

# 我国东部第四纪海侵地层的初步研究

汪品先 闵秋宝 卞云华 成鑫荣  
(同济大学)

沿海平原和陆架浅海,都是第四纪洋面升降引起海岸线迁移的范围。近年来的大量钻孔资料表明:我国东部沿海凡有平原发育的地方,都曾经遭受第四纪海侵。在大平原区,海相沉积分布范围可以从现代海岸向内陆延伸近百公里,甚至沿河谷上溯数百公里处还有间冰期时海水内泛的踪迹。因此,海侵地层<sup>1)</sup>的研究应当是沿海平原第四纪研究中的主要课题之一,它不仅为沿海第四纪地层对比提供可靠依据,而且是研究陆架浅海历史和新构造运动的重要途径。

本文的基础,是我们多年来对沿海地区四十余个钻孔(包括8个海底钻孔)共一千余个样品进行微体古生物分析的结果。这些钻孔大多钻达基岩或者井深超过250米,其岩蕊中所含的有孔虫、介形虫化石,是辨别和研究海侵层最有效的手段。为了追踪第四纪晚期的海侵旋回,还对东、黄、渤、南海海底五十多个站位的沉积柱状样进行了微体古生物分析。此外,还参考了兄弟单位二十余个陆地钻孔的微体古生物分析资料。现在,将上述成果与岩性、孢粉分析以及碳14与古地磁测年等资料相结合,对我国沿海第四纪海侵的次数和年代进行初步总结,并对历次海侵的特征作一初步探讨。

由于我们的工作主要是在辽宁到浙江地区,因此本文着重讨论台湾海峡以北,东、黄、渤海的海侵地层,台湾海峡及南海一带仅简单涉及。

本文承何福英、王秀雅、吴梅英同志清绘图件,沈明涛同志参加分析工作,谨表谢意。

## 一、海侵层的研究方法

研究第四纪海侵,首先需要区分海相、陆相和海陆过渡相地层,而识别的标志无非是岩矿、化学与古生物三方面。某些特殊岩性(如广东沿岸的海绿石砂岩)以及泥质沉积的若干化学特征(如硼含量、沉积磷酸盐组分等)可以反映海水与淡水沉积物差异<sup>2)</sup>,但是实践证明,岩性和地球化学标志往往不是海侵地层的良好识别标志。例如杭州西湖地区全新世地层几乎全由青灰色粘土组成,用岩性或者化学分析都不能区分其中的海湾相,泻湖相与淡水湖相;华北平原部分地区的海侵层为灰黄色泥质粉砂,与一般陆相沉积在岩性上无甚差别。只有化石群、特别是微体化石群的特征,才是海侵地层最主要的辨认标志。

在研究第四纪海侵地层时,需要采用有孔虫、介形虫、轮藻、有壳变形虫、硅藻、苔藓虫

1) 对于沿海平原说来,海相与海陆过渡相地层均形成于海水入侵(或内泛)的条件之下,因此统称“海侵地层”,以区别于不受海水影响的陆相沉积。

2) 汪品先等,海、陆相地层辨认标志。科学出版社(印刷中)。

等多门类微体化石综合分析的方法<sup>1)</sup>,并对重点钻孔进行定量分析。根据定量分析提供的各属种含量比值、化石数量以及有孔虫群的分异度  $H(S)$  值等各项数据,确定各层沉积物所反映的古深度、古盐度,并据此绘制古地理曲线。其余钻孔可以在定性分析的基础上与之对比,并相应作出古地理环境的推断。

研究海侵旋回,必须明确所指旋回的等级。第四纪海面升降十分频繁,在一次海侵过程中海面还有多次波动,造成许多次一级的旋回。例如全新世的冰后期海侵,在我国台湾省就可以分出六个次一级的海侵旋回<sup>[4]</sup>。晚更新世末期我国东部普遍海退,但在海底地层中也有海面小幅度回升的记录。在沿海钻孔中连续的海侵层剖面,到华北平原内部可以因海相性减弱而在海侵层中间发生间断,似乎成了“两次”海侵。因此,看到有孔虫层在一个样品中间断就分出一级海侵的做法应当尽量避免,更不可以根据一块样品中的一枚有孔虫就命名一次“海侵”。如果盲目地以为海侵次数“发现”得越多越好,必然会离开海侵旋回的正确认识越来越远。本文所讨论的,是指在较多钻孔,较多样品中有丰富化石证据的海侵地层,只有这种较大等级的海侵旋回才适于进行区域对比,对于区域地质研究也有较大的意义。只有在查明这一级海侵旋回的基础上,才有可能进一步认识更加细致的海面升降的历史。

## 二、海侵层的地质年代

洋面升降是全球性的事件,它在一切低海拔的沿岸地区造成海侵海退的旋回。因此只要不受构造运动、剥蚀作用的干扰,沿海各地的海侵层应当可以对比。对海侵层作远距离对比时,需要选择地层揭露和海侵层发育完全的钻孔作为对比的基准。所以我们先选辽宁、河北、江苏、上海、浙江等五省市沿海的七个钻孔进行对比(图1),这些钻孔或者钻达基岩,或者井深逾600米,都应钻穿了第四纪地层,而且位于海滨或水下,海侵影响强烈,对于沿海地区的海侵层具有很好的代表性。

从七个钻孔的对比中可以看出,我国东部台湾海峡以北沿海平原的第四系普遍发育四个海侵层,自上而下是:

第 I 海侵层:顶部 20 米左右的地层,厚度局部可达 40 或 50 米。

第 II 海侵层:底板埋深 40—80 米左右,海侵层厚 20—40 米。

第 III 海侵层:底板埋深 80—120 米左右,海侵层厚 20—40 米。

第 IV 海侵层:埋深约 150 米左右,厚度一般不超过 10 米。

沿海各省其他钻孔中的海侵层,可以和上述诸层进行对比。

从微体古生物分析与孢粉分析资料的比较已经证实:四次海侵期与气候转暖的间冰期、亚间冰期相当。以上海市面粉厂的钻孔为例(图2),四次海侵层分别相当于气候温暖期,其间的陆相层恰好是气候寒冷或偏凉时期<sup>[2]</sup>。其它如浙江镇海、杭州西湖、江苏连云港等地的钻孔,也都显示出这种海侵旋回与古气候旋回的对应关系。相似的对应关系,在国外不少地区也同样已有报道<sup>[3]</sup>。至于哪一次海侵与哪一个转暖期相当,可以根据同位素或古地磁年龄,化石群特征以及地层层序关系加以判断。

1) 同济大学海洋地质系微体古生物实验室,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(印刷中)。

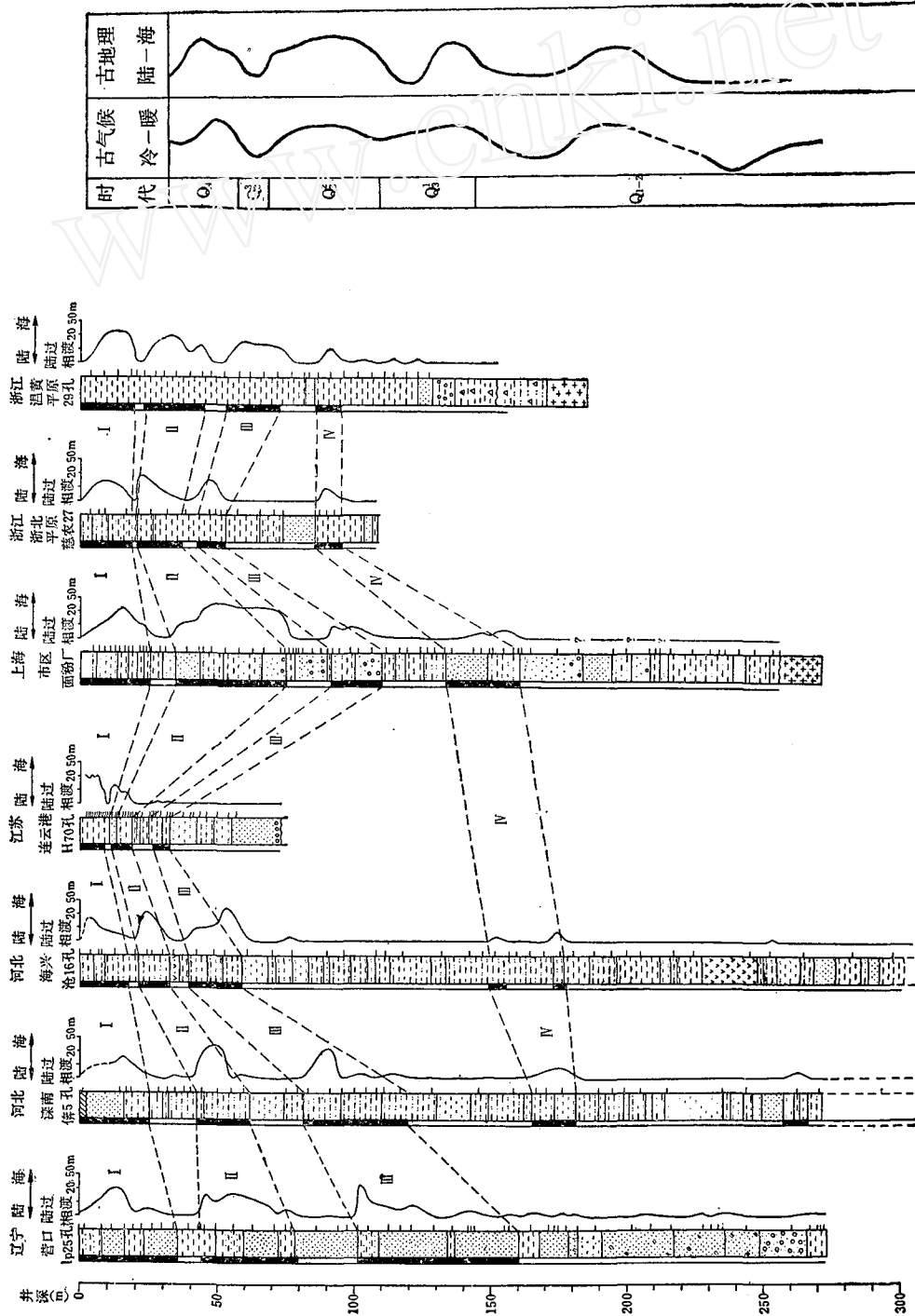


图 2 上海面粉厂钻孔海侵旋回与古气候旋回对比图

图 1 我国东部沿海第四纪海侵地层对比图  
柱状图右图示海侵位置,左图示取样深度

年龄资料最充分的是第 I 海侵层<sup>1)</sup>。辽东半岛东岸东沟一带,此层的同位素年龄为距今 2500—8000 年<sup>[4]</sup>。河北黄骅南排河钻孔此层底部(井深 14.72—14.87 米)含有孔虫化石的泥炭层,碳 14 年龄为距今  $8590 \pm 170$  年,此层以下的陆相泥炭层(15.83—16.11 米),碳 14 年龄为距今  $9650 \pm 190$  年<sup>[5]</sup>。山东垦利地区此海相层的样品(井深 8.4—8.6 米)测得距今  $5600 \pm 150$  年的数据<sup>[6]</sup>。第 I 海侵层以下含陆相介形虫和轮藻化石的淡水沼泽沉积,在北黄海海底的碳 14 年龄为距今  $12400 \pm 200$  年;东海陆架外缘的相应地层,距今 15000 年左右。总之,同位素测年表明:第 I 海侵层大体上是近万年来的沉积,属全新世冰后期;但此层年龄范围各地略有不同,从东海陆架外缘向渤海沿岸地区逐渐缩短。辽宁营口、河北海兴等地古地磁测量的结果,第 I 海侵层均位于拉尚(Laschamp)倒转极性事件(距今 20000—30000 年)之上,亦与上述全新世的年代结论相符。孢粉分析反映本层具有气候转暖的特点,例如辽河平原钻孔中此层含有以榆属为主的阔叶树孢粉组合,同样证明属于冰后期。

第 II 海侵层的年龄资料不及第 I 层丰富。测得同位素年龄的仅有山东牛庄孔的海相粘土(井深 38.8—39.2 米),为距今  $24400 \pm 1100$  年<sup>[6]</sup>;河北南排河钻孔第 II 海侵层下伏的泥炭层(40.5—41.5 米),为距今 32000 年以上。东海海底,相当于第 II 海侵层之上的低海面沉积物,有的测得 23000 年左右的年龄。由此推测,第 II 海侵层应形成于距今 39000—24000 年之间,相当于玉木冰期内的亚间冰期。据河北海兴钻孔的古地磁测年结果,第 II 海侵层的上部正值拉尚事件,与同位素资料相当<sup>[5]</sup>。上海地区此层所含孢粉为栗-青刚栎-榆-水龙骨科组合,反映温暖湿润的气候,气温较今约高  $1^{\circ}\text{C}$ <sup>2)</sup>,也与玉木冰期亚间冰期的结论相一致。但是,第 II 海侵层的年龄数据还不够确切,如东海陆架外缘相当此层以上的滨岸相地层测得年龄为 27000 年,与上述结论有所出入。

第 III 海侵层已不能有碳 14 年龄数据,但据河北海兴县钻孔古地磁测量的结果,本层在布拉克倒转极性事件之上,年龄应在距今 100000 年以内<sup>[5]</sup>。上海地区此层所含孢粉为枫香-水蕨科-栎-榆组合,反映暖热潮湿,比今高  $2^{\circ}\text{C}$  的气候。因此,本层应属玉木-里斯间冰期,推测距今约为 70000—100000 年。

第 IV 海侵层的年龄资料最少。将我们根据微古分析确定的河北海兴县沧 16 孔的第 IV 海侵层,与相邻的沧 13 孔古地磁资料相比较,本层的形成年代大约距今 30000 年左右。上海地区第 IV 海侵层含栎-榆-柏科-禾本科孢粉组合,反映出温暖略干的气候,而其上、下地层中均含冷、凉气候的孢粉组合,因此第 IV 海侵层相当于间冰期。距今 300000 年左右的间冰期,应属明德-里斯间冰期。

以上四个海侵层的年代分布,及其与国外海侵层的对比,可以归纳如表 1。在第 IV 海侵层之下,有时还有含少量有孔虫或者可能是半咸水介形虫的层位出现,但是分布零星、化石较少、海相性程度颇低,尚难作统一的对比。值得注意的是近来北京有关单位在北京市东郊的顺义县、通县多处钻孔中,发现有早更新世正常海相的微体化石群。而冀西山区、汾渭盆地也发现可能与此同期的海陆过渡相地层。相应的海侵层还见于山东惠民明化镇组中,但一直被认为属上新世。由于第四纪初期的海侵资料尚嫌不足、年代确定不够,暂未

1) 因海侵层总数仍在调查中,其次序采用自上而下的数法。

2) 同济大学海洋地质系孢粉组,1976,上海面粉厂钻孔分析报告。

列入表中。

表 1 我国东部(台湾海峡以北)第四纪海侵地层时代分布表

时 代	冰 期		距今年数	海 侵		一般埋深(米)	
	我 国	欧 洲		欧 洲	我国东部海侵层		
Q <sub>4</sub>	冰后期	冰后期	10000±	弗兰德冰海侵	第 I 海侵层 (卷转虫海侵)	20-50	
Q <sub>3</sub>	大理冰期	玉木冰期	晚玉木	24000±	新第勒尼安海侵	第 II 海侵层 (假轮虫海侵)	25-50
			亚间冰期	39000±			40-70
		早玉木	70000±	60-80			
Q <sub>2</sub>	庐山-大理间冰期	里斯-玉木间冰期	100000±	第勒尼安海侵	第 III 海侵层 (星轮虫海侵)	80-120	
	庐山冰期	里斯冰期				90-140	
	大姑-庐山间冰期	明德-里斯间冰期	约300000±	古第勒尼安海侵	第 IV 海侵层 (盘旋虫海侵)	100-150	

[注] 第四纪初期海侵层未列入表

### 三、海侵层的特征

海侵层进行对比时, 不仅应当考虑其层序和埋深, 更需要依靠所含化石群的特征和反映出的古沉积环境。我国东部沿海的第四纪四次海侵, 无论是分布范围, 旋回特征, 或者古盐度、古深度、古温度等沉积环境, 还是有孔虫、介形虫化石组合, 都具有各自的特点(图 3, 表 2、3)。

#### 1. 全新世(第 I) 海侵层

全新世海侵是我国东部第四纪海侵中沿海岸线分布最广的一次, 丘陵地区的沿岸往往只见这一海侵层(图 3-A)。本海侵层最大的特点在于明显的三分性。在沿海钻孔中自上而下分为海陆过渡相→浅海相→海陆过渡相三个部分, 海侵较弱的地区则变为陆相→海陆过渡相→陆相; 这在南、北全新世古地理曲线的对比图上表现得十分明显(图 4)。全新世海侵层形成, 是冰后期洋面上升的结果; 全新世海侵层的三分性, 也是洋面上升过程不均匀性的产物。因此, 这种三分性具有普遍性, 从墨西哥湾到日本沿海<sup>[7]</sup>也都有记录。

第 I 海侵层的另一特点是化石群与各海区现生动物群相似。由表 2 可见, 渤海、南黄海与东海沿岸第 I 海侵层的化石群一般均不超过近岸浅海区的现代属种, 说明在全新世期间这些海区的有孔虫、介形虫区系并无重大变革发生。值得指出的是大西洋时期气候偏暖, 少数喜暖种的分布范围比今天略广些(参看图 5-A)。由于第 I 海侵层在各地均含大量浅水有孔虫 *Ammonia* 卷转虫, 可以将我国东部的此次海侵命名为卷转虫海侵。

#### 2. 晚更新世(第 II、III)海侵层

暖水化石群的广泛分布, 是晚更新世海侵层的最大特点, 其中最突出的 *Pseudorotalia* 假轮虫和 *Asterorotalia* 星轮虫<sup>1)</sup>两属。这两个属都是我国南部海区的现生底栖有孔虫, 前

1) 指刺达壳体中央的真正 *Asterorotalia*。我国文献中一些无刺的“*Asterorotalia*”与属征不合, 不在此例。

表 2 我国东部(台湾海峡以北)

海区	海侵层	I(Q <sub>4</sub> , 卷转虫海侵)		II (Q <sub>3</sub> , 假轮
		优势种	特征种	优势种
渤海沿岸	有孔虫	<i>Ammonia beccarii</i> var. 毕克卷转虫变种 <i>Elphidium magellanicum</i> 缝裂希望虫 <i>Pseudoeponides anderseni</i> 安德森假上穹虫 <i>Pseudononionella variabilis</i> 多变假小九字虫		<i>Ammonia compressiuscula</i> 压缩卷转虫 <i>A. beccarii</i> var. <i>Elphidium magellanicum</i>
	介形虫	<i>Sinocytheridea latiovata</i> 宽卵中华丽花介 <i>Loxoconcha ocellata</i> 眼点弯贝介		<i>Parabosquetina sinucostata</i> 弯脊拟博斯凯介 <i>Echinocythereis cribriiformis</i> 筛棘艳花介
南黄海沿岸	有孔虫	<i>Ammonia convexidorsa</i> 凸背卷转虫 <i>A. beccarii</i> var. <i>Epistominella naraensis</i> 奈良小上口虫		<i>Ammonia annectens</i> <i>A. compressiuscula</i> <i>Pararotalia</i> spp. 仿轮虫诸种
	介形虫	<i>Neomonoceratina dongtaiensis</i> 东台新单角介 <i>Sinocytheridea latiovata</i>		<i>Sinocytheridea latiovata</i> <i>Munseyella</i> spp. 穆赛介诸种 <i>Cytheropteron</i> spp. 翼花介诸种
东海沿岸	有孔虫	<i>Ammonia annectens</i> 同现卷转虫 <i>A. beccarii</i> var. <i>Rosalina bradyi</i> 布氏玫瑰虫	<i>Poroeponides lateralis</i> 侧孔上穹虫 <i>Cancris auriculus</i> 耳状脓泡虫 <i>Asterorotalia subtrispinosa</i> 亚三刺星轮虫	<i>Ammonia beccarii</i> var. <i>Florilus decorus</i> 优美花朵虫 <i>Cribronion</i> sp. A 筛九字虫 A 种
	介形虫	<i>Sinocytheridea latiovata</i> <i>Neomonoceratina dongtaiensis</i> <i>Echinocythereis</i> spp. 棘艳花介诸种	<i>Leptocythere</i> ? sp. 细花介(?)未定种	<i>Sinocytheridea latiovata</i> <i>Munseyella</i> spp. <i>Cytheropteron</i> spp. <i>Echinocythereis</i> spp.

者分布在东海南部和南海,后者则见于台湾海峡及南海,然而大量钻孔资料表明,它们在晚更新世海侵时分布的北界曾到达南黄海北缘、以致渤海地区,后来分布界线逐渐南移(图 5-A, B)。由于渤海地区第 III 海侵层中含有 *Asterorotalia* 与 *Pseudorotalia*, 第 II 海侵层中含 *Pseudorotalia*, 因此这两次海侵可以分别称为星轮虫海侵与假轮虫海侵。

晚更新世海侵时黄海、渤海沿岸存在过较今温暖而开放的海相生物群, 还有其他化石证据。例如渤海中央第 III 侵层中有个别现代渤海及黄海北部绝迹的浮游有孔虫发现, 说明当时的渤海和黄海较今开放得多; 东北北部沿岸的第 II 海侵层中有喜暖性浮游有孔

## 沿海第四纪各海侵层的化石群特征

虫海侵)	III (Q <sub>3</sub> , 星轮虫海侵)		IV (Q <sub>2</sub> 盘旋虫海侵)
特征种	优势种	特征种	
<i>Pseudorotalia schroeteriana</i> 施罗德假轮虫	<i>Nonion shansiense</i> 山西九字虫 <i>Ammonia beccarii</i> var.	<i>Asterorotalia subtrispinosa</i> <i>Pseudorotalia schroeteriana</i> <i>Epistominella naraensis</i>	<i>Nonion shansiense</i> <i>Spirillina minima</i> 微小盘旋虫 <i>Ammonia beccarii</i> var.
	<i>Sinocytheridea latiovata</i> <i>Echinocythereis cribriformis</i>		<i>Sinocytheridea latiovata</i>
<i>Pseudorotalia schroeteriana</i> <i>Asterorotalia subtrispinosa</i>	<i>Ammonia annectens</i> <i>A. beccarii</i> var. <i>Epistominella naraensis</i>		
	<i>Spinileberis</i> spp. 刺面介诸种		
<i>Pseudorotalia schroeteriana</i> <i>Asterorotalia subtrispinosa</i> <i>Globorotalia cultrata</i> 精巧圆辐虫	<i>Ammonia beccarii</i> var.		<i>Ammonia beccarii</i> var.
<i>Neomonoceratina triangulata</i> 三角新单角介	<i>Sinocytheridea latiovata</i>		

虫 *Globorotalia cultrata* 精巧圆辐虫等出现,也是海水较今为暖的标志(表 2)。此外,渤海湾西岸第 II、III 海侵层中还发现有 *Oliva ornata* 榧螺、*Chione isabelina* 依萨帕利雪蛤等暖水软体动物群<sup>[6]</sup>。

关于晚更新世喜暖化石群在黄海、渤海区出现的原因,不外乎两种可能:或是当时海水温度普遍较高,或是由于海流途径与今不同。据目前资料<sup>[3]</sup>,太平洋晚更新世间冰期时的海水温度不见得高于现代,因此推断当时可能有暖流逼近渤海海区和南黄海西部(图 5)。

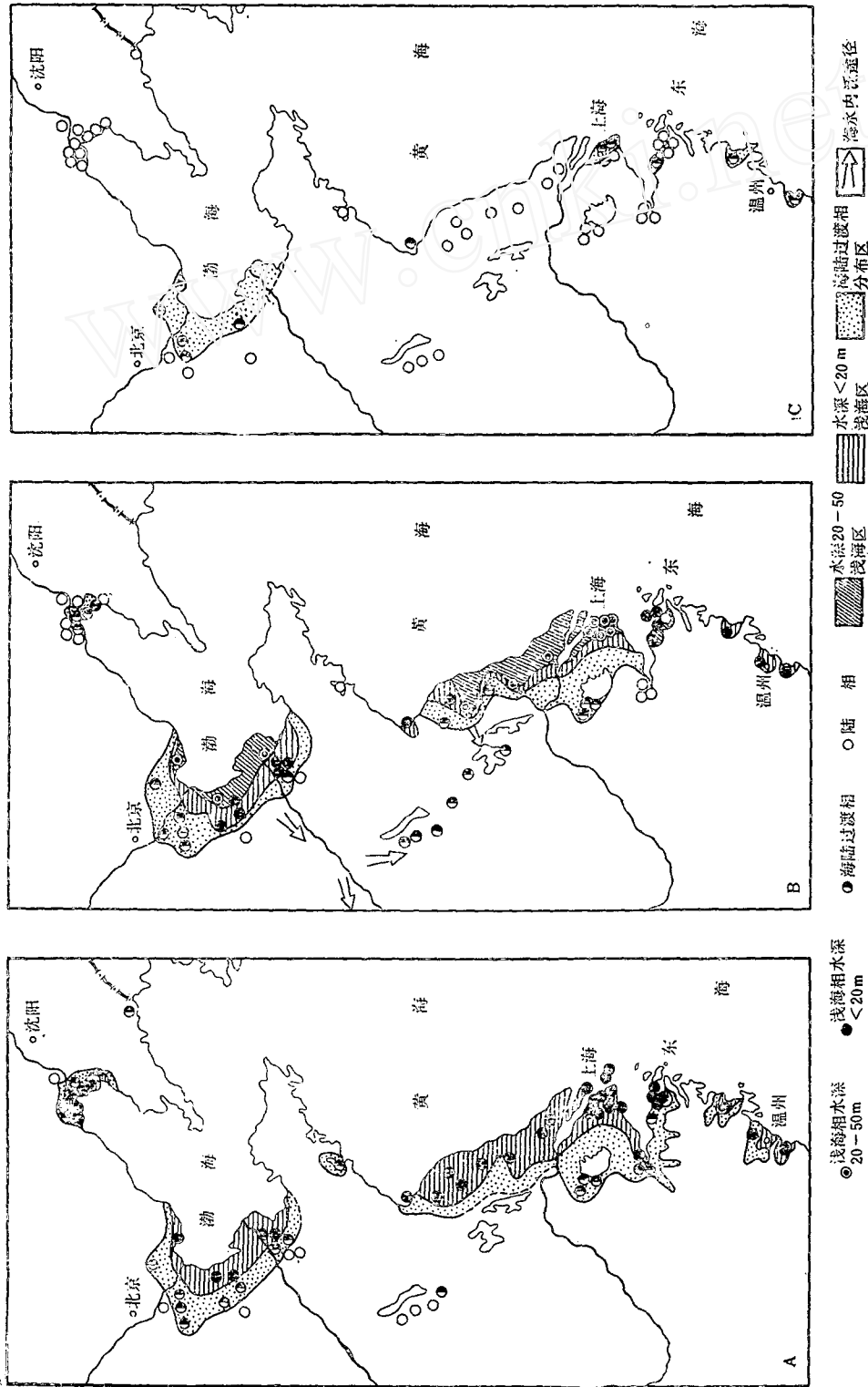


图 3 我国东部(台湾海峡以北)第四纪海侵范围图  
 A. 全新世(第 I 海侵层)最大海侵范围; B. 晚更新世(第 II、III 海侵层)最大海侵范围; C. 中更新世(第 IV 海侵层)最大海侵范围



表 3 各海侵层的沉积环境特征  
(以海相性强的近岸钻孔为准)

年 代		海 侵 层		古 沉 积 环 境		
				古 盐 度	古深度(最大水深,米)	古温度(海水)
Q <sub>4</sub>	Q <sub>4</sub> <sup>1</sup>	I	上	半咸水	0—10	同现代
	Q <sub>4</sub> <sup>2</sup>		中	正常海水	20±	较今暖或同现代
	Q <sub>4</sub> <sup>3</sup>		下	半咸水	0—10	
Q <sub>3</sub>	Q <sub>3</sub> <sup>1</sup>	II		正常海水	20—50	较今暖
	Q <sub>3</sub> <sup>2</sup>	III		正常海水	20—50	较今暖
Q <sub>2</sub>		IV		半咸水	0—10	

晚更新世海侵的另一个特点,是海水沿河谷向内地推进而发生海泛(图 3-B)。海水曾沿黄河谷地上溯而影响至晋西运城盆地,形成含单种有孔虫(*Nonion shansiense* 山西九字虫)化石群的海侵层<sup>[6]</sup>;另据江苏水文地质队的研究,晚更新世海侵也曾影响到徐州以西的丰县、沛县一带,同样形成含 *N. shansiense* 的过渡相地层。上述两例中共生的介形虫群都包含有广盐性海相的 *Sinocytheridea* 中华丽花介和陆相的 *Ilyocypris* 土星介、*Candona* 玻璃介等,是陆相水域遭受海水影响而造成的微咸水化石群。这些地区都已远离现代海岸,与晚更新世海相层分布区之间也有丘陵阻隔,当时海水只有沿河谷上溯才能影响这些内陆盆地。全新世海侵的调查比更新世详细,但至今并未发现此类现象,可见这可能与晚更新世的古地形有关。推测当时东部沿海地形起伏较今强烈,河谷地带下凹较深,因此海面上升时海水沿河谷向纵深推进,而侧向的分布并不甚广。例如从辽河下游到

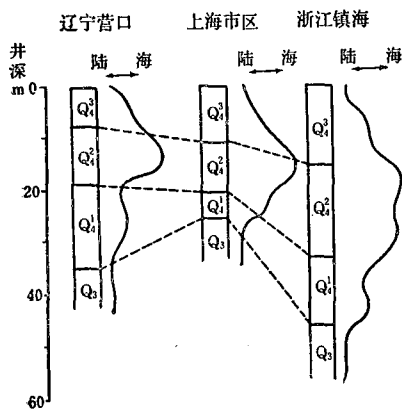


图 4 全新世海侵层古地理曲线对比图

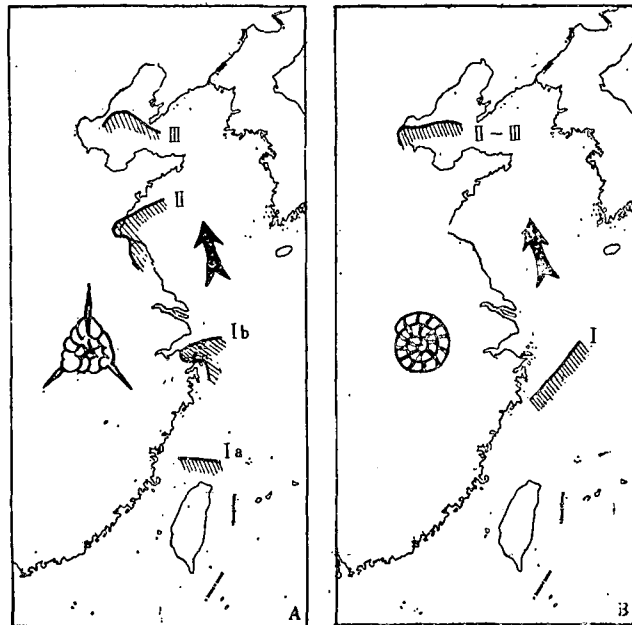


图 5 星轮虫、假轮虫在各次海侵中分布的北界  
A. 星轮虫; B. 假轮虫.

分布北界: Ia 现代; Ib 大西洋期 II. Q<sub>3</sub> 海侵时期  
III. Q<sub>3</sub> 海侵时期  
黑色箭头表示 Q<sub>3</sub> 时可能的暖流方向

长江口区,晚更新世海侵层在河谷区反映出古深度较大,海泛造成的过渡相地层分布深入内地,但海侵层的侧向分布反而不及全新世的广。

以上我们把晚更新世两次海侵合并起来讨论,是因为它们具有许多共同性难以分割;但这两次海侵又各有特点,可资区别。在渤海沿岸,第 III 海侵层表现较强,无论化石群反映的海水深度、喜暖属种数量还是海侵层的分布范围与厚度,都往往超过第 II 海侵层, *Asterorotalia*、*Pseudorotalia* 也主要在第 III 海侵层出现;南黄海沿岸,却是第 II 海侵层发育良好,第 III 海侵层只呈现为海陆过渡相,厚度也较小;东海沿岸的第 II 海侵层也含 *Globorotalia* 等喜暖分子,与常为海陆过渡相的第 III 层判然不同。

### 3. 中更新世(第 IV)海侵层

如图 3-C 所示,我国大陆沿岸的中更新世海侵层通常只含海陆过渡相化石群,是四次海侵中最弱的一次。它或者只含单种有孔虫(如华北的 *Spirillina minima* 微小盘旋虫或 *Nonion shansiense*)、单种广盐海相介形虫(如 *Sinocytheridea latiovata* 宽卵中华丽花介),或者只含少数几种广盐性有孔虫和广盐性介形虫(见表 2)。此次海侵为盘旋虫海侵。海相性低、海侵层薄、分布范围较小,是第 IV 海侵层的特点。

除上述四次海侵层外,至少第四纪初期还有一次海侵。北京东部于埋深四百余米的海相夹层中发现含浮游有孔虫和 *Hyalinea balthica* 饰带透明虫、*Paramalina* 平坦虫等的正常海相化石群。冀西蔚县、怀来在泥河湾组上部地层中见有含 *Nonion shansiense* 的单种有孔虫化石群<sup>[8]</sup>。陕西长安、渭南一带在永乐店群上部发现 *Ammonia tepida* 暖水卷转虫和 *Nonion* 等。山西运城的相应层位中,也有 *Discorbis yunchengensis* 运城圆盘虫产出,它们都和非海相介形虫群共生。这些海侵层厚度较小(数米、十余米),海相性弱,分布范围又局限于汾、渭或永定河河谷,显然也是海水沿河谷内泛、影响内陆水域所致。可能与之同期而海相性较强的海侵层,曾见于山东惠民,这里在井深近千米处见有 *Elphidium* 希望虫、*Leguminocythereis* 豆艳花介等大量浅海相有孔虫、介形虫。这些海侵层是否同时,确切的年代如何,以及海侵的途径、范围等问题,均尚待查明。

南海北部和台湾省一带,更新世早期继续着晚第三纪的海侵,已为北部湾、雷州半岛及海南岛岸外的钻孔分析所证实,台湾,澎湖也有相似的化石记录<sup>[10]</sup>。此后,南海沿岸长期保持陆相环境,直到全新世才再度发生海侵。从广东到福建沿海,至今仅有第 I 海侵层发现;只在北部湾水下钻孔中才见到第 I、II 两个海侵层。

纵观整个第四纪,我国东部除更新世初期以外的四次海侵,其规模由老到新逐渐增大。中更新世的盘旋虫海侵只产生海陆过渡相沉积,所占面积最小,海侵层的厚度只占中更新世地层总厚度的 11% (据台湾海峡以北 33 个沿海钻孔统计,下同);晚更新世的星轮虫海侵、假轮虫海侵已产生海相沉积,海侵范围增大,海侵层厚度占晚更新世地层的 44%;全新世的卷转虫海侵沿海分布最广,海侵层占总厚度的 82%。可见我国东部沿海遭受第四纪海侵的机会是越早越少,越晚越多的。世界各地的研究表明,历次间冰期的海面或者是逐步降低或者是大体相等<sup>[11,12]</sup>。我国东部第四纪海侵早弱晚强的特点,正好与世界上的总趋势相反,其原因可能在于我国大陆第四纪时有逐渐下沉的现象,使海侵的机会陆续增加。

对比我国南北沿海,可以发现:四次海侵层发育齐全的钻孔局限于浙江以北,其中尤以华北平原的海侵层分布最广,厚度最大;而华南沿海一般只见全新世海侵层。我国东部第四纪海侵这种北强南弱的特点,应当是北方沉降强烈,南方相对抬升所致,属于构造运动差异的产物。

#### 四、结 语

通过我国东部第四纪海侵地层的初步总结,无论对于沿海及海区第四纪地层的划分对比,对于海区和海岸发育史、新构造运动、古地貌以及古动物区系等方面的研究,都增添了一些新的认识。

1. 我国东部沿海的四个海侵层,大体上可以用作第四纪地层划分的标志层:第 I 海侵层大致相当于全新统( $Q_4$ ),第 II 海侵层相当于上更新统中部( $Q_3^2$ ),第 III 海侵层的下界大致相当于上更新统( $Q_3$ )的底界,第 IV 海侵层的下界接近中更新统( $Q_2$ )的底界。如果北京东部和汾渭盆地、山东惠民所见的早期海侵层时代能够确定,很可能还可以为下更新统提供标志层。海侵旋回与冰期气候旋回大体一致。

2. 我国东部第四纪海侵(除更新世初外)从更新世到全新世逐渐加强,与欧洲等地所见的趋势相反。这个事实与我国东部第四纪冰川作用的强度早强晚弱的现象相结合,可能表明我国东部大陆第四纪海拔高度有逐渐下降的趋势。

3. 我国沿海各地受第四纪海侵影响的差异性十分显著。在大型河口平原等强烈沉降区,各次海侵层发育齐全;在接近基岩出露区,一般只见全新世海侵层。南弱北强,早弱晚强,是我国东部第四纪海侵的特征。

4. 从有孔虫、介形虫的动物区系看,各海区全新世化石群与现在相似,更新世时却有所不同。晚更新世末期的冰期时,现在黄海的指冷种 *Buccella frigida* 曾南下至东海陆架外缘;晚更新世早、中期海侵时,以 *Asterorotalia*、*Pseudorotalia* 为代表的暖水动物群曾北上至黄海以致渤海海区,说明当时黄、渤海海水较今为暖,可能有一支暖流流向此处。

5. 更新世时我国东部沿海地形起伏较今为强,因此现在的河口地区晚更新世海侵时海水深度可达 40 米左右,侧向迅速变浅,但海水可沿河谷上溯造成内泛;全新世时地形较平,因而海侵层分布较广、古深度差别不大。结果,晚更新世海侵层沿河谷向纵深延伸,全新世海侵层沿海岸朝横向展布。

由于沿海各地海侵层研究的程度很不平衡,各海侵层的时代对比上还存在不少问题,本文只是根据现有资料作一次初步探讨,加以水平有限,定有许多错误和不确之处希望批评指正。目前看来,迫切需把钻孔分析与地貌研究相结合,把陆地的研究与海底的研究相结合,进行多种手段的综合分析,争取早日查明我国第四纪海面升降与海侵旋回的规律。

#### 参 考 文 献

- [1] Hashimoto, W. et al., 1970, Studies on the Younger Cenozoic Deposits in Taiwan. Contributions to the Geology and Paleontology of South-East Asia, Vol. 8, pp. 237—252.
- [2] 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。
- [3] van den Heuvel, E. P. J. and Buurman, P. 1974, Possible causes of glaciations. Marine geology and

- oceanography of the Arctic seas. Spring-Verlag, pp. 359—378.
- [4] 中国科学院贵阳地球化学研究所第四纪孢粉组、C<sup>14</sup>组, 1977, 辽宁省南部一万年来自然环境的演变。中国科学, 第6期, 603—614页。
- [5] 赵松龄等, 1978, 关于渤海湾西岸海相地层与海岸线问题。海洋与湖沼, 9(1), 15—25页。
- [6] 王绍鸿, 1979, 莱州湾西岸晚第四纪海相地层及其沉积环境的初步研究。海洋与湖沼, 10(1), 9—23期。
- [7] Kaizuka, S. et al., 1977: Recent Formations and their basal topography in and around Tokyo Bay, Central Japan. Quaternary Research, 8 (1), pp. 32—50.
- [8] 王乃文, 1964, 山西外旋多口虫(有孔虫)的发现及其地层与古地理意义。中国海洋湖沼学会 1963 年论文摘要汇编。
- [9] 汪品先等, 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。地质古生物论文集, 第二辑, 1—31页。
- [10] Tunyow Huang (黄敦友) 1968, Foraminiferal study of the Tungliang well TL-1 of the Penghu Islands. Technical Bulletin, CCOF, Vol. 1, pp. 39—56.
- [11] De Jong, J. D. 1967, The Quaternary of Netherland. The Quaternary, Vol. 2, pp. 302—426.
- [12] Favero V. and Passaga, R. 1975, Quaternary sedimentation controlled by subsidence, environment, glaciations well CNR Venice-1, Italy. IX-ème congrès international de sédimentologie, Nice, 1975. Thème 1, pp. 73—78.

## STRATA OF QUATERNARY TRANSGRESSIONS IN EAST CHINA: A PRELIMINARY STUDY

Wang Pinxian Min Qiubao Bian Yunhua Cheng Xinrong

(Tongji University)

### Abstract

As revealed by micropaleontological analyses of the onshore and offshore drilling cores, the Quaternary Period witnessed four marine transgressions in East China, namely:

*Ammonia* transgression ( $Q_4$ , occurring during the last 10,000 years),

*Pseudorotalia* transgression ( $Q_3^2$ , 39,000—24,000B.P.),

*Asterorotalia* transgression ( $Q_3^1$ , 100,000—70,000 B.P.),

*Spirillina* transgression ( $Q_2$ , ca 300,000B. P.)

The Middle Pleistocene transgression (i.e. *Spirillina* transgression) is characterised by its limited areal distribution (fig. 3c) and low degree of mariness. The next two (*Asterorotalia* and *Pseudorotalia*) transgressions took place in Late Pleistocene and are distinguished by their wider areal distribution and sea-water invasions along river valleys (fig. 3b). The warm water foraminifers and molluscs, such as *Asterorotalia*, *Pseudorotalia* and *Oliviella*, occur in strata formed by these two transgressions from the Yellow Sea and the Bohai Gulf regions, suggesting a temperature warmer than now. The postglacial *Ammonia* transgression exceeded in extent the previous ones resulting in a wider distribution of the Holocene marine deposits along coastline (fig. 3a). Besides the four transgressions mentioned above microfaunal evidences were found for an another marine transgressive-regressive sequence of uncertain age, belonging probably to the beginning of Pleistocene or the end of Pliocene.

The micropaleontological approach is adopted in the present study, but paleomagnetic and radiocarbon dating, playnology and lithology are involved in discussion of the ages of transgressions. In addition to the time and scope of transgressions, here are considered factors of paleoenvironments such as water temperature, depth and salinity, as well as faunal changes. Moreover, the trends of neotectonic movements are discussed basing on the burial depth of the transgression strata.