

北太平洋涛动与淮河流域夏季降水异常的关系

张静, 朱伟军, 李忠贤

(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)

摘要: 研究了北太平洋涛动(NPO)与淮河流域夏季降水异常的关系。结果表明: 冬季北太平洋涛动与次年夏季我国淮河流域降水异常呈明显的负相关: 强(弱)涛动年, 次年夏季淮河流域降水偏少(多)。进一步研究表明, 1976 年冬季 NPO 突变前, 冬季北太平洋涛动指数(North Pacific Oscillation index, I_{NPO})与次年夏季淮河流域降水的负相关显著; 突变后, 负相关明显减弱; 冬季 I_{NPO} 对淮河流域夏季降水预测的参考意义在突变前较好, 在突变后减弱。

关键词: 冬季北太平洋涛动; 淮河流域; 夏季降水; 气候突变

中图分类号: P732.6 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-2022(2007)04-0546-05

Relationship between Winter North Pacific Oscillations and Summer Precipitation Anomalies in the Huaihe River Basin

ZHANG Jing ZHU Weirjun LI Zhong-xian

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

Abstract The relationship between winter North Pacific Oscillation(NPO) and precipitation anomalies in the Huaihe River basin in the following summer is probed in this paper. The results indicate that the winter NPO anomaly bears a negative relation to the precipitation anomalies of following summer in the Huaihe River basin. When the North Pacific Oscillation index(I_{NPO}) is high (low) in the previous winter, the Huaihe River basin will go through less (more) rainfall in the following summer. In addition, an obvious abrupt climate change of NPO occurred in 1976 winter. Before the NPO abrupt change, the negative correlation coefficient - 0.64, between the winter I_{NPO} and the following summer precipitation anomalies in the Huaihe River basin is remarkable, while after the abrupt change, it is obviously weakened, with the correlation coefficient being merely - 0.18. That is to say, the influencing approach of winter I_{NPO} anomaly as a predictor of following summer precipitation anomalies in the Huaihe River basin is significant before the NPO abrupt change but markedly weakened after that.

Key words winter North Pacific Oscillation; Huaihe River basin; summer precipitation; abrupt climate change

0 引言

早在 20 世纪 30 年代, Walker 等^[1]就发现全球大气存在三大涛动: 南方涛动(SO)、北太平洋涛动(NPO)和北大西洋涛动(NAO)。目前, NAO 与我国及东亚地区天气气候关系的研究已有不少^[2-6], 但 NPO 与我国天气气候关系的研究并不多见。李崇银等^[7-8]用(130~170°E, 25~40°N)地区与(130~170°E, 50~65°N)地区平均的海平面气压差表示

NPO, 发现 20 世纪 60 年代的气候跃变与 NPO 的异常有密切关系, 并有可能是引起中国气候年代际变化的重要原因之一。此后, 郭冬等^[9-10]研究发现北太平洋涛动异常变化与我国冬季天气气候关系密切, 还指出北太平洋涛动在 1976 年左右存在着一次明显的气候突变, 突变前(后), 我国冬季气温一致性偏低(高), 且北方地区的变化明显大于南方; 而降水则呈现出长江中下游地区偏多(少)和华南偏少(多)的反相特征。Yan 等^[11]研究表明, NPO 是影

收稿日期: 2006-06-16 改回日期: 2006-10-27

基金项目: 国家自然科学基金重点资助项目(40331010); 江苏省气象灾害重点实验室资助项目(KLME050304)

作者简介: 张静(1982-), 女, 江苏宜兴人, 硕士生, 研究方向: 大气环流及短期气候预测, smalleranec517@gmail.com.

响中国降水年代际变化最显著的原因之一。

近些年来, 淮河流域夏季降水异常倍受人们的关注。越来越多的人不再把淮河与长江中下游作为一个整体来研究, 而是对淮河流域降水进行单独研究。王慧等^[12-13]研究发现淮河流域夏季降水异常与印度西南季风、东亚副热带季风以及冷空气异常有密切关系, 并指出淮河流域夏季降水受到北太平洋海温的影响。高辉^[14]讨论了淮河流域夏季降水与赤道东太平洋海表温度对应关系的年代际变化后, 指出淮河夏季降水在 20 世纪 70 年代中期发生了一次明显的突变, 在突变之前, 其降水呈线性减少趋势, 在突变后降水呈线性增加趋势。

NPO 是北太平洋地区气压变化存在的一种南北向跷跷板现象^[15]。我国邻近北太平洋, 因此, 我国天气气候的异常变化必然要受到北太平洋涛动区海平面气压异常变化的影响。但是, 淮河流域夏季降水异常是否与 NPO 强弱有关呢? 本文试图找出上述两者之间的关系。

1 资料和方法

1.1 资料

(1) 1948 年 1 月—2005 年 12 月美国 NCEP/NCAR 再分析资料中的平均海平面气压场资料(分辨率为 $2.5^\circ \times 2.5^\circ$)。 (2) 国家气候中心整编的 1951 年 1 月—2004 年 8 月中国 160 站逐月降水量资料。冬季定义为当年 12 月到次年 2 月的平均, 例如: 1951 年的冬季表示 1951 年 12 月—1952 年 2 月的平均; 夏季定义为当年 6 月到 8 月的平均。

1.2 方法

北太平洋涛动指数 (I_{NPO}) 定义为 ($130^\circ \sim 170^\circ \text{E}$, $25^\circ \sim 40^\circ \text{N}$) 与 ($130^\circ \sim 170^\circ \text{E}$, $50^\circ \sim 65^\circ \text{N}$) 的海平面气压区域平均值之差, 并将差值再进行一次标准化处理^[9]。

淮河流域 10 个代表站的选取是根据文献^[16]中淮河流域经纬度范围 ($112^\circ \sim 121^\circ \text{E}$, $31^\circ \sim 36^\circ \text{N}$) 和淮河流域地图选定的, 即临沂、菏泽、新浦、清江、徐州、蚌埠、阜阳、郑州、信阳、东台。

2 冬季 I_{NPO} 与次年夏季淮河流域降水的关系

分析冬季 I_{NPO} 与次年夏季淮河流域降水相关系数的空间分布 (图 1) 发现, 冬季 I_{NPO} 与次年夏季淮河流域降水呈明显的负相关, 淮河流域大部分地区

通过 90% 的置信水平检验 ($|R|_{0.10} = 0.23$), 其中淮河中下游部分地区达到 95% 的置信水平检验 ($|R|_{0.05} = 0.27$)。可见, 冬季 I_{NPO} 异常偏高 (低) 时, 次年夏季淮河流域降水偏少 (多)。

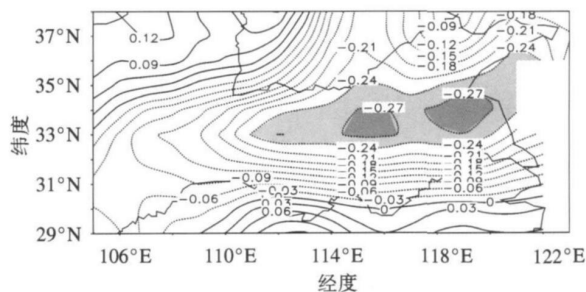


图 1 1951/1952—2003/2004 年冬季 I_{NPO} 与 1952—2004 年夏季淮河流域降水的相关系数 (深阴影区和浅阴影区分别为通过 0.05 和 0.10 的显著性水平检验区)

Fig 1 Correlation coefficients between winter I_{NPO} (1951/1952—2003/2004) and precipitation in the Huaihe River basin in the following summer (1952—2004) (Areas with significance of $\alpha = 0.05/\alpha = 0.10$ level are dark/light gray shaded)

为了进一步揭示冬季 I_{NPO} 与次年夏季淮河流域降水的关系, 图 2 给出了 1951/1952—2003/2004 年冬季 I_{NPO} 与 1952—2004 年淮河流域 10 站夏季平均降水的时间演变曲线。由图可见, 冬季 I_{NPO} 与次年夏季淮河流域降水呈反相关系的有 33 a: 1953/1954, 1958/1959, 1960/1961, 1962/1963, 1964/1965, 1973/1974, 1975/1976, 1977/1978, 1983/1984, 1985/1986, 1987/1988, 1988/1989, 1990/1991, 1991/1992, 1994/1995, 1996/1997, 1998/1999, 2000/2001, 2003/2004 年, 占所选年数 (53 a) 的 60% 以上。由此可见, 两者之间反相的变化关系很好, 相关系数达到 -0.45 通过了 99% 的置信水平检验 ($|R|_{0.01} = 0.35$)。

根据图 2 选出冬季 I_{NPO} 大于 1.0 的强涛动指数年: 1966/1967, 1972/1973, 1978/1979, 1982/1983, 1986/1987, 1987/1988, 1988/1989, 1991/1992 年和小于 -1.0 的弱涛动指数年: 1952/1953, 1953/1954, 1955/1956, 1956/1957, 1961/1962, 1962/1963, 1967/1968, 1970/1971, 1973/1974, 1980/1981, 1999/2000 年; 选出淮河流域夏季降水标准化距平值大于 1.0 的多雨年: 1954, 1956, 1963, 1965, 1971, 1997, 2000, 2003 年和小于 -1.0 的少雨年: 1959, 1961, 1966, 1978, 1985, 1988, 1992, 1997, 1999 年。

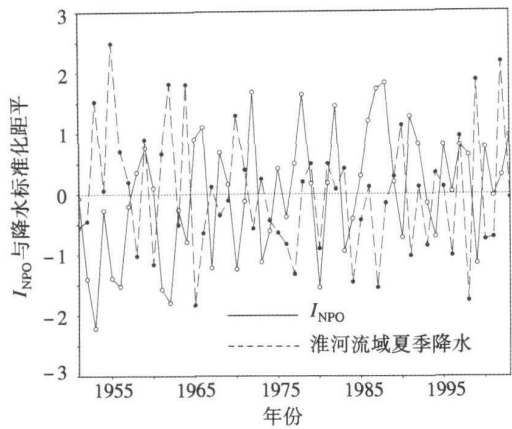


图 2 1951/1952—2003/2004 年冬季 I_{NPO} 与次年 (1952—2004) 夏季淮河流域降水标准化距平曲线 (虚线上的值比横坐标上的时间落后 1 a)

Fig 2 Winter I_{NPO} (1951/1952—2003/2004) and the normalized anomalies of the following summer precipitation in the Huaihe River basin (1952—2004) (the data of dashed line is one year lagged behind the time of the x axis)

对比以上数据发现, 强涛动指数年对应次年夏季淮河流域降水偏少的有 2 a 1987/1988、1991/1992 年, 弱涛动指数对应次年夏季淮河流域降水偏多的有 5 a 1953/1954、1955/1956、1962/1963、1970/1971、1999/2000 年。说明弱涛动年对于次年夏季淮河流域降水偏多的指示作用较好。

为了进一步研究冬季 NPO 异常与次年夏季淮河流域降水异常之间的关系, 采用合成分析方法, 依据选出的冬季 NPO 强、弱涛动指数年份, 制作了强、弱涛动指数年次年夏季的淮河流域降水距平差值场 (强 NPO 年平均减弱 NPO 年平均) 并对差值场进行 t 检验 (图 3)。由图 3 可知, 最强的负值中心位于淮

河下游地区, 通过了 90% 置信水平的 t 检验 ($|R|_{0.1} = 1.74$), 说明强、弱涛动指数年次年夏季的淮河流域降水的确存在显著差异, 淮河下游地区为差异显著区。

3 夏季淮河流域降水异常与前期冬季 NPO 的关系

根据淮河流域夏季多、少雨年, 分别合成前期冬季的海平面气压距平场 (图 4)。由图发现, 淮河流域夏季多雨年前冬北太平洋海平面气压距平场 (图 4a) 呈明显南低北高现象, 130~170°E, 25~40°N 的区域内为负距平区, 130~170°E, 50~65°N 的区域内为正距平区, 即淮河流域夏季多雨年前冬为北太平洋涛动负位相年。反之, 淮河流域夏季少雨年前冬海平面气压距平场为南高北低, 130~170°E, 25~40°N 区域内为正距平, 130~170°E, 50~65°N 区域内为负距平, 即淮河流域夏季少雨年前冬为北太平洋涛动正位相年。这与前文揭示的冬季 NPO 与次年夏季淮河流域降水呈明显反相变化关系是一致的。

4 冬季 NPO 突变前、后 I_{NPO} 与淮河流域夏季降水异常的关系

郭冬等^[10] 利用 Mann-Kendall 法检测 1948/1949—1999/2000 年冬季 NPO 突变, 发现冬季 NPO 从 1976 年开始发生突变。本文就以 1976 年为界, 分别研究 1976 年冬季 NPO 突变前、后的冬季 I_{NPO} 与次年夏季淮河流域降水的年代际变化特征。

由图 5a 可见, 突变前, 冬季 I_{NPO} 和次年夏季淮河流域降水负相关特别明显, 相关系数达到了 -0.64, 通过了 99.9% 的置信水平 ($|R|_{0.001} =$

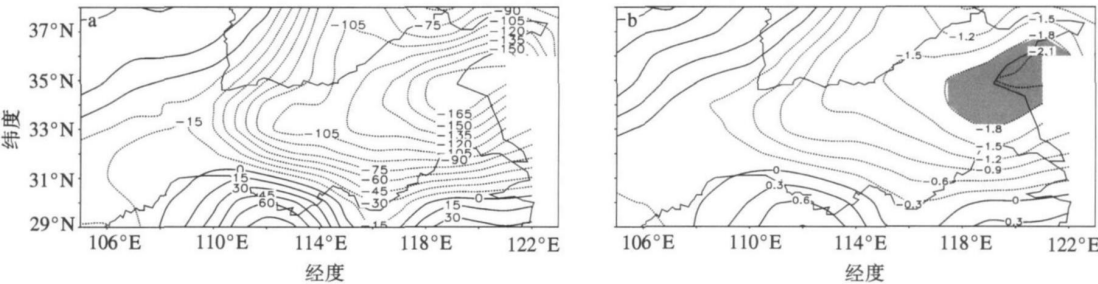


图 3 强、弱 NPO 年次年夏季淮河流域降水距平差值场 (强年减弱年) (a 单位: mm) 及差值检验场 (b 阴影区为通过 0.10 的置信水平检验区)

Fig 3 (a) Summer precipitation differences (mm) in the Huaihe River Basin following the strong and weak winter I_{NPO} years (strong minus weak) and (b) the t test distribution (Area where the differences is significant at a confidence level greater than 0.10 are shaded)

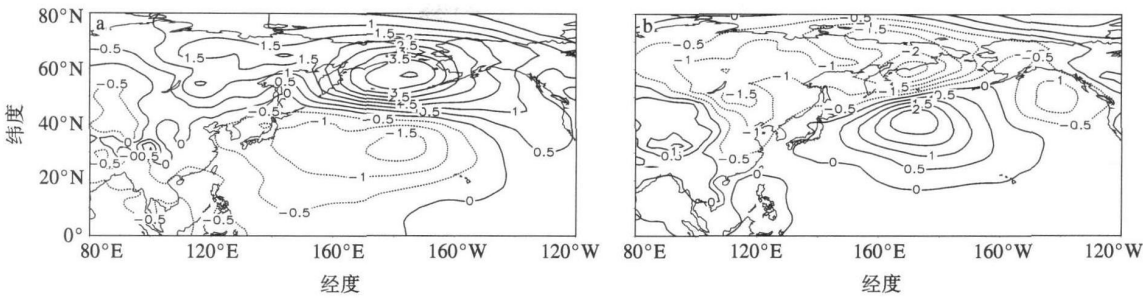


图 4 淮河流域夏季多 (a)、少 (b) 雨年前期冬季北太平洋海平面气压距平场 (单位: hPa)

Fig 4 Composites of SLP departures (hPa) in the preceding winter for (a) excessive and (b) deficit summer precipitation years in the Huaihe River basin

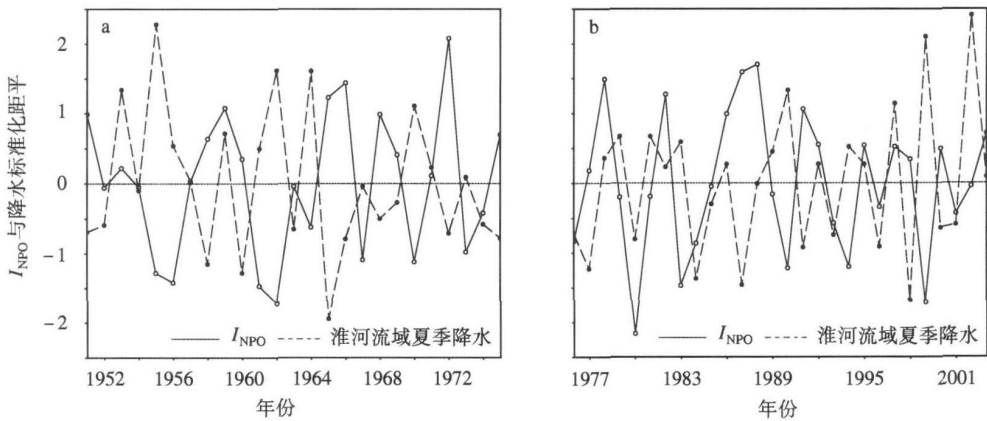


图 5 1976 年冬季 NPO 突变前 1951—1975 年冬季 I_{NPO} 与 1952—1976 年夏季淮河流域降水标准化距平曲线 (a) 以及突变后 1976—2003 年冬季 I_{NPO} 与 1977—2004 年夏季淮河流域降水标准化距平曲线 (b) (虚线上的值比横坐标上的时间落后 1 a)

Fig 5 Winter I_{NPO} and the normalized anomalies of summer precipitation following the winter NPO (a 1952—1976) / (b 1977—2004) before/after the jump of winter NPO in 1976 (the data of dashed line is one year lagged behind the time of the x axis)

0.59)。而突变后, 冬季 I_{NPO} 和次年夏季淮河流域降水负相关关系不明显, 相关系数仅为 -0.18 , 即冬季 I_{NPO} 对淮河流域夏季降水预测的参考意义在突变前较好, 在突变后减弱。

进一步分析 1951/1952—2003/2004 年冬季 I_{NPO} 和次年夏季淮河流域降水标准化距平的高斯 9 a 滑动平均曲线 (图 6) 可以发现, 1976 年冬季 NPO 突变前, 冬季 I_{NPO} 与次年夏季淮河流域降水之间的反位相关关系显著, 前 22 a 几乎每一年都是反位相年, 且振幅基本相同, 只在最后的 3 a 存在较不明显的同位相关关系; 在突变后 (图 5b), 冬季 I_{NPO} 与次年夏季淮河流域降水之间的反位相关关系开始变得不明显, 到 2000 年以后两曲线甚至出现基本重合的现

象。从总体上看, 突变前, 冬季 I_{NPO} 为负值, 淮河流域夏季降水异常偏多; 突变后, 冬季 I_{NPO} 为正值, 淮河流域夏季降水异常偏少。

5 结论

从年际变化看, 冬季 I_{NPO} 与次年夏季淮河流域降水呈明显的负位相变化关系。冬季强 (弱) 涛动指数年, 次年夏季淮河流域降水偏少 (多), 且弱涛动指数年对次年夏季淮河流域降水的指示作用较强。淮河流域少雨年前期冬季为 NPO 强涛动年; 相反, 淮河流域多雨年前期冬季为 NPO 弱涛动年。从年代际变化看, 在 1976 年冬季 NPO 突变前, 冬季 I_{NPO} 与次年夏季淮河流域降水负相关较好, 突变后负相关明显减弱, 即突变前, 冬季 I_{NPO} 对次年夏季淮

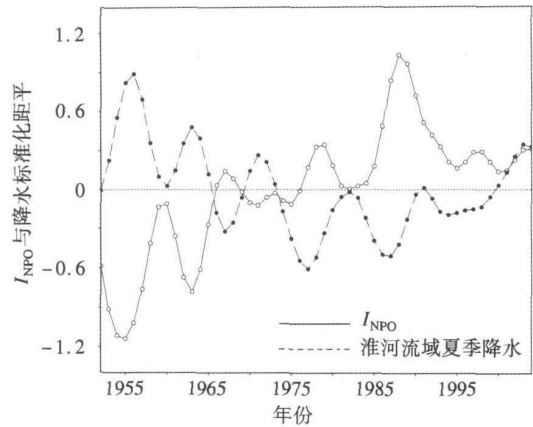


图 6 1951—2003 年冬季 I_{NPO} 与
1952—2004 年淮河流域夏季降水
标准化距平的高斯 9 a 滑动平均曲线

Fig 6 Gauss 9-year moving curves of winter I_{NPO}
(1951/1952—2003/2004)
and the normalized anomalies of the
following summer precipitation
in the Huaihe River basin (1952—2004)
(the data of dashed line is one year lagged
behind the time of the x axis)

河流域降水的指示作用较强, 突变后, 指示作用变得不明显。

本文揭示了冬季 I_{NPO} 与次年夏季淮河流域降水有较好的负相关关系, 但对其产生的具体机制尚不十分清楚, 有待进一步研究。

参考文献:

[1] Walker G T, Bliss E W. World weather[J]. V M on Roy Meteor Soc, 1932 4(1): 53-84

[2] 武炳义, 黄荣辉. 冬季北大西洋涛动极端异常与东亚冬季风 [J]. 大气科学, 1999 23(6): 641-651

[3] 王永波, 施能. 近 45 年冬季北大西洋涛动异常与我国气候的关系 [J]. 南京气象学院学报, 2001, 24(3): 315-322

[4] 龚道溢, 周天军, 王绍武. 北大西洋涛动变率研究进展 [J]. 地球科学进展, 2001 16(3): 413-420

[5] 徐海明, 何金海, 董敏. 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 [J]. 气象学报, 2001, 59(6): 694-706.

[6] 刘宗秀, 廉毅, 沈柏竹. 北太平洋涛动区 500 hPa 高度场季节变化特征及其对中国东北区降水的影响 [J]. 应用气象学报, 2003, 14(5): 553-561.

[7] 李崇银, 李桂龙. 北大西洋涛动和北太平洋涛动的演变与 20 世纪 60 年代的气候突变 [J]. 科学通报, 1999 44(16): 1765-1769.

[8] Li Congyi in He Jinhai Zhu Jinhong A review of decadal/interdecadal climate variation studies in China[J]. Adv Atmos Sci 2004 21(3): 425-436

[9] 郭冬, 孙照渤. 冬季北太平洋涛动异常与东亚冬季风和我国天气气候的关系 [J]. 南京气象学院学报, 2004, 27(4): 461-470.

[10] 郭冬, 孙照渤. 冬季 NPO 突变前后大气环流和我国天气气候的变化 [J]. 南京气象学院学报, 2005, 28(2): 180-188.

[11] Yan Huasheng Wan Yunxia Chen Jiangang Interannual and interdecadal variations in atmospheric circulation factors and rainfall in China and their relationship[J]. Acta Meteor Sinica 2005 19(2): 251-261

[12] 王慧, 王谦谦. 近 49 年来淮河流域降水异常及其环流特征 [J]. 气象科学, 2002 22(2): 149-158

[13] 王慧, 王谦谦. 淮河流域夏季降水异常与北太平洋海温异常的关系 [J]. 南京气象学院学报, 2002, 25(1): 45-54.

[14] 高辉. 淮河夏季降水与赤道东太平洋海表温度对应关系的年代际变化 [J]. 应用气象学报, 2006, 17(1): 1-9

[15] Rogers J C. The association between the North Atlantic Oscillation and the Southern Oscillation in the northern hemisphere[J]. Mon Wea Rev, 1984 112: 1999-2015

[16] 宁远, 钱敏, 王玉太. 淮河流域水利手册 [M]. 北京: 科学出版社, 2003: 1-26.