

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*

施 能

(南京气象学院, 南京 210044)

提 要

文章利用季风强度指数研究了近40年冬季1月份东亚季风强度趋势、年际、十年际变化特征及其与我国冬季天气气候的关系。结果指出,东亚冬季风的年际变化、年代际变化与我国冬季天气气候关系密切。弱冬季风时,我国天气气候是暖、湿;强冬季风时,则冷、干。但是,季风与我国气候在近40年中的趋势变化关系则不如其年际、十年际变化更密切。近40年来,我国冬季气温已明显升高,季风减弱,但不太显著。80年代中期开始,冬季风已明显减弱。此外,还指出,东亚强冬季风时,大气环流具有强WP型、弱EU遥相关型的特征。

关键词:东亚冬季风;气候变化;十年际变化;遥相关型。

引 言

我国是世界上有名的季风活动区之一。夏季的大尺度旱涝以及冬季的冷害与冬、夏季风强度有很大关系。季风的主要特征是年际变化大。为了定量地研究冬、夏季风的年际变化、年代际变化,需要有反映季风强度的长序列资料。当前,我国对夏季风研究比较多,而且已从多种方法试图建立长序列的东亚夏季风序列。相比而言,东亚冬季风的研究工作比较少。东亚冬季风不仅是全球最强大的冬季风,也是北半球冬季最活跃的环流系统。冬季风强度异常不仅可引起我国及邻近国家冬季天气异常,而且影响到南半球环流。本文利用文献[1]的方法建立了东亚冬季风强度指数序列(1873/1874~1989/1990),然后利用近40年的冬季1月季风强度指数序列资料,研究了该强度指数序列在多时间尺度(趋势变化、十年际变化、年际变化)上的特征及其与我国天气气候的关系。同时研究了强冬季风的大气环流形势及其与冬季大气环流遥相关型的关系。

1 资料与方法

竺可桢先生早已指出,季风是由于大陆与海洋对于热量吸收和热量放射缓急不同造成的。据此见解,文献[2]曾用海参崴与日本根室两站的海平面气压差代表冬季风。但这个

* 国家自然科学基金资助项目(No. 49475265)。

1994-11-07 收到,1995-01-14 收到修改稿。

指标所选测站数太少、纬度偏高、偏东,更适用于日本.文献[3]曾用纬向的海平面气压差(用 110°E 代表大陆, 160°E 代表海洋)的经向累积值计算了夏季风强度.但是,由于不同格点的海平面气压的均方差相差比较大,为了消去均方差不均匀造成的影响,采用类似南方涛动指数定义时的处理方法.文献[1]将东亚冬季风指数定义为在 $20^{\circ}\sim 50^{\circ}\text{N}$ 范围内,每5个纬度的 110°E 、 160°E 的标准化的海平面气压差的和.为了给出标准化的、无单位的序列资料,将所得的求和值再进行1次标准化处理.表1是计算的1950/1951~1989/1990年的冬季风强度序列距平.距平是对1950~1989年时段计算的.表1右端是将数值从大到小排列的结果,表示冬季风从强到弱的序列.

表1 冬季及逐月的东亚冬季风指数距平(1950~1989)

Table 1 The departure of East Asian winter and monthly monsoon intensity indices

(from 1950 to 1989)

年	冬季指数距平				指数序列			
	1月	2月	12月	冬	年	冬	年	1月
1950	-0.76	-0.18	0.15	-0.18	1962/1963	2.02	1963	2.86
1951	-0.06	-0.44	-1.13	-1.40	1983/1984	1.99	1981	1.89
1952	-2.00	-0.02	0.57	0.56	1967/1968	1.80	1974	1.64
1953	0.62	-0.14	-1.24	-1.27	1973/1974	1.59	1962	1.58
1954	-1.32	-0.30	0.83	-0.24	1966/1967	1.43	1967	1.54
1955	-0.18	-1.03	-0.87	-0.84	1980/1981	1.37	1977	1.45
1956	-0.94	0.01	2.09	1.29	1961/1962	1.29	1984	0.92
1957	-0.12	0.67	-1.80	-0.28	1956/1957	1.29	1961	0.82
1958	0.71	0.11	-0.32	-0.62	1976/1977	1.24	1958	0.71
1959	0.40	-1.37	-0.17	-0.18	1985/1986	0.93	1971	0.62
1960	0.29	-0.63	0.49	0.76	1963/1964	0.83	1953	0.62
1961	0.82	0.28	0.75	1.29	1960/1961	0.76	1976	0.61
1962	1.58	0.38	-0.61	2.02	1977/1978	0.64	1968	0.58
1963	2.86	1.55	-0.15	0.83	1952/1953	0.56	1959	0.40
1964	-0.35	1.85	-0.34	-0.23	1981/1982	0.48	1960	0.29
1965	-0.46	0.24	-0.15	-1.36	1979/1980	0.40	1978	0.25
1966	-0.43	-2.16	0.95	1.43	1974/1975	0.39	1986	0.03
1967	1.54	0.40	0.44	1.80	1970/1971	0.36	1980	0.02
1968	0.58	2.38	-1.60	-1.21	1969/1970	0.05	1951	-0.06
1969	-0.77	-0.30	0.55	0.05	1975/1976	0.04	1985	-0.09
1970	-0.30	-0.12	0.17	0.36	1959/1960	-0.18	1957	-0.12
1971	0.62	-0.08	-0.55	-0.55	1950/1951	-0.18	1955	-0.18
1972	-0.77	-0.01	-1.19	-1.62	1964/1965	-0.23	1970	-0.30
1973	-1.19	-1.03	1.38	1.59	1954/1955	-0.24	1975	-0.34
1974	1.64	0.28	1.34	0.39	1957/1958	-0.28	1964	-0.35
1975	-0.34	-0.12	1.18	0.04	1986/1987	-0.34	1982	-0.38
1976	0.61	-1.55	0.32	1.24	1971/1972	-0.55	1966	-0.43
1977	1.45	0.68	-0.68	0.64	1958/1959	-0.62	1965	-0.46
1978	0.25	1.41	-0.87	-1.93	1984/1985	-0.70	1983	-0.62
1979	-0.98	-2.16	-0.63	0.40	1955/1956	-0.84	1950	-0.76
1980	0.02	1.14	0.93	1.37	1982/1983	-1.11	1972	-0.77
1981	1.89	0.07	0.94	0.48	1987/1988	-1.19	1969	-0.77
1982	-0.38	0.36	-1.61	-1.11	1968/1969	-1.21	1987	-0.81
1983	-0.62	-0.44	1.67	1.99	1953/1954	-1.27	1956	-0.94
1984	0.92	1.52	0.18	-0.70	1965/1966	-1.36	1979	-0.98
1985	-0.09	-1.41	0.64	0.93	1951/1952	-1.40	1973	-1.19
1986	0.03	1.14	0.36	-0.34	1972/1973	-1.62	1954	-1.32
1987	-0.81	-0.28	-1.25	-1.19	1988/1989	-1.74	1988	-1.92
1988	-1.92	0.34	-0.58	-1.74	1978/1979	-1.93	1952	-2.00
1989	-2.12	-0.98	-0.23	-2.59	1989/1990	-2.59	1989	-2.12

冬季各月降水、气温资料利用我国 160 个基准测站的磁带资料. 为了研究要素的趋势变化, 计算了气候趋势系数, 即要素的时间序列与自然数列的相关系数. 为研究 10 年以上的年代际变化, 利用了高斯 9 点低通滤波器.

2 近 40 年东亚冬季风强度年际变化与我国天气气候的关系

将 1951~1989 年 12 月、1 月、2 月及冬季(1951/1952~1989/1990 年)的东亚季风距平与我国同期的气温、降水求相关. 表 2 列出了 160 个测站中负相关的测站数以及信度达到 0.01 的站数.

表 2 冬季及逐月东亚季风指数与我国 160 个测站气温、降水的相关(1951~1989)

Table 2 The correlation between the East Asian monsoon indices for winter and monthly and the temperature and rainfall at 160 stations in china from 1951 to 1989

	负相关站数				信度达到 0.01 的站数			
	1 月	2 月	12 月	冬季	1 月	2 月	12 月	冬季
气温	157	159	153	159	66	106	18	92
降水	139	148	110	148	11	50	8	49

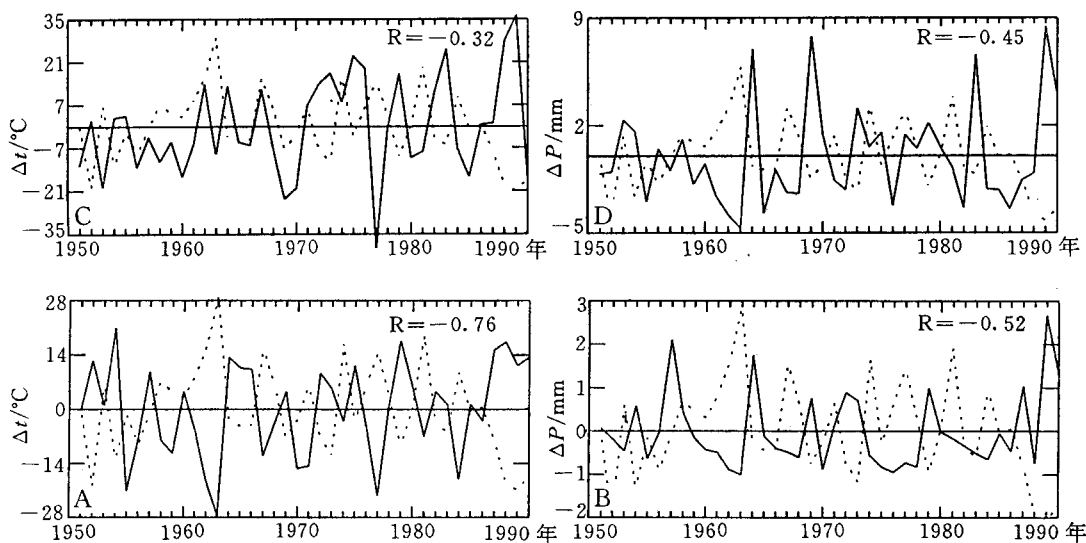


图 1 1 月份东亚季风强度指数(虚线)与 A 区、C 区区域气温平均值(°C)及 B 区、D 区区域降水平均值(mm)(实线)的距平时间曲线(R 为相关系数)(A、C 区平均气温和季风强度均已扩大 10 倍, B、D 区降水量已缩至 1/10)

Fig. 1 The departure-time curves of East Asian monsoon intensity indices (broken line), area-averaged temperature (A, C) (°C) and area-averaged rainfall (B, D) (mm) (The values of A and C are multiplied by 10, and the values of rainfall of B and C are reduced by a factor of 10; R: correlation coefficient)

由表 2 看出,冬季风强度与我国冬季气温、降水呈明显的负相关,与气温的相关达到大面积显著的程度.这就是说,强冬季风时,我国冬季低温、旱冬.若由 160 个测站的气温、降水求平均值,再将其平均值与季风指数求相关,由结果可知,它们呈非常显著的负相关,特别是 1、2 月份,信度达到 0.001 以上.

冬季风与我国气温、降水呈负相关,但是从相关系数分布图(略)上看出,高负相关区主要在 110°E 以东.将区域平均值求相关可以得到大尺度的特征.图 1 给出 1 月份东亚季风指数及 4 个区域平均的气温、降水距平曲线,图中 A 区是东南沿海区,选用上海、温州、汕头 3 个站求温度平均. B 区代表山东、河北区并包括辽宁南部、江苏北部,选用赤峰、沈阳、石家庄、安阳、菏泽、赣榆、徐州、大连、南阳、阜阳 10 个站求降水平均. C 区是东北及华北北部区,用基准站的前 30 个站求温度平均. D 区为湖南、江西、福建区,用景德镇、广昌、吉安、赣州、长沙、衡阳、芷江、厦门、阳江、汕头、河源 11 个站求降水平均.

由图 1 看出,1 月份冬季风强度指数与我国区域气温呈明显负相关.特别是东南沿海地区,负相关达 -0.76 . 1 月份冬季风与我国江西、湖南、福建(D 区)的平均降水以及与山东、河北、江苏北部、辽宁南部(B 区)的平均降水也有很高的负相关,分别为 -0.45 , -0.52 .

3 强、弱东亚冬季风年的 500 hPa 环流异常

3.1 强、弱冬季风的 500 hPa 环流

据表 1 资料,我们以冬季风指数距平绝对值大于 1.0 为界选出强、弱冬季风年.得强冬季风 9 年,弱冬季风 10 年(见表 1).图 2 是强(2a)、弱(2b)冬季风年 500 hPa 合成图及差值图(2c,强冬季风年减去弱冬季风年).由图 2c 看出,大约在 $145^{\circ}\sim 150^{\circ}\text{E}$ 处差异最大,正中心位于 $65^{\circ}\text{N } 145^{\circ}\text{E}$,负值最大位于 $40^{\circ}\text{N } 150^{\circ}\text{E}$ 处,西太平洋及 50°N 以南的东亚、南亚全是负值区.在强冬季风年合成图(图 2a)上,东亚大槽深而强,而副热带高压则位于 160°E 以东,范围很小.弱冬季风合成图(图 2b)上,东亚大槽比较宽广,西太平洋副高西端位于 135°E ,比强冬季风年偏西,而且范围大.这种环流形势与强冬季风时我国的冷干天气是一致的.

3.2 冬季风环流与冬季大气环流遥相关型

Wallace^[4]曾研究并指出冬季大气环流存在 5 个遥相关型.文献[5]曾计算出近 40 年这 5 个遥相关型的强度.我们注意到图 2c 中的某些正、负中心位置与 Wallace 所发现的遥相关活动中心非常接近,故可计算出东亚冬季风指数与遥相关型强度之间的相关.结果发现,冬季风指数与西太平洋型(WP)、欧亚型(EU)的相关甚密切,分别为 0.72 与 -0.60 .这结果说明,强冬季风时,大气环流具有强 WP 型、弱 EU 型的特征,同时 PNA 型特征也较清楚($R=0.29$).事实上,因为 WP 型是 $60^{\circ}\text{N } 155^{\circ}\text{E}$ 与 $30^{\circ}\text{N } 155^{\circ}\text{E}$ 处高度场的负相关结构,而这两点与图 2c 中的强正、负区中心很接近,所以强冬季风时,具有强 WP 遥相关型的特征.此外,EU 型是 $55^{\circ}\text{N } 20^{\circ}\text{E}$, $55^{\circ}\text{N } 75^{\circ}\text{E}$, $40^{\circ}\text{N } 145^{\circ}\text{E}$ 三点高度场的遥相关结构.它们也正好分别位于图 2c 的负区、正区、负区中(后二点几乎是图 2c 的正、负中心),所以强冬季风又兼有弱 EU 型的环流特征.需要指出,冬季遥相关型之间并无联系,强 WP 型时,并不一定出现弱 EU 型,但强冬季风时,则兼有强 WP、弱 EU 型的特征.

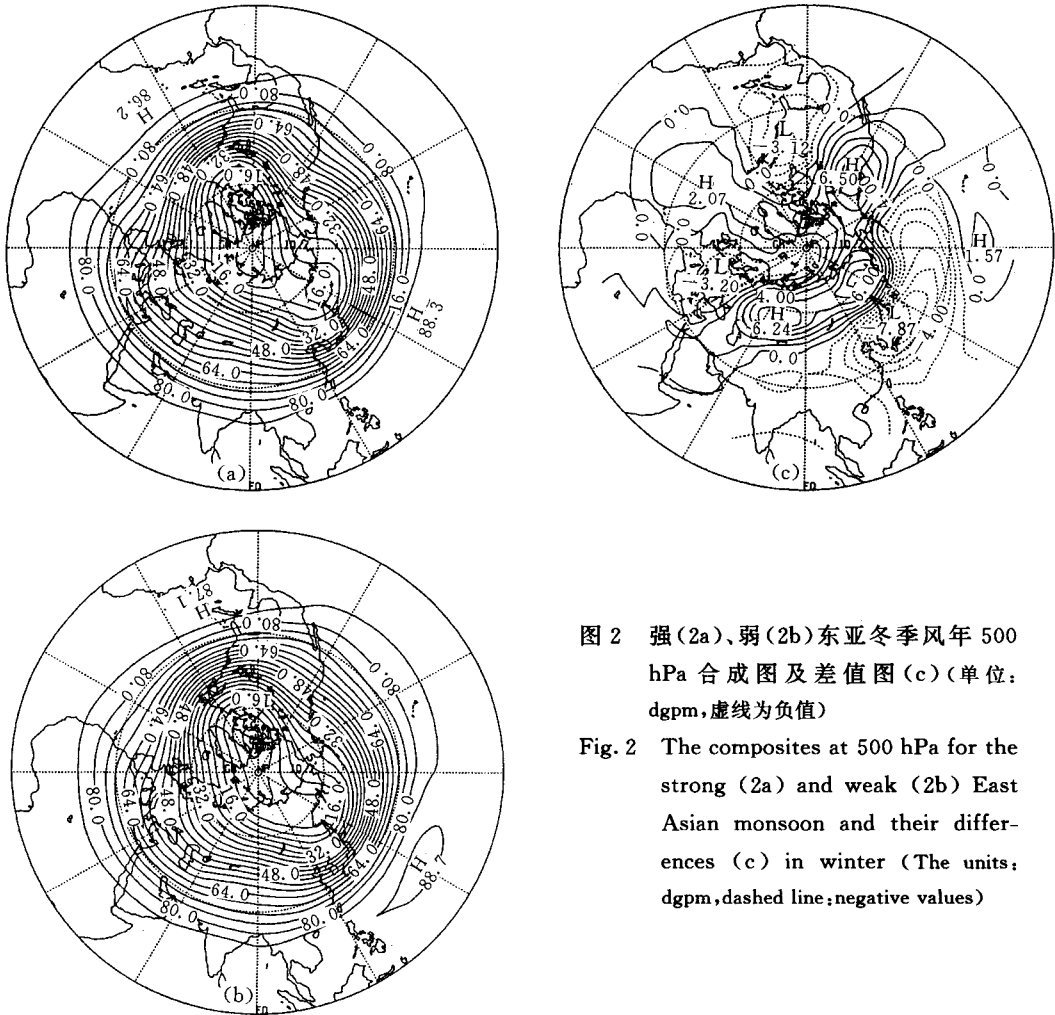


图 2 强(2a)、弱(2b)东亚冬季风年 500 hPa 合成图及差值图(c)(单位: dgpm,虚线为负值)

Fig. 2 The composites at 500 hPa for the strong (2a) and weak (2b) East Asian monsoon and their differences (c) in winter (The units: dgpm, dashed line; negative values)

4 近 40 年东亚冬季风与我国天气气候的趋势变化及十年际变化

现在我们研究东亚冬季风及我国气温、降水在更长时间尺度上的特征及相互关系。

4.1 趋势变化

趋势变化是气候变化的一个重要特征。本文对所讨论的要素计算气候趋势系数,它定义为要素的时间序列与自然数列的相关系数^[6]

$$r_{xt} = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(t_i - \bar{t})}{\left[\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \sum_{i=1}^n (t_i - \bar{t})^2 \right]^{\frac{1}{2}}} \quad (i = 1, 2, \dots, n)$$

其中 x_i 是第 i 年要素值; t_i 是自然数列, $1, 2 \dots n$. \bar{x} 是样本均值, $\bar{t} = \frac{n+1}{2}$. 根据 r_{xx} 的值容易求得一元线性趋势方程. 给出 1 月份东亚季风强度及 160 个测站平均气温及降水的气候趋势系数.

由结果可知, 冬季 1 月份, 我国气温显著变暖 ($r = 0.35$, 信度在 0.05 以上), 降水略有增加 ($r = 0.08$), 但不明显. 1 月份季风强度减弱, 呈现负趋势 ($r = -0.07$), 但量值上不能与气温变暖相当. 所以, 从近 40 年来看, 1 月季风强度与我国气温趋势变化的关系不如年际变化时密切. 这种关系是否正说明了环流的长期趋势变化不是气温长期趋势变化的唯一因素.

4.2 十年际变化

为研究十年际变化, 需消去 10 年以内的短期变化. 为此, 利用高斯 9 点低通滤波器. 为使滤波后的序列不至于缩短, 原序列两端插补 4 个资料, 用序列的平均值代替. 图 3 给出了 1 月份东亚季风强度及 160 个测站的平均气温、降水的时间曲线及高斯 9 点滤波曲线.

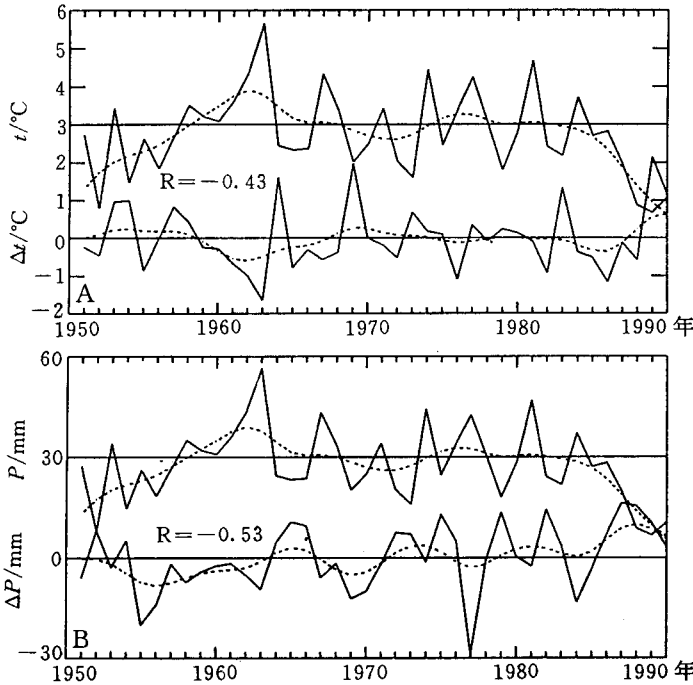


图 3 1 月份东亚季风强度(A、B 上部实线)及我国 160 个测站平均气温(A, 下实线, 单位: °C)及降水(B, 下实线, 单位: mm)的距平($\Delta t, \Delta P$)时间曲线. 虚线为高斯滤波曲线(R 是相关系数)(A 中季风强度值已加 3.0, B 中季风强度加 3.0 后, 扩大 10 倍)

Fig. 3 The time series of the East Asian intensity index (A, B, upper) and temperature (A, lower, unit: °C) and rainfall (B, lower, unit: mm) averaged over 160 stations in China in January from 1951 to 1990. The broken lines are GAUSS 9-point filter curves (R is correlation coefficient) (The monsoon intensity index in A is added 3.0. The monsoon intensity index added 3.0 in B is multiplied by 10)

由图 3A 看出,在 50 年代(1951~1958),1 月份的季风偏弱,几乎在同一时段,我国平均气温偏高;1959~1966,1 月份季风偏强,这时段,全国平均气温偏低;1967~1983 年,1 月份季风强度正常,这时段我国气温的变动也不大,与季风强度呈反位相振动;1984~1990 年,1 月的季风明显地不断减弱.大约从 1986 年开始,我国 1 月气温不断上升,增暖趋势极为明显.所以,在十年际时间尺度上,季风与我国气温有较好的对应关系.图 3B 是季风与我国平均降水的距平时间曲线,两条虚线呈反位相变化.但是,在 1951~1958 年时段,季风强度与平均降水的对应关系并不好.在 1984~1990 年,季风强度与降水的反位相关系甚至比气温更明显.

图 3(A、B)中直线是未滤波时的值,代表年际变化,它们呈负相关,对气温、降水的负相关系数分别为 -0.43 , -0.53 .我们也曾对图 1 中 4 个区域的平均降水、平均气温曲线进行低通滤波,研究与季风强度在十年际时间尺度上的关系,结果也表明,在十年际时间尺度上,冬季风与我国冬季气候关系是密切的.

5 总结与结论

(1)近 40 年东亚冬季风强度与我国天气气候的关系在年际、十年际时间尺度上相关密切.

(2)近 40 年,我国长江以北地区冬季气温明显趋暖,降水略趋增多,季风强度也略趋减弱.冬季风与我国冬季气候趋势变化关系远不如年际变化、年代际变化关系显著的事实表明,气温趋势变暖受另一些因素影响,例如温室气体剧增、温室效应加剧等.

(3)冬季风大气环流与冬季大气环流遥相关型强度有联系.东亚强冬季风时,冬季大气环流具有强西太平洋型(WP)、弱欧亚型(EU)的特征.据最近研究,近 40 年 WP 型强度呈负趋势、EU 型强度呈正趋势,这结果与冬季风的负趋势结果是吻合的.

参 考 文 献

- 1 Shi Neng and Zhu Qiangen. The synchronous abrupt change of the East Asian summer monsoon and Northern Hemisphere temperature and their relation with China's summer rainfall belt. *International Journal of Climatology*, 1996(in press)
- 2 Hanawa K T, Watanabe N, Iwasaka T Suga and Toba Y. Surface thermal conditions in the western Pacific during the ENSO events. *J. Meteor. Soc. Japan*, 1988, **66**(3): 445~456.
- 3 郭其璠. 东亚夏季风强度指数及其变化特征. *地理学报*, 1983, **38**(3): 207~217.
- 4 Wallace J M and Gutzler D S. Teleconnection in the geopotential height field in the Northern Hemisphere. *Mon. Wea. Rev.*, 1981, **109**: 784~812.
- 5 Zhu Qiangen and Shi Neng. Variations in the teleconnection intensity indices and their remote response to the El Nino events in the Northern Hemisphere. *A. M. S.*, 1992, **6**: 433-445.
- 6 施能, 陈家其, 屠其璞. 中国近 100 年来四个年代际的气候变化特征. *气象学报*, 1995, **4**: 431~439.

**FEATURES OF THE EAST ASIAN WINTER MONSOON
INTENSITY ON MULTIPLE TIME SCALE IN
RECENT 40 YEARS AND THEIR
RELATION TO CLIMATE**

Shi Neng

(Nanjing Institute of Meteorology, Nanjing 210044)

Abstract

Utilizing the East Asian monsoon intensity indexes the features of their trend, inter-annual and interdecadal changes of the monsoon in January during the period of 1950~1989 and their relation to the China's winter weather-climate are studied. It is found that the interannual and interdecadal changes of the East Asian winter monsoon were closely related to the weather in China. It was cold/dry when the winter monsoon was strong, and warm/moist weather when the monsoon was weak. However, the relationship between the monsoon and China's climate change trend was not as good as that of the interannual and interdecadal changes. During the past 40 years, the air temperature experienced a remarkable increase, while the monsoon underwent a pronounced reduction. Since the mid-1980s, however, the winter monsoon has become rather weakened. It is also found that when the East Asian winter monsoon was strong, the atmospheric circulation showed the strong WP pattern and the EU teleconnection pattern.

Key words: East Asian winter monsoon; Climate change; Interdecadal change; Teleconnection pattern.