

南沙海区中生界岩相分布及构造特征*

刘海龄¹ 谢国发² 阎贫¹ 刘迎春¹ 郑红波¹

(1. 中国科学院边缘海地质重点实验室 中国科学院南海海洋研究所 广州 510301;
2. 江西省核工业地质局 261 大队 鹰潭 335001)

提要 为了了解南中国海南部南沙群岛陆架-陆坡区中生代地层发育情况, 作者通过综合分析该海区钻井、拖网及 1987 年以来采集的 20000 多公里的多道反射地震勘探等资料, 得到了对该区中生界基本特征的如下新认识: 空间分布上, 南沙的中生界具有从北部的郑和-礼乐隆起南缘向南增厚的趋势; 沉积岩相方面, 东部三叠纪时为深海相, 侏罗纪为浅海与三角洲相, 白垩纪为浅海-内浅海相, 而往西南部中生代的海水深度有变深的趋势; 中-新生代变形上, 在南沙西部的曾母盆地, 中生界褶皱为复式的、非协调性的, 南沙中部多为舒缓褶皱, 东部仅在近巴拉望海槽地带出现小幅度的褶皱。结合围区中生界及特提斯构造域的发育特征, 作者提出南沙地块上的海相中生界在大地构造上归属于残留在中特提斯洋北部减薄陆缘地壳上的中特提斯期海相沉积地层, 是该海域油气资源勘探不可忽视的对象。

关键词 特提斯, 中生代, 海相地层, 南沙地块, 南沙群岛, 南中国海

中图分类号 P731

南沙群岛及其邻近海区位于东亚陆缘的南段、我国南海的南部海域。在区域地质上, 该区隶属于典型的新生代微板块——南沙微板块, 南面与加里曼丹-南巴拉望俯冲-碰撞构造区直接相连接, 北隔南海深海洋盆扩张脊与华南陆缘伸展-离散构造区相望, 西以红河-越东-万纳拉分走滑-转换断裂带为界与印支-巽他右旋走滑-拉分构造区相邻, 东以马尼拉-内格勒斯海沟为界与吕宋-棉兰老左旋走滑-会聚构造区相伴(Liu *et al.*, 2004)。在南沙微板块内可划分南部南海深海盆、郑和隆起区、南薇-安渡-礼乐中生代沉降区、曾母-西北巴拉望新生代沉降区等构造单元(图 1)。在地质历史上, 该区为古特提斯和古太平洋构造域与中、新特提斯和太平洋构造域演化、发展的重要地段。前人就该海域新生代的构造区划(金庆焕等, 2000)、新生代的构造运动和演化(杨树康等, 1994; 姚永坚等, 2002)已作了较系统的研究, 对南

沙地壳结晶基底之上的构造地层提出了三分方案(周效中等, 1994; 姜绍仁等, 1996), 称前第三纪沉积地层为下构造层, 对南沙前新生代基底的构造特征、围区前新生代大地构造格架进行了初步的讨论(钟建强等, 1997; Liu *et al.*, 2006)。但对于该海域在前新生代重要演化阶段之一的中生代所形成的岩相古地理和构造变形的基本特征及其古大地构造位置等基本地质问题至今仍缺乏系统的研究。回答这些基本地质问题对完整地认识该地区的岩石圈地壳演化历史、开辟残留中生代海相盆地油气资源勘探新领域, 具有极为重要的意义。本文作者在研究中国科学院南沙综合科学考察队近 20 年来所获得的综合地球物理资料的基础上, 结合钻井和拖网岩石取样资料, 拟对南沙海区中生代地层-构造的基本格局进行初步分析, 并结合围区中生界的对比研究, 探讨该海区中生界的岩相古地理特征及其大地构造意义。

* 国家科技支撑计划项目, 2006BAB19B00 号; 国家自然科学基金项目, 40676039 号; 中国科学院知识创新工程重要方向项目, KZCX2-YW-203 号; 国家重点基础研究发展规划项目, G2000046702 号。刘海龄, 博士, 副研究员, E-mail: liuh82@126.com

收稿日期: 2004-09-16, 收修改稿日期: 2006-12-04

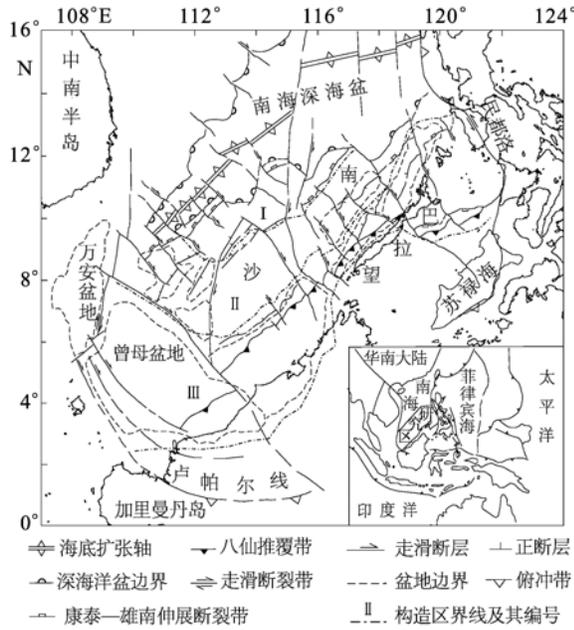


图1 南沙海区构造图

Fig.1 Structural Geological map of the Nansha Islands sea region

:郑和隆起区; :南薇-安渡-礼乐中生代沉降区; :曾母-西北巴拉望新生代沉降区

1 南沙海区中生界时空展布

南沙海区主要发育有广泛的新生界,但近年来的地质地球物理综合调查发现该海域还广泛发育有中生界,这对南沙前新生代地质研究具有重要意义。因此,现据最新资料,对南沙海区中生界的时空分布的基本特征进行初步分析。

约80万km²范围的海域,除了在西南边缘曾母暗沙—万安滩西一带陆架区和东部的礼乐滩—巴拉望一带及南面沙捞越近岸海区有一些石油探井或拖网取样对南沙中生界直接有所揭示外,南沙腹地的大部分岛礁海区迄今尚缺乏直接的揭露,因而对岩性地层概貌的了解主要是通过地震剖面资料、联井对比解释和系统的闭合分析,从而得到如图2所示的南沙海区中生界展布特征。

从图2可见南沙海区中生界在空间上的厚度变化特征。在南沙西南部的曾母盆地海区中,中生界厚度等值线大体呈NW至近EW走向,厚度一般为1—2km,埋深较大。在曾母盆地中部因埋深过大,震测剖面上未能划分中生界。在南薇滩—安渡滩—礼乐滩一带的南部,中生界等厚线走向则明显呈现出近NE向的展布,厚度一般为1—1.5km,往北部有减薄趋势,在郑和隆起甚至缺失或难以划分。因而总的分布趋势是在郑和—礼乐隆起南缘向南增厚。

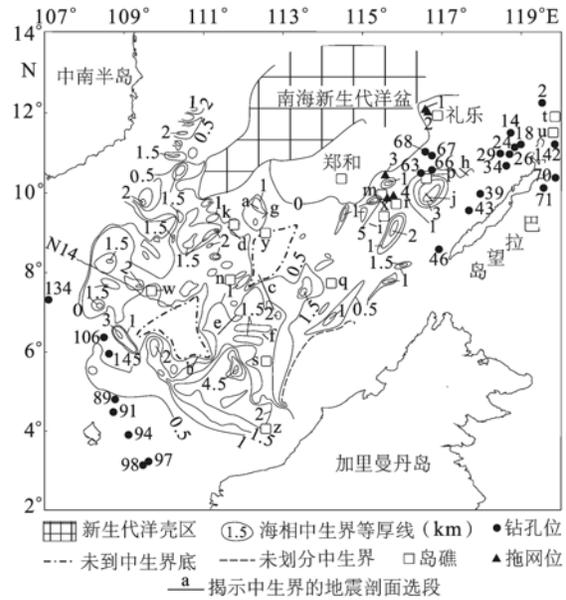


图2 南沙中生界等厚线图

Fig.2 Isopach map of the Mesozoic in the Nansha region a至j为显示有中生界的地震剖面选段编号。N14为图4地震剖面位置。钻井名及地层:2. Malajon-1, J₃-K₁变质砂岩和干枚岩,上覆角度不整合的Catalat组(K); 14. Destacado A-1x, K₁(?)粉砂质钙质页岩; 18. Cadlao-1, J₃粘土岩和凝灰岩、P₁灰岩; 24. Guntao-1, K₂/J₃灰岩; 26. Nido-1, K₁浅海碎屑岩; 29. Nido 2x-1, K(?)灰岩; 34. Catalat-1, K₂变质页岩; 39. Penascosa-1, K₁粘土岩; 43. Albion Head-1, 再造K碎屑岩; 46. Kamonga-1, K碎屑外来混杂体; 63. Sampaguita-1, K₁浅海相砂岩; 66. Kalamansi-1, K粉砂岩; 67. Reed Bank-B1, K₂浅海相碎屑岩; 68. Reed Bank-A1, K₂浅海相碎屑岩; 70. Dumaran-1, K₂(?)砂岩、页岩和粉砂岩角度不整合覆于蛇纹石化橄榄岩之上; 71. Roxas-1, K₂砂岩、页岩和粉砂岩; 89. Paus NE-2, K-E₂(?)干枚岩和板岩; 91. Paus S-1, K-E₂黑云母干枚岩; 94. Panda-1, (Mz)-E₂(?)片岩; 97. CC-2x, Pre-R变质沉积岩; 98. CB-1x, K(?)-E₂变质沉积岩; 106. CIPTA-A, K变质沉积岩; 134. 29-A-1x, Pre-R沉积岩; 142. GNT1, J₃灰岩; 145. CTA1, K碎屑岩。拖网站名及地层: 1. SO23-36, J₃变质沉积岩、氧化锰胶结细砾岩; 2. SO23-37, K₁片岩; 3. SO27-21, 113Ma干枚岩、123Ma片麻岩; 4. SO23-23, T₃-J₁海相粉砂岩; 5. SO27-24, T₂硅质页岩。岛礁名: K. 康泰滩; m. 美济礁; n. 南薇滩; p. 东坡礁; q. 安渡滩; r. 仁爱礁; s. 北康暗沙; t. 布桑加(Busuanga)岛; u. 纳纳帕坎(Linapacan)岛; w. 万安滩; x. 仙娥礁; y. 尹庆群岛; z. 曾母暗沙

年代上,由钻孔和拖网样品的年代分析结果得知,南沙海区中生界在时间上的分布特征是,除早三叠世和中侏罗世外,中生代其余各年代地层均已发现。中生界不整合地覆于更老的古生界之上,直接可见的有南沙地块东部 Cadlao-1井的晚侏罗世粘土岩和凝灰岩不整合地盖在下二叠统灰岩之上。该下二叠统的中、下部以早二叠世早

期的燧石、硅质碎屑岩、长石杂砂岩为主；上部为早二叠世晚期碳酸盐岩。同时，在巴拉望岛北端陆上的巴奎特附近也出露了二叠纪的 Bacuit 组和二叠-三叠纪的 Minilog 灰岩，甚至在乌卢根 (Ulugan) 断裂以东、塔纳巴格至伊南登一片及杜马兰 (Dumaran) 岛上出露了更老的岩石，即石炭纪的片岩和千枚岩 (Almasco *et al.*, 2000)。在南沙海区东北部礼乐滩—北巴拉望海区，德国“太阳”号在礼乐盆地西南部的仙娥礁、仁爱礁等处采获的拖网样品分别有中三叠世灰黑色纹层状硅质页岩和晚三叠—早侏罗世的纹层状硅质页岩与滨浅海相三角洲相砂泥岩。其中仙娥礁北部的硅质页岩可与卡拉棉群岛出露的中三叠统下部燧石条带和放射虫岩，如布桑加 (Busuanga) 岛南面科伦 (Coron) 岛上的三叠纪 Coron 灰岩、利纳帕坎岛上和巴拉望岛东北端的三叠纪 Liminangcong 燧石 (Almasco *et al.*, 2000) 进行对比，属深海相。礼乐滩北坡拖网 (SO23-36) 得到晚侏罗世的变质沉积岩和氧化锰胶结细砾岩，其角闪石的钾—氩年龄为 146Ma (J_3) (Kudrass *et al.*, 1986)。礼乐盆地东北部的 Guntao-1 井钻遇的晚侏罗世灰岩含放射虫、几丁虫等化石，为浅海沉积。类似地，邻近该井东侧的 Cadlao-1 井钻遇晚侏罗世的粘土岩和凝灰岩及砂页岩，含内环粉属化石，反映了内浅海相。布桑加岛西部陆架的 Malajon-1 井则钻遇晚侏罗世至早白垩世的变质砂岩和千枚岩，上覆有白垩纪 Catalat 组地层。而布桑加岛及其南面的库利昂 (Culion) 岛出露的是反映更深水的晚侏罗世布桑加 (Busuanga) 燧石。完成于礼乐滩南翼的 Sampaguita-1、Kalamansi-1、Reed Bank-A1 等井均揭露到早白垩世浅海相碎屑岩 (砂岩、粉砂岩)，为近岸浅海相沉积。而位于礼乐滩西南面的 Penascosa-1 井揭示的则为早白垩世黑色页岩，属深海相沉积。

在南薇-安渡地区，迄今为止尚未进行过任何钻探。中国科学院南沙综合科学考察队在该海域拖获的仅有的 3 个岩样亦只反映了始新世海相地层的存在。因而对该区中生代地层的研究主要依赖于地震剖面资料。按照由陆及海、由边缘到腹地的原则，从过井剖面出发，逐条追踪、对比，一步步引向南薇-安渡-郑和腹地。经过对比分析，将该区多处多道反射地震剖面上可见的发育在新

生代地层之下的一套具褶皱变形层状结构的震层序初步解释为海相的中生界 (图 3a 和图 2 中的 b、d、e、f、g、i)。其内部虽可作更细的分层，但限于测线过稀，时代上总体作中生代对待。该层序与礼乐滩最靠近 Sampaguita-1 井的地震剖面上的早白垩世地层 (图 3j 和图 2 中的 c、h) 相比，两者均为平行层状反射结构，但前者视频率较高，连续性较差，层次密集，顶底均为角度不整合面，应包含有比早白垩世更早的地层，其地震相特征很类似于南海北缘东沙隆起东南侧潮汕坳陷新生代沉积基底上部的反射结构特征。据研究 (郝沪军等, 2001)，潮汕坳陷基底中的这套沉积层被认为是晚三叠世至早白垩世滨浅海—广海相沉积，发生了强烈褶皱、大型逆冲推覆和剥蚀，被水平状的中新世-第四纪地层直接覆盖。在华南大陆粤中—粤东地区地表也发育有晚三叠—早白垩世海相沉积层 (广东省地质矿产局, 1996; 陈汉宗等, 2003)。这说明中生代广东—南沙地区存在有广泛的海相沉积环境。

2 南沙海区中生界岩相特征

关于南沙海区中生代地层的岩相基本特征，根据前述数口钻于礼乐-北巴拉望海区的钻孔和拖网样品情况及分布于全区的地震剖面来看，可概述于下：

三叠纪时，巴拉望岛北部到卡拉棉群岛为深海相，因为这里可见放射虫燧石、中三叠世牙形石、晚三叠世有孔虫。礼乐滩西南缘的仁爱礁、美济礁一片亦为深海相，在那里拖网见到硅质页岩、中—晚三叠世双壳类化石印模。从礼乐滩南缘 Sampaguita-1 井西侧擦肩而过的 L1 地震剖面 (图 3j) 显示该套地层的地震相特征是：视频率较低，连续性较好，层次较稀，厚度稳定，顶部见明显的角度不整合面，地层整体向南-东南倾斜，被一系列新生代反向伸展正断层所掀斜。科伦岛北部存在已确认为晚三叠世、反映亚热带干燥古气候的鲕状灰岩 (Holloway, 1982)，该灰岩向西可与拉萨地块、印度地块北缘同期地层中的鲕状灰岩对比，向东可与琉球群岛同期地层中的钙质鲕粒 (颜佳新等, 2002) 对比。据此可以认为，包括卡拉棉在内的南沙地块在晚三叠世应位于印支地块以南的中纬度地区。

侏罗纪时，仙娥礁、仁爱礁、美济礁、卡拉

棉群岛一片为浅海与三角洲相, 其依据是采获了棕色薄层含双壳类与植物(羊齿)化石的粉砂岩。卡拉棉群岛科伦等几个岛上见产早侏罗世有孔虫化石的灰岩。布桑加(Busuanga)岛上的露头 and 北巴拉望陆架 Cadlao-1 井见晚侏罗世内环粉属等孢粉(Fontaine *et al.*, 1983), 利纳帕坎(Linapacan)岛、伊利(Ili)岛和伊莫利奎(Imorique)岛上的露头和北巴拉望陆架 Guntao-1 井中含晚侏罗世藻类、有孔虫、放射虫等化石, 这些均可为证。而南薇盆地一片, 从地震相特征来看, 它的中生代地层为高频、细密、倾斜层状地震相, 不同于礼乐盆地的中生代地层的地震相(低频、较稀疏), 故可推测晚三叠—早侏罗世南薇一带为深水的泥、页岩沉积环境。

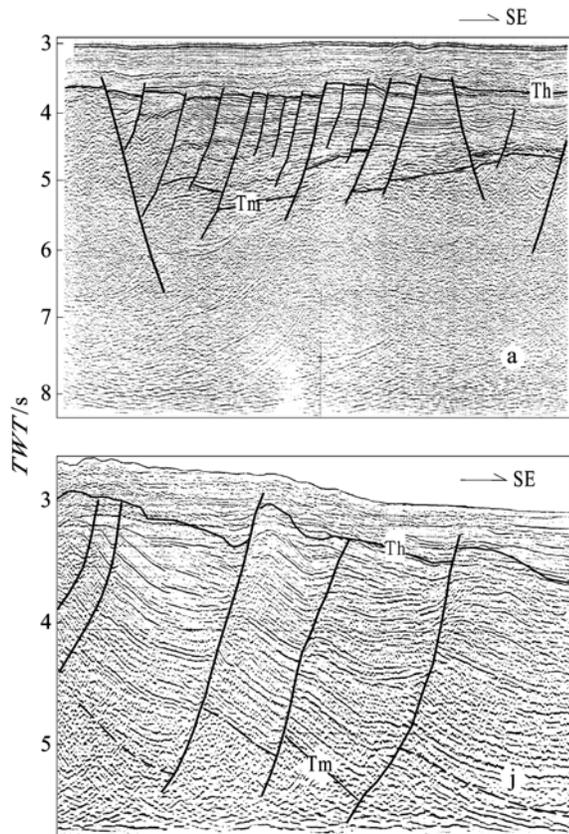


图3 南沙中生界部分地震反射剖面图

Fig.3 Some seismic profiles showing the Mesozoic in the Nansha region

图中 Th、Tm 分别为中生界的顶底反射界面。a 和 j 剖面段的位置见图2中的 a 和 j。a 为测线 94n7-2, sp6000—6500; j 为测线 L1, sp2200—3000。sp 为地震炮点号

白垩纪时, 礼乐盆地、北巴拉望盆地为浅海—内浅海沉积环境。礼乐盆地的 Reed Bank A-1 井、Reed Bank B-1 井和 Sampaguita-1 井与巴拉望盆地 Catalat-1、Jing 3、Nido-1 井均钻遇早白垩世

近岸浅海相的碎屑岩沉积。而往西南则海水逐渐变深。西巴拉望盆地的 Penascosa-1 井已见早白垩世深海相黑灰色页岩。

南薇-郑和-礼乐一带新生代与中生代沉积层均很薄, 中生代基底岩系被晚渐新世—现代的浅海层状碳酸盐岩及生物礁所超覆, 表明白垩纪以后曾一度长期隆起, 遭受剥蚀。类似于西沙的情形, 在那里, 上第三系—第四系珊瑚礁灰岩直接覆盖于前古生界基岩之上, 很有可能, 西沙-中沙-东沙与南薇-郑和-礼乐-民都洛西部曾为同一隆起整体。

根据上述岩相特征, 结合全南沙海区中生界的分布状况不难看出, 中生代南沙海区, 从礼乐盆地、北巴拉望盆地、西巴拉望盆地一直往西南到安渡、南薇、南沙海槽、曾母盆地, 均为海相环境, 海水深度从 NE 向 SW 变深, 同属一个海盆——古南海, 中特提斯的一部分。

3 南沙海区中生界构造特征

从中生界的空间展布特征来看, 中生界厚度等值线所呈现出来的优势走向既是中生代构造格局的概略反映, 同时也反映了后期的新生代构造的改造作用。在曾母盆地, 根据多条地震剖面的对比分析, 中生界的褶皱作用明显, 其褶皱轴走向从西往东, 由 NW、NWW 向变为近 EW 向。从 N14 地震剖面东南段可看出(图 4), 中生界的褶皱作用至少发生过两次, 一是新生代之前, 一是新生代期间。在万纳(万安滩—纳土纳)断裂带以东两者似乎表现出非协调性, 但在万纳断裂带以西, 中生界与新生代进行了相互同步的褶皱变形。在褶皱形式上, 曾母盆地中生界为复式褶皱, 褶皱变形程度似乎比东面的南薇-安渡和礼乐-北巴拉望两地区的都要强烈。在南薇-安渡区, 中生界多为舒缓褶皱。根据地震剖面间的对比, 褶皱轴向大致为 NE 向, 褶皱的翼部多被新生代 NE 向的、相向倾滑的控堑断裂所切割而断陷成为新生代继承性盆地的基底, 因而使中生界厚度等值线表现出 NE 向的优势方向。沿褶皱轴向多有 NW 向或近 NS 向走滑断裂所错断。中生界厚度较大的地段多出现在宽缓的向斜翼部。背斜顶部剥蚀明显。在南薇西、南薇东、安渡等盆地内中生界的分布较为稳定, 厚度一般为 1—1.5km, 表现为坳陷沉积型式。礼乐-北巴拉望地区, 中生界的褶

皱变形似乎比西部的曾母及南薇-安渡区都要弱, 仅在近巴拉望海槽地带出现小幅度的褶皱, 但在新生代表现出较强烈的倾向 N 或 NW 的倾滑掀斜断陷作用。

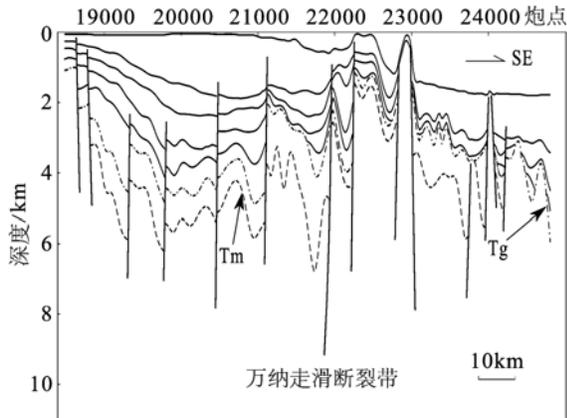


图4 N14地震剖面解释图

Fig.4 Interpreted seismic profile N14

Th、Tm 分别为中生界的顶底反射界面。sp 为地震炮点号。剖面位置见图 2

4 南沙海区中生界形成背景分析

南沙海相中生界的发育不是一个孤立的事件, 而应是更大区域意义上的特提斯构造域的反映。近年来, 随着石油地质勘探研究的快速发展, 对特提斯域的油气勘探活动在不断向纵深发展, 勘探范围从新特提斯域扩广到古特提斯域(叶和飞等, 2000), 特提斯域几乎成了油气资源的标志。长期以来, 对东特提斯在南海地区延展状况的研究因南沙岛礁区中生代地层的分布情况不清而一直处于“瓶颈”状态之中。

结合南沙围区中生代海相地层的发育规律, 我们不难判断, 南沙中生界发育于中特提斯的构造环境之中, 是东特提斯多岛洋体系的一部分, 而且从卡拉棉群岛的 Busuanga 岛在晚三叠—晚侏罗世的较长时间跨度均发育放射虫化石现象来看, 这里很可能紧邻中生代洋区, 即古南海——中特提斯的一部分。

南沙中特提斯是在古特提斯基底之上发育起来的。后者在石炭纪或略早一点的时候就已经沿亚洲大陆东南边缘出现了海盆。可用以说明这一点的是, 在中巴拉望可见到变质长石砂岩的沉积基底, 其上不整合地覆盖有片岩。在民都洛西南部上新世 Punso 砾岩中发现有石炭纪角质珊瑚

(*Gshelia* sp.)。更值得注意的是, 在马来帕亚 (Malampaya) 海峡群的变质岩中见到该地区最老的原地化石。该群的中下部由 Bacuit 组(其燧石中发现二叠纪中期的牙形石)和 Minilog 组(完全由灰岩组成, 含中二叠世纺锤虫属)组成¹⁾。如果考虑 Bacuit 组顶层伴有滑塌和层次破碎现象的混乱建造特征以及 Bacuit 燧石下面层组所产的三叶虫, 可以推断, 在二叠纪中期的灰岩沉积之前, 曾有一个腹地隆起的时期, 该隆起基底顶面为高含硬绿泥石的千枚岩或片岩组成。结合西沙前寒武纪高变质的花岗片麻岩, 可得出的进一步推断是: 民都洛—卡拉棉—北巴拉望—礼乐—郑和—南薇一带的前中生代的结晶基底应与西沙—中沙—东沙等地的相近, 都可视为南海地台范畴。

南沙中特提斯是研究东南亚中特提斯的关键部位, 往东北可通东沙隆起—台西南盆地—东海盆地的中生界, 往西南可连沙巴、沙捞越及马来半岛等地。在东沙地区, 陆坡坡脚 KD17 号拖网站拖得的辉长岩的钐-钕年龄为 134Ma(早白垩世), 基底具有反映褶皱冲断的反射结构, 显示具有早白垩世岩浆-褶皱基底。东沙隆起的最新地震资料及重新处理的资料显示, 东沙隆起薄薄第三系之下分布有巨厚的沉积层, 其层速度高达 4200—5400m/s(苏乃容等, 1995), 远大于已知的新生界的层速度(2700—3400m/s), 它们可能为三叠系地层²⁾, 中生代东沙地区与北部的珠一坳陷、南部的珠二坳陷和潮汕坳陷以及台西南盆地应是互相贯通, 成为广泛的中特提斯海相沉积区。在潮汕坳陷中, 中生界与上覆的新生界之间为明显的角度不整合关系, 其地震相显示为大倾角、已变形的平行反射结构。在台湾陆上北港地区的 PK-2 井长石砂岩中发现的早侏罗世菊石 *Hongkongites* 等化石和早白垩世阿普第期的菊石 *Philoceratid* 科(Huang *et al*, 1987), 可与香港、西藏对比。粤中的小坪组(T₃)、金鸡组(J₁)、福建的大坑组与文宾山组(T₃)、台湾的玉里组(T₂)均是该时期海相沉积, 同属中特提斯域。南沙以南和以西地区, 同样广见中特提斯沉积建造的残留。Aitchison(1994)在沙巴 Ayer 中新世泥岩基质混杂岩的燧石岩块中发现了早白垩世的放射虫动物群

1) Wataru Hashimoto, 杨广泰译, 1984. 菲律宾地质发展史. 见: 南海地质调查指挥部情报资料室编. 南海周缘地质, 1: 1—141

2) 葛建党, 2000. 珠江口盆地东部地区中生代地质特征、构造演化及油气勘探前景分析. 见: 中国科学院南海海洋研究所边缘海地质与古环境开放室编. 边缘海形成演化、资源与古环境学术研讨会论文摘要汇编, 34

化石。沙捞越西部 Lubok Antu 混杂堆积燧石块中发现有与大洋有关的晚侏罗世晚期、早白垩世早期的放射虫(Jasin, 1996; Schluter *et al*, 1996)。此大洋究竟是中特提斯主洋的反映, 还是西太平洋的反映, 还没有一致的意见。根据上述南沙地块中生界的发育特征及周围的区域地质情况, 认为可能是中特提斯的延续, 且与西太平洋有明显的连通。当时的特提斯-印度洋板块与东面古西太平洋的库拉-太平洋板块之间应是以一南北向的转换断层相隔, 两者均大体向北推移, 库拉板块即在此过程中被消亡。该转换断层可能就是现今马尼拉-内格罗斯海沟之前身, 它长期活动、深切岩石圈, 是岩石圈的薄弱地带, 在距今 40Ma 前随着西菲律宾海板块的北移和旋转、南海-苏禄海的形成, 该转换断层受到向西-北西西的挤压走滑作用而转变为东倾的被动俯冲带(刘海龄等, 2002)。从南沙再往西去, 在泰国湾盆地东部多处钻遇 T、T₃、J/K 海相地层。等等现象表明了研究区内中特提斯存在的可能性, 其形成大致始于晚二叠世。作为中特提斯在南海地区之表现的古南海即于此时期随着琼南地块(包括三亚、西沙、中沙、南沙等次级地块)(刘海龄等, 2004)向北漂离冈瓦纳大陆之运而打开, 其大部分洋壳则随现代南海的海底扩张而消减, 向南俯冲消亡于加里曼丹—南巴拉望岛北缘之下, 仅仅残存一南沙海槽。南沙地块上的海相中生界则是残留在中特提斯北部减薄的陆缘地壳上的中特提斯期海相沉积地层。

5 结 语

南沙海区广泛发育着中生界, 其地层岩相以海相为主, 空间分布上的总趋势是从郑和-礼乐隆起南缘向南增厚, 古水深变大, 时间上至少从三叠纪开始出现深海相沉积, 经历侏罗纪深-浅海相, 一直发育到早白垩世的浅海相。南沙海区中生界的形成主要受中特提斯(古南海)的控制, 是特提斯东延段的重要组成部分, 与油气资源应有较好的联系, 值得进一步深入考察研究。

参 考 文 献

广东省地质矿产局, 1996. 广东省岩石地层. 武汉: 中国地质大学出版社, 98-171
叶和飞, 罗建宁, 李永铁等, 2000. 特提斯构造域与油气勘探. 沉积与特提斯地质, 20(1): 1-27

刘海龄, 杨 恬, 朱淑芬等, 2004. 南海西北部新生代沉积基底构造演化. 海洋学报, 26(3): 54-67
刘海龄, 郭令智, 孙 岩等, 2002. 南沙地块断裂构造系统与岩石圈动力学研究. 北京: 科学出版社, 1-123
杨树康, 刘海龄, 1994. 南沙地体的演化及其与东亚离散陆缘的关系. 见: 施央申等主编. 现代地质学研究文集(下). 南京: 南京大学出版社, 154-162
苏乃容, 曾 麟, 李平鲁, 1995. 珠江口盆地东部中生代凹陷地质特征. 中国海上油气(地质), 9(4): 228-236
陈汉宗, 孙 珍, 周 蒂, 2003. 华南中生代岩相变化及海相地层时空分布. 热带海洋学报, 22(2): 74-82
周效中, 姜绍仁, 1994. 礼乐滩-珠江口地震剖面构造地层解释及对比. 见: 中国科学院南沙综合科学考察队编. 南沙群岛及其邻近海区地质地球物理及岛礁论文集(二). 北京: 科学出版社, 8-15
金庆焕, 李唐根, 2000. 南沙海域区域地质构造. 海洋地质与第四纪地质, 20(1): 1-8
姚永坚, 姜玉坤, 曾祥辉, 2002. 南沙海域新生代主要构造运动的特征. 中国海上油气(地质), 16(2): 113-117
姜绍仁, 周效中, 叶秀开等, 1996. 中新世沉积盆地构造地层分析. 见: 夏戡原等编. 南沙群岛及其邻近海区地质地球物理与油气资源. 北京: 科学出版社, 113-119
郝沪军, 林鹤鸣, 杨梦雄等, 2001. 潮汕坳陷中生界——油气勘探新领域. 中国海上油气(地质), 15(3): 157-163
钟建强, 1997. 南沙群岛含油气盆地的前新生代基底及与北部陆缘的关系. 中国海上油气(地质), 11(2): 124-130
颜佳新, 周 蒂, 2002. 南海及周边部分地区特提斯构造遗迹: 问题与思考. 热带海洋学报, 21(2): 43-49
Aitchison J C, 1994. Early Cretaceous (Pre-Albian) radiolarians from blocks in Ayer complex mélangé, eastern Sabah, Malaysia, with comments on their regional tectonic significance and the origins of enveloping mélanges. Journal of Southeast Asian Earth Sciences, 9(3): 255-262
Almasco J N, Rodolfo K, Fuller M *et al*, 2000. Paleomagnetism of Palawan, Philippines. Journal of Asian Earth Sciences, 18: 369-389
Fontaine H, David P, Pardede R *et al*, 1983. The Jurassic in Southeast Asia. United Nations ESCAP, CCOP Technical Bull, 1-28
Holloway N H, 1982. North Palawan Block, Philippines——Its Relation to Asian Mainland and Role in Evolution of South China Sea. AAPG Bulletin, 66(9): 1355-1383
Huang J, Chen B, 1987. The evolution of the Tethys in China and adjacent regions. Beijing: Geological Publishing House, 1-109
Jasin B, 1996. Late Jurassic to Early Cretaceous radiolaria from chert blocks in the Lubok Antu mélanges. Journal of Southeast Asian Earth Sciences, UK, Pergamon, 13(1): 1-11
Kudrass H R, Wiedicke M, Cepek P *et al*, 1986. Mesozoic and Cenozoic rocks dredged from the South China Sea

- (Reed Bank area) and Sulu Sea and their Significance for plate tectonic reconstructions. *Marine and Petroleum Geology*, 13: 19–30
- Liu H L, Yan P, Zhang B Y *et al*, 2004. Role of the Wanna Fault System in the Western Nansha Islands (Southern South China Sea) Waters Area. *Journal of Asian Earth Sciences*, 23(2): 221–233
- Liu H L, Yan P, Liu Y C *et al*, 2006. On existence of Qiongnan Suture in northern margin of South China Sea. *Chinese Science Bulletin*, 51(Supplement II): 107–120
- Schluter H U, Hinz K, Block M, 1996. Tectono-stratigraphic terranes and detachment faulting of the South China Sea and Sulu Sea. *Marine Geology*, 130: 39–78
- Yan P, Liu H L, 2004. Tectonic-stratigraphic division and blind fold structures in Nansha Waters, South China Sea. *Journal of Asian Earth Sciences*, 24: 37–48

TECTONIC IMPLICATION OF MESOZOIC MARINE DEPOSITS IN THE NANSHA ISLANDS OF THE SOUTH CHINA SEA

LIU Hai-Ling¹, XIE Guo-Fa², YAN Pin¹, LIU Ying-Chun¹, ZHENG Hong-Bo¹

(1. CAS Key Laboratory of Marginal Sea Geology, South China Sea Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences, Guangzhou, 510301; 2. Brigade 261, Bureau of Nuclear Geology, Jiangxi Province, Yingtan, 335001)

Abstract The Nansha Islands region, or geologically the Nansha Block, occupies the southern part of South China Sea. For potential energy resource targeting, the development and distribution of the Mesozoic stratigraphy on the area from continental shelf to continental slope were investigated. By studying various geological (ocean drilling and dredging) and geophysical (multi-channel seismographic reflection data in total length of over 20 000-km made since 1987) data, the Mesozoic paleogeography of the area was reconstructed. In spatial dimension, the Mesozoic deposits thicken up southwards from southern border of the Zhenghe-Liyue Uplift in the north. In temporal dimension, in the Triassic, abyssal sedimentary facies developed in the east; to the Jurassic, shallow marine and deltaic facies developed; and to the Cretaceous, the area progressed into shallow marine or inner shallow marine environment deepening southwestwards. In the Meso-Cenozoic tectonics, the western part of the study region represented by the Zengmu Basin experienced multiphased and non-accordant folding; the central part showed gentle and wide folding; and the eastern part underwent small and local folding such as seen in the area near the Palawan Trough. In overall, under the scope the Tethys Realm, the Mesozoic marine deposits on the Nansha Block reflect the nature of a thinned continental margin in the northern part of the Meso-Tethys tectonic realm. Exploration to energy resources of the Mesozoic marine deposits in the area should be intensified.

Key words Tethys, Mesozoic, Marine deposit, Nansha Islands, Nansha Block, The South China Sea