

我国第四纪海侵研究中的几个基本问题*

汪品先 闵秋宝

(同济大学)

我国海洋地质的各种研究课题中,以第四纪海侵或海岸线变迁的研究历史最长,成果最丰富。一方面是由于海岸带附近远比海底容易观测和采样,另一方面亦反映了海岸线变迁对于沿海地区国民经济的直接影响和重大意义。我国东部海岸变迁的研究,从1922年开始以来已经有六十余年的历史¹⁾,至1983年底公开发表的有关论文至少已有135篇之多²⁾。从这些论文发表的年份分布(图1),可以看出有关研究工作迅速增长的趋势:二十、三十年代时每10年1篇,四十年代为3篇,五十年代为8篇,六十年代为13篇,七十年代为35篇,而八十年代仅头4年已达77篇。在数量增长的同时,我国第四纪海侵研究的方法与范围亦有重大进展。六十年代以前,海侵调查基本上局限于海岸带附近的地貌观察;六十年代起,开始运用平原钻孔中的微体化石推论海侵;〔1、2〕七十年代后期以来,我国关于第四纪海侵的论文已经大多采用有孔虫、介形虫、孢粉等微体古生物分析的成果(图2),C¹⁴与古地磁测年方法的应用也日益广泛。海侵的研究范围,亦从现代海岸带附近扩展到汾渭盆地、冀西丘陵到陆架外缘的广阔地区,由全新世的岸线变迁追溯到大约240万年以来的历次海侵。

上述进展,大大地扩展了我国东部平原与陆架浅海第四纪历史的认识;与此同时,

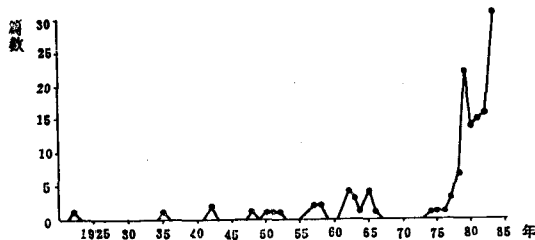


图1 我国东部第四纪海侵文献的逐年发展数量(只限公开发表者,台湾省文献未统计在内)

Fig.1 Annual number of published research papers on Quaternary transgressions in East China (papers from Taiwan not included).

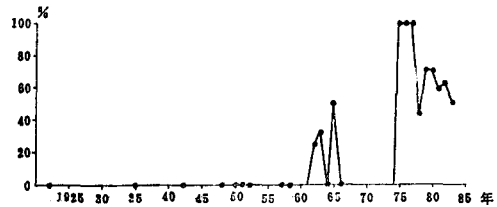


图2 我国东部第四纪海侵文献中运用微体古生物方法的比例增长情况(统计范围同图1)

Fig.2 Percentage of research papers on Quaternary transgressions in East China using micropaleontological data (papers from Taiwan not included).

本刊编辑部收到稿件日期:1984年10月7日。

* 本文曾在中国海洋湖沼学会第四届代表会宣读。

1) 郭永盛、韩有松,1981,中国海岸河口文献目录。

2) 台湾省统计数据暂缺。

也向我国从事第四纪海侵与海岸线变迁研究的科学工作者提出了新的课题和新的任务。如果能够通过回顾和评述,指出当前我国海侵研究中所存在的问题,尤为涉及基本概念和基本方法的问题,进而指出今后研究工作的努力方向,相信会有益于今后研究的进程。为此对我国第四纪海侵研究,尤其是运用有孔虫等微古资料中存在的几个主要问题,提出几点看法。

一、海侵证据

第四纪海侵的证据无非是两方面:一是包括海蚀穴、海蚀阶地和海积阶地等在内的地貌证据;二是含有海相标志(最常用的是海相化石)的沉积物提供的地层证据。最理想的情况是将地貌与沉积证据结合起来使用,对于第四纪晚期的海侵尤其如此。在地貌证据方面,关于如何鉴别海蚀与风蚀等不同成因的地貌现象,国内争论颇多,在运用地貌标志时如何去伪存真地识别海侵遗迹,是关系到海侵规模和新构造运动幅度的重大问题,但本文仅以海侵地层的识别标准作一些评论。

如上所述,我国近年来主要依据有孔虫识别第四纪海侵地层,已经取得了很好的效果。然而,目前流行着一种看法,似乎地层中含有孔虫数目越多说明海侵越强,有孔虫的消失标志着海侵结束,甚至以“每50克沉积样品中含有100枚以上有孔虫者属浅海相”,等等。地层中有孔虫的个体数量,果真可以指示海侵的强度吗?

确实,从我国的东海^[3],黄海^[4]或世界上其它地区看,沉积物中有孔虫的含量大体显示出自海岸向开放海区逐渐增长的趋势(图3)。这种趋势在河口、海岸到陆架或从陆架到陆坡的剖面中最为醒目。然而调查表明,沉积物中有孔虫的含量(浓度),与其说取决于有孔虫的生产率,不如说取决于陆源(或火山碎屑等)物的沉积速率:从河口海岸到开放海区,陆源碎屑物的供给随着离岸距离而下降,有孔虫浓度相应上升,直至发生深海碳酸盐溶解作用的深度时方才下降。再者,沉积速率并非仅是离岸距离或海水深度的函数,同时还受陆地地形、河口位置、海流布局等多种因素所控制。譬如南黄海水深大于50米的泥质沉积区就比20—50米的残留砂分布区有孔虫含量低得多。

同时,底质类型与有孔虫含量亦有直接关系。在其它条件相同的情况下,细粒沉积物(如泥)比粗粒沉积物(如砂)含有孔虫显著增多,例如渤海滦河。表层沉积物的粒径与有孔虫个数的分布呈现出良好的相关关系(图4)。此外,壳体的保存条件是影响地层中有孔虫含量的又一因素。长江以南的沿海,曾屡次发现不含有孔虫或任何其它钙质化石的地层,但产有海相或海陆过渡相的硅藻化石,这类沉积虽然代表pH等条件不适于钙质有孔虫生存或保存的环境,仍不失为海相或海陆过渡相。例如在广东和香港沿海,曾多次遇到只含硅藻或含海绿石的第四纪海侵层。因此,根据有孔虫群确定海侵的强弱,必须同时进行属种鉴定和分异度等群落结构的定量研究,参照壳体大小、壳壁特征及共生化石等资料,确定该层位的海相性程度^[5],而不能仅据有孔虫个体的多少判断海侵的强弱。

对于一见有孔虫便定“海相”,无有孔虫便定“陆相”的简单化作法,笔者早已指出过

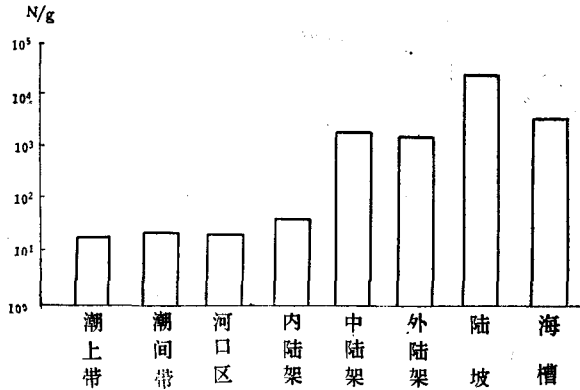


图3 东海陆架不同深度区每克沉积物中有孔虫的含量

Fig.3 Content of foraminifera in one gram of sediments from various depth zones of the East China Sea continental shelf.

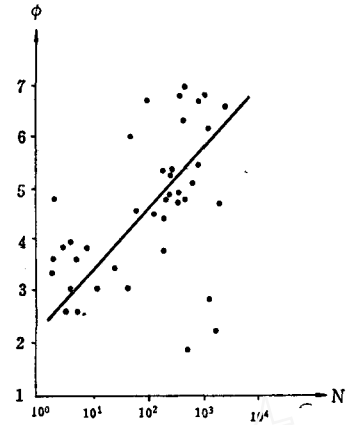


图4 渤海滦河三角洲区表层沉积中的矿物粒径与有孔虫含量关系图
Fig.4 Relationship between the average diameter of mineral grains and foraminiferal concentration in surface sediments from the Luan River delta area, Bohai Gulf.

其错误性^[6]。其实，水动力强的潮间带粗粒沉积物可以完全不含任何有孔虫，而宁静的潮上带沉积中可含大量(但低分异度的)有孔虫。进一步说，有孔虫不但分布在海区和滨海边缘环境，尚能在目前已与海水隔绝的第四纪(甚至晚第三纪)海侵的残留水体中出现^[7]，甚至在迄今未知有新生代海侵的内陆最近亦发现有现代有孔虫(如西德北部离海250公里的内陆盐湖^[8])。可见，将有孔虫的有无与多寡作为海侵、海退或海相性程度的标志，是错误的。

更为错误的做法是不顾化石群中所含的其它化石门类，只要在某一钻孔的某一样品见到一、两枚有孔虫，便宣布“发现”了一次“海侵”，急于命名、报道，而对其共生的大量非海相化石却一概不理。这样的做法很容易将海侵的研究引入歧途，给海侵的正确认识设置障碍。正确的做法应当是反复核实个别有孔虫的来源，严格检查在采集或处理样品过程中污染的可能性，并考虑与邻井对比的结果。如确认无误，在报道时也应如实反映共生非海相化石的情况。

二、海侵次数

我国东部在第四纪期间发生过多少次海侵？这是学术界和有关产业部门所共同关心的问题。最初，由于调查零星、手段局限，仅发现个别海侵的地貌痕迹，随着大量钻孔资料的积累和研究的加深，逐渐认识到有4—5次海侵^[9, 10]；近年来海侵调查越来越广泛，有些文献中报道的海侵次数亦越来越多，由8、9次到10多次。究竟中国东部第四纪有过多少次海侵？

这里首先要明确什么叫一次海侵。“海侵”这个名词由于缺乏精确的定义,不同作者有不同的理解因而造成使用上的混乱,以致近来有人主张废弃^[11]。本文采用笔者以往使用的涵义,即将海侵理解为海岸线向陆地方向推进的运动或事件,而相反的过程称为海退,合起来称为海侵旋回,形成的沉积物称为海侵地层(可以包括海相与海陆过渡相)。海侵旋回和地质上的各种旋回现象一样,皆具有等级性或层次性。Vail等(1977)讨论显生宙洋面升降曲线时包括持续时间为2亿到4亿年,1千万到8千万年,和1百万到1千万年的三级^[12];Pomerol(1984)又加上新生代晚期更短的两级,即1万到1百万年,和1千到1万年^[13];杨怀仁等(1984)分出<2.5亿年,<30万年,<1万年,<5千年和<1百年等五个海平面变化的尺度^[14]。这样,一次大的海侵旋回中可以分出若干个次一级的海侵旋回,次一级的又可以分出更次级的旋回,而潮汐现象亦可以看作是一种天文因素造成的最低等级的“海侵旋回”。而自然界里发生的事件,往往是频率和规模成反比,大规模的海侵比细小的海侵少得多,但显得更重要。从地层对比的角度出发,越是细小的“海侵”可以对比的地理范围越小,风暴潮或者河床冲刷等种种事件皆可改变一个具体地点所记录的这种“海侵”次数。

因此,回答我国东部第四纪有多少次海侵的问题,必须指明是哪一级的海侵。笔者主张,首先应当分辨的是在区域范围内加以对比,延续年代较长(一般在数千或数万年以上)的海侵,或时间虽短(海侵层亦甚薄)但前后均被长期非海相阶段(非海相层厚度常较海侵层大一个量级以上)所分隔的海侵,且主张“海侵”一词仅在此种情况下使用,而各种次级的所谓“海侵”只称为海侵内的“波动”以示区别,犹如“冰期”和“冰进”一样。如果对海侵的等级不加分辨,只是把地层中有孔虫化石群的出现与间断作为“海侵”与“海退”的标准,其结果必然是各钻孔“海侵”次数多寡不一,海侵层的横向对比亦必然杂乱无章。

图5所示,是一个假想的地层剖面,自右而左表示由开放性海域到内陆的过渡。水深超过第四纪海面升降幅度的较深海区(如陆坡、图5的钻孔A),并不因为海侵、海退旋回而造成有孔虫等海相化石群在垂向分布中的间断。较浅的海区(如陆架外缘、图5的钻孔B),海相化石仅在最大海退期发生间断。在接近现今岸线的近岸浅海(图5的钻孔C)与沿海平原区

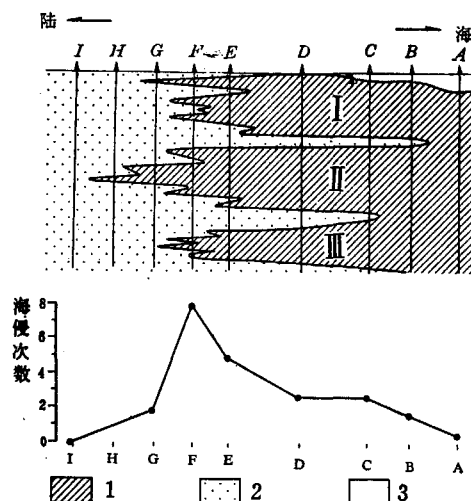


图5 海侵地层分布的示意性剖面(上)及其产生的“海侵”数目的变化(下)。

(I—III为可供对比的3次海侵)

1、含海相化石层; 2、无海相化石层; 3、海水。

Fig.5 A hypothetical profile showing the distribution pattern of marine-transgression strata (above), and the consequent variation in number of apparent “transgressions” (below). (I—III indicate three transgressions susceptible to correlation)

(钻孔 D)，仅有较大的海侵、海退旋回才反映出海相化石群垂向分布的间断。但靠内陆的近海平原区海侵影响减弱，小幅度的“海退”式波动也会造成有孔虫等海相化石分布的间断，所以仅据海相化石群间断划分出的“海侵旋回”数目反而增多(钻孔 E、F)。至于离岸更远的内陆，仅有最大的海侵方能波及，“海侵层”相应减薄、变少(钻孔 G、H)，以致完全消失(钻孔 I)。在穿越海陆的假设性地层剖面中，可以在不同地点找到海相化石层(包括海陆过渡相化石层，下同)由 1 次到 8 次的不同记录。可见，仅据海相化石层的间断划定“海侵”次数，是缺乏对比价值的。

由图 5 可见，可供区域对比的应是较高级别的海侵旋回(图中的 I—III)。笔者的分析，我国东部地区在第四纪期间至少可以确定有 5 次海侵^[15]。需要指出的是图 5 仅表明各处海相性程度不同而造成海相化石层数的差异，实际上在河口三角洲地区尚因河床摆动而造成“海侵旋回”的假象，或使原有的海侵层遭受剥蚀而消失。在海岸地区，风潮亦产生“海侵”的假象。因此，简单地把海相化石层的连续与间断当作海侵旋回，并作地层对比的依据或古气候旋回相对比，甚至以此类“海侵”定得越多越好，那是错误的。海侵层的确定，不仅要求全面鉴定分析其中所含的化石，而且应当在结合沉积物研究和考虑地层在三维空间中的变化趋势的基础上进行。

至于在 1 次海侵内划出次级的波动，是各国广泛采用的方法。以苏联为例，西西伯利亚低地早-中更新世的亚玛尔(Ямальская)海侵被分出 4 次脉动(пульсация)^[16]，里海全新世的新里海(Новокаспийская)海侵包括 4 个高峰^[17]等。当然，国际上所说的“海侵”及其波动的级别也不尽相同，在对比时必须注意。

三、海 侵 对 比

运用海侵层的垂向序列对比第四纪地层^[9]、海侵旋回与气候旋回的对应关系揭示海面变化的气候原因^[18]，皆已引起了地学界的广泛兴趣。然而这两种对比的推广应用，却包含着一些问题。

在不同地点海侵层的相互对比中，对海侵特征和海相性程度不作具体分析，仅据层次、埋深、海相化石多少而作的对比必须坚决避免。对于已经确定的、可供区域性对比的海侵层，尚有一个同时性的问题。七十年代以来，世界全新世海平面变化研究的最大收获，是确认了冰后期海面变化在世界各地有明显的差异^[19, 20]。由于地球流变学性质造成的均衡代偿作用^[21, 22, 23]大地水准面的变化^[24]，不可能有一条世界性的全新世海面升降曲线，所有的海面升降曲线皆具有区域性的意义，也同样适用于更新世的海侵。实践证明，世界各地、尤其是不同纬度带的第四纪海面升降并非同时发生。在中、低纬度区海侵与暖期相当，而高纬度区如斯堪狄那维亚与加拿大等地由于冰盖的均衡代偿作用，海侵却与冰期相当，冰后期反而发生海退^[25]。在太平洋亚热带区观察到的全新世海侵中的波动，到阿留申群岛已经消失^[26]。由于大地基准面与风、潮流的原因，世界洋面从来并非平的，因而美国东岸的北大西洋和墨西哥湾区与印度-太平洋区应具有不同的高海面历史^[27]。

我国海岸线漫长,仅以大陆而论南北跨度便达20个纬度左右,要求南北各处海侵、海退同时发生,海面升降曲线相互平行,那显然是不合理的。如果说我国在七十年代海侵地层研究的初期尤为强调各地海侵层之间的共同性以便对比,那么现在应当在对比的同时格外注意各地海侵层之间的差异性,才能确切了解海侵在时间和空间里的具体过程。详细对比海侵层,关键尚在于测年资料。尽管近年来 C^{14} 测年与古地磁年代学为我国东部海侵提供了重要的年代数据,但是前者受岩性和适用年代的限制,后者对第四纪晚期的研究亦嫌尺度过粗。继续开展多种手段的地层年代学工作并配合海侵调查,如Butzer(1983)强调的应注意高精度的氨基酸外消旋作用测年方法的应用^[20],看来是今后的方向。

我国和国际上一样,对“海侵”一词的理解缺乏严格而一致的定义,结果有时被用来表示一种地质过程,或表示一种岩层接触关系,有时被用作岩性地层单元,甚至时间性地层单元。“海侵”一词应当指地质过程或者事件。岩层接触关系应当用“海侵叠复”(transgressive overlap)。用作地层单元时,笔者主张将由于海侵旋回而产生、具有海侵影响标志(如含海相或海陆过渡相化石群)的地层称为“海侵层”。^[9]这仅是一种岩性地层单元,而不是时间地层单元。海侵层的顶、底面在相邻地区,尤其在垂直海岸线的剖面中,往往是时侵性而不是同时性的。“海岸线水平移动和海平面垂直变化期在时间地层学上的对比,要求详细的研究”。^[11]因此,将海侵层作为标志层进行地层的粗略对比,是完全正确的。将海侵层作为时间性地层单元详细的对比,却常常是错误的。我国某些作者将全新世海侵当作整个全新统,即是这种错误的一例。

至于海侵旋回与古气候旋回的对比,必需有实际资料依据而不能凭主观想像。从同一个钻孔、用同一套样品分别作微古分析和孢粉分析,所取得的海侵曲线和古气候曲线进行对比(如上海面粉厂钻孔^[28]),应当认为是可靠的办法。反之,在一个地区将不同钻孔中凡遇到有孔虫的层次一律按深度叠加起来作为“海侵序列”,又将附近据说是冰期、间冰期的报道叠加起来建立“古气候序列”,然后不加任何时间地层学的控制,便宣布“海侵”与“古气候”互相联系、互相印证,那样做是不严肃的。

其实,“海侵与海退不是海平面升降的同义名”^[11]。一个地点(如一个钻孔)的地层中所记录的海侵、海退是包括海平面升降在内的多种因素的代数和,因此仅用一个点(一个钻孔)的资料不可能得出海平面升降的真实历史,只有综合一个地区有测年数据的“海平面标志点”(sea-level index point)方可求得^[11]。古气候变迁是第四纪海面升降的主要原因,但是海面升降与古气候变迁严格说来并不同步,由于气候变化引起冰盖消长以致海面升降,其间有个时间上的迟到现象。总之,我国东部第四纪海侵与气候之间的关系需要实际资料去探索和验证,而不是为了套用国外前人的结论去拼凑资料。阿尔卑斯冰期旋回不应当简单地在中国照搬,而我国的很多论文,其中包括本文作者过去的一些论文在内,习惯于将中国东部的海侵与阿尔卑斯第四纪冰期旋回相对比,这实际上亦是一种套用,今后应该杜绝。

近年来,深海沉积研究所揭示的第四纪气候旋回的数目,比陆地冰期旋回的数目大很多倍,仅大约70万年来的布容期便可分出19个气候期^[29]。如何将海岸线附近记录的

海侵旋回与深海沉积记录的气候旋回相对比，是当前第四纪地质学的一大课题。在这方面，新几内亚、巴巴多斯、百慕大、帝汶等岛屿的珊瑚礁提供了宝贵的资料。可是，最近的总结表明^[20]，现有的第四纪海平面升降资料既不足以为深海地层学的气候周期提供证据，亦不能为米兰柯维奇(Milankovitch)曲线提供验证。陆架和沿海平原的海侵周期与深海气候周期的对比，迄今未见有成功的例子。因此，将现在我国文献中可靠程度不一且缺乏测年数据的海侵报道累积、叠加起来，去和深海气候旋回“对比”，此种做法不仅因资料不足而显得为时过早，而且不通过具体分析只凑旋回数目的方法本身亦不足取。从实际出发，既不套阿尔卑斯冰期的旧框框，亦不套深海沉积的新框框，这才是今后的方向。

四、海侵命名

最后一个是海侵的命名。我国东部的第四纪海侵，迄今有三种命名方法：1.是以数序为名。自上而下将海侵层依次称为第 I、II、III 等层；2.是以化石(如有孔虫的属名)命名；3.是以地方名称命名。究竟采用哪一种方法命名为好？

以数序命名海侵，在郑守仪、汪品先、赵松龄等人的论文中皆曾经采用过^[30, 9, 10]。在海侵地层研究的初期，采用这种方法比较合适。但随着研究地区的扩大。各地的海侵顺序不尽相同，势必产生同一序号代表不同层次的混乱现象。

以化石命名海侵，在波罗的海的全新世海侵中运用已久，选各次海侵带来的特征性化石为名，既有代表性又便于记忆。我国第四纪的几次海侵中，目前已为晚更新世的海侵(含有孔虫化石假轮虫 *Pseudorotalia*、星轮虫 *Asterorotalia*)和接近早更新世初期的海侵(含平坦虫 *Paromalina* 等)找到明显的特征性化石，其余的海侵尚未发现有代表性的特征化石标志。因此，我国作者(尹赞勋^[31]、王乃文^[32]、汪品先等^[9])提议的化石名称并不一致。如果通过进一步的工作为所有各次海侵都能找出代表性的属或种，建立起全国统一的或区域性的海侵命名方案，将是统一第四纪海侵命名的理想途径。

用地名命名海侵，在国际上也为常见，而近年来在我国尤为盛行。许多国家用来命名第四纪海侵的地名，或取自海积阶地、古海岸线的所在地点(如地中海区的海侵名称)，或取自该海侵层标准剖面的所在地点(一般是包含该海侵层的地层组、段名，如苏联许多地区的海侵名称)^[33]，这些名称本身皆具有与该海侵相联系的地质意义。我国近年来的命名，却往往按工作者或钻井队所属单位管辖的行政区划范围而定，哪个地方的钻孔中发现有某个海侵层，便以该地方为海侵命名，既不见得指示海侵边界，又不曾建立标准剖面或地层单元。由于我国岸线漫长、省市众多、争相命名的结果，到1983年止至少在正式发表的文献中即有不小于27个以不同地名的海侵名称，近来甚至已发展到用某一城市中某个街区和桥梁来命名的。仅一个全新世海侵，至少有7个不同的地方名称。此种命名“热”如不及时制止，恐将泛滥成灾，除了制造大批人为的“同义名”外，并不为科学增添多少新认识。笔者提议在某个全国性学术会议上对第四纪海侵命名作一次专题讨论，将重复、多余的同义名摒弃不用，另定合理的命名方案。

所谓合理的方案,最好是用特征性化石(属或种)命名,或将海侵命名与地层建组相结合,在地层区域(而不是行政区划)的基础上以海侵层所在的地层名称命名海侵。在研究程度不高时,可先用数字命名作为暂时性措施。

五、结 语

我国第四纪的海侵研究,现正面临着由资料积累到深入提高的转折。无一定数量的资料积累,谈不上研究水平的提高,但无研究程度的深入提高,就难以促进资料的进一步积累。本文在回顾海侵研究的重大成就的同时,指出了一系列问题,其目的正在于此。这里提出的一些批评,决非为了指斥有关的作者;文中提出的问题,有些亦是针对笔者以往的工作,因而不仅有批评,同时亦是检讨。

无论从地层学或海平面变化的角度来说,第四纪海侵研究皆有待于进入一个新的阶段,要求我们改变以往习惯的作法。归结起来,其要点有三:第一,要从实际出发。不仅要用我国资料来证实前人的模式,更重要从实际资料找出中、外的差异和我国各地的差异,争取从中得出新的规律性的认识。第二,作细致的分析。分析样品的间距和分析方法的精度,需要突破过去概括性“普查”的做法,建立一些高密度采样、高精度分析的剖面。对于全新世地层,则要求特殊细致的处理³⁾。第三,开展多学科的综合研究。应当尽量避免仅作室内分析而得的“一孔之见”或只靠某项分析而得的“一家之见”,尽量将室内钻孔分析与野外地貌观测结合起来,将沉积学、地貌学、微体古生物学、孢粉学、地球化学和磁性地层学等多种手段结合起来(不仅是汇编),进行综合分析。可以相信,新水平的研究成果,必将随着新水平的研究方法而到来。

参 考 文 献

- [1] 何炎、胡兰英、王克良, 1965: 江苏东部第四纪有孔虫。中国科学院地质古生物研究所集刊, 第4号, 51—162页。
- [2] 李应培, 1965: 对华北平原第四系的初步认识。中国第四纪研究, 第4卷, 第1期。
- [3] 汪品先、章纪军、闵秋宝, 1980: 东海表层沉积中有孔虫的分布。海洋微体古生物论文集, 20—28页。海洋出版社。
- [4] 汪品先、闵秋宝、卞云华, 1980: 南黄海西北部底质中有孔虫、介形虫分布规律及其地质意义。海洋微体古生物论文集, 61—83页。海洋出版社。
- [5] 汪品先、闵秋宝、卞云华, 1980: 我国东部新生代的海陆过渡相化石群。海洋微体古生物论文集, 9—19页。海洋出版社。
- [6] 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, 172—191页。海洋出版社。
- [7] 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群的发现及其意义。地层古生物论文集, 第2辑, 1—36页。地质出版社。
- [8] Haake, F. W., 1982: Occurrences of living and dead salt marsh Foraminifera in the interior of Northern Germany. *Senckenbergiana Maritima*, 14(5/6):217—225.
- [9] 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。
- [10] Zhao Songling, Chin Yunshan, 1982: Transgressions and sea-level changes in the eastern coastal region of China in the last 300,000 years. *Quaternary Geology and Environment of China*, China Ocean Press.

3) 见汪品先、闵秋宝、卞云华, 我国全新世有孔虫的地层意义。(待刊)

- 147—154.
- [11] Shannon, I., 1982: Interpretation of Flandrian sea-level data from the Fenland. *Proceedings of the Geologists Association*, 93(1):53—63.
- [12] Vail, P. R. et al., 1977: Seismic stratigraphy and global changes of sea-level, part 3: Relative changes of sea level from coastal onlap. *American Association of Petroleum Geologists, Memoir*, 26:83—97.
- [13] Pomerol, C., 1984: Les variations du niveau marin. *Geochronique*, 1984 (9): 16—20.
- [14] 杨怀仁、谢志仁, 1984: 气候变化与海面升降的过程和趋向. *地理学报*, 第39卷, 第1期, 20—32页。
- [15] Wang Pinxian, 1984: Neotectonic and paleoenvironmental implications of Quaternary foraminiferal faunas from East China. Conference on the Paleoenvironment of East Asia from the Mid Tertiary, *Proceedings, University of Hong Kong* (in press).
- [16] Зубаков, В. А., 1975: Хронология климатических колебаний Плейстоцена в западной Сибири. Палеогеография и Перигляциальные явления Плейстоцена. "Наука", Москва, 101—113.
- [17] Благоевич, Н. С., Леонтьев, О. К., Мурфтов, В. М., Островский, А. Б., Ригагов, Г. И., Серебрянни, Л. Р., 1982: Морские бассейны и положение береговых линий Восточной Европы в Плейстоцене и Голоцене. Палеогеография Европы за последние сто тысяч лет "Атлас-Монография". "Наука", Москва, 9—15.
- [18] 王靖泰、汪品先, 1980: 中国东部晚更新世以来海面升降与气候变化的关系. *地理学报*, 第35卷, 第4期, 299—312页。
- [19] Kidson, C., 1982: Sea level changes in the Holocene. *Quaternary Science Review*, 1: 2—5.
- [20] Butzer, K. W., 1983: Global sea level stratigraphy: an appraisal. *Quaternary Science Reviews*, 2: 1—15.
- [21] Walcott, R. I., 1972: Past sea levels, eustasy and deformation of the Earth. *Quaternary Research*, 2: 1—14.
- [22] Chappell, F., 1974: Late Quaternary glacio-and hydro-isostasy, on a layered Earth. *Quaternary Research*, 4: 405—428.
- [23] Clark, J. A., Farrell, W. E., Peltier, W. R., 1978: Global changes in Postglacial sea level: a numerical calculation. *Quaternary Research*, 9: 265—287.
- [24] Morner, N.-A., 1984: Differential Holocene Sea level Changes over the Globe.—Evidence for glacial eustasy, Geoidal eustasy, and crustal movements. *Litoralia*, 1(1): 83—86.
- [25] Stabell, B., Krzywinski, K., 1982: Sea level changes in West Norway. *Holocene Sea Level Fluctuations, magnitude and causes* (D. J. Colquhoun, ed.). *International Geological Correlation Program, Proj. 61 annual report, 1981, Columbia, SC, U. S.*, 156—165.
- [26] Black, R. F., 1982: Holocene sea-level changes in the Aleutian Islands; new data from Atka Island. *Ibid.*
- [27] Conquemani, L. J., Newman, W. S., Sperling, J. A., Marcus, L. F., Pradi, R. R., 1982: Holocene sea level changes and vertical movements along the east coast of the United States: a Preliminary report. *Ibid.*, 13—33.
- [28] 闵秋宝、汪品先, 1979: 论上海地区第四纪海进. *同济大学学报*, 第2期, 109—128页。
- [29] Shackleton, N. J., Opdyke, N. D., 1973: Oxygen isotope and palaeomagnetic stratigraphy of equatorial Pacific core V 28-238: oxygen isotope temperatures and ice volumes on a 10⁵ year scale. *quaternary Research*, 3: 39—55.
- [30] 郑守仪、郑执中、王喜堂、傅钊先, 1978: 山东省打渔张灌区第四纪有孔虫及其沉积环境的初步探讨. *海洋科学集刊*, 第13集. 科学出版社。
- [31] 尹赞勋, 1979: 二十年来我国地层工作的进展. *地层学杂志*, 第4卷, 第3期161—190页。
- [32] 王乃文, 1980: 中国地层简况及近二十年来研究的进展. *中国地质科学院院报地质研究所分刊*, 第1卷, 第2期, 51—66页。
- [33] Гуляна, В. И., 1976: фораминиферы. Стратиграфия и Палеогеография морского Плейстоцена Севера СССР. "наука". Новосибирск, 1—125.

QUATERNARY MARINE TRANSGRESSIONS IN CHINA: SOME BASIC QUESTIONS

Wang Pinxian Min Qiubao

(*Tongji University, Shanghai*)

Abstract

At least 135 papers concerning the Quaternary marine transgressions in the East China have been published during the last 62 years (1922-1983). As shown by statistics (Figs.1 and 2), Chinese geoscientists have displayed a growing interest in the relevant studies and the micropaleontological approaches have been adopted in most of the papers since the late 1970's. Along with the quantitative growth of investigations on the Quaternary transgressions in East China, some basic conceptual questions have arisen in the practice of Chinese geoscientists which demand clarification for the further studies.

1. Evidence for transgressions. Although foraminifera provide the best evidence for deposits accumulated in marine or marine-continental transitional environments, care is necessary in relating occasional specimens of foraminifera to a marine transgression, as a storm or even contamination may account for it. True, the foraminiferal number (concentration) in sediments tends to increase with the water depth and distance from the coast on continental shelf and slope (Fig.3), it is controlled by the grain size of sediments (Fig.4) and other factors as well. For example, Quaternary marine deposits with marine diatoms somewhere near the South China coast are found to be free of foraminifera and other calcareous tests at all, probably due to the postdepositional dissolution. It is an oversimplification, therefore, to use solely the foraminiferal number as an indicator of marineness for sediments.

2. Number of transgressions. As all cyclic phenomena in geology, marine transgressions can also be divided into different grades according to their scale and duration. The term "transgression cycle" is suggested to be used only for major ones which are relatively longterm and subject to regional correlation, while the inferior ones can be considered as fluctuations within a transgression. As seen from a hypothetic profile crossing the coast, the layers containing marine fossils may vary in number from the continental slope to the inland area (Fig.5). Hence, it is unreasonable to deduce a transgression from each layer with marine fossils. Up to date at least five marine transgressions since 2.4 million years ago, as defined here, have been found in the East China.

3. Correlation of transgressions. The marine transgression stratum is a good marker in rough stratigraphic correlations but can not be used as a time-stratigraphic unit, because both its top and bottom are as a rule not synchronous, but

time-transgressive. The correlation between Quaternary transgression cycles and paleoclimatic fluctuations must be based on results of analyses including appropriate dating technique. The similar number of "transgressions" and "glaciations" reported in some Chinese publications doesn't give a basis for correlation between them, since they both are not adequately proved and dated. The Quaternary marine transgressions in East China are climatically controlled, but can not be correlated with the glaciations in Alps. Meanwhile, it is premature and groundless to correlate the transgressions in East China with the deep-sea oxygen isotope paleoclimatic cycles at the present level of studies.

4. Names of transgressions. An excess of synonyms has been given to the transgressions in East China according to the names of borehole locations. For unification of names, the transgressions are recommended to be named after the foraminiferal genus or species characteristic of the corresponding transgression stratum.

www.cnki.net