第5卷 第4期 冰 川 冻 土 Vol.5 No.4
1983年12月 JOURNAL OF GLACIOLOGY AND CRYOPEDOLOGY Dec., 1983

阿尔泰山区树木年轮与气候、冰川变化相互关系的探讨

康 兴 成
（中国科学院兰州冰川冻土研究所）

阿尔泰山区是我国最北部的冰川分布区，人烟稀少，气象观测台站不多，记录年代只有一、二十年，最长也不超过30年。这对研究冰川与气候的关系造成了一定困难。但是，阿尔泰山区森林分布很广，甚至在一些冰碛上也生长有良好的树木，有利于借助树木年轮气候学弥补气象资料的短缺。

一、树木年轮样本采集与分析

1.样本采集与读数

哈拉斯河源森林上限达2350米，“小冰期”终碛垅上有30年龄左右的树木生长，其下的阿克库勒和哈拉斯终碛垅上均生长有茂密的森林。我们取得的八个标本中，四个取自冰碛垅（表1）。

年轮宽度的测定采用国产精度为1/100毫米放大30倍的读数显微镜。年轮最宽为4.51毫米，最窄为0.30毫米。因此该显微镜的精度尚能满足要求。

有六个样本较为理想，选择几条线上的读数进行了比较，最后确定适合方向的读数。

表1 阿尔泰山年轮样本的生态状况

Table 1. Places of tree ring semples and their ecological niche in Altay mountains

圆盘号	树种	年轮数	海拔高度（米）	地点	生态环境	采集时间
1	西伯利亚松 (Pinus sibirica)	279	2300	哈拉斯冰川“小冰期”冰碛垅下方200米处	森林上限；向阳坡，坡度约5度，50米范围无其它树，生长良好	1980年7月下旬
2	西伯利亚落叶松 (Larix sibirica)	216	2300	哈拉斯河左岸（顺流）冰碛垅上	森林上限；背阴坡，坡度约15度，一面10米外有树，生长良好	1980年7月下旬
4	西伯利亚松 (Pinus sibirica)	270	2200	阿克库勒湖冰碛垅	地势平坦；25米内无其它树，生长良好	1980年8月上旬
6	西伯利亚落叶松 (Larix sibirica)	217	2200	哈拉斯湖东部上坡	地势平坦；近1公里范围内无其它树，生长良好	1980年8月中旬
7	西北利亚落叶松 (Larix sibirica)	170	1400	哈拉斯湖西部上坡地	同上	1980年8月中旬
8	西北利亚落叶松 (Larix sibirica)	179	1400	哈拉斯冰碛垅	地势平坦；50米内无其它树，生长良好	1980年8月中旬

(C)1994-2019 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

其余两个样本（3号和5号）因年代短未使用。

2.与气候因子的相关性

树木年轮能否反映过去气候状况，很大程度取决于与气候因子的相关程度。我们在年轮读数和附近气象台站同时段的温度、降水量的观测值之间寻找相关。经过计算，求得其相关系数和距平吻合率如表2。

表2 年轮宽度与气候要素相关性

Table 2. Relationship between tree ring width and climatic elements

样本号	年轮数	站名	要素		相关系数	相关系数检验		距平吻合率
			温度	降水量	(γ)	γ_a	α(%)	(%)
1	279	巴尔巴盖	5—9月		0.66	0.526	1	84
2	216	阿勒泰	10—4月		0.60	0.505	1	73
4	270	巴尔巴盖	5—9月		0.45	0.423	5	80
6	217	哈巴河	5—9月		0.69	0.537	1	82
7	170	青河		年降水量	0.63	0.537	1	84
8	179	布尔津		5—9月	0.49	0.444	5	71

样本1、2、4、6号均取自林带上限，树木生长所需的水分比较充足，因此对温度的依赖性较大。计算结果也证实，它们与温度的相关性较好。温度高，年轮宽；温度低，年轮窄，符合植物生长规律。用它们来表征所在地区温度变化状况是可信的。

样本7号和8号取自海拔较低的平坦地段，树木生长所需要的热量基本满足，因此对水分的依赖性较大。计算结果也说明，它们与降水量的相关性较好。用它们来表征所在地区的降水量变化状况也是可信的。

3.生长量订正

树木生长除受外界因子的影响外，还有其自身的某些规律。目前普遍采用的统计方法是将年轮宽度实际生长量与树龄的关系分为二个阶段进行订正，第一阶段为幼年到壮年期，生长速度按线性速度上升，其生长量曲线：

$$y_1 = A + Bx$$

式中：x为树龄；A、B为参数。

第二阶段为壮年到老年期，二者呈双曲线关系，其关系式：

$$y_2 = C + (D/x)$$

式中：x为树龄；C、D为参数。

用最小二乘法计算它们的参数见表3。

将实际读数y_0分别减去y_1和y_2，即：

$$y = y_0 - y_1 \quad \text{（第一阶段）}$$

$$y = y_0 - y_2 \quad \text{（第二阶段）}$$

(C)1994-2019 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

表 3　生长量订正参数

Table 3. Corrected value of growth of trees

样本号	年轮数	A	B	C	D	界点值
1	279	105.47	3.34	56.95	6852.12	41
2	216	43.59	1.07	55.48	3877.81	67
4	270	61.28	8.31	43.83	7023.67	26
6	217	71.51	1.11	145.53	1257.63	48
7	170	132.70	5.159	7.60	10055.61	38
8	179	246.35	5.72	-43560.76	413196.00	18

所得y值就是我们要分析的依据。

4.年轮指数序列的处理

根据美国西部干旱地区的经验，在500公里半径的范围内选取的年轮序列变化，表现有同步性。本区样本采集范围最远距离不到100公里，因此我们将279轮和270轮，216轮和217轮，170轮和179轮分别相加，求出平均序列做为分析的依据。分别简称第一、第二和第三序列。冷暖期的分析主要以第一序列为主。

二、阿尔泰地区冷暖期和干湿期变化

图 1 是阿尔泰地区第一序列年轮指数10年滑动平均曲线。以年轮指数平均值1.00作

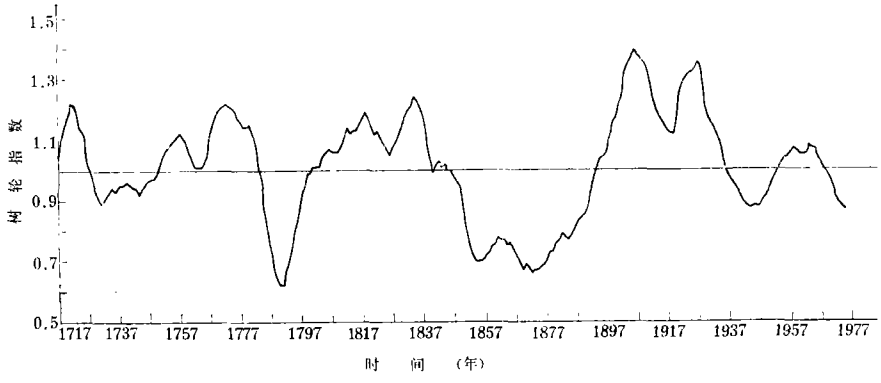

图 1　第一序列年轮指数十年滑动平均曲线

Fig.1. Curve of ten years running mean of tree ring index in the first sequence

为区分气候冷暖的数值界限，从滑动平均曲线升降趋势可以明显地看出，在近300年中，阿尔泰山地区，经历了四个较暖时期和四个较冷时期（表 4 ）。其中，最冷时期出现在1873年左右，最暖时期出现在1928年左右。持续较长的寒冷期是1847—1894年期间，持续较长的温暖期是1802—1846年期间。另外，1895—1937年期间还有一个次长的温暖期。

(C)1994-2019 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

表4 阿尔泰山冷暖期

Table 4. Cold and warm periods in Altay

温暖时段	持续期	寒冷时段	持续期
(1719)—1728	12	1729—1751	22
1752—1784	32	1785—1801	16
1802—1846	44	1847—1894	47
1895—1937	42	1938—1953	15
1954—1969	15	1970—(1976)	6
平均	29	平均	21

注：（ ）为开始和结束时间。

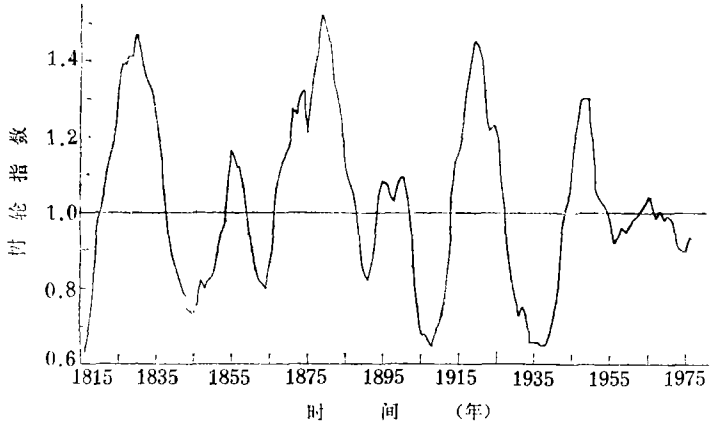

图2 第三序列年轮指数十年滑动平均曲线

Fig.2. Curve of ten years running mean of tree ring index in the third sequence

这就是说在两个较长的温暖期中夹有一个较长的寒冷期。总体来看，冷期平均持续为21年，暖期平均持续29年，是以暖期占优势。第二序列与第一序列趋势基本一致。上述结果与竺可桢分析的1770—1830年间的温暖期和1840—1890年间的寒冷期基本吻合[1]。只是温暖期稍短，位相相差几年。分析得出它们有90、45及36年左右的较长周期。

图2给出了第三序列年轮指数的十年滑动平均曲线。同样以年轮指数平均值1.00作为区分气候干湿的数值界限。可看出，在170年中，该地区经历了四个较强的湿润期和四个干燥期，且干燥期略占优势。四个湿润期是1820—1838年、1866—1888年、1913—1927年、1943—1953年；四个干燥期是1839—1865年、1889—1912年、1928—1942年、1954—现在。分析得出，降水量有46、60和36年的三个较长周期及5—6年的短周期。

三、树木年轮气候与冰川变化的初步分析

据第一和第三序列的距平资料进行综合分析，一般认为温度正距平，降水负距平为暖干，反映冰川退缩；温度负距平，降水正距平为冷湿，反映冰川前进。图3给出了一、

(C)1994-2019 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

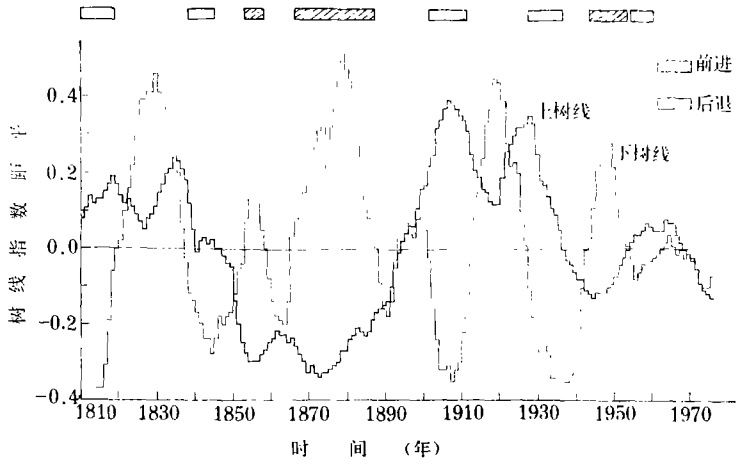

图3　阿尔泰山地区上树线和下树线指数距平曲线图

Fig.3. Index curve for dispersion numbers of upper and lower treelines in Altay region

三序列的距平曲线。从图中可看出，自19世纪以来的近180年中，阿尔泰山地区的气候有过两次冷湿期和四次干暖期及两次明显的暖湿期，即1853—1888年和1942—1953年的冷湿期；1810—1819年、1901—1911年、1927—1937年和1954—1969年的干暖期；1820—1837年和1912—1927年期间的暖湿期。其中1853—1888年的近40年是一次较强的冷湿期。冷期与湿期重叠，为现代冰川的发育提供了优越的条件。据分析认为，哈拉斯冰川末端现代终碛垅中的第二序列可能是这一时期冰川前进时的遗留物。

进入二十世纪以来，气温回升，降水量偏少，气候渐趋干暖。反映在树木年轮上，1901—1937年期间为干暖时期，这中间虽然1920年前后降水量偏多和气温略有下降，但气温没有降到平均值以下，而降水量偏多的现象持续的时间也不长，对冰川的发育影响不大，故仍为退缩时期。在进入50年代初，尽管1942—1953年期间的10年中，出现了较湿润和寒冷的阶段，但持续的时间短，强度也较小，不足以中止冰川的大幅度后退，并转为前进；而只是起到了抑制和减缓退缩幅度的作用。这和林振耀等[2]对青藏高原冰川进退的研究结果是一致的。

据野外考察时的测量和航空照片判读，哈拉斯河源若干条冰川基本上处于退缩阶段，表5给出了其中六条冰川变化的具体数值。其中哈拉斯河源21号冰川（哈拉斯冰川），最大后退424米，每年平均后退20米。唯独22号冰川稍有前进。前者是气候总趋势变得干暖而引起的，后者可能是冰川末端地形变陡引起的局部滑动，不能作为该地区冰川进退的代表。同时，近20多年来，阿尔泰山地区气温的变化是以1967年为转折的，阿勒泰站1954—1966年平均温度为4.3℃，1967—1979年为4.0℃；巴尔巴盖站1958—1966年平均温度为4.5℃，1967—1979年为4.0℃，也和我们在祁连山[1]得到的结果基本一致，只是降水量的变化没有祁连山地区明显。到70年代气候才向有利于冰川前进的方面转变。总之，在这近180年中，发生过一次规模较大的冰川前进，即年轮序列上1853—1888年期间的冷湿期。这个时期的冰川前进是许多研究者一致公认的。其后是大幅度的

1）　丁良福、康兴成，祁连山20年来的气候变异与冰川变化，1979年。

(C)1994-2019 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

表5 阿尔泰山区冰川进退变化值

Table 5. Fluctuation of glaciers in Altay

冰川编号	冰川类型	冰川面积（平方公里）	长度（公里）	进退数值（米）	每年平均（米）	时间
18	冰斗山谷冰川	11.69	6.1	-90	-4.3	1958—1980
19	冰斗冰川	0.92	2.0	-42	-2.0	1958—1980
20	冰斗山谷冰川	3.08	3.6	-58	-2.8	1958—1980
21	复式山谷冰川	30.13	10.3	-424	-20.0	1958—1980
22	冰斗山谷冰川	2.28	2.6	20	1.0	1958—1980
24	山谷冰川	11.12	5.3	-206	-9.8	1958—1980

注：据刘潮海和尤根祥观测计算所得。

冰川后退，到目前为止在长达90年的后退期中，虽然也出现了一些有利于冰川发育的气候条件，但都由于强度小，持续时间短而未能改变总趋势。在进入七十年代以来，气候条件出现了有利于冰川发育的状况。从树木年轮序列的方差分析，用周期叠加外延推断，今后一、二十年，气候将变得冷而湿润，有利于现代冰川的发育。

在样本收集中，尤根祥、刘海生等同志给了大力协助，在此表示致谢。

参 考 文 献

〔1〕 竺可桢，1973，中国近五千年气候变迁的初步研究，中国科学，第二期。

〔2〕 林振耀、吴祥定，青藏高原历史时期气候变化的探讨、气候变迁和超长期预报文集，科学出版社，1977。

（本文于1982年8月23日收到）

Correlation Between Tree Ring and Climatic and Glacial Variations in the Region of Mts. Altay

Kang Xingcheng

(Lanzhou Institute of Glaciology and Cryopedology, Academia Sinica)

Abstract

Through analysis of tree ring data, the variations of cold and warm climate in the last 300 years, and of dry and wet in the last 180 years in the region of Mts. Altay were found out. Totally four colder and four warmer periods as well as dry and wet stages were identified and their influences on variations of glaciers in the last 180 years in the same region were analysed. We found that glaciers advanced greatly in 1853-1888, and retreated in other years. However, in the 70's of this century, the climatic condition is favorable for glacial advance.

(C)1994-2019 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net