

# 松辽盆地西部斜坡大岗地区白垩系油砂储层成因类型及其影响因素

单玄龙, 俎云浩, 罗洪浩, 孙哲, 陈贵标

吉林大学地球科学学院, 长春 130061

**摘要** 松辽盆地西部斜坡油砂资源丰富, 其形成与松辽盆地的形成、构造演化、地层沉积以及油气聚集都有密切关系。本文利用钻井、岩石薄片、物性测试数据等资料, 对该区储层岩石学与沉积学、孔渗等特征进行了深入分析。结果表明, 西部斜坡油砂储层主要分为 2 种类型: 分别为三角洲前缘水下分流河道高孔高渗储层和河口坝高孔中渗储层。该区储层岩性主要为细粒岩屑砂岩, 储层孔隙类型以原生粒间孔为主, 储层岩石具有成分成熟度偏低、结构成熟度中等的特点。其主要受沉积相带、断层和成岩作用的影响。沉积相带和成岩作用起决定性作用, 而断层只在局部起控制作用。

**关键词** 油砂; 储层成因类型; 白垩系; 松辽盆地

**中图分类号** P622\*1

**文献标识码** A

**doi** 10.3981/j.issn.1000-7857.2012.27.002

## Origin and Influencing Factors of Cretaceous Oil Sand Reservoir in Dagang Area, Western Slope of Songliao Basin

SHAN Xuanlong, ZU Yunhao, LUO Honghao, SUN Zhe, CHEN Guibiao

College of Earth Sciences, Jilin University, Changchun 130061, China

**Abstract** There are abundant oil sand resources in the western slope of Songliao Basin, and their formation has a close relationship with the geology, the structure and the oil-gas accumulation in this area. In this paper, we analyze the lithological and sedimentary characteristics, the porosity and the permeability of the oil sand reservoirs by drilling, taking rock slices, using the materials test data and other information, and it is shown that the oil sand reservoirs in this place can be divided into two types: the high porosity and high permeability reservoirs of underwater distributary channels and the high porosity and medium permeability reservoirs of mouth bars on the delta front. The lithology of the reservoirs is mainly of fine-grained lithic sandstone and the pores of the reservoirs are mainly of the type of intergranular pores of primary porosity. Reservoirs have low compositional maturity and medium textural maturity. The main influencing factors of the reservoirs include the sedimentary facies, the diagenesis and the fault, in which the sedimentary facies and the diagenesis play a decisive role and the fault plays a role in some areas.

**Keywords** oil sands; reservoir origin type; Cretaceous; Songliao Basin

### 0 引言

油砂(Oil Sands)由砂粒或岩石、水和稠油组成, 是一种重要的非常规石油资源。油砂稠油的密度通常大于  $1\text{g}/\text{cm}^3$ , 黏度大于  $1 \times 10^4 \text{mPa} \cdot \text{s}$  (通常黏度超过  $1 \times 10^4 \text{mPa} \cdot \text{s}$  的稠油也称为沥青), 国外也有人称之为焦油砂(tar sands)或者沥青砂<sup>[1-3]</sup>。随着世界对烃类资源需求的不断上涨, 以及常规油气资源的不断减少, 油砂等非常规油气资源的重要性势必越来越大<sup>[4-8]</sup>。

中国的油砂资源相当丰富, 探明的资源量为  $22.58 \times 10^8 \text{t}$ <sup>[2]</sup>,

但其研究程度相对较低<sup>[7-8]</sup>。松辽盆地的油砂主要分布于盆地西部斜坡的盆缘超覆带——白城—富拉尔基地区, 地质资源量为  $4.75 \times 10^8 \text{t}$ , 可采资源量为  $1.75 \times 10^8 \text{t}$ <sup>[9]</sup>。20 世纪 80 年代, 图牧吉地区居民打水井发现了油砂, 截至 2003 年 12 月底, 吉林油田已完钻探井 36 口, 探明该油砂矿的油砂资源规模为  $5.42 \times 10^7 \text{t}$ , 可采资源量  $3.64 \times 10^7 \text{t}$ <sup>[9]</sup>。证明西部斜坡区具有良好的勘探前景。

目前在镇赉地区发现油砂, 地理位置处于吉林省白城市

收稿日期: 2012-07-03; 修回日期: 2012-08-06

基金项目: “全国油气资源战略选区调查与评价”国家专项(第二批)(2009GYXQ14)

作者简介: 单玄龙(中国科协所属全国学会个人会员登记号: S100700021M), 教授, 研究方向为石油与天然气勘探与开发, 电子信箱: shanxl@jlu.edu.cn

镇赉县西北部。根据 2007 年至 2010 年地质普查工作成果, 探明油砂地质储量  $5.73 \times 10^7 \text{t}$ , 油砂矿的可采资源储量为  $3.73 \times 10^7 \text{t}$ 。本文主要对镇赉地区油砂储层成因类型及其影响因素进行研究, 对今后松辽盆地西部斜坡油砂勘探具有一定借鉴意义。

### 1 区域地质概况

松辽盆地西部斜坡区是松辽盆地 6 个一级构造单元之一, 为东倾单斜构造, 地层倾角一般小于  $2^\circ$ , 由西部超覆带和泰康隆起带 2 个二级构造单元组成, 东邻由龙虎泡阶地、齐家—古龙凹陷、大庆长垣等二级构造单元组成的中央坳陷区。

西部斜坡主要经历了 3 个构造时期。(1) 泉头组—青山口组的沉积抬升时期: 这一时期由于明显的差异沉降, 形成西高东低的主体构造格局, 东部沉积速度大于西部, 随后, 青山口沉积晚期松辽盆地受到挤压, 西部抬升速度快, 且部分地区遭受剥蚀。(2) 姚家组—嫩江组沉积抬升时期: 这一时期差异沉降更加明显, 到嫩江组三段至嫩江组五段沉积晚期, 松辽盆地再次受到挤压, 西斜坡又开始快速抬升, 部分地区再次遭受剥蚀, 从而使西斜坡西高东低的格局更加明显。(3) 嫩江组沉积后挤压褶皱时期: 这一时期, 已形成西高东低的大斜坡构造背景, 此时西部斜坡区断层发育较前期多, 但总体上断层发育规模小, 且数量少, 其中研究区位于松辽盆地西部斜坡超覆带(图 1)。

### 2 研究区地层特征及砂体的展布特征

#### 2.1 研究区地层特征

根据钻井资料分析, 该研究区以前古生界和古生界的变质岩系为基底, 上覆中生代白垩系姚家组、嫩江组岩层和新生代第四系冰碛冰水堆积层。

(1) 基底。基底以前寒武纪深变质岩系花岗片麻岩、片岩类, 古生界的绢云母、绿泥片岩、石英片岩、绿泥千枚岩, 大理



图 1 松辽盆地西部斜坡研究区位置

Fig. 1 Study area in the western slope of Songliao Basin

岩、结晶灰岩为主。

(2) 姚家组( $K_y$ )。姚家组岩石主要为粉砂质泥岩, 灰绿色泥岩, 灰绿色泥岩与灰绿色粉砂岩互层以及灰色, 灰绿色中-细砂岩及粉砂岩。以河控三角洲相(表 1)分布于整个研究区, 是油砂富集的主要层位(图 2)。

(3) 嫩江组( $K_n$ )。分为二段: 下部为黑色厚层泥岩, 以湖泊相分布于整个研究区, 是区域地层对比的良好标志。上部为灰黑、灰绿及棕红色泥岩与砂岩互层。介形虫、叶肢介化石相对较多, 且个体保存较好。

(4) 第四系。上部为黄褐色、浅黄色砂土及亚黏土薄层腐殖土, 中部为黄色泥砾的冰碛冰水堆积。

表 1 松辽盆地西部斜坡大岗研究区白垩系沉积相类型及特征

Table 1 Characteristics of Cretaceous sedimentary facies types in Dagang area, western slope of Songliao Basin

系	组	沉积特征		沉积相			分布
		岩性特征	沉积构造	微相	亚相	相	
嫩江组		主要为厚层状灰黑色泥岩	块状	静水泥	半深湖	湖泊	上部
		主要为薄层状粉砂岩或细砂岩	砂泥混杂	浊流			
白垩系		粗-细砂岩	粒序层理	水下分流河道			
		中-粉砂岩	粒序层理(厚层状)	河口坝			
		细-粉砂岩		远砂坝	三角洲前缘		
		细-粉砂岩、泥岩	水平层理和小型交错层理	席状砂			
姚家组		泥岩	块状	分流间湾	三角洲		
		泥岩	块状	前三角洲泥	前三角洲		
		砂岩	砂泥混杂	浊流			
		砾岩-砂岩	分选、磨圆中等-较差	河道	三角洲平原		
		泥岩	块状	河道间	顶部和底部		

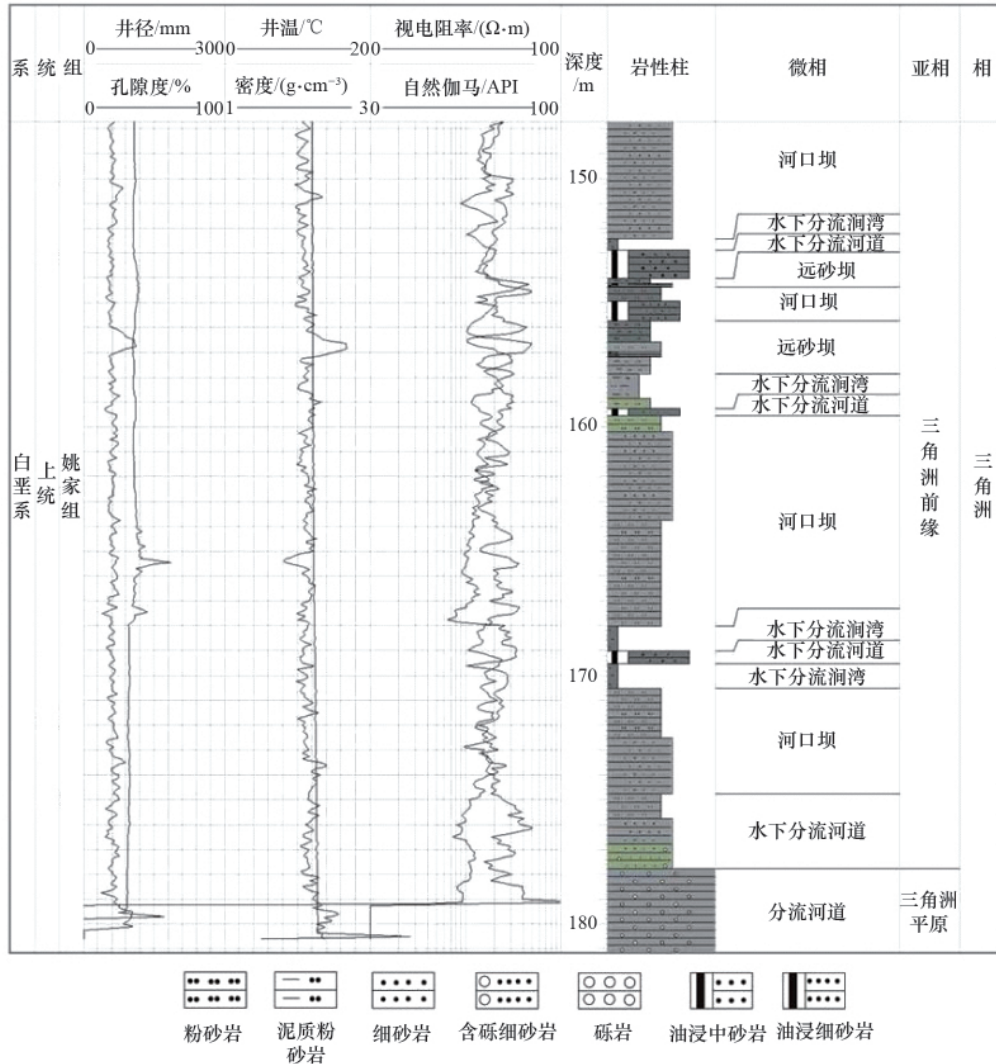


图 2 松辽盆地西部斜坡大岗研究区白垩系钻井综合柱状图

Fig. 2 The drilling integrated histogram of Cretaceous facies in Dagang area, Western Slope of Songliao Basin

### 2.2 砂体及油砂油层的展布特征

该区 20 口钻井均钻遇姚家组砂体,砂体以灰色-灰绿色中、细粒砂岩、粉砂岩为主。其砂体厚度最大是 ZK2324 井,为 94.46m, 最小厚度是 ZK3900 井, 为 43.05m, 平均厚度为 62.92m。从砂体厚度等值线图中可以看出砂体走向为:中部区域向南东(SE)逐渐变厚,向东北(NE)方向逐渐变薄(图 3(a))。

除 2 口井外,其余 18 口井均钻遇油层。油砂油层最大厚度为 6.57m,最小厚度为 0.3m,其平均厚度为 1.76m,呈 NE—SW 向展布并向两侧逐渐变薄甚至尖灭(图 3(b))。

## 3 储层成因类型

### 3.1 储层的岩石学特征

该区油砂岩以岩屑砂岩为主,有机质充填于原生孔隙中的粒间孔中。砂岩碎屑成分以岩屑为主,岩屑平均含量为 52%,石英含量为 22.5%,长石含量为 22.5%。长石以钾长石和斜长石为主;岩屑中以酸性喷发岩居多,还有少量石英岩岩

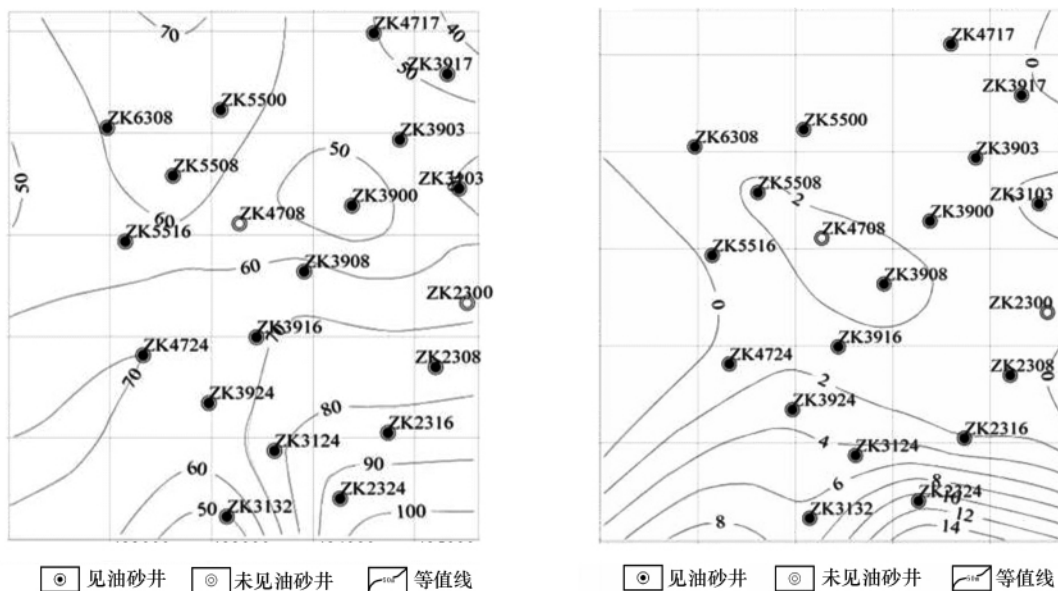
屑。其中填隙物含量为 17%,填隙物以泥质胶结物为主,杂基含量少。该区岩石成分成熟度低,故砂岩稳定性较差。

通过薄片观察,该区砂岩碎屑颗粒粒径为 0.06—0.36mm,岩性以细砂岩为主,并含有较少的中砂岩和粉砂岩,岩石分选较好,磨圆以次棱状-次圆为主,成岩作用较弱,呈松散砂状,颗粒支撑,以点、线接触和漂浮颗粒为主,基底式胶结,储集空间以原生孔隙的粒间孔为主(图 4)。该区的砂岩的结构成熟度中等。

图像粒度资料结果(图 5)表明,储集砂岩粒度以细-极细砂岩为主,占 84.42%,其次为中砂岩,占 9.49%。粒径最大可达 0.36mm,平均为 0.15mm。砂岩分选较好,磨圆度以次棱-次圆为主。

### 3.2 储层类型及物性特征

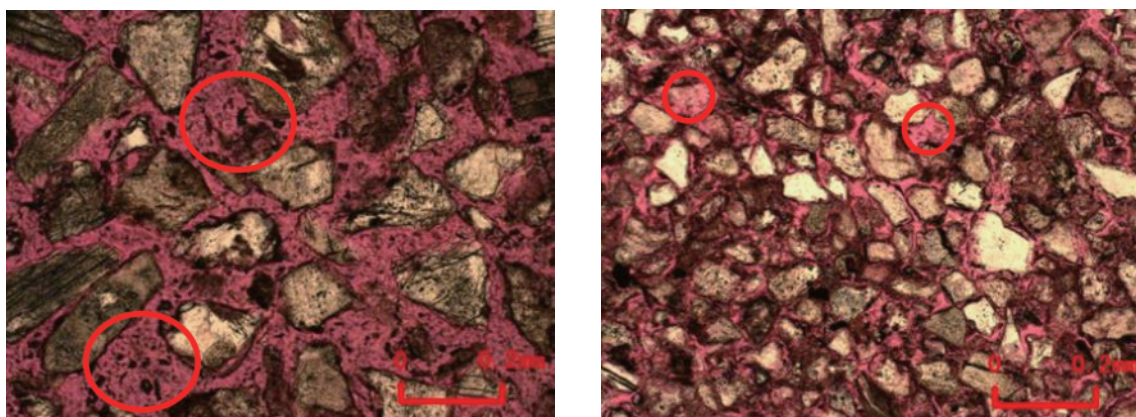
储层发育程度、类型及其展布受沉积体系控制明显。储层沉积微相以三角洲前缘亚相的水下分流河道、河口坝微相为主,还有少量的远砂坝、席状砂微相。结合测试的各项参数(表 2)可以看出,水下分流河道和河口坝微相砂体为较好储



(a) 松辽盆地西部斜坡大岗研究区白垩系砂体厚度等值线图 (b) 松辽盆地西部斜坡大岗研究区白垩系油砂厚度等值线图  
 (a) Thickness isoline map of Cretaceous sand body in Dagang area, Western Slope of Songliao Basin (b) Thickness isoline map of Cretaceous oil sands in Dagang area, Western Slope of Songliao Basin

图 3 松辽盆地西部斜坡大岗研究区白垩系砂体与油砂层厚度等值线图

Fig. 3 Thickness isolines of Cretaceous sand body and oil sands in Dagang area, Western Slope of Songliao Basin



(a) 含泥细粒长石岩屑砂岩, 10×10 (+) (ZK3924, 井深 154—154.3m 姚家组处取样)  
 (b) 含泥细粒长石岩屑砂岩, 10×10 (+) (ZK3903, 井深 165—165.3m 姚家组处取样)  
 (a) Fine-grained feldspathic litharenite with mud, 10×10 (+) (ZK3924, well depth 154—154.3m, sampling in the Yaojia) (b) Fine-grained feldspathic litharenite with mud, 10×10 (+) (ZK3903, well depth 165—165.3m, sampling in the Yaojia)

图 4 松辽盆地西部斜坡大岗研究区白垩系典型砂岩镜下照片

Fig. 4 Micrographs of typical sandstones in Dagang area, Western Slope of Songliao Basin

层。其中,河口坝砂体的储层物性比水下分流河道砂体的较差,而远砂坝和席状砂砂体发育薄分布少一般达不到开采标准。

水下分流河道微相储层在 ZK2308、ZK3103、ZK3900、ZK3903、ZK3917、ZK4717、ZK5500、ZK5508 为优势相,其储层最大厚度为 20.39m,最小厚度 0.3m,平均厚度 9.23m。油层厚度最大 4.56m,最小厚度 0.3m,平均厚度 2.17m。其孔隙度介于 26.74%—34.51%,平均为 30.13%;渗透率介于  $0.94 \times 10^{-3}$ —

$1953.3 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ ,平均为  $476.3 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ ,为高孔高渗储层。

河口坝微相储层在 ZK2316、ZK3124、ZK3908、ZK3916、ZK3924、ZK4724、ZK5516、ZK6308 为优势相,其储层最大厚度 30.92m,最小厚度 0.26m,平均厚度 9.98m。油层厚度最大 2.22m,最小厚度 0.26m,平均厚度 1.18m。其孔隙度为 28.82%—35.11%,平均为 32.98%;渗透率为  $44.1 \times 10^{-3}$ — $86 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ ,平均为  $63.1 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ ,为高孔中渗储层(储层厚度是指油砂的起始位置到终止位置之间的厚度;油层厚度是储层厚度之内

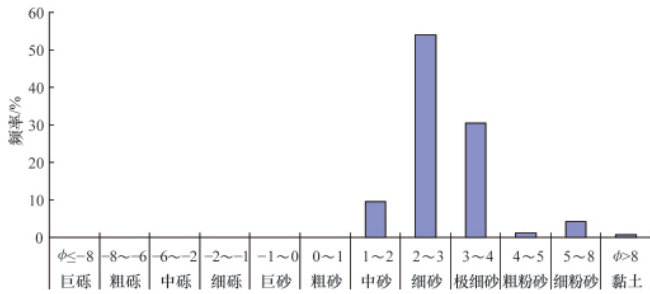


图5 松辽盆地西部斜坡大岗研究区白垩系储集体砂岩粒度分布图

Fig. 5 Grain size distribution of Cretaceous reservoir sandstones in Dagang area, western slope of Songliao Basin  
注:  $\phi = -\lg d$ ,  $d$  为粒径, mm.

Note:  $\phi = -\lg d$ ,  $d$  represents particle diameter, mm.

表2 松辽盆地西部斜坡大岗研究区白垩系储层成因类型

Table 2 Origin and characteristics of Cretaceous Reservoir in Dagang area, Western Slope of Songliao Basin

储层成因类型	孔隙度/%	渗透率/ $10^{-3}\mu\text{m}^2$	含油率/%	含油饱和度/%	分布层位
三角洲前缘	水下分流河道	30.13	476.3	4.25	31.46
	河口坝	32.98	63.1	3.87	26.17

$K_{2y(2+3)}$

各个单层油层累计之和)。

远砂坝砂体和席状砂体较少发育其物性有好有差。

#### 4 影响储层的主要因素

##### 4.1 沉积微相

沉积环境是形成砂岩储层最基本的影响因素,不同沉积环境砂岩岩性特征不同,从而储层的物性亦不同<sup>[10-12]</sup>。

沉积作用对油气聚集的控制,其本质是沉积微相对砂体类型及其物性特征的控制。由于不同类型沉积微相,其形成的水动力条件不同,因而所发育的砂体在物质组成、分选、磨圆、填隙物含量及砂体空间组合类型等方面也各不相同,导致后期成岩演化也有差异,最终表现为不同沉积微相砂体物性有显著差异。

区块的主要含油砂体沉积时期是以松辽湖盆第一次衰退转向第二次湖盆兴盛期的过渡阶段,总体表现以水进为主要沉积背景的姚家组末期,主要沉积相带为三角洲前缘水下分流河道、河口砂坝。在这些环境中,砂体的粒度适中,分选性、磨圆度均较好,孔隙度高,利于油气的运移和赋存。

从砂体分布范围(图3)及粒度分析(图5)可知,该套砂体沉积环境属河控三角洲,河流水动力条件较强,受物源供给与水动力条件制约,砂体规模普遍较大,砂岩粒度小,砂层横向变化稳定,其厚度在40—100m,平均厚度63.45m。该区块砂体从NW—SE向NE—SW方向减少的趋势,表明当时沉积

的主河道是NW—SE向。因研究区NW—SE向以水下分流河道砂为主,故砂体连通性、连片性较好,有利于油气的储集。油砂油层呈NE—SW向展布并向两侧逐渐变薄甚至尖灭(图3(b)),证实了沉积微相对油砂储层的控制作用。

##### 4.2 断层

断层破坏了岩层的连续性。其性质、破碎、紧接程度,以及断层面两侧岩性组合间的接触关系等,与油气的运移、聚集和破坏有密切关系。

钻孔ZK009与ZK4705之间存在一正断层(图6),断层的走向为 $126^\circ$ (或者是 $306^\circ$ ),倾向北东,倾角 $23^\circ$ — $25^\circ$ ,断距为31m。两口井相距400m,而ZK4705油砂层深度为173.1—173.81m,厚度0.71m,ZK009的油砂层深度为150.8—157.17m,厚度为6.37m。

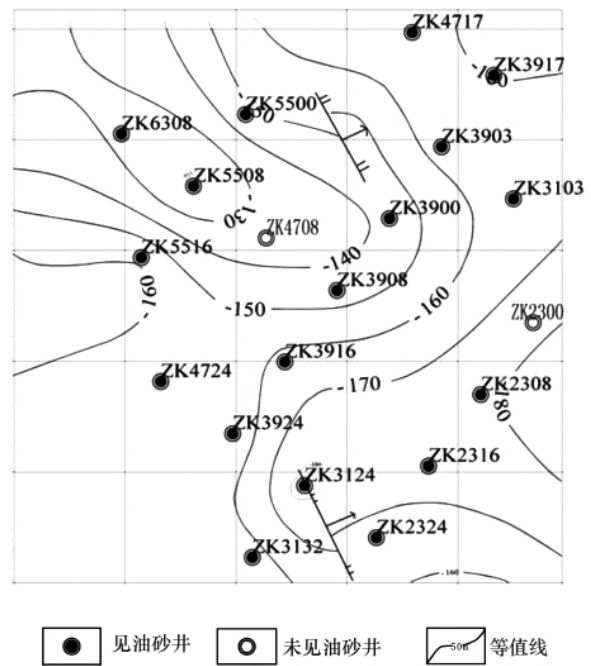


图6 松辽盆地西部斜坡大岗研究区白垩系油砂顶面构造图

Fig. 6 Superficial structural diagram of Cretaceous oil sands in Dagang area, Western Slope of Songliao Basin

该断层SE方向有一条与其平行、同性质、同规模的断裂构造。ZK3124油砂层深度为181.19—186.16m,其厚度为4.97m。ZK2324油砂层深度为201.48—211.4m,其厚度为9.92m。

由断层两侧油砂矿的差异分析可知,断层对油砂起到了很好的封闭作用。但是研究区总体断层发育规模小,且数量少,它仅对该区的油砂的分布起到局部控制作用。

##### 4.3 成岩作用

成岩作用是指在成岩过程中发生的具有独立特点的作用,包括成岩过程中碎屑组分、填隙物和孔隙结构的一切变化结果<sup>[13-15]</sup>。沉积物沉积之后,孔隙体积的变化主要取决于沉

积物所受成岩作用的类型和强度,成岩作用主要包括破坏性成岩作用(机械压实作用)和建设性成岩作用(溶蚀和蚀变作用)。

研究区油砂岩石类型主要是细粒岩屑砂岩。成岩作用主要为原始的机械压实作用,砂岩中的碎屑颗粒大多以点、线接触和不接触为主。胶结以基底式胶结,泥质胶结为主。由于油砂埋深普遍比较浅,大部分埋深在 140—200m 的浅层,岩石固结差,孔隙发育,孔隙以原生孔隙的粒间孔为主,孔径为 0.1—0.2mm,其孔隙连通性普遍较好(图 3),其孔隙度为 26%—35%,孔隙度随深度增加而降低(图 7)。

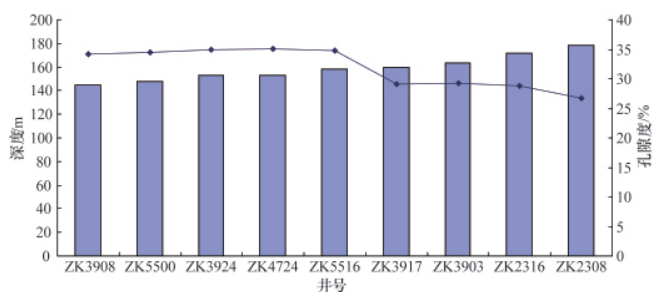


图 7 松辽盆地西部斜坡大岗研究区白垩系储层埋深与孔隙度关系

Fig. 7 Relationship between depth and porosity of Cretaceous reservoir in Dagang Area, Western Slope of Songliao Basin

综上所述,本区岩石粒度较为均一,分选和磨圆较好,成岩作用较弱,岩石固结差,呈松散砂状,具有良好的孔渗物性,有利于油气储集。

## 5 结论

综上所述,该区储层位于白垩系上统姚家组中,其成岩作用较弱,良好的物性为油气聚集提供了有利的储集空间,沉积相和断裂对其成藏起到了控制作用。

(1) 研究区储集层位于姚家组二、三段砂体,其主要发育有两类储层类型,分别为三角洲前缘亚相的水下分流河道砂和河口坝砂,水下分流河道砂为高孔高渗储层,河口坝砂为高孔中渗储层都为较好储层。油层平均埋深 156m,油砂发育极不均匀,发育较好的厚度为 9.92m,较差的不发育,平均厚度约 2.4m,有较好的开发前景。

(2) 对储层储集性能影响因素综合分析表明,研究区砂岩成岩作用较弱,岩石固结差,呈松散砂状,具有良好的孔渗。沉积相对砂岩物性有重要影响,不同微相的砂体具有显著的物性差异,直接控制了油气的聚集和分布,以水下分流河道及河口坝砂体最为重要。断裂在该区发育规模小,且数量少,仅在局部起着重要的控制作用。

## 参考文献 (References)

[1] 单玄龙,车长波,李剑,等. 国内外油砂研究现状 [J]. 世界地质, 2007, 26(4): 459-464.

- Shan Xuanlong, Che Changbo, Li Jian, *et al.* *Global Geology*, 2007, 26 (4): 459-464.
- [2] Ardine D. Fuel of the future: Cretaceous oil sand of western Canada[M]. Calgary: Canadian Society of Petroleum Geologists, 1974.
- [3] Kramers J W, Mossop G D. Geology and development of the Athabasca oil sand deposit [J]. *Canadian Mining and Metallurgical Bulletin*, 1976, 69(776): 92-99.
- [4] 贾承造. 油砂资源状况与储量评估方法 [M]. 北京: 石油工业出版社, 2007.
- Jia Chengzao. Oil sands resources and evaluation methods of reserves[M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 2007.
- [5] 牛嘉玉,刘尚奇,门存贵,等. 稠油资源地质与开发利用 [M]. 北京: 科学出版社, 2002.
- Niu Jiayu, Liu Shangqi, Men Cungui, *et al.* *Geology of heavy oil resources and exploration and use*[M]. Beijing: Science Press, 2002.
- [6] 臧春艳,单玄龙,李剑,等. 准噶尔盆地西北缘中生代油砂分布特征及开发前景[J]. 世界地质, 2006, 25(1): 49-53.
- Zang Chunyan, Shan Xuanlong, Li Jian, *et al.* *Global Geology*, 2006, 25 (1): 49-53.
- [7] 王清斌,单玄龙,臧春艳,等. 楚雄盆地油芷油砂地质特征及成藏模式 [J]. 世界地质, 2007, 26(1): 52-57.
- Wang Qingbin, Shan Xuanlong, Zang Chunyan, *et al.* *Global Geology*, 2007, 26(1): 52-57.
- [8] 郑德温,方朝合,李剑,等. 油砂开采技术和方法综述 [J]. 西南石油大学学报: 自然科学版, 2008, 30(6): 105-109.
- Zheng Dewen, Fang Chaohu, Li Jian, *et al.* *Journal of Southwest Petroleum University: Science & Technology Edition*, 2008, 30(6): 105-109.
- [9] 刘兴兵,黄文辉. 内蒙古图牧吉地区油砂发育主要地质影响因素[J]. 资源与产业, 2008, 10(6): 83-86.
- Liu Xingbing, Huang Wenhui. *Resources & Industries*, 2008, 10(6): 83-86.
- [10] 魏钦廉,郑荣才,肖玲,等. 鄂尔多斯盆地吴旗地区长 6 储层特征及影响因素分析[J]. 岩性油气藏, 2007, 19(4): 40-50.
- Wei Qinlian, Zheng Rongcai, Xiao Ling, *et al.* *Lithologic Reservoirs*, 2007, 19(4): 40-50.
- [11] 李凤杰,王多云,徐旭辉. 鄂尔多斯盆地陇东地区三叠系延长组储层特征及影响因素分析[J]. 石油实验地质, 2005, 27(4): 365-370.
- Li Fengjie, Wang Duoyun, Xu Xuhui. *Petroleum Geology & Experiment*, 2005, 27(4): 365-370.
- [12] 文华国,郑荣才,陈洪德,等. 鄂尔多斯盆地白豹-华池地区长 6 砂岩储层特征[J]. 石油学报, 2007, 28(4): 46-51.
- Wen Huaguo, Zheng Rongcai, Chen Hongde, *et al.* *Acta Petrolei Sinica*, 2007, 28(4): 46-51.
- [13] 徐樟有,魏萍,熊琦华. 枣南油田孔店组一、二段成岩作用及成岩相 [J]. 石油学报, 1994, 15(增刊): 60-67.
- Xu Zhangyou, Wei Ping, Xiong Qihua. *Acta Petrolei Sinica*, 1994, 15 (S): 60-67.
- [14] 陈彦华,刘莺. 成岩相——储集体预测的新途径 [J]. 石油实验地质, 1994, 16(3): 274-281.
- Chen Yanhua, Liu Ying. *Experimental Petroleum Geology*, 1994, 16(3): 274-281.
- [15] 郑荣才,耿威,周刚,等. 鄂尔多斯盆地白豹地区长 6 砂岩成岩作用与成岩相研究[J]. 岩性油气藏, 2007, 19(2): 1-8.
- Zheng Rongcai, Geng Wei, Zhou Gang, *et al.* *Lithologic Reservoirs*, 2007, 9(2): 1-8.

(责任编辑 吴晓丽)