

刘实,隋波,涂钢,等. 我国东北地区冬季气温变化的东亚冬季风背景. 应用气象学报, 2014, 25(1): 11-21.

我国东北地区冬季气温变化的东亚冬季风背景

刘实* 隋波 涂钢 冯喜媛

(吉林省气象科学研究所/中高纬度环流系统与东亚季风研究开放实验室, 长春 130062)

摘 要

利用中国气象局国家气象信息中心 1961—2011 年我国东北地区 72 个气象站月平均气温资料及 NCEP/NCAR 月平均海平面气压、500 hPa 高度场及 200 hPa 与 850 hPa 风场再分析资料,对东亚冬季风强度与我国东北地区冬季气温序列经去除线性趋势处理后的变化特征进行对比分析。结果表明:去除线性趋势后,东亚冬季风强度与我国东北地区冬季气温序列的相关系数为 -0.69 ,较原始序列更为显著;两者变化的阶段性较为同步,我国东北地区冬季气温于 2004 年已转入低温阶段,这与东亚冬季风同时转为偏强阶段关系密切;两者均存在 20 年左右的长周期,同样存在相近的阶段性短周期;我国东北地区冬季气温的增温变化趋势在 1986 年前后的增暖性气候突变中起重要作用。东亚冬季风强度与我国东北地区冬季气温年代际信号的相关系数达 -0.86 ,较原始序列年代际相关更为显著;两者的年代际变化存在 21.5 年左右的共同准周期。东亚冬季风强度与我国东北地区冬季气温的年际变化序列存在 4 年左右的共同准周期。我国东北地区冬季气温的年际和年代际异常存在与东亚冬季风相关联的 200 hPa 东亚急流、500 hPa 东亚大槽、乌拉尔高压、850 hPa 风场、地面西伯利亚高压等的异常背景。

关键词: 我国东北地区; 东亚冬季风; 冬季气温; 年际变化; 年代际变化

引 言

东亚冬季风是冬季北半球最大的环流系统,对我国气候的年际、年代际变化有显著影响。郭其蕴^[1]研究表明,东亚冬季风的变化可能是我国冬季气温变化的直接原因,20 世纪 80 年代以来,我国北方冬季明显变暖与东亚冬季风的显著减弱具有年代际相关关系。施能等^[2-3]认为东亚冬季风强度的年际、年代际变化与我国冬季气候关系密切。许多研究还探讨了东亚冬季风的年际与年代际变化、周期性变化、气候突变及其变化趋势^[4-6]。康丽华等^[7]分析显示,20 世纪 80—90 年代我国北部一直处于高温位相,是其年代际变化的全国一致变温趋势及南北反相振荡关系模态叠加的结果,使得 80 年代中期起出现持续暖冬。一些研究也揭示了包括我国东北地区在内的冬季变暖特征^[8-10]。近年来,针对我国

东北地区冬季气温变化的研究也取得一定进展^[11]。一些研究表明,东亚冬季风与我国东北地区冬季气温在年际、年代际变化上关系密切^[6,12-15];另有分析指出,在全球变暖的大背景下,我国东北地区冬季气温是否已出现转折趋势值得关注^[11]。

IPCC 第 4 次评估报告认为,近 50 年气候变暖主要是由人类活动影响的结论达到 90% 的可信程度,且这一结论越来越具有更强有力的科学依据^[16]。丁一汇^[17]在探讨季节气候预测的进展和前景时指出,造成季节气候异常的因子包括外强迫作用和气候系统的内部变率,而能够确定的季节预报中重要的外强迫因子为温室气体与气溶胶;在季节预报气候模式中计算的温室气体和气溶胶强迫的时间变化呈增加趋势,因而其影响可能会逐渐增长^[17]。张强等^[18]研究显示,近百年来的人类活动大大改变了气候变化规律,反自然的变化趋势十分明显;同时认为人类活动的影响是非周期的、由于累积作

2013-07-10 收到, 2013-11-19 收到再改稿。

资助项目:国家科技支撑计划项目(2009BAC51B02),公益性行业(气象)科研专项(GYHY200906017),中国气象局气象关键技术集成与应用项目(CMAGJ2011M14)

* email: liushi_th@cma.gov.cn

用而不断单调增加。

气温变化有其自然周期,但由于全球变暖的影响,明显的增温趋势会掩盖一些客观变化规律以及一些相关关系。周期的长短可能改变,另外,何时进入一个新的低温期或高温期,目前处在年代际变化的哪个阶段,均难以判断。这些会给年际气候预测带来一定困扰^[11]。为了明确这些问题,有必要在去除增温趋势的情况下讨论其变化阶段,一些学者也在这方面进行了有益的探讨。解小寒等^[19]在分析冬季北极海冰面积异常与我国气温变化的年际关系时,为剔除 1957—2001 年全球升温趋势,对数据进行去除线性趋势项处理,滤波保留年际变化分量后进行研究。赵宗慈等^[20]认为,观测的中国年平均气温资料中包括了自然和人类的共同强迫,对其预估方法之一可根据 20 世纪后 50 年观测资料计算其线性变化趋势,利用一元回归计算出未来年平均气温的变化。

为深入研究东亚冬季风对我国东北地区冬季气温的影响以及东北地区冬季气温近期转折性变化特征,本文通过去除线性趋势项处理,进行东亚冬季风与我国东北地区冬季气温变化特征的对比分析,试图进一步揭示年际、年代际时间尺度上,东亚冬季风对我国东北地区冬季气温变化的影响以及近期东北地区冬季气温趋势的转折点,为客观认识东北地区冬季气温变化事实及利用东亚冬季风预测东北地区冬季气温奠定基础。

1 资料与方法

1.1 资料

利用 1961—2004 年中国气象局国家气象信息中心建立的经过质量控制和均一化处理的历史气温数据集^[21]及 2005—2011 年我国东北地区 72 个测站月平均气温资料,1961—2011 年 NCEP/NCAR 海平面气压、200 hPa 纬向风、500 hPa 位势高度、850 hPa 经向风和纬向风场的月平均再分析资料,分析东亚冬季风对我国东北地区冬季气温(以下简称冬季气温)的影响。东亚冬季风强度指数采用文献^[6]的定义,以西伯利亚高压和澳大利亚低压区域的平均海平面气压差的标准化值来反映东亚冬季风的强度。文中 1961 年冬季指 1961 年 12 月—1962 年 2 月,依此类推。

1.2 方法

本文主要采用一元回归分析、相关分析、小波分

析、Yamamoto 气候突变分析^[22]、滑动 t 检验法和合成分析方法进行研究。

在全球变暖的大背景下,1961—2011 年冬季气温具有明显的上升趋势,为详细分析不同时间尺度上的变化规律,这里将要素序列分解为线性气候趋势项和去除线性趋势变化项,去除线性趋势变化项包括年代际变化项和年际变化项^[23]。首先,采用一元线性回归分析方法对冬季气温及东亚冬季风强度指数进行变化趋势分析,得到回归拟合值序列作为两者气候趋势时间序列,即气候趋势项。用原始序列减去气候趋势项,得到去除变化趋势的时间序列,即去除线性趋势变化项。采用 9 年滑动平均对去除线性趋势变化项的两个时间序列进行年际、年代际信号提取,将 9 年滑动平均值作为年代际变化项(年代际信号),去除线性趋势变化项时间序列减去年际变化项作为年际变化项(年际信号)。

结合冬季气温序列和冬季气温年代际信号序列,确定 1965—1977 年为其年代际信号异常低温阶段,1988—1998 年为异常高温阶段。依据去除线性趋势后的序列剔除年代际变化后得到的年际变化信号序列,给定冬季气温年际信号的绝对值不小于 1.0 的年份为冬季气温异常年,确定此间的冬季异常低温年为 10 年(1967,1969,1976,1984,1985,1993,1999,2000,2004 年和 2005 年),异常高温年为 10 年(1972,1975,1978,1981,1988,1997,1998,2001,2003 年和 2006 年),这与由原始序列得到的结果一致,不受线性趋势处理的影响。

2 东亚冬季风与我国东北地区冬季气温变化特征

2.1 变化趋势

图 1a 给出了我国东北地区冬季平均气温和东亚冬季风强度指数原始序列。对 2 个序列的变化趋势分析得出,1961—2011 年冬季平均气温上升趋势显著,气候倾向率为 $0.4523^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$ (相关系数为 0.43),冬季气温增幅为 2.261°C ;东亚冬季风强度指数减弱趋势不显著,气候倾向率仅为 $-0.0091^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$ (相关系数为 -0.01),东亚冬季风强度指数增幅仅为 -0.046 。两者总体上呈相反的变化趋势,但冬季气温的上升趋势更为明显。

2.2 去除线性趋势的东亚冬季风与冬季气温变化特征

为分析去除线性趋势的东亚冬季风强度与冬季

气温变化的内在联系,这里对去除变化趋势后两者的变化特征进行了对比分析。

2.2.1 相关分析

对要素原始序列的分析可知,东亚冬季风强度指数与冬季气温的相关系数为-0.63,两者呈显著负相

关,达到 0.001 显著性水平;去除线性趋势后得到两者序列的相关系数达-0.69,相关性明显增强,达到 0.001 显著性水平。说明去除线性趋势后两者的关系更为密切,原始序列相关系数相对偏小缘于两者变化趋势的影响,特别是冬季明显增温趋势的影响。

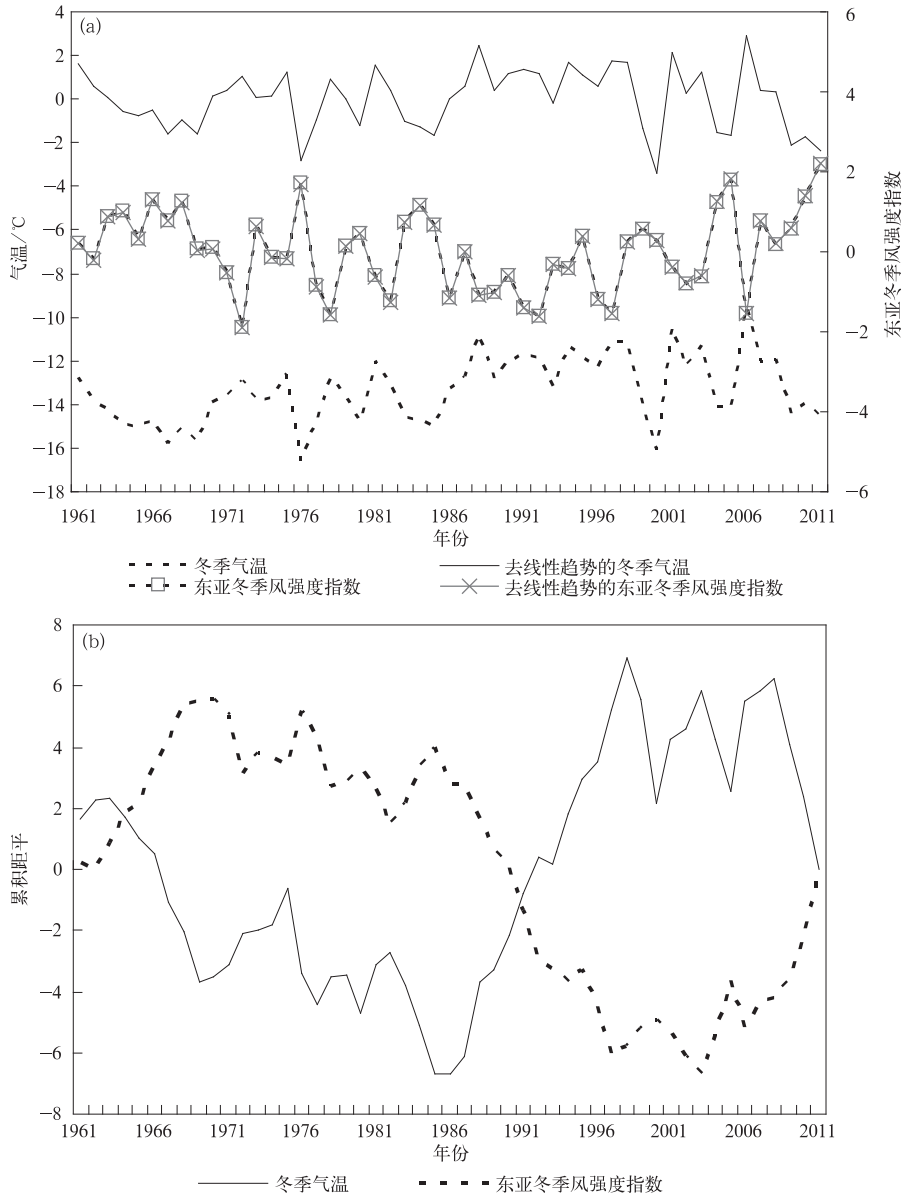


图 1 东北地区冬季气温和东亚冬季风强度指数序列与去除线性趋势后序列(a)及去除线性趋势后两者的累积距平曲线(b)

Fig.1 Original sequences of the East Asian winter monsoon intensity index and winter air temperature in Northeast China with the sequences after removal of linear trend(a), and the accumulative anomaly curves(b) of two sequences after removal of linear trend

2.2.2 阶段性变化

去除线性趋势后冬季气温与东亚冬季风强度指数序列累积距平曲线的反相对应较好(图 1b)。1961—1970 年东亚冬季风强度指数累积距平曲线

基本以持续上升为主,为强冬季风时段。1971—1985 年累积距平曲线变化趋势不明显,东亚冬季风强度指数基本上处于正负交替的过渡阶段。1986—1997 年累积距平曲线以持续下降为主,东亚冬季风

强度指数总体偏弱,属弱冬季风时段。1998—2011年累积距平曲线总体呈上升趋势,其中,1998—2003年表现为先升后降的波动变化,东亚冬季风强度指数变化处于过渡阶段;2003年出现了全序列的累积距平最小值后,2004—2011年累积距平曲线转呈明显上升趋势,东亚冬季风强度指数总体偏强,8年中偏强年份为7年,占87.5%,该时段去除线性趋势后东亚冬季风强度指数的平均值为0.840,远高于1961—1970年这一强冬季风时段的0.557,说明再次进入强冬季风时段。

去除线性趋势后冬季气温变化的阶段性与之有很好的对应关系:1961—1969年冬季气温累积距平曲线总体呈显著下降趋势,对应我国东北地区冬季低温阶段。1970—1985年累积距平曲线变化趋势不明显,基本处于高温、低温交替的过渡阶段。1986—1998年累积距平曲线持续上升,对应明显的高温阶段。1999—2011年累积距平曲线总体呈下降趋势,其中,1999—2003年累积距平曲线波动较大,总体处于高温、低温交替的过渡阶段;2004—2011年累积距平曲线波动仍然较大,但总体上转为低温年份占

优势,8年中低温年份为5年,占62.5%。另外,该阶段冬季气温去除线性趋势后平均值达 -0.73°C ,明显低于1999—2011年的 -0.53°C 和已经认定的1961—1969年低温阶段的 -0.41°C 。特别是2004—2005年以及2009—2011年出现连续明显低温,可见在去除增温变化趋势后,冬季气温的变化从2004年进入一个新的低温阶段。

由上述分析可以看出,去除线性趋势后东亚冬季风与冬季气温的阶段变化较为同步,因此可能在年代际尺度上存在密切关系。特别值得注意的是,去除线性趋势的冬季气温在2004年已转入低温阶段,与2004年开始转为偏强阶段的东亚冬季风关系密切。

2.2.3 周期变化

为进一步了解去除线性趋势的冬季气温与东亚冬季风强度指数的变化特征,这里进行了周期分析。

小波分析显示,东亚冬季风强度指数存在20年左右的长周期,目前处在这一长周期的强度偏强阶段;1969—1988年同时存在4年和2年左右的短周期,1993—2009年以2~3年的短周期为主(图2a)。

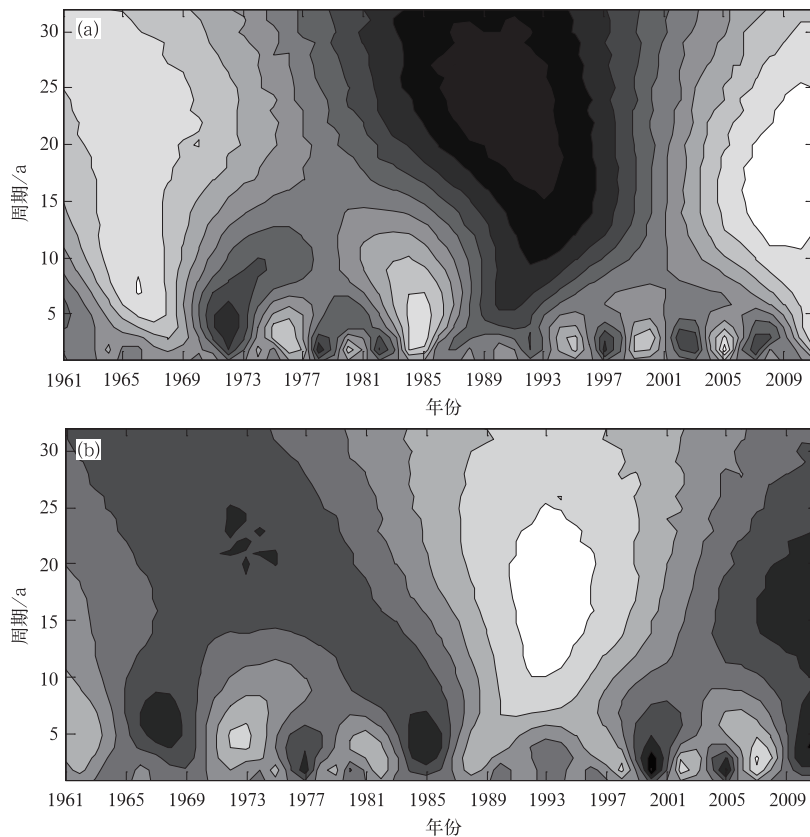


图2 去除线性趋势后东亚冬季风强度指数(a)与我国东北地区冬季气温(b)序列的小波分析

Fig. 2 Wavelet analysis about the East Asian winter monsoon intensity index(a) and winter air temperature in Northeast China(b) after removal of linear trend

冬季气温同样存在 20 年左右的长周期,目前处在这一长周期的低温阶段;此外,1961—1985 年存在 4~5 年的短周期,1999 年之后存在 2~3 年短周期(图 2b)。由此可见,不论是长周期,还是阶段性短周期变化,两者都有较好的一致性。

2.2.4 气候突变检测

采用 Yamamoto 气候突变检测方法,在两个子序列长度分别为 23 年和 12 年的情况下,对冬季气温原始序列的检测发现,1986 年前后,信噪比达 1.266,说明有气候突变出现。对去除变化趋势后得到的冬季气温序列检测发现,1986 年前后信噪比虽

较大,但并无突变发生(信噪比小于 1.0),说明增温变化趋势在冬季气温增暖性突变中起到了重要作用(图 3)。对东亚冬季风强度指数原始序列的检测发现,此期间虽无气候突变发生,但信噪比也达到峰值,由原始序列可知,1986 年开始东亚冬季风强度进入持续转弱阶段;由去除变化趋势后得到的东亚冬季风强度指数序列的信噪比曲线与东亚冬季风强度指数原始序列基本重合(图 3),说明气候趋势的影响很小。因此可以认为,全球变暖背景下的冬季气温随时间的升高趋势促成了冬季气温出现气候突变,而东亚冬季风强度只是因其减弱引起冬季气温

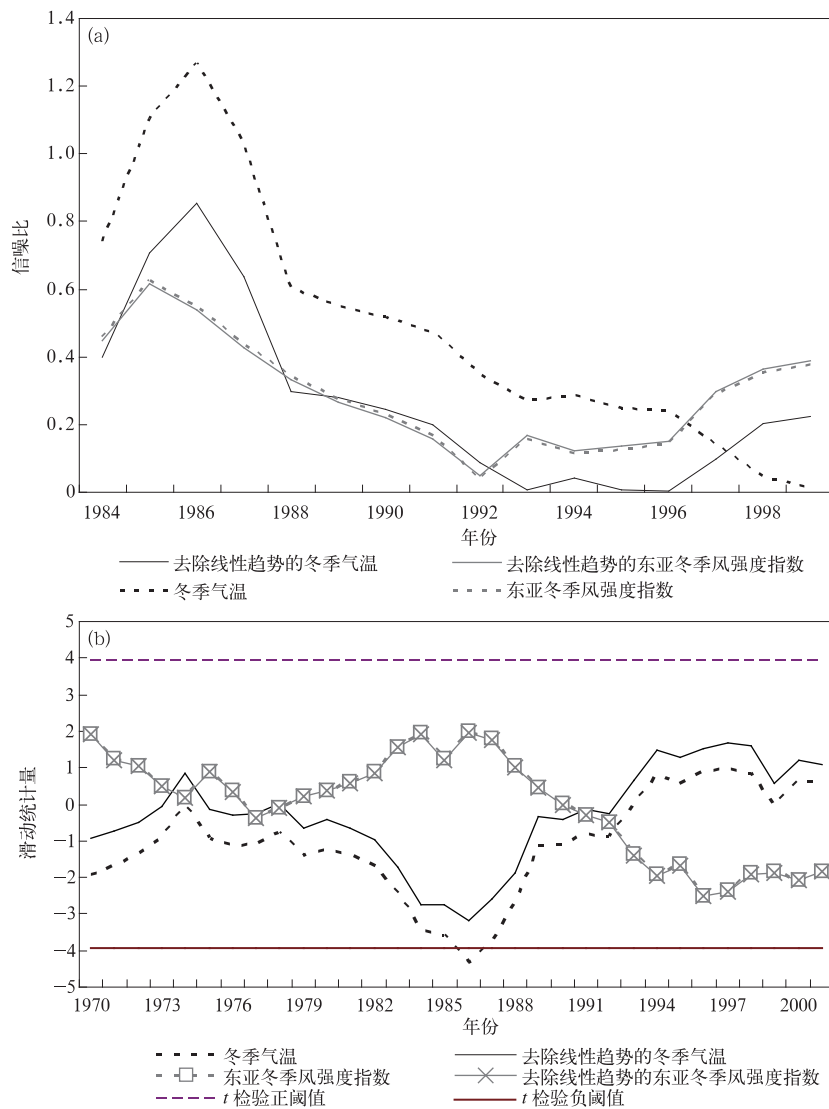


图 3 我国东北地区冬季气温与东亚冬季风强度指数的气候突变检测
(a) Yamamoto 方法, (b) 滑动 t 检验法

Fig. 3 Detection about abrupt change of climate of the East Asian winter monsoon intensity index and winter air temperature in Northeast China
(a) Yamamoto's method, (b) moving t -test method

的升高,并未导致其发生气候突变。

为保证气候突变检测的可靠性,这里另采用滑动 t 检验法对 4 个序列进行检测,子序列长度均选为 10 年,给定显著性水平为 0.001,得到了与前述方法一致的结论,详见图 3b。

3 东亚冬季风与东北地区冬季气温的年代际变化

3.1 年代际相关

由相关分析可知,未去除线性趋势的冬季气温与东亚冬季风强度指数年代际变化序列的相关系数

为 -0.63 ,达到 0.001 显著性水平,去除线性趋势后的两者年代际信号序列的相关系数为 -0.86 ,达到 0.001 显著性水平,相关性明显增强,说明两者年代际关系确实更为密切,原来相关系数相对偏小是增温变化趋势的影响造成的。

3.2 年代际周期

小波分析显示,东亚冬季风强度指数年代际变化序列存在 21.5 年左右的周期,目前处在这一周期的强度偏强阶段(图 4a)。冬季气温年代际变化序列存在 21.5 年左右的周期,目前处在这一周期的低温阶段(图 4b)。由此可见,两者的年代际变化在周期振荡上有较好的一致性。

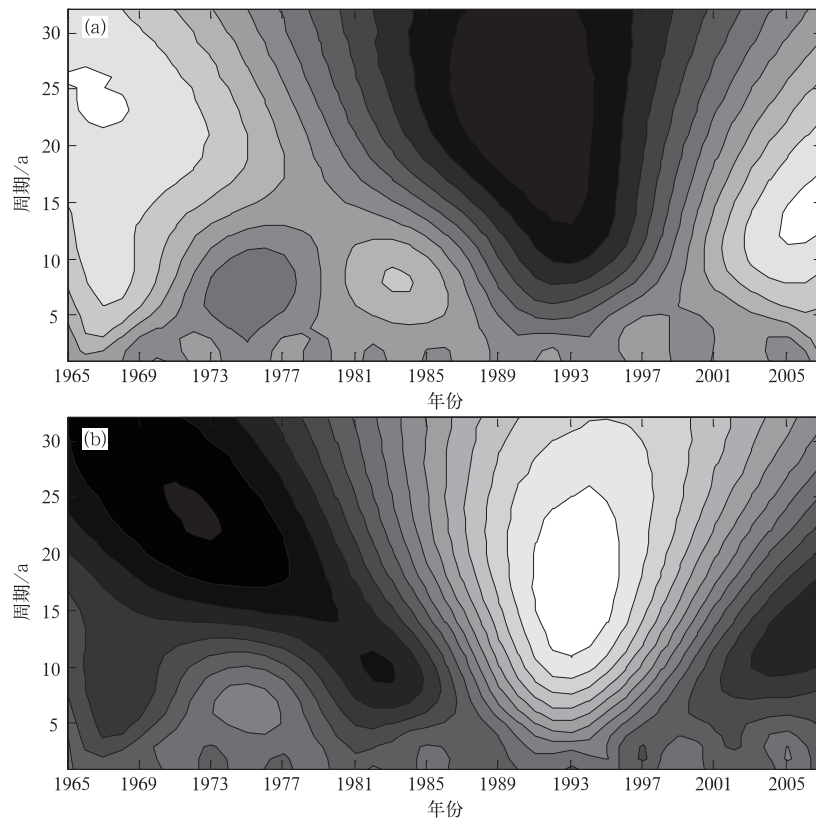


图 4 东亚冬季风强度指数(a)与我国东北地区冬季气温(b)年代际变化信号的小波分析

Fig. 4 Wavelet analysis of the signal of inter-decadal climate variation about the East Asian winter monsoon intensity index(a) and winter air temperature in Northeast China(b)

3.3 东北地区冬季气温年代际异常的东亚冬季风环流背景

由冬季气温年代际异常低温阶段与异常高温阶段 200 hPa 纬向风场差值合成分析(图 5a)可以看出,相对于异常高温阶段,冬季气温异常低温阶段 200 hPa 急流明显南压,西风在 $30^{\circ}\sim 45^{\circ}\text{N}$ 附近的我国青藏高原东部至华北北部相对增强,在 $55^{\circ}\sim$

70°N 附近乌拉尔山至鄂霍次克海的广阔区域明显减弱,欧洲大陆西部呈气旋性环流异常,呈现出东亚冬季风年代际偏强的 200 hPa 环流特征。

由冬季气温年代际异常低温阶段与异常高温阶段 500 hPa 高度场差值合成分析(图 5b)可以看出,相对于异常高温阶段,冬季气温异常低温阶段东北地区附近高度场偏弱,东亚大槽、乌拉尔高压的明显

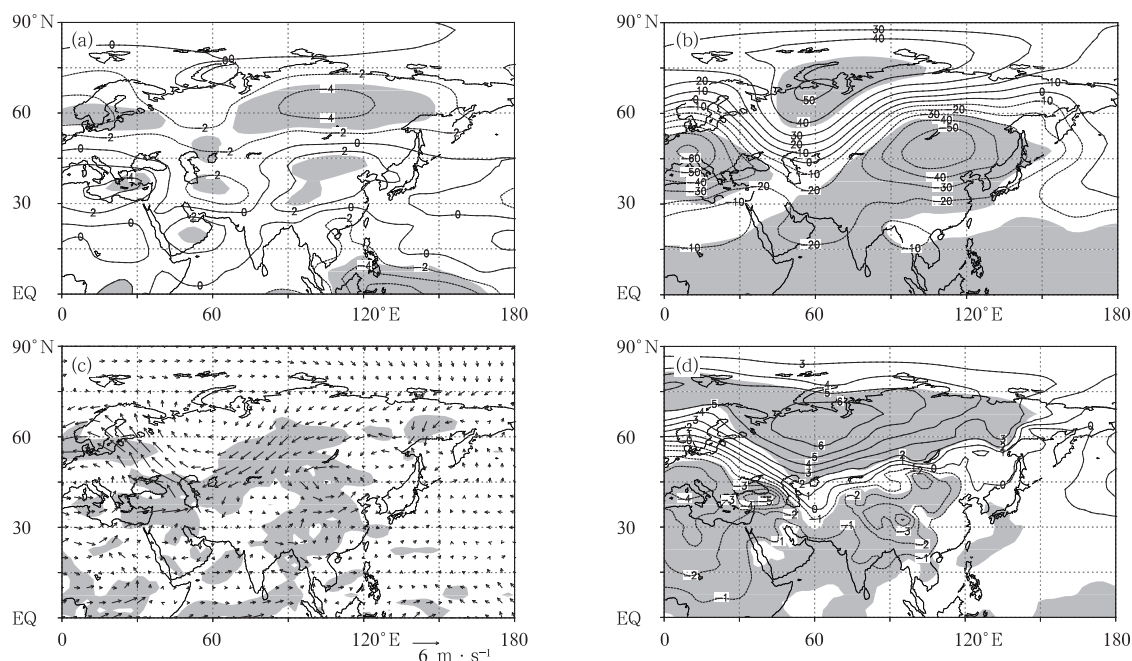


图 5 我国东北地区异常低温阶段和异常高温阶段年代际环流差异

(a)冬季 200 hPa 纬向风场的差异(单位: $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$), (b)冬季 500 hPa 位势高度场的差异(单位: gpm),
(c)冬季 850 hPa 风场的差异, (d)冬季海平面气压场的差异(单位: hPa)
(阴影区表示达到 0.05 显著性水平检验区域)

Fig. 5 Composite difference of winter 200 hPa zonal wind(unit: $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$)(a), 500 hPa geopotential height(unit: gpm)(b), 850 hPa wind vector(c) and sea level pressure(unit: hPa)(d) based on the colder stage and the warmer stage of winter air temperature in Northeast China (the shaded denotes passing the test of 0.05 level)

偏强以及欧洲大陆西部高度场偏弱等,均体现出东亚冬季风年代际偏强的 500 hPa 环流特征。

由冬季气温年代际异常低温阶段与异常高温阶段 850 hPa 风场差值合成分析(图 5c)可以看出,相对于异常高温阶段,冬季气温异常低温阶段西伯利亚 60°N 附近向西南至 35°N 为显著的东北风异常区,至东欧转为东南风异常,体现了西伯利亚反气旋的异常偏强,且西风环流偏弱,同时欧洲大陆西部为气旋性环流异常;我国东北地区东北的鄂霍次克海以北区域有显著的偏北风异常。这两种环流异常均显示出东亚冬季风的年代际偏强特征。

由冬季气温年代际异常低温阶段与异常高温阶段海平面气压场差值合成分析(图 5d)可以看出,相对于异常高温阶段,冬季气温异常低温阶段东欧至亚洲北部为显著的正异常区,说明西伯利亚反气旋异常偏强,即东亚冬季风的年代际异常偏强。

可见,冬季气温年代际异常低温阶段相对于异常高温阶段的差异环流垂直结构特征,均存在年代际异常偏强的东亚冬季风环流背景。

4 东亚冬季风与我国东北地区冬季气温的年际变化

4.1 年际周期

小波分析显示,东亚冬季风强度指数年际变化序列存在 3~4 年的准周期;冬季气温年际变化序列存在 3~5 年的准周期(图 6)。由此可见,两者的年际变化在周期振荡上有较好的一致性。

4.2 东北地区冬季气温年际异常的东亚冬季风环流背景

由冬季气温异常低温年与异常高温年 200 hPa 纬向风场差值合成分析(图 7a)可以看出,相对于异常高温年,冬季气温异常低温年 200 hPa 急流明显南压,西风在东亚 $30^{\circ}\sim 40^{\circ}\text{N}$ 相对增强,在 $55^{\circ}\sim 70^{\circ}\text{N}$ 附近明显减弱,欧洲大陆西部呈气旋性环流异常,呈现出东亚冬季风年际偏强的 200 hPa 环流特征。

由冬季气温异常低温年与异常高温年 500 hPa 高度场差值合成分析(图 7b)可以看出,相对于异常

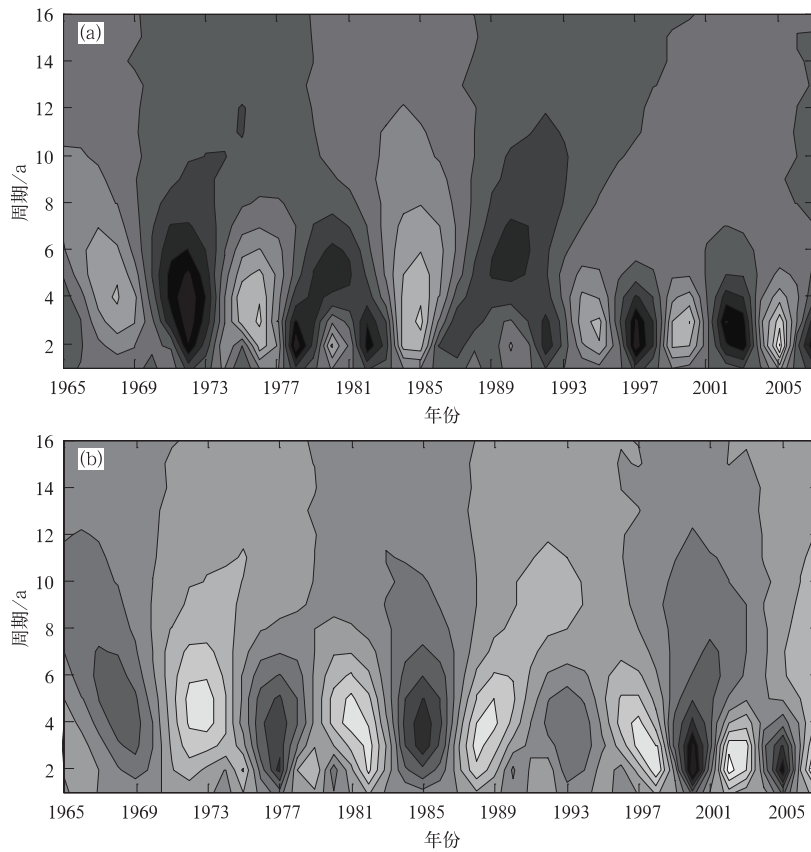


图6 东亚冬季风强度指数(a)与我国东北地区冬季气温(b)年际变化信号的小波分析
 Fig. 6 Wavelet analysis of the East Asian winter monsoon intensity index(a) and winter air temperature in Northeast China(b)

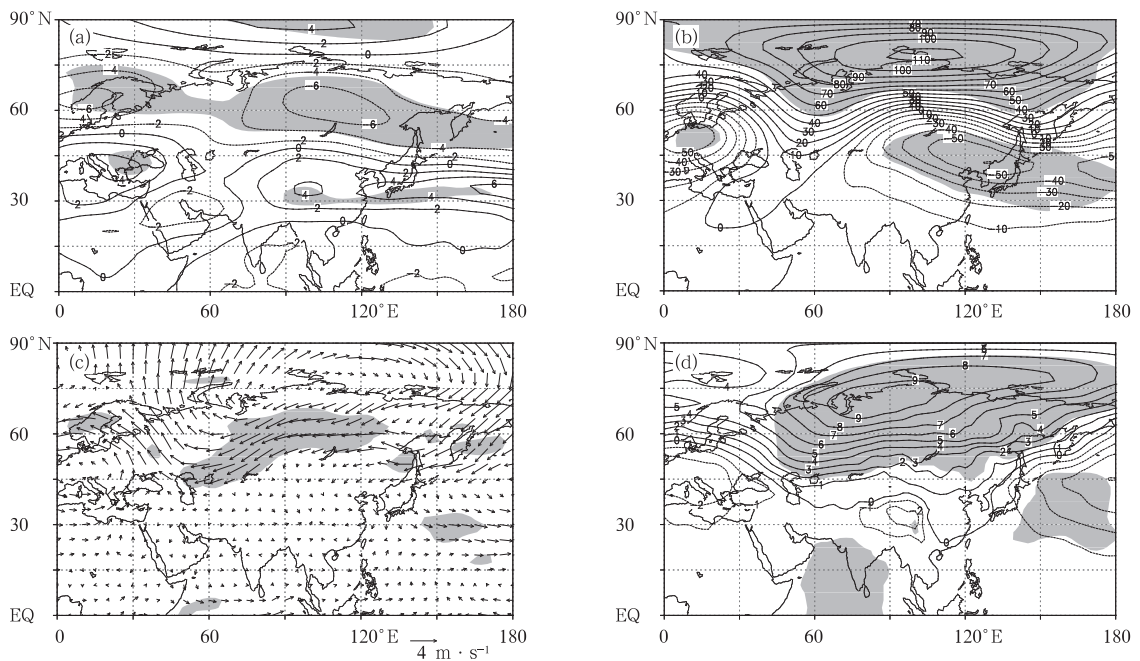


图7 同图5,但与我国东北地区冬季气温异常低温年和异常高温年对应
 Fig. 7 The same as in Fig. 5, but the composite difference is constructed based on the inter-annual difference between negative and positive anomalies of winter air temperature in Northeast China

高温年,冬季气温异常低温年东亚大槽明显偏强,我国东北地区处于显著负值中心附近,乌拉尔高压同样明显偏强,欧洲大陆西部有明显的负异常,均体现出东亚冬季风年际偏强的 500 hPa 环流特征。

由冬季气温异常低温年与异常高温年 850 hPa 风场差值合成分析(图 7c)可以看出,相对于异常高温年,冬季气温异常低温年西伯利亚 65°N 附近向西南至 40°N 为显著的东北风异常区,至东欧转为东南风异常,体现了西伯利亚反气旋的异常偏强和西风环流的偏弱,同时欧洲大陆西部为气旋性环流异常;我国东北地区东北的鄂霍次克海以北区域有显著的偏北风异常。这两种环流异常均显示出东亚冬季风的年际偏强特征。

由冬季气温异常低温年与异常高温年的海平面气压场差异合成分析(图 7d)可以看出,相对于异常高温年,冬季气温异常低温年东欧至亚洲北部为显著的正异常区,北太平洋为显著的负异常区,说明西伯利亚反气旋及北太平洋热低压的异常偏强,即东亚冬季风的年际异常偏强。

可见,冬季气温异常低温年相对于异常高温年的环流差异垂直结构特征,存在年际异常偏强的东亚冬季风环流背景。

5 结论与讨论

利用国家气象信息中心建立的经过质量控制和均一化处理的历史气温数据集资料及 NCEP/NCAR 再分析资料,对去除线性趋势后的 1961—2011 年东亚冬季风与我国东北地区冬季气温变化特征进行了对比分析,得到以下主要结论:

1) 1961—2011 年我国东北地区冬季增温显著,东亚冬季风强度略呈减弱趋势;去除线性趋势后两者关系更为密切,冬季显著增暖趋势对两者相关关系有一定影响。去除线性趋势后,两者变化的阶段性较为同步;去除线性趋势的冬季气温在 2004 年转入低温阶段,东亚冬季风也同步转为偏强阶段。

2) 去除线性趋势的东亚冬季风强度与我国东北地区冬季气温均存在 20 年左右的长周期,目前分别处在长周期的强度偏强和异常低温阶段;不同阶段两者的短周期变化也有较好的一致性。全球变暖背景下东北地区冬季气温的升高趋势促成了 1986 年前后的增暖性气候突变。

3) 去除线性趋势后我国东北地区冬季气温与东亚冬季风强度的年代际变化相关显著,全球变暖背景下东北地区冬季增温趋势使得这一相关关系有所减弱;两者均存在 21.5 年左右的准周期,目前处在这一周期的异常低温阶段和强度偏强阶段。两者的年际变化均存在 4 年左右的准周期。

4) 我国东北地区冬季年代际异常低温阶段,200 hPa 西风急流南压;西伯利亚高压和 500 hPa 东亚大槽偏强;850 hPa 西伯利亚反气旋偏强,欧洲西部为气旋性环流异常,鄂霍次克海以北有偏北风异常;海平面气压场上西伯利亚反气旋偏强。这些均体现了东亚冬季风年代际偏强特征,反之亦然。两者在年际尺度上可能的物理联系同年代际尺度基本一致。

本文分析了在年际、年代际尺度上东亚冬季风对我国东北地区冬季气温的影响,并确定了我国东北地区冬季气温和东亚冬季风强度在 2004 年出现转折,这种影响和转折的成因近来的一些研究从中高纬度外强迫角度给予了解释。Wu 等^[24] 研究指出,近 20 年(1990—2009 年),与亚洲中高纬度地区气温降低趋势相联系的冬季西伯利亚高压加强趋势,由秋冬季北极海冰密集度和海表温度的年代际变化所控制。对比 Wu 等^[24] 的研究可以看出,近期我国东北地区冬季降温应从属于 1990 年以来亚洲中高纬度地区气温的降低,其中 Wu 等^[24] 分析的是亚洲中高纬度地区气温由高到低的变化趋势,而本文是从另一个角度讨论了我国东北地区冬季气温与东亚冬季风在这段下降、增强过程中何时转入低温、偏强阶段。Jeong 等^[25] 研究认为,近 20 年晚秋欧亚积雪的增加和西伯利亚高压中心区域近地表变冷对冬季西伯利亚高压的加强有贡献。对比 Jeong 等^[25] 研究可知,欧亚积雪与我国东北地区冬季气温同样存在显著的负相关关系。

我国东北地区位于北半球中高纬度,来自热带海洋的影响相对较弱,有必要加强北极海冰密集度、海温和欧亚积雪异常等中高纬度地区外强迫因子对西伯利亚高压强度、东亚冬季风强度乃至我国东北地区冬季气温的影响研究,建立基于上述信号的我国东北地区冬季气温预测概念模型。

利用国家气象信息中心建立的经过质量控制和均一化处理的历史气温数据集资料进行分析,保证

了资料序列的均一性,一定程度上避免了因迁站、仪器变更、探测环境恶化等因素造成的测站气温序列的不连续对气温变化分析的干扰。通过对东亚冬季风强度与我国东北地区冬季气温原始序列、去除线性趋势序列的特征分析可知,全球变暖对我国东北地区冬季气温的变化有明显影响,分析其去除线性趋势后的变化有助于把握变化的周期性,目前所处的变化阶段及未来趋势,明确与之相关的环流系统背景,为短期气候预测提供基础信息。在全球变暖显著区的我国东北地区近期出现这种气温的变冷转折,且与东亚冬季风环流系统的年代际转强有关,是否与大气环流的年代际变化相联系,应引起高度重视并深入研究。

致谢:本文写作过程中得到南京信息工程大学缪启龙教授的悉心指导,在此谨表示感谢!

参考文献

- [1] 郭其蕴. 东亚冬季风的变化与中国气温异常的关系. 应用气象学报, 1994, 5(2): 218-224.
- [2] 施能. 近 40 年东亚冬季风强度的多时间尺度变化特征及其与气候的关系. 应用气象学报, 1996, 7(2): 175-182.
- [3] 施能, 杨永胜. 1873—1996 年东亚冬夏季风强度指数及其主要特征. 南京气象学院学报, 1998, 21(2): 208-213.
- [4] 崔晓鹏, 孙照渤. 东亚冬季风强度指数及其变化的分析. 南京气象学院学报, 1999, 22(3): 322-325.
- [5] 晏红明, 段玮, 肖子牛. 东亚冬季风与中国夏季气候变化. 热带气象学报, 2003, 19(4): 33-42.
- [6] 刘实. 确定东亚冬季风强度指数的一种方法探讨. 地理科学, 2007, 27(增刊): 10-18.
- [7] 康丽华, 陈文, 魏科. 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. 气候与环境研究, 2006, 11(3): 88-97.
- [8] 陈少勇, 郭忠祥, 高蓉, 等. 我国东部季风区冬季气温的气候变暖特征. 应用气象学报, 2009, 20(4): 478-485.
- [9] 陈峪, 任国玉, 王凌, 等. 近 56 年我国暖冬气候事件变化. 应用气象学报, 2009, 20(5): 539-545.
- [10] 杨萍, 刘伟东, 王启光, 等. 近 40 年我国极端温度变化趋势和季节特征. 应用气象学报, 2010, 21(1): 30-36.
- [11] 刘实, 闫敏华, 隋波. 东北三省冬季气温变化的有关研究进展. 气候变化研究进展, 2009, 5(6): 357-361.
- [12] 陈海山, 孙照渤, 闵锦忠. 欧亚大陆冬季积雪异常与东亚冬季风及中国冬季气温的关系. 南京气象学院学报, 1999, 22(4): 48-54.
- [13] 周小珊, 李辑, 杨森, 等. 沈阳近百年的温度变化特征及其环流形势分析. 气象科学, 2004, 24(4): 424-431.
- [14] 郭冬, 孙照渤. 冬季北太平洋涛动异常与东亚冬季风和我国天气气候的关系. 南京气象学院学报, 2004, 27(4): 461-470.
- [15] 杨素英, 王谦谦, 孙风华. 中国东北南部冬季气温异常及其大气环流特征变化. 应用气象学报, 2005, 16(3): 334-344.
- [16] 秦大河, 陈振林, 罗勇, 等. 气候变化科学的最新认知. 气候变化研究进展, 2007, 3(2): 63-73.
- [17] 丁一汇. 季节气候预测的进展和前景. 气象科技进展, 2011, 1(3): 14-27.
- [18] 张强, 韩永翔, 宋连春. 全球气候变化及其影响因素研究进展综述. 地球科学进展, 2005, 20(9): 990-998.
- [19] 解小寒, 杨修群. 冬季北极海冰面积异常与中国气温变化之间的年际关系. 南京大学学报: 自然科学版, 2006, 42(6): 549-561.
- [20] 赵宗慈, 王绍武, 罗勇, 等. 气候变暖中自然和人类强迫的联合估算. 科技创新导报, 2009(18): 137-138.
- [21] 李庆祥, 李伟. 近半个世纪中国区域历史气温网格数据集的建立. 气象学报, 2007, 65(2): 293-300.
- [22] Yamamoto P, Iwashima T, Sanga N K, et al. 气候跃变的分析. 气象科技, 1987, 15(6): 49-53.
- [23] 屠其璞, 王俊德, 丁裕国, 等. 气象应用概率统计学. 北京: 气象出版社, 1984: 367-369.
- [24] Wu B Y, Su J Z, Zhang R H. Effects of autumn-winter Arctic sea ice on winter Siberian High. *Chinese Sci Bull*, 2011, 56: 3220-3228, doi:10.1007/s11434-011-4696-4.
- [25] Jeong J H, Ou T, Linderholm H W, et al. Recent recovery of the Siberian High intensity. *J Geophys Res*, 2011, 116, D23102, doi: 10.1029/2011JD015904.

The East Asian Winter Monsoon Background on the Variation of Winter Air Temperature in Northeast China

Liu Shi Sui Bo Tu Gang Feng Xiyuan

(Institute of Meteorological Sciences of Jilin Province, Laboratory of Research for Middle-high Latitude Circulation System and East Asian Monsoon, Changchun 130062)

Abstract

Using monthly mean temperature data from 72 meteorological stations in Northeast China of temperature dataset established by National Meteorological Information Center of CMA and NCEP/NCAR reanalysis data from 1961 to 2011, two sequences of the East Asian winter monsoon intensity index and winter air temperature in Northeast China are processed, removing the linear trend. The contrastive analysis is made on the variation characteristics between the winter monsoon intensity index and the winter air temperature in Northeast China.

The result shows that two sequences change synchronously and the correlation coefficient after removal of linear trend is -0.69 , which is greater than that between two original sequences. Under the background of global warming, the increasing trend of winter air temperature in Northeast China makes this relationship become weaker. When Northeast China enters the cold phase in 2004, the East Asian winter monsoon intensity index also enhances at the same time. The warming trend of winter air temperature plays an important role in the warming climate abrupt change in 1986.

Correlation coefficient between the inter-decadal signals of the East Asian winter monsoon intensity index and the winter air temperature in Northeast China is -0.86 , which is also more obvious compared with the original sequences. A quasi-period of about 21.5 years is found for the inter-decadal variation, the winter air temperature in Northeast China is in the low stage, and the East Asian winter monsoon is in strong phase of this period at present. A 4-year quasi-period is found for the inter-annual variability.

The inter-annual and inter-decadal anomalies of the winter air temperature in Northeast China are related with the abnormal background of some systems such as the East Asia westerly jet stream at 200 hPa, the East Asia trough and the high in Ural at 500 hPa, wind at 850 hPa, and the Siberian high on the ground associated with the East Asian winter monsoon. During the inter-decadal low temperature stage, the westerly jet moves further south at 200 hPa, the Siberia high and the East Asia trough is stronger at 500 hPa, the Siberia anticyclone is abnormally stronger, and there is the cyclonic circulation anomaly in western continental Europe at 850 hPa and significant northerly wind anomaly in the north region of the Okhotsk Sea. All of these anomalies reflect the inter-decadal stronger characteristic of the East Asian winter monsoon, and vice versa. The possible physical contact between the East Asian winter monsoon intensity and the winter air temperature in Northeast China may be consistent associated with inter-decadal on the inter-annual timescale.

Key words: Northeast China; East Asian winter monsoon; winter air temperature; inter-annual climate variation; inter-decadal climate variation