

南海东沙隆起早中新世生物礁中的大有孔虫

何 炎

(中国科学院南京地质古生物研究所, 南京 210008)

胡平忠

(中国海洋石油总公司南海东部石油公司勘探开发研究所, 广州 510260)

内 容 提 要

珠江口盆地东沙隆起5个钻孔岩芯的大有孔虫的时代为早中新世, 其中E1井及E2井为Aquitania期; E4井、E5井及E6井为Burdigalian期。讨论了生物礁类型, 大有孔虫的组合时代、对比、沉积环境等。

关键词 南海 东沙隆起 早中新世 大有孔虫 生物礁

东沙隆起位于珠江口盆地东南部, 是一个二级构造单元, 它的北部为珠一坳陷, 西侧隔番禺低隆起与神狐暗沙隆起相望, 南面与珠二坳陷及潮汕坳陷相邻, 其东端渐抬高而与盆地外的北港澎湖隆起区相接(插图1), 面积大于30 000 km²。本区下第三系为火山喷发岩及海陆交互相沉积; 上第三系则为海相沉积, 总厚度约3 000 m。中新世早期至中期沉积中包含有碳酸盐岩及生物礁, 是形成礁滩型油气藏的重要场所。

自1984年以来, 中国海洋石油总公司南海东部石油公司与外国石油公司合作在该地区对晚第三纪生物礁进行油气勘探, 已获得可喜的成果, 并在其中找到我国至今唯一的大型生物礁油藏。在这些勘探钻孔的生物礁灰岩中含有丰富的早中新世大有孔虫。研究这些大有孔虫, 对解决成礁地层时代、地层对比以及指导生物礁油气藏勘探等都有着重要的意义。

早中新世大有孔虫在印度洋、西太平洋地区分布广泛。南海北部过去仅知莺歌海盆地及西沙群岛钻孔中曾发现早中新世晚期波尔多期(Burdigalian)大有孔虫。这次, 我们研究了珠江口盆地5口钻孔的81个碳酸盐岩样品, 磨制薄片220余块, 在3口钻孔中获得早中新世晚期波尔多期大有孔虫, 在另外2口钻孔中则发现早中新世早期阿启坦期(Aquitania)的大有孔虫分子, 后者在南海北部大陆架还是第一次发现。

研究工作中得到南海东部石油公司及南京地质古生物所有关方面的大力支持, 得到南海东部石油公司生物礁组及地层组的热心协助, 王金中、李家敏、肖翠玉、陆肖容、庞雄等提供了单井微相资料, 邓苗代为打制表格, 王文武等磨制薄片, 陈周庆摄制图片, 任玉皋、陈锦云清绘图件及植字, 笔者深表谢忱。

一、大有孔虫群落的地理分区及字母分层位置

晚第三纪大有孔虫分布于现今低纬度及中纬度地区, 可分为3个生物地理区, 即地中海

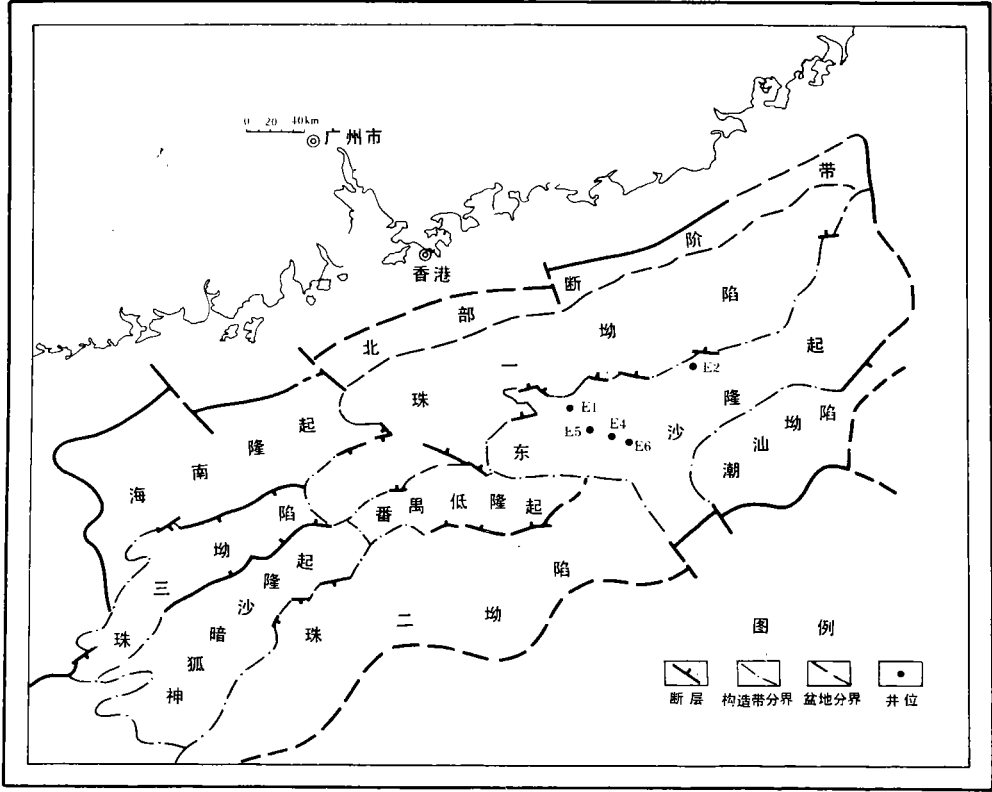


插图 1 东沙隆起采样钻井位置图
Localities of sampling drilling wells from Dongsha Massif

区,中美区,印度洋-西太平洋区。本文研究的有孔虫群落即属于后一分区,早中新世早期和晚期的组成分子与分布范围也有差异。

早期(阿启坦期) 大有孔虫在西太平洋分布于北到琉球群岛以东的日本大东群岛,南到新西兰,西至印度洋。在我国见于台湾。

晚期(波尔多期) 大有孔虫的分布范围北达日本本土,其它大致与早期相同。我国见于台湾、西沙群岛、南海北部莺歌海。

波尔多期的大有孔虫群落在日本及南海一带分布均较阿启坦期的广泛,阿启坦期的只到北纬 26°附近的大东群岛,波尔多期的则分布到日本本州(北纬 39°)附近的汤泽,说明波尔多期在南海至日本气温及水深等条件较前一时期更适于生物礁的形成。

关于字母分层在东南亚地区第三纪地层的划分中应用已久,尤其在晚第三纪地层中应用更广。Vlerk 及 Umbgrove(1927)首创以大有孔虫的首现和终现的基准面划分第三系,是字母分层之始。经过 Vlerk 及 Adams 等的研究修正,字母分层仍延用于亚太地区。本文研究的早中新世大有孔虫应属于分层的 Te5 和 Tf1 的早期两个时期。Te5 相当于阿启坦期或浮游有孔虫的 N4b 及 N5 带。Tf1 相当于早中新世晚期波尔多期及中中新世早期伦欣期(Langhian)两部分。波尔多期相当于浮游有孔虫 N6—N7 带,伦欣期相当于 N8—N9 带。Te5 的下限为 *Miogypsina* 的首现面,Te5 的上限为 *Spiroclypeus* 的终现面。Tf1 中的早中新

世界线以 *Miogypsinoides*, *Austrotrillina* 的终现面为界。在本文中也是应用以上的基准面来划分地层时代的。

二、地 层

据钻孔揭露,东沙隆起区渐新统以上可划分为:渐新统——珠海组;中新统分为 3 个组:下中新统——珠江组;中新统——韩江组,上中新统——粤海组;上新统——万山组。第四系未命名。现仅对下中新统珠江组叙述如下:

下部(相当字母分层 Te5,国际分层阿启坦阶):下部灰色砂层夹泥岩,上部为厚层状灰岩,灰岩属浅海碳酸盐台地沉积,生物礁及生物滩发育,灰岩厚 37—155.5m。产大有孔虫 *Spiroclypeus higginsi* Cole, *Miogypsinoides formosensis* (Yabe and Hanzawa)群集或 *Eulepidina badjirraensis* Crespin 等。

上部(相当字母分层 Tf1 的下部,国际分层波尔多阶):以厚层灰岩为主,台地相沉积,生物礁及生物滩发育。生物礁由珊瑚藻粘结灰岩、珊瑚-珊瑚藻粘结灰岩,生屑泥粒灰岩或生屑粒泥灰岩组成;生物滩由有孔虫颗粒灰岩及生屑泥粒灰岩组成,厚度及横向变化均大。顶部为灰绿色或灰色泥岩。灰岩厚 307.5—562.5m。产大有孔虫 *Nephrolepidina*, *Miogypsina*, *Cycloclypeus* 等。

下中新统在此区厚达 800m 以上,与下伏渐新统珠海组呈不整合或假整合接触。

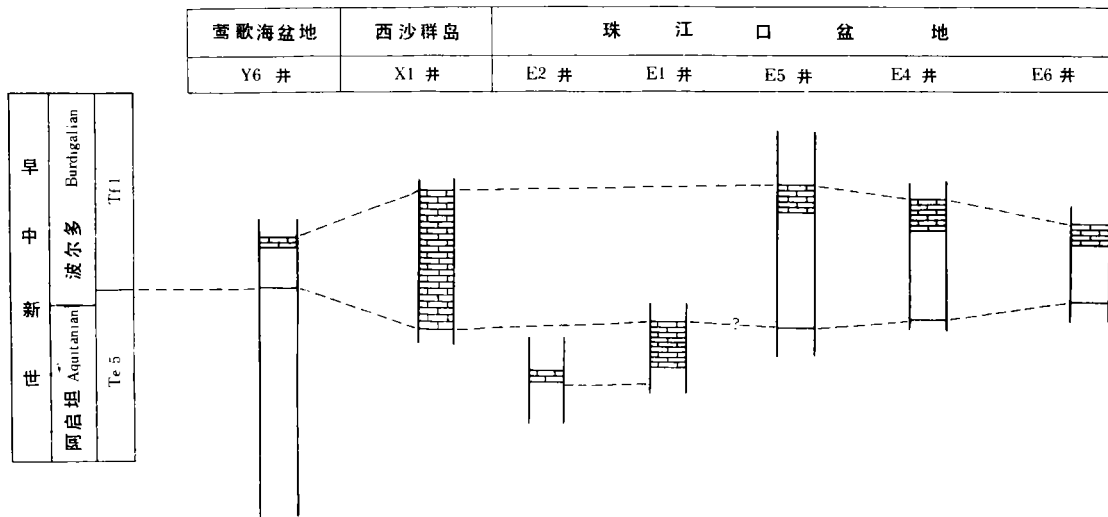


插图 2 南海北部大陆架早中新世含大有孔虫灰岩对比图
Correlation of Early Miocene larger foraminifera limestones, in the northern shelf of South China Sea

三、生物礁的形成机理及特征

珠江口盆地晚渐新世以来由于南海海盆两次扩张,海水进入盆地的坳陷区,超覆于下第

三系或较早地层之上,进而淹没隆起区,东沙隆起也成为水下高地,为生物礁的发育提供了有利的条件。早中新世由于海岸线和古珠江三角洲比现今北移,水下高地远离陆源碎屑及淡水影响区,在古地理上也利于生物礁的形成。最重要的是早中新世气候由冷转暖,气候条件适宜于生物礁的发育。丰富的大有孔虫标志温暖的浅海环境。特别是壳状有孔虫,它们生活于温暖的礁区,并参与组成生物礁。其他生物在这一时期也增加了喜暖分子,如珊瑚、暖水型珊瑚藻、苔藓虫、红树林等。

从地球物理资料及钻孔揭示表明,当前我们研究的生物礁属于不同的类型:E1 井钻遇塔礁,E2 井钻遇补丁礁(点礁),E4 井钻遇块礁,E5 井钻遇台地边缘礁,E6 井钻遇礁后潟湖相沉积(间夹生物滩相沉积)。造礁生物以珊瑚藻类为主,次为海绵、珊瑚、苔藓虫,还有一些壳状有孔虫。附礁生物有大有孔虫、棘皮类、腹足类、双壳类、介形类、绿藻等。

生物礁及生物滩在发育过程中常暴露于水面,受淡水淋滤溶蚀而形成次生溶孔及溶缝,使其成为良好的油气储集层,该区至今发现的礁滩型油藏均为次生孔隙型,而有孔虫滩储集性能是最优越的。

表 I E1 井有孔虫分布表
Distribution of foraminifera in Well-E1

编 号 深度 (m) 名 称	2	4	6	8	9	10	11	12	15	16	17	18	19	20
	2000	2007	2011	2015	2017	2019	2022	2023	2028	2029	2031	2032	2100	2102
<i>Amphistegina</i> spp.	○	○		○			○	●				○	○	●
<i>Miogypsina globulina</i>	○			○				○					○	
<i>M.</i> sp.			△	●		○	○	●	○	●		△	●	
<i>Miogypsinooides bantamensis</i>		○										○		
<i>Nephrolepidina</i> sp.		○	○	○	○	○	○		○	○		○	○	○
<i>Eulepidina badjirraensis</i>								△						●
<i>Cycloclypeus</i> sp.	○							○						○
<i>Sphaerogypsina globulus</i>	○	○	○											
Globbigerinidae	○		○											

大量● 中等量○ 少量△

四、有孔虫组合时代及对比

E1 井

有孔虫分布如表 I 所示,以 *Eulepidina*, *Miogypsina*, *Miogypsinooides*, *Amphistegina* 等为主。*Miogypsina* 数量最丰,其中 *M. globulina* (Michelotti)分布于意大利下中新统,也见于日本、南中国海北部莺歌海下中新统上部波尔多阶。*Eulepidina badjirraensis* Crespín 曾

见于西澳大利亚及密克罗尼西亚群岛的塞班岛下中新统下部阿启坦阶。*Miogypsinoides bantamensis* Tan 分布于印度尼西亚、日本北大东岛、塞班岛下中新统下部阿启坦阶,喀麦隆下中新统。由于后两种都是西太平洋地区阿启坦阶,即字母分层 Te5 的重要分子,因此这一组合的时代也应相同。

E2 井

有孔虫分布如表Ⅱ所示。重要分子为 *Spiroclypeus higginsi* Cole, *Miogypsinoides formosensis* (Yabe and Hanzawa), *M. bantamensis* Tan, *Nephrolepidina morgani* (Lemaine and Douville)。 *Spiroclypeus higginsi* 首次见于南海北部。它曾分布于密克罗尼西亚的关岛及塞班岛、马绍尔群岛、所罗门群岛下中新统下部阿启坦阶,菲律宾渐新统。*Miogypsinoides formosensis* 见于台湾、关岛、塞班岛的下中新统。*M. bantamensis* 如前所述,其时代为阿启坦期。

表Ⅱ E2 井有孔虫分布表
Distribution of foraminifera in Well-E2

编 号 深 度 名 称 (m)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
	1833	1834	1835	1838	1840	1842	1844	1850	1851	1852	1853	1854	1854.6	1855	1856.7	1857	1859	1861	1862	1863
<i>Nepherolepidina parva</i>	○				○		○							○		○		○		○
<i>N. verbeeki</i>			○				○									△				
<i>N. sumatrensis</i>			○			○			○				○	○						
<i>N. morgani</i>				●								●								
<i>N. sp.</i>	△		●		●	●	○	○	○	○	○		△	●	△			○		
<i>Miogypsinoides bantamensis</i>				○	○		●		○				○	○	○		○		○	○
<i>M. formosensis</i>			○	△	○		●						●	●	●	●	△		○	
<i>M. sp.</i>	○							○	○	○	△	●								
<i>Spiroclypeus higginsi</i>		○			○									○	○			○		
<i>Miogypsina sp.</i>	○	○	○	○								○	○							
Globigerinidae	○																			
<i>Homotrema?</i> sp.			○			○				○			○	○	○			○		
<i>Gypsina plana</i>	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○		○	○			○				
<i>G. cf. mastelensis</i>					○															
<i>Borodinia septentrionalis</i>			○	○		○		○			○									
<i>Fabiania?</i> sp.																			○	

大量● 中等量△ 少量○

Nephrolepidina 属出现数种,代表种为 *N. morgani*,其胚壳特征为肾形次室微包蔽初室,其包容度 Factor A 为 37.5%,初室与次室高度比的标志率 *Ie* 为 133。此种分布在印度洋-西太平洋的印度尼西亚、塞班岛、马达加斯加的下中新统,亦见于地中海区的渐新统。从测试的胚壳数据看,在此处的时代应为阿启坦期。*N. parva* (Oppenoorth)分布于印度尼西亚、塞班岛、马绍尔群岛、所罗门群岛下中新统下部 *N. verbeeki* (Newton and Holland), *N. sumatrensis* (Brady)是西太平洋地区的常见种,曾见于莺歌海盆地下中新统上部。

Miogypsina sp. 出现于此也极具时代意义,一般认为在西太平洋-印度洋地区它最早出现于 Te5 之底。

壳状有孔虫在此处较丰富,最常见的为 *Gypsina plana* (Carter),它分布于澳大利亚至日本的西太平洋地区下中新统以上礁灰岩中。*Borodinia septentrionalis* Hanzawa 分布于日本北大东岛及密克罗尼西亚群岛下中新统下部阿启坦阶。

由于 *Spiroclypeus* 与 *Miogypsina* 共同出现于这一组合,这段地层的时代应为早中新世早期。

表 III E4 井有孔虫分布表
Distribution of foraminifera in Well-E4

深度 名称	编 号																				
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
(m)	1225.9	1226	1227	1228	1228.2	1234	1237	1241	1243	1246	1249	1252	1254	1258	1266	1267	1270	1272	1274	1288	1291
<i>Nephrolepidina sumatrensis</i>									○				○						○	●	○
<i>N. brouweri</i>							○	△		○							○				○
<i>N. verbeeki</i>																		○	○		
<i>N. spp.</i>	○					○			○	○					○	○		○	●	○	
<i>Miogypsina globulina</i>												○	●	●	○					●	○
<i>M. cf. kotoi</i>						○		○	○	○					○						
<i>M. spp.</i>	○		○		○	△	○		○	●		●	○		●	○	○	○			
<i>Austrotrillina cf. howchini</i>										○		○		○			○				
<i>Cycloclypeus indopacificus</i>			○									○	○						○		
<i>C. sp.</i>		○								○		○							○		
<i>Amphistegina</i> sp.	△	○		△	○	○		△	○	△	○	○	○	○	△		○	○	○	△	○
<i>Marginopora</i> sp.							○	○						○		○	○				○
<i>Miolepidocyclina</i> sp.													○								
<i>Miniacina</i> sp.							○		○				○		○	○			○	○	○
<i>Gypsina plana</i>	○	○	○	○	○	○		○	○	○		○		○		○		○			○
<i>C. cf. mastelensis</i>		○																			
<i>Aceverlina</i> sp.							○			○		○								○	
<i>Homotrema?</i> sp.																				○	
Miliolidae														○		○					○

大量● 中等量△ 少量○

以上两钻孔的大有孔虫组合中具有特征的早中新世早期分子,与西太平洋地区阿启坦期组合具有许多共同分子。因此,本区含大有孔虫层段与西太平洋地区的 Te5 地层大致相当。

E4 井

有孔虫分布如表Ⅲ所示。其中 *Austrotrillina* 在西太平洋-印度洋地区主要分布在下中新统。*A. howchini* (Schlumberger)在西太平洋分布广泛,时代为早中新世,曾见于莺歌海盆地地下中新统上部。*Cycloclypeus indopacificus* Tan 分布于印度尼西亚、菲律宾、台湾等的下中新统。*Miogypsina kotoi* Hanzawa 分布于日本、印度尼西亚、菲律宾下中新统上部波尔多阶。*Nephrolepidina brouweri* Rutten 分布于印度尼西亚、塞班岛下中新统、菲律宾上渐新统。*N. verbeeki* 如前所述,曾见于莺歌海盆地地下中新统上部。壳状有孔虫 *Gypsina plana* 在此区分布较广,还有一些 *Miniacina* sp., 时代均不早于早中新世。

E5 井

有孔虫分布如表Ⅳ所示。此井中所见有孔虫以 *Miogypsina* 及 *Nephrolepidina* 为主, *Amphistegina* 也较常见,一般为本区及莺歌海盆地早中新世晚期的常见种类。此处的 *Miogypsina polymorpha* (Rutten)曾见于日本、菲律宾、印度尼西亚、所罗门群岛、摩洛哥、印度、斐济及莺歌海盆地,大部见于早中新世晚期沉积中。壳状有孔虫出现少量 *Gypsina plana* (Carter)及固着的 *Sporadotrema*? sp., 是礁灰岩中的常见类型。

表Ⅳ E5 井有孔虫分布表
Distribution of foraminifera in Well-E5

编 号 深度 (m) 名 称	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
	1244	1257	1260	1266	1273	1275	1285	1281	1292	1295	1313	1315	1323
<i>Cycloclypeus indopacificus</i>			○										
<i>Cycloclypeus</i> sp.					○			○					
<i>Amphistegina</i> sp.	○					○	○	○	○	○		○	○
<i>Sporadotrema</i> ? sp.						○							
Globigerinidae		○		○	●	○	○	○		○			○
<i>Miogypsina globulina</i>	○												△
<i>M. polymorpha</i>	○					○					○		
<i>M. cf. kotoi</i>	○												
<i>M. sp.</i>	△			○		△	○	○		○		○	○
<i>Nephrolepidina sumatrensis</i>				○			○	○		○	○		○
<i>N. sp.</i>			○	○	△		○			○		○	
<i>Gypsina plana</i>							○		?				○
Miliolidae							○	○	○		○		○
<i>Miniacina</i> sp.							○						○

大量● 中等量△ 少量○

E6 井

Cyclocypeus indopacificus Tan 在本区常见,为优势种。这个种普遍见于波尔多期。*Nephrolepidina angulosa* (Provale)分布于日本、菲律宾、印度尼西亚、斐济、塞班岛、澳大利亚等的下中新统至中中新统,也有少数见于渐新统。莺歌海盆地下中新统上部此种曾大量出现。*Nephrolepidina* 属的其它各种及 *Miogypsina* 均见于上述钻孔。从总体面貌看,这一组合的时代应属早中新世晚期。

以上 3 口钻孔的大有孔虫组合和日本以南的西太平洋地区波尔多期大有孔虫组合极为相似或接近,有许多共同的种类。这 3 口钻孔的含大有孔虫层与西太平洋区波尔多期地层均可以对比,南海北部莺歌海及西沙群岛也有这一时期的沉积(插图 2)。

表 V E6 井有孔虫分布表
Distribution of foraminifera in Well-E6

编 号 深 度 (m) 名 称	1	2	3	4	5	6	7
	1221	1227	1236	1231	1249	1252	1265
<i>Cyclocypeus indopacificus</i>	△	△	△		○		○
<i>C. sp.</i>		△	△	○	○		○
<i>Miogypsina cf. kotoi</i>		○		○	○		
<i>M. sp.</i>	○	○	○	△	○	○	
<i>Sporadotrema cylindricum</i>		○					
<i>Amphistegina</i> spp.	○	△	△	●	○	○	
<i>Nephrolepidina angulosa</i>		○					
<i>N. brouweri</i>		○			○		
<i>N. sumatrensis</i>		○		○	○		○
<i>N. spp.</i>	○	○	○	○	○	○	○
Miliolidae	○	○	○	○	△		
<i>Sphaerogypsina globulus</i>		○			○		
<i>Gypsina plana</i>				○	○		
<i>Homotrema?</i> sp.					○		
Globigerinidae	○	○		○	○	○	●

大量● 中等量△ 少量○

五、沉积环境探讨

该区生物礁的主要生物有珊瑚藻、珊瑚、有孔虫、苔藓虫、海绵等。有孔虫常和珊瑚藻在一起,特别是壳状珊瑚藻。此种藻类是太平洋生物礁中重要造礁生物,常生活于硬基底上,胶结松散颗粒成礁,有孔虫壳也常被胶结。此外,壳状有孔虫也常附着于珊瑚藻上,有时与之互层生长。

微相分析也可说明沉积环境。据 Flügel(1982)的相带分析,不同的碳酸盐微相代表一定的沉积相带。我们将各钻孔研究层段的微相分析及有孔虫反映的古环境特点叙述于下。

E1 井

微相可综合为(自上而下):

- 1)珊瑚藻粘结灰岩,顶部为泥粒灰岩,厚 15m。
- 2)珊瑚藻-珊瑚粒泥灰岩,厚 3m。
- 3)珊瑚藻泥粒灰岩,厚 5m。
- 4)珊瑚藻-珊瑚粘结灰岩,下部多珊瑚,厚 12m。
- 5)珊瑚藻粘结灰岩,厚 40m。
- 6)有孔虫-珊瑚藻粘结灰岩,厚 57m。
- 7)珊瑚藻-有孔虫泥粒灰岩,厚 13m。

粘结灰岩为生物礁相,常是生物构架,见于礁核部位,泥粒灰岩具有许多生物碎屑的是礁翼沉积。

下部,大有孔虫以 *Eulepidina* 丰度较高,这类大而扁的圆盘形种类生活于礁前较深水处。薄壳的 *Amphistegina* 也较多,它一般生活于礁前中等水深的斜坡部位(Forman and Schlanger, 1957)。

中部,*Miogypsina* 较丰富,*M. globulina* 生活于高能、浅水环境,共生的珊瑚也较发育。

上部,大有孔虫较少,出现少量浮游有孔虫,并见附着型腹足类,应为开放浅水区。

E2 井

微相可综合为(自上而下):

- 1)砾屑颗粒灰岩,厚 2m。
- 2)珊瑚藻粘结灰岩,厚 9m。
- 3)有孔虫-珊瑚藻粘结灰岩,厚 2m。
- 4)珊瑚藻粘结灰岩,厚 9m。
- 5)有孔虫-珊瑚藻粘结灰岩,厚 2m。
- 6)生物碎屑颗粒灰岩,厚 4m。

此井岩芯也是以粘结灰岩为主,与前一钻孔同样为生物礁相。颗粒灰岩具有礁居生物的碎屑,属礁翼沉积。

此处的大有孔虫在下部以 *Miogypsinoidea* 占优势,常见 *Nephrolepidina*,并富礁屑。*Miogypsinoidea* 壳体较厚,*Nephrolepidina* 小柱发育。从这些特征看此区当时应为高能浅水环境。

上部以 *Nephrolepidina* 占优势,多壳状有孔虫,壳状生物增多反映近礁核的礁前区。

E4 井

微相可综合为(自上而下):

- 1)珊瑚藻粘结灰岩,厚 14m。
- 2)生物碎屑泥粒灰岩,厚 3m。
- 3)珊瑚藻-珊瑚泥粒灰岩,厚 4m。
- 4)有孔虫泥粒灰岩,厚 7m。
- 5)珊瑚粘结灰岩,厚 1m。
- 6)生物碎屑泥粒灰岩,厚 2m。
- 7)珊瑚藻粘结灰岩及珊瑚粘结灰岩,厚 7m。
- 8)珊瑚藻屑-有孔虫颗粒灰岩,厚 24m。

从微相看以生物礁相的粘结灰岩为主,其次为有许多礁屑的高能沉积泥粒灰岩。

下部的大有孔虫以 *Miogypsina* 及 *Nephrolepidina* 为主,这是一个浅水型常与珊瑚藻共生的群落。*Nephrolepidina brouweri* (Rutten)壳体中央具有粗的小柱,这种构造可增强抵御水动力的能力。厚壳的 *Amphistegina* 个体较多,它的圆凸度(壳厚与直径之比)在 0.5—0.55,这种比率属水流动荡的礁坪类型,水深一般在 20m 以内(Hallock, 1979)。

下部有孔虫较上部丰富,还有一些瓷状有孔虫 *Marginopora*, *Austrotrillina* 及其他小粟虫类,这些种类是浅水、以礁后居多的广盐度类型,可适应于盐度变化的环境。

壳状有孔虫分布普遍,它们是固着于礁区的类型,水深不超过 30m。

E5 井

微相归纳如下(自上而下):

- 1)珊瑚藻粘结灰岩,厚 2m。
- 2)苔藓虫及珊瑚藻粘结灰岩,厚 2m。
- 3)珊瑚藻-珊瑚粘结灰岩,厚 1m。
- 4)珊瑚藻颗粒灰岩及粘结灰岩,厚 9m。
- 5)有孔虫-珊瑚藻颗粒灰岩,厚 3m。
- 6)珊瑚藻-珊瑚粘结灰岩,厚 7m。
- 7)生屑颗粒灰岩夹粘结灰岩,厚 2m。

此井段仍以生物礁相的粘结灰岩为主,其次为生物碎屑及有孔虫丰富的颗粒灰岩,它们是近礁产物。

大有孔虫以 *Miogypsina*, *Nephrolepidina* 为主,出现少量 *Cycloclypeus*,浮游有孔虫常出现,在有的层位数量增多,反映了与广海连通的环境,水深在 50m 以内。

E6 井

微相可归纳为(自上而下):

- 1)有孔虫-珊瑚藻屑泥粒灰岩夹颗粒灰岩,厚 3m。
- 2)珊瑚藻屑-有孔虫泥粒灰岩,厚 8m。
- 3)有孔虫-珊瑚藻屑泥粒灰岩,厚 15m。
- 4)有孔虫泥粒灰岩,厚 7m。

5)珊瑚藻屑-有孔虫泥粒灰岩,厚 2m。

这一井段以含有孔虫泥粒灰岩为主,岩芯中还发现纹层构造及垂直虫孔。这种岩石构造属礁后潟湖环境。

从有孔虫看,以 *Cyclocypeus* 占优势,这类大有孔虫所反映的水体较深。但从含有较多圆凸度较高的 *Amphistegina* 来看,当属高能浅水类型。由于大有孔虫常破碎,珊瑚藻呈碎屑状,说明是受水动力冲击、搬运的结果。沉积中还常见瓷状小粟虫类及浮游有孔虫,说明这是具有通道与外海相连的礁后潟湖。浮游有孔虫的大量出现,表明水体变深,礁体在此区消亡。

六、属种描述

南三房虫科 *Austrotrillinidae* Loeblich et Tappan, 1986

南三房虫属 *Genus Austrotrillina* Parr, 1942

典型南三房虫(比较种) *Austrotrillina cf. howchini* (Schlumberger)

(图版 I, 图 1, 2)

1893 *Trillina howchini* Schlumberger, p. 119, 123, text-figs. 1, 2, pl. 3, fig. 6.

1968 *Austrotrillina howchini*, Adams, p. 86, pl. 2, figs. 1—7; pl. 6, figs. 1—5, 8.

1981 *Austrotrillina howchini*, 《南海北部大陆架第三纪古生物图册》, 115 页, 图版 72, 图 15—21。

壳长 0.8—1.18mm, 壳宽 0.5—0.8mm。

产地层位 E4 井, 珠江组上部。

小丘虫科 *Soritidae* Ehrenberg, 1839

缘孔虫属 *Genus Marginopora* Blainville, 1830

缘孔虫(未定种) *Marginopora* sp.

(图版 I, 图 3)

纵切面: 扁平, 略呈双凹形, 边缘部分膨起, 中心不清楚, 约 14 个壳圈, 可见隔壁分开的两个外层, 壳壁钙质无孔。壳径 1.66mm, 壳厚 0.32mm。

产地层位 E4 井, 珠江组上部。

堆虫科 *Acervulinidae* Schultze, 1954

堆虫属 *Genus Acervulina* Schultze, 1954

模式种 *Acervulina inhaerens* Schultze

壳固着。早期旋绕, 后为被壳式, 固着于基质上。具不规则隆起壳室, 壳壁钙质, 壁孔较粗。

时代分布 中新世至现代, 欧洲、北美、太平洋、印度洋。

堆虫(未定种) *Acervulina* sp.

(图版 I, 图 10)

壳初室近椭圆形, 大, 早期旋绕, 后堆成半球形, 固着于珊瑚藻上, 渐呈不规则壳状分布, 壁孔较细。

产地层位 E4 井,珠江组上部。

钙虫属 Genus *Gypsina* Carter, 1877

梅斯特钙虫(比较种) *Gypsina* cf. *mastelensis* Bursch

(图版 I, 图 5)

壳固着,腹面与固着之基底一致,背面微凸,大部不规则延展,壳室背面凸,有许多细穿孔。

产地层位 E4 井,珠江组上部;E2 井,珠江组下部。

扁平钙虫 *Gypsina plana* (Carter)

(图版 I, 图 4, 6, 7)

1876 *Polytrema planum* Carter, p. 211, pl. 13, figs. 18, 19.

1925 *Gypsina inhaerens*, Yabe and Hanzawa, p. 46, pl. 9, figs. 1, 8, 9; pl. 10, fig. 3.

1954 *Gypsina plana*, Cushman, Todd and Post, p. 373, pl. 93, fig. 1.

1957 *Acervulina inhaerens* var. *plana*, Hanzawa, p. 67, pl. 24, figs. 2a—c.

壳被壳状固着于坚固物体上,薄片状,纵切面壳室呈细长方格状,或顶壁微凸起,不规则散布,壳壁薄,具细穿孔。

产地层位 E2 井,珠江组下部;E4 井, E5 井, E6 井,珠江组上部。

大东虫属 Genus *Borodinia* Hanzawa, 1940

模式种 *Borodinia septentrionalis* Hanzawa

壳固着,由 1 个以上壳状层的壳室组成,连续层间壳室位置常交错,壳壁厚,壁孔粗,隔壁较薄,约为外壁的 1/3 厚。

时代分布 北大东群岛,塞班岛,早中新世早期。

北方大东虫 *Borodinia septentrionalis* Hanzawa

(图版 I, 图 11)

1940 *Borodinia septentrionalis* Hanzawa, p. 790, pl. 42, figs. 10—12.

1957 *Borodinia septentrionalis*, Hanzawa, p. 65, pl. 26, figs. 1—6.

壳固着,壳状,围绕珊瑚藻石呈层状分布的壳室,可见 1—2 层,壳室纵切面近方形,壳壁厚,壁孔粗,隔壁较薄。层高 0.6mm,室宽 0.5mm。

产地层位 E2 井,珠江组下部。

球钙虫属 Genus *Sphaerogypsina* Galloway, 1933

球状球钙虫 *Sphaerogypsina globulus* (Reuss)

(图版 II, 图 9)

1847 *Ceripora globulus* Reuss, p. 33, pl. 5, fig. 7.

1933 *Sphaerogypsina globulus*, Galloway, p. 306, pl. 28, figs. 13, 14.

1957 *Gypsina globulus*, Hanzawa, p. 66, pl. 38, figs. 4, 8, 9.

壳圆球形,切面圆形,具多重壳室层,围绕初室排列,壳室多,隆凸,壳壁钙质,有细孔。壳

径 0.68mm。

产地层位 E6 井,珠江组上部。

匀孔虫科 Homotrematidae Cushman, 1927

小浆果虫属 Genus *Miniacina* Galloway, 1933

模式种 *Millepora miniacea* Pallas

壳固着,壳状或枝状,早期旋绕或草莓状,后为多层片有孔层,层片以空小柱相连,双层壁间有无孔层,壳壁具粗孔。

时代分布 早中新世至现代,热带及亚热带太平洋地区。

小浆果虫(未定种) *Miniacina* sp.

(图版 I, 图 9)

壳固着,切片所见为延展枝状或壳状,壳壁双层片,有许多小柱通过,局部小柱为空心状,壳壁横切面见许多粗孔。

产地层位 E4 井,珠江组上部。

匀孔虫属 Genus *Homotrema* Hickson, 1911

模式种 *Millepora rubra* Lamarck

壳固着,早期不规则螺旋,后期众多壳室形成球状、块状、半球状,分枝状或壳状,壳口大,盖以孔状板。

时代分布 早中新世至现代,世界性暖水中。

匀孔虫(未定种) *Homotrema*? sp.

(图版 I, 图 8; 图版 II, 图 2)

壳固着,块状及壳状,横切面壳室近圆形,网格状排列,纵切面呈不规则层状,壳壁透明,具细孔。

产地层位 E2 井,珠江组下部。

散孔虫属 Genus *Sporadotrema* Hickson, 1911

模式种 *Polytrema cylindricum* Carter

壳固着,早期平旋,后向上成长为圆柱形,顶上分枝,中心有不规则垂直管旋绕向上,壳壁钙质有孔型,外壁粗孔,内壁细孔,壳口位于末端,孔状,轴部有网状茎管。

时代分布 始新世至现代,世界性暖水中。

筒状散孔虫 *Sporadotrema cylindricum* (Carter)

(图版 II, 图 1)

1880 *Polytrema cylindricum* Carter, p. 441, pl. 18, fig. 1.

1911 *Sporadotrema cylindricum*, Hickson, p. 447, pl. 30, figs. 3—7; pl. 31, figs. 10—17; pl. 32, figs. 20, 21, 24—26, 29, 32, 33; text-fig. 1a.

1957 *Sporadotrema cylindricum*, Hanzawa, p. 70, pl. 36, fig. 5; pl. 37, figs. 1—5; pl. 38, figs. 7, 10, 11.

壳固着,成体为圆筒状,切片为斜切面,大致呈圆筒形,隔壁细,弯曲,壳壁厚,内部具细孔,壳表为粗孔。壳宽 1.9mm。

产地层位 E6 井,珠江组上部。

铤铍虫科 *Cymbaloporidae* Cushman, 1927

法比虫属 *Genus Fabiania* A. Silvestri, 1924

模式种 *Patella cassis* Oppenheim

壳大,圆锥形或扁锥形,始端圆,早期具 3 个球形室,其后壳室半环长,环形或层状排列,具水平和垂直隔板,并为次级隔壁分成小的孔穴,壳壁钙质,厚,有细孔。

时代分布 古新世及始新世,欧洲、美洲、印度洋、太平洋地区。

法比虫? (未定种) *Fabiania?* sp.

(图版 I, 图 3)

切片见壳体呈长锥状,初室球形,具纵横隔壁,近顶部细分呈小格状,壳壁具粗孔。壳长 4.4mm,壳厚 2.85mm。

这一标本的壳壁结构比模式种正模标本简单,厚度也较小,放入此属尚有疑问。

产地层位 E2 井,珠江组下部。

双盖虫科 *Amphisteginidae* Cushman, 1927

双盖虫属 *Genus Amphistegina* d'Orbigny, 1826

双盖虫(未定种) *Amphistegina* sp.

(图版 II, 图 4—6)

壳双凸,凸度较高或较低,一般具 4 个壳圈,壳缘尖至锐圆,壳壁厚或薄。壳长 0.8—2.2mm,壳厚 0.5—0.85mm。

产地层位 E4 井, E5 井, E6 井, 珠江组上部; E1 井, 珠江组下部。

鳞环虫科 *Lepidocyclinidae* Scheffen, 1932

肾鳞虫属 *Genus Nephrolepidina* Douville, 1911

角肾鳞虫 *Nephrolepidina angulosa* (Provale)

(图版 III, 图 8, 9)

1909 *Lepidocyclina tournoueri* var. *angulosa* Provale, p. 28, pl. 3, figs. 13—15.

1981 *Nephrolepidina angulosa*, 《南海北部大陆架第三纪古生物图册》, 129 页, 图版 20, 图 6—10; 图版 71, 图 1—3。

壳径 1.5—2mm, 壳厚 0.75—0.8mm。

产地层位 E6 井, 珠江组上部。

苏门答腊肾鳞虫 *Nephrolepidina sumatrensis* (Brady)

(图版 III, 图 10, 11)

1875 *Orbitoides sumatrensis* Brady, p. 536, pl. 14, fig. 3.

1981 *Nephrolepidina sumatrensis*, 《南海北部大陆架第三纪古生物图册》, 129 页, 图版 71, 图 4—6。

壳长 1.7—3mm, 壳厚 1.1—1.7mm。

产地层位 E4 井, E5 井, 珠江组上部。

费贝克肾鳞虫 *Nephrolepidina verbeeki* (Newton and Holland)

(图版 III, 图 6)

1899 *Orbitoides* (*Lepidocyclina*) *verbeeki* Newton and Holland, p. 257, pl. 9, figs. 7—9; pl. 10, fig. 1.

1981 *Nephrolepidina verbeeki*, 《南海北部大陆架第三纪古生物图册》, 129 页, 图版 70, 图 1—5。

壳长 3.2—5.3mm, 壳厚 1—1.6mm。

产地层位 E2 井, 珠江组下部; E4 井, 珠江组上部。

小肾鳞虫 *Nephrolepidina parva* (Oppenoorth)

(图版 I, 图 7, 8)

1918 *Lepidocyclina* (*Nephrolepidina*) *parva* Oppenoorth, p. 255, pl. 8, figs. 11, 12; pl. 9, fig. 9.

1953 *Lepidocyclina* (*Nephrolepidina*) *parva*, Cole, p. 30, pl. 7, fig. 6; pl. 9, figs. 5—12, 15—18; pl. 10, figs. 11—18; pl. 11, figs. 1, 2; pl. 12, fig. 6.

壳小, 凸镜状, 壳缘锐圆或具窄的缘边, 胚壳初室球形, 次室肾形比初室稍大, 部分包裹初室, 侧室发育, 有较多小柱穿过侧室。壳径 1.7—2.1mm, 壳厚 0.86—1.1mm。

产地层位 E2 井, 珠江组下部。

摩根肾鳞虫 *Nephrolepidina morgani* (Lemoine and Douville)

(图版 III, 图 1—5)

1904 *Lepidocyclina morgani* Lemoine and Douville, p. 17, pl. 1, figs. 12, 15, 17; pl. 2, figs. 4, 12.

1971 *Nephrolepidina morgani*, Matsumaru, p. 172, pl. 18, figs. 1—15.

壳中等大小, 凸镜形, 胚壳次室稍大于初室, 肾形, 其包容度 (Factor A) 为 37.5%, 标志 $I_e = 133$, 具有若干粗的小柱穿过侧室, 中心区尤多。壳径在 2.05—4.5mm 之间, 壳厚 1.5—2mm。

产地层位 E2 井, 珠江组下部。

布劳威肾鳞虫 *Nephrolepidina brouweri* (Rutten)

(图版 II, 图 12, 13)

1924 *Lepidocyclina brouweri* Rutten, p. 182, figs. 22—29.

壳小, 凸镜形, 胚壳次室部分包裹初室, 中层室细, 侧室平整, 具粗大的柱, 中心部位常有粗大的柱。壳径 1.6—2.3mm, 壳厚 0.85—1.2mm。

产地层位 E4 井, 珠江组上部。

真鳞虫属 Genus *Eulepidina* Douville, 1911

巴吉拉真鳞虫 *Eulepidina badjirraensis* Crespin

(图版 III, 图 7, 10)

1952 *Lepidocyclina* (*Eulepidina*) *badjirraensis* Crespin, p. 29, pl. 6, figs. 1, 2, 5; pl. 7, figs. 1, 2; pl. 8, figs. 1—5.

壳大,扁平,圆盘形,中心部位稍膨大,胚壳大,初室完全被次室包裹,赤道室宽,侧室低平,排列紧密,小柱细。壳径 13.2mm,壳厚 1.65mm,胚壳直径 1.43mm。

产地层位 E1 井,珠江组下部。

中垚虫科 *Miogypsinidae* Vaughan, 1928

中垚虫属 *Genus Miogypsina* Sacco, 1893

古藤中垚虫(比较种) *Miogypsina* cf. *kotoi* Hanzawa

(图版 IV, 图 7, 8)

壳小,近扇形,始端厚,渐向末端减薄,初室球形,次室在纵切面圆,与初室大小接近,中层壳室高拱形,侧室约 6—7 层,具许多细的小柱,且延伸凸起于壳表。壳径 2.8—3.7mm,壳厚 0.8—1mm。

产地层位 E4 井, E5 井, 珠江组上部。

多型中垚虫 *Miogypsina polymorpha* (Rutten)

(图版 IV, 图 10)

1911 *Orbitoides* (*Lepidosemicyclina*) *polymorpha* Rutten, p. 1159.

1912 *Orbitoides* (*Lepidosemicyclina*) *polymorpha*, Rutten, p. 201, pl. 12, figs. 6—9.

1981 *Miogypsina polymorpha*, 《南海北部大陆架第三纪古生物图册》, 128 页, 图版 72, 图 3—12。

壳径 2.5mm, 壳厚 0.9mm。

产地层位 E5 井, 珠江组上部。

球状中垚虫 *Miogypsina globulina* (Michelotti)

(图版 I, 图 14)

1841 *Nummulina globulina* Michelotti, p. 297, pl. 3, fig. 6.

1981 *Miogypsina globulina*, 《南海北部大陆架第三纪古生物图册》, 128 页, 图版 22, 图 1, 2。

壳径 1.5—2.1mm, 壳厚 0.75mm。

产地层位 E1 井, 珠江组下部; E5 井, 珠江组上部。

中鳞环虫属 *Genus Miolepidocyclus* A. Silvestri, 1907

中鳞环虫(未定种) *Miolepidocyclus* sp.

(图版 IV, 图 9)

壳大,凸镜状,微弯,胚壳未明显露出,赤道层两端长度约相等,侧室约 5 层。壳径 3.8mm,壳厚 1.1mm。

产地层位 E4 井, 珠江组上部。

拟中垚虫属 *Genus Miogypsinoides* Yabe and Hanzawa, 1928

模式种 *Miogypsina dehaartii* van der Vlerk

壳大,平至凸凹形,或少许呈圆锥形。胚壳近于壳顶,由球形初室及肾形次室组成,由厚壁环绕。幼年期壳室平旋,赤道室尖拱形至菱形,具管道系统及简单茎管。壳壁钙质,外侧壁

呈层片状而无侧室。壳表光滑或有凸疣。

时代分布 中渐新世至早中新世, 欧洲、北美、太平洋-印度洋地区。

斑塔拟中蛭虫 *Miogypsinoides bantamensis* Tan

(图版Ⅳ, 图 4—6)

1933 *Miogypsinoides complanata* forma *bantamensis* Tan, p. 48, pl. 1, fig. 13.

1957 *Miogypsinoides bantamensis*, Hanzawa, p. 91, pl. 15, figs. 4—6.

壳扇形, 始端宽圆, 幼年期一个半壳圈, 第一圈具 7 个壳室, 位于壳顶的壳室为第 5 室, 壳顶与初室连线及初室与次室连线间夹角为 180° , 无侧室, 壳壁厚, 有许多凸疣。壳径 1.6—1.9mm, 壳厚 0.75mm。

产地层位 E1 井, E2 井, 珠江组下部。

台湾拟中蛭虫 *Miogypsinoides formosensis* (Yabe and Hanzawa)

(图版Ⅳ, 图 1—3)

1928 *Miogypsina dehartii* var. *formosensis* Yabe and Hanzawa, p. 535, text-fig. 1.

1957 *Miogypsinoides formosensis*, Hanzawa, p. 92, pl. 15, figs. 10, 20, 21.

壳扇状, 微弯曲, 始端较厚, 逐渐向末端减薄。胚壳位于始端, 在壳顶处为第 7—第 8 室, 夹角为 270° , 两侧为厚的层片状壳壁, 最厚位于胚壳处, 各壳室间有线纹穿过侧壁, 壳表光滑。壳长 1.1—2.4mm, 壳厚 0.7mm。

产地层位 E2 井, 珠江组下部。

货币虫科 Nummulitidae de Blainville, 1825

圆盾虫属 Genus *Cyclocypeus* Carpenter, 1856

印太圆盾虫 *Cyclocypeus indopacificus* Tan

(图版Ⅲ, 图 11, 12; 图版Ⅳ, 图 11, 15, 16)

1930 *Cyclocypeus communis* var. *indopacificus* Tan, p. 235.

1932 *Cyclocypeus* (*Cyclocypeus*) *indopacificus* var. *indopacificus* Tan, p. 65, pl. 3, figs. 1, 2; pl. 18, fig. 3; pl. 19, fig. 1; pl. 22, fig. 10; pl. 23, fig. 2.

壳圆盘形, 具明显脐凸, 缘边宽, 胚壳具两个壳室, 前幼年期有一不分隔壳室, 幼年期具 6—7 个隔壁, 壳壁厚, 层片状, 具许多小柱。壳径 2.6—2.9mm, 壳厚 0.7—0.8mm。

Adams (1984) 认为此属在中新世时有 3 种, 当前种仅见于下中新统。

产地层位 E4 井, E5 井, E6 井, 珠江组上部。

旋盾虫属 Genus *Spiroclypeus* Douville, 1905

模式种 *Spiroclypeus orbitoideus* Douville

壳凸镜状至圆盘状, 平旋包旋, 三层式, 中层壳圈迅速增大, 壳室多, 早期壳圈不分成小壳室, 其后壳圈由许多次级隔壁分隔成小壳室, 侧室发育, 具小柱, 壳壁钙质具细孔, 中心区有一些凸疣。

时代分布 晚始新世至早中新世, 欧洲、非洲、西印度群岛、西太平洋地区。

希金斯旋盾虫 *Spiroclypeus higginsi* Cole

(图版 V, 图 12—14)

1939 *Spiroclypeus higginsi* Cole, p. 185, pl. 23, figs. 10—15.

壳小,凸镜状,壳缘宽,但此处保存不全,中层室分隔为小壳室,侧室薄,每侧见 7—8 层,规则成层,侧壁厚,小柱多。保存壳径 3.1mm,壳厚 0.8mm。

产地层位 E₂ 井,珠江组下部。

参 考 文 献

- 中国石油勘探公司南海分公司等编,1981: 有孔虫。南海北部大陆架第三纪古生物图册,83—137 页,图版 39—73。广东科技出版社。
- 胡平忠、谢衍兴,1988: 珠江口盆地第三纪生物礁可找到大油气田。中国石油,16:33—39。
- 曾鼎乾、刘炳温、黄蕴明,1988: 中国各地质历史时期生物礁。石油工业出版社。
- Adams, C. G., 1967: Tertiary foraminifera in the Tethyan, American and Indo-Pacific Provinces. Syst. Assoc. Publ., 7:195—217.
- Adams, C. G., 1970: A reconsideration of the East Indian letter classification of the Tertiary. Br. Mus. Nat. Hist. Bull. (Geol.), 19(3):87—137.
- Adams, C. G., 1983: Speciation, phylogenesis, tectonism and eustasy; factors in the evolution of Cenozoic larger foraminiferal bioprovinces. In Simms, R. W. et al. (eds): Evolution, Time and Space; The Emergence of the Biosphere. Academic Press, London, pp. 255—289.
- Adams, C. G., 1984: Neogene larger foraminifera, evolutionary and geological events in the context of datum planes. In Ikebe, N. et al. (eds.): Pacific Neogene datum planes. pp. 47—67. University of Tokyo Press.
- Beretti, A. and Sigal, J., 1976: Un exemple d'application de la nomenclature spectrale en taxinomie chez les grands foraminifères; les Lepidocyclines du Bobaomby, Madagascar. Rev. Espanola Micropal., 8(1):31—56.
- Bock, J. F. de, 1976: Studies on some *Miogypsinoides-Miogypsina* s. s. associations with special reference to morphological features. Scripta geol., 36:1—135.
- Carozzi, A. V. Reyes, M. V. and Ocampo, V. P., 1976: Microfacies and Microfossils of the Miocene reef carbonates of the Philippines. Phil. oil devel. Co., Spec. Pub., 1:1—79.
- Chapman, F., 1900: On some new and interesting Foraminifera from the Funafuti Atoll, Illice Islands. J., Linn. Soc. Zool., 28:1—27.
- Chaproniere, G. C. H., 1975: Palaeoecology of Oligo-Miocene larger Foraminiferida, Australia. Alcheringa, 1(1): 37—58.
- Chaproniere, G. C. H., 1983: The Neogene larger foraminiferal sequence in the Australian and New Zealand regions and its relevance to the East Indies letter stage classification. Palaeogeogr. Palaeoclimat. Palaeoecol., 46:25—35.
- Cole, W. S. and Bridge, J. 1953: Geology and larger foraminifera of Saipan Island. U. S. Geol. Surv. Prof. Pap., 253:17—45.
- Epting, M., 1980: Sedimentology of Miocene carbonate buildups, Central Luconia, offshore Sarawak. Geol. Soc. Malaysia, Bull., 12:17—30.
- Forman, M. J. and Schlanger, S. O., 1957: Tertiary reefs and associated limestone facies from Louisiana and Guam. J. Geol., 65:611—627.
- Hallock, P., 1979: Trends in test shape with depth in large symbiont bearing foraminifera. J. Foraminiferal Res., 9(1):61—69.
- Hallock, P., Forward, L. B. and Hansen, H. J., 1986: Influence of environment on the test shape of *Amphistegina*, J. Foraminiferal Res., 16(3):224—231.

- Hallock, P. and Hansen, H. J., 1979: Depth adaptation in *Amphistegina*; change in lamellar thickness. Bull. Geol. Soc. Denmark, **27**:99—104.
- Hanzawa, S., 1939: On the occurrence of *Acervulina*, an encrusting form of foraminifera in the Jurassic Torinosu limestone from the Kwanto Mountainland, Central Japan. J. Geol. Soc. Japan, **46**:201—203.
- Hanzawa, S., 1957: Cenozoic foraminifera of Micronesia. Geol. Soc. America Mem. p. 1—163, pls. 1—41.
- James, N. P., 1983: Reef environment. Amer. Ass. Petrol. Geol. Mem., **33**:345—453.
- Matsumaru, K., 1971: Studies on the genus *Nephrolepidina* in Japan. Sci. Rep. Tohoku Univ., 2nd ser. (Geol.), **42**:97—185.
- Matsumaru, K., 1976: Larger foraminifera from the Islands of Saipan and Guam, Micronesia, Progress in Micropaleontology, pp. 190—213. New York.
- Milliman, J. D., 1974: Recent sedimentary carbonates. pt. 1, Marine carbonates. Springer-Verlag.
- Raju, D. S. N., 1974: Study of Indian Miogypsinidae. Utrecht Micropal. Bull., **9**:1—148.
- Turner, N. L. and Hu, P. 1991: The lower Miocene Liuhua carbonate reservoir, Pearl River Mouth Basin, offshore People's Republic of China. Technology Conference, Offshore, pp. 113—123, 23rd Annual OTC in Houston.
- Van Vessem, E. J., 1978: Study of Lepidocyclinidae from Southeast Asia, particularly from Java and Borneo. Utrecht Micropal. Bull., **19**:1—163.
- Vlerk, I. M. van der, 1955: Correlation of the Tertiary of the Far East and Europe. Micropaleontology, **1**:72—75.
- Vlerk, I. M. van der, 1963: Biometric research on *Lepidocyclina*. Micropaleontology, **9**(4):425—426.
- Wiedicke, M., 1987: Biostratigraphy, microfacies and diagenesis of Tertiary carbonates from the South China Sea (Dangerous Ground-Palawan, Philippines). Facies, **16**:195—302.
- Yabe, H. and Hanzawa, S., 1925: A geological problem concerning the raised coral reefs of the Riukiu Islands and Taiwan. Tohoku Univ. Sci. Rep., 2nd, ser. (Geol.), **7**(2):29—56.
- Yabe, H. and Hanzawa, S., 1930: Tertiary foraminiferous rocks of Taiwan (Formosa). Tohoku Univ., Sci. Rep., 2nd, Ser. (Geol.), **14**:1—46.

[1992 年 6 月 25 日收到]

EARLY MIOCENE LARGE FORAMINIFERA FROM BIOGENETIC REEF COMPLEXES OF DONGSHA MASSIF, SOUTH CHINA SEA

He Yan

(Nanjing Institute of Geology and Palaeontology, Academia Sinica, Nanjing 210008)

Hu Ping-zhong

(Nanhai East Oil Corporation, CNOOC, Guangzhou 510260)

Key words large foraminifera, early Miocene, Dongsha Massif, South China Sea

Summary

This paper deals with the large foraminifera from the reef complexes of the early

Miocene Pearl River Formation lying on the Dongsha Massif located southeast of the Pearl River Mouth Basin, in the northern part of the South China Sea. The Dongsha Massif covers an area of more than 30 000 km², with post-Cretaceous sediments of about 3 000 m in thickness. The early and middle Miocene carbonate rocks contain abundant reef limestone and bioclastics. The dominant reef-building organisms are coralline algae, corals and sponges, with bryozoans occupying the second place. Encrusting foraminifera are also common in the reefs. It is of significance that most reefs so far explored show good oil reservoir properties.

Thin sections examined are cut from lower Lower Miocene, Aquitanian carbonate cores of Wells E1 and E2, and from upper Lower Miocene, Burdigalian carbonate cores of Wells E4, E5 and E6. The distribution of foraminifera together with microfacies and palaeoenvironmental analyses are summarized as follows:

In Well-E1, *Eulepidina badjirraensis* Crespin and *Miogypsinoides bantamensis* Tan occur in the coralline boundstone, indicating the location of this well at a reef near platform margin. When *Eulepidina* is present, the water is deeper.

In Well-E2, there are *Spiroclypeus higginsii* Cole, *Miogypsinoides formosensis* (Yabe and Hanzawa), *M. bantamensis* Tan and *Nephrolepidina morgani* (Lemaine and Douville), together with encrusting foraminifera, such as *Gypsina plana* (Carter) and *Borodinia septentrionalis* Hanzawa, etc. The dominant rocks are coralline boundstone of reef front environments near the reef core.

In Well-E4, the coralline-coral boundstone is dominant. The common foraminifera are *Austrotrillina* cf. *howchini* (Schlumberger), *Nephrolepidina brouweri* Rutten and *Miogypsina* cf. *kotoi* Hanzawa, with the encrusting element *Gypsina plana* (Carter), all representing shallow water reef flat environments.

In Well-E5, the dominant larger foraminifera are *Miogypsina globulina* (Michelotti) and *Nephrolepidina sumatrensis* (Brady). Sometimes planktonic foraminifera are also common. The commonest rocks encountered are coralline boundstone, representing reef front environments.

In Well-E6, *Cycloclypeus indopacificus* Tan and *Amphistegina* sp. are common with Miliolidae and Globigerinidae also present. The foraminifera and coralline algae are most fragmentary, indicating that they have been transported and brought in by currents and waves. The well consists mainly of bioclastic packstone and bioclastic grainstone, probably indicating that the deposition took place under a shallow-water condition. Sometimes the presence of laminar structure in some rocks, however, suggests that the deposition most probably took place under a back-reef lagoonal condition with channels to the open sea. Only in the later stage, the reef barrier disappeared when Globigerinidae became abundant.

图 版 说 明

所有标本保存在中国科学院南京地质古生物研究所,由陈周庆摄影。

图 版 I

- 1, 2. *Austrotrillina* cf. *howchini* (Schlumberger)
1. $\times 40$, E4 井(1270m)。2. $\times 20$, E4 井(1247m)。登记号:118123, 118124。
3. *Marginopora* sp.
 $\times 50$, E4 井(1241m)。登记号 118125。
- 4, 6, 7. *Gypsina plana* (Carter)
4, 6. $\times 20$, E4 井(1267m)。7. $\times 40$, E2 井(1842m)。登记号:118126—118128。
5. *Gypsina* cf. *mastelensis* Bursch
 $\times 40$, E2 井(1857m)。登记号:118130。
8. *Homotrema*? sp.
 $\times 20$, E2 井(1835m)。登记号:118129。
9. *Miniacina* sp.
 $\times 20$, E4 井(1267m)。登记号:128131。
10. *Acervulina* sp.
 $\times 30$, E4 井(1273m)。登记号:118132。
11. *Borodinia septentrionalis* Hanzawa
 $\times 10$, E2 井(1838m)。登记号:118133。

图 版 II

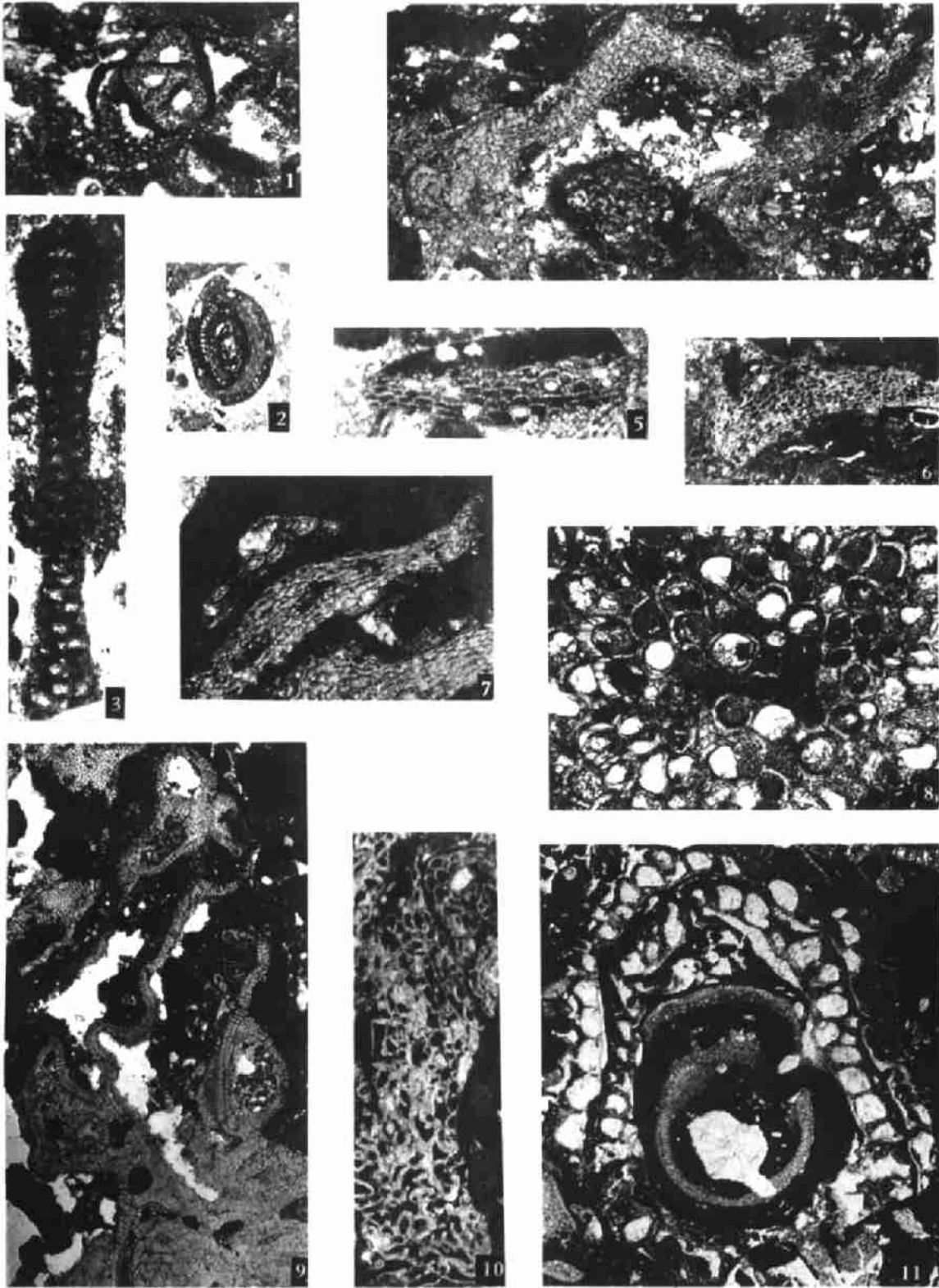
1. *Sporadotrema cylindricum* (Carter)
 $\times 20$, E6 井(1227m)。登记号:118134。
2. *Homotrema*? sp.
 $\times 8$, E2 井(1835m)。登记号:118135。
3. *Fabiania*? sp.
 $\times 15$, E2 井(1862m)。登记号:118136。
- 4—6. *Amphistegina* sp.
4, 6. $\times 50$, 5. $\times 20$, E5 井(1273m, 1244m, 1266m)。登记号:118137—118139。
- 7, 8. *Nephrolepidina parva* (Oppenoorth)
7. $\times 30$, E6 井(1249m)。8. $\times 20$, E4 井(1272m)。登记号:118140, 118141。
9. *Sphaerogypsina globulus* (Reuss)
 $\times 40$, E6 井(1227m)。登记号:118142。
- 10, 11. *Nephrolepidina sumatrensis* (Brady)
10. $\times 20$, E4 井(1274m)。11. $\times 30$, E2 井(1854m)。登记号:118143, 118144。
- 12, 13. *Nephrolepidina brouweri* (Rutten)
 $\times 20$, E4 井(1291m)。登记号:118145, 118146。
14. *Miogypsina globulina* (Michelotti)
 $\times 30$, E1 井(2013m)。登记号:118147。

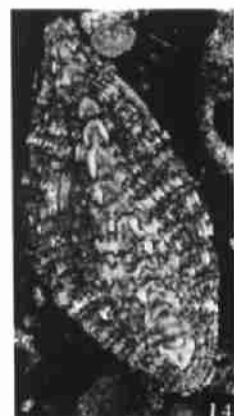
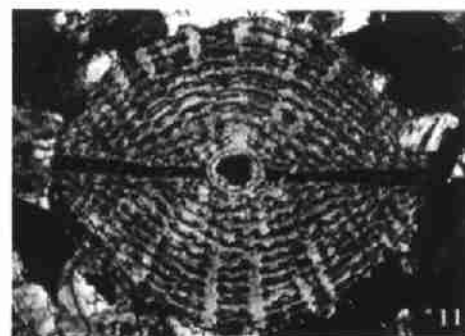
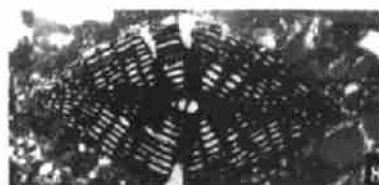
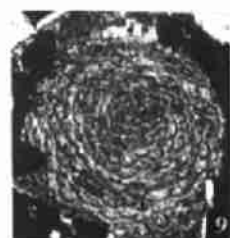
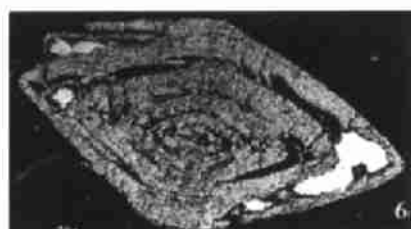
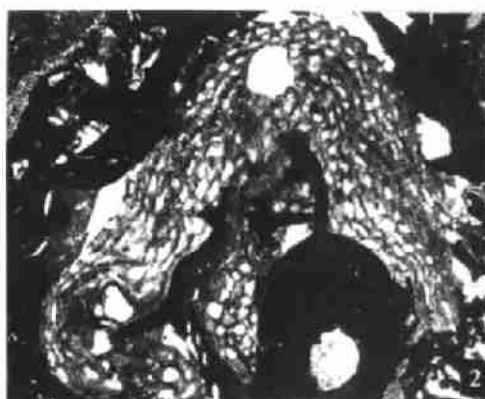
图 版 III

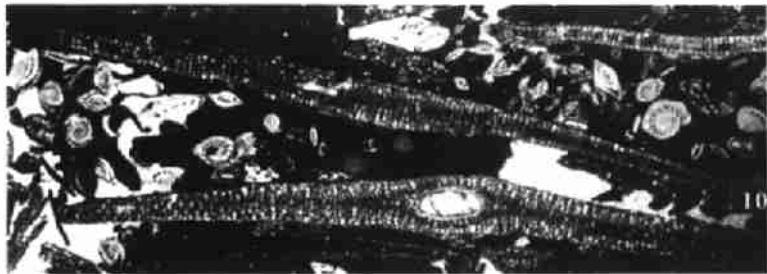
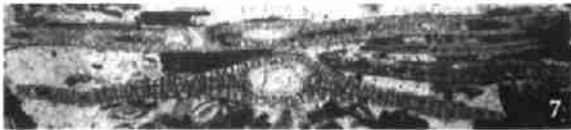
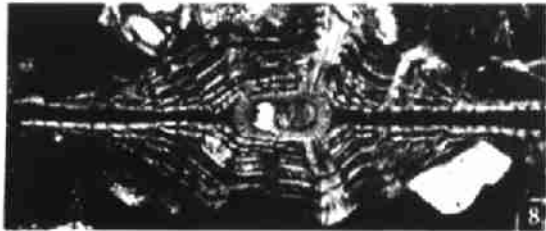
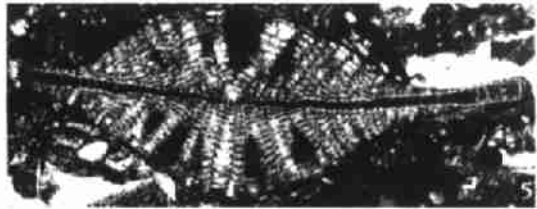
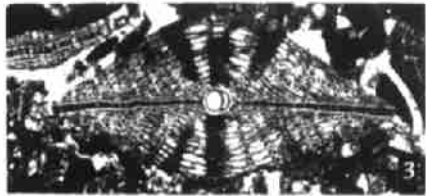
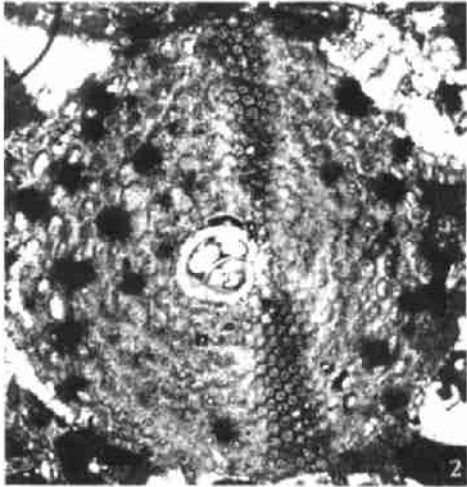
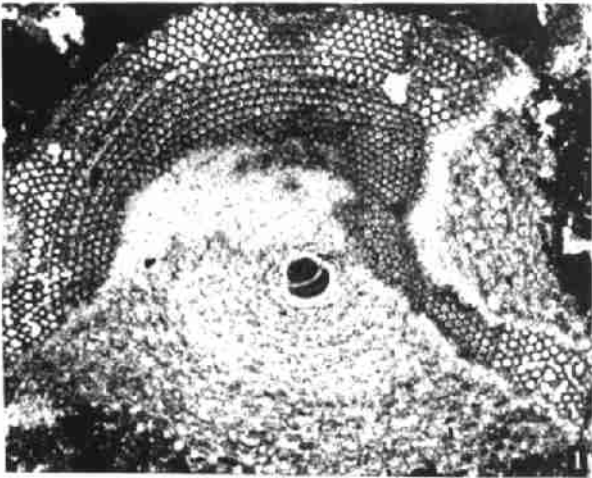
- 1—5. *Nephrolepidina morgani* (Lemoine and Douville)
1. $\times 20$; 2. $\times 30$; E2 井(1854m)。3—5. $\times 15$, E2 井(1835m)。登记号:118148—118152。
6. *Nephrolepidina verbeeki* (Newton and Holland)
 $\times 20$, E2 井(1842m)。登记号:118153。
- 7, 10. *Eulepidina badjirraensis* Crespin
 $\times 5$, E1 井(2023m, 2102m)。登记号:118154, 118155。
- 8, 9. *Nephrolepidina angulosa* (Provale)
8. $\times 40$; 9. $\times 20$; E6 井(1227m, 1249m)。登记号:118156, 118157。
- 11, 12. *Cyclocypeus indopacificus* Tan
11. $\times 40$; 12. $\times 20$; E6 井(1227m, 1236m)。登记号:118158, 118159。

图 版 IV

- 1—3. *Miogypsinoides formosensis* (Yabe and Hanzawa)
 $\times 30$, E2 井(1838m, 1861m)。登记号:118160—118162。
- 4—6. *Miogypsinoides bantamensis* Tan
4, 5. $\times 20$; 6. $\times 50$; E2 井(1845m, 1855m, 1859m)。登记号:118163—118165。
- 7, 8. *Miogypsina* cf. *kotoi* Hanzawa
 $\times 20$, E4 井(1241m), E4 井(1244m)。登记号:118166, 118167。
9. *Miolepidocyclina* sp.
 $\times 20$, E4 井(1254m)。登记号:118168。
10. *Miogypsina polymorpha* (Rutten)
 $\times 20$, E5 井(1313m)。登记号:118169
- 11, 15, 16. *Cyclocypeus indopacificus* Tan
11. $\times 30$; 15, 16. $\times 20$; E6 井(1227m, 1236m, 1249m)。登记号:118170—118172。
- 12—14. *Spiroclypeus higginsi* Cole
 $\times 20$, E2 井(1861m, 1855m)。登记号:118173—118175。







Early Miocene Large Foraminifera from Biogenetic Reef Complexes of Dongsha Massif,
South China Sea

Plate IV

