

熊光明, 陈权亮, 魏麟骁, 等. 平流层极涡偏移对我国冬季降水的影响. 应用气象学报, 2012, 23(6): 683-690.

平流层极涡偏移对我国冬季降水的影响

熊光明^{1)2)*} 陈权亮¹⁾³⁾ 魏麟骁¹⁾ 胡德强¹⁾

¹⁾(成都信息工程学院大气科学学院, 高原大气与环境四川省重点实验室, 成都 610225)

²⁾(中国人民解放军 96163 部队, 乐平 333300)

³⁾(中国科学院大气物理研究所大气科学和地球流体力学数值模拟国家重点实验室, 北京 100029)

摘 要

利用 1970—2010 年 NCEP/NCAR 再分析资料、我国 160 站月平均降水资料分析了平流层极涡向欧亚大陆偏移与我国冬季降水的关系。结果表明:1 月极涡偏欧亚大陆强度指数与同期 1 月降水的显著正相关区域主要分布在我国中部大面积地区及新疆西南部的少数地区, 显著负相关区域主要分布在新疆中部; 相对 1 月而言, 与后期 2 月显著正相关区域仍然主要分布在我国的中部地区但向西北方向延伸, 使得华中北部、华北南部相对减少, 而华北西部、西北东部等地区增大。对流层环流形势显示出在欧亚型强极涡年的 1 月, 东亚冬季风和东亚大槽异常减弱, 我国内陆中东部东南风距平显著, 而贝加尔湖北部北风距平显著, 南下的冷空气与暖湿气流交汇地区较常年偏北, 同时我国中部地区低层水汽上传播也明显增强, 存在显著的水汽强辐合中心。

关键词: 极涡; 年际振荡; 东亚大槽; 东亚冬季风

引 言

极涡是极地地区对流层中上层到平流层的一个深厚大气环流系统, 通常与副热带高压、阻塞高压、东亚大槽及东亚冬季风等环流系统相互配合, 对中高纬度地区天气气候产生非常重要的影响。在北半球, 由于受下垫面不均匀性的影响, 极涡中心经常不在北极点, 而偏向北美大陆或欧亚大陆中高纬度地区, 使得这些地区较常年偏冷^[1]。2008 年初我国南方经历了历史上罕见的雨雪冰冻灾害, 全国平均气温降低超过 6℃, 持续时间从 1 月中旬到 2 月上旬, 波及范围达到 19 个省区市, 这次灾害给交通运输、能源供应、电力传输、农业及人民群众生活造成严重影响。刘毅等^[2]、陈月娟等^[3]、易明建等^[4]和谭桂容等^[5]学者均从不同角度对这次雨雪冰冻灾害做了分析, 发现在对流层出现低温、雨雪冰冻灾害之前, 平流层极涡就已经出现了异常的增强信号, 平流层异常信号能够向下传播影响对流层的天气气候变化。陈月娟等^[3]研究

还指出, 在这次灾害的过程中, 不仅平流层极涡强度异常强大, 极涡形态也发生了异常变形。刘毅等^[2]分析得到平流层极涡从 2007 年 12 月初开始就偏离极地并向对流层传播。陈权亮等^[6]发现在 2008 年强的雨雪冰冻灾害发生前, 平流层温度和水汽均发生异常并向对流层近地面延伸。

Quiroz^[7]在 1977 年发现平流层北极发生爆发性增温时, 平流层中高纬度地区纬向环流出现反气旋性异常, 且该异常从平流层一直延伸到地面并影响对流层天气系统。Kodera^[8]研究指出强的北极涛动异常自平流层下传到对流层后, 能够引起对流层大气环流的改变并对对流层天气系统产生重要影响。Baldwin 等^[9]将 18 个弱极涡事件和 30 个强极涡事件北半球环形模态(NAM)做合成分析, 结果表明:平流层极涡发生大的异常变化能够向下传播影响对流层天气。若将平流层的信号作为预报对流层天气系统变化的先行指标, 有可能使天气预报时效提高到 3 周以上^[8-11]。Wallace 等^[12]认为冬季平流层和对流层的动力耦合对对流层天气系统的发

2012-01-13 收到, 2012-09-24 收到再改稿。

资助项目:国家自然科学基金项目(41005021, 40830955), 成都信息工程学院发展基金(CSRF20102), 成都信息工程学院科研人才基金(J201112)

* E-mail: xgm324@163.com

展尤其重要,冬季平流层极夜急流能够影响到对流层阻塞系统的发展。谢再红等^[13]将平流层环状模进行分类并分析了与对流层的关系,发现在S型平流层异常期间,平流层纬向风随时间向下传播,而在D型平流层异常期间,这种下传趋势不存在。张灵等^[14]在对北半球平流层大气环流转型的基本气候特征研究时发现,北半球平流层环流转型的气候平均时间早于东亚热带季风爆发时间,从而可能成为季风预测的前兆信号。智协飞等^[15]研究认为,对流层持续性异常主要同对流层高度场的20~40 d振荡有关,并可能通过这种周期振荡与平流层低层相同周期振荡的相互作用共同影响平流层低层大气季节内变化。顾润源等^[16]发现平流层和对流层月平均位势高度距平场在高、中纬度地区存在着明显相反的变化趋势,但平流层拟合精度的稳定性和收敛性要远远优于对流层。郭艳君等^[17]指出我国高空温度变化与全球尺度的结论基本一致,近50年平流层下层降温,而对流层升温,近地面层850 hPa的升温幅度高于地面。

据建华等^[18]、所玲玲等^[19]、李春等^[20]研究指出我国冬季气温变化与北极涛动异常有着密切联系。张恒德等^[21]研究指出,极涡面积大小与我国多数站点同期气温呈负相关,而极涡强度与同期我国气温的相关性相对较弱,极涡指数与后期我国气温整体呈负相关,但不同季节差异较大。顾思南等^[22]认为极涡的局地变异主要体现在西风带长波振幅的变异上,东亚大槽减弱时,冬季我国中、东部大部分地区气温偏高,降水偏多,夏季江淮流域和四川盆地气温偏低,其他地区气温偏高,降水变化不明显;反之亦然。龚道溢等^[23]研究发现北极涛动指数偏强时,我国大部分地区冬季气温偏高,同时降水也偏多。李崇银等^[24]认为我国的梅雨异常可能受到平流层大气环流异常的影响,而这种影响是通过北极涛动的变化来实现的。廖荃荪等^[25]认为利用赤道平流层纬向风的变化规律并结合冬季北太平洋对流层环流特征,对我国7月主要雨带类型预报有一定的实用意义。廉毅等^[26]分析了我国大陆的年代际降水变化趋势显著区域的时空分布特征,并探讨与东亚夏季风和极涡活动的某些相关。黄嘉佑等^[27]指出我国夏季降水主要受前期冬季极涡强弱的影响。

很多学者探讨了平流层极涡强度及形态变化对对流层天气气候的影响,而对于极涡向欧亚大陆发生偏移的强度变化特征分析,及其对我国冬季降水变化影响的相关研究还相对较少,影响机制也不够明确,本文初步分析了极涡向欧亚大陆偏移的强度

变化情况及其与我国冬季降水变化之间的关系,从大气环流背景探讨了影响我国冬季降水变化的可能内在机制,对对流层天气气候变化预测有一定指示意义。

1 资料和方法

本文所用资料包括:①1970—2010年NCEP/NCAR月平均的全球再分析资料,包括位势高度 H 、纬向风 u 、经向风 v 、垂直速度 w 、比湿 q ,数据的空间分辨率为 $2.5^\circ \times 2.5^\circ$;②国家气候中心提供的同期全国160站逐月降水资料。本文均采用1970—2010年1月的平均值作为正常值。

首先将 $60^\circ \sim 80^\circ \text{N}$, $60^\circ \sim 120^\circ \text{E}$ 区域内20 hPa位势高度场平均值的标准化距平符号取反定义为极涡偏欧亚大陆强度指数,再利用小波分析、合成分析和相关分析等方法,分析了极涡向欧亚大陆偏移强度的变化特征及其与我国冬季同期及后期降水的相关关系,进一步结合大气环流和东亚冬季风的异常变化等方面进行分析,探讨了影响我国冬季降水变化的可能内在机制。

2 欧亚型强极涡的形态特征

2.1 极涡偏欧亚大陆强度指数

平流层极涡异常变化一方面表现在极涡的强弱变化,另一方面表现在极涡的形态变化,两种变化均能够对我国中高纬度地区天气气候变化产生重要影响。为了能够量化极涡向欧亚大陆偏移的强度变化,考虑到 $60^\circ \sim 120^\circ \text{E}$ 是欧亚大陆主体的经度范围,而 $60^\circ \sim 80^\circ \text{N}$ 纬度范围内位势高度变化可以描述极涡由极地向欧亚大陆发生偏移的特征,本文选取平流层20 hPa的位势高度场做区域平均的标准化距平,选取的区域范围为 $60^\circ \sim 80^\circ \text{N}$, $60^\circ \sim 120^\circ \text{E}$,将计算的标准化距平符号取反定义为极涡偏欧亚大陆强度指数,这样使得极涡偏欧亚大陆强度指数与极涡向欧亚大陆偏移的强度变化对应一致。即当极涡偏欧亚大陆强度指数为正值时,说明极涡中心由极地向欧亚大陆发生了偏移,正值越大,选取区域内的气压也就越低,偏移越明显。由于平流层极涡强度最大是发生在冬季的1月,因此,图1给出了1970—2010年1月极涡偏欧亚大陆强度指数的时间变化序列和9年滑动平均。由图1可以看到,极涡偏欧亚大陆强度指数具有明显的年际和年代际变化特征。20世纪80年代末

前,除 1977 年及 1985 年强度指数较低外,其他年份以正相位的周期振荡为主,80 年代末、90 年代正相位周期振荡最为明显,但在 21 世纪初有一个很短的负相位阶段,近几年又进入了正相位阶段。为了具体看到极涡偏欧亚大陆强度指数的年际和年代际的周期变化特征,通过 Morlet 小波对极涡偏欧亚大陆强度指数进行周期分析(如图 2 所示)。由图 2 可以清楚地看到,极涡向欧亚大陆偏移主要有准 6~8 年的年际振荡周期,并且年际振荡周期在整个长期过程逐渐减小,从 20 世纪 70 年代到 80 年代中后期主要为 8 年的年际振荡周期,而从 80 年代末到 21 世纪初却减小为 6 年的年际振荡周期,并且均超过

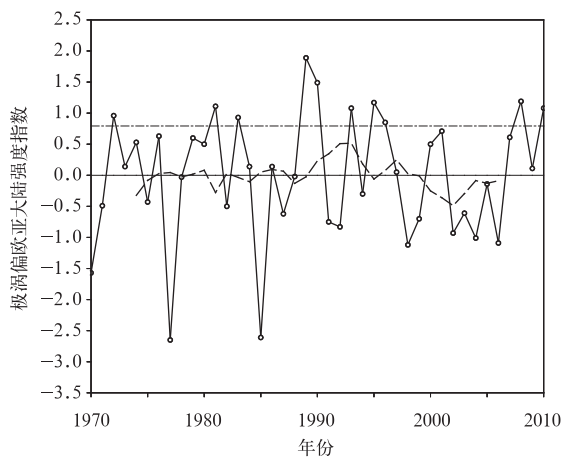


图 1 1970—2010 年 1 月极涡偏欧亚强度指数的时间变化(实线)和 9 年滑动平均(虚线)

Fig. 1 Temporal change of the Eurasian polar vortex intensity indexes(solid line) and the 9-year running mean of the indexes(dashed line) in January from 1970 to 2010

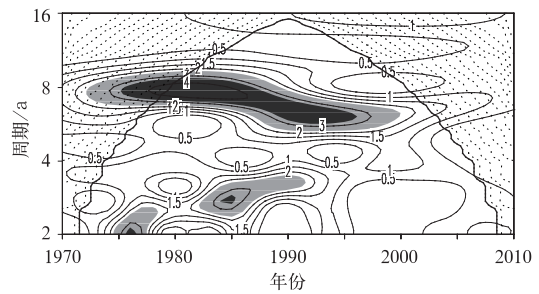


图 2 1 月极涡偏欧亚大陆强度指数的 Morlet 小波分析(阴影表示达到 0.05 显著性水平)

Fig. 2 Morlet wavelet analysis of the Eurasian polar vortex intensity indexes in January from 1970 to 2010 (areas passing the test of 0.05 level are shaded)

0.05 显著性水平。此外,还可以看到,20 世纪 70 年代中期 2 年的振荡周期及从 80 年代初到 90 年代中期 3 年的年际周期振荡信号也较为明显。

2.2 欧亚型强极涡的形态特征

为了能够清楚地看到极涡偏欧亚大陆强值年份的平流层极涡的形态特征,将前面定义的极涡偏欧亚大陆强度指数值大于 0.8(图 1 中点划线)所在年份的极涡定义为欧亚型强极涡。通过对 1970—2010 年 1 月极涡偏欧亚强度指数的时间变化序列统计(图 1),得到欧亚型强极涡年分别为 1972 年,1981 年,1983 年,1989 年,1990 年,1993 年,1995 年,1996 年,2008 年,2010 年,共 10 年。而易明建^[28]从平均等熵位涡(IPV)分析并对 1979—2008 年 1 月进行统计,结果得到东亚型强极涡年分别为 1981 年,1983 年,1989 年,1993 年,2007 年,2008 年,与本文欧亚型强极涡年的统计结果几乎一致。图 3 给出了欧

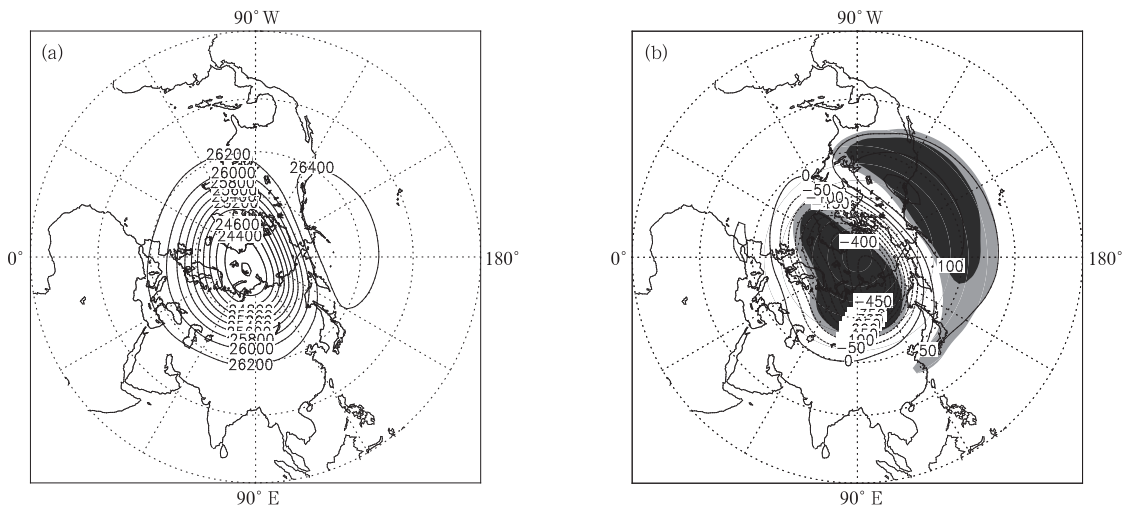


图 3 欧亚型强极涡年 1 月 20 hPa 位势高度场合成(a)及位势高度距平合成(b)(单位:gpm; 深、浅阴影分别表示超过 0.01 和 0.05 显著性水平)

Fig. 3 Composite of 20 hPa geopotential height(a) with its anomaly(b) for the strong Eurasian polar vortex years in January (unit:gpm; dark and light shaded areas indicate passing the test of 0.01 and 0.05 levels, respectively)

亚型强极涡年1月20 hPa的位势高度场合成及其距平合成。由图3a可以看到,极涡中心偏向于欧亚大陆中高纬度地区,中心值约为24200 gpm,并且极涡向两端拉伸,一端伸向格陵兰岛,另一端伸向了亚欧大陆的中高纬度地区。从距平合成图来看(图3b),在欧亚型强极涡年份,显著的负距平中心位于俄罗斯北部及拉普捷夫海域附近,中心最大值超过-450 gpm,更为直观地反映了平流层极涡中心偏向于欧亚大陆中高纬度地区,使得这些地区气压较常年平均偏低。而在北美大陆中高纬度地区及附近海域上空为显著的正距平中心控制,中心强度超过100 gpm。

3 极涡偏移对我国冬季降水的影响

研究表明,极涡形态异常变化能够影响到中高纬度地区的降水异常变化。因此,极涡向欧亚大陆

偏移的强度变化对我国冬季降水的影响十分值得研究。图4给出了1月极涡偏欧亚大陆强度指数与我国冬季1月和2月降水的相关系数分布。由图4a可以看到,1月极涡偏欧亚大陆强度变化与我国冬季同期1月降水有着非常密切的联系,在我国中部 $30^{\circ}\sim 40^{\circ}\text{N}$, $105^{\circ}\sim 115^{\circ}\text{E}$ 的大面积地区存在显著的正相关关系,而显著的负相关关系主要分布在新疆中部,并且新疆西南部的少数地区正相关关系也较为显著,此外,在我国的东北北部大部分地区主要为负相关关系,但没有通过显著性检验。值得注意的是,1月极涡的偏移情况同样会对后期2月降水产生影响,并且这种影响也较为明显(图4b)。与图4a相比,显著的正相关区域仍然主要分布在我国的中部地区但向西北方向延伸,使得华中北部、华北南部相对减少,而华北西部、西北东部等地区增大。说明在欧亚型强极涡年份,我国中部大部分地区降水较常年异常增多。

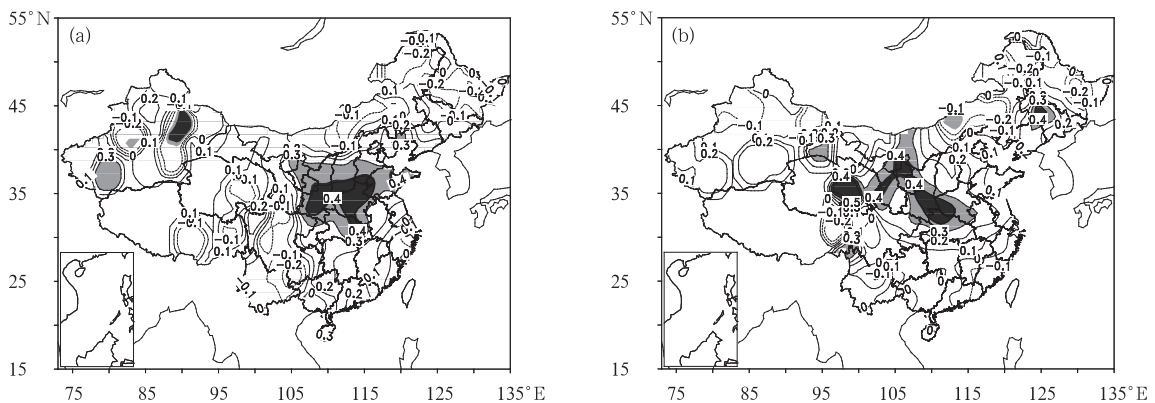


图4 1月极涡偏欧亚大陆强度指数与我国1月(a)和2月(b)降水相关分布

(深、浅阴影分别表示超过0.01和0.05显著性水平)

Fig. 4 Correlation coefficients between the Eurasian polar vortex intensity indexes in January and precipitation of 160 stations over China in January(a) and February(b)

(dark and light shaded areas indicate passing the test of 0.01 and 0.05 levels, respectively)

4 欧亚型强极涡的环流背景

对流层天气气候的异常变化与大气环流背景有着密不可分的联系。图5给出了欧亚型强极涡年1月500 hPa位势高度场距平合成。由图5可以看到,欧洲东北部为正距平分布,向南到亚洲中西部转变为负距平中心,而最显著的负距平中心位于俄罗斯东北部,并向高纬度地区收缩。此外,在我国东部到日本海的大面积地区为显著的正距平区域,东亚

大槽是显著减弱的。这种环流背景不利于冷空气向我国内陆输送,尤其是我国东北部地区。由于极涡是一个贯穿于对流层到平流层的深厚系统,图3和图5表现出一定的对应关系,大体上都表现出显著的正距平中心位于俄罗斯东北部,极涡中心位置向欧亚大陆中高纬度地区发生了偏移。近年来很多研究表明:对流层主要通过大气波动(行星波)的向上传播影响平流层,而平流层变化又反过来影响对流层天气和气候,平流层极涡和对流层位势高度场是动力耦合起来的。Reichler等^[29]在2005年给出了

TST (troposphere-stratosphere-troposphere) 的示意图描述了这一过程,文中的分析与这些认识也较为一致。

图 6 为欧亚型强极涡年 1 月 850 hPa 风场距平合成。由图 6 可以看到,欧洲东北部、我国东部及日本海域附近为反气旋性距平,东亚冬季风显著减弱,俄罗斯东北部、亚洲中西部为气旋性距平。我国内陆中东部东南风距平显著,有利于海洋上的暖湿气流向我国西北地区输送;而贝加尔湖附近北部地区北风距平显著,使得冷空气南下与暖湿气流交汇地

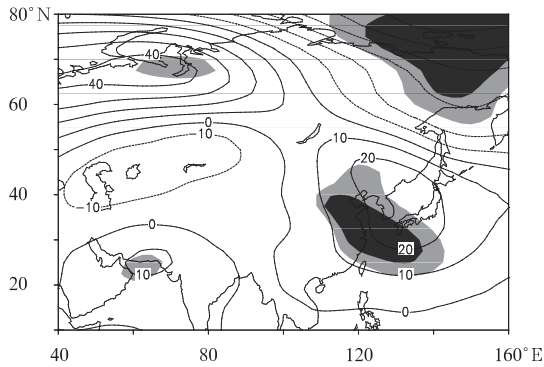


图 5 欧亚型强极涡年 1 月 500 hPa 位势高度场距平合成(单位:gpm;深、浅阴影分别表示超过 0.05 和 0.10 显著性水平)

Fig. 5 Composite of 500 hPa geopotential height anomaly for the strong Eurasian polar vortex years in January(unit:gpm; dark and light shaded areas indicate passing the test of 0.05 and 0.10 levels, respectively)

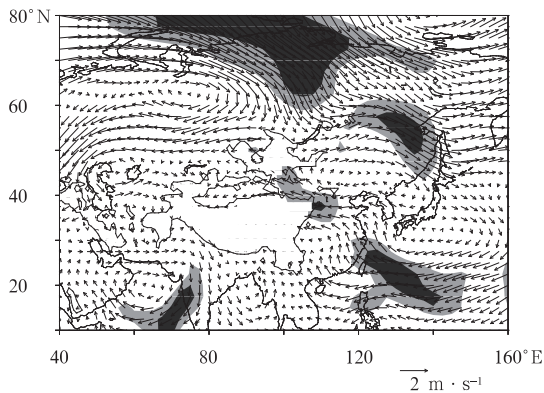


图 6 欧亚型强极涡年 1 月 850 hPa 风场距平合成

(深、浅阴影分别表示超过 0.01 和 0.05 显著性水平)
Fig. 6 Composite of 850 hPa wind anomaly for the strong Eurasian polar vortex years in January (dark and light shaded areas indicate passing the test of 0.01 and 0.05 levels, respectively)

区较常年偏北,造成在欧亚型强极涡年,我国中部降水异常增多。

前面的分析表明了极涡向欧亚大陆偏移与东亚冬季风的活动也有着非常密切的联系,由于东亚冬季风在 500 hPa 高度上表现的环流要素主要为东亚大槽的活动情况,所以本文研究采用孙淑清等^[30]定义的东亚冬季风强度指数,具体方法是将 500 hPa 位势高度场的 30°~45°N, 125°~145°E 范围内做区域平均计算,将其计算结果定义为东亚冬季风强度指数,为了更好地与极涡偏欧亚强度指数进行比较,并更清楚地表明两者在年际尺度上的相关联系,先对东亚冬季风强度指数进行标准化处理,再将 1 月极涡偏欧亚大陆强度指数和 1 月标准化的东亚冬季风指数进行 5 年滑动平均(如图 7 所示)。由图 7 可以看到,两个指数在年际时间尺度上变化相反,两者之间的相关系数达到了-0.52。而两个时间序列的有效自由度为 13, 0.05 显著性水平的临界相关系数为-0.51, 1 月极涡偏欧亚大陆强度指数与 1 月东亚冬季风指数的相关系数超过了 0.05 显著性水平,进一步说明了在欧亚型强极涡年 1 月,东亚冬季风呈显著减弱变化。

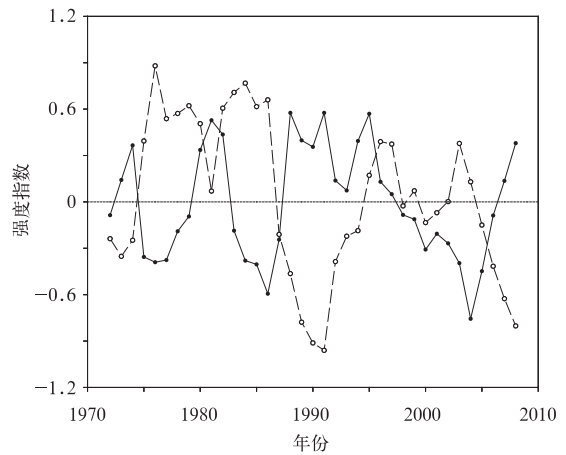


图 7 5 年滑动平均后的 1 月极涡偏欧亚大陆强度指数(实线)和东亚冬季风指数(虚线)的年代际变化

Fig. 7 The interannual variations of 5-year running mean of the Eurasian polar vortex intensity indexes(solid line) and the East Asian winter monsoon indexes(dashed line) in January

图 8 给出了欧亚型强极涡年 1 月垂直速度距平合成沿 35°N 的纬向垂直剖面图。由图 8 可以看到, 97°~117°E 范围从近地面到对流层顶为负距平控制,其中显著的负距平中心分布在 700 hPa 高度的 105°~115°E 范围,表明在欧亚型强极涡年份,低层

的水汽向上传播较常年更为明显,更有利于降水的形成,对应着我国中部的大面积降水异常增多。为了直观地反映欧亚型强极涡年我国冬季 1 月降水量的区域变化特征,将欧亚型强极涡年 1 月水汽通量散度距平合成分析(如图 9 所示)。由图 9 可以清楚地看到,在我国的中部有两个很强的负散度距平中心,一个中心位于四川东部,另一个中心位于内蒙古与宁夏之间地区且非常显著,说明在欧亚型强极涡年,这两个地区水汽有着很强的辐合,尤其偏北部

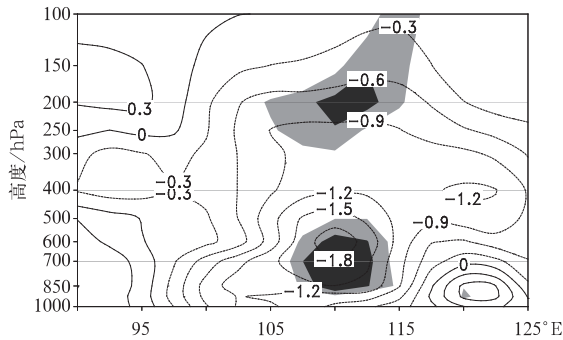


图 8 欧亚型强极涡年 1 月垂直速度距平合成沿 35°N 的纬向垂直剖面图(单位:10⁻²Pa/s; 深、浅阴影分别表示超过 0.05 和 0.10 显著性水平)
Fig. 8 Zonal section of composite of the vertical velocity anomaly for the strong Eurasian polar vortex years in January along 35°N (unit: 10⁻²Pa/s; dark and light shaded areas indicate passing the test of 0.05 and 0.10 levels, respectively)

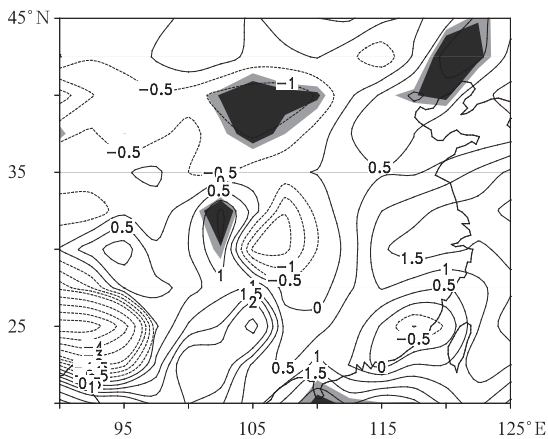


图 9 欧亚型强极涡年 1 月水汽通量散度距平合成(单位:10⁻⁵g/(hPa · cm² · s); 深、浅阴影分别表示超过 0.05 和 0.10 显著性水平)
Fig. 9 Composite of vapor flux divergence anomaly of the strong Eurasian polar vortex years in January(unit: 10⁻⁵g/(hPa · cm² · s); dark and light shaded areas indicate passing the test of 0.05 and 0.10 levels, respectively)

的负距平中心,与我国中部的降水异常也有着非常好的对应关系。而我国东部主要为正散度距平中心,说明欧亚型强极涡年对这些地区降水影响较小。

5 结论与讨论

利用 NCEP/NCAR 全球再分析资料和国家气候中心提供的 160 站逐月降水资料,系统分析了极涡向欧亚大陆偏移对我国冬季降水的影响,主要结论如下:

1) 极涡偏欧亚大陆强度指数主要存在准 6~8 年的振荡周期,20 世纪 70 年代到 80 年代中后期主要为 8 年的振荡周期,20 世纪 80 年代末到 21 世纪初却减小为 6 年的振荡周期。20 世纪 80 年代末前,除 1977 年及 1985 年强度指数较低外,其他年份以正相位的周期振荡为主,80 年代末、90 年代正相位周期振荡最为明显,21 世纪初有一个很短的负相位阶段,但近几年又进入了正相位阶段。

2) 1 月极涡向欧亚大陆偏移能够对同期 1 月及后期 2 月的降水产生非常重要的影响。与同期 1 月降水变化的显著正相关区域主要分布在我国中部 30°~40°N,105°~115°E 的大范围地区及新疆西南部的少数地区,显著负相关区域主要分布在新疆中部。相对 1 月而言,与后期 2 月降水的显著正相关区域仍然主要分布在我国中部地区,但向西北方向延伸,使得华中北部、华北南部相对减少,而华北西部、西北东部等地区增大。说明在欧亚型强极涡年份,我国冬季中部大部分地区降水较常年异常增多。

3) 从环流背景来看,在欧亚型强极涡年份,东亚冬季风和东亚大槽均异常减弱,我国内陆中东部东南风距平显著,有利于海洋上的暖湿气流向我国北方地区输送,而贝加尔湖北部地区北风距平显著,冷空气南下与暖湿气流交汇地区较常年偏北。另一方面在欧亚型强极涡年份,我国中部地区低层水汽向上传播明显增强,且存在显著的水汽强辐合中心。

4) 对极涡偏欧亚大陆强度指数与东亚冬季风强度指数进行相关分析,两者之间的相关系数超过了 0.05 显著性水平,进一步说明在欧亚型强极涡年 1 月,东亚冬季风呈显著减弱变化。

关于平流层异常向下影响对流层的过程和机制目前还存在较多争议,一种认为平流层异常向下直接作用于对流层天气系统;另一种认为平流层变化首先对行星波活动产生影响,再通过行星波和天气

尺度波的相互作用来影响对流层天气系统。这两种观点均证明了平流层异常向下影响了对流层的天气系统,本文着重从平流层极涡向欧亚大陆发生偏移的角度入手,根据极涡偏欧亚大陆强度指数统计出欧亚型强极涡事件,系统分析了欧亚型强极涡事件的对流层大气环流背景及可能对我国降水产生的影响,但平流层对对流层的影响机制,尤其是对降水的影响还存在不确定性,近年来这方面的研究也越来越受到关注。

参考文献

- [1] 张恒德,高守亭,刘毅. 极涡研究进展. 高原气象,2008,27(2):452-461.
- [2] 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.
- [3] 陈月娟,周任君,邓淑梅,等. 2008年雪灾同平流层环流异常的关系. 中国科学技术大学学报,2009,39(1):15-22.
- [4] 易明建,陈月娟,周任君,等. 2008年中国南方雪灾与平流层极涡异常的等熵位涡分析. 高原气象,2009,28(4):880-888.
- [5] 谭桂容,陈海山,孙照渤,等. 2008年1月中国低温与北大西洋涛动和平流层异常活动的联系. 大气科学,2010,34(1):175-183.
- [6] 陈权亮,李占,范广洲,等. 2008年我国南方雨雪冰冻灾害在平流层异常的先兆. 中国科学,2001,54(8):1248-1256.
- [7] Quiroz R S. Tropospheric stratospheric polar vortex breakdown of January 1977. *Geophys Res Lett*, 1977, 4: 151-154.
- [8] Kodera K. On the origin and nature of the interannual variability of the winter stratospheric circulation in the northern hemisphere. *J Geophys Res*, 1995, 100: 14077-14087.
- [9] Baldwin M P, Dunkerton T J. Stratospheric harbingers of anomalous weather regimes. *Science*, 2001, 294: 581-584.
- [10] Baldwin M P, Dunkerton T J. Propagation of the Arctic Oscillation from the stratosphere to the troposphere. *J Geophys Res*, 1999, 104: 30937-30946.
- [11] Thompson D W J, Lee S, Baldwin M P. Atmospheric Processes Governing the Northern Hemisphere Annular Mode/North Atlantic Oscillation//Hurrell J W, Kushnir Y, Visbeck M, Ottersen G. The AGU Monograph on the NAO. 2002.
- [12] Wallace J M, Thompson D W J. Annular modes and climate prediction. *Physics Today*, 2002, 55: 29-33.
- [13] 谢再红,孙照渤,曾刚,等. 平流层环状模的分类特征及其与对流层的关系. 气象科学,2009,29(4):498-506.
- [14] 张灵,李维京,陈丽娟. 北半球平流层大气环流转型的基本气候特征. 应用气象学报,2011,22(4):411-420.
- [15] 智协飞,朱乾根. 北半球平流层低层大气季节内振荡特征. 应用气象学报,1995,6(4):492-495.
- [16] 顾润源,刘晓东,王玉玺. 北半球50 hPa位势高度距平场的EOF分析及其与对流层的比较. 应用气象学报,1992,3(2):173-180.
- [17] 郭艳君,丁一汇. 近50年我国探空温度序列均一化及变化趋势. 应用气象学报,2008,19(6):646-654.
- [18] 璐建华,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.
- [19] 所玲玲,黄嘉佑,谭本旭. 北极涛动对我国冬季同期极端气温的影响研究. 热带气象学报,2008,24(2):163-168.
- [20] 李春,方之芳. 北极涛动与东北冬季温度的联系. 高原气象,2005,24(6):927-934.
- [21] 张恒德,陆维松,高守亭,等. 北极涡活动对我国同期及后期气温的影响. 南京信息工程大学学报,2006,29(4):507-516.
- [22] 顾思南,杨修群. 北半球绕极涡的变异及其与我国气候异常的关系. 气象科学,2006,26(2):135-142.
- [23] 龚道溢,王绍武. 近百年北极涛动对中国冬季气候的影响. 地理学报,2003,58(4):559-568.
- [24] 李崇银,顾薇,潘静. 梅雨与北极涛动及平流层环流异常的关联. 地球物理学报,2008,51(6):1632-1641.
- [25] 廖荃荃,王永光. 赤道平流层QBO与我国7月雨型的关联. 应用气象学报,1998,9(1):104-108.
- [26] 廉毅,沈柏竹,高枫亭,等. 中国气候过渡带干旱化发展趋势与东亚夏季风、极涡活动相关研究. 气象学报,2005,63(5):740-749.
- [27] 黄嘉佑,刘舸,赵昕奕. 副高、极涡因子对我国夏季降水的影响. 大气科学,2004,28(4):517-526.
- [28] 易明建. 平流层极涡异常及其对对流层的影响研究. 合肥:中国科学技术大学,2009:32-33.
- [29] Reichler T, Kushner P J, Polvani L M. The coupled stratosphere-troposphere response to impulsive forcing from the troposphere. *Journal of the Atmospheric Sciences*, 2005, 62(9):3337-3352.
- [30] 孙淑清,孙柏民. 东亚冬季风环流异常与中国江淮流域夏季旱涝天气的关系. 气象学报,1995,53(4):440-450.

Influences of the Deflection of Stratospheric Polar Vortex on Winter Precipitation of China

Xiong Guangming¹⁾²⁾ Chen Quanliang¹⁾³⁾ Wei Linxiao¹⁾ Hu Deqiang¹⁾

¹⁾ (*College of Atmospheric Sciences, Plateau Atmosphere and Environment Key Laboratory of Sichuan Province, Chengdu University of Information Technology, Chengdu 610225*)

²⁾ (*No. 96163 Army of PLA, Leping 333300*)

³⁾ (*State Key Laboratory of Numerical Modeling for Atmospheric Sciences and Geophysical Fluid Dynamics, Institute of Atmospheric Physics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100029*)

Abstract

Using NCEP/NCAR reanalysis data and monthly precipitation data of 160 stations in China from 1970 to 2010 provided by National Climate Center, the deflection intensity variation of the stratospheric polar vortex, which moves toward the Eurasia, is analyzed and the relationship between the deflection intensity indexes in winter and the precipitation in the corresponding and later period is also studied by means of wavelet analysis, correlation analysis, composite analysis and so on. Results show that there is a dominant interannual oscillation period of about 6—8 years for the deflection intensity indexes. The interannual oscillation period is roughly 8 years from the 1970s to the mid and late 1980s, but it shortens to 6 years from the late 1980s to the early 2000s. Positive phase oscillation occurred mainly in the late 1980s, 1990s and recent years.

The deflection of the stratospheric polar vortex, which moves toward the Eurasia in January, has a very important impact on precipitation in the same period and later in February. The same period of significant positive correlation between the deflection intensity index in January and precipitation in January mainly occurs in central China and southwest Xinjiang, but significant negative correlation is also found in central Xinjiang. The later period of significant positive correlation between the deflection intensity index in January and precipitation in February is also mainly located in central China, but extends northwestward, making precipitation in north of central China and south of North China relatively reduced, while precipitation in west of North China and east of Northwest China relatively increased.

From the analysis of circulation situation background, it can be summarized that strong Eurasian polar vortex in January may lead to reduced East Asian trough and East Asian winter monsoon. The departure of the southeast wind is remarkable in central and eastern China, which is easy for warm and humid air moving toward the northwest of China. The northerly anomaly is remarkable in north Lake Baikal region, which makes cold air and warm air meet to the north of normal situation. Also, lower humid air transmit upward obviously increases, and significant strong convergence center appears in central China. It is found that there is a significant negative correlation between the index of the Eurasian polar vortex intensity and the index of East Asian winter monsoon in January, which passes the test of 0.05 level.

Key words: polar vortex; interannual oscillation; East Asian trough; East Asian winter monsoon