

# 胜二区沙二段 7 砂组地层基准面旋回 与沉积微相研究

温立峰 吴胜和 岳大力 李艳平

(中国石油大学(北京)资源与信息学院,北京 102249)

**摘要:**应用油田开发区岩心、测井及地震等资料,对胜坨油田二区 7 砂组高分辨率层序发育特征以及不同级次基准面旋回内部沉积微相空间展布规律进行研究。研究表明,该区 7 砂组发育多级基准面旋回,包括 1 个长期基准面旋回、2 个中期基准面旋回和 9 个短期基准面旋回,反映了可容空间与沉积物补给速率比值(A/S 比值)在纵向上的多级变化发育模式,即在 A/S 比值总体向上变小的背景上,有多个次级 A/S 比值向上变小再变大的旋回。随着基准面的下降-波动-下降,沉积微相从 7 砂组底部的河口坝过度为地层中部的席状砂背景下残存的分流河道沉积,再到 7 砂组上部的河口坝沉积。A/S 比值控制着研究区沉积微相的发育类型、展布模式。弄清楚研究区地层沉积特征与基准面旋回之间的关系对于精细储层表征和油田开发中后期井网调整具有重要指导意义。

**关键词:**基准面旋回;沉积微相;胜坨油田;分流河道;河口坝

**中图分类号:**TE122.2\*21      **文献标志码:**A      **文章编号:**1000-3657(2010)01-0144-08

## 1 区域背景

胜坨油田位于济阳拗陷东营凹陷北部坨庄—胜利村—永安镇的二级构造带中段,为一被断层复杂化的背斜构造油藏,由胜北断层下降盘发育的胜利村(东部)和坨庄(西部)两个背斜构造组成。背斜构造长轴走向近东西,长 15 km,东部宽 5.5 km,西部宽 3.7 km,地层倾角比较平缓,一般 2~5°,最大 11°。东部高点为胜利村构造,闭合高度为 170~230 m;西部高点为坨庄构造,闭合高度为 160 m(图 1)。

胜坨油田分为一区、二区、三区,胜二区处于胜坨油田胜利村构造西南翼。东、北分别以二级断层 9 号、7 号为界,西及西南以油水边界与胜一区相邻。它是胜坨油田一个主要开发区,为一内部断层少、构造简单、具有一定边水能量的单斜构造油藏。胜坨油田胜二区面积大,约 23 km<sup>2</sup>,平均井距不到 125 m<sup>[1]</sup>。

胜坨油田主力含油层系沙河街组二段由 15 个砂层组组成,油藏埋深 1830~2500 m,厚度 670 m 左右。沙二段为一套完整的河流—三角洲沉积。

## 2 基准面旋回特征

胜二区沙二段 7 砂组以分流河道沉积为骨架砂体,靠近胜二区西部部分单层发育河口坝沉积。河口坝形成于三角洲建设期,砂体以反韵律为主,是水下分流河道向湖进积的结果,基准面旋回界面位置的岩性为泥岩、粉砂质泥岩或泥质粉砂岩。

对基准面旋回的级别问题已有大量研究<sup>[2-12]</sup>。若将三级层序对应为长期基准面旋回,则可将 7 砂组三级层序作为一个长期基准面旋回。在这个旋回内部,根据岩性的垂向变化,可进一步划分 2 个中期基准面旋回、9 个短期旋回和若干超短期旋回(图 2)。

### 2.1 长期基准面旋回

岩性与岩相的垂向变化显示 7 砂组为一个碎屑粒度整体向上变粗的沉积旋回,为一个基准面下降的不对称半旋回,反映了沉积环境不断萎缩,可容空间逐渐减小,三角洲向湖进积,自下而上代表深水沉积的微相比例逐渐降低,分流河道和河口坝砂不断进积,为中上部沉积主体,即形成“渐浅相”组合<sup>[9]</sup>,

收稿日期:2009-05-05;改回日期:2009-07-13

基金项目:国家重大专项“高温高盐油田提高采收率”(2008ZX05011)及中国石油化工集团公司重大科技攻关项目(P01035)资助。

作者简介:温立峰,男,1983 年生,博士生,主要从事精细油藏描述及开发地质研究;E-mail:welify@sina.com。

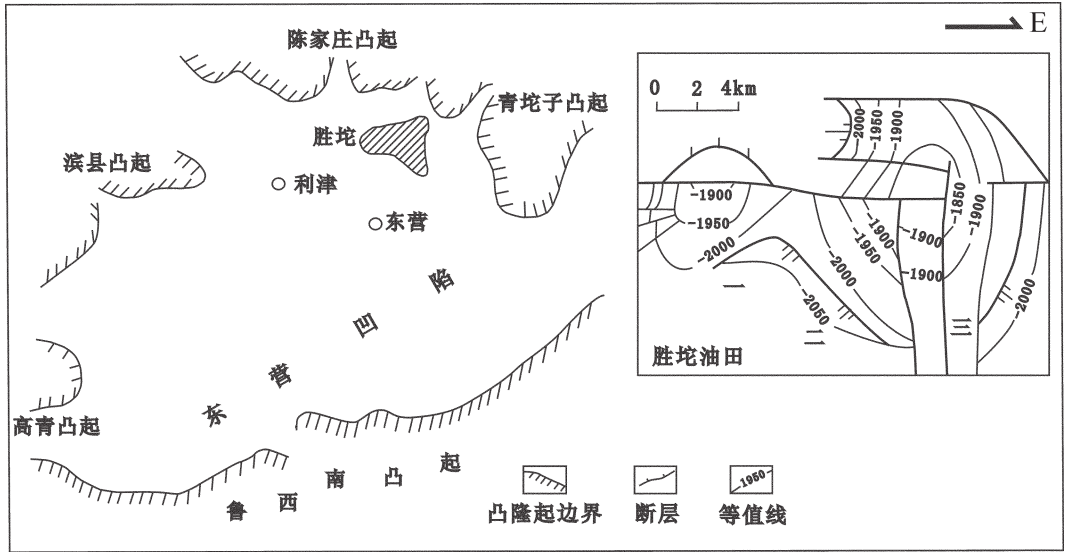


图 1 胜坨油田构造位置图  
Fig.1 Tectonic location of the Shengtuo Oilfield

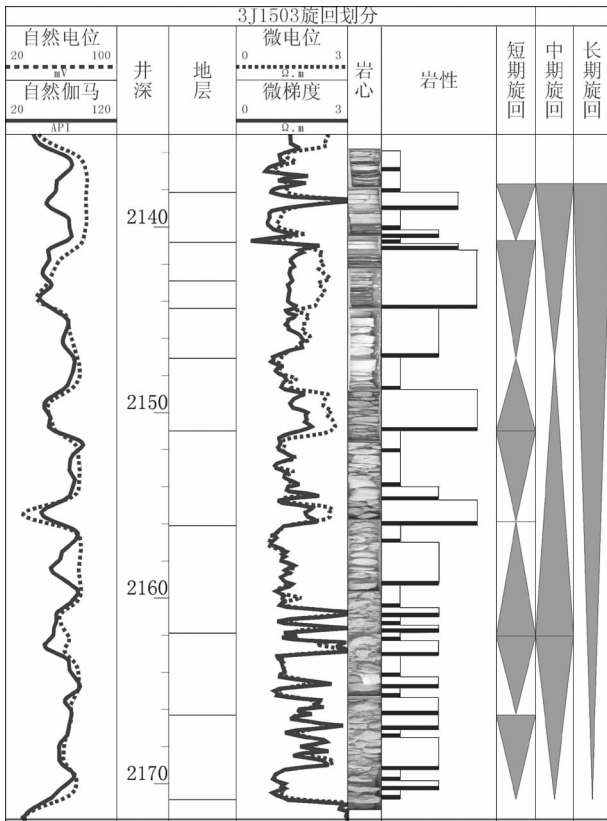


图 2 3J1503 井基准面旋回划分结果  
Fig.2 Subdivision of base-level cycles, Well 3J1503

砂泥比自下而上增大,测井曲线振荡逐渐增强,总体显示出箱形+漏斗型曲线特征(图 2)。

### 2.2 中期基准面旋回

底部中期基准面旋回代表了一次较大规模的湖退到湖进过程,也就是三角洲由进积、加积到退积的生长全过程<sup>[4-8]</sup>,为一向上变浅再变深对称基准面旋回,该中期旋回由 5 个可对比的短期旋回组成,分别对应 7<sub>9</sub>-7<sub>5</sub> 韵律层,其中 7<sub>9</sub>、7<sub>8</sub> 两个短期旋回均为基准面下降的半旋回沉积,砂岩粒度向上变粗,呈反韵律特征,测井曲线以漏斗型为主。7<sub>7</sub>、7<sub>6</sub>、7<sub>5</sub> 三个短期旋回总体表现为基准面上升,岩性以砂泥岩互层为主,粒度粗细交替,垂向上为多个小的正韵律叠加。

上部中期基准面旋回为向上变浅的不对称旋回,对应于 7<sub>4</sub>-7<sub>1</sub> 韵律层。7<sub>5</sub> 沉积末期,发生一次较大规模的水侵,随后基准面开始较大规模下降,形成 4 个短期旋回(7<sub>4</sub>-7<sub>1</sub>),均为向上变浅的不对称旋回,形成典型的进积沉积序列。

中期旋回内不同时期沉积物供给和可容空间的变化关系,决定了短期旋回的结构类型、叠加样式和分布规律,进而控制了砂体的时空分布特征,该区中期旋回内部的短期基准面旋回叠加样式以进积和加积方式为主,加积样式反映可容纳空间与沉积物通量基本相等(A/S≈1),进积样式反映可容纳空间与沉积物通量的比值小于 1(A/S<1)<sup>[4-6]</sup>。

### 2.3 基准面旋回识别

根据以上各个级次基准面旋回的特征,在取心

并进行单井基准面旋回识别(图2)。由于单井信息量少,不能完全代表该区整体的基准面变化特征,所以通过剖面的基准面的识别,才能最终确定研究区的基准面旋回特征。

在取心井基准面旋回划分的基础上,通过建立基准面旋回界面(湖泛面)的测井响应特征,对非取心井进行基准面旋回划分。由于中期基准面旋回顶部的湖泛泥岩较纯、较稳定,电性特征明显,是一套低自然电位和低微电极幅度差的地层,全区内广泛分布。所以中期基准面旋回的划分结果可靠。而短期基准面旋回的湖泛泥岩厚度较薄,部分井段可能由于后期的湖浪冲刷减薄而无法在测井曲线上识别出来,可在剖面基准面旋回对比过程中,根据地层的沉积特点,砂体的

发育规律进行识别和对比<sup>[4-6,7,11]</sup>(图3)。

### 3 沉积微相研究

#### 3.1 沉积微相的重新认定

前人通常认为研究区7砂组为三角洲平原沉积,主要砂体为分流河道砂体。经进一步研究表明,研究区7砂组不仅发育三角洲平原分流河道砂体,还发育三角洲前缘河口坝砂体等。

(1)检查井岩心观察表明,在7<sub>1</sub>顶部有一层厚度1 m左右,全区广泛分布的炭质页岩(图4),而在7砂组内部,亦发育灰色的较纯净泥岩,反映了7砂组为水上和浅水沉积。粒度概率曲线(图5)、砂岩中的平行层理和交错层理均表明7砂组为典型的牵引

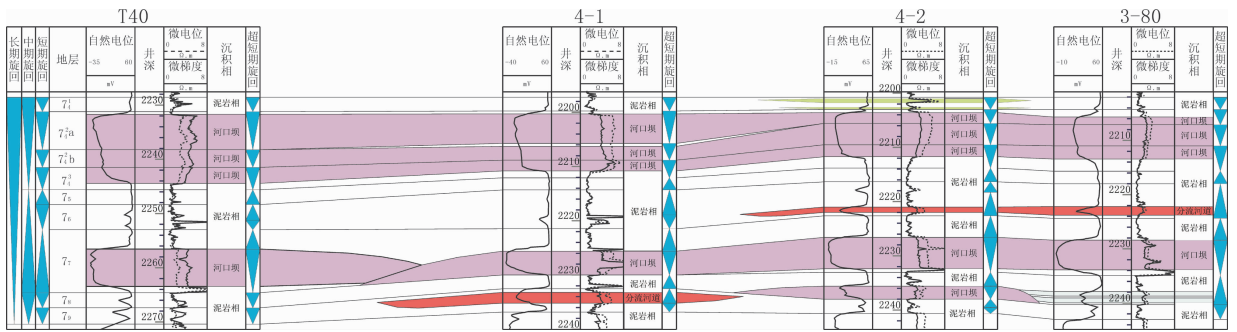


图3 7砂组沉积基准面旋回对比剖面图

Fig.3 Correlation of base-level cycles on Group 7 sandstone



图4 2J1402井2114m处12号碳质页岩

Fig.4 No. 12 carbonaceous shale at 2114m of Well 2J1402

流沉积。

(2)测井曲线所反映的韵律既有正韵律(主要发育于研究区的北东部位),又有反韵律(主要发育于研究区南西部位)。自然电位、自然伽马微电极曲线呈明显的漏斗形(图 6),指示着上粗下细的反韵律特征。三角洲沉积背景下的反韵律往往预示着河口坝的存在。

(3)地震剖面前积反射特征

在该区 7 砂组地震剖面上,可见明显的前积反射特征,主要发育于研究区的靠近南西方向(图 7),而前积反射是三角洲前缘亚相的典型标志。因此,研究区 7 砂组不仅发育三角洲平原,而且发育三角洲前缘,实际上,为三角洲平原与前缘的过渡区。在这一区域,分流河道与河口坝共存。

3.2 沉积微相平面展布特征

单井相分析是沉积微相综合研究的基础,首先从取心井出发,系统总结各微相类型的岩性及电性特征,然后根据岩电标定结果,对非取心井进行单井相解释,建立单井沉积微相数据库,再结合沉积模式及

砂体厚度预分析图进行平面沉积微相划分(图 8)。

纵观 9 个小层(或韵律层)微相平面展布特征,发现研究区复合砂体主要为 3 种分布模式:即连片分流河道与河口坝的组合、条带状分流河道与河口坝组合以及席状砂背景下残存的分流河道模式。

(1)连片状分流河道与河口坝的组合模式

7<sub>4</sub><sup>1</sup>a、7<sub>4</sub><sup>2</sup>b、7<sub>5</sub>层发育该类分布模式,分流河道连片分布,部分分流河道发育较晚,游窜在坝体之上或者之间。连片状分流河道为可容空间下降中晚期的产物,反映 A/S 较小,河道侧向迁移和分叉频繁,形成平面上的复合砂体带,连通性好。其中少部分单一分流河道砂体被泥岩相或者溢岸分开而呈条带状。

(2)条带状分流河道与河口坝组合

研究区 7<sub>5</sub>层发育该类模式,分流河道平面上呈条带状分布,为基准面下降早期的产物,反映 A/S 较大,河道侧向迁移摆动能力弱。单一分流河道砂体之间主要被泥岩相分割,不同分流河道之间表现为不连通。分流河道与河口坝一一对应关系较好,河口坝砂体未见相互叠置现象。

(3)席状砂背景下残存的分流河道

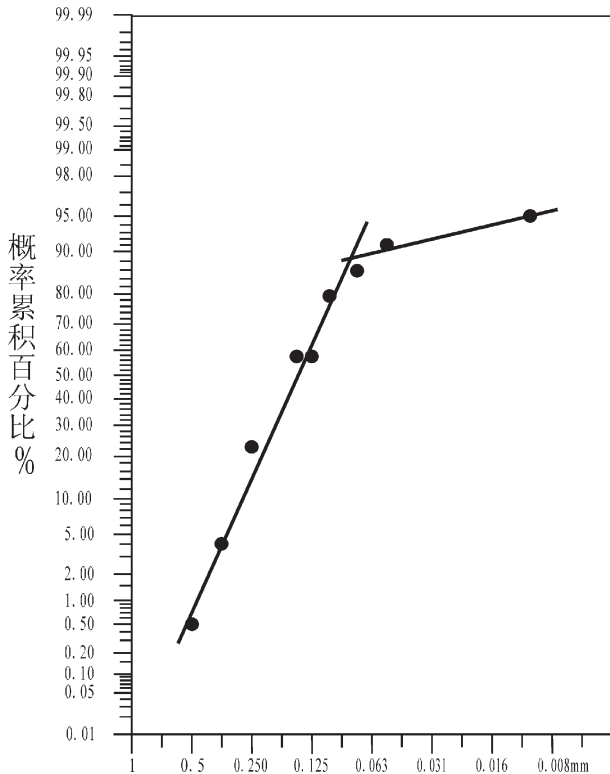


图 5 7 砂组沉积砂体粒度概率图(2J1402 井,2118.85m)  
Fig.5 Grain-size probability diagram of sand body on Group 7 sandstone at 2118.85m of Well 2J1402

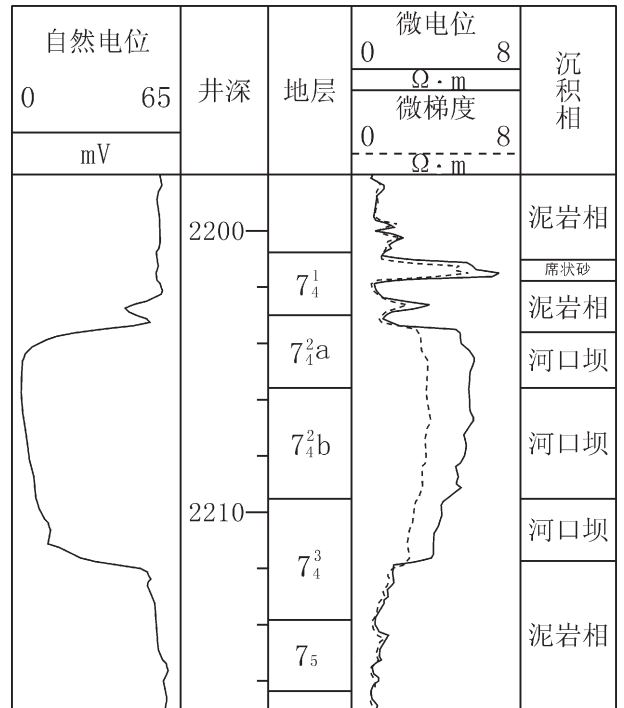


图 6 河口坝典型的反韵律电性响应(4-2 井)  
Fig.6 Typical electrical character of the mouth bar reverse rhythm, Well 4-2



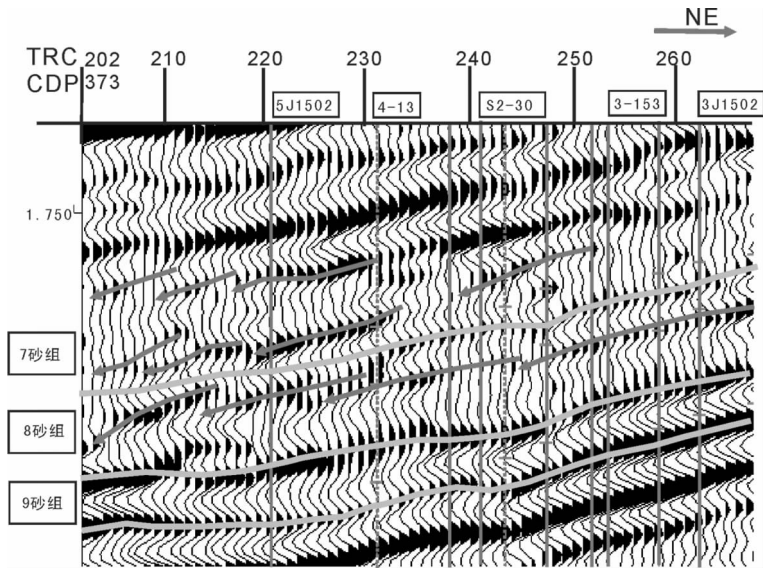


图 7 7 砂组地震剖面典型前积反射

Fig.7 Typical forest reflection of seismic section on Group 7 sandstone

在基准面波动频繁的背景下,波浪对河流携带来的陆源碎屑物改造强烈,呈席状分布在先前沉积的沉积体周围。 $7_7$ 、 $7_6$ 、 $7_5$ 、 $7_4$ 发育该类分布模式,先前形成的分流河道等砂体有的被彻底地改造。保存下来的为规模比较大或者短期内湖水比较安静时的单一分流河道砂体。

### 3.3 沉积微相垂向演化特征

总体来看,7 砂组在沉积过程中自下而上经历 2 次较大范围的湖侵,分别对应  $7_6$ - $7_5$  和  $7_4$  两套地层单元,每套地层单元分别经历了湖平面下降-波动-湖侵的过程。

7 砂组沉积之初研究区基准面下降,可容空间逐步增大,随着分流河道向湖盆方向推进, $7_6$  小层发育三角洲平原-前缘沉积体系。之后,短时期内水体较动荡,将原先形成的分流河道、溢岸及河口坝等砂体进行改造,在这些砂体周围形成了片状或者带状席状砂沉积。随着基准面继续下降,可容空间进一步减小, $7_5$  小层三角洲继续向湖盆方向推进,河口坝,分流河道等沉积微相范围扩大,尤其是河口坝,多个河口坝侧向叠置,呈坝群形式出现。同样,在  $7_5$  小层沉积的后期,水体较为动荡,对原先形成的各种微相砂体重新改造,再分配形成连片的席状砂体,分布于河口坝及分流河道砂体周围。随后的  $7_7$ - $7_5$  小层沉积时,湖盆水体整体呈下降趋势,但基准面波动频繁,三角洲沉积体系继续向湖盆方向推进,研究区内

以分流河道沉积为主,河口坝发育范围局限,甚至不发育。由于水体波动较频繁,席状砂较发育,与残存的分流河道和河口坝等砂体一起保存了下来。

在  $7_5$  末期,发生了一次较大规模的湖侵,以前三角洲泥岩沉积为主。之后基准面开始下降,可容空间逐步减小, $7_4$  开始发育三角洲平原-前缘沉积体系,沉积时间较短,水体相对稳定,先前沉积下来的砂体被改造程度小,保存下来的基本上就是原始沉积体。

从  $7_4b$  开始,基准面继续下降,研究区范围内以发育河口坝为主,分流河道范围较局限,靠近物源方向。部分坝体之间被坝缘砂体分开。在  $7_4b$  后期,部分晚期的分流河道游窜于河口坝之上或其间。源于北东方向的河口坝和东部发育的河口坝拼接在一起,部分坝缘砂体保存下来,大部分叠在了坝主体之下。河口坝复合体渗流屏障不发育,连通性好。随着基准面的继续下降,分流河道继续向湖盆方向推进, $7_4a$  分流河道规模较  $7_4b$  有所扩大,与  $7_4b$  类似,部分分流河道发育较晚,游窜于河口坝之间或其上,坝体之间连通性很好,几乎没有坝缘或者三角洲泥相隔。由于分流河道规模变大,加之地势较为平缓,分流河道侧向拼接程度较大,形成复合分流河道砂体带,部分分流河道之间仍为泥岩相或者溢岸相隔开。接下来又发生了一次较大规模的湖侵,以泥岩相沉积为主。

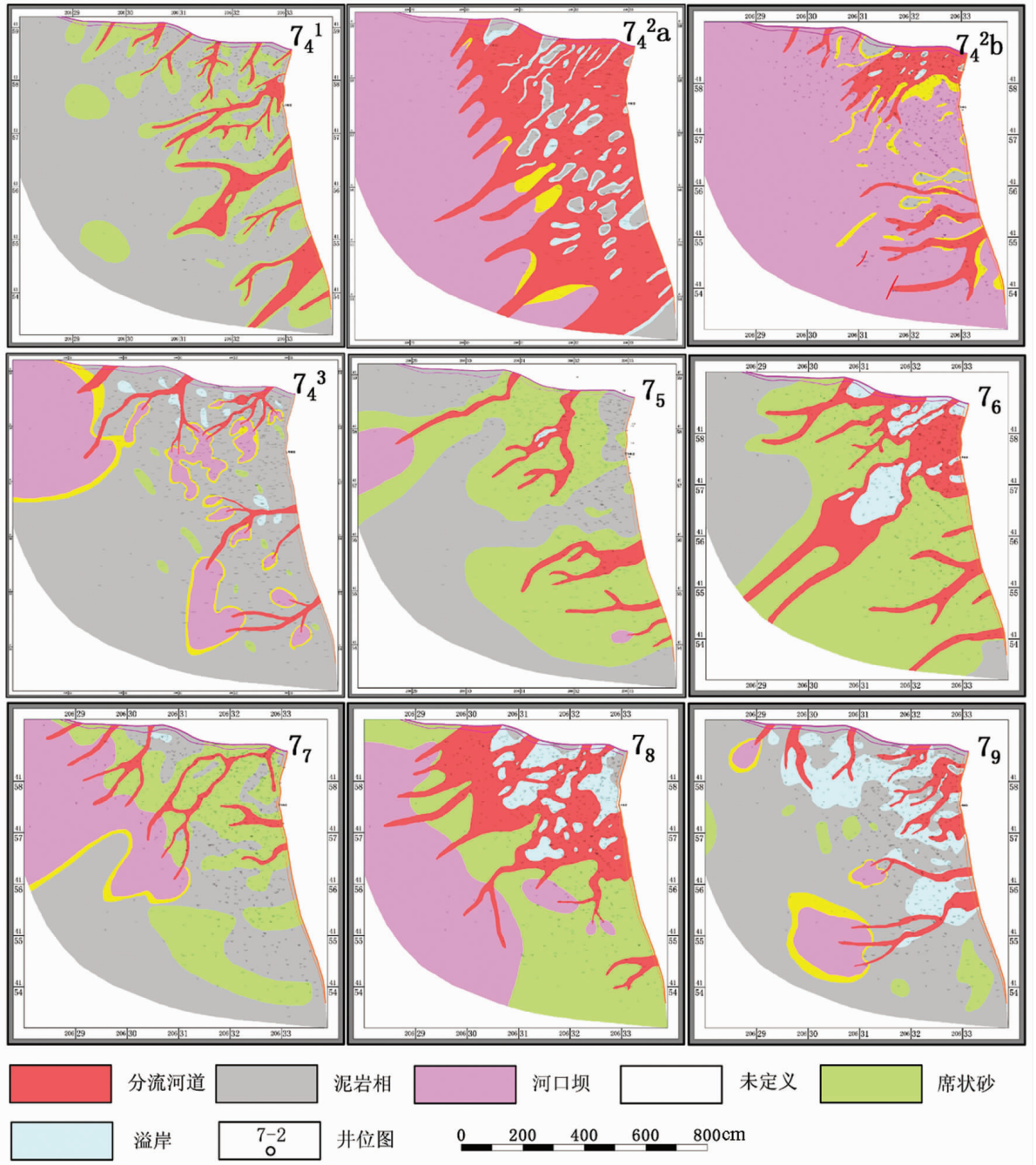


图 8 7 砂组各层沉积微相图

Fig.8 The diagram of sedimentary microfacies of all the layers on sandstone Group 7

在 7<sub>4</sub> 单层范围内,基准面开始下降,发育较小规模的分流河道为主,期间被波动的湖水频繁改造,在分流河道周围,席状砂发育,在 7<sub>4</sub> 末期,基准面继续下降,7<sub>4</sub> 顶部以三角洲平原相沉积为主,沼泽发育,形成了分布广泛特征明显的泥质页岩。

### 4 结论

(1)研究区 7 砂组为一长期基准面旋回,包括 2 个中期旋回,9 个短期旋回,反映了可容空间与沉积物补给速率比值(A/S 比值)在纵向上的多级变化,

即下部中期旋回 A/S 比值先小后大,上部中期旋回总体上变小,每个中期基准面旋回包括若干个横向上可对比的短期旋回<sup>⑧</sup>。

(2)在基准面旋回所确定的等时地层格架上进行了沉积微相的划分,研究区发育 3 种类型微相平面展布形式;垂向上演化特征表明,随着基准面变化,砂体展布形态由条带状向上过度为连片状再到受改造的席状,如此循环。

## 参考文献 (References):

- [1] 孙梦茹,周建林,崔文富,等. 胜坨油田精细地质研究 [M]. 北京:中国石化出版社,2004:14-18.  
Sun Mengru, Zhou Jianlin, Cui Wenfu, et al. Application of Detailed Geologic Research of Shengtuo Oilfield[M]. Beijing:China Petrochemical Press, 2004:14-18(in Chinese).
- [2] Cross T A, Baker M R, Chapin M A. Application of High resolution sequence stratigraphy to reservoir analysis[C]//Eschard R & Doligez B (eds.). Subsurface Reservoir Characterization from Outcrop Observations Proceedings of the 7th Exploration and Production Research Conference, Technip, Paris, 1993:11-33.
- [3] 靳松,朱筱敏,钟大康. 扇三角洲高分辨率层序地层对比及砂体分布规律[J]. 中国地质,2006,33(1):212-220.  
Jin Song, Zhu Xiaomin, Zhong Dahang. High-resolution sequence stratigraphic correlation of fan deltas and distribution characteristics of sandbodies [J]. Geology in China, 2006, 33 (1):212-220 (in Chinese with English abstract).
- [4] 邓宏文,王红亮,祝永军,等. 高分辨率层序地层学原理及应用 [M]. 北京:地质出版社,2002:41-55.  
Deng Hongwen, Wang Hongliang, Zhu Yongjun, et al. Theory and Application of High Resolution Sequence Stratigraphy [M]. Beijing:Geological Publishing House, 2002:41-55(in Chinese).
- [5] 邓宏文,王宏亮,宁宁. 沉积物体积分配原理高分辨率层序地层学的理论基础[J]. 地学前缘,2000,7(4):305-313.  
Deng Hongwen, Wang Hongliang, Ning Ning. Sediment volume partition principle:theory basis for high-resolution sequence stratigraphy [J]. Earth Science Frontiers, 2000, 7 (4):305-313(in Chinese with English abstract).
- [6] 邓宏文. 美国层序地层研究中的新学派高分辨率层序地层学[J]. 石油与天然气地质,1995,16(2):89-97.  
Deng Hongwen. A new school of thought in sequence stratigraphic studies in U.S.: High resolution sequence stratigraphy [J]. Oil & Gas Geology, 1995, 16(2): 89-97(in Chinese with English abstract).
- [7] 倪超,纪友亮. 饶阳凹陷古近系沙河街组层序地层分析及沉积体系研究[J]. 中国地质,2006,33(1):193-200.  
Ni Chao, Ji Youliang. Sequence stratigraphy and sedimentary system of the Paleogene Shahejie Formation in the Raoyang subbasin [J]. Geology in China, 2006, 33(1):193-200 (in Chinese with English abstract).
- [8] 郭建林,贾爱林,何东博,等. 滦平上侏罗统—下白垩统扇三角洲露头层序地层学研究 [J]. 中国地质,2007,34(4):628-635.  
Guo Jianlin, Jia Ailin, He Dongbo, et al. Sequence stratigraphy of Upper Jurassic-Lower Cretaceous fan-delta outcrops in Luanping [J]. Geology in China, 2007, 34 (4): 628-635 (in Chinese with English abstract).
- [9] 郑荣才,彭军,吴朝荣. 陆相盆地基准面旋回的级次划分和研究意义[J]. 沉积学报,2001,19(2):249-254.  
Zheng Rongcai, Peng Jun, Wu Chaorong. Grade division of base-level cycles of Terrigenous Basin and its implications [J]. Acta Sedimentologica Sinica, 2001, 19 (2):249-254 (in Chinese with English abstract).
- [10] 郑荣才,吴朝荣,叶茂才,等. 浅谈陆相盆地高分辨率层序地层学研究思路[J]. 成都理工学院学报,2000,27(3):241-244.  
Zheng Rongcai, Wu Chaorong, Ye Maocai. Research thinking of high-resolution sequence stratigraphy about a terrigenous basin [J]. Journal of Chengdu University of Technology, 2000, 27 (3):241-244(in Chinese with English abstract).
- [11] 付国民,李永军,梁志录,等. 柴达木盆地阿尔金斜坡层序地层及湖盆充填型式[J]. 中国地质,2002,29(2):172-177.  
Fu Guoming, Li Yongjun, Liang Zhilu, et al. Sequence stratigraphy and lake basin-filling model on the Altun slope in the Qaidam basin [J]. Geology in China, 2002, 29(2):172-177 (in Chinese with English abstract).
- [12] 吴胜和,伊振林,许长福,等. 新疆克拉玛依油田六中区三叠系克下组冲积扇高频基准面旋回与砂体分布型式研究. [J] 高校地质学报,2008,14(2):157-163.  
Wu Shenghe, Yi Zhenlin, Xu Changfu, et al. High frequency base-level cycles of alluvial fan and distribution patterns of sandbodies of lower Karamay formation (Triassic)in middle 6th district of Karamay oilfield, Xinjiang [J]. Geological Journal of China Universities, 2008, 14(2): 157-163(in Chinese with English abstract).

## Stratigraphic base-level cycles and sedimentary microfacies of Es<sub>2-7</sub> Formation in the Shengtuo Oilfield

WEN Li-feng, WU Sheng-he, YUE Da-li, LI Yan-ping

(Faculty of Resource and Information Technology, China University of Petroleum, Beijing 102249, China)

**Abstract:** Combining borehole data with dynamic data from the oil development area of Es<sub>2-7</sub> Formation in the Shengtuo Oilfield, the authors studied the features of the high resolution sequence stratigraphy and the sedimentary microfacies in different base-level cycles. The results show that the hierarchical base-level cycles are well developed and composed of one long-term cycle, two middle-term cycles and nine short-term cycles, indicating the hierarchical change of the accommodation space to sediment supply ratios (A/S) in a vertical direction. Several smaller cycles with decreasing-increasing A/S ratios were observed on a general decreasing A/S background. With the descending-fluctuating-ascending of base-level cycles, the microfacies change from the sheet pattern of relict distributary channel at the bottom to the combined pattern of mouth bar at the top of the 7th Formation. A/S ratios control the sedimentary microfacies types and distribution pattern, suggesting that the relationship between the sedimentation characteristics and the base-level cycles has a very important guiding significance in precise reservoir characterization and well pattern optimization.

**Key words:** stratigraphic base-level cycles; sedimentary microfacies; distributary channel; mouth bar; Shengtuo Oilfield

---

**About the first author:** WEN Li-feng, male, born in 1983, doctor candidate, engages in the research of oil and gas field development geology; E-mail: welify@sina.com.