

Influence of Arctic Oscillation on Winter Temperature in China

Mingqiang Hu

School of Atmospheric Sciences, Chengdu University of Information Technology, Chengdu Sichuan
Email: 2783727458@qq.com

Received: Nov. 6th, 2019; accepted: Nov. 21st, 2019; published: Nov. 28th, 2019

Abstract

Based on NCEP/NCAR reanalysis data, correlation and composite methods were used to analyze the spatial and temporal distribution characteristics of winter temperatures in China and the relationship between them and the Arctic Oscillation (AO) from 1969 to 2009. The results show that there is a significantly positive correlation between the winter oscillation and the winter temperature in China, but there is a large regional difference in the correlation, which is reflected in the good correlation between the middle and high latitudes and the unstable correlation between the middle and low latitudes and the Qinghai-Tibet plateau. Therefore, the anomaly of AO can cause the anomalous winter temperature in China by affecting the atmospheric circulation in the middle and high latitudes.

Keywords

Arctic Oscillation, Temperature, Atmospheric Circulation

北极涛动对我国冬季气温的影响

胡明强

成都信息工程大学大气科学学院, 四川 成都
Email: 2783727458@qq.com

收稿日期: 2019年11月6日; 录用日期: 2019年11月21日; 发布日期: 2019年11月28日

摘要

利用NCEP/NCAR再分析资料, 采用相关、合成等方法分析了1969~2009年我国冬季气温的时空分布特征以及与北极涛动的关系。结果表明: 冬季北极涛动与我国冬季气温间存在显著正相关关系, 但其相关

关系存在较大的区域差异,具体表现为中高纬地区相关关系较好,而与中低纬和青藏高原地区相关关系较为不稳定。因此,北极涛动异常可通过影响中高纬地区大气环流导致我国冬季气温产生异常。

关键词

北极涛动, 气温, 大气环流

Copyright © 2019 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

北半球冬季海平面气压场的经验正交分解第一模态特征向量的大部分特征与北大西洋涛动相似,表现在以北极与中高纬地区的气压场存在距平变化相反的“跷跷板”式的波动,且这种波动可以从近地面延伸到平流层下层,为准正压结构[1]。与北大西洋涛动相较,这种模态的主要活动中心覆盖了北极的大部分地区,并具有明显纬向对称和以 45°N 为中心呈环状分布的特征。为了把这种模态与北大西洋涛动区别开,将其称之为北极涛动,其实质可以解释为高空极涡的强度调整在地面上的表征。

北极涛动作为北半球中高纬重要的大气环流遥相关系统,对于北半球的大气环流有显著的影响。与地域性较强的北大西洋涛动相比较,北极涛动的影响范围更广,可以认为北大西洋涛动是北极涛动的构成部分。北极涛动对我国和东亚地区气候、天气系统的影响更为显著。以全球最强的冬季风——东亚冬季风为代表,北极涛动通过影响准定常行星波的垂直传播,导致西伯利亚高压和阿留申低压同时地减弱和增强[2]。武炳义等[3]指出北极涛动变化通过影响西伯利亚高压对东亚冬季风的内部动力过程产生影响,进而导致我国冬季气候的变化。龚道溢等[4]发现季节尺度内异常低温事件不仅与气温的非正态分布有关,也明显受到北极涛动位相变化及强弱的影响。所玲玲等[5]也指出北极涛动指数的正负极端异常对我国冬季同期的最高气温和最低气温有显著影响。由此可见,北极涛动变化对我国冬季气温具有较强影响,研究北极涛动与我国冬季气温变化的联系有助于加深对我国气候变化的理解[6] [7] [8] [9]。

2. 资料和方法

2.1. 资料

北极涛动指数采用美国国家海洋和大气管理局提供的逐月 AOI 时间序列。风场和高度场资料为美国国家环境预测中心/国家大气研究中心提供,空间分辨率为 $2.5^{\circ} \times 2.5^{\circ}$ 。冬季指当年 12 月至次年 2 月。

2.2. 方法

采用相关分析、合成分析等统计诊断方法研究北极涛动对我国冬季气温影响。

3. 研究结果

3.1. 北极涛动变化特征及其与我国冬季气温的联系

首先计算 1969~2009 年共 41 年冬季北极涛动指数时间序列,其中正位相分布为 20 年,负位相分布 21 年,正负位相出现的频率基本一致。近 41 年终,北极涛动指数出现在(-1.0~1.0)区间内的年份最多,达到 32 年,占比为 80.0%,而出现极端值(>1.5 或 <-1.5)的年份较少,仅为 4 年,占比约为 7.3%。可见,

北极涛动指数变化范围基本集中在 $(-1.0 \sim 1.0)$ 区间内, 而出现极端值的情况较少。进一步根据该分部将北极涛动指数处于 $(-1.0 \sim 1.0)$ 区间的年份定义为北极涛动正常年份, 其余年份定义为北极涛动异常年份。

图 1 为 1969~2009 年的冬季北极涛动指数和我国同期冬季平均气温时间序列图。由图中可以清楚地发现这两个序列的变化趋势存在相当的一致性, 除去个别年份之外, 两条序列也呈现出大体相同的位相分布, 如 1992~2003 年期间, 北极涛动指数在 $(-1.0 \sim 1.0)$ 区间震荡, 我国冬季平均温度也在此时间段出现频率较高的震荡; 在 1988 年和 2006 年出现北极涛动指数峰值, 同期我国冬季平均气温也对应出现峰值; 1995 和 2009 年出现北极涛动较低, 对应我国冬季平均气温也在同期出现低值。通过计算冬季北极涛动指数和同期我国气温序列的相关系数可知, 二者间为显著的正相关关系, 相关系数达到 0.53, 通过 0.01 的显著性检验, 表明北极涛动对我国同期的冬季气温存在明显影响。

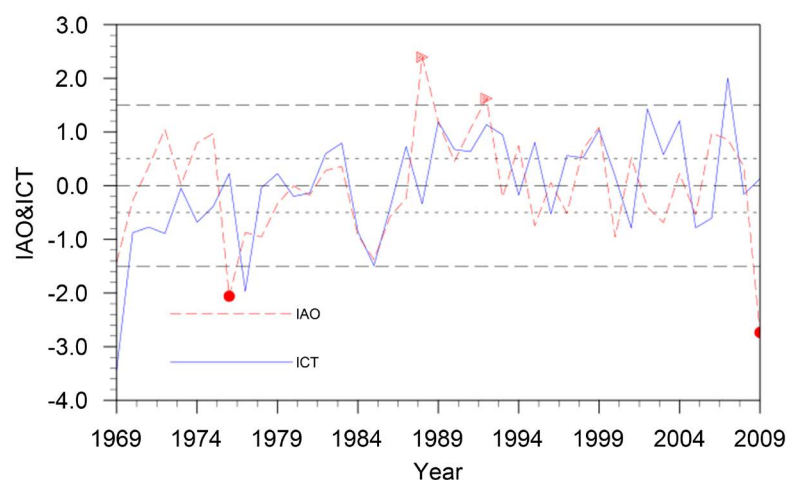


Figure 1. The time series of Arctic oscillation index (red) and winter mean temperature of China for the period of 1969-2009

图 1. 1969~2009 年冬季北极涛动指数(红色)与我国同期平均气温序列(蓝色)

3.2. 北极涛动不同位相年份我国冬季气温特征

进一步对北极涛动不同的位相(正常正负位相、异常正负位相和极端正负异常位相)时我国冬季气温特征进行分析。图 2 为北极涛动处于不同位相时对应的北半球气温距平场。由图可见, 正位相程度不同时, 北半球温度距平场存在明显的差异, 即当北极涛动指数处于正常正位相 $(0 \sim 1.0)$ 年份时, 由极地向东欧和西伯利亚地区为大面积正距平区, 我国东北和内蒙地区也存在弱的正距平区, 而我国其余地区为弱的负距平区(图 2(a))。当北极涛动处于异常正位相 $(1.0 \sim 1.5)$ 时, 极地中心西北侧为负距平, 欧亚大陆高纬地区为大面积强正距平区, 我国主要呈弱的正负距平区, 但相比于图 2(a)中的负距平温度异常增强(图 2(b))。相比于前面两个位相, 当北极涛动指数处于 >1.5 的极端正位相时期, 欧亚大陆正距平区域扩大, 国北方均为强正距平区域, 我国中东部、华南地区为弱的正距平区域(图 2(c))。当北极涛动指数处于正常负位相 $(-1.0 \sim 0)$ 年份时, 极地附近近地面同时存在弱正距平中心和弱负距平区域, 其中欧亚大陆和北美大陆北部至极区为大面积弱正距平区域, 加拿大以北的极区为强负距平中心, 我国西北地区、北方地区与华南地区均为接近气候态的弱正距平(图 2(d))。当 AO 指数处于 $(-1.5 \sim -1.0)$ 的负异常年份(1996 年)时, 欧洲大陆高纬区域呈强的负距平区域, 太平洋西北部负温度距平延伸至我国东部区域, 此时我国西北为一强正距平中心(图 2(e))。当 AO 指数处于 <-1.5 的极端负位相年份(2009 年)时, 欧亚大陆和北美大陆北部基本都为强负距平区域, 而非洲北部和加拿大以北区域呈强的正距平区域(图 2(f))。

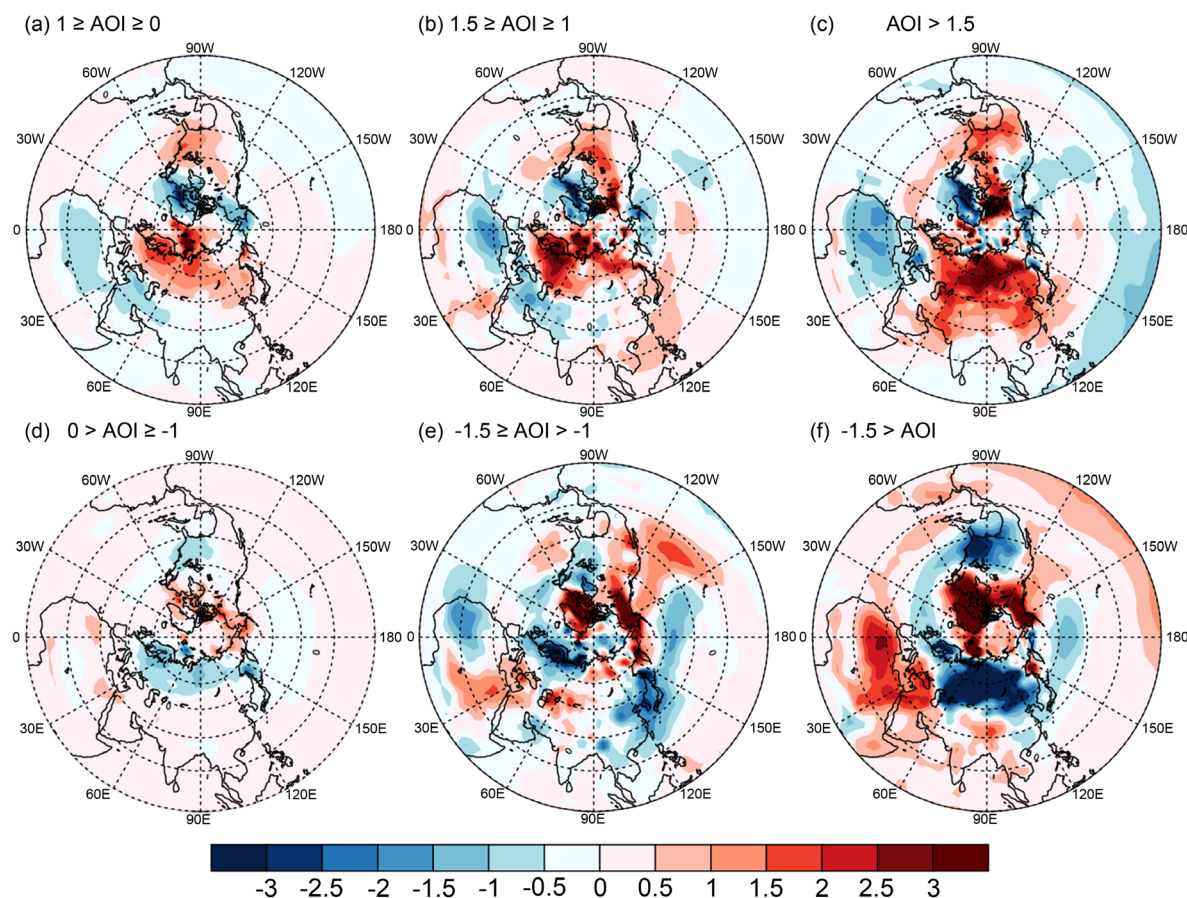


Figure 2. Distribution of winter temperature anomaly in the northern hemisphere in different phase years of the Arctic oscillation
图 2. 北极涛动不同位相年份北半球冬季温度距平分布

3.3. 北极涛动异常年大气环流特征

从北极涛动异常年 500 hPa (图 3) 高度距平场可以看出, 在北极涛动位相正异常年, 极区对流层中上层为稳定负距平中心, 北太平洋和北大西洋对流层中上层呈高度场正距平。此时我国西部对流层中上层基本弱的负距平控制下, 而东部在正距平控制之下。当北极涛动正位相异常加强时, 以极区为中心的负距平区域稍有扩大, 北太平洋海域上空的正距平区域加强并向南扩张; 北大西洋高度场正距平范围有所扩大, 且异常大值中心稍有东移, 此时我国主要呈弱的正距平控制。在北极涛动位相负异常年份, 极区对流层中上层为正距平中心, 欧洲大陆中高纬度地区、北太平洋地区上空为负距平区域, 亚洲中高纬度地区上空为弱的正距平区域, 我国对流层中上层正距平从西北部延伸至华南地区, 而东北部呈负距平。当北极涛动负位相异常加强时, 以极区为中心的正距平区域扩大且强度加强, 并形成稳定中心, 控制我国上空的正距平减弱消退, 并形成负距平区域; 东亚大槽和阿留申低压增强, 乌拉尔山阻塞高压建立并增强, 贝加尔湖区域高压减弱消退甚至形成负距平区域。

进一步对北极涛动异常年正异常年 850 hPa 高度场和风场(图 4)进行分析。由图中可见, 在正异常年, 极区和近地面为负距平中心, 北美大陆中高纬为正距平区域, 而欧亚大陆呈正弱的正负距平交错分布。当北极涛动正位相异常变强时, 亚欧大陆的正距平区域所呈现的正差异同时变强, 影响范围扩张, 对较低纬度的地区影响也更加显著。在 850 hPa 高度风距平场可以看出, 当北极涛动处于正异常位相时期, 极区为气旋性环流, 较冷的气流活动范围被限制在极区, 我国大部分地区处于暖性反气旋控制之下, 受

来自太平洋的暖气流影响。当北极涛动异常加强时,极区气旋性环流加强,同时影响我国大部分地区的暖性反气旋范围扩大,此时影响我国受来自更南部分的太平洋的暖气流影响。在北极涛动位相负异常年,中高纬和极区依然呈现距平相反的现象,且与北极涛动位相正异常年份性质相反。在 850 hPa 高度和近地面,极区中心的正距平较强;亚欧大陆中高纬地区为大面积弱正距平区域,中低纬地区存在接近气候态的弱正距平。当北极涛动负位相异常变强时,极圈高度场距平范围扩大,强度增强;北大西洋和北太平洋高度场异常减弱,亚欧大陆部分地区也由正转为弱的距平区域,此时我国主要受接近气候态的弱的负距平控制。在 850 hPa 风场,可以看到在北极涛动处于负异常位相时期,极圈反气旋性环流异常增强,当北极涛动负异常和极端负异常位相比时,在极端负异常年份,来自于中高纬度的冷空气对影响我国温度更加明显。

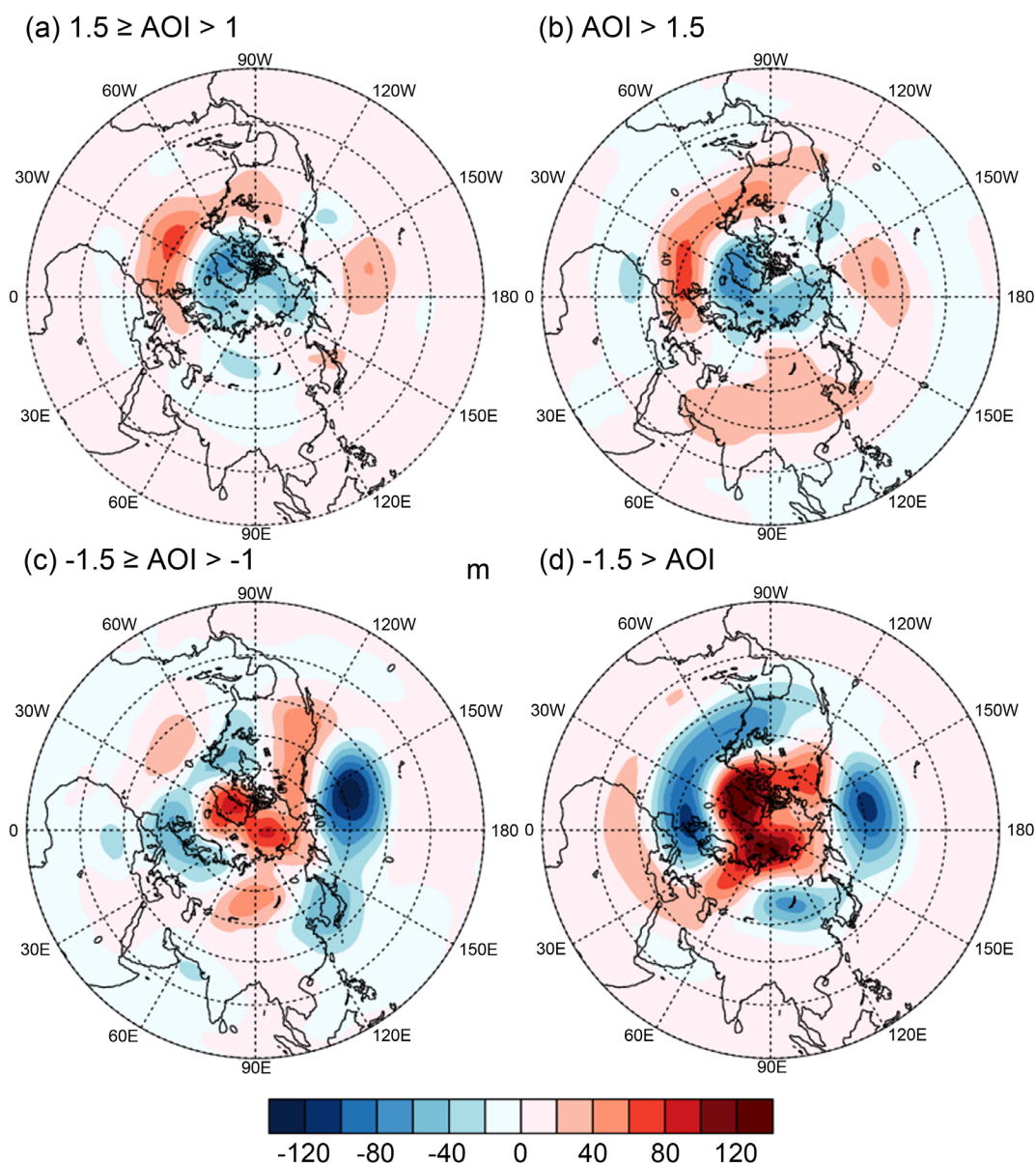


Figure 3. Distribution of winter 500 hPa height anomaly field during Arctic oscillation anomaly years

图 3. 北极涛动异常年北半球冬季 500 hPa 高度场距平分布

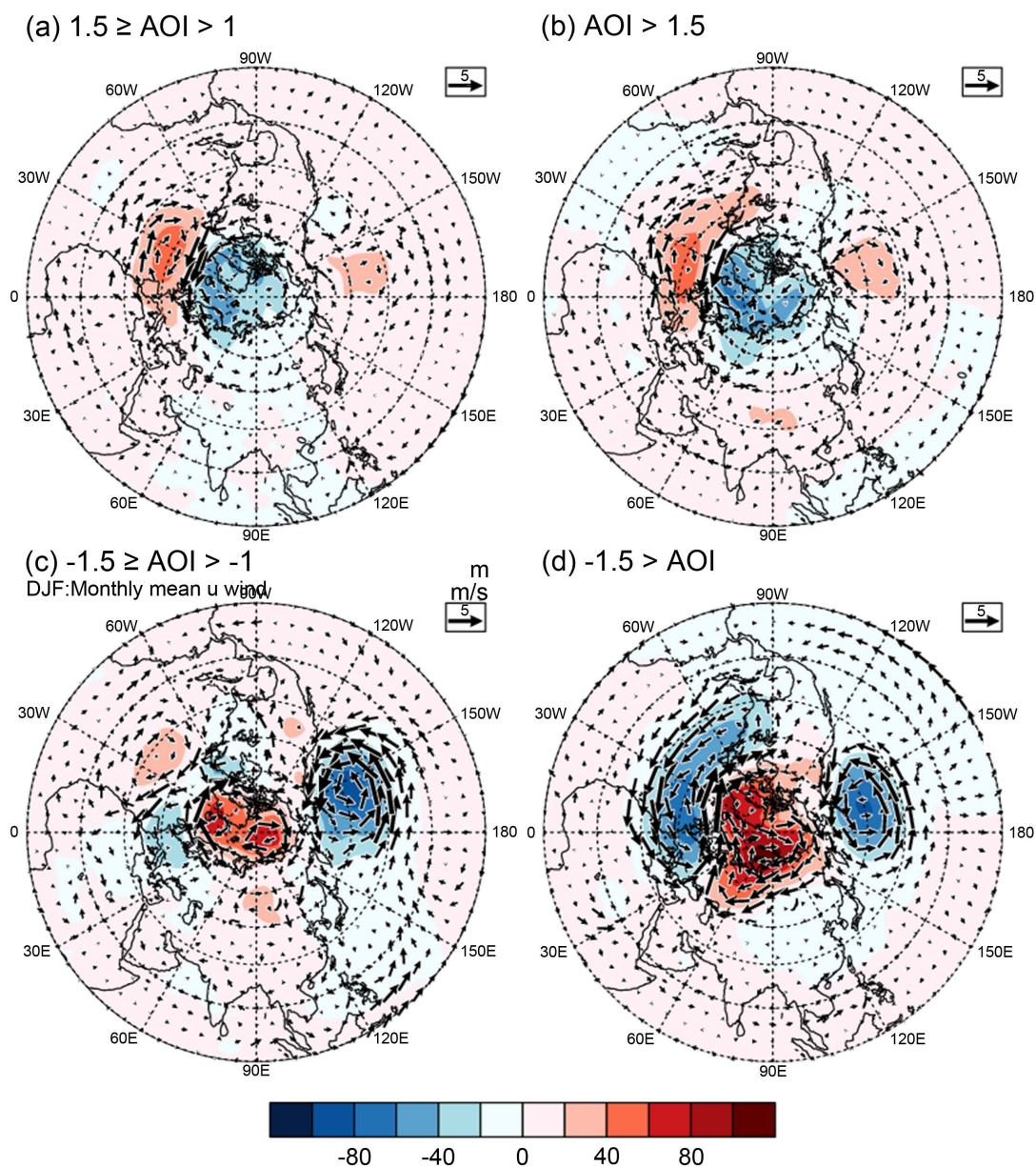


Figure 4. Distribution of winter 850 hPa height and wind anomaly field during Arctic oscillation anomaly years
图 4. 北极涛动异常年北半球冬季 850 hPa 高度场和风场距平分布

3.4. 北极涛动对近地面温度影响的可能机制

进一步对北极涛动不同异常位相可能影响我国冬季气温的天气系统进行分析(表 1)。由表可知,当北极涛动正位相异常时,高度场呈现“中高纬度高、极区低”的现象,西伯利亚高压、东亚大槽偏弱,乌拉尔山阻塞高压偏弱,不利于形成大规模冷空气南下影响我国,因而我国同期冬季平均气温偏高。当北极涛动负位相(或极端负位相)时,高度场呈现“极区高,中高纬度低”的现象,有利于极涡和极区冷空气南下;乌拉尔山阻塞高压较强,有利于西北路径和西方路径的冷空气堆积,引发更大规模的寒潮降温;西伯利亚高压和东亚大槽较强,同样有利于引导冷空气南下,因而中高纬度地区温度相比气候态偏低,我国同时期冬季平均气温较低。

Table 1. The characteristics of atmospheric circulation with respect to anomalous winter Arctic oscillation
表 1. 冬季北极涛动异常年份对应大气环流特征

天气系统	北极涛动异常		北极涛动极端异常	
	正位相	负位相	正位相	负位相
高度场	极区低、中高纬高	极区高、中高纬低	极区低、中高纬高	极区高、中高纬低
极区气压场	负异常	正异常	强负异常	强正异常
中高纬地区高度/气压场	正异常	负异常	强正异常	强负异常
乌拉尔山阻塞高压	弱	偏强	消退	强
西伯利亚高压	弱	强	弱	强
阿留申低压	弱	强	弱	强
东亚大槽	弱	强	弱	强
冷空气传播范围	极区	亚欧大陆中高纬	极区	亚欧大陆中低纬

4. 结论

利用 NCEP/NCAR 再分析资料,采用相关、合成等方法分析了 1950~2019 我国冬季气温的时空分布特征以及与北极涛动的关系,得到以下结论:冬季北极涛动指数与中国冬季气温指数具有显著的正相关性。当北极涛动处于正负异常(或极端正负异常)时,对北半球气温和大气环流的影响呈现出典型的极区与中高纬度地区相反趋势。北极涛动异常对于极区和中高纬度地区大气环流形势的影响可以从低层达到对流层中高层,当正位相时,极地冷空气的传播受中高纬地区大气环流形势限制难以南下,且受太平洋较暖气流影响,造成中国冬季气温偏暖,而负异常年份,环流形式有利于极地冷空气南下造成中国冬季气温偏低。

基金项目

成都信息工程大学本科教学工程项目(BKJX2019007, BKJX2019013, BKJX2019042, BKJX2019056, BKJX2019062, BKJX2019081, BKJX2019089, BKJX2019120 和 JY2018012)支持。

参考文献

[1] Thompson, D.W.J. and Wallace, J.M. (1998) The Arctic Oscillation Signature in the Wintertime Geopotential Height and Temperature Fields. *Geophysical Research Letters*, **25**, 1297-1300. <https://doi.org/10.1029/98GL00950>

[2] 龚道溢, 王绍武, 朱锦红. 北极涛动对我国冬季日气温方差的显著影响[J]. 科学通报, 2004(5): 487-492.

[3] 武炳义, 卞林根, 张人禾. 冬季北极涛动和北极海冰变化对东亚气候变化的影响[J]. 极地研究, 2004(3): 211-220.

[4] 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(4): 559-568.

[5] 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(2): 163-168.

[6] 范丽军, 李建平, 韦志刚, 等. 北极涛动和南极涛动的年变化特征[J]. 大气科学, 2003(3): 419-424.

[7] 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(1): 1-7.

[8] 陈文, 康丽华. 北极涛动与东亚冬季气候在年际尺度上的联系: 准定常行星波的作用[J]. 大气科学, 2006(5): 863-870.

[9] 古月. 1948~2005 年 7 月 500 hPa 高度场 EOF 分析[J]. 内蒙古气象, 2010(1): 4-6.