

东亚冬季风的变化与中国气温异常的关系*

郭其蕴

(中国科学院
国家计委 地理研究所, 北京 100101)

提 要

分析了近40年(1951—1990年)东亚冬季(12、1、2月)季风的变化及其与中国气温的关系。用两个指标定义冬季风:一个为 I_{WS} ,表示冬季风的强度,另一个为 I_{WE} ,表示冬季风向南扩展的程度。 I_{WS} 的主要周期为11.0年和2.2年, I_{WE} 的主要周期为7.3年和3.1年。 I_{WS} 与全国气温的关系除西南高原地区外,均为明显负相关。 I_{WE} 和全国气温的关系与 I_{WS} 有所不同,高相关区沿东部和南部沿海及长江上游,形成U形分布。50年代 I_{WS} 为正, I_{WE} 为负,所以我国北方偏冷,但U形带上的气温则偏高。80年代相反, I_{WS} 为负, I_{WE} 为正,我国北方广大地区明显增暖,但U形带上大部分地区气温为负距平。

关键词: 冬季风;气候变化;年际变化。

1 引 言

有关季风的研究工作,长期以来主要集中在南亚和东亚的夏季季风。对冬季风的研究不多,尤其对冬季风的年际及年代际变化的研究就更少。盛行于东亚的冬季风是控制这一地区冬季气候的主要因素。因此研究东亚冬季风的变化,对认识这一地区气候变化的原因及机制有重要意义。

本文的目的主要有二点,一是研究近40年(1951—1990年)东亚冬季(12—2月平均)季风逐年的变化及10年尺度的变化;二是研究冬季风变化对我国冬季气温异常的影响。80年代以来的气候变暖问题,已引起人们的广泛关注。但80年代我国的气候变暖主要出现在北方的冬季^{[1][2]},长江以南增温并不明显,一些地区甚至还略有下降。因此,作者尝试从冬季风的活动和影响,对我国冬季气候变暖情况进行一些分析和解释。

使用的资料是1951—1990年逐年1,2,3各月平均北半球海平面气压和全国160个站的各月平均气温¹⁾。以下分析均用季平均值,如1952年冬季,系指1951年12月和1952年1月、2月三个月的均值,余类推。

1992年8月29日收到,1993年8月31日收到修改稿。

* 本文得到中科院KY85-102项目支持。

1) 资料由北京气象中心长期科提供。

2 近 40 年东亚冬季风的变化

2.1 冬季季风指标的确定

研究冬季风的变化,首先碰到的问题就是如何定量地描述冬季风的活动,或者说,用什么样的指标去表征冬季风.过去曾用海陆之间的气压差作为冬季风活动的标志^{[3][4]}.但作者最近的分析表明,只用海陆气压差很难表征冬季风的全貌.因为海陆气压差主要反映了冬季风在大陆东岸盛行的情况,通常海陆气压差愈大,大陆东岸的冬季风愈强盛,向南扩展的范围也愈大.反之,海陆气压差小,大陆东岸冬季风也弱,向南扩展不明显.而对全国范围来说,冬季风的活动更主要是受西伯利亚高压强弱所控制.为了比较全面地表征控制我国气候的冬季风活动,还必须同时考虑西伯利亚高压本身的强度变化.经分析试验,我们采用了两个指标.一个用 10° — 60° N 每 10° 经度上的海(以 160° E 为代表)陆(以 110° E 为代表)气压差来表示,简称为 I_{WE} ,主要反映冬季风在大陆东岸向南扩展的程度.差值愈大(指绝对值),表示冬季风向南扩展愈明显.另一个则用西伯利亚高压附近 3 点(60° N, 100° E、 60° N, 90° E、 50° N, 100° E)的海平面平均气压距平来表示,简称 I_{WS} ,它反映了冬季风在源地的强度.气压正距平值愈大,冬季风愈强,反之,负距平值大,冬季风弱.显然,通常西伯利亚高压愈强的年,也就是 I_{WS} 大的年,冬季风向南扩展也应愈明显(I_{WE} 也大).但也不尽然,即高压虽强,但冷空气向南扩展并不明显;反之,有时高压虽弱,但冷空气向南扩展明显.也就是说,两个指标彼此有一定的独立性.

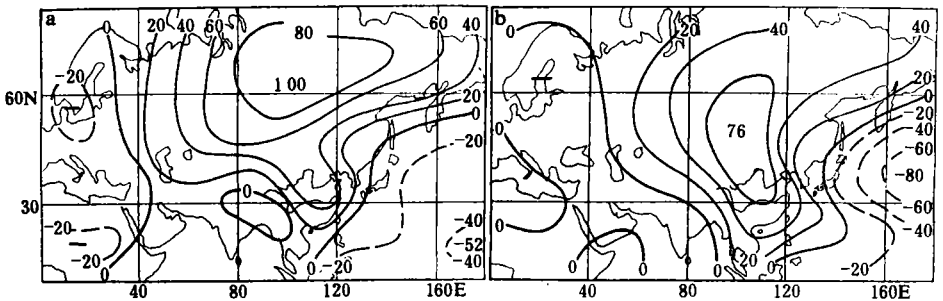


图 1 I_{WS} (a)、 I_{WE} (b)与亚欧地区 SLP 的相关分布(1952—1990 年)(线端数字是相关系数 $\times 100$)

图 1a、1b 分别为 I_{WS} 、 I_{WE} 与同期亚欧地区海平面气压(简称 SLP)相关分布.从图 1a 中看到, I_{WS} 与绝大部分地区的 SLP 为正相关,相关明显区主要位于西伯利亚高压主体部分的第 I、IV 象限.因此我们说, I_{WS} 代表了冬季风源地冷高压强度的变化. I_{WE} 与 SLP 的相关分布(图 1b)则有所不同.从图 1b 中看到,相关显著区有两个,一个位于东亚大陆,即西伯利亚高压向南伸展的高压脊区,为正相关;另一个位于西太平洋上,为负相关,主要反映了阿留申低压强度的变化.当我国大陆上气压愈高,阿留申低压愈低时, I_{WE} 愈大.反之, I_{WE} 愈小.我国大陆上气压高反映冷空气向南扩展明显,而阿留申低压深有利于冷空气向大陆东南沿海侵入.因此 I_{WE} 代表了冬季风在亚洲大陆东岸向南扩展的程度.

2.2 冬季风的年际和年代际变化

图2是1952—1990年逐年的 I_{WS} 和 I_{WE} 值.比较两者的变化可以发现,尽管有些年份两者的变化趋势是一致的,即同时加强或减弱,但也有不一致的时候.如1955年,1969年,1975年等,均是 I_{WS} 为正,而 I_{WE} 为负.反之,1982年、1983年,1987年等,则是 I_{WS} 为负, I_{WE} 为正.我们还计算了两个序列的功率谱,结果发现两者的变化周期也不同. I_{WS} 的主要周期是11.0年和2.2年,后一个周期与文献[5]的结果一致. I_{WE} 的周期则以7.3年和3.1年为主.

表1是各年代 I_{WS} 和 I_{WE} 的平均值、方差以及正距平出现的频率.可以看到,不论是 I_{WS} 还是 I_{WE} ,各年代之间的差别也都比较明显,而且两者的变化特点也有不同.由表可见, I_{WS} 是60年代最强,50年代次之,80年代最弱. I_{WE} 则以80年代最强,60年代次之,50年代最弱.上述特点说明,冬季风冷高压在50年代平均虽然偏强,但南侵势力不明显.而80年代冷高压虽然比较弱,但南侵势力并未十分减弱.

表1 各年代 I_{WS} 和 I_{WE} 的均值、方差和正距平频率(%)

年代	I_{WS}			I_{WE}		
	均值	方差	正距平频率	均值	方差	正距平频率
50	29.1	3.22	44	14.5	1.48	22
60	29.9	3.28	60	16.0	1.45	60
70	28.8	3.39	60	15.0	2.06	50
80	28.1	3.10	44	16.2	1.43	78
1951—1990	29.0			15.4		

总之,以上分析说明,东亚冬季风的活动,在近40年来,无论是年际变化,还是10年尺度的年代际变化都十分明显.而且反映冬季风强度的变化特点与冬季风南侵程度的变化特点并不完全相同.

3 冬季风与中国冬季气温变化的关系

3.1 冬季气温的年际变化与冬季风的关系

关于冬季风活动与中国各地气温变化的关系,可以通过计算 I_{WS} 与 I_{WE} 和全国160站的冬季平均气温的关系得到了解,图3是计算结果.从图3a中看到, I_{WS} 与全国气温均为负相关,即冬季风高压愈强,我国冬季气温愈低.除青藏高原、云贵高原、新疆东北部和东北的东北部以外,相关系数均达到-0.40以上,超过99%的信度.最大相关区主要位于长

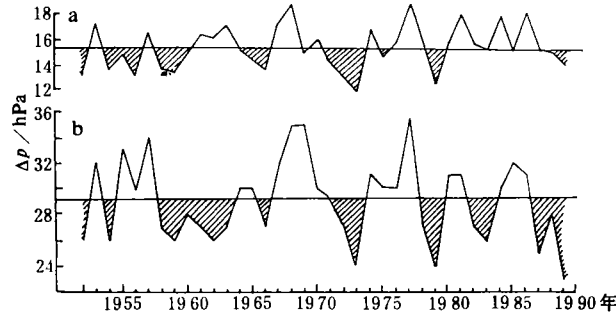


图2 I_{WE} (a)和 I_{WS} (b)的变化
(1952—1990年)(横实线为平均值)

江中游、淮河下游、山东和辽东半岛。这些地区的相关系数都在-0.70以下,最大负相关为-0.81,即冬季风的年际变化可说明气温变化的方差50%—60%。可见冬季风高压的强度在中国冬季气温的变化中确实起着决定性的作用。

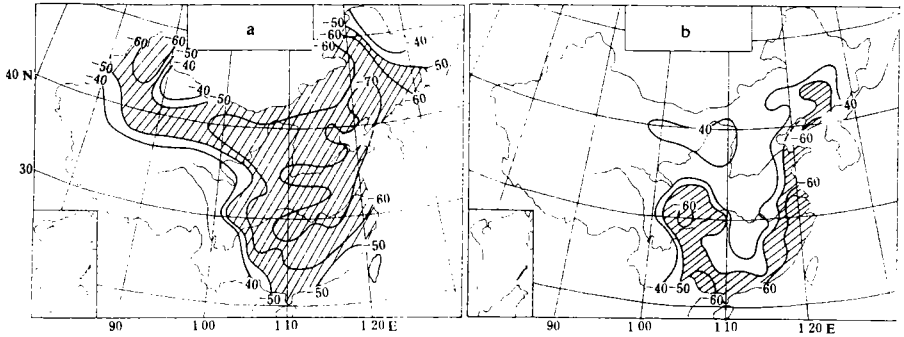


图3 (a) I_{ws} 与160站的气温相关系数 (b) I_{we} 与160站的气温相关系数
(线端数字为相关系数值×100) (阴影区信度达99.9%)

I_{we} 与中国气温的关系(图3b)则有所不同,虽然也为负相关,但相关系数的大值区主要出现在东部沿海、华南和长江上游一带,相关系数在-0.60左右,最大可达-0.71。而由华北平原至长江中游一带的相关系数只有-0.2—-0.3,高相关区形似U形分布,这正是冷空气舌南下的形势。当冬季风向南扩展明显时,位于U形带上的气温偏低,反之,冬季风向南扩展不明显,U形带上的气温偏高。

上述结果说明,冬季风的总强度及其南侵的程度对我国气温的变化有不同的影响。下面分别在受 I_{ws} 和 I_{we} 影响明显的地区,各选一个站,以了解其气温变化的特征。图4b为北京的气温变化,它与 I_{ws} 和 I_{we} 的相关系数分别为-0.71和-0.29。图4a为广州的气温变化,它与 I_{ws} 和 I_{we} 的相关系数分别为-0.57和-0.56。从图4中看到,两站的气温变化并不总是一致的;例如1973年以后,北京除个别年外,气温几乎全部为正距平,而广州站在这期间有7年出现了负距平。

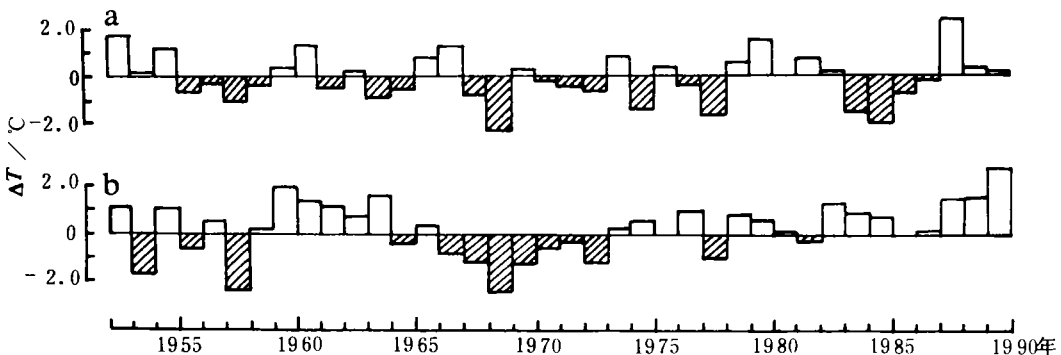


图4 1951—1990年广州(a)和北京(b)冬季气温距平变化

以上分析说明,我国各地冬季气温的年际变化与冬季风活动有密切关系;冬季风活动

既包括冬季风冷高压强度的变化,也包括冬季风向南扩展程度的变化.由于这两者的变化并不总是一致的,从而造成我国不同地区冬季气温年际变化的差异.

3.2 冬季气温的年代际变化与冬季风的关系

下面我们分析冬季气温的年代际变化(图 5a—d)与冬季风气压场(图 6a—d)的关系.首先比较图 5 中各个 10 年平均冬季气温距平的变化,可以看出,它们之间的差异十分明显;50 年代(图 5a)新疆、内蒙东部气温偏低(平均距平低于 0.5℃),其余大部分地区都接近正常值,不过 U 形带上以正距平为主,其余地区为负距平.60 年代(图 5b)除新疆外,全国均偏冷,内蒙及东北的部分地区偏低 0.5℃ 以上.70 年代(图 5c),除西南地区及新疆西部外,全国均偏暖,以东北西部和内蒙东部增暖最明显,个别地区平均正距平达 1.0℃ 以上.80 年代(图 5d),长江以北,西自新疆东到东北普遍增暖.尤以新疆、西北、华北和东北增暖显著,大都在 0.5℃ 以上,某些地区可高达 2.0℃.但长江以南反而出现了负距平,一些地区负距平达 0.5℃ 以上,比 70 年代有所下降.

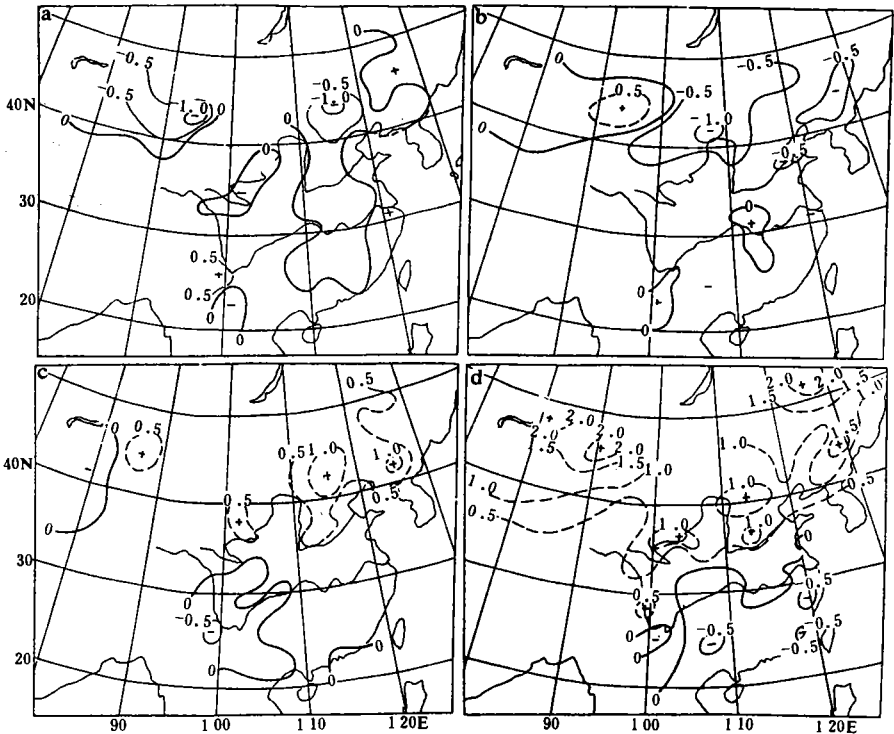


图 5 每 10 年平均气温距平分布

(a) 50 年代 (b) 60 年代 (c) 70 年代 (d) 80 年代

(均值为 1951—1990 年 40 年平均)

上述 10 年尺度的气温距平变化特点,与相应时间尺度的冬季风气压场的变化存在密切关系.图 6(a—d)是欧亚地区每 10 年平均的海平面气压距平分布,把图 5(a—d)与图 6(a—d)进行对比后就会发现,两者之间的对应关系还是比较好的.例如从图 6a 中可以看到,50 年代 50°N 以北气压为正距平,但我国大陆上的气压为负距平.这说明冬季风高压

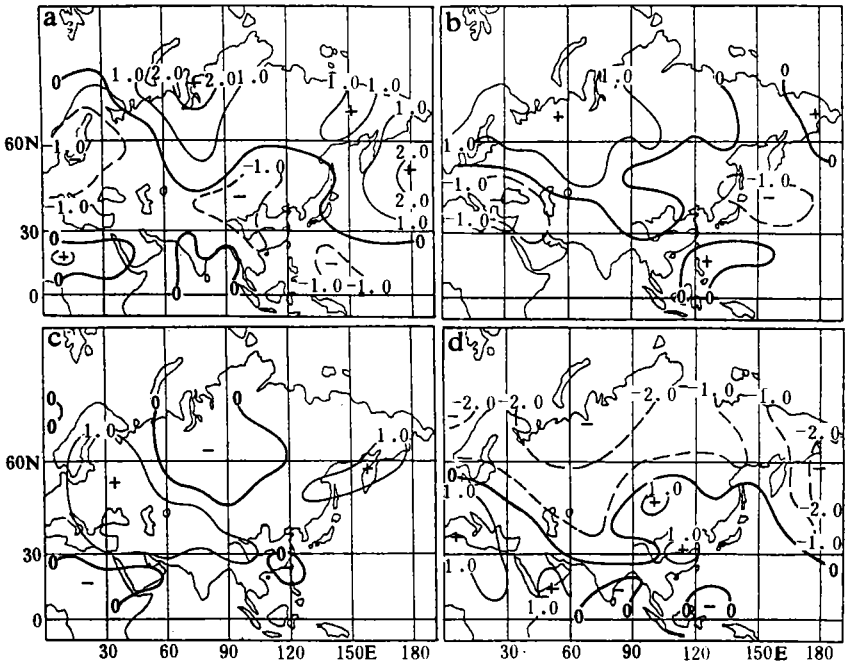


图6 每10年平均海平面气压距平分布

(a) 50年代 (b) 60年代 (c) 70年代 (d) 80年代 (说明同图5)

平均偏强,但南侵势力不强,所以我国北方偏冷,而U形带上的气温偏高(图5a)。60年代(图6b)中高纬度的气压正距平较50年代有所扩展,我国黄河中、上游亦为气压正距平所控制,但西太平洋上为负距平。这种分布形势说明无论是冬季风的强度,还是冬季风向南扩展的程度,均比常年要明显。因此60年代我国大部分地区是偏冷的(图5b)。70年代(图6c)冷高压北部为负距平,高压弱。而中低纬度、包括西太平洋上的气压均为正距平,因此海陆之间的气压梯度偏弱,所以冬季风也比较弱。相应地,70年代我国大部分地区是偏暖的(图5c)。80年代(图6d),中高纬度为大片负距平,平均最大负距平约3hPa,这说明冬季风冷高压显著偏弱。我国大陆上的气压则为正距平,西太平洋上40°N以南亦为正距平,但以北为负距平,所以 I_{WE} 仍然偏强。因此在长江以南的东部沿海以及长江中上游气温仍为负距平,但受 I_{WS} 影响显著的我国北方地区,则明显偏暖。

根据以上分析,我们认为近40年来我国冬季气温的变化,无论是年际变化还是年代际的变化,均与东亚冬季风的活动有密切关系。

4 结 语

根据上述分析,得到以下主要结果:

(1) 东亚冬季风的活动可以用两个指标来定义。一个是西伯利亚高压中心偏北地区的气压距平,它主要反映东亚冬季风的强度(I_{WS});另一个是东亚大陆(以110°E为代表)和西太平洋(以160°E为代表)之间的气压差,它主要反映冬季风在大陆东岸向南扩展的程

度. 近 40 年这两个指标都具有明显的年际变化和年代际变化.

(2)除西南部地区的高原外,绝大部分地区冬季的气温是受冬季风强度(I_{WS})所控制. 受影响最大的地区约位于大陆东部南岭以北的江淮流域至辽东半岛一带. 与 I_{WE} 相关密切的地区主要位于长江上游、华南和东部沿海的 U 形地带.

(3)80 年代中国冬季气温的分布特点,即:北方增暖十分突出、而南方气温略有下降,可以用 I_{WS} 减弱,而 I_{WE} 加强得到解释.

因此,我们认为冬季风变化可能是我国冬季气温变化的直接原因,不过还有两个问题需要进一步研究. 第一个问题是除冬季风外,还有哪些因子会影响我国的气温变化,温室效应是否已开始明显起作用?因为尽管冬季风活动与我国气温变化有密切关系,但根据分析,我国北方 80 年代冬季气温用 I_{WS} 去拟合,大部分拟合偏低^[2],这表明可能还有其它因子在起作用. 火山活动和太阳活动虽然可能对气温变化有影响^[6],但对 80 年代来讲,这两个因子的作用可能是使气温下降而不是上升^[7]. 因此,人类活动的影响,主要是 CO_2 等温室气体增加造成的温室效应以及城市热岛效应,可能在 80 年代的气候增暖中起了相当重要作用. 虽然这两个因子都会使气温上升,但如何把它们区分出来,还需要进一步研究. 第二个问题是温室气体是通过什么途径影响我国气候变化的?根据本文的分析,我国冬季气温上升与西伯利亚高压减弱是同时的,特别是 80 年代,高压中心北部气压下降十分明显,一些地区 10 年平均的冬季气压下降 2hPa 以上(对 1951—1990 年 40 年平均). 因此看来高压的减弱也可能是受温室效应的影响,所以温室效应对我国气候可能有间接的影响,也可能还有直接的作用,即影响地面辐射平衡. 但如果是直接作用为主,则应该是全国同时增温. 而近 10 多年来,我国北方冬季气温上升,长江以南的气温反而略有下降. 因而若温室效应可能有影响的话,也是间接影响,即通过影响大气环流来影响局地气候. 这种推论是否成立,还需要深入研究.

参 考 文 献

- 1 赵汉先,张桂森. 我国异常冬暖的时空变化及其环流特征的分析. 气象, 1989, 15(11): 15—20.
- 2 郭其蕴,沙万英. 我国北方冬季气温的变暖及其原因分析. 《地理集刊》22 号. 北京: 科学出版社, 1993.
- 3 徐淑英,季劲钧. 我国冬季风来临的天气气候学研究. 《地理集刊》9 号. 北京: 科学出版社, 1965.
- 4 Guo Qiyun. The East Asia monsoon and the southern oscillation during 1871—1980. 《The Climate of China and Global Climate》. China Ocean Press, 1984.
- 5 Sahsamanoglou H. S., et al. Some aspects of the basic characteristics of the Siberian anticyclone. *International Journal of climatology*, 1991, 11: 827—839.
- 6 Булыко М. И. 气候的过去和未来(翁笃鸣、刘蕙兰译). 北京: 气象出版社, 1986.
- 7 Guo Qiyun. Analysis of winter warming in China during the last forty years. 1992 (in press).

RELATIONSHIP BETWEEN THE VARIATIONS OF EAST ASIAN WINTER MONSOON AND TEMPERATURE ANOMALIES IN CHINA

Guo Qiyun

(*Institute of Geography, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101*)

Abstract

The variations of East Asian winter monsoon during the last 40 years period (1951—1990) were studied, the relationship between winter monsoon activities and temperature anomalies in China was examined. The winter monsoon was characterized by two indices: I_{WS} and I_{WE} . I_{WS} represents the intensity of winter monsoon. I_{WE} reflects the extent of southward extension of winter monsoon along the eastern coast of Asian continent. The power spectrum analysis shows 11.0 a and 2.2 a periodicity in the variations of I_{WS} , and 7.3 a and 3.1 a periodicity for I_{WE} , respectively. I_{WS} negatively correlates to the winter temperatures over China except in the south-west highland regions. I_{WE} also negatively correlates with the winter temperatures in China, but significant correlations were concentrated in a region shaped like U capital, which begins from the eastern coast, goes to the south, then turns to the west and goes to the upper reaches of the Changjiang River. But I_{WE} does not always vary parallelly to the I_{WS} . For example, the mean anomaly of I_{WS} in 1950's was positive, but negative for I_{WE} . So, the temperatures were lower in North China, and higher in the U-shape region than the normal in 1950's. On the contrary, in 1980's the mean anomaly was negative for I_{WE} , and positive for I_{WS} . Therefore, the general warming covered the whole North China, but the temperatures were relatively low in the U-shape region.

Key words: Winter monsoon; Climatic warming; Interannual variability.