

末次盛冰期以来江西大湖孢粉植被与环境演变

萧家仪^{①②*} 吕海波^{①③} 周卫健^② 赵志军^① 郝瑞辉^①

(① 南京师范大学地理科学学院, 南京 210097; ② 中国科学院地球环境研究所黄土与第四纪地质国家重点实验室, 西安 710054; ③ 渭南师范学院历史与文化传播学院, 渭南 714000)

摘要 根据江西定南大湖深 346 cm 泥炭剖面, 16 个 ¹⁴C 年龄和 76 个孢粉样, 重建中国华南南岭山地末次盛冰期以来的植被与气候历史: 大约 18330~15630 cal a BP, 景观是落叶阔叶林, 气候温凉偏湿; 15630~11600 cal a BP, 孢粉植被是有常绿阔叶树的落叶阔叶林, 气候温和湿润; 11600~6000 cal a BP, 孢粉植被演替为栲/石栎为建群种的常绿阔叶林, 气候温暖湿润; 而 6000 cal a BP 以来植被中森林面积减少, 气候温暖偏干, 蕨类植物和草本植物增加, 可能有人类活动的影响. 从孢粉序列中识别到的系列凉干事件, 大致可与北大西洋 H1 及全新世千年尺度事件对应, 说明低纬地区与高纬地区气候变化密切相关. 与中国高纬地区的季风气候事件对比, 大湖地区气候事件温度、湿度的变幅远低于中国北方内陆地区. 季风气候地域差异性较大.

关键词 大湖泥炭 孢粉分析 古植被 古环境

末次冰期以来的气候波动事件和东亚季风气候的不稳定研究, 是第四纪研究者关注的热点. 中国是东亚季风气候控制的区域, An 等^[1]对比了中国季风区不同位置的古气候记录, 证实东亚季风气候的影响存在着空间分异. 季风强度变化的空间比较的研究, 需大范围、多地点的地质气候记录进行相互对比和印证. 末次冰期以来的气候事件与古气候演化研究, 中国北方、黄土及青藏高原是多年来研究重点地区, 为全球第四纪气候变化研究做出了突出贡献. 近期科学家们将研究视点扩展到华南地区, 其目的是在探索全球性气候变化时, 研究中国低纬度地区季风气候的响应模式, 探讨中国南北方古气候变化的差异, 完善对气候变化机制的认识. 中国南方高分辨率的古气候研究取得了较大进展. 贵州洞穴石笋的研究, 系统地重建了过去 1.6 万年, 特别是末次盛冰期以来, 亚洲季风强度和低纬度降水量的变化史^[2,3], 南海和

珠江三角洲钻孔中的孢粉分析为南海和沿海地区古气候研究提供了可信的地质资料^[4-6]. 笔者选定中国南方的南岭山地大湖泥炭剖面, 用孢粉分析方法探讨这一地区约 18000 cal a BP 以来植被、气候的演化, 为中国低纬度地区古季风时空变化的研究提供一个研究实例. 对中国北方和南方内陆地区同时段的气候变化的差异做一简要的论述.

1 研究剖面及年代

研究剖面位于赣、粤两省交界处的南岭山地, 江西省定南县城南约 2.5 km 处的大湖泥炭矿, 海拔高度 250~260 m. 地理坐标大约是 24°41'N, 115°E(图 1). 研究区气候属于中亚热带的南缘, 高温多雨. 年均温 17.8℃, 年均降水量约 1600 mm. 采样剖面周围是相对高差为 200~500 m 的低山丘陵, 花岗岩广泛出露. 大量的植物残体在低洼封闭的滞水环境中沉积, 发

收稿日期: 2006-04-17; 接受日期: 2007-02-07

教育部“长江学者”创新团队项目(批准号: NSFC40531003)、国家自然科学基金(批准号: 40121303)和中国科学院地球环境研究所黄土与第四纪地质国家重点实验室开放基金(批准号: 2004CB720200, SKLLQG0403)资助

* E-mail: xiajiaiyi@njnu.edu.cn

育沼泽, 堆积泥炭 [7]. 泥炭矿范围长数公里、宽数百米的, 堆积最厚处可达 4.00 m. 根据近代邻近的九连山自然保护区的植被, 研究区应分布以壳斗科 (Fagaceae)、樟科 (Lauraceae)、山茶科 (Theaceae) 等为建群种的典型的亚热带常绿阔叶林 [8]. 受人类活动影响, 现方圆 5 km 范围内无天然地带性植被分布. 周围山坡上生长人工竹林和松林. 采样点及周边现今为水稻田或开发区.

工作点取样剖面厚约 346 cm, 基本是湖沼相和河流相沉积: 地表往下 40 cm 为棕黄色水稻耕作土; 40~119 cm 为棕褐色草本泥炭; 119~180 cm 为灰绿色淤泥层, 但 141~161 cm 有一灰黑色有机泥夹层; 180~210 cm 为灰黑色有机泥; 210~228 cm 为木本-草

本泥炭; 228~254 cm 为灰绿色淤泥; 254~279 cm 为棕褐色草本泥炭; 279~300 cm 为灰绿色淤泥, 其中 290~294 cm 一砂砾夹层; 300~340 cm 为条带状冲击砂砾层, 可见一些腐木碎片, 未见底. ^{14}C 测年数据有 16 个 (图 2), 在中国科学院地球环境研究所黄土与第四纪地质国家重点实验室进行前处理制样: 用 10% 的盐酸浸泡除去碳酸盐, 水洗后用筛网法提取样品中 90~300 m 的植物碎屑, 而后在美国亚利桑那大学 AMS 实验室测出数据, 再用 CALIB4.3 软件得出的校正年龄. 测年过程已有文献论述 [9].

2 孢粉序列与分带

孢粉采样间距为 4 cm, 下部砂砾层为 8 cm. 分

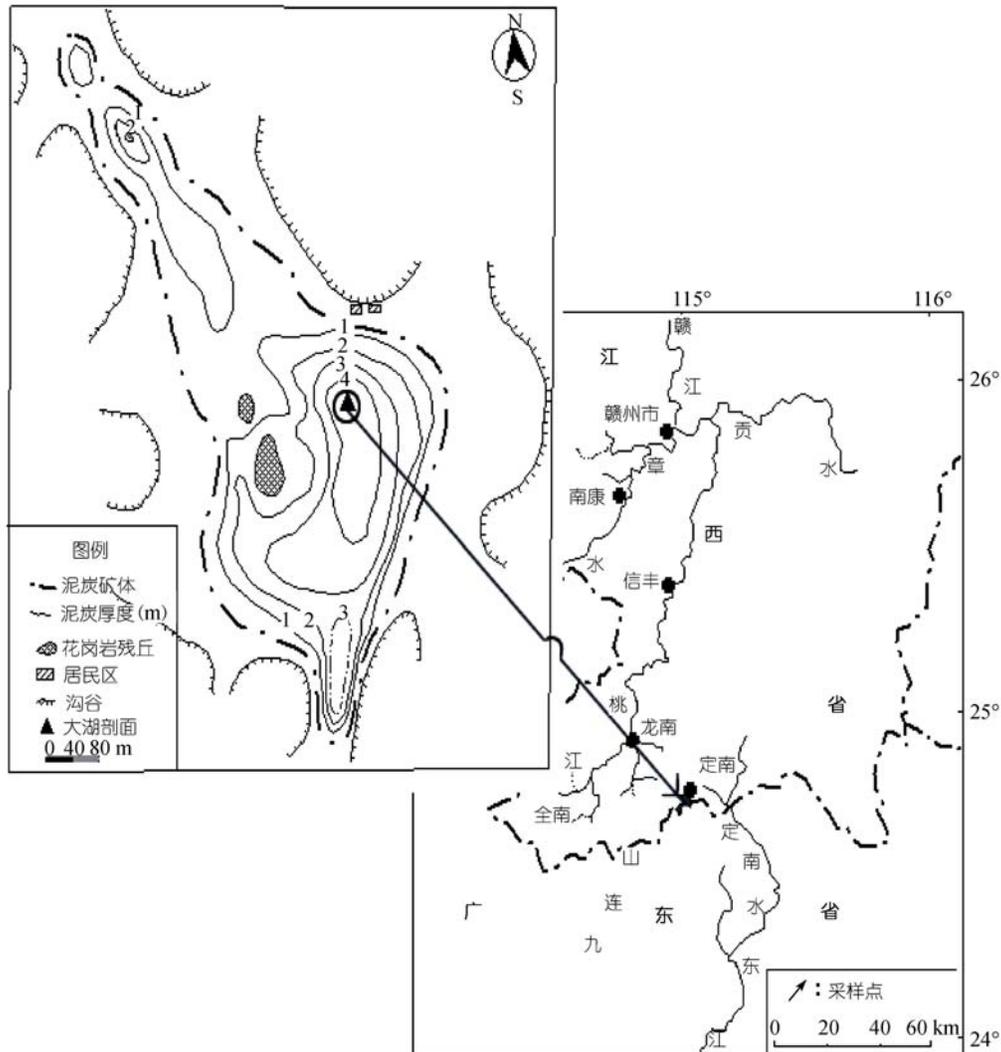


图 1 大湖剖面地理位置

析样品 76 块, 每样体积 5 cm^3 , 外加 10500 粒石松孢子. 样品用重液浮选法富集孢粉, 每样至少鉴定孢粉 350 粒, 分别计算各类孢粉百分含量和绝对含量. 由于有系列的测年数据, 可推算沉积速率, 得出孢粉汇集量.

显微镜下统计的孢粉有 64 个科属. 木本类花粉中, 针叶树种主要有松(*Pinus*)、油杉(*Keteleeria*)等, 阔叶树种主要有桤木(*Alnus*)、栲(*Castanopsis*)/石栎(*Lithocarpus*)、青冈(*Cyclobalanopsis*)、金缕梅(*Hamamelis*)、冬青(*Ilex*)、柃木(*Eurya*)、朴(*Celtis*)、榆(*Ulmus*)、枫香(*Liquidambar*) 栎(*Quercus*)等; 草本类多见莎草科(*Cyperaceae*)、禾本科(*Gramineae*)、伞形科(*Umbelliferae*)、虎耳草科(*Saxifragaceae*)、菊科(*Compositae*)、蒿(*Artimisia*)、蓼(*Polygonum*)等; 蕨类主要有水龙骨科(*Polypodiaceae*)、凤尾蕨(*Pteris*)、铁线蕨(*Adiantum*)等. 根据孢粉含量的变化, 分别绘成百分比图式和汇集量图式(图 2, 3), 自下而上可将大湖剖面的孢粉序列分为 4 个花粉组合带:

带 I: 346~280 cm(约 18330~15340 cal a BP), 上部为灰绿色淤泥并夹有一层砂砾, 300 cm 以下为砂砾层. 百分比图式中木本花粉以桤木为主, 平均含量 50%左右, 最高达 75%, 但在顶部 285 cm 和下部 325 cm 处低于 20%; 松和落叶阔叶乔木朴、栎、阿丁枫(*Altingia*)等含量在 5%~10%, 常绿阔叶乔木栲/石栎和青冈零星出现. 草本类花粉和蕨类孢子百分含量与木本相反, 在 300 cm 达到最低值(<15%). 变化明显的是莎草科, 在 285 cm 处可达到 50%以上. 由于本带岩性主要是砂砾层, 孢粉汇集量较低.

带 II: 280~210 cm(约 15340~11600 cal a BP), 淤泥和泥炭层. 与前带相比, 木本花粉百分比含量除底部外, 一般 85%~95%. 桤木花粉占绝对优势, 270~240 cm 含量最高, 超过孢粉总数的 85%, 240 cm 向上波动在 65%~75%. 栲/石栎在下部零星出现, 上部较连续, 青冈含量 0~10%, 松含量 0~15%. 其它木本植物栎、冬青、柃木、山茶科零星出现; 草本植物花粉底部 50%, 中部降低到 10%以下, 优势成分是莎草科、蓼、蒿等; 蕨类孢子仅在底部有一 12%的峰值, 一般都低于 10%. 孢粉汇集量较前带增大, 明显增高的木本植物花粉, 有桤木、青冈, 松和其他落叶阔叶乔木. 草本植物花粉在本带的下部莎草科、蓼、蒿等汇集量较高, 上部伞形科汇集量略高. 蕨类植物水龙

骨科的孢子汇集量相对高一些.

带 III: 210~120 cm(约 11600~6080 cal a BP), 灰黑色有机泥与灰绿色淤泥层. 本带花粉仍以木本植物占优势. 明显特点是栲/石栎花粉百分比急剧增高, 最高可达 30%, 而桤木花粉中由底部的 70%逐步降至上部的 30%左右, 青冈的百分比带 II 变化不大, 175 cm 向上略有增高, 其他木本花粉出现的科属较多, 如栎、冬青、柃木、山茶科较连续出现; 朴、金缕梅(*Hamamelis*)、榆、桃金娘科(*Myrtaceae*)、杜英(*Elaeocarpus*)、无患子(*Sapindus*)、木荷(*schima*)等零星出现. 草本类花粉百分含量偏低, 波动在 3%~15%之间, 主要科属为伞形科、蓼、虎耳草科等. 蕨类孢子在下部较低, 上部增高至 20%以上, 占优势的是水龙骨科. 汇集量图式中, 栲/石栎和青冈有较高的数量, 松和桤木花粉汇集量下部较高, 上部较低, 草本类伞形科花粉有一定的汇集量, 蕨类植物孢子汇集量较高的是水龙骨科.

带 IV: 120 cm 以上(约 6080 cal a BP~近代). 120~40 cm 为棕褐色泥炭, 40~0 cm 为水稻耕作层. 在百分比图式中, 木本花粉含量变幅大, 在 110, 80, 40 cm 等处出现低值, 分别为 10%~30%. 在 60 和 100 cm 处有 2 个峰值, 各达 70%以上. 木本植物花粉的含量还是与桤木花粉含量正相关, 栲/石栎的百分含量由高(10%)到低(5%), 松在 40cm 以上大量出现; 草本植物花粉平均含量 15%, 上部 30%左右, 在 75 cm 有一大于 50%的高值, 禾本科在 60 cm 以上频繁出现, 最高达 30%; 蕨类孢子含量最高, 由下往上为低—高一—低的趋势, 峰值可达 80%以上, 其中水龙骨科在本带底部、中部大量出现, 一般在 40%以上. 70 cm 以上凤尾蕨和铁线蕨出现. 汇集量图式上的特点与百分比图式相似.

3 孢粉植被与古环境

萧家仪等^[10]曾对大湖地区孢粉类型的生态意义有所论述, 桤木和栲/石栎是大湖剖面木本花粉谱中两大优势成分. 桤木是落叶阔叶乔木, 桤木林在中国南北方均有分布, 适宜冷凉湿润的生态环境^[11]. 国外有报道称, 桤木花粉属超代表性花粉^[12]. 在中国云南滇池周围 30 km 范围内无桤木林分布, 现代滇池湖相沉积物中, 桤木花粉可达木本花粉的 11.9%~14.3%, 栲/石栎为建群种的常绿阔叶林, 是中亚热带地带性植被, 生长环境温暖湿润, 栲/石栎花

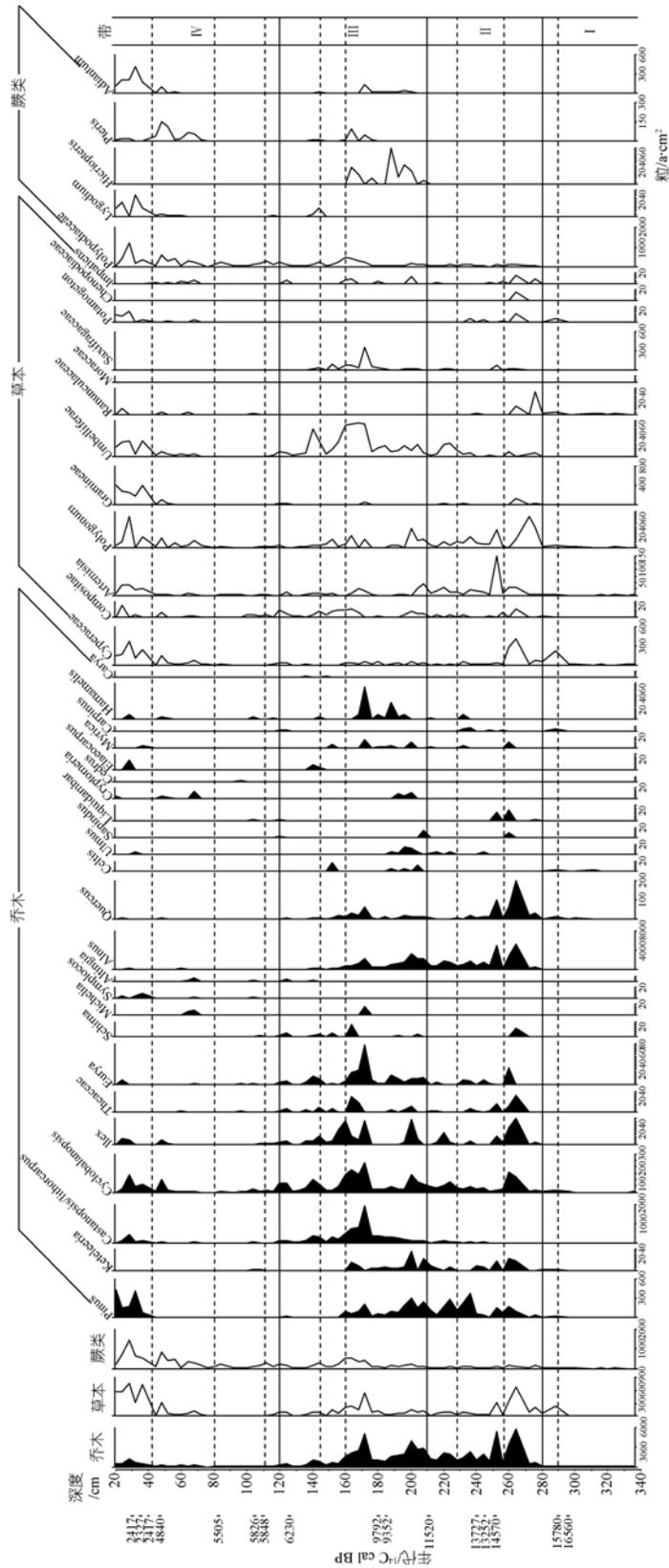


图 3 大湖剖面孢粉汇集量图

粉代表性较桫木低得多 [13], 大湖所处的定南及邻近县区, 现桫木和栲/石栎仅零星生长, 但大湖剖面顶部的耕作土中, 桫木花粉达 7%~15%, 栲/石栎花粉几乎不见. 本文主要用这两类典型的乔木花粉, 结合其他孢粉成分, 来反演大湖地区 18000 cal a BP 以来的孢粉古植被的演变史与古气候.

带 I: (约 18330~15340 cal a BP), 本带地层可能是河流相, 上部出现湖相沉积. 本带中桫木花粉含量远高于大湖表层桫木花粉含量, 反映的应是桫木为建群种, 混生其他乔木的落叶阔叶林. 现代与大湖最近的天然桫木林, 分布在湖南省城步县南山地区 (25°48'~25°58'N, 110°36'~110°40'E), 海拔 1300 m 以上的山间洼地及溪流两侧为地下水位较高的地带 [14]. 现今南山海拔 1700 m 处的年均温为 11.5°C, 年降雨量 2018 mm. 据此推测带 I 阶段, 大湖地区年均温比现代低, 但湿度较大, 反映了凉、湿的环境. 在 285 cm (15630 cal a BP 左右), 木本植物花粉百分比有一个谷值, 桫木最低含量小于 20%, 草本植物莎草科百分比和汇集量出现高值, 可能当时森林退出大湖地区. 植被转为沼泽湿地, 表明此时有变冷的气候事件. 285 cm 的冷事件可与 Herinrich 事件相对应.

带 II: (约 15340~11600 cal a BP), 大湖地区为浅湖沼泽. 高含量的桫木花粉表明景观仍是落叶阔叶林, 森林中常绿的栲/石栎开始连续出现, 气候与带 I 相比, 趋于变暖. 尤其在 255~230 cm (15000~12960 cal a BP) 木本花粉含量最高. 在 230~210 cm (约 12960~11440 cal a BP), 桫木花粉含量降至 70% 左右, 松 15% 左右, 可能这一时期环境有凉、干的趋势.

带 III: (约 11600~6080 cal a BP), 大湖地区湖泊发育. 本带中栲/石栎以及青冈含量快速上升, 在 180 cm (9770 cal a BP), 栲/石栎急剧升高到 30%, 桫木骤降至 50% 以下. 森林为中亚热带常绿阔叶林. 气候暖湿, 年均温和降水量与现今相似或略高于现代.

带 IV: (约 6080 cal a BP~现代), 大湖地区沼泽发育. 孢粉特点表明植被中森林面积缩小, 蕨类植物(水龙骨)急剧增多, 可能气候环境向凉、干方向转化, 但在 100 cm (5750 cal a BP) 和 60 cm (5080 cal a BP) 处, 有落叶阔叶桫木林的两个短暂的繁茂期, 可能显示了气候湿润波动. 65 cm 以上, 禾本科花粉明显增高, 蕨类孢子有所降低, 表明植被受到了人类农耕的干扰.

4 讨论与结论

大湖孢粉序列揭示了南岭山地 18000 cal a BP 以来的孢粉植被与环境千年尺度的变化, 与现代中国东部季风区的植被与气候对比, 约 18000~15000 cal a BP 桫木林的景观, 表明大湖地区温度条件与现代暖温带相似, 湿度比暖温带大. 约 15000~11600 cal a BP, 为含少量常绿阔叶树的落叶阔叶林, 大湖地区的年均温, 与暖温带向亚热带过渡带相似, 湿度仍较大. 约 11600~6080 cal a BP, 常绿阔叶林的植被表明环境暖、湿. 约 6080 cal a BP 以来, 森林和非森林植被互为转换, 景观变化大, 与前阶段高温、高湿期相比环境偏温、干. 与中国北方地区不同的是, 18000~6000 cal a BP, 低纬度的大湖地区气候有凉暖干湿的变化, 但自然环境基本保持湿润状态, 较稳定保持森林景观. 理由是大湖地区距海洋较近, 即使在气候冷干的冰期和夏季风退缩期, 海洋湿润气团仍能给南岭地区带来较丰沛的降水. 再因低纬地区受太阳辐射强度大, 即使在冰期和冬季风强盛期, 仍比北方高出一定的热量条件. 因此 18000 cal a BP 以来的自然界水、气变化的幅度不太可能改变南岭山地的森林植被景观. 同属低纬度和气候同受海洋影响较大的台湾中部的 Toushe 盆地 (23°49'N; 120°53'E) 的孢粉序列, 末次冰期以来也基本上保持森林植被 [15], 而青藏高原东部的孢粉资料, 揭示在末次冰盛期时, 高原东部为荒漠草原-草原植被, 年均温较现代低 6°C 左右, 干旱或半干旱、半湿润的气候. 间冰期和全新世中期为山地针叶林, 代表温湿气候 [16]. 冰期与间冰期, 冬、夏季风进退转换范围大, 中国高纬度的内陆地区, 植被类型变化明显, 往往是草原演替为森林, 或荒漠演替为草原、森林. 温度和降水变化幅度大. 有研究认为全新世气候事件发生时, 中国南方偏凉偏干的气候变化幅度不及中国北方那么明显 [1]. 关于气候事件在低纬度地区气候变化的幅度, 尚有争议 [17, 18]. 孢粉学研究认为, 大湖地区在 18000 cal a BP 以来的气候事件, 温度和降水的变化明显小于中国北方和内陆地区. 可认为中国低纬度和高纬度地区, 内陆和近海地区, 气候变化响应模式有较大差异.

带 I 上部 15630 cal a BP 左右, 孢粉显示森林面积减少, 草本植物(莎草科)面积增大. 气候可能有偏冷偏干事件. 在中国北方和内陆地区, 莎草科花粉占优势多为较湿润的泥沼环境. 在低纬度离海洋较近

的大湖地区,湿润的栲木林生长时段,含一个短暂的莎草科植被繁茂波动,气候变化模式与北方和内陆地区可能不等同.台湾岛Toushe盆地在MIS 5阶段的孢粉组合中,莎草科花粉含量高达30%的层段,反映的环境可能不如现代湿润^[15].可以假定15630 cal a BP孢粉植被,指示环境较现代偏凉、偏干,是H1事件大湖地区的响应.贵州董歌洞(25°17'N, 108°5'E)与大湖泥炭矿同属华南季风气候区,直线距离为730 km左右,石笋的研究中已检索到H1事件^[2].H1事件可能是18000 cal a BP以来大湖降温和变干幅度最大的事件,气温可能与现今中国北方暖温带相似,年降水量比现今要低,但没有达到北方内陆干旱或半干旱、半湿润的气候条件.这仅是从古植被演替的角度,论证南方湿润地区与北方地区对冷干事件不同的响应模式.

在230~210 cm处,栲木花粉含量70%左右,松花粉增高至15%~20%,落叶阔叶林盖度略有减少.但在低纬度和海陆位置条件下,这一层段大湖地区仍较湿润.与245~230 cm栲木花粉含量85%的层段相比,可能气候有小幅的凉、干波动,Zhou等^[9]对大湖剖面的TOP指标和岩相分析认为,228~211 cm为YD事件.并论证中国低纬度YD事件偏凉偏湿的机制.而北半球为温度、湿度剧降的寒冷干旱气候^[19].高低纬度地区YD事件的表现模式有差异.大湖地区在YD事件时,温度和降水仅微弱下降.理由是大湖所在的南岭山地靠近海洋,纬度较低,接受的太阳辐射较大,温度和降水的变化幅度在落叶阔叶林的生态域内,植被变化不明显.董歌洞记录中有YD事件记录^[2],证实YD事件在华南地区有所响应.

大湖孢粉序列在9500~6000 cal a BP期间,植被演替为环境暖湿的常绿阔叶林,在160 cm(8470 cal a BP左右)、145 cm(7480 cal a BP左右)乔木花粉有低值波动,常绿阔叶乔木栲/石栎花粉出现谷值,波动值大于10%,青冈花粉略增.蕨类植物增多,水龙骨科的孢子含量峰值在20%左右.预示这两个时间点有不稳定气候事件的发生.Paul和Mayewski等^[20]根据50个全球纪录的对比,揭示在9000~8000 cal a BP有快速气候变化事件^[20],阿拉伯海钻孔723A和盒式取芯点RC2730有孔虫记录,并结合北大西洋赤铁矿百分含量揭示的季风变弱事件^[21],与这一时段两次

波动事件有相似性.姚檀栋等^[22]对敦德冰芯研究中发现,在8.7 ka BP有一次强降温事件,古里雅冰芯记录8200 ka BP有一次冷事件^[23].贵州董歌洞石笋同位素指标,表明在7.2, 8.3 ka BP(²³⁰Th年龄)有亚洲季风减弱事件^[3].大湖地区8470, 7480 cal a BP气候偏凉、干事件与董歌洞石笋 $\delta^{18}\text{O}$ 曲线有比较好的对应(图4).需指出的是,偏凉、干的气候事件时,孢粉植被仍为常绿阔叶林景观,林中耐凉、干的成分,如松、青冈,冬青、栎和蕨类植物在这两个事件时多一些.推测大湖地区这两次偏凉偏干事件,年均温和年降水量波动幅度不大.

大湖地区6000 cal a BP以来,孢粉组合最大特点是木本植物花粉急剧减少,草本植物花粉在后期含量高,蕨类孢子急剧增多,孢粉植被与6000 cal a BP以前比较,发生了明显的变化,气候环境在6000 cal a BP左右,向凉、干转化.大湖剖面的TOC测试结论,和孢粉植被反映的环境比较一致^[9],有研究认为在全新世中期厄尔尼诺与拉尼娜事件频发,中全新世SST和拉尼娜条件下^[25],易导致东亚季风干旱化,气候的干旱引起植被变化.这一阶段木本植物花粉与蕨类孢子波动值较大,且互为消长.在110 cm(5850 cal a BP), 80 cm(5450 cal a BP), 45 cm(4800 cal a BP)处,木本植物花粉出现谷值,蕨类植物出现峰值或高值,可能预示6000 cal a BP以来有3次气候不稳定凉、干事件.间隔约为400~600 a左右.5850和5450 cal a BP事件可以与敦德冰芯6000~5000 a BP的气候波动对比^[22],5450和4800 cal a BP气候事件可能对应于董歌洞5500, 4400 a BP的气候事件.6000 cal a BP以来,人类活动对植被的破坏应予以重视.大湖以西约190 km,有广东省著名的石硤新石器时期文化遗址,年代约为4800~4200 a BP(¹⁴C年龄)^[26,27],该遗址出土了人工栽培的籼稻和粳稻,表明在约5500 cal a BP时农耕地已经开始展开.人类活动和农耕业的开展对自然植被有破坏作用.有报道称在大湖的泥炭层中,发现保存完整、制作精细的石斧、石箭和动物骨骼化石¹⁾,这证明新石器时期大湖地区已有人类活动.在长江三角洲太湖地区全新世的孢粉研究中,5000(5400) a BP时,阔叶乔木花粉急剧减少,松、碎米荠(*Cardamine*)和鳞盖蕨(*Microlepia*)含量剧增;江苏北部和上海崇明岛距今约5000 cal a BP以来的

1) 南京师院地理系第四纪地质与泥炭研究室,东北师大地理系泥炭沼泽研究室.江西省泥炭资源考察报告.1981年5月

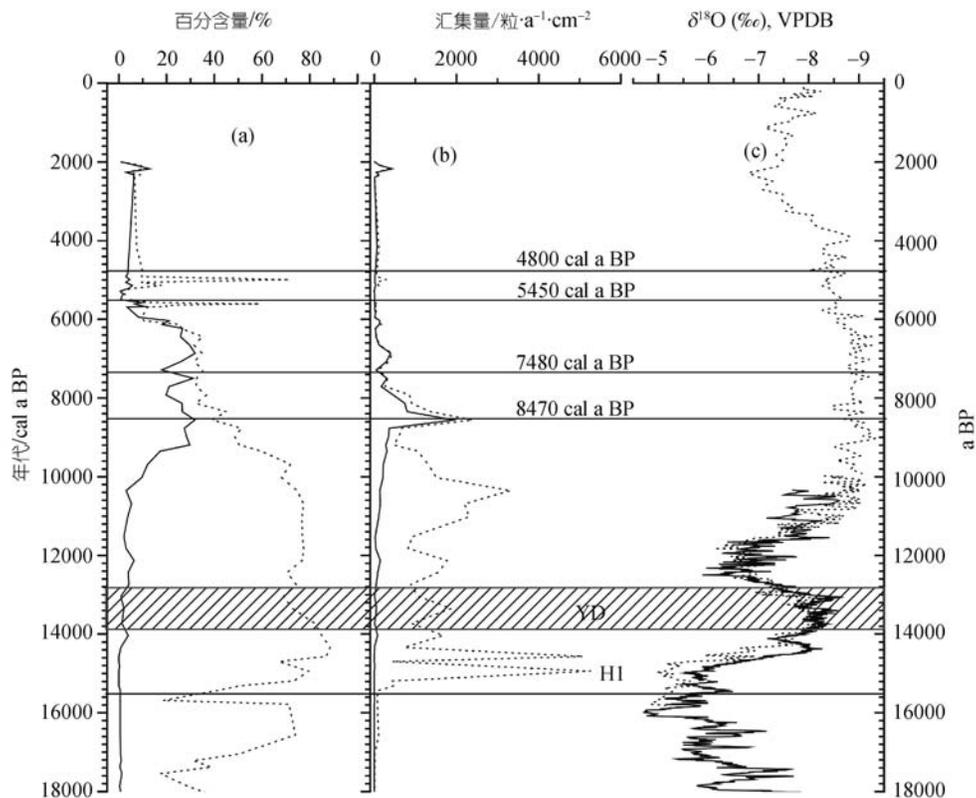


图 4 大湖孢粉泥炭气候事件对比

(a) 大湖泥炭木本花粉主要种类百分含量曲线(实线为栲/石栎、虚线为枹木); (b) 大湖泥炭木本花粉主要种类汇集量曲线(实线为栲/石栎、虚线为枹木); (c) $\delta^{18}\text{O}$ 含量曲线(实线为南京葫芦洞石笋 $\delta^{18}\text{O}$ 含量曲线^[24], 虚线为董歌洞石笋 $\delta^{18}\text{O}$ 含量曲线^[23])

地层中出现许多荞麦(*Fagopyrum*)花粉, 研究者认为是在大气候变凉、干的背景下, 受到人类活动干扰产生的^[28,29]。华南沿海地区全新世时, 当人类活动破坏原生植被后, 孢粉植被中的次生草坡以蕨类植物芒萁(*Dicranopteris*)和禾本科(开展农耕)为主, 并发育次生的马尾松林^[6]。珠江三角洲新石器时期人类活动地区的孢粉组合表明, 古代先民的活动会带来蕨类植物的增加, 和阔叶乔木的减少^[6]。因此, 大湖地区 6000 cal a BP 以来, 凉、干气候引起了孢粉植被类型的变化, 在这个过程中人类活动具有叠加作用。

致谢 成文过程中得到汪永进教授的指导, 陈晔老师对本文提出了宝贵意见, 在此一并致谢。

参 考 文 献

- An Z S, Porter S C, Kutzbach J E, et al. Asynchronous Holocene optimum of the East Asian monsoon. *Quat Sci Rev*, 2000, 19: 743—762 [\[DOI\]](#)
- Yuan D X, Cheng H, Lawrence Edwards R, et al. Timing, duration, and transitions of the last interglacial Asian monsoon. *Science*, 2004, 304(23): 575—578 [\[DOI\]](#)
- Wang Y J, Cheng H, Lawrence Edwards R, et al. The Holocene Asian monsoon: links to solar changes and North Atlantic climate. *Science*, 2005, 308(6): 854—857 [\[DOI\]](#)
- 王汝建, 李建. 南海 ODP1143 站第四纪高分辨率的蛋白石记录及其古生产力意义. *科学通报*, 2003, 48 (1): 74—77
- 吴国璋, 孙湘君. 南海北部陆坡晚第四纪有机壁浮游藻类记录及其环境意义. *海洋地质与第四纪地质*, 2000, 20(2): 57—63
- 郑卓. 华南沿海热带-亚热带地区全新世变化与人类活动的关系. *第四纪研究*, 2004, 24(4): 390—391
- 钟金岳. 赣南埋藏泥炭的分布规律及类型特征. *东北师大学报(自然科学版)*, 1981, 4: 75—81
- 林英, 尤迪宗, 杨祥学, 等. 江西省九连山自然保护区的植被. *植物生态学与地植物学丛刊*, 1981, 45(2): 110—119
- Zhou W J, Yu X F, Burr G, et al. High-resolution evidence from southern China of an early Holocene optimum and a mid-Holocene dry event during the past 18000 years. *Quat Res*, 2004, 62: 39—48 [\[DOI\]](#)
- 萧家仪, 王建, 安芷生, 等. 南岭东部新仙女木事件的孢粉学证据. *植物学报*, 1998, 40(11): 1079—1082
- 中国植被编辑委员会, 吴征镒. *中国植被*. 北京: 科学出版社, 1980. 272—273
- Bradley R S. *Quaternary Paleoclimatology*. Boston: ALLEN &

- ONWIN, 1985. 295
- 13 吴玉书, 萧家仪. 云南呈贡梁王山现代花粉雨研究. 云南植物研究, 1989, 11: 145—153
- 14 肖育檀, 曹铁如, 彭重华, 等. 城步县南山地区植被的合理利用. 植物生态学与地植物学学报, 1987, 11: 67—74
- 15 Liew P M, Huang S Y, Kuo C M. Pollen stratigraphy, vegetation and environment of the last glacial and Holocene—A record from Toushe Basin, central Taiwan. *Quat Int*, 2006, 147: 16—33 [\[DOI\]](#)
- 16 唐领余, 沈才明, 孔昭宸, 等. 青藏高原东部末次冰期最盛期气候的花粉证据. 冰川冻土, 1998, 20(2): 137—139
- 17 刘金陵, 王伟铭. 关于华南地区末次冰盛期植被类型的讨论. 第四纪研究, 2004, 24(2): 213—217
- 18 孙湘君, 罗运利. 用花粉记录探索古植被——答“关于华南地区末次冰盛期植被类型的讨论”. 第四纪研究, 2004, 24(2): 217—221
- 19 周卫健, 李小强. 新仙女木期沙漠/黄土过渡带高分辨率泥炭记录——东亚季风气候颤动的实例. 中国科学 D 辑: 地球科学, 1996, 26(2): 118—124
- 20 Paul A, Mayewski, Eelco E, et al. Holocene climate variability. *Quat Res*, 2004, 62: 243—255 [\[DOI\]](#)
- 21 Anil K Gupta, David M Anderson, Jonathan T Overpeck. Abrupt changes in the Asian southwest monsoon during the Holocene and their links to the North Atlantic Ocean. *Nature*, 2003, 421(23): 354—359 [\[DOI\]](#)
- 22 姚檀栋, 施雅风, Thompson L G, 等. 祁连山敦德冰心纪录的全新世气候变化. 见: 中国全新世大暖期气候与环境. 北京: 海洋出版社, 1992. 206—211
- 23 王宁练, 姚檀栋. 全新世早期强降温事件的古里雅冰芯记录证据. 科学通报, 2002, 47(11): 818—824
- 24 Wang Y J, Cheng H, Edwards R L, et al. A high-resolution absolute-dated late Pleistocene monsoon record from Hulu Cave, China. *Science*, 2001, 294: 2345—2348 [\[DOI\]](#)
- 25 Riedinger M A, Steinitz-Kannan M, Last W M, et al. A 6100 ¹⁴C yr record of El-Nino activity from the Galapagos Islands. *J Paleol*, 2002, 27: 1—7 [\[DOI\]](#)
- 26 杨式挺, 向安强. 中国稻作农业起源再思考. 中石器文化及有关问题研讨会论文集. 广州: 广东人民出版社, 1999. 369
- 27 杨式挺. 广东新石器时代文化与毗邻原始文化的关系. 中国考古学会第七次会议论文集. 北京: 文物出版社, 1989. 31—32
- 28 许雪珉, William Y B, 刘金陵. 11000 年以来太湖地区的植被与气候变化. 古生物学报, 1996, 35(2): 179—185
- 29 Sangheon Yi, Yoshiki Saito, Zhao Q H, et al. Vegetation and climate changes in the Changjiang (Yangtze River) Delta, China, during the past 13000 years inferred from pollen records. *Quat Sci Rev*, 2003, 22: 1508—1517