

利用祁连圆柏年轮资料重建江河源区 东北部 600 余年气候研究

胡良温^{1,2}, 杨改河¹, 李轶冰¹, 师江澜¹, 史纪安¹

(1 西北农林科技大学 资源环境学院, 陕西 杨凌 712100;

2 山西省气象科学研究所, 山西 太原 030002)

[摘要] 利用江河源区东北部 600 余年的祁连圆柏树木年轮资料, 采用正交多项式、相关分析等方法, 对该地区历史时期 5 月份平均气温和 5~9 月份降水量进行了重建。结果表明, 江河源区东北部地区 600 余年来的气候呈波动变化, 气温的上升和下降并不连续, 5 月份气温距平变化的幅度一般为 ± 1.0 C, 5 年滑动平均值一般为 ± 0.5 C, 气温的年际波动值远大于其长期变化值。逐年雨季(5~9 月份)的相对降水量一般为 0.8~1.1, 5 年滑动平均为 0.90~1.05, 且 600 余年来相对降水量小 1.0 的时间较相对降水量大于 1.0 的时间长。

[关键词] 江河源区; 祁连圆柏; 树木年轮; 气候变化

[中图分类号] P467; P468.0

[文献标识码] A

[文章编号] 1671-9387(2006)05-0107-07

近百年来, 地球正经历着以全球变暖为主要特征的显著气候变化, 并引起了一系列的全球变化问题^[1]。为了更深入地了解近百年来全球气候变化的特点及意义, 将这种变化与过去几百年甚至更长时期的气候进行比较, 才能理解近百年来全球变暖在整个气候系统演变中的历史地位。但由于仪器测量时间较短, 需要采用其他代用方法对不同历史时期的气候变化进行研究。由于在影响树木生长发育的外界环境中, 气候条件是最主要的一个因素。因此, 树木年轮可用于历史时期气候的重建研究^[2-4]。

江河源区位于青藏高原的腹地, 著名的长江、黄河和澜沧江均发源于此, 但近年来该地区雪线上升、冰川后缩、草场退化、土地沙化等严重威胁着当地的生态环境^[5]。为了探讨当地生态环境变化的原因, 首先必须研究影响生态环境的主要因素——气候的变化情况。江河源区环境温度低, 气候条件差, 森林覆盖率低, 树木生长缓慢, 但同时该地区人口密度极低, 人类对树木生长的干扰较少, 树木大多在自然环境条件下生长。因此, 该区树木生长能较多地反映气候条件变化的信息。

本研究在获取江河源区东北部地区年轮样本、分析年轮样本特征并对其进行订正和标准化的基础上, 重建了 14 世纪以来该地的气温和降水量的变化

情况, 并分析了当地 600 余年来气候变化的特征, 以期了解本区域不同历史时期的气候变化状况, 并为进一步研究当地生态环境的变化提供资料。

1 资料与方法

1.1 年轮样本的生长环境

祁连圆柏(*Sabina przewalskii* Kom.) 是我国圆柏属中的一个特有种, 以其为建群种所形成的天然林集中分布在青藏高原的东北部和黄土高原的西部边缘。在青海省境内主要分布在祁连山地、西倾山地和柴达木盆地东部, 南至马可河林区。林下土壤为山地褐色针叶林土, 无明显地带性特征。祁连圆柏生长缓慢, 寿命长, 生长量小, 可获取的树木年轮资料年代长, 适于进行历史时期气候条件变化的分析。

取样点为青海省兴海县中铁林场, 其地理坐标为北纬 $35^{\circ}02'$, 东经 $100^{\circ}07'$; 海拔高度 3 840 m 左右, 属江河源区的东北部。于 2004-08-12 在中铁林场海拔最高处选取 10 株树龄较长的孤立祁连圆柏, 采用生长锥钻取树芯横截面的方法进行取样, 每棵树均在不同方向取 2 个样本作为重复, 取样高度为树基部距地面高度 1.3 m 左右处。本研究拟获取 10 棵树木各 2 个重复共 10×2 个年轮序列样本, 实际获得 19 个可用样本。树木年轮宽度测量在中国科学

[收稿日期] 2006-03-06

[基金项目] 青海省重大科技攻关项目(2002-N-106)

[作者简介] 胡良温(1965-), 男, 山西河津人, 高级工程师, 在读博士, 主要从事气候与生态研究。

[通讯作者] 杨改河(1957-), 男, 陕西耀县人, 教授, 博士生导师, 主要从事资源与环境生态研究。

院地理科学与资源研究所进行。

采样点距最近的气象站青海省同德县站直线距离约 40 km。该站地理坐标为北纬 35°16′, 东经 100°39′, 海拔 3 289.4 m。基本气象条件为: 年平均气温 0.5 C, 最热月平均气温 11.6 C, 最冷月平均气温 -13.0 C; 年降水量 425.2 mm, 其中 5~9 月降水量为 366.1 mm, 占全年降水量的 86.1%; 全年蒸发量 1 482.4 mm, 为全年降水量的 3.5 倍; 年日照时数 2 812.4 h, 全年无霜期 31.5 d。

1.2 树木年轮生长趋势及样本统计特征分析

1.2.1 树木年轮样本序列长度 获取的 10 棵树木各自 2 个重复的树木年轮开始年份和序列长度见表 1。由表 1 可知, 树木年轮开始最早的年份为 1318 年(07-1), 最晚年份的为 1810 年(10-1)。在所有样本中, 除 10-1 样本年轮序列长度较短(194 年)外, 其

余样本的树木年轮序列长度均大于 300 年, 其中 300~400 年的有 8 个, 400~500 年的有 5 个, 500~600 年的有 2 个, >600 年的有 3 个。树木年轮序列最长的长度为 686 年。

1.2.2 树木年轮宽度变化趋势 影响树木径向生长的因素有树木本身的遗传因子及气候、土壤、生物和立地等外界环境条件。树龄的影响主要表现为缓慢的趋势性变化, 一般而言, 在幼龄期绝大多数树木的年轮宽度较窄, 随着树龄的增长, 年轮宽度迅速增加; 当树木到达其生长最旺盛的时期时, 平均年轮宽度常为树木整个生长期内的极大值; 此后树木的年轮宽度随树龄的增加而趋于减小, 减小的速度开始较快, 后来愈来愈慢, 到一定时期后大体趋于平稳^[2]。

表 1 树木年轮开始年份及序列长度分析

Table 1 Analysis of the start year and serial length of tree ring

序号 Serial number	开始年份 Start year		序列长度/年 Serial length		序号 Serial number	开始年份 Start year		序列长度/年 Serial length	
	1	2	1	2		1	2	1	2
01	1436	1483	568	521	06	1396	1561	608	443
02	1671		33		07	1318	1348	686	661
03	1618	1631	386	373	08	1530	1533	474	471
04	1555	1568	449	436	09	1611	1627	393	377
05	1620	1620	384	384	10	1810	1660	194	344

序列长度最长的 07-1 号样本的年轮宽度变化趋势见图 1。从图 1 可以看出, 在祁连圆柏生长初期的前 60 年, 其年轮宽度为 1.0~3.0 mm; 在 60~200 年, 年轮宽度下降, 其值为 0.5~1.5 mm, 其后

年轮宽度下降缓慢且基本维持稳定; 在 200~500 年, 年轮宽度基本维持在 0.5 mm 左右; 500 年以后, 大多数年份年轮宽度在 0.5 mm 以下。

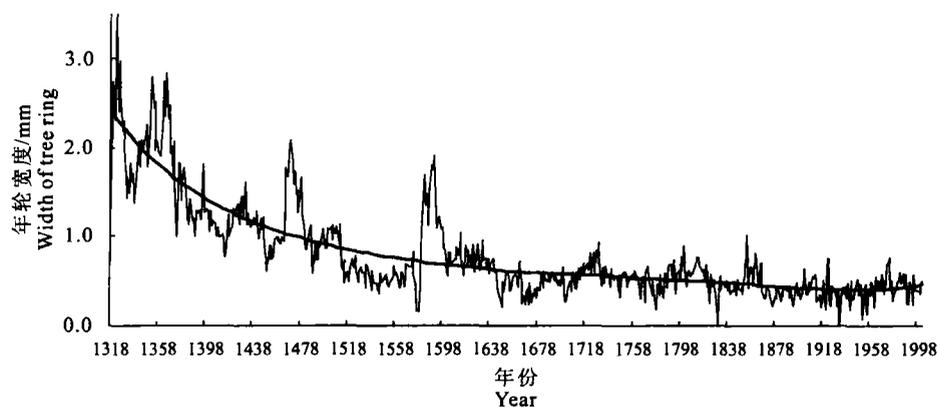


图 1 07-1 号样本的年轮宽度变化趋势

Fig. 1 Width variable tendency of sample 07-1 tree rings

1.3 树木年轮主要参数的统计特征

1.3.1 年轮宽度的变化 由表 2 可知, 祁连圆柏的年轮宽度均较小, 除 02-1, 03-1, 03-2, 09-2 和 10-1

的年轮平均宽度超过 1.0 mm 外(最大为 1.310 6 mm(03-2)), 其余样本平均年轮宽度均小于 1.0 mm, 以 04-2 的年轮宽度最小, 为 0.459 1 mm。

年轮生长的逐年变化是树木对外界环境特别是气象条件的反映。不同年份间年轮宽度变化越大,表示树木对外界条件的反应越敏感,年际间的气象条件变化可对树木年轮生长量产生明显的影响。从统计的年轮序列均方差和变异系数(表2)可以看出,祁连圆柏的变异系数较大,在19个序列中,变异系数 $<20\%$ 的仅有1个, $20\% \sim 30\%$ 的有2个, $30\% \sim 40\%$ 的有3个;其余13个序列的变异系数均高于 40% 。在19个样本中,07-2的变异系数最大,达67.976%,其次为07-1,其变异系数为67.648%。

1.3.2 平均敏感度 平均敏感度(MS)是度量相邻年份间年轮宽度变化情况的指标,主要反映气候的

短期变化或高频变化特征。在利用树木年轮进行气候研究中,常用年轮宽度的逐年变化状况作为树木对气候反映的敏感度。一般来说,当敏感度值较高时,气候因子的限制作用就非常明显,气候条件与年轮宽度序列的相关性好,标本保存的气候信息多,相应的噪声小。平均敏感度理论值为 $0 < MS < 2$,实际统计计算中,MS的值一般均小于1,多为 $0.10 \sim 0.60$,因此在实际工作中一般取 $MS > 0.2$ 的序列^[2]。由表2可知,祁连圆柏的取样结果较为理想,在19个样本中,有12个样本的 $MS > 0.2$,其中04-2的MS最大,为0.3555。由此可知,祁连圆柏的年轮序列可用于历史时期气候的重建研究。

表2 19个样本年轮宽度的序列参数

Table 2 Static parameters of tree ring width of 19 samples

序号 Serial number	平均年轮 宽度/mm Average width of tree ring	均方差 Mean variance	变异系数/% Coefficient of variation	平均敏感度 Mean sen- sitivity	自相关系数 Coefficient of self-correlation				
					一阶 1 step	二阶 2 steps	三阶 3 steps	四阶 4 steps	五阶 5 steps
01-1	0.778 8	0.351 4	45.122	0.190 5	0.865 6	0.846 1	0.828 6	0.798 7	0.779 9
01-2	0.635 8	0.338 8	53.280	0.232 5	0.871 8	0.844 8	0.811 2	0.789 0	0.764 9
02-1	1.024 2	0.306 6	29.936	0.158 4	0.778 4	0.659 0	0.619 8	0.587 0	0.540 9
03-1	1.000 8	0.548 1	54.771	0.257 3	0.885 1	0.824 2	0.802 4	0.797 1	0.763 7
03-2	1.310 6	0.447 4	34.375	0.203 5	0.753 8	0.694 2	0.664 2	0.596 9	0.517 7
04-1	0.889 0	0.414 1	46.581	0.244 6	0.838 8	0.827 0	0.814 9	0.794 2	0.776 2
04-2	0.459 1	0.210 2	45.789	0.355 5	0.528 8	0.474 7	0.460 3	0.388 2	0.340 8
05-1	0.691 0	0.235 6	34.090	0.218 6	0.683 9	0.613 9	0.528 1	0.451 2	0.383 8
05-2	0.788 3	0.448 9	56.953	0.231 0	0.843 9	0.780 0	0.752 7	0.727 4	0.702 6
06-1	0.921 2	0.278 0	30.184	0.157 8	0.792 5	0.730 0	0.710 3	0.665 9	0.663 1
06-2	0.741 5	0.204 1	28.564	0.186 1	0.710 7	0.604 4	0.516 3	0.432 6	0.380 8
07-1	0.798 7	0.540 3	67.648	0.220 2	0.934 5	0.906 2	0.889 4	0.866 7	0.838 8
07-2	0.778 0	0.528 8	67.976	0.237 8	0.931 1	0.906 2	0.885 2	0.857 8	0.838 7
08-1	0.853 2	0.545 3	63.914	0.270 0	0.877 6	0.866 0	0.821 2	0.793 8	0.787 4
08-2	0.706 5	0.286 6	40.572	0.285 8	0.634 7	0.631 9	0.581 3	0.508 5	0.528 1
09-1	0.990 3	0.414 8	45.924	0.208 6	0.845 5	0.748 7	0.708 1	0.666 1	0.622 9
09-2	1.184 4	0.536 1	45.260	0.196 7	0.844 8	0.760 0	0.678 4	0.612 5	0.579 8
10-1	1.072 2	0.197 7	18.441	0.134 4	0.610 6	0.384 4	0.362 9	0.327 7	0.258 5
10-2	0.874 1	0.357 8	40.931	0.137 5	0.852 1	0.767 9	0.723 9	0.703 4	0.672 4

1.3.3 自相关系数 树木本身的生长发育特性、外界环境条件特别是气候条件,不仅会对树木当年的生长状况产生影响,而且还会对树木以后若干年的生长产生影响,其结果可在不同年份间树木年轮宽度变化的相关性上得到反映。其中一阶自相关表示年轮当年宽度值与次年宽度值变化的相关程度,二阶自相关表示年轮当年宽度值与第3年宽度值的相关程度,三阶、四级和五阶依次类推。

从表2可以看出,样本的年轮宽度一阶自相关系数均较大,为 $0.528 8 \sim 0.934 5$,有近60%以上样本的一阶自相关系数在0.8以上。随着相隔年份的增加,自相关系数逐渐减小,但五阶自相关系数仍较

大,有近80%的样本在0.5以上,最大的高达0.838 8。由此可以看出,气候条件对树木年轮生长的影响不仅表现在当年的年轮宽度上,而且对以后若干年年轮宽度值的变化仍有影响。

1.4 年轮序列的订正和标准化

为了达到根据年轮宽度序列推测历史时期气候变化的目的,在分析其能否反映某些气候要素的变化之前,应设法消除树龄对年轮宽度的缓慢影响,即通过生长量订正,将树木本身支配其生长的遗传因子剔除掉,从而得到仅由气候因子影响所形成的年轮序列。根据树木年轮宽度的变化趋势,采用正交多项式法对年轮宽度变化趋势进行模拟,可以表示为:

$$Y = b_0 + b_1 X_i + b_2 X_i^2 + b_3 X_i^3 + b_4 X_i^4 \quad (1)$$

式中, Y 为年轮宽度值(mm); b_0, b_1, \dots, b_4 为正交多项式的系数; X_i 为不同样本自年轮样本开始时的年份序号。

由式(1)可得到树木年轮宽度逐年的趋势生长量。用 $MS > 0.2$ 的年轮序列建立年轮指数, 用其趋势拟合的相关系数见表 3。

表 3 $MS > 0.2$ 的树木年轮趋势拟合相关系数

Table 3 Simulated coefficient of correlation of tree ring tendency of $MS > 0.2$

序号 Serial number	相关系数 Coefficient of correlation		序号 Serial number	相关系数 Coefficient of correlation	
	1	2		1	2
01		0.802 6	07	0.855 4	0.795 0
03	0.830 3	0.624 4	08	0.622 2	0.562 6
04	0.801 4	0.377 9	09	0.588 2	
05	0.438 1	0.783 8			

由表 3 可知, 07-1 的相关系数最大, 为 0.855 4; 04-2 的最小, 为 0.377 9。虽然不同样本的相关系数差异较大, 但均通过了 0.001 的信度检验。因此, 用式(1)可以对树木年轮宽度值的变化趋势进行模拟, 以计算逐年年轮宽度生长量的期望值。

将生长量趋势订正后的年轮序列值进行标准化, 即可获得年轮指数 I_i ,

$$I_i = W_i / Y_i \quad (2)$$

式中, I_i 为年轮指数; W_i 为原年轮宽度序列的实际读数; Y_i 为每年年轮宽度生长量的期望值, 即生长趋势曲线上读得的年轮宽度值; i 为不同年轮样本自开始年份的序号, $i = 1, 2, 3, \dots$ 。

经过生长量订正和标准化后, 用 12 个 $MS > 0.2$ 的序列建立年轮指数变化情况见图 2。从图 2 可以看出, 年轮指数呈波动变化, 其值为 0.5~1.5。

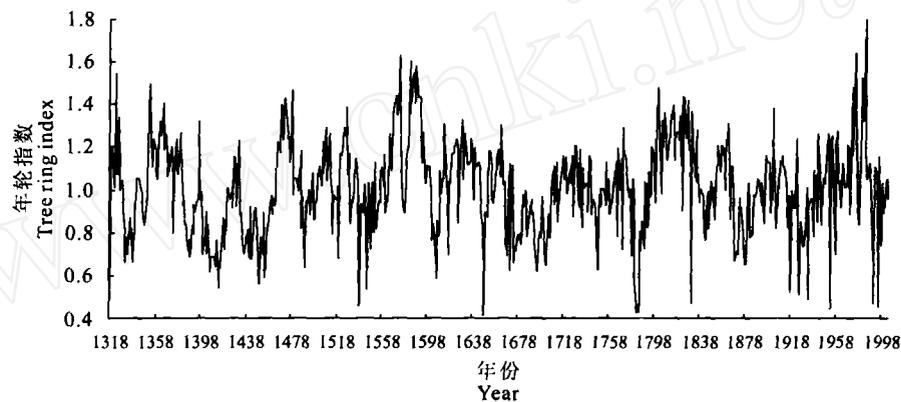


图 2 $MS > 0.2$ 样本的年轮指数变化趋势

Fig. 2 Variable tendency of tree ring index of $MS > 0.2$

2 江河源区东北部气候资料的重建

2.1 年轮指数与气候要素的相关性分析

年轮指数的变化主要受气候条件的影响, 通过建立年轮指数和气候条件变化的相关关系可以重建历史气候状况。经典的树木年轮气候学认为^[2,6], 年轮指数不仅受到当年气候的决定性影响, 而且还受到树木前期(1年、2年或更早)生长的滞后效应的影响。即气候条件不仅影响当年树木年轮宽度的生长量, 而且对其后若干年的年轮宽度也有影响。

为了寻找影响祁连圆柏年轮指数的主要气候因子, 对 1961 年以来的年轮指数序列与同德气象站实测资料的相关性进行了分析。其中气温序列资料包括历年逐月平均气温、全年及 4 个季节的平均气温、月平均气温 > 0 C 的 4~10 月份平均气温以及主要

生长季 5~9 月份的平均气温。考虑到当地月平均气温 > 0 C 的 4~10 月和树木主要生长季 5~9 月的多年平均降水量, 分别占全年降水量的 97.1% 和 90.3% 的实际情况, 降水量资料序列包括 4~10 月份的逐月降水量和总降水量、5~9 月份总降水量及春、夏、秋季降水量和全年降水量。相关性分析结果表明, 5 月份气温、5~9 月份降水量与年轮指数间均有较好的相关性。据此建立的重建历史时期气候状况的方程为:

$$Y_1(t) = 7.47 - 1.663 9X_t + 0.289 6X_{t+1} + 0.745 3X_{t+2} \quad (3)$$

$$Y_2(t) = 241.06 + 53.605 6X_t + 88.319 4X_{t-1} - 44.391 9X_{t-2} \quad (4)$$

式中, $Y_1(t)$ 为 5 月份气温(C); $Y_2(t)$ 为 5~9 月份降

水量(mm); X_t 为当年的年轮指数; X_{t+1} 和 X_{t+2} 分别为次年、后 2 年的年轮指数; t 为使用的气象资料的年份。

上述两方程的相关系数分别为 0.447 5 和 0.499 1, 均达到了 0.05 的置信度水平。

2.2 5 月份气温和 5~9 月份的降水量的重建值与实测值的拟合程度分析

根据年轮指数序列资料, 采用式(3)和(4)分别计算了 1961 年以来 5 月份气温和 5~9 月份降水

量, 其结果见图 3 和图 4。从图 3 和图 4 可以看出, 利用年轮指数序列资料较好地重建了同德站逐年 5 月份平均气温和 5~9 月份期间的降水量。拟合值与实测值虽有差别, 但均较好地拟合了变化趋势, 基本上反映了 5 月份气温的逐渐升高, 也较好地反映了 5~9 月份降水量在 1980 年以前逐渐增加和 1980 年以后逐渐减少的变化过程。其中对气温的拟合效果优于降水量; 在 1980 年以前, 降水量拟合值的年际间波动较实际观测值小。

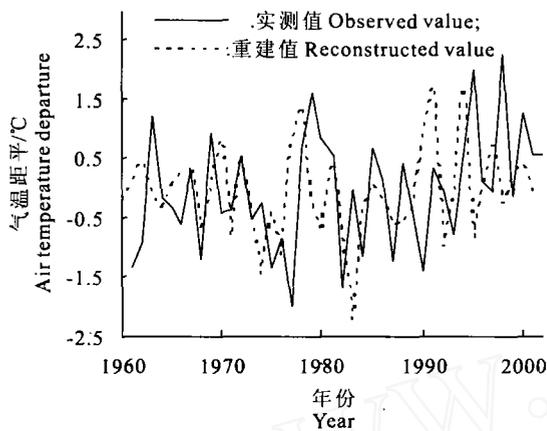


图 3 江河源区东北部 5 月份气温实测值与重建值的相关趋势

Fig. 3 Correlation tendency between observed and reconstructed May air temperature in the northeast of the source regions of Yangtse River and Yellow River and Lantsang River

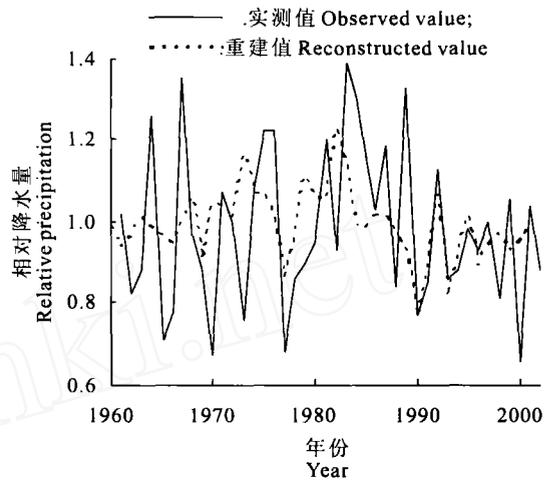


图 4 江河源区东北部 5~9 月份降水量实测值与重建值的相关趋势

Fig. 4 Correlation tendency between observed and reconstructed May-September relative precipitation in the northeast of the source regions of Yangtse River and Yellow River and Lantsang River

3 江河源区东北部历史时期气候变化的分析

3.1 气温变化分析

将用年轮指数重建的逐年 5 月份平均气温与 1971~2000 年的 5 月份平均气温进行比较, 即可得到逐年 5 月份气温距平, 其变化情况见图 5。

由图 5 可知:

(1) 600 余年来, 该区气温变化表现为暖期和冷期间隔出现。与 1971~2000 年 5 月份实测的月平均气温相比, 正距平明显的时段分别为 1330~1352 年、1385~1468 年、1489~1503 年、1532~1565 年、1467~1717 年、1781~1799 年、1841~1855 年、869~1890 年、1920~1960 年和 1990 年以后, 负距平明显的时段分别为 1352~1385 年、1468~1489 年、1578~1603 年、1620~1647 年、1799~1841 年、

1855~1869 年、1981~1990 年, 其余时间段的 5 月份气温距平大多维持在 0 °C 左右, 与 1971~2000 年的 5 月份平均气温基本相同。

(2) 气温距平变化的幅度一般为 ± 1.0 °C, 仅有极个别年份超过 ± 2.0 °C, 且最大值不超过 ± 2.3 °C。5 年滑动平均值一般在 ± 0.5 °C 以内, 正、负距平最大值分别为 1785 年的 0.7 °C 和 1590 年的 -0.8 °C。从整体趋势上看, 距平值和其 5 年滑动平均值较大的年份是随机出现的, 且无连续性。

(3) 气温的上升和下降并不连续, 呈现为无数的小波动, 整体上没有明显的上升或下降趋势。同时, 气温的年际波动值远大于其长期变化值。在正距平出现的时段有个别年份出现了负距平; 相反, 在负距平出现的时段也在个别年份出现了正距平。

(4) 自 20 世纪以来, 5 月份气温变化也表现出明显的波动性。与 1971~2000 年 5 月份平均气温相

比,20 世纪初期的 5 月份气温较低,5 年滑动平均为负距平,最小值为 $-0.25\text{ }^{\circ}\text{C}$;从 20 年代开始,气温逐渐升高,到 30 年代达最大值,5 年滑动平均最大

值为 $0.52\text{ }^{\circ}\text{C}$;40~70 年代,气温基本保持距平,在 $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ 左右上下波动;80~90 年代,气温维持为负距平;90 年代以后气温明显上升,维持正距平。

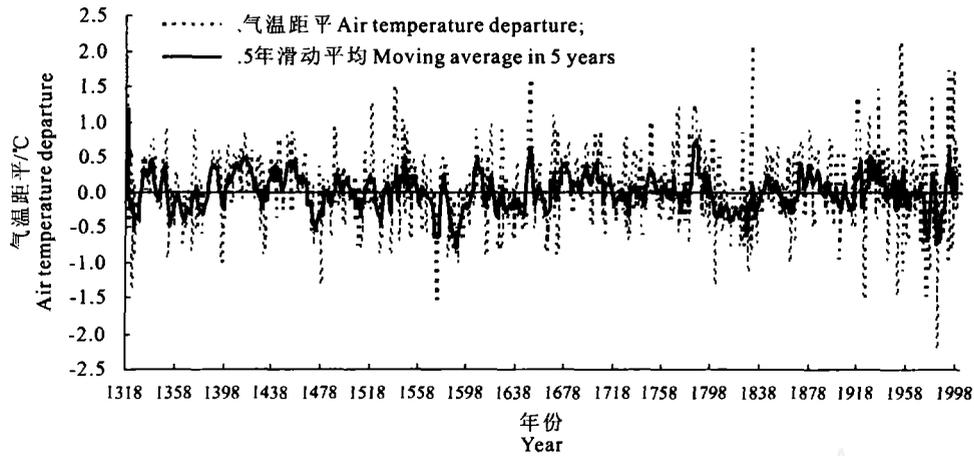


图 5 江河源区东北部 5 月份气温距平的变化趋势

Fig. 5 Variable tendency of May temperature departure in the northeast of source regions of Yangtse River, Yellow River and Lantsang River

3.2 降水量变化分析

根据年轮指数与近 40 年实测降水量的相关关系,可以重建江河源区东北部历史时期 5~9 月份降

水量。将逐年的降水量与 1971~2000 年相应时段

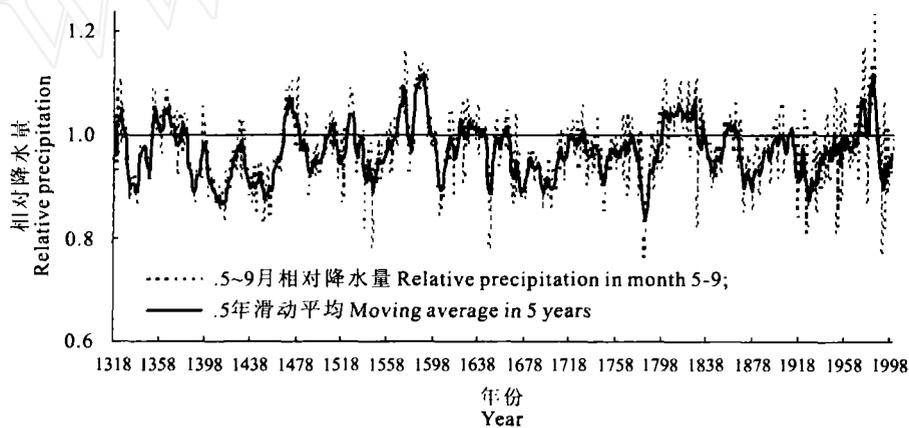


图 6 江河源区东北部 5~9 月份相对降水量的变化趋势

Fig. 6 Variable tendency of May-September relatively precipitation in the northeast of source regions of Yangtse River, Yellow River and Lantsang River

由图 6 可知:

(1)与气温变化相似,5~9 月份降水量的变化也表现为波动上升或波动下降两种变化趋势。其中相对降水量 > 1.0 的时段分别为 1351~1382 年、1467~1481 年、1564~1598 年、1620~1643 年、1798~1836 年、1970~1987 年;相对降水量 < 1.0 的时段分别为 1328~1351 年、1382~1467 年、1481~1504 年、1598~1620 年、1643~1798 年、1836~

1970 年和 1987 年以后。由此可知,600 余年来相对降水量小于 1.0 的时间较相对降水量大于 1.0 的时间长,说明 1971~2000 年 5~9 月份降水量的平均值较历史时期高,即该地目前正处于降水量较多的时段。

(2)逐年相对降水量一般为 0.8~1.1,5 年滑动平均为 0.90~1.05,1784 年相对降水量最小,为 0.764 8,较 1971~2000 年 5~9 月份平均降水量少

23.52%;1983年相对降水量最高,为1.3895,较1971~2000年5~9月份平均降水量多38.59%。

(3)20世纪以来5~9月份相对降水量的变化情况为:世纪初的前10年,相对降水量维持在1.0左右;此后降水量开始下降,至20年代末降至最低值,这与1928~1929年青海出现大旱的历史记录相一致^[7];30年代开始相对降水量逐渐增多,到40年代初达到1.0左右;50~60年代相对降水量略小于1.0,且比较少变;70年代以后相对降水量又逐渐增加且大于1.0,并于1983年达到最大值;80年代中期至90年代初期相对降水量持续下降,90年代中期以来,相对降水量又有略微增加的趋势。

4 结 论

江河源区东北部600余年来气温变化可划分为若干暖期和冷期,这些时期是间隔出现的。气温距平的变化幅度一般为 $\pm 1.0\text{ }^{\circ}\text{C}$,5年滑动平均值一

般为 $\pm 0.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。从整体趋势上看,距平值和其5年滑动平均值较大的年份是随机出现的,没有连续性。气温的上升和下降也没有连续性,呈现出无数小波动,整体上没有明显的上升或下降趋势。气温的年际波动值远大于其长期变化值。5~9月份降水量的变化也表现为波动增减的变化趋势,可划分为若干多雨期和少雨期。逐年相对降水量一般为0.8~1.1,5年滑动平均为0.90~1.05。600余年来相对降水量小于1.0的时间较相对降水量大于1.0的时间长,说明1971~2000年5~9月份平均降水量较历史时期高,即该地目前正处于降水量较多的时段。

本研究重建的江河源区历史时期气候与唐兴成等^[3]、王亚军等^[4]重建的青藏高原其他地区历史时期气候变化趋势有一定的相似性,说明在近几百年来虽然不同地点气候变化的具体细节有一定的区别,但总体趋势基本相同。

[参考文献]

- [1] 丁一汇,张锦,徐影,等.气候系统的演变及其预测[M].北京:气象出版社,2003:1-135.
- [2] 吴祥定.树木年轮与气候变化[M].北京:气象出版社,1990:1-369.
- [3] 唐兴成,张其花,Lisa J,等.利用树轮资料重建青海都兰地区过去1835年的气候变化[J].冰川冻土,2000,22(1):65-72.
- [4] 王亚军,陈发呼,勾晓华,等.祁连山中部树木年轮宽度与气候因子的响应关系及气候重建[J].中国沙漠,2001,21(2):135-140.
- [5] 《三江源自然保护区生态环境》编辑委员会.三江源自然保护区生态环境[M].西宁:青海人民出版社,2002.
- [6] Fritts H C. Tree rings and climate[M]. London: Academic Press, 1976.
- [7] 《青海省自然灾害》编纂委员会.青海省自然灾害[M].西宁:青海人民出版社,2002:1-567.

Study on reconstructed climate change in more than 600 years using the tree ring data of Qilian Cypress in the northeast of the source regions of Yangtse River, Yellow River and Lantsang River

HU Liang-wen^{1,2}, YANG Gai-he¹, LI Yi-bing¹, SHI Jiang-lan¹, SHI Ji-an¹

(1 College of Resources and Environment, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China;

2 Shanxi Meteorological Institute, Taiyuan, Shanxi 030002, China)

Abstract: Based on the tree ring data of Qilian cypress in the northeast of the source regions of Yangtse River, Yellow River and Lantsang River for more than 600 years. The method of orthogonal polynomials and correlation analysis were used. The May temperatures, precipitation from May to September of the area in history stages were reconstructed. The results indicated that the climate change was fluctuating in the area in more than 600 years. The variable range of May air temperature departure was $\pm 1.0\text{ }^{\circ}\text{C}$. Its 5a moving average was in the range of $\pm 0.5\text{ }^{\circ}\text{C}$. The ascendant and descendant of air temperature was not continuous. The value of year-to-year temperature difference was obviously bigger than the variable value over a long period of time. The variable range of relative precipitation year after year was 0.8-1.1. And its 5a moving average was in the range of 0.90-1.05. The term of relative precipitation < 1.0 was shorter than that > 1.0 .

Key words: the source regions of Yangtse River; Yellow River and Lantsang River; Qilian cypress; tree ring; climate change