

# 浙江杭州萧山跨湖桥遗址 发掘中的一些地学问题研究

梁 河<sup>1</sup> 冯宝英<sup>2</sup> 胡艳华<sup>1</sup> 毛汉川<sup>1</sup>

(1.浙江省地质调查院,浙江 杭州 311203;2.浙江省文物考古研究所,浙江 杭州 310014)

**摘要:**本文采用高分辨率层序地层学理论,运用气候旋回、基准面升降旋回,以及海平面升降旋回在区域上等时的原理,对研究区 46 km<sup>2</sup> 中的 23 个钻孔及两条全新世剖面进行了高精度的对比研究及沉积环境分析,对跨湖桥人的生态环境进行了深入的研究,得出 8000 aBP 跨湖桥人生活的地貌环境、植被、动物、气候已与现今基本一致,跨湖桥人突然“消失”,是由于海平面上升,遗址被淹而致。直至 3000 aBP 海水还未从本区退出,所以先人不可能迁回,从而显示出某种“神秘”色彩。

**关键词:**跨湖桥遗址;高分辨率对比;气候旋回;沉积环境;古生态环境

**中图分类号:**P531 **文献标志码:**A **文章编号:**2011-3657(2011)02-0504-12

浙江萧山跨湖桥文化(包括跨湖桥遗址、下孙遗址)为浙江省新石器时代最早的文化层之一(8000~7000aBP),尤以中国最早独木舟的发现而饮誉考古界。笔者在与浙江省文物考古研究所跨湖桥考古队合作研究中,从高精度对比研究入手,以大比例尺瞬时古地理研究为基础,从地学角度探索考古发掘中的一些问题,力求给予科学回答。

## 1 杭州萧山跨湖桥地区古地理研究

研究区仅 46 km<sup>2</sup>,已有钻孔 23 个,自然剖面 2 条,控制网度已达精度要求(图 1)。但是,考古中的许多问题与环境的变迁密切相关,因此,古地理的研究则成为其重点。由于这类大比例尺古地理图要求精度高,提高剖面的对比精度则成为研究的重点。

### 1.1 高精度对比研究

处于河口地区的杭嘉湖平原,沉积环境复杂,沉积作用多样,沉积物变化大、相变剧烈、厚度变化大、剥蚀面发育,因此,钻孔间的对比,就不是简单的岩

性对比,而应是利用一切可能的对比,方能达到要求。1:25 万杭州市幅区域地质调查中,陈忠大、覃兆松等<sup>[1]</sup>从典型孔入手,重点研究古气候旋回宏观标志,发现杂色硬粘土层是识别古气候旋回的绝好标志。只有当古气候变冷,极地冰盖加大,导致海平面下降,使本来已夷平的海岸地带暴露,在河间区才能形成杂色硬粘土,因此,在南方一般将其作为气候变冷的标志,且为事件地层绝好的等时对比标志<sup>①</sup>。

杂色硬粘土主要表现为硬质粘土层,常呈杂色,其中粘粒含量高达 40%,说明有粘粒的生成。有时层中可见干裂现象,如果保存完整,上部可见根植土。层中孢粉贫乏,植被景观显示冷干气候。杂色硬粘土层向下呈渐变关系,向上则呈突变接触。

长期暴露使河间区处于各种物理、化学及生物作用,特别是氧化还原作用、蒸发作用,促使铁锰质结核、钙质结核及铁硅质化壳的形成。当杂色硬粘土层遭受破坏或消失,它们则成为非地层单位的辅助标志,作为气候旋回划分和对比的依据。

收稿日期:2010-05-10;改回日期:2010-10-18

基金资助:中国地质调查局地质大调查项目(12120100511103)资助。

作者简介:梁河,男,1974 年生,工程师,主要从事水工环地质调查与研究;E-mail:Liang-he@189.cn。

①蔡祖仁,等.杭州、宁波、温州三城市平原地区第四纪分层与地层对比.浙江省地质矿产研究所,1989。

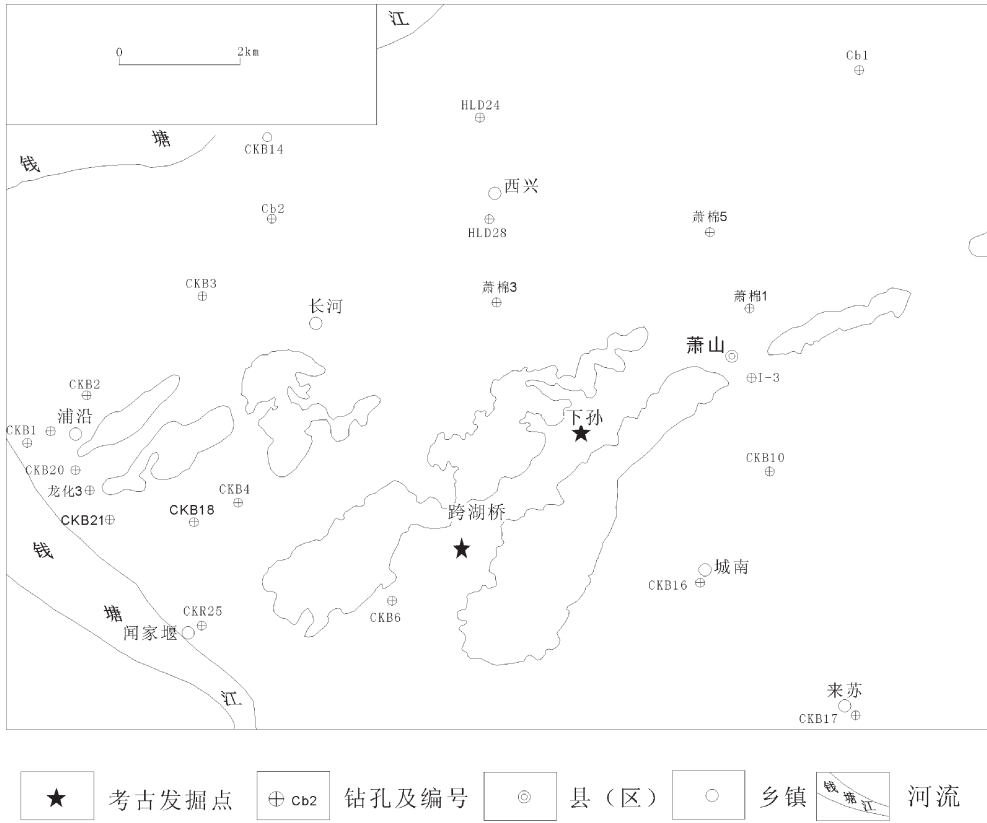


图 1 湘湖地区钻孔分布状况图

Fig.1 The distribution of drill holes in Xianghu Lake area

对于气候旋回中的地层,则引进了高分辨率层序地层学的基准面旋回概念<sup>[2]</sup>,采用短周期基准面旋回变化过程-响应沉积学原理来解决对比问题。由于沉积物体积分配原理的控制和基准面旋回时间域内沉积作用的不连续性,岩石与地层不连续面二者的结合,才能记录完整而连续的时间。因此,其对比原则是:有时是岩石与岩石,有时是界面与岩石,有时是界面与界面的对比。

通过上述对比方法,只能确立杭嘉湖平原等时对比格架,尚不能满足小范围大比例尺瞬时古地理地编制要求,必须另辟途径提高对比精度。由于研究区处于钱塘江畔,对海平面升降特别敏感,即使是最低级别的海平面升降均会对全区产生影响,因此,对比中将海平面上升和下降的沉积物分别作为对比单位,使对比精度进一步提高(图 2)。

建立标准剖面是高精度对比的基础,笔者选择跨湖桥剖面作为全新世标准剖面,对其进行了岩石地层、生物地层(孢粉、钙质超微化石)、稳定同位素

地层、磁性地层、化学地层等多重地层研究。在剖面中,孢粉样、稳定同位素样、古地磁样、化学样等的样长均小于 5 cm,连续刻槽采取,钙质超微化石样样长仅 1 cm。<sup>14</sup>C 测年样则布置在界面处,运用 <sup>14</sup>C 同位素测年方法(由国家地震局地壳应力研究所十四实验室完成测试),在厚 467.5 cm 的全新统中共采样 14 个,获得有用年龄 11 个(图 3)。

通过气候旋回、基准面旋回、海平面升降等 3 个级别高精度对比,使跨湖桥地区对比精度分别达到了万年级、千年级和百年级,致使制作全新世某一时刻的瞬时岩相古地理图成为可能,为研究跨湖桥人的生态环境、迁移原因等奠定了基础。

### 1.2 全新世沉积环境分析

#### 1.2.1 沉积物及环境

##### 1.2.1.1 粉质粘土与粉质亚粘土互层

见于文化层之上,室内编号之 22 层,由极薄层状淤泥质粘土与微层状粉质粘土构成,前者单层厚 2~5 mm,后者 0.4~1 mm。发育平行层理,局部见透

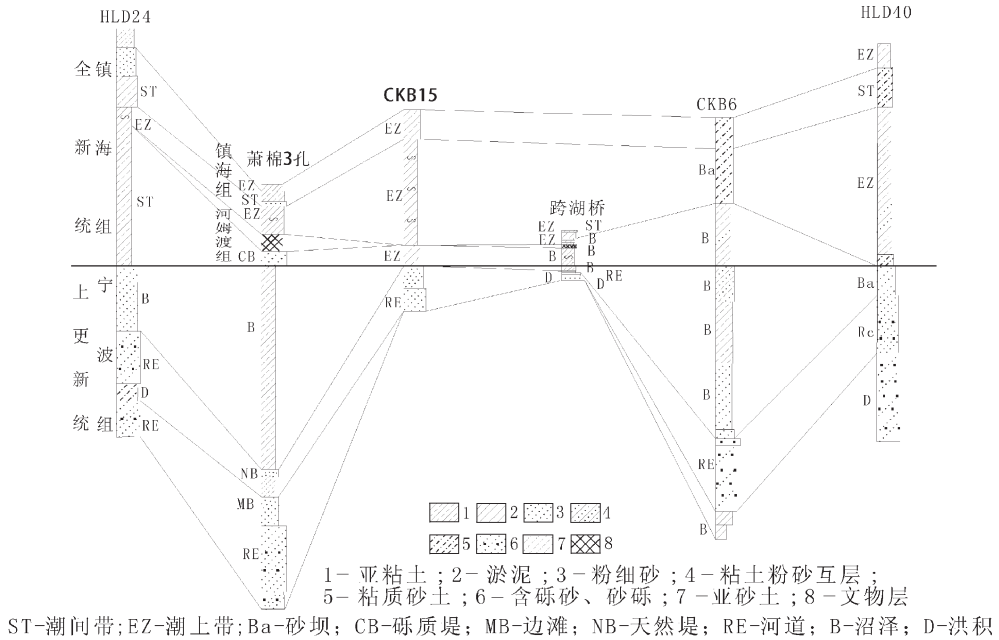


图2 杭州萧山跨湖桥剖面

Fig.2 Kuahuqiao section in Xiaoshan, Hangzhou

镜状,波状及脉状层理(图版 I-1),为潮间带沉积。

1.2.1.2 粘质粉砂土

见于文化层之上,室内编号 19 层,颗粒较均匀,有时呈团块状,有时具水平层理,有时伴生有海相钙质超微化石。一般归入沼泽相,产海相化石者可能为潮上带沉积。

1.2.1.3 粉质粘土

出现于文化层之上,室内编号之 18 层,岩性较均匀,可见微细水平层理及波状水平层理(图版 I-2),往往含海相钙质超微化石,可能为潮上带产物。

1.2.1.4 亚粘土

主要分布于文化层之下,室内编号之 11 层。层理不发育,有时可见泥质结核。上述特征反映了一种浅水滞留且时有暴露的沉积环境,可能为沼泽沉积。层中普遍见木炭碎块,可能为森林火灾的残留木炭被带至此地后的堆积。

1.2.1.5 粘土或淤泥质粘土

见于文化层上、下。质地细腻,粘性好,可塑性强,一般含泥炭薄层,因此,归入沼泽沉积。可分为两种类型,即洼地沼泽和潮上带沼泽。前者为地下水位抬升和地表水的汇集,于地形洼地积水而成,其主要

特征是植物根须富集,堆积物呈团块状(图版 I-3)。潮上带沼泽常发育水平层理,且可见海相化石(图版 I-4)。

1.2.1.6 铁质风化壳

风化壳是长期暴露,地表水作用的结果,往往为厚薄不一的似层状或透镜状的褐铁矿层沿层面理分布(图版 I-5)。跨湖桥剖面的铁质风化壳位于更新统与全新统接触面处,可见多层不稳定褐铁矿层,厚 3~18 cm,有时可相变为铁锰质结核,并可见成壤作用形成的泥质结核。

1.2.1.7 贝壳堤与牡蛎礁

贝壳堤为含大量贝壳的粘土或亚粘土,其贝壳多已破碎,成分以双壳类及螺类为主,可见陆生与海生混合堆积。贝壳堤是因贝壳遭侵蚀、簸选后,被海流带至低潮处首先形成砂坝,然后又被潮流驱动至高潮线处堆积下来而形成。因此,可作为古海岸线的指示标志。

所谓牡蛎礁系指密集、原生的牡蛎群体。笔者在上海金山卫低潮线处就发现了现生牡蛎礁(图版 I-6),它们密集成层,一个靠着一个附着在岸边或水泥柱上。多数研究者认为牡蛎只能生存于低潮线以下,牡蛎礁的顶部即为海平面的标识物<sup>①</sup>。

①王宏.渤海湾平原牡蛎礁的形成与灭绝.准定乡幅 1:5 万区调专题研究报告,2002.

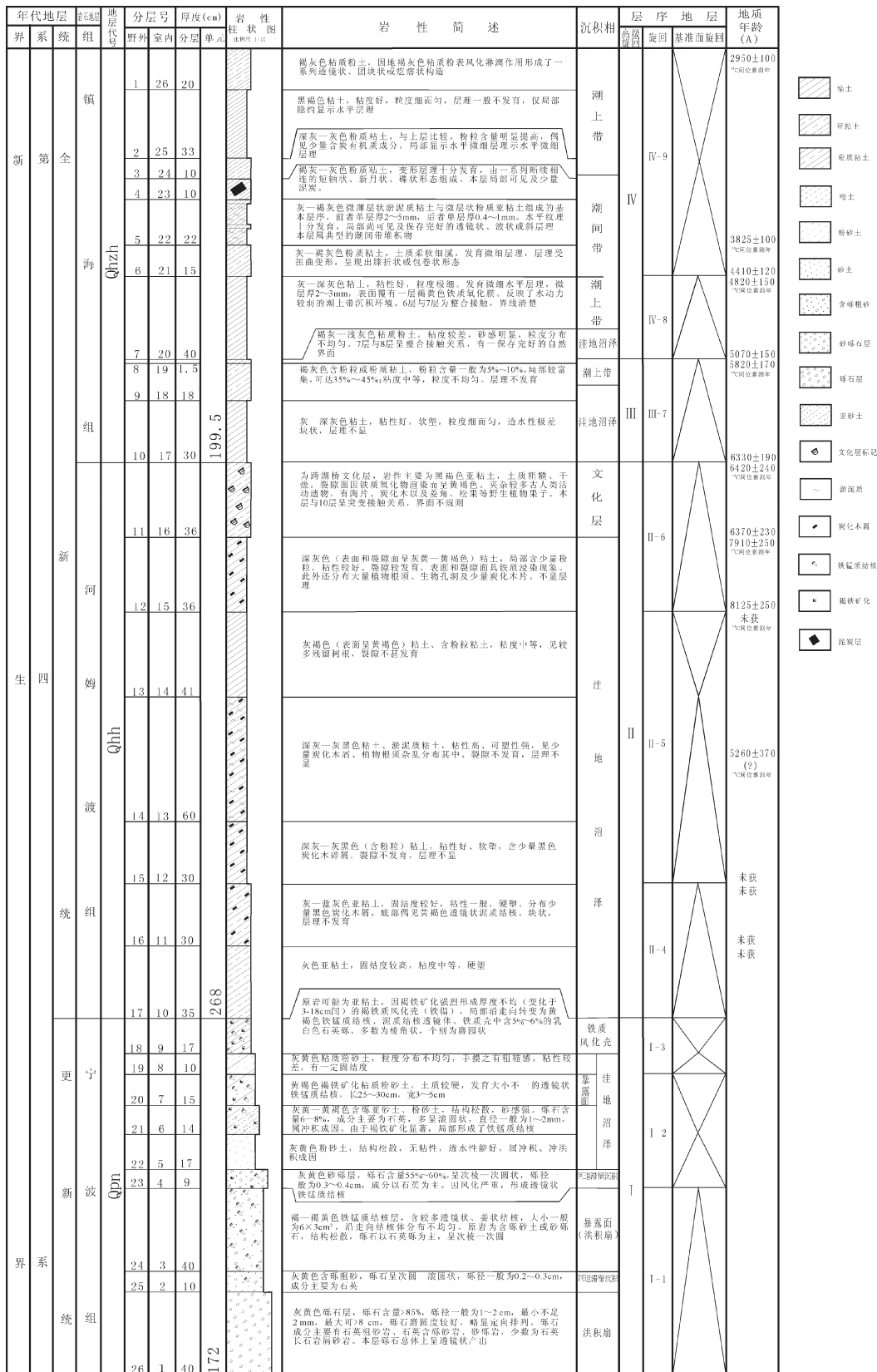
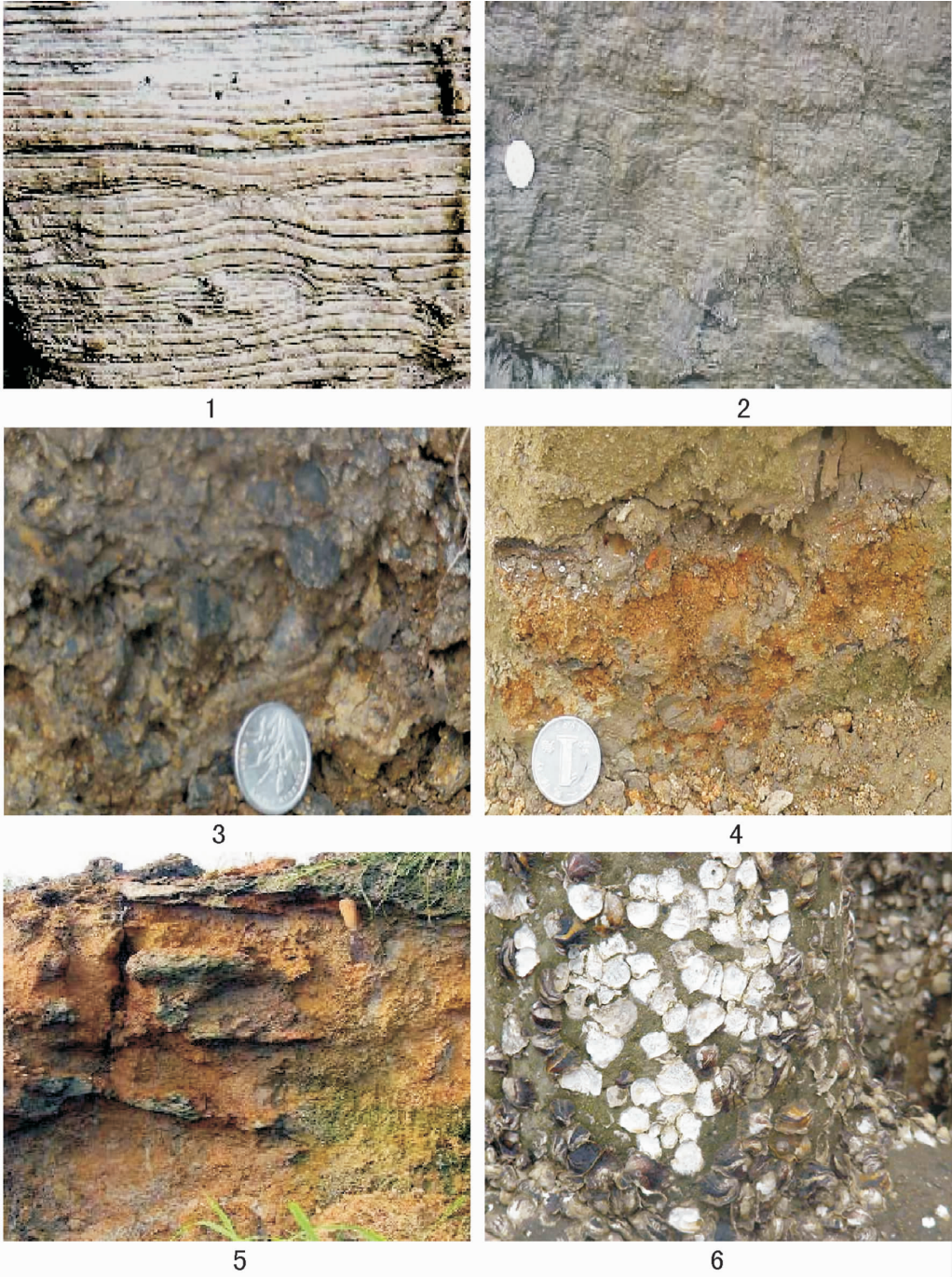


图 3 跨湖桥全新世镇海组—更新世晚期宁波组综合柱状图  
Fig.3 Composite columnar section of Holocene Zhehai Formation to Pleistocene Ningbo Formation in Kuahuqiao area, Xiaoshan, Hangzhou

图版 I (Plate I)



1—粉质粘土与粉质亚粘土互层,发育平行层理,局部见透镜状,波状及脉状层理;2—粉质粘土,出现于文化层之上,岩性较均匀,可见微细水平层理及波状水平层理;3—粘土或淤泥质粘土,属洼地沼泽沉积,于地形洼地积水而成,含泥炭薄层,堆积物呈团块状;4—粘土,潮上带沼泽,常发育水平层理,可见海相化石;5—铁质风化壳,为全新世河姆渡组与更新世晚期宁波组之分层界线;6—牡蛎礁,在上海金山卫低潮线处发现的现生牡蛎礁

1—Silty clay interbedded with silty loam, developed parallel to bedding, with local lenticular, wavy and veinlike bedding;  
 2—Silty clay, seen in the cultural layer, uniform lithology, with fine horizontal bedding and wavy horizontal bedding;  
 3—Clay or silty clay, belonging to low-lying marsh sediments, topographic depressions in the water resulting from thin layer of peat, accumulation assuming lumps; 4—Clay, tidal marshes on the belt, often developing horizontal bedding, with marine fossils; 5—Iron weathering crust, forming the boundary between Holocene Hemudu Formation and Later Pleistocene Ningbo Formation; 6—Oyster reef, found along the low tide line of Jinshanwei, Shanghai

### 1.2.1.8 砂、粉砂、(粉)砂质粘土或粉砂质亚粘土

这类沉积物成熟度较高,较粗颗粒以石英为主,有时可见云母片及贝壳碎屑,反映出较强的海流簸选作用。其沉积作用是潮间带和潮下带的泥质物被侵蚀、簸选,剩下的较粗颗粒首先堆积在平均低潮线处,形成线性砂坝。然后,砂坝在波浪驱动下向岸线移动,最终停止于平均高潮线处,形成沿岸砂堤。如果风暴潮的不断作用,则可出现砂砾石层,被称为砾质堤。因此,它的存在是滨海平原前进或后退过程中岸线短暂停顿或略有后退的产物,为古海岸重要的识别标志。

### 1.2.1.9 块状砂砾石

总体上呈透镜状产物。砾石含量达 50%以上,大小不一,有磨圆,略定向。砾石成分以石英粗砂岩、含砾砂岩、砂砾岩为主,充填物以泥质为主,可能为洪积扇相。

### 1.2.1.10 砂砾石

杂色,砾石含量可达 35%,成分复杂,大小 1~5 cm,磨圆度较好,颗粒支撑,砂基充填,具不清晰定向,底冲刷明显。可能为河道滞留砾石。

### 1.2.1.11 杂砂

可分为细砂、中砂,也包括粗砂。成分以岩屑为主,含量 50%左右,次为长石和石英。磨圆至棱角状,泥质胶结,具孔隙式特点。层中夹透镜状亚砂土或粘土夹层,可见植物碎片、茎、根等,可能为边滩沉积。

## 1.2.2 沉积体系

### 1.2.2.1 洪积扇

发育完整的洪积扇序列为亚粘土砾石-粘土砂砾石层-亚粘土。前者砾石大小混杂,次棱角状,泥质胶结,一般不显层理,说明为洪积扇端快速沉积;粘土砂砾石层中分选较差,粒度较前者细,可能为中扇沉积;上部的亚粘土层色杂,常见植物碎片及多层古土壤层,说明常处暴露状态,具洪积外扇片流沉积特征。

### 1.2.2.2 冲积体系

沉积序列为砂砾石层-含砾中细砂层-亚粘土层,三者分别为河道、边滩、天然堤堆积,有时其上可见薄的含泥炭粘土层,为牛轭湖的产物,它们构成了一个冲积沉积体系。

### 1.2.2.3 沼泽

主要由泥炭与粘土互层组成。

### 1.2.2.4 潮坪

其沉积序列为极薄层状平行层理、潮汐层理、淤泥质粘土与粉砂质亚粘土互层-水平层理粘土层,前者为潮间带沉积,后者则为潮上带的产物。多数情况下其上可见砂层、贝壳层,它们是沿岸砂堤的产物。有时还可见到薄泥炭层,显然为潮上带沼泽作用的结果。偶尔于旋回底部见牡蛎礁,为潮下海平面附近堆积而成。

## 1.3 跨湖桥地区 10000~3000 aBP 古地理演化

本次选择了 10000 aBP、8000 aBP、7000 aBP、6300 aBP、3800 aBP 及 3000 aBP 为时间断面,以高精度对比资料为基础,制作了 6 张瞬时古地理图,以求反映本区 10000~3000 aBP 的古地貌及其变迁,并研究考古发掘中存在的地质问题。

### 1.3.1 10000 aBP 古地理概貌

本张瞬时古地理图为更新世末期,基本反映了全新世沉积前的古地貌。由于受末次冰期影响,温度趋冷,总体处于海退阶段。在本区中部,呈北东方向断续分布的小丘以及南东角的小丘,没有接受沉积,成为古陆。原有沉积区中相对较高处,亦由沉积区转变为剥蚀区,在跨湖桥至下孙北西的丘陵边缘以及下孙北部尤为明显。潮上带的粘土或亚粘土沉积位于萧山北东部,萧山往北至钱塘江南岸以及城南沿潮上带广布宽窄不一的沿岸砂堤,并在萧山附近发育一贝壳堤,它们共同标示出古海岸的大致位置。本区中部则广布大片沼泽沉积,古钱塘江大致从浦沿西侧流过,比现今似乎偏东。山麓附近的来苏一带,则见洪积扇堆积(图 4)。随着末次冰期的进一步发展,温度进一步下降,海平面大幅度下降,全区暴露地表,以致形成分布广泛的铁质风化壳。

### 1.3.2 8000 aBP 古地理概貌

末次冰期结束至 8000 aBP 是温度逐渐上升期,瞬时古地理图反映潮汐沉积范围进一步扩大,沼泽缩小,剥蚀区消失。具体表现为潮间带已达西兴至浦沿钱塘江沿岸,说明潮流是沿钱塘江逆流而上漫漫沿岸地区。在其外围,包括闻家堰、浦沿、长河、西兴、萧山、城南等广大地区则发育沿岸砂堤,并在西兴见有砾质堤。同时,于西兴北东还见有一贝壳堤(图 5)。潮上带仅见于本区中部,呈北东向沿山丘分布,沼泽面积明显缩小,仅在跨湖桥、浦南、长河北呈大小不一展布。来苏一带,仍见洪积扇,具有明显的继

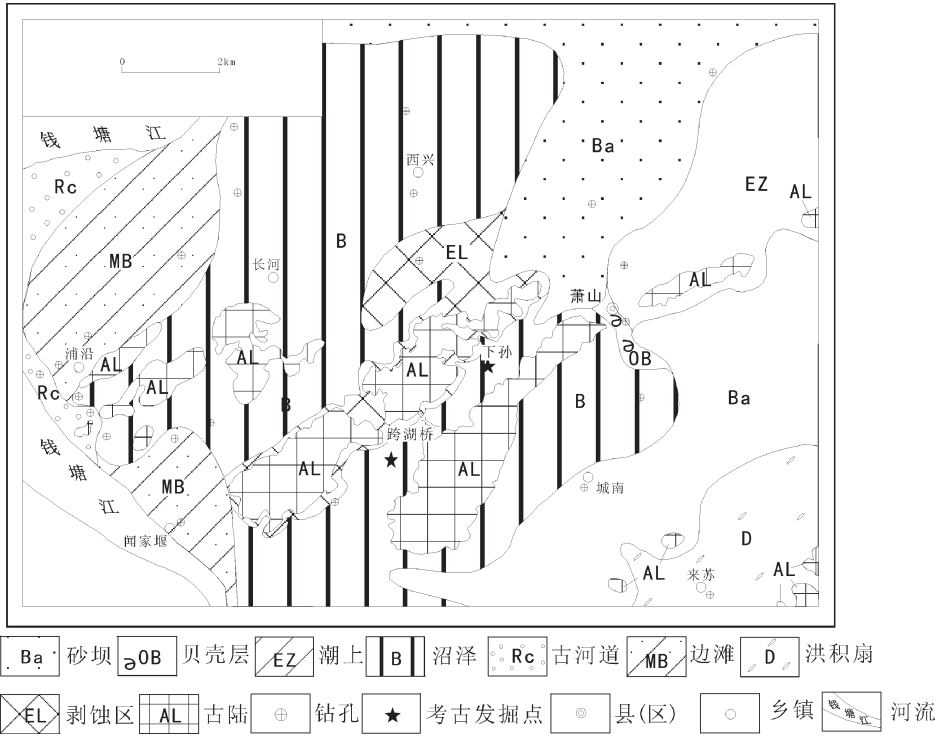


图4 湘湖地区更新世末期 10000 aBP 岩相古地理图  
 Fig.4 Paleogeographic map of 10000 aBP

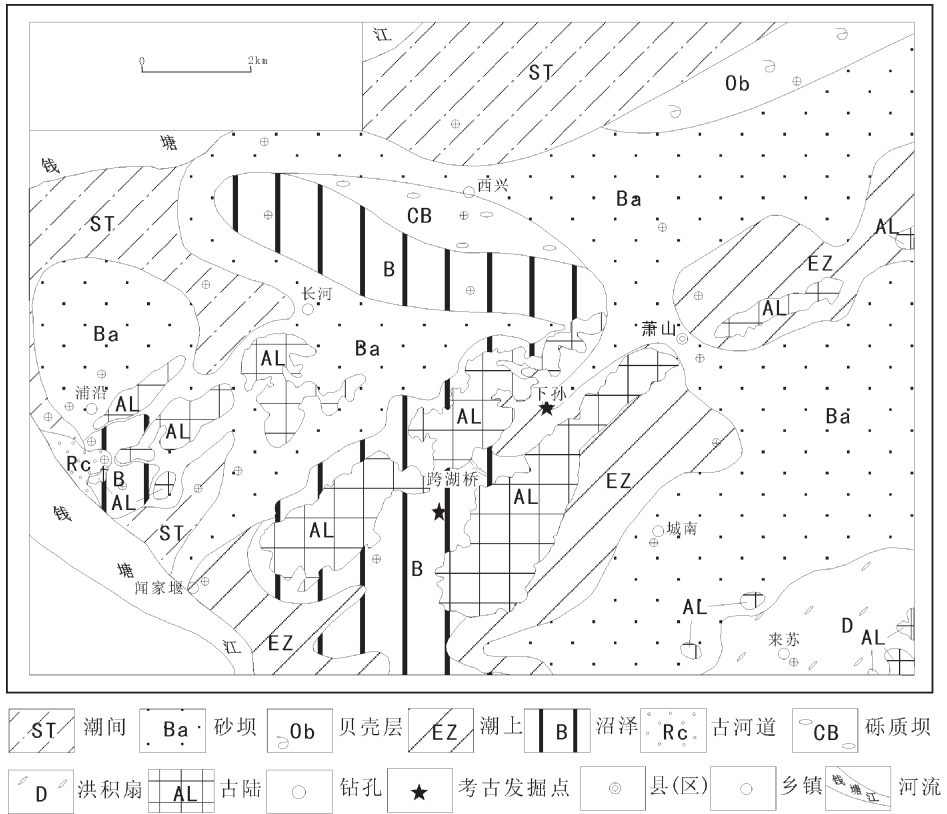


图5 湘湖地区 8000 aBP 瞬时岩相古地理图  
 Fig.5 Paleogeographic map of 8000 aBP

存性,说明来苏一带丘山仍然较高。

### 1.3.3 7000 aBP 古地理概貌

7000 aBP 瞬时古地理图基本反映跨湖桥人生活时的环境地貌,总体为一相对海退期(图 6)。西兴至跨湖桥出现大片近南北向的剥蚀区,古文化点则位于其中。砂堤在北部沿浦沿、长河呈东北向分布,南部则见于城南、来苏,并于萧山附近见大片贝壳堤。潮上带见于闻家堰、城南西至萧山以东地区。潮间带位于浦沿、长河附近的沿江地区。跨湖桥附近,则沼泽发育。

### 1.3.4 6300 aBP 古地理概貌

6300 aBP 瞬时古地理图展示了跨湖桥人迁走后的古地貌特征,潮间带分布于北西部钱塘江沿岸,沿岸堤广布于南部,潮上带则分布于北东部,跨湖桥及周边则沦为沼泽(图 7)。

6300 aBP 以后,依据其瞬时古地理图分析,本区全为潮坪沉积,沼泽几乎消失,仅在 3000 aBP 时见小块出露。因此,从 6300 aBP 以后,总体为一海进

过程(图 8~9)。

## 2 跨湖桥人居住地的生态环境

### 2.1 地貌环境

10000 aBP 瞬时古地理图清楚表明,现存的小丘上未发现沉积物,仅见厚度不大的残积物覆盖于基岩之上,说明它们一直以岛的形式构成本区的古陆。来苏等地出现大片洪积扇堆积,说明这些古陆,亦即山丘可能比现今高。本区相对低洼地区全部沦为沼泽,其中的高地则成为小的剥蚀区。潮水仅波及本区东部,且以沿岸砂堤为主,钱塘江的河道及边滩沉积似乎比现在偏东,预示江道更靠近遗址。这一古地貌轮廓已接近现今的地貌。

8000 aBP 瞬时古地理图与 10000 aBP 相比,由潮上带、潮间带、沿岸砂坝及贝壳堤等组成的潮坪沉积成为其主体。沼泽缩小,仅见中西部出现 3 个互不相连的独立块体。南东角的来苏洪积扇作用仍然存在。古陆依然存在,它们仍与现今山丘的展布一致。

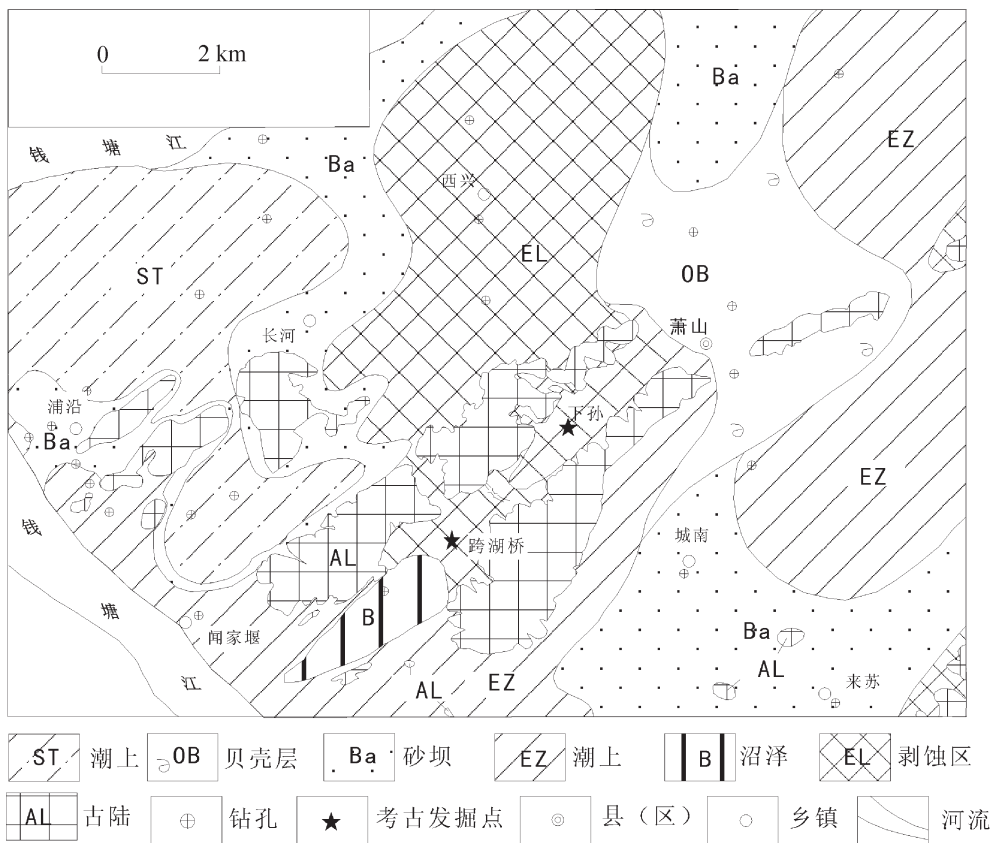


图 6 跨湖桥人生活末期 (7000 aBP) 岩相古地理图  
Fig.6 Paleogeographic map of 7000 aBP



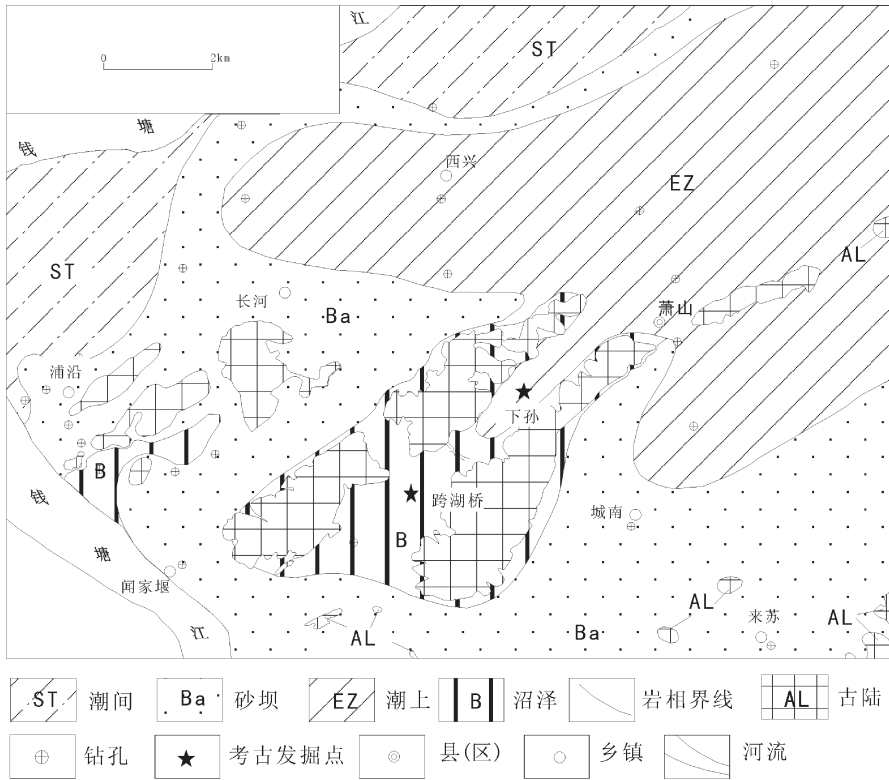


图7 湘湖地区 6300 aBP 岩相古地理图  
Fig.7 Paleogeographic map of 6300 aBP

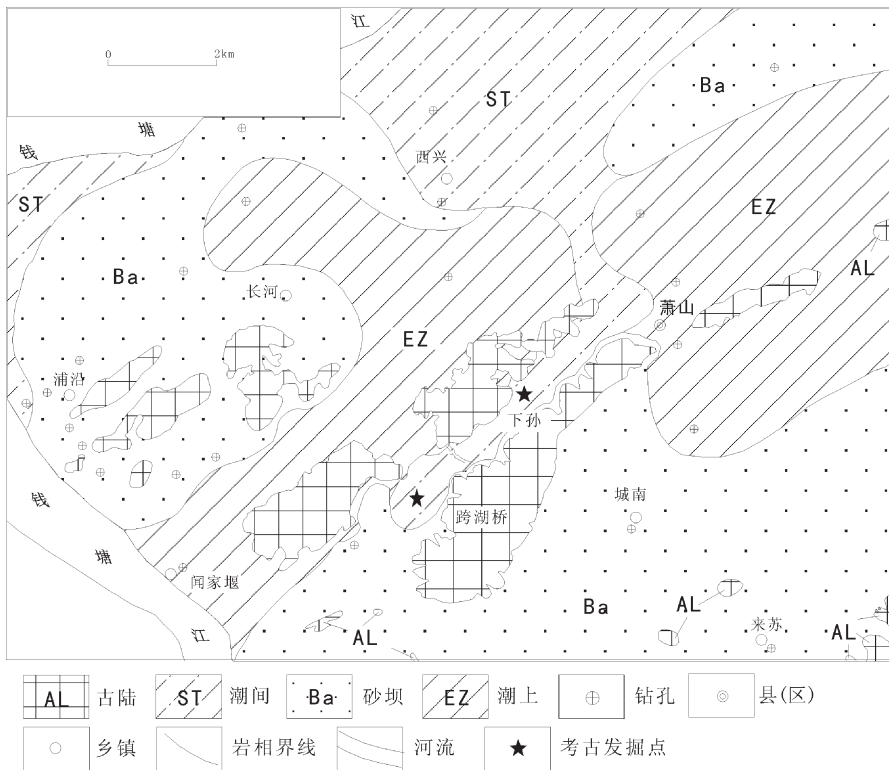


图8 湘湖地区 3800 aBP 岩相古地理图  
Fig.8 Paleogeographic map of 3800 aBP

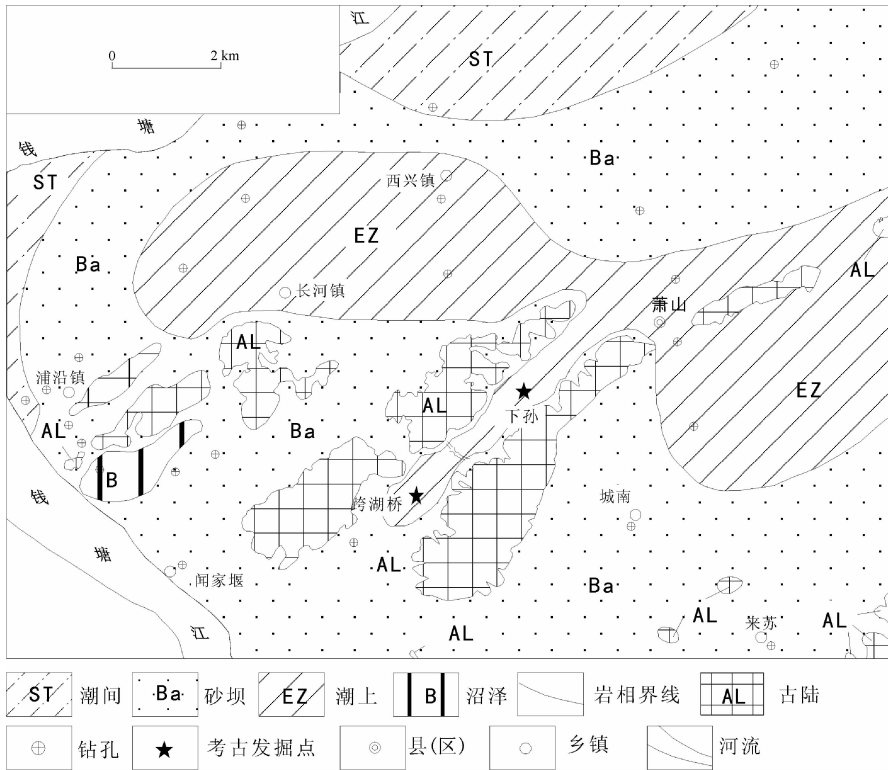


图 9 湘湖地区 3000 aBP 岩相古地理图  
 Fig.9 Paleogeographic map of 3000 aBP

跨湖桥及下孙两遗址,前者位于沼泽区内,后者位于潮上带,由于人的居住条件必须在水面以上,所以,推测当时的两居地可能为水中高地。由于遗址周边全为水体围绕,跨湖桥人则发明了独木舟用以捕获水生动物和采集水生植物,以致成为中国发现的最早独木舟。

归纳上述,遗址周边环山,依据有洪积扇出现可知山势比现今高,坡度较现今陡。据沉积物中尚保存有薄的河流沉积物推测,山间发育有小溪,它从遗址旁经过,向南西汇入钱塘江。跨湖桥遗址周边,沼泽星罗密布。潮水仅波及遗址南、北山丘以外地区。这一古地貌格局从更新世末业已形成,并一直延续至今。

2.2 自然环境

自然环境主要指跨湖桥人生活时的植被及动物状况。在厚 36 cm 的文化层取样 7 个,共获孢粉 951 粒。据统计,花粉中以木本植物为主,达 64%以上。其中槭、常绿栎及落叶栎为主,三者可达 16%以上。次为枫香和榆,达 8%。再次为栗和桐,含量近于 5%。还可见到漆、朴、栲、榛、鹅耳枥、悬铃木、椴、水青冈、槲、桑,以及极少量的杨梅、木兰、紫树、枫杨、胡桃、

卫矛科、木樨、柳、内刺、脊榆及杜鹃等。针叶植物中松达 12%以上,次为杉科、雪松、云杉,以及少量的罗汉松、冷杉、铁杉、苏铁、银杏、柏科、油杉及麻黄等。

草本花粉达 25%以上,香蒲近 10%左右,禾木科则高于 6%。次为毛茛、苘草、酸模、藜科,它们的含量均在 1%~2%,还有少量的蒿、眼子菜、十字花科、百合科、芸香、菊科、莎草科等。蕨类孢子含量仅 10%左右,水龙骨科、紫萁、卷柏、里白为主,各种孢子含量为 1%~2%,还见少量凤尾蕨、长筒蕨、阴地蕨、石松等。

依据上述,文化层的孢粉组合以亚热带为其主体,喜暖阔叶类高达 18%以上,温带阔叶亦达 12%。热带分子虽然分异度高,种类不少,但含量仅 9%左右,寒带分子更低,只有 4%。针叶中以喜凉者居多,其中松花粉就高达 12%。草本中的水生植物花粉达 11%以上,同时还发掘有大量的菱角残体,似可说明当时气候湿润,沼泽发育,与古地理分析是吻合的。据此恢复的植被类型是常绿落叶阔叶混交林,与现今杭州地区相似,属潮湿北亚热带南缘气候。

依据大量动物遗骸的初步鉴定资料,计有狗、牛、鹿、狼、貂、虎、野狗、鸟、扬子鳄以及鲸(?)等。说

明当时有众多的动物栖息于此。

据此,跨湖桥人的生态环境:本区中部有两排呈北东向的小丘,并向东继续延伸。其北的浦沿至长河、南部的来苏附近,亦见同一方向延伸的断续小丘。它们的位置虽与现今小丘分布一致,但洪积扇的出现似可说明当时山势比现今高且陡。潮汐作用波及全区,大潮时除局部的高地外,几乎全部被淹没。潮退后则在山丘附近留下潮上带沉积。而在跨湖桥至下孙、浦沿南及长河北东的低洼地带,则积水为沼泽。跨湖桥人则选择了沼泽及潮上带中高地,安营扎寨定居下来。

当时,空气湿润,气候温暖,山丘上生长着茂盛的南亚热带阔叶落叶混交森林,树下有稀疏的草本及蕨类植物。沼泽旁的平地上,杂草丛生,水中生长着菱角、香蒲等,垂柳则依立于岸边,直与现代西湖有某些相似之处。

大量的动物遗骸说明森林中栖息着狗、狼、貂、虎、野猪等,树上或林间,鸟类自由飞翔,草地上生活着食草动物牛、鹿等,沼泽及河流中则生活着爬行动物扬子鳄。这种有水有草、森林密布,动物繁盛,以及气候温暖潮湿的自然环境,极适合人类的生存,以致跨湖桥人在此生活达千年之久。

### 3 跨湖桥人的迁徙原因

透过跨湖桥遗址及其内涵接近的下孙遗址的发掘,说明跨湖桥地区的确存在着一种崭新的新石器时代文化类型——跨湖桥文化。它完全不同于浙江传统考古文化认识的框架,对其构成了强大的冲击。但是,两个遗址仅发现一层厚度不大的文化层,其后就突然消失,不见踪影,犹如“蒸发”一般,显示出某种“孤独感”和“神秘”色彩。

跨湖桥遗址的文化层之上为厚 10 cm 的灰—深灰色粘土,呈软塑状,不显层理。其上为 18 cm 的含粉粒粘土,含钙质超微化石。再上为 1.5 cm 粘质粉土,并为具水平层理的粘土或粉质粘土所覆盖。最后被极薄层状淤泥质粘土与粉质亚粘土互层掩盖,这种互层岩石具有平行层理,潮汐层理。这一沉积序列共有两个旋回,底部的粘土及中部 1.5 cm 粘质粉土可能为为沼泽沉积,之上的水平层理粉质粘土,因含海相钙质超微化石,其沉积作用与海水密切相关,因此,为潮上带沉积。最上部极薄层状粘土与粉质亚粘土互层,具有潮汐层理且含钙质超微化,为潮间带

的典型沉积。所以跨湖桥地区的潮坪沉积体系序列为沼泽—潮上带—潮间带组成。从上述可知,跨湖桥遗址文化层之上即为潮坪沉积,海潮的淹没,是造成跨湖桥人迁移的直接原因。下孙遗址的发掘亦证明了这一点。该遗址位于跨湖桥遗址北东 2 km,文化层厚度不足 5 cm,且顶界面波状起伏,具有明显的冲刷现象。文化层之上为具不清晰的水平层理的亚粘土层(潮上带),之上则为薄层状粘土与粉砂粘土互层,具有典型的潮间带沉积特征,与跨湖桥剖面的结构基本一致。更有趣的是于文化层中见有成层的由中国绿螂及蛭子等双壳类组成的贝壳层。这类双壳一般生活在潮间带至河口地区,说明潮水对文化层已进行了改造,为一残存的文化层。同时,在文化层之上的发掘坑壁上,出现一宽缓冲刷面,极似一进潮道口,说明下孙可能为一主要潮水通道。这些现象亦可证明因海平面上升,潮水漫浸陆地,遗址被淹迫使人类向高处迁移。而且,至少是到 3000 aBP 海水还没退去,跨湖桥人再也没有移回本区,以至像突然“蒸发”掉一样,无影无踪。

### 参考文献(References):

- [1] 陈忠大,覃兆松,梁河,等. 杭嘉湖平原第四纪地层高精度对比方法研究[J]. 中国地质, 2002, 30(3):275-280.  
Chen Zhongda, Qing Zhaosong, Liang He, et al. High-resolution stratigraphic correlation method of the Quaternary in the Hangzhou-Jiading-Huzhou plain [J]. Geology in China, 2002, 30(3):275-280(in Chinese with English abstract).
- [2] 邓宏文. 美国层序地层研究中的新学派——高分辨率层序地层学[J]. 石油与天然气地质, 1995, 16(2):89-97.  
Deng Hongwen. A new school of thought in sequence stratigraphic studies in U.S.:High-resolution sequence stratigraphy [J]. Oil and Gas Geology, 1995,16(2):89-97(in Chinese with English abstract).
- [3] 李文漪. 中国第四纪植物与环境[M]. 北京:科学出版社, 1998.  
Li Wenyi. Chinese Plants and Environment in Quaternary [M]. Beijing: Science Press, 1998.
- [4] 岳文浙,丁保良. 江苏白垩纪陆相层序地层研究 [J]. 火山地质与矿产, 1999(4):1-344.  
Yue Wenzhe, Ding Baoliang. Study on Cretaceous stratigraphic sequence of continental basin in Jiangsu[J]. Volcanology and Mineral Resources, 1999, 4:1-344(in Chinese with English abstract).
- [5] 林春明. 杭州湾地区 15000 a 以来层序地层学初步研究 [J]. 地质论评, 1997, 3:273-280.  
Lin Chunming. Sequence stratigraphic study on the Hangzhou Bay since 15000 a B.P. [J]. Geological Review, 1997, 3:273-280(in Chinese with English abstract).
- [6] 林春明,黄志诚,朱嗣昭. 杭州湾沿岸平原晚第四纪沉积特征和

- 沉积过程[J]. 地质学报, 1999, (2):120-130.
- Lin Chunming, Huang Zhicheng, Zhu Sizhao. Late Quaternary sedimentary characteristics and processes in Hangzhou Bay coastal plain[J]. Acta Geologica Sinica, 1999, (2):120-130 (in Chinese with English abstract).
- [7] 王宗涛. 浙江全新世古海岸线遗迹及其古地理意义[J]. 浙江地质, 1996, (2):20-32.
- Wang Zongtao. Remains of Holocene coastline of Zhejiang and its palaeogeographic significance[J]. Zhejiang Geology, 1996(2):20-32 (in Chinese with English abstract).
- [8] 刘宝珺, 曾允孚. 岩相古地理基础和工作方法[M]. 北京:地质出版社, 1985.
- Liu Baojun, Zeng Yunfu. The Basis of Lithofacies Palaeogeography and Working Methods [M]. Beijing:Geological Publishing House, 1985(in Chinese).
- [9] 顾明光, 陈忠大, 汪庆华, 等. 杭州湘湖剖面全新世沉积物的地球化学记录及其地质意义[J]. 中国地质, 2005, 32(1):70-74.
- Gu Mingguang, Chen Zhongda, Wang Qinghua, et al. Geochemical records of Holocene sediments in the Xianghu section, Hangzhou, and their geological significance[J]. Geology in China, 2005, 32(1):70-74 (in Chinese with English abstract).
- [10] 杨建梅, 罗以达, 顾明光, 等. 杭州城市第四系三维地质结构模型建立中的孔间地层对比方法分析[J]. 中国地质, 2006, 33(1):04-108.
- Yang Jianmei, Luo Yida, Gu Mingguang, et al. Analysis of the correlation method of inter-borehole strata for the construction of a Quaternary 3D geological configuration model of Hangzhou City [J]. Geology in China, 2006, 33 (1):104-108 (in Chinese with English abstract).
- [11] 周国华, 董岩翔, 刘占元, 等. 杭嘉湖地区土壤元素时空变化研究[J]. 中国地质, 2004, 31(增刊):72-79.
- Zhou Guohua, Dong Yanxiang, Liu Zhanyuan, et al. Temporal-spatial variation of elements in soils in the Hangjiahua area [J]. Geology in China, 2004, 31 (supp.):72-79 (in Chinese with English abstract).

## Some geoscience problems in the exhumation of the cross-lake bridge site at Xiaoshan of Hangzhou, Zhejiang Province

LIANG He<sup>1</sup>, FENG Bao-ying<sup>2</sup>, HU Yan-hua<sup>1</sup>, MAO Han-chuan<sup>1</sup>

(1. Zhejiang Institute of Geological Survey, Hangzhou 311203, Zhejiang, China; 2. Zhejiang Institute of Cultural Relics and Archaeology, Hangzhou 310014, Zhejiang, China)

**Abstract:** Based on the high resolution stratigraphic sequence stratigraphy theory and the principles applicable to conditions as to when climate cycle and ascending and descending cycles of the base level and sea level are over the whole region, this paper carried out a comparative study with high precision and sedimentary environment analysis of 23 drill holes and 2 holocene sections within 46 km<sup>2</sup> of the region of interest, and also made an in-depth investigation of the ecological environment for the ancestors living at the cross-lake bridge. The results show that the ancestors at 8000aBP cross-lake bridge lived in an environment almost identical with the current one in terms of its land features, vegetations, animals and climate, and the reason why the ancestors at the cross-lake bridge “disappeared” all of a sudden was that the ascent of the sea level caused the submergence of its site. The sea water didn't withdraw until 3000aBP, so it was unlikely for the ancestors to move back, which has left the later generations an impression of “mystery”.

**Key words:** cross-lake bridge site; high resolution contrast; climate cycle; sedimentary environment; ancient ecological environment

**About the first author:** LIANG He, male, born in 1974, engineer, mainly engages in hydrogeological investigation and research; E-mail: liang-he@189.cn.

2009 年度地质科学类期刊前 30 名影响因子排序表

1	地质科学	2.735	16	岩矿测试	0.868
2	岩石学报	2.603	17	工程地质学报	0.844
3	矿床地质	2.224	18	地质与勘探	0.822
4	地质学报	1.871	19	地质科技情报	0.782
5	高校地质学报	1.611	20	矿物岩石	0.774
6	石油实验地质	1.581	21	西北地质	0.615
7	中国科学(D 辑)	1.500	22	中国岩溶	0.562
<b>8</b>	<b>中国地质</b>	<b>1.487</b>	23	海洋地质与第四纪地质	0.559
9	地质论评	1.470	24	地层学杂志	0.522
10	地质通报	1.373	25	世界地质	0.494
11	地质力学学报	1.256	26	水文地质工程地质	0.442
12	现代地质	1.172	27	水文	0.377
13	岩石矿物学杂志	1.118	28	新疆地质	0.319
14	沉积学报	1.045	29	铀矿地质	0.316
15	冰川冻土	0.888	30	地质与资源	0.252

注:表中数据引自中国科学技术信息研究所编《2010 年版中国科技期刊引证报告(核心版)》,北京:科学技术文献出版社.