

AO 与冬季温度场和风场的相关特征分析

宋磊¹, 苏莉莉¹, 秦瑜蓬², 范昇怵³, 张宇翔³, 蒋帅⁴ (1. 山东省潍坊市气象局, 山东潍坊 261000; 2. 山东省沂水县气象局, 山东临沂 276400; 3. 明月山机场, 江西宜春 336000; 4. 湖南省岳阳市气象局, 湖南岳阳 414000)

摘要 利用 1958—2007 年 NCEP/NCAR 再分析资料, 采用统计学方法, 从对温度场与风场的考查角度入手, 分别以 1958—2007 年冬季气候态、1983—2007 年与 1958—1982 年的年代际气候态差异、1958—2007 年前后 25 年的北极涛动(AO)与温度场和风场的相关的角度, 结合 AO 冬季的 10 年滑动均方差和线性趋势研究 1958—2007 年冬季 AO 与全球温度场和风场对流层低层、中层、高层年代际气候态变化, 年代际的相关系数的变化特征。结果表明, 以不同角度来, 各层冬季温度场和风场在 50 年间年代际的变化趋势与 AO 的变化趋势的配合能对 50 年间冬季温度场和风场与 AO 的年代际的相关产生影响, 相关性存在年代际差异, 相关性增强, 这为进一步研究近几十年来冬季气候变化提供了更加客观的依据。

关键词 温度场; 风场; 北极涛动(AO); 相关

中图分类号 P467 **文献标识码** A

文章编号 0517-6611(2019)19-0227-05

doi: 10.3969/j.issn.0517-6611.2019.19.065



开放科学(资源服务)标识码(OSID):

Analysis of Correlation Characteristics between AO and Winter Temperature Field and Wind Field
SONG Lei¹, SU Li-li¹, QIN Yu-peng² et al (1. Weifang Meteorological Bureau, Weifang, Shandong 261000; 2. Yishui Meteorological Bureau, Linyi, Shandong 276400)

Abstract Using the NCEP/NCAR reanalysis data from 1958 to 2007, using statistical methods, starting from the perspectives of temperature field and wind field, respectively, the climatic states of winter from 1958 to 2007, the interdecadal climatic differences between 1983—2007 and 1958—1982, and the correlation between the Arctic oscillation (AO) and the temperature and wind fields from 1958 to 2007, combined with the 10-year sliding mean square error and linear trend of AO in winter, the variation characteristics of interdecadal climatic state of AO and global temperature field and wind field tropospheric low-level, middle-level and high-level, and interdecadal correlation coefficient were studied. The results showed that from different angles, the interdecadal variation trend of winter temperature field and wind field in each layer and the change trend of AO in 50 years had an impact on the interdecadal correlation between winter temperature field and wind field and AO in 50 years, there were interdecadal differences in correlation and increased correlation, which provides a more objective basis for further research on winter climate change in recent decades.

Key words Temperature field; Wind field; Arctic Oscillation (AO); Correlation

北极涛动(AO)是北半球冬季热带外行星尺度大气环流最重要的一个模态^[1-3], 伴随北极涛动的强弱变化, 北半球中纬度地区与北极地区之间气压和大气质量呈跷跷板式准正压性的反向变化, 当北极涛动处于正位相时, 中纬度地区气压上升而极地下降, 中纬度盛行纬向环流; 反之, 处于负位相时盛行经向环流。北极涛动的变化影响北半球甚至全球的气候。许多气象学家已经从各种角度研究了北极涛动对气候的影响, 如北极涛动影响北半球太平洋大西洋对流活动^[4]、降水^[5-7]、极端气温^[8]、气温变暖^[9]、冬季温度^[10-11]、中国冬季气候^[12]。这些研究大都是对区域气候或气候要素的研究, 而且没有结合风场进行研究。

冬季是 AO 模态最显著、变率最强的季节。从 20 世纪中期到 21 世纪初, 这段时间的前期与后期的冬季温度场与风场变化是最明显的, 其中很多地区的改变与 AO 的变化, 与 AO 及其相关的变化是紧密联系的。冬季温度场与风场的改变会对全球对东亚气温降水等造成影响, 笔者通过研究温度场和风场气候态、年代际差、1958—2007 年前后 25 年相关图以及 AO 随时间变化趋势图分析气候态年代际变化、AO 与温度场风场相关前后年代际的变化, AO 趋势之间的联系和影响。

1 资料与方法

1.1 资料选取 采用的资料是 NCEP/NCAR 提供的全球范

围内共 17 层的高度场的月平均网格点资料, 格距为 2.5°×2.5°, 资料长度为 1948 年 1 月迄今。温度场资料, u 方向风场资料, v 方向风场资料。

1.2 方法 将初始数据资料进行提取, 提取的时间范围为 1958—2007 年的 12 月和 1 月、2 月以及 2008 年 1 月和 2 月的月平均温度场资料, u 方向风场资料以及 v 方向风场资料, 空间范围为 180°W~180°E, 90°S~90°N。

(1) 气候态。对提取的资料的每年 12 月、1 月和 2 月温度场和风场值逐一求平均值后, 再做 50 年的平均:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \tag{1}$$

该值总是处在资料数据范围之内, 反映了这半个世纪温度场及风场的平均气候状况。年代际气候态差异: 对提取的资料的每年 12 月、1 月和 2 月温度场和风场值逐一求平均值后, 分别做前 25 年(1958—1982 年)与后 25 年(1983—2007 年)的平均, 后计算 850, 500, 200 hPa 的后 25 年减前 25 年的差异。该值反映的是在 50 年中气候态的变化趋势。

(2) 相关系数。在气候态的基础上, 计算前 25 年及后 25 年 AO 与温度场和风场的相关系数。

$$r = \frac{\sigma_{xy}}{\sigma_x \times \sigma_y} = \frac{\frac{\sum (x-\bar{x})(y-\bar{y})}{n}}{\sqrt{\frac{\sum (x-\bar{x})^2}{n}} \times \sqrt{\frac{\sum (y-\bar{y})^2}{n}}} = \frac{\sum (x-\bar{x})(y-\bar{y})}{\sqrt{\sum (x-\bar{x})^2} \cdot \sqrt{\sum (y-\bar{y})^2}} \tag{2}$$

作者简介 宋磊(1991—), 男, 山东青岛人, 助理工程师, 从事大尺度环流研究。

收稿日期 2018-12-18; **修回日期** 2019-05-31

该值用于比较 50 年间 AO 与温度场和风场前 25 年与后 25 年的相关性的变化。

(3)滑动均方差。计算公式为:

$$S_x = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \tag{3}$$

求 AO 每年冬季的 10 年滑动均方差。该值反映了变量围绕平均值的平均变化程度(离散程度),该研究中反映 AO 每年冬季平均值围绕 50 年冬季平均值的平均变化程度。

(4)线性趋势。由 AO 每年冬季的平均值得到 AO 长期变化趋势。气象要素的长期变化趋势通常可采用线性回归方程:

$$y = a + bx \quad (x = 1, 2, \dots, n) \tag{4}$$

式中, x 表示时间, y 表示要素逐年值, a 为常数, b 是回归系数。当 b 为正(负)值时,表示要素在计算的时间段内线性增加(减弱); b 又称为气候倾向率^[13-15]。当 $b < 0$ 时表示 AO 系数随着时间的变化有降低趋势;当 $b > 0$ 时表示 AO 系数随着时间的变化有升高的趋势。

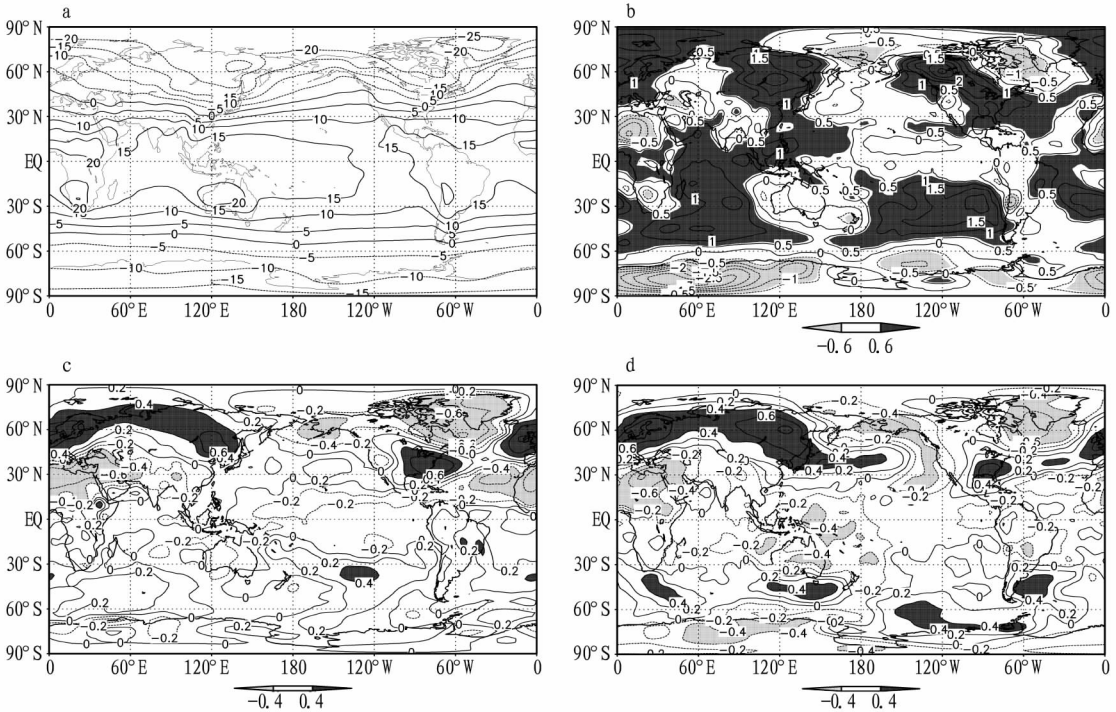
2 冬季温度场与风场的演变及相关性演变特征

2.1 冬季温度场低层、中层、高层的温度演变及相关演变特征

2.1.1 低层。850 hPa 处于对流层低层,对该层的分析可以较好地反映出对流层下部温度场的年代际变化及其与 AO 相关的变化。图 1a 为 850 hPa 温度场上的气候态图,反映了冬季该层全球温度场上的平均状况。从图中可见,温度随着纬度的升高而递减,大致呈纬向分布;就 50 年来全球冬季 850 hPa 温度场的气候态而言,陆地温度极为突出,北半球冷中心,南半球暖中心,且温度随纬度的升高而降低。由 1958—2007 年冬季

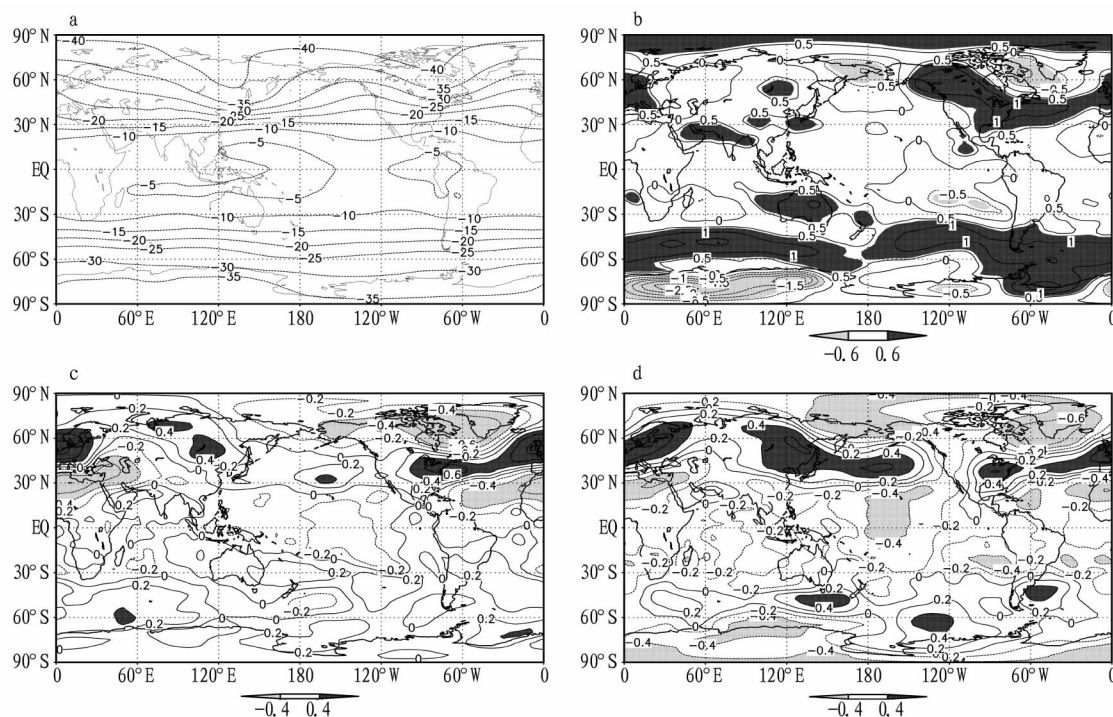
850 hPa 层后 25 年平均温度与前 25 年平均温度的差值(图 1b)可见,全球主要地区温度上升,只有部分地区温度下降。其中有几个变化极其明显的地区,东西伯利亚最高上升 2℃,加拿大西部最高上升 3℃,南大洋尤其是南美洲西部上升明显,高达 2℃,说明这些地区近 25 年温度较前 25 年大大增加。分析 1958—2007 年前 25 年和后 25 年的全球冬季 850 hPa 温度场与 AO 的相关系数(图 1c、1d)发现,后 25 年通过 t 检验的正相关区域或负相关区域变多变大变强。

2.1.2 中层。500 hPa 处于对流层的中间位置,它受地面的影响比低层要小得多,对该层进行分析便于了解冬季对流层中层的温度场变化情况以及相关变化情况。从 500 hPa 高度场上的气候态图(图 2a)可以看出,0°~30°N 的低纬地区温度较高,最高值可达 -5℃;30°~60°N 的中纬地区温度相对较低,最低值达 -40℃。由 1958—2007 年 500 hPa 后 25 年平均温度与前 25 年平均温度的差值(图 2b)可见,北冰洋上空为正值区,最高上升 0.5~1.0℃,北美大陆一直延伸到西欧的正值区,最高上升 1.0℃以上,亚洲部分地区最高上升 0.5~1.0℃,南半球 30°~60°S 连成一片的区域增温明显,最高增温 1.5℃;降温地区包括阿留申地区,下降 1.0℃,格陵兰地区下降 1.0℃左右,以及靠印度洋的南极洲地区降温明显,最高下降 -2.5℃。分析 1958—2007 年前 25 年和后 25 年的全球冬季 500 hPa 温度场与 AO 的相关系数(图 2c、2d)发现,后 25 年通过 t 检验的地区主要分布在北半球,但是南半球的相关区域变多,而且南半球不仅正值区域变多,相关变强,而且负值区域也变多变大,相关性变强。



注:a. 温度场气候态;b. 年代际气候态差值;c. 1958—1982 年 AO 与气候态相关;d. 1983—2007 年 AO 与气候态相关
Note:a. Temperature field climatic state; b. Interdecadal climatic state difference; c. Correlation between AO and climatic state from 1958 to 1982; d. Correlation between AO and climatic state from 1983 to 2007

图 1 1958—2007 年冬季 850 hPa 温度演变及相关性演变特征
Fig. 1 Temperature evolution and correlation evolution of 850 hPa in winter from 1958 to 2007



注: a. 温度场气候态; b. 年代际气候态差值; c. 1958—1982 年 AO 与气候态相关; d. 1983—2007 年 AO 与气候态相关

Note: a. Temperature field climatic state; b. Interdecadal climatic state difference; c. Correlation between AO and climatic state from 1958 to 1982; d.

Correlation between AO and climatic state from 1983 to 2007

图 2 1958—2007 年冬季 500 hPa 温度演变及相关性演变特征

Fig. 2 Temperature evolution and correlation evolution of 500 hPa in winter from 1958 to 2007

2.1.3 高层。由 200 hPa 高度场上的气候态(图 3a)可见,温度随着纬度的升高而递减,大致呈纬向分布。1958—2007 年 200 hPa 层后 25 年平均温度与前 25 年平均温度的差值(图 3b)显示,全球温带地区温度上升,高纬度地区温度下降,增温降温区域几乎连成一片。分析 1958—2007 年前 25 年和后 25 年的全球冬季 200 hPa 温度场与 AO 的相关系数(图 3c、3d)发现,200 hPa 后 25 年通过 t 检验的相关区域也变多变强。

2.2 冬季风场低层、中层、高层的风场演变及相关演变特征

2.2.1 低层。1958—2007 年 850 hPa 冬季风场气候态(图 4a)显示,阿留申低压与冰岛低压十分明显。从 1958—2007 年 850 hPa 层后 25 年风场与前 25 年平均风场的差值(图 4b)可以看出,阿留申低压在后 25 年里其北部增强、南部减弱,低压北移;冰岛低压减弱;西风急流减弱,大西洋对东亚的水汽输送减弱。1958—2007 年前 25 年和后 25 年全球冬季 850 hPa 风场与 AO 的相关系数(图 4c、4d)显示,后 25 年全球的相关性明显增强,阿留申地区是负相关;冰岛低压南部是正相关减弱。

2.2.2 中层。从 1958—2007 年 500 hPa 冬季风场气候态(图 5a)能更清楚辨认出西风急流,地面系统变得不明显,但仍能辨认出阿留申低压与冰岛低压的位置。从 1958—2007 年 500 hPa 层后 25 年风场与前 25 年平均风场的差值(图 5b)可以看出,阿留申低压在后 25 年里其北部增强南部减弱,低压北移;冰岛低压南部减弱,北部加强;西风急流减弱,

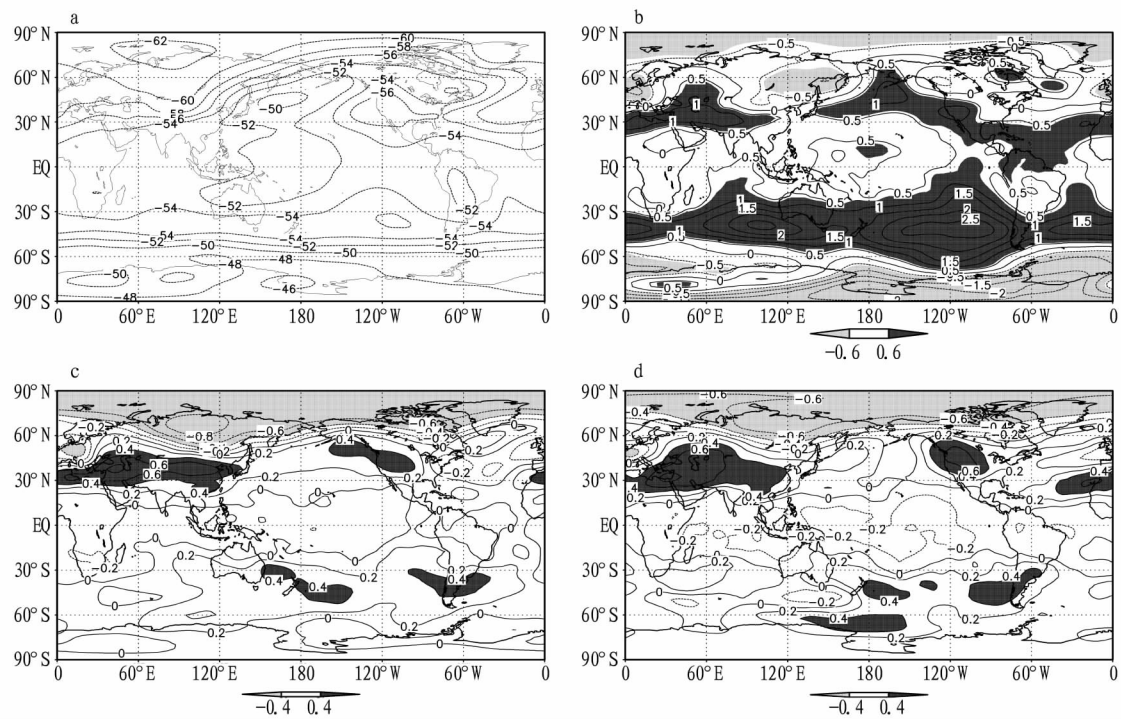
大西洋对东亚的水汽输送减弱。分析 1958—2007 年前 25 年和后 25 年全球冬季 500 hPa 风场与 AO 的相关系数(图 5c、5d)发现,后 25 年全球的相关性明显增强,阿留申地区是负相关;冰岛低压南部是正相关减弱。

2.2.3 高层。从 1958—2007 年 200 hPa 冬季风场气候态(图 6a)能更清楚辨认出西风急流,地面系统变得不明显,但仍能辨认出阿留申低压与冰岛低压的位置。从 1958—2007 年 200 hPa 层后 25 年风场与前 25 年平均风场的差值(图 6b)可以看出,阿留申低压在后 25 年里其北部增强南部减弱,低压北移;冰岛低压南部减弱,北部加强;西风急流北部减弱,南部加强,急流北移。分析 1958—2007 年前 25 年和后 25 年的全球冬季 200 hPa 风场与 AO 的相关系数(图 6c、6d)发现,前 25 年与 AO 相关较强的区域主要分布在北半球,冰岛低压地区与西欧地区相关性很强;后 25 年全球的相关性明显增强,阿留申地区是负相关;冰岛低压南部是正相关减弱。

2.3 AO 冬季平均趋势分析与均方差分析 从 1958—2007 年冬季平均、10 年滑动均方差以及线性趋势(图 7)可以看出,1958—2007 年 AO 冬季平均随时间是逐年增长的趋势,并能看出 AO 冬季平均的波动状况随时间的变化。

3 结论

利用 1958—2007 年 NCEP/NCAR 再分析资料,采用统计学方法,从温度场与风场角度入手,研究温度场和风场气候态、年代际差、1958—2007 年前后 25 年相关图及 AO 变化

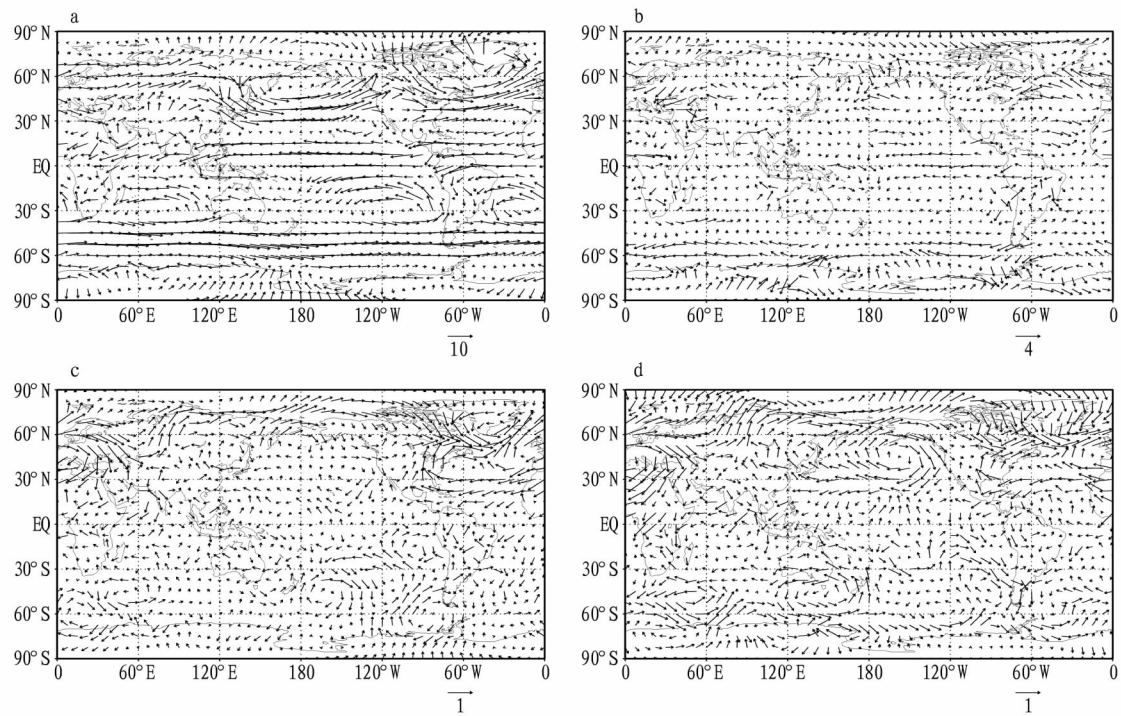


注:a. 温度场气候态;b. 年代际气候态差值;c. 1958—1982 年 AO 与气候态相关;d. 1983—2007 年 AO 与气候态相关

Note:a. Temperature field climatic state; b. Interdecadal climatic state difference; c. Correlation between AO and climatic state from 1958 to 1982; d. Correlation between AO and climatic state from 1983 to 2007

图 3 1958—2007 年冬季 200 hPa 温度演变及相关性演变特征

Fig. 3 Temperature evolution and correlation evolution of 200 hPa in winter from 1958 to 2007



注:a. 风场气候态;b. 年代际气候态差值;c. 1958—1982 年 AO 与气候态相关;d. 1983—2007 年 AO 与气候态相关

Note:a. Wind field climatic state; b. Interdecadal climatic state difference; c. Correlation between AO and climatic state from 1958 to 1982; d. Correlation between AO and climatic state from 1983 to 2007

图 4 1958—2007 年冬季 850 hPa 风场演变及相关性演变特征

Fig. 4 Wind field evolution and correlation evolution of 850 hPa in winter from 1958 to 2007

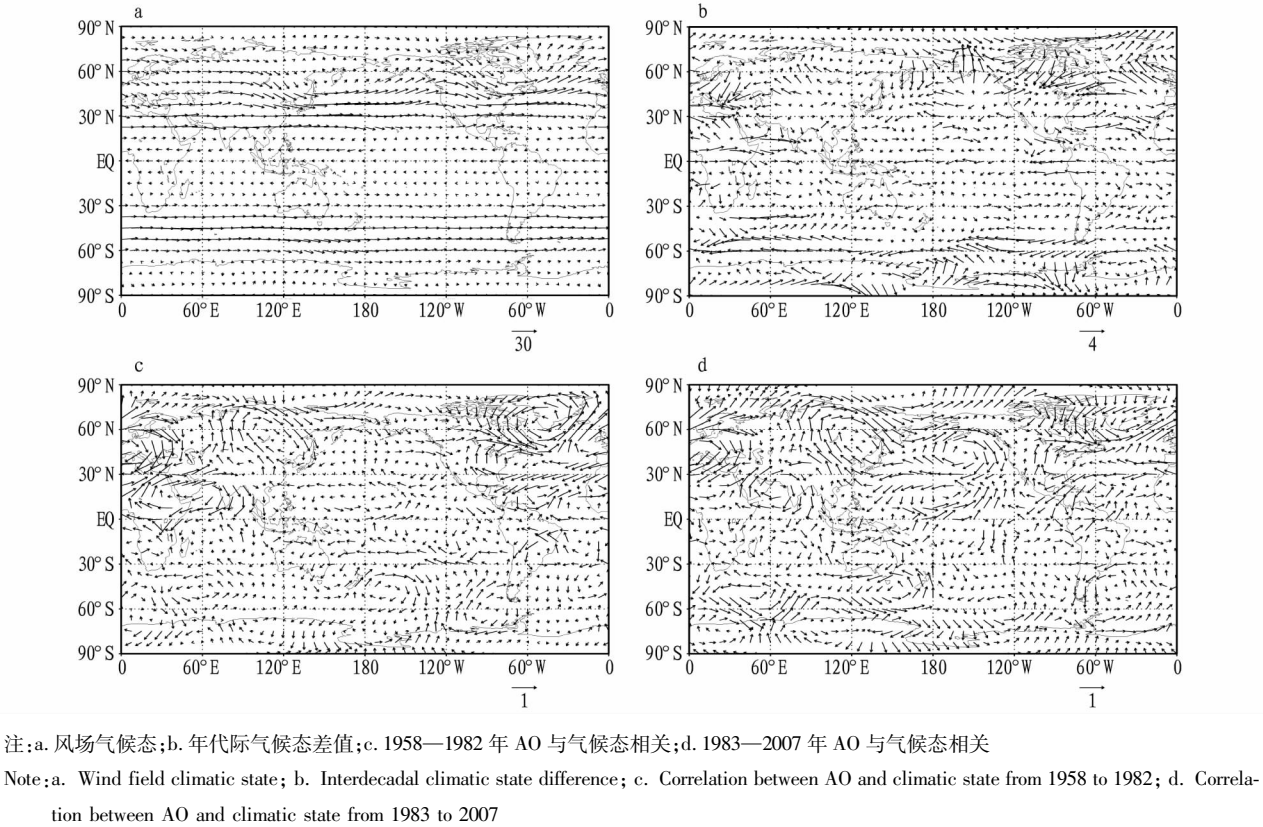


图 5 1958—2007 年冬季 500 hPa 风场演变及相关性演变特征

Fig. 5 Wind field evolution and correlation evolution of 500 hPa in winter from 1958 to 2007

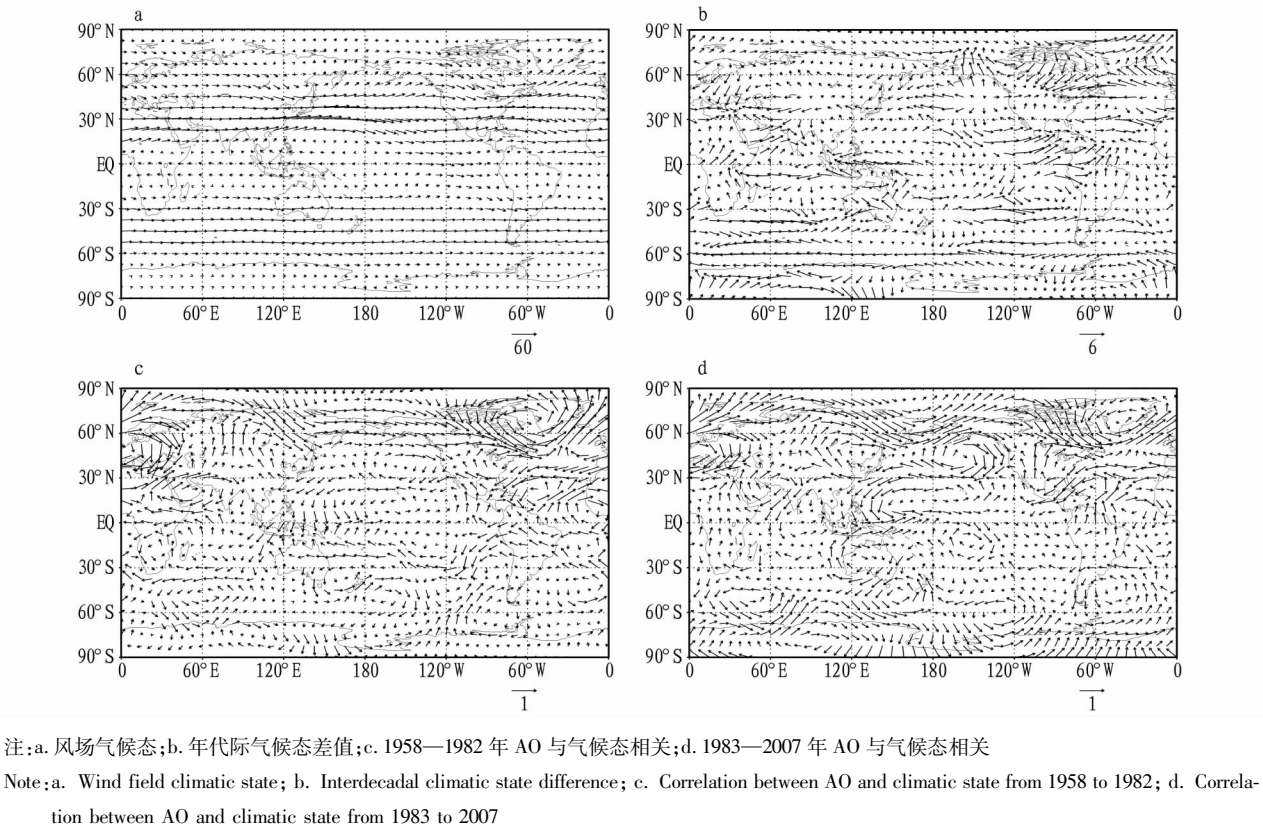


图 6 1958—2007 年冬季 200 hPa 风场演变及相关性演变特征

Fig. 6 Wind field evolution and correlation evolution of 200 hPa in winter from 1958 to 2007

4 小结

(1) 从各因子与预报值之间的相关性来看,白银市霜冻日地面最低温度与前1 d各时次气温有很高的正相关系数,尤其是景泰和白银;本站气压均呈明显的负相关,即前1 d本站气压升高越明显,冷空气越强,次日地温越低;水汽压也呈较高的正相关,特别是会宁;相对湿度相关性较差,白银和景泰呈负相关(除白银08:00),靖远和会宁呈正相关;各时次总云量以负相关为主,但仅白银、景泰相关性比较显著;风速与霜冻日地面最低温度的相关性并不显著。

(2) 以春玉米春霜冻害等级指标为基础,分站建立了景泰、白银、靖远、会宁地面最低温度与其前1 d相关要素间的预报方程,各站方程拟合率均在80%以上;试报结果的标准率分别为白银83.3%、景泰79.6%、靖远85.7%、会宁71.4%,高于预报员平均主观预报水平,达到了预期目标。

(3) 该研究建立的春霜冻害模型充分考虑了玉米关键生育期耐寒程度和霜冻强度的协同作用,采用最优子集法挑选出相关性较高的气象要素作为预报因子,建立日最低地面气温多元回归预报模型,再结合玉米生长期春霜冻害动态指标,确定春霜冻害等级,进而实现白银市玉米春霜冻害等级的预报预警,该方法亦可推广至其他作物。

参考文献

[1] 《大气科学辞典》编委会. 大气科学辞典[M]. 北京:气象出版社,1994: 576-576.

[2] 陈少勇,夏权,王劲松,等. 西北地区晚霜冻结束日的气候变化特征及其影响因子[J]. 中国农业气象,2013,34(1):8-13.

[3] 王生林,余优森. 甘肃农业霜冻灾害及其防御对策研究[J]. 甘肃农业大学学报,2001,36(2):226-231.

[4] 段岩溪,姜会飞. 农业气象学[M]. 北京:气象出版社,2002.

[5] 夏权,吴芳蓉,康景芬,等. 白银市玉米春霜冻害精细化风险评估[J]. 中国农学通报,2018,34(6):97-103.

[6] 李树岩,彭记永,刘荣花. 基于气候适宜度的河南夏玉米发育期预报模型[J]. 中国农业气象,2013,34(5):576-581.

[7] 陈百炼. 降水温度分县客观预报方法研究[J]. 气象,2003,29(8):48-51.

[8] 郭小芹,钱莉. 河西走廊东部一次霜冻成因分析[J]. 气象科技,2018,46(2):369-373.

[9] 陈少勇,郑延祥,楼望萍,等. 中国西北地区初霜冻的气候变化特征[J]. 资源科学,2013,35(1):165-172.

[10] 王静,张晓煜,杨洋,等. 宁夏梨树霜冻指标试验研究[J]. 中国农学通报,2014,30(28):122-127.

[11] 马柱国. 中国北方地区霜冻日的变化与区域增暖相互关系[J]. 地理学报,2003,58(51):31-37.

[12] 贺红梅,夏权. 白银市春霜冻害对玉米生长的影响及防御措施[J]. 农业灾害研究,2016,6(9):33-36.

[13] 张磊,杨洋,张晓煜,等. 近50年宁夏霜冻日数基本特征及变化趋势[J]. 中国农学通报,2015,31(5):214-219.

[14] 王莹. 江苏省冬小麦春霜冻的发生规律及预报预警研究[D]. 南京:南京信息工程大学,2012:1-3.

[15] 杨晓玲,郭丽梅,丁文魁. 武威市霜冻气候特征及预报[J]. 中国农业气象,2010,31(4):612-616.

[16] 付伟辉,杨善恭. 闽北柑桔冻害和冻害指标的预报[J]. 气象,1993,19(4):42-43.

[17] 陈少勇,孙秉强. 白银市霜冻气候变化及对农业生产的影响[J]. 甘肃科学学报,2006,18(4):46-49.

[18] 支虎明,郑宏鹏,刘福新. 春季低温冻害对核桃相关性状变异系数的影响[J]. 农学报,2014,4(11):73-76.

[19] 马爱平,亢秀丽,靖华,等. 春季低温冻害下不同栽培因子对小麦产量的影响[J]. 农学报,2011,1(5):13-17.

[20] 夏权,孙喆,吴芳蓉,等. 陇中地区玉米春霜冻害等级指标研究[J]. 中国农学通报,2016,32(31):167-171.

(上接第231页)

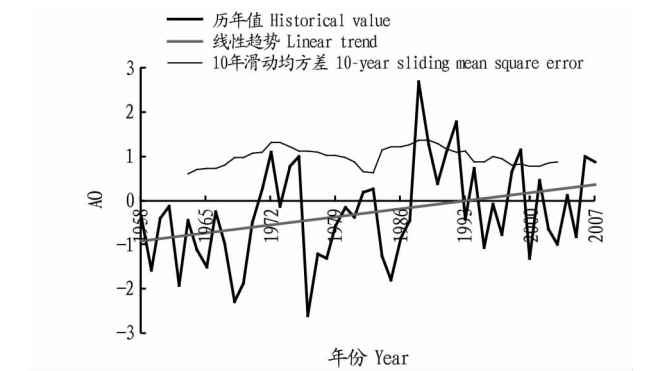


图7 1958—2007年冬季AO平均、10年滑动均方差和线性趋势
Fig. 7 The average, 10-year sliding mean square error and linear trend of AO in Winter from 1958 to 2007

趋势,结果表明,1958—2007年冬季AO是一个随时间增长的趋势。就温度场来看,850、500和200 hPa 1958—2007年冬季后25年温度场与前25年平均温度场的差值图显示,温带大陆是升温趋势。通过分析3个高度上AO与温度场相关系数年代际变化,北极涛动与温度场正相关区域面积增大、相关性增强,主要集中在地区为温带大陆,其他负相关地区面积也增大,相关性增强,所以AO与冬季温度场相关性增强。就风场而言,北极涛动与风场的相关性存在年代际变化,后25年相关性明显强于前25年,说明北极涛动对风场的影响越来越大。

该研究初步从AO与冬季温度场和风场相关性方面进行了研究,然而冬季温度场、风场变化的原因是非常复杂的,尚需进一步研究。

参考文献

[1] 朱毓颖. 中国冬季持续性低温事件的特征及其与大气低频振荡的联系[D]. 南京:南京大学,201.

[2] 李彩玲,余广昌,王华. 北极涛动对华南地区寒潮的影响[J]. 广东气象,2016,38(3):12-16.

[3] 王玉虹,智协飞,朱寿鹏,等. 气候变暖前后我国热度日和冷度日的特征分析[J]. 气象科技,2016,44(6):956-964.

[4] 胡森,龚道溢,王璐,等. 1-3月北极涛动对北半球热带太平洋和大西洋对流活动的可能影响[J]. 气象学报,2012,70(3):408-491.

[5] 龚道溢. 北极涛动对东亚夏季降水的预测意义[J]. 气象,2003,29(6):3-6.

[6] 程炳岩,孙卫国,王记芳,等. 北极涛动对河南省降水的可能影响[J]. 气象与环境科学,2007,30(4):7-12.

[7] 李春,罗德海,方之芳,等. 北极涛动年代际变化与华北夏季降水的联系[J]. 南京气象学院学报,2005,28(6):755-762.

[8] 所玲玲,黄嘉佑,谭本旭. 北极涛动对我国冬季同期极端气温的影响研究[J]. 热带气象学报,2008,24(2):163-168.

[9] 琚建华,任菊章,吕俊梅. 北极涛动年代际变化对东亚北部冬季气温增暖的影响[J]. 高原气象,2004,23(4):429-434.

[10] 李春,方之芳. 北极涛动与东北冬季温度的联系[J]. 高原气象,2005,24(6):927-934.

[11] 何春,何金海. 冬季北极涛动和华北冬季气温变化关系研究[J]. 南京气象学院学报,2003,26(1):1-7.

[12] 龚道溢,王绍武. 近百年北极涛动对中国冬季气候的影响[J]. 地理学报,2003,58(4):559-567.

[13] 泽仁玉珍,李白萍,曲扎江措,等. 近40年昌都丁青大风气候特征分析[J]. 西藏科技,2010(9):55-56.

[14] 丁峰,王则玉,唐亚莉,等. 吉尔吉斯斯坦气候变化特征及其空间变异分析[J]. 新疆农业科学,2017,54(9):1746-1755.

[15] 黄秋霞,何清,玉努斯,等. 哈萨克斯坦共和国不同区域降水的变化特征[J]. 沙漠与绿洲气象,2014,8(4):61-68.