

文章编号: 1674-9057 (2011) 02-0202-05

桂林市近50年降雨变化特征分析

赵华荣^{1,2}, 夏北成², 江学顶³

(1. 桂林理工大学 a. 广西环境工程与保护评价重点实验室; b. 环境科学与工程学院, 广西 桂林 541004;
2. 中山大学 环境科学与工程学院, 广州 510275; 3. 佛山科学技术学院, 广东 佛山 528000)

摘要: 利用桂林市1957—2007年月平均降雨资料, 采用线性回归、Morlet小波分析和Mann-Kendall突变分析3种方法, 分析了桂林市年降雨量、丰水期降雨量和枯水期降雨量的变化特征。用线性回归方法分析降雨量的增减变化趋势, 表明桂林市降雨在近50年呈增加趋势, 平均每10年增加19.9 mm; 通过Morlet小波分析降雨量的周期性变化规律, 显示桂林市降雨存在20~25、12~14、6~7和2~4年周期变化规律; 采用Mann-Kendall分析降雨突变性, 发现在20世纪60年代、80年代初和90年代初桂林市降雨存在明显的突变现象。桂林市近50年降雨量的以上变化特征是多种因素综合作用的结果。

关键词: 降雨变化; M-K突变分析; 小波分析; 桂林

中图分类号: P444

文献标志码: A

0 引言

气候变化是当前研究的热点问题, 20世纪后期人们开始关注造成气候变化的各种因素^[1]。如行星风、大气环流、洋流以及人类活动等对水资源和全球水循环在时间和空间上的影响^[2-5]。通过研究降雨、径流、蒸发量、温度和沉积物等的变化, 能基本反映所在地区的气候变化规律。

气候变化可对降雨产生直接的影响^[6]。目前我国关于地区性降雨变化规律的研究有: 张剑明等^[7]研究了长沙近50年来降雨的多时间尺度变化特征, 长沙降雨呈增加趋势, 降雨的变化存在突变现象; 缪驰远等^[8]对嫩江和哈尔滨夏季降雨规律进行了研究, 两地区夏季降雨均有增加的趋势; 谭宗琨等^[9]对广西涠洲岛近50年气候变化进行了分析, 该地区近50年来降雨呈增加趋势, 春季降雨呈减少趋势, 其他季节均呈增加趋势; 朱颖洁等^[10]对1958—2007年广西西江流域降水极值空间分布及其演变规律进行了研究, 发现绝大多数站年最大1、3、7 d降雨量有8、10、12年左右的周期; Zhang

等^[11]研究了中国1951—2005年降雨的时间和空间变化规律, 降雨存在明显的2~4和6~9年的周期变化, 降雨的变化在时间和空间分布不均, 在中国东北地区和珠江流域夏季降雨呈增加趋势, 而东南地区冬季降雨呈增加趋势。这些研究均能较好地反映地区气候变化特征。

桂林市地处我国西南边垂, 岭南山系西南部, 湘桂走廊南端, 经济欠发达, 城市化程度较低。研究桂林市的降雨有助于反映桂北地区气候变化特点。本文主要从以下3个方面对桂林市降雨变化进行探讨: 1) 桂林市近50年降雨量变化总体特征; 2) 桂林市降雨量变化与地区气候变化的关系; 3) 桂林市近50年降雨变化对地区防洪抗旱的启示。

1 数据和研究方法

1.1 数据

本文数据采用桂林市1957—2007年月平均降雨量(数据来自中国气象资料共享网)。年平均降雨量、丰水期降雨量和枯水期降雨量均通过了显

收稿日期: 2010-09-19

基金项目: 广西自然科学基金项目(桂科基0991026); 广西环境工程与保护评价重点实验室研究基金项目(桂科能0801Z020)

作者简介: 赵华荣(1971—), 男, 博士研究生, 讲师, 研究方向: 水资源与水环境, gutzhr@glite.edu.cn。

引文格式: 赵华荣, 夏北成, 江学顶. 桂林市近50年降雨变化特征分析[J]. 桂林理工大学学报, 2011, 31(2): 202-206.

著性为95%的正态分布检验。

1.2 研究方法

采用线性回归、Morlet小波分析和Mann-Kendall(M-K)分析3种方法对桂林市近50年降雨量进行分析。线性回归分析用于降雨量的总体变化趋势分析;小波分析用于降雨量变化的时域和频域分析;M-K分析用于研究降雨量的突变规律。

1.2.1 线性回归分析 降雨量变化的线性回归方法可表示为

$$P = at + b. \quad (1)$$

式中: P 为降雨量; t 为时间; b 为常数; a 为降雨变化趋势。当 $a > 0$ 时,表示降雨量呈增加趋势; $a < 0$ 时,表示降雨量呈减少趋势^[7,12]。

1.2.2 Morlet小波分析 气候数据时间序列通常表现为杂乱无章,但是其含有多种不同时间尺度的变化。利用小波变换调节、放大的功能可以了解序列在各层次的变化趋势^[12]。小波分析在时域和频域同时具有良好的局部性质,可以分析出时间序列周期变化的局部特征。它在分析时域和频域时并没有傅里叶变换和其他波谱方法对时间序列稳定性要求那么严^[3]。Morlet小波是复小波,可以用来进行周期分析,其实部和虚部相差 $\pi/2$,消除了实数形式小波变换系数模的振荡。小波模代表某一尺度成分的多少,小波实部可以用来判别信号不同时空尺度的结构及其突变点的位置^[13]。本文运用Morlet小波实部对桂林市降雨周期性变化规律进行研究。

1.2.3 Mann-Kendall突变分析 Mann-Kendall突变分析方法^[14]是一种非参数检验方法,其优点是不需要样本遵循一定的分布,也不受少数异常值的干扰^[7,11,15-16]。M-K分析对于突变事件是一种十分有效的分析方法^[17-19]。

2 结果

桂林市降雨量年内变化较明显,3~8月是降雨量较多的丰水期,降雨量占全年的80%左右,9月到次年2月为枯水期,降雨量占全年的20%左右^[20]。因此,本文将从年降雨量、丰水期降雨量和枯水期降雨量对桂林市降雨变化特征进行分析。

2.1 降雨趋势分析

根据式(1)对桂林市降雨进行趋势分析并从5年滑动平均值可以看出,桂林市1957—2007年年

降雨量总体呈增加趋势(图1a),其中出现局部年份的波动变化:1957—1964、1975—1986和2000年后年降雨呈减少趋势,1965—1974和1987—1999年年降雨量呈增加趋势;图1b与图1a的变化趋势基本一致,说明丰水期降雨量的变化对年降雨量的变化有直接的影响;从图1c中可以看出桂林市枯水期降雨量1957—1965、1977—1983、1991—1992和1997年后呈增加趋势,1966—1976、1984—1990和1993—1996年呈减少趋势。

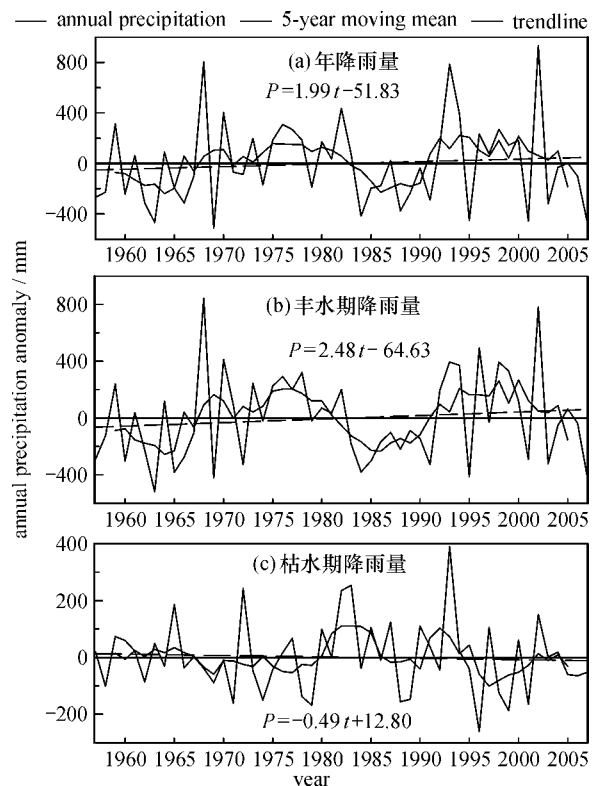


图1 桂林市1957—2007年降雨量变化
Fig. 1 Annual precipitation of Guilin from 1957 to 2007

总体上,桂林市1957—2007年年降雨量呈增加趋势,平均每10年增加19.9 mm。其中丰水期降雨量也呈增长趋势,平均每10年增加24.8 mm;枯水期降雨量呈减少趋势,平均每10年减少4.9 mm。联合国政府间气候变化专门委员(IPCC)研究认为全球平均降雨量呈增加趋势,北半球中高纬度地区冬季降雨呈增加趋势,而在低纬度地区则是降雨量增加和减少的地区并存^[21]。任国玉^[22]研究发现珠江流域1956—2002年间冬季、春季和夏季降雨量呈增加趋势而秋季降雨呈减少趋势。桂林市近50年的降雨变化规律与上述研究结果基本一致。

2.2 Morlet 小波分析

图 2 为桂林市降雨量 Morlet 小波变换实部等值线图, 其中正值为实线, 负值为虚线, 可以看出在 1957—2007 年间, 桂林市降雨量存在明显的年代际变化。年降雨量和丰水期降雨量大体上可以分为 20~25、12~14、6~7 和 2~4 年周期变化规律。枯水期降雨量存在 32~35、8~12 和 2~4 年周期变化规律。

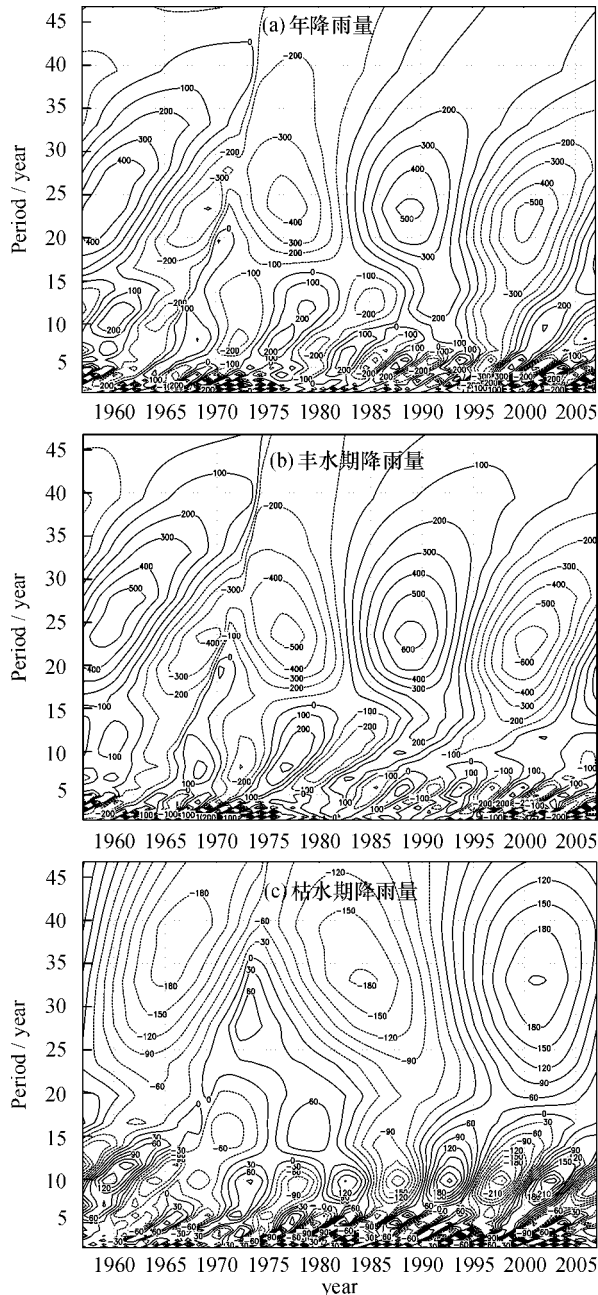


图 2 桂林市 1957—2007 年降雨量 Morlet 小波系数实部等值线图

Fig. 2 Real part contour map of Morlet wavelet coefficient of precipitation of Guilin from 1957 to 2007

对于年降雨量和丰水期降雨量, 20~25 年振荡周期具有全域性, 周期规律处于较稳定状态。在 1957—2007 年间出现降雨减少和增加的交替振荡。1957—1962、1982—1994 以及 2005 年以后出现降雨减少的趋势; 而 1963—1981 和 1995—2004 年出现降雨增加的趋势。12~14 年振荡周期在 1977—1992 年表现较明显; 6~7 年振荡周期在 1968—1983 年表现较明显; 2~4 年振荡周期通过放大到 10 年尺度观察具有全域性。年降雨量和丰水期降雨量目前正处于减少时期。

对于枯水期降雨量, 32~35 年振荡周期具有全域性, 周期规律呈减少趋势, 1957—1968 和 1979—1992 年枯水期降雨量呈减少趋势; 1967—1978 和 1993 以后呈增加趋势。8~12 年振荡周期在 1971 年以后表现较明显; 2~4 年的振荡周期通过放大到 10 年尺度观察不具有全域性。枯水期降雨量目前正处于增加时期。

黄荣辉研究认为我国华南地区夏季降雨具有 2~3 年的周期特征, 并与东亚上空夏季风水汽输送量的准两年周期振荡密切相关^[23]。桂林市年降雨量和丰水期降雨量 2~4 年的振荡周期与之相吻合, 说明该事件对桂林市的降雨有明显影响。

2.3 M-K 突变分析

通过 M-K 突变分析, 可以得到图 3 所示的结果, 其中有顺序统计量曲线 (UF)、逆序统计量曲线 (UB) 和 95% 置信区间的两条临界线 (± 1.96)。M-K 统计量大部分位于 95% 置信区间内。根据图 3a 可以看出桂林市年降雨量在 1957—1967、1984—1993 和 2002 年以后呈减少趋势; 1968—1983 和 1994—2001 年呈增加趋势。桂林市丰水期降雨量 M-K 趋势与年降雨量趋势相似。桂林市枯水期降雨量 M-K 变化趋势则表现较为复杂。其降雨量增加和减少的趋势与丰水期正好相反, 这与南海夏季风暴存在明显的年际变化特征相关^[24], 由于南海夏季风暴的提前或推迟, 造成桂林市丰水期的提前或滞后, 最终通过丰水期和枯水期降雨量变化上表现出来。枯水期降雨量突变点较多, 但对年降雨量的突变规律起不到控制作用。

在图 3a 可以发现在 1964 年左右 UF 和 UB 相交, 在 20 世纪 80 年代初和 90 年代初 UF 和 UB 分别超过 95% 信度区间的上限值和下限值, 表明桂

桂林市降雨量在这些年份出现了突变。从图3b中可见丰水期降雨量变化规律与年平均降雨量变化规律基本相似。由图3c可看出桂林市枯水期降雨量突变点比较多。黄荣辉^[25]和Zhang^[11,15]等的研究均发现我国在20世纪60年代和70年代末气候发生过一次较大的突变。这与桂林市降雨突变过程基本吻合。

图3a和图3b中UF线大部分都大于零,表明桂林市1957—2007年年降雨量和丰水期降雨量呈增加趋势,图3c UF和UB线大部分都小于零,表明桂林市1957—2007年枯水期降雨呈减少趋势。该结果与桂林市降雨趋势分析结果(图1)一致。

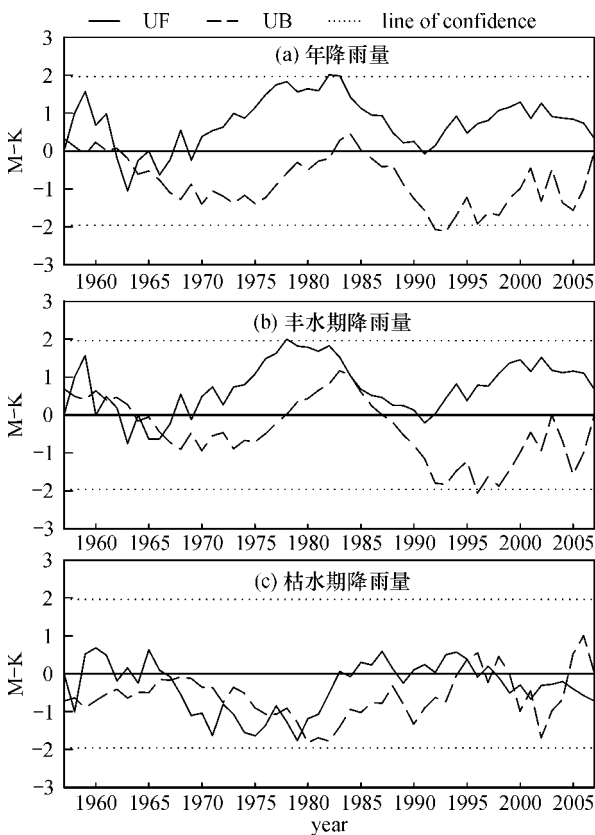


图3 桂林市1957—2007年降雨量M-K曲线图

Fig.3 Precipitation Mann-Kendall test of Guilin from 1957 to 2007

对于气候突变的检测还很不完善,除了M-K检验外,常用的方法还有滑动 T 检验、克拉默法(Cramer)、山本法(Yamamoto)、佩蒂特法(Pettitt)、勒帕热法(Le Page)和BG分割法(Bernola-Galvan)等方法^[12]。为了验证M-K法结果,本文还采用了滑动 T 检验进行检测。结果表明,滑动 T 检验对超过95%信度区间的点与M-K检验一致,而对于UF和UB相交的突变时间点滑动

T 检验反映不出来。这与每一种检验方法所依据的数学基础和物理意义有关。

3 结论与讨论

线性回归分析、Morlet小波分析和Mann-Kendall突变分析均能较好反映桂林市1957—2007年降雨量的变化特征,但3种方法均难全面地反映降雨量的变化特征。通过上述3种方法综合分析,可以得出如下结论:

(1) 桂林市1957—2007年降雨量总体呈增加趋势,但枯水期降雨量呈减少趋势,从而进一步增大了桂林市降雨量年内分配不均的趋势,造成丰水期灾害性降雨的增加,枯水期干旱天气的增多。这对桂林市防洪抗旱、旅游开发等工作提出了更高要求。

(2) 桂林市年降雨量和丰水期降雨量存在20~25、12~14、6~7和2~4年周期变化规律;枯水期降雨量存在32~35、8~12和2~4年周期变化规律。目前桂林市年降雨量正处于相对减少期,对地区防洪工作有利。可利用这段时期维修或兴修水利设施。

(3) 通过M-K突变分析20世纪60年代、80年代初和90年代初桂林市曾出现降雨突变,其他年份年降雨量和丰水期降雨量均属正常变化。枯水期降雨量的变化却多次出现突变,但对桂林市年降雨量并不起主导作用。

全球或地区降雨变化影响因素是多种多样的,桂林市降雨量的变化也不例外。桂林市降雨变化影响因素宏观上有行星波、El Nino、东亚季风系统、南海夏季风、青藏高原积雪以及菲律宾对流等因素^[26];微观方面则有青狮潭水库的建设(修建于20世纪60年代)、漓江流域植被的破坏和减少、桂林地区的喀斯特地貌以及桂林市城市规模的扩大等因素。对地区降雨变化的研究不能仅从某一种或某几种因素进行分析。如El Nino的影响在1987—1988和1997—1998年比较强烈,但它并没有对桂林市的年降雨量产生明显的影响。因此,对桂林市降雨的研究需要考虑多种因素的综合作用,其成因机理则涉及大气科学、环境科学、生态学、水文学和地球科学等多学科,有待于进一步开展多学科综合研究。

参考文献:

- [1] Tonkaz T, Cetin M, Tulucu K. The impact of water resources development projects on water vapor pressure trends in a semi-arid region, Turkey [J]. Climatic Change, 2007, 82 (1-2): 195-209.
- [2] Mirza M M. Global warming and changes in the probability of occurrence of floods in Bangladesh and implications [J]. Global Environmental Change, 2002, 12 (2): 127-138.
- [3] Zhang Q, Liu C L, Xu C Y, et al. Observed trends of annual maximum water level and streamflow during past 130 years in the Yangtze River basin, China [J]. Journal of Hydrology, 2006, 324 (1-4): 255-265.
- [4] 黄荣辉, 顾雷, 陈际龙, 等. 东亚季风系统的时空变化及其对我国气候异常影响的最近研究进展 [J]. 大气科学, 2008, 32 (4): 691-719.
- [5] 陈文, 顾雷, 魏科, 等. 东亚季风系统的动力过程和准定常行星波活动的研究进展 [J]. 大气科学, 2008, 32 (4): 950-966.
- [6] 黄荣辉, 蔡榕硕, 陈际龙, 等. 我国旱涝气候灾害的年代际变化及其与东亚气候系统变化的关系 [J]. 大气科学, 2006, 30 (5): 730-743.
- [7] 张剑明, 黎祖贤, 章新平. 长沙近 50 年来降水的多时间尺度分析 [J]. 水文, 2007, 27 (6): 78-80.
- [8] 缪驰远, 魏欣, 孙雷, 等. 嫩江、哈尔滨两地 48 年来夏季降雨特征分析 [J]. 资源科学, 2007, 29 (6): 25-31.
- [9] 谭宗琨, 欧钊荣, 何鹏. 原生态环境下广西涠洲岛近 50 年气候变率的分析 [J]. 自然资源学报, 2008, 23 (4): 589-599.
- [10] 朱颖洁, 郭纯青, 黄夏坤. 广西西江流域降水极值空间分布及其演变规律 [J]. 桂林理工大学学报, 2010, 30 (4): 380-386.
- [11] Zhang Q, Xu C Y, Zhang Z, et al. Spatial and temporal variability of precipitation over China, 1951-2005 [J]. Theoretical and Applied Climatology, 2009, 95 (1-2): 53-68.
- [12] 魏凤英. 现代气候统计诊断与预测技术 [M]. 北京: 气象出版社, 2007.
- [13] 江学顶. 珠江三角洲城市群热环境及其效应的时空特征研究 [D]. 广州: 中山大学, 2007.
- [14] Mann H B. Nonparametric tests against trend [J]. Econometrica, 1945, 13 (3): 245-259.
- [15] Zhang Q, Xu C Y, Zhang Z, et al. Climate change or variability? The case of Yellow river as indicated by extreme maximum and minimum air temperature during 1960-2004 [J]. Theoretical and Applied Climatology, 2008, 93 (1-2): 35-43.
- [16] Zhang Y J, Kang S C, Qin D H, et al. Changes in annual accumulation retrieved from Geladaindong ice core and its relationship to atmospheric circulation over the Tibetan Plateau [J]. Chinese Science Bulletin, 2007, 52 (23): 3261-3266.
- [17] Kadioglu M. Trends in surface air temperature data over Turkey [J]. International Journal of Climatology, 1997, 17 (5): 511-520.
- [18] Hao X M, Chen Y N, Li W H. Impact of anthropogenic activities on the hydrologic characters of the mainstream of the Tarim River in Xinjiang during the past 50 years [J]. Environmental Geology, 2009, 57 (2): 435-445.
- [19] 符淙斌, 王强. 气候突变的定义和检测方法 [J]. 大气科学, 1992, 16 (4): 482-493.
- [20] 缪钟灵. 漓江上游枯水成因及补水措施 [J]. 桂林工学院学报, 1995, 15 (2): 181-189.
- [21] 丁一汇, 任国玉. 中国气候变化科学概论 [M]. 北京: 气象出版社, 2008.
- [22] 任国玉. 气候变化与中国水资源 [M]. 北京: 气象出版社, 2007.
- [23] 黄荣辉, 陈际龙, 黄刚, 等. 中国东部夏季降水的准两年周期振荡及其成因 [J]. 大气科学, 2006, 30 (4): 545-560.
- [24] 温之平, 黄荣辉, 贺海晏, 等. 中高纬大气环流异常和低纬 30~60 天低频对流活动对南海夏季风爆发的影响 [J]. 大气科学, 2006, 30 (5): 952-964.
- [25] 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化趋势 [J]. 高原气象, 1999, 18 (4): 465-476.
- [26] 黄荣辉. 我国重大气候灾害的形成机理和预测理论研究 [J]. 地球科学进展, 2006, 21 (6): 564-575.

Characteristics of Precipitation Change in Guilin Last 50 Years

ZHAO Hua-rong^{1,2}, XIA Bei-cheng², JIANG Xue-ding³

(1. a. Guangxi Key Laboratory of Environmental Engineering, Protection and Assessment; b. College of Environmental Science and Engineering, Guilin University of Technology, Guilin 541004, China; 2. School of Environmental and Engineering, Sun Yat-Sen University, Guangzhou 510275, China; 3. Foshan University, Foshan 528000, China)

Abstract: Annual, wet season and dry season precipitation records, from 1957 to 2007 in Guilin are analyzed by the linear regressive method, the Morlet wavelet transform method and the Mann-Kendall trend test. The linear regressive method is used to analyse the precipitation changes. Increasing tendency of precipitation is found in Guilin in last 50 years, with 19.9 mm precipitation increase every 10 years. The Morlet wavelet transform method is used to explore the periodicity of precipitation changes. It indicates that the 20-25, 12-14, 6-7 and 2-4 year are the major period components. The Mann-Kendall is used to detect the abrupt precipitation changes. The results show that an abrupt precipitation happened during 1960s, 1980s and 1990s. The changes of precipitation in Guilin are caused by multi-factors.

Key words: precipitation change; abrupt change analysis; wavelet analysis; Guilin