

文章编号: 1000-2022(2005)05-0577-09

## 西太平洋副热带高压东西位置变动特征分析

王黎娟<sup>1</sup>, 罗玲<sup>2</sup>, 张兴强<sup>3</sup>, 何金海<sup>1</sup>

(1. 南京信息工程大学 江苏省气象灾害重点实验室, 江苏 南京 210044

2. 浙江省气象台, 浙江 杭州 310017; 3. 泰安市气象局, 山东 泰安 271000)

**摘要:**采用 NCEP/NCAR 再分析逐日资料, 根据特定区域涡度值, 定义描述西太平洋副高东西位置的指标, 并利用该指标研究了 6 月副高东西位置变动特征。结果表明: 该指标不仅避免了由于高度的逐年升高而引起的副高逐年西进的年代际变化, 而且能很好地反映大尺度环流场的特征; 副高偏西年, 赤道西风减弱, 越赤道气流减弱, 南海夏季风偏弱, 江南和华南地区南风增强, 其东侧负涡度发展, 引导副高西伸, 长江流域被副高北侧异常西南风控制, 有利于雨带在此维持, 降水偏多易涝。西太平洋副高东西位置变化的周期分析表明, 6 月副高西伸指数最强的周期信号为 2.48 a。

**关键词:**西太平洋副高; 东西位置; 大尺度环流; 降水

**中图分类号:** P441 **文献标识码:** A

西太平洋副热带高压的季节性移动与东亚季风及季风雨带有着密切的关系, 其位置和强度的变化是控制我国东部地区天气和气候的重要因素之一。尤其副高的东西向位置和南北向进退关系到东亚季风的建立、长江流域降水的多寡以及华北、华南地区的气温和旱涝。有研究表明<sup>[1-2]</sup>, 当副热带高压位置明显偏西偏南时, 有利于长江流域雨带的形成; 当副热带高压位置明显偏东偏北时, 长江中下游地区偏旱; 当西太平洋副热带高压位置明显偏北偏西时, 有利于黄河河套雨带形成。1998 年, 西太平洋副热带高压持续偏南偏西, 至 5 月中旬尚未撤离南海, 以后又维持在 30°N 以南, 没有北跳, 以致南海夏季风爆发偏晚, 强度偏弱; 而长江流域梅雨期偏长, 降水明显偏多, 成为著名的洪涝年<sup>[3-4]</sup>。而西太平洋副热带高压偏东的年份则容易引起长江流域梅雨的减少甚至干旱, 华北地区则出现持续高温<sup>[5]</sup>。平均而言, 6 月中旬, 西太平洋副高出现第一次北跳, 由于副热带高压西伸脊点的东西摆动, 华南地区交替出现西南和东南气流, 此时华南前汛期结束, 长江流域梅雨开始, 夏季形势基本建立<sup>[6]</sup>。由此可见, 6 月副高位置直接关系到江淮流域的旱涝。研究西太平洋副热带高压西进东退的规律及其对我国东部天气的影响, 并进一步研究它的机理, 是一个十分重要的课题。本文试图从相对涡度出发定义新的副高东西位置指标, 揭示其 6 月活动特征和年际变化规律。

收稿日期: 2004-05-25 改回日期: 2004-09-13

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(40135020); 国家自然科学基金资助项目(40305005)

作者简介: 王黎娟(1970-), 女, 湖北恩施人, 副教授, 博士生, 研究方向: 季风和海气相互作用。E-mail: wlj@163.com.

# 1 资料和西太平洋副高东西位置指标的确定

本文所使用的资料为:我国 160 站降水资料、NCEP/NCAR 再分析逐日资料(水平分辨率为  $2.5^{\circ} \times 2.5^{\circ}$ )、国家气候中心提供的副高西伸脊点资料。

本文选取 ( $115^{\circ} \sim 125^{\circ} \text{E}$ ,  $20^{\circ} \sim 30^{\circ} \text{N}$ ) 为关键区<sup>[7]</sup>, 并且根据该关键区 500 hPa 相对涡度的变化来定义副高的西伸东撤过程。当该区域负涡度值增大时, 说明副高西伸; 当该区域负涡度值减小时, 说明副高东撤。

为了讨论西太平洋副热带高压的东西位置, 首先要定义一个描述其东西位置的合理的指标, 建立其东西向活动的年际序列, 在此基础上, 揭示它和我国东部地区天气异常的关系。

通常所用的描述副高西脊点的指标是 500 hPa 上某一条等高线(如 5860 gpm 等值线)最西端点所在的经度。有研究表明<sup>[8]</sup>, 用这种方法定义的指标没有消除高度场逐年升高带来的年代际变化。如图 1 所示, 在 1976 年以前, 西脊点的位置在靠近  $120^{\circ} \text{E}$  左右摆动, 而在 1976 年以后则在  $110^{\circ} \text{E}$  左右徘徊, 向西移动了近  $10^{\circ}$ 。为了避免这种情况, 根据副高西端曲率涡度大的特点, 尝试用特定区域 ( $115^{\circ} \sim 125^{\circ} \text{E}$ ,  $20^{\circ} \sim 30^{\circ} \text{N}$ ) 涡度值来描述副高的东西位置。

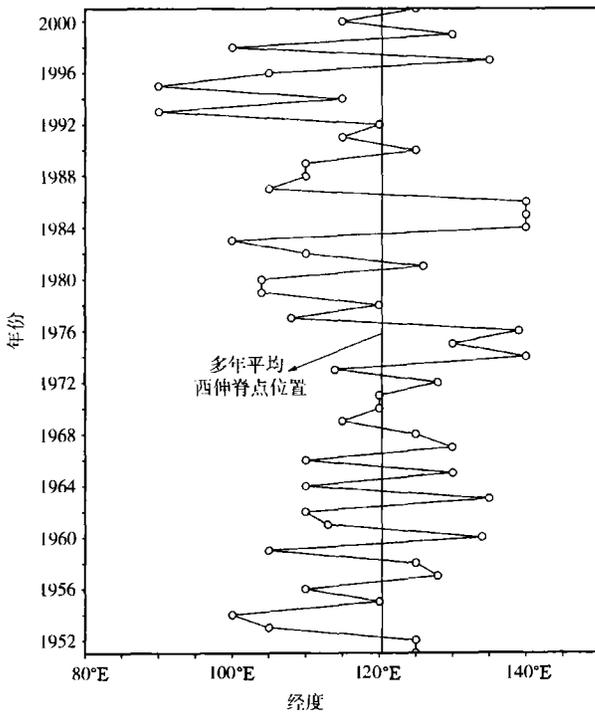


图 1 1951—2001 年 6 月副高西伸脊点位置

Fig 1 Interannual change of the longitude of the west edge point of the subtropical high in June from 1951 to 2001

6 月南海季风已经完全建立, 6 月中旬长江流域梅雨开始, 因此 6 月副高位置直接关系到江淮流域的旱涝。图 2 为 6 月关键区涡度的时间序列, 可以发现, 该指数没有明显的年代际变化趋势, 这是由于该定义中风场用的是梯度值, 是相对值, 因而避免了由于高度的逐年升高而引起的副高逐年西进的年代际背景。选取负涡度大值 ( $\leq -11 \times 10^{-6} \text{ s}^{-1}$ ) 年份 1953、1956、1961、1962、1971、1980、1989、1996 年为 6 月副高偏西年份; 负涡度小值 ( $\geq -5 \times 10^{-6} \text{ s}^{-1}$ ) 年

份 1951、1957、1963、1968、1981、1985、1990、1997 年为 6 月副高偏东年份。

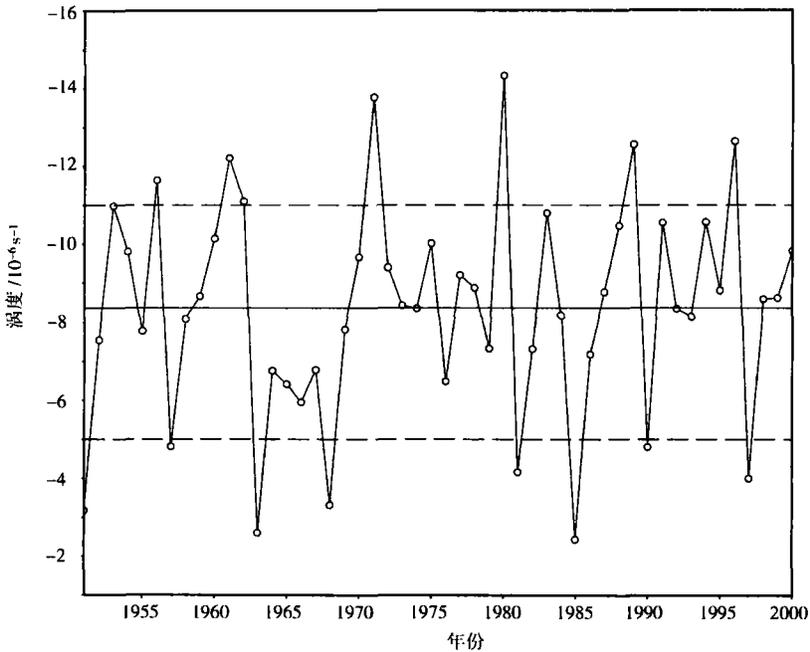


图 2 6 月关键区涡度的逐年变化

(图中实直线为多年平均值; 虚线分别为  $-11 \times 10^{-6} \text{ s}^{-1}$ ,  $-5 \times 10^{-6} \text{ s}^{-1}$ )

Fig 2 Interannual change of the vorticity in the key area (115~125°E, 20~30°N) in June

(The solid line denotes the average value and the dash lines denote  $-11 \times 10^{-6} \text{ s}^{-1}$  and  $-5 \times 10^{-6} \text{ s}^{-1}$ , respectively)

与图 1 比较, 发现用涡度场定义的副高东西位置异常年与常用的高度场定义的西伸脊点指数选出的异常年份基本上是一致的。500 hPa 高度场的分析也表明 (图 3), 在气候平均情况下, 6 月西太平洋副高 5860 gpm 等值线的西侧在 115°E 附近, 而偏西年份 5860 gpm 等值线最西侧到达了 110°E, 平均西伸了 5°, 5880 gpm 等值线所包围的副高中心也明显偏西。而副高偏东年份, 15°N 以北, 5860 gpm 等值线退至 120°E, 5880 gpm 等值线所包围的副高中心明显东退到了近 150°E (图 3c)。可见用涡度定义的指数描述高度场上副高东西位置的变动具有一定的合理性。

## 2 西太平洋副高东西位置与大尺度环流的关系

### 2.1 与对流层低层风场的关系

以 6 月 850 hPa 风场考察副高东西位置与夏季风的关系。从副高偏西、偏东年份 850 hPa 流场 (图略) 可以发现, 偏西年份副高西侧的转向气流到达 120°E 以西, 脊线位于 20°N 附近, 南海季风槽向副高南侧伸展, 由于副高位置偏西偏南, 使得南海地区为副高西侧的南风气流 (甚至偏东南气流) 控制, 西风偏弱, 南海夏季风偏弱; 偏东年份, 西太平洋反气旋性环流在 130°E 附近由东南气流转为西南气流, 脊线位于 25°N 左右, 副高位置明显偏东偏北, 南海地区为西南气流控制, 夏季风偏强。从偏西和偏东年份的差值风场 (图 4) 可以看出, 在 (105~140°E, 20°N) 附近为反气旋性差值环流, 中心位于台湾岛, 南海至赤道印度洋为一致的东风差值气流, 孟加拉湾为反气旋性差值环流。这样的分布形势表明, 副高偏西年, 赤道西风减弱, 南

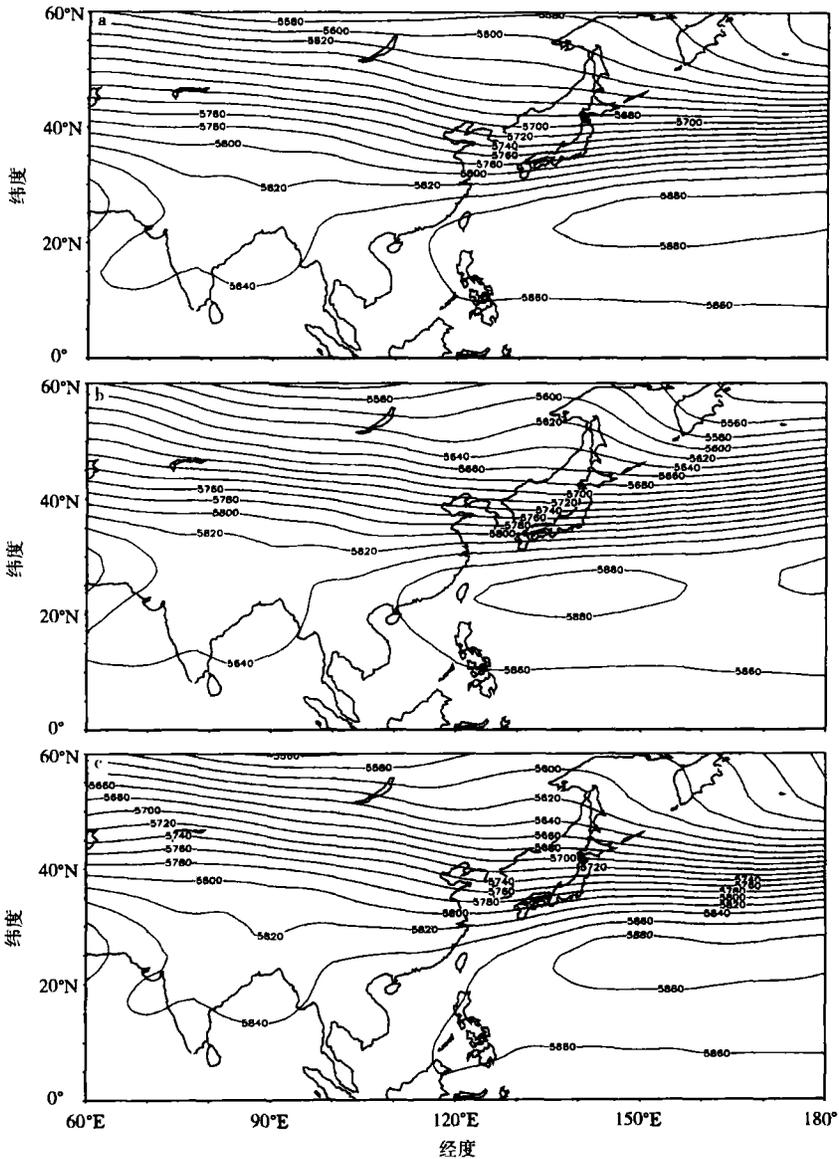


图 3 多年平均 (a)和副高偏西年份 (b)、偏东年份 (c) 六月 500 hPa高度场 (单位: gpm)

Fig 3 500 hPa geopotential heights in June for the normal (a), wester (b) and easter (c) position years of the subtropical high (in units gpm)

海夏季风偏弱。

### 2.2 与低层纬向风的关系

众所周知,西太平洋副高南侧盛行偏东风,北侧盛行偏西风,在副高内必然客观存在一条  $u = 0$  的东西风分界线,可以将  $u = 0$  线的最西点视为副高西脊点。从偏西、东年份 850 hPa 纬向风分布 (图略) 可以发现,在偏西年份,  $u = 0$  线最西点到达  $110^{\circ}\text{E}$ , 而偏东年份位于  $130^{\circ}\text{E}$  附近。其差值图上 (图 5), 我国台湾岛到江淮流域为差值西风, 中心位于长江流域附近; 从孟加拉湾到南海地区为差值东风, 中心位于菲律宾附近。同样也说明副高偏西年, 赤道西风减弱, 南海夏季风偏弱, 而长江流域西风增强, 有利于雨带在此维持。为了进一步考察副高东西

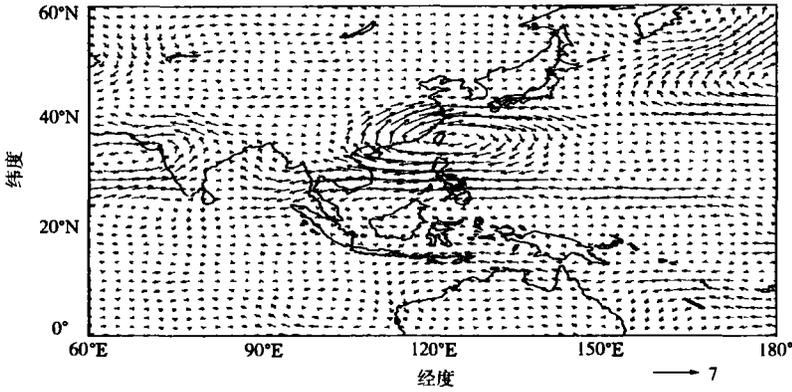


图 4 6 月副高偏西、偏东年份 850 hPa 风场差值 (单位: m/s)

Fig 4 Difference field of 850 hPa flow between wester and easter subtropical high years in June (units m/s)

位置与低层纬向风的关系, 利用定义的副高指数与同期 6 月 850 hPa 纬向风计算相关, 负相关区表示在副高偏西 (关键区负涡度偏大) 时西风增强, 东风减弱; 偏东时东风增强, 西风减弱。正相关区则正好相反 (副高偏西时东风增强, 西风减弱; 偏东时西风增强, 东风减弱)。由图 6 看出, 南海和中南半岛为强的正相关区, 台湾以北到江淮流域为显著的负相关区, 表明在副高偏东时, 南海和中南半岛西风增强, 则南海—西太平洋热带季风偏强; 而江淮流域西风减弱, 有利于副高位置偏北, 该地区少雨偏旱。同理, 当副高偏西时, 南海和中南半岛西风减弱, 南海夏季季风偏弱, 而江淮流域西风增强, 有利于副高位置南压, 该地区降水偏多易涝。

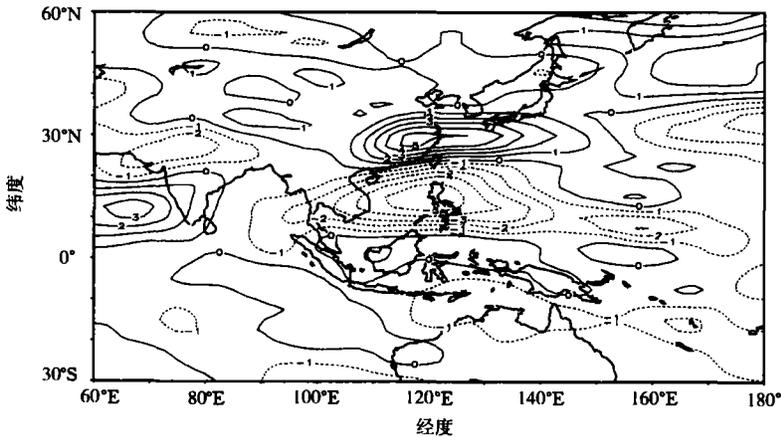


图 5 6 月副高偏西、偏东年份 850 hPa 纬向风差值场 (单位: m/s)

Fig 5 Difference value field of 850 hPa zonal winds between wester and easter subtropical high years in June (units m/s)

### 2.3 与低层经向风的关系

由经向风差值图 (图 7) 可以看出, 在热带地区有几个负值区域, 为北风差值, 分别位于 80°E、110°E, 这正是东半球越赤道气流的主要通道, 说明在副高偏西年份, 越赤道气流减弱。而南海大部一直到长江流域 (110°E, 10~30°N) 为较强的正值区域, 南风差值偏强, 有利于其东侧负涡度发展, 引导副高西伸。南海大部可能位于副高南侧的东南气流之下, 或者位于副高西侧的转向气流控制之下; 长江流域被副高北侧异常西南风控制, 有利于雨带在此维持。

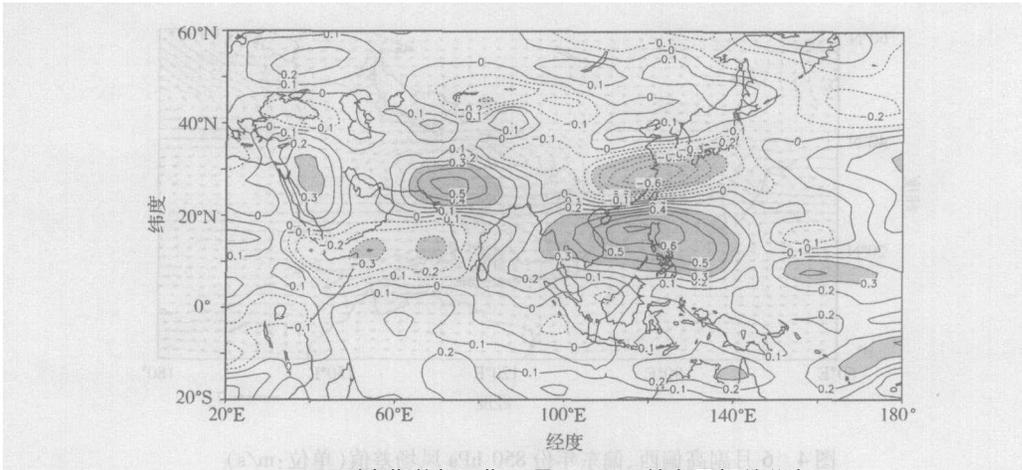


图 6 副高指数与同期 6 月 850 hPa 纬向风相关分布  
(阴影区通过 95% 的置信水平检验)

Fig 6 Correlation between the subtropical high index and the 850 hPa zonal wind in June  
(Areas where the correlation is significant at a more than 95% confidence level are shaded)

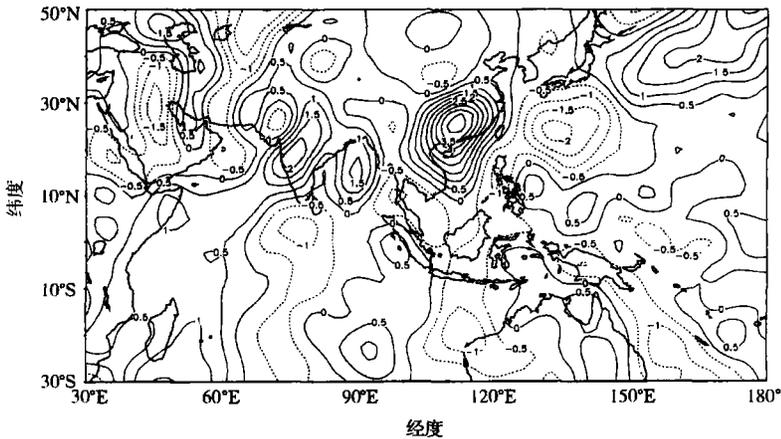


图 7 6 月副高偏西、偏东年份 850 hPa 经向风差值场 (单位: m/s)

Fig 7 850 hPa difference meridional wind between the wester and easter subtropical high year in June (units m/s)

从副高指数与同期 6 月 850 hPa 经向风相关图 (图 8) 发现, 在热带地区有几个正相关区, 分别位于 80°E、100°E 和 120°E, 说明当副高偏西时, 北风增强, 这几个经度上的越赤道气流偏弱, 相应的南海夏季风偏弱。而江南和华南地区为显著的负相关区, 副高偏西时, 该地区南风增强, 其东侧负涡度发展, 进一步使得副高西伸。为什么副高偏西时, 江南和华南地区南风会增强呢? 这可能与非绝热加热的空间分布<sup>[9]</sup>有关, 将在另文讨论其机理。

#### 2.4 与对流层高层风场的关系

从 200 hPa 副高偏西、偏东年份风场差值 (图 9) 来看, 副热带地区从 100°E 到 140°E 都为反气旋性的差值环流控制, 中心位于 (120°E, 30°N) 附近, 有利于南亚高压向东移动并在此加强, 也就是说, 南亚高压和西太平洋副高的东西向活动可能是相向而行的。这种高低层副热带高压的相对运动规律是十分有意义的, 它将有助于进一步了解副高的三维结构, 了解这种大尺度系统的相互作用。

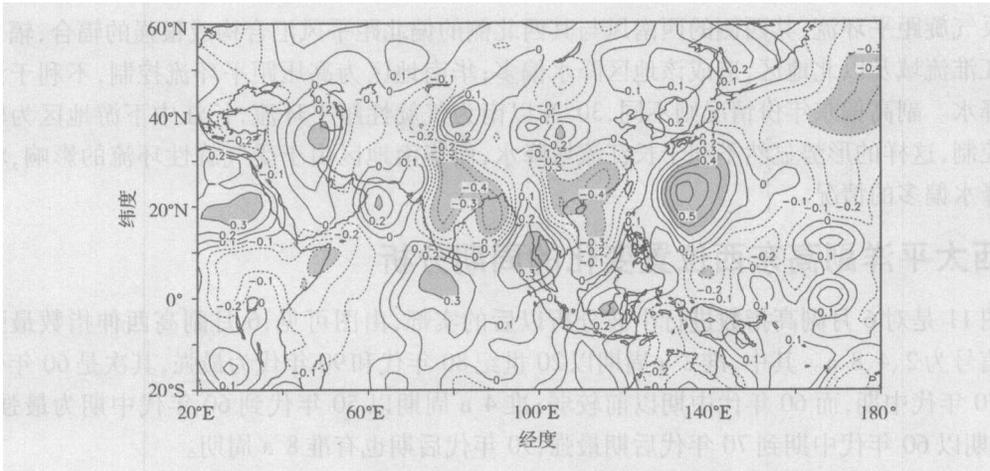


图 8 副高指数与同期 6 月 850 hPa 经向风相关分布  
(阴影区通过 95% 的置信水平检验)

Fig 8 The correlation between the subtropical high index and the 850 hPa meridional wind in June  
(Areas where the correlation is significant at a more than 95% confidence level are shaded)

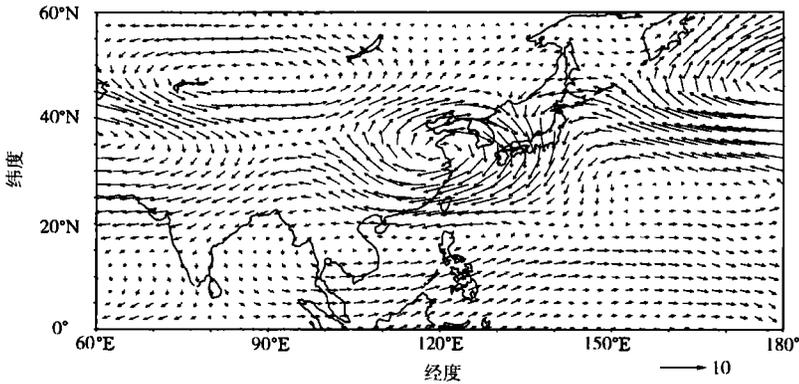


图 9 6 月副高偏西、偏东年份 200 hPa 风场差值 (单位: m/s)

Fig 9 200 hPa difference flow field between the wester and easter subtropical high year in June (units m/s)

以上结果说明: 当 6 月西太平洋副高位置偏西时, 赤道西风减弱, 越赤道气流减弱, 南海夏季风偏弱, 江南和华南地区南风增强, 其东侧负涡度发展, 引导副高西伸, 长江流域被副高北侧异常西南风控制, 有利于雨带在此维持。这与大多数研究结论是一致的<sup>[7, 10]</sup>, 也从另一方面说明本文给出的关于副高东西位置的指标是合理的、可信的。

### 3 西太平洋副高东西位置与我国东部降水的关系

我国东部汛期降水与西太平洋副高活动密切相关。副高的东西位置关系到东亚夏季风的强弱、长江流域降水的多寡以及气温的高低等。为此, 用新定义的副高东西位置指标和同期降水计算相关 (图 10)。由图可见, 长江流域及以北地区为负值区, 说明在副高偏西时该地区降水会偏多; 而当副高偏东时降水较少。从图 2 也可以看出, 在副高偏西的年份里, 就包含了长江流域的大水年, 如: 1980、1991 年, 而偏东年份中则包含了 1981、1985 年等旱年。

在 6 月副高偏西、偏东年份 850 hPa 流场距平分布 (图略) 上, 副高偏西时, 副高位置上为

一个反气旋距平环流,其西侧的西南风与其西北侧的偏北距平风汇合构成很强的辐合,辐合带位于江淮流域及以北地区,造成该地区降水偏多;华南地区为高压距平环流控制,不利于该地区的降水。副高偏东年份情况则不同,30°N以南为气旋性距平环流,长江中下游地区为辐散气流控制,这样的形势显然不利于长江流域降水,而华南地区由于受气旋性环流的影响,将会出现降水偏多的情况。

#### 4 西太平洋副高东西位置变化的周期分析

图 11 是对 6 月副高指数进行小波分析以后的实部,由图可见,6 月副高西伸指数最强的周期信号为 2、4、8 a。其中,准 2 a 周期以 20 世纪 80 年代和 90 年代为最强,其次是 60 年代末期到 70 年代中期,而 60 年代中期以前较弱;准 4 a 周期以 50 年代到 60 年代中期为最强;准 8 a 周期以 60 年代中期到 70 年代后期最强,90 年代后期也有准 8 a 周期。

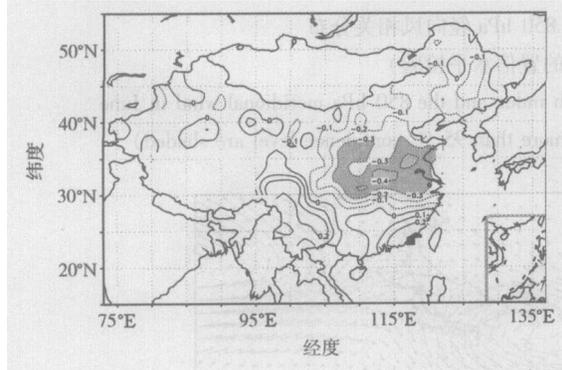


图 10 副高指数与同期 6 月降水相关分布  
(阴影区通过 95% 的置信水平检验)

Fig 10 The correlation between the subtropical high index and the precipitation in June

(Areas where the correlation is significant at a more than 95% confidence level are shaded)

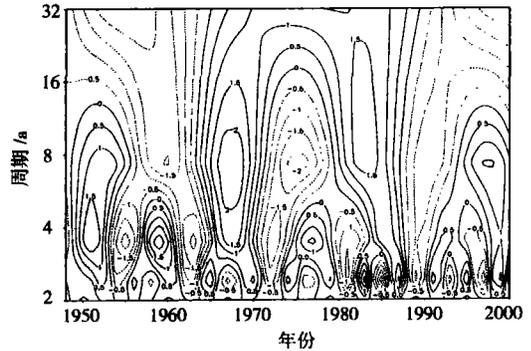


图 11 6 月副高指数小波分析实部

Fig 11 The real part of the wavelet analysis of the subtropical high index in June

#### 5 结 论

(1) 用关键区 (115~125°E, 20~30°N) 内的涡度值来表示副高的东西位置具有一定的合理性。当该区域负涡度值大时,说明副高位置偏西;当该区域负涡度值小时,说明副高位置偏东。

(2) 当 6 月西太平洋副高位置偏西时,赤道西风减弱,越赤道气流减弱,南海夏季风偏弱,江南和华南地区南风增强,其东侧负涡度发展,引导副高西伸,长江流域被副高北侧异常西南风控制,有利于雨带在此维持,降水偏多易涝;副高偏东时,情况则相反。

(3) 西太平洋副高东西位置变化的周期分析表明,6 月副高西伸指数最强的周期信号为 2、4、8 a。其中,准 2 a 周期以 80 年代和 90 年代为最强,准 4 a 周期以 50 年代到 60 年代中期为最强,准 8 a 周期以 60 年代中期到 70 年代后期最强。

## 参考文献:

- [ 1 ] 何金海, 温敏, 罗京佳. 东亚季风区旱涝年季节转换的不同特征 [ C ]. 亚洲季风研究的新进展. 北京: 气象出版社, 1997: 82-87.
- [ 2 ] 陈烈庭, 吴仁广. 太平洋各区海温异常对中国东部夏季雨带类型的共同影响 [ J ]. 大气科学, 1998, 22(5): 718-726.
- [ 3 ] 陈隆勋, 祝从文. 1998 年 SCSMEX 期间南海夏季风爆发特征及其机制的初步分析 [ C ]. 南海季风爆发和演变及其与海洋的相互作用. 北京: 气象出版社, 1999: 13-17.
- [ 4 ] 中国气象局国家气候中心. 98 中国大洪水与气候异常 [ M ]. 北京: 气象出版社, 1998: 48-88.
- [ 5 ] 宋志平. 长江以南降水偏多, 北方再次出现高温—1999 年 7 月 [ J ]. 气象, 1999, 25(10): 58-61.
- [ 6 ] 符淙斌, 王金根, 吴达铭, 等. 北半球副高带的长期变化 (一) [ J ]. 气象, 1980(3): 3-5.
- [ 7 ] Yang Hui, Sun Shuqing. Longitudinal displacement of the Subtropical High in the western Pacific in summer and its influence [ J ]. Adv Atmos Sci 2003, 20(6): 921-933.
- [ 8 ] Lu Riyu. Interannual variability of the summertime north Pacific Subtropical High and its relation to atmospheric convection over the warm pool [ J ]. J Meteor Soc Japan 2001, 79(3): 771-783.
- [ 9 ] 黄荣辉, 李维京. 夏季热带西太平洋上空的热源异常对东亚上空副热带高压的影响及物理机制 [ J ]. 大气科学, 1988 (特刊): 107-116.
- [ 10 ] 何金海, 徐海明, 周兵, 等. 关于南海夏季风建立的大尺度特征及其机制的讨论 [ J ]. 气候与环境研究, 2000, 5(4): 333-344.

## Variation Features of the Longitudinal Position of the Western Pacific Subtropical High

WANG Lirjuan<sup>1</sup>, LUO Ling<sup>2</sup>,  
ZHANG Xinqiang<sup>3</sup>, HE Jinhai<sup>1</sup>

( 1. Jiangsu Key Laboratory of Meteorological Disaster, NUIST, Nanjing 210044, China

2. Meteorological Observatory of Zhejiang Province, Hangzhou 310017, China

3. Tainan Meteorological Bureau, Tainan 271000, China)

**Abstract** In terms of the NCEP/NCAR daily reanalysis data, an index based on the vorticity value in the key area is defined to describe the longitudinal position of the western Pacific subtropical high (SH). An investigation is carried out of variation features of the longitudinal position of the SH in June. Results show that the index avoids the interdecadal change of the westward stretch of the SH resulted from the yearly geopotential height rising and well reflects the character of large-scale circulation field. In the western subtropical high year, the equatorial westerly and the cross-equatorial flow weaken, the South China Sea summer monsoon is weaker. The southerly enhances over the south of Changjiang River and South China areas, then the negative vorticity develops in the east of these areas leading to the westward stretch of the SH. The anomalous southwesterly in the north side of the SH dominates over the Changjiang River Valley in favor of the maintaining of rain belt, bringing about more rainfall (flood). The wavelet analysis suggests that the strongest periodical signal of the index in June is 2, 4, and 8-year.

**Key words** western Pacific subtropical high, longitudinal position, large-scale circulation, precipitation