

宣守丽, 张庆云, 孙淑清. 2011. 夏季东亚高空急流月际变化与淮河流域降水异常的关系 [J]. 气候与环境研究, 16 (2): 231-242. Xuan Shouli, Zhang Qingyun, Sun Shuqing. 2011. Relationship between the monthly variation of the East Asia westerly jet and the Huaihe River Valley rainfall anomaly in summer [J]. Climatic and Environmental Research (in Chinese), 16 (2): 231-242.

夏季东亚高空急流月际变化与淮河流域降水异常的关系

宣守丽^{1,2} 张庆云¹ 孙淑清¹

1 中国科学院大气物理研究所大气科学和地球流体力学数值模拟国家重点实验室, 北京 100029

2 中国科学院研究生院, 北京 100049

摘要 利用1979~2008年NCEP/NCAR再分析资料与中国160站降水资料, 探讨夏季逐月东亚高空急流异常与淮河流域降水的关系。研究表明, 夏季淮河流域降水多寡与东亚高空急流月际变化密切相关。6月淮河流域降水偏多(偏少)的环流特征为东亚高空西风急流位置比气候态偏北(偏南), 亚洲中高纬地区呈两脊一槽(两槽一脊)环流型, 影响我国的冷空气偏弱(偏强), 淮河流域受来自南方暖湿(北方冷)气流影响, 降水偏多(偏少); 7~8月淮河流域降水偏多(偏少)的环流特征为东亚高空西风急流位置比同期气候态偏南(偏北), 南亚高压偏东(偏西)以及西太平洋副热带高压位置偏西(偏东)、强度偏强(偏弱)。分析表明, 6月东亚高空西风急流位置、强度变化更多受亚洲中高纬度环流变化影响; 7~8月东亚高空西风急流位置、强度异常更多受热带、副热带环流变化影响。

关键词 淮河流域 降水异常 西风急流 扰动

文章编号 1006-9585(2011)02-0231-12 **中图分类号** P466 **文献标识码** A

Relationship between the Monthly Variation of the East Asia Westerly Jet and the Huaihe River Valley Rainfall Anomaly in Summer

XUAN Shouli^{1,2}, ZHANG Qingyun¹, and SUN Shuqing¹

1 *State Key Laboratory of Numerical Modeling for Atmospheric Sciences and Geophysical Fluid Dynamics, Institute of Atmospheric Physics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100029*

2 *Graduate University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049*

Abstract Relationship between the East Asia Westerly Jet (EAWJ) and the Huaihe River Valley (HRV) summer rainfall was investigated month by month, using the NCEP/NCAR reanalysis data and the monthly rainfall data at 160 stations in China from 1979 to 2008. It was found that the HRV summer rainfall is closely related to the monthly variation of the EAWJ. In the years with more rainfall over the HRV, the EAWJ is located northward than normal and the circulation pattern exhibits two ridges and one trough in mid-high latitudes of Asia in June. The cold air activities are weak and the HRV is controlled by anomalous southerlies, which favors more precipitation there. The situation is almost opposite in the years with less rainfall. In the years with more rainfall over the HRV, the EAWJ moves southward to its climatic location, the South Asia high is located eastward than normal, and the west-

收稿日期 2009-06-07 收到, 2011-01-18 收到修定稿

资助项目 公益性行业(气象)科研专项项目 GYHY200906014-03, 国家自然科学基金面上项目 40975022, 国家重点基础研究发展规划项目 2009CB421401, 国家科技支撑计划 2007BAC29B03

作者简介 宣守丽, 女, 博士研究生, 主要从事气候动力学研究。E-mail: xuanshouli@mail.iap.ac.cn

ern Pacific subtropical high is stronger and is located westward than normal, resulting in more precipitation in the HRV during July and August, and vice versa. The analyses indicate that in June, the change in the intensity and location of the EAWJ is more influenced by the mid-high latitude circulations of Asia. However, in July and August, the intensity and location of the EAWJ is more affected by the variation of the tropical and subtropical circulations.

Key words Huaihe River valley, rainfall anomaly, westerly jet, perturbation

1 引言

淮河流域位于东亚中纬度地区,是我国旱涝频发地区之一,频发的旱涝灾害给当地的工农业生产、人民生活等带来严重影响,淮河流域降水异常的成因机理一直受到气象工作者的高度关注。20世纪30年代,竺可桢(1934)就论述了季风对1931年江淮涝灾的影响。陶诗言等(1988)指出,东亚夏季风的异常,导致东亚季风环流系统位置偏北(偏南),影响江淮流域出梅、入梅时间及梅雨持续天数,进而造成江淮流域干旱或洪涝。Nitta(1987)、黄荣辉和李维京(1988)以及黄荣辉和孙凤英(1994)指出,东亚大气环流遥相关(PJ波列或EAP遥相关型)的异常对夏季江淮流域降水有重要影响。孙淑清和孙柏民(1995)则从江淮流域旱涝年前冬东亚冬季风异常的角度分析了江淮旱涝的原因,指出旱年前冬冬季风偏强,涝年偏弱。Huang and Wu(1989)、刘永强和丁一汇(1992)、Webster and Yang(1992)、陈兴芳和宋文玲(2000)、陈烈庭(2001)、Wu and Wang(2002)、Qian et al.(2003)分别从海表温度、积雪等外强迫因子异常对江淮旱涝的影响进行深入研究。

进入21世纪以来的2003、2005和2007年夏季淮河流域都出现了异常降水引发的洪涝灾害事件,孙建华等(2004)、周玉淑等(2005)、巩远发等(2007)、钱永甫等(2007)、卫捷等(2007)、徐广阔等(2007)、赵琳娜等(2007)、赵思雄等(2007)分别通过数值模拟、动力—统计或物理量诊断等方法从天气学与中尺度角度研究了淮河流域暴雨的多时间尺度的环流演变特征,取得了一系列有应用价值的结果。

亚洲地区气候的季节变化与6月及10月大气环流的突变紧密联系,而这种突变的重要表现之一是副热带西风急流的北跃或南移(叶笃正等,

1958)。陶诗言等(1958)的研究表明,东亚梅雨的开始和结束与6月和7月亚洲上空南支急流的两次北跳过程密切相关。李崇银等(2004)指出,东亚高空西风急流冬季向夏季的转变过程中一般存在两次向北突跳现象,分别可视为南海夏季风爆发和江淮梅雨开始的先期信号。可见东亚高空西风急流位置的南北移动对我国降水有十分重要的影响。在年际时间尺度上,吴伟杰等(2006)指出,在气候平均意义和年际变化上夏季东亚高空急流和天气尺度波动之间有着密切的联系。Liang and Wang(1998)认为,急流偏南将使得6~8月江南降水偏多,而急流偏北将使华北地区夏季降水偏多。Lu(2004)和Lin and Lu(2005)分析指出,夏季急流位置异常偏南,长江中下游及江南、华南降水偏多,东亚夏季风偏弱,反之,东亚夏季风偏强。此外,廖清海等(2004)、况雪源和张耀存(2006)等也指出,东亚副热带西风急流位置、强度变化在年际时间尺度上与我国夏季降水密切相关。杨莲梅和张庆云(2007,2008)进一步分析了夏季东亚西风急流Rossby波扰动动能变化与东亚西风急流位置、强度及中国夏季降水关系,指出夏季东亚西风急流Rossby波扰动动能加强(减弱),东亚西风急流位置偏南(北),强度偏强(弱),中国东部降水中间多、南北少(中间少、南北多)。由于东亚高空西风急流对东亚气候的显著影响,许多学者对其形成和变化机理进行了大量研究(董敏等,1999;况雪源和张耀存,2007)。

综上所述,东亚高空西风急流是影响我国夏季降水的重要环流系统之一,高空西风急流的位置、强度及急流上的扰动动能异常变化等对我国东部降水异常有重要影响。迄今为止,相关的研究基本都是针对夏季平均情况。Zhang et al.(2006)分析指出,夏季6~8月气候平均态的东亚高空急流位置存在显著的月际变化。实际上,我国东部夏季降水也存在显著的月际变化,但东

亚高空急流月际变化的东亚大气环流特征及其与月降水变化关系的研究并不多。

2 资料

本文所用 1979~2008 年 NCAR/NCEP 再分析月平均 500 hPa 位势高度场、850 hPa 和 200 hPa 风场及逐日 200 hPa 纬向风场的分辨率为 2.5° (纬度) $\times 2.5^\circ$ (经度); 中国 160 站月降水量观测资料由国家气候中心提供; 淮河流域降水的代表站信阳、阜阳、蚌埠、清江、东台、徐州、新浦 (站点位置见图 1) 参见王慧和王谦谦 (2002) 的研究结果。

3 夏季东亚高空急流月际变化和指数定义

夏季东亚高空急流中心位置在南北、东西方向均存在显著的月际变化 (Zhang et al., 2006)。6 月亚洲地区有两个风速极大值中心 (最大风速达 $30 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 以上), 一个位于 $40^\circ\text{E} \sim 60^\circ\text{E}$ 西亚地区, 另一个位于 $80^\circ\text{E} \sim 160^\circ\text{E}$ 东亚-太平洋地区, 6 月东亚高空急流轴 (最大风速达 $30 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 以上中心纬度, 下同) 位于 37.5°N (图 2a); 7 月急流轴北移到 40°N , 2 个急流中心分别位于 $40^\circ\text{E} \sim 60^\circ\text{E}$ 和 $80^\circ\text{E} \sim 100^\circ\text{E}$ 附近 (图 2b); 8 月急流轴北移至 42.5°N 附近, 2 个急流中心分别位于 $40^\circ\text{E} \sim$

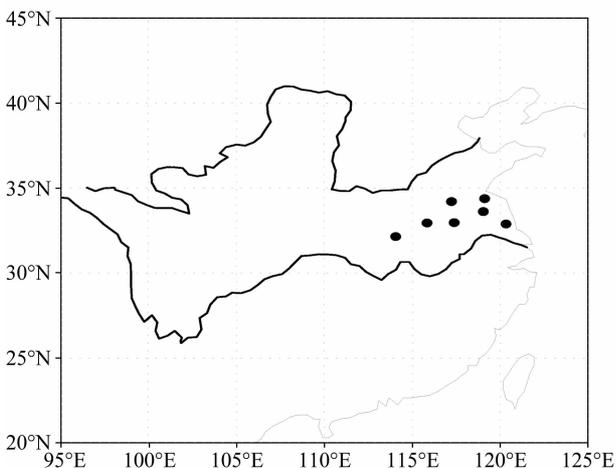


图 1 淮河流域代表站位置分布

Fig. 1 Distribution of the representative stations of the Huaihe River valley

60°E 和 $80^\circ\text{E} \sim 100^\circ\text{E}$ 附近 (图 2c); 气候态的夏季 (6~8 月) 平均的 200 hPa 纬向风场只有一个中心, 位于 $80^\circ\text{E} \sim 100^\circ\text{E}$ 附近 (图 2d)。本文重点探讨位于东亚-太平洋地区的急流中心的月际变化特征。

根据图 2a-c 所示的东亚高空急流中心位置的月际变化, 把 $90^\circ\text{E} \sim 150^\circ\text{E}$ 定义为东亚高空西风急流活动的经度范围。根据 6 月、7 月和 8 月东亚高空西风急流轴平均位于 37.5°N 、 40°N 和 42.5°N 的特征, 把 6 月、7 月、8 月东亚高空急流轴南、北各 5 个纬度的 $90^\circ\text{E} \sim 150^\circ\text{E}$ 经度范围平均的 200 hPa 纬向风之差 (南减北) 定义为各月东亚高空急流位置指数, 急流位置指数为正 (负) 代表急流位置偏南 (偏北)。

根据上述定义计算了 1979~2008 年 6 月、7 月和 8 月东亚高空急流位置的年际变化, 根据

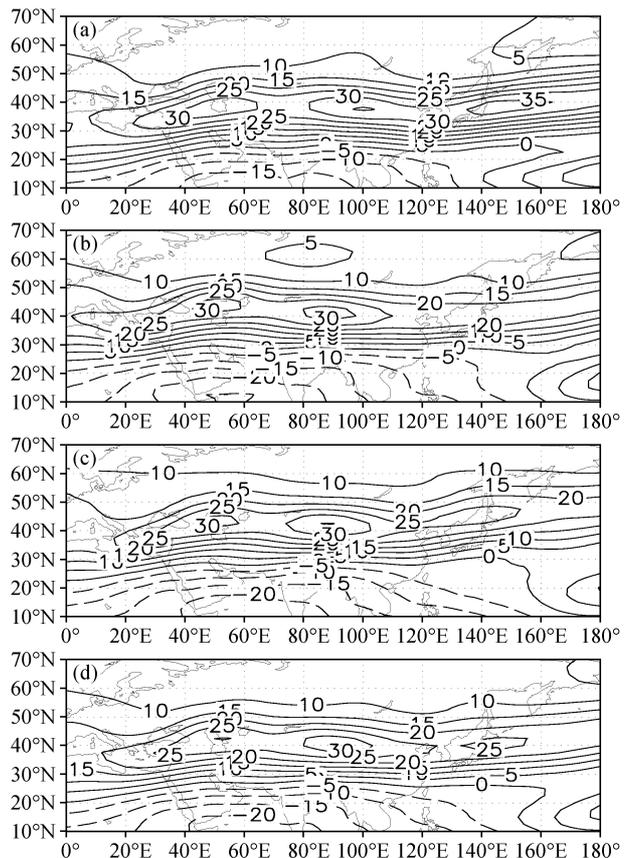


图 2 1979~2008 年平均的 (a) 6 月、(b) 7 月、(c) 8 月和 (d) 夏季平均 200 hPa 纬向风的气候平均分布 (单位: $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$)

Fig. 2 Climatic mean distributions of the 200-hPa zonal wind for (a) Jun, (b) Jul, (c) Aug, and (d) summer mean (units: $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$) from 1979 to 2008

1979~2008年6月、7月和8月东亚高空急流位置指数标准化值(图3 a-c)的月际、年际变化特征,把6月绝对值大于1.0、7月和8月绝对值大于0.8作为急流位置正、负异常年。6月急流位置异常偏南年:1982、1983、1992、1995、2003年;偏北年:1981、1984、1987、1989、1991、1996、1999年。7月急流异常偏南年:1979、1980、1982、1983、1993、2003、2007年;偏北年:1981、1984、1994、1997、2000、2001年。8月急流异常偏南年:1980、1987、1993、1998、2001年;偏北年:1979、1984、1994、1996、

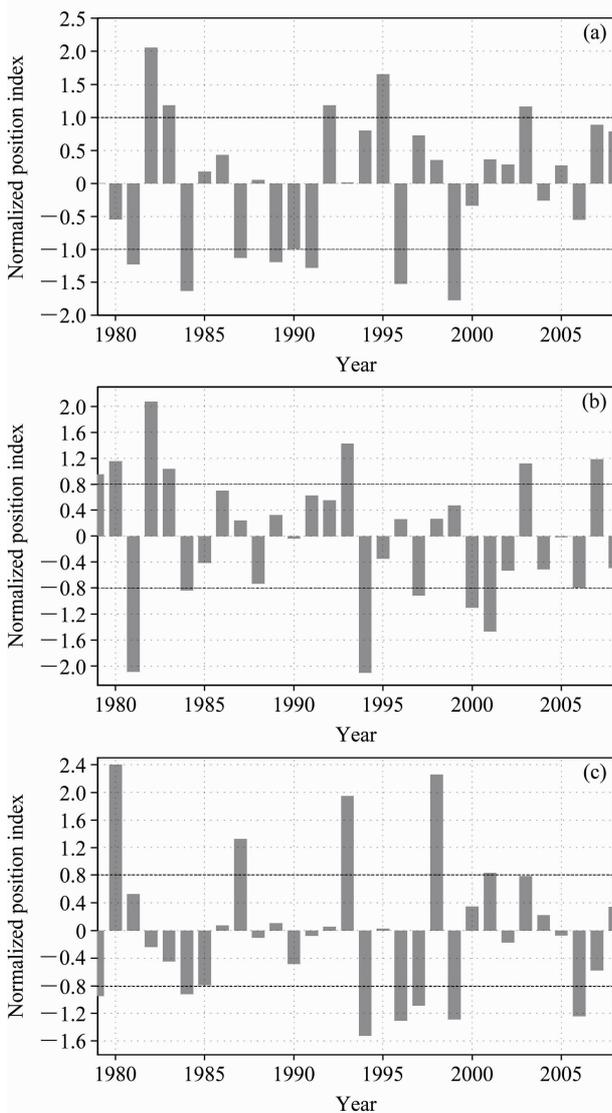


图3 1979~2008年(a)6月、(b)7月、(c)8月东亚高空急流位置指数年际变化的标准化值

Fig. 3 Normalized time series of the East Asia westerly jet position index in (a) Jun, (b) Jul, and (c) Aug from 1979 to 2008

1997、1999、2006年。由图3清楚可见,6月、7月和8月东亚高空急流位置指数不仅有显著的月际变化还有显著的年际变化特征。

4 夏季东亚高空急流月际变化与淮河流域降水关系

夏季我国东部雨带具有明显向北推进的特征,陶诗言等(1958)和李崇银等(2004)指出,夏季雨带的北移与东亚高空急流的北跳密切相关。雨带通常位于高空急流南侧与西太平洋副热带高压西北侧的区域。夏季6~8月东亚高空急流位置逐渐北移,高空急流月际位置的异常对雨带位置有直接影响。东亚高空急流位置指数与同期淮河流域降水的相关分析(见表1)结果表明,6月急流位置指数与淮河降水为负相关关系,相关系数为-0.4,置信度达97%,但7月和8月急流位置指数与同期淮河降水呈显著正相关,相关系数分别达0.47和0.53,都通过99%信度检验。为了进一步了解夏季各月淮河流域降水异常时东亚高空急流的异常特征,图4给出了1979~2008年夏季6、7、8月淮河流域降水与200 hPa纬向风的相关,6月相关场表明东亚高空西风急流平均位置(37.5°N)北侧出现显著正相关、南侧为负相关(图4a),表明急流轴北侧西风加强、南侧西风减弱,急流位置较常年偏北,有利淮河降水偏多。而7月(图4b),急流轴(40°N)附近及其南侧30°N~40°N为大范围的显著正相关区,最高相关达0.6,显著相关区位于110°E~160°E附近。这表明当7月淮河流域降水偏多时,急流位置异常偏南。与7月相似,8月(图4c)淮河流域降水偏多时东亚高空急流位置偏南,急流轴(42.5°N)

表1 1979~2008年夏季各月东亚高空急流位置指数与同期淮河流域降水的相关

Table 1 Correlation between the East Asia westerly jet position index and the Huaihe River valley rainfall in Jun, Jul, and Aug from 1979 to 2008

月份	相关系数	置信度
6月	-0.40	97.2%
7月	0.47	99.2%
8月	0.53	99.7%

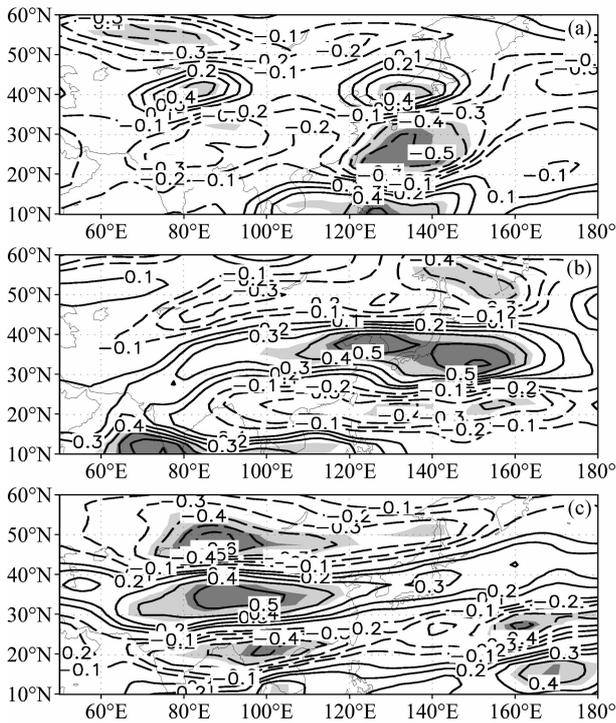


图4 1979~2008年(a)6月、(b)7月、(c)8月淮河流域降水与200 hPa纬向风的相关。浅色和深色阴影分别表示通过95%和99%信度检验

Fig. 4 Correlation of the Huaihe River valley rainfall with the 200-hPa zonal wind in (a) Jun, (b) Jul, and (c) Aug from 1979 to 2008. Light and dark shadings are above 95% and 99% confidence levels, respectively

南侧为显著正相关区而北侧呈显著负相关, 相关系数分别达0.5和-0.6, 但相关最显著地区位于东亚大陆70°E~120°E附近。

以上分析可见, 东亚高空急流对淮河流域降水的作用在夏季各月有显著的差异, 这也表明了中高纬度冷空气的作用在夏季各月不同, 以下各节将重点讨论。

5 夏季逐月东亚高空急流位置异常年大气环流特征

本节重点分析夏季6月、7月和8月东亚高空急流位置异常偏南、偏北年对流层高、中、低层东亚大气环流异常特征。各月急流位置异常年选取见第3节。

5.1 6月大气环流异常特征

6月急流位置偏南年, 亚洲中高纬度风场出

现气旋—反气旋—气旋性距平分布, 气旋性的距平风场分别出现在乌拉尔山和鄂霍次克海附近; 东亚沿海中纬度(韩国和日本海南部为中心)呈现为一个气旋性距平风场(图5a), 说明东亚高空急流轴(37.5°N)的南侧西风加强、北侧西风减弱; 6月急流位置偏北年, 亚洲中高纬度风场出现反气旋—气旋—反气旋性距平风场分布, 反气旋性的距平风场分别出现在乌拉尔山和鄂霍次克海附近; 东亚沿海中纬度出现一个反气旋性距平环流(图5b), 表明急流轴北侧西风加强、南侧西风偏弱; 从图5a和5b还可见, 东亚高空急流位置异常偏南或偏北年, 南亚高压位置、强度与常年接近。从图5c和5d可见, 500 hPa位势高度场上显著的异常特征出现在亚洲中高纬度地区; 6月急流位置偏南年, 亚洲中高纬度为两槽一脊环流型, 负位势高度距平分别出现在乌拉尔山和鄂霍次克海附近; 东亚沿海中纬度地区的负位势高度距平达-1.2个标准差, 中心位于日本南部(图5c), 这与200 hPa上空东亚沿海中纬度地区出现气旋性距平环流一致; 6月急流位置偏北年, 亚洲中高纬度为两脊一槽环流型, 正距平中心出现在乌拉尔山和鄂霍次克海附近; 东亚沿海中纬度地区为正距平区(图5d), 这与200 hPa上空东亚沿海中纬度地区出现反气旋性距平环流一致。从图5c和5d还可见, 6月急流位置异常偏南或偏北年, 西太平洋副热带高压位置接近常年。6月急流位置异常偏南年, 来自中高纬度的偏北气流由鄂霍次克海附近经日本、韩国到达我国长江以南地区, 淮河流域受东北风距平带来的冷空气控制(图5e), 不利于淮河流域降水。在急流位置偏北年, 来自孟加拉湾和西太平洋的暖湿气流控制我国南方地区, 西南风距平一直到达淮河流域(图5f), 有利于该地区产生降水。事实上, 从6月气候平均降水带分布来看, 长江流域这时正进入梅雨季节, 但如果冷空气强度过强, 西风带位置南压, 就会使雨带偏南, 而淮河流域降水相对较少。从低层850 hPa风场的对比中也可以看出, 在急流偏南年(图5e), 南方地区风场的异常辐合带压在20°N附近, 向东延伸到日本岛的南部, 有点接近华南前汛期的形势。而在急流偏北年(图5f), 与雨带相连的辐合带位置偏北, 有明显的异常西南风影响我国长江以北地区, 这种差别自然会影

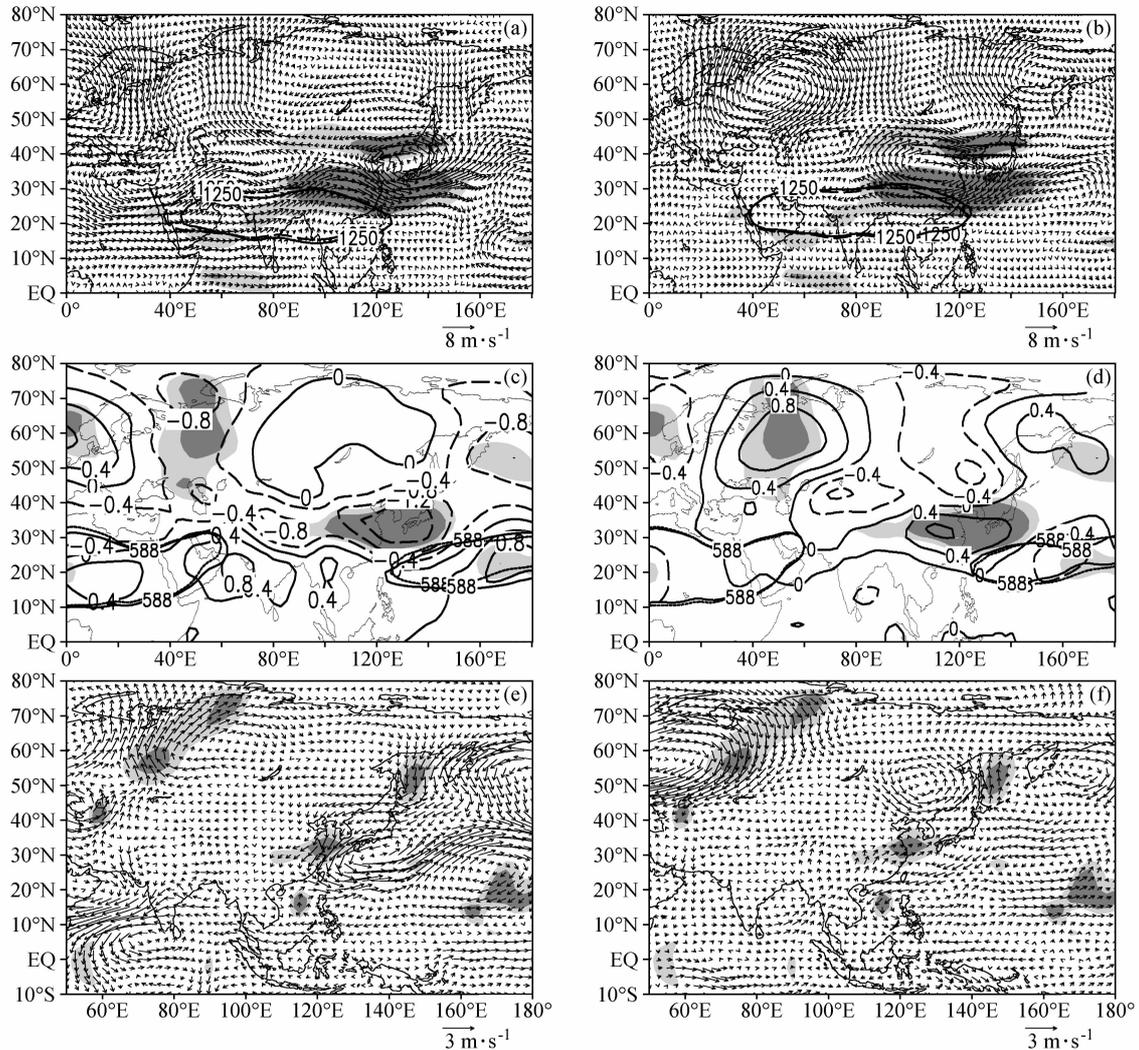


图5 6月东亚高空急流 (a、c、e) 偏南年和 (b、d、f) 偏北年 (a、b) 200 hPa 风场、(c、d) 500 hPa 标准化位势高度场、(e、f) 850 hPa 风场距平合成。粗虚线 (多年平均) 和粗实线 (急流位置异常年) 代表 (a、b) 1250 和 (c、d) 588 dagpm 线, 浅色和深色阴影分别表示在急流偏南、偏北年的 (a) 纬向风、(b) 位势高度和 (c) 经向风差异 (偏南年减偏北年) 通过 95% 和 99% 信度检验

Fig. 5 Composition of the (a, b) 200-hPa wind, (c, d) normalized 500-hPa geopotential height, and (e, f) 850-hPa wind anomaly in anomalous (a, c, e) southward and (b, d, f) northward years of the East Asia westerly jet in Jun. The thick dashed lines (climatic mean) and thick solid lines (anomalous EAWJP years) indicate the contour of the (a, b) 1250 and (c, d) 588 dagpm, respectively; light and dark shaded areas indicate the differences of (a) zonal wind, (b) geopotential hight, and (c) meridional wind are above 95% and 99% confidence levels, respectively

雨带位置的变化。

综上所述清楚可见, 6月东亚高空急流位置异常年, 200 hPa 南亚高压以及 500 hPa 西太平洋副热带高压位置接近气候态, 而亚洲中高纬度环流表现出显著的不同。急流位置异常偏南 (北) 年, 亚洲中高纬度为两槽一脊 (两脊一槽) 环流型, 对应冷空气强度偏强 (弱), 淮河流域降水偏少 (多)。这说明 6 月淮河流域降水异常, 中高纬度冷空气活动起了主要作用。

5.2 7月大气环流异常特征

7月的情况有很大的不同。7月急流位置偏南年, 东亚地区 200 hPa 纬向风从低纬到中高纬度地区均表现出明显的异常。东亚沿海中纬度 (日本海为中心) 出现气旋性距平风场 (图 6a), 说明东亚高空急流轴 (40°N) 的南侧 (30°N~40°N) 西风加强、北侧 (45°N~50°N) 西风减弱; 低纬度地区 (20°N 附近) 热带东风异常偏强, 我国南方地区及东部洋面上空为异常的反气旋性距平环

环流呈现出显著不同。7月急流位置异常偏南(北)年, 南亚高压位置偏东(西)、西太平洋副热带高压异常偏西(东), 淮河流域降水偏多(少)。

5.3 8月大气环流异常特征

与7月相似, 8月急流位置偏南年, 高层200 hPa(图7a) 南亚高压范围偏大, 东缘位置较常年偏东。而急流偏北年(图7b), 南亚高压强度偏弱, 高压东缘较常年位置偏西。中层500 hPa, 急流偏南年(图7c) 西太平洋副热带高压较常年位置偏西, 强度偏强。东亚地区从低纬至高纬位势高度距平呈正一负一正的波列分布, 距平中心分别位于我国华南—台湾岛附近、山东半岛—渤海湾附近以及贝加尔湖以北地区。而急流偏北年(图7d) 副热带高压强度偏弱, 东亚地区从低纬至

高纬位势高度距平呈负—正—负的波列分布。受这种高、中、低纬环流异常的影响, 低层850 hPa, 8月急流位置偏南年(图7e), 我国南方地区为异常西南风控制, 来自中高纬度鄂霍次克海附近的冷空气经由日本北部到达我国淮河流域, 与来自热带地区的异常西南气流在淮河流域附近汇合, 造成该地区降水偏多。8月急流偏北年(图7f), 我国南方地区为异常的偏东风距平, 来自中高纬度的冷空气偏弱, 淮河流域为气流辐散区, 不利于降水。

以上各月分析表明, 东亚高空急流位置异常年, 夏季不同月份亚洲大气环流异常呈现出显著不同。6月东亚高空急流位置变化主要和中高纬度环流异常有关。急流位置异常偏南(北)年, 亚洲中

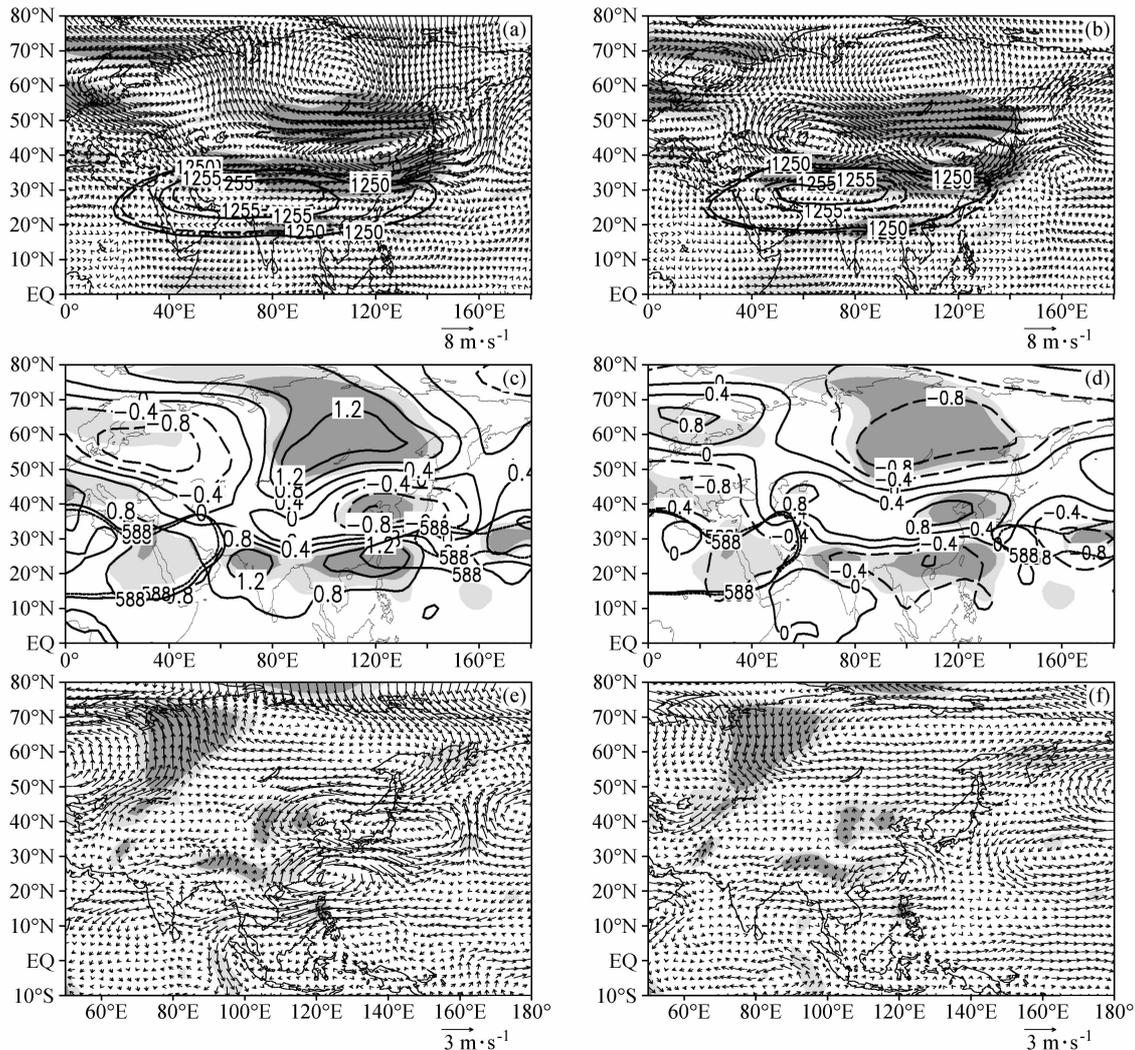


图7 同图5, 但为8月

Fig. 7 Same as Fig. 5, but for Aug

高纬度为两槽一脊(两脊一槽)环流型,影响我国的冷空气强度偏强(弱),淮河流域降水偏少(多)。而7~8月高空急流位置的变化可能更多地受热带、副热带环流异常的影响。急流位置异常偏南(北)年,南亚高压位置偏东(西)、西太平洋副热带高压偏西(东),淮河流域降水偏多(少)。

6 夏季逐月东亚高空急流扰动异常与淮河流域降水的关系

以上各月的分析比较可以看出,中高纬度冷空气活动对6月淮河流域降水的强弱有主要作用,而7、8月淮河降水则更多受热带、副热带环流异常的影响。为了进一步说明这个特点,我们分析了各月东亚高空急流扰动异常对淮河流域降水的影响。根据夏季6~8月淮河流域降水的年际变化特征(图略),把6月淮河流域降水标准差绝对值大于0.8、7月绝对值大于1.0和8月绝对值大于0.9作为淮河流域降水异常偏多、偏少年。6月降水偏多年:1980、1991、1996、2000、2003年;偏少年:1982、1985、1988、1992、1997年。7月降水偏多年:1982、1983、1991、2003、2005、2007年;偏少年:1981、1989、1993、1994、1999年。8月降水偏多年:1993、1995、1998、2003、2005、2008年;偏少年:1985、1986、1988、1996、1999年。

6月淮河流域降水偏多年(图8a),东亚东部上空(90°E~150°E)急流轴(37.5°N)附近西风异常存在几次向南传播的过程,说明高空急流南北向的扰动较强,中高纬度冷空气活动十分频繁,有利于淮河流域降水。6月淮河流域降水偏少年(图8b),东亚高空急流南北向的扰动现象并不明显,急流轴南侧西风呈持续正异常,东亚高空急流稳定少动,表明中高纬度冷空气活动偏弱,不利于淮河流域降水。与6月不同,7~8月淮河流域降水异常偏多、偏少年,东亚高空急流在南北方向均表现为稳定少动。7月淮河流域降水偏多年(图8c),急流轴(40°N)南侧(30°N~40°N)西风持续偏强,而北侧西风持续偏弱,对应东亚高空急流位置异常偏南。相反,7月淮河流域降水偏少年(图8d),30°N~45°N范围内纬向风呈持续负异常,而45°N以北为持续正异常,表明7

月淮河少雨年东亚高空急流位置持续偏北,强度偏弱,这与前文的研究结果也是一致的。8月与7月相似,淮河流域降水异常年东亚高空急流在南北方向稳定少动,在降水偏多年(图8e),急流表现为持续偏南;而降水偏少年(图8f)急流位置持续偏北。这表明,7月和8月淮河流域降水异常年东亚高空急流月内尺度的扰动偏弱,降水异常受中高纬度冷空气活动的影响较弱。

以上分析可见,夏季不同月份淮河流域降水异常年东亚高空急流扰动异常特征存在很大差异。6月淮河流域降水偏多年,东亚高空急流南北向扰动偏强,北方冷空气活跃。反之,淮河降水偏少年,东亚高空急流扰动偏弱。这说明6月淮河流域降水异常主要受中高纬度冷空气活动的影响。7~8月,淮河流域降水异常偏多、偏少年东亚高空急流在南北方向均稳定少动,表现为在降水偏多(少)年急流持续偏南(北)。这表明7~8月淮河流域降水异常受中高纬度冷空气活动的影响相对偏弱。

7 总结与讨论

本文重点分析了夏季各月东亚高空急流异常与淮河流域降水的关系。分析表明,夏季各月东亚高空急流异常与淮河流域降水的关系存在显著差异:6月淮河流域降水偏多时,东亚高空急流位置异常偏北;而7~8月淮河流域降水偏多时急流位置异常偏南。夏季不同月份,东亚高空急流位置异常时亚洲地区高、中、低层大气环流也表现出不同特征:6月急流位置异常年,南亚高压以及西太平洋副热带高压位置、强度都接近气候态,而亚洲中高纬度环流呈现显著不同。急流位置偏南年,亚洲中高纬地区呈两槽一脊环流型,来自中高纬度的偏北气流由鄂霍次克海附近经日本、韩国到达我国长江以南地区,淮河流域受东北风距平带来的冷空气控制,降水偏少。急流位置偏北年,亚洲中高纬地区呈两脊一槽环流型,影响我国的冷空气偏弱,淮河流域受来自孟加拉湾和西太平洋的暖湿气流影响,降水偏多。与6月不同,7~8月东亚高空急流位置异常与亚洲热带、副热带环流的关系更为密切。当急流位置异常偏南(北)时,南亚高压位置偏东(西),西太

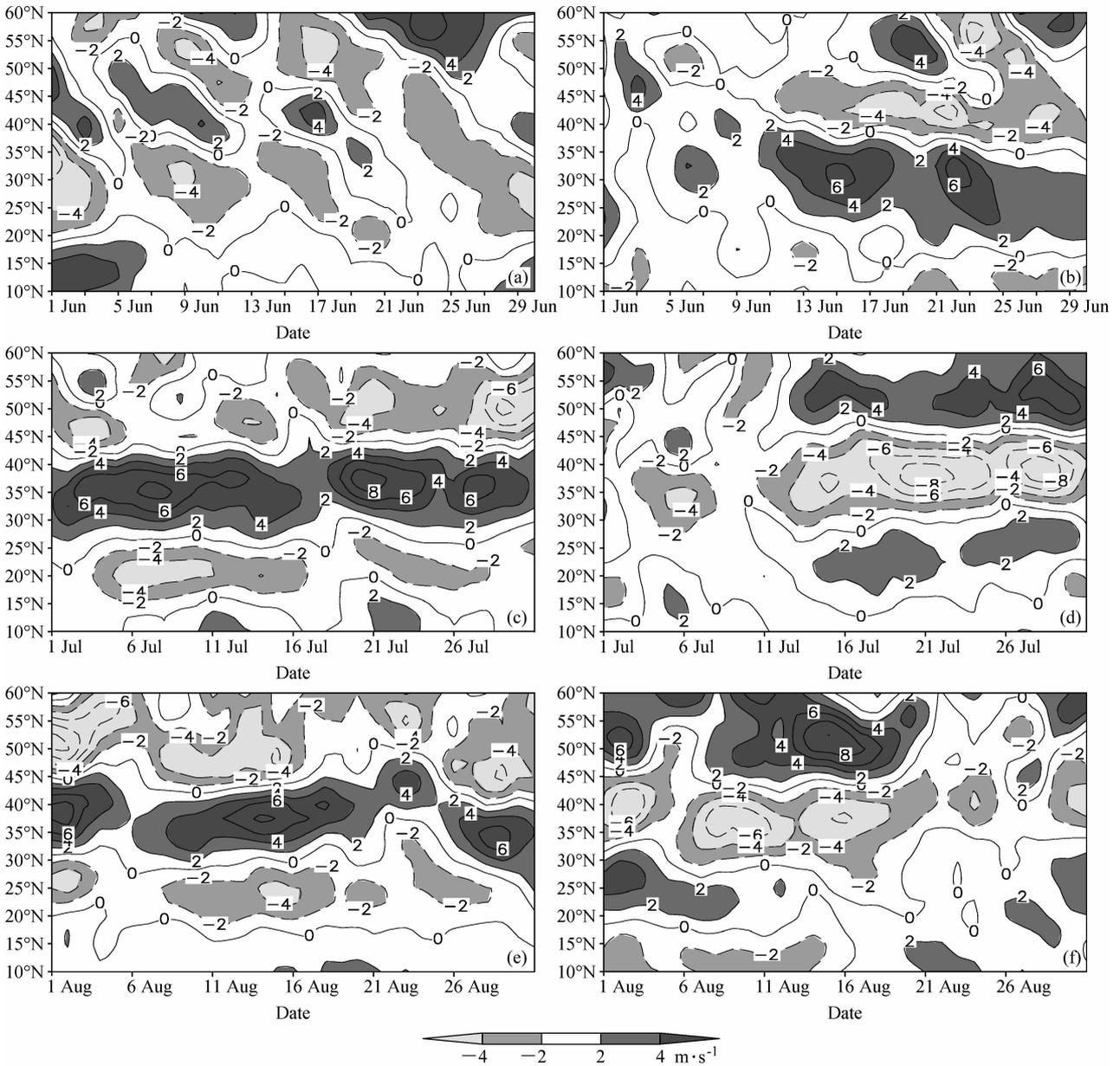


图8 (a、b) 6月、(c、d) 7月、(e、f) 8月淮河流域降水 (a、c、e) 偏多年和 (b、d、f) 偏少年 90°E~150°E 平均的 200 hPa 纬向风距平逐日变化

Fig. 8 Variations of the 200-hPa zonal wind anomaly averaged over 90°E-150°E in (a, b) Jun, (c, d) Jul, and (e, f) Aug during (a, c, e) wet and (b, d, f) dry years of the Huaihe River valley

平洋副热带高压位置偏西 (东), 强度偏强 (弱), 淮河流域降水偏多 (少)。文章还分析了夏季各月淮河流域降水异常年东亚高空急流扰动异常特征。分析表明, 6月淮河流域降水偏多年东亚高空急流南北向的扰动十分明显, 中高纬度冷空气活动频繁, 对淮河流域降水有十分重要的影响; 而降水偏少年, 急流位置持续偏南, 纬向风异常自北向南的传播现象并不明显。7~8月, 淮河流域降

水异常偏多、偏少年东亚高空急流在南北方向均稳定少动, 在降水偏多 (少) 年东亚高空急流表现为持续偏南 (北), 这表明 7~8月淮河流域降水异常受中高纬度冷空气活动的影响较弱。综上所述, 夏季各月东亚高空急流位置、强度以及急流扰动的异常与我国淮河流域降水异常密切相关。关于东亚高空急流异常活动的成因机理, 将在以后的工作中进一步研究。

参考文献 (References)

- 陈烈庭. 2001. 青藏高原异常雪盖和 ENSO 在 1998 年长江流域洪涝中的作用 [J]. 大气科学, 25 (2): 184-192. Chen Lieting. 2001. The role of the anomalous snow cover over the Qinghai-Xizang Plateau and ENSO in the great floods of 1998 in the Changjiang River valley [J]. Chinese Journal of Atmospheric Sciences (in Chinese), 25 (2): 184-192.
- 陈兴芳, 宋文玲. 2000. 冬季高原积雪和欧亚积雪对我国夏季旱涝不同影响关系的环流特征分析 [J]. 大气科学, 24 (5): 585-592. Chen Xingfang, Song Wenling. 2000. Circulation analysis of different influence of snow cover over the Tibetan Plateau and Eurasia in winter on summertime droughts and floods of China [J]. Chinese Journal of Atmospheric Sciences (in Chinese), 24 (5): 585-592.
- 董敏, 余建锐, 高守亭. 1999. 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, 23 (1): 62-70. Dong Min, Yu Jianrui, Gao Shouting. 1999. A study on the variations of the westerly jet over East Asia and its relation with the tropical convective heating [J]. Chinese Journal of Atmospheric Sciences (in Chinese), 23 (1): 62-70.
- 巩远发, 段廷扬, 张茜. 2007. 夏季亚洲大气热源汇的变化特征及其与江淮流域旱涝的关系 [J]. 大气科学, 31 (1): 89-98. Gong Yuanfa, Duan Tingyang, Zhang Han. 2007. Characteristics of the atmospheric heating source/sink over Asia and its relationship with drought/flood in the Yangtze River-Huaihe River valley [J]. Chinese Journal of Atmospheric Sciences (in Chinese), 31 (1): 89-98.
- 黄荣辉, 李维京. 1988. 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其物理机制 [J]. 大气科学, 12 (特刊): 107-116. Huang Ronghui, Li Weijing. 1988. Influence of heat source anomaly over the western tropical Pacific on the subtropical high over East Asia and its physical mechanism [J]. Chinese Journal of Atmospheric Sciences (in Chinese), 12 (Special Issue): 107-116.
- 黄荣辉, 孙凤英. 1994. 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, 18 (2): 141-151. Huang Ronghui, Sun Fengying. 1994. Impacts of the thermal state and the convective activities in the tropical western warm pool on the summer climate anomalies in East Asia [J]. Chinese Journal of Atmospheric Sciences (in Chinese), 18 (2): 141-151.
- Huang R H, Wu Y F. 1989. The influence of ENSO on the summer climate change in China and its mechanism [J]. Adv. Atmos. Sci., 6 (1): 21-32.
- 况雪源, 张耀存. 2006. 东亚副热带西风急流位置异常对长江中下游夏季降水的影响 [J]. 高原气象, 25 (3): 382-389. Kuang Xueyuan, Zhang Yaocun. 2006. Impact of the position abnormalities of East Asian subtropical westerly jet on summer precipitation in middle-lower reaches of Yangtze River [J]. Plateau Meteorology (in Chinese), 25 (3): 382-389.
- 况雪源, 张耀存. 2007. 东亚副热带西风急流与地表加热场的耦合变化特征 [J]. 大气科学, 31 (1): 77-88. Kuang Xueyuan, Zhang Yaocun. 2007. The characteristics of the coupling variation between the subtropical westerly jet and the surface heating fields over East Asia [J]. Chinese Journal of Atmospheric Sciences (in Chinese), 31 (1): 77-88.
- 李崇银, 王作台, 林士哲, 等. 2004. 东亚夏季风活动与东亚高空西风急流位置北跳关系的研究 [J]. 大气科学, 28 (5): 641-658. Li Chongyin, Wang Joughtai, Lin Shizhe, et al. 2004. The relationship between East Asian summer monsoon activity and northward jump of the upper westerly jet location [J]. Chinese Journal of Atmospheric Sciences (in Chinese), 28 (5): 641-658.
- Liang X Z, Wang W C. 1998. Associations between China monsoon rainfall and tropospheric jets [J]. Quart. J. Roy. Meteor. Soc., 124 (552): 2597-2624.
- 廖清海, 高守亭, 王会军, 等. 2004. 北半球夏季副热带西风急流变异及其对东亚夏季气候异常的影响 [J]. 地球物理学报, 47 (1): 10-18. Liao Qinghai, Gao Shouting, Wang Huijun, et al. 2004. Anomalies of the extratropical westerly jet in the Northern Hemisphere and their impacts on East Asian summer monsoon climate anomalies [J]. Chinese Journal of Geophysics (in Chinese), 47 (1): 10-18.
- Lin Z D, Lu R Y. 2005. Interannual meridional displacement of the East Asian upper-tropospheric jet stream in summer [J]. Adv. Atmos. Sci., 22 (2): 199-211.
- 刘永强, 丁一汇. 1992. ENSO 事件对我国天气气候的影响 [J]. 应用气象学报, 3 (4): 473-481. Liu Yongqiang, Ding Yihui. 1992. Influence of ENSO events on weather and climate of China [J]. Quarterly Journal of Applied Meteorology (in Chinese), 3 (4): 473-481.
- Lu R Y. 2004. Associations among the components of the East Asian summer monsoon system in the meridional direction [J]. J. Meteor. Soc. Japan, 82: 155-165.
- Nitta T. 1987. Convective activities in the tropical western Pacific and their impact on the Northern Hemisphere summer circulation [J]. J. Meteor. Soc. Japan, 65: 373-390.
- 钱永甫, 王谦谦, 黄丹青. 2007. 江淮流域的旱涝研究 [J]. 大气科学, 31 (6): 1279-1289. Qian Yongfu, Wang Qianqian, Huang Danqing. 2007. Studies of floods and droughts in the Yangtze-Huaihe River basin [J]. Chinese Journal of Atmospheric Sciences (in Chinese), 31 (6): 1279-1289.
- Qian Y F, Zheng Y Q, Zhang Y, et al. 2003. Responses of China's summer monsoon climate to snow anomaly over the Tibetan Plateau [J]. Int. J. Climatol., 23 (6): 593-613.
- 孙建华, 卫捷, 张小玲, 等. 2004. 2003 年夏季的异常天气及预测试验 [J]. 气候与环境研究, 9 (1): 203-217. Sun Jianhua,

- Wei Jie, Zhang Xiaoling, et al. 2004. The abnormal weather in the summer 2003 and its real-time prediction [J]. *Climatic and Environmental Research (in Chinese)*, 9 (1): 203-217.
- 孙淑清, 孙柏民. 1995. 东亚冬季风环流异常与中国江淮流域夏季旱涝天气的关系 [J]. *气象学报*, 53 (4): 440-450. Sun Shuqing, Sun Bomin. 1995. The relationship between the anomalous winter monsoon circulation over East Asia and summer drought/flooding in the Yangtze and Huaihe River valley [J]. *Acta Meteorologica Sinica (in Chinese)*, 53 (4): 440-450.
- 陶诗言, 赵煜佳, 陈晓敏. 1958. 东亚的梅雨与亚洲上空大气环流季节变化的关系 [J]. *气象学报*, 29 (2): 119-134. Tao Shiyang, Zhao Yujia, Chen Xiaomin. 1958. The relationship between May-Y in far east and the behaviour of circulation over Asia [J]. *Acta Meteorologica Sinica (in Chinese)*, 29 (2): 119-134.
- 陶诗言, 朱福康. 1964. 夏季亚洲南部 100 毫巴流型的变化及其与西太平洋副热带高压进退的关系 [J]. *气象学报*, 34 (4): 385-396. Tao Shiyang, Zhu Fukang. 1964. The 100-mb flow patterns in southern Asia in summer and its relation to the advance and retreat of the West-Pacific subtropical anticyclone over the far East [J]. *Acta Meteorologica Sinica (in Chinese)*, 34 (4): 385-396.
- 陶诗言, 朱文妹, 赵卫. 1988. 论梅雨的年际变异 [J]. *大气科学*, 12 (特刊): 13-21. Tao Shiyang, Zhu Wenmei, Zhao Wei. 1988. Interannual variability of Meiyu rainfalls [J]. *Chinese Journal of Atmospheric Sciences (in Chinese)*, 12 (Special Issue): 13-21.
- 王慧, 王谦谦. 2002. 近 49 年来淮河流域降水异常及其环流特征 [J]. *气象科学*, 22 (2): 149-158. Wang Hui, Wang Qianqian. 2002. Precipitation anomalies and the features of atmospheric circulation in the Huaihe River basin [J]. *Scientia Meteorologica Sinica (in Chinese)*, 22 (2): 149-158.
- Webster P J, Yang S. 1992. Monsoon and ENSO: Selectively interactive systems [J]. *Quart. J. Roy. Meteor. Soc.*, 118 (507): 877-926.
- 卫捷, 陶诗言, 梁丰. 2007. 2007 年夏季中国大陆 85°E 以东的异常天气与气候——中国科学院大气物理研究所 2007 年汛期降水预测的总结 [J]. *气候与环境研究*, 12 (6): 699-712. Wei Jie, Tao Shiyang, Liang Feng. 2007. The anomalous weather and climate of China in the summer 2007—Verification of seasonal climate predictions of Institute of Atmospheric Physics/Chinese Academy of Sciences [J]. *Climatic and Environmental Research (in Chinese)*, 12 (6): 699-712.
- 吴杰伟, 何金海, CHUNG Hyo-Sang, et al. 2006. 夏季东亚高空急流与天气尺度波动的气候特征之间的联系 [J]. *气候与环境研究*, 11 (4): 525-534. Wu Weijie, He Jinhai, Chung Hyo-Sang, et al. 2006. The relationship between the East Asian upper-tropospheric jet stream in summer and climatic characteristics of synoptic-scale disturbance [J]. *Climatic and Environmental Research (in Chinese)*, 11 (4): 525-534.
- Wu R G, Wang B. 2002. A contrast of the East Asian summer monsoon-ENSO relationship between 1962-77 and 1978-93 [J]. *J. Climate*, 15 (22): 3266-3279.
- 徐广阔, 赵思雄, 王业桂, 等. 2007. 2003 年汛期淮河流域降水的集合预测试验研究 [J]. *气候与环境研究*, 12 (4): 481-488. Xu Guangkuo, Zhao Sixiong, Wang Yegui, et al. 2007. Experiment of ensemble forecast of heavy rainfall in the Huaihe River during rainy season of 2003 [J]. *Climatic and Environmental Research (in Chinese)*, 12 (4): 481-488.
- 杨莲梅, 张庆云. 2007. 夏季东亚西风急流 Rossby 波扰动异常与中国降水 [J]. *大气科学*, 31 (4): 587-595. Yang Lianmei, Zhang Qingyun. 2007. Anomalous perturbation kinetic energy of Rossby wave along East Asian westerly jet and its association with summer rainfall in China [J]. *Chinese Journal of Atmospheric Sciences (in Chinese)*, 31 (4): 586-595.
- 杨莲梅, 张庆云. 2008. 夏季亚洲副热带西风急流气候特征 [J]. *气候与环境研究*, 13 (1): 10-20. Yang Lianmei, Zhang Qingyun. 2008. Climate features of summer Asia subtropical westerly jet stream [J]. *Climatic and Environmental Research (in Chinese)*, 13 (1): 10-20.
- 叶笃正, 陶诗言, 李麦村. 1958. 在六月和十月大气环流的突变现象 [J]. *气象学报*, 29 (4): 249-263. Ye Duzheng, Tao Shiyang, Li Maicun. 1958. The abrupt change of circulation over the Northern Hemisphere during June and October [J]. *Acta Meteorologica Sinica (in Chinese)*, 29 (4): 249-263.
- Zhang Y C, Kuang X Y, Guo W D, et al. 2006. Seasonal evolution of the upper-tropospheric westerly jet core over East Asia [J]. *Geophys. Res. Lett.*, 33, L11708, doi: 10.1029/2006GL026377.
- 赵琳娜, 杨晓丹, 齐丹, 等. 2007. 2007 年汛期淮河流域致洪暴雨的雨情和水情特征分析 [J]. *气候与环境研究*, 12 (6): 728-737. Zhao Linna, Yang Xiaodan, Qi Dan, et al. 2007. The analysis of precipitation and flooding features in the Huaihe River basin during the summer of 2007 [J]. *Climatic and Environmental Research (in Chinese)*, 12 (6): 728-737.
- 赵思雄, 张立生, 孙建华. 2007. 2007 年淮河流域致洪暴雨及其其中尺度系统特征的分析 [J]. *气候与环境研究*, 12 (6): 713-727. Zhao Sixiong, Zhang Lisheng, Sun Jianhua. 2007. Study of heavy rainfall and related mesoscale systems causing severe flood in Huaihe River basin during the summer of 2007 [J]. *Climatic and Environmental Research (in Chinese)*, 12 (6): 713-727.
- 周玉淑, 高守亭, 邓国. 2005. 江淮流域 2003 年强梅雨期的水汽输送特征分析 [J]. *大气科学*, 29 (2): 195-204. Zhou Yushu, Gao Shouting, Deng Guo. 2005. A diagnostic study of water vapor transport and budget during heavy precipitation over the Changjiang River and the Huaihe River basins in 2003 [J]. *Chinese Journal of Atmospheric Sciences (in Chinese)*, 29 (2): 195-204.
- 竺可桢. 1934. 东南季风与中国之雨量 [J]. *地理学报*, 1 (1): 1-27. Zhu Kezhen. 1934. The enigma of southeast monsoon in China [J]. *Acta Geographica Sinica (in Chinese)*, 1 (1): 1-27.