

文章编号: 1008-2786-(2010)5-545-07

特克斯河流域近 236 年降水变化及其趋势预测

陈峰,袁玉江^{*},魏文寿,喻树龙,范子昂,张瑞波,张同文,尚华明

(中国气象局乌鲁木齐沙漠气象研究所, 中国气象局树木年轮理化研究重点实验室,

新疆维吾尔自治区树木年轮生态重点实验室, 新疆 乌鲁木齐 830002)

摘要: 根据 2006 年采自特克斯河流域 6 个采样点的树轮样本研制的树轮宽度年表与气象资料, 通过相关普查发现, 特克斯河流域树轮标准化年表与上年 7 月至当年 6 月的降水存在显著的正相关, 最高单相关系数为 0.727。用库尔克也茨、小白代的树轮宽度标准化年表序列, 可较好地重建该地区最近 236 年的降水序列, 方差解释量达 54%, 并通过交叉检验表明重建结果是稳定可靠的。近 236 年特克斯河流域上年 7 月至当年 6 月降水经历了 8 个偏湿阶段和 8 个偏干阶段, 同时重建降水序列具有 10.3 年、7.5 年、6.0 年、3.0 年、2.1 年的变化准周期, 并在 1790 年、1911 年、1929 年、1974 年发生过降水突变。采用毛毛虫—奇异谱分析法 (Caterpillar SSA) 对该地区未来 20 年的降水的自然变化进行预测。结果表明, 21 世纪的最初几年降水量将延续 20 世纪 90 年代以来增加的趋势, 之后出现下降, 并在 2013~2016 年前后最低值出现。

关键词: 特克斯河流域; 树轮年表; 降水变化; 趋势预测

中图分类号: P467

文献标识码: A

树木年轮以定年准确、连续性好、分辨率高及重建精度好等优势, 成为国际上在全球变化研究中提取过去气候变化信息的最好来源之一。近 20 年来, 伴随着树轮气候学在国际上高速发展, 中国的树轮气候学研究也取得了长足的进步, 恢复了许多地区过去数百年乃至千年尺度的气温、降水、湿润指数等指标, 取得了很多有价值的数据^[1-6]。范敏杰等人^[7]曾利用 1980 年代的树轮资料, 重建了包括本研究区在内的伊犁南天山北坡西部地区 1~5 月降水量。为进一步揭示新疆特克斯河流域降水的年际变化特征, 本文利用新采集的树轮资料, 重建特克斯河流域地区近 236 年的上年 7 月至当年 6 月降水量序列, 并以此为基础对该地区未来的降水自然变化趋势进行预测。

1 降水序列重建

1.1 树轮采样与年表研制

树轮样本采自特克斯河流域的昭苏与特克斯两地, 采集时间为 2006-07-08。在采样样布局上, 除遵循树木年轮气候学采样点选择基本原理外, 还考虑到空间和坡向分布等因素。采集时在该流域上共布局 6 个采样点 (图 1)。各采样点均土层薄, 坡度大, 受人类活动影响小。树种为雪岭云杉 (*Picea schrenkiana*), 每棵树取 2 个钻芯, 共采集树芯样本 300 个 (表 1)。

按要求将采集的样本进行晾干、粘贴、磨平, 打光等预处理, 并对样本进行交叉定年。然后在年轮宽度测量仪上进行年轮宽度测量, 使用 COFECHA

收稿日期 (Received date): 2009-09-11; 改回日期 (Accepted): 2010-05-12

基金项目 (Foundation item): 公益性行业 (气象) 科研专项 (GYHY200806011)、科技基础性工作专项 (2007FY220200)、国家自然科学基金 (40975056) 共同资助。[Supported by Meteorology Public Welfare Industry Research Special Project (GYHY200806011); the basic research project of science and technology ministry of China (2007FY220200); NSFC Project (40975056).]

作者简介 (Biography): 陈峰 (1982-) 男, 福建沙县人, 硕士, 主要从事气候环境变化研究。[Chen Feng (1982-), male, was born in Sha County, Fujian, master, mainly engaged dendroclimatology and climate change.] E-mail: fen653@163.com Tel: 13999970304

* 通讯作者 (Corresponding author): 袁玉江 [Yuan Yujiang] E-mail: yuanyu5502@sina.com

©1994-2014 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. <http://www.cnki.net>

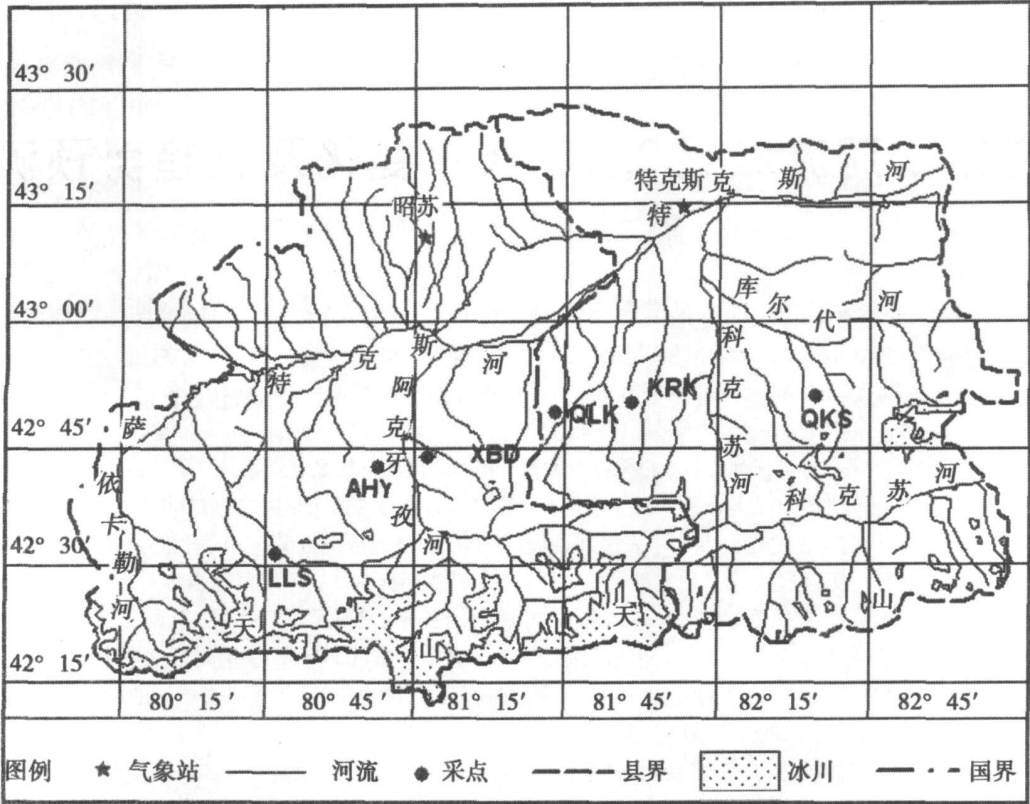


图 1 树轮采样点与气象站分布图
Fig 1 Distribution of tree ring sites and weather station

表 1 特克斯河流域树轮采样点概况
Table 1 Survey of the tree ring sampling sites in the Terek River Basin

代号	地名	经度 (E)	纬度 (N)	海拔 (m)	坡 向	坡度
QKS	琼库什太	82°08'54.4"	42°53'35.0"	2 575 ~2 645	WN	5° ~ 55°
QIK	乔拉克铁热克	81°42'44"	42°48'11.1"	2 592 ~2 765	E	10° ~ 50°
KRK	库尔克尔也灭	81°50'15.2"	42°52'54.7"	2 360 ~2 645	NE— ES	5° ~ 40°
LLS	腊拉散	80°46'54.1"	42°31'45.2"	2 415 ~2 455	WN— N	5° ~ 65°
AHY	阿合牙孜	81°03'21.2"	42°42'39.9"	2 530 ~2 685	EN— W	10° ~ 35°
XBD	小白代	81°15'11.4"	42°44'43.8"	2 600 ~2 833	WS— EN— N	5° ~ 20°

程序对序列进行相关检验^[8], 去掉同大多数序列变化趋势相异的序列, 舍弃异常年轮样本, 并采用 AR-STAN 程序进行树轮宽度年表的研制, 最终建立了宽度标准化年表 (SID)、差值年表 (RES) 和自回归年表 (ARS)^[9] (表 2)。

气象资料

本文采用的气象资料为昭苏 (43°09'N 81°08'E 海拔 1 854 m)、特克斯 (43°11'N 81°46'E 海拔 1 211 m) 气象站的 1960 ~ 2005 年的历年月平均温度、月平均最高温度、月平均最低温度、历年逐月降水量资料及日照时数资料 (2 个气象站建站以来均

未迁址)。将单站的气象资料分别代表昭苏与特克斯的气候状况, 同时将 2 站的气象资料取平均, 代表整个特克斯河流域的气候状况。通过相关分析发现两站站点间降水的相关系数达 0.788 两站降水的平均值与单站降水值的相关性都在 0.95 以上。所以利用 2 站的单站降水取平均, 代表整个特克斯河流域的降水状况是可行的。

降水序列的建立

考虑到当年的气候条件可影响到当年及其以后若干年的树木年轮生长, 利用 2 个单站资料以及两站平均后的降水量资料在 1960 ~ 2005 年的时段上,

表 2 特克斯河流域树轮标准化年表统计特征						
Table 2 Chronology statistics for the tree-ring width standardized chronologies used in the study						
树轮年表	阿合牙孜	腊拉散	小白代	乔拉克铁热克	琼库什台	库尔克尔也灭
代号	AHY	ILS	XBD	QLK	QKS	KRK
年表长度	393	476	483	482	339	277
树数	24	27	28	29	21	21
缺轮率(%)	0.230	1.400	0.227	0.110	0.040	0.190
一阶自相关系数	0.665	0.584	0.464	0.569	0.497	0.455
平均敏感度	0.105	0.242	0.110	0.126	0.113	0.144
标准差	0.160	0.309	0.134	0.172	0.143	0.167
第一特征百分量(%)	37	61	33	33	33	41
树间平均相关系数	0.336	0.587	0.300	0.302	0.298	0.359
信噪比	12.139	38.448	11.163	10.397	8.898	11.784
样本对总体的代表性(%)	92.400	97.500	91.800	91.200	89.900	92.200

取上年 4 月至当年 9 月各种顺序组合与特克斯河流域 6 个采样点的宽度年表进行相关普查计算。其结果表明,以两站取平均以后的降水资料与 6 个采样点树轮年表序列的相关性效果最好,采用两站平均的降水量资料代表特克斯河流域降水资料的方法是可行的。以相关性、重建方程的可靠性和植物生理学意义^[7-19]为标准,在众多相关性好多时段中选出上年 7 月至当年 6 月的降水序列作为重建对象(表 3)。该时段的降水序列与宽度标准化树轮年表当年序列表现出明显的正相关,最高单相关系数为 0.727,显著性水平为 0.000 01。上年 7 月至当年 6 月包括了上一年生长季后期到当年的生长季中期的时间。7~8 月是天山云杉生长的中后期,如果这一时期降水量大,加上采样点海拔较高,昼夜温差大,将有利于树木光合作用吸收营养物质的积累,为下一年的生长做准备。在干旱区,上年的冬季降雪与当年生长季降水对年轮形成影响很大;上年 9 月至当年 3 月,特克斯河流域降水多以降雪为主,积雪的多少直接影响到来年天山云杉在生长季(4~8 月)的生长。如果降雪多,来年积雪融化时树木就能获得水分就充足,有利于树木年轮的生长;4~6 月是雪岭云杉春材形成的关键时期,也是雪岭云杉的开

花季节,年轮生长快,需水量较大,该时段内的降水对树木的生长非常重要。该时段降水越多,树木生长得到水分越充分,光合作用越强烈,形成层分生组织的分裂活动越活跃,分裂形成的木质细胞越多,这样就会形成较宽的年轮。

分别取与特克斯河流域上年 7 月至当年 6 月降水量相关较好的阿合牙孜(AHY)、腊拉散(ILS)、小白代(XBD)、乔拉克铁热克(QLK)、琼库什太(QKS)、库尔克尔也灭(KRK)6 个采样点的宽度标准化年表,同时考虑到上年 7 月至当年 6 月的降水变化对云杉年轮当年、次年、 $t+1$ 及再次年 $t+2$ 的可能影响,依据 1960~2005 年上年 7 月至当年 6 月降水资料,由逐步回归向后剔除分析法,构建最佳重建方程如下

$$P_t = 123.803 + 247.962K_{RK} + 80.6X_{BD}$$

式中 P_t 是特克斯河流域上年 7 月至当年 6 月的降水量, K_{RK} 、 X_{BD} 分别为库尔克尔也灭(KRK)、小白代(XBD)的标准化树轮宽度年表的当年序列。

重建方程的复相关系数为 0.735 46,年重建值对实测值的解释方差达 54%,其 $F_{(2,42)} = 24.694$ 经 F 检验达到了 0.000 001 的极显著水平。从图 2 可知重建值与实测值有良好的同步性。

表 3 特克斯河流域上年 7 月至当年 6 月降水量 (mm)与标准化树轮年表相关系数						
Table 3 The correlation coefficients between the previous July through present years June (J to J) total precipitation and standardized chronologies in the Tekes River Basin						
年表名称	阿合牙孜	腊拉散	小白代	乔拉克铁热克	琼库什太	库尔克尔也灭
年表代号	AHY	ALS	XBD	QLK	KST	KRK
相关系数 R	0.353	0.307	0.555	0.488	0.435	0.727
显著性 α	0.017	0.040	0.001	0.001	0.002	0.001

©1994-2014 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

利用树轮宽度标准化年表对上年 7 月至当年 6 月降水进行重建, 并对重建结果进行交叉检验^[10]发现, 降水重建方程交叉检验所得的误差缩减值 $R_e = 0.505$ (一般认为 $R_e > 0.0$ 就算通过检验); 乘积平均数检验值 t 为 3.47, 其显著性水平均达到 0.000 5; 交叉检验所得的相关系数分别为 0.659 显著性水平为 0.000 1; 一阶差相关系数为 0.508 显著水平为 0.001。另外在符号检验方面, 低频符号检验达到了 0.01 的显著性水平, 高频符号检验也达到 0.05 的显著性水平。以树轮宽度年表的样本总体解释量 EPS 值 > 0.85 为标准, 将重建降水序列起始年定为 1770 年。

2 特克斯河流域降水年际变化特征

准周期特征变化

由图 3 可见, 特克斯河流域降水序列 P_t 存在明显的波动特征。为对这种波动特征进行分析, 本文首先采用多窗谱分析方法^[11-13]对 P_t 序列进行周期分析。图 4 为 P_t 序列的 MTM 谱估计值和相应的红噪声临界谱分析结果。

由图 4 可见, 特克斯河流域降水重建序列存在着显著的短周期性变化, 主要的振荡周期有 10.3 a、7.5 a、6.0 a、3.0 a、2.1 a。其中 10.3 a 的准周期变化可能与太阳活动有关, 而根据相关研究^[14]在太阳

活动 Maunde 极小期期间太阳辐射降低 0.25% 的降低, 可以在北半球产生低指数状态的北极涛动 (AO) 模态。而通过对夏季 AO 指数与冬季 NAO 指数的历史重建^[15-16]都检测到了显著的 6 年周期的存在。AO、NAO 与中纬西风强度有很大关联, 对西风带干湿变化产生重要影响, 而该地区处于迎风面, 深受西风带来的北大西洋暖气团影响, 降水量变化与西风的强弱有很强关联。这种周期关联有待于进一步研究。

从图 3 中的低通滤波曲线可见, 236 年来特克斯河流域上年 7 月至当年 6 月的降水存在几个偏干阶段与偏湿阶段, 而这些干湿阶段的交替具有明显的短周期性波动的特征。其中 1770~1789 年, 1797~1802 年, 1821~1837 年, 1856~1866 年, 1875~1888 年, 1911~1928 年, 1955~1965 年, 1974~1997 年是偏干阶段; 1790~1796 年, 1803~1820 年, 1838~1855 年, 1867~1874 年, 1889~1910 年, 1929~1954 年, 1966~1973 年, 1998~2005 年是偏湿阶段。其中 1838~1855 年, 1889~1912 年的偏湿阶段, 与祁连山地区 5~7 月湿润指数^[17]偏湿阶段中的 1832~1851 年和 1891~1922 年相对应; 1821~1837 年的偏干阶段, 与之 1763~1776 年和 1816~1831 年的偏干阶段相对应。1821~1837 年和 1856~1866 年的两个偏干阶段, 与东天山 4~7 月干旱日数^[18]偏多期中的 1805~1835 年与 1854~1868 年大致吻合;

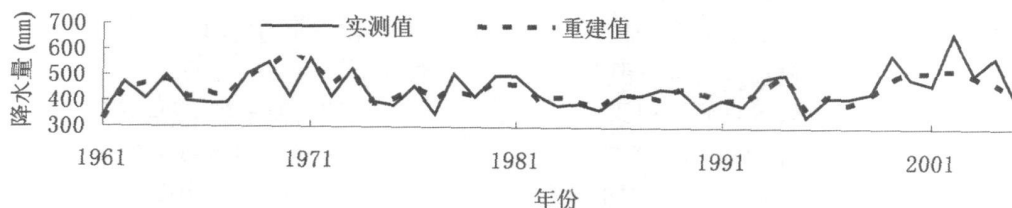


图 2 降水实测数据与重建值比较

Fig. 2 Comparison between the reconstructed precipitation and observational date

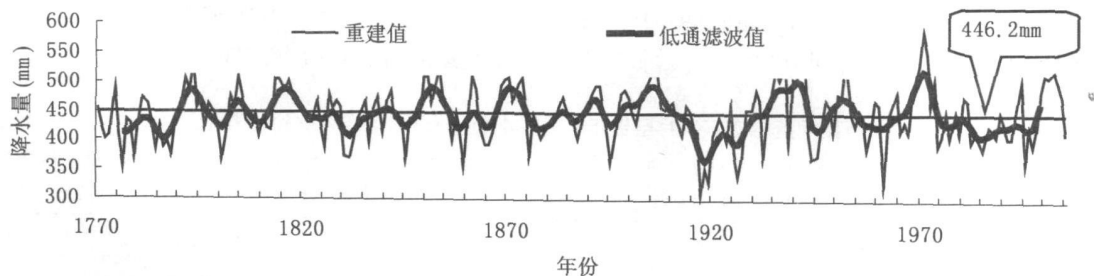


图 3 特克斯河流域近 236 年来上年 7 月至当年 6 月降水的重建值及低通滤波曲线

Fig. 3 The low-pass filtering curve of reconstructed precipitation in the Tekes River Basin

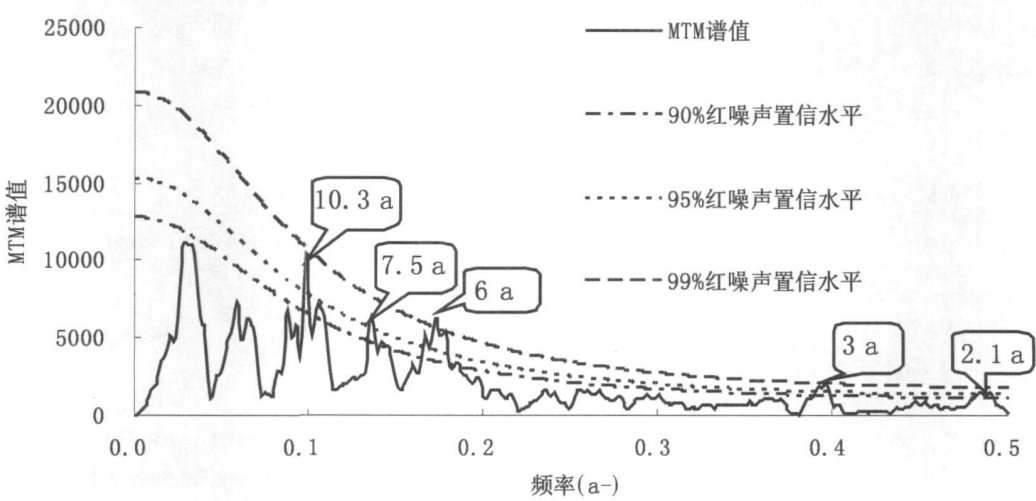


图 4 P 序列的 MTM 谱估计及其相应的红噪声临界谱

Fig 4 MTM spectrum of the Pt series and associated 90%, 95% and 99% red noise significance levels

1803~1820年, 1838~1855年, 1889~1912年, 1966~1974年, 1998~2005年与乌鲁木齐河源春季降水重建^[19]的偏湿阶段中的 1783~1817年、1834~1853年、1888~1914年、1958~1970年、1990~2001年相对应。近 236 a 最干旱的时段是 1911~1928年, 18 年降水量平均 (405.3 mm) 比 236 年降水量平均 (446.2 mm) 少了 9.1%, 其中最干旱的年份 1917年降水量 (310.3 mm) 减少了 30.4%。在该时段中由于严重的干旱, 青藏高原东北部的祁连圆柏 (*Sabina przewalskii*)、内蒙古中部的油松 (*Pinus tabulaeformis*) 和关中地区华山松 (*Pinus amandii*) 树轮序列都出现了不同程度的生长下降情况^[20], 新疆天山地区多个降水序列都有所体现。

由此看来, 特克斯河流域干湿变化不是一种局地现象, 它与天山、祁连山地区等西部干旱半干旱区的气候变化有明显的关联, 同时其变化也具有自己的特性。

突变分析

采用滑动 T 检验法对重建得到的气候要素序列进行突变检验^[10], 取滑动步长为 10 a、15 a、20 a、25 a、30 a、35 a, 以 $\alpha=0.0005$ 作为判别突变的显著水平, 选出其发生年份较为接近的最强突变年^[17], 检验结果见表 4。

通过对特克斯河流域重建降水序列的突变分析发现, 该地区该时段降水在历史上出现了 4 次突变, 而且突变幅度很大, 与干旱半干旱地区的气候变化较剧烈的特征相符。其中 1911 年与 1929 年的突变标志着该地区近 236 a 最干旱阶段的开始与结束。

表 4 上年 7 月至当年 6 月降水变化的突变年份

Table 4 Abruptly changing Year of the precipitation from July last Year to June current Year

滑动步长	突变年份			
10 a	1789	1912	1928	1974
15 a	1790	1911	1929	1974
20 a	1789	1911	1929	1974
25 a	1790	1911	1799	1974
30 a	1790			
35 a	1790			
最强突变点	1790	1911	1929	1974
突变方向	干变湿	湿变干	干变湿	湿变干

3 趋势预测

为研究未来降水变化趋势, 本文采用了毛毛虫—奇异谱分析法^[21-23]对特克斯河流域重建降水的 10 a 滑动平均序列进行预先处理, 利用信号的特征向量提取其中的长期趋势变化、季节波动、周期、等成分, 分解时间序列组成结构, 找出主成分, 剔除噪声干扰, 重建时间序列, 并由此进行 21 a 趋势外推。从图 5 上可以看出在 21 世纪的最初几年降水量延续了 20 世纪 90 年代以来增加的趋势, 之后出现下降, 进入相对干旱的时期, 在 2013~2016 年前后将是降水最少的年份, 干旱的程度与 20 a 的干旱相当。这与刘禹等^[24]对内蒙古西部贺兰山和东部白音敖包未来 20 年降水趋势预测一致, 这可能预示未来 20 年西部干旱半干旱地区可能进入一个短暂的干旱年份, 而 2008 年北疆发生的自 1974 年以来最为严

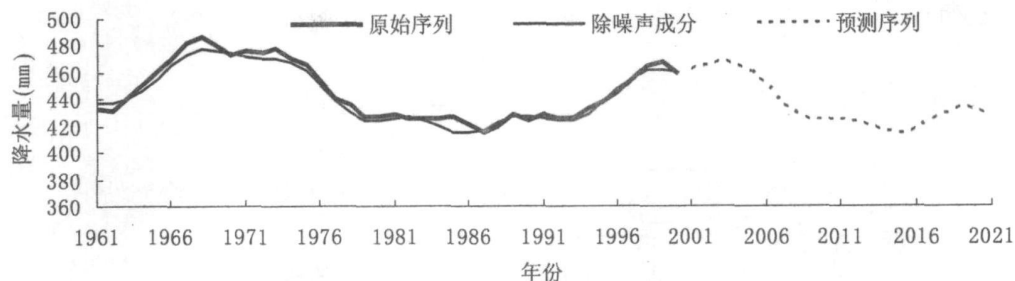


图 5 未来 20 年降水变化趋势预测

Fig 5 Prediction trend of precipitation for the next 20 years

重的干旱发生是否预示着这一干旱时段的开始还有待时间的验证。

4 结论

1. 特克斯河流域 6 个采样点的雪岭云杉标准化年表序列与特克斯河流域上年 7 月至当年 6 月平均降水量呈正相关, 最大相关系数达 0.727 且具有明确的树木生理学意义。经交叉检验, 重建方程稳定, 重建结果可信。

2. 特克斯河流域近 236 年的上年 7 月至当年 6 月的降水量经历了 8 个偏干阶段和 8 个偏湿阶段, 多个干湿阶段变化与其他树轮重建气候资料有对应关系。

3. 特克斯河流域近 236 年的上年 7 月至当年 6 月的降水量具有 10.3 a、7.5 a、6 a、3 a、2.1 a 的变化准周期, 并在 1790 年, 1911 年, 1929 年, 1974 年年发生过降水突变。

4. 特克斯河流域降水量 21 世纪的最初几年降水量延续了 20 世纪 90 年代以来增加的趋势, 之后出现下降, 并在 2013~2016 年前后出现最低值。

参考文献 (References)

- [1] Yuan Yujiang, ESPER J, Wei Wenshou et al. Development, correlation and climate signal analysis of three 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 J, 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]
- [2] Wilson RJS, Luckman BH. Dendroclimatic reconstruction of maximum summer temperatures from upper tree line sites in interior British Columbia [J]. The Holocene, 2003, 13: 853~863
- [3] Shao Xue Mei, Liang Er Yuan, Huang Lei et al. A reconstructed precipitation series over the past millennium in the Northeastern Qaidam Basin [J]. Advances in Climate Change, 2006, 2(3): 122~126
- [4] Büngen U, Frank D C, Nievergelt D et al. Summer temperature variations in the European Alps AD 755 - 2004 [J]. Journal of Climate, 2006, 19: 5606~5623
- [5] Wang X C, Zhang Q B, Ma KP et al. A tree-ring record of 500-year dry/wet changes in Northern Tibet, China [J]. The Holocene, 2008, 18(4): 579~588
- [6] Gou Xiaohua, Yang Meixue, Peng Jianfeng et al. Maximum temperature reconstruction for Annapurna Mountain over past 830 years based on tree ring records [J]. Quaternary Sciences, 2006, 26(6): 991~998 [勾晓华, 杨梅学, 彭剑峰, 等. 树轮记录的阿尼玛卿山区过去 830 年夏半年最高温度变化 [J]. 第四纪研究, 2006, 26(6): 991~998]
- [7] Fan Minjie, Yuan Yujiang, Wei Wenshou et al. Reconstruction of precipitation series from tree-rings at the Northern Slopes of South Tianshan Mountains of Yili Prefecture [J]. Arid Land Geography, 2007, 30(2): 268~273 [范敏杰, 袁玉江, 魏文寿, 等. 用树木年轮重建伊犁南天山北坡西部的降水量序列 [J]. 干旱区地理, 2007, 30(2): 268~273]
- [8] Holmes RL. Computer-assisted quality control in tree-ring dating and measurement [J]. Tree-ring Bulletin, 1983, 43: 69~75
- [9] Cook ER. A time series analysis approach to tree-ring standardization [D]. Tucson: The University of Arizona, 1985
- [10] Li Jiangfeng, Yuan Yujiang, You Xiaopeng et al. Dendrohydrology Research and Application [M]. Beijing: Science Press, 2000 [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]
- [11] Mann H E, Lee J M. Robust estimate estimation of background noise and signal detection in climatic time series [J]. Climatic Change, 1996, 33: 409~445
- [12] Thomson D J. Time series analysis of Holocene climate data [J]. Philosophical Transactions of the Royal Society A, 1990a, 330: 601~616
- [13] Thomson D J. Quadratic inverse spectrum estimates: Applications to Palaeoclimatology [J]. Philosophical Transactions of the Royal Society A, 1990b, 332: 593~597
- [14] Shindell D T, Schmidt G A, Mann M E et al. Solar forcing of regional climate change during the Maunder minimum [J]. Science, 2001, 294: 2140~2152

- [15] D'Arrigo R D, Cook E R, Mann M E, et al. Tree-ring reconstructions of temperature and sea-level pressure variability associated with the warm-season Arctic Oscillation since AD 1650[J]. *Geophysical Research Letters*, 2003, 30(11): 1549~1552.
- [16] Gleckler M E, Stockton C W. Reconstruction of the North Atlantic Oscillation 1429~1983[J]. *International Journal of Climatology*, 2001, 21: 1453~1465.
- [17] Zhang Zhihua, Wu Xiangding. The change and rapid shifts of moisture index and its annual variability since 1310 AD in Qilianshan area[J]. *Quaternary Sciences*, 1996, 7(4): 368~378[张志华, 吴祥定. 祁连山地区1310年以来湿润指数及其年际变幅的变化与突变分析[J]. *第四纪研究*, 1996, 7(4): 368~378].
- [18] Zhang Zhihua, Wu Xiangding, Li Ji. Utilizing tree-ring chronologies to reconstruct 300-year drought day in eastern Tianshan Mountains[J]. *Quaternary Sciences*, 1996, 7(1): 53~60[张志华, 吴祥定, 李骥. 利用树木年轮资料重建新疆东天山300多年干旱日数的变化[J]. *第四纪研究*, 1996, 7(1): 53~60].
- [19] Cui Yufu, Yuan Yujian, Jin Haihong, et al. Reconstruction and analysis of 467-year spring precipitation series in the Urumqi River Head[J]. *Arid Land Geography*, 2007, 30(4): 496~500[崔宇, 袁玉江, 金海龙, 等. 乌鲁木齐河源467年春季降水的重建与分析]. *干旱区地理*, 2007, 30(4): 496~500].
- [20] Liang Er Yuan, Shao Xue mei, Huang Lei, et al. Tree-ring records of the 1920s drought in central-western China[J]. *Progress in Natural Science*, 2004, 14(4): 469~474[梁尔源, 邵雪梅, 黄磊, 等. 中国中西部地区树木年轮对20世纪20年代干旱灾害的指示[J]. *自然科学进展*, 2004, 14(4): 469~474].
- [21] Golyandina N, Nekrutkin V, Zhigljavsky A. *Analysis of Time Series Structure: SSA and Related Techniques*[M]. New York: Harman & Hall/CRC, 2001.
- [22] Golyandina N, Osipov E. The "Caterpillar-SSA" method for analysis of time series with missing values[J]. *Journal of Statistical Planning and Inference*, 2007, 137(8): 2642~2653.
- [23] Elsner JB, Tsonis AA. *Singular Spectral Analysis—a new tool in time series analysis*. New York: Plenum Press, 1996.
- [24] Liu Yu, V. Shishov, Shi Jiangfeng, et al. The forecast of seasonal precipitation trend at the north Heilan Mountain and Baiyinaobao regions, Inner Mongolia for the next 20 years[J]. *Chinese Science Bulletin*, 2004, 49(3): 270~274[刘禹, V. Shishov, 史江锋, 等. 内蒙古西部贺兰山和东部白音敖包未来20年降水趋势预测[J]. *科学通报*, 2004, 49(3): 270~274].

Variation and Prediction Trend of Precipitation Series for the Tekes River Basin during the Last 236 Years

CHEN Feng, YUAN Yujian, WEI Wenshou, YU Shulong, FAN Ziang, ZHANG Ruibo,
ZHANG Tongwen, SHANG Huaming

(Institute of Desert and Meteorology, China Meteorological Administration Key Laboratory of Tree-ring Physical/Chemical Research of China Meteorological Administration Key Laboratory of Tree-ring Ecology of Uygur Autonomous Region, Urumqi 830002, China)

Abstract: The tree-ring chronologies were established according to samples from the Tekes River Basin. Single correlation calculation indicated that the correlations were significant between the tree-ring chronologies and the previous July through present year's June total precipitation, and the maximum correlation coefficient was 0.727. Using XBD(SID), KRK(SID) tree-ring chronology series, the precipitation series during the last 236 years was reconstructed with an explained variance of 54%. The equation was stable by leave-one-out cross validation. Analyzing the precipitation series, we found out that (1) During the last 236 years, the precipitation of Tekes River Basin had 8 wet periods and 8 dry periods; (2) The reconstructed precipitation in the Tekes River Basin during the last 236 years had significant periods of 10.3, 7.5, 6.0, 3.0 and 2.1 years. The abrupt change of precipitation occurred in 1790, 1911, 1929 and 1974. Using Caterpillar-SSA analysis method through the process of embedding, singular value decomposition, grouping and diagonal averaging, the trend of precipitation series for the next 20 years in the Tekes River Basin is forecasted. The results show an increasing trend from 2000 to 2006. In the subsequent decade the precipitation should reduce quickly and it will reach a minimum near 2013 to 2016.

Key words: Tekes River Basin, tree-ring chronology, precipitation variation, trend forecast