

文章编号: 1001-6112(2010)03-0223-04

# 东海西湖凹陷花港组 油气地质条件与油气分布规律

张银国<sup>1,2</sup>

(1. 国土资源部 海洋油气资源与环境地质重点实验室, 山东 青岛 266071;

2. 青岛海洋地质研究所, 山东 青岛 266071)

**摘要:** 西湖凹陷是目前东海陆架盆地突破相对较大的凹陷, 是一个具有较大勘探潜力的地区。西湖凹陷花港组具有较好的油气地质条件, 存在多个油气源, 以平湖组烃源岩为主, 储层条件较好, 发育区域性盖层。构造圈闭是西湖凹陷花港组的主要圈闭类型, 以滚动背斜和挤压背斜圈闭为主, 油气藏也主要为这 2 种类型。在对石油地质条件分析的基础上, 对花港组的油气分布规律进行了分析, 认为西部以油为主, 东部以气为主, 主要的油气分布于西湖凹陷中南部的局部构造较发育区。

**关键词:** 滚动背斜; 挤压背斜; 油气藏; 油气地质条件; 西湖凹陷; 中国东海

**中图分类号:** TE122.3

**文献标识码:** A

## PETROLEUM GEOLOGY AND HYDROCARBON DISTRIBUTION PATTERN OF HUAGANG FORMATION IN THE XIHU SAG OF THE EAST CHINA SEA

Zhang Yinguo<sup>1,2</sup>

(1. Key Laboratory of Marine Petroleum Resources and Environmental Geology, Ministry of Land and Resources, Qingdao, Shandong 266071, China; 2. Qingdao Institute of Marine Geology, Qingdao, Shandong 266071, China)

**Abstract:** The Xihu Sag with relatively great exploration breakthrough in the East China Sea shelf basin has a great exploration potential. Huagang Formation of the Xihu Sag holds good petroleum geology conditions, which has multiple hydrocarbon sources in which the main is Pinghu Formation, and good reservoirs and regional seals are well developed. Structural trap is the main trap type, such as rollover anticline and compression anticline trap, and oil-gas reservoirs are also belong to these two types. Based on the analysis of the petroleum geology and hydrocarbon distribution pattern of the Huagang Formation, it is considered that the western part mainly contains oil, while the eastern part mainly contains gas, and the main hydrocarbon distributes in the middle and southern part of the Xihu Sag in which the structure is more locally developed.

**Key words:** rollover anticline; compression anticline; oil-gas reservoir; petroleum geology conditions; Xihu Sag; East China Sea

### 1 区域地质背景

东海陆架盆地西湖凹陷西邻海礁隆起和渔山隆起, 东以钓鱼岛隆褶带为界, 北东走向(图 1), 面积约  $4.7 \times 10^4 \text{ km}^2$ 。总体上从西向东可划分为 5 个构造单元, 即西部斜坡带或斜坡断阶带、西次凹、中央反转带、东次凹和东部边缘断裂带。西湖凹陷是个东断西超的断陷盆地, 新生界地层主要发育古

新统(?)、始新统平湖组、渐新统花港组、中新统龙井组、玉泉组和柳浪组、上新统三潭组及第四系东海群, 沉积厚度约  $9 \sim 10 \text{ km}^{[1]}$ 。经历了断陷、拗陷和区域沉降 3 个阶段, 平湖组及其下部地层为断陷期沉积地层; 花港组—柳浪组为拗陷期沉积; 三潭组—东海组为整体沉降期沉积, 形成平湖组顶面和柳浪组顶面两个区域不整合界面, 代表 2 次以隆起为主, 局部挤压反转的构造事件。通过多年的研究

收稿日期: 2010-01-25; 修订日期: 2010-04-01。

作者简介: 张银国(1973—), 男, 硕士, 助理研究员, 从事石油地质和层序地层研究。E-mail: zygzhang@yahoo.com.cn。

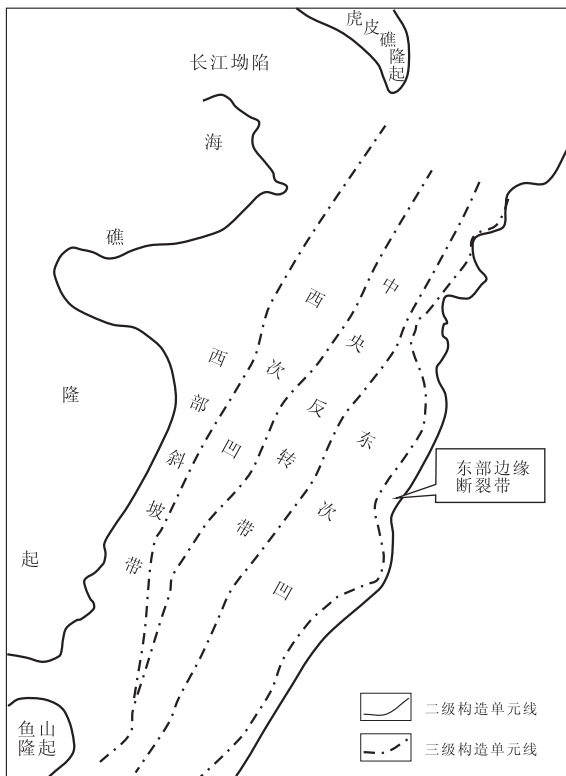


图 1 中国东海西湖凹陷构造区划

Fig. 1 Tectonic subdivisions of the Xihu Sag of the East China Sea

证明西湖凹陷具有较大的勘探前景。

## 2 油气地质条件

### 2.1 烃源岩

烃源岩作为石油、天然气的母源,在油气地质研究和油气勘探中占有相当重要的位置<sup>[2]</sup>。西湖凹陷花港组的油气主要存在 2 个来源,一是平湖组煤层和暗色泥岩,是西湖凹陷主力的烃源岩<sup>[3]</sup>;二是花港组自身深水相的暗色泥岩,前人研究认为可能存在古新统的烃源岩。平湖组为西湖凹陷断陷晚期构造抬升沉积的地层,主要为海退沉积,期间发生多次小规模的海侵,并且向上海侵规模逐渐减小,直至完全为海退沉积。根据前人古生物及矿化度分析,平湖组早中期以海湾沉积环境为主,晚期主要为海陆过渡沉积环境的沼泽和间或的湖泊沉积。平湖组暗色泥岩和煤层较为发育,是较有利的烃源岩。从目前钻井揭示的煤层看,西部斜坡带煤层比东部更为发育(图 2),尤其是 BYT1-WB1-LHT1-NB2-1-1 一带最为发育。平湖组中下段泥质岩有机碳含量较高,一般在 1.0% 左右,上段相对差,一般在 0.6%,而煤层有机碳含量普遍偏高,基本都大于 1.0%,高的可达 9.18%。暗色泥岩的有机显微组分总体特征是:镜质组为主要成

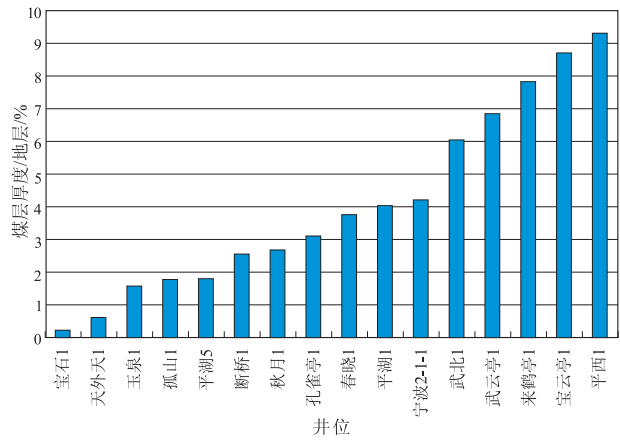


图 2 中国东海西湖凹陷平湖组探井煤层百分比

Fig. 2 The coal proportion in exploration wells, Pinghu Formation, the Xihu Sag of the East China Sea

分,类脂组是次要成分,腐泥组及惰质组含量普遍小于 1%<sup>[4]</sup>。平湖组的干酪根主要为 III 型,少部分 II 型,普遍达成熟,生油气潜力较大。平湖组源岩在渐新世末期即已进入成烃期,其排烃期为 25~5 Ma<sup>[5]</sup>。

花港组为经历断陷后的拗陷期沉积,为湖泊沉积。根据西湖凹陷钻井揭示的花港组有机碳含量分布看,大部分低于 0.6%,NB2-1-1 井相对较高,超过 1.0%,主要由于夹煤层的原因。此外 LJ1 井和 DH1 井有机碳含量相对较高,在 0.54%~0.85%,并见深灰色及黑色油页岩、页岩,为半深湖沉积。西湖凹陷花港组烃源岩总体上北部好于南部,原因在于凹陷中心的北移,沉积了半深湖相泥岩。花港组源岩进入主生烃期的时间较晚,大致在 15 Ma 左右,排烃主期自 10 Ma 左右开始,并一直延续至今<sup>[5]</sup>。

### 2.2 储层

长石岩屑砂岩、岩屑长石砂岩、长石石英砂岩、岩屑石英砂岩等 4 种过渡性砂岩的岩石类型构成西湖凹陷花港组砂岩的主体,并且占砂岩总数的 94%。储层砂岩碎屑大都具有中等以上的圆度,圆度级别为次棱—次圆以上的样品占全部样品的 90% 以上,同时不同构造单元样品的圆度也没有表现出实质性的差别。花港组的储集体类型主要为河流相、辫状河流三角洲相及砂坝砂体。孔隙类型主要为原生孔、粒间孔、次生孔,次生孔较为发育(表 1)。

花港组物性最好的地层分布在西部斜坡带(图 3),孔隙度平均值为 21.2%,渗透率平均值高达  $346.12 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ ;其次是东次凹(但该构造单元的样品只涉及了断桥一个次级构造单元),孔隙度平均值为 18.1%,渗透率平均值也达到  $262.19 \times$

表1 中国东海西湖凹陷花港组储层砂岩孔隙类型的构成

构造单元	面孔率/%						
	总面孔率	未分孔	原生孔和未分粒间孔	未分粒间孔	原生孔	已知次生孔	微孔和微裂隙
东次凹	12.26	0.04	3.68	2.01	1.67	8.55	0.00
西部斜坡	18.34	0.00	11.15	4.08	7.08	6.91	0.28
中央背斜	15.18	0.25	11.31	10.68	0.63	3.63	0.00
总计	14.70	0.20	9.91	9.00	0.91	4.57	0.01

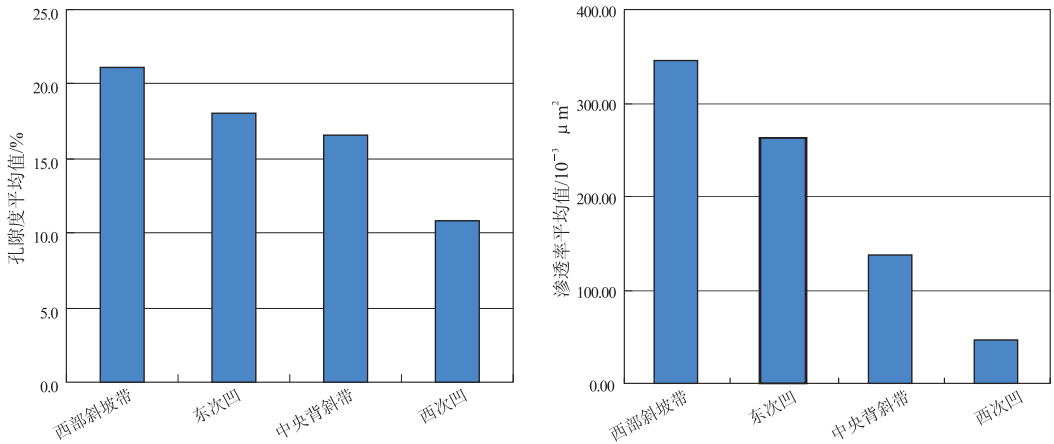


图3 中国东海西湖凹陷花港组不同构造单元的孔隙度、渗透率分布

Fig. 3 Porosity and permeability distribution histograms of Huagang Formation in the different tectonic units, the Xihu Sag of the East China Sea

$10^{-3} \mu\text{m}^2$ ; 浙东中央反转带的孔隙度稍低于东次凹, 但孔隙度平均值仍然接近 16.6%, 渗透率平均值为  $137.88 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ ; 西次凹是 4 个构造单元中物性最差的, 孔隙度平均值仅有 10.9%, 渗透率平均值只有  $46.85 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 。

在整个花港组下段和上段中, 浙东中央背斜带(含断桥区块)物性分布特征总体类似, 都显示出北部构造单元物性相对较差、南部构造单元物性较好的特征。这种南北物性的差异在花港组上段更为显著, 花港组下段和上段北部最差物性区块与南部最好物性区块的孔隙度比值分别为 11.4/23.4 和 4.3/17.5, 其原因可能有 2 个: 1) 花港组下段的数据量偏小, 其所反映的南北物性差异不显著的特征可能在一定程度上偏离真实地质事实; 2) 地质事实本身就是花港组下段层序南北物性差异不如花港组上段显著, 上段具有更大的南北物性差异与该时间间隔中成岩作用的某些差异有关。

### 2.3 盖层

目前, 盖层的分类较多, 从岩性来看, 主要分为 3 大类, 即泥页岩、蒸发岩和致密灰岩, 其中又以泥页岩为最主要盖层。在西湖凹陷花港组主要是泥

岩, 盖层的封闭机制主要是毛细管压差封盖、超压封盖和烃类浓度异常封盖 3 种, 其中毛细管压差封盖最为重要<sup>[6]</sup>。花港组沉积时期发生 2 次大规模的湖侵, 分别是花港组下段和上段, 从而形成两套区域性盖层, 地震上的反射也较为连续和稳定。根据钻井情况, 花港组上段比下段的泥岩更发育, 上段发育在最大湖泛面附近, 单层泥岩最厚可达 64 m, 下段可达 44 m。

通过对断桥 2 井花港组下段泥岩样品测试结果看, 盖层突破压力较大, 2 890.1 m 和 2 891 m 处泥岩突破压力分别为 15.61 MPa 和 23.69 MPa, 因而盖层封闭能力较好。

### 2.4 圈闭

目前西湖凹陷花港组钻遇的圈闭主要是构造圈闭, 由于花港组是超覆于平湖组之上, 局部地区发育地层圈闭, 在深水区可能发育浊积成因的岩性等类型的圈闭。西湖凹陷多期构造反转形成了多种类型的构造圈闭, 局部构造条件优越<sup>[7-9]</sup>, 其类型为滚动背斜、反转构造背斜型<sup>[10]</sup>, 多分布于西部斜坡带和中央背斜带。主体构造形成于渐新世, 定型于中新世末的龙井运动, 多处于生烃潜力区, 并位于烃类运

移通道之上,与烃类生、排、运、聚配置较好<sup>[11]</sup>。

### 3 油气分布规律

#### 3.1 油气藏模式

综合研究认为西湖凹陷花港组主要发育 2 种构造类型的油气藏模式,一是西部平湖构造的滚动背斜油气藏(图 4),二是中央反转构造带的反转背斜油气藏(图 5)。2 种油气藏的油气都主要来自于下伏的平湖组烃源岩,其次是自身的烃源岩,前者断层、不整合面及砂体为油气运移的通道,后者断层和连通砂岩为油气运移的通道。西部斜坡带平湖组烃源岩目前仍处于生油窗内,尚未进入成气带<sup>[12]</sup>。平湖区块主要为油层,天外天区块平湖组烃源岩埋藏较深,成熟度较高,花港组以产气为主。

#### 3.2 油气分布规律

花港组沉积时期为拗陷早期,为湖相沉积,砂岩较为发育,砂岩单层厚度也较大,叠置的频率较高,并且物性条件较好,为中孔中渗和高孔高渗。

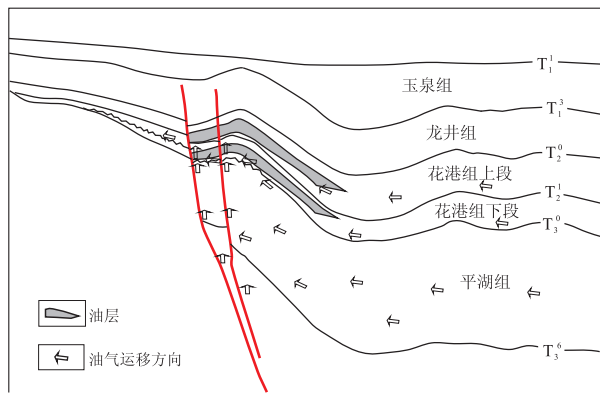


图 4 中国东海西湖凹陷平湖区块花港组油藏模式

Fig. 4 Reservoir model of Huagang Formation, Pinghu block of the Xihu Sag of the East China Sea

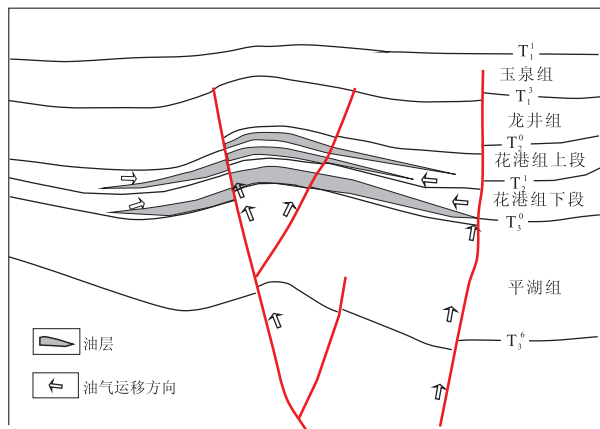


图 5 中国东海西湖凹陷天外天区块花港组油藏模式

Fig. 5 Reservoir model of Huagang Formation, Tianwaitian block of the Xihu Sag of the East China Sea

根据现有钻井的含油气分布,具有较好油气砂层的钻井大部分都受到构造的控制,具有一定的构造闭合高度,从而形成一定的圈闭,并且有断层发育,成为与平湖组油气源连接的通道。对比 BYT1 井区和 BSH1 井区就可以得到很好的证实,这 2 个区域砂岩都较为发育,储集物性也较好,花港组下段盖层条件相对较差,主要为局部性盖层;花港组上段尽管盖层较好,但构造不发育,为缓坡形背景,油气很容易因砂体侧向连通而散失,因此无油气砂层。

西湖凹陷花港组的油气分布呈西油东气的特点。油气主要分布于西部斜坡中段的平湖地区及其靠南的构造发育带,西部斜坡的南段和北段相对较差,局部的微幅度构造相对较有利,此外在斜坡地区花港组下段可能发育地层超覆型油气藏。东部主要分布于中央反转带的挤压背斜地区,而且以中南部为主,北部相对较差,原因可能是物性条件相对较差及后期龙井运动的强烈改造。此外中央反转带与西部斜坡之间的低幅度挤压背斜也是有利的区域,其油源一方面来自于平湖组,另一方面来源于临近地区花港组的烃源岩。西湖凹陷花港组在北部发育浅湖一半深湖相,可能发育浊积扇砂体,直接被烃源岩包围,形成岩性油气藏。目前地震资料还满足不了这一勘探要求,因此对于浊积扇岩性油气藏有待于进一步勘探。

### 4 结论

1) 西湖凹陷花港组石油地质条件较好,为油气成藏奠定了基础。花港组存在多油气源,以下伏平湖组烃源岩为主,自身为辅;储集条件是南部好于北部,西部好于东部;发育区域性盖层,上段好于下段;圈闭以构造型为主,主要是滚动背斜和挤压背斜。

2) 西湖凹陷油气主要分布在中南部地区,西部多以滚动背斜式油气藏为主,东部多以挤压背斜型油气藏为主,北部可能存在岩性油气藏的分布。

#### 参考文献:

[1] 陈志勇,葛和平. 西湖凹陷反转构造与油气聚集[J]. 中国海上油气(地质),2003,17(1):20-24.  
 [2] 侯志杰,张善文. 济阳拗陷优质烃源岩特征与隐蔽油气藏的关系分析[J]. 地质学前沿,2008,15(2):137-146.  
 [3] 全志刚,贺清,何仕斌,等. 东海西湖凹陷地温场及其对烃源岩的作用[J]. 石油实验地质,2009,31(5):466-471.  
 [4] 孙伯强. 东海西湖凹陷烃源岩有机相研究[J]. 海洋石油,2001(2):7-13.  
 [5] 叶加仁,顾惠荣. 东海西湖凹陷浙东中央背斜带烃源岩生排烃史研究[J]. 海洋地质与第四纪地质,2001,21(3):75-80.

的沉淀,从而使相当一部分原生剩余粒间孔隙得以保存,使得砂岩中粘土含量与其孔隙度呈弱的正相关性(图 4)。这是由于绿泥石衬边较薄,使孔喉堵塞造成的孔隙度丧失远远小于由于绿泥石衬边的形成,从而抑制了次生石英加大及部分方解石胶结物的形成而保存的残余粒间孔隙。

## 5 结论

1)长 6 段储层岩石类型主要为细粒—粉细粒长石质岩屑砂岩和岩屑质长石砂岩;岩石具有成分成熟度较低、结构成熟度中等的特点。

2)长 6 段储层砂岩经历了较强的压实作用,砂岩中原生孔隙大量丧失;长石碎屑等常发生明显的溶蚀作用,次生孔隙比较发育。此外,砂岩也经历了后期的胶结作用和破裂作用。

3)砂岩储集层的成岩序列为:早期粘土膜形成→机械压实→石英次生加大→方解石沉淀→长石颗粒、方解石胶结物溶蚀→方解石沉淀→方解石溶蚀→晚期铁白云石充填,砂岩储层处于中成岩 B 期。

4)机械压实作用和碳酸盐胶结作用是储层物性变差的重要原因,溶蚀作用和破裂作用对物性的改善起到建设性作用,而粘土矿物中的胶结作用,由于绿泥石薄膜的发育,使得孔隙度有变好的趋势,但由于粘土矿物堵塞了孔隙吼道,使得渗透率变差。

### 参考文献:

[1] 刘林玉,王震亮,张龙,等. 鄂尔多斯盆地镇北地区长 3 砂岩的成岩作用及其对储层的影响[J]. 沉积学报,2006,24(5): 690—696.  
 [2] 孙肇才. 打回老家去——记鄂尔多斯盆地找油(气)的一段历史[J]. 石油实验地质,2009,31(3):207—215.

[3] 郝世彦,李旦. 志丹油田义正区三叠系延长组长 6 石油地质特征[J]. 西北地质,2005,38(4):94—110.  
 [4] 郑荣才,文华国,韩永林,等. 鄂尔多斯盆地白豹地区长 6 油层组湖底滑塌浊积扇沉积特征及其研究意义[J]. 成都理工大学学报(自然科学版),2006,33(6):566—575.  
 [5] 郑荣才,王昌勇,李虹,等. 鄂尔多斯盆地白豹—华池地区长 6 油层组物源区分析[J]. 岩性油气藏,2007,19(1):32—38.  
 [6] 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.  
 [7] 张路崎,陈恭洋. 白豹—坪庄地区延长组长 6 储层成岩作用研究[J]. 岩性油气藏,2009,21(1):75—82.  
 [8] 刘伟新,王延斌,张文涛,等. 鄂尔多斯大牛地气田上古生界储层成岩作用与产能关系研究[J]. 石油实验地质,2008,30(6):557—563.  
 [9] 李红,柳益群,刘林玉. 鄂尔多斯盆地西峰油田延长组长 8—1 低渗透储层成岩作用[J]. 石油与天然气地质,2006,27(2):209—217.  
 [10] 刘林玉,陈刚,柳益群,等. 碎屑岩储集层溶蚀型次生孔隙发育的影响因素分析[J]. 沉积学报,1998,16(2): 97—101.  
 [11] 黄思静,武文慧,刘洁,等. 大气水在碎屑岩次生孔隙形成中的作用;以鄂尔多斯盆地延长组为例[J]. 地球科学:中国地质大学学报,2003,28(4):419—424.  
 [12] 裘怿楠,薛叔浩. 油气储层评价技术[M]. 北京:石油工业出版社,1994:59—64,290.  
 [13] 裘怿楠,薛叔浩,应凤祥. 中国陆相油气储集层[M]. 北京:石油工业出版社,1997:149—217.  
 [14] ALAA M, SALEM S, MORAD S, et al. Diagenesis and reservoir— quality evolution of fluvial sandstones during progressive burial and uplift: evidence from the Upper Jurassic Boipeba Member, Reconcavo Basin, Northeastern Brazil[J]. AAPG Bulletin,2000,84(7):1015—1040.  
 [15] 罗静兰,张晓莉,张云翔,等. 成岩作用对河流—三角洲相砂岩储层物性演化的影响[J]. 沉积学报,2001,19(4): 541—547.

(编辑 徐文明)

(上接第 226 页)

[6] 叶加仁,顾惠荣,贾健谊. 东海西湖凹陷油气地质条件及其勘探潜力[J]. 海洋地质与第四纪地质,2008,28(4):111—116.  
 [7] 顾惠荣,叶加仁,郝芳. 东海西湖凹陷平湖构造带油气分布规律[J]. 石油与天然气地质,2005,26(1):104—108.  
 [8] 何将启,梁世友,陈拥锋,等. 海盆地西湖凹陷新生代构造演化对油气的控制作用[J]. 石油实验地质,2008,30(3):221—226.  
 [9] 姜亮. 东海陆架盆地油气资源勘探现状及含油气远景[J].

中国海上油气(地质),2003,17(1):1—5.  
 [10] 田海芹. 西湖凹陷含油气系统研究[J]. 石油大学学报(自然科学版),2000,24(1):38—43.  
 [11] 赵艳秋. 东海西湖凹陷油气成藏地质认识[J]. 海洋地质动态,2003,19(5):20—24.  
 [12] 叶加仁,顾惠荣,贾健谊. 东海陆架盆地西湖凹陷油气成藏动力学[J]. 天然气工业,2005,25(12):5—8.

(编辑 黄 娟)