

张涛,段春锋,方芳,等.近 50 年孝感市降水变化特征分析[J].暴雨灾害,2010,29(1):81-84

近 50 年孝感市降水变化特征分析

张涛¹,段春锋²,方芳³,王俐¹

(1.湖北省孝感市气象局,孝感 432000;2.南京信息工程大学大气科学学院,南京 210044;
3.湖北省天门市气象局,天门 431700)

摘要:利用趋势分析、小波变换等方法,分析了湖北省孝感市 1957—2006 年近 50 年降水的多时间尺度变化特征。结果表明:孝感市年降水量呈弱增加趋势,春秋季降水量呈下降趋势,冬夏季降水量呈增加趋势,其中以冬季降水增加趋势最为显著,降水量变化的年代际差异较小,年际差异很大;降水量变化存在明显的多时间尺度特征,其中以 3~7 a 和准 11 a 周期表现显著。

关键词:降水;趋势分析;小波分析

中图分类号:P468.0*24 **文献标识码:**A **文章编号:**1004-9045(2010)01-0081-04

1 引言

孝感市地处鄂东北西部、江汉平原东北部、中纬度亚热带温湿季风气候区,降水年际变化大;随着以变暖为主要特征的全球气候变化,该市暴雨、干旱等灾害频繁发生,危害加重。如 1998 年孝感出现严重暴雨洪涝灾害,7 月下旬降水达到历史同期平均值的 10.3 倍,造成直接经济损失 18.2 亿元;2000 年春旱严重,3 月 1 日至 5 月 20 日累计降水量仅 23.8~64.5 mm,为历史同期最少,造成 27.33 万公顷农作物受旱、95 万人饮水困难;2001 年特大夏秋干旱,发生时间为有气象记录以来同期最早,持续达 109 天之久,仅次于 1978 年,降水量为历史同期最少;2008 年孝感出现 7 次强降水过程,尤其是 8 月 29—30 日发生历史同期首次连续两天大暴雨,累计降水量 233.4 mm,造成直接经济损失 8.4 亿元。近 10 多年来,气象工作者对长江流域、湖北省或武汉市降水气候变化特征进行了较多研究,并取得一些有意义的成果。如陈正洪等^[1]初步探讨了 1961—1995 年湖北省 72 个气象台站年、季、月降水量变化趋势,认为全省各地降水量存在一定年际(代)递变,尤其时空差异最为明显;杨宏青等^[2]在研究长江流域 1960—2001 年强降水变化趋势时发现,该流域夏、冬季雨量增加趋势显著,春、秋季雨量呈下降趋势,年暴雨日数和暴雨量呈大范围增加趋势。刘可群等^[3]分析湖北省 1960—2004 年降水气候变化特征发现,湖北范围内发生的强降水过程无论次数还是降水强度,都有增加趋势。李建平等^[4]对鄂东黄冈市 1961—2005 年降水变化事实作了诊断分析,其结果是

该市年降水量呈增多趋势,其中 1960、1970 年代降水偏少,1980 年代为降水峰值期,1990 年之后降水又呈下降趋势。张意林等^[5]分析武汉市 1951—2006 年逐日降水资料表明,该市年降水量呈增加、降水日数呈减少、降水强度呈增加趋势。那么,孝感市近 50 年降水变化特征究竟如何呢?本文利用趋势分析、小波等方法,对该市 1957—2006 年降水变化特征及其多时间尺度结构进行了分析,以便为当地气候预测、趋利避害、指导农业生产和合理利用气候资源提供理论依据。

2 资料处理与研究方法

本文所用资料为孝感市 1957—2006 年月平均降水量资料,来源于湖北省气象科学数据共享网和孝感市气象局。考虑到孝感站 1984 年由原址迁至城郊三军台和 2003 年起正式采用自动站观测,使用该资料前对其作均一性检验和订正处理。首先,通过 2002—2003 年自动站和人工观测站对比,采用比值法^[6]将这两年资料订正为人工观测资料;然后,选取孝感市其他站点(安陆、大悟、应城、云梦、汉川)作为参考站并建立参考序列,采用标准正态检验 SNHT 方法,对孝感站降水资料作均一性检验。结果表明,迁站前后降水序列是均一的。

文中采用 Morlet 小波^[7-9]对孝感市降水变化进行多尺度分析。其中,取中心频率 $\omega_0=2\pi$,使伸缩尺度 a 与傅里叶分析中的周期 T 有一一对应关系。为了减少小波变换过程中边界效应的影响,在计算小波变换之前,将资料向前和向后各延伸一个样本长度,变换后再将前后延伸部分舍弃只保留中间部分。

收稿日期:2009-01-10;定稿日期:2009-05-04

作者简介:张涛,男,1982 年生,助理工程师,主要从事天气、气候预报技术和方法研究。E-mail: zhangtao9808@tom.com

3 结果分析

3.1 年降水变化的多尺度特征

本文采用 t 检验对线性趋势的统计信度进行检验,若通过显著性检验,说明变化趋势显著;否则,认为变化趋势为正常气候波动。图 1 给出近 50 年孝感市年降水量变化图。从图 1 中可见,孝感市年降水量增加趋势微弱,约为 $5.9 \text{ mm} \cdot (10 \text{ a})^{-1}$,未通过 0.05 显著性检验;1980 年代和 1990 年代降水偏多,1960 年代、1970 年代和 2000 年以后降水偏少;年代际变化差异小,相对于 50 年平均降水量而言,降水最多的 1980 年代其降水变率仅 0.08%;但其年际波动较大,平均降水变率达 15.8%,降水最多年(1983 年)雨量值是最少年(1966 年)的 1.8 倍。

图 2 给出近 50 年孝感市年降水量的 Morlet 小波变换系数实部和模的时频分布。从图 2 中可见: 1)在年代际尺度上 17~22 a 和 10~14 a 尺度周期信号变化明显,中心时间尺度和干湿突变点(年)分布如表 1

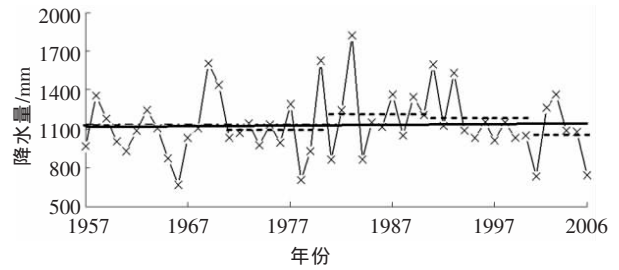


图 1 1957—2006 年孝感市年降水量变化图

—— 线性趋势; - - - 各年代平均值;
 ··· 多年平均; -x- 逐年变化

所示,其中 10~14 a 尺度降水变化表现为 5 个偏多期和 4 个偏少期;17~22 a 尺度降水变化表现 2 个偏多期和 3 个偏少期,中心尺度随时间向低频段发展,大约在 20 a。2)年际尺度的周期变化主要为 6 a 左右和 3 a 左右,其中,3 a 左右时间尺度周期信号在 1975—1985 年很强,振荡中心在 1982 年;6 a 左右时间尺度信号在 1960—1975 年较强,振荡中心在 1968 年。3)10~14 a 周期信号相对较强,主要分布在 1970—1990 年,振荡中心在 1978 年左右。

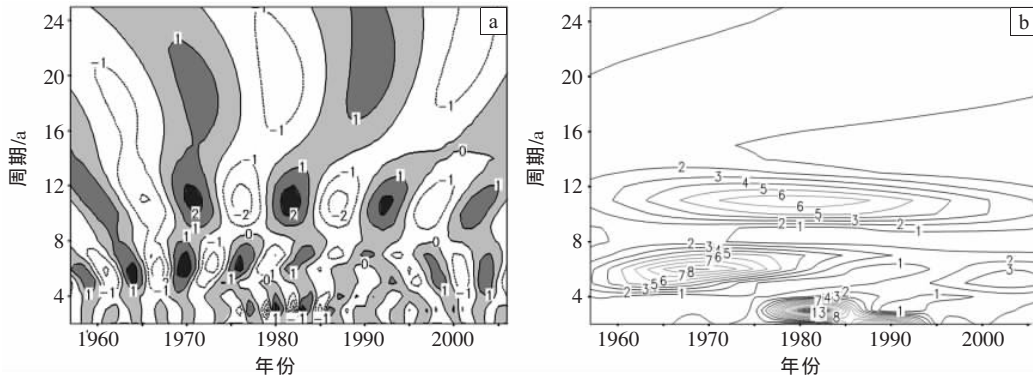


图 2 1957—2006 年孝感市年降水量的 Morlet 小波变换系数实部(a)和模(b)的时频分布图

表 1 1957—2006 年孝感市年降水量的周期分布特征

周期/a	干湿突变点(年)/年份	
信号尺度	中心尺度	
17~22	20	1966, 1976, 1986, 1996
10~14	11	1963, 1968, 1974, 1979, 1985, 1990, 1996, 2001
3~7	6	1959*, 1962, 1965, 1968, 1971, 1975, 1977, 1980, 1983, 1986, 1989, 1991, 1994, 1999, 2002, 2005
3~7	3	1958, 1961, 1965, 1968, 1971, 1973, 1975, 1978, 1981, 1984, 1987, 1991, 1993, 1996, 1999, 2002, 2005

* 带下划线数据表示突变点(年)偏离 0 线较远

从 1957—2006 年孝感市年降水小波方差图上可见(图 3),其变化具有准 3 a、准 6 a、准 11 a 和准 20 a 主周期,其中准 11 a 方差最大,准 6 a 稍小,准 6 a、准 11 a 周期的小波变换系数与年降水量距平的相关

系数分别达 0.38、0.31,均通过了 0.05 显著性检验,这说明准 11 a 和准 6 a 周期振荡在整个降水变化中表现显著。

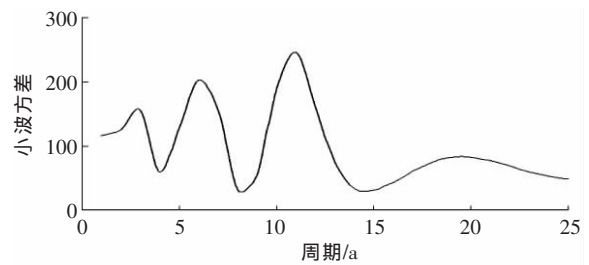


图 3 1957—2006 年孝感市年降水量的的小波方差

3.2 四季降水变化的多尺度特征

图 4 给出近 50 年孝感市春、夏、秋、冬四季降水变化。从中可见,近 50 年来孝感市春季、秋季降水呈极弱下降趋势,其变化趋势分别为 -6.4 、 $-3.6 \text{ mm} \cdot (10 \text{ a})^{-1}$;夏季、冬季降水呈增加趋势,其变化趋势分别为 10.8 、

8.3 mm·(10 a)⁻¹; 四季中仅有冬季降水变化趋势通过 0.05 显著性检验; 春季降水 1970 年代、1990 年代偏多,1960 年代、1980 年代和 2000 年以后偏少; 夏季降水 1960 年代、1980 年代、1990 年代偏多,1970 年代和 2000 年以后偏少; 秋季降水 1970 年代、1980 年代偏多,1960 年代和 1990 年代以后偏少; 冬季降水 1990 年代以前偏少,1990 年代以后偏多; 四季降水年代际变率较小,平均降水变率春、夏、秋、冬四季依次为 7.1%、9.4%、16.0%、8.9%; 四季降水年际波动较大,其 50 年平均降水变率分别达 25%、35%、34%、30%; 春季降水最多年(1998 年)是最少年(1997 年)的 3.6 倍,夏季降水最多年(1969 年)是最少年(1978 年)的 7.7 倍,秋季降水最多年(1983 年)是最少年(1991 年)的 10 倍,冬季降水最多年(1989 年)是最少年(1985 年)的 6.6 倍。

图 5 给出近 50 年孝感市四季降水的 Morlet 小波变换系数实部。从中可见: 1)春季降水波动主要有 2 个频率,即 2~8 a 和 18 a 左右周期,准 18 a 震荡信号显著,2~8 a 周期 1980 年代后发展成准 9 a 和准 5 a 周期,准 5 a 周期在 1990 年代以后很强; 2)夏季降水波动主要表现为准 6 a、准 11 a、准 3 a 三个频率,准 6 a 周期震荡显著,在 1960 年代到 1980 年代很强,准 11 a 周期在 1960 年代到 1970 年代周期较强,准 3 a 周期 1980 年代很强; 3)秋季降水波动表现为准 6 a、准 13 a、准 3 a 三个周期,准 6 a 周期在 1960 年代到 1990 年代很强,准 13 a 周期在 1970 年代和 1980 年代较强,3 a 左右周期在 1960 年代和 1990 年代较强; 4)冬季降水波动主要表现为 17 a 左右周期,1980 年代

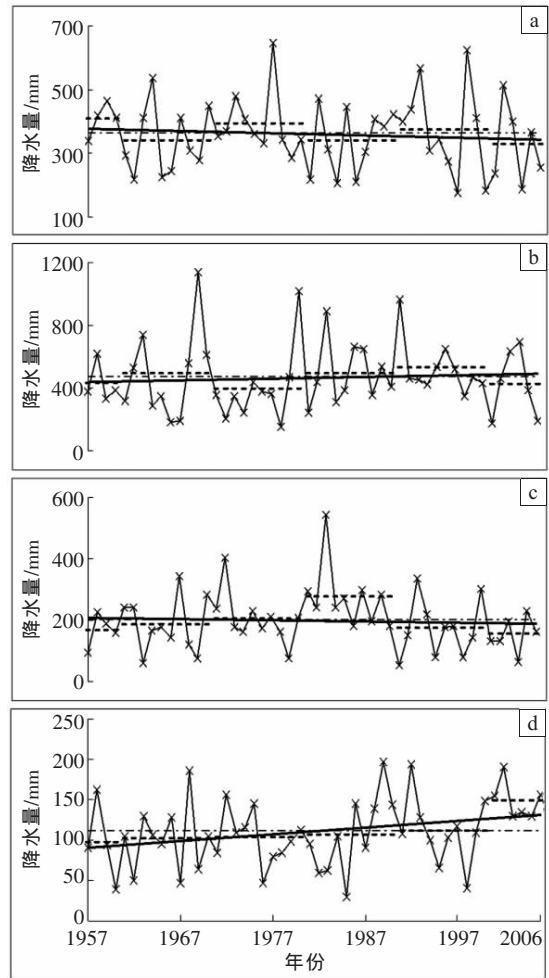


图 4 1957—2006 年孝感市春季(a)、夏季(b)、秋季(c)、冬季(d)降水量变化图
—— 线性趋势; - - - 各年代平均;
- · - 多年平均; -x- 逐年变化

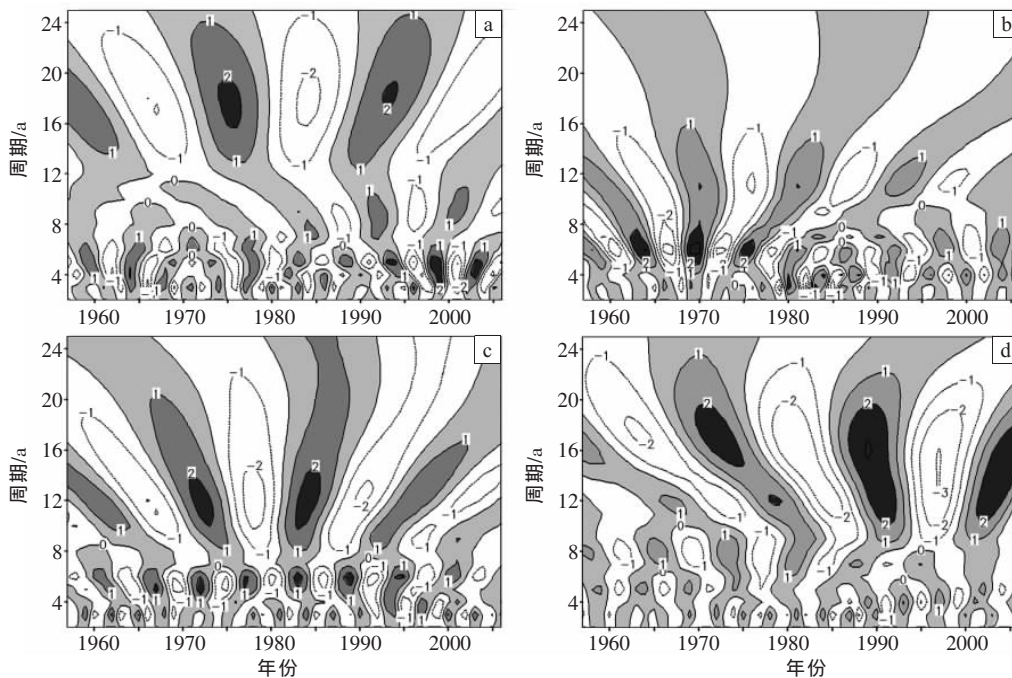


图 5 1957—2006 年孝感市春(a)、夏(b)、秋(c)、冬(d)四季降水量 Morlet 小波变换系数实部

后准 17 a 演变成 10~20 a, 其信号很强, 年际尺度周期信号较弱, 表现为 1960—1970 年代准 8 a、1980 年代准 3 a、1990 年代以来准 5 a。

4 结论

(1)近 50 年来孝感市年降水呈弱增加趋势, 四季降水中, 春季和秋季降水呈下降趋势, 夏季和冬季呈增加趋势, 其中冬季呈现显著增加趋势, 降水变化中年代际波动较小, 而年际波动很大。

(2)孝感市降水变化存在明显的多时间尺度特征, 即年代际尺度(9~13 a、20 a 左右)和年际尺度(3~7 a)周期变化, 各尺度周期信号强度在时间分布上具有较强的局部化特征。降水变化 3~7 a 和准 11 a 的周期表现显著。

感谢武汉气候中心周月华正研以及南京信息工程大学缪启龙教授、王勇博士等给予本文的帮助。

参考文献:

- [1] 陈正洪, 覃军. 湖北省 20 世纪 60 年代以来降水变化趋势初探[C]//武汉区域气象中心. 暴雨·灾害. 北京: 气象出版社, 1998(2): 75-83.
- [2] 杨宏青, 陈正洪, 石燕, 等. 长江流域近 40 年强降水的变化趋势[J]. 气象, 2001, 31(3): 66-68.
- [3] 刘可群, 张礼平, 陈正洪, 等. 湖北省近 45 a 降水气候变化特征分析及其对旱涝影响[J]. 气象, 2007, 33(11): 58-64.
- [4] 李建平, 易成功, 张火平. 近 45 a 黄冈市气温和降水的变化与异常特征分析[J]. 暴雨灾害, 2008, 27(1): 59-63.
- [5] 张意林, 覃军, 陈正洪. 近 56 a 武汉市降水气候变化特征分析[J]. 暴雨灾害, 2009, 28(1): 253-257.
- [6] 李庆祥, 江志红, 黄群, 等. 长江三角洲地区降水资料的均一性检验与订正试验[J]. 应用气象学报, 2008, 19(2): 119-226.
- [7] 王记芳, 顾万龙, 朱业玉. 北极涛动对河南省降水的可能影响[J]. 气象与环境科学, 2007, 30(4): 7-12.
- [8] 李广霞, 陈传雷, 才奎志. 辽宁夏季降水变化特征分析[J]. 气象与环境科学, 2008, 31(2): 31-34.
- [9] 张美玲. 1961-2005 年鲁南地区汛期降水时空演变特征[J]. 气象与环境科学, 2008 (S1): 48-52.

Precipitation Variation Characteristics of Xiaogan City for Last 50 Years

ZHANG Tao¹, DUAN Chun-feng², FANG Fang³, WANG Li¹

(1. Xiaogan Meteorological Bureau of Hubei Province, Xiaogan 432000;

2. Institute of Atmospheric Sciences, NUIST, Nanjing 210044;

3. Tianmen Meteorological Bureau of Hubei Province, Tianmen 431700)

Abstract: The multiple temporal scale features of precipitation variation in Xiaogan from 1957 to 2006 were analyzed by Morlet wavelet transform and trend analysis, and the related factors of climate change are discussed. The results show that yearly mean precipitation has a weak decline tendency in Xiaogan during recent 50 years, and decline tendencies in spring and fall, while increase tendencies in summer and winter. There is a small variation in the decadal scale and large variation in the annual scale. Precipitation change has obvious multiple temporal scale features with a obvious cyclical scale (3~7 a & quasi-11 a).

Key words: Rainfall; Trend analysis; Wavelet analysis