控因素。以绥中 36-1 三角洲朵体为例,低位域湖平面位置低,物源丰富,三角洲在辽西低凸起上展布范围大;水进域由于湖水上升,三角洲范围迅速减小;高位域由于湖平面下降其展布范围又开始增大,它表明沉积体受湖平面变化比较明显。但是以旅大 10-1 三角洲朵体为例,低位域时期三角洲在辽西低凸起上展布范围小;水进域时期,虽然湖平面上升,物源退覆,三角洲发育范围却明显增大,那么说明除了湖平面变化以外,三角洲朵体的迁移应该还受控于别的因素。

研究表明,研究区从北到南 3 个三角洲朵体主要受控于调节带影响的古地貌变化。对边界断

层生长指数(图 5b)和辽西低凸起砂分散体系(图 8)相关性分析,发现在 SQd2 低位域沉积时期,由于北侧调节带断层生长指数低,中、南侧调节带断层生长指数高,西侧物源极易通过活动性最小的北侧调节带充注到低凸起之上,而在中南部受到阻碍,因此三角洲朵体在低凸起北部大范围发育,在中部、南部发育范围小。水进域沉积时期,中部调节带断层生长指数低,南部稍高,北部最高,因此三角洲主要发育在中南部,北部朵体不发育。高位域沉积时期,南部调节带断层生长指数低,三角洲在南部最大面积展布;北部朵体虽然随着湖平面下降,面积有所增大,但由于断层生长指数高,朵体仍不能越过断层在低凸起之上发育。因此,由调节带活动配置所产生的古地貌动态变化控制着 SQd2 各体系域三角洲朵体的迁移。

## 6 地层-岩性油气藏勘探方向预测

多种沉积体系构成的岩性变化带与特定的构造背景有机配置,是地层岩性圈闭形成的重要控制因素<sup>[15]</sup>。研究区 SQd2 各体系域砂体特征和辽西低凸起东倾的缓坡背景决定了该区主要发育构造-岩性、上倾尖灭、岩性和地层超覆等 4 种地层-岩性圈闭类型(图 9)。

构造-岩性圈闭主要发育在低位域,研究区北

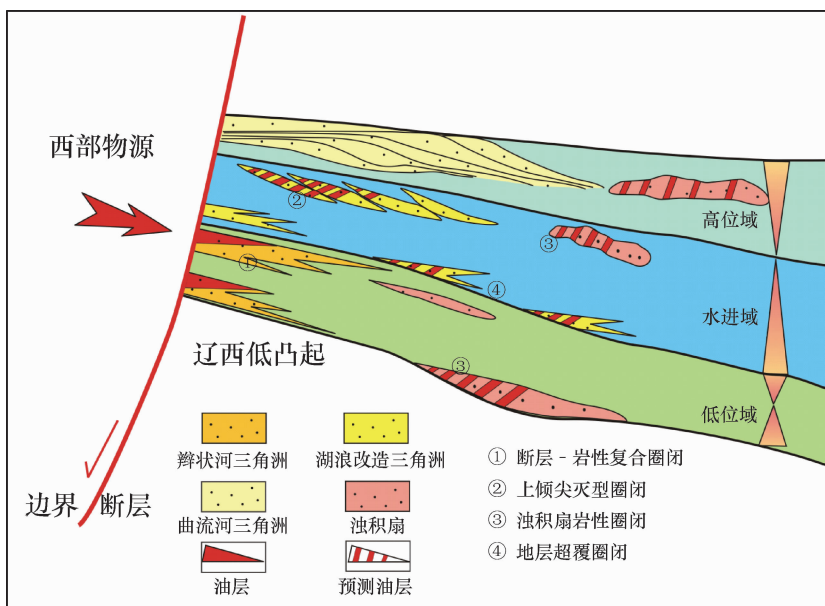


图 9 辽西低凸起中南段 SQd2 地层-岩性圈闭类型分布

Fig. 9 Stratigraphic-lithologic trap types in the 2<sup>nd</sup> member of the Dongying Formation in the central-south Liaoxi salient

侧SZ36-1构造。本区构造背景主要是由南向北抬升,SZ36-1构造作为构造最高点,是油气运移的主要指向区。SZ36-1构造的储层只在低位域较为发育,因此研究区北侧低位域是构造-岩性圈闭发育的有利场所。其成藏模式为:西侧高部位靠边界断层遮挡,南北两侧靠三角洲朵体侧向尖灭。曾经被认为是构造油气藏的绥中36-1油田(亿吨级),经落实其构造圈闭面积很小,但含油面积巨大,油气在构造圈闭之外主要靠东西向三角洲朵体的南北侧向尖灭来封闭。

上倾尖灭圈闭主要发育在水进域,研究区中南部。水进域砂体受湖水改造强烈,形成叠瓦状砂体,孤立的砂体向西侧构造高部位尖灭易形成上倾尖灭型圈闭。

岩性圈闭在3个体系域都有发育。低位域绥中36-1构造三角洲前方,浊积扇发育;水进域三角洲前缘砂体受湖浪改造,在斜坡滑塌堆积,其物性较好;高位域大型三角洲由于缺乏盖层,成藏条件差,但其前方发育大型浊积扇,处于厚层泥岩包裹之中,成藏条件优越。

地层超覆圈闭发育在水进域,研究区中南部。湖水的多期次水进,使得砂体向缓坡背景的辽西低凸起逐层超覆,加之研究区中南部低位域砂体不发育,水进域砂体底面接触的多是低位域泥岩,顶面覆盖最大湖泛期泥岩,顶底封盖形成地层超覆圈闭。

## 7 结论

1) 根据各体系域发育特征和初始湖泛面、最大湖泛面识别标志,建立了研究区SQd2体系域级别的高精度层序地层格架。

2) 明确了辽西低凸起边界断层从北向南依次发育3个调节带,不同体系域调节带活动性的动态变化对三角洲沉积体的迁移起主要控制作用。

3) 根据SQd2各体系域砂体特征,在该区识别了构造-岩性、上倾尖灭、岩性和地层超覆等4种地层-岩性圈闭类型。

## 参 考 文 献

- [1] 赵力民,赵贤正,刘井旺,等. 冀中坳陷古近系地层岩性油藏成藏特征及勘探方向[J]. 石油学报,2009,30(4):492-505.  
Zhao Limin,Zhao Xianzheng,Liu Jingwang,et al. Characteristics of Paleogene stratigraphic and lithologic reservoirs and its exploration direction in Jizhong Depression[J]. Acta Petrolei Sinica,2009,30(4):492-505.
- [2] 石世革. 黄骅坳陷板桥凹陷古近系沙一段中部层序地层学研究及岩性油气藏勘探[J]. 石油与天然气地质,2008,29(3):321-325.  
Shi Shige. Study of sequence stratigraphy and exploration of lithologic reservoirs in the Paleogene Middle Sha-1 Member, the Banqiao Sag of the Huanghua Depression[J]. Oil & Gas Geology,2008,29(3):321-325.
- [3] 王化爱. 东营凹陷古近系岩性地层油气藏层序地层学特征[J]. 石油与天然气地质,2010,31(2):158-164.  
Wang Hua'ai. Sequence stratigraphic characteristics of the Paleocene lithologic and stratigraphic reservoirs in the Dongying Depression[J]. Oil & Gas Geology,2010,31(2):158-164.
- [4] 庞雄,陈长民,彭大钧,等. 南海珠江深水扇系统的层序地层学研究[J]. 地学前缘,2007,14(1):220-229.  
Pang Xiong,Chen Changmin,Peng Dajun,et al. Sequence stratigraphy of Pearl river deep-water fan system in the South China Sea[J]. Earth Science Frontiers,2007,14(1):220-229.
- [5] 蒙启安,纪友亮. 塔南凹陷白垩纪古地貌对沉积体系分布的控制作用[J]. 石油学报,2009,30(6):843-855.  
Meng Qi'an,ji Youliang. Controlling of paleo geomorphology to distribution of sedimentary system in the Cretaceous of Ta'nan Depression[J]. Acta Petrolei Sinica,2009,30(6):843-855.
- [6] Lin Changsong,Erikson K,Li Sitian,et al. Sequence architecture,depositional systems, and controls on development of lacustrine basin fills in part of the Erlian Basin,Northeast China[J]. AAPG Bulletin,2001,85(11):2017-2043.
- [7] 高红灿,郑才才,陈发亮,等. 渤海湾盆地东濮凹陷古近系沙河街组层序地层[J]. 石油与天然气地质,2011,32(6):839-850.  
Gao Hongcan,Zheng Rongcai,Chen Faliang,et al. Sequence stratigraphy of the Paleogene Shahejie Formation in Dongpu Sag,Bohai Bay Basin[J]. Oil & Gas Geology. 2011,32(5):839-850.
- [8] 姜在兴. 沉积体系及层序地层学研究现状及发展趋势[J]. 石油与天然气地质,2010,31(5):536-541.  
Jiang Zaixing. Studies of depositional systems and sequence stratigraphy:the present and the future[J]. Oil & Gas Geology,2010,31(5):536-541.
- [9] 苗顺德,李秋芬,欧阳诚. 黄骅坳陷古近系层序地层格架特征及模式研究[J]. 中国地质,2008,35(2):256-263.  
Miao Shunde,Li Qiufen,Ou Yangcheng. Paleogene sequence stratigraphic framework and model in the Huanghua depression[J]. Geology in China,2008,35(2):256-263.
- [10] 赖维成,宋章强,周心怀,等. 地质-地震储层预测技术及其在渤海海域的应用[J]. 现代地质,2009,23(5):934-939.  
Lai Weicheng,Song Zhangqiang,Zhou Xinhui,et al. Geology-seismic technique of reservoir prediction and its application in Bohai Offshore Area[J]. Geoscience,2009,23(5):934-939.

(下转第264页)

- Yang Hua, Fu Jinhua, Wei Xinshan. Characteristics of natural gas reservoir formation in the Ordos Basin[J]. Marine and Petroleum Geology, 2005, 25(4): 5-8.
- [9] Yang Hua, Fu Jinhua, Wei Xinshan, et al. Sulige Field in the Ordos Basin: Geological setting, field discovery and tight gas reservoirs[J]. Marine and Petroleum Geology, 2008, 25(4/5): 387-400.
- [10] 张海涛, 时卓. 苏里格气田储层含水特征与测井识别方法[J]. 吉林大学学报(地球科学版), 2010, 40(2): 447-454.
- Zhang Haitao, Shi Zhuo. Characteristic of water bearing formation and well logging identification method of gas reservoir in Sulige Gas Field[J]. Journal of Jilin University( Earth Science Edition), 2010, 40(2): 447-454.
- [11] 陈义才, 林杭杰, 唐波, 等. 苏里格地区石炭-二叠系天然气充注特点及充注能力[J]. 石油与天然气地质, 2011, 32(1): 91-97.
- Chen Yicai, Lin Hangjie, Tang Bo, et al. Characteristics and potential of gas charging in the Permo-Carboniferous of Sulige region[J]. Oil & Gas Geology, 2011, 32(1): 91-97.
- [12] 叶成林, 王国勇, 何凯, 等. 苏里格气田储层宏观非均质性——以苏53区块石盒子组8段和山西组1段为例[J]. 石油与天然气地质, 2011, 32(2): 236-244.
- Ye Chenglin, Wang Guoyong, He Kai, et al. Macro heterogeneity of reservoirs in Sulige gasfield—a case study of the 8th member of the Shihezi Formation and the 1st member of the Shanxi Formation in the Su53 Block[J]. Oil & Gas Geology, 2009, 30(2): 236-244.
- [13] 邹才能, 陶士振, 周慧, 等. 成岩相的形成、分类与定量评价方法[J]. 石油勘探与开发, 2008, 35(5): 526-540.
- Zou Caineng, Tao Shizhen, Zhou Hui, et al. Genesis, classification and evaluation method of diagenetic facies[J]. Petroleum Exploration and Development, 2008, 35(5): 526-540.
- [14] 赵澄林, 朱筱敏. 沉积岩石学[M]. 北京: 石油工业出版社, 2001: 101-134.
- Zhao Chenglin, Zhu Xiaomin. Sedimentary petrography[M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 2001: 101-134.
- [15] 杜业波, 季汉成, 吴因业, 等. 前陆层序致密储层的单因素成岩相分析[J]. 石油学报, 2006, 27(2): 48-52.
- Du Yebo, Ji Hancheng, Wu Yinye, et al. Single factor diagenetic facies analysis of tight reservoir in western Sichuan foreland basin[J]. Acta Petrolei Sinica, 2006, 27(2): 48-52.

(编辑 董立)

(上接第255页)

- [11] Cross T A. Stratigraphic controls on reservoir attributes in continental strata[J]. Geoscience, 2000, 7(4): 322-350.
- [12] 徐长贵, 许效松, 丘东洲, 等. 辽东湾地区辽西凹陷中南部古近系构造格架与层序地层格架及古地理分析[J]. 古地理学报, 2005, 7(4): 449-459.
- Xu Changui, Xu Xiaosong, Qiu Dongzhou, et al. Structural and sequence stratigraphic frameworks and palaeogeography of the Paleogene in central-southern Liaoxi Sag, Liaodongwan Bay area[J]. Journal of Palaeogeography, 2005, 7(4): 449-459.
- [13] 李维峰, 高振中, 彭德堂, 等. 库车坳陷中生界三种三角洲比较研究[J]. 沉积学报, 1999, 17(3): 430-434.
- Li Weifeng, Gao Zhenzhong, Peng Detang, et al. Comparative study of fan deltas, braided river deltas and meandering river deltas of Mesozoic in Kuche depression, Tarim Basin[J]. Acta Sedimentologica Sinica, 1999, 17(3): 430-434.
- [14] 姜辉. 浊流沉积的动力学机制与响应[J]. 石油与天然气地质, 2010, 31(4): 428-435.
- Jiang Hui. Dynamical mechanism and depositional responses of turbidity current sedimentation[J]. Oil & Gas Geology, 2010, 31(4): 428-435.
- [15] 卓勤功. 断陷盆地注陷带岩性油气藏成藏机理及运聚模式[J]. 石油学报, 2006, 27(6): 19-23.
- Zhuo Qingong. Reservoir-forming mechanism and migration-accumulation mode of lithological pool in deep sub-depression of rift-subsidence basin[J]. Acta Petrolei Sinica, 2006, 27(6): 19-23.

(编辑 张亚雄)

(上接第247页)

- [17] 刘为付, 刘双龙, 孙立新. 莺山断陷侏罗系火山岩储层特征[J]. 大庆石油地质与开发, 1999, 18(4): 9-11.
- Liu Weifu, Liu Shuanglong, Sun Lixin. Reservoir characteristics of Jurassic system volcanic rock in Yingshan fault depression[J]. Petroleum Geology & Oilfield Development in Daqing, 1999, 18(4): 9-11.
- [18] 王璞珺, 郑常青, 舒萍, 等. 松辽盆地深层火山岩岩性分类方案[J]. 大庆石油地质与开发, 2007, 26(4): 17-22.
- Wang Pujun, Zheng Changqing, Shu Ping, et al. Classification of deep volcanic rocks in Songliao Basin[J]. Petroleum Geology & Oilfield Development in Daqing, 2007, 26(4): 17-22.
- [19] 刘为付. 松辽盆地徐家围子断陷深层火山岩储层特征及有利区预测[J]. 石油与天然气地质, 2004, 25(1): 115-119.
- Liu Weifu. Reservoir characteristics of deep volcanic rocks and prediction of favorable areas in Xujiaweizi fault depression in Songliao basin[J]. Oil & Gas Geology, 2004, 25(1): 115-119.

(编辑 董立)