

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. 气象, 40(7):891-897.

# 2013/2014 年东亚冬季风异常偏弱的可能成因<sup>\* 1</sup>

司 东<sup>1,2</sup> 李清泉<sup>1,2</sup> 柳艳菊<sup>1</sup> 王遵娅<sup>1</sup> 袁 媛<sup>1</sup> 王东阡<sup>1</sup>

1 国家气候中心,北京 100081  
2 南京信息工程大学气象灾害预报预警与评估协同创新中心,南京 210044

**提 要:** 2005 年之后东亚冬季风连续 7 年强度偏强,而 2013/2014 年冬季,东亚冬季风强度突然由强转弱,原因可能与前期秋季北极海冰的异常有关,受 2013 年秋季北极海冰异常影响,冬季西伯利亚高压偏弱,进而导致东亚冬季风偏弱以及我国气温偏高。季内,东亚冬季风强度变化显著,前冬偏弱,后冬偏强。受冬季风季节内变化影响,我国前冬暖、后冬冷;此外,前冬暖、后冬冷还受到北太平洋上空阻塞高压的异常活动影响,北太平洋地区的阻塞高压加强西移至日界线以西,导致东亚地区经向型环流加强,改变了前冬以纬向型为主的环流,前冬高纬地区堆积的冷空气向东亚地区侵袭。加之,前冬我国气温偏高,导致后冬我国多地降温显著,气温由偏高转偏低。而阻塞高压的西移可能与平流层环流的异常活动有关。

**关键词:** 东亚冬季风, 北极海冰, 阻塞高压

**中图分类号:** P461                      **文献标志码:** A                      **doi:** 10. 7519/j. issn. 1000-0526. 2014. 07. 014

## Possible Causes for the Anomalous Weak East Asian Winter Monsoon in 2013/2014

SI Dong<sup>1,2</sup> LI Qingquan<sup>1,2</sup> LIU Yanju<sup>1</sup> WANG Zunya<sup>1</sup> YUAN Yuan<sup>1</sup> WANG Dongqian<sup>1</sup>

1 National Climate Centre, Beijing 100081  
2 Collaborative Innovation Center on Forecast and Evaluation of Meteorological Disasters, Nanjing University of Information Science and Technology, Nanjing 210044

**Abstract:** The East Asian winter monsoon was stronger than normal continuously for seven years since 2005, but it suddenly shifted to be weaker than normal in winter 2013/2014. The research results indicated that the increased Arctic sea ice extent in the last autumn was responsible for the negative sea level pressure in Siberia in winter 2013/2014, resulting in the weakening of Siberian high which was favorable for the anomalous weak East Asian winter monsoon and high temperature in China. During the winter, East Asian winter monsoon exhibited strong intraseasonal variations, weaker in the early winter and stronger in the late winter. Accompanying the intraseasonal variations of the East Asian winter monsoon, the temperature over China had two-stage variations in the last winter, warmer in the early winter and colder in the late winter. Furthermore, the warmer in the early winter and colder in the late winter over China also was influenced by the blocking high activities over the North Pacific. In the late winter, the westward shifting of the blocking high to the west of date line strengthened the merional circulation over East Asia, leading the sweeping down of the cold air over East Asia, further causing the anomalous low temperature in China in the late winter. However, the westward shift of the blocking high over the North Pacific may be related

<sup>\*</sup> 国家重点基础研究发展计划项目(2013CB430202 和 2012CB955203)、国家科技支撑计划项目(2009BAC51B02)和国家自然科学基金重点项目(41130960)共同资助  
2014 年 4 月 10 日收稿; 2014 年 4 月 27 日收修定稿  
第一作者:司东,主要从事气候诊断研究. Email:sidong@cma. gov. cn

to the stratospheric circulation anomalies.

**Key words:** East Asian winter monsoon, Arctic sea ice, blocking high

## 引言

东亚冬季风是北半球冬季最活跃的环流系统之一,也是东亚冬季气候异常的重要影响因子。它不但对东亚地区局地的天气和气候有着重要影响,还可以对热带和热带外行星尺度的环流产生影响(Chang et al, 1982)。东亚冬季风的一个最明显特征就是冬季大气低层盛行的东北风,而东北风的出现主要与西伯利亚和蒙古地区低层冷高压形成的反气旋性环流有关(Ding, 1994),具有建立过程迅速、向南推进速度快以及风力强等显著特点。冬季风活动是造成东亚地区低温冷害、冰冻雨雪以及大风等灾害性天气气候事件的关键因素。

2005 年之后,东亚冬季风开始由弱转强,连续 7 年表现出偏强的特征。而 2013/2014 年冬季,东亚冬季风强度突然由强转弱。与之相对应,我国冬季平均气温 $-2.9^{\circ}\text{C}$ ,较常年同期偏高 $0.5^{\circ}\text{C}$ 。季内,东亚冬季风季节内变化特征显著,而我国气温也呈现明显的阶段性变化特征,前冬暖(吕梦瑶等, 2014; 赖芬芬等, 2014)、后冬冷(杨寅, 2014)。由此可见, 2013/2014 年我国冬季气温异常可能与东亚冬季风异常特征有着密切的联系。那么 2013/2014 年东亚冬季风强度突然转弱的原因是什么? 什么又是造成我国气温阶段性变化的主要原因呢? 本文将针对以上问题展开分析,并揭示其可能的成因。

## 1 资料

本文主要使用了国家气候中心的“气候系统监测-诊断-预测-评估系统”提供的资料和产品、1948—2014 年美国气象环境预报中心(NCEP)和美国国家大气研究中心(NCAR)提供的 $2.5^{\circ}\times 2.5^{\circ}$ 水平分辨率的逐日再分析资料以及美国国家海洋和大气管理局(NOAA)提供的 IMS 海冰积雪范围数据集(Helfrich et al, 2007)。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。本文使用的各要素的气候平均值为 1981—2010 年平均值。

## 2 2013/2014 年冬季我国气温异常特征

### 2.1 全国冬季平均气温为近 5 年来最高

2013/2014 年冬季(2013 年 12 月 1 日至 2014 年 2 月 28 日,下同)全国平均气温 $-2.9^{\circ}\text{C}$ ,较常年同期( $-3.4^{\circ}\text{C}$ )偏高 $0.5^{\circ}\text{C}$ ,为近 5 年来最高(图 1)。从空间分布看,除新疆局部、黑龙江大部、华南大部、云南东部等地气温偏低 $0.5\sim 2^{\circ}\text{C}$ 外,全国其余大部气温接近常年或偏高 $0.5\sim 1^{\circ}\text{C}$ ,其中青海西南部、西藏中北部、甘肃中部、内蒙古大部、辽宁大部、华北大部等地偏高 $1\sim 2^{\circ}\text{C}$ ,部分地区 $2^{\circ}\text{C}$ 以上(图 2)。其中,华南气温偏低而华北气温偏高。华南平均气温 $12.7^{\circ}\text{C}$ ,较常年( $13.7^{\circ}\text{C}$ )偏低 $1^{\circ}\text{C}$ ,为 1997 年来第四低值;华北平均气温 $-2.6^{\circ}\text{C}$ ,较常年( $-3.8^{\circ}\text{C}$ )偏高 $1.2^{\circ}\text{C}$ ,为 1961 年来第五高值。

### 2.2 季内前冬暖、后冬冷

季内,我国气温阶段性变化显著,前冬暖、后冬冷。2013 年 12 月和 2014 年 1 月全国平均气温分别为 $-2.8^{\circ}\text{C}$ 和 $-3.4^{\circ}\text{C}$ ,分别较常年同期( $-3.2^{\circ}\text{C}$ 和 $-5.0^{\circ}\text{C}$ )偏高 $0.4$ 和 $1.6^{\circ}\text{C}$ ,其中 1 月全国平均气温是 1961 年以来历史同期第二高值,仅低于 2002 年。而到了 2 月,全国平均气温为 $-2.3^{\circ}\text{C}$ ,较常年同期( $-1.7^{\circ}\text{C}$ )偏低 $0.6^{\circ}\text{C}$ 。

从空间分布看,2013 年 12 月,全国总体呈现“北暖南冷”分布,其中新疆北部、内蒙古东北部和东北西北部等地气温偏高 $2\sim 4^{\circ}\text{C}$ ,局地偏高 $4^{\circ}\text{C}$ 以上

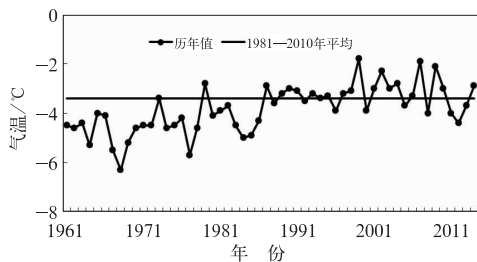


图 1 冬季全国平均气温(单位: $^{\circ}\text{C}$ )历年变化  
Fig. 1 Variation of winter mean temperature over China during 1961—2013 (unit:  $^{\circ}\text{C}$ )

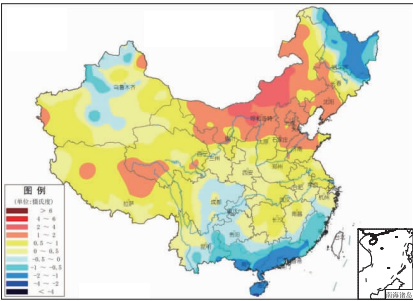


图 2 2013/2014 年冬季全国气温距平分布(单位:  $^{\circ}\text{C}$ )

Fig. 2 Mean temperature anomalies of China in winter 2013/2014 (unit:  $^{\circ}\text{C}$ )

(图 3a)。2014 年 1 月,除黑龙江大部、海南南部等地局地偏低 1~4 $^{\circ}\text{C}$  以外,全国其余大部地区气温接

近常年同期或偏高(图 3b)。而到了 2 月,全国大部气温转为偏低,其中新疆北部和东北地区北部偏低 2 $^{\circ}\text{C}$  以上(图 3c)。

2.3 季内出现两次显著低温过程

虽然冬季全国平均气温偏高,但是季内还是出现了两次显著的低温过程,第一次出现在 2013 年 12 月的中下旬,第二次出现在 2014 年 2 月 7—18 日(图 4)。其中第二次低温过程更加显著,过程期间全国平均气温为 -4.8 $^{\circ}\text{C}$ ,较常年同期(-1.7 $^{\circ}\text{C}$ )偏低 3.1 $^{\circ}\text{C}$ ,为 1961 年来第八低。除四川西北部、云南西北部偏高 1~2 $^{\circ}\text{C}$  外,全国大范围普遍偏低 1~4 $^{\circ}\text{C}$ ,其中新疆北部、东北地区北部、中部和南部大部地区偏低 4 $^{\circ}\text{C}$  以上(图 4c)。

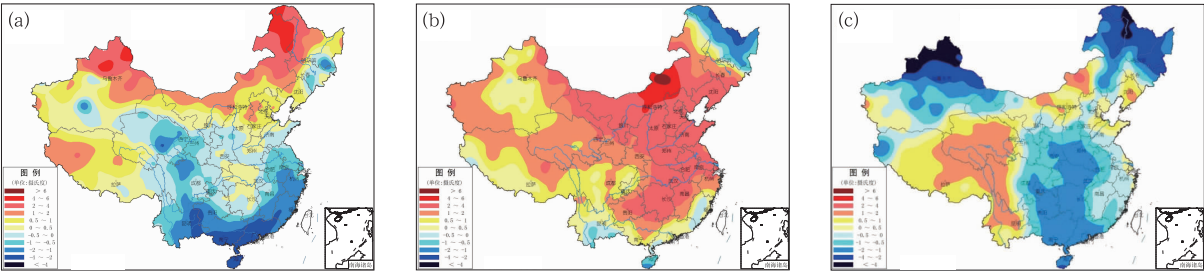


图 3 2013 年 12 月(a)、2014 年 1 月(b)以及 2 月(c)全国气温距平分布(单位:  $^{\circ}\text{C}$ )

Fig. 3 Mean temperature anomalies of China (unit:  $^{\circ}\text{C}$ )

(a) December 2013, (b) January 2014, (c) February 2014

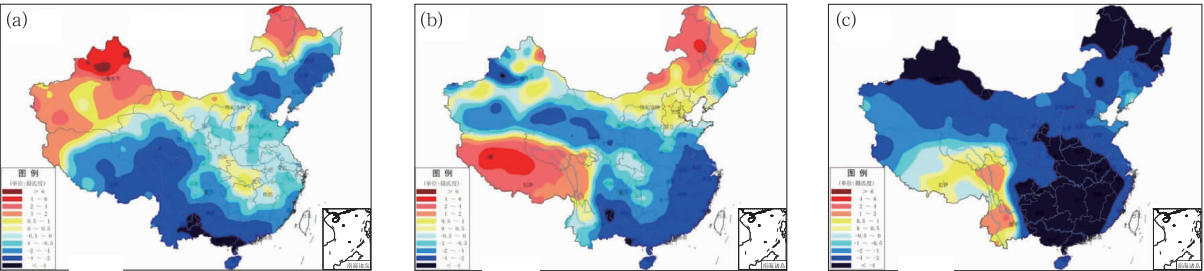


图 4 2013 年 12 月中旬(a)、12 月下旬(b)以及 2014 年 2 月 7—18 日(c)全国气温距平分布(单位:  $^{\circ}\text{C}$ )

Fig. 4 Mean temperature anomalies of China (unit:  $^{\circ}\text{C}$ )

(a) 11—20 December 2013, (b) 21—31 December 2013, (c) 7—18 February 2014

3 2013/2014 年冬季我国气温异常的可能成因

首先,我们看一下 2013/2014 年东亚冬季风活动特征,本文计算了东亚冬季风指数(East Asia winter monsoon, EAWM; 朱艳峰, 2008)和西伯利亚高压指数(SH),二者的具体定义为:

$$EAWM = \overline{U}_{500}(25^{\circ} \sim 35^{\circ}\text{N}; 80^{\circ} \sim 120^{\circ}\text{E}) - \overline{U}_{500}(50^{\circ} \sim 60^{\circ}\text{N}; 80^{\circ} \sim 120^{\circ}\text{E}) \quad (1)$$

$$SH = \overline{SLP}(40^{\circ} \sim 60^{\circ}\text{N}; 80^{\circ} \sim 120^{\circ}\text{E}) \quad (2)$$

式中,  $U_{500}$  为 500 hPa 纬向风场,而  $SLP$  为海平面气压场。

从东亚冬季风指数的年代际变化特征上看,东亚冬季风目前处于偏强的时期,2005 年之后连续 7 年强度偏强(图 5a)。而 2013/2014 年冬季,东亚冬

季风强度突然由强转弱, 冬季风指数为  $-0.6$ 。由图 5b 可见, 近年来西伯利亚高压同样处于偏强的背景下, 但 2013/2014 年冬季西伯利亚高压强度偏弱。冬季风和西伯利亚高压强度偏弱是导致 2013/2014 年冬季我国气温偏高的直接原因。

季内, 冬季风强度变化显著, 前冬冬季风偏弱, 后冬冬季风偏强(图 6a)。从西伯利亚高压强度的演变中可以发现, 西伯利亚高压强度表现出与东亚冬季风相一致的季内变化特征, 前冬强度总体偏弱, 后冬总体偏强(图 6b)。受冬季风季节内变化特征影响, 我国气温呈现前冬暖、后冬冷的阶段性变化特

征。

此外, 从东亚冬季风和西伯利亚高压逐日演变中可以发现, 在季内我国出现的两次低温过程(2013 年 12 月中下旬以及 2014 年 2 月 7—18 日)期间, 正好对应着冬季风和西伯利亚高压的偏强时段。

造成冬季我国前冬暖、后冬冷这一变化的原因除了东亚冬季风的季内活动以外, 另一个就是北半球中高纬大气环流的影响。

前冬, 东亚中高纬地区为“北低南高”的异常环流型, 东亚  $20^{\circ}\sim 45^{\circ}\text{N}$  地区受正位势高度距平控制, 纬向型环流偏强(图 7a), 不利于高纬度地区的冷空

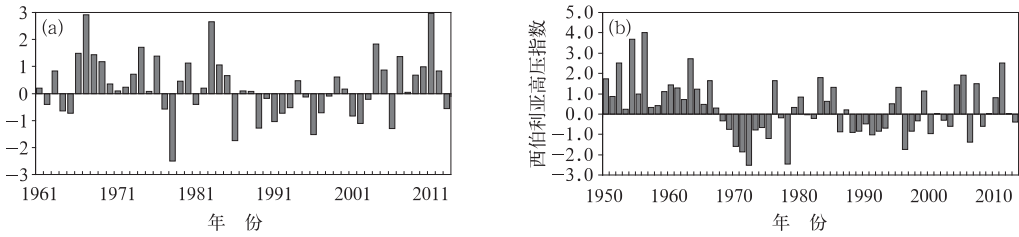


图 5 1961—2013 年东亚冬季风(a)及西伯利亚高压(b)标准化强度指数历年变化  
Fig. 5 Variation of standardized East Asian winter monsoon index (EAWM, a) and Siberian high (SH) intensity index (b) in winters of 1961—2013

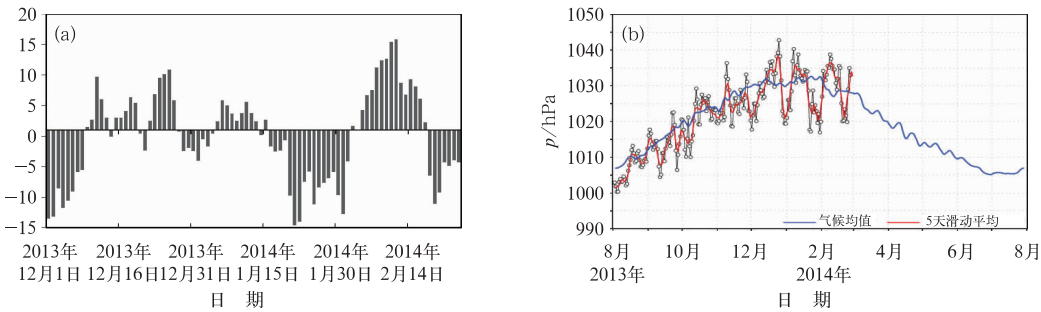


图 6 2013/2014 年东亚冬季风指数(a)和西伯利亚高压强度指数(b, 单位: hPa)逐日演变  
Fig. 6 Daily variation of East Asian winter monsoon (EAWM) index (a) and Siberian high (SH) index (b, unit: hPa) in 2013/2014

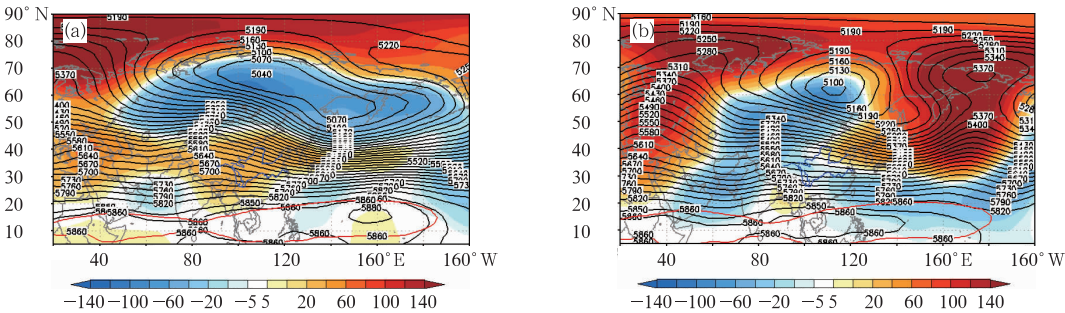


图 7 2014 年 1 月(a)和 2 月(b)平均 500 hPa 位势高度场(等值线)及其距平(阴影)分布(单位: gpm)  
Fig. 7 Distribution of 500 hPa geopotential heights (contour) and its anomalies (shaded) in January (a) and February (b) 2014 (unit: gpm)



气南下影响我国,致使我国大部气温偏高。后冬,欧亚中高纬地区环流出现明显调整。前期北太平洋地区的阻塞高压加强西移至日界线以西,东亚地区经向型环流加强,东亚大槽加强南伸(图 7b)。前期高纬地区堆积的冷空气,在高空槽的引导下,向东亚地区侵袭。加之,前冬我国气温偏高,导致后冬我国多地降温显著,气温由偏高转偏低。

从北半球中高纬度阻塞高压强度指数演变(图 8)中可以看到,北太平洋的阻塞高压于 2014 年 1 月下旬在日界线以东建立,之后加强西移;2 月初西移至日界线以西,出现在日本海—鄂霍次克海地区上空,导致东亚地区经向型环流加强,高空槽发展加强,引导高纬地区冷空气南下,使得我国大范围地区出现显著低温,最终导致我国后冬气温偏低。

而北太平洋阻塞高压的西移可能与平流层环流的异常活动有关。1 月第 4 候,北太平洋上空出现了明显的正高度异常,1 月第 5 候,正高度异常沿北太平洋东部下传至对流层中层,导致北太平洋东部 180°以东地区阻塞高压建立。1 月第 6 候,平流层的正高度异常开始向西移动,2 月第 1 候正高度异常开始下传,使得北太平洋西部对流层中层正高度异常加强,引导对流层阻塞高压向西移动至 180°以西,进入日本海—鄂霍次克海上空(图 9)。

由图 8 可见,2013/2014 年冬季,北太平洋上空出现了两次明显的阻塞高压西移过程,一次出现在 2013 年 12 月,一次出现在 2014 年 2 月。两次过程

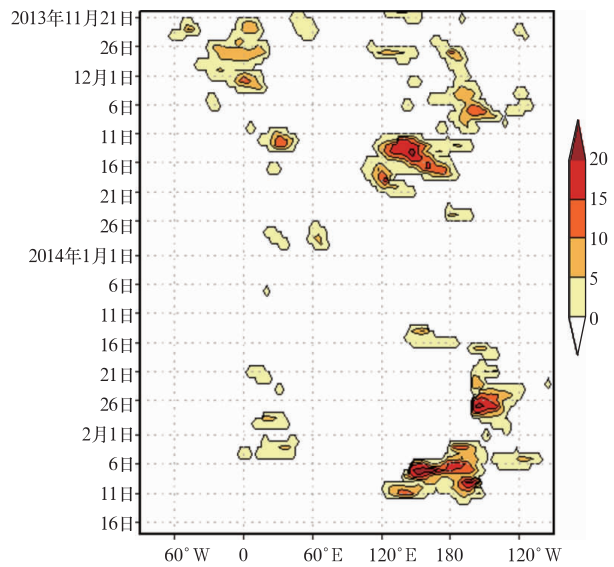


图 8 2013 年 11 月 21 日至 2014 年 2 月 16 日北半球中高纬阻塞高压强度指数变化  
(引自美国气候预测中心)  
Fig. 8 Observed Northern Hemisphere blocking strength from 21 November 2013 to 16 February 2014  
(From U. S. Climate Prediction Center)

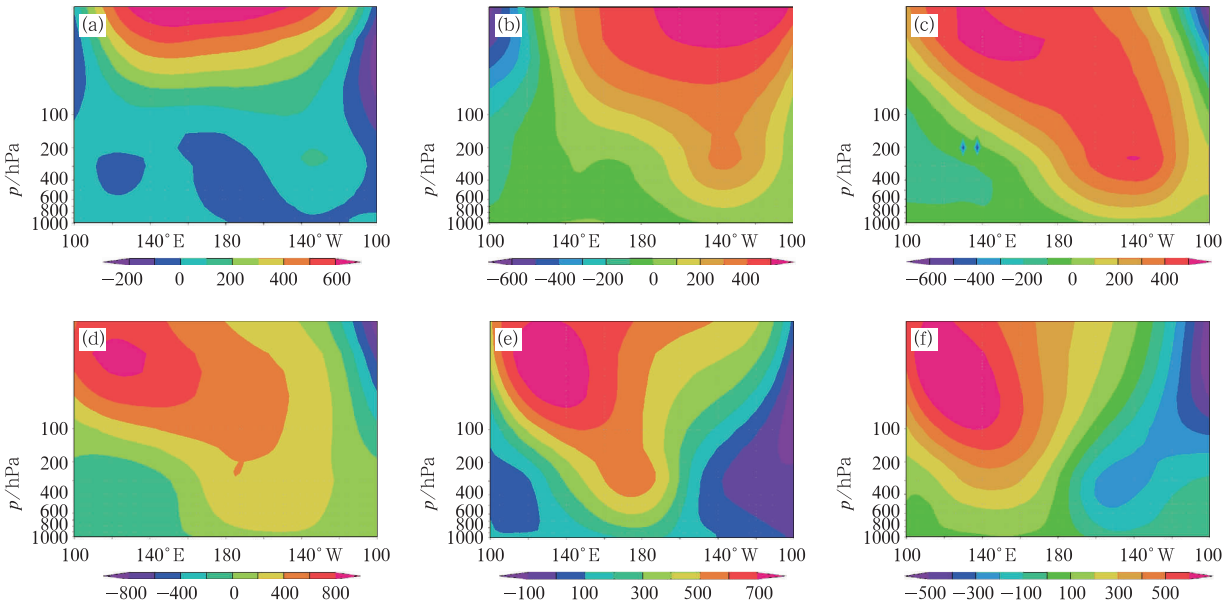


图 9 2014 年 1 月第 4 候至 2 月第 3 候(a~f)60°~80°N 平均的异常  
位势高度场经度-高度剖面图(单位: gpm)

Fig. 9 Height-longitude cross section of geopotential height anomalies averaged along 60°–80°N  
from the fourth pentad of January to the third pentad of February, 2014

中阻塞高压分别于 12 月中旬和 2 月初西移至 180°以西,进入日本海—鄂霍次克海上空,正好对应着季内我国两次显著的低温过程。因此,2013/2014 年冬季我国两次低温过程的出现可能与北太平洋上空阻塞高压西移至日本海—鄂霍次克海有关,阻塞高压的西移,使得东亚地区经向型环流加强,冷空气南下,导致我国以及日本和韩国等地大范围显著低温过程的出现。

4 2013/2014 年东亚冬季风偏弱的可能成因

Wu 等(2011)研究发现,前期秋季北极海冰范围偏大不利于欧亚大陆北部地区出现异常阻塞环流,导致西伯利亚高压阶段性偏弱,进而导致我国冬季气温偏高。近期有研究指出,2012 年秋季北极海冰覆盖范围持续异常偏小,海冰覆盖面积持续低于自有观测资料以来年海冰覆盖面积的最小记录(2007 年同期海冰覆盖面积),导致 2012/2013 年冬季西伯利亚高压强度偏强和东亚冬季风偏强(王东阡等,2013;司东等,2014)。

图 10 给出 2013 年 9 月北极地区海冰范围与冬季海平面气压的相关系数分布,可以发现,自欧洲东部到西伯利亚地区为显著的负相关区域,表明前期海冰范围的增加有利于冬季欧亚大陆北部的海平面气压出现负异常,致使西伯利亚高压的偏弱,不利于冷空气南下我国。另一方面,前期秋季北极海冰偏大使得北极地区温度较常年同期偏低,导致极区与

欧亚大陆之间的温差较常年同期偏大,增强了欧亚北部的西风急流,不利于欧亚地区高纬的冷空气南下影响我国,导致我国冬季大范围低温的出现。

1979 年以来,北极海冰范围长期处在显著减小的线性趋势下。从剔除掉线性趋势后的 2013 年 9 月北半球海冰范围距平百分率逐年序列(图 11)中可以发现,2005 年之后北极海冰范围处于偏小时期,这可能导致 2005 年之后东亚冬季风连续 7 年偏强的主要原因。值得注意的是,2013 年秋季,北极海冰范围突然转为偏大。这可能导致 2013/2014 年冬季西伯利亚高压偏弱、冬季风偏弱,以及我国气温偏高的主要原因。

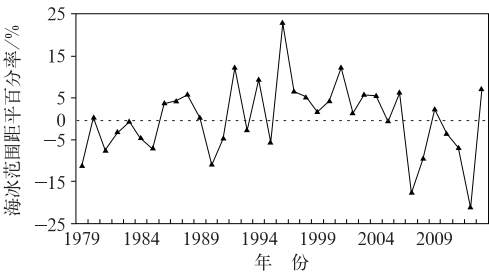


图 11 1979—2013 年剔除线性趋势后的 9 月北半球海冰范围距平百分率逐年演变(单位: %)

Fig. 11 Annual variation of percentage detrend index of the September Arctic sea ice extent anomalies in Northern Hemisphere during 1979—2013 (unit: %)

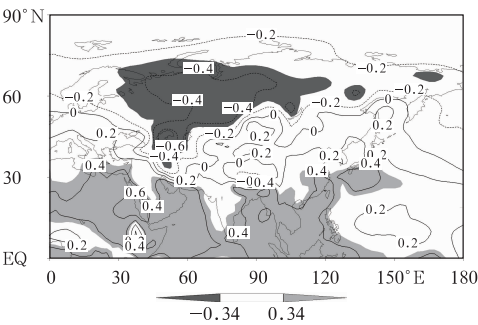


图 10 2013 年 9 月北极海冰范围指数与冬季海平面气压场的相关系数分布  
(阴影为通过 0.05 显著性水平检验的区域)  
Fig. 10 Correlation of Arctic sea ice extent index with winter sea level pressure in September 2013  
(Values significantly exceeding 0.05 significance level of test is shaded)

5 结论与讨论

(1) 2005 年之后东亚冬季风连续 7 年强度偏强,而 2013/2014 年冬季,东亚冬季风强度突然由强转弱。冬季风强度偏弱是导致 2013/2014 年冬季我国气温偏高的直接原因。而东亚冬季风突然转弱可能与前期秋季北极海冰的异常有关,受 2013 年秋季北极海冰异常影响,冬季西伯利亚高压偏弱,进而导致东亚冬季风偏弱以及我国气温偏高。值得注意的是,2005 年之后北极海冰范围处于偏小时期,这可能是导致 2005 年之后东亚冬季风连续 7 年偏强的主要原因。

(2) 季内,东亚冬季风强度变化显著,前冬偏弱,后冬偏强。受冬季风季节内变化影响,我国前冬暖、后冬冷。此外,前冬暖、后冬冷还受到北太平洋

上空阻塞高压的异常活动影响,北太平洋地区的阻塞高压加强西移至日界线以西,导致东亚地区经向型环流加强,改变了前冬以纬向型为主的环流,前冬高纬地区堆积的冷空气向东亚地区侵袭。加之,前冬我国气温偏高,导致后冬我国多地降温显著,气温由偏高转偏低。而阻塞高压的西移可能与平流层环流的异常活动有关。

(3) 虽然 2013/2014 年冬季全国平均气温偏高,但是季内还是出现了两次显著的低温过程,第一次出现在 2013 年 12 月的中下旬,第二次出现在 2014 年 2 月 7—18 日。两次低温过程的出现可能与北太平洋上空两次阻塞高压西移至日界线以西有关。

本文主要分析了北极海冰和平流层-对流层相互作用对东亚冬季风异常的影响。众所周知,东亚冬季风的异常是多种因素综合作用产生的,除了海冰和高低层环流影响以外还有许多因子可以引起冬季风的异常,比如:海温、积雪、陆面过程等。因此,在后续研究中分析其他强迫对于 2013/2014 年东亚冬季风异常的影响,对于深入了解东亚冬季风以及我国冬季气候是非常必要的。

参考文献

赖芬芬,马学款. 2014. 2014 年 1 月大气环流和天气分析. 气象, 40

(4):515-520.

吕梦瑶,何立富. 2014. 2013 年 12 月大气环流和天气分析. 气象, 40 (3):381-388.

司东,袁媛,崔童,等. 2014. 2013 年海洋和大气环流异常及对中国气候的影响. 气象, 40(4):494-501.

王东阡,周兵,孙丞虎,等. 2013. 2012/2013 年东亚冬季风活动特征及其可能成因分析. 气象, 39(7):930-937.

杨寅. 2014. 2014 年 2 月大气环流和天气分析. 气象, 40(5):642-648.

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. 气象学报, 66(5):781-788.

Chang C P, Lau K M. 1982. Short-term planetary-scale interaction over the tropics and midlatitudes during northern winter. Part I: Contrasts between active and inactive periods. Mon Wea Rev, 110(8):993-946.

Ding Y H. 1994. Monsoons over China. Dordrecht/Boston/London: Kluwer Academic Publishers, 419.

Helfrich S R, McNamara D, Ramsay B H, et al. 2007. Enhancements to, and forthcoming developments in the Interactive Multisensor Snow and Ice Mapping System (IMS). Hydrol Process, 21(2):1576-1586.

Wu B, Su J, Zhang R. 2011. Effects of autumn-winter Arctic sea ice on winter Siberian High. Chinese Sci Bull, 56(30):3220-3228. doi: 10.1007/s11434-011-4696-4.