

DOI: 10.16562/j.cnki.0256-1492.2019071701

# 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

钟锴<sup>1,2</sup>, 王雪峰<sup>3</sup>, 张田<sup>1,2</sup>, 张敏强<sup>4</sup>, 付晓伟<sup>1,2</sup>, 郭敏<sup>1,2</sup>

1. 同济大学海洋地质国家重点实验室, 上海 200092
2. 同济大学海洋资源研究中心, 上海 200092
3. 中国石油杭州地质研究院, 杭州 310023
4. 中海石油(中国)有限公司上海分公司, 上海 200335

**摘要:** 东海陆架盆地发育在中生代晚期古太平洋板块俯冲背景下, 是中国近海面积最大的中、新生代沉积盆地, 目前的油气发现均来自于新生代, 而中生界的分布特征及其资源潜力尚缺乏足够的认识。前人研究表明, 东海陆架盆地西部坳陷带的中生界遭到后期不同程度的构造抬升和剥蚀, 总体表现为残留盆地的分布特征; 而东部坳陷带的中生界缺乏钻井直接揭示, 受制于中深层地震的资料品质, 识别难度较大。本文从东海陆架盆地西部坳陷带钻遇中生界的井震标定出发, 通过区域地震剖面的中生界地震相分类和识别, 划分了中生界侏罗系和白垩系的构造层序格架, 梳理了中生界残留盆地的结构和平面分布特征, 并结合基本石油地质条件分析, 认为东海陆架盆地中生界具有不可忽视的勘探潜力。

**关键词:** 中生界残留盆地; 地震相; 层序格架; 勘探潜力; 西部坳陷带; 东海陆架盆地

中图分类号: P736.1 文献标识码: A

## Distribution of residual Mesozoic basins and their exploration potential in the western depression zone of East China Sea Shelf Basin

ZHONG Kai<sup>1,2</sup>, WANG Xuefeng<sup>3</sup>, ZHANG Tian<sup>1,2</sup>, ZHANG Minqiang<sup>4</sup>, FU Xiaowei<sup>1,2</sup>, GUO Min<sup>1,2</sup>

1. State Key Laboratory of Marine Geology, Tongji University, Shanghai 200092, China
2. Center for Marine Resources, Tongji University, Shanghai 200092, China
3. PetroChina Hangzhou Research Institute of Geology, Hangzhou 310023, China
4. Shanghai Branch of CNOOC (China) Ltd., Shanghai 200335, China

**Abstract:** The East China Sea Shelf Basin is the largest Meso-Cenozoic sedimentary basin in the area offshore China formed by the subduction of the paleo-Pacific Plate in late Mesozoic. Current oil and gas discoveries are mainly from the Cenozoic deposits, and the distribution patterns and resource potentials of the Mesozoic remain unclear. Previous studies show that, the Mesozoic strata in the western depression zone of the East China Sea Shelf Basin have uplifted and been denuded to some extent in later stage suggesting the distribution pattern of a residual basin, and the eastern depression zone remain unclear due to lack of drilling evidence and the low quality of the seismic data from the medium and deep parts. Based on the well-seismic calibration for the western depression zone and the classification and identification of the Mesozoic seismic facies in the regional seismic profiles, this paper divided the stratigraphic sequences of the Jurassic and Cretaceous, summarized the structure and plane distribution patterns of the residual Mesozoic basins, and analyzed the basic factors which control the petroleum accumulation. The result suggests that the exploration potential of the Mesozoic in the East China Sea Shelf Basin should not to be ignored.

**Key words:** residual Mesozoic basins; seismic facies; sequence framework; exploration potential; the western depression zone; the East China Sea Shelf Basin

东海陆架盆地位于 25°22'~33°38'N、120°50'~129°00'E, 处于闽浙隆起区以东, 钓鱼岛隆褶带以西, 总体走向 NE, 面积约 25×10<sup>4</sup> km<sup>2</sup>, 是我国近海面积最大的中、新生代沉积盆地<sup>[1-9]</sup>。自 20 世纪 70 年

资助项目: 国家科技重大专项“长江坳陷油气资源潜力评价”(2016ZX05027-001-008); 海洋地质国家重点实验室自主课题“南中国海形成演化与含油气盆地”(MG20180101)

作者简介: 钟锴(1974—), 男, 博士, 高级工程师, 主要从事石油地质研究, E-mail: zhongkai@tongji.edu.cn

通讯作者: 张田(1982—), 男, 高级工程师, 主要从事石油地质研究, E-mail: bentian150@sohu.com

收稿日期: 2019-07-17; 改回日期: 2019-09-18. 蔡秋蓉编辑

代以来,东海陆架盆地经历了近半个世纪的油气勘探历程,发现了10多个商业性油气田,累计探明油气储量约3亿方油当量。但目前的油气发现均来自于新生界,对中生界的分布特征及其资源潜力尚存在不同的认识<sup>[10-26]</sup>,主要原因在于钻遇中生界的钻井少,且中深层地震资料的品质较差,难以进行全盆地范围的区域追踪对比。

本文从东海陆架盆地西部坳陷带钻遇中生界的钻井标定出发,通过区域地震剖面的中生界地震相分类和识别,划分了中生界侏罗系和白垩系的构造层序格架,分析了中生界残留盆地的结构特征和平面分布,初步探讨了其勘探潜力。

### 1 区域地质背景

东海陆架盆地位于欧亚板块东南缘,处于华南陆块(包括西部的扬子地块和东部的华夏地块)之

上。其基底是华夏地块在东海陆架的延伸,也是西太平洋大陆边缘构造域的重要组成部分。东海陆架盆地自西向东可划分为3个一级构造单元和7个二级构造单元,分别为:西部坳陷带(长江坳陷、台北坳陷和彭佳屿坳陷),中央隆起带(虎皮礁隆起、海礁隆起、渔山东低隆起)和东部坳陷带(浙东坳陷)。主要三级单元包括:浙东坳陷北部的福江凹陷、中部的西湖凹陷和南部的钓北凹陷;台北坳陷的钱塘凹陷、椒江凹陷、丽水凹陷、福州凹陷、雁荡凸起;长江坳陷的昆山凹陷、金山北凹陷、常熟低凸起、金山南凹陷(图1)。

东海陆架盆地是一个在基底构造层长期改造基础上发育而成的中、新生代沉积盆地。大体经历了裂陷期(早侏罗世—古新世)、断陷期(始新世)、拗陷期(渐新世)、反转期(中新世—上新世)和区域沉降期(更新世)5个构造演化阶段<sup>[3-4]</sup>。燕山期早期开始,伴随古太平洋板块俯冲作用,华南陆块发生

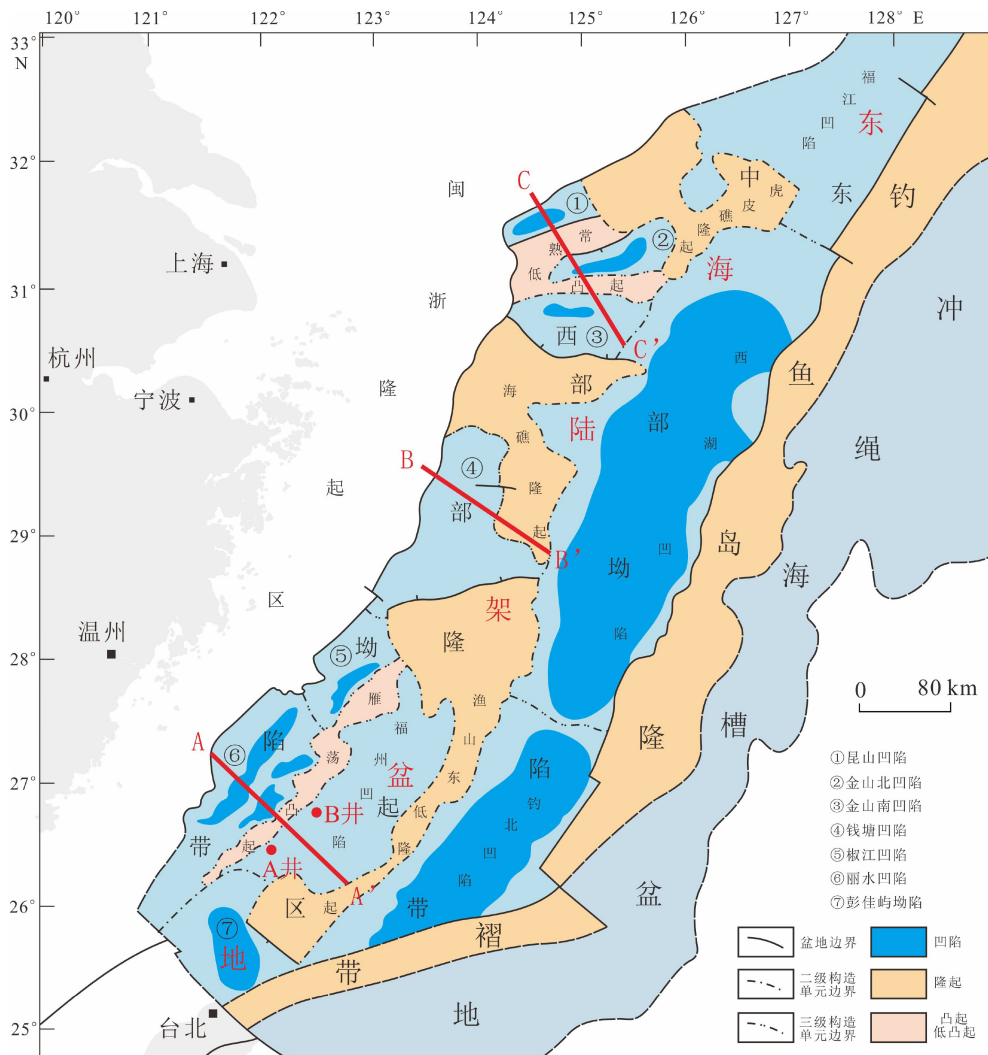


图1 东海陆架盆地主要构造单元(据文献[6]修改)

Fig.1 Major tectonic units of the East China Sea Shelf Basin(after reference [6])

刚性破裂, NNE、NE 向断裂的张性活动形成了一系列断陷, 内部沉积最老的地层是中下侏罗统, 之后形成双断式断陷格局。晚侏罗世—白垩纪, 受诸多左行走滑断裂影响, 中生代断陷构造格局不断经历调整改造。新生代时期, 受区域构造应力控制, 在东海陆架盆地形成了受 NNE、NE 向断层控制的半地堑式复合盆地, 叠置于中生代盆地之上。

前人研究已经揭示东海陆架盆地中、新生界的平面结构具有“东西分带、南北分块”的特征<sup>[27]</sup>, 垂向结构整体表现为中生界和新生界叠置的双层结构。通过研究发现, 东海陆架盆地平面结构特征表现为“早期南北分块、晚期东西分带”; 垂向结构的基本特征为双层结构——箕状断陷结构叠加于双断结构之上, 且东部拗陷带的结构演变继承并滞后于西部拗陷带<sup>[3]</sup>。由于东海陆架盆地东部沉积了巨厚的新生界, 而中生界受限于中深层地震资料品质, 难以进行区域追踪, 因此, 针对中生界的研究多集中在盆地的西部和南部。同时, 受地震资料品质的影响, 针对盆地西部和南部的中生界的研究基础相对薄弱, 多以区域地震解释结合重磁等综合地球物理反演来推断, 因此, 中生界的层序格架和残留盆地的分布特征有待于进一步查明<sup>[11-12, 14, 24, 26]</sup>。

## 2 中生界构造层序划分及识别

### 2.1 中生界构造层序划分

在印支运动(P2-T3)之后, 亚洲大陆及其邻区进入新的全球构造——板块构造发展阶段(燕山期(J-K)), 总体表现为由潘基亚联合古陆的解体到东亚大陆边缘一系列走向 NE-NNE 向断陷盆地与隆起带的产生, 以及西太平洋边缘沟-弧-盆体系的形成。在这一系列构造演化过程中, 就中生代而言, 燕山期大地构造运动奠定了中国大陆及邻域现今的基本构造格架: 早中侏罗世为挤压期、晚侏罗世—早白垩世为走滑改造期、晚白垩世为拉张裂陷期。受区域构造运动和沉积旋回的控制, 中生代残留盆地可以划分为 3 个大的构造层序, 自下而上依次为: 中下侏罗统福州组、上侏罗统厦门组—下白垩统渔山组、上白垩统闽江组—石门潭组。

中下侏罗统福州组: 中国东部, 早侏罗世时期的区域构造应力场表现为 NW-SE 向的挤压。在大约 185 Ma, 古太平洋板块诞生于库拉板块、法拉隆板块和菲尼克斯板块之间的三连点处, 并迅速扩张, 其驱动着库拉板块沿古亚洲大陆东部边缘俯冲

消减。库拉板块的挤压作用形成了中国东部燕山早期主压应力呈 NW-SE 向的构造应力场。正是在这种区域构造背景下, 发生了对中国东部及其邻域构造格局的改造。在这一时期, 东海西部沉积的地层主要为中下侏罗统福州组。

上侏罗统厦门组—下白垩统渔山组: 晚侏罗世—早白垩世时期, 古太平洋板块迅速扩张, 库拉板块迅速缩小并相对欧亚大陆向 NNW 方向漂移, 沿千岛—阿留申海沟消减于亚洲大陆之下, 从而导致区域主压应力方向转为 NNW-SSE 向。此外, 这一时期的走滑挤压作用主要是由欧亚大陆与古太平洋板块相对作单剪运动产生。该时期, 东海西部沉积的地层主要包括上侏罗统厦门组和下白垩统渔山组。

上白垩统闽江组—石门潭组: 随着太平洋板块俯冲角度加大和俯冲方向的逆时针旋转, 导致由晚侏罗世至早白垩世的走滑挤压期演化至晚白垩世的拉张裂陷期, 与此配套的盆地结构主要以箕状断陷为主。这一时期主要以晚白垩世沉积地层(上白垩统闽江组—石门潭组)为主, 在东海陆架盆地广泛发育。

### 2.2 地震相特征及识别

东海陆架盆地中生界埋藏相对较深, 有效地震反射信号较弱, 加上盆地经历了广泛的抬升剥蚀, 在西部拗陷带以局部残留为主, 导致总体分布和结构尚不清楚。目前, 东海陆架盆地西部拗陷带有 5 口井钻遇中生界<sup>[28-29]</sup>。针对典型钻井进行井震标定, 进而在资料品质相对较好的区域地震剖面上对中生界的地震相进行识别, 最终在区域上进行追踪对比。由于盆地东部拗陷带新生界厚度普遍较大, 中深层地震资料品质较差, 且缺少钻井约束, 因此, 本文重点探讨盆地西部拗陷带的中生界分布。

中下侏罗统福州组: 为一套暗色碎屑岩夹数层薄煤或碳质泥岩<sup>[28-29]</sup>。由于福州组埋藏较深, 一般都超过了 3 000 m, 有效地震信号衰减强烈, 导致地震资料品质较差。福州凹陷(图 2)、丽水凹陷与椒江凹陷主体部位, 多以中振、中连、低频地震相为主, 推测为陆相沉积。向东至渔山东低隆起, 地震相的频率逐渐增加, 推测以海陆过渡相为主。

上侏罗统厦门组—下白垩统渔山组: ①厦门组为一套杂色碎屑岩<sup>[28-29]</sup>。福州凹陷与渔山东低隆起以中振、中连、中频地震相为主(图 2), 推测为陆相沉积; 彭佳屿拗陷以弱振、中连、中频地震相为主, 推测海陆过渡相为主; 其他区域, 地震相较为孤立

零散,加之地震品质较差,多以弱振、中差连、中低频为主,偏向于陆相河湖沉积。②渔山组为一套杂色和红色碎屑岩<sup>[28-29]</sup>。福州凹陷以强振、差连、中频地震相为主(图2),推测以陆相河湖沉积为主;渔山东低隆起以中振、中连、中频为主,推测为海陆过渡相沉积;彭佳屿坳陷以中振、差连、中频为主,推测为陆相沉积;其他区域地震相较为孤立零散,加之地震品质较差,以弱振、中差连、中低频为主,偏向于陆相沉积。

上白垩统闽江组—石门潭组:①闽江组为一套杂色碎屑岩<sup>[28-29]</sup>。残余地层连片性较差,多孤立分布,福州凹陷以强振、差连、高频地震相为主(图2),推测为滨浅海沉积;渔山东低隆起,主要以弱振、中连、中频地震相为主,推测海陆过渡相为主;其它区域地震相多孤立零散,加之地震品质较差,多以弱振、中差连、中低频为主,偏于陆相沉积。②石门潭组为一套火山岩、火山碎屑岩夹杂色碎屑岩<sup>[28-29]</sup>。福州凹陷以中振、中差连、高频地震相为主(图2),推测为陆相河湖沉积;其他区域多以弱振、中差连、中低频为主,推测为陆相沉积。

### 3 中生代盆地残留地层分布特征

#### 3.1 中生界残留盆地结构特征

##### 3.1.1 东海陆架盆地南部中生界残留盆地结构特征

东海陆架盆地南部中生代地层遭受明显的抬升剥蚀,强烈的区域不整合应该发生在白垩纪沉积之后,极有可能是燕山运动主构造幕,即白垩纪沉积末期的雁荡运动所致。根据残余地层展布特征,

并按趋势面法估算,古沉积地层在丽水凹陷(西次凹、东次凹)、福州凹陷等各凹陷内部,均表现出东厚西薄特征,因此,各凹陷剥蚀前的结构应近似为“东厚西薄”的楔状结构(图3)。

##### 3.1.2 东海陆架盆地中部中生界残留盆地结构特征

中生代地层在整个东海陆架盆地中部广泛剥蚀,呈多个向斜构造,地层褶皱强烈,残余地层主要集中在钱塘凹陷。强烈区域不整合应该发生在白垩纪沉积之后,极有可能是燕山运动主期的构造幕,即雁荡运动所致。另外,闽浙隆起和海礁隆起中残存的中生代地层,有可能是白垩纪沉积末期的雁荡运动和古新统沉积末期的瓯江运动联合作用所致。综上所述,东海陆架盆地中部中生代残余

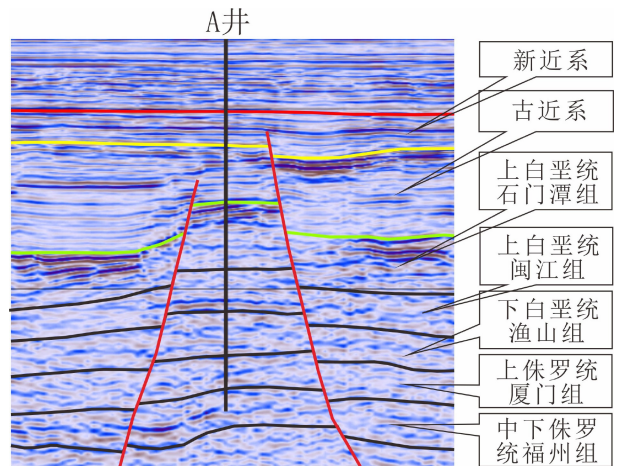


图2 东海陆架盆地福州凹陷 A 井中生界地震地质综合解释

Fig.2 Comprehensive geological interpretation for Mesozoic seismic profile through well A in Fuzhou Sag, the East China Sea Shelf Basin

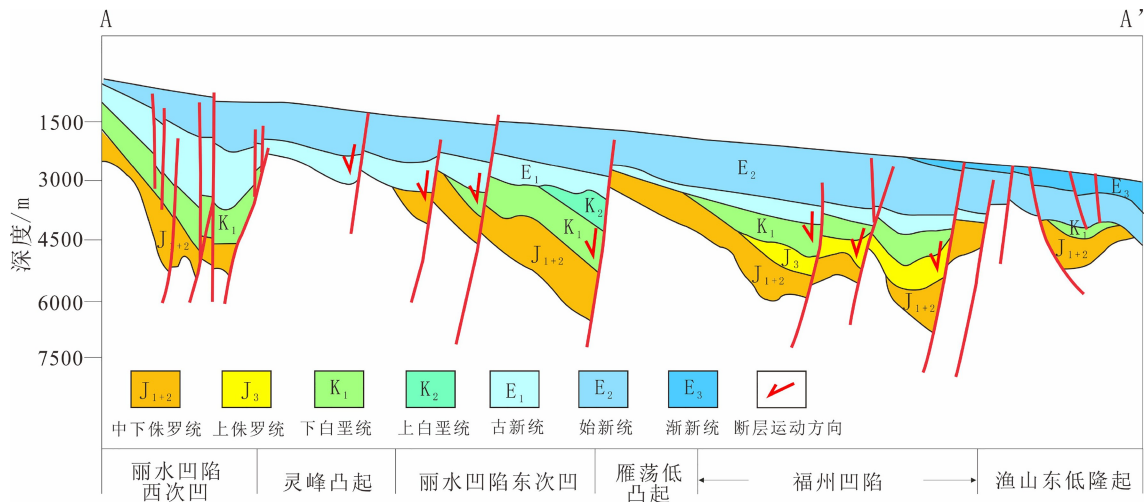


图3 东海陆架盆地南部中生界残留盆地结构(剖面位置见图1)

Fig.3 Structure characteristics of the Mesozoic residual basins in the southern East China Sea Shelf Basin(see Fig.1 for location of profile)

地层经受了后期强烈褶皱变形过程,并在雁荡运动末期遭受强烈剥蚀,形成了特有的两端上翘的“碗状”残余结构(图 4)。

### 3.1.3 东海陆架盆地北部中生界残留盆地结构特征

东海陆架盆地北部中生界残余地层主要分布在长江坳陷的昆山凹陷、金山北凹陷和金山南凹陷,强烈区域不整合应该发生在白垩纪沉积之后,亦有可能是燕山运动多期构造幕,即雁荡运动、甌江运动甚至晚期龙井运动联合所致。相对于南部而言,中生代地层几乎损失殆尽,在昆山凹陷和金山北凹陷表现为双断结构,金山南凹陷表现为东西对冲的向斜结构(图 5)。

## 3.2 中生界残留盆地平面分布特征

### 3.2.1 中下侏罗统平面展布特征

中下侏罗统残余地层主要分布于长江坳陷(昆山凹陷、金山北凹陷、金山南凹陷)、台北坳陷(钱塘凹陷、椒江凹陷、丽水凹陷、福州凹陷)、彭佳屿坳陷和渔山东低隆起(图 6)。在长江坳陷内中下侏罗统残余地层厚度都比较薄,总体为 200~400 m。钱塘凹陷西侧的中下侏罗统剥蚀殆尽,东侧厚度变

大,在其与海礁隆起和渔山东低隆起交界处厚度最大,可达约 600 m。椒江凹陷内,中下侏罗统残余地层厚度都不大,大约为 200~400 m。丽水凹陷中下侏罗统残余地层最大厚度可达约 800 m,平均为 400~600 m,凹陷内的局部小凸起处,该地层无残留。福州凹陷中下侏罗统分布范围较广,厚度大约为 400~600 m,最大厚度可达 800 m,位于凹陷西北部。彭佳屿坳陷也可见中下侏罗统残存,厚度范围为 200~600 m。

### 3.2.2 上侏罗统-下白垩统平面展布特征

上侏罗统—下白垩统相对于中下侏罗统残余地层的分布范围有所扩大,但仍主要分布于长江坳陷(昆山凹陷、金山北凹陷、金山南凹陷)、台北坳陷(钱塘凹陷、椒江凹陷、丽水凹陷、福州凹陷)、彭佳屿坳陷和渔山东低隆起(图 7)。在长江坳陷内,上侏罗统—下白垩统残余地层厚度较小,仅为 100~200 m。台北坳陷的各次级单元上侏罗统—下白垩统残余地层厚度变化较大。钱塘凹陷的上侏罗统—下白垩统残余地层主要分布在凹陷西部,即靠近海礁隆起和渔山东低隆起一侧,厚度为 200~400 m,局部达到 600 m。椒江凹陷上侏罗统—下白

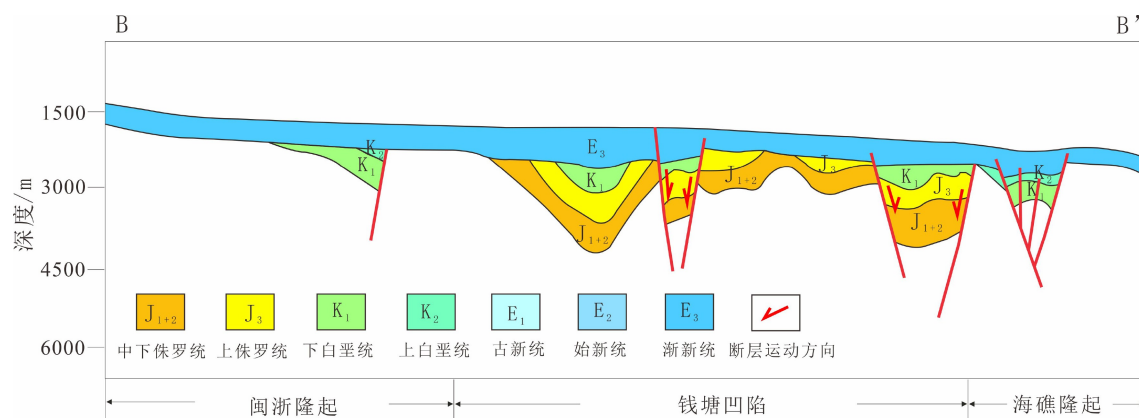


图 4 东海陆架盆地中部中生界残留盆地结构(剖面位置见图 1)

Fig.4 Structural characteristics of the Mesozoic residual basins in the central East China Sea Shelf Basin (see Fig.1 for profile location)

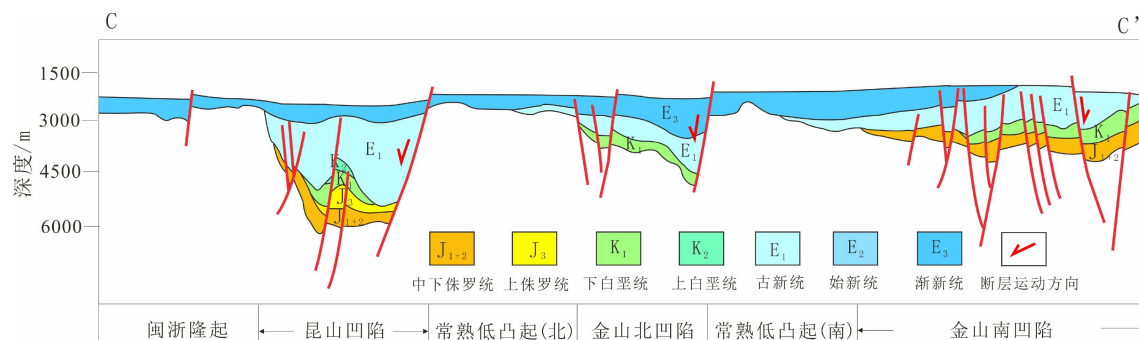


图 5 东海陆架盆地北部中生界残留盆地结构特征(剖面位置见图 1)

Fig.5 Structural characteristics of the Mesozoic residual basins in the northern East China Sea Shelf Basin (see Fig.1 for profile location)

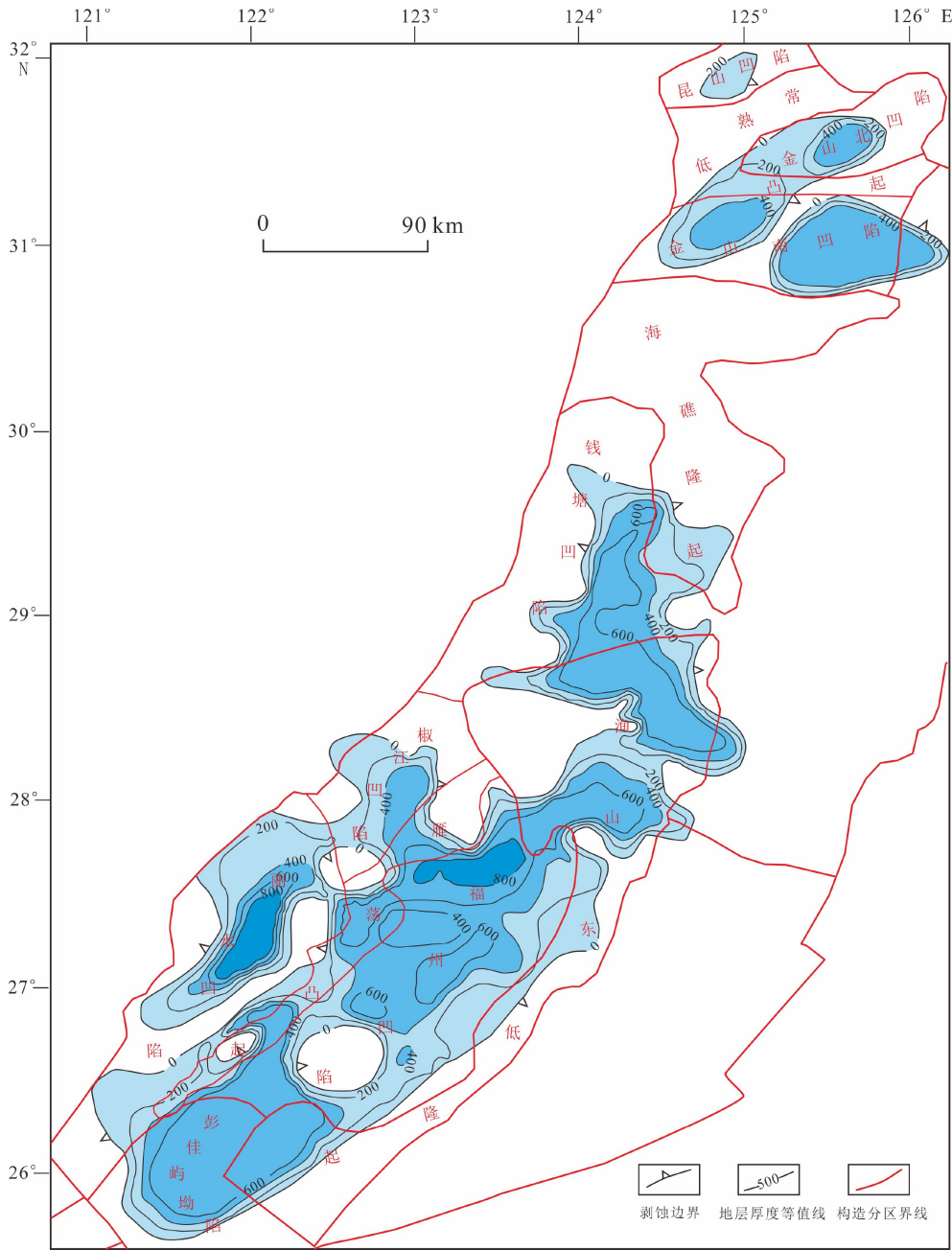


图6 东海陆架盆地中下侏罗统残余地层厚度

Fig.6 Residual thickness of the Middle and Lower Jurassic, the East China Sea Shelf Basin

侏罗统最大残余厚度位于凹陷东北侧, 最大为 800 m, 平均为 400~600 m。丽水凹陷存在南北两个上侏罗统—下白垩统残余地层厚度中心, 最大达到 1 000 m, 平均为 400~800 m。福州凹陷上侏罗统—下白垩统分布范围最广, 残余地层厚度最大为 1 200 m, 位于凹陷东南部, 进而导致彭佳屿坳陷内的上侏罗统—下白垩统残余地层厚度也达到了 400~600 m。

### 3.2.3 上白垩统平面展布特征

上白垩统残余地层分布范围逐渐萎缩。北部的长江坳陷, 仅在昆山凹陷可见局部残留。钱塘凹陷的上白垩统残余地层也进一步缩小到凹陷东缘,

即与海礁隆起、渔山东低隆起交界处, 厚度为 300~700 m(图 8)。椒江凹陷和丽水凹陷的上白垩统残余地层主要位于各自凹陷的中心部位, 厚度为 300~700 m。福州凹陷内的上白垩统残余地层分布范围明显减少, 但仍在凹陷北部和南部可见上白垩统残余地层厚度中心, 最大可达 900 m, 平均为 500~700 m。彭佳屿坳陷内未见上白垩统残存。

## 4 中生界的勘探潜力分析

东海陆架盆地中生界发育陆相河湖沉积和滨

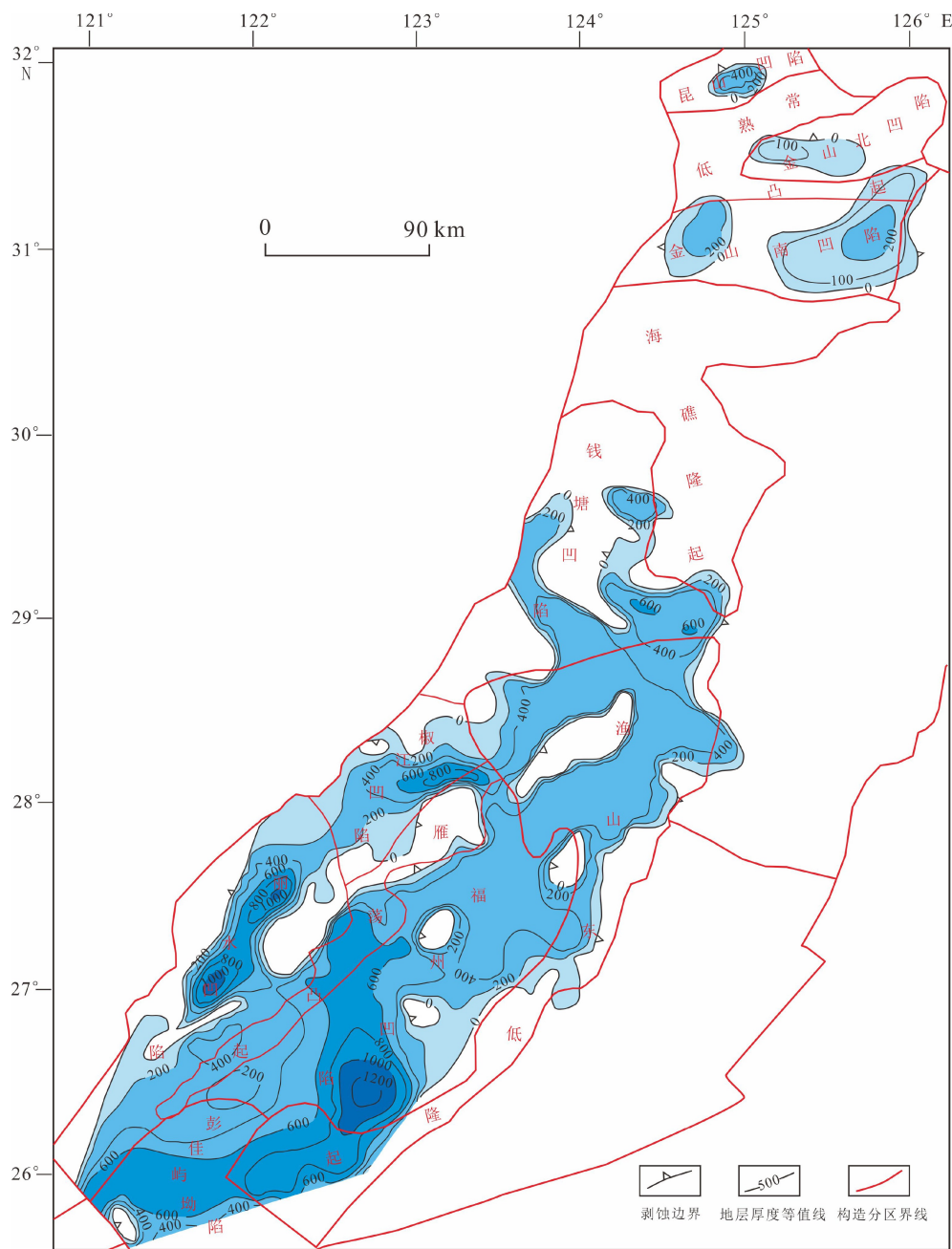


图 7 东海陆架盆地上侏罗统-下白垩统残余地层厚度

Fig.7 Residual thickness of the Upper Jurassic- Lower Cretaceous, the East China Sea Shelf Basin

浅海沉积<sup>[11-12, 28-31]</sup>, 中生界烃源岩主要发育于中下侏罗统福州组和上白垩统石门潭组; 中生界—古新近系为多旋回沉积, 且经历了 3 次大的海进和海退, 在纵向上构成多套生储盖组合; 圈闭类型多、成藏条件好, 具有不可忽视的勘探潜力。

#### 4.1 烃源岩条件分析

##### 4.1.1 中下侏罗统福州组烃源岩

福州组烃源岩类型有泥岩和碳质泥岩, 全组均有分布, 共计 90 m 厚, TOC 含量为 0.03%~1.24%, (S1+S2) 为 0.04~1.97 mg/g (图 9), 有机质类型为

II 2—III 型, OEP 值接近于 1, 处于成熟阶段, 碳质泥岩为较差烃源岩, 泥岩为中等烃源岩<sup>[11-12, 16-17, 20, 24]</sup>。

根据单井统计及沉积环境推测, 中下侏罗统福州组烃源岩厚度较大, 主要分布在福州凹陷和渔山东低隆起, 零星分布在丽水凹陷、钱塘凹陷和长江坳陷部分地区, 总面积超过  $6 \times 10^4 \text{ km}^2$ , 近 NE—SW 向分布, 中间厚、两侧薄, 其中, 丽水凹陷东南部、福州凹陷、钱塘凹陷东部厚度较大。烃源岩 TOC 高值区主要分布福州凹陷南部, 向两侧降低。

##### 4.1.2 上白垩统石门潭组烃源岩

石门潭组烃源岩分布在该组大部, 共计 100 m

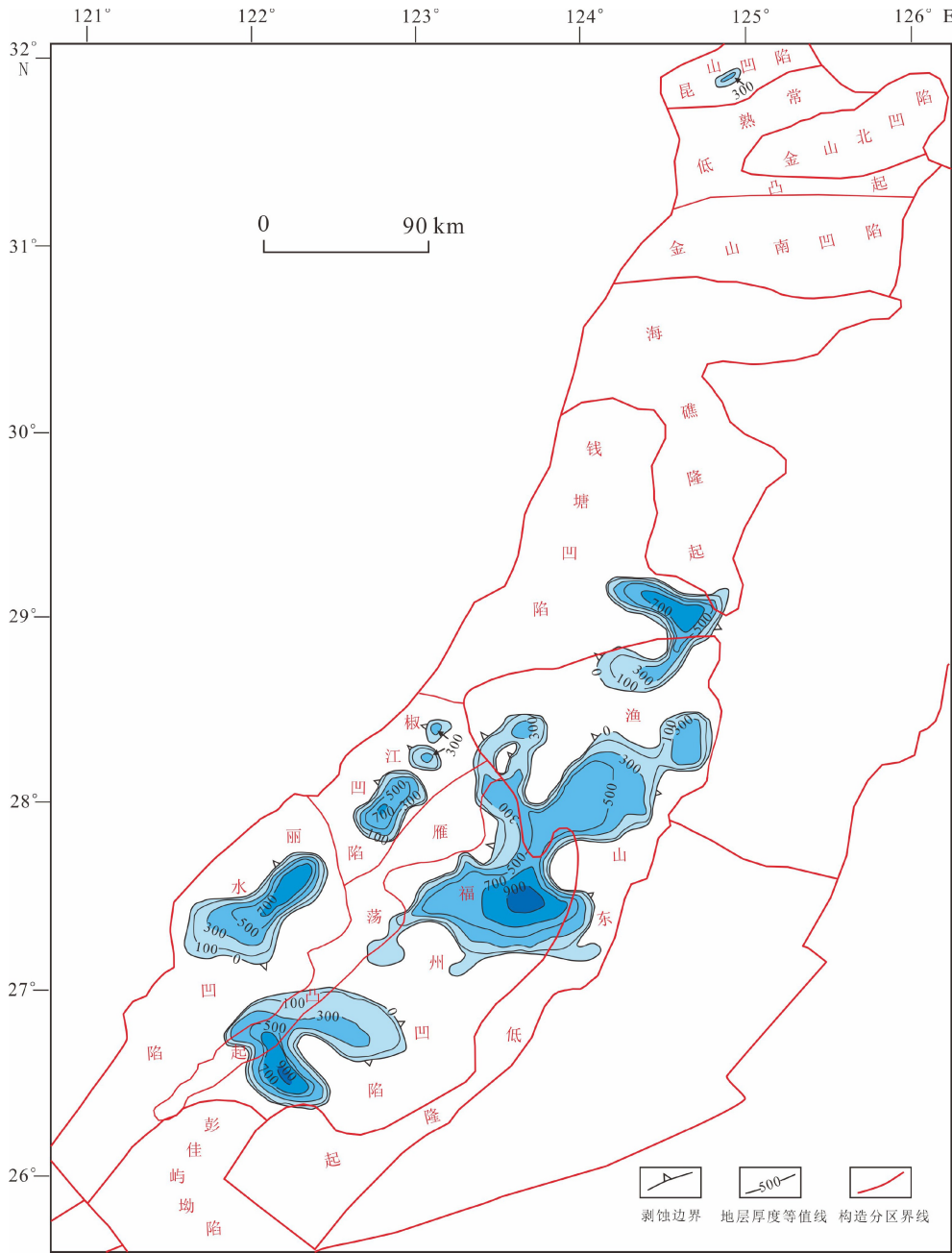


图 8 东海陆架盆地上白垩统残余地层厚度

Fig.8 Residual thickness of the Upper Cretaceous, the East China Sea Shelf Basin

厚, 有机碳含量约 0.5%, 有机质类型为 II 2—III 型, 处于成熟阶段, 为较差—中等烃源岩 [11-12, 16-17, 20, 24]。

根据单井统计及沉积环境推测, 上白垩统石门潭组烃源岩分布范围小, 零星分布在台北坳陷以及钱塘凹陷东南部, 总面积约为  $2.5 \times 10^4 \text{ km}^2$ , 烃源岩厚度为 50~200 m。烃源岩 TOC 值普遍较低, 整体由西部河湖相往东南滨浅海相呈增高的趋势, 高值区主要分布在福州凹陷。

#### 4.2 生储盖组合

东海陆架盆地中生界—古新近系为多旋回沉

积, 且经历了 3 次大的海进和海退。台北坳陷不仅生烃层系较多, 而且储集层发育, 类型多, 泥质岩盖层分布广, 在纵向上构成了 3 套生储盖组合:

(1) 侏罗系组合: 福州组中下部泥质岩为生烃层, 福州组上部三角洲砂体为储层, 厦门组泥质岩为良好的盖层。该组合在全区发育。

(2) 上白垩统—古新统下部组合: 石门潭组中部泥质岩为生烃层, 上部河道砂体为储层, 古新统厚层泥质岩为良好的盖层。该组合在丽水、椒江凹陷较发育。

(3) 始新统组合: 始新世中、下部扇三角洲砂体



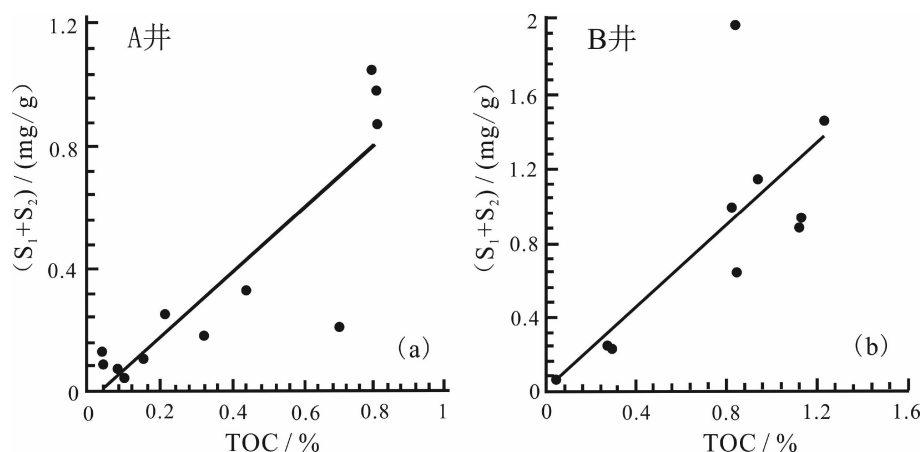


图 9 福州凹陷 A 井、B 井福州组泥岩 TOC 与  $(S_1+S_2)$  数值散点图(据文献[11]修改)

Fig.9 Scatter plots of TOC and  $S_1+S_2$  of the mudstone of Fuzhou Formation in Well A and Well B of Fuzhou Sag (after reference [11])

为储层,其上的海相泥岩为盖层,始新统在这两个凹陷埋藏浅,未进入成熟门限,缺乏生烃层,油气可从古近系沿断层运移,形成次生油气藏。该组合在丽水、椒江凹陷较发育。

上述 3 套生储盖组合,以第 1 套、第 2 套组合较好,是台北坳陷内的主要目的层,其次是第 3 套组合,主要分布在椒江和丽水凹陷内。

### 4.3 圈闭发育与成藏过程

#### 4.3.1 圈闭

台北坳陷构造活动以断裂为主,圈闭包括断块型、背斜型、地层型 3 大基本类型<sup>[32]</sup>,其形成多与断层发育有关,直接或间接受控于盆地构造演化过程中的断裂作用。

##### (1) 断块型圈闭

断块型圈闭指沿储集层上倾方向由断层起遮挡或封闭作用所形成的构造圈闭类型,包括断鼻构造圈闭、地层倾向与断层倾向相同的“上盘断块构造圈闭”。断鼻构造圈闭主要分布在丽水、椒江凹陷的中部,而上盘断块构造圈闭主要发育在福州凹陷北部。

据储集层的时代可分为基底断块型构造圈闭和盖层断块型构造圈闭,前者的储集层为古近系及潜山型构造圈闭,后者的储集层主要为古新近系。

##### (2) 背斜型圈闭、地层型圈闭

背斜型圈闭主要分布在丽水、椒江凹陷的中部;地层型圈闭数量较少,分布在各凹陷的斜坡带上。

从成因上分析,有与古潜山有关的以重力差异压实作用为主的披覆构造圈闭,主要分布在椒江和丽水凹陷中央,以及雁荡凸起。还有断块隆褶形成的构造,主要分布在福州凹陷。

椒江和丽水凹陷,在晚白垩世—早古新世时,即断陷发育初期,随着断陷的发生,基底断块活动的影响,在凹陷中央形成潜山带,古新世和始新世的沉积覆盖于上,在重力差异压实作用下形成披覆背斜。在断陷陡坡带,随着同生断层的不断发展,形成同沉积的正牵引鼻状构造或逆牵引构造。在凹陷缓坡带,阶梯式的基底断裂活动形成半背斜断块圈闭。这些圈闭形成于古新世,之后继承性发展。往东到福州凹陷,由于晚白垩世末期的断块上升隆起,缺失早古新世沉积,晚古新世的沉积直接覆盖于上白垩统之上,始新世末期发生隆褶运动,在福州凹陷形成隆褶背斜。

#### 4.3.2 成藏过程

研究区上白垩统石门潭组烃源岩大约在始新世末开始生烃,生成的油气沿着凹陷边缘斜坡运移,充注到石门潭组储层中,形成了自生自储式储盖组合;生成的油气也可能沿断层向上运移到始新世瓯江组储层中,形成下生上储式储盖组合。中下侏罗统福州组烃源岩在下白垩统渔山组沉积末期开始生烃,生成的油气沿断层向上运移到石门潭组储层和始新统瓯江组储层中,形成下生上储式储盖组合。始新世末—渐新世的全盆性挤压反转造成凹陷中央地层的褶皱变形,盆地西缘古新统、始新统遭到抬升剥蚀,但没有影响到明月峰组区域盖层的连续性,且相伴生的断层断距不大,在水平侧向挤压应力作用下促使断层封闭,从而使得油气主要在明月峰组区域盖层之下重新运移分配。

总之,中下侏罗统福州组、上白垩统石门潭组作为烃源岩,福州组、石门潭组及始新统瓯江组砂体作为储层,油气沿着凹陷边缘的砂体、活动的断层运移,砂体尖灭和断层封闭时期,油气早期成

藏。主要受断裂、构造、砂体的控制,分布于有砂体分布的斜坡带和断层附近,而福州组砂岩和石门潭组砂岩也可能遇到断层,沿断层疏导至瓯江组次生成藏。始新世末—渐新世的全盆性挤压反转使得构造带顶部产生了大量新的张性断层,原有的油气在明月峰组区域盖层下重新运移,聚集成藏。东海陆架盆地西部坳陷带中生界形成了早期成藏、晚期调整的成藏模式。

## 5 结论

(1)通过对东海陆架盆地中生界的地震相识别和区域追踪,揭示中生界主要发育在盆地西侧,且经历了后期的构造抬升和剥蚀,表现为中生界残留盆地的分布特征。而盆地东侧由于新生界埋藏厚度较大,中深层地震有效信号弱,加上中生界未直接钻遇,难以全区有效识别和追踪。

(2)东海陆架盆地的中生界残留盆地从北部的长江坳陷到南部的台北坳陷广泛分布,结合其构造、沉积演化和区域分布特征,可进一步划分为中下侏罗统福州组、上侏罗统厦门组—下白垩统渔山组、上白垩统闽江组—石门潭组3套构造层序。

(3)东海陆架盆地中生界潜在的烃源岩包括中下侏罗统福州组和上白垩统石门潭组;中生界—古新近系经历了3次大的海进和海退,纵向上发育多套生储盖组合,具有不可忽视的勘探潜力,可考虑与新生界主要目的层一起勘探。

## 参考文献 (References)

- [1] Hilde T W C, Uyeda S, Kroenke L. Evolution of the western Pacific and its margin [J]. *Tectonophysics*, 1977, 38(1-2): 155-165.
- [2] 金性春. 东海构造演化若干问题的讨论[J]. 台湾石油通讯, 1992, 9(1): 1-5. [JIN Xingchun. A discussion about several questions of the tectonic evolution of East China Sea [J]. *Taiwan Petroleum Newsletter*, 1992, 9(1): 1-5.]
- [3] 王国纯. 东海盆地的形成及演化[J]. 石油学报, 1987, 8(4): 18-25. [WANG Guochun. Formation and evolution of the East China Sea Basin [J]. *Acta Petrolei Sinica*, 1987, 8(4): 18-25.]
- [4] 李三忠, 余珊, 赵淑娟, 等. 东亚大陆边缘的板块重建与构造转换[J]. 海洋地质与第四纪地质, 2013, 33(3): 65-94. [LI Sanzhong, YU Shan, ZHAO Shujuan, et al. Tectonic transition and plate reconstructions of the east Asian continental margin [J]. *Marine Geology & Quaternary Geology*, 2013, 33(3): 65-94.]
- [5] 李家彪, 丁巍伟, 吴自银, 等. 东海的来历[J]. 中国科学: 地球科学, 2017, 47(4): 406-411. [LI Jiabiao, DING Weiwei, WU Ziyin, et al. Origin of the East China Sea [J]. *Scientia Sinica Terrae*, 2017, 47(4): 406-411.]
- [6] 钟锴, 朱伟林, 高顺莉, 等. 东海陆架盆地形成演化及油气成藏关键地质问题[J]. 地球科学, 2018, 43(10): 3485-3497. [ZHONG Kai, ZHU Weilin, GAO Shunli, et al. Key geological questions of the formation and evolution and hydrocarbon accumulation of the East China Sea Shelf Basin [J]. *Earth Science*, 2018, 43(10): 3485-3497.]
- [7] Zhu W L, Zhong K, Fu X W, et al. The formation and evolution of the East China Sea Shelf Basin: a new view [J]. *Earth-Science Reviews*, 2019, 190: 89-111.
- [8] 杨文达, 崔征科, 张昇彪. 东海地质与矿产[M]. 北京: 海洋出版社, 2010: 390-405. [YANG Wenda, CUI Zhengke, ZHANG Yibiao. *Geology and Mineral of East China Sea* [M]. Beijing: China Ocean Press, 2010: 390-405.]
- [9] Yang C S, Li S Z, Li G, et al. Tectonic Units and Proto-basin of the East China Sea Shelf Basin: correlation to Mesozoic subduction of the Palaeo-Pacific Plate [J]. *Geological Journal*, 2016, 51(S1): 149-161.
- [10] 杨长清, 杨传胜, 李刚, 等. 东海陆架盆地南部中生代构造演化与原型盆地性质[J]. 海洋地质与第四纪地质, 2012, 32(3): 105-111. [YANG Changqing, YANG Chuansheng, LI Gang, et al. Mesozoic tectonic evolution and prototype Basin characters in the southern East China Sea Shelf Basin [J]. *Marine Geology & Quaternary Geology*, 2012, 32(3): 105-111.]
- [11] 王丹萍, 李海华, 陆洋. 东海南部中生界烃源岩地球化学特征与分布预测[J]. 海洋石油, 2015, 35(3): 1-6. [WANG Danping, LI Haihua, LU Yang. Geochemical characteristics and distribution of Mesozoic hydrocarbon source rocks in the southern Part of East China Sea [J]. *Offshore Oil*, 2015, 35(3): 1-6.]
- [12] 梁若冰. 东海陆架盆地南部中生界油气勘探潜力分析[J]. 海洋石油, 2017, 37(3): 16-22. [LIANG Ruobing. Analysis of hydrocarbon exploration potential in the Mesozoic of the Southern East China Sea Shelf Basin [J]. *Offshore Oil*, 2017, 37(3): 16-22.]
- [13] 杨传胜, 杨长清, 杨艳秋, 等. 东海陆架盆地中生界残留分布特征及其大地构造意义[J]. 中国海洋大学学报, 2017, 47(11): 86-95. [YANG Chuansheng, YANG Changqing, YANG Yanqiu, et al. Characteristics of Mesozoic Strata in the East China Sea Shelf Basin and their geotectonic implications [J]. *Periodical of Ocean University of China*, 2017, 47(11): 86-95.]
- [14] 杨长清, 杨传胜, 孙晶, 等. 东海陆架盆地南部中生代演化与动力学转换过程[J]. 吉林大学学报: 地球科学版, 2019, 49(1): 139-153. [YANG Changqing, YANG Chuansheng, SUN Jing, et al. Mesozoic evolution and dynamics transition in southern shelf basin of the East China Sea [J]. *Journal of Jilin University: Earth Science Edition*, 2019, 49(1): 139-153.]
- [15] 崔幸, 王亮亮, 罗洪明, 等. 东海陆架盆地南部中生代盆地性质与演化: 砂箱物理模拟检验[J]. 海洋地质与第四纪地质, 2017, 37(4): 181-192. [CUI Xing, WANG Liangliang, LUO Hongming, et al. Sandbox modeling test for Mesozoic Basins in southern East China Sea Shelf Basin [J]. *Marine Geology & Quaternary Geology*, 2017, 37(4): 181-192.]
- [16] 杨传胜, 杨长清, 李刚, 等. 东海陆架盆地中-新生界油气勘探研究进展与前景分析[J]. 海洋地质与第四纪地质, 2018, 38(2): 136-147. [YANG Chuansheng, YANG Changqing, LI Gang, et al. Prospecting

- of Meso-Cenozoic hydrocarbon in the East China Sea Shelf Basin [J]. *Marine Geology & Quaternary Geology*, 2018, 38(2): 136-147.]
- [17] 冯晓杰, 张川燕, 王春修, 等. 东海陆架和台西南盆地中生界及其油气勘探潜力[J]. *中国海上油气(地质)*, 2001, 15(5): 306-310, 316. [FENG Xiaojie, ZHANG Chuanyan, WANG Chunxiu, et al. Mesozoic in the East China Sea Shelf and Taixinan Basin and its petroleum potential [J]. *China Offshore Oil and Gas (Geology)*, 2001, 15(5): 306-310, 316.]
- [18] 高乐. 东海陆架中生代残余盆地特征及勘探方向探讨[J]. *中国海上油气*, 2005, 17(3): 148-152. [GAO Le. Mesozoic remnant basin characteristics and hydrocarbon exploration direction on East China Sea shelf [J]. *China Offshore Oil and Gas*, 2005, 17(3): 148-152.]
- [19] 郑求根, 周祖翼, 蔡立国, 等. 东海陆架盆地中生代构造背景及演化[J]. *石油与天然气地质*, 2005, 26(2): 197-201. [ZHENG Qiugen, ZHOU Zuyi, CAI Liguoguo, et al. Meso-cenozoic tectonic setting and evolution of East China Sea Shelf Basin [J]. *Oil & Gas Geology*, 2005, 26(2): 197-201.]
- [20] 龚建明, 徐立明, 杨艳秋, 等. 从海陆对比探讨东海南部中生代油气勘探前景[J]. *世界地质*, 2014, 33(1): 171-177, 189. [GONG Jianming, XU Liming, YANG Yanqiu, et al. Discussion on Mesozoic hydrocarbon potential of Southern East China Sea based on comparison between offshore and onshore areas [J]. *Global Geology*, 2014, 33(1): 171-177, 189.]
- [21] 何家雄, 张伟, 颜文, 等. 中国近海盆地幕式构造演化及成盆类型与油气富集规律[J]. *海洋地质与第四纪地质*, 2014, 34(2): 121-134. [HE Jiaxiong, ZHANG Wei, YAN Wen, et al. Episodic tectonic evolution, Basin types and hydrocarbon accumulation in Chinese Marginal Basins [J]. *Marine Geology & Quaternary Geology*, 2014, 34(2): 121-134.]
- [22] Li S Z, Zhao G C, Dai L M, et al. Mesozoic Basins in Eastern China and their bearing on the deconstruction of the North China Craton [J]. *Journal of Asian Earth Sciences*, 2012, 47: 64-79.
- [23] 刘泽, 戴黎明, 李三忠, 等. 东海陆架盆地南部中生代成盆过程的数值模拟[J]. *海洋地质与第四纪地质*, 2017, 37(4): 167-180. [LIU Ze, DAI Liming, LI Sanzhong, et al. Numerical simulation of Mesozoic tectonic processes in the southern part of East China Sea continental shelf basin [J]. *Marine Geology & Quaternary Geology*, 2017, 37(4): 167-180.]
- [24] 龚建明, 李刚, 杨传胜, 等. 东海陆架盆地南部中生界分布特征与油气勘探前景[J]. *吉林大学学报: 地球科学版*, 2013, 43(1): 20-27. [GONG Jianming, LI Gang, YANG Chuansheng, et al. Hydrocarbon prospecting of Mesozoic Strata in southern East China Sea Shelf Basin [J]. *Journal of Jilin University: Earth Science Edition*, 2013, 43(1): 20-27.]
- [25] 梁杰, 陈建文, 张银国, 等. 东海陆架盆地西部坳陷带中生界储层类型及成因[J]. *海洋地质与第四纪地质*, 2016, 36(5): 131-138. [LIANG Jie, CHEN Jianwen, ZHANG Yinguo, et al. Type and origin of Mesozoic Reservoirs in western depression Zone of East China Sea Shelf Basin [J]. *Marine Geology & Quaternary Geology*, 2016, 36(5): 131-138.]
- [26] 丛尧, 刘展, 陆凯, 等. 东海陆架盆地南部中生界的残留厚度[J]. *海洋地质前沿*, 2017, 33(5): 39-44. [CONG Yao, LIU Zhan, LU Kai, et al. Residual thickness of the Mesozoic in the southern East China Sea Shelf Basin [J]. *Marine Geology Letters*, 2017, 33(5): 39-44.]
- [27] 索艳慧, 李三忠, 戴黎明, 等. 东海陆架盆地构造单元划分与特征[J]. *海洋地质与第四纪地质*, 2010, 30(6): 49-58. [SUO Yanhui, LI Sanzhong, DAI Liming, et al. Division and characteristics of tectonic units of the East China Sea Shelf Basin [J]. *Marine Geology & Quaternary Geology*, 2010, 30(6): 49-58.]
- [28] 李智高, 龚建明, 操应长, 等. 东海南部及邻区海陆中生代沉积特征对比[J]. *海洋地质与第四纪地质*, 2015, 35(1): 29-35. [LI Zhigao, GONG Jianming, CAO Yingchang, et al. Comparison of sedimentary characteristics of the Mesozoic in southern East China Sea and adjacent uplifting areas [J]. *Marine Geology & Quaternary Geology*, 2015, 35(1): 29-35.]
- [29] 王蛟, 李智高, 蔡来星, 等. 东海陆架盆地南部中生界沉积模式[J]. *吉林大学学报: 地球科学版*, 2019, 49(1): 131-138. [WANG Jiao, LI Zhigao, CAI Laixing, et al. Sedimentary model of Mesozoic in the southern part of the East China Sea shelf basin [J]. *Journal of Jilin University: Earth Science Edition*, 2019, 49(1): 131-138.]
- [30] 王文娟, 李刚, 杨长青, 等. 东海陆架盆地地震层序特征及地质属性[J]. *海洋地质与第四纪地质*, 2013, 33(3): 117-122. [WANG Wenjuan, LI Gang, YANG Changqing, et al. Characteristics of seismic sequences in the East China sea shelf basin and their geological attributes [J]. *Marine Geology & Quaternary Geology*, 2013, 33(3): 117-122.]
- [31] 杨艳秋, 杨传胜, 李刚, 等. 东海陆架盆地中生界识别及其分布特征[J]. *石油地质与工程*, 2016, 30(6): 5-8, 13. [YANG Yanqiu, YANG Chuansheng, LI Gang, et al. Mesozoic recognition of East China Sea shelf basin and its distribution characteristics [J]. *Petroleum Geology and Engineering*, 2016, 30(6): 5-8, 13.]
- [32] 杨艳秋, 杨长清, 杨传胜, 等. 东海陆架盆地西部中生界圈闭特征[J]. *海洋地质前沿*, 2017, 33(4): 49-52. [YANG Yanqiu, YANG Changqing, YANG Chuansheng, et al. Mesozoic traps in the West of the East China sea shelf basin [J]. *Marine Geology Frontiers*, 2017, 33(4): 49-52.]