

天山中部北坡头屯河流域树轮宽度年表特征 分析及其与气候要素的相关性初探

秦莉^{1,2,4}, 史玉光³, 袁玉江^{2,4}, 张录^{1,2,4}

(1.新疆师范大学地理科学与旅游学院,新疆 乌鲁木齐 830054;2.中国气象局乌鲁木齐沙漠气象研究所,新疆 乌鲁木齐 830002;3.新疆维吾尔自治区气象局,新疆 乌鲁木齐 830002;4.中国气象局树木年轮理化研究重点
开放实验室,新疆 乌鲁木齐 830002)

摘要:利用天山中部北坡头屯河流域8个天山云杉树轮采点的树轮样本,建立树轮宽度指数年表,并分析树轮标准化年表与气候的相关性。结果发现:(1)树轮年表统计特征指示庙尔沟煤矿与三屯河树轮宽度标准化年表可能包含有较多的气候信息;(2)森林上限年表互相关平均系数为最大,森林下部林缘年表互相关平均系数居中,森林上树线附近的小渠子年表与处于下树线附近的庙尔沟煤矿年表间的相关系数最小;(3)位于森林下部林缘年表的连续显著的正自相关系数的阶数少于森林上限的年表,反映该区域森林下部林缘树轮中的气候信息较为清晰,上限年表中的气候信息较为模糊;(4)温度是影响森林上限树轮宽度年表树轮生长的主要气候限制因子,而降水则是影响森林下部林缘树轮宽度年表树轮生长的主要气候限制因子,区域森林下部林缘年表当年轮宽指数与小渠子气象站上年7月至当年6月的降水呈显著正相关,区域森林上限年表与大西沟气象站当年2—3月的月平均气温呈正相关,这些相关具有明确的树木生理学意义;(5)区域森林上限年表经历了9个轮宽指数偏高时段和9个偏低时段,偏高时段反映当年2—3月的气温偏高,反之指示当年2—3月的气温偏低;区域森林下部林缘年表大致有5个轮宽指数偏高时段和5个偏低时段,偏高时段指示上年7月至当年6月降水偏多,反之表征上年7月至当年的降水偏少。

关键词:天山中部北坡头屯河流域;云杉;树轮宽度年表特征;气候与树轮宽度的相关性

中图分类号:P467

文献标识码:B

文章编号:1002-0799(2010)01-0016-08

The Tree-ring Width Chronological Characteristics and Correlation Between Tree-ring Widths and Climatic Factors from Toutun River Basin on the North Slope of Mid-Tianshan Mountains

QIN Li^{1,2,4}, SHI Yu-guang³, YUAN Yu-jiang^{2,4}, ZHANG Lu^{1,2,4}

(1. School of Geography Science and Tourism, Xinjiang Normal University, Urumqi 830054, China; 2. Institute of Desert Meteorology, CMA, Urumqi 830002, China; 3. Xinjiang Meteorological Bureau, Urumqi 830002, China; 4. Key Laboratory of Tree-ring Physical and Chemical Research of CMA, Urumqi 830002, China)

收稿日期:2009-09-11

基金项目:中国气象局气候变化专项(CCSF-09-20)、中国气象局气象新技术推广项目(CMATG2008Z13)、新疆维吾尔自治区自然科学基金(200821176)、科技部公益性行业(气象)科研专项(GYHY200806011, GYHY200706008)、科技部科技基础性工作专项(2007FY220200)和中央级公益性科研院所基本科研业务费项目(IDM200601, IDM200801)共同资助。

作者简介:秦莉(1985-),女(蒙古族),在读硕士研究生,主要从事树木年轮气候学研究。Email: 303697815@qq.com

Abstract: Based on the tree-ring width data of spruce from 8 sampling place in Toutun River Basin on the North Slope of Mid-Tianshan Mountains, the correlation between tree-ring width chronologies and their climate signals were studied. The results showed that: (1) Miaoergou Mine and Santun River chronology contain more climatic information; (2) the correlation coefficient of chronologies was maximal in upper limit of the forest, second in the lower limit and minimal in Xiaoquzi and Miaoergou Mine; (3) the obviously positive autocorrelation coefficients of the upper limit of regional forest chronology is less than the lower limit, which reflected that the climatic information contained in the chronologies of the lower limit of forest was clearer than that in the upper limit; (4) precipitation was the first limiting factor on the lower limit of regional forest chronology, and temperature was the first limiting factor on the upper limit of the forest chronology. There is positive correlation between the chronologies from lower limit of regional forest and precipitation from last July to current June, and between the chronologies from upper limit of regional forest and temperature from February to March of current year. This result has distinct physiological significance; (5) the chronologies from the lower limit of regional forest had 9 higher phase and 9 lower phase. Higher phase indicated that temperature was higher from February to March of current year, vice versa. The chronologies from lower limit of regional forest had 5 higher phase and 5 lower phase. Higher phase indicated that precipitation was more from last July to current June, but lower phase indicated that precipitation was less from last July to current June.

Key words: Toutun River Basin on the North Slope of Middle Tianshan Mountains; *Picea Schrenkian*; tree-ring; characteristics of tree-ring widths chronologies; correlation between tree-ring widths and climatic factors

树木年轮作为重要的代用资料, 由于其具有分布范围广、连续性强、定年准确、分辨率高等优点在国内被广泛使用, 成为国际上研究过去气候的重要方法之一^[1-9]。20世纪70年代初至今, 研究人员在新疆的天山、阿尔泰山等地区开展过树木年轮研究工作, 并取得了丰硕的研究成果^[6-17], 但在乌鲁木齐河西部头屯河流域的树木年轮研究至今还是空白。本文利用2008年头屯河流域8个采点的树木年轮样本, 研制出树轮宽度标准化年表, 分析其统计特征, 并探讨其与气候要素的相关性。研究结果可对头屯河流域树轮气候研究提供一个最初的基础。

1 自然地理概况

新疆头屯河流域发源于天山山脉中部的喀拉乌成山北坡, 东与乌鲁木齐河相邻, 西与三屯河接壤, 流向由南向北, 是一条典型的冲积性山溪河流。头屯河干流全长190 km, 头屯河流域总面积2 885 km², 位于86°42'~87°37'E, 43°10'~44°44'N。山区流域面积为1 638 km², 地势南高北低, 由南向东北倾

斜, 依次为高山区、中高山区、低山区、山前倾斜平原以及沙漠区^[10]。头屯河流域的植被随海拔高度和水热条件的变化而变化, 高山区以上流域植被较好, 低山区及丘陵区属山地干旱半荒漠沙漠地带, 天山北坡山地针叶林分布于海拔1 400~2 800 m的阴坡和半阴坡, 天山云杉(*Picea schrenkiana* Var. *tianclanica*)主要分布在中山—亚高山地带, 构成了一条森林垂直带^[9]。

2 树轮采样

2008年8月, 在天山中部北坡头屯河流域完成8个采点(图1)的树木年轮样本的采集工作, 采样树种为天山云杉。为了从树轮中获取充分的气候信息, 依据树木年轮学的基本原理进行树轮采样, 8个采点除在水平位置上拉开一定距离外, 还考虑到在海拔上要有一定的高差(在森林中下部林缘和森林上限进行取样, 一般在海拔2 050~2 610 m之间), 同时尽可能将采点布设在坡度陡、土层薄和人类活动影响小的地方。采样

时,生长锥与树干呈 90°,在平行坡向的方向从两边各钻取一个树芯,每个采点采集 20 棵树以上,共采集 375 个树芯样本,其中小渠子树轮样本量最多(51 个),三屯河树轮样本量最少(41 个)。采样点概况见表 1。

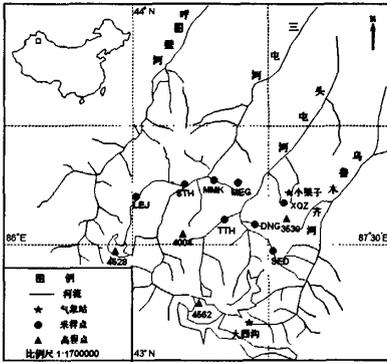


图 1 天山中部北坡头屯河流域树轮采样点分布图

表 1 天山中部北坡头屯河流域树轮采点概况

地名	年表代号	东经	北纬	平均海拔/m	坡向	坡度/°	样本量
萨尔达坂	SED	87°01'19"	43°18'49"	2 500	ENE	41	49
东南沟	DNG	86°52'54"	43°20'59"	2 485	NNE	石崖	50
小渠子	XQZ	87°04'57"	43°26'10"	2 610	NW-NNE	26	51
头屯河沟	TTH	86°47'44"	43°21'09"	2 425	NNE	35	50
落尔加	LEJ	86°33'54"	43°28'48"	2 500	W-N	35	48
三屯河沟	STH	86°39'12"	43°27'56"	2 050	NNW	石崖	41
庙尔沟煤矿	MMK	86°56'10"	43°26'19"	2 080	N	20	44
庙尔沟	MEG	86°57'35"	43°30'02"	2 090	N	石崖	42

3 年表研制

依据树木年轮学的基本原理和研究步骤^[7],将样本固定,待样本干燥后,对样本进行磨平、打光、树轮标识,采用 MeasureJ2X(精度为 0.001 mm)树木年轮宽度测量系统测量树轮宽度值,实测钻芯 375 个。用 TT 软件中的折线图对比方法进行交叉定年,并由国际年轮库的 COFECHA 交叉定年质量控制程序^[8],确保每一年轮具有准确的日历年龄。用最新的国际年轮库 ARSTAN 年表研制程序^[9]研制出 3 种类型树轮年表,即树轮宽度标准化年表(STD)、差值年表(RES)及自回归树轮宽度标准化年表(ARS)^[10],8 个采点共研制出 24 个树轮宽度年表,其中以头屯河年表为最长(451 a,1558—2008 年),庙尔沟煤矿年表为最短(146 a,1863—2008 年),8 个采点的树轮宽度指数曲线如图 2。

本文针对 8 个采点的树轮宽度标准化年表(STD)分析其树轮年表统计特征及其与气象资料的

相关性。

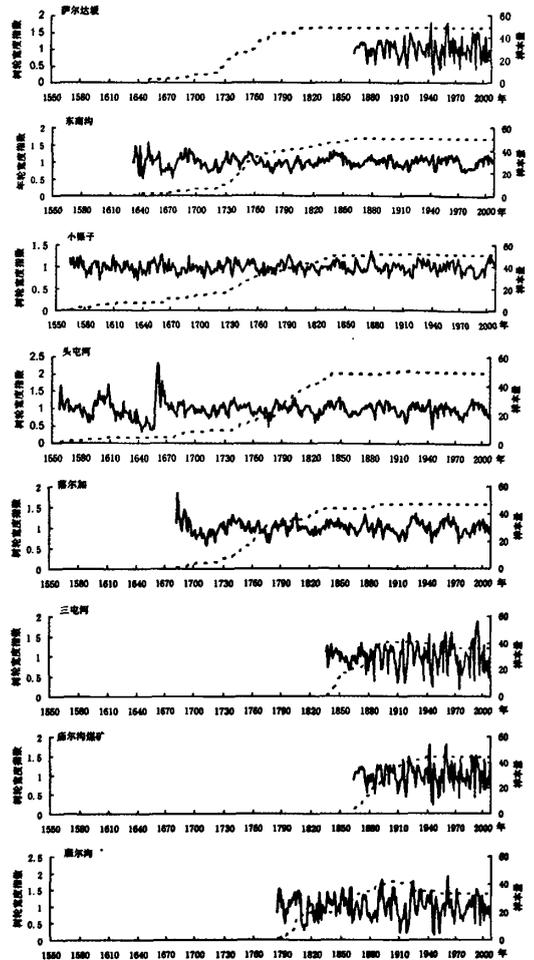


图 2 天山中部北坡头屯河流域标准化年表树轮宽度指数(实线)和样本量(虚线)

4 树轮宽度年表特征分析

4.1 样本对总体的代表性

树轮年表中样本数是对总体树轮样本的一个抽样,抽样样本对总体的代表性百分比越大,说明采样越成功。在天山中部北坡头屯河流域 8 个树轮宽度年表中,样本对总体的代表性一般都在 89.0%以上。庙尔沟煤矿样本对总体代表性最高为 98.4%,其次是三屯河为 98.1%,小渠子最低为 89.7%,说明此次树木年轮的采样较为成功。

4.2 平均敏感度、自相关及标准化树轮年表的互相关系数对比

4.2.1 平均敏感度

年轮平均敏感度的逐年变化是衡量气候对树木

年轮宽度生长限制强弱的一项很好的指标^[15]。年轮平均敏感度(以 $M \cdot S$ 表示),其表达式如下^[6]:

$$M \cdot S = \frac{1}{n-2} \sum_{i=1}^{n-1} \left| \frac{2(X_{i+1} - X_i)}{X_{i+1} + X_i} \right|, \quad (1)$$

式中 X_i 为第 i 个年轮宽度值; X_{i+1} 为第 $i+1$ 个年轮宽度值; n 为样本年轮总数。敏感度为无量纲值,一个年表(或年轮序列)的敏感度值越大,一般气候因子的限制作用就越强,气候信息含量越多,其相应的非气候噪音就越少,与气候变化的关系就越密切。由表 2 可知,天山中部北坡头屯河流域 8 个树轮宽度标准化年表的平均敏感度在 0.090~0.295 之间,三屯河、庙尔沟煤矿和庙尔沟的平均敏感度较高,分别为 0.295、0.286 和 0.282,同时发现三屯河、庙尔沟煤矿和庙尔沟的年表第一特征向量百分比也很高,表明三屯河、庙尔沟煤矿和庙尔沟年表包含的气候信息可能较多。

表 2 天山中部北坡头屯河流域标准化树轮年表的主要特征参数

地名	萨尔达坂	东南沟	小渠子	头屯河沟	落尔加	三屯河沟	庙尔沟煤矿	庙尔沟
年表代号	SED	DNG	XQZ	TTH	LEJ	STH	MMK	MEG
序列时段/年	1650-2008	1633-2008	1564-2008	1558-2008	1602-2008	1836-2008	1863-2008	1785-2008
长度/a	359	376	445	451	327	173	146	224
平均敏感度	0.102	0.1	0.09	0.121	0.102	0.295	0.286	0.282
标准差	0.16	0.161	0.119	0.223	0.16	0.308	0.292	0.343
一阶自相关	0.67	0.655	0.57	0.75	0.67	0.383	0.288	0.556
树间相关系数	0.356	0.313	0.283	0.364	0.356	0.733	0.754	0.6
信噪比	12.7	9.6	8.7	13.7	12.7	52	61.4	22.5
缺轮百分比/%	0.243	0.039	0.007	0.301	0.243	1.778	0.115	1.379
样本对总体的代表性%	92.7	90.5	89.7	93.2	92.7	98.1	98.4	95.7
第一特征向量百分比%	38.2	35.1	32.1	40.2	38.2	74.7	76.6	62.4

4.2.2 自相关

年表的自相关反映气候对年轮生长的持续性影响。年轮学研究表明,一般高质量的树轮年表,其平均敏感度大,标准差大,而一阶自相关小。从表 2 可见,天山中部北坡头屯河流域 8 个树轮宽度标准化年表的一阶自相关系数在 0.288~0.750 之间,庙尔沟煤矿年表一阶自相关系数最小为 0.288。图 3 是 8 个标准化年表 15 阶自相关系数的柱状图,反映出海拔高度不同,连续显著的($P < 0.01$)正的自相关系数的阶数也不同。位于森林下部林缘的庙尔沟煤矿、三屯河、庙尔沟采点的连续显著的正的自相关系数都为 1 阶,说明气候因子对该区域森林下部林缘树木生长的显著影响可能主要表现在当年及次年,树轮中的气候信息比较清晰,而地处森林上限的东南沟、

头屯河、落尔加、萨尔达坂、小渠子采点的连续显著的正自相关系数都在 3~8 阶,反映该区域气候对森林上限树木生长影响的“滞后效应”非常明显,树轮中的气候信息较为模糊。

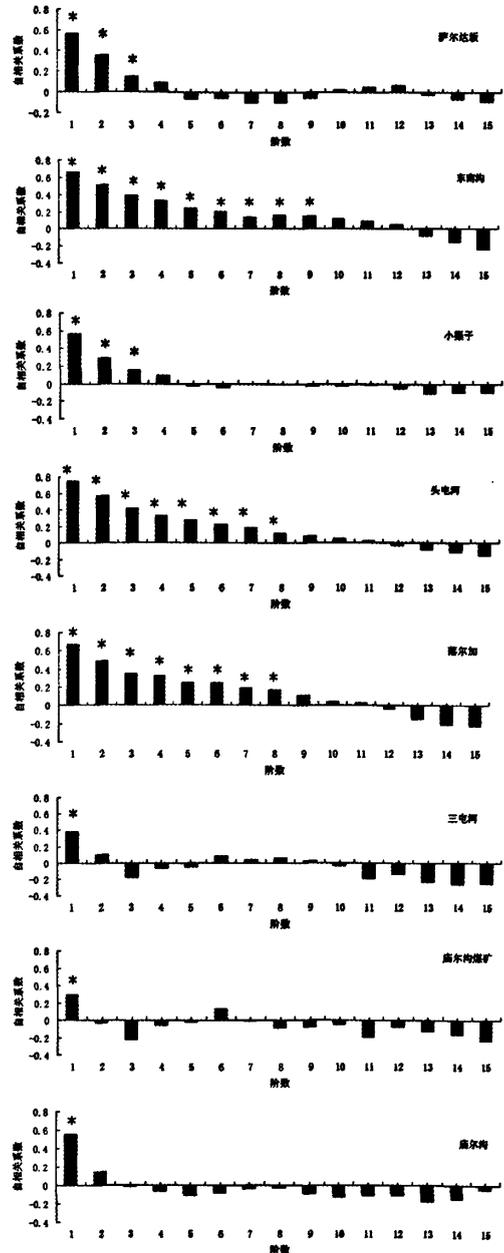


图 3 标准化年表的自相关系数 (*代表相关系数超过 0.01 的显著水平)

4.2.3 标准化树轮年表的互相关系数对比

将天山中部北坡头屯河流域 8 个树轮宽度标准

化年表截齐至 1863—2008 年,计算出 8 个年表的部分互相关系数如表 3。从表 3 可知:(1)庙尔沟煤矿与三屯河年表的相关系数最高(0.809),这可能由于两个采样点的空间距离较近,且都处于下树线森林边缘附近,具有相近的海拔高度。根据后文计算,降水对其限制较强,使其具有相同的气候限制因子所致。(2)位于森林上限的萨尔达坂年表与头屯河年表间的相关系数最高(0.797),这可能是由两者间海拔高度差别小,坡度接近,气候限制强弱相似造成的。(3)位于森林上树线附近的小渠子年表与处于下树线附近的庙尔沟煤矿年表间的相关系数最低(0.040),这可能是由两者间海拔高度差别大,气候限制因子不同,气候限制强弱有异造成的。(4)森林上限年表互相关平均系数为 0.617 9,森林下部林缘年表互相关平均系数为 0.501,这可能由于森林下部林缘的树木生长受局地降水差异较大造成的。

表 3 标准化年表的相关系数

年表名称	萨尔达坂(A)	东南沟(A)	小渠子(A)	头屯河(A)	落尔加(A)	三屯河(B)	庙尔沟煤矿(B)	庙尔沟(B)
萨尔达坂(A)	1							
东南沟(A)	0.700*	1						
小渠子(A)	0.510*	0.629*	1					
头屯河(A)	0.797*	0.463*	0.305*	1				
落尔加(A)	0.682*	0.775*	0.630*	0.688*	1			
三屯河(B)	0.601*	0.463*	0.076	0.669*	0.547*	1		
庙尔沟煤矿(B)	0.548*	0.330*	0.040	0.566*	0.408*	0.809*	1	
庙尔沟(B)	0.441*	0.284*	0.202*	0.420*	0.386*	0.330*	0.364*	1

注:* 代表相关系数超过 0.01 的显著水平,A 为森林上限年表,B 为森林下部林缘年表。

4.3 标准差与树间相关系数

4.3.1 标准差

树轮年表标准差是表征树轮年表包含气候信息量多少的统计参数之一。一般认为,树轮年表标准差越大,其含有的气候信息量就越多。从表 2 可见,天山中部北坡头屯河流域 8 个树轮宽度标准化年表的标准差在 0.119~0.343 之间,庙尔沟年表标准差最大,其次是三屯河和庙尔沟煤矿。根据后文计算,庙尔沟年表、三屯河年表及庙尔沟煤矿年表与降水相关较好,其余年表与气候资料的相关性较低,这表明标准差大的树轮年表,一般含有较强的气候信息。

4.3.2 树间相关系数

树间相关系数的大小反映同一采点树木生长受气候影响的所导致的同步性变化大小。树间相关系数越大,气候对树木生长的影响就越大,树轮年表则含有较多的气候信息,树轮年表的同步性就越明显,

反之亦然。由表 2 可知,庙尔沟煤矿树轮宽度标准化年表的树间相关系数最高为 0.754,其次是三屯河为 0.733。可见,庙尔沟煤矿和三屯河树轮年表中可能均包含有较多的气候信息。

4.4 信噪比与缺轮百分比

4.4.1 信噪比

某地区某树种年轮年表,通过方差分析,可知总年表平均指数的方差贡献(即气候信号),此记为(%Y),剩余的即可认为是非气候因素形成的噪音(100%-Y)。它们之间的比值及样本数(NT)多少,关系着所获取气候信息量的大小,即定义为“信噪比”^[12]。其表达式如下:

$$SNR = NT \times [\%Y / (100\% - \%Y)], \quad (2)$$

一般来说,气候信息含量多的年表具有较大的信噪比。由表 2 可见,庙尔沟煤矿年表的信噪比高达 61.4,三屯河年表的信噪比为 52.0,这指示庙尔沟煤矿和三屯河年表所包含的气候信息可能较多。

4.4.2 缺轮百分比

树轮年表的缺轮百分比能够反映树木生长受气候影响的强弱,缺轮百分比越大,说明树轮采点的气候条件越恶劣,气候对树木生长的限制作用越强。从表 2 可见,三屯河年表的缺轮百分比最大为 1.778%,由此可知,三屯河树轮宽度生长受气候的限制作用较强,其树轮年表可能含有较多的气候信息。

4.5 第一特征向量百分比

第一特征向量占总方差百分比是反映年表中各样本序列的同步性大小的统计参数,其值愈大,就意味着气候因子对树木年轮宽度生长的限制作用愈强,年表中的气候信息含量就愈多。从表 2 可见,在 8 个树轮宽度标准化年表中,第一特征向量百分比一般均在 32.0%以上,其中庙尔沟煤矿的第一特征向量百分比最大为 76.6%,三屯河为 74.7%。由此可见,庙尔沟煤矿和三屯河年表所包含的气候信息可能要多于其它年表。

4.6 相关函数

选用相关函数分析树轮宽度年表与气候要素之间的相关性。将东南沟和小渠子年表平均后作为区域森林上限年表(DXJ, 1633—2008 年),庙尔沟煤矿和三屯河年表平均后作为区域森林下部林缘年表(MSJ, 1863—2008 年),选择小渠子(1958—2008 年)和大西沟(1960—2008 年)两个气象站的历年气象资料上年 7 月至当年 9 月逐月的月平均气温和降水量作为气候因子,两个区域年表对大西沟气象站

或小渠子气象站月平均气温、降水量的相关函数如图4。

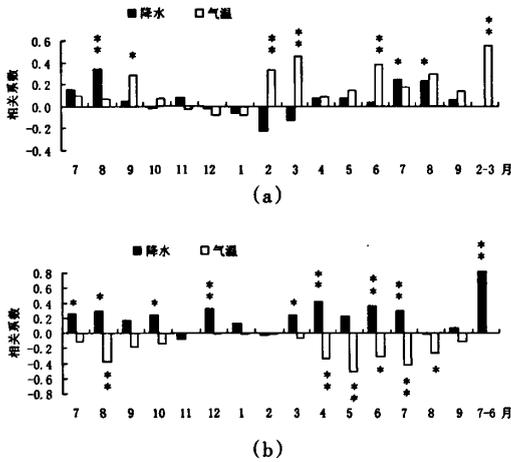


图4 区域树轮宽度年表与大西沟气象站(a)和小渠子气象站(b)月平均气温、降水的相关函数(†代表相关系数超过0.01的显著水平,*代表相关系数超过0.05的显著水平)

从图4可知,区域森林上限树轮宽度年表与大西沟气象站的普查中,超过0.05显著性水平的月气候因子共有7个,其中温度有5个,降水有2个,与温度相关系数达到0.01显著性水平有3个(2月, $R=0.332$;3月, $R=0.451$;6月, $R=0.379$),达到0.05显著性水平有2个(上年9月, $R=0.282$;8月, $R=0.285$);与降水相关系数达到0.01显著性水平和达到0.05显著性水平各有1个(上年8月, $R=0.337$;7月, $R=0.241$)。显然,温度是影响森林上限树轮宽度年表树轮生长的主要气候限制因子。区域森林下部林缘树轮宽度年表与小渠子气象站的普查中,超过0.05显著性水平的月气候因子共有14个,其中降水有8个,气温有6个,与降水相关系数达到0.01显著性水平有3个(上年12月, $R=0.327$;4月, $R=0.418$;6月, $R=0.365$),达到0.05显著性水平有5个(上年7月, $R=0.251$;上年8月, $R=0.291$;上年10月, $R=0.240$;3月, $R=0.235$;7月, $R=0.295$);与气温相关系数达到0.01显著性水平有4个(上年8月, $R=-0.374$;4月, $R=-0.338$;5月, $R=-0.503$;7月, $R=-0.426$),达到0.05显著性水平有2个(6月, $R=-0.302$;8月, $R=-0.263$)。可见,降水是影响森林下部林缘树轮宽度年表树轮生长的主要气候限制因子。依据干旱半干旱区树木年轮气候的基本原理^[9],对区域森林上限年表而言,温度起主要影响作用;而

区域森林下部林缘年表,降水起直接的正向影响作用,温度则发挥间接的反向影响。

对于森林上限的天山云杉而言,海拔较高,温度较低,冻害发生的可能性也较高。2—3月份的气温偏高,云杉的针叶和根系受冻的可能性较小,有利于当年天山云杉树轮的生成。6月气温偏高,有利于树木的光合作用,形成较宽年轮。7月的降水偏多,可使天山云杉获得较充足的水份,增强光合作用,形成偏宽的树木年轮。8月气温偏高有利于云杉的生长季的延长,形成较宽的年轮。此外,由于8月份为生长季的后期,上年8月降水偏多,除有利于当年秋材的形成外,还会使树木体内储存较多的养分,以便供来年树木发芽生根时使用,从而有利于次年树轮宽度生长,对树木年轮生长具有较强的一阶滞后影响。对于森林下部林缘的天山云杉而言,因为海拔低,降水少,降水对树木年轮生长具有较强的限制作用。4—7月降水偏多且温度偏低,树木生长季内水分偏多,蒸腾偏小,有利于树木的光合作用,在当年形成偏宽的年轮。8月气温偏低,会使生长季缩短,且抑制秋材,导致当年轮宽偏窄。上年7—8、10、12月降水偏多,有利于在树木体内储存足够的养料和冬季降雪增多,进而有利于当年春材部分的生长和形成较宽的年轮。上年8月温度偏低,不利于生长季的延长和树木体内的营养储存,不利于来年形成偏宽的年轮。

4.7 标准化年表与气候资料的相关分析

鉴于降水和气温是干旱、半干旱区树木年轮生长的最主要限制因子,本文采用小渠子(1957—2008年)和大西沟(1959—2008年)气象站逐年月降水量和月平均气温分析其与标准化年表的相关性。

对上述温度、降水资料上年1月至当年12月所有不同时段顺序组合与8个树轮宽度标准化年表、区域森林上限年表(DXJ)及区域森林下部林缘年表(MSJ)的当年(t)、次年($t+1$)及再次年($t+2$)的年轮指数序列进行相关普查分析,得出最佳相关时段及相关系数如表4和表5。

由表4可见:(1)森林下部林缘的庙尔沟煤矿采点当年的树轮宽度生长与小渠子气象站上年7月至当年6月的降水呈正相关,相关系数为0.685,显著性水平达0.000 000 01;区域森林下部林缘年表的当年树轮生长与小渠子气象站上年7月至当年6月的降水相关系数为0.680,显著性水平达0.000 000 02。(2)在上年7月至当年6月的降水与树轮宽度标准化年表当年(t)、次年($t+1$)及再次年($t+2$)指数序列

的相关系数中,以当年(t)指数序列为最佳。可见,降水对树木年轮生长的影响具有明显的“滞后效应”。依据美国年轮专家 Sehulman 等人对北美西部树木年轮的研究发现,干旱和半干旱地区针叶树年轮宽度同生长季以前的春季、冬季和夏季的气候状况有密切关系^[9],这与该树轮—气候的相关结果相一致。

表4 小渠子气象站上年7月至当年6月的降水与树轮宽度标准化年表相关系数

年表名称	萨尔达坂	东南沟	小渠子	头屯河	落尔加	三屯河	庙尔沟煤矿	庙尔沟	区域森林下部林缘年表
年表代号	SED	DNG	XQZ	TTH	LEJ	STH	MMK	MEC	MSJ
相关系数 R_t	0.402	0.434	0.228	0.444	0.448	0.595	0.685	0.41	0.680
显著性水平 α	0.002	0.0007	0.054	0.0005	0.0005	0.000002	0.0000001	0.001	0.0000002
相关系数 R_{t-1}	0.133	0.277	0.171	0.288	0.245	0.085	0.068	0.338	0.082
显著性水平 α	0.179	0.026	0.117	0.055	0.043	0.28	0.3195	0.008	0.285
相关系数 R_{t-2}	0.258	0.365	0.262	0.259	0.303	-0.062	-0.014	0.147	-0.043
显著性水平 α	0.037	0.005	0.034	0.036	0.017	0.337	0.463	0.158	0.386

由表5可以知道:森林上限的东南沟天山云杉的树轮宽度生长与大西沟气象站当年2—3月的月平均气温呈正相关,相关系数为0.490,显著性水平超过0.0001,区域森林上限年表的当年树轮生长与大西沟气象站当年2—3月的月平均气温相关系数为0.513,显著性水平超过0.0001。这一树轮—气候相关的树木生理学意义在前已述。

表5 大西沟气象站当年2—3月的月平均气温与树轮宽度标准化年表相关系数

年表名称	萨尔达坂	东南沟	小渠子	头屯河	落尔加	三屯河	庙尔沟煤矿	庙尔沟	区域森林上限年表
年表代号	SED	DNG	XQZ	TTH	LEJ	STH	MMK	MEC	DXJ
相关系数 R_t	0.345	0.490	0.413	0.105	0.316	0.070	0.087	-0.003	0.513
显著性水平 α	0.007	0.0001	0.001	0.234	0.013	0.315	0.274	0.493	0.0001
相关系数 R_{t-1}	0.184	0.355	0.396	-0.037	0.204	0.043	0.075	0.059	0.424
显著性水平 α	0.103	0.006	0.002	0.402	0.080	0.384	0.304	0.342	0.001
相关系数 R_{t-2}	0.262	0.445	0.495	-0.007	0.405	0.060	-0.111	-0.057	0.532
显著性水平 α	0.036	0.001	0.0002	0.481	0.002	0.342	0.226	0.351	0.0005

5 年轮指数的长期变化特征

做出区域森林上限年表(DXJ,1633—2008年)和区域森林下部林缘年表(MSJ,1863—2008年)的11a滑动平均曲线,以揭示天山中部北坡头屯河流域年轮宽度指数的一般长期变化特征(图5)。由图5可知,区域森林上限年表(图5a)经历了9个轮宽指数偏高时段和9个偏低时段,偏高的时段为:

1645—1659年、1683—1699年、1723—1761年、1785—1791年、1832—1852年、1872—1904年、1923—1940年、1950—1969年、1995—2003年;1638—1644年及其间阶段为偏低的时段,其中的偏高时段反映当年2—3月的气温偏高,反之,指示当年2—3月的气温偏低。区域森林下部林缘年表(图5b)大致有5个轮宽指数偏高时段和5个偏低时段,偏高的时段为:1868—1874年、1885—1904年、1918—1938年、1955—1971年、1987—1999年;其间的阶段及2000—2003年为偏低的时段,其偏高时段反映上年7月至当年6月的降水偏多,而偏低时段反映上年7月至当年6月的降水偏少。

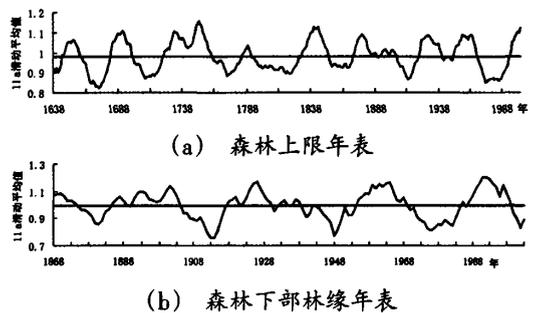


图5 天上北坡中部头屯河流域平均年表的11a滑动平均值

6 结语

(1) 天上北坡中部头屯河流域处于森林下部边缘的庙尔沟煤矿和三屯河年表的抽样样本对总体的代表性百分比大、平均敏感度大、一阶自相关小、信噪比大、树间相关系数高,第一特征向量占总方差的百分比大等,反映出这两个年表中可能含有较多的气候信息。

(2) 森林上限年表互相关平均系数为最大,森林下部林缘年表互相关平均系数居中,森林上树线附近的小渠子年表与处于下树线附近的庙尔沟煤矿年表间的相关系数最小。

(3) 位于森林下部林缘年表的连续显著的正自相关系数的阶数少于森林上限的年表,反映该区域森林下部林缘树轮中的气候信息较为清晰,上限年表中的气候信息较为模糊。

(4) 影响森林上限树轮宽度年表树轮生长的主要气候限制因子是温度,而影响森林下部林缘树轮宽度年表树轮生长的主要气候限制因子为降水。区域森林上限年表与大西沟气象站当年2—3月的月平均气温相关最好,区域森林下部林缘年表与小渠

子气象站上年7月至当年6月的降水相关最佳。

(5)区域森林上限年表经历了9个轮宽指数偏高时段和9个偏低时段,偏高时段反映当年2—3月的气温偏高,反之指示当年2—3月的气温偏低;区域森林下部林缘年表大致有5个轮宽指数偏高时段和5个偏低时段,偏高时段指示上年7月至当年6月降水偏多,反之表征上年7月至当年6月的降水偏少。

参考文献:

- [1] 吴祥定,孙力,程志刚,等.树木年轮与气候变化[M].北京:气象出版社,1990:1-365.
- [2] 李江风,袁玉江,周文盛,等.新疆年轮气候水文研究[M].北京:气象出版社,1989:1-192.
- [3] 李江风,袁玉江,由希尧,等.树木年轮水文研究与应用[M].北京:科学出版社,2000:1-277.
- [4] 吴祥定,邵雪梅.树木年轮资料的可靠性分析[J].地理科学进展,1997,16(1):51-56.
- [5] 袁玉江,叶玮,董光荣.天山西部伊犁地区314a降水的重建与分析[J].冰川冻土,2000,22(2):121-127.
- [6] 张志华,吴祥定,李骥.利用树木年轮资料重建新疆东天山300多年来干旱日数的变化[J].应用气象学报,1996,7(1):53-60.
- [7] 王劲松,李金豹,陈发虎,等.树轮宽度记录的天山东段近

- 200 a 干湿变化[J].冰川冻土,2007,29(2):209-216.
- [8] 彭剑峰,勾晓华,陈发虎,等.天山东部西伯利亚落叶松树轮生长对气候要素的响应分析[J].生态学,2006,26(8):2723-2731.
- [9] 陈向军,袁玉江,陈峰,等.天山北坡东部地区树轮宽度年表特征分析[J].中国沙漠,2008,9(5):833-840.
- [10] 孔繁新,李!红,袁湘.新疆头屯河流域不良地质现象分布特征及成因分析[J].中国水土保持科学,2006,4(5):35-39.
- [11] 李江风,袁玉江,由希尧.乌鲁木齐齐河山区流域360 a流量的重建[J].第四纪研究,1997(2):131-137.
- [12] 袁玉江,李江风.天山乌鲁木齐河源450 a冬季温度序列的重建与分析[J].冰川冻土,1999,21(1):64-70.
- [13] 崔宇,袁玉江,金海龙,等.乌鲁木齐河源467 a春季降水的重建与分析[J].干旱区地理,2007,30(4):496-500.
- [14] 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.
- [15] 邵雪梅.树轮年代学的若干研究进展[J].第四纪研究,1997(3):256-271.
- [16] 袁玉江,李江风,胡汝骥,等.用树木年轮重建天山中部近350 a来的降水量[J].冰川冻土,2001,23(1):34-40.
- [17] 张家宝,史玉光,杨彪,等.新疆气候变化及短期气候预测研究[M].北京:气象出版社,2001.

科技信息

沙漠所对2009—2010年冬季 北疆积雪情况进行调查

1月31日至2月9日,乌鲁木齐沙漠气象研究所组织了2009—2010年冬季北疆积雪情况调查工作。重点调查了阿勒泰地区富蕴、布尔津、吉木乃县和阿勒泰市以及塔城地区裕民和托里两县及北疆沿天山一线共18个区域积雪覆盖情况。调查组一行5人分别调查了积雪深度、分层密度、含水率及温度和雪压等指标,为更好的了解积雪物理特性收集了重要数据。此次调查是2008年3月和2009年2月积雪调查的延续。通过调查,可以比较近几年北疆积雪变化情况,也可为北疆冬季雪水资源和春季防洪情况提供更加详细和准确的基础资料。

调查结果表明,2010年2月,北疆地区积雪密度均值总体范围在0.15~0.272 g/cm³,比2009

年同期积雪密度(0.087~0.225 g/cm³)偏大。阿尔泰山阿勒泰地区积雪深度比2009年同期明显偏大。其中,2009年2月布尔津冲乎乡雪深达46 cm,2010年2月雪深为72 cm,增加了26 cm;2009年2月察汗托海雪深达78 cm,2010年2月深达109 cm,增加了31 cm。天山北坡农业经济带地区雪深变化不大,石河子达子庙、宁家河渠首近两年雪深变化不大,分别是30 cm和19 cm左右。同时,在此次调查的所有雪坑样方内,探针温度计观测雪层温度数据显示自积雪表面至雪土界面雪层温度逐渐升高。

(刘艳)