

贵州省1960-2014年降水量时空变化特征分析

彭菊, 周秋文, 韦小茶, 唐欣, 梁建方, 闵思艳

(贵州师范大学地理与环境科学学院, 贵州 贵阳 550001)

摘要: 基于贵州省1960-2014年19个气象站点的降水观测数据,采用一元线性回归拟合、累计距平、Mann-Kendall突变检验等方法,分析贵州省55年的年、最大月降水量的时空变化规律。结果表明:贵州省1960-2014年年均降水量总体呈南多北少的空间分布格局,以 $-17.815\text{ mm}/10\text{a}$ 的变化率在逐年减少,自20世纪80年代以来变化尤其不稳定;岩溶槽谷降水量的增加趋势明显,而岩溶盆地下降趋势明显,岩溶峡谷、岩溶槽谷和非喀斯特区在近年来的降水量较不稳定;贵州省降水受地形地貌和季风的影响显著,逐年明显的极端气候对农作物的生长和社会经济发展存在不利影响。研究结果对贵州省短期气候预测、制定旱涝灾害预警机制和合理利用水资源等具有重要意义。

关键词: 降水量; 最大月降水量; 岩溶地貌单元; 时空变化; M-K突变检验; 贵州省

中图分类号: P468.0⁺24

文献标识码: A

文章编号: 1672-643X(2019)05-0148-07

Spatial and temporal variation characteristics of precipitation in Guizhou Province from 1960 to 2014

PENG Ju, ZHOU Qiuwen, WEI Xiaocha, TANG Xin, LIANG Jianfang, MIN Siyan

(School of Geography and Environmental Science, Guizhou Normal University, Guiyang 550001, China)

Abstract: Based on the monthly precipitation data of 19 meteorological stations in Guizhou Province from 1960 to 2014, the spatial and temporal variation characteristics of annual precipitation and maximum monthly precipitation for 55 years were analyzed by means of linear regression fitting, cumulative anomaly and Mann-Kendall mutation test. The results indicated that: the annual precipitation in the south was less than the north in Guizhou Province from 1960 to 2014, and with a rate of $-17.815\text{ mm}/10\text{a}$ decreasing. The change has been particularly unstable since the 1980s. The precipitation in the karst trough has increased significantly from 1960 to 2014, while the karst basin has a declining trend. The karst gorge, karst trough and non-karst areas have been unstable in recent years. Precipitation was significantly affected by complex karst landforms and monsoons. The obvious extreme drought and flood climate will have an adverse impact on crop growth and socio-economic development. The results are of great significance for the research on key issues of water-saving agriculture such as short-term climate prediction and the formulation of drought and flood disaster warning.

Key words: precipitation; maximum monthly precipitation; karst geomorphic unit; temporal and spatial variation; M-K abrupt change test; Guizhou Province

1 研究背景

在全球气候变化背景下,极端旱涝等自然灾害频繁发生^[1-3]。降水是地球水循环的重要环节,降水量及其过程的掌握,对人类认识大气循环和水循

环过程,以及农业生产和整个国民经济发展都起着至关重要的作用^[4-6]。

随着航天和遥感技术的发展,高时空分辨率的卫星降水反演数据解决了气象观测站点空间代表性不足的问题,并且弥补了偏远地区站点观测数据较

收稿日期:2018-10-12; 修回日期:2019-04-04

基金项目:国家自然科学基金项目(41761003);贵州省基础研究计划项目(黔科合基础[2019]1433、[2017]1195);贵州省本科教学工程建设项目(2016DC3)

作者简介:彭菊(1995-),女,贵州贞丰人,本科生,研究方向为生态水文与遥感水文。

通讯作者:周秋文(1986-),男,广西桂林人,教授,博士,主要从事喀斯特生态水文研究。

少的缺陷^[7-10]。目前,许多学者对降水特征开展大量研究,并取得众多显著成果^[11-12]; Narisma 等^[13]用小波分析法分析研究全球20世纪降水的区域突变;胡乃发等^[14]采用小波分析方法,对1959-2006年长白山地区降水序列进行多时间尺度分析,发现长白山地区植被生长季降水量存在3~6 a、10~13 a、24~30 a的特征周期,年降水量序列呈现整体下降趋势;杨雨蒙等^[15]对TRMM卫星降雨数据在湖南省的精度和可靠性进行评定。

贵州省属于亚热带高原季风湿润气候,省内大部分地区降水充沛,但时空分布不均^[16-17]。近年来,贵州省干旱和洪水灾害频繁,并且有恶化的趋势,对该区的土壤侵蚀、生态系统生产力、土地利用/覆被等方面具有较大影响,严重制约了贵州省社会经济发展^[18-19]。因此,研究贵州省降水变化趋势和突变规律,对了解该区气候变化特征、合理利用和配置水资源、防御旱涝等具有重要的现实意义^[20-22]。

近年来,学者针对贵州省降水量变化开展研究。例如,李腹广等^[23]对黔西南近30年降水时空变化特征进行分析,发现黔西南州年降水存在多时间尺度特征;李春梅等^[24]对贵州麦岗水库小流域降水进行小波分析,基于49 a降水数据的分析结果表明,贵州省降水存在多时间尺度特征,周期振荡明显^[25]。徐建新等^[6]基于贵州省19个气象站点1960-2009年的月降水资料,分析了贵州省降水在不同时间尺度下的时空规律;张勇荣等^[26]分析了贵州省近55 a来的降水量、降水日数、降水强度的气候特征、变化趋势、空间分布和稳定性。

目前对贵州降水的大量研究中,针对贵州省不同地貌单元区、不同时间尺度降水序列进行趋势和突变特征分析的研究较少。因此,本文采用一元线

性回归拟合、累计距平、M-K突变检验法,以贵州19个气象站点1960-2014年的逐月降水量数据为基础,对贵州省及其不同地貌类型区近55年不同时间尺度的降水量进行趋势和突变特征分析,为掌握贵州省降水量变化规律及短期气候预测,以及制定旱涝灾害预警机制和合理利用和配置水资源等提供理论依据和科学技术支撑。

2 研究区概况

贵州省处于云贵高原的东斜坡(103°36'E~109°35'E,24°37'N~29°13'N),海拔梯度大、地貌条件复杂、生态环境极为脆弱^[17]。土地面积17.62×10⁴ km²,海拔约1 100 m,年均温14~16℃,最冷月均温3~6℃,最热月均温22~25℃,气温年差较小,年降水量1 000~1 300 mm,多集中于夏季。降雨不仅是该地区生态环境状况的主要影响因素,而且是导致该地区土壤侵蚀和石漠化的主要动力因素^[16]。区域内降水空间分布格局异常复杂,多年平均降水量大但空间分布差异显著,年内分布不均。贵州省地貌分区及气象站点分布如图1所示。

3 数据来源与研究方法

3.1 降水数据

降水数据来源于中国气象数据共享网(<http://data.cma.cn/>)提供的1960-2014年贵州省19个代表气象站点逐月降水资料,将各月降水量求和得到各年降水量。为能更全面地反映贵州降水量变化规律,分别对整个贵州省及其不同地貌区域进行年降水、最大月降水变化特征分析。各气象站点的名称、经纬度、观测场海拔高度及所在的地貌单元等信息如表1所示。

表1 各气象站点的名称、经纬度、观测场海拔高度及所在的地貌单元

空间参数	岩溶峡谷		峰丛洼地			岩溶高原				
	威宁	毕节	望谟	罗甸	独山	黔西	安顺	贵阳	遵义	
经度/(°)	104.17	105.17	106.05	106.46	107.33	106.01	105.54	106.44	106.50	
纬度/(°)	26.52	27.18	25.11	25.26	25.50	27.02	26.15	26.35	27.32	
海拔/m	2237.50	1510.60	566.80	440.30	1013.30	1231.40	1431.10	1223.80	974.10	
空间参数	岩溶槽谷			岩溶盆地			非喀斯特区			
	习水	桐梓	湄潭	思南	铜仁	兴义	盘县	凯里	三穗	榕江
经度/(°)	106.63	106.50	107.28	108.15	109.11	104.54	104.28	107.59	108.40	108.32
纬度/(°)	28.70	28.08	27.46	27.57	27.43	25.05	25.43	26.36	26.58	25.58
海拔/m	1021.50	972.00	792.20	416.80	282.70	1299.60	1800.00	720.30	626.90	285.70

3.2 研究方法

本研究中采用气候倾向率^[27-28]来描述年均降水量、最大月降水量的变化幅度。采用累计距平法反映研究区降水量长期的演变趋势,当累计距平曲线上升,表示距平值增加,气象要素处于偏高阶段;当累计距平值下降,则表示距平值减少,气象要素处于偏低阶段,当曲线出现明显的上下起伏时,可以诊断其为发生突变的大致时间。采用 Mann - Kendall (M - K)法对降水进行突变特征检验^[30-31],从而确定降水突变开始的时间和范围。

4 结果与分析

4.1 降水量空间分布特征

1960 - 2014 年贵州省年平均和最大月平均降水量空间分布如图 2 所示。由图 2 (a)可见,贵州近 55 年年均降水量存在空间差异,总体上呈现出南多北少的空间格局。其中,岩溶盆地、峰丛洼地的降水量相对较丰沛,岩溶高原降水则普遍较少。岩溶峡谷的北部降水稀缺,南部降水丰富;由图 2 (b)可见,贵州省西南部岩溶盆地地区的最大月平均降水量较高,其次为峰丛洼地、岩溶峡谷、非喀斯特地区、岩溶高原,最小的则是岩溶槽谷地区。

4.2 年均降水量变化趋势

1960 - 2014 年贵州省及各地貌单元区降水量年际变化趋势见图 3。由图 3 可看出,贵州省近 55 年来降水量呈现出逐年减少的趋势,变化倾向率为 -17.815 mm/10a。其中降水量最大值为 1967 年的 1 361.447 mm,最小值为 2011 年的 818.168 mm,多年平均值为 1 144.473 mm。20 世纪 60、70 年代

降水较丰沛,80 年代末至 90 年代初以及 2000 年以来的降水量相对较小。岩溶峡谷和岩溶槽谷年降水整体呈上升趋势,变化倾向率分别为 19.787 mm/10a、31.546 mm/10a;岩溶高原、峰丛洼地以及非喀斯特地区则呈现出逐年递减趋势,变化倾向率分别为 -26.753 mm/10a、-19.427 mm/10a 和 -8.536 mm/10a,岩溶盆地的降水量下降最明显,倾向率为 -42.972 mm/10a。

图 4 为 1960 - 2014 年贵州省及各地貌单元区降水的年际累计距平分析。由图 4 可看出,1960 - 2014 年贵州省降水累计距平大致出现 4 个变化阶段:1960 - 1986 年降水累计距平有明显的上升趋势,1986 - 1994 年出现下降趋势,1994 - 2000 年缓慢上升(岩溶峡谷区除外),在 2000 - 2014 年又逐渐减少。岩溶峡谷在 20 世纪 80 年代至 2007 年的降水累计距平呈明显下降趋势,后突然增加,尤其在近年来的降水量非常不稳定。

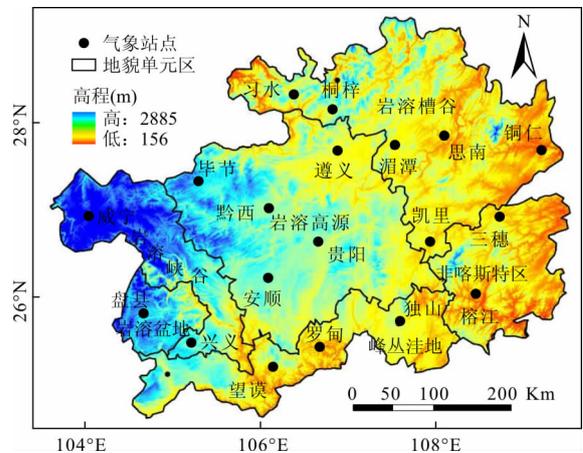
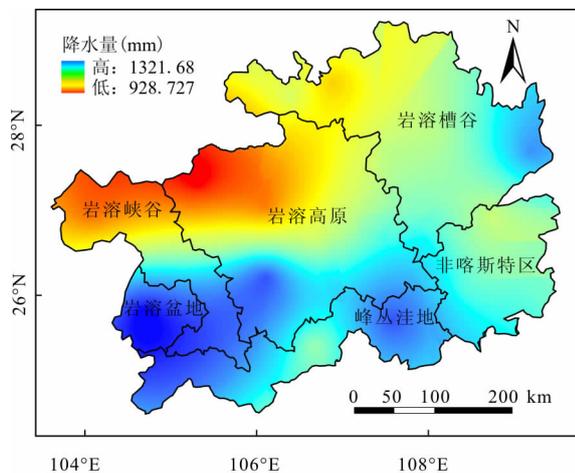
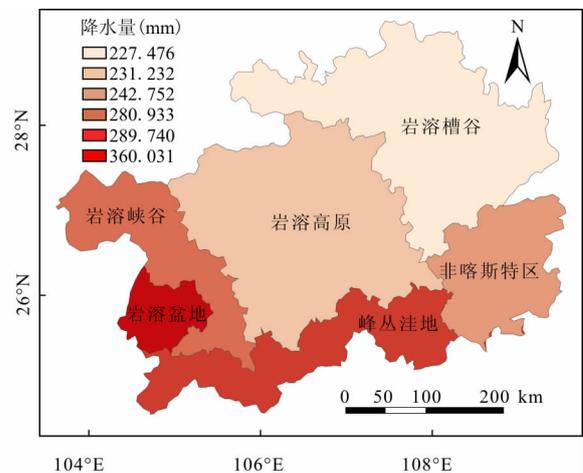


图 1 贵州省地貌分区及气象站点分布



(a) 年平均降水量



(b) 最大月平均降水量

图 2 1960 - 2014 年贵州省年平均和最大月平均降水量空间分布

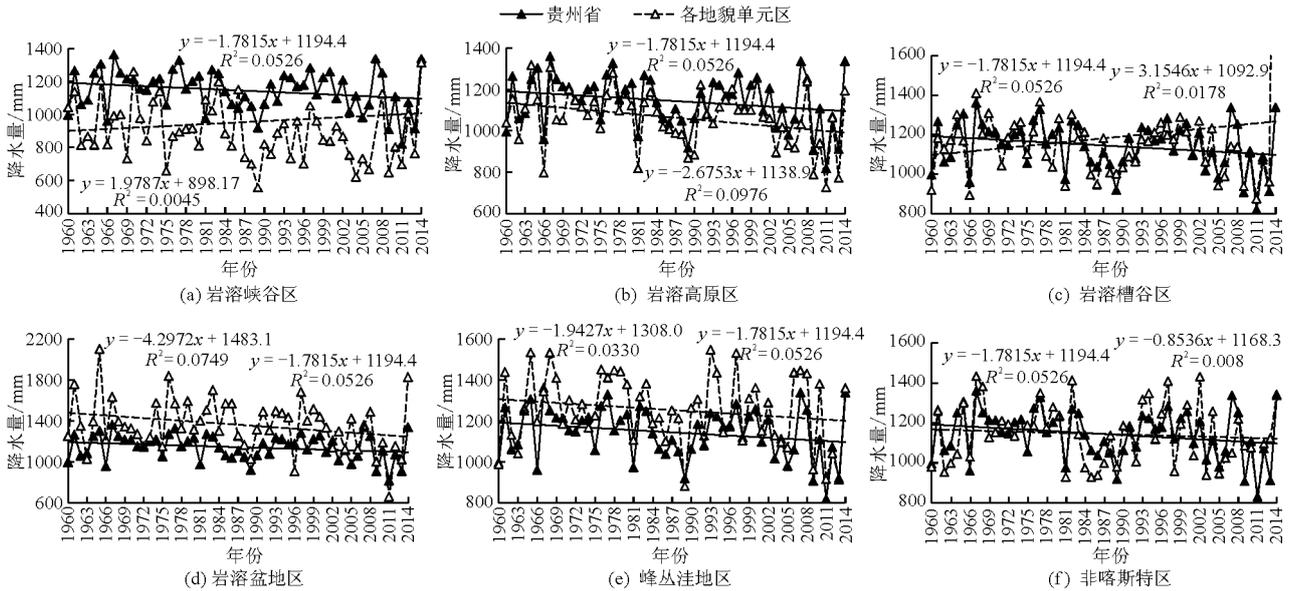


图3 1960-2014年贵州省及各地貌单元区降水量年际变化趋势

4.3 最大月降水量变化趋势

1960-2014年贵州省及各地貌单元区的最大月降水量变化趋势见图5。由图5可看出,贵州省月降水量最大值为1970年的321.579 mm,最小值为2013年的164.442 mm,平均值为241.771 mm,每年最大月降水值相差不大。最大月降水量倾向率为0.892 mm/10a。岩溶峡谷的最大月降水量增加趋势最为明显,倾向率为42.345 mm/10a。岩溶槽谷、峰丛洼地及非喀斯特地区分别为0.772、4.164 mm/10a和5.097 mm/10a。岩溶高原和岩溶盆地的

变化倾向率分别-4.967 mm/10a、-6.559 mm/10a。

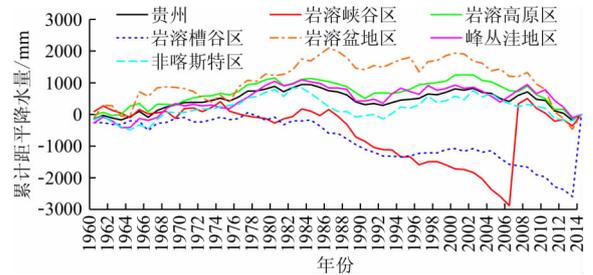


图4 1960-2014年贵州省及各地貌单元区降水量年际累计距平分析

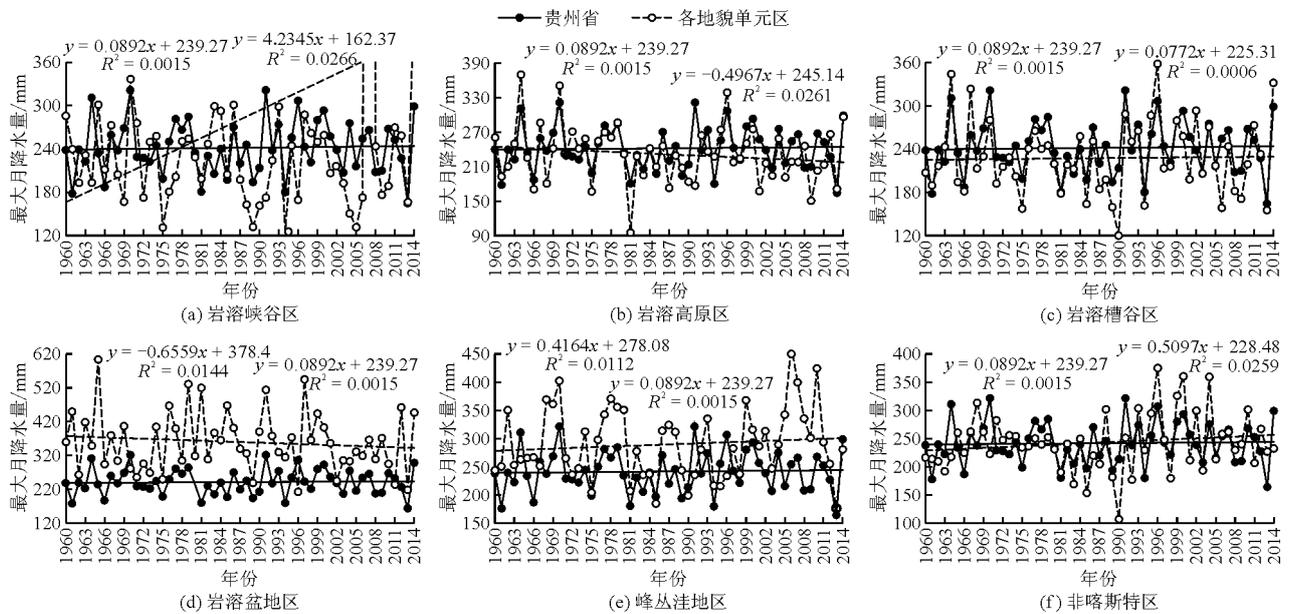


图5 1960-2014年贵州省及各地貌单元区的最大月降水量变化趋势

图6为1960-2014年贵州省及各地貌单元区最大月降水累计距平分析。由图6可看出,贵州省

最大月降水量累计距平变化幅度不大,1960-1990年总体上有下降趋势,1990-2014年呈缓慢上升趋势

势。从各地貌区来看,岩溶峡谷地区最大月降水累计距平在1960-2006年间呈显著下降趋势,在2007年出现一次显著变化,降水突然急剧增加,主要是因为岩溶峡谷威宁地区2007年5月大量降水而造成。其他5个地貌区在这55年间也出现多次波动但变化幅度不大,均无明显变化规律。

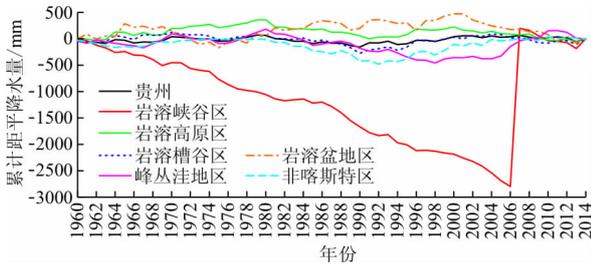


图6 1960-2014年贵州省及各地貌单元区最大月降水量累计距平分析

4.4 年均降水量突变检验

1960-2014年贵州省及各地貌单元区的年均降水量突变检验分析见图7。如图7所示,1960-1985年贵州省整体的年降水变化 UF 曲线大于0,降水处于增加趋势,1985-2014年 UF 值小于0,降水呈下降趋势。 UF 和 UB 曲线在1985、1992和2002年存在明显交点,且交点在临界线之间。结合年降水距平曲线,可确定在1985、1992和2002年降水量出现

突变。岩溶峡谷的 UF 和 UB 曲线在1984年存在交点,在此前 UF 曲线均是围绕0值线波动,起伏不大,1984年后 UF 值小于0,说明降水一直处于减少趋势。岩溶高原的突变点在2001年,此后降水也保持持续减少趋势。岩溶盆地只有2002年1个突变点,峰丛洼地的突变点为2008年,岩溶槽谷地区和非喀斯特地区均存在多个突变点。

4.5 最大月降水量突变检验

1960-2014年贵州省及各地貌单元区的最大月降水量突变检验见图8。如图8所示,1960-1995年贵州省整体的 UF 曲线围绕0值变化波动较大,1995-2014年 UF 值大于0,说明该阶段的最大月降水量处于增加趋势。贵州最大月降水 $UF-UB$ 曲线主要有1963、1966、1972、1975、1980、1985、1990、2008、2012年9个交点,交点较多说明贵州省近55年来的最大月降水量变化不稳定。从各地貌类型区分析可知,岩溶峡谷地区1960-2014年最大月降水序列的突变点是1984年,岩溶高原地区最大月降水序列的突变点为1980和1994年,峰丛洼地的突变点为1980和2001年,1968-1971年为该区突变明显期,非喀斯特地区的突变点主要有1980和1994年,1967-1975年为该区突变明显期,岩溶槽谷地区的突变点最多。

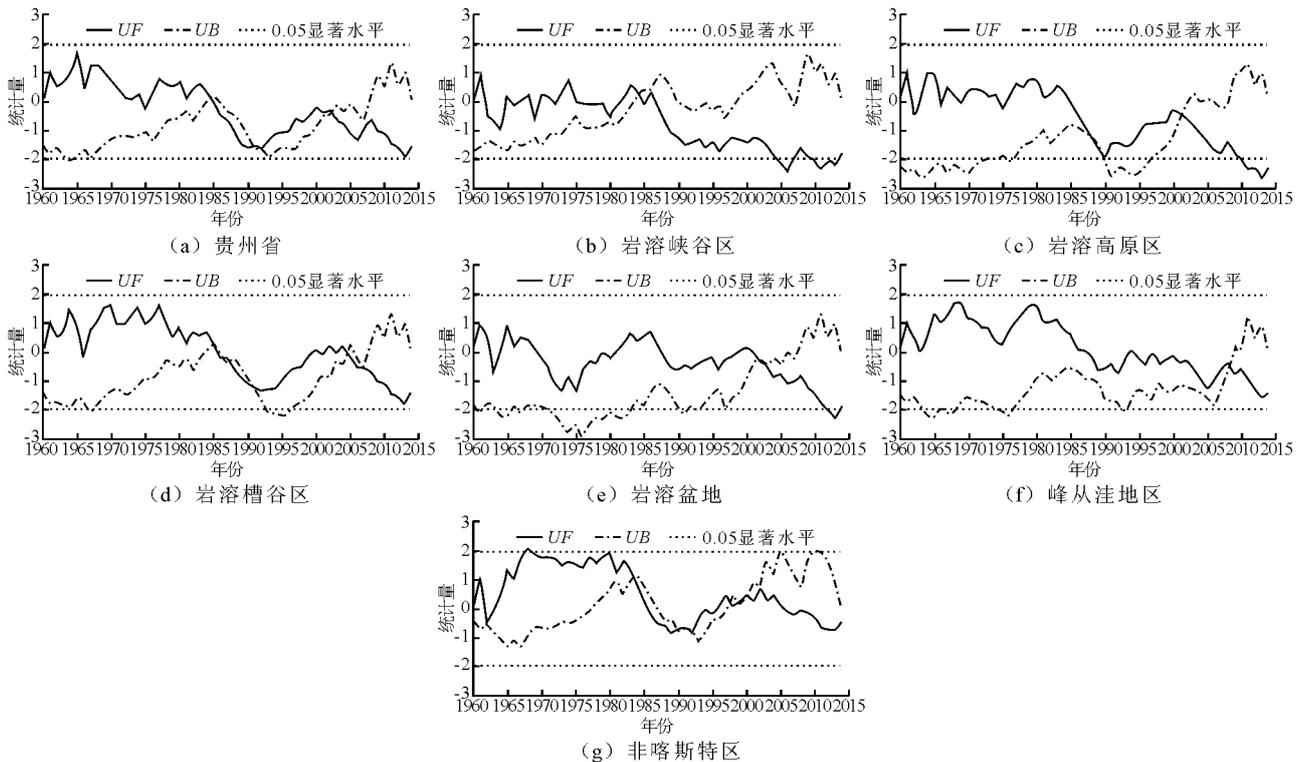


图7 1960-2014年贵州省及各地貌单元区的年均降水量突变检验分析

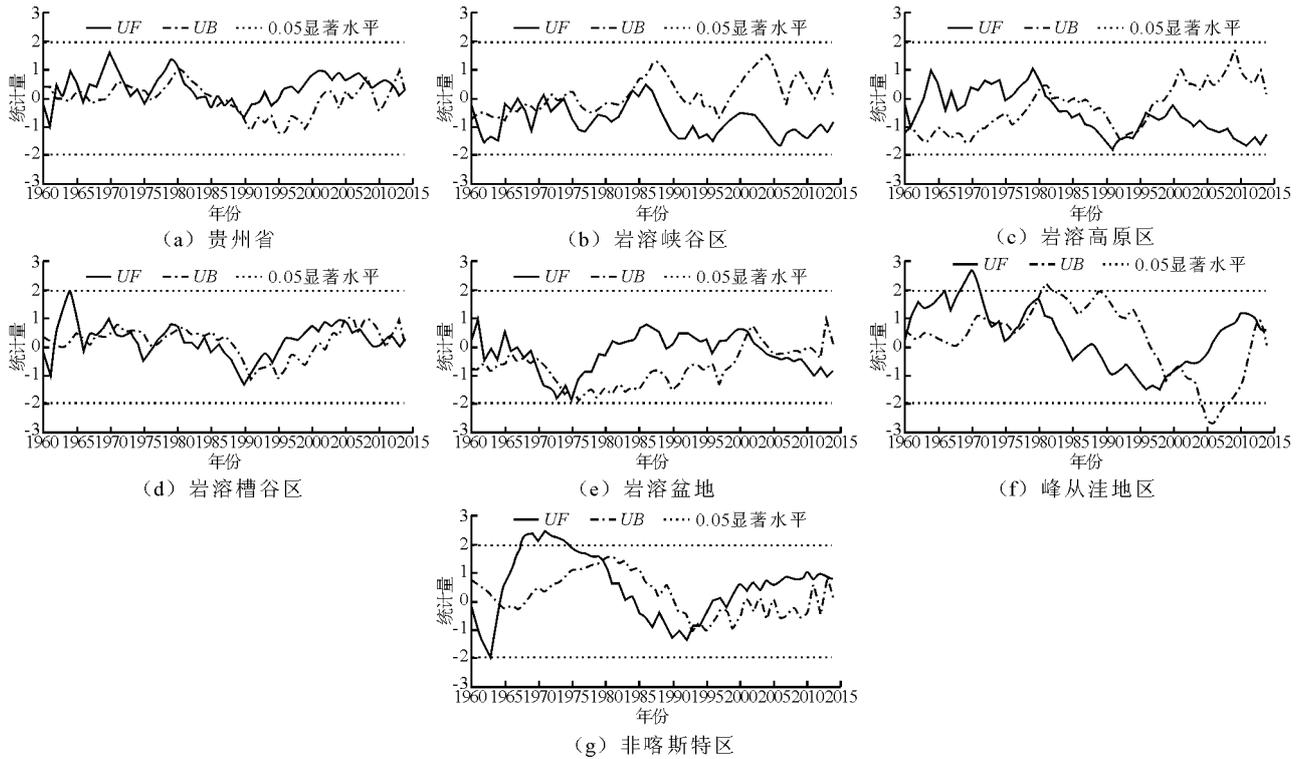


图 8 1960 - 2014 年贵州省及各地貌单元区的最大月降水量突变检验

5 结 论

基于贵州省 19 个气象站点 1960 - 2014 年的逐月降水量数据,采用一元线性回归拟合、累计距平、M - K 突变检验法,对贵州省及其不同地貌类型区近 55 年的年均降水量、最大月降水量进行趋势和突变特征分析。得出以下主要结论:

(1) 贵州省近 55 年来的年均降水量总体呈南多北少的空间格局,不同地貌单元的降水空间分布受地质地貌和季风的影响而存在明显差异。

(2) 1960 - 2014 年贵州省降水量总体以 -17.815 mm/10a 的变化率在逐年减少,在 2000 - 2014 年的减少趋势尤其明显,自 20 世纪 80 年代以来变化尤其不稳定。

(3) 岩溶槽谷近 55 年间的降水量增加趋势明显,而岩溶盆地下降趋势明显,岩溶峡谷、岩溶槽谷和非喀斯特区在近年来的降水量较不稳定。

(4) 贵州省年降水量空间分布不均,整体呈东南多西北少的空间分布格局,降水突变年份较多,极端气候事件发生的概率较高。研究结果对更深入地了解贵州省气候变化的特征具有重要意义。该区应提前做好应对旱涝灾情等措施加强田间管理,同时,应针对不同地貌区的特点,更细化、更深入地探讨降水量变化情况,合理调整当地居民的生产生活和工

业发展布局。

参考文献:

- [1] 李 森, 夏 军, 陈社明, 等. 北京地区近 300 年降水变化的小波分析[J]. 自然资源学报, 2011, 26(6): 1002 - 1011.
- [2] 任 亮. 陕西秦巴山区多源遥感降水数据降尺度研究[D]. 西安: 陕西师范大学, 2018.
- [3] 樊 东. 黄河中游 TRMM 卫星降水数据降尺度研究[D]. 焦作: 河南理工大学, 2017.
- [4] 邱海军, 曹明明, 曾 彬. 基于小波分析的西安降水时间序列的变化特征[J]. 中国农业气象, 2011, 32(1): 23 - 27.
- [5] 郝志新, 郑景云, 葛全胜. 黄河中下游地区降水变化的周期分析[J]. 地理学报, 2007, 62(3): 537 - 544.
- [6] 徐建新, 陈学凯, 黄 鑫, 等. 贵州省近 50 年降水量时空分布及变化特征[J]. 水电能源科学, 2015, 33(2): 10 - 14.
- [7] 田沁花, 周秀骥, 勾晓华, 等. 祁连山中部近 500 年来降水重建序列分析[J]. 中国科学: 地球科学, 2012, 42(4): 536 - 544.
- [8] 嵇 涛, 杨 华, 刘 睿, 等. TRMM 卫星降水数据在川渝地区的适用性分析[J]. 地理科学进展, 2014, 33(10): 1375 - 1386.
- [9] 吕 洋, 杨胜天, 蔡明勇, 等. TRMM 卫星降水数据在雅鲁藏布江流域的适用性分析[J]. 自然资源学报, 2013, 28(8): 1414 - 1425.
- [10] AMIR A K, NASRIN N, EMAD H. Accounting for un-

- certainties of the TRMM satellite estimates [J]. *Remote Sensing*, 2009, 1(3):606-619.
- [11] CHEN Yuanyuan, HUANG Jingfeng, SHENG Shaoxue, et al. A new downscaling-integration framework for high-resolution monthly precipitation estimates: Combining rain gauge observations, satellite-derived precipitation data and geographical ancillary data [J]. *Remote Sensing of Environment*, 2018, 214:154-172.
- [12] SUN Ruochen, YUAN Huiling, YANG Yize. Using multiple satellite-gauge merged precipitation products ensemble for hydrologic uncertainty analysis over the Huaihe River basin. *Journal of Hydrology*, 2018, 566:406-420.
- [13] NARISMA G T, FOLEY J A, LICKER R, et al. Abrupt changes in rainfall during the twentieth century [J]. *Geophysical Research Letters*, 2007, 34(6):L06710.
- [14] 胡乃发, 王安志, 关德新, 等. 1959-2006年长白山地区降水序列的多时间尺度分析 [J]. *应用生态学报*, 2010, 21(3):549-556.
- [15] 杨雨蒙, 杜鹃, 程琳琳. TRMM 卫星降雨数据在湖南省的精度和可靠性评定 [J]. *水资源与水工程学报*, 2016, 27(1):26-32.
- [16] 周秋文, 罗雅雪, 张思琪, 等. 喀斯特地区土壤可蚀性因子空间估算研究进展 [J]. *贵州师范大学学报(自然版)*, 2017, 35(6):16-21.
- [17] TONG Xiaowei, WANG Kelin, YUE Yuemin, et al. Quantifying the effectiveness of ecological restoration projects on long-term vegetation dynamics in the karst regions of Southwest China [J]. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 2017, 54:105-113.
- [18] 杨荣芳. 贵州省水资源利用存在的问题及发展对策 [J]. *河南水利与南水北调*, 2013(16):19-20.
- [19] 马士彬, 张勇荣, 安裕伦. 典型喀斯特高原区气候变化特征分析——以贵州省西部为例 [J]. *广东农业科学*, 2013, 40(16):164-166+237.
- [20] 徐智慧, 严小冬, 吴战平, 等. 贵州近 49a 冬半年降水变化及少雨年成因浅析 [J]. *贵州气象*, 2013, 37(2):21-25.
- [21] 严小冬, 金建德, 雷云. 近 50 年贵州降水时空分布分析 [J]. *贵州气象*, 2004(S1):3-7.
- [22] 周秋文, 李芳. TRMM 降雨数据在喀斯特地区的适用性分析——以贵州省为例 [J]. *水资源与水工程学报*, 2018, 29(2):76-83.
- [23] 李腹广, 杨玲. 黔西南近 30a 降水时空变化特征分析 [J]. *贵州气象*, 2013, 37(S1):42-46.
- [24] 李春梅, 李双成, 王红亚. 贵州麦岗水库小流域降水变化特征的小波分析 [J]. *地理科学进展*, 2012, 31(1):32-39.
- [25] 蒋海明, 魏娜. 贵州省近 47a 来降水的小波变换分析 [J]. *贵州气象*, 2008, 32(1):18-20.
- [26] 张勇荣, 马士彬, 闫利会. 贵州省近 55 年降水事件变化特征 [J]. *长江科学院院报*, 2017, 34(1):40-44.
- [27] 孟秀俊, 张仕锋, 张永勇. 河西走廊 57 年来气温和降水时空变化特征 [J]. *地理学报*, 2012, 67(11):1482-1492.
- [28] 肖蓓, 崔步礼, 李东昇, 等. 黄土高原不同气候区降水时空变化特征 [J]. *中国水土保持科学*, 2017, 15(1):51-61.
- [29] 张月圆, 李运刚, 季漩, 等. 红河流域 TRMM 卫星降水数据精度评价 [J]. *水资源与水工程学报*, 2017, 28(2):1-8.
- [30] 白淑英, 莫婷, 史建桥, 等. 近 50 年贵州不同强度降水日数时空变化分析 [J]. *南水北调与水利科技*, 2015, 13(2):220-224.
- [31] 徐利岗, 周宏飞, 杜力, 等. 1951-2008 年中国西北干旱区降水时空变化及其趋势 [J]. *中国沙漠*, 2015, 35(3):724-724.
- [32] 邓兴耀, 姚俊强, 刘志辉. 基于 GIMMS NDVI 的中亚干旱区植被覆盖时空变化 [J]. *干旱区研究*, 2017, 34(1):10-19.