

Analysis of Regional Climate Differences between 2016/2017 and 2017/2018 Winter

Yuemin Song, Jilin Sun, Dingjia Ye

Ocean University of China, Qingdao Shandong
Email: 714117367@qq.com

Received: Jun. 20th, 2019; accepted: Jun. 27th, 2019; published: Jul. 4th, 2019

Abstract

In this paper, NCEP/NCAR reanalysis data (including air temperature, geopotential height, wind field, long-wave radiation (OLR) data), the sea ice concentration (SIC) data from Hadley Center for Climate Prediction and Research, and NOAA Extended Reconstruction sea surface temperature (SST) V4 and other related data are used to analyze the causes of climate differences between the two continents in the Northern Hemisphere in the winter of 2016/2017 and 2017/2018. The study found: although the distribution of Arctic sea ice in September is similar, the spatial distribution of atmospheric anomalies and climate anomalies in winter is very different. The main cause of climate differences is the impact of tropical oceans on atmospheric circulation through teleconnection mechanisms. The anomalous rainfall and heating in the tropical Indian Ocean-Western Pacific warm pool made the mid-latitudes of Asia in 2016/2017 winter mainly dominated by zonal circulation, cold air was hard to go south, leading to the Eurasian continental high-latitude cold and mid-latitude warm; central La Nina and eastern La Nina have different effects on the path and intensity of the Pacific-North American wave train (PNA), which makes the North American continents cold in the west and cold in the middle.

Keywords

Northern Hemisphere, Winter Climate, La Nina, Teleconnection

2016/2017年与2017/2018年冬季区域气候差异机理分析

宋月旻, 孙即霖, 叶丁嘉

中国海洋大学, 山东 青岛
Email: 714117367@qq.com

收稿日期: 2019年6月20日; 录用日期: 2019年6月27日; 发布日期: 2019年7月4日

摘要

本文利用2016年~2018年NCEP/NCAR再分析的气温、位势高度、风场、地球表面对外长波辐射(OLR)等资料、哈得莱气候预报中心海冰密集度(SIC)资料、以及NOAA扩展重建海面温度(SST) V4等相关资料,对造成2016/2017年与2017/2018年冬季北半球两大陆区域气候差异的原因进行了个例分析。研究发现:虽然两个年份9月份北极海冰分布情况类似,但冬季大气环流异常和气候异常空间分布差异非常明显,造成气候差异的主要原因来自热带海洋通过遥相关机制对大气环流的影响。热带印度-西太平洋暖池的异常降雨和加热异常使2016/2017年冬季亚洲中纬度地区主要受纬向环流控制,强冷空气不易南下,亚欧大陆高纬冷中纬暖;中部型和东部型拉尼娜对太平洋-北美遥相关波列(PNA)的路径和强度造成不同影响,使两个年份北美大陆分别西部偏冷和中部偏冷。

关键词

北半球, 冬季气候, 拉尼娜, 遥相关

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

北极海冰作为冷源对大气环流和全球气候变化起着重要作用[1]。北半球极地海冰与副热带环流的相互作用具有明显的滞后性和季节性[2]。由于其独特性一直被认为是气候变化的放大器和指示器[3]。因北极海冰的面积在每年9月份达到最小值,通常用其代表北极海冰的消融程度[4]。

研究表明,亚欧大陆冬季极端寒冷事件的频繁发生与秋冬季北极海冰的减少密切相关[5] [6] [7]:9月份海冰范围与冬季末的大尺度大气环流异常有关,9月份北冰洋海冰减少对西伯利亚高压有增强作用;对于包括巴伦支海和喀拉海在内的高纬度海洋是影响冬季亚欧大陆气候变化的重要海区,其可以通过上下游效应影响中国气候:冬季该区海冰异常少,东亚大槽强,冬季西伯利亚高压强,东亚冬季风强,侵入中国的冷空气多。

北美大陆气候是亚欧大陆气候的“缩影”[8],两个大陆纬度、海陆位置、洋流配置、气压场配置都具有相似性。数值模式分析表明[9],2013/2014年造成冬季极端寒冷的异常大气环流部分是由白令海以北的低SIC引起的。且使用太平洋北极地区的9月份冰区SIC作为预测因子对北美洲地区做短期气候预测的效果最好[10]。黄士松等指出[11],北极I区(160°E~110°W)海冰距平对冬季月份500 hPa位势高度距平的相关场,可见在太平洋与北美地区均存在类似PNA型的相关。

目前,利用北极海冰异常进行短期气候预测仍然存在问题。2016年10月,对2016/2017年冬季的气候预测[12]其中包括:东亚、东北美洲气温偏低。但实际情况是两个大陆的气温都明显偏暖,预测出现失误(我国全国平均气温为-1.5℃,较常年同期偏高1.9℃,为1961年以来最暖的冬季[13])。其预测主要指标之一就是北极海冰偏少。美国气候预报中心预测2016/2017年冬季的气候为北美大陆中部偏冷,阿拉斯加地区偏暖、美国南部偏暖。而实际情况是北美大陆西部偏冷,中东部地区偏暖,同样出现预测失误。

2. 资料

本文所采用的资料为: NCEP/NCAR (National Centers for Environmental Prediction/National Center for

Atmospheric Research)提供的再分析数据月平均资料, 包括海平面气压, 各层的温度、位势高度、风场资料, OLR 等, 分辨率为 $2.5^{\circ} \times 2.5^{\circ}$; 哈得莱气候预报中心(Hadley Centre for Climate Prediction and Research)提供的海冰密集度(SIC)月平均资料, 分辨率为 $1^{\circ} \times 1^{\circ}$; 以及 NOAA 提供的扩展重建海面温度 V4, 分辨率为 $2^{\circ} \times 2^{\circ}$ 。北极涛动(AO)指数数据来自于 <http://www.cpc.ncep.noaa.gov/>; ENSO (厄尔尼诺与南方涛动)指数、西伯利亚指数以及东亚冬季风指数来自国家气候中心的监测数据, 选取均时间为 2016 年 1 月~2019 年 2 月。

3. 2016/2017 年, 2017/2018 年冬季区域气候异同

3.1. 两个年份 9 月海冰、冬季气温状况

从 2016 年 9 月份和 2017 年 9 月份北极海冰异常图(图 1)中可以看到, 这两个年份北极海冰都异常偏少且海冰形势类似, 可以认为这两个年份在高纬度具有类似的强迫场, 但冬季气温情况却截然相反(图 2): 2016/2017 年冬季东亚和北美大陆两个大陆都是西北部偏冷, 中东部地区气温偏高; 而 2017/2018 年冬季东亚和北美大陆都是北部偏冷, 西南地区偏暖。

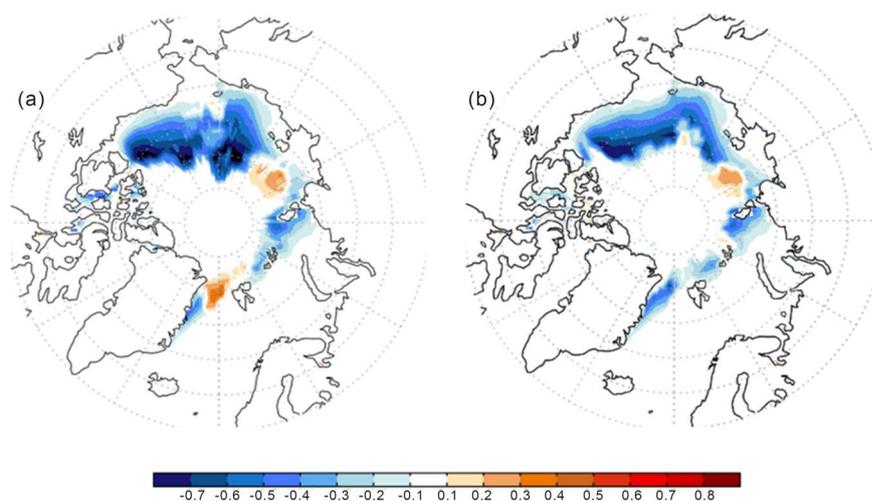


Figure 1. Arctic SICA in September (a) 2016 and (b) 2017

图 1. (a) 2016 年和(b) 2017 年 9 月份北极 SICA

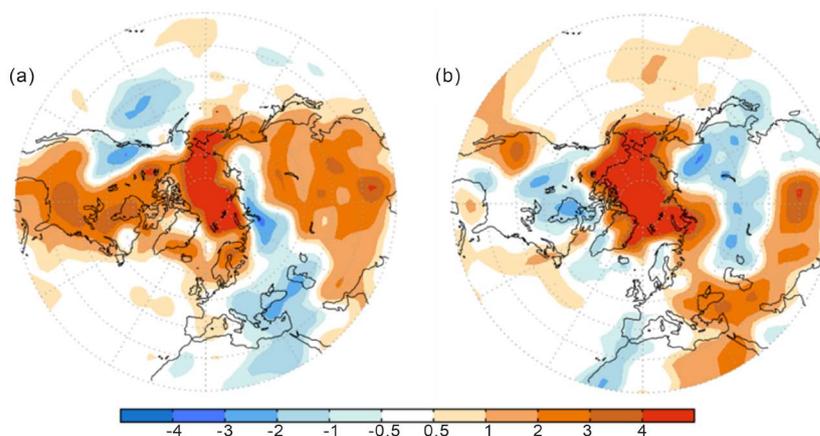


Figure 2. Air temperatures of 1000 hPa in the Northern Hemisphere in the winter of (a) 2016/2017 and (b) 2017/2018

图 2. (a) 2016/2017 年冬季和(b) 2017/2018 年冬季北半球 1000 hPa 气温异常

2016/2017 年西伯利亚高压指数为 -0.74 ，东亚冬季风指数为 -1.27 ，两个指数较常年同期都偏低；2017/2018 年冬季西伯利亚高压指数为 0.94 ，东亚冬季风指数为 1.26 ，两个指数都偏强。西伯利亚高压指数与东亚冬季风指数有较为一致的季节内变化特征，而秋季海冰异常并不能确定东亚冬季风的强弱[14]。

虽然秋季北极海冰异常是对冬季气候进行预测的重要指标，而全球海、气、冰、陆是一个整体，不能只依靠这一个指标进行气候预测，热带等其他影响因素也同样重要。

3.2. 两个冬季 500 hPa 环流形势的异同

图 3、图 4 中可以看出，2016/2017 年冬季 500 hPa 的北半球槽脊分布呈纬向三波的特征，大槽位于欧洲西部、东亚以东的西北太平洋地区和北美东部，亚洲中纬度地区的位势高度距平呈“西高东低”的形势，为 EUP 型负位相遥相关，但总体来说槽脊位置偏东，且振幅偏小，西伯利亚高压异常偏低，亚洲中纬度地区主要受纬向环流控制。我国受到异常高压的控制，东亚大槽偏东，从我国东部到西北太平洋的槽后下沉区也有偏东的趋势；中太平洋脊偏西，对应高压偏西，有利于北太平洋升温。

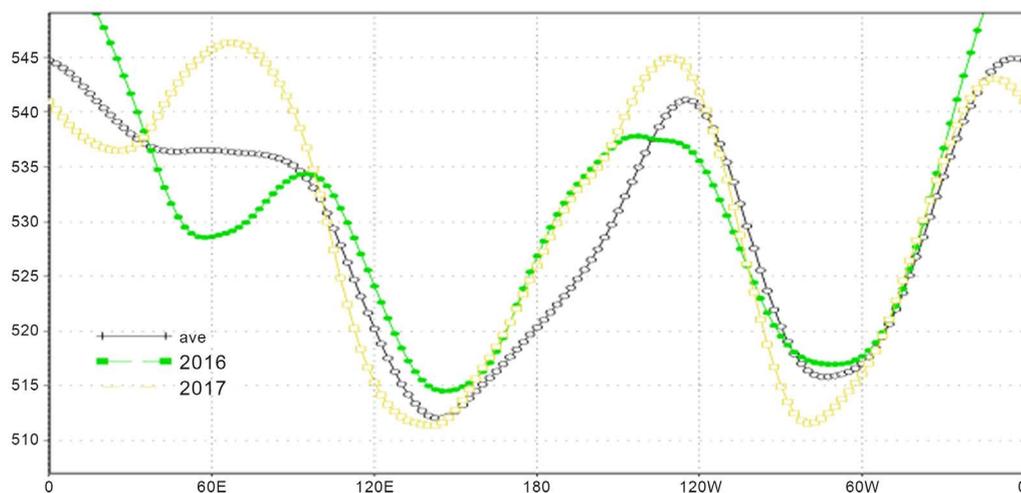


Figure 3. Thoughts and ridges in 45°N in winter of mean annual, 2016/2017 and 2017/2018
图 3. 45°N 1979 年~2018 年平均槽脊、2016/2017 年冬季和 2017/2018 年冬季槽脊位置

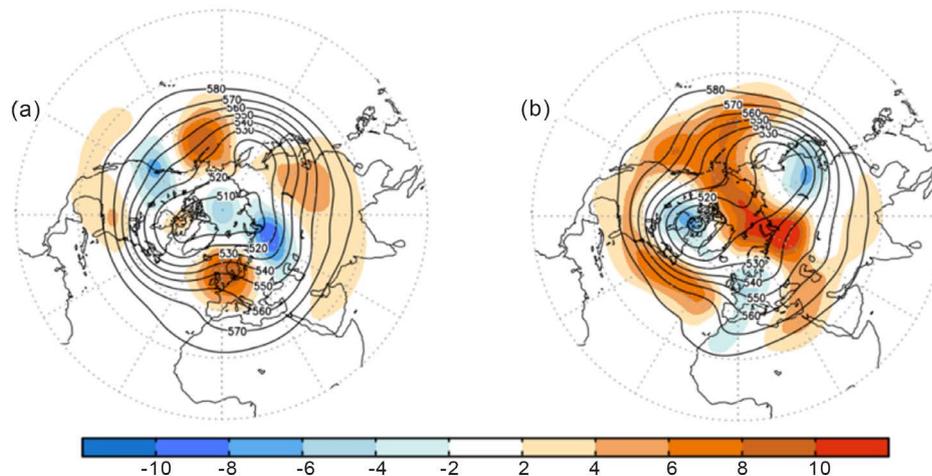


Figure 4. Geopotential height (contour) and geopotential height anomaly (shadow) of 500 hPa in winter (a) 2016/2017 and (b) 2017/2018

图 4. 2016/2017 年冬季(a)和 2017/2018 年冬季(b) 500 hPa 位势高度场(等值线)和异常场(阴影)

北美大槽同样有“西高东低”的形势，500 hPa 位势高度在北美西部有负距平区，该地受槽区控制，东太平洋处有大范围正距平，北美大陆西岸在槽后脊前的控制范围，北方冷空气输送通道顺畅，使该地区气温异常偏低。而北美大槽处有正距平，大槽偏弱，北美大陆东部主要受纬向环流控制，可能是大陆东部偏暖的原因之一。

2017/2018 年冬季槽脊分布同样有与常年对应关系良好的纬向三波的特征，但 2017 年槽脊振幅偏大，即径向活动强。在乌拉尔地区，2017/2018 年冬季有着比 2016/2017 年冬季明显的正高度距平，500 hPa 环流呈 Ω 型，EUP 型正位相遥相关，有利于阻高形成和向极区发展，东亚东部有负距平，低槽更为宽广，有利于冷空气南下。北美大槽在 2017/2018 年冬季更偏西，导致北美大陆西南偏暖，北部偏冷。

2016/2017 年冬季 3 个月的月平均 AO 都处于正位相，冷空气集中在极地内，极地位势高度偏低，中纬度位势高度偏高，极锋急流偏北，东亚大槽减弱，西伯利亚高压减弱，中纬度纬向环流控制，东亚冬季风减弱，强冷空气不易南下，东亚冬季风区温度升高，而高纬度地区气温偏低。2017/2018 年冬季 AO 主要为负位相，极涡为偶极子形势，中纬度受其影响位势高度较低，经向环流明显，易发生阻塞天气，强风、低温等极端天气爆发频繁[15]。

另外，YU 等[16]认为北美温度异常在很大程度上受 PNA (太平洋 - 北美模式)，ABNA (亚洲 - 白令 - 北美模式)和 NAO(北大西洋涛动)这三种大规模大气模式控制，而 ABNA 能够对 PNA 影响的表面气温异常起到制约作用。2016/2017 年冬季对应 PNA 负位相和 ABNA 正位相，北太平洋北部有强的正位势高度异常，太平洋东北部 - 中纬度有负异常，北美大陆西岸及阿拉斯加地区偏冷，大陆中东部地区偏暖。2017/2018 年冬季对应 PNA 负位相和 ABNA 负位相，主要表现为北美大陆中部气温负异常，美国东南、西南气温正异常。

4. 来自热带的信号

4.1. 两个年份在海洋上的异同

通过全球的 2016 年和 2017 年 9 月份 SSTa 图(图 5、图 6)可以看出两个年份热带太平洋情况不同：2016/2017 年冬季是超强厄尔尼诺结束后，弱的中部型拉尼娜，中太平洋海温偏低，中心位于 160°W 附近；而 2017/2018 年冬季为弱的东部型拉尼娜，但其强度仍高于 2016 年。

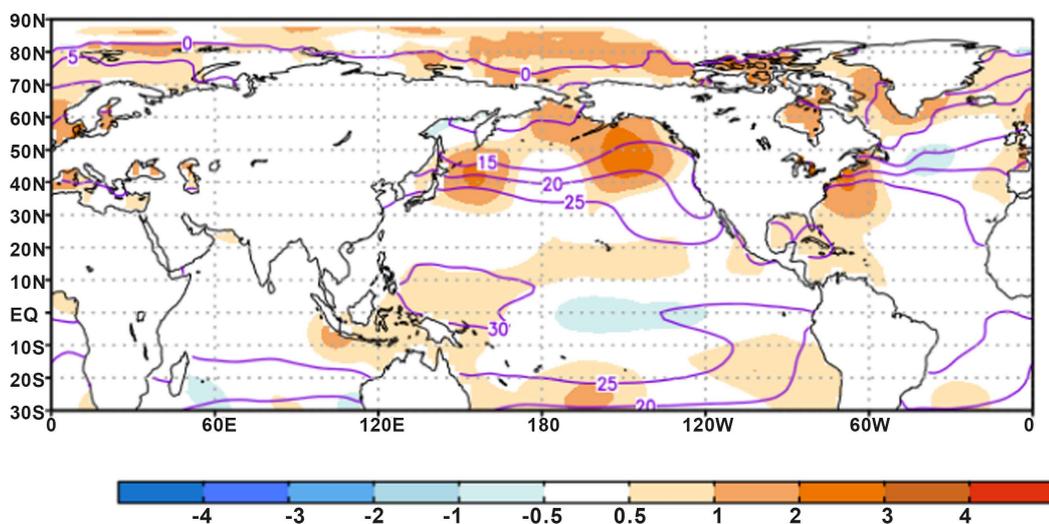


Figure 5. SST (contour) and SSTA (shadow) in September 2016
图 5. 2016 年 9 月份 SST (等值线)和异常场(阴影)

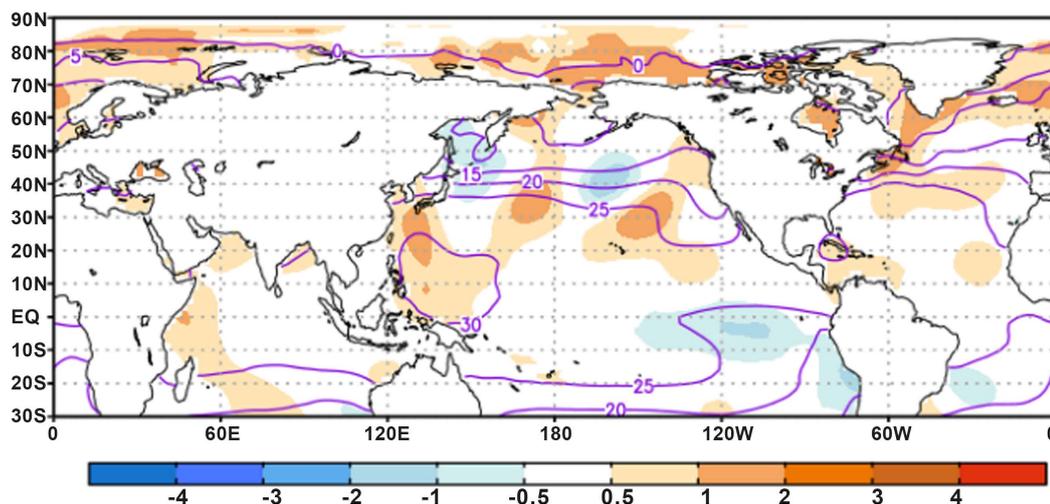


Figure 6. SST (contour) and SSTA (shadow) in September 2017
图 6. 2017 年 9 月份 SST (等值线) 和异常场 (阴影)

2016 年中部型拉尼娜对应 PNA 负位相[17], 太平洋洋中脊增强且偏西, 导致北美西部的高压脊振幅减小, 通过西风带 Rossby 波的上下游效应使北美大槽槽底北撤, 强度减弱。极涡冷空气不容易侵袭北美大陆, 使得北美大陆中东部地区冬季气温偏高。而上游的北美西部地区, 该地上空高压脊负异常, 气温偏低。

2017 年东部型拉尼娜事件的冬季也有类似 PNA 负位相的分布, 但整体位置偏东, 原因可能是中、东两类拉尼娜事件对应的赤道太平洋对大气的加热位置不同导致了 PNA 路径的调整。北美大陆西部高压脊正异常, 下游北美大槽负异常, 大槽加深增强, 使北美大陆大部分地区气温偏低。

2017 年 9 月份北大西洋 SST 显著偏暖是另一个外强迫信号。北大西洋海温异常偏暖时, 下游激发的 Rossby 波能够使乌拉尔山高压脊加强(Palmer and Sun, 1985), 各个季节偏高的北大西洋 SST 有利于冬季西伯利亚高压偏强, 西伯利亚高压上空负涡度平流增大, 高层辐合和低层辐散增强, 对流下沉且更为深厚, 促使西伯利亚高压增强[18]; 同理 2016 年 9 月份偏低的北大西洋 SST 有利于冬季西伯利亚高压偏弱。

4.2. 两个年份热带 OLR 的异同

OLR 是辐射平衡的一个分量, 它可以被用来研究热带大尺度环流。当地球上空云层较厚时, 地面发出的长波辐射被云层吸收, 向外辐射的长波辐射减少, 观测卫星接收到的长波辐射减少, OLR 数值低。即 OLR 可以用来表示对流的强度, OLR 数值低的地方, 对流强。

OLR 正异常中心位于 180°E 附近, 还能够激发负的 PNA 波列, 使北美大槽加深, 冬季气温偏低[19]。2016/2017 年冬季赤道太平洋中部 OLR 正异常比 2017/2018 年强度高且位置偏西(图 7), 激发的 PNA 波列强度和位置也不同(冬季 OLR 指数(赤道/160°E~160°W)在 2016/2017 年为 $19.7 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$, 2017 年为 $14.3 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$)。

4.3. 平流层内的环流表现

根据 2016/2017 年冬季 250 hPa 风场异常(图 8)可以发现, 在 2016 年冬季, 有异常扰动在对流层上层从赤道传导到北极。在西热带太平洋, 初始扰动随纬向东风传, 随着西北太平洋上空的高压向北传播, 之后被位于白令海峡处的气旋将扰动带到高纬度地区, 再随着位于北美大陆的反气旋影响到更高纬度。可以观察到显著的 PNA 的负遥相关形式。

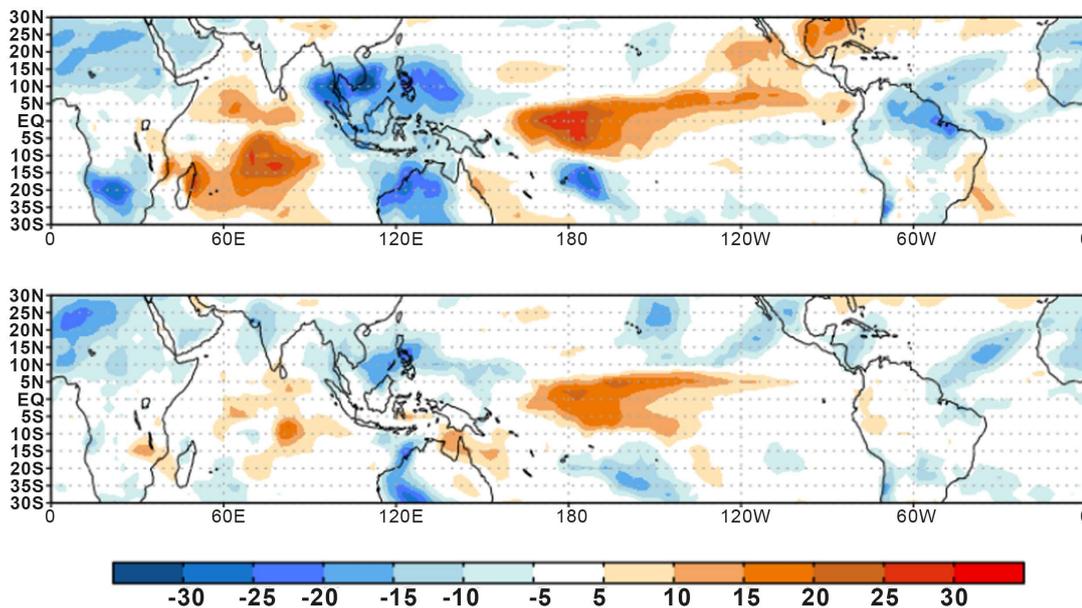


Figure 7. Tropical OLR anomalies in winter (a) 2016/2017 and (b) 2017/2018

图 7. 2016 年冬季(a) 2017 年冬季(b)热带 OLR 距平

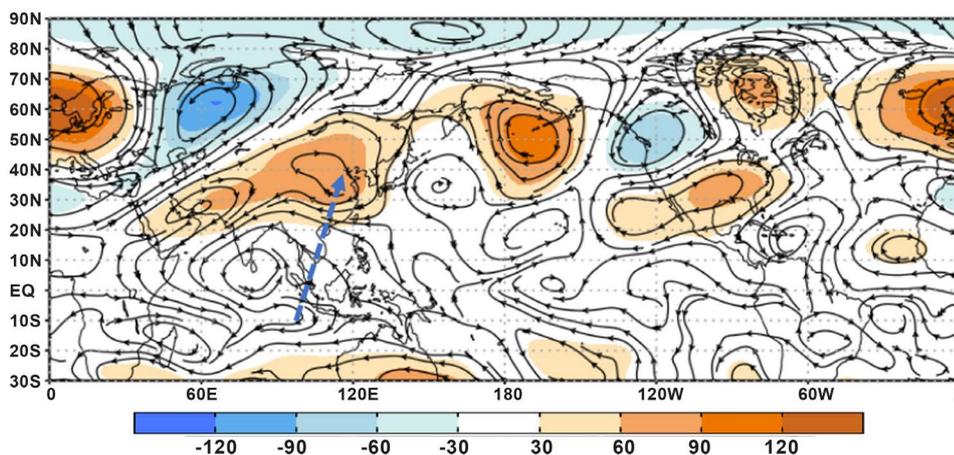


Figure 8. Vector wind anomaly and geopotential height anomaly (shadow) of 250 hPa in winter 2016/2017

图 8. 2016/2017 年 250 hPa 风场异常图, 阴影为 250 hPa 位势高度异常

2016/2017 年冬季在东亚有异常反气旋(AAC), 是由热带印度 - 西太平洋暖池的异常降雨和加热异常激发的冬季对流层上层的波列, 赤道中太平洋上的加热异常并不重要, 这已通过数值实验分析证明。在对流层上部, 波动活动通量从热带地区发出并指向东北亚和日本海, 表明斜压不稳定能量转换将有利于对流层上层罗斯比波的极向传播。因此, 由于印度 - 西太平洋暖池和垂直剪切的东亚冬季风, 使从热带西太平洋到东亚有一个波列(正 - 负 - 正位势高度异常) [20]。

根据图 9 中 250 hPa 的风场空间分布中可以发现, 在 2017/2018 年冬季, 同样有异常扰动在对流层上层从低纬度传导到北极。在西太平洋, 初始扰动在产生后随着西北太平洋上空的高压向北传播, 影响白令海峡地区。高压气旋相比 2017/2017 年冬季位置偏向西北。而赤道太平洋中部地区有气旋式扰动生成, 之后随着北太平洋东部的低压反气旋, 顺着北美大陆西侧北传之高纬的阿拉斯加地区上空, 之后有随着高压影响到更北地区。与 2016/2017 年冬季相比, 2017/2018 年冬季的扰动相对较弱。

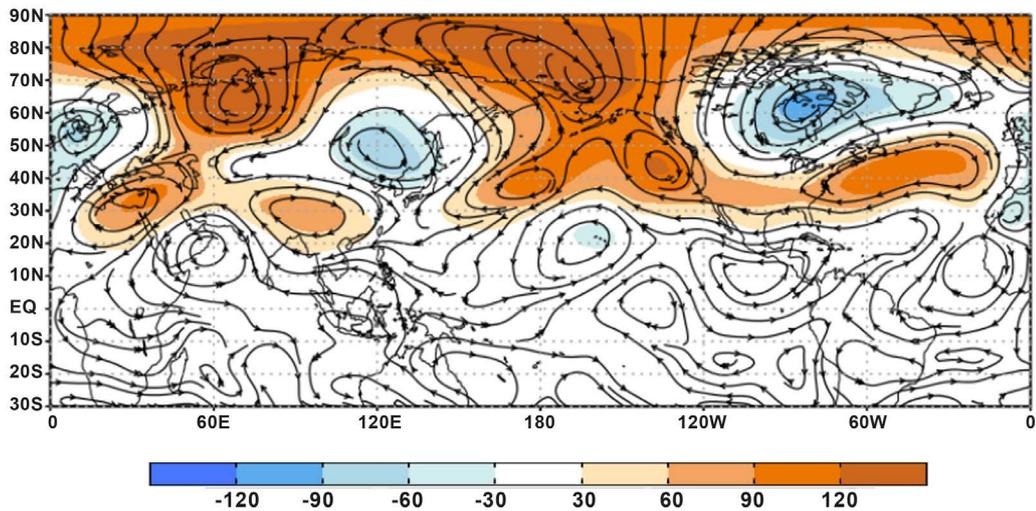


Figure 9. Vector wind anomaly and geopotential height anomaly (shadow) of 250 hPa in winter 2017/2018
图 9. 2017/2018 年冬季 250 hPa 风场异常图，阴影为 250 hPa 位势高度异常

5. 总结与展望

对 2016/2017 年冬季和 2017/2018 年冬季的个例分析表明，虽然两个关键海区 9 月份都偏暖，但冬季大气环流异常和气候异常空间分布差异非常明显，造成气候差异的主要原因来自热带海洋通过遥相关机制对大气环流的影响。热带印度 - 西太平洋暖池的异常降雨和加热异常激发了冬季对流层上层的波列，东亚有异常反气旋，东亚大槽减弱，亚洲中纬度地区主要受纬向环流控制，东亚冬季风减弱，强冷空气不易南下，亚欧大陆高纬冷中纬暖；中部型和东部型拉尼娜对 PNA 波列的路径和强度造成不同影响，使两个年份北美大陆分别西部偏冷和中部偏冷。另外，冬季 AO、EUP 的正负位，北大西洋 SSTA 在这两年冬季也有不同的表现。

研究表明，东亚冬季寒冷与巴伦支海 - 喀拉海海区的异常温暖有关，而北美洲冬季寒冷则与白令海以北海区的异常温暖有关，9 月份北极变暖的区域分布能为北半球中纬度地区的冬季气候预测提供帮助。而全球海、气、冰、陆是一个整体，不能只依靠这一个指标进行气候预测，其他影响因子也同样重要且不容忽视。由于 AO 指数、厄尔尼诺/拉尼娜事件的 Nino 各区指数、OLR 指数等都可以进行预报，结合这些指数来进行冬季气候预测，希望达到更准确的效果。

另外，影响 2016/2017 年冬季大气环流的因子还有很多，如青藏高原的冷源效应、南半球大气环流异常等，还有待进一步讨论。

基金项目

国家自然科学基金重点基金(41430963)。

参考文献

- [1] 柯长青, 彭海涛, 孙波, 等. 2002 年-2011 年北极海冰时空变化分析[J]. 遥感学报, 2013, 17(2): 459-466.
- [2] 方之芳. 北半球副热带高压与极地海冰的相互作用[J]. 科学通报, 1986, 31(4): 286-286.
- [3] 魏立新, 张海影. 北极海冰减少的气候效应研究[J]. 海洋预报, 2005, 22(s1): 56-61.
- [4] 石立坚, 王其茂, 邹斌, 等. 基于辐射计海冰密集度数据的北极区域海冰变化规律分析[C]//中国海洋学会. 一带一路战略与海洋科技创新——中国海洋学会 2015 年学术年会论文集. 北京: 海洋出版社, 2015: 93-98.
- [5] Francis, J.A., Chan, W., Leathers, D.J., Miller, J.R. and Veron, D.E. (2009) Winter Northern Hemisphere Weather Pat-

- terns Remember Summer Arctic Sea-Ice Extent. *Geophysical Research Letters*, **36**, L07503. <https://doi.org/10.1029/2009GL037274>
- [6] Honda, M., Inoue, J. and Yamane, S. (2009) Influence of Low Arctic Sea-Ice Minima on Anomalously Cold Eurasian Winters. *Geophysical Research Letters*, **36**, L08707. <https://doi.org/10.1029/2008GL037079>
- [7] Wu, B., Huang, R. and Gao, D. (1999) Effects of Variation of Winter Sea-Ice Area in Kara and Barents Seas on East Asia Winter Monsoon. *Journal of Meteorological Research*, **13**, 141-153.
- [8] 潘东勋, 何玉启. 北美和亚欧大陆的气候比较[J]. 地理教育, 2003(3): 25-26.
- [9] Lee, M.-Y., Hong, C.-C. and Hsu, H.-H. (2015) Compounding Effects of Warm Sea Surface Temperature and Reduced Sea Ice on the Extreme Circulation over the Extratropical North Pacific and North America during the 2013-2014 Boreal Winter. *Geophysical Research Letters*, **42**, 1612-1618. <https://doi.org/10.1002/2014GL062956>
- [10] Koenigk, T., Cai, M., Nikulin, G. and Schimanke, S. (2015) Regional Arctic Sea Ice Variations as Predictor for Winter Climate Conditions. *Climate Dynamics*, **46**, 317-337. <https://doi.org/10.1007/s00382-015-2586-1>
- [11] 黄土松, 杨修群, 谢倩. 北极海冰对大气环流与气候影响的观测分析和数值试验研究[J]. 海洋学报, 1992, 14(6): 32-46.
- [12] 彭京备, 布和朝鲁, 陈红, 等. 2016 年夏季~2017 年春季全国气候趋势展望[J]. 中国科学院院刊, 2016, 31(7): 830-834.
- [13] 丁婷, 王永光, 柯宗建, 等. 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, 2017, 43(7): 887-893.
- [14] 章大全, 宋文玲. 2017/2018 年冬季北半球大气环流特征及对我国天气气候的影响[J]. 气象, 2018, 44(7): 969-976.
- [15] 董仕, 肖子牛. 冬季北极涛动对东亚表面温度的持续异常影响[J]. 应用气象学报, 2015, 26(4): 422-431.
- [16] Yu, B., Lin, H., Wu, Z.W. and Merryfield, W.J. (2017) The Asian-Bering-North American Teleconnection: Seasonality, Maintenance, and Climate Impact on North America. *Climate Dynamics*, **50**, 2023-2038. <https://doi.org/10.1007/s00382-017-3734-6>
- [17] 汪子琪, 张文君, 耿新. 两类 ENSO 对中国北方冬季平均气温和极端低温的不同影响[J]. 气象学报, 2017, 75(4): 564-580.
- [18] 李栋梁, 蓝柳茹. 西伯利亚高压强度与北大西洋海温异常的关系[J]. 大气科学学报, 2017, 40(1): 13-24.
- [19] Chiodi, A.M. and Harrison, D.E. (2013) El Niño Impacts on Seasonal U.S. Atmospheric Circulation, Temperature, and Precipitation Anomalies: The OLR-Event Perspective. *Journal of Climate*, **26**, 822-837. <https://doi.org/10.1175/JCLI-D-12-00097.1>
- [20] Wang, H., Liu, Q. and Zheng, J. (2013) Formation Mechanism for the Anomalous Anticyclonic Circulation over Northeast Asia and the Japan Sea in Boreal Winter 1997/98 and the Spring of 1998. *Journal of Ocean University of China*, **12**, 312-3177. <https://doi.org/10.1007/s11802-013-2233-6>

知网检索的两种方式:

1. 打开知网首页: <http://cnki.net/>, 点击页面中“外文资源总库 CNKI SCHOLAR”, 跳转至: <http://scholar.cnki.net/new>, 搜索框内直接输入文章标题, 即可查询; 或点击“高级检索”, 下拉列表框选择: [ISSN], 输入期刊 ISSN: 2168-5711, 即可查询。
2. 通过知网首页 <http://cnki.net/>顶部“旧版入口”进入知网旧版: <http://www.cnki.net/old/>, 左侧选择“国际文献总库”进入, 搜索框直接输入文章标题, 即可查询。

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱: ccrl@hanspub.org