

文章编号: 1000-2022(2002) 04-0503-07

华北四季降水特征及与我国其他地区降水的联系

孙 燕¹, 王谦谦¹, 钱永甫², 张友姝¹

(1. 南京气象学院 大气科学系, 江苏 南京 210044; 2. 南京大学 大气科学系, 江苏 南京 210093)

摘 要: 利用中国 160 站 1951—2000 年逐月降水资料, 在对华北地区降水气候特征分析的基础上, 侧重研究了华北地区降水异常在四季中的年际、年代际变化规律和特征, 以及华北地区不同季节降水偏多(少)时全国同期的降水空间分布特征, 并对各季的降水趋势作了初步的估测。

关键词: 华北地区; 降水; 小波分析

中图分类号: P426. 614 **文献标识码:** A

华北地区交通便利, 经济发达, 地理位置极为重要。但该地区长期缺水, 严重制约了工农业生产的进一步发展, 并给人民的生活带来了极大的不便。特别是最近几年, 这个矛盾变得尤为突出。

关于华北地区降水变化的规律已经有了不少研究^[1-4]。黄荣辉等^[2]利用全国 336 个测站 1951—1994 年夏季降水资料得到华北降水的年代际变化特征及其干旱化趋势。陈烈庭^[3]运用华北 26 个站的夏季降水资料, 将华北划分为不同的区域, 分析其年际和年代际变化, 得到华北地区具有降水集中、年际变化大以及地域性强等特点。过去大多数工作只是分析华北夏季降水的情况, 对于其他各季涉及不多。由于华北区域广大, 地形复杂, 又是我国工农业的主要集中地, 所以有必要对其全年四季的降水规律作一个全面的研究, 并对其年、季降水的变化趋势进行分析。同时还分析了全国其他地区与华北降水异常的关系。

1 资料和分析方法

本文运用了国家气象中心整编的 1951 年 1 月至 2000 年 12 月中国 160 站月降水量资料, 选取了华北地区 17 个站(承德、北京、天津、石家庄、德州、邢台、安阳、烟台、青岛、潍坊、济南、临沂、菏泽、郑州、长治、太原、临汾)作为华北地区降水的代表站进行分析。以下对文中所用分析方法作一简介。

1.1 二项式系数加权平均法对序列进行平滑^[5-6]

设有某要素序列 $X_1, X_2, \dots, X_i, \dots, X_N$ 。进行二项式系数 n 项(n 必须是单数)加权平均, 加权平均后的序列为 $Y_1, Y_2, \dots, Y_i, \dots, Y_N$; ($m = n - 1$; 计算系数 $C_i = C_m^{i-1}$, $i = 1, 2, \dots, n$; 取 $L =$

收稿日期: 2001-10-29; 改回日期: 2002-03-14

基金项目: 国家重点基础研究发展规划项目第 部分 G1998040900

第一作者简介: 孙 燕(1976-), 女, 山东潍坊人, 硕士生。

$m/2)$ 。加权平均公式: $y_i = \sum_{k=1}^n C_i X_k / 2^m, j > L$ 且 $j \leq (N-L)$; $y_i = (\sum_{k=1}^n C_i X_k) / \sum_{k=1}^n C_i, j \leq L$;
 $y_i = (\sum_{k=1}^b C_i X_k) / \sum_{k=1}^b C_i, j > (N-L)$; 上式中 $k = j - L - 1 + i, a = 2 + L - j, b = n - j + N - L$ 。这种滑动平均比较好地去掉了高频变化部分, 并能较好地反映较长周期的气候变化情况及旱涝趋势。

1.2 气候趋势系数^[7]

为研究气象要素在气候变化中升降的定量程度, 定义了气候趋势系 r_{xt}

$$r_{xt} = [\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(i - \bar{t})] / \sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \sum_{i=1}^n (i - \bar{t})^2}.$$

其中 n 为年数, x_i 为第 i 年要素值, $\bar{x}$ 为其样均值, $\bar{t} = (n + 1) / 2$ 。显然这个值为正(负)时表示该要素在所计算的 n 年内有线性增(降)的趋势。

2 华北地区降水的时间变化

2.1 华北地区降水的季节变化特征及与长江中下游、华南地区的比较

从华北、长江中下游、华南地区(代表站点的选取与“九五”重中之重一致)降水的季节变化特征曲线^[8](图 1)可以看出: 三条曲线中华北及长江中下游为单峰型, 而华南呈现双峰型。为讨论方便, 定义雨季是一年中降水距平为正的月份。则华北地区的雨季是 6—9 月, 长江中下游的雨季是 3—8 月, 华南地区的雨季是 4—9 月, 可见华北地区的雨季最短, 降水主要集中在 7、8 月份。从图还可以看出华北雨量在 6 月急剧上升, 到了 9 月以后又急剧减少, 其月季变化幅度比其他两个地区的变化幅度要大得多。

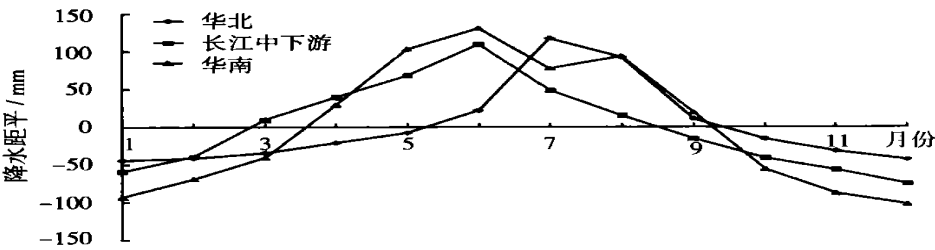


图 1 华北、长江中下游、华南地区降水季节变化曲线

Fig. 1 Seasonal variations of precipitation anomalies in North China, South China and the middle and lower reaches of the Yangtze river

2.2 华北地区不同季节降水异常的年际变化特征

各个季节占全年降水的比例(为多年平均)见表 1。可见, 华北夏季降水占全年降水量的一半以上, 春、秋季的降水比例基本相当, 冬季降水最少。

表 1 华北多年平均的各季降水占全年降水的比例

Table 1 The proportion of the normals of seasonal precipitation to yearly one in North China

	春季(3—5 月)	夏季(6—8 月)	秋季(9—11 月)	冬季(12 月—次年 2 月)
季降水占全年降水的比例/ %	14.5	63.6	18.5	3.5

2.2.1 华北地区不同季节降水异常的小波分析

图 2 为华北地区 50 a 各季降水标准化距平的小波分析。由图可见, 华北地区夏季存在 3 a 和 15 ~ 18 a 左右的显著周期, 冬季与夏季比较相似, 而且大尺度的振荡均表现较稳定, 近 50 a 来始终存在, 只是两者出现短周期的年代有所不同。华北地区春季、秋季的长时间尺度振荡均不显著, 只存在较显著的 6 ~ 8 a 振荡周期; 不同年代两者有明显的不同, 70 年代以前两者的振荡周期(6 a) 相近, 70 年代以后秋季的振荡周期变长(8 a)。

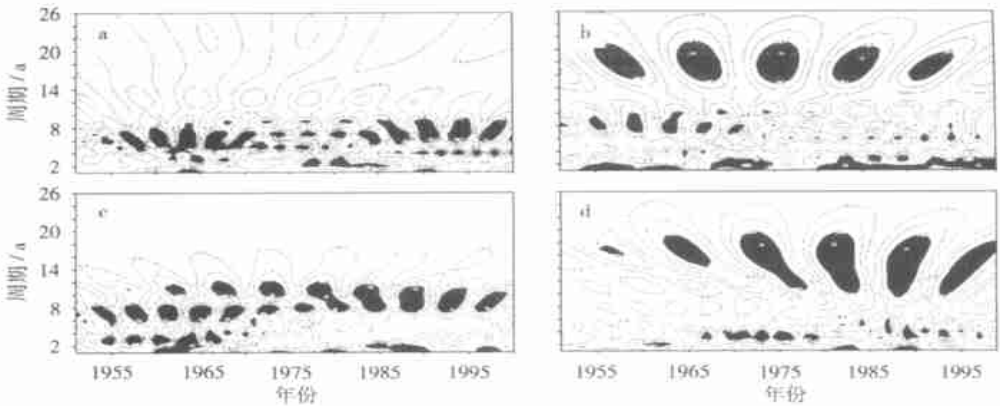


图 2 华北地区 50 a 各季降水标准化距平的小波分析
a. 春季; b. 夏季; c. 秋季; d. 冬季

Fig. 2 The wavelet analysis of normalized seasonal precipitation anomalies averaged over 50 years in North China
a- spring; b- summer; c- autumn; d- winter

2. 2. 2 华北地区降水偏多、偏少年的选取

以华北地区春、夏、秋、冬的标准化降水距平绝对值 0. 5 作为标准, 来选取春、夏、秋、冬四季降水偏多、偏少的年份(图 3), 将其结果列于表 2。

表 2 华北地区各季降水偏多、偏少的年份

Table 2 The years with more and less seasonal precipitation than normal in North China

	春季	夏季	秋季	冬季
降水偏多	1953、1956、1963、1964、 1969、1979、1983、1985、 1990、1991、1998	1954、1956、1963、1964、 1971、1973、1996	1955、1961、1962、1964、 1968、1969、1973、1983、 1985、1993	1953、1956、1958、1963、 1968、1971、1974、1975、 1978、1984、1986、1989、 1997
降水偏少	1955、1960、1962、1965、 1968、1972、1976、1978、 1981、1986、1993、1995、 1996、2000	1965、1968、1972、1980、 1983、1986、1989、1991、 1992、1997、1999	1957、1963、1965、1966、 1979、1981、1986、1988、 1989、1998	1960、1962、1964、1965、 1967、1969、1973、1976、 1980、1982、1983、1987、 1993、1995、1998

由表 2 可见, 50 a 来华北地区夏季有 7 a 降水偏多, 而有 11 a 降水偏少, 旱涝频率共占 36 %, 即平均 2. 8 a 左右就有 1 a 是多雨年或少雨年, 而且少雨年出现的频率明显多于多雨年。

2.3 华北地区降水异常的年代际变化特征

运用二项式系数加权平均法对华北各季的平均标准化降水距平值进行 11 a 平滑, 见图 3。由图 3b 可见, 华北地区夏季 60 年代中期(1965 年) 存在一个气候突变, 之前降水偏多, 之后则偏少, 其中 70 年代和 90 年代中期又有偏多的趋势。秋季(图 3c) 在 70 年代末(1977 年) 有一转折, 之前为多雨期, 特别是 60 年代和 70 年代, 1977 年之后进入少雨期, 虽然在 80 年代中期有所缓解, 但后期干旱化趋势明显。春、冬季(图 3a、d) 在整个 50 a 中变化平稳, 只是春季在 60 年代中期、90 年代初期出现异常多雨, 冬季在 80 年代末有一次异常多雨, 之后又趋于干旱。总之, 80 年代以后华北四个季节基本都进入少雨期, 这种四季连旱的现象, 加剧了华北地区的干旱化。

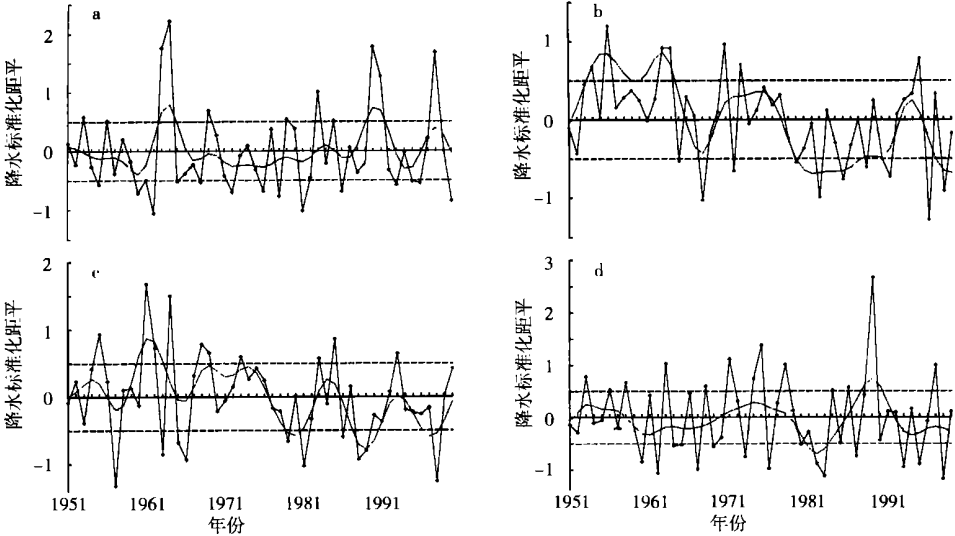


图 3 华北地区降水标准化距平 11 a 二项式平滑曲线
a. 春季; b. 夏季; c. 秋季; d. 冬季

Fig. 3 11-year binomial smoothing curve of normalized precipitation anomalies in North China
a. spring; b. summer; c. autumn; d. winter

3 不同季节华北降水异常的空间分布特征

3.1 不同季节降水偏少、偏多年份全国同期降水异常的空间分布特征

为了揭示华北地区降水异常时的空间分布特征, 选取华北地区在不同季节降水偏多、偏少的年份, 作出同期中国东部的各个季节的平均降水距平百分率合成(图 4)。从图中可以看到, 华北地区降水偏多年份时, 我国大部分地区降水偏多; 降水偏少年份时, 大部分地区降水偏少。春季降水偏多年份时, 华北地区与华南降水呈反位相分布; 降水偏少年份时, 全国基本上是降水偏少, 只有东北、华南及青藏高原以东的少部分地区降水偏多。在夏季降水偏多年份时, 除了东北北部、华南降水偏少外, 全国大部分地区降水偏多。降水偏少年份时, 长江中下游地区、华南东部降水偏多, 且正值中心主要位于长江下游。在秋季, 不论降水偏多还是降水偏少年份, 华北地区降水都与华南呈反位相分布。而在冬季, 不论降水偏多还是降水偏少年份, 华北地区降水都与西南呈反位相分布。总之, 在春、夏、秋三个季节的降水偏多年份合成图中, 华北地区均与华南地区呈反位相分布, 冬季的降水偏多年份合成则与西南地区呈反位相分布; 在降水偏少

年份合成图中, 春、秋季华北地区与西南地区呈反位相分布, 夏季华北降水与长江中下游及华南呈反位相, 冬季华北降水与西南呈反位相。

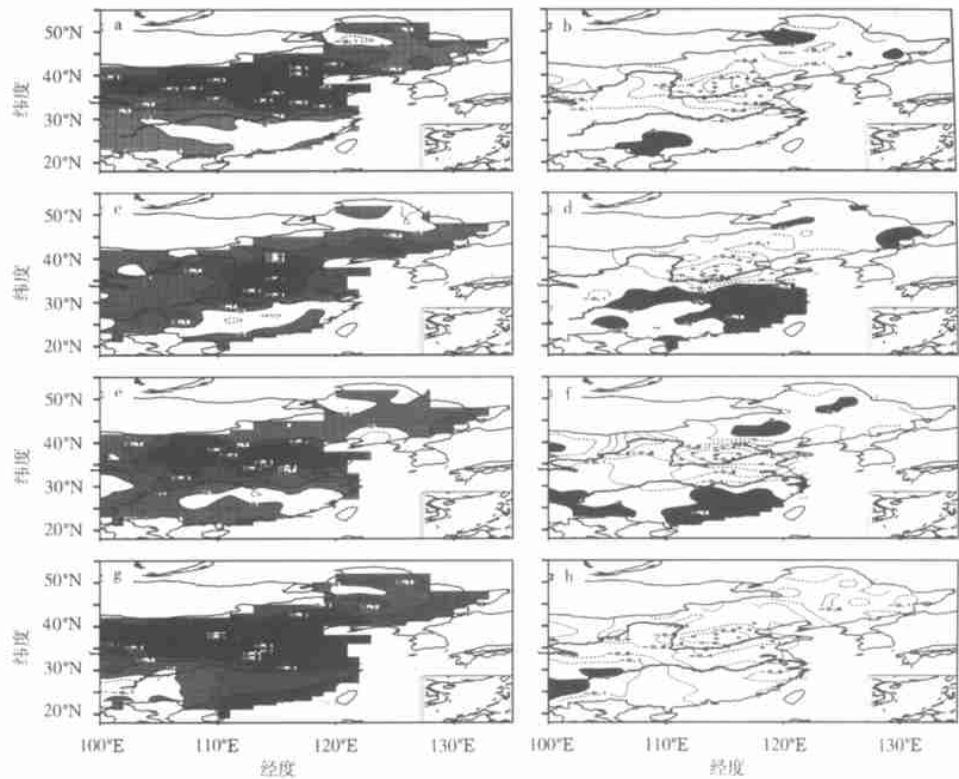


图 4 华北地区不同季节降水偏多、偏少年份距平百分率合成
(a、c、e、g 分别为春、夏、秋、冬降水偏多年; b、d、f、h 分别为
春、夏、秋、冬降水偏少年; 阴影区值大于 0)

Fig. 4 The percentage composite of the anomalies for the years with less (b, d, f, g)

and more (a, c, e, g) seasonal precipitation in North China in spring(a, b), summer(c, d), autumn(e, f), and winter(g, h)(shaded areas denote positive coefficients)

3. 2 50 a 来全国各季降水量变化趋势的空间分布

为了分析不同季节降水的长期演变趋势, 通过趋势系数计算给出中国东部四季降水趋势系数(图 5)。

春季: 中国东部春季降水呈现正、负趋势范围大致相当, 分布较凌乱(图 5a)。华北东南部(除山东半岛)至东北南部、西南西部、黄河上游以及华南呈现正趋势; 而华北西部和山东半岛、河套地区、长江至岭南一带、四川、贵州及东北北部呈现负趋势。华北的中部与东西部有相反的变化趋势。

夏季: 降水趋势自北向南呈现正、负、正的位相分布特点, 中国东部大部分地区均为正趋势(图 5b)。华北、东北南部、河套地区、淮河流域至四川盆地及云南降水为负趋势, 其中负中心分别位于华北和四川盆地, 即该地区变干的趋势最明显; 正趋势占据全国西部及东南部广大地区, 其中以长江中下游地区尤为显著。可见, 夏季长江中下游降水有偏多的趋势, 而华北、四川盆地降水却有偏少的趋势。华北地区整体变干。

秋季: 降水趋势与夏季截然不同(图 5c), 除了云南和豫鄂皖三省交界处外, 其余地区几乎均为负趋势。其中负值中心位于东北南部、河套、四川盆地和长江下游以南, 华南大部秋季雨量下降趋势也比较显著。华北地区也呈现整体变干的趋势。

冬季: 冬季降水趋势范围与春季有类似的特征, 即正负趋势面积相当(图 5d), 华北西南部、东北大部、淮河西部及长江下游为负趋势, 其中负值中心位于东北北部和华北以北。华南、西南、黄河中上游及山东半岛为正趋势, 其中正值中心位于华南、云南、河套、黄河上游。华北东西部呈现相反的变化趋势。

总之, 华北地区夏季、秋季降水呈现负趋势, 尤其是夏季华北地区为全国之最, 表现为整体变干的特征。冬季、春季变化趋势有区域性特征, 东部(除山东半岛)和西部有相反的变化趋势, 其中东部变湿, 西部变干。由图 5e 还可见全国的年平均降水的变化趋势, 全国除了长江中下游及华南、云南、青藏高原以东降水有增长的趋势, 大部分地区呈现干旱化的趋势。其中, 山东半岛、黄河中游和四川盆地位于负值中心, 干旱化的趋势最为明显, 整个华北地区的年降水都呈现为干旱化的趋势。从全国来说, 干旱化的程度要明显强于变湿的程度。

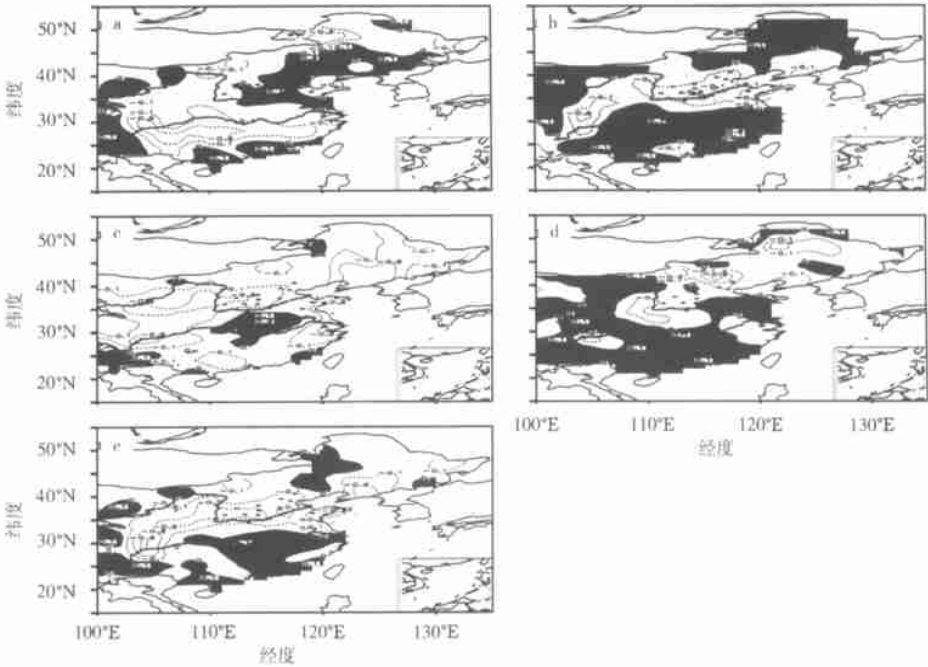


图 5 中国东部地区不同季节及全年降水的趋势系数

a. 春季; b. 夏季; c. 秋季; d. 冬季; e. 全年 (阴影区值大于 0)

Fig. 5 Tendancy coefficients of precipitation in the eastern part of China

a. spring; b. summer; c. autumn; d. winter; e. annual (shaded areas denote positive coefficients)

4 结 论

(1) 华北地区雨季为 6—9 月, 降水集中在 7、8 月份, 夏季降雨量占全年降雨量的比重很大, 超过 50 %。由小波分析得到, 华北地区夏季和冬季较相似, 都有准 2~3 a 和 15~18 a 的显著周期, 而且大尺度的振荡均表现较稳定, 近 50 a 来始终存在。但华北地区春季、秋季的大尺度振荡却不显著。4 个季节中 10 a 以下的振荡周期的分布有明显的年代际变化。从年代际

的变化特征来看, 华北夏季降水在 60 年代中期为一转折期, 在此之前降水偏多, 之后降水偏少; 秋季降水的转折发生在 70 年代末, 且幅度较小。冬、春季没有明显的年代际变化。

(2) 华北地区四季降水偏多、偏少年的合成分析发现, 在春、夏、秋三个季节的降水偏多年合成图中, 华北地区均与华南地区呈反位相分布, 冬季的降水偏多年合成则与西南地区呈反位相分布; 在降水偏少年合成图中, 春、秋、冬季华北地区与西南地区呈反位相分布, 夏季华北降水与我国东南部呈反位相。

(3) 华北地区夏季、秋季降水呈现负趋势, 尤其是夏季华北地区还位于全国的负值中心, 并表现为明显的整体特征; 春季、冬季华北东部地区降水呈现正趋势, 西部相反, 有明显的区域特征。整个华北地区的年降水都呈现为干旱化的趋势, 其中, 山东半岛位于负值中心, 干旱化的趋势最为明显。

参考文献:

- [1] 黄嘉佑, 张 谭. 黄河流域旱涝与水资源分析[J]. 大气科学, 1996, 20(6): 673-678.
- [2] 黄荣辉, 徐予红, 周连童. 我国夏季降水的年代际变化及华北干旱趋势[J]. 高原气象, 1999, 18(4): 465-476.
- [3] 陈烈庭. 华北各区夏季降水年际和年代际变化的地域性特征[J]. 高原气象, 1999, 18(4): 477-485.
- [4] 杨 辉, 宋正山. 华北地区水资源多时间尺度分析[J]. 高原气象, 1999, 18(4): 496-508.
- [5] 黄嘉佑. 气象统计分析与预报方法[M]. 北京: 气象出版社, 1990.
- [6] 丁裕国, 江志红. 气象数据时间序列信号处理[M]. 北京: 气象出版社, 1991.
- [7] 施 能, 陈家其, 屠其璞. 中国近 100 年来 4 个年代际的气候变化特征[J]. 气象学报, 1995, 53(4): 431-439.
- [8] 王叶红, 王谦谦, 赵玉春. 长江中下游降水异常特征及其与全国降水和气温异常的关系[J]. 南京气象学院学报, 1999, 22(4): 685-691.

Seasonal Precipitation Characters in North China and Its Relations with Precipitation in Other Parts of China

SUN Yan¹, WANG Qian-qian¹,
QIAN Yong-fu², ZHANG You-shu¹

(1. Department of Atmospheric Sciences, NIM, Nanjing 210044, China;

2. Department of Atmospheric Sciences, Nanjing University, Nanjing 210093, China)

Abstract: The stress in this paper is placed on analyzing the characteristics of precipitation anomaly on interannual and interdecadal variations of four seasons in North China, as well as the features of precipitation spatial distributions across China during the corresponding period of being more(less) precipitation in different seasons of North China, based on the monthly precipitation data from 160 stations from 1951 to 2000. Besides, the long-term variation trend of precipitation in different seasons is primarily estimated.

Key words: North China; precipitation; wavelet analysis