

过去 5 000 年西太平洋副热带高压活动的泥炭纤维素碳同位素记录*

洪业汤 洪冰 林庆华 朱泳焯 姜洪波 王羽

(中国科学院地球化学研究所环境地球化学国家重点实验室, 贵阳 550002)

摘要 文章以金川和红原两组泥炭纤维素 $\Delta\delta^{13}\text{C}$ 时间序列值的反向变化来指示西太平洋副热带高压活动变化。结果表明, 在过去 5 000 年中, 西太平洋副热带高压的活动可分为 4 个阶段, 即西太平洋副热带高压位置在 2800 ~ 2200 B.C. 期间持续偏北, 2200 ~ 600 B.C. 期间持续偏南, 600 B.C. ~ 1200 A.D. 期间在北进与南移之间频繁波动, 以及 1200 ~ 1900 A.D. 期间再次持续偏北, 它们导致降雨量在中国大陆上不同的分布。从约 1900 A.D. 起西太平洋副热带高压的活动似乎又开始一个新的偏南阶段, 值得进一步加强研究。

关键词 西太平洋副热带高压 季风降雨 泥炭纤维素碳同位素 全新世

1 引言

副热带高压是地球大气环流的一个重要系统, 位于地球的南北副热带大洋上空, 对低纬度地区与中、高纬度地区之间的水汽、热量和能量等的输送和平衡起着重要作用。其中, 西太平洋副热带高压(以下简称西太平洋副高)对中国东部、朝鲜半岛和日本等东亚地区气候有重要作用, 是影响中国东部持续异常天气气候的主要大气环流系统之一, 因而长期以来, 它一直是中国天气气候研究的主要课题^[1, 2]。

西太平洋副高活动的一个显著特征表现在其位置和强度的季节变化。一般地说, 每年 1 ~ 7 月, 西太平洋副高主体由西太平洋向北、向西移动, 强度也逐渐增强; 从 7 月至次年 1 月, 则向南、向东移动, 强度也减弱。平均而言, 到 5 月时, 西太平洋副高的脊线已位于北纬 15°附近, 此时中国大陆东部主要降雨带位于华南区域; 6 月脊线越过北纬 20°, 中国大陆东部主要降雨带也往北移动至长江中下游和淮河流域; 到 7 月时, 西太平洋副高脊线进一步往北移动到北纬 25°附近, 使黄河流域、华北和东北地区进入雨季, 而江淮流域由于正处在高压脊线控制之下, 梅雨结束, 进入伏旱期, 天气酷热少雨^[3]。一般认为, 西太平洋副高的季节性变化是由太阳直射地球区域的季节性南北移动引起经向的加热差异所致。

西太平洋副高也有年际和年代际变化, 对其影响因子的探索已涉及到海洋表面温度、大气环流、东亚季风、高原的作用、海冰和太阳活动等^[2]。例如一些研究认为^[4], 热带西太

第一作者简介: 洪业汤 男 61岁 研究员 环境地球化学专业 E-mail: ythong@public.gz.cn

* 国家自然科学基金重点项目(批准号: 40231007 和 49733137) 资助

2003-05-20 收稿, 2003-06-11 收修改稿

平洋暖池的热状态及其上空的对流活动,对西太平洋副高有直接影响,从而进一步影响东亚夏季气候。当热带西太平洋暖池增暖,暖池主体的海水表面温度偏高时,菲律宾周围经南海到中印半岛上空的对流活动增强,使西太平洋副高的位置偏北,中国江淮流域夏季降雨偏少,黄河流域夏季降雨偏多;反之,当热带西太平洋暖池偏冷,暖池主体的海水表面温度偏低时,菲律宾周围的对流活动减弱,西太平洋副高位置偏南,江淮流域的夏季降雨偏多,而黄河流域的夏季降雨偏少^[4]。

对西太平洋副高脊线位置与降雨关系的统计分析表明^[5],在北纬 32.5°以北区域,当西太平洋副高偏北时,华北和东北地区夏季雨量偏多。这种雨量与西太平洋副高位置的正相关关系在吉林、辽宁两省的东部和山东省表现最好;在长江流域以南地区,东经 105°以东地区夏季降雨量与西太平洋副高脊线位置的偏北程度成负相关,负相关最大的中心在两湖(湖南、湖北)盆地。

由此可见,西太平洋副高对中国大陆降雨的分布有重要影响,阐明它的活动规律十分重要。但是迄今对它的研究局限在仅数十年时间范围内,它在更长时间范围内的活动情况还完全是空白。困难在于没有合适的代用指标记录。本文根据上述西太平洋副高位置与降雨量分布关系的研究成果,提出在中国大陆一些相关系数最大的地区,选取一组对比点,通过一组代用指标记录恢复这些点区雨量的长期变化,进而试图了解西太平洋副高位置和强度的长期变化。

2 研究点的选择和研究方法

根据吉林省东部夏季降雨量与西太平洋副高脊线位置偏北程度呈正相关,且相关系数最大(约 0.75)的研究结果^[5],我们选取吉林省辉南县的金川泥炭地作为研究点。同时,选取四川省西北部红原县的泥炭场 No.1 号矿区作为研究对照点,因为该区位于夏季降雨量与西太平洋副高脊线位置偏北程度呈负相关,相关系数约 -0.5^[5]。

金川和红原的降雨状况可用泥炭中植物纤维素的 $\delta^{13}\text{C}$ 值作为代用指标。泥炭中的植物纤维素是一种多糖类的天然有机高分子化合物,它是由 D-吡喃型葡萄糖分子以 1,4- β -苷键连接而成的线性高分子化合物,聚合度约 10 000 左右。植物在进行光合作用时,大气中的 CO_2 作为生成葡萄糖的一种原料成分被结合到葡萄糖的碳链上,在这个过程中碳同位素发生了分馏,其分馏程度取决于当时环境的相对湿度、温度等条件。特别是,这些结合在葡萄糖碳链上的碳在植物死亡后的腐烂分解过程中,其同位素组成不会再发生变化^[6],因而很好地保存了纤维素生成时的环境条件信息,使纤维素这种天然有机高分子的碳同位素组成用于古气候环境研究奠定了基础。有关泥炭纤维素 $\delta^{13}\text{C}$ 值作为季风降雨代用指标的原理,金川和红原泥炭的产状、取样、 ^{14}C 定年、纤维素提取及纤维素 $\delta^{13}\text{C}$ 值的测定等方面的详细资料,已论述于我们发表的论文中^[7,8]。泥炭纤维素的 $\delta^{13}\text{C}$ 值愈小,指示当地空气愈湿润,愈温暖,或夏季风带来的湿暖气团影响愈大,降雨可能愈多;反之,泥炭纤维素的 $\delta^{13}\text{C}$ 值愈大,指示当地降雨可能愈少。

根据金川和红原泥炭纤维素 $\delta^{13}\text{C}$ 时间序列(图 1a, b)^[7,8],可分别获得它们近 5 000 年变化的距平图(图 1c, d),分别指示了两地在过去 5 000 年中降雨量的相对变化情况。即 $\Delta\delta^{13}\text{C}$ 值愈小,指示该区降雨量相对过去 5 000 年降雨量的平均值要偏多;反之, $\Delta\delta^{13}\text{C}$ 值

愈大,指示降雨量相对偏少。

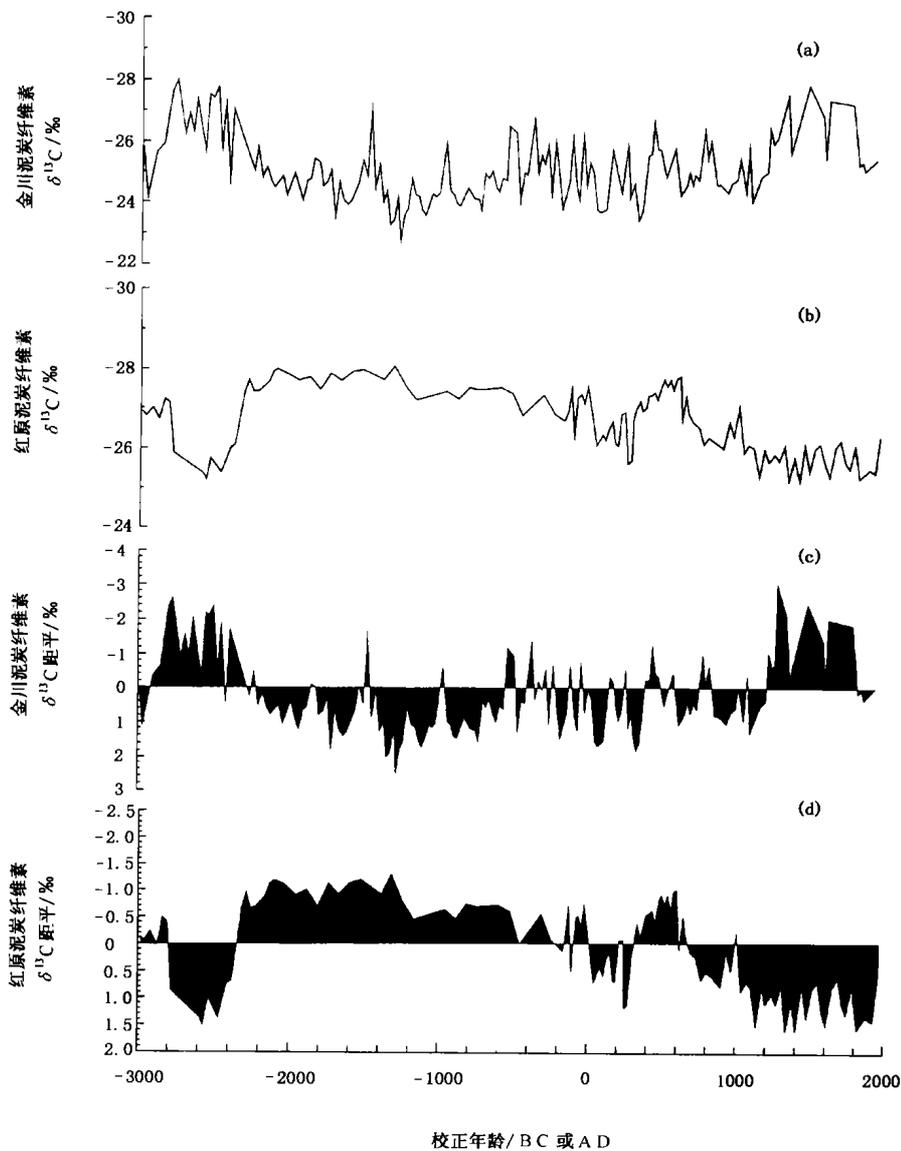


图 1 过去 5 000 年金川与红原泥炭纤维素碳同位素记录的对比

(a)金川泥炭纤维素 $\delta^{13}\text{C}$ 时间序列 (b)红原泥炭纤维素 $\delta^{13}\text{C}$ 时间序列 (c)金川泥炭纤维素 $\delta^{13}\text{C}$ 的 5 000 年平均距平时间序列 (d)红原泥炭纤维素 $\delta^{13}\text{C}$ 的 5 000 年平均距平时间序列

Fig. 1 The comparison between the $\delta^{13}\text{C}$ records of cellulose of Jinchuan and Hongyuan peat bog during the past 5 000 years

如前述,由于金川位于降雨量变化与西太平洋副高脊线位置偏北程度呈最大正相关的区域,因此,金川泥炭纤维素 $\Delta\delta^{13}\text{C}$ 值与西太平洋副高脊线偏北程度之间应呈负相关,即当西太平洋副高位置偏北时,金川地区降雨量偏大,金川泥炭纤维素 $\Delta\delta^{13}\text{C}$ 值偏小。另

一方面,由于红原位于降雨量变化与西太平洋副高脊线位置偏北程度呈最大负相关的区域,因此,红原泥炭纤维素 $\Delta\delta^{13}\text{C}$ 值与西太平洋副高脊线偏北程度之间应呈正相关,即当西太平洋副高位置偏北时,红原地区降雨量偏少,红原泥炭纤维素 $\Delta\delta^{13}\text{C}$ 值偏大。当西太平洋副高脊线位置偏南时,上述关系正好反过来。这就是说,西太平洋副高在中国大陆上北进或南退时,都将引起金川和红原泥炭纤维素 $\Delta\delta^{13}\text{C}$ 值相反的变化:西太平洋副高脊线位置偏北,金川泥炭纤维素 $\Delta\delta^{13}\text{C}$ 值偏小,而同时红原泥炭纤维素 $\Delta\delta^{13}\text{C}$ 值偏大;西太平洋副高脊线位置偏南,金川泥炭纤维素 $\Delta\delta^{13}\text{C}$ 值偏大,同时红原泥炭纤维素 $\Delta\delta^{13}\text{C}$ 值偏小。因此,根据金川和红原泥炭纤维素 $\Delta\delta^{13}\text{C}$ 值的反向变化关系,可以了解西太平洋副高的活动状况。

3 结果和讨论

由图 1 可见,在过去 5 000 年中,在金川和红原泥炭纤维素 $\Delta\delta^{13}\text{C}$ 值时间序列上存在 4 个阶段的明显相反变化,表明在数百年至数千年时间尺度上西太平洋副高活动可分出以下 4 个历史阶段。

3.1 西太平洋副高持续偏北阶段(2800 ~ 2200 B. C.)

在 2800 ~ 2200 B. C. 时期,金川泥炭纤维素 $\delta^{13}\text{C}$ 距平值明显为负值,平均约 -2% ,而同一时期红原泥炭纤维素 $\delta^{13}\text{C}$ 距平值明显为正值,平均约 $+1.5\%$ 。我们把这一组相反的气候变化解释为东亚大气环流变化的结果,即在此时期西太平洋副高活动可能相当强,夏季其高压脊线在约 600 年期间持续偏北,导致东北、华北和黄河流域夏季可能持续多雨,并可能出现洪涝灾害;与此同时,正由于西太平洋副高位置持续偏北,使红原地区以及长江流域的夏季降雨可能持续偏少,出现干旱。

这个结果有助于阐明一个一直令人困惑的问题,即在这一时期,为什么当全球低纬度季风区降雨都趋向偏少,一些地区甚至发生严重干旱时,中国大陆给人的印象似乎却是多雨和洪水。现在看起来实际的古气候状况可能是:一方面,该时期在全球大范围表现为降温变冷,全球冰川扩展^[9],格陵兰冰芯 $\delta^{18}\text{O}$ 降低^[10],北大西洋发生冰山飘移碎屑沉积物指示的变冷事件(IRD 事件 3)^[11];同样在中国大陆,由吉林金川^[12,13]、河北太师庄^[14]、四川红原^[15]等地泥炭纤维素 $\delta^{18}\text{O}$ 代用指标记录以及其他考古资料也都表明,中国大陆也处于大范围降温变冷时期,与全球大范围降温变冷现象一致。另一方面,即在降雨方面情况则有不同。我国大部分地区处于季风气候区域,降雨是由夏季风从海上带来的大量水汽形成。但降雨的多寡及分布又与季风活动强度、西太平洋副高进退等诸多因素有关。因此,中国大陆一些地区季风降雨状况与低纬度其他季风区较相似,而另一些地区则可能不同。例如,处于较低纬度且受印度西南季风强烈影响的红原地区,在过去 12 000 年期间数百年至数千年尺度上的季风降雨状况与印度北部、西亚、北非、甚至墨西哥地区的季风降雨变化很相似。2800 ~ 2200 B. C. 期间红原地区季风降雨持续偏少(见图 1),与同期印度河流域、西亚美索不达米亚平原、北非撒哈拉等地区严重的干旱相一致。表明此时期是印度西南季风、北非季风等低纬度季风活动减弱的时期,与北大西洋气候变冷存在遥相关系^[8]。但奇怪的是,此时处于季风尾间区的吉林金川泥炭纤维素的 $\Delta\delta^{13}\text{C}$ 值却明显偏小,指示季

风降雨明显偏多。我们认为可能的解释是此时期西太平洋副高活动增强位置偏北,导致把东亚季风带来的水汽向北输送,使东北、华北及黄河流域形成偏多的降雨。至于为什么印度西南季风减弱时西太平洋副高活动会增强,是一个还未阐明的复杂科学问题,可能与全球海洋环流的变化有关。

3.2 西太平洋副高持续偏南阶段(2200 ~ 600 B.C.)

图 1 表明,在约 2600 B.C.时,金川接近达到比常年平均最偏多的降雨,而同时红原达到比常年最偏少的降雨。自此以后,由金川泥炭纤维素 $\delta^{13}\text{C}$ 指示的降雨在波动中逐渐减少,而红原的降雨则在波动中逐渐增多,表明自约 2600 B.C.以后,西太平洋副高脊线也由最偏北的位置逐渐向南移动,强度也逐渐减弱。在约 2200 B.C.时,西太平洋副高的活动达到一个重要的转型点。至此以后的约 1 600 年期间,西太平洋副高脊线可能长期偏南,强度也可能减弱。其结果使中国大陆东部红原和江淮流域的降雨长期偏多,而同时金川和华北及黄河流域降雨长期偏少^[7]。

考古和历史文献资料^[7,16,17]支持此时期黄河流域等北方地区由偏涝转向偏旱的研究结果。图 1 还表明此时期存在 4 个明显的 $\Delta\delta^{13}\text{C}$ 峰值,其时段分别为 2200 ~ 1850 B.C., 1820 ~ 1550 B.C., 1450 ~ 1000 B.C. 以及 1000 ~ 600 B.C.。前两个时段大致对应我国历史上的夏朝,第三个时段对应商朝,第四个时段对应西周^[18]。值得指出的是,2200 B.C. 这个年代不仅如上所述是西太平洋副高活动的一个重要转型点,而且在历史上正是我国第一个朝代——夏朝开国诞生的年代。夏商周断代工程确定夏朝开国时间为约 2100 B.C. (^{14}C 校正年龄)^[18]。历史学界通常将夏朝开国时间范围定为 2300 ~ 2100 B.C. (^{14}C 年龄)^[16]。考虑到 ^{14}C 定年通常存在约 100 年左右的不确定性,因而可以认为,我们的泥炭代用指标记录上出现的约 2200 B.C. (^{14}C 校正年龄)这个年代,与夏商周断代工程所获得的约 2100 B.C. (^{14}C 校正年龄)这个年代,应可视为是相同的。

这个结论很重要。它表明从代用指标泥炭的记录、夏商周断代工程、考古和历史文献资料等独立的研究渠道,都一致发现一个重要的年代即约 2200 B.C. (^{14}C 校正年龄),此时中国大陆的古气候环境和古文明发展都同时发生重大变化:在古气候环境方面,泥炭研究记录指示这个年代可能标志着东亚大气环流的一次重大调整,西太平洋副高结束了长达约 600 年的长期偏北位置转向长达约 1 600 年的偏南位置。相应地中国大陆上的降雨量分布发生重要变化,东北、华北和黄河流域由长期降雨偏多转向偏少。许多考古和历史文献研究指出大约在此时黄河流域由长期的“洪水横流,泛滥于天下”的洪荒多雨时期,转向为“十日并出”的干旱时期^[7,16,17]。夏商周断代工程^[18]则认为正是在此时诞生了中国历史上第一个朝代——夏朝。这些结果使我们相信,这些事件同时发生不应简单理解成没有内在联系的巧合,它可能真实地反映了在远古生产力水平还很低的条件,古气候环境的重大变化对人类文明发展的重要影响。偏干偏暖的气候对人口稀少的远古社会生活的影响远比对像我们今天这种社会生活的影响要小,也可能比偏湿偏冷的气候更有利于远古时期居民的生产和社会活动。特别是,我们注意到在由长期偏湿偏冷的气候环境向长期偏干偏暖的气候环境转变过程中,实际上可能存在一段过渡期,它在我们的金川泥炭 $\Delta\delta^{13}\text{C}$ 距平图上,表现为 $\Delta\delta^{13}\text{C}$ 值出现持续约数十年的约 $\pm 0.5\%$ 的波动,即非常接近

5 000年 $\delta^{13}\text{C}$ 的平均值,表明这段过渡期相对此前时期洪水应较少,降雨量适中,气候较温和。在这种有利的气候环境中,古代农业生产得以迅速发展,文明得以昌盛,为夏朝的诞生创造了有利条件。夏朝开国的第一件大事,即治理洪水也应视为是治理在气候温和、雨量适中气候条件下局部地区出现的洪水,而不大可能是治理 2200 B. C. 以前洪荒时期那种长期降雨偏多出现的大范围洪水。这个结果有助于把大禹治水的传说置于更牢靠的科学事实基础上,因而更加令人可信,并真正成为中华民族勤劳、智慧和一心奉公的典范。

3.3 西太平洋副高频繁波动阶段(600 B. C. ~ 1200 A. D.)

约 600 B. C. 以后,金川泥炭 $\Delta\delta^{13}\text{C}$ 值一改长期持续偏正的状态而在多年平均值的上下波动,红原泥炭 $\Delta\delta^{13}\text{C}$ 值也由长期偏负而改为在多年平均值上下波动。这些结果指示,西太平洋副高在持续约 1 600 年的偏南位置后,开始在波动中往北移动。但此阶段往北移动的势头似乎还较小,还不稳定,在数十年至数百年时间往北移动后又往南移,而且以偏南时间居多。因而此阶段中国东部的降雨变化多,波动频繁。总的看来,东北、华北和黄河流域的降雨似乎较偏少;而四川西北部及江淮流域的降雨则较偏多。

3.4 西太平洋副高近代再次持续偏北阶段(1200 ~ 1900 A. D.)

由图 1 可见,直到约 1200 A. D. 金川泥炭 $\Delta\delta^{13}\text{C}$ 值才结束了围绕多年平均值上下波动的状态而持续偏负值;大约在此时期前后,红原泥炭 $\Delta\delta^{13}\text{C}$ 值也结束了波动而偏正值,表明西太平洋副高脊线位置在经过长达约 1 800 年徘徊后可能又再次持续偏北了。这是近 5 000 年中西太平洋副高第二次明显增强,位置偏北,距上一次约 3 400 年。

把近代发生的这一次西太平洋副高持续偏北与上一次(2800 ~ 2200 B. C.) 做比较是很有意思的。两次偏北持续的时间长度较接近,前后分别为 600 年和 700 年;两次都引起相同的降水变化。对近 1 000 年中国东部一些区域干湿状况的分析表明,河北、河南区域降雨偏多,气候偏湿,而江淮流域降雨偏少,气候偏旱^[19]。特别值得注意的是,近代西太平洋副高这次偏北和 2800 ~ 2200 B. C. 的那次一样也发生在全球大范围降温变冷(小冰期,相当于北大西洋 IRD 0 冷事件^[11])和印度西南季风减弱时期,如前所述这种相关性值得进一步研究。

令人关注的是西太平洋副高活动今后的走向。2800 ~ 2200 B. C. 持续偏北后,随着气温回升经历了一次逐渐往南移,并最终开始一次持续约 1 600 年之久的偏南时期,导致东北、华北及黄河流域降雨长期偏少,气候偏旱。近代这次持续偏北后,随着气温升高西太平洋副高是否也会逐渐南移,并再次引起上述北方地区降雨向长期偏少,而江淮流域降雨向长期偏多方向变化?目前的资料证据和研究程度还不足以给出确定的结论,但是有理由要对这种可能性给予充分注意。事实上,图 1 表明,在 1900 A. D. 以后,金川泥炭 $\Delta\delta^{13}\text{C}$ 值已经出现偏正的变化,指示金川地区降雨开始偏少,这与 20 世纪中期以来中国北方的干旱化趋势相一致。如果进一步的研究能确认,中国大陆现在正处在新一轮北方降雨将长期偏少,而南方降雨将长期偏多阶段的初期,这将为制定我国社会经济长期可持续发展规划提供重要科学基础。

参 考 文 献

- 1 陶诗言. 中国夏季副热带天气系统若干问题的研究. 北京:科学出版社,1963. 106 ~ 146
- 2 刘屹岷,吴国雄. 副热带高压研究回顾及对几个基本问题的再认识. 气象学报,2000,58(4):500 ~ 512
- 3 仇永炎. 副热带高压. 见:叶笃正,程纯枢,谢义炳等编著. 中国大百科全书·大气科学. 北京:中国大百科全书出版社,1983. 188 ~ 189
- 4 黄荣辉,孙凤英. 热带西太平洋暖池的热状态及其上空的对流活动对东亚夏季气候异常的影响. 大气科学,1994,18(2):141 ~ 151
- 5 章名立. 西太平洋云量变化与中国东部的降水. 大气科学,1993,17(5):576 ~ 583
- 6 Yapp C J, Epstein S. Climatic implications of D/H ratios of meteoric water over North America (9,500 - 22,000 B.P.) as inferred from ancient wood cellulose C-H hydrogen. *Earth and Planetary Science Letters*, 1977, 34:333 ~ 350
- 7 Hong Y T, Wang Z G, Jiang H B *et al.* A 6000-year record of changes in drought and precipitation in northeastern China based on a $\delta^{13}\text{C}$ time series from peat cellulose. *Earth and Planetary Science Letters*, 2001, 185: 111 ~ 119
- 8 Hong Y T, Hong B, Lin Q H *et al.* Correlation between Indian Ocean summer monsoon and North Atlantic climate during the Holocene. *Earth and Planetary Science Letters*, 2003, 211:371 ~ 380
- 9 Denton G H, Karlen W. Holocene climate variations: Their pattern and possible cause. *Quaternary Research*, 1973, 3: 155 ~ 205
- 10 O'Brien S R, Mayewski P A, Meeker L D *et al.* Complexity of Holocene climate as reconstructed from a Greenland Ice core. *Science*, 1995, 270: 1 962 ~ 1 964
- 11 Bond G, Kromer B, Beer J *et al.* Persistent solar influence on North Atlantic climate during the Holocene. *Science*, 2001, 294: 2 130 ~ 2 136
- 12 Hong Y T, Jiang H B, Liu T S *et al.* Response of climate to solar forcing recorded in a 6000-year $\delta^{18}\text{O}$ time series of Chinese peat cellulose. *The Holocene*, 2000, 10: 1 ~ 7
- 13 洪业汤,姜洪波,陶发祥等. 近 5ka 温度的金川泥炭 $\delta^{18}\text{O}$ 记录. 中国科学(D辑),1997,27(6):525 ~ 530
- 14 靳桂云,刘东生. 华北北部中全新世降温气候事件与古文化变迁. 科学通报,2001,46(20):1 725 ~ 1 730
- 15 徐海,洪业汤,林庆华等. 红原泥炭纤维素氧同位素指示的距今 6ka 温度变化. 科学通报, 2002, 47(15): 1 181 ~ 1 186
- 16 侯雨坚,祝一志. 历史记录提取的近 5 ~ 2.7ka 黄河中下游平原重要气候事件及其环境意义. 海洋地质与第四纪地质, 2000, 20(4): 23 ~ 29
- 17 洪业汤,姜洪波,陶发祥等. 气候变化与文明发展. 见:刘嘉麒,袁宝印编. 中国第四纪地质与环境. 北京:海洋出版社,1997. 359 ~ 367
- 18 夏商周断代工程专家组编著. 夏商周断代工程 1996 ~ 2000 年阶段成果报告(简本). 北京:世界图书出版公司, 2000. 1 ~ 118
- 19 张德二,江剑民. 近 1 千年我国东部 6 个区域干湿气候跃变分析. 见:符淙斌,严中伟主编. 全球变化与我国未来的生存环境. 北京:气象出版社,1996. 37 ~ 44

**SUBTROPICAL HIGH ACTIVITY OF WESTERN PACIFIC OCEAN
DURING THE LAST 5 000 YEARS RECORDED IN ISOTOPE
TIME SERIES OF PEAT BOG**

Hong Yetang Hong Bing Lin Qinghua Zhu Yongxuan
Jiang Hongbo Wang Yu

(State Key Laboratory of Environmental Geochemistry, Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Sciences, Guiyang 550002)

Abstract

An inverse correlation between the isotope time series of peat cellulose from Jinchuan and Hongyuan has been used for indicating the subtropical high activities of the Western Pacific Ocean. The results show that the subtropical high activities can be divided into four stages during the last 5 000 years. In the period from 2800 B. C. to 2200 B. C. the ridge line of subtropical high seems to tend to move to the north part of the China continent, which led to an increase precipitation in the region covering the northeastern China, the north China and the Yellow river basin; and at the same time caused a decrease precipitation in the region between the Changjiang and Huai rivers. On the contrary, during the period from 2200 B. C. to 600 B. C. the ridge line was in the south of China, which led to a decrease precipitation in Yellow river basin and so on, and at the same time caused an increase precipitation in the region between the Changjiang and Huai rivers. After walking back and forth between the north and south for around 1 800 years the subtropical high seems to move to the north again during the period from 1200 A. D. to 1900 A. D. What is worth to paying particular attention to is that from around 1900 A. D. the subtropical high seems to begin to move again to the south part of China continent, for which it remains to be studied further.

Key words subtropical high, monsoon precipitation, peat isotope, the Holocene

本刊加入“万方数据——数字化期刊群”的声明

为了实现期刊编辑、出版工作的网络化,本刊现已入网“万方数据——数字化期刊群”,所以,向本刊投稿并录用的稿件文章,将一律由编辑部统一纳入“万方数据——数字化期刊群”,进入因特网提供信息服务。凡有不同意见者,请另投它刊或特别声明需另作处理。本刊所付稿酬包含刊物内容上网服务报酬,不再另付。

“万方数据——数字化期刊群”是国家“九五”重点科技攻关项目。本刊全文内容按照统一格式制作,读者可上网查询浏览本刊内容,并征订本刊。

《第四纪研究》编辑部