

长江三峡库区全新世环境考古研究进展

朱 诚¹, 马春梅¹, 李 兰¹, 孙智彬², 郑朝贵³, 白九江⁴, 朱光耀⁵, 黄 润⁶

11 南京大学 地理与海洋科学学院, 江苏 南京 210093

21 四川省文物考古研究院, 四川 成都 610041

31 安徽滁州学院 地理系, 安徽 滁州 239012

41 重庆市文物考古所, 重庆 400013

51 安徽蚌埠学院 人文与社会科学部, 安徽 蚌埠 233050

61 皖西学院 城市建设与环境系, 安徽 六安 237012

Zhu Cheng¹, Ma Chunmei¹, Li Lan¹, Sun Zhibin², Zheng Chaogui³, Bai Jiujiang⁴,
Zhu Guangyao⁵, Huang Run⁶

11 School of Geographic and Oceanographic Sciences, Nanjing University, Nanjing 210093, China

21 Cultural Relic and Archaeology Research Institute of Sichuan Province, Chengdu 610041, China

31 Department of Geography, Chuzhou College, Chuzhou 239012, China

41 Institute of Cultural Relics and Archaeology, Chongqing 400013, China

51 Department of Humanity and Social Sciences, Bengbu College, Bengbu 233050, China

61 Department of Geography and Environmental Science, Wanxi College, Lupan 237012, China

Zhu Cheng, Ma Chunmei, Li Lan, et al. The progress in the study of environmental archaeology during the Holocene in Three Gorges reservoir area of the Yangtze River. *Earth Science Frontiers*, 2010, 17(3): 222-232

Abstract: In this study, the authors made use of the most valuable chance of salvage excavation of the cultural relics in the Three Gorges Project to do environmental archaeology research in two typical archaeological sites: the Zhongba Site in Zhongxian County and the Yuxi Site in Fengdu County of Chongqing City, and one natural peat profile, the Dajiuhe peat of Shennongjia Mountain. Chronology, sedimentology, component and morphology of heavy minerals, micromorphology of zircon, geochemistry and environmental magnetism were used to distinguish the paleoflood deposits in archaeological sites. In addition, the sporopollen-climate conversion function was set up and used to study the Dajiuhe peat, and the authors revealed the environmental evolution back to ground since the Holocene out and made the comparison between the environmental evaluation records of natural sedimentary strata and the paleoflood events in the typical archaeological sites. The study of the temporal-spatial distribution of the archaeological sites shows that the 677 archaeological sites from the Paleolithic Age to the Tang and Song Dynasties in the Three Gorges reservoir of Chongqing area distributed more and more densely from west to east and from high land to low land. Most of the sites were distributed along the river and aggregated at the confluence. Obviously, the altitudes of archaeological sites in the Paleolithic Age and the Neolithic Age are much higher than those of historical sites. The human beings of each generation would like to choose the first or the second river terraces as living sites, which are nearer to the water sources and easier to withstand floods. Our research indicates that the reason for the Zhongba Site being able to stand over five thousand

收稿日期: 2009-02-21; 修回日期: 2010-02-20

基金项目: 国家自然科学基金重点项目(90411015); 国家自然科学基金面上项目(40971115); 黄土与第四纪地质国家重点实验室开放基金项目(SKLLQG0817); 国家基础科学人才培养基金项目(J0630535)

作者简介: 朱 诚(1954), 男, 教授, 博士生导师, 主要从事地貌与第四纪地质、环境演变与全球变化研究。E-mail: zhuchengnj@yahoo.com.cn

years was related to the salt industry and the favorable ecologic environment. The research indicates that since 76 ka BP, at least 16 times of paleoflood with water level above Wusong Elevation 147 024 m (a. s. l.) left deposits in the Neolithic layers of unit T0403 from the Yuxi Site. Pollen analysis of the 148 samples and 10 AMS¹⁴C dating data from the peat core with depth of 297 cm in the Dajihu Basin offered good information of natural environment background during the Holocene, especially the 812 ka BP cold event, which might be a representative in the globe. Then, multi-proxy records were relatively stable during 617242 ka BP, which shows the best water and thermal condition in the Holocene Optimum. Around 42 ka BP, the climate and environment transformed from warm and wet to cool and dry. During 35209 ka BP, precipitation amount was low. After 09 ka BP, the climate turned cool and wet. According to our study, ten paleoflood layers appeared during 82267 ka BP, eight during the Holocene Optimum (67242 ka BP) and only two (the layer 3721 during the West Zhou Dynasty and the layer 21 during the Warring States) during 315209 ka BP when precipitation reduced. During the rather much precipitation period since 09 ka BP, three flood layers (the layer 11021 in the middle Song Dynasty, the layer 21 in the Qing Dynasty and the layer 2B22 of 1981) existed in the Zhongba Site. The results indicate that flood frequency was the highest during 812267 ka BP and the second high during 67242 ka BP. This paleoflood rule in the Three Gorges reservoir area may be able to explain why the archaeological sites lacked during 78511 ka BP in the Jiangnan Plain of the middle reaches of the Yangtze River.

Key words: Three Gorges reservoir area of the Yangtze River; environmental evolution during the Holocene; environmental archaeology; paleoflood events; study process

摘要:充分利用长江三峡工程文物抢救性发掘的宝贵机会,通过对重庆市忠县中坝遗址、丰都县玉溪遗址等典型遗址和神农架大九湖泥炭地层环境考古研究,摸索出了一套利用年代学、沉积学、重矿物组分鉴定、锆石形态统计、地球化学和环境磁学方法辨别考古遗址地层中古洪水沉积的方法;建立了该区地表孢粉气候的转换函数,并将其用于对神农架大九湖泥炭地层的研究,弄清了该区全新世以来环境演变的背景,并将自然沉积地层环境演变记录与典型考古遗址地层古洪水事件作了对比分析。遗址时空分布研究表明:长江三峡库区旧石器时代至宋代677处遗址时空分布总趋势是从西往东、从高往低逐渐增加的,遗址多沿江河分布,且在河流交汇处呈聚集状态,这与人类多选择河流1~2级阶地为生、河流交汇处鱼类资源丰富有关。研究表明:中坝遗址能延续5000a的原因一方面与其盐业遗址的属性有关,另一方面与其长期具有良好生态环境有关。从该遗址T0202探方出土近20万件动物骨骼的分类统计证明了这一点。716ka BP以来,水位在吴淞高程147 024 m以上的古洪水至少在玉溪遗址T0403探方中留下了16次沉积记录。神农架大九湖297 cm厚的泥炭及其148个孢粉样品和10个AMS¹⁴C测年数据表明,该泥炭地层为本项目提供了理想的全新世自然环境演变背景,尤其812ka BP前后的降温事件很明显,67~42ka BP为全新世最适宜期,412ka BP前后由暖湿转为凉干,315~09ka BP季风降水整体较弱,09ka BP前后转为较凉湿。根据对中坝和玉溪两处遗址地层的研究,在812~67ka BP期间出现有10个古洪水层;在67~42ka BP全新世最适宜期遗址地层中出现有8个古洪水层;在315~09ka BP降水减少的时期,中坝遗址中仅出现2个洪水层(即西周时期的3721和战国早期的第21层);在09ka BP以来降水较多的时期,中坝遗址中存在3个洪水层(即宋代中期的11021层、清代的21层和1981年的2B22层)。这表明,812~617ka BP的洪水在三峡地区次数是最多的,67~42ka BP的洪水数量次之。长江三峡库区的这一古洪水发生规律或许可以解释长江中游的江汉平原在78~511ka BP期间遗址数量偏少的原因。

关键词:长江三峡库区;全新世环境演变;环境考古;古洪水事件;研究进展

中图分类号:X141 **文献标志码:**A **文章编号:**10052321(2010)03022211

2003年ICSU和UNESCO已将/全新世快速自然变化和环境灾变与人类的响应0作为最新研究计划^[22]。研究表明,全新世环境的快速变化,不仅有自然环境演变,还有人类活动的交叉影响,如何研

究自然和人文复合影响是一个复杂并有一定难度的科学问题。解决这个问题的理想途径是:将典型的遗址地层与自然连续沉积地层作结合研究,而这正是我们过去的薄弱环节。近年笔者在参加四川省文

物考古所主持的三峡库区抢救性考古发掘中, 发现忠县中坝等遗址已具备了全新世人地关系高分辨率研究的理想素材。本文即是对国家自然科学基金重点项目长江三峡库区全新世环境考古研究的工作总结。

1 研究区概况

此项研究主要集中在对重庆市忠县中坝遗址、丰都县玉溪遗址、巫山县张家湾遗址和双堰塘遗址以及神农架大九湖泥炭地层的环境考古研究。中坝遗址位于重庆市忠县县城以北 41.5 km 的竹井河左岸冲积扇上, 遗址东西长约 350 m, 南北宽约 140 m, 总面积约 49 000 m²。由于河水对冲积扇右缘的常年冲刷, 该遗址主体部分已成河床左侧一座面积约 7 000 m² 的孤岛, 故称/中坝0, 遗址由此得名。该遗址由于具有从新石器时代 y 夏商周 y 春秋战国 y 汉代 y 六朝 y 唐宋明清 y 近现代长达 5 ka 的完整无缺的考古文化层^[3], 又因出土器物多达 20 万件并发现数量极多的动物骨骼(在 200 多个探方中, 仅在一个探方就发现 20 多万件含哺乳类、鸟类、鱼类、两栖类和爬行类至少 42 个以上属的动物骨骼等, 故该遗址被评为 1999 年全国十大考古发现之一)。玉溪遗址位于丰都县高家镇金刚村长江右岸一级阶地上, 海拔 153~175 m, 面积 80 000 m², 遗址北隔玉溪河与玉溪坪新石器时代遗址相望, 南依信号台与石地坝商周遗址相邻, 遗址中心地理坐标为 30°02'14"N, 107°51'38"E。该遗址于 1992 年三峡库区文物调查时发现, 1997 年重庆直辖市成立以后, 重庆市文物考古所曾于 1998、2004 年对玉溪遗址进行了较大规模的发掘, 基本弄清了玉溪遗址文化内涵及分布情况。研究发现, 该遗址地层具有从新石器时代玉溪下层文化早期 y 玉溪下层文化中期 y 玉溪下层文化晚期 y 玉溪上层文化早期 y 玉溪坪文化 y 唐宋 y 明清至近代长达数千年的自然和人类文化堆积, 并具有蕴含众多古洪水事件的自然淤积层。大九湖位于神农架西端海拔 1 760 m 的山间盆地, 面积约 16 km², 年平均温度 7.2 °C, 夏季最高温 17.1 °C, 冬季最低温度 2.4 °C, 年降水量 1 500 mm 左右, 分布有成层的沼泽, 并普遍埋藏泥炭, 泥炭中富含孢粉化石, 记录了该区域环境演变的信息。李文漪等^[4]、刘光琇^[5]、刘会平等^[6]和何报寅等^[7]曾对大九湖地层做过较详细的孢

粉研究, 获得了大量该地区全新世以来孢粉和植被序列与气候波动变化的信息, 表明这一地区是研究全新世自然环境和古气候演变的重要地点。本项研究获得的发现主要集中在以下 4 方面: 遗址时空分布学研究、典型遗址考古地层学研究、自然沉积地层环境演变记录与典型遗址地层古洪水事件对比研究和方法学研究方面。

2 研究获得的主要发现

2.1 遗址时空分布学的研究

采用 GIS 空间分析方法, 对重庆库区旧石器时代至唐宋时期考古遗址时空分布特征从遗址的时间分布、平面空间分布和垂直空间分布 3 个方面进行了分析。采用神农架大九湖旧石器时代以来连续沉积泥炭地层的孢粉记录, 并结合前人对历史时期自然环境演变研究, 对本区旧石器时代至唐宋时期自然环境背景进行了重建。通过考古遗址时空分布与自然环境的对比, 对本区新石器时代至唐宋时期考古遗址分布的时空变化与自然环境演变、自然灾害变的关系进行了探讨。研究表明, 重庆库区旧石器时代至唐宋时期 677 处遗址时空分布的总趋势是从西往东、从高往低逐渐增加的。遗址多沿江河分布, 且在河流交汇的区域呈聚集状态。史前的旧石器时代和新石器时代遗址分布高度明显高于历史时期。

分析认为: (1) 各时代人类都需要选择既靠近水源、又便于抵御洪水的河流 1~2 级阶地为生存地点。全新世以来, 受区域构造抬升作用, 河流相对下切, 时代较早的史前遗址往往被置于较高的海拔位置。(2) 重庆库区地形起伏较大, 在受河流侧旁侵蚀与堆积形成的宽谷和阶地才有更多适于古人生存的空间, 故遗址多沿江河分布。(3) 本区早期经济以渔猎和农业为主, 但在山地地区陡峭的地形限制了耕作业发展, 而在河流交汇处地势平坦, 土地肥沃, 鱼类资源丰富, 因而成为人们较为理想的耕作和渔猎场所。(4) 本地区人类遗址时空分布变化受气候条件影响较大^[8]。

根据对长江三峡地区考古的研究成果, 在分析该地史前遗址分布情况的基础上得出结论: 三峡地区独特的自然地理条件及其变迁, 使得当地各个时期的人类主要是沿着沿河两岸优越的环境中生存和发展, 环境的变迁对生存地点的选择产生着重要的

影响。遗址数量的增加反映着自然环境的适宜, 而遗址数量的减少正是洪水等自然灾害影响的结果^[9]。

湖北旧石器时代至战国时期 1 362 处遗址时空分布的总趋势是从西往东、从高往低逐渐增加的。旧石器时代海拔 50~ 500 m 的遗址数占当时遗址总数的 78%, 而新石器时代至战国时代 71%~ 95% 的遗址分布于 0~ 200 m 的海拔区。该区遗址时空分布变化主要受两方面影响: 一是各时代人类都需要选择既靠近水源、又便于抵御洪水的河流 1~ 2 级阶地为生存地点。而全新世以来受区域构造抬升影响, 河流下切会形成新河谷, 且构造运动稳定期河流侧旁侵蚀与堆积也导致大量新阶地在低海拔区增多。因此, 人类为适应河流阶地位置变化的迁徙, 导致该省中东部低地区遗址逐渐增多。二是该区人类遗址时空分布变化还受气候条件影响。旧石器文化遗址主要分布在十堰东北部汉水流域以及荆州西南和荆门以东, 从河流地貌发育角度看, 该时期遗址分布在较高位置与此时期河流主要分布在较高地势区有关。城背溪文化时期原有的旧石器遗址分布区此时的遗址分布寥寥无几, 相反, 在西南部宜昌附近的长江沿岸却明显增多, 并成为该时期一个重要的分布区。大九湖孢粉谱的特征表明, 城背溪文化期遗址数只有 23 处可能与当时处于全新世湿热期降水量较大以及洪水较多有关。大溪文化、屈家岭文化和石家河文化对应于大九湖孢粉带 δ 的中上部, 这一阶段总体上气候适宜, 是有利于农业文明发展的全新世暖湿期, 在湖北中东部地区各时代遗址数递增显著, 但屈家岭文化时期, 原先分布在长江三峡地区的 34 处大溪文化遗址有 32 处消失, 而在襄樊(荆门) 孝感一线以北的较高地势区却猛然增长了近 90 处, 此种变化可能与当时水域范围扩大有关。楚文化时期对应于大九湖孢粉带 V, 处于全新世温干气候阶段, 但当时的温湿条件仍有利于农业耕种, 故该时期遗址数骤增至 593 处。湖北东南部海拔 0~ 50 m 的湖群区因地势低洼, 洪涝严重, 所以成为历代遗址分布最少的地区之一^[10]。

2.1.2 典型遗址考古地层学研究

(1) 利用/ 将今论古法则对中坝遗址疑似古洪水层和该遗址现代洪水沉积物的 AMS¹⁴C 测年、粒度、重砂矿物成分形态、锆石微形态、Rb/Sr、磁化率、TOC 等地球化学指标相似性比较研究发现, 该遗址除上部存在 1981 年现代洪水沉积物外, 还具

有清代、宋代中期、战国早期(400) 350 BC)、西周时期(920) 900 BC)、夏代(2070) 1600 BC) 和新石器时代(3000) 2300 BC) 6 期古洪水沉积物。其判定证据主要是古代洪水层和 1981 年现代洪水层都具有以下相似性特征: ¹ 概率累积曲线主要为三段或四段式; ² 悬移质组分粒度分布范围多在 3~ 10 μ m; ³ 沉积物分选性较好, 且以悬移质为主(> 50%); ⁴ 组成的重砂矿物种类和数量及形态基本相同; ⁵ 扫描电镜观察发现, 它们在锆石形态上多为半浑圆状, 有些已由四方双锥形被磨至近浑圆状, 表明均具有被流水长途搬运后留下的磨圆特征; ⁶ Rb/Sr 值(0.155~ 0.166) 均高于文化层的 0.103~ 0.126; ⁷ 磁化率值(1331 73~ 4331 05) 均远低于各文化层的 9591 25~ 2 4421 44; ⁸ TOC 含量(0.14%~ 0.33%) 都远远低于文化层的 11 13%~ 21 95% 含量。研究表明, 用上述/ 将今论古法比较手段来确定遗址古洪水层的真实属性是完全可行的^[11]。

(2) 通过对玉溪遗址地层 AMS¹⁴C 测年、粒度、重砂矿物组分与形态、锆石微形态、磁化率、Rb/Sr 和 Hg 等地球化学指标研究发现, 71 6 ka BP 以来, 水位在吴淞高程 1471 024 m(a. s. l.) 以上的古洪水至少在玉溪遗址 T0403 探方新石器时代地层中留下了 16 次沉积记录, 判定依据主要是: ¹ 玉溪遗址古洪水层与该处现代洪水层以及中坝遗址现代洪水层沉积物在粒度概率累积曲线上具有相似的三段式河流相沉积特征; ² 古洪水层与现代洪水层沉积物在重砂矿物组分及形态特征上具有相似性; ³ 洪水层磁化率值均很低(分布于 401 44~ 701 10 SI), 而文化层较高(范围在 591 59~ 1881 68 SI); ⁴ 洪水层 Hg 的含量较低, 在 2901 71~ 7421 51 ng/g, 文化层偏高, 在 3441 16~ 10 5181 17 ng/g; ⁵ 洪水层的 Rb/Sr 值高于文化层, 第 4、5、6、7 和 8 这 5 个文化层的 Rb/Sr 值亦较高, 表明遭受过洪水浸淹的影响。该遗址具有较多洪水层的原因, 与其位于一级支流流入长江干流交汇处一级阶地处的地貌部位有关。由于下游中坝遗址古洪水沉积亦有与此类似的特征, 表明从以上几方面判定遗址古洪水层的存在与否是可行的^[12]。

(3) 根据重庆市丰都县玉溪遗址的考古发现, 采用传统考古学方法, 从地层堆积特点、包含物、砾石产状、陶石器等多角度分析了该遗址文化层与疑似洪水层的差异, 确认了疑似洪水层即古代长江洪水的遗留, 并进而探讨了洪水的周期性问题^[13]。

(4) 重庆忠县中坝遗址 T0202 探方出土近 20 万件动物骨骼, 经对其中 129 165 块骨骼标本归类分析发现, 这些骨骼可归为哺乳类、鱼类、鸟类、两栖类和爬行类这 5 大类, 共有 13 目 28 科 42 属。在考古断代和 AMS¹⁴C 测年基础上, 通过对出土骨骼统计分析和最小个体数变化研究发现: ¹ 中坝地区在 2370) 200 BC 绝大部分时间均有分布的动物主要是栖息林间和草地的鹿、毛冠鹿、麂, 先民饲养的猪和狗, 啮齿类的兔和黑家鼠, 表明本区在该阶段基本上存在着良好的森林和草地生态环境, 先民饲养家畜从 1750) 1000 BC 就已开始, 并一直延续了下来。² 犀牛只在 2000) 1750 BC、1000) 700 BC 和 700) 500 BC 阶段出现, 表明这几个阶段草地和湿地生态环境可能更好一些。³ 而猴和棕熊只在 1750) 1000 BC 以后出现, 可能表明 1750) 200 BC 期间森林条件更为优越, 有利于林栖动物生长。⁴ 水牛和牛以及水獭最小个体数出现在 2370) 1750 BC 可能暗示早期水域面积比后期更广。⁵ 中坝遗址在 2000) 1750 BC 和 1000) 500 BC 的地层中, 均发现有犀牛骨骼, 根据现生犀牛所处的气候与生态环境分析, 可初步推测在 2000) 1750 BC 和 1000) 500 BC 时中坝年平均气温及降水量可能比现今要高。1100) 850 BC 虽然处于竺可桢先生提出的五千年来的第一个低温期, 但大九湖泥炭地层揭示的该时期仍存在有大量桑属、榆、水青冈、栎、栗等孢粉, 应表明至少在大九湖和中坝遗址地区气候仍然较为适宜。⁶ 中坝遗址在 310) 200 BC 出土了白唇鹿骨骼, 根据现生白唇鹿所处的气候与生态环境分析, 可初步推测在 310) 200 BC 期间中坝地区年平均气温和降水量比现今要低。前人对中坝遗址地层有机碳含量的研究亦证实了这一点^[14]。

(5) 进行了盐业考古、环境考古、动物考古、浮选、自然科学检测等多学科的综合研究。结果表明, 从当地矿产资源上看, 中坝遗址具备了盐业生产的自然条件; 从古代文献的记载上看, 当地汉代以来及以后一直就没有中断过的盐业生产应该开始于更早的时期; 从遗址地层堆积的特点和遗迹、遗物的特征方面看, 也与已知的聚落、冶铸铜、铁和烧陶制瓷等类遗址截然不同; 从自然科学方面所做的各项检测上看, 从当地卤水中检测出的除氯化钠以外的主要杂质, 在中坝遗址发现的房址、卤水槽以及圈底罐等遗迹和遗物上也存在, 这当然不是由于自然的原因而附集到它们的表面和内外壁, 而只能是在

生产的过程中形成的, 而且与国外的盐业遗址相比也有许多相同的特点。因此, 中坝遗址的性质是中国古代一个延续数千年的盐业生产类遗址! 该遗址的形成离不开盐业生产, 但与自然环境的关系也密不可分^[15]。

(6) 对长江三峡库区中坝遗址人和动物牙釉质 C 和 O 同位素进行分析, 重建该地区在距今约 21 4 ~ 41 2 ka 期间人和动物的食性特征。结果表明, 人类主要以 C₄ 作物如粟等为主要食物, 而水稻和小麦等 C₃ 作物含量较少, 一般少于 15%。猪的食物与人类牙釉质的食物存在显著的差别, 其 C₃ 植物含量总体上大于人类食物的 C₃ 作物含量, 但猪和人类的 D³C 值存在重叠, 表明人和猪的食物具有相似性。同时牙釉质 D³C 揭示人和猪的体内水分来源也明显不同。鹿和牛的食物也存在明显差别, 这是由于它们处于不同的生态位, 但它们的 D³C 值也部分重叠, 也有相似的食物成分, 在体内水分来源上它们之间也存在差别。杂食的人和猪与草食动物的鹿和牛不仅食物差别显著, 不具有相似性, 而且体内水分来源上也存在差别。41 2~ 21 4 ka BP 期间该地区人类农作物的生产方式和饮食习惯没有明显改变, 但猪的养殖方式发生了变化, 从放养到圈养, 猪的食物中 C₃ 作物含量不断增加。随生产力的发展, 到战国时期, 中坝地区出现了较大范围的人类迁徙活动^[16]。

(7) 长江三峡地区新石器生产工具的演变所反映的人地关系研究表明, 砍伐类工具数量百分比的波动与邻近地区自然剖面所示的环境演变有良好的关联性。三峡先人以石铎作为主要的木材加工工具, 并很可能从新石器早期起就懂得卯榫结构的优势。新石器早期的狩猎方式是投掷, 新石器中期该方式被继承并发展了猎获更多的射猎, 同时期出现捕鱼工具。中坝遗址西周时期地层大量网坠和纺轮同时出土不仅揭示了渔网捕捞的事实, 大量的鱼骨坑还证实了新型生产工具所带来的强大生产力。石铲与石锄的数量证明锄耕农业是三峡先民极为重视的生产活动, 中堡岛大溪文化时期农业发达得益于地貌、气候和交通位置等条件, 新石器晚期农具数量大为下降的原因与夏初的大洪水及部分古聚落的渔猎偏好有关。研究展现了新石器时代三峡先民重视渔猎与农耕, 以生产工具为媒介应对自然, 并不断创造、改进和综合利用, 谋求生存和发展的人地关系^[17]。

(8) 长江三峡大宁河流域大昌段河流两岸考古遗址的环境考古研究表明, 史前和历史时期河床演变对考古遗址的分布具有一定的影响, 制约着古人类活动和古文化发展。野外调查、年代测定、100 块河床砾石古流向分析以及考古发掘结果, 揭示了大宁河大昌段河床早期可能发育于双堰塘一带, 大概 30 ka BP 后开始逐步向西摆动, 直至现在的位置。随着河床逐渐向西摆动, 大宁河大昌地区古文化中心也发生多次迁移。西周时期, 大宁河东岸是先民主要居住区, 汉代时期, 随着河床逐渐向西摆动, 先民生活范围不再局限于河流东岸, 文化中心西移, 张家湾遗址区则成为汉代先民主要居住区。汉代后期, 该区发生洪水泛滥, 迫使先民由低处迁往高处, 汉晋墓葬由于河床西移和数次洪水冲刷, 其表层松散沉积物已被冲刷殆尽, 而出露于现在河床东岸的河漫滩上^[18]。

(9) 由于在苏北地区龙山文化末期也出现与古洪水有关的科学问题, 出于对比研究的目的和需要, 笔者还选择了被列为全国十大考古发现的连云港藤花落遗址作了地层学研究, 根据¹⁴C 测年、有孔虫和轮藻等微体古生物鉴定、Rb 和 Sr 含量测定、磁化率、粒度沉积相分析得出以下新发现: 在藤花落遗址末期地层及其上覆地层中均未发现任何与海相环境有关的有孔虫, 在 07LTT1 探方中发现 25 颗淡水环境的左旋目轮藻。其中, 龙山文化晚期地层之上的第 2 层有 22 颗, 在两处探方龙山文化晚期地层之上的第 2 层还发现 5 颗植物种子及 41 粒真菌孢子, 同时发现大量碳化根孔、植物种子外壳和根茎等。另发现, 藤花落遗址末期地层和其上方的文化间歇层沉积物粒度概率累积曲线呈明显的河流沉积三段式曲线, 藤花落遗址消亡之时该处两个探方地层 Rb/ Sr 值均较高。以上均可表明, 藤花落遗址的消亡与海侵无关, 41.2 ka BP 左右龙山晚期文化应是在经历较长期的陆地水患事件后才彻底被毁灭的^[19]。

(10) 中坝遗址地层 Rb、Sr、Hg 及 TOC 研究表明: Rb、Sr 和 Rb/ Sr 值较好地反映了约 4 250 a BP 以来气候变化过程, 主要干冷期可与敦德冰川 D⁸O 曲线谷值、湖光岩沉积物磁化率和 Ti 曲线峰值, 以及大气¹⁴C 浓度峰值和太阳活动水平较长期变化的低谷对比, 反映出地层中 Rb、Sr 不易受人类活动干扰的特性。结合考古遗存对比还发现, Hg、P、Ca、Mg 和 TOC 记录了该遗址约 4 250 a BP 以来人类

活动的 3 个不同演变阶段。进一步研究认为, 盐业遗址的衰落可能与洪水事件、盐泉资源的过度消耗以及由此造成的利用难度加大有关^[20]。

2.3 自然沉积地层环境演变记录及其与典型遗址地层古洪水事件的对比研究

(1) 根据对大九湖 297 cm 厚的泥炭地层 10 个 AMS¹⁴C 年龄的测定以及 148 块孢粉样品的分析, 发现每块样品的孢粉(浓度)含量都很高, 植物种类繁多, 分属于 137(科)属, 可划分为 7 个孢粉组合带, 植被类型演替大体为: 含少量常绿树种的针阔叶混交林 y 含常绿阔叶树种的落叶阔叶林 y 常绿落叶阔叶林 y 含常绿阔叶树种的落叶阔叶林 y 含少量常绿树种的针阔叶混交林。孢粉带 I(151 753 ~ 111 280 cal ka BP) 记录了该区域晚冰期及其向全新世过渡时期冷暖波动频繁的气候条件。其中亚带 I1(151 753 ~ 151 549 cal ka BP)、亚带 I3(141 936 ~ 141 505 cal ka BP) 和亚带 I5(121 655 ~ 111 280 cal ka BP) 可能分别对应最老仙女木期、老仙女木和新仙女木冷期, 而亚带 I2(151 549 ~ 141 936 cal ka BP) 和亚带 I4(141 505 ~ 121 655 cal ka BP) 分别对应博令和阿勒罗德暖期。孢粉带 II(111 280 ~ 91 218 cal ka BP) 代表了由晚冰期冷湿气候向全新世温暖气候转换的早全新世缓慢升温的过渡时期。孢粉带 III(91 218 ~ 71 530 cal ka BP) 代表中全新世前期的气温波动上升期, 71.7 cal ka BP 前后达到最高温。孢粉带 IV(71 530 ~ 41 051 cal ka BP) 代表中全新世适宜期, 水热配置条件最佳。孢粉带 V(41 051 ~ 01 911 cal ka BP) 体现晚全新世温干的气候。大九湖孢粉带 VI(01 911 ~ 0 cal ka BP) 反映了温凉稍湿的气候^[21]。

(2) 根据对神农架大九湖 297 cm 厚泥炭地层的采样以及该地层 10 个 AMS¹⁴C 测年数据发现, 该泥炭地层为本项研究提供了较为理想的全新世自然环境演变背景信息。利用在神农架地区采集的 121 个表土样品孢粉鉴定得出的结果, 结合对应的采样区 7 个相关气象站 30 年来(1971 年 1 月至 2000 年 12 月)连续观测的气象资料库, 选取 55 种常见孢粉, 采用空间拟合与逐步回归方法建立了神农架地区孢粉气候因子年平均温度的转换函数: $T = 71.649 - 21.330.97X_{\text{冷杉属}} - 01.108.73X_{\text{桦属}} - 01.173.52X_{\text{菊科}} - 01.131.76X_{\text{十字花科}} + 01.133.56X_{\text{大戟科}} - 01.830.69X_{\text{桔梗科}} + 11.964.94X_{\text{石韦属}} + 01.384.11X_{\text{凤尾蕨}} + 21.777.41X_{\text{卷柏属}} + 01.044.39X_{\text{厚壁单缝孢属}}$, 并利用大九湖 297 cm 厚的

全新世泥炭剖面的孢粉百分比含量数据对上述函数做了检验, 重建了大九湖 151 753 ka BP 以来的年平均温度变化序列。该温度序列较好地反映了晚冰期以来的气候变化特征, 对最老仙女木期、老仙女木、新仙女木期、81 2 ka BP 等极端冷气候事件和博令阿勒罗德暖期及气候波动都有准确的指示, 还揭示了全新世适宜期、晚全新世温干气候及近 1 ka 以来大九湖的气候变化特征。研究表明, 神农架大九湖地表和地层剖面孢粉样本同样具有重要的气候意义, 其温度转换函数和重建的温度序列对研究末次冰期以来的气候变化有着重要的参考价值^[22]。

(3) 以神农架大九湖地区的地表和地层孢粉样本为例, 采用经验正交函数(EOF)、多元回归和逐步回归方法对转换函数中孢粉因子对温度的敏感性进行了分析, 讨论了孢粉因子的选取方法, 并与其他相关研究工作进行了比较。结果表明, 孢粉样本中乔木高等植物的孢粉含量较大, 但对气候的敏感性相对较低, 对气候环境的演变、特别是气候突变的响应较迟缓。而低等植物草本(蕨类)孢粉对温度变化的敏感性相对较高, 对气候环境的突变响应迅速, 能够较显著地同步记录气候变化过程中的极端事件。不同区域的孢粉样本所反映出的气候敏感性, 在转换函数中的最优组合是不同的。逐步回归方法可以获得最大复相关系数和选出对气候环境变化最为敏感的孢粉因子及其组合, 仍是建立孢粉气候因子转换函数的最有效方法之一^[23]。

(4) 10 个 AMS¹⁴C 年龄数据表明, 神农架大九湖 297 cm 的泥炭沉积剖面约为 16 ka BP (¹⁴C 年龄为 131 3 ka BP) 以来的沉积。多地球化学指标分析揭示出, 研究区域 16 ka BP 以来的气候特点如下: ¹ 晚冰期阶段气候冷湿而不稳定, 121 6~ 111 4 ka BP 应是新仙女木时期的沉积, 151 2~ 121 6 ka BP (cal) 为博令2阿勒罗德暖期, 16~ 151 2 ka BP 为最老仙女木时期; ⁰ 早全新世总体上继承了晚冰期气候特点, 较为冷湿, 其中在 101 6 ka BP (cal) 前后出现较显著的干旱事件; [»] 中全新世总体很温暖湿润, 其中 91 2~ 71 5 ka BP 是逐步升温的过程, 降水相对较少, 在全球具有代表意义的 81 2 ka BP 前后的降温事件反映较明显, 61 7~ 41 2 ka BP 期间各种替代指标相对稳定, 是中全新世水热配置的最适宜期; ^¼ 在 41 2 ka BP 前后发生的中晚全新世的季风衰退事件, 表现为气候由温暖湿润快速转向凉干,

可能导致了本区新石器文化的崩溃并催生了夏代文明。约 01 9 ka BP 前后转为较凉湿的气候。大九湖泥炭记录的气候和环境演变信息具有全球性变化特点, 可以与东亚季风区的同类沉积剖面进行对比, 反映了/ 末次冰期后, 季风快速加强, 早全新世季风强盛, 随后季风衰退, 中全新世季风变弱, 气候变干0的季风气候变化模式。分析认为, 其变化的驱动机制可能是太阳辐射在中纬度东亚季风区的特定响应^[24]。

(5) 对中国东部中纬度季风区内的两处山地泥炭))) 神农架大九湖泥炭和天目山千亩田泥炭腐殖化度进行了研究, 并对两剖面的孢粉记录、有机质含量、TOC 和 Rb/ Sr 对比分析。结果表明, 在东亚季风区山间盆地, 气候越干冷时泥炭的分解就越强烈, 以吸光度表征的腐殖化度就越高, 相反, 当气候较温暖潮湿时泥炭主要处于还原状态, 分解较慢, 腐殖化度较低。大九湖剖面的腐殖化度记录了晚冰期(约 161 0~ 111 4 cal ka BP) 中的新仙女木(YD)(约 111 4~ 121 6 cal ka BP) 冷干事件、博令) 阿勒罗德暖湿期(B2A 暖期, 约 121 6~ 151 2 cal ka BP)、最老仙女木冷干事件(OD, 约 151 2~ 161 0 cal ka BP)、早全新世的湿润期(约 111 4~ 91 4 cal ka BP)、81 2 cal ka BP 前后的冷干事件和约 71 0~ 41 2 cal ka BP 的全新世最佳适宜期。神农架大九湖和天目山千亩田近 5 000 a 以来的泥炭腐殖化度记录有着很好的一致性, 表明相近纬度不同经度的山地泥炭对东亚季风降水变化的响应是同步的。近 5 000 a 来的气候变化在两个山地泥炭剖面中几乎同步记录有 3 大阶段: ¹ 41 9~ 31 5 cal ka BP, 季风降水整体处于高值, 但波动剧烈, 其中, 在约 41 2 cal ka BP 前后, 季风降水急剧下降, 在 31 7 cal ka BP 前后达到最干旱的峰值后又快速回升; ⁰ 31 5~ 01 9 cal ka BP, 季风降水强度整体较弱, 但也存在明显的次级干湿波动; [»] 01 9 cal ka BP 以来, 吸光度值逐渐降低, 表明季风降水增多。与中国东部季风区其他高分辨率沉积记录对比, 亚高山泥炭记录的约 11 6 万年以来的气候变化响应了北半球夏季太阳辐射的统一驱动^[25]。

(6) 根据对中坝和玉溪两处遗址地层的研究, 在 81 2~ 61 7 ka BP 期间出现有 10 个古洪水层(即玉溪遗址的第 12、14、16、18、20、22、24、26、28 和 30 层); 在 61 7~ 41 2 ka BP 全新世最适宜期遗址地层中出现有 8 个古洪水层(即玉溪遗址的第 4、5、6、7、8、10

和中坝遗址的 702 和 5021 地层); 在 315~019 ka BP 降水减少的时期, 中坝遗址中仅出现两个洪水层 (即西周时期的 3721 地层和战国早期的第 21 层); 在 019 ka BP 以来降水较多的时期, 中坝遗址中存在 3 个洪水层 (即宋代中期的 11C21 层、清代的 521 层和 1981 年的 2B22 层)。这表明, 812~617 ka BP 的洪水在三峡地区次数是最多的, 617~412 ka BP 的洪水数量次之 (图 1)。长江三峡库区的这一古洪水发生规律或许可以解释长江中游的江汉平原在 718~511 ka BP 期间遗址数量偏少的原因。

21.4 方法学研究

(1) 在进行该项目研究中, 笔者还对与环境考古有关的地衣测年方法进行了探讨。研究结果发表在 2007 年美国 Journal of Archaeological Science 上。地衣测年法已被广泛应用于冰川地区自晚全新世以来地表暴露的最小可测年龄, 本文介绍了华东花山石窟根据 8 个已知地衣在建筑物上生长年代建立的生长曲线, 推算该区黄绿地图衣生长规律及其用于测年以及校正的方法。该方法主要根据地衣体最大内切圆直径与岩石表面暴露年龄的关系, 采用

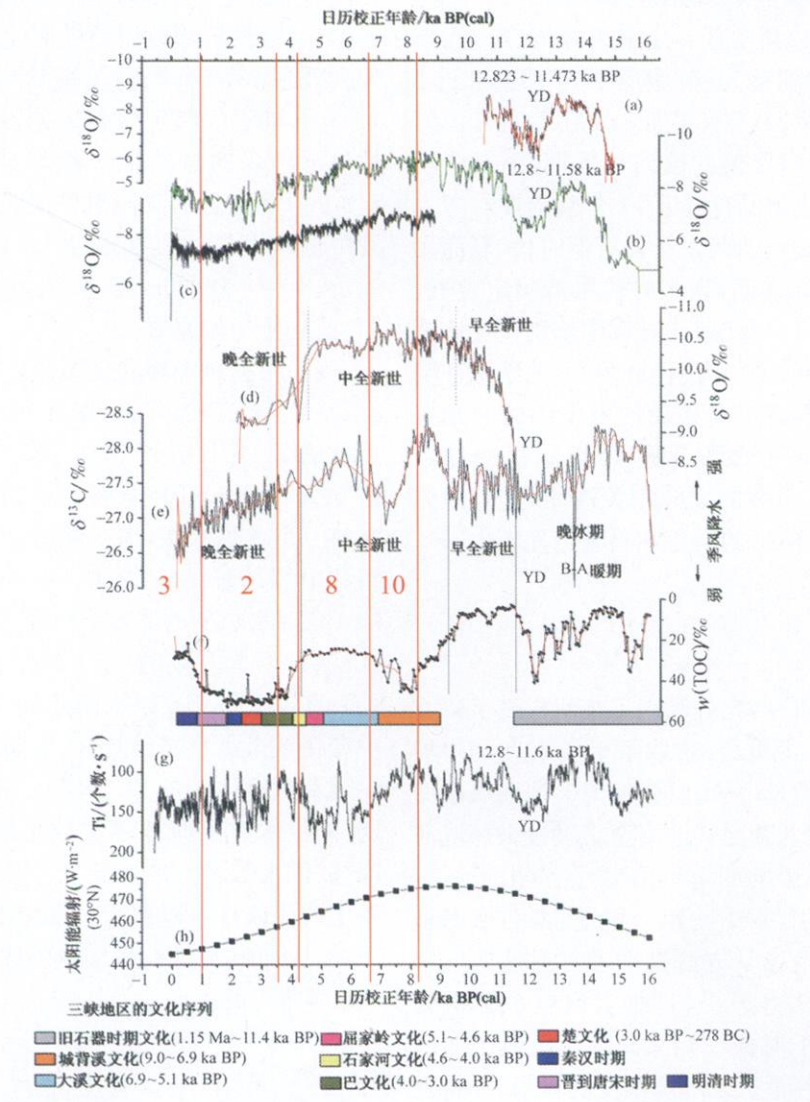


图 1 自然沉积地层环境演变记录与长江三峡库区遗址地层古洪水事件对应图

Fig 1 Corresponding figure between the environmental evolution record of natural sedimentary strata and the archaeological paleoflood events in the Three Gorges reservoir area, the Yangtze River

图中红色字体 3、2、8、10 代表三峡库区典型遗址地层不同时期经历的古洪水次数。

贝叶斯定理进行推算和校正。结果表明, 花山石窟开采于 $(450 \pm 60) \sim (330 \pm 60)$ a BP, 即明代 (AD1477) 1632)。这个数据表明, 该处黄绿地图衣生长呈线性衰退关系, 并表明黄绿地图衣能可靠应用于非冰川区古建筑物的测年^[26]。

(2) 在对中坝和玉溪遗址考古断代和 AMS¹⁴C 测年基础上, 根据对中坝遗址 201 个地层样品 ICP 等离子发射光谱的 Na、Ca、Mg 元素测定及玉溪遗址 47 个地层样品的 Na、Ca 元素测定, 发现中坝制盐遗址地层中存在明显的 Na、Ca 元素含量反向相关期有 35 处之多, 即: 当 Ca 元素为峰值时, Na 元素为谷值, 反之亦然。其中, Ca 元素为峰值、Na 元素为谷值的反向相关期有 21 次, 揭示出中坝遗址近 5 ka 来制盐业有过近 21 个兴盛期。另有 14 个 Na 元素为峰值、Ca 元素为谷值的反向相关期, 揭示中坝遗址近 5 ka 来制盐业也有过近 14 个衰落期。考古发掘得出的中坝制盐业萌发于新石器时代, 夏商发展, 西周至汉代为鼎盛期, 唐宋时代维持稳定发展, 宋以后由于海盐进入川江地区导致中坝制盐业逐渐衰落, 但 20 世纪 70) 80 年代仍有生产⁰的结论证明本文 Na、Ca 元素含量反向相关性得出的研究结果是正确的。以上研究结果表明, 中坝制盐遗址中 Na、Ca 元素含量有明显的反向相关规律, 这一规律可以用于揭示盐业遗址的制盐业兴衰过程历史^[27]。

3 结论

(1) 通过本项研究, 充分利用了长江三峡工程文物抢救性发掘的宝贵机会, 获取了重庆市忠县中坝遗址、丰都县玉溪遗址、巫山县张家湾遗址和双堰塘遗址以及神农架大九湖泥炭地层全新世以来环境演变对人类文明演进影响的宝贵信息, 摸索出了一套利用年代学、沉积学、重矿物组分鉴定、锆石形态统计、地球化学和环境磁学方法辨别考古遗址地层中古洪水沉积的方法; 建立了该区地表孢粉²气候的转换函数, 并将其用于对神农架大九湖泥炭地层的研 究, 弄清了该区全新世以来环境演变的背景, 并将自然沉积地层环境演变记录与典型考古遗址地层古洪水事件作了对比分析, 达到了预期的研究目的。

(2) 遗址时空分布研究表明: 长江三峡库区旧石器时代至宋代 677 处遗址时空分布总趋势是从西往东、从高往低逐渐增加的, 遗址多沿江河分布, 且在河流交汇处呈聚集状态, 这与人类多选择河流 1~ 2

级阶地为生以及河流交汇处鱼类资源丰富有关。

(3) 典型遗址考古地层研究表明: 中坝遗址能延续五千年的原因一方面与其盐业遗址的属性有关, 另一方面与其长期具有良好生态环境有关。从该遗址 T0202 探方出土近 20 万件动物骨骼的分类统计证明了这一点。71 6 ka BP 以来, 水位在吴淞高程 1471 024 m 以上的古洪水至少在玉溪遗址 T0403 探方中留下了 16 次沉积记录。利用沉积学、重矿物组分和锆石磨圆形态统计对当地现代洪水与遗址地层沉积物作比较研究, 是用将今论古法则判定古洪水存在的可靠方法。

(4) 自然沉积地层环境演变背景研究表明: 神农架大九湖 297 cm 厚的泥炭及其 148 个孢粉样品和 10 个 AMS¹⁴C 测年数据表明该泥炭地层为本项目提供了理想的全新世自然环境演变背景, 尤其是 81 2 ka BP 前后的降温事件很明显, 61 7~ 41 2 ka BP 为中全新世最适宜期, 41 2 ka BP 前后由暖湿转为凉干, 31 5~ 01 9 ka BP 季风降水整体较弱, 01 9 ka BP 前后转为较凉湿。

(5) 根据对中坝和玉溪两处遗址地层的研究, 在 81 2~ 61 7 ka BP 期间出现有 10 个古洪水层(即玉溪遗址的第 12、14、16、18、20、22、24、26、28 和 30 层); 在 61 7~ 41 2 ka BP 全新世最适宜期遗址地层中出现有 8 个古洪水层(即玉溪遗址的第 4、5、6、7、8、10 层和中坝遗址的 702 和 5021 地层); 在 31 5~ 01 9 ka BP 降水减少的时期, 中坝遗址中仅出现 2 个洪水层(即西周时期的 321 地层和战国早期的第 21 层); 在 01 9 ka BP 以来降水较多的时期, 中坝遗址中存在 3 个洪水层(即宋代中期的 11C21 层、清代的 21 层和 1981 年的 2B22 层)。这表明, 81 2~ 61 7 ka BP 的洪水在三峡地区次数是最多的, 61 7~ 41 2 ka BP 的洪水数量次之。长江三峡库区的这一古洪水发生规律或许可以解释长江中游的江汉平原在 71 8 ~ 51 1 ka BP 遗址数量偏少的原因。

References

- [1] ICSU. Dark nature) rapid natural change and human responses, 2003[EB/OL]. [2003 1201]. <http://Mwww.brunel.ac.uk/depts/geo/people/suzanneleroy.html>.
- [2] UNESCO. The role of Holocene environmental catastrophes in human history, IGCP 490, For details of the Mauritania meeting, January 2004 [EB/OL]. [20040205]. <http://Mwww.brunel.ac.uk/depts/geo/igcp490/igcp490home.html>.

- [3] Zhu C, Zheng C G, Ma C M, et al. Identifying paleoflood deposits archived in Zhongba Site, the Three Gorges reservoir region of the Yangtze River, China[J]. Chinese Science Bulletin, 2005, 50(21): 249322504.
- [4] Li W Y, Liu G X, Zhou M M. Vegetation and climate during the warm period of the Holocene in the West Hubei Province [M] MShi Y F, Kong Z C. Climate and Environment During the Holocene Megathermal in China [M]. Beijing: Ocean Press, 1992: 94299(in Chinese).
- [5] Liu G X. Analysis on topsoil spore&pollen in Shennongjia Da2 jiu hu[J]. Acta Botanica Boreali&occidentalia Sinica, 1990, 10 (3): 17&175(in Chinese).
- [6] Liu H P, Tang X C, Sun D H, et al. Palynofloras of the Da2 jiu hu Basin in Shennongjia Mountains during the last 121 5 ka [J]. Acta Micropalaentologica Sinica, 2001, 18(1): 10&109 (in Chinese).
- [7] He B Y, Zhang S, Cai S M. Climate changes recorded in peat from the Dajiu Lake Basin in Shennongjia since the last 2600 years[J]. Marine Geology & Quaternary Geology, 2003, 23 (2): 10&115(in Chinese).
- [8] Zheng C G, Zhu C, Zhong Y S, et al. Relationship between the temporal&spatial distribution of archaeological sites and natural environment from the Paleolithic Age to the Tang and Song Dynasties in the Three Gorges Reservoir of Chongqing area[J]. Chinese Science Bulletin, 2008, 53(Suppl I): 1072 128.
- [9] Zhao D S, Shui T. Relation between human existence and environment viewing from the distribution of prehistoric archaeological sites in the Three Gorges reservoir region of the Yangtze River, China [J]. Chinese Science Bulletin, 2008, 53 (Suppl I): 12&139.
- [10] Zhu C, Zhong Y S, Zheng C G, et al. Relationship of archaeological sites distribution and environment from the Paleolithic Age to the Warring States Time in Hubei Province[J]. Acta Geographica Sinica, 2007, 62(3): 2272242 (in Chinese).
- [11] Zhu C, Zheng C G, Ma C M, et al. Identifying paleoflood deposits archived in Zhongba Site, the Three Gorges reservoir region of the Yangtze River, China[J]. Chinese Science Bulletin, 2005, 50(21): 249322504.
- [12] Zhu C, Ma C M, Xu W F, et al. Characteristics of paleoflood deposits archived in unit T0403 of Yuxi Site in the Three Gorges reservoir areas, China[J]. Chinese Science Bulletin, 2008, 53(Suppl I): 1217.
- [13] Bai J J, Zou H X, Zhu C. Archaeological discovery and research on the remains of the paleoflood of the Yuxi Site[J]. Chinese Science Bulletin, 2008, 53(Suppl I): 18227.
- [14] Zhu C, Ma C M, Ouyang J, et al. Animal diversities and characteristics of environmental change revealed by skeletons unearthed at Zhongba Site of Chongqing City, China[J]. Chinese Science Bulletin, 2008, 53(Suppl I): 74286.
- [15] Sun Z B. Research on the relationship between site function and environment at the site of Zhongba, Chongqing City, China[J]. Chinese Science Bulletin, 2008, 53(Suppl I): 582 73.
- [16] Tian X S, Zhu C, Xu X W, et al. Reconstructing past subsistence patterns on Zhongba Site using stable carbon and oxygen isotopes of fossil tooth enamel[J]. Chinese Science Bulletin, 2008, 53(Suppl I): 87294.
- [17] Zhu G Y, Zhu C, Shi G Y, et al. Relations between man and nature reflected by the evolution of the Neolithic production tools in the Three Gorges region of Yangtze River, China[J]. Chinese Science Bulletin, 2008, 53(Suppl I): 952106.
- [18] Zhang Y, Zhu C. Environmental archaeology of the Dachang region in the Daning Valley, the Three Gorges reservoir region of the Yangtze River, China[J]. Chinese Science Bulletin, 2008, 53(Suppl I): 14&152.
- [19] Li L, Zhu C, Jiang F Q, et al. Research on the disappearance causes of the Tenghualuo Site in Lianyungang, Jiangsu Province, China[J]. Chinese Science Bulletin, 2008, 53(Suppl I): 16&176.
- [20] Shi W, Zhu C, Ma C M, et al. Records of paleoclimate and mankind activities since 4250 a BP in Zhongba Site, Chongqing[J]. Scientia Geographica Sinica, 2008, 28(5): 7032708(in Chinese).
- [21] Zhu C, Ma C M, Zhang W Q, et al. Pollen record from Dajiu hu Basin of Shennongjia and environmental changes since 151 753 ka BP[J]. Quaternary Sciences, 2006, 26(5): 8142 826(in Chinese).
- [22] Zhu C, Chen X, Zhang G S, et al. Spore&pollen&climate factor transfer function and paleoenvironment reconstruction in Dajiu hu, Shennongjia, Central China [J]. Chinese Science Bulletin, 2008, 53(Suppl I): 42249.
- [23] Chen X, Zhu C, Ma C M, et al. Sensitivity of pollen factors in the climate transfer function[J]. Chinese Science Bulletin, 2008, 53(Suppl I): 5&57.
- [24] Ma C M, Zhu C, Zheng C G, et al. High&resolution geo&chemistry records of climate changes since Late&glacial from Dajiu hu peat in Shennongjia Mountains, Central China[J]. Chinese Science Bulletin, 2008, 53(Suppl I): 28241.
- [25] Ma C M, Zhu C, Zheng C G, et al. Climate changes in East China since the Late&glacial inferred from high&resolution mountain peat humification records[J]. Science in China: Series D, 2009, 52(1): 1214.
- [26] Zhu C, Yu S Y. Lichenometric constraints on the age of the Huashan Grottoes, East China[J]. Journal of Archaeological

Science, 2007, 34: 2064-2070.

[27] Zhu C, Jiang F Q, Ma C M, et al. Rise and decline of ancient salt industry revealed by Na and Ca concentrations in sediments at Zhongba Site, Chongqing [J]. Journal of Geographical Sciences, 2008, 18(3): 328-340.

[6] 刘会平, 唐晓春, 孙东怀, 等. 神农架大九湖 12.5 ka BP 以来的孢粉与植被序列 [J]. 微体古生物学报, 2001, 18(1): 101-109.

[7] 何报寅, 张穗, 蔡述明. 近 2600 年神农架大九湖泥炭的气候变化记录 [J]. 海洋地质与第四纪地质, 2003, 23(2): 109-115.

[10] 朱诚, 钟宜顺, 郑朝贵, 等. 湖北旧石器至战国时期人类遗址分布与环境的关系 [J]. 地理学报, 2007, 62(3): 227-242.

[20] 史威, 朱诚, 马春梅, 等. 中坝遗址约 4250 a BP 以来古气候和人类活动记录 [J]. 地理科学, 2008, 28(5): 703-708.

[21] 朱诚, 马春梅, 张文卿, 等. 神农架大九湖 15.1-7.53 ka BP 以来的孢粉记录和环境演变 [J]. 第四纪研究, 2006, 26(5): 814-826.

参考文献

[4] 李文漪, 刘光琇, 周明明. 湖北西部全新世温暖期植被与气候 [M]. 施雅风, 孔昭宸. 中国全新世大暖期气候与环境. 北京: 海洋出版社, 1992: 94-99.

[5] 刘光琇. 神农架大九湖地区表土孢粉分析 [J]. 西北植物学报, 1990, 10(3): 170-175.

新英文刊5Geoscience Frontiers6征稿简则

新刊5Geoscience Frontiers6由中国地质大学(北京)和北京大学主办,季刊,公开发行,2010年下半年开始出版。本刊宗旨是:瞄准国际地学领域学科前沿,发表国内外地学前缘研究成果,探索地学前缘发展态势,研究地学中的热点难点问题,为推动地学事业发展和加速现代化建设服务。

1. 论文的提交方式

- (1) 目前暂时通过 E-mail: geofrontier@cugb.edu.cn 投稿。
- (2) 作者可提供 4 个审阅人以及他们的地址、电子信箱和传真号码。
- (3) 投稿方式: 直接投英文稿(中国作者请附中文详细摘要); 提倡中国作者投英文稿时提供中文稿,以利专家审稿; 先投中文稿,审稿人建议用英文发表时再译成英文。

2. 来稿要求

- (1) 作者名写法: 不论中外作者,其姓名写法为名在前姓在后,姓一律用大写字母。
- (2) 来稿要求有较详细的摘要并配 3- 8 个关键词。
- (3) 全文一律使用 Times New Roman 字体,包括正文、图名、图注、图内字符、表名、表注、表内文字、文中非英文字符。文内标点符号一律使用英文标点符号。英文中无顿号(,)和中文句号(。)。文中插图用 CorelDraw 绘制,或提供 .wmf 或 .dxf 格式文件,做成单独的 .cdr、.wmf 或 .dxf 格式文件。有些由数据转换的图,可用 Excel 制成。不要将图内物件锁死或群组或合并,以便于编辑时修改。照片和图版提供原版或高分辨率(须在 300dpi 以上)的扫描文件。作者投稿时,不要将插图、照片、图版植入文字稿的 word 文件中,应一律单独放在全文的最后。稿件大小最好不超过 5M,超过 5M 时可做成 PDF 格式,以方便审稿专家快速下载审稿。
- (4) 表中测试数据应注明测试者、测试手段、测试条件、测量精度及误差范围。
- (5) 参考文献写法: 参考文献著录格式采用著者-出版年制。未公开发表的资料以脚注方式按顺序标明于当页。

3. 投稿约定

编辑部收到稿件后将迅速组织审稿,最长不超过 2 个月决定是否刊用并通知作者,不拟刊登的稿件恕不退还,请自留底稿。

本刊不收版面费并酌付稿酬。