

# 微体化石在海侵研究中的应用与错用\*

汪品先

(同济大学海洋地质系)

**内容提要** 微体古生物分析已经证明是沿海平原和陆架海侵研究的最重要手段之一。由于我国第四纪海侵研究大量工作是在海陆过渡相地层中进行,而对于过渡相化石群古生态和埋葬学方面复杂性认识不足,往往会导致微体化石的错用。河口微体化石的潮流搬运,海岸带低 pH 环境下钙质壳体的溶解作用,氯化钠型盐湖中有孔虫的产出以及河床摆动造成与海侵、海退相似的化石序列,都可能引起微体化石在海侵研究中错误解释和应用。本文通过澳大利亚和中国的实例进行论证,并提出今后研究工作的建议。

**主题词** 微体化石 第四纪海侵 海平面变化 埋葬学 海陆过渡相

## 一、微体化石的应用

微体古生物分析,首先是有孔虫、介形虫等钙质微体化石的分析,已经成为我国第四纪或更早时期海侵研究的常用手段。我国第四纪海侵是从海岸变迁的地貌证据开始研究的,而60年代以来微体古生物的作用逐渐增加,到80年代大部分研究第四纪海侵的论文都用微体化石作为根据<sup>[1]</sup>。其根本原因在于这些生物对环境的灵敏性,它们能够反映所赖以生活的水体的盐度、深度,有时还可以直接指示海岸带的所在,从而为海面升降、海岸迁移提供证据。采用化石群定量分析的方法,在属种鉴定基础上统计各种的丰度比值,进而求取分异度等群落结构参数,全面考虑其他共生的微体化石类别,便可以做出沉积介质海相性的判断,再根据海相性的垂向变化做出海侵、海退的结论<sup>[2]</sup>。

实践表明,微体化石在海侵研究中确实有其不可替代的作用。有时地层岩性单一,靠沉积学方法无从辨识海相性的变化,甚至无法判断属海相与陆相沉积,例如,杭州西湖湖滨钻孔中全新世廿余米厚的灰色粘土,只有依靠所含有孔虫、介形虫、轮藻、硅藻、植物蛋白石(phytoliths)等化石,才揭示出潟湖→海湾→潟湖→淡水湖的变迁史<sup>[3]</sup>。在微体古生物与沉积学结合的基础上,我国沿海平原和近岸海区的第四纪海侵历史已经得到不同程度的阐明<sup>[4-7]</sup>。可以说,按照进行微体古生物分析的沿海钻孔数量或发表的有关论文数量之多,我国均已处于国际前列;经过多年改进而形成的研究方法也已跨越国界,在澳大利亚沿海应用<sup>[1]</sup>的成功便是一例。

作者简介:汪品先 男 55岁 教授、中国科学院学部委员 海洋微体古生物学与古海洋学专业

\* 国家自然科学基金资助项目。

本文曾在 XIII 届 INQUA 大会专题讨论会上宣读。

1) Wang, P. and Chappell, J., 1992, Foraminifera as Holocene Environmental Indicator in the South Alligator River, Australia. (MS)

90年代开始的“全球变化”计划,对海平面变化研究提出了新的要求,而我国第四纪海侵研究的现行方法和成果都尚难以满足这种要求。我国第四纪的微体古生物分析,基本集中在三角洲平原;而河口三角洲地层相变剧烈,冲蚀频繁,决非现有少量 $^{14}\text{C}$ 测年数据和一些可能的磁极漂移事件所能控制,何况海侵与海平面之间的关系也因河口地区强烈的沉积过程而变得复杂<sup>[9]</sup>。必须在多种手段取得的大量测年数据基础上,结合一定范围内地层层序的相分析,才能达到通过海侵地层查明海平面变化的目的。

同样,依靠有孔虫等微体化石推断古深度也由于能划出的深度带范围较大,无法适用于晚期第四纪海平面变化的要求。其实生物包含的环境信息量极大,问题在于如何提取。我国沿海第四纪中含海相化石的“海相层”,实际上7/10属于海陆过渡相,特别是海岸带和河口的沉积<sup>[9]</sup>;而利用潮汐海岸不同相带有孔虫群的区别可以追踪小幅度的海平面升降,在加拿大曾被用来指示0.7m的海平面变化<sup>[10,11]</sup>。由于这种标志建立在潮位、植被和有孔虫群这三者的关系之上,各国各地难以找到统一标准,必须因地制宜地分别建立。我国对近海和海岸的现代有孔虫、介形虫分布已做过比较系统的调查,如能再投入适量工作,建立起环境参数与微体“化石”群之间的古生态转换函数,就有可能把微体化石的定性应用提高到定量的水平。

在探讨如何从微体化石提取更多信息的同时,先有一个如何正确应用现有资料的问题。随着微体古生物方法的迅速推广,由于对化石与古环境关系复杂性估计不足,出现了一种应用和解释失当的倾向以及化石资料错用的现象。这种错用的原因,来自埋葬学和生态学两个方面。

## 二、埋葬学因素导致的错用

错用微体化石最常见的原因,在于把化石群当作生物群,不了解两者之间经过埋葬学的改造过程常会有很大的差别,这在河口和海岸区尤为明显。埋葬学的改造,最重要的是搬运作用和溶解作用两方面。

### 1. 搬运作用

浅水区表层沉积中的有孔虫、介形虫壳体,往往与其他沉积颗粒一起经历沉积—悬浮—再沉积—再悬浮的过程而遭受搬运。在海、陆两种不同环境的交界处,特别是河口区,这种搬运作用的效果最为突出。

我们对长江口<sup>[12]</sup>、德国易北河(Elbe)口<sup>[13]</sup>、澳大利亚北部南阿利盖托河(South Alligator)口<sup>[14]</sup>水层中浮游样和表层底质样的比较研究表明:在这些中、强潮河口的水层中含有受水动力掀起而悬浮水中的底栖有孔虫,其属种组分与底质中所见相似,甚至也包括活个体在内。由于不同属种、不同大小壳体的比重和悬浮性能的不同,其沉降速度快慢不一,从而导致搬运过程中的分选作用。大体说来,有孔虫胶结壳和瓷质壳沉降较快,难作长途搬运;壳小壁薄,尤其是房室膨起的玻璃质壳沉降缓慢,有利于长时间悬浮和长距离搬运。实验室的沉降试验表明,长江口和杭州湾的有孔虫群,小个体浮游有孔虫 *Epistominella naraensis* (Kuwano) 及 *Ammonia convexidorsa* Zheng 等种沉降最慢<sup>[15]</sup>,事实上,它们也是溯河向上搬运最远的类型<sup>[12]</sup>。河口的水动力除风暴和波浪外,就

是河水的径流和海水的潮流。由于有孔虫主要在海区生活, 潮流是将有孔虫壳体溯河向上搬运的主要营力。壳体细小而质轻易浮的有孔虫诸如长江口上列类型、易北河口 *Elphidium excavatum* (Terquem), 南阿利盖托河口的 *Shackoinella globosa* (Millett) 等种, 都可以随潮流上溯入河口数十, 甚至一二百公里之远。

根据我们对亚、欧、大洋洲三洲 17 条现代河口表层沉积物及部分河口浮游样的分析, 河口按其潮流的强度可以分成两类: (1) 弱潮型(潮差  $< 2\text{m}$ ) 和全日潮中潮型河口, 水体分层具盐水楔, 潮流一般不足以搬运有孔虫, 因此水层中一般无悬移的有孔虫壳体, 底质中活有孔虫群落与死有孔虫群落相似, 以原地埋葬的广盐性分子为主, 壳体大小无明显分选; (2) 强潮型(潮差  $> 4\text{m}$ ) 和半日潮中潮型河口, 水体混合, 潮流强劲, 水层中常含悬移的有孔虫壳体, 底质中有孔虫群含大量体小而容易漂浮的外来分子, 多属窄盐海相的异地埋葬群, 壳体大小分选良好且与同一沉积样中的矿物颗粒具有相似的沉降速度<sup>[4]</sup>(表 1)。可见, 河口有孔虫的活群落主要由盐度、pH 等生态因素决定, 死群落则受潮流等水动力因素控制。

表 1 两种类型河口的有孔虫群比较(据三大洲 17 条河口做出)

河口类型	环流	盐水楔型		混和型			
	潮汐	弱潮型	中潮型		强潮型		
			全日型	半日型			
潮差	$< 2\text{m}$	$2-4\text{m}$		$> 4\text{m}$			
有孔虫	水层中悬移	无		有			
	活群落	与死群落相似		与死群落明显不同			
	死群落	属种组成		原地, 广盐性分子		多异地, 海相分子	
		壳体大小		无分选, 不与矿物颗粒的粒度相关		分选, 与矿物颗粒的粒度相关	
实例	亚 洲	珠江 双台子河 滦河 南流江		长 江 钱 塘 江			
	欧洲	英国克赖斯特彻奇港		德国易北河			
	大洋洲	澳大利亚北区 McArthur 河 新南威尔士 Clyde 河 新南威尔士 Hawkesbury 河 昆士兰 Nossah 河 维多利亚 Surry 河 维多利亚 Hopkins 河		澳大利亚北区南阿利盖托河 澳大利亚北区 Adelaide 河 澳大利亚北区 Daly 河			

我国第四纪海侵的研究, 既然大多在长江、珠江、海河、黄河、辽河等大河三角洲区进行, 在解释河口沉积的微体化石群时, 就一定要识别由潮流搬运作用带来的异地埋葬群。在长江口、杭州湾一类的强潮-中潮(半日潮)河口, 沉积物中所含细小的有孔虫壳全系搬运而来的异地分子, 其中不乏窄盐海相类型; 如不加分辨地用作古盐度分析, 可以得出十分谬误的结论。事实上, 这类异地埋葬的有孔虫群只能指示水动力强度(有孔虫的分选)

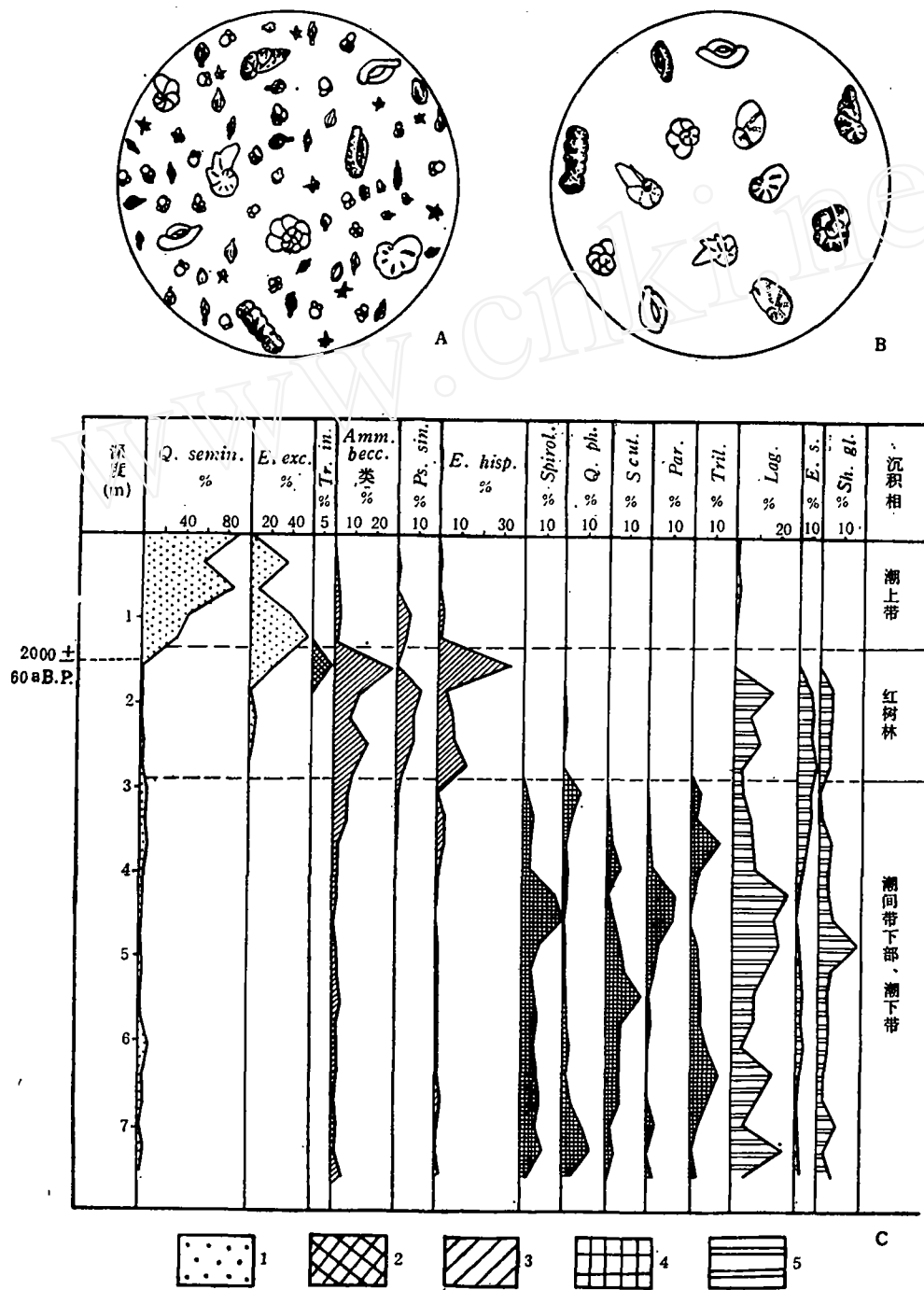


图1 澳大利亚北部南阿利盖托河口沉积物中有孔虫群的筛析与应用

A. 沉积物有孔虫群普遍以小个体异地分子占优势 B. 筛去  $< 125 \mu\text{m}$  的小个体后的原地分子  
C. 根据  $> 125 \mu\text{m}$  原地有孔虫群在河口钻孔 SAH29 中分出的不同沉积相

有孔虫类别(括号内的缩写与图中缩写相对应): 1. 高 pH 潮上带种: *Quinqueloculina seminula* (*Q. semin.*), *Elphidium excavatum* (*E. exc.*) 2. 低 pH 潮上带种: *Trochammina inflata* (*Tr. in.*) 3. 广盐河口种: *Ammonia beccarii* (*Amm. becc.*), *Pseudogyroidina sinensis* (*Ps. sin.*), *Elphidium hispidulum* (*E. hisp.*) 4. 浅海种: *Spiroloculina* spp. (*Spirol.*), *Quinqueloculina philippinensis* (*Q. ph.*), *Scutularis*+*Miliolinella* (*Scut.*), *Pararotalia venusta* (*Par.*), *Triloculina tricarinata* (*Tril.*) 5. 易浮种: *Lagena* spp. (*Lag.*), *Elphidium simplex* (*E. s.*), *Shackoinella globosa* (*Sh. gl.*)

及其与海水的联系(有孔虫的来源),而并无生态意义。当这些小个体异地分子与大小未经分选的广盐性原地分子共同产出时,就可以将小个体异地分子排除后,只按原地分子做古生态解释。例如,澳大利亚南阿利盖托河口的全新世地层中所含有孔虫群以小个体异地分子占压倒优势(图 1A),难以用来区别沉积相;如将  $<125 \mu\text{m}$  的小个体筛析除去后(图 1B),就可以根据有孔虫群将岩芯分出潮上带、潮下带等不同相带(图 1C)。

此外,较早地层再沉积或风暴作用搬运而来的壳体,也可以导致微体化石群的错误解释。在我国沿海平原往往有多次海侵地层,化石再沉积作用容易发生,甚至还有过前新生代地层风化剥蚀的再沉积化石见于第四纪沉积的实例,在应用中应十分注意。

## 2. 溶解作用

化石埋藏学的另一个重要环节是破坏作用,包括机械的磨损、压裂、崩解和化学的腐蚀、溶解。前者如海滩砂中壳体的磨损而致消失,泥质沉积压实过程中介形虫壳瓣的压裂和薄壳有孔虫的破碎,以及一些构造简单的胶结质有孔虫壳的崩解;后者指酸性条件下钙质壳体和碱性条件下硅质壳体的溶解。溶解破坏的结果往往使原有壳体荡然无存,容易被忽视,因而有必要做专门的讨论。

钙质壳有孔虫和介形虫壳体主要由方解石组成,在低 pH 介质中就会溶去;虽然活个体壳体受有机质保护,死后仍难免溶解。试验表明:玻璃质壳的广盐性有孔虫 *Ammonia beccarii* (L.) var., 其活个体在  $\text{pH} = 2$  的强酸性溶液中可以存活 25—75 分钟<sup>[6]</sup>,而我们采自澳大利亚的空壳在  $\text{pH} = 6$  的介质中 4 小时后便因溶蚀而变得半透明,28 小时后即行破碎,70 小时后全部溶去,只剩有机质内衬。当然,不同类型的壳体抗溶性能不一。一般说来,壁厚壳大的个体不易溶解,钙质壳体抗溶程度按其壳质为文石、高镁方解石、低镁方解石的次序递增。我们的试验结果表明,胶结壳有孔虫壳在  $\text{pH} = 6$  的水中浸泡 40 小时并无变化,高镁方解石质的瓷质壳则已溶去,而低镁方解石质的玻璃质壳仅变其透明壳为半透明而已(表 2)。

表 2 三类壳质有孔虫的不同抗溶性能\*

壳壁类别		试验种数	结 果	
			22小时后	40小时后
胶结质		3	无变化	无变化
钙质	瓷质	3	半透明,部分溶解	全溶解
	玻璃质	9	部分半透明	半透明

\* 15 种现代有孔虫空壳(壳径约 0.25 mm) 在  $\text{pH} = 6$  的水中浸泡 22、40 小时后的结果。

在自然界,这类腐蚀溶解作用主要发生在 pH 值容易偏低的海岸、河口等滨海边缘环境和非海相环境。海水和海陆过渡水体中丰富的硫化物,一旦氧化便产生酸而使 pH 值降低,有孔虫、介形虫从它们生活的水体到埋葬后的沉积孔隙水,只要其中曾一度出现 pH 低值,便足以使钙质壳体遭受不同程度的溶蚀。按溶蚀程度的不同,可分为三个阶段:

第一阶段:壳体失去透明度,整个壳体变为半透明或不透明状。如南黄海部分近表

层沉积中白色有孔虫、介形虫壳便是。

第二阶段：壳体的局部溶蚀，通常是壳薄的部位（如螺旋壳有孔虫的腹面）先溶，壳薄的属种先溶。如澳大利亚河口全新世地层中所见部分溶解的有孔虫群属之。

第三阶段：壳体全部溶解。如浙江沿岸晚期第四纪和澳大利亚东岸克拉伦斯（Clarence）河口全新世地层中，只见半咸-海水硅藻而无有孔虫、介形虫，即为溶解作用所致。

此类溶失钙质微体化石的现象，在热带-亚热带湿热气候的河口海岸相当常见，而在红树林沉积中尤为明显。红树林泥暴露在空气中很快氧化，在沉积物表面析出自然硫和（或）黄钾铁矾的黄色粉末，而沉积物中所含钙质壳体尽行溶去，同时形成微型石膏晶体。这种现象在澳大利亚和我国的河口都有发现；我们将另文讨论。此处需要指出的是，在海侵研究中，有孔虫和海相介形虫的缺失还不足以否定海水的影响，应当考虑是否低 pH 环境导致这些钙质壳体的溶失，避免把埋葬学效应解释为生态学信息。如华南沿海（包括香港）晚更新世海侵层中往往只见海相硅藻而无有孔虫，澳大利亚全新世红树林泥中不含有孔虫而有红树林花粉，都是例证。

### 三、生态学因素导致的错用

在排除了埋葬学因素的干扰后，便可以作古生态解释。海侵研究中首先希望化石群指示海相还是陆相，海水深度是多少，地层的序列是否表示海侵过程，而其中每一项都包含有错误解释的可能。

#### 1. 海相性

有孔虫是识别海相层最为常用的一类微体化石。然而，近年来在我国内陆腹地的晚新生代地层中，屡次发现有孔虫化石群，从冀西、晋陕<sup>[17]</sup>，甚至柴达木的更新统或上上新统，到四川的白垩系、鄂鲁等省的下第三系都有出现，而且往往与膏盐层或其它干旱气候下的沉积相伴。这就提出了一个非常严肃的问题：有孔虫是否也可以在咸水-半咸水湖泊中产出？

近年来，在德国<sup>[18]</sup>、澳大利亚<sup>[19]</sup>的现代盐湖和撒哈拉的全新世地层<sup>[20]</sup>中都有非海相有孔虫的报道，这些湖中通常都是氯化钠型咸水，与海水有一定程度上的相似；而有孔虫群属种单调，壳体变异强烈，而且可与非海相介形虫共生。过去，我们曾强调有孔虫产于海相或海陆过渡相环境，总是在空间上或时间上与海水相联系，现代产有孔虫的咸水湖曾是上新世以来海侵的范围，这种有孔虫属残留动物群<sup>[17]</sup>；然而新资料表明，有些有孔虫群的产地第三纪以来并无海侵证据，不少实例已难以用“残留群”来解释。反之，实验表明有些有孔虫（如 *Elphidium*）可以经受干燥，从而为空中搬运开辟了途径<sup>[19]</sup>。因此，有必要对我国内陆产出的有孔虫化石群的来源重新加以分辨：有哪些确实是海侵的证据，哪些不过是咸水湖的产物。

显然，分异度高、壳体正常而又无非海相类型伴生的有孔虫群，如北京顺义钻孔所见，肯定属海侵的证据无疑，周围不见海相地层应当是剥蚀作用的结果；然而汾渭、冀西一带的单种有孔虫群，却迫切需要专门的研究以确定其是否与海相关。鉴于现代盐湖的有孔

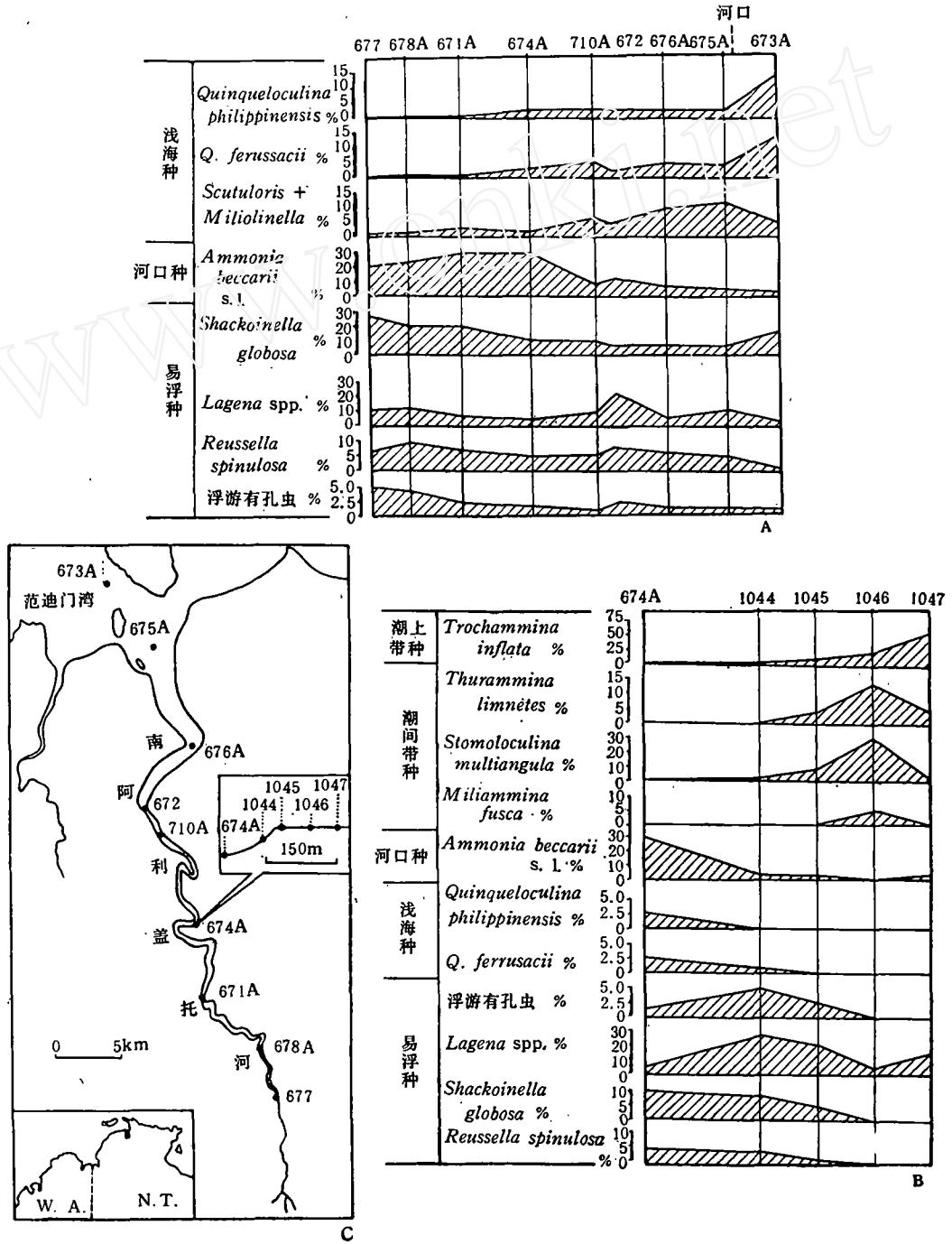


图 2 澳大利亚南阿利盖托河表层沉积中的主要有孔虫属种分布

A. 纵向剖面, 从上游 (677) 至口门外 (673A) B. 横向剖面, 从潮上带 (1047) 到河床 (674A) C. 站位图, 左下角插图中“N. T.”指澳大利亚北区, “W. A.”指西澳大利亚, 黑色方块示站位图范围

虫群与弱海相性(如潮上带、潟湖)有孔虫群难以用壳体形态或属种组成加以区别, 看来, 单靠古生物手段已难以回答上述问题。由于海水与湖水的同位素成分往往有较为明显的

不同,可望通过保存良好的有孔虫壳体同位素分析来确定其海相性,但这只能在分析、比较大批古今样品的基础上才能实现。

必须承认,对于湖泊,特别是咸水构造湖的生态学缺乏了解,很可能导致海侵研究中微体化石资料的错用。近来对非洲等地裂谷湖泊的研究,发现深水构造湖往往有与海相面貌相似的生物群出现<sup>[21]</sup>,应当引起地质界的重视。

## 2. 水深

有孔虫的属种组合随水深而变化,但除了潮位线、波浪基准面、有光带下界、碳酸盐补偿深度等少数深度界线对有孔虫分布有直接控制作用外,通常有孔虫的深度分布不过是不同水团深度分布的间接反映,深度并不是控制生态分布的独立环境因素。例如,同一个 *Ammonia beccarii* var. 有孔虫组合;在现代南黄海分布的深度下限是 20 m,到东海浙江沿岸增至 50 m,这是因为该组合与沿岸流的淡化水相关;而在南黄海苏北沿岸水的厚度为 20 m,到东海浙闽沿岸水厚达 50 m<sup>[22]</sup>。由于水团间的深度界线具逐渐过渡性质,有孔虫的深度分布也并无截然的范围。因此,除了海岸带有孔虫可望指示精度达 0.7 m 的海平面变化<sup>[10,11]</sup>外,一般难以依靠微体化石指示小幅度(如数米以内)的深度变化。

微体化石的丰度和分异度也都与古深度有一定联系。但是决定丰度和分异度的因素很多,如有孔虫的丰度取决于生态环境、碎屑物沉积速率、壳体保存条件等多种因素。单靠现代某海区不同深度下有孔虫群丰度的数值范围来推算古深度的做法,是一种盲目的套用,应予摒弃。

## 3. 相变序列

根据化石与沉积物变化建立起来的沉积相序列,往往能够指示海侵或者海退;但是,沉积相序列不一定由海侵、海退引起。例如,海面下降可以使河口某站的海相性下降、微体化石群中海相分子减少,但河床摆动也可以产生类似的结果。值得注意的是,河口有孔虫群顺河流的纵向变化远不如横切河床的横向变化显著。图 2 所示,是澳大利亚南阿利盖托河现代有孔虫分布的剖面图,其中纵向剖面(A)几十公里内有孔虫群组合的变化,远不及横向剖面(B)几十米的变化强烈。一旦河床横向摆动产生的沉积序列得到保存,其中所含的微体化石群变化序列很可能被误解为海侵、海退的结果。通常河口的河床砂中有孔虫壳体稀少,而潮间带、潮上带都可以含相当丰富的有孔虫群,如果只用有孔虫含量来判断“海侵”,就会把河口潮滩向河床的推进解释为“海侵”,把河床切割潮滩说成是“海退”。

避免这类错用的办法是取得两个以上站位的资料;如果只有一个站位时,可以将化石群与沉积特征相结合判断沉积环境,用沉积环境的具体变化,而不是只用有孔虫群的比较来确定“海侵”、“海退”。

## 四、结 束 语

1. 微体古生物分析已经成为海侵研究的一种基本手段,而其应用方法有待向纵深拓展,特别是要按照高分辨率地层学和定量古环境分析的要求,建立起浅海与海陆过渡相的古生态转换函数,增加微体化石指示古环境的精确度和信息量。



2. 为避免微体化石群地质解释中的错误, 首先必须进行埋葬学分析, 识别原地与异地埋葬分子, 考虑埋葬过程及埋葬以后壳体溶解、破坏和搬运的可能性。

3. 同时要充分估计海陆过渡相(河口、潟湖、海岸等)环境中微体化石生态学与埋葬学的特殊性, 切忌将海相的方法简单套用到过渡相地层来。正常海相沉积的 pH 值比较稳定, 除深海底或缺氧区外不会象过渡相那样可能发生低 pH 值与钙质壳体的溶解, 也不会象沙滩沉积那样发生壳体的强烈磨损、破碎; 海相地层横向也比较稳定, 不会象河口海岸那样有频繁的相变。我国第四纪海侵地层的研究迄今多在河口三角洲进行, 而三角洲地层相变最为频繁, 许多地层界面都具有时侵性, 应当充分注意。

4. 微体化石应用于古环境研究, 尤其是海平面变化, 有其一定的局限性。只有将微体古生物学与地貌学、沉积学等方法结合使用, 有时还需要在平面内取得几个站位的资料, 才可能得出海平面升降的可靠结论。

致谢 在图件和文稿的制作中, 吴梅英和刘志伟同志给予热情帮助, 特此致谢。

### 参 考 文 献

- [1] 汪品先、闵秋宝, 1985, 我国第四纪海侵研究中的几个基本问题。海洋地质与第四纪地质, 第5卷, 15—25页。
- [2] 同济大学海洋地质系微体古生物实验室, 1980, 第四纪地层微体化石的研究方法及其应用。海洋微体古生物论文集, 海洋出版社, 172—191页。
- [3] 汪品先、叶国樑、卞云华, 1979, 从微体化石看杭州西湖历史。海洋与湖沼, 第10卷, 373—382页。
- [4] 中国科学院海洋研究所海洋地质研究室, 1985, 渤海地质。科学出版社, 232页。
- [5] 刘敏厚、吴世迎、王永吉, 1987, 黄海晚第四纪沉积。海洋出版社, 433页。
- [6] 吴标云、李从先(主编), 1987, 长江三角洲第四纪地质。海洋出版社, 166页。
- [7] 汪品先、闵秋宝、卞云华、成鑫荣, 1981, 我国东部第四纪海侵地层的初步研究。地质学报, 第1期, 1—13页。
- [8] 汪品先, 1991, 气候与环境演变中的非线性关系——以末次冰期为例。第四纪研究, 第2期, 97—103页。
- [9] 汪品先、闵秋宝、卞云华, 1985, 我国东部第四纪的海陆过渡相地层。中国第四纪研究, 第6卷, 第1期, 35—43页。
- [10] Scott, D. B. and Medioli, F. S., 1978, Vertical Zonations of Marsh Foraminifera as Accurate Indicators of Former Sea Levels. *Nature*, **272**, 528—531.
- [11] Scott, D. B. and Medioli, F. S., 1980, Quantitative Studies of Marsh Foraminiferal Distributions in Nova Scotia: Implications for Sea Level Studies. *Cushman Foundation for Foraminiferal Research, Spec. Publ.*, **17**, 1—57.
- [12] 汪品先、闵秋宝、卞云华、成鑫荣、朱晓东, 1986, 河口有孔虫的搬运用及其古环境意义。海洋地质与第四纪地质, 第6卷, 第2期, 53—66页; 第6卷, 第3期, 83—92页。
- [13] Wang Pinxian, 1983, Verbreitung der Benthos-Foraminiferen im Elbe-Ästuar. *Meyniana*, **35**, 67—83.
- [14] Wang Pinxian, 1991, Distribution of Foraminifera in Estuarine Deposits: A Comparison between Asia, Europe and Australia. in: Saito, T. and Ishizaki, K. (eds.), Centenary of Japanese Micropaleontology, Terra Scientific Publ. Co., Tokyo, 71—83.
- [15] 朱晓东, 1990, 长江河口三角洲区有孔虫沉降速度试验。海洋地质与第四纪地质, 第10卷, 第3期, 47—58页。
- [16] Bradshaw, J. S., 1961, Laboratory Experiments on the Ecology of Foraminifera. *Cushman Found. Foraminif. Res. Contr.*, **12**(3), 87—106.
- [17] 汪品先、林景星、闵秋宝、崔占堂, 1975, 我国东部新生代几个盆地半咸水有孔虫化石群的发现及其意义。地层古生物论文集, 第二辑, 1—36页。
- [18] Haake, F. W., 1982, Occurrence of Living and Dead Salt Marsh Foraminifera in the Interior of Northern Germany. *Senckenbergiana Maritime*, **14**(5—6), 217—225.

- [19] Cann, J. H. and de Deckker, P., 1981, Fossil Quaternary and Living Foraminifera from Athalassic (Non-Marine) Saline Lakes, Southern Australia. *J. Paleontology*, **55**, 660—670.
- [20] Fontes, J. C. and Gasse, F., 1985, Freshwater to Marine-Like Environments from Holocene Lakes in Northern Sahara. *Nature*, **317**, 608—610.
- [21] Plaziat, J.-C., 1991, The Significance of Modern Molluscs and Foraminifera for the Identification of Paleo-salt Lake Environments. Late Abstracts, Second International Congress on Paleocology, Nanjing, China, August 30-September 3, 1991, 9—10.
- [22] 汪品先、章纪军、赵泉鸿、闵秋宝、卞云华、郑连福、成鑫荣、陈荣华, 1988, 东海底质中的有孔虫和介形虫。海洋出版社, 438页。

www.cnki.net

## THE USE AND MISUSE OF MICROFOSSILS IN MARINE TRANSGRESSION STUDIES

Wang Pinxian

(Department of Marine Geology, Tongji University)

### Abstract

Micropaleontological analysis has been proved to be one of the most useful techniques in marine transgression studies for coastal plains. Microfossils, mainly foraminifers and ostracodes, provide sensitive criteria in recognizing sedimentary facies and reconstructing paleoecological conditions, such as water salinity. An example is the Holocene at the West Lake, Hangzhou, East China. Despite of the monotonous lithology of muddy sediments, the succession of microfossils has revealed a salinity cycle caused by marine transgression.

However, micropaleontological data can not be interpreted correctly, unless the taphonomical aspects and sedimentological background are taken into consideration. This is particularly true for the coastal zone where microfauna sensitively responds to sea-level changes, but is exposed to intensive taphonomical processes. Tidal current, storm or eolian process may transport marine microfossils such as foraminifers onto supratidal zone or certain non-marine environments. Small-sized foraminiferal tests, for example, are transported over a hundred of kilometer upstream in the Yangtze River estuary. Microfossils reworked from the preceding transgression or even older deposits are another misleading factor in transgression studies. On the other hand, calcareous microfossils may be dissolved in coastal zone with low pH which is widespread in Tropics and Subtropics, where marine transgression deposits may be barren of microfossils and, hence, mistaken for non-marine. This is illustrated with examples from Australia and China.

The occurrence and abundance of microfossils are to a great extent controlled by coastal and estuarine processes. The meander migration of river channel can give rise to an alternation of fossil-bearing and barren layers sometimes misinterpreted as transgression records. The microfossils abundance in deposits is controlled mainly by deposition rate and fossil preservation, and should not be used for paleobathymetric reconstruction.