

Climate Background Analysis of Anomalously Low Temperature and Snowy in Northeast China during 2012/2013 Winter

Qian Li¹, Yulin Qin², Chunming Pei¹

¹Meteorological Bureau of Changchun, Changchun

²Meteorological Bureau of Jilin Province, Changchun

Email: guangshu521@sina.com

Received: Dec. 27th, 2013; revised: Feb. 10th, 2014; accepted: Feb. 20th, 2014

Copyright © 2014 by authors 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

Abstract

Most of our country, especially northeast China, is cold and snowy during 2012/2013 winter. The Climate Background of Anomalously Low temperature and Snowy in Northeast China has been investigated by using the NCEP/NCAR reanalysis data. Results showed that East Asian trough was deeper and experienced a westward movement, and the polar vortex was larger than normal year, which were conducive to the southward accumulation of cold air, and then caused low temperature in Northeast China, at the same time, the AO index was continuing in the negative phase which was also favor for the low temperature weather. The anomalously eastward air current at 850 hPa height field brought moisture resources for Northeast. Moreover, the reduction of the arctic sea ice extent may be the important implications which cause cold and snowy in middle-high latitude regions.

Keywords

Cold and Snowy, Climate Background, Arctic Sea Ice

2012/2013年东北地区冬季异常低温多雪的气候背景分析

李倩¹, 秦玉琳², 裴春明¹

¹长春市气象局, 长春

²吉林省气象局, 长春

Email: guangshu521@sina.com

收稿日期: 2013年12月27日; 修回日期: 2014年2月10日; 录用日期: 2014年2月20日

摘要

2012/2013年冬季我国大部分, 尤其是东北地区气温异常偏低, 降雪异常频繁, 本文利用NCEP/NCAR再分析等资料对东北地区冬季异常低温多雪的气候背景进行初步分析, 结果表明, 2012/2013年冬季500 hPa引导层上东亚大槽较常年加深并偏西发展, 极涡较常年偏大, 有利于冷空气的南下堆积, 造成东北地区的持续低温, 并且该年冬季AO指数一直持续在负位相, 容易造成该年的低温天气; 850 hPa异常的偏东气流给东北地区带来了一定的水汽资源。北极海冰面积的减小或可为中高纬的低温多雪天气造成重要影响。

关键词

低温多雪, 气候背景, 北极海冰

1. 引言

2012/2013年北半球冬季(2012年11月至次年2月)气候较为异常, 中高纬度大部分地区气温较常年异常偏低, 降雪过程频繁发生, 尤其是12月份以来, 中国长江中下游及其以北地区、美国大部、俄罗斯西部等地持续遭受低温、严寒及暴雪的侵袭, 造成了巨大的经济损失及不同程度的人员伤亡。

据国家气候中心统计, 1961年以来, 我国冬季平均气温呈上升趋势, 但近三年来, 我国冬季气温逐年下降, 极端低温事件发生频繁, 孙诚和李建平[1]结合北半球环状模(NAM)的物理本质(费雷尔环流异常)和经向温度平流, 对2009/2010年北半球冬季异常低温进行了分析和解释; 孙丞虎等[2]针对2011/2012年我国冬季异常低温进行研究, 指出东亚冬季风的异常偏强造成了我国气温大范围异常偏低, 而2011年冬季赤道中东太平洋地区出现的La Nina事件可能是造成东亚冬季风系统异常的原因之一。2012/2013年冬季在全国大部分地区低温多雪的背景下, 东北地区异常低温多雪特征尤为明显, 这种低温多雪空间特征如何, 其背后有怎样的气候背景, 本文将针对这一问题进行初步的阐述和分析。

2. 资料和方法

本文主要使用的资料是美国国家环境预测中心、国家海洋大气管理局(NCEP/NOAA)月平均再分析资料, 水平分辨率为 $2.5^{\circ} \times 2.5^{\circ}$ 。气候平均的基准时段取为1981年~2010年30年。

本文所使用的海温资料由NOAA提供, 分辨率为 $2^{\circ} \times 2^{\circ}$ 。

本文所用的海冰覆盖率资料为欧洲气象中心资料(ERA), 分辨率为 $0.5^{\circ} \times 0.5^{\circ}$ 。

另有部分资料来自于中国气象局国家气候中心“气候系统监测、诊断、预测、评估”。

本文所用东亚冬季风指数:

I_{WS} (郭其蕴[3]): I_{WS} 反映冬季风源地冷空气的强度, 定义为西伯利亚高压附近3点的SLP距平,

$$I_{WS} = \frac{1}{3} [SLP'(60^{\circ}N, 100^{\circ}E) + SLP'(60^{\circ}N, 90^{\circ}E) + SLP'(50^{\circ}N, 100^{\circ}E)]$$

3. 2012/2013 年冬季东北地区低温多雪及其极地海冰异常特征分析

图 1 给出了北半球冬季地面气温(995 hPa)的气候平均分布和 2012/2013 年冬季的异常空间分布情况。由图 1(a)所示的气候平均场可见,地面气温由低纬向高纬逐渐变冷,但由于海陆热力差异,在同纬度上海面的温度一般要高于陆面的温度,并且这种温度的分布亦要受到地形的影响。从图 1(b)中不难看出,2012/2013 年冬季,北半球大部分地区气温均较常年偏低,其中,中高纬度的西伯利亚地区以及我国东北地区大部气温较常年偏低最为明显,我国东北地区存在一个低值中心,其中心值为 -3°C 以下,该结果与国家气候中心气候基本要素监测结果基本一致。

与北半球大部异常低温背道而驰的是在极地附近,温度较常年反而异常偏高,异常中心值甚至达到 9°C 以上,此地气温的增暖对于此处北极海冰亦有很大影响,图 2 进一步给出了北极海冰覆盖率的异常情况,结果表明,2012/2013 年冬季新地岛附近海冰覆盖缩小明显,海冰覆盖缩减率异常中心极值高达 50% 以上。进一步对极值中心附近的一点(取新地岛以西 60°E , 78°N)进行分析(图略),结果显示,近几年来,

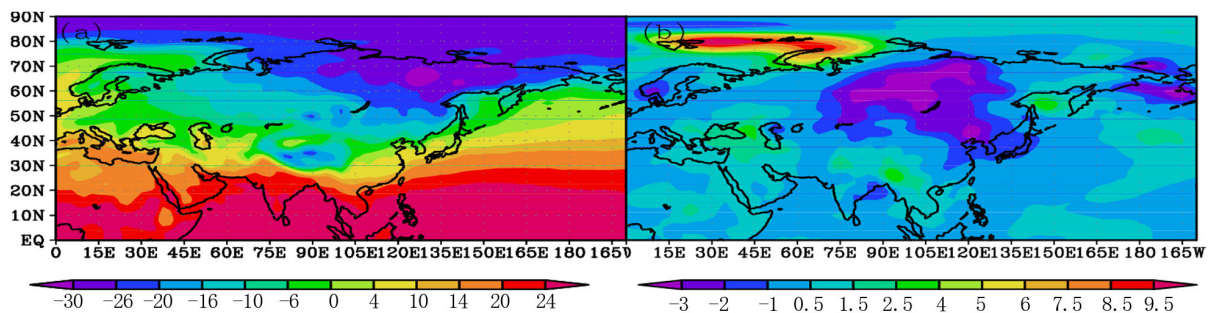


Figure 1. (a) The distribution of winter climatological (1981-2010), and (b) the abnormal surface air temperature (995 hPa) during 2012/2013 winter season in the Northern hemisphere (unit: $^{\circ}\text{C}$)

图 1. (a) 北半球冬季气候平均(1981~2010 年)和(b) 2012/2013 年冬季异常的地表气温(995 hPa)分布(单位: $^{\circ}\text{C}$)

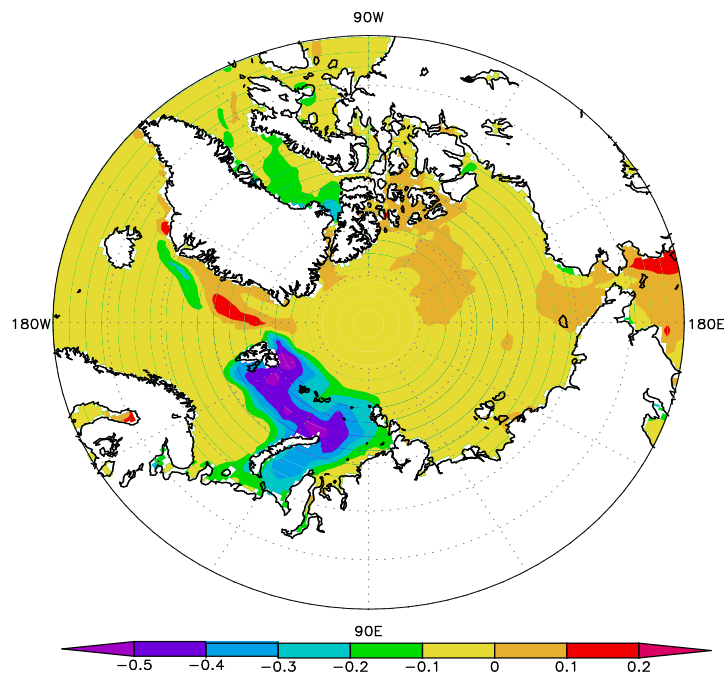


Figure 2. The abnormal distribution of the Arctic sea ice cover rate

图 2. 极区海冰覆盖率异常分布

尤其是 2003 年之后，海冰面积呈现出明显减小的态势。

在冬季气温异常偏低的同时，北半球降雪亦异常偏多。2012/2013 年冬季，北半球、欧亚和北美的积雪面积都较常年同期偏大，对于我国来讲，除青藏高原积雪日数较常年偏少、积雪面积较常年偏小外，其他大部分地区均有积雪日数较常年偏多，积雪面积较常年偏大的异常特征，东北地区尤甚(图略，参看中国气象局国家气候中心积雪监测)。以长春市为例，据长春市气象局统计，2012/2013 年冬季全市平均降雪量 79.8 毫米，比常年 22.4 毫米偏多 57.4 毫米，为常年冬季的 3.5 倍，与常年整个春季降雨量(83.1 毫米)相当，位居历史第一位；其中长春市区降雪量达 103.1 毫米，居全市之首，比常年 27.6 毫米多 75.5 毫米，为常年冬季的 3.5 倍，与常年整个春季降雨量(83.1 毫米)相当，位居历史第一位；其中长春市区降雪量达 103.1 毫米，居全市之首，比常年 27.6 毫米多 75.5 毫米，是常年的 3.7 倍，整个冬季共出现 29 场降雪天气(19 次降雪天气过程)，其中达到大雪和暴雪量级的有 6 场；长春市区 120 天当中有 41 天观测到降雪(雪量 0.1 毫米以上)，即平均每 3 天就有 1 天出现降雪，降雪之频繁历史罕见。

鉴于以上分析，2012/2013 年冬季，我国东北地区低温多雪是在北半球气候异常的大背景下发生的，其低温多雪的特征异常明显，有必要对该年冬季的气候背景进行适当的分析。

4. 大气环流异常特征分析

500 hPa 位势高度场平均图上(图 3(a))，极地是一个槽区，中高纬度为以极地低压为中心的环绕纬圈的风带环流，西风带中有尺度很大的平均槽脊。而 2012/2013 年冬季 500 hPa 高度距平场上可以看到(图 3(b))，该年冬季的主要特点是，极地及其邻近地区为正距平，相对于气候态，极地低压明显减弱，与此同时，西伯利亚及我国北部地区的负变异常明显，最大的负距平中心位于贝加尔湖以西的西伯利亚地区，东亚大槽加深，下游阿拉斯加脊北抬、西伸加强发展，东亚大槽上游槽脊亦有所加强。此种环流形势下，阻挡了西风带上游的低压扰动向东发展，东亚冬季风偏强，导致南下冷空气容易在西伯利亚及我国北方地区堆积，西北气流带来了大量的干冷空气，造成西伯利亚及我国北部地区的低温严寒天气。进一步分析了东亚大槽位置的变化情况(见表 1)，从中不难看出，从 2012 年 10 月份开始，东亚大槽一直处于较常年偏西的位置，只是在 2013 年 1 月份位置转为偏东，2 月份又迅速转西。而北半球极涡面积(见表 1)从 10 月份开始则有较常年偏大的特征。研究表明[4]，北半球 500 hPa 年平均和 4 季的极涡面积大小与我国多数站点同期气温呈负相关，即极涡偏大的年份，我国大部分地区气温是偏低的。对于东北地区，整年都受到极涡的影响，研究也指出[5]，极涡面积大，则东北区气温低，反之气温高。

海冰作为北极地区下垫面的重要组成部分，对气候的形成和演变有着重要作用，通过海气相互作用对上述环流异常亦有重要贡献。海冰对海气相互作用的影响可分为两个方面：一是海冰的表面反照率比海水增加 40%，因而减小了洋面对太阳辐射能的吸收；二是在冰冻的洋面上，海洋向大气的感热和潜热输送被削弱，使其上空大气的感热和潜热输送被削弱。北极海冰对大气环流和气候的影响早已有过许多研究[6]，结果表明，海冰的高反照率减少了下垫面接受的太阳辐射，使得北极地区的热损失增加，进而通过大气变冷增强了径向温度梯度和纬向环流。上文分析表明，2012/2013 年冬季极地海冰，尤其是新地岛以西的洋面海冰锐减，这一结果对于极地低压明显减弱起到正面贡献。由图 3(b)不难看到，减弱的极涡中，520 等值线范围较常年明显扩大，极地附近 180°E 附近有较强的脊存在，迫使极涡中心南移，导致锋区位置比平均情况偏南，寒潮活动多而强烈。并且上文分析的海冰减小明显的新地岛以西的洋面恰是影响我国最重要的冷空气源地，此冷空气路径出现的次数最多，达到寒潮的强度也最多[7]，由于海冰融化，冷空气在南下过程中或可带来一定的水汽资源，为降雪的频繁发生创造前期条件。

低层来看(图 4)，冬半年 850 hPa 上我国大陆为反气旋环流控制，东北地区处于反气旋环流的顶部，主要盛行西北风或偏西风，在鄂霍次克海以东的阿留申附近为气旋性环流，而 2012/2013 年的冬季距平

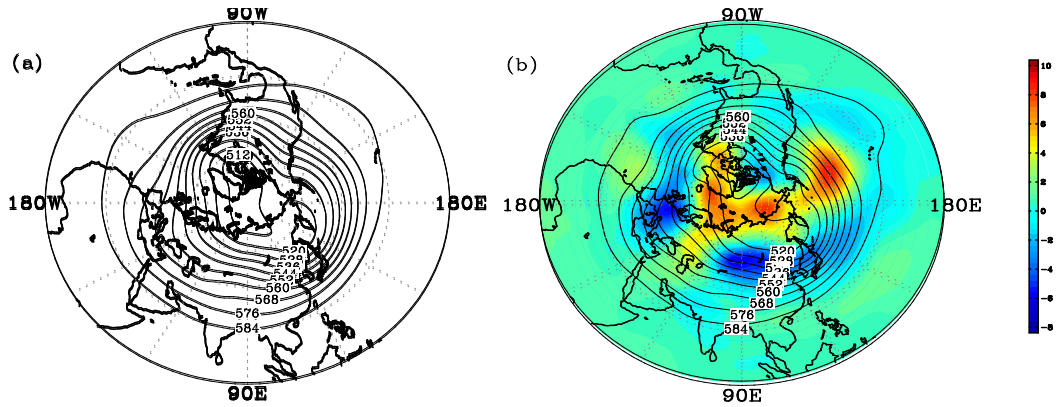


Figure 3. (a)The distribution of climatological 500 hPa height field (1981-2010), and (b) the 500 hPa height field and the anomaly field during 2012/2013 winter (color shadings)

图 3. (a) 500 hPa 高度场气候平均态(1981~2010)及(b)2012/2013 年冬季高度场及其距平场(彩色阴影)

Table 1. Positions of the East Asian trough and polar vortex area index of the northern hemisphere in every month in 2012/2013 winter

表 1. 2012/2013 年冬季各月东亚大槽位置和北半球极涡面积指数

月份	11 月	12 月	1 月	2 月
东亚大槽位置°E (1981~2010 年平均位置)	131 (136.93)	137 (143.17)	159 (144.57)	148 (147.63)
北半球极涡面积指数 (1981~2010 年平均位置)	748 (733.77)	833 (785.40)	794 (780.40)	849 (850.10)

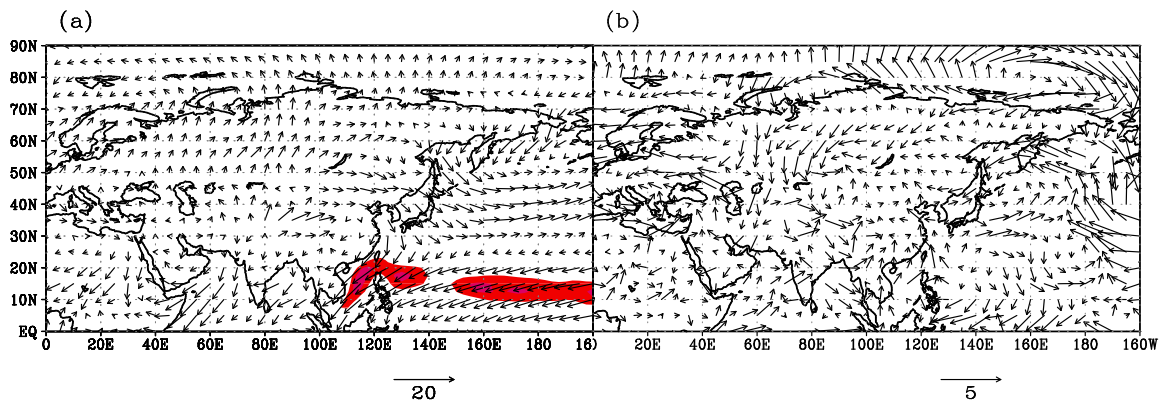


Figure 4. (a) The winter climatological winds field (shadings denote that the winds speed are greater than 8 m/s) and (b) the departure field during 2012/2013 winter at 850 hPa

图 4. (a) 冬季 850 hPa 风场气候平均态(阴影为风速 ≥ 8 m/s)和(b) 2012/2013 年冬季风场距平场

场上，东北地区西北气流较常年偏弱，距平值有偏东气流的分量，对于冬季来讲，偏东气流所携带的水汽是东北地区降水所需水汽的主要来源之一，这也为降雪的频繁发生提供了便利条件。

从海平面气压场上来看(图 5)，北半球总体呈现“北高南低”的分布形态，70°N 以北的广大地区气压升高，而西伯利亚高压等中高纬度系统则减弱，这种异常分布有利于极地冷空气南下从而影响欧亚大陆中高纬地区，而北极地区温度的升高所导致的海冰融化，将使得冷空气南下过程中携带了大量的水汽，对于东北地区的降雪过程或可产生一定的影响。进一步分析了东亚冬季风的指数变化情况(图 6)，结果表明，近几年来该指数一直处于波动性上升阶段，但 2012 年冬季并不属于很强的年份。从逐月的指数变化情况来看，2012 年 12 月该指数在 30 年的变化中偏强。而据国家气候中心统计表明，12 月 19 日~23 日，

全国大部出现今年以来降温幅度最强的一次冷空气过程，该年冬季西伯利亚高压强度整体来看呈现出前冬强后冬弱的特点。

5. 海表温度异常分析

图 7 给出 2012/2013 年冬季海表温度距平分布情况。可以看出，赤道中东太平洋大部为低于 -0.5°C 的负海表距平所控制，表现为 La Nina 事件的特征。而研究表明[8]-[10]，在影响东亚冬季风强度的诸多因素中，La Nina 可能是一个重要因素。研究也指出[11]，北极冰盖面积的滤波曲线与 ENSO 有较好的对应关系，即 El Nino 年都出现在滤波曲线的相对峰值年，反 El Nino 年都出现在滤波曲线的相对谷值年，本文上文研究亦表明 2012/2013 年冬季北极海冰面积下降较为明显，对应为 La Nina 年，得出较为一致的结

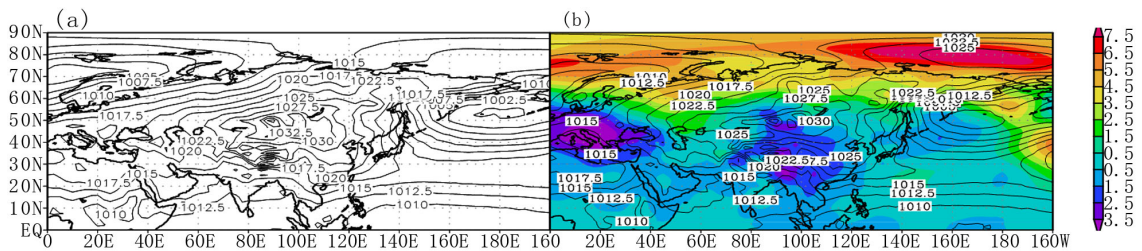


Figure 5. (a) The winter climatological sea level pressure (1981-2010) and (b) 2012/2013 winter sea level pressure and the abnormal fields (shadings)

图 5. (a) 冬季海平面气压场气候平均态(1981~2010)和(b) 2012/2013 年冬季气压场及其距平场(阴影)

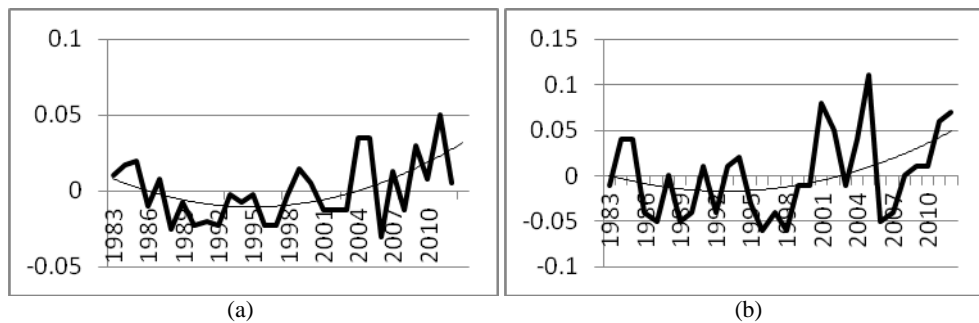


Figure 6. (a) Interannual variation of index of East Asia winter monsoon during 1983-2012 winter and (b) December (defined by Guo Qiyun)

图 6. (a)1983~2012 年冬季平均及(b) 12 月东亚冬季风指数(郭其蕴定义)

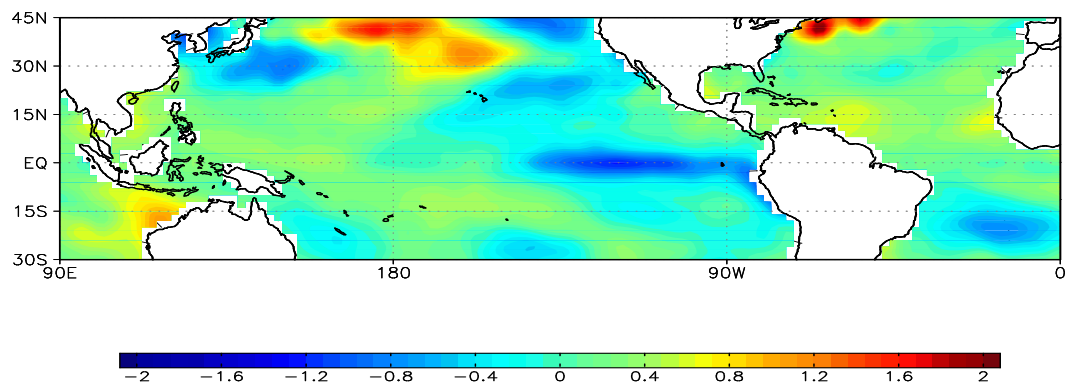


Figure 7. The distributions of sea surface temperature anomalies in 2012/2013 winter (unit: $^{\circ}\text{C}$)

图 7. 2012/2013 年冬季海表温度距平分布(单位: $^{\circ}\text{C}$)

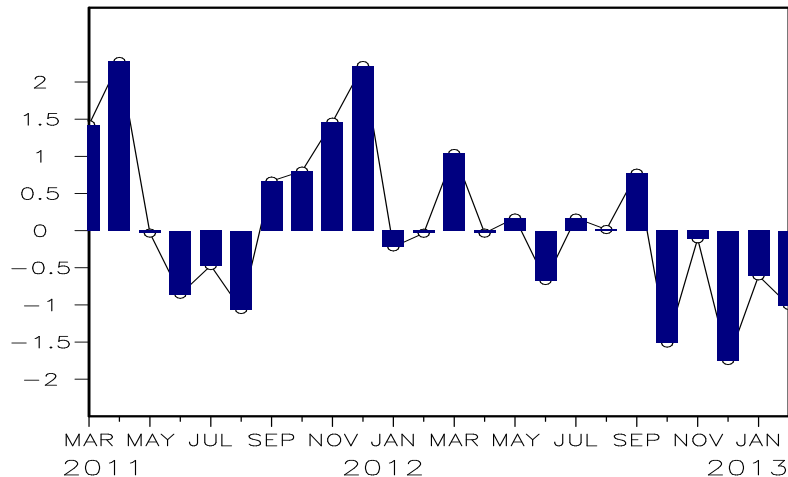


Figure 8. Monthly variation of AO index from March 2011 to February 2013
图 8. 2011 年 3 月~2013 年 2 月逐月 AO 指数变化

论。因此北极冰盖面积的变化在全球陆地 - 大气 - 海洋耦合系统中的作用值得关注。从各个区域的 Nino 指数变化来看(图略, 参看国家气候中心“气候系统监测、诊断、预测、评估”), 此次拉尼娜事件并不是很强, 并不属于严格的 La Nina 事件。

6. 北极涛动(AO)异常分析

东亚冬季风的年际变化和异常与西伯利亚高压、阿留申低压的变化与异常密切相关, 并且, 陈文和黄荣辉[12]进一步指出北半球准定常行星波在三维球面大气传播波导的年际振荡严重影响着东亚冬季风的年际变化。这主要是由于东亚冬季风与北极涛动(AO)密切相关。图 8 是 2011 年 3 月到 2013 年 2 月逐月 AO 值, 从中可以看到, 从 2012 年 10 月开始, AO 一直处于负位相, 特别是 12 月份, AO 负值接近 -2, 这也是引起我国大部分地区气温偏低的主要背景因素之一。

7. 结论与讨论

2012/2013 年北半球大部出现低温多雪的异常天气, 我国来讲, 东北地区尤为显著, 经初步探讨发现, 该年冬季 500 hPa 引导层上东亚大槽较常年加深并偏西发展, 冬季极地海冰, 尤其是新地岛以西的洋面上海冰锐减, 这一结果对于极地低压明显减弱起到正面贡献, 迫使极涡中心南移, 极涡较常年增大, 导致锋区位置比平均情况偏南, 寒潮活动多而强烈。并且该年冬季 AO 指数一直持续在负位相, 呈现出一定的 La Nina 年特征, 易造成东北地区的持续低温。850 hPa 有异常的偏东气流, 给东北地区带来了一定的水汽资源, 为东北地区提供了较充沛的能量, 给频繁的降雪过程创造了有利条件。本文只是初步对 2012/2013 年冬季东北地区的环流背景做出分析, 但对于其深层的原因仍然有待于进一步探讨, 尤其是近几年来东北持续冷冬的成因是值得思考的问题。

参考文献 (References)

- [1] 孙诚, 李建平 (2012) 2009/2010 年北半球冬季异常低温分析. *气候与环境研究*, **17**, 259-273.
- [2] 孙丞虎, 任福民, 周兵等 (2012) 2011/2012 年冬季我国异常低温特征及可能成因分析. *气象*, **38**, 884-889.
- [3] 郭其蕴 (1994) 东亚冬季风的变化与中国气温异常的关系. *应用气象学报*, **5**, 218-225.
- [4] 张恒德, 陆维松, 高守亨等 (2006) 北极涡活动对我国同期及后期气温的影响. *南京气象学院学报*, **29**, 507-516.
- [5] 周琳等 (1991) 东北气候. 气象出版社, 北京.
- [6] 孙照渤, 陈海山, 谭桂容等 (2010) 短期气候预测基础. 气象出版社, 北京.

- [7] 朱乾根, 林锦瑞, 寿绍文等 (2007) 天气学原理与方法. 气象出版社, 北京.
- [8] 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**, 781-788.
- [9] 何溪澄, 丁一汇, 何金海 (2008) 东亚冬季风对 ENSO 时间的相应特征. *大气科学*, **32**, 335-344.
- [10] 布和朝鲁, 纪立人 (1999) 东亚冬季风活动异常与热带太平洋海温异常. *科学通报*, **44**, 252-259.
- [11] 陈寅生, 陈隆勋 (1994) 北极冰盖对我国气温和降水的影响. *南京气象学院学报*, **17**, 51-57.
- [12] 陈文, 黄荣辉 (2005) 北半球冬季准定常行星波的三维传播及其年际变化. *大气科学*, **29**, 137-146.