

吴凯伦, 杨鹏程, 朱睿哲, 等. 东海陆架盆地二氧化碳地质封存储盖组合优选及评估[J]. 海洋地质前沿, 2025, 41(3): 14-24.

WU Kailun, YANG Pengcheng, ZHU Ruizhe, et al. Reservoir-cap combination optimization and assessment of CO<sub>2</sub> geological storage in East China Sea shelf basin[J]. Marine Geology Frontiers, 2025, 41(3): 14-24.

# 东海陆架盆地二氧化碳地质封存储盖组合优选及评估

吴凯伦, 杨鹏程\*, 朱睿哲, 王修平, 杨佳毅

(中国石油化工股份有限公司上海海洋油气分公司, 上海 200120)

**摘要:** 东海陆架盆地是中国最大的近海沉积盆地, 具有封存潜力大、近碳源、勘探程度高等特点, 是 CO<sub>2</sub> 地质封存的极佳场所。本文对东海陆架盆地构造、沉积等基础地质条件进行分析, 结合钻井、地震资料建立储、盖层的评价标准, 优选储盖组合, 圈定有利区。结果表明, 瓯江凹陷古新统、西湖凹陷渐新统和中新统具备 CO<sub>2</sub> 封存的有利地质条件; 有利储盖组合具备“纵向分层系、平面分区带”的特征: 纵向上, 东、西部储盖组合分布存在差异, 东部集中在渐新统和中新统, 西部集中在古新统和始新统; 平面上, 东部有利储盖分布区集中在西湖凹陷, 西部有利区集中在瓯江凹陷, 盆地南部有利区分布在各构造单元的西侧斜坡。本文首次对东海陆架盆地 CO<sub>2</sub> 储、盖层展开针对性评价, 圈定有利储盖组合发育区, 可以为华东地区 CO<sub>2</sub> 离岸封存提供地质依据和应用参考。

**关键词:** 东海陆架盆地; 地质封存; 储盖组合优选; 封存潜力; 咸水层

中图分类号: P744.4, P736

文献标识码: A

DOI: 10.16028/j.1009-2722.2024.292

## 0 引言

在全球气候变化的严峻形势下, 寻求有效的温室气体减排途径尤为迫切。二氧化碳(CO<sub>2</sub>)地质封存(Carbon Capture and Storage, CCS)通过将 CO<sub>2</sub> 注入地质构造中长期储存(图 1a)<sup>[1]</sup>, 从而大幅减少大气中 CO<sub>2</sub> 的浓度<sup>[2]</sup>。CCS 作为碳中和的最后一环, 是一项兜底的关键技术, 在减少大气 CO<sub>2</sub> 含量的前提下, 能够确保化石能源向清洁能源的平稳过渡。根据国际能源署研究, 预计到 2060 年, CO<sub>2</sub> 封存对碳中和的贡献率可达到 14% 以上<sup>[3]</sup>。自挪威北海 Sleipner 气田项目拉开世界首个咸水层 CO<sub>2</sub> 地质封存商业应用的帷幕, 目前, 全球以深部咸水层为储存介质的地质封存项目已经超过 12 个, 且规模逐渐由之前的小规模试验性封存到大规模商业应

用<sup>[4-6]</sup>。国内的 CO<sub>2</sub> 地质封存项目开展较晚, 但是相关领域的研究和实践也在不断深化, 技术路线也逐渐成熟<sup>[7-12]</sup>。截至 2022 年底, 中国已投运和规划建设中的 CO<sub>2</sub> 捕集、利用与封存(Carbon Capture, Utilization and Storage, CCUS)示范项目已接近百个, 其中, 已投运项目超过半数, CO<sub>2</sub> 捕集能力约为 400 万 t/a, 注入能力约为 200 万 t/a<sup>[13]</sup>。

陆域封存选址受人口、工业等限制<sup>[14-15]</sup>, 相比之下, 海域封存更具备优势。中国主要的碳排放源附近都有适宜埋存的海域盆地: 华东、长三角地区—南黄海盆地、东海陆架盆地; 京津冀地区—渤海湾盆地; 珠三角地区—珠江口盆地。这些近岸盆地研究程度高, 在场地、环境影响和风险可控性方面都具有一定优势<sup>[2,16-17]</sup>。以长三角地区为例, CO<sub>2</sub> 排放量占全国总排放量的 12.7%<sup>[18]</sup>, 其近排放源的陆域盆地中只有苏北盆地封存条件良好, 但封存量有限, 源汇匹配极其不平衡。中国东部近海盆地主要有南黄海盆地和东海陆架盆地, 南黄海盆地为苏北盆地向海的延伸, 面积仅 18 万 km<sup>2</sup>, 勘探程度低。而东海陆架盆地是中国最大的近海沉积盆地, 面积为 26 万 km<sup>2</sup>, 勘探程度高, 油气资源丰富, 是长三角地区良好的 CO<sub>2</sub> 封存地点。

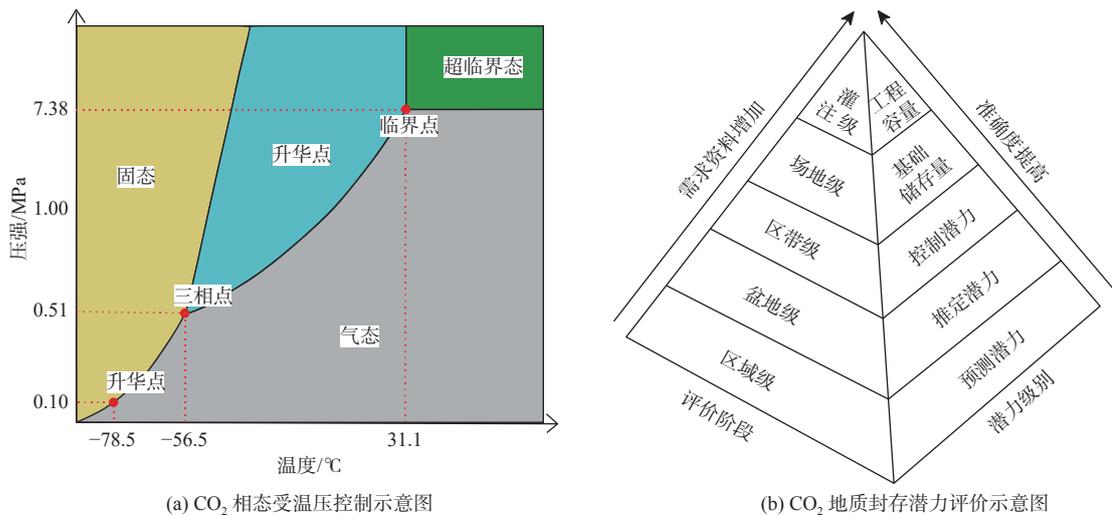
东海陆架盆地的 CO<sub>2</sub> 封存条件和适宜性前人

收稿日期: 2024-12-31

资助项目: 中国石油化工股份有限公司科技项目“东海西湖凹陷 CO<sub>2</sub> 地质封存技术研究”(P22175)

第一作者: 吴凯伦(1996—), 男, 硕士, 工程师, 主要从事油气勘探方面的研究工作。E-mail: wukl.shhy@sinopec.com

\* 通讯作者: 杨鹏程(1988—), 男, 硕士, 副研究员, 主要从事石油地质、CO<sub>2</sub> 封存地质评价方面的研究工作。E-mail: yangpch.shhy@sinopec.com



据文献 [1] 修改

图 1 CO<sub>2</sub> 相态受温压控制和地质封存潜力评价示意图

Fig. 1 The different states of CO<sub>2</sub> affected by temperature and pressure and the scales of assessment on CO<sub>2</sub> geological storage potential

做了很多研究<sup>[3,19-20]</sup>,但是对整个盆地的储、盖层及储盖组合的精细化评价研究工作相对薄弱,无法有效满足 CO<sub>2</sub> 选址封存实施的进一步需求(图 1b)。本文基于品质较好的地震、钻井和分析化验资料,在分析东海陆架盆地的构造演化和沉积特征的基础上,对重点区带和重点层系的储、盖层开展了精细化评价、优选,圈定有利储盖组合发育区,为 CO<sub>2</sub> 封存选址提供重要的支撑。

## 1 地质概况

东海陆架盆地是中国近海最大的沉积盆地,面积约为 26 万 km<sup>2</sup>,沉积厚度大,CO<sub>2</sub> 封存的潜力巨大。在构造上位于浙闽隆起区东部,钓鱼岛隆褶带西部(图 2a),可进一步划分为西部拗陷、中部隆起区和东部拗陷,整体为“东西分带、南北分块”的格局。东部拗陷带包括西湖凹陷、福江凹陷和基隆凹陷,西部拗陷带包括长江凹陷、钱塘凹陷和甬江凹陷,其余为凸起区。东海陆架盆地新生代地层发育齐全,沉积厚度为 9 000~15 000 m,沉积地层由老到新分别为古新统月桂峰组、灵峰组、明月峰组,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,上新统的三潭组以及更新统的东海群(图 2b)。

### 1.1 构造演化

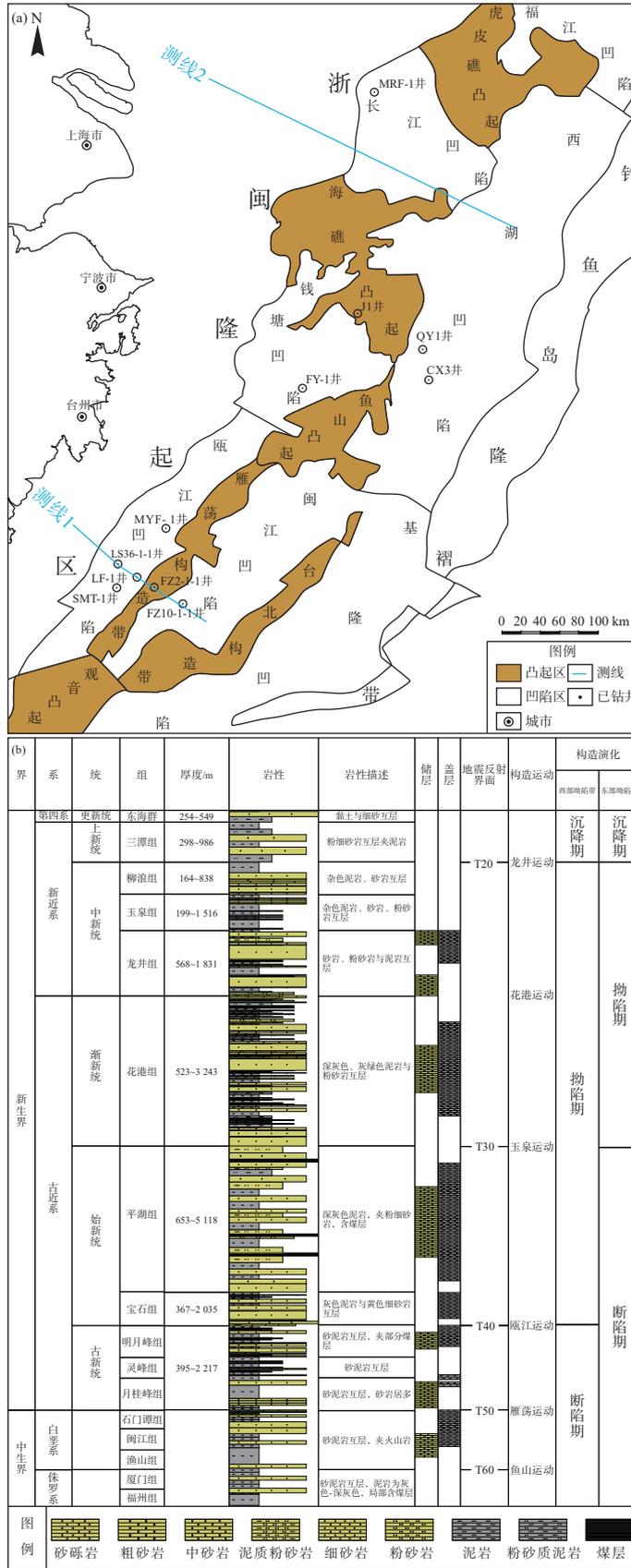
构造演化通常控制着盆地的形成和沉积充填

模式,从而决定了储、盖层的发育特征。东海陆架盆地是欧亚板块与太平洋板块之间碰撞、俯冲、弧后扩张形成的弧后盆地,经历了 3 个阶段的演化。其中,东西部演化阶段存在差异(图 3),盆地中生代开始进入断陷期,西部拗陷带持续到古新世末期,东部拗陷带则有明显的延迟效应,结束于始新世末期。始新世末期盆地全面进入拗陷阶段,一直持续到中新世末期,上新世早期到近代全区进入全面沉降期。断陷层由于断裂分布较多,且地层厚度不及拗陷层,所以在 CO<sub>2</sub> 选址上可能会优先考虑拗陷层。在构造背景控制下,盆地的裂陷中心的由西向东迁移,东部拗陷带裂陷时间更长,导致地层呈现“西薄东厚”的特征。东部拗陷带注陷规模普遍更大,整体地层厚度大,利于 CO<sub>2</sub> 封存的空间更多。

### 1.2 沉积特征

沉积环境往往决定着储、盖层的发育,明确发育优质储、盖层的有利相带及其展布特征,有利于指导下一步 CO<sub>2</sub> 封存有利区的筛选。本次研究从井出发,主要结合二维剖面分析沉积体系的展布规律,对发育优质储、盖层的沉积相带进行探讨。

传统油气勘探中,陆相湖泊-三角洲相和海相-三角洲中通常发育较好的储盖组合。东海陆架盆地中生代沉积相发育受盆地构造所控制,整体呈 NE 向展布,具有 NW 向高 SE 向低的古地理特征,延 NW 向 SE 方向由陆相向海相转变(图 4)。盆地



(a) 东海陆架盆地区划; (b) 东海陆架盆地综合柱状图

图 2 东海陆架盆地区划及综合柱状图

Fig.2 Tectonic outline and the comprehensive stratigraphic histogram of the East China Sea shelf basin

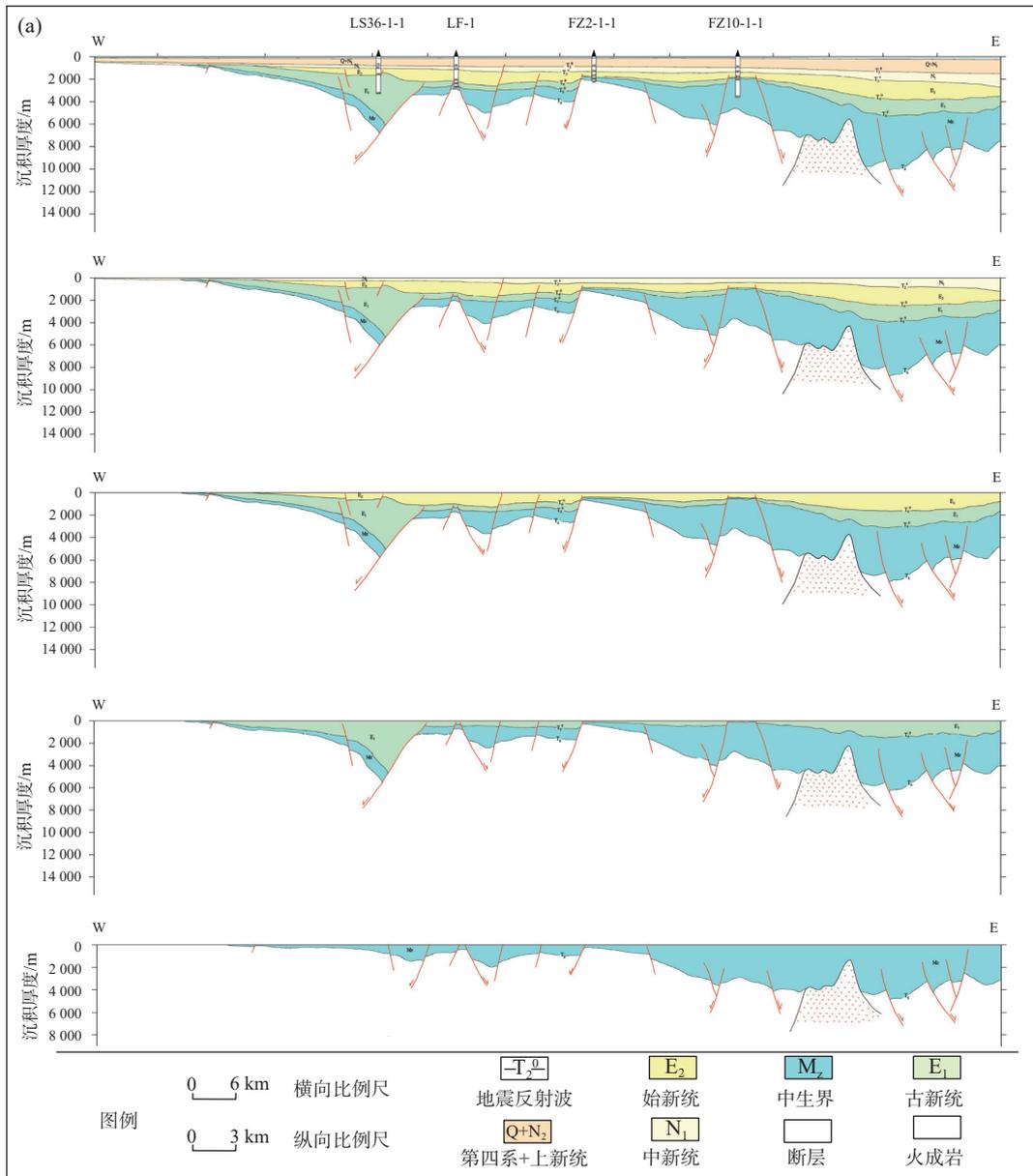
西南部主要发育冲积扇相、河流相、海陆过渡相和海相沉积, 可能发育有局部较好的储、盖层; 古新统主要呈现南海北陆的沉积格局, 南部以滨浅海-三角洲沉积为主, 浙闽隆起物源进入瓯江凹陷, 是储、盖层的主要发育区, 北部长江凹陷发育局部河流-三角洲-湖泊相沉积; 始新统时期, 南部主要发育三角洲-海相沉积, 北部西湖凹陷为三角洲-潮坪的海陆过渡相沉积, 海陆过渡带为优质储、盖层的发育区; 渐新统主要发育在东部拗陷带, 北部西湖凹陷以河流-湖泊相沉积为主, 为有利储盖组合的优势相带, 南侧基隆凹陷则是以海相为主, 辅以海陆过渡相和三角洲相; 中新统依然呈现“南海北陆”的沉积格局, 南部主要发育海相和海陆过渡相, 北部西湖凹陷为河流-湖泊相沉积, 北部其他地区为河流相沉积。结

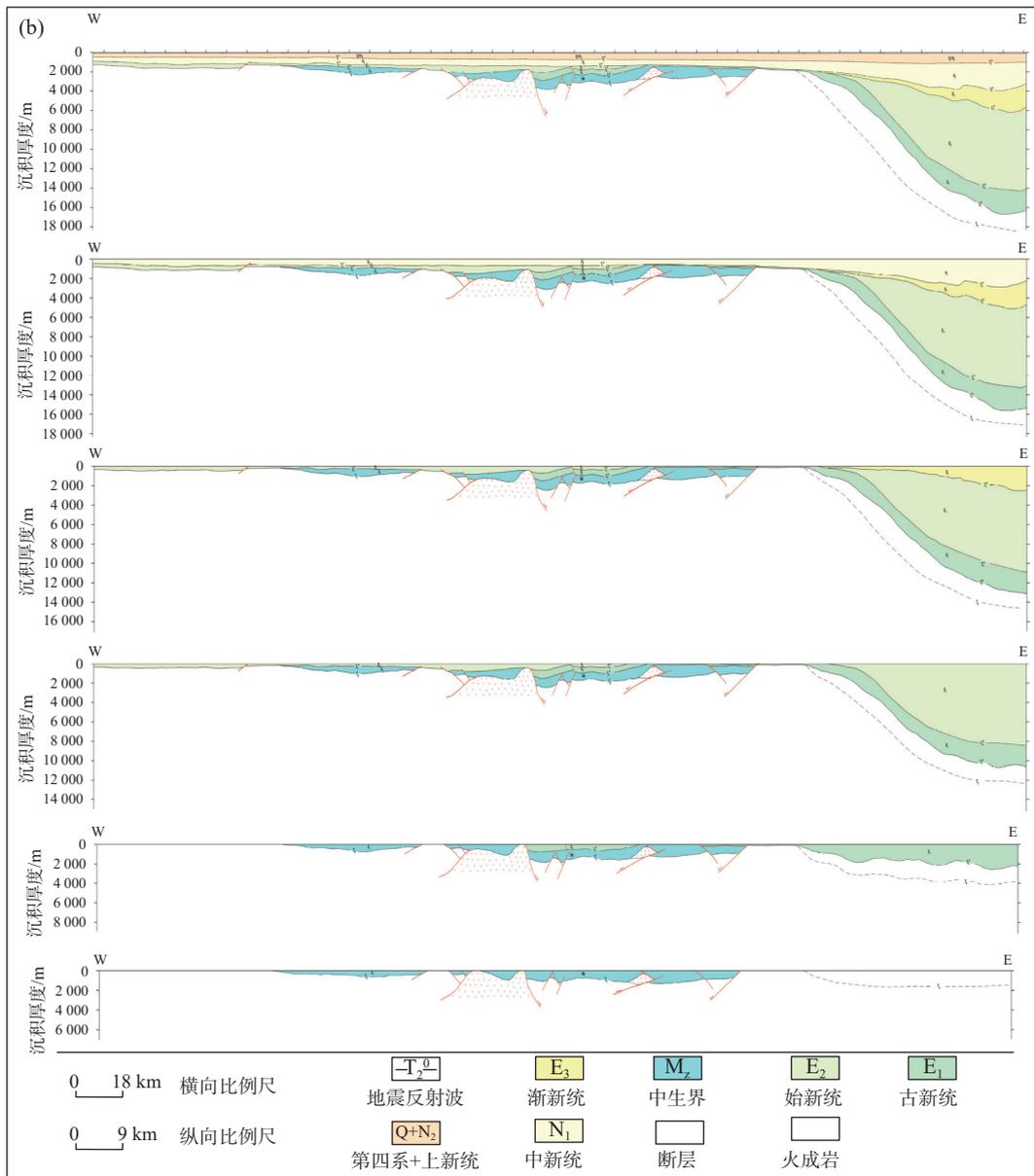
合 CO<sub>2</sub> 封存储、盖层特征来看, 盆地东部的西湖凹陷中新统一渐新统主要发育三角洲-湖泊相, 为封存储、盖层发育的有利相带; 盆地西部瓯江凹陷古新统则发育海陆过渡的三角洲相和海相, 也可能发育优质的储盖组合。

## 2 储、盖层评价

### 2.1 评价方法及参数

根据前人研究成果, 结合最新的地震、钻井和分析化验资料, 建立东海陆架盆地 CO<sub>2</sub> 储、盖层评价的指标体系(表 1、2), 分层系对东海陆架盆地 CO<sub>2</sub> 地质封存的储、盖层进行优选。





(a)测线1地震剖面构造发育史;(b)测线2地震剖面构造发育史

图3 东海陆架盆地构造发育史

Fig.3 The tectonic evolution of the East China Sea shelf basin revealed from Line 1 (a) and Line 2 (b)

目前,针对储、盖层优选所建立的评价标准较少,本次储层评价参数的选择参考《油气储层评价方法》标准,盆地级别的储层评价是以认清储集层段和宏观分布为重点,指明有利储层分布的优势相带,为下一步评价提供依据。关于各项参数的取值,尚未有统一的标准,本次在油气储、盖层评价的基础上,结合盆地的实际情况划分、取值。本次评价,盖层指标主要考虑其封盖能力和盖层厚度,包括岩性、厚度、连续性、渗透率和二次截留能力。储层指标主要考虑储存规模和可注入性,包括厚度、埋深、砂地比、孔隙度、渗透率。储层物性既受地层

埋深作用控制,又受沉积相带制约。基于目前东海陆架盆地整体勘探程度不均衡的情况,部分勘探程度低的区域利用储层物性与埋深之间的关系进行预测(图5)。

### 2.2 评价结果

#### 2.2.1 储层评价结果

中生界优质储层集中在西部拗陷带(长江凹陷、钱塘凹陷、鱼山凸起和雁荡构造带),西部中生界整体埋深较浅(<3 400 m),发育河流-三角洲相,孔隙度为 15%~25%,渗透率为(10~150)×10<sup>-3</sup> μm<sup>2</sup>,砂

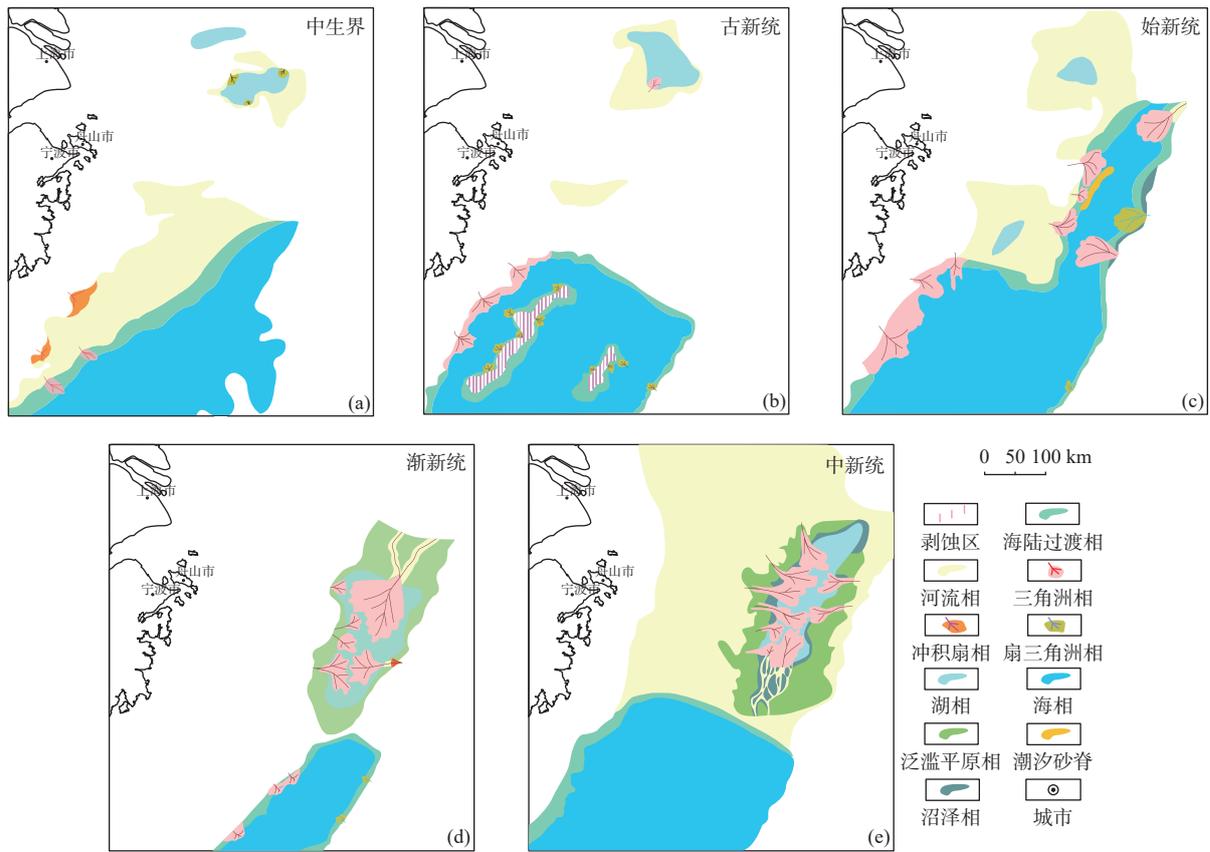


图 4 东海陆架盆地沉积相图

Fig.4 Sedimentary facies of the East China Sea shelf basin

表 1 东海陆架盆地储层评价标准

Table 1 Assessment criteria of reservoir in the East China Sea shelf basin

储层类别	I	II	III	IV
厚度/m	>100	100~70	70~40	<40
埋深/m	1 000<D<2 000	2 000~3 000	3 400~5 500	>5500
砂地比/%	>60	60~30	30~10	<10
孔隙度/%	$\Phi \geq 20$	$15 \leq \Phi < 20$	$10 \leq \Phi < 15$	$\Phi < 10$
渗透率/ $10^{-3} \mu\text{m}^2$	$K \geq 40$	$40 \leq K < 3$	$3 \leq K < 0.2$	$K < 0.2$

表 2 东海陆架盆地盖层评价标准

Table 2 Assessment criteria of caprock in the East China Sea shelf basin

盖层类别	I	II	III	IV
岩性	泥岩、钙质泥岩	含砂泥岩	粉砂质泥岩	泥质粉砂岩
厚度/m	>350	350~250	250~150	<100
连续性	连续, 稳定	较连续, 较稳定	连续性较差, 较不稳定	连续性差, 不稳定
渗透率/ $10^{-3} \mu\text{m}^2$	$K < 0.001$	$0.001 \leq K < 0.01$	$0.01 \leq K < 0.1$	$K > 0.1$
二次截留能力	多套, 分布广	单套, 分布广	多套, 局部分布	单套, 局部分布

岩厚度为 12.75~190 m, 主要发育 I、II 类储集层。瓯江凹陷周缘发育冲积扇和三角洲相, 中生界埋深较浅, 也发育 I、II 类储集层; 盆地东部中生界整体埋深较深, 且不具备发育优势相带的沉积背景, 预测储层较不发育(图 6a)。

新生界古新统和始新统优质储层在平面上展布较为相似, 主要发育在西部拗陷带(长江凹陷、钱塘凹陷、瓯江凹陷、闽江凹陷、鱼山凸起和雁荡构造带), 东部则相对较差。古新统一渐新统时期西部拗陷带埋深较浅(<2 000 m), 物性较好。西部

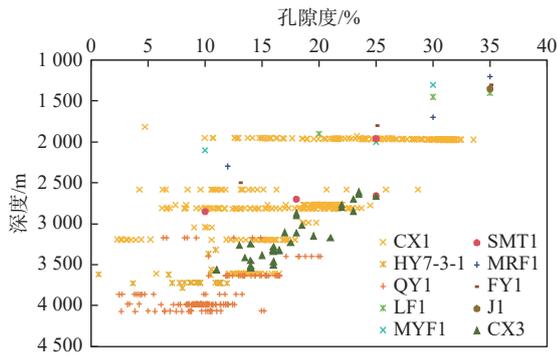


图5 东海陆架盆地砂岩储层深度与物性关系

Fig.5 Correlation of sandstone reservoir depth and physical properties in the East China Sea shelf basin

古新统主要储层为月桂峰组滨岸扇三角洲相砂岩、灵峰组上部及明月峰组滨岸砂坝和三角洲砂体，孔隙以原生孔为主，平均孔隙度为 9.86%，最大可达 26.1%。西部始新统的储集层为平湖组和瓯江组，平湖组沉积主要为滨岸砂和三角洲体系的水下分流河道砂体，瓯江组砂岩以原生空隙为主，平均孔隙度 19.92%，平均渗透率  $63.1 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$  (图 6b、c)。新生界古新统和始新统在西部坳陷带发育大规模 I、II 类的储集层，其余地区主要发育 III、IV 类的储集层。

新生界渐新统优质储层主要发育在西湖凹陷和基隆凹陷，西部坳陷带渐新统整体缺失，储层仅在东部坳陷带发育。西湖凹陷渐新统储集层集中在花港组，以泛滥平原、三角洲-湖泊沉积为主，砂体较发育，局部砂体厚度  $> 100 \text{ m}$ ，孔隙度为 6%~12%，渗透率差异性较大且集中分布在  $(0.1 \sim 10) \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 。凹陷中部渐新统埋深普遍  $> 4000 \text{ m}$ ，储层物性受到压实作用限制。凹陷西部、北部和东部主要发育 I、II 类储集层，其余地区发育 II 类储集层。基隆凹陷渐新统普遍埋深  $> 4000 \text{ m}$ ，储层物性差，仅在凹陷西部和东部发育 II 类储集层 (图 6d)。

新生界中新统盆地广泛发育 I 类储集层，西部坳陷带全区 (长江凹陷、钱塘凹陷、瓯江凹陷、闽江凹陷、鱼山凸起和雁荡构造带) 埋深  $< 1500 \text{ m}$ ，以玉泉组的砂岩储层为主，孔隙度为 20%~25%，渗透率为  $(50 \sim 150) \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 。东部坳陷带的西湖凹陷是以湖泊-三角洲沉积体系为主，主要封存层系为玉泉组和龙井组，整体埋深较浅，成岩作用影响小，物性较好，平均孔隙度为 5%~29%，渗透率为  $(1 \sim 2491) \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 。凹陷西部和北部发育 I 类储集层，中部地区以 II 类储层为主。基隆凹陷埋深大，整体以 II 类储集层为主，其次为 III 类储集层 (图 6e)。

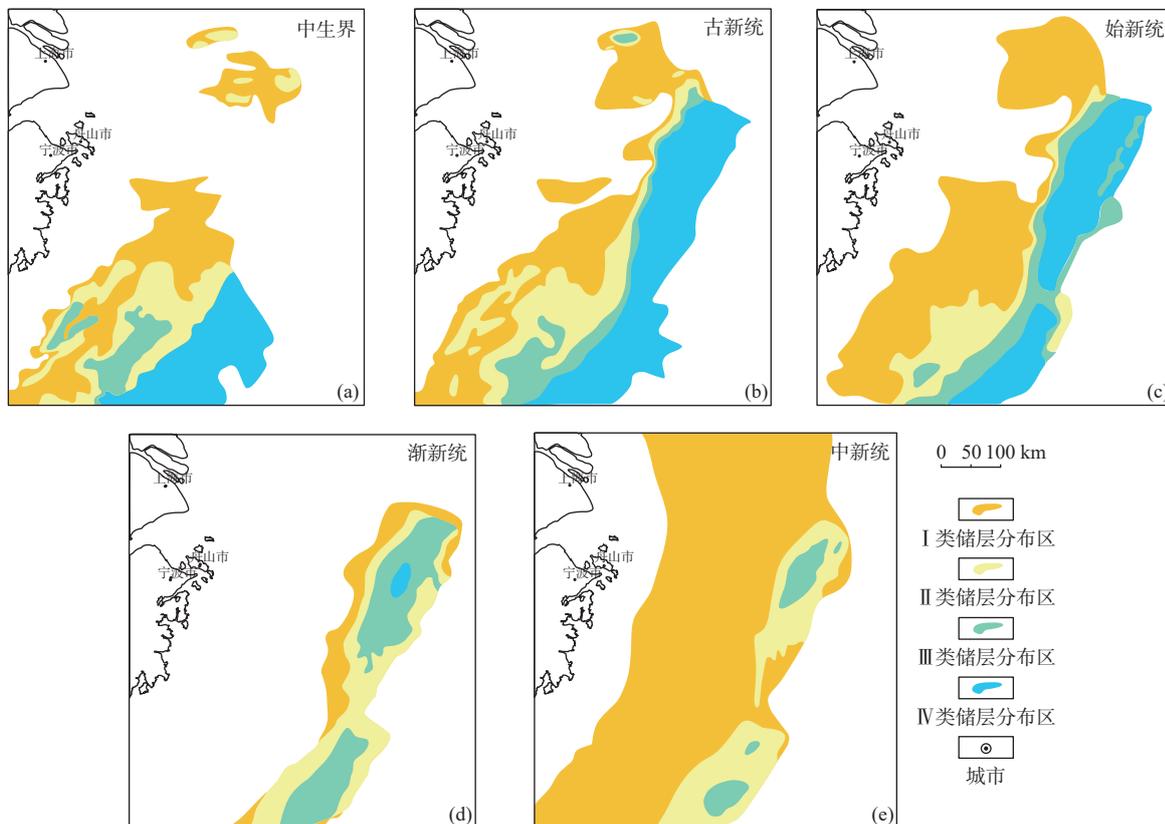


图6 东海陆架盆地储层分布预测

Fig.6 Prediction of reservoir distribution in the East China Sea shelf basin

整体上, 东海陆架盆地西部拗陷带储层优于东部拗陷带, 西部拗陷带瓯江凹陷在纵向上发育有多套储层, 为储层发育的最有利区, 东部拗陷带西湖凹陷和基隆凹陷仅有部分区域发育有优质储层。

2.2.2 盖层评价结果

中生界盖层主要在盆地南部发育, 侏罗统福州组和白垩统石门潭组海相泥岩为主要盖层。钻井揭示钱塘凹陷南部泥岩累计厚度 > 300 m<sup>[21-22]</sup>, 发育 I 类盖层。在闽江凹陷北部白垩系泥岩厚度大, 发育 I、II 类盖层。在鱼山凸起、基隆凹陷地层厚度大, 泥岩累计厚度普遍 > 300 m, 连续性好, 广泛发育 I 类盖层(图 7a)。

新生界古新统除在海礁凸起不发育盖层之外, 全区广泛分布。实钻证实古新统灵峰组发育浅海泥岩, 厚度最大 > 300 m, 区域广泛分布。在瓯江凹陷, 古新统埋深较大, 整体泥岩累计厚度 > 300 m, 主要发育 I 类盖层。在闽江凹陷中部古新统埋深大, 泥岩累计厚度较大, 发育 I、II 类盖层。西湖凹陷地层厚度大, 泥岩累计厚度普遍 > 300 m, 发育 I 类盖层(图 7b)。

新生界始新统分布范围与古新统具有继承性,

除在海礁凸起不发育之外, 全区广泛分布, 盖层主要为瓯江组和温州组的浅海相泥岩。瓯江凹陷周缘向凹陷中部厚度增大, 盖层逐渐变好。在基隆凹陷和西湖凹陷, 始新统厚度大, 埋深大, 整体泥岩累计厚度 > 300 m, 主要发育 I 类盖层(图 7c)。

新生界渐新统盖层主要发育在东部拗陷带, 即西湖凹陷和基隆凹陷。西湖凹陷 I、II 和 III 类盖层均有分布, 主要盖层为花港组的泥岩, 向凹陷中部地层厚度逐渐增大, 泥岩累计厚度普遍 > 300 m, 分布范围广, 主要发育 I 类盖层。在基隆凹陷, 盖层类型分布与西湖凹陷相似, 向凹陷中部盖层类型逐渐变好, 发育 II、III 类盖层(图 7d)。

新生界中新统盖层在东海陆架盆地全区广泛分布, 主要盖层为玉泉组和龙井组的泥岩。在盆地西缘泥岩累计厚度薄, 埋深浅, 主要发育 IV 类盖层。中部隆起带上的虎皮礁凸起、海礁凸起整体发育 III 类盖层。东部拗陷带西湖凹陷和基隆凹陷地层厚度大, 东部泥岩累计厚度普遍 > 300 m, 主要发育 I 类盖层(图 7e)。

东海陆架盆地优质盖层展布与优质储层展布明显差异, 东部拗陷带的盖层整体优于西部拗陷带。

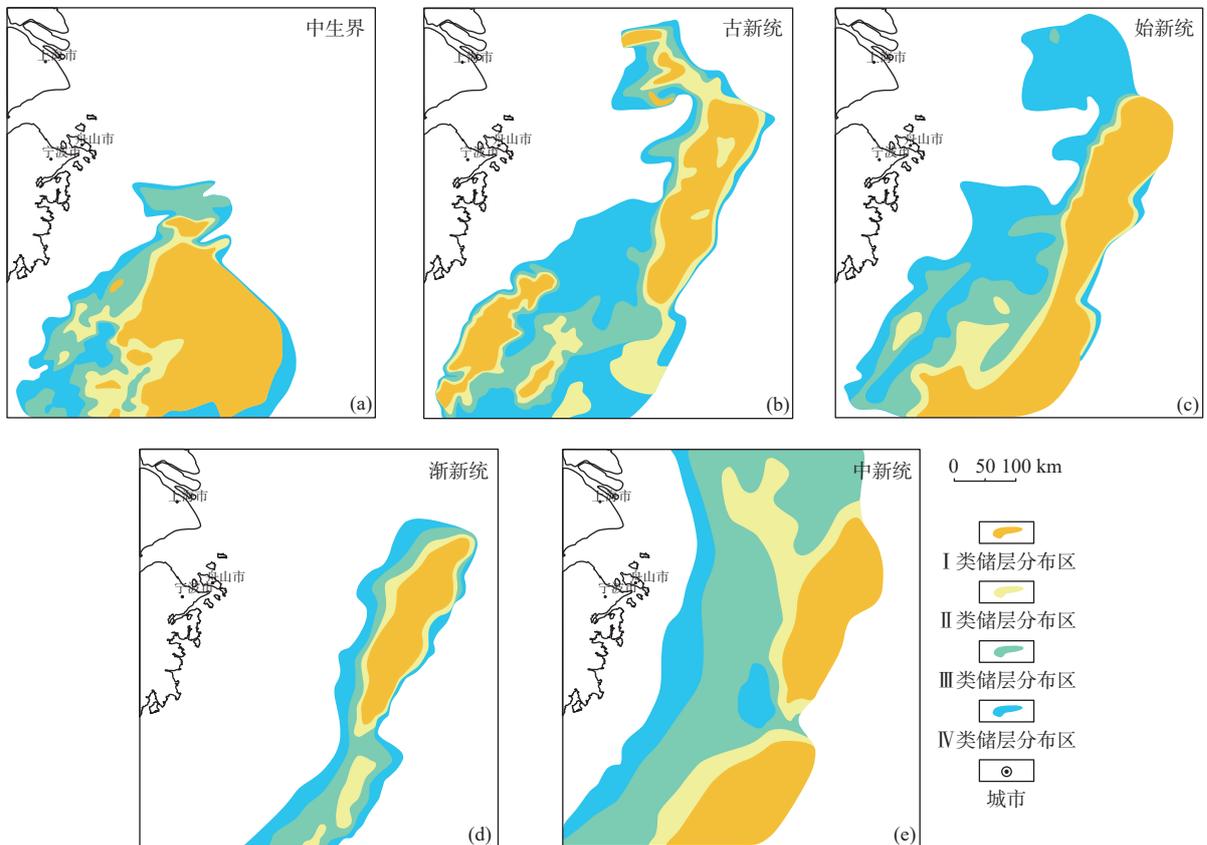


图 7 东海陆架盆地盖层分布预测

Fig. 7 Prediction of caprock distribution in the East China Sea shelf basin

东部西湖凹陷和基隆凹陷的中部全系分布有较好的盖层;西部则分布较为零散,仅在闽江凹陷中生界和瓯江凹陷的古新统发育有区域性的优质盖层。

### 3 储盖组合优选

储盖组合优选是建立在现有资料和前人研究成果的基础之上,结合沉积展布对有利储、盖层分布图进行叠合,圈定有利封存区带(图8)。在平面图上,有利储盖组合通常为I、II类储层和盖层的叠合区。

西部拗陷区:中新世主要发育河流相,砂地比普遍较高,区域盖层缺乏,储盖组合一般,仅在长江凹陷发育较好的储盖组合;古新世和始新世瓯江凹陷发育稳定的三角洲沉积,发育有利储盖组合;中生界白垩系在钱塘凹陷和瓯江凹陷也发育有利储盖组合,但埋深相对较大。东部拗陷区:中新世和渐新世均发育河流-湖泊沉积,纵向发育多套有利储盖组合,均为有利封存层系;渐新统以下地层由于埋深大储层物性变差。中部隆起区:中新世沉积环

境与西部拗陷相似,储盖条件差。

盆地南部构造单元内的有利储盖组合主要集中在各构造单元的西侧斜坡:①瓯江凹陷全区分布有良好的储盖组合;②鱼山凸起有利储盖组合主要分布在构造单元的西北部和西南侧;③钱塘凹陷有利储盖组合主要分布在南部;④海礁凸起有利储盖组合主要分布在构造单元的北部和东部;⑤西湖凹陷有利储盖组合受沉积相展布控制,有利储盖组合主要发育在三角洲、扇三角洲等沉积体系中,沿盆地周缘分布,由于本身凹陷面积大,有利储盖组合面积也比较大;⑥长江凹陷有利储盖组合主要发育在构造单元的中南部和西北部。

### 4 结论

本文对东海陆架盆地构造、沉积基础地质条件进行分析,同时,根据钻井及地震资料,建立储、盖层的评价标准,分层系对东海陆架盆地CO<sub>2</sub>地质封存的储盖组合进行评价。主要取得以下结论:

(1)储层方面,西部拗陷带储层整体优于东部;

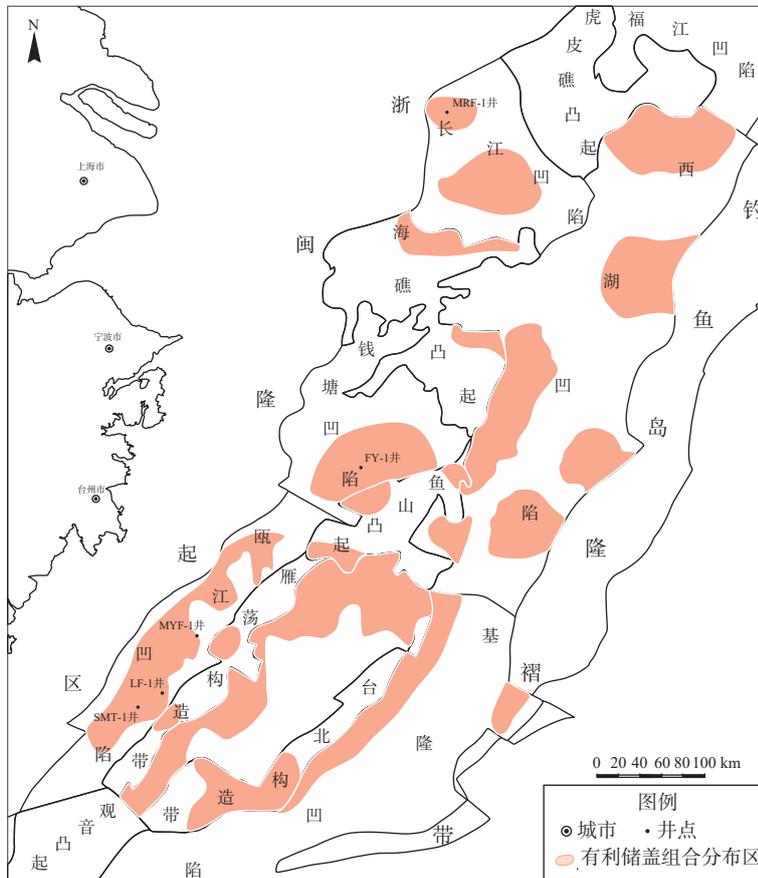


图8 东海陆架盆地储盖组合预测分布图

Fig.8 Prediction of reservoir-cap combination distribution in the East China Sea shelf basin

东西部储层发育层系不同, 东部为渐新统和中新统, 西部为古新统和始新统; 瓯江凹陷和西湖凹陷为优质储层发育区。

(2) 盖层方面, 东部坳陷带盖层整体优于西部, 基隆凹陷和西湖凹陷为优质盖层发育区。

(3) 储盖匹配方面, 西湖凹陷发育湖泊-三角洲优势相带, 瓯江凹陷发育海相-三角洲优势相带, 储盖匹配较好; 盆地南部有利储盖组合分布在各构造西斜坡。总体来看, 西部瓯江凹陷和东部的西湖凹陷为东海陆架盆地发育 CO<sub>2</sub> 封存优质储盖组合的最有利区。

本文首次对东海陆架盆地 CO<sub>2</sub> 储、盖层展开针对性评价, 并结合沉积展布圈定有利储盖组合发育区, 以期为进一步区带级或场地级的封存目标选址提供地质依据和技术支撑。

#### 参考文献:

- [1] 曹默雷, 陈建平. CO<sub>2</sub> 深部咸水层封存选址的地质评价 [J]. *地质学报*, 2022, 96(5): 1868-1882.  
CAO M L, CHEN J P. The site selection geological evaluation of the CO<sub>2</sub> storage of the deep saline aquifer[J]. *Acta Geologica Sinica*, 2022, 96(5): 1868-1882.
- [2] 曹珂, 吴林强, 王建强, 等. 我国海洋地质碳封存研究进展与展望 [J]. *中国地质调查*, 2023, 10(2): 72-76.  
CAO K, WU L Q, WANG J Q, et al. Progress and perspective of marine geological carbon storage in China[J]. *Geological Survey of China*, 2023, 10(2): 72-76.
- [3] 陈建文, 孙晶, 杨长清, 等. 东海陆架盆地新生界咸水层二氧化碳封存地质条件及封存前景 [J]. *海洋地质前沿*, 2023, 39(10): 14-21.  
CHEN J W, SUN J, YANG C Q, et al. Geological conditions and prospects of carbon dioxide storage in the Cenozoic saline water layers of the East China Sea shelf basin[J]. *Marine Geology Frontiers*, 2023, 39(10): 14-21.
- [4] BACHU S. Sequestration of CO<sub>2</sub> in geological media: criteria and approach for site selection in response to climate change[J]. *Energy Conversion and Management*, 2000, 41(9): 953-970.
- [5] FRANKLIN M. Storage of carbon dioxide in geologic formations[J]. *Journal of Petroleum Technology*, 2004, 56(9): 90-97.
- [6] 张琳琳, 赖枫鹏, 董银涛, 等. 盐水层地质参数对 CO<sub>2</sub> 封存效果的评价 [J]. *煤炭学报*, 2024, 49(9): 3932-3943.  
ZHANG L L, LAI F P, DONG Y T, et al. Research on evaluation of CO<sub>2</sub> storage effect by geological parameters of brine layer[J]. *Journal of China Coal Society*, 2024, 49(9): 3932-3943.
- [7] 路萍, 白勇, 刘伟刚, 等. 鄂尔多斯盆地马家沟组二氧化碳地质封存有利区优选 [J]. *地质论评*, 2021, 67(3): 816-827.  
LU P, BAI Y, LIU W G, et al. Optimization of favorable areas for carbon dioxide geological storage in Majiagou Formation in Ordos Basin[J]. *Geological Review*, 2021, 67(3): 816-827.
- [8] 祁生文, 郑博文, 路伟, 等. 二氧化碳地质封存选址指标体系及适宜性评价研究 [J]. *第四纪研究*, 2023, 43(2): 523-550.  
QI S W, ZHENG B W, LU W, et al. Investigation of indexes system and suitability evaluation for carbon dioxide geological storage site[J]. *Quaternary Sciences*, 2023, 43(2): 523-550.
- [9] 莫航, 刘世奇, 桑树勋. 苏北-南黄海盆地工业固定排放源 CO<sub>2</sub> 地质封存源汇匹配研究 [J]. *地质论评*, 2023, 69(S1): 128-130.  
MO H, LIU S Q, SANG S X. Matching of CO<sub>2</sub> geological sequestration source and sink for industrial fixed emission source in Subei-South Yellow Sea Basin[J]. *Geological Review*, 2023, 69(S1): 128-130.
- [10] 赵玉龙, 杨勃, 曹成, 等. 盐水层 CO<sub>2</sub> 封存潜力评价及适应性评价方法研究进展 [J]. *油气藏评价与开发*, 2023, 13(4): 484-494.  
ZHAO Y L, YANG B, CAO C, et al. Research progress of evaluation of CO<sub>2</sub> storage potential and suitability assessment indexes in saline[J]. *Petroleum Reservoir Evaluation and Development*, 2023, 13(4): 484-494.
- [11] 李阳, 王锐, 赵清民, 等. 含油气盆地咸水层二氧化碳封存潜力评价方法 [J]. *石油勘探与开发*, 2023, 50(2): 424-430.  
LI Y, WANG R, ZHAO Q M, et al. A CO<sub>2</sub> storage potential evaluation method for saline aquifers in a petroliferous basin[J]. *Petroleum Exploration and Development*, 2023, 50(2): 424-430.
- [12] 刘廷, 马鑫, 刁玉杰, 等. 国内外 CO<sub>2</sub> 地质封存潜力评价方法研究现状 [J]. *中国地质调查*, 2021, 8(4): 101-108.  
LIU T, MA X, DIAO Y J, et al. Research status of CO<sub>2</sub> geological storage potential evaluation methods at home and abroad[J]. *Geological Survey of China*, 2021, 8(4): 101-108.
- [13] 张贤, 杨晓亮, 鲁玺, 等. 中国二氧化碳捕集利用与封存 (CCUS) 年度报告 (2023)[R]. 北京: 中国 21 世纪议程管理中心, 2023.  
Zhang X, Yang X L, Lu X, et al. Carbon capture, utilization and storage (CCUS) progress in China (2023)[R]. Beijing: Administrative Center for China's Agenda 21, 2023.
- [14] 李士伦, 汤勇, 段胜才, 等. CO<sub>2</sub> 地质封存源汇匹配及安全性评价进展 [J]. *油气藏评价与开发*, 2023, 13(3): 269-279.  
LI S L, TANG Y, DUAN S C, et al. Progress in source-sink matching and safety evaluation of CO<sub>2</sub> geological sequestration[J]. *Petroleum Reservoir Evaluation and Development*, 2023, 13(3): 269-279.
- [15] 熊鹏飞, 方小宇, 乐文喜, 等. 北部湾盆地涠西南凹陷咸水层 CO<sub>2</sub> 地质封存盖优选及潜力评估 [J]. *煤炭学报*, 2024, 49(5): 2405-2413.  
XIONG P F, FANG X Y, LE W X, et al. Reservoir-cap combination optimization and potential evaluation of CO<sub>2</sub> geological storage in saline aquifer in Wenxinan Sag of Beibu Gulf Basin[J]. *Journal of China Coal Society*, 2024, 49(5): 2405-2413.
- [16] 桑树勋, 刘世奇, 朱前林, 等. CO<sub>2</sub> 地质封存潜力与能源资源协同的技术基础研究进展 [J]. *煤炭学报*, 2023, 48(7): 2700-2716.  
SANG S X, LIU S Q, ZHU Q L, et al. Research progress on

- technical basis of synergy between CO<sub>2</sub> geological storage potential and energy resources[J]. *Journal of China Coal Society*, 2023, 48(7): 2700-2716.
- [17] ZHU Q L, WANG C, FAN Z H, et al. Optimal matching between CO<sub>2</sub> sources in Jiangsu province and sinks in Subei-Southern South Yellow Sea Basin, China[J]. *Greenhouse Gases: Science and Technology*, 2019, 9(1): 95-105.
- [18] 可行, 陈建文, 龚建明, 等. 珠江口盆地二氧化碳地质封存条件及源汇匹配性分析 [J]. *海洋地质与第四纪地质*, 2023, 43(2): 55-65.
- KE X, CHEN J W, GONG J M, et al. Assessment on geological condition for carbon dioxide sequestration and source-sink matching in the Pearl River Mouth Basin[J]. *Marine Geology & Quaternary Geology*, 2023, 43(2): 55-65.
- [19] 赵勇, 李久娣, 杨鹏程, 等. 东海陆架盆地咸水层 CO<sub>2</sub> 封存地质条件适宜性评价 [J]. *海洋地质与第四纪地质*, 2023, 43(4): 129-139.
- ZHAO Y, LI J D, YANG P C, et al. Evaluation on of geological suitability for CO<sub>2</sub> storage in salty aquifers in the East China Sea shelf basin[J]. *Marine Geology & Quaternary Geology*, 2023, 43(4): 129-139.
- [20] 可行, 陈建文, 龚建明, 等. 东海陆架盆地 CO<sub>2</sub> 地质封存适宜性评价 [J]. *海洋地质前沿*, 2023, 39(7): 1-12.
- KE X, CHEN J W, GONG J M, et al. Suitability evaluation of CO<sub>2</sub> sequestration in the East China Sea shelf basin[J]. *Marine Geology Frontiers*, 2023, 39(7): 1-12.
- [21] 杨长清, 杨艳秋, 杨传胜, 等. 东海陆架盆地南部中生代构造-沉积演化与油气勘探方向 [J]. *海洋地质与第四纪地质*, 2019, 39(6): 30-40.
- YANG C Q, YANG Y Q, YANG C S, et al. Tectono-sedimentary evolution of the Mesozoic in the southern East China Sea shelf basin and its bearing on petroleum exploration[J]. *Marine Geology & Quaternary Geology*, 2019, 39(6): 30-40.
- [22] 钟锴, 王雪峰, 张田, 等. 东海陆架盆地西部坳陷带中生界残留盆地分布特征与勘探潜力 [J]. *海洋地质与第四纪地质*, 2019, 39(6): 41-51.
- ZHONG K, WANG X F, ZHANG T, et al. Distribution of residual Mesozoic basins and their exploration potential in the western depression zone of East China Sea shelf basin[J]. *Marine Geology & Quaternary Geology*, 2019, 39(6): 41-51.

## Reservoir-cap combination optimization and assessment of CO<sub>2</sub> geological storage in East China Sea shelf basin

WU Kailun, YANG Pengcheng\*, ZHU Ruizhe, WANG Xiuping, YANG Jiayi

(Institute of Exploration and Development, SINOPEC Shanghai Offshore Oil & Gas Company, Shanghai 200120, China)

**Abstract:** The East China Sea shelf basin, the largest offshore sedimentary basin in China, is recognized as an exceptional site for geological CO<sub>2</sub> storage due to its substantial storage potential, proximity to carbon sources, and advanced exploration maturity. In this study, we investigated the basin's structural and sedimentary geological conditions and established assessment criteria for reservoir-caprock layers by integrating drilling and seismic data, thereby optimizing reservoir-caprock combinations and delineating favorable zones. Results demonstrate that the Paleocene strata in the Oujiang Sag and the Oligocene-Miocene strata in the Xihu Sag exhibit favorable geological conditions for CO<sub>2</sub> storage. Vertically, the distribution of reservoir-caprock combinations differs between the eastern and western regions. The eastern basin hosts predominantly in the Oligocene and Miocene sequences, while the western basin in the Paleocene and Eocene sequences. Horizontally, favorable zones in the eastern basin clustered within the Xihu Sag, whereas the western basin focused in the Oujiang Sag. In the southern basin, favorable zones distribute along the western slopes of structural units. This study presents the first targeted assessment of CO<sub>2</sub> storage potential in the East China Sea shelf basin to identify optimal reservoir-caprock zones by combining sedimentary distribution patterns. The findings provide critical geological insights and practical references for implementing offshore CO<sub>2</sub> storage strategies in East China.

**Key words:** East China Sea shelf basin; geological storage; reservoir-cap combination optimization; storage potential; saline aquifer