

# 北极海冰与北半球大气环流及气温的相关性分析

魏立新, 秦昕, 马静

(国家海洋环境预报中心, 北京 100081)

**摘 要:** 利用 NASA 的北极海冰密集度资料(分辨率  $1.0^{\circ} \times 0.25^{\circ}$ , 时间 1979.10—2002.8)对冬季(12—2月)鄂霍次克海到白令海( $42^{\circ}$ — $66^{\circ}\text{N}$ ,  $131^{\circ}$ — $158^{\circ}\text{W}$ )的海冰场进行 EOF 分解, 得到特征向量的空间分布及时间系数。利用 NCEP 再分析月资料(分辨率  $2.5^{\circ} \times 2.5^{\circ}$ , 时间 1979—2002 年), 采用合成分析的方法, 分别对该区域海冰分布第一特征向量时间系数超过 +0.5 和低于 -0.5 年份做冬季 500 hPa 高度、1000 hPa 高度、1000 hPa 气温的合成距平场。分析结果表明该区域的海冰分布与北半球中高纬度的大气环流和气温有显著的关系, 同一模态下的海冰分布反位相时对应的大气状况也有明显的相反趋势。

**关键词:** 海冰密集度; EOF 分解; 合成分析

**中图分类号:** P731.15 **文献标志码:** A **文章编号:** 1003-0239(2013)04-0012-06

## 1 引言

北极是全球气候系统的重要组成部分。近年来的研究表明, 在全球变暖的大背景下, 近 30 年来北极的气候系统发生了比其它地区更为明显的变化, 是 100 年来最显著的<sup>[1-5]</sup>。作为全球气候的冷源, 北极的变化通过大气、海洋、海冰的运动直接或间接影响着全球尺度的大气环流、海洋环流和气候变异, 实现了与全球气候系统的相互作用, 是全球气候和环境变化的驱动器之一。全球变暖对北极海域最直接的影响是海冰覆盖面积减少。已有观测结果表明, 北极海冰覆盖范围大约从 20 世纪 50 年代开始明显退缩, 过去 30 年北极海冰覆盖范围每十年减少约 3%, 其中夏季最为显著<sup>[6-9]</sup>。尤其是近几年海冰减少的速度明显加快, 并一次次打破夏季海冰范围、面积的最小记录。自 2007 年 9 月北极海冰面积达到有卫星观测以来的最小值后, 北极夏季海冰面积一直在低值徘徊, 并在 2012 年 9 月再次打破记录, 成为有观测记录的最小值。按照科学家的预测, 北冰洋海冰范围未来的减少速度比过去 30 年还

要快, 到 2040 年, 北冰洋夏季将可能不再有海冰存在<sup>[10]</sup>, 但从目前的观测资料分析, 北极海冰的减少速度比预测的还要快。北极海冰的快速融化引起海洋与海冰系统对热量吸收的增加, 导致冷源作用减退; 另一方面, 由于海冰向北大西洋输出的增加也导致世界大洋温盐环流减弱, 从而极有可能加速全球增暖过程。目前人们逐渐认识到我们周边的世界已经沉浸在北极变化的影响之中, 其对全球过程的显著作用已经到了必须引起高度重视的程度。

北极冷空气活动和北极大气环流变化有密切的关系, 而北极冷空气活动直接受下垫面(海洋和海冰)变化影响。同时, 海冰分布情况的变化必然会通过影响冷空气的强度、位置等对北半球特别是中高纬度的天气、气候产生巨大的影响。本文将讨论北极海冰变化与北半球大气环流以及温度的关系。

## 2 数据及方法

利用 NASA 的北极海冰密集度资料(分辨率  $1.0^{\circ} \times 0.25^{\circ}$ , 时间 1979 年 10 月—2002 年 8 月)对冬季

收稿日期: 2012-12-27

基金项目: 国家自然科学基金重点项目(40930848); 青年科学基金项目(41206186)

作者简介: 魏立新(1973-), 女, 副研究员, 主要从事极地海冰及气候变化研究。E-mail: lxwei@nmefc.gov.cn

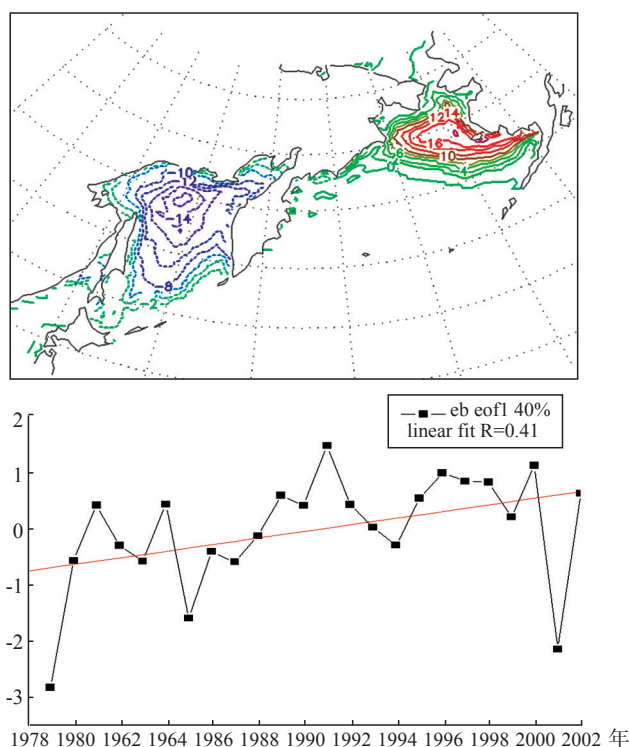


图1 冬季鄂霍次克海到白令海海冰场第一特征向量空间分布及时间系数

(12—2月)鄂霍次克海到白令海海冰场( $42^{\circ}$ — $66^{\circ}$ N、 $131^{\circ}$ E— $158^{\circ}$ W,以下简称海冰场)进行EOF分解,得到特征向量的空间分布及时间系数。图1是分解得到的第一模态空间分布及其时间系数,表现为鄂霍次克海海冰减少和白令海海冰增加,该模态可以解释方差的40%,通过显著性检验;时间系数有明显的上升趋势,与线性回归结果的相关系数达到0.41,通过了95%置信度的检验。

利用NCEP月再分析资料(分辨率 $2.5^{\circ} \times 2.5^{\circ}$ ,时间1979—2002年)分别对海冰场第一特征向量时间系数超过+0.5和低于-0.5年份的做500 hPa高度、1000 hPa高度(代替海平面气压)、1000 hPa气温的合成距平场(以下简称距平场)。其中时间系数超过+0.5的年份有1989年、1991年、1995年、1996年、1997年、1998年、2000年、2002年,共8年,而且自1989年以后持续正值,说明该模态的确是20世纪90年代以后北太平洋海冰分布的主导形;时间系数低于-0.5的有1979年、1980年、1983年、1985年、1987年、2001年,共6年。

### 3 海冰异常与北半球大气环流和气温的关系

冬季北半球大陆主要为积雪覆盖,成为干冷空

气的源地。北半球最冷的地方不在北极,而是在高纬度大陆内地(亚洲、北美大陆东北部),因此温度场对称于北极的情况被破坏。通过对冬季对流层中层到低层(500 hPa、1000 hPa)的气候平均高度场分析(图略)可以看到,500 hPa高度场上极地低压(又称极涡)中心不在北极,有两个中心,一个位于格陵兰和加拿大的极区,另一个较弱的位于西伯利亚北冰洋沿岸;中高纬度有3个槽,分别位于东亚和北美东岸附近以及乌拉尔山的东侧。图3a为海冰第一模态 $>0.5$ 的年份的500 hPa高度距平场,表现为经向的2波波列,极涡加强、东亚大槽减弱、北美大槽加强、乌拉尔大槽加强。图3b为海冰第一模态 $<-0.5$ 的年份的500 hPa高度距平场,也表现为经向的2波波列,极涡减弱、东亚大槽加强、北美大槽减弱、乌拉尔大槽减弱。图4为1000 hPa高度距平场,图4a中阿留申低压减弱、北美高压减弱、格陵兰高压减弱、冰岛低压加强东移、蒙古高压加强,图4b中阿留申低压加强、北美高压加强、格陵兰高压加强、冰岛低压减弱西退、蒙古高压减弱。

分析表明:大气环流异常与该区域海冰第一模态正负时间指数之间有直接和显著的关联,两种情况下的高度场有明显的反向特征。对比图3、图4发

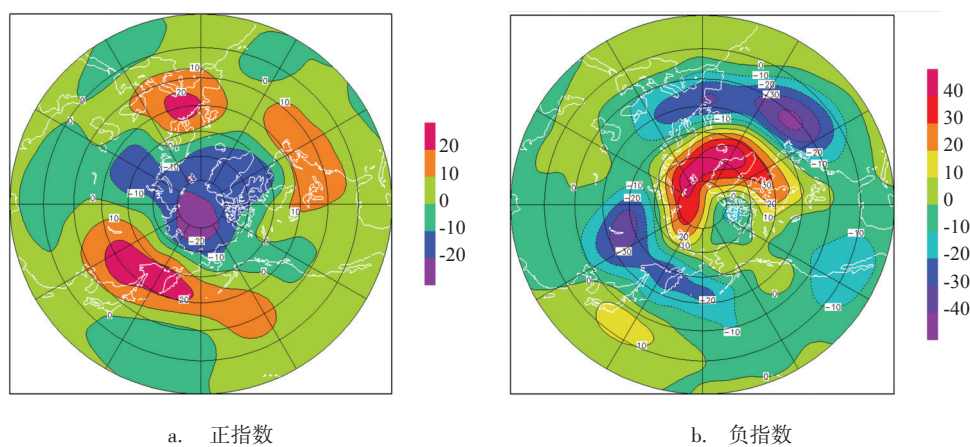


图3 北太平洋侧海冰第一模态时 500 hPa 高度距平场

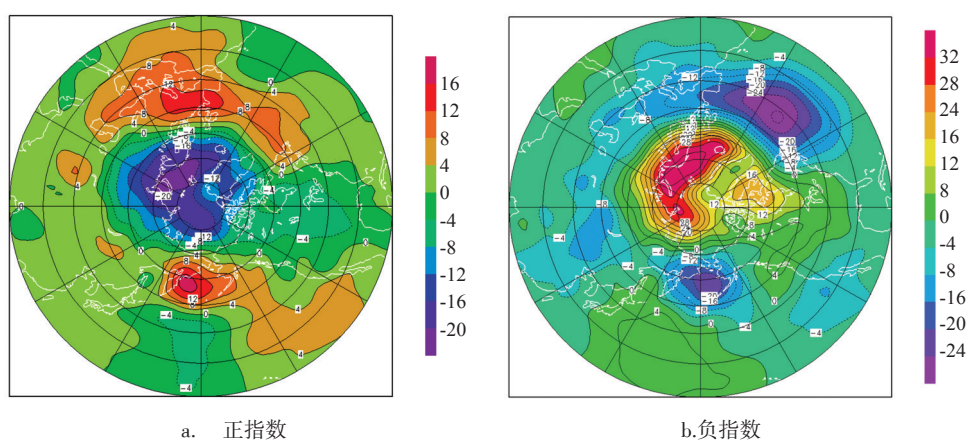


图4 北太平洋侧海冰第一模态时 1000 hPa 高度距平场

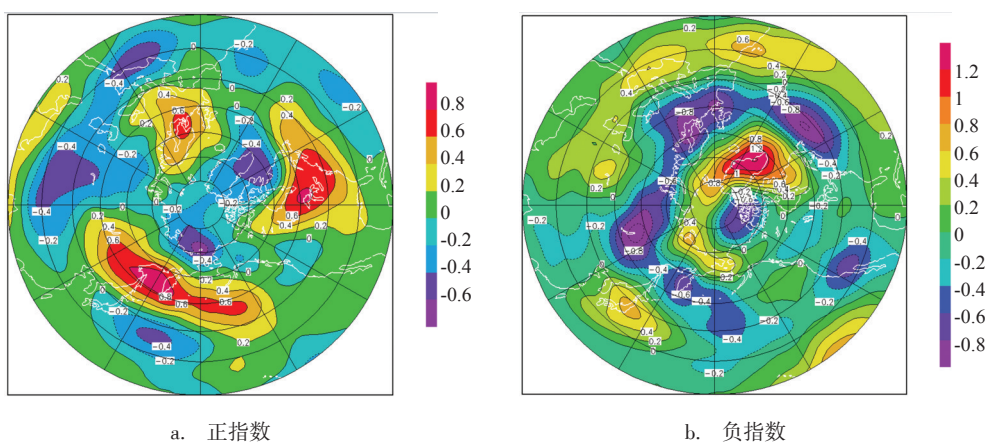


图5 北太平洋侧海冰第一模态时 1000 hPa 气温距平场



现,两种相反的海冰分布在高度距平场的反映都是经向2波波列,由高层到低层是准正压的结构,这是典型的大气对外源强迫的结果<sup>[11]</sup>。

图5给出了1000 hPa气温的距平场,可以看出,温度距平场也有明显相反的特征,特别是在鄂霍次克海区域两者是反位相的,海冰正指数(多),温度低,海冰负指数(少),温度高,说明海冰与局地气温之间有着紧密直接的关系,是负反馈。图5a中全球温度距平在45°—60°N的纬度上由东亚经过鄂霍次克海到北太平洋都是明显的正距平,距平中心在鄂霍次克海、北美和欧洲东部;负距平中心位于楚克奇海到东西伯利亚海、格陵兰岛南部和亚洲中部。图5b中全球温度正负距平基本以带状的形式沿纬圈分布,负距平分别位于70°—80°N之间的加拿大北方群岛和50°—60°N这一纬度带,鄂霍次克海为负距平,但并不是东亚地区的距平中心,强中心位于陆地上,即贝加尔湖附近的西伯利亚,这是由冬季的海陆差异造成的;正距平带位于60°—70°N,中心在格陵兰岛南部,是全球温度距平最大的区域,

另一个正距平带位于30°—40°N,日本海到北太平洋位于该区域内。

#### 4 北太平洋海冰异常与中国气温的关系

我国地处东亚,冬季北方地区主要受到来自极地的冷空气的影响,下面结合东亚地区风场来分析一下海冰第一模态不同位相与我国冬季气温的关系。

图6为海冰第一模态气温距平场,图6a中我国东北、华北、内蒙古地区温度正距平、其它区域气温负距平,其中我国东北是气温正距平最大的区域,而我国西部地区是气温负距平最大的区域。图6b除新疆和西藏西部地区为正距平,大部分地区气温为负距平,中心在东北地区。比较发现东北地区气温的异常值最高,并且位相明显相反。与东亚区域的距平风场(见图7)比较发现,在图7a中东北地区为来自东部日本海的异常东北风控制,与来自更北的内陆的冷空气相比,要温暖、湿润;在图7b中,东

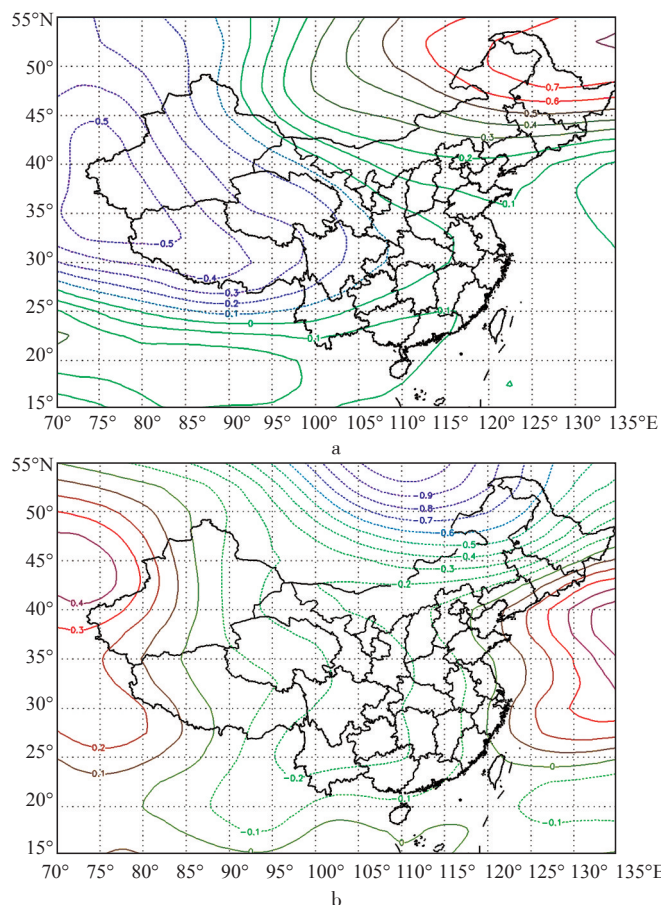


图6 北太平洋侧海冰第一模态时的我国1000 hPa气温距平场

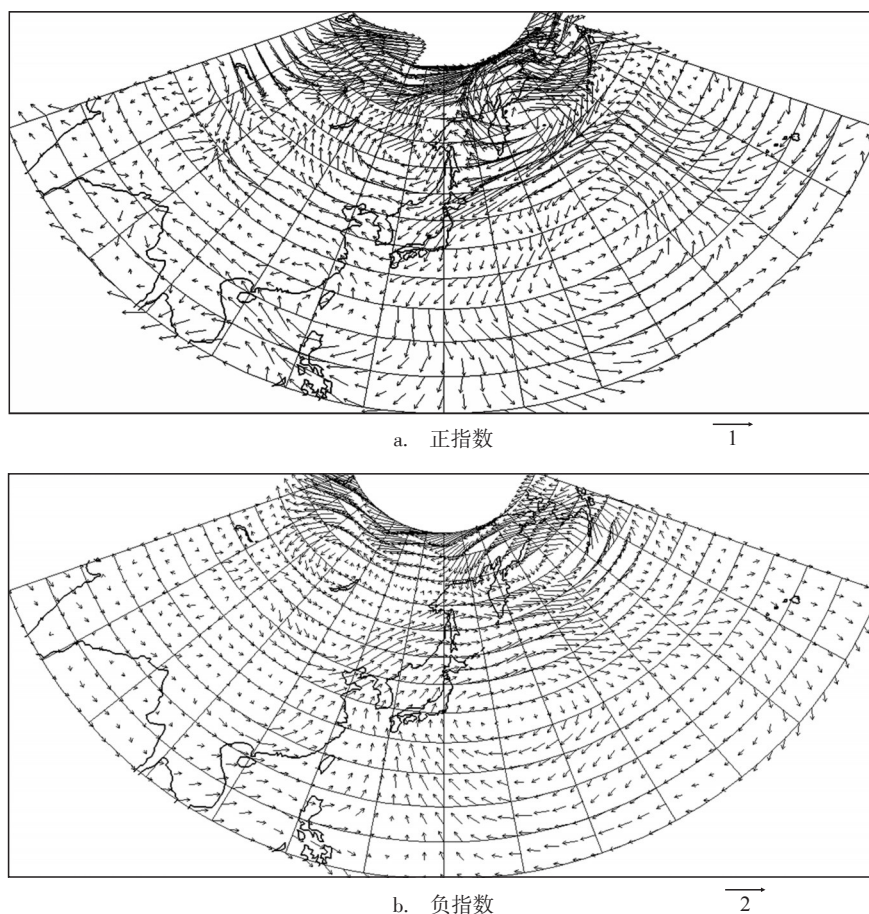


图7 北太平洋侧海冰第一模态东亚850 hPa距平风场

北地区受到来自西部的异常的偏西风的控制,致温度负距平。

## 5 结论

从海冰异常对应的全球大气冬季气温距平场的分析可以得到以下结论:

(1)北太平洋侧北极海冰异常与局地温度之间的负反馈是非常明显和直接的。鄂霍次克海海冰减少可导致该区域的反照率降低、海气热通量增大,气温升高;反之海冰增加,气温降低;

(2)北太平洋侧北极海冰分布第一模态反位相(正负指数)时,区域温度距平也有明显相反的趋势,如在格陵兰岛南部、贝加尔湖、东西伯利亚海—楚克奇海等对应的都是相反的温度距平;

(3)大气温度的异常与大气环流形势的异常密

切相关,第一模态时间正指数时,极涡加强,东亚大槽减弱,极地冷空气的经向活动被抑制,南下冷空气活动减弱,极地地区温度降低,东亚高纬度地区温度升高。相反,第一模态时间负指数时,极涡减弱,东亚大槽加强,极地冷空气不断向南渗透,极地地区温度升高,东亚高纬度地区温度降低。但是,两种情况下,距平的位置并不完全对应,这是因为还有其他的影响因子存在;

(4)作为北太平洋侧海冰变化的第一模态空间分布的组成部分,白令海海冰变化以后,气温距平中心位置偏北位于白令海峡和更北的楚科奇海,并且强度较弱。在全球变暖和北极海冰剧烈减少的大背景下,白令海海冰的增加是一个特例,但其增加原因的研究却很少,有研究表明这与该地区北部的西风异常有关<sup>[12]</sup>。通过上面的分析可以推测有

可能是楚科奇海到白令海峡温度降低导致了海冰增加,是海冰对温度变化的负反馈;

(5)我国冬季的气温与区域海冰主模态之间有很好的对应关系,特别是90年以后,区域海冰持续第一模态时间正指数与东北、华北北部地区温度的正异常相关联。

#### 参考文献:

- [1] Morison J, Aagaard K, Steele M. Recent changes in the Arctic: A review[J]. *Arctic*, 2000, 53: 359-371.
- [2] Serreze M C, Carsey F, Barry R G, et al. Icelandic low cyclone activity: Climatological features, linkages with the NAO, and relationships with recent changes in the Northern Hemisphere circulation[J]. *Journal of Climate*, 1997, 19(3):453-464.
- [3] Houghton J T, Ding Y, Griggs D J, et al. IPCC Third Assessment Report, Climate Change 2001: The Scientific Basis[R]. Cambridge University Press, 2005:944.
- [4] Arctic Climate Impact Assessment (ACIA)[M]. Impacts of a warming Arctic, Cambridge University Press, 2004: 140.
- [5] Zhang J L. Warming of the Arctic ice-ocean system is faster than the global average since the 1960's[J]. *GRL*, 32, L1 19602, doi 10.1029/2005GL024216.
- [6] Parkinson C L, Cavalieri D J, Gloersen P, et al. Arctic sea ice extents, areas, and trends, 1978-1996[J]. *J Geophys Res*, 1999, 104(20): 837-856.
- [7] Liu J, Curry J A, Hu Y. Recent Arctic sea ice variability: Connections to the Arctic Oscillation and the ENSO[J]. *Geophys Res Lett*, 2004: 31, doi:10.1029/2004GL019858.
- [8] Comiso J C, Parkinson C L. Satellite-Observed Changes in the Arctic[J]. *Physics Today*, 2004, 57(8):38-44.
- [9] Comiso J C. Abrupt decline in the Arctic winter sea ice cover[J]. *Geophysical Research Letters*, 2006. 33(18), doi: 10.1029/2006GL027341.
- [10] Holland M M, Bitz C M, Tremblay B. Future abrupt reductions in the summer Arctic sea ice[J]. *Geophysical Research Letters*, 2006: 33, L23503, doi:10.1029/2006GL028024.
- [11] 李崇银. 气候动力学引论[M]. 北京:气象出版社, 2000:208-212.
- [12] Sasaki Y N, Minobe S. Seasonally dependent interannual variability of sea ice in the Bering Sea and its relation to atmospheric fluctuations [J]. *J Geophys Res*, 2005, doi:10.1029/2004JC002486.

## Relationship among Arctic sea ice, atmospheric circulation and air temperature in the Northern Hemisphere

WEI Li-xin, QIN Ting, MA Jing

(National Marine Environmental Forecasting Center, Beijing 100081 China)

**Abstract:** Based on NASA sea ice concentration data (resolution:  $1.0^{\circ} \times 0.25^{\circ}$ , time period: 1979.10—2002.8), the spatial distribution and temporal coefficient of the eigenvector for the sea ice are obtained from December to February in the Bering Sea and Sea of Okhotsk by EOF method. In addition, NCEP monthly reanalysis data was used to calculate the 500hPa height, 1000 hPa height, 1000 hPa temperature synthetic anomaly field in winter when the first eigenvector time factor of the regional sea ice distribution exceeds +0.5 and below -0.5 using the composite analysis method. The analysis results show that the sea ice distribution in that region and the atmospheric circulation and air temperature above high-latitude area in the Northern Hemisphere have a significant relationship. Under the same mode, accordingly, the atmospheric conditions change in the opposite direction corresponding anti-phase of the sea ice distribution.

**Key words:** sea ice concentration; EOF decomposition; composite analysis