

文章编号: 1008 - 2786 - (2011)4 - 402 - 07

# 哈萨克斯坦东北部 310 年来初夏 温度变化的树轮记录

尚华明<sup>1,2</sup>, 魏文寿<sup>2</sup>, 袁玉江<sup>2</sup>, 喻树龙<sup>2</sup>, 张同文<sup>2</sup>, 张瑞波<sup>2</sup>

(1. 中国科学院新疆生态与地理研究所, 新疆 乌鲁木齐 830002; 2. 中国气象局乌鲁木齐沙漠气象研究所, 新疆树木年轮生态实验室, 中国气象局树轮年轮理化研究重点开放实验室, 新疆 乌鲁木齐, 830002)

**摘 要:** 在哈萨克斯坦东北部的阿尔泰山南坡, 位于森林上限的西伯利亚落叶松的树轮宽度对生长季初期温度敏感, 且在近年来气候变暖的背景下对温度的响应较为稳定, 可以作为该区域温度变化的良好替代材料。利用森林上限区的树轮资料, 从树轮宽度中提取初夏温度信息, 建立了树轮宽度年表与卡通卡拉盖气象站 6 月平均温度的转换方程, 重建了这一区域 310 年来的初夏温度变化历史, 重建方程的方差解释量达到 42.7%。由于校准期较长, 利用独立检验方法对重建方程进行检验, 各项检验的参数表明重建方程是稳定可靠的。重建序列与相邻的中国阿勒泰地区西部和阿尔泰山北坡树轮反映的温度变化序列的冷暖阶段是一致的, 其中 19 世纪的温度波动较为明显, 持续时间最长的冷期(1842—1871 年)和暖期(1872—1906 年)都出现在这个阶段。重建温度序列存在 11 a 左右的周期, 与太阳活动的周期一致。

**关键词:** 哈萨克斯坦; 阿尔泰山; 西伯利亚落叶松; 树木年轮; 温度

**中图分类号:** P467

**文献标识码:** A

树木年轮由于其定年精确、分辨率高、分布广泛等优势, 在过去气候与环境变化研究中扮演着重要的角色。在干旱、半干旱<sup>[1-3]</sup>以及高海拔<sup>[4-5]</sup>、高纬度<sup>[6-8]</sup>地区, 气候要素对树木生长的限制作用明显, 各种树轮指标记录了丰富的气候信息, 成为过去气候变化信息有力的记录体。阿尔泰山位于中国西北部与俄罗斯、蒙古、哈萨克斯坦交界段, 在阿尔泰山分布了长龄的针叶树种——西伯利亚落叶松。阿尔泰山树轮气候研究表明, 位于森林上限的西伯利亚落叶松宽度对生长季初期的温度敏感<sup>[9-10]</sup>, 且对温度的响应没有随着全球气温的升高出现“响应分歧”现象<sup>[11]</sup>, 可以用于重建过去气候变化历史。此前, 阿尔泰山的树轮气候研究主要集中在阿尔泰山

南坡的东部<sup>[10-13]</sup>和北坡<sup>[14-16]</sup>, 在哈萨克斯坦东北部还没有树轮气候重建研究的报道。该区域是我国天气气候系统的上游地区, 认识这一区域的气候变化历史可以为分析影响我国的天气系统提供更好的参考。同时, 该区气象站的观测资料相对较长, 可以提供较长的校准期, 得到更为可信的气候重建结果。本文利用哈萨克斯坦东北部卡通卡盖地区森林上限区西伯利亚落叶松的树轮标本, 从树轮宽度中提取初夏温度变化信息, 重建哈萨克斯坦卡通卡拉盖地区 310 年来的温度变化, 分析其周期特征, 并与区域其他代用资料进行对比, 为认识区域气候变化规律、开展区域气候预测提供基础资料, 对于农业生产安排也具有一定的指导意义。

**收稿日期** (Received date): 2010 - 02 - 09; **改回日期** (Accepted): 2011 - 06 - 02。

**基金项目** (Foundation item): 国家自然科学基金项目(40975056, 41071072), 新疆维吾尔自治区重点实验室开放课题(XJYS0911 - 2009 - 02), 科技部公益性行业(气象)科研专项(GYHY200806011)和公益性科研院所基本科研业务费项目(IDM200801)资助。[Supported by NSFC (No 40975056, 41071072), Open Fund of Xinjiang Key Laboratory (XJYS0911 - 2009 - 02), Science and Technology Ministry meteorology item (GYHY200806011) and basic scientific research item of public institute (IDM200801).]

**作者简介** (Biography): 尚华明(1979 - ), 男, 汉族, 湖北广水人, 副研究员, 主要从事树轮气候与环境演变研究。[Shang Huaming (1979 - ), male, Guangshui of Hubei province, associate professor, mainly engaged in dendroclimatology and environmental evolution.] E - mail: shang8632@163.com

# 1 资料和方法

## 1.1 研究区概况

研究区位于哈萨克斯坦东北部阿尔泰山南坡(图1),为典型的大陆性气候区。阿尔泰山全长2 100 km,呈西北—东南走向。该区域的降水主要来源于大西洋的西风气流以及北冰洋穿越山隘的气流带来的水汽,阿尔泰山降水自西北向东南递减<sup>[17]</sup>,由于山地的抬升作用,山区降水较为丰富。阿尔泰山森林资源丰富,在海拔1 400~2 400 m的最大降水带,分布有西伯利亚落叶松(*Larix sibirica* Ledeb.),该树种耐干旱、严寒,一般5月发芽,6—7月为速生期,9月开始落叶进入休眠期<sup>[18]</sup>。

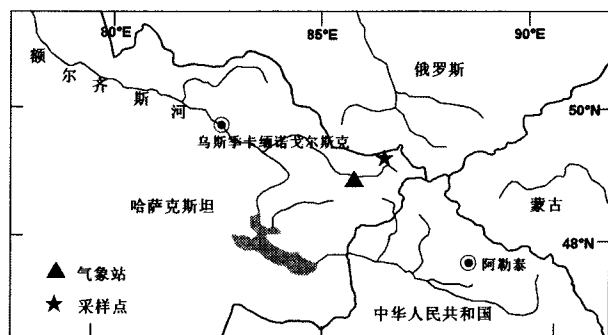


图1 研究区位置图

Fig. 1 Map of study area at Altai Mountains

Meteorological stations was shown as black triangle (▲), and tree ring sampling site was shown as black star (★)

## 1.2 气象资料

本文所用的气象资料来源于哈萨克斯坦东北部的卡通卡拉盖气象站(49°10' N, 85°37' E, 海拔1 071 m),要素包括月降水量、月平均温度、月平均最高温度和月平均最低温度,资料时段为1932—2006年。该站位于阿尔泰山南坡的山区谷地,多年平均降水量为达447 mm,而年均温仅为1.6℃,属于典型的大陆性气候。图2为该站多年月平均温度和降水分布情况,可以看出降水峰值出现在5—8月,7月平均温度最高(16.5℃),6月次之,平均温度为14.7℃。对1932年以来的器测气象资料分析表明<sup>[11]</sup>,卡通卡拉盖气象站的年降水量呈微弱的降低趋势,而增温趋势较为明显,尤其是冬季升温趋势明显。

## 1.3 树轮资料

2007—08 下旬,我们与哈萨克斯坦东哈萨克斯

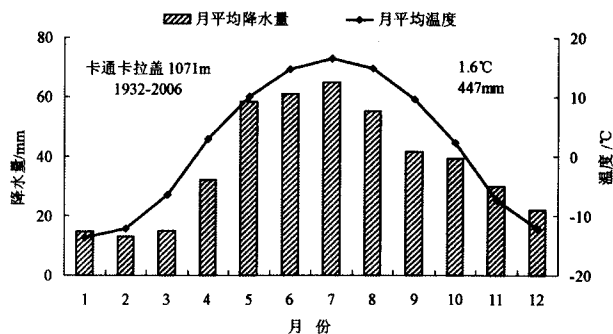


图2 卡通卡拉盖气象站多年月平均温度和降水分布

Fig. 2 Mean monthly precipitation and temperature of Katongkalagai station

坦州水文气象中心联合,在哈萨克斯坦境内阿尔泰山南坡的森林上限附近采集西伯利亚落叶松的树芯标本(见图1)。采样点海拔2 045 m,接近西伯利亚落叶松分布的上限,与气象站的直线距离约65 km。共采集了来自30棵树的50个树芯样本,复本量完全满足树轮气候研究的要求<sup>[19]</sup>。将采集的树芯标本按照实验室标准程序进行固定、打磨、初步查年、轮宽测量,用图像对比程序进行交叉定年,用COFECHA程序进行交叉定年检验<sup>[20]</sup>,剔除其中年代太短和与主序列相关较差的序列,最后采用AR-STAN年表研制程序<sup>[19]</sup>建立树轮年表,采用负指数或线性函数拟合树木的生长趋势,去除与树龄相关的生长趋势的影响,再对去趋势序列以双权重平均法进行合成,得到三种树轮宽度年表(表2)。树轮序列的长度为389 a(1619—2007年),可靠年表序列长度(子样本信号强度>0.85)为310 a(1698—2007年),公共区间为1839—2005年,树轮年表和公共区间的统计特征见表2。宽度标准化年表的平均敏感度达到0.20,一阶自相关系数为0.45,环境对树木径向生长的影响存在一定的滞后效应。从所有样芯间相关系数和样本对总体的解释信号来看,该采样点采样点树轮宽度变化的一致性较好。

## 1.4 分析方法

采用相关函数分别计算树轮宽度指数与卡通卡拉盖气象站1932年以来的上年5月到当年9月各月的平均温度和降水资料之间的相关系数,分析限制树木径向生长的限制因子。用相关普查计算不同月份温度和降水要素组合与树轮宽度指数的相关关系,找到最佳相关时段并讨论其生理意义。采用一元线性回归模型建立树轮宽度指数与对应气候要素的转换方程,并采用独立检验法对重建方程的稳定性进行检验。用功率谱方法分析重建温度序列的周

表 1 哈萨克斯坦阿尔泰山南坡树轮采样点概况

Table 1 General situation of the sampling site from south slope of Altai Mountains of Kazakhstan

采点名称(代号)	经度	纬度	海拔	样本量(株/芯)
牙孜乌耶湖(YZW)	49°33'41.7"E	86°16'59.0"N	2 045 m	30/50

表 2 树轮宽度年表和公共区间统计特征

Table 2 Statistical features of tree ring width standardized chronologies

采样点	年表类型	平均敏感度	标准偏差	一阶自相关	所有样芯间平均相关系数	树间相关系数	树内相关系数	信噪比	样本对总体的解释信号
	STD	0.20	0.23	0.45	0.523	0.517	0.670	23.53	0.959
YZW	RES	0.24	0.21	-0.12	0.535	0.531	0.641	24.94	0.961
	ARS	0.20	0.22	0.37					

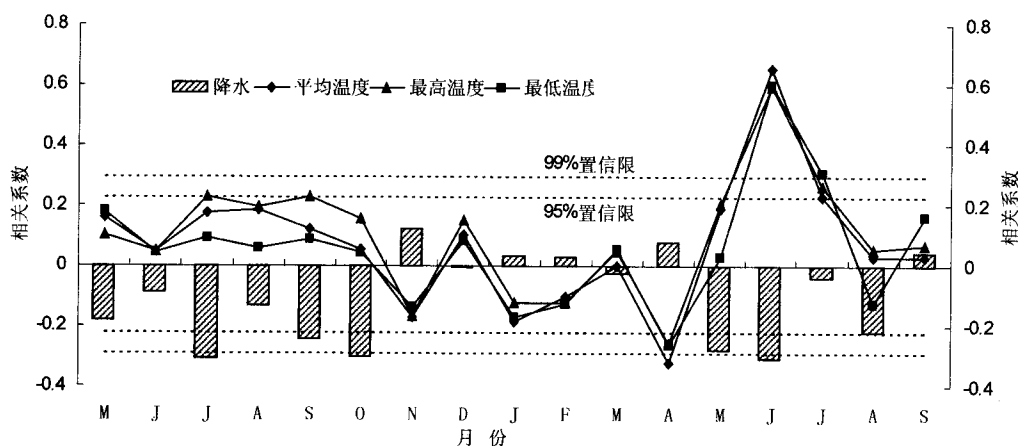


图 3 树轮宽度标准化年表与卡通卡拉盖气象站上年 5 月至当年 9 月的月降水、月平均温度、月平均最高温度和月平均最低温度的相关系数

Fig. 3 The coefficients between tree ring width standardized chronology and monthly precipitation, monthly mean temperature, monthly mean maximum temperature and monthly minimum temperature from last May to current September

期特征。

## 2 结果

### 2.1 树轮径向生长与气候要素的关系

为了确定树木径向生长与气候因子之间的关系,计算了卡通卡拉盖气象站上年 5 月到当年 9 月气候因子(月降水量、月平均温度、月平均最高温度和月平均最低温度)与与树轮标准化年表之间的相关系数。从图 3 可以看出,树轮宽度指数与上年和当年生长季的温度呈正相关,而与生长季降水呈负相关。其中与当年 6 月平均温度、平均最高温度和平均最低温度的相关系数都在 0.6 以上,达到了 0.001 的极显著水平。与上年 6 月和当年 5—6 月降水的负相关达到了 0.05 的显著性水平。

### 2.2 转换方程的建立和检验

除了月平均气温以外,还将卡通卡拉气象站上年 5 月到当年 9 月各月温度和降水进行组合后与树轮宽度年表进行相关普查,发现树轮宽度指数与当年 6 月单月温度的相关系数最高,且具有明确的生理学意义。对树轮宽度对气候响应的分析表明<sup>[11]</sup>,该区域树轮宽度对当年 6 月的温度的响应是稳定的,并没有随着气候变暖出现明显的“响应分异”现象。相关分析还发现树轮差值年表与当年 6 月平均温度的相关系数(0.654)明显高于标准化年表(0.618)。因此本文选择卡通卡拉盖气象站 6 月平均温度为重建因子,以树轮宽度差值年表为变量,以 1932—2006 年为建模期,用一元线性回归模型建立树轮宽度指数与 6 月平均温度之间的转换方程

$$T_{6\text{mean}} = 10.112 + 4.559 \times YZW_{\text{res}}$$

表3 转换方程统计检验参数

Table 3 Independent statistical test parameters of the transfer function

校准期			校验期					
时段	$R^2$	$F$ 值	时段	$r$	$t$	$S$	RE	CE
1932—1969 年	0.527	40.13 ***	1970—2006	0.583 ***	5.12 ***	28/9 **	0.362	0.174
1970—2006 年	0.340	18.00 ***	1932—1969 年	0.725 ***	5.51 ***	30/8 ***	0.455	0.397
1932—2006 年	0.419	54.42 ***						

\* 表示达到 0.05 的显著性水平, \*\* 表示达到 0.01 的显著性水平, \*\*\* 表示达到 0.001 的显著性水平

其中  $T_{6\text{mean}}$  为卡通卡拉盖气象站 6 月月平均温度,  $YZW_{\text{res}}$  为树轮宽度差值年表。该方程的方差解释量达到 42.7%, 调整后方程解释量为 41.9%,  $F$  值为 54.42, 远超过了 99.99% 的置信度区间。

由于气象站有较长的实测资料, 本文在这里采用建模期和独立检验期检验方程的稳定性<sup>[13]</sup>。分别以 1932—1969 年为校准期、1970—2006 年为独立检验期, 以 1970—2006 年为校准期、1932—1969 年为独立检验期对方程进行检验, 独立统计检验的参数包括相关系数( $r$ )、乘积平均数( $t$ )、符号检验( $S$ )、误差缩减值( $RE$ )、效率系数( $CE$ )。各项检验结果表明(表3), 在两个校准期, 转换方程的方差解释量分别为 52.7% 和 34.0%,  $F$  值达到了 0.001 的显著性水平。在两个独立检验期, 实测值和模拟值的单相关系数( $r$ )、符号检验值( $S$ )和沉积平均数( $t$ )都达到了 0.01 的显著性水平以上。RE 值和 CE 值都为正值, 较好的通过了检验。

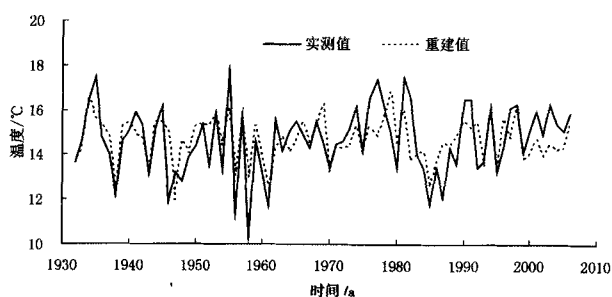


图4 卡通卡拉盖6月平均温度重建序列和实测序列对比

Fig. 4 Comparison between reconstructed (dashed line) and actual (solid line) mean June temperature

### 2.3 温度序列特征分析

为保证重建序列的可靠性, 以子样本信号强度  $>0.85$  的年份(1698 年)为重建序列开始的年份。在此基础上, 利用树轮资料将哈萨克斯坦东北部卡通卡拉盖气象站 6 月温度变化的记录延长至 310 a

(图5A), 其中 6 月温度最低的 3 a 都出现在 20 世纪前期(分别为 1947 年、1927 年和 1938 年), 而温度最高的 3 a 依次为 1979 年、1830 年和 1715 年。为了提取重建序列的年代际变化趋势, 对重建序列进行 11 a 滑动平均处理, 发现重建的温度序列有 4 个较为明显的暖期(1707—1720 年、1757—1770 年、1805—1839 年、1872—1906 年)和 3 个明显的冷期(1721—1756 年、1840—1871 年和 1906—1924 年)。19 世纪温度波动最为明显, 持续时间最长的冷期(1842—1871)和暖期(1872—1906)都出现在这个阶段。20 世纪中后期没有出现持续较长的冷暖阶段, 其中 1932 年有器测资料以来, 6 月温度以  $0.01^{\circ}\text{C}/\text{a}$  的速率增加, 初夏增温的速率较慢。

对重建的哈萨克斯坦东北部 310 年来的 6 月温度序列进行了功率谱分析, 发现在 0.01 的显著性水平上具有 11 a 和 2 a 左右的变化周期, 其中 2 a 的变化周期与气象学上的“准 2 a 脉动”是一致的<sup>[22]</sup>, 而 11 a 周期与太阳活动的 11 a 周期接近<sup>[23]</sup>, 太阳辐射是温度最为直接的强迫因子, 这也从另外一个角度证明了树轮指数与温度的相关关系。

## 3 讨论

在阿尔泰山南坡西伯利亚落叶松分布的上限区, 制约树木径向生长最主要的气象因子为生长季初期的温度。西伯利亚落叶松的生长期为 5—9 月, 6 月为西伯利亚落叶松的生长的关键时段, 是树轮早材形成的主要时期, 这一时段也是阿尔泰山南坡冰雪融水补给河流的主要时期, 河流最大径流量出现在 5—6 月<sup>[24]</sup>, 同时山区降水相对平原区也较为丰沛。根据阿尔泰山中部山区降水变化的梯度规律<sup>[21]</sup>和气温垂直递减率(海拔每上升 100 m, 气温下降  $0.6^{\circ}\text{C}$ )可以推算出, 在海拔为 2 045 m 的采样点附近, 年降水量可以达到 730 mm 左右, 而 6 月的

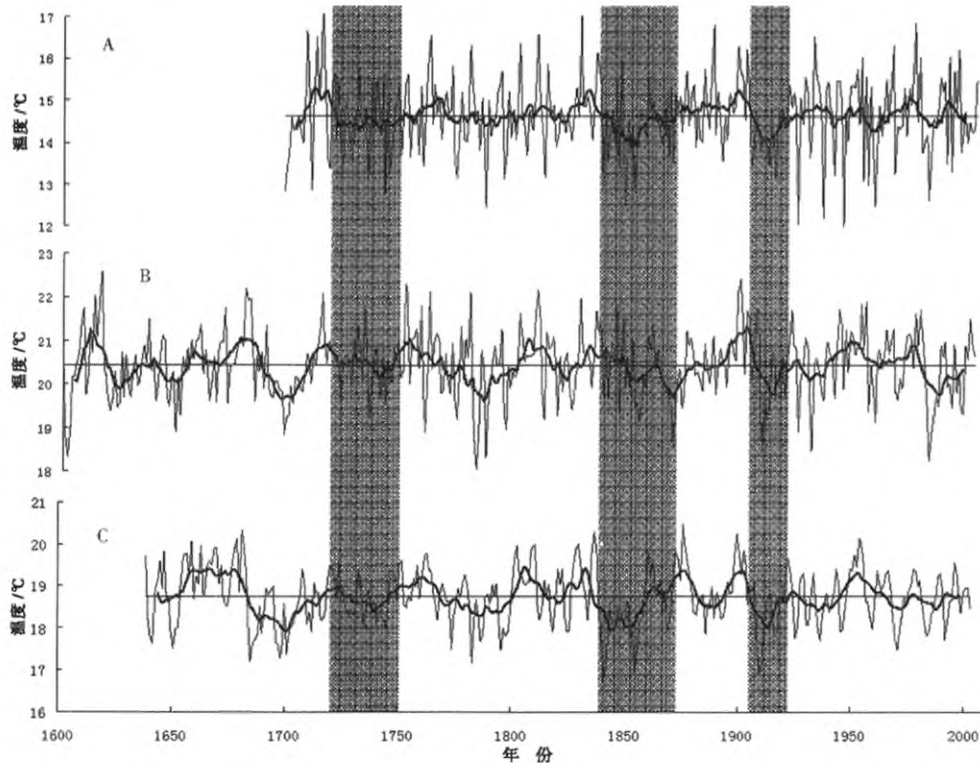


图5 基于树轮宽度的哈萨克斯坦东北部310年来6月温度(a)重建序列(粗线)和11 a滑动平均(细线)及其与中国阿勒泰西部地区6月平均温度序列(b)和5—9月平均温度序列(c)的对比

Fig. 5 The reconstructed mean June temperature in the last 310 years at Katongkalagai (a) and its comparison with reconstructed mean June temperature (b) and May - September temperature (c) in west Aletai prefecture, China

平均温度仅为  $8.8^{\circ}\text{C}$ 。在水分条件充足的情况下,生长季初期的高温能提高光合作用效率,形成较宽的年轮;反之,低温会降低光合作用效率,强冷空气甚至会冻死幼枝嫩叶,形成窄轮。据此也可以推断,树轮宽度指数与5—6月降水的负相关是因为降水通常伴随冷空气入侵、云量的增多和太阳辐射的减少,导致温度较低。因此,研究区西伯利亚落叶松树轮宽度与当年6月温度的显著正相关是具有明确树木生理学意义的。在相邻的新疆阿尔泰山区<sup>[10-13]</sup>、阿尔泰山北坡<sup>[9,15]</sup>以及高寒的川西高原<sup>[25]</sup>等区域都发现了树轮宽度与6月温度的显著正相关关系。

图5A中哈萨克斯坦东北部6月温度的11 a滑动平均序列中存在持续的时间较长的两个冷期(1840—1871年和1906—1924年)和两个暖期(1805—1839年、1872—1906年)与新疆阿勒泰地区西部树轮记录的6月平均温度序列(图5B)<sup>[12]</sup>、5—9月温度序列(图5C)<sup>[10]</sup>所反映的冷暖阶段是对应的。同时与阿尔泰山北坡树轮宽度反映的6—7月温度变化也有较好的对应关系<sup>[9]</sup>。说明在阿尔泰山地区,位于森林上限树木年轮的宽度能较好地

反映生长期温度的变化,本文重建的哈萨克斯坦东北部的初夏温度变化与阿尔泰山区域初夏温度变化的总体趋势是一致的。同时还发现重建的初夏温度序列并没有在20世纪后期出现明显的上升的趋势,与全球近百年来气候变暖的趋势不太一致,可能是由于这一区域的增温主要发生在秋冬季,夏季的升温并不明显<sup>[9]</sup>。

新疆阿勒泰地区位于我国西北端,纬度较高,是新疆热量分布较少的地区, $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温一般为2500~3000  $^{\circ}\text{C} \cdot \text{d}$ 。6月是阿尔泰山区树木生长的关键时期,也是平原区农作物(小麦、油菜等)的主要生长发育期,6月低温容易造成农作物的低温冷害。利用树木年轮延长6月温度序列,有助于认识该区域初夏热量指标的规律,为农业生产安排提供指导意见。

## 4 结论

1. 在位于哈萨克斯坦东北部的阿尔泰山南坡西伯利亚落叶松分布的森林上限区,制约树木径向

生长最主要的气象因子为生长季初期的温度。树轮宽度指数与6月温度的相关显著,这一关系具有明确的生理学意义。

2. 利用树轮宽度标准化年表重建了哈萨克斯坦东北部310年来的初夏温度历史,重建序列较好的通过了独立检验。重建序列的冷暖阶段与新疆阿勒泰地区以及阿尔泰山北坡的树轮夏季温度记录的冷暖阶段是一致的。

3. 重建的夏季温度序列并没有表现出20世纪以来的升温趋势,与全球近百年来气候变暖的趋势并不一致,可能是由于这一区域的增温主要发生在秋冬季,夏季的升温并不明显。

### 参考文献 (References)

- [1] Shao X, Xu Y, Yin Z Y, et al. Climatic implications of a 3585-year tree-ring width chronology from the northeastern Qinghai-Tibetan Plateau[J]. *Quaternary Science Reviews*, 2010, 29: 2111-2122
- [2] Cook E R, Seager R, Cane M A, Stahle D W, et al. North American drought: reconstruction, causes, and consequences[J]. *Earth-Science Reviews*, 2007, 81: 93-134
- [3] Yuan Yujiang, Esper Jan, Wei Wenshou, et al. Development, correlation and climate signal analysis of tree spruce chronologies of tree-ring maximum density from upper tree line in the western Tianshan Mountains of Xinjiang[J]. *Arid Land Geography*, 2008; 31(4): 560-566 [袁玉江, Esper Jan, 魏文寿, 等. 新疆天山西部三个云杉上树线树轮最大密度年表的研制、相关性及其气候信号分析[J]. *干旱区地理*, 2008; 31(4): 560-566]
- [4] Treydte K S, Schleser G H, Helle G, et al. The twentieth century was the wettest period in northern Pakistan over the past millennium[J]. *Nature*, 2006, 440: 1179-1182
- [5] Bräuning A, Mantwill B. Summer temperature and summer monsoon history on the Tibetan Plateau during the last 400 years recorded by tree rings[J]. *Geophysical Research Letters*, 2004, 31, L24205. doi:10.1029/2004GL020793
- [6] Linderholm H W, Björklund J, Seftigen K, et al. Dendroclimatology in Fennoscandia—from past accomplishments to future potentials[J]. *Climate of the Past*, 2010, 6: 93-114
- [7] Vaganov E A, Hughes M K, Kirdyanov A V, et al. Influence of snowfall and melt timing on tree growth in subarctic Eurasia[J]. *Nature*, 1999, 400: 149-151
- [8] Briffa K R, Schweingruber F H, Jones P D, et al. Reduced sensitivity of recent tree-growth to temperature at high northern latitudes[J]. *Nature*, 1998, 391: 678-682
- [9] Ovtchinnikov D, Adamenko M, Panushkina I. A 1105-year tree-ring chronology in Altai region and its application for reconstruction of summer temperatures[J]. *Geolines*, 2000, 11: 121-122
- [10] Zhang Tongwen, Yuan Yujiang, Yu Shulong, et al. Development of two tree-ring the samples collected from width chronologies of the Baluntai Region[J]. *Arid Zone Research*, 2008, 25(2): 288-294 [张同文, 袁玉江, 喻树龙, 等. 用树木年轮重建阿勒泰西部5~9月365年来的月平均气温序列[J]. *干旱区研究*, 2008, 25(2): 288-294]
- [11] Shang Huaming, Wei Wenshou, Yuan Yujiang, et al. Response of tree ring width to recent climate change, south slope of Altai Mountains[J]. *Acta Ecologica Acta*, 2010, 30(9): 2246-2253 [尚华明, 魏文寿, 袁玉江, 等. 阿尔泰山南坡树轮宽度对气候变暖的响应[J]. *生态学报*, 2010, 30(9): 2246-2253]
- [12] Shang Huaming, Wei Wenshou, Yuan Yujiang, et al. The mean June temperature history of 436a in Altai reconstructed from tree ring[J]. *Journal of arid land resources and environment*, 2010, 24(8): 116-121 [尚华明, 魏文寿, 袁玉江, 等. 树木年轮记录的阿勒泰436a来6月温度变化[J]. *干旱区资源与环境*, 2010, 24(8): 116-121]
- [13] Li Jiangfeng, Yuan Yujiang, You Xiyao, et al. Dendrohydrology research and its application[M]. Beijing: Science Press, 2000: 156, 193-206 [李江风, 袁玉江, 由希尧, 等. 树木年轮水文学研究与应用[M]. 北京: 科学出版社, 2000: 156, 193-206]
- [14] Schwikowski Margit, Eichler A, Kalugin I, et al. Past climate variability in the Altai[J]. *PAGES News*, 2009, 17(1): 44-45
- [15] Panyushkina I P, Ovtchinnikov D V, Adamenko M F, Mixed response of variability in Larch tree-ring chronologies from upper tree-lines of the Russia Altai[J]. *Tree-Ring Research*, 2005, 61(1): 33-42
- [16] Myglan V S, Oidupaa O C, Kirdyanov A V, et al. 1929-year tree-ring chronology for the Altai-Sayan region (western Tuva)[J]. *Archaeology Ethnology & Anthropology of Eurasia*, 2008, 36(4): 25-31
- [17] Nuerlan H. Hydrological features of rivers in Altai prefecture[J]. *Hydrology*, 2001, 21(4): 53-55 [努尔兰·哈再孜. 阿勒泰地区河流水文特征[J]. *水文*, 2001, 21(4): 53-55]
- [18] Zhou Wensheng, Li Jiangfeng, Pan Jiabao, et al. Several problems in the tree ring chronology development at the south slope of Altai Mountains[M] // Li Jiangfeng. *Dendroclimatology and dendrohydrology in Xinjiang*. Beijing: Meteorology Press, 1989: 9-17 [周文胜, 李江风, 潘家宝, 等. 阿尔泰山南坡树轮年表研制中的几个问题[M] // 李江风. *新疆年轮气候年轮水文研究*. 北京: 气象出版社, 1989: 9-17]
- [19] Fritts H C. *Tree Rings and Climate*. Academic Press. London, 1976: 258-270
- [20] Holmes R L. Computer-assisted quality control in tree-ring dating and measurement[J]. *Tree-Ring Bulletin*, 1983, 43: 69-75
- [21] Cook E R. *Methods of Dendrochronology*. The Netherlands, Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1990: 1-200
- [22] Wilson R C, Hudson H S. Sun luminosity variations in solar cycle 21[J]. *Nature*, 1988, 332: 810-812
- [23] Weng Hengyi. Impact of the 11-yr solar activity on the QBO in the climate system. *Advances in atmospheric sciences*, 2003, 20(2): 303-310
- [24] Shen Yongping, Wang Guoya, Lan Yongchao, et al. Hydrological processes responding to climate warming in the upper reaches of

Kelan River Basin with snow-dominated of the Altay Mountains Region, Xinjiang, China[J]. Journal of Glaciology and Geocryology, 2007, 29(6): 845 - 854[沈永平, 王国亚, 蓝永超, 等. 新疆阿尔泰山区克兰河上游水文过程对气候变暖的响应[J]. 冰川冻土, 2007, 29(6): 845 - 854]

[25] Shao Xuemei, Fan Jinmei. Past climate on West Sichuan Plateau as reconstructed from ring width of dragon spruce[J]. Quaternary Sciences, 1999, 19(1): 81 - 89[邵雪梅, 范金梅. 树轮宽资料所指示的川西过去气候变化[J]. 第四纪研究, 1999, 19(1): 81 - 89]

## Early Summer Temperature History in Northeastern Kazakhstan during the Last 310 Years Recorded by Tree Rings

SHANG Huaming<sup>1,2</sup>, WEI Wenshou<sup>2</sup>, YUAN Yujiang<sup>2</sup>, YÜ Shulong<sup>2</sup>,  
ZHANG Tongwen<sup>2</sup>, ZHANG Ruibo<sup>2</sup>

(1. Xinjiang Institute of Ecology and Geography, Chinese Academy of Sciences, Urumqi 830010, China;

2. Institute of Desert Meteorology, China Meteorological Administration; Xinjiang Laboratory of Tree Ring Ecology;

Key Laboratory of Tree-ring Physical and Chemical Research of China Meteorological Administration; Urumqi 830002, China; )

**Abstract:** At the south slope of Altai Mountains, northeastern Kazakhstan, the tree ring width from the upper tree-line was sensitive to the temperature at the early stage of its growth season. Under the climate warming background, tree ring width stably responded to temperature, hence, tree ring width was the prior proxy of past temperature change in this area. By using tree ring samples, this paper extracted the climatic information from tree ring width, established the transfer function between tree ring width chronology and mean June temperature, reconstructed the temperature history during the last 310 years from Katongkalgai weather station at northeastern Kazakhstan. The explained variance of the transfer function was 42.7%. Because the instrumental data was long, the independent test was applied for the transfer function, and all the test parameters indicated that the function was stable and reliable. The reconstructed mean June temperature series in this paper was coincident with the neighboring area such as west Altai in China and north slopes of Altai Mountains. The temperature fluctuation in 19<sup>th</sup> century was most obvious; the longest warm and cold period happened at this stage. Spectral analysis of the reconstructed series indicated that the cycle of 11 years was significant. This cycle was also coincided with the cycle of solar activity. The common cycle of reconstructed temperature and solar activity also proved that the tree ring width change synchronized with temperature and solar activity.

**Key words:** Kazakhstan; Altai Mountains; *Larix sibirica* Ledeb.; tree ring; temperature

作者: 尚华明, 魏文寿, 袁玉江, 喻树龙, 张同文, 张瑞波, SHANG Huaming, WEI Wenshou, YUAN Yujiang, Y(U) Shulong, ZHANG Tongwen, ZHANG Ruibo

作者单位: 尚华明, SHANG Huaming(中国科学院新疆生态与地理研究所, 新疆乌鲁木齐830002; 中国气象局乌鲁木齐沙漠气象研究所, 新疆树木年轮生态实验室, 中国气象局树轮年轮理化研究重点开放实验室, 新疆乌鲁木齐, 830002), 魏文寿, 袁玉江, 喻树龙, 张同文, 张瑞波, WEI Wenshou, YUAN Yujiang, Y(U) Shulong, ZHANG Tongwen, ZHANG Ruibo(中国气象局乌鲁木齐沙漠气象研究所, 新疆树木年轮生态实验室, 中国气象局树轮年轮理化研究重点开放实验室, 新疆乌鲁木齐, 830002)

刊名: 山地学报 **ISTIC PKU**

英文刊名: Journal of Mountain Science

年, 卷(期): 2011, 29(4)

## 参考文献(25条)

1. Shao X; Xu Y; Yin Z Y Climatic implications of a 3585-year tree-ring width chronology from the northeastern Qinghai-Tibet-an Plateau[外文期刊] 2010(17/18)
2. Cook E R; Seager R; Cane M A; Stahle D W North American drought: reconstruction, causes, and consequences[外文期刊] 2007(1/2)
3. 袁玉江; Esper Jan; 魏文寿 新疆天山西部三个云杉上树线树轮最大密度年表的研制、相关性及其气候信号分析[期刊论文]-干旱区地理 2008(04)
4. Treydte K S; Schleser G H; Helle G The twentieth century was the wettest period in northern Pakistan over the past millennium[外文期刊] 2006(7088)
5. Br(a)uning A; Mantwill B Summer temperature and summer monsoon history on the Tibetan Plateau during the last 400 years recorded by tree rings[外文期刊] 2004
6. Linderholm H W; Bj(o)rklund J; Seftigen K Dendroclimatology in Fennoscandia-from past accomplishments to future potentials[外文期刊] 2010
7. Vaganov E A; Hughes M K; Kirilyanov A V Influence of snowfall and melt timing on tree growth in subarctic Eurasia 1999
8. Briffa K R; Schweingruber F H; Jones P D Reduced sensitivity of recent tree-growth to temperature at high northern latitudes[外文期刊] 1998
9. Ovtchinnikov D; Adamenko M; Panushkina I A 1105-year treering chronology in Altai region and its application for reconstruction of summer temperatures 2000
10. 张同文; 袁玉江; 喻树龙 用树木年轮重建阿勒泰西部5~9月365年来的月平均气温序列[期刊论文]-干旱区研究 2008(02)
11. 尚华明; 魏文寿; 袁玉江 阿尔泰山南坡树轮宽度对气候变暖的响应[期刊论文]-生态学报 2010(09)
12. 尚华明; 魏文寿; 袁玉江 树木年轮记录的阿勒泰436a来6月温度变化[期刊论文]-干旱区资源与环境 2010(08)
13. 李江凤; 袁玉江; 由希尧 树木年轮水文学研究与应用 2000
14. Schwikowski Margit; Eichler A; Kalugin I Past climate variability in the Altai 2009(01)
15. Panyushkina I P; Ovtchinnikov D V; Adamenko M F Mixed response of variability in Larch tree-ring chronologies from upper treelines of the Russia Altai 2005(01)
16. Myglan V S; Oidupaa O C; Kirilyanov A V 1929-year tree-ring chronology for the Altai-Sayan region (western Tuva) 2008(04)
17. 努尔兰·哈再孜 阿勒泰地区河流水文特征[期刊论文]-水文 2001(04)
18. 周文胜; 李江凤; 潘家宝 阿尔泰山南坡树轮年表研制中的几个问题 1989
19. Fritts H C Tree Rings and Climate 1976
20. Holmes R L Computer-assisted quality control in tree-ring dating and measurement 1983
21. Cook E R Methods of Dendrochronology 1990
22. Wilson R C; Hudson H S Sun luminosity variations in solar cycle 21[外文期刊] 1988

23. [Weng Hengyi](#) [Impact of the 11-yr solar activity on the QBO in the climate system](#)[期刊论文]-[Advances in Atmospheric Sciences](#) 2003 (02)
24. [沈永平](#); [王国亚](#); [蓝永超](#) [新疆阿尔泰山区克兰河上游水文过程对气候变暖的响应](#)[期刊论文]-[冰川冻土](#) 2007 (06)
25. [邵雪梅](#); [范金梅](#) [树轮宽资料所指示的川西过去气候变化](#)[期刊论文]-[第四纪研究](#) 1999 (01)

#### 引证文献(2条)

1. [姚俊强](#), [刘志辉](#), [杨青](#), [刘洋](#), [李诚志](#), [胡文峰](#) [近130年来中亚干旱区典型流域气温变化及其影响因子](#)[期刊论文]-[地理学报](#) 2014 (3)
2. [孙宇](#), [王丽丽](#) [全球落叶松属树轮气候学研究进展](#)[期刊论文]-[地理科学进展](#) 2013 (12)

本文链接: [http://d.wanfangdata.com.cn/Periodical\\_sdx201104003.aspx](http://d.wanfangdata.com.cn/Periodical_sdx201104003.aspx)