文章编号:1673-5005(2013)06-0001-09

# 东营凹陷南坡沙四上亚段滩坝砂岩有效储层成因

操应长,杨 田,王 健,远光辉,葸克来,李晓艳

(1. 中国石油大学地球科学与技术学院,山东青岛 266580)

**摘要:**通过岩心观察、薄片鉴定、物性测试等技术方法,对东营凹陷南坡古近系沙河街组沙四上亚段滩坝砂岩储层特 征、储层物性控制因素及有效储层成因进行研究。结果表明:储层主要为中、低孔储层;成岩作用类型多样,储集空 间以原生孔隙为主,发育部分混合孔隙和次生孔隙;有利沉积条件是储层良好物性发育的基础,不同成岩作用类型 及强度促使储层储集性能发生变化,油气充注、地层超压利于储层物性保存,其共同作用控制储层储集空间类型、分 布组合及演化特征;有效储层其储集空间分布组合特征在纵向上具有分段性,1.0~2.0 km 储层受成岩作用影响小, 常压原生孔隙的良好保存形成以原生孔隙为主的有效储层,2.0~3.1 km 储层溶蚀作用增加储集空间,地层超压、油 气充注保存储集空间形成原生孔隙、混合孔隙、次生孔隙组合发育的有效储层,3.1~3.6 km 储层油气充注、地层超 压继承性发育,保存原有储集空间形成以原生孔隙为主、发育部分次生孔隙的有效储层。 **关键词**:滩坝砂岩;有效储层;储层特征;控制因素;成因分析;东营凹陷

中图分类号:TE 122.2 \_\_\_\_\_\_文献标志码:A

## Genesis of effective reservoirs of beach-bar sandstone in upper part of the fourth member of Shahejie formation in the southern slope of Dongying sag

CAO Ying-chang, YANG Tian, WANG Jian, YUAN Guang-hui, XI Ke-lai, LI Xiao-yan

(School of Geosciences in China University of Petroleum, Qingdao 266580, China)

Abstract: This study focused on the beach-bar sandstone reservoir in the upper part of the fourth member of Shahejie formation in the southern slope of Dongying sag. Core, thin sections, physical properties and other technical methods were used to analyze the characteristics and genesis of effective reservoirs. The results show that the reservoir pore space includes mainly primary pores with partial secondary and mixed intergranular pores. Favorable sedimentary environment is the foundation of high-quality reservoirs. Different kinds of diagenesis and their intensity affect the quality of reservoir. Hydrocarbon charging and overpressure are the favorable preservation conditions of reservoir properties, and their interactions affect the types of reservoir space, the distribution and combination, and evolutional characteristics of reservoir. The distributions of pore space in effective reservoirs are sectionalized in depth. At 1.0-2.0 km, weak diagenesis and well preservation of primary porosity in ordinary pressure form effective reservoirs which contain mainly primary pores. At 2.0-3.1 km, dissolution increases reservoir space. Hydrocarbon charging and overpressure save reservoir space and form effective reservoirs which have primary pores, secondary pores and mixed pores. At 3.1-3.6 km, hydrocarbon charging and overpressure hold part of primary pores and form effective reservoirs which contain mainly primary pores and a few secondary ones.

Key words: beach-bar sandstone; effective reservoir; reservoir properties; controlling factor; cause analysis; Dongying sag

东营凹陷已累积探明滩坝砂岩石油地质储量 0.16×10<sup>8</sup> t,南部缓坡带作为滩坝砂岩的主要发育

收稿日期:2013-05-23

基金项目:国家科技重大专项(2011ZX05051-001);国家自然科学基金项目(40972080);中国石油大学(华东)研究生自主创新科研计划 项目(12CX06012A)

**作者简介:**操应长(1969-),男,教授,博士,博士生导师,主要从事沉积学、层序地层学及油气储层地质学等教学和科研工作。E-mail:caoych@upc.edu.cn。

区,待发现资源量达 5.44×10<sup>8</sup> t,对其开展系统、精 细研究具有十分重要的意义<sup>[1]</sup>。但是,受陆相断陷 盆地地质特征的复杂性以及滩坝砂岩自身成因的特 殊性控制,滩坝砂岩单层厚度小、横向变化快、砂体 展布连续性差、分布规律复杂,研究难度大<sup>[2-7]</sup>。总 结现阶段针对东营凹陷南部缓坡带沙四上亚段滩坝 砂岩的相关研究发现,沉积特征研究相对成熟,并逐 渐取得了统一认识<sup>[23]</sup>;储层特征研究相对不足,针 对储集空间类型及成因、成岩作用特征、有效储层成 因及分布等问题仍然存在争议<sup>[47]</sup>,这也严重制约着 滩坝砂岩储层的有效勘探和开发。因此,笔者在总 结前人研究基础之上,综合利用岩心观察、薄片鉴 定、物性测试等分析测试方法对东营凹陷南部缓坡 带沙四上亚段滩坝砂岩储层相关特征及有效储层成

因进行研究。

### 1 研究区概况

东营凹陷为一典型"北断南超、北陡南缓"的陆 相断陷盆地,南斜坡西起利津洼陷西坡(滨东)、东 至羊角沟油田,勘探面积约2500 km<sup>2</sup>。沙四段上亚 段沉积早期,东营凹陷处于断陷初期,气候由干旱向 潮湿转变,由于南斜坡古地势相对平缓,在广阔的滨 浅湖区发育了大量滩坝沉积<sup>[3]</sup>(图1);沉积末期,湖 盆水体进一步加深,广大地区进入半深湖——深湖 环境,发育少量滨浅湖滩坝沉积。整体上南斜坡沙 四上亚段沉积时期,多种沉积体并存,以滩坝沉积为 主,滩坝砂岩与湖相泥岩互层频繁,形成良好的油气 生储地质条件。





### 2 东营凹陷南坡沙四上亚段滩坝砂岩 储层特征

### 2.1 滩坝砂岩储层岩石学及物性特征

东营凹陷南坡沙四上亚段滩坝砂岩储层岩石类 型主要为岩屑质长石砂岩。石英含量相对较低,一 般小于 50%;长石含量较高,一般为 34% ~40%,最 大为 45%,钾长石含量稍高于斜长石含量;岩屑含 量一般大于 25%,不同地区变化较大。总体上,研 究区滩坝砂岩岩石矿物成分成熟度中等,物质组分 粒度中值一般为 3~5Φ,多为细砂—粉砂;沉积物分 选好,分选系数一般小于 2。

通过实测物性资料分析,东营凹陷南坡沙四上 亚段滩坝砂岩储层孔隙度主要集中在5%~25%, 占统计数据的 91.47%;以低中孔储层为主体,低孔 储层占 30.46%,中孔储层占 44.21%。储层渗透率 主要集中在(0.01~100)×10<sup>-3</sup>μm<sup>2</sup>,占统计数据的 95.18%;以低渗、特低渗储层为主体,低渗储层占 21.10%,特低渗储层占 74.08%(图 2)。

### 2.2 滩坝砂岩储层成岩作用特征

研究区储层成岩作用事件类型主要有压实作 用、胶结作用、交代作用和溶解作用(图3)。压实作 用主要表现为颗粒之间的点接触和线接触,云母等 塑性颗粒的压实变形及长石等脆性颗粒的压实破裂 等。胶结物类型多样,常见硅质胶结、硫酸盐胶结、 黏土矿物胶结和碳酸盐胶结等,以方解石、白云石、 铁方解石、铁白云石及菱铁矿等碳酸盐矿物的胶结 作用为主,胶结类型以孔隙式胶结为主,基底式胶结 次之。交代作用普遍发育,主要为碳酸盐胶结物之 间的交代和碳酸盐胶结物对碎屑颗粒的交代,其中 胶结物之间的交代常见铁方解石交代方解石、铁白



云石交代方解石以及铁白云石交代铁方解石等。溶 解作用主要表现为长石、岩屑颗粒及少量碳酸盐胶 结物的溶解,多形成粒内溶孔及溶扩孔。



图 2 滩坝砂岩储层物性特征

Fig. 2 Physical property of beach-bar sands reservoir



梁206井, 2.7999km (-)

滨170井, 1.81625km (-)

梁206井, 2.7999km (-)

莱64井, 3.7909km (-)

图 3 滩坝砂岩储层成岩作用特征



由于滩坝砂体发育在砂泥互层的沉积组构中. 不同沉积微相其成岩作用特征存在明显差异。坝主 体、滩脊由于单砂层厚度大,在距离砂泥界面较近处 储层以较强碳酸盐胶结作用为主;距砂泥界面距离 增大,胶结作用减弱,溶蚀作用增强。坝侧缘、滩席 由于单砂层厚度薄,储层成岩作用受泥岩影响明显, 杂基含量高的单砂体以强压实作用为主:杂基含量 低的单砂体碳酸盐胶结作用强烈。

### 2.3 滩坝砂岩储层储集空间特征

通过岩石铸体薄片分析,东营凹陷沙四上亚段 滩坝砂岩储层主要有原生孔隙、混合孔隙、次生孔隙 等几种储集空间类型,以原生孔隙为主。原生孔隙 包括压实残余原生粒间孔隙(图4(a))和胶结残余 原生粒间孔隙(图4(b))。混合孔隙根据孔隙形态 分为溶扩孔隙和长条状溶蚀孔隙,前者指原有单个 孔隙由于其周围碎屑颗粒部分溶蚀而扩大,颗粒边 缘往往形成港湾状、蚕食边状溶蚀边缘,包括粒间溶 扩孔隙、超大孔隙等(图4(c));后者是指相邻两个 或两个以上的孔隙之间喉道同时受到溶蚀,使两个 甚至多个粒间孔隙连成长条状孔隙(图4(d))。次 生孔隙包括次生组分内溶孔和其他次生成因孔缝, 前者指明显发生在颗粒或者胶结物组分内部的溶蚀

孔隙,包括石英、长石、岩屑颗粒内溶孔和碳酸盐胶 结物内部溶孔(图4(f)),以长石粒内溶孔(图4 (e))为主:后者包括构造微裂缝(图4(g))、成岩收 缩缝、矿物解理缝(图4(i))以及高岭石晶间孔(图 4(h))等,以构造微裂缝常见。

### 2.4 滩坝砂岩有效储层储集空间分布组合规律

在总结滩坝砂岩储层储集空间特征的基础上,收 集并统计滩坝砂岩储层实测孔隙度-深度数据,结合 东营凹陷南坡沙四上亚段滩坝砂岩储层孔隙度下限  $(\varphi_{\text{TR}} = -10.837 \ln H + 95.553, R^2 = 0.95115_{\circ} \exists : \ddagger : \uparrow, \downarrow$  $\varphi_{\text{FR}}$ 为孔隙度下限;H为深度,km)研究<sup>[7]</sup>,绘制对 应的深度--孔隙度物性剖面(图5)。结合镜下铸体 薄片储集空间微观分析,对有效储层储集空间特征 进行总结。研究表明有效储层储集空间分布组合在 纵向上具有分段性:在1.0~2.0 km 深度内,有效储 层以原生孔隙为主,次生孔隙和混合孔隙少见。在 2.0~3.1 km 深度内,有效储层以原生孔隙、混合孔 隙、次生孔隙的组合为典型特征,原生孔隙中胶结残 余原生粒间孔隙的比例增大,混合孔隙中长条状溶 蚀孔隙和溶扩孔隙均较常见,次生孔隙含量增加。 在 3.1~3.6 km 深度内,有效储层以原生孔隙、次生 孔隙的组合为典型特征,原生孔隙多为压实残余原 生粒间孔,次生孔隙多为长石粒内溶孔、裂缝等。



(a) 压实残余原生孔隙, 滨170井, 1.816 25 km (-)



(d)长条状溶蚀孔隙, 王斜583井, 3.4821km (-)



(g)微裂缝, 高89井, 2.995 65 km (-)



(b)方解石胶结残余原生孔隙, 纯15井, 2. 289 31 km (-)



(e)长石颗粒内溶孔, 梁230井, 2.6432km (-)





(c)超大孔隙, 滨斜189井, 1.6811km (-)



(f)铁方解石内部溶孔, 滨斜189井, 1.6811km (-)



(i)长石解理缝, 滨170井, 1.816 25 km (-)

〒〒〒109井, 2.7374 km (-)图4 滩坝砂岩储层储集空间特征

Fig. 4 Reservoir space characteristics of beach-bar sands reservoir

# 3 东营凹陷南坡沙四上亚段滩坝砂岩 有效储层成因

### 3.1 滩坝砂岩储层物性控制因素

滩坝砂岩储层储集物性是原始沉积作用、后期 成岩作用和保存条件综合作用的结果。研究表明, 有利的沉积条件是储层良好物性发育的基础;不同 成岩作用类型及强度促使储层储集性能发生变化; 油气充注、地层超压利于储层物性保存。

3.1.1 沉积作用

沉积作用是决定储层物性的最基本因素。不同 沉积相带、沉积物岩性、沉积物分选的储层其物性存 在一定的差异,并且储层的物性和不同的沉积条件 之间具有一定的内在联系<sup>[8]</sup>。统计不同沉积条件 下岩心实测储层物性数据(表1),总结不同沉积条 件对储层物性控制的特征。

不同沉积微相由于水动力条件的差别,其储层物性之间有一定的差异。坝主体储层由于水动力作 用最强,沉积物粒度较粗、分选好,杂基含量低,其物 性最好;滩脊、滩席的储层物性次之;坝侧缘储层物 性最差。细砂岩和粉砂岩储层物性较好,平均孔隙 度相差不大,其中细砂岩由于杂基含量低、分选好, 其渗透率明显高于粉砂岩;泥质粉砂岩储层由于杂 基含量高,堵塞孔隙喉道,储层物性较差。沉积物分 选为1~1.5的储层物性最好,分选为1.2~2和2~ 2.5的储层物性次之,分选大于 2.5 储层物性明显 变差。沉积物分选越好,储层的物性越好,两者存在 明显的正相关性。



图 5 滩坝砂岩有效储层储集空间分布组合特征

Fig. 5 Distribution and combination of reservoir space characteristics of beach-bar sands effective reservoir

表1 滩坝砂岩储层沉积作用对储层物性控制分析数据

Table 1 Analysis data about sedimentation control over reservoir physical property of beach-bar sands reservoir

讨论	细分讨	统计	孔隙度 φ/%			渗透率 k/10 <sup>-3</sup> µm <sup>2</sup>		
因素	论因素	数据点	最小值	最大值	平均值	最小值	最大值	平均值
沉积微相	坝主体	1 004	2.3	30.30	17.42	0.00616	562.86	20.900
	坝侧缘	77	3.4	31.32	12.72	0.01	64. 532	5.629
	滩脊	1 163	1.6	33.92	14.28	0.000006	1 990	7.980
	滩席	907	1.6	29.80	14.01	0.0000014	4117.6	15.090
沉积物 岩性	细砂岩	774	1.6	33.30	15.72	0.0000015	4117.6	24.400
	粉砂岩	2073	1.6	37.20	15.28	0.000014	436	15.950
	泥质粉砂岩	320	3.0	34.40	14.50	0.008	562.8	11.380
沉积物 分选系数	1~1.5	365	2.7	37.20	17.64	0.019	398	31.370
	1.5~2	319	2.1	31.30	15.20	0.011	298	9.002
	2 ~ 2. 5	79	4.0	32.10	15.32	0.007	83	11.550
	大于 2.5	50	3.2	31.30	12.46	0.0147	69	6.020

### 3.1.2 成岩作用

成岩作用是在沉积作用的基础上对储层的物性 进行改造。影响储层物性的成岩作用包括建设性成 岩作用(主要是溶蚀作用)和破坏性成岩作用(主要 是压实作用和胶结作用)。建设性成岩作用和破坏 性成岩作用的不同影响促使不同储层的储集物性差 异明显,相同储层的储集物性发生分异。

压实作用伴随于沉积成岩作用整个过程中,对 储层物性具有十分重要影响;胶结作用以碳酸盐胶 结作用为主,它使储层的孔隙度和渗透率大大降低。 根据 D. C. Beard 和 P. K. Weyl<sup>[9]</sup>(1973)恢复原始孔 隙度的实验,估算储层原始孔隙度一般为 37% ~ 40%。通过镜下薄片统计压实作用和胶结作用减少 的孔隙度数据(图 6),其中压实作用损失的孔隙度 占总孔隙度的 10% ~50%;胶结作用损失的孔隙度 占总孔隙度的 15% ~60%,局部可达 70%。表明压 实作用和胶结作用均较大程度上降低了储层的储集 物性,不利于有效储层的发育,并且胶结作用的影响







溶蚀作用产生的次生孔隙能够增加储集空间, 改善储层物性。通过铸体薄片分析,统计溶蚀次生 孔隙相对含量(图5),在1.0~2.0 km 内溶蚀次生 孔隙相对含量基本小于10%;2.0~3.1 km 内溶蚀 次生孔隙相对含量为5%~50%,部分大于50%; 3.1~3.6 km 内溶蚀次生孔隙相对含量为5%~ 40%。溶蚀作用对2.0~3.0 km 内储层的影响最显 著,使该段储层物性明显变好。

3.1.3 油气充注与地层超压

油气充注和地层超压是储层物性良好保存的有 利条件。油气充注一方面可以改变孔隙流体性质, 增强与储层矿物反应,促进储层储集空间增加<sup>[10]</sup>; 另一方面可以对已形成的储集空间形成良好保 存<sup>[11]</sup>。地层超压使得孔隙流体承载一部分的负载 压力,有效地抑制压实作用降低储层物性的影响。

通过分析滩坝砂岩储层不同含油级别储层孔隙 度渗透率交会图(图7),可知油浸储层的物性最好, 油斑和油迹储层物性次之,荧光及以下含油级别储层 的物性最差。在此基础上,统计不同含油级别储层中 有效储层所占比例,油浸储层有效储层占96.34%,油 斑和油迹储层有效储层相差不大,分别为77.2%和 76.1%,荧光及以下含油级别的储层有效储层的比例 为48.3%,可见油气充注利于储层物性的有效保存。 地层超压随着储层埋深的增加而逐渐加强,深 度大于 2.2 km 的储层基本为常压储层;2.0~3.1 km 常压储层、弱超压储层、中超压储层叠置发育;埋 深大于 3.1 km,常压、弱超压储层基本不发育,中超 压、强超压储层叠置发育。同一深度区间,不同地层 压力控制的储层,强超压储层的孔隙度最高,中超压 储层的孔隙度次之,弱超压储层的孔隙度再次之,常 压储层的孔隙度最低,其控制的储层有效储层的比 例亦依次递减。随着储层埋深的增加,地层超压越 明显越有利于储层孔隙度的保存。

#### 3.2 滩坝砂岩有效储层成因

在讨论滩坝砂岩储层物性控制因素以及有效储 层储集空间分布组合规律的基础上,探讨有效储层 在不同的深度区间储集空间分布组合规律的内在缘 由,以明确有效储层的成因机制(图9)。

深度在 1.0~2.0 km,储层由于埋深较浅,受成 岩作用的影响较小,压实和胶结作用相对较弱,溶蚀 作用不发育,大气水淋滤形成的次生孔隙和混合孔 隙少见;良好原始沉积条件以及油气充注条件控制 的储层物性较好,形成以原生孔隙为主的有效储层。

埋深在 2.0~3.1 km,结合研究区埋藏史分析, 此深度范围内沙四上亚段储层地层温度为 80~120 ℃<sup>[12]</sup>,正好与有机酸活性温度区间相匹配<sup>[13]</sup>。烃 源岩有机质热演化形成的有机酸通过层间界面、微 层理面及裂缝、断层很容易进入到砂岩储层<sup>[14]</sup>,从 而为溶蚀作用提供了酸性流体环境,使得该段储层 溶蚀作用最为发育,形成较多与溶蚀作用相关的混 合孔隙和次生孔隙。部分储层由于原始沉积条件 好,加之地层超压和油气充注的有利保存,使得储层 在胶结和压实作用的影响下仍然保存了部分原生孔 隙。形成以原生孔隙、混合孔隙、次生孔隙组合发育 为特征的有效储层。

当埋深为 3.0~3.6 km 时,储层温度超过 120 ℃,有机酸脱羧,酸性减弱;同时孔店组-沙四下亚 段沉积的膏岩层脱水<sup>[15]</sup>,碱性流体进入沙四上亚段 滩坝砂岩储层,地层流体转化为碱性<sup>[16]</sup>。胶结和压 实作用进一步增强,常规储层储集空间进一步减小, 大量消失殆尽。随着埋深的增加,地层超压进一步 的增强,部分由于地层超压、油气充注等条件保存, 继承性发育的储层受成岩作用影响较小,原有储集 空间得到良好保存,并且大部分为原生孔隙,从而形 成以良好保存的原生孔隙为主、发育部分次生孔隙 的有效储层。



图 7 滩坝砂岩储层油气充注对储层物性控制特征

Fig. 7 Controling feature of hydrocarbon charging for physical property of beach-bar sands reservoir



图 8 滩坝砂岩储层地层超压对储层物性控制特征







### 4 结 论

(1)东营凹陷南坡沙四上亚段滩坝砂岩储层主

要为中一低孔,低渗、特低渗储层;储层成岩作用复 杂,压实、胶结、交代、溶蚀成岩作用均常见;储层储 集空间以原生孔隙为主,发育部分混合孔隙和次生 孔隙。

(2)有利沉积条件是储层良好物性发育的基础;不同成岩作用类型及强度促使不同储层的储集物性差异明显,相同储层的储集物性发生分异;油气充注、地层超压利于储层物性保存,上述控制因素的耦合关系控制着有效储层的发育及储层储集空间类型、分布组合、演化特征。

(3)东营凹陷南坡沙四上亚段滩坝砂岩有效储 层在1.0~2.0 km 受成岩作用影响小,原生孔隙的 良好保存形成有效储层;2.0~3.1 km 储层溶蚀作 用增加储集空间,地层超压、油气充注保存储集空间 形成有效储层;3.1~3.6 km 储层油气充注、地层超 压继承性发育,保存原有储集空间形成有效储层。

### 参考文献:

- [1] 秦伟军,付兆辉.东营凹陷南部缓坡带石油资源勘探 潜力[J].当代石油石化,2010,189:5-6.
  QIN Wei-jun, FU Zhao-hui. Petroleum resources exploration potential of the Dongying sag southern gentle slope zone[J]. Petroleum & Petrochemical Today,2010,189: 5-6.
- [2] 杨勇强,邱隆伟,姜在兴,等. 陆相断陷湖盆滩坝沉积 模式:以东营凹陷古近系沙四上亚段为例[J].石油学 报,2011,32(3):417-423.

YANG Yong-qiang, QIU Long-wei, JIANG Zai-xing, et al. A depositional pattern of beach bar in continental rift lake basins: a case study on the upper part of the fourth member of the Shahejie formation in the Dongying sag [J]. Acta Petrolet Sinica, 2011, 32(3):417-423.

[3] 操应长,王健,刘惠民,等. 东营凹陷南坡沙四上亚段 滩坝砂体的沉积特征及模式[J].中国石油大学学报: 自然科学版,2009,33(6):5-10.

> CAO Ying-chang, WANG Jian, LIU Hui-min, et al. Sedimentary characteristics and models of beach-bar sandbodies in the upper part of the fourth member of Paleogene in the south slope of Dongying[J]. Journal of China University of Petroleum (Edition of Natural Science), 2009, 33 (6):5-10.

[4] 司学强,张金亮,杨子成. 博兴挂陷沙四上亚段滩坝砂 岩成岩作用及其与储层质量的关系[J]. 中国石油大 学学报:自然科学版,2008,32(2):6-11.

SI Xue-qiang, ZHANG Jin-liang, YANG Zi-cheng. Relation between beach bar sandstones diagenesis and reservoir quality in the upper  $E_{s_4}$  of the Palaeogene in Boxing sag[J]. Journal of China University of Petroleum(Edition of Natural Science), 2008,32(2):6-11.

[5] 司学强,张金亮.博兴洼陷沙四上亚段滩坝砂岩次生

孔隙形成机制[J]. 地质科技情报,2008,28(1):59-63. SI Xue-qiang, ZHANG Jin-liang. Mechanism of secondary pore of the beach bar sandstonesin the Upper Es<sub>4</sub> of the Palaeogene, Boxing sag [J]. Geological Science and Technology Information,2008,28(1):59-63.

- [6] 王艳忠,操应长,宋国奇,等.东营凹陷古近系深部碎 屑岩有效储层物性下限的确定[J].中国石油大学学 报:自然科学版,2009,33(4):16-21.
  WANG Yan-zhong, CAO Ying-chang, SONG Guo-qi, et al. Determination of physical property lower limit of deep clastic effective reservoirs of Paleogene in Dongying depression[J]. Journal of China University of Petroleum(Edition of Natural Science), 2009,33(4):16-21.
- [7] 操应长,王艳忠,徐涛玉,等.东营凹陷西部沙四上亚 段滩坝砂体有效储层的物性下限及控制因素[J].沉 积学报,2009,27(2):230-237.

CAO Ying-chang, WANG Yan-zhong, XU Tao-yu, et al. The petrophysical parameter cutoff and controlling factors of the effective reservoir of beach and bar sandbodies of the upper part of the fourth member of the Shahejie formation in west part of Dongying depression [J]. Acta Sedimentologica Sinica, 2009, 27(2);230-237.

- [8] 赵艳,吴胜和,徐樟有,等. 川西新场气田上三叠统须 家河组二段致密砂岩优质储层控制因素[J]. 中国石 油大学学报:自然科学版,2010,34(4):1-6. ZHAO Yan, WU Sheng-he, XU Zhang-you, et al. Control factors of compacted high-quality sandstone reservoirs of member 2 of Xujiahe formation, upper Triassic in Xinchang gas field of western Sichuan depression[J]. Journal of China University of Petroleum(Edition of Natural Science), 2010,34(4):1-6.
- [9] BEARD D C, WEYL P K, Influence of texture on porosity and permeability of unconsolidated sand [J]. AAPG Bulletin, 1973,57:349-369.
- [10] 刘小洪,冯明友,罗静兰,等.鄂尔多斯盆地乌审召地区盒8、山1段储层流体包裹体特征及其意义[J].石油与天然气地质,2010,31(3):360-366.
   LIU Xiao-hong, FENG Ming-you, LUO Jing-lan, et al. Characteristics of fluid inclusions in reservoirs in the

eighth member of the Shihezi formation and the first member of the Shanxi formation in Uxin Ju area, the Ordos Basin and their signincance [J]. Oil & Gas Geology, 2010,31(3):360-366.

[11] 游俊,郑浚茂. 黄骅坳陷中北区深部储层物性影响因素分析[J]. 现代地质,1999,13(3):350-354.
YOU Jun, ZHENG Jun-mao. Factors of affecting the reservoir physical properties of deep strata in the Huanghua depression[J]. Geoscience,1999,13(3):350-354.

• 8 •

- [12] 熊伟.东营凹陷南部斜坡带输导体系研究[D].青岛:中国石油大学地球资源与信息学院,2010.
   XIONG Wei. Research on transportation system in southernslop of Dongying sag[D]. Qingdao: College of Georesources and information in China University of Petroleum,2009.
- [13] SURDAM R C, CROSSEY L J, HAGEN E S. Organicinorganic and sandstone diagenesis [J]. AAPG Bulletin, 1989,73:1-23.
- [14] 谭丽娟,郭松.东营凹陷博兴油田沙四上亚段滩坝砂 岩油气富集特征及成藏主控因素[J].中国石油大学 学报:自然科学版,2011,35(2):25-31.

TAN Li-juan, GUO Song. Hydrocarbon accumulation features and main controlling factors of beach bar sandstone in upper  $Es_4$  formation in Boxing Oilfield, Dongying depression[J]. Journal of China University of Petroleum(Edition of Natural Science), 2011,35(2):25-31.

- [15] 王淑萍.东营凹陷民丰地区沙四下亚段膏盐层系天然气储层成岩作用研究[D].青岛:中国石油大学地 球资源与信息学院,2007:61-65.
  WANG Shu-pin. Diagenesis Researches of natural gas reservoir with gyprock and salt bed in Minfeng area of the lower part of number 4 of Shahejie formation in Dongying depression[D]. Qingdao: College of Georesources and information in China University of Petroleum, 2007:61-65.
- [16] 赵振宇,周瑶琪,马晓鸣,等. 含油气盆地中膏盐岩层 对油气成藏的重要影响[J]. 石油与天然气地质, 2007,28(2):299-308.
  ZHAO Zhen-yu, ZHOU Yao-qi, MA Xiao-ming, et al. The impact of saline deposit upon the hydrocarbon accu-

mulation in petroliferous basin [J]. Oil & Gas Geology, 2007,28(2):299-308.

(编辑 徐会永)

### 下期要目

- 刘江涛,等 莺歌海盆地水溶相天然气析出成藏特征
- 李振华,等 中拐地区佳木河组佳二段沸石类矿物成岩作用及对油气成藏的意义
- 刘 培,等 渤海湾盆地新近系油气成藏条件及聚集模式
- 李明忠,等 煤层气多分支水平井井筒压力及入流量分布规律
- 何金钢,等 流体敏感性损害对页岩纳米孔的影响
- 樊洪海,等 不同流变模式钻井流体圆管层流压耗的通用精确算法
- 朱秀星,等 砂岩储层射孔压实伤害评价
- 许 明,等 考虑流固耦合效应的储层砂岩力学响应分析
- 李 军,等 差压热耦合反应精馏应用于乙酸甲酯水解研究
- 王艳松,等 基于蚁群算法的配电网谐波量测点优化配置