

汪靖, 吕江津. 天津地区雨季降水异常的前期强影响信号研究[J]. 气象, 2010, 36(11): 12-17.

天津地区雨季降水异常的前期强影响信号研究^{* 1}

汪 靖 吕江津

天津市气象台, 天津 300074

提 要: 利用 1958—2007 年天津地区 4 站月降水资料以及 NCEP/NCAR 月平均再分析数据资料集, 采用相关分析和合成分析, 研究了天津地区雨季降水异常的前期强影响信号。结果表明: 天津地区雨季降水量在很大程度上决定了全年的降水量, 雨季降水存在显著的年际变化和一定的年代际变化。天津地区雨季降水与前期冬季 2 月 NAO 存在显著的反相关关系, 前期冬季 2 月异常的 NAO 可能是天津地区雨季降水异常的前期强影响信号。NAO 偏弱年, 天津地区上游有强低值系统发展, 南亚高压、高空副热带西风急流和热带东风急流位置偏北, 阿拉伯海到孟加拉湾一带有季风低压和季风槽发展。上述系统的配置有利于天津地区雨季降水偏多。NAO 偏强年上述情况则相反。

关键词: 雨季, 降水异常, 前期强影响信号, 北大西洋涛动

Investigations on the Precedent Strong Influence Signal for the Anomalous Precipitation in Rainy Season over Tianjin Area

WANG Jing LV Jiangjin

Tianjin Meteorological Observatory, Tianjin 300074

Abstract: Based on the 1958—2007 monthly precipitation data at 4 stations over Tianjin area and the NCEP/NCAR reanalysis data set, the precedent strong influence signal for the anomalous precipitation in rainy season over Tianjin area is investigated by employing the simple correlation and composite analysis. The results show that the annual precipitation over Tianjin area is mainly concentrated in the rainy season. There exists pronounced interannual variability and certain interdecadal variations about the rainfall in rainy season. Additionally, there is a significant negative correlation between the precipitation and NAO in the preceding February. The anomalous NAO in the preceding February has a good potential to be the precedent strong influence signal for the abnormal precipitation over Tianjin area. In the years of weak NAO, the low value systems develop on Tianjin upstream, the South Asia high, the subtropical upper westerly jet and the tropical upper easterly jet lie more northward, and the developments of monsoon depression and trough are noticeable from the Arabian Sea to the Bay of Bengal. The rainfall is likely to be more than normal due to the distribution of the above-mentioned synoptic systems. The situations are just opposite in the years of strong NAO.

Key words: rainy season, anomalous precipitation, precedent strong influence signal, NAO (North Atlantic Oscillation)

* 天津市地质灾害预警预报技术及应用(项目编号:07ZCGYSF03300)基金资助
2009 年 3 月 5 日收稿; 2009 年 8 月 6 日收修定稿
第一作者:汪靖,主要从事天气气候预测工作. Email:nuistwangjing@163.com

引 言

东亚夏季风对中国夏季气候有着显著的影响^[1-7],华北雨季的形成与东亚夏季风向北推进密切相关^[8-9]。20 世纪 70 年代末期以后,东亚夏季风的持续减弱^[10-12],华北地区降水减少,干旱事件甚至是严重干旱事件时有发生^[13]。天津地区地处华北平原东北部,经济发达。近年来随着滨海新区的开发开放,人们越来越关注天津地区的干旱问题。研究表明^[14-15],干旱是最复杂而且又是被人们了解得最少的自然灾害,它对人类所造成的灾害要远远超过其他的自然灾害。干旱问题导致天津地区水资源匮乏,降水匮乏严重影响了社会经济的发展。

“南水北调”工程在一定程度上缓解了天津地区乃至华北地区的干旱问题。然而,值得指出的是,我们深入研究天津地区雨季降水异常的前期强影响信号有助于南水北调工程发挥其最佳的经济效益,有利于建设节约型社会,具有重要的社会经济意义。

前人对华北地区降水的相关问题已有了一定研究。吴正华等^[16]研究了北京汛期暴雨与厄尔尼诺事件的关系。黄荣辉等^[17]研究了华北地区夏季降水的变化趋势并指出:20 世纪 80 年代以后华北干旱化日趋严重。李崇银等^[18]的研究指出前期北大西洋涛动和北太平洋涛动对华北地区降水可能有影响。张庆云^[19]研究了华北地区夏季降水的时空变化特征,认为降水存在显著的年际和年代际变化特征。赵声蓉等^[20]探讨了华北汛期旱涝与中高纬大气环流异常的关系。陆日宇^[21]指出赤道东太平洋海温异常影响华北汛期降水量。梁萍等^[22]的研究表明,西太平洋和高纬西风带的水汽输送与华北地区夏季降水有着密切的联系。荣艳淑等^[23]指出前期北极涛动异常造成华北地区降水异常。何敏等^[24]探讨了影响北京夏季降水异常的大尺度环流特征。

然而,从上述研究结果来看,前人的研究主要侧重于华北地区夏季降水的时空变化特征,对华北地区特别是天津地区雨季降水异常的前期强影响信号研究相对较少。天津地区雨季降水短期气候预测的前期强影响信号有没有?若有,是什么?鉴于上述研究的重要社会经济意义,因此,本文在资料分析的

基础上,对上述问题作进一步探讨。对其进行探讨,可以为天津地区雨季降水的短期气候预测提供科学的参考依据。

1 资料和方法

文中挑选天津地区具有代表性且时间序列长的 4 个观测站:天津(代表中部)、蓟县(代表北部)、塘沽(代表东南部)和西青(代表西南部)。由于各站的建站时间不统一,所以文中选取上述 4 站的共有年份,即 1958—2007 年。本文使用 1958—2007 年上述 4 站的月降水资料以及 NCEP/NCAR 月平均再分析数据资料集^[25]。

文中主要采用的方法为皮尔逊(Pearson)相关分析和合成分析。

2 天津地区降水的变化特征

图 1 给出了 1958—2007 年天津地区降水量包括天津、蓟县、塘沽和西青平均月降水总量的逐月变化。由图 1 可见,天津地区的降水主要集中于夏季(6—8 月),降水受东亚夏季风的影响较大。受东亚夏季风向北推进的影响,华北雨季一般发生在每年的 7—8 月^[26],计算后我们发现,天津地区雨季降水平均状况下占全年的 59%,有着较大的比重。华北雨季给天津地区带来较大的降水量,因此,天津地区 7—8 月的降水量在很大程度上决定了全年的降水量,所以,正如引言中所述,对雨季降水异常的预测研究有着重要的社会经济意义。

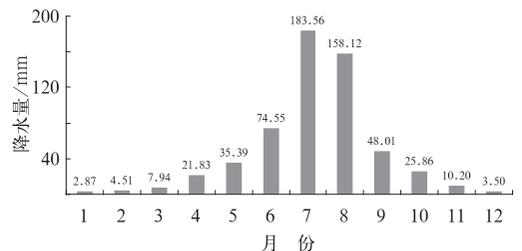


图 1 1958—2007 年天津地区降水量的逐月变化(单位: mm)

Fig. 1 Monthly variation of 50-year monthly mean precipitation during 1958—2007 in Tianjin area (unit: mm)

图 2 是天津地区雨季(7—8 月)降水量的年际变化,其中降水的平均值为 341.7 mm,均方差为 121.9 mm。由图 2 可见,降水最多的年份为 1978 年(616.2 mm),降水最少的年份为 1997 年(142.7 mm),两者竟相差 473.5 mm。由此可见,天津地区雨季降水存在显著的年际变化,这和张庆云的研究结果相一致。

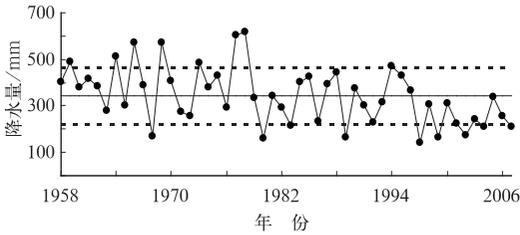


图 2 1958—2007 年天津地区雨季降水量的年际变化

水平实线表示时间序列的平均值,

水平虚线表示时间序列的均方差(单位:mm)

Fig. 2 Time series of yearly mean precipitation in rainy season over Tianjin area during 1958—2007

The mean value for the time series is indicated

by a horizontal solid line. The parallel dashed lines represent the standard deviation (unit: mm)

本文将降水量大于平均值一个标准差的年份定义为降水偏多年,反之为降水偏少年。这样,从图 2 可见,降水量大于平均值一个标准差的年份为 1959、1964、1966、1969、1973、1977、1978 和 1994 年,我们将这 8 年称为降水偏多年;降水量小于平均值一个标准差的年份为 1968、1980、1983、1989、1997、1999、2002、2004 和 2007 年,我们将这 9 年称为降水偏少年。值得注意的是,绝大多数降水偏多年集中于 1980 年以前,而绝大多数降水偏少年集中于 1980 年以后,天津地区雨季降水还存在一定的年代际变化,这可能与 20 世纪 70 年代末大气环流突变^[27]有关。

3 天津地区雨季降水异常的前期强影响信号

为了探讨天津地区雨季降水异常的前期强影响信号,我们先计算了 1958—2007 年天津地区雨季降水序列与前期冬季(前一年 12 月到当年 2 月)、前期春季(当年 3—5 月)和当年 6 月南方涛动指数

(SOI)^[28]、北大西洋涛动指数(NAO)^[29]、北太平洋涛动指数(NPO)^[30]以及北半球环状模(NAM)指数^[31]和南半球环状模(SAM)指数^[32]等大气环流涛动指数的相关。计算后发现,雨季降水异常与前期冬季 NAO 有较好的负相关关系,2 月份的负相关关系最好,相关系数达到 -0.35,通过了 99% 的置信度检验。上述分析表明,前期 2 月份 NAO 偏弱(强)时,天津地区雨季降水很有可能偏多(偏少)。

NAO 实质上表征了北大西洋上两个大气活动中心(冰岛低压和亚速尔高压)的气压变化是呈现明显负相关关系的,即当冰岛低压加深时,亚速尔高压加强;冰岛低压填塞时,亚速尔高压减弱。为进一步揭示前期 NAO 与雨季降水异常的关系,我们给出了天津地区雨季降水序列与前期 2 月份海平面气压场的相关系数分布(图 3)。由图 3 可见,北大西洋中纬度的亚速尔群岛附近为显著的负相关区,而高纬度的冰岛及格陵兰岛区域为显著的正相关区所覆盖,这表明降水偏多(偏少)年,当年 2 月份北大西洋中纬度亚速尔群岛附近海平面气压场显著降低(升高),而北大西洋高纬度冰岛和格陵兰岛附近海平面气压场显著升高(降低),因而亚速尔高压和冰岛低压均减弱(加强),导致 2 月 NAO 偏弱(偏强)。

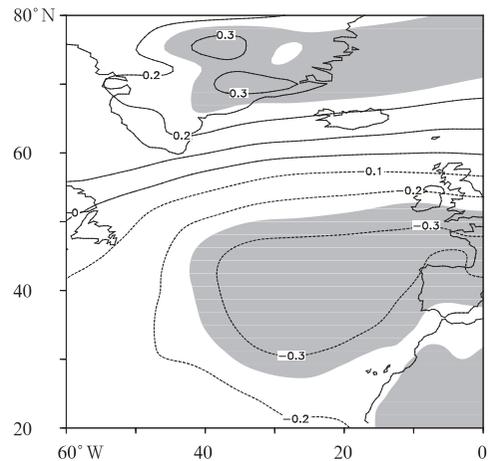


图 3 天津地区雨季降水量与前期 2 月份海平面气压场的相关系数分布

阴影表示通过 95% 的显著性水平检验的区域

Fig. 3 Correlation coefficient between the precipitation in rainy season over Tianjin area and the preceding February sea-level pressure.

The regions with 95% significance level are shaded

为进一步验证上述关系,文中给出了前期 2 月份天津地区雨季降水偏少年与偏多年海平面气压场

的合成差值(图 4)。如图 4 所示,雨季降水偏少年,前期 2 月亚速尔群岛附近为正差值中心所覆盖,而冰岛及格陵兰岛地区为负差值区所控制,中纬度和高纬度地区气压梯度较大,NAO 因而偏强;反之,雨季降水偏多年,中纬度和高纬度地区气压梯度较小,NAO 故而偏弱。

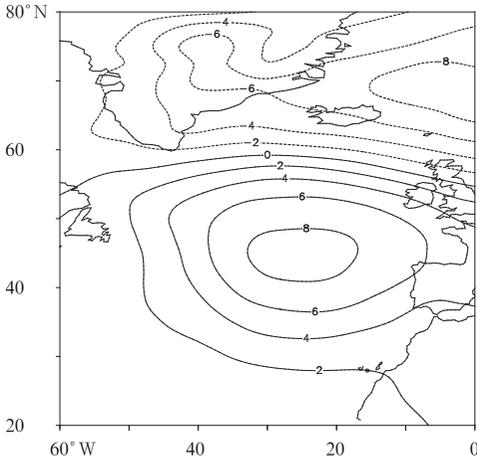


图 4 前期 2 月份海平面气压场的合成差值
(单位: hPa)

Fig. 4 The composite sea-level pressure difference in the preceding February between less and more rainfall years (unit: hPa)

图 5 给出了 1958—2007 年雨季降水量和前期 2 月北大西洋涛动指数的标准化时间序列。由图 5 清楚可见,降水量和前期冬季 2 月 NAO 具有明显的反位相变化趋势。进一步分析后我们发现,8 年降水量偏多年中,有 5 年(1964、1966、1969、1977 和 1978 年)前期 2 月份 NAOI 小于零,正确率 5/8;9 年降水量偏少年中,有 5 年(1980、1989、1997、1999 和 2002 年)前期 2 月份 NAOI 大于零,正确率 5/9。

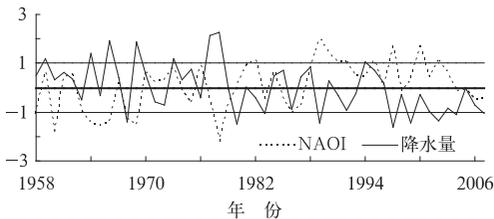


图 5 1958—2007 年天津地区雨季降水量
(实线)和前期 2 月份北大西洋涛动指数
(NAOI, 虚线)的标准化距平序列

Fig. 5 Normalized time series of precipitation (solid) in rainy season over Tianjin area and the NAOI (dashed) in previous February from 1958 to 2007

用前期冬季 2 月 NAO 强弱来预测天津地区雨季降水异常的成功率较高,可以认为它很有可能是较强的前期影响信号。陆日宇^[21]的研究表明,整个华北地区雨季降水异常和前期赤道东太平洋海温异常的相关性较好,但就天津地区而言,雨季降水异常和前期 NAO 异常的相关性更好一些,这可能与研究的区域有关。

为进一步验证上述强影响信号的准确率,文中增加了该信号在 2008 年天津地区雨季中的验证分析。根据文献[29],我们计算出 2008 年 2 月和 2009 年 2 月 NAO 指数分别为 0.73 和 0.06,这两年均属于 NAO 正常年。2008 年天津地区雨季降水量为 297.9 mm,该年降水正常且对应于正常的 NAO。上述分析验证了该信号的准确性,所以该信号具有较好的短期气候预测的实用性,具有一定的参考价值。因此,根据 2009 年 2 月 NAO 指数的大小,我们可以预测:2009 年天津地区雨季降水趋于正常的可能性较大。

上面的分析揭示了前期 2 月 NAO 异常是天津地区雨季降水异常的前期强影响信号,它们呈现相反的变化趋势。自然地,会提出如下的问题:前期 2 月 NAO 异常是如何影响天津地区雨季降水异常的?为探讨这个问题,根据图 5 先将前期 2 月 NAOI 标准化距平大于 1 的年份划定为前期 2 月 NAO 偏强年,反之为偏弱年,然后再进行合成分析。图 6 给出了 NAO 异常年天津地区雨季 500 hPa 和 100 hPa 合成位势高度差值场。由图 6a 可见,NAO 偏弱年,整个北极地区为正异常,其南部的中高纬地区为负的异常。500 hPa 格陵兰岛上有正差值中心,广大的欧亚大陆为负差值区所覆盖,负差值区内有两个负差值中心,一个位于地中海附近,另一个则位于天津地区上游的蒙古一带地区。这些正负差值中心连线穿越了大西洋地区和欧亚地区。100 hPa 合成位势高度差值场上,NAO 偏弱年东北亚地区产生位势高度正异常(图 6b),正异常中心位于天津附近地区上空。100 hPa 位势高度的正异常对应于偏北的南亚高压、高空副热带西风急流和热带东风急流,这种情形下整个亚非夏季风也较强^[33-35],天津和华北地区位于高空热带东风急流入口区的右侧,有正涡度平流输送,从而有利于其下方的气旋发展,天津乃至华北地区降水因而偏多。

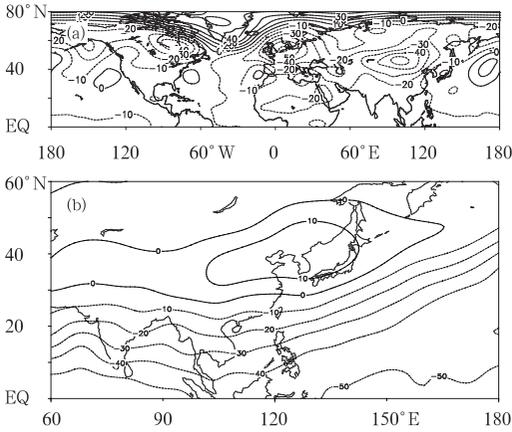


图 6 NAO 异常年天津地区雨季 500 hPa(a) 和 100 hPa(b) 合成位势高度差值场 NAO 偏弱年减去偏强年, 单位: gpm

Fig. 6 Difference fields of the 500 hPa (a) and 100 hPa (b) geopotential heights between the weak and strong NAO years in July–August (unit: gpm)

从 850 hPa 合成差值流场(图 7)上来看, 前期 NAO 偏弱有利于西太平洋副高位置偏西, 其西北侧有源源不断的西南暖湿气流向天津地区输送, 天津地区上游有明显的低值系统出现(图 6a), 这种东高西低的大尺度环流形势有利于热带暖湿气流和低值系统引导的南下冷空气在天津地区交汇, 降水因而偏多。从图 7 中还可以看出, 阿拉伯海到孟加拉湾一带有季风低压和季风槽发展, 这有利于印度洋和孟加拉湾的热带暖湿气流向东亚大陆输送, 这是向华北地区输送水汽的又一通道, 有利于天津地区雨季降水偏多。上述情况在前期 NAO 偏强时则相反。

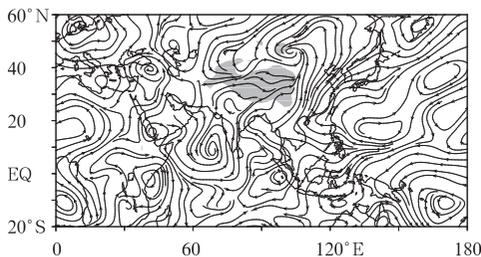


图 7 同图 6, 但为 850 hPa 合成差值流场 阴影表示高于 1800 m 的青藏高原部分
Fig. 7 As in Fig. 6, but for the 850 hPa streamline
The shaded areas indicate the partial Tibetan Plateau higher than 1800 m

4 结 论

本文主要分析了天津地区雨季降水异常的前期强影响信号, 通过上述分析, 得到如下的结论和讨论:

(1) 天津地区雨季降水量在很大程度上决定了全年的降水量, 雨季降水存在显著的年际变化和年代际变化。

(2) 天津地区雨季降水与前期冬季 2 月 NAO 存在显著的反相关关系, 当 2 月 NAO 偏强(弱)时, 雨季降水很有可能偏少(偏多)。前期冬季 2 月 NAO 异常可能是天津地区雨季降水异常的前期强影响信号, 这为天津地区雨季降水的短期气候预测提供了科学的参考依据。

(3) NAO 偏弱年, 天津地区上游有强低值系统发展, 南亚高压、高空副热带西风急流和热带东风急流位置偏北, 阿拉伯海到孟加拉湾一带有季风低压和季风槽发展。上述系统的配置有利于天津地区雨季降水偏多。NAO 偏强年上述情况则相反。

参 考 文 献

- [1] 汪靖, 刘宣飞, 韩桂荣, 等. 2005 年江淮流域入梅偏晚的成因分析[J]. 气象, 2006, 32(12): 76-81.
- [2] 刘宣飞, 汪靖. 东亚副热带夏季风环流指数及其与中国气候的关系[J]. 热带气象学报, 2006, 22(6): 533-538.
- [3] Liu X F, Wang J. The East Asian subtropical summer monsoon index and its relation with the climate anomalies in China[J]. Journal of Tropical Meteorology, 2007, 13(1): 57-60.
- [4] 汪靖, 何金海, 刘宣飞, 等. 江淮入梅异常的强信号及其对入梅的影响[J]. 气象, 2008, 34(6): 35-40.
- [5] Wang J, He J H, Liu X F, et al. Interannual variability of the Meiyu onset over Yangtze-Huaihe River Valley and analyses of its previous strong influence signal[J]. Chin Sci Bull, 2009, 54(4): 687-695.
- [6] 鲍媛媛, 金荣花, 赵瑞霞, 等. 2008 年东亚夏季风异常及其对江淮梅雨的影响[J]. 气象, 2009, 35(4): 34-42.
- [7] 张培群, 贾小龙, 王永光. 2008 年海洋和大气环流异常及对对中国气候的影响[J]. 气象, 2009, 35(4): 112-117.
- [8] 竺可桢. 东南季风与中国之雨量[J]. 地理学报, 1934, 1(1): 1-27.
- [9] 涂长望, 黄士松. 中国夏季风之进退[J]. 气象学报, 1944, 18(1): 1-20.
- [10] 陈隆勋, 朱文琴, 王文, 等. 中国近 45 年来气候变化的研究[J]. 气象学报, 1998, 56(3): 257-271.

- [11] Ding Y H, Sun Y. Changes in Asian summer monsoon and possible mechanisms[G]. Newsletter on Climate Change 2003/2004, 2004: 47-49.
- [12] 陈隆勋, 周秀骥, 李维亮, 等. 中国近 80 年来气候变化特征及其形成机制[J]. 气象学报, 2004, 62(5): 634-646.
- [13] 黄荣辉, 蔡榕硕, 陈际龙, 等. 我国旱涝气候灾害的年代际变化及其与东亚气候系统变化的关系[J]. 大气科学, 2006, 30(5): 730-743.
- [14] Hagman G. Prevention better than cure; Report on human and natural disasters in the Third World[M]. Swedish Red Cross, Stockholm, 1984.
- [15] 符淙斌, 温刚. 中国北方干旱化的几个问题[J]. 气候与环境研究, 2002, 7(1): 21-23.
- [16] 吴正华, 储锁龙. 北京汛期暴雨与厄尔尼诺事件[J]. 气象, 1998, 24(5): 14-18.
- [17] 黄荣辉, 徐予红, 周连童. 我国夏季降水的年代际变化及华北干旱化趋势[J]. 高原气象, 1999, 18(4): 465-475.
- [18] 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): 1765-1768.
- [19] 张庆云. 1880 年以来华北降水及水资源的变化[J]. 高原气象, 1999, 18(4): 486-495.
- [20] 赵声蓉, 宋正山. 华北汛期旱涝与中高纬大气环流异常[J]. 高原气象, 1999, 18(4): 535-540.
- [21] 陆日宇. 华北汛期降水量年际变化与赤道东太平洋海温[J]. 科学通报, 2005, 50(11): 1131-1135.
- [22] 梁萍, 何金海, 陈隆勋, 等. 华北夏季强降水的水汽来源[J]. 高原气象, 2007, 26(3): 460-465.
- [23] 荣艳淑, 余锦华, 段丽瑶. 20 世纪 80 和 90 年代华北干旱特征及成因分析[J]. 高原气象, 2007, 26(2): 319-325.
- [24] 何敏, 林建, 韩荣青. 影响北京夏季降水异常的大尺度环流特征[J]. 气象, 2007, 33(6): 89-95.
- [25] Kalnay E, Kanamitsu M, Kistler R, et al. The NCEP/NCAR 40-year reanalysis project[J]. Bull Amer Meteor Soc, 1996, 77: 437-471.
- [26] 吴志伟, 江志红, 何金海. 近 50 年华南前汛期降水、江淮梅雨和华北雨季旱涝特征对比分析[J]. 大气科学, 2006, 30(3): 391-400.
- [27] 彭加毅, 孙照渤, 朱伟军. 70 年代末大气环流及中国旱涝分布的突变[J]. 南京气象学院学报, 1999, 22(3): 300-304.
- [28] 石伟, 王绍武. 1857-1987 年南方涛动指数[J]. 气象, 1989, 15(5): 29-33.
- [29] Hurrell J W. Decadal trends in the North Atlantic Oscillation and relationships to regional temperature and precipitation[J]. Science, 1995, 269: 676-679.
- [30] Wallace J M, Gutzler D S. Teleconnections in the geopotential height field during the Northern Hemisphere winter[J]. Mon Wea Rev, 1981, 109: 784-812.
- [31] Thompson D W J, Wallace J M. The Arctic Oscillation signature in the wintertime geopotential height and temperature fields[J]. Geophys Res Lett, 1998, 25: 1297-1300.
- [32] Gong D Y, Wang S W. Definition of Antarctic Oscillation Index[J]. Geophys Res Lett, 1999, 26: 459-462.
- [33] 宋燕, 季劲钧. 60 年代亚非夏季风十年尺度的突变[J]. 大气科学, 2001, 25(2): 200-208.
- [34] 宋燕, 季劲钧. 亚非夏季风年代际变化强度指数[J]. 自然科学进展, 2003, 13(5): 508-512.
- [35] 宋燕, 季劲钧, 孙丹. 20 世纪 60 年代中期亚非夏季风减弱的全球气候背景异常分析[J]. 大气科学, 2009, 33(2): 313-324.