



## 西湖凹陷孔雀亭地区复合圈闭发育模式与油气富集差异控制因素

张尚虎, 黄建军, 李 昆, 万丽芬, 庄建建, 王丹萍, 王修平, 蒋 涔

## The model of compound traps development and controlling factors of hydrocarbon enrichment in Kongqueting area of the Xihu Sag

ZHANG Shanghu, HUANG Jianjun, LI Kun, WAN Lifen, ZHUANG Jianjian, WANG Danping, WANG Xiuping, and JIANG Cen

在线阅读 View online: <https://doi.org/10.16562/j.cnki.0256-1492.2022051001>

### 您可能感兴趣的其他文章

#### Articles you may be interested in

#### 西湖凹陷Y构造花港组气藏特征及成藏主控因素

Characteristics of gas reservoir and controlling factors for gas accumulation in the Huagang Formation in Y Structure, Xihu Sag  
海洋地质与第四纪地质. 2021, 41(6): 174

#### 澳大利亚波拿巴盆地N区块岩性圈闭识别探讨

Identification of lithologic traps in block N of Bonaparte Basin, Australia  
海洋地质与第四纪地质. 2021, 41(6): 183

#### 特提斯构造域海底流体逃逸活动特征及其控制因素

Characteristics and controlling factors of submarine fluid escape in Tethys tectonic domain  
海洋地质与第四纪地质. 2021, 41(6): 27

#### 北黄海盆地东部坳陷中生界次生孔隙的发育规律

Development of Mesozoic secondary pore zones in the Eastern Depression of North Yellow Sea Basin  
海洋地质与第四纪地质. 2021, 41(5): 194

#### 全新世中国大河三角洲沉积演化模式转化及其对人类活动的响应

Changes of evolution models of China's large river deltas since Holocene and their responses to anthropogenic activities  
海洋地质与第四纪地质. 2021, 41(5): 77

#### 中国海域基岩油气藏特征及未来勘探方向

Characteristics of the recently bedrock hydrocarbon reservoir in China Seas and future exploration directions  
海洋地质与第四纪地质. 2021, 41(6): 151



关注微信公众号, 获得更多资讯信息

张尚虎, 黄建军, 李昆, 等. 西湖凹陷孔雀亭地区复合圈闭发育模式与油气富集差异控制因素 [J]. 海洋地质与第四纪地质, 2023, 43(1): 128-137.  
ZHANG Shanghu, HUANG Jianjun, LI Kun, et al. The model of compound traps development and controlling factors of hydrocarbon enrichment in Kongqueting area of the Xihu Sag[J]. Marine Geology & Quaternary Geology, 2023, 43(1): 128-137.

## 西湖凹陷孔雀亭地区复合圈闭发育模式与油气富集差异控制因素

张尚虎, 黄建军, 李昆, 万丽芬, 庄建建, 王丹萍, 王修平, 蒋涔

中国石油化工股份有限公司上海海洋油气分公司勘探开发研究院, 上海 200120

**摘要:** 随着勘探程度不断加深, 东海西湖凹陷保俶斜坡带全面进入了断层-岩性复合油气藏勘探阶段, 位于保俶斜坡中北部的孔雀亭地区是复合油气藏有利发育区。通过对孔雀亭地区复合圈闭发育的构造沉积背景、断裂-古地貌的控砂作用以及分带、分层系油气成藏富集规律研究, 明确了孔雀亭地区复合圈闭形成条件、发育模式及油气富集差异控制因素。认为孔雀亭地区西高东低的地貌背景、西部古隆起上发育的多条“U”型及“V”型沟谷, NE 向断裂坡折及 NW 挠曲坡折共同控制了多条水系的平面发育特征及砂体展布, 与 NE 向断层匹配形成了典型的断层-岩性复合圈闭, 成为孔雀亭地区重要的勘探领域, 取得了断层-岩性圈闭勘探突破。孔雀亭地区不同区带油气富集程度不同, 圈闭与有效烃源岩距离、砂体规模、储层物性、断层封堵性等要素的匹配程度控制各带油气富集程度。中低带相对近源, 断层未断至浅层, 保存条件好, 受断坡及挠曲坡折共控, 为规模砂体卸载区, 物性较好, 油气相对最为富集, 具有良好的勘探潜力。

**关键词:** 复合圈闭; 发育模式; 差异富集; 西湖凹陷

中图分类号: P744

文献标识码: A

DOI: 10.16562/j.cnki.0256-1492.2022051001

### The model of compound traps development and controlling factors of hydrocarbon enrichment in Kongqueting area of the Xihu Sag

ZHANG Shanghu, HUANG Jianjun, LI Kun, WAN Lifan, ZHUANG Jianjian, WANG Danping, WANG Xiuping, JIANG Cen  
SINOPEC Shanghai Offshore Oil & Gas Company, Shanghai 200120, China

**Abstract:** With the advancement of exploration degree, the western slope belt of the Xihu Sag in the East China Sea has fully entered the stage of fault-lithologic compound reservoir exploration. The Kongqueting area, located in the north-central part of the western slope belt, is a favorable area for compound reservoirs. We specified the formation conditions, the development patterns, and the controlling factors of differential enrichment of hydrocarbon in compound reservoir of the study area by studying on the structure and sedimentary settings, the controlling effect of faults and paleogeomorphology on sand distribution, and hydrocarbon accumulation and enrichment rule in different zones and formations. In geomorphology, it was high in the west and low in the east in the study area. It developed multiple U- and V-shaped valleys on the ancient uplifts in the west of the study area, the ancestral rivers and the sand distribution were controlled by the north-east faulted slope-break and the north-west flexural slope-break. The north-west sand bodies matches the north-east faults, and formed the fault-lithological compound traps, which has become an important field for exploration and expansion of reserves in the study area, and achieved a breakthrough in fault-lithological reservoir exploration. The degree of hydrocarbon enrichment is different in Kongqueting area, and is controlled by the distance between trap and source, the size of sand body, the fault plugging capacity, and their combinations. The middle and low Kongqueting area has the highest degree of hydrocarbon enrichment and the best expansion potential because of the proximity to source rock, the best storage condition, the large sand body, and the good reservoir properties.

**Key words:** compound traps; development pattern; differential enrichment; Xihu Sag

西湖凹陷是中国东海面积最大、沉积厚度最大、油气资源最为丰富的凹陷, 其面积约 5.18×

10<sup>4</sup> km<sup>2</sup>, 新生代沉积厚度超万米, 在凹陷的保俶斜坡带、三潭深凹和中央背斜带均有较好的油气发

资助项目: 中国石油化工股份有限公司科技项目“西湖凹陷斜坡带油气成藏条件及目标评价”(P19027-6)

作者简介: 张尚虎(1978—), 男, 硕士, 高级工程师, 主要从事油气地质研究, E-mail: zhangshanghu.shhy@sinopec.com

收稿日期: 2022-05-10; 改回日期: 2022-07-06. 周立君编辑

现。孔雀亭地区位于保俶斜坡中部, 基底发育孔雀亭古隆起, 新生代地层齐全。始新世断陷期发育了一系列 NE-SW 向正断层, 形成了断层相关的断鼻、断块及滚动背斜等构造圈闭, 主力勘探层系为始新统平湖组, 油气主要来源于本地及三潭深凹深层平湖组下段及宝石组煤系烃源岩层系, 形成了“下生上储、旁生侧储”型油气藏。孔雀亭地区断层发育, 始新世受潮汐影响的三角洲前缘砂体展布规律复杂, 构造-岩性复合圈闭发育模式不清, 且油气层分布规律性较差, 富集控制因素不明。前人对孔雀亭地区的沉积、控砂机制及油气源条件等做了大量研究, 认为平下段发育潮坪-潮控三角洲沉积、平中段发育潮坪-受潮汐影响的三角洲沉积、平上段发育辫状河三角洲沉积<sup>[1]</sup>。侵蚀坡折、挠曲坡折及断裂坡折控制了砂体的展布<sup>[2]</sup>。孔雀亭地区具有“早油晚气, 晚期成藏”的特点<sup>[3]</sup>, 为了进一步明确孔雀亭地区的复合圈闭发育模式及油气成藏富集规律, 结合新增地震及钻井资料, 通过开展“源-渠-汇”系统、构造沉积控砂模式、圈闭发育模式及油气富集规律的综合研究, 认识到孔雀亭地区圈闭与有效烃源岩距离、砂体规模、储层物性、断层封堵性等要素的耦合程度控制着各带油气富集程度。

## 1 地质背景

西湖凹陷位于东海陆架盆地东北部, 是盆地内勘探程度较高的新生代沉积凹陷<sup>[1-2]</sup>。凹陷经历了断陷、拗陷及区域沉降 3 个演化阶段<sup>[3]</sup>, 自西向东依次划分为保俶斜坡带、三潭深凹、中央背斜带、白堤深凹及天屏断阶带 5 个次级构造单元<sup>[4]</sup>。新生代地层以碎屑沉积为主, 自下而上发育古新统, 始新统宝石组、平湖组, 渐新统花港组, 中新统龙井组、玉泉组、柳浪组, 上新统三潭组及第四系东海群<sup>[4]</sup>。孔雀亭气田位于西湖凹陷保俶斜坡带平北地区(图 1), 其西靠海礁凸起, 东邻三潭深凹, 处于平北地区帚状断裂体系末端, 发育一系列 NE-NNE 走向的扭张性平行断裂体系(图 2), 在断裂体系的控制下形成与断层相关的构造圈闭(断背斜、断鼻、断块)及断层-岩性复合圈闭(图 2), 主力含油气层系为始新统平湖组<sup>[5]</sup>(图 3)。依据断裂规模、生长指数等可将断裂分为三级断裂、四级断裂和五级断裂<sup>[6]</sup>。三级断裂平面延伸长度大于 10 km, 断层断距超过 100 m, 断层活动时间长, 断穿层位浅, 控制沉积期的地貌形态、物源输入口及沉积体展布方向, 进而控制砂体的展布及构造-岩性复合圈闭群的类型及

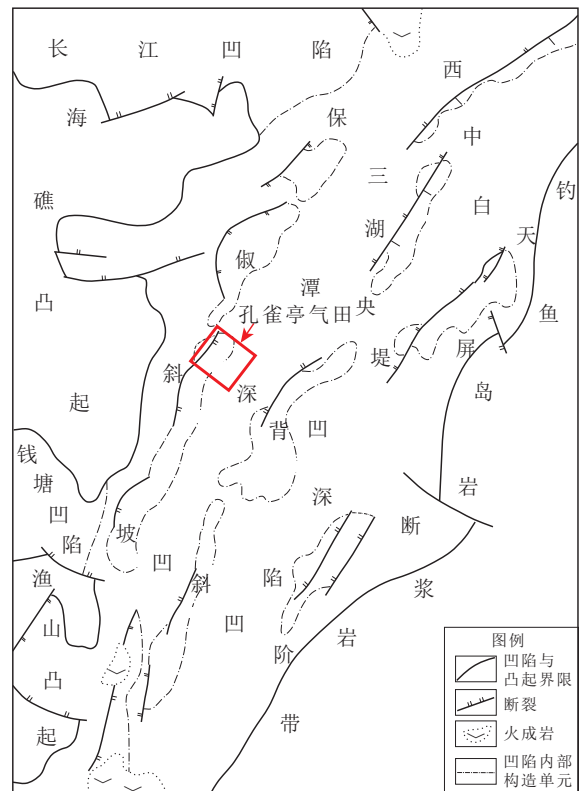


图 1 孔雀亭地区构造位置图

Fig.1 Tectonic setting of Kongqueting area

规模; 四级断裂平面延伸长度为 5~10 km, 断层断距为 50~100 m, 断层活动时间相较三级断裂短, 多消失于花港组下段, 对沉积期局部地貌、砂体起到控制作用, 控制了单个圈闭的封堵性。

## 2 孔雀亭地区复合圈闭的形成条件

### 2.1 孔雀亭地区复合圈闭形成的构造条件

孔雀亭地区基底发育孔雀亭古隆, 与西侧海礁凸起相连, 是海礁凸起向凹陷内的自然延伸(图 1), 其北东侧基底发育新凉古隆。古隆均形成于中生代, 形成了“隆洼相间”的构造古地貌格局, 对新生代断陷期地层厚度和沉积体系展布起到了较强的控制作用。孔雀亭地区具有“西高东低、南陡北缓”, “东西分带、南北分块”的构造格局<sup>[7]</sup>。东西方向, 受 NE-SW 向断裂控制, 自西向东划分为高带、中带和低带, 中带又进一步划分为中高带和中低带(图 2)。各带断层活动性和构造样式存在差异, 高带以顺向东倾基底断裂为主, 断层活动时间长, 断穿层位浅; 靠近断裂, 平湖组地层具回倾特征。中高带亦以顺向东倾基底断裂为主, 断层断至花港组, 平湖组断距小, 地层产状较平缓。中低带同样

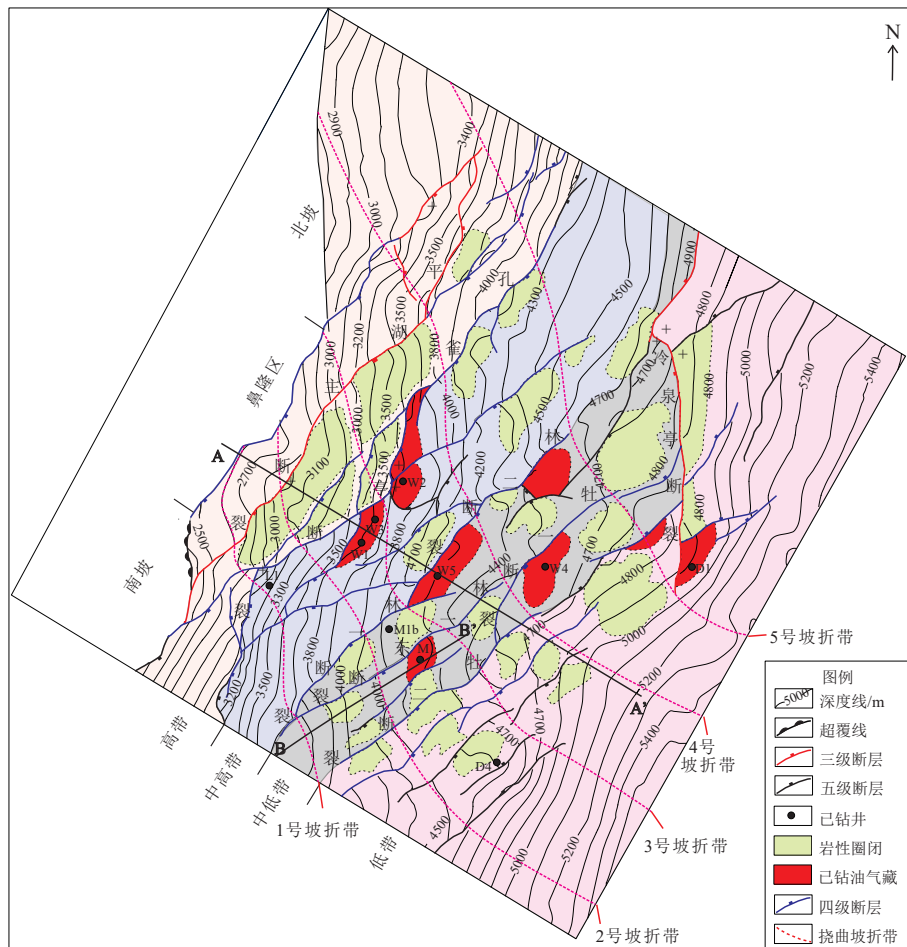


图2 孔雀亭气田复合圈闭分布图

Fig.2 Distribution of compound trap in Kongqueting gas field

发育顺向东倾基底断裂, 平湖组断距稳定, 深层可见地层掀斜。低带发育低幅古隆起, 古隆起之上受相对倾向断层控制形成似花状断裂组合, 平湖组地层( $T_3^0-T_3^4$ )具披覆特征(图4)。南北方向, 受孔雀亭古隆起的控制, 可进一步划分为孔雀亭南坡、孔雀亭鼻隆和孔雀亭北坡。在孔雀亭北坡, 低部位发育新凉古隆, 其构造样式为对称地堑, 而孔雀亭鼻隆及南坡则整体表现为顺向断阶特征。“东西分带、南北分块”的构造格局控制了孔雀亭地区沉积体系和砂体展布, 是断层-岩性复合圈闭形成的基础条件<sup>[8]</sup>。

## 2.2 孔雀亭地区复合圈闭形成的沉积条件和控砂模式

### 2.2.1 孔雀亭地区始新统平湖组沉积体系展布特征

孔雀亭地区主力目的层段平湖组沉积期古地貌格局为西高东低, 西部长期遭受剥蚀, 为稳定的物源区<sup>[9]</sup>, 古隆起上发育多条“U”型及“V”型下切水道, 是沉积物输送的主要通道。平下段钻井揭示的

岩心上可见脉状层理、波状层理及频繁的薄砂泥岩互层, 测井相以指状、针状特征为主, 地震相特征为中强振幅、中连续亚平行反射, 综合分析认为平下段主要发育潮控三角洲-潮坪沉积体系, 其中比较有利的砂体类型为前缘分支河道砂和潮汐砂坝砂。平中段岩心上可见交错层理和冲刷面砾石, 测井相以齿化箱型、箱型-钟型复合特征为主, 地震相特征为中振幅、中低连续波状反射, 综合分析认为主要发育受潮汐影响的三角洲相(图5), 地层含砂率增高, 砂体连续性增强, 有利的砂体类型为前缘分支河道砂及河口坝砂。整体上自平下段至平上段, 潮控作用逐渐减弱, 河控作用逐渐增强<sup>[10-11]</sup>。

### 2.2.2 控砂模式

根据构造古地貌背景、构造样式及源-渠-汇系统下的沉积体系研究, 认为孔雀亭地区平湖组砂体分布主要受断裂和古地貌共同控制, 主要发育两种控砂机制, 即断裂坡折控砂和挠曲坡折控砂<sup>[12]</sup>。

#### (1) 断裂坡折控砂

断裂对砂体的控制作用主要表现为两个方面:



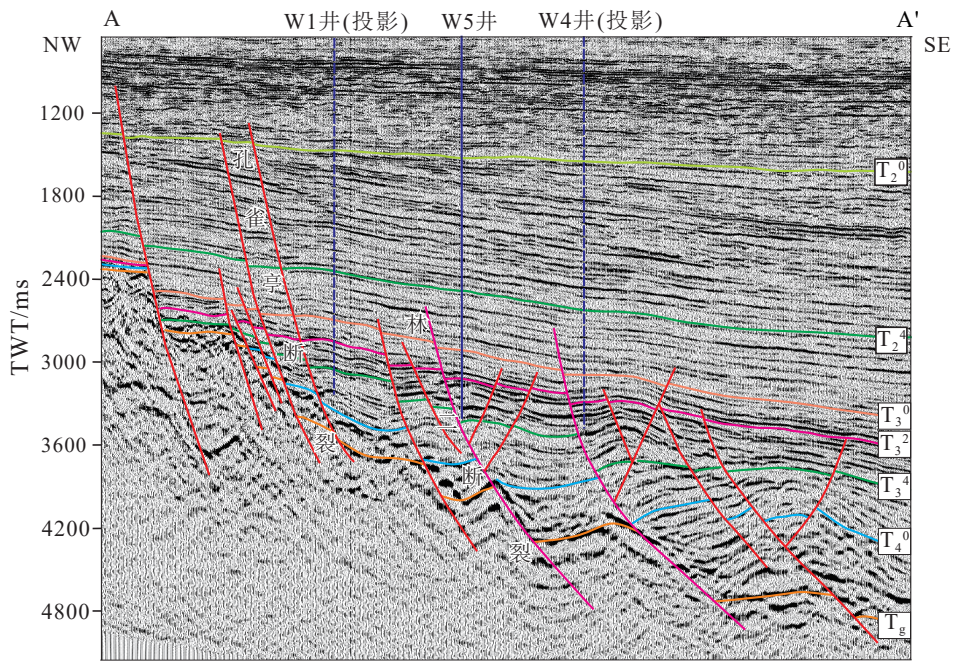


图4 孔雀亭地区构造特征  
剖面 A-A' 位置见图2。

Fig.4 Seismological profile of Kongqueting area

The position of section A-A' is shown in Fig.2.

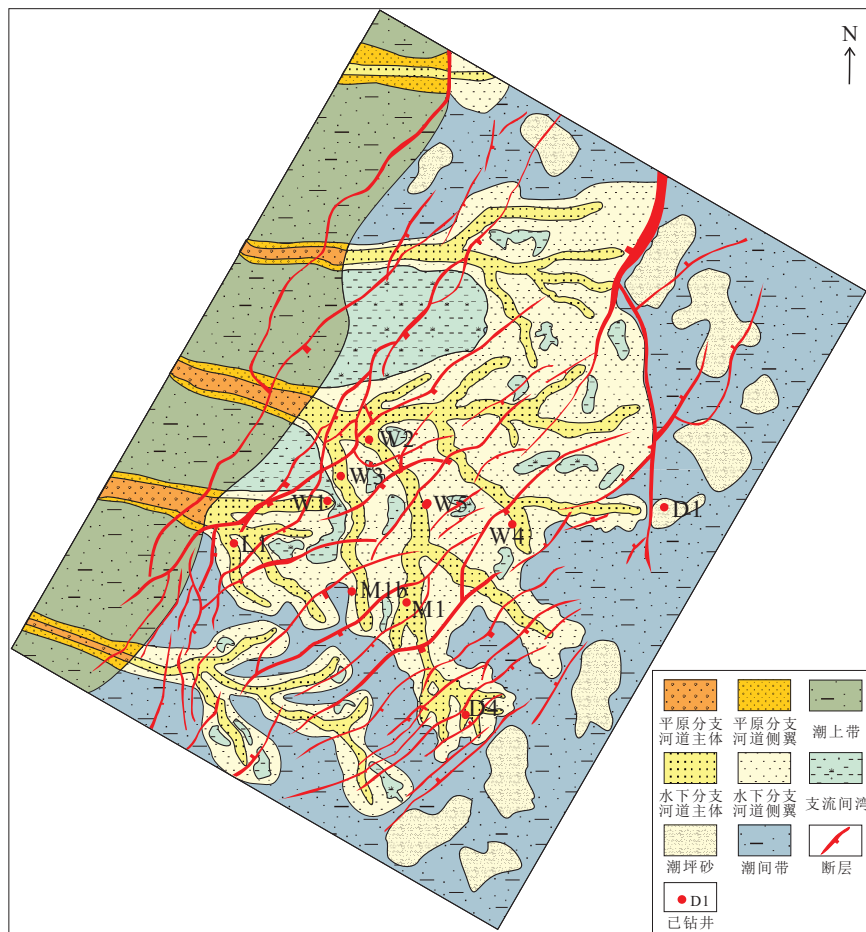
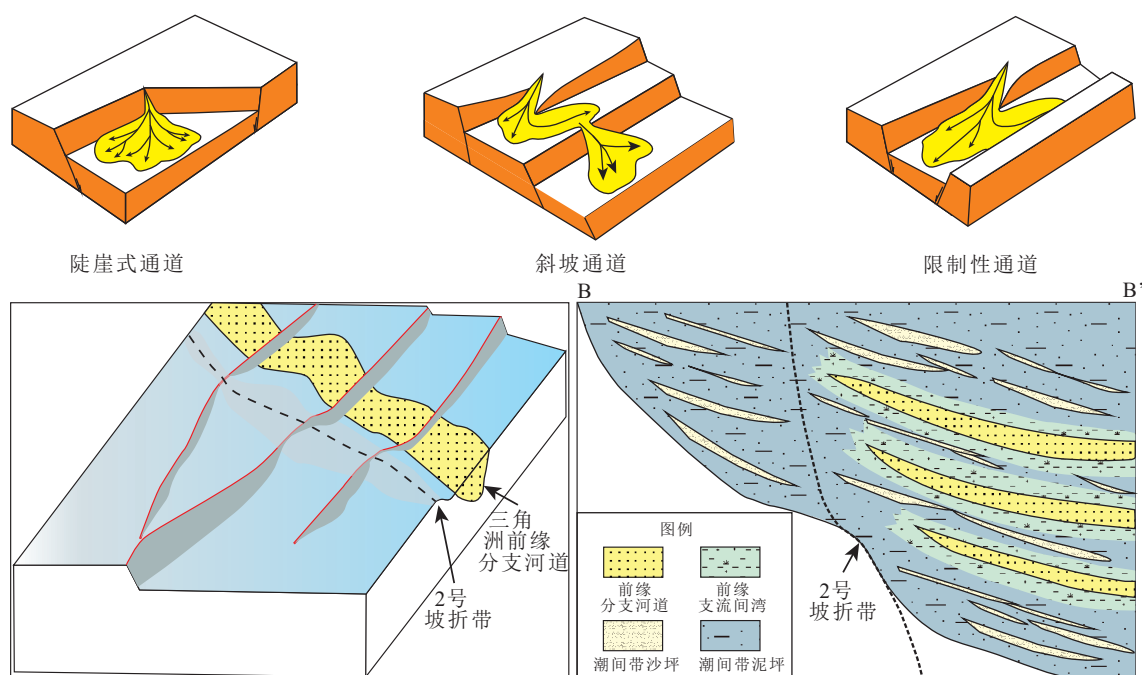


图5 孔雀亭地区平中上段沉积相图

Fig.5 Sedimentary facies of the middle-upper Pinghu Formation in Kongqueting area

图 6 孔雀亭地区控砂模式图<sup>[13]</sup>

剖面 B-B' 位置见图 2。

Fig.6 Pattern of sand control in Kongqueting area<sup>[13]</sup>

The position of Section B-B' is shown in Fig. 2.

### 2.3 复合圈闭发育模式及勘探实践

在上述构造格局、沉积体系及控砂模式下,孔雀亭地区从高带向低带发育了多种不同类型的复合圈闭<sup>[13-14]</sup>。孔雀亭高带主要发育构造-地层复合圈闭。高带位于孔雀亭古隆起高部位,西部受平湖主断裂北延伸段控制,始新统在高带向西向南楔状减薄,向西通过孔西断层与对盘安山岩对接,安山岩为非渗透性岩层,可以对高带始新统形成整体封堵。向南地层逐渐减薄超覆在安山岩之上,形成了地层超覆尖灭,因此,在孔雀亭高带主要发育构造-地层复合圈闭(图 7A)。

孔雀亭中带包括孔雀亭断层以东多个北东走向顺向断阶区,在南坡和北坡同时发育多个 NW-SE 向挠曲坡折带。平中上段主要发育受潮汐影响的三角洲前缘沉积,西北物源形成 NW-SW 走向水下分支河道,西北侧高部位受顺向正断层遮挡,西南侧高部位受挠曲坡折控制砂岩尖灭,形成断层-岩性复合圈闭(图 7B)。平下段主要发育潮控三角洲前缘与潮坪沉积,砂体类型为 NW-SE 走向的水下分支河道和潮汐改造形成的潮坪砂,其中水下分支河道西北侧高部位受正断层遮挡,西南侧高部位受挠曲坡折控制砂岩尖灭,形成断层-岩性复合圈闭(图 7B)。潮汐改造的砂体在低洼处堆积,常以孤立

的形式包裹在泥岩中形成砂岩透镜体圈闭(图 7C)。

孔雀亭低带发育东倾正向断层及西倾反向断层,形成似花状构造,沉积上位于孔雀亭沉积体系的前缘。平下段发育潮汐改造的三角洲前缘砂体,砂体类型为潮汐砂坝及潮坪砂,砂体富集于地貌低部位,向高部位尖灭,形成砂岩透镜体圈闭(图 7C)。平中上段潮控作用减弱,河控作用增强,三角洲沉积体系向东推进距离远,低带发育三角洲前缘水下分支河道,与正向和反向断层配合,形成断层-岩性复合圈闭(图 7D)。

基于断层-岩性复合圈闭发育模式认识,通过对物源、沉积体系及坡折控砂机制分析,认为孔雀亭南坡中低带是断层-岩性复合圈闭有利发育区,应用地质地球物理一体化技术精细识别了断层岩性复合圈闭(图 8),并部署探井 M1(图 9b),测试获得高产油气流,取得了孔雀亭地区断层-岩性圈闭勘探的突破,开辟了扩储新领域。

### 3 油气富集差异控制因素

孔雀亭地区油气主要赋存于平湖组,少量发现于花港组。油气藏类型为凝析气藏和油藏,以凝析气藏为主<sup>[15]</sup>,流体纵向分布特征表现为“上油下气”。前人基于油源对比分析确定,孔雀亭油气来

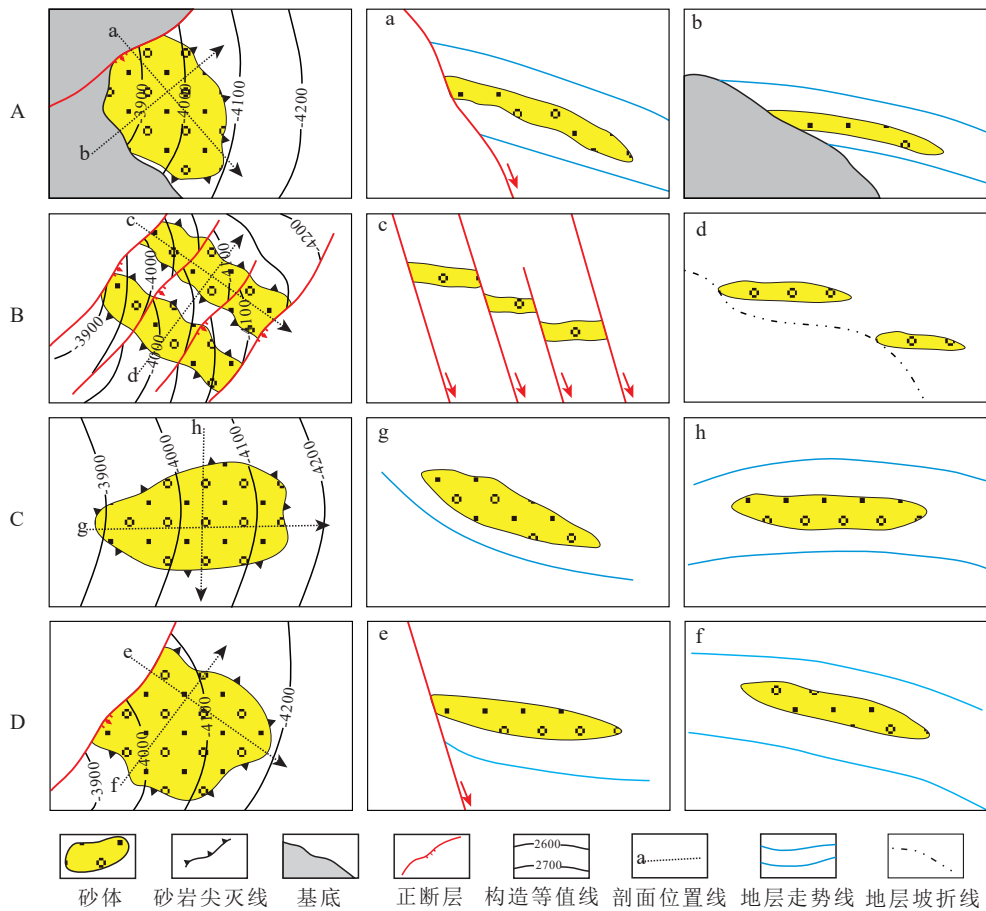


图7 孔雀亭地区复合圈闭发育模式

Fig.7 Model of compound trap development in Kongqueting area

源于平湖组及宝石组,但争议的问题在于,油气是来自本地的烃源岩还是三潭深凹的烃源岩<sup>[16-21]</sup>。目前从油气成熟度指标来看,孔雀亭地区主要以高成熟凝析气为主(存在成熟度大于1.5的天然气),超过了本地烃源岩的成熟度(成熟度小于1.2),推测除了本地供烃外,具有高成熟外源气的贡献。因此,孔雀亭地区具备本地烃源岩和三潭深凹烃源岩双源供烃的有利条件。勘探实践表明,孔雀亭高带、中高带、中低带、低带油气富集程度具有较大差异(图2)。高带钻井少,仅钻探L1井,见油气显示,未发现油气层,邻区高带钻井亦显示油气富集程度相对较低;中高带,已钻探W1、W2、W3等井,钻井相对较多,油气富集程度中等;中低带,已钻探W4、W5及M1等井,油气富集程度好;低带,仅D4一口钻井,由于储层物性影响,油气富集程度不及中低带。总体来看,自高带至中低带,油气富集程度逐步增加,中低带油气相对最为富集,单井探明天然气储量可超20亿 $m^3$ ,中高带次之,高带及低带钻井少,尚未发现富集区,需要进一步探索。高、中高、中低、低带在圈闭条件及油气成藏条件上的

差异性造成各区带油气富集程度及油气成藏主控因素具有一定的差异。

高带:受到长期继承性古隆控制,始新统沉积厚度薄,且靠近物源区,埋深较浅,本地烃源供烃能力有限,主要依靠中低带及三潭深凹的油气长距离运移成藏。因此,对于高带而言,油气运移的优势通道是控制油气富集的关键因素<sup>[22-24]</sup>。为定量描述油气运移的有效通道空间,李明诚提出利用有效通道空间系数表征油气的优势运移通道<sup>[25]</sup>,有效通道空间系数=(有效通道空间体积/运载层体积)×运载层体积,其中有效通道空间体积是指发生了油气运移的渗透性地层段,既包括地层的岩石骨架,又包括流体在其中运移的孔隙空间;运载层是指特定地层中具有渗透能力的、可以使油气水等流体运移通过的层段,包括录井剖面上除生油层以外各运载层中的油气显示层段;运载层体积包括除生油层外主要目的层储层的体积。通过对孔雀亭地区6口井各层的通道系数进行计算表明,古隆起低部位(W5、W4、D1)到高部位(W1、W2、W3、L1)通道空间系数减小,运移强度减弱。但局部存在强运移区,例



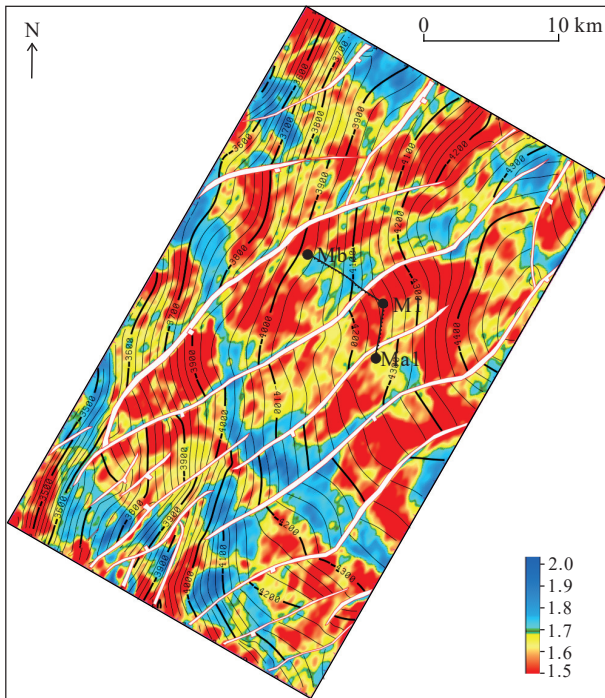


图 8 孔雀亭地区南坡 P8b 砂体展布预测  
黄色和红色代表砂体。

Fig.8 Reservoir prediction of P8b sand body on the south slope of Kongqueting area  
Sand bodies are shown in red and yellow.

如 L1 井有效通道空间系数较大, 录井油气显示丰富, 指示该井处于油气优势运移通道上(表 1), 但该井由于圈闭条件差, 未发现油气层。因此, 处于油气优势运移通道上的有利圈闭群是孔雀亭高带的有利勘探方向。

中高带: 平湖组中-上段处于海退期, 高位体系域形成的有利储集体之上缺乏区域性盖层, 储盖组合条件较差, 因此油气多集中在区域性盖层之下的平下下段, 油气藏类型主要为断层-岩性油气藏。这类油气藏的形成对圈闭条件要求较高, 一方面需要上倾方向主控断层具有良好的封闭性, 另一方面也需要砂体侧向形成有效的尖灭。而中高带断层活动时间长, 错断层位高(图 4), 多数断层向上错断至中新统甚至上新统, 断层垂向封堵性差, 导致圈闭上倾方向的封堵条件不利, 容易形成油气垂向上的泄漏。因此, 断层封堵性是油气成藏的主控因素。另外, 由于中高带相对靠近物源区, 又处在古地貌隆起区, 中高带砂体多为过路沉积, 为窄河道砂体(图 5), 砂体规模有限, 影响了油气富集程度。

中低带: 位于古隆起下斜坡区, 受断裂坡折和挠曲坡折共同控制, 在大断裂下降盘和低洼区形成规模性砂体。对于平中上段而言, 发育上倾方向受断层封堵、侧翼受挠曲坡折控制砂岩尖灭形成的断层-岩性复合圈闭, NW-SE 向河道砂体与 NE-SW 向断裂充分接触, 断砂匹配关系好, 油气侧向输导条件好, 成藏条件有利, 油气成藏的主控因素为断层封堵性<sup>[6]</sup>, 即当控圈断层封堵性较好时, 圈闭易于成藏。通过中低带断盖比与流体性质对应关系分析表明, 当断层垂向封闭系数(断盖比  $SSF = \frac{\text{断距}}{\text{盖层厚度}}$ )  $> 1.8$  时, 断层垂向封闭差; 而当  $SSF < 1.8$  时, 断层垂向封闭好。以 M1 井区 P8 砂体为例, 断盖比 ( $SSF$ )  $< 1.8$ , 表明断层垂向封闭性较好, 且该井 P8 砂体与对盘泥岩对置, 断层侧向封堵性好; 因此

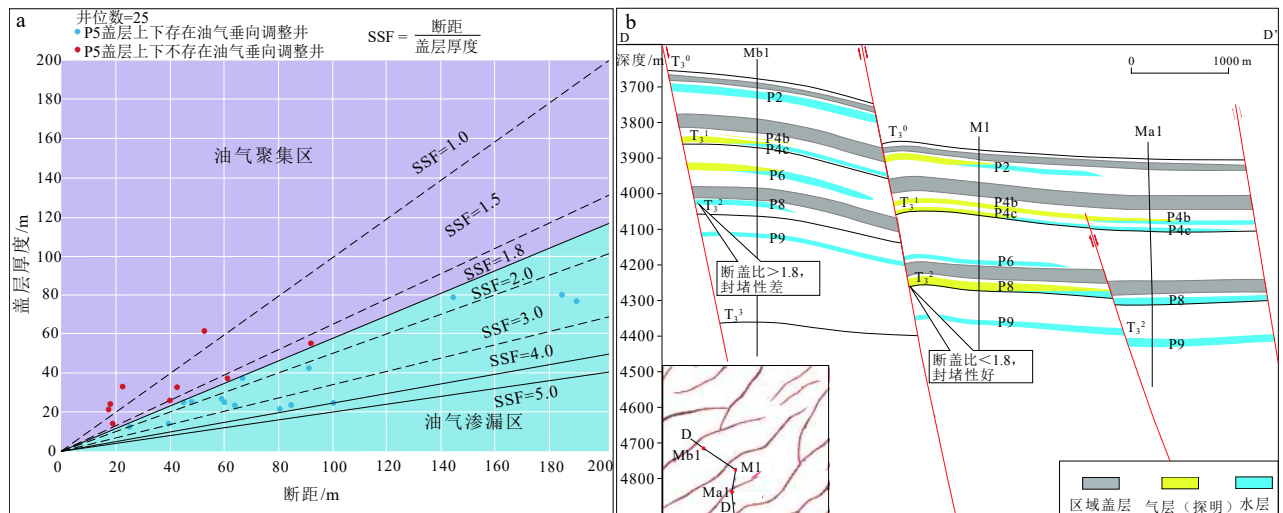


图 9 断/盖比与断层封堵性关系示意图

a: 孔雀亭地区断盖比统计分布图, b: M1 井区油气藏剖面图。

Fig.9 Relationship between fault/caprock ratio and fault plugging ability

a: distribution of fault/caprock ratio in Kongqueting area, b: reservoir profile of M1 well block.

表1 孔雀亭地区砂体有效通道空间系数

Table 1 Spatial coefficient of effective channel of the sand body in Kongqueting area

构造带	井号	通道系数/%					
		E <sub>3h上</sub>	E <sub>3h下</sub>	E <sub>2p上</sub>	E <sub>2p中</sub>	E <sub>2p下</sub>	E <sub>2b</sub>
孔雀亭	W1	0	0	4.10	13.26	43.81	N/A
	L1	12.09	0	43.30	1.42	91.95	32.00
	W2	0	0	19.07	34.92	14.15	0
	W3	3.25	8.33	0	2.65	4.84	38.00
	W5	0	0.90	11.08	46.33	28.21	N/A
	W4	5.03	5.36	53.06	62.86	N/A	N/A
	D1	80.54	86.19	88.86	61.38	N/A	N/A

该井 P8 砂体油气富集, 为高产气层。与之相反, Mb1 井 P8 断盖比 > 1.8, 表明其垂向封闭性较差, 因此为水层(图 9)。对于平下段, 储层埋深达到 4000~4500 m, 物性整体偏差, 干层增多, 因此, 平下段控制油气富集的主要因素为储层物性。

低带: 紧靠三潭深凹生烃中心, 油气供给充足, 烃源条件好。平中上段, 低带处于西部物源供给末端, 砂体厚度较薄, 储层发育规模影响油气富集, 寻找砂体相对发育的有利相带是勘探关键。平下段, 埋深普遍大于 4500 m, 储层物性是控制油气富集的关键因素。已钻井物性统计结果表明, 平下段孔隙度多小于 12%, 渗透率小于  $1 \mu\text{m}^2$ , 整体为特低渗—致密储层, 只有局部物性较好的“甜点”能形成油气富集, 如 D4 井平下段 P10 砂组(埋深 4700~4800 m)底部发育一套 2.6 m 的砂体, 孔隙度为 12.8%, 渗透率为  $7.3 \mu\text{m}^2$ , 气测全烃达 80%, 含气饱和度为 64%, 取样证实为气层, 可见低带平下段寻找优质储层是勘探关键。

## 4 结论

(1) 孔雀亭地区西高东低的古地貌背景、三角洲与潮坪共生的沉积体系及断裂、挠曲坡折控砂机制是复合圈闭形成的有利条件。复合圈闭类型主要为构造-地层复合圈闭、断层-岩性复合圈闭、砂岩透镜体圈闭等。

(2) 孔雀亭地区具备双源供烃、多类型圈闭、网毯式高效输导体系的有利成藏条件, 不同区带油气富集差异明显, 控制因素不同。圈闭与有效烃源岩距离、砂体规模、储层物性、断层封堵性等要素的耦合程度控制各带油气富集程度。中低带相对近

源, 断层未断至浅层, 保存条件好, 受断坡及挠曲坡折共控, 为规模砂体卸载区, 物性较好, 油气相对最为富集, 具有良好的勘探潜力。

(3) 根据差异富集控制因素分析认为: 高带的勘探应重点关注优势运移通道及保存条件; 中带的勘探应重点关注平中上段的断层封堵性落实及北西向挠曲坡折控制下的砂体向西南方向尖灭点的具体刻画; 低带的勘探平上段应重点关注规模砂体分布区及断层封堵性, 平中下段重点关注甜点发育区。

## 参考文献 (References)

- [1] 吴峰, 任培罡, 谈明轩, 等. 东海西湖凹陷孔雀亭地区平湖组沉积相演变及其主控因素分析[J]. 海洋地质与第四纪地质, 2022, 42(2): 119-130. [WU Feng, REN Peigang, TAN Mingxuan, et al. Facies evolution and its controlling factors of the Pinghu formation in the Kongqueting area of Xihu depression, the East China Sea [J]. Marine Geology & Quaternary Geology, 2022, 42(2): 119-130.]
- [2] 李峻颀, 蒋一鸣, 侯国伟, 等. 坡折带对油气圈闭发育的约束效应: 以平湖斜坡带孔雀亭区平湖组为例[J]. 海洋地质与第四纪地质, 2021, 41(3): 141-150. [LI Junjie, JIANG Yiming, HOU Guowei, et al. Constraints of slope break belt on oil and gas trapping: An example from the Pinghu formation in the Kongqueting area of Pinghu slope [J]. Marine Geology & Quaternary Geology, 2021, 41(3): 141-150.]
- [3] 李朝阳, 魏琳, 刁慧, 等. 西湖凹陷孔雀亭构造平湖组油气来源及充注特征[J]. 石油科学通报, 2021, 6(2): 196-208. [LI Chaoyang, WEI Lin, DIAO Hui, et al. Hydrocarbon source and charging characteristics of the Pinghu formation in the Kongqueting structure, Xihu depression [J]. Petroleum Science Bulletin, 2021, 6(2): 196-208.]
- [4] 周荔青, 江东辉, 张尚虎, 等. 东海西湖凹陷大中型油气田形成条件及勘探方向[J]. 石油实验地质, 2020, 42(5): 803-812. [ZHOU Liqing, JIANG Donghui, ZHANG Shanghu, et al. Formation conditions and exploration direction of large and medium oil and gas reservoirs in Xihu sag, East China Sea [J]. Petroleum Geology & Experiment, 2020, 42(5): 803-812.]
- [5] 许红, 马惠福, 蒲庆南, 等. 东海陆架盆地新生代地层特征及其含油气性[J]. 海洋地质动态, 2003, 19(4): 22-25. [XU Hong, MA Huifu, PU Qingnan, et al. Cenozoic sedimentary sequence stratigraphy of the East China Sea shelf basins [J]. Marine Geology Letters, 2003, 19(4): 22-25.]
- [6] 周心怀, 蒋一鸣, 唐贤君. 西湖凹陷成盆背景、原型盆地演化及勘探启示[J]. 中国海上油气, 2019, 31(3): 1-10. [ZHOU Xinhui, JIANG Yiming, TANG Xianjun. Tectonic setting, prototype basin evolution and exploration enlightenment of Xihu sag in East China Sea basin [J]. China Offshore Oil and Gas, 2019, 31(3): 1-10.]
- [7] 余朝丰, 陈建文, 杜远生, 等. 东海西湖凹陷平湖组层序地层划分[J]. 海洋地质与第四纪地质, 2007, 27(5): 85-90. [YU Chaofeng, CHEN Jianwen, DU Yuansheng, et al. Division of sequence stratigraphy of Pinghu formation in Xihu sag in East China Sea [J]. Marine Geology

- & *Quaternary Geology*, 2007, 27(5): 85-90.]
- [8] 唐贤君, 蒋一鸣, 张建培, 等. 东海盆地西湖凹陷平北断裂特征及其对圈闭的控制[J]. *海洋地质前沿*, 2019, 35(8): 34-43. [TANG Xianjun, JIANG Yiming, ZHANG Jianpei, et al. Fault characteristic and its control on traps of fault structural layer in the northern Pinghu slope belt, Xihu sag, East China Sea shelf basin [J]. *Marine Geology Frontiers*, 2019, 35(8): 34-43.]
- [9] 单超, 叶加仁, 曹强, 等. 西湖凹陷孔雀亭气田成藏主控因素[J]. *海洋地质与第四纪地质*, 2015, 35(1): 135-144. [SHAN Chao, YE Jiaren, CAO Qiang, et al. Controlling factors for gas accumulation in Kongqueting gas field of Xihu sag [J]. *Marine Geology & Quaternary Geology*, 2015, 35(1): 135-144.]
- [10] 胡望水, 蔡峰, 胡芳, 等. 东海西湖凹陷平湖斜坡带裂陷期变换构造特征及其演化规律[J]. *石油天然气学报: 江汉石油学院学报*, 2010, 32(3): 7-12. [HU Wangshui, CAI Feng, HU Fang, et al. The characteristics of tectonic transform evolutionary rules of chasmic cycles in Pinghu slope of Xihu depression of East China Sea [J]. *Journal of Oil and Gas Technology (Journal of Jiangnan Petroleum Institute)*, 2010, 32(3): 7-12.]
- [11] 李敏, 陈永进, 姜文斌. 西湖凹陷平湖组岩性油气藏形成条件[J]. *油气地质与采收率*, 2012, 19(2): 23-25. [LI Min, CHEN Yongjin, JIANG Wenbin. Hydrocarbon accumulation conditions for lithologic reservoirs in Pinghu formation, Xihu depression [J]. *Petroleum Geology and Recovery Efficiency*, 2012, 19(2): 23-25.]
- [12] 吴嘉鹏, 张兰, 万丽芬, 等. 西湖凹陷平湖组物源分析[J]. *中国石油勘探*, 2017, 22(2): 50-57. [WU Jiapeng, ZHANG Lan, WAN Lifeng, et al. Provenance analysis of Pinghu formation in Xihu sag [J]. *China Petroleum Exploration*, 2017, 22(2): 50-57.]
- [13] 吴嘉鹏, 万丽芬, 张兰, 等. 西湖凹陷平湖组岩相类型及沉积相分析[J]. *岩性油气藏*, 2017, 29(1): 27-34. [WU Jiapeng, WAN Lifeng, ZHANG Lan, et al. Lithofacies types and sedimentary facies of Pinghu formation in Xihu depression [J]. *Lithologic Reservoirs*, 2017, 29(1): 27-34.]
- [14] 蒋一鸣, 邵龙义, 李帅, 等. 西湖凹陷平湖构造带平湖组沉积体系及层序地层研究[J]. *现代地质*, 2020, 34(1): 141-153. [JIANG Yiming, SHAO Longyi, LI Shuai, et al. Deposition system and stratigraphy of Pinghu formation in Pinghu tectonic belt, Xihu sag [J]. *Geoscience*, 2020, 34(1): 141-153.]
- [15] 周祥林, 高伟中, 张建培, 等. 东海西湖凹陷平北断裂特征及其对油气成藏的控制[J]. *上海国土资源*, 2021(4): 54-57. [HOU Xianglin, GAO Weizhong, ZHANG Jianpei, et al. Characteristics of the large braided river depositional system of the Oligocene Huagang Formation in the Xihu sag [J]. *Shanghai Land & Resources*, 2021(4): 54-57.]
- [16] 邹德江. 断陷湖盆控砂机制研究与有利勘探方向优选: 以冀中拗陷深县凹陷为例[D]. 中国地质大学(北京)博士学位论文, 2009. [ZOU Dejiang. Controlling mechanism on sandbody and favorable prospecting directions in fault lacustrine basin, take Shenxian sag, Jizhong depression, Bohaiwan basin for an example[D]. Doctor Dissertation of China University of Geosciences, 2009.]
- [17] 康海亮, 林畅松, 刘晓, 等. 南堡凹陷北部东营组同沉积断裂对沉积体系及岩性圈闭的控制作用[J]. *现代地质*, 2016, 30(2): 286-293. [KANG Hailiang, LIN Changsong, LIU Xiao, et al. Syndepositional fault control on types and distribution of depositional system and lithologic trap of Dongying formation in the north of Nanpu sag [J]. *Geoscience*, 2016, 30(2): 286-293.]
- [18] 贾承造, 赵文智, 邹才能, 等. 岩性地层油气藏地质理论与勘探技术[J]. *石油勘探与开发*, 2007, 34(3): 257-272. [JIA Chengzao, ZHAO Wenzhi, ZOU Caineng, et al. Geological theory and exploration technology for lithostratigraphic hydrocarbon reservoirs [J]. *Petroleum Exploration and Development*, 2007, 34(3): 257-272.]
- [19] 陆俊泽, 叶加仁, 黄胜兵, 等. 西湖凹陷平北地区烃源岩特征及生排烃史[J]. *海洋石油*, 2009, 29(4): 38-43. [LU Junze, YE Jiaren, HUANG Shengbing, et al. Characteristics and hydrocarbon generation-expulsion histories of source rocks of Pingbei area in Xihu depression [J]. *Offshore Oil*, 2009, 29(4): 38-43.]
- [20] 丁飞, 刘金水, 蒋一鸣, 等. 东海陆架盆地西湖凹陷孔雀亭区油气来源及运移方向[J]. *海洋地质与第四纪地质*, 2021, 41(2): 156-165. [DING Fei, LIU Jinshui, JIANG Yiming, et al. Source and migration direction of oil and gas in Kongqueting area, Xihu sag, East China Sea shelf basin [J]. *Marine Geology & Quaternary Geology*, 2021, 41(2): 156-165.]
- [21] 陶士振, 邹才能. 东海盆地西湖凹陷天然气成藏及分布规律[J]. *石油勘探与开发*, 2005, 32(4): 103-110. [TAO Shizhen, ZOU Caineng. Accumulation and distribution of natural gases in Xihu sag, East China Sea basin [J]. *Petroleum Exploration & Development*, 2005, 32(4): 103-110.]
- [22] 赵兰全. 西湖凹陷平湖地区油气源分析及其对成藏的影响[J]. *油气地质与采收率*, 2011, 18(1): 26-29. [ZHAO Lanquan. Analysis on hydrocarbon source and influence on reservoir formation, Pinghu area, Xihu depression [J]. *Petroleum Geology and Recovery Efficiency*, 2011, 18(1): 26-29.]
- [23] 苏奥, 陈红汉, 马玉华, 等. 东海盆地西湖凹陷孔雀亭气区气侵条件及主控因素[J]. *天然气地球科学*, 2015, 26(2): 292-300. [SU Ao, CHEN Honghan, MA Yuhua, et al. Characteristics and main controlling factors of gas invasion in Kongqueting gas area, Xihu sag, East China Sea Basin [J]. *Natural Gas Geoscience*, 2015, 26(2): 292-300.]
- [24] 胡芬, 叶加仁, 刘俊海. 东海西湖凹陷平湖构造带油气运聚特征[J]. *海洋地质与第四纪地质*, 2003, 23(1): 95-102. [HU Fen, YE Jiaren, LIU Junhai. Characteristics of oil and gas migration and accumulation in the Pinghu structural belt, Xihu depression, East China Sea [J]. *Marine Geology & Quaternary Geology*, 2003, 23(1): 95-102.]
- [25] 李明诚. 油气运移基础理论与油气勘探[J]. *地球科学—中国地质大学学报*, 2004, 29(4): 379-383. [LI Mingcheng. Basic principles of migration and hydrocarbon exploration [J]. *Earth Science Journal of China University of Geosciences*, 2004, 29(4): 379-383.]