

李崇银, 顾薇. 2010. 2008年1月乌拉尔阻塞高压异常活动的分析研究 [J]. 大气科学, 34 (5): 865–874. Li Chongyin, Gu Wei. 2010. An analyzing study of the anomalous activity of blocking high over the Ural Mountains in January 2008 [J]. Chinese Journal of Atmospheric Sciences (in Chinese), 34 (5): 865–874.

2008年1月乌拉尔阻塞高压异常活动的分析研究

李崇银^{1, 2} 顾薇³

1 中国科学院大气所大气科学和地球流体学数值模拟国家重点实验室, 北京 100029

2 解放军理工大学气象学院, 南京 211101

3 国家气候中心, 北京 100081

摘要 不少研究已经表明, 乌拉尔阻塞高压的持续活动对2008年1月中国南方雨雪冰冻灾害的发生有重要作用。本文针对2008年1月乌拉尔阻塞高压的异常, 利用NCEP再分析逐日环流资料、哈德莱中心的海温资料等, 从对流层北极涛动(AO)、平流层极涡(PV)以及海温异常等几方面, 对2008年1月乌拉尔阻塞高压异常产生的原因进行了分析研究。结果显示, 虽然从以往多年情况来看, 前期AO及平流层极涡的异常很可能会导致其后乌拉尔阻塞高压发生异常, 然而就2008年1月的情况而言, 2007~2008年冬季对流层AO和平流层极涡的异常都不能成为异常乌拉尔阻塞高压产生和偏强的原因, 因为它们的关系与多年存在的长期关系相反。进一步的分析研究则显示, 2007年12月和2008年1月赤道太平洋的La Niña事件也对乌拉尔阻塞高压的活动没有明显影响; 而北大西洋海温正异常, 尤其是北大西洋副热带海温正异常的存在, 是2008年1月乌拉尔阻塞高压持续的重要外强迫因素。

关键词 乌拉尔阻塞高压 北极涛动 平流层极涡 La Niña 北大西洋副热带海温异常

文章编号 1006-9895(2010)05-0865-10 **中图分类号** P434 **文献标识码** A

An Analyzing Study of the Anomalous Activity of Blocking High over the Ural Mountains in January 2008

LI Chongyin^{1, 2} and GU Wei³

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

3 National Climate Center, Beijing 100081

Abstract Some studies have indicated that the continued activity of blocking high over the Ural Mountains plays an important role in the occurrence of the freezing rain and snow storm in South China during January 2008. To understand the anomalous activity of blocking high over the Ural Mountains further, this study will analyze the possible causes for this phenomenon from the aspects of the tropospheric Arctic Oscillation (AO), the stratospheric polar vortex, and the sea surface temperature anomalies, using the daily NCEP/NCAR reanalysis data and the Hadley center HadISST1 data. The analyses results show that the Ural blocking high in January is significantly related to the AO and the stratospheric polar vortex during 1958–2007. However, the situation for 2008 does not fit in with

such close relationship in the past 50 years, and the relation is opposite to that in the past 50 years. It means that the Ural blocking high in January 2008 is not closely related to the AO and the stratospheric polar vortex in the 2007–2008 winter. Further analyses indicate that the Ural blocking high is closely related to the positive sea surface temperature anomalies (SSTA) in the North Atlantic, particularly in the subtropical North Atlantic area, but not to the La Niña in the Pacific. The positive SSTA in the North Atlantic (especially in the subtropical North Atlantic) may act as one of the major external forcings for the anomaly of Ural blocking high.

Key words Ural blocking high, Arctic Oscillation, stratospheric polar vortex, La Niña, SSTA in the subtropical North Atlantic

1 引言

2008年1月中国南方有19个省(湖南、贵州、江西、安徽、广东、广西、江苏、福建等)遭受了几十年乃至一百年一遇的严重低温雨雪冰冻灾害,实可谓“罕见大雪冻住了半个中国”。那次罕见的灾害给全国人民的生活和生产造成了极其严重的影响,因大雪和冰冻导致高压输电线断裂和输电线铁塔倒塌,仅湖南就有9000公里的输电线路被毁,几百个铁塔倒塌。输电线路的毁坏,造成了不少地方断电停产。因大雪以及冰雪造成的断电,又使得大量铁路和公路运输中断,尤其是京广铁路和京珠高速严重受阻,数十列火车和几千辆汽车被困在冰雪之中。据不完全统计,那次严重的低温雨雪冰冻天气给我国造成了及其巨大的损失:有一亿多人口受灾害影响,共有一百多人因灾死亡;有几亿亩农作物和森林损毁;倒塌房屋近40万间;造成直接经济损失超过1500亿元。

那次罕见的低温雨雪冰冻灾害是典型的极端天气气候事件所造成的,最主要的特点是范围广、强度大、持续时间长。对于这种小概率的极端天气气候事件,虽然已有一些研究和认识,但其机理并未完全搞清楚,更难对其作出中长期的天气预报。那次极端天气气候事件的发生,有一些学者和媒体(刘少锋等,2008)认为其罪魁祸首是“圣女”(La Niña),因为2007~2008年冬季在赤道东太平洋确实有La Niña生成。虽然,以前研究表明La Niña的出现对东亚冬季风及中国冬季气候有一定的明显影响,El Niño将会削弱东亚冬季风(寒潮),La Niña将会增强东亚冬季风(寒潮),直接影响中国的天气气候(李崇银,1988,1989;陶诗言和张庆云,1998)。但是,就2007~2008冬季的La Niña而论,不少研究已明确指出La Niña并非是造成2008年1月中国低温雨雪冰冻灾害的罪魁祸首(李

崇银等,2008;顾雷等,2008;付建建等,2008)。

已有许多研究及业务实践都表明大范围的持续天气气候异常,包括东亚冬季风和中国的天气气候异常都普遍同大气环流的长时间异常有密切关系(陶诗言,1959; Chan and Li, 2004; 王遵娅和丁一汇; 2006; 黄荣辉等, 2007)。因此,在对2008年1月极端天气气候事件发生原因所进行的分析表明,持续严重低温雨雪冰冻天气的发生与多个大气环流系统的异常有关,尤其是乌拉尔山阻塞高压的异常,而且更为重要的是多个系统的异常形成了某种形式的配合,也就是说大气环流的组合性异常是其根本原因(李崇银等,2008)。陶诗言和卫婕(2008)的研究更明确指出,2008年1月低温雨雪冰冻灾害的原因“主要为亚洲中高纬度阻塞高压稳定维持长达20余天”。其他有关研究(杨贵名等,2008)也指出,乌拉尔山阻塞高压的活动异常对2008年1月低温雨雪冰冻灾害的发生有重要的影响。因此,很有必要对2007~2008年冬季乌拉尔阻塞高压的发生进行深入研究。关于大气中的阻塞形势国内外已有过相当多的研究,这些研究指出,阻塞活动可能受到基本气流、天气尺度波和海陆热力差异等多种因素的影响(叶笃正等,1962; Hansen and Chen, 1982; Benzi et al., 1986; Dole, 1986; 陆日宇和黄荣辉, 1996; 罗德海, 1999; 高守亭等, 1998; Li, 2004; Wang et al., 2009)。对于大气阻塞形势的产生机制,我们也曾做过归纳,可以认为它与大气的多平衡态演变,大气中波和基本气流的相互作用、波与波的相互作用,以及大气中的孤立波(孤立子)活动和演变等都有关系(李崇银, 1995)。本文将从资料分析来探讨2008年1月乌拉尔阻塞高压的形成和维持原因,进而更深入认识低温雨雪冰冻灾害发生的最主要原因。

在对2008年1月异常雨雪冰冻天气的研究中,我们已看到北半球高纬度的大气环流也有明显异

常, 可以说北极涛动 (AO) 也出现了异常, 因此也有人在文章中提到过 AO 异常对其的可能影响。而在另外的研究中, 我们已发现对流层的 AO 变化同平流层的大气环流异常有着一定的联系 (李崇银等, 2008)。因此, 本文也将利用 NCEP 逐月及逐日的再分析资料, 分别从对流层 AO、平流层环流异常方面, 研究它们是否对 2008 年 1 月乌山阻塞形势的建立有重要作用。

同时, 考虑到这次阻塞形势所持续的时间尺度, 不能不考虑海温异常 (SSTA) 的影响。而已有研究表明, 北大西洋的 SSTA 通过 Rossby 波列对乌山阻高的形成有激发作用 (Li, 2004)。因此, 本文也将从海温异常, 尤其是北大西洋副热带海温异常来分析研究这种外强迫对乌山阻塞形势建立的作用。

2 资料

本文用到的资料包括 NCEP/NCAR 提供的月平均再分析资料 (1948~2008 年), 该资料水平网格距为 $2.5^\circ \times 2.5^\circ$, 垂直方向共有 17 层, 从 1000 hPa 伸展到 10 hPa。以及来自英国气象局哈德莱中心的海冰和海表温度数据集 HadISST1, 该资料覆盖了 1870 年 1 月以来的全球海冰和海表温度, 水平分辨率为 $1^\circ \times 1^\circ$ 。

3 乌拉尔阻塞高压与对流层北极涛动

首先, 我们看一看 2008 年 1 月 500 hPa 高度场及其异常的形势 [图 1 (见文后彩图)]。由图 1 可以清楚看到, 在乌拉尔地区上空有大片的高度正距平存在, 意味着那里有阻塞高压的持续活动。另外从图 1 还可以发现, 在北极地区有较强的高度负距平, 表明 2008 年 1 月在乌拉尔阻塞高压持续活动的同时极地低涡也偏强, 北极涛动 (AO) 也偏强。为了进一步揭示北极涛动及其变化的情况, 在图 2 (见文后彩图) 中给出的是多年平均 1 月的 AO 模态形势以及 2008 年的异常 (与多年平均 AO 模态的差)。可以清楚看到 2008 年 1 月的 AO 和多年平均的 AO 一样都为正模态, 却比多年平均要强, 极区有明显负距平、北太平洋和北大西洋有大片正距平。也就是说 2008 年 1 月的 AO (指数) 在乌拉尔阻塞高压持续活动的同时也出现了异常强的情况, 两者出现了正相关的变化特征。

上面的结果是否意味着乌拉尔阻塞高压的活动与对流层 AO 一直就存在着这样的正相关关系? 这需要下面从历史资料的分析来寻求答案。一般, AO 的活动及变化可以用 AO 指数 (Thompson and Wallace, 1998) 来表示; 乌拉尔阻塞高压的活动可以用乌拉尔阻高指数表示, 这里我们以 ($45^\circ\text{N} \sim 65^\circ\text{N}$, $40^\circ\text{E} \sim 70^\circ\text{E}$) 区域平均的 500 hPa 高度距平作为乌拉尔阻高指数。通过计算, 我们得到了北极涛动 (AO) 与乌拉尔阻高 (UB) 指数之间的相关系数 (如表 1 所示)。历史资料的统计分析表明, 1 月的乌拉尔阻高指数与 1 月的 AO 指数有最大的负相关系数 (-0.470), 并超过 99% 的信度检验; 1 月的乌拉尔阻高指数与上月的 AO 指数也有较大的负相关 (-0.269), 并超过 90% 的信度检验; 而 1 月的 AO 指数与上月的乌拉尔阻高指数没有明显相关。也就是说, 多年资料的统计结果表明, 1 月乌拉尔阻高的活动与 1 月的 AO 为显著的负相关, 即在乌拉尔阻高活动加强的同时 AO 指数将减弱或变负 (极区附近高度增加); 而且 1 月乌拉尔阻高的活动与上个月的 AO 也有显著的负相关。

从这里的历史资料分析结果可以认为, 1 月乌拉尔阻塞高压的活动与 AO 一般应该为显著的负相关, 即 1 月乌拉尔阻塞高压活动的增强应该对应有 1 月 AO 的明显减弱; 而且北极涛动的变化有先于乌拉尔阻塞高压活动的趋向, 或者说北极涛动的异常增强有可能是乌拉尔阻塞高压持续存在的重要大气环流内在原因。另外, 表 1 还显示出 2 月的 AO 指数与 1 月的乌拉尔阻高指数还存在明显负相关 (-0.304), 信度超过 95%, 说明乌拉尔阻塞高压的活动反过来还会影响 AO, 使其持续减弱。

表 1 北极涛动与乌拉尔阻高指数间的相关情况

Table 1 The correlation coefficients between the AO index and the Ural blocking (UB) index

	12月 UB	1月 UB	2月 UB
12月 AO	-0.147	-0.269*	-0.132
1月 AO	0.171	-0.470**	0.001
2月 AO	0.158	-0.304*	-0.206

注: 相关时段为 1958~2007 年; *、** 表示相关系数通过 90%、95% 信度。

以上分析清楚地表明, 2008 年 1 月不仅乌拉尔阻塞高压的活动出现了异常 (增强), 而且 1 月乌

拉尔阻塞高压活动与1月AO的相关关系也出现了异常,由多年的显著负相关变成了2008年的正相关。根据多年存在的显著相反变化关系,对应乌拉尔阻塞高压的持续偏强,北极AO也应该偏强,而且出现更早。但2008年1月乌拉尔阻塞高压和北极AO都是正异常,二者为同号变化关系。这说明对于2008年1月乌拉尔阻塞高压的发生,AO异常按惯例应起抑制作用,不可能成为导致乌拉尔阻塞高压发生和维持的因子。

4 乌拉尔阻塞高压与50 hPa平流层极涡(PV)

在有关梅雨的研究中,我们已经指出平流层大气环流的先期异常可以通过影响对流层AO,进而影响夏季的梅雨降水(李崇银等,2008)。那么冬季的乌拉尔阻塞高压的活动是否也会受到平流层大气环流先期异常的影响呢?下面就分析研究这个问题。

首先,定义平流层极涡指数为50 hPa($75^{\circ}\text{N} \sim 90^{\circ}\text{N}$, $0^{\circ} \sim 360^{\circ}$)区域平均的位势高度。图3给出的是2007年10月~2008年2月平流层极涡指数的时间变化及其与气候平均值的比较。很显然,从2007年12月中旬到2008年2月初平流层极涡都较多年平均偏深(位势高度距平为负)。平流层极涡的异常在位势高度及其异常场上也很清楚,比较2007年11月与2007年12月50 hPa平均位势高度及其异常场,可以清楚看到其间极涡的加深情况[图4(见文后彩图)]。也就是说,从2007年12月开始平流层极涡就有异常加深的现象发生,就2008年1月乌拉尔阻塞高压的活动与平流层50 hPa极涡的关系而论,它们显然是一种反号的变化关系,

乌拉尔阻塞高压的异常增强(位势高度为正距平)对应着平流层50 hPa极涡的加深(位势高度为负距平);而且平流层50 hPa极涡的加深要明显先于2008年1月乌拉尔阻塞高压的增强。

历史上乌拉尔阻塞高压与平流层极涡的活动有怎样的关系,这是必须搞清楚的问题。我们对多年资料的统计分析表明,50 hPa极涡的活动与对流层乌拉尔阻塞高压的活动虽确有显著的关系,但却明显表现出正相关关系。表2给出的是平流层(50 hPa)极涡指数与1月乌拉尔阻高指数间的相关系数,非常清楚地表明乌拉尔阻塞高压与同期和前期的平流层极涡之间都呈显著的正相关关系,与11月和12月的平流层极涡有最显著正相关,其信度都超过95%。也就是说,从多年的情况来看11月和12月的平流层极涡减弱(出现高度正距平)与第二年1月的乌拉尔阻塞高压增强(出现高度正距平)有很好对应关系。

表2 平流层极涡指数与1月乌拉尔阻高指数间的相关系数
Table 2 The correlation coefficients between the PV index and the Jan UB index

	10月 PV	11月 PV	12月 PV	1月 PV
1月 UB	0.189	0.365**	0.279**	0.237*

注:相关时段为1958~2007年,*、**表示相关系数通过90%、95%信度。

为了进一步表明1月乌拉尔阻高指数与平流层(50 hPa)极涡的关系,图5给出了1月乌拉尔阻高指数与平流层50 hPa高度场的相关系数分布。由图5所示的相关系数分布形势可以看到,对应于1月正的乌拉尔阻高指数,从其前期10月到同期1

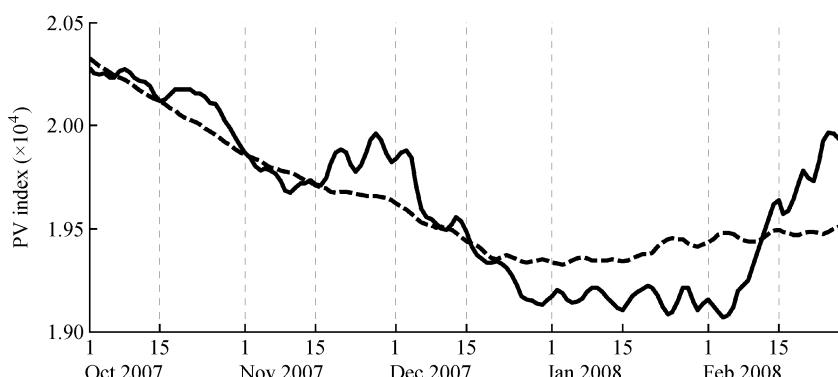


图3 2007年10月1日至2008年2月29日逐日平流层极涡指数(实线)。虚线:气候平均值

Fig. 3 Daily evolution of the stratospheric polar vortex (PV) index (solid line) from 1 Oct 2007 to 29 Feb 2008. Dashed line: climatological normals

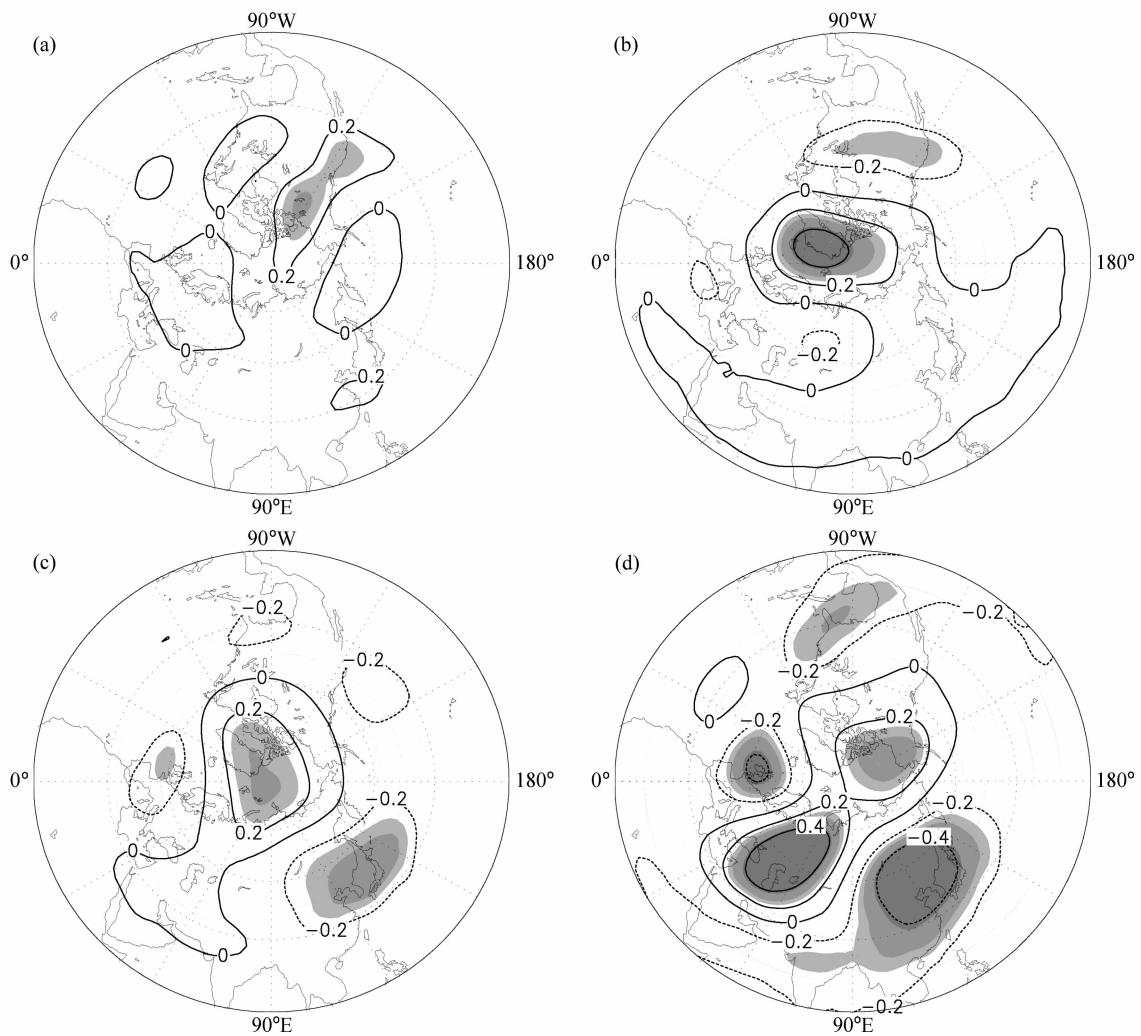


图 5 1月乌拉尔阻高指数与前期 10月 (a)、11月 (b)、12月 (c) 和同期 1月 (d) 平流层 (50 hPa) 高度场的相关系数分布 (浅、中、深色阴影分别表示通过 90%、95% 和 99% 信度的区域)

Fig. 5 Correlation between Jan Ural blocking high index and 50-hPa geopotential height in the previous (a) Oct, (b) Nov, (c) Dec, and (d) simultaneous Jan. Light, middle, and dark shadings indicate 90%, 95%, and 99% confidence levels, respectively

月北极附近地区都为高度正距平所控制, 其结果与表 2 所给出的相一致。这也就是说, 对多年的平均情况而言, 1月的乌拉尔阻高指数与前冬的平流层 50 hPa 极涡呈显著正相关。50 hPa 极涡的减弱可能有利于其后乌拉尔阻塞高压的持续偏强。

上面的分析研究清楚地表明, 同对流层 AO 与乌拉尔阻塞高压活动的相关关系一样, 多年资料的分析结果显示 1月的乌拉尔阻高指数与前冬(尤其是 11~12 月)的平流层极涡指数之间存在明显的正相关, 或者说 1月乌拉尔阻塞高压的增强(减弱)对应着上年 11 月和 12 月平流层极涡的填塞(加深)。但是, 2007~2008 年的冬季却与多年的一般情况恰恰相反, 50 hPa 极涡在 11 月中旬到 2

月中旬都偏深(高度为负距平), 而 1 月的乌拉尔阻高又偏强(高度为正距平)。也就是说, 2008 年 1 月乌拉尔阻高的变化与上年 11 月和 12 月平流层极涡变化之间的关系与多年情况相比发生了异常, 出现了同多年存在的显著正相关相反的情况。或者换句话说, 2008 年 1 月乌拉尔阻塞高压的异常并不能用它与平流层极涡之间的显著关系来解释, 2007~2008 年冬季平流层极涡异常不是乌拉尔阻塞高压形成和维持的原因。

5 北大西洋 SSTA 的影响

海温异常对大气环流的变化和异常有重要的影响, 往往都认为一定海区的海温异常 (SSTA) 是造

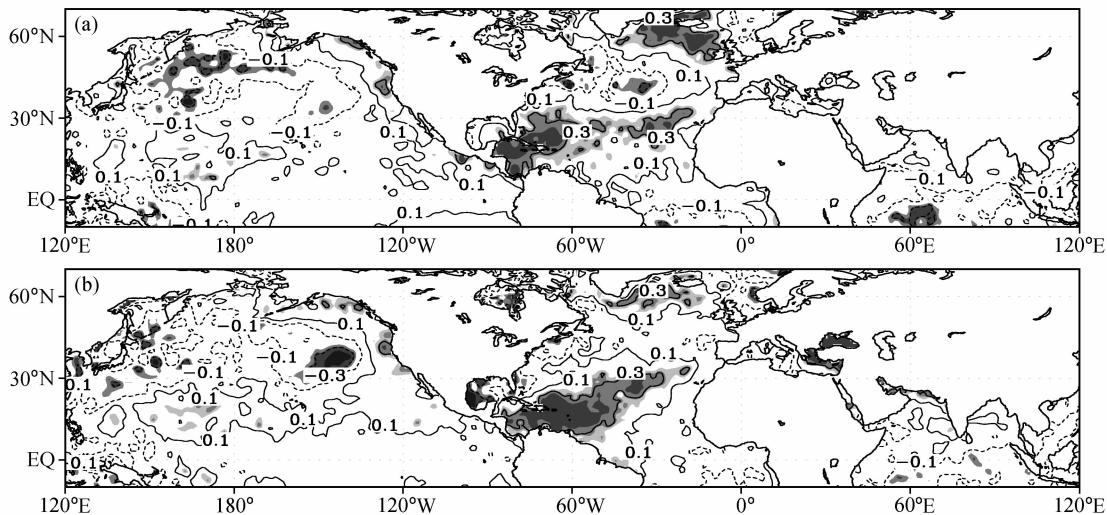


图 6 1月乌拉尔山高压指数与上年 12 月 SSTA (a)、同期 1 月 SSTA (b) 的相关系数 (浅、中、深色阴影分别表示通过 90%、95% 和 99% 信度的区域)

Fig. 6 Correlation between Jan Ural blocking high index and SST anomalies (SSTA) in (a) the previous Dec and (b) simultaneous Jan. Light, middle, and dark shadings indicate 90%, 95%, and 99% confidence levels, respectively

成大尺度大气环流系统(包括阻塞高压)持续性异常的重要原因。下面,我们将通过资料分析研究海温异常是否对 2008 年 1 月乌拉尔阻塞高压的形成有重要作用。

我们首先计算了 1 月乌拉尔阻高指数与全球海温的同时相关系数的分布,同时还计算了 1 月乌拉尔阻高指数与上年 12 月全球海温的相关系数分布,其结果表明北大西洋副热带海区的 SSTA 与乌拉尔阻塞高压存在显著的正相关。图 6 分别给出的是 1 月乌拉尔阻高指数与上年 12 月及同年 1 月北半球海温的相关系数分布,由图可以非常清楚地看到,无论是同期还是海温超前一个月,1 月乌拉尔阻高指数与海温的相关系数的最大值都出现在北大西洋副热带海区,最大信度可超过 99%。这一结果很清楚地表明,北大西洋副热带海区的海温正异常对 1 月乌拉尔阻塞高压的形成有非常重要的作用。同时,在北大西洋北部($50^{\circ}\text{N} \sim 60^{\circ}\text{N}$, $40^{\circ}\text{W} \sim 10^{\circ}\text{W}$)区域还有另一个较为显著的正相关区存在,也值得我们注意。

从海温异常图(参见后面图 9)可以看到在 2007 年 12 月北大西洋存在明显的正异常,虽然主要正距平出现在北大西洋的北部海区。为了进一步说明北大西洋海温异常对乌拉尔阻塞高压形成的重要作用,我们分别用 12 月份北大西洋两个海区($15^{\circ}\text{N} \sim 30^{\circ}\text{N}$, $80^{\circ}\text{W} \sim 30^{\circ}\text{W}$)、($40^{\circ}\text{N} \sim 60^{\circ}\text{N}$,

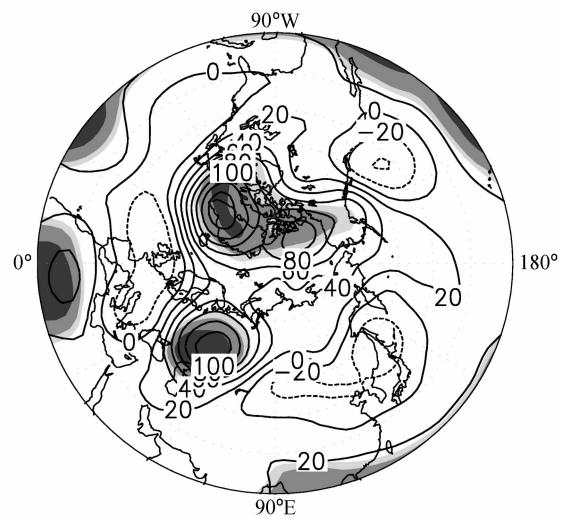


图 7 根据 12 月北大西洋 ($15^{\circ}\text{N} \sim 30^{\circ}\text{N}$, $80^{\circ}\text{W} \sim 30^{\circ}\text{W}$) 海区的海温指数回归的 1 月 500 hPa 高度场 (浅、中、深色阴影表示通过 90%、95% 和 99% 信度)

Fig. 7 Jan 500-hPa height regressed on the SSTA index in the North Atlantic region ($15^{\circ}\text{N} \sim 30^{\circ}\text{N}$, $80^{\circ}\text{W} \sim 30^{\circ}\text{W}$) in the previous Dec. Light, middle, and dark shadings indicate 90%, 95%, and 99% confidence levels, respectively

$50^{\circ}\text{W} \sim 10^{\circ}\text{W}$) 的海温指数(定义为区域平均的海温异常值)回归了 1 月份的 500 hPa 高度场。从图 7 所显示的 ($15^{\circ}\text{N} \sim 30^{\circ}\text{N}$, $80^{\circ}\text{W} \sim 30^{\circ}\text{W}$) 海区的海温指数所回归的 500 hPa 高度场可以清楚地看到,在乌拉尔地区有相当强的高度正距平,而在其上游

和下游地区各有一负距平区。上述形势表明, 12月份北大西洋 ($15^{\circ}\text{N} \sim 30^{\circ}\text{N}$, $80^{\circ}\text{W} \sim 30^{\circ}\text{W}$) 海区的海温正异常极为有利于乌拉尔阻塞高压的形成。

图8所给出的是用12月份 ($40^{\circ}\text{N} \sim 60^{\circ}\text{N}$, $50^{\circ}\text{W} \sim 10^{\circ}\text{W}$) 海区的海温指数所回归的1月份500 hPa高度场, 由图可以清楚地看到, 在乌拉尔东部地区也存在有一定强度的高度正距平, 尽管没有极值中心。这些形势表明, 12月份北大西洋 ($40^{\circ}\text{N} \sim 60^{\circ}\text{N}$, $50^{\circ}\text{W} \sim 10^{\circ}\text{W}$) 海区的海温正异常对于乌拉尔阻塞高压的形成也有一定的作用。这里的分析表明, 12月份北大西洋的海温异常对于1月乌拉尔阻塞高压

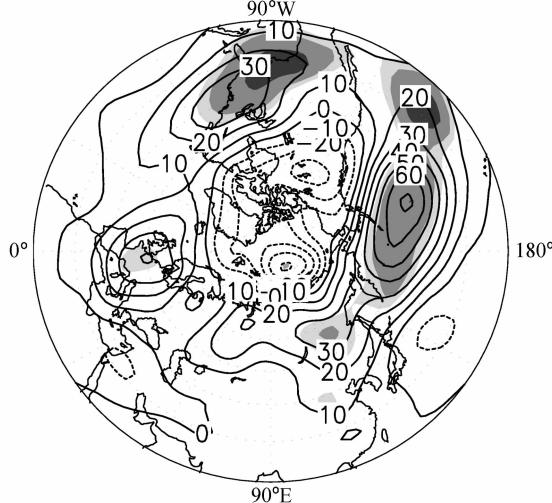


图8 根据12月北大西洋 ($40^{\circ}\text{N} \sim 60^{\circ}\text{N}$, $50^{\circ}\text{W} \sim 10^{\circ}\text{W}$) 海区的海温指数回归的1月500 hPa高度场 (浅、中、深色阴影分别通过90%、95%和99%信度)

Fig. 8 Same as Fig. 7, but for the SST index in the North Atlantic region ($40^{\circ}\text{N} \sim 60^{\circ}\text{N}$, $50^{\circ}\text{W} \sim 10^{\circ}\text{W}$)

的异常活动有显著的作用, 尤其是北大西洋副热带海区的海温异常。而2007年12月, 在北大西洋一直有明显的海温正距平存在, 它对2008年1月乌拉尔阻塞高压的形成和持续异常活动必然起着重要作用。

以上的相关分析和回归分析结果都清楚地表明, 北大西洋, 尤其是北大西洋副热带海区的海温正异常对1月份乌拉尔阻塞高压的形成和维持有重要的作用。这里的结果与已有的分析研究和数值模拟结果 (Li, 2004; 付建建等, 2008) 是一致的。因此, 我们在分析研究1月份乌拉尔阻塞高压的形成和维持的时候, 一定要关注北大西洋, 尤其是北大西洋副热带海区的海温异常形势。

上面的历史资料分析结果表明, 1月份乌拉尔阻塞高压的形成与12月~1月北大西洋的海温正异常有密切关系。但为了说明海温异常对2008年1月乌拉尔阻塞高压的形成有作用, 我们还需要分析当时的海温异常形势。因此, 在图9中特别给出了2007年12月平均的SSTA分布情况 (2008年1月也有类似的SSTA分布形势), 可以看到全球存在两个较为显著的海温异常区, 一个是赤道东太平洋的海温负距平 (La Niña); 另一个是北大西洋的海温正距平, 虽然其大值中心位于 40°N 附近, 但整个北大西洋都很明显为正距平所控制。关于赤道东太平洋的海温异常, 图6的统计分析已表明1月乌拉尔阻塞高压的活动与赤道东太平洋的海温变化没有明显的相关性, 下面我们还将指出赤道东太平洋的La Niña对2008年1月乌拉尔阻塞高压的形成没有直接作用。因此, 对于2008年1月乌拉尔阻塞

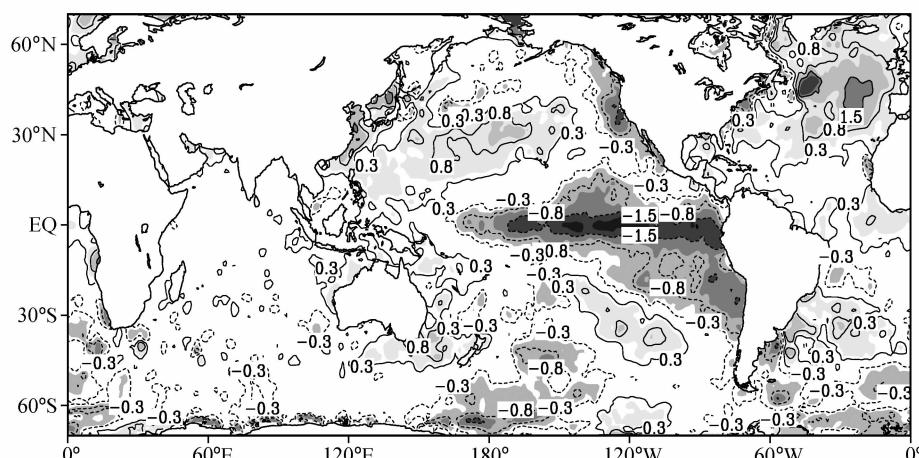


图9 2007年12月平均全球海温异常 (单位: $^{\circ}\text{C}$) 的分布

Fig. 9 Distribution of SSTA in Dec 2007

高压的形成，其海温外强迫作用主要应该是来自北大西洋的海温正异常。前面的统计分析表明 12 月和 1 月北大西洋副热带的 SSTA 与 1 月乌拉尔阻塞高压的活动有极其显著的正相关关系；回归分析又表明北大西洋的海温正距平可以在乌拉尔附近地区形成显著的 500 hPa 高度正距平。而实际观测表明 2007 年 12 月和 2008 年 1 月在北大西洋海区一直有较强的海温正距平存在，因此我们可以认为，2007 年 12 月和 2008 年 1 月北大西洋海区正 SSTA 的持续存在对 2008 年 1 月乌拉尔阻塞高压的形成起着相当重要的作用。

6 La Niña 的影响

虽然，不少研究已经表明 La Niña 对东亚冬季风的活动有显著的影响，使冬季风偏强，然而，我们针对 2008 年 1 月雨雪冰冻天气的分析研究（李崇银等，2008）却显示，无论是温度场还是降水场的异常形势，2008 年 1 月的情况同 La Niña 事件影响的平均效果有非常大的差异，很难说 La Niña 是造成那次持续雨雪冰冻天气的“罪魁祸首”。同时，进一步分析 2008 年 1 月 500 hPa 大气环流的异常、并与 11 个 La Niña 盛期 1 月合成的大气环流异常形势相比较，却发现它们有相当大的差异。2008 年 1 月和 11 个 La Niña 盛期 1 月合成的 500 hPa 高度场的差值场（可以认为是扣除了 La Niña 影响后的 500 hPa 高度异常场）与 2008 年 1 月的 500 hPa 高度异常场有非常好的相似性，都在乌拉尔山附近地区有高度的正距平、在贝加尔湖到巴尔喀什湖一带有东北—西南向的高度负距平带、在我国东北到日本一带有高度正距平区。这些特征表明，在扣除了 La Niña 的影响之后，造成中国南方持续雨雪冰冻天气的大气环流异常依然全部都存在。因此，可以认为与中国南方 2008 年 1 月持续雨雪冰冻天气紧密相联的大气环流异常并不是或主要不是 La Niña 事件所造成的。

就乌拉尔阻塞高压的活动而论，前面所给出的乌拉尔山高压指数与同期 SSTA 的相关系数分布形势表明（图 6），它们间的相关系数在 Niño 3 区的数值都很小，还不到 0.1，远远达不到信度要求。也就是说，无论是历史资料的统计分析还是 2008 年 1 月的观测都表明，乌拉尔阻塞高压的活动与太平洋 La Niña 事件没有明显的关系。

7 结语和讨论

作者以前的分析表明，乌拉尔山阻塞高压的持续异常是导致 2008 年 1 月我国南方罕见的低温雨雪冰冻灾害发生的一个重要原因。本文进一步从对流层 AO、平流层极涡以及海温异常几个方面对 2008 年 1 月乌拉尔阻塞高压异常产生的原因进行了一系列的分析，其结果显示：

(1) 虽然从多年情况来看，乌拉尔阻塞高压与 AO，以及与平流层极涡之间都存在显著的相关关系，乌拉尔阻塞高压有可能受到二者的显著影响。然而就 2008 年 1 月而言，乌拉尔阻塞高压与 AO、与平流层极涡之间的关系却与气候平均的显著关系恰恰相反，这说明 2008 年 1 月的情况与往年不同，对流层 AO 或者平流层极涡的变化对乌拉尔阻塞高压的持续异常形势不可能有直接的作用。

(2) 统计分析表明 1 月乌拉尔阻塞高压与上年 12 月和同年 1 月北大西洋副热带海区的海温异常有显著的正相关。而 2007 年 12 月和 2008 年 1 月在北大西洋副热带海区又都有较强的海温正距平存在，因此可以认为，2007 年 12 月和 2008 年 1 月北大西洋，尤其是北大西洋副热带正 SSTA 的存在对于 2008 年 1 月乌拉尔阻塞高压的形成起着相当重要的作用。

(3) La Niña 事件与 1 月乌拉尔阻塞高压的活动没有显著的相关性，2008 年 1 月大气环流异常的分析也表明，2007~2008 年冬季太平洋的 La Niña 事件对乌拉尔阻塞高压的活动没有直接影响。

大气中的阻塞形势已有半个多世纪的研究，它的发生和演变过程，以及它的动力学机制都有很好的研究结果。但是如何与实际业务预报相衔接，还有不少的事情需要做。从本文的分析研究及其结果可以认为，对于阻塞形势的持续存在来讲，既有外强迫（尤其是海温异常强迫）的原因，也还有大气环流系统，尤其是行星尺度系统演变的作用。我们需要进一步研究和揭示两者的影响及其相互作用，从而为天气气候的预测预报提供一定科学依据。

参考文献 (References)

- Benzi R, Saltzman B, Wiin-Nielsen A C. 1986. Anomalous Atmospheric Flows and Blocking [M]. Academic Press, 459 pp.

- Chan J C L, Li C Y. 2004. The East Asian winter monsoon [M]// Chang C P. East Asian Monsoon. Singapore: World Scientific Publisher.
- Dole R M. 1986. The life cycles of persistent anomalies and blocking over the North Pacific [J]. *Adv. Geophys.*, 29: 31–69.
- 付建建, 李双林, 王彦明. 2008. 前期海洋热状况异常影响2008年1月雪灾形成的初步研究 [J]. *气候与环境研究*, 13 (4): 478–490.
- Fu J J, Li S L, Wang Y M. 2008. Influence of prior thermal state of global oceans on the formation of the disastrous snow storm in January 2008 [J]. *Climatic and Environmental Research (in Chinese)*, 13 (4): 478–490.
- 高守亭, 朱文妹, 董敏. 1998. 大气低频变异中的波流相互作用(阻塞形势) [J]. *气象学报*, 56: 665–679.
- Gao S T, Zhu W M, Dong M. 1998. On the wave flow interaction in the low frequency atmospheric variation: Blocking pattern [J]. *Acta Meteor. Sinica (in Chinese)*, 56: 665–679.
- 顾雷, 魏科, 黄荣辉. 2008. 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 [J]. *气候与环境研究*, 13 (4): 405–418.
- Gu L, Wei K, Huang R H. 2008. Severe disaster of blizzard, freezing rain and low temperature in January 2008 in China and its association with the anomalies of East Asian monsoon system [J]. *Climatic and Environmental Research (in Chinese)*, 13 (4): 405–418.
- Hansen A R, Chen T C. 1982. A spectral energetics analysis of atmospheric blocking [J]. *Mon. Wea. Rev.*, 110: 1146–1165.
- 黄荣辉, 魏科, 陈际龙, 等. 2007. 东亚2005年和2006年冬季风异常及其与准定常行星波活动关系分析研究 [J]. *大气科学*, 31: 1033–1048.
- Huang R H, Wei K, Chen J L, et al. 2007. The East Asian winter monsoon anomalies in the winters of 2005 and 2006 and their relations to the quasi-stationary planetary wave activity in the Northern Hemisphere [J]. *Chinese J. Atmos. Sci. (in Chinese)*, 31: 1033–1048.
- 李崇银. 1988. 频繁的强东亚大槽活动与 El Niño 的发生 [J]. *中国科学 (B)*, 6: 667–674.
- Li C Y. 1988. Frequent activity of strong East Asia trough and the occurrence of El Niño [J]. *Science in China (Ser. B) (in Chinese)*, 6: 667–674.
- 李崇银. 1989. 中国东部地区的暖冬与 El Niño [J]. *科学通报*, 4: 283–286.
- Li C Y. 1989. Warm winter in East China and El Niño [J]. *Chinese Science Bulletin (in Chinese)*, 4: 283–286.
- 李崇银. 1995. 气候动力学引论 [M]. 北京: 气象出版社.
- Li C Y. 1995. An Introduction of Climate Dynamics (in Chinese) [M]. Beijing: China Meteorological Press.
- 李崇银, 顾薇, 潘静. 2008. 梅雨与北极涛动及平流层环流异常的关联 [J]. *地球物理学报*, 51: 1632–1641.
- Li C Y, Gu W, Pan J. 2008. Mei-yu, Arctic Oscillation and stratospheric circulation anomalies [J]. *Chinese Journal of Geophysics (in Chinese)*, 51: 1632–1641.
- 李崇银, 杨辉, 顾薇. 2008. 中国南方雨雪冰冻异常天气原因分析 [J]. *气候与环境研究*, 13 (2): 113–122.
- Li C Y, Yang H, Gu W. 2008. Cause of severe weather with cold air, freezing rain and snow over South China in January 2008 [J]. *Climatic and Environmental Research (in Chinese)*, 13 (2): 113–122.
- Li S L. 2004. Influence of the Northwest Atlantic SST anomaly on the circulation over the Ural Mountains [J]. *J. Meteor. Soc. Japan*, 82 (4): 917–988.
- 刘少锋, 陈红, 林朝晖. 2008. 海温异常对2008年1月中国气候异常影响的数值模拟 [J]. *气候与环境研究*, 13 (4): 500–509.
- Liu S F, Chen H, Lin Z H. 2008. Numerical simulation of the impact of sea surface temperature anomalies on the climate anomalies over China in January 2008 [J]. *Climatic and Environmental Research (in Chinese)*, 13 (4): 500–509.
- 陆日宇, 黄荣辉. 1996. 关于阻塞形势演变过程中波数域能量的诊断分析 [J]. *大气科学*, 20: 269–278.
- Lu R Y, Huang R H. 1996. Energetics examination of the blocking episodes in the Northern Hemisphere [J]. *Chinese J. Atmos. Sci. (Scientia Atmospheric Sinica) (in Chinese)*, 20: 269–278.
- 罗德海. 1999. 大气中大尺度包络孤立子理论与阻塞环流 [M]. 北京: 气象出版社.
- Luo D H. 1999. The Large-Scale Envelope Solitary Theory and the Blocking Situation (in Chinese) [M]. Beijing: China Meteorological Press.
- 陶诗言. 1959. 十年来我国对东亚寒潮的研究 [J]. *气象学报*, 30: 226–230.
- Tao S Y. 1951. Studies on the cold wave in China in recent decade [J]. *Acta Meteor. Sinica (in Chinese)*, 30: 226–230.
- 陶诗言, 张庆云. 1998. 亚洲冬季风对ENSO事件的响应 [J]. *大气科学*, 22: 399–407.
- Tao S Y, Zhang Q Y. 1998. Response of the Asian winter and summer monsoon to ENSO events [J]. *Chinese J. Atmos. Sci. (Scientia Atmospheric Sinica) (in Chinese)*, 22: 399–407.
- 陶诗言, 卫捷. 2008. 2008年1月我国南方严重冰雪灾害过程分析 [J]. *气候与环境研究*, 13 (4): 337–350.
- Tao S Y, Wei J. 2008. Severe snow and freezing-rain in January 2008 in the southern China [J]. *Climatic and Environmental Research (in Chinese)*, 13 (4): 337–350.
- Thompson D W J, Wallace J M. 1998. The Arctic oscillation signature in the wintertime geopotential height and temperature fields [J]. *Geophys. Res. Lett.* 25: 1297–1300.
- Wang L, Chen W, Zhou W, et al. 2010. Effect of the climate shift around mid 1970s on the relationship between wintertime Ural blocking circulation and East Asian climate [J]. *Int. J. Climatol.*, 30: 153–158.
- 王遵娅, 丁一汇. 2006. 近53年中国寒潮的变化特征及其可能成因 [J]. *大气科学*, 30: 1068–1076.
- Wang Z Y, Ding Y H. 2006. Climate change of the cold wave frequency of China in the last 53 years and the possible reasons [J]. *Chinese J. Atmos. Sci. (in Chinese)*, 30: 1068–1076.
- 杨贵名, 孔期, 毛冬艳, 等. 2008. 2008年初“低温雨雪冰冻”灾害天气的持续性原因分析 [J]. *气象学报*, 66 (5): 836–849.
- Yang G M, Kong Q, Mao D Y, et al. 2008. Analysis of the long-lasting cryogenic freezing rain and snow weather in the beginning of 2008 [J]. *Acta Meteor. Sinica (in Chinese)*, 66 (5): 836–849.

叶笃正, 陶诗言, 朱抱真. 1962. 北半球冬季阻塞形势的研究 [M]. 北京: 科学出版社. Ye D Z, Tao S Y, Zhu B Z. 1962. Studies

on the Blocking Situation in the Northern Hemisphere (in Chinese) [M]. Beijing: Science Press.

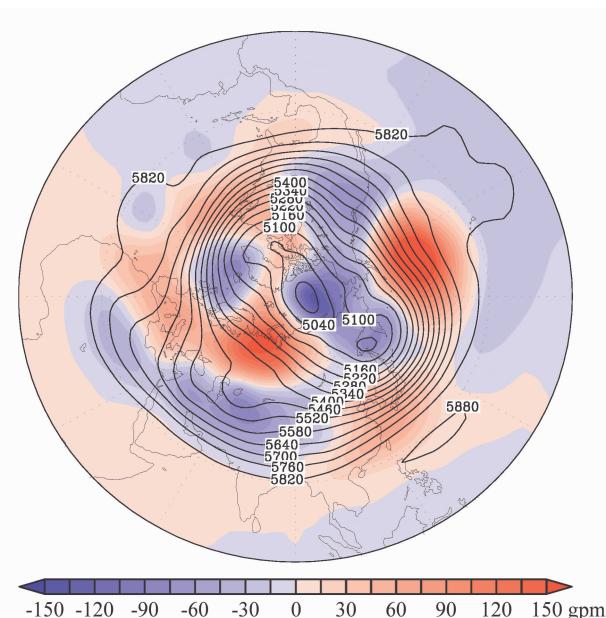


图 1 2008 年 1 月 500 hPa 高度场 (等值线, 单位: gpm) 及其异常 (彩色阴影) 形势

Fig. 1 500-hPa geopotential height (contours, units: gpm) and its anomalies (shadings) in Jan 2008

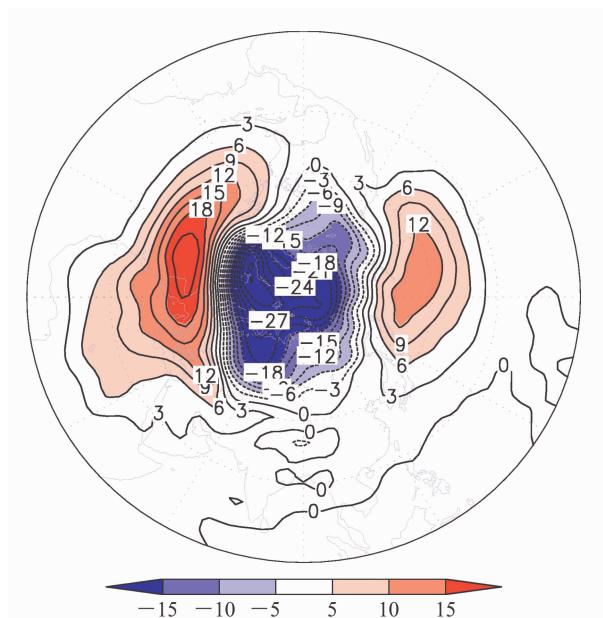


图 2 多年平均 1 月的 AO 模态形势 (等值线) 以及 2008 年的异常 (与多年平均 AO 模态的差) (彩色阴影)

Fig. 2 The climatological mean Arctic Oscillation (AO) mode in Jan (contours) and the AO mode anomaly in Jan 2008 (shadings)

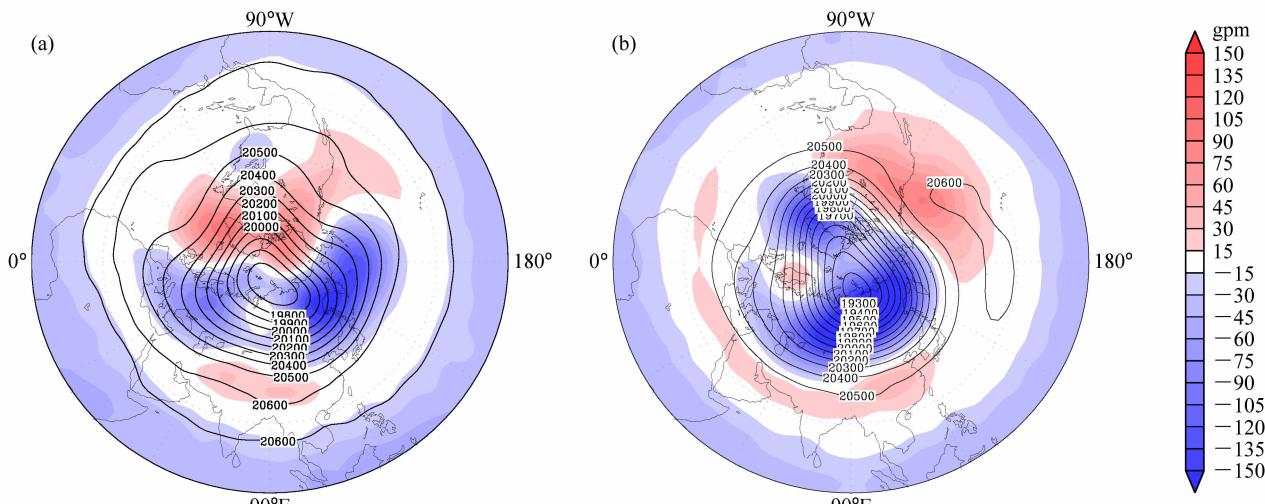


图 4 2007 年 11 月 (a) 和 12 月 (b) 50 hPa 平均位势高度 (等值线, 单位: gpm) 及其异常 (彩色阴影) 形势

Fig. 4 50 hPa geopotential height (contours, units: gpm) and its anomalies (shadings) in (a) Nov and (b) Dec 2007