

# 南海西北陆架的海相更新统下界

汪品先<sup>1)</sup> 夏伦煜<sup>2)</sup> 王律江<sup>1)</sup> 成鑫荣<sup>1)</sup>



本文以生物事件的观点论述和探讨了上新统一更新统界线在南海北部的划分。南海北部陆架有跨越上新统一更新统界线的海相地层,其中莺歌海—琼东南盆地的海相第四系厚达 2000m 左右,是我国除台湾省外研究海相更新统下界的最佳地点。该盆地钻孔中的浮游有孔虫与钙质超微化石群的垂向序列,与意大利 Vrica 上新统一更新统界线国际层型剖面可以对比,得出 1.64Ma 的界线值,但在界线上、下岩性和化石群均无明显变化,难以在实践中使用。相反,界线下的 *Globorotalia multilocamerata sensu lato* 未现面上下,浮游有孔虫占有孔虫全群的比例和壳体保存状况发生剧变,地震剖面上亦显示下削上超的接触关系,代表着大约 2.00—2.50Ma 前一个重要的沉积间断面,此面还可追索到珠江口盆地和北部湾盆地、西太平洋等地海相地层中与此期相应也有明显的沉积环境变化。为此,建议以此面作为划分南海北部上新统一更新统的界线。

更新统下界,是国际地层学界长期争论的重大问题之一。尽管第 27 届国际地质大会有关委员会已通过意大利弗里卡 (Vrica) 剖面作为界线层型,以距今 1.64Ma 的标志层为界<sup>[1,2]</sup>,但学术界的意见并未统一。一方面如苏联部分学者坚持本国原用的方案,以距今 0.75Ma 或大约 1.00Ma 为界<sup>[3]</sup>,另一方面有更多国家的学者认为弗里卡剖面的界线并不代表环境变迁或生物演化的重大事件,主张将界线划在 2.40Ma 前松山反向极性世之初。在我国,后一种意见占有优势<sup>[4-7]</sup>,主要论据是当时“华北气候急剧变化”,“黄土堆积在中国北方大规模出现”<sup>[5]</sup>,而在山间盆地也由粗粒沉积取代细粒沉积<sup>[6]</sup>。

然而,上述意见主要来自陆相第四纪工作者,世界层型剖面却是海相的。跨越第三、第四系界线的海相地层序列,我国除台湾省外几乎全无研究;而最近我们在南海西北陆架莺歌海—琼东南盆地发现的巨厚海相第四系<sup>[8,9]</sup>,为研究我国海相更新统下界提供了良好的条件。本文首先澄清国际层型剖面中可以指示界线的标准化石,然后用南海北部陆架沉积速率最高的钻孔和弗里卡剖面作微体化石群的直接比较,并在此基础上探讨适合南海实际情况的更新统下界。南海更新统下界的查明,将不仅在我国陆相地层和国际层型剖面之间架设桥梁,而且有助于世界海相地层界线的进一步探讨。

## 海相第四系下界的古生物标准

自从国际地质大会在 1948 年提出,1952 年确认,决定第四系下界建立在海相层中,

- 1) 上海,同济大学海洋地质系。
- 2) 湛江,南海西部石油公司勘探开发研究院。

国家教委自然科学基金资助项目。

本文 1989 年 5 月收到,1990 年 10 月改回,萧品芳编辑。

并以意大利卡拉布里阶 (Calabrian) 作其底部划界以来, 在意大利南方选择的界线层型剖面已曾几经更改。先选 Santa Maria 剖面, 但因地层不全常见再沉积化石而放弃; 后改 Le Castella 剖面, 又因厚度不够、加以有地层间断, 再遭否定; 最后选定以泥质为主的次深海连续沉积组成的 Vrica 剖面<sup>[10]</sup>, 以其厚达 1.9m 的腐泥层“e”的顶面作为分界, 它位于奥都威极性亚带顶面之上约 10m, 按沉积速率推得年龄为距今 1.64Ma<sup>[11]</sup>(图 3)。

关于意大利层型剖面中用作划界的生物地层标志, 更是众说纷纭。曾经被考虑作为标志化石的有软体动物、底栖有孔虫、浮游有孔虫、钙质超微化石和介形虫等许多门类(表 1)。划界方案也几经变更, 最早主张以双壳类 *Arctica islandica* 的初现为界, 后来又提出以底栖有孔虫 *Hyalinea baltica* 的初现为准, 接着改用浮游有孔虫如 *Globorotalia truncatulinoides* 的初现作为标志, 但一度又认为以用介形虫 *Cytheropteron testudo* 的初现面为好, 最后在 Vrica 剖面是以几种浮游生物事件为界<sup>[1,10]</sup>。

表 1 意大利卡拉布里更新统下界附近的生物事件

Table 1 Palaeontological events at the lower boundary of the Pleistocene in Calabria, Italy

门类	古生物标志	产出层位	性质
双壳类	<i>Arctica islandica</i> (L.) 初现	Vrica 剖面, 无	“北方来客”
底栖	<i>Hyalinea baltica</i> Schroeter 初现	“e”层上 70m	“北方来客”
有孔虫	<i>Neogloboquadrina pachyderma</i> (Ehrenb.) 左旋壳初现	“e”层以上	“北方来客”
	<i>Neogloboquadrina dutertrei</i> (d'Orb.) S. S. 初现	“e”层顶	演化事件
	<i>Globigerinoides extremus</i> Bolli & Bermudez 末现	“e”层以上 30m	演化事件
	<i>Globorotalia acostaensis</i> (Blow) 末现	“e”层以上	演化事件
	<i>Globorotalia truncatulinoides</i> (d'Orbigny) 初现	(距今 1.90Ma)	演化事件
钙质超微化石	<i>Discoaster brouweri</i> Tan Sin Hok 末现	“e”层以下	演化事件
	<i>Calcidiscus macintyreii</i> (Bukry & Bramlette) Loebbl. & Tappan 末现	“e”层以上	演化事件
	<i>Gephyrocapsa oceanica</i> Kamptner 初现	“e”层以上	演化事件
介形虫	<i>Cytheropteron testudo</i> Sars 初现	“e”层以上 9m	“北方来客”

注: 据 E. Aguirre and G. Pasini (1985)<sup>[11]</sup> 与 K. В. Никифорова(1982)<sup>[10]</sup> 编制。

其实这些生物地层标志可分生态性和演化性两类。由于当年 M. Gignoux, (1910)<sup>[11]</sup> 建立卡拉布里阶时以出现冷水区软体动物 *Cyprina islandica* (= *Arctica islandica*) 为标志, 长期以来以目前产于北欧冷水区的“北方来客”(northern guest) 在地中海的初现作为更新世开始的依据。由于浅水相的 *A. islandica* 分布局限, 60 年代又提出依较深水底栖有孔虫 *Hyalinea baltica* 的初现面为更新世开始, 后来又发现真正第一个出现的“北方来客”是介形虫 *Cytheropteron testudo*<sup>[11]</sup>。然而, 这些“北方来客”的出现受生态因素控制, 其初现面甚至在地中海区内部也不一定等时, “不能借以进行可靠的时间对比”<sup>[12]</sup>。例如 *H. baltica* 一种, 目前在地中海、波斯湾和我国东海等中、低纬度区广泛出现, 在印尼东爪哇上新世地层和南海北部上新世地层中均有分布<sup>[13,14]</sup>, 并不能说是冷水的典型, 更不宜用作更新统的标志。*C. testudo* 确系冷水种, 但意大利的层型剖面中, 其实

并无此种,原先报道实属鉴定错误<sup>[15]</sup>。可惜,在我国近来的文献中涉及海相第四系下界时,往往还是以 *H. baltica* 作为标准,并且将北京顺义地区含此种的海相夹层,视作更新统的下界<sup>[7,16]</sup>。顺义的海相夹层厚达 10m 左右,含有丰富的有孔虫与超微化石<sup>[17,18]</sup>,虽然曾报道古地磁年龄为距今 230 多万年<sup>[19]</sup>,却缺乏连续的海相生物化石序列,如果将其中所产 *H. baltica* 和地中海“北方来客”一样使用,显然是一种误会。

与上述生态性古生物标志不同的是演化性标志,主要指浮游生物的事件。它们见于较深水相的地层中,分布广泛,同时性强,适于用作世界性和大区域性的对比。许多年来,浮游有孔虫 *Gr. truncatulinoides* 是选作第四系下界的标志,现已查明此种的首现面大约距今 1.90Ma<sup>[20]</sup>,在 Vrica 剖面中虽无出现,仍不失为一个重要的参考时间面。现在通过的 Vrica 层型剖面,以 *Neogloboquadrina duertrei* s.s. 的首现为界,稍下有 *Discaster browneri* 的末现面,稍上有 *Globigerinoides extremus* 的末现面和 *Gephyrocapsa oceanica* 的首现面,从而使更新统下界建立在浮游生物事件的基础上(图 3)。这些演化性事件之间的先后序列,及其与奥都威正向极性亚带的关系,在意大利层型剖面和大洋深海钻孔中都能保持稳定<sup>[21]</sup>。讨论我国海相第四系下界,首先要从这些生物演化事件开始。

### 南海西北陆架与层型剖面的对比

我国东部沿海有多次海侵形成的海相和海陆过渡相地层,然而均呈夹层出现,缺乏连续的海相地层剖面,尤其缺乏更新统中、下部的海相层。北京顺义的海相夹层,不足以用作更新统下界的标志。黄海、渤海陆架的海相沉积主要见于第四纪晚期;东海第四系海相层比例较高,但更新统下部地层尚待研究。我国大陆上唯一可能跨越上新—更新统界线的海相地层见于雷州半岛(以及海南岛北部部分地区)钻孔中的望楼港组,可惜因属滨岸

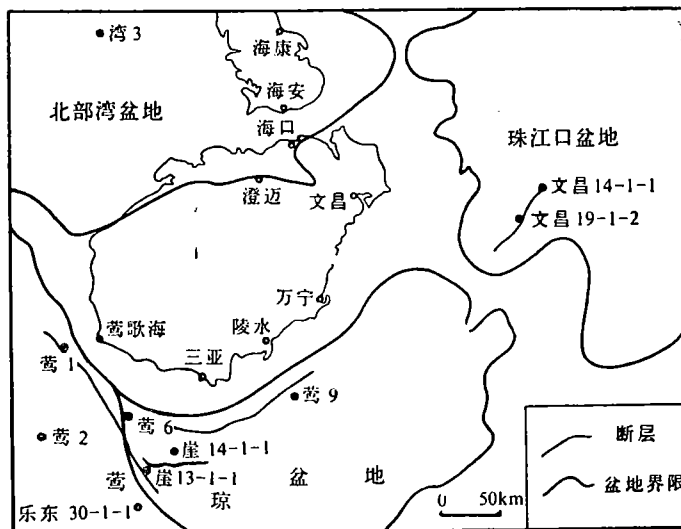


图 1 南海西北陆架三大沉积盆地及乐东 30-1-1 井位置示意图

Fig.1 Sketch map showing three sedimentary basins on the northwestern shelf of the South China Sea and the location of Well Ledong 30-1-1

浅海相,缺乏可作年代标志的浮游生物化石。因此,南海北部陆架,尤其是莺歌海—琼东南盆地,是我国除台湾省外迄今所知研究海相第四系下界最理想的地区。

前已报道,莺—琼盆地乐东 30-1-1 井海相第四系厚度最大<sup>[8]</sup>。该井位于陆架外缘水深近百米处(图 1),上部 2000m 以灰色泥质粉砂岩及砂质泥岩为主,其下为厚层泥岩夹薄层泥质粉砂岩,含较丰富的有孔虫及钙质超微化石(图 2)。我们从该井钻穿的约 3000 多米海相沉积中取样 100 余个,进行有孔虫和钙质超微化石分析,鉴于岩屑录井可能带来的掉块问题,我们在研究中主要使用微体化石属种的未现面(LAD),对于部分井段还多次采样、反复分析检验。同时,又对意大利 Vrica 剖面上新一更新统界面上下共 12 个样品进行有孔虫分析,以资和南海化石群进行直接比较。

分析结果表明: Vrica 剖面在“e”层顶部即更新统底界以上,浮游有孔虫以 *Globorotalia inflata* 与 *Globigerina bulloides* 大量出现为特征,并含 *N. dutertrei* 和 *Globigerinoides tenellus* 等典型的第四纪分子;界线以下以 *Globigerina bulloides* 与 *Globi-*

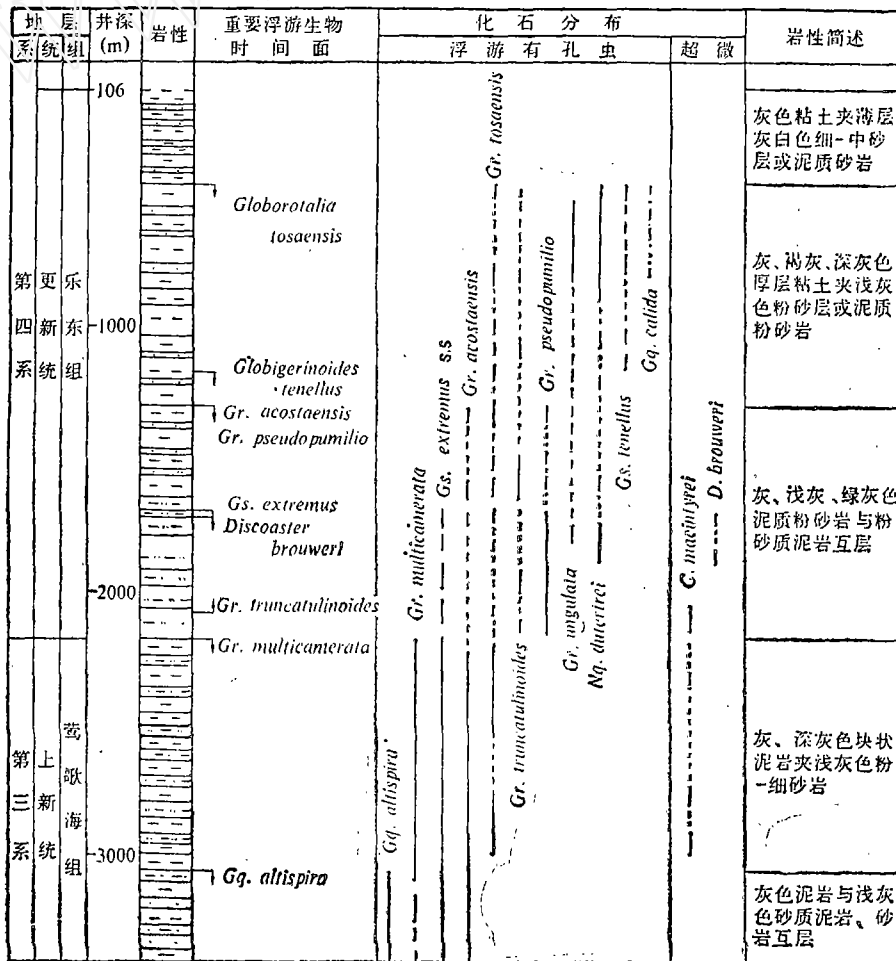
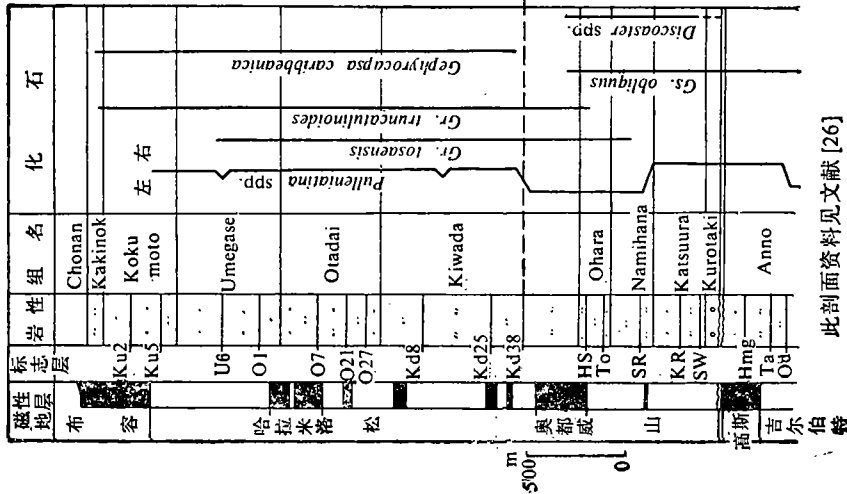


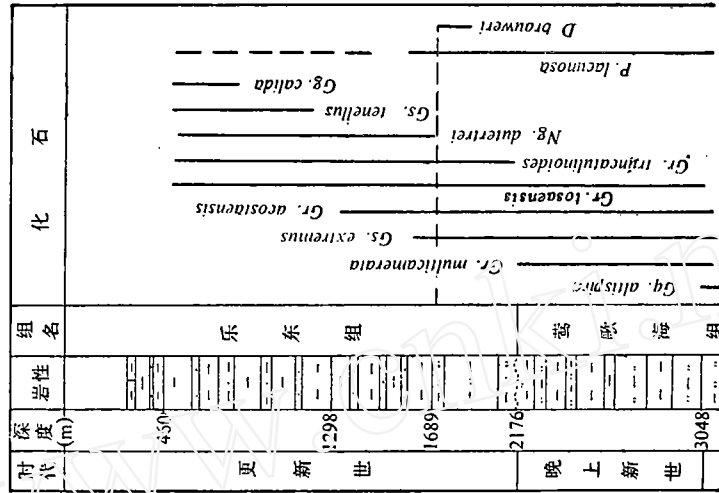
图 2 莺歌海—琼东南盆地乐东 30-1-1 井生物地层剖面图

Fig. 2 Biostratigraphy of Well Ledong 30-1-1 in the Yinggehai-Qiongdongnan Basins

日本房总半岛剖面



南海莺歌海—琼盆地钻孔



意大利 Vrica 剖面

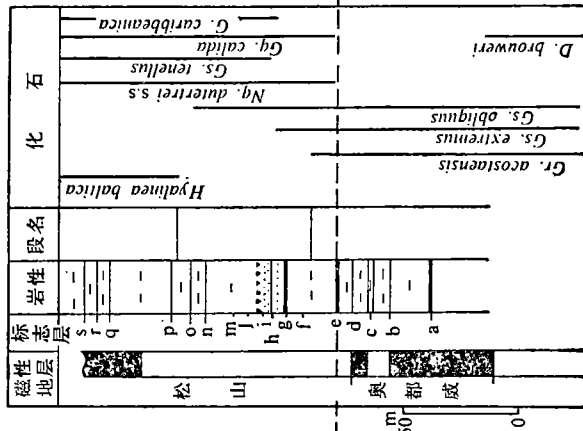


图 3 南海莺歌海—琼东南盆地, 日本房总半岛和意大利 Vrica 国际层型剖面的更新统下界对比图  
 Fig.3 Lower boundary of the Pleistocene: correlation between Yinghai-Qiongdongnan Basin, South China Sea, Boso Peninsula, Japan, and stratotype at Vrica, Italy

*gerinoides ruber* 为主, 并有 *Globigerinoides extremus* 等典型的第三纪分子。*Neogloboquadrina pachyderma* 在“e”层以下全系右旋壳, 而“e”层以上出现左旋壳, 并在界面以上 18—38m 处占优势(图 3)。

乐东 30-1-1 井的分析结果, 揭示出一系列的浮游生物事件, 其主要者如表 1、图 2 所列。关于此井上部二千余米地层中的生物地层界面, 我们已有另文介绍<sup>[9]</sup>, 此处只指出直接涉及更新统下界的几个事件。由图 2 可见, 乐东 30-1-1 井的浮游生物事件序列与 Vrica 剖面相互一致, 很容易据此确定南海北部陆架与国际层型剖面相应的更新统下界。具体说, 此井 *Gr. acostaensis*, *Gs. extremus* 和 *D. brouweri* 的末现面分别在 1298m, 1689m 和 1762m 处。如按 Vrica 剖面将上新—更新统界线划在 *D. brouweri* 与 *Gs. extremus* 末现面之间, 和 *N. dutertrei* s.s. 的初现处, 则乐东 30-1-1 井相应位置在井深 1689m 处(表 2)。这一生物地层界面不仅与意大利国际层型剖面的更新统下界相当, 而且与日本本州中部房总半岛等其他国家的海相剖面可以对比(图 3), 其年龄为距今 1.60—1.70Ma 左右。

然而, 上列几种化石在该段地层中含量不高, *D. brouweri* 尤为稀少, 加以界线上下缺乏显著的岩性变化, 在地震剖面上更难追踪, 因此上述上新—更新统界线在南海北部的地层工作中难以推广使用。至少从油气勘探的实践出发, 希望能有更加明显的地层分界。

### 建议的海相第四系下界

自从第 18 届国际地质大会以来, 第四系下界的确定应当和其他系一样, 以海相层型剖面为准, 已无异议。然而, 人们对陆相第四纪地层所作的工作毕竟比海相的多, 一个能为广大第四纪地层工作者接受的理想界线, 应当既反映海相、又反映陆相环境及其生物群的显著而广泛的变化。有人提出, 13.00Ma 以来有着 8 个界面, 在不同程度上符合上述要求<sup>[9]</sup>, 可供选择。比较现实而讨论较多的至少有 5 个时间面(图 4)。如从陆相地层维拉方

表 2 乐东 30-1-1 井主要浮游生物时间面 (FAD——初现面, LAD——末现面; 右侧同位素年龄指相应时间面在世界范围内的年龄记录, 出处见所列文献号)

Table 2 Major planktonic datum levels in Well Ledong 30-1-1  
(right column showing isotopic age in Ma)

序号	井深(样品深度)(m)	化石名称	时间面	同位素年龄 (Ma)
1	460	<i>Globorotalia tosaensis</i>	LAD	0.6 <sup>[20]</sup>
2	1146	<i>Globigerinoides tenellus</i>	FAD	
3	1298	<i>Globorotalia acostaensis</i>	LAD	
4	1689	<i>Globigerinoides extremus</i>	LAD	1.6 <sup>[11]</sup> , 1.8 <sup>[20]</sup>
5	1762	<i>Discoaster brouweri</i>	LAD	1.68, 1.9 <sup>[20]</sup>
6	2085	<i>Globorotalia truncatulinoides</i>	FAD	1.9 <sup>[20]</sup>
7	2176	<i>Globorotalia multicamerata</i>	LAD	2.0 <sup>[23]</sup> , 2.9 <sup>[20]</sup>
8	3048	<i>Globoquadrina altispira</i>	LAD	2.8 <sup>[22]</sup> , 2.9 <sup>[20]</sup>

(Villafranchian) 组底部维拉方哺乳动物群出现为界, 则应与高斯正向极性带底面相当, 可以浮游有孔虫 *Globorotalia miocenica* 初现和 *Gr. margaritae* 未现为标志, 距今约 3.40Ma<sup>[21]</sup> (图 4,A), 如根据北美大陆冰川开始划界, 则与 *Globoquadrina altispira* 的未现面相当, 距今约 2.80Ma<sup>[22]</sup> (图 4,B)。如按照我国和许多国家陆相第四纪工作者的意见, 黄土堆积开始和其他一些环境急剧变化发生在高斯与松山极性时转折之际, 则第四纪下界可划在距今 2.40Ma 左右<sup>[9]</sup>, 可惜未见报道有浮游生物界明显的演化事件与之对应。值得注意的是浮游有孔虫 *Globorotalia multicamerata* 一种, 其未现面在大西洋区为 2.90Ma 前<sup>[20]</sup>, 但在澳洲一带可晚到 2.00Ma 前<sup>[23]</sup>, 其间差别至少部分地与对该种作广义还是狭义的理解有关。如主要以壳壁较薄与之相区别的 *Globorotalia pervensis* 的未现面在 2.50Ma 前, 该种与 *Gr. multicamerata* 间有许多过渡类型, 在实践中不易区分<sup>[24]</sup>。在南海和西太平洋缺乏确切年代数据的情况下, 可以用包括这些过渡类型在内的广义 *Gr. multicamerata* s.l., 其未现面当在 2.50—2.00Ma 前, 即与我国许多陆相第四纪工作者所主张的, 在高斯极性时末的界线相近 (图 4,c)。目前, 与 Vrica 剖面 1.64Ma 界线相当的界面, 在世界若干地区的海相剖面中已经找到, 但是反映明显环境变化的界面都在其他位置上。如新西兰海相剖面中, 重大的变化发生在距今 0.90Ma 和 2.40Ma 左右<sup>[25]</sup>, 日本房总半岛海相地层中沉积间断发生在距今 3.20—2.20Ma 间<sup>[26]</sup>, 而距今 1.64Ma 处都不见任何重大的变化。

同样, 南海北部莺—琼盆地的乐东 30-1-1 井, 在相当于 Vrica 剖面第四系下界的 1689m 处, 并无明显的环境变化, 而其下在井深 2176m 附近, *Gr. multicamerata* s.l. 未现面处, 却有沉积间断。虽然岩性变化不甚明显, 但上覆层含粉砂较多, 胶结较疏松, 而与下伏地层不同, 地震剖面中又有明显的  $T_2$  反射层为标志, 且化石群的变化尤其强烈, 不仅 *Gr. multicamerata* 在此面以上消失 (再沉积壳体除外), *Gr. truncatulinoides* 在此面以上不远处 (井深 2085m) 出现 (表 2), 而且界面以下以浮游有孔虫占优势, 界面以上以底栖有孔虫为主, 保存状况也从界面以下的钙质充填重结晶壳变为空壳或黄铁矿局部充填壳。

上述界面在地震剖面上可以  $T_2$  反射层在莺—琼盆地内广泛追踪, 而且通过化石群的显著变化, 易于在南海北部以奥都威极性亚带之底面和顶面附近为界约距今 1.90Ma 与 1.64Ma 的界面 (图 4,D,E), 在陆相地层中缺乏显著事件与之对应, 这正是 Vrica 层型剖面遇到许多反对意见的原因。

由于上述生物地层界面与  $T_2$  反射层相应, 因而可以在地震剖面上在莺—琼盆地内广泛追踪; 通过化石群的显著变化, 还可以在南海北部 3 个盆地之间进行对比, 对比结果如表 3 所示。3 个盆地对比的结果, 说明莺—琼盆地第四系最厚, 而北部湾盆地第四系的海相性程度最低; 由此界面所代表的沉积间断, 也由乐东 30-1-1 井朝北向海南岛方向加长。根据 *Gr. multicamerata* s.l. 未现面时间大致在高斯正向时末的估计和本区地层沉积速率估计值推算, 这一沉积间断发生在 2.00—2.50Ma 前, 反映了在高斯—松山时之间我国海上和陆区的一次重大环境变迁。以此作为第四系下界, 在南海北部无论从岩性、地震剖面或古生物等方面均易于辨认, 又与我国大多数陆地第四纪地质工作者意见一致, 在理论和实践方面均远较 1.64Ma 的界线适宜。为此, 我们建议以乐东 30-1-1 井 2176m

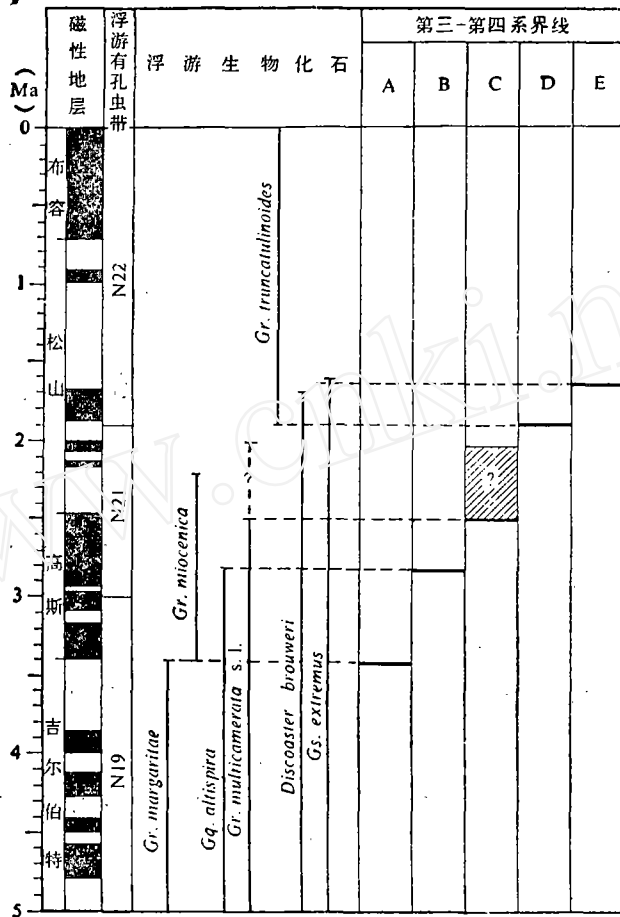


图 4 第四系下界的 5 种方案

Fig. 4 Five options of the Plio/Pleistocene boundary

A. 与陆相维拉方哺乳动物群初现面相当,距今 3.40Ma; B. 以墨西哥湾、加勒比海地区的划分意见<sup>[22]</sup>为准,距今 2.80Ma; C. 以南海地区的划分意见为准(本文),约 2.00—2.50Ma 前; D. 以 Bandy (1972)意见为准, 1.90Ma 前; E. 以 Vrica 剖面为标准,距今 1.64Ma。

表 3 南海北部陆架 3 个盆地第四系特征比较

Table 3 Comparison of Quaternary deposits in three sedimentary basins of the northern shelf of the South China Sea

盆 地	北 部 湾	莺—琼	珠 江 口
厚 度	一般不足 100m	可逾 2000m	300m(±)
沉 积 相	上部海湾相夹海相 下部陆相	海相为主	海相为主
浮游有孔虫	极少或无	有	有



*Gr. multicamerata* 末现面所反映的界面作为南海北部海相第四系的下界。

大约 2.40—2.50Ma 左右在古环境与古生物方面的重大变化,在世界许多地区的海相第四系中也都有广泛的反应。最近对北大西洋沉积的研究发现,由米兰柯维奇(Milankovitch)天文周期引起的冰期—间冰期气候周期,在 0.73Ma 以来的布容时为 0.10Ma 一次,约 2.47—0.73Ma 来的松山时约为 0.041Ma 一次,而 2.47Ma 前则只有小规模波动<sup>[27]</sup>。北大西洋东部的冰海沉积物亦自 2.50—2.60Ma 前开始<sup>[28]</sup>,在赤道南大西洋,沉积物中的 CaCO<sub>3</sub> 含量从高斯正向时的平均 90%,降到松山反向时的平均 82%,以至布容正向时的 77%,2.50Ma 前与 0.70Ma 前又是重要的环境转折时期<sup>[29]</sup>。在太平洋,2.43Ma 前的硅藻组合交替也反映气候的重大变冷事件<sup>[30]</sup>。总之,以高斯—松山时的界面划第四系下界,对于深海沉积同样是合适的。建议在进一步研究的基础上,用来代替 Vrica 剖面中“既不在生物地层,又不在磁性地层界线上”<sup>[15]</sup>的更新统下界界面。

## 结 束 语

1. 南海北部陆架产有巨厚海相第四系,其化石序列可与意大利 Vrica 国际层型剖面对比,用化石群划出相当 1.64Ma 的界线,但明显的地层界线出现在高斯—松山极性带之间,大约 2.00—2.50Ma 前以 *Globorotalia multicamerata* 末现面为界处。

2. 高斯—松山时之间,在大西洋、太平洋深海沉积中和日本、新西兰等地海相剖面中,均有重要的环境变化与沉积间断,是海相、陆相地层中均为适用的上新统一更新统界线。

3. 莺歌海—琼东南盆地海相第四系厚度可逾 2000m。此类巨厚的海相第四系曾报道于日本房总半岛<sup>[26]</sup>,新西兰北岛的旺加努伊(Wanganui)盆地<sup>[31]</sup>,墨西哥湾<sup>[32]</sup>以及意大利北部波(Po)河平原等<sup>[33]</sup>,均为新构造运动强烈区,而且往往盛产烃类。我国南海北部的巨厚海相第四系,为形成天然气藏和进行高分辨率地层学研究,提供了十分有利的条件。

## 参 考 文 献

- [1] Aguirre, E., and Pasini, G., 1985. The Pliocene-Pleistocene boundary. *Episodes*, Vol. 8 No. 2, pp. 116—120.
- [2] Никифорова, К. В., 1987, Введение. М.Н. Алексеев и К.В. Никифорова (отв. ред.), Граница между Неогеновой и Четвертичной Системами в СССР. Москва, "Наука", стр. 5—7.
- [3] Зубаков, В.А., 1987. Палеоклиматический критерий — единственная основа выделения Четвертичной Системы и решения проблемы Нюоген-Четвертичной границы (общий и Понто-Каспийский аспекты): М.Н. Алексеев и К.В. Никифорова (отв. ред.), Граница между Неогеновой и Четвертичной Системами в СССР. стр. 103—113, Москва, "Наука".
- [4] Liu Tungsheng and Ding Menglin. 1982, Pleistocene stratigraphy and Plio/Pleistocene boundary in China. In *Quaternary Geology and Environment in China*. pp. 1—6, Beijing, China Ocean Press.
- [5] 安芷生, 1985, 中国北方第四系下界的研究——松山期初一个重要的气候, 地质事件. 海洋地质与第四纪地质, 第 5 卷, 第 4 期, 第 95—103 页。
- [6] 曹照垣、于清河、刘兰锁、何培元, 1983, 试论中国第四纪下界问题. 地质学报, 第 57 卷, 第 1 期, 第 96—103 页。
- [7] 张守信, 1986, 中国第三系—第四系界线研究的现状. 中国第四纪研究, 第 7 卷, 第 2 期, 第 95—103 页。
- [8] 夏伦煜, 1988, 南海北部陆架巨厚海相第四系的发现. 科学通报, 第 33 卷, 第 23 期, 第 1804—1805 页。
- [9] 夏伦煜、汪品先、王律江、麦文、赖霞红, 1989, 莺歌海—琼东南盆地第四系的初步研究. 中国海上油气, 第 3 卷, 第 3 期, 第 21—28 页。
- [10] Никифорова, К.В., 1982. Граница между Неогеном и Четвертичной Антропогеновой Системой. Е.В.Шаниер (отв. ред.), Четвертичная Система, полутом 1, стр.95—100.
- [11] Gignoux, M., 1910, Sur la classification du Pliocene et du Quaternaire de l'Italie du Sud. C. R. Acad. Sci. Paris, 150, pp. 841—844.
- [12] Pelosio, G., Raffi, S., and Rio, D., 1980, The Plio-Pleistocene boundary controversy. Status in 1979 at the light of International Stratigraphic Guide. In *Universit degli Studi di Parma. Volume dedicato a Sergio Venzo*, Parma, pp. 131—140.
- [13] Bizon, G., and Müller, C., 1978, Remarks on the determination of the Pliocene/Pleistocene boundary in the Mediterranean. In K. Hsü and L. Montadert, et al., *Initial Reports DSDP*, Vol. 42, No. 1, pp. 847—853.
- [14] 汪品先等, 1981, 有孔虫. 南海北部大陆架第三纪古生物图册. 第 83—137 页, 图版 39—73, 广东科技出版社。
- [15] Jenkins, D. G., 1987, Was the Pliocene-Pleistocene boundary placed at the wrong stratigraphic level? *Quaternary Science Review*, No. 6, pp. 41—42.
- [16] 李鼎容、彭一民、刘清泗、刘振钊、童有德, 1979, 北京平原区上新统一更新统的划分. 地质科学, 第 4 期, 第 342—349 页。
- [17] 王乃文、何希贤, 1983, 北京平原第四纪钙质超微化石的初步研究. 中国科学, B 辑, 第 3 期, 第 258—269 页。
- [18] 林景星, 1981, 北京顺义早更新世有孔虫动物群的古生态及古环境. 地质科学, 第 1 期, 第 55—59 页。
- [19] 安芷生、魏兰英、卢滇俦、王乃文、何希贤、丁申, 1979, 顺 5 孔的磁性地层学和早松山世的北京海侵. 地球化学, 第 4 期, 第 343—345 页。
- [20] Berggren, W. A., 1985, The Neogene, part 2, Neogene geochronology and chronostratigraphy. In N. J. Snelling (ed.), *The Chronology of the Geological Record*. Blackwell Sc. Publ., pp. 211—250.
- [21] Berggren, W. A., and van Couvering, J. A., 1979, Quaternary. In *Treatise on Invertebrate Paleontology, Part A, Introduction*, pp. 505—543.
- [22] Lamb, J. L., and Beard, J. H., 1972, Late Neogene Planktonic Foraminifers in the Caribbean, Gulf of Mexico, and Italian Stratotypes. *Univ. of Kansas*, pp. 1—67, 36 pls.
- [23] Heath, R. S., and McGowran, B., 1984, Neogene datum planes, foraminiferal successions in Australia with reference section from the Ninetyeast Ridge and the Ontong-Java Plateau. In N. Ikebe and R. Tsuchi (eds.), *Pacific Neogene Datum Planes*. Univ. of Tokyo Press, pp. 187—192.
- [24] Bolli, H. M., and Saunders, J. B., 1985, Oligocene to Holocene low latitude planktonic foraminifera. In H. M. Bolli et al. (eds.), *Planktonic Stratigraphy*. Cambridge Uni. Press, pp. 155—262.
- [25] Beu, A. G., Edwards, A. R., and Pillans, B. J., 1987, A review of New Zealand Pleistocene stratigraphy, with emphasis on the marine rocks. In M. Itihara and T. Kamei (eds.), *Proceedings of the First International Colloquium on Quaternary Stratigraphy of Asia and Pacific Area*, Osaka, 1986, pp. 250—269.

- [26] Nirei, H., et al., 1987, Stratigraphic studies of the Pleistocene in the Boso Peninsula facing the Pacific, central Japan. *Ibid.*, pp. 32—42.
- [27] Ruddiman, W. F., 1987, Climatic evolution of Northern Hemisphere ice sheets and the North Atlantic Ocean during the last 3 myr (Abstract). INQUA XII International Congress, Canada, 1987, Programme and Abstracts, p. 256.
- [28] Jansen, E., Henrich, R., Kringstad, L., and Slettemark, B., 1987, Late Pliocene and Pleistocene paleoceanography of the Norwegian Sea and the NE Atlantic: ODP/DSDP sites 610, 642, 643 and 644 (Abstract). *Ibid.*, p. 193.
- [29] Janecek, T. R., and Ruddiman, W. F., 1987, Plio-Pleistocene sedimentation in the South Equatorial Atlantic Divergence (Abstract). *Ibid.*, p. 193.
- [30] Pushkar, V. S., 1987, Plio-Pleistocene boundary in sediments of Pacific Ocean (Abstract). *Ibid.*, p. 247.
- [31] Hornibrook, N. de B., 1984, Neogene stratigraphy and planktonic foraminiferal datum planes in New Zealand. In N. Ikebe and R. Tsuchi (eds.), *Pacific Neogene Datum Planes*. Univ. of Tokyo Press, pp. 179—186.
- [32] Healy-Williams, N. (ed.), *Principles of Pleistocene Stratigraphy Applied to the Gulf of Mexico*. International Human Resources Corporation, Boston. pp. 1—236.
- [33] Nilsson, T., 1983, *The Pleistocene*. D. Reidel Publ. Co., pp. 1—651.

## LOWER BOUNDARY OF THE MARINE PLEISTOCENE IN NORTHERN SHELF OF THE SOUTH CHINA SEA

Wang Pinxian<sup>1)</sup>, Xia Lunyu<sup>2)</sup>, Wang Lüjiang<sup>1)</sup> and Cheng Xinrong<sup>1)</sup>

### Abstract

A marine stratigraphic sequence crossing the Pliocene/Pleistocene boundary has been found in the northern continental shelf of the South China Sea. The marine Quaternary deposits in the Yinggehai Basin may exceed 2,000 m in thickness, probably providing the best section for studying the lower boundary of the marine Pleistocene in South China. The vertical succession with planktonic foraminifers and nannofossils revealed in bore-holes in the basin has been well correlated with that in the international stratotype section of the Pliocene/Pleistocene boundary at Vrica, Italy, resulting in the acquirement of a biostratigraphic boundary at 1.64 Ma. BP. This boundary, however, does not coincide with any prominent lithological or palaeontological changes in the study area and can hardly be used in geological practice. There are, in contrast, significant changes at the level of LAD of *Globorotalia multicamerata* s. l. located below the above-mentioned boundary. The percentage of planktonic foraminifers in the total population and the preservation of foraminiferal tests display great changes at this level corresponding to a clear onlap on the seismic profiles and indicating a depositional hiatus of ca. 2.0—2.5 Ma. Since the level can be widely traced in the Pearl River Mouth Basin and the Beibu Gulf Basin and well corresponds with the marked deposition-environmental changes recorded in the west Pacific and other regions, it is recommended that the Plio/Pleistocene boundary be drawn at the level of *Gr. multicamerata* s. l. LAD, roughly concurrent with the Gauss/Matuyama turn.

### 图 版 说 明

1. *Neogloboquadrina dutertrei* (d'Orbigny), 腹视, ×160, 乐东 30-1-1 井 (405m); 2—4. *Globorotalia tosaensis* Takayanagi & Saito 背、腹、口视, ×115, 文昌 14-1-1 井 (300m); 5, 6. *Globorotalia pseudopumilio* Brönnimann and Resig. 背、腹视, ×200, 乐东 30-1-1 井 (1463m); 7. *Globigerinoides extremus* Bolli & Bermudez 口视, ×125, 乐东 30-1-1 井 (1689m); 8—10. *Globorotalia truncatulinoides* (d'Orbigny) 背、口、腹视, ×150, 乐东 30-1-1 井 (1439m); 11—13. *Globorotalia multicamerata* Cushman & Jarvis 背、口、腹视, ×65, 文昌 19-1-2 井 (260m)

### 作 者 简 介

汪品先, 1936年生, 1960年毕业于莫斯科大学地质系, 现任同济大学海洋地质系教授。从事微体古生物、海洋地质、古海洋学的研究。

1) Department of Marine Geology, Tongji University Shanghai.  
2) Research Institute, Nanhai West Oil Corporation Zhanjiang, Guangdong.

