

<http://www.geojournals.cn/dzxb/ch/index.aspx>

南海北部陆缘中、晚第三纪古地理、 古环境研究

段威武 黄永样

(地质矿产部南海地质调查指挥部, 广州)



本文主要依据钙质超微化石成果,并结合其它微体化石和若干次一级的沉积间断,讨论包括台南盆地、珠江口盆地、琼东南盆地和北部湾盆地在内的南海北部陆缘中、晚第三纪海相沉积划分标志和对比意见,古地理和古环境演化史及古气候概况。研究结果表明,除北部湾盆地外,全区上渐新统至上新统基本由海相沉积构成。包括滨海和浅海、三角洲和碳酸盐岩-生物礁灰岩沉积。海侵自东南向北西推进,出现相当超微化石 NN4—NN5, NN11 和 NN13—NN15 带沉积期的 3 个海侵高峰。

狭义的南海北部陆缘区,是指华南微板块水下延伸的陆壳边缘区,它包括台南盆地、珠江口盆地、琼东南盆地和北部湾等盆地,以及它们之间的隆起区,跨越陆架和陆坡区。而北部湾盆地,按地质特征,则属于板内断陷-拗陷盆地^[1]。但目前讨论南海北部陆缘新生代地质时,人们已习惯于将北部湾盆地也包括在内。因此,本文也将循此惯例。南海北部与华南大陆之间在地质构造上存在着明显区别。前者以北东东向为主的构造同华南陆地上发育的北东和北北东构造体系相交。这是它们自渐新世以来构造发展的主要差异^[2]。本文主要对区内晚渐新世至上新世生物地层,海侵分期和沉积环境等问题作一讨论。

一、地层划分和对比的几点说明

南海北部陆缘区第三纪生物地层研究已取得了一定的成果。1981 年出版的《南海北部大陆架第三系》一书^[3],不但对各盆地第三系作出了阶段性较详细的划分和讨论,并且启发性地对比了各盆地内的第三纪地层。80 年代以来,由于研究和勘探的深入和扩大,对晚渐新世以来地层和沉积特征的认识更趋于完善。主要依据钙质超微化石资料,将南海北部各主要负向单元中、上第三系的划分和对比方案综合于表 1,其中有如下几点须加以说明。

1. 勘探成果表明,在珠江口盆地远岸地区的珠海组,琼东南盆地的陵水组,含有晚渐新世海相标准分带的钙质超微化石 *Sphenolithus distentus* 和 *Sphenolithus ciperoensis*。海相珠海组和陵水组的分布较为局限,它们与下伏以含孢粉化石为主的始新统之间明显地存在一个间断。这表明,导致华南大陆白垩—第三纪早期红色盆地结束沉积,并伴有岩

表 1 南海北部陆缘中、上第三系对比表

Tab. 1 Biostratigraphical correlation of the Mid-Upper Tertiary on the northern margin of the South China Sea

地 层		钙质超微化石带		分				
统	阶	国际分带 (E. Martini, 1971) ^[4]	南海北部分带 (段威武等, 1987) ^[2, 5]	北部湾盆地	琼东南盆地	珠江口盆地	台南盆地 ^[6]	
上新统	上	皮亚琴阶 Piacenzian	NN17- <i>D. pentaradiatus</i>	埕港组	?	万山组	北寮页岩	
		NN16 <i>D. tamalis</i>	竹头溪层					
	赞克阶 Zancilian	NN15 <i>R. pseudonabilica</i>	?				?	茅铺页岩
		NN14 <i>C. rugosus</i>						云水溪层
		NN13 <i>C. acutus</i>						
中新统	上	麦辛阶 Messinian	NN11 <i>D. quinquaramus</i>	灯楼角组	?	黄流组	粤海组	糖忌山砂岩
		托尔顿阶 Tortonian	NN10 <i>D. variabilis</i>					
	中	塞拉瓦尔阶 Serravallian	NN9	角尾组	?	梅山组	韩江组	南庄层
			NN8 <i>C. coalitus</i>					
			NN7 <i>small Helicosphaera</i>					
	下	兰海阶 Langhian	NN5 <i>S. heteromorphus</i>	下洋组		三亚组	珠江组	和社层
			NN4 <i>H. ampliaperta</i>					
		波尔多阶 Burdigalian	NN3 <i>S. belemnus</i>	?				
			NN2 <i>S. conicus</i>					
		阿启坦阶 Aquitanian	NN1					?
渐新统	上	恰特阶 Chattian	NP25 <i>S. ciperoensis</i>	? 洲组		陵水组	珠海组	?
		NP24 <i>S. distentus</i>						
	下	卢帕阶 Rupelian	NP23	陆相沉积或缺失				

注: 竖线区示陆相沉积或地层缺失

* 见本页脚注。

浆活动的喜马拉雅褶皱幕,在南海北部陆缘存在着广泛的影响。

2. 本区上渐新统至上新统,目前共辨认出超微化石带 15 个^[3],以及若干次一级的沉积间断。在 15 个超微化石带中,相当于 E. Martini^[4] 建的 NN4—NN5、NN11 和 NN13—NN15 带,在区内分布最广^[5]。结合其它门类化石和沉积间断资料,这 15 个超微化石带可以作为南海北部陆缘中、上第三系各组段划分和对比的重要标志。

3. 目前区内各盆地渐新统各组的对比出入较大。部分珠海组顶界相当于超微化石 NP25 带之顶,可作为晚渐新世与早中新世的分界。在琼东南盆地,据 Y9 井的超微化石分析成果,陵水组产晚渐新世 NP25 带分子 *Sphenolithus ciperoensis*,其上覆三亚组可见早中新世早期分子。因而琼东南陵水组之顶界与海相珠海组顶界可以对比。在珠江口

1) 段威武,黄永祥,1987,南海北部第三纪超微化石生物地层学。中国南海北部大陆架石油地质国际研讨会论文集(上),第 273—291 页。广东石油学会,《中国石油》杂志编辑部。

盆地西部,该区普遍出现海相 Burdigalian 期沉积超覆。推测珠海组顶界可能较其东部为高。北部湾涠洲组可能是一个跨代的地层单位。据涠西南凹陷和乌石凹陷生物地层分析成果,本区下洋组超微化石属 NN4—NN5 带分子,有孔虫为 *Globorotalia jiaoweiensis*—*Cassigerilla chipolensis* 组合。它们仅可与部分珠江组或三亚组对比。含海相化石的下洋组底界不低于超微化石 NN3 带。在北部湾盆地,下洋组与下伏涠洲组为不整合接触(地震界面 T_2)。除非相当于含超微化石的 NN2-1 带沉积完全被剥蚀掉(未见报道),否则下洋组底界,即涠洲组顶界,不能代表上、下第三系分界,它也不能完全与陵水组或海相珠海组对比。

4. 中中新世晚期至晚中新世早期之间的沉积间断,在南海北部陆缘具有区域性特点。除局部中新世较深凹陷区外,这次沉积间断从台湾南部至北部湾都可以见到。陈斯忠等称之为“东沙运动”¹⁾。

5. 中新统与上新统之间的沉积间断,虽然持续时间较短,但在各大盆地周边或隆起区反映较明显,亦具有一定区域对比意义。

6. 沿琼东南盆地北侧,经神狐至东沙隆起北坡,为南海北部目前所知最发育的一条碳酸盐岩-生物礁带。它的存在无疑直接与上述地区第三纪早期隆起及晚渐新世海侵有关。除陵水组下部滩相灰岩属晚渐新世外,其余碳酸盐岩-生物礁时代,主要应属早中新世一中中新世初期,即不晚于 Langhian 期,或超微化石 NN5 带沉积时。其论据如下:

(1) 重新厘定 Y6 井和 Y9 井的超微化石资料表明,含底栖大型肾鳞虫 (*Nephrolepidina*) 的碳酸盐岩,其层位都似在中中新世晚期剥蚀面之下。例 Y9 井 1185—1265m 层段产 NN11 带超微化石,而 1295—1345m 层段出现 NN5 带分子。两者之间缺失 NN6—NN10 带。本井肾鳞虫灰岩深度为 1310m 和 1550m,两者均在沉积间断面之下,时代不应新于中中新世早期。

(2) 勘探成果表明,早中新世珠江组暗色泥质岩(凹陷区)与主要的碳酸盐岩-生物礁层段(凸起边缘)存在相变关系。它们的形成应与中中新世早期海侵高峰密切相关。

7. 在对比各盆地中、晚第三纪地层时,主要依据若干钻井的超微化石研究成果,并参照了琼东南及北部湾盆地有限的超微化石资料,编制了南海北部陆缘各主要负向单元的海平面相对变化曲线,并与 P. R. Vail 等的全球海平面升降曲线作了比较^[6]。有关台南盆地晚渐新世以来海水进退曲线,主要采用了黄廷章的资料^[7](图 1)。

二、古地理古环境概况

晚渐新世以来,南海北部陆缘古地理格局和沉积环境与第三纪早期相比,发生了较显著的变化。勘探成果显示,除北部湾盆地及其周邻以及珠江口盆地西部外,全区上渐新统至上新统基本由海相沉积构成,包括滨海和浅海沉积,三角洲和碳酸盐岩-生物礁灰岩沉积。晚始新世一早渐新世,伴随特提斯海的最后闭合,包括南海北部陆缘的华南大陆曾整体抬升。当时的古海岸线,大致位于高雄以南,经东沙隆起东南侧和珠江口盆地南部,向南折向西沙隆起东侧一线。但据最新钻井资料分析,在本区东北缘,可能存在始新世海相

1) 陈斯忠,李泽松,邹业初,1987,珠江口盆地主要成油特点与勘探方向。中国南海北部大陆架石油地质国际研讨会论文集(上),第4—11页。广东石油学会,《中国石油》杂志编辑部。

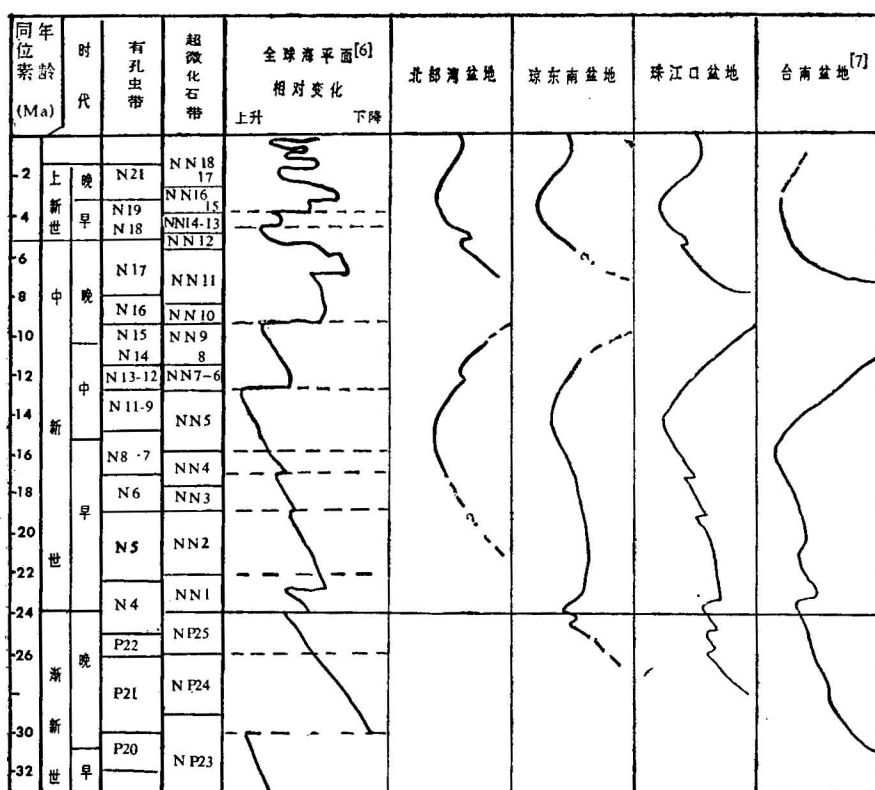


图 1 南海北部陆缘中、晚第三纪海平面相对变化对比图

Fig. 1 Comparison of relative sea level changes in the Mid-Late Tertiary on the northern margin of the South China Sea

碎屑岩沉积。海水可能借道东北—南西排列的澎湖—南日盆地,由北而来(图 2A)。发生于始新世中晚期的喜马拉雅运动,致使本区经历了晚始新世至早渐新世的短期剥蚀。之后,进入持续沉降阶段。上渐新统 Chattian 阶主要是在剥蚀夷平面的背景上发育起来的。可能包括早渐新世最晚期的海相页岩和砂岩(含 NP23 带超微化石),首先在台南盆地沉积^[7],海水继而向北西推进。在高雄西南的 CFC-1 井,不整合于中白垩统之上的渐新统砂、页岩含 N2 带有孔虫,其层位大致可与晚渐新世超微化石 NP24 带上部相当。在珠江口盆地南部和琼东南盆地,含超微化石 NP24 带和 NP25 带地层存在自东而西超覆的趋势。从琼东南经珠江口盆地南部至台湾西海岸,上渐新统各组主要发育浅海相砂、泥岩和滨海相含煤建造。晚渐新世海水可能首先在神狐隆起至东沙隆起之间的番禺低隆起进入珠江口盆地北侧(图 2B)。海相珠海组分布较为局限,且其下部滨海相沉积具有障壁型特征。在莺歌海—号断裂西侧,目前尚未见有渐新世海侵的确切证据。

对北部湾涠洲组的沉积环境长期存疑。涠洲组由杂色碎屑岩组成,并夹有灰绿色或浅棕色泥岩,在北部湾盆地及其周缘分布广,厚度变化大。在海区或陆区若干钻井中,涠洲组(特别是其上部)断续见有少量海绿石,对此曾有过不同解释。海绿石是一种重要的指相矿物,但它在地层中存在甚微,并非能说明是海相环境。况且,普查初期主要立足于

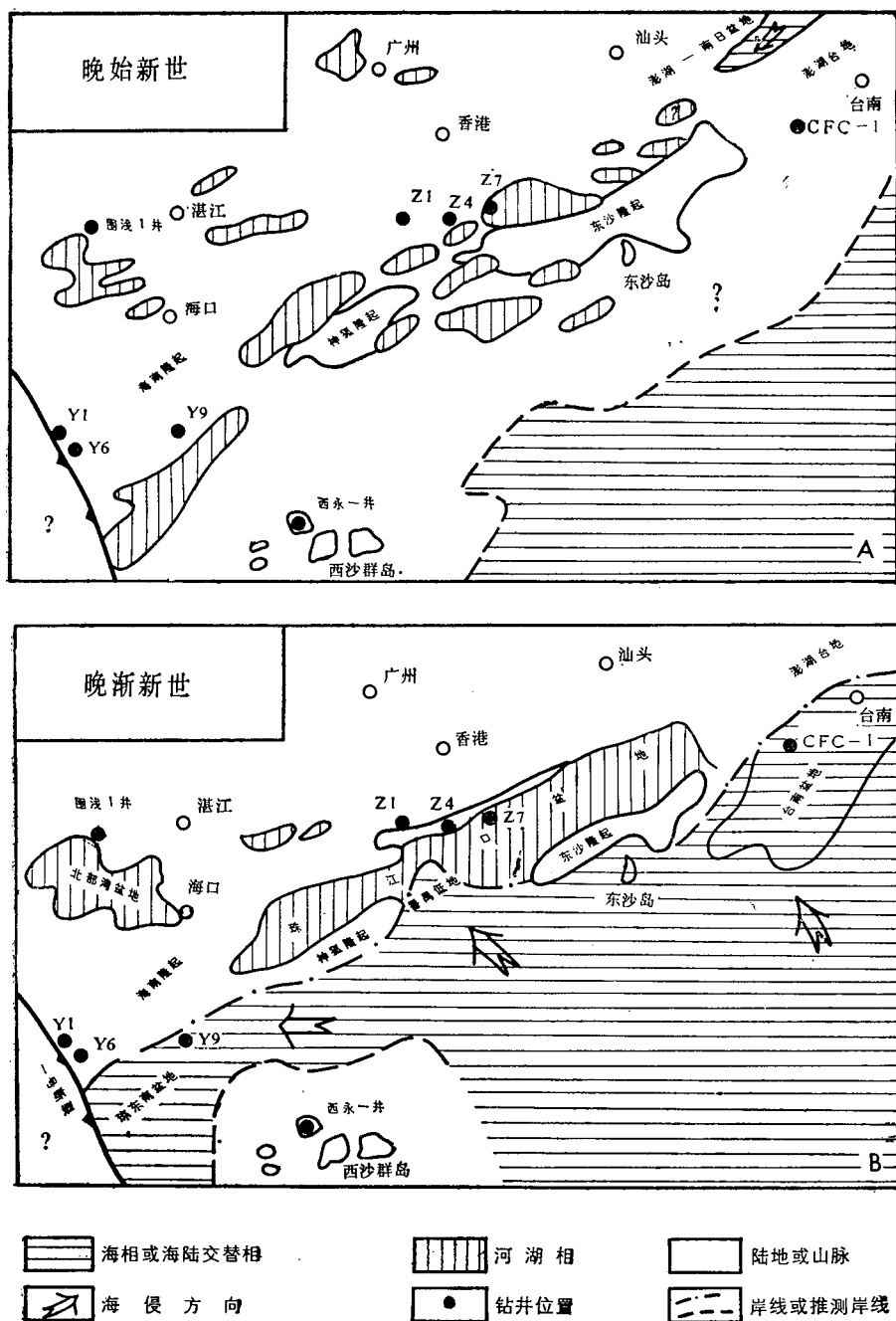


图 2 南海北部陆缘早第三纪古地理略图

Fig. 2 Sketch map showing palaeogeography of the northern margin of the South China Sea during the Palaeogene

岩石地层学的分层和对比方法,不能完全排除局部地层划分上的误差。沉积岩的古生物特征是反映环境的灵敏标志,现分析如下:(1)孢粉:涠洲组含有较丰富的孢粉化石,以

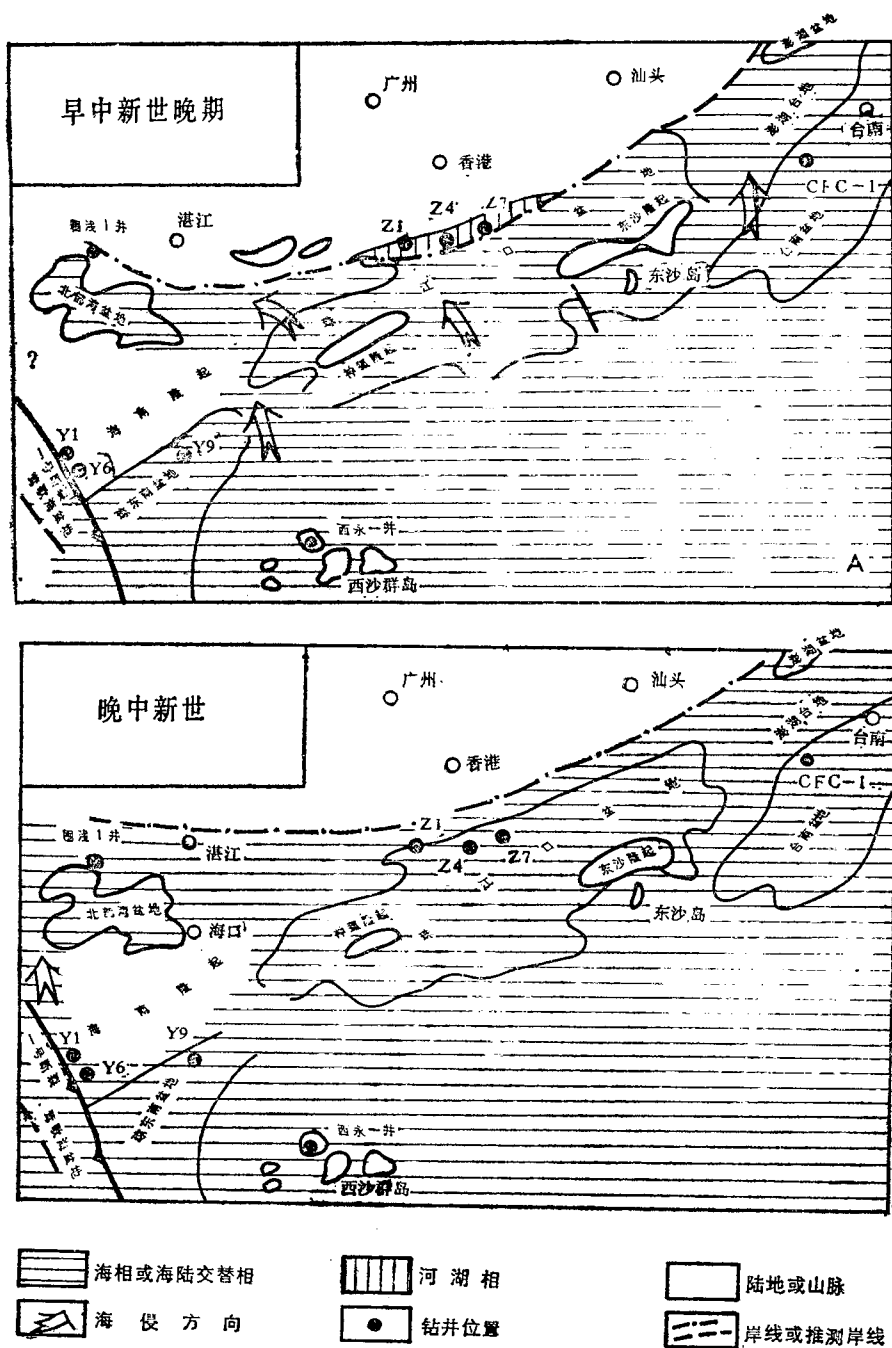


图 3 南海北部陆缘新第三纪古地理略图

Fig. 3 Sketch map showing palaeogeography of the northern margin of the South China Sea during the Neogene

含较多的山地温带落叶及针叶植物为特征,同时组合中还含有一定量的海岸红树林花粉,提示其沉积区具有近海特点。(2) 介形虫:以非海相的华花介 *Chinocythere* 属为特征。

组合中尚包括淡水 and 微咸水的美星介 *Cyprinatus* 和玻璃介 *Candona*。(3) 腹足类: 涠洲组下段发现有李氏中华黑螺 *Sinomelania leei*。它在百色盆地常与淡水生活的黑螺 *Melania* 共生。另外尚有营陆生的蜗牛类 *Enteroplax?* sp.。涠洲组上部的腹足类具陆、海混生特点。(4) 有孔虫: 据载,在涠浅1井800—900m井段的涠洲组上部,发现有孔虫 *Pararotalia* sp. 综合以上古生物资料可以看出,涠洲组沉积环境总的特点与琼东南盆地陵水组,或珠江口盆地的海相珠海组完全不同。

早中新世最早期,区内沉积具较明显的海退特征,这与全球性,尤其北半球的海平面下降有关^[8]。Aquitainian 阶基本以粗碎屑岩为主,海相生物贫乏,属种分异度低。物源区除华南大陆外,神狐和东沙隆起也提供着部分物源。在隆起区及其近邻并存在沉积间断。

下中新统海相 Bundigellian 阶在南海北部分布较广。随着早中新世海侵扩大,海水自南东向北西侵进。部分海水越神狐隆起进入珠江口盆地西部,它与东部海水相连成片(图3A)。至早中新世晚期,南海北部陆缘海侵首次达到高潮,并持续到中中新世早期,沉积了含超微化石 NN4—NN5 带和有孔虫 *Globorotalia jiaoweiensis*—*Cassigerinella chioolensis* 组合的内、中浅海相,以泥岩和细碎屑岩为主的珠江组中一上部及其相当的地层。此期海侵,在南海北缘西部,海水由珠江口盆地西部通过雷州半岛南部,首次淹没了北部湾盆地,沉积了目前公认的海相下中新统下洋组。在南海北缘东北部,早中新世早期至中中新世早期,海水北及澎湖台地^[9],使其一度结束了自古新世以来的隆起状态,沉积了以灰色页岩夹砂岩的北港组。北港组厚度由澎湖向东逐渐加大,并含有超微化石 NN2—NN6 带分子^[7]。它是目前台湾西海岸主要油气勘探的目的层之一。

中中新世中晚期,由于与全球海平面下降有关的地壳运动,致使东沙隆起等整体上升,再次成为强烈剥蚀的陆源供给区。珠江口盆地 Serravallian 阶和部分 Tortonian 阶具有较特征的海退标志^[10]。韩江组发育的加积式三角洲前缘相沉积,较大范围内超微化石 NN9—NN10 带发育不全或缺失,以及有孔虫 N15 带缺失都是海退的有力佐证。在琼东南盆地北坡,相当于含超微化石 NN6—NN11 带下部的地层,可能存在较大范围的缺失。梅山组和黄流组在该区可能是两个仅代表部分中中新统和上中新统的地层单位。在台湾南部,徐兆祥根据地表和井下地质构造研究,证实中中新世地壳运动对该区油气储集有密切关系^[11]。

钙质超微化石 *Braarudosphaera bigelowi* 适应于浅水生活环境。H. Stradner 在研究维也纳盆地超微化石时发现, *B. bigelowi* 的个体大小与海水盐度有关^[12]。海水盐度大,个体较大,反之个体就小。 *B. bigelowi* 在珠江口盆地中中新统韩江组中部较为常见,其个体一般为 6—8 μm 。但在盆地西部韩江组中,该种一般个体较大,其中最大者可达 16 μm 。这表明珠江口盆地西部,中中新世可能存在远离淡水补给的高盐度水域环境(海湾?)。

晚中新世中期,南海北部海侵的规模和范围再度扩大。在台湾南部台南—恒春之间,含 *Discoaster quinqueramus* 带 (NN11) 的上中新统分布广泛^[13]; 在珠江口盆地,含 NN11 带超微化石和有孔虫 *Ammonia altispira*—*Globigerina nepenthes* 组合的开阔浅海岸线可北达 Z1 和 Z4 井(图3下)。东沙和神狐等隆起,此时均受海侵波及并接受沉积。

在北部湾盆地雷州半岛及海南地区,晚中新世海水绕道海南隆起西侧进入北部湾盆地,它与早期由东而来的海水相连成片,并向北直抵湛江以北。晚中新世海侵淹没了西沙群岛。据王崇友对西永—井研究^[14],晚中新世软白垩和镁质软白垩沉积中含超微化石 *Amaurolithus delicatus* 和 *Discoaster surculus*, 其层位不应低于 NN11 带。它与下伏产 *Miogypsina* spp. 碎屑灰岩-藻灰岩,推测为超覆接触关系。

晚中新世海侵虽略有波动,但一直持续到晚上新世早期(相当于 NN16 带)。这一期间,南海北部属开阔型海相环境,包括浅海至半深海。在台南盆地,以暗色泥岩和页岩为主的云水溪层,含较多的 *Ceratolithus*, *Amaurolithus* 和 *Discoaster* 分子,其沉积环境可能属外陆架浅海。在琼东南盆地,早上新世有孔虫化石群中,浮游型的数量普遍增多,并伴生一系列深水底栖型化石,如: *Pullenia bulloides*, *Gyrodina orbicularis*, *Martiniotiella communis* 等,其环境可能为外陆架至上陆坡范围。在珠江口盆地或北部湾盆地,无论超微化石丰度或有孔虫组合中,底栖型与浮游型属种与数量之比,都表明其沉积环境属正常浅海—上陆坡。

上新世晚期,南海北部普遍海退,导致澎湖、东沙和神狐等隆起区再次暴露水面成为物源区。北部湾和珠江口盆地北坡滨海相沉积面积扩大。在 Z1 至 Z7 井,相当于 Piacenzian 阶的万山组上部,有孔虫或缺失,或浅水底栖组合以夹层出现。超微化石 NN17—NN18 带偶见或缺失。但在莺歌海和台南盆地,上上新统与第四系海相沉积连续性较好。推测在珠江口盆地南部也应类似。上新世晚期海退一直持续到更新世早期,除海相沉积外,在南海北部陆缘近岸区或古老隆起区可能还发育着海陆交替相沉积^[15],甚至不能完全排除局部存在陆相沉积。

三、古气候概况

众所周知,浮游动植物的组合特点与分布格式与水温 and 气候密切相关。应用钙质超微化石组分推测古海水相对温度,通常有两种方法。1. 根据组合中冷、暖水属种的相对优势推测水温性质; 2. 应用同一样品中 *Discoaster* 与某些双盘类(例 *Chiasmolithus*, *Coccolithus*) 的比例(一般数 100—300 粒)推测水温冷暖。

除台湾西海岸及其近邻海区外,南海北部海相上渐新统中暖水种 *Sphenolithus cipoensis* 和 *Sphenolithus distentus* 在数量上都比较少,而凉水种 *Coccolithus pelagicus* 在每个样品中相对比例较高,说明当时水温偏凉。这种凉水环境一直持续到早中新世早期。该期除了海退引起的 Agutianian 阶岩性变化和缺失(?)外,超微化石盘星石类仅发育了凉水型种 *Discoaster deflandrei* 可以佐证。

自早中新世 Burdigalian 期至中中新世 Langhian 期 (22—14Ma), 南海北部水温普遍升高,气候转暖,反映暖水环境的超微化石 *Sphenolithus heteromorphus*, *Sphenolithus belemnus* 和 *Sphenolithus* spp. 在这一时期分布广,数量也较丰富。加之碳酸盐岩-生物礁的发育,指示当时区内水温一般偏高。据 E. M. Kempe^[16] 资料,在塔斯马尼亚海,早中新世海水普遍升温 3℃; 它是南澳大利亚主要海侵期。

中中新世晚期至晚中新世早期,区内总的特点是偏凉,但波动较大。从珠江口盆地至北部湾盆地, NN6—NN10 带的每个样品中凉水种 *Coccolithus pelagicus* 占的比例明

显较高。另一个有趣的现象是反映暖水环境的 *Helicosphaera* 属,其个体在这套地层中都十分小(3—5 μm)。且丰富,层位稳定。这种暖水型属种个体大小的异化是否与水温变化有关尚待研究。

自晚中新世(NN11带)至晚上新世(NN16带),超微化石暖水型分子数量较为丰富,例如 *Discoaster quinqueramus* 或其先驱种 *Discoaster berggrenii* 以及其它的 *Discoaster*, *Ceratolithus*, *Helicosphaera* 和 *Scyphosphaera* 等。化石组合反映了较温暖环境,但 NN13—NN14 带在区内一般区分较难,不排除 4.7—4.0Ma 水温存在偏凉变化的影响。

上述认识与雷作淇基于孢粉组合分析得出的珠江口盆地中、晚第三纪古气候分期十分接近^[17]。

参 考 文 献

- [1] 李德生,薛叔浩,1983,中国东部新生代盆地与油气关系。地质学报,第57卷,第3期,第224—234页。
- [2] 冯志强,曾维军,1982,珠江口盆地的构造演化与南海之形成。地质学报,第56卷,第3期,第212—221页。
- [3] 中华人民共和国石油勘探公司南海分公司等,1981,南海北部大陆架第三系。广东科技出版社。
- [4] Martini, E., 1971, Standard Tertiary and Quaternary calcareous nannoplankton zonation. In: A. Farinacci (ed.), Proceedings II Planktonic Conference, Roma, 1970, 2, 739—85.
- [5] 段威武,1985,珠江口盆地上第三系钙质超微化石。古生物学报,第24卷,第1期,第94—110页。
- [6] Vail, P. R., Mitchum, R. M. Jr., and Thompson, S. III, 1977, Seismic stratigraphy and global changes of sea level, part 4; global cycles of relative changes of sea level. Seismic stratigraphy-applications to hydrocarbon exploration. AAPG Memoir, No. 26, pp.83—97.
- [7] Huang, T. C., 1982, Tertiary calcareous nannofossil stratigraphy and sedimentation cycles in Taiwan. Proc. 2nd. ASCOPE Conf. Exhib., Oct., 1981, Malina. Tech. Progr. Commit., ASCOPE, '81', Malina pp. 873—886.
- [8] Müller, C., 1983, Climatic evolution during the Neogene and Quaternary by marine microfossil assemblages. Palaeobiologic Continentalw, Vol. 14, No.2, pp. 359—369.
- [9] Sun, S. C., 1982, The Tertiary basin of offshore Taiwan. Proc. 2nd ASCOPE Conf. Exhib. 1981, Malina. Tech. Progr., Commit., ASCOPE '81', Malina pp. 125—135.
- [10] 段威武,雷作淇,1984,珠江口盆地第三纪地层。石油与天然气地质,第5卷,第2期,第102—112页。
- [11] 徐兆祥,1979,台湾南部中新世中期地壳变动和油气之储聚关系。台湾石油季刊,第15卷,第2期,第75—80页。
- [12] Rede, J., 1970, Otway Basin, Australia: use of calcareous nannoplankton and palynology to determine depositional environment. AAPG Vol. 54, No.11, pp. 2196—2199.
- [13] 纪文荣,1984,台湾中南部山麓带及东部海岸山脉之超微化石生物地层及其对比。台湾石油季刊,第19卷,第4期,第2—15页。
- [14] 王崇友,1985,西沙群岛晚第三纪超微化石及其地质意义。中国地质科学院地质研究所所刊,第11号,第81—100页。
- [15] 秦国权,1985,珠江口盆地北坡新生代有孔虫及其沉积环境初探。微古生物学报,第2卷,第2期,第107—115页。
- [16] Kemp, E. M., 1978, Tertiary climatic evolution and vegetation history in the southeast India Ocean region. Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol., Vol. 41, No.2, p. 169—208.
- [17] 雷作淇,1985,珠江口盆地第三纪孢粉组合及其意义。植物学报,第27卷,第1期,第94—105页。

MIDDLE AND LATE TERTIARY PALAEOGEOGRAPHY AND PALAEOENVIRONMENTS ON THE NORTHERN CON- TINENTAL MARGIN OF THE SOUTH CHINA SEA

Duan Weiwu and Huang Yongyang

(South China Sea Geological Investigation Headquarters, MGMR, Guangzhou)

Abstract

On the basis of the results of an analysis of calcareous nannofossils combined with other microfossil data and secondary depositional breaks, the authors put forward their opinions about the criteria of division and comparison of the middle and late Tertiary marine sediments on the northern continental margin of the South China Sea, including the Tainan basin, Pearl River Mouth basin, Southeastern Hainan basin and Beibu Gulf basin. Appreciable changes have taken place in the palaeogeographical framework and depositional environments in northern South China Sea since the late Oligocene as compared with the early Tertiary. Exploration has revealed that the upper Oligocene to Pliocene strata in the whole area consist essentially of marine sediments except in the Beibu Gulf basin. They comprise littoral, neritic and deltaic sediments and carbonate reefy limestone. The seawater advanced from southeast to northwest. The culmination of the marine transgression occurred at times respectively coinciding with the stages of deposition of nannofossil zones NN4—NN5, NN11 and NN13—NN15. The three stages were separated by two depositional breaks. The late Late Pliocene regression continued till the early Pleistocene, when, in addition to marine deposits there might also be paralic deposit near the coasts and on some uplifts. Finally this paper presents a brief account of the middle and late Tertiary climate in the area.

作 者 简 介

段威武,生于1937年,1961年毕业于长春地质学院地质系。曾从事松辽盆地和四川盆地中、新生代生物地层工作。现任广州海洋地质调查局,高级工程师。