

历史时期青藏高原气候变化特征的初步分析*

吴祥定 林振耀

(中国科学院地理研究所)

提 要

本文利用树木年轮资料、气象观测记录、历史文献记载和孢粉分析等,推断了青藏高原数千年来气候变化的基本概况,并划出气候适宜期、新冰川期、温暖期、现代小冰期和最近的升温期等五个时期。

分析表明,历史时期内高原上气候变化的趋势、大的冷暖期演变,大体上与我国其它地区一致,这是气候变迁的相关性所致。同时,它又有与平原地区不同的特征,主要表现在气候变化的振幅较大,对气候变化的敏感性也较强。由此还推论高原在同纬度带地区中,应属气候变化敏感区,主要表现为对升温过程反映强烈。

此外,还对高原气候变化的周期性等规律予以分析。

一、气候变化概况

对最近数千年来青藏高原气候变化状况,过去限于资料一般很少论及。近年来,一些地质、冰川工作者在分析整个第四纪高原隆升和环境变迁时,只是将全新世(距今约一万年以来)高原气候粗略地划分为二个时期^[1],或者三个时期^[2],且都没有给出明确的年代。本文则依据新的孢粉分析、冰川进退、石器发现,以及树木年轮、历史文献、气象记录等资料,进一步分析出第四纪末次冰期以来,青藏高原上曾出现过数次大的气候波动,提出可划分为以下几个时期:

1. 气候适宜期 据冈底斯山等地孢粉图式的变化和西藏许多地点泥炭产生的时代,可以认为,距今约7000年以后,高原上气候逐渐转暖¹⁾。最为温暖的时期,在聂拉木北边亚里一带年平均气温比现今可高出3—5°C,称为“亚里期”^[2]。在藏南一些地区^[3]、藏北现今无人居住的地方^[4],也都发现这一时代的石器,表明青藏高原绝大部分地区,当时都不象现代如此高寒、干旱,而是适宜人类居住的时期。

在浪卡子县沉错高阶地一个天然剖面,采样作的孢粉分析和植物残体C¹⁴分析表明²⁾,距今3000多年前,那里植物种类繁多。其中木本植物居首位,约占孢粉总量的50%,出现以松、栎、桦为主的森林,甚至有不少亚热带山地的铁杉。可见当时这一带

* 本文于1979年11月16日收到,1980年2月20日收到修改稿。

1) 王富葆,西藏第四纪冰期与全新世气候,1978(未发表)。

2) 孢粉与C¹⁴分析结果分别由我所孢粉实验室和南京大学王富葆提供,详细孢粉图式可参阅吴祥定等青藏高原气象论文集(1975—1976)第96页。

到处郁郁葱葱，为森林草甸植被。而现今植被已为灌丛草甸，树木极少见到。这也说明那时的气候甚为暖湿。

2. 新冰川期 继气候适宜期之后，距今约 3000 年左右，开始气温显著下降，这段寒冷期大体上维持到公元五世纪左右。它以高山冰川生成和扩大为主要特征，并有明显的冰进。在西藏东南部，据青藏高原综合科学考察队冰川组查明，距今(C¹⁴年代)2980±150 年、1920±110 年和 1540±85 年都有过较大规模冰进¹⁾。

当然，在这期间也并非一直十分严寒，而是出现过较大的气候波动。自公元初以来，我们曾根据由年轮资料与历史文献、气象记录合并处理得到的温度等级资料，绘制出近二千年来高原温度变化曲线(图 1)。从图上可以清楚地看出，公元初甚为寒冷；三世纪末至五世纪亦以寒冷为主，都与大的冰进期吻合。同时，二世纪末至三世纪前期却出现一个较短的温暖期。

3. 温暖期 从公元六世纪起到十二世纪，青藏高原是一个温暖的时期。限于资料，虽无法给出其中大多数时间确切的温度变化值，但作者曾根据青藏高原与北半球许多地区气温变化的关系，推论出变化的轮廓(图 1 中的虚线部份)，还是可信的^[5]。况且，这几百年内该地区极少发现有冰进的遗迹，也是温暖的标志。另外，公元六、七世纪，即修建著名大昭寺前后，从当时用材和烧砖来看(耗用木材量甚大，要从远道运来是困难的，那么可以推想离拉萨不远会有森林)，那时气候较现今为好。

4. 现代小冰期 十二世纪末以后，温度明显下降到平均值线以下，虽几经波动仍表现出愈加寒冷的趋势。尤其在十七世纪中期，为数百年来最为寒冷的时段，年平均气温一般要比现今低 1°C 左右。

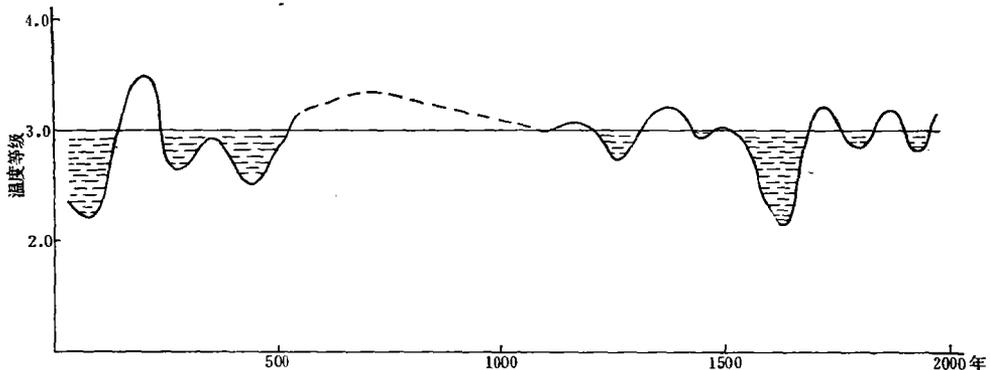


图 1 青藏高原近二千年来温度等级变化图

此后，除了十八世纪前期以外，直到十九世纪前期，高原上维持偏冷为主。从冰川活动来看，也主要表现以冰进为主。在珠穆朗玛峰地区、浪卡子、野贡等地的终碛，都是这个时期冰进的遗迹。从范围来看，各种资料都表征青海、西藏等地出现过这次寒冷的小冰期。

5. 最近的升温期 从十九世纪中期以来的百余年，青藏高原大体上属于较温暖的

1) 施雅风等，青藏高原的隆起和它对冰期之中国的影响，冰川冻土第 1 期，1979。

时期，特别是相对于十七世纪小冰期来说，温度有明显上升。

从西藏林芝色其那山森林上限的变动、湖泊退缩、冰川后退等自然迹象推断^[6]，也能了解到当今气候是较暖和的。

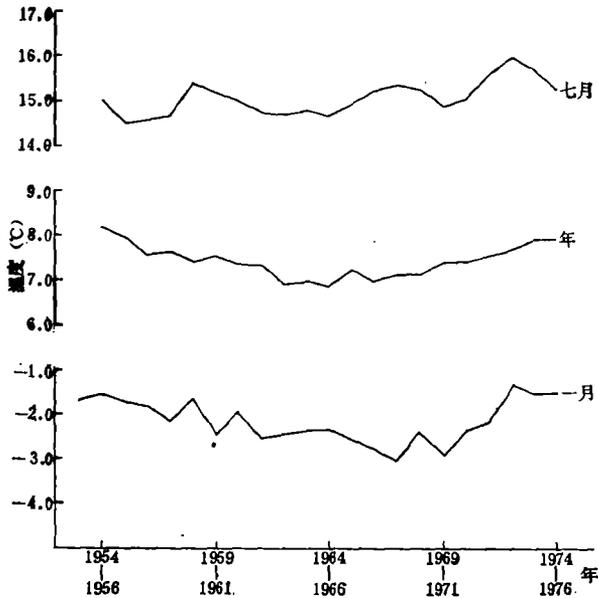


图2 拉萨平均气温变化曲线

以得知(图略)。大体说来，本世纪初，高原上降水偏多，40年代以后有明显偏干的趋势。亚东(春丕)降水量的实测资料也表明，40年代末、50年代初的年降水量比起上世纪末、本世纪初来，平均要少300毫米以上。此外，由于降水偏少造成湖水位下降等自然迹象变化，更是不胜枚举^[7]。

总结以上所述，我们可将青藏高原在历史时期内气候变化的概况简列成下表。

| 时 期 | 年 代 | 气 候 概 况 |
|--------|----------------|----------------------------|
| 气候适宜期 | 距今7000—3000年 | 十分暖湿，最暖时年平均气温较现今高出3—5°C |
| 新冰川期 | 公元前1000年至公元五世纪 | 较为严寒，有过几次大规模冰进 |
| 温暖期 | 六世纪至十二世纪 | 较现代温暖湿润 |
| 现代小冰期 | 十二世纪末至十九世纪前期 | 偏冷，尤其十七世纪中年平均气温比现今低1°C左右 |
| 最近的升温期 | 十九世纪中至今 | 温度以偏高为主，降水在上世纪末、本世纪初偏多，后偏旱 |

二、气候变化的若干特征

青藏高原的气候变化，既受全球气候形成因子的支配，也受独特的地理环境影响。因此它的变化必然有与其它地区相近之处，同时也有其特异的规律。这里，我们仅论及几个基本的气候变化特征。

1. 气温变化的相关性 最近几千年来，青藏高原上所划分出的几个大的气候时期，

由气象观测记录所表征的气温变化，虽然本世纪50年代后期至60年代高原上有过一次降温过程，但60年代后期、70年代，温度仍达到或超过降温前的水平，象拉萨、日喀则、定日、林芝等台站的许多温度变化指标都很明显。图2给出的拉萨平均气温的变化，可以说明这一点。尤其7月平均气温的变暖趋势十分显著。再如，帕里站5—8月地面平均最高温度，1967年后的平均值比以前要高出约0.2°C。

至于降水状况，根据树木年轮资料和历史文献记载合併处理，采用类似划分温度等级的办法，也可以

与我国东部其它地区以及日本、欧洲等地相比, 大体上是接近的。高原上的气候适宜期, 很接近我国东部仰韶文化时期及欧洲的气候适宜期。后来在高原上大规模冰进, 同样在我国东部也气候恶化, 转为寒冷。公元初和五世纪的寒冷, 对应于黄河流域和江淮一带亦很明显。其它的隋唐时代的温暖期、以十七世纪中表现最突出的现代小冰期以及最近百年来的升温趋势, 在中国境内大部份地区均有所反映。同时在欧洲^[8]、东亚^[9]许多国家亦有相似的气温变化, 尤其是丹麦科学家丹斯加尔德(Dansgaard, W.) 等人最近的工作^[10], 用 O^{18} 分析方法得到的格陵兰等地气温变化曲线, 很类似青藏高原温度变化轮廓。显然, 竺可桢所论证过的^[11], 中国与欧洲, 尤其与格陵兰等地的气候变化息息相关, 这在青藏高原也得到证实。他认为气候变迁的全世界性, 无例外地包括了高原在内。

同时还应该看到, 青藏高原也并非与我国其它地区温度变化形式完全一致。例如, 公元二、三世纪的变暖比我国东部地区突出, 十二世纪的降温却不及东部明显; 十四世纪高原上的暖期似较显著; 十七世纪末到十八世纪初高原上出现短的回暖过程, 而十九世纪中未出现东部地区那样强的降温过程; 再有本世纪 50、60 年代的降温也不及东部强。所有这些差异, 基本上都表现为对一些升温过程反映比较敏感, 温度回升快, 持续时间长, 而对一些小的降温过程反映就不如升温过程。

2. 气候变化振幅 为表征气候要素变化的振幅大小, 通常采用计算平均变率 (σ) 的方法, 尤其多用气温序列的平均变率大小, 说明该地气候变化振幅的大小。

从最近 20 年 (1956—1975) 全国气温记录的变率分析来看, 青藏高原在同纬度带地区中, 平均变率是突出的高值区。为更好地对比高原和平原变化特征的差异, 还选用了柴达木盆地以南有探空观测的所有 7 个气象台站 (格尔木、吉迈、玉树、那曲、昌都、拉萨、定日), 记为 H; 在高原以东的平原地区选了同纬度地带的 7 个台站 (济南、安康、南京、上海、汉口、重庆、南昌), 记为 E。分别计算了它们的变率后得知, 平原的 σ 平均值只有 0.43, 其中济南最大, 超过 0.50, 安康、南昌和重庆都不到 0.40; 在高原上各站的 σ 值都在 0.45 以上, 平均值可达 0.53。其中格尔木为最, 达 0.68。给出它们年平均气温的平均变化状况 (图 3), 从两条曲线波动的形状来看, 高原(H)波动的振幅也明显大于平原地区(E)。

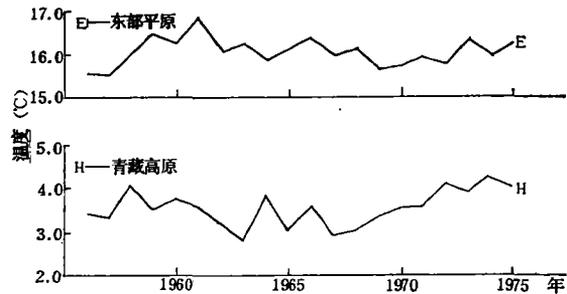


图 3 不同地区年平均气温变化

在高原上, 由于海拔高度和纬度差异, 平均变率一般是北部比南部大, 西部较东部大些, 在同纬度上明显地随海拔高度的增加而增大。

3. 气候变化的敏感性 近来, 气候变化工作者普遍认为, 极地是对气候变化极为敏感的地区。特别是随着二氧化碳在空气中含量的迅速增加, 极地造成的增温比中、低纬度要大得多, 这在一些气候模拟的计算中也得到了证实。简单说来, 极地由于冰雪覆盖面积大, 它的反射率大。一旦冰雪因增温融化, 反射率迅速变小, 造成地表面吸收的

热量也就增大得较多。同时,由于极地近地面层结稳定,阻碍垂直混合向上传递热量。这两种作用都引起近地面在增温过程中气温增高明显。

与同纬度带其它地区比较起来,青藏高原恰也受这两种作用的影响。首先,高原上冰川和积雪面积较大,现约为5万平方公里(在偏冷、多雨的时期还要更大些)。而同纬度平原地区,永久性冰雪覆盖面积几乎为零。其次,近地面层的层结稳定度,高原也明显大于邻近的平原地区。

对稳定度的判别,本文采用了对流稳定度($ST = \frac{\partial \theta_{e2}}{\partial z}$)和潜在稳定度(ST')两种计算值。其中, θ_{e2} 为假相当位温;两层的高度 Z 值,底层选近地面,上层用近地面往上约1400米。对平原地区来说,大体是从1000毫巴向上到850毫巴等压面。站点的选用,仍然是同纬度带的高原(H)和东部平原(E)各7个探空站。

平均的 ST 与 ST' 值逐月变化,分别绘制在图4和图5中。图中,高原上的变化以实线表示,东部平原以虚线表示,所计算的年平均值则以平行于横坐标的长短线表示。

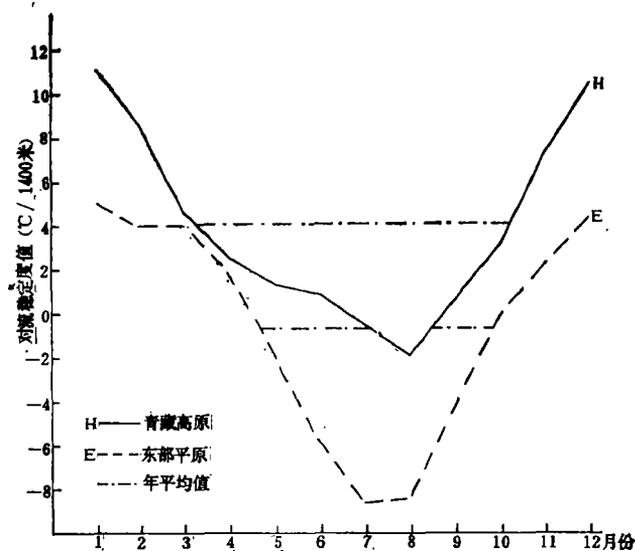


图4 不同地区对流稳定度的逐月变化

从图4中可以清楚看出,各月 ST 值高原均比平原为大,尤其冬季和夏季相差更大。年平均值,东部平原为 -0.6 ($^{\circ}\text{C}/1400$ 米),属对流性不稳定;高原上为 $+4.0$ ($^{\circ}\text{C}/1400$ 米),表现为较强的稳定性。

类似地,对潜在稳定度的计算也表明,虽然它们均为正值,但其数值大小比较起来,高原近地面层结稳定度要大于平原地区。

根据冰雪覆盖面积大和近地面层结较为稳定,再考虑到高原上气温变化与我国其它地区相比,升温反映比较强烈,气候变化的振幅也较东部为大这些事实,大体可以认为:青藏高原在同纬度带地区中,应属气候变化敏感区。

4. 周期性 目前,对各种气候要素序列是否存在明显的周期,以及周期的稳定性如何,持有不同的观点。我们在对高原上许多要素序列(主要是表征气候变化的树木年轮

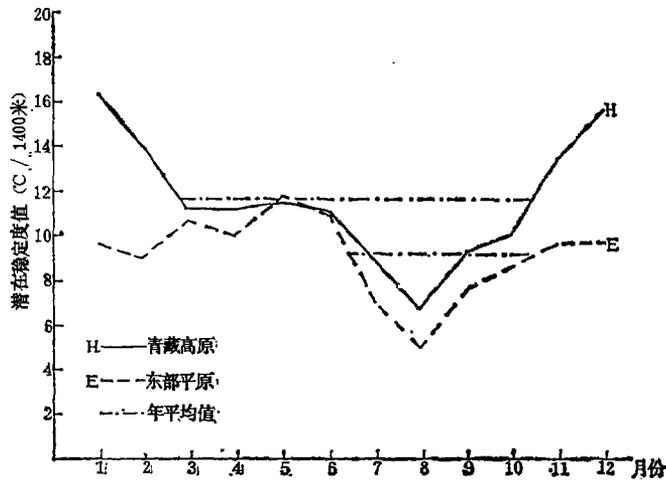


图 5 不同地区潜在稳定度的逐月变化

序列) 进行统计分析后发现, 随着序列的不同, 计算出来的周期往往差异较大¹⁾, 要想得到在整个高原上普遍适用的周期性是很困难的。在此, 仅列举周期分析的部份结果, 表明高原气候变化可能存在的某种规律性。

对序列进行周期分析时采用了功率谱计算, 适当辅以滤波处理。计算结果表明, 绝大部份序列都有二年左右周期, 这与其它地方普遍存在的“准两年脉动”是吻合的。此外, 不少序列包含有 11 年或 22 年左右的周期, 与太阳活动的二个明显周期很相近。象西藏南部有的表征降水变化的序列, 每当太阳黑子数为极小值前后年份, 常出现一次降水偏多的极大值年份。同时在黑子数主高期(单周), 一般对应雨水偏少; 而次高期(双周) 多对应旱涝频次较多。有的表征温度变化的序列含有 80—90 年的周期, 接近太阳活动的世纪性周期。

有一些序列分析出 30 多年的周期来, 这与著名的布鲁克纳周期是一致的。这些序列常常是距现代冰川不远处所取树木年轮标本, 它们显示出的这种周期表明, 高原上一些冰川活动受气候变化影响, 可能存在布鲁克纳周期。

当然, 也还有其它不少周期, 象 7—8 年的周期、300 年左右的周期等等, 无须详细列举。

三、结 语

本文通过对各种资料的分析, 将几千年来青藏高原的气候状况大体分为气候适宜期、新冰期、温暖期、现代小冰期和最近的升温期等五个时期, 描述了它们的气候概况。这种分析还是初步的, 尤其是距今年代较远的时期, 各种数据更感缺乏。今后, 随着资料的增多, 对青藏高原气候时期的划分和气候变化状况的了解, 将会更加深入。

对青藏高原历史时期气候变化中一些基本特征的分析, 我们着重强调了以下几点:

1) 参阅《西藏气候》第四章(初稿)

1. 最近几千年来, 高原上气候变化的趋势、大的冷暖期演变, 大体上与我国其它地区一致。
2. 高原上气候变化振幅, 比东部平原地区要大。在高原内部, 变化振幅亦与海拔高度有一定关联。
3. 青藏高原在同纬度带地区中, 应属气候变化敏感区, 主要表现对升温过程反映强烈。
4. 高原上许多气候要素的变化, 可能存在着受环流因子、太阳活动影响的周期性, 如准两年脉动、11年和22年左右的周期、布鲁克纳周期等。

参 考 文 献

- [1] 李吉均等, 青藏高原隆起的时代、幅度和形式的探讨, 中国科学, 1979年第6期。
- [2] 郭旭东, 珠穆朗玛峰地区第四纪间冰期和古气候, 珠穆朗玛峰地区科学考察报告 [1966—1968] 第四纪地质, 科学出版社, 1976。
- [3] 戴尔俭, 西藏聂拉木县发现的石器, 考古, 1972年第1期。
- [4] 安志敏等, 藏北申扎、双湖的旧石器和细石器, 考古, 1979年第6期。
- [5] 吴祥定、林振耀, 青藏高原近二千年来气候变迁的初步探讨, 1978年全国气候变化讨论论文集, 科学出版社 (即将出版)。
- [6] 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。
- [7] 吴祥定、林振耀, 西藏近代气候变化及其趋势的探讨, 科学通报, 23卷12期, 1978。
- [8] Lamb, H. H., Climate: Present, Past and Future, 2, Methuen and Co Ltd London, 1977.
- [9] Yoshino, M. M., Regionality of Climatic Change in Monsoon Asia, Climatic Change and Food Production, University of Tokyo Press 1978.
- [10] Dansgaard, W. et al., Climatic Changes, *Nature* 255 May 1 1975.
- [11] 竺可楨, 中国近五千年来气候变迁的初步研究, 中国科学, 1973年第2期。

SOME CHARACTERISTICS OF THE CLIMATIC CHANGES DURING THE HISTORICAL TIME OF QINGHAI-XIZANG PLATEAU

Wu Xiang-ding Lin Zhen-yao

(Institute of Geography, Academia Sinica)

Abstract

Based on tree-ring data, records of meteorological observations, historical literature, pollen records and others, this paper analyzed the state of climatic change for last thousands of years of the plateau. It may be divided into five significant periods.

The chief characteristics of climatic changes were analyzed. First, the certain basic features of the climatic variation of the plateau are similar to other zones of Northern Hemisphere, especially, close to those of East China.

Secondly, according to the variability analysis, it can be shown that the plateau is the area of high variability. We have calculated two kinds of stability. All results show that Qinghai-Xizang plateau belongs to the sensitive area to climatic changes within the same latitude zone.

Besides, by carrying out analysis on various series, we found some periodicities in climatic change of the plateau.