

# 东濮凹陷文东地区沙三段层序地层学特征

廖远涛<sup>1</sup>, 张世民<sup>1,2</sup>, 夏鹏远<sup>3</sup>, 何汉坤<sup>3</sup>, 王家豪<sup>1</sup>

1. 中国地质大学资源学院, 湖北武汉 430074

2. 中原油田分公司天然气事业勘探部, 河南濮阳 457001

3. 中原油田采油一厂, 河南濮阳 457071

**摘要:** 运用层序地层学理论, 通过钻井高精度层序地层分析(包括单井岩心沉积相分析、单井高精度层序地层分析、联井高精度层序划分对比), 结合地震层序分析, 东濮凹陷文东地区沙三段( $E_{s3}$ )可划分为4个三级层序:  $SQ_1$ 、 $SQ_2$ 、 $SQ_3$ 、 $SQ_4$ , 可识别出4种主要沉积体系: 湖泊三角洲体系、湖泊体系、重力流体系、扇三角洲体系。综合前述特征, 文东地区沙三段层序地层学特征表现为:  $SQ_1$  在文东斜坡带上发育浅湖相, 局部地区发育重力流沉积; 东侧发育扇三角洲体系, 并逐渐退积。  $SQ_2$ — $SQ_4$  文东斜坡带上主要发育湖泊体系(滨湖、浅湖、半深湖和盐湖)与湖泊三角洲前缘亚相; 东侧主要为扇三角洲体系, 规模较小。结合层序地层与沉积学特征分析, 湖泊三角洲前缘砂体、扇三角洲砂体、重力流砂体是文东地区有利的储集体。

**关键词:** 层序地层学; 沉积体系; 文东地区; 东濮凹陷。

中图分类号: P53

文章编号: 1000—2383(2005)02—0133—07

收稿日期: 2004—07—15

## Sequence Stratigraphy of $E_{s3}$ Member in Wendong District, Dongpu Depression

LIAO Yuan-tao<sup>1</sup>, ZHANG Shi-min<sup>1,2</sup>, XIA Peng-yuan<sup>3</sup>, HE Han-kun<sup>3</sup>, WANG Jia-hao<sup>1</sup>

1. Faculty of Earth Resources, China University of Geosciences, Wuhan 430074, China

2. Gas Exploration Department of Zhongyuan Oilfield Branch Company, SINOPEC, Puyang 457001, China

3. No. 1 Production Factory of Zhongyuan Oilfield Company, SINOPEC, Puyang 457071, China

**Abstract:** Wendong district is a very important exploration area in Dongpu depression, and the sequence stratigraphy study is critical to find subtle trap and increase reserve and production in this district. Based on the analysis of high-resolution sequence stratigraphy in well logs (including core facies analysis, single well sequence analysis and cross wells sequence division), and interpretation of sequence stratigraphy in seismic sections, the  $E_{s3}$  member in Wendong district, Dongpu depression is divided into four third-order sequences:  $SQ_1$ ,  $SQ_2$ ,  $SQ_3$  and  $SQ_4$ . Four main sedimentary systems can be identified in  $E_{s3}$ . They are lacustrine-delta system, lacustrine system, gravity flow system and fan delta system. The former opinions show that shallow lake developed on the Wendong slope, gravity flow system developed in topical place and fan delta system developed in the east reigion and regressed gradually in  $SQ_1$ . From  $SQ_2$  to  $SQ_4$ , lacustrine system (including lacustrine beach, semideep lake, deep lake and saline lake) and the front of lacustrine delta developed on the Wendong slope; at the same time, fan-delta system developed in the east reigion and the scope became small. On the basis of the analysis of sequence stratigraphy and the depositional system, the front sand body of the lacustrine delta, and the sand bodies of the fan-delta system and gravity flow are favorable targets to explore lithologic reservoir and lith-structural reservoir in Wendong district.

**Key words:** sequence stratigraphy; sedimentary system; Wendong distict; Dongpu depression.

1 地质背景

东濮凹陷文留地区区域上位于东濮凹陷中央隆起带北部,北接卫城、濮城油田,南隔黄河与桥口油田相连,西侧为柳屯—海通集生油洼陷(曾大乾等,2000;付明世等,2000)。文东地区位于文留地区的东翼,表现为呈北北东向延伸的构造带,其南北长约12 km,东西宽约6 km,面积约156 km<sup>2</sup>(图1)。

据露头资料及钻井揭示:文东地区古近系为主要含油气层系,自下而上划分为沙河街组和东营组(付明世等,2000)。沙河街组可进一步划分为4段,勘探目的层为沙三段。沙四段为氧化环境下发育的一套沉积建造,下部为粉砂岩、泥质粉砂岩和粉砂质泥岩的不等厚互层,上部为泥岩和泥质粉砂岩。沙三段下部在该区北部为一套巨厚盐岩与泥岩组成的韵律层,向南逐渐相变为砂泥岩剖面;中部上段以发育膏盐沉积为特征,中下段为泥岩夹油页岩与砂岩、粉砂岩组成的互层段,地层向南埋深加大,相变为无盐剖面;上部为砂泥岩不等厚互层,其底界砂泥岩地层在北部相变为膏盐层。沙二段分上、下2个亚段,沙二下亚段为一套砂泥岩不等厚互层,砂岩较发育;沙二上亚段为泥岩与含膏泥岩组成的韵律层。沙一段

具有一定的生油能力,由于储集层不发育,主要充当区域盖层。

文留地区经过多年的勘探实践,在中央隆起带获得重大突破,揭示了多套含油气层系。然而,长久以来,文东地区却由于勘探理论与技术落后等原因,一直未有新的突破。位于文留地区东侧的前梨园洼陷经研究证实为非常有利的生烃洼陷(付明世等,2000),其对东西两侧均有充足的供油气能力,表明文东地区具有很好的油气成藏条件。随着层序地层学的理论与方法在油田的广泛应用,其已被证实为预测隐蔽圈闭的权威工具(Vail, 1987; Wilgus *et al.*, 1988; Van Wagoner *et al.*, 1988; Sangree, 1990; Posmamentier *et al.*, 1992; 李思田等,2002; 李群,2002; 王传尚等,2003; 王家豪等,2003)。因此,在文东地区进行层序地层研究,对于寻找隐蔽油气藏,实现滚动勘探、增储上产具有重要的现实意义。

2 钻井高精度层序地层分析

钻井层序地层研究是层序地层学研究的重要组成部分,是含油气盆地开展各项层序地层学研究重要而关键的基础。钻井层序地层分析是选取典型钻井(钻遇深、层段完整),应用测井曲线、岩心等资料进行高精度层序地层分析(Van Wagoner *et al.*, 1990; Cross, 1994)。

2.1 单井岩心沉积相分析

精细的岩心观察与分析能够提取各种典型沉积相标志信息,包括岩石颜色、岩石类型、碎屑颗粒结构、沉积构造、古生物、地化标志等,结合典型测井曲线特征分析,可以从微观上进行沉积环境识别和沉积旋回分析,从而为宏观的层序地层研究提供直观的证据和精细的沉积环境分析(Cross, 1994)。

结合典型取心井的沉积相分析,文东地区可以识别出3种主要沉积体系:湖泊三角洲体系、湖泊体系、重力流体系。

**2.1.1 湖泊三角洲体系** 湖泊三角洲是文东地区沙三段最发育的沉积体系,具体包括三角洲前缘亚相和三角洲平原亚相。三角洲前缘亚相主要包括河口坝、远端沙坝、水下分流河道、间湾等沉积微相。

(1)河口坝岩性主要为灰色砂岩和粉砂岩,常夹薄层灰色或深灰色泥质粉砂岩和泥岩;沉积构造以小型交错层理、水平层理为主;测井曲线为中等幅度的漏斗形,上粗下细的反旋回特征明显。(2)远端沙

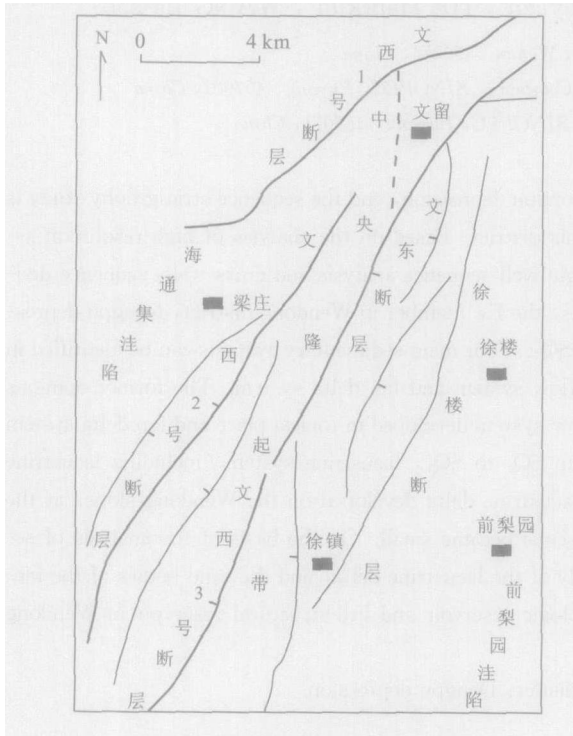


图 1 东濮凹陷文东地区区域构造  
Fig. 1 Sketch structure map of Wendong district in Dongpu depression

坝位于河口坝较远部位,常和河口坝共生.远端沙坝沉积物较河口坝细,主要为灰色粉砂岩和泥岩互层;沉积构造以波状交错层理、水平层理为主,偶见液化变形构造;测井曲线为中、低幅指状特征.(3)水下分流河道主要位于三角洲前缘部位,如果河流能量较强,则可以向前延伸至湖泊中.水下分流河道主要为单层较厚的砂质岩沉积,如粉砂岩、灰质粉砂岩等;测井曲线上表现为高幅度的箱形或钟形特征.

**2.1.2 湖泊体系** (1)浅湖亚相沉积以灰—灰黑色泥岩为主,夹粉砂质泥岩及含灰、含钙质泥岩,具水平层理,测井曲线呈低幅平滑及少量细锯齿状特征.(2)半深湖—深湖相沉积主要为灰黑色厚层泥岩,水平纹理发育,常见油页岩.深湖沉积的岩性较单一,主要为灰黑色泥岩,有时也夹薄层远端浊积砂.测井曲线为低幅平滑曲线.(3)盐湖沉积主要为厚层膏岩、盐岩以及含膏泥岩、含盐泥岩等.测井曲线具高幅尖齿特征.

**2.1.3 重力流体系** (1)滑塌型重力流表现为水下泥石流特征.岩性主要为紫红色含砾混杂岩,含大量泥岩碎块,具滑塌构造,底部见冲刷.测井曲线上表现出低幅参差尖齿状特征(图 2a).(2)水下重力流主要表现为水下重力流水道特征.岩性主要为厚层粉砂岩(含油迹),夹有薄层粉砂质泥岩,具波状交错层理.沉积构造表现为液化变形和泄水构造(图 2b).

2.2 单井高精度层序地层分析

单井高精度层序地层分析主要是根据测井曲线特征和岩性变化特征,并结合其他物性、地化分析资料,精细的划分三级层序以及基准面旋回,并进行体系域分析和沉积环境识别.本文以 Qc2 井沙三段为例,进行单井高精度层序地层学分析(图 3). (1)SQ<sub>1</sub>(E<sub>s3</sub><sup>4</sup>)该层序发育完整.低位期沉积物特点反映了低位期辫状三角洲向干盐湖、半咸水湖的变化过程.湖扩期主要反映了干盐湖和半咸水湖的沉积环境,水体较浅,但较低位域,该期水体有加深趋势.高位期表现出明显的加积—进积特征,为湖泊三角洲和半深湖沉积环境. (2)SQ<sub>2</sub>(E<sub>s3</sub><sup>3</sup>)该层序不发育低位体系域.湖扩期主要反映了湖泊三角洲前缘和半深湖沉积环境.高位期可见重力流沉积,表现为砂岩单层厚,测井曲线呈箱状特征.总体上该期主要反映了湖泊三角洲前缘环境. (3)SQ<sub>3</sub>(E<sub>s3</sub><sup>2</sup>)该层序内不发育低位体系域.在湖扩期,根据沉积物特点,该期主要揭示了半咸水湖沉积环境,湖泊三角洲分布范围较小,表明湖水逐渐变咸,范围逐渐变大.在高位期,

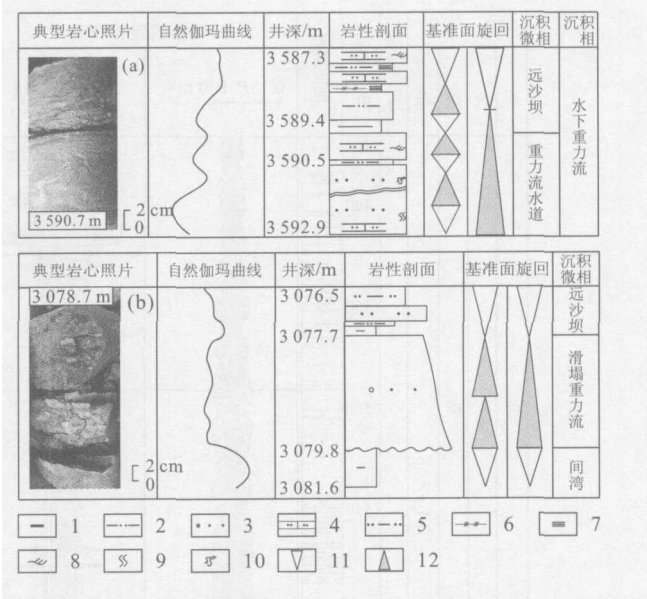


图 2 东濮凹陷文东地区(E<sub>s3</sub>)重力流体系沉积特征及沉积组合

Fig. 2 Depositional characteristics and association of gravity flow of E<sub>s3</sub> member in Wendong district, Dongpu depression

a. 水下重力流沉积(濮深 7 井 E<sub>s3</sub><sup>3</sup>); b. 滑塌重力流特征及沉积组合(文 177 井 E<sub>s3</sub><sup>4</sup>); 1. 泥岩; 2. 粉砂质泥岩; 3. 含砾砂岩; 4. 灰质粉砂岩; 5. 泥质粉砂岩; 6. 油页岩; 7. 水平层理; 8. 波状交错层理; 9. 变形构造; 10. 泄水构造; 11. 基准面下降; 12. 基准面上升

岩性主要为灰色、深灰色泥岩、油页岩夹薄层浅灰色粉砂岩、含膏泥岩.该期主要揭示了三角洲前缘和湖泊环境,反应了沉积物向湖盆的前积. (4)SQ<sub>4</sub>(E<sub>s3</sub><sup>1</sup>)该层序低位体系域不发育.在湖扩期和高位期,岩性主要为灰色泥岩与浅灰色粉砂岩、泥质粉砂岩互层,夹灰色、深灰色页岩层,底部见灰质页岩.总体上,该层序湖扩和高位体系域主要揭示了湖泊三角洲和半深湖环境.

综合 Qc2 井 4 个三级层序的各自特征,表明相对湖平面发生了多次升降,与此相对应,自下而上发育了辫状三角洲、湖泊(半咸水湖、干盐湖、浅湖、半深湖)、湖泊三角洲等沉积体系,总体反映了湖水浅→深→浅和淡→咸→淡→咸→淡的变化过程.

2.3 联井高精度层序地层划分与对比

联井高精度层序地层对比目的在于变单井高精度层序分析的“点”为横向联井剖面的“线”,从而可以分析层序在空间上的展布方式,在层序内划分不同级次的基准面旋回以及砂体等沉积物的展布,同时还便于和三维地震剖面进行对比、印证,从而为宏

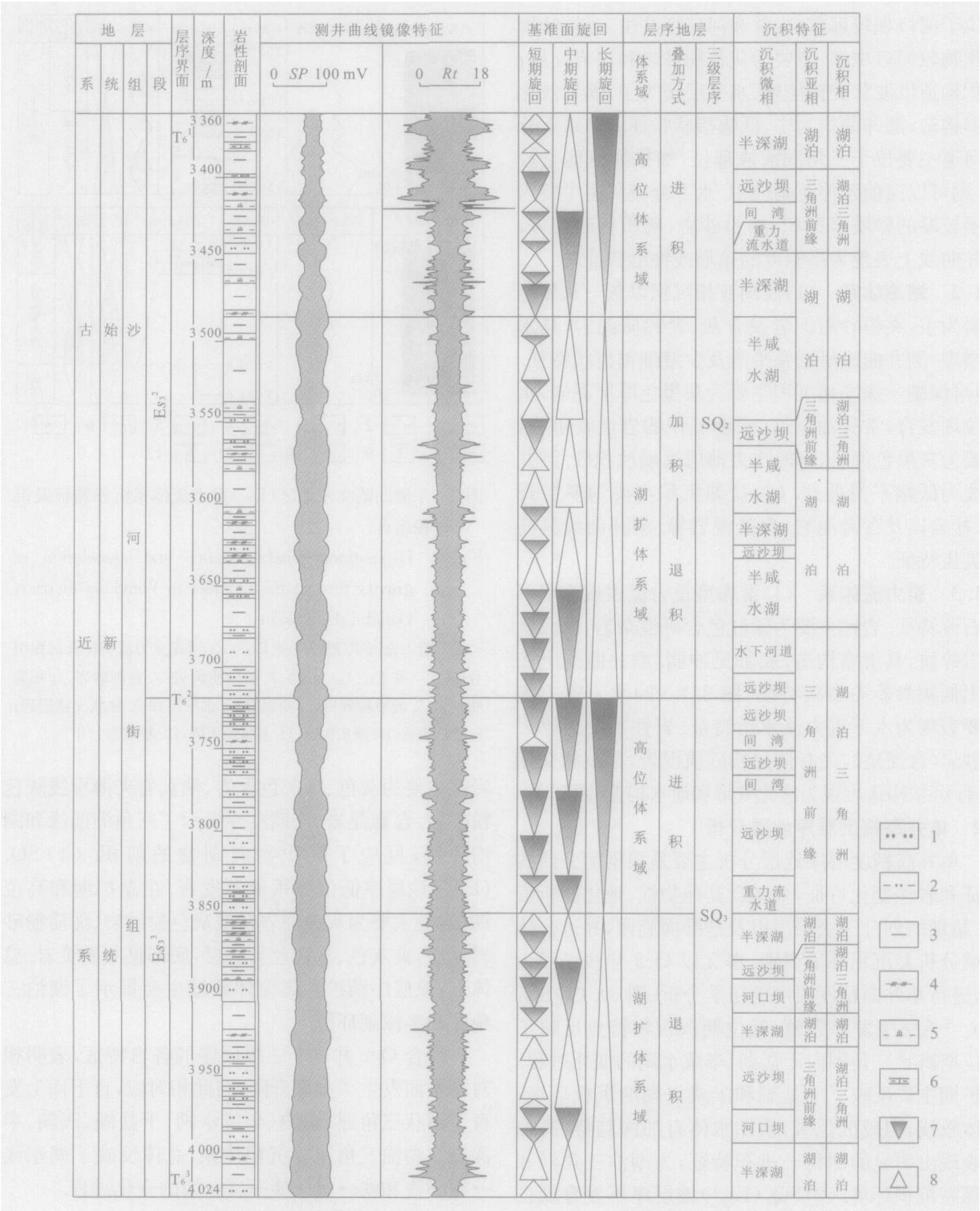


图 3 东濮凹陷文东地区 Qc2 井 SQ<sub>2</sub>、SQ<sub>3</sub> 高精度层序地层分析

Fig. 3 High-resolution sequence stratigraphy of analysis of SQ<sub>3</sub>、SQ<sub>2</sub> of Qc2 in Wendong district, Dongpu depression

1. 粉砂岩; 2. 粉砂质泥岩; 3. 泥岩; 4. 油页岩; 5. 含膏泥岩; 6. 灰质泥岩; 7. 基准面下降; 8. 基准面上升

观沉积体系的划分和层序以及体系域界面的确立提供依据(林畅松等, 2000).

以 Xw16-W73-W404-Q2 剖面为例, 该剖面位于文东地区北部, 呈 NW-SE 向, 联井对比分析显示沙三段划分为 4 个三级层序: SQ<sub>1</sub>、SQ<sub>2</sub>、SQ<sub>3</sub>、SQ<sub>4</sub> (SQ<sub>1</sub> 主要通过地震层序识别). (1) SQ<sub>2</sub> (E<sub>s3</sub><sup>2</sup>): 该层序段由于钻井地层未穿, 层序发育不完整, 普遍缺失低位和湖扩体系域(斜坡带东侧 SQ<sub>2</sub>

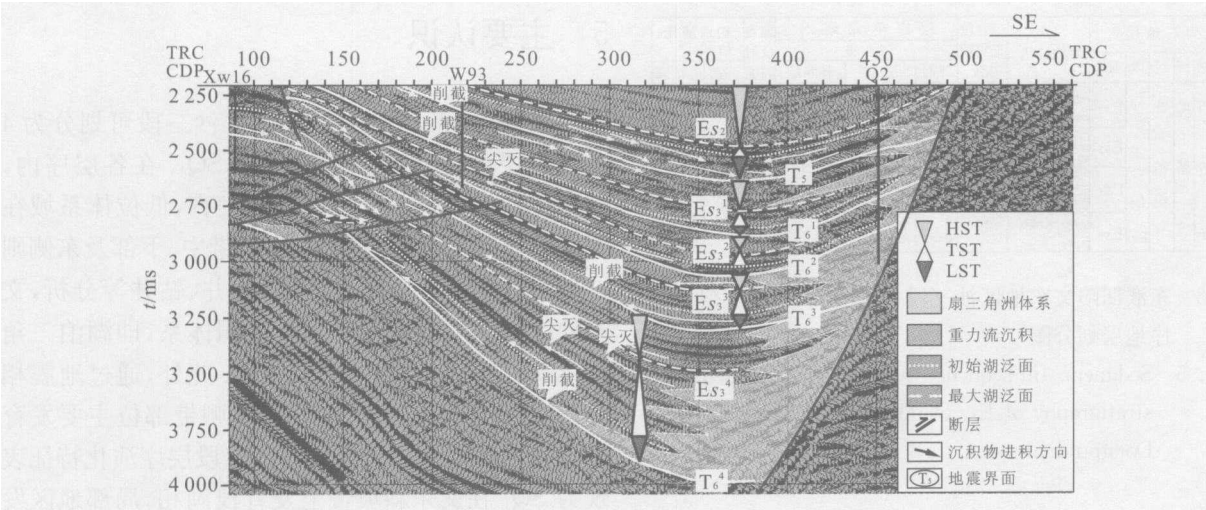


图 4 东濮凹陷文东地区过 Xw16—W93—Q2 井的地震剖面层序地层解释

Fig. 4 Interpretation map of sequence stratigraphy of seismic profile across Xw16-W93-Q2 in Wendong district, Dongpu depression

缺失). 高位期, 各井一般发育 2~3 个进积准层序组. 总体上地层从西向东逐渐加厚, 显示隆起一斜坡一深洼的古地貌特征. 文东斜坡带西侧砂体较发育, 连通性好, 主要为湖泊三角洲—浅湖环境. (2)  $SQ_3(E_{S_3}^2)$ : 该层序低位体系域不发育.  $SQ_3$ —EST, 各井一般发育 3~4 个退积准层序组. 该体系域典型特点是膏盐较普遍发育, W404 井处膏岩厚度最大, 砂体零星发育, 推测以 W404 井为中心, 发育盐湖和咸水湖环境.  $SQ_3$ —HST, Q2 井砂体较发育, W404 井砂体零星发育, 至西部 Xw16、W73 井, 砂体基本不发育. 上述特征反映了 Q2 井前积砂体未能穿越洼陷而到达文东斜坡, W404 井砂体可能来源于西侧及北部轴向. 相比湖扩期, 在高位期 Xw16、W73、W404 井处膏盐层普遍减少, 含盐、膏泥岩增多, 反映水体逐渐淡化, 推测高位期斜坡带西侧为半咸水湖—浅湖环境, 向东演化为扇三角洲环境. (3)  $SQ_4(E_{S_4}^1)$ :  $SQ_4$ —LST 沉积仅分布于斜坡带东侧. Q2 井该期发育 2 个准层序组, 显前积特征, 砂体向前梨园洼陷前积, 形成水下扇沉积.  $SQ_4$ —EST 时, Q2 井砂体较发育, 发育 4 个退积准层序组. 而 W404、Xw16 井该期砂体发育较少, W73 井因断层影响造成地层缺失, 推测此期斜坡带中上部物源主要来自于北部轴向及西侧, 沉积环境为半深湖—湖泊三角洲, 斜坡带西侧则为扇三角洲环境.  $SQ_4$ —HST 时, W73、Xw16、W404 井发育 3~4 个进积准层序组, 砂体比较发育, 连通性好, Q2 井砂体主要向梨园洼陷前积. 相比湖扩期, 高位期沉积环境无太大变化.

3 地震层序地层解释

地震层序分析是识别和对比古构造、古沉积间断面、建立三级层序地层格架的关键. 地震层序地层分析的核心在于利用地震剖面具有系统性、连续性、区域分布的优势, 建立起全盆地的等时地层格架 (Van Wagoner *et al.*, 1990).

根据削截等三级层序界面识别的重要标志, 文东地区沙三段可划分为 4 个三级层序, 对应地震反射界面分别为  $T_6^1$ 、 $T_6^2$ 、 $T_6^3$ 、 $T_6^4$  (图 4). 在三级层序内部, 根据退积、前积反射特征, 可以进一步划分出低位体系域、湖扩体系域和高位体系域.

4 层序地层格架特征

通过单井高精度层序地层划分与联井剖面对比分析, 结合三维地震剖面的校正, 文东地区层序地层综合划分方案如图 5.

总的来说, 文东地区沙三段层序演化特征表现为 (图 6): (1)  $SQ_1$ —LST 发育期, 兰聊断裂处于活动最强期, 文东斜坡带东侧扇三角洲显退积特征; 文东斜坡带上主要发育浅湖、滨浅湖相, 局部地区发育重力流沉积.  $SQ_1$ —EST 发育期, 沉积地层向文东斜坡带中上部逐渐减薄, 显示斜坡带中部为早期滚动背斜进一步演化而成的低凸起, 盐湖相分布范围大, 浅湖相分布范围逐渐缩小至文东斜坡带下部. 东侧扇三角洲体系迅速退积.  $SQ_1$ —HST 发育期, 由于

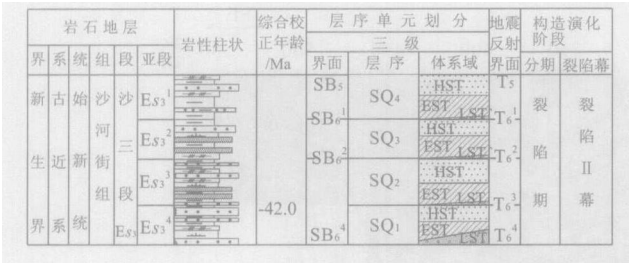


图 5 东濮凹陷文东地区沙三段(E<sub>s3</sub>)沉积充填序列与层序地层划分图

Fig. 5 Sediment fill-sequence and division of sequence stratigraphy of E<sub>s3</sub> member in Wendong district, Dongpu depression

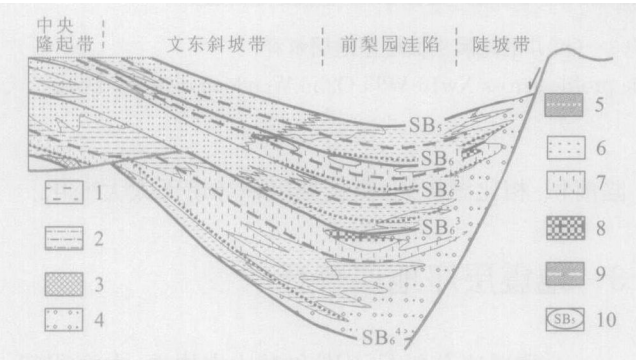


图 6 东濮凹陷文东地区沙三段(E<sub>s3</sub>)层序地层模式

Fig. 6 Sequence stratigraphy model of E<sub>s3</sub> member in Wendong district, Dongpu depression

1. 浅湖—半深湖; 2. 滨浅湖+前三角洲; 3. 重力流沉积; 4. 扇三角洲; 5. 初始湖泛面; 6. 湖泊三角洲前缘; 7. 盐湖; 8. 干盐湖; 9. 最大湖泛面; 10. 层序界面

斜坡带上的次级断裂基本停止活动,次级凹陷消失,凹陷的构造格局发生重大改变.受其影响,文东斜坡带中上部发育了湖泊三角洲沉积和浅湖沉积,盐湖相分布范围逐渐萎缩,迁移到了斜坡带下部.(2) SQ<sub>2</sub>—SQ<sub>4</sub> 时期,受兰聊断裂带活动减弱影响,文东斜坡带东侧扇三角洲体系规模减小.文东斜坡带上各层序地层厚度减薄,尤其是低位体系域分布范围急剧变小、变薄,主要分布于兰聊断裂带至斜坡带下部范围,斜坡带中上部 SQ<sub>3</sub>、SQ<sub>4</sub> 普遍缺失低位体系域.湖扩体系域和高位体系域的沉积环境主要为湖泊三角洲和浅湖—半深湖,局部地区发育重力流沉积.斜坡带下部、前梨园洼陷在各层序发育期以浅湖—半深湖相沉积为主,在 SQ<sub>3</sub>—EST、SQ<sub>3</sub>—HST 发育了面积较大的盐湖,局部地区为干盐湖.

## 5 主要认识

(1)通过综合分析,文东地区沙三段可划分为 4 个三级层序,即 SQ<sub>1</sub>、SQ<sub>2</sub>、SQ<sub>3</sub>、SQ<sub>4</sub>.在各层序内,湖扩体系域和高位体系域普遍发育,低位体系域在文东斜坡带上部普遍缺失,斜坡带中、下部及东侧则一般发育完整.(2)结合岩心、测井、钻井等分析,文东地区沙三段主要发育 3 种沉积体系,即湖泊三角洲体系、湖泊体系和重力流体系.此外,通过地震相分析,在文东斜坡带东侧靠近兰聊带部位主要发育扇三角洲体系.(3)文东地区沙三段层序演化特征表现为 SQ<sub>1</sub> 在文东斜坡带上发育浅湖相,局部地区发育重力流沉积.东侧发育扇三角洲体系,并逐渐退积;SQ<sub>2</sub>—SQ<sub>4</sub> 在文东斜坡带上主要发育湖泊体系(滨湖、浅湖、半深湖和盐湖)与湖泊三角洲前缘亚相,东侧主要为扇三角洲体系,规模较小.(4)结合层序地层及沉积体系特征分析,文东地区沙三段是东濮凹陷实施滚动勘探开发的有利区带,具体表现为:①文东斜坡带中、上部湖泊三角洲前缘相砂体,该类型砂体在各层序内均普遍发育,早期勘探已取得较好成果.结合斜坡带上部比较发育的断层以及厚层膏盐,因此可以找寻断块圈闭.②东侧兰聊断裂带下降盘发育众多扇三角洲砂体,并直接与湖泊烃源岩接触,地层向凹陷中心倾伏,因此有利于形成鼻状构造.③重力流砂体与岩性圈闭.重力流砂体主要发育于 SQ<sub>1</sub>—LST、SQ<sub>2</sub>—EST,其他层序也有零星发育,结合砂体发育部位,因此可以形成有利储集体和岩性圈闭.

## References

Cross, T. A., 1994. High-resolution stratigraphic correlation from the perspective of base-level cycles and sediment accommodation. In: Proceedings of northwestern European sequence stratigraphy congress, 1—13.

Fu, M. S., Jia, R. Z., Li, M., et al., 2000. Oil and gas geological characteristics and rolling exploration direction in Wenliu district. *Journal of Jiangnan Petroleum Institute*, 22(4): 26—29 (in Chinese with English abstract).

Li, Q., 2002. Study of subtle oil/gas reservoirs exploration in Changling sag of Songliao basin. *Earth Science—Journal of China University of Geosciences*, 27(6): 770—774 (in Chinese with English abstract).

Li, S. T., Pan, Y. L., Lu, Y. C., et al., 2002. Key technology of prospecting and exploration of subtle traps in lacus-

- trine fault basins: Sequence stratigraphy researches on the basis of high resolution seismic survey. *Earth Science—Journal of China University of Geosciences*, 27(6): 592—598 (in Chinese with English abstract).
- Lin, C. S., Zhang, Y. M., Liu, J. Y., et al., 2000. High resolution sequence stratigraphy and reservoir prediction. *Earth Science Frontiers*, 7(3): 111—117 (in Chinese with English abstract).
- Posamentier, H. W., Allen, G. P., James, D. P., et al., 1992. Forced regressions in a sequence stratigraphy framework: Concepts, examples, and exploration significance. *AAPG Bulletin*, 76: 1687—1709.
- Sangree, J. B., 1990. A summary of exploration applications of sequence stratigraphy. GCSSRPM foundation eleventh annual research conference program and abstract, 321—327.
- Vail, P. R., 1987. Seismic stratigraphy interpretation using sequence stratigraphy. Part 1: Seismic stratigraphy interpretation procedure. In: Bally, A. W., ed., *Atlas of seismic stratigraphy*. American Association Petroleum of Geologists, *Studies in Geology*, 27: 1—10.
- Van Wagoner, J. C., Posamentier, H. W., Mitchum, R. M., et al., 1988. An overview of the fundamentals of sequence stratigraphy and key definition. In: Wilgus, C. K., et al., eds., *Sea level changes: An integrated approach*. SEPM *Spec. Pub.*, 42: 39—45.
- Van Wagoner, J. C., Mitchum, R. M., Campion, K. M., et al., 1990. Siliciclastic sequence stratigraphy in well logs, cores and outcrops: Concepts for high-resolution correlation of time and facies. *AAPG Methods in Exploration Series*, 7: 1—55.
- Wang, C. S., Wang, X. F., Chen, X. H., et al., 2003. Study of sequence stratigraphy at terminal of Ordovician. *Earth Science—Journal of China University of Geosciences*, 28(1): 6—10 (in Chinese with English abstract).
- Wang, J. H., Wang, H., Zhao, Z. X., et al., 2003. Sequence stratigraphy in paleogeomorphology analysis: An example from Tahe oilfield. *Earth Science—Journal of China University of Geosciences*, 28(4): 425—430 (in Chinese with English abstract).
- Wilgus, C. K., Hastings, B. S., Kendall, C. G., et al., 1988. *Sea level changes: An integrated approach*. SEPM *Special Publication*, 42.
- Zeng, D. Q., Yang, Y. C., Liu, Z. X., et al., 2000. Natural gas pool formation models in Wenliu district of Dongpu depression. *Journal of Jiangnan Petroleum Institute*, 22(4): 10—13 (in Chinese with English abstract).

## 附中文参考文献

- 付明世, 贾瑞忠, 李媚, 等, 2000. 文留地区油气地质特征及滚动勘探方向. 江汉石油学院学报, 22(4): 26—29.
- 李群, 2002. 松辽盆地长岭凹陷隐蔽油气藏勘探研究. 地球科学——中国地质大学学报, 27(6): 770—774.
- 李思田, 潘元林, 陆永潮, 等, 2002. 断陷湖盆隐蔽油藏预测及勘探的关键技术——高精度地震探测基础上的层序地层学研究. 地球科学——中国地质大学学报, 27(5): 592—598.
- 林畅松, 张燕梅, 刘景彦, 等, 2000. 高精度层序地层学和储层预测. 地学前缘, 7(3): 111—117.
- 王传尚, 汪啸风, 陈孝红, 等, 2003. 奥陶纪末期层序地层学研究. 地球科学——中国地质大学学报, 28(1): 6—10.
- 王家豪, 王华, 赵忠新, 等, 2003. 层序地层学应用于古地貌分析——以塔河油田为例. 地球科学——中国地质大学学报, 28(4): 425—430.
- 曾大乾, 杨依超, 刘振兴, 等, 2000. 东濮凹陷文留地区天然气成藏模式. 江汉石油学院报, 22(4): 10—13.