

西藏近代气候变化及其趋势的探讨*

吴祥定 林振耀

(中国科学院地理研究所)

1974—1976年,我们在西藏进行了实地考察。本文系根据树木年轮资料和若干自然迹象的变化等,对西藏地区历史时期,着重最近数百年来气候变迁进行了分析,并对未来可能趋势作出推断。

一、树木年轮的分析

近来,由于气候变化研究的迫切性和电子计算机的采用,树木年轮气候学得到很大的进展^[1-3]。作为探讨西藏气候变迁的主要资料来源之一,我们将着重讨论树木年轮宽度所表征的气候变化状况。

1. 标本选取

我们在西藏选取对气候因子反应甚为敏感的标本,大体可归为二类:一是生长在森林上限、高海拔树线附近的树木,海拔多为4—4.5千米,那里气候严寒,温度是树木生长的限制因子;另一类是森林边缘或半干旱地区的孤立木,海拔高度常在3—3.5千米,年轮宽度主要随降水的变动而有明显差异。本文所论及的年轮序列计15处,它们取样的位置和代号见表1,最东在昌都附近,西至吉隆、萨噶,约跨12个经度;北自比如,南到樟木、洛扎,差距近3个半纬度,包括了西藏大部分地区。

2. 读数与订正

对标本进行读数前,先查找“伪年轮”。一般这在西藏并不多见。但也曾有“双轮”和“部分遗失年轮”的个例^[4],在读数和析时已加以考虑。读数时,多从2—4个方向并行定年和读数。对一些非畸形标本,选择年轮清晰、生长较正常的方向读数,也是可以满足要求的^[5]。读数是在精度为百分之一毫米的显微镜下进行的,足以保证精度要求。

将读取的年轮宽度序列化为指数序列时的生长量订正,采用了指数曲线订正公式:

$$y = ae^{-bx} + k \quad (a > 0, b > 0),$$

其最初20年左右为线性订正:

$$y = c + dx \quad (c > 0, d > 0),$$

式中 x 为年轮序列的序号; y 为序列订正值; a, b, c, d 和 k 均为拟合待定系数。如果 $a < 0$

本文1977年12月31日收到。

* 承中国科学院青藏高原综合科学考察队和西藏自治区气象局提供部分资料,在此表示感谢。

或 $b < 0$, 则化为对平均年轮宽度的比值予以订正^[6]。如果 $c < 0$ 或 $d < 0$, 则将接近髓心的若干年轮数舍弃或稍加调整。

3. 验证

对每一地点表征气候要素的指数序列, 都尽可能取非单株树的“复本”, 象(吉) No.2 就是由三个生长地接近, 同为曲枝柏 (*Sabina recurva*), 且年轮宽度变化一致的圆盘标本合并而成。(昌) No.7 和(昌) No.301 则是 8—10 个同一地点年轮序列的综合。即使有些是单株树, 一般也有若干稍短的序列作为旁证, 象(林) No.7 序列长 462 年, 在其后 400 年内有长度不等的 4 个序列变化状况可为佐证。(八) No.1 序列长 710 年, 也有 4 个短序列在最近一段时期内年轮变化状况与其一致。还有些序列在同一气候分区内, 表征的又是同一气候要素, 则也可以取它们相互印证。

所有年轮序列, 均与距离较近的气象台站记录寻求合理的相关, 经筛选结果如表 1 所示。

表 1 年轮序列位置及与气象要素相关值表

序列号		(比)	(昌)	(波)	(日)	(林)	(八)	(浪)	(萨)	(吉)	(洛)	(昌)	(林)	(朗)	(洛)	(樟)
		No. 4	No. 7	No. 1	No. 1	No. 7	No. 1	No. 1	No. 1	No. 2	No. 2	No. 301	No. 5	No. 9	No. 1	No. 2
取样地点	北纬	31°31'	31°10'	29°46'	29°42'	29°39'	29°18'	28°59'	28°53'	28°35'	28°10'	31°10'	29°45'	29°03'	28°06'	28°03'
	东经	93°44'	97°08'	95°40'	89°05'	94°36'	96°48'	90°28'	85°06'	85°13'	91°03'	97°13'	94°04'	93°13'	91°04'	85°58'
相关	气象要素	T*	T	T	T	T	T	T	T	T	T	RR**	RR	RR	RR	RR
	相关系数值	0.79	0.64	0.70	0.65	0.55	0.89	0.52	0.43	0.57	0.78	0.73	0.54	0.84	0.69	0.49
	气象台站	加黎	昌都	扎木	日喀则	林芝	扎木	浪卡子	日喀则	帕里	帕里	昌都	林芝	林芝	帕里	聂拉木

* 表示年平均气温。 ** 表示前一年降水总量。

表 1 所列各相关系数值, 大部分是满足或超过信度水平为 0.05 的 t - 检验, 很少达不到这一水平。这可能是因为气象台站位置距取样地点太远, 或台站位处河谷、群峰之间, 对大范围气候变化状况代表性较差。

此外, 还设法利用一些零星的可靠资料去验证这些树木年轮数据。例(樟) No.2 年轮指数值在本世纪内的最低点为 1938 年, 由相关分析判断它应反映 1937 年为大旱。这一年拉萨的实测降水量仅 373.5 毫米, 远比前后年份为少^[7]。又经拉萨藏历编辑记录上查证, 该年在日喀则、澎波一带出现大面积罕见的旱灾。至于一些大的变化趋势, 也能从自然变化迹象等方面得到证实。

总之, 用这些年轮序列去表征相关性较好的气候要素的变化状况, 是可信的, 并可以此延伸气象记录, 寻求更长年代气候变化的规律。

4. 气候变化状况

我们将西藏各地表征年平均气温的十个年轮序列, 换算成温度距平序列, 求得近五百年来西藏年平均气温距平 (图 1)。在年轮序列中, 最长的七百多年, 最短的也有百余年。

从图 1 可以清楚看出, 近五百年来最冷时期约在 17 世纪中, 年平均气温一般可比平均值

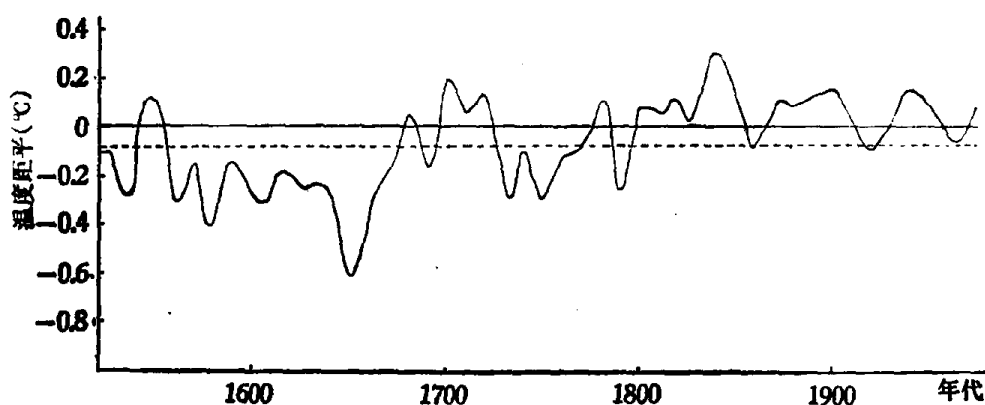


图1 西藏温度十年滑动平均曲线(1512—1975年)

(零线为有气象记录的短期平均值,虚线为累年平均值,
横坐标年代为滑动平均终止年代)

低 0.5°C 以下。在此前后都较 17 世纪为暖,且 19 世纪以来变暖趋势愈加明显,多维持较为温暖,但也出现过几次明显降温过程。一般说来,相对较暖的时期为 16 世纪中、18 世纪初、19 世纪前半叶和 70 至 90 年代以及本世纪 40 年代前后;相对较冷的时期为 17 世纪中、18 世纪中、19 世纪 60 年代、本世纪 20 年代和 60 年代。从温度总趋势拟合成指数曲线形式为: $y = -1.11e^{-0.0008x} + 8.69$, 而且累年平均值(图中虚线)比最近 20 多年有气象记录的短期平均值(图中零线)约低 0.08°C 。可见温度总的变化趋势是缓慢上升的。据推算,西藏近五百年来年平均气温的振幅不过 0.2°C 左右,而绝对较差可超过 1.5°C 。

上述冷暖时期,特别是温度变化总趋势,与竺可桢所论述气候变迁^[8]大体是吻合的。西藏高原气候变迁的总趋势,与我国东部地区以及与北半球是接近一致的。但也应看到,毕竟还存在着较大的地区性差异,如 17 世纪末至 18 世纪初,我国东部地区仍维持冷期,在西藏却转为暖期;再如 19 世纪中,东部地区出现降温较强的过程,但在西藏却持续高温。

对温度序列进行滤波和功率谱分析,其中滤波的权重采用 Gaussian 方法^[9],得知该序列存在主要周期为 2 年多和 11 年、22 年左右。

类似处理,还可得出西藏年降水量距平(图 2)。

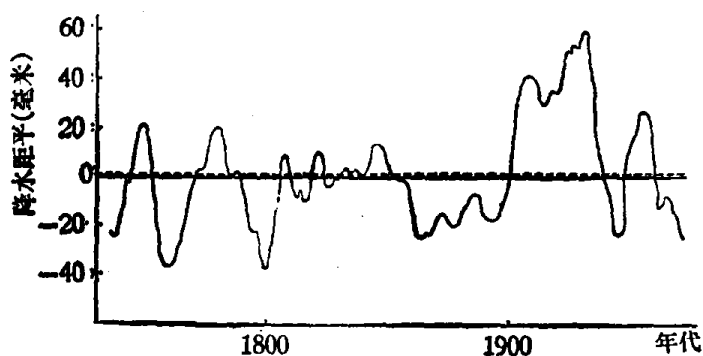


图2 西藏降水十年滑动平均曲线
(1727—1973年)

图 2 表明 240 多年来的长期平均与近 20 多年来的短期平均值十分接近,仅差 0.5 毫米。从时间分布来看,18 世纪中和后半叶曾明显多雨,但维持时间不长。19 世纪前半期降水偏多为主,到后半期则基本处于少雨阶段。到本世纪初,尤其是 20 年代左右,降水量大幅度上升,一般可比平均值高出三、四十毫米以上,为明显高值部位。最近二十多年来的趋势是减少的,已接近 18 世纪末的低水平。Terra 曾指出一些高原湖泊 19 世纪初至 20 世纪 30 年代水位的变化,与降水多

少很相适应^[10],这与图 2 中表征的降水变化趋势也大体相近。

降水序列的主要周期为 2 年左右、近 11 年、22 年和 8 年左右。

二、自然迹象变化

凭借气候变化给自然环境留下的许多痕迹,也可以了解往昔某些气候的轮廓。

高原上的湖泊,很长一段时间内,尤其最近二十余年来,基本上都有湖面缩小、水位下降的情况,有的外流湖变成内陆湖,有的以往常年有水,如今变成时令湖,甚至有的在干旱时已干涸见底。许多湖岸残留着湖水退缩的痕迹,古湖岸线和最新湖岸线很明显。象纳木湖、沉错、哲古错、达泽错等均有类似情况。以帕里北部的嘎拉错为例,1876年曾记载该湖宽3.2公里,到1966年湖水面宽不过1500米,几乎收缩一半以上^[7]。1974—1975年我们考察时,该湖已变成时令湖,即使在雨季最宽水面也只数百米,周围残留着许多小水坑。

据实地考察和调查访问,西藏北起唐古拉山、念青唐古拉山,南至喜马拉雅山南麓的许多高山雪峰,几十年来,主要是近十多年来,雪线明显上升,冰川后退,积雪量不断减少。如珠穆朗玛峰的绒布冰川,以1975年和1966年相比,许多壮观的冰塔群消融了,不少悬冰川也不见踪影,北坳附近宽厚的冰舌变得支离破碎、面目全非。

不少地区地下水位有明显下降。相当数量的温泉和冷泉,水量减少、喷射高度降低,甚至泉眼消失。单就洛扎县二个区,就调查到十个泉有类似情形。还有一些草原退化、林区缩小、土壤变干,一定程度上与地下水位降低也有关。

许多河川,象雅鲁藏布江、拉萨河、吉隆河、洛扎怒曲等,它们的部分河段冬季封冻或结冰程度在最近三、四十年内,总的来说有所减缓,时间上略有缩短。当然50年代降温,亦有过加剧的反映。

还有一些地方物候期有所改变,如藏南河谷地带反映青稞成熟期提前。藏北牧区反映冬季大风雪近来有所减弱,夏季干旱却似有增多。

诸如此类的自然迹象变化,尽管时间尺度不易确定,但概括起来作为气候变化的表现之一,可以说明近几十年来,特别是近十多年来,西藏气候变得偏干、偏暖一些。

三、气候趋势展望

文中所列年轮序列和许多气象记录一样,存在着明显的“准两年脉动”以外,不少还有11年或22年左右的准周期,与太阳黑子相对数的二个主要周期很吻合。以(樟)No.2为例,从图3可以清楚看出,一般在黑子数极小值年前后,常伴有年轮指数极大值,象本世纪的1901, 1923, 1933, 1944和1964年。同时在黑子数的主高期(单周),一般对应年轮曲线为低谷,即雨水偏少;而次高期(双周),多对应降水状况起伏较大。此外,部分年轮序列还有三十多年的周期,如(八)No.1、(樟)No.2等,这与著名的布鲁克纳周期是吻合的,不少地区干湿期交替和冰川进退都存在着类似的周期活动。

展望未来气候采用了定性估计和定量外推相结合的预报方法。首先考虑序列曲线演变状况及与太阳活动的关系,西藏现今正处于高温低湿期,在历史上这种类型气候将由高温高湿期来承续。再估计太阳活动旺盛期已过,逐渐进入低潮期,可能预示西藏降水将增多。在定量预报中,尝试给出若干类数学模式,如自回归、周期叠加、综合模型等,所得预报值大体与定性估计相近。

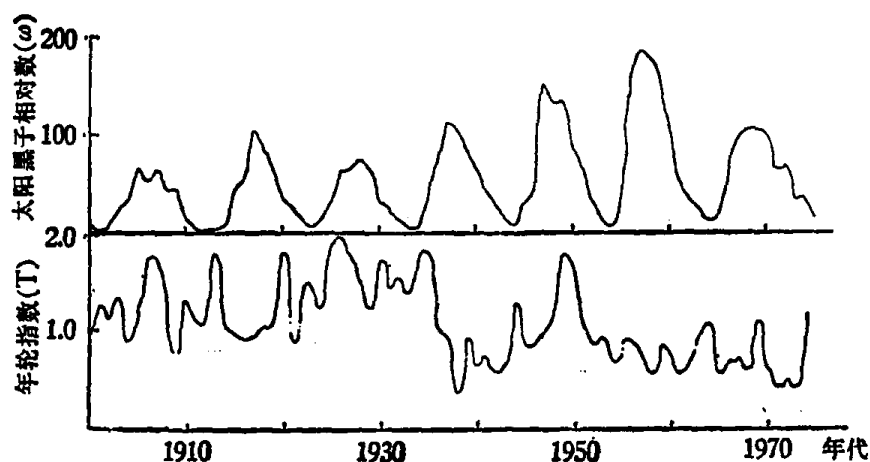


图3 年平均太阳黑子相对数与(樟)No.2年轮序列变化曲线
(1900—1974年)

从整个西藏来看,目前偏暖、偏干的趋势仍将维持。80年代降水量将有增多,温度变动不大或略有下降,基本维持在平均值以上,本世纪末、下世纪初可能出现大的降温过程。

综述以上分析,对西藏高原近代气候变化及其趋势,大体可得到如下几点看法:

1. 最近数百年来,西藏属较为暖、干时期;
2. 西藏与我国东部地区温度变化趋势大体一致,尤其是17世纪中以来的变暖趋势;
3. 目前西藏以维持稍暖、偏干为主;
4. 预计80年代降水将增多,温度基本维持在平均值以上,本世纪末、下世纪初可能出现大的降温过程。

参 考 文 献

- [1] Fritts, H. C., *Tree Rings and Climate*, Academic Press, 1976.
- [2] Битвинская, Т. Т., *Дендро-климатические исследования*, Гидрометеоиздат, 1974.
- [3] *Proceedings of the WMO/IAMAP Symposium on Long-Term Climatic Fluctuation*, W. M. O., No. 421, 1975, 21—30.
- [4] 吴祥定等, 气候变迁和超长期预报文集, 科学出版社, 1977, 68—71.
- [5] 林振耀、吴祥定, 气候变迁和超长期预报文集, 科学出版社, 1977, 23—28.
- [6] Fritts, H. C., et al., *Tree-Ring Bulletin*, 29 (1969), 1—2, 15—20.
- [7] 王明业, 珠穆朗玛峰地区科学考察报告, 现代冰川与地貌, 科学出版社, 1975, 168.
- [8] 竺可桢, 中国科学, 1973, 2, 168.
- [9] W. M. O. Technical Note, No. 79, *Climatic Change*, 1966, 46—58.
- [10] Terra, H. De & Hutchinson, G. E., *Geogr. Journ.*, 84 (1934), 4, 311—320.