

金春爽, 乔德武, 须雪豪, 等. 东海陆架盆地南部油气资源前景与选区[J]. 中国地质, 2015, 42(5): 1601-1609.

Jin Chunshuang, Qiao Dewu, Xu Xuehao, et al. Oil and gas potential and target selection in southern East China Sea Shelf Basin[J]. *Geology in China*, 2015, 42(5): 1601-1609(in Chinese with English abstract).

东海陆架盆地南部油气资源前景与选区

金春爽¹ 乔德武² 须雪豪³ 李 刚⁴ 梁建设⁵ 姜在兴⁶ 徐立明⁷

(1. 中国地质调查局油气资源调查中心, 北京 100037; 2. 国土资源部油气资源战略研究中心, 北京 100034; 3. 中国石化股份公司上海海洋油气分公司, 上海 200120; 4. 中国地质调查局青岛海洋地质研究所, 山东 青岛 266071; 5. 中海石油(中国)有限公司北京研究中心, 北京 100027; 6. 中国地质大学(北京), 北京 100083; 7. 福建省地质调查研究院, 福建 福州 350013)

摘要:通过开展二维地震资料调查和重处理,结合钻井、重磁、海陆对比等新老资料开展联合解释认为:东海陆架盆地南部中生界具有分布广、厚度大、沉积中心位于东部,新生界则呈现东西厚中间薄,新生代构造单元中的台北凸起、观音凸起和雁荡凸起上均有中生界分布;白垩系较侏罗系分布更为广泛,侏罗系西部边界为雁荡凸起东侧,白垩系西部边界以瓯江凹陷西侧为界;中生界三口钻井分析结果发现了确凿的海相标志,证实了中生界东海陆架盆地发生多次海侵,结合围区沉积特征认为侏罗纪存在南北向和东西向的海侵,白垩纪主要体现为东西向的海侵;研究区中生界发育中下侏罗统、下白垩统两套烃源岩,新生界发育古新统、始新统、渐新统和中新统四套烃源岩,具有较好的油气资源前景。

关键词:东海陆架盆地;油气资源调查与选区;中生界;新生界

中图分类号:P618.13 **文献标志码:**A **文章编号:**1000-3657(2014)05-1601-10

Oil and gas potential and target selection in southern East China Sea Shelf Basin

JIN Chun-shuang¹, QIAO De-wu², XU Xue-hao³,
LI Gang⁴, LIANG Jian-she⁵, JIANG Zai-xing⁶, XU Li-ming⁷

(1. *Oil and Gas Survey, China Geological Survey, Beijing 100029, China*; 2. *Strategic Research Center of Oil & Gas Resources, Ministry of Land and Resources, Beijing 100034, China*; 3. *Institute of Shanghai Offshore Oil & Gas Company, SINOPEC, Shanghai 200120, China*; 4. *Qingdao Institute of Marine Geology, Qingdao 266071, Shandong, China*; 5. *CNOOC Research Institute, Beijing 100027, China*; 6. *School of Energy Resources, China University of Geosciences, Beijing 100083, China*; 7. *Fujian Institute of Geological Survey, Fuzhou 350013, Fujian, China*)

Abstract: Based on the newly acquired and reprocessed seismic data, in combination with drilling data, gravity and magnet inversion and onshore and offshore correlation, the authors studied the geological characteristics of Mesozoic and Cenozoic strata in southern East China Sea Shelf Basin. With sedimentary center in the east, the Mesozoic strata of great thickness are distributed extensively over such uplift areas as Taibei, Guanyin and Yandang. The Cenozoic strata are thicker in the east and west than in the

收稿日期:2015-05-18; 改回日期:2015-08-16

基金项目:全国油气资源战略选区调查与评价专项(2009GYXQ05)资助。

作者简介:金春爽,女,1974,博士,教授级高级工程师,主要从事石油地质研究;E-mail:jincs2002@163.com。

central part in the study area. The southern East China Basin was a marginal depression basin in Mesozoic, with a western boundary of Jurassic on the east side of Yandang uplift, and that of Cretaceous on the west side of Oujiang Sag. More marine facies marks were found in drilling analysis, which shows that the transgression from south to north and from east to west happened in Jurassic, and that from east to west occurred in Cretaceous, in consideration of surrounding sedimentary environments. Source rocks of Lower Jurassic, Lower Cretaceous, Paleocene, Eocene, Oligocene and Miocene are well developed in the study area, so there exists a great hydrocarbon potential in the study area.

Key words: East China Sea; oil-gas survey and target election; Mesozoic; Cenozoic

About the first author: JIN Chun-shuang, female, born in 1974, professor, mainly engages in the study of petroleum geology; E-mail: jincs2002@163.com.

国土资源部于2004年开始组织实施全国油气资源调查与选区工作,重点开拓新区、新层系、新领域油气资源前景的调查和选区工作。以往的地震、重磁和钻井均证实东海陆架盆地存在中生代地层^[1-7],2009—2012年实施了“东海陆架盆地南部油气资源调查与选区”项目,项目通过调查及综合研究对东海陆架盆地南部中、新生界,特别是中生界地质条件及其油气资源潜力开展系统研究工作,并初步落实了油气资源选区。

研究区位于东海陆架盆地南部地区,南与台西

南盆地相接,北与东海陆架盆地中北部毗邻,水深小于150 m,以海底地势平坦、宽度大为特点。在地质构造单元上,分为北区和南区二块,北区由“三凹二凸”新生界五个构造单元组成,分别为瓯江凹陷、闽江凹陷和基隆凹陷,以及分割上述凹陷的雁荡低凸起和台北低凸起;南区为台西盆地,由观音凸起、彭佳屿凹陷、乌丘屿凹陷、厦彭凹陷、澎湖—北港隆起等几个地质构造单元组成(图1)。

用于项目研究的地震资料约16000 km,在研究区的北区构成20 km×20 km测网,在南区的西部构

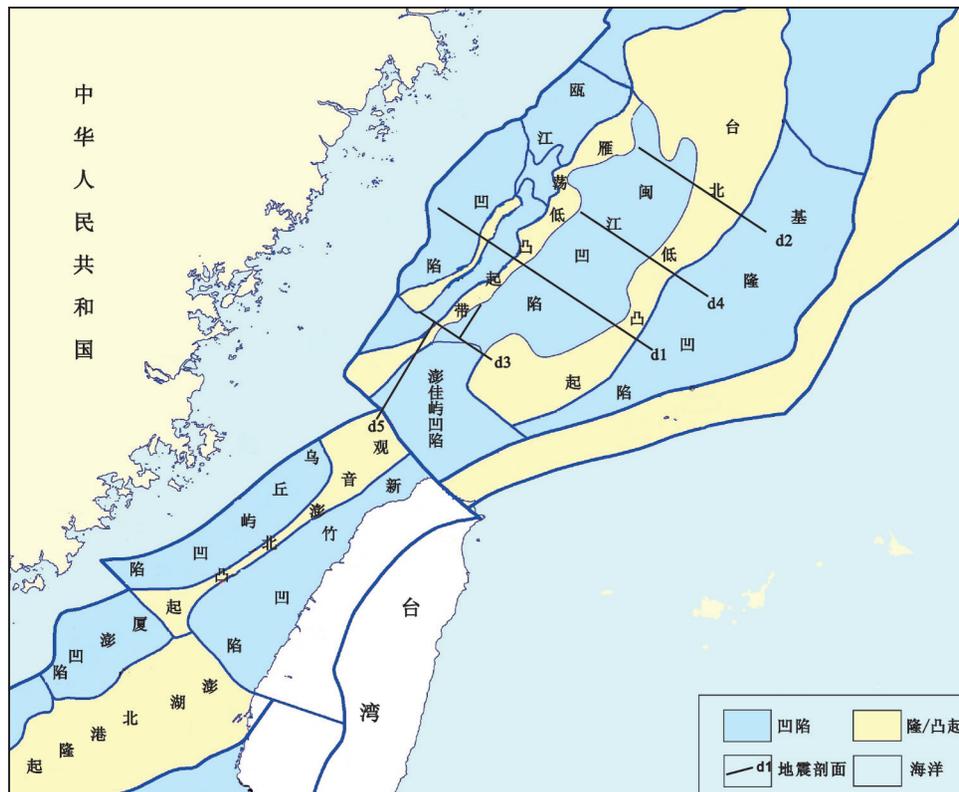


图1 东海陆架盆地南部油气资源调查与选区位置图

Fig.1 Location of petroleum survey and target selection in southern East China Sea Shelf Basin

成 20 km×30 km 测网;在南区东部地震资料空白区则采用了卫星测高(自由空间)重力异常数据和磁力 ΔT 数据;利用的钻井资料有 35 口,其中,2 口井钻遇基底,11 口井钻遇白垩系,2 口井钻遇侏罗系。这项调查研究经过五年的多方努力,取得了系列成果和一些新认识,本文是该项目部分研究成果的简要总结,不当之处,敬请专家和同行批评指正。

1 中新生界展布特征

1.1 总体特征

依据地震剖面反射结构及其特征,东海陆架盆地南部中新生界划分出 7 个地震层序,在此基础上开展的地震剖面解释对区内中新生界展布特征有了全面认识:中生界具有分布广、厚度大、东厚西薄的展布特征(图 2),沉积中心位于研究区东部;新生界则呈现东西厚中间薄,古新世到始新世沉积中心由西向东迁移的特征;新生代构造单元中的几个凸起上均有中生界分布^[8]。

1.2 中生界展布特征

中生界分布面积超过 $8 \times 10^4 \text{ km}^2$,最大厚度约 7000 m,由西向东地层逐步增厚,在研究区南部中生代地层发育并以侏罗系为主,北部中生界则主要发育白垩系。侏罗系主要分布在闽江凹陷南部、基隆和新竹凹陷,厚度 2000~4000 m,呈大型坳陷展布。白垩系分布范围相对较广,除雁荡凸起局部地区外,遍布整个研究北区,在西部的瓯江凹陷厚度为 1000~2500 m,为一系列小型箕状断陷群,中东部闽江和基隆凹陷厚度为 2000~5000 m,呈断坳充填特色(图 3~4)。

1.3 新生界展布特征

古新统在东海陆架盆地南部全区分布,古新统沉积中心主要位于瓯江凹陷,最大沉积厚度达到 3700 m;始新统全区分布,主要体现为坳陷沉降的显著特征,基隆凹陷最厚,始新统最大沉积厚度达 4500 m;地震资料推测渐新统仅发育于基隆凹陷,基隆凹陷最大沉积厚度达到 1900 m;中新统沉积时

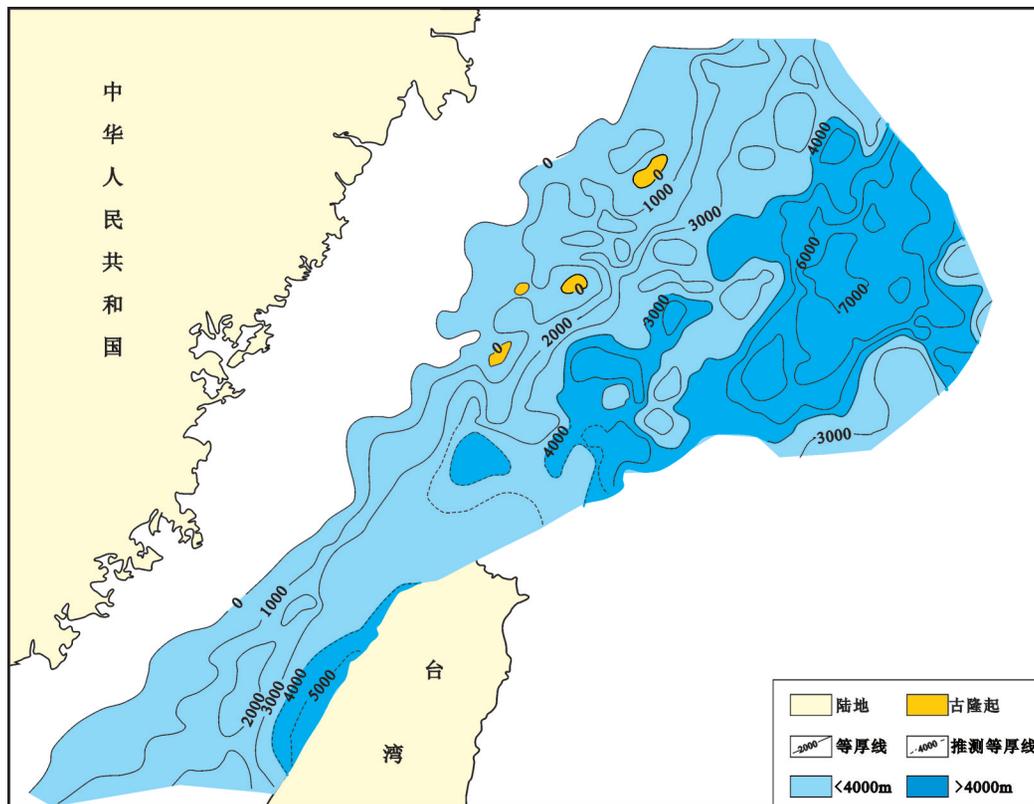


图2 东海陆架盆地南部中生界残留厚度图

Fig.2 Contour map of Mesozoic residual thickness in southern East China Shelf Basin

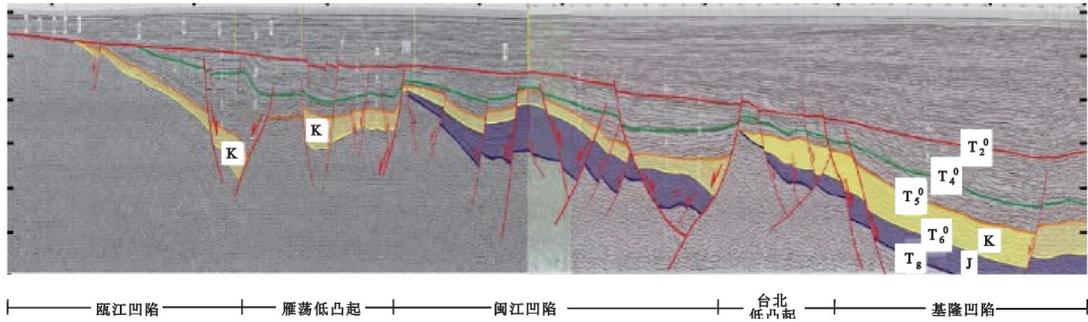


图3 d1测线地震解释剖面(测线位置见图1)

Fig.3 Interpretation profile of d1 seismic line (for line position see Fig. 1)

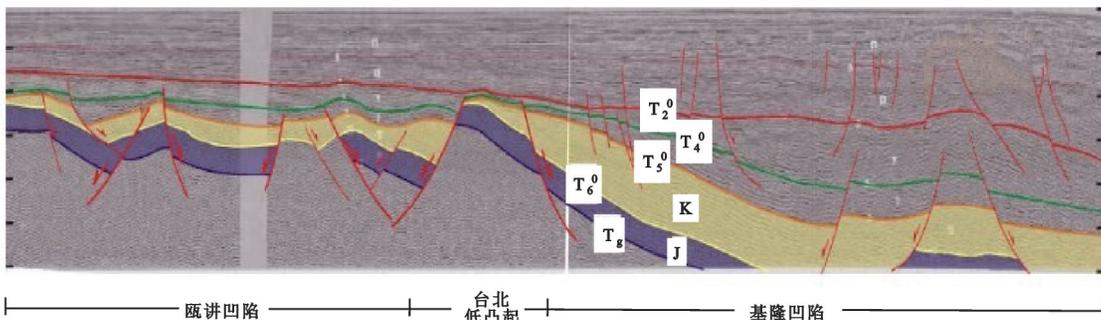


图4 d2测线地震解释剖面(测线位置见图1)

Fig.4 Interpretation profile of d2 seismic line (for line position see Fig. 1)

期,盆地广泛接受沉积,基隆凹陷最大沉积厚度达到2800 m。古新世到始新世沉积中心由西向东迁移并维持至中新世。

1.4 新生代凸起之上分布的中生界

新生代构造单元中的雁荡凸起、台北凸起和观音凸起上均有中生界分布:雁荡凸起北部主要为白垩系沉积,南部发育侏罗纪沉积(图5),中生界厚度500~1500 m,中间发育3个古凸起;台北凸起之上广泛发育侏罗—白垩纪地层(图6),最厚处可达4000 m,与闽江凹陷基本相当,但部分地区受燕山晚期火山岩侵入影响较大;观音凸起上广泛发育了厚度较大的侏罗—白垩系,部分残留的中生代地层可达2000~3500 m。这与南海北部东沙隆起广泛发育中生界一致^[9],可见,东南沿海地区中生代时曾广泛接受沉积。

2 中新世沉积环境

2.1 中生代沉积环境

对于东海陆架盆地南部是否存在海相中生界存在两种不同观点:朱夏^[7]较早指出,东海南部有海

相层,应值得注意,蔡乾忠^[7]指出残留特提斯包括了东海南部海区,王国纯^[1]、周蒂^[10]、赖万忠^[11]、刘建华等都曾指出东海南部可能存在海相中生界;但冯晓杰^[3,12]、高乐^[6]、蔡东升^[2]、段九春^[13]等认为东海陆架盆地南部中生界主要为近海岸湖泊、河流相。

本次研究对海域中生界3口钻井进行取样,开展多方面分析,进一步发现了确凿的海相标志,包括丁丁虫、颗石藻及海绵骨针化石,石针迹和漫游迹等生物遗迹构造,潮汐成因沉积构造,海相海绿石和草莓状黄铁矿等自生矿物,以及生物标志化合物等,证实了中生界东海陆架盆地发生多次海侵。

从研究区揭示的海侵依据及邻近陆域对比研究发现,古生物化石和其他指标的出现具有较强的规律性,自东向西,微体古生物和其他指标有序地发生变化,由放射虫、有孔虫向菊石、瓣腮类转变,最终体现为红藻和褐藻的生长,呈现咸水—半咸水—淡水的有序过渡的关系,微量元素揭示的水体盐度的变化也呈现类似的变化。由此认为:侏罗纪存在:南—北向海侵,东—西向海侵,南部的自南而北的海侵形成了陆域的龙岩海湾,中北部发生了自

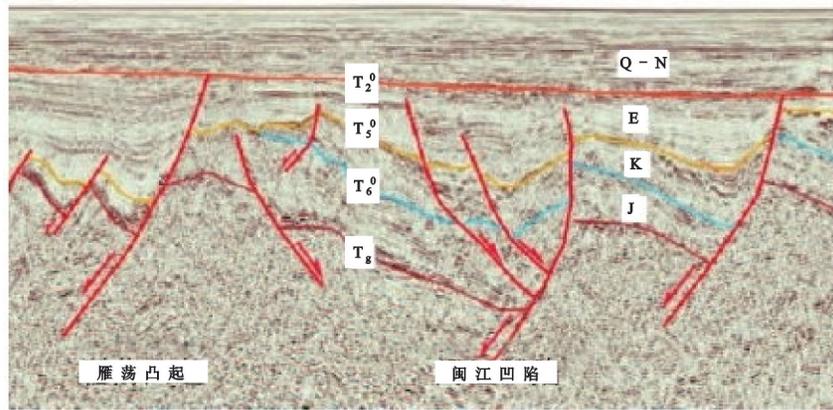


图5 d3测线地震解释剖面(雁荡凸起上的中生界,测线位置见图1)

Fig.5 Interpretation profile of d2 seismic line(Mesozoic strata on Yandang uplift, for line position see Fig. 1)

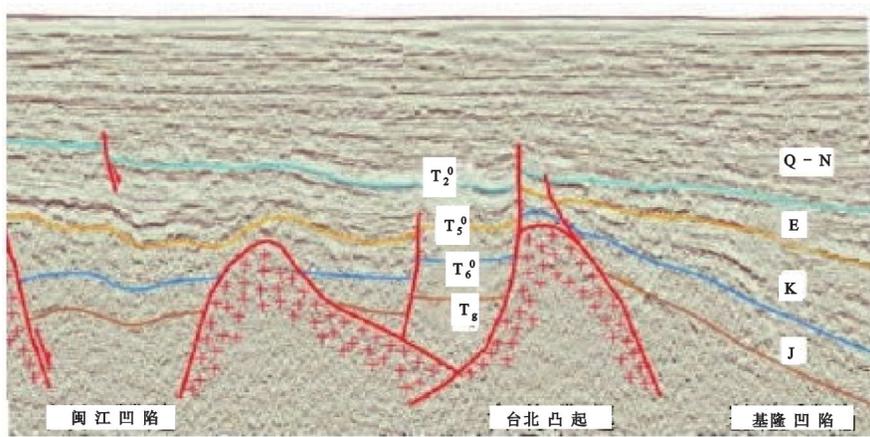


图6 d4测线地震解释剖面(台北凸起上的中生界,测线位置见图1)

Fig.6 Interpretation profile of d2 seismic line(Mesozoic strata on Yandang uplift, for line position see Fig. 1)

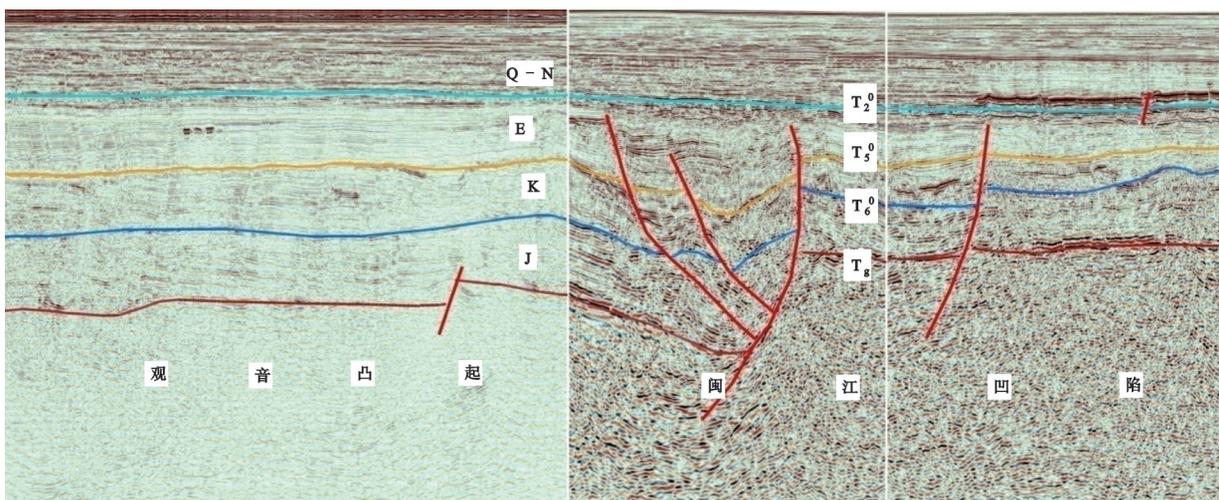


图7 d5测线地震解释剖面(观音凸起上的中生界,测线位置见图1)

Fig.7 Interpretation profile of d2 seismic line(Mesozoic strata on Yandang uplift, for line position see Fig. 1)

东而西的海侵;进入白垩纪后,主要体现为自东而西的海侵;研究区东部和西部分别为典型海相和陆相,之间为开阔的海陆交互环境(图8)。

2.2 新生代沉积环境

新生代东海陆架盆地南部继承了白垩纪时的海相环境,并于古新世发生大幅度海侵,研究区广大地区处于浅海环境;始新世的沉积面貌具有很强的继承性,研究区西侧局部抬升,中东部为浅海沉积;渐新世,研究区面貌发生了重大变化,西部整体隆升,海域大幅向东后退,研究区大部分暴露,仅盆地东部的新竹、基隆凹陷为滨海、浅海沉积;中新世,研究区发生了较大转变,盆地整体沉降,海水大范围侵入,全区以浅海沉积为主,西侧近闽浙隆起

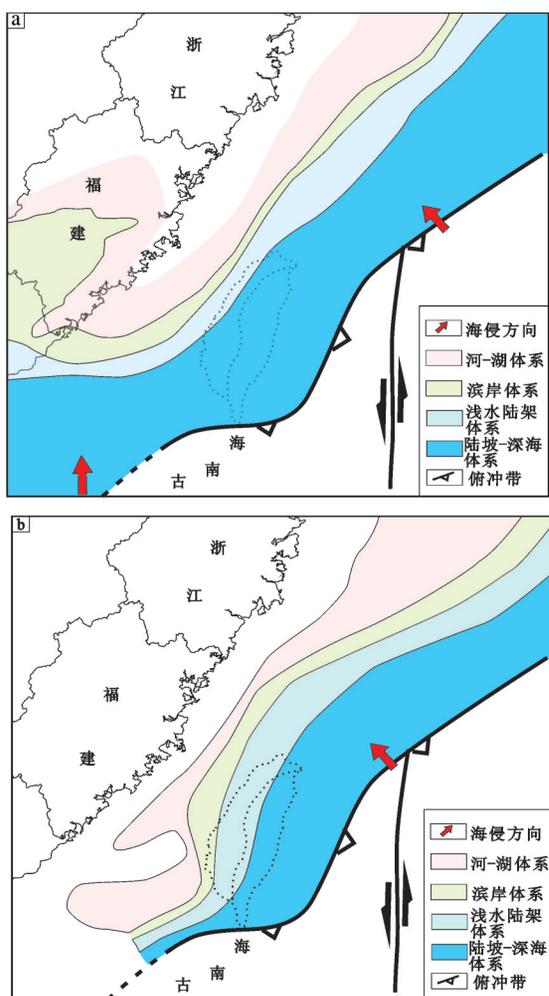


图8 中生代岩相古地理略图
(a—侏罗纪;b—白垩纪)

Fig.8 Paleogeographic sketch map of Mesozoic lithofacies
(a—Jurassic; b—Cretaceous)

带区域发育沉积较小的滨海沉积(图9)。

3 盆地中生代构造格架和构造特征

3.1 中生代盆地构造单元划分

依据研究区内中生代地层分布、构造和沉积特征,将东海陆架盆地南部中生代初步划分出瓯江丽水断陷带、雁荡低凸起带、闽江夏澎斜坡带和基隆新竹凹陷带4个构造单元(图10)。

瓯江丽水断陷带为一东断西超的箕状断陷,面积约15586 km²,东界为三条雁列式排列的西倾正断层所控制。断陷内主要为白垩系,缺失侏罗纪沉积,中生界厚度为1000~2500 m。瓯江丽水断陷带中间发育3个低凸起,将其分为东、西2个断陷,西部断陷较大,南、北方向上主要以雁列式排列的3条断层控制3个小型箕状断陷的发育,以中间一个箕状断陷规模较大。

雁荡低凸起带主要由呈雁列式排列的3个古凸起所组成,面积约6794 km²。与西部瓯江丽水断陷带呈断层接触,与闽江夏澎斜坡带呈渐变关系。北部主要为白垩系,可能缺失上三叠统一上侏罗统,南部发育少量侏罗纪沉积。中生界厚度500~1500 m,中间发育3个古凸起。

闽江夏澎斜坡带上白垩系和侏罗系都有发育,面积约62063 km²,中生界厚度2000~5000 m,具有“三凹两凸”的结构特征。白垩系厚为2000~4000 m,以北、中凹最厚,中间虎岩凸起较薄;侏罗系厚1000~3600 m,中部凹陷最厚处达4400 m。南部由于地震剖面质量差及缺少钻井,推测西部中生界较薄,但其整体结构为一东倾斜坡。该带火成岩相对发育,主要为燕山期火成岩。

3.2 中生代盆地边界探讨

通过地震剖面对比解释,综合其他各类资料和前人的研究成果,初步认为:侏罗系西部边界为雁荡凸起东侧,并且从北到南由超覆-剥蚀-断层3段组成。原观音凸起侏罗纪可能存在一个倾向东、走向北东的古断层,该断层受后期雁荡凸起西部边界断层的改造,目前地震剖面上显示不清。白垩系西部边界以瓯江丽水断陷带西侧为界,从北到南由超覆-断层2段组成。

据折射地震资料,钓鱼岛隆褶带上存在纵波速度大于5.2 km/s以上的地层,类比台湾西部钻井揭

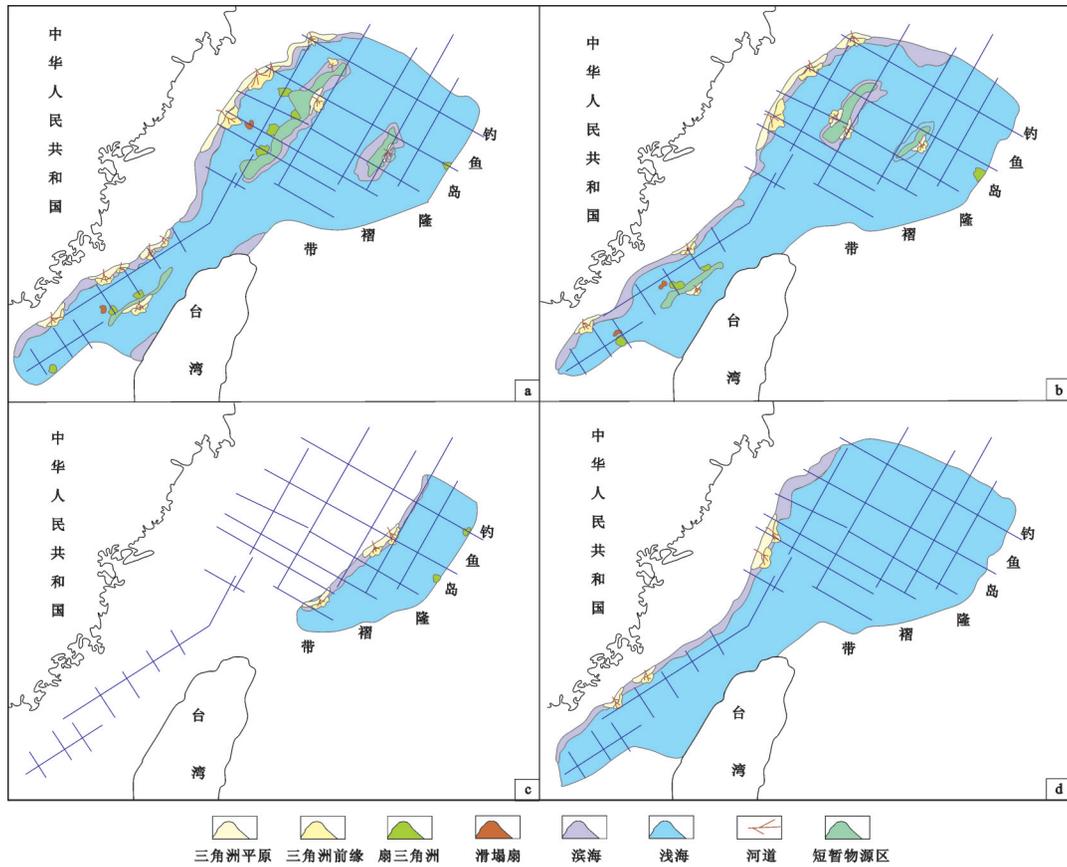


图9 新生代岩相古地理略图
(a—古新世;b—始新世;c—渐新世;d—中新世)
Fig.9 Paleogeographic sketch map of Cenozoic lithofacies
(a—Paleocene; b—Eocene; c—Oligocene; d—Miocene)

示的白垩系,推测钓鱼岛隆褶带可能存在中生代地层^[14],推测东部中生界原型盆地的边界可能位于钓鱼岛隆褶带以东^[15]。

4 油气资源战略选区

4.1 烃源岩条件

研究区中生界发育中下侏罗统、下白垩统两套烃源岩,新生界发育古新统、始新统、渐新统和中新统四套烃源岩。东海陆架盆地FA、FB井成熟烃源岩厚800 m,地化指标显示,中、下侏罗统煤和碳质泥岩有机质含量高,母质类型以II型为主,有机质Ro值达0.7%,为较好的烃源岩;据邻近陆域分析可能存在下白垩统烃源岩。区域上这两套有效烃源岩分布较广,在东海陆架盆地南部的中东部地区构成南、中、北呈雁列展布的以生气为主的3个生烃中心。

新生界瓯江凹陷勘探已证实存在月桂峰组、明

月峰组和灵峰组三套烃源岩,其中月桂峰组烃源岩TOC为1%~3%、平均2.02%,S1+S2为1.5~4 mg/g、平均2.54 mg/g,平均氢指数78 mg/g;以II型有机质为主的处于成熟—高成熟阶段的较好烃源岩。

基隆凹陷与西湖凹陷在渐新世晚期分隔为两个凹陷,推测与西湖凹陷具有类似的石油地质条件,发育三套烃源岩:始统平湖组煤系烃源岩、渐新统花港组滨浅湖相烃源岩、中新统浅湖相烃源岩。

4.2 油气资源远景区

综合地层分布、沉积特征、烃源岩特征等认为,研究区中生界油气远景区位于闽江夏澎斜坡带中段和基隆新竹凹陷带西北部;基隆凹陷新生界最重要的油气远景区。

5 结论

东海陆架盆地南部中生界分布广泛、厚度大;

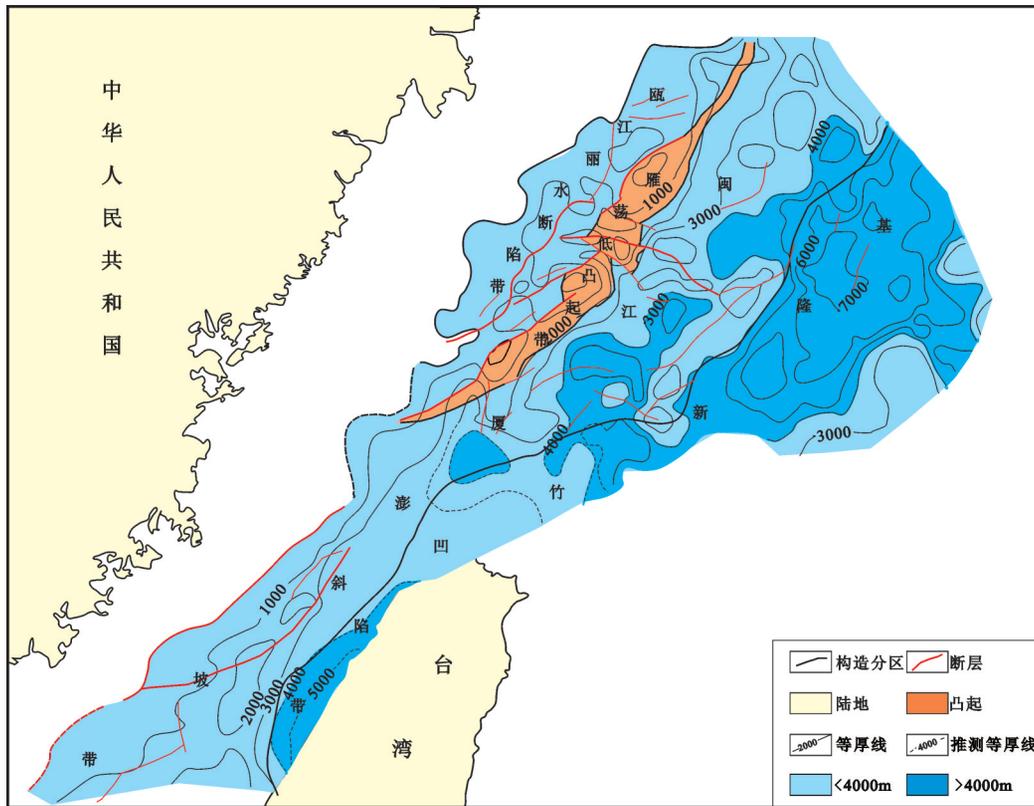


图10 东海陆架盆地南部中生代构造单元划分

Fig.10 Mesozoic tectonic units in southern East China Shelf Basin

存在一套以海相或海陆过渡相为主的中生界, 具有较好的油气资源前景, 是值得进一步开展油气资源调查和研究的区域。

需要指出的是, 东海陆架盆地南部特别是中生界油气勘探和研究程度都相对较低, 本文的研究及认识应该说仅仅是在目前资料基础上的全新认识, 因此, 有必要对该区加强油气调查和勘探工作, 以实现这一新区、新层系的油气勘探突破。

致谢: 研究过程中得到了康玉柱院士、李廷栋院士、龚再升教授、王国纯教授、张抗教授、王庭斌教授、高瑞祺教授、查全衡教授、李思田教授等多位专家的指导, 在资料共享方面得到了各项目参加单位的全面支持, 在此表示衷心感谢!

参考文献(References):

- [1] 王国纯. 中国东部海域中生界地质特征及含油气前景[J]. 中国海上油气(地质), 1994, 8(2): 91-98.
Wang Guochun. Geological characteristics and hydrocarbon potential of Mesozoic in Eastern China Offshore[J]. China

Offshore Oil and Gas (Geology), 1994, 8(2): 91-98 (in Chinese with English abstract).

- [2] 蔡东升, 冯晓杰, 高乐, 等. 中国近海前第三纪残余盆地及其勘探潜力与方向[J]. 中国海上油气, 2004, 16(1): 1-17.
Cai Dongsheng, Feng Xiaojie, Gao Le, et al. Petroleum potential and exploration direction of pre-Tertiary remnant basins in Offshore China[J]. China Offshore Oil and Gas, 2004, 16(1): 1-17 (in Chinese with English abstract).
- [3] 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.
Feng Xiaojie, Zhang Chuanyan, Wang Chunxiu, et al. Mesozoic in East China Sea Shelf and Taixinan Basin and its petroleum potential[J]. China Offshore Oil and Gas (geology), 2001, 15(5): 306-310 (in Chinese with English abstract).
- [4] 王连进, 叶加仁, 吴冲龙. 东海陆架盆地台北坳陷前第三系油气地质特征[J]. 天然气工业, 2004, 8(6): 12-14.
Wang Lianjin, Ye Jiaren, Wu Chonglong. Petroleum geological characteristics of the Pre-Tertiary in Taibei Depression of East China Sea Shelf Basin[J]. Natural Gas Industry, 2004, 8(6): 12-14 (in Chinese with English abstract).
- [5] 须雪豪, 陈琳琳, 汪企浩. 东海陆架盆地中生界地质特征与油气资源潜力浅析[J]. 海洋石油, 2004, 24(3): 1-7.

- Xu Xuehao, Chen Linlin, Wang Qihao. Analysis of Mesozoic geological characteristics and resource potential in the East China Sea Shelf Basin[J]. *Offshore Oil*, 2004, 24(3): 1-7 (in Chinese with English abstract).
- [6] 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 (in Chinese with English abstract).
- [7] 蔡乾忠. 中国海域海相中生代油气[J]. *海洋地质动态*, 2003, 19(8): 42-46.
Cai Qianzhong. Oil and gas in marine Mesozoic of China sea areas[J]. *Marine Geology Letters*, 2003, 19(8): 42-46 (in Chinese with English abstract).
- [8] 李刚, 龚建明, 杨长清, 等. “大东海”中生代地层分布——值得关注的新领域[J]. *海洋地质与第四纪地质*, 2012, 32(3): 97-104.
Li Gang, Gong Jianming, Yang Changqing, et al. Stratigraphic features of the Mesozoic “great East China Sea—a new exploration field [J]. *Marine Geology & Quaternary Geology*, 2012, 32(3): 97-104 (in Chinese with English abstract).
- [9] 张莉, 张光学, 王嘹亮. 南海北部中生界分布及资源前景[M]. 北京: 地质出版社, 2014: 266-299.
Zhang Li, Zhang Guangxue, Wang Liaoliang, et al. The Distribution and Petroleum Potential of Mesozoic in the Northern South China Sea[M]. Beijing: Geological Publishing House, 2014: 266-299 (in Chinese).
- [10] 周蒂. 台西南盆地和北港隆起的中生界及其沉积环境[J]. *热带海洋学报*, 2002, 21(2): 50-57.
Zhou Di. Mesozoic strata and sedimentary environment in SW Taiwan Basin of NE South China Sea and Peikang High of Western Taiwan[J]. *Journal of Tropical Oceanography*, 2002, 21(2): 50-57 (in Chinese with English abstract).
- [11] 赖万忠. 中国海域中生界油气勘探[J]. *中国海上油气(地质)*, 2001, 15(5): 311-316.
Lai Wanzhong. Mesozoic petroleum exploration in offshore China[J]. *China Offshore Oil and GasGeology*, 2001, 15(5): 311-316 (in Chinese with English abstract).
- [12] 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 Xiaojie, Cai Dongsheng, Wang Chunxiu, 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 (in Chinese with English abstract).
- [13] 段九春, 赵英杰, 米慧芬. 东海陆架盆地南部中生界及古近系层序地层格架[J]. *洁净煤技术*, 2010, 16(6): 100-104.
Duan Jiuchun, Zhao Yinjie, Mi Huifen. Sequence-stratigraphic framework on Mesozoic and Paleogene of the East China Sea shelf basin[J]. *Clean Coal Technology*, 2010, 16(6): 100-104 (in Chinese with English abstract).
- [14] 李家彪. 中国边缘海形成演化与资源效应[M]. 北京: 海洋出版社, 2008: 1-200.
Li Jiabiao. Marginal Sea Formation and Evolution of Resource Effects in China[M]. Beijing: China Ocean Press, 2008: 1-200 (in Chinese).
- [15] 王鹏, 梁建设, 赵志刚, 等. 钓鱼岛隆褶带演化特征及其对东海盆地油气勘探的意义[J]. *石油地质与工程*, 2012, 26(6): 10-14.
Wang Peng, Liang Jianshe, Zhao Zhigang, et al. Diaoyu Islands folded-uplift belt evolution characteristics and its importance on the hydrocarbon exploration in East China Sea basin[J]. *Petroleum Geology and Engineering*, 2012, 26(6): 10-14 (in Chinese with English abstract).