

康丽华, 陈文, 王林, 等. 2009. 我国冬季气温的年际变化及其与大气环流和海温异常的关系 [J]. 气候与环境研究, 14 (1): 45-53.  
Kang Lihua, Chen Wen, Wang Lin, et al. 2009. Interannual variations of winter temperature in China and their relationship with the atmospheric circulation and sea surface temperature [J]. Climatic and Environmental Research (in Chinese), 14 (1): 45-53.

## 我国冬季气温的年际变化及其与 大气环流和海温异常的关系

康丽华<sup>1,2</sup> 陈文<sup>1</sup> 王林<sup>1</sup> 陈丽娟<sup>3</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 总装备部继续教育中心, 北京 102206

3 国家气候中心, 北京 100081

**摘要** 利用我国 160 个台站 49 个冬季 (1951/1952~1999/2000 年) 的气温资料和 NCEP/NCAR 再分析资料, 通过波谱分析的方法提取变量的年际变化分量 (周期小于 8 年部分) 进行分析, 结果发现: 在年际变化的时间尺度上, 我国冬季气温表现为全国一致变化型 (EOF1) 和南北反相变化型 (EOF2) 两个主要模态, 并可以解释总方差 60% 以上的变化。进一步分析表明, 在年际变化尺度上, 与气温全国一致变化型相联系的大气环流表现出海陆气压差的改变以及与此相关的东亚大槽强度的变化和东亚高空急流位置的南北移动; 赤道中东太平洋的异常海温对这一模态的出现有一定的预示意义, 而中国近海的海温则更多的是被动地随气温改变。与南北反相变化型相联系的大气环流表现出显著的北极涛动特征, 这一模态的出现会使得次年春季的西北太平洋海温呈现以 30°N 为界南北反相变化的形态; 而北太平洋的海温异常可能对这一模态的形成有一定的作用。这两个模态的空间分布虽然与年代际尺度上的分布非常相似, 但它们的相对强弱和对应的环流却有很大的差异。分析显示, 全国一致变化型可能更多地表现出年代际变化的特征, 而南北反相变化型更多地表现出年际变化的特征; 结果还表明, 我国冬季气温的变化在不同的时间尺度上是受不同因子影响的。因此, 在研究我国冬季气温变化时, 将不同的时间尺度分开考虑是十分必要的。

**关键词** 冬季气温 年际变化 东亚冬季风 大气环流 海面温度

**文章编号** 1006-9585 (2009) 01-0045-09 **中图分类号** P434 **文献标识码** A

## Interannual Variations of Winter Temperature in China and Their Relationship with the Atmospheric Circulation and Sea Surface Temperature

KANG Lihua<sup>1,2</sup>, CHEN Wen<sup>1</sup>, WANG Lin<sup>1</sup>, and CHEN Lijuan<sup>3</sup>

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

2 *Continuing Education Center of the General Equipment Headquarters, Beijing 102206*

3 *National Climate Center, Beijing 100081*

**Abstract** By using the monthly mean temperature in 160 stations of China, the interannual component of winter mean (November to March of the next year) temperature in China, whose period is shorter than eight years, is

**收稿日期** 2007-07-13 收到, 2008-09-16 收到修定稿

**资助项目** 中国科学院知识创新工程重要方向项目 KZCX2-YW-220 以及国家自然科学基金资助项目 40775035、40730952

**作者简介** 康丽华, 女, 1968 年出生, 博士, 从事气候动力学研究。E-mail: kang-lihua@163.com

studied with the empirical orthogonal function (EOF) analysis for the period 1951/1952–1999/2000. Two distinguished modes are clarified, with the first EOF mode depicting a pan-China temperature variation and the second EOF mode describing a temperature oscillation between northern and southern parts of China. These two modes can explain over 60% of the variance. The atmospheric circulation and the sea surface temperature (SST) patterns associated with the two modes are then investigated by using the NCEP/NCAR reanalysis data and NOAA reconstructed SST data through the regression/correlation method. Results reveal that although the leading modes of interannual temperature variation are similar to those on the decadal time scale (period longer than eight years), the associated circulations are quite different. The pan-China temperature variation is closely associated with a change in land-sea pressure gradient in sea level pressure field on the interannual time scale. It is also closely related with the intensity of East Asian trough at 500 hPa and the north-south movement of 200 hPa East Asian jet stream. The tropical Pacific SST anomalies are suggested to play an active role to produce this mode, while the SST along the coast of China can only vary with the temperature passively. As to the second EOF mode, it is closely related to Arctic Oscillation on the interannual time scale, and is able to cause a north-south dipole in the SST field over Northwest Pacific in the following spring. The anomalous SST over North Pacific is possibly able to influence this mode, but the detailed process need to be studied further. The comparison of results between interannual and decadal time scale demonstrates that the variation of winter time temperature in China is influenced by different factors on different time scales. The results also indicate that the pan-China mode of temperature is more obvious on the decadal time scale, while the north-south oscillation mode is more characterized by interannual time scale. Therefore, it is necessary to take the time scales into consideration when investigating the winter time temperature in China.

**Key words** winter time temperature in China, interannual variation, East Asian winter monsoon, atmospheric circulation, sea surface temperature

## 1 引言

我国地处东亚地区,其气候异常主要受季风变化的影响。作为全球气候系统中一个重要的组成部分,季风在很大程度上表现为年循环现象,即夏季风和冬季风交替盛行(黄荣辉等,2003)。东亚夏季风对我国气候的影响主要表现为夏半年降水带强弱的变化和位置的移动,而东亚冬季风则主要影响我国冬季的气温(Staff members of Academia Sinica, 1957)。冬季风发生的时候,我国华北、东北以及日本、韩国盛行干冷的西北风,而在我国东南沿海则有强的东北风(Staff members of Academia Sinica, 1957; Lau et al., 1987; 陈隆勋等, 1991a, 1991b; Ding, 1994; Chen et al., 2000)。东亚冬季风的异常活动不仅决定了东亚地区寒潮降温、降雪等灾害性天气的频次(Ding, 1994),而且还可以通过西风急流影响到北美气候(Yang et al., 2002);此外,它还可以影响西太平洋地区大尺度的对流活动,并进一步引起 Hadley 环流和 Walker 环流的异常(Lau et

al., 1987)。当东亚冬季风特别强时,它甚至可以影响到马来西亚南部、印度尼西亚、澳大利亚等地汛期的旱涝(朱抱真等, 1990; 梁必骐, 1990)以及澳大利亚季风的活 动(Davidson et al., 1983)。此外,还有一些研究(Sun et al., 1994; Tomita et al., 1996; 陈文, 2002)表明,东亚冬季风在 ENSO/季风系统的两年振荡中起到关键的作用。然而,相对于大量针对夏季风的研究,关于冬季风的研究则远远没有那么广泛和深入。

由于东亚冬季风对我国冬季气温的变化有着直接和重要的影响,因此不少研究都将气温作为衡量冬季风的主要标准(陈隆勋等, 1991b)。然而很多研究(陈隆勋等, 1991b; Wang et al., 1993; Chen et al., 2000)也表明,我国冬季气温的变化存在显著的区域性差别,尤其是中国南方和北方的气温变化存在着完全相反的趋势。气温变化的这一特点使得人们在定义冬季风时更加谨慎,并尽量采取一些更加直接的环流场来表征冬季风的变化。比如 Chen et al. (2000) 利用东亚沿岸的风场定义了一个东亚冬季风强度指数,系统地研究了东亚冬季风的年际变化。同时,气温

变化的区域性差异也说明了东亚地区气候变化空间上的复杂性和时间上的多尺度性。为此, 康丽华等 (2006) 利用我国 160 个台站的观测资料对我国气温的年代际变化做了分析, 发现我国冬季气温在年代际尺度上表现为全国一致和南北反相变化两种模态, 并进一步分析了与之相联系的大气环流系统的变化。本文则在此基础上进一步研究我国冬季气温的年际变化, 以便更深入地了解我国气候变化的原因, 同时也有助于实际的气候业务预报。因此, 本文将着重研究我国冬季气温的年际变化特征, 以及与之相联系的大气环流和海温异常。

## 2 资料和方法

本文所用的大气资料包括中国气象局提供的全国 160 个台站的月平均温度, 以及美国国家环境预测中心/国家大气研究中心 (NCEP/NCAR) 发布的水平分辨率为  $2.5^{\circ} \times 2.5^{\circ}$  的月平均全球再分析资料 (Kalnay et al., 1996)。海洋资料采用的是美国国家大气海洋局 (NOAA) 发布的第二版延长重构的月平均海表面温度资料 (Smith et al., 2004), 水平分辨率为  $2^{\circ} \times 2^{\circ}$ 。文中所选取的时间段为 1951 年 1 月~2000 年 12 月。由于冬季风一般建立于 11 月, 而于次年 4 月初撤退 (陈隆勋等, 1991b), 因此用当年 11 月到次年 3 月的平均作为冬季风盛行期间的季节平均场, 这样就得到 1951/1952~1999/2000 年共 49 年的冬季资料。

采用频谱分析的方法提取年际信号, 将所有的资料做傅立叶分解, 剔除 8 年以上的信号, 将小于 8 年的信号作为年际变化部分。由于年代际部分已做过分析 (康丽华等, 2006), 因此文中的所有分析都是对时间尺度为 8 年以下的年际变化部分进行的。文中采用的诊断方法主要有经验正交函数分解 (EOF)、线性回归和相关分析。EOF 常用来研究气象场主导的时空变化型 (Jolliffe, 1986)。由于 EOF 分析可以用主要的几个时空变化型最大可能地解释原始数据的方差变化, 并且其没有固定的函数形式, 展开收敛速度快, 能在有限区域上对不规则分布的站点进行分解, 因此成为当前气象诊断分析中最流行的方法之一。

## 3 我国冬季气温的年际变化特征

在康丽华等 (2006) 的工作中, 通过对我国冬季气温的主要变化模态及其变化特征的分析, 发现我国冬季气温主要表现为全国一致变化 (解释方差 52%) 和南北反相变化 (解释方差 16%) 两种模态, 两者可以解释总方差近 70% 的变化。在提取年代际变化信号之后, 第一模态的比重有所增加 (解释方差 66%), 而第二模态的比重有所降低 (解释方差 13%)。这在一定程度上说明气温全国一致的变化模态可能更多地受到年代际信号的影响, 而南北反相的变化可能受年际变化影响更大。

图 1 和 2 分别给出了我国冬季气温在年际变化尺度上的前两个模态, 第一和第二模态分别解释了总方差的 39% 和 21%。按照 North et al. (1982) 的标准, 这两个主分量可以同其他主分量

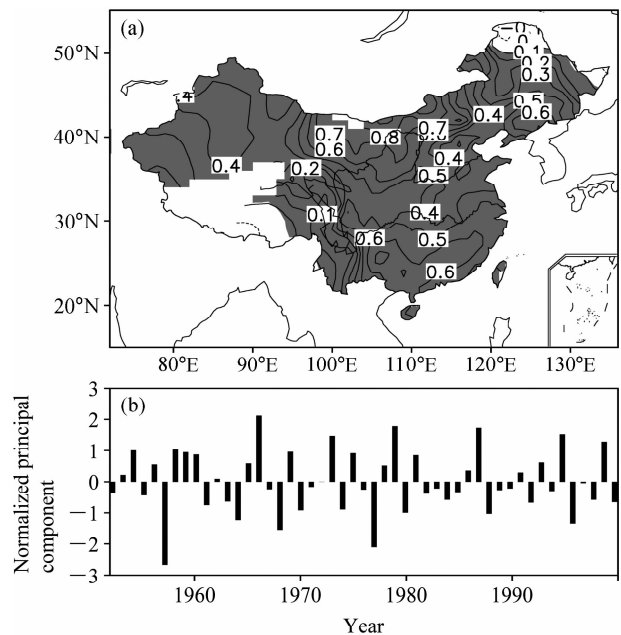


图 1 1951/1952~1999/2000 年中国冬季温度年际变化部分 EOF 的第一模态: (a) 空间分布型 (阴影表示正信号); (b) 标准化的时间序列

Fig. 1 Leading EOF of temperature (interannual component) for 160 stations in China for the winters 1951/1952 - 1999/2000; (a) regression of temperature on the first normalized principal component (positive areas are shaded); (b) corresponding normalized principal component

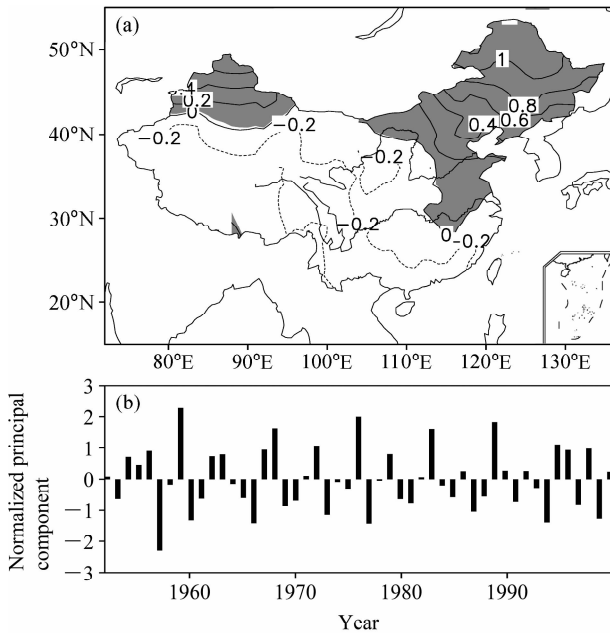


图2 同图1, 但为 EOF 第二模态

Fig. 2 Same as Fig. 1, but for the second EOF

区分开, 并且是彼此可分的。从图 1 的 EOF1 空间分布可以看出, 在年际变化尺度上, 我国冬季气温变化最主要的模态依然表现为全国一致的变化, 且温度的变化幅度基本为从南向北增加, 这一特点与年代际变化的第一模态 (康丽华等, 2006) 相似。具体来看, 除了西藏和东北边界有少量负信号外, 全国均为正信号所覆盖, 最大的正信号区位于我国北部的蒙古地区, 达到  $0.8\text{ }^{\circ}\text{C}$  以上。相应的时间序列有显著的 2~3 年的变化特征。与年代际尺度的 EOF1 相比, 年际尺度上 EOF1 的信号大大削弱, 不仅解释的方差大幅度减少, 而且强度也减弱了近 45%。

图 2 给出的是我国冬季气温年际变化第二模态的空间分布及其时间序列。可以看到, 与年代际变化的第二模态 (康丽华等, 2006) 类似, 年际变化的 EOF2 也表现为南北振荡的形势, 即大约  $40^{\circ}\text{N}$  以北包括我国东北和新疆北部基本为正信号区, 而  $40^{\circ}\text{N}$  以南基本为负信号区。尽管空间形势上与年代际尺度的变化类似, 但年际尺度 EOF2 的变化依然与年代际尺度 EOF2 的变化有着明显的差别。最大的差别在于二者强度的不同: 年际变化尺度上, EOF2 所解释的方差 (21%) 大大超过年代际尺度所解释的方差 (13%)。从图 2a 可以看到, 与 EOF2 对应的我国北部气温的振幅

超过  $1\text{ }^{\circ}\text{C}$ , 远远强于年代际尺度上的  $0.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ ; 南部的振幅则超过  $0.2\text{ }^{\circ}\text{C}$ , 与年代际尺度上的强度基本相同。此外, 从空间分布可以看到, 年际尺度上我国东北部的正信号存在着显著的向南扩展, 不仅覆盖了华北和黄淮的大部, 而且最南端已经超过了长江, 到达了江西北部地区和浙江西北部地区。这也在一定程度上反映了年际尺度上第二模态强度的增加。

以上分析表明, 在年际变化尺度上, 我国冬季气温的主要模态仍然表现为全国一致变化型和南北反相变化型, 它们可以解释总方差的 60% 以上, 这一点与气温的年代际变化信号类似。另一方面, 我国冬季气温的年际变化又与年代际变化有着显著的差异, 主要表现为两个空间模态相对强度的变化。年际变化尺度上全国一致变化型大大减弱, 不仅解释方差减少, 而且对应的振幅也大大减小; 相反, 南北反相变化型则有较大增强, 不但解释方差和相应的振幅增大, 而且影响的范围也有所增加。

## 4 与我国气温年际变化相联系的大气环流和海温异常

### 4.1 大气环流异常

以往的研究 (Staff Members of Academia Sinica, 1957; 陈隆勋等, 1991b) 表明, 东亚冬季风系统的主要成员包括海平面气压场上的西伯利亚高压和阿留申低压, 低层东亚大陆边缘的强北风, 对流层中层深厚的东亚大槽和对流层高层的东亚急流。因此, 选取代表冬季风的冬季海平面气压场 (SLP)、500 hPa 位势高度场和 200 hPa 纬向风场, 用这些变量场的年际变化部分与上节中得到的我国冬季气温年际变化部分的 EOF 时间序列做回归分析 (图 3 和 4), 来研究与我国冬季气温年际变化相联系的大气环流的年际变化特征。

图 3 给出了年际变化尺度上与我国冬季气温全国一致变化型相联系的大气环流场。由图 3a 可以看到, 当我国气温一致偏高时, 从西伯利亚地区到我国东部沿海地区的海平面气压值是降低的, 而北太平洋地区的海平面气压是增加的, 最大正、负值中心都超过 1 hPa。同时, 东亚地区的 500 hPa 高度上 (图 3b), 位势高度在东亚地区上空 ( $50^{\circ}\text{N}$

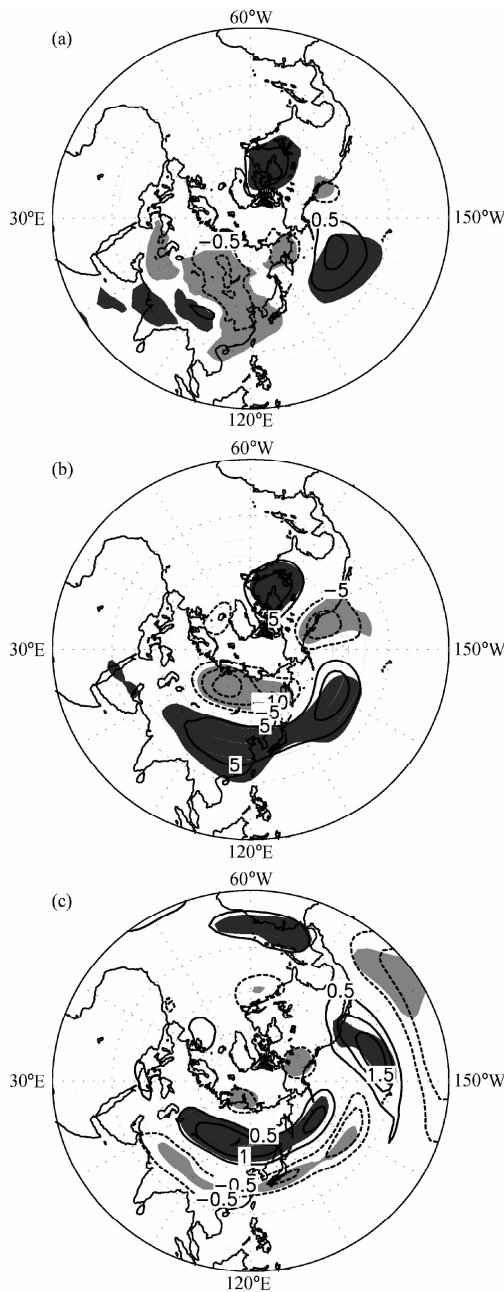


图3 我国冬季气温年际变化 EOF1 的回归分析 (阴影表示通过 95% 信度检验, 已去掉零线): (a) 海平面气压 (单位: hPa); (b) 500 hPa 位势高度 (单位: gpm); (c) 200 hPa 纬向风 (单位:  $m \cdot s^{-1}$ )

Fig. 3 Regression (contour) /correlation of (a) sea level pressure, (b) 500 hPa geopotential height, and (c) 200 hPa zonal wind on the first normalized principal component of the winter mean temperature (interannual component) for the time period 1951–1999. The shading indicates that the correlation is significant above the 95% confidence levels. Contour intervals are 0.5 hPa, 5 gpm, and  $0.5 m \cdot s^{-1}$  in (a), (b), and (c), respectively. The zero contour line has been suppressed

以南) 增加, 而在  $50^{\circ}N$  以北地区则降低。200 hPa 高度上 (图 3c),  $40^{\circ}N$  以北地区有纬向风的增强, 而  $40^{\circ}N$  以南地区的纬向风减弱。这些环流场的异常变化在东亚地区都超过了 95% 的信度检验。以上分析表明, 在年际变化尺度上, 当我国气温一致处于偏高的时候, 西伯利亚高压和阿留申低压同时减弱, 500 hPa 的东亚大槽也被填塞, 而 200 hPa 上的东亚急流则比其气候位置更加偏北。此时, 海陆间的气压差减小, 异常的北风偏弱; 大槽变浅, 不利于冷空气顺槽后的西北气流南下; 而且绕极西风位置偏北, 也不利于极地冷空气向南侵袭。在这种环流配置的共同作用下, 我国气温呈现出整体异常偏高的特点。

图 4 给出了年际变化尺度上与我国冬季气温南北反相变化型相联系的大气环流场。由图 4a 可以看到, 当我国北方气温偏高而南方气温偏低时, 北极地区的海平面气压值是降低的, 而北太平洋北部和北大西洋北部地区的海平面气压是增加的, 其最大变化中心分别超过 2 和 1 hPa, 这一空间分布型与北极涛动 (AO) (Thompson et al., 1998) 的模式十分相似。同时, 500 hPa 的位势高度场 (图 4b) 也呈现出类似 AO 的形势, 表现为极区的位势高度降低, 绕极的中高纬地区位势高度增加, 且北太平洋上空的正异常向西延伸到亚欧大陆上, 造成东亚大槽减弱。200 hPa 的纬向风场 (图 4c) 上, 近极地的高纬度地区风速加强, 而中纬度急流减弱, 尤其是东亚急流有明显的减弱, 减幅超过  $1.5 m \cdot s^{-1}$ 。以上分析表明, 与我国冬季气温南北反相变化型相联系的大气环流异常呈现出类似 AO 的模式。也即, 造成我国北方气温异常偏高而南方气温异常偏低的东亚冬季风系统异常, 包括减弱的东亚大槽和东亚急流, 可能都是由于受到 AO 的影响。上述结果与一些直接分析 AO 对我国冬季气温影响的结果也是一致的 (何春等, 2003; 任菊章等, 2003; 琚建华等, 2004), 而 AO 影响我国冬季气候的物理过程则与大气准定常行星波活动的异常有关 (陈文等, 2006)。

如果将年际变化尺度上两个 EOF 对应的大气环流型与年代际尺度上的结果 (康丽华等, 2006) 做比较, 可以发现有很大的不同。与冬季气温全国一致变化型 (EOF1) 相联系的大气环流在年代际时间尺度上呈现出 AO 的模式, 而在年际时间

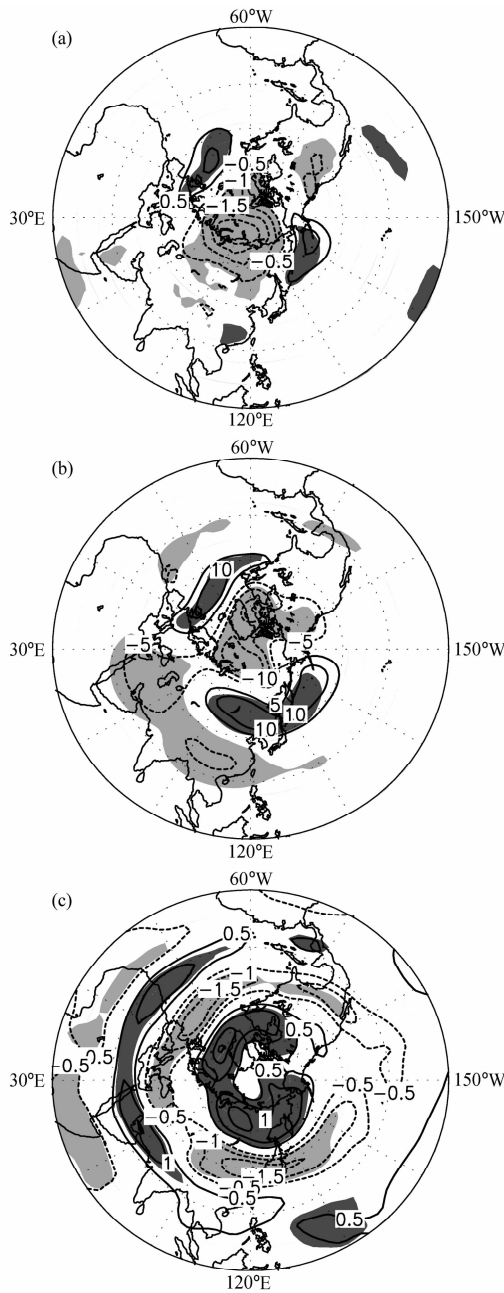


图4 同图3, 但为 EOF 第二模态  
Fig. 4 Same as Fig. 3, but for the second EOF

尺度上则更多表现为海陆间气压差的变化, 以及与此相联系的东亚大槽强度变化和东亚急流位置的南北移动。与冬季气温南北反相变化型 (EOF2) 相联系的大气环流在年代际时间尺度上表现为大西洋和太平洋高度场的反位相变化, 而在年际时间尺度上则与 AO 联系紧密。这些差异说明, 尽管我国冬季气温在不同时间尺度上表现出来的主要空间分布型是类似的, 但二者背后的

环流因子以及物理成因却有很大的不同。因此, 在分析我国冬季气温的变化特点、对应的环流特征以及物理成因时, 按照年际、年代际做时间尺度上的分离是十分必要的。

#### 4.2 海温异常

以往的许多研究都指出, 东亚冬季风的异常不但受海温异常的影响, 也会引起中国近海海表面温度 (SST) 的变化。例如有研究表明 (Chen et al., 2000; 梁巧倩等, 2004), 强 (弱) 东亚冬季风往往对应着 La Niña (El Niño) 型的 SST 异常分布, 并会引起中国南海 SST 的负 (正) 异常; 倪东鸿等 (2003) 的研究则指出, 当东亚冬季风异常偏强时, 黑潮区域的 SST 会异常偏低。这些研究一般都是从东亚冬季风的角度出发研究与 SST 的关系, 而本文前面也指出, 我国冬季气温的变化与东亚冬季风的变化并不完全一致。因此在这一部分, 将研究与我国冬季气温年际变化相联系的 SST 的分布情况。

图 5 给出了年际变化尺度上与我国冬季气温全国一致变化型相联系的 SST 分布场。图 5b 是与气温变化对应的同期 SST 分布, 可以看到, 太平洋存在类似 El Niño 型 SST 异常分布, 其中在赤道中东太平洋有正异常 SST, 而在菲律宾以西的西太平洋为负 SST 异常, 我国东南沿海以及日本海南部、黑潮延伸体的 SST 则都异常偏高, 这些异常信号都通过了 95% 信度检验。为了进一步研究我国气温与 SST 的因果关系, 我们将气温 EOF1 的时间序列与 SST 做了超前滞后的回归, 发现赤道中太平洋 SST 显著的正信号可以一直追溯到前秋 (图 5a), 而到了次年春季 (图 5c) 就减弱且不再显著; 中国沿海 SST 的正信号则从冬季出现 (图 5b), 一直持续到次年春季 (图 5c)。以上结果表明, 在年际变化尺度上, 赤道中东太平洋的 SST 对我国整体气温的变化有先期预示意义, 而中国近海的 SST 变化是随我国气温变化的产物, 这一结果与 Chen et al. (2000) 的结论一致。

图 6 是年际变化尺度上与我国冬季气温南北反相变化型相联系的 SST 分布场。可以看到, 当我国北方偏暖而南方偏冷的时候, 同期的 SST (图 6b) 在北太平洋上有一个显著的正信号, 最大强度超过  $0.1^{\circ}\text{C}$ 。进一步看 SST 的超前滞后关

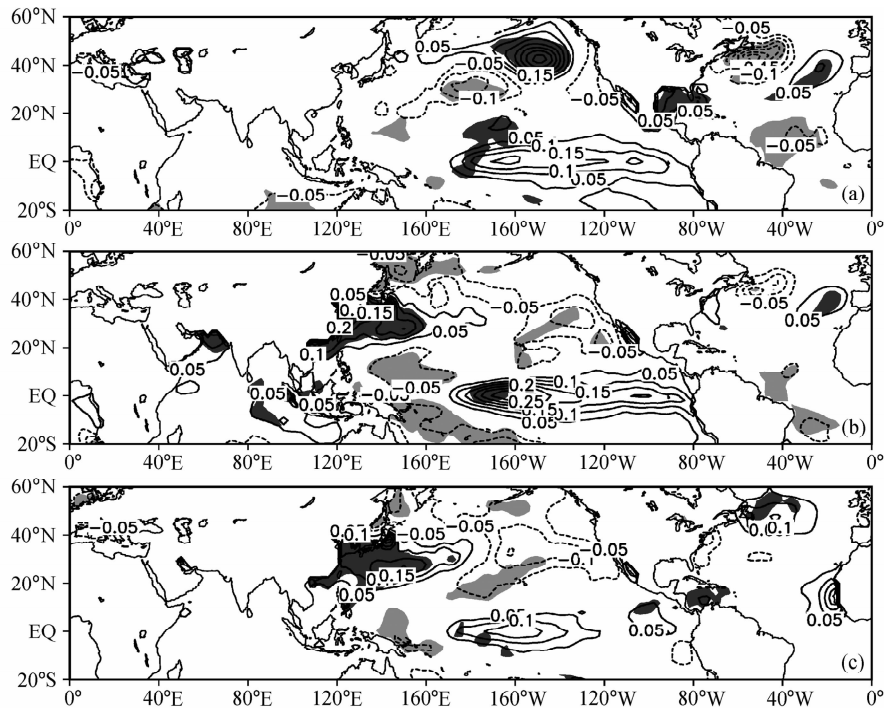


图 5 SST 对我国冬季气温年际变化 EOF 第一模态的回归分析：(a) 前秋；(b) 同年冬季；(c) 后春（间隔 0.05 °C，阴影表示通过 95% 信度检验，已去掉零线）

Fig. 5 Regression (contour)/correlation for the SST field on the first normalized principal component (interannual) of the winter mean temperature in China for the period 1951–1999. The SST is the seasonal mean of (a) the preceding autumn (SON); (b) the simultaneous winter (DJF); (c) the following spring (MAM). The shading indicates that the correlation is above the 95% confidence levels. Contour interval is 0.05 °C and the zero contour line has been suppressed

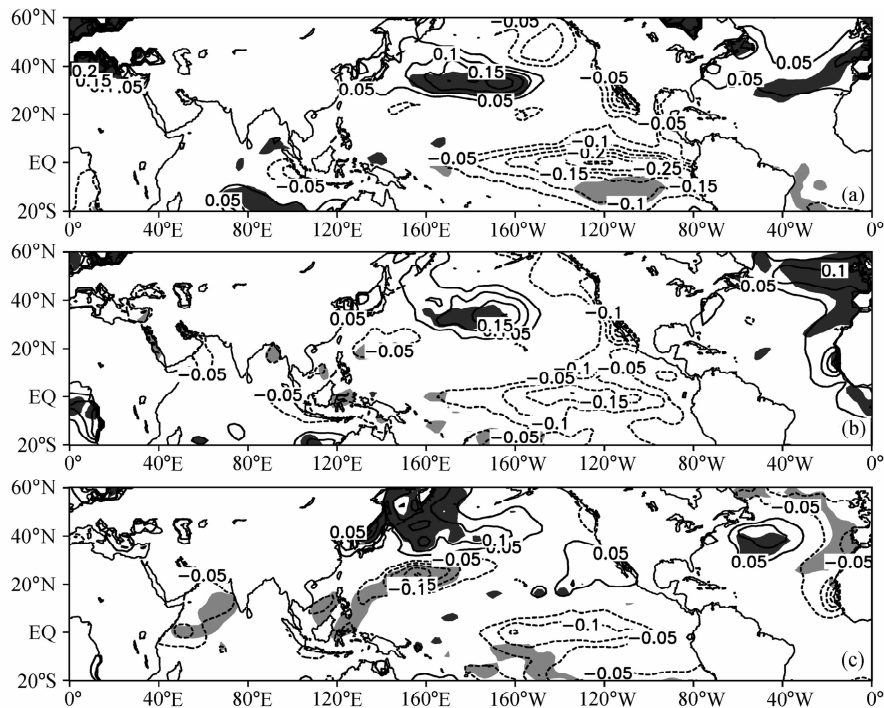


图 6 同图 5，但为 EOF2

Fig. 6 Same as in Fig. 5, but for the second EOF

系可以发现, 这个正中心从前秋开始出现且强度较强(图 6a), 到同期冬季有所减弱, 次年春天消失(图 6c)。与此同时, 次年春季在西北太平洋上呈现出北正南负的 SST 分布型。这些结果表明, 在年际变化尺度上, 北太平洋上的 SST 异常可能是引起我国气温南北反相变化的一个原因, 而我国气温的南北反相变化会引起随后西北太平洋 SST 南北反相的变化。

## 6 结论和讨论

本文通过波谱分析的方法, 对我国 160 个台站 49 个冬季(1951~1999 年)的气温提取年际变化分量(周期小于 8 年部分)进行分析。结果发现: 在年际变化的时间尺度上, 我国冬季气温表现为全国一致变化型和南北反相变化型两个主要模态, 它们一起可以解释总方差 60% 以上的变化。进一步分析表明, 在年际变化尺度上, 与气温全国一致变化型相联系的大气环流表现出海陆气压差的改变以及与此相关的东亚大槽强度的变化和东亚高空急流位置的南北移动; 赤道中东太平洋的异常海温对这一模态的出现有一定的预示意义, 而中国近海的 SST 则更多是被动地改变。与南北反相变化型相联系的大气环流表现出显著的 AO 特征, 这一模态的出现会使得次年春季的西北太平洋海温呈现以 30°N 为界南北反相变化的形态; 而北太平洋的异常 SST 可能对这一模态的形成有一定的作用。

对比年代际时间尺度上的结果可以发现, 虽然两个时间尺度上气温变化都呈现出全国一致变化型和南北反相变化型两个相似的模态, 但它们的相对强弱和对应的环流却有很大的不同。年代际变化尺度上全国一致变化型占绝对的主导(解释方差 66%), 而南北反相变化型相对弱很多(解释方差 13%); 年际变化尺度上全国一致变化型大大减弱(解释方差 39%), 而南北反相变化型相对大大加强(解释方差 21%)。这个结果在一定程度上说明, 全国一致变化型可能在年代际时间尺度上更加显著, 而南北反相变化型可能在年际尺度上更加显著。与这两个模态相联系的环流场上, 全国一致变化型在年代际尺度上对应着 AO 的变化, 而在年际尺度上则与海陆气压差的改变有关;

南北反相变化型在年代际尺度上对应着太平洋和大西洋位势高度的反相振荡, 而在年际尺度上却与 AO 紧密联系。这些差异的存在说明了在不同的时间尺度上, 我国冬季气温的变化是受不同因子影响的。同时也进一步说明, 在研究我国冬季气温变化的时候, 将不同的时间尺度分开考虑是十分必要的。

本文主要分析了年际变化尺度上我国冬季气温的变化特征及其相联系的大气环流和 SST 异常, 给出的结果仅限于同期的统计关系。虽然对 SST 的作用进行了简单讨论, 但具体的过程和因果关系还需要进一步研究才能确定。同时, 除海温外, 欧亚积雪(Watanabe et al., 1999; Clark et al., 2000)和一些其他外源强迫因子(叶笃正等, 1979)对中国冬季气温也有显著的影响。限于篇幅, 本文没有讨论这些因子的作用。此外, 一个重要的问题是为什么在年际和年代际时间尺度上, 同样的气温分布模态会对应不同的大气环流型, 这一问题将在后续的工作中进一步深入研究。

## 参考文献 (References)

- 陈隆勋, 邵永宁, 张清芬. 1991a. 近 40 年我国气候变化的初步分析 [J]. 应用气象学报, 2 (2): 164 - 173. Chen Longxun, Shao Yongning, Zhang Qingfen. 1991a. Preliminary analysis of climatic change during the last 39 years [J]. Quarterly Journal of Applied Meteorology (in Chinese), 2 (2): 164 - 173.
- 陈隆勋, 朱乾根, 罗会邦. 1991b. 东亚季风 [M]. 北京: 气象出版社, 362pp. Chen Longxun, Zhu Qiangen, Luo Huihang. 1991b. East Asian Monsoon [M] (in Chinese). Beijing: China Meteorological Press, 362pp.
- Chen Wen, Graf H F, Huang Ronghui. 2000. The interannual variability of East Asian winter monsoon and its relation to the summer monsoon [J]. Advances in Atmospheric Sciences, 17 (1): 48 - 60.
- 陈文. 2002. El Niño 和 La Niña 事件对东亚冬、夏季风循环的影响 [J]. 大气科学, 26 (5): 595 - 610. Chen Wen. 2002. The impacts of El Niño and La Niña on the cycle of East Asian winter and summer monsoon [J]. Chinese Journal of Atmospheric Sciences (in Chinese), 26 (5): 595 - 610.
- 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 (5): 863 - 870. Chen Wen, Kang Lihua. 2006. Linkage between the Arctic Oscillation and winter climate over East Asia on the interannual ti-



- mescale: Roles of quasi-stationary planetary waves [J]. *Chinese Journal of Atmospheric Sciences (in Chinese)*, 30 (5): 863-870.
- Clark M P, Serreze M C. 2000. Effects of variations in EastAsian snow cover on modulating atmospheric circulation over the North Pacific Ocean [J]. *Climate*, 13: 3700-3710.
- Davidson N E, McBride J L, McAvaney B J. 1983. The onset of the Australian monsoon during winter MONEX: Synoptic aspects [J]. *Mon. Wea. Rev.*, 111: 495-516.
- Ding Yihui. 1994. *Monsoon over China* [M]. New York: Kluwer Academic Publishers, 419pp.
- 何春, 何金海. 2003. 冬季北极涛动和华北冬季气温变化关系研究 [J]. *南京气象学院学报*, 26: 1-7. He Chun, He Jinhai. 2003. Relation between Arctic Oscillation and North China air temperature in winter [J]. *Journal of Nanjing Institute of Meteorology (in Chinese)*, 26: 1-7.
- 黄荣辉, 陈文, 丁一汇, 等. 2003. 关于季风动力学以及季风与 ENSO 循环相互作用的研究 [J]. *大气科学*, 27 (4): 484-502. Huang Ronghui, Chen Wen, Ding Yihui, et al. 2003. Studies on the monsoon dynamics and the interaction between monsoon and ENSO cycle [J]. *Chinese Journal of Atmospheric Sciences (in Chinese)*, 27 (4): 484-502.
- Jolliffe I T. 1986. *Principal Component Analysis* [M]. New York: Springer-Verlag, 290pp.
- 琚建华, 任菊章, 吕俊梅. 2004. 北极涛动年代际变化对东亚北部冬季气温增暖的影响 [J]. *高原气象*, 23: 429-434. Ju Jianhua, Ren Juzhang, Lü Junmei. 2004. Effect of interdecadal variation of Arctic Oscillation on temperature increasing in north of East Asian winter [J]. *Plateau Meteorology (in Chinese)*, 23: 429-434.
- Kalnay E, Kanamitsu M, Kistler R, et al. 1996. The NCEP/NCAR 40-year reanalyses project [J]. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 77: 437-471.
- 康丽华, 陈文, 魏科. 2006. 我国冬季气温年代际变化及其与大气环流异常变化的关系 [J]. *气候与环境研究*, 11 (3): 330-339. Kang Lihua, Chen Wen, Wei Ke. 2006. The interdecadal variation of winter temperature in China and its relation to the anomalies in atmospheric general circulation [J]. *Climatic and Environmental Research (in Chinese)*, 11 (3): 330-339.
- Lau K M, Chang C P. 1987. *Planetary scale aspects of the winter monsoon and atmospheric teleconnections* [M]// *Monsoon Meteorology*. New York: Oxford University Press, 161-201.
- 梁必骥. 1990. *热带气象学* [M]. 广州: 中山大学出版社, 383pp. Liang Biqi. 1990. *Tropical Meteorology* [M] (in Chinese). Guangzhou: Sun Yat-sen University Press, 383pp.
- 梁巧倩, 简茂球, 罗会邦. 2004. 东亚冬季风与海温在年际尺度上的耦合关系分析 [J]. *热带海洋学报*, 23 (2): 19-27. Liang Qiaoqian, Jian Maoqiu, Luo Huibang. 2004. Analysis of coupling relationship between East Asian winter monsoon and SST in inter-annual scale [J]. *Journal of Tropical Oceanography (in Chinese)*, 23 (2): 19-27.
- 倪东鸿, 孙照渤, 陈海山, 等. 2003. 冬季黑潮区域 SSTA 的时空演变及其与大气环流的联系 [J]. *南京气象学院学报*, 12 (6): 740-748. Ni Donghong, Sun Zhaobo, Chen Haishan, et al. 2003. Spatial/temporal features of SSTA in Kuroshio Current region and its relations to general circulation [J]. *Journal of Nanjing Institute of Meteorology (in Chinese)*, 12 (6): 740-748.
- North G R, Bell T L, Cahalan R F, et al. 1982. Sampling errors in the estimation of empirical orthogonal functions [J]. *Mon. Wea. Rev.*, 110: 699-706.
- 任菊章, 琚建华, 赵刚. 2003. 亚洲冬季地表气温与北半球海平面气压场的关系 [J]. *气候与环境研究*, 8 (4): 436-442. Ren Juzhang, Ju Jianhua, Zhao Gang. 2003. Relation between the winter surface air temperature fields in Asia and the Northern Hemisphere sea level pressure [J]. *Climatic and Environmental Research (in Chinese)*, 8 (4): 436-442.
- Smith T M, Reynolds R W. 2004. Improved extended reconstruction of SST (1854-1997) [J]. *J. Climate*, 17: 2466-2477.
- Staff members of Academia Sinica. 1957. On the general circulation over Eastern Asia (I) [J]. *Tellus*, 9: 432-446.
- Sun Bomin, Sun Shuqing. 1994. The analysis on the features of the atmospheric circulation in preceding winter for the summer drought and flooding in the Yangtze and Huaihe River Valley [J]. *Advances in Atmospheric Sciences*, 11 (1): 79-90.
- 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.
- Tomita T, Yasunari T. 1996. Role of the northeast winter monsoon on the biennial oscillation of the ENSO/Monsoon system [J]. *J. Meteor. Soc. Japan*, 74: 399-413.
- Wang Shaowu, Ye Duzheng. 1993. An analysis of global warming during the last one hundred years. *Climate Variability, Proceedings of International Workshop on Climate Variabilities* [C]. Beijing: China Meteorological Press, 23-32.
- Watanabe M, Nitta T. 1999. Decadal change in the atmospheric circulation and associated surface climate variations in the Northern Hemispheric winter [J]. *J. Climate*, 12: 494-510.
- Yang S, Lau K M, Kim K M. 2002. Variations of the East Asian jet stream and Asian-Pacific-American winter climate anomalies [J]. *J. Climate*, 15: 306-325.
- 叶笃正, 高由禧. 1979. *青藏高原气象学* [M]. 北京: 科学出版社, 279pp. Ye Duzheng, Gao Youxi. 1979. *Tibetan Plateau Meteorology* [M] (in Chinese). Beijing: Science Press, 279pp.
- 朱抱真, 丁一汇, 罗会邦. 1990. 关于东亚大气环流和季风的研究 [J]. *气象学报*, 48 (1): 4-16. Zhu Baozhen, Ding Yihui, Luo Huibang. 1990. A Review of the atmospheric general circulation and monsoon [J]. *Acta Meteorologica Sinica (in Chinese)*, 48 (1): 4-16.