

凌良新,袁振,陈往溪,等.潮州市近 51 a 降水量和暴雨日数的时间变化特征分析.暴雨灾害,2009,28(3):283-287.

潮州市近 51 a 降水量和暴雨日数的时间变化特征分析

凌良新¹,袁 振²,陈往溪¹,林新杰¹

(1.广东省潮州市气象局,潮州 521021;2.四川成都双流机场西南空管局气象中心,成都 610202)

摘要:利用潮州 1957—2007 年逐日降水资料,统计分析其年、季降水气候特征及暴雨气候特征;应用 MHF 小波方法分析年降水量及暴雨日数的多时间尺度特征。结果表明:(1)潮州年降水量总体呈上升趋势,前汛期降水量对全年雨量的贡献逐渐下降,后汛期则相反;汛期开始月份及汛期降水强弱的年际变化明显,汛期结束月份年际变化不显著;降水偏多异常,各月差别不大,偏少异常,各月差别很大;4—8 月最易发生降水异常。(2)暴雨主要发生在 4—9 月,暴雨气候事件初发时间有提前趋势,但近 51 a 暴雨日数总体上无明显增加。(3)年降水量存在 3.5 a、18.4 a 的主要时间尺度;暴雨日数存在 4.6 a、12.1 a 主要时间尺度。(4)整个时间域上,降水量和暴雨日数均存在较好的对应关系,不同尺度和时期这种对应特征略有不同。

关键词:降水量;暴雨日数;小波分析;年际变化;年代际变化;潮州

中图分类号:P468.0*24 文献标识码:A 文章编号:1004-9045(2009)03-0283-05

1 引言

当前,全球气候正经历一次以变暖为主要特征的显著变化^[1],探讨全球变暖背景下区域气候变化特征已成为气候研究的热点之一。降水变化是一个地区气候变化最为敏感的因素之一,已有不少学者对其年际变化和预测研究进行了有益的探讨,并取得若干重要成果^[2-4]。彭丽英^[5]、马慧^[6]等指出,华南前汛期暴雨的降水量和频次呈减少趋势,降水量具有明显的 3、5、7 a 周期变化;纪忠萍^[7]研究发现,近 50 年来广东入汛呈偏早趋势,且具有明显的 2~7 a 左右年际和 34 a 左右年代际周期振荡;陈特固^[8]利用粤港澳 7 个气象站降水资料分析了广东近 100 a 降水变化趋势,指出广东省前、后汛期的降水量变化存在 2~7、10、30 a 左右周期;李春晖^[9]讨论了广州前、后汛期降水的旱涝等级分布特征和长期变化趋势;罗碧瑜^[10]指出,近 50 a 来梅州市年降水量及春、夏、冬季降水量也处于增多时段,而夏季降水变化倾向率最大。

然而,关于潮州市近 50 年来,降水气候变化特征的专题研究,还未见报道。潮州地处广东最东端,属于亚热带海洋性季风气候区,受季风气候影响,降水季节分配不均,4—9 月为汛期,降水充沛,且具有明显的双峰型分布特征^[11]。降水年际变化特征明显,干旱、洪涝等灾害性天气频发,严重影响当地农业生产和经济建设。因此,研究其降水变化的基本特征,可为中长期预报和短期气候预测提供参考依据,减少因干旱和洪涝灾害造成的经济损失,具有重要的意义。

2 资料及方法

本文所用的资料为潮州 1957—2007 年逐日 20—20 时降水资料,并统计了逐月、逐季和逐年降水量,其中 1—4 季度分别指 1—3 月、4—6 月、7—9 月和 10—12 月^[11]。为研究潮州降水量异常变化特征,计算了 2 种特征量:第 3 类距平^[5-6,12](各月实际降水量与 51 a 平均值之差)和第 1 类距平^[5-6,12](各月实际降水量与该月 51 a 平均值之差),并规定以各月降水量 1 倍标准差为阈值 $\sigma_i (i=1,2,\dots,12)$,凡第 1 类距平 $\geq \sigma_i$ 者为正异常一次, $\leq -\sigma_i$ 者为负异常一次,在此之间为正常。还定义了降水量倾向率(以直线拟合 51 a 降水量的变化过程,拟合直线斜率的 10 倍)。采用墨西哥帽小波函数(Mexican Hat Function,简称 MHF)对标准化后的潮州年降水量序列和暴雨日数序列进行了小波系数变换分析^[13-15],小波分析处理方法及步骤与见文献^[16]。

3 潮州降水变化趋势

3.1 年季降水变化趋势

表 1 给出潮州各年代的年、季降水量统计值。由表 1 可见,1957—2007 年潮州年均降水量为 1 710.4 mm,第 1—4 季度平均降水量分别为 197.6 mm、685.8 mm、728.4 mm、98.6 mm,其中汛期降水占全年降水的 82.7%,而后汛期(3 季度)降水比例又较前汛期(2 季度)大,为全年降水最集中时期,4 季度为全年最干旱时期,该季降水仅占全年的 5.8%。另外,前汛期降水比例呈下降趋势,而后汛期呈增加趋势,这表明过去 51 a

收稿日期:2009-02-20;定稿日期:2009-07-15

作者简介:凌良新,男,1984 年生,助理工程师,主要从事短期气候预测工作。Email: lingliangxin@tom.com

表 1 潮州市不同年代全年和各季降水量统计特征(单位:mm)

年代	全年	第 1 季度	第 2 季度	第 3 季度	第 4 季度
1957—1960	1911.4	250.0(13.1)	837.0(43.8)	776.9(40.6)	47.6(2.5)
1961—1970	1560.4	159.7(10.2)	630.1(40.4)	672.0(43.1)	98.6(6.3)
1971—1980	1687.8	129.0(7.6)	756.4(44.8)	648.5(38.4)	154.0(9.1)
1981—1990	1721.2	260.8(15.2)	661.4(38.4)	698.2(40.6)	100.8(5.9)
1991—2000	1734.6	229.0(13.2)	628.0(36.2)	802.7(46.3)	74.9(4.3)
2001—2007	1792.4	184.6(10.3)	695.8(38.8)	832.3(46.4)	79.6(4.5)
平均	1710.4	197.6(11.6)	685.8(40.1)	728.4(42.6)	98.6(5.8)

注:括号内数据为各季度降水量占全年降水量的百分比

来,前汛期降水量对全年雨量的贡献在下降,而后汛期的贡献在增加。

1957—2007 年潮州年降水量呈上升趋势,年降水量倾向率为 $22.3 \text{ mm} \cdot (10 \text{ a})^{-1}$,这与广东省平均年降水量在波动中略有增加的变化趋势一致^[17-18]。年降水量最大值为 2 657.5 mm,出现在 2006 年,最少仅 1 128.7 mm (1968 年)。降水异常偏多的年份有 1959、1960、1961、1973、1983、1997、2000 和 2006 年共 8 a,异常偏少的年份有 1962、1963、1967、1980 和 1988 年共 5 a,这与华南同期降水异常相似。5 年滑动平均曲线表明,降水量在波动中略有上升,年际变化特征较明显(图 1)。就季节变化而言(图略),1 季度和 3 季度降水有增加趋势,其降水量倾向率分别为 $9.0 \text{ mm} \cdot (10 \text{ a})^{-1}$ 、 $30.5 \text{ mm} \cdot (10 \text{ a})^{-1}$;2 季度和 4 季度降水有减少趋势,其降水倾向率分别为 $-9.0 \text{ mm} \cdot (10 \text{ a})^{-1}$ 、 $-30.5 \text{ mm} \cdot (10 \text{ a})^{-1}$ 。

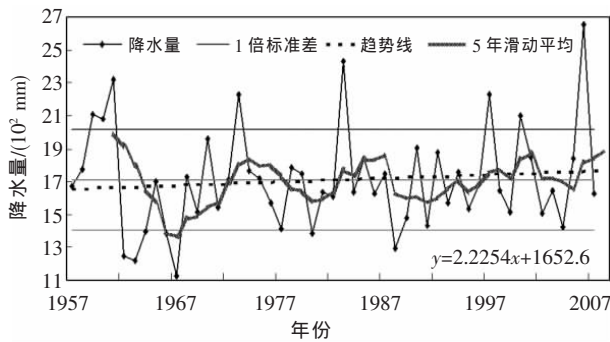


图 1 1957—2007 年潮州市降水量时间序列曲线

3.2 逐月降水异常的年际和年代际变化特征

从第 3 类距平的逐年逐月分布中可见(图 2),降水量正距平主要集中在汛期(4—9 月),8 月为降水峰值月,6 月次之;负距平则主要集中在 1—3 月和 10—12 月,为干季。汛期开始的月份及汛期降水强弱有明显的年际变化,入汛最早的年份为 1983 年,2 月便进入汛期,最晚为 1995 年,6 月才进入汛期。而汛期结束的月份年际变化不显著。

通过对第 1 类距平和给定的阈值 σ_i 的比较,统计近 51 a 各月降水出现正负异常的频次(表 2),从中可

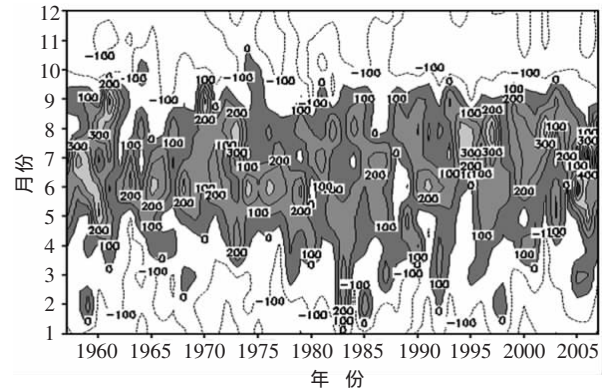


图 2 1957—2007 年潮州逐月降水的年际和年代际变化特征

见,潮州降水偏多异常,各月的差别并不大,11 月异常次数最多,51 a 共发生 10 次,最少的月份是 2 月和 9 月,发生 5 次;降水偏少异常,各月的差别很大,5 月异常次数最多,总频次为 11,而 2 月、10 月、11 月和 12 月,51 a 来没有发生降水偏少异常。从总异常频次来看,4—8 月最易发生降水异常。

表 2 1957—2007 年潮州各月出现降水正、负异常的总频次

频次	月份											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
正异常/次	7	5	6	7	6	9	7	8	5	6	10	9
负异常/次	7	0	3	9	11	8	10	9	4	0	0	0
合计/次	14	5	9	16	17	17	17	17	9	6	10	9

图 3 为潮州市近 51 a 逐年的降水正、负异常频次。从降水的年际变化特征看,降水异常最多的年份为 1973、1974 年(出现 6 次),分别发生 5 正、1 负和 4 正、2 负;发生正异常最多的年份为 1973、2006 年(出现 5 次),这些年份潮州均发生较大洪涝灾害;发生负异常最多的年份为 1963、1966 年(出现 4 次),这两年潮州均发生较为严重的旱灾。降水正异常最集中的年份为 1983 年,其 1—4 月连续出现降水偏多,造成该年春季洪涝灾害严重,负异常最集中的年份为 1988 年和 2002 年,其分别出现了 5—7 月和 4—6 月

降水持续偏少。

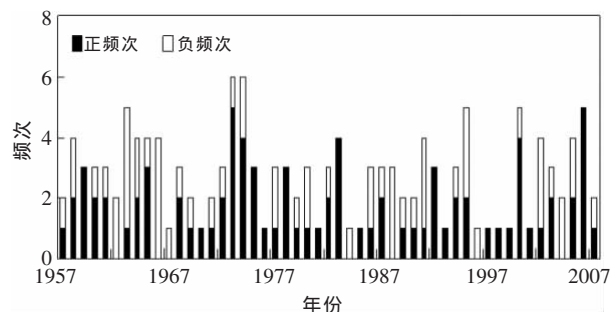


图 3 1957—2007 年潮州市逐年降水正、负异常频次

3.3 暴雨气候变化特征

图 4 是 1957—2007 年潮州市日降水量 ≥ 50 mm 的天数随年和月的分布。从中可见,潮州月暴雨天数在 0~6 d 之间,暴雨日数较大的月份主要分布在 4—9 月,其中 6 月最易出现暴雨,51 a 来暴雨日数共出现 78 d,12 月和 1 月最不易发生暴雨,51 a 各发生 1 次。另外,发生暴雨的月份具有明显的“扩张”性:1980 年代以前,暴雨的发生主要集中在 3—10 月,尤其是 1960 年代主要集中在 5—8 月;1980 年代后开始向 1—3 月“扩张”,这可能说明在全球气候变暖的条件下,潮州市的暴雨气候事件的发生有提前的趋势。

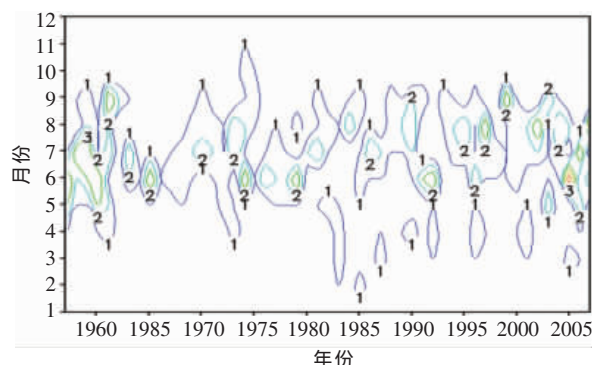


图 4 1957—2007 年潮州市暴雨日数随月份和年份的分布

从 1957—2007 年潮州市暴雨日数时间序列图上

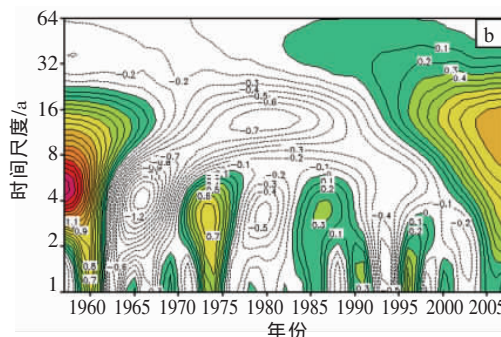
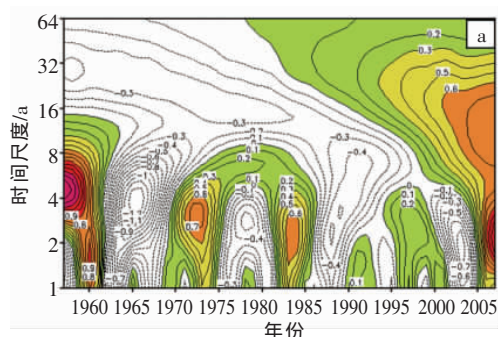


图 6 潮州年降水量(a)、年暴雨日数(b)的小波变换等值线图

阴影部分表示小波变换系数的正值区

4.2 暴雨日数多时间尺度特征

潮州市年暴雨日数存在明显的 3~5 a 和 10~15 a 特征时间尺度的周期震荡(图 6b)。3~5 a 特征时间尺

可见(图 5),近 51 a 潮州市暴雨日数无明显增加趋势,其一元回归系数值为 0.0062。年暴雨日数最多为 14 d,出现在 1961 年,最少仅 1 d,出现在 1966 年。5 a 滑动平均曲线表明,年暴雨日数自 1960 年代后期开始在波动中略有上升,且暴雨日数年际变化特征较明显。

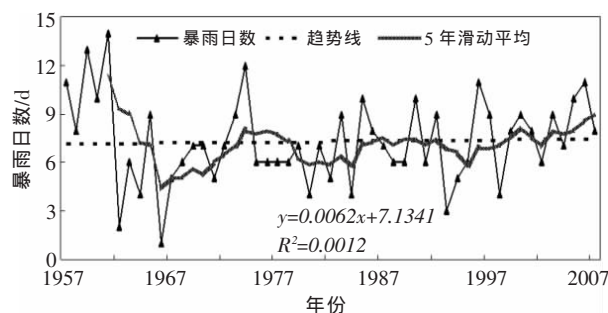


图 5 1957—2007 年潮州市暴雨日数时间序列变化图

4 降水的多时间尺度特征

4.1 年降水量的多时间尺度特征

图 6a 是潮州近 51 a 降水序列标准化值的墨西哥帽小波变换系数等值线图。从图中可见,潮州年降水量在 2~5 a 和 12~32 a 两个时间尺度的震荡特征比较明显。在 2~5 a 时间尺度上,干湿季之间转换频繁,51 a 主要经历了 5 次相对湿期和 4 次相对干期;在 12~32 a 时间尺度上,降水量主要表现为干—湿 2 个阶段,1980 年代中期以前为相对干期,表现为 24~32 a 尺度,1980 年代中期后处于相对湿期,表现为 12~24 a 尺度。从小波方差所反映的波动能量随时间尺度的分布来看(图略),潮州市年降水量存在两个明显峰值,分别对应 3.5 a 和 18.4 a 时间尺度,尤其以 3.5 a 时间尺度最为显著,说明 3.5 a 时间尺度的周期振荡最强。另外,从图 6a 中还可看出,无论 2~5 a 还是 12~32 a 时间尺度上,2009—2010 年小波系数均处于正值中心,说明潮州正处于降水丰沛期。

较大时间尺度的多—少—多更替,1960年代中期以前为暴雨多发期,1960年代后期至1990年代中期处于暴雨少发期,1990年代后期至2007年为暴雨多发期。此外,图中存在2个最强的振动中心,分别是1962年以前的正等值中心和1962—1968年的负等值中心,对应4~6 a时间尺度,说明4~6 a时间尺度振荡最显著出现在1950—1960年代。从小波方差所反映的震动强度看(图略),潮州市年暴雨日数主要存在1.3 a、4.6 a、12.1 a时间尺度,其中4.6 a尺度最为显著,12.1 a次之。

4.3 暴雨日数与降水量的尺度变化关系

上述分析表明,整个时间域上,降水量和暴雨日数都有较好的对应关系,降水量偏多的年份,暴雨日数也偏多,反之亦然。为了进一步对比分析不同时间尺度上降水和暴雨日数之间的关系,利用小波逆变换,选取主要时间尺度,分析潮州市降水与暴雨日数变化在不同尺度上的对应特征。图7为不同时间尺度下降水和暴雨日数的变化趋势。

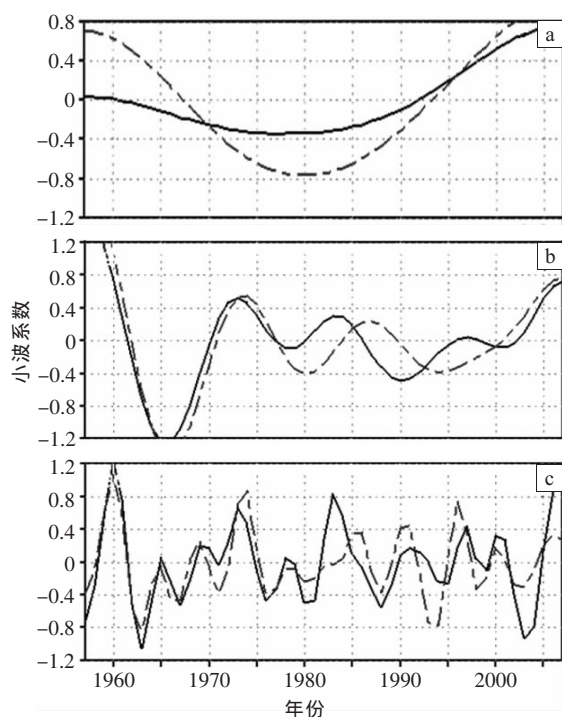


图7 时间尺度为20 a (a)、12 a (b)、4 a (c)的年降水量(实线)和年暴雨日数(虚线)的变化趋势

从图7中可见,降水量和暴雨日数变化位相大致相同,但不同尺度和时段这种对应特征略有不同。大尺度下(图7a),1990年代以前,暴雨日数的位相超前于降水量位相大致10 a左右,1990年代后两者位相基本重叠;12 a尺度(图7b)和4 a尺度(图7c)具有类似特征,1980年之前,降水量和暴雨日数的位相几乎重叠,1980年后,两者的对应同步性出现一定差异。4 a尺度下1990年代期间暴雨日数小波系数波动幅度大

于降水,说明1990年代降水量的波动相对暴雨日数而言稳定性更好。

5 结论

(1)潮州年平均降水量为1 710.4 mm,汛期降水量占全年降水量的82.7%,且后汛期降水多于前汛期;近51 a来,前汛期降水量对全年雨量的贡献在下降,而后汛期的贡献在增加;1957—2007年潮州市年降水量总体呈波动中上升趋势,降水倾向率为 $22.3 \text{ mm} \cdot (10 \text{ a})^{-1}$ 。第1季度和3季度降水有增加趋势,第2季度和4季度降水有减少趋势。

(2)潮州汛期开始月份及汛期降水强弱的年际变化明显,入汛最早为2月,最晚为6月;汛期结束月份年际变化不显著。降水偏多异常,各月差别不大,偏少异常各月差别很大,5月最易发生降水偏少异常,4—8月最易发生降水异常。

(3)潮州月暴雨天数为0~6 d,暴雨日数较大的月份在4—9月,其中6月最易发生暴雨,12月和1月最不易发生暴雨。潮州市暴雨气候事件发生有提前趋势,但近51 a暴雨日数总体上无明显增加趋势。

(4)潮州年降水量存在3.5 a、18.4 a两个明显的特征时间尺度,其中3.5 a时间尺度最显著。潮州市暴雨日数主要存在1.3 a、4.6 a和12.1 a的特征时间尺度,其中4.6 a时间尺度最显著。

(5)整个时间域上,降水量和暴雨日数都有较好的对应关系,降水量偏多年份,暴雨日数也偏多;反之亦然。不同尺度和时段这种对应特征略有不同。

参考文献:

- [1] 《广东气象》编辑部. 气候变化2007:气候变化影响、适应和脆弱性——IPCC第2工作组第四次评估报告主要结论介绍[J]. 广东气象, 2007, 29(2): 1-4.
- [2] 林爱兰, 吴尚森. 近40年华南汛期旱涝变化趋势预测[J]. 热带气象学报, 1996, 12: 160-166.
- [3] 陈孟琼, 刘良玖, 黄骏. 张家界市近四十多年来强降水统计分析[J]. 暴雨灾害, 2008, 27(2): 160-165.
- [4] 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, 2008, 27(2): 253-257.
- [5] 彭丽英, 王谦谦, 马慧. 华南前汛期暴雨气候特征的研究[J]. 南京气象学院学报, 2006, 29(2): 249-253.
- [6] 马慧, 王谦谦, 陈桢华. 华南前汛期降水异常的时空变化特征[J]. 高原气象, 2006, 25(2): 325-329.
- [7] 纪忠萍, 熊亚丽, 谷德军, 等. 广东汛期开始日期的年际和年代际变化研究[J]. 大气科学, 2005, 29(2): 292-293.
- [8] 陈特固, 曾侠, 张江勇, 等. 全球变暖背景下的广东省降水量及早、涝变化趋势[J]. 广东气象, 2007, 29(1): 5-10.
- [9] 李春晖, 梁建茵, 吴尚森. 近百年广州汛期降水变化特征及其影响因

- 子[J].热带气象学报,2004,20(4):365-374.
- [10] 罗碧瑜,陈映强,贺汉清,等.梅州近50年气候变化特征及未来变化趋势[J].气象科技,2008,36(3):289-292.
- [11] 林良勋.广东省天气预报技术手册[M].北京:气象出版社,2006:9-20.
- [12] 邓立平,王谦谦.华南前汛期(4—6月)降水异常特征及其与我国近海海温的关系[J].热带气象学报,2002,18(1):45-55.
- [13] 胡昌华,李国华,刘涛,等.基于MATLAB 6.x的系统分析与设计—小波分析[M].西安:西安电子科技大学出版社,2004:1-18.
- [14] 魏凤英.现代气候统计诊断预测技术[M].北京:气象出版社,1999:106-113.
- [15] 林振山,邓自旺.子波气候诊断技术的研究[M].北京:气象出版社,1999:174-180.
- [16] 刘德,李永华,何卷雄.重庆市夏季气温及降水变化的小波分析[J].高原气象,2003,22(2):173-178.
- [17] 汤海燕.广东省近40年来气候变化初探[J].广东气象,2003(1):37-39.
- [18] 王咏梅,任福民,李维京,等.中国台风降水的气候特征[J].热带气象学报,2008,24(3):233-238.

The Analysis of Variation Precipitation and Number of Rainstorm in Chaozhou in the past 51 years

LING Liang-xin¹, YUAN Zhen², CHEN Wang-xi¹, LIN Xin-jie¹

(1.Chaozhou Meteorological Bureau of Guangdong Province, Chaozhou 521021;

2.Meteorological Center of Air Traffic Management Bureau of SW CAAC, Chengdu 610202)

Abstract: According to the daily rainfall data from 1957 to 2007 in Chaozhou, the climate features of precipitation and rainstorm yearly and seasonally were statistically analyzed, and based on the Mexican Hat Function (MHF) wavelet analysis, multiple temporal scale feature were analyzed for yearly precipitation and days with rainstorm. The results show that (1) the yearly precipitation has the trend of escalation in Chaozhou. The contribution of precipitation in the early flood period is declining gradually in the past 51 years, but it is opposite in the later flood period. There are obvious inter-annual variations at the outset month of flood period, but it is not obvious in the end month of flood period. The precipitation is numerous unusually with a little difference among each month while the precipitation is not numerous unusually with a big difference among each month. It was usual to have abnormal precipitation from April to August. (2) The rainstorm mainly occurred in April-September, the number of days with rainstorm were not obvious increase in the trend. (3) There are 35a and 184 a main time scales of precipitation. Correspondingly, there are 4.6 a and 12.1 a main time scales of rainstorm. (4) From the entire time domain, the number of days with rainstorm and precipitation has a good corresponding relationship. However, this kind of corresponding characteristic is slightly different in the different time scales and period.

Key words: Precipitation; Days of heavy rain; Wavelet analysis; Inter-annual changes; inter-decadal changes; Chaozhou