

冬季北极涛动的影响分析

杨 辉¹ 李崇银^{1,2}

1 中国科学院大气物理研究所大气科学和地球流体力学国家重点实验室, 北京 100029

2 中国人民解放军理工大学气象学院, 南京 211101

摘 要 采用美国 NCEP/NCAR 月平均再分析资料、中国气象局 160 站地面月资料以及美国国家海洋和大气局月平均北极涛动 (AO) 指数, 研究了 1979~2008 年 12~2 月 AO 与该时期北半球大气环流和我国气候的关系。发现当 AO 异常时, 西风带和副热带的环流有很大的差别。当 AO 异常强时, 北太平洋是一对偶极性异常环流: 中高纬度为反气旋异常环流, 副热带为气旋异常环流。这种形势越到高层越明显, 范围也越大。对流层中高层中高纬度的反气旋异常环流西扩到贝加尔湖以东, 副热带的气旋异常环流西扩到中印半岛。由于这种异常分布, 西太平洋副热带高压偏弱, 东亚高空西风急流偏弱, 东亚大槽偏弱。乌拉尔山附近是负距平, 不利于乌拉尔山高压脊发展。在海平面气压场上, 北太平洋为正距平, 而在西伯利亚为负距平, 阿留申低压和西伯利亚高压偏弱, 因此东亚冬季风偏弱。由于冬季风偏弱, 导致我国东部、东北、新疆和内蒙古温度偏高。AO 异常弱时, 环流形势正好相反, 冬季风偏强, 我国温度偏低。AO 的异常也影响我国降水, AO 异常强时, 除内蒙古、新疆降水偏少外, 大部分地区降水偏多, 异常降水中心在华南沿海; 而当它异常弱时, 江南、华南、内蒙古和新疆降水偏多, 其他地区降水偏少, 异常降水中心位于江南。

2008 年 1 月 AO 活跃, 与 AO 强时平均情况一致, 两者在中纬度的东亚有非常好的相似性, 都为正距平, 表示东亚大槽偏弱; 北太平洋的偶极性异常环流在对流层中、上层也是明显的。最主要的差异在乌拉尔山和西太平洋地区, 由于造成 2008 年 1 月我国南方持续雨雪冰冻天气重要因素的西太平洋副热带高压、乌拉尔山阻塞高压和冬季风与 AO 偏强的平均情况相反, 因此 AO 不是造成持续雨雪冰冻天气的原因。

关键词 北极涛动 大气环流 气候 雨雪冰冻灾害

文章编号 1006-9585 (2008) 04-0395-10 **中图分类号** P732 **文献标识码** A

Influence of Arctic Oscillation on Temperature and Precipitation in Winter

YANG Hui¹ and LI Chong-Yin^{1,2}

1 *State Key Laboratory of Numerical Modeling for Atmospheric Sciences and Geophysical Fluid Dynamics, Institute of Atmospheric Physics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100029*

2 *Meteorological College, PLA University of Science and Technology, Nanjing 211101*

Abstract Using the NCEP/NCAR reanalysis data, monthly mean Arctic Oscillation (AO) index of National Oceanic and Atmospheric Administration, and the 160 station data of China Meteorological Administration from 1979—2008 Dec—Jan—Feb, the influence of AO on the circulation and temperature and precipitation in the corresponding period are studied. There exists a distinct difference in the flow patterns both in middle and lower latitudes between the positive and negative of AO. Associated with the positive AO, a pair of anomalous circulations occupies the North Pacific, which are an anticyclonic circulation anomaly in middle and high latitudes and an cyclonic circulation

收稿日期 2008-04-17 收到, 2008-05-18 收到修定稿

资助项目 中国科学院大气物理研究所创新基金领域前沿重点项目 IAP07120、国家重点基础研究发展规划项目 2004CB418303、国家自然科学基金资助项目 40875049 和上海台风所台风基金 2006STB01

作者简介 杨辉, 女, 1962 年出生, 副研究员, 主要从事气候变化的研究。E-mail: yanghui@mail.iap.ac.cn

anomaly in lower latitudes. This pattern is more obvious in upper levels than that in low levels. The anticyclonic circulation anomaly in middle and high latitudes extends to the east to Lake Baikal and the cyclonic circulation anomaly in lower latitudes extends to the Indo-Chinese peninsula. Because of the pattern, the subtropical high in the Western Pacific (WP), the East Asian upper westerly jet and the East Asian trough are all weaker. Negative anomalies exist over Ural areas, which is distinctly not favorable to the development of the Ural blocking high. In the sea level pressure, the Aleutian low is weaker with the positive anomalies in the North Pacific, and the Siberian high is also weaker with the negative anomalies in Siberia. So the weaker East Asian winter monsoon results in the higher temperature in East China, Northeast China, Xinjiang Uygur Autonomous Region (XUAR), Inner Mongolia Autonomous Region (IMAR). The circulations in the case of negative AO exhibit remarkable difference from WP, even out-of-phase to each other. Because of the stronger East Asian winter monsoon, the temperature in China is lower than normal. The AO influences the precipitation. When the AO index is positive, positive precipitation anomalies occur over China with centre over coastal South China, except XUAR and IMAR. When the AO index is negative, positive precipitation anomalies occur over South China, Sinkiang and Inner Mongolia with centre to the south of the Changjiang River.

The AO index is positive in January 2008. As the mean for the stronger AO, a pair of anomalous circulations is clear over the North Pacific and positive anomalies over the middle latitude of East Asia means weaker East Asian trough. But great differences between them exist over Siberia and the western Pacific. The Ural blocking high, the western Pacific subtropical high and the East Asian winter monsoon during January 2008 are quite different from that of the 25 cases mean for positive AO, which are the efficient cause of lasting disaster weather with cold air, freezing rain and snow. Thus AO is not related to the extreme weather in January 2008.

Key words Arctic Oscillation, circulation, climate, heavy snow and freezing rain

1 引言

2008 年 1 月中旬以来, 河南、湖北、安徽、江苏、湖南和江西西北部、浙江北部出现大到暴雪; 湖南、贵州、安徽南部和江西等地出现冻雨或冰冻天气。这次气象灾害具有范围广、强度大、持续时间长、灾害影响重的特点, 很多地区为 50 年一遇, 部分地区为百年一遇, 属历史罕见。对于这次极端天气气候事件的发生, 已有一些学者认为是由于 La Niña 事件维持较强状态、北极涛动 (AO) 异常活跃、北半球欧亚地区大气环流形势稳定少变、副热带和中高纬度地区的天气系统异常强大和稳定少动等原因, 有利于冷暖空气在中东部地区频繁交锋, 使得这一带持续出现大范围雨雪天气^[1]。1 月之前影响我国的冷空气相对来说明显偏弱, 次数不多, 温度偏高。但是到了 1 月大气环流发生了很大的变化, 更为重要的是异常环流形成了某种形式的配合^[2], 有利持续降水的发生。2008 年 1 月 AO 异常活跃, 中国南方这次极端天气气候事件的发生是否与 AO 有关? 本

文将进行初步分析。

Thompson 和 Wallace^[3] 发现北半球热带外 (20°N 以北) 海平面气压场的变化中最突出的模态是环状模态 (Annular Mode) 或 AO, 并认为它是北半球大气环流最基本的结构。值得注意的是, 越来越多的证据表明 AO 对北半球气候的变化具有重要而广泛的影响。例如 AO 对全球增暖^[4,5]、华北冬季气温^[6~9] 和夏季降水^[10,11] 的影响。研究还表明冬季北极涛动不仅影响北极和北大西洋区域气候变化, 并且可能影响冬季西伯利亚高压, 进而影响东亚冬季风^[12]。陈文和康丽华^[13] 提出的 AO 通过影响准定常行星波的活动而导致东亚气候异常的机理, 不但强调了西伯利亚高压的贡献, 而且特别从波动的意义上强调了阿留申低压的重要性, 并指出行星波活动的异常是冬季西伯利亚高压和阿留申低压变化的重要原因。

北极涛动是冬半年北半球中高纬度地区大气环流尺度最大、最重要的模态^[3]。AO 对冬季北半球气候有显著影响^[5~9]。不过以前的研究多重视 AO 的年代际变化对华北气温的影响^[6~9], 很少研究 AO 对冬季北半球中、高纬度大气环流异常及其对中国气候异常的影响研究。其次北极涛

动具有明显的月际尺度变化特征^[14,15]，仅考虑 AO 的季节变化特征来分析不够全面，为此本文通过冬季 12~2 月的 AO 变化特征对它的影响问题进行分析，从而为中国气候预测预报提供科学依据。

考虑到美国 NCEP/NCAR 的再分析资料 1979 年以后的可靠性，我们采用 1979~2008 年 12~2 月的月平均资料，以及中国气象局 160 个地面站降水月总量和温度月平均资料。月平均 AO 指数来自于美国国家海洋和大气局，此 AO 指数为北半球热带外 1 000 hPa 高度经验正交函数分析的第一时间系数。

2 AO 异常

图 1 给出 1979/1980~2007/2008 年 12~2 月共 87 个月的月平均 AO 指数。可以看到在许多年份的冬季，各月的 AO 指数变化非常明显，如：1979/1980、1981/1982、1982/1983、1984/1985、1989/1990、1990/1991、1992/1993、1996/1997、2001/2002、2004/2005、2006/2007 年冬季。2007/2008 年冬季 AO 指数接近于 1，属于偏强的 AO。

在以下的合成分析中，选取 AO 指数绝对值大于 1 的月份分别定为强或弱北极涛动，得到强北极涛动 25 个月，弱北极涛动 22 个月，表 1 是具体的时间。

表 1 异常 AO 时间
Table 1 Months of anomalous AO

强 AO			弱 AO		
1979-12	1982-02	1982-12	1980-01	1981-12	1983-02
1983-01	1988-12	1989-01	1985-01	1985-02	1985-12
1989-02	1990-01	1990-02	1986-02	1987-01	1987-02
1990-12	1991-12	1992-02	1988-02	1995-12	1996-01
1992-12	1993-01	1995-02	1996-12	1998-01	2000-12
1997-02	1998-12	1999-12	2001-12	2002-12	2004-01
2000-01	2000-02	2002-01	2004-02	2005-02	2005-12
2002-02	2004-12	2006-12	2007-02		
2007-01					

3 AO 异常时大气环流特征

3.1 500 hPa 高度场形势

图 2 中分别给出 AO 正负异常时 500 hPa 高

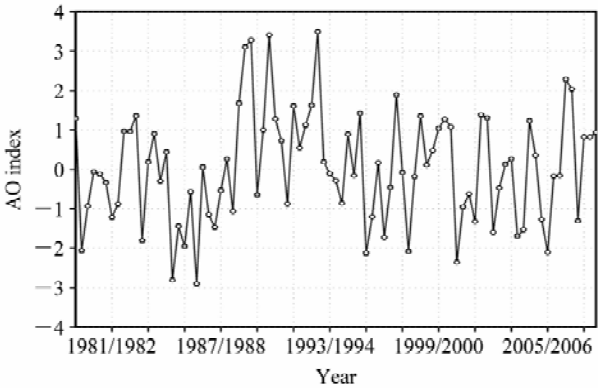


图 1 1979/1980 年~2007/2008 年 12~2 月共 87 个月的月平均 AO 指数
Fig. 1 Monthly series of AO index from Dec to Feb 1979/1980—2007/2008

度场和异常场的形势，可以清楚看到，西风带环流的异常十分显著。在 AO 为正异常时，从贝加尔湖到北太平洋广大地区皆为高度正距平区所覆盖，对我国有直接影响的东亚大槽区正处于这正异常区中，表示东亚大槽减弱，利于气流的纬向运动，冬季风偏弱；北极为负距平，其负距平向乌拉尔山深入，因此在乌拉尔山高压脊区一直向南的西亚地区都是负距平区，不利于乌拉尔山高压脊发展，阻塞高压出现的频次较低。相对于 AO 正异常，AO 负异常时，距平区的位置相同而符号相反。结合槽脊位置可见，这时的西风带经向度较大，槽脊都较发展，利于气流的经向运动，乌拉尔山高压脊增强，阻塞高压出现的频次较高，东亚大槽和冬季风偏强。从 AO 指数和 500 hPa 高度距平的相关图（图略）看，贝加尔湖到北太平洋的显著相关区中心在日本上空，表示 AO 对东亚大槽有非常重要的作用。

在高纬度北极涛动南侧的副热带高压区，AO 正异常与负异常时，其距平场也呈现了相反的分布。在 AO 为正异常时，热带西太平洋至中印半岛皆为负距平区所覆盖，说明西太平洋副热带高压偏弱；而 AO 为负异常时的情况正相反。

3.2 850 hPa 大气环流的异常

AO 异常时，对流层低空形势有很大的差异。图 3 为 AO 正负异常时 850 hPa 的距平风矢量场。在 AO 正异常时，中高纬度北太平洋有一个反气旋异常环流，西伸到贝加尔湖附近，从而抑制了其西侧北方冷空气的南下，贝加尔湖到中国大陆

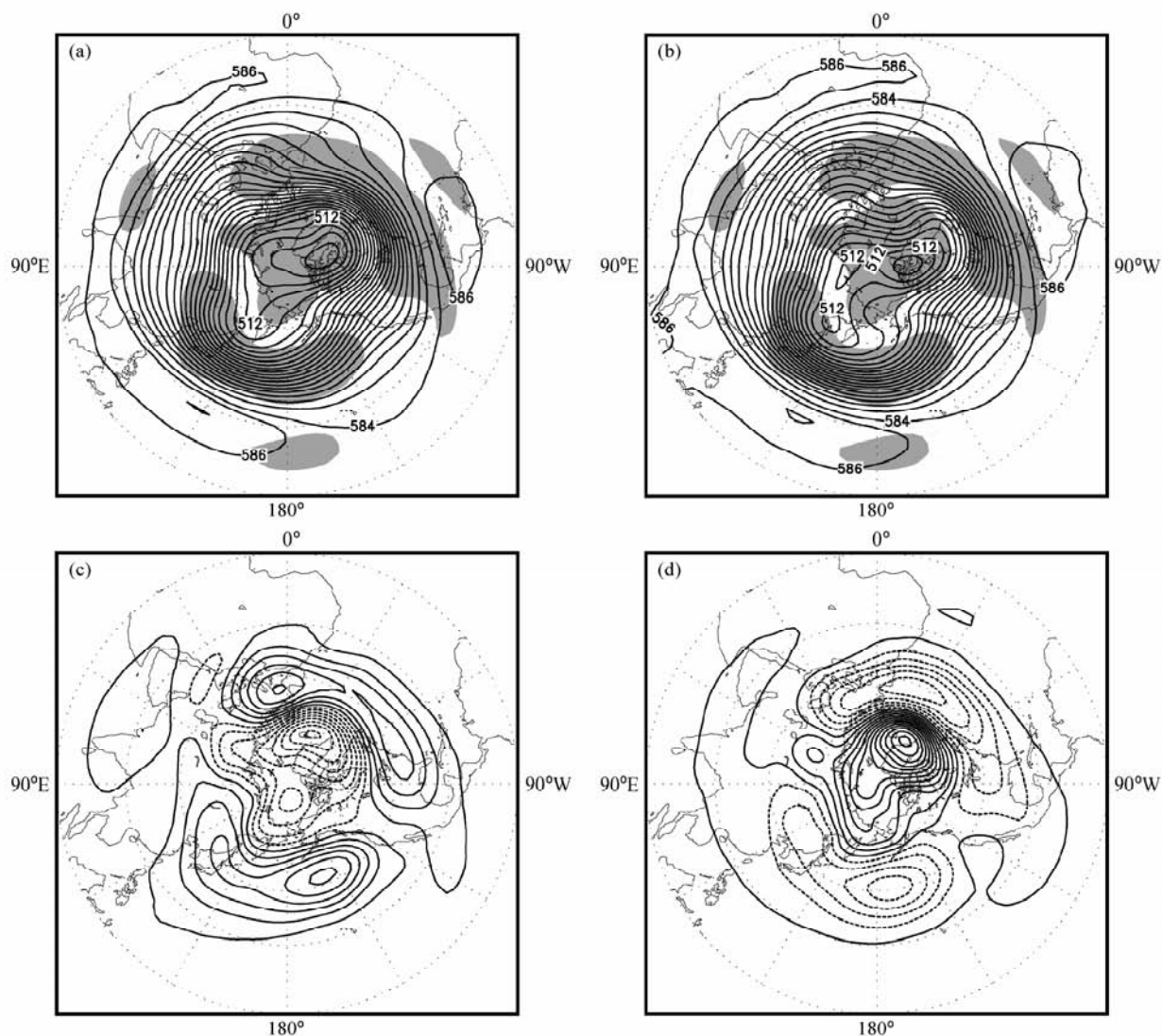


图2 500 hPa 高度场 (等值线间隔为 4 dagpm) 和异常场 (等值线间隔为 1 dagpm)。(a)、(c) AO 正异常; (b)、(d) AO 负异常。阴影为达到显著水平 0.05 的地区

Fig. 2 Composite of geopotential height (contour spacing 4 dagpm) and anomaly (contour spacing 1 dagpm) at 500 hPa for positive (a), (c), negative (b), (d) anomaly of AO. Shading shows the t -test significance at the 0.05 level

东岸皆为偏南风,这说明冬季风偏弱(图 3a);而当 AO 负异常时(图 3b),北太平洋地区是一个气旋异常环流,利于其西侧北方冷空气的南下,贝加尔湖到中国大陆东岸都为偏北的距平风,表征冬季风偏强。这个结果与 500 hPa 形势的分析是完全一致的。再看副热带地区的情况,在 AO 正异常时,副热带太平洋为气旋异常环流,长江以南为东风距平;而当 AO 负异常时,副热带太平洋为反气旋异常环流,长江以南为南风距平。说明 AO 的异常将会引起西太平洋副热带高压异常,进而影响其西北侧风的异常,与冷空气的配合引

起大陆降水的异常。

3.3 200 hPa 大气环流的异常

副热带西风急流是影响中国乃至整个亚太地区天气、气候异常的重要系统之一。AO 的变化不仅影响对流层中层的槽脊,也影响高层东亚西风急流。图 4 是北极涛动正负异常对应的 200 hPa 的距平风矢量场。比中、低层更清楚, AO 偏强时,北太平洋上空存在一对偶极性异常环流对:中高纬度从贝加尔湖以东到北太平洋上是反气旋环流异常,因此在东亚上空及其以东的太平洋上为东风距平,这说明东亚西风急流偏弱;而在副

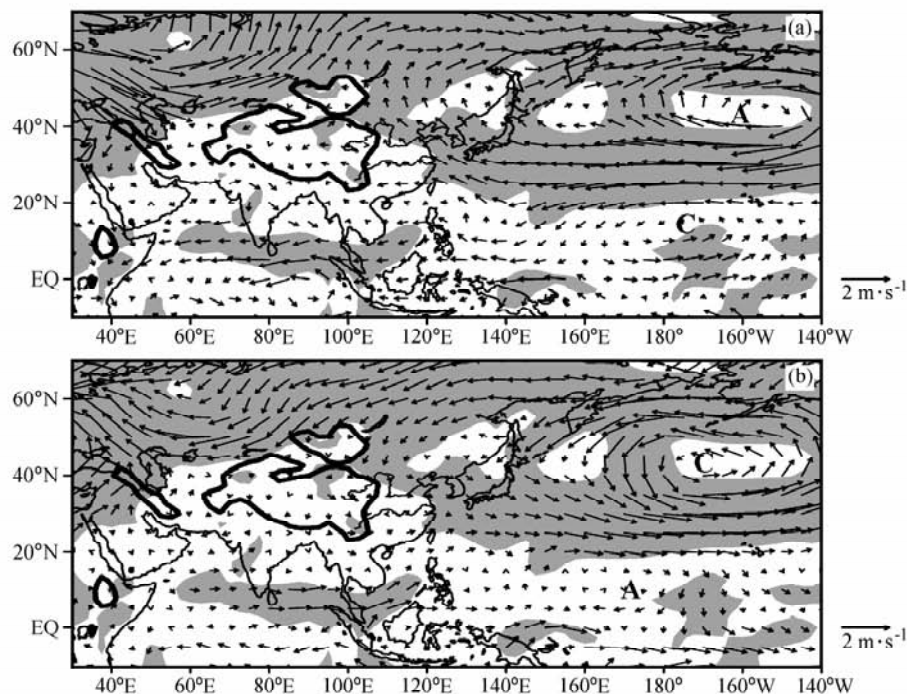


图 3 850 hPa 异常风场：(a) AO 正异常；(b) AO 负异常。阴影为达到显著水平 0.05 的地区

Fig. 3 Composite of wind anomaly at 850 hPa for positive (a), negative (b) anomaly of AO. Shading shows the t -test significance at the 0.05 level

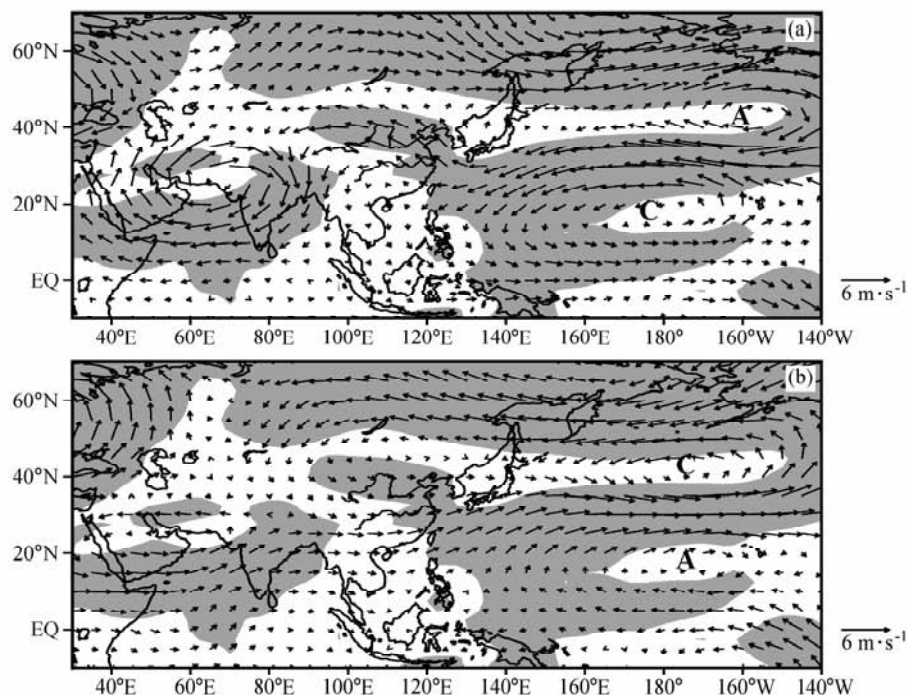


图 4 同图 3，但为 200 hPa 异常风场

Fig. 4 As in Fig. 3, but for wind anomaly at 200 hPa

热带的太平洋上是气旋环流异常，说明副热带高压偏弱。另外阿拉伯海上空为反气旋环流异常，

因此其北侧中东西风急流减弱。乌拉尔山附近为气旋环流异常，不利于高压脊发展。而在 AO 偏

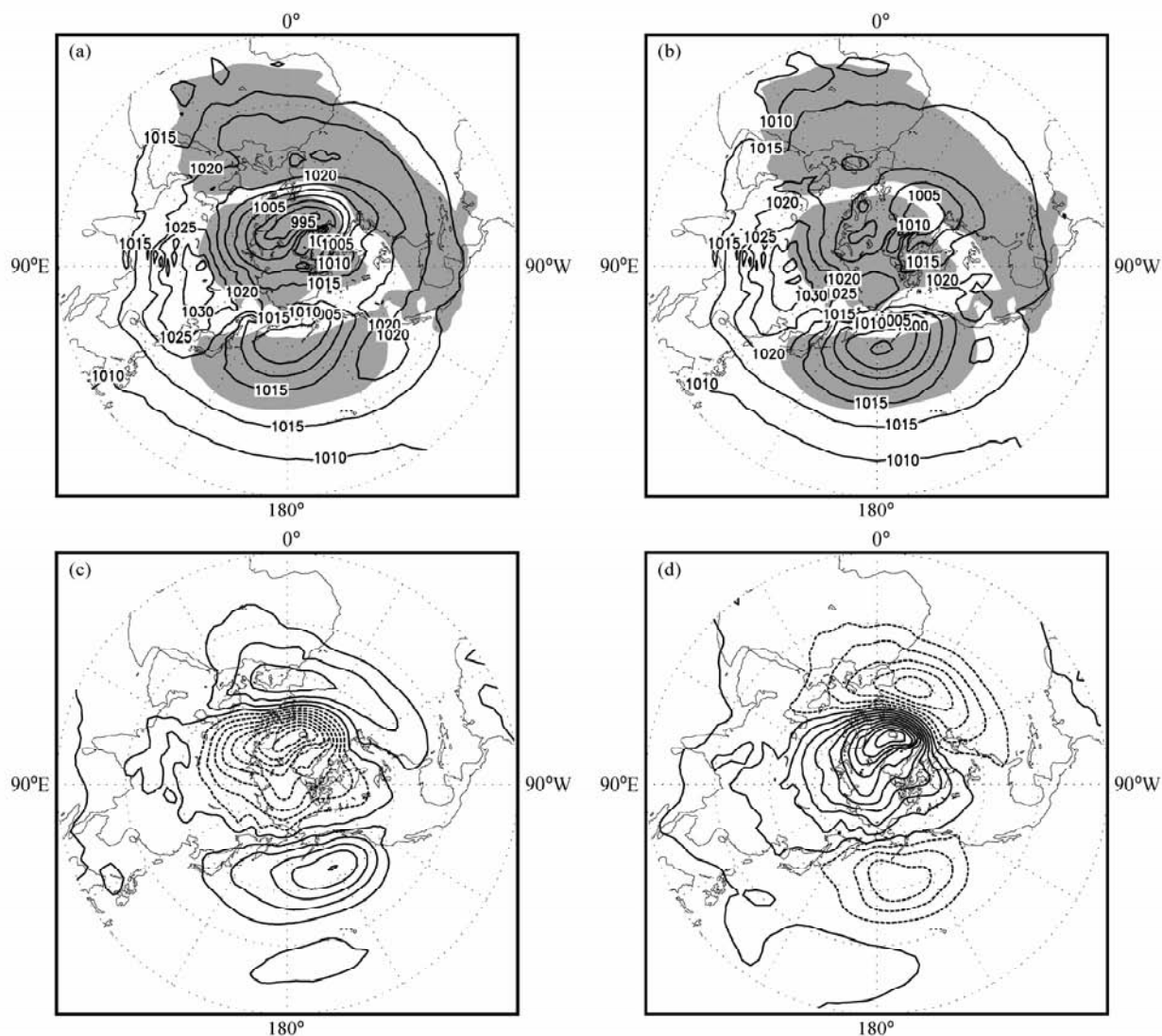


图5 海平面 (a)、(b) 气压场和 (c)、(d) 异常场 (等值线间隔为 1 hPa)。(a)、(c) AO 正异常；(b)、(d) AO 负异常。阴影为达到显著水平 0.05 的地区

Fig. 5 Composite of sea level (a), (b) pressure and (c), (d) anomaly (contour spacing 1 hPa) for positive (a), (c), negative (b), (d) anomaly of AO. Shading shows the *t*-test significance at the 0.05 level

弱时, 情况正相反。

3.4 海平面气压的异常

AO 表明, 在中纬度和包括北极区的高纬度之间, 大气质量变化存在一种纬向对称半球尺度的南北“跷跷板”结构, 在显著的带状涛动结构上还叠加了较强的区域中心, 其中之一就是北太平洋地区, 因此 AO 的异常能影响到阿留申低压和西伯利亚高压的活动。图 5 为 AO 强、弱时海平面气压场和异常场。AO 偏强时, 北极的负距平向亚欧大陆伸展, 西伯利亚高压中心区为负距平, 西伯利亚高压偏弱, 北太平洋为正距平, 阿

留申低压偏弱, 冬季风不活跃; AO 偏弱时, 西伯利亚高压地区正距平, 西伯利亚高压偏强并向东南伸展, 北太平洋为负距平, 阿留申低压偏强, 冬季风活跃。

4 AO 异常与中国降水 and 气温

4.1 降水的异常

冬季 AO 关系到同期我国东部降水的多寡。通过合成分析 (图 6) 清楚地显示出, AO 偏强时, 我国除内蒙古和新疆外都是降水正距平, 最

大距平在华南沿海。AO 偏弱时, 江淮、江南和华南为大片正距平, 最大距平在江南, 内蒙古和新疆也是降水正距平, 而西南、华北、东北为降水负距平。从图的对比中, 还可以发现, AO 正负异常对我国北方和西部降水的影响是反向的, 但将引起我国东部南方降水增加。这也说明中国降水的机理复杂性, 中低纬度的影响并不都为 AO 异常所控制。

4.2 气温的异常

冬季低温也是一种灾害, 所带来的持续性冰冻雨雪给人民生活 and 国民经济造成很大的损害。图 7 是 AO 偏强或偏弱时我国地面温度距平, 由图可见, AO 增强时, 我国东部、内蒙古和新疆北部地面温度为正距平, 最大值在东北和新疆北部; 而华南沿海以及我国西部为负距平。AO 减弱时, 我国除西南一部分地区外, 都是负距平, 最强的负距平也在东北和新疆北部。事实上用 AO 指数与我国气温距平求相关时, 显著相关区正在东北、新疆北部和西南地区。从图 7 还发现, AO 对我国气温的影响基本是反相的, 这也说明 AO

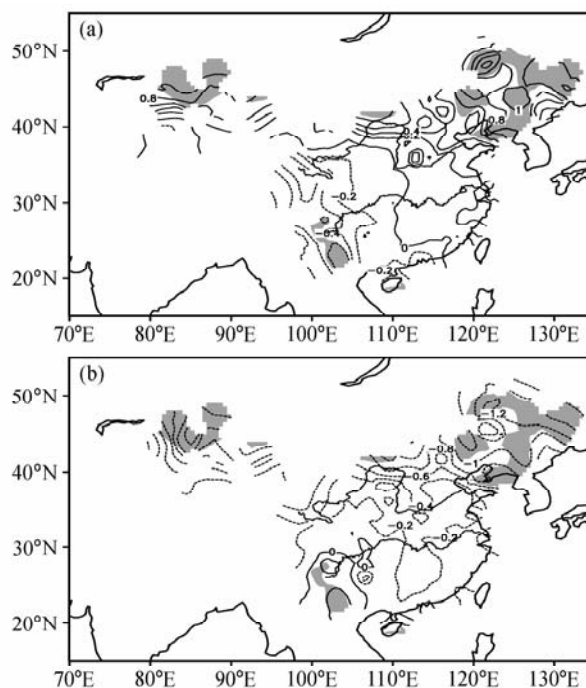


图 7 同图 6, 但为中国 160 站的气温异常 (单位: $^{\circ}\text{C}$)

Fig. 7 As in Fig. 6, but for surface air temperature anomaly ($^{\circ}\text{C}$) at 160 stations of China

对中国冬季气温尤其是北方影响的重要性^[6~9]。

5 环流形势

2008 年 1 月 AO 明显活跃, 它会造成大气环流的异常, 而且其异常形势应该与 AO 影响的平均形势大体一致。但是, 分析比较 2008 年 1 月与 25 个 AO 偏强时合成的大气环流形势, 却发现它们有相当大的差异。图 8 是 2008 年 1 月 500 hPa 高度和距平分布情况。比较图 8 和图 2, 可以看到两者在中高纬度的东亚和北太平洋有非常好的相似性, 都为正距平, 表示东亚大槽偏弱。与 AO 偏强时合成情况有所不同, 它们的差别主要在欧亚地区, 突出表现在 2008 年 1 月以乌拉尔山附近为中心的大片正距平, 以及乌拉尔山阻塞高压的存在 (图 8)。西太平洋副热带高压区也是差异明显的地区。2008 年 1 月西太平洋副热带高压偏强和偏西, 而 AO 偏强时的平均情况是西太平洋副热带高压偏弱。

与 500 hPa 相对应, 200 hPa 风场距平 (图 9a) 反映了我国和西太平洋上空一个反气旋性环流异常系统, 说明高层副热带高压也是偏西偏强,

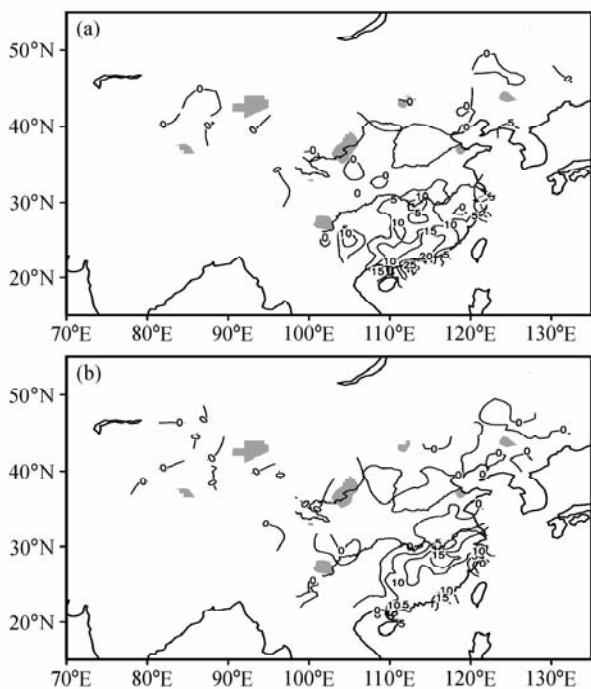


图 6 中国 160 站的降水异常 (单位: mm): (a) AO 正异常; (b) AO 负异常。阴影为达到显著水平 0.05 的地区

Fig. 6 Composite of precipitation anomaly (mm) at 160 stations of China for positive (a), negative (b) anomaly of AO. Shading shows the t -test significance at the 0.05 level

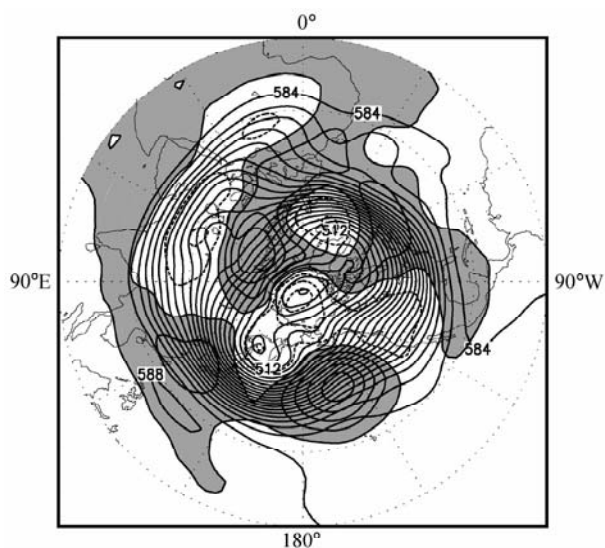


图8 2008年1月500 hPa高度(等值线间隔为4 dagpm)和距平(等值线间隔为3 dagpm)

Fig. 8 Geopotential height (contour interval is 4 dagpm) and anomaly (contour spacing 3 dagpm) at 500 hPa in Jan 2008

因此使其北侧的东亚西风急流偏强, 而AO偏强时的平均情况是东亚西风急流偏弱, 其南侧气旋性环流异常, 副热带高压偏弱(图4a)。2008年1月高层在乌拉尔山附近为反气旋性环流异常, 而AO偏强时的平均情况是气旋性环流异常。从图

9a也可以看到AO的影响特征, 一是北太平洋上空的一对偶极性环流异常, 二是阿拉伯海上空的反气旋性环流异常系统。再看低层的情况, 图9b给出的是2008年1月850 hPa风距平。中高纬度北太平洋为反气旋性环流异常, 说明AO的影响明显。但其南面赤道地区为东风距平, 说明La Niña对热带地区的重要影响。对比图3a和图9b, 与AO偏强时的平均情况相同的是, 2008年1月我国长江以北也是偏东风距平, 孟加拉湾也为偏南风距平。它们之间差异最大的地区也在乌拉尔山和我国南方地区, 2008年1月乌拉尔山附近存在反气旋异常, 因此其东侧的西伯利亚为偏北风距平; 由于西太平洋副热带高压偏强和偏西, 台湾附近是反气旋环流异常, 我国南方是偏南风距平。由于乌拉尔山阻塞高压的存在, 冷空气向南爆发; 印缅槽的持续偏强以及西太平洋副热带高压偏强和偏西一起使暖湿空气源源不断地输送到华南地区, 有利于持续降水的发生; 持续的冷空气活动和持续的降水, 导致持续的低温, 为冰冻造成了条件^[2]。以上的分析指出, 造成2008年1月我国南方持续雨雪冰冻天气的重要因素乌拉尔山阻塞高压、西太平洋副热带高压和冬季风与AO

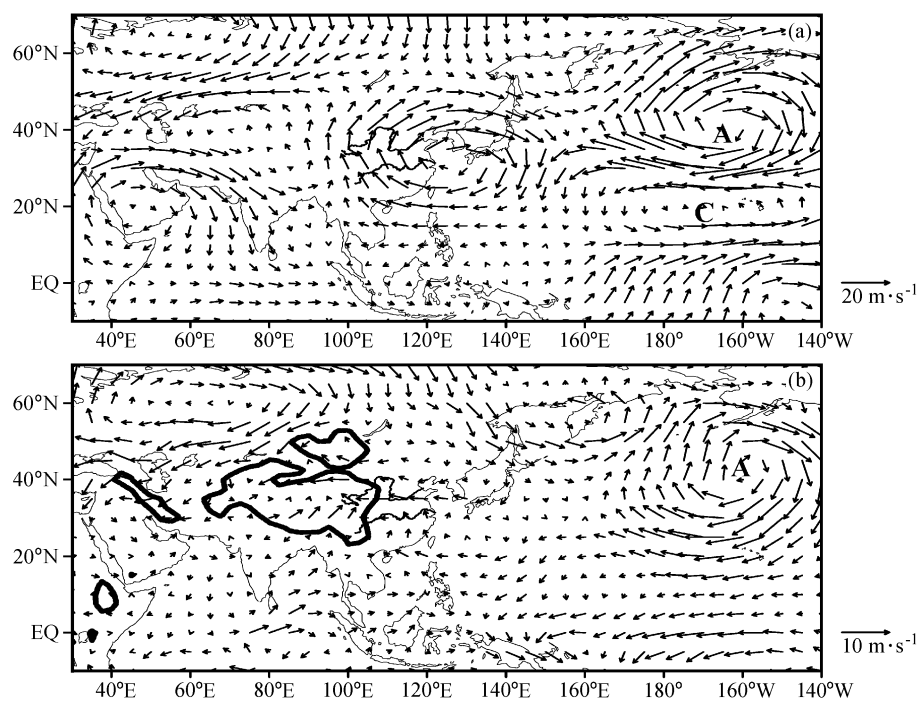


图9 2008年1月风场距平: (a) 200 hPa; (b) 850 hPa

Fig. 9 Wind anomaly in Jan 2008; (a) 200 hPa; (b) 850 hPa

偏强的平均情况相反, 因此 AO 不是造成 2008 年 1 月我国南方持续雨雪冰冻天气的真正原因。

6 结论和讨论

本文针对 1979/1980 年至 2007/2008 年冬季 12~2 月共 87 个月的 AO 变化情况, 进行了 AO 对同期大气环流和我国气候影响的研究, 并与 2008 年 1 月的形势进行了对比分析, 得到了以下一些值得注意的结果:

(1) 当 AO 异常时, 西风带和副热带环流有很大的差别。北太平洋是一对偶极性异常环流: 中高纬度为反气旋(气旋)异常环流, 副热带为气旋(反气旋)异常环流。这种形势越到高层越明显, 范围也越大。对流层中高层中高纬度的异常环流西扩到贝加尔湖以东, 副热带的异常环流西扩到中印半岛。在 AO 异常强时, 贝加尔湖到北太平洋广大地区为高度正距平区, 东亚大槽减弱, 东亚高空西风急流偏弱; 热带西太平洋至中印半岛皆为负距平区所覆盖, 说明西太平洋副热带高压偏弱。AO 异常弱时, 距平区的位置相同而符号相反, 西太平洋副热带高压偏强, 东亚高空西风急流偏强, 东亚大槽偏强。

(2) AO 异常也影响乌拉尔山附近的环流。AO 异常强时, 从乌拉尔山一直向南的西亚地区都是负距平区, 不利于乌拉尔山高压脊发展; AO 异常弱时, 距平区的位置相同而符号相反, 有利于乌拉尔山高压脊发展, 阻塞高压出现的频次较高。

(3) 当 AO 异常强时, 在海平面气压场上, 北太平洋为正距平, 阿留申低压偏弱, 北极的负距平向亚欧大陆伸展, 西伯利亚高压区为负距平, 西伯利亚高压偏弱, 冬季风不活跃; 北极涛动偏弱时, 西伯利亚高压地区正距平, 西伯利亚高压偏强并向东南伸展, 北太平洋为负距平, 阿留申低压偏强, 冬季风活跃。

(4) AO 的异常影响我国的温度。AO 异常强时, 由于冬季风偏弱, 我国东部、新疆和内蒙古温度偏高。AO 异常弱时, 由于冬季风偏强, 我国温度偏低。AO 的异常也影响我国降水。AO 异常强时, 除内蒙古、新疆降水偏少外, 大部分地区降水偏多, 异常降水中心在华南沿海; 而当它

异常弱时, 江南、华南、内蒙古和新疆降水偏多, 其他地区降水偏少, 异常降水中心位于江南。

(5) 2008 年 1 月 AO 活跃, 与 AO 强时平均情况一致的是两者在中高纬度的东亚和北太平洋有非常好的相似性, 都为正距平, 表示东亚大槽偏弱; 北太平洋的偶极性异常环流对在对流层中、上层也是明显的。最主要的差异在乌拉尔山和西太平洋地区, 2008 年 1 月乌拉尔山附近存在反气旋异常, 乌拉尔山阻塞高压发展; 由于西太平洋副热带高压偏强和偏西, 台湾附近是反气旋环流异常, 我国南方是偏南风距平。由于造成 2008 年 1 月我国南方持续雨雪冰冻天气的重要因素乌拉尔山阻塞高压、西太平洋副热带高压和东亚冬季风与 AO 偏强的平均情况相反, 因此 AO 不是造成持续雨雪冰冻天气的原因。虽然 2008 年 1 月 AO 异常活跃, 但是欧亚和西太平洋地区的大气环流异常场都与历史上 25 个 AO 异常强的合成场有显著的差别。因此, 2008 年 1 月我国南方罕见的持续严重雨雪冰冻灾害难以用 AO 的影响来解释, 我们还需要寻找其他的影响因素。

AO 具有深厚的垂直结构, 可自地面延伸到平流层, AO 异常从平流层开始向下传播到地面^[16]。北极极涡的强度变化也表示 AO 的变化, 2007 年 12 月平流层极涡就开始加强, 2008 年 1 月下旬发展到对流层下层^[17,18]。因此, 北极涛动更重要的意义可能在前期平流层, 这对加深理解 AO 的影响、平流层对对流层的作用, 以及提高天气气候预测水平都有理论和实际意义, 我们将进一步研究。

参考文献 (References)

- [1] 中国气象科学研究院灾害天气国家重点实验室. 灾害天气国家重点实验室简报, 2008, **3** (1)
State Key Laboratory of Severe Weather (LaSW), Chinese Academy of Meteorological Sciences. LaSW Newsletter (in Chinese), 2008, **3** (1)
- [2] 李崇银, 杨辉, 顾薇. 中国南方雨雪冰冻异常天气原因的分析. 气候与环境研究, 2008, **13** (2): 113~122
Li Chongyin, Yang Hui, Gui Wei. Cause of severe weather with cold air, freezing rain and snow over South China in January 2008. *Climatic and Environmental Research* (in Chinese), 2008, **13** (2): 113~122

- [3] Thompson D W J, Wallace J M. The Arctic Oscillation signature in the wintertime geopotential height and temperature fields. *Geophys. Res. Lett.*, 1998, **25**: 1297~1300
- [4] Fyfe J C, Boer J, Flato G M. The Arctic and Antarctic oscillation and their projected changes under global warming. *Geophys. Res. Lett.*, 1999, **26** (11): 1601~1604
- [5] Thompson D W J, Wallace J M. Regional climate impacts of the Northern Hemisphere annular mode and associated climate trends. *Science*, 2001, **293** (5527): 85~89
- [6] 龚道溢, 王绍武. 近百年北极涛动对中国冬季气温变化的研究. *地理学报*, 2003, **58** (4): 559~568
Gong Daoyi, Wang Shaowu. Influence of Arctic Oscillation on winter climate over China. *Acta Geographica Sinica* (in Chinese), 2003, **58** (4): 559~568
- [7] 龚道溢, 王绍武, 朱锦红. 北极涛动对我国冬季日气温方差的显著影响. *科学通报*, 2004, **49** (5): 487~492
Gong Daoyi, Wang Shaowu, Zhu Jinhong. Arctic Oscillation influence on daily temperature variance in winter over China. *Chinese Science Bulletin* (in Chinese), 2004, **49** (5): 487~492
- [8] 何春, 何金海. 冬季北极涛动和华北气温变化的研究. *南京气象学院学报*, 2003, **26** (1): 1~7
He Chun, He Jinhai. Relation between Arctic Oscillation and North China air temperature in winter. *Journal of Nanjing Institute of Meteorology* (in Chinese), 2003, **26** (1): 1~7
- [9] 据建华, 任菊章, 吕俊梅. 北极涛动年代际变化对东亚北部冬季气温增暖的影响. *高原气象*, 2004, **23** (4): 429~434
Ju Jianhua, Ren Juzhang, Lü Junmei. Effect of interdecadal variation of Arctic Oscillation on temperature increasing in north of East Asian winter. *Plateau Meteorology* (in Chinese), 2004, **23** (4): 429~434
- [10] 李春, 罗德海, 方芝芳, 等. 北极涛动年代际变化及其与华北夏季降水的联系. *南京气象学院学报*, 2005, **28** (6): 755~762
Li Chun, Luo Dehai, Fang Zhifang, et al. Linkage of interdecadal variations of the Arctic Oscillation and summer precipitation over North China. *Journal of Nanjing Institute of Meteorology* (in Chinese), 2005, **28** (6): 755~762
- [11] 据建华, 吕俊梅, 任菊章. 北极涛动年代际变化对华北地区干旱化的影响. *高原气象*, 2006, **25** (1): 74~81
Ju Jianhua, Lü Junmei, Ren Juzhang. The effect of interdecadal variations of Arctic Oscillation on aridization in North China. *Plateau Meteorology* (in Chinese), 2006, **25** (1): 74~81
- [12] Wu Bingyi, Wang Jia. Possible impacts of winter Arctic Oscillation on Siberian high, the East Asian winter monsoon and sea-ice extent. *Adv. Atmos. Sci.*, 2002, **19** (2): 297~320
- [13] 陈文, 康丽华. 北极涛动与东亚冬季气候在年际尺度上的联系: 准定常行星波的作用. *大气科学*, 2006, **30**: 863~870
Chen Wen, Kang Lihua. Linkage between the Arctic Oscillation and winter climate over East Asia on the interannual timescale: roles of quasi-stationary planetary waves. *Chinese Journal Atmospheric Sciences* (in Chinese), 2006, **30**: 863~870
- [14] Thompson D W J, Wallace J M. Annular modes in the extratropical circulation. Part I: Month to month variability. *J. Climate*, 2000, **13**: 1000~1016
- [15] 范丽军, 李建平, 韦志刚, 等. 北极涛动和南极涛动的年变化特征. *大气科学*, 2003, **27** (3): 419~424
Fan Lijun, Li Jianping, Wei Zhigang, et al. Annual variations of the Arctic Oscillation and the Antarctic Oscillation. *Chinese Journal Atmospheric Sciences* (in Chinese), 2003, **27** (3): 419~424
- [16] Baldwin M P, Dunkerton T J. Propagation of the Arctic Oscillation from the stratosphere to the troposphere. *J. Geophys. Res.*, 1999, **104** (30): 937~946
- [17] 刘毅, 赵燕华, 管兆勇. 平流层环流异常对 2008 年 1 月雪灾过程的影响. *气候与环境研究*, 2008, **13** (4): 548~555
Liu Yi, Zhou Yanhua, Guan Zhaoyong. Influences of stratospheric circulation anomalies on tropospheric weather of the heavy snowfall in January 2008. *Climatic and Environmental Research* (in Chinese), 2008, **13** (4): 548~555
- [18] 顾雷, 魏科, 黄荣辉. 2008 年 1 月我国严重低温雨雪冰冻灾害与东亚季风系统异常的关系. *气候与环境研究*, 2008, **13** (4): 405~418
Gu Lei, Wei Ke, Huang Ronghui. Severe disaster of blizzard, freezing rain and low temperature in January 2008 in China and its association with the anomalies of East Asia monsoon system. *Climatic and Environmental Research* (in Chinese), 2008, **13** (4): 405~418