

文章编号: 1001-6112(2006)06-0544-05

东营凹陷永安镇三角洲层序地层与沉积体系

庄 丽

(中国石油化工股份有限公司 石油勘探开发研究院, 北京 100083)

摘要:应用高分辨率层序地层学理论,结合测井—地震数据联合分析等技术手段,建立了东营凹陷永安镇下第三系沙三段—沙二下亚段三角洲层序地层格架,划分出了 4 个三级层序,9 个四级层序。沉积体系的研究结果表明,永安镇三角洲存在多个物源方向,不同时期主要物源方向不相同,但最主要的物源来自东部的青坨子凸起。通过重点分析永安镇三角洲的 2 个主要发育旋回 LSC4 和 LSC3,有效地解剖永安镇三角洲的空间展布特征和物源方向,建立起沉积体系格架,并分析指出这 2 期砂体是主要的油气勘探目标。

关键词:高分辨率层序地层;基准面;旋回;沉积体系;永安镇三角洲;东营凹陷;渤海湾盆地

中图分类号: TE121.3

文献标识码: A

东营凹陷是中国东部典型陆相断陷盆地的代表,纪友亮等人曾应用经典层序地层学在全凹陷建立了三级层序地层格架,并对东营凹陷沙河街组主要的沉积事件——东营三角洲四级层序进行划分,有效地指导了东营凹陷岩性油藏的勘探^[1,2]。但是相同时期发育的永安镇三角洲由于断裂系统复杂,沉积体大角度推进,井间对比难度大,仅靠地震方法无法准确识别层序界面。

永安镇三角洲位于东营凹陷中央背斜带的东段(图 1),目前已有 33 口井钻遇沙三段,上报探明石油地质储量 $2\ 105 \times 10^4$ t。研究应用高分辨率层序地层学理论和模式,在单井旋回划分和地震剖面层序分析的基础上对其进行重点解剖,建立以中期基准面旋回为单元的高分辨率层序地层格架,对永

安镇三角洲不同期次的空间展布和物源方向给予明确的解释,对于本地区的隐蔽油气藏勘探具有很大的指导意义^[3~5]。

1 基准面单元划分及层序地层格架的建立

1.1 层序地层格架的建立

根据高分辨率层序地层学的旋回划分与对比原则,分别选择基准面下降到上升和基准面上升到下降的转换位置作为对比点,以中期基准面旋回为基本单元,建立了永安镇地区以中期基准面旋回为单元的高分辨率层序地层格架。

根据钻井与地震对比格架可以看出,地层的发育并不是“千层饼”模式,而是符合沉积物的体积分配原理与物质守恒原理。在基准面变化的不同时期,同一相域内保存的沉积物的体积是不同的;即使是相同时期,不同位置保存的沉积物体积也不同,具体表现在同一时期、不同钻井厚度的差异(图 2)。

1.2 层序界面的识别

识别研究层段内部各级地层层序界面,包括不整合面、沉积作用转换面和较大的洪泛面^[6,7]。永安镇三角洲是一个多物源、多方向注入的高角度建设型三角洲,测井曲线表现为多套箱状砂岩垂向叠加样式,应用测井序列进行岩性对比势必会造成穿时现象,导致层序划分错误。因此研究中特别注意了测井序列的纵向高分辨率与地震记录横向大范围的对比性相结合;充分利用两者的优势,是高分辨率层序地层准确划分和对比的关键。

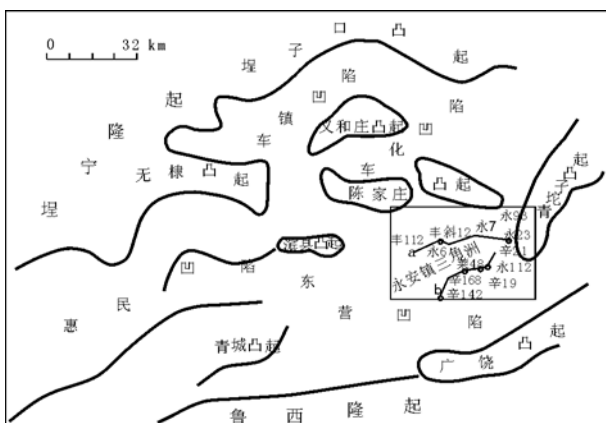


图 1 渤海湾盆地东营凹陷永安镇三角洲区域位置
a, b 为地震剖面

Fig. 1 Regional location of Yonganzhen Delta in the Dongying Sag of the Bohaiwan Basin

收稿日期: 2006-04-21; 修订日期: 2006-10-11。

作者简介: 庄丽(1972—), 女(汉族), 山东日照人, 工程师, 主要从事石油地质综合研究工作。

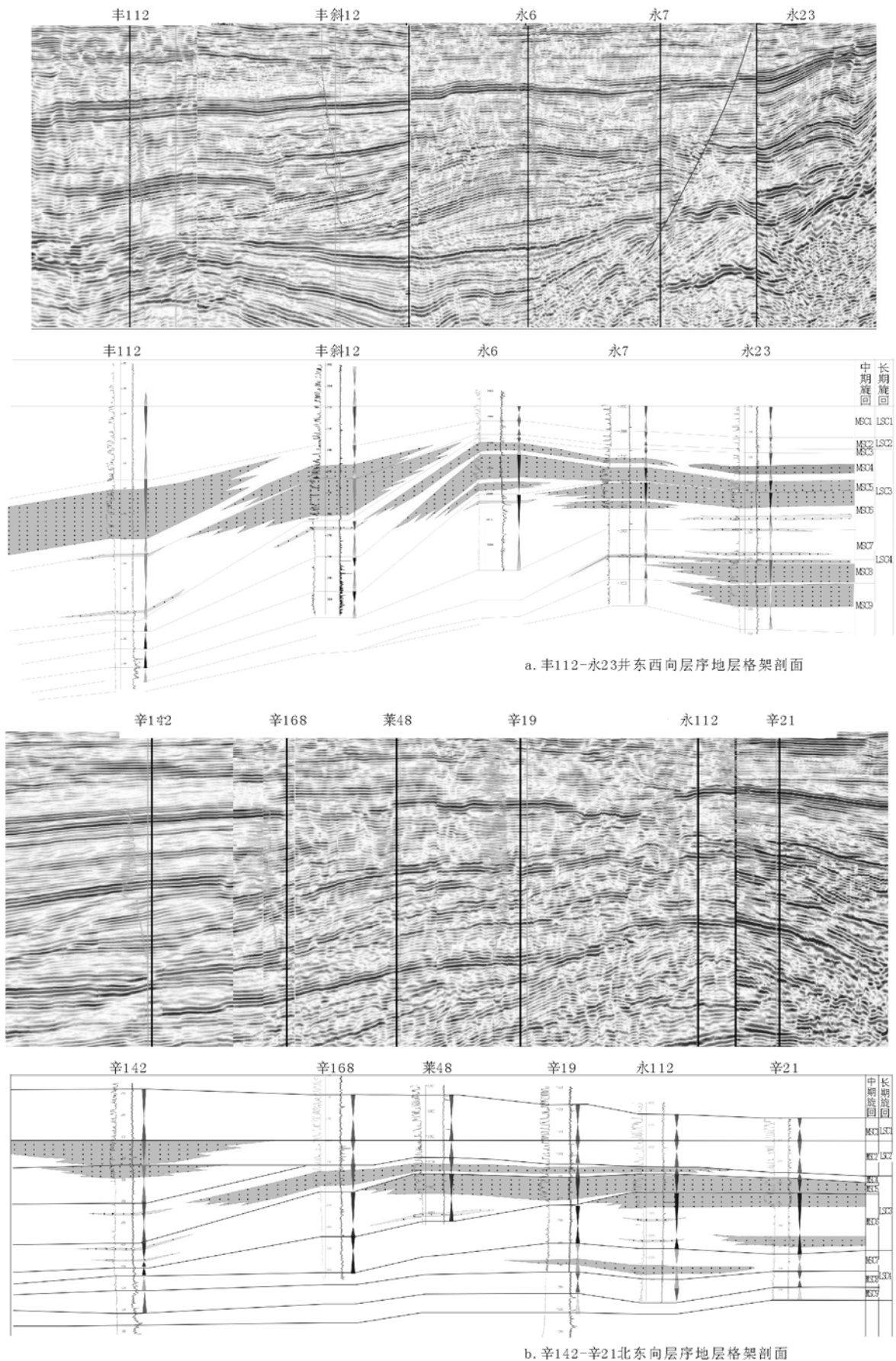


图 2 渤海湾盆地东营凹陷永安镇三角洲层序地层格架剖面

Fig. 2 Sequence stratigraphy profiles of Yonganzhen Delta in the Dongying Sag of the Bohaiwan Basin

运用高分辨率层序地层研究方法,以钻井、测井、地震资料为基础,并综合合成记录、地震反射标志层、地震相的变化等各种信息进行井—震标定后,在永安镇三角洲发育层段识别出9个具有时间意义的界面,它们包括5个较大规模的层序界面,即基准面下降与上升的转换面(自上而下分别命名为SB1,SB2,SB3,SB4,SB5)和4个较大规模的洪泛面,即基准面上升与下降的转换面(自上而下分别命名为F1,F2,F3,F4)。以永23井(缺失SB5和F4)为例,可以清晰地划分出4个较大规模的层序界面和3个较大规模的洪泛面(图3)。

基准面下降与上升的转换面在钻/测井剖面上表现为三角洲进积叠加样式的砂岩的顶部界面或表现为进积与退积作用的转换面;在地震剖面上,该界面之上为典型的超超现象,界面之下表现为顶超的特征,局部见削截现象。

基准面上升与下降的转换面,在盆地边缘地区转换作用表现为向盆地方向推进的前积反射变为向湖盆边缘收缩的前积反射。该界面具湖泛面性质,在永安镇地区形成以油页岩、碳质页岩等泥质岩为主的沉积,在电阻率曲线上一一般为高阻段的顶

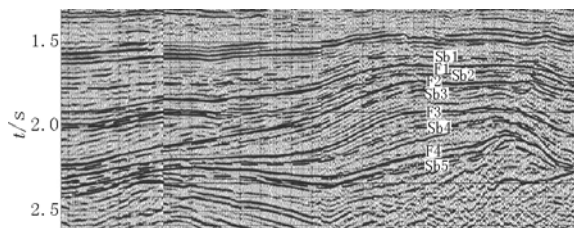


图4 东营凹陷永安镇地区东西向层序地层解释剖面
Fig.4 Sequences interpretation of Yonganzhen Delta in the Dongying Sag (EW) of the Bohaiwan Basin

部。在地震剖面上,表现为一强振幅、连续性好的反射,局部还表现出下超面的特征(图4)。

1.3 地层层序划分

济阳拗陷早第三纪裂谷盆地可明确地划分出4个裂陷幕,与之对应的是下第三系4个二级层序,即孔店组、沙四段、沙三段—沙二下亚段、沙二上亚段—东营组,本文研究重点为沙三段—沙二下亚段层序。

在该构造基准面旋回内,以上述识别的5个基准面下降到上升的转换面为界,可将研究层段沙三段—沙二下亚段划分为4个长期基准面旋回(相当于三级层序),自上而下分别命名为LSC1,LSC2,LSC3,LSC4。通过长期旋回内部次级转换面的识别,这4个长期旋回可进一步细分为9个中期旋回(大致相当于四级层序),自上而下分别命名为MSC1, MSC2, MSC3, MSC4, MSC5, MSC6, MSC7, MSC8, MSC9(图3部分)。

中期基准面旋回可分为基准面上升半旋回和基准面下降半旋回,是可容纳空间变化与沉积物供应量变化双重因素作用下形成的地层响应。以MSC4为例,从湖盆边缘的青坨子凸起到民丰洼陷带,表现出旋回的不对称性;由于三角洲持续向盆地一侧推进,青坨子凸起边缘,沉积物向盆地搬运能力增加,平原相域沉积物存储能力逐渐减小,冲积平原成因层序的厚度自下而上逐渐减薄,直至仅由只发育基准面上升半旋回组成,出现碳质页岩陆相不整合;三角洲向盆地方向延伸,旋回的对称性变好,三角洲前缘主体部位,基准面下降半旋回发育,形成持续的进积叠加样式,地层厚度最大。

2 永安镇三角洲演化特征

2.1 永安镇三角洲物源方向的厘定

长期以来,对永安镇三角洲的物源体系方向、规模的确定存在着诸多争议。高分辨率层序地层等时格架的建立,能准确划分出不同旋回期、不同

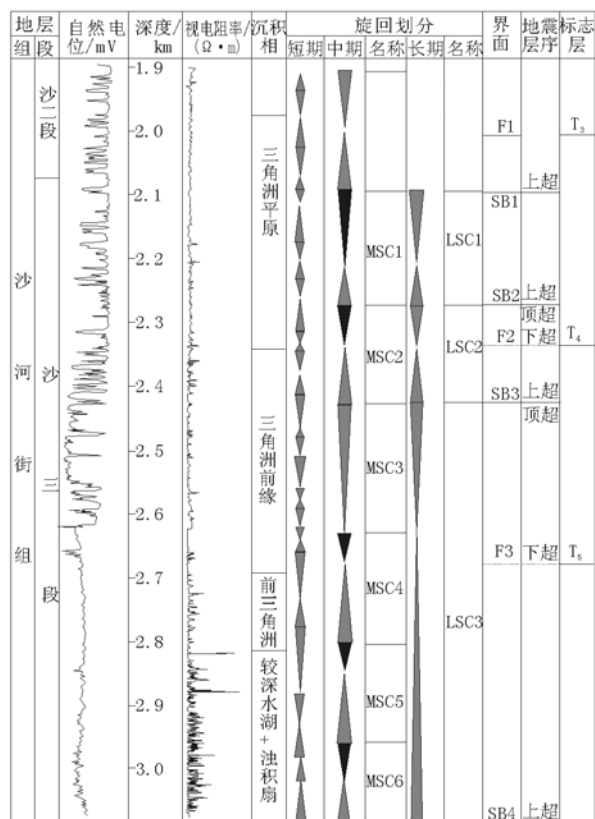


图3 渤海湾盆地东营凹陷永23井单井层序
Fig.3 Strata sequences of the Well Yong 23 in the Dongying Sag of the Bohaiwan Basin

物源体系组成的永安镇三角洲空间展布特征(图 5)。以 MSC5 旋回为例, 这一时期永安镇三角洲主要由 3 个方向的物源体系组成, 包括以青坨子凸起为物源的永 23—永 7—永 6 体系、永 25—辛 21—莱 48 物源体系和以陈家庄凸起与青坨子凸起之间沟道为主要物源方向的东北部物源。每一旋回不同物源体系影响范围在等时地层格架建立后, 均能够准确厘定^[8](图 5)。

2.2 永安镇三角洲空间展布特征

在长期基准面旋回框架内讨论永安镇三角洲的物源体系构成和平面分布特征。高分辨率层序地层等时格架的建立认为永安镇三角洲主要发育时期为 LSC4 和 LSC3 旋回。本文重点讨论永安镇三角洲在这 2 个基准面旋回中的空间展布特征。

2.2.1 LSC4 沉积体系构成和分布特征

三角洲物源方向以青坨子凸起上发育的东部物源为主, 继承性发育 2 个大分支体系, 即永 22—永 84 物源体系和永 25 物源体系。同时东北部陈家庄凸起与青坨子凸起之间的冲沟发育小型的物源, 称为永 93 物源体系。三角洲的主体为青坨子

凸起上发育的物源体系向西推进形成的。

MSC9 中期基准面旋回时期三角洲推进到永 22—永 25 一线, 测井以进积叠加样式为主, 基准面下降半旋回为主。MSC8 中期基准面旋回持续向西部推进, 受古地貌限制, 主要在永 22—永 25 的古沟槽内发育, 推进范围有限, 在古沟槽内可能发育垂直于物源方向的横向径流, 充填古沟槽; 平原相不发育, 主要沿青坨子凸起呈窄条带状分布, 大部分地区被后期三角洲剥蚀, 测井序列以加积样式为主; 越过沟槽在永 7—永 20 一线发育三角洲前缘席状砂体。MSC7 中期基准面旋回湖盆发生回返下陷, 青坨子凸起物源体系不发育, 形成以基准面上升旋回为主的退积序列, 发育小型三角洲体系(图 5)。

2.2.2 LSC3 沉积体系构成和分布特征

LSC3 长期基准面旋回包括 MSC6, MSC5, MSC4, MSC3 等 4 个中期基准面旋回, 相对于东营凹陷处于一个大的基准面上升半旋回中。从 MSC6 开始, 发育另一个三角洲旋回为永安镇三角洲, 也是规模最大, 期次最多的一个旋回。

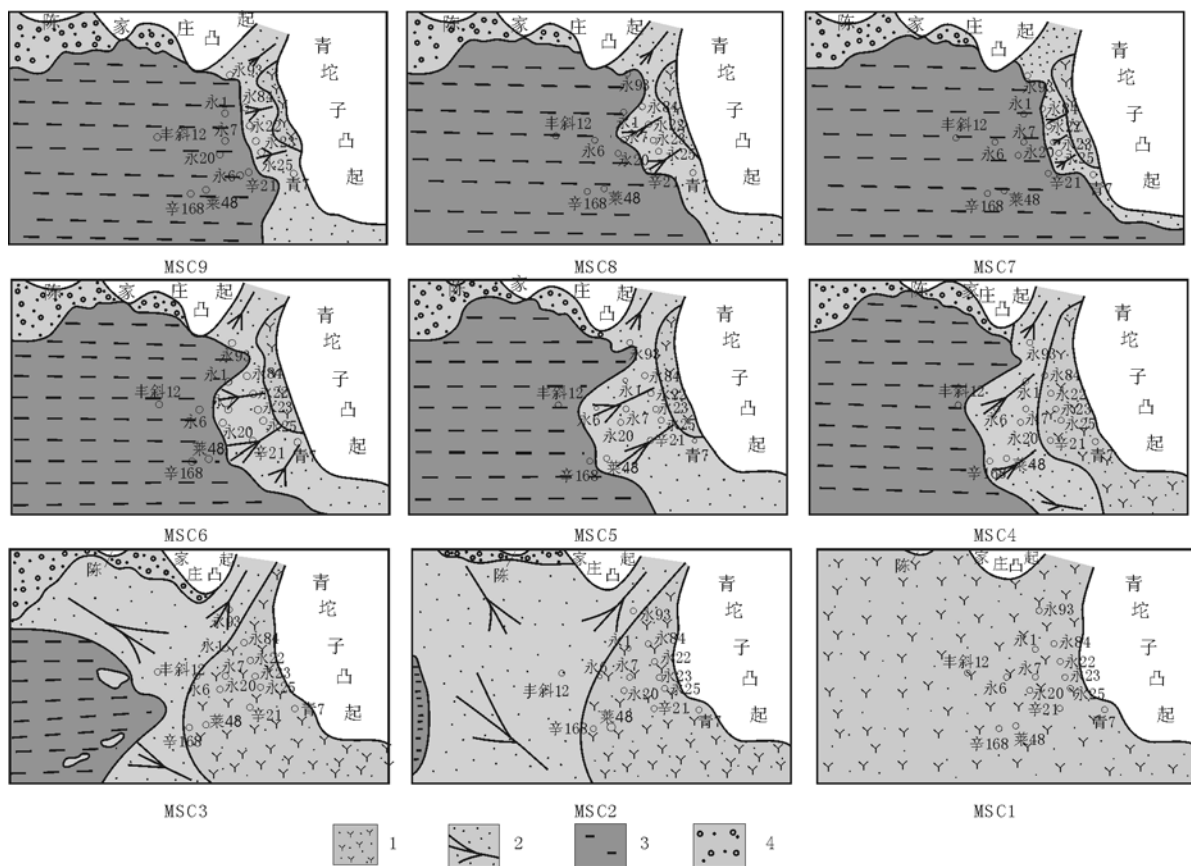


图 5 渤海湾盆地东营凹陷永安镇三角洲 MSC9—MSC1 基准面旋回沉积体系

1. 三角洲平原亚相; 2. 三角洲前缘亚相; 3. 前三角洲亚相及湖相; 4. 陡坡带扇体

Fig. 5 Sedimentation system of base level MSC9—MSC1 in Yonganzhen Delta, the Dongying Sag of the Bohaiwan Basin

三角洲物源方向具有一定的继承性,以青坨子凸起上发育的东部物源为主要物源体系,发育 3 个大的分支体系,除永 22—永 84 物源体系和永 25 物源体系外,还发育青 7 物源体系,向南西向推进。东北部的永 93 物源体系分布范围有所扩大。不同中期基准面旋回,物源的发育方向有一定差别。

MSC6 旋回在大部分地区为对称的基准面旋回。早期为湖相泥岩沉积,晚期三角洲体系开始发育,推进到永 1—永 20 一线。MSC5 及 MSC4 基准面旋回主要发育基准面下降半旋回,测井序列为持续的进积叠加样式,为三角洲快速推进、大规模发育阶段,最远推进到丰斜 12—辛 168 一线;由于三角洲为高角度快速进积的产物,前端以发育被波浪改造的席状砂为主,偶见发育小型滑塌浊积岩,分布面积有限。从 MSC4 基准面旋回开始,东南部物源即东营三角洲主体开始发育。在 MSC4 基准面上升半旋回后,东营凹陷经历一次短暂构造沉降,形成一个湖盆回返期,三角洲发育陷于停滞,永安镇地区为滨浅湖相环境。在 MSC3 基准面旋回时期,东营凹陷开始大规模的湖盆充填幕,以东南部物源为主的东营三角洲体系开始大规模发育,向东部和东北部推进,同时西北部物源影响到丰斜 12 井区。而青坨子凸起不再提供物源,永安镇三角洲实际已经消亡(图 5)。

3 结论

永安镇三角洲是一个多物源多方向注入的高

角度建设型三角洲。通过高分辨率层序地层格架的建立,将下第三系沙三段—沙二下亚段划分为 4 个长期基准面旋回,细分为 9 个中期基准面旋回,有效地解剖了永安镇三角洲的空间展布。对其沉积体系研究结果表明,不同时期物源的发育方向有一定差别,但对永安镇三角洲贡献最大的是青坨子凸起上发育的东部物源。LSC4 及 LSC3 旋回时期发育的砂体,物性较好,而且距离生油洼陷较近,利于油气的捕捉,预测其可成为有利的含油气层位。

参考文献:

- 1 纪友亮,张仕奇,陆相断陷湖盆层序地层学[M]. 北京:石油工业出版社,1996. 1~128
- 2 肖玉茹,何峰煜. 高分辨率层序地层学在储层预测中的应用[J]. 石油实验地质,2003,25(2):169~173
- 3 Galloway W E. Genetic stratigraphic sequences in basin analysis I: Architecture and genesis of flooding—surface bounded depositional units[J]. American Association of Petroleum Geologists Bulletin, 1989, 73:125~142
- 4 王居峰,蔡希源,邓宏文等. 渤海湾盆地东营凹陷中央洼陷带沙三段基准面旋回变化与岩性圈闭[J]. 石油实验地质,2003,25(4):357~361
- 5 程晓玲,周小进,郭建华. 渤海湾盆地东濮凹陷 T—R 旋回层序地层学与隐蔽油藏研究[J]. 石油实验地质,2003,25(增刊):548~552,556
- 6 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):5~8
- 7 薛良清. 论沉积层序级别的划分[J]. 石油勘探与开发,1998,25(3):10~14
- 8 邓宏文,王红亮,祝永军. 高分辨率层序地层学:原理及应用[M]. 北京:地质出版社,2002. 1~253

RESEARCH ON THE SEQUENCE STRATIGRAPHY AND DEPOSITION SYSTEM IN YONGANZHEN DELTA, THE DONGYING SAG

Zhuang Li

(Research Institute of Petroleum Exploration and Production, SINOPEC, Beijing 100083, China)

Abstract: Combining the theory of high-resolution sequence stratigraphy with the log-seismic data analysis, the framework of the strata sequence of $E_3^3-E_2^2$ for the Yonganzhen Delta in the Dongying Sag was established. In general it is divided into four third-level and nine fourth-level sequences. The sedimentary system study shows that there are several deposition sources in Yonganzhen Delta, and the main deposition sources in the various periods are different. But the most important deposition source is from the Qingtuozhi uplift in the east. The article gave a detail analysis on the two main sedimentary cycles of LSC4 and LSC3, consequently got the result of distribution characteristics and deposition sources. And the sedimentary system framework was established. In the end it is considered that the sand bodies in these two periods are the main oil and gas exploration targets.

Key words: high-resolution sequence stratigraphy, base level, cycle, deposition system, Yonganzhen Delta, the Dongying Sag; the Bohaiwan Basin