

# 中国夏季淮河和江南梅雨期降水异常年际变化的气候背景及其比较<sup>\* 1</sup>

马 音 陈 文 王 林  
MA Yin CHEN Wen WANG Lin

中国科学院大气物理研究所季风系统研究中心, 北京, 100190  
*Institute of Atmospheric Physics, CAS, Beijing 100190, China*  
2009-05-31 收稿, 2009-08-07 改回.

**Ma Yin, Chen Wen, Wang Lin. 2011. A comparative study of the interannual variation of summer rainfall anomalies between the Huaihe Meiyu season and the Jiangnan Meiyu season and their climate background. *Acta Meteorologica Sinica*, 69(2):334-343**

**Abstract** Based on monthly rainfalls of the 160 China stations, the NCEP/NCAR reanalysis dataset and the HadISST1 dataset for 1951–2007, the generally considered Meiyu is divided into the Huaihe Meiyu and the Jiangnan Meiyu according to the location of maximum precipitation. A comparison study is then performed between these two Meiyu components for the June–July mean situation. It shows that both the Huaihe Meiyu and the Jiangnan Meiyu are characterized by obvious interannual variability. In addition, the Huaihe (Jiangnan) Meiyu underwent significant increased (decreased) trend since the late 1990s although no significant general trend is found for the period 1951–2007. The circulation features associated with the two Meiyu components are then investigated through composite analyses. It reveals that when the Huaihe Meiyu is anomalously strong, the geopotential height field is characterized by double blockings over the midlatitudes, which are located to the east of the Urals and to the east of the Okhotsk Sea, respectively. In contrast, the variation of the western Pacific subtropical high (WPSH) is weak and insignificant. At upper troposphere, the East Asian jet stream shifts southward slightly, with weak westerly anomalies located just above the Huaihe valley, which may cause anomalous ascending motion in the Huaihe valley through the secondary circulation at the entrance of the jet stream. In addition, the anomalous low-level convergence zone induced by the cold northerlies from the north and the warm southwesterlies from the west side of the WPSH are also located around this area. Therefore, all of these circulation features favor more precipitation in the Huaihe valley. When the Jiangnan Meiyu is anomalously strong, the midlatitude geopotential height field is also characterized by double blockings, with the locations extending much westward especially for the one around the Okhotsk Sea. Meanwhile, the WPSH is anomalously strong and also extends westward, with the anomalous positive center around north of Philippines. This implies the amplification of the anticyclone around Philippine, which favors the convergence around south China. On the other hand, the East Asian jet stream shifts much southward compared with the Huaihe Meiyu situation, which may cause anomalous ascending motion around south China through the secondary circulation at the entrance of the jet stream. Therefore, these circulation features favor more precipitation in south China, inducing the Jiangnan Meiyu to become strong. The further analyses on the sea surface temperature (SST) show that the SST anomalies around the Bering Sea may play a key role in the variation of the Huaihe Meiyu. Positive SST anomalies in this area commencing from the preceding winter (DJF) to the simultaneous Meiyu period (JJ) are usually accompanied with a strong Huaihe Meiyu event. As to the Jiangnan Meiyu, it is significantly related to the simultaneous SST anomalies around Philippines, which may in turn be associated with the preceding SST anomalies around the eastern equatorial Indian Ocean.

**Key words** Huaihe Meiyu, Jiangnan Meiyu, Interannual variation, Blocking high, Sea surface temperature anomaly

---

\* 资助课题: 国家重点基础研究发展计划项目(2009CB421405)和国家自然科学基金项目(40730952, 40775035)。  
作者简介: 马音, 主要从事季风和气候动力学研究。E-mail: mayin@mail.iap.ac.cn

**摘要** 基于中国 160 站 57 年(1951—2007 年)的月降水量、NCEP/NCAR 再分析资料和哈得来中心的海表温度(SST)资料,将江淮梅雨分成淮河梅雨和江南梅雨,分别对这两部分的夏季梅雨期(6—7 月)降水量进行了分析,并加以比较。结果表明:淮河和江南梅雨期的降水量存在明显的年际变化,但都没有显著的长期线性趋势;然而,从 20 世纪 90 年代末开始,淮河梅雨有显著增加的趋势,而江南梅雨则显著减少。在年际变化的时间尺度上,对应于淮河梅雨的多雨年,大气环流的异常表现为中高纬度的乌拉尔山东部和鄂霍次克海东部地区明显的双阻塞高压型(双阻型)分布,而西太平洋副热带高压(副高)的变化并不显著;副热带东亚地区高空的西风急流轴略有南移,在淮河流域上空形成了显著的西风异常,这使得急流入口区次级环流的异常上升支恰好位于淮河附近,同时北方的冷空气南下与副高西侧的西南气流交汇于淮河流域,这些都有利于降水集中在淮河区域。对应江南梅雨的多雨年,大气环流异常也表现出中高纬度的双阻型分布,但该双阻型的位置较淮河梅雨双阻型的位置明显偏西,特别是鄂霍次克海附近的阻塞高压;同时,西太平洋副高显著加强西伸,加之副热带东亚西风急流轴显著加强南移,从而在黄海到长江以南的大范围地区形成了显著的西风异常,由此引发的急流入口区次级环流的异常上升支主要位于长江以南地区,并且菲律宾附近的反气旋异常增强,使得北方的冷空气与副高西侧的西南气流交汇于江南流域,因此有利于降水集中在江南地区。进一步针对海温的分析表明,北太平洋白令海附近的海温是影响淮河梅雨的关键区,从前冬开始这一区域的正海温异常往往导致中国夏季淮河梅雨的增加;而对应江南梅雨的正异常,菲律宾附近的海温在同期夏季有显著的正异常,研究还发现该海温异常可能与前冬到前春赤道东印度洋附近的正海温异常有关。

**关键词** 淮河梅雨, 江南梅雨, 年际变化, 阻塞高压, 海温异常

**中图法分类号** P462.4<sup>+</sup>1

## 1 引言

中国地处东亚季风区,降水主要集中在夏季。每年的夏季风携带大量暖湿空气自南向北推进,为中国东部地区带来大量降水。竺可桢(1934)和涂长望等(1944)指出,从 5 月南海夏季风爆发后至 8 月,雨带的进退会分别形成华南前汛期、江淮梅雨和华北雨季。而雨带的进退是与东亚夏季风的进退紧密联系在一起的,东亚夏季风的异常会造成降水的异常,从而给中国带来严重的旱涝灾害(黄荣辉等,2008)。叶笃正等(1996)的研究表明,中国的涝灾主要集中在江淮地区。每年 6—7 月中国的主要雨带就在长江中下游及淮河流域一带摆动,即称之为“江淮梅雨”(朱乾根等,1992)。江淮地区 6—7 月的旱涝基本上由梅雨异常所致,如 1954、1991、1998 和 1999 年在江淮地区发生的特大洪涝都与梅雨异常有关,因此梅雨一直是中国气象学者研究的重要课题(毛文书等,2008)。

目前针对江淮梅雨异常已有大量研究,并取得了许多重要进展。黄荣辉等(1994)指出,东亚夏季风雨带的季节内变化与西太平洋暖池的热状态关系密切,当热带西太平洋暖池增暖时,中国江淮流域夏季降水偏少;反之,江淮流域降水偏多。毛文书等(2007)进一步分析了江淮梅雨与冬季西太平洋海温的关系。张庆云等(2003)认为东亚夏季风环流偏弱是夏季长江流域发生暴雨洪涝灾害的气候特征。钱

永甫等(2007)则比较系统地讨论了影响江淮流域降水异常的主要因子。最近,胡娅敏等(2008)还定义了一个新的江淮地区的“广义梅雨评定标准”,讨论了江淮地区梅雨期降水的气候特征。其他一些研究还包括对江淮梅雨入梅早晚的讨论等(徐海明等,2001;竺夏英等,2008)。在以往的这些研究中,通常是把长江中下游地区和淮河流域地区作为一个整体进行研究,资料多取自长江中下游和淮河流域各站,用来代表整个江淮地区。然而,江志红等(2006)研究发现,梅雨期淮河流域降水与长江流域降水存在很大差异,二者分别代表了江淮梅雨的两个阶段,发生时间上也存在一定间隔;竺夏英等(2007)进一步指出,梅雨期江淮地区的降水存在明显的经向非均匀性。进入 21 世纪以来,夏季淮河流域频频发生洪涝,2003、2005 和 2007 年在淮河流域都出现了严重的洪涝,但在长江中下游长江以南(江南)地区却没有显著的洪涝。因此,非常有必要研究淮河流域的梅雨降水异常。

事实上,迄今为止专门研究淮河流域梅雨期降水异常的工作还比较少。有限的研究如王慧等(2002)曾揭示出淮河流域夏季降水与上年 8—10 月北太平洋中部的海温异常有显著的正相关关系;钱维宏等(2009)则认为冬春季赤道中太平洋的增暖事件对应了淮河流域梅雨量的增多;此外,徐群等(2007)研究了淮河流域梅雨期的划分以及淮河流域梅雨的年际变化规律。然而,将江淮地区梅雨降水

按区域加以区分,分别研究其变化的工作极其少见。闵岫等(2008)曾将江淮梅雨期分为3个典型区,分别研究了它们的时空变化特征,但这种分区的方法主要侧重于各区域入梅的早晚,而非区域降水量的变化。因此,本文利用近50余年来降水资料,将江淮梅雨分为淮河梅雨和江南梅雨两部分,分别分析不同区域梅雨降水量异常对应的大气环流和海温的特征,并比较影响淮河流域和江南梅雨期降水的关键因子。

## 2 资料说明及淮河区域和江南区域代表站的选取

本文所使用的资料包括中国国家气候中心整编的中国160个测站的月降水资料,水平分辨率为 $2.5^{\circ} \times 2.5^{\circ}$ 的NCEP/NCAR月平均再分析资料(Kalnay, et al, 1996),以及英国气象局哈得来中心(Met Office Hadley Centre)提供的水平分辨率为 $1^{\circ} \times 1^{\circ}$ 的海表温度资料(Rayner, et al, 2003)。其中再分析资料主要使用了500 hPa位势高度场、850 hPa位势高度场、海平面气压场、200 hPa纬向风场和850 hPa的 $u$ 、 $v$ 风场。本文研究的时间段为1951—2007年。

从气候平均来看,江淮流域梅雨期降水主要集中在6—7月,所以同期分析均取6—7月(简称梅雨期)平均降水量。此外,在寻找海温的前期信号时,以前一年12月至当年2月为前冬,而当年3—5月为前春。

经过分别计算江淮各站与其他站的相关后,根据相关性的分析,本文以清江、蚌埠、阜阳以及信阳这4个站代表淮河区域(图1a),而以南京、合肥、安庆、屯溪、九江、汉口、钟祥、岳阳、常德、衢县、贵溪、南昌和长沙共13个站代表江南区域(图1b),分别给出了梅雨期淮河4站和江南13站平均的降水量与中国东部台站降水量的相关(图1)。可以看到,淮河4站主要反映的是长江以北淮河流域的降水,而江南13站则主要反映了长江以南的江南地区的降水,且二者具有显著相关信号的区域的重叠比较小,主要在长江干流附近。这说明本文选取的淮河4站和江南13站平均降水量分别对梅雨期淮河与江南地区的降水量具有很好的代表性。需要指出的是,虽然本文选取的淮河代表站仅有4个,但若用中国气象局整编的更高分辨率的站点(730站)资料来增加淮河区域代表站的数目,得到的结论则与仅用这4站基本一致。因此,文中将这4站和13站平均的降水量分

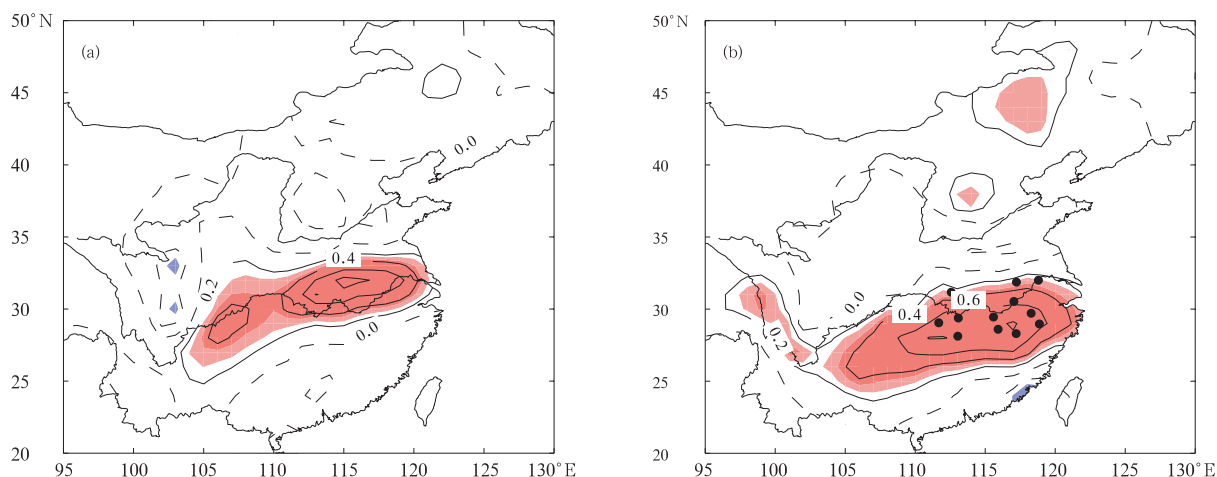


图1 1951—2007年梅雨期(6—7月平均)淮河区域(a)和江南区域(b)所选代表站的平均降水量与中国东部降水量的相关系数分布(深、浅阴影分别表示通过99%及95%信度检验,实心点表示选取的代表测站)

Fig. 1 Correlation maps of the station-averaged precipitation with the observed in the eastern China during the Meiyu period (June–July mean) for (a) the Huaihe valley and (b) the Jiangnan region over the period 1951–2007

(Dark and light shading indicate that it is significant at the 99% and 95% confidence levels, respectively.

Filled circles represent the location of the selected stations)

别称为淮河梅雨期降水量和江南梅雨期降水量。

### 3 淮河和江南梅雨期降水异常的年际变化

从 1951—2007 年淮河梅雨期和江南梅雨期降水量的标准化时间序列(图 2)可以看到,不论淮河梅雨还是江南梅雨,其降水量都存在非常明显的年际变化。此外,两个时间序列也存在一定的较长周期的变化,但是对本文考虑的 57 年而言,淮河梅雨和江南梅雨的长期线性趋势都没有超过 95% 的显

著性检验。然而,从图中可以看到一个有趣的现象是,自 20 世纪末开始,淮河梅雨的降水量有显著的增加,而江南梅雨的降水量显著减少,这与 2000 年后中国淮河流域夏季洪水频发是一致的。此外,计算还发现,淮河梅雨与江南梅雨降水量时间序列的相关系数仅为 0.25,没有通过 95% 信度检验,这也说明两个区域的梅雨期降水相互之间具有一定的独立性,从而进一步表明了将江淮梅雨分成淮河梅雨和江南梅雨分别进行研究的必要性。

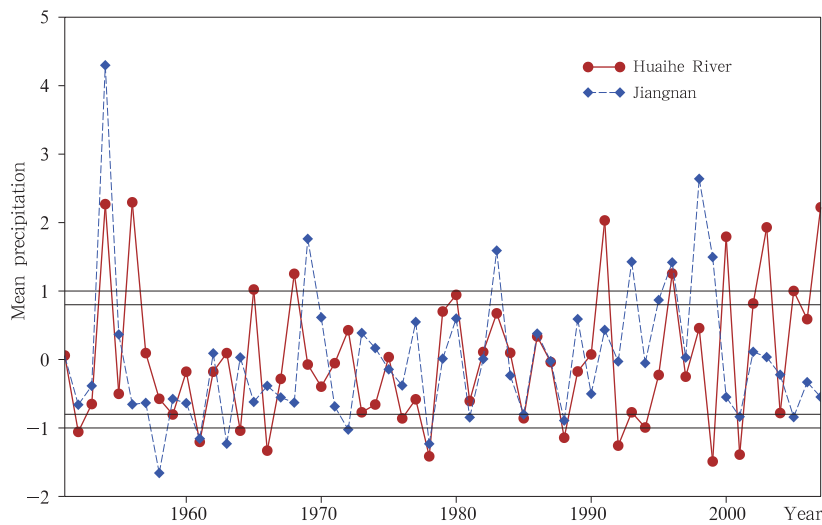


图 2 1951—2007 年标准化的淮河(实线)和江南(虚线)梅雨期降水量的时间序列

Fig. 2 Standardized time series of the June – July mean precipitation for the Huaihe valley (solid line) and the Jiangnan region (dashed line) for 1951 – 2007

由于淮河梅雨所对应的气候背景信号与江南梅雨相比要弱,为了使得到的结果更加显著,我们分别以 1 个标准差和 0.8 个标准差为标准选取淮河梅雨和江南梅雨的典型年,得到 10 个强淮河梅雨年和 9 个弱淮河梅雨年,以及 8 个强江南梅雨年和 10 个弱江南梅雨年(表 1)。从表 1 可以看到,无论是淮河梅雨还是江南梅雨,所选取的典型年份并没有明显的偏向某个年代,这也与两个序列没有显著线性趋势的结论是一致的。接下来,我们将分别针对淮河梅雨和江南梅雨,通过进行典型多雨年与少雨年合成差的方法,来研究淮河梅雨和江南梅雨降水量异常对应的大气环流和气候背景。

表 1 淮河梅雨和江南梅雨的典型年  
Table 1 The typical years of June – July mean precipitation for the Huaihe valley and the Jiangnan region

|      | 淮河区域  | 江南区域  |
|------|---|---|
| 正异常年 | 1954、1956、1965、1968、<br>1991、1996、2000、2003、<br>2005、2007 | 1954、1969、1983、1993、<br>1995、1996、1998、1999               |
| 负异常年 | 1952、1961、1964、1966、<br>1978、1988、1992、1999、<br>2001      | 1958、1961、1963、1972、<br>1978、1981、1985、1988、<br>2001、2005 |

### 4 与淮河和江南梅雨期降水量异常有关的大气环流形势及其比较

作为东亚气候系统的成员,中国江淮流域的梅

雨受到多种大尺度环流形势的影响。张庆云等(2003)的研究表明,中高纬度的阻塞高压、西太平洋副高、中纬度西风扰动等环流系统的变化都对江淮梅雨期降水具有直接的影响。因此,本节主要分析淮河梅雨和江南梅雨异常所对应的大气环流形势,并比较它们的异同。

#### 4.1 位势高度场的合成分析

研究表明,欧亚大陆上空的阻塞高压对中国夏季降水有重要影响,它能够加强大气环流的经向度,有利于冷空气输送到中国东部地区,从而决定了夏季冷空气的强度及其与暖湿气流的交汇位置,进而影响中国夏季主要降水区的位置和强度(杨义文等,2003;李峰等,2008)。根据淮河梅雨和江南梅雨典型年合成的同期 500 hPa 位势高度场异常(图 3)可以看到,对应淮河梅雨的多雨年,中高纬度地区的欧亚大陆中东部呈现出非常明显的双阻型异常,两个正位势高度中心的强度均超过 30 gpm,分别位于乌

拉尔山以东地区和鄂霍次克海以东地区;同时,在日本以东地区还存在一个较为显著的负异常中心(图 3a)。对应江南梅雨的多雨年,中高纬度的欧亚大陆上空同样呈现出明显的双阻型异常,然而,该异常与淮河梅雨对应的双阻型有很大差别。一方面,乌拉尔山以东的正中心位置显著偏南,略偏西;另一方面,鄂霍次克海附近的正中心显著偏西偏北,从鄂霍次克海以东的白令海上空移到了鄂霍次克海以西的中西伯利亚附近(图 3b)。对应双阻型的位置变化,原本位于日本以东的显著负高度中心也西移到了朝鲜半岛上空(图 3b)。而且,对应江南梅雨的异常,中国南海至菲律宾及其以东出现一个明显的正高度中心,该中心与朝鲜半岛和日本上空的负中心、鄂霍次克海以西的正中心一起,形成了一个类似于经向波列的形态(图 3b),这一经向波列模态与江淮梅雨异常年位势高度场的异常(毛文书等,2008)非常相似,也与于淑秋等(2006)研究发现的形成江淮流域

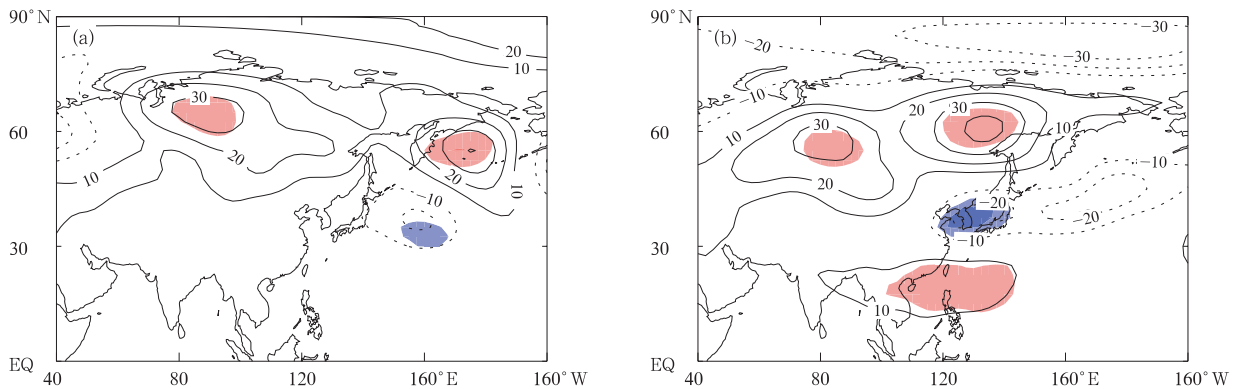


图 3 梅雨期(6—7月平均)同期的 500 hPa 位势高度场在降水正负异常年的合成差异  
(a. 淮河梅雨, b. 江南梅雨; 深、浅阴影分别表示通过 99% 及 95% 信度检验)

Fig. 3 Composite difference of 500 hPa geopotential height between typical flooding and drought years for (a) the Huaihe valley and (b) the Jiangnan region during the Meiyu period (June–July mean)  
(Dark and light shading indicate that it is significant at the 99% and 95% confidence levels, respectively)

大水的主要环流特征比较接近。

西太平洋副高是影响中国夏季降水的重要系统之一,它的中心位置、强度、西伸程度等对中国夏季降水的位置以及降水强度和持续时间有着重要的影响(黄土松,1963;陶诗言等,2001),而 850 hPa 位势高度场可以较好地表征出西太平洋副高的变化(陆日宇等,2007)。我们通过对 850 hPa 位势高度场异常的分析发现,在副热带西北太平洋地区,与淮河梅雨异常相关的信号很弱,但在江南梅雨多雨年则在中国南海至菲律宾以东地区有显著的正异常,表明

西太平洋副高有显著的加强西伸(图略),这一特征在 500 hPa 位势高度场上也可以看到。对海平面气压场的合成分析结果与 500 和 850 hPa 位势高度场表现基本一致,说明无论是中高纬度的阻塞形势还是副高的变化在对流层中都是准正压的(图略)。对位势高度场的分析表明,对应淮河梅雨的降水正异常,在中高纬度地区有位置偏东的双阻型异常,而副高的变化不明显;对应江南梅雨的降水正异常,在中高纬度地区也有双阻型分布出现,但位置偏西,同时副高有显著的加强西伸,在经向上呈现出类似欧亚



型波列的形态。这一结果与柳艳香等(2008)指出的阻高和明显的东亚经向波列形态利于长江流域多雨,而阻高和不明显的经向波列形态利于黄河与长江之间地区多雨是一致的。

#### 4.2 风场的合成分析

东亚副热带西风急流是北半球夏季对流层中上层最强的西风区,中国东部地区正位于其入口区附近,因此该急流强度、位置的变化会导致其入口区次级环流的变化,从而影响到中国东部的降水(杜银等,2008)。根据淮河梅雨和江南梅雨典型年合成的同期 200 hPa 纬向风异常(图 4)可以看到,对应淮河梅雨多雨年,200 hPa 纬向风场在中国淮河流域和东北西部分别有 1 和 3 m/s 的显著正负异常中心,并伸展到同纬度的日本以东地区(图 4a)。这表明东亚西风急流轴略向南移,且由此引发的急流入口区次级环流的异常上升支恰好位于淮河附近,有

利于淮河流域降水量增加。对应于江南梅雨的多雨年,东亚地区的 200 hPa 纬向风场上也有显著的南正北负的异常中心,但正、负中心分别位于黄海和中国东北东部的上空,并都向西伸展到接近 60°E,而且黄海上空的正中心强度较淮河梅雨时明显加强,超过 6 m/s,其范围也明显增大(图 4b)。这表明对应江南梅雨异常,东亚西风急流轴有显著的加强南移,由此引发的急流入口区次级环流的异常上升支基本位于长江以南地区,有利于江南地区降水量增加。

夏季来自印度洋和孟加拉湾的西南季风气流以及西太平洋副高西侧转向的西南季风气流都对东部夏季降水有着重要影响(Tao, et al, 1985),西南季风气流的强度以及它与北方来的冷空气相遇的位置,对中国东部夏季降水的位置与强度有着决定性的作用。图 5 给出了根据淮河梅雨和江南梅雨典型年合成的同期 850 hPa 风场异常。可以看到,对

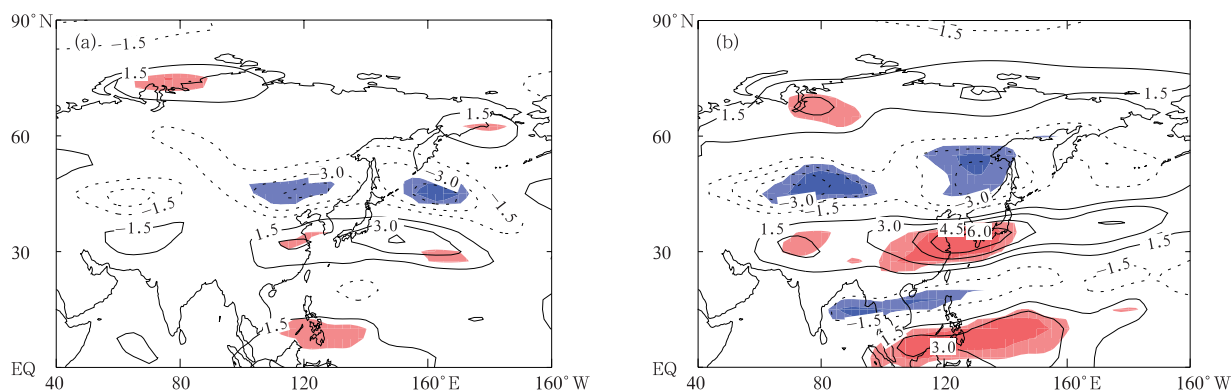


图 4 同图 3, 但为 200 hPa 纬向风场  
Fig. 4 As in Fig. 3 but for the 200 hPa zonal wind

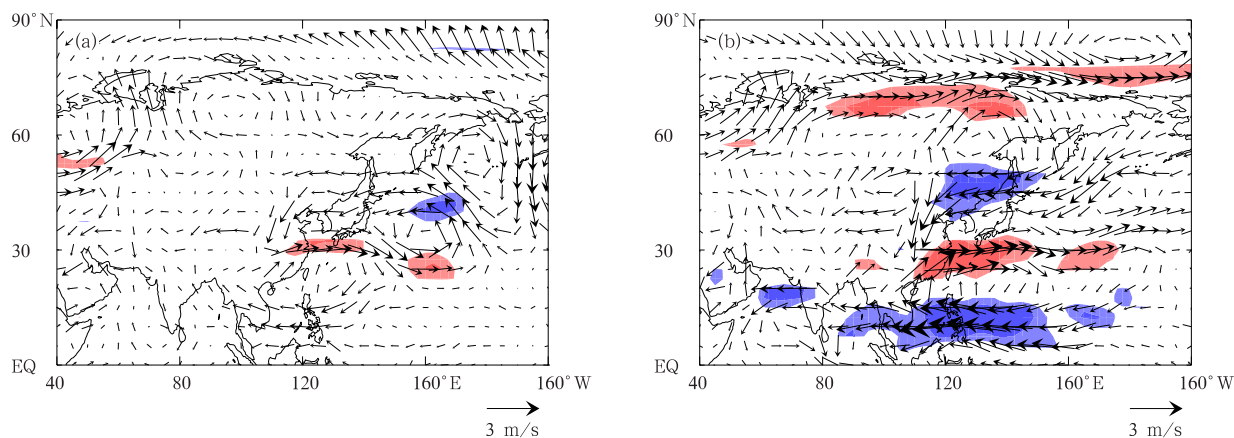


图 5 梅雨期(6—7月平均)同期的 850 hPa 风场在降水正负异常年的合成差异  
(a. 淮河梅雨, b. 江南梅雨; 深、浅阴影分别表示纬向风通过 99% 及 95% 信度检验)

Fig. 5 As in Fig. 3 but for the 850 hPa wind field

应淮河梅雨的多雨年,在  $32^{\circ}\text{N}$  附近的淮河流域存在着显著的  $850\text{ hPa}$  风场的辐合(图 5a),这表明来自中国北方的冷空气与西太平洋副高西侧的西南暖湿气流交汇于淮河流域上空,从而有利于淮河地区降水偏多。在江南梅雨的多雨年,菲律宾附近的反气旋显著加强,这与  $850\text{ hPa}$  位势高度场上副高显著加强西伸表现一致;此时,来自中国北方的冷空气与副高西侧暖湿气流的辐合区主要集中在中心大致为  $28^{\circ}\text{N}$  的长江以南地区(图 5b),从而利于降水主要集中在江南地区。

## 5 海温异常强迫作用的比较

前面我们比较了与淮河和江南梅雨期降水量异常相对应的大气环流形势的异同,而这种大气环流的异常变化往往是由某些外强迫因子的变化引起

的。以往许多研究也都指出,对应东亚夏季降水的异常,往往存在有某些关键区域的海表面温度(SST)异常(黄荣辉等,1994)。因此,本节将比较淮河梅雨和江南梅雨异常变化所对应的 SST 信号。

### 5.1 同期海表温度合成分析

图 6 给出了根据淮河梅雨和江南梅雨典型年合成的同期的 SST 异常。可以看到,对应淮河梅雨异常,北太平洋白令海区域有超过  $0.3\text{ }^{\circ}\text{C}$  的显著正 SST 异常(图 6a),该信号与该区域大气中的阻塞信号(图 3a)相对应;此外,在  $30^{\circ}\text{N}$  附近的美国西部海域也存在一个显著的正 SST 异常区域。对应于江南梅雨,则在菲律宾周边海域有显著的正 SST 异常,而黑潮延伸体海域有显著的负 SST 异常(图 6b),其中菲律宾海附近的正 SST 异常强度达到  $0.3\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,它很可能与西太平洋副高的西伸加强相对应。

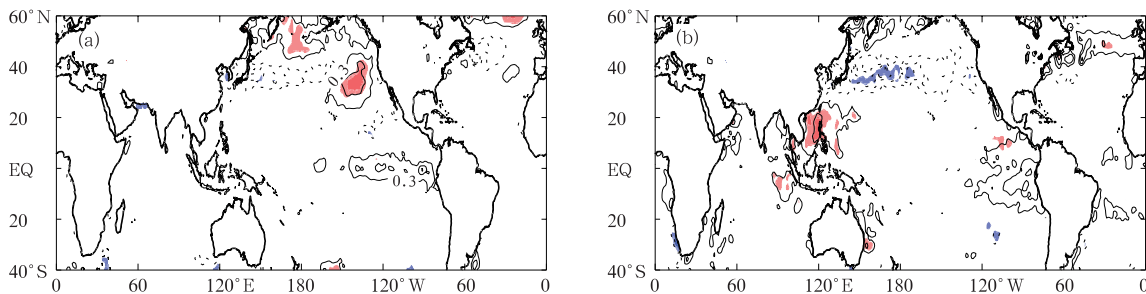


图 6 同图 3,但为 SST

Fig. 6 As in Fig. 3 but for the SST

### 5.2 前期海表温度合成分析

为了进一步研究淮河和江南梅雨期降水量与 SST 的关系,并为短期气候预测寻找可能的前期信号,我们进一步分别给出了淮河梅雨和江南梅雨对应的前期 SST 的合成异常。可以看到,对淮河梅雨而言,它所对应的北太平洋 SST 正异常在前冬(12月—2月)就已经出现在日本以东海域(图 7a),这一异常信号在前春(3—5月)向北、向东略有伸展(图 8a),并一直持续到淮河梅雨期(图 6a)。除了北太平洋的正异常信号外,在几乎同纬度的北大西洋上也有一个显著的前期正信号(图 7a、8a),但该信号在梅雨期变得非常弱(图 6a)。比较海温信号和大气环流信号可以发现,北太平洋白令海附近的正 SST 异常对淮河梅雨的降水量有非常重要的指示意义。若这一区域 SST 从前冬开始持续偏高,则次年淮河梅雨的降水量往往偏多。这与以前研究(陈

科艺等,2006;王慧等,2002)所指出的淮河夏季降水的北太平洋中部 SST 关键区是一致的。

对江南梅雨而言,从前冬到当年梅雨期,赤道中东太平洋都有一个正 SST 异常信号,但该信号的显著区域主要出现在南美的西海岸,且随着时间一直在减弱(图 7b、8b、6b)。在  $20^{\circ}\text{N}$  以北的东亚大陆沿岸,从前冬开始有一个显著的正 SST 异常信号一直持续到前春(图 7b、8b),但该信号也在不断减弱,到梅雨期时已基本消失(图 6b)。一个有趣的信号出现在澳大利亚西北的印度洋区域,从前冬开始该区域就有显著的正 SST 信号出现(图 7b),这一正信号的范围在春季有所扩展,且略向西北部移动,到达苏门答腊岛西南部(图 8b)。到了梅雨期,该正信号比春季再略向东北方移动,到达苏门答腊岛附近,此时菲律宾海周围出现了大范围正海温异常(图 6b)。Xie等(2009)的研究表明,夏季菲律宾附近的低层

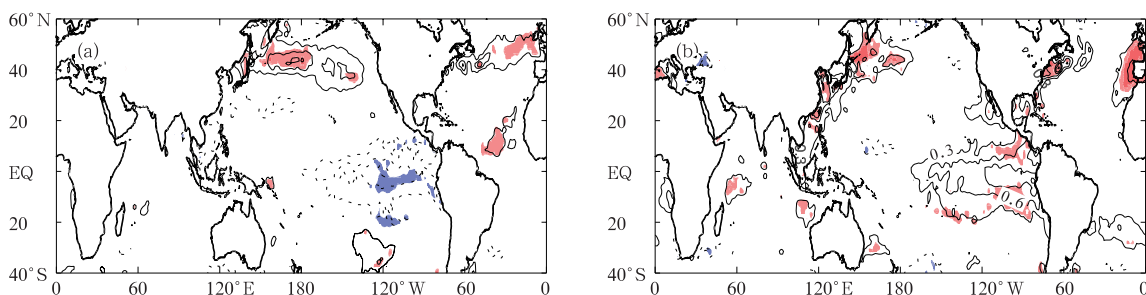


图 7 同图 6, 但为前冬(12月—2月)

Fig. 7 As in Fig. 6 but for the preceding winter (DJF)

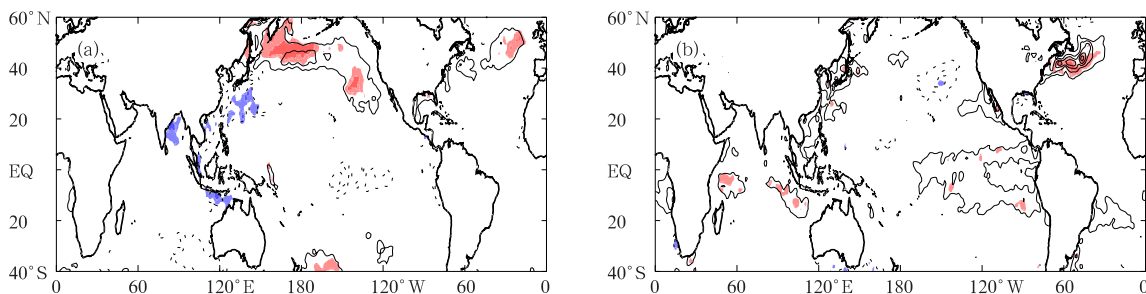


图 8 同图 6, 但为前春(3—5月)

Fig. 8 As in Fig. 6 but for the preceding spring (MAM)

反气旋是由持续的印度洋海温异常东传,并通过海-气相互作用激发的。这里的结果也表明,对于梅雨期菲律宾海附近的低层反气旋,其 SST 信号的关键区可能也在印度洋,位于澳大利亚西北部,苏门答腊岛西南部附近。

## 6 总结和讨论

基于 1951—2007 年的中国 160 站降水资料、NCEP/NCAR 再分析资料以及英国气象局哈得莱中心的 SST 资料,本文通过选取淮河流域 4 个典型站和江南地区 13 个典型站,将中国夏季梅雨期(6—7 月)的江淮梅雨分为淮河梅雨和江南梅雨,分别研究了两种梅雨期降水量的时间变化特征及其对应的大气环流和海温背景的差异。结果表明,淮河梅雨和江南梅雨的降水量都存在显著的年际变化,但并没有明显的长期趋势;20 世纪 90 年代末之后,淮河梅雨有显著增加的趋势,而江南梅雨则显著减少,这与中国 2000 年以后淮河频发洪涝是一致的。

对应淮河梅雨的多雨年,其大气环流的异常表现为中高纬度的乌拉尔山以东和鄂霍次克海以东地区明显的双阻型分布,但副热带地区的西太平洋副高并没有明显的变化;此外,副热带东亚西风急流轴

略有南移,在中国淮河流域形成了  $1 \text{ m/s}$  显著的西风异常,使得急流入口区次级环流的异常上升支恰好位于淮河附近,有利于淮河梅雨降水量的增加;同时,北方南下的冷空气与副高西侧的西南暖湿气流交汇于淮河流域,也利于降水集中在这一区域。对应江南梅雨的多雨年,其大气环流异常也表现出中高纬度的双阻型分布,但该双阻型的位置较淮河梅雨双阻型的位置显著偏西,尤其是鄂霍次克海附近的阻塞,从鄂霍次克海以东的白令海上空移到了鄂霍次克海以西的中西伯利亚附近;此外,在副热带西北太平洋地区,菲律宾及其以北地区有显著的正位势高度异常,表明西太平洋副高有显著的加强西伸。对应位势高度场的变化,副热带东亚西风急流轴有显著的加强南移,在黄海到长江以南的大范围地区形成了  $6 \text{ m/s}$  以上的显著西风异常,由此引发的急流入口区次级环流的异常上升支主要位于长江以南地区,因此有利于江南地区降水量增加;同时,与位势高度场上表现出来的副高加强西伸相一致,菲律宾附近的反气旋异常加强,这使得北方南下的冷空气与副高西侧的西南暖湿气流交汇于江南地区,从而利于降水集中在这一区域。

进一步对 SST 的分析表明,对应淮河梅雨的多



雨年,北太平洋白令海附近的海区有显著的正 SST 异常,且该正信号可以从前冬开始一直持续到当年的梅雨期。这说明该区域的 SST 可能对中国夏季淮河梅雨的强弱有重要的指示意义,这也与以前的一些研究结果是一致的。对应江南梅雨的多雨年,菲律宾周边的海域在同期显示出大范围的正 SST 异常,且这一正 SST 异常可能与前冬到前春赤道东印度洋附近的正海温异常有关:从前冬开始,澳大利亚西北部便出现显著的正 SST 异常,该异常逐渐向苏门答腊岛附近移动且范围有所扩大,一直持续到梅雨期,这一正 SST 异常可能会进一步通过海-气相互作用在菲律宾附近激发出梅雨期的低层反气旋(Xie, et al, 2009),从而影响到江南梅雨。需要指出的是,本文主要分析了中国夏季淮河梅雨和江南梅雨的变化特征及其相联系的大气环流和海温异常,文中给出的结果仅限于同期的统计关系,虽然对海温的作用进行了简单的讨论,但具体的过程和因

果关系还需要进一步研究才能确定。

另一个值得注意的问题是,虽然梅雨期淮河和江南区的降水在过去 57 年中相关很弱,但在某些年中也存在一致的变化。例如,按照本文所选的标准,淮河和江南在 1954 和 1996 年均为多雨年,而在 1961、1978、1988、2001 年均为少雨年。在比较两个区域降水差异时,这些重合年份的存在可能会对分析结果产生一定的影响。因此,我们将上述重合年份去掉,重新考察了淮河和江南梅雨降水对应的大气环流和 SST 异常。结果表明,去掉重合年份后,两个区域降水所对应的大气环流异常以及淮河区域降水对应的 SST 信号几乎没有变化(图略),而江南地区对应的 SST 信号在赤道印度洋和东太平洋有明显的加强(图 9)。虽然强度和显著性与之相比显著增加,但这一异常信号的发展过程与图 6—8 的结果是相似的,表明印度洋地区可能是梅雨期菲律宾海附近低层反气旋的关键海区。

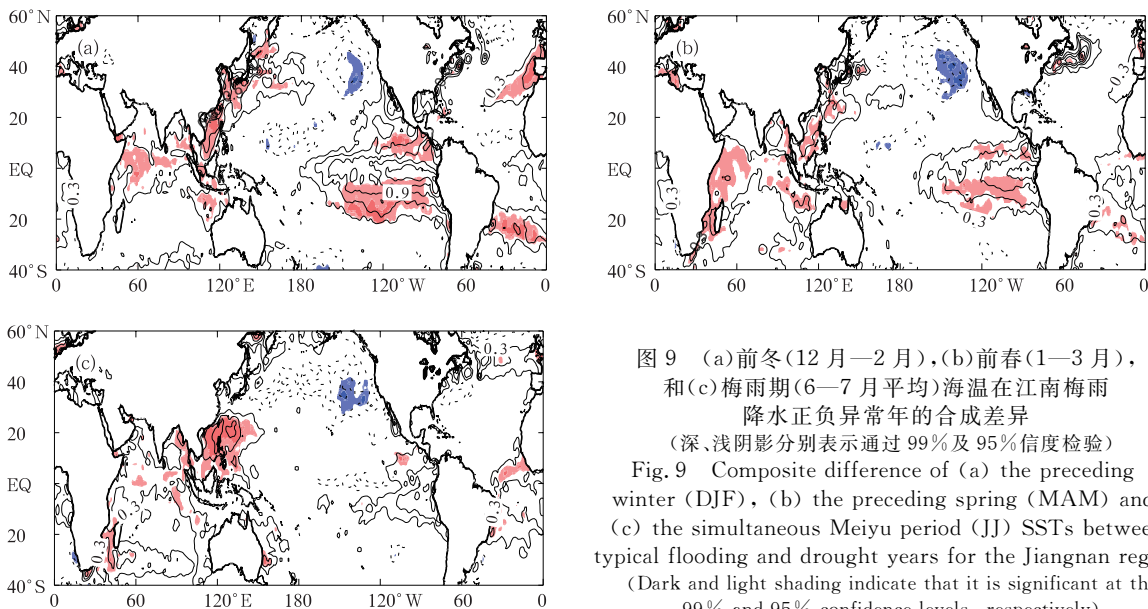


图 9 (a)前冬(12月—2月), (b)前春(1—3月), 和(c)梅雨期(6—7月平均)海温在江南梅雨降水正负异常年的合成差异

(深、浅阴影分别表示通过 99%及 95%信度检验)

Fig. 9 Composite difference of (a) the preceding winter (DJF), (b) the preceding spring (MAM) and (c) the simultaneous Meiyu period (JJ) SSTs between typical flooding and drought years for the Jiangnan region (Dark and light shading indicate that it is significant at the 99% and 95% confidence levels, respectively)

## 参考文献

- 陈科艺,王谦谦,毛文书等. 2006. 江淮北区 6~7 月降水异常与北太平洋海温的 SVD 分析. 高原气象, 25(3): 539-544
- 杜银,张耀存,谢志清. 2008. 高空西风急流东西向形态变化对梅雨期降水空间分布的影响. 气象学报, 66(4): 566-576
- 胡娅敏,丁一汇,廖菲. 2008. 江淮地区梅雨的新定义及其气候特征. 大气科学, 32(1): 101-112
- 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. 大气科学, 18(2): 141-151
- 黄荣辉,顾雷,陈际龙等. 2008. 东亚季风系统的时空变化及其对中国气候异常影响的最近研究进展. 大气科学, 32(4): 691-719
- 黄士松. 1963. 副热带高压东西向移动及其预报的研究. 气象学报, 33(3): 320-332
- 江志红,何金海,李建平等. 2006. 东亚夏季风推进过程的气候特征及其年代际变化. 地理学报, 61(7): 675-686
- 陆日宇,李颖,Chan-Su Ryu. 2007. 夏季西太副热带高压的东西偏移和对流层低层环流变化的主要模态的关系. 自然科学进展, 17(4): 546-550

- 李峰,丁一汇,鲍媛媛. 2008. 2003年淮河大水期间亚洲北部阻塞高压的形成特征. *大气科学*,32(3):469-480
- 柳艳香,赵振国,朱艳峰等. 2008. 2000年以来夏季长江流域降水异常研究. *高原气象*,27(4):807-813
- 毛文书,王谦谦,景艳等. 2007. 江淮梅雨与冬季西太平洋海温的SVD分析. *气象*,33(8):83-89
- 毛文书,王谦谦,马慧等. 2008. 江淮梅雨的时空变化特征. *南京气象学院学报*,31(1):116-122
- 闵岫,钱永甫. 2008. 江淮梅雨分区特征的比较研究. *应用气象学报*,19(1):19-27
- 钱维宏,朱江,王永光等. 2009. 江淮梅雨和赤道太平洋区域海温变化的关系. *科学通报*,54(1):79-84
- 钱永甫,王谦谦,黄丹青. 2007. 江淮流域的旱涝研究. *大气科学*,31(6):1279-1289
- 陶诗言,张庆云,张顺利. 2001. 夏季北太平洋副热带高压系统的活动. *气象学报*,59(6):747-758
- 涂长望,黄土松. 1944. 中国夏季风之进退. *气象学报*,18(1):1-20
- 王慧,王谦谦. 2002. 淮河流域夏季降水异常与北太平洋海温异常的关系. *南京气象学院学报*,25(1):45-54
- 徐海明,何金海,董敏. 2001. 江淮入梅的年际变化及其与北大西洋涛动和海温异常的联系. *气象学报*,59(6):694-706
- 徐群,张艳霞. 2007. 近52年淮河流域的梅雨. *应用气象学报*,18(2):147-157
- 杨义文,许力,龚振淦. 2003. 2003年北半球大气环流及中国气候异常特征. *气象*,30(4):20-25
- 叶笃正,黄荣辉等. 1996. 长江、黄河流域旱涝规律和成因研究. 济南:山东科学技术出版社,387pp
- 于淑秋,林学椿. 2006. 两类江淮大水的大气环流特征. *气象学报*,64(5):605-613
- 张庆云,陶诗言,张顺利. 2003. 夏季长江流域暴雨洪涝灾害的天气气候条件. *大气科学*,27(6):1018-1030
- 竺可桢. 1934. 东南季风与中国之雨量. *地理学报*,1(1):1-27
- 朱乾根,林锦瑞,寿绍文等. 1992. *天气学原理和方法*. 北京:气象出版社,495-496
- 竺夏英,何金海,吴志伟. 2007. 江淮梅雨期降水经向非均匀分布及异常年特征分析. *科学通报*,52(8):951-957
- 竺夏英,何金海,吴志伟. 2008. 长江中下游入梅指数及早晚梅年的海气背景特征. *大气科学*,32(1):113-122
- Kalnay E, Kanamitsu M, Kistler R, et al. 1996. The NCEP/NCAR 40-year reanalysis project. *Bull Amer Meteor Soc*, 77(3): 437-471
- Rayner N A, Parker D E, Horton F B, et al. 2003. Global analyses of sea surface temperature, sea ice, and night marine air temperature since the late nineteenth century. *J Geophys Res*, 108(D14):4407, Doi:10.1029/2002JD002670
- Tao S Y, Chen L X. 1985. The East Asian summer monsoon. *Proceedings of International Conference on Monsoon in the Far East*. Tokyo, Nov. 5-8, 1985, 1-11
- Xie S P, Hu K M, Hafner J, et al. 2009. Indian Ocean capacitor effect on Indo-Western Pacific climate during the summer following El Nino. *J Climate*, 22(3): 730-747