

松辽盆地北部泰康—西超 地区层序地层分析

厉玉乐^{1,2}, 张银国³, 陈建文^{3,4}

(1. 中国地质大学, 北京 100083; 2. 大庆油田 勘探分公司, 黑龙江 大庆 163453;
3. 青岛海洋地质研究所, 山东 青岛 266071; 4. 中国海洋大学, 山东 青岛 266003)

摘要: 作者以 T. A. Cross 高分辨率层序地层理论与分析技术为指导, 通过岩心、钻井资料的综合研究, 结合地震资料, 对松辽盆地北部泰康—西超地区青山口组(青二、三段)—姚家组—嫩江组(嫩一段)进行了高分辨率层序界面的识别与中期/短期旋回的划分, 共识别出 13 个有时间地层对比意义的界面, 包括 6 个层序界面(基准面下降到上升的转换面)和 7 个湖泛面(基准面上升到下降的转换面)。另外, 还详细阐述了层序特征, 并分析了研究区的层序地层模式。这对于寻找非构造气藏具有重要的指导意义。

关键词: 高分辨率层序地层; 基准面; 旋回; 高分辨率层序地层模式

中图分类号: TE121. 3

文献标识码: A

松辽盆地属于克拉通内复合型盆地。本次研究的泰康—西超地区位于松辽盆地北部西部斜坡, 在构造上由泰康隆起带和西部超覆带两个二级构造带组成, 整体上为一个平缓的东倾单斜, 地层倾角较小, 一般小于 2° 。前人的研究认为, 松辽盆地的形成和演化与其他张裂型克拉通盆地相似, 大致经历了热隆张裂、裂陷、拗陷和萎缩褶皱 4 个阶段^[1]。研究区发育地层主要为裂陷期、拗陷期和萎缩褶皱期沉积的侏罗系、白垩系、第三系和第四系地层(图 1)。本次研究的层段是白垩系的青山口组(青二、三段)—姚家组—嫩江组(嫩一段), 为拗陷期沉积。

1 基准面旋回的识别

基准面旋回的识别是根据 T. A. Cross 高分辨率层序地层理论与分析技术^[2]的地层识别标志进行识别, 主要的识别标志包括: a) 地层几何形态与接触关系, 如不整合面或沉积间断面; b) 旋回叠加样式的改变; c) 相序与相组合的变化; d) 地层中单一相物理性质的垂向变化。地层记录中的旋回性记录了不同级次的基准面旋回变化^[3], 在钻井地层剖面及对应的测井曲线上能很好地反映每一级次的基准面旋

回。根据研究层段较薄的特点, 为达到对研究区层序地层的精细研究, 我们考虑到更多地利用钻井资料来识别。

对于中期基准面的识别, 首先是其转换面的识别, 包括层序界面(基准面下降到上升的转换面)和湖泛面(基准面上升到下降的转换面)^[4]。

1.1 层序界面(SB)

层序界面是一个反映进积与退积的转换面, 转换面上下岩性较粗, 表现为粉砂岩、细砂岩, 电阻率为中高值, 自然电位为低值(图 2, SB5)。SB4 为高台子的顶部界面, 在研究区中西部 SB3 变为高台子的顶界面, 与高台子呈不整合接触, 在地震上明显表现为界面下削截反射特征(图 3)。由于高台子抬升剥蚀, 在 SB3 界面下覆地层多为灰绿色、紫红色厚层泥岩沉积(杜 90、杜 608、江 21、来 64 等井), 反映低可容纳空间泛滥平原沉积。

1.2 湖泛面(f)

湖泛面是退积与进积的转换面, 表现为颜色较深的油页岩、泥岩、粉砂质泥岩, 自然电位曲线为高值, 呈平直状, 电阻率曲线为低值, 呈平直状(图 2, f5)。

根据转换面的特征, 在青二三段、姚一段、姚二三段、嫩一段内部识别出 13 个有时间地层对比意义

地层	系	组	段	厚度/m	岩性	岩性描述	构造演化阶段
白垩系	第三系	泰康组	一段	200	砂砾岩	黄土、砂层、砂砾层	萎缩阶段
			二段		砂砾岩	灰黄色泥岩、砂砾岩	
			三段		砂砾岩	灰色泥岩、页岩, 底部为砂质砾岩	
	明水组	二段	400	砂砾岩	灰色、灰黑色泥岩, 底部为砂质砾岩		
		一段		砂砾岩	紫红色泥岩、灰绿色砂岩交互, 旋回性明显		
	四方台组	一段	600	砂砾岩	灰绿色砂岩、粉砂质泥岩, 两层灰黑色泥岩		
		二段		砂砾岩	紫红色泥岩, 夹中层砂岩、粉砂岩		
	嫩江组	黑帝庙	四段	800	砂砾岩	灰绿色、紫红色泥岩	
			三段		砂砾岩	灰绿色中、厚层砂岩, 粉砂岩与块状泥岩交互	
			二段		砂砾岩	深灰色泥岩, 砂质泥岩, 粉砂岩组成3个反旋回	
		萨尔图组	一段	1000	砂砾岩	上部灰绿色泥质粉砂岩, 中部深灰色, 底部一层黑色油页岩	
			二段		砂砾岩	上部灰黑色含介形虫化石的泥岩, 下部薄层粉砂岩、黑色页岩	
		姚家组	一段	1200	砂砾岩	灰白色砂岩、粉砂岩、棕红色泥岩互层	
			二段		砂砾岩	棕红色砂质泥岩、灰白色粉砂岩	
	青山口组	高台子	1400	砂砾岩	灰绿色、灰黑色泥岩, 灰白色粉砂岩、细砂岩, 底部见介形虫层		
一段		砂砾岩		灰黑色泥岩、页岩夹劣质油页岩			
二段		砂砾岩		灰白色砂岩、紫红色泥岩			
泉头组	扶余	1600	砂砾岩	上部紫红色泥岩, 夹薄层紫灰色砂岩			
	一段		砂砾岩	下部灰绿色砂岩、紫红色泥岩呈中厚层交互			
侏罗系	基底			砂砾岩	灰紫色泥岩、杂色砾岩、泥质角砾岩互层, 下部发育杂色鞍山岩、英安岩	裂陷阶段	
					花岗岩		

图 1 泰康—西超地区地层综合柱状图
Fig. 1 Stratigraphic synthetic histogram of Taikang-Xichao area

的界面, 包括 6 个基准面下降到上升的转换面(层序界面), 自下而上为 SB6、SB5、SB4、SB3、SB2、SB1, 7 个基准面上升到下降的转换面(湖泛面), 即为 f7、f6、f5、f4、f3、f2、f1(图 4)。

2 层序地层特征

根据盆地沉积演化序列, 青山口组青二、三段地层总体为湖面收缩沉积过程。姚家组(姚一段、姚二

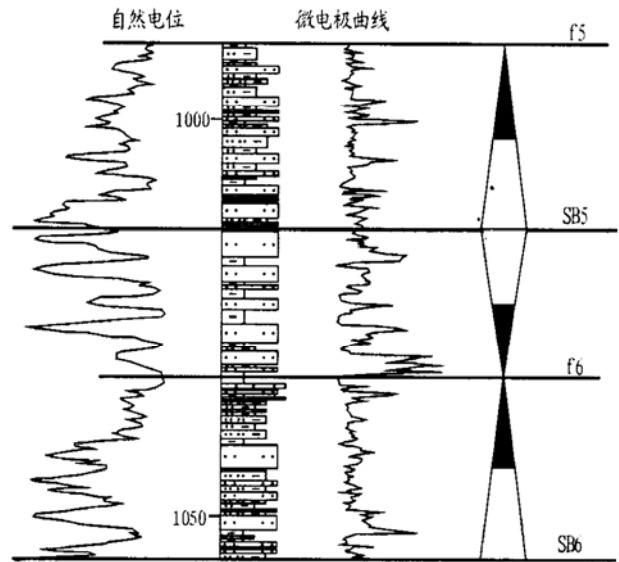


图 2 层序界面特征(杜 57 井)

Fig. 2 Features of sequence interfaces (well Dur 57)

三段)至嫩江组嫩一段为湖面扩张。通过研究区钻井资料的地层与沉积特征分析, 研究层段自下而上可划分为 C7(下降期)、C6、C5、C4、C3、C2、C1(上升期)中期基准面旋回(图 4), 并且与传统的砂层组具有一定的对应关系(图 5)^[5]。

2.1 C7 下降半旋回

该半旋回相当于传统高台子的高四砂层组, 一般由 2~ 3 个短期旋回组成, 多以下降半旋回为主。底界面为一湖泛面 f7, 根据研究层段的需要, 选择在长期基准面旋回下降初期的次一级湖泛面, 岩性上表现为深灰色泥岩, 电性上表现为平直的特征, 或为油页岩、介形虫层, 电性为指状或齿状。顶界为 C7 与 C6 之间的反映进积与退积的转换面 SB6, 转换面附近表现为岩性较粗, 砂层单层厚度变厚, 自然电位曲线表现为低值, 电阻率曲线表现为高值。C7 下降半旋回从短期旋回的叠加样式看, 以及无论在岩性上还是在电性上, 都反映了一个湖退的进积特征。

2.2 C6 旋回

该旋回底界面为 C7 与 C6 之间的反映进积与退积的转换面 SB6, 转换面附近表现为岩性较粗, 砂层单层厚度变厚, 自然电位曲线表现为低值, 电阻率曲线表现为高值。顶界为 C6 与 C5 基准面下降到上升的转换面 SB5。C6 旋回的湖泛面为 f6, 区域上表现为深灰、灰色泥岩, 一般为 2~ 3m, 部分地区见薄层介形虫层。C6 旋回的对称性较好, 由 2~ 3 个短期旋回组成, 其上升半旋回的短期旋回以上升半旋回叠加为主, 而其下降半旋回的短期旋回多以下降半旋回叠加为主。C6 旋回的上升半旋回相当于传统高台子的高三砂层组, 而其下降半旋回相当于

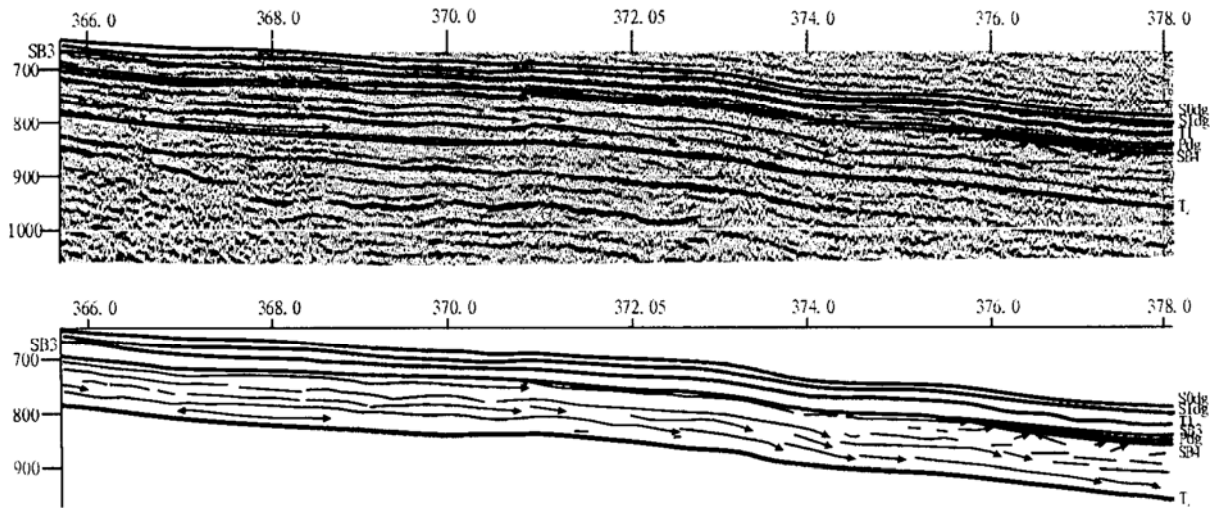


图3 平洋工区136测线前积及削截地震反射特征

Fig. 3 Foreset and truncation seismic reflection features of traverse 136 in Pingyang working area

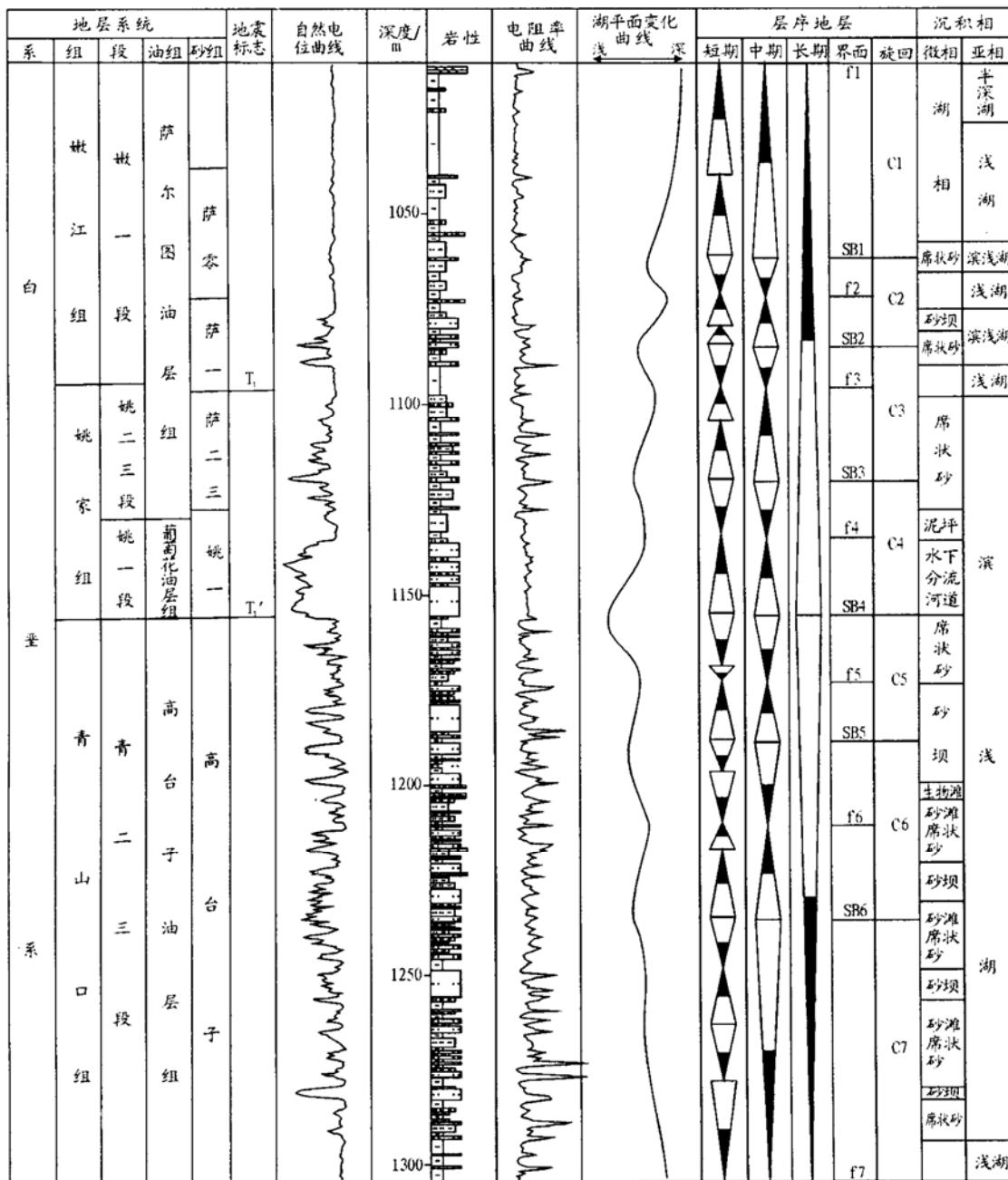


图4 泰康—西超杜414井层序地层单井分析图

Fig. 4 Monowell analytical map of sequence stratigraphy for well Dur414 in Taikang-Xichao area

地 层 系 统						层序地层			
年代	系	统	组	段	油层组	砂层组	沉积旋回	旋回名称	
中 白 生 代	白 垩 系	统	嫩 江 组	嫩 一 段	萨 尔 图 油 层 组	S ₁	▲	C1	
						S ₂		C2	
						S ₃₊₄		C3	
			姚 家 组	姚 二 三 段	葡 萄 花 油 层 组	姚 一 段	P	▲	C4
							G ₁ +G ₂		C5
				青 山 口 组	青 二 三 段	高 台 子 油 层 组	G ₂		C6
							G ₁ +G ₂		C7
青 一 段									

图 5 层序地层划分方案

Fig. 5 Sequence stratigraphic division scheme

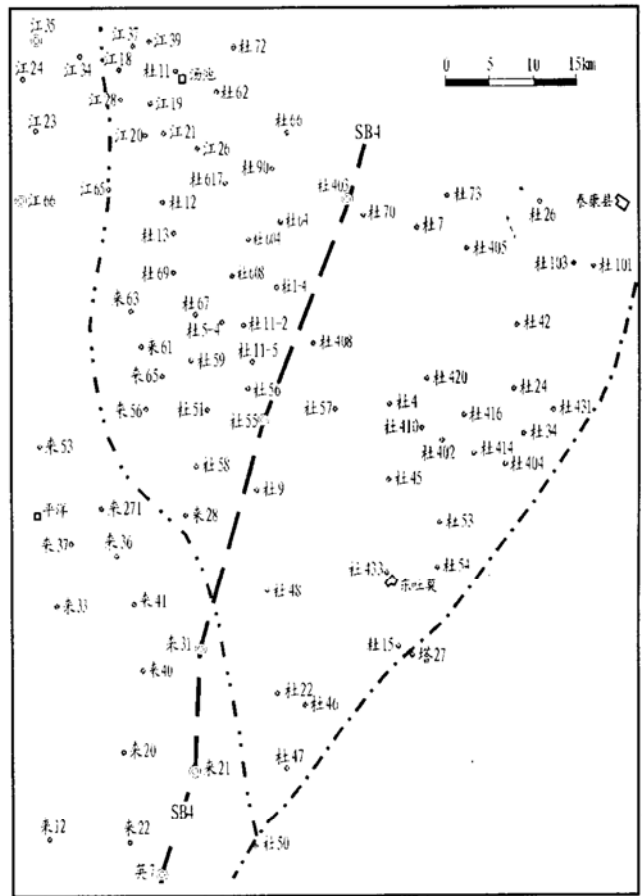


图 6 松辽北部泰康—西超地区

C4 旋回底界面 SB4 分布区域图

Fig. 6 Map showing the distribution regions of bottom boundary SB4 of C4 cycle in Taikang-Xichao area of the North Songliao Basin

高台子的高二下半部分。

2.3 C5 旋回

该旋回底界面为 C6 与 C5 之间的反映进积与退积的转换面 SB6, 转换面附近表现为岩性较粗, 砂层单层厚度变厚, 自然电位曲线表现为低值, 电阻率曲线表现为高值。顶界在研究区的西部杜 403 井—杜 55 井—来 31 井—来 21 井—英 7 井—线以东地区为 C5 与 C4 基准面下降到上升的转换面 SB4(图 6), 而在其以西地区为 C5 与 C3 基准面下降到上升的转换面 SB3。C5 旋回的湖泛面为 f5, 区域上表现为深灰、灰色泥岩, 一般为 2~3m, 部分地区见薄层介形虫层。C5 旋回的对称性较好, 由 2~3 个短期旋回组成, 其上升半旋回的短期旋回以上升半旋回叠加为主, 而其下降半旋回的短期旋回多以下降半旋回叠加为主。C5 旋回的顶部在研究区西部地区发育厚层灰绿色、紫红色泥岩, 为陆上平原沉积。C5 旋回在基准面下降时期, 物源充足, 西北和西南地区相对沉积较厚, 分流河道发育。C5 旋回的上升半旋回相当于传统高台子的高二砂层组的上部, 而其下降半旋回相当于高台子的高一、高零组; 高零组主要分布在研究区的东部边缘地区, 而西部地区大面积缺失。由于高台子整体上是一个抬升过程, 末

期西部地区遭受剥蚀, 因此西部地区 C5 旋回顶部地层与上部地层呈不整合接触。

2.4 C4 旋回

该旋回底部界面为 SB4, 界面之上砂岩较厚, 电阻率曲线表现为中高值, 呈漏斗状, 自然电位曲线表现为低值。顶界面为 C3 旋回的底界面 SB3, 电阻率曲线和自然电位曲线呈指状。C4 旋回的湖泛面为 f4, 在东部地区为灰色泥岩, 湖泛面上下泥岩单层较厚, 在杜 401 井的湖泛面附近发育薄层介形虫。C4 旋回在研究区东部地区对称性较好, 而往西以上升半旋回为主。由于下降半旋回沉积时期受幕式构造抬升、气候变化造成湖平面的下降, 下降半旋回逐渐变薄直至缺失。

2.5 C3 旋回

该旋回底界面为 SB3, 顶界面为 C2 旋回的底界面 SB2。C3 旋回的湖泛面上下泥岩发育, 为深灰色、黑色泥岩, 呈巨厚层状。C3 旋回上升半旋回下部电阻率曲线表现为中高值, 呈漏斗状, 自然电位曲线表现为低值。C3 旋回以上升半旋回为主。由于在姚家组和嫩江组沉积时期总体上为一个水进的过程, 下

降半旋回沉积时期较短, 沉积物供给不充分, 造成了下降半旋回不太发育。

2.6 C2 旋回

该旋回底界面为 SB2, 顶界面为 C1 旋回的底界 SB1。与 C3 旋回一样, 从大区域看旋回的对称性较差, 以上升半旋回沉积为主, 并且 C2 旋回的湖泛面 f2 上下为深灰色、黑色泥岩, 呈巨厚层状, 电性曲线平直, 反映了湖平面快速上升、沉积物欠补偿的沉积过程。在该沉积时期湖泛面附近泥灰岩比较发育, 并且发育区域性的薄层膨润土。C2 旋回的下降半旋回沉积时期, 发生了快速幕式构造抬升, 沉积物欠补偿, 所以 C2 下降半旋回沉积厚度较薄, 砂岩不发育。

2.7 C1 上升半旋回

该旋回底界面为 SB1, 顶界面为湖泛面 f1。C1 上升半旋回泥岩发育, 上部介形虫较发育。在该沉积时期英台物源极不发育, 主要为北部物源, 其次为齐齐哈尔物源, 砂岩主要发育在研究区北部和西北部, 而南部大部分地区为浅湖一半深湖相泥岩。

3 层序地层学模式

根据前面基准面旋回的识别、划分、对比及层序特征, 并且根据青山口组至嫩江组及姚家组和嫩江组的沉积特点, 分别建立青山口组至嫩江组及姚家组和嫩江组的萨一、萨零段层序地层学模式^[6]。

3.1 青山口组至姚家组层序地层学模式

青山口组至姚家组的底顶界分别为 T₂、T₁, 它

们之间的界面为 T₁₋₁。青山口组主要分为青一段和青二、三段, 姚家组主要分为姚一段和姚二三段。青一段早期继泉四后基准面上升, 呈水进沉积特征 (C7 上升), 而晚期表现为水退式的进积沉积 (C7 下降早期), 主要为扇三角洲、三角洲、滨浅湖、湖相沉积; 青二三段总体为水退式的进积沉积, 但由于受可容纳空间要素变化的影响, 发生水退水进沉积旋回的变化 (C7 下降中晚期, C6、C5 旋回), 主要为扇三角洲、三角洲、滨浅湖、湖相沉积, 在龙虎泡—古龙凹陷沿敖古拉断裂带斜坡带下发育一些浊流沉积。姚家组时期, 总体上为水进式的退积沉积: 姚一段为低水位时期沉积 (C4 旋回上升期), 主要为河流相、滨浅湖相沉积; 姚二、三段早期从地质资料、钻井/测井资料分析略有下降, 呈现短暂的进积特征 (C4 旋回下降期), 而中晚期基准面上升, 湖平面上升, 为退积沉积特征 (C3 旋回上升期), 主要为扇三角洲、三角洲、滨浅湖、湖相沉积, 与青二、三段一样在龙虎泡—古龙凹陷沿敖古拉断裂带斜坡带下发育一些浊流沉积 (图 7)。

3.2 萨一、萨零段层序地层学模式

萨一、萨零段总体上为基准面上升, 湖平面扩大, 主要表现为退积式沉积。由于制约着基准面变化的要素影响, 在这期间发生过两次基准面的幕式下降, 一个是萨一早期 (C3 旋回下降期), 另一个是萨零早期 (C2 旋回下降期), 从而引起沉积旋回的变化, 产生进积作用和退积作用 (图 8)。萨一、萨零主要为三角洲、滨浅湖、湖相沉积, 在龙虎泡—古龙凹陷沿敖古拉断裂带斜坡带下也发育一些浊流沉积。

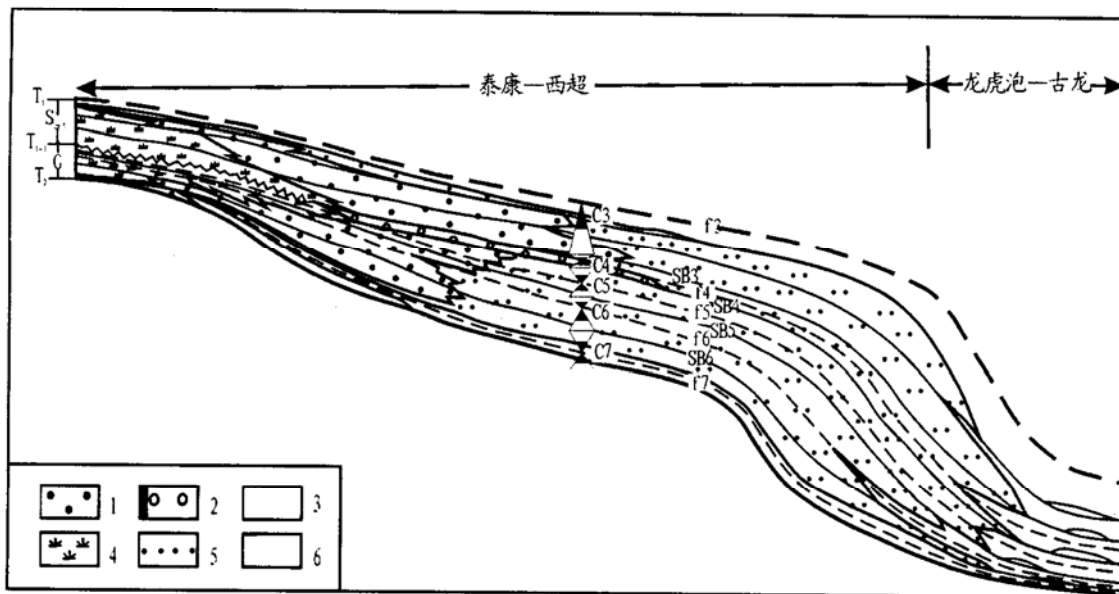


图 7 青山口组至姚家组层序地层模式图

1. 三角洲前缘; 2. 河流相; 3. 湖相; 4. 三角洲平原; 5. 滨浅湖; 6. 浊流

Fig. 7 Sequence stratigraphical pattern of the Qingshankou Yaojia Formation

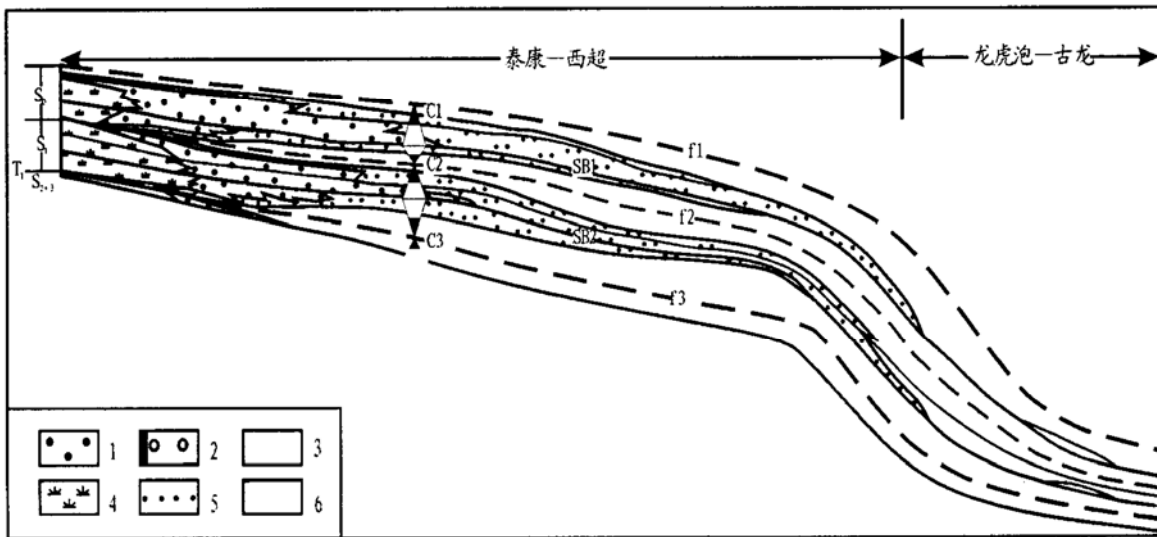


图8 萨零、萨一段层序地层模式图

1. 三角洲前缘; 2. 河流相; 3. 湖相; 4. 三角洲平原; 5. 滨浅湖; 6. 浊流

Fig. 8 Sequence stratigraphical pattern of the Sha0 Member and the Sha1 Member

4 结语

运用高分辨率层序地层学基准面旋回的概念,对泰康—西超地区青山口组至嫩江组嫩一段进行基准面旋回的识别与划分,共识别出13个具有时间对比意义的旋回界面,即6个基准面下降到上升的转换面(层序界面),自下而上为SB6、SB5、SB4、SB3、SB2、SB1,6个基准面上升到下降的转换面(湖泛面),即为f6、f5、f4、f3、f2、f1,从而划分为C7(下降期)、C6、C5、C4、C3、C2、C1(上升期)中期旋回。通过对研究区基准面旋回的识别与划分,分析了各旋回的特征。从每个中期旋回的砂岩分布看,处于层序界面上下的砂岩较为发育,是有利的储集体。根据基准面旋回的变化分析沉积演化规律,总结研究

层段的层序地层模式。

参考文献:

- [1] 翟光明. 中国石油地质志(卷二)[M]. 北京: 石油工业出版社, 1993. 147.
- [2] 邓宏文, Cross T A, 王红亮, 等. 高分辨率层序地层学——原理及应用[M]. 北京: 地质出版社, 2002. 64-69.
- [3] 樊太亮, 邓宏文, 李卫东. 胜海地区东营组层序地层特征与沉积充填体制[A]. 许怀大. 从地震地层学到层序地层学[M]. 北京: 石油工业出版社, 1997. 57-58.
- [4] 吴富强, 刘家铎, 等. 经典层序地层学与高分辨率层序地层学[J]. 中国海上油气(地质), 2001, 15(3).
- [5] 赵国连, 何顺利. 松辽盆地徐家围子裂陷式盆地的层序发育特点[J]. 西北地质, 2002, 35(1).
- [6] Timothy A. Recognition and High-Resolution Correlation of Continental Stratigraphic Cycles, Mesa Verde Group, San Juan Basin, Colorado[M]. Cross and Jean Christophe Navarre, 1994.

ANALYSIS OF SEQUENCE STRATIGRAPHY FOR TAIKANG-XICHAO AREA OF THE NORTH SONGLIAO BASIN

LI Yu-le^{1,2}, ZHANG Yin-guo³, CHEN Jian-wen^{3,4}

(1. China University of Geosciences, Beijing 100083, China;

2. Exploration Branch, Daqing Oilfield, Daqing, Heilongjiang 163453, China;

3. Qingdao Institute of Marine Geology, Qingdao, Shandong 266071; China;

4. Ocean University of China, Qingdao, Shandong 266003, China)

Abstract: This paper focused on the application of high-resolution sequence stratigraphy to the formations, i. e., the second and the third sections of the Qingshankou-Yaojia Formation and the first section of the Nenjiang Formation in Taikang-Xichao area of the North Songliao Basin. Based on the comprehensive study of logging,

drilling and seismic information, two scales of stratigraphic cycles (short-term and intermediate-term) can be recognized in the study area. The formations were divided into thirteen chronostratigraphic boundaries, including six sequence boundaries, which were the transformation from base-level fall to base-level rise, and seven lake-flood surfaces, which were the transformation from base-level rise to base-level fall. Then, features of these sequences were described detailed and sequence stratigraphical patterns were analyzed. This will be of guide significance for the discovery of non-structural reservoirs.

Key words: high-resolution sequence stratigraphy; base level ; cycle; high-resolution sequence stratigraphical pattern

(上接第 693 页)

- [3] 徐旭辉. 川西龙门前缘地质地球物理解释[J]. 石油实验地质, 1993, 15(1): 60- 73.
- [4] 曹伟. 龙门山推覆构造带中段前缘构造浅析[J]. 石油实验地质, 1994, 16(1): 35- 42.
- [5] 罗志立. 试评 A- 俯冲带术语在中国大地构造系应用[J]. 石油实验地质, 1994, 16(4): 317- 324.
- [6] 刘树根, 罗志立, 赵锡奎, 等. 龙门山造山带—川西前陆盆地系统形成的动力学模式及模拟研究[J]. 石油实验地质, 2003, 25(5): 432- 438.

STRUCTURAL CHARACTERISTICS AND EXPLORATION POTENTIAL OF THE THRUST BLOCK IN LONGMENSHAN

YANG Ke-ming^{1,2}; ZHU Tong¹; HE Li¹

(1. Energy Department, Chengdu University of Technology, Chengdu, Sichuan 610059, China;

2. Southwest Branch Company, Star Petroleum Corporation, SINOPEC, Chengdu, Sichuan 610081, China)

Abstract: The Longmenshan structural zone is divided into Maowen ductile shear zone, Longmenshan imbricated thrust structural zone and Longmenshan thrust nappe structural zone from west to east according to its deformation characteristics. And the Longmenshan thrust nappe structural zone can be further divided into two sub-zones, foremountain zone and concealed zone where is idea position for hydrocarbon accumulation. As to the foremountain zone, the relatively stable structure and good closing and capping capability are the master elements for hydrocarbon accumulation. And for the mountain front concealed zone, the master elements are the polymerization of old and present structure, relatively active structure and where fissures develop. Thus it is predicted that, the most favorable exploration area for natural gas is the Cifengchang high part in the hanging wall of concealed fault belt in Guankou-Shuikouchang, the Gaojiachang, Shuikouchang, Youzhatuo and Shibantan structural zones and Pingluoba in the footwall, as well as Qiongxì, Dayi and Yazibe anticlines.

Key words: Longmenshan structural zone; foremountain zone and mountain front concealed zone; Cifengchang fault high zone