

南黄海古生代以来构造演化

姚永坚^{1,2}, 夏 斌¹, 冯志强², 王嘹亮², 徐 行²

(1. 中科院 广州地球化学研究所与南海海洋研究所, 边缘海地质重点实验室, 广州 510640; 2. 广州海洋地质调查局, 广州 510760)

摘要: 南黄海是奠基于扬子地台前震旦纪变质岩基底之上一个多旋回盆地的叠覆, 在成生发展及其后过程中经历了多期构造改造作用, 盆地原型已不存在, 形成现今复杂的地质构造面貌。根据国土资源新一轮大调查项目在南黄海获取的高品质的地球物理资料, 结合钻井和相邻陆地的资料以及不同时期动力体系的作用、不同期次构造运动和变形的特点, 将南黄海大致划分为 4 个大的构造演化阶段: 古生代) 三叠纪海相盆地稳定演化阶段、中生代陆相盆地演化阶段、古新世) 中中新世断陷盆地发育阶段和晚中新世以来区域沉降阶段。加里东运动使华南褶皱带与扬子地台南缘拼贴, 形成广阔而稳定的后加里东地台; 印支) 早燕山运动使扬子地台与华北地台的东南缘碰撞和挤压, 形成了苏鲁造山带, 在造山带南侧和中部隆起区之间形成黄北前陆盆地, 中部隆起区以南为黄南断陷盆地。

关键词: 华南褶皱带; 扬子地台; 华北地台; 构造演化; 盆地; 南黄海

中图分类号: TE121.2

文献标识码: A

南黄海横跨中国东部的秦岭) 大别造山带、扬子地台和华南褶皱带三大构造单元, 是奠基于扬子地台前震旦纪变质岩基底之上一个多旋回盆地的叠覆。在其成生发展以及其后多次构造改造过程中, 盆地原型已不存在, 而是多期构造改造的综合响应。前人虽对该海域作了大量的研究工作, 囿于当时资料品质差和复杂的地质构造, 对南黄海中、古生界构造演化及各大地构造单元接触关系的认识尚存在较大的争论, 众说纷纭。近年来, 随着国土资源新一轮大调查项目的开展, 在南黄海已获取约 3 000 km 高品质深层地震剖面及相应的一批重力、磁力综合物探资料, 地震测线基本涵盖各大构造单元, 较可靠地揭示了晚古生代地层。本文在新的地震资料和钻井资料的基础上, 结合相邻陆地和周边露头, 探讨南黄海古、中、新生代盆地的构造演化历史, 为南黄海今后的油气勘探提供一些新的思路。

1 地层分布及构造单元划分

1.1 地层分布

南黄海主要处于扬子地台上, 目前我国在东经 124°以西海域钻了 20 口探井, 韩国在南黄海北部和

群山坳陷连接部位打了 5 口井, 钻遇地层有上古生界和中、新生界。上古生界石炭系和二叠系为海相 - 海陆交互碳酸盐岩、碎屑岩; 中生界三叠系以海相碳酸盐岩为主; 白垩系和第三系则为陆相碎屑岩^[1]。根据南黄海地层分布特征与邻近陆地具有相似性来看, 可能还发育震旦系和下古生界。

新的地震资料在南黄海重新确认和解释了 7 个较可靠的不整合面(表 1), 在 T_8^0 界面(二叠系)之下还存在断续的反射波组, 未进行全区追踪对比。根据钻井和测井资料分析和厘定 7 个不整合面地质属性, 并划分 4 个地震超层序和 6 个地震层序。超层序 \tilde{N} (T_8^0) T_6^0)、超层序 \tilde{O} (T_6^0) T_4^0)、超层序 \tilde{O} (T_4^0) T_2^0) 和超层序 \tilde{O} (T_2^0) T_0) , 时代分别对应于早中生界和晚古生界海相地层上部、中生界、古近系以及新近系和第四系。超层序 \tilde{O} 进一步分为层序 \tilde{O}_1 (T_4^0) T_3^0) 和层序 \tilde{O}_2 (T_3^0) T_2^0) , 时代为古新统) 始新统和渐新统。

1.2 构造单元划分

在已取得地震解释成果的基础上, 参考重、磁异常特征和钻井资料, 在东经 124°印支面(T_6^0) 构造图上圈出 5 个一级构造单元, 自北而南依次为千里岩隆起区、黄北盆地、中部隆起区、黄南盆地和勿南

表 1 南黄海古生代) 新生代地层简表

Table 1 The Paleozoic-Cenozoic strata in the South Yellow Sea

地质时代		地层		构造运动	地震反射界面		
新生代	第四纪		东台群		三垛运动 五堡运动 仪征运动	T ₂ ⁰ T ₃ ⁰ T ₄ ¹ T ₄ ⁰	
	晚第三纪	上新世(N ₂)	盐城群	上盐城组			
		中新世(N ₁)		下盐城组			
	早第三纪	渐新世(E ₃)		三垛组			
		始新世(E ₂)		戴南组			
		古新世(E ₁)		阜宁组			
中生代	白垩纪	晚(K ₂)	千南群	赤山组	印支运动	T ₆ ⁰ T ₇ ⁰	
			浦口组				
		早(K ₁)	葛村组				
	侏罗纪	晚(J ₃)		火山组			
		西横山组					
	早(J ₁₋₂)		象山群				
	三叠纪	晚(T ₃)		黄马青群			
		早) 中(T ₁₋₂)	青龙群	上			
下							
晚古生代	二叠纪	晚(P ₂)		大隆组	海西运动	T ₈ ⁰	
		龙潭组					
	早(P ₁)		栖霞组				
	石炭纪						
泥盆纪							
早古生代	寒武纪) 志留纪			加里东运动			
震旦纪							

沙隆起区。从现阶段的勘探程度来看, 要进行二级构造单元划分比较困难, 但为了更好地了解南黄海地质构造特征, 在测线分布较多的黄北盆地内进一步划分出 6 坳 4 隆共 10 个二级构造单元。对过去曾称为南黄海北部坳陷或北部盆地的, 现简称为黄北盆地; 南黄海南部坳陷或南部盆地, 则简称为黄南盆地。本次调查研究对黄北盆地基底性质和海相中、古生界分布有了新的认识。以前据黄 2 井白垩纪砾岩中含有浅变质千枚岩、石英岩等成分^[1]和东部 0 C- 1x 井在陆相第三系之下发现角砾岩, 推测黄北盆地基底埋藏较浅, 得出中、古生界不发育、甚至缺失的结论。但从过黄 2 井的地震剖面来看, 在新生界之下清晰见到连续较好的地震反射波组, 结合相邻地震剖面的解释和钻井对比分析, 盆地内古、中、新生界发育完整, 断裂活动强烈, 火成岩体不发育, 中、新生代坳陷发育和改造显示出东西、南北差异性; 中部隆起区连续分布着一套地震相特征稳定

的中、古生代海相地层(图 1), 地震解释的厚度为 2 000~ 4 500 m, 呈宽缓褶皱, 断裂发育, 隆起区上大部分缺失中生界和古近系。

2 构造演化

南黄海经历四堡运动和晋宁运动的固结和回返后, 形成具有双层变质岩的基底结构^[2, 3], 之后开始地台的发育阶段。根据不同时期动力体系的作用、不同期次构造运动和变形的特点, 将南黄海大致划分为 4 个大的构造演化阶段。

2.1 中、古生代海相盆地稳定演化阶段

南黄海水相盆地以晚震旦世为起点、早) 中三叠世为终点的漫长演化历史, 发育巨厚的以碳酸盐岩为主夹海陆交互的地层, 经历了晚震旦世至早古生代一台两盆陆缘海、晚古生代后加里东地台的陆表海和早、中三叠世海盆消亡 3 个演化阶段。

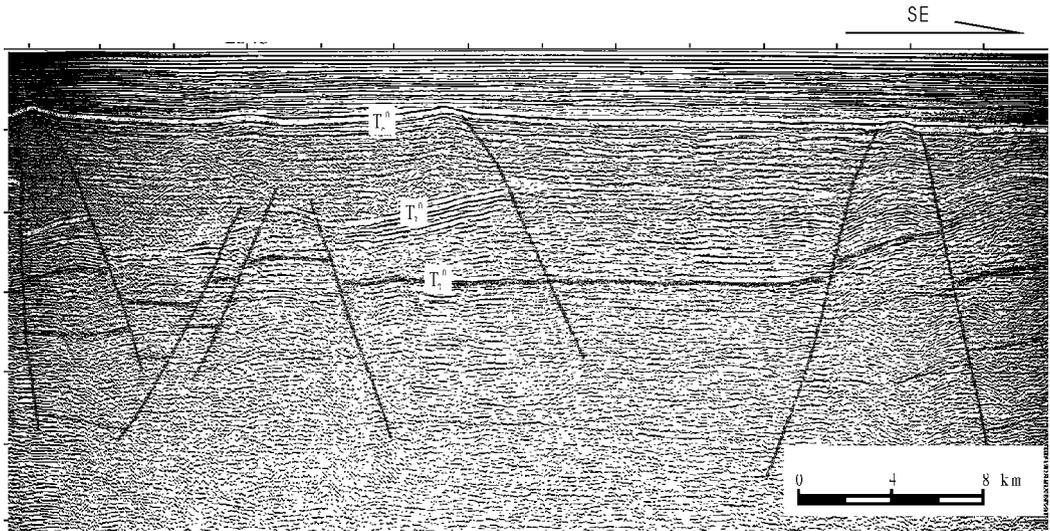


图1 南黄海中部隆起区地震反射特征

Fig. 1 Seismic reflection features of the Central Uplift in the South Yellow Sea

晚震旦世) 早古生代, 南黄海为稳定的地台型海相沉积, 具有陆缘海/ 一台两盆0的特征, 即以中部台地和其南北两侧的深水盆地为主体, 共同构成了克拉通边缘海盆^[4]。志留纪晚期的加里东运动, 结束了南黄海/ 一台两盆0的沉积构造格局, 其南侧与华南褶皱带的闽浙隆起区沿江山) 绍兴断裂带发生剪切拼贴, 从现有的地震剖面(图2) 和海区磁测以及陆地资料推断, 可能表现为韧性剪切带的特点, 以由南向北逆掩剪切为主。此次构造事件导致下扬子地台南侧普遍隆升, 形成了广阔而稳定的后加里东地台。受两地块拼贴的影响, 南黄海南部出现剪切走滑和挤压构造, 而北部盆地被动大陆边缘性质未变, 仍显示为陆缘张裂的构造特征。

加里东运动之后, 下扬子地台与华南广大地区已成为统一的古陆, 继续向北西漂移。晚古生代, 南黄海总体表现为相对稳定的陆表海沉积环境, 南部盆地和中部台地构成的后加里东地台缓慢抬升, 北部盆地仍处于台地边缘相。海西运动在海区主要表现为频繁的差异升降运动, 仅仅引起沉积的迁移和局部地层缺失^[4]。

早、中三叠世延续晚二叠世后期的海侵, 处于浅海沉积环境, 南黄海大部分区域发育青龙群台地灰岩、灰泥岩沉积建造, 仅在南部和西北部靠近物源区出现滨海和三角洲沉积。中三叠世晚期, 海水开始向北退却, 最终结束了自早古生代以来海相盆地的沉积历史。

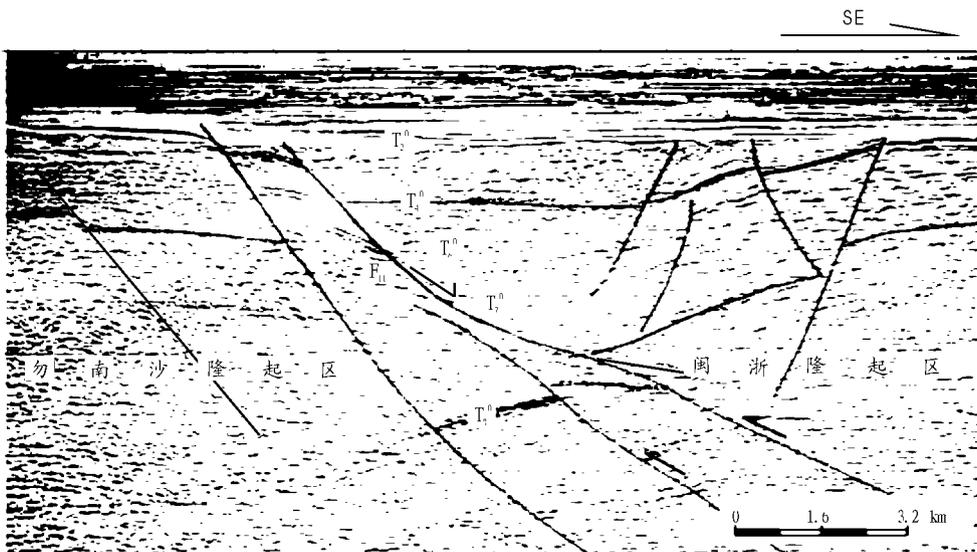


图2 勿南沙隆起区与闽浙隆起区的接触关系

Fig. 2 Mutual relation of the Wunansha Uplift to the Minzhe Uplift in the South Yellow Sea

扬子地台与华北地台于印支期发生碰撞与拼贴, 碰撞带的主要位置通常认为是五连(青岛)荣城断裂带, 苏鲁造山带为两地台碰撞形成的过渡带, 向海区延入千里岩隆起区, 其南界为经逆反转作用改造后的千里岩断裂带, 向陆地可与嘉山)响水断裂相连。通过苏北和苏南陆地大地电磁测深剖面可知, 下扬子地台向北与华北地台碰撞时, 俯冲到华北地台之下, 形成一系列向南、南东逆冲的推覆构造及强烈褶皱^[2]。陆地胶南造山带南侧也有类似的反映, 前震旦纪变质基底呈大型推覆体向南推覆在前陆带北侧的海相地层之上^[5]。从华北地台, 尤其是北黄海地区晚古生界)早中生界一直处于隆升状态, 而下扬子地台上的南黄海却不断沉降的地质现象, 也佐证了/南俯北仰0这一推测的合理性。这种碰撞挤压作用一直持续到中侏罗世, 伴随不同时代地层的剪切走滑和拆离活动。在造山带南侧, 海区新的地震资料反映千里岩隆起区和黄北盆地(南黄海北部盆地)的结合部位表现为反转过渡的性质, 向南碰撞逆推强度减弱。在挤压剪切和前陆变形过程中, 后期向北的挤压构造叠加在前期向南的逆掩推覆构造上, 黄北盆地中、古生界向北仰冲到千里岩隆起区上, 且中生界大部分得以保留, 厚度巨大。千里岩隆起区一直处于隆升剥蚀的状态。

印支)早燕山造陆运动使南海海的构造格局发生根本性的转变, 构成上下两套完全不同的构造体系, 南黄海整体上升为陆。这一时期的改造作用重塑了海相沉积的地质面貌, 形成一系列 NE, NEE 向的挤压褶皱和推覆构造, 中、古生界上部地层因遭受大规模的剥蚀夷平作用而局部缺失, 断裂非常发育, 很多局部构造在该时期定型, 为晚期生烃和晚期成藏提供必备的场所。

2.2 中生代陆相盆地演化阶段

印支)早燕山运动后, 南黄海出现/两盆三隆0的构造格局, 产生两种不同类型的中生代陆相盆地, 按其发展过程可进一步划分为早期北济南裂、中期调整改造、晚期拉张伸展 3 个阶段。印支运动早期, 南黄海中部台地南侧由于断裂作用开始产生裂陷槽, 北侧仍为边缘盆地。印支运动晚期)早燕山运动, 南侧裂陷槽伴随郯庐断裂的左旋走滑而进一步扩大和断陷, 形成现在的黄南盆地; 北侧随着两地台碰撞加剧, 苏鲁造山带形成和不断上升, 在其前缘因地壳均衡调整而下陷出现中生代前陆盆地, 即黄北盆地; 两盆地所夹持较稳定的中部台地则演变成中部隆起区, 起到分割两侧盆地构造-岩相的作用, 同时勿南沙隆起区形成。另外, 库拉板块不断朝 NW

方向俯冲消减, 导致南黄海东部受到挤压而缓慢隆起。至此, 控制盆地沉积的主断层产生, 南黄海已完成从广海盆地转变为陆相盆隆相间的构造格局。

晚侏罗世)白垩纪, 属于南黄海应力调整和改造时期, 强烈挤压作用逐渐减弱, 表现为区域应力场相对松弛状态下的走滑、挤压、拉张^[6]。千里岩断裂反转成同生正断层, 黄北前陆盆地在断裂作用下出现断陷形式的结构, 盆地性质发生改变, 部分逆断层活化为正断层, 黄南盆地继续断陷沉积, 中部隆起区和勿南沙隆起区处于继续上升未接受沉积。

晚白垩世, 受环太平洋构造域的影响, 南黄海地壳处于伸展状态, 区域应力场进入拉张环境。这一时期以张性正断层为特征, 燕山晚期的仪征运动使白垩系局部抬升被改造。

2.3 古近纪断陷盆地发育阶段

古近纪早期, 南黄海延续晚白垩世的伸展特点, 但拉张作用明显增强, 断裂显著活跃, 表现垒、堑相间特点。两盆地持续稳定下降, 沉积范围不断扩大, 后期除局部构造高部位外, 已逐渐连成一体, 接受了一套湖相的沉积。受郯庐断裂走滑平移和太平洋板块向欧亚板块俯冲的共同影响, 黄北盆地东西因受力状态的差异, 形成不同构造样式。始新世末, 随着太平洋板块俯冲方向从原有 NNW 向转为 NWW 向, 吴堡运动主要表现以块断升降为主, 伴有局部挤压活动。渐新世, 由于太平洋板块向 NWW 向俯冲作用的加强, 应力场性质发生改变, 三垛运动主要表现为强烈的挤压作用同时伴随剪切走滑活动, 两盆地迅速抬升, 形成一系列 NW 向褶皱构造和逆断层。在黄北盆地东部这种挤压作用非常明显, 往西逐步减弱, 渐新世地层被强烈削蚀而大多缺失。中部和勿南沙隆起区一直相对上升, 基本未接受沉积。

2.4 新近纪以来区域沉降阶段

渐新世末的挤压改造运动, 结束了南黄海箕状断陷的发展历史, 整体进入区域沉降阶段, 断裂活动明显趋弱。晚第三纪早期, 两个盆地首先开始填平补齐的坳陷沉积; 随着水域扩大, 中部和勿南沙隆起区沉入水下, 开始接受沉积。南黄海发育一套近似粗-细交替的韵律沉积, 厚度变化不大且稳定, 代表泛滥平原-河流相的沉积序列^[1]。第四纪时期, 海水逐渐从东、东南部侵进, 广泛沉积一套水平、以灰色粘土为主的地层, 奠定了现今南海海的地质构造面貌。

3 结论

1) 南黄海在下扬子地台前震旦纪变质岩基底之

上经历了多旋回盆地的叠覆、改造和海相) 陆相) 海相沉积的转换过程。

2) 最新调查研究成果认为, 南黄海古生代以来经历了 4 次大的构造演化阶段, 即中、古生代海相盆地稳定演化阶段、中生代陆相盆地演化阶段、古近纪断陷盆地发育阶段和新近纪以来区域沉降阶段, 每个构造阶段有其独特的发展历史, 并与几次大的构造运动密切相关。

3) 加里东运动结束了南黄海晚震旦世至早古生代) 一台两盆的沉积构造格局, 表现为南侧与华南褶皱带的闽浙隆起区沿江山) 绍兴断裂带发生剪切拼贴, 形成了广阔而稳定的后加里东地台, 使下扬子地台与华南广大地区成为统一的古陆, 开始晚古生代后加里东地台的陆表海的发展阶段。

4) 海西运动在海区主要表现为频繁的差异升降运动, 仅仅引起沉积的迁移和局部地层缺失。

5) 印支) 早燕山造陆运动是早、中三叠世海盆消亡演化阶段, 也是扬子地台与华北地台俯冲、碰撞的开始, 使南黄海的构造格局发生根本性的转变, 构

成上下两套完全不同的海- 陆构造体系。

6) 中生代陆相盆地演化阶段是南黄海构造演化最复杂的一个阶段, 受到不同应力作用和改造, 形成南、北两种不同类型的盆地, 即黄北前陆盆地和黄南断陷盆地。

参考文献:

- 1 翟光明, 龚再升, 王善书等. 沿海大陆架及毗邻海域油气区[A]. 见: 中国石油地质志, 卷 16[M]. 北京: 石油工业出版社, 1999. 301~ 383
- 2 陈沪生. 扬子准地台下扬子盆地 HQ- 13 线地球物理- 地质综合解释纲要[A]. 见: 中国南方油气勘探新领域探索论文集(第 2 辑)[C]. 1988. 239~ 249
- 3 邓红婴. 中下扬子区震旦纪) 中三叠世海相盆地类型及后期改造[J]. 海相油气地质, 1999, 4(3): 38~ 45
- 4 王金渝, 周荔青, 郭念发等. 苏浙皖石油天然气地质[M]. 北京: 石油工业出版社, 2000
- 5 朱光, 徐嘉炜, 刘国生等. 下扬子地区前陆变形构造格局及其动力学机制[J]. 中国区域地质, 1999, 18(1): 74~ 79
- 6 闫吉柱, 俞凯, 赵曙白等. 下扬子区中生代前陆盆地[J]. 石油实验地质, 1999, 21(2): 95~ 99

TECTONIC EVOLUTION OF THE SOUTH YELLOW SEA SINCE THE PALEOZOIC

Yao Yongjian^{1,2}, Xia Bin¹, Feng Zhiqiang², Wang Liaoliang², Xu Xing²

(1. Laboratory of Marginal Sea Geology, Guangzhou Institute of Geochemistry & South China Sea Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences, Guangzhou 510640, China;

2. Guangzhou Marine Geology Survey, Guangzhou 510760, China)

Abstract: The South Yellow Sea is a polycycle basin surperimposition forming on the pre2Sinian metamorphic rock basement of the Lower Yangtze Platform. The complex geotectonic features occur in the sea, and the prototype basins can not been found after multiple2period tectonic reformation. Based on the data of new seismic profiles, wells, adjacent lands and the research of different periods dynamic systems, tectonic movements as well as deformation characteristics, the tectonic evolution of the South Yellow Sea can be divided into four principal stages: the Paleozoic2Triassic marine basin, the Mesozoic land basin, the Paleocene2Middle Miocene fault basin and regional depression since the Late Miocene. The south margin of the Lower Yangtze Platform linked with the South China Folded Belt during the Caledonian Movement, and the stable and wide Post2Caledonian Platform was formed. The Sulu Orogenic Zone raised between the Lower Yangtze Platform and the southeast margin of the North China Platform during the Indosinian2Early Yangshanian Movement. The Huangbei Foreland Basin was formed between the south side of the Orogenic Zone and the Central Uplift, and the Huangnan Fault Basin on the south of the Central Uplift.

Key words: the South China Folded Belt; the Yangtze Platform; the North China Platform; tectonic evolution; basin; The South Yellow Sea