

全新世中期海平面波动对稻作生产的影响

郑云飞, 孙国平, 陈旭高

浙江省文物考古研究所, 杭州 310014

E-mail: zhengwh@hznc.com

2011-06-29 收稿, 2011-08-19 接受

浙江省财政厅科技专项资金和浙江省文化厅科研项目资助

摘要 浙江省余姚市田螺山遗址农耕遗迹剖面硅藻、植物硅酸体和种子分析显示中国东部全新世最高海平面出现在距今 7000 年以前。全新世中期海退以后东部沿海地区形成大面积的湿地平原, 诞生以稻作生产为特征的河姆渡等新石器时代文化。全新世中期海平面仍然有过多次波动, 其中在 6.4~6.3 和 4.6~2.1 ka BP 的两次海水入侵是全新世海退期以后的较大 2 次海面波动, 另外在 6.3~4.6 ka BP 湿地草原植被时段, 也曾经发生过若干次规模很小、时间短暂的海水向陆地推进的过程。尽管海退期海平面上升的影响范围和强度可能不及高海平面时期, 但同样对先民的生活和生产活动产生了深刻的影响。田螺山遗址农耕遗迹剖面研究结果显示, 全新世中期以后强度较大的海平面波动时, 海水向陆地推进, 淹没大片农田; 强度较弱的海平面波动时, 海水倒灌, 土壤盐分升高, 水稻产量下降。海平面上升对稻作生产的影响引起了先民食物结构中稻米比重下降, 采集和狩猎比重增加。全新世中期以前的高海平面环境意味着东部沿海平原地区稻作源头可能在山区、丘陵的一些小盆地。

关键词

中国东部
全新世中期
河姆渡文化
田螺山遗址
稻作生产
海平面上升

末次冰期(18~15 ka BP)的结束后, 大陆冰盖迅速消退, 导致世界海平面上升, 以一系列气候波动向全新世(冰后期)过渡。尽管海平面高度、上升方式与变化曲线形态还存在着各种各样的争论, 但全新世早期有过海平面上升的认识是一致的^[1]。全球各地的高海平面大约持续到 7.5 ka BP^[2], 此后, 尽管海平面仍然有升降波动, 但总的趋势是下降的。

中国沿海地区的全新世地层中绝大部分有海平面上升引起的海侵记录, 由于各地构造条件、古地形及河流、海流输砂的差异, 海侵达到最大规模的时间及之后的海退过程略有差异^[3]。在长江下游地区, 全新世海平面持续上升, 海水沿下切河谷侵袭, 河口向陆地移动, 约在 7.5~7.0 ka BP 全新世海侵达到最大, 形成了以镇江-扬州为顶点的巨大长江古河口湾。此后随着海平面上升速率减小, 河口沉积率超过海平面上升速度, 最大海侵时的河口湾逐渐被充填, 河口湾转变为三角洲^[4,5]。进入了海退期后出现的三角洲,

植被繁茂, 动物资源丰富, 生态环境得到改善, 开始进入了新石器时代文化的繁荣时期, 相继出现了河姆渡文化、马家浜文化、松泽文化和良渚文化(7.0~4.0 ka BP)。业已发掘的濒海地区遗址大部分海拔较低, 有的甚至在目前海平面以下。

全新世中期形成的三角洲给人类提供了生产和生活空间的同时, 自身的地理结构和演变发展进程在人类生存环境和居住环境选择等方面, 影响人类的生存和发展。全新世中期以后海平面波动引起的间歇性海侵带来环境变化可能是影响本地区新石器时代文化繁荣的重要原因之一^[6,7], 新石器时代定居点迁移模式与 7.0~4.0 ka BP 期间的海平面上升程度有着密切的关系, 海水淹没和寒冷的气候可能是重要的原因^[8]。但也有不同观点, 认为长江三角洲在 7.0~5.0 ka BP 没有出现过高海平面, 也没有出现过因为海平面上升而影响人类文化的发展^[9]。

水稻种植是中国东南沿海地区新石器时代文化

最重要的特色之一,被国内外广为关注.但由于有关古环境背景研究成果不多,使得对史前稻作的认识和理解上无法进一步深入,目前综合多指标的考古遗址古生态研究对研究稻作文化的起源和发展以及人类食物生产结构变化的理解极为重要^[10].最近,在宁绍平原对河姆渡文化时期的田螺山遗址考古发掘中,进行了史前稻作农耕遗迹的调查和发掘,发现了7.0~6.4和6.3~4.6 ka BP河姆渡文化早、晚两个时期的稻作农耕遗迹地层^[11],在地层剖面上水相沉积层和农耕泥炭相互交替堆积的现象明显反映出全新世中期以来沿海地区环境变化对稻作生产的影响,这些地层剖面对研究全新世海平面变化及其对史前人类文化发展影响具有重要的意义.

1 分析材料和方法

1.1 田螺山遗址和稻作农耕遗迹的概况

(i) 居住遗址. 田螺山遗址位于浙江省余姚市三七市镇相岙村,地处姚江谷地,东距海岸30~40 km,北侧横亘着四明山支脉,低丘环绕(图1).居住遗址围绕一个名为田螺山,海拔约5 m的小山头分布,周围是大片低平的水稻田,海拔约2 m.2004年开始由浙江省文物考古研究所主持进行发掘,发现了河姆渡文化早期(7.0~6.5 ka BP)和晚期(6.5~5.0 ka BP)地层.在考古遗址中出土了陶片、石器、木器等文化遗物,以及排列有规律的适应湿地环境的杆栏建筑构件直立木柱.另外,由于与空气隔绝,保存环境良好,遗址中还发现了大量的有机质遗存,动物骨骼以野生动物为主,有水牛、鹿、猪、鱼等,植物种子和果实有稻米、橡子、南酸枣、桃、梅、杏、菱角、芡实等.这些动植物遗存的出土表明先民既种植水稻,又采集植物种实和猎杀野生动物来获取食物,是一种混合经济形态.钻探调查显示居住遗址面积有30000 m²左右^[12].

(ii) 农耕遗迹. 结合居住遗址的考古发掘,2006~2008年在居住遗址周围进行与田螺山遗址相关联的农耕遗迹调查研究.在144000 m²的调查区域内,发现了河姆渡文化早、晚时期大面积的古稻田,面积分别为6.3和7.4 hm²,并在居住区西南约400 m和西侧约70 m的2个位置约350 m²的试掘和发掘中得到了确认.这是首次发现的河姆渡文化时期稻作农耕遗迹.在农耕遗迹地层中发现了稻谷遗存和农田

杂草种子,以及田间小路、木制工具和零星散落的陶片等人类稻作生产活动的遗迹和遗物^[11]

1.2 材料和方法

(i) 材料. 分析土样来自居住遗址西侧70 m的农耕遗迹发掘点T705南壁,早、晚两期农耕遗迹分别位于距地表95~180和255~295 cm的地层中.从距地表45 cm开始到355 cm,间隔5 cm连续取样,共采取61份土样,每份土样约2000 mL,用于硅藻、植物硅酸体分析和种子调查.

(ii) 硅酸体分析. 采取50 mL土样,在烘箱中用100℃温度干燥后,称重并计算出容重,用机械力粉碎.取1 g左右土样,放入12 mL的样品瓶,加入约300000颗粒径约40 μm玻璃珠(0.0225 g)、10 mL水和1 mL 5%的水玻璃,然后在超声波清洗槽内振荡20 min.根据Stokers沉降原理,重复水洗,抽除粒径小于20 μm的粒子,上清液澄清后,干燥残留物.使用EUKITT[®]作封片剂制作玻片,在显微镜(Nikon E600)下放大200倍进行植物硅酸体观察计数,并对同视野下的玻璃珠计数(玻璃珠计数不少于300颗),根据土样的重量、加入玻璃珠的多少、观察到的硅酸体和玻璃珠的数量计算出土壤中各种植物硅酸体的密度.

(iii) 硅藻分析. 采取3 mL土样放入100 mL的烧杯,加入约6 mL 35%的过氧化氢,反应结束后,移入15 mL离心管,加水至刻度,搅拌均匀后,用2000 r/min的速度离心2 min,倾倒入去上清液,重复多次,直至上清液澄清.残留物定容搅拌均匀后,用移液管定量滴在盖玻片上展开干燥,使用Mountmedia[®]封片剂制作玻片,在显微镜下放大600倍进行硅藻观察、鉴定和计数(计数量不少于400颗),根据观察样品占样品总量的比例关系计算出各种硅藻的密度和所占百分比.

(iv) 种子调查. 取100 mL土样,加入3%的NaHCO₃溶液在水浴锅中加热到70~80℃分散土壤后,倾倒在孔径0.34 mm的金属网筛中,水洗去黏土.在实体显微镜(Nikon SMZ1000)下观察残留物,对植物种子进行分类鉴定和计数.

(v) 年代测定. 水洗获得植物种子或植物残体,送北京大学文博学院科技考古与文物保护实验室,用加速器质谱(AMS)进行¹⁴C测年.采用IntCal04曲线和OxCal v3.10程序进行树轮校正.

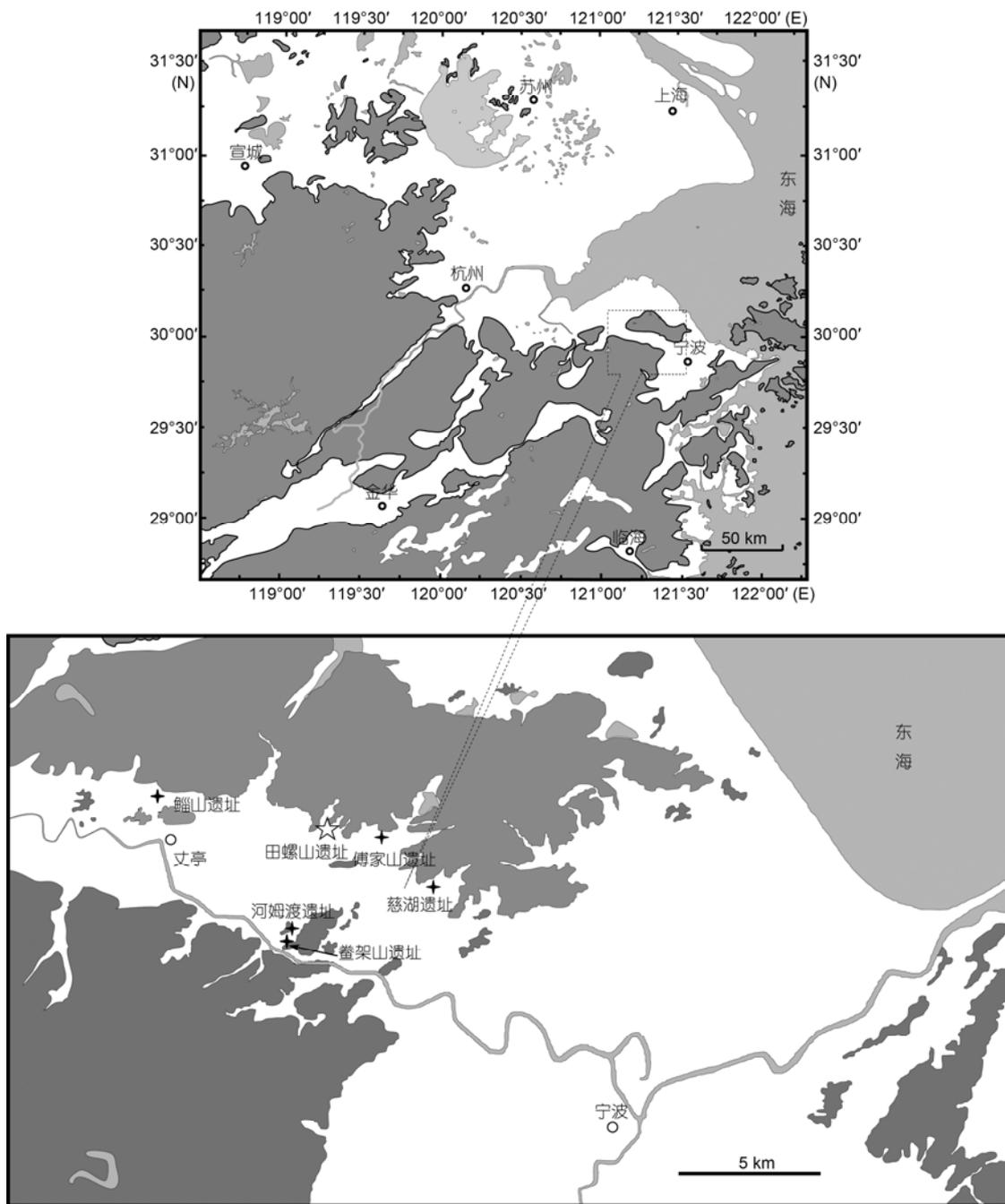


图1 田螺山遗址的地理位置

2 结果

2.1 农耕遗迹发掘点 T705 的地层堆积情况

农耕遗迹发掘点 T705 探方的地层堆积情况如图 2 所示: 第 1 层, 表土层, 现代水稻田, 灰色粉沙质黏土, 厚 20 cm 左右; 第 2 层, 灰黄色粉沙质黏土, 厚约 25 cm, 有印纹陶片出土; 第 3 层, 灰黄色粉沙土, 厚

约 35 cm; 第 4 层, 深褐色黏土泥炭层, 可见大量黄褐色的以芦苇为代表的植物茎、叶等残体, 厚 15 cm 左右; 第 5 层, 褐色黏质壤土, 略含植物残体, 厚 25 cm, 见有少量的河姆渡文化晚期陶片; 第 6 层, 灰色黏土, 含植物残体, 厚约 15 cm; 第 7 层, 灰褐色黏质壤土, 含较多植物茎秆和叶片等残体, 厚约 45 cm, 见有少量河姆渡文化晚期陶片, 在 T703 和 T803 探方的同地

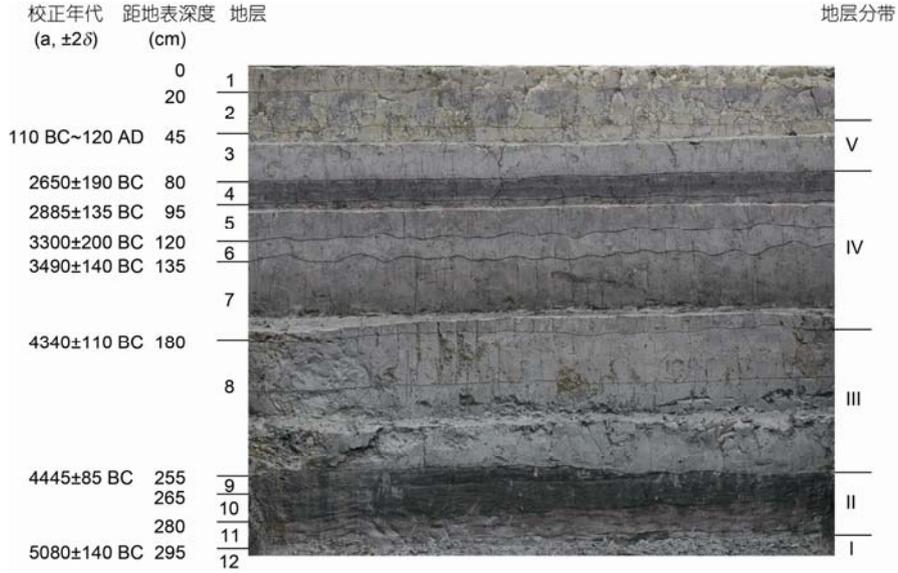


图 2 T705 探方南壁地层剖面

层发现中间略弧凸隆起, 高 20~30 cm, 宽 40 cm 左右, 似属田埂的遗迹, 此地层中还发现了经过加工制作的农具手柄; 第 8 层, 水相沉积层, 纯净青灰色黏土, 厚 75 cm; 第 9 层, 与第 6 层相似, 可见大量植物茎、叶等残体, 厚约 10 cm; 第 10 层, 与第 9 层相似, 厚 15 cm, 含有少量河姆渡文化早期陶片, 发现 2 具木耒和一把木刀; 第 11 层, 褐灰色似泥炭堆积, 含丰富有机质遗物, 厚 15 cm 左右; 第 12 层, 青灰色黏土, 含较多以芦苇为代表的茎、叶等植物残体, 厚约 25 cm; 第 13 层, 水相沉积, 纯净青灰色粉沙层。

根据土质、土色以及包含植物残体的情况, T705 探方距地表 45 cm 以下的地层堆积从下向上大致可以划分为 5 个地层堆积特征带, I 带包含第 12 和 13 层, 深度 295 cm 以下, 年代 7.0 ka BP 以前; II 带包含第 9~11 层, 深度 255~295 cm, 年代 7.0~6.4 ka BP;

III 带包含第 8 层, 深度 180~255 cm, 年代 6.4~6.3 ka BP; IV 带包含第 4~7 层, 深度 80~180 cm, 年代 6.3~4.6 ka BP; V 带为第 3 层, 深度 45~80 cm, 年代 4.6~2.1 ka BP. 年代测定结果如表 1 所示。

2.2 地层堆积植物硅酸体的记录

如图 3 所示, 5 个地层特征带土壤含有的植物硅酸体构成方面有明显的特点, 第 I, III, V 带硅酸体构成基本相同, 含有极少量的芒属(*Miscanthus*)和芦苇(*Phragmites*)硅酸体, 水相沉积层特征十分明显。第 II 和 IV 带, 硅酸体构成特征也基本相近, 含有大量的芦苇和芒属硅酸体, 表明是地势有起伏的湿地环境, 呈现低地生长着以芦苇为代表的湿地或水生植物, 较高的地方生长着以茅草为代表的耐旱性较强植物的湿地生态和植被特征。另外, 硅酸体分析结果

表 1 田螺山遗址 T705 地层年代数据^{a)}

距地表深度(cm)	实验室编号	材料	¹⁴ C 年代(a BP, ±1σ)	校正年代(a BC, ±2σ)
45~50	BA091044	碳屑、植物	1990±40	110 BC~120 AD
80~85	BA091045	植物种子	4020±40	2650±190 BC
90~95	BA091046	植物种子	4275±40	2885±135 BC
115~120	BA091047	植物种子	4585±35	3300±200 BC
130~135	BA091048	植物种子	4660±40	3490±140 BC
175~180	BA091049	植物种子	5465±45	4340±110 BC
250~255	BA091050	植物种子	5620±35	4445±85 BC
290~295	BA091051	植物种子	6120±45	5080±140 BC

a) 所用 ¹⁴C 半衰期为 5568 年, BP 为距 1950 年的年代. 树轮校正所用曲线为 IntCal04, 所用程序为 OxCal v3.10.

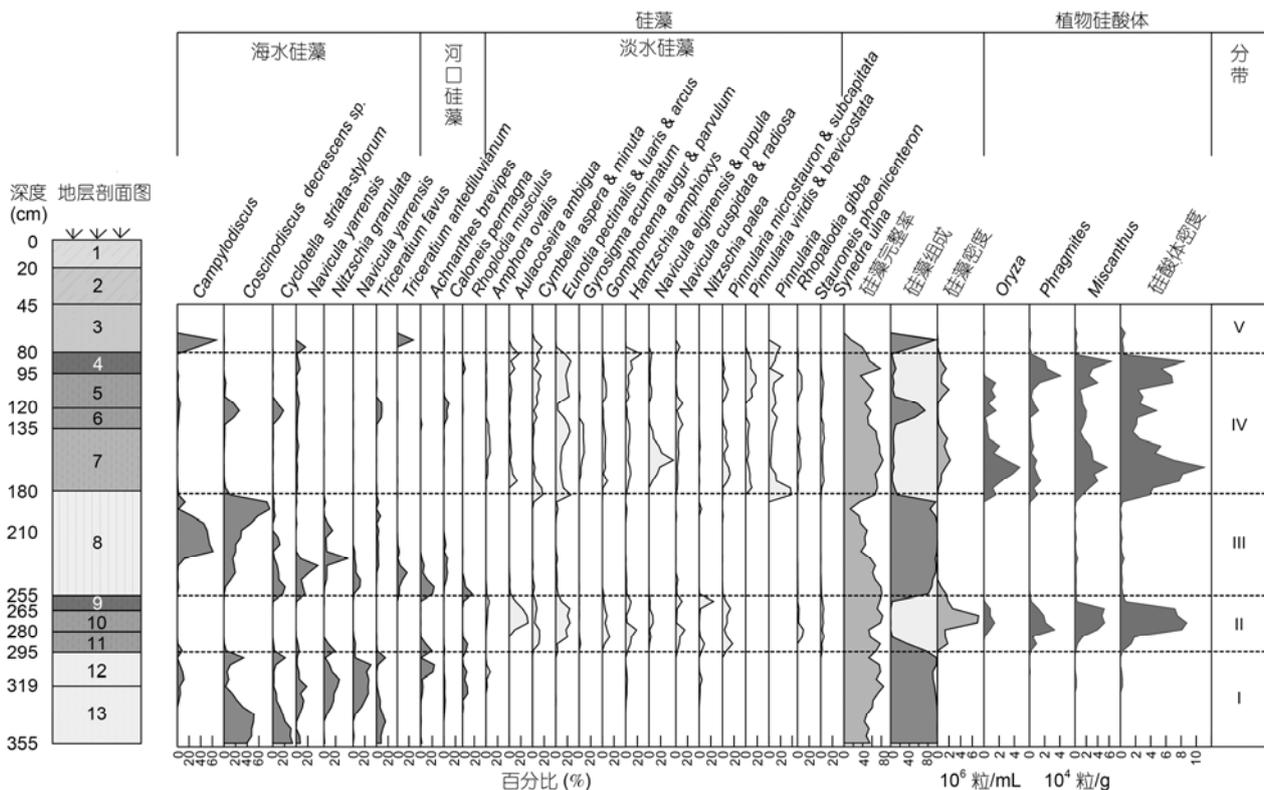


图3 T705 探方南壁剖面硅藻与植物硅酸体分析数据

还在 II 带的第 9 和 10 地层以及 IV 带中检测到密度较高的来自稻(*Oryza*)叶片运动细胞的硅酸体, 这 2 个带土壤中的稻硅酸体平均密度分别为 9764 和 16429 粒/g, 明显高于判别稻田标准 5000 粒/g, 表明这些地层是古稻田埋藏的地层。

2.3 地层堆积硅藻的记录

硅藻分析结果如图 3 所示, 5 个地层特征带的硅藻组成特征鲜明。

I 带以近海、沿岸、潮间带的硅藻为主, 占总数的 86.2%, 其中圆筛藻(*Conscinodiscus*)、柱状小环藻(*Cyclotella stylorum*)、颗粒菱形藻(*Nitzschia granulata*)、雅兰舟形藻(*Navicula yarrensii*)等所占比例超过 10%, 合计占总数的 63.0%; 史密斯双壁藻(*Diploneis smithii*)、蜂窝三角藻(*Triceratium favus*)、马鞍藻(*Campylo-discus biangulatus*)、具槽直链藻(*Melosira sulcata*)、卵形菱形藻(*N. cocconeiformis*)等所占比例在 1%以上, 合计占总数的 19.4%。另外, 本带还有辐环藻(*Actinocyclus normanii*)、中等辐刺藻(*Actinocyclus vulgaris*)、三刺盒子藻(*Biddulphia tridens*)、蜂腰双壁

藻(*D. weissflosii*)、海洋斑条藻(*Grammatophora oceanica*)、海洋舟形藻(*N. marina*)、方格罗氏藻(*Roperia tessellata*)、卵形拆盘藻(*Tryblioptychus cocconeiformis*)、海线藻(*Thalassionema nitzschioides*)等海洋性种属, 短柄曲壳藻(*Achnanthes brevipes*)、肌状棒杆藻(*Rhoplodia musculus*)等河口环境硅藻占 8.6%。淡水硅藻数量极少, 不到总数的 5%。

II 带以淡水硅藻为主, 占总数的 87.8%, 其中模糊直链藻(*Aulacoseira ambigua*)、篦形短缝藻(*Eunotia pectinalis*)等所占比例超过 10%, 合计占总数的 32.1%; 微辐节羽纹藻(*Pinnularia microstauron*)、两尖菱板藻(*Hantzschia amphioxys*)等所占比例超过 5%, 合计占总数的 13.5%; 占总数 1%以上的硅藻种属有: 谷皮菱形藻(*N. palea*)、放射舟形藻(*N. radiosa*)、肘状针杆藻(*Synedra ulna*)、瞳孔舟形藻(*N. pupula*)、小形异极藻(*Gomphonema parvulum*)、小桥弯藻(*Cymbella minuta*)、粗糙桥弯藻(*C. aspera*)、尖顶异极藻(*G. augur*)、卵形双眉藻(*Amphora ovalis*)、月形短缝藻(*E. luaris*)、弯棒杆藻(*Rhoplodia gibba*)、钝舟形藻(*N. mutica*)、近头端羽纹藻(*P. subcapitata*)等。近海、沿岸、潮间带的

硅藻数量很少, 合计占总数的 12.2%。

Ⅲ带以近海、沿岸、潮间带的硅藻为主, 占总数的 80.6%, 其中圆筛藻和马鞍藻占比例在 10%以上, 合计占总数的 43.0%; 史密斯双壁藻、雅兰舟形藻、柱状小环藻、太古三角藻(*Triceratium antediluvianum*)、颗粒菱形藻、蜂窝三角藻等 6 种硅藻的比例在 1%以上, 合计占总数的 34.7%。另外, 本带还有辐环藻、卵形菱形藻、具槽直链藻、海洋舟形藻、海洋斑条藻、方格罗氏藻、中等辐环藻、奇异棍形藻(*Bacillaria paradoxa*)、蜂腰双壁藻、海线藻等海洋性硅藻。河口环境硅藻占 8.4%, 主要有短柄曲壳藻、肌状棒杆藻等。淡水环境硅藻数量较少, 仅占 11.0%。

Ⅳ带以淡水硅藻为主, 占总数的 86.0%, 其中羽纹藻数量最多, 占总数的 22.3%, 有绿羽纹藻(*P. viridis*)、微辐节羽纹藻、短肋羽纹藻(*P. brevicostata*)、弯羽纹藻(*P. gibba*)等; 其次是短缝藻, 占总数的 16.7%, 主要有篦形短缝藻、月形短缝藻、弧形短缝藻(*E. arcus*)、粗壮短缝藻(*E. robusta*)等; 舟形藻以埃尔金舟形藻(*N. elginensis*)、急尖舟形藻(*N. cuspidata*)、瞳孔舟形藻为主, 合计占总数的 9.9%; 数量较多的还有尖顶异极藻、小形异极藻、尖布纹藻(*Gyrosigma acuminatum*)、模糊直链藻、卵形双眉藻、具球异菱藻(*Anomoeomeis sphaerophora*)、肘状针杆藻、紫心辐节藻(*Stauroneis phoenicenteron*)、两尖菱板藻等, 比例都在 1%以上。近海、沿岸、潮间带的硅藻数量很少, 合计仅占总数的 14.0%。

Ⅴ带硅藻密度很低, 种类很少, 仅在接近Ⅳ带的 2 个土样中检测到硅藻。本带以近海、沿岸、潮间带的硅藻为主, 有马鞍藻、减小圆筛藻(*C. decrescens*)、海洋斑条藻、太古三角藻, 占总数的 71.6%, 河口环境硅藻仅见大美壁藻(*Caloneis permagna*), 数量不到 1%。淡水硅藻占 27.7%, 见有两尖菱板藻、急尖舟形藻和绿羽纹藻等。

5 个地层特征带的硅藻组成反映了田螺山遗址周围近海潮汐咸水环境和淡水湿地环境的交替变化, 以近海、沿岸、潮间带硅藻为主的 I, Ⅲ和Ⅴ带反映了这些地层是在潮汐咸水环境下形成的, 以淡水硅藻为主的 II 和Ⅳ带反映这些地层是在淡水湿地环境下形成的。因此, 可以说地层剖面上水相沉积层和农耕层相互交替堆积的现象反映了全新世中期以来海平面波动引起沿海部分地区出现了湿地和滩涂化交替过程。

2.4 地层堆积植物种子的记录

如图 4 所示, 5 个地层特征带土壤中含有的植物种子构成也有明显的特点。

I 带种子数量较少, 种群数量也不多。耐盐性植物占优势, 占种子数量的 68.8%, 有香蒲(*Typha*)和海三棱藨草(*Scirpus mariqueter*) 2 个种群。非耐盐性的植物占总数的 33.2%, 有扁杆藨草(*S. planiculmis*)、眼子菜(*Potamogeton*)、茨藻(*Najas*)、鸭嘴草(*Ischaemum*) 等 10 余个种群。

II 带种子数量很多, 种群数量不少。耐盐性和非耐盐性植物分别占总数的 59.4%和 40.6%。其中耐盐性植物有海三棱藨草、野滨藜(*Atriplex fera*)、香蒲等 3 个种群, 非耐盐性植物有萤蔺(*S. juncooides*)、扁杆藨草、水毛花(*S. triangulatus*)、扁穗莎草(*Cyperus compressus*)、碎米莎草(*C. iria*)、眼子菜等 30 余种群, 其中稻谷遗存数量占 2.2%。

III 带种子数量极多, 种群数量较少。以耐盐性植物为主, 占总数的 94.0%, 仅见海三棱藨草和香蒲 2 个种群。非耐盐性植物有扁杆藨草、萤蔺等 10 多个种群, 占总数的 6%。在接近 II 带的 10cm 土层中发现稻谷遗存, 占总数的 0.25%。

IV 带种子数量较多, 种群数量多样化。以非耐盐性植物为主, 占总数的 70.9%, 有禾本科(*Gramineae*)、扁穗莎草、水毛花、萤蔺、野荸荠(*Eleocharis dulcis*)、金鱼藻(*Ceratophyllum*)、茨藻、眼子菜、酸模(*Rumex*)、水蓼(*Polygonum hydropiper*)等 40 多个种群, 其中稻谷遗存数量占 30.8%。耐盐性植物以海三棱藨草为主, 占总数的 27.4%, 另外可见香蒲、藨草(*Scirpus triqueter*)、野滨藜等。

V 带种子数量不多, 种群数量很少, 仅在接近 IV 带的 25 cm 土层中发现植物种子。本带以潮间带滩涂优势植物种群为主体, 有海三棱藨草、藨草等, 占总数的 98.6%; 另外还可见数量较少的水毛花。

目前东南沿海滩涂湿地因滩面高程的不同和滩涂区域浸水时间的不同, 形成不同的植物群落特征。滩涂最低处, 也就是最外面主要分布有盐渍藻类、藨草群落和芦苇群落; 高潮滩主要生长有芦苇、糙叶苔草(*Carex scabrifolia*)、互花米草(*Spartina alterniflora*, 外来物种); 低潮滩主要生长有藨草、海三棱藨草。5 个地层堆积特征带植物种子组成同样反映了田螺山遗址周围近海潮汐咸水环境和淡水湿地的环境的交替变化。从植物种子组成看, I, Ⅲ和Ⅴ带具有沿海

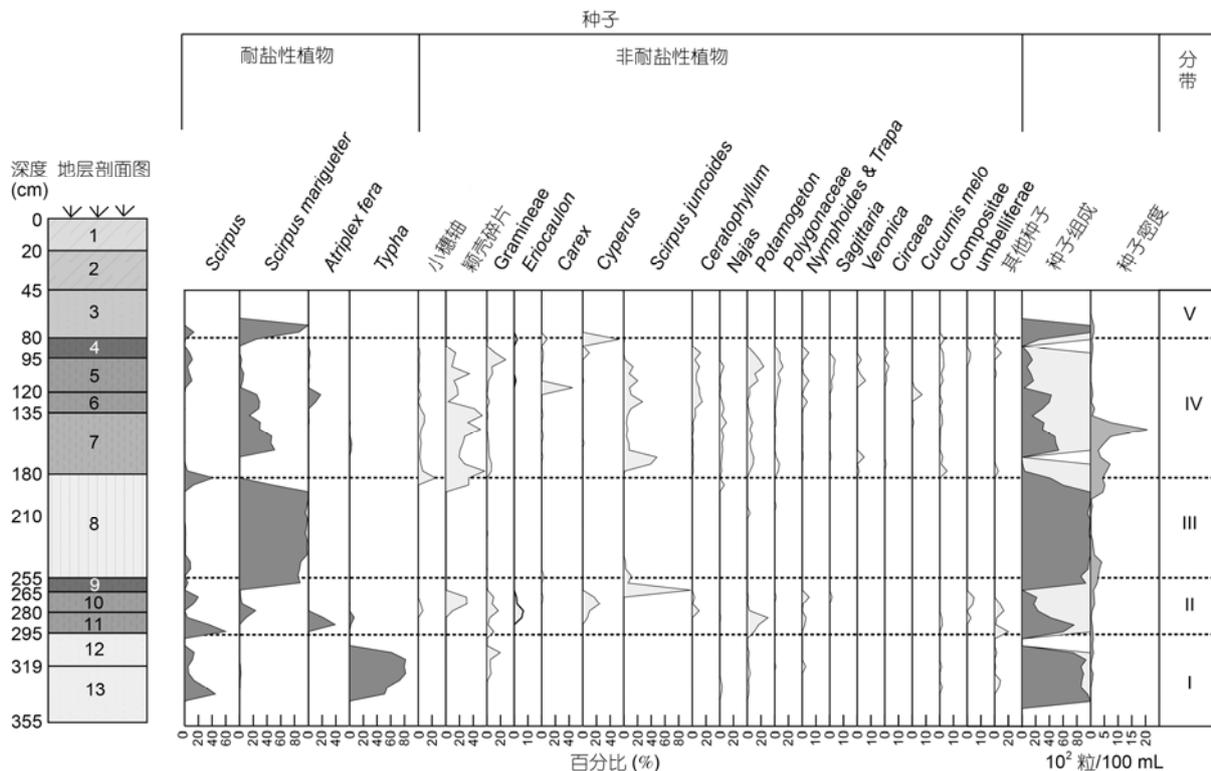


图4 T705 探方南壁剖面植物种子分析数据

滩涂低潮滩特征，II和IV带具有沼泽湿地特征。数量较多的稻谷遗存以及湿地植物群落特征再次证明II和IV带地层埋藏着古稻田。对古稻田埋藏地层包含的稻谷小穗轴形态特征分析结果显示无论早期还是晚期稻田中，稻小穗轴既有驯化型，也有野生型，具有原始栽培稻特征，与T1041探方稻田和居住遗址出土稻谷遗存的小穗轴特征基本一致^[11,13,14]。

3 讨论

3.1 全新世中期海平面变化

地理和地质等学术界对长江下游全新世中期以来的高海平面认识还不尽一致。杨怀仁等人^[15]认为，两万年来中国东部海面升降有较明显的10次波动，其中全新世有5次，大约在距今7.0~6.5 ka BP海侵达到最大范围，海面接近现代。赵希涛等人^[16]认为我国东部沿海全新世高海面出现在7.5~4.0 ka BP，有过次明显的7次高低波动，其中最高海面时期的海面可高于现今海面2~3 m，此观点得到对杭州湾地区研究的支持^[17]。邵虚生^[18]提出6.9±0.54 ka BP时长江三角洲地区海侵达到最大范围。对全新世中期高海平

面认识上的差异可能与观察点的地质稳定性以及沉积物的性质有关，在一些地质稳定的沿海地区一般都可以观察到全新世中期高海平面的记录^[19]。

田螺山遗址的研究结果对长江下游地区全新世海平面升降做了较好的诠释。尽管地层堆积厚度和距地表深度有一些差异，探方T705所见的水相沉积层在田螺山遗址周围广为分布^[11]。1977年河姆渡遗址的第二次发掘中也有类似地层发现^[20]。这些以青灰色淤泥或粉沙为特征的沉积地层，硅藻以近海、沿岸、潮间带的种群占有优势，植物种子以耐盐性植物种群为主，反映了是在海湾潮间带滩涂环境中形成的。探方T705剖面的硅藻和植物种子研究结果表明，宁绍地区约在7.5~7.0 ka BP海水退去开始成陆，其后该地区至少还出现过2次较大规模的海水侵入，年代分别为6.4~6.3和4.6~2.1 ka BP。另外，II带的120~135 cm处也有青灰色的薄土层，其中海洋性硅藻密度比较高，表明在6.3~4.6 ka BP期间，可能曾经出现过小规模的海水入侵。田螺山遗址的研究结果说明全新世海退过程中的海平面是有波动的，在某些时段仍然会出现海平面上升加速，海岸线向陆地推进，原来的一些已经成陆的土地再次海湾或滩涂化。

这种海平面的波动可能是影响对该地区最高海平和最大海侵出现时间判断和认识上不一致的最主要原因。海退期海平面上升的影响范围和强度可能小于高海平时期，但对先民的生活和生产活动产生了深刻的影响是毋庸置疑的。

3.2 海平面上升对稻作生产的影响

全新世中期以后，进入海退期，田螺山遗址周围出现了以芦苇、芒属植物为主体的湿地植被景观和数量较多的湖泊、水塘等。生态环境的改善为动物和禽鸟提供良好的栖息和觅食场所，在湿地上草食动物出没，禽鸟群集。先民迁徙到这里，采集野生植物资源，捕猎哺乳类动物、鱼类、禽鸟等，同时开垦湿地种植水稻，进入了河姆渡文化的繁荣期。钻孔调查和土样的植物硅酸体和种子分析结果显示，在田螺山居住遗址周围埋藏着大面积的河姆渡文化时期早、晚两期稻作农耕遗迹，已经探明稻田面积分别为 6.3 和 7.4 hm²^[11]。

该区域濒临东海，容易受到海水入侵的影响，生态系统很不稳定。6.4~6.3 和 4.6~2.1 ka BP 的 2 次规模较大的海平面上升再次把海水推进到了田螺山遗址一带，该区域一部分地区成为了潮间带，呈现为高潮时被海水淹没，低潮时裸露的滩涂环境。这两次海水向内陆的推进对当时稻作生产影响是十分明显的，主要表现为大面积的稻田被海水淹没，栽培面积急剧缩小。另外，一些小的海平面波动尽管没有大面积淹没稻田，但同样也对稻作产生了影响。田螺山遗址的晚期农耕地层提供了这方面的证据。该遗址的晚期稻作农耕地层中发现了较多的海水硅藻和轻微的水相沉积现象，表明曾经出现过海水沿河流倒灌现象，并使灌溉水和土壤中的盐分上升。如图 3 所示，晚期稻田 140~180 和 95~135 cm 地层中的硅酸体密度分别为 20582 和 8271 粒/g，呈现前高后低的变化趋势，与土壤中海水硅藻出现具有负相关性，表明小规模的海水入侵已经对稻田的单位面积产量产生了明显的影响。

3.3 海平面上升对食物结构的影响

全新世中期以后长江下游地区的生态环境显著改善，稻作农业得到了很大的发展^[13,14,21]，但由于海平面波动的影响，稻作生产对人类食物供应呈现出的不稳定性，在农田面积减少或单位面积产量下降时期，稻米在人类的食物结构中的比重就会减少，采集

野生植物和狩猎动物来获取食物的比重就会增加。

田螺山居住遗址发掘中，除了稻谷(米)之外，还发现了数量较多的以菱角和青冈为代表的植物种子和果实遗存，另外遗迹还出土大量的哺乳动物和鱼类骨骼，可见先民的食物经济中采集和狩猎还占有相当地位。如图 5 所示，3 种主要植物种子遗存呈现出不同的变化趋势，青冈果呈上升趋势，菱角呈下降趋势，而水稻出现了大幅度的波动；动物遗骸的变化和青冈变化趋势基本相同，反映出采集植物种子、果实和猎杀动物数量的消长可能与水稻生产量的变化有关联。

在人类进入平原湿地活动的初期，居住地周围除了大面积湿地外，还有星罗棋布的大小浅塘湖泊，先民在湿地上种植水稻收获稻米同时，还采集那些生长在浅塘和湖泊周缘容易采集的水生植物的果实、种子果腹。随着人口的增加、采集资源的减少，以及海平面上升对水稻生产量影响，先民为获取生存食物的压力增大，人们加强了向山地要食物，采集树木果实；向深水要食物，捕捉鱼类；猎杀大型动物等获取食物的活动。田螺山居住遗迹的发掘中，在河姆渡文化晚期的第 3~5 层发现了几个储藏大量以青冈果实为主的贮藏坑，可能是在这种环境背景和食物供给条件下先民为应对稻米供应不足所采取的措施^[12]。

3.4 原始稻作农业的地理特点与海平面波动的关系

全新世中期以前，目前的宁绍平原地带大部分处于潮间带，经常为海水淹没，不适合人类居住，也

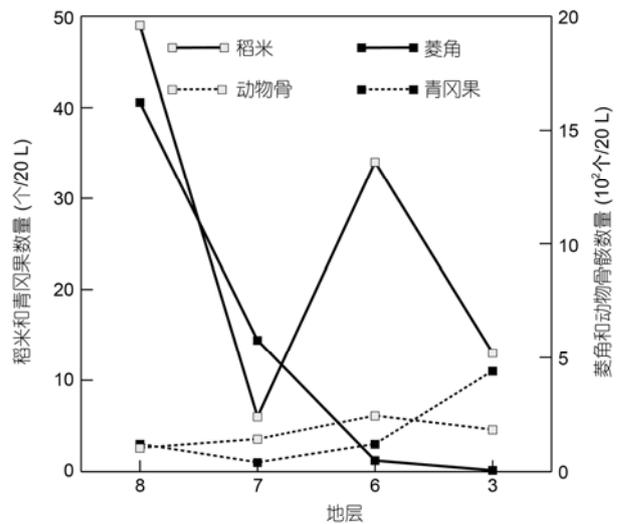


图 5 田螺山居住遗址地层中植物种子和动物骨骸数量变化

没有适合种植水稻的大面积湿地。由此可见,河姆渡文化时期的种植水稻先民是从其他地方迁徙过来的,他们原先应该居住在地势较高,海水不能波及的地方。

最近在浙江中部的一些丘陵盆地发现了距今9000~10000年前的新石器时代早期与稻作有关的遗址,如上山遗址和小黄山遗址。在这些遗址中的许多陶片坯土掺合料中发现了大量稻谷遗存,在遗址的文化层土壤中检出了高密度的稻硅酸体,种种迹象表明长江下游地区稻作开始的时间要早于河姆渡文化,可以追溯到10000年以前^[13,22,23]。这些位于丘陵盆地的新石器时代早期遗址,海拔约40~100 m,是末次冰期以后到全新世前期最适合人类居住、生活和

生产的地方。这些丘陵盆地尽管不适合开展大规模的稻作生产,但有许多小河流、水塘,以及一些比较平整土地,具备开展稻作生产基本条件。对早期遗址中的稻硅酸体形状解析结果显示,早期古稻可能具有适合旱地种植热带粳稻的一些生物学特性,表明当时不仅利用低地种植水稻,一些地势较高,水利条件较差的旱地可能也被用来种稻^[22]。浙中丘陵盆地新石器时代早期稻作遗址的发现提供了研究长江下游地区稻作起源的一条重要线索,同时也意味着包括河姆渡文化在内的一些平原地带新石器时代中期遗址极有可能在一些地势较高的丘陵盆地找到他们的源头。

致谢 北京大学文博学院胡晓红教授、秦岭副教授,中国科学院南京湖泊地理研究所李春海副研究员和日本奈良教育大学金原正明教授在研究过程中给予了支持和帮助,在此一并致以诚挚的谢意。

参考文献

- 1 Clark J A, Farrell W E, Peltier W R. Global changes in post-glacial sea level: A numerical calculation. *Quat Res*, 1978, 9: 265-287
- 2 Bird M I, Fifield L K, The T S, et al. An inflection in the rate of early mid-Holocene eustatic sea-level rise: A new sea-level curve from Singapore. *Estuarine. Coastal Shelf Sci*, 2007, 71: 523-536
- 3 王珏. 中国全新世中期的高海平面. *地球科学进展*, 1989, 3: 81-89
- 4 李从先, 陈庆强, 范代读, 等. 末次盛冰期以来长江三角洲地区的沉积相和古地理. *古地理学报*, 1991, 4: 12-25
- 5 李从先, 范代读. 全新世长江三角洲的发育及其对相邻海岸沉积体系的影响. *古地理学报*, 2009, 11: 118-122
- 6 陈中原, 洪雪晴, 李山, 等. 太湖地区环境考古. *地理学报*, 1997, 52: 131-136
- 7 魏子昕. 上海全新世海面的变化及其环境的演变. *上海地质*, 1997, 4: 48-54
- 8 Chen Z Y, Zong Y Q, Wang Z H, et al. Migration patterns of Neolithic settlements on the abandoned Yellow and Yangtze River deltas of China. *Quat Res*, 2008, 70: 301-314
- 9 朱诚, 郑朝贵, 马春梅, 等. 对长江三角洲和宁绍平原一万年来高海面问题的新认识. *科学通报*, 2003, 48: 2428-2438
- 10 Innes J B, Zong Y Q, Chen Z Y, et al. Wang H. Environmental history, palaeoecology and human activity at the early Neolithic forager/cultivator site at Kuahuqiao, Hangzhou, eastern China. *Quat Sci Rev*, 2009, 28: 2277-2294
- 11 Zheng Y F, Sun G P, Qin L, et al. Rice fields and modes of rice cultivation between 5000 and 2500 BC in east China. *J Archaeol Sci*, 2009, 36: 2609-2616
- 12 浙江省文物考古研究所, 余姚市博物馆. 浙江余姚田螺山遗址发掘简报. *文物*, 2007, 11: 4-24
- 13 郑云飞, 孙国平, 陈旭高. 7000年前考古遗址出土稻谷的小穗轴特征. *科学通报*, 2007, 52: 1037-1041
- 14 Fuller D Q, Qin L, Zheng Y F, et al. The Domestication Process and Domestication Rate in Rice: Spikelet Bases from the Lower Yangtze. *Science*, 2009, 323: 1607-1609
- 15 杨怀仁, 谢志仁. 中国东部20000年来的气候波动与海面升降运动. *海洋与湖沼*, 1984, 1: 1-13
- 16 赵希涛, 耿秀山, 张景文. 中国东部20000年来的海平面变化. *海洋学报*, 1979, 1: 269-280
- 17 林春明, 黄志城, 朱嗣昭. 杭州湾沿岸平原晚第四纪沉积特征和沉积过程. *地质学报*, 1999, 73: 120-131
- 18 邵虚生. 江苏金坛全新世海侵沉积层的研究. 见: 严钦尚, 许世远, 主编. 长江三角洲现代沉积研究. 上海: 上海华东师范大学出版社, 1987. 116-125
- 19 Zong Y Q. Mid-Holocene sea-level highstand along the Southeast Coast of China. *Quat Int*, 2004, 117: 55-67
- 20 浙江文物考古研究所. 河姆渡. 北京: 文物出版社, 2003. 8-13
- 21 Zong Y Q, Chen Z Y, Innes J B, et al. Fire and flood management of coastal swamp enabled first rice paddy cultivation in east China. *Nature*, 2007, 449: 459-462
- 22 郑云飞, 蒋乐平. 上山遗址的古稻遗存及其在稻作起源研究上的意义. *考古*, 2007, 9: 19-25
- 23 Jiang L, Liu L. New evidence for the origins of sedentism and rice domestication in the lower Yangtze River, China. *Antiquity*, 2006, 80: 355-361