

东海盆地西湖凹陷中一下始新统宝石组沉积特征

张喜林

(中海油研究总院,北京 100027)

摘要:西湖凹陷位于东海盆地东部,是中国海上重要的油气生产区之一。2001 年钻探的 Y1 井,在西湖凹陷主力油气层之下钻遇了一套厚 360 m、以泥质岩为主的中一下始新统地层,命名为宝石组。宝石组沉积于西湖凹陷断陷初期。根据岩芯、测井、录井、古生物等资料,分析 Y1 井宝石组沉积背景,并通过地震相及井-震结合分析,确定西湖凹陷宝石组的平面沉积展布。结果表明:西湖凹陷宝石组为近海湖泊沉积背景,发育河流、三角洲、滨浅湖、半深湖、扇三角洲等沉积相类型;河流相发育于西斜坡北部,表现为低连续变振幅亚平行席状地震相;三角洲相发育于西斜坡及其与中央深洼带的过渡带,表现为楔状或充填状的前积地震相;扇三角洲相发育于凹陷东部断坡带,表现为杂乱楔状地震相;滨浅湖相发育于凹陷大部分地区,主要为中一下连续中振幅平行—亚平行席状地震相;半深湖相发育于中央深洼带部分地区,地震剖面上为连续性较好、振幅较强的席状反射。通过地震剖面的构造-沉积充填分析,西湖凹陷宝石组发育水下高地型和半地堑型两种沉积充填样式。

关键词:沉积相;地震相;泥质岩;始新统;宝石组;西湖凹陷;东海盆地

中图分类号:P618.13;TE121.3⁺4

文献标志码:A

Sedimentary Characteristics of Baoshi Formation of Lower-Middle Eocene in Xihu Sag of East China Sea Basin

ZHANG Xi-lin

(CNOOC Research Institute, Beijing 100027, China)

Abstract: Xihu Sag is located in the eastern of East China Sea Basin, and is one of the important petroleum production areas in offshore of China. A pelite-prone section of Lower-Middle Eocene under the main hydrocarbon reservoirs in Xihu Sag was drilled from well Y1 in 2001. The thickness of the section was 360 m and was named as Baoshi Formation, which was developed in the initial stage of the faulting period of Xihu Sag. Based on the data of core, logging, paleontology and seismic, the sedimentary settings and distribution of Baoshi Formation in Xihu Sag from well Y1 were analyzed. The results show that the sedimentary setting of Baoshi Formation in Xihu Sag is paralic lacustrine; the sedimentary facies including fluvial, delta, shore-shallow, half-deep lacustrine, fan delta, etc., develop in Baoshi Formation; fluvial facies develops in the northern of the west slope, and is characterized by lower continuity, varying amplitude, sub-parallel sheet-like seismic facies; delta facies develops in the west slope and the transition zone of the west slope and the central deep sub-sag belt, and is characterized by wedge-like or filling foreset seismic facies; fan delta facies develops in the eastern steep slope of Xihu Sag, and is characterized by clutter wedge-like seismic facies; shore-shallow lacustrine facies

收稿日期:2013-10-28

基金项目:国家科技重大专项项目(2011ZX05023-001)

作者简介:张喜林(1972-),男,河南济源人,高级工程师,理学博士,E-mail:zhangxl4@cnooc.com.cn。

develops in most parts of Xihu Sag, and is characterized by middle-good continuity, middle amplitude and parallel to sub-parallel sheet-like seismic facies; half-deep lacustrine facies develops in the central deep sub-sag belt, and is characterized by good continuity and high amplitude sheet-like seismic facies. Based on the structure-sedimentary filling analysis of seismic profiles, two types of depositional filling styles including underwater-height and half-graben develop in Baoshi Formation of Xihu Sag.

Key words: sedimentary facies; seismic facies; pelite; Eocene; Baoshi Formation; Xihu Sag; East China Sea Basin

0 引言

东海盆地是中国海域最大的含油气盆地,其中西湖凹陷则是中国海域重要的油气生产区^[1-3]。截至目前,西湖凹陷的油气勘探开发主要集中于中—上始新统平湖组和渐新统花港组,其中平湖组煤系是公认的东海盆地最重要的烃源岩^[4-11]。前人研究认为西湖凹陷部分油气成熟度偏高,因此,推测这部分油气来源于平湖组之下的地层^[12]。

2001 年在西湖凹陷西斜坡南段宝石构造主高点钻探的 Y1 井揭示:井深 3 447 m 至井底(3 806.5 m),近 360 m 厚的地层以泥质岩为主,与上覆的平湖组砂泥岩互层的地层在岩性上截然不同^[13-15];井深 3 447 m 上下电测曲线特征也明显不同,其上为箱状—指状,其下为微齿状;古生物面貌也有所不同,经古生物分析,新钻遇地层为中—下始新统^[13-15],据此将井深 3 447 m 以下的地层划分为宝石组。Y1 井宝石组泥质含量很高,但地球化学分析表明有机质含量并不高。鉴于 Y1 井处于凹陷斜坡部位,在凹陷中央是否存在更为有利的生烃环境,成为学者关心的问题。前人做过沉积环境和油气勘探潜力的分析^[13-15],但对宝石组的沉积相研究比较薄弱。基于此,笔者根据岩芯、测井、录井、古生物等资料,分析 Y1 井宝石组的沉积背景,并通过地震相及井—震结合分析,确定西湖凹陷宝石组的平面沉积展布。

1 地质背景

西湖凹陷位于东海盆地东部,大陆架东缘水深 100 m 附近,面积为 $4.27 \times 10^4 \text{ km}^2$,其东侧为钓鱼岛隆褶带,西侧为中部隆起带(图 1)。中部隆起带由北向南依次为虎皮礁隆起、海礁隆起和渔山隆起,隆起之间分别以鞍部与长江凹陷、钱塘凹陷过渡。西湖凹陷内部自西向东可以划分为 3 个带,即西部斜坡带、中央洼陷—反转带和东部断坡带,在地形上具有东部陡、西部缓的特征。

西湖凹陷是中国海域最大最深的凹陷之一,新

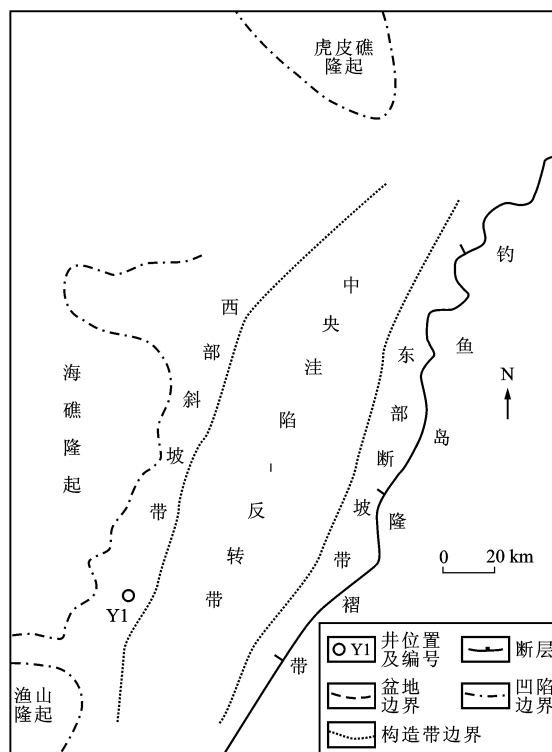


图 1 西湖凹陷构造单元划分

Fig. 1 Tectonic Division of Xihu Sag

生界沉积了厚度超过 10 000 m 的碎屑岩,从下往上依次发育始新统宝石组、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。西湖凹陷新生代以来经历了 6 次较大的构造运动,其中白垩纪末的基隆运动、始新世末的玉泉运动和中新世末的龙井运动形成了广泛的区域不整合。西湖凹陷可以分为断陷、拗陷、区域沉降 3 个演化阶段(表 1),依次发育充填、超覆、披盖式沉积样式,构成东海盆地下部断陷型、上部拗陷型的典型盆地结构^[16-17]。宝石组沉积于西湖凹陷断陷早期。

2 古生物分析

Y1 井宝石组孢粉组合以海金沙科、松科、杉科、胡桃科和榆科为主,反映该沉积期为较湿润的亚热

表 1 西湖凹陷地层及构造演化

Tab. 1 Stratigraphy and Tectonic Evolution of Xihu Sag

系	统	组	构造运动	构造演化
第四系		东海群	龙井运动	区域沉降
新近系	上新统	三潭组		拗陷
	中新统	柳浪组		
		玉泉组		
		龙井组		
古近系	渐新统	花港组	玉泉运动	断陷
	始新统	平湖组		
			宝石组	
白垩系		八角亭组		火山岩基底

注:“~”表示不整合面。

带气候。宝石组上部孢粉化石较为丰富,孢粉植物和孢粉屑均指示其为陆相沉积;下部孢粉稀少,孢粉屑主要以草质体为主,亦表明其为陆相沉积。

宝石组发现了稀少的海相沟鞭藻、钙质超微化石和有孔虫,但它们的丰度和分异度都很低。沟鞭藻在宝石组只在顶部有零星出现,可能是上覆地层的掉落污染所致,不具有环境指示意义。钙质超微化石分布不连续,除个别属种较多外,其他化石零星分布或相当罕见,标本溶蚀和增生现象非常普遍,表明化石可能经历了搬运、改造、再沉积的过程,属再沉积产物。有孔虫只在 4 个样品中有发现,介形虫仅一个层位见一个幼虫,环境意义不大,可能指示有短暂的海侵影响^[13-15]。

根据宝石组中与海相相关的古生物分布情况和特点,它们均表现为丰度低、分异度低,不符合海相沉积的特点。综上所述,笔者判断宝石组为陆相沉积,但不排除偶有海侵的影响。

3 钻井沉积特征分析

笔者在 Y1 井井底取到了一次宝石组岩芯,深度为 3 803.0~3 806.5 m。Y1 井的岩芯和录井资料都显示,宝石组岩性以灰色、深灰色泥岩,灰色粉砂质泥岩,含灰质粉砂质泥岩及夹薄层浅灰色含灰质泥质粉砂岩为主。其总体特征为大套的泥质岩,其中泥岩累计视厚为 342 m,占本段总视厚的 95.3%,粉砂质泥岩普遍含灰质。粉砂岩一般含灰质和泥质,为致密薄层。岩芯中泥岩以块状为主,部分层段生物强烈扰动,泥岩中夹粉砂条带,见少量植物碎片,微炭化,局部见虫孔。粉砂岩以水平层理为主,也有微波状层理,虫孔非常发育,虫孔无衬壁,表明沉积环境非常稳定,水动力不强,水体不深(图 2)。

自然伽马曲线为微齿状,变化幅度较小,电阻率曲线较稳定、齿化,反映了较稳定的沉积环境。



(a) 水平层理粉砂岩,见虫孔及生物扰动,深度为3 805.0 m



(b) 微波状层理生物扰动粉砂岩夹泥质条带,深度为3 805.5 m

图 2 Y1 井宝石组沉积岩的结构构造照片

Fig. 2 Photos for Structure of Sedimentary Rock of Baoshi Formation in Well Y1

综合分析认为:宝石组整体颜色较深,反映偏还原环境;沉积构造反映弱的水动力;虫孔发育表明水体富营养,水体较安静,水动力不强。结合古生物资料的沉积环境分析结果,Y1 井宝石组为近海湖泊环境,可能偶有海侵作用的发生。

4 地震相分析

西湖凹陷仅有 Y1 井钻遇了宝石组,因此,宝石组的平面沉积相主要依据地震相转换而来。宝石组最大厚度近 3 000 m,底界最大埋深近 7 000 m,西湖凹陷大部分地震测线响应深度不够。主测线中,只有 06y 和 93y 两批测线能够达到宝石组底界。笔者主要利用这两批测线对宝石组进行了地震相和沉积充填分析。

本次地震相分析主要根据地震反射的外部几何形态和内部反射结构,结合振幅、连续性、频率等特征来进行的,最后对地震资料进行沉积解释和地震相到沉积相的转换^[18-27]。

(1)低连续变振幅亚平行席状地震相分布于西斜坡的北部。低连续性和强弱多变的振幅反映沉积环境不稳定和高能量,解释为高能富砂的河流相沉积。

(2)前积地震相[图 3(a)]分布于西斜坡与中央深洼带的过渡带,外形主要为楔状或充填状,振幅中等。前积相是地震剖面上最容易识别的、环境意义最明显的地震相类型之一,反映陆源沉积物向盆地的推进,解释为三角洲沉积。

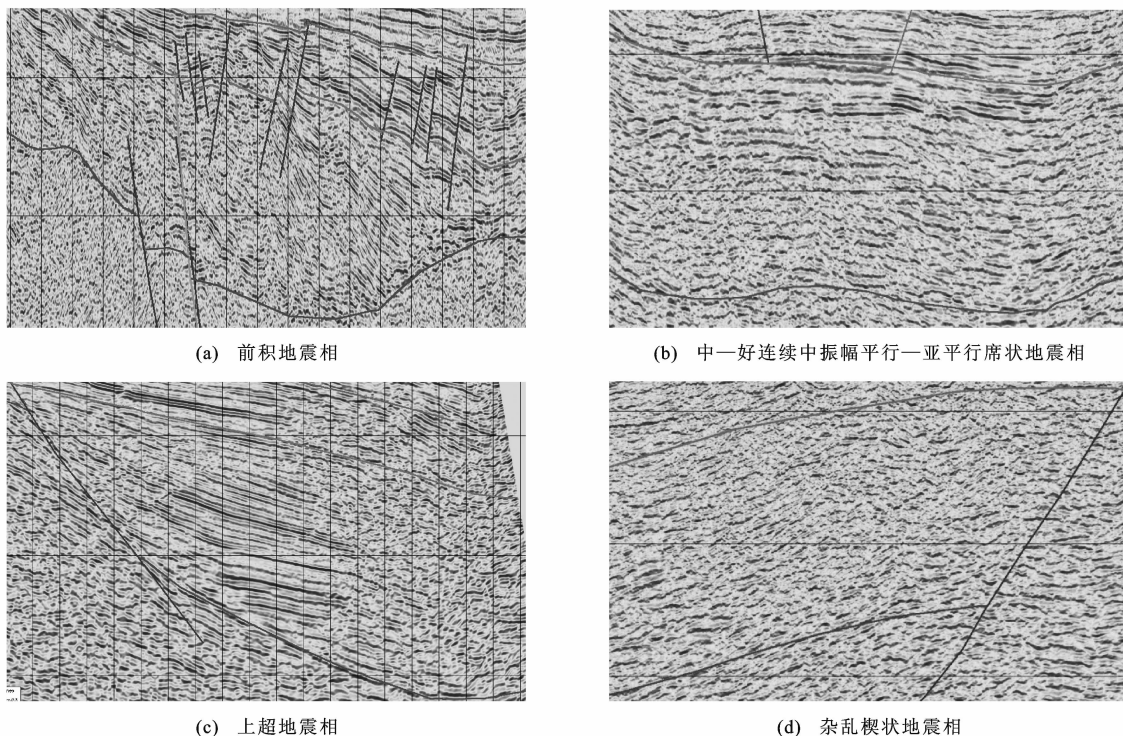


图3 西湖凹陷宝石组地震相类型

Fig. 3 Types of Seismic Facies of Baoshi Formation in Xihu Sag

(3)中—好连续中振幅平行—亚平行席状地震相[图 3(b)]分布于凹陷大部分地区。较好的连续性反映较稳定、能量较低的沉积环境,可解释为中低能量富泥的滨浅湖相沉积。值得注意的是,在凹陷中央深洼带部分地区,这种席状反射的连续性较好、振幅较强,反映稳定的沉积环境,解释为半深湖沉积。

(4)上超地震相[图 3(c)]分布于西斜坡与凹陷中央过渡带,振幅中等,连续性较好,反映沉积范围的不断扩大,解释为滨浅湖沉积。

(5)杂乱楔状地震相[图 3(d)]外形主要为楔状,分布于凹陷东部断坡带。内部反射结构不规则、不连续,振幅多变,同相轴难以追踪,反映强而不稳定的沉积环境,解释为反映近源快速堆积的扇三角洲沉积^[28-30]。

5 沉积相与沉积充填模式

综合古生物、钻井、地震等分析结果,参考宝石组等厚图等资料,将地震相平面图转换为沉积相平面图(图 4)。

河流相分布于西湖凹陷西北部;西斜坡南、北部各发育一处三角洲;凹陷东部断坡带发育两处扇三角洲;凹陷大部分地区为滨浅湖覆盖;在凹陷北部及凹陷中南部发现 2 个沉积中心,发育半深湖相。

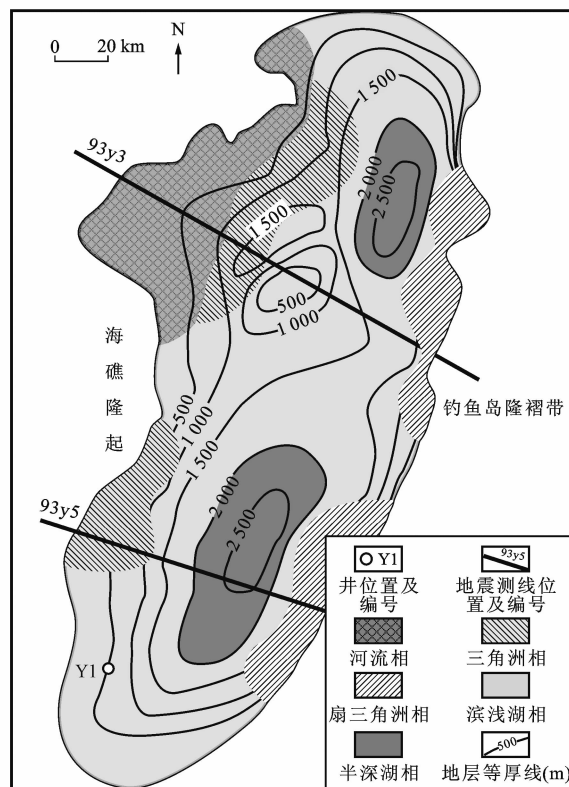


图4 西湖凹陷宝石组沉积相分布

Fig. 4 Distribution of Sedimentary Facies of Baoshi Formation in Xihu Sag

通过西湖凹陷主测线地震剖面构造-沉积充填

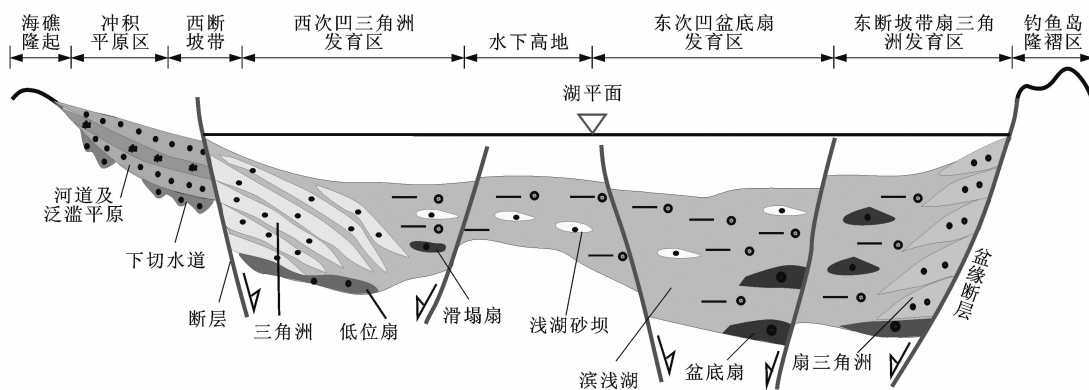


图5 西湖凹陷宝石组水下高地型沉积充填样式

Fig. 5 Underwater-height Depositional Filling Style of Baoshi Formation in Xihu Sag

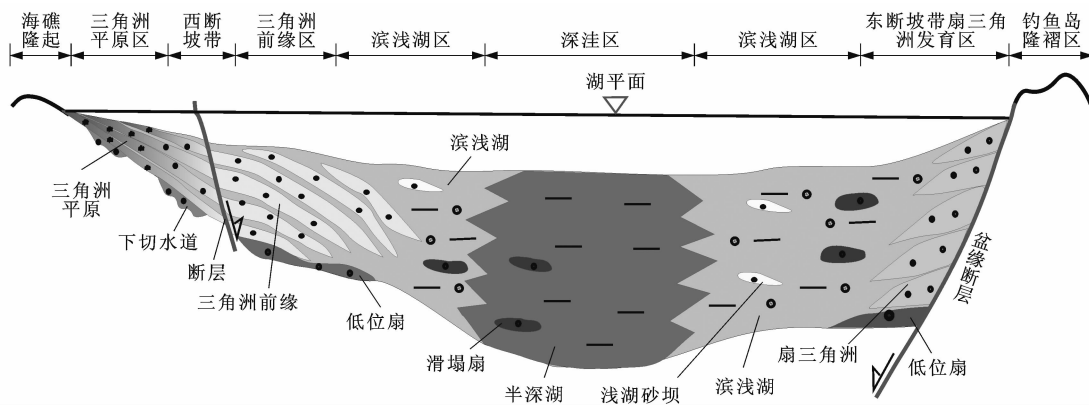


图6 西湖凹陷宝石组半地堑型沉积充填样式

Fig. 6 Half-graben Depositional Filling Style of Baoshi Formation in Xihu Sag

分析,发现凹陷北部以93y3测线为代表的地区在凹陷中央有一个水下高地,据此提出宝石组水下高地型沉积充填样式(图5);西部发育河流-三角洲及滑塌浊积扇,东部发育扇三角洲及盆底扇,局部高地上发育浅湖滩坝。凹陷南部以93y5和93y6测线为代表,发育半地堑型沉积充填样式(图6):西侧发育正常三角洲,东侧发育扇三角洲,凹陷中央推测发育一定规模的半深湖。

6 结 语

(1)沉积环境和沉积相的判定决定着宝石组的勘探潜力评价。通过古生物分析,Y1井宝石组为陆相沉积,不排除偶有海侵的影响。

(2)钻井、测井等资料表明宝石组沉积环境非常稳定,水体不深,综合分析为近海湖泊相。地震反射整体较为稳定,表明一个稳定、开阔的沉积水体。其南、北两个沉积中心地震反射特征显示其为稳定的沉积环境,推测为半深湖,预示着宝石组具有潜在的勘探潜力。

(3)鉴于宝石组埋藏较深,仅有一口井钻遇,现

有资料满足不了进一步精细沉积相的研究。建议下一步改善地震采集与处理质量,加强深井钻探,以获得更丰富详实的资料,满足宝石组油气地质研究需要,为东海盆地西湖凹陷油气勘探服务。

参考文献:

References:

- [1] 钱门辉,侯读杰,蒋启贵,等. 西湖凹陷煤系烃源岩显微组分组成特征及地质意义[J]. 石油实验地质, 2012,34(2):182-185.
QIAN Men-hui, HOU Du-jie, JIANG Qi-gui, et al. Features and Geologic Significance of Maceral Composition of Coal-bearing Source Rocks in Xihu Sag[J]. Petroleum Geology and Experiment, 2012,34(2):182-185.
- [2] 全志刚,赵志刚,杨树春,等. 低勘探程度盆地烃源岩热演化及排烃史研究:以东海椒江凹陷为例[J]. 石油实验地质, 2012,34(3):319-324,329.
TONG Zhi-gang, ZHAO Zhi-gang, YANG Shu-chun, et al. Research on Thermal Evolution and Hydrocarbon Expulsion History of Source Rocks in Low-exploration Basins: A Case Study on Jiaojiang Sag, East China Sea Basin[J]. Petroleum Geology and Ex-

- periment, 2012, 34(3): 319-324, 329.
- [3] 张海涛, 朱炎铭. 中国近海新生代含油气盆地成煤特征[J]. 新疆石油地质, 2013, 34(5): 519-523.
ZHANG Hai-tao, ZHU Yan-ming. Coal-forming Characteristics of Cenozoic Petroliferous Basins in Offshore China [J]. Xinjiang Petroleum Geology, 2013, 34(5): 519-523.
- [4] 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.
JIANG Liang. Exploration Status and Perspective of Petroleum Resources in East China Sea Shelf Basin [J]. China Offshore Oil and Gas: Geology, 2003, 17(1): 1-5.
- [5] 杨彩虹, 曾广东, 李上卿, 等. 东海西湖凹陷平北地区断裂发育特征与油气聚集[J]. 石油实验地质, 2014, 36(1): 64-69, 82.
YANG Cai-hong, ZENG Guang-dong, LI Shang-qing, et al. Fault Development Characteristics and Hydrocarbon Accumulation in Pingbei Area of Xihu Sag, East China Sea [J]. Petroleum Geology and Experiment, 2014, 36(1): 64-69, 82.
- [6] 张绍亮, 秦兰芝, 余逸凡, 等. 西湖凹陷渐新统花港组下段沉积相特征及模式[J]. 石油地质与工程, 2014, 28(2): 5-8.
ZHANG Shao-liang, QIN Lan-zhi, YU Yi-fan, et al. Sedimentary Facies Characteristics and Its Mode of Lower Member of Oligocene Huagang Formation in Xihu Sag [J]. Petroleum Geology and Engineering, 2014, 28(2): 5-8.
- [7] 王文娟, 张银国, 张建培. 东海盆地西湖凹陷渐新统花港组地震相特征及沉积相分布[J]. 海相油气地质, 2014, 19(1): 60-68.
WANG Wen-juan, ZHANG Yin-guo, ZHANG Jian-pei. Seismic Facies Features and Sedimentary Facies Distribution of Oligocene Huagang Formation in Xihu Sag, East China Sea Basin [J]. Marine Origin Petroleum Geology, 2014, 19(1): 60-68.
- [8] 苏奥, 陈红汉, 王存武, 等. 东海盆地西湖凹陷油气成因及成熟度判别[J]. 石油勘探与开发, 2013, 40(5): 521-527.
SU Ao, CHEN Hong-han, WANG Cun-wu, et al. Genesis and Maturity Identification of Oil and Gas in the Xihu Sag, East China Sea Basin [J]. Petroleum Exploration and Development, 2013, 40(5): 521-527.
- [9] 杨彩虹, 高兆红, 蒋一鸣, 等. 西湖凹陷平湖斜坡带始新统平湖组碎屑沉积体系再认识[J]. 石油天然气学报, 2013, 35(9): 11-14.
YANG Cai-hong, GAO Zhao-hong, JIANG Yi-ming, et al. Reunderstanding of Clastic Rock Sedimentary Facies of Eocene Pinghu Formation in Pinghu Slope of Xihu Sag [J]. Journal of Oil and Gas Technology, 2013, 35(9): 11-14.
- [10] 雷闯, 叶加仁, 吴景富, 等. 低勘探程度盆地成藏动力学过程: 以西湖凹陷中部地区为例[J]. 地球科学, 2014, 39(7): 837-847.
LEI Chuang, YE Jia-ren, WU Jing-fu, et al. Dynamic Process of Hydrocarbon Accumulation in Low-exploration Basins: A Case Study of Xihu Depression [J]. Earth Science, 2014, 39(7): 837-847.
- [11] 谢国梁, 沈玉林, 赵志刚, 等. 西湖凹陷平北地区泥岩地球化学特征及其地质意义[J]. 地球化学, 2013, 42(6): 599-610.
XIE Guo-liang, SHEN Yu-lin, ZHAO Zhi-gang, et al. Distribution Characteristic and Geological Significance of Rare Earth and Trace Elements of Mudstone of Pingbei Area in Xihu Depression [J]. Geochimica, 2013, 42(6): 599-610.
- [12] 傅宁, 李友川, 陈桂华, 等. 东海西湖凹陷油气“蒸发分馏”成藏机制[J]. 石油勘探与开发, 2003, 30(2): 39-42.
FU Ning, LI You-chuan, CHEN Gui-hua, et al. Pooling Mechanisms of “Evaporating Fractionation” of Oil and Gas in the Xihu Depression, East China Sea [J]. Petroleum Exploration and Development, 2003, 30(2): 39-42.
- [13] 李纯洁, 李上卿, 许红. 西湖凹陷中一下始新统宝石组油气地质与勘探潜力[J]. 海洋地质与第四纪地质, 2004, 24(4): 81-87.
LI Chun-jie, LI Shang-qing, XU Hong. Petroleum Geologic Characteristics and Exploration Potential of Middle-Lower Eocene Baoshi Formation in the Xihu Sag [J]. Marine Geology and Quaternary Geology, 2004, 24(4): 81-87.
- [14] 顾惠荣, 陈琳琳. 东海陆架西湖凹陷宝石一井深层微体化石及地层意义[J]. 古生物学报, 2003, 42(4): 620-623.
GU Hui-rong, CHEN Lin-lin. Microfossils and Chronostratigraphy of the Deep Beds in the Well Baoshi 1# from Xihu Sag, The East China Sea [J]. Acta Palaeontologica Sinica, 2003, 42(4): 620-623.
- [15] 李纯洁, 张清胜, 孟其林. 东海宝石一井第三纪地层层序及沉积环境浅析[J]. 海洋石油, 2002(4): 14-23.
LI Chun-jie, ZHANG Qing-sheng, MENG Qi-lin. Preliminary Research of Stratigraphic Sequence and Paleosedimentary Environments of Tertiary System of Baoshi-1 Well in the East China Sea [J]. Offshore Oil, 2002(4): 14-23.

- [16] 冯晓杰,蔡东升,王春修,等. 东海陆架盆地中生代构造演化特征[J]. 中国海上油气:地质,2003,17(1):33-37.
FENG Xiao-jie, CAI Dong-sheng, WANG Chun-xiu, et al. The Meso-Cenozoic Tectonic Evolution in East China Sea Shelf Basin[J]. China Offshore Oil and Gas:Geology,2003,17(1):33-37.
- [17] 熊斌辉,张喜林,张锦伟,等. 西湖凹陷油气成藏的主控因素[J]. 海洋石油,2008,28(2):14-24.
XIONG Bin-hui, ZHANG Xi-lin, ZHANG Jin-wei, et al. The Key Factor Controlling Hydrocarbon Accumulation in Xihu Depression[J]. Offshore Oil, 2008, 28(2):14-24.
- [18] 朱红涛,杨香华,周心怀,等. 基于地震资料的陆相湖盆物源通道特征分析:以渤中凹陷西斜坡东营组为例[J]. 地球科学,2013,38(1):121-129.
ZHU Hong-tao, YANG Xiang-hua, ZHOU Xin-huai, et al. Sediment Transport Pathway Characteristics of Continental Lacustrine Basins Based on 3-D Seismic Data: An Example from Dongying Formation of Western Slope of Bozhong Sag[J]. Earth Science, 2013, 38(1):121-129.
- [19] 袁秉衡,徐礼贵,康南昌,等. 石油地震地质学及相关技术进展[J]. 石油学报,2013,34(3):580-590.
YUAN Bing-heng, XU Li-gui, KANG Nan-chang, et al. Related Technical Advances in Petroleum Seismogeology[J]. Acta Petrolei Sinica, 2013, 34(3):580-590.
- [20] 张玺华,陈洪德,侯明才,等. 四川盆地西部新场地区须家河组四段9砂组地震沉积学[J]. 石油与天然气地质,2013,34(1):95-101.
ZHANG Xi-hua, CHEN Hong-de, HOU Ming-cai, et al. Seismic Sedimentology of the 9th Sand Group in the 4th Member of the Triassic Xujiahe Formation in Xinchang Area of the Western Sichuan Basin[J]. Oil and Gas Geology, 2013, 34(1):95-101.
- [21] 陈恭洋,陈玲,朱洁琼,等. 地震属性分析在河流相储层预测中的应用[J]. 西南石油大学学报:自然科学版,2012,34(3):1-8.
CHEN Gong-yang, CHEN Ling, ZHU Jie-qiong, et al. Application of Seismic Attributes Analysis Fluvial Reservoir to Prediction[J]. Journal of Southwest Petroleum University: Science and Technology Edition, 2012, 34(3):1-8.
- [22] 许多,甘其刚,唐建明,等. 利用频变地震反射系数识别含气储层[J]. 西南石油大学学报:自然科学版,2012,34(2):37-42.
XU Duo, GAN Qi-gang, TANG Jian-ming, et al. Frequency-dependent Seismic Reflection Coefficient for Discriminating Gas Reservoirs[J]. Journal of Southwest Petroleum University: Science and Technology Edition, 2012, 34(2):37-42.
- [23] 张兆辉,苏明军,刘化清,等. 精细地震层序地层分析技术及应用:以渤海湾盆地歧口凹陷滨海地区为例[J]. 石油实验地质,2012,34(6):648-652.
ZHANG Zhao-hui, SU Ming-jun, LIU Hua-qing, et al. High-precision Analysis Technology of Seismic Sequence Strata and Its Application: A Case Study of Binhai Region in Qikou Sag, Bohai Bay Basin[J]. Petroleum Geology and Experiment, 2012, 34(6):648-652.
- [24] 黄鸿光,陆永潮,邹卓超. 琼东南盆地松南三维区台缘礁地震沉积学研究[J]. 石油实验地质,2012,34(1):25-29.
HUANG Hong-guang, LU Yong-chao, ZOU Zhuo-chao. Application of Seismic Sedimentology in Platform Edge Reef, Songnan 3D Area, Qiongdongnan Basin[J]. Petroleum Geology and Experiment, 2012, 34(1):25-29.
- [25] 王一博,朱筱敏,王继平,等. 地震沉积学在油田勘探开发中的应用:以滨里海盆地东部地区为例[J]. 西安石油大学学报:自然科学版,2012,27(1):1-6.
WANG Yi-bo, ZHU Xiao-min, WANG Ji-ping, et al. Application of Seismic Sedimentology in Oilfield Exploration and Development: Taking the Eastern Area of Pre-Caspian Basin as an Example[J]. Journal of Xi'an Shiyou University: Natural Science Edition, 2012, 27(1):1-6.
- [26] 陈晓红,刘展,张志珣,等. 东海陆架盆地重震联合解释推断研究[J]. 地球物理学进展,2013,28(3):1596-1601.
CHEN Xiao-hong, LIU Zhan, ZHANG Zhi-xun, et al. Deducing the East China Sea Shelf Basin by Jointing Gravity and Seismic Data[J]. Progress in Geophysics, 2013, 28(3):1596-1601.
- [27] 宋传春. 地震沉积学在春风油田白垩系储集层预测中的应用[J]. 新疆石油地质,2012,33(3):347-349.
SONG Chuan-chun. Approach to the Application of Seismic Sedimentology to Cretaceous of Chunfeng Oilfield in Western Junggar Basin[J]. Xinjiang Petroleum Geology, 2012, 33(3):347-349.
- [28] BENVENUTI M. Facies Analysis and Tectonic Significance of Lacustrine Fan-deltaic Successions in the Pliocene-Pleistocene Mugello Basin, Central Italy[J]. Sedimentary Geology, 2003, 157(3/4):197-234.
- [29] HOY R G, RIDGWAY K D. Sedimentology and Sequence Stratigraphy of Fan-delta and River-delta Depositional Systems, Pennsylvanian Minturn Formation, Colorado[J]. AAPG Bulletin, 2003, 87(7):1169-1191.
- [30] MIALL A D. An Introduction to Rift Basins and Their Sediments[J]. Sedimentary Geology, 2002, 147(1/2):3-8.