

杨长清, 孙晶, 杨传胜, 等. 东海盆地南部中生界油气成藏模式[J]. 海洋地质前沿, 2021, 37(8): 89-92.
DOI: 10.16028/j.1009-2722.2021.179

东海盆地南部中生界油气成藏模式

杨长清^{1,2}, 孙晶^{1,2}, 杨传胜^{1,2}, 杨艳秋^{1,2}, 肖国林^{1,2}

(1 中国地质调查局青岛海洋地质研究所, 青岛 266071;

2 青岛海洋科学与技术国家实验室海洋矿产资源评价与探测技术功能实验室, 青岛 266237)

0 引言

油气成藏模式是对形成油气藏的地质要素、成藏过程及其相互关联的单一模型或者多要素复合模型的总结, 通常以形成油气藏的静态地质要素为基础, 以油气藏形成的动态过程或其动态演化关系为主线开展研究, 最终预测油气藏位置或勘探方向。东海盆地位于印度-澳大利亚板块、太平洋板块与欧亚板块巨型汇聚地带, 处于全球汇聚中心, 是中国近海规模最大的中生代-新生代叠合型盆地, 蕴藏着丰富的油气资源。目前, 新生界已发现了 8 个油气田和一批含油气构造, 但中生界由于地球物理场复杂和地质改造强烈, 勘探程度相对较低。前期研究表明, 中国东南海域中生界广泛发育, 存在上三叠统一侏罗统、下白垩统 2 套有效烃源岩。东海南部钻遇 890 m(未钻穿)的侏罗系福州组, 并钻

获油浸砂岩; 台湾西南部的 CFC-1 井钻遇 567 m 侏罗系深海相泥页岩; 南海北部 LF35-1-1 井钻遇 500 m 的侏罗系半深海相灰黑色泥页岩。相信随着勘探的不断深入, 海域中生界将获得更多的油气发现, 中生界将成为中国东部海域油气勘探重要领域。因此, 通过东海南部中生界油气成藏要素、成藏过程与主控因素分析, 总结成藏模式, 预测油气分布, 对指导油气勘探具有重要的意义。

1 中生界残留分布与演化

东海盆地南部晚三叠世-白垩纪发育多期构造沉积旋回, 经历了 2 次较大的海侵过程, 形成了陆相、海陆过渡相与海相中生界沉积。中生界残留分布具有往西增厚趋势(图 1), 最大厚度位于基隆凹陷, 达 5 600 m, 沉积结构近似“东厚西薄”的楔状结构。

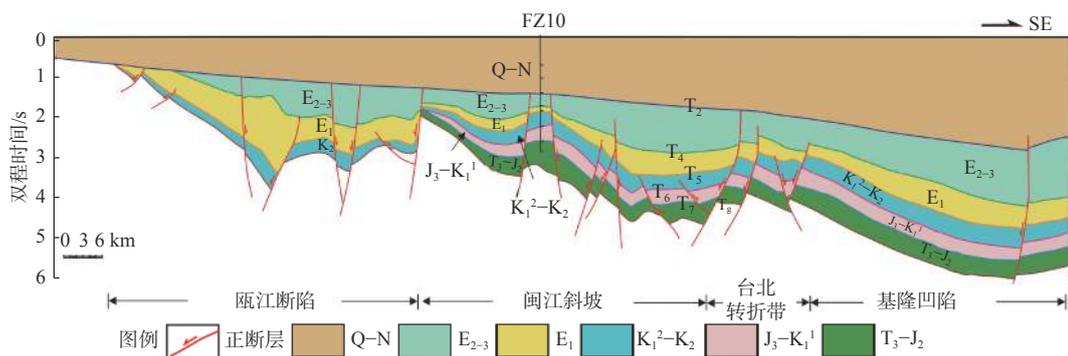


图 1 东海盆地南部中生界分布与盆地结构剖面图

Fig.1 Mesozoic distribution and structural profile in the Southern East China Sea Basin

收稿日期: 2021-06-28

资助项目: 中国地质调查局地质调查项目(DD20190211, DD20160153);
国家自然科学基金(41476053)

作者简介: 杨长清(1965—), 男, 博士, 研究员, 主要从事石油地质研究与盆地分析方面的研究工作. E-mail: yangcq65@126.com

中生代盆地演化经历了活动陆缘拗陷(T_3-J_2)、伸展断陷($J_3-K_1^1$)和走滑拉分盆地($K_1^2-K_2$) 3 个演化阶段。晚三叠世-早侏罗世时期构造活动较弱, 基本无断裂活动, 雁荡凸起和台北转折带尚未形成, 浙闽隆起提供大量的碎屑物源, 盆地持续沉降, 沉

积了一套热带气候、温暖潮湿的近海河湖相含煤地层；到中侏罗世末期，构造活动强烈(燕山运动)，盆地整体抬升，导致早期沉积地层被大量的剥蚀，晚侏罗世由于古太平洋板块向西俯冲和大陆边缘伸展，闽江斜坡发生 NE 或 NNE 向断裂，雁荡凸起开始慢慢发育，形成一个水下凸起，并伴随区域性沉降和火山活动；早白垩世晚期断陷扩张，沉积范围扩至全区，西部瓯江断陷自西向东发育冲积扇、三角洲、滨浅湖沉积，闽江斜坡为海侵影响的湖相、半封闭海湾相，往东为浅海相；白垩纪沉积之后发生燕山运动主构造幕，形成了白垩纪沉积末期区域不整合面。

2 中生界复式油气成藏系统

复式油气成藏系统包括 2 套或以上有效烃源岩及与之相关的油气及油气藏形成的一切地质要素与作用。目前东海盆地总体勘探程度较低，而且主要目的层集中于新生界，迄今发现的油气地质储量尚不足油气资源量的 10%，油气勘探潜力巨大。

2.1 基本要素

(1) 烃源岩

目前，东海盆地中生界油气钻井很少，根据东

海盆地南部钻井、邻区及对比浙闽粤资料，中生代主要发育上三叠统一下侏罗统和下白垩统泥页岩 2 套主要烃源岩层(图 2)，上三叠统一下侏罗统福州组泥页岩有机碳含量为 0.50%~1.24%，生烃潜力(S_1+S_2)最大可达 1.97 mg/g；闽西南与之对应的上三叠统大坑村组、文宾山组暗色泥岩、炭质泥岩总有机碳含量为 0.28%~14.96%，平均达 2.36%；粤东地区小水组浅海陆棚相黑色炭质页岩有机碳含量约 1.17%~5.43%，是一套好烃源岩层。下白垩统烃源岩在 FZ13、FZ10 井所钻遇的渔山组泥岩总有机碳含量为 0.27%~0.89%，但北港隆起的 WX-1 井下白垩统云林组的深灰色-黑色海相泥岩厚度达 500 m，有机碳含量为 0.573%~0.818%；台西南盆地的 CFC-3 井的有机碳含量达到 0.57%~1.56%，陆域下白垩统烃源岩主要为河湖相的黑色泥页岩，有机碳含量在 0.6%~2.0%，热演化的 R_o 值为 0.43%~3.452%，是处于成熟-高成熟的较好烃源岩层。

(2) 储层与输导体系

储层与油气输导体系是油气聚集、连接源岩与圈闭间油气运移通道所组成的输导网络。东海盆地中生界主要发育浅海陆棚沉积的砂岩、粉砂岩储层，FZ13 和 FZ10 井揭示的侏罗系和白垩系，埋深 < 2 300 m 的中生界砂岩储层的孔隙度可达 20%，渗透率为 $(1.3\sim 128)\times 10^{-3} \mu m^2$ ，2 300~3 100 m 之间

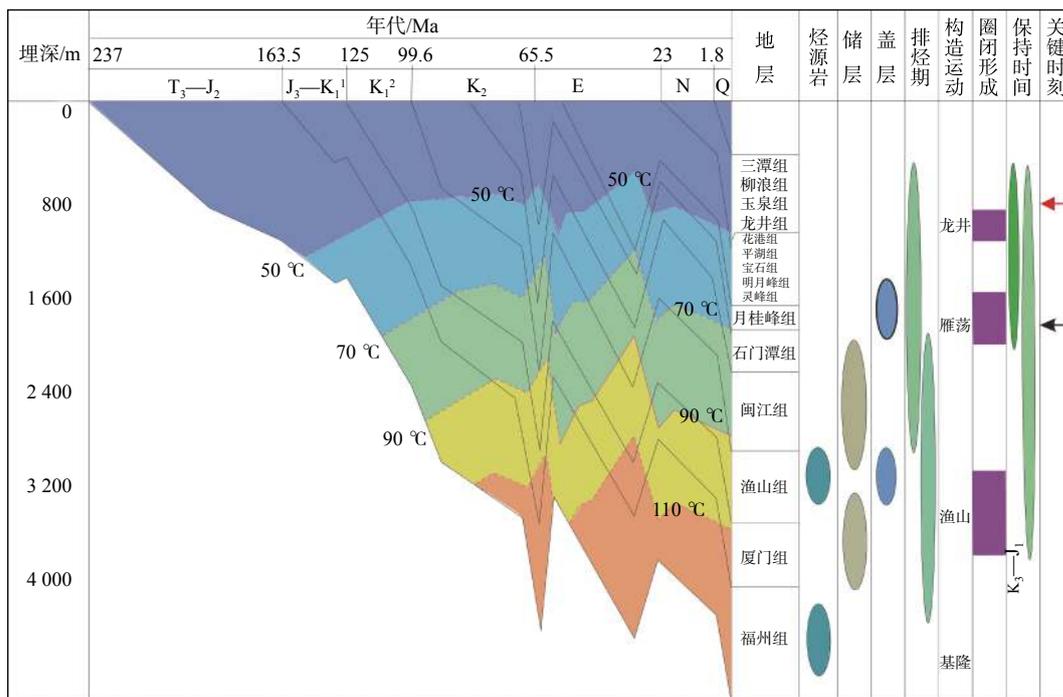


图 2 东海盆地南部中生代复式油气成藏体系事件

Fig.2 Factors and matching relationship diagram of the Mesozoic multiple petroleum systems in the Southern East China Sea Basin

的砂岩储层, 孔隙度可达 10%~15%; >3 100 m 的砂岩储层孔隙度 8%~10%, 属低孔渗储层; 东海盆地南部中生代发育的多期断层、砂体与不整合面是主要的输导通道, 它们在空间上的分布与组合构成了中生界油气的输导网络。

(3) 盖层与封闭体系

根据东海盆地南部少量钻井资料, 中生界盖层主要为泥质岩盖层类型, 区域盖层主要是福州组和古近纪明月峰组的湖(海)泛沉积泥页岩(图 2), 局部盖层包括福州组上部 3 级层序的湖(海)泛期和渔山组、石门潭组低位域泥质岩, 对应陆域的泥岩单层厚度约 30~50 m, 突破压力为 5.23~9.6 MPa, 具有较好的封盖性能。

2.2 生烃演化与油气运移

盆地模拟结果表明, 中生界烃源岩现今主要以生气为主。T₃-J₁ 有效烃源岩厚度 100~500 m, 生烃门限深度约为 2 250 m, 于晚侏罗世末开始生烃, 早白垩世达到生烃高峰, 生烃中心位于闽江斜坡南部-基隆凹陷, 生烃强度 200~800 Mt/km², 最大可达 900 Mt/km², 目前已进入凝析油-湿气阶段; 下白垩统烃源岩厚度 80~350 m, 存在晚白垩世末期和渐新世末期 2 个生烃高峰, 生烃中心位于闽江斜坡东部-基隆凹陷, 生烃强度 100~600 Mt/km², 最大达 700 Mt/km², 目前局部进入高成熟的凝析油和湿气阶段。

上三叠统一下侏罗统烃源岩生成的烃类运移聚集过程始于早白垩世早期, 一直在生烃-排烃-运移-聚集和逸散的动态平衡中延续至今, 基隆凹陷和闽江斜坡是油气运移高势区, 生成的烃类向西、向北聚集于低势区台北转折带、闽江斜坡等有效圈闭; 下白垩统烃源岩生成的油气运移聚集过程始于晚白垩世末期, 并一直延续至今, 基隆凹陷和闽江斜坡生烃中心所生成的烃类沿断裂、不整合面和联通孔隙优势通道聚集于闽江斜坡与台北转折带的断裂带及附近圈闭带。

2.3 圈闭形成与演化

根据东海盆地南部地震资料综合解释, 中生界圈闭类型主要包括断块、背斜、断背斜、断鼻和潜山等, 其分布主要受基底和断裂构造控制, 主要沿断裂带分布在台北转折带和闽江斜坡西南部, 圈闭初始形成于侏罗纪末期渔山运动, 定型于白垩纪末期雁荡运动, 渐新世末期龙井运动改造、调整, 并最

终定型, 多期叠合圈闭的配置构成了中生界复式油气成藏系统勘探的主体领域。

3 中生界油气成藏模式

3.1 油气成藏主要控制因素

(1) 烃源岩生、排烃能力决定着圈闭油气富集程度

根据目前钻井揭露, 东海盆地南部主要烃源岩为上三叠统一下侏罗统福州组, 其次为下白垩统渔山组。上三叠统一中侏罗统是盆地裂陷前期海侵初期产物, 生烃中心位于基隆凹陷、台北转折带和闽江斜坡南段, 生烃强度以基隆凹陷最强, 其次是台北转折带和闽江斜坡。根据 FZ13 和 FZ10 井资料, 两井所处沉积相带主要为海陆交互相, 上三叠统一中侏罗统烃源岩生烃能力较差, 有效烃源岩厚度不到 50 m, 下白垩统渔山组的沉积相带为扇三角洲和滨浅湖相沉积, 几乎没有暗色泥岩, 有机质丰度较低, 基本不具备生烃能力, 而且距离有效生烃区较远, 烃源岩生、排烃资源不足是其没有突破的决定性因素。

(2) 储层控制规模, 微裂缝控制储层质量

东海盆地南部下侏罗统下部、上侏罗统一下白垩统发育的浅水型浅海陆棚沉积砂岩、粉砂岩都是良好的储层, 主要储集空间为孔隙和裂缝。从 FZ13 和 FZ10 井岩心和测井资料分析, 中生界砂岩储层随埋深的增加, 储层质量明显变差, 由好储层→常规储层→低孔渗储层, 储层质量变差的主要原因是压实作用、胶结作用和高岭石沉淀, 但通过 FZ10 井岩芯观察分析, 裂缝对储层的改造作用明显, 微裂缝发育程度及分布影响中生界储层质量。

(3) 构造控制运移、聚集方向

东海盆地南部中生代以来经历了基隆运动、渔山运动、雁荡运动和龙井运动等 4 次重要的构造运动, 控制着盆地演化与油气聚集。基隆运动奠定东海盆地中生代盆地基础, 形成闽江斜坡、基隆凹陷等一系列拗陷; 渔山运动以拉张为主, 瓯江断陷、雁荡凸起形成, 基隆凹陷开始新一轮的沉降, 中部形成反转的台北转折带; 雁荡运动属于张扭性运动, 控制正向构造带和圈闭形成, 而且埋藏深度适宜, 有利于烃类的成熟与排出, 台北转折带和闽江斜坡西缘构造带是油气运移主要指向区; 龙井运动主要表现为区域性抬升剥蚀、褶皱, 局部构造加强、定型,

有利于油气排出和聚集,圈闭定型,闽江斜坡及台北转折带的构造圈闭是油气早期运移、聚集的有利场所。

3.2 中生界盆地复式油气成藏模式

东海盆地南部以上三叠统一下侏罗统福州组、下白垩统渔山组为主要烃源岩,福州组、厦门组及闽江组砂体为主要储层,中生界油气成藏受控于烃源岩的分布、储盖组合的发育和断层等因素,断层在油气运聚成藏过程中既是运移通道也是封闭层。上三叠统一中侏罗统构造变形微弱,断层不发育,储层的连通性较差,可以形成自生自储型油气藏;大

量油气沿着凹陷边缘的砂体联通孔隙、活动断层向上运移,砂体尖灭和断层封闭时期,主要受断裂、不整合面、砂体的控制,分布于有砂体分布的斜坡带和断层附近,或沿断层疏导至厦门组或闽江组形成古生新储油气藏;始新世末—渐新世的断裂活动产生了大量新的张性断层或老断层复活,原有的油气在明月峰组区域盖层下重新运移,聚集成藏,形成了东海盆地南部中生界早期成藏、晚期调整的成藏模式(图3),台北转折带和闽江斜坡构造带为中生界有利勘探方向,台北转折带和基隆凹陷西部形成近源陡坡-断层型成藏模式,而闽江斜坡则发育远源缓坡-断层型成藏模式。

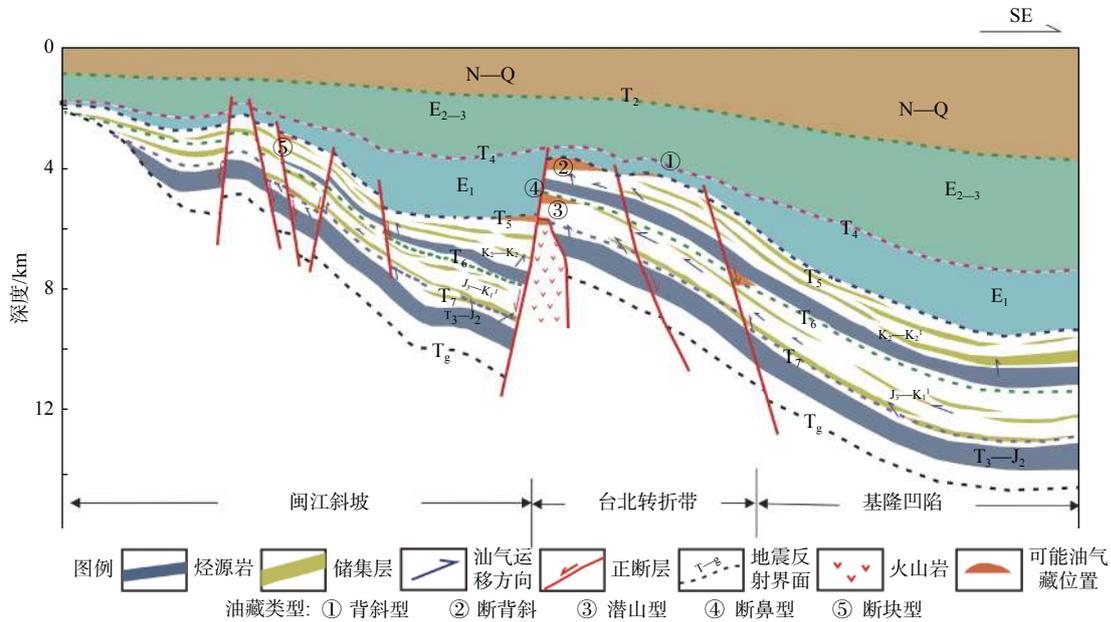


图3 东海盆地南部中生界油气成藏模式

Fig.3 Oil and Gas Accumulation Model of the Mesozoic in the Southern East China Sea Basin

4 结论

根据钻井和海陆对比,东海盆地南部中生界发育上三叠统一下侏罗统福州组、下白垩统渔山组2套主要烃源岩,油气成藏受控于烃源岩的分布、储盖组合的发育和断层等因素,关键成藏时刻是新近

纪末期,具有自生自储型和古生新储型的早期成藏、晚期调整模式,主要形成背斜、断背斜、断鼻、断块和潜山油气藏,台北转折带和闽江斜坡构造带为有利勘探位置,台北转折带和基隆凹陷西部形成近源陡坡-断层型成藏模式,而闽江斜坡则发育远源缓坡-断层型成藏模式。