

Analyses of the Winter Air Temperature in Eastern China and the Sea-Level Pressure Anomaly*

Shaoyong Chen^{1,2}, Xiaofen Zhang², Junhong Zhang², Jinsong Wang¹

¹Institute of Arid Meteorology, CMA, Lanzhou, Key Laboratory of Arid Climatic Changing and Reducing Disaster of Gansu, Key Laboratory of Arid Climatic Changing and Reducing Disaster of CMA, Lanzhou

²Meteorological Bureau of Baiyin, Baiyin
Email: csy505@tom.com

Received: Mar. 18th, 2012; revised: Mar. 29th, 2012; accepted: Apr. 7th, 2012

Abstract: Using composite, correlation analysis and EOF method, the author analyzed the relationship between the winter air temperature changes anomaly in eastern China and sea-level pressure anomalies (SLP). The main results are as follows: 1) The east China winter temperature change uniformity is high; 2) Warm winter and cold winter sea level field of pressure synthesis analysis difference mainly in three regions: High latitude Eurasia negative (positive) anomalous, Qinghai-Tibet Plain (negative) anomalous and middle latitude Pacific Ocean (negative) anomalous, the corresponding winter temperature is exceptionally high (lowly); 3) Correlation analysis is consistent with the synthesis analysis result, formerly a year in December-same year February high correlation area mainly distributed in the eastern hemisphere three regions: The Siberia inverse correlation area, the Qinghai-Tibet Plain and the middle latitude Pacific Ocean are being connected the area, the correlation coefficient reaches above 0.3, Expands from December to the February high related area, the correlative value increases. Insufficiently is stable also the duration with other region correlation is short, the correlation coefficient is small; 4) Use correlation central point SLP sequence structure winter monsoon intensity index. In the year border change and the age border change aspect, the winter monsoon and the temperature all display the quite good relevance; Has eliminated Yunnan's partial place, the east China other all region winter temperature and the winter monsoon index assumes the remarkable inverse correlation, the winter monsoon strong (weak), then the temperature reduces (ascension).

Keywords: Winter Temperature Anomaly; EOF; Sea-Level Pressure Anomaly; Composite Analysis; Winter Monsoon

中国东部冬季气温与海平面气压异常的关系*

陈少勇^{1,2}, 张晓芬², 张俊红², 王劲松¹

¹中国气象局兰州干旱气象研究所, 甘肃省干旱气候变化与减灾重点实验室, 中国气象局干旱气候变化与减灾重点开放实验室, 兰州

²白银市气象局, 白银
Email: csy505@tom.com

收稿日期: 2012年3月18日; 修回日期: 2012年3月29日; 录用日期: 2012年4月7日

摘要: 采用合成分析、相关分析、EOF方法, 分析了我国东部气温与海平面气压异常变化的关系。结果表明: 1) 我国东部冬季气温变化的一致性较高; 2) 暖冬年和冷冬年海平面气压场合成分析的差异主要在三个区域: 中高纬欧亚大陆负(正)距平、青藏高原正(负)距平和中纬度太平洋正(负)距平, 对应冬季气温异常偏高(低); 3) 相关分析与合成分析的结果一致, 从前一年12月~当年2月高相关区主要分布在东半球的三个区域: 西伯利亚负相关区, 青藏高原和中纬度太平洋正相关区, 相关系数达0.3以上, 从12月~2月高相关区扩大, 相关值增大。与其它区域相关不够稳定且持续时间短, 相关系数小; 4) 使用相关中心点的SLP序列构造了冬季风强度指数。在年际变化和年代际变化方面, 冬季风与气温都表现出相当好的相关性; 除过云南的局部地方, 我国东部其余所有区域的冬季气温与冬季风指数呈显著的负相关, 冬季风强(弱), 则气温降低(升高)。

*资助信息: 国家自然科学基金(40975054)资助。

关键词: 气温异常; EOF; 海平面气压异常; 合成分析; 冬季风

1. 引言

海平面气压场上的大气活动中心由于其稳定持久、尺度巨大, 它们的存在与演变对周围的天气气候变化有显著的影响, 如朱乾根等^[1]分析了近 110 年北半球冬季 6 个大气活动中心与中国气候的关系, 指出西伯利亚高压与中国冬季温度存在明显负相关, 用西伯利亚高压能较好地解释几十年来中国冬季气温变化特征。张黎红等^[2]研究了大连地区冷暖冬大气环流特征, 认为极锋急流、极涡、乌山脊、东亚大槽及蒙古高压是影响大连冬季气温异常的关键系统。唐国利等^[3]认为, 南京温度变化的原因是大气环流系统的变异和调整的结果。李勇等^[4]应用偏相关分析方法得出影响我国冬季温度的气候因子, 在年际尺度上, 西太平洋遥相关型(WP)和西伯利亚高压都对温度有显著影响, WP 的影响主要存在于中国东部从东北南部至广东沿海一带大陆边缘区, 而西伯利亚高压的影响范围则大得多, 几乎涵盖了除黄河长江上游部分地区外的整个中国。龚道溢等^[5]用冬季(1~3 月)70°~120°E, 40°~60°N 区域平均海平面气压值代表西伯利亚高压强度, 分析指出, 西伯利亚高压是冬季影响亚洲大陆地区的重要环流因子, 从 1922 年~1970 年代中期, 西伯利亚高压略有增强趋势, 但并不显著。但近 20 多年来的显著减弱非常突出。西伯利亚高压对中高纬亚洲大陆平均(30°~140°E, 30°~70°N)温度和降水都有显著影响, 与两个要素的相关系数分别达到-0.58 和-0.44。如果同时考虑其他的影响因子(如北极涛动、欧亚遥相关型等), 72%的温度变化及 26%的降水变化能得到解释。其中北极涛动对亚洲大陆的温度贡献最高达到 30%, 西伯利亚高压的贡献为 24%。而区域平均降水变化的 9.8%与西伯利亚高压有关; 龚道溢等^[6]认为北极涛动(AO)和西伯利亚高压对我国冬季气候的影响在年际和年代际尺度上有不同的特征, 在年际尺度上西伯利亚高压对我国气温的影响要远强于 AO, 而 AO 对我国降水的影响则比西伯利亚高压的影响要显著。

上述研究, 大都侧重于蒙古高压的影响, 然而, 大气活动对地面气温的影响是比较复杂的, 当大气环

流系统变异和调整时, 蒙古高压、阿留申低压及其周围的气压系统都要发生变化, 这些气压系统的变化对地面气温都有一定程度的影响。因此, 在前人研究的基础上, 我们进一步分析中国东部冬季气温与北半球海平面气压异常的关系, 分析大气活动中心对气温的综合影响, 构造冬季风指数, 分析冬季风年际和年代际变化及对东部冬季气温的区域影响。对于全面认识冬季气温变化的影响因子及其预测, 具有重要的理论意义。

2. 资料与方法

本文所用资料为中国气象局气象信息中心整编的中国东部季风区(99.2°E~135°E, 20°N~49.4°N, 不含台湾及南海诸岛)375 个气象站 1960~2004 年逐年实测地面月平均气温资料和 NCEP/NCAR1951 年 1 月~2006 年 12 月北半球逐月海平面气压(SLP)格点资料, 网格距 2.5° × 2.5°。

使用 EOF 方法提取冬季气温场的第一主成分(PC1)序列, LV1 全区皆为正载荷值, 对应的 PC1 时间序列曲线上的峰(谷)值是偏暖(偏冷)年。其中 1999、2002、1979、2004、1987 年依次是过去 46 年中全区性的前 5 个偏暖年, 平均偏高 1.5°C; 而 1968、1977、1984、1967、1964 年依次是过去 46 年中全区性的前 5 个偏冷年, 平均偏低-1.7°C, 因此可把这些偏暖、偏冷年称为暖冬年和冷冬年。

用以上 5 个暖冬年和 5 个冷冬年同期海平面气压距平做合成分析。

用 PC1 与前期至同期 SLP 计算相关系数, 以相关中心或差值中心的 SLP 格点标准化值与东部冬季平均气温序列构造冬季风指数, 分析冬季风对冬季气温的区域影响。

3. 中国东部冷暖冬年海平面气压的差异

图 1 分别给出了 5 个暖冬年和 5 个冷冬年同期海平面气压距平合成图。由图可见, 暖冬年和冷冬年在海平面气压场上的差异主要在三个区域: 中高纬欧亚大陆负(正)距平、青藏高原正(负)距平和 中纬度太平洋正(负)距平对应东部冬季气温偏高(低)。

中国东部冬季气温与海平面气压异常的关系

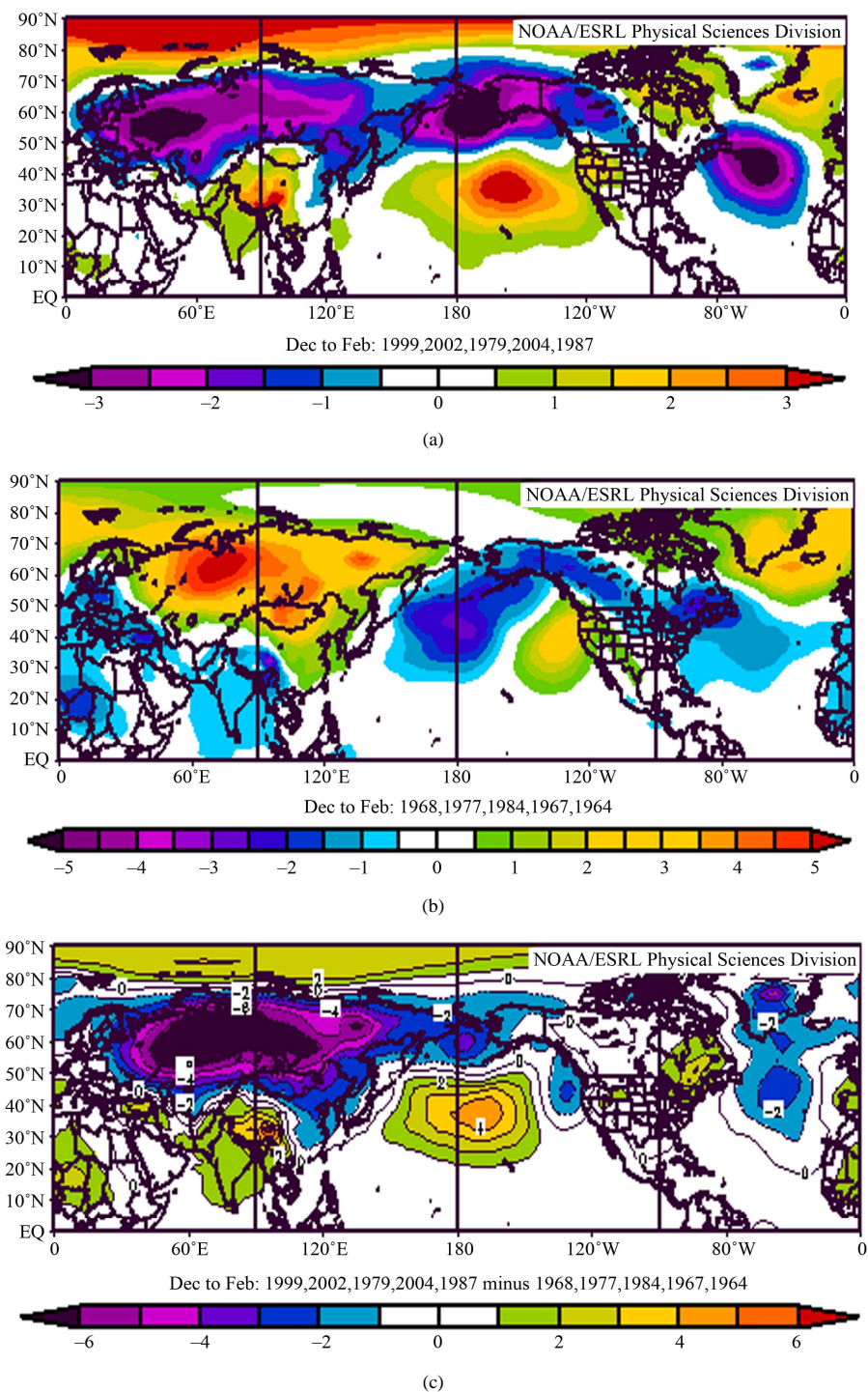


Figure 1. Composit of the Northern Hemisphere sea-level pressure anomaly in five warm years (a), and cool years (b), and its differences (c) in winter of east area in China

图 1. 中国东部 5 个暖冬年(a)、5 个冷冬年(b)的海平面气压距平和差值(c)合成

常年冬季中高纬欧亚大陆为强大的蒙古高压控制，它的强弱直接决定着侵入我国冷空气的强弱，暖(冷)冬年的负(正)距平表明蒙古高压弱(强)，不(有)利于冷空气南下，因而造成气温升高(降低)；在太平洋

中北部常年冬季是阿留申低压，中心位于 50°N 左右，暖冬年在低压南部有明显的正距平，冷冬年低压区为负距平，暖冬年与冷冬年气压差值中心在 30°N~40°N 之间，位于阿留申低压底部，表明阿留申低压中心暖

冬年北缩，冷冬年南伸；多年平均图上，在蒙古高压南缘的青藏高原是一个低气压，与蒙古高压相比，范围甚小，但确实存在。暖冬年正距平，低压减弱，冷冬年负距平，低压加深，暖冬年与冷冬年气压差值中心在 32°N, 95°E 附件，位于青藏高原东部。

4. 冬季气温与海平面气压的相关分析

对冬季平均气温场(前一年 12 月~当年 2 月)进行 EOF 分析，第一特征向量的方差贡献为 66%，说明冬季气温变化的一致性较高^[7]。因此，使用对应的第一主成分(PC1)序列就能够代表东部冬季气温的变化。为了进一步确定气压场对冬季气温的影响程度，用 PC1 与北半球前一年 1 月~当年 2 月逐月海平面气压距平(1960~2006 年)求点点相关，从相关图中可以看出(图略)，从前一年 12 月~当年 2 月高相关区主要分布在东半球的三个区域：西伯利亚负相关区，青藏高原和中纬度太平洋正相关区，相关系数达 0.3 以上，从 12 月~2 月高相关区扩大，相关值增大；与其它区域相关不够稳定且持续时间短，相关系数小。

图 2 是冬季气温与同期 SLP 的相关分布图。西伯利亚的负相关表现最突出，相关系数-0.4 的等值线包围了 50°N~70°N, 40°E~140°E 的广大区域，在贝加尔湖以西是一个-0.6 的大值中心，最高相关系数-0.75。

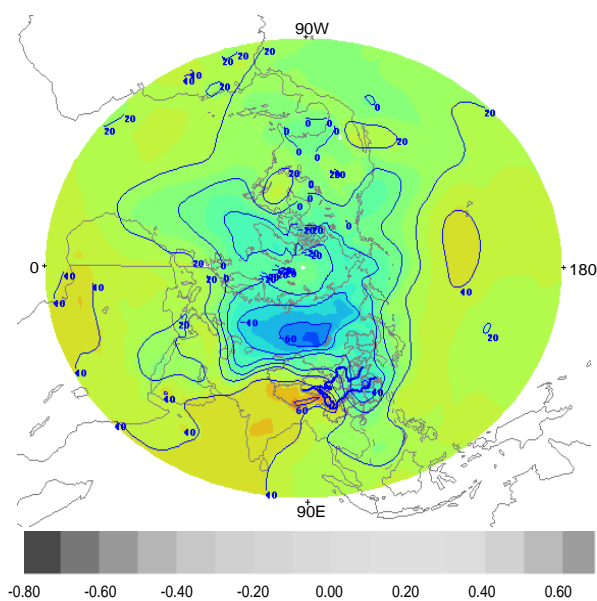


Figure 2. The correlation coefficients between the temperature of east area in China and the sea-level pressure of the Northern Hemisphere
图 2. 东部冬季气温与北半球海平面气压的相关系数

这一负相关区从东西伯利亚向南延伸到我国东部(0 线大致在 105°E)。而在青藏高原 - 印度半岛上为较强的正相关区，最高相关中心在青藏高原，相关值 0.65，太平洋上为弱的正相关区。这种相关分布表明，冬季强大的蒙古高压把西伯利亚的冷空气带到我国东部，蒙古高压越强(弱)，中国东部冬季气温越低(高)。

相关分析与合成分析的结果一致，充分验证了前面典型冷、暖冬年的选择是正确的，同时也进一步说明用点相关方法和合成分析方法共同确定的影响中国东部冬季气温的气压场区域是有统计意义的。

5. 冬季风强度与东部冬季气温的关系

为了进一步探讨气压场或气压系统对东部气温影响的区域性差异，根据以上分析可知，影响中国东部冬季气温的主要气压系统是蒙古高压，其次是西藏低压和阿留申低压。当蒙古气压升高(降低)，西藏气压和阿留申气压降低(升高)，则中国东部南北向气压梯度增大(减小)，偏北风加强(减弱)，导致气温下降(上升)。因而我们构造以下冬季风强度指数：

$$I_{eww} = 0.51m - 0.14t - 0.37g \quad (1)$$

其中 m 、 t 、 g 分别为三个相关中心蒙古(52.5°N, 100°E)、西藏(30°N, 95°E)、太平洋(25°N, 170°W)格点 SLP 序列的标准化值。用 m 、 t 、 g 与东部冬季平均气温回归得到(1)式，复相关系数高达-0.84。从(1)式的回归系数中可以看出，蒙古高压对冬季风的贡献居于首位，这与其他人的研究结果一致^[8-12]，其次分别是西藏和阿留申低压。由(1)式我们计算了 1961~2006 年逐年的 I_{eww} 值(表 1)。

分析表明 I_{eww} 能概括 85% 年份的气温异常，其中也包括历史上明显的暖冬年和冷冬年。由表 1 和图 3 可以看出两者无论在年际变化方面还是在年代际

Table 1. The winter monsoon intensity index in East China
表 1. 中国东部冬季风强度指数

年代	年份									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1960	-0.60	-0.82	-0.69	-1.30	-0.16	0.27	-1.30	-1.75	-1.51	
1970	-0.79	-0.66	-0.16	0.67	-0.52	-0.25	-0.32	-0.84	0.31	1.77
1980	-0.30	-0.51	-0.02	0.66	-1.00	-0.73	-0.46	1.61	0.56	0.43
1990	0.78	0.38	0.68	0.67	0.88	0.21	-0.29	1.17	1.17	1.14
2000	0.04	0.47	0.73	0.73	0.65	-0.61	-0.43			

中国东部冬季气温与海平面气压异常的关系

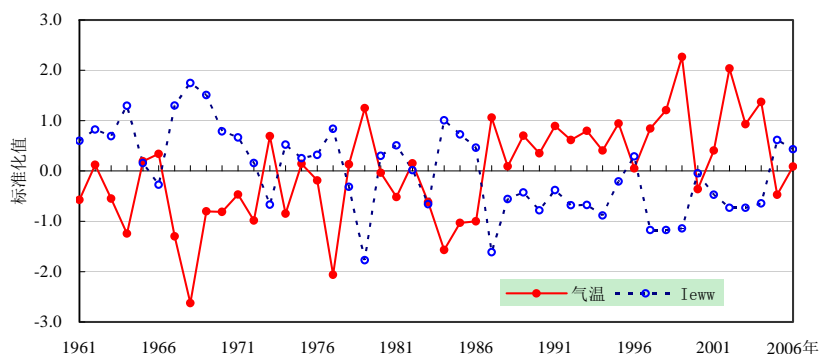


Figure 3. The interannual variation of winter air temperature (solid line) and I_{eww} (dashed line) over east area in China
图 3. 中国东部冬季平均气温(实线)和 I_{eww} (虚线)随时间的变化

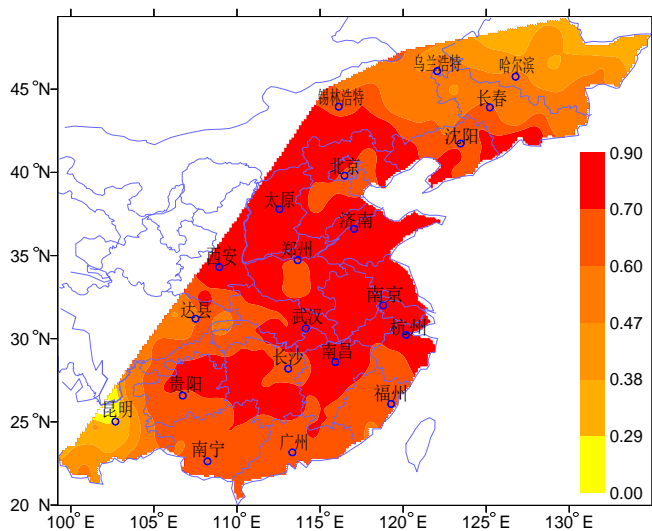


Figure 4. The correlation coefficients between the temperature of east area in China and the I_{eww}
图 4. 中国东部冬季风指数 I_{eww} 与气温的相关系数分布

变化方面都表现出相当好的相关性，气温随 I_{eww} 增大而降低。1960 年代~1980 年代初期冬季风强，对应冬季气温偏低，而 1980 年代中期以来冬季风偏弱，则冬季气温偏高。

图 4 绘制了 I_{eww} 与东部 375 站冬季气温的相关系数分布。从图 4 可以清楚地看到，除过云南的局部地方，中国东部其余所有区域的冬季气温与冬季风指数 I_{eww} 呈显著的负相关($r_{0.05} = 0.29$)，除过黑龙江大部、云南大部以外的其余所有区域的冬季气温与 I_{eww} 呈极显著的负相关($r_{0.001} = 0.47$)。从黄土高原东部 - 华北平原，从云贵高原东部 - 长江中下游平原的区域是高相关中心区，包括了陕西、河南、河北、山西、山东、内蒙东南部、辽宁南部、吉林南部、贵州东部、湖南、湖北、江西、浙江、江苏、安徽等省，相关系数在 0.70 以上，可以认为这些地方冬季气温的异常变化是直接

受冬季风影响的结果。

6. 小结和讨论

通过分析中国东部冬季气温与北半球海平面气压的关系，我们可以得到以下主要结论：

1) 对东部冬季平均气温场进行 EOF 分析，第一特征向量的方差贡献为 66%，因此，中国东部冬季气温变化的一致性较高，对应的 PC1 时间序列曲线上的峰(谷)值点是偏暖(偏冷)年。其中 1999、2002、1979、2004、1987 年依次是过去 46 年中全区性的前 5 个偏暖年，平均偏高 1.5℃；而 1968、1977、1984、1967、1964 年依次是过去 46 年中全区性的前 5 个偏冷年，平均偏低 -1.7℃，因此可把这些偏暖、偏冷年称为暖冬年和冷冬年。

2) 暖冬年和冷冬年海平面气压场合成分析的差

异主要在三个区域：中高纬欧亚大陆负(正)距平、青藏高原正(负)距平和中纬度太平洋正(负)距平对应东部冬季气温偏高(低)。

3) 相关分析与合成分析的结果一致，从前一年12月~当年2月高相关区主要分布在东半球的三个区域：西伯利亚负相关区，青藏高原和中纬度太平洋正相关区，相关系数达0.3以上，从12月~2月高相关区扩大，相关值增大。与其它区域相关不够稳定且持续时间短，相关系数小。

4) 用高相关中心点的SLP序列构造了冬季风强度指数。在年际变化和年代际变化方面，冬季风与气温都表现出相当好的相关性；除过云南的局部地方，中国东部其余所有区域的冬季气温与冬季风指数呈显著的负相关，冬季风强(弱)，则气温降低(升高)。

青藏高原地区海拔高度在3000 m以上，该地区SLP资料一般是用压高公式等方法订正得来，通过计算和分析，高原低压与蒙古高压的气压呈负相关，与阿留申低压呈正相关，即：蒙古高压加强，相邻的高原低压和阿留申低压加深，这符合大气波动的一般特征。故我们使用了这一地区的SLP资料，其合理性和代表性值得提出探讨。

参考文献 (References)

- [1] 朱乾根, 施能, 吴朝晖等. 近百年北半球冬季大气活动中心的长期变化及其与中国气候变化的关系[J]. 气象学报, 1997, 55(6): 750-758.
- [2] 张黎红, 王谦谦. 大连地区冷暖冬季大气环流特征分析[J]. 高原气象, 2005, 24(6): 1034-1039.
- [3] 唐国利, 丁一汇. 近44年南京温度变化的特征及其可能原因的分析[J]. 大气科学, 2006, 30(10): 56-68.
- [4] 李勇, 陆日宇, 何金海. 影响我国冬季温度的若干气候因子[J]. 大气科学, 2007, 31(3): 505-514.
- [5] 龚道溢, 朱锦红, 王绍武. 西伯利亚高压对亚洲大陆的气候影响分析[J]. 高原气象, 2002, 21(1): 8-14.
- [6] 龚道溢, 王绍武. 近百年北极涛动对中国冬季气候的影响[J]. 地理学报, 2003, 58(4): 559-568.
- [7] 陈少勇, 郭忠祥, 高蓉等. 中国东部季风区冬季气温的气候变化与异常研究[J]. 应用气象学报, 2009, 20(4): 478-485.
- [8] 龚道溢, 王绍武. 西伯利亚高压的长期变化及全球变暖可能影响的研究[J]. 地理学报, 1999, 54(2): 31-39.
- [9] 陈少勇, 夏权, 白登元等. 中国东部冬季气温异常的主模态与大气环流异常的关系分析[J]. 气象科学, 2010, 30(1): 27-33.
- [10] 何春, 何金海. 冬季北极涛动和华北冬季气温变化关系研究[J]. 南京气象学院学报, 2003, 26(1): 1-7.
- [11] 康丽华, 陈文, 魏科. 我国冬季气温年代际变化及其与大气环流异常变化的关系[J]. 气候与环境研究, 2006, 11(3): 633-642.
- [12] 申红艳, 丁裕国, 张捷. 华北冬季气温年代际变化及大气环流分析[J]. 气象科学, 2010, 30(3): 338-343.