

文章编号: 1001-6112(2011)03-0249-06

# 长岭凹陷腰英台油田 腰西区块青山口组储层沉积微相研究

焦里力, 俞昊, 任涛

(中国石油化工股份有限公司 华东分公司, 南京 210011)

**摘要:**通过对松辽盆地长岭凹陷腰英台油田腰西区块大量钻井岩心、测井资料研究, 结合地震精细解释, 以沉积学理论为指导, 划分了青山口组沉积相类型, 建立了沉积亚相、微相, 进而对青一Ⅱ、青二Ⅳ层的 15 个砂体, 单层厚度 2~4 m 的小层进行了精细刻画, 形成了各个砂体的沉积微相展布特征。青一段和青二Ⅳ段储层沉积微相主要为三角洲前缘水下分支河道, 少量河口坝; 各小层河道交错叠置, 但河道宽仅 200~300 m。小层沉积微相研究对油田开发井网部署及提高储量动用效果具有重要的指导作用。

**关键词:** 储层特征; 青山口组; 腰英台油田; 长岭凹陷; 松辽盆地

中图分类号: TE122.2+2

文献标识码: A

## Sedimentary microfacies of Qingshankou Formation, West-Yao block, Yaoyingtai Oil Field, Changling Sag, Songliao Basin

Jiao Lili, Yu Hao, Ren Tao

(East China Branch, SINOPEC, Nanjing, Jiangsu 210011, China)

**Abstract:** Based on the studies of core samples and well-logging data from the West-Yao block of the Yaoyingtai Oil Field in the Changling Sag of the Songliao Basin, combined with seismic fine interpretation, guided by sedimentary theory, the types of sedimentary facies of the Qingshankou Formation were classified, and the subfacies and microfacies were also divided. 15 sandbodies (2-4 m thick each layer) from Q1-Ⅱ and Q2-Ⅳ were described, and the division characteristics of sedimentary microfacies of each sandbody were concluded. The sedimentary microfacies of Q1 and Q2-Ⅳ reservoirs are mainly underwater distributed channels in delta front, and debouch bar was less popular. Channels in each layer overlap each other, yet the channel width is only 200-300 m. The studies of sedimentary microfacies of thin layers are significant for oilfield well arrangement and development performance improvement.

**Key words:** reservoir property; Qingshankou Formation; Yaoyingtai Oil Field; Changling Sag; Songliao Basin

腰英台油田行政区划属于吉林省松原市前郭县和乾安县, 构造上位于松辽盆地南部长岭凹陷东部斜坡带, 西邻大情字油田, 北接乾安油田; 腰西区块位于腰英台油田西部, 是 DB33, DB34, DB37 井区的统称, 面积约 54 km<sup>2</sup>, 为一岩性—构造复合型特低渗油田; 构造形态为由东向西倾的断块、断鼻, 地层倾角 5°~7°, 纵向上主要目的层为青二段上部、青二段下部和青一段。

受区域构造演化控制, 长岭凹陷构造特征及演化总体表现为早期裂谷、中期拗陷和晚期褶皱, 其构造发展史可相应划分为断陷、拗陷和萎缩褶皱 3 个阶段<sup>[1-3]</sup>。青山口组沉积于区域拗陷阶段, 沉积

岩性以砂、泥岩互层为主<sup>[4]</sup>。

### 1 地层发育简况

腰英台油田地层从上至下依次发育第四系, 第三系泰康组, 上白垩统明水组、四方台组、嫩江组、姚家组、青山口组和泉头组; 泉头组四段及其以上地层累计厚度达 1 900~2 300 m。

主要目的层青山口组自上而下分为三段:

青山口组三段: 主要为棕红色泥岩夹浅棕灰色、灰色泥质粉砂岩、含膏质粉砂岩, 沉积厚度在 110~170 m。

青山口组二段: 主要发育棕红色泥岩与浅棕灰

收稿日期: 2011-02-21; 修订日期: 2011-05-18。

作者简介: 焦里力(1958—), 女, 高级工程师, 从事油气勘探与开发科研工作。E-mail: jiaolili679997@sohu.com。

基金项目: 中国石化科技项目(P09081)。

色、灰色泥质粉砂岩、粉砂岩、含灰含云质粉砂岩、岩屑长石细砂岩呈略等厚互层,沉积厚度为 220~260 m。

青山口组一段:主要发育灰黑色泥岩与灰色含云质粉砂岩呈略等厚互层,夹少量棕红色泥岩,底部发育灰色岩屑长石细砂岩,是区域性标志层;沉积厚度为 150~170 m。

研究区青山口组属松辽盆地南部的保康沉积体系,物源来源于盆地西南端,水系自西南流向东北与盆地长轴方向斜交,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>[5]</sup>。由于湖水进退频繁,湖岸线摆动幅度较大,致使不同地区、不同层位砂体类型、分布特征差异较大。研究区可以分为青一段的三角洲前缘—前三角洲沉积及青二段的三角洲前缘—三角洲平原—曲流河沉积。

### 2 储层特征分析

腰西区块储层纵向上由青山口组二段中下部青二IV和V砂层及青山口组一段I和II砂层4个油藏组成,其中青一II和青二IV为主力油藏。青一II和青二IV油藏储层岩性以细—粉砂岩为主,少量泥质粉砂岩和细砂岩,成分以长石为主占65%~70%,胶结物含量7%~27%,泥质含量一般为1%~5%,砂体较薄,横向连通性较好。储层孔隙度主要为10%~20%,平均值为12.84%;渗透率主要分布在 $(0.1\sim50)\times 10^{-3}\mu\text{m}^2$ ,平均 $10\times 10^{-3}\mu\text{m}^2$ ,为中低孔特低渗储层,但储层非均质性较强。2006年以井距500m,排距180m的线性注采井,完成开发井网。油藏无自然产能,均需压裂投产。初期含水高达76%,是油藏垂向分异作用差和束缚水饱和度高的双重因素影响的结果。

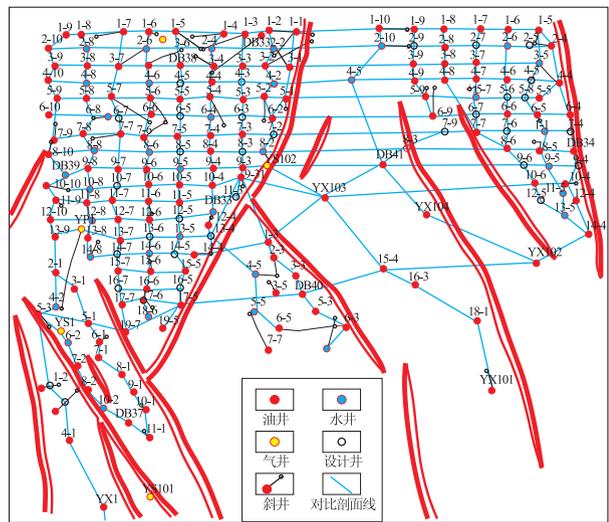
### 2.1 储层砂组对比划分

本区的区域标志层有嫩江组底部泥岩层、青一I层泥岩层和青二II底部电性组合界面层,在工区内稳定发育,易于对比;电性特征具低电阻、高声波、自然电位平直的特点。

根据钻井揭示的地层岩、电组合及沉积旋回特征,青二段、青一段地层可分别划分为I—V5个层,共计10个砂层组。通过170余口井小层对比,建立了本区青一II与青二IV层的2个砂层组15个小层的网络对比剖面(图1,2)。

### 2.2 储层特征

青一II层为一套在全区分布较为稳定的砂岩发育段,属于三角洲前缘沉积,是全区的主要产油层。此砂层集中段又可以分为上下2个反旋回沉



积,下部旋回有2个单砂层,定为4、5号小层,4号小层厚度较大,约4~8 m,5号小层较薄,2~3 m,局部无砂岩;上部旋回有3个单砂层,定为1、2、3号小层,3个小层厚度大体相当,1号单砂层厚3~4 m,2号单砂层厚约1~5 m,局部无砂岩,3号单砂层厚约2~4 m;砂体成层性较好,隔层较发育。

青二IV层为三角洲前缘沉积,主要发育水下分流河道、河口坝等,总体表现为一个正旋回,一共细划为10个小层。第1、2号小层为顶部约15 m厚的泥岩层段,全区较为稳定;3~10号小层单层厚约5~10 m,一般为6 m。砂体主要以水下分流河道与河口坝为主,其中第9小层与第5小层河口坝较发育;第10、8、7、6小层水下分流河道较发育,局部有河口坝发育;中上部第3、4小层只有局部小的水下分流河道发育。

### 3 沉积微相研究

#### 3.1 沉积亚相、微相分析方法研究

在单井相分析成果和小层的约束下,通过不同层段砂岩厚度、含量的统计与编图,配合地震属性平面分布变化,编制沉积亚相、微相平面展布图件,并总结其平面特征及纵向演变规律。在实施过程中针对不同的区域使用不同的方法:

(1)以小层为单元,统计砂岩厚度、砂岩百分含量,编制其平面分布等值线图。

(2)针对钻井密集区,以高精度层序地层对比结果为精细地层框架约束条件,以各井的单井沉积微相分析结果为井点约束条件,进行多方位沉积微相连井对比,结合砂岩百分含量变化趋势、区域沉积背景,进行横向沉积微相分析。

(3)除了以高精度层序地层对比结果为地层框架约束条件、以各井单井沉积微相分析结果为井点

约束条件进行多方位连井对比外,还要进行地震属性提取,解释地震属性沉积地质意义和岩性属性<sup>[6]</sup>,确立沉积相和地震属性对应关系,利用模式识别技术,在横向上进行井间沉积微相分析;再最终结合砂岩百分含量变化趋势、区域沉积背景,制作沉积微相平面展布图。

(4)以各层沉积微相平面展布图为基础,以时间为为主线,分析沉积微相在平面上、纵向上的展布及演化特征,总结沉积相、沉积微相在三维空间上的时空变化规律。

#### 3.2 单井亚相、微相划分及分析

本区青一II和青二IV层为三角洲前缘亚相沉积。

三角洲前缘是三角洲沉积中砂层集中发育带,水下分流河道是三角洲平原上分流河道在湖内的继续延伸。河流作用愈强,水下河道愈长,呈条带状垂直岸线分布,岩性剖面上为多层正韵律砂层叠合形成的叠合砂体,周围泥岩为浅灰、灰绿至暗紫色含湖相化石的滨浅湖相泥岩<sup>[7]</sup>。本区青一II和青二IV层其电性、岩性标志与分流河道基本一致(图3)。

河口坝为典型反韵律沉积特征,是由于河流带来的砂泥物质在河口处因流速降低堆积而成。其岩性自下而上为灰黑色粉砂质泥岩、泥质粉砂岩、粉砂岩、细砂岩。沉积构造相应的发育波状交错层理、板状交错层理河口坝沉积。测井曲线反韵律,以漏斗状为主,本区青一II和青二IV层发育少量的河口坝(图4)。

#### 3.3 沉积微相类型特征

通过测井、岩性资料等主要识别出水下分流河道、水下分流间湾、河口坝、远砂坝、半深—深湖相浊积砂等沉积微相。

青一II在DB37-5-3, DB33-17-5等井区

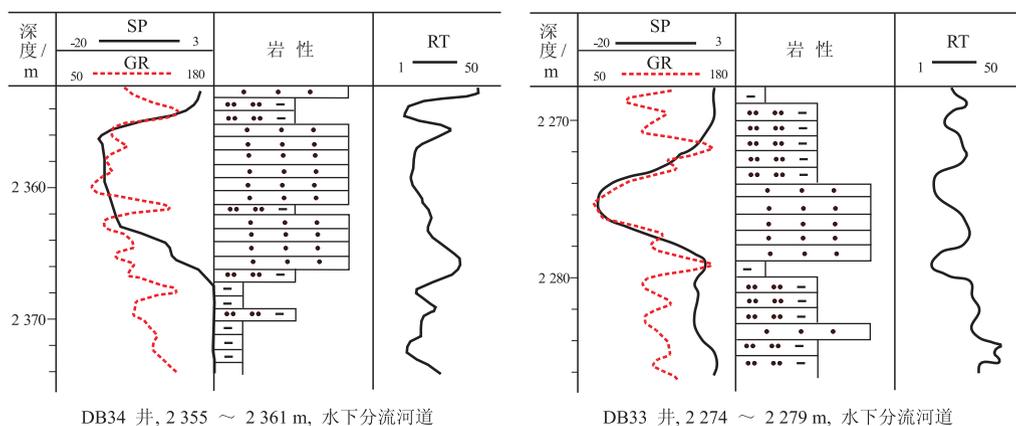


图3 水下分流河道在测井曲线上的识别特征

Fig. 3 Identification features of underwater distributary river course on well-logging curves

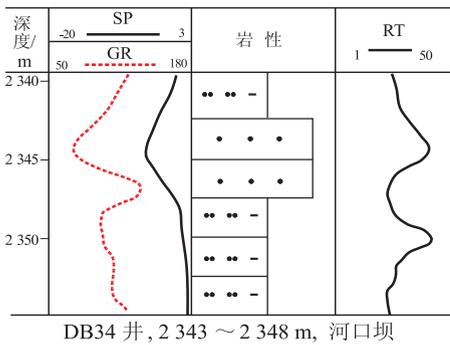


图 4 河口坝在测井曲线上的识别特征  
Fig. 4 Identification features of debouch bar on well-logging curves

域内水下分流河道发育,横向上比较连续,砂体规模较大。在 DB40, DB34-14-4 等井区域分流河道数目减少,规模减小,横向上连续性变差,水下分流河道比较发育,其中在 DB41-15-4 井附近向东河口坝发育,横向上连续性好。青二IV层主要为三角洲前缘沉积,水下分流河道在靠近工区中部比较连续,向东横向连续性变差,河口坝分布于分流河道侧缘。青二IV第 9,5 号层河口坝、水下分流河道较发育。由西向东剖面上分流河道逐渐减少,青二IV 1,2 号层席状砂发育,横向上连续性好,砂体较薄。青二IV 从下到上,可以看出明显的河道侧向迁移和下切作用。

腰西区块储层为低孔特低渗的致密性储层,构造反转时间晚,油水分异不完全,多数储层为油水同层。沉积有利相带决定了物性分布,而构造高部位的有利相带储层物性好、油饱高,油水分异完全,可获高产。腰西油田青一II层 1 小层有效厚度、含水饱和度和同沉积微相叠合图中可见油层形状同水下分流河道相似,油层高部位受断层遮挡,低部位与河道延伸有关,油层主要发育于水下分流河道及其侧缘;河口坝油层较差,水下分流间湾基本不发育,构造高部位的河道普遍含油饱和度(表 1)。

### 3.4 沉积微相平面分布特征

#### 3.4.1 青一II层

青一II层是腰西区块的主要目的层之一,油层

主要集中在青一II上部(1~3 小层),青一II下部以水层为主(4~5 小层),本次研究只对生产重点层段做研究分析。

青一II层第 3 小层的砂体在工区内大体上由西南向东北方展布,能很好地表现出物源方向。砂体较厚的区域为工区南部、东北部中区及西部中区。厚砂体基本呈现不连续条带状、分支条带状和椭圆状等。从该小层的孔隙度分布图上看,孔隙度较大的地方其总体展布方向为西南到东北方向,在工区内主要呈现几个不连续条带状或椭圆状。该小层砂体的沉积微相主要为水下分流河道、水下分流间湾等;分流河道的砂体宽度一般在 250 ~ 330 m。

青一II层第 2 小层砂体厚度较大的区域主要在西南部、中南部及东部。砂体厚度 4 m 以上的区域呈现不连续的长条状、椭圆状等由西南向东北向展布,从孔隙度分布上看大体上与砂体厚度分布趋势一致,也为西南到东北。主要的沉积微相为水下分流河道、河口坝及水下分流间湾等(图 5)。分流河道的砂体宽度一般在 300 m 左右。

青一II层第 1 小层的砂体预测图厚度较大的区域主要为西南向,西北部及中部,砂体厚度等值线走向基本上为西南到东北向;从孔隙度分布上看 YX103-DB41、DB39 等井处孔隙度都较大。识别出主要的沉积微相为水下分流河道、水下分流间湾等。

#### 3.4.2 青二IV层

青二IV层第 10,9,8 小层的物源方向为西北向,识别出主要的沉积微相为水下分流河道、水下分流间湾、河口坝等。水下分流河道发育带分别有 6 个、6 个、5 个分支。第 10,8 小层砂体较为发育,第 9 小层砂体在 10 层里最为发育。河口坝分布在主要的分流河道侧缘,相互叠置,成片分布(图 6)。分流河道的砂体宽度一般在 200~300 m。

青二IV层第 7,6 小层的物源方向为西北向,个别分支为北向;此 2 个小层的砂体厚度结合对应层段的测井特征和地震特征分析,识别出主要的沉积微相为水下分流河道、席状砂、水下分流间湾等。水下分流河道发育带分别有 5 个和 6 个分支。分

表 1 不同沉积微相储层物性统计

Table 1 Physical properties of reservoirs with different sedimentary microfacies

沉积微相	砂体厚度/m	孔隙度/%	渗透率/ $10^{-3} \mu\text{m}^2$	含水饱和度	有效厚度/m
水下分流河道	3~11	10~15	1~25	0.4~1	0~5
分流河道侧缘	2~6	8~11	1~5	0.5~1	0~2
水下分流间湾	0~1	5~9	0~2	0.6~1	0~1
河口坝	3~5	8~12	1~5	0.5~1	0~2
席状砂	0~3	5~10	0~1	0.6~1	0~1
远砂坝	2~5	7~11	1~2	0.5~1	0~2

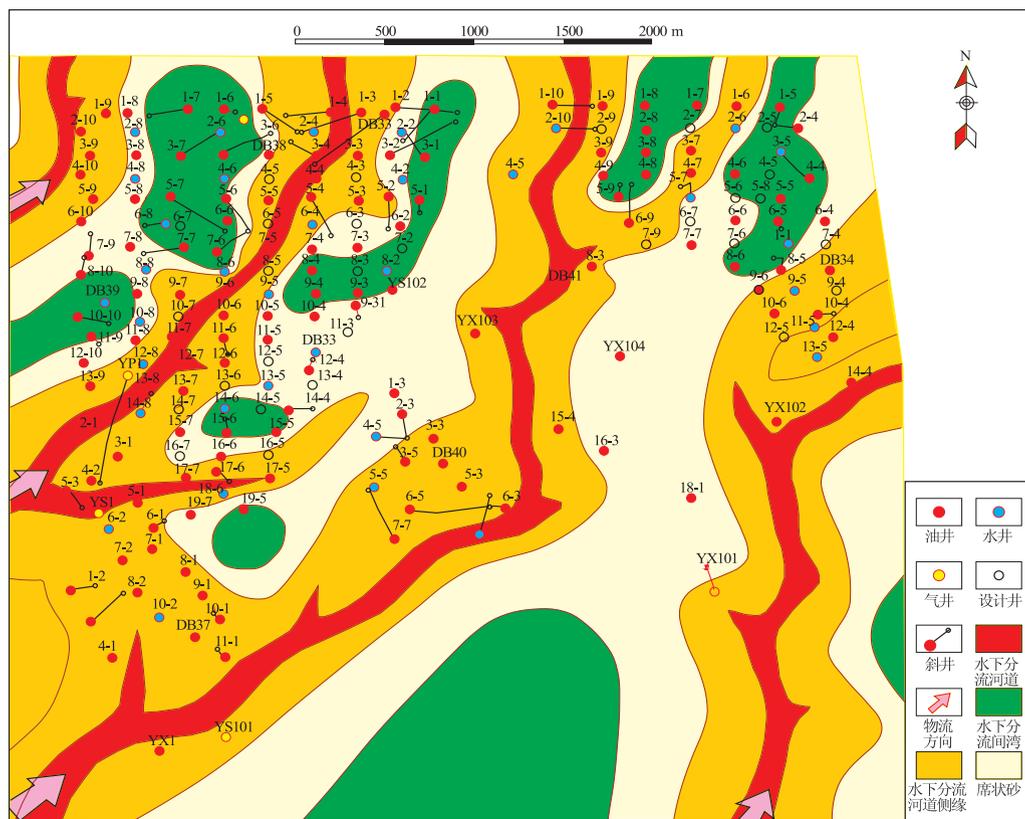


图 5 腰英台油田腰西区块青一Ⅱ第 2 小层沉积微相平面分布

Fig. 5 Plane distribution of sedimentary microfacies of 2nd layer of Q1-II, West-Yao block, Yaoyingtai Oil Field

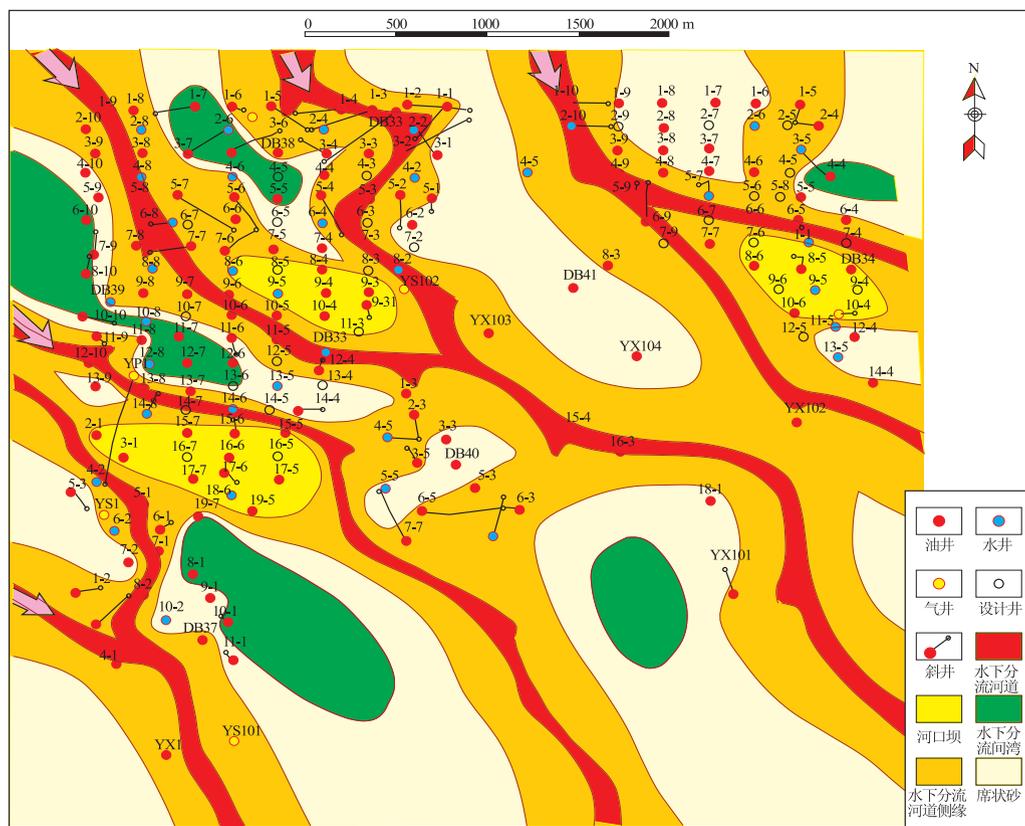


图 6 腰英台油田腰西区块青二Ⅳ第 8 小层沉积微相平面分布

Fig. 6 Plane distribution of sedimentary microfacies of 8th layer of Q2-IV, West-Yao block, Yaoyingtai Oil Field

流河道的砂体宽度一般在 250 m 左右。

青二Ⅳ层第 5,4,3 小层的物源方向为近北方;此 3 个小层的砂体厚度结合对应层段的测井特征和地震特征分析,识别出主要的沉积微相为水下分流河道、河口坝、席状砂、水下分流间湾等。水下分流河道发育带分别有 4 个、5 个、4 个分支,第 5 小层砂体较为发育,第 4,3 小层砂体不是很发育。

青二Ⅳ层第 2,1 小层的物源方向为近北,小层的泥质含量较高;其砂体厚度结合对应层段的测井特征和地震特征分析,识别出主要的沉积微相为席状砂、远砂坝、前三三角洲泥等。

### 4 结语

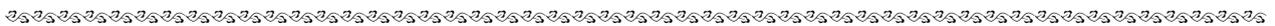
腰英台油田腰西区块沉积微相主要发育水下分流河道、河口坝、远砂坝及水下分流间湾,其中分流河道和河口坝为最有利的油气储集层,含油饱和度高,单井产量高;而水下分流间湾则为非储层,对井网的注采关系影响较大。特别是分流河道的砂体宽度一般在 200~300 m,小于井距 500 m 的研

究结论,为腰西区块井网加密、完善注采系统提供了重要依据。经过井距 250 m 的加密试验,注采关系得到明显改善,储量动用程度得到提高。

### 参考文献:

- [1] 周荔青,雷一心,王红燕. 松辽盆地长岭断陷无机与有机油气共生藏组合类型及分布规律[J]. 石油实验地质,2009,31(4):324-328.
- [2] 吴群,周荔青. 松辽盆地长岭断陷东部大中型火山岩(油)气田形成分布特征[J]. 石油实验地质,2009,31(1):40-45.
- [3] 周卓明,王再锋,伍泓. 松辽盆地长岭断陷层序岩地球化学特征研究[J]. 石油实验地质,2009,31(6):608-612.
- [4] 俞凯,侯洪斌,郭念发,等. 松辽盆地南部断陷层系石油天然气地质[M]. 北京:石油工业出版社,2002:257-302.
- [5] 石国平,矫革峰,张书麟. 试论松辽盆地湖盆三角洲沉积类型[J]. 石油实验地质,1984,6(4):279-286.
- [6] 刘友年,石海英,蔡先华. 岩性圈闭识别技术在松南长岭凹陷腰英台地区的应用[J]. 石油物探,2005,44(6):588-592.
- [7] 谢锐杰,秦刚,李向阳. 长岭凹陷前七号地区青山口组沉积相研究[J]. 特种油气藏,2009(5):51-61.

(编辑 徐文明)



(上接第 248 页)

心观察和单井层序地层综合解释以及大量的地震剖面对比研究,石炭系共划分 6 个层序。

2)通过钻/测井层序解释,东河砂岩层序在东河塘一轮南地区主要为滨岸的沉积,属基准面上升半旋回的沉积,海岸上倾尖灭砂体形成地层尖灭圈闭。

3)石炭系层序 C-SQ1,C-SQ2,C-SQ3 为基准面上升半旋回型层序,层序 C-SQ4,C-SQ5,C-SQ6 为完整基准面升降旋回型层序。层序 C-SQ1,C-SQ2,C-SQ3 为重点勘探层序,海进域滨岸砂体为重点勘探对象。C-SQ1-C-SQ3 发育海进体系域滨岸砂体以及高位体系域的前积复合砂体勘探领域。

### 参考文献:

- [1] 吴因业,李熙喆,施和生,等. 层序地层学在非构造圈闭勘探中的应用论文集[C]. 北京:石油工业出版社,2008.

- [2] 顾家裕,朱筱敏,王贵文,等. 塔里木盆地沉积层序特征及其演化[M]. 北京:石油工业出版社,1996.
- [3] 威尔格斯 C K. 层序地层学原理(海平面变化综合分析)[M]. 徐怀大,魏魁生,洪卫东,等译. 北京:石油工业出版社,1992.
- [4] Van Wagoner J C, Posamentier H W, Mitchum P R, et al. An overview of the fundamentals of sequence stratigraphy and key definitions[J]. SEPM special publication, 1988(42):39-45.
- [5] 李兴平,许国明,李静璇,等. 新疆塔里木盆地层序地层格架[J]. 石油实验地质,1996,18(2):134-145.
- [6] 王君奇,武涛. 塔里木盆地石炭系沉积特征及石油地质意义[J]. 石油实验地质,1999,21(1):25-29.
- [7] 蒋小琼,郭建华,管宏林,等. 塔里木盆地满西地区石炭系层序地层与沉积体系分析[J]. 石油实验地质,2004,26(4):333-337.
- [8] 朱怀诚,罗辉,王启飞,等. 论塔里木盆地“东河砂岩”的地质时代[J]. 地层学杂志,2002,26(3):197-201.
- [9] 张光亚. 塔里木古生代克拉通盆地形成演化与油气[M]. 北京:地质出版社,2000.

(编辑 黄娟)