

刘毓贇, 陈文. 2012. 北半球冬季欧亚遥相关型的变化特征及其对我国气候的影响 [J]. 大气科学, 36 (2): 423 - 432, doi:10.3878/j.issn.1006-9895.2011.11066. Liu Yuyun, Chen Wen. 2012. Variability of the Eurasian teleconnection pattern in the Northern Hemisphere winter and its influences on the climate in China [J]. Chinese Journal of Atmospheric Sciences (in Chinese), 36 (2): 423 - 432.

# 北半球冬季欧亚遥相关型的变化特征 及其对我国气候的影响

刘毓贇<sup>1,2</sup> 陈文<sup>1</sup>

1 中国科学院大气物理研究所季风系统研究中心, 北京 100190

2 中国科学院研究生院, 北京 100049

**摘 要** 利用 NCEP/NCAR 再分析资料和中国 160 站地表面气温和降水的观测资料, 首先采用旋转经验正交函数 (REOF) 方法定义了冬季欧亚遥相关型 (EU), 并计算了冬季的欧亚遥相关型指数 (EU 指数), 在此基础上分析了欧亚遥相关型的时间和空间变化特征, 并进一步研究了与欧亚遥相关型异常相联系的东亚冬季风系统变化以及我国冬季气温和降水的异常。针对欧亚遥相关型的分析结果表明, 在欧亚大陆上空, 大气内部存在与 EU 相联系的波列从北大西洋传播到乌拉尔山以东的欧亚大陆地区。在时间变化上, 冬季 EU 以为年际变率为主, 年代际变化的分量不明显, 其显著周期表现为 2~4 年。当冬季 EU 处于正位相时, 与之相关联的东亚大气环流异常表现为: 东亚地区高空的急流增强、东亚大槽加深, 导致东亚冬季风偏强, 东亚地区温度偏低, 从而使得我国东部降温、降水减少; 反之, 当冬季 EU 处于负位相时, 我国东部增温、降水增加。

**关键词** 欧亚遥相关型 气候异常 东亚冬季风

**文章编号** 1006-9895 (2012) 02-0423-10

**中图分类号** P461

**文献标识码** A

**doi:** 10.3878/j.issn.1006-9895.2011.11066

## Variability of the Eurasian Teleconnection Pattern in the Northern Hemisphere Winter and Its influences on the Climate in China

LIU Yuyun<sup>1, 2</sup> and CHEN Wen<sup>1</sup>

1 Center for Monsoon System Research, Institute of Atmospheric Physics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100190

2 Graduate University of Chinese Academy of Science, Beijing 100049

**Abstract** Based on the monthly mean NCEP/NCAR reanalysis dataset and the surface air temperature and precipitation data from 160 China stations, the interannual variations of winter Eurasian teleconnection pattern (EU) and its possible influence on the climate in China are investigated. Wavelet analysis reveals that the significant periods of Eurasian teleconnection pattern index (EU index) are 2 - 4 years. The result suggests that the interannual variation of the EU is dominant, whereas the interdecadal component is weak. In a winter with positive EU phase, the East Asian westerly jet stream at 200 hPa tends to be enhanced and the East Asian trough at 500 hPa becomes stronger. In the meantime, there are the surface northerly anomalies in East Asia which lead to a cooling condition over there. The opposite situations tend to occur in a negative EU winter. Hence, during the boreal winter the cooling and less

**收稿日期** 2011-03-28, 2011-11-17 收修定稿

**资助项目** 国家重点基础研究发展规划项目 2010CB428603, 国家自然科学基金资助项目 41025017、40921160379

**作者简介** 刘毓贇, 女, 1982 年出生, 博士研究生, 主要从事东亚季风和气候动力学方面的研究。E-mail: lyy@mail.iap.ac.cn

precipitation are likely to occur in most of eastern China associated with a positive phase of EU.

**Key words** Eurasian teleconnection (EU), climate anomalies, East Asian winter monsoon

## 1 引言

我国地处东亚,其气候异常主要受季风环流的影响。尽管季风系统变异的成因非常复杂,但不外乎与外界强迫或大气内部的动力过程有关。就东亚气候异常而言,目前的研究多关注海洋、陆面、冰雪的热力变化的外强迫作用,如关于热带西太平洋的热力变化、热带太平洋的 ENSO 循环、青藏高原积雪和绕流、西北干旱及半干旱区的热力变化等对东亚季风变异的影响已做出许多研究 (Huang et al., 2003; 陈文等, 2008)。自从 Thompson and Wallace (1998) 提出北极涛动 (AO) 概念之后,许多科学家研究了 AO 对北半球中、高纬地区的冬季环流以及东亚气候异常的影响 (Gong et al., 2001; Wu and Wang, 2002; Chen et al., 2005; 陈文和康丽华, 2006; 所玲玲等, 2008)。最近, Wang et al. (2010) 的研究表明,与乌拉尔阻塞相联系的大气环流异常伴随着欧亚大陆上由西向东的波列对东亚冬季气候异常的影响在增强。因此,有必要研究与大气内部动力过程紧密联系的遥相关型对东亚气候的影响。

欧亚遥相关型最早是由 Wallace and Gutzler (1981) 提出的,他们利用单点相关方法,对 500 hPa 高度场距平进行分析,指出冬季北半球 500 hPa 高度上存在 5 种遥相关型,即太平洋北美遥相关型 (PNA)、西大西洋遥相关型 (WA)、东大西洋遥相关型 (EA)、欧亚遥相关型 (EU) 和西太平洋遥相关型 (WP)。其中欧亚遥相关型的三个活动中心分别位于 (55°N, 20°E)、(55°N, 75°E)、(40°N, 145°E),表现为乌拉尔地区和东亚沿岸、欧洲西部地区的 500 hPa 高度场距平负相关关系。Hoskins and Karoly (1981) 用大圆理论解释了遥相关型产生的动力学机制。后来, Barnston and Livezey (1987) 进一步用旋转经验正交函数 (REOF) 对 700 hPa 北半球副热带月平均高度场距平进行分析,也揭示出欧亚大陆上空遥相关型的存在。有限的一些研究表明,欧亚遥相关型对东亚气候异常也是重要的影响因子。比如,李维京和丑纪范 (1990) 通过分析 1951 年至 1984 年北半球 500 hPa

月平均高度场和长江中下游降水,指出欧亚遥相关型是长江中下游地区冬季降水的主要影响因子。吴洪宝 (1993) 计算了 1 月欧亚遥相关型指数和同期中国 160 站气温的相关系数,指出欧亚遥相关型与同期中国东部气温呈显著的负相关关系。Tachibana et al. (2007) 认为欧亚遥相关型是东京积雪的年际尺度变化的主要影响因子。Sung et al. (2009) 则研究了日尺度上欧亚遥相关型和东亚冬季气温间的关系,提出了一个新的 EU 指数,并通过合成分析发现冷暖事件出现的概率与欧亚遥相关型有密切关系。

上述研究说明需对冬季欧亚遥相关型的变率进行系统的研究,在此基础上分析其对东亚气候异常的影响。因此,本文首先通过定义冬季平均的 EU 指数,对冬季欧亚遥相关型的空间分布和时间变化特征进行分析,并在此基础上研究冬季欧亚遥相关型在年际尺度上对我国冬季气温、降水的可能影响。

## 2 数据和方法

本文采用的大气环流资料为 NCEP/NCAR 全球逐月再分析资料,时间长度为 1948 年 1 月至 2009 年 12 月,水平分辨率为  $2.5^\circ \times 2.5^\circ$ ,垂直方向从 1000 hPa 到 10 hPa 一共有 17 层。另外,还利用了中国气象局发布的全国 160 个台站的月平均地面温度和降水资料,资料时间长度为 1951 年 1 月至 2009 年 12 月。

由于以往研究中欧亚遥相关型的定义不尽相同,有人利用几个点上 500 hPa 位势高度场距平之差来定义的方法 (Wallace and Gutzler, 1981; Ohhashi and Yamazaki, 1999; Sung et al., 2009),也有人利用对北半球对流层中欧亚大陆区域的高度场进行旋转经验正交函数分解后用相应的时间系数来定义 (Horel, 1981; Hsu and Wallace, 1985; Barnston and Livezey, 1987; Bueh and Nakamura, 2007)。这里,我们参考 Barnston and Livezey (1987) 的做法,通过对热带外北半球冬季平均的 500 hPa 高度场进行 REOF 分解得到欧亚遥相关型的空间分布和时间系数。其中 REOF 的区域为

(20°N~90°N, 0°~360°), 在作 REOF 的时候考虑了格点面积随纬度的变化 (North et al., 1982)。

本文采用 Takaya and Nakamura (1997, 2001) 定义的波作用通量 (T-N 通量) 来分析与 EU 相联系的准定常波的活动。该通量 ( $\mathbf{W}$ ) 在 WKB 假设下与波的位相无关, 在对数压力坐标系下表示为:

$$\mathbf{W} = \frac{p}{2|\mathbf{U}|} \begin{bmatrix} U(v'^2 - \Psi'v'_x) + V(-u'v' + \Psi'u'_x) \\ U(-u'v' + \Psi'u'_x) + V(u'^2 + \Psi'u'_y) \\ \frac{f_0 R_a}{N^2 H_0} [U(v'T' - \Psi'T'_x) + V(-u'T' - \Psi'T'_y)] \end{bmatrix}$$

其中,  $f_0$  表示 43°N 的科氏参数,  $\Psi'$  为准地转扰动流函数, ( $u', v'$ ) 为扰动准地转风,  $\mathbf{U}=(U, V)$  为基本流场,  $p$  为气压除以 1000 hPa,  $R_a$  为干气体常数,  $H_0$  为标高,  $N$  为 Brunt-Väisälä 频率,  $T'$  为扰动温度, 下标  $x, y$  分别表示对于  $x, y$  的偏导数。计算中, 气候平均场为背景流场, 与 EU 相联系的准定常波活动作为扰动场。

本文将冬季定义为当年的 12 月至次年的 2 月, 由此得到 1948 年到 2008 年共 61 年的冬季平均数据。在考察欧亚遥相关型对我国气候影响时, 采用了一元线性回归的方法, 并采用  $t$  检验来检验其显著性。

### 3 冬季 EU 遥相关型及其变化特征

对 1948/1949 年至 2008/2009 年 61 个冬季的 500 hPa 高度场距平做经验正交函数 (EOF) 分解, 然后对前 10 个模态进行旋转, 得到 REOF 的前 10 个模态。前 10 个模态总的方差贡献达到 84.3%。在这 10 个模态中, 第 1 模态类似于 Barnston and Liverzey (1987) 的太平洋北美遥相关型 (PNA), 四个中心分别位于副热带太平洋、阿留申群岛南部、加拿大西北部和美国东南部; 第 2 模态在北大西洋上存在一个南北向的偶极子结构, 两个中心分别位于格陵兰岛和中纬度的北大西洋, 类似 Barnston and Liverzey (1987) 的北大西洋涛动 (NAO)。此外, Barnston and Liverzey (1987) 提到的欧亚遥相关 1 型 (EU1)、欧亚遥相关 2 型 (EU2)、东大西洋遥相关型 (EA) 和热带/北半球遥相关型 (TNH), 在这前十个模态中都可找到。在欧亚大陆上空, 第一次出现纬向波列的模式是第 6 模态。冬季此模态的空间分布特征表现为在欧亚

大陆上空的纬向波列分布, 在乌拉尔地区和东亚沿岸、欧洲西部地区的 500 hPa 高度场距平呈现正或负的相关关系, 类似于 Wallace and Gutzler (1981) 定义的欧亚遥相关型, 另外在北美西海岸处也有与欧亚遥相关型相伴的异常中心 (见图 1), 对应的时间系数表现为明显的年际变化特征。

根据 Wallace and Gutzler (1981) 对欧亚遥相关型的定义 [见公式 (1)], 我们计算了 1948/1949 年至 2008/2009 年冬季的欧亚遥相关型指数 (EU 指数:  $I_{EU}$ ) 的年际变化。

$$I_{EU} = -\frac{1}{4}Z^*(55^\circ\text{N}, 20^\circ\text{E}) + \frac{1}{2}Z^*(55^\circ\text{N}, 75^\circ\text{E}) - \frac{1}{4}Z^*(40^\circ\text{N}, 145^\circ\text{E}), \tag{1}$$

其中,  $Z^*$  表示标准化的 500 hPa 月平均高度距平。

图 2 给出了 Wallace and Gutzler (1981) 定义

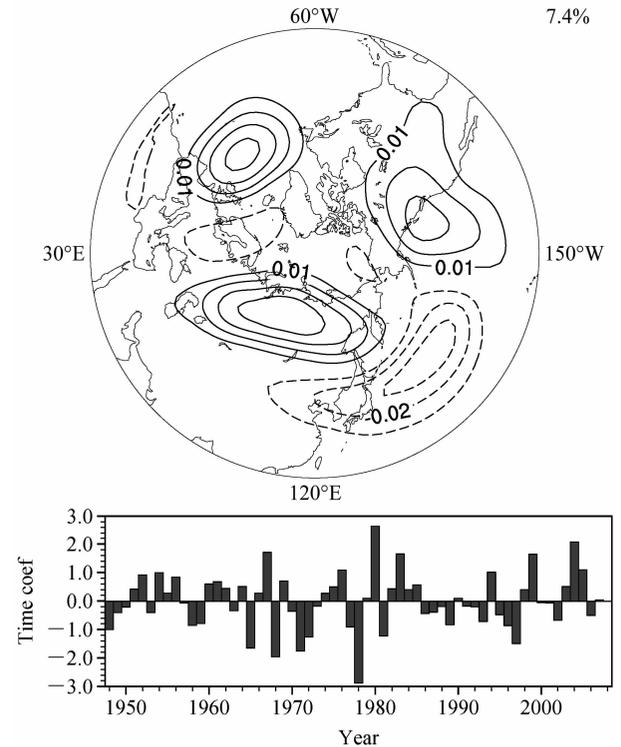


图 1 1948/1949~2008/2009 年热带外北半球 (20°N~90°N, 0°~360°) 冬季平均的 500 hPa 高度场 REOF 分解第 6 模态及其时间系数: (a) 空间模态; (b) 时间系数

Fig. 1 The sixth mode of Rotated Empirical Orthogonal Function (REOF6) of winter (Dec - Feb 1948/1949 - 2008/2009) mean 500-hPa geopotential height anomalies poleward of 20°N (explained variance of 7.4%) and the Principal Component (PC) time series of the mode: (a) Spatial pattern; (b) the PC time series

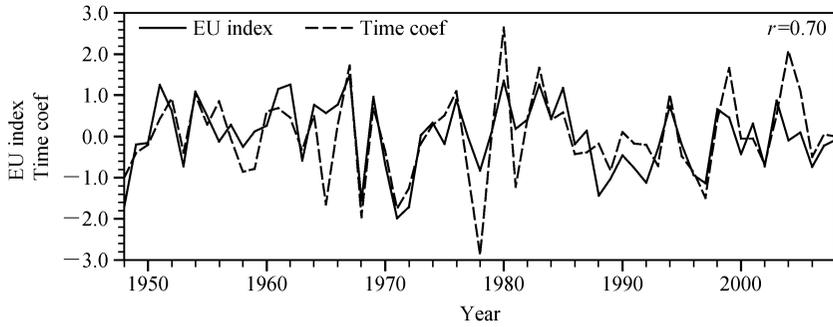


图2 1948/1949~2008/2009年冬季欧亚遥相关型指数(EU指数,实线)和REOF6时间系数(虚线)

Fig. 2 The PC time series of the REOF6 mode and the winter mean Eurasian teleconnection pattern index (EU index) for the period 1948/1949–2008/2009

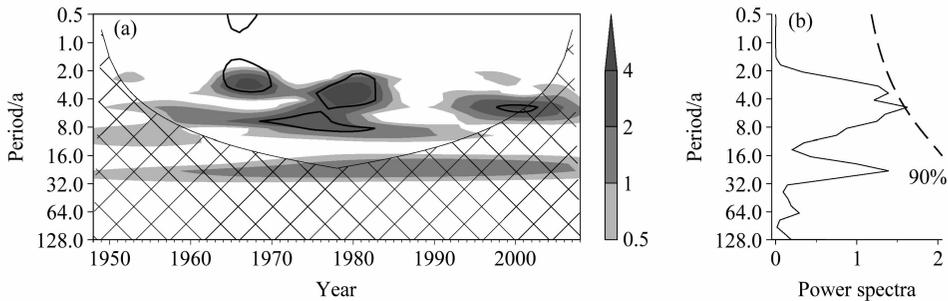


图3 1948/1949~2008/2009年冬季EU指数小波功率谱:(a)局地小波功率谱(闭合等值线为90%置信水平);(b)全小波谱(虚线为90%置信水平)

Fig. 3 The wavelet power spectra for the winter mean EU index based on Morlet wavelet for the period 1948/1949–2008/2009; (a) Local wavelet power spectra; (b) global wavelet spectra. Contour in the local wavelet power spectra and dashed lines in the global wavelet spectra indicate the 90% confidence level

的EU指数和REOF分析第6模态的时间系数,从图上可以看到,二者的变化趋势有很好的一致性。EU指数为正的时候,第6模态的时间系数也大多为正,反之亦然。事实上,二者之间的相关系数( $r$ )达到0.7,通过了95%的显著性检验。因此,本文将REOF分析的第6模态定义为EU,其时间系数就定义为EU指数。

为了进一步考察EU的时间变化特征,我们对1948/1949~2008/2009年冬季EU指数进行小波分析。从图3可以看到,冬季EU变化的显著周期基本上在8年以下,表现为以年际变率为主,年代际变化的分量不明显。但年际变化的周期并不稳定,存在着一定的变化;1960年代中期到1980年代中期,2~4年周期比较明显;1990年代中期以后以4年周期为主。

图4给出了冬季EU指数回归到500 hPa大气准定常波的水平分量,从图上可见,在欧亚大陆上

空存在非常明显的与EU相联系的准定常波的活动,波动活动的辐散区主要位于副热带北大西洋,西伯利亚则是主要的辐合区。北大西洋上空的波动活动东传到欧洲西部后分为两支,一支向南传播到西非和中东地区,另一支向北传播到斯堪的纳维亚半岛后继续向东传播到西伯利亚地区。结果表明,在大气内部确实有与EU相联系的波列从北大西洋传播到乌拉尔山以东的欧亚大陆地区,从而影响东亚地区的气候。另外,还有从北太平洋向北美大陆传播的一支波列,该波列导致北美西海岸出现明显的高度异常。

#### 4 EU遥相关型与东亚大气环流及我国冬季气温和降水的关系

图5是冬季EU指数对应的同期200 hPa(图5a)、500 hPa(图5b)位势高度场以及海平面气压(SLP)场(图5c)的异常分布,从图上看到,在各

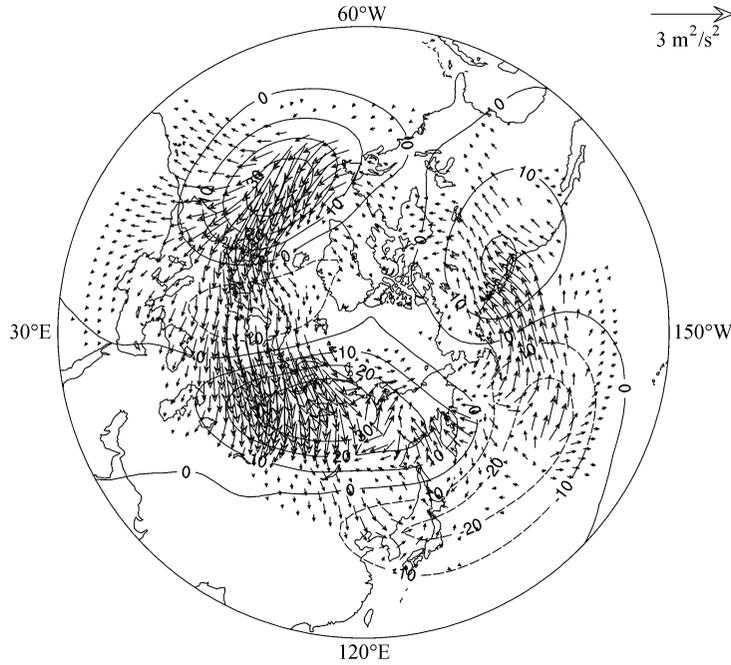


图 4 1948/1949~2008/2009 年冬季 EU 指数回归的 500 hPa 大气准定常波的水平分量。矢量: 定常波的水平分量 (单位:  $m^2/s^2$ ); 等值线: 高度场异常 (间隔 10 gpm)

Fig. 4 Horizontal component of the 500-hPa wave-activity flux (arrows) associated with the winter mean EU index for the period 1948/1949-2008/2009. The regression pattern of 500-hPa height anomalies is superimposed (contour with interval of 10 gpm)

高度上, 欧亚大陆上空都存在着一个自西向东的波列, 呈现出“+ - + -”的分布, 其中 2 个显著的正异常中心分别位于东北大西洋和西欧及西伯利亚; 同时, 斯堪的纳维亚半岛和日本上空还存在着 2 个显著的负异常中心。从 200 hPa 到 500 hPa, EU 基本上表现为正压结构, 各中心随着高度变化没有明显的向西倾斜; 而通过比较 SLP 场和 500 hPa 高度场可以发现, 各个中心随高度增加略向西倾斜, 只是 500 hPa 高度场上的异常信号在东西方向上的范围更为扩展。对位势高度场的分析表明, 在 EU 正位相时, 西伯利亚高压有显著的加强, 东亚大槽加深, EU 在对流层中随高度变化呈现出正压的分布特征。而与 EU 相连的北美西海岸的异常中心主要出现在高空的对流层中上层, 在底层信号非常弱。事实上, 以前的研究也发现与 EU 一起往往在北太平洋到北美地区出现类似 PNA 的波列 (Barnston and Liverzey, 1987; Nakamura et al., 1987)。Bueh and Nakamura (2007) 给出了 9 月到第二年 5 月逐月的斯堪的纳维亚型对应的 300 hPa 高度场异常, 其中在 1~2 月 300 hPa 高度场图上, 在北美西海岸处也存在一个显著的异常信号, 符号

与贝加尔湖附近的异常中心相同。结合图 4 和图 5, 确实北太平洋至北美存在一个与 EU 相联系的波列, 最近, Zhou et al. (2011) 特别针对该地区的波列进行了研究。但有关这方面的讨论超出了本文研究的内容, 以下主要讨论 EU 对东亚大气环流和气候异常的影响。

从图 6 可以看到, 200 hPa 纬向风场上在贝加尔湖和北太平洋上空分别存在着 2 m/s 和 3 m/s 的显著负正异常中心。这表明, 对应于欧亚大陆上空自西向东的波列结构, 东亚上空异常的高度场分布改变了南北气压梯度, 使得 30°N 附近东亚上空整个对流层西风加速, 在对流层的高层表现为东亚地区上空 200 hPa 的副热带西风急流增强, 除此之外, 在东亚沿海到贝加尔湖以北的对流层下层还表现出显著北风异常。与环流形势相对应, 在对流层下层的 850 hPa 的欧亚大陆上出现了北正南负的温度场分布, 东亚地区的温度有 0.45°C 左右的显著降低; 而在欧亚大陆北部则出现明显升温, 增幅最大超过了 1.5°C (见图 6、图 7、图 8)。这种在对流层下层 850 hPa 的欧亚大陆上出现的南北反位相的温度场分布, 与 Bueh and Nakamura (2007) 对 1 月

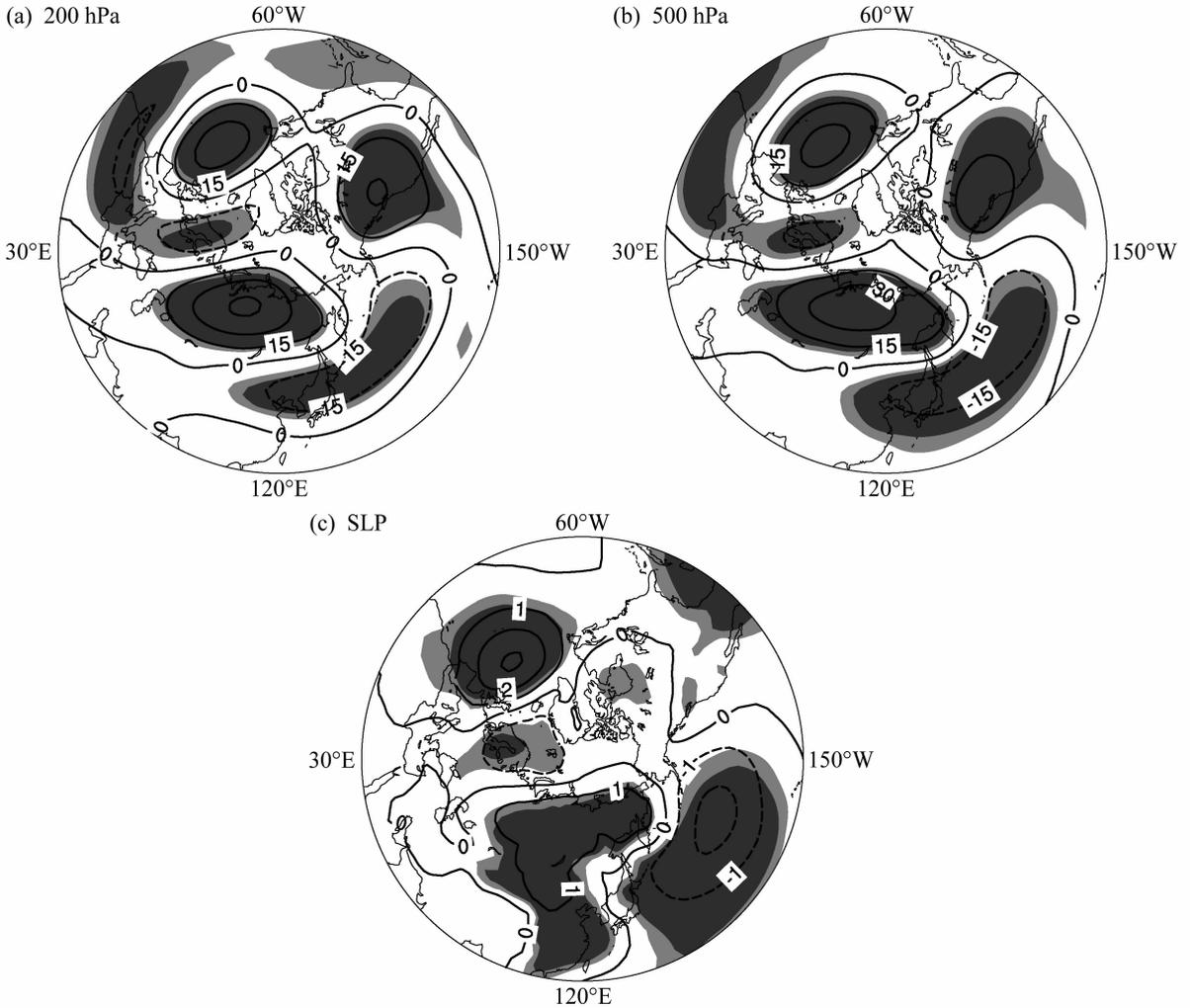


图 5 1948/1949~2008/2009 年冬季 EU 指数对同期 (a) 200 hPa (20°N~90°N, 0°~360°)、(b) 500 hPa 位势高度场 (等值线间隔为 15 gpm) 以及 (c) SLP (等值线间隔为 1 hPa) 的线性回归图。深、浅阴影: 通过 99%、95% 信度检验 (下同)

Fig. 5 The simultaneous regression of (a) 200-hPa geopotential height, (b) 500-hPa geopotential height, and (c) sea level pressure (SLP) on the winter mean EU index for the period 1948/1949 - 2008/2009. Contours intervals are 15gpm for 200-hPa geopotential height and 500-hPa geopotential height and 1 hPa for SLP. The dark and light shadings indicate the 99% and 95% confidence levels of correlation, respectively (the same below)

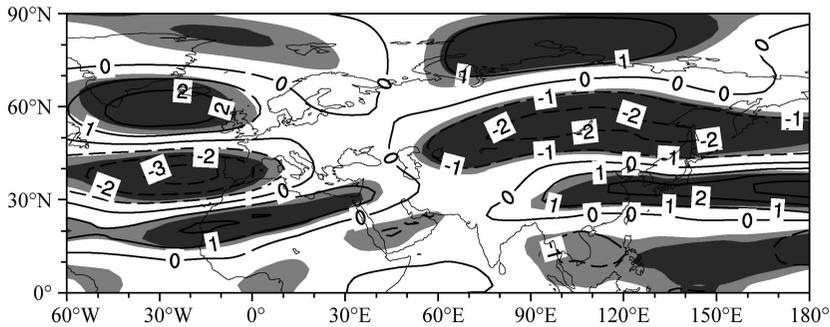


图 6 1948/1949~2008/2009 年冬季 EU 指数对同期 200 hPa 纬向风场的回归图 (等值线间隔为 1 m/s)

Fig. 6 The simultaneous regression of winter mean 200-hPa zonal wind on the winter mean EU index for the period 1948/1949 - 2008/2009. Contours interval is 1 m/s

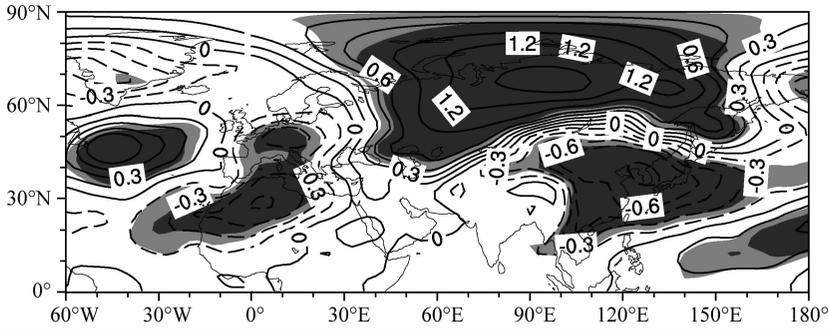


图7 1948/1949~2008/2009年冬季EU指数对同期850 hPa温度场的回归图。等值线绝对值0.6℃以下(0.6℃以上), 间隔为0.15℃(0.3℃)

Fig. 7 The simultaneous regression of winter mean 850-hPa air temperature on the winter mean EU index for the period 1948/1949-2008/2009. Contours interval is 0.15℃(0.3℃) for absolute values smaller than 0.6℃(greater than 0.6℃)

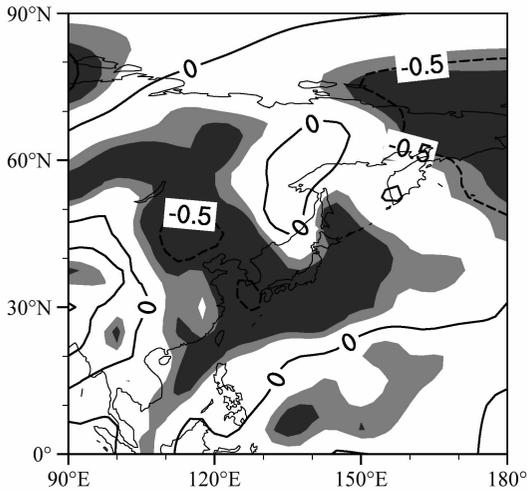


图8 1948/1949~2008/2009年冬季EU指数对同期东亚地区850 hPa经向风场的回归图(等值线间隔0.5 m/s)

Fig. 8 The simultaneous regression of 850-hPa meridional wind on the winter EU index for the period 1948/1949-2008/2009. Contours intervals are 0.5 m/s

的分析结果也是比较相似的。他们的研究表明, 在斯堪的纳维亚遥相关型正位相时, 斯堪的纳维亚半岛上空出现异常的反气旋性环流, 中西伯利亚上空则出现异常的气旋性环流, 与这种异常的环流型相对应, 在贝加尔湖和巴尔喀什湖以北, 从俄罗斯西部到中西伯利亚地区出现显著的冷异常, 而东亚地区沿岸则出现了暖异常。由此可见, 冬季EU的变化与东亚地区的大气环流存在非常密切的关系: 当EU处于正位相时, 东亚地区上空的急流增强、东亚大槽加深, 导致东亚冬季风偏强, 东亚地区温度偏低; 反之, 当EU处于负位相时, 东亚地区温度偏高。

图9是冬季EU指数对同期我国冬季160站气

温(图9a)和降水(图9b)的回归图。可以看到, 除东北北部小部分地区外, 我国东部大部分地区出现明显的降温, 最大降温中心出现在内蒙古东北部和东北南部, 降温达0.8℃以上。对降水而言, 我国东部大部分地区降水减少, 降水减少最多的地区位于华北平原, 降水减少都在20%以上, 值得注意的是, (30°N, 105°E)附近却出现了降水增加的信号。而在东北地区 and 内蒙古东北部, 这些区域的降水与EU关系很弱且不明显。这表明, 当冬季EU处于正位相时, 对应于EU一个标准差的变化, 我国东部大部分地区出现显著降温, 同时我国东部大部分地区降水减少。通过分析东亚地区低层风场(图8)可知, 冬季东亚地区出现显著的北风异常, 在这种风场异常的情况下, 东亚冬季风加强, 从而引起我国东部降温 and 降水减少。

根据冬季EU对我国同期地表气温的回归图(图9a), 选取最大降温中心出现的内蒙古东北部和东北南部19个测站作为代表测站, 来研究冬季EU与内蒙古东北部和东北南部地区冬季气温年际变化关系; 同样选取华南30站作为代表测站来研究冬季EU与华南冬季气温年际变化关系。同时, 根据冬季EU对我国同期降水百分比的回归图(图9b), 选取降水变化最大的华北地区7个测站作为代表测站来研究冬季EU与华北冬季降水年际变化关系。下文, 我们将这19站和30站平均的地表气温分别称为内蒙古东北部及东北南部地区冬季气温和华南冬季气温。同样, 我们将华北7站平均的降水称为华北冬季降水。

图10给出了1951/1952~2008/2009年内蒙古东北部及东北南部地区冬季气温、华南冬季气温、

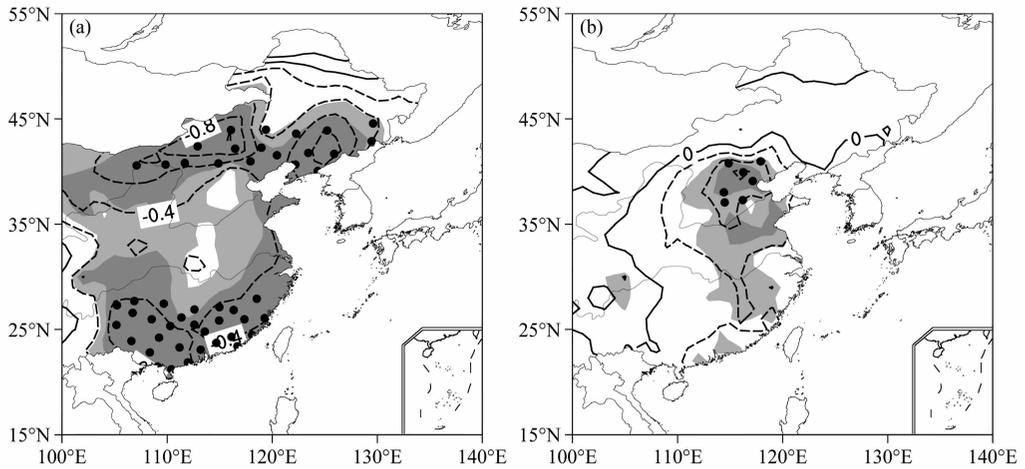


图9 1951/1952~2008/2009年冬季EU指数对同期我国160站气温和降水的回归图:(a)气温(等值线间隔 $0.2^{\circ}\text{C}$ );(b)降水百分比(等值线间隔为 $10\%$ )。实心圆:选取的测站

Fig. 9 The simultaneous regression of winter mean (a) surface air temperature and (b) precipitation anomaly percentage on the winter mean EU index for the period 1951/1952–2008/2009. Contours intervals are  $0.2^{\circ}\text{C}$  in (a) and  $10\%$  in (b). Filled circles represent the locations of selected stations

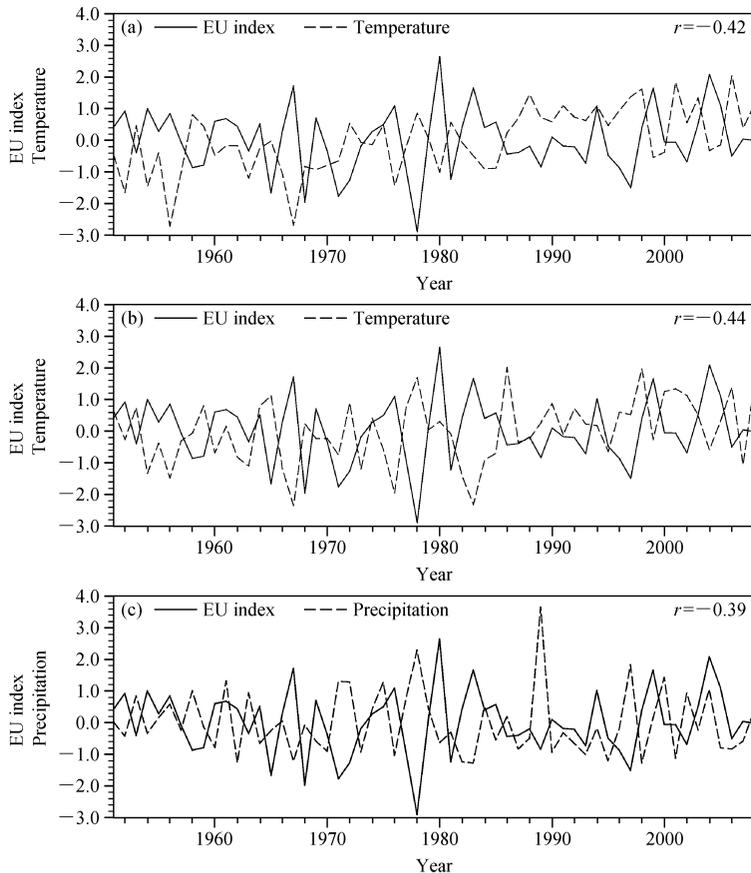


图10 1951/1952~2008/2009年冬季EU指数(实线)与同期我国区域平均的(a、b)气温(虚线)和(c)降水(虚线)的标准化时间序列:(a)内蒙古东北部和东北南部19站;(b)华南30站;(c)华北7站

Fig. 10 The the winter mean EU index and (a) 19 stations averaged temperature in northeastern Inner Mongolia and southern Northeast China, (b) 30 stations averaged temperature in South China, and (c) 7 stations averaged precipitation in North China during winter for the period 1951/1952–2008/2009

华北冬季降水与冬季 EU 指数的标准化时间序列。从图 10a、b 看到内蒙古东北部及东北南部地区冬季气温、华南冬季气温与冬季 EU 指数呈现反向变化的关系, 当内蒙古东北部及东北南部地区冬季气温、华南冬季气温为负的时候, 冬季 EU 指数大多为正, 反之冬季 EU 指数则大多为负。同样, 华北冬季降水与冬季 EU 指数也呈现出反向变化的关系, 事实上内蒙古东北部及东北南部地区冬季气温、华南冬季气温、华北冬季降水与冬季 EU 指数同期的相关系数分别为  $-0.42$ 、 $-0.44$ 、 $-0.39$ , 均通过 95% 的显著性检验。这表明当冬季 EU 处于正位相时, 内蒙古东北部及东北南部地区、华南地区的冬季气温偏低, 而华北地区冬季降水减少。

## 5 结论

本文利用 NCEP/NCAR 再分析资料 and 我国 160 站地表面气温和降水的观测资料, 利用 REOF 方法定义了冬季的欧亚遥相关型, 计算了冬季的 EU 指数, 在此基础上分析了欧亚遥相关型的时间变化特征和空间分布特征, 最后考察了欧亚遥相关型与我国冬季气温和降水的关系。结果表明, 冬季 EU 的变化与东亚地区的大气环流存在非常密切的关系: 当 EU 处于正位相时, 东亚地区上空的急流增强、东亚大槽加深, 导致东亚冬季风偏强, 东亚地区温度偏低, 使得我国东部降温和降水减少; 反之, 当 EU 处于负位相时, 东亚地区温度偏高。在欧亚大陆上空存在非常明显的与 EU 相联系的准定常波的活动, 波动活动的辐散区主要位于副热带北大西洋, 西伯利亚则是主要的辐合区。在大气内部确实有与 EU 相联系的波列从北大西洋传播到乌拉尔山以东的欧亚大陆地区, 从而影响东亚地区的气候。在时间变化上, 冬季 EU 以年际变率为主, 年代际变化的分量不明显, 其显著周期表现为 2~4 年。

本文主要从统计角度讨论了冬季 EU 的空间分布和时间变化特征, 及其与我国同期冬季气温、降水的关系, 而 EU 在其它季节的空间分布和时间变化特征, 波动又是如何维持和传播的, 以及 EU 对我国气温和降水影响的具体物理机制, 这些都需要进一步的深入研究。

## 参考文献 (References)

Barnston A G, Livezey R E. 1987. Classification, seasonality and

- persistence of low-frequency atmospheric circulation patterns [J]. *Mon. Wea. Rev.*, 115 (6): 1083–1126.
- Bueh C, Nakamura H. 2007. Scandinavian pattern and its climatic impact [J]. *Quart. J. Roy. Meteor. Soc.*, 133 (629): 2117–2131.
- Chen W, Yang S, Huang R H. 2005. Relationship between stationary planetary wave activity and the East Asian winter monsoon [J]. *Journal Geophysical Research*, 110: D14110, doi: 10.1029/2004JD005669.
- 陈文, 康丽华. 2006. 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 [J]. *大气科学*, 30 (005): 863–870.
- Chen Wen, Kang Lihua. 2006. Linkage between the Arctic Oscillation and winter climate over East Asia on the interannual timescale: Roles of quasi-stationary planetary waves [J]. *Chinese Journal of Atmospheric Sciences (in Chinese)*, 30 (5): 863–870.
- 陈文, 顾雷, 魏科, 等. 2008. 东亚季风系统的动力过程和准定常行星波活动的研究进展 [J]. *大气科学*, 32 (4): 950–966.
- Chen Wen, Gu Lei, Wei Ke, et al. 2008. Studies of the dynamic processes of East Asian monsoon system and the quasi-stationary planetary wave activities [J]. *Chinese Journal of Atmospheric Sciences (in Chinese)*, 32 (4): 950–966.
- Gong D Y, Wang S W, Zhu J H. 2001. East Asian winter monsoon and Arctic Oscillation [J]. *Geophys. Res. Lett.*, 28 (10): 2073–2076, doi: 10.1029/2000GL012311.
- Horel J D. 1981. A rotated principal component analysis of the interannual variability of the northern hemisphere 500 mb height field [J]. *Mon. Wea. Rev.*, 109 (10): 2080–2092.
- Hoskins B J, Karoly D J. 1981. The steady linear response of a spherical atmosphere to thermal and orographic forcing [J]. *J. Atmos. Sci.*, 38 (6): 1179–1196.
- Hsu H H, Wallace J M. 1985. Vertical structure of wintertime teleconnection patterns [J]. *J. Atmos. Sci.*, 42 (16): 1693–1710.
- Huang R H, Zhou L T, Chen W. 2003. The progresses of recent studies on the variabilities of the East Asian monsoon and their causes [J]. *Advances in Atmospheric Sciences*, 20 (1): 55–69.
- 李维京, 丑纪范. 1990. 北半球月平均环流与长江中下游降水的关系 [J]. *气象科学*, 10 (2): 139–146.
- Li Weijing, Chou Jifan. 1990. Relation between monthly mean circulation in the Northern Hemisphere and the summer precipitation in the middle and lower reaches of Changjiang River [J]. *Scientia Meteorologica Sinica (in Chinese)*, 10 (2): 139–146.
- Nakamura H, Tanaka M, Wallace J M. 1987. Horizontal structure and energetics of northern hemisphere wintertime teleconnection patterns [J]. *J. Atmos. Sci.*, 44 (22): 3377–3391.
- North G R, Moeng F J, Bell T L, et al. 1982. The latitude dependence of the variance of zonally averaged quantities [J]. *Mon. Wea. Rev.*, 110 (5): 319–326.
- Ohhashi Y, Yamazaki K. 1999. Variability of the Eurasian pattern and its interpretation by wave activity flux [J]. *J. Meteor. Soc. Japan*, 77 (2): 495–511.

- Sung M K, Lim G H, Kwon W T, et al. 2009. Short-term variation of Eurasian pattern and its relation to winter weather over East Asia [J]. *International Journal of Climatology*, 29 (5): 771–775.
- 所玲玲, 黄嘉佑, 谭本旭. 2008. 北极涛动对我国冬季同期极端气温的影响研究 [J]. *热带气象学报*, 24 (2): 163–168. Suo Lingling, Huang Jiayou, Tan Benkui. 2008. The influence of winter Arctic oscillation on maximum and minimum air temperature over China in winter [J]. *Journal of Tropical Meteorology (in Chinese)*, 24 (2): 163–168.
- Tachibana Y, Nakamura T, Tazou N. 2007. Interannual variation in snow-accumulation events in Tokyo and its relationship to the Eurasian pattern [J]. *Scientific Online Letters on the Atmosphere*, 3: 129–131, doi: 10.2151/sola.2007–033.
- Takaya K, Nakamura H. 1997. A formulation of a wave-activity flux of stationary Rossby waves on a zonally varying basic flow [J]. *Geophys. Res. Lett.*, 24 (23): 2985–2988.
- Takaya K, Nakamura H. 2001. A formulation of a phase-independent wave-activity flux for stationary and migratory quasigeostrophic eddies on a zonally varying basic flow [J]. *J. Atmos. Sci.*, 58 (6): 608–627.
- 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 (9): 1297–1300.
- Wallace J M, Gutzler D S. 1981. Teleconnections in the geopotential height field during the Northern Hemisphere winter [J]. *Mon. Wea. Rev.*, 109 (4): 784–812.
- 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]. *International Journal of Climatology*, 30 (1): 153–158.
- Wu B, Wang J. 2002. Winter Arctic oscillation, Siberian high and East Asian winter monsoon [J]. *Geophys. Res. Lett.*, 29 (19): 1897, doi: 10.1029/2002GL015373.
- 吴洪宝. 1993. 我国冬季气温异常与北半球 500 hPa 大气环流遥相关型的关系 [J]. *南京气象学院学报*, 16 (2): 115–119. Wu Hongbao. 1993. Relationships between winter temperature anomalies in China and 500 hPa teleconnection patterns of the atmospheric circulation in the Northern Hemisphere [J]. *Journal of Nanjing Institute of Meteorology (in Chinese)*, 16 (2): 115–119.
- Zhou P T, Suo L L, Yuan J C, et al. 2011. The East Pacific wavetrain, its variability and impact on the atmospheric circulation in the boreal winter [J]. *Advances in Atmospheric Sciences*, doi: 10.1007/s00376–011–0216–3, in press.