

丁婷,王永光,柯宗建,等,2017. 2016/2017 年冬季北半球大气环流及对我国冬季气温的影响[J]. 气象,43(7):887-893.

# 2016/2017 年冬季北半球大气环流及 对我国冬季气温的影响<sup>\*</sup>

丁 婷 王永光 柯宗建 王遵娅

中国气象局国家气候中心气候研究开放实验室,北京 100081

**提 要:** 2016/2017 年冬季(2016 年 12 月至 2017 年 2 月),东亚冬季风强度较常年同期异常偏弱,西伯利亚高压偏弱。北极涛动(AO)在冬季以正位相为主。冬季北半球 500 hPa 高度距平场上,亚洲中高纬地区以纬向环流为主,我国为异常正高度距平控制。受其影响,我国各地气温普遍较常年同期偏高,全国平均气温为  $-1.5^{\circ}\text{C}$ ,较常年同期( $-3.4^{\circ}\text{C}$ )偏高  $1.9^{\circ}\text{C}$ ,为 1961 年以来最暖的冬季。季内各月冬季风指数和西伯利亚高压均偏弱,相应我国气温各月均偏高。冬季风的异常偏弱与夏季北极地区大气环流异常状态有关。2016 年夏季北极大气环流的热力和动力状态影响了秋季北极海冰偏少的滞后影响效果,不利于冬季风的偏强。

**关键词:** 东亚冬季风,暖冬,大气环流,北极海冰

**中图分类号:** P461

**文献标志码:** A

**DOI:** 10.7519/j.issn.1000-0526.2017.07.013

## Northern Hemisphere Atmospheric Circulation in Winter 2016/2017 and Its Impact on Temperature in China

DING Ting WANG Yongguang KE Zongjian WANG Zunya

Laboratory for Climate Studies, National Climate Centre, CMA, Beijing 100081

**Abstract:** In winter 2016/2017 (December 2016 to February 2017), East Asian winter monsoon was much weaker than normal, and the Siberian high was weaker, too. Arctic Oscillation (AO) was primarily in a positive phase. For geopotential height anomalies at 500 hPa in Northern Hemisphere, zonal circulation was mainly observed in the mid-high latitudes in Asia, and China was dominated by positive height anomaly. In association with the anomalous circulation, the temperature over China was higher than normal. The average temperature in the winter was  $-1.5^{\circ}\text{C}$ , which is  $1.9^{\circ}\text{C}$  higher than the climate mean ( $-3.4^{\circ}\text{C}$ ). The winter 2016/2017 was the warmest since 1961. The East Asian winter monsoon and Siberian high in each month of the winter were weaker, and the average temperature in the corresponding month was higher. Actually, the abnormal weaker winter monsoon is correlated with the atmospheric circulation anomaly in the Arctic in summer. The thermal and dynamic conditions of Arctic atmospheric circulation in summer 2016 modulate the effect of autumn Arctic sea ice loss on winter atmospheric variability, and this is unfavorable for the strengthen of the winter monsoon.

**Key words:** East Asian winter monsoon, warm winter, atmospheric circulation, Arctic sea ice

<sup>\*</sup> 国家自然科学基金项目(41205039 和 41575074)共同资助

2017 年 4 月 13 日收稿; 2017 年 6 月 6 日收修定稿

第一作者:丁婷,从事气候预测和气候变化. Email:dingting@cma.gov.cn

## 引 言

东亚冬季风是季风系统的重要组成部分,它与全球范围的大气环流变化相联系。东亚的冬季风主要来自亚洲大陆腹地西伯利亚,东亚冬季风的强度主要取决于西伯利亚高压发展的程度(丁一汇, 2013)。东亚冬季风是东亚冬季气候异常的重要影响因子。我国位于东亚季风区,冬季风直接影响我国冬季天气气候特征。东亚冬季风偏强时,我国除西南和东北北部以外的大部分地区气温偏低,强的冬季风还可以影响到中国的华南地区(高辉, 2007)。当东亚冬季风强度偏弱时,有利于我国出现暖冬(Chang and Lun, 1982; 郭其蕴, 1994; 高辉, 2007)。

2016/2017 年冬季,东亚冬季风强度异常偏弱,西伯利亚高压偏弱。与之相对应,我国冬季平均气温为 $-1.5^{\circ}\text{C}$ ,较常年同期偏高 $1.9^{\circ}\text{C}$ ,为 1961 年以来最暖的冬季。季内各月冬季风指数和西伯利亚高压均偏弱,仅在 1 月中旬和 2 月上半月出现阶段性偏强。相应,我国气温也呈现出冬季各月均偏高的异常特征。由此可见,我国冬季气温异常与东亚冬季风异常特征有着密切联系(王东阡等, 2015; 司东等, 2014)。2016/2017 年我国冬季气温及北半球大气环流系统有着怎样的联系? 冬季风偏弱的可能原因是什么? 本文将针对以上问题展开分析,并试图揭示其可能的成因。

## 1 资料和方法

中国地区的气温、降水资料来源于中国气象局国家气象信息中心整编的中国地区台站观测气候数据集。高度场和风场的计算使用了 1948—2017 年美国环境预报中心(NCEP)和美国国家大气研究中心(NCAR)提供的 $2.5^{\circ}\times 2.5^{\circ}$ 水平分辨率的逐日大气再分析资料(Kalnay et al, 1996),垂直方向 17 层(包括 1000、925、850、700、600、500、400、300、250、200、150、100、70、50、30、20 和 10 hPa)。环流特征量资料来自国家气候中心的“气候系统监测-诊断-预测-评估系统”。AO 指数定义为 1000 hPa 位势高度场 EOF 第一模态的投影系数(Zhou, 2001),阻塞高压采用 Tibaldi and Molteni(1990)定义。AO 指数及北半球中高纬阻塞高压强度指数的数据和图形引自美国气候预测中心。文中使用的气候平均值时

段统一为 1981—2010 年。

业务上使用的冬季风指数主要有两个,分别是西伯利亚高压强度指数(中国气象局, 2012)和冬季风指数(朱艳峰, 2008)。选取西伯利亚高压气候平均位置( $40^{\circ}\sim 60^{\circ}\text{N}$ 、 $80^{\circ}\sim 120^{\circ}\text{E}$ ),计算该区域冬季平均海平面气压值,并进行标准化,即得到西伯利亚高压强度指数。冬季风指数(EAWM)定义为 $EAWM = U500_{(25^{\circ}\sim 35^{\circ}\text{N}, 80^{\circ}\sim 120^{\circ}\text{E})} - U500_{(50^{\circ}\sim 60^{\circ}\text{N}, 80^{\circ}\sim 120^{\circ}\text{E})}$ ,其中计算得到的 EAWM 经过标准化处理。

## 2 2016/2017 年冬季我国气温异常特征

冬季,全国平均气温为 $-1.5^{\circ}\text{C}$ ,较常年同期( $-3.4^{\circ}\text{C}$ )偏高 $1.9^{\circ}\text{C}$ ,为 1961 年以来最暖的冬季(图 1)。根据《暖冬等级》(中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局和中国国家标准化委员会, 2008)标准,2016/2017 年冬季气温达到暖冬标准,是 1951/1952 年以来的第 20 个暖冬。从空间分布来看,全国各地气温普遍较常年同期偏高 $1\sim 2^{\circ}\text{C}$ ,其中西北地区中部和东部、华北地区西部、江南大部、华南地区北部及新疆中东部、内蒙古中西部、西藏北部和西部等地偏高 $2\sim 3^{\circ}\text{C}$ ,内蒙古、新疆、西藏的局地偏高 $3^{\circ}\text{C}$ 以上(图 2)。全国 31 个省(区、市)冬季平均气温均较常年同期偏高 $1\sim 2.5^{\circ}\text{C}$ ,其中浙江等 13 个省(区、市)为历史同期最高值,内蒙古等 10 个省(区、市)为次高值。

全国气温在 2016/2017 年冬季 3 个月均表现出偏高的特征。12 月,全国平均气温为 $-0.7^{\circ}\text{C}$ ,比常年同期( $-3.2^{\circ}\text{C}$ )偏高 $2.5^{\circ}\text{C}$ ,为历史同期最高。从空间分布来看,全国大部地区气温偏高 $2\sim 4^{\circ}\text{C}$ ,其中新疆北部、西藏中西部和内蒙古中部局部等地偏高 $4^{\circ}\text{C}$ 以上(图 3a)。1 月,全国平均气温为 $-3.4^{\circ}\text{C}$ ,比常年同期( $-5.0^{\circ}\text{C}$ )偏高 $1.6^{\circ}\text{C}$ ,与 2014 年并列为历史

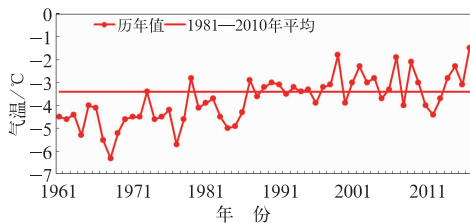


图 1 1961—2017 年冬季全国平均气温历年变化  
Fig. 1 Variation of the winter mean temperature over China during 1961—2017

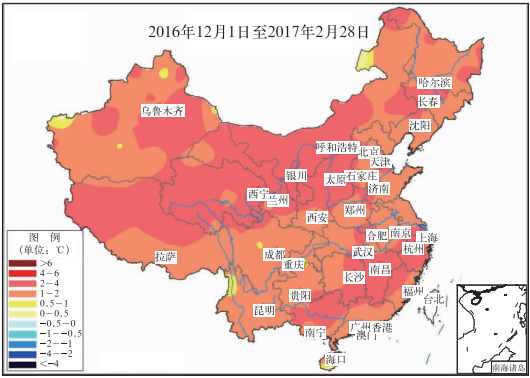


图 2 2016/2017 年冬季全国气温距平分布  
Fig. 2 Mean temperature anomalies of China in winter 2016/2017

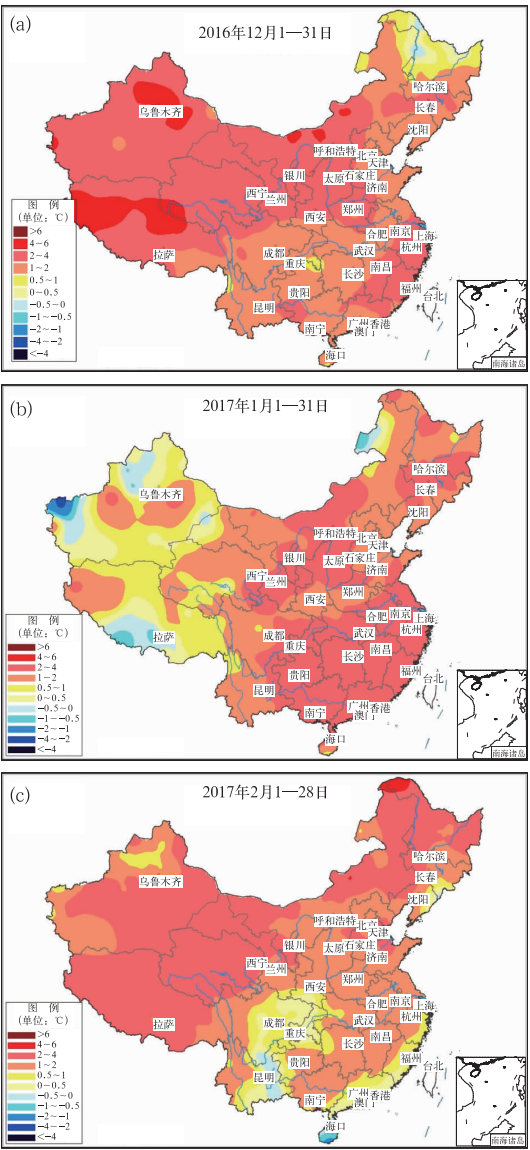


图 3 2016 年 12 月(a)、2017 年 1 月(b)和 2 月(c)全国气温距平分布  
Fig. 3 Mean temperature anomalies of China in December 2016 (a), January (b), and February (c) 2017

同期第三高。从空间分布来看,全国大部地区气温偏高  $1^{\circ}\text{C}$  以上,其中东北中部、内蒙古中部、西北东部、华北西部、江淮、江汉、江南、华南和西南地区东部等地偏高  $2^{\circ}\text{C}$  以上(图 3b)。2 月,全国平均气温为  $0.0^{\circ}\text{C}$ ,比常年同期( $-1.7^{\circ}\text{C}$ )偏高  $1.7^{\circ}\text{C}$ ,为近 8 年来同期最高。从空间分布看,全国大部气温偏高  $1\sim 2^{\circ}\text{C}$ ,其中东北北部和西部、西北大部、内蒙古大部、西藏等地偏高  $2^{\circ}\text{C}$  以上;而重庆局部、云南东部和海南气温较常年同期略偏低(图 3c)。

### 3 2016/2017 年冬季北半球环流异常特征

2016/2017 年冬季,北半球 500 hPa 高度场上,三波特征明显,大槽位于北美、欧洲和北太平洋地区(图 4a)。亚洲中高纬地区为“西低东高”高度距平

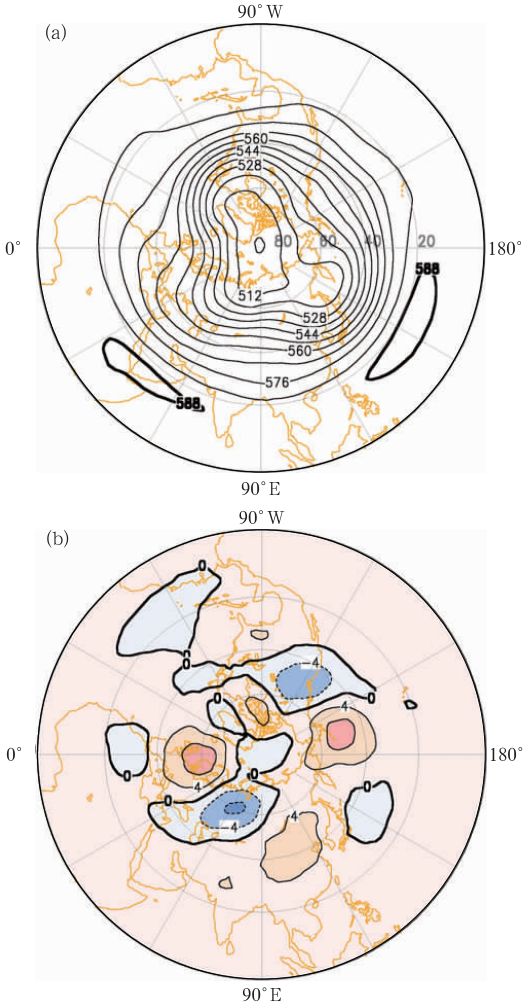


图 4 2016/2017 年冬季平均 500 hPa 位势高度(a)和距平场(b)分布(单位: dagpm)  
Fig. 4 The 500 hPa mean geopotential height (a) and anomalies (b) in winter 2016/2017 (unit: dagpm)

场,纬向环流明显,我国为异常高压脊控制(图 4b)。冬季 12、1、2 月各月东亚中高纬维持“西低东高”环流型,纬向环流主导,我国大部分地区处在高度场的正距平控制下,不利于冷空气爆发南下(图略)。

## 4 2016/2017 年冬季中高纬大气环流活动及其影响

### 4.1 东亚冬季风活动及其影响

从东亚冬季风强度演变的年代际特征上看,目前西伯利亚高压和冬季风都处于由强转弱的时期。2016/2017 年冬季,西伯利亚高压指数为 $-0.74$ ,较常年同期偏弱(图 5a),东亚冬季风指数为 $-1.27$ ,较常年同期异常偏弱(图 5b)。西伯利亚高压强度与东亚冬季风表现出一致的年代际和年际变化特征。受东亚冬季风强度和西伯利亚高压强度偏弱影响,2016/2017 年冬季全国气温表现出异常偏高的特征。

逐日监测表明,季内西伯利亚高压在 12 月异常偏弱,表明东亚冬季风明显偏弱,影响我国的冷空气活动明显偏弱(图 6)。1 月西伯利亚高压总体较常年同期略偏弱,但是月内冬季风环流呈现明显的阶

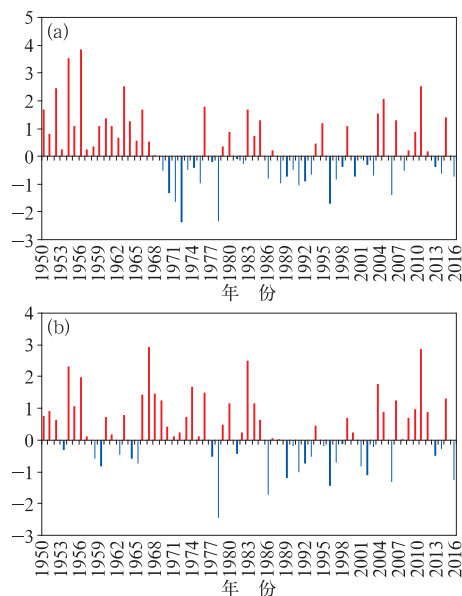


图 5 1961—2017 年西伯利亚高压(a)及东亚冬季风(b)标准化强度指数历年变化  
Fig. 5 Variation of standardized Siberian high (SH) intensity index (a) and East Asian winter monsoon (EAWM) index (b) in winters of 1961–2017

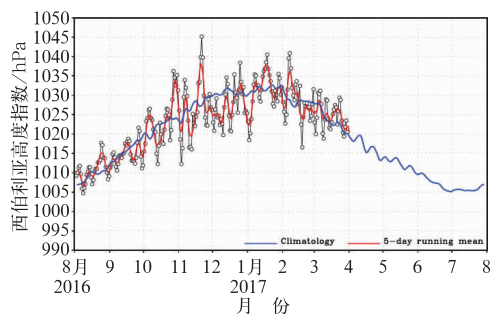


图 6 2016/2017 年西伯利亚高压强度指数(单位:hPa)逐日演变  
(蓝线:气候场,红线:5 日滑动平均)

Fig. 6 Daily variation of Siberian high (SH) index (unit: hPa) in 2016/2017

(Blue line: climatology, red line: 5 d running mean)

段性变化特征,1—7 日西伯利亚高压偏弱,我国中东部大部分地区气温较常年同期偏高  $4^{\circ}\text{C}$  以上;8—21 日,西伯利亚高压增强,东亚中高纬地区环流经向度加大,我国气温偏高幅度较前期明显下降;22 日之后,西伯利亚高压再次减弱,东亚中高纬地区又转为纬向环流,我国大部地区气温明显偏暖。2 月西伯利亚高压整体偏弱,仅在 2 月上半月阶段性偏强。

### 4.2 冬季 AO 及阻塞高压异常活动特征及其影响

2016/2017 年冬季,北极涛动(AO)指数为 1.0,说明 2016/2017 年冬季 AO 整体处于正位相(图 7)。季内,AO 总体以正位相为主,仅在 2 月上半月出现了阶段性的负位相(图 8)。12—1 月,AO 为持续正位相,北极极涡分裂为两个中心,冷空气主要影响欧洲东部及北美大陆北部。2017 年 2 月北极极涡偏向北美地区,主要影响北美地区。

此外,从 2016/2017 年北半球中高纬阻塞高压

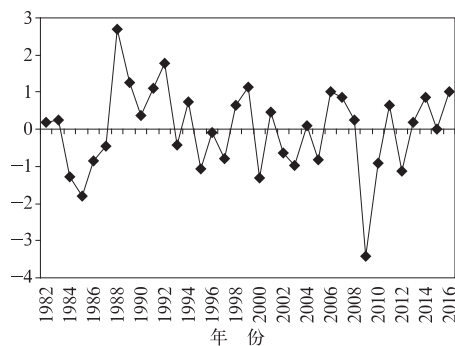


图 7 1982—2016 年 AO 冬季指数历年变化  
Fig. 7 Annual variation of winter AO index during 1982–2016

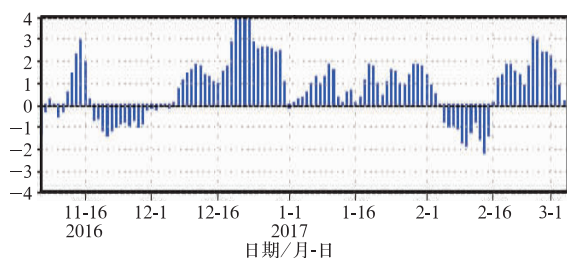


图 8 2016 年 11 月 7 日至 2017 年  
3 月 4 日 AO 指数逐日演变

Fig. 8 Daily variation of AO index from  
7 November 2016 to 4 March 2017

强度指数的逐日监测来看,冬季乌拉尔山地区附近阻塞高压不活跃,无持续阻塞高压建立,不利于强冷空气大举南下影响我国(图 9)。

### 4.3 青藏高原冷源偏弱

2016/2017 年冬季青藏高原指数较常年同期偏强,表明高原高度场偏高,尤其是 1—2 月异常偏强(图 10)。冬季青藏高原为大气冷源,高原高度场异常偏高,冬季冷源作用偏弱,不利于冷空气南下影响我国南方地区。

## 5 冬季风偏弱的可能原因

2016/2017 年冬季,东亚冬季风异常偏弱,我国气温明显偏高。2016 年秋季,北极海冰密集度偏小,尤其是巴伦支海—喀拉海区域的海冰较常年同期异常偏小(去线性趋势)。2016 年 10 月巴伦支海—喀拉海区域平均的海冰密集度为 1982 年以来最小(图 11)。2016/2017 年冬季,喀拉海、巴伦支海、格陵兰海、白令海东北部等海区海冰密集度偏小(去线性趋势)。研究表明,前期北极海冰的异常会影响北极地区冬季的热力状况,并通过大气的正、负反馈作用影响中低纬大气环流。秋季西伯利亚边缘海冰减少,尤其是巴伦支—喀拉海北部海冰偏少,导致海洋热量损失增多和对底层大气加热增强,增强了大气斜压性和不稳定性,通过负反馈机制导致高纬度地区海平面气压和高度场升高,西伯利亚高压加强,东亚气温偏低,9 月海冰密集度可作为冬季西伯利亚高压预测的前兆信号(Wu et al, 2011; 2015; 何金海等, 2015)。显然,仅有秋季北极海冰偏少,尚无法确定东亚冬季风强弱(Wu et al, 2015)。

然而近期研究表明,同样是前期北极海冰偏少

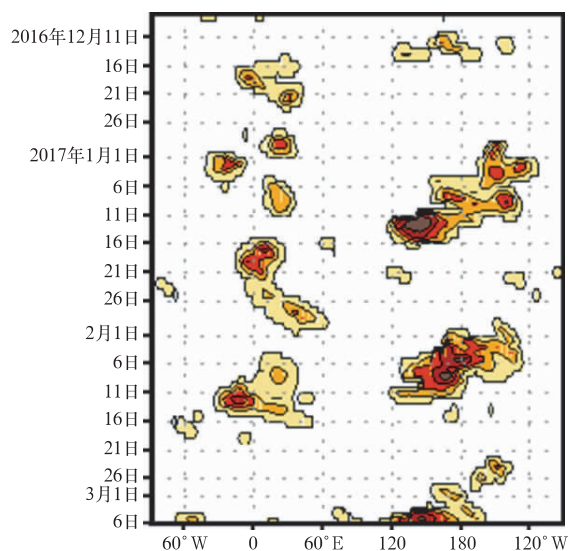


图 9 2016 年 11 月 11 日至 2017 年 3 月 6 日北半球  
中高纬阻塞高压强度指数变化[单位:  $m \cdot (^{\circ}N)^{-1}$ ]  
(引自美国气候预测中心)

Fig. 9 Observed Northern Hemisphere blocking strength  
from 11 November 2016 to 6 March 2017 [unit:  $m \cdot (^{\circ}N)^{-1}$ ]  
(cited from U. S. Climate Prediction Center)

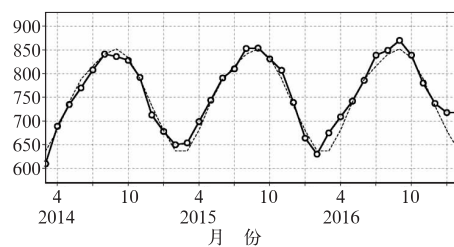


图 10 2014 年 3 月至 2017 年  
2 月青藏高原指数变化  
(虚线:气候场,实线:月平均,单位:10 hPa)  
Fig. 10 Tibetan Plateau index from  
March 2014 to February 2017  
(dashed line: climatology, solid line:  
monthly mean, unit: 10 hPa)

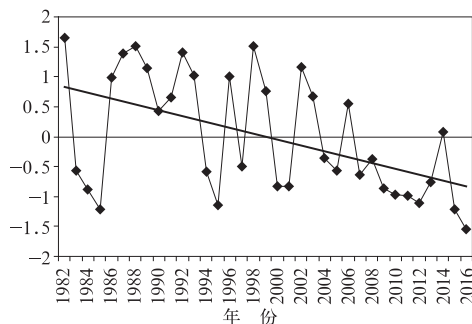


图 11 1982—2016 年 10 月巴伦支海—喀拉海  
区域平均的海冰密集度标准化序列逐年演变  
Fig. 11 Annual variation of normalized index of  
the October Arctic sea ice concentration anomalies  
in Barents-Kara Seas during 1982—2016

的年份,其对冬季中纬度地区的大气环流和气温的影响有所差异,这是由于受到夏季北极大气环流异常状态的影响。夏季北极大气环流在北极海冰偏少影响冬季大气环流变率中起重要调节作用。在相同的北极海冰异常偏少强迫条件下,夏季北极地区反气旋和气旋风场强迫导致模拟结果的明显不同,夏季反气旋强迫使得模拟的气温偏低(Wu et al, 2016)。北冰洋表面反气旋风场,以及其上空对流层中、低层平均温度偏高,加强了北极海冰偏少对冬季大气环流变率的负反馈,对西伯利亚高压的加强起促进作用(Wu et al, 2016;武炳义和杨琨,2016)。2016 年夏季,北极大气环流的热力和动力状态影响了海冰偏少的滞后影响效果。夏季北冰洋上空对流层中、低层平均温度偏低和前期夏季北极风场的气旋性形态(图 12)减弱了北极海冰偏少对冬季西伯利亚高压的作用,不利于冬季风偏强。

除前期北极海冰影响西伯利亚高压外,冬季北大西洋大气环流变化也与冬季西伯利亚高压变化有关。武炳义和黄荣辉(1999)指出,冬季北大西洋涛动指数(NAO)异常偏高(低)时期,30°~50°N 的亚洲大陆中部气压显著偏低(高),致使冬季西伯利亚高压和东亚冬季风减弱(增强)以及亚洲大陆北部气温显著偏高(低)。NAO 异常变化在亚洲大陆主要影响西伯利亚高压,可能是通过大气遥相关来实现,但反过来冬季西伯利亚高压范围异常变化对 NAO 没有显著的影响。2016/2017 年冬季,NAO 指数为 2.0(图 13),比常年同期(0.9)偏高 1.1,NAO 的显著增强可能对冬季西伯利亚高压和冬季风偏弱有一定影响。

## 6 结 论

(1) 2016/2017 年冬季,全国平均气温为 -1.5℃,较常年同期(-3.4℃)偏高 1.9℃,为 1961 年以来最暖的冬季。从空间分布来看,全国各地气温普遍较常年同期偏高 1~2℃,其中西北地区中部和东部、华北西部、江南大部、华南北部及新疆中东部、内蒙古中西部、西藏北部和西部等地偏高 2~3℃,内蒙古、新疆、西藏的局地偏高 3℃以上。季内 3 个月,全国平均气温均偏高,其中 12 月全国平均气温为 1961 年以来历史最高。

(2) 2016/2017 年冬季,北半球 500 hPa 高度场上,大槽位于北美、欧洲和北太平洋地区。亚洲中高

纬地区为“西低东高”高度距平场,纬向环流明显,我国为异常高压脊控制。冬季西伯利亚高压指数为 -0.74,较常年同期偏弱,东亚冬季风指数为 -1.27,

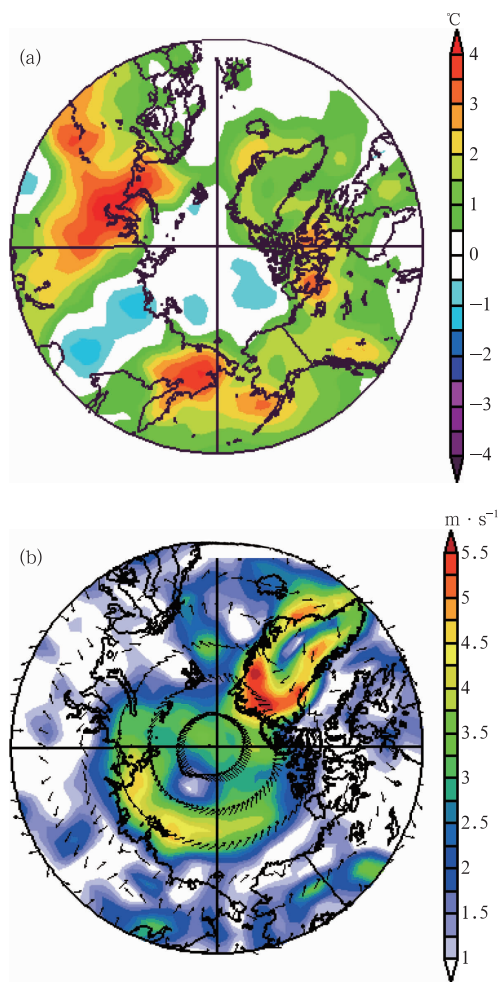


图 12 2016 年夏季(6—8 月)平均表面气温(a)和平均表面风场(b)

Fig. 12 Summer (June—August) mean surface air temperature (a) and mean surface wind field (b) in 2016

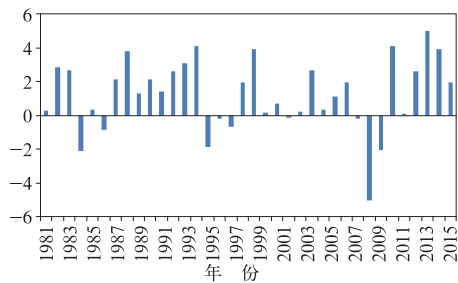


图 13 1981—2015 年 NAO 冬季指数历年变化

Fig. 13 Annual variation of winter NAO index during 1981—2015

较常年同期异常偏弱。冬季北极涛动整体处于正位相,青藏高原高度场偏高。与之相对应,我国出现暖冬。

(3) 2016 年秋季至 2017 年冬季,北极海冰密集度偏小,尤其是巴伦支海—喀拉海区域的海冰较常年同期异常偏小。然而夏季北冰洋上空对流层中、低层平均温度偏低和前期夏季北极风场的气旋性形态减弱了北极海冰偏少对冬季西伯利亚高压的作用,不利于冬季风偏强。夏季北极大气环流在北极海冰偏少影响冬季西伯利亚高压和冬季风中起重要调节作用。冬季 NAO 指数显著偏强,可能也对西伯利亚高压偏弱和冬季风偏弱有影响。此外,影响西伯利亚高压的因素还有很多,其影响机制还有待于今后进一步深入分析。

## 参考文献

- 丁一汇,2013. 中国气候[M]. 北京:科学出版社:576.
- 高辉,2007. 东亚冬季风指数及其对东亚大气环流异常的表征[J]. 气象学报,65(2):272-279.
- 郭其蕴,1994. 东亚冬季风的变化与中国气温异常的关系[J]. 应用气象学报,5(2):218-225.
- 何金海,武丰民,祈莉,2015. 秋季北极海冰与欧亚冬季气温在年代际和年际尺度上的不同联系[J]. 地球物理学报,58(4):1089-1102.
- 司东,李清泉,柳艳菊,等,2014. 2013/2014 年东亚冬季风异常偏弱的可能成因[J]. 气象,40(7):891-897.
- 王东阡,崔童,司东,等,2015. 2014/2015 年东亚冬季风活动特征及其可能成因分析[J]. 气象,41(7):907-914.
- 武炳义,黄荣辉,1999. 冬季北大西洋涛动极端异常变化与东亚冬季风[J]. 大气科学,23(6):641-651.
- 武炳义,杨琨,2016. 从 2011/2012 和 2015/2016 冬季大气环流异常看北极海冰以及前期夏季北极大气环流异常的作用[J]. 气象学报,74(5):683-696.
- 朱艳峰,2008. 一个适用于描述中国大陆冬季气温变化的东亚冬季风指数[J]. 气象学报,66(5):781-788.
- 中国气象局,2012. 东亚冬季风指数:QX/T:144—2011[S]. 北京:气象出版社.
- 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局,中国国家标准化管理委员会,2008. 暖冬等级:GB/T 21983—2008[S]. 北京:中国标准出版社.
- Chang C P, Lun K M, 1982. Short-term planetary-scale interactions over the tropics and midlatitudes during northern winter. Part I: Contrasts between active and inactive periods[J]. Mon Wea Rev, 110(8):933-946.
- Kalnay E, Kanamitsu M, Kistler R, et al, 1996. The NCEP/NCAR 40-year reanalysis project[J]. Bull Amer Meteor Soc, 77(3):437-471.
- Tibaldi S, Molteni F, 1990. On the operational predictability of blocking[J]. Tellus A, 42(3):343-365.
- Wu Bingyi, Su Jingzhi, D'Arrigo R, 2015. Patterns of Asian winter climate variability and links to Arctic sea ice[J]. J Climate, 28(17):6841-6858.
- Wu Bingyi, Su Jingzhi, Zhang Renhe, 2011. Effects of autumn-winter Arctic sea ice on winter Siberian High[J]. Chin Sci Bull, 56(30):3220-3228.
- Wu Bingyi, Yang Kun, Francis J A, 2016. Summer Arctic dipole wind pattern affects the winter Siberian high[J]. Int J Climatol, 36(13):4187-4201.
- Zhou Y P, 2001. Relationships between El Niño-southern oscillation and the Arctic oscillation: a climate-weather link[R]. NCEP/Climate Prediction Center ATLAS No. 8. Camp Springs, Md: NOAA, National Weather Service, National Centers for Environmental Prediction, Climate Prediction Center.