

中全新世以来长江口北支环境的演变

孙艳梅¹, 刘苍宇², 洪雪晴³

(1. 中国矿业大学 环境与测绘学院, 江苏 徐州 221008; 2. 华东师范大学 河口海岸国家重点实验室, 上海 200006; 3. 华东师范大学 地理系, 上海 200006)

摘要: 从古环境演变的角度, 对崇明岛北侧的永隆沙钻孔进行了系统的采样和粒度分析、微体古生物分析、环境磁学分析以及¹⁴C 测年等。大致恢复长江口北支古地理环境演变的过程, 中全新世以来, 长江口北支由浅海沉积环境, 逐渐演变为三角洲平原环境。但通过环境磁学和微体古生物分析, 揭示了在 2 080 ~ 2 000 aB. P., 700 ~ 625 aB. P. 这两段历史时期, 长江口北支表现为河口砂坝亚环境和河口河槽亚环境。这两次环境变异事件记录了长江主泓南北迁移的事实。

关键词: 中全新世; 长江口北支; 环境演变

中图分类号: Q913 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-3096(2007)12-0047-06

几千年来长江口的演变过程十分复杂, 受到诸多因素的影响, 在海面的升降、径流与涨落潮流的相互作用、上游来水来沙条件的变化、科氏力、波浪以及沿岸流等的影响和作用下共同塑造了现代长江河口。本项课题的研究取样点崇明永隆沙(CY)位于崇明岛北侧(图 1), 原为北支中的江心洲, 19 世纪 70 年代, 因南汊淤废而并靠崇明岛。因此, 永隆沙沉积环境的演变, 可以反映出长江口北支环境的演变过程, 并可预测长江口北支发展的趋势提供科学的依据。

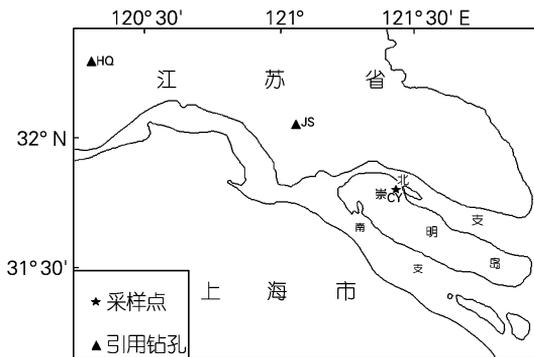


图 1 研究区位置

Fig. 1 Location of study area

1 样品的采集和分析

1.1 采样

首先剥去柱状样露头的风化面, 刮去岩芯外层的泥皮。在样芯的 - 31 ~ - 30 m 采样间距为 40 cm,

在钻孔样芯的 - 1 m 以上, 由于沉积距现代时间近, 研究其发展过程对预测长江口北支发展趋势举足轻重, 因此采样间距为 20 ~ 30 cm。共取得岩芯样品 78 个, 刀口样 80 个。其中岩芯样品称 200 g 湿样, 刀口样品 70 g 湿样。称好的样品放在保鲜袋内, 外面用聚乙烯袋封闭包装, 并对每个样品进行编号、登录。

1.2 样品的处理

1.2.1 粒度分析

首先将所采的样品从中间剖开, 进行岩性描述。然后根据需要选取 47 个样品做粒度分析。粒度分析采用 CoulterLS-100Q 激光粒度仪。称取 2 g 左右的样品于 50 mL 烧杯, 加入蒸馏水 15 mL 具塞离心管中, 加入 5 mL 分散剂(含 3.3% 六偏磷酸钠和 0.7% 碳酸钠)。

1.2.2 磁性测量

在野外工作现场用 BartingtonMS2E 探头以 2 cm 间距进行全样芯磁化率扫描, 共计得到 1 560 个体积磁化率数据。在实验室内, 根据磁化率扫描结果及岩性变化特征以大致 20 cm 间距分割取样, 得到样品 133 块。测量仪器选用英国 Bartington 仪器公司

收稿日期: 2004-09-28; 修回日期: 2005-07-27

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(49876023)

作者简介: 孙艳梅(1974-), 女, 江苏徐州人, 助教, 主要从事全球变化和环境演变研究, 电话: 0516-3538695, E-mail: meimei3696@sina.com.cn

生产的 MS2 磁化率仪测量所有样品的磁化率,采用英国 Molspin 公司生产的交变退磁仪、脉冲磁化仪和旋转磁力仪测量样品的剩磁。

1.2.3 微体古生物分析

本着岩性和粒度上的分异原则,对其中的 158 个样品做了微古分析。首先称取烘干样品 50 g,用自来水浸泡 1 周,对于下部中新世的样品加入少许 15% 的过氧化氢 (H₂O₂) 溶液,使样品充分散样。样品经 0.052 mm 孔径的冲样筛冲洗、烘干。然后将烘干后的样品放入贴有标签的蒸发皿中,向其加入质量密度为 1.59 的四氯化碳 (CCl₄) 溶液,将浮有化石的表层液体用玻璃棒进行过滤。最后进行挑选有孔虫化石。根据有孔虫分析结果以及环境磁学参数的特点,

表 1 长江口北支地层划分

Tab.1 stratum plot of the north branch

时代	地层	国际分期 (aB. P.)	岩性描述	有孔虫组合	沉积环境	¹⁴ C 测年 (aB. P.)	
Q ₃	5		黄褐色黏土	砂轮虫-多室卷转虫- 多变假小九字虫	三角洲平原环境		
			粉砂质黏土与粉砂互层	奈良小上口虫-缝裂希 望虫-抱球虫			
			粉砂质黏土与粉砂互层	毕克卷转虫-奈良小上 口虫-缝裂希望虫			
Q ₃	4	亚大西洋期 (0 ~ 2 500)	灰黄褐色粉细砂	优美花朵虫-毕克卷转 虫变种	三角洲前缘环境		
			粉砂与泥互层				奈良小上口虫-凸背卷 转虫-缝裂希望虫
			黄灰色黏土				
Q ₃	3		灰黄褐色粉砂、细砂	凸背卷转虫-缝裂希望 虫	前三角洲环境	2 450 ±70	
			灰色粉砂质黏土				
Q ₂	2	亚北方期 (2 500 ~ 5 000)	暗灰色粉砂质黏土	优美花朵虫-缝裂希望 虫	河口湾-浅海环境		
			青灰色粉砂与泥互层	凹坑筛九字虫-毕克卷 转虫变种			
Q ₂	1	大西洋期 (5 000 ~ 7 500)	灰色粉砂质黏土	凸背卷转虫-缝裂希望 虫	滨岸浅海环境	5 600 ±90	

本钻孔对 30.15 m 处,贝壳进行 ¹⁴C 测年为 5 600 aB. P. ±90 aB. P.; 18.91 ~ 18.93 m 处,贝壳 ¹⁴C 测年为 2 450 aB. P. ±70 aB. P.。¹⁴C 测年将本钻孔分为中全新世 (Q₃³) 和晚全新世 (Q₃¹),中全新世与全新世的界线划分在 19.0 m,19.0 m 以下为中全新世;19.0 m 以上为晚全新世。据推测地层 1 相当于大西洋期;地层 2、地层 3 相当于亚北方期;地层 3、地层 4、地层 5 则相当于亚大西洋期。

分别在 15.5 ~ 16.0 m 以及孔深 5.0 ~ 5.4 m 两层进行加密取样。

2 中全新世以来长江口北支环境的演变

2.1 有孔虫组合的地层划分

在长江口区普遍存在“暗绿色硬黏土层”,该层是在上更新世晚期玉木冰期形成的陆相沉积物,长江口区一般以该层作为划分全新世与更新世的界限^[1]。根据本项课题研究的目及钻孔设计要求,CY 孔没有钻及“暗绿色硬黏土层”,对全新世地层的划分则主要依据 ¹⁴C 测年资料、微体古生物特征及沉积环境的变化(表 1)。

2.2 中全新世以来长江口北支环境的演变

2.2.1 中全新世以来环境演变过程的重塑

根据崇明岛 CY 孔粒度分析、环境磁学分析、微体古生物分析表明,微体古生物的特征与粒度以及沉积物磁参数变化曲线相一致,很好地反映了中全新世以来长江口北支沉积环境演变的过程(图 2)。剖面研究揭示了中全新世以来本区主要经历了以下几个阶段的环境演变过程。

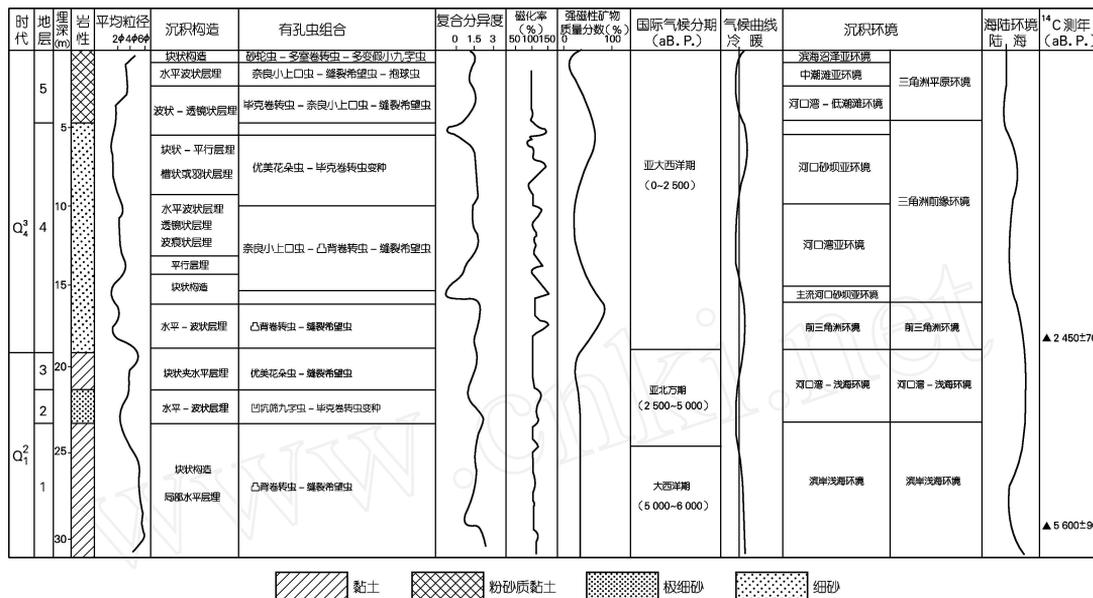


图 2 崇明岛 CY 孔综合柱状图

Fig. 2 The integration histogram of the CY core

阶段 1: 孔深 23.4 ~ 31 m, 30.15 m 处, ¹⁴C 测年为 5 600 aB.P. ± 90 aB.P., 通过内插法可推断该阶段对应的时期约为 5 600 ~ 3 680 aB.P., 相当于中全新世中期。

有孔虫的组合为毕克卷转虫变种-缝裂希望虫。沉积物颗粒细, 以粉砂和黏土为主, 砂的比例小于 5%, 反映该阶段长江口北支沉积动力较弱, 处于相对稳定的沉积时期。沉积物的颜色为灰色、暗灰色, 有机质含量高, 同时沉积物样品具有很高的剩磁矫顽力、饱和等温剩磁/磁化率, 与已知的胶黄铁矿的磁性特征较为相似, 沉积物的胶黄铁矿可能指示了气候的干旱事件^[2]。该时期海面略微下降, 长江口北支由浅海环境沦为河口滨岸浅海环境。

阶段 2: 孔深 19.0 ~ 23.4 m, 对应的时期约为 3 680 ~ 2 500 aB.P., 相当于中全新世晚期。

在底部有孔虫个体多达 600 枚, 为全孔有孔虫含量最高层位, 沉积物颗粒较粗, 平均粒径为 3, 同时质量磁化率、频率磁化率较底层明显地增大, 反映这段时期气候趋温暖湿润, 海面稍有上升, 本区水深逐渐加大, 沦为浅海湾环境。上部有孔虫个体较少, 质量磁化率、频率磁化率为低峰值, 这可能指示一种还原的沉积环境, 还原的环境下细晶粒磁铁矿发生选择性溶解, 磁铁矿含量下降, 且晶粒变粗^[3], 从而造成质量磁化率、频率磁化率低。由于长江三角洲不断地

向东南方向伸展, 该层海面表现为“海退”, 海面略有下降, 长江口北支沉积环境由浅海湾环境逐渐演变为河口湾环境。

阶段 3: 孔深 16.0 ~ 19.0 m, ¹⁴C 测年为 2 450 aB.P. ± 70 aB.P., 推知对应的时期约为 2 500 ~ 2 080 aB.P., 相当于晚全新世早期。

剖面沉积物中有孔虫个体达近百枚, 为凸背卷转虫-缝裂希望虫组合。凸背卷转虫含量增加, 另外颗粒粗化, 特别是在深度 17.3 m 处, 砂的百分含量为 91%, 同时质量磁化率、频率磁化率比前一阶段明显增加, 说明当时可能是暖湿的环境, 容易形成较多的细黏滞性铁磁性矿物^[4], 从而造成质量磁化率、频率磁化率明显增加。这段时期气候温暖湿润, 海面稍微上升, 潮流作用增强, 长江口北支为前三角洲环境。

阶段 4: 孔深 4.8 ~ 16.0 m, 对应的时期 2 080 ~ 625 aB.P., 相当于晚全新世中晚期。

有孔虫个体在剖面中变化较大。有孔虫属种主要是凸背卷转虫、奈良小上口虫、五叶抱球虫等小个体异地有孔虫, 沉积物粒度较粗, 为粉砂与泥互层, 平均粒径为 3 ~ 4, 质量磁化率、频率磁化率较高, 在 15.8 m 达到峰值, 分析其原因, 可能是由于崇明岛出露之前(1 400 aB.P.), 由于崇明沙洲的存在, 大量的细粒沉积物在此沉积下来, 造成频率磁化率剧增。此后, 崇明岛形成之后, 沉积量减少, 频率磁化率呈现减

小的趋势。随着长江三角洲不断地向东南推进,长江口北支形成了三角洲前缘环境。

阶段 5:孔深 0~4.8 m,对应的时期 625 aB. P. 到目前,相当于晚全新世晚期。

沉积物颗粒由粗逐渐变细,有孔虫个体也逐渐减少,大多数样品中奈良小上口虫、凸背卷转虫含量超过 20%,具有向上增加的趋势,奈良小上口虫是长江口异地有孔虫,是潮流携带的产物,它可以反映潮流作用的强度^[5]。因此,根据奈良小上口虫在该深度内的变化,将其划分为两个亚环境,3.3~4.8 m 为低潮滩亚环境以及 1.0~3.3 m 为中潮滩亚环境。

孔深 0~1.0 m,有孔虫个体较少,有孔虫属种主要为毕克卷转虫变种、多室卷转虫、多变假小九字虫、胖砂轮虫,已不再见到浮游有孔虫等属种,胖砂轮虫出现于全球的潮上带,同时存在于中国的东黄海沿岸的滨海沼泽,是滨海沼泽的指示种之一^[6],所以该段应为滨海沼泽亚环境。

2.2.2 气候变化和海面变化

7 000 aB. P. 左右海面趋于稳定,在长江三角洲南翼形成一系列贝壳沙堤,当时海面已接近现今的海面高程,长江口的位置在镇江、扬州一带^[7],呈现喇叭形向海伸展。长江口北支据杨蕉文、华棣对水普 41 孔的研究认为是浅海相沉积环境。4 400 aB. P.,气温比目前低 1~2,海面开始下降,良渚文化遗址大量出现,海面比现在低 0.8 m^[8]。在同一纬度的地中海地区在 4 500~4 000 aB. P. 为干旱期,海面也有所下降^[9],长江口北支由浅海沉积环境演变为滨岸浅海环境。3 670~3 530 aB. P.,气候变得温暖湿润,温度比目前高 1~2^[8],海面上升,这次海面上升速度缓慢,上升幅度小,长江口北支由滨岸浅海环境演变为河口湾环境。全新世中期的后期,3 150~2 500 aB. P.,相当于亚北方期,气候干而热,长江口北支由浅海湾环境演变为河口湾环境。

晚全新世,相当于亚大西洋期。2 500~2 080 aB. P.,相当于晚全新世早期,海面有所变动,潮流作用增强,长江口北支为前三角洲环境。2 000 aB. P. 以来,气候有几次波动,但海面相对稳定,随着长江三角洲向东南方向推进,长江口北支总体上表现为淤涨的环境,由前三角洲逐渐演变为三角洲前缘环境,永隆沙最终出露水面。

综上所述,长江口北支全新世沉积环境经历了滨岸浅海环境-河口湾环境-前三角洲环境-三角洲前缘环境-三角洲平原环境,反映了完整的海退序列的沉积过程。

3 环境变异事件及其意义

通过以上分析,值得注意的是孔深 15.5~16.0 m 以及孔深 5.0~5.4 m 两层所反映的环境变迁与上下层环境的关系,有些突兀。揭示本区中全新世以来至少发生两次环境变异事件。

孔深 15.5~16.0 m,对应的时期为 2 080~2 000 aB. P.。有孔虫个体降到接近于零,同时磁化率达到峰值,说明当时气候温暖湿润,长江径流量增加,径流作用增强,沉积物粒度以细砂为主,反映长江河口在晚全新世早期,长江主泓南偏至现在崇明岛以北的北汊,厚约 1 m 的灰黄褐色粉砂、细砂是长江径流堆积的结果,由于径流作用大于潮流作用,因此只保留了极少数小个体的奈良小上口虫和五叶抱球虫。2 000 aB. P. 左右,金沙期亚三角洲形成,在南汊道又形成了海门期的河口砂坝,当时崇明岛尚未形成,江北岸线位于如皋、泰兴一线^[10],江南岸线在罗店、钱桥一线。本研究区位于长江口,从微体古生物分析及磁参数分析表明,当时长江主泓曾从现在的长江口北支入海(图 3)。

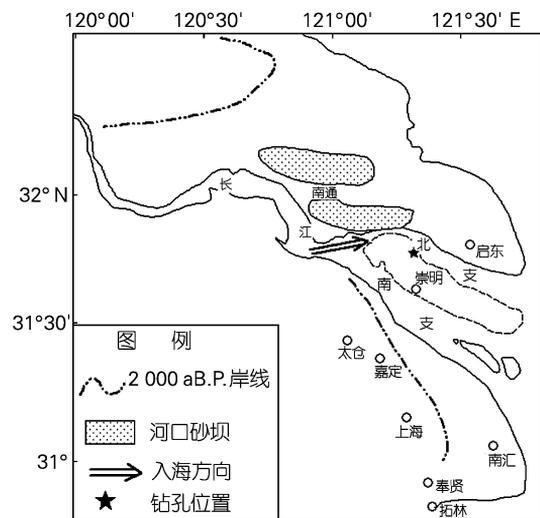


图 3 晚全新世早期长江主泓曾自北支入海示意
Fig. 3 The Changjiang mainstream entering into the sea from the north branch early in lately-holocene

孔深 4.8~5.4 m,对应的时期为 700~625 aB. P. 有孔虫数量极少,个别样品有孔虫数量甚至为零。记录了晚全新世长江径流冲刷事件。全新世长江在科氏力的作用下,逐渐南偏归入现在长江口河槽,但是长江口的南支、北支经历过多次摆动,北衰南盛,南衰北盛,发生过多次交替变化。孔深 4.8~5.4 m 环境

事件,反映当时长江主泓由北支入海,造成北盛南衰的态势,受长江主泓的冲刷作用在北支堆积了 30 cm 左右的灰黄褐色粉砂、细砂,属河口河槽沉积(图 4)。关于这次环境事件历史资料已有记载,海门县“四迁”的历史事实,反映公元 14~15 世纪,气候转暖,这次暖湿变化事件在亚洲东部表现尤为突出^[11]。海面上升,长江主泓曾一度北移,引起了北岸的大塌削,大约 650 aB. P. 左右(元朝),海门县开始塌削,此后,海门县又历经 3 次迁徙,康熙末,海门最后迁至兴仁。至此长江主泓复归南支,北支由于径流量的减少,开始淤涨。

虽然全新世长江河口主要受科氏力的控制,由苏北向南偏至白蒲-掘港入海^[12],最终归入现在的河槽,在启东嘴与南汇嘴之间入海。但是在这一总趋势下,长江主泓曾经发生过多次南北摆荡。崇明岛 CY 孔揭示的孔深 15.5~16.0 m 以及孔深 5.0~5.4 m 所发生的两次环境变异事件正是全新世期间长江河口多次变迁的证据。

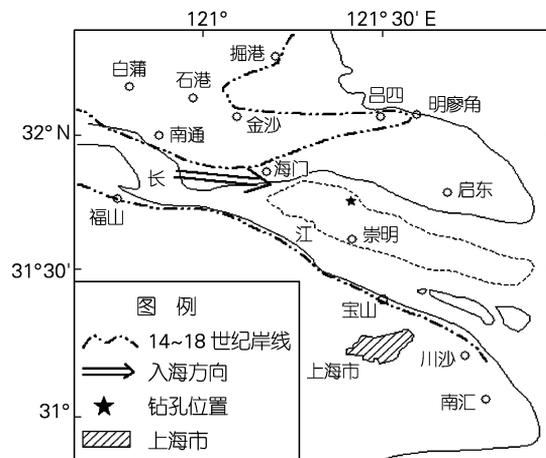


图 4 14~18 世纪长江主泓曾从北支入海示意

Fig. 4 The Changjiang mainstream entering into the sea from north branch in 14~18th century

大约在 2 000 aB. P. 左右长江主泓到达现在崇明岛北支位置,而崇明岛南侧南门港所在地区同期开始堆积厚逾 13 m,富含有机质及植物碎屑的沉积层,说明北盛南衰,北支表现径流作用较强的环境,南侧则表现为径流作用较弱的环境。

全新世晚期,崇明岛开始形成以后,将长江口分为南支和北支,总体上北支渐衰,南支日盛,为长江主泓所在。陈吉余等^[13]据历史地理资料分析,公元 14~18 世纪初长江主泓曾从北支入海。孔深 4.8~5.4 m 揭示的环境事件可以代表此时期长江主泓一度从北支入海,径流作用加强,留下 30 cm 厚的灰

黄褐色粉砂、细砂。大约在 18 世纪中叶长江主泓复归南支,北支因潮流作用增强而逐渐演变为现在的河口湾-潮汐汊道。而 CY 孔所在的永隆沙则经由潮下带-潮间带到滨海沼泽环境,最终成陆并岸而与崇明岛连成一体。

4 结论

中全新世以来,长江口北支沉积环境的演变,总体上由滨岸浅海环境,逐渐过渡到前三角洲环境、三角洲前缘环境,最后演变为三角洲平原环境,形成了完整的海退层序。但孔深 15.5~16.0 m,4.8~5.4 m 分别形成了以长江径流为主的河口砂坝亚环境、河口河槽亚环境,这两次环境变异事件记录了长江口主泓南北迁移的事实,也是解释有关海门在 14~18 世纪“四迁”事实的强有力的证据。

参考文献:

- [1] 郭蓄民. 长江河口地区晚更新世晚期以来沉积环境的变迁[A]. 严钦尚,许世远. 长江三角洲现代沉积研究[C]. 上海:华东师范大学出版社,1987. 232-237.
- [2] Rosenbaum J G, Reynolds D P. Adam and climate change from Buck Lake, Cascade Range, southern Oregon-Evidence from sediment magnetism, trace-element geochemistry and pollen[J]. *Geological Society of America Bulletin*, 1999, **108**(10): 1328-1341.
- [3] 张卫国,俞立中. 沉积物磁性测量对铁还原的指示及其在重金属污染研究中的应用[J]. 科学通报, 1998, **43**(19): 37-43.
- [4] 刘秀铭. 中国黄土磁性矿物特征及其古气候意义[J]. 第四纪研究, 1993, **3**: 281-287.
- [5] 汪品先, 闵秋宝, 卞云华, 等. 我国若干河口的有孔虫、介形虫埋藏群特征及其地质意义[A]. 汪品先, 闵秋宝, 卞云华, 等. 海洋微体古生物论文集[C]. 北京: 海洋出版社, 1980. 101-111.
- [6] 洪雪晴. 东、黄海沿岸滨海沼泽现代有孔虫分布及其地质意义[A]. 严钦尚,许世远. 长江三角洲现代沉积研究[C]. 上海:华东师范大学出版社,1987. 306-313.
- [7] 陈中原,洪雪晴,李山,等. 太湖地区环境考古[J]. 地理学报, 1997, **52**(2): 131-136.
- [8] 洪雪晴. 太湖的形成和演变过程[J]. 海洋地质与第四纪环境, 1991, **11**(4): 87-98.
- [9] Guy J, Augustin E A. Holocene climatic changes in the Western Mediterranean, from south-east France to south-east Spain[J]. *PALAEO*, 2000, **160**: 255-290.
- [10] 陈金渊. 南通地区成陆过程的探索[R]. 南通:南通土地学会、南通市土壤普查办公室,1982.
- [11] Wang Zhanghua, Chen Zhongyuan. Dry/wet climate change since 960A. D. in Taihu drainage basin of chi-

- na[J]. *Chinese Geographical Science*. 2001, 11(4): 343-349.
- [12] 孙顺才. 长江三角洲全新世沉积特征[J]. 海洋学报, 1981, 2(1):97-112.
- [13] 陈吉余, 恽才兴, 徐海根, 等. 两千年来长江河口发育模式[J]. 海洋学报, 1979, 1(1):103-111.

Environmental evolvement of the north branch of the Changjiang estuary since middle holocene

SUN Yan-mei¹, LIU Cang-zi², HONG Xue-qing³

(1. Environment Science and Spatial Informatics of the China University of Mining and Technology, Xuzhou 221008, China; 2. State Key Laboratory of Estuarine and Coastal Research, Shanghai 200006, China; 3. The Geography Department of East China Normal University, Shanghai 200006, China)

Received: Sep. 28, 2004

Key words: middle holocene; the north branch of the Changjiang estuary; environmental evolvement

Abstract: The research on environmental evolvement of the north branch of the Changjiang estuary has mainly been focused on the modern aggradation and analysis of the sediment process of the north branch of the Changjiang estuary through the conditions of hydrodynamic, while research work on the evolvement of paleo-environment has been ignored. Many systematic samplings in the profile of the CY core which lies in the north of the Chongming island had been chosen. Based on a comprehensive analyses of the content variation of grain size, the magnetic analysis, the foraminifera analysis and other analyses, it can be found that the environmental evolvement of the north branch of the Changjiang estuary has been found since middle-holocene. This region was located from shallow sea facies to delta complain facies. But from the analyses of magnet and foraminifera, during 2 080 ~ 2 000 aB. P. and 700 ~ 625 aB. P. periods, the facies are barrier sand and scoured riverbed. These two events recorded the changes of the Changjiang estuary.

(本文编辑:刘珊珊)