

文章编号: 1009-3850(2009)02-0048-07

松辽盆地英台地区青山口组二、三段层序地层与沉积体系

何云龙¹, 杜学斌¹, 苏明¹, 李晶¹, 郭迎春^{1,2}

(1. 中国地质大学 资源学院, 湖北 武汉 430074; 2. 国家海洋局 第二海洋研究所, 浙江 杭州 310012)

摘要: 青山口组二、三段是英台地区油气的重点勘探层位。综合岩芯、录井和测井等资料的研究表明, 青二、三段整体上为一个反旋回, 青二段沉积时期到青三段沉积时期是一个湖水水位缓慢下降的过程。英台地区青二、三段可划分为两个三级层序, 4 个体系域, 5 个准层序组, 共 16 个准层序。青二、三段沉积时期, 英台地区受到西部和北部两个物源的共同作用, 主要发育三角洲沉积体系和湖泊沉积体系。

关键词: 英台地区; 青山口组; 层序地层; 沉积体系

中图分类号: TE121.3 文献标识码: A

1 区域地质特征

松辽盆地区域构造上属于天山-兴安岭-华力西褶皱带, 可划分为大庆长垣、齐家古龙凹陷、龙虎泡-大安阶地、三肇凹陷等 31 个二级构造单元^[1-3]。英台地区位于松辽盆地中央拗陷区齐家古龙凹陷南部, 西北部跨入龙虎泡-大安阶地(图 1)。

松辽盆地的形成和演化与其它张性克拉通内盆地相似, 大致经历了热隆张裂、裂陷、拗陷和萎缩褶皱四个阶段。松辽盆地的充填是指在变质基底之上沉积的中新生代地层(图 2)。青山口组发育于松辽盆地的拗陷时期。青一段时期, 湖平面快速上升而形成大面积的厚层黑色页岩、油页岩^[4-6]。青二、三段时期, 湖水开始减退, 发育水退式反旋回沉积。青二段主要为深灰色-灰绿色-暗紫红色泥岩、浅灰色粉砂岩及含钙泥质粉砂岩呈, 底部的灰黑色劣质油页岩可作为区域性标志层。青三段为棕红色泥岩夹浅灰色粉细砂岩、泥质粉砂及钙质粉砂岩, 见曲纹女星介和亚卵狼星介标准化石。青三段底部为一段数米厚的泥岩, 其可以作为区域标志层而与青二段相区分。

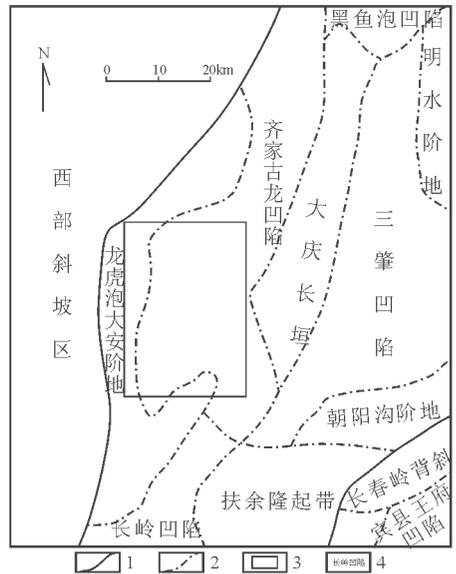


图 1 区域构造划分及研究区位置

1. 一级构造单元划分线; 2. 二级构造单元划分线; 3. 研究区; 4. 二级构造单元名

Fig 1 Regional tectonic division and location of the study area

1= first order tectonic boundary; 2= second-order tectonic boundary; 3= study area; 4= second-order tectonic unit

收稿日期: 2009-01-20

作者简介: 何云龙 (1983-), 男, 硕士生, 主要从事层序地层学、地震沉积学方面的研究。E-mail: moker07@qq.com

地层单元				地 层 年 代 /m	地 震 反 射 界 面	岩 相 剖 面	沉 积 相				
统	组	段	地 层 厚 度 /m								
第四系	Q		0~143	1.75±0.05							
新近系	泰康	Nt	0~165	23±1.0							
	大安	Nd	0~123								
古近系	依安	Ey	0~260	65±0.5	T ₀₂						
上白垩统	明水	K _{2m}	二	0~381	72±0.5			浅滩相为主 动水浅湖、浅滩较深湖交替			
			一	0~243							
	四方台	K _{2s}	0~413					T ₀₃			动水浅湖、浅滩河流相
			0~355								
	嫩江	K _{2n}	五	0~290				T ₀₄			较深水，静水浅湖
			四	50~117							
			三	80~253							
			二	27~222							
			一	50~150							
	姚家	K _{2y}	二、三	10~80				83±1	T ₀₇		深水，较深水湖相
一			53~552	87±1	T ₁		动水浅湖及三角洲相				
青山口	K _{2qn}	三	25~164	88±1	T ₁₋₁		动水浅、滨湖相				
		二	96±2	T ₁ ¹		较深水—浅湖相					
		一	108±3/1	T ₂		深水湖相					
下白垩统	泉头	K _{1q}	四	0~128	108±3/1			动水浅湖、浅滩			
			三	0~692							
			二	0~479							
			一	0~855							
	登娄库	K _{1d}	四	0~212	117±5/2			滨湖浅滩及湖沼相			
			三	0~612							
			二	0~700							
	营城	K _{1y}	四	0~215	123±6/2			滨湖浅滩及洪积相			
			三	0~960							
			二	0~960							
沙河子	K _{1sh}	三、四	0~815	131±4	T ₃ ¹		浅湖、浅滩及三角洲				
		二、一	0~815	117±5/2	T ₃						
火石岭				135±5/5	T ₄ ¹						
变质古生界及前古生界					T ₄ ²						
					T ₅						

图 2 松辽盆地地层充填序列

Fig 2 Stratigraphic sequences of the Songliao Basin

英台地区石油地质条件具有断裂发育、砂体横向变化快并呈薄互层状等特点，在油田区主要形成小幅度鼻状构造油藏和断层 岩性油藏^[7,8]。

2 英台地区青二、三段层序地层格架

层序地层学的核心就是建立等时性层序地层格架，其研究要点是层序界面的追踪^[9]。本次研究中的层序地层格架建立在已知地震剖面所标定层序界面的基础上，利用测井资料和岩芯资料进行三级层序界面的精确标定和体系域、准层序的划分。

2.1 层序界面的确定

研究中采用测井资料和岩芯资料进行层序界面

的确定。

1. 测井资料确定层序界面

测井资料在层序界面处的响应主要有两种形式：(1)突变式的曲线响应，其反映了层序边界上下地层的岩性差异较大；(2)渐变式曲线响应，表现为层序边界上下测井曲线没有大的变化，主要依靠岩性和准层序叠加方式的变化来识别层序。

2 岩芯资料确定层序界面

由于层序边界上下的地层常常形成于不同的环境，故在岩性剖面上可以观察到岩相的突变现象。这种突变主要表现为两种形式：浅水相直接覆盖在深水相沉积之上和深水相直接覆盖在浅水相沉积之

上。

在英台地区主要是深水相直接覆盖于浅水相上,青二段和青三段的分界处曲线的突变和岩性变化有很好的一致性。主要表现为深湖、半深湖相直接覆盖在三角洲相之上,在研究区这种现象相当普遍。例如在英52井的1943^m和英29井的1875^m处,滨浅湖相的粉砂质泥岩、泥岩直接覆盖在三角洲相的砂岩之上(图3)。这类层序边界特征在青山口组二、三段都比较明显,原因在于下部为湖侵体系域,湖水迅速推进,从而形成了深水相直接覆盖于下部层序顶端的浅水相之上。

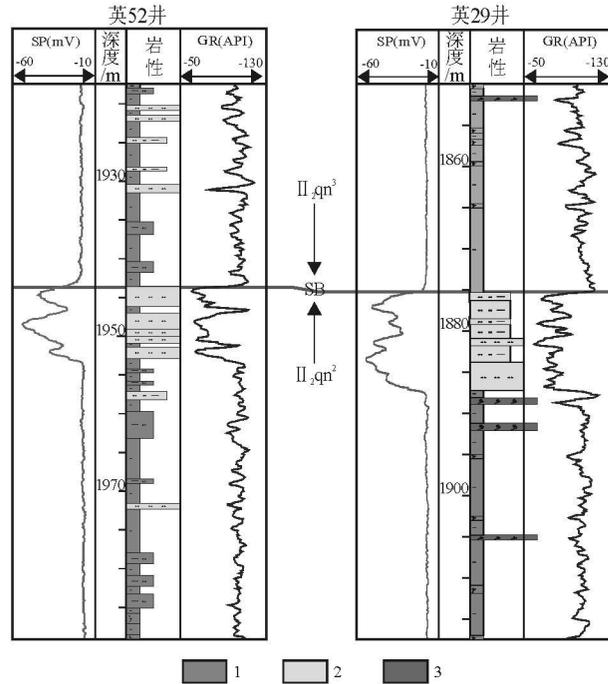


图3 青山口组二、三段层序划分(英52井、英29井)

1. 泥岩; 2. 砂岩; 3. 介形虫层

Fig 3 Sequence division of the second and third members of the Qingshankou Formation (Y-52 and Y-29 wells)

1= mudstone; 2= sandstone; 3= ostracods

2.2 体系域和准层序界面的确定

英台地区青山口组二、三段可以划分为两个三级层序,两个三级层序中都只发育湖侵体系域和高水位体系域。湖侵体系域与高位体系域之间的界限为最大湖泛面。最大湖泛面附近沉积的密集段在测井曲线和岩性上均有明显的响应。自然电位曲线表现为靠近泥岩基线,自然伽玛曲线表现为高峰,而电阻率曲线往往为指状、梳状的高峰。在岩性上,密集段常由深灰色、灰黑色的油页岩、泥页岩、泥岩组成,水平层理发育,有机质含量高。对于准层序的划分,由于青二、三段整体形成于松辽盆地水退时期,

研究区只能识别出一种准层序类型,即:滨浅湖、前三角洲和三角洲前缘沉积环境下的水体向上变浅、岩性向上变粗反旋回准层序(图4);水体向上变深、岩性向上变细的正旋回准层序在研究区不发育。在划分过程中采用短暂湖泛层(湖相泥质岩)作为划分准层序的理想顶界面,界面处测井曲线有相应的响应。

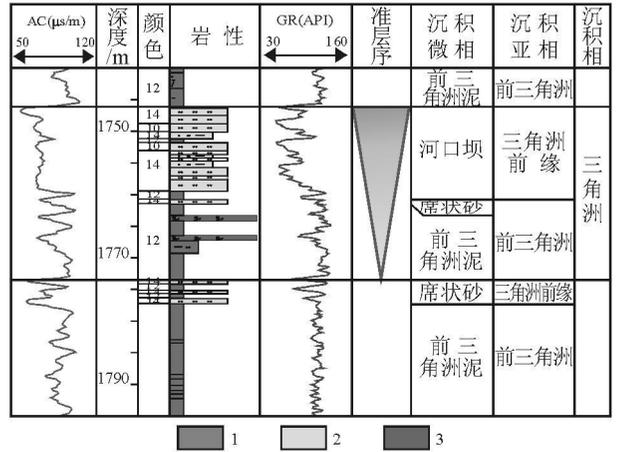


图4 准层序的划分(英272井)(图例同图3)

Fig 4 Parasequence division for Y-272 well (See Fig 3 for the explanation of symbols)

2.3 层序地层划分

青山口组可划分为三段,构成三个三级层序。研究目的层位为青山口组二段层序(II₂^{Q₃})和青山口组三段层序(II₂^{Q₃})。研究中对研究区内的单井进行了层序划分和沉积体系分析(图5),总结了各三级层序的特征:

青二段层序(II₂^{Q₃}):由青山口二段上部构成,其底界为一明显的层序界面,界面之上分布一层连续性好、分布广泛的泥岩-粉砂质泥岩夹少量泥质粉砂岩层。可分为7个准层序,2个准层序组。准层序粒度变化为反粒序,准层序的叠加从退积发展成加积,总体上呈现出粒度向上变粗的特点。青山口组二段7个准层序中,准层序1-3、4-5分别组成一个准层序组,各构成层序II₂^{Q₃}的湖侵体系域和高位体系域。其中,研究区西部大部分地区和东北部地区的7个准层序都是发育于三角洲前缘和前三角洲的准层序,沉积微相主要为分流河道、河口坝、远端河口坝、席状砂和前三角洲泥。研究区东部大部分地区的湖侵体系域的准层序是发育于滨浅湖的准层序,沉积微相为滨浅湖泥和滨浅湖砂坝。

青三段层序(II₂^{Q₃}):青山口组三段构成青山口三段层序(II₂^{Q₃}),其底部为一层可在区域内对

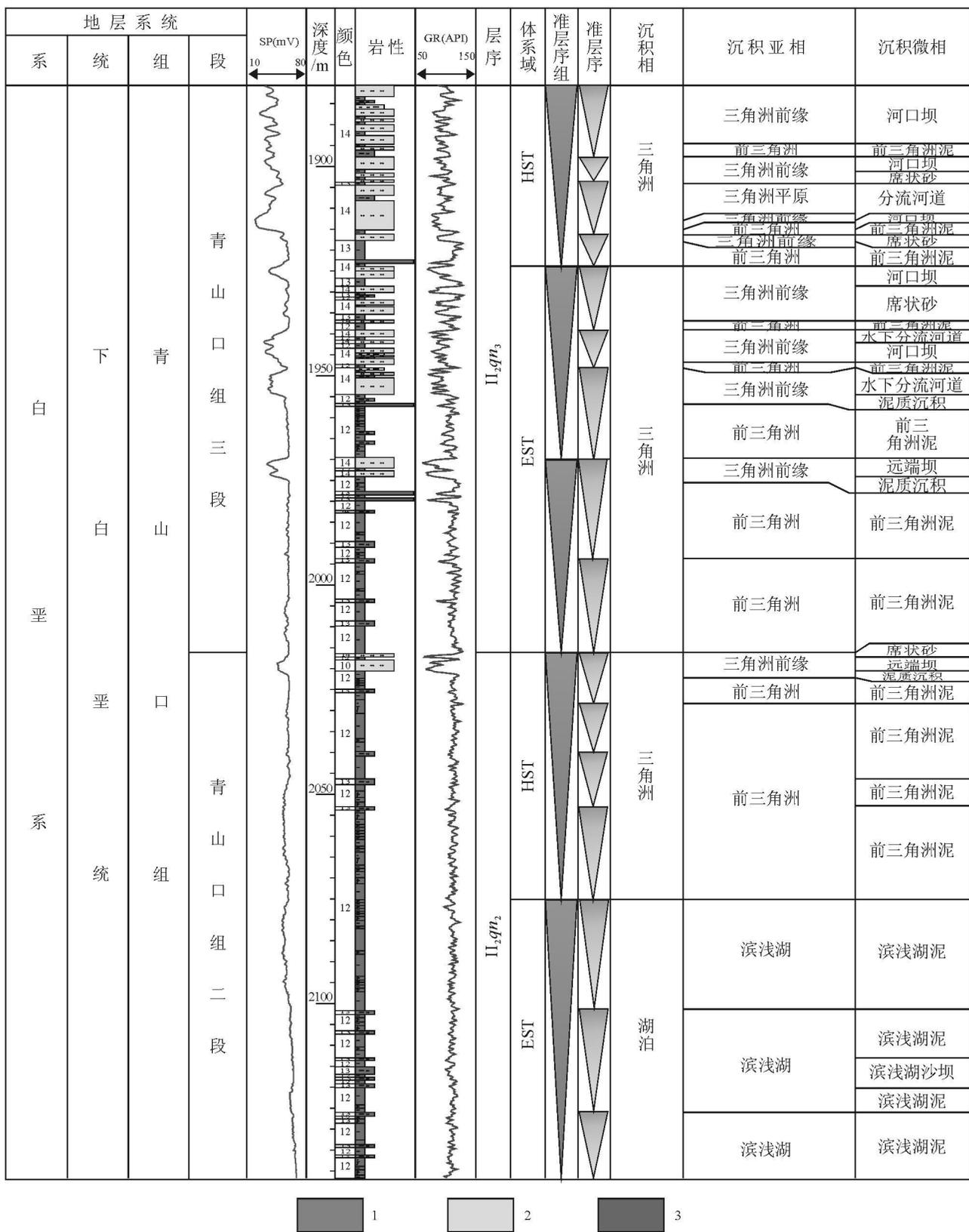


图 5 英 51 井层序地层划分和沉积微相图 (图例同图 3)

Fig 5 Sequence stratigraphic division and sedimentary microfacies distribution in the Y-51 well (See Fig 3 for the explanation of symbols)

比的泥岩,覆盖于 $II_2 Q_3$ 的高水位粉砂岩之上。青山口三段由 9 个准层序构成 3 个准层序组,准层序 1~3 组成的准层序组构成 $II_2 Q_3$ 的湖侵体系域。准层序 4~6、7~9 组成的两个准层序组构成了 ($II_2 Q_3$) 的高水位体系域。准层序的叠加从退积发展成加积,总体上呈现出粒度向上变粗的特点。研究区西部大部分地区 and 东北部地区 7 个准层序都是发育于三角洲平原、三角洲前缘和前三角洲的准层序,沉积微相主要为分流河道、河口坝、远端河口坝、席状砂和前三角洲泥。在研究区的东部,大部分地区的湖侵体系域的准层序是发育于滨浅湖的准层序,发育的沉积微相为滨浅湖泥和滨浅湖砂坝。

3 沉积相

3.1 沉积相类型

在综合前人资料的基础上,结合钻井和录井资料,在研究区青山口组二段层序和三段层序识别出了三角洲沉积体系和湖泊沉积体系。识别出的沉积微相主要有分流河道、河口坝、远端河口坝、席状砂、前三角洲泥、滨浅湖砂坝、滨浅湖泥等。研究区的主要物源来源于西部的英台物源区,北部物源在不同时期对研究区沉积相的展布有不同的影响。

3.2 沉积相带演化

青山口组二、三段沉积时期,松辽盆地四周发育有多条水系。沿盆地长轴发育的水系有北部讷河-依安水系、拜泉-青岗水系和南部怀德-长春水系,盆地西部的主要水系有红岗英台水系等^[1,2]。本文以体系域为单位,根据研究区含砂率等值线图分别做出了两个三级层序内部湖扩体系域和高位体系域的沉积相图(图 6 图 7)。

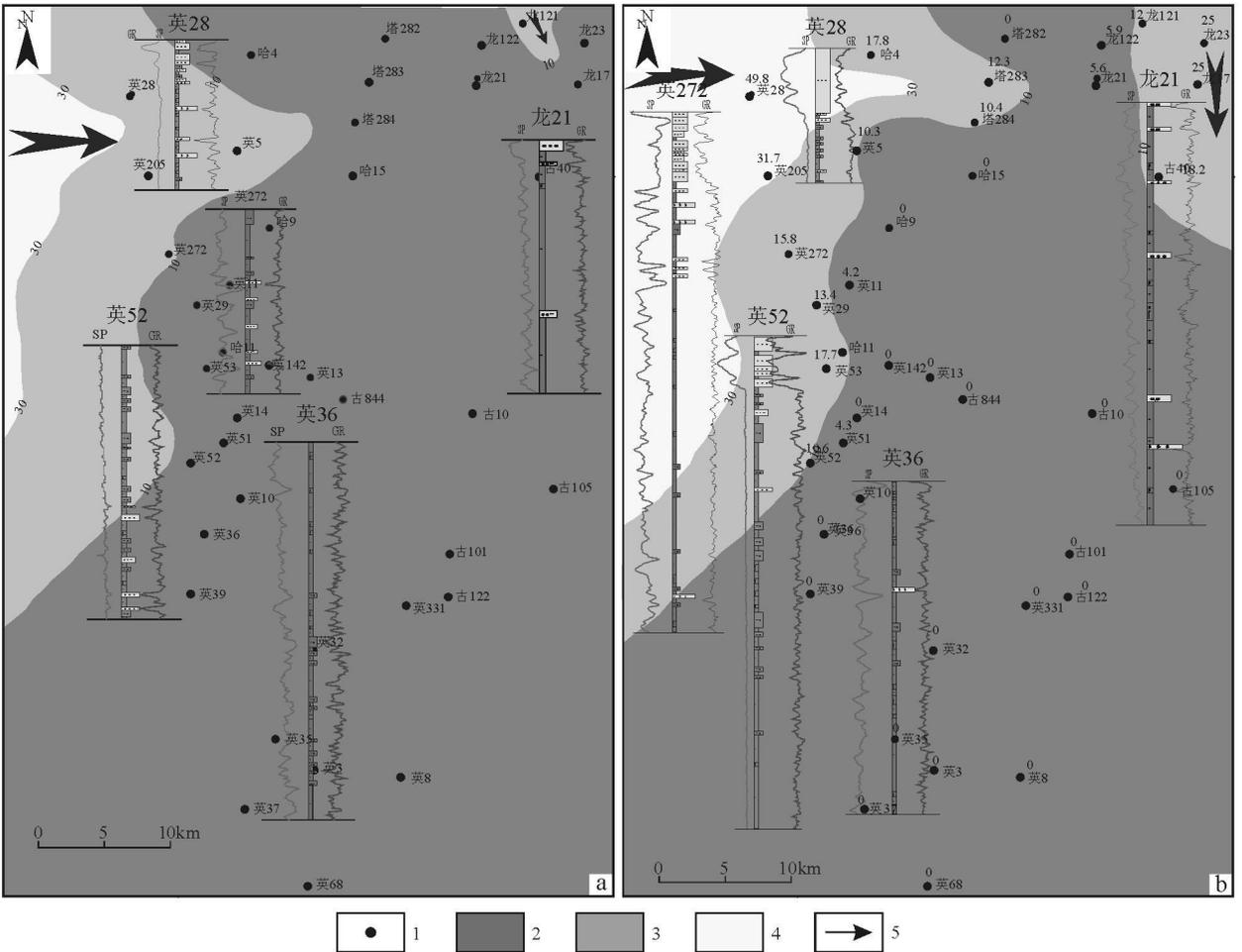


图 6 青二段湖侵体系域 (a) 和高水位体系域 (b) 沉积体系空间配置

1 取数据井位; 2 滨浅湖亚相; 3 前缘远端坝; 4 前缘河口坝; 5 物源方向

Fig 6 Spatial alignment of the depositional systems in the transgressive systems tract (a) and highstand systems tract (b) in the second member of the Qingshankou Formation

1=well site 2= littoral and shallow lake sub-facies 3= distal bar 4= channel-mouth bar 5= provenance

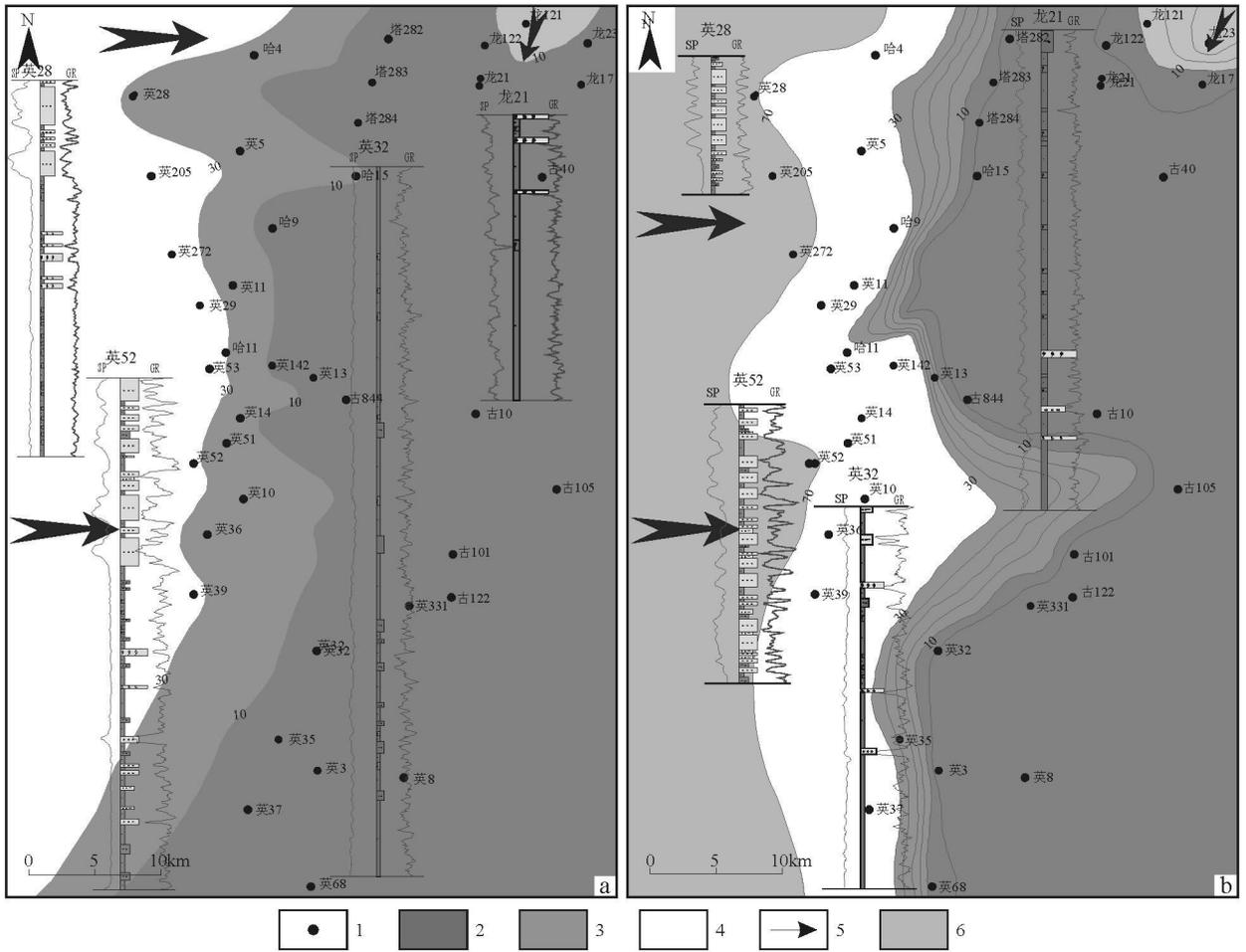


图 7 青三段湖侵体系域 (a)和高水位体系域 (b)沉积体系空间配置

1 取数据井位; 2 滨浅湖亚相; 3 前缘远端坝; 4 前缘河口坝; 5. 物源方向; 6 三角洲平原

Fig 7 Spatial alignment of the depositional systems in the transgressive systems tract (a) and highstand systems tract (b) in the third member of the Qingshankou Formation

1= well site 2= littoral and shallow lake subfacies 3= distal bar 4= channelmouth bar 5= Provenance 6= delta plain

1. 青二段层序 (II₂ Q₃) 沉积相平面展布

青二段湖侵时期, 研究区主要受到西部英台物源的影响, 北部物源的影响很小 (图 6 a)。研究区大部分为湖盆区, 发育近端河口坝沉积微相、远端河口坝沉积微相和滨浅湖亚相。砂体主要分布于研究区的西北部, 北部物源在研究区内只有远端河口坝微相分布。西部和北部两个方向物源形成的砂体距离较远。到了青二段高位时期, 研究区西部的三角洲逐渐向湖推进, 但是沉积微相没有变化, 只分布近端河口坝和远端河口坝, 同时北部物源的影响扩大, 北部砂体规模变大, 发育远端河口坝微相。西部物源影响下形成的砂体与北部物源影响下形成的砂体距离达到最小。

2 青三段层序 (II₂ Q₃) 沉积相平面展布

青三段湖侵时期, 研究区主要受到西部英台物

源的影响, 北部物源的影响重新变小 (图 7)。与青二段时期的相比, 西部物源对研究区的影响南扩, 在西部中段出现了新的物源。在两个物源的影响下, 沉积相在研究区的西部呈带状分布。由北部物源影响的砂体的分布范围相对于青二段末期缩小了三分之二, 湖面积进一步缩小, 发育近端河口坝和远端河口坝沉积微相和滨浅湖亚相; 青三段高水位时期, 在西部物源影响下, 三角洲继续向湖推进, 西部物源形成的三角洲平原亚相推进到研究区内, 西部中段物源的影响大于西部北段物源影响, 三角洲砂体在西部中段向湖推进最远。北部砂体的分布范围与青三湖侵时期相当。

4 结 论

(1)研究区青二、三段可分为两个三级层序: 层

序 II₂ Q₃ 发育湖侵体系域和高水位体系域,可细分为 2 个准层序组,7 个准层序。层序 II₂ Q₃ 发育高水位体系域,可细分为 3 个准层序组,9 个准层序。

(2) 研究区内三角洲沉积主要发育三角洲平原亚相、三角洲前缘亚相和前三三角洲亚相,沉积微相有分流河道、水下分流河道、近端河口坝、远端河口坝、席状砂、前三三角洲泥等;湖泊沉积主要发育滨浅湖亚相,有滨浅湖泥和滨浅湖砂坝两类沉积微相。

(3) 英台地区青山口组二、三段有两个方向的物源。西部物源起主导作用,西部物源从青二段时期到青三段时期,由单一的西部北段物源演变为西部北段物源和西部中段物源,并且在青三段后期,西部中段物源的影响大于西部北段物源的影响。北部物源影响较小。

参考文献:

[1] 王永春. 松辽盆地南部岩性油藏的形成和分布 [M]. 北京: 石

油工业出版社, 2001

- [2] 大庆油田石油地质志编写组. 中国石油地质志 (卷二) — 大庆油田 [M]. 北京: 石油工业出版社, 1993.
- [3] 高瑞祺, 蔡希源. 松辽盆地油气田形成条件与分布规律 [M]. 北京: 石油工业出版社, 1997.
- [4] 卓弘春, 林春明, 李艳丽, 等. 松辽盆地北部上白垩统青山口—姚家组沉积相及层序地层界面特征 [J]. 沉积学报, 2007, 25 (1): 29—38.
- [5] 王树恒, 吴河勇, 辛仁臣, 等. 松辽盆地北部西部斜坡高台子油层三砂组沉积微相研究 [J]. 大庆石油地质与开发, 2006, 25 (3): 10—12.
- [6] 杨玉峰. 松辽盆地岩性油藏形成条件与分布规律 [J]. 石油与天然气地质, 2004, 25(4): 393—399.
- [7] 孙岩, 李明, 赵一民. 英台地区构造岩性复合油气藏解释技术的应用与效果 [J]. 石油地球物理勘探, 2003, 38(2), 185—189.
- [8] 许建红, 程松林, 马丽丽. 松辽盆地北部英台—大安地区葡萄花油层油气分布规律 [J]. 大庆石油地质与开发, 2006, 25(6): 27—29.
- [9] 李思田, 解习农, 王华, 等. 沉积盆地分析基础与应用 [M]. 北京: 高等教育出版社, 2004

Sequence stratigraphy and sedimentary systems in the second and third members of the Qingshankou Formation in the Yingtai region, Songliao Basin

HE Yunlong, DU Xuebin, SUMing, LI Jing, GUO Yingchun²

(1. Faculty of Resources, China University of Geosciences, Wuhan 430074, Hubei, China; 2. No. 2 Institute of Oceanography, National Bureau of Oceanography, Hangzhou 310012, Zhejiang, China)

Abstract: The second and third members of the Qingshankou Formation are believed to be the targets of petroleum exploration in the Yingtai region. The integration of cores and well logs data shows that second and third members of the Qingshankou Formation represent an overall coarsening upward depositional sequence and/or a slowly falling phase of lake levels. The second and third members of the Qingshankou Formation may be divided into 2 third-order sequences, 4 systems tracts, 5 parasequence sets and 16 parasequences. Two sedimentary systems have been recognized, i.e. delta and lacustrine sedimentary systems. There are two sources of sediment supply from the west and north respectively, of which the western source of sediment supply plays a major role and leads to the zonal distribution of sedimentary facies. The sandstones are overlain in bands upon the mudstones, and thus have provided the conditions to form lithologic oil pools.

Key words: Yingtai region, Qingshankou Formation, sequence stratigraphy, sedimentary system