

罗连升,徐敏,梁树献,2018.厄尔尼诺/拉尼娜与淮河流域汛期降水年际关系的稳定性分析[J].气象,44(8):1073-1081.

厄尔尼诺/拉尼娜与淮河流域汛期降水 年际关系的稳定性分析*

罗连升^{1,2} 徐敏¹ 梁树献³

1 安徽省气候中心,合肥 230031

2 安徽省大气科学与卫星遥感重点实验室,合肥 230031

3 淮河水利委员会,安徽蚌埠 233001

提 要: 根据 1961—2015 年淮河流域 170 站月降水资料、NCEP 再分析资料和 ERSST 海温资料,采用滑动相关、合成分析等方法来探讨厄尔尼诺/拉尼娜与淮河流域汛期降水年际关系的稳定性。结果表明:厄尔尼诺/拉尼娜与淮河流域汛期降水的年际关系存在不稳定性,两者 11 年滑动相关在 1979 年出现一次突变,1961—1979 年两者为明显的负相关,1980—1992 年为正常阶段,1993—2015 年为明显的正相关。文中主要讨论两个明显相关时段厄尔尼诺/拉尼娜对淮河流域降水的影响。1961—1979 年时段和 1993—2015 年时段厄尔尼诺/拉尼娜对淮河流域夏季降水的影响是相反的,而且 1993—2015 年厄尔尼诺/拉尼娜对淮河流域汛期降水预测的指示意义不如 1961—1979 年时段。厄尔尼诺事件对淮河流域降水的影响较为明显,而拉尼娜的影响不明显,两者的影响表现出不对称的特点。1961—1979 年期间厄尔尼诺发展(衰减)年夏季亚洲大气环流配置有利于南北气流在淮河流域上空汇合(辐散),使得流域降水偏多(偏少),而 1993—2015 年厄尔尼诺事件则相反。

关键词: 淮河流域,汛期降水,厄尔尼诺,拉尼娜,稳定性

中图分类号: P461,P468

文献标志码: A

DOI: 10.7519/j.issn.1000-0526.2018.08.009

Stability Analysis of the Interannual Relationship Between El Niño/La Niña and the Summer Rainfall over Huaihe River Basin

LUO Liansheng^{1,2} XU Min¹ LIANG Shuxian³

1 Anhui Climate Center, Hefei 230031

2 Anhui Key Laboratory of Atmospheric Science and Satellite Remote Sensing,
Anhui Meteorological Service, Hefei 230031

3 Huaihe River Commission, Minister of Water Resources, Anhui, Bengbu 233001

Abstract: Based on the monthly rainfall of 170 stations over Huaihe River Basin, NCEP reanalysis data and ERSST sea surface temperature data, the stability of the variation characteristics of the relationship between El Niño/La Niña and the summer rainfall over Huaihe River Basin is studied by using sliding correlation, composition analysis etc. It shows that the relationship between El Niño/La Niña and the summer rainfall over Huaihe River Basin is not stable, the 11-year slide correlation probably mutates in 1979. It is significant negative correlation between El Niño/La Niña and the summer rainfall over Huaihe River Basin during 1961—1979, and it is normal correlation during 1980—1992, but it is significant positive values during 1993—2015. The influences of El Niño/La Niña on the precipitation over the Huaihe River Basin

* 公益性行业(气象)科研专项(GYHY201406021)、国家自然科学基金项目(41605068)、淮河流域气象开放研究基金项目(HRM201608)和中央引导地方科技发展专项(ZY18C12)共同资助

2017年6月22日收稿; 2018年5月9日修定稿

第一作者:罗连升,主要从事气候和气候变化研究. Email:luolsh_gx@163.com

during two obvious correlation periods are mainly discussed. The influences of El Niño/La Niña on the precipitation over the basin during 1961—1979 and 1993—2015 are on the opposite. And the El Niño/La Niña events during 1993—2015 as a predictor of the summer precipitation over the Huaihe River Basin are weaker than the El Niño/La Niña events during 1961—1979. The influence of El Niño events on the precipitation over Huaihe River Basin is obvious, but the influence of La Niña events is not obvious, and the influences of both are asymmetrical. The distribution of Asian atmospheric circulation in El Niño developing (decaying) summer during 1961—1979 is conducive to the north and south air convergence (divergence) over the Huaihe River Basin, which makes the precipitation over the basin more (less) than normal. While the El Niño events are on the opposite during 1993—2015.

Key words: Huaihe River Basin, summer rainfall, El Niño, La Niña, stability

引 言

淮河流域位于我国东部,介于长江和黄河两大流域之间,地处中纬度、南北气候和沿海向内陆三种过渡带的重叠地区,气候温和,自古以来淮河流域就是我国南北方的一条自然分界线。淮河流域特殊的地理位置、自然气候条件和地形地貌形态决定了该流域旱涝灾害多发。例如,2003、2005 和 2007 年相继隔年发生流域性大洪水,给淮河流域各省造成了巨大的损失,仅 2003 年流域暴雨就造成约 181.7 亿元的直接经济损失,受灾人口高达 4751.8 万人(高辉,2006)。因此,研究淮河流域汛期降水异常的成因,提高其预测水平,对提高科学决策依据具有重要的意义。

众多研究表明,影响淮河流域旱涝的不仅有东亚—太平洋热带环流系统异常(张庆云和陶诗言,1999;张庆云和郭恒,2014;鲍媛媛等,2004;金荣花等,2006;胡娅敏和丁一汇,2009;刘屹岷等,2013)、亚洲中纬度西风带上 Rossby 波活动异常和亚洲中高纬环流系统(龚振淞等,2004;赵思雄等,2007;桂海林等,2010)等大气内部因子,还有青藏高原积雪(钱永甫等,2003)和 ENSO(信忠保和谢志仁,2005;高辉,2006;宗海锋等,2010;陶亦凡等,2011)等外强迫因子。其中 ENSO 是影响淮河流域旱涝最重要的因素之一(高辉,2006)。

ENSO 不同位相对淮河流域的影响差异较大。Huang and Wu(1989)、金祖辉和陶诗言(1999)和赵亮等(2007)研究均表明,在厄尔尼诺(拉尼娜)发展年淮河流域夏季降水偏多(偏少),而厄尔尼诺衰减年淮河流域夏季降水偏少(偏多)。ENSO 与淮河流域汛期降水的关系还存在年代际变化特征。宗海锋

等(2010)研究表明,1962—1977 年期间厄尔尼诺(拉尼娜)次年江淮流域夏季降水偏少(多),而 1993—2007 年期间厄尔尼诺(拉尼娜)次年江淮流域夏季降水偏多(少)。高辉(2006)研究指出淮河流域夏季降水与前期 ENSO 的对应关系在 20 世纪 70 年代中期发生一次明显的突变,在突变前,降水与赤道东太平洋海温为明显的负相关,而在突变后,相关值转为弱正相关;他还指出 ENSO 对淮河流域夏季降水预测的参考意义正在减弱。

然而,也有研究指出拉尼娜与厄尔尼诺对气候的影响表现出明显的非对称性:Wu et al(2010)研究表明厄尔尼诺和拉尼娜对西北太平洋大气环流异常具有非对称性;Wang et al(2012)研究也认为,受大气环流年代际变化的影响,厄尔尼诺和拉尼娜对长江流域梅雨的影响具有不对称性。

上述研究主要是针对全国 160 站中淮河流域 9 个代表站 1951—2000 年夏季降水进行分析,没有加入 2000 年以来的资料,也较少分析不同时期厄尔尼诺/拉尼娜对应的东亚夏季风和大气环流的差异。而 2000 年以来淮河流域汛期降水具有明显的年代际变化,2000—2008 年流域降水偏多,而 2009 年以来转入偏少(图 1)。那么近些年来淮河流域汛期降水与厄尔尼诺/拉尼娜的关系是否发生了变化?如果是,它是什么时间开始转变的,相应地厄尔尼诺/拉尼娜对淮河流域夏季降水预测指示意义又有怎样的变化?相应地东亚夏季风和大气环流是否也发生了转变,转变前后它们之间有何差异呢?厄尔尼诺和拉尼娜对淮河流域夏季降水的影响是否也存在不对称性呢?因此,我们有必要利用淮河流域 170 个站点数据并加入 2000—2015 年的资料(包括降水、海温和大气环流)来讨论厄尔尼诺/拉尼娜与淮河流域夏季降水年际变化的稳定性问题,并分析不同时

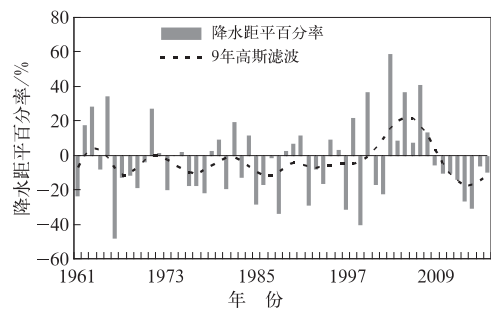


图 1 1961—2015 年淮河流域 170 个站
平均夏季降水距平百分率演变
Fig. 1 The anomaly percentage of summer
precipitation over Huaihe River Basin
during 1961—2015

期对应的东亚夏季风和大气环流的异同以及厄尔尼诺和拉尼娜影响的对称性问题,从而达到改进厄尔尼诺/拉尼娜对淮河流域汛期降水预测概念模型的目的,为改善和提高淮河流域汛期旱涝预测提供技术支持。

1 资料和方法

本文利用 1961—2015 年淮河流域 170 站逐月

降水量,数据由淮河流域气象中心提供。采用美国 NCEP 再分析资料中 1961—2015 年逐月位势高度场和风场,分辨率为 $2.5^{\circ} \times 2.5^{\circ}$;同一时段 NOAA ERSST 的逐月海表面温度资料,分辨率为 $2^{\circ} \times 2^{\circ}$ 。根据《厄尔尼诺/拉尼娜事件判别方法》(GB/T 33666—2017;中国气象局,2017)标准,当 Niño3.4 指数 3 个月滑动平均值 $\geq 0.5^{\circ}\text{C}$ ($\leq -0.5^{\circ}\text{C}$),且持续至少 5 个月,判定为一次厄尔尼诺(拉尼娜)事件。Niño3.4 指数是指($5^{\circ}\text{S} \sim 5^{\circ}\text{N}$, $120^{\circ} \sim 170^{\circ}\text{W}$)范围内海表面温度异常的区域平均值。文中该指数由 ERSST 海温计算得到。文中不同时段采用的气候态有所差异,如没有特别说明气候态取 1981—2010 年。汛期(夏季)指的是 6—8 月。

Wang(1995)研究表明:ENSO 事件在当年的春夏季为发展阶段,秋冬季达到成熟阶段,到次年春、夏季为衰减阶段。本文根据 Wang(1995)划分的厄尔尼诺/拉尼娜发展阶段和衰减阶段以及《厄尔尼诺/拉尼娜事件判别方法》(中国气象局,2017)统计的历次厄尔尼诺/拉尼娜事件,1961 年以来共发生了 11 个厄尔尼诺发展年、18 个厄尔尼诺衰减年、9 个拉尼娜发展年和 12 个拉尼娜衰减年(表 1)。

表 1 厄尔尼诺/拉尼娜事件不同阶段的划分

Table 1 The division of the El Niño/La Niña events at different stages

厄尔尼诺/拉尼娜不同位相	年份
厄尔尼诺发展年(共 11 年)	1963,1965,1972,1982,1986,1991,1997,2002,2004,2006,2009
厄尔尼诺衰减年(共 18 年)	1964,1966,1969,1970,1973,1977,1978,1980,1983,1987,1988,1992,1995,1998,2003,2005,2007,2010
拉尼娜发展年(共 9 年)	1964,1970,1973,1975,1988,1998,2007,2010,2011
拉尼娜衰减年(共 12 年)	1965,1971,1972,1974,1976,1985,1989,1996,2000,2001,2008,2012

2 厄尔尼诺/拉尼娜与淮河流域汛期降水年际关系的变化

2.1 厄尔尼诺/拉尼娜与淮河流域汛期降水的相关

为了分析厄尔尼诺/拉尼娜与淮河流域汛期降水年际关系的稳定性问题,文中采用滑动相关方法,计算 1961—2015 年淮河流域汛期降水与前期冬季 Niño3.4 指数的 11 年滑动相关,滑动相关值记在窗口的第 6 年,例如 1961—1971 年相关值记在 1966 年。由图 2a 可见,滑动相关系数的阶段性非常明显,1966—1979 年为负相关时段,其中 1966—1971

和 1972—1974 年时段的滑动相关系数分别通过了 0.05 和 0.1 的显著性水平检验,1980—1992 年为正常时段,1993—2010 年则转为正相关时段,其中 1998—2008 年相关系数较为稳定,在 0.1 显著性水平线附近摆动。用 Mann-Kendall(MK)方法(魏凤英,2007)对上述 11 年滑动相关系数变化进行突变检验,结果显示相关系数在 1979 年存在一次突变,表明厄尔尼诺/拉尼娜与淮河流域汛期降水的 11 年滑动相关在 1979 年出现明显转折。本文分析结果与宗海锋等(2010)提出的中国夏季降水与前期冬季 Niño3 区海温的滑动相关关系分为三个阶段 1962—1977、1978—1992 和 1993—2007 年的结论基本一致。

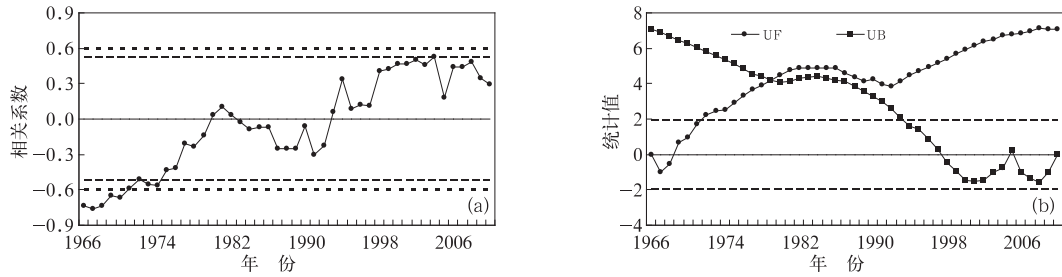


图 2 1961—2015 年淮河流域汛期降水与前期冬季 Niño3.4 指数的 11 年滑动相关系数(a) 以及对应的 M-K 检验(b)

(滑动相关值记在窗口的第 6 年,图 2a 中点线和虚线分别为相关系数的 0.05 和 0.1 显著性水平,图 2b 中虚线为 $\alpha=0.05$ 显著性水平临界值)

Fig. 2 11-year sliding correlation coefficients between pre-winter Niño3.4 index and summer precipitation over Huaihe River Basin (a), and its corresponding M-K test (b) during 1961–2015

(Dotted lines and dashed lines indicate 0.05 and 0.1 significance level for correlation coefficients respectively in Fig. 2a, and the dashed lines represent $\alpha=0.05$ significance level critical value in Fig. 2b)

基于上面滑动相关的两个较为显著相关时段以及目前所处的时代背景,分别计算了 1961—1979 年(对应滑动相关时段为 1966—1974 年)和 1993—2015 年(对应滑动相关时段为 1998—2010 年)这两个时段淮河流域汛期降水与前期 Niño3.4 指数的相关(图 3)。从图 3 可看出,1961—1979 和 1993—

2015 年这两个时段流域降水与 Niño3.4 指数的相关曲线为反位相变化,表明这两个时段厄尔尼诺/拉尼娜对淮河流域汛期降水的影响有明显的差异。首先来看 1961—1979 年(图 3 点线),淮河流域汛期降水与前一年夏秋季和前期冬季 Niño3.4 指数的相关为负相关,通过了 0.05 的显著性水平检验,到当年春季明显减弱,到当年夏季转为弱的正相关,表明 1961—1979 年淮河流域汛期降水与前期秋、冬季 Niño3.4 指数有明显的负相关。1993—2015 年,流域夏季降水与前一年夏、秋季和前期冬季 Niño3.4 指数的相关为正相关,通过了 0.1 的显著性水平检验,到当年春季相关系数迅速下降至 0 附近,到当年夏季转为弱的负相关,表明在 1993—2015 年时段淮河流域汛期降水与前期秋、冬季 Niño3.4 指数为明显的正相关。

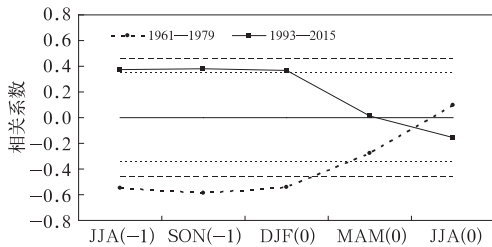


图 3 淮河流域夏季降水与前期和同期 Niño3.4 指数的相关

(横坐标中-1 和 0 分别表示前一年和当年, JJA、SON、DJF 和 MAM 分别表示夏、秋、冬和春季,长虚线为 1961—1979 年时段相关系数的 0.05 显著性水平,点线为 1993—2015 年时段相关系数的 0.1 显著性水平)

Fig. 3 Correlation coefficients of summer precipitation over Huaihe River Basin with Niño3.4 index (Labels -1 and 0 on the x-axis indicate the previous year and the current year. JJA, SON, DJF, MAM represent summer, autumn, winter, spring respectively. The long dash lines represent 0.05 significance level for correlation coefficients during 1961–1979, and the dotted lines represent 0.1 significance level for correlation coefficients during 1993–2015)

2.2 不同时期厄尔尼诺/拉尼娜对应淮河流域汛期降水合成

为了更清楚地显示 1961—1979 和 1993—2015 年两个不同时段厄尔尼诺/拉尼娜对淮河流域汛期降水的影响,文中用合成方法分析了这两个时段厄尔尼诺/拉尼娜发展阶段和衰减阶段对应流域汛期降水分布特征(图 4,图 5)。

1961—1979 年时段(图 4),厄尔尼诺发展年对应淮河流域汛期降水偏多,其中流域中东部降水偏多 20%~80%(图 4a);厄尔尼诺衰减年对应淮河流域汛期降水偏少,其中流域中南部和西部偏少 20%

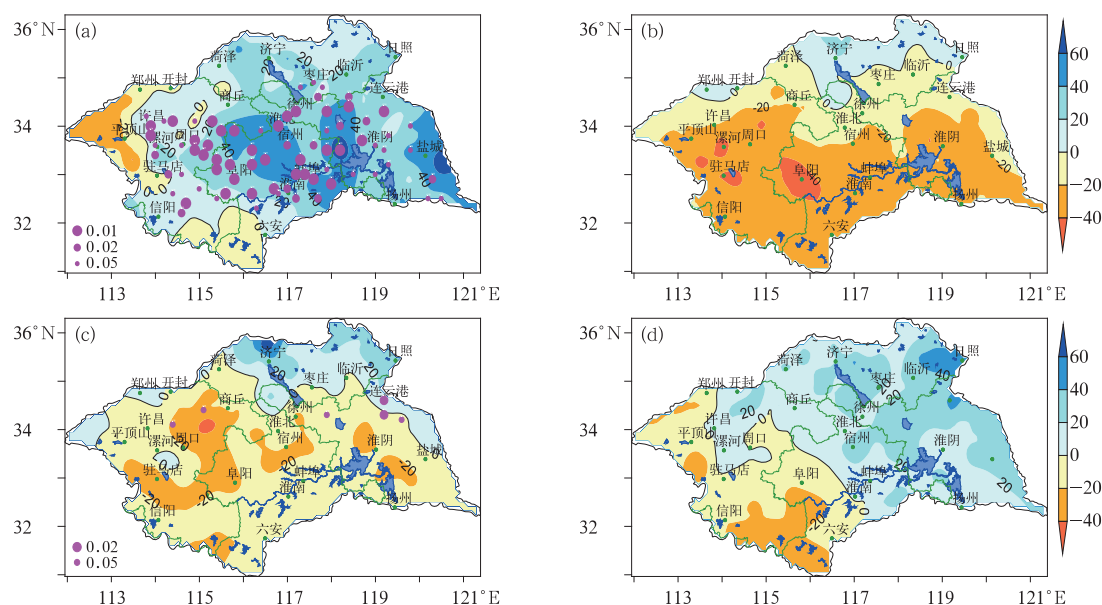


图 4 1961—1979 年厄尔尼诺发展年(a)和其衰减年(b)以及拉尼娜发展年(c)和其衰减年(d)对应淮河流域夏季降水距平百分率合成

(图 4a,4c 中粉色圆点大、中、小分别表示厄尔尼诺/拉尼娜发展年与其衰减年差值通过 0.01、0.02 和 0.05 的显著性水平检验的站点)

Fig. 4 The anomaly percentage of summer precipitation over Huaihe River Basin composite for El Niño developing years (a), El Niño decaying years (b), La Niña developing years (c) and La Niña decaying years (d) during 1961—1979 (Large, middle, and small pink dots in Figs. 4a and 4c represent the stations having passed the 0.01, 0.02 and 0.05 levels of significance test of the difference between El Niño/La Niña developing years and El Niño/La Niña decaying years, respectively)

~50%(图 4b)。从厄尔尼诺发展年与厄尔尼诺衰减年淮河流域汛期降水差值来看,流域大部通过了 0.05 显著性水平检验(图 4a 圆点),表明 1961—1979 年厄尔尼诺事件对淮河流域汛期降水有明显的影响。拉尼娜发展年对应淮河流域汛期降水偏少(图 4c),其中流域中部部分地区偏少 20%~50%;拉尼娜衰减年对应流域中东部降水偏多(图 4d)。从拉尼娜发展年与拉尼娜衰减年降水差值来看,只有中部 6 个站点通过了 0.05 显著性水平检验(图 4c 圆点),即拉尼娜年对淮河流域汛期降水的影响非常有限。

1993—2015 年时段(图 5),厄尔尼诺发展年对应淮河流域汛期降水偏少(图 5a),其中东部部分地区偏少 20%~30%;厄尔尼诺衰减年流域降水偏多,且大部偏多 20%~50%(图 5b)。从厄尔尼诺发展年与其衰减年降水差值来看,流域中部通过了 0.05 显著性水平检验(图 5a 圆点),表明该时段厄尔尼诺事件对流域中部的影响较为明显。拉尼娜发

展年对应流域大部降水偏多;拉尼娜衰减年对应流域北部和中南部降水偏少,而中部降水偏多。对于拉尼娜发展年减去其衰减年,流域只有两个站点通过了显著性水平检验(图 5c 圆点)。由此可见,该时段厄尔尼诺事件对淮河流域汛期降水的影响明显大于拉尼娜事件,而拉尼娜事件几乎没有影响。

比较图 4 和图 5 可见,在 1961—1979 年时段不论是厄尔尼诺事件还是拉尼娜事件,淮河流域汛期降水通过显著性检验的区域明显大于 1993—2015 年,说明 1961—1979 年厄尔尼诺/拉尼娜对淮河流域汛期降水预测的指示意义明显好于 1993—2015 年时段。这与高辉(2006)、高辉和王永光(2007)指出 1980—2003 年期间厄尔尼诺/拉尼娜对淮河流域夏季降水预测的参考意义在减弱的结论相一致。不论是 1961—1979 年时段还是 1993—2015 年时段,厄尔尼诺事件对淮河流域的影响较明显,而拉尼娜的影响不明显,即厄尔尼诺和拉尼娜对淮河流域的影响呈现不对称的现象,这也与已有研究结

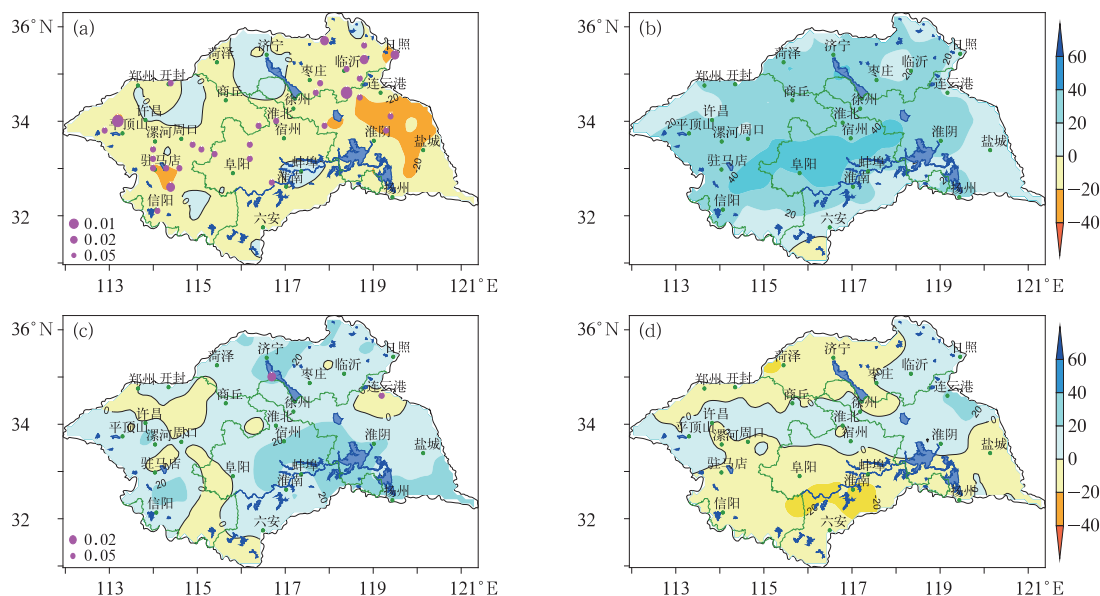


图5 同图4, 但为1993—2015年时段

Fig. 5 As in Fig. 4, but for the period of 1993—2015

果(Wu et al, 2010; Wang et al, 2012)一致。

综上所述, 1961年以来厄尔尼诺/拉尼娜事件与淮河流域汛期降水的年际关系存在不稳定性, 两者11年滑动关系在1979年出现一次突变, 1961—1979年两者为明显的负相关, 1980—1992年进入正常阶段, 1993—2015年转为明显的正相关。1961—1979年厄尔尼诺/拉尼娜事件和1993—2015年厄尔尼诺/拉尼娜事件对淮河流域夏季降水的影响几乎是相反的, 而且1993—2015年厄尔尼诺/拉尼娜事件对淮河流域汛期降水预测的指示意义不如1961—1979年时段。厄尔尼诺事件对淮河流域降水的影响明显, 而拉尼娜的影响不明显。因此利用厄尔尼诺/拉尼娜预测淮河流域汛期降水时, 要考虑到厄尔尼诺/拉尼娜事件与淮河流域降水关系的不稳定性问题, 也要考虑到厄尔尼诺和拉尼娜影响的不对称性。

3 不同时期厄尔尼诺/拉尼娜大气环流特征

上述分析表明, 不同时期厄尔尼诺/拉尼娜发展阶段和衰减阶段对应淮河流域夏季降水有明显的差异, 造成这种差异的原因是大气环流对厄尔尼诺/拉尼娜不同演变阶段的响应不同。下面利用合成分析方法探讨1961—1979和1993—2015年两个时段

厄尔尼诺/拉尼娜发展阶段和衰减阶段的大气环流和水汽输送异常特征。文中不同时段气候均值取该时段平均。

3.1 1961—1979年时段

图6是1961—1979年厄尔尼诺/拉尼娜年夏季500 hPa高度场和850 hPa风场差值合成。

首先来看厄尔尼诺发展年与其衰减年对应夏季环流差值场, 在500 hPa高度差值场上(图6a), 高纬地区为正距平, 欧亚中高纬为“—+—”纬向距平分布, 西欧和里海以东的亚洲地区为负距平区, 其中贝加尔湖附近通过了0.05显著性水平检验, 对应低层从蒙古国到鄂霍次克海为明显的气旋环流(图6c), 该气旋环流有利于冷空气南下。在我国南海到菲律宾北部海域为明显的负距平区, 对应低层为异常气旋环流。在850 hPa风场差值场上, 我国台湾及其以东的西太平洋地区为异常反气旋控制(图6c), 该反气旋西侧的暖湿气流输送到淮河流域。这种环流配置表明厄尔尼诺发展年夏季南北气流在淮河流域上空交汇, 有利于淮河流域夏季降水偏多(概率为100%), 而长江中下游和华北降水偏少(概率分别为100%和67%)。厄尔尼诺衰减年则正好相反, 我国台湾以东的西太平洋地区为异常气旋环流, 该气旋有利于西太平洋副热带高压(简称西太副高)北抬, 使得南方水汽输送到华北地区, 导致华北地区夏季

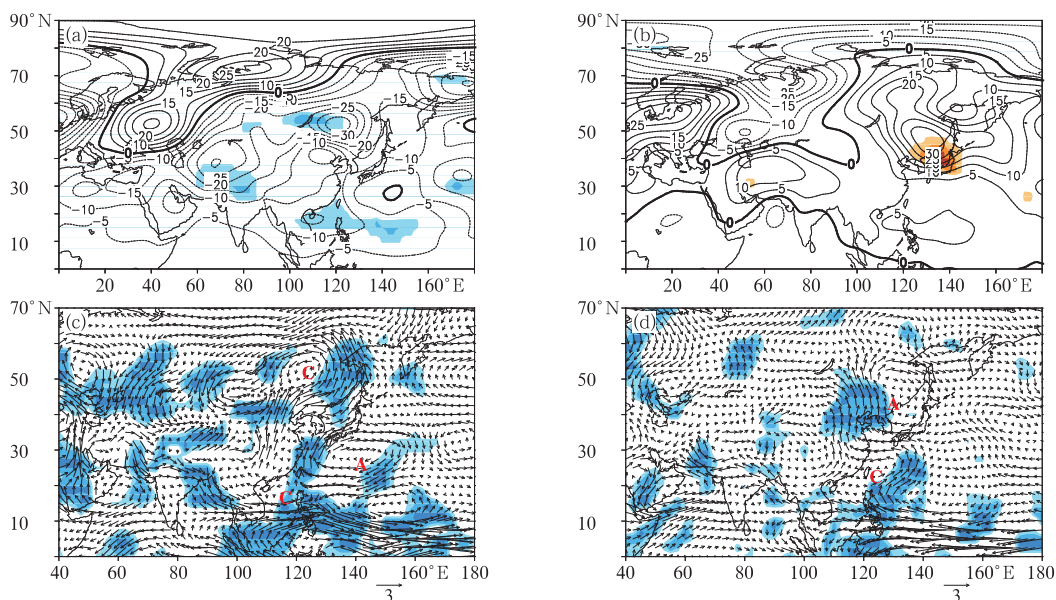


图 6 1961—1979 年厄尔尼诺(拉尼娜)发展年与其衰减年夏季 500 hPa 高度场(a, b, 单位:gpm)和 850 hPa 风场(c, d, 单位: $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$)差值合成
(a, c)厄尔尼诺发展年减去厄尔尼诺衰减年,(b, d)拉尼娜发展年减去拉尼娜衰减年
(阴影区由浅到深表示通过了 0.05、0.02 和 0.01 的显著性水平检验)

Fig. 6 Distribution of 500 hPa geopotential height difference (a, b, unit: gpm) and 850 hPa wind difference (c, d, unit: $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$) between El Niño (La Niña) developing years and El Niño (La Niña) decaying years during 1961–1979
(a, c) El Niño developing years minus El Niño decaying years,
(b, d) La Niña developing years minus La Niña decaying years
(Light, middle and dark shadings indicate the areas having passed the 0.05, 0.02 and 0.01 levels of significance test, respectively)

降水偏多(概率为 86%),而淮河流域和长江中下游受西太副高下沉气流控制,对应降水偏少(概率均为 71%)。本文分析结果与 Huang and Wu(1989)基于 1951—1987 年资料研究指出 El Niño 事件发展阶段对应我国江淮流域夏季降水偏多,而 El Niño 事件衰减阶段对应我国江淮流域夏季降水偏少的结论是一致的。

对于拉尼娜发展年减去其衰减年,夏季 500 hPa 高度场和 850 hPa 风场分布与厄尔尼诺发展年减去其衰减年几乎相反。在 500 hPa 高度差值场上(图 6b),极区为负距平分布,欧亚中高纬为“+ + +”纬向距平分布,乌拉尔山以西和贝加尔湖附近及其以东地区为正距平区,乌拉尔山地区则为负距平,同时我国东北及日本附近为明显的正距平区,对应低层为明显的异常反气旋环流(图 6d),不利于冷空气南下,但有利于西太副高偏北。在 850 hPa 风场差值上(图 6d),我国台湾周围为一个异常气旋,该气旋有利于西太副高北抬,引导南方暖湿气流输送

到我国北方地区。这种分布表明拉尼娜发展年,西太副高偏北,华北地区夏季降水偏多(概率为 75%),而淮河流域和长江中下游上空受下沉气流控制,对应降水偏少(概率 75%)(金祖辉和陶诗言, 1999)。拉尼娜衰减年则相反,我国台湾周围为异常反气旋环流,有利于南方暖湿气流输送到淮河流域,并与北方冷空气在其上空汇合,导致淮河流域夏季降水偏多(概率为 80%),而长江中下游大部降水偏少(概率为 80%)。

3.2 1993—2015 年时段

图 7 是 1993—2015 年厄尔尼诺(拉尼娜)发展年与其衰减年夏季 500 hPa 高度场和 850 hPa 风场差值合成。

首先来看该时段厄尔尼诺发展年减去其衰减年环流差值分布(图 7a, 7c),在 500 hPa 高度场上,欧亚中高纬除了乌拉尔山以西为正距平外,其他大部地区以负距平为主,我国东北及其周围地区为一个

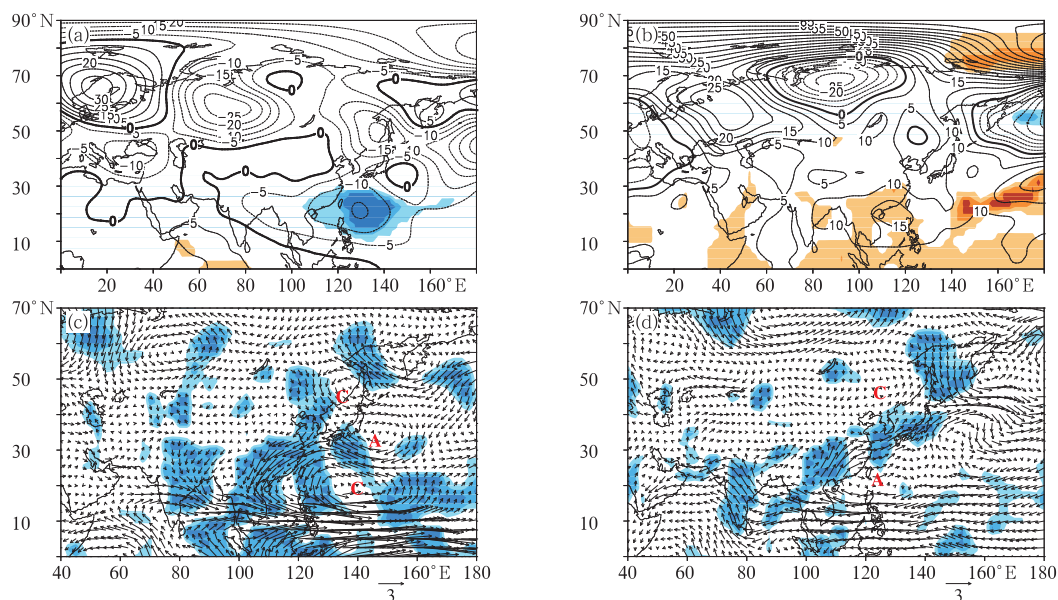


图7 同图6, 但为1993—2015年时段

Fig. 7 As in Fig. 6, but for the period of 1993—2015

低值区,对应850 hPa风场上为一个异常气旋环流,有利于我国北方盛行偏北气流,并阻止南方暖湿气流北上,使得厄尔尼诺发展年长江中下游及其以北地区汛期降水以偏少(概率为80%)。在我国南方到西太平洋广大地区为明显的负距平,对应850 hPa风场为明显的异常气旋环流,有利于厄尔尼诺发展年我国江南和华南地区汛期降水偏多(概率为67%)。厄尔尼诺衰减年大气环流分布与厄尔尼诺发展年基本相反,欧亚中高纬以正距平为主,其中乌拉尔山地区为正距平中心,有利于冷空气南下,此时西太平洋地区为明显的反气旋异常,引导暖湿气流北上,这样冷暖空气在淮河流域上空汇合,导致其汛期降水偏多(概率为67%),而华北和长江下游大部降水偏少(概率均为67%)。

该时期拉尼娜发展年减去其衰减年500 hPa高度场差值场上(图7b),极区为正距平,欧亚中高纬为“+—+”纬向距平波列,其中俄罗斯中北部为负距平区,乌拉尔山及其以西和俄罗斯东部为正距平区。这种距平分布有利于极区冷空气向低纬地区扩散,并经俄罗斯中北部低槽继续向我国输送。西太平洋地区为明显的正距平,对应850 hPa风场为明显的异常反气旋,其西侧的暖湿气流输送到长江中下游和江淮地区。在850 hPa风场上,我国东北为一个异常气旋,有利于冷空气南下。这样冷暖空气在长江中下游和淮河流域汇合,有利于该地区降水偏多。但统计显示拉尼娜发展年淮河流域汛期降水

偏多的概率仅为50%(长江中下游降水偏多概率为75%),说明拉尼娜发展年对淮河流域降水的指示意义不明确。拉尼娜衰减年大气环流分布与上述相反,南北气流在黄淮上空辐散,对应淮河流域大部夏季降水偏少(图5d)。统计结果显示拉尼娜衰减年淮河流域汛期降水偏少的概率仅为40%(长江中下游偏少概率为60%),也说明拉尼娜衰减年对淮河流域降水的指示意义不好。

由上分析可知,两个时段厄尔尼诺发展年和其衰减年夏季亚洲大气环流的响应与淮河流域汛期降水分布相匹配,但1993—2015年拉尼娜发展年和其衰减年夏季亚洲大气环流的响应与淮河流域汛期降水分布并不是很匹配,表明了厄尔尼诺事件对淮河流域汛期降水较明显,而拉尼娜影响不明显,即反映了厄尔尼诺影响和拉尼娜影响的不对称性。

4 结 论

根据1961—2015年淮河流域170站降水资料、NCEP再分析资料和ERSST海温资料,利用滑动相关、相关分析、合成分析等方法来探讨厄尔尼诺/拉尼娜与淮河流域汛期降水年际关系的不稳定性,主要结论如下:

(1) 厄尔尼诺/拉尼娜与淮河流域汛期降水的年际关系存在着不稳定性,两者11年滑动相关在1979年出现一次突变,1961—1979年两者为明显的

负相关,1980—1992年进入正常阶段,1993—2015年转为明显的正相关。1961—1979年厄尔尼诺/拉尼娜事件和1993—2015年厄尔尼诺/拉尼娜事件对淮河流域夏季降水的影响几乎相反。1961—1979年时段厄尔尼诺发展(衰减)年有利于淮河流域汛期降水偏多(少),拉尼娜发展(衰减)年对应降水偏少(多)。1993—2015年时段厄尔尼诺/拉尼娜事件淮河流域汛期降水分布则相反。1993—2015年厄尔尼诺/拉尼娜事件对淮河流域汛期降水预测的指示意义不如1961—1979年时段。厄尔尼诺和拉尼娜对淮河流域降水的影响呈现不对称的现象,厄尔尼诺事件的影响较明显,而拉尼娜的影响不明显。利用厄尔尼诺/拉尼娜预测淮河流域汛期降水时,要考虑到厄尔尼诺/拉尼娜事件与淮河流域降水关系的不稳定性,也要考虑到厄尔尼诺和拉尼娜影响的非对称性。

(2) 1961—1979年时段厄尔尼诺发展(衰减)年夏季从蒙古国到鄂霍次克海为明显的(反)气旋环流,该(反)气旋有(不)利于冷空气南下;西太平洋地区为异常反气旋(气旋),有(不)利于南方暖湿气流输送到淮河流域,使得冷暖空气在淮河流域上空汇合(辐散),导致其降水偏多(少)。拉尼娜发展(衰减)年夏季我国东北到日本一带为明显的正(负)距平,有(不)利于西太副高偏北,淮河流域上空受下沉(上升)气流控制,对应降水偏少(多)。

(3) 1993—2015年厄尔尼诺发展(衰减)年夏季亚洲大气环流分布与1961—1979年几乎相反,我国南海到西太平洋为明显的异常(反)气旋,不(有)利于南方暖湿气流输送到淮河流域,使其降水偏少(多)。该时期拉尼娜年对淮河流域降水的指示意义不明确,相应的大气环流分布与降水不是很匹配。

本文只分析了厄尔尼诺/拉尼娜与淮河流域汛期降水关系的不稳定性,在做汛期降水预测时,不仅要考虑厄尔尼诺/拉尼娜的影响,还要考虑其他因素如高原积雪、中高纬环流异常的影响,同时也要考虑到淮河流域汛期降水自身的气候背景。

参考文献

- 鲍媛媛,李锋,矫梅燕,2004. 2003年淮河流域大暴雨期间低纬环流分析[J]. 气象,30(2):25-29.
- 高辉,2006. 淮河夏季降水与赤道东太平洋海温对应关系的年代际变

- 化[J]. 应用气象学报,17(1):1-9.
- 高辉,王永光,2007. ENSO对中国夏季降水可预测性变化的研究[J]. 气象学报,65(1):131-137.
- 桂海林,周兵,金荣花,2010. 2007年淮河流域暴雨期间大气环流特征分析[J]. 气象,36(8):8-18.
- 龚振淞,王永光,许力,2004. 2003年夏季中高纬度环流与淮河流域降水[J]. 气象,30(2):30-33.
- 胡娅敏,丁一汇,2009. 2000年以来江淮梅雨带北移的可能成因分析[J]. 气象,35(12):37-43.
- 金荣花,矫梅燕,徐晶,等,2006. 2003年淮河多雨期西太平洋副高活动特征及其成因分析[J]. 热带气象学报,22(1):60-66.
- 金祖辉,陶诗言,1999. ENSO循环与中国东部地区夏季和冬季降水关系的研究[J]. 大气科学,23(6):663-672.
- 刘屹岷,洪洁莉,刘超,等,2013. 淮河梅雨洪涝与西太平洋副热带高压季节推进异常[J]. 大气科学,37(2):439-450.
- 钱永甫,张艳,郑益群,2003. 青藏高原冬春季积雪异常对中国春夏季降水的影响[J]. 干旱气象,21(3):1-7.
- 陶亦凡,孙照渤,李维京,等,2011. ENSO与青藏高原积雪的关系及其对我国夏季降水异常的影响[J]. 气象,37(8):919-928.
- 魏凤英,2007. 现代气候统计诊断与预测技术[M]. 北京:气象出版社.
- 信忠保,谢志仁,2005. ENSO事件对淮河流域降水的影响[J]. 海洋预报,22(2):38-46.
- 张庆云,郭恒,2014. 夏季长江淮河流域异常降水事件环流差异及机理研究[J]. 大气科学,38(4):656-669.
- 张庆云,陶诗言,1999. 夏季西太平洋副热带高压北跳及异常的研究[J]. 气象学报,57(5):539-548.
- 赵亮,邹力,王恩华,2007. 与ENSO有关和无关年江、淮旱涝可能成因研究[J]. 气象科学,27(6):618-625.
- 赵思雄,张立生,孙建华,2007. 2007年淮河流域致洪暴雨及其中心尺度系统特征的分析[J]. 气候与环境研究,12(6):713-727.
- 中国气象局,2017. 厄尔尼诺/拉尼娜事件判别方法:QX/T 370-2017[S]. 北京:中国标准出版社.
- 宗海锋,陈烈庭,张庆云,2010. ENSO与中国夏季降水年际变化关系的不稳定性特征[J]. 大气科学,34(1):184-192.
- Huang Ronghui, Wu Yifang, 1989. The influence of ENSO on the summer climate change in China and its mechanism[J]. Adv Atmos Sci, 6(1):21-32.
- Wang Bin, 1995. Interdecadal changes in El Niño onset in the last four decades[J]. J Climate, 8(2):267-285.
- Wang Xin, Wang Dongxiao, Zhou Wen, et al, 2012. Interdecadal modulation of the influence of La Niña events on Mei-yu rainfall over the Yangtze River valley[J]. Adv Atmos Sci, 29(1):157-168.
- Wu Bo, Li T, Zhou Tianjun, 2010. Asymmetry of atmospheric circulation anomalies over the western North Pacific between El Niño and La Niña[J]. J Climate, 23(18):4807-4822.