

文章编号: 1000-2022(2006)04-0517-09

亚洲夏季西风指数与中国夏季降水的关系

刘飞^{1,2}, 何金海^{2,3}, 姜爱军³

(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 南京信息工程大学 大气科学系, 江苏 南京 210044

3 江苏省气象科学研究所, 江苏 南京 210008)

摘要: 对 1958—2000 年亚洲纬向风和我国 160 站夏季降水进行 SVD 分析, 发现两者具有良好的耦合关系。根据分析结果定义了一个可以表征我国夏季降水的亚洲夏季西风指数 (I_{ASW})。西风指数高(低)年, 长江中下游夏季降水偏少(多), 华南、河套和东北地区降水偏多(少)。同时分析了高、低西风指数年的环流特征, 发现当长江中下游夏季降水偏多而华南、河套和东北地区降水偏少时, 500 hPa 呈负 EAP 型, 鄂霍茨克海和乌拉尔山有阻高建立, 西太平洋副热带高压偏南, 105°E 越赤道气流偏弱, 东亚夏季风偏弱, 高纬的偏北气流和低纬的偏南气流在我国长江中下游地区汇合, 梅雨锋加强, 使得雨带在此维持。前期鄂霍茨克海区域平均位势高度以及前期 1—3 月西太平洋的热带对流活动可以作为预测夏季西风强弱的前兆信号。

关键词: 西风指数; 中国夏季降水; 东亚夏季风; 遥相关型

中图分类号: P462 **文献标识码:** A

Relationship between Asian Summer Westerly Wind Index and Summer Rainfall in China

LIU Fei^{1,2}, HE Jin-hai^{2,3}, JIANG Ai-jun³

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

2. Department of Atmospheric Sciences, NUET, Nanjing 210044, China

3. Institute of Jiangsu Meteorology, Nanjing 210008, China)

Abstract The relationship between zonal winds in Asia and the 160-station summer rainfall in China for the period of 1958—2000 is analyzed by employing the SVD method and based on the analysis results, the Asian summer westerly index (I_{ASW}) is then defined as the 500 hPa zonal wind averaged over ($60^{\circ}\sim 150^{\circ}\text{E}$, $40^{\circ}\sim 50^{\circ}\text{N}$) to represent the summer rainfall in China. It is shown that high I_{ASW} year relates to less summer rainfall in the mid and lower reaches of Yangtze River and more summer rainfall in south China, the mid-reaches of the Huanghe River and Northeast China, and vice versa. We also find that when the summer precipitation is excessive, there is a negative EAP pattern in 500 hPa geopotential height is

收稿日期: 2005-07-18 改回日期: 2005-09-27

基金项目: 国家重点基础研究发展规划项目 (2004CB418303); 国家自然科学基金资助项目 (40475021); 江苏省气象科学研究所基金项目

作者简介: 刘飞 (1981-), 女, 江西萍乡人, 硕士, 研究方向: 季风、气候变化, E-mail: liufe2003y@nuist.edu.cn

何金海 (通信作者), 男, 教授, 博士生导师, E-mail: hejinh@jmail.com.cn

edbacking highs are built over the Okhotsk sea and the Ural mountains, the west Pacific subtropical high lies south of normal and the cross-equatorial flow of 105°E and the East Asian summer monsoon are weaker, and the northerly flow from higher latitudes meets the southerly flow from lower latitudes in the mid and lower reaches of the Yangtze River, leading to the strengthening and maintenance of meiyu front. This study indicates that the regional mean geopotential height over the Okhotsk sea in early stage and the convection over the west Pacific 1-3 months in advance could be used to predict the strength of the Asian summer westerly.

Key words Asian summer westerly index; zonal wind over East Asian; summer rainfall over China; teleconnection pattern

0 引言

1939年 Rossby^[1]提出西风指数的概念,即把 $35^{\circ}\sim 55^{\circ}\text{N}$ 之间的平均地转西风定义为西风指数,实际工作中则把两个纬度带间的平均位势高度差作为西风指数。Namias^[2]进一步提出了指数循环的概念,温带西风强时称为“高指数”环流,弱时则称“低指数”环流。Namias等^[3]、Willett等^[4]、Julian^[5]以及 Kilson^[6]对指数循环进行了大量的研究。人们也陆续使用过其他不同的纬圈组合来表示西风指数,如 35°N 与 65°N ^[7]等。Ting等^[8]曾用 35°N 和 55°N 上纬向风的差值来代表西风指数(即 $U_{35^{\circ}\text{N}-55^{\circ}\text{N}}$)。龚道溢等^[9]认为 40°N 与 65°N 纬圈平均位势高度差可以很好地表示西风指数。可见西风环流指数与我国气候有密切关系。

中高纬度西风和西太平洋副热带高压是影响东亚天气和气候的最重要的系统^[10]。董敏等^[11-12]研究了欧亚地区 500 hPa 纬向风特征及其与中国天气的关系以及东亚地区西风急流及其附近的纬向西风与热带地区对流加热场的关系,发现中国天气与北半球西风带强度及其南北迁移有密切关系,西风急流中心的季节变化是和热带加热场的季节变化紧密联系的。朱文妹等^[13]将 500 hPa $100^{\circ}\sim 130^{\circ}\text{E}$, $27.5^{\circ}\sim 32.5^{\circ}\text{N}$ 的纬向风速定义为东亚副热带西风指数,指出东亚副热带西风指数与长江流域降水有密切关系。张庆云等^[14-16]探讨了夏季季节内西太副高异常时东亚热带、副热带季风环流及中高纬环流的演变及中国东部汛期降水的特征。孙林海等^[17]进一步研究了欧亚环流异常对中国夏季降水的影响。

中高纬度西风与夏季降水关系的研究工作虽然取得了一定进展,但如何客观地表征亚洲夏季中高纬度西风的强弱,亚洲夏季西风异常年的大气环流有什么异常特征和前兆信号,西风异常对我国夏季降水有何影响,这些都是需要进一步研究的问题,它

们对进一步了解汛期变化规律十分重要。本文应用 EAR-40 资料集最新的格点资料,通过 SVD 分析,找出与我国夏季降水相关显著区,并与我国夏季降水的 EOF 分析结果进行了对比,定义了亚洲夏季西风环流指数,分析了亚洲夏季西风强弱年的大气环流特征及其与我国夏季降水的关系,探讨了亚洲夏季西风强弱年的前兆信号。

1 亚洲夏季西风指数

采用 EAR-40 资料集 1958 年 1 月—2000 年 12 月 43 a 水平分辨率为 $2.5^{\circ}\times 2.5^{\circ}$ 的再分析月平均资料以及同期中国 160 站降水资料,对亚洲夏季(6—8月)的平均 500 hPa 纬向风与同期我国 160 站夏季降水进行奇异值分解,探讨亚洲夏季 500 hPa 纬向风与中国 160 站夏季降水的耦合关系。取 $60^{\circ}\sim 150^{\circ}\text{E}$, $15^{\circ}\sim 75^{\circ}\text{N}$ 范围内 $2.5^{\circ}\times 2.5^{\circ}$ 的夏季 500 hPa 平均纬向风场为左场(格点数为 925),中国夏季(6—8月)降水场为右场(格点数为 160),时间序列为 43 a 两变量场标准化处理后进行 SVD (Singular Value Decomposition) 计算。第 1 对 SVD 模态解释总方差的 36.2%,其左右奇异向量场的相关系数为 0.84。通过 SVD 分析发现,亚洲夏季 500 hPa 纬向风场与我国夏季降水有良好的耦合关系,结果如图 1 所示。

由 SVD 第 1 模态左异类相关分布(图 1a)可见,亚洲夏季 500 hPa $40^{\circ}\sim 50^{\circ}\text{N}$ 的纬向风与我国夏季降水为高的正相关,最大相关达到 0.6 达到 0.001 显著水平, $60^{\circ}\sim 70^{\circ}\text{N}$ 的纬向风与我国夏季降水为明显的负相关,在第 1 模态右异类相关分布(图 1b)中,我国夏季降水与 500 hPa 纬向风的相关在长江中下游流域和四川地区为显著负相关区,在河套和华南地区为明显正相关区,且长江中下游流域最大负相关达 -0.5。由时间演变序列(图 1c)可以看出,第 1 对 SVD 模态主要反映了气候状况。

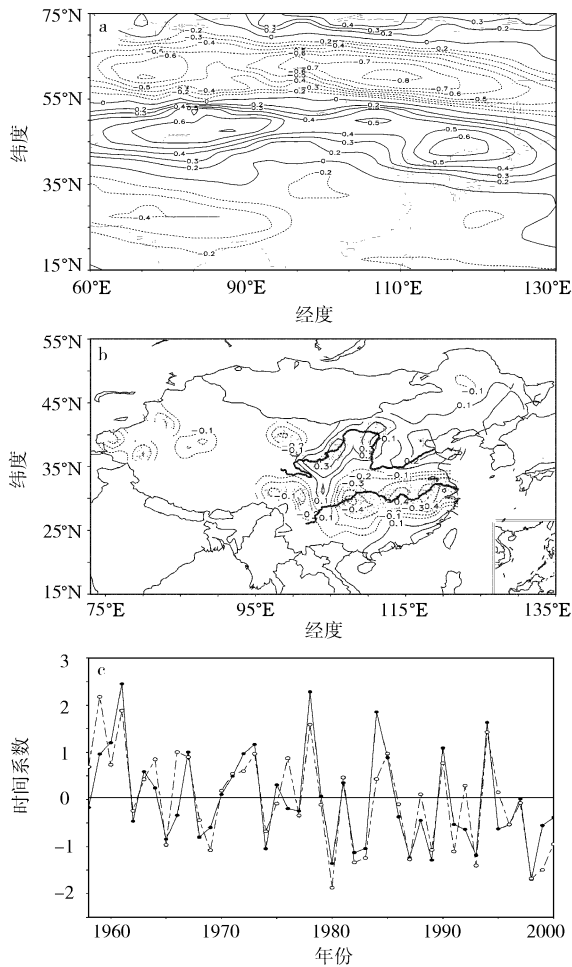


图 1 亚洲夏季 500 hPa 纬向风与中国夏季 160 站降水的 SVD 第 1 模式

a 左奇异相关分布; b 右奇异相关分布 (阴影区通过 0.05 的显著性检验); c 标准化时间系数曲线 (实线为左奇异向量, 虚线为右奇异向量)

Fig. 1 SVD-1 of the summer averaged zonal wind at 500 hPa over Asia (left field) and summer rainfall over China (right field)
a the left heterogeneous correlation map
b the right heterogeneous correlation map
c standardized time coefficients for left (solid line) and right (dash line) singular vector
(areas with significance of $\alpha = 0.05$ level are shaded)

为表征亚洲夏季中高纬西风的强弱和异常, 将 60~150°E, 40~50°N 区域的 500 hPa 平均纬向风速定义为亚洲夏季西风指数 (I_{ASW})。西风指数是表示平均地转风速中西风分量的一个指标, 西风指数的高低、振幅大小和演变特征, 基本上能反映出环流形势的特征及转换趋势。

将计算得到的西风指数进行标准化, 取标准化距平大于 0.8 σ 的为异常年, 据此可确定高指数年

为 1960 1961 1972 1973 1978 1984 1985 1990 1994 年; 低指数年为 1968 1974 1980 1982 1988 1989 1993 1998 2000 年。

同时对 1958—2000 年我国 160 站夏季 (6—8 月) 降水距平进行 EOF 展开, 分析我国夏季降水的空间分布和年际变化。图 2a 对应第 1 特征向量分布型, 解释方差的 15.1%, 图 2b 为中国 160 站 1958—2000 年夏季 (6—8 月) 降水距平 EOF 分析第 1 特征向量分布型的时间序列。EOF 第 1 特征向量分布型表明长江中下游流域降水偏少 (多) 时, 华南地区、河套地区和长江上游流域降水偏多 (少)。

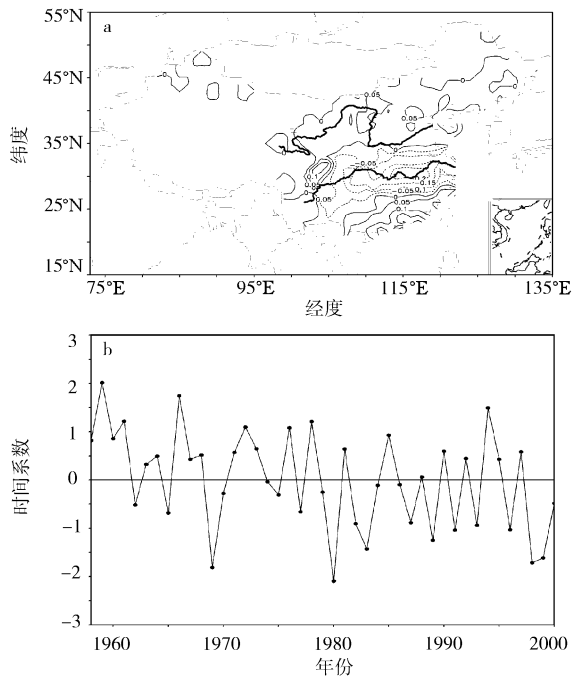


图 2 中国夏季 160 站降水距平场的 EOF

a 第 1 特征向量分布型; b 标准化时间系数曲线

Fig. 2 EOF1 of summer rain fall over China

a EOF1 eigenvector

b EOF1 standardized time coefficient

对比图 2a 和图 1b 可知, 两者在长江中下游、华南地区和河套地区非常吻合, 而在长江上游地区的结果不太好, 表明西风指数能很好地表征长江中下游、华南地区和河套地区的夏季降水, 而对表征长江上游地区降水不太理想。通过分析我国夏季降水的年际变化 (图 2b) 可以得知, 低西风指数年除 1968 1974 和 1988 年外, 与长江中下游流域降水偏多, 华南、河套地区降水偏少年具有比较好的一致性, 而高西风指数年除 1984 年外与长江中下游流域降水偏少, 华南地区、河套地区降水偏多年份具有较好的一致性, 这说明亚洲夏季西风的强弱与我国夏季降

水具有良好的耦合关系。

2 西风异常年我国夏季降水特征

将计算得到的亚洲夏季西风指数与我国 160 站夏季降水做相关分析,结果如图 3 所示,阴影区通过 0.05 的显著性检验。

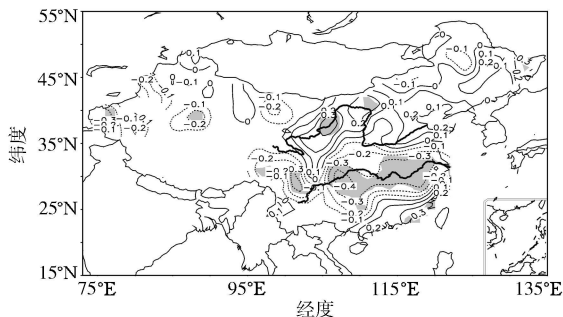


图 3 亚洲夏季西风指数与 160 站夏季降水的相关 (阴影区通过 0.05 的显著性检验)

Fig 3 Correlation coefficients between Asian summer westerly index (I_{ASW}) and summer rainfall over China (areas with significance of $\alpha = 0.05$ level are shaded)

由图 3 可以看出,亚洲夏季西风指数与长江流域夏季降水存在显著负相关,而与华南和河套地区的夏季降水存在显著正相关。与我国东北、华北的夏季降水虽存在一定的正相关,但相关不够显著。亚洲夏季西风指数高(低),长江中下游流域降水偏少(多),华南、河套地区降水偏多(少)。

由夏季西风指数与我国 160 站夏季降水的相关分析可以得知,亚洲夏季西风指数与长江中下游夏季降水相关最为显著,下面以长江中下游为例来分析亚洲夏季西风指数和我国夏季旱涝的相关。

利用我国 160 站 43 a(1958—2000 年)降水资料,选取上海、杭州、南京、安庆、宁波、九江、合肥、常德、南昌、长沙、武汉、岳阳、宜昌、宜宾、重庆 15 站 6—8 月的降水总和来表示夏季长江中下游的旱涝,分析了亚洲夏季西风指数与夏季长江中下游旱涝的时间序列(图 4)。

由图 4 可以看出,亚洲夏季西风指数与长江中下游的旱涝为明显的负相关,两者相关系数达 -0.51,超过 0.01 的显著性检验。亚洲夏季西风指数高年,长江中下游夏季降水偏少,亚洲夏季西风指数低年,长江中下游夏季降水偏多。

同时分析了高西风指数年和低西风指数年我国夏季降水距平分布,结果如图 5 所示。

可以注意到,高西风指数年和低西风指数年我

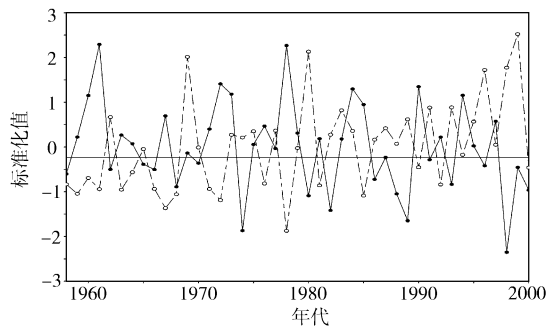


图 4 长江中下游降水的标准化距平与标准化西风指数的时间序列 (实线表示西风指数的时间序列,虚线表示长江中下游降水标准化距平的时间序列, $R = -0.51$, 超过 0.01 的显著性检验)

Fig 4 Time series of standardized I_{ASW} (solid line) and the summer rainfall anomaly over the mid-lower Yangtze River valley (dash line) ($R = -0.51$, significant at the $\alpha = 0.01$ significance level)

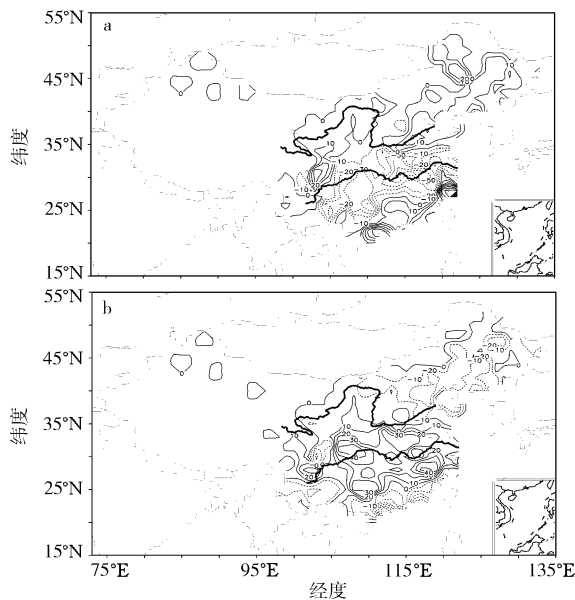


图 5 我国夏季降水距平分布(单位: mm) a 高西风指数年; b 低西风指数年
Fig 5 Distributions of summer rainfall anomaly (units mm) in China a high I_{ASW} years b low I_{ASW} years

国夏季降水距平最大区域都集中在长江流域,华南和东北地区,即高低西风指数年,长江流域、华南和东北的夏季降水变化最为显著。高西风指数年(图 5a),长江中下游夏季降水为显著负距平,华南和东北夏季降水为显著正距平;低西风指数年(图 5b),长江中下游夏季降水为显著正距平,而华南和东北地区夏季降水为负距平,这说明亚洲夏季西风指数

可以很好地表征我国夏季降水。高西风指数年, 我国长江中下游夏季降水明显偏少, 华南、东北夏季降水明显偏多; 低西风指数年, 我国夏季长江中下游降水显著偏多, 华南、东北夏季降水明显偏少。

3 西风异常年夏季亚洲大气环流特征

分别对高西风指数年和低西风指数年的 500 hPa 850 hPa 和 100 hPa 的环流特征进行了合成分析。

3.1 500 hPa 高度场

图 6 给出了高低西风指数年夏季 500 hPa 位势高度场距平分布。由图 6a 可以得知, 亚洲夏季西风指数高年, 在菲律宾周围经南海到中印半岛至低纬西太平洋区域有负距平分布, 在江淮流域以北的我国北方与日本有一片正距平区, 最大正距平中心位于朝鲜、韩国、日本海和日本南部, 中高纬度的鄂霍茨克海区域为大的负距平中心, 乌拉尔山东侧也存在一个负距平中心, 鄂霍茨克海为低值区, 没有阻塞高压建立, 在阿拉斯加和阿留申地区是正距平。此外, 在北美的北部与美国的西海岸上空有一片负距平, 在墨西哥与美国南部上空有一片正距平。即从东南亚、朝鲜—日本、北太平洋到北美呈现出明显的 Rossby 波列分布, 该波列基本上以大圆路径从低纬向高纬传播, 这与黄荣辉等^[18]提出的东亚太平洋遥相关分布型 (EAP 型) 非常吻合。分析图 6b 可以得知, 亚洲夏季西风指数低年, 低纬的南亚地区为正距平区, 中纬度地区存在一个中心位于韩国、日本南部

的负距平中心, 中高纬的鄂霍茨克海区域为最大的正距平中心, 鄂霍茨克海为高值区, 鄂霍茨克海阻高强, 乌拉尔山东侧也存在一个大的正距平中心, 阿留申地区有一片负距平。此外, 在北美的北部与美国的西海岸上空有一片正距平, 在墨西哥与美国南部上空有一片负距平, 低西风指数年与高西风指数年的距平分布型基本相反, 为负 EAP 型。

还可以注意到, 高低西风指数年东亚沿海地区的经向分布是完全相反的。西风指数高年, 在东亚沿海地区有一个经向分布的“- + -”距平波列, 而西风指数低年, 东亚沿海地区存在一个经向分布的“+ - +”距平波列。高西风指数年 500 hPa 位势高度场距平分布在中高纬、中纬和低纬地区呈东西向的带状分布, 而低西风指数年, 这种东西向的带状分布并不明显。

同时应用国家气候中心 1958—2000 年逐月西太平洋副热带高压脊线和脊点位置资料, 计算得知 1958—2000 年 6—8 月平均的西太平洋副热带高压西伸脊点位于 121°E, 脊线位于 24.3°N。亚洲夏季西风指数高年, 6—8 月平均西太平洋副高西伸脊点位于 126°E, 副高脊线位于 25.5°N; 低西风指数年, 6—8 月平均西太平洋副高西伸脊点位于 121°E, 脊线位于 22.8°N。因此可以得出, 亚洲夏季西风指数低年, 西伸脊点位置与多年平均值相同, 西太平洋副高脊线位置偏南; 亚洲夏季西风指数高年, 西太平洋副热带高压脊线偏北, 脊点明显偏东。

中高纬西风带与其南侧的副热带高压有着密切

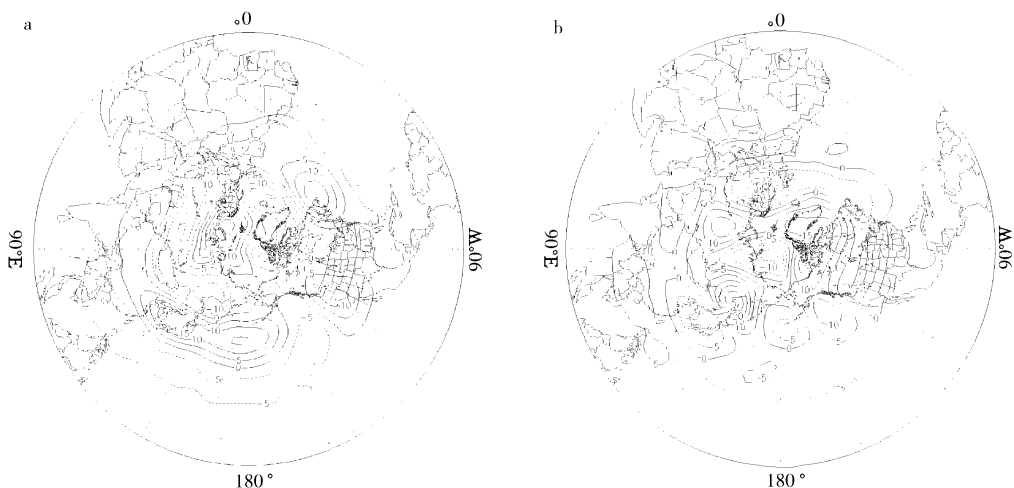


图 6 夏季 500 hPa 位势高度场距平分布

a 高西风指数年; b 低西风指数年

Fig 6 Distributions of geopotential height anomaly at 500 hPa in summer

a high I_{ASW} years; b low I_{ASW} years

而复杂的关系。计算了亚洲夏季西风指数与夏季副高脊线的相关系数,结果发现两者为显著正相关,相关系数达 0.46 超过 99% 的置信水平。

3.2 850 hPa 风场

图 7 为夏季 850 hPa 低西风指数年减去高西风指数年风场差值场。夏季 850 hPa 高低西风指数年差值场上鄂霍茨克海和乌拉尔山为反气旋环流,贝加尔湖西侧有一大槽,日本南部有一气旋,我国南海上空为一反气旋,分析差值场槽脊线可以看出鄂霍茨克海区域存在一差值场脊线,日本南部至中纬度西太平洋有一差值场槽线,我国南海至低纬西太平洋有一差值场脊线。由此可以得知,低指数年,贝加尔湖西侧的槽加深,鄂霍茨克海阻高和乌拉尔山阻高比高西风指数年强,东亚夏季风比高指数年弱,低指数年比高指数年在日本南部多了一个闭合的气旋性环流,表明东亚梅雨锋区环流加强,而在我国南海至低纬西太平洋区域多了一反气旋环流,说明低指数年东亚热带季风环流比高西风指数年弱。

同时需要对夏季 850 hPa 高低西风指数年风场差值场(低减高)进行差异显著性检验。施能等^[19]在合成风场的统计检验和蒙特卡洛检验中提出,由于风场是由 u 、 v 二风速分量组成的二维场,对于合

成风场差异的显著性检验,需要用多(二)维统计检验方法,而不是通常对标量场的 t 检验方法,并提出了如何对这种多维风速分量组成的二维风场进行统计检验。

根据施能等提出的合成风场差异的显著性检验方法对 850 hPa 高低西风指数年合成风场差值进行了统计检验。图 7 中阴影区为合成风场差异显著性检验达 95% 置信水平的区域。由图可以看出风场差异的显著区主要在我国东北、朝鲜、韩国和日本北部地区的低西风指数年偏东风(高西风指数年偏西风)异常区,我国东部地区、东海、日本东南侧西太平洋、华南、日本南部和乌拉尔山地区的低西风指数年西风,高西风指数年东风异常区,以及西太平洋暖池—南海—马来西亚—苏门答腊区域的低西风指数年偏东风(高西风指数年偏西风)异常区,这些区域的 850 hPa 风异常直接与长江流域夏季的涝、旱有关。

相对于高西风指数年,低指数年日本南部和我国东部为一强的气旋控制,我国北部地区受明显的偏北气流控制,西太平洋暖池—南海—马来西亚—苏门答腊区域 850 hPa 上空西风弱,105°E 越赤道气流弱,东亚夏季风偏弱,同时我国南海和西太平洋

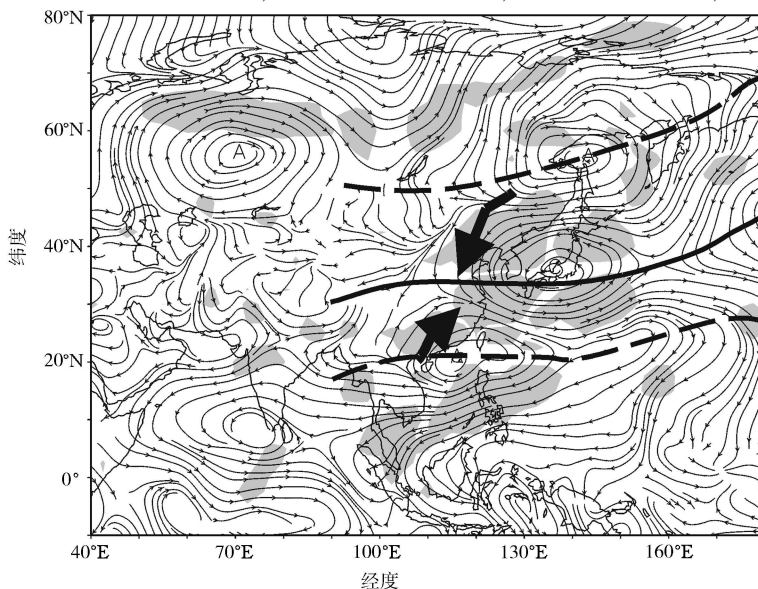


图 7 夏季 850 hPa 高低西风指数年差值场

(低年减高年,阴影区为合成风场差异显著性检验达 95% 置信水平的区域,粗实线为差值场槽线,粗虚线为差值场脊线,粗箭头分别表示偏北气流和偏南气流)

Fig 7 Differences field of winds at 850 hPa in summer between high and low I_{ASW} years (low I_{ASW} minus high I_{ASW} ; areas passing the 0.05 significance level of differences are shaded and thick solid line is the ridgeline of difference field, thick dash line is the trough line and thick arrows respectively indicate the northerly and southerly flow)

皆为反气旋性环流, 低指数年西太平洋副热带高压偏南。日本南部反气旋东侧的明显偏北气流和南海西太平洋气旋东侧的偏南气流在我国长江中下游地区汇合, 使得梅雨锋加强, 雨带在此维持, 从而导致低西风指数年我国江淮流域降水偏多。

3.3 100 hPa 流场

陶诗言等^[20]曾研究夏季亚洲南部 100 hPa 流

型的变化及其与西太平洋副热带高压进退的关系, 并由此提出了副高进退的预报依据。据此分析了东亚夏季高西风指数年和低西风指数年的 100 hPa 流场 (图 8)。

夏季 100 hPa 高低西风指数年差值场上, 青藏高原东西两侧 40°N 各有一个低值中心, 其对应流量风差值场为两个气旋中心, 高纬 55°N 在乌拉尔

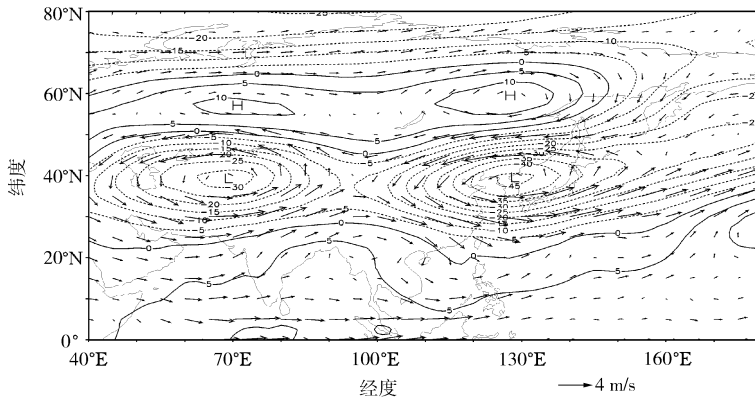


图 8 夏季 100 hPa 高低西风指数年位势高度差值场与矢量风差值场合成分布 (低减高)

Fig 8 Differences field of geopotential heights and vector winds at 100 hPa in summer between high and low I_{ASW} years (low I_{ASW} minus high I_{ASW})

山和鄂霍茨克海西侧上空有两个高值中心, 为反气旋性差值环流, 低纬为正差值区, 整个亚洲对流层上部的位势高度差值场从低纬到高纬呈“+ - +”的经向分布。分析得知, 低西风指数年比高西风指数年在乌拉尔山和鄂霍茨克海西侧对流层上部多了两个高值中心, 而高西风指数年比低西风指数年在高原两侧多了两个反气旋, 表明高西风指数年反气旋偏离高原, 对应西太平洋副热带高压位置偏北, 西太平洋高压脊能控制长江中下游, 出现酷暑且干旱天气, 长江中下游降水少。

3.4 垂直速度场结构

合成垂直运动直接与降水异常相联系, 图 9 是高低西风指数年 105~120°E 的 ω 平均而后相减 (低减高) 的高度—经向剖面。从图中可以清楚地看出高低西风指数年垂直运动的分布特征。在 105~120°E 经向范围内, 低西风指数年相对高西风指数年在 15~25°N 为强下沉运动区, 最大下沉中心主要位于 700 hPa 附近, 在 25~35°N 为上升运动区, 最大上升中心位于 30°N 附近的 750~450 hPa, 而在 35~45°N 也为下沉运动区。因此可以得知, 低西风指数年华南、河套和华北地区的夏季降水比高西风指数年明显偏少, 而江淮流域的夏季降水比高西风指数年偏多。

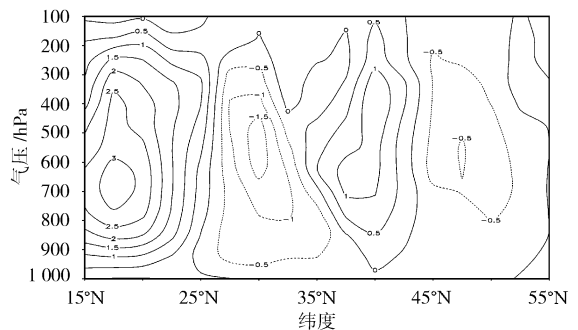


图 9 夏季西风指数年 105~120°E 平均的 ω 高度—经向剖面差值分布 (低年减高年, 单位: 10^{-2} hPa/s)

Fig 9 Height-latitude cross-section of the averaged vertical velocity differences over 105~120°E between high and low I_{ASW} years (low I_{ASW} minus high I_{ASW} , units 10^{-2} hPa/s)

4 亚洲夏季中高纬度西风变化的前兆信号

4.1 亚洲夏季西风与前期位势高度场的关系

分析了亚洲夏季西风指数与前期各月 (上一年 11 月—前期 5 月) 位势高度场的相关关系, 结果发现东亚夏季西风指数与鄂霍茨克海区域 (130~160°E, 50~60°N) 的平均位势高度存在较好的相

关。计算了前期鄂霍茨克海区域的平均位势高度与亚洲夏季西风指数的相关,结果如表 1 所示。

表 1 前期鄂霍茨克海区域的平均位势高度与亚洲夏季西风指数的相关系数

Table 1 Correlation coefficients between I_{ASW} and the averaged 500 hPa geopotential height over the Okhotsk sea in the previous months

| 时间 | 相关系数 | 时间 | 相关系数 |
|----------|---------------------|-----------------|---------------------|
| 上一年 11 月 | -0.23 | 前期 4 月 | -0.38 ²⁾ |
| 上一年 12 月 | -0.22 | 前期 5 月 | -0.30 ²⁾ |
| 前期 1 月 | -0.26 ¹⁾ | 上一年 12 月—前期 2 月 | -0.30 ²⁾ |
| 前期 2 月 | -0.01 | 前期 3 月—前期 5 月 | -0.21 |
| 前期 3 月 | 0.00 | | |

注: 1)表示通过 0.1 的显著性水平检验; 2)表示通过 0.05 的显著性水平检验。

由表 1 可以得知,前冬(上一年 12 月—当年 2 月)以及前期 4 月和 5 月鄂霍茨克海区域的位势高度与亚洲夏季西风指数的相关系数都超过 0.05 的显著性检验。前期 4 月鄂霍茨克海区域的平均位势高度与亚洲夏季西风指数的相关最显著,达 -0.38,

同时还注意到,前期鄂霍茨克海区域的平均位势高度与亚洲夏季西风指数的相关从上一年至前期 5 月皆为负相关。前冬、前期 4 月、5 月鄂霍茨克海区域的平均位势高度偏高时,亚洲夏季西风偏弱,江淮流域降水偏多,华南、河套地区降水偏少。

4.2 热带对流活动对亚洲夏季西风的影响

计算了前期各月 OLR 与亚洲夏季西风指数的相关,结果表明,1、2、3 月的热带对流活动与夏季西风存在着显著的相关区,而 4、5 月的 OLR 与夏季西风的相关显著区不明显。

由图 10 可以看出,1 月西太平洋 OLR、墨西哥沿岸东太平洋的 OLR 与亚洲夏季中高纬西风的强弱为显著负相关,而赤道东太平洋的 OLR 与亚洲夏季中高纬西风的强弱为显著正相关。即 1 月西太平洋和墨西哥西岸东太平洋的 OLR 强,亚洲夏季中高纬西风弱,而 1 月赤道东太平洋的 OLR 强,亚洲夏季中高纬西风强。2 月,西太平洋低纬地区的 OLR 与亚洲夏季西风为显著的正相关,而我国东部沿岸的西太平洋 OLR 则与亚洲夏季西风呈负相关。3

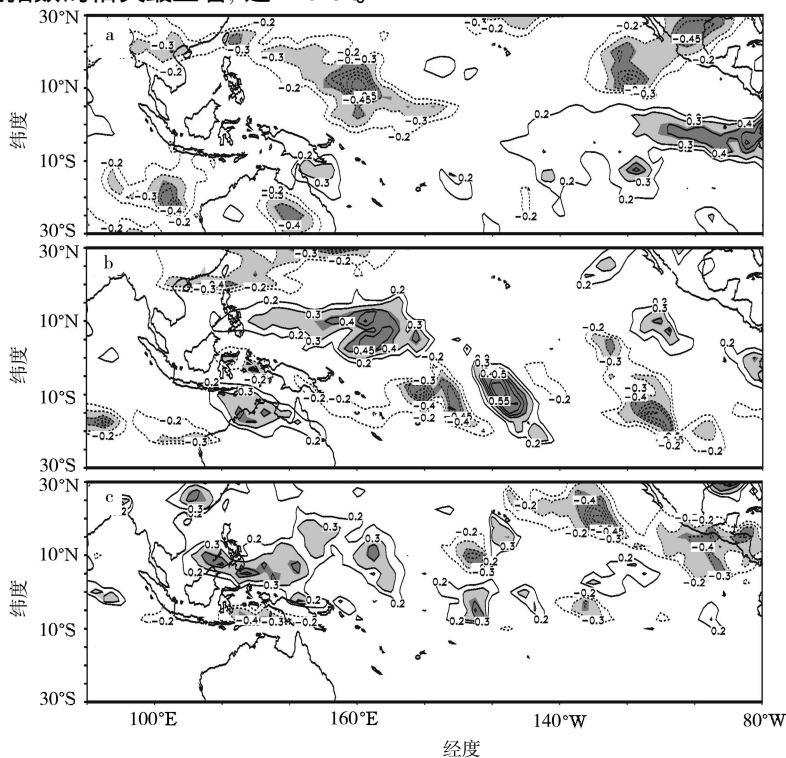


图 10 前期热带 OLR 与亚洲夏季西风指数的相关分布
(浅灰阴影和深灰阴影分别表示通过 0.05 和 0.01 的显著性水平检验)

a 前期 1 月; b 前期 2 月; c 前期 3 月

Fig 10 Correlation coefficients between I_{ASW} and tropical OLR in preceding Months (areas with significance of $\alpha = 0.05$ level are light gray shaded and areas with significance of $\alpha = 0.01$ level are dark gray shaded)

a January; b February; c March

月, 西太平洋暖池和我国南海的 OLR 与亚洲夏季中高纬西风的强弱为明显正相关, 北半球中低纬东太平洋的 OLR 与夏季西风为显著负相关, 即 3 月西太平洋暖池和我国南海的 OLR 强(弱), 亚洲夏季中高纬西风强(弱)。

5 结论

(1) 通过 SVD 分析, 发现亚洲夏季 500 hPa 高度场与我国夏季降水有良好的耦合关系, 用亚洲 $60^{\circ}\sim 150^{\circ}\text{E}$, $40^{\circ}\sim 50^{\circ}\text{N}$ 区域的平均纬向风速定义了亚洲夏季西风指数 (I_{ASW}), 该指数不但天气学意义清楚、计算简单, 而且能很好地反映亚洲夏季中高纬度西风与我国夏季降水的关系。

(2) 亚洲夏季西风指数与长江流域夏季降水的相关高达 -0.51 , 与夏季西太平洋副热带高压脊线的相关达 0.46 。亚洲夏季西风指数高(低)年, 长江流域夏季降水偏少(多), 华南、河套地区降水偏多(少)。

(3) 亚洲夏季西风指数高年, 500 hPa 位势高度场距平分布呈 EAP 型, 100 hPa 流场上南亚高压偏离高原, 西太平洋副高脊线偏北, 脊点明显偏东, 我国长江流域降水少。西风指数低年为负 EAP 型, 西太平洋副热带高压偏南, 850 hPa 矢量风差值场上西太平洋暖池—南海—马来西亚—苏门答腊区域西风弱, 105°E 越赤道气流弱, 东亚夏季风偏弱, 高纬的明显偏北气流和低纬的偏南气流在我国长江中下游地区汇合, 使得梅雨锋加强, 雨带在此维持, 因此低西风指数年我国江淮流域降水偏多。

(4) 亚洲夏季西风异常与前期鄂霍茨克海区域的平均位势高度存在显著负相关, 前期热带对流活动对夏季西风异常也有显著影响, 因此前期鄂霍茨克海区域平均位势高度以及前期 1—3 月西太平洋的热带对流活动可以作为预测夏季西风强弱的前兆信号。

本文从统计学意义上找到了一些能预测夏季中高纬度西风变化的较明显的前兆信号, 但这些信号对夏季中高纬西风变化影响的物理机制尚不清楚, 需要从理论研究、数值模拟、诊断分析等各方面进行进一步的研究和分析。

参考文献:

[1] Rossby C.G. Relation between variations in the intensity of the zonal circulation of the atmosphere and the displacements of the semi-

permanent centers of action [J]. *J. Mar. Res.* 1939(2): 38-55

[2] Nansen J. The index cycle and its role in the general circulation [J]. *J. Atmos. Sci.* 1950, 7(2): 130-139

[3] Nansen J. M. Orly W. A. The February minimum in Hawaiian rainfall as an manifestation of the primary index-cycle of the general circulation [J]. *J. Atmos. Sci.* 1952, 9(3): 180-186

[4] Willett H. C., Sanders F. *Descriptive Meteorology* [M]. New York: Academic Press, 1959: 355

[5] Julian P. R. The index cycle: A cross-spectral analysis of zonal index data [J]. *Mon. Wea. Rev.* 1966, 94(5): 283-293

[6] Kidson J. W. Index Cycle in the Northern Hemisphere during the GLOBE Weather Experiment [J]. *Mon. Wea. Rev.* 1985, 113(4): 607-623

[7] Lorenz E. Seasonal and irregular variations of the northern hemisphere Sea-level pressure profile [J]. *J. Atmos. Sci.* 1951, 8(1): 52-59.

[8] Ting M., Hoerling M. P., Xu T., et al. A Northern Hemisphere teleconnection patterns during extreme phases of the zonal mean circulation [J]. *J. Climate*, 1996, 9(10): 2614-2633

[9] 龚道溢, 王绍武. 北半球冬季纬向平均环流的结构及对我国气候的影响 [J]. *地理科学*, 2001, 21(2): 108-112

[10] 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] // 何金海. 亚洲季风研究的新进展. 北京: 气象出版社, 1996: 82-87

[11] 董敏, 朱文妹, 魏凤英. 欧亚地区 500 百帕上纬向风特征及其与中国天气的关系 [J]. *气象科学* 研究院院刊, 1987, 2(2): 166-173

[12] 董敏, 余建锐, 高守亭. 东亚西风急流变化与热带对流加热关系的研究 [J]. *大气科学*, 1999, 23(1): 62-70.

[13] 朱文妹, 董敏. 东亚副热带西风与长江流域的旱涝关系及其预测信号 [C] // 中国科学院大气物理研究所. 东亚季风和中国暴雨: 庆祝陶诗言院士八十华诞. 北京: 气象出版社, 1998: 284-292

[14] 张庆云, 陶诗言. 夏季西太平洋副热带高压异常时的东亚大气环流特征 [J]. *大气科学*, 2003, 27(3): 369-380

[15] 张庆云, 陶诗言, 陈烈庭. 东亚夏季风指数的年际变化与东亚大气环流 [J]. *气象学报*, 2003, 61(4): 559-568

[16] 张庆云, 陶诗言. 亚洲中高纬度环流对东亚夏季降水的影响 [J]. *气象学报*, 1998, 56(2): 199-211

[17] 孙林海, 何敏. 欧亚环流异常对中国夏季降水的影响及其预测研究 [J]. *气象学报*, 2004, 62(3): 355-364

[18] 黄荣辉, 孙凤英. 热带西太平洋暖池的热状态及其上空的对流活动对东亚夏季气候异常的影响 [J]. *大气科学*, 1994, 18(2): 141-151.

[19] 施能, 顾骏强, 黄先香, 等. 合成风场的统计检验和蒙特卡洛检验 [J]. *大气科学*, 2004, 28(6): 950-956

[20] 陶诗言, 朱福康. 夏季亚洲南部 100mb 流型的变化及其与西太平洋副热带高压进退的关系 [C] // 中国科学院大气物理研究所. 东亚季风和中国暴雨: 庆祝陶诗言院士八十华诞. 北京: 气象出版社, 1998: 57-67