

夏季青藏高原东部降水变化与副热带高压带活动的研究^{*1}

巩远发^{1,2,3} 许美玲⁴ 何金海¹ 陈隆勋⁵

1 南京信息工程大学, 南京, 210044

2 中国科学院东亚区域气候-环境重点实验室, 北京, 100029

3 成都信息工程学院, 成都, 610041

4 云南省气象台, 昆明, 650034

5 中国气象科学研究院, 北京, 100081

摘 要

用青藏高原上常规的台站资料和 NCEP/NCAR 的再分析资料, 分析和研究了 1993/1994 年夏季 5—8 月青藏高原东部降水变化与西太平洋副热带高压南北移动的关系。结果表明: 1993 年夏季的副热带高压异常偏南, 5—8 月副高脊线北移过程中, 还伴有准双周南北移动过程; 而 1994 年夏季的副热带高压异常偏北, 5—8 月副高脊线北移过程中, 则主要伴有 30—60 d 的低频变化的南北移动过程。同时, 在分析青藏高原上的天气变化特征时, 发现这两年高原东部的降水变化特征也有明显的不同, 夏季高原上降水的活跃和中断与副高脊线南北移动变化有类似的特征。因此, 夏季西太平洋副热带高压南北移动可能与高原东部降水的中断/活跃有一定的关系。

关键词: 副热带高压, 小波变换, 青藏高原, 降水的活跃/中断。

1 引 言

副热带高压(简称副高)是位于南北两个半球副热带地区的高压系统, 冬夏季其强度和范围的变化都很大, 最为显著的变化特征之一就是在一年中随季节的不同有较大的南北移动。大量的研究表明, 夏季副热带高压的强度和位置的南北变化对中国的雨带位置、旱涝分布和台风路径等灾害天气都有很大的影响。因此, 关于副热带高压变化、移动和预报的研究很多, 较早有叶笃正^[1]、陶诗言^[2]、黄土松^[3]等, 他们首先从冬夏环流的季节突变以及西太平洋副高和青藏高原的变化对中国天气的影响进行了一系列的研究; 后来, 有许多研究工作分析了影响副热带高压活动的物理因子^[4-6]、诊断了副热带高压脊线的异常进退变化^[7-9]; 最近, 刘平^[10]从纬向平均的角

度出发, 研究了副热带高压带的三维结构特征, 刘屹岷^[11]、吴国雄^[12]等不仅对过去关于副高的研究作了较系统的总结, 还从理论和数值试验两个方面研究了副高形成和变异的物理机制, 等等。

我们在分析 1993 和 1994 年天气和环流变化时发现: 这两年北半球副热带高压和中国东部地区的天气均有非常大的差异, 1993 年副热带高压位置异常的偏南, 夏季中国长江流域有大范围的洪涝发生, 华南、江南及华北大部分地区干旱^[13]; 1994 年副高位置异常偏北, 长江流域降水异常的少, 而在华南、华北却发生了洪涝^[14]。同时在分析了这两年夏季青藏高原降水的变化特征时发现, 这两年高原东部降水的时空变化也有很大的不同, 由于高原降水是高原上感热潜热变化的直接反映, 过去的研究也表明, 高原的热力作用对西太平洋副高有非常重要的

* 初稿时间: 2004 年 8 月 12 日; 修改稿时间: 2005 年 5 月 9 日。

资助课题: 国家自然科学基金(40275029), 国家重点基础研究发展规划项目(2004CB418302)和中国科学院东亚区域气候-环境重点实验室开放课题。

作者简介: 巩远发, 1963 年生, 男, 四川绵竹人, 在读博士, 教授, 主要从事短期气候异常变化的论断及其模拟研究。E-mail: gyfa@cuit.edu.cn

影响。本文就是想进一步分析和研究这种影响。

研究使用的资料是 NCEP/NCAR 逐日和逐月全球再分析高度场和风场,资料的水平分辨率是 $2.5^{\circ} \times 2.5^{\circ}$,垂直方向有 17 层。降水资料取自全国 336 个站 1951—1994 年逐月降水量和高原东部 13 站 1993 和 1994 年逐日降水资料。使用小波分析法分析了夏季副热带高压脊线的南北进退过程的变化特征和高原东部降水变化的中断与活跃变化规律。

2 1993 和 1994 年夏季北半球的环流特征及中国天气气候的概况

从 1993 和 1994 年初夏的 5,6 月就可以看到,这两年北半球的 500 hPa 副热带高压有较大的不同。1993 年 5—6 月,西太平洋上的副高在 15° — 25° N,脊线的平均位置在 20° N 以南;而在 1994 年 5—6 月,西太平洋上的副高位置则明显要比 1993 年偏北,脊线的平均位置在 20° N 以北(图略)。到 7,8 月份(图 1),1993 年的副高主体大部在 30° N 以南,脊线的平均位置在 25° N 附近;而在 1994 年, 30° N 以北的朝鲜半岛到日本南部和 180° 附近的中太平洋地区分别有一个 5880 gpm 的副高单体,脊线的平均位置在 32° — 35° N 之间。图 1 中负相对涡度区更清楚地表明了从中国东部到西北太平洋地区在 1993 与 1994 年的 7,8 月份副高环流区域的差

异,1993 年, 20° — 30° N 的中国的江南到台湾北部的沿海地区和日本南部的洋面地区是负相对涡度中心区,在 180° 附近的中太平洋上,负相对涡度中心区在 30° — 35° N;而在 1994 年,负相对涡度中心区则是在 30° — 40° N 的中国江淮地区到朝鲜半岛和日本海地区,在 180° 附近的中太平洋上,负相对涡度中心区则到了 40° N。很显然,在 1994 年夏季从中国东部到西太平洋地区的副热带高压环流比 1993 年要偏北很多。

此外,1993 与 1994 年夏季北半球中高纬度环流也有很大差异,1993 年夏季经向环流明显,有非常频繁且稳定的东亚-鄂霍茨克海阻塞高压活动;1994 年夏季则是极涡偏弱并向极地收缩,东亚到北太平洋中纬度的纬向环流明显。因此,1993 与 1994 年夏季东亚 500 hPa 上的南北环流异常排列分别是“+ - +”与“- + -”。另外在 200 hPa 上(图略),1993 年 5,6 月在 20° N 以南的中南半岛上有一高压系统,而在 1994 年 5,6 月,从阿拉伯海、印度半岛、孟加拉湾、中南半岛直到菲律宾以东洋面上的 12° — 30° N 为一强大的高压系统,7,8 月,1993 年南压高压主体在 30° N 以南的波斯湾一直到青藏高原南部,1994 年南压高压明显偏北偏强,是一个从阿拉伯半岛北部到日本南部的一个强大高压系统。

由于 1993 与 1994 年两年夏季北半球环流的巨大差异,导致中国在这两年的天气也有非常大的

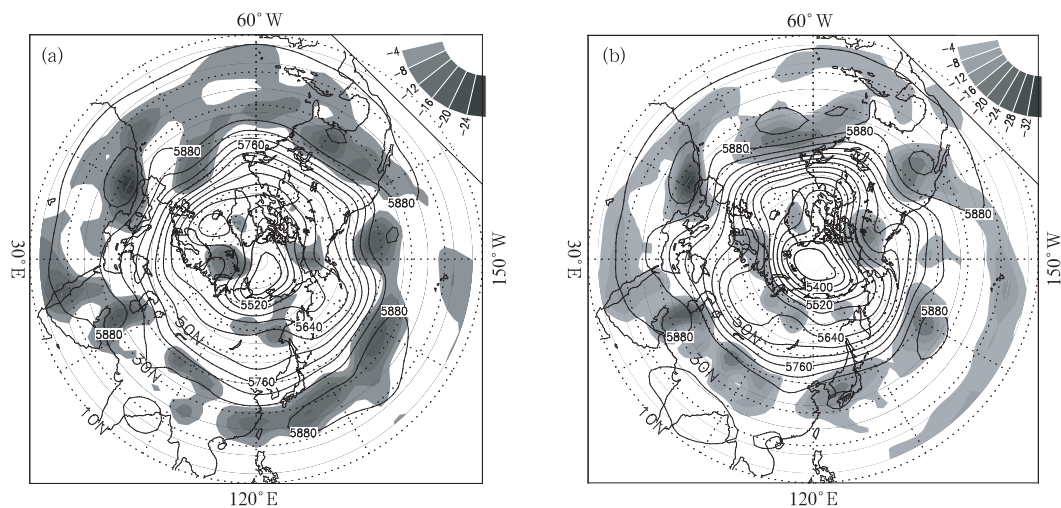


图 1 1993 年(a)和 1994 年(b)7,8 月平均 500 hPa 高度场和相对涡度场(高度场等值线的间距是 40 gpm,相对涡度的单位是 10^{-6}s^{-1} ,阴影区是相对涡度小于 $-4 \times 10^{-6} \text{s}^{-1}$ 的区域,间隔是 4 个单位)
Fig. 1 Mean geopotential height (the interval of isopotential is 40 gpm) and negative relative vorticity (the shaded area is smaller than $-4 \times 10^{-6} \text{s}^{-1}$) over 500 hPa in July and August in 1993 (a) and 1994 (b)

不同。图2为中国1994年夏季5—9月的降水与1993年夏季5—9月的降水之差。从图中可以清楚地看到在长江流域均为负值,在 30°N 一带有3个负中心,位于浙江、安徽、江西的交界地区和重庆、贵州、湖北交界地区的负中心超过400 mm,高原东部地区的负中心超过200 mm。这说明在这些地区1994年降水明显偏少,1993年降水明显偏多。而在

江南到华南的大部地区以及从华北北部到东北东部的大部分地区有两条正值带,说明在上述地区1994年的年降水量偏多,1993年降水偏少。事实上,1993年夏季长江流域有大范围的洪涝发生;而华南、江南及华北大部地区是干旱,1994年夏季长江流域降水异常的少,而在华南、华北却发生了洪涝。

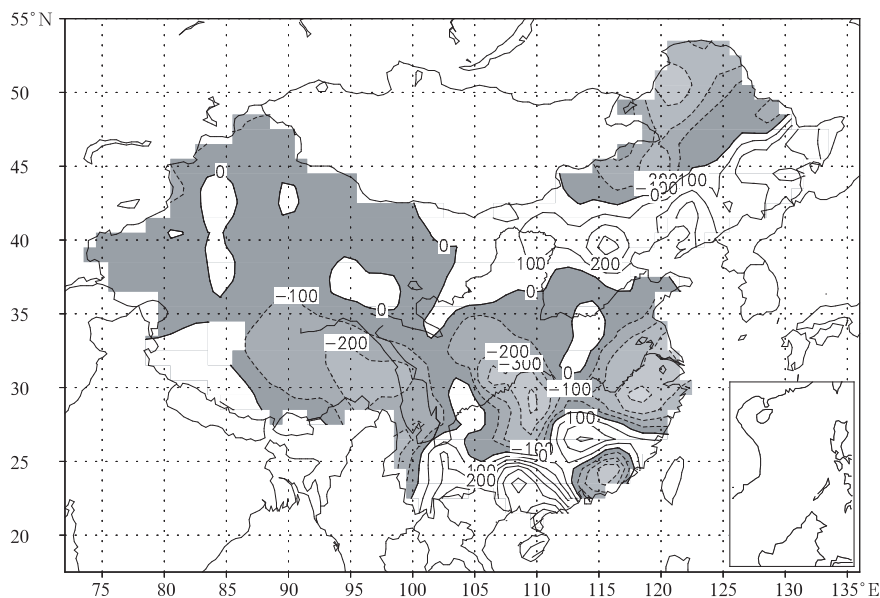


图2 1994年和1993年夏季(5—9月)降水量的差

Fig. 2 The differences of the total rainfall from May to September between 1994 and 1993

3 1993与1994年夏季北半球副热带高压脊线南北移动变化特征

为了更进一步分析1993与1994年副高变化的不同特征,使用NECP/NCAR再分析的500 hPa纬向风格点资料,参考文献[9-10]的方法计算了北半球逐日平均脊线的位置,即东西风零线的纬度(图3)。

从图3a可以看到,5月份以前,两年副高脊线的位置相差不大,在 14°N 附近,但在5月份开始,1994年就明显的比1993年偏北,5月份,平均偏北2—3个纬距;6月上中旬,平均偏北1—2个纬距;从6月下旬开始,1994年副高脊线就一直异常地向北移动,到7月中下旬,两年脊线平均位置差达3—5个纬距;然后副高有一次南退过程,7月底、8月初又异常地北跳到 30°N 以北,8月中旬末又达到 35°N 附近,8月份,两年脊线平均位置差也达3—4个纬

距,8月下旬后,副高开始迅速回落。但在1993年副高脊线仅有几次小幅度的向北移动的过程,最北的位置是在8月份以前,均未达到 30°N ,7月底到8月上旬经历一次大的回落过程后才在8月中旬末达到1993年的最北 30°N 附近,然后,慢慢向南回落。总之,1994年副高脊线平均位置比1993年偏北了3—4个纬距,这可从两年脊线的平均季节变化趋势曲线上看的非常清楚。

6月副高的突然北跳(突变)是大气环流季节突变的主要标志,小波变换又是一个在诊断气候突变中广泛使用的工具之一^[15-16]。因此,我们用小波变换研究了1993和1994年副高脊线位置在去掉了季节变化趋势(图3b)后的季节内尺度变化特征(图4)。从图4可以更清楚的看到1993与1994年副高北跳和南退过程的明显不同,在1993年5月到7月底的副高北进过程中,副高有5次时间短且较弱的异常北跳过程;而在1994年5月到8月的副高北进

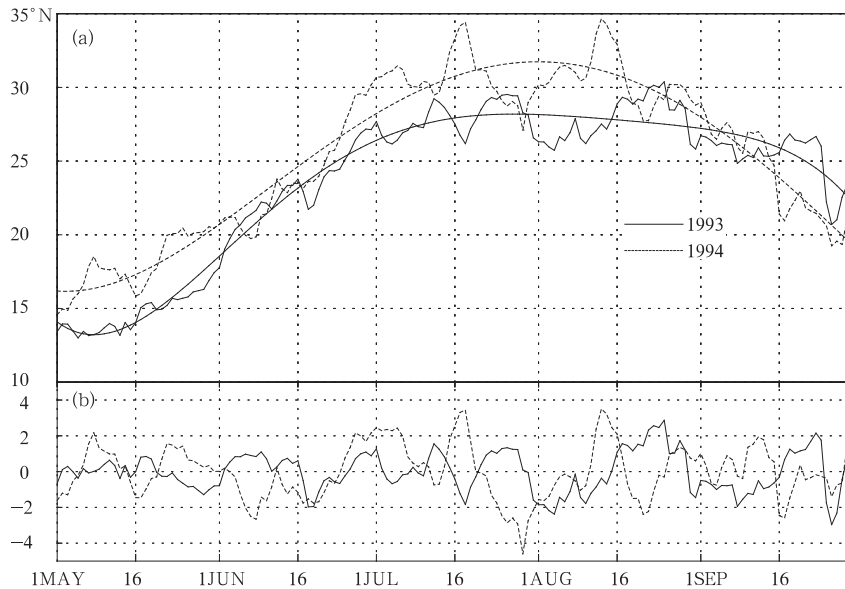


图3 1993年(实线)和1994年(虚线)

夏季逐日的副热带高压脊线纬度、季节变化趋势(a)和它们之间的偏差(b)

Fig. 3 The latitude of daily subtropical high ridge and its seasonal change tendency (a), the departure between daily ridge and the seasonal tendency (b) in the summer of 1993 (solid) and 1994 (dashed)

过程中,虽然仅有两次北跳过程,但是北跳过程的持续时间非常长,且强度也非常强,这两次过程分别是1994年5月和6月下旬到7月上旬的副高北跳过程。

由于小波变换在不同时域内(不同的尺度因子上)的方差贡献的相对大小可以准确的诊断出该时域内信号变化的显著周期^[16]。为了进一步分析1993和1994年两年副高北进南退过程的差异,在图4的基础上分别计算1993和1994年副高北进南退过程两个不同时段小波变换在频域上方差贡献的相对大小(图5)。从图5可以看到一个非常不同的现象,即1993年副高北进过程中在尺度因子 $a \approx 4.6$ 处有小波方差极大值,也就是说副高在北进过程中有主要周期 $T=18$ d左右的相对于其季节变化趋势的南退北进的振荡;而在其南退过程中则是在 $a \approx 8$ 处有极大值,即南退过程中主要的振荡周期是30 d左右。1994年的情况正好相反,副高在北进过程中,小波方差极大值在 $a \approx 12.1$ 处,即 $T \approx 50$ d。以上说明了这样一个现象:即1993年副高北进过程中伴有明显双周振荡的南北移动过程,在其南退过程伴有主要是30 d左右的低频振荡;1994年的情况则相反,副高北进过程中伴有30—60 d低频变化的

南北移动,南退过程中则是伴有双周的南北变化。

4 1993和1994年夏季高原降水变化特征及其与副高南北进退的可能关系

薛纪善^[17]在研究1994年华南特大暴雨气候背景时指出:南海季风爆发早,夏季风强;夏季对流层下部ITCZ活跃偏北,对流层上部IUTT位置偏北等等。我们也从OLR、TBB资料的分析中发现:1994年,在热带西太平洋的澳大利亚北部到菲律宾东部的暖池地区对流活动相当活跃,明显比1993年强;而在赤道印度洋到孟加拉湾的对流活动则是1993年比1994年强;同时,也发现高原上的天气变化在1993和1994年也有明显的不同。

从图2可以看到:四川西部和西藏东部一带有一个大的负中心,整个高原东部地区均为负值区,即1994年夏季高原上的降水比1993年少得多。但是在分析高原地区1993和1994夏季逐月降水变化时,发现情况并不完全如此,1993年5、6月份,在高原中东部的 $93^{\circ}-96^{\circ}\text{E}$ 地区,有一降水量约150 mm的降雨中心带,但在1994年5、6月份,这个区域及其偏西地区,却是一个超过200 mm的降雨大值中心区,初夏高原上降水量明显是1994年多,1993年

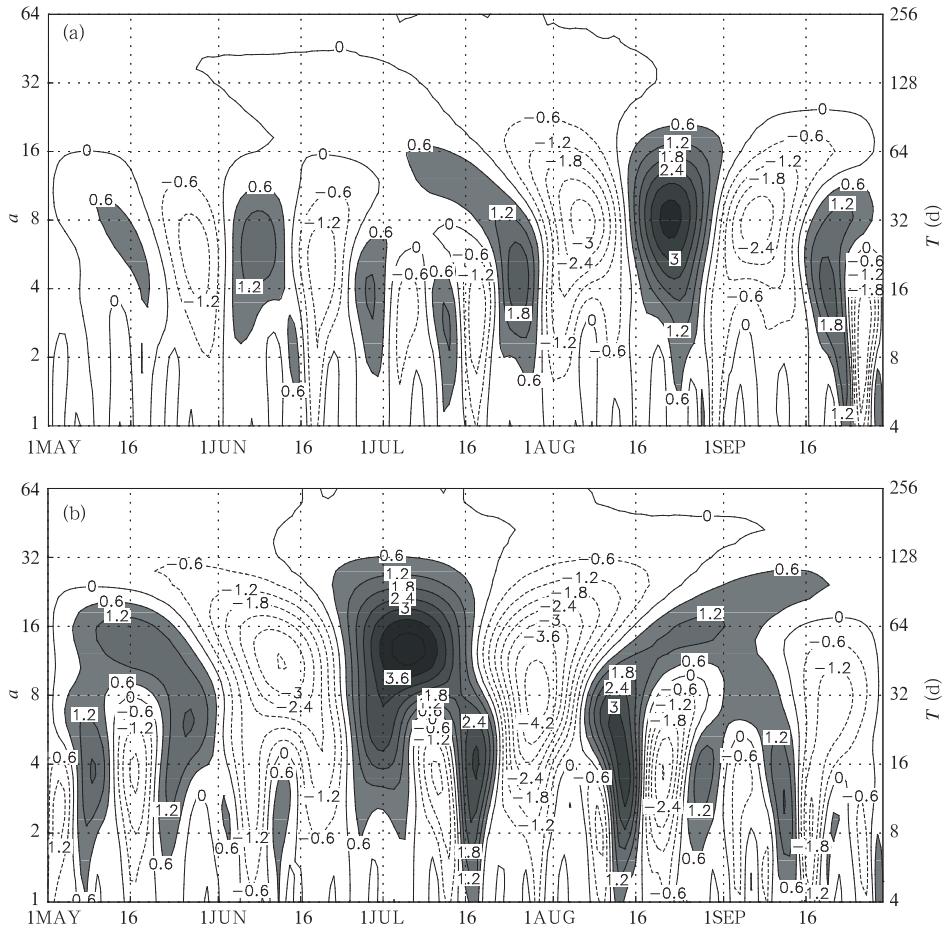


图 4 1993 年(a)和 1994 年(b)夏季副高脊线位置与其季节变化趋势间偏差的小波变换
 (左边的纵坐标表示小波变换的尺度因子 a , 右边的纵坐标表示 a 对应的近似周期 $T(d)$, 等值线就是小波变换值, 阴影区表示副高脊线在季节平均变化趋势上的异常北移过程, 虚线区则是在季节平均变化趋势上的南退过程)

Fig. 4 The wavelet transform of the departure parts in the Fig. 3 (a. 1993, b. 1994)
 (the left vertical-axis is the scale-factor a of the wavelet-transform, the right is the period $T(d)$ of the scale a ; isotimic is the value of wavelet-transform, shaded area is the region with the abrupt northward-shift process based on the seasonal variation of the subtropical anticyclone, but the dashed area is the reverse southward-shift process)

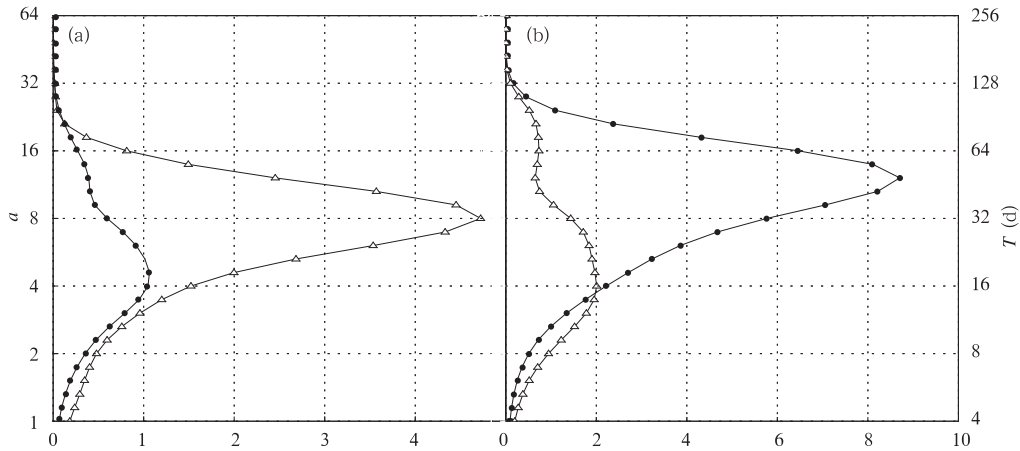


图 5 副热带高压北进过程(6 和 7 月: $-\oplus-$)和南退过程(8 和 9 月: $-\triangle-$)
 小波变换在不同频域上的方差

Fig. 5 The wavelet variance on frequency domain during the northward shift
 (Jun and Jul: $-\oplus-$) and the southward shift
 (Aug and Sept: $-\triangle-$) of subtropical high (a. 1993, b. 1994)

少;到了盛夏的7,8月份,1993年在高原上 85°E 以东、 35°N 以南的高原主体大部分地区降水量都超过 100 mm , $29^{\circ}\text{--}31^{\circ}\text{N}$, $95^{\circ}\text{--}97^{\circ}\text{E}$ 有一超过 350 mm 的大值中心区,但是在1994年高原上降水超过 100 mm 的区域仅在 31°N 以南、 97°E 以东的高原东南部地区,而且几乎没有超过 200 mm 的降水区,同初夏相反,则是1994年盛夏的降水大为减少,1993年却是大量的增加(图略)。

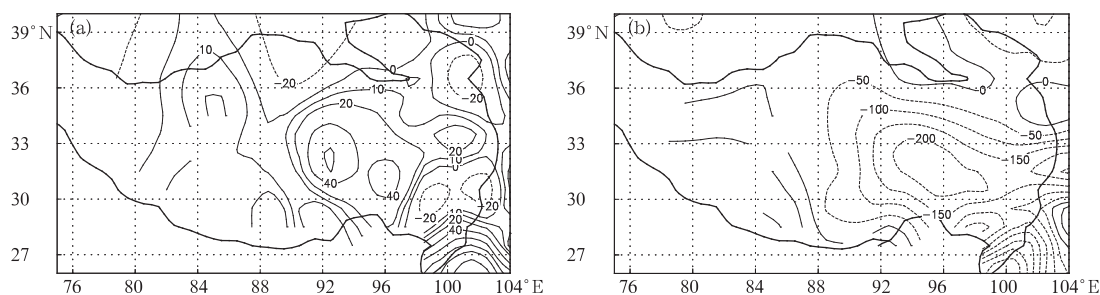


图6 1994年与1993年初夏的5—6月(a)和盛夏的7—8月(b)高原地区的降水量之差(mm)
(粗实线表示高原地形3000 m高的轮廓线)

Fig. 6 The differences of the total rainfall over Tibetan Plateau from May to June (a) and July to August (b) between 1994 and 1994 (thick solid line means the topography is the more than 3000 m Plateau area)

高原东部的降水量大大少于1993年。

为了进一步研究1993与1994年夏季高原降水的不同变化特征,还分析了这两年夏季高原东部部分台站平均逐日降水量的变化及其小波变换。图7和8分别是1993与1994年夏季高原上东部5站(昌都、丁青、林芝、那曲、索县)平均逐日降水量及其小波变化。

对比图7a和8a结果可见,两年的降水变化有明显不同的特征,总的来说,1993年的降水量比1994年多,但两年的逐日降水量变化趋势不同。1993年5月的高原东部地区降水很少,平均日降水量的最大值不到 4 mm ,6月的日降水量有所增加,但也不超过 8 mm ,相对于7和8月仍较少,7月1日就出现了 13 mm 以上的平均日降水量,8月上旬有达 17 mm 区域平均日降水量的年最大值;另外降水过程的持续时间和降水的强度也均表现为6月底以前过程降水强度弱,持续时间短,6月底7月初以后降水过程的降水量明显增加,持续时间加长。而在1994年高原夏季东部平均的日降水变化特征:5

图6是1994年与1993年初夏的5,6月和盛夏的7,8月高原地区降水量的差(1994年降水量减去1993年降水量)的等值线图。从图中可以看到,5,6月份,高原的中东部 $90^{\circ}\text{--}103^{\circ}\text{E}$ 的高原上大部分地区均为正值区,差值最大中心超过 60 mm ,即1994年初夏降水明显多于1993年;在7,8月份,高原上 85°E 以东的东部地区均为负值区, $29^{\circ}\text{--}33^{\circ}\text{N}$, $93^{\circ}\text{--}99^{\circ}\text{E}$ 的大范围内是超过 200 mm 的负中心,即1994年盛夏

月上旬就已经超过 8 mm ,6月17日达到当年的年最大值,但只有 11 mm ,到盛夏7,8月的日降水量明显减少,除在7月下旬有一次过程日降水超过 8 mm 外,其他均不超过 7 mm 。

由图7b和8b结果则可以看到,小波变换对高原上夏季降水从活跃期到中断期之间突变的时间有很好的分辨能力,在1993和1994年夏季高原东部的降水包含有明显的不同时间尺度的变化。1993年夏季,在 $a=16\text{--}64$ 的时间尺度层次上,6月底以前都是负值,7月上旬后都突然变为正值,即1993年夏季降水的季节变化特征是6月底以前的初夏降水较少,降水主要集中在盛夏的7和8两月;另外,在 $a=2\text{--}4$ 的时间尺度层次上,还可以看到明显的一次次的降水活跃和中断交替出现的过程,降水活跃和中断交替出现的时间间隔大约是两双周,这一变化特征与第4部分中1993年夏季副高脊线南北进退过程的振荡几乎极为相似。1994年夏季的情况则与1993年不同,在 $a=16\text{--}64$ 的时间尺度层次上,6月底以前是正值,7月初后都突然变为负值,

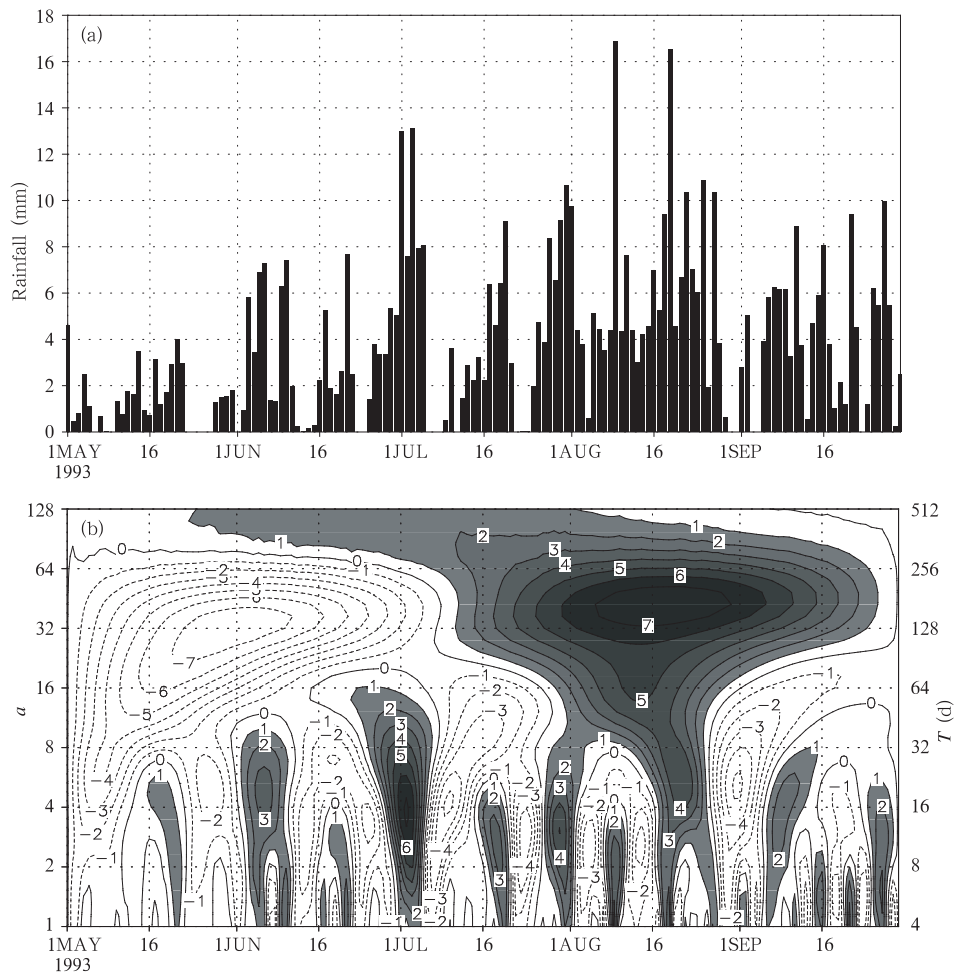


图7 1993年夏季东部地区平均日降水量(a)和其距平的小波变换(b)(阴影区表示降水活跃期)

Fig. 7 Area-average daily rainfall over eastern Tibetan Plateau in summer of 1993 (a) and its departure's wavelet transform (b) (shaded area is the active period of rainfall)

即1994年夏季降水的季节变化特征与1993年比是相反的,降水主要集中在初夏的5月底到6月,盛夏7和8月的降水相对较少。

为了更直接给出1993和1994年夏季高原东部地区降水变化的主要时间尺度(显著周期),我们也计算了上述降水的小波变换结果在不同频域上的小波方差(图9)。从图中可以看出:1993和1994年在 $a=32$ 的时间层次上都有方差的极大值,即有 $T \approx 128$ d左右的变化周期;1993年在 $a=4$ 的时间层次上还有方差的极大值,即还有 $T \approx 16$ d左右的显著变化周期;而1994年则是在 $a=16$ 的时间层次上还有方差的极大值,即还有 $T \approx 60$ d左右的显著变化周期。这进一步说明:1993年和1994年的夏

季降水除了其季节变化外,1993年是准双周振荡最明显,1994年则是30—60 d的低频变化最明显。

再将图9与图5对比可以看到:在1993年夏季,高原降水有准双周振荡的活跃与中断变化,而副高北进过程中也有准双周振荡的南北进退变化;1994年夏季高原降水有明显的30—60 d的低频变化,副高北进过程中同样也有明显的30—60 d低频变化的南北进退特征。因此,夏季副高的南北进退过程的变化可能与高原降水的活跃与中断变化有一定的关系。进一步分析这种关联,从物理上理解可能是有这样的机制和关系:热带系统(如ITCZ)或亚洲中纬度环流异常变化→高原降水的时空分布变化→高原及其周围地区大气加热场发生变化→大气环

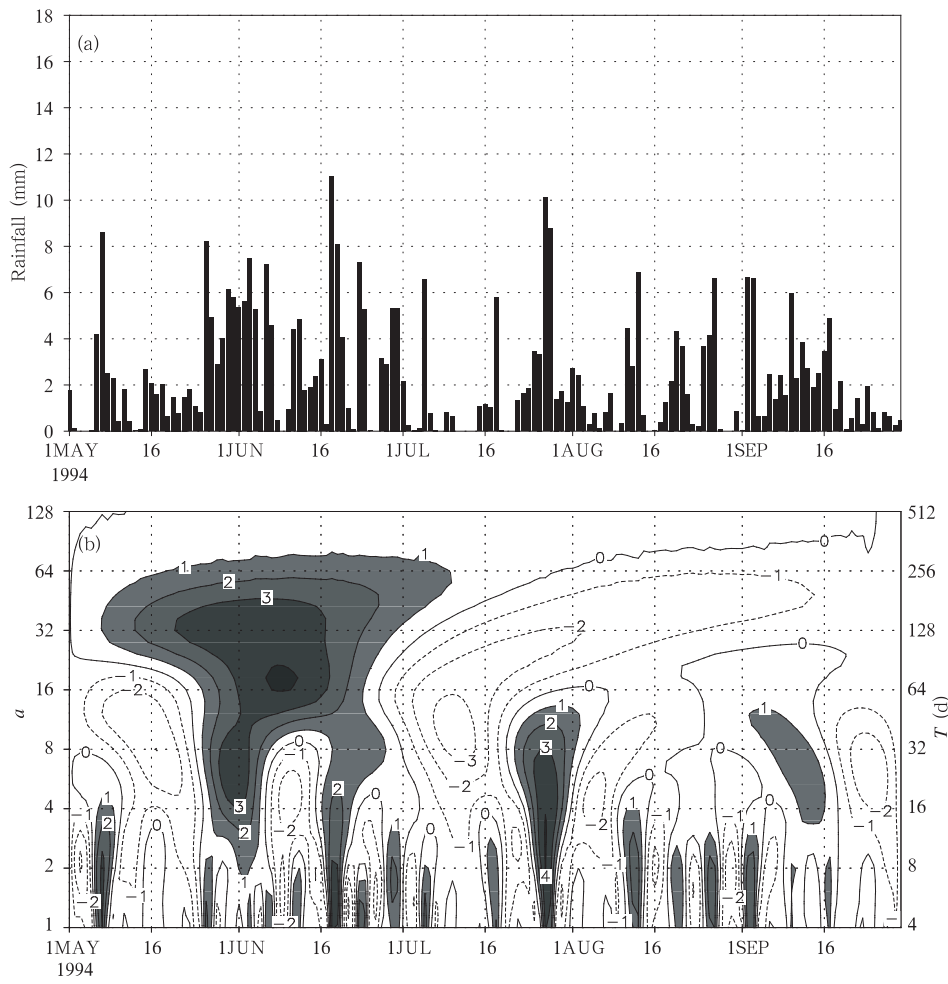


图 8 1994 年夏季东部地区平均日降水量(a)和其距平的小波变换(b)

Fig. 8 The same as Fig. 7, but for in 1994

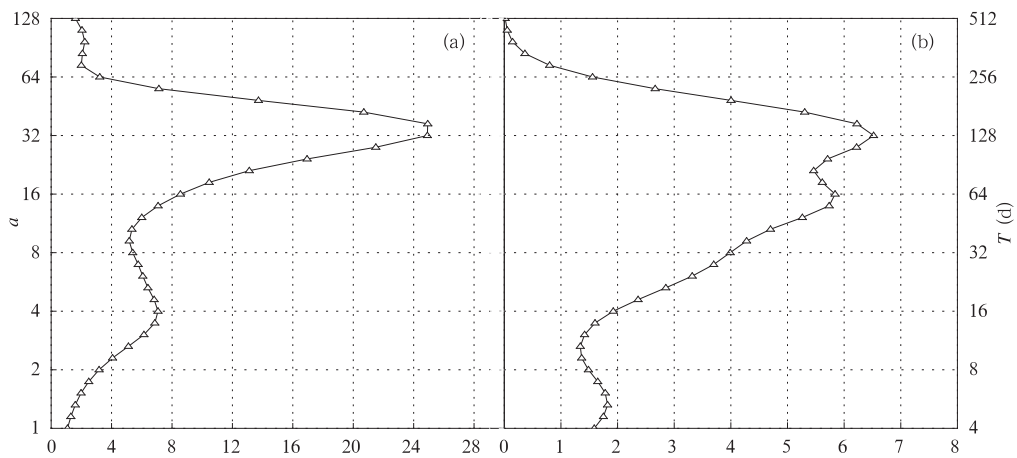


图 9 图 7 和 8 中小波变换结果在不同频域上的小波方差

Fig. 9 The wavelet variance on frequency domain in the Fig. 7 (a) and Fig. 8 (b)

流(副热带高压)发生变化→中国东部天气气候发生异常变化。当然,这是需要进一步研究和探索的问题。

5 小结和讨论

(1) 西太平洋副热带高压在 1993 年夏季是异常的偏南, 1994 年夏季是异常的偏北, 由于这两年西太平洋副热带高压平均南北位置的不同, 导致了 1993 与 1994 年两年夏季中国东部的雨带分布有很大的差异, 1993 年夏季长江流域发生大范围洪涝, 华南、华北降水偏少; 而 1994 年夏季江淮流域却是大范围的干旱, 华南、华北地区却发生了严重的洪涝。

(2) 1993 年夏季副高在北进过程中伴有明显双周振荡的南北移动, 在南退过程伴有主要是 30 d 左右振荡的南北移动; 而 1994 年的情况则相反, 副高北进过程中伴有 30—60 d 左右的低频变化的南北移动, 南退过程中则是伴有双周变化的南北移动。

(3) 1993 和 1994 年夏季高原东部降水的活跃、中断的振荡变化与当年的副高南北移动振荡变化有类似的特征, 即 1993 年是准双周振荡最明显, 1994 年则是 30—60 d 的低频变化最为明显。因此, 夏季副高的南北进退过程的变化可能与高原降水的活跃与中断变化有一定的关系。

上面结果虽然仅仅是 1993 和 1994 年两年的情况, 但可以看到夏季副热带高压的南北移动变化与青藏高原夏季降水的时间和空间变化有一定的依赖关系, 而高原降水的时空变化直接影响到高原上感热、潜热的分布和变化, 也可能正是高原上 1993 与 1994 年感热潜热的不同变化特征是控制这两年环流变化的重要因子之一, 进而导致中国东部天气也有很大差异, 这也是我们下一步要做的工作。总之, 进一步分析这些变化的规律, 研究他们之间的相互作用机制对于认识高原对大气环流的作用机制、高原对中国天气气候的影响应该是有帮助的。

参考文献

- [1] 叶笃正, 陶诗言, 李麦村. 在六月和十月大气环流的突变现象. 气象学报, 1958, 29: 249-263
Ye Duzheng, Tao Shiyan, Li Maichun. The catastrophe of general circulation in June and October. Acta Meteor Sinica (in Chinese), 1958, 29: 249-263
- [2] 陶诗言. 中国夏季副热带天气系统若干问题的研究. 北京: 科学出版社, 1963. 145pp
Tao Shiyan. Study of Some Problems on the Subtropical Synoptic System of China. Beijing: Science Press, 1963. 145pp
- [3] 黄士松. 副热带高压东西向移动及其预报的研究. 气象学报, 1963, 33(3): 320-332
Huang Shisong. On the research of the westward/eastward shift of subtropical high and its prediction. Acta Meteor Sinica (in Chinese), 1963, 33(3): 320-332
- [4] 朱福康. 南亚高压. 北京: 科学出版社, 1980. 95pp
Zhu Fukang. Southern Asia Anticyclone. Beijing: Science Press, 1980. 95pp
- [5] 袁恩国. 夏季经圈环流的调整和西太平洋副热带高压活动的关系. 大气科学, 1981, 5: 60-67
Yuan Enguo. The relationships of the summer longitudinal circulation's adjustments and the subtropical high's activities over western Pacific. Sci Atmos Sinica (in Chinese), 1981, 5: 60-67
- [6] 方之芳. 北半球副热带高压与极地海冰的相互作用. 科学通报, 1986, 31(4): 286-289
Fang Zhifang. Interaction between the north-hemisphere subtropical high and Arctic sea-ice. Chinese Science Bulletin (in Chinese), 1986, 31(4): 286-289
- [7] 董步文, 丑纪范. 西太平洋副热带高压脊线位置季节变化的实况分析和理论模拟. 气象学报, 1988, 46(3): 361-373
Dong Buwen, Chou Jifan. Data analysis and theory modelling of the seasonal shift of subtropical high ridge over western Pacific. Acta Meteor Sinica (in Chinese), 1988, 46(3): 361-373
- [8] 喻世华, 杨维武. 季节内西太平洋副高异常进退的诊断研究. 热带气象学报, 1995, 11(3): 214-222
Yu Shihua, Yang Weiwu. Diagnostic study of intraseasonal anomalous progression and retrogression of subtropical high over western Pacific. Tropical Meteor (in Chinese), 1995, 11(3): 214-222
- [9] 张培群. 副热带高压脊线位置移动的动力学方程及其诊断研究. [博士学位论文]. 兰州: 兰州大学, 1997
Zhang Peiqun. The dynamic equation of subtropical high ridge shift and its diagnostic study: [PhD thesis]. Lanzhou: Lanzhou University, 1997
- [10] 刘平, 吴国雄, 李伟平等. 副热带高压带的三维结构特征. 大气科学, 2000, 24(5): 577-584
Liu Ping, Wu Guoxiong, Li Weiping, et al. The Three-dimension structure of subtropical high belt. Chinese Atmos Sci (in Chinese), 2000, 24(5): 577-584
- [11] 刘屹岷, 吴国雄. 副热带高压研究回顾及几个基本问题的再认识. 气象学报, 2000, 58(4): 500-512
Liu Yimin, Wu Guoxiong. Reviews on the study of the subtropical anticyclone and new insights on some fundamental problems. Acta Meteor Sinica (in Chinese), 2000, 58(4): 500-

- 512
- [12] 吴国雄,丑纪范,刘屹岷等. 副热带高压形成和变异的动力学问题. 北京:科学出版社,2002. 312pp
Wu Guoxiong, Chou Jifan, Liu Yimin, et al. Dynamics of the Formation and Variation of Subtropical Anticyclones. Beijing: Science Press, 2002. 312pp
- [13] 陈桂英. 1993 年北半球环流特征及其对我国天气气候的影响. 气象,1994,20(4):23-26
Chen Guiying. General circulation over northern hemisphere in 1993 and their impact on the weather and climate in China. Meteor Mon(in Chinese), 1994,20(4):23-26
- [14] 何敏. 1994 年北半球环流特征及其影响. 气象,1995,21(4): 25-28
He Min. General circulation over northern hemisphere in 1993 and its impact. Meteor Mon(in Chinese), 1995,21(4): 25-28
- [15] 胡增臻,石伟. 小波变换在大气科学中的应用研究. 大气科学,1997,21(1): 58-72
Hu Zengzhen, Shi Wei. Application study of wavelet transform in atmospheric sciences. Chinese Atmos Sci (in Chinese), 1997,21(1): 58-72
- [16] 魏凤英. 现代气候统计诊断预测技术. 北京:气象出版社, 1999. 102-113
Wei Fengying. Predict Method of Statistics for the Modern Climate. Beijing:China Meteorological Press, 1999. 102-113
- [17] 薛纪善. 1994 年华南夏季特大暴雨研究. 北京:气象出版社, 1998. 23-31
Xue Jishan. On Research of Heavy Rainfall over Southern China in Summer of 1994. Beijing: China Meteorological Press, 1998. 23-31

ON THE RELATIONSHIP BETWEEN THE EASTERN TIBET PLATEAU RAINFALL AND SUBTROPICAL HIGH SHIFT IN SUMMER

Gong Yuanfa^{1,2,3} Xu Meiling⁴ He Jinhai¹ Chen Longxun⁵

1 *Nanjing University of Information Science & Technology, Nanjing 210044*

2 *Key Laboratory of Regional Climate-Environment Research for Temperate East Asia, Chinese Academy of Science, Beijing 100029*

3 *Chengdu University of Information Technology, Chengdu 610041*

4 *Yunnan Meteorological Observatory, Kunming 650034*

5 *Chinese Academy of Meteorological Sciences, Beijing 100081*

Abstract

Based on the routine rainfall data on Tibet plateau and NCEP/NCAR reanalysis data, it is studied by the relationship between the Eastern Tibet plateau rainfall and the southward/northward shift of western Pacific subtropical high in summer of 1993/1994. The results show that: the western Pacific subtropical high is abnormally located to more southern latitude and the high ridge is mainly the quasi-biweekly southward/northward oscillation in its processes of northward shift from May to August in 1993; but it is abnormally located to more northern latitude and the high ridge is obviously 30—60 day southward/northward oscillation in its processes of northward shift from May to August in 1994. At the same time, it is found that the changes of the Eastern Tibet plateau rainfall active/break have the similarity characteristics of the high ridge southward/northward oscillation. Therefore, the southward/northward shift of the western Pacific subtropical high in summer maybe related to the changes of Eastern Tibet plateau rainfall active/break.

Key words: Subtropical high, Wavelet transform, Tibet plateau, Rainfall active/break.