

论上海地区的第四纪海进

闵秋宝 汪品先

提 要

根据微体古生物分析结果并结合其他资料,证明上海地区东部第四纪以来经历过四次海进;晚更新世中期和全新世的海进较强,形成浅海相沉积;中更新世与晚更新世早期的海进较弱,仅有海陆过渡相沉积。

上海地区海陆变迁的地质历史既与长江三角洲的发育有关,又能反映东海历史的若干片断。近年来,应用微体古生物的分析方法来研究上海地区第四纪地质、海面升降、古地理和古气候的变迁,效果显著。根据沉积物中微体古生物的分布规律,归纳各项分析的成果,研究上海地区第四纪海进的历史,将不仅对上海地区第四纪地层划分和古地理再造,而且为我国东部平原第四纪地层的划分和对比提供重要的依据。

本文综合了微体古生物等分析报告和钻孔资料,对上海地区第四纪海进问题提出一些粗浅的看法,供大家讨论,不妥之处,请予批评指正。在工作过程中,上海地质处、中国科学院南京地质古生物所提供了宝贵的资料,在此表示感谢。

一、上海地区第四纪地层及微体化石特征

上海是我国第四纪钻孔分布最密的地区之一。各种深度的钻孔数以百计,其中进行微体古生物分析的不下二十个。钻探表明:上海地区自从古生代以后一直与海水脱离,直至第四纪才有海进发生。

为了详细研究第四纪的海进规律,在大量钻孔分析的基础上,我们选择位于市区偏西的上海面粉厂钻孔进行系统的微体古生物综合定量分析,鉴定统计有孔虫、介形虫数万枚,并用 JS 719 型电子计算机求出有孔虫群分异度 $H(S)$ 值及属种百分含量的变化。

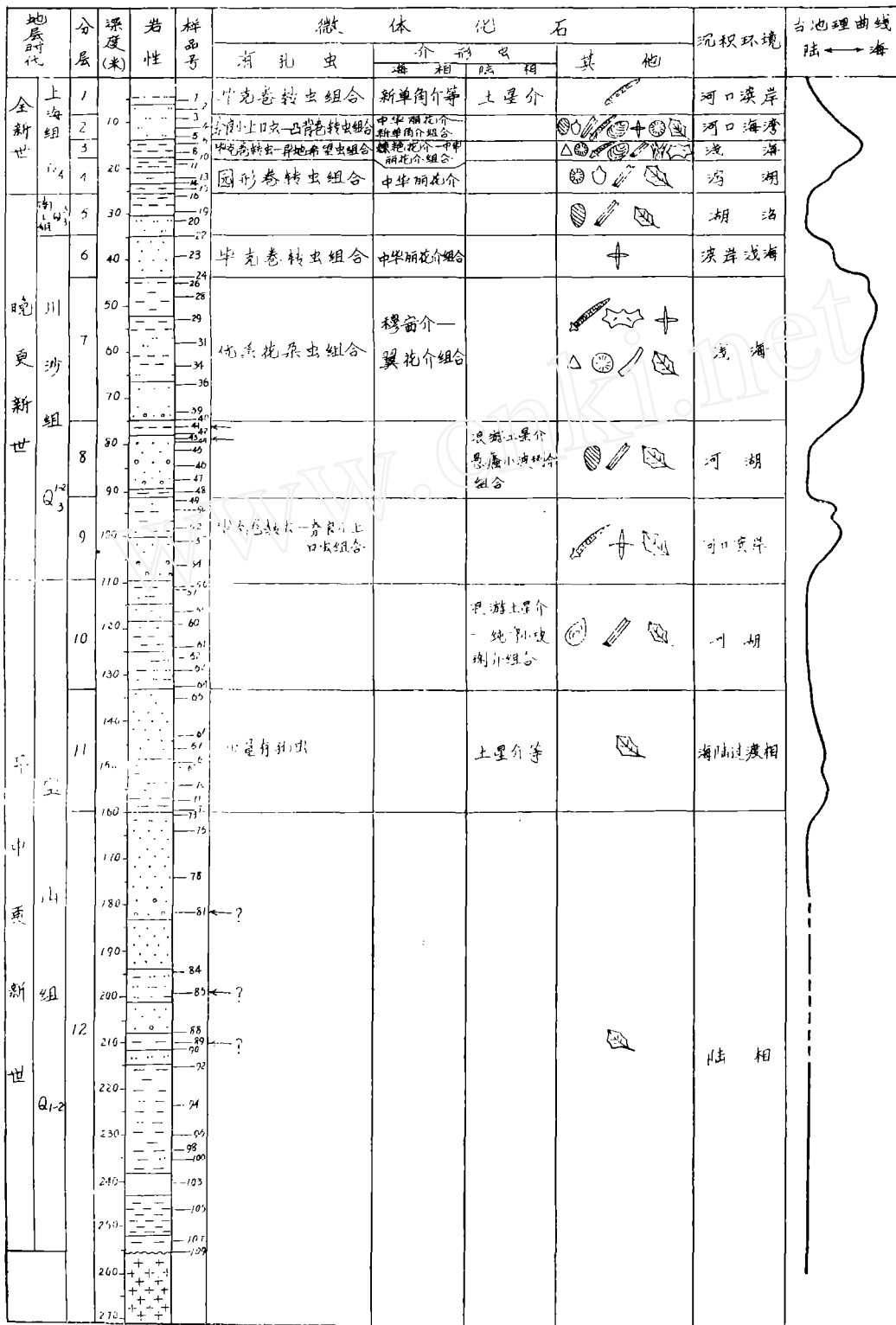
以上海面粉厂钻孔作为基础,结合市郊大量钻孔资料,可以比较全面细致地介绍上海地区第四纪地层,特别是其中微体化石组合的特征(表1、图1),而微体化石特征正是海进历史研究的主要依据。现自下而上简述如下。

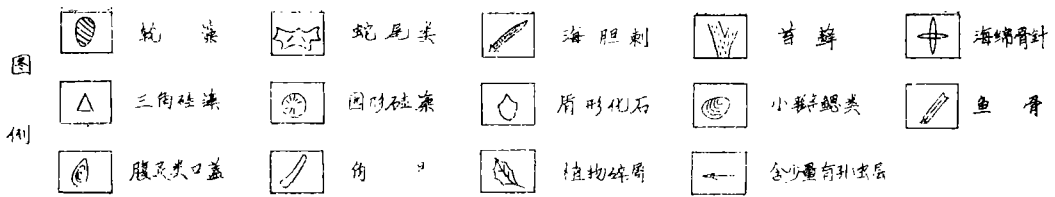
宝山群 (Q_{1-2})

暗绿色、灰色、杂色粘土、粉砂质泥及泥质粉砂与褐黄、棕褐、灰褐、灰色等中砂、细砂组成之韵律层,一般砂层中含有细砾,有时为砂砾层。胶结松散,局部呈水平层理结构。粘土层一般致密、可塑。

根据微体化石的特征本组可分为上下二段:

图 1 上海面粉厂钻孔微体古生物分析综合柱状图





下段 (Q_{1-2}): 岩性较粗, 为黄色、黄灰色粉砂、细砂、泥质粉砂, 含铁锰条纹; 下部为黄色粉砂、灰白色泥质粉砂。本段地层化石稀少。除含松、冷杉、云杉、栎等花粉外*, 几乎没有动物化石发现。川沙及面粉厂钻孔中虽偶见个别有孔虫, 但其可靠性有待查证。粒度分析的结果, 无论 CM 图或概率累积曲线图均显示为河流相沉积。

上段 (Q_2): 岩性为青灰色、灰褐色泥质粉砂和灰黄色的泥。上部含有浪游土星介 *Ilyocypris errabundis*、纯净小玻璃介 *Candoniella albicans*、近弯玻璃介 *Candona subsinuosa*^a 等 (图版中 21), 全系淡水至微咸水的介形类, 纯属陆相沉积。下部含有少量的卷转虫 *Ammonia* 和土星介 *Ilyocypris* 共生。土星介为淡水的介形类, 它与海生的有孔虫伴生表明是一种海陆过渡相的沉积, 目前看来是上海第四纪最早的一次海进 (自上而下第 IV 海进层)。

宝山群地层在上海地区分布甚广, 其厚度一般为 150 米左右, 并向西南变薄, 有的甚至缺失。

川沙组 (Q_3^{1-2})

主要为灰色、浅灰色粉砂质泥, 泥夹粉砂、砾和贝壳碎屑互层, 具层理。根据岩性和微体化石群的特征本组又可分为上下二段。

下段 (Q_3^1): 岩性为灰色、灰黄色泥夹粉砂、中粗砂、细砾和贝壳屑互层。根据地层中化石组合的差异, 又可以分为两部分: 下部含海相化石, 主要有毕克卷转虫 (变种) *Ammonia beccarii var.*、奈良小上口虫 *Epistominella naraensis*、优美花朵虫 *Florilus decorus* (图版中 5—6, 11—12, 14) 以及先希望虫 *Protelphidium* 等有孔虫 (图 1), 但个体偏小 (每 50 克数枚至数十枚), 种类也不多 (3—15 种), 伴生的还有海相化石, 介形类几乎未发现。上述有孔虫一般分布于长江口及口外海滨一带, 所以本层应属河口——滨海相沉积, 为第 III 海进层。本段上部含有淡水的介形类, 如浪游土星介、愚蠢小玻璃介 *Candoniella sulacensis*、舒宾小玻璃介 *Candoniella schubinae* 及轮藻受精卵膜、鱼牙等微体化石, 为陆相沉积。但本层个别样品中除陆相介形虫外还见有少量有孔虫, 如上海面粉厂孔 (74.96—76.68 米) 有陆相介形虫 43 枚、有孔虫 34 枚, 属海陆过渡相。推断本层沉积环境为近海的河湖, 有时受海水影响。

上段 (Q_3^2): 主要为青灰色、灰色粉砂、粗砂夹褐色泥互层, 具规则和不规则的层理。有孔虫丰富 (每 50 克干样内近千枚至数千枚)、属种多样, 最多达 69 种。有孔虫分异度 $[8] H(S)$ 在 2.7—3, 以含大量的优美花朵虫 (图 2、3) 和喜暖种施罗特假轮虫 *Pseudorotalia schroeteriana*、精巧圆幅虫 *Globorotalia cultrata* 的出现为特征。此外, 还有正常浅海相的曼顿半泽虫 *Hanzawaia mantaensis*、冷水面颊虫 *Buccella frigida*、耳状浓泡虫 *Cancriis auriculus*、塔斯曼管九字虫 *Pacinonion tasmanensis*、瓶虫 *Lagena*、坚实虫 *Robulus*、五叶

* 上海面粉厂分析报告: 同济大学海洋地质系孢粉组 1976 年 内部。

图2 上海面粉厂钻孔部分有孔虫含量曲线图

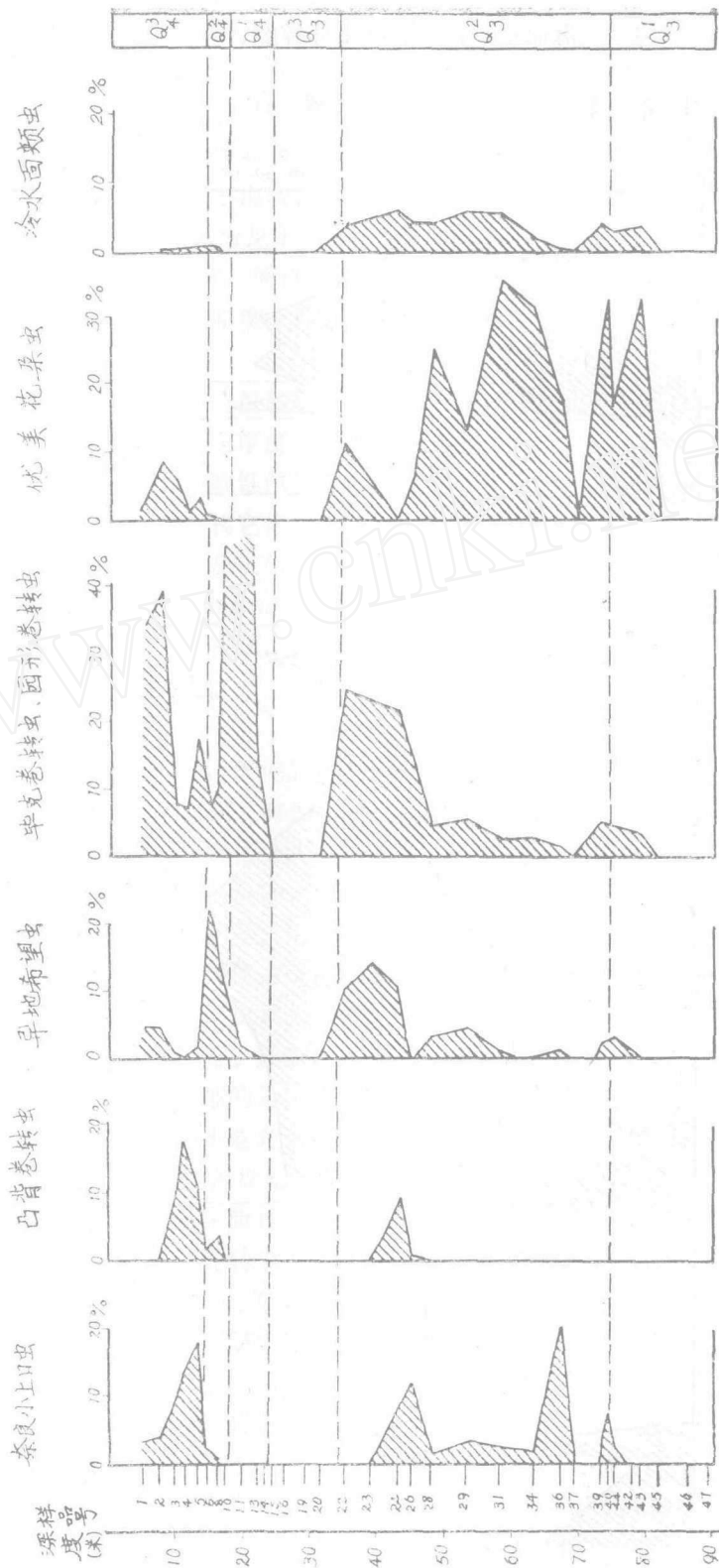
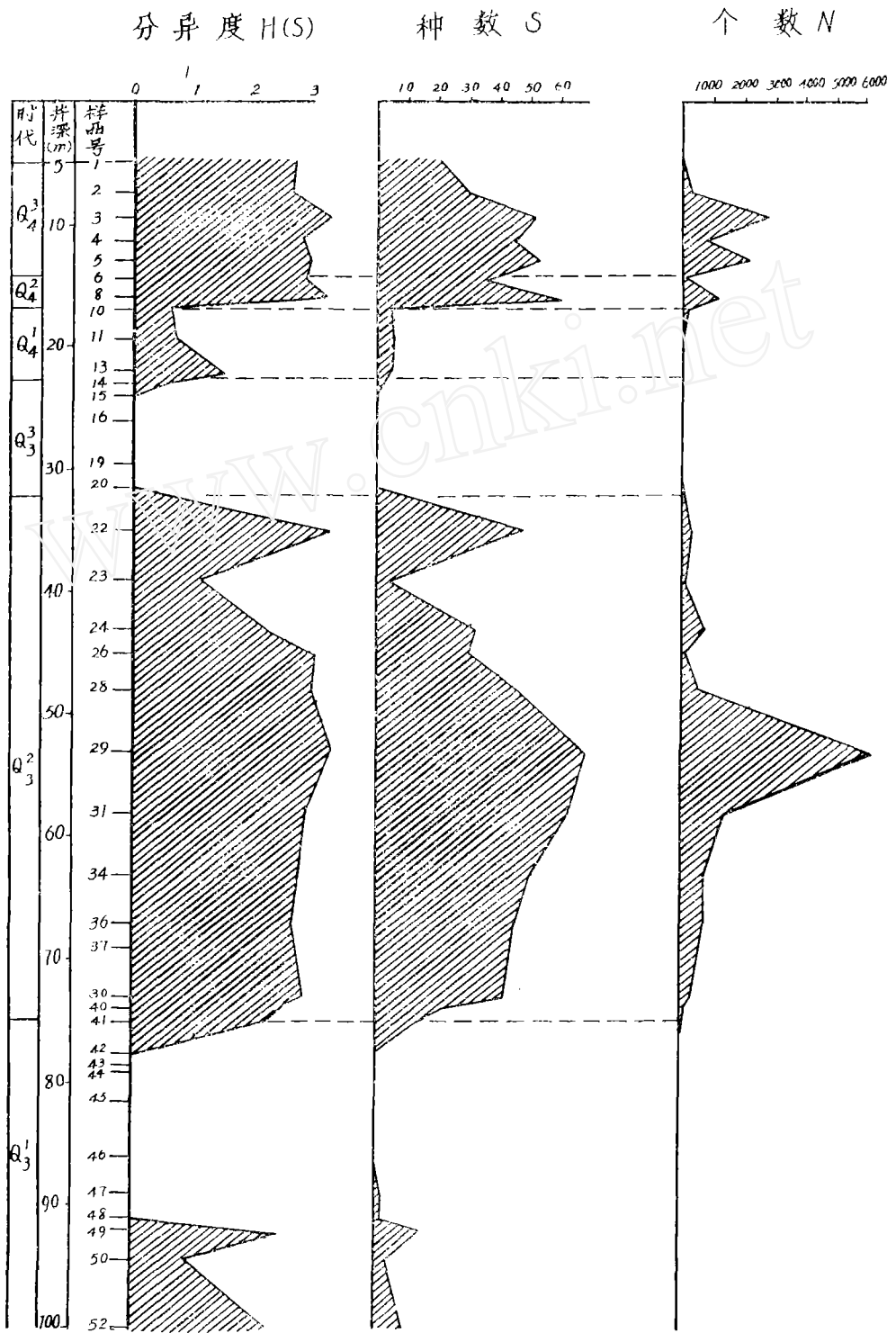


图 3 上海面粉厂钻孔有孔虫分异度、种数与个数曲线图



[注]: 每个样品以 50 克干样为统计数

螺轮虫 *Tubrotalia quinqueloba* 等。介形类主要有浅海相的日本穆赛介 *Munseyella japonica*、三浦翼花介 *Cytheropteron miurense*、宽卵中华丽花介 *Sinocytheridea latiovata*、三角新单角介 *Neomonoceratina triangulata*，与此伴生的还有蛇尾类、海胆刺、角贝 *Dentalium*、三角藻 *Triceratium* 等海相生物。施罗特假轮虫、精巧圆幅虫现代分布于浙江以南较暖水域的正常浅海中。曼顿半泽虫在黄海、东海现代沉积中大量分布于约 50 米水深处。穆赛介、翼花介、三角新单角介，在南黄海、东海见于 30—50 米水域中。为此本段的沉积环境是一种正常的浅海沉积，水深在 30—50 米间，属自上而下的第 II 海进层。

川沙组地层广布上海地区，其厚度一般在 125 米左右。

南汇组 (Q_3^3)

暗绿色亚粘土及灰黄—褐黄色粉砂质泥、粉砂所组成。其上部为暗绿色硬土层，质地致密。下部为黄色及灰色砂层。地层厚度为 0—16 米。

本层常见有大量鲕状菱铁矿和铁锰结核，碳酸盐含量极低。沉积物中除轮藻受精卵膜、植物碎屑及孢子花粉外，一般不含其它化石，属于河漫滩或牛轭湖一类的陆相沉积。只在长江口水下（江亚、铜沙浅滩钻孔）及杭州湾水下（乍浦岸外）钻孔中本层发现有少量奈良小上口虫、凸背卷转虫 *Ammonia convexidorsa* 等小个体有孔虫，可能局部属河口相。

本层明显具有海退期古地面的特征，在上海东、北部（川沙、宝山等县）常因长江河道冲刷或全新世海进时的冲刷而缺失。

上海组 (Q_4)

岩性为黄褐色、灰色粉砂质泥，淤泥质亚粘土及粉砂。表层为耕作土或地表填土。地层厚度一般为 5—50 米，并由西南向东北有加厚的趋势，局部地区有尖灭现象。

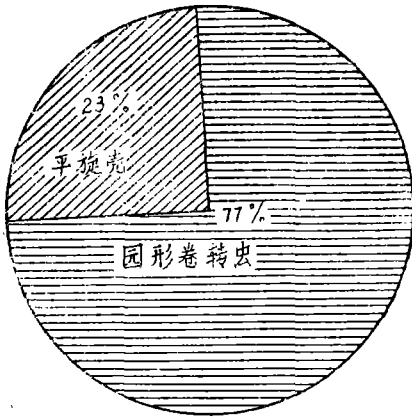
上海组按微体化石组合及岩性特征分为三段。

下段 (Q_4^1)：主要是灰黄、灰褐色砂、粉砂质亚粘土，含钙质结核，夹有砂质透镜体，局部有薄层泥炭，常见有垂直的芦苇茎。出现有孔虫化石群，但个数不多，属种单调，仅圆形卷转虫 *Ammonia dominicana* 一种便占全群个数的 70—80%，分异度 $H(S)$ 值小于 1（图 2、3），可称圆形卷转虫组合。介形虫只见少量的广盐海相的宽卵中华丽花介。伴生的还有常见于海陆过渡相地层中的盾形化石、圆盘形硅藻、鱼骨碎片等。个别种占压倒优势的有孔虫群，只见于海陆过渡相环境。有趣的是与本层相似的化石群，曾见于杭州西湖全新世泻湖期的沉积物中 [7]。两者同样以圆形卷转虫占绝对优势，并含少量平旋壳的广盐性种（图 4A）。可见，本段属于盐度甚低的泻湖相沉积。

中段 (Q_4^2)：灰色、灰褐色淤泥质粘土、粉砂质粘土，粒质纯，含丰富的有孔虫化石群，个体众多，属种多样，以毕克卷转虫（变种）、异地希望虫 *Elphidium advenum*、五球虫 *Quinqueloculina* 为主，并出现无刺仿轮虫 *Pararotalia inermis*、曼顿半泽虫等正常浅海相分子，可称毕克卷转虫——异地希望虫组合。介形类有方地豆艳花介 *Leguminocythereis hodgii*、筛棘艳花介 *Echinocythereis cribriformis*、宽卵中华丽花介、弯脊拟博斯凯介 *Parabosquetina sinucostata* 等。与此共生的还有苔藓虫、蛇尾类、三角藻等海相化石。（图版中 18—19）

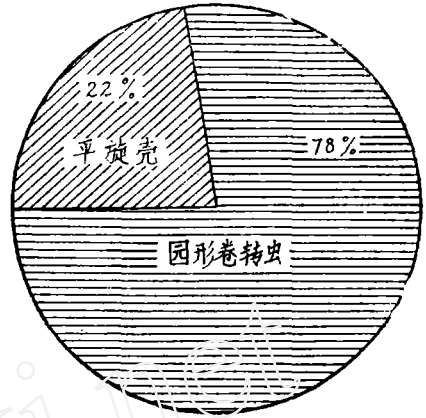
与下段相比，本段海相介形虫与有孔虫的个数与种数骤然增高，海相性程度显著上升。有孔虫群分异度 $H(s)$ 值高达 3 左右，已属正常浅海相的范围。本段的有孔虫、介形虫群，也常见于现代南黄海水深大约 20 米左右的浅海沉积物中（图 4B）。据此推断，本层应代表水

图 4 上海面粉厂孔部分样品与已知环境有孔虫群成份对比图

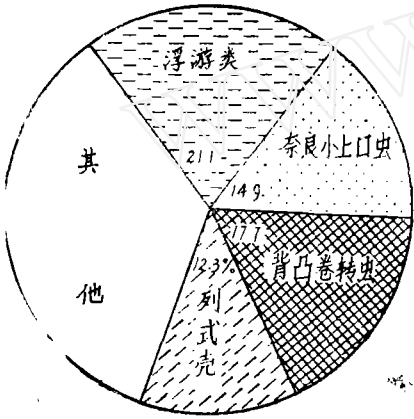


面粉厂钻孔西 5-010 (17.7米)

A
泻湖相

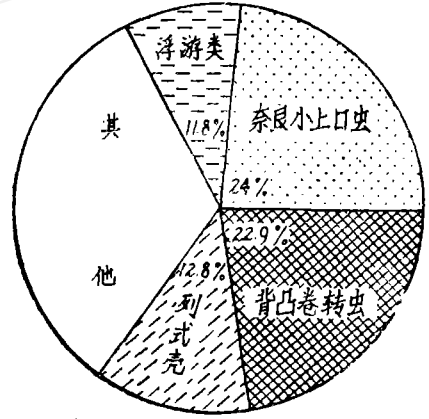


浙江西湖湖滨钻孔 46m (泻湖相)

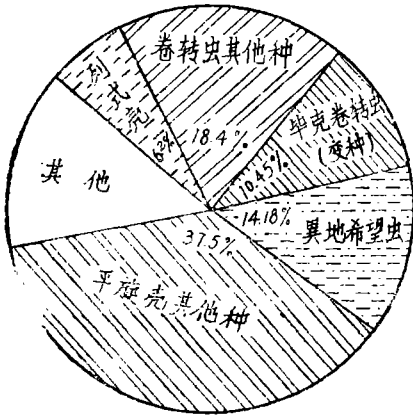


面粉厂钻孔西 3-004 (10.6-12米)

B
河口海湾相

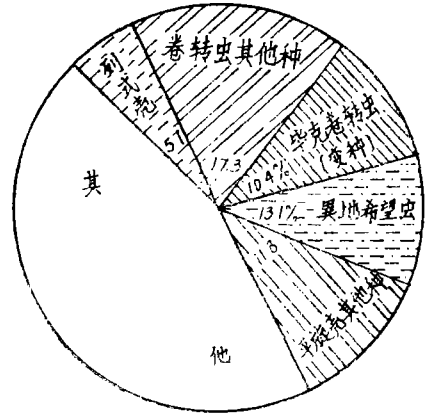


杭州湾 (0707) 表层样



面粉厂钻孔西 4-008 (16-17米)

C
浅海相



南黄海 4454 (-23M) 表层样

深 20 米以内的浅海相。

上段 (Q_1^3): 青灰色、灰色粉砂、粉砂质亚粘土层夹有砂质透镜体, 表层 2—3 米常含铁锰结核、植物碎屑和根系丰富, 局部地区有薄层泥炭 [2]。有孔虫个体偏小, 以奈良小上口虫、凸背卷转虫、毕克卷转虫 (变种) 为主, 可称奈良小上口虫——凸背卷转虫组合 (图 1, 图版中 9—12)。介形虫有东台新单角介 *Neomonoceralina dongtaiensis*、宽卵中华丽花介等广盐海相种及陆相的土星介 *Ilyocypris* 等种, 此外还有轮藻受精卵膜及大量植物碎屑。

本层的微体化石群十分特殊, 以有孔虫壳体细小 (常在 0.2mm 以下) 为主要特征, 除广盐性的毕克卷转虫 (变种)、凸背卷转虫等外, 也包括不少开放海的窄盐性属种, 如奈良小上口虫、浮游类的抱球虫 *Globigerina* 和列式壳类的太平洋霍氏虫 *Hopkinsina pacifica*、现生金伯尔虫 *Guembelitra vivans* 等, 但一律为小个体种或幼体, 壳体比较重的如胶结壳、瓷质壳有孔虫, 一般均无出现。本层微体化石群与现代长江口、杭州湾的有孔虫埋葬群相似, 特别与杭州湾王盘山附近底质中所见最为接近 (图 4C)。这是强潮河口特有的有孔虫群, 有孔虫壳主要系随潮水携入河口, 因此不分广盐和窄盐, 分异度可以较高, $H(S)$ 值可达 2.8。并随壳体大小而发生分选, 沿河口向上, 个体逐渐变小。根据海陆相化石混生以及它们的特征, 本层应属河口——海湾相。

全新世三段地层反映了冰后期海进的历程, 是钻孔中遇到的第 I 海进层。

二、上海地区第四纪海进旋回

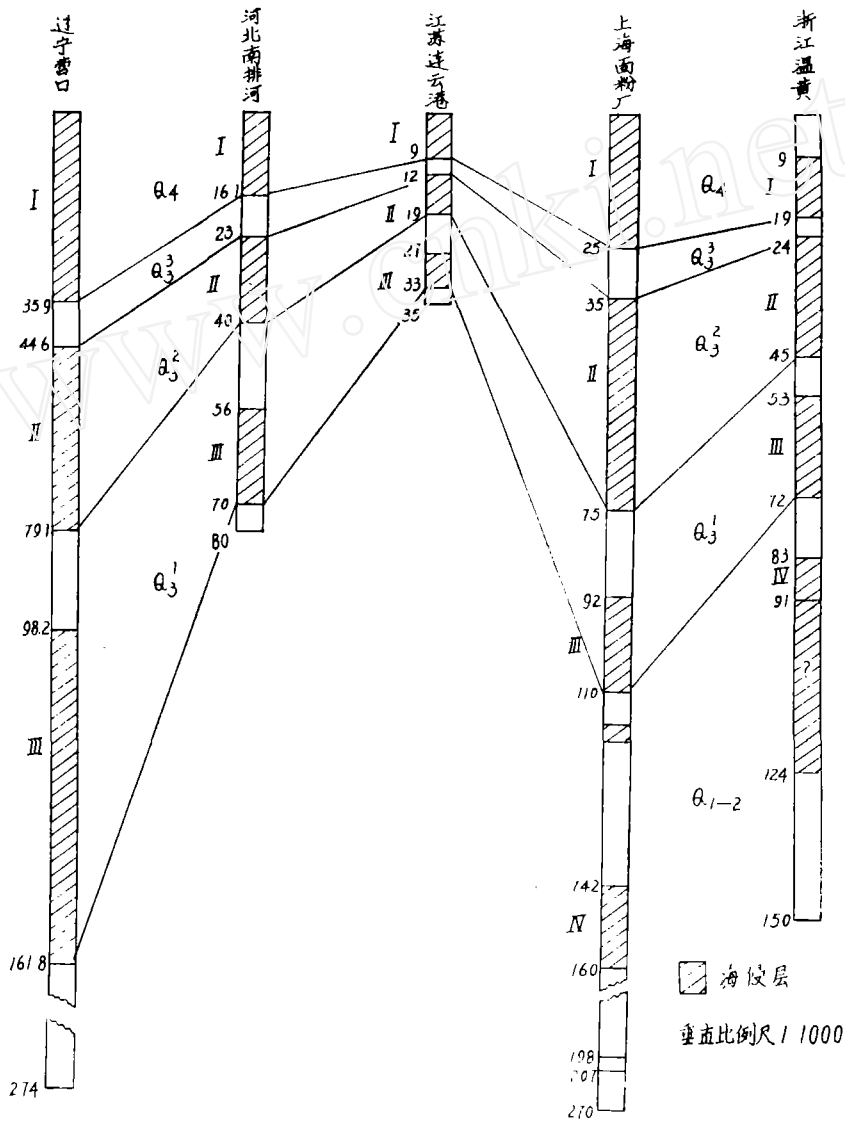
分析资料表明: 上海地区第四纪中有四个海进层, 分别相当于全新世 (第 I 海进层)、晚更新世中期 (第 II 海进层)、晚更新世早期 (第 III 海进层) 和中更新世 (第 IV 海进层)。四个海进层和它们之间的四个陆相层, 组成四次海进旋回, 构成了上海第四纪地质发展史的主体。表 2 所示, 为四次旋回在上海面粉厂钻孔中的分布情况。上海地区揭露的海进旋回,

表 2 上海面粉厂钻孔地层划分与海进层位表

时 代	地 层	井 深 (米)	海 进 旋 回	大致厚度 (米)
全 新 世	Q_1^3	0—13.85	第 I 海进层	25
	Q_1^2	13.85—17.4		
	Q_1^1	17.4—25.4		
晚 更 新 世	Q_2^3	25.4—34.5	第 I 陆相层	9
	Q_2^2	34.5—74.96	第 II 海进层	40
	Q_2^1	74.96—92	第 II 陆相层	17
		92—109.5	第 III 海进层	18
早、中更新世	Q_{1-2}	109.5—133.2	第 III 陆相层	23
		133.2—160	第 IV 海进层	27(?)
		160—255.3	第 IV 陆相层	100

在我国东部沿海各省都已发现。上海面粉厂钻孔与辽宁营口、河北南排河*、江苏连云港、浙江温黄等钻孔的海进层对比的结果(图5),证明了海进旋回的普遍性。这种普遍性原因在于第四纪海进旋回是冰期与间冰期气候旋回引起洋面升降的结果。孢粉分析所得古气候曲线与微古分析所得古地理曲线的一致性(表1),证明了这种因果关系。在丰富实际资料的基础上,完全可以对上海地区四次海进旋回的发育历史进行讨论。

图5 我国东部沿海平原五个钻孔第四纪海进对比图



白垩纪时的上海地区,应当还是内陆山区。近年来,在上海嘉定县安亭以西的钻孔揭露了大套晚白垩世磨拉石建造的红色地层,是山间盆地的产物。当地的早第三纪地层也含陆相介形虫化石,仍为陆地。陆相环境在上海地区一直延续到早更新世,上海地区的下更新统一般

* 渤海湾西岸全新世的下限与划分问题。 河北省地质局第七大队等 1975年 内部资料

不见动物化石，仅有少量孢粉，含落叶杉、冷杉、云杉等，反映比较寒冷的气候，相当于冰期时的陆相沉积。

第四纪海进波及上海地区，始于中更新世。这次海进规模较小，影响不强，仅表现为陆相的介形虫群中出现少量广盐性有孔虫，形成了埋深 150 米左右的宝山群上部第Ⅳ海进层的海陆过渡相沉积。这次海进的范围不广，上海地区目前仅见于上海面粉厂、宝山江湾和川沙王间桥等少数钻孔（图 6—1）。中更新世的海进表现尽管微弱，却还是反映了气候转暖、洋面上升的全球性变化，此层的孢粉组合以栎、枫香、榆、柏科等为代表 [3]，反映温暖略干的气候，与上、下地层不同（表 1），相当于间冰期，即大姑——庐山（明德——里斯）间冰期。相应的海进层在华北也有出现，古地磁测年结果为距今三十万年左右。

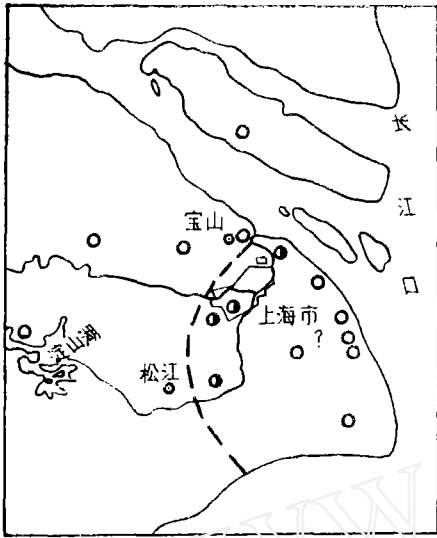
海进之后，随着气候恶化洋面下降，上海地区海水的影响消失，沉积了厚约 30 余米的陆相地层，所含孢粉组合以松、栎、冷杉等为特征，反映冷凉干燥的气候，相当于庐山冰期即欧洲的里斯冰期，属中更新世晚期。值得注意的是本层含浪游土屋介、纯净小玻璃介为主的介形虫组合，与苏北盐城组上部所见十分相似。如果上述介形虫组合具有时代意义，则需要考虑盐城组上部是否属于第四系。但是上述两种均为现生属种，化石组合的类似可能只是相似环境的产物。这方面问题还有待进一步查明。在陆相层沉积以后，气候逐渐回升转暖，开始形成又一次海进。这次海进较第一次海进范围较广，形成埋深一百米左右的第Ⅲ海进层，除了上海西部地区少见外，其他地区钻孔均可见到（图 6—2，表 1）。但海进仍然不强，在上海地区并未达到典型海相的程度，微体化石特征表现为海相、陆相化石共生的淡化滨海相沉积。孢粉为枫香、水蕨科、槲栎、榆组合，反映暖热潮湿的气候。这次海进在我国东部沿海第四纪地层中比较普遍，在北方测得古地磁年龄在十万年以内，属庐山——大理间冰期的产物，相当于欧洲的里斯——玉木间冰期，其时代为晚更新世早期。

晚更新世玉木冰期（大理冰期）的到来，使上海地区和我国东部沿海地区一样发生海退，在上海地区广泛形成了厚约 20 米左右的地层，其中所含淡水介形虫群指示为陆相沉积，而所产云杉、冷杉、落叶松为特征的孢粉组合表明气候变冷，属于玉木冰期早期。

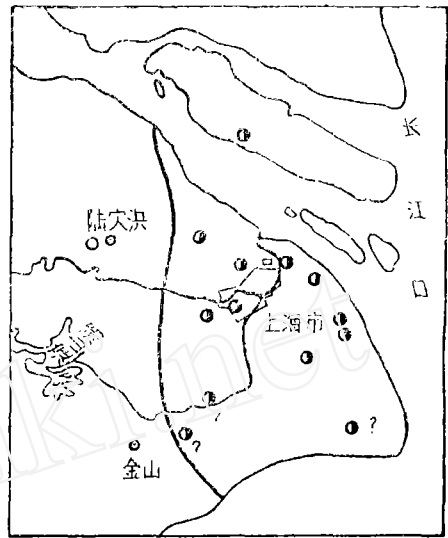
随后到来的海进，无论从分布范围、沉积环境或地层厚度上看，是上海地区第四纪中最强的一次。这次海进形成的第Ⅱ海进层一般埋深在 50 米上下，厚度可达 40 米；海进范围不仅包括上海沙岗以东的全部地区，而且向西推进到苏南内地，如苏州、宜兴、溧阳以致丹阳附近（图 6—3）是沿江上溯最远的一次海进。海进层中的微体化石群以优美花朵虫含量最多，并有曼顿半泽虫、压扁卷转虫 *Ammonia compressiuscula* 等窄盐海相种为特征，介形虫为穆赛介——翼花介组合，相似于南黄海现代沉积中的压扁卷转虫——穆赛介组合 [1]，说明当时上海是水深在 30—50 米的正常浅海。此次海进的海水温度应当比现在高，带来了施罗特假轮虫、精巧圆幅虫等喜暖分子，在上海面粉厂孔和川沙、宝山、闵行等地钻孔中都有发现。闵行钻孔中此层是只含大量施罗特假轮虫与各种苔藓虫的滨岸砂，这种砂现在只见于东南南部和南海，反映出此次海进时海水盐度正常、温度偏高的特色。栗、青刚栎、榆、水龙骨科孢粉组合，是暖热潮湿气候下植被的产物。这次气候转暖期相当于玉木冰期中的亚间冰期，据山东等地相应的海进层年代测定，应发生在 39000—24000 年前，属晚更新世中期。

更新世末期的冰期，即玉木（大理）冰期的晚期，引起世界洋面的大幅度下降，在现代东海陆架外缘水深 130—150 米的地方形成了海岸线附近的滨岸贝壳砂和淡水泥炭层，在黄海海底水深 50 多米处形成了含淡水介形类与轮藻的陆相沉积，当时海岸线移到东海陆架外缘，

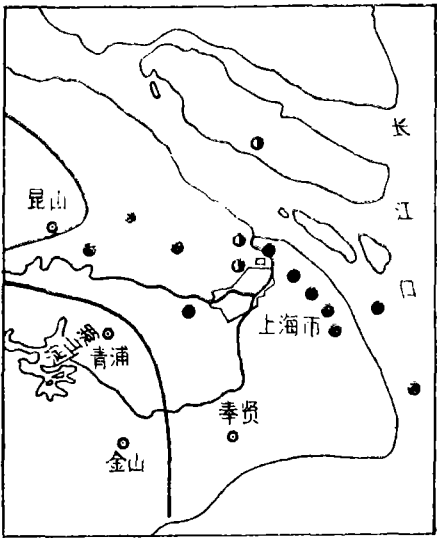
图 6 上海地区第四纪海进层分布范围图



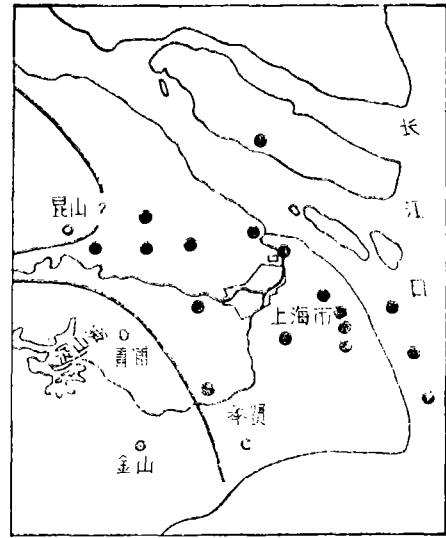
中更新世早期海进层分布图



晚更新世早期海进层分布图



晚更新世中期海进层分布图



全新世海进层分布界线图

● 海相 ◐ 海陆过渡相 ○ 陆相 — 海进层分布界线

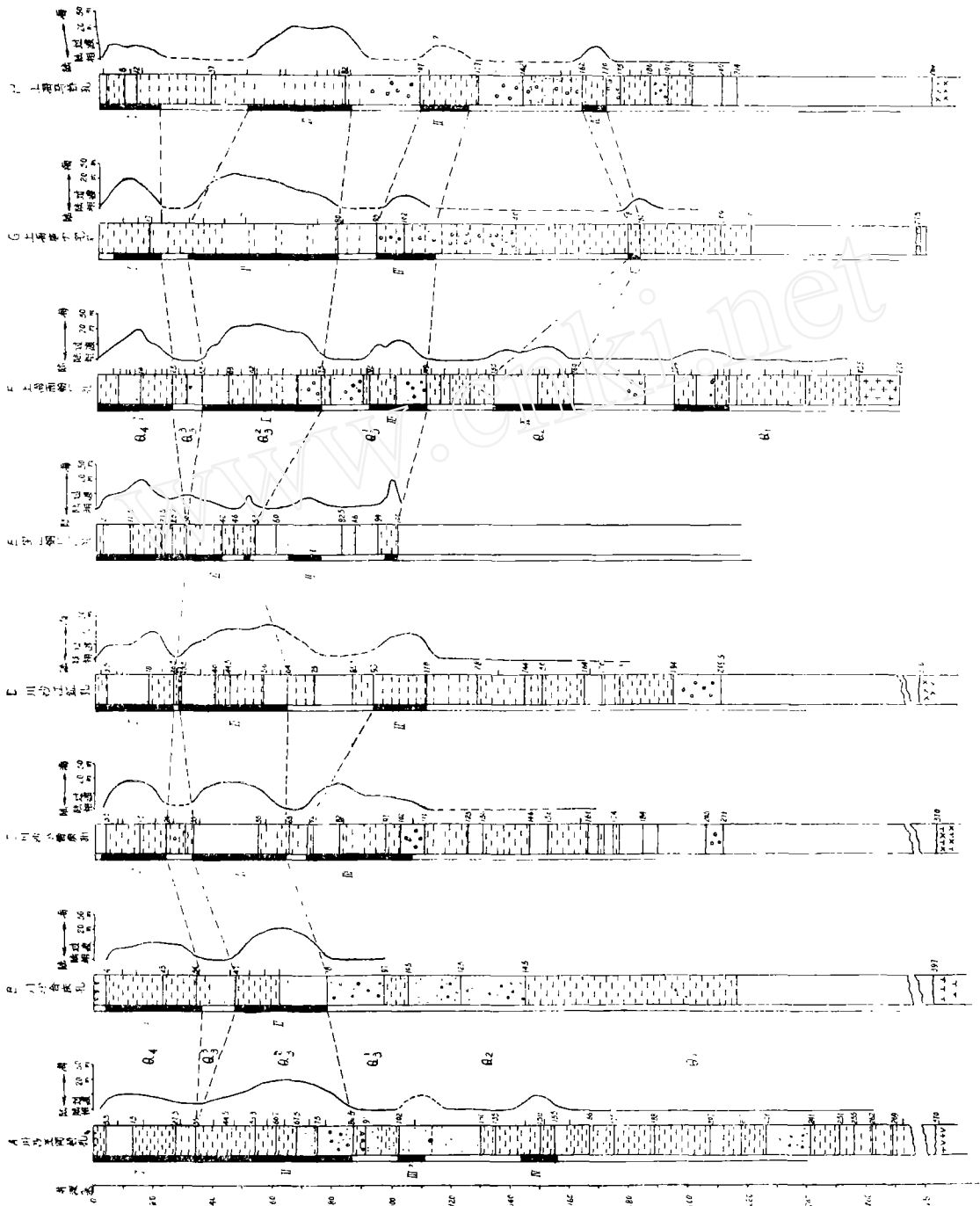


图 7 上海地区第四纪海进层位对比图

渤、黄、东海一齐出露水面[6, 9]。处于陆相环境下的上海地区,先形成了砂和粘土沉积,随后又出露水面遭受风化,形成了致密坚硬的古地面(暗绿色硬粘土),沉积普遍间断。硬粘土中柏科、禾本科、栎、蒿属的孢粉组合,反映出当时凉干的气候。

大理冰期后,世界气候开始转暖,发生了冰后期海进。这次海进是全球性的,世界各地均有报导。海进从19000年前海面以迅速上升开始[5],至7500年前海面上升速度显著减缓,以后还有多次小幅度的波动。冰后期海进在上海东部普遍留下了一套20余米厚的地层——第Ⅰ海进层。前已述及,此层下部数米为泻湖相地层,反映海进开始的早期沉积,所含孢粉为栗、榲栂、松、禾本科、藜科组合,属温凉略干气候,相当于全新世早期的前北方期和北方期;中部数米为浅海相沉积,其中栲、青刚栎、藜科的孢粉组合指示暖热潮湿的气候,相当于全新世海进最大的大西洋期与亚北方期;上部约13米为河口相沉积,反映温暖湿润气候的松、栎、禾本科孢粉组合与上海现代相似,相当于全新世晚期的亚大西洋期。全新世地层的这种三分现象,是冰后期海面迅速上升——达最高峰——基本稳定这三个阶段的反映,因而在国内外普遍出现。

对于全新世海进来说,上海地区的文物考古资料以及接近地表的沙岗,都为海岸线的迁移提供了证据。从嘉定县外冈到上海县马桥一线,有一条近南北向的沙岗,经文物考证和同位素年龄测定,上海西部岗身形成约有五、六千年历史[4],而外冈公社冈身以下0.6—1.6米的沉积物所含微体化石属于滨岸相,可见沙岗大约是六千年前的海岸线。然后随着三角洲的发育岸线逐渐东移[2],这就是上海的成陆过程。然而近年来钻孔表明:在嘉定以西的角直凹陷中有第Ⅰ、Ⅱ海进层存在,因此上海西部的沙岗不应是全新世最大海进的西界,而只是其中一个时期的岸线(图6—4)。近来在苏州、宜兴、溧阳等地都发现全新世海进层,足见海进范围之广。

归纳第四纪海进层的平面分布,上海地区大体可以分为三区:东北区,即沿长江口的宝山、川沙一带,海进层厚度较大,但往往在更新世末期遭受剥蚀,而使南汇组陆相层变薄或者缺失(图7A—E),甚至还剥蚀掉第Ⅱ海进层的上部(图7—E),造成第Ⅰ、Ⅱ海进层直接相连,这就是最早所说的“上海组”海相层的概念[10]。中部区,即上海市区及上海县等地,海进层及陆相层发育齐全(图7F—G),是上海第四纪地层的典型地区。西南区,即松江、青浦、金山的一部分,第四纪地层最薄,局部地方基岩出露地面,是海进未及的地区,但沿吴淞江一带,第Ⅰ、Ⅱ海进层一直向西延伸至太湖地区。

归纳第四纪海进层的垂直分布,上海地区第四系可分上下两部分:大约100米以上以海相层为主夹陆相层,100米以下以陆相为主夹海陆过渡相层。海进的强度总的趋势由老到新逐渐增强。早更新世时上海地区并无确凿的证据,中更新世形成的第Ⅳ海进层分布不广,且只为弱海相性的过渡沉积;晚更新世早期的第Ⅲ海进层分布广泛,但仍属海陆过渡相;晚更新世中期第Ⅱ海进层为浅海相,厚度可达40米,分布广泛;全新世则全部为海进历史。

三、海侵旋回的控制因素

在分析了海进历史之后,很值得探讨一下造成这些现象的根源:是哪些因素控制着上海地区第四纪的海进旋回。

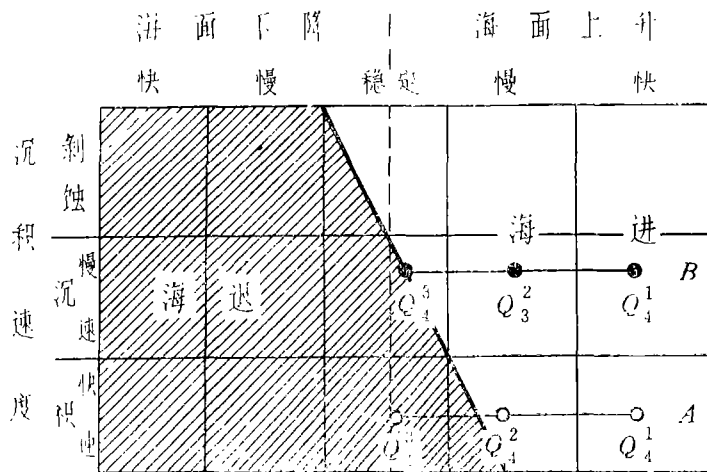
1. 洋面升降：引起洋面升降的因素是很多的，大洋的扩张和中脊隆起、海水密度随温度的变化，沉积物的堆积使洋盆体积改变等等都有一定的影响，但第四纪冰期气候旋回造成洋面的升降是主要的。上海地区第四纪的海进旋回与孢粉分析所揭示的气候旋回相吻合，并与东部沿海许多地区相对比，证明了冰期气候旋回是控制第四纪海进的主要因素。当然，气候变化导致冰川融化而使洋面上升需要一段时间，海进的发生与气候变暖在时间上不尽一致，因此上海地区的古地理曲线与古气候曲线局部有上下差异（表1）。

2. 构造运动：世界上许多地区第四纪海进旋回的表现是早强晚弱，即第四纪早期的海进强度大，海水深、范围广，越到晚期越益减弱。上海地区却适得其反：越是早期海进影响越弱。这种现象只能从能地构造运动上去找原因。上海地区从白垩纪的山间盆地到第三纪的陆相沉积，都说明当时的海拔远远高于当时的海平面。第四纪期间地壳陆续下降，才使海进影响得以逐渐加强。事实上，无论实测或计算的数字，都说明第四纪洋面升降的幅度最多不过一百几十米，因此海拔一、二百米以上的高处不能波及；只有当第四纪中期，上海地区的地壳下降到洋面升降影响所及的高度范围内，才有海进发生。

3. 古地貌形态：古地貌形态也会影响海进旋回的表现，上海地区晚更新世中期的第Ⅱ海进层化石群指示古深度在30—50米，全新世的第Ⅰ海进层古深度不过20米左右，而我国东部沿海第Ⅰ海进层分布的范围却比第Ⅱ海进层广。造成这种矛盾的原因估计是古地貌形态的差异。上海地区的第四纪海进，实际上是顺着长江谷地推进的。晚更新世时谷地比较深，海进造成的古深度也较大；随后发生的沉积与剥蚀作用使谷地充填、地形夷平，全新世海进时古深度自然就小。

4. 沉积速度：当沉积速度超过海面上升的速度，可以使水深变浅造成“海退”的假象；剥蚀作用超过海面下降的速度，也可以使水深加大而造成“海进”的假象[11]，图8就是这种关系的图介。上海地区全新世时是长江口快速沉积区，当全新世初洋面快速回升时发生海进而形成海陆过渡相沉积，当全新世初洋面快速回升时发生海进而形成海陆过渡相沉积，全新世中期洋面上升达高峰，形成浅海相；而全新世晚期洋面上升停滞或大体稳定，而沉积速

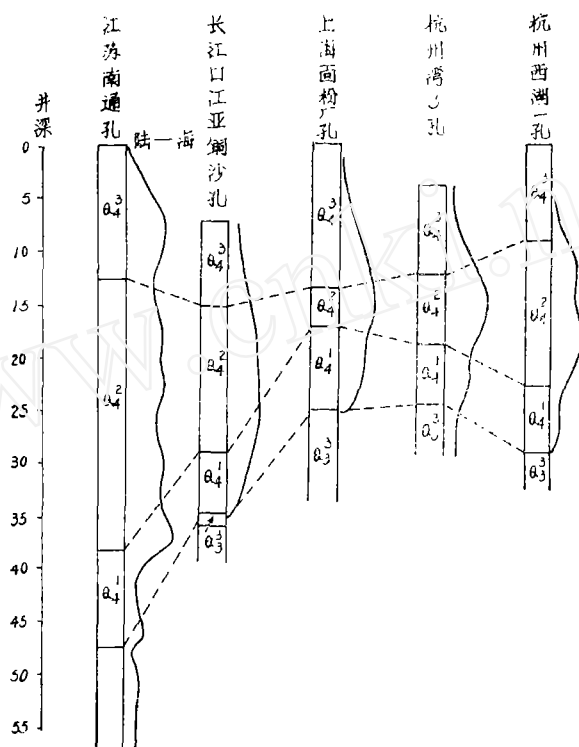
图8 海面升降与沉积速度控制海进与海退（参考Curry, 1964）



A—上海地区的全新世；B—东、黄海海底全新世

度不减，便发生“海退”变为河口相沉积，最后成陆而有现代之上海市（图8—A）。这就是上海地区全新世三分性的原因所在，而且长江三角洲地区的全新世由于同样原因都呈现这种三分性（图9）。相反，东、黄海海底的全新世地层，由于沉积速度不如三角洲区迅速，全新世后期洋面稳定时也并不发生“海退”（图8—B）。

图9 全新世地层、古地理曲线对比图



垂直比例 1:500

结 语

通过上海地区第四纪海进的初步研究可以得到以下的认识：

1. 上海地区第四纪期间迄今已发现有四次海进，由早至晚逐渐加强：中更新世海进最弱，晚更新世早期的海进也只达到海陆过渡相；晚更新世中期海进最强，水深达30—50米，水温较暖、范围也大；全新世海进范围虽大，但水深不过20米左右。

2. 上海和长江三角洲地区的全新世海进层普遍呈现三分性，微体化石群表现出过渡相——浅海相——过渡相的环境变迁，孢粉组合反映为冷——暖——凉的气候变化，沉积物的粒度表现为粗——细——粗的规律，电测曲线（视电阻率）显示为高——低——高的旋回，反映了冰后期洋面上升的阶段性和沉积速度对海进旋回的影响。

3. 上海地区第四纪海进表现为东强、西弱的特点。海进强度及海进层厚度由东向西减弱。但东北部沿长江一带可因剥蚀而缺失晚更新世末期的陆相层。晚更新世中期与全新世的

海进,曾穿过上海西部(可能在吴淞江一带)直抵苏州、宜兴、溧阳等一线。

4. 上海地区第四纪海进过程反映出多种因素的控制作用:因洋面升降而造成四次相应的气候旋回与海进旋回;因构造运动地壳下降而造成海进的早弱晚强;因古地貌形态的变化而造成晚更新世中期海进时水深较全新世时为大;因沉积速度超过海面上升速度而造成全新世晚期的“海退”。

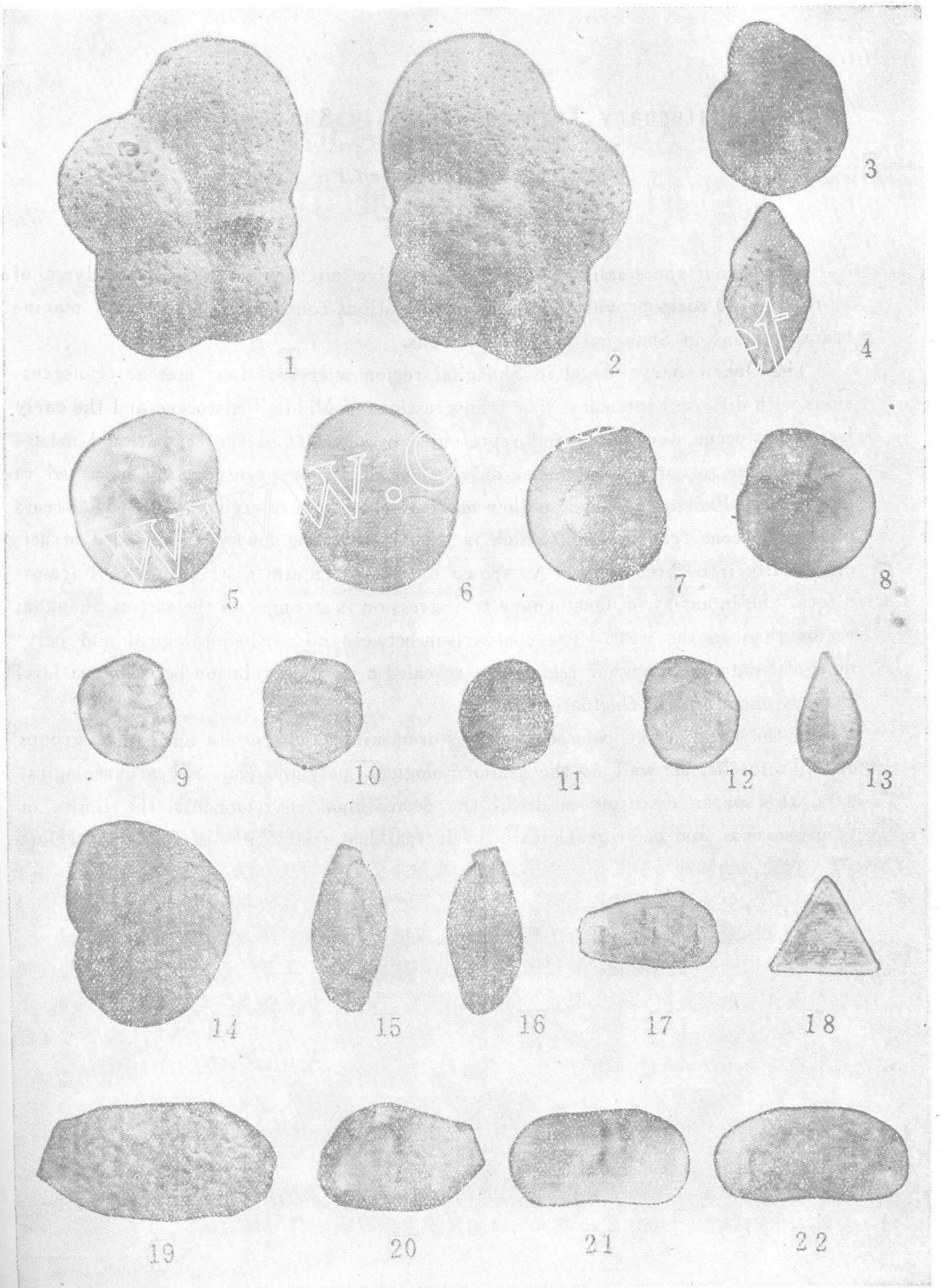
5. 上海地区的实例证明:在缺乏冰川作用的沿海平原、陆架浅海区,海进旋回也可以反映冰期与间冰期交替的历史,成为第四纪地层研究的主要内容之一。

参 考 文 献

- [1] 同济大学海洋地质系微古组:南黄海西北部有孔虫、介形虫分布规律及其地质意义。1978年 同济大学科技情报站编印。
- [2] 同济大学海洋地质系三角洲组:长江三角洲的发育过程和砂体特征。1978年 同济大学科技情报站编印。
- [3] 刘金陵等:上海、浙江某些地区第四纪孢粉组合及其地层和古气候上的意义。1977年 古生物学报第16卷第1期。
- [4] 黄宣佩等:从考古发现谈上海成陆年代及港口发展。1976年 文物11期。
- [5] K. O. Emery et al: Post-pleistocene levels of the East China Sea. *Late Cenozoic Glacial Ages*, 1971, p. 381—390.
- [6] 新野 弘:探索中国东海宝库、钓鱼岛周围的海底地质调查。海洋地质参考资料(山东海洋学院) 1975年第2期。(原文载 OCEAN AGE 11, 1970)
- [7] 汪品先等:从微体化石看西湖的历史。1979年 海洋与湖沼 第3期。
- [8] 同济大学海洋地质系:化石群的分异度与古地理分析。1976年 同济大学科技情报站编印。
- [9] 汪品先等:关于东海残留沉积物的微体化石特征。1979年 海洋实践第2期。
- [10] 何炎等: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。1965年第四辑。
- [11] J. R. Curray: Transgression and regression. *Papers in marine geology*. 1964, p. 157—203.

图 版 说 明

- 1—2. 五叶螺轮虫 *Turborotalia quinqueloba* (Natland)
1—腹视; 2—背视; (电镜扫描) ×340 登记号: 1401
- 3—4. 异地希望虫 *Elphidium advenum* Cushman
3—侧视; 4—壳缘视; ×64 登记号: 1408
- 5—6. 毕克卷转虫变种 *Ammonia beccarii* (Linne) var.
5—腹视; 6—背视; ×90 登记号: 1409
- 7—8. 圆形卷转虫 *Ammonia dominicana* (Bermudez)
7—背视; 8—腹视; ×106 登记号: 1405
- 9—10. 凸背卷转虫 *Ammonia convexidorsa* Zheng
9—腹视; 10—背视; ×100 登记号: 1407
- 11—12. 奈良小土口虫 *Epistominella naraensis* (Kuwano)
11—腹视; 12—背视; ×110 登记号: 1406
13. 瓶虫未定种 *Lagena* sp. ×110 登记号: 1411
14. 优美花朵虫 *Florilus decorus* (Cushman et McCulloch)
腹视 ×90 登记号: 1323
- 15—16. 扭转五块虫 *Quinqueloculina contorta* d'Orbigny
15—多室面; 16—少室面; ×80 登记号: 1410
17. 瞳孔穆赛介 *Munseyella pupilla* Chen
右瓣外视 ×64 登记号: 2076
18. 三角藻未定种 *Triceratium* sp. ×100 登记号: 3133
19. 筛棘艳花介 *Echinocythereis cribriformis* (Brady)
右瓣外视 ×50 登记号: 2077
20. 东台新单角介 *Neomonoceratina dongtaiensis* Yang et Chen
左瓣外视 ×40 登记号: 2078
21. 浪游土星介 *Ilyocypris errabundis* Mandelstam
右瓣外视 ×80 登记号: 2074
22. 愚蠢小玻璃介 *Candoniella sulacensis* Mandelstam
右瓣外视 ×70 登记号: 2075



Quaternary Transgressions in Shanghai Region

Ming Qiu Bao Wang Pin Xian

Abstract

Data from the qualitative and quantitative micropaleontological analyses of more than 20 cores provided abundant informations concerning Quaternary marine transgressions in Shanghai and its environs.

The Quaternary Period in Shanghai region witnessed four marine transgressions with different intensity. The transgressions of Middle Pleistocene and the early Late Pleistocene were weak and represented by deposits of the transitional nature from marine to continental facies only. The strongest transgression occurred in middle Late Pleistocene when shallow-marine deposits were accumulated. The strata of the Holocene transgression which is relatively strong may be subdivided stratigraphically into three parts. As shown by the horizontal distribution of Foraminifera, the intensity of Quaternary transgression is stronger in the east of Shanghai region than in the west. The comparison between micropaleontological and palynological data in Shanghai region has revealed a close correlation between sea-level changes and climatic fluctuations.

In the light of the paleoecology of Foraminifera, Ostracoda and other groups of microfossils, as well as the sedimentological, palynological and archaeological data, this paper discusses in detail the depositional environments, the limits of transgressions and their geological ages during Quaternary time in Shanghai region.