

2008年雪灾同平流层环流异常的关系

陈月娟¹, 周任君¹, 邓淑梅², 易明建¹, 刘毅³

(1. 中国科学技术大学地球和空间科学学院, 安徽合肥 230026; 2. 安徽省气象科学研究所, 安徽合肥 230031;
3. 中国科学院大气物理研究所中层大气与全球环境探测实验室, 北京 100029)

摘要:为了探讨2008年我国南方罕见的低温、雨雪和冰冻灾害与平流层环流异常的关系,利用NCEP资料对2007年10月1日到2008年2月29日的平流层大气环流的逐日变化进行了分析.结果表明,这次低温、雨雪和冰冻灾害之前,平流层北极涡旋异常加强和变形,同时在中低纬地区平流层的环流也发生明显的变化.这些变化从平流层向下传,进而影响对流层.由此可见这次我国历史罕见的低温、雨雪和冰冻灾害不但与对流层大气环流的变化有关,也与平流层环流的变化有关.更有意义的是,平流层环流的变化超前了一个多月.因此利用平流层的信息作为天气预报的参考,对提高中长期天气预报(特别是重大灾害的预报)的准确率会起到积极的作用.

关键词:08雪灾;平流层;极涡;北半球环状模

中图分类号:P421 **文献标识码:**A

Relationship between stratospheric circulation anomalies and extended snow storm

CHEN Yue-juan¹, ZHOU Ren-jun¹, DENG Shu-mei², YI Ming-jian¹, LIU Yi³

(1. School of Earth and Space Science, University of Science and Technology of China, Hefei 230026, China;
2. Anhui Institute of Meteorological Sciences, Hefei 230031, China;
3. Laboratory for Middle Atmosphere and Global Environmental Observation, Institute of Atmospheric Physics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100029, China)

Abstract: In order to investigate the relationship between the stratospheric circulation anomaly and the exceptionally serious snow storms which occurred in the southern part of China in 2008, the variation of the atmospheric circulation in the stratosphere from October, 2007 to February, 2008 was analyzed using NCEP data. The results show that before the occurrence of the snow storms the stratospheric north polar vortex abnormally strengthened and deformed, and the stratospheric circulation in the middle-lower latitudes changed significantly. These anomalies propagated downward and affected the troposphere. This means that the snow storms were connected not only with the changes of the tropospheric circulation, but also with the changes of the stratospheric circulation. Meaningfully, the changes of the stratospheric circulation were more than a month ahead of the snow storms. Therefore information of the stratospheric circulation is very conducive to improving the middle and long term weather forecast, especially the

收稿日期:2008-06-10; **修回日期:**2008-09-28

基金项目:国家自然科学基金重点项目(40633015)资助.

作者简介:陈月娟(通讯作者),女,1940年生,教授.研究方向:大气动力学研究. E-mail: cyj@ustc.edu.cn

forecast of serious meteorological calamities.

Key words: 2008 snow calamity; stratospheric circulation; polar vortex; northern annular mode

0 引言

2008 年 1 月下旬,我国南方广大地区经历了建国以来罕见的范围广、强度大、持续时间长的严重的低温、雨雪和冰冻灾害.这次天气灾害影响到 19 个省区市,给我国南方交通运输、能源供应、电力传输、通讯设施、农业生产以及人民群众的生活造成相当严重的影响和重大的损失.这次低温、雨雪和冰冻灾害除具有范围广、强度大、持续时间长的特点外,还有一个特点就是它主要影响我国南方,而对通常冬季比较寒冷的华北和东北地区反而没有什么影响.经过有关专家的分析,认为影响这次灾害的两个主要原因是,大气环流异常和“拉尼娜”事件的爆发.本文主要从大气环流异常,特别是平流层大气环流异常的角度来讨论这个问题.

传统观念认为天气的变化主要受对流层大气环流的影响,平流层环流是被动的系统,因此在天气预报中主要考虑对流层环流的变化而对平流层环流的作用没有给以足够的重视.然而近年来的一些研究(如 Kodera 等^[1,2]和 Zhou 等^[3])表明,平流层发生爆发性增温的时候,平流层温度和平均纬向风的异常都会向下传播并引起对流层变化. Baldwin 与 Dunkerton^[4,5]也曾对平流层北极极地涡旋(下面简称极涡)的异常变化对对流层的影响进行过研究.在研究平流层和对流层相互作用时常常用到北极涛动(Arctic oscillation,简称 AO)和北半球环状模(northern annular mode,简称 NAM)的概念. AO 是指北半球热带外地区(20°N 以北)冬季海平面气压距平场 EOF 第一特征向量呈现的中纬度和极区反位相变化的南北振荡(类似于跷跷板式的变化),这种振荡现象在各个高度上都存在^[6,7];在地面以上表现为各等压面的位势高度距平场 EOF 第一特征向量也呈现出中纬度和极区南北方向上的反位相变化.由于纬向西风强度变化与南北方向上气压梯度的变化相对应,因此这种气压场的振荡现象会伴随着中纬度地区纬向西风强度的振荡现象.有时人们又把地面以上各高度上的这种振荡称为北半球环状模(NAM),因此, NAM 指数的符号和大小变化既表明中纬度地区纬向西风强度的变化,也表明南北方向上气压场的变化.当中纬度地区平均纬向西

风强度较强时(相对于多年平均而言,下同), NAM 指数为正,这时对应着极涡较强;反之,当中纬度地区平均纬向西风强度较弱时, NAM 指数为负,这时对应着极涡较弱^[3,8].一些与 NAM 相关的研究表明平流层环流的异常在一定条件下会向下传播影响到对流层大气,于是人们把 NAM 向下传播作为一种信号来研究平流层对对流层的影响.

Baldwin 与 Dunkerton^[5]采用 NAM 指数对 18 个弱极涡事件和 30 个强极涡事件进行了合成分析,结果表明平流层极涡发生大的变化时会向下传播并可以影响到近地面.由此,他们指出平流层的变化是对流层天气异常的先兆,可以作为预报对流层天气的一个预报因子^[9,10].陈文等^[11]研究平流层和对流层行星波的年际变化时也发现准定常行星波异常与 NAM 有密切的关系,黄荣辉等^[12]在研究 2005~2006 年冬季风异常时也指出该年东亚冬季风异常与北极涛动有密切关系.邓淑梅和陈月娟等^[13]也曾利用 NAM 指数分析过平流层爆发性增温对东亚天气气候的可能影响,特别讨论了平流层极涡的强弱变化对东亚大槽的影响.得到的结果是:当平流层极涡减弱时, 500 hPa 东亚大槽将会向南和向西发展,在亚洲大陆的东部(45°N~65°N, 100°E~150°E 区域)大槽会有所加强;当平流层极涡加强时, 500 hPa 东亚大槽将会向东北方向移动和加强,在亚洲大陆的东部大槽会有所减弱.我们都知道,东亚大槽的位置和强度对我国冬季天气变化起着非常重要的作用,所以我们认为,平流层的变化对于东亚地区天气预报也会有指示意义.不过以上工作都是对多年的历史观测资料的综合分析结果,对于具体的天气过程还没有人做过类似的研究.2008 年在我国南方发生了如此严重的低温、雨雪和冰冻灾害,在此之前,平流层环流有何反应呢?是否也有异常的先兆呢?为了搞清楚这个问题,我们利用 NCEP 提供的资料对平流层环流进行了分析,得到了一些初步结果.

1 资料和计算方法介绍

我们采用的资料是 NCEP(National Center for Environment Prediction)提供的 1958~2006 年的气候资料和 2007 年 1 月 1 日到 2008 年 2 月 29 日最新的逐日的格点气象资料(再分析资料 I),它们分布

在 1 000, 925, 850, 700, 600, 500, 400, 300, 250, 200, 150, 100, 70, 50, 30, 20 和 10 hPa 17 个等压面上, 水平覆盖范围是 $90^{\circ}\text{S}\sim 90^{\circ}\text{N}$, $0\sim 360^{\circ}\text{E}$, 格距是 $2.5^{\circ}\times 2.5^{\circ}$.

NAM 指数的计算方法: 本文用到的 NAM 指数是按照 Baldwin 与 Dunkerton^[5] 给出的方法计算的, 即先对各纬度、经度、各等压面的位势高度资料进行 90 天低通滤波, 并求出一年 365 天各天的平均值作为随季节变化的气候值. 然后用实测值减去上述随季节变化的气候值, 得出距平值(此距平值保留了从日到年际尺度的变化, 但去掉了季节变化). 再对距平值进行 90 天低通滤波, 只留下从 11 月到 4 月 20°N 到北极的数据. 将这些数据分别乘以权重——纬度的余弦的平方根后, 再计算其 EOF 第一特征空间向量场和时间序列. 这个第一特征空间向量场表现出来的模态就称为北半球环状模(即 NAM), 它表现为: 在极地和高纬度地区是一个低气压区(也就是极地涡旋区), 在这个低气压区的外围, 在中纬度地区是环状的高压带, 高压中心分别位于北太平洋和北大西洋. 资料分析表明, 这个第一特征向量场通常呈现出中纬度和极区南北方向上的反位相变化(也就是南北振荡), 与此第一特征空间向量场对应的时间序列就是 NAM 指数. 当 NAM 指数为正, 就对应着极涡较强, NAM 指数为负则对应着极涡较弱^[3,8]. NAM 指数的绝对值越大表明极涡越强(或越弱). 在 Baldwin 与 Dunkerton 的工作中^[5] 他们将 10 hPa 等压面(约 30 km 高度)上 NAM 指数大于 +1.5 定为强极涡事件, NAM 指数小于 -3.0 定为弱极涡事件. 本文下面的讨论也采用这个标准.

2 分析结果

2008 年 1 月中下旬的这次低温、雨雪和冰冻灾害范围广、强度大、持续时间长. 在受影响的 19 个省区市中, 位于江淮流域、长江中下游和江南地区的湖南、湖北、安徽、江西、广西、贵州的灾害特别严重. 湖北、湖南是百年一遇, 湖南省某些地方电线覆冰厚度达到 30~60 mm; 江西持续出现 1959 年以来最严重的低温雨雪天气; 贵州有 49 个县市持续冻雨日子突破历史记录; 安徽持续降雪 24 天, 是建国以来最长一年. 这次寒潮雨雪过程是从 1 月 11 日开始, 在此之前, 从 2007 年入冬以来我国基本上是晴暖、少雨天气, 从 1 月 10 日以后我国天气形势发生了显著变化, 转变为低温、多雨雪天气, 并持续到 2 月上旬. 以安徽省省会合肥市为例, 1 月 11 日开始下雨

(13.6 mm), 14~16 日逐渐转为降雪(16 日积雪 4 cm), 到 1 月 19 日和 20 日, 降雪量有所增加(积雪达到 9 cm), 23~25 日降雪稍停, 25 日后又开始一次更为强的降雪过程, 26~28 日大到暴雪, 积雪深度达到 44 cm. 同时江淮地区出现 30 到 50 cm 的暴雪, 大别山区的金寨县积雪达 54 cm. 造成严重的低温雨雪和冰冻灾害也主要是 1 月 25 日到 30 日这段时间. 之后, 除 2 月 1, 2 日有少量降雪外, 直到 2 月下旬都维持晴好天气.

为了分析这次极端的天气过程与平流层环流的关系, 我们利用 NCEP 资料对 2007 年 10 月 1 日到 2008 年 2 月 29 日的平流层环流进行了逐日的分析. 从分析结果我们看到, 这次低温、雨雪和冰冻灾害之前平流层环流无论在极地和高纬度地区还是在中低纬度地区都有明显的异常. 下面分述之.

2.1 高纬和极地平流层环流异常的超前信号

这次低温、雨雪和冰冻灾害之前高纬和极地平流层环流异常首先表现在平流层极涡的异常增强. 从 2007 年 12 月初到 2008 年 1 月中旬, 平流层极涡在不断的加强. 在 10 hPa 等压面上, 12 月初极涡中心值约为 28 800 位势米(同期平均值为 29 000 位势米); 到 12 月中旬极涡中心值低于 28 200 位势米(同期平均值为 28 800~28 600 位势米之间); 而到 2008 年 1 月 18~20 日, 极涡中心值低于 28 000 位势米, 同期平均值为 28 800 位势米, 相差约 800 位势米. 图 1(a) 为 2008 年 1 月 1 日 10 hPa 的位势高度图, 可以看出北极地区一个很强的低压涡旋; 图 1(b) 是它与同期平均值的差值(距平)图, 北极区的负距平表明极涡的加强. 在 10 hPa 以下各气层中, 极涡也有类似的变化, 只是随着高度的降低, 极涡增强到超过多年平均值的时间要推后一些. 例如, 在 30 hPa, 在 2007 年 12 月 9 日以前极涡的强度还和多年平均值差不多, 12 月 9 日以后极涡不断加强, 到 12 月下旬极涡中心值低于 22 000 位势米, 比同期平均值偏低约 400 位势米. 这种情况一直维持到 2008 年 1 月中下旬. 在 50 hPa 极涡的加强推迟到 12 月 16 日以后, 也维持了一个多月. 由此可见, 极涡的增强随时间的增加有逐渐向下传的趋势.

图 2 给出用 NCEP 资料计算的各等压面高度上 NAM 指数随时间的变化. 从图 2 我们可以看到极涡变化的过程, 从 2007 年 10 月初到 11 月底在平流层中层 NAM 指数基本上在 -0.5 到 0.5 之间, 也就是说, 2007 年 12 月初以前极涡不很强也不很

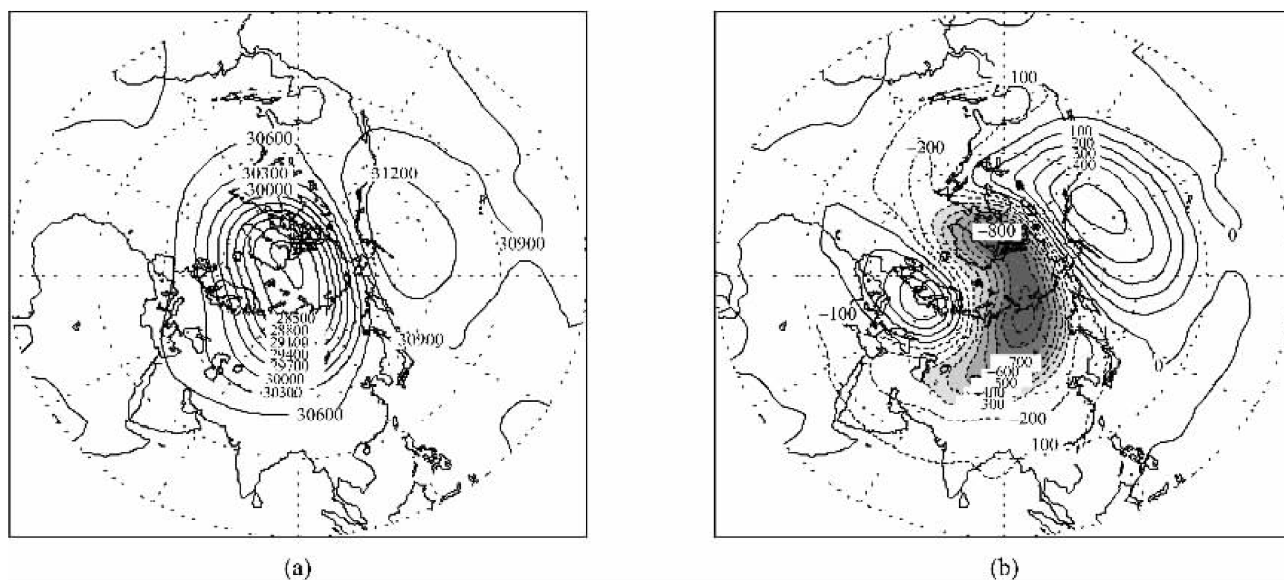


图 1 2008 年 1 月 1 日 10 hPa 位势高度(a)及其距平图(b)(阴影区表示负距平超过-300 位势米的区域)

Fig. 1 The geopotential height at 10 hPa (a) and its departure (b) for Jan. 1, 2008
(the negative departure more than -300 gpm are shaded)

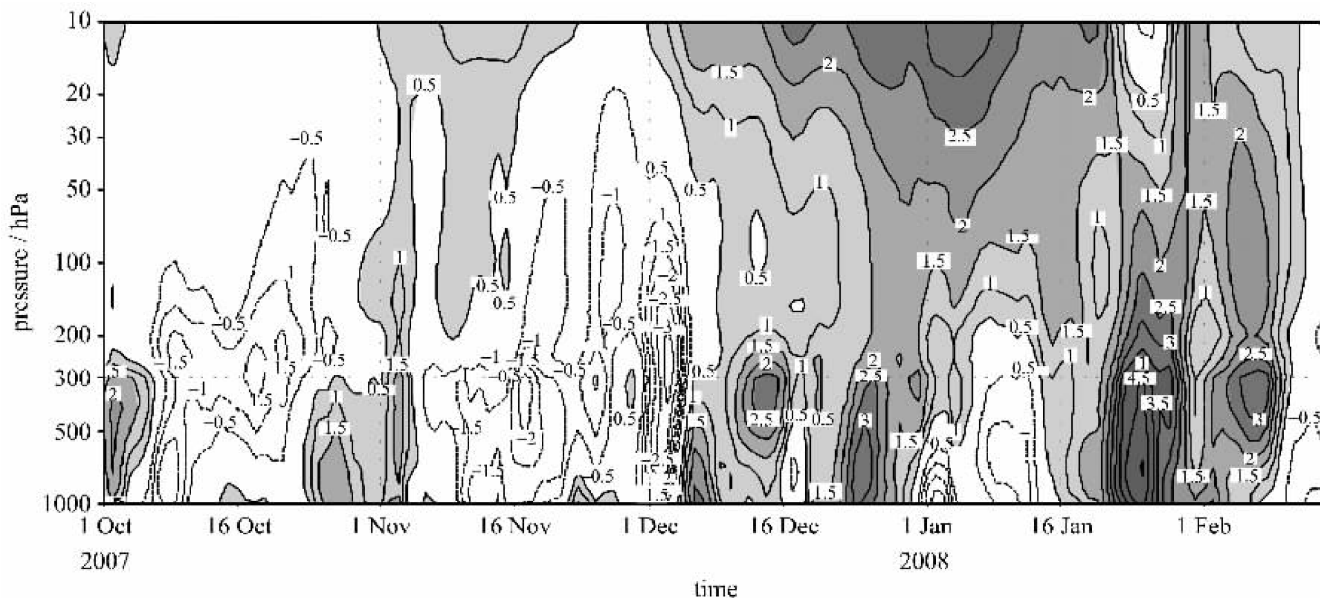


图 2 2007 年 10 月到 2008 年 2 月 NAM 指数的时间-高度剖面图(阴影区为 NAM 大于 0.5 的正值区)

Fig. 2 Time-height section of NAM indices from October 2007 to February 2008 (values larger than 0.5 are shaded)

弱,从 2007 年 12 月初开始极涡迅速增强,到 12 月 5 日 10 hPa 的 NAM 指数开始超过+1.5,一直维持到 1 月 20 日左右,在 2008 年 1 月上旬 NAM 指数最大时甚至超过+3,说明这段时间极涡非常的强.与此同时,对流层的 NAM 指数也有明显的变化,从 11 月份维持了将近一个月的负值于 12 月初开始迅速的转为正值.虽然在 2008 年 1 月上旬出现过不大的负值,但很快又变为很大的正值.对流层下层 NAM 指数达到最大的时间是 1 月下旬,正是我国发生低温、雨雪和冰冻灾害的时候.而从平流层极涡明显增强(如 NAM 正值超过 1.5)到对流层指数达到最大经过了 50 天左右.

按照 Baldwin 与 Dunkerton^[5]的观点和图 2 可

以推论,平流层环流明显的异常会向下传,会影响对流层.因此从 2007 年 12 月到 2008 年 1 月先是北美,然后是欧洲和亚洲,不少地方都出现了异常的雨雪灾害天气就不奇怪了.然而图 2 只表明平流层极涡明显加强后,对流层也有强烈的响应,但并不能看出影响哪个区域.那么为什么 2008 年 1 月中下旬对流层 AO 振荡最强烈的时候正好影响我国呢?进一步的分析表明,这次雪灾过程中,平流层极涡除了强度有明显的加强外,它的形状和位置也有明显的变化.对于多年平均而言,12 月至 1 月极涡大致呈椭圆形,其长轴从欧亚大陆北部伸向北美的北部,中心在北极附近从西伯利亚的太梅尔半岛到格陵兰的北端.在 2007 年 12 月上中旬,随着极涡的加强,它同

时向亚洲和北美延伸,这种情况持续了两个多星期,虽然 12 月 18 日以后有几天极涡明显的由西向东旋转,它的长轴有所收缩,并且从北美转到大西洋的北面冰岛附近,但欧亚大陆北部还是受极涡控制. 从 12 月下旬开始极涡又明显地向亚洲和北美延伸. 极涡的加强和变形的这种特征从图 1 可以看得很清楚. 这种变化形势一直维持到 1 月中旬末. 由此可见,在这次雪灾之前的一个多月,亚洲北部平流层一直受强极涡的控制.

2007 年 12 月到 2008 年 1 月极地和高纬度地区环流除上述极涡的变化外,还有一个特点就是极涡外围的高压(主要在太平洋北部和北大西洋到欧洲一带)也明显加强. 这从图 1(b)看得很清楚.

从邓淑梅、陈月娟等^[13]过去进行的合成分析的结果来看,2008 年 1 月平流层极涡的异常变化将会影响 500 hPa 东亚大槽的位置和强度的变化,进而影响我国的天气. 下面我们从图 3 来看看这次低温、雨雪和冰冻灾害之前极地和高纬平流层环流的异常是如何逐渐向下传并影响我国的. 图 3(a)是 2008 年 1 月 1 日沿 60°N 的垂直剖面图上等压面位势高度场的距平(标准化)图,显示了当天从平流层到对流层环流变化的垂直结构. 从图 3(a)可以看到从 20°W 到 60°E 的区域有一个升压区,从平流层一直伸向对流层. 而 60°E~160°E 的区域有一个明显的降压区,它在平流层比较明显,在 10 hPa 附近等压面下降的幅度最大,其距平值为标准差的 1.2 倍(等

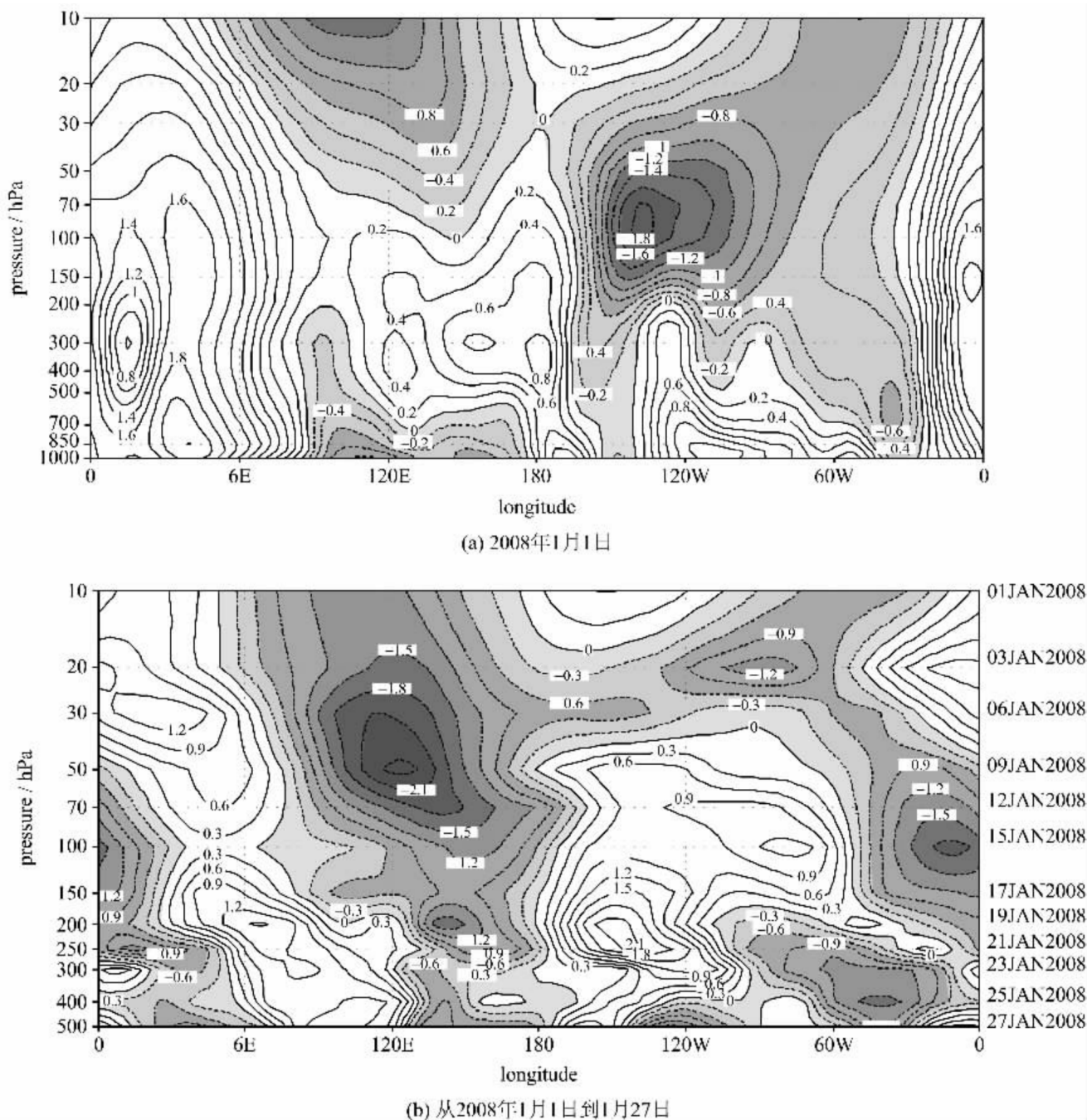


图 3 标准化的位势高度距平沿 60°N 的垂直—经向剖面图

Fig. 3 Height-longitude section of the standardized departure of geopotential height

压面下降的幅度可达 700~800 位势米,对应着图 1(b)中极涡加强时伸向欧亚大陆的降压区).但是随着高度的下降,降压区的范围和降压幅度迅速减小,到 100 hPa 附近几乎没什么变化.到了对流层中上层变成一个比较弱的升压区,而在对流层下层从 90°E~180°为一个较弱的降压区.在西半球 180°~20°W 的区域,等压面位势高度场的距平与东半球不一样,在平流层中层从 180°~110°W 为弱的正距平区,在 110°W~20°W 为弱的负距平,它向西向下延伸,在平流层下部和对流层上部达到极大.而到了对流层下部,又变为弱的正距平.为了看清楚平流层的异常如何向下传和影响东亚地区,我们制作了类似的图 3(b).它的纵坐标和横坐标与图 3(a)一样,不同的是,图中的不同高度上采用不同时间的标准化距平值,在 10 hPa 上用 2008 年 1 月 1 日的值,在 20 hPa 上用 3 日的值.越向下,资料的时间越向后推,直到 2008 年 1 月 27 日.图 3(b)的右边标出了不同高度上采用的资料的时间.

从图 3(b)可以看到,随着时间的增加,平流层上欧亚大陆的降压区明显地向下延伸和向东传,并且逐渐增强,在 30~70 hPa 达到极大(大约 1 月 6~13 日),其标准化距平达到和超过 2.1.同时,位于西半球上空的降压区也有一支在向下和向西传,在 20~40 hPa 高度(大约 1 月 3~8 日),与从欧亚大陆上空向下和向东传的降压区相连.到了 500 hPa 高度上,这个降压区已移到 120°E~160°E.而 1 月 1 日在 60°E 以西的升压区到了 1 月中下旬在对流层东移到了 70°E~120°E 区域(这和邓淑梅,陈月娟^[13]过去进行的合成分析所得到的极涡加强时东亚大槽东移加强的结果是一致的).随着欧亚大陆上空平流层的降压区和 60°E 以西的升压区向下和向东传,欧亚大陆 500 hPa 的环流形势也发生了相应

的变化(如图 4 所示),东亚大槽主体在西伯利亚东部加强,而欧亚大陆大部分地区气压升高,于是从 1 月中旬开始,从地中海到乌拉尔山发展出一个很强的阻塞高压,这个阻塞高压缓慢东移,一直控制着亚洲大陆,阻塞高压前方的偏北气流有利于北方的冷空气侵入我国,使我国大部分地区气温下降.

2.2 2008 年 1 月中低纬平流层环流的异常

以上分析可以看出,2008 年 1 月平流层极涡的异常增强并逐渐向下传,影响到 500 hPa 及其以下气层(图略)环流场的变化,进而造成我国天气的异常变化.但是为什么这次雨雪、冰冻灾害如此之严重,所需的大量水汽从何而来?而且,为什么出现在我国南方而不是北方呢?平流层是否也有先兆呢?为了搞清楚这些问题我们对中低纬度地区的环流也进行了分析.我们先从图 4 来看,在 1 月中旬及其以前(如图 4(a)),虽然北边有冷空气南下,但是在南边从印度北部向东到我国南方等高线比较平直,也就是说,这一带为平直西风气流控制,不利于南方洋面上的水汽向我国大陆输送.到了 1 月下旬(如图 4(b)),在亚洲大陆高压的南边,印度的北部,中亚和我国青藏高原一带及其以南地区发展了一个低压槽(通常称为南支槽),使得从印度向东到我国南方变为西南气流.这种环流形势从 1 月 22 日开始一直维持到月底,有利于孟加拉湾和中印半岛的暖湿气流源源不断地输送到我国华中、华东、江淮流域、长江中下游及其以南地区,与这里北来的冷空气汇合,从而形成这次我国南方的严重的雪灾.由于亚洲大陆冬季的季风通常为偏北气流,这样强的西南气流持续这么长时间在冬季是少有的.现在我们来看看这种异常在平流层有什么表现.为了讨论这个问题,我们在印度的北边到我国青藏高原一带(25°N~35°N, 70°E~90°E)取一个矩形区域,计算它在各等压面上

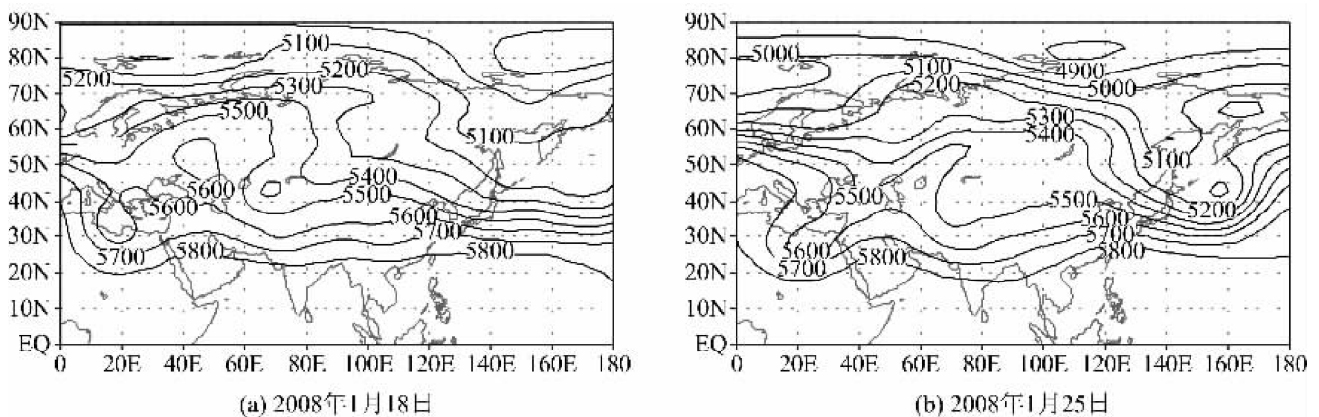


图 4 欧亚大陆 500 hPa 位势高度图

Fig. 4 Geopotential height at 500 hPa over Eurasia

的位势高度与多年平均值之差. 图 5 是这种差值随时间的变化. 可以看出这个区域在 2007 年 12 月中旬末到 2008 年 1 月中旬末大部分时间对流层中部气压都高于多年平均值, 只有几天气压稍低, 且持续时间不长, 但在 1 月中下旬对流层气压猛烈下降, 南支槽开始形成和维持. 而平流层的情况与对流层基本相反, 从 2007 年 12 月下旬开始平流层气压比多年平均值偏低, 这种状况一直持续到 1 月中旬. 从图 5 还可以看出, 12 月中下旬在对流层中上层发展强烈的正变压区向上传, 并使平流层的降压趋势在 1 月上旬有所减弱, 但 12 月 18 日~1 月 1 日和 1 月 11 日前后在对流层下层出现的较弱的降压区也向上传播, 使得平流层的降压趋势再次加强, 然后再向下传, 并且在对流层强烈发展出南支槽. 由此看来, 这次南方环流的异常在平流层也是有明显的反映, 而且, 对流层系统和平流层系统的相互影响对这次雪灾可能起着重要的作用. 类似的现象曾庆存等^[14]在讨论南海夏季风爆发前期大气环流的突变时也曾指出过, 他们发现在南海夏季风爆发前, 对流层高层和平流层低层大气环流已先有了一次强大的调整, 然后向下延伸, 不久就有南海对流层低层夏季风的爆发. 不过他们讨论的是夏季的情况. 从 2008 年这次环流异常变化来看, 在冬季, 这个问题也是值得我们进一步研究的.

3 结论和讨论

由以上分析可见, 在 2008 年 1 月我国发生低

温、雨雪和冰冻灾害之前的一个多月, 平流层环流已经有明显的异常, 除极地和中高纬地区极涡的异常加强和变形外, 在中低纬平流层的环流也有明显的变化. 这些变化从平流层向下传, 进而影响对流层. 由此可见这次我国历史罕见的低温、雨雪和冰冻灾害不但与对流层大气环流的变化有关, 也与平流层环流的变化有关, 而且对流层环流的变化与平流层环流的变化是有密切联系的. 我们也分析了其他一些江淮地区和长江流域出现大到暴雪的年份, 如 1984 年 1 月 17~18 日(安徽, 江苏寒潮暴雪, 淮河以南地区积雪 35~50 cm)和 2 月上旬的大到暴雪, 1991 年 12 月 23~29 日暴雪和降温, 1996 年 2 月 14~17 日安徽省的大雪和冰冻严寒, 2000 年 1 月 24~25 日安徽省全省大到暴雪^[15]以及 2004 年 12 月 22 日~2005 年 1 月 1 日全国性的强寒潮等^[16]平流层环流的变化. 图 6 给出 2004 年 11 月到 2005 年 2 月各等压面高度上 NAM 指数随时间的变化, 可以看到在强寒潮发生之前大约 14 天平流层极涡已经明显加强, 而且逐渐下传影响对流层, 在 12 月下旬寒潮爆发时 NAM 指数达到和超过 2.0. 其他几年的 NAM 指数的逐日变化也有类似的特征, 只是平流层极涡没有这么强, 下传到对流层时也没有这么强, 而且持续时间也没有这么长(图略), 所对应的降雪和降温的时间也比较短. 值得注意的是, 这些强寒潮和降雪过程都有平流层环流的变化超前于对流层环流的变化特征, 超前的时间短的可以是半个月, 长的可以到一个多月. 因此利用平流层的信息作

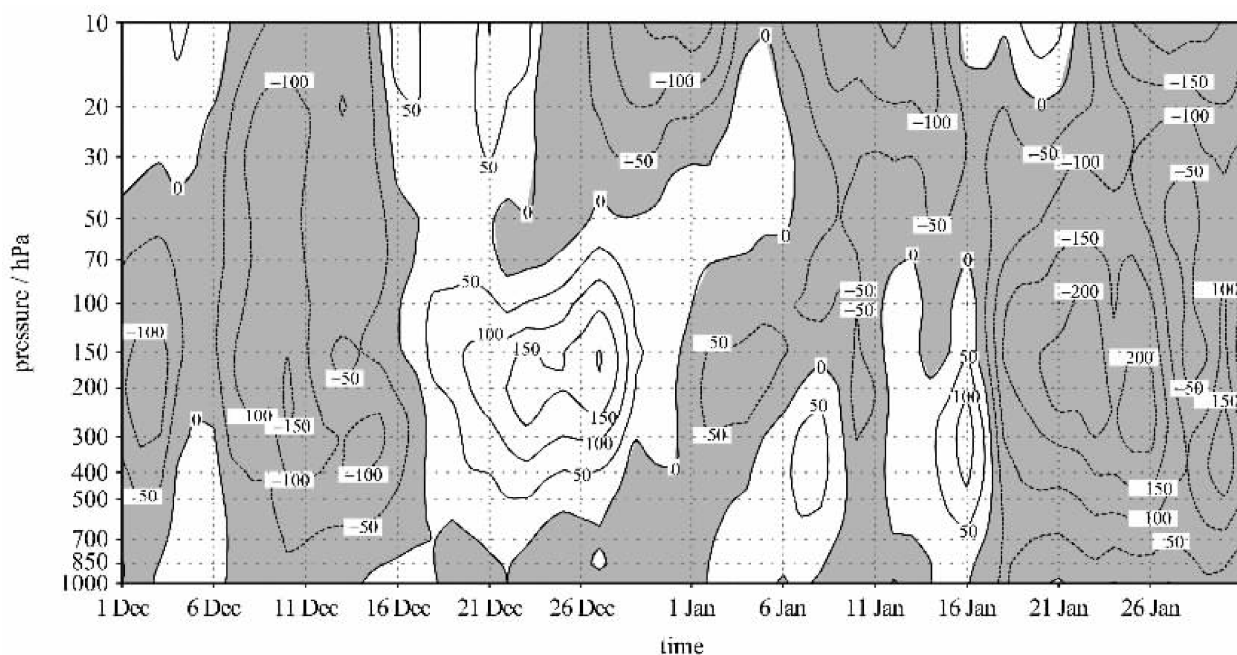


图 5 25°N~35°N, 70°E~90°E 区域位势高度距平的高度时间剖面图

Fig. 5 Height-Time section of the geopotential height departure in the region 25°N~35°N, 70°E~90°E

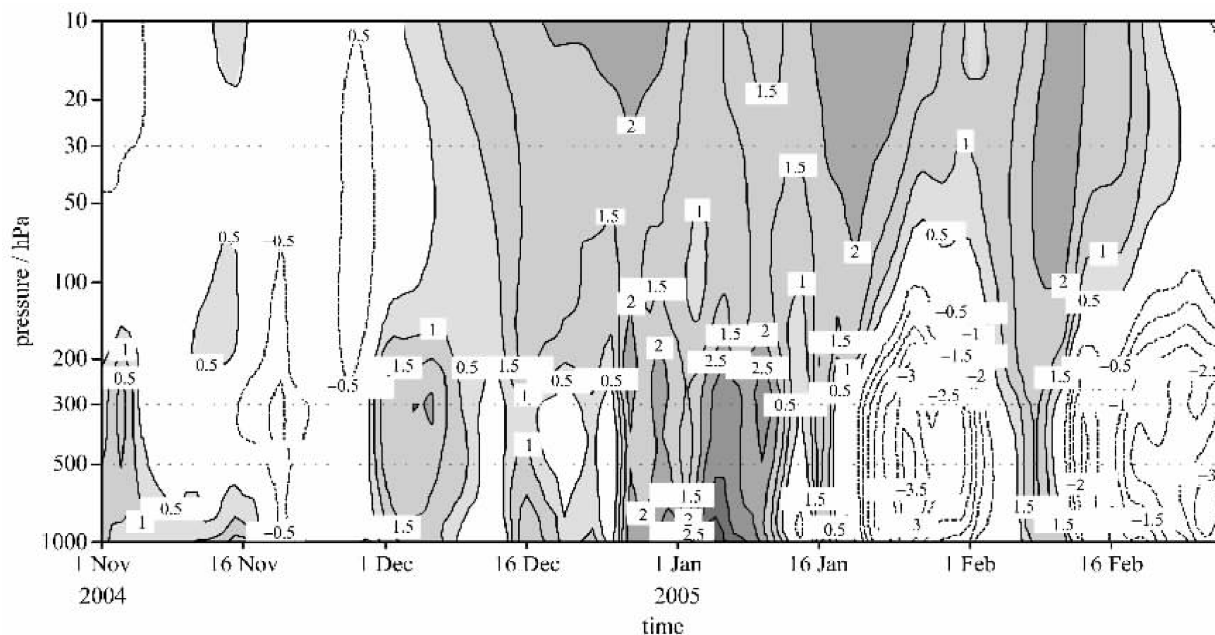


图 6 2004 年 11 月到 2005 年 2 月 NAM 指数的时间-高度剖面图(阴影区为 NAM 大于 0.5 的正值区)

Fig. 6 Time-height section of NAM indices from November 2004 to February 2005 (values larger than 0.5 are shaded)

为天气预报的参考,对提高中长期天气预报(特别是重大灾害的预报)的准确率会起到积极的作用。

参考文献(References)

- [1] Kodera K, Yamazaki K, Chiba M, et al. Downward propagation of upper strato-spheric mean zonal wind perturbation to the troposphere[J]. *Geophys Res Lett*, 1990, 17: 1 263-1 266.
- [2] Kodera K, Kuroda Y, Pawson S. Stratospheric sudden warmings and slowly propagating zonal-mean zonal wind anomalies[J]. *J Geophys Res*, 2000, 105: 12 351-12 359.
- [3] Zhou S T, Miller A J, Angell J K. Downward propagating temperature anomalies in the preconditioned polar stratosphere[J]. *J Climate*, 2002, 15: 781-792.
- [4] Baldwin M P, Dunkerton T J. Downward propagation of the Arctic oscillation from the stratosphere to the troposphere[J]. *J Geophys Res*, 1999, 104: 30 937-30 946.
- [5] Baldwin M P, Dunkerton T J. Stratospheric harbingers of anomalous weather regimes [J]. *Science*, 2001, 294(5 542): 581-584.
- [6] Thompson D W J, and Wallace J M. The Arctic Oscillation signature in the winter-time geopotential height and temperature fields[J]. *Geophys Res Lett*, 1998, 25: 1 297-1 300.
- [7] Thompson D W J, Wallace J M. Annual modes in the extratropical circulation Part I: Month-to-month variability[J]. *J Climate*, 2000, 13: 1 000-1 016.
- [8] Kuroda Y. Relationship between the Polar-night jet oscillation and the annular mode[J]. *Geophys Res Lett*, 2002, 29: 1 240, doi:10.1029/2001GL013933.
- [9] Thompson D W J, Baldwin M P, Wallace J M. Stratospheric connection to northern hemisphere wintertime weather: Implications for prediction [J]. *Journal of Climate*, 2002, 15: 1 421-1 428.
- [10] Baldwin M P, Stephenson D B, Thompson D W J, et al. Stratospheric memory and skill of extended-range weather forecasts[J]. *Science*, 2003, 301: 636-640.
- [11] Chen W, Takahashi M, Graf H F. Interannual variations of stationary planetary wave activity in the northern winter: Troposphere and stratosphere and their relations to NAM and SST[J]. *J Geophys Res*, 2003, 108(D24): 4 797, doi:10. 1029/2003JD003834.
- [12] 黄荣辉,魏科,陈际龙,等. 东亚 2005 年和 2006 年冬季风异常及其与准定常行星波活动的关系[J]. *大气科学*, 2007, 31(6): 1 033-1 048.
- [13] Deng Shumei, Chen Yuejuan, Luo Tao. The possible influence of stratospheric sudden warming on East Asian weather[J]. *Advances in Atmospheric Sciences*, 2008, 25(5): 841-846.
- [14] Zeng Qing-Cun, Zhang Dong-Ling, Zhang Ming, et al. The abrupt seasonal transitions in the atmospheric general circulation and the onset of Monsoons, Part I: Basic theoretical method and its application to the analysis of climatological mean observations [J]. *Climatic and Environment Research*, 2005, 10(3): 285-302. 曾庆存,张东凌,张铭,等. 大气环流的季节突变与季风的建立 I: 基本理论方法和气候场分析[J]. *气候与环境研究*, 2005, 10(3): 285-302.
- [15] 温克刚,翟武全. 中国气象灾害大典(安徽卷)[M]. 北京:气象出版社,2007: 287-290.
- [16] 丁一汇,马晓青. 2004/2005 年冬季强寒潮事件的等熵位涡分析[J]. *气象学报*, 2007, 65(5): 695-707.