

孙丞虎,任福民,周兵,等. 2011/2012 年冬季我国异常低温特征及可能成因分析[J]. 气象,2012,38(7):884-889.

2011/2012 年冬季我国异常低温特征 及可能成因分析^{* 1}

孙丞虎¹ 任福民¹ 周 兵¹ 龚志强¹ 左金清² 郭艳君¹

1 国家气候中心,北京 100081
2 中国气象科学研究院,北京 100081

提 要: 2011/2012 年冬季,我国大部气温异常偏低,全国平均气温仅有一4.8℃,为 1986 年以来最低值,同时我国内蒙古、新疆、西藏和陕西一些地区日最低气温均突破历史极值。本文利用 1951—2010 年的中国台站气温资料及 NCEP 再分析资料对冬季气温异常偏低的原因分析后表明,2011/2012 年东亚冬季风异常偏强造成了我国气温大范围异常偏低。异常偏强的东亚冬季风环流系统也表现为:对流层底层西伯利亚地区为异常冷高压控制,对流层中高层从乌拉尔山到贝加尔湖地区上空阻塞异常偏强,东亚大槽异常偏深。进一步的分析表明,2011 年冬季时期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。

关键词: 冬季低温, 冬季风, 拉尼娜

Features and Possible Causes for the Low Temperature in Winter 2011/2012

SUN Chenghu¹ REN Fumin¹ ZHOU Bing¹ GONG Zhiqiang¹
ZUO Jinqing² GUO Yanjun¹

1 National Climate Centre, Beijing 100081
2 Chinese Academy of Meteorological Sciences, Beijing 100081

Abstract: During the winter (December 2011—February 2012), the surface air temperatures were below normal in most China, and the mean temperature in China was -4.8°C , being the coldest winter since 1986. The extreme low temperature climate events were prevailed in China such as the extremes of daily temperature drop (DTD), which were observed in Inner Mongolia, Xinjiang, Xizang and Shaanxi. The possible cause for the extreme low temperatures in China was investigated by using the conventional observational temperatures and NCEP reanalysis datasets. The results have shown that the strong East Asian winter monsoon might be responsible for occurrence of extreme low temperatures, with dominating of anomalous cold high pressure system over the Siberian Plain, persistence of blocking system over the Ural Mountains and Baikal Lake, and deeper than normal East Asian major trough. Further analysis shows that La Nina might cause the abnormally stronger East Asian winter monsoon.

Key words: low temperature, winter monsoon, La Nina

^{*} 973 项目(2012CB955901,2010CB950501 和 2010CB950404)及科技支撑项目(2009BAC51B05 和 2007BAC29B04)共同资助
2012 年 4 月 24 日收稿; 2012 年 5 月 12 日收修定稿
第一作者: 孙丞虎,主要从事气候监测预测研究. Email:sunch@ema.gov.cn

引 言

我国处于东亚季风区,东亚冬季风是北半球冬季最为活跃的环流系统之一。我国冬季气候异常受到东亚冬季风系统的强烈影响,强东亚冬季风不仅给东亚带来寒潮低温冷害、冰冻雨雪等灾害性天气,也与中国北方春季沙尘天气、夏季的洪涝灾害天气存在一定关系,甚至会对全球气候产生重要影响^[1-8]。

2011/2012 年冬季(2011 年 12 月至 2012 年 2 月),国家气候中心监测表明我国大部气温异常偏低,全国平均气温为 -4.8°C ,比常年同期偏低 1.0°C ,为近 27 年来最低。在此背景下出现了多种不同的天气气候事件,主要为南方发生大范围持续低温阴雨(雪)天气;东北及内蒙古等部分地区出现阶段性极端低温;新疆、青海、甘肃、浙江、湖南、西藏等地遭受雪灾;东北地区持续干冷天气,降水量、降水日数异常偏少。这些现象,使得我国 2011/2012 年冬季主要表现为以低温、冷害频发为主的突出特征。那么上述事件的出现,与冬季风活动有着怎样的联系? 2011/2012 年冬季风环流背景是否反映了冬季风活动的主要特征? 此外,去年秋季以来始终持续的 La Nina 事件是否影响了冬季风异常,进而导致我国冬季气温的异常偏低? 本文将针对上述问题加以分析,并试图给出初步的解释。

1 资料和方法

本文使用的主要资料包括:国家气象信息中心提供的 1951 年以来的中国 673 站温度资料。1948 年以来的 NCEP 再分析资料和美国 NOAA 提供的 ERSST v3 月平均海温资料^[9-10]。此外,为了分析影响我国冬季气温及东亚冬季风强度的可能原因,还使用了线性相关分析方法。此外,本文还计算了东亚冬季风指数^[11]和东亚急流指数^[12],具体定义如下。

东亚冬季风指数定义为:

$$I_{\text{EAWM}} = U_{500}(25^{\circ} \sim 35^{\circ}\text{N}, 80^{\circ} \sim 120^{\circ}\text{E}) - U_{500}(50^{\circ} \sim 60^{\circ}\text{N}, 80^{\circ} \sim 120^{\circ}\text{E})$$

东亚急流指数定义为:

$$I_{\text{EASJ}} = U_{200}(30^{\circ} \sim 35^{\circ}\text{N}, 130^{\circ} \sim 160^{\circ}\text{E})$$

2 2011/2012 年我国冬季气温及极端特征

2.1 2011/2012 年冬季气温异常特征

2011/2012 年冬季,全国平均气温为 -4.8°C (图 1),较常年同期(-3.8°C)偏低 1.0°C ,为 1986 年以来最低值。与常年同期相比,除青藏高原大部 and 云南气温偏高,其中西藏中北部、青海南部、云南中北部和四川西部局部偏高 $1 \sim 2^{\circ}\text{C}$ 外(图 2),全国其余地区气温普遍偏低,其中东北地区、华北北部、西北大部、西南地区东部、华中、华南和华东地区西部偏低 1°C 以上,内蒙古局部地区偏低超过 4°C 。

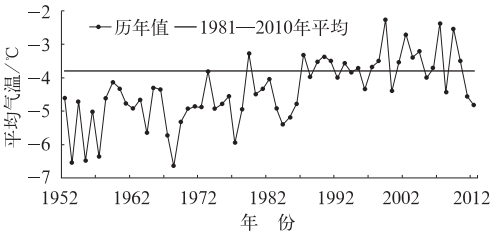


图 1 1951—2012 年冬季全国平均气温(单位: $^{\circ}\text{C}$)历年变化

Fig. 1 Variation of seasonal surface temperature for China in DJF during 1951—2012 (unit: $^{\circ}\text{C}$)

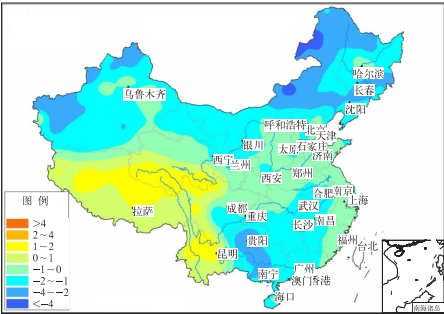


图 2 2011/2012 年冬季全国平均气温距平(单位: $^{\circ}\text{C}$)分布

Fig. 2 Surface winter temperature anomalies of China in DJF 2011/2012 (unit: $^{\circ}\text{C}$)

2.2 2011/2012 年冬季极端低温特征

2011/2012 年冬季,我国还出现了极端低温和极端连续无降水日数事件。其中,全国共 41 站出现

极端低温事件,主要分布在新疆、西藏、甘肃、陕西、山西、内蒙古和湖南等省(区),其中内蒙古满洲里(−44.9℃)、新疆轮台(−25.6℃)、西藏贡嘎(−17.0℃)、陕西宁陕(−16.9℃)4站日最低气温突破历史极值(图3)。

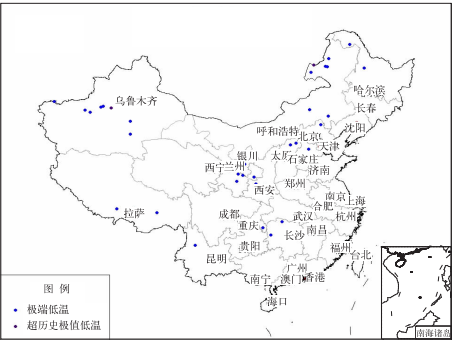


图 3 2011/2012 年冬季全国
极端低温事件站点分布

Fig. 3 Station distribution for extreme
daily low temperature in DJF 2011/2012

3 2011/2012 年冬季大尺度环流及海温异常特征

3.1 大尺度环流特征

在分析 2011/2012 年冬季我国大范围气温偏低产生的可能原因以前,我们首先分析了冬季大尺度环流的特征。图 4a 和 4b 给出了对流层 500 和 1000 hPa 高度距平场的特征。在 500 hPa,北半球欧亚中高纬地区,自北大西洋沿副极地波导,西向东维持着一支呈现“+ - + -”异常分布的波列。受此异常波列的影响,大西洋地区、乌拉尔山及西伯利亚地区高度场异常偏高,东亚大槽明显偏深。这样的环流形势,有利于来自中高纬地区的冷空气南下影响东亚东部地区^[5-6]。在对流层低层 1000 hPa,在欧亚地区环流异常的结构与 500 hPa 高层十分类似,反映了冬季平均异常环流具有明显的相当正压

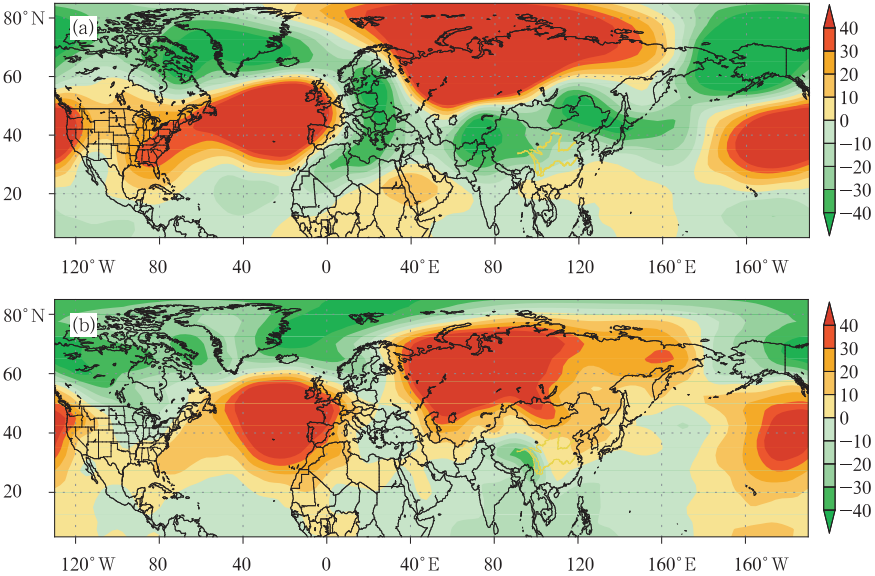


图 4 2011/2012 年冬季 500(a)和 1000 hPa(b) 高度距平场(单位: dagpm)
Fig. 4 The 500 hPa (a) and 1000 hPa (b) geopotential height anomalies
in DJF 2011/2012 (unit: dagpm)

结构、稳定性强的特点。

分析冬季 850 hPa 风场异常的特征,发现我国东部地区始终处于来自西伯利亚地区南下的异常偏北风的控制下,表明我国东部地区大部受到来自中高纬度地区冷平流的影响(图 5)。此外,东亚冬季风指数^[9](即 I_{EAWM})的计算结果也表明,2011/2012

年为异常偏强的冬季风年,其强度指数可达 2.5 个标准差(图 6)。

3.2 全球海温异常分布特征

图 7 给出 2011/2012 年冬季海表温度异常的分布状况。可以看出,赤道中东太平洋大部为低于

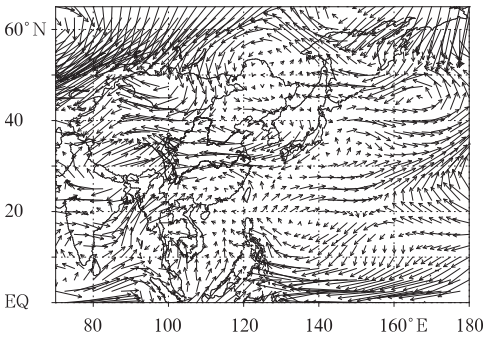


图 5 2011/2012 年冬季 850 hPa
风场距平(单位: $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$)
Fig. 5 The 850 hPa wind anomalies
in DJF 2011/2012 (unit: $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$)

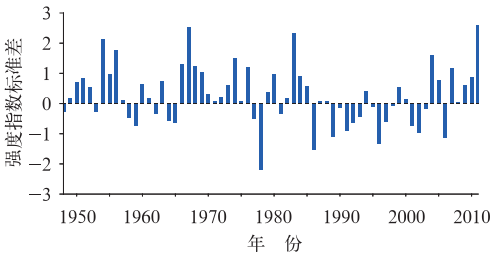


图 6 1948—2011 年东亚冬季风指数演变
Fig. 6 Variation of East Asian winter
monsoon index during 1948—2011

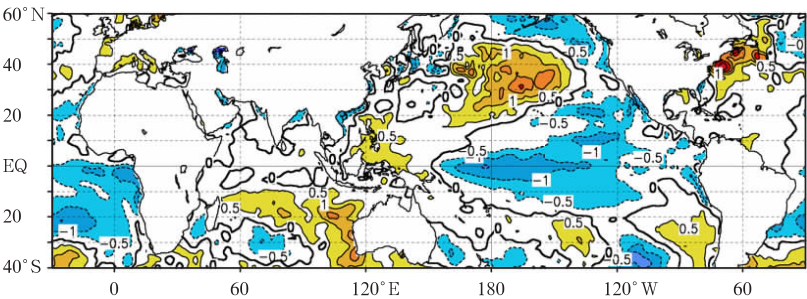


图 7 2011/2012 年冬季全球海表温度距平(单位: $^{\circ}\text{C}$)分布
Fig. 7 Global sea surface temperature anomalies (unit: $^{\circ}\text{C}$)
in DJF 2011/2012

4 东亚季风偏强的可能原因

有研究指出,东亚冬季风活动主要与海陆纬向热力差异的变化有关,并且东亚冬季风活动与西伯利亚冷高压和阿留申低压等有密切联系。当西伯利亚高压前沿的强东北气流向南入侵时,就会出现大规模的寒潮爆发和冷涌过程,造成中国东部地面气温的异常偏低^[3,6]。图 8 给出了 1951—2010 年间东亚冬季风指数和我国地面气温的相关分布。从中不难发现,当东亚季风异常偏强时,我国东部大部分地区气温异常偏低,这一特征与 2011/2012 年冬季气温异常的分布特征基本一致。

此外,进一步计算东亚冬季风指数与 H_{500} 及 H_{1000} 的相关分布后表明:当东亚季风偏强时,在对流层中高层 500 hPa,自乌拉尔山地区至西伯利亚地区上空高度场异常偏高,东亚大槽异常偏深;而在对流层底层 1000 hPa,西伯利亚高压则表现出异常偏强的特点(图 9)。上述特征与今年冬季高低空环流的特征十分相似,反映出有利于欧亚中高纬冷空

气频繁南下的环流特点。并且,从冷海温中心的位置看,其中心位于日界线附近地区,表现为中中型 La Nina 事件的部分特征。

前期研究结果表明^[11-14],在影响东亚冬季风强度的诸多因素中,La Nina 可能是一个重要的因素。国家气候中心的监测表明(见图 7),2011/2012 年冬季,赤道中东太平洋地区基本维持 La Nina 状态,其

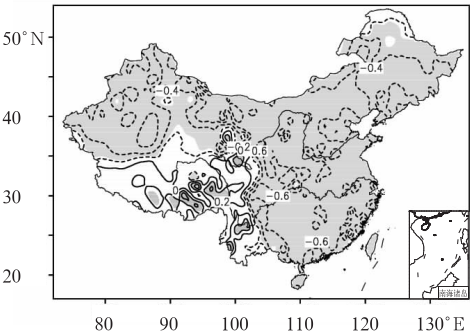


图 8 1951—2010 年东亚冬季风指数
与中国冬季气温的相关分布
(阴影区为超过 95% 显著性水平检验区域)
Fig. 8 Correlation of East Asia winter
monsoon index and winter surface
temperature during 1951—2010
(Values significantly exceeding the 95%
confidence degree of test are shaded)

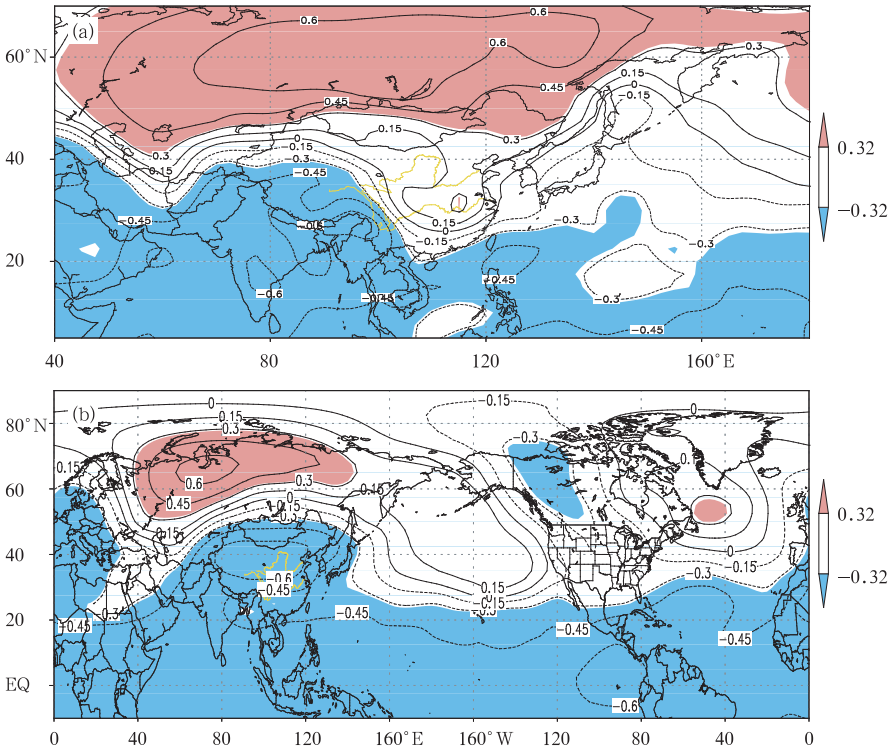


图 9 1951—2010 年东亚冬季风指数与冬季 1000(a)及 500 hPa (b)高度场的相关分布
(阴影区为超过 95%显著性水平检验区域)

Fig. 9 Correlation of East Asian winter monsoon index and (a) H_{1000} , (b) H_{500} during 1951—2010
(Values significantly exceeding the 95% confidence degree of test are shaded)

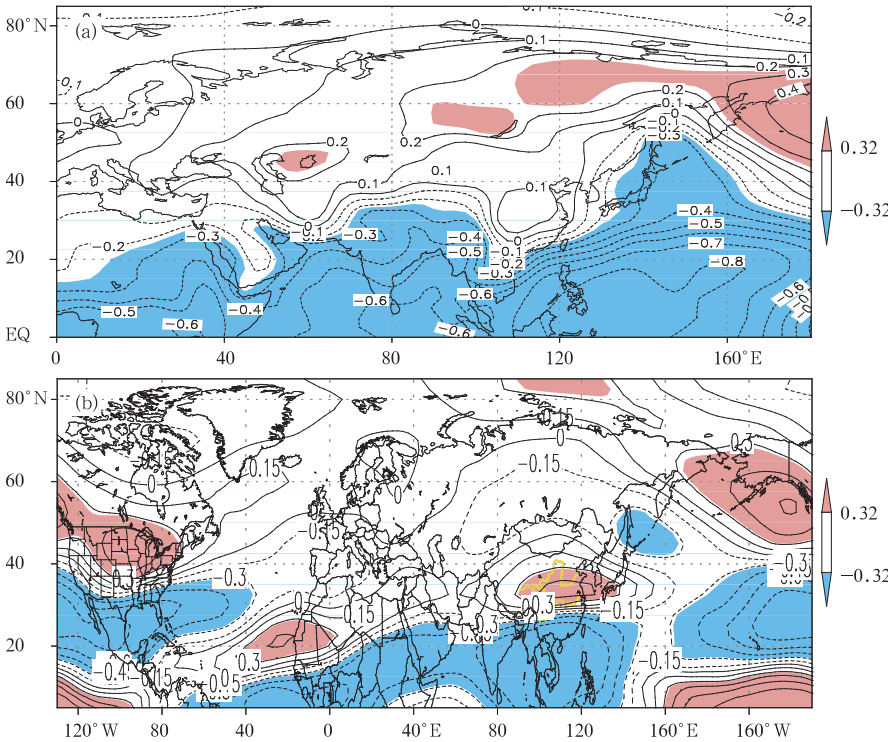


图 10 1951—2010 年冬季 Nino 3.4 指数与 1000 hPa 高度场(a)和
200 hPa 纬向风(b)的相关(相关系数取反号)分布
(阴影区为超过 95%显著性检验区域)

Fig. 10 Correlation of DJF negative Nino 3.4 with (a) H_{1000} and (b) U_{200} during 1951—2010
(Values significantly exceeding the 95% confidence degree test are shaded)

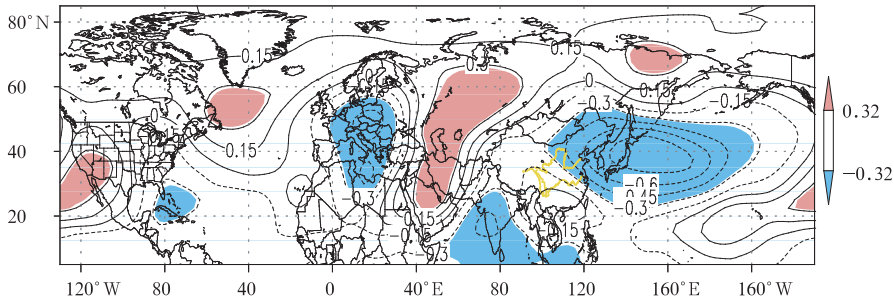


图 11 1951—2010 年冬季东亚急流指数与 500 hPa 高度场的相关分布
(阴影区为超过 95% 显著性检验区域)

Fig. 11 Correlation of DJF East Asian jet stream index with H_{500} during 1951—2010
(Values significantly exceeding the 95% confidence degree of test are shaded)

冷海温异常中心强度可达 -1°C 以上。那么,La Nina 事件如何影响东亚冬季风异常偏强呢? 鉴于本次 La Nina 事件在冬季成熟期时,最大冷中心出现在赤道中太平洋 Nino 3.4 区附近的特点。本文首先计算了 Nino 3.4 区海温指数与 1000 hPa 高度场的相关分布。从图 10a 中不难发现,当 La Nina 事件出现时,北太平洋地区气压异常偏低,而东亚大陆西伯利亚地区上空气压异常偏高。这样“大陆高海洋低”的纬向气压梯度,显然也有利于东亚大陆异常北风的出现。此外,我们进一步计算 Nino 3.4 海温指数与 200 hPa 纬向风的相关分布后表明,La Nina 事件的出现有利于东亚急流偏强(图 10b),而偏强的东亚急流则会造成东亚大槽异常偏深(图 11),有利于引导冷空气的频繁南下,从而造成我国东部地区气温异常偏低。

5 小 结

(1) 2011/2012 年冬季,我国气候主要气温异常偏低: 全国平均气温 -4.8°C ,较常年同期(-3.8°C)偏低 1.0°C ,为 1986 年以来最低值;此外,内蒙古、新疆、西藏和陕西一些地区日最低气温突破历史极值。

(2) 2011/2012 年东亚冬季风异常偏强是造成气温大范围异常偏低的一个主要原因。2011/2012 年强冬季风系统对应的典型高低空环流特征表现为: 对流层低层西伯利亚地区为异常冷高压控制,在对流层中高层从乌拉尔山到贝加尔湖地区上空阻塞异常偏强,东亚大槽异常偏深。

(3) 2011/2012 年冬季,赤道中东太平洋地区出现 La Nina 事件,可能是造成上述环流异常的原因之一。

参考文献

- [1] 陈隽,孙淑清. 东亚冬季风异常与全球大气环流变化 I. 强弱冬季风影响的对比研究[J]. 大气科学,1999,23(1):101-111.
- [2] Huang Ronghui, Chen Wen, Yan Bangliang, et al. Recent advances in studies of the interaction between the East Asian winter and summer monsoon and ENSO cycle[J]. Adv Atmos Sci,2004,21(3):407-424.
- [3] 郭其蕴. 东亚冬季风的变化与中国气温异常的关系[J]. 应用气象学报,1994,5(2):218-224.
- [4] 李崇银. 东亚冬季风异常与 ENSO[M]. // 李崇银. 气候变化若干问题研究. 北京: 科学出版社,1992,87-97.
- [5] 陈隆勋,朱乾根,罗会帮,等. 东亚季风[M]. 北京: 气象出版社,1991:21-24.
- [6] 高辉. 东亚冬季风指数及其对东亚大气环流异常的表现[J]. 气象学报,2007,65(2):272-279.
- [7] 高辉,陈丽娟,贾小龙,等. 2008 年 1 月我国大范围低温雨雪冰冻灾害分析[J]. 气象,2008,34(4):101-106.
- [8] 刘震坤. 蒙古气旋肆虐北方 南方持续低温阴雨[J]. 气象,2000,26(6):58-61.
- [9] Kalnay E, Kanamitsu M, Kistler R, et al. The NCEP/NCAR 40-year reanalysis project[J]. Bull Amer Meteor Soc,1996,77(3):437-471.
- [10] Smith T M, Reynolds R W, Peterson T C, et al. Improvements to NOAA's historical merged land-ocean surface temperature analysis (1880—2006)[J]. J Climate,2008,21(10):2283-2296.
- [11] 朱艳峰. 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[J]. 气象学报,2008,66(5):781-788.
- [12] Yang S, Lau K M, Kim K M. Variations of the East Asian jet stream and Asian-Pacific-American winter climate anomalies[J]. J Climate,2002,15(3):306-324.
- [13] 何溪澄,丁一汇,何金海. 东亚冬季风对 ENSO 事件的响应特征[J]. 大气科学,2008,32(2):335-344.
- [14] 布和朝鲁,纪立人. 东亚冬季风活动异常与热带太平洋海温异常[J]. 科学通报,1999,44(3):252-259.
- [15] 龙振夏,李崇银. ENSO 对其后东亚季风活动影响的 GCM 模拟研究[J]. 气象学报,1999,57(6):651-661.
- [16] 雷永芸,吴洪宝. 东亚冬季风异常的空间结构及与海陆热力差异的联系[J]. 南京气象学院学报,2002,25(2):145-152.