

文章编号: 0379-1726(2002)04-0309-06

安图红松树轮稳定碳同位素记录的低云量信息

徐 海^{1,2}, 洪业汤¹, 朱咏煊¹, 刘广深¹

(1. 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, 贵州 贵阳 550002; 2. 中国科学院 研究生院, 北京 100039)

摘 要: 分析了安图红松树轮碳同位素和与之临近的敦化市气象站气象记录间的相关关系, 发现树轮碳同位素与上年 5~7 月平均低云量间存在显著的负相关关系, 重建了该区近 200 年来 5~7 月平均低云量变化。功率谱分析表明, $\delta^{13}\text{C}$ 序列、重建的低云量序列均包含明显的厄尔尼诺-南方涛动周期(ENSO)和准 2 年振荡周期(QBO), 反映了 ENSO 以及东亚季风对该区气候的影响。

关键词: 树轮; 碳同位素记录; 低云量; 气候重建; ENSO; QBO; 安图县

中图分类号: P597; P532 **文献标识码:** A

0 引 言

树轮碳同位素作为一种高精度的气候变化代用指标在国际国内都受到很大的重视。 $\delta^{13}\text{C}$ 对气候因子的响应是一个十分复杂的过程, 许多气候因素如温度^[1-3]、湿度^[1, 4-6]、大气 CO_2 的浓度^[7, 8]、光照强度^[9]和大气压力^[7, 10, 11]等, 都可能影响树轮碳同位素的分馏。同时, 其他一些因素如盐度和大气污染等^[12]也可能影响到植物碳同位素的分馏。

Ramesh *et al.*^[13]首次报道了克什米尔(KASHMIR)地区银杉(*Abies pindrow*)树轮碳同位素与云量间的相关关系, 之后再未见类似的报道。其原因之一可能在于树轮碳同位素对云量变化响应的复杂性。然而云量作为气象因子中重要的一员, 一直受到气象工作者的高度重视。近年来对云量变化的研究发现, 云量在日-地关系中起着重要的放大作用, 从而引起了国际学术界更大的兴趣^[14]。先进的气象卫星云量记录只有十几年, 一般气象站的云量记录多为 40~50 年, 国外最长的气象站的记录也只有百年左右。如果能找到合适的代用指标恢复较长时段内的云量变化, 这对气候变化的研究有着十分重要的意义。本文拟通过对安图红松树轮碳同位素与云量变化之间的相关关系的分析, 重建该区近 200 年来 5~7 月低云量变化。

1 材料与方法

采样点位于吉林省安图县内, 地理坐标为(42°24'N, 128°08'E), 树种为红松(*Pinus Koraiensis*)。安图县位于吉林省延吉市, 西北与敦化市交界。该区气候属于北半球西风带大陆性中温带湿润气候区中的温凉和冷凉气候。全年降水主要集中在 5~8 月, 占总降水量的 70% 以上。7 月温度最高, 1 月温度最低, 年温差较大。红松喜湿润, 耐低温, 是该区的优势树种之一。采样点位于几个孤立的山峰上, 人为活动影响很小。采样时间为 1988 年 9 月, 共采取红松树轮 10 棵, 选取其中轮宽变异比较大的三棵进行交叉定年, 三个轮盘年代特征彼此吻合。三个轮盘分别命名为 PKA(1756~1988)、PKB(1766~1988)、PKC(1771~1988)。选取 PKA 做碳同位素分析。从树轮中提取 α -纤维素; $\delta^{13}\text{C}$ 测定方法为将 α -纤维素与氧化铜和铂丝混合, 密封于真空硬质玻璃管中, 高温灼烧后经纯化处理得到 CO_2 , 供质谱仪测定。实验过程中插入国际原子能研究机构(IAEA)提供的已知 $\delta^{13}\text{C}$ 值的标样作为内标, 同时对个别样品还采用平行样实验以充分保证实验数据的准确性。实验误差小于 0.2‰。剔除幼龄效应的影响, 得到的 $\delta^{13}\text{C}$ 序列为: 1789~1988 共 200 年。实验工作均在中国科学院地球化学研究所环境地球化学国家重点实验

收稿日期: 2001-08-22; 接受日期: 2002-03-01

基金项目: 国家自然科学基金重点项目(49733130)

作者简介: 徐海(1975-), 男, 博士研究生, 环境地球化学专业。

室完成。测定仪器为 MAT-252 型气体质谱仪。 $\delta^{13}\text{C}$ 采用 PDB 标准,数据测试结果见文后附表,示于图 1。

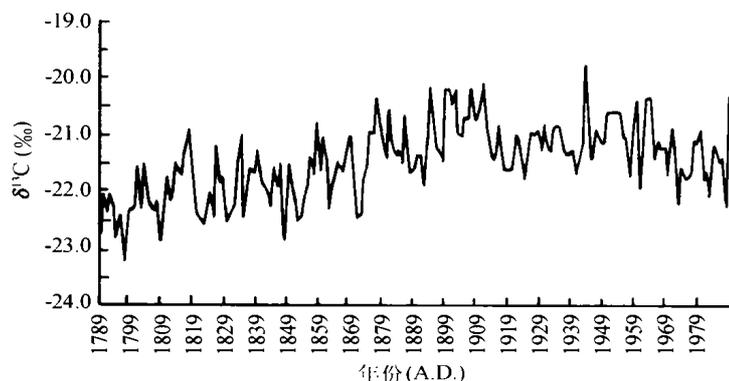


图 1 安图红松树轮碳同位素序列

Fig. 1 $\delta^{13}\text{C}$ series of tree ring cellulose of *Pinus Koraiensis* in Antu

由于安图县可供使用的气象记录比较短,我们收集了离采样点距离相当的敦化市气象记录(1929~1941, 1953~1988)和长白山气象站气象记录(1956~1988)。邵雪梅等^[15]曾对长白站的部分气象因子作过检验,表明该站气象记录可用。本文以长白站作为参考站,对敦化市气象记录作类似检验,结果表明敦化市气象记录无不均匀变化和随机突变,代表了自然界的实际变化。由于敦化市气象记录比较长,本文使用敦化市气象记录。

气象学上按距离地面的垂直高度将云分为高、中、低云。通常低云距离地面高度小于 2 500 m,划分的标准是相对的,不同地区情况有所差异。低云对降雨有重要贡献^[16]。

2 相关分析及低云量重建

考虑到气候滞后现象,同时由于其他因素如植物生长周期等的影响,使树轮碳同位素对气候变化的响应存在滞后效应,分别分析了上年及当年各个气象因子与当年树轮碳同位素的相关关系。每年的各气象因子都按月分为 12 个序列,分

别统计不同气象因子各月数据序列以及部分月份组合后的数据序列与树轮碳同位素的相关关系。分析结果表明,安图红松树轮碳同位素与上年 5~7 月低云量显著相关,相关统计结果列于表 1($\delta^{13}\text{C}$ 与其他气象因子之间的相关关系未列出)。

表 1 树轮 $\delta^{13}\text{C}$ 序列与气象因子间的相关关系
Table 1 Correlations between $\delta^{13}\text{C}$ and climatic factors

项 目	上年低云量			
	5 月	6 月	7 月	5~7 月平均
相关系数 r	-0.544	-0.502	-0.380	-0.676
显著性水平 α	0.002	0.004	0.035	< 0.001

注: 斜体数字表示显著 ($\alpha < 0.05$); 黑斜体数字表示极显著 ($\alpha < 0.01$)。

将树轮 $\delta^{13}\text{C}$ 序列与当年及前两年共 36 个月的月平均低云量序列(36 个序列)之间的相关系数作图,结果如图 2a, 图 2b 为 1957~1988 年期间安图树轮 $\delta^{13}\text{C}$ 与敦化 5~7 月平均低云量关系图。从图

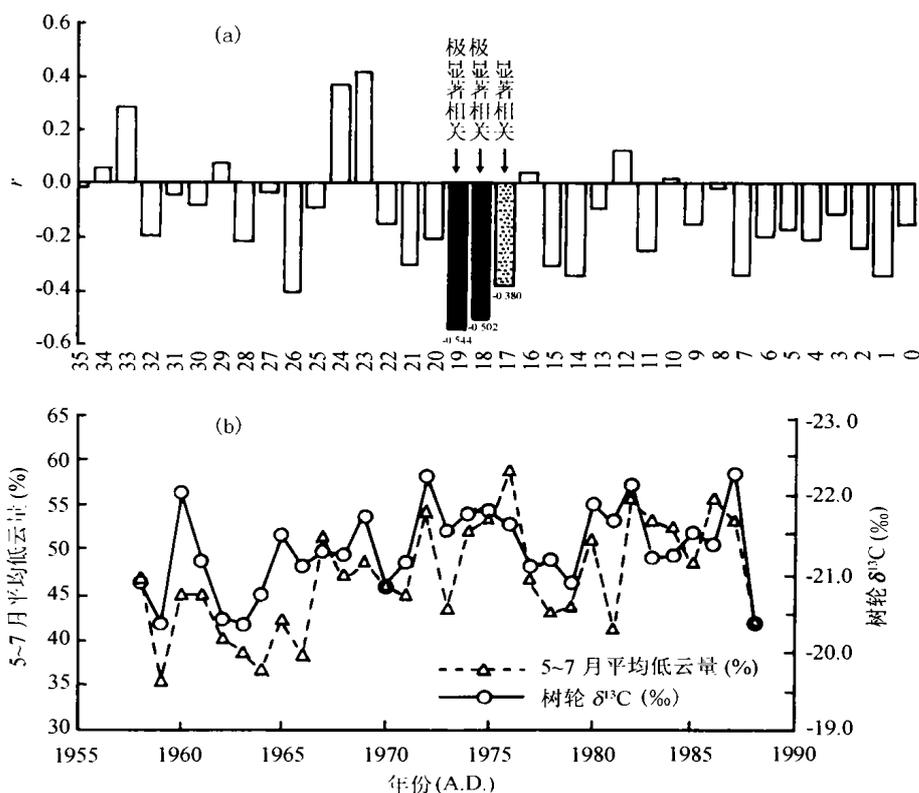


图 2 红松树轮 $\delta^{13}\text{C}$ 与低云量的关系

Fig. 2 Relationship between $\delta^{13}\text{C}$ and the low cloud amount

- 红松树轮 $\delta^{13}\text{C}$ 与最近三年 36 个月月平均低云量的相关系数。横坐标从右到左依次代表当年 12 月、11 月、10 月等,顺次前推。黑色填充柱代表极显著相关;灰色填充柱代表显著相关。
- 1957~1988 年间安图树轮 $\delta^{13}\text{C}$ 与敦化气象站 5~7 月平均低云量记录。实线代表低云量变化;虚线代表树轮 $\delta^{13}\text{C}$ 变化。云量数据均向后调整 1 年以使云量与 $\delta^{13}\text{C}$ 对比更直观。

中可以看出, 树轮 $\delta^{13}\text{C}$ 与各月的月均低云量之间呈明显的负相关关系, 其中与上年 5、6、7 三个月(对应于图中的 19、18、17 三个月)的月均低云量成极显著性和显著性相关。相关系数分别为 -0.544 、 -0.502 、 -0.380 , 对应的显著性水平分别为 0.002 、 0.004 、 0.035 (表 1)。树轮 $\delta^{13}\text{C}$ 与上年 5~7 月平均低云量相关关系更加突出, 相关系数为 -0.676 , 显著性水平小于 0.001 。

温度、相对湿度、降雨量和日照强度等气象因子对树轮 $\delta^{13}\text{C}$ 的影响机制已经有大量的研究^[1-12]。Ramesh *et al.*^[13]虽首次报道了树轮碳同位素与云量间的相关关系, 但对于云量对树轮碳同位素的作用机制并未详细论述。我们认为云量对树轮 $\delta^{13}\text{C}$ 的影响是间接影响而非直接影响。云量的多少影响到相对湿度、温度、大气降雨和日照强度等, 进而借助于温度、相对湿度、降雨量和日照强度等间接对树轮 $\delta^{13}\text{C}$ 产生影响。图 3 给出了 5~7 月平均总云量、平均低云量与 5~7 月平均温度、相对湿度、降雨量和日照强度的相关关系。从图中可知, 5~7 月平均总云量与平均低云量显著相关 (0.618 , <0.001)。上年 5~7 月总云量也与树轮 $\delta^{13}\text{C}$ 显著相关 (-0.496 , 0.005), 但由于各单个月份总云量与树轮 $\delta^{13}\text{C}$ 相关关系不如各单个月份低云量与树轮 $\delta^{13}\text{C}$ 相关关系显著, 所以本文重点讨论低云量与树

轮 $\delta^{13}\text{C}$ 的关系。研究表明, 相对湿度与树轮碳同位素有负相关关系^[1, 4-6], 由于低云量与相对湿度呈正相关关系, 所以低云量应与树轮碳同位素呈负相关关系。同时, 云量的多少还影响到日照强度的大小, 气象记录中 5~7 月低云量与 5~7 月日照强度呈显著的负相关关系, 研究表明, 日照强度与植物碳同位素为正相关关系^[9, 12], 所以, 低云量与树轮碳同位素应该呈负相关关系。本文的研究结果以及 Ramesh *et al.*^[13]的研究结果都验证了这一点。

将上一年 5~7 月的平均低云量(用 C_{-1} 表示)与 $\delta^{13}\text{C}$ 进行线性回归, 所得结果为 $C_{-1} = -7.734\delta^{13}\text{C} - 117.551$, $r = -0.676$, F 统计量为 24.374 , 显著性水平 <0.001 。用该方程重建安图地区近 200 年来 5~7 月低云量变化情况, 如图 4 所示。

从图 4 可以看出, 近 200 年来 5~7 月平均低云量变化趋势可比较明显地分为两段: 1910 年以前 5~7 月平均低云量在波动中减少; 1910 年以后 5~7 月平均低云量在波动中升高。1898~1912 年间 5~7 月平均低云量较少。1915~1939 年间 5~7 月平均低云量较多。1941~1963 年间 5~7 月平均低云量少。1964~1975 年间 5~7 月平均低云量多。

3 讨 论

3.1 重建序列可靠性检验

云量的记录在中国 1950 年以前几乎没有, 所以无法直接用过去的云量记载来检验重建的云量序列。遵照自然规律, 多云的天气一般日照强度较少, 所以日照强度应该与云量呈负相关关系。分析表明, 5~11 月平均日照强度与树轮碳同位素为显著正相关关系 ($r=0.502$, $\alpha=0.003$), 由此推测低云量与树轮碳同位素应该为负相关关系, 与前文分析结果一致。另外, 一个十分普遍的自然规律是有雨必须有云(尽管有云未必有雨), 云多的时候通常降雨也比较多。安图县志^[17]记载的降雨多的年份与低云量多的年份相对应。

上述分析在一定程度上证实了重建的低云量序列的可靠性。但由于云量变化涉及的情况太复杂, 而且云量变化信号记录在树轮碳同位素组成中的过程也十分复杂, 对重建序列的检验还需要做进一步的工作。

3.2 气候信号在树轮碳同位素和低云量中的记录

对树轮碳同位素序列和重建的低云量序列分别

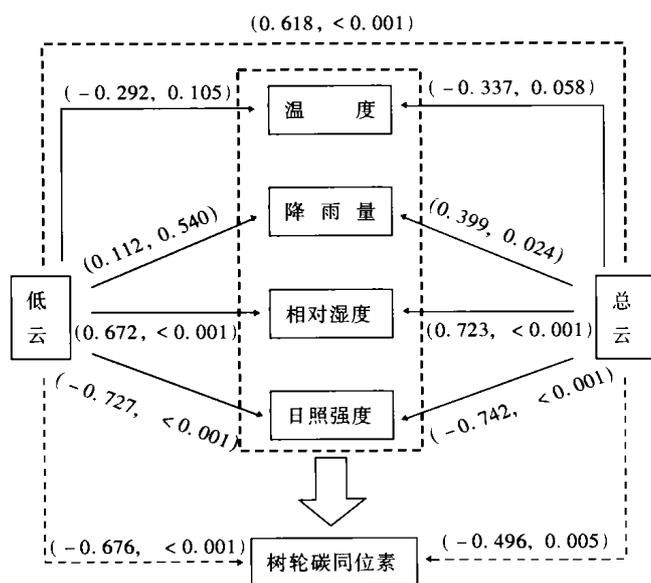


图 3 云量对树轮碳同位素的间接作用机制

Fig. 3 Mechanism of indirect influence of cloud cover on the carbon isotope ratio of tree ring cellulose

以坐标格式给出的数据代表敦化地区 5~7 月平均总云量、平均低云量分别与 5~7 月平均温度、相对湿度、降雨量和日照强度等气象因子的相关关系。格式为: (r, α)

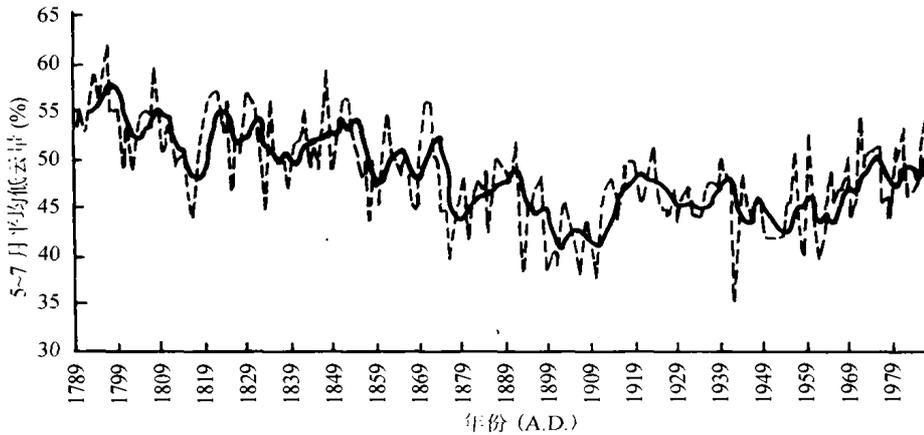


图4 安图地区近200年来5~7月的平均低云量变化

Fig. 4 Average low cloud amount and precipitation change

细虚线代表重建的5~7月的平均低云量变化趋势;粗实线为低云量5年滑动平均。

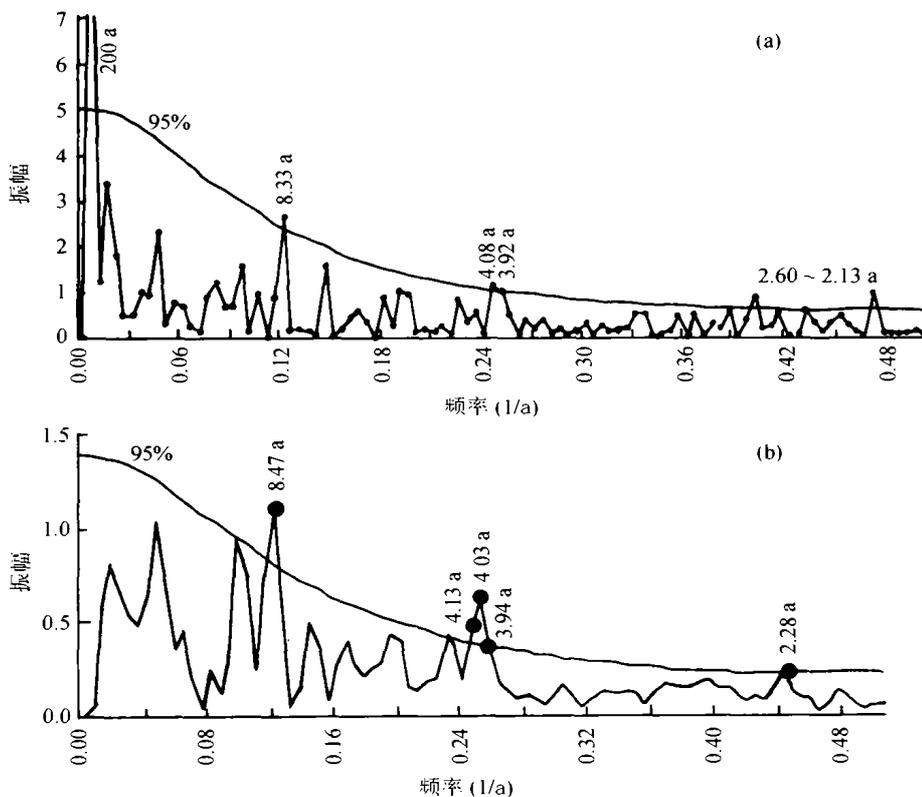


图5 树轮碳同位素序列和重建的低云量序列功率谱分析

Fig. 5 Power spectrum analysis of $\delta^{13}\text{C}$ and the reconstructed average low cloud amount

a. $\delta^{13}\text{C}$ 序列功率谱分析; b. 重建的5~7月平均低云量序列功率谱分析。

做功率谱分析, 所得结果如图5。使用的分析软件为 REDFIT35^[18]。

图5a表明, 在95%的置信水平上, $\delta^{13}\text{C}$ 序列包含200 a、8.33 a、4.08 a、3.92 a、2.60 a、2.5 a、2.41 a、2.33 a、2.33 a、2.13 a周期。重建的5~7月平均低云量序列在95%置信水平上存在8.47 a、

准4 a和准2 a周期(图5b)。

对比 $\delta^{13}\text{C}$ 序列和低云量序列功率谱分析结果可见, 两序列所包含的短周期信号与树轮碳同位素包含的短周期信号基本一致。8.33 a(或8.47 a)周期可能是太阳活动、东亚季风长周期活动以及地区性因素综合作用的结果, 准4 a周期对应于厄尔尼诺现象的准4 a周期变化^[19], 准2 a周期与东亚季风准2 a振荡(QBO)对应^[20]。安图地区5~7月间气候主要受东亚夏季风控制, 东亚夏季风的QBO周期记录到低云量变化周期和树轮碳同位素中, 同时 ENSO 现象通过与东亚夏季风的耦合也记录到安图低云量变化周期以及树轮碳同位素变化中。类似现象在国内外的研究中都有所发现。Pendall^[21]研究发现松树(*Pinus pine*)树轮 δD 与 ENSO 相关。钱君龙等^[22]发现天目山柳杉树轮 $\delta^{13}\text{C}$ 序列包含有准4.4 a的厄尔尼诺周期, 刘禹等^[23]发现陕西秦岭镇安树轮中包含有明显的QBO周期。

树轮碳同位素包含的200 a周期可以解释为对太阳活动变化周期的响应。类似的周期在吉林金川泥炭碳、氧同位素序列的功率谱分析中也有发现, 分别对应于207 a和205 a^[24, 25]。

4 结论

安图地区红松树轮碳同位素中记录了最近200年来该地区5~7月低云量信息。低云量信息主要通过影响相对湿度和日照强度间接记录到树轮碳同位素组成中。树轮碳同位素与低云量序列中均包含了

显著的准 4 a 周期和准 2 a 周期,反映了 ENSO 和东亚季风对该区气候的影响。利用树轮碳同位素重建低云量的研究在中国尚属首次,许多问题还有待于进一步深入研究。

参考文献(References):

- [1] Lipp J, Trimborn P, Fritz P. Stable isotopes in tree ring cellulose and climatic changes [J]. *Tellus (B)*, 1991, 43: 322 ~ 330.
- [2] Stuiver M, Braziunas T F. Tree cellulose $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ isotope ratios and climatic change [J]. *Nature*, 1987, 328: 58 ~ 60.
- [3] Saurer M, Siegenthaler U, Schweingruber F. The climate-carbon isotope relationship in tree ring and the significance of dte conditions [J]. *Tellus(B)*, 1995, 46: 320 ~ 330.
- [4] Lipp J, Trimborn P, Edwards T, *et al.* Climatic efforts on the $\delta^{18}\text{O}$ and $\delta^{13}\text{C}$ of cellulose in the desert tree *Tamarix joudanis* [J]. *Geochim Cosmochim Acta*, 1996, 60(17): 3 305 ~ 3 309.
- [5] Hemming D L, Switsur V R, Waterhouse J S, *et al.* Climate variation and the stable carbon isotope composition of tree ring cellulose: An intercomparison of *Quercus robur*, *Fagus sylvatica* and *Pinus silvestris* [J]. *Tellus (B)*, 1998, 50: 25 ~ 33.
- [6] Edwards T W D, Graf W, Trimborn P, *et al.* $\delta^{13}\text{C}$ response surface resolves humidity and temperature signals in trees [J]. *Geochim Cosmochim Acta*, 2000, 64(2): 161 ~ 167.
- [7] Francey R J, Farquhar G D. An explanation of $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ variations in tree rings [J]. *Nature*, 1982, 297: 28 ~ 31.
- [8] White J W C, Clais P, Fige R A, *et al.* A high-resolution record of atmospheric CO_2 content from carbon isotopes in peat [J]. *Nature*, 1994, 367: 153 ~ 156.
- [9] Francy R J, Gifford R M, Sharkey T D, *et al.* Physiological influences on carbon isotope discrimination in huon pine (*Lagarostrobos franklinii*) [J]. *Oecologia*, 1985, 66(2): 211 ~ 218.
- [10] Berry J, Troughton J H, Bjorkman O. Effect of oxygen concentration during growth on carbon isotope discrimination in C_3 and C_4 species of *Atriplex* [J]. *Carnegie Institution Year Book*, 1972, 71: 158 ~ 161.
- [11] Körner C H, Farquhar G D, Wong S C. Carbon isotope discrimination by plants follows latitudinal and altitudinal trends [J]. *Oecologia*, 1991, 88: 30 ~ 40.
- [12] Schleser G H. Parameters determining carbon isotope ratios in plants [A]. Frenzel B, Stauffer B, Weiss M M. *Paläoklimaforschung/Palaeoclimate Research (v. 15)* [C]. Strasbourg: [s. n.], 1995. 67 ~ 92.
- [13] Ramesh R, Bhattacharya S K, Gopalan K. Climatic correlations in the stable isotope records of silver fir (*Abies pindrow*) trees from Kashmir, India [J]. *Earth Planet Sci Lett*, 1986, 79: 66 ~ 74.
- [14] 洪业汤. 太阳变化驱动气候变化研究进展[J]. *地球科学进展*, 2000, 15(4): 400 ~ 405.
Hong Ye-tang. Progress in study on relationships between solar variability and climate change [J]. *Adv Earth Sci*, 2000, 15(4): 400 ~ 405 (in Chinese with English abstract).
- [15] 邵雪梅, 吴祥定. 利用树轮资料重建长白山区过去气候变化[J]. *第四纪研究*, 1997, 17(1): 76 ~ 83.
Shao Xue-mei, Wu Xiang-ding. Past climate change of Chang Bai Mountain reconstructed from tree ring material [J]. *Quat Sci*, 1997, 17(1): 76 ~ 83 (in Chinese with English abstract).
- [16] 陆正华, 许以平. 气象学基础知识[M]. 北京: 中国青年出版社, 1985. 48 ~ 63.
Lu Zheng-hua, Xu Yi-ping. *Basic of Meteorology* [M]. Beijing: Chinese Youth Press, 1985. 48 ~ 63 (in Chinese).
- [17] 安图县地方志编纂委员会. 安图县志[M]. 长春: 吉林文史出版社, 1993. 118 ~ 121.
Committee of Antu Chorography. *Antu Chorography* [M]. Changchun: Literature and History Press of Jilin Province, 1993. 118 ~ 121 (in Chinese).
- [18] Schulz M, Mudelsee M. REDFIT: Estimating red-noise spectra directly from unevenly spaced paleoclimatic time series [J]. *Comput Geosci*, 2002, 28(3): 421 ~ 426.
- [19] Zebiak S E, Cane M A. A model of El Nino-Southern Oscillation [J]. *Mon Wea Rev*, 1987, 115: 2 262 ~ 2 278.
- [20] Kane R P, Meek C E, Manson A H. Quasi-biennial and higher-period oscillation in the mean winds in the mesosphere and lower thermosphere over Saskatoon, 52°N, 107°W [J]. *J Geophys Res*, 1999, 104(A2): 2 645 ~ 2 652.
- [21] Pendall E. Influence of precipitation seasonality on pinon pine cellulose δD values [J]. *Global Change Biol*. 2000, 6(3): 287 ~ 301.
- [22] 钱君龙, 吕军, 屠其璞, 等. 用树轮 α -纤维素 $\delta^{13}\text{C}$ 重建天目山地区近 160 年气候[J]. *中国科学(D 辑)*, 2001, 31(4): 333 ~ 341.
Qian Jun-long, Lü Jun, Tu Qi-pu, *et al.* The past 160-year climate change of Tianmu Mountain reconstructed from carbon isotope ratio of α -cellulose [J]. *Sci China (D)*, 2001, 31(4): 333 ~ 341 (in Chinese).
- [23] 刘禹, 马利民, 蔡秋芳, 等. 依据陕西秦岭镇安树木年轮重建 3 ~ 4 月份气温序列[J]. *自然科学进展*, 2001, 11(2): 157 ~ 162.
Liu Yu, Ma Li-min, Cai Qiu-fang, *et al.* Temperature series of March to April reconstructed from tree ring wide in Zhenan, Shaanxi Province [J]. *Prog Natur Sci*, 2001, 11(2): 157 ~ 162 (in Chinese).
- [24] 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 [J]. *Earth Planet Sci Lett*, 2001, 185: 111 ~ 119.
- [25] 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 [J]. *The Holocene*, 2000, 10(1): 1 ~ 7.

Information of low cloud amount recorded in $\delta^{13}\text{C}$ series of tree ring cellulose of *Pinus Koraiensis* in Antu Area

XU Hai^{1,2}, HONG Ye-tang¹, ZHU Yong-xuan¹, LIU Guang-shen¹

(1. State Key Laboratory of Environmental Geochemistry, Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Sciences, Guiyang 550002, China; 2. Graduate School of the Chinese Academy of Sciences, Beijing 100039, China)

Abstract: The relationship between $\delta^{13}\text{C}$ of tree ring cellulose in Antu and climatic station records is analyzed. Significant negative correlation is discovered between $\delta^{13}\text{C}$ and the average low cloud amount of May to July, and that in Antu in the recent 200 years is reconstructed. Periods of quasi-4-year related to the El Nino/southern oscillation (ENSO) phenomenon and quasi-2-year related to the Quasi biennial oscillation (QBO) of the East Asian monsoon are worked out at significant level of 95% by power spectrum analysis of both $\delta^{13}\text{C}$ series and the reconstructed average low cloud amount level, which reflects the influence of both ENSO and the east Asian monsoon on Antu climate.

Key words: tree ring; $\delta^{13}\text{C}$ record; low cloud amount; climatic reconstruction; El Nino southern oscillation; quasi biennial oscillation; Antu County

附表 安图树轮碳同位素原始数据

年份	$\delta^{13}\text{C}$												
1789	-22.759	1814	-21.694	1839	-21.262	1864	-21.698	1889	-21.570	1914	-21.439	1939	-21.257
1790	-22.032	1815	-21.698	1840	-21.724	1865	-21.478	1890	-21.339	1915	-21.261	1940	-21.720
1791	-22.367	1816	-21.303	1841	-21.874	1866	-21.670	1891	-21.366	1916	-20.829	1941	-21.423
1792	-22.030	1817	-20.909	1842	-21.957	1867	-21.511	1892	-21.893	1917	-21.449	1942	-21.090
1793	-22.277	1818	-21.362	1843	-22.356	1868	-21.087	1893	-21.045	1918	-21.644	1943	-19.752
1794	-22.826	1819	-21.999	1844	-21.553	1869	-20.996	1894	-20.152	1919	-21.644	1944	-20.861
1795	-22.426	1820	-22.394	1845	-21.960	1870	-21.826	1895	-20.860	1920	-21.644	1945	-21.479
1796	-22.728	1821	-22.485	1846	-21.501	1871	-22.453	1896	-21.245	1921	-21.083	1946	-20.899
1797	-23.180	1822	-22.590	1847	-22.272	1872	-22.408	1897	-21.264	1922	-21.083	1947	-21.046
1798	-22.298	1823	-22.289	1848	-22.870	1873	-21.794	1898	-21.456	1923	-21.546	1948	-21.175
1799	-22.353	1824	-22.003	1849	-21.496	1874	-21.434	1899	-20.180	1924	-21.830	1949	-21.124
1800	-22.246	1825	-22.450	1850	-21.804	1875	-20.945	1900	-20.214	1925	-21.293	1950	-20.627
1801	-21.540	1826	-21.230	1851	-22.151	1876	-20.994	1901	-20.483	1926	-20.984	1951	-20.627
1802	-22.269	1827	-21.924	1852	-22.506	1877	-20.330	1902	-20.214	1927	-21.028	1952	-20.627
1803	-21.515	1828	-21.730	1853	-22.415	1878	-20.922	1903	-20.978	1928	-20.922	1953	-20.627
1804	-22.108	1829	-22.551	1854	-22.117	1879	-21.040	1904	-21.036	1929	-21.272	1954	-20.627
1805	-22.241	1830	-22.422	1855	-21.893	1880	-21.421	1905	-20.716	1930	-20.796	1955	-21.068
1806	-22.329	1831	-22.360	1856	-21.394	1881	-20.554	1906	-20.710	1931	-21.140	1956	-21.068
1807	-22.123	1832	-22.137	1857	-21.722	1882	-21.133	1907	-20.145	1932	-21.327	1957	-21.778
1808	-22.899	1833	-21.453	1858	-20.810	1883	-21.390	1908	-20.772	1933	-20.921	1958	-20.865
1809	-22.400	1834	-20.993	1859	-21.665	1884	-21.251	1909	-20.775	1934	-20.875	1959	-20.356
1810	-21.738	1835	-22.461	1860	-21.055	1885	-21.518	1910	-20.446	1935	-20.880	1960	-22.009
1811	-22.161	1836	-21.874	1861	-21.504	1886	-20.662	1911	-20.079	1936	-21.270	1961	-21.149
1812	-22.005	1837	-21.553	1862	-22.263	1887	-21.491	1912	-20.993	1937	-21.364	1962	-20.421
1813	-21.515	1838	-21.685	1863	-21.789	1888	-21.662	1913	-21.216	1938	-21.365	1963	-20.350