

# 上海青浦 8.5kaB. P. 以来植被演变与气候波动

蔡永立, 陈中原, 王张华, 陈宇, 宋保平, 陶静

(华东师范大学地理系, 教育部城市与环境考古开发实验室, 上海 200062)

**摘要:** 钻孔取自上海青浦县赵巷镇, 柱长 19.8m, 5 个<sup>14</sup>C 年龄(AMS 测定)年代跨度从 13 460±60aB. P. 到 2 660±60aB. P. 但缺失全新世早期沉积。对 15m 以上(8.5aB. P.)部分系统采集了 35 孢粉样品, 样品分辨率在 150a 左右(少数样品除外); 通过有序分割并综合图谱特征划分出 7 个孢粉带和 2 个亚带, 据此恢复和重建了本区 8.5kaB. P 以来植被变化和气候波动历史。具体结果为: 与现今气候相比, 8.5aB. P. ~8.2kaB. P. 为冷干期, 但气候呈上升趋势, 地带性植被为含常绿阔叶树种的落叶阔叶林; 8.2kaB. P. ~8.0kaB. P. 为暖湿期, 常绿阔叶林, 气候处于峰值, 温度高于现今 2℃ 左右, 降雨量高于现今 400mm 左右; 8.0kaB. P. ~7.6kaB. P. 为冷干期、落叶阔叶和针阔混交林, 气候处于谷值, 温度低于现今 2℃ 左右, 降雨量少于现今 400mm 左右; 7.6kaB. P. ~6.2kaB. P. 为暖湿期、常绿阔叶林或常绿、落叶阔叶混交林; 6.2kaB. P. ~4.0kaB. P. 为温干期、含常绿阔叶树种的落叶林或针阔混交林; 4.0kaB. P. ~3.0kaB. P. 为温凉略湿期、含常绿阔叶的落叶阔叶林; 3.0kaB. P. ~1.5kaB. P. 为暖湿期、常绿阔叶林, 但 2.6kaB. P. 以来又有变冷趋势。

文中还对常绿阔叶木本孢粉与总木本孢粉的比值( $E/W$ )的生态意义进行了讨论。

**关键词:** 全新世; <sup>14</sup>C 测年; 植被变化; 气候波动; 上海

## Paleovegetation and paleoclimate fluctuations in Qingpu Area, Shanghai since 8.5 ka B. P.

Cai Yong-Li, Chen Zhong-Yuan, Wang Zhang-Hua, Chen Yu, Song Bao-Ping, Tao Jing

(Department of Geography, East China Normal University Open Lab. of Urban and Environmental Remote Sensing Archeology, Shanghai 200062, China)

**Abstract:** A 19.8m long sediment borehole ZX-1 was recovered in Zhaoxiang of Qingpu County, Yangtze delta plain of eastern China. Five samples were selected from lower core section through upper core section for Accessory Mass Spectrum(AMS) dating. Dates obtained range from 13 460±60 a B. P. to 2 660±60 a B. P. Thirty-five samples were taken from upper 15 m core sediment (since about 8.5 ka B. P.) and were analyzed for spore-pollen. Seven spore-pollen zones and two sub-zones were distinguished by means of constrained cluster analysis and the spore-pollen spectrum. Spore-pollen records indicate that from 8.5~8.2 ka B. P., climate warmed rapidly, but was cooler and drier than today. Landscape of the study area during that time was covered by the deciduous broad-leaved forest with a few evergreen broad-leaved species, such as *Castanopsis* and *Cyclobalanopsis glauca*. During 8.2~8.0 ka B. P., evergreen broad-leaved forest prevailed, implying hot and humid climate. Our survey suggests that the averaged temperature of the study area be 2°C higher than today and precipitation be about 400 mm more than that of the present. By the time period from about 8.0 to 7.6 ka B. P., *Pinus* forest dominated the study area to indicate a cold and dry climate. Spore-pollen climate of 7.6~6.2 ka B. P. was considered as the optimum period in Holocene, as represented by the evergreen broad-leaved, or the evergreen and deciduous broad-leaved mixed forests. Climate was primarily warm and humid. From about 6.2 to 4.0 ka B. P., *Pinus* and *Cupressaceae* increased while *Ephedra*, *Tsuga* and *Betula* can still be present. This vegetation combination indicates a cool and dry cli-

基金项目: 国家自然科学基金(No. 49971011)、国家教委“跨世纪人才”基金和上海市“学科带头人”基金资助项目

收稿日期: 1999-10-18 修回日期: 1999-10-18

万方数据

作者简介: 蔡永立(1963~), 男, 安徽怀远人, 博士, 教授。主要从事植被生态和环境演变方向等研究。

mate. Between 4.0~3.0 ka B. P., *Castanopsis* and *Cyclobalanopsis glauca* prevailed again, while *Tsuga*, *Larix* and *Betula* occurred to reflect cool, but a somewhat humid as compared with the last period. From 3.0~2.6 ka B. P., the evergreen broad-leaved forest appeared as implying warm and humid climate setting. This climate was followed by cooler and drier climate after 2.6 ka B. P.

**Key words:** holocene; paleoclimate fluctuations; vegetation shift; yangtze delta

文章编号: 1000-0933(2001)01-0051-10 中图分类号: Q143 文献标识码: A

用孢粉方法恢复长江三角洲地区的古气候与古植被已有大量的工作<sup>[1~7]</sup>,但仍存在一些不足。由于反演古植被类型没有统一标准和孢粉指标,由植被类型推测的古气候因而不尽统一,研究结果缺乏可比性。其次,大多数研究的分辨率较低或测年数据不足<sup>[6,8]</sup>,使得一些有价值的气候波动或突变事件尚未得到有效地揭示。这除了主观原因外,与本区受长江入海口变化、海平面升降和人类活动的影响,沉积环境不够稳定、沉积剖面易受干扰等有很大的关系。因此,寻求典型剖面和提高分辨率,对深入研究本区古环境变化仍然具有重要意义。基于这一目的,选择了沉积环境较稳定的上海青浦区赵巷孔,进行了较高密度的采样,并配以适当数量的<sup>14</sup>C测年,初步建立了较高分辨率的区域年代序列;在充分分析孢粉信息的基础上,探讨了本区全新世气候波动和植被演变。

## 1 材料与方法

### 1.1 取样区概况

钻孔取自上海青浦区赵巷镇(121°11'02"E, 31°08'01"N),距上海市区约30km,平均海拔2.67m(见图1)。本区气候属亚热带季风气候,温和湿润,四季分明,雨量充沛,年平均气温15.7℃,年均降雨量1150mm。地带性植被为由*Cyclobalanopsis glauca*和*Castanopsis sclerophylla*等常绿树种组成的落叶、常绿阔叶混交林,局部区域还分布有小片的常绿阔叶林<sup>[9]</sup>。

本区晚更新世古地面为太湖周围丘状台地的边缘斜坡,是整个全新世东、西部地貌发育的重要分界线<sup>[10]</sup>。全新世早期,受海侵范围的影响,这里既脱离于其东侧的浅海环境,又与西部河口湾相距很远。全新世中期以后,受长江口南侧隆起冈身的保护,进一步加强了其局部环境的封闭性。其沉积记录所包含的环境信息,对区域环境演变有良好的指示意义。

### 1.2 采样和分析方法

用30型钻机采得柱状样长19.8m,由簿壁取土器分段截取。15m以下沉积物主要为暗棕色和棕色硬粘土这被认为是晚更新世末堆积的物质<sup>[10]</sup>,15m以上主要为粘土和粉砂质粘土组成。本研究则对15m以上部分系统采样,共得孢粉样品35个;孢粉处理按王开发<sup>[11]</sup>介绍的方法,即样品经HCl, KOH处理后用重液浮选,每个样品统计250以上孢粉,分类计算百分数,孢粉带的划分采用有序分割(DPS软件包)<sup>[12]</sup>和孢粉图谱辨识相结合。

<sup>14</sup>C样品用AMS仪测定,由美国佛罗里达州Branch Univ. -Beta Analytic Inc.实验室完成,测年材料为泥炭和植物残体,共测定<sup>14</sup>C数据5个。剖面深度与<sup>14</sup>C之间的关系见图2。据此计算各沉积层的沉积速率,进而反推各样品的平均值,由内插法获得剖面的年代序列<sup>[13]</sup>。除少数样品间的分辨率超过500a外,样品的平均分辨率为153a,许多样品的分辨率在50a左右。

## 2 结果与分析

### 2.1 孢粉类型及特点

2.1.1 样品中孢粉类型丰富,包括木本植物花粉(包括常绿阔叶、落叶阔叶木本植物和裸子植物花粉3类)含量为13.6%~68.2%,最大极差(最大和最小含量之比)为5.0倍,均值为39.8%。其中,常绿阔叶木本花粉含量为2.6%~27.8%,最大极差为11.0倍,均值为9.8%;包括10个花粉类型;常绿阔叶木本植物花粉占总木本植物花粉的百分比(简为E/W)变化在6.1%~44.1%,最大极差为7.2倍,均值为23.4%;落叶阔叶木本植物花粉含量为5.5%~37.0%,最大极差为6.7倍,均值为20.7%,包括21个种属的花粉;裸子植物花粉含量为1.6%~26.3%,最大极差为16.0倍,均值为9.4%,包含7种花粉类型。草本植物花粉

含量为 14.4%~62.0%，最大极差为 4.3 倍，均值为 35.0%；有 14 个以上花粉类型。蕨类植物孢子含量为 3.2%~56.1%，最大极差为 17.5 倍，均值为 23.4%，有 9 个以上孢子类型。此外在剖面中还见有苔孢和环纹藻(*Concentricystes*)等。

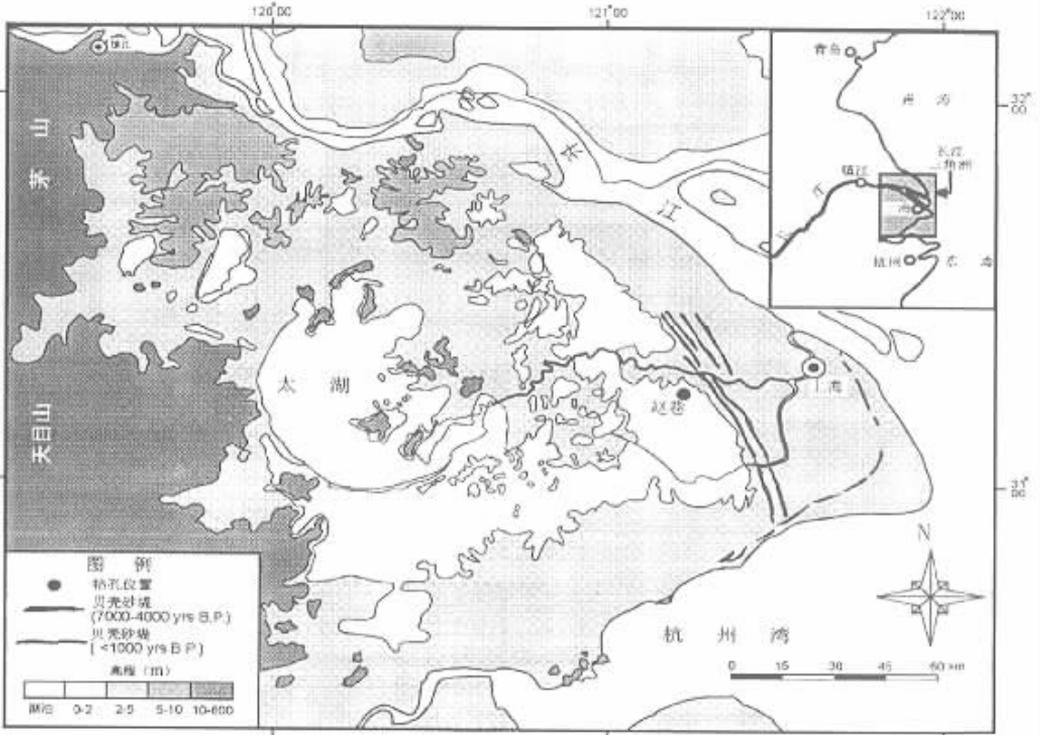


图 1 钻孔位置图

Fig. 1 Map showing the location of the Zhaoxiang core in Qingpu County, Shanghai

**2.1.2 剖面孢粉总体特征** ①孢粉的多样性和百分含量特别是木本类花粉(主要为落叶阔叶木本和常绿阔叶木本)的类型和含量在 7.4m 和 2.5m 左右存在 2 个明显的转折点,在 7.4m 以下和 2.5m 以上类型多样、含量丰富,而在 7.4~2.5m 范围内类型和含量明显不及前者。②在孢粉类型中常绿阔叶木本花粉组合、裸子植物花粉组合和蕨类植物孢子组合的百分含量变化较为剧烈,前两种组合通常与大环境中的温度和降水有关;而蕨类植物则与小气候中的湿度条件有较大的关系。

**2.2 植被演变和气候波动**

王开发等<sup>[14]</sup>对长江三角洲表层孢粉研究的结果表明,三角洲表层沉积的孢粉组合与三角洲平原及其周围山地的植被有着密切关系,外源孢粉含量很少,沉积的孢粉类型基本上代表了本区域及周围高地的植被组成,因此本剖面的孢粉可以用来恢复本地区的古气候和古植被。

在有序分割的基础上,结合孢粉谱带特征分析将剖面的 14.5m 以上样品孢粉,划分出 7 个组合带(见图 3)和 2 个亚带,据此推测古植被和古气候。

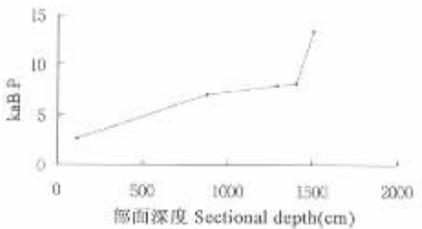
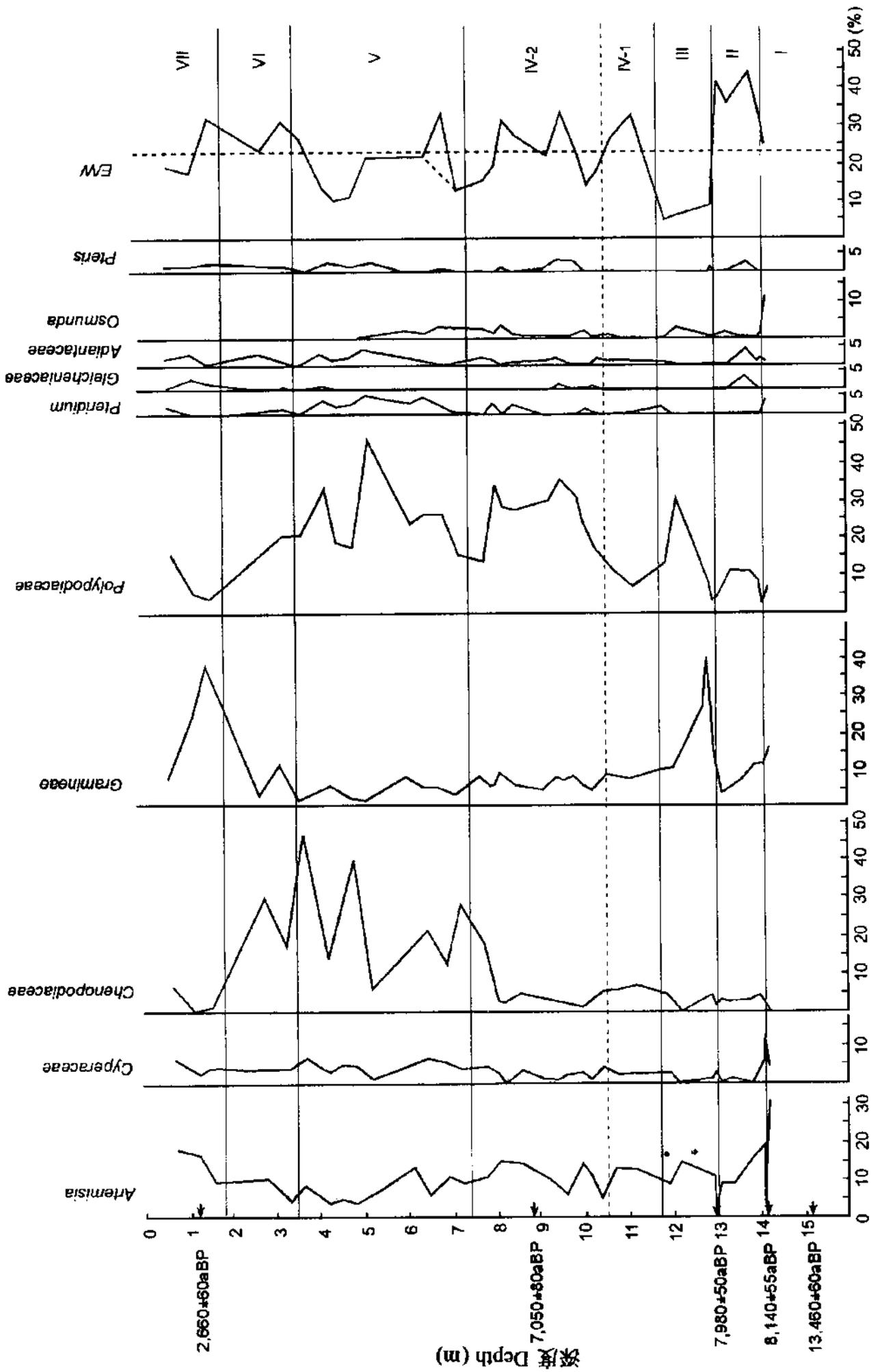


图 2 剖面深度与<sup>14</sup>C 年龄的相关图解

Fig. 2 Diagram of sectional depth versus radiocarbon ages





(b)

图 3 上海青浦赵巷钻孔卷孔孢粉百分比图式

Fig. 3 Spore pollen percentage diagram of the Zhaoxiang core in Qingpu County, Shanghai

### 2.2.1 带 I (14.5~14.1m, 8.5~8.2kaB. P.): *Artemisia*-Gramineae-*Pinus*

木本花粉含量为 13.6%, 为剖面均值的 0.3 倍; 其中常绿阔叶花粉含量占 3.4%, 为剖面均值的 0.35 倍, 仅见 *Castanopsis* 一种花粉;  $E/W$  为 25.0%, 为剖面均值的 1.1 倍。落叶阔叶木本植物花粉含量占 5.5%, 仅见 5 个类型, 主要为 *Quercus* 花粉。裸子植物花粉含量占 4.7%, 为剖面均值的 0.5 倍, 主要为 *Pinus* 花粉, 还见有 *Cupressaceae* 花粉。草本植物花粉占 38.4%, 为剖面均值 1.1 倍, 优势孢粉为 *Artemisia* 花粉, 其次为 Gramineae 花粉。蕨类植物孢子含量占 21.6%, 为剖面均值的 0.9 倍, 主要为 *Adiantum* 和 *Polypodiaceae* 的孢子。此外还有大量的 *Concentricystes*, 占 26.7%。

本带仅分析了一块孢粉样品, 因其与带 II 孢粉组合和含量有较大的差异, 故单独划为一带。尽管缺失全新世早期的孢粉样品, 但此段花粉组合对早期的寒冷气候仍有所反映, 如木本花粉含量不高, 常绿及喜暖的落叶阔叶花粉类型不多等。不过由于末次冰期结束后全球温度回暖, 本区的气候条件也有所改善, 如出现少量耐寒的常绿阔叶木本(可能是 *Castanopsis sclerophylla*)花粉和较高的  $E/W$  值。但总的看来, 气候条件未达到实质性的改观, 表现为冷而略干的气候组合; 植被演替处于含少量常绿阔叶树的落叶阔叶林阶段, 植被类型中除落叶阔叶林外, 周围则分布有大量的旱生和中生草本植被, 盐生植被尚不发育, 此时本区可能距海较远。植被性质相当于目前的亚热带北缘或暖温带南部植被。

### 2.2.2 带 II (14.1~13.0m, 8.2~8.0kaB. P.): *Artemisia*-*Quercus*-*Cyclobalanopsis*-*Castanopsis*

木本花粉含量为 46.4%~68.2%, 均值为 57.0%, 为剖面均值的 1.4 倍。常绿阔叶木本花粉含量为 15.3%~27.8%, 均值为 21.9%, 为剖面均值的 2.2 倍。出现 4~8 个常绿花粉类型, 优势孢粉为 *Castanopsis* 和 *Cyclobalanopsis glauca* 花粉, 还见有 *Myrica*、*Eurya*、*Engelhardtia* 和 *Myrtaceae* 的花粉。 $E/W$  为 29.2%~44.1%, 均值为 37.2%, 为剖面均值的 1.5 倍。落叶阔叶木本花粉含量为 23.0%~39.3%, 均值为 29.4%, 为剖面均值的 1.4 倍; 优势孢粉为 *Quercus* 花粉, 常见类型有 *Liquidambar*、*Pterocarya* 花粉, 还见有少量 *Alnus*、*Fagus* 花粉。裸子植物花粉含量为 4.3%~9.0%, 均值为 6.6%, 为剖面均值的 0.7 倍, 优势孢粉为 *Pinus*。草本花粉含量为 18.5%~41.5%, 均值为 29.8%, 为剖面均值的 0.85 倍, 优势孢粉为 *Artemisia*, 其次为禾本科花粉。蕨类植物孢子含量为 5.0%~21.6%。均值为 11.8%, 为剖面均值的 0.5 倍, 优势孢粉为 *Polypodiaceae* 孢子, *Gleicheniaceae*、*Adiantum* 和 *Pteris* 孢子也占有一定比例。

此段时期内不仅木本花粉占有绝对优势, 而且常绿阔叶木本花粉类型和含量都高于剖面的平均水平,  $E/W$  值则为剖面的最高水平, 相反裸子植物和草本植物的花粉含量却低于剖面的平均水平, 这一特征表明植被中常绿成份占有重要地位, 处于常绿阔叶林大发展阶段, 地带性植被为常绿阔叶林, 植被性质接近于目前的中亚热带中部植被; 气候处于峰值, 温度比现在高 2℃ 左右, 降雨量则高 400mm 左右。

### 2.2.3 带 III (13.0~11.5m, 8.0~7.6kaB. P.): *Polypodiaceae*-Gramineae-*Quercus*-*Pinus*

木本花粉含量为 39.8%~55.4%, 均值为 46.9%, 为剖面均值的 1.2 倍。常绿阔叶木本花粉含量为 2.4%~8.0%, 均值为 4.4%, 为剖面均值的 0.44 倍, 仅出现 2 个类型, 即 *Castanopsis* 和 *Cyclobalanopsis glauca* 花粉。 $E/W$  为 4.9%~18.2%, 均值为 11.0%, 为剖面均值的 0.47 倍。落叶阔叶木本花粉含量为 20.5%~27.2%, 均值为 25.5%, 为剖面均值的 1.2 倍。优势孢粉仍为 *Quercus* 花粉, *Castanea*、*Celtis* 和 *Betula* 花粉也占有一定比例。裸子植物花粉含量为 8.8%~26.3%, 均值为 17.3%, 为剖面均值的 1.8 倍。优势孢粉为 *Pinus* 花粉, 其含量达到剖面最高值, *Cupressaceae* 花粉也占有一定比例。草本花粉含量为 27.4%~52.8%, 均值为 39.0%, 为剖面均值的 1.1 倍; 优势孢粉为 Gramineae, 其次为 *Artemisia* 花粉。蕨类植物孢子含量为 3.2%~30.1%, 均值为 13.8%, 为剖面均值的 0.6 倍, 优势孢子仍为 *Polypodiaceae* 孢子。

尽管此期木本花粉含量仍高于均值(这是由于裸子植物花粉含量明显升高的结果, 特别是松属花粉达到剖面的峰值), 但较上一带已有明显的下降, 常绿阔叶木本花粉类型和数量及  $E/W$  值降至谷值, 草本花粉含量却明显升高, 反映出气候突变的特征。上带暖湿气候突然转冷变干。地带性植被为含少量常绿阔叶树的落叶阔叶林, 植被类型中除落叶阔叶林外, 针叶林或针、阔混交林也占有较大的比例。植被性质相当于现代亚热带干季或季雨带南部的植被, 但气候条件可能较带 I 更为干燥一些。气候处于谷值, 温度比现在低 2℃ 左右, 降雨量低 400mm 左右。

#### 2.2.4 带 IV(11.5~7.4m, 7.6~6.2kaB. P.); *Castanopsis-Quercus*

本带尽管暖湿孢粉都具有较高含量,但前后期孢粉仍存在着较明显差异,此带又可划分出两个亚带。

##### 亚带 N-1(11.5~10.5m, 7.6~7.4kaB. P.); *Castanopsis-Cyclobalanopsis glauca* *Quercus*

木本花粉含量为 51.6%~59.9%,均值为 55.8%,为剖面均值的 1.4 倍。其中,常绿阔叶木本花粉含量为 14.3%~20.1%,均值为 17.2%,为剖面均值的 1.76 倍;常绿阔叶木本花粉出现 7 个类型,优势孢粉仍为 *Castanopsis* 和 *Cyclobalanopsis glauca* 花粉。 $E/W$  为 26.5%~32.6%,均值为 29.6%,为剖面均值的 1.3 倍。落叶阔叶木本花粉含量为 29.5%~31.5%,均值为 30.5%,为剖面均值的 1.47 倍;优势孢粉为 *Quercus* 花粉。裸子植物花粉含量为 7.8%~8.3%,均值为 8.1%,为剖面均值的 0.85 倍。草本植物花粉含量为 31.5%~33.5%,均值为 32.5%,为剖面均值的 0.93 倍,优势孢粉为 *Artemisa* 和 Gramineae 花粉。蕨类植物孢子含量为 8.6%~14.0%,均值为 11.3%,为剖面均值的 0.48 倍。

##### 亚带 N-2(10.5~7.4m, 7.4~6.2kaB. P.); Polypodiaceae-*Castanopsis-Pinus*

木本花粉含量为 31.1%~60.9%,均值为 41.1%,为剖面均值的 1.03 倍。其中,常绿阔叶木本花粉含量为 6.2%~13.0%,均值为 9.6%,为剖面均值的 1.0 倍;常绿阔叶木本花粉出现 6 个类型,主要为 *Castanopsis* 和 *Cyclobalanopsis glauca* 花粉。 $E/W$  为 14.3%~36.5%,均值为 24.4%,为剖面均值的 1.04 倍。落叶阔叶木本花粉含量为 14.7%~30.8%,均值为 20.9%,为剖面均值的 1.01 倍,优势孢粉为 *Quercus* 花粉,此外 *Betula* 花粉也占一定比例。裸子植物花粉含量为 3.6%~22.2%,波动较大,均值为 10.5%,为剖面均值的 1.1 倍;其中,除 *Pinus* 花粉占有一定的优势外, *Ephedra*, *Tsuga* 和 *Larix* 的花粉也时有出现。草本花粉含量为 19.1%~41.0%。均值为 26.3%,为剖面均值的 0.75 倍,优势孢粉为 *Artemisa* 和 Gramineae 花粉。蕨类植物孢子含量为 17.4%~40.0%,均值为 30.6%,为剖面均值的 1.3 倍,主要为 Polypodiaceae 的孢子。

从孢粉特征可以看出,此段时期内反映暖湿气候特征的各项指标都处于较高的水平,气候又从上一期的冷谷中趋向温暖,进入全新世气候适宜期,但温暖湿润程度可能不及带 II;从花粉类型和含量的变化上看,气候条件并非稳定不变,仍出现明显的波动。地带性植被为常绿阔叶林或常绿、落叶阔叶混交林。其中 7.6kaB. P. ~7.4kaB. P. 左右时段气候温暖湿润,常绿阔叶林发达,而 7.4kaB. P. 后植被性质发生了一定的变化,温湿条件特别是降水条件有所下降。如在偏干时 *Pinus* 和 *Ephedra* 花粉有所增加,偏湿时 *Tsuga*、*Betula* 和 *Larix* 等花粉出现。

#### 2.2.5 带 V(7.4~3.4m, 6.2~4.0kaB. P.); Polypodiaceae-Chenopodiaceae-*Quercus*

木本花粉含量为 15.6%~36.1%,均值为 29.5%,为剖面均值 0.74 倍。其中常绿阔叶木本花粉含量为 4.1%~10.1%,均值为 5.6%,为剖面均值 0.57 倍。主要为 *Castanopsis* 孢粉,并有少量的 *Cyclobalanopsis glauca* 和 *Eurya* 花粉。 $E/W$  为 11.4%~32.5%,均值为 18.7%,为剖面均值的 0.8 倍。落叶阔叶木本花粉含量为 6.6%~23.8%,均值为 14.0%,为剖面均值的 0.68 倍。裸子植物花粉含量为 4.8%~17.0%,均值为 9.8%,为剖面均值的 1.0 倍。优势孢粉为 *Pinus* 和 Cupressaceae 花粉, *Pinus* 花粉的含量由前带的逐渐下降到本带的逐步升高, *Ephedra* 也占有一定比例。不过此带中指示冷湿气候的花粉,如 *Tsuga* 和 *Betula* 花粉基本上没有出现,反映出此期内水份条件可能是植被分布的主要限制因子。草本植物花粉含量为 14.4%~61.7%,均值为 38.4%,为剖面均值的 1.1 倍;优势孢粉为 Chenopodiaceae 花粉,在本带突然升高, Cyperaceae 花粉含量也有所升高,而 Gramineae 和 *Artemisa* 花粉则呈下降趋势。蕨类植物孢子含量为 19.8%~56.1%,均值为 30.8%,为剖面的 1.3 倍;优势孢子为 Polypodiaceae 孢子, *Pteridium*、*Adiantum* 和 *Pteris* 等孢子也占有一定比例。

与前带相比孢粉类型减少,木本(包括常绿木本、落叶木本花粉)含量和  $E/W$  值均低于剖面的平均水平,但裸子植物和草本花粉含量均高于剖面的平均水平,在跨度 2,000 多年的时段里,气候总的趋势是温和而略干燥,干燥数据被为含常绿阔叶树的落叶阔叶林或针阔混交林。但也存在着波动。其中, 6.2~5.0kaB. P. 气候温和干燥, 5.0~4.6kaB. P., 孢粉类型,特别是喜暖的落叶阔叶孢粉,如 *Carya* 和 *Liq-*

*uidambar* 的花粉和常绿花粉类型有所增加,反映气候有短暂的趋暖变湿的过程;但其后(4.6~4.0kaB.P.)孢粉类型又趋减少 *Pinus*, *Cupressaceae* 和 *Ephedra* 花粉的比例又增高,气候又变得干燥。

### 2.2.6 带 VI (3.4~2.0m, 4.0~3.0kaB.P.): *Chenopodiaceae*-*Polypodiaceae*-*Quercus*-*Cyclobalanopsis glauca*

木本花粉含量为 30.4%~37.2%,均值为 33.8%,为剖面均值 0.85 倍。其中,常绿阔叶木本花粉含量为 7.3%~12.0%,均值为 9.7%,为剖面均值 1.0 倍;*Castanopsis* 和 *Cyclobalanopsis glauca* 花粉含量明显上升。 $E/W$  为 23.8%~31.2%,均值为 25.5%,为剖面均值的 1.1 倍。落叶阔叶木本花粉含量为 13.8%~19.2%,均值为 16.5%,为剖面均值的 0.8 倍;优势孢粉为 *Quercus* 花粉。裸子植物花粉含量为 6.0%~9.4%,均值为 7.7%,为剖面均值的 0.8 倍,*Tsuga*, *Larix* 和 *Betula* 的花粉在本带又重新出现并占有一定的比例。草本花粉含量为 36.8%~44.2%,均值为 40.5%,为剖面均值的 1.2 倍。优势孢粉仍为 *Chenopodiaceae* 花粉,但 *Artemisia* 和 *Gramineae* 花粉有所升高。蕨类植物孢子含量为 21.7%~25.2%,均值为 23.4%,为剖面的 1.0 倍;优势孢粉仍为 *Polypodiaceae*,但后期开始下降。

从孢粉组合的特征可以看出,木本、常绿阔叶、落叶阔叶木本花粉含量和  $E/W$  值仍然低于剖面的平均水平,但 *Cyclobalanopsis glauca* 和 *Castanopsis* 花粉的比例有所回升;适应冷湿气候的 *Tsuga*, *Larix* 和 *Betula* 花粉在本带又重新出现,综合特征反映出本带气候是一种温凉略湿的气候组合。植被演替处于含常绿阔叶的落叶阔叶树林阶段。

### 2.2.7 带 VII (2.0~0.7m, 3.0~1.5kaB.P.): *Cyclobalanopsis glauca*-*Quercus*

木本花粉含量为 25.8%~35.1%,均值为 31.0%,为剖面均值的 0.78 倍。其中常绿阔叶木本花粉含量 6.1%~8.9%,均值为 7.0%,为剖面均值的 0.77 倍,*Castanopsis* 花粉含量波动较大,但 *Cyclobalanopsis glauca* 花粉的含量则有较大的增加;常绿花粉组合又增加到 7 个类型,如出现喜暖湿的 *Engelhardtia*, *Myrica* 和 *Myrtaceae* 花粉等。 $E/W$  为 17.2%~31.3%,均值为 22.6%,为剖面均值的 0.97 倍。落叶阔叶木本花粉含量变化在 15.4%~24.6%,均值为 21.4%,为剖面均值的 1.0 倍;优势孢粉为 *Quercus* 花粉,落叶阔叶花粉类型也明显增多,喜暖湿的亚热带落叶类型如 *Liquidambar*, *Carya* 花粉占有一定的比例。裸子植物花粉含量为 1.6%~4.3%,均值为 2.6%,为剖面均值的 0.3 倍。草本花粉含量为 47.9%~48.8%,均值为 48.5%,为剖面均值的 1.4 倍,优势孢粉为 *Gramineae* 花粉。蕨类植物孢子含量为 17.1%~25.4%,均值为 20.6%,为剖面的 0.88 倍;优势孢粉仍为 *Polypodiaceae* 孢子,但数量已大大减少。此外,大量的水生植物,特别是 *Potamogeton* 花粉占有较高的比例。

从孢粉组合特征反映出,尽管木本花粉的含量仍较低(这是由于水生植物花粉大量出现的结果),但喜暖湿的常绿木本花粉类型在本带中又有较多的出现,出现了 7 个类型,地带性植被为常绿阔叶林,周围可能为宽广的湖荡;气候又转为暖湿,但在 2.6kaB.P. 后又有转冷的趋势。

## 3 讨论

根据沉积速率推算的样品的年代除少数样品间的分辨率在 500~700a 外,样品间的平均分辨率为 153a,少数样品的分辨率可达 15a 左右;这一分辨率基本满足了对植被演替研究时间尺度和气候百年尺度变化规律研究的要求。

### 3.1 全新世气候特征

本剖面因缺失 10.0~8.5kaB.P. 时段,对全新世早期的植被和气候特征无法展开讨论。尽管本文将 8.5~8.2kaB.P. 时段推断的较今寒冷和干燥的时期,以反映全新世早期的寒冷气候;但不否认 8.5kaB.P. 以来该区气候一直处于上升阶段,并在 8.0kaB.P. 左右一度达到完全全新世暖湿气候的高峰,这在江苏建湖庆丰剖面<sup>[5]</sup>中也有所反映。但紧接着的 8.0~7.6kaB.P. 时段的突然降温事件,气温跌至 8.5kaB.P. 以来的谷值,这对本区发育的常绿阔叶林造成巨大破坏,许多常绿树种孢粉消失;相反,喜暖的阔叶树侵入本区,耐旱的针叶林也得以发展。这次降温事件在中国东部的许多剖面<sup>[15~17]</sup>中都有所反映。特别值得一提的是薛滨等<sup>[17]</sup>对秀洪剖面物化学分析所揭示的 9.5~7.2kaB.P. 时段的气候波动特征与本孔基本一致。本区 7.6kaB.P. ~6.2kaB.P. 为温暖湿润期,在长达 1 千多年的时间里气候总体上保持温暖湿润的特征,可谓气

候的适宜期<sup>[8,17]</sup>,这一时期海平面也接近最高期<sup>[18]</sup>;但本期的气候也并非稳定不变,在7.4kaB. P.以后湿度又趋降低。本区6.2kaB. P.~4.0kaB. P.时段为温和略干期,在长达2000多年的时间内温度相对稳定,可能与前期相近,但降水条件具有较大的波动;前期温暖干燥,在5.0kaB. P.年左右又出现短暂的湿润气候,与“仰韶暖期”<sup>[19]</sup>相对应,后期则又变干。本区4.0kaB. P.~3.0kaB. P.气温下降,这在建湖剖面中也有所反映。蒸发量减少,湿度条件则相对增高,为温凉略湿期,这一时期也是本区著名的良渚文化向马桥文化过渡时期。本区3.0kaB. P.~1.5kaB. P.气候又转为暖湿期,在3.0kaB. P.以来气候和植被仍然是处在不断的波动和演变之中的<sup>[1,15]</sup>。尽管此段时间内孢粉点间隔较大,分辨率不高(600~700a),但仍反映出在2.6kaB. P.以来又有降温的趋势,敦德冰芯<sup>[20]</sup>中记录到3kaB. P.左右是过去5kaB. P.气候变化的一个界限,在此之前,以温暖气候为主,其后则趋于气候变冷。但本剖面中似有不符,这可能是由于东西部气候变化并不完全同步所致。

此外,在本孔中7.4m是一个明显的孢粉分界线,7.4m以下孢粉类型丰富,常绿花粉含量也占有较高的比例;而7.4m以上,反映暖湿特征的木本、常绿木本、落叶木本花粉含量和 $E/W$ 值均低于剖面的平均水平,但裸子植物和草本花粉含量均高于剖面的平均水平,花粉的多样性也降低,这一特征在许雪珉<sup>[7]</sup>的太湖孔中也有明显反映。但本文根据沉积速率推测的7.4m处的年龄为6.2kaB. P.,而太湖孔的时间是在“5000年?”<sup>[7]</sup>。这一现象有待进一步的探讨。

总的看来,在“全新世大暖期”<sup>[8]</sup>内,气候和植被并非总是温暖湿润、保持不变,而是处在不停的波动和演变之中,有时还发生剧烈的变化,全新世早期波动比较剧烈,而中后期相对平缓。

### 3.2 关于孢粉指标

另外一个值得讨论的老问题是如何用古孢粉来恢复古植被。很显然孢粉组合不等于优势种组,因此也不等于植被类型。那么确定古植被类型的标准或指标是什么?理论上应当是从表土层孢粉和现代植被组成的相关研究中确定孢粉和植被之间的对应关系,然后通过类比确定古孢粉和古植被之间的对应关系<sup>[21]</sup>。但在过去对三角洲的研究中由于受到表土层孢粉研究的制约,大多数作者是从古孢粉直接来推测古植被;由于缺少比较客观的对应关系,无怪乎会有明显不同的结果<sup>[6]</sup>。

在长江三角洲地区,如何评价常绿阔叶木本植物孢粉所代表的常绿阔叶木本植物在古植被中的地位 and 作用也是导致分歧的重要原因,因为常绿植物的出现既可以代表含常绿阔叶树种的落叶阔叶林,也可以是常绿、落叶阔叶混交林或常绿阔叶林,而这三种类型则是代表暖温带、北亚热带和中亚热带的三种地带性植被,反映三种不同的气候条件,这也是在长江中下游地区全新世各个时期的孢粉谱所反映的植被类型<sup>[21]</sup>。因此,对这一问题认识的差异就可能导致植被类型的偏差,并进而引起古气候推测上的误差。将长江三角洲地区9.0~5.0kaB. P.时段长达4000a的时间内推断为常绿阔叶林大发展时期,进而推测气温高于现今 $1\sim 2\text{C}$ <sup>[6,7]</sup>,暂不论其是否合适,至少缺少可以对比的指标。

那么在不同孢粉类型之间是否具有适合的比例关系来反映植被的变化呢?过去很多人使用木本和草本植物孢粉的比例<sup>[1-7]</sup>,但这一比例至少用在长江三角洲地区来确定植被类型是不适合的,因为这一比例不只受到气候变化的影响,还与不同沉积环境(如距海远近)有很大的关系<sup>[14]</sup>,很难指示地带性植被的变化。 $E/W$ 值是一个反映常绿孢粉在整个木本孢粉中所占比重的一个指标,过去曾有不少学者用到过<sup>[2,22]</sup>,但一直未见划分类别的界线;最近宋永昌等<sup>[23]</sup>通过对浙江天童表土层孢粉与植被的相关性研究提出常绿阔叶林同常绿阔叶、落叶阔叶混交林的 $E/W$ 值的分界线为25%。作者根据 $E/W$ 值做了剖面的变化曲线,有趣的是剖面的均值为23%,与25%的界线值十分接近,这一指标所代表的常绿、落叶阔叶林混交林与今日本区的地带性植被一致; $E/W$ 值在8.5kaB. P.以来的上下波动幅度基本上反映了总体孢粉的变化特征(见图3b),其气候和植被的指示意义是比较明确的。但考虑到这一指标在其它表土层中尚未能得到很好地反映<sup>[2,14]</sup>,本文未完全使用这一指标来划分植被类型,有待今后深入广泛的研究和比较。此外,如果将孢粉类型的信息也体现在这一比值中,可能会有更好的效果,作者将进一步开展此项工作。

### 参考文献

## 万方数据

[1] 王开发,等. 根据花粉分析推断上海地区近六千年以来的气候变迁. 大气科学,1978,2(2):139~145.

- [2] 王开发,等.太湖地区第四纪沉积的花粉组合及其古植被与古气候.地理科学,1983,3(1):17~22.
- [3] 王开发,等.江苏唯亭草鞋山遗址花粉组合及其古地理.第四纪花粉分析与古环境,1984,78~84.
- [4] 王开发,等.杭州湾沿岸第四纪沉积的花粉组合及其地层、古地理意义.第四纪花粉分析与古环境,1984,60~77.
- [5] 王开发,等.上海地区全新世植被、环境演替与古人类活动关系探讨.海洋地质与第四纪地质,1996,16(1):1~4.
- [6] 刘金陵,William Y b,Chang.根据花粉资料推论长江三角洲地区 12 000 年来的环境变迁.古生物学报,35(2):136~154.
- [7] 许雪珉,等.11 000 年以来太湖地区的植被与气候变化.古生物学报,1996,35(2):175~186.
- [8] 施雅风,孔昭宸主编.中国全新世大暖期气候与环境.北京:海洋出版社,1992.1~18.
- [9] 周秀佳.上海的主要自然植被类型及其分布.植物生态学与地植物学丛刊,1984,(3):137~146.
- [10] 严钦尚,许世远著.长江三角洲现代沉积研究.上海:华东师范大学出版社,1987,126~134.
- [11] 王开发,徐馨.第四纪孢粉学.贵阳:贵州人民出版社,1988.63~80.
- [12] 唐启义,冯明光.实用统计分析及其计算机处理平台,北京:中国农业出版社,1997.174~191.
- [13] 杨志荣,等.大青山调角海子地区 11kaB. P. 以来的植被与生态环境演化.植物生态学报,1997,21(6):551~563.
- [14] 王开发,等.长江三角洲表层沉积孢粉、藻类组合.地理学报,1982,37(3):261~271.
- [15] 赵希涛,等.江苏建湖庆丰剖面全新世气候变迁和海面变化.海洋学报,1994,16(1):78~88.
- [16] 孔昭宸,等.北京地区 10 000 年来的植物群发展和气候变化.植物学报,1982,24(2):172~181.
- [17] Chen Zhongyuan and Stanley D. J. Sea-level rise on eastern China's Yangtze delta. *J. of Coastal Research*, 1998, 14(1):360~366.
- [18] 薛滨,等.太湖晚冰期——全新世气候、环境变化的沉积研究.湖泊科学,1998,10(20):30~36.
- [19] 竺可桢.中国近五千年来的气候变迁的初步研究.中国科学,1973,(3):168~188.
- [20] 姚檀栋,Thompson L. G. 敦德冰芯记录与过去 5 温度变化.中国科学(B 辑),1992,(10):1089~1093.
- [21] Birks H J B and Gordon A D. *Numerical Methods in Quaternary Pollen Analysis*. London:Academic Press,1985:1~239.
- [22] 唐领余,等.长江中下游地区 7500~5000aB. P. 气候变化序列的初步研究.海洋地质与第四纪地质,1991,11(4):73~82.
- [23] Song Yongchang. The historical shift of the evergreen broad-leaved forest in East China (*Recent shifts in vegetation boundaries of deciduous forests, especially due to global warming edited by F. Klötzli and Walther (G. R.)*), Birkhäuser Verlag basel Press, 1999:253~272.