

文章编号:1009-3850(2011)02-0026-08

# 长岭凹陷沉积微相对岩性油气藏的控制作用

——以腰英台地区青山口组为例

侯伟<sup>1,2</sup>, 樊太亮<sup>1</sup>, 王海华<sup>3</sup>, 张月巧<sup>1,3</sup>, 沈武显<sup>1</sup>, 王进财<sup>4</sup>

(1. 中国地质大学 海相储层演化与油气富集机理教育部重点实验室, 北京 100083; 2. 中石油煤层气有限责任公司, 北京 100028; 3. 中国石油长庆油田第六采油厂, 陕西 榆林 718600; 4. 中国石油勘探开发研究院, 北京 100083)

**摘要:**岩心、录井和测井资料分析表明: 松辽盆地南部长岭凹陷腰英台地区青山口组发育湖泊相和三角洲相沉积, 湖泊相由滨浅湖亚相组成, 可识别出泥滩、混合滩、砂质滩坝微相; 三角洲相由三角洲平原亚相和三角洲前缘亚相组成, 三角洲平原亚相可识别出分流河道、分流间湾微相; 三角洲前缘亚相可识别出水下分流河道、水下分流间湾、河口坝、席状砂、远沙坝微相。不同类型微相不仅控制了本区岩相变化特征、砂体展布特征和砂体的储集性能, 而且对砂体的含油气性也有明显的控制作用。河口坝、水下分流河道和滩坝砂体在储集性能和含油气性方面更具优越性, 从而成为勘探开发的重点。沉积微相的展布对本区岩性油气藏分布具有明显的控制作用, 湖岸线的活动带为岩性油气藏的富集带。

**关键词:**长岭凹陷; 腰英台; 青山口组; 沉积微相; 岩性油气藏; 控制作用

中图分类号: P512.2

文献标识码: A

长岭地区青山口组属松辽盆地南部的保康沉积体系, 该沉积体系位于盆地西南端, 水系为北东流向, 与盆地长轴斜交, 基底坡度较缓, 流域长, 为远物源缓坡河流-三角洲沉积体系<sup>[1,2]</sup>。由于湖水进退频繁, 湖岸线摆动幅度较大, 致使不同地区、不同层位砂体的类型、分布特征差异较大, 储层的沉积特征直接影响了本区油气藏类型及分布特征<sup>[1,2,3]</sup>。目前, 长岭凹陷的勘探程度不断提高, 已经进入到岩性油气藏的勘探阶段, 而准确识别主要目的层段的沉积相类型、详细分析沉积相带的展布特征、优选岩性油气藏勘探的有利区带无疑是首先需要解决的问题<sup>[4]</sup>。本文通过详细的沉积微相研究和数据统计, 查明了青山口组重点层位沉积微相对岩性油气藏的控制作用, 对深化该区石油地质认识和指导

油气勘探具有重要意义。

## 1 地质背景

长岭凹陷位于松辽盆地中央坳陷区南部, 东与东南隆起区相接, 南与西南隆起区毗邻, 西与西部斜坡区过渡, 呈三面隆起向北延伸的“U”型凹陷(图1)。沿大情字-腰英台低伏隆起带可将其细分为乾安次凹、黑帝庙次凹<sup>[5]</sup>。腰英台地区为长岭凹陷东部陡坡带与大情字井低凸起的过渡部位, 处于两个次凹之间的相对隆起部位, 油气源丰富。自晚白垩世以来, 该区发育了青山口组( $K_2qn$ )、姚家组( $K_2y$ )、嫩江组( $K_2n$ )、四方台组( $K_2s$ )、明水组( $K_2m$ )、泰康组( $N_2t$ )和第四系(Q)盖层沉积。其中, 青山口组是研究区内最重要的含油气层位, 发

收稿日期: 2011-01-06; 改回日期: 2011-03-23

作者简介: 侯伟(1981—), 男, 博士, 沉积学与石油地质学。E-mail: houweinan@163.com

基金项目: 国家973重点基础研究发展计划项目(2005CB422103)和中国石化华东分公司勘探先导项目联合资助

育自生自储的岩性-构造复合油气藏<sup>[3,6]</sup>。

在前人研究成果的基础上<sup>[1,2,7,8]</sup>,根据高分辨率层序地层学原理<sup>[9]</sup>,将研究区青山口组划分为3个三级层序,5个四级层序(图2)。三级层序SQ1大致相当于青一段和泉四段顶部,可分为SC1和SC2两个四级层序;三级层序SQ2大致相当于青二段,可分为SC3和SC4两个四级层序;三级层序SQ3大致相当于青三段,包含四级层序SC5。其中SC2层序的上升半旋回和SC3层序的上升半旋回是本区的重点产油层位。

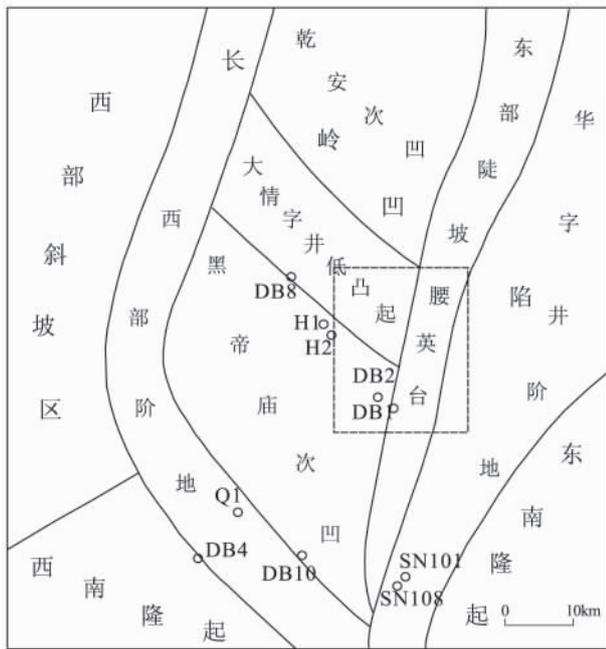


图1 腰英台地区构造位置图(据王震亮等,2007)

Fig.1 Tectonic setting of the Yaoyingtai region (after Wang Zhenliang et al., 2007)

## 2 沉积相类型及其特征

研究区青山口组主要发育三角洲相和湖泊相。根据岩心、录井和测井等资料进行了沉积微相划分,分析了各沉积微相特征。

### 2.1 三角洲相

#### 1. 三角洲平原亚相

可识别出分流河道、分流间湾两种微相类型<sup>[10,11,12]</sup>。

① 分流河道:与曲流河相中的河道沉积类似,但较后者粒度细,分选变好,细砂岩、粉砂岩为主,常含泥砾、碳屑和树干化石等。砂岩中常见槽状或板状交错层理和波状交错层理,并且其规模向上变小。底部具冲刷构造,发育有河床滞留沉积(图3)。河道侧向迁移形成典型的向上变细的正粒序。测

井曲线为中-高幅微齿化箱形-钟形组合<sup>[10]</sup>,底部常为突变,顶部渐变。

② 分流间湾:为曲流河三角洲平原分流河道之间的低地。以杂色泥岩、粉砂质泥质岩为主,发育水平层理、变形构造(图3)。测井曲线为低幅齿形,齿中线平行下倾<sup>[10]</sup>。

#### 2. 三角洲前缘亚相

三角洲前缘亚相沉积物比三角洲平原亚相细,可识别出水下分流河道、水下分流间湾、河口坝、远沙坝和席状砂等几种微相。

① 水下分流河道:为三角洲平原亚相的分流河道向湖泊的延伸。以粉砂岩为主,发育有块状层理、交错层理、波状层理和变形构造。底部常发育滞留沉积和冲刷构造,向上变细呈正粒序(图3)。测井曲线表现为中-高幅箱状、钟状或微齿化的箱状、钟状。

② 水下分流间湾:为水下分流河道之间的湖湾地区,属于低能沉积环境。以灰绿色或灰色泥岩、泥质粉砂岩为主,偶见粉砂岩薄层,发育水平层理、变形构造(图3)。测井曲线为低幅齿形,齿中线平行下倾。

③ 河口坝:位于水下分流河道前端,沉积物粒度比水下分流河道略细。以粉砂岩、泥质粉砂岩为主,发育平行层理、波状层理、水平层理和变形构造。常向上变粗呈逆粒序(图3)。测井曲线为中-高幅齿化-微齿漏斗状-箱状<sup>[11,14]</sup>。

④ 远沙坝:以泥质粉砂岩和泥岩互层为主,发育水平层理、波状交错层理和脉状-波状-透镜状复合层理。本区分布局限,常呈反旋回特征,电性曲线变化幅度较小,略呈齿状漏斗形<sup>[13]</sup>。

⑤ 席状砂:是河口坝和远沙坝沉积物经湖水冲刷作用,而再分布于其侧翼所形成的薄而面积大的砂层,其横向延伸范围广,分布较稳定,通常为粉砂岩和泥质粉砂岩,可见平行层理和波状层理。没有明显的旋回性特征,电性特征呈齿状,起伏不大<sup>[13]</sup>(图3)。

### 3. 前三角洲亚相

位于三角洲前缘向湖盆推进的远端,离河口较远,已进入滨浅湖沉积区,通常将其归入湖泊相。沉积物粒度细,以灰色泥岩、粉砂质泥岩为主,发育水平层理、变形构造(图3)。测井曲线上为平滑-微齿状低平曲线<sup>[10]</sup>。

#### 2.2 湖泊相

##### 1. 滨浅湖亚相

滨浅湖亚相可划分为泥滩、混合滩、砂质滩坝3个微相<sup>[14]</sup>。

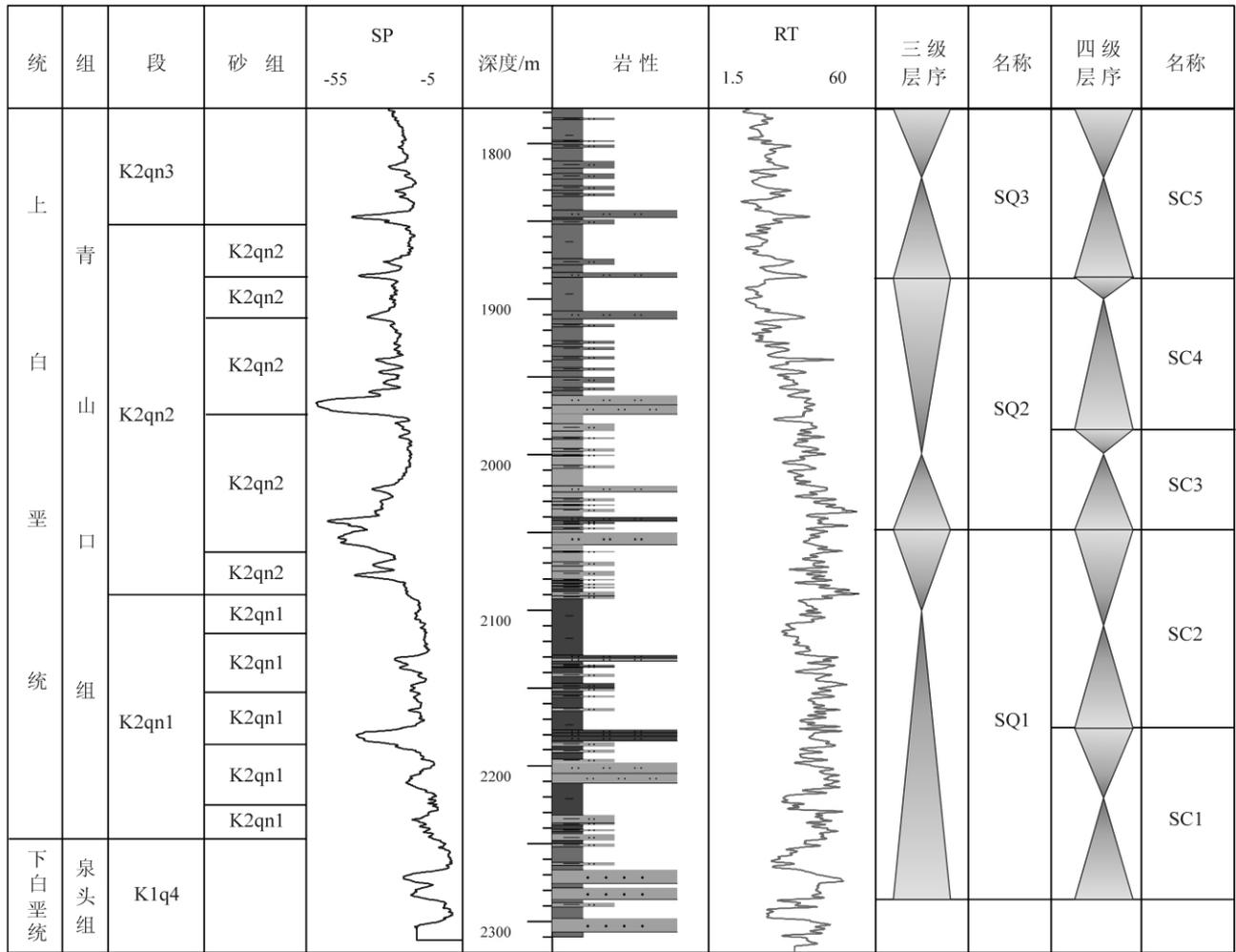


图2 腰英台地区青山口组层序地层划分

Fig. 2 Sequence stratigraphic division of the Qingshankou Formation in the Yaoyingtai region

## ①泥滩

以杂色、灰色厚层泥岩为主, 偶见粉砂质泥岩和粉砂岩薄层, 发育水平层理、变形构造和生物扰动现象(图3)。介形虫化石发育, 有时可见碳质纹层和植物碎屑。测井曲线上表现为低幅平滑特征<sup>[14]</sup>(图4)。

## ②混合滩

以粉砂岩、泥质粉砂岩与粉砂质泥岩、泥岩互层为主, 发育波状层理、变形构造和生物扰动现象(图4)。偶见薄层介形虫层。测井曲线上为锯齿状特征<sup>[14]</sup>。

## ③砂质滩坝

滩坝是滨浅湖地带常见的砂体类型。在湖盆的扩张期, 湖泊面积大, 湖岸地形平坦, 浅水区所占面积大, 滩坝砂体最为发育。若以组成物质划分, 有由陆源碎屑物质组成的砂质(包括砾)滩坝和由湖内生物、鲕粒、内碎屑等碳酸盐物质组成的滩坝,

但多数湖泊内的滩坝以陆源碎屑砂质滩坝为主。陆源碎屑砂质滩坝砂体的砂岩成熟度较高, 含泥少, 中细砂和粉砂最为常见, 也有少量砾石, 并常含鲕粒、生物贝壳和重矿物富集条带, 具波状层理、平行层理、低角度交错层理、浪成砂纹层理、包卷层理、爬升砂纹层理、球枕构造等(图3)。砂质滩坝微相的垂向序列多变, 可以呈向上变细的正粒序, 也可以呈向上变粗的反粒序<sup>[14]</sup>。滩坝沉积在测井曲线为中高幅指形-对称形曲线组合, 齿中线平行水平<sup>[10]</sup>(图4)。

滨浅湖亚相在测井曲线上整体具有低平或低幅齿状背景上间夹中幅至高幅齿状-指状峰或齿化菱形(箱形)峰特征(图4)<sup>[10]</sup>。

## 3 沉积微相平面分布特征

在单井沉积微相识别基础上, 结合砂地比和地震属性, 查明了腰英台地区重点层位 SC2 层序上升

地层		深度/m	岩心柱			沉积构造	岩心描述	沉积相			井号
组	段		泥岩	粉砂质泥岩	粉砂岩			细砂岩	微相	亚相	
青山口组	$K_2qn^2$	2210 2215					底部为棕色泥岩;中部为灰绿色泥岩;顶部为油浸粉砂岩		三角洲平原	三角洲	YX1
青山口组	$K_2qn^2$	2115 2120					底部为灰黑色泥岩,向上为泥岩和油斑粉砂岩互层;顶部为灰色油斑粉砂岩	水下分流河道 水下分流间湾 水下分流河道 水下分流间湾	三角洲前缘	三角洲	DB13
		2160 2170					底为深灰色泥岩,向上变为灰色粉砂质泥岩,项为浅灰色粉砂岩	河口坝 前三角洲	前三角洲		
		2220 2225					底为灰黑色泥岩夹灰色粉砂岩条带;项为灰色油斑粉砂岩夹灰黑色泥岩条带	水下分流河道 水下分流间湾	三角洲前缘		
	2250 2255					底为浅灰色油迹油斑粉砂岩,向上变为灰色粉砂岩夹深灰色泥岩条带;中部为深灰色泥岩;项为浅灰色粉砂岩	水下分流河道 水下分流间湾 席状砂				
	2260 2280					底为灰色油迹粉砂岩;中部为灰黑色泥岩夹粉砂岩条带;项为灰色油迹油斑粉砂岩	河口坝 前三角洲				
	青山口组	$K_2qn^1$	2125 2130					底部为深灰色泥岩;中部为灰色泥质粉砂岩;顶部为深灰色藻类泥岩;	滩坝 泥滩	滨浅湖	



图3 腰英台地区青山口组三角洲、滨浅湖沉积特征

1. 细砂岩; 2. 粉砂岩; 3. 泥岩; 4. 泥质粉砂岩; 5. 粉砂质泥岩; 6. 冲刷面; 7. 水平层理; 8. 平行层理; 9. 包卷层理; 10. 槽状交错层理; 11. 爬升层理; 12. 变形构造; 13. 板状交错层理; 14. 波状层理

Fig. 3 Vertical sequences of the delta and littoral-shallow lacustrine deposits in the the Qingshankou Formation , Yaoyingtai region  
 1 = fine-grained sandstone; 2 = siltstone; 3 = mudstone; 4 = muddy siltstone; 5 = silty mudstone; 6 = scour surface; 7 = horizontal bedding; 8 = parallel bedding; 9 = convolute bedding; 10 = wedge-shaped cross-bedding; 11 = climbing bedding; 12 = deformation structure; 13 = tabular bedding; 14 = wavy bedding

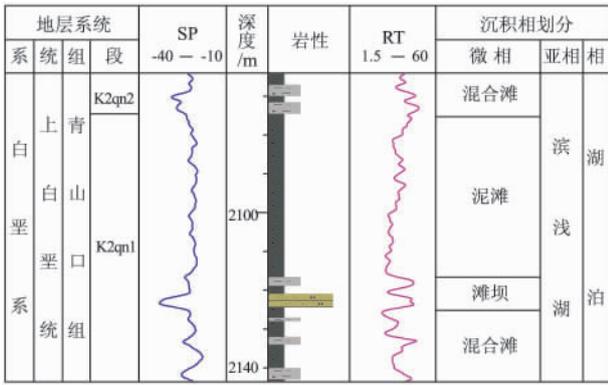


图4 腰英台地区青山口组滨浅湖亚相岩电特征

Fig. 4 Lithologic and well logging interpretation of the littoral-shallow lacustrine subfacies in the Qingshankou Formation in the Yaoyingtai region

半旋回和 SC3 层序上升半旋回的沉积微相平面展布特征(图4)。

SC2 层序上升半旋回以三角洲前缘沉积为主

(图5a)。在腰英台地区,受保康沉积体系的影响,大致以 DB18 井—YB1 井—一线为界,西南部以三角洲前缘沉积为主,发育三角洲前缘亚相的水下分流河道、水下分流间湾、河口坝、席状砂微相;东北部为滨浅湖沉积,发育有滩坝微相。

SC3 层序上升半旋回以三角洲平原和前缘沉积为主(图5b)。腰英台地区,受保康沉积体系的影响,大致以 DB42 井—YZ1 井—YX1 井—一线为界,西南部以三角洲平原沉积为主,发育三角洲平原亚相的分流河道、分流间湾微相;东北部以三角洲前缘亚相为主,局部滨浅湖沉积,发育三角洲前缘亚相的水下分流河道、水下分流间湾、河口坝、席状砂微相。

### 4 沉积微相对岩性油气藏分布的控制作用

#### 4.1 沉积微相控制储层砂体类型

青山口组沉积期,本区发育三角洲—湖泊沉积体

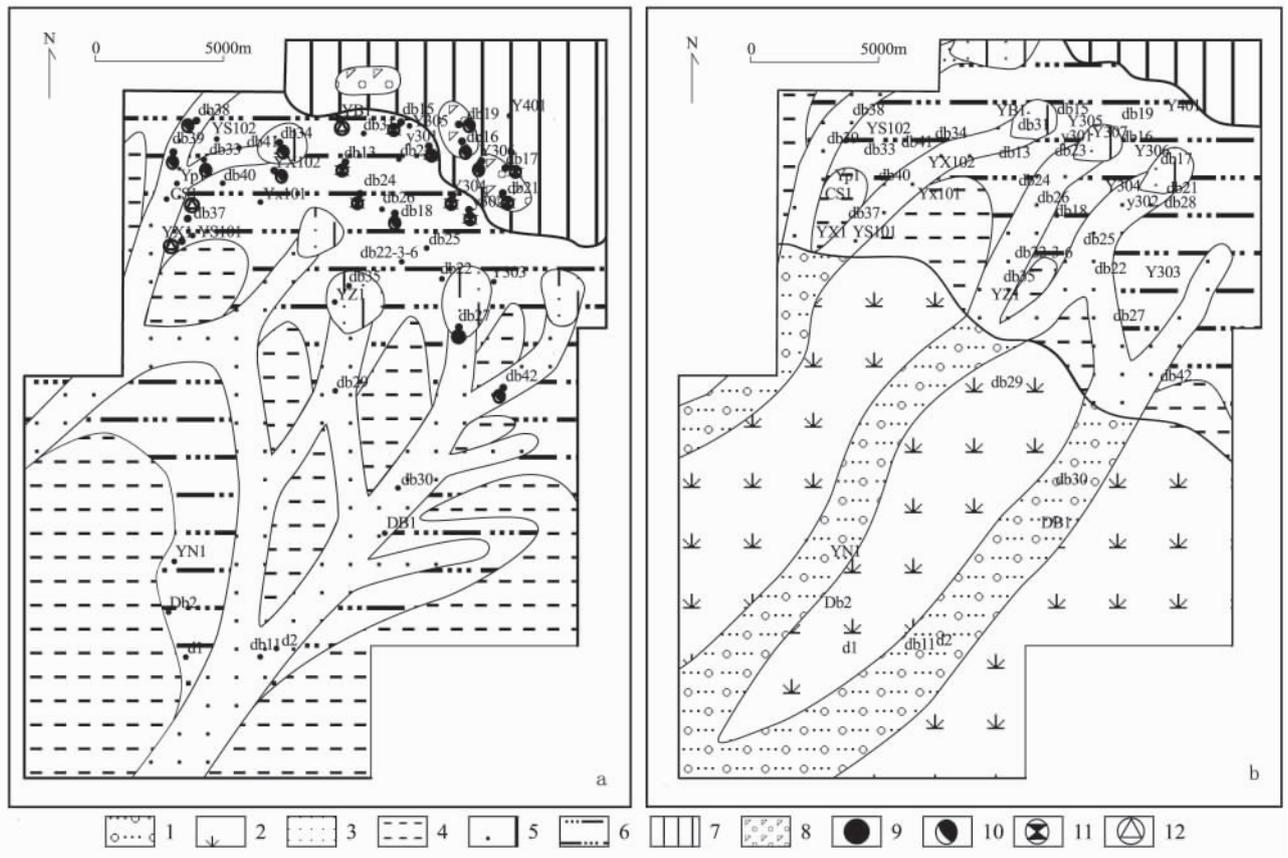


图5 腰英台地区青山口组沉积微相图

1. 分流河道; 2. 分流间湾; 3. 水下分流河道; 4. 水下分流间湾; 5. 河口坝; 6. 席状砂; 7. 滨浅湖; 8. 滩坝; 9. 饱和油; 10. 油浸; 11. 油斑; 12. 油渣

Fig. 5 Sedimentary microfacies map of the Qingshankou Formation in the Yaoyingtai region

1 = distributary channel; 2 = interdistributary bay; 3 = subaqueous distributary channel; 4 = subaqueous interdistributary bay; 5 = channel mouth bar; 6 = sheet sand; 7 = littoral-shallow lake; 8 = beach bar; 9 = oil sturation; 10 = oil immersion; 11 = oil patch; 12 = oil residue

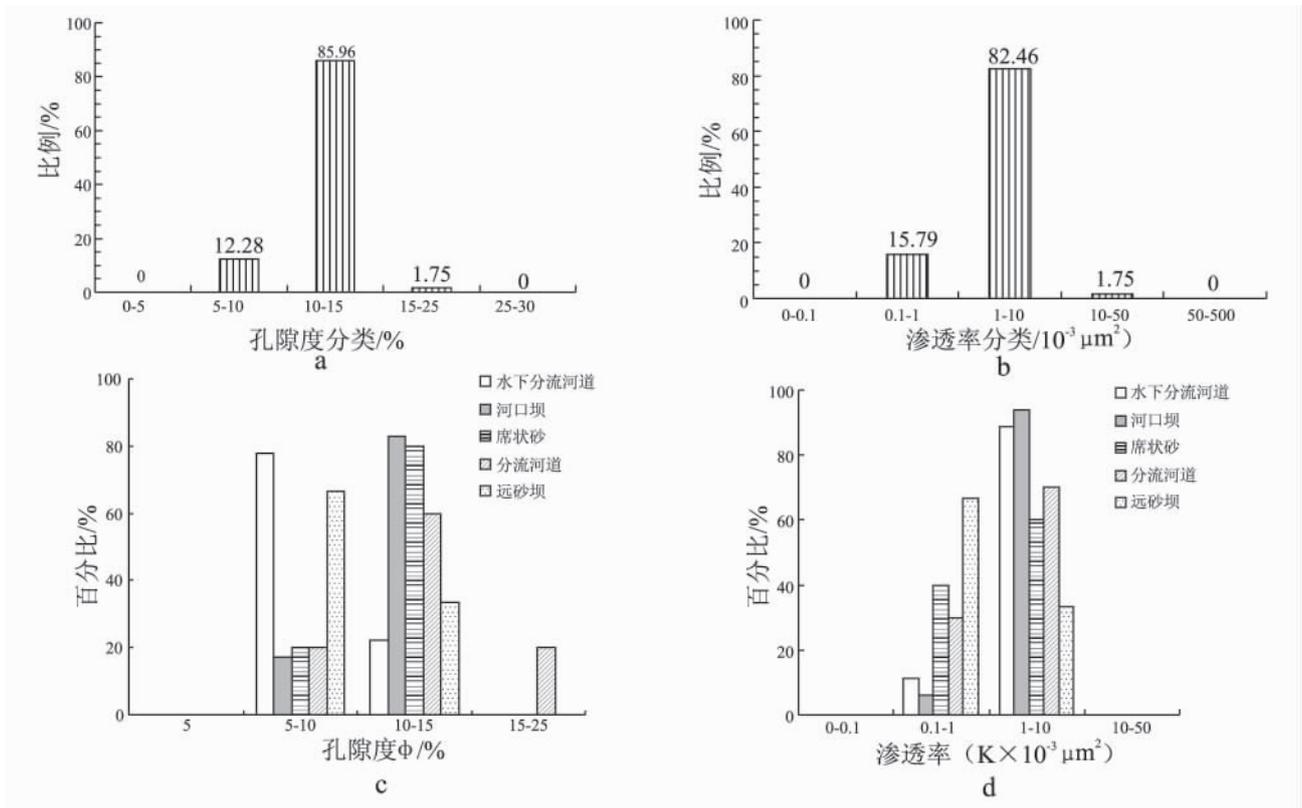


图6 腰英台地区青山口组储层孔隙度、渗透率分布直方图

Fig.6 Bar charts showing the distribution of porosity and permeability of the Qingshankou Formation reservoirs in the Yaoyingtai region

系。条带状的三角洲平原分流河道砂及三角洲前缘水下分流河道砂、河口坝砂、席状砂和滨浅湖滩坝砂构成了本地区的主要储集体类型。

#### 4.2 沉积微相控制储层物性

通过对研究区内 18 口探井的物性资料统计表明:研究区青山口组储层孔隙度在 8.28% ~ 15.78% 之间,渗透率在 0.26 ~ 10.75mD 之间。孔隙度和渗透率的分布直方图表明(图 6a,图 6b),85.96% 的砂岩层的孔隙度在 10% ~ 15% 之间,82.46% 的砂岩层的渗透率在 1 ~ 10mD 之间。根据中国石油天然气总公司碎屑岩储层的分类标准<sup>[15]</sup>,研究区青山口组储层均为低孔-特低渗性储层。但各沉积微相砂体的物性资料统计表明(图 6c,图 6d):河口坝、分流河道、席状砂微相物性相对较好,大部分为低孔特低渗( $10 \leq \phi < 15, 1 \leq K < 10$ );水下分流河道微相次之,大部分为特低孔特低渗( $5 \leq \phi < 10, 1 \leq K < 10$ );远砂坝最差,大部分为特低孔超低渗( $\phi < 5, 0.1 \leq K < 1$ )。因此该区有利储层微相类型依次为河口坝、分流河道、席状砂和水下分流河道。

#### 4.3 沉积微相影响储层的含油气性

SC2 层序上升半旋回含油性统计表明(图 5a):河口坝微相油气显示最好,为饱和油或油浸;水下

分流河道微相次之,为油浸;滩坝微相中等,为油浸或油迹;席状砂微相油气显示比较差,多数为油斑、油迹,少量油浸。

SC3 层序上升半旋回含油性统计表明(图 5b):河口坝微相油气显示最好,为油浸;水下分流河道次之,多数为油浸,少量油斑和油迹;席状砂微相油气显示较差,多数为油斑、油迹,只有个别饱和油。

整体而言,河口坝微相含油性比较好,水下分流河道微相和滩坝微相次之,席状砂微相最差。这是因为河口坝微相物性相对较好。席状砂虽物性较好,但砂体连通性好,不容易形成侧向封堵,油气不容易保存。分流河道微相砂体单层厚度大,物性较好,侧向也易形成封堵,但需与构造圈闭配合,油气才能保存。本区缺乏大规模构造圈闭,所以油气不容易保存。滩坝砂体虽然发育局限,但一般物性好,距烃源岩近,易形成侧向封堵,因而含油性很好,值得重视。

#### 4.4 沉积微相展布控制油气富集区带

SC2 层序上升半旋回见油气显示的井呈北西—南东向条带状展布于腰英台地区东北部(图 5a)。其南界为 DB42 - DB27 - YX1 一线,其北界为 DB17 - DB19 - DB15 - YB1 一线。在该条带内,油气显

示的分布也不均匀,可以大致分为3块,分别为YX1-YX102-DB34-DB38-DB39井区、DB42-DB27-Y302-Y304-Y301-DB15-YB1-DB13-DB24井区和DB19-DB17-DB16-DB21井区。油气呈带状分布于三洲前缘亚相与浅湖亚相的过渡区。

SC3层序上升半旋回见油气显示的井与SC2上升半旋回相似,呈北西—南东向条带状展布于腰英台地区东北部(图5b)。其南界为DB42-YX1一线,其北界为Y306-DB1-DB15一线。在该条带内,油气显示的分布也不均匀,可以大致分为3块,分别为YX1-YX102-DB34-DB38-DB37井区、DB42-Y303-Y302-Y301-DB15-YB1-DB13井区和DB16-Y306井区。油气呈带状分布于三洲前缘亚相与浅湖亚相的过渡区。

整体而言,油气沿三洲前缘亚相与浅湖亚相的过渡区带状分布。这是因为该区域为湖岸线(lakeshore line)的活动地带,随着湖平面的周期性波动,该区常为频繁的砂泥交互沉积,对岩性油气藏的形成十分有利。河口坝、水下分流河道和滩坝微相为有利储集砂体。

因此,沉积微相的展布对本区油气分布具有明显的控制作用,湖岸线的活动带为岩性油气藏的富集带。

## 5 结论

(1) 松辽盆地长岭凹陷腰英台地区青山口组发育发育湖泊相和三角洲相沉积。湖泊相发育滨浅湖亚相,滨浅湖亚相可划分为泥滩、混合滩、砂质滩坝微相。三角洲相主要发育三角洲平原和三角洲前缘亚相。三角洲平原亚相可划分为分流河道、分流间湾微相;三角洲前缘可划分为水下分流河道、水下分流间湾、河口坝、席状砂、远沙坝微相。

(2) 不同类型的相、亚相和微相不仅控制了本区岩相变化特征、砂体展布特征和砂体的储集性能,而且对砂体的含油气性也有明显的控制作用。

河口坝、水下分流河道和滩坝砂体在储集性能和含油气性方面更具优越性,为本区勘探开发的重点。

(3) 沉积微相的展布对本区油气分布具有明显的控制作用,湖岸线的活动带为岩性油气藏的富集带。

### 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] 沈安江, 康伟力, 王艳清. 松辽盆地南部白垩纪层序地层与岩性地层油气藏勘探[M]. 北京: 石油工业出版社, 2006.
- [3] 周荔青, 张淮. 松辽盆地乾安—长岭凹陷大中型岩性—构造复合型油气田形成特征[J]. 石油实验地质, 2003, 25(5): 445-463.
- [4] 魏兆胜, 宋新民, 唐振兴, 等. 大情字井地区上白垩统青山口组沉积相与岩性油藏[J]. 石油勘探与开发, 2007, 34(1): 28-33.
- [5] 王震亮, 刘林玉, 于轶星, 等. 松辽盆地南部腰英台地区青山口组油气运移、成藏机理[J]. 地质学报, 2007, 81(3): 419-427.
- [6] 魏志平, 毛超林, 孙岩, 等. 松辽盆地南部大情字井地区油气成藏过程分析[J]. 石油勘探与开发, 2002, 29(3): 11-13.
- [7] 刘招君, 董清水, 王嗣敏, 等. 陆相层序地层学导论与应用[M]. 北京: 石油工业出版社, 2002.
- [8] 王东坡, 刘立, 张立平, 等. 松辽盆地白垩纪古气候沉积旋回层序地层[M]. 长春: 吉林大学出版社, 1995.
- [9] 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.
- [10] 王东坡, 刘招君, 刘立. 松辽盆地演化与海平面升降[M]. 北京: 地质出版社, 1994.
- [11] 冯增昭. 沉积岩石学[M]. 北京: 石油工业出版社, 1993.
- [12] 姜在兴. 沉积学[M]. 北京: 石油工业出版社, 2003.
- [13] 张大伟, 贾庆素. 大情字井地区青一段沉积微相分布特征[J]. 断块油气田, 2006, 13(6): 1-3.
- [14] 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.
- [15] 赵澄林, 胡爱梅, 陈碧玉. 油气储层评价方法[M]. 北京: 石油工业出版社, 1998.

## Controls of sedimentary microfacies on lithologic oil pools in the Changling depression , southern Songliao Basin: An example from the Qingshankou Formation in the Yaoyingtai region

HOU Wei<sup>1,2</sup> , FAN Tai-liang<sup>1</sup> , WANG Hai-hua<sup>3</sup> , ZHANG Yue-qiao<sup>1,3</sup> , SHEN Wu-xian<sup>1</sup> , WANG Jin-cai<sup>4</sup>

( 1. *State Key Laboratory of Marine Reservoir Evolution and Hydrocarbon Accumulation Mechanism , China University of Geosciences , Beijing 100083 , China*; 2. *PetroChina Coalbed Methane Company Limited , Beijing 100028 , China*; 3. *No. 6 Oil Production Plant , Changqing Oil Field , PetroChina , Yulin 718600 , Shaanxi , China*; 4. *Research Institute of Petroleum Exploration and Development , PetroChina , Beijing 100083 , China*)

**Abstract:** The integration of cores and well logs shows that the lacustrine and delta deposits are widely developed in the Qingshankou Formation in the Yaoyingtai region , Changling depression , southern Songliao Basin. The lacustrine facies consists of littoral and shallow lacustrine subfacies composed of mud beach , mixed beach and sandy beach bar microfacies. The delta facies is built up of delta plain subfacies and delta front subfacies. The delta plain subfacies may be subdivided into distributary channel and interdistributary bay microfacies , whereas the delta front subfacies include subaqueous distributary channel , subaqueous interdistributary bay , channel mouth bar , sheet sands and distal bar microfacies. The channel mouth bar , subaqueous distributary channel and beach bar sandstones are considered as the key areas due to good reservoir potential and hydrocarbon potential. The sedimentary microfacies cited above have significant controls on the distribution of the lithologic oil pools in the study area. The prolific zones are represented by the mobile belts of the lake strandline.

**Key words:** Changling depression; Yaoyingtai region; Qingshankou Formation; sedimentary microfacies; lithologic oil pool; controlling