

DOI: 10.16562/j.cnki.0256-1492.2019070307

# 东海西部台北坳陷中生界油气成藏模式研究

刘建<sup>1,2,3</sup>, 谢睿<sup>1,2,3</sup>, 徐敏<sup>4</sup>, 林小云<sup>1,2,3</sup>

1. 长江大学非常规油气湖北省协同创新中心, 武汉 430100
2. 长江大学油气资源与勘探技术教育部重点实验室, 武汉 430100
3. 长江大学地球科学学院, 武汉 430100
4. 中国地质大学(北京)能源学院, 北京 100089

**摘要:** 东海陆架盆地是在元古界、古生界复杂基底上发展形成的中—新生代叠合含油气盆地, 蕴藏丰富的油气资源, 对中国的能源战略意义重大, 东海陆架盆地中生界将是未来中国东部油气勘探新区及重要领域。台北坳陷位于东海陆架盆地西部坳陷带南部, 中生界陆相河湖沉积体系发育福州组泥岩、石门潭组泥岩两套主力烃源岩。根据台北坳陷烃源岩、储盖组合、输导体系等油气藏形成的静态要素为基础, 结合油气来源和成藏期次分析, 研究其成藏过程, 明确了台北坳陷以福州组、石门潭组为主力烃源, 福州组、石门潭组及始新世瓯江组砂体为主要储层, 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; 始新世末—渐新世的全盆地挤压反转, 油气重新调整聚集成藏。从而建立起台北坳陷中生界早期成藏, 后期调整的成藏模式。

**关键词:** 台北坳陷; 福州组; 石门潭组; 油气来源; 成藏期次; 成藏模式

**中图分类号:** P736.1      **文献标识码:** A

## Hydrocarbon accumulation model of the Mesozoic in Taipei Depression, western East China Sea

LIU Jian<sup>1,2,3</sup>, XIE Rui<sup>1,2,3</sup>, XU Min<sup>4</sup>, LIN Xiaoyun<sup>1,2,3</sup>

1. Hubei Collaborative Innovation Center for Unconventional Oil/Gas, Yangtze University, Wuhan 430100, China
2. Key Laboratory of Oil and Gas Resources and Exploration Technologies, Yangtze University, Ministry of Education, Wuhan 430100, China
3. College of Geosciences, Yangtze University, Wuhan 430100, China
4. School of Energy Resources, China University of Geosciences, Beijing 100089, China

**Abstract:** The East China Sea Shelf Basin is a Mesozoic-Cenozoic superimposed petroliferous basin formed upon a complicated Proterozoic-Paleozoic basement. It is rich in oil and gas resources and, therefore, of great significance to China's future energy strategy. The Mesozoic of the basin is expected to be a new oil and gas exploration target and even an important field in future in east China. The Taipei Depression is located in the southwestern Depression of the East China Sea Shelf Basin. In the Mesozoic continental fluvial and lacustrine depositional systems, there are two sets of source rocks: Fuzhou Formation mudstone and Shimentan Formation mudstone. Based on the static factors for hydrocarbon accumulation, such as source rocks, reservoir-cap assemblages and transportation systems in the Taipei Depression, through the analysis of the timing of source rock deposition and hydrocarbon accumulation, we studied the forming process of oil accumulations in the Taipei Depression. It is rather clear that the Fuzhou Formation and the Shimentan Formation are the main hydrocarbon sources. The sand bodies of the Fuzhou Formation, Shimentan Formation and Eocene Oujiang Formation are the main reservoirs. Oil and gas migrate along sand bodies and active faults around the margin of the depression. Early hydrocarbon accumulated in the pinch out of sandbodies and/or sealed by faults. Oil and gas readjustment and reaccumulation occurred in the whole basin while compression inversion happened by the end of Eocene to Oligocene. Finally, a reservoir-forming model for early and later adjustment of Mesozoic in the Taipei Depression is established.

**Key words:** Taipei Depression; Fuzhou Formation; Shimentan Formation; source of hydrocarbon; hydrocarbon generation time; hydrocarbon generation pattern

**资助项目:** 国家科技重大专项“近海中、古生界残留盆地特征及油气潜力”(2011ZX05023-003)

**作者简介:** 刘建(1965—), 男, 博士, 高级工程师, 主要从事石油地质方面的教学与研究工作, E-mail: wh41832@hotmail.com

**通讯作者:** 林小云(1965—), 女, 博士, 教授, 主要从事油气成藏地质与资源评价的科研和教学工作, E-mail: linxy65@126.com

**收稿日期:** 2019-07-03; **改回日期:** 2019-09-20. 蔡秋蓉编辑

油气成藏模式是控制油气藏形成的基础条件、动力介质、形成机制、演化历程等要素单一模型或者多要素复合模型的概况<sup>[1]</sup>。由于我国含油气盆地大多历经多期构造演化, 油气藏形成的地质条件极为复杂, 迫切希望兴起于 19 世纪 80 年代的油气成藏模式研究能探索出具有代表性的规律来直接有效地指导油气勘探, 这也推动了我国成藏模式研究的热度和发展<sup>[2-11]</sup>。油气成藏模式通常是以油气藏形成的静态地质要素为基础, 以油气藏形成的动态过程或者各静态要素的动态演化历程为主线进行动静结合的分析, 其最终目的是预测新的油气藏位置。

东海陆架盆地作为中国近海规模最大的中—新生代叠合型边缘海盆地, 发育多个有利的含油气凹陷, 蕴藏丰富的油气资源, 已先后发现了 7 个油气田和一批含油气构造, 其油气勘探对于中国的能源战略具有重要的意义, 中生界将是中国东部油气勘探新区和重要领域<sup>[12]</sup>。东海陆架盆地西部台北坳陷是中生界重要的油气领域, 1975 年以来, 国内外多家石油公司先后在东海南部进行钻探。据不完全统计, 35 口探井中, 有 12 口井获得了油气流或油气显示, 钻遇中、古生界 30 口, 其中台北坳陷就有 22 口, 在中、下侏罗统见到了低级别的油气显示。20 世纪 90 年代到 21 世纪初, 中石化上海海洋油气分公司、中海油东海分公司和青岛海洋地质研究所等单位相继在东海陆架盆地南部开展了区域地质、地球化学普查和石油地质评价工作, 但目前盆地研究深度和油气储量发现率仍然较低, 探井仅

钻遇白垩纪、侏罗纪地层, 由于中生界石油地质条件复杂, 油气资源潜力难落实, 尚未做系统的油气地质研究。因此, 在分析中生界残留盆地分布的基础上, 通过对台北坳陷中生界成藏要素与成藏过程分析, 厘清主控因素, 总结成藏模式, 正确认识中生界油气藏成因, 预测油气分布规律, 指导油气勘探具有重要的意义。

## 1 地质概况

东海是太平洋西缘的边缘海之一, 具有东西分带、南北分块的特征, 自西往东依次为“三隆两盆”的浙闽隆起带、东海陆架盆地、东海陆架外缘隆起带、冲绳海槽盆地和琉球隆褶带<sup>[13]</sup>。前中生代残余盆地分布面积约占古新近纪盆地面积的一半, 存在古生界和中生界两套层系, 多种盆地演化体系<sup>[14-15]</sup>。东海陆架盆地位于欧亚板块东南缘, 西临浙闽沿海的浙闽隆起地区, 东临钓鱼岛隆褶带, 呈北北东向展布, 是中国东部大陆架边缘发育于华南陆块(包括西部的扬子地块和东部的华夏地块)之上的中—新生代叠合盆地。盆地自西至东呈现凹—凸—凹的构造格局, 分别是西部坳陷带、中部隆起带和东部坳陷带。西部坳陷带包括长江坳陷、台北坳陷和澎佳屿坳陷<sup>[16]</sup>, 沉积厚度达 9 000 m, 主要沉积层为中生界、古近系, 普遍缺失始新统上段、渐新统(仅在丽水—椒江凹陷局部地区有沉积), 新近系(较薄)不整合于古新统之上(图 1)。台北坳陷位于盆地西南部, 由丽水、椒江凹陷组成西部带, 福州凹陷

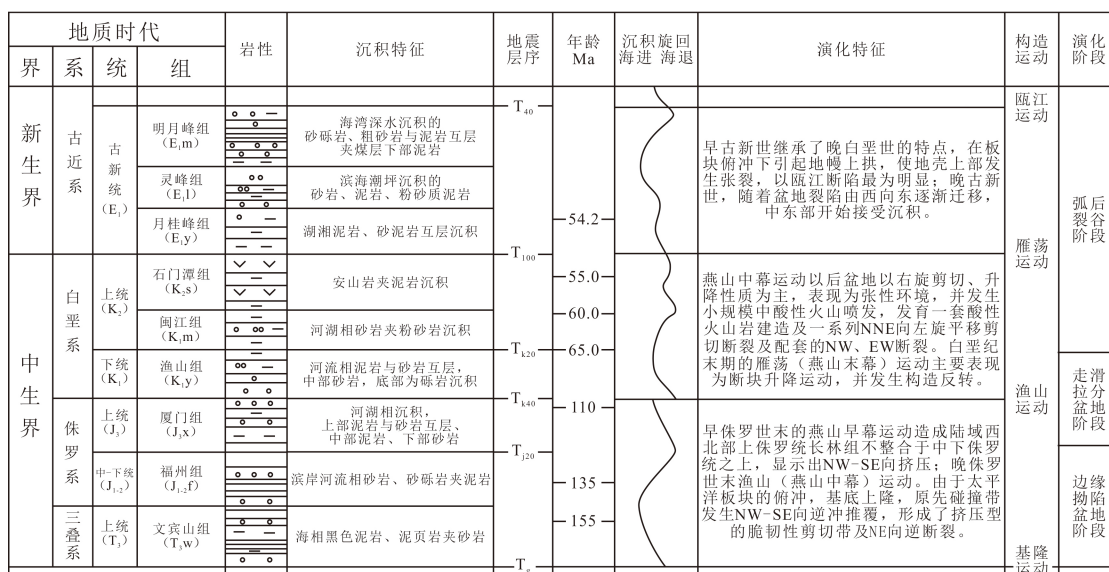


图 1 东海陆架盆地综合地层柱状图

Fig. 1 Integrated stratigraphic column of the East China Sea Shelf Basin

为东部带,东西带之间为雁荡凸起。

早、中侏罗世,燕山早幕运动近南北向的构造碰撞后,因海侵影响,东南沿海及周边广大地区主要发育克拉通大陆边缘拗陷型盆地,接受了一套热带气候、温暖潮湿的滨浅海沉积。中侏罗世末期盆地整体抬升,使得早、中侏罗世沉积的地层大量剥蚀,同时缺失了晚侏罗世沉积的地层,侏罗系与白垩系之间为角度不整合。晚侏罗—早白垩世,太平洋板块的扩张和快速崛起,使早、中侏罗世南北向板块挤压应力场环境变为走滑应力场环境,主要发育弧前走滑拉分盆地,接受了一套干旱气候条件下的河流和三角洲相沉积。晚白垩世,太平洋板块的扩张速率和俯冲角度逐渐增强,至早始新世,中国东部及其邻域表现为拉张构造环境,主要发育弧后裂陷盆地,沉积特征与早白垩世类似,部分地区夹有火山喷发岩,白垩纪末期,没有发生大的构造运动,地层之间产状多以平行和亚平行为主。始新世末—渐新世,整个盆地受到挤压抬升而发生构造反转,中生代沉积最厚的地方反而变成了新生代的隆起区<sup>[17-18]</sup>。

## 2 烃源条件

台北拗陷烃源岩主要发育于中生界的滨浅海和湖泊沉积体系,侏罗系福州组为暗色泥岩和炭质泥岩以及白垩系石门潭组暗色泥岩。早中侏罗世,东海盆地大部分处于滨浅湖环境,海水近南北向侵入,推测沉积中心应在东偏南的钓鱼岛隆褶带东南缘,台北拗陷近陆地,沉积了一套三角洲相为主的陆源碎屑沉积,福州组烃源岩具较强的还原环境,有机碳高值区主要分布福州凹陷南部,推测往东南缘生烃潜力更高。由于燕山运动 I 幕的影响,东海发生了广泛的挤压变形,晚侏罗世海岸线明显后退,东海盆地尤其是西部拗陷带全部处于陆相沉积环境,上侏罗统一白垩统为滨浅湖—三角洲沉积体系。石门潭组烃源岩分布范围较福州组小了很

多,零星分布在台北拗陷以及钱塘凹陷东南部,有机碳含量普遍较低,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。

烃源岩中有机质是油气生成的物质基础,有机质丰度、类型是衡量烃源岩生烃能力的重要指标。据烃源岩有机质丰度、类型和成熟度等地化指标分析结果表明:台北拗陷中生界烃源岩具有低氯仿沥青“*A*”的特点,福州组泥岩较石门潭组泥岩有机质丰度较高;福州组和石门潭组烃源岩有机质类型均为 II<sub>2</sub>—III 型,以 III 型为主;有机质均已达到成熟阶段,具有一定的生烃潜力<sup>[19]</sup>(表 1)。

正构烷烃主要来源于动、植物体内的类脂化合物,来源、热演化程度不同的正构烷烃组成特征有较大差异,其分布特征反映有机质的类型和热演化程度以及沉积环境特征,应用烃源岩及原油正构烷烃分布特征分析原油与烃源岩的亲缘关系。研究区 FZ-A 井福州组泥岩样品和 WZ-B 井灵峰组及 LF-C 井原油样品正构烷烃 OEP 值为 0.85~1.25,主要集中在 1 左右,奇偶优势不明显。主峰碳集中分布在 C<sub>17</sub> 和 C<sub>18</sub>,反映源岩和原油具有浮游生物和藻类等低等生物来源为主的特征,也说明有机质成熟度较高,达成熟阶段。但原油样品的 Pr/nC<sub>17</sub> 和 Ph/nC<sub>18</sub> 较低,说明原油样品所来源的烃源岩成熟度低于 FZ-A 井烃源岩;3 个福州组泥岩样品 Pr/Ph 值小于 1,表现出植烷优势,说明它们主要为脂肪酸还原产物,形成于相对较强的还原环境,2 个福州组泥岩样品和 3 个原油样品的 Pr/Ph 比值都大于 1,姥鲨烷优势,3 个原油样品的所在的 WZ-B 井和 LF-C 井所处的构造位置比烃源岩样品所在的 FZ-A 井偏西相对高部位,原油较低的 Pr/nC<sub>17</sub> 和 Ph/nC<sub>18</sub>,说明原油所在井的烃源岩处于埋藏较浅的构造区域,成熟度较低,形成环境具有一定的氧化环境性质(表 2)。

烃源岩有机质中五环三萜烷以 C<sub>30</sub> 为主峰,呈正态分布,指示来源于水生生物特征,多数样品含有伽马蜡烷,反映了有一定的盐度(图 2)。C<sub>27</sub>-C<sub>29</sub>

表 1 中生界烃源岩有机质特征统计表

Table 1 Statistical table of organic matter characteristics of Mesozoic source rocks

组	岩性	有机碳/%	氯仿沥青“ <i>A</i> ”/%	总烃/ $\times 10^{-6}$	(S <sub>1</sub> +S <sub>2</sub> ) / (mg/g)	有机质类型	Ro/%	评价
石门潭组 (K <sub>2</sub> s)	泥岩	0.30~2.35/ 0.90 (33)	0.001~0.029/ 0.016 (5)		0.08~3.16/ 2.10 (38)	II <sub>2</sub> —III	0.70~1.46/ 1.24 (8)	较差—较好
福州组 (J <sub>1+2</sub> f)	泥岩	0.20~3.71/ 0.88 (25)	0.065~0.128/ 0.083 (4)	86.49~103.99/ 93.38 (4)	0.19~4.59/ 0.95 (22)	II <sub>2</sub> —III	0.69~0.94/ 0.80 (13)	较好
福州组 (J <sub>1+2</sub> f)	碳质泥岩	6.35~8.93/ 7.45 (3)	0.082		12.34~15.85/ 13.71 (3)	II <sub>2</sub> —III		较差

注:表中数据格式为最小值~最大值/平均值(样品数)

表 2 烃源岩和原油样品饱和烃色谱参数表

Table 2 Table of saturated hydrocarbon chromatographic parameters for source rocks and crude oil samples

井号	层位	性质	主峰碳	OEP	Pr/nC <sub>17</sub>	Ph/nC <sub>18</sub>	Pr/Ph
FZ-A	福州组	泥岩	C <sub>18</sub>	0.85	0.58	0.80	0.43
FZ-A	福州组	泥岩	C <sub>18</sub>	0.86	0.52	0.71	0.42
FZ-A	福州组	泥岩	C <sub>17</sub>	1.06	0.50	0.75	0.70
FZ-A	福州组	泥岩	C <sub>17</sub>	1.21	0.66	0.67	1.10
FZ-A	福州组	泥岩	C <sub>17</sub>	1.25	0.69	0.62	1.33
WZ-B	灵峰组	原油	C <sub>17</sub>	1.04	0.19	0.08	2.42
LF-C	元古界	原油	C <sub>17</sub>	1.02	0.26	0.09	3.04
LF-C	元古界	原油	C <sub>25</sub>	1.03	0.21	0.08	2.31

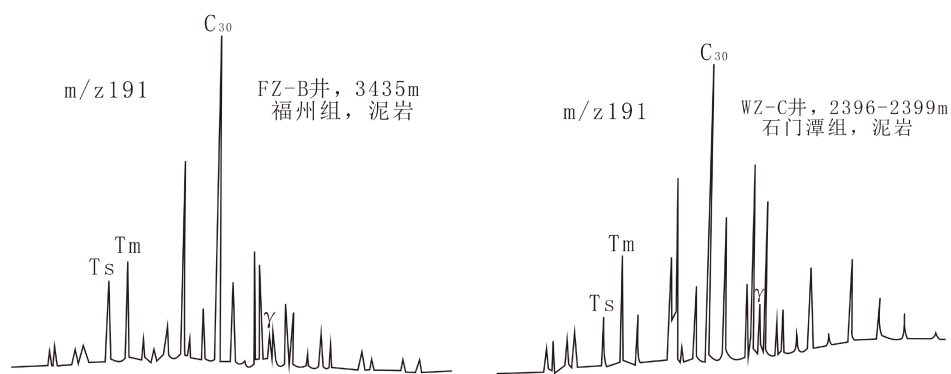


图 2 烃源岩饱和烃五环萜烷系列 (m/z191) 特征分布图

Fig.2 Characteristic distribution of pentacyclic terpane series(m/z191) of saturated hydrocarbon in source rocks

规则甾烷多数 C<sub>27</sub>、C<sub>28</sub> 和 C<sub>29</sub>αααR 三峰构成“V”型 (图 3), 说明烃源岩生源构成陆源有机质有一定贡献。原油和烃源岩有机质类型具有较高的相似性, 推测原油来源于中生界泥质烃源岩, 局部有中生界陆源有机质的碳质泥岩输入, 原油以近距离运移为主。

### 3 输导体系

油气输导系统是连接源岩与圈闭的各种运移

通道所组成的输导网络, 是油气藏形成的生命线<sup>[20-23]</sup>。只有良好的油气输导系统才能实现烃类的聚集成藏。在台北坳陷, 断层、砂体与不整合面是主要的输导通道, 这些要素在空间上的分布与组合, 构成了油气的输导系统。

断陷盆地油气的二次运移与断裂的活动密不可分。复杂的断裂构造是台北坳陷构造类型的主要表现形式, 根据断层的形态及组合样式可以分为铲式断裂、坡坪式断裂、阶梯式断裂、“Y”字型断裂、

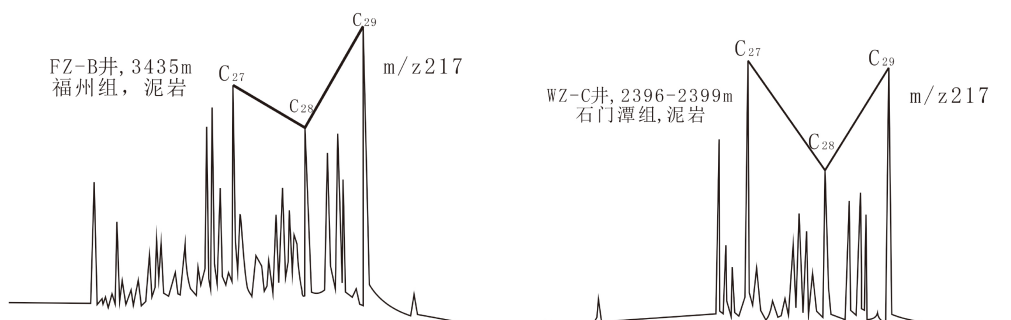


图 3 烃源岩饱和烃甾烷系列 (m/z217) 特征分布图

Fig.3 Characteristic distribution of saturated hydrocarbon sterane series(m/z217) in source rocks



地堑、地垒和多米诺式断裂等。大型断裂主要分布在各凹陷的边界,少量分布于各凹陷中部。大型断裂系统主要分布在明月峰组底界面及以下,明月峰组底界面以上,大型断裂开始减少,至温州组底界面及以上界面减少更为明显,且大多数大型断裂表现为断断续续。断裂活动强度在灵峰组沉积时期达到高峰,始新世以后断裂活动较弱,中新世前的古新统中的断裂体系是良好的垂向油气运移通道。

分布广泛的砂层是油气侧向运移的重要通道。沉积相研究表明,台北拗陷从中生界到古新统沉积体系主要有三角洲沉积体系、扇三角洲沉积体系和河湖沉积体系,砂岩体发育。台北拗陷西北缘发育河湖沉积体,东南缘发育一系列的三角洲、扇三角洲沉积体。砂体与断裂纵横交错,形成复合型输导网络,为油气运移提供了通道。灵峰组底界面是在整个台北拗陷发育的不整合,是油气进行侧向运移的良好通道。

#### 4 成藏期次

东海陆架盆地中生界石油地质条件复杂,油气地质研究仍处于初期阶段。台北拗陷钻遇中、古生界的探井中,在丽水凹陷 LF-C 井基底花岗片麻岩中获得少量原油,在 SM-A 井古新统获得高产  $\text{CO}_2$  气流<sup>[24]</sup>,在福州凹陷 FZ-A 及 FZ-B 井侏罗系获油侵砂岩, WZ-B 井白垩系具有气显示。可见,油气主要分布于中生界侏罗系、白垩系和古新统,平面上主要分布在凹陷到凸起的斜坡。

油气成藏期次是油气藏形成和分布规律研究中的核心问题,是烃类流体运聚成藏的时限。传统的成藏期分析主要从生、储、盖、运、聚、保各项参数有效配置,根据构造演化史、圈闭形成史与烃源

岩生排烃史作出推断。随着地球化学分析手段的深入,20世纪90年代以来,流体包裹体在油气成藏研究中得到了广泛应用,已成为当代石油地质领域研究油气藏形成期次最重要、最有效的一种方法。

与烃类包裹体伴生的(含烃)盐水包裹体均一温度代表其被捕获时古流体的最低温度,将与各充注幕次气包裹体共生的盐水均一温度投影到标注古地温线的埋藏史图中,可确定该幕次气包裹体的充注年龄。台北拗陷储层流体包裹体薄片检测到大量的富气相包裹体和含烃盐水包裹体( $E_{2w}$ 、 $K_{2s}$ 和 $E_{1m}$ ),说明地质历史时期该区有过大规模的油气运聚过程。在 WZ-B 井  $K_{2s}$  和  $E_{2w}$  石英中分别检测到3幕和2幕热流体活动,同时伴随有1幕和2幕天然气充注(图4)。结合埋藏史热史分析,下部  $K_{2s}$  层位天然气充注时间约为3.9~2.0 Ma,上部  $E_{1m}$  为1.9~0 Ma,下早上晚,反映气源可能是来自下伏地层(图5)。

烃源岩的主要生排烃时间为油气藏形成的最早时期。台北拗陷烃源岩生烃模拟结果表明,中生界烃源岩为多次生烃,各凹陷成熟有差异。福州组烃源岩在渔山末期(96 Ma)进入生烃门限,由于构造运动地层多次升降,多次生烃,到花港晚期(25 Ma)烃源岩处于成熟早期至今;石门潭组烃源岩在椒江凹陷于瓯江早期(53 Ma)进入生烃门限,花港早期(33 Ma)进入成熟早期,而在丽水凹陷于明月峰末期(57 Ma)进入生烃门限,瓯江早期(53 Ma)进入成熟早期,花港早期(33 Ma)进入成熟晚期。早期生成的油气运移至烃源岩外,形成了该区的第一期油气成藏,因后期经历过多次的抬升剥蚀,第一期成藏油气可能已经破坏。构造抬升持续到渔山末期后沉降,福州组烃源岩始新世二次生烃,生成的油气和调整的油气充注成藏(图6)。

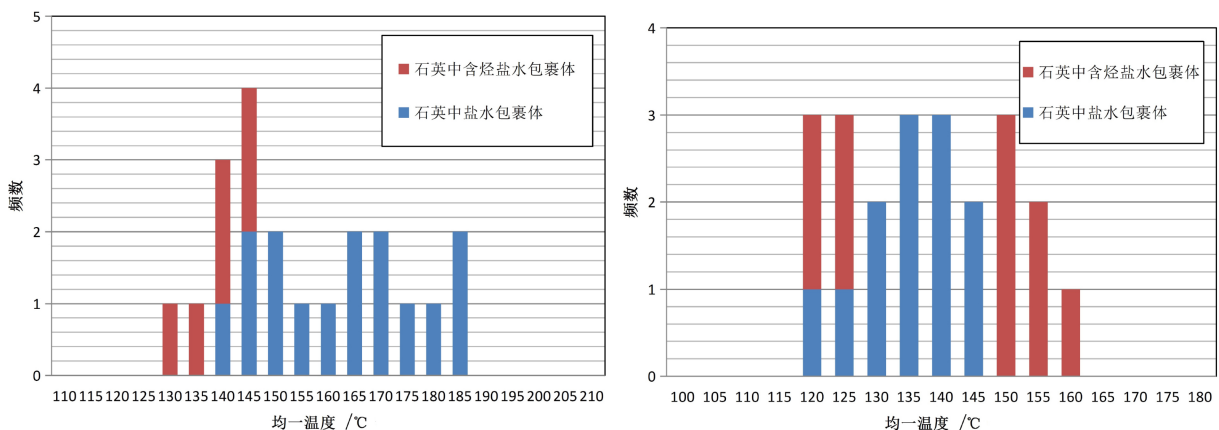


图4 流体包裹体均一温度分布直方图

Fig.4 Histogram of homogeneous temperature distribution of fluid inclusions

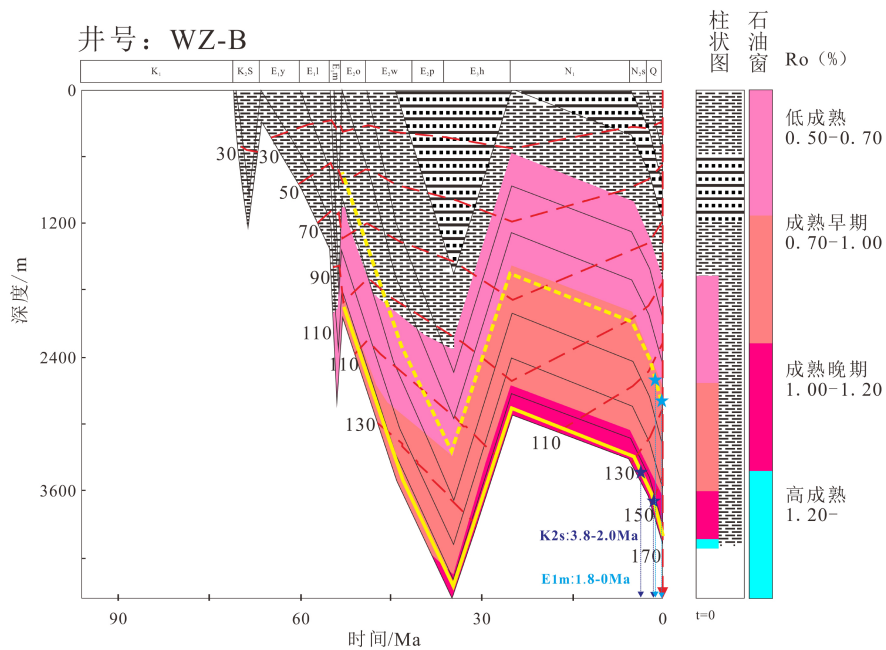


图 5 WZ-B 井盐水包裹体均一温度—埋藏史投影法确定油气充注时间

Fig.5 Determination of oil and gas filling time by homogeneous temperature-burial history projection method of saline inclusions in Well WZ-B

事件	J <sub>1+2</sub>	J <sub>3</sub>	K <sub>1</sub>	K <sub>2</sub>	E <sub>1</sub>	E <sub>2+3</sub>	N+Q
构造事件	燕山运动			喜山运动			
地层要素	源岩	—		—		—	
	储层	—		—		—	
	盖层	—		—		—	
	上覆岩层	—		—		—	
地质作用	圈闭形成	—		—		—	
	白垩系系统	未成熟		成熟早期—成熟晚期		—	
	生排烃期	—		—		—	
	关键时刻	—		—		—	
	侏罗系系统	未成熟		成熟早期		—	
	生排烃期	—		—		—	
关键时刻	—		—		—		

图 6 台北坳陷油气成藏事件图

Fig.6 Petroleum accumulation events in Taibei Depression

## 5 成藏模式

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。台北坳陷中生界的形成发育主要受燕山运动中期、燕山运动晚期和喜山运动 I 幕 3 期构造运动的影响,发生了多次不同程度的抬升剥蚀,在此背景下,台北坳陷不仅烃源岩较发育,而且还发育多种类型的储集层,包括河流砂体、三角洲砂体、扇三角洲砂体等;泥质岩盖层分布广,中生界—古近系是由砂泥岩互层夹碳酸盐岩组成的一套陆相—海相沉积地层,其间的泥质岩是主要盖层。油气显示主要分布于中生界

侏罗系、白垩系和古新统。所以,台北坳陷发育了3套主要的生储盖组合:①侏罗系组合:福州组中下部泥质岩为烃源层,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上白垩统组合:石门潭组中部泥质岩为烃源层,上部河道砂体为储层,灵峰组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中生界—古新统组合:福州组、石门潭组泥质岩为烃源层,古新统扇三角洲砂体为储层,温州组泥质岩为盖层,该组合在丽水、椒江凹陷较发育。

台北坳陷构造活动以断裂活动为主,发育断块型、背斜型、地层型3大类圈闭,其形成多与断层发育有关,直接或间接地受控于盆地构造演化过程中的断裂作用。断块型构造圈闭分为基底断块型构造圈闭和盖层断块型构造圈闭,前者储集层为古近系及潜山型构造圈闭,后者储集层主要为古新近系;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。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。

台北坳陷油气成藏受控于断层的发育情况、烃源岩的分布、储集层发育和区域盖层等因素<sup>[25]</sup>。断层在油气运聚成藏过程中起通道和封闭双重作用,在储层上倾方向断层对于油气藏起到了关键性的遮挡作用,同时也有利于油气的输导。烃源岩控藏作用体现在近距离与储层直接接触,烃源岩沿着上

下邻近的渗透性储层或上倾方向排烃,极易形成“自生自储”油气藏。而三角洲前缘水下分流河道及河流相河道砂体都是有利的油气储层砂体,靠近油源的储层条件优越,成藏的规模也大。台北坳陷中生界内部局部盖层发育,但缺少可作为区域盖层的厚度较大的纯泥岩发育段,覆盖于中生界之上的古新统灵峰组海相泥岩厚度大,分布广,最厚可达500 m,单层厚度近20 m,封盖能力强,是具有良好封盖性能的区域性盖层;始新统中部温州组泥岩,单层厚度20 m,由西向东有加厚的趋势,为一套稳定的区域性盖层。

台北坳陷以福州组、石门潭组为主要烃源岩,福州组、石门潭组及始新世瓯江组砂体为主要储层。持续的沉降促使福州组烃源岩在渔山组沉积末期(约96 Ma)开始生烃,油气沿着凹陷边缘斜坡运移,近距离充注到福州组储层中,形成了自生自储式储盖组合。石门潭组烃源岩在花港组沉积早期(约33 Ma)开始生烃,油气沿着凹陷边缘斜坡运移,就近充注到石门潭组储层中,形成了自生自储

式储盖组合。中生代—新生代早期的拉张和始新世末—渐新世整个盆地受到挤压抬升而发生构造反转,形成了大量的断裂体系,中生界烃源岩生成的油气也可能沿断层向上运移到古新统储层中,形成下生上储式储盖组合。因此,中生界成熟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,主要分布于有砂体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,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,从而使得二次生烃及原来聚集成藏的油气主要在明月峰组区域盖层之下重新运移,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(图7)。

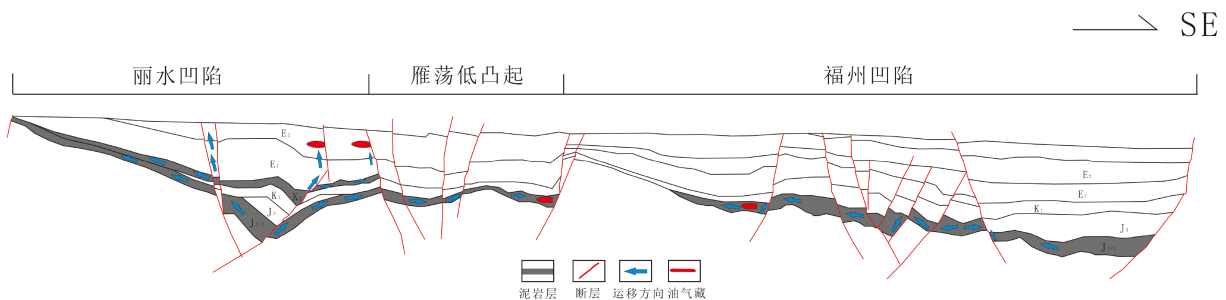


图7 东海陆架盆地西部油气成藏模式图

Fig.7 Oil and gas accumulation model for western East China Sea Shelf Basin

## 6 结论

(1)东海陆架盆地西部中生界烃源岩主要发育于石门潭组和福州组,石门潭组以湖相泥岩为主,局部有机质丰度达到中等,福州组以滨浅海相泥岩为主,有机质丰度较好;有机质类型为II<sub>2</sub>—III型;有机质多处于成熟阶段,具有一定生烃潜力。原油和中生界烃源岩有机质的正构烷烃及甾萜烷特征对比,都显示以浮游生物和藻类等低等生物来源为主、有陆源贡献的较强还原环境的特征,原油来自中生界的烃源岩近距离运移。

(2)东海陆架盆地西部坳陷发育3套生储盖组合:福州组中下部泥岩—福州组上部三角洲砂体—灵峰组厚层泥岩,石门潭组中部泥岩—石门潭组上

部河道砂体—灵峰组厚层泥岩,福州组、石门潭组泥岩—始新统中、下部扇三角洲砂体—始新统上部海相泥岩。

(3)东海陆架盆地西部台北坳陷中生界福州组烃源岩在早白垩末期开始生烃,石门潭组古新世末期开始生烃,白垩—古新世达到生烃高峰,始新世二次生烃达高峰。以福州组、石门潭组为烃源岩,福州组、石门潭组及古新统砂体为主要储层,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;始新世末—渐新世的盆性挤压反转,油气重新调整聚集成藏,为“早期成藏,后期调整”的成藏模式。

(4)油气富集主要受控于断裂系统的活动期次、烃源岩的分布、储集层发育和区域盖层等因素。



## 参考文献 (References)

- [1] 吴冲龙, 林忠民, 毛小平, 等. “油气成藏模式”的概念、研究现状和发展趋势[J]. *石油与天然气地质*, 2009, 30(6): 673-683. [WU Chonglong, LIN Zhongmin, MAO Xiaoping, et al. Concept, research status and trend of “hydrocarbon pooling patterns” [J]. *Oil & Gas Geology*, 2009, 30(6): 673-683.]
- [2] 惠荣耀. 对天然气、石油形成特征的一些认识[J]. *石油勘探与开发*, 1990(5): 8-14. [HUI Rongyao. Some characteristics in petroleum and natural gas generation [J]. *Petroleum Exploration and Development*, 1990(5): 8-14.]
- [3] 宋岩, 戴金星, 戴春森, 等. 我国大中型气田主要成藏模式及其分布规律[J]. *中国科学(D辑)*, 1997, 40(1): 23-31. [SONG Yan, DAI Jinxing, DAI Chunsen, et al. Main models and distribution patterns of gas reservoirs in large-medium gas fields of China [J]. *Science in China Series D: Earth Sciences*, 1997, 40(1): 23-31.]
- [4] 王屿涛, 徐长胜, 王静. 准噶尔盆地石南油气田成藏史分析[J]. *石油勘探与开发*, 1999, 26(1): 28-31. [WANG Yutao, XU Changsheng, WANG Jing. History of pool formation of Shinan oil-gas field, Junggar Basin [J]. *Petroleum Exploration and Development*, 1999, 26(1): 28-31.]
- [5] 李军生, 林春明. 反转背斜构造自生自储油藏成藏模式[J]. *石油学报*, 2006, 27(2): 34-37. [LI Junsheng, LIN Chunming. Forming pattern of self-generating and self-preserving reservoirs in reversal anticline structure [J]. *Acta Petrolei Sinica*, 2006, 27(2): 34-37.]
- [6] 张永刚, 马宗晋, 王国力, 等. 中国南方海相油气成藏模式分析[J]. *地质学报*, 2007, 81(2): 236-243. [ZHANG Yonggang, MA Zongjin, WANG Guoli, et al. Hydrocarbon reservoir mode of marine sedimentary rock in South China [J]. *Acta Geologica Sinica*, 2007, 81(2): 236-243.]
- [7] 汤济广, 李祺. 中国中西部前陆冲断带构造变形与油气成藏模式[J]. *油气地质与采收率*, 2008, 15(3): 1-5. [TANG Jiguang, LI Qi. Tectonic deformation and hydrocarbon accumulation model of foreland thrust belts in central and western China [J]. *Petroleum Geology and Recovery Efficiency*, 2008, 15(3): 1-5.]
- [8] 彭文绪, 孙和风, 张如才, 等. 渤海海域黄河口凹陷近源晚期优势成藏模式[J]. *石油与天然气地质*, 2009, 30(4): 510-518. [PENG Wenxu, SUN Hefeng, ZHANG Rucai, et al. Late-stage near-source preponderant hydrocarbon pooling pattern in the Huanghekou Sag of the Bohai Sea waters [J]. *Oil & Gas Geology*, 2009, 30(4): 510-518.]
- [9] 康德江, 姜丽娜, 张金友. 中国西部叠合盆地油气多期成藏模式及勘探有效性[J]. *沉积学报*, 2012, 30(1): 166-178. [KANG Dejiang, JIANG Li'na, ZHANG Jinyou. The model of the multi-stage of Oil-Gas formation and exploration effectiveness in superimposed basins in western China [J]. *Acta Sedimentologica Sinica*, 2012, 30(1): 166-178.]
- [10] 赵文智, 邹才能, 谷志东, 等. 砂岩透镜体油气成藏机理初探[J]. *石油勘探与开发*, 2007, 34(3): 273-284. [ZHAO Wenzhi, ZOU Caineng, GU Zhidong, et al. Preliminary discussion on accumulation mechanism of sand lens reservoirs [J]. *Petroleum Exploration and Development*, 2007, 34(3): 273-284.]
- [11] 李相博, 刘显阳, 周世新, 等. 鄂尔多斯盆地延长组下组合油气来源及成藏模式[J]. *石油勘探与开发*, 2012, 39(2): 172-180. [LI Xiangbo, LIU Xianyang, ZHOU Shixin, et al. Hydrocarbon origin and reservoir forming model of the Lower Yanchang Formation, Ordos Basin [J]. *Petroleum Exploration and Development*, 2012, 39(2): 172-180.]
- [12] 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.]
- [13] 王鹏, 赵志刚, 张功成, 等. 东海盆地钓鱼岛隆褶带构造演化分析及对西湖凹陷油气勘探的意义[J]. *地质科技情报*, 2011, 30(4): 65-72. [WANG Peng, ZHAO Zhigang, ZHANG Gongcheng, et al. Analysis on structural evolution in Diaoyu islands Folded-Uplift Belt, East China Sea Basin and its impact on the hydrocarbon exploration in Xihu Sag [J]. *Geological Science and Technology Information*, 2011, 30(4): 65-72.]
- [14] 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.]
- [15] 蔡东升, 冯晓杰, 张川燕, 等. 黄海海域盆地构造演化特征与中、古生界油气勘探前景探讨[J]. *海洋地质动态*, 2002, 18(11): 23-24. [CAI Dongsheng, FENG Xiaojie, ZHANG Chuanyan, et al. Tectonic evolutionary characteristics and Mesozoic and Paleozoic petroleum exploration prospects in the Yellow Sea basins [J]. *Marine Geology Letters*, 2002, 18(11): 23-24.]
- [16] 李国山, 杨娟, 高兆红, 等. 东海陆架盆地鱼山凸起构造演化和油气远景探讨[J]. *海洋石油*, 2003, 23(3): 44-48. [LI Guoshan, YANG Juan, GAO Zhaohong, et al. Tectonic evolution and hydrocarbon Potential in Yushan Uplift, the East China Sea [J]. *Offshore Oil*, 2003, 23(3): 44-48.]
- [17] 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.]
- [18] 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 Liguang, et al. Meso-Cenozoic tectonic setting and evolution of East China Sea Shelf Basin [J]. *Oil & Gas Geology*, 2005, 26(2): 197-201.]
- [19] 林小云, 周新硕, 邓晓晖, 等. 台北坳陷中生界烃源岩生烃潜力分析[J]. *石油地质与工程*, 2015, 29(1): 35-38. [LIN Xiaoyun, ZHOU Xinshuo, DENG Xiaohui, et al. Hydrocarbon potential analysis of Mesozoic hydrocarbon source rock in Taibei Depression [J]. *Petroleum Geology and Engineering*, 2015, 29(1): 35-38.]
- [20] 张卫海, 查明, 曲江秀. 油气输导体系的类型及配置关系[J]. *新疆石油地质*, 2003, 24(2): 118-120. [ZHANG Weihai, ZHA Ming, QU Jiangxiu. The type and configuration of petroleum transportation



- system [J]. *Xinjiang Petroleum Geology*, 2003, 24(2): 118-120.]
- [21] 何登发. 不整合面的结构与油气聚集[J]. *石油勘探与开发*, 2007, 34(2): 142-149, 201. [HE Dengfa. Structure of unconformity and its control on hydrocarbon accumulation [J]. *Petroleum Exploration and Development*, 2007, 34(2): 142-149, 201.]
- [22] 刘玉祥, 张金功, 王永诗, 等. 断层输导封闭性能及其油气运移机理研究现状[J]. *兰州大学学报: 自然科学版*, 2008, 44(S): 54-57. [LIU Yuxiang, ZHANG Jingong, WANG Yongshi, et al. Analysis hydrocarbon migration mechanism and the status of the fault conduit and fault close [J]. *Journal of Lanzhou University: Natural Sciences*, 2008, 44(S): 54-57.]
- [23] 卢学军, 刘华, 王建瑞, 等. 渤海湾盆地霸县凹陷输导体系与新近系油气运聚特征[J]. *石油实验地质*, 2010, 32(3): 258-261. [LU Xuejun, LIU Hua, WANG Jianrui, et al. Petroleum migration system and Neogene petroleum accumulation features in the Baxian Sag, Bohai Bay Basin [J]. *Petroleum Geology & Experiment*, 2010, 32(3): 258-261.]
- [24] 陈建文, 李刚, 陈国威. 东海陆架盆地西部坳陷带的中生界和古新统油气远景[J]. *海洋地质动态*, 2003, 19(8): 17-19. [CHEN Jianwen, LI Gang, CHEN Guowei. Petroleum prospects of Mesozoic and Paleocene in the western depression of the East China Sea Shelf Basin [J]. *Marine Geology Letters*, 2003, 19(8): 17-19.]
- [25] 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.]