

夏季青藏高原位势高度场的长期振荡与气候变化*

赵振国

(国家气象中心, 北京, 100081)

摘 要

利用北半球 500hPa 月平均位势高度场资料, 揭示了夏季(6—8 月)青藏高原位势高度场的长期振荡及其与两大洋副热带环流的相互联系。并分析了这种长期变化对全球和中国气候的影响。

关键词: 青藏高原位势高度, 长期振荡, 气候变化。

1 引 言

青藏高原对周围大气形成一个高耸的冷热源, 通过辐射、感热和潜热作用, 对全球大气环流和气候变化产生特殊的热力影响。章基嘉等^[1,2]研究高原热源强迫所产生的低频振荡、甚低频振荡和年代际振荡, 主要结论是: 高原大气存在着 10—20d 和 30—60d 的季节内低频变化, 3—5a 的年际变化及 12a 左右的 10 年际变化, 并模拟出了夏季青藏高原热源异常所激发的北半球中高纬度对流层大气环流遥相关型。上述高原大气季节内低频振荡及年际、10 年际尺度的长周期变化对全球大气环流及中国和世界气候异常产生明显的影响, 特别是夏季, 青藏高原是全球最强的热源, 它对短期和长期气候变化的影响更值得重视。本文旨在探讨夏季青藏高原 500hPa 位势高度场更长周期的振荡、它与两大洋副热带环流的相互作用以及对中国和全球气候的影响。

2 夏季青藏高原 500hPa 位势高度场的长期振荡及其与两大洋副热带环流的联系

图 1 中曲线 a 是青藏高原地区(25—35°N, 80—100°E)夏季 500hPa 高度距平累积曲线。由图可见, 1950 年代至 1960 年代末曲线处于上升阶段, 1970 年代以后处于急剧下降的阶段, 1980 年代末以后又转为上升。从历年的距平值看, 在 1951—1967 年的 17a 中, 除 1951 年是负距平外, 其余 16a 全是正距平。在 1968—1987 年的 20a 中, 除 1973 和 1983 年是正距平外, 其余 18a 皆为负距平。从 1988 年至今又都转为正距平。这清楚表明, 1950 年代至 1960 年代末高原位势高度偏高, 1960 年代末至 1980 年代末偏低, 从 1980 年代末又开始转为偏高。很显然, 最近 40 多年高原高度场经历了 17a 左右的增强阶段和 20a 左右的减弱阶段, 目前又恢复到增长位相。1960 年代末和 1980 年代末可能是位相转换的突变

* 1993 年 1 月 30 日收到原稿, 1993 年 9 月 8 日收到最后修改稿, 系长期天气预报理论和方法研究资助项目。

期。这个结论从本文后面的讨论中将会进一步证实。

图 2 是以 30°N, 90°E 为基点的夏季北半球 500hPa 高度场的点相关。不难看出, 北半球有 3 个明显的正相关区, 除高原及其附近地区外, 另外 2 个是与高原处于同一纬度的东太平洋和大西洋地区, 这 2 个地区存在着大片 0.05 以上信度的正相关区, 其中心都超过 0.001 的置信度, 说明相关十分显著。用东太平洋地区 30°N, 140°W 和大西洋地区 35°N, 35°W 为基点计算的相关图(图略)具有完全类似的达到同样显著水平的相关场分布。图 1 中 b, c 分别是东太平洋地区(25—35°N, 130—150°W)和大西洋地区(25—35°N, 30—50°W)夏季 500hPa 高度距平累积曲线。显而易见, 这两条曲线与曲线 a 的变化趋势完全一致, 说明这 3 个地区 500hPa 位势高度场确实存在着同时增强、同时减弱的同步变化趋势。从西太平洋、东太平洋和大西洋副高参数的距平累积曲线(图略)也可以看出与图 1 完全类似的变化趋势, 最明显的特点是: 1960 年代末以前, 在高原和两大洋东部地区位势高度增强阶段, 西太平洋副高偏西, 东太平洋副高偏强, 大西洋副高偏强偏北; 1960 年代末之后, 在高原和两大洋东部地区位势高度减弱阶段, 西太平洋副高偏东, 东太平洋副高偏弱, 大西洋副高偏弱偏南; 1980 年代末以后又恢复到 1960 年代末以前的位相。

为什么青藏高原与两大洋东部地区位势高度存在着如此一致的同步变化趋势呢? 统计表明, 35°N 以北的西风带地区夏季 4 波型占优势, 但 35°N 以南的副热带地区则盛行 3 波型, 1—3 波的合成对月平均高度场的拟合方差达 90% 左右, 拟合程度已相当理想。图 3 是夏季沿 30°N 500hPa 高度廓线(a)和第 3 波的位相振幅(1951—1990 年平均)分布(b), 由图 3 曲线 a 可见, 北半球表现为明显的三槽三脊型, 青藏高原、东太平洋和东大西洋地区正好处于三个槽的附近。与曲线 b 比较可以看出, 第 3 波的槽脊位相与实际高度场的槽脊分布大体吻合, 只是位相略为偏西而已。从 1951—1967 年和 1968—1987 年期间 1—3 波的变化情况看, 第 1, 2 波的差异不是很大, 波位相都略有东移, 振幅增减差别不明显。但

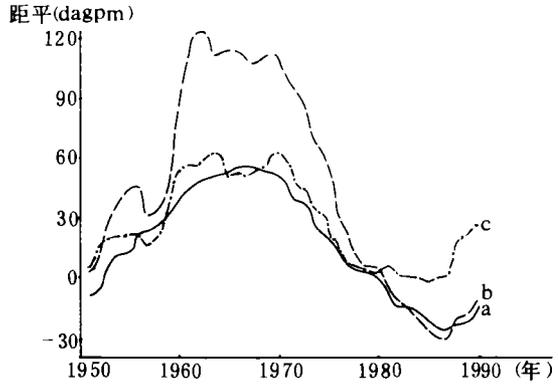


图 1 夏季 500hPa 高度距平累积曲线 (a. 青藏高原区; b. 东太平洋区; c. 东大西洋区)

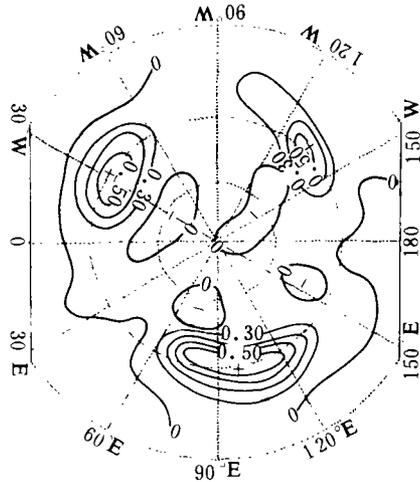


图 2 夏季北半球 500hPa 高度场相关 (基点: 30°N, 90°E)

第 3 波的差异较显著,在 1951—1967 年期间,波位相稍为东移,波幅明显减弱;而在 1968—1987 年期间,波位相稍有西移,波幅明显增强。由此可见,青藏高原、东太平洋和东大西洋地区位势高度在 1951—1967 年期间同时增强而在 1968—1987 年期间同时减弱的同步变化可能主要与第 3 波的位相移动和振幅增减有关。在 1951—1967 年期间,波位相东移,使 3 个地区处于槽后,加之振幅减弱,经向度减小,槽变浅,位势高度升高。在 1968—1987 年期间,位相西移,使 3 个地区正好位于槽底,加之振幅增强,经向度变大,槽加深,位势高度降低。

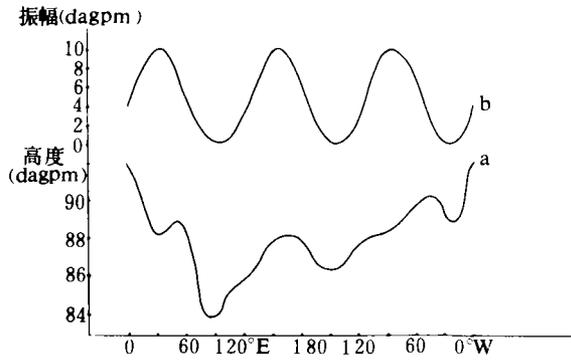


图 3 夏季沿 30°N 500hPa 高度廓线(a) 和第 3 波位相振幅(b)

3 夏季青藏高原位势高度场的长期变化对中国和世界气候的影响

3.1 对中国气候的影响

从 1951—1967 年和 1968—1987 年夏季降水距平百分率合成图(图略)可以看出,在 1951—1967 年期间,长江以北大范围多雨,长江以南大范围少雨。在 1968—1987 年期间则正好相反。图 4 中 a 是夏季长江以北 68 站与长江以南 69 站降水正距平频率之差的累积曲线,由图可见,1960 年代末以前曲线处于上升阶段,表明中国北方地区夏季降水处于增强阶段,而南方地区降水处于减弱阶段;1960 年代末以后曲线下降,表明南方地区夏季降水处于增强阶段,北方地区降水处于减弱阶段;1980 年代末之后曲线又开始回升转向北方降水增强南方降水减弱的趋势。如果我们以淮河流域及其以北者为北方类,反之主要雨带在长江流域及其以南者为南方类。据此统计结果,1951—1967 年期间北方类占 71%,而 1968—1987 年期间则是南方类占 65%。这表明,1960 年代末以前北方类雨型占优势,1960 年代末到 1980 年代末南方类雨型占优势。1988 年以来在多数年份夏季主要雨带摆动于淮河流域到黄河中上游一带,从雨型看也是北方类居多。

从东北、华北、长江中下游等地区降水的变化情况看,也明显反映出上述特征。作者在分析东北地区夏季降水时曾发现,东北夏季降水存在着明显的阶段性变化,且与青藏高原位势高度、西太平洋副高西伸程度和大西洋副高的强弱有着良好的关系。图 4 中 b 是东北地区夏季降水指数* 距平累积曲线,其变化趋势与图 1 和图 4 的 a 基本上是一致的,1960 年代末以前降水偏多,1960 年代末到 1980 年代前期降水偏少,1980 年代中期以后又进入

* 中央气象台长期组. 淮河流域夏季降水前期环流特征的初步分析及其长期预报. 气象科技资料,1974,(6): 11—17.

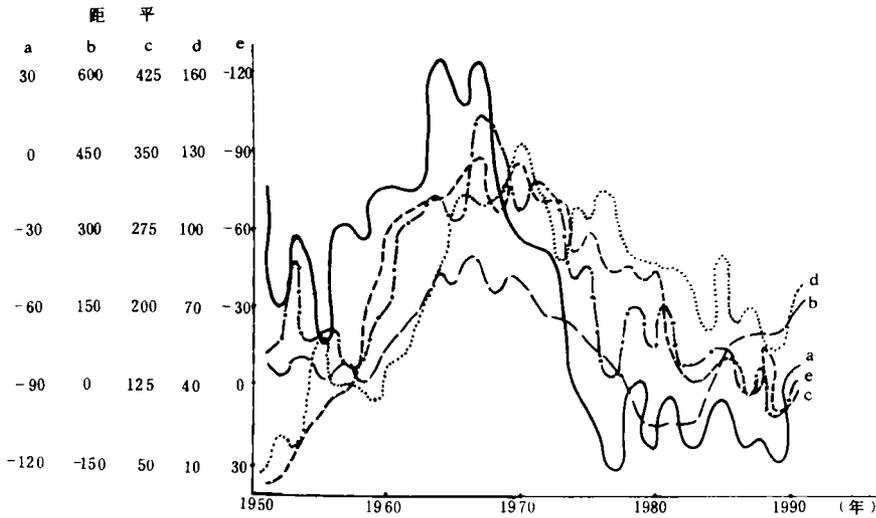


图 4 中国夏季降水 and 气温累积曲线

(a. 北方与南方降水正距平频率差, b. 东北降水指数距平, c. 北疆与南疆降水指数距平差, d. 高原降水指数距平, e. 华北—长江气温等级距平)

多雨段。华北地区 1960 年代末之后特别是 1970 年代末到 1980 年代末连续 10 多年少雨干旱。长江中下游地区 1960 年代末以前将近 70% 的年份是少雨的, 1960 年代末之后特别是 1980 年代频频多雨。图 4 中 c 是北疆地区与南疆地区夏季降水指数距平差之累积曲线, 1960 年代末以前曲线上升表明北疆地区降水增多南疆地区降水减少, 1960 年代末以后曲线下降表明北疆地区降水减少南疆地区降水增多。图 4 的 d 是青藏高原地区夏季降水指数距平累积曲线, 同高原高度场变化趋势一致, 即位势高度偏高、降水偏多, 位势高度偏低、降水偏少。

图 4 中曲线 e 是华北—长江中下游一带夏季气温等级^[3]距平累积曲线, 不难看出, 1960 年代末以前曲线上升表明温度升高, 1960 年代末到 1980 年代曲线下下降表明温度降低。这说明中国华北至长江中下游地区夏季温度也存在着与高原位势高度场类似的变化趋势。

根据中国夏季北方类和南方类雨型年北半球 500hPa 高度距平合成图(图略)清楚地看出, 北方类雨型年, 高原至西太平洋地区、东太平洋和东大西洋地区均为强度很大的正距平区, 而南方类雨型年则正好相反, 为很强的负距平区。这种分布与图 2 完全一致。说明夏季青藏高原位势高度偏高时, 西太平洋地区位势高度也偏高, 因此, 西太平洋副高偏西偏北, 导致中国北方地区多雨, 华北至长江一带气温偏高。反之, 南方地区多雨, 华北至长江一带气温偏低。这进一步说明中国夏季降水、气温的变化与青藏高原位势高度场的长期振荡密切相关。青藏高原是影响中国夏季长期气候变化的重要因素。

3.2 与世界气候的联系

文献[4]中图 7 给出全球范围 1951—1980 年 6—9 月降水 EOF1 的空间分布型和时间系数的历年的变化趋势。1951—1966 年时间系数均为正, 而 1967—1980 年时间系数全

为负,这种变化与青藏高原位势高度场的长期振荡趋势相当一致。根据本文的分析,青藏高原位势高度场的变化往往伴随着两大洋副热带环流的同步振荡。有的分析^[1,2]还表明,夏季青藏高原热源异常还会激发出由高原到北美的两条低频距平波列,也会对南半球大气环流产生影响。这一切都说明青藏高原对全球大气环流的作用是明显的,全球夏季降水的这种分布形态可能与青藏高原的影响有关。

图 5 给出的撒哈拉地区(a)和英格兰中部—威尔士地区(b)历年标准化降水量(引自文献[5])。1970 年代以来,撒哈拉和西非干旱引起了人们广泛的注意,许多气象学家、气候学家从各方面进行了探讨和研究。Hastenrath 和 Folland 等^[6]的研究表明,撒哈拉降水有着非常明显的年际和 10 年际振荡,如图 5a 所示,1950 年代至 1960 年代末降水偏多,1960 年代末至 1980 年代降水偏少,干旱发展。他们发现,撒哈拉降水同全球海温型和赤道辐合带(ITCZ)的位置密切相关,北半球海温偏低、ITCZ 位置偏南时,撒哈拉少雨干旱,反之多雨。也有人认为,撒哈拉降水与土壤湿度和反照率的反馈影响有关。根据本文的分析,可以认为,撒哈拉干旱同青藏高原及两大洋东部副热带地区位势高度的变化有关。

前面已经分析过,1950 年代至 1960 年代末,在青藏高原、东太平洋和东大西洋地区位势高度偏高阶段,大西洋副高偏强偏北。ITCZ 与副高脊线有非常好的对应关系,即副高偏北,ITCZ 也偏北,撒哈拉地区处于辐合带的强对流区,降水偏多。相反,在 1960 年代末至 1980 年代,青藏高原和两大洋东部地区位势高度偏低阶段,大西洋副高偏弱偏南,意味着 ITCZ 位置也偏南,辐合对流区南移,撒哈拉地区位于哈得莱环流的下沉区,少雨干旱。

从图 5b 也可以清楚地看出,英格兰中部—威尔士地区夏季(7—8 月)降水的年际变化趋势与图 1 基本一致。说明英国夏季降水也可能与青藏高原和两大洋东部地区位势高度的变化存在某种联系。如前所述,青藏高原和两大洋东部地区位势高度偏高时,大西洋副高偏强偏北。根据相关统计,北大西洋副热带地区与中高纬地区位势高度存在着很好的反相关,副热带出现正距平时,中高纬则出现负距平,这种北低南高的距平型反映了北大西洋地区盛行高指数环流,西风增强,有利于英国降水增多。反之亦然。

上述结果表明,青藏高原位势高度场的变化不仅对中国夏季降水和气温有明显的影 响,而且与全球降水,特别是撒哈拉和英国地区的降水也存在着某种联系。其共同特征都是存在着大约 20a 左右的阶段性变化。这种变化与叶笃正、王绍武、江剑民、张庆云等^[7-10]指出的大气活动中心和气候的冷暖干湿变化普遍存在着 20a 左右的周期振荡相吻合。

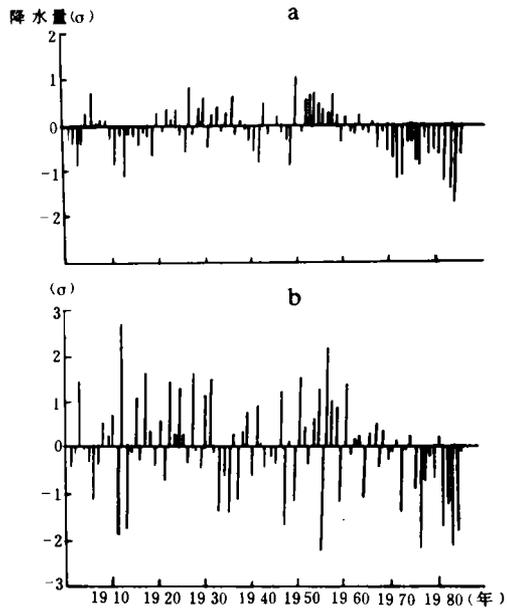


图 5 历年标准化降水量
(a. 撒哈拉地区, b. 英格兰中部—威尔士地区)

4 气候突变

综合前几节的分析,很清楚地看到,1950 年代到 1960 年代末和 1960 年代末到 1980 年代的夏季是两个完全不同的气候状态。前一个状态的主要特征是:青藏高原和两大洋东部地区位势高度偏高,西太平洋副高偏强偏西偏北;东太平洋地区位势高度偏高,副热带高压偏强;大西洋地区位势高度偏高,副热带高压偏强偏北;全球降水的 EOF1 分布型的时间系数为正;撒哈拉和英国降水偏多;中国降水表现为北多南少,华北—长江一带气温偏高。后一个状态则完全相反。从前一个状态到后一个状态的转变多发生在 1960 年代末。叶笃正等^[7]指出,1960—1970 年代在全球范围内发生了一次气候跃变,他们在分析全球和撒哈拉地区降水时发现,1967 年前后是一个明显的转折点。本文的分析对此结论是一个很好的佐证。1960 年代末全球气候和中国气候确实发生了一次明显的突变。那么人们所关心的下一次突变将发生在什么时候?预报这种突变确实很难。不过根据本文的分析,似乎可以看到一些突变的信号,参考图 1、图 4 可以发现,青藏高原和两大洋东部地区位势高度、西太平洋和东太平洋以及大西洋副高的强度和位置、中国的降水等均在 1980 年代中期或后期发生了明显的符号转折。中国东北地区从 1980 年代中期已进入多雨段,夏季雨带从 1988 年以来也多摆动在淮河流域及其以北地区。这些迹象都表明,1980 年代末到 1990 年代初可能是又一次突变。如果这次突变发生,1990 年代将可能呈现 1950 年代到 1960 年代末的气候状态:中国东部地区夏季降水呈现北多南少的分布型,东北地区仍持续多雨,华北地区将由少雨干旱进入多雨期,长江流域将由多雨转为少雨,青藏高原和北疆地区也将进入多雨段,南疆地区转为少雨。英国将再度进入多雨期,撒哈拉地区的干旱可能趋于缓和。由于所用资料年限较短,加之有些征兆目前尚不十分清楚,所以上述结论有待进一步证实。

5 结语和讨论

(1)夏季青藏高原位势高度场存在着明显的 20a 左右的阶段性变化,1950 年代到 1960 年代末偏高,1960 年代末到 1980 年代末偏低,从 1980 年代末又转为偏高。东太平洋和东大西洋地区的位势高度及西太平洋、东太平洋和大西洋副高与青藏高原位势高度场有着完全类似的同步变化趋势。这种同步振荡可能与副热带第 3 波的传播作用相联系。

(2)青藏高原和两大洋东部副热带地区位势高度的变化对中国和世界气候有明显影响。1950 年代到 1960 年代末,在青藏高原和两大洋东部地区位势高度偏高阶段,中国夏季降水分布为北多南少,撒哈拉和英国降水偏多。1960 年代末到 1980 年代,在青藏高原和两大洋东部位势高度偏低阶段,中国夏季降水分布为北少南多,华北少雨,干旱持续;撒哈拉连续少雨,干旱发展,英国降水偏少。1980 年代末以后,青藏高原和两大洋东部地区位势高度转入偏高阶段,中国夏季主要雨带出现北移趋势,东北地区已进入多雨期,华北和撒哈拉地区的干旱有可能趋于缓和。

(3)1960 年代末是一个明显的气候突变期,估计 1980 年代末或 1990 年代初可能是又一个突变期。

(4)本文主要讨论的是夏季青藏高原和两大洋东部副热带地区位势高度场的同步变化趋势及其对中国和世界气候的影响,但是引起这种变化的机制尚未涉及,是青藏高原的

热力强迫还是两大洋海洋下垫面的作用? 有待今后进一步探讨。

参考文献

- [1] 章基嘉等. 青藏高原大气低频变化的研究. 北京:气象出版社,1991,8—24.
- [2] 黄荣辉. 引起我国夏季旱涝的东亚大气环流异常遥相关及其物理机制的研究. 旱涝气候研究进展. 北京:气象出版社,1990,37—50.
- [3] 气象科学研究所天气气候所,中央气象台. 中国气温等级图(说明部分). 北京:气象出版社,1984.
- [4] Ye Duzheng (叶笃正) et al. Climatic jump analysis—a way of probing the complexity of the system. The third international summer colloquium on climate change dynamics and modelling, 1990, 141—153.
- [5] 江剑民等. 撒哈勒干旱与大西洋欧洲上空的环流异常. 长期天气预报论文集,北京:气象出版社,1990,232—239.
- [6] Folland C K et al. Productability and physical factors influencing Sahel rainfall variation. Extended abstracts submitted to the ICTP/WMO international technical conference on long-range weather forecasting research. 1991, WMO/TD (393): 83—87.
- [7] 叶笃正等. 当代气候研究,北京:气象出版社,1991,190—192.
- [8] 王绍武等. 长期天气预报基础. 上海科技出版社,1987,192—194.
- [9] 江剑民. 我国大陆干旱指数及其年际变化. 大气科学,1991,15(1):43—52.
- [10] 张庆云等. 近30年来中国气候的干湿变化. 大气科学,1991,15(5):72—81.

LONG TERM OSCILLATION OF THE GEOPOTENTIAL HEIGHT OVER THE QINGHAI-XIZANG PLATEAU IN SUMMER AND ITS RELATIONSHIP WITH CLIMATE CHANGE

Zhao Zhenguo

(National Meteorological Center, Beijing, 100081)

Abstract

Using monthly 500 hPa height data in the Northern Hemisphere, a notable stage property of long-term change of the geopotential height over the Qinghai-Xizang plateau in summer has been found. This feature is consistent with long-term oscillation of the subtropical circulation over the eastern Pacific and Atlantic. Additionally, its relation to the climate changes of China and the other regions in the world is also discussed.

Key words: Geopotential height over the Qinghai-Xizang plateau, Long-term oscillation, Climate change.