

引用格式:牛华伟,杨鹏程,刘闯,等.琼东南盆地陵水凹陷北坡沉积特征及油气地质意义[J].油气藏评价与开发,2025,15(5):740-749.

NIU Huawei, YANG Pengcheng, LIU Chuang, et al. Sedimentary characteristics and oil-gas geological significance of northern slope in Lingshui Sag, Qiongdongnan Basin[J]. Petroleum Reservoir Evaluation and Development, 2025, 15(5): 740-749.

DOI: 10.13809/j.cnki.cn32-1825/te.2025.05.004

## 琼东南盆地陵水凹陷北坡沉积特征 及油气地质意义

牛华伟<sup>1</sup>, 杨鹏程<sup>2</sup>, 刘闯<sup>2</sup>, 王旖旎<sup>2</sup>, 桑亚迪<sup>2</sup>, 董鑫<sup>2</sup>, 张如凤<sup>2</sup>, 金可洁<sup>2</sup>

(1. 中国石化上海海洋油气分公司, 上海 200120; 2. 中国石化上海海洋油气分公司勘探开发研究院, 上海 200120)

**摘要:** 琼东南盆地陵水凹陷南坡已发现中央峡谷千亿立方米气田, 但是北坡油气富集程度差, “见气不见田”, 未钻遇具有一定规模的优质储层是重要的原因之一。为了明确陵水凹陷北坡沉积演化模式和优质砂体展布规律, 研究基于钻井、测井、录井、测试、地震资料, 采用薄片观察、粒度分析、物性测试等技术手段, 针对重点层系开展岩心相、测井相、地震相分析, 建立梅山组沉积演化模式, 结合储层微观特征及断砂匹配情况, 明确油气地质意义。研究表明: 梅山组时期, 海南岛提供物源, 发育陆架三角洲—海底扇沉积体系, 研究区水道、水道—朵叶复合体微相砂体相对较粗, 厚度相对较大, 测井曲线表现为箱形、钟形, 岩心可见层理及生物扰动, 地震相表现为U形或V形低频连续平行反射的特征, 是研究区主要的勘探目标。海底扇的发育及其内部砂体的差异主要受控于相对海平面的升降、古地貌形态与物源供给强弱。纵向上, 梅山组二段(以下简称梅二段)时期, 相对海平面降低, 物源供应充足, 相对可容空间较小,  $A/S \leq 1$  ( $A$ 为相对可容空间;  $S$ 为沉积物供给量), 物源可长距离搬运至陆坡处, 形成多期海底扇扇体向海进积。平面上, 海底扇的发育及其内部砂体的差异受控于古地貌与物源距离, 主要发育在近源的坡折带、同生断裂形成的断控坡折带内。研究区梅二段储层孔隙度介于8.40%~26.24%, 渗透率介于 $(0.05 \sim 26.49) \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ , 以中孔、特低渗—低渗为主要特征。优质储层受控于后期改造, 等深流可以对前期形成的重力流沉积物进行淘洗、搬运、再沉积, 使储层物性得到显著改善。在研究区普遍缺砂背景下, 断裂与砂体的耦合关系, 制约着油气的富集程度。钻井结果显示近2号断裂带油气极为活跃, 2号断裂带的砂体富集区是后续重要的勘探阵地。

**关键词:** 琼东南盆地; 陵水凹陷; 梅山组; 海底扇; 沉积演化; 断砂输导

中图分类号: TE51

文献标识码: A

### Sedimentary characteristics and oil-gas geological significance of northern slope in Lingshui Sag, Qiongdongnan Basin

NIU Huawei<sup>1</sup>, YANG Pengcheng<sup>2</sup>, LIU Chuang<sup>2</sup>, WANG Yini<sup>2</sup>, SANG Yadi<sup>2</sup>, DONG Xin<sup>2</sup>, ZHANG Rufeng<sup>2</sup>, JIN Kejie<sup>2</sup>

(1. Sinopec Shanghai Offshore Oil & Gas Company, Shanghai 200120, China; 2. Exploration and Development Research Institute, Sinopec Shanghai Offshore Oil & Gas Company, Shanghai 200120, China)

**Abstract:** A gasfield with reserves exceeding 100 billion cubic meters has been discovered in the Central Canyon on the southern slope of the Lingshui Sag in Qiongdongnan Basin. However, the northern slope shows poor oil and gas enrichment, with gas detected but no fields found. One of the key reasons is the absence of large-scale high-quality reservoirs encountered during drilling. To clarify the sedimentary evolution model and distribution patterns of high-quality sand bodies on the northern slope of the Lingshui Sag, this study integrated drilling, logging, mud logging, testing, and seismic data, using techniques such as thin section observation, grain size analysis, and physical property testing. Core facies, logging facies, and seismic facies analyses were carried out for the key strata to establish the sedimentary evolution model of Meishan Formation. Combined with reservoir microscopic characteristics and fault-sand matching, the oil-gas geological significance was clarified. The results showed that during the Meishan Formation period, sediment sources were provided by Hainan Island,

收稿日期: 2024-11-21。

第一作者简介: 牛华伟(1969—), 男, 硕士, 教授级高级工程师, 从事海洋石油勘探研究及管理工作。地址: 上海市浦东新区商城路1225号, 邮政编码: 200120。E-mail: niuhw.shhy@sinopec.com

通信作者简介: 刘闯(1989—), 男, 博士, 副研究员, 从事海洋石油地质研究工作。地址: 上海市浦东新区商城路1225号, 邮政编码: 200120。E-mail: liuchuang.shhy@sinopec.com

基金项目: 中国石化科技项目“莺-琼盆地招商区油气成藏关键要素与目标评价”(P23001); 中国石化上海分公司科技项目“琼东南招商区中新统海底扇表征及评价”(KJ-2023-6)。

and a shelf delta-submarine fan sedimentary system was developed. In the study area, the microfacies sand bodies of channels and channel-lobe complexes were relatively coarse and thick, with box-shaped or bell-shaped logging curves, and stratification and bioturbation were observed in the cores. Seismic data showed U-shaped or V-shaped low-frequency continuous parallel reflections, which served as the main exploration targets in the study area. The development of submarine fans and the differentiation of their internal sand bodies were mainly controlled by fluctuations in relative sea level, paleogeomorphic features, and the intensity of sediment supply. During the second member of the Meishan Formation (hereinafter referred to as Meishan 2) period, the relative sea level dropped, the sediment supply was abundant, and the relative accommodation space was relatively small, with  $A/S \leq 1$  ( $A$  representing relative accommodation space and  $S$  representing sediment supply). Sediments were transported over long distances to the continental slope, forming multiple phases of submarine fan progradation. Laterally, the development of submarine fans and the differences within their internal sand bodies were controlled by paleogeomorphology and distance from the sediment source, mainly developing in the proximal slope break zones and fault-controlled slope break zones formed by synsedimentary faults. The Meishan 2 reservoirs in the study area had porosity ranging from 8.40% to 26.24%, and permeability ranging from  $0.05 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$  to  $26.49 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ , mainly characterized by medium porosity and ultra-low to low permeability. High-quality reservoirs were controlled by late-stage reworking. Contour currents could wash, transport, and redeposit gravity flow sediments formed earlier, significantly improving reservoir physical properties. Under the general background of sand deficiency in the study area, the coupling between faults and sand bodies constrained the degree of oil and gas enrichment. Drilling results showed that oil and gas were highly active near the No.2 fault zone. The sand body enrichment zone of the No.2 fault zone was an important oil and gas target for future exploration.

**Keywords:** Qiongdongnan Basin; Lingshui Sag; Meishan Formation; submarine fan; sedimentary evolution; fault-sand transport

琼东南盆地历经较长的勘探历程,从合作为主到自营为主、浅水到深水、构造到岩性,先后发现多个大气田。琼东南盆地的勘探大致可以分为2个阶段:第一阶段为中外合作构造圈闭勘探阶段(1978—2010年),经历了浅水区构造勘探和深水区中外合作阶段,发现1个千亿立方米大气田和多个含油气构造<sup>[1-2]</sup>;第二阶段为自营近源深水隐蔽圈闭勘探阶段(2010年—现今),具有代表性的有乐乐-陵水凹陷大型岩性体勘探(2010—2016年)和松南-宝岛凹陷新领域勘探,发现了中央峡谷千亿立方米气田、松南低凸起Y8区古潜山裂缝油气藏、宝岛断阶带发现陵水组宝岛21-1气田等多个重大突破<sup>[3-5]</sup>。

陵水凹陷北坡浅水区勘探最早可以追溯到1996年,对外合作期间,勘探部署L7井,未获工业油气流,钻探失利。随后进入自营阶段,从2013年开始集中钻探一批井,主要勘探目标聚焦在梅山组海底扇,其中1口井测试获日产百万立方米的高产。目前,陵水凹陷北坡浅水区整体表现为油气富集程度差,“见气不见田”。为了打破目前的勘探僵局,研究基于钻井、测井、录井、测试、地震资料,开展陵水凹陷北坡沉积演化和油气富集规律分析,为下步油气勘探指明方向。

## 1 区域地质概况

琼东南盆地为新生代发育的被动大陆边缘盆地,区域上盆地的演化主要经历了始新世初始裂陷,渐新世以来受到琼琼运动和南海扩张影响剧烈拉张,晚渐新世断拗转换,中新世以来红河断裂带走滑影响发生沉降,总体“南北分带、东西分块”,垂向上具有“下断上拗”的双层结

构<sup>[6-9]</sup>。盆地断陷期呈北东—南西走向,自北向南划分为海南隆起、北部拗陷带、中部隆起、中央拗陷带和南部隆起5个一级构造单元,拗陷期自北向南呈现“陆架—陆坡—深海平原”的构造格局<sup>[10-11]</sup>。

陵水凹陷位于琼东南盆地中央拗陷带西部,凹陷北部为陵水低凸起,在控凹断裂F2断裂控制下,上升盘形成东北高,西南低的“垒状”陵水低凸起,下降盘形成陵水凹陷,均呈北东东—南西西向展布。地层主要由新生界和第四系组成,自下而上依次为始新统岭头组,渐新统崖城组、陵水组,中新统三亚组、梅山组、黄流组,上新统莺歌海组、第四系乐东组<sup>[12-13]</sup>。其中,崖城组和陵水组是主要的烃源层系,三亚组至乐东组均有储层发育(图1)。

## 2 沉积演化规律

研究区处于陵水河物源体系,物源和沉积体系规模较大,高部位陆架三角洲向前推进形成了大型海底扇沉积体系<sup>[14-16]</sup>。目前,研究区已发现的探明储量集中在中新统梅山组,研究针对主力层系梅山组,基于岩心相、测井相、地震相精细描述,开展沉积演化规律分析。

### 2.1 岩心及测井相标志

研究区主要发育水道、水道-朵叶复合体、朵叶、朵间泥四类微相。其中,水道微相主要以浅灰色细砂岩、粉砂岩为主,正旋回,测井曲线为钟形、箱形,多见块状层理、沙纹层理,底部可见虫迹、生物扰动现象,局部水动力较强,可见小型冲刷面,粒度概率曲线为高斜两段式,以

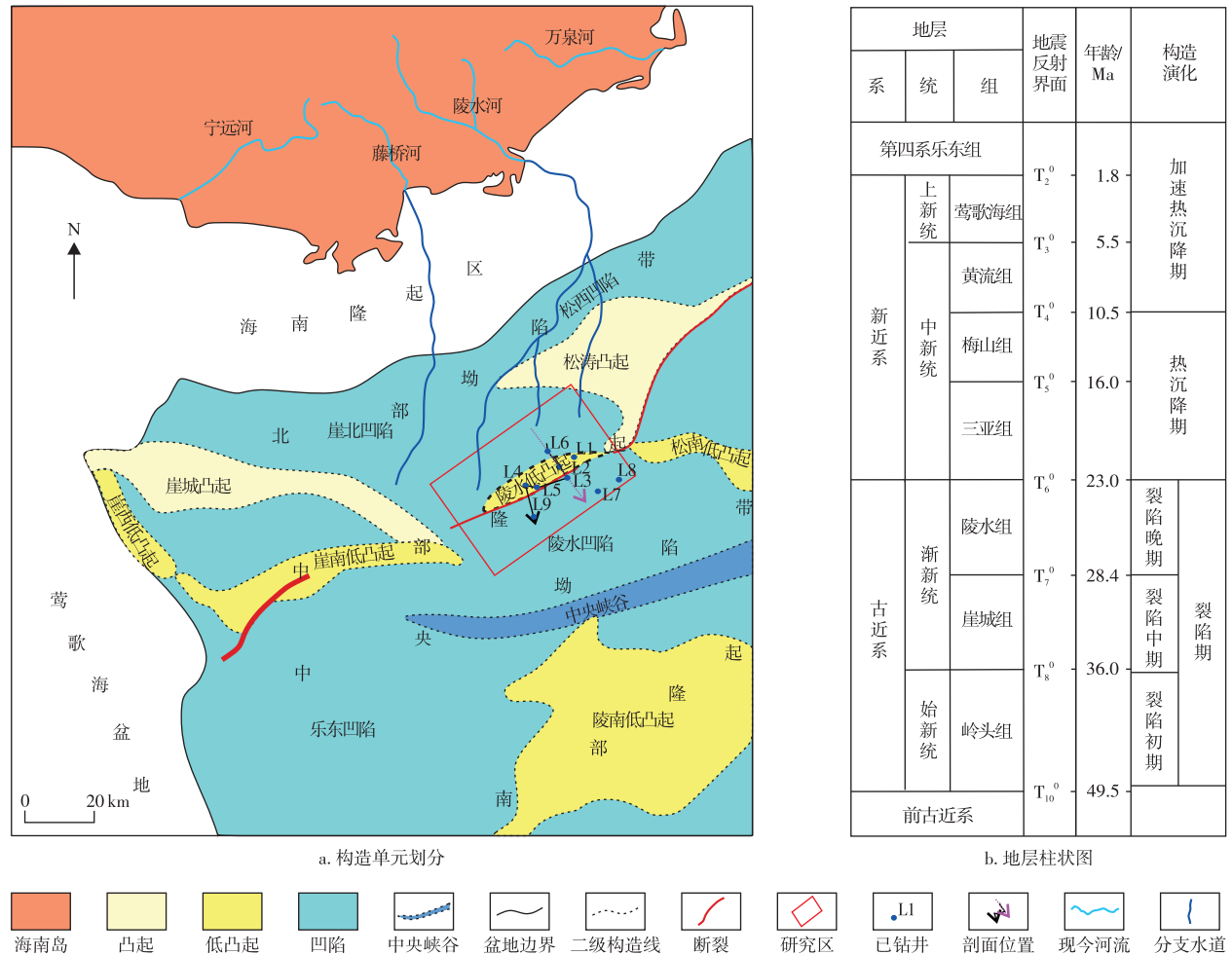


图1 琼东南盆地陵水凹陷构造单元划分和地层柱状图(据文献[10]修改)

Fig. 1 Tectonic unit division and stratigraphic column of Lingshui Sag, Qiongdongnan Basin (modified from reference [10])

悬浮组分为主,局部受底流改造发育较多滚动组分。水道-朵叶复合体微相主要以浅灰色粉砂岩、泥质粉砂岩为主,沉积旋回为下正上反复合旋回,测井曲线为钟形-漏斗形复合形态,多见块状层理、沙纹层理,底部可见虫迹、生物扰动现象,粒度概率曲线为高斜两段式,以悬浮组分为主。朵叶微相主要以浅灰色泥质粉砂岩、粉砂岩为主,泥质含量较高,沉积旋回以反旋回为主,测井曲线为漏斗形、指状,多见沙纹层理、包卷层理,局部可见漂浮岩屑,发育不完整鲍马序列B、C段,具有典型的重力流沉积特征,粒度概率曲线为低斜两段式,以悬浮组分为主,指示水动力条件较弱,为远源低密度浊流沉积。朵间泥微相主要以浅灰色泥岩、泥质粉砂岩为主,测井曲线为平直、齿化高伽马型,多见块状层理、水平纹层,粒度概率曲线以悬浮组分为主,指示弱水动力条件(图2)。

## 2.2 地震相标志

根据典型地震相单元外部反射形态和内部反射结构特征,共识别出5种地震相包括:水道充填地震相(顺物源

和切物源方向)、丘状-杂乱反射地震相、强振幅透镜状地震相、丘状-前积中强反射地震相、弱振幅亚平行反射地震相(图3)。顺物源水道充填地震相具有强振幅、中低频、中低连续、平行-亚平行反射的特征,切物源水道充填地震相表现为V形或U形。丘状-杂乱反射地震相表现为丘状外形,多数反射体顶、底为强反射,内部杂乱或呈弱平行层状,反射较弱,地震剖面上大多数丘状是滑塌沉积等快速堆积形成的正地形,多发生于陆坡区。强振幅透镜状地震相具有底部下切、顶部丘状反射的特征,地震同相轴整体呈“透镜”状形态,振幅及频率均较强,反映了水动力开始减弱,早期水道和后期朵叶叠置的沉积现象,指示水道-朵叶复合体微相。丘状-前积中强反射地震相通常表现为以前积作用产生的同相轴朝一方侧向加积,主要在坡折带转化处发育,水动力减弱,碎屑物质沉积,主要指示朵叶微相。弱振幅亚平行反射地震相表现为由一系列近平行、略微起伏的同相轴组成,内部反射结构具有中低频、弱振幅、中高连续性的特点,通常反映稳定的水体沉积环境,沉积速率趋于匀速,常见于半深海泥、朵间泥、水道间微相。

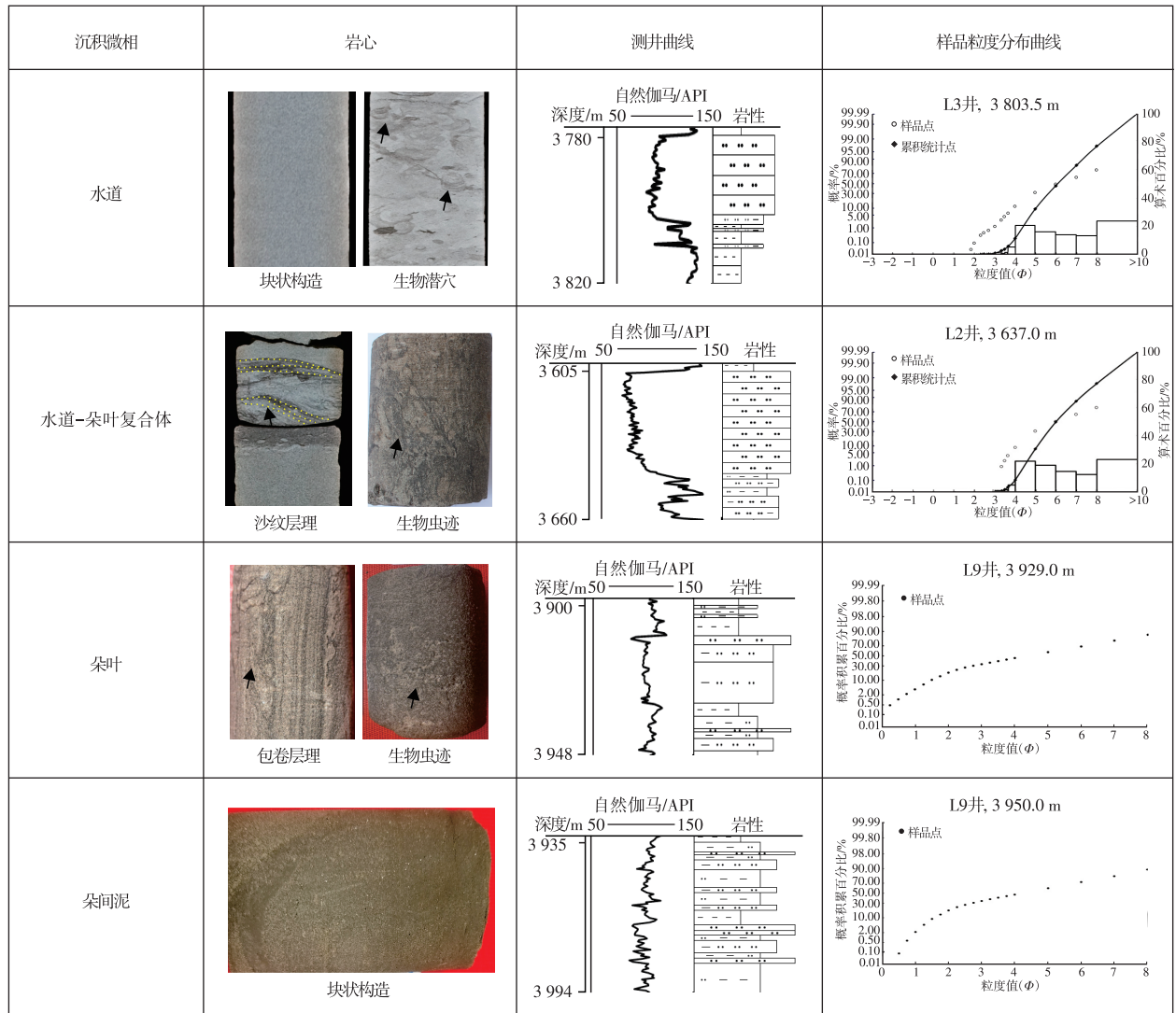


图2 琼东南盆地陵水凹陷北坡典型岩心相标志

Fig. 2 Typical core facies markers on northern slope in Lingshui Sag, Qiongdongnan Basin

### 2.3 砂体展布

梅山组二段(以下简称梅二段)时期,琼东南盆地发生大规模海退事件,相对海平面降低,陆架三角洲向海推进距离较远,东部物源充足,经陆坡沟谷向盆内供砂<sup>[16]</sup>。研究区北部陆坡处主要发育滑塌体、主沟谷微相,砂体相对不发育,主要为供砂通道,后期被半深海泥充填。随着水动力减弱,中部坡折处、断控坡折处为多期水道、水道-朵叶复合体发育的集中区域,砂体纵向上厚度大,平面上呈条带状、团块状分布。南部区域距离较远,水动力最弱,砂体较薄,粒度偏细,主要发育厚度较薄、分布面积广的席状朵叶。

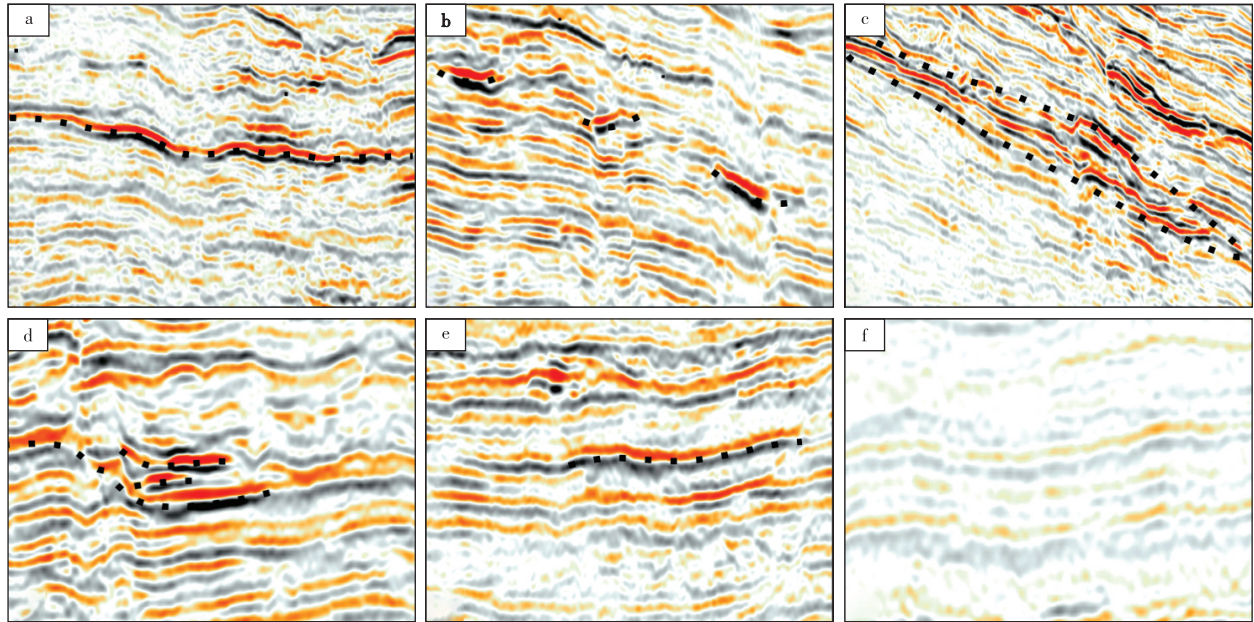
梅山组一段(以下简称梅一段)时期,相对海平面开始上升,陆架三角洲向陆退积,北部物源供给减少,西南部物源供给增强,海底扇扇体向东北退积。研究区北部

坡折带为水道、水道-朵叶复合体发育区,中部、南部区域距物源较远,水动力最弱,主要发育席状朵叶。与梅二段相比,梅一段海底扇扇体规模减小,砂体分布集中在西部(图4)。

### 2.4 沉积模式

梅山组沉积时期,构造稳定沉降,陆架坡折初始形成,呈南倾形态,研究区呈现北高南低的古地貌特点。盆地北缘的海南岛物源区供源充足,向盆内进积,在坡折带、断控坡折带沉积多期海底扇,形成陆架三角洲供砂—陆坡沟道输砂—坡折带水道化海底扇沉积的发育模式。在此模式的框架内,海底扇扇体的发育及其内部砂体的差异主要受控于相对海平面的升降、古地貌形态与物源供给强弱。

纵向上,梅二段时期,相对海平面降低,物源供应充



注:a为顺物源水道充填地震相;b为切物源水道V形充填地震相;c为丘状-杂乱反射地震相;d为强振幅透镜状地震相;e为丘状-前积中强反射地震相;f为弱振幅亚平行反射地震相。

图3 琼东南盆地陵水凹陷北坡地震相类型

Fig. 3 Seismic facies types of northern slope in Lingshui Sag, Qiongdongnan Basin

足,相对可容空间较小, $A/S \leq 1$  ( $A$ 为相对可容空间; $S$ 为沉积物供给量),物源可长距离搬运至陆坡处,形成多期海底扇扇体向海进积,此时,水动力较强,下切明显,分支水道不断向盆内延伸、分叉、交汇,形成以水道、水道-朵叶复合体为骨架砂体的海底扇沉积。梅一段沉积时期,相对海平面上升,物源供应萎缩,相对可容空间增大, $A/S > 1$ ,物源搬运距离短,水动力较弱,分支水道相对不发育,形成以朵叶体为骨架砂体的海底扇沉积。

平面上,海底扇的发育及其内部砂体的差异受控于古地貌与物源距离,通过分析梅山组海底扇平面展布特征可以看出,海底扇主要发育在近源的坡折带、同生断裂形成的断控坡折带内。近源带,水动力较强,物源供应充足, $A/S \leq 1$ ,分支水道发育,下切明显,形成以分支水道、水道-朵叶复合体为骨架砂体的海底扇沉积。其中中扇近源, $A/S < 1$ ,水动力较强,分支水道砂体下切较强,天然堤发育,垂向上顶平底凸,下切天然堤砂体;中扇末端, $A/S$ 接近1,水动力开始减弱,下切减弱,末端开始沉积朵叶砂体,形成水道-朵叶复合砂体。距离源区最远的外扇带,水动力最弱,物源供应少, $A/S > 1$ ,分支水道相对不发育,形成以朵叶体为骨架砂体的海底扇沉积,平面上呈席状分布,垂向上砂体孤立分布(图5)。

### 3 油气地质意义

目前研究区内已钻L1—L8井共8口井,整体表现

为油气富集程度差,“见气不见田”的特点。L1井针对黄流组海底扇勘探,未取到良好的油气显示。L2—L6井共5口井针对梅二段水道相海底扇扇体进行了集中勘探,钻遇气层厚度介于13.6~21.9 m,其中L3井梅二段气层测试获高产。L7井和L8井针对梅山组远端海底扇扇体进行探索,钻遇朵叶体微相,储层几乎不发育。基于地震资料、钻井资料、测井资料、测试资料及分析化验,综合分析认为,优质规模储层及断砂输导体系是制约研究区油气富集的主要因素。

#### 3.1 优质储层受控于沉积改造

通过8口井100多个铸体薄片观察分析可知,梅山组岩石类型以岩屑石英砂岩、长石石英砂岩为主,其中,L3井高产层泥质含量显著低于其他钻井。物性分析数据显示,研究区梅二段储层整体物性变化大,孔隙度介于8.40%~26.24%,平均值为19.24%,渗透率介于 $(0.05 \sim 26.49) \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ ,平均值为 $4.05 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ ,以中孔、特低渗—低渗为主要特征。L3井梅二段高产层平均孔隙度为25%,与其他井相差不大,平均渗透率为 $16.2 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ ,明显优于其他井。通过铸体薄片观察分析可知,L3井次生溶蚀孔较发育,可见粒内溶孔、铸模孔、生物体腔孔等次生孔隙,一方面表明溶蚀作用强烈,另一方面表明存在古生物活动(图6)。

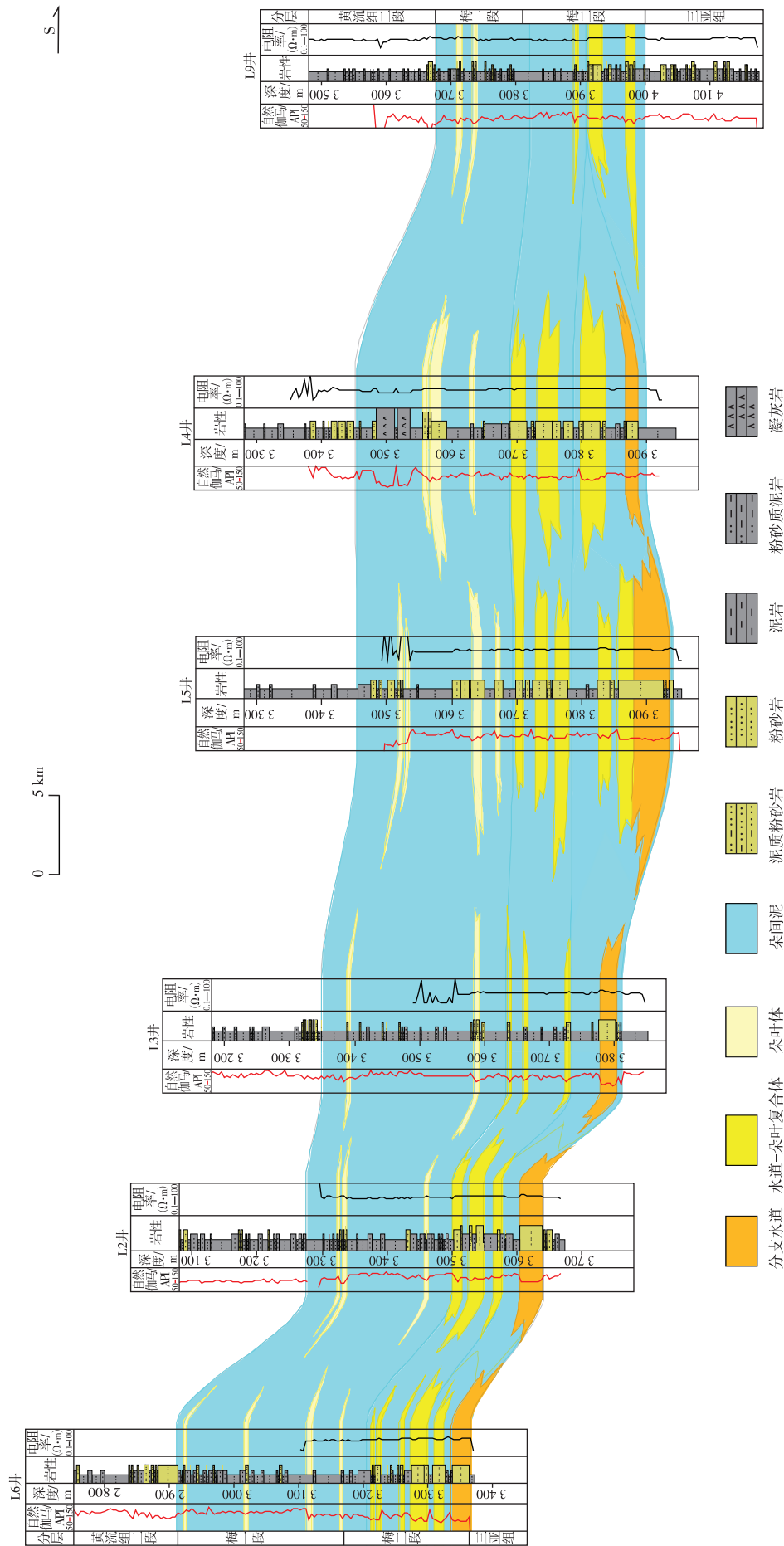


图4 琼东南盆地陵水凹陷北坡南北向连井相图  
Fig. 4 North-south connected well facies of northern slope in Lingshui Sag, Qiongdongnan Basin

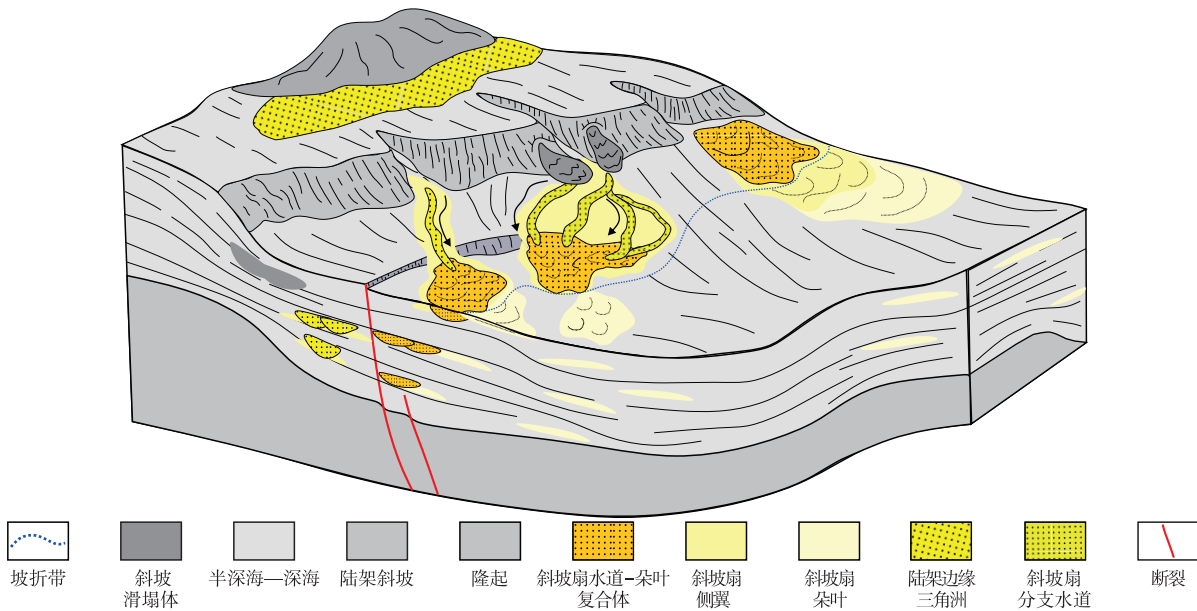
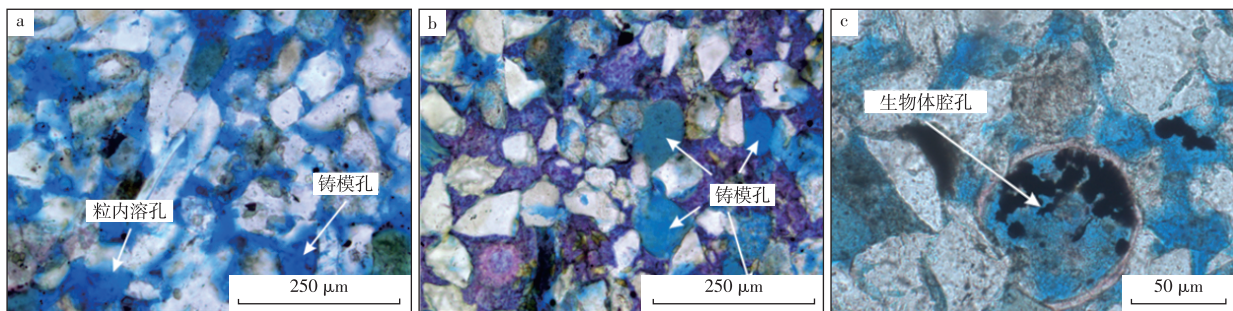


图5 琼东南盆地陵水凹陷北坡梅山组沉积模式

Fig. 5 Sedimentary model of Meishan Formation on northern slope of Lingshui Sag, Qiongdongnan Basin



注:a为L3井,3791.20 m,长石溶蚀形成粒内溶孔、铸模孔;b为L3井,3797.58 m,长石溶蚀形成铸模孔;c为L3井,3795.60 m,生物体腔孔。

图6 琼东南盆地陵水凹陷北坡L3井岩心铸体薄片照片

Fig. 6 Photomicrographs of core cast thin sections from well L3 on northern slope of Lingshui Sag, Qiongdongnan Basin

综合分析认为,等深流对储层渗透性的改造明显,是研究区优质储层的关键因素之一。等深流是由于地球旋转的结果而形成的温盐水循环底流,平行于海底等高线作稳定低速流动。当重力流和等深流叠加时,重力流搬运的颗粒往往会被淘洗、分选和改造,也是某些油气田储层“甜点”的关键<sup>[17-18]</sup>。研究区L3井揭示水道微相局部发育等深流沉积,以沙纹层理、漂浮岩屑、生物扰动等典型等深流沉积构造特征为标志。统计分析,L3井梅二段重力流发育35次,砂体平均厚度为27.3 cm,最大厚度为80 cm,等深流发育34次,平均厚度为3.5 cm,最大厚度为8 cm,两者频繁交互(图7)。持续的等深流可以对前期形成的重力流沉积物进行淘洗、搬运、再沉积,使储层分选变好,渗透率和孔隙度得到显著改善。

### 3.2 断砂匹配区油气活跃

研究区深部断陷期崖城组和陵水组提供烃源岩<sup>[19-20]</sup>,梅山组为主要的储层发育段,莺歌海和乐东组巨厚泥岩提供良好的封盖条件,整体表现为下生上储的特点。不同于琼东南盆地中央峡谷的泥底辟和裂缝输导网络,研究区主要的油气运移通道为断裂<sup>[21-22]</sup>。在浅海—半深海沉积环境下,主要储层为事件性重力流沉积形成的砂体,普遍缺砂背景下,断裂与砂体的耦合关系,制约着油气的富集程度。琼东南盆地发育长期持续性活动的2号断裂,研究区位于2号断裂的中段,对油气输导起着关键作用<sup>[23-25]</sup>。从已钻井油气显示看,L3井近2号断裂带,油气垂向运移活跃,多层见油气显示,累计气测异常厚度235 m,证实了2号断裂的油气输导能力(图8)。其中,梅二段砂体相对富集,断裂和砂体直接接触,匹配

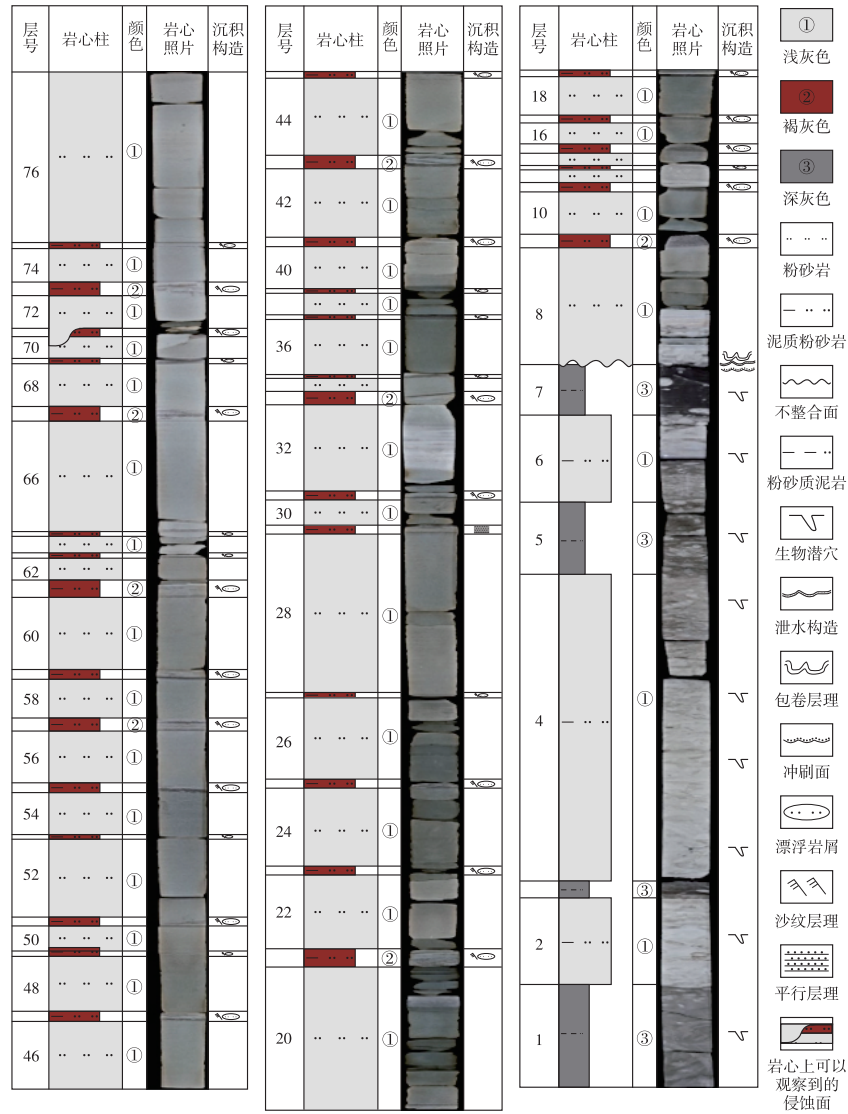


图7 琼东南盆地陵水凹陷北坡L3井梅二段岩心描述

Fig. 7 Core description of the second member of Meishan Formation in well L3 on northern slope of Lingshui Sag, Qiongdongnan Basin

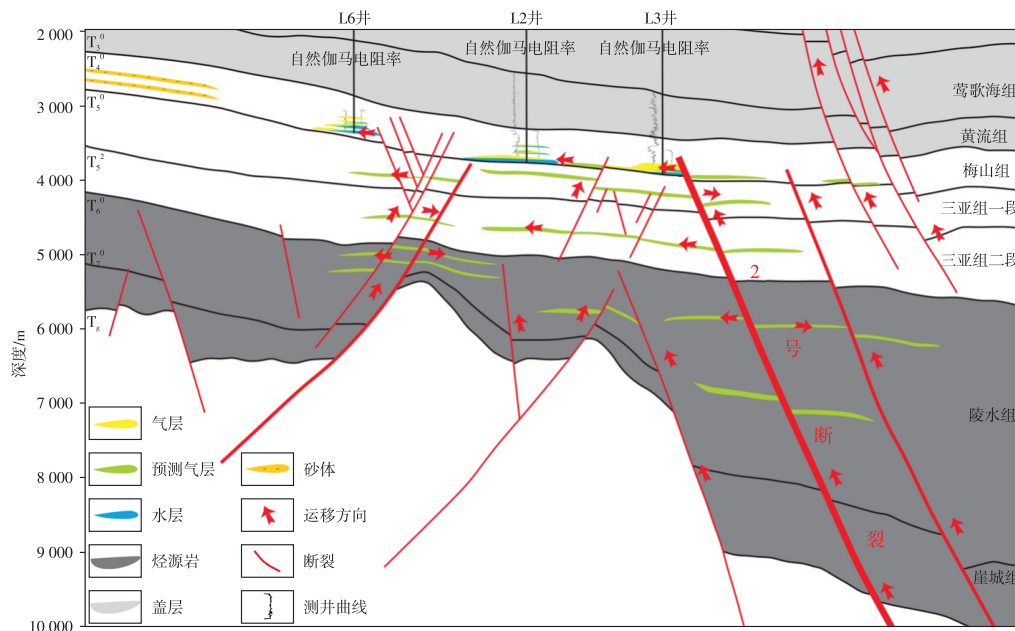


图8 琼东南盆地陵水凹陷北坡油气成藏模式

Fig. 8 Oil and gas accumulation model of northern slope in Lingshui Sag, Qiongdongnan Basin

良好,为油气富集层段。相对的,L2井远离2号断裂,油气显示级别明显下降,砂体未与2号断裂直接接触,输导效率低,油气不富集。因此,围绕2号断裂带的砂体富集区,同样是油气的富集带。

## 4 结论

1) 研究区梅山组水道、水道-朵叶复合体微相砂体相对较粗,厚度相对较大,测井曲线表现为箱形、钟形,岩心可见层理及生物扰动,地震相表现为U形或V形的低频连续平行反射的特征,是研究区主要的勘探目标。

2) 海底扇的发育及其内部砂体的差异主要受控于相对海平面的升降、古地貌形态与物源供给强弱。梅二段储层以中孔、特低渗—低渗为主要特征,优质储层受控于后期改造,等深流对前期形成的重力流沉积物进行淘洗、搬运、再沉积,使储层物性得到改善。

3) 在研究区普遍缺砂背景下,断裂与砂体的耦合关系,制约着油气的富集程度。钻井结果显示近2号断裂带油气极为活跃,2号断裂带的砂体富集区是后续重要的勘探阵地。

### 参考文献

- [1] 谢玉洪,童传新.崖城13-1气田天然气富集条件及成藏模式[J].天然气工业,2011,31(8):1-5.  
XIE Yuhong, TONG Chuanxin. Conditions and gas pooling modes of natural gas accumulation in the Yacheng-13-1 Gas Field[J]. Natural Gas Industry, 2011, 31(8): 1-5.
- [2] 吴克强,裴健翔,胡林,等.莺歌海-琼东南盆地油气勘探新进展与思考[J].中国海上油气,2024,36(5):1-13.  
WU Keqiang, PEI Jianxiang, HU Lin, et al. New progress and thinking on oil and gas exploration in Yinggehai-Qiongdongnan Basin[J]. China Offshore Oil and Gas, 2024, 36(5): 1-13.
- [3] 张迎朝,徐新德,甘军,等.琼东南盆地深水大气田地质特征、成藏模式及勘探方向研究[J].地质学报,2017,91(7):1620-1633.  
ZHANG Yingchao, XU Xinde, GAN Jun, et al. Study on the geological characteristics, accumulation model and exploration direction of the giant deepwater gas field in the Qiongdongnan Basin [J]. Acta Geologica Sinica, 2017, 91(7): 1620-1633.
- [4] 郭原草,郭建华,劳海港,等.琼东南盆地松南低凸起YA区花岗岩潜山风化壳储层特征及发育控制因素[J].石油与天然气地质,2024,45(4):1155-1167.  
GUO Yuancao, GUO Jianhua, LAO Haigang, et al. Characteristics and factors controlling the development of weathered crust reservoirs in buried granite hills, YA area, Songnan swell, Qiongdongnan Basin [J]. Oil & Gas Geology, 2024, 45(4): 1155-1167.
- [5] 尤丽,权永彬,鹿雷,等.琼东南盆地深水宝岛21-1气田天然气来源及输导体系[J].石油与天然气地质,2023,44(5):1270-1278.  
YOU Li, QUAN Yongbin, TUO Lei, et al. Natural gas sources and migration pathways of the Baodao 21-1 gas field in the deep-water area of the Qiongdongnan Basin[J]. Oil & Gas Geology, 2023, 44(5): 1270-1278.
- [6] 李绪宣,钟志洪,董伟良,等.琼东南盆地古近纪裂陷构造特征及其动力学机制[J].石油勘探与开发,2006,33(6):713-721.  
LI Xuxuan, ZHONG Zhihong, DONG Weiliang, et al. Paleogene rift structure and its dynamics of Qiongdongnan Basin[J]. Petroleum Exploration and Development, 2006, 33(6): 713-721.
- [7] 袁玉松,丁玫瑰.南海北部深水盆地特征及其动力学背景[J].海洋科学,2008,32(12):102-110.  
YUAN Yusong, DING Meigui. Characteristics and geodynamic setting of the basins in deepwater area of the Northern South China Sea Margin[J]. Marine Sciences, 2008, 32(12): 102-110.
- [8] 张功成,纪沫,陈莹,等.琼东南盆地“气聚集带”的成藏特征与勘探潜力[J].石油学报,2024,45(1):226-240.  
ZHANG Gongcheng, JI Mo, CHEN Ying, et al. Accumulation characteristics and exploration potentials of “gas accumulation belt” in Qiongdongnan Basin[J]. Acta Petrolei Sinica, 2024, 45(1): 226-240.
- [9] 贺婉慧,汪伟,尹宏伟,等.琼东南盆地深水构造演化及东西段构造差异对比[J].高校地质学报,2022,28(5):644-654.  
HE Wanhui, WANG Wei, YIN Hongwei, et al. Structural evolution in deep water area of Qiongdongnan Basin and comparison of structural differences between eastern and western segments[J]. Geological Journal of China Universities, 2022, 28(5): 644-654.
- [10] 周荔青,江东辉,杨鹏程,等.琼东南盆地陵水北坡LS13-2区勘探思路与突破方向[J].石油与天然气地质,2024,45(3):673-683.  
ZHOU Liqing, JIANG Donghui, YANG Pengcheng, et al. Philosophy and potential breakthroughs for hydrocarbon exploration in block LS13-2 on the northern slope of the Lingshui Sag, Qiongdongnan Basin[J]. Oil & Gas Geology, 2024, 45(3): 673-683.
- [11] 谭建财,范彩伟,宋鹏,等.琼东南盆地中中新统古沟谷和坡折带特征及油气勘探意义[J].油气地质与采收率,2017,24(3):30-36.  
TAN Jiancai, FAN Caiwei, SONG Peng, et al. Characteristics of the mid-Miocene paleo ravine-slope break zones in Qiongdongnan basin and its significance for oil-gas exploration[J]. Petroleum Geology and Recovery Efficiency, 2017, 24(3): 30-36.
- [12] 王旖旎,张百涛,王允洪,等.琼东南陵水凹陷北坡构造特征及构造演化分析[J].海洋石油,2024,44(3):31-38.  
WANG Yini, ZHANG Baitao, WANG Yunhong, et al. Structural characteristics and evolution analysis of the north slope of Lingshui Depression in Qiongdongnan[J]. Offshore Oil, 2024, 44(3): 31-38.
- [13] 尤丽,吴仕玖,代龙,等.琼东南盆地乐东—陵水凹陷梅山组海底扇高温超压储层成岩-孔隙演化[J].海相油气地质,2024,29(3):280-290.  
YOU Li, WU Shijiu, DAI Long, et al. Diagenesis and porosity evolution of high temperature and overpressure submarine fan reservoir of Meishan Formation in Ledong-Lingshui sags, Qiongdongnan Basin[J]. Marine Origin Petroleum Geology, 2024, 29(3): 280-290.
- [14] 唐武,谢晓军,熊连桥,等.琼东南盆地深层源汇系统特征及富砂性预测:以松南低凸起中段陵三段为例[J].海洋地质与第四纪地质,2024,44(4):123-133.  
TANG Wu, XIE Xiaojun, XIONG Lianqiao, et al. Characteristics of deep source-to-sink systems and sand prediction in Qiongdongnan Basin: A case study[J]. Marine Geology & Quaternary Geology, 2024, 44(4): 123-133.

- [15] 龚胜利, 闫琢玉, 李百强, 等. 琼东南盆地中新统海底扇碎屑岩锆石 U-Pb 年龄特征及物源分析[J]. 地质科技通报, 2024, 43(5): 45-54.  
GONG Shengli, YAN Zhuoyu, LI Baiqiang, et al. U-Pb age characteristics of detrital zircon and provenance analysis of a Middle Miocene submarine fan in the Qiongdongnan Basin[J]. Bulletin of Geological Science and Technology, 2024, 43(5): 45-54.
- [16] 李建平, 贾万丽, 李宏义, 等. 物源—地貌双控背景下海底扇沉积储层特征及勘探意义: 以琼东南盆地梅山组为例[J]. 地质科学, 2024, 59(1): 148-165.  
LI Jianping, JIA Wanli, LI Hongyi, et al. Sedimentary reservoir characteristics and exploration significance of submarine fan under the dual control of provenance and geomorphology: Taking the Meishan Formation in Qiongdongnan Basin as an example[J]. Chinese Journal of Geology (Scientia Geologica Sinica), 2024, 59(1): 148-165.
- [17] 李华, 王英民, 徐强, 等. 南海北部珠江口盆地重力流与等深流交互作用沉积特征、过程及沉积模式[J]. 地质学报, 2014, 88(6): 1120-1129.  
LI Hua, WANG Yingmin, XU Qiang, et al. Interactions between down-slope and along-slope processes on the northern slope of South China Sea: Products, processes, and depositional model[J]. Acta Geologica Sinica, 2014, 88(6): 1120-1129.
- [18] 汪锴, 王根厚, 贾庆军, 等. 琼东南盆地深水松南—宝岛凹陷的构造演化及其与油气成藏关系[J]. 现代地质, 2023, 37(2): 245-258.  
WANG Kai, WANG Genhou, JIA Qingjun, et al. Tectonic evolution of Songnan-Baodao Sag in Qiongdongnan Basin and its relationship with oil-gas reservoir[J]. Geoscience, 2023, 37(2): 245-258.
- [19] 刘昆, 宋鹏, 胡雯燕, 等. 南海北部琼东南盆地烃源岩发育特征与气源综合分析[J]. 海洋地质与第四纪地质, 2022, 42(6): 173-184.  
LIU Kun, SONG Peng, HU Wenyan, et al. Developmental characteristics of source rock and gas source analysis in Qiongdongnan Basin, Northern South China Sea[J]. Marine Geology & Quaternary Geology, 2022, 42(6): 173-184.
- [20] 何春民, 甘军, 梁刚, 等. 琼东南盆地深水渐新统烃源岩有机质碳同位素分布特征及其主控因素[J]. 地球化学, 2021, 50(2): 175-184.  
HE Chunmin, GAN Jun, LIANG Gang, et al. Characteristics of the organic carbon isotope of Oligocene source rocks in deepwater area of the Qiongdongnan Basin and its main controlling factors[J]. Geochimica, 2021, 50(2): 175-184.
- [21] 陈奎, 王雯娟, 徐万兴, 等. 琼东南盆地中央峡谷“深海一号”大气田周缘成藏条件与滚动勘探成效[J]. 石油实验地质, 2023, 45(5): 994-1006.  
CHEN Kui, WANG Wenjuan, XU Wanxing, et al. Accumulation conditions and rolling exploration results in the periphery of “Deep Sea No. 1” giant gas field in central canyon of Qiongdongnan Basin [J]. Petroleum Geology & Experiment, 2023, 45(5): 994-1006.
- [22] 施和生, 杨计海, 张迎朝, 等. 琼东南盆地地质认识创新与深水领域天然气勘探重大突破[J]. 中国石油勘探, 2019, 24(6): 691-698.  
SHI Hesheng, YANG Jihai, ZHANG Yingzhao, et al. Geological understanding innovation and major breakthrough to natural gas exploration in deep water in Qiongdongnan Basin[J]. China Petroleum Exploration, 2019, 24(6): 691-698.
- [23] 于俊峰, 段如泰. 琼东南盆地2号断裂东带发育特征及形成机理[J]. 大地构造与成矿学, 2008, 32(3): 293-299.  
YU Junfeng, DUAN Rutai. Forming mechanism and developing characteristics of eastern segment of No. 2 fault zone in Qiongdongnan Basin[J]. Geotectonica et Metallogenia, 2008, 32(3): 293-299.
- [24] 甘军, 梁刚, 李兴, 等. 琼东南盆地梅山组海底扇天然气成因类型及成藏模式[J]. 地质学报, 2022, 96(3): 1069-1078.  
GAN Jun, LIANG Gang, LI Xing, et al. Genetic types and accumulation model of submarine fan gas in the Meishan Formation, Qiongdongnan Basin[J]. Acta Geologica Sinica, 2022, 96(3): 1069-1078.
- [25] 田澜希, 张冠杰, 雷新. 琼东南盆地二号断裂带断层封闭性评价[J]. 现代地质, 2024, 38(5): 1235-1247.  
TIAN Lanxi, ZHANG Guanjie, LEI Xin. Evaluation of fault sealing in the No. 2 fault zone of the Qiongdongnan Basin[J]. Geoscience, 2024, 38(5): 1235-1247.

(编辑 尹淑容)