

贵州省最大日降雨量时空分布及重现期估算

张波^{1,2}, 谷晓平¹, 古书鸿¹

(1. 贵州省山地环境气候研究所, 贵阳 550002; 2. 贵州省山地气候与资源重点实验室, 贵阳 550002)

摘要:利用 1961—2012 年贵州省 81 个气象观测站的逐日降雨资料, 采用概率分布、线性趋势和空间分析等方法, 分析了贵州省近 52 年来最大日降雨量的时空分布特征。结果表明: 近 52 年来, 贵州最大日降雨量呈递增趋势, 递增速率为 2.3 mm/10 a, 全省最大日降雨量为 336.7 mm, 平均最大日降雨量为 205.1 mm, 年际变化趋势表明, 2000 年以后最大日降雨量呈递减趋势; 最大日降雨量季节差异明显, 春季、秋季最大日降雨量呈递减趋势, 夏季、冬季最大日降雨量均为递增趋势, 最大日降雨量空间分布不均, 由北向南呈递增趋势; 最大日降雨量 100 年和 200 年重现期估算值的空间分布形态具有一致性, 高值区主要在贵州南部一带, 100 年和 200 年一遇的最大日降雨量分别为 350.9 mm 和 375.8 mm。

关键词:最大日降雨量; 重现期; Gumbel 分布

中图分类号: P426; P468

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2017)01-0167-06

Temporal and Spatial Distributions of Maximum Daily Precipitation and Recurrence Periods in Guizhou Province

ZHANG Bo^{1,2}, GU Xiaoping¹, GU Shuhong¹

(1. Guizhou Institute of Mountainous Environment and Climate, Guiyang 550002, China;

2. Guizhou Key Laboratory of Mountainous Climate and Resources, Guiyang 550002, China)

Abstract: Based on the daily precipitation data for 81 stations of Guizhou Province from 1961 to 2012, the analysis techniques such as probability distribution, linear trend, spatial analysis were used to analyze the maximum daily precipitation in time and space for recent 52 years. The results showed that maximum daily precipitation presented the increasing trend with the rate of 2.3 mm/decade. The extreme maximum daily precipitation was 336.7 mm, and the average maximum daily precipitation was 205.1 mm, the annual variation tendency showed that the maximum daily precipitation had decreased since 2000. The maximum daily precipitation showed obvious seasonal variations and increased from north to south, and the maximum daily precipitation decreased in spring and autumn, and increased in summer and winter. Furthermore, the recurrence periods of 100 years, 200 years of the maximum daily precipitation intensity were estimated primarily, which seemed that their distribution trends were consistent. The maximum area can be found in the south range. The maximum daily precipitation intensities in 100 years and 200 years can reach to 350.9 mm and 375.8 mm in Guizhou Province.

Keywords: maximum daily precipitation; reappearance period; Gumbel distribution

随着全球气候变暖, 各地气候变化差异明显, 极端天气事件频繁发生, 对社会造成严重的危害, 暴雨、洪涝、山体泥石流滑坡等自然灾害过程很大程度上取决于降雨量分配不均和降雨强度大小, 随着灾害发生强度和频率的不断增加, 了解降雨强度的时空分布特

征以及不同重现期的最大降雨强度值逐渐成为抗洪减灾工作中最迫切的需求^[1]。

关于降水的研究国内学者展开了一系列的相关研究, 李红梅等^[2]探讨了不同强度降水在我国东部降水变化中的贡献, 表明了近 40 年来, 盛夏长江流域降

收稿日期: 2015-11-05

修回日期: 2016-03-22

资助项目: 国家科技支撑计划“西南突发性灾害应急与防控技术集成与示范”(2012BAD20B06); 贵州省重大科技专项计划“贵州‘两高’沿线特色农业气候精细化区划与气象灾害防控”[黔科合重大专项字(2011)6003]

第一作者: 张波(1985—), 男, 山东临沂人, 工程师, 硕士, 主要从事应用气象研究。E-mail: nj0622@126.com

通信作者: 谷晓平(1968—), 女, 黑龙江林口人, 正高级高工, 博士, 主要从事农业气象研究。E-mail: 16114331@qq.com

水量、降水频率、极端降水频率以及暴雨降水强度均呈增大趋势;姚莉等^[3]分析探讨了各级别雨强的年平均发生频率、日变化和极端降水等问题,结果表明:雨强的日变化具有明显的地区差异,其中西南和华南地区日变化最为明显,1 h 最大雨强 50 a 和 100 a 重现期初步估算值的空间分布形态具有一致性。鲍名等^[4]分析了我国近 40 年暴雨发生频率的年代际时空变化特征,结果表明,我国夏季暴雨多发生在长江中下游、华南、四川中东部、黄淮地区和华北东部,夏季暴雨发生频率具有明显的年代际变化,且各地区暴雨的年代际变化有一定差异。任国玉等^[5]计算了我国全年和季节降水量长期变化趋势特征指数;王芬等^[6]分析了贵州省近 49 年不同等级降水日数的气候特征,探讨了不同等级降水日数在降水变化中的作用,得出贵州总雨日、小雨日、中雨日、大雨日整体上都呈减少趋势,而暴雨日却呈一定的增加趋势;谢毅文等^[7]分析了广东省各月最大日降雨量的时空变化特征,表明月最大日降雨量的相对高值区时空转移依照纬度、海拔、海陆位置 3 个气候影响因子的不同分布而发生相应的有序变化;冯婧等^[8]以湄潭县为例研究了西南山区降雨变化特征,研究表明年降雨量不断减少,暴雨发生频次以加快的速率增大,最大暴雨量增加;伍红雨^[9]研究表明贵州省 1951—1999 年的降水具有显著的年际、年代际变化特征,贵州省夏季降雨异常存在 2.8 a 的显著周期;陈静静等^[10]基于湖南省逐日降雨量资料和同期发生的地质灾害判别和筛选了由降雨引发的地质灾害,并引入合理的判别系数判定了致灾的不同降雨类型,并得出了不同降雨型地质灾害的阈值;陈建昌等^[11]介绍了 Gumbel 分布并计算了山东省地市年最大日降雨重现期值,指出推算出的某些台站的重现期值之所以偏小,其原因主要是由于资料中第一、二位最大值相应的拟合程度不好;郭化文等^[12]介绍了求算国内外可能最大降雨的多种方法并对各种方法的优缺点进行了比较,指出受到地形或气象因素的影响,不同国家或地区适应的频率曲线不同。

山体泥石流滑坡灾害已成为除地震外的最严重的自然灾害,贵州省 97% 的面积为山地,强降水容易引起地表、沟溪河水猛涨,导致山洪暴发,低洼地积水成涝,还常诱发泥石流、山体滑坡,造成局地洪涝灾害,给人民生命财产和工农业生产、交通运输等造成局地损失^[13-17]。研究基于贵州省近 52 年的逐日降雨资料,利用概率分布、线性系数和 GIS 空间分析方法,分析研究贵州最大日降雨量时空分布及重现期估算,研究结果可为西南山区复杂地形的防洪规划与洪涝灾害应急规划制定提供参考。

1 资料与方法

1.1 资料来源

贵州省有 85 个地面气象观测站,由于各站建站时间不一致,为了保证资料的完整性,剔除数据缺测较多的 4 个站点,因此本研究选用贵州省 1961—2012 年 81 个气象站逐日降雨资料。定义 3—5 月为春季,6—8 月为夏季,9—11 月为秋季,12 月—次年 2 月为冬季。研究区域及气象站点的分布见图 1。



图 1 气象站点分布

1.2 研究方法

利用概率分布、线性趋势和空间分析等方法对山区复杂地形最大日降雨量时空变化特征等进行探讨,以揭示贵州最大日降雨量的分布特征;同时应用 Gumbel 分布方法对最大日降雨量不同重现期进行估算,估算出贵州 100 年,200 年一遇最大日降雨量的分布特征。

1.2.1 估算重现期的方法 当令某随机变量的概率密度为 $f(x)$, 分布函数为 $F(x)$ 时,将大于 x 的某特定值的发生概率叫做超越概率,如公式(1)所示:

$$P(\epsilon \geq x) = 1 - F(x) = \int_x^{\infty} f(x) dx \tag{1}$$

当大于 x 某特定值以平均 T 年一遇的机遇出现,就将 T 年叫做 x 的特定值的重现期^[11-12]。

如果 x 表示最大日降雨量,则根据概率分布的重现期为:

$$T(x) = \frac{1}{1 - F(x)} \tag{2}$$

Gumbel 分布函数为:

$$F(x) = \exp(-e^{-y}) \tag{3}$$

$$y = a(x - x_0) \tag{4}$$

式中: y 为标准极值变量; a, x_0 为常数。若 $\frac{y - \bar{y}}{\sigma_y} = \frac{x - \bar{x}}{\sigma_x}$, 则:

$$y = \frac{\sigma_y}{\sigma_x} (x - \bar{x}) + \bar{y} \tag{5}$$

式中: \bar{y} 为 y 的平均值; σ_y 为 y 的标准差; \bar{x} 为 x 的平均

值, σ_x 为 x 的标准差, 已知 $\bar{y}=0.5772$ (Euler 常数), $\sigma_y=1.283$ 。由公式(4)–(5)可得, $a=\frac{\sigma_y}{\sigma_x}$, $x_0=\bar{x}-0.45\sigma_x$ 。

根据分布函数与重现期 $T(x)$ 的关系, 由公式(2)–(3)可得:

$$y=-\ln\{-\ln[1-\frac{1}{T(x)}]\}$$

(6)

则可以推算出重现期的最大日降雨量 x 的值:

$$x=\bar{x}-0.45\sigma_x+0.78\sigma_x\{-\ln[-\ln(1-\frac{1}{T(x)})]\}$$

(7)

1.2.2 空间分析法 采用 ArcGIS 软件的 IDW 模块, 对日降雨量进行反距离加权插值, 生成空间栅格数据, 得到相应的空间分布图^[18]。

1.2.3 最大日降雨量 最大日降雨量是指某一时段内记录的最大 24 h 降雨量, 24 h 指的是北京时间 20:00—次日 20:00, 根据研究内容分为年最大日降雨量和月最大日降雨量, 年最大日降雨量是 1 年内最大 24 h 降雨量。

2 结果与分析

2.1 最大日降雨量年变化

图 2 为贵州省最大日降雨量变化趋势, 1961—2012 年贵州省最大日降雨量呈递增趋势, 递增速率为 2.3 mm/10 a, 最大值为 1976 年的 336.7 mm, 最小值为 1981 年的 134 mm, 最大日降雨量平均值为 205.1 mm。年代变化年际变化趋势表明,

1961—1970 年(气象数据从 1961 年开始, 年代变化就往后推了 1 年 1961—1970 年)年最大日降雨量以 6.2 mm/10 a 的速率递增, 1971—1980 年以 15.4 mm/10 a 的速率递增, 1981—1990 年最大日降雨量以 3.3 mm/10 a 的速率递增, 1991—2000 年最大日降雨量以 33.8 mm/10 a 的速率递增, 2001—2012 年最大日降雨量以 38.4 mm/10 a 的速率递减。

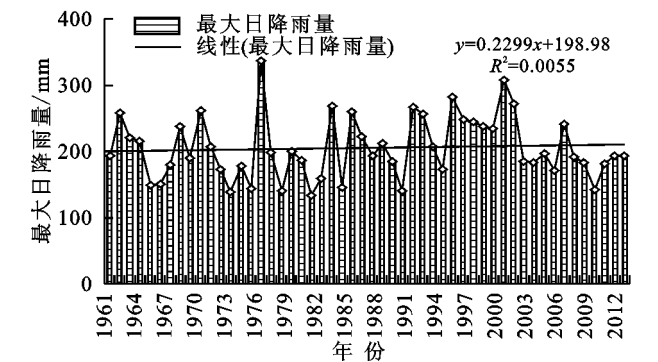


图 2 贵州最大日降雨量年变化趋势

2.2 最大日降雨量季节变化

最大日降雨量季节变化趋势如图 3 所示, 全省最大日降雨量季节差异明显。1961—2012 年贵州省春季、秋季最大日降雨量呈递减趋势, 递减速率分别为 7.3、3.0 mm/10 a, 春季最大日降雨量最大值为 336.7 mm, 最小值为 86.4 mm, 秋季最大日降雨量最大值为 272.4 mm, 最小值为 77.7 mm; 夏季、冬季最大日降雨量均为递增变化趋势, 递增速率分别为 8.8、0.6 mm/10 a, 其中夏季最大日降雨量最大值为 307.4 mm, 最小值为 117.1 mm, 冬季最大值为 71.5 mm, 最小值为 17.6 mm。

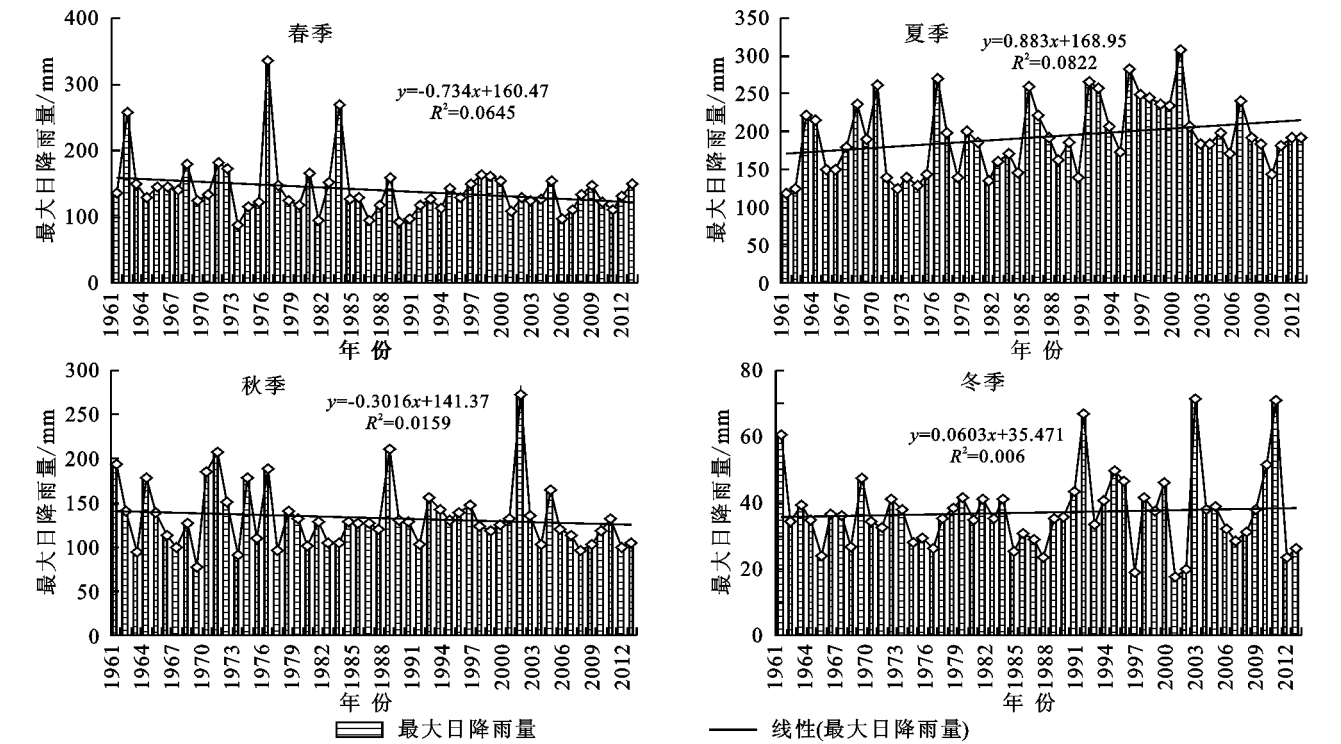


图 3 贵州最大日降雨量季节变化趋势

2.3 最大日降雨量月变化

由图4可知,全省最大日降雨月变化趋势呈双峰型分布,峰值分别位于5月和9月,而最大日降雨量平均值呈单峰结构,峰值位于7月,其中4—9月为贵州省汛期,降雨频发时期,最大日降雨量发生在5月,最大值为336.7 mm,最小值发生在2月,最小值为11.3 mm。

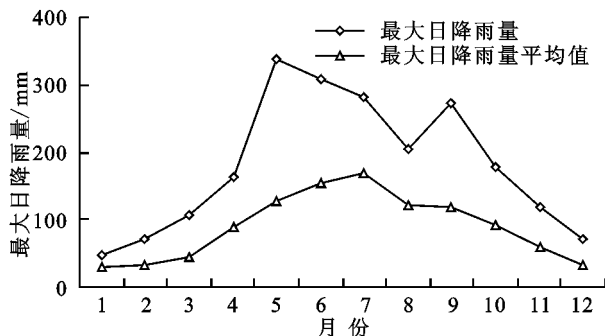


图4 最大日降雨量月变化趋势

2.4 最大日降雨量空间分布特征

由图5可以看出,1961—2012年全省最大日降雨量空间分布不均,等值线由北向南逐渐密集,等值线的数值也由北向南逐渐增大。毕节、遵义及中部的贵阳大部分站点年最大日降雨量等值线较为稀疏,安顺、黔南、黔东南及铜仁部分站点的等值线较为密集,其中江口、六枝、凯里、都匀、雷山、晴隆、罗甸和三都的最大日降雨量均在250 mm以上。

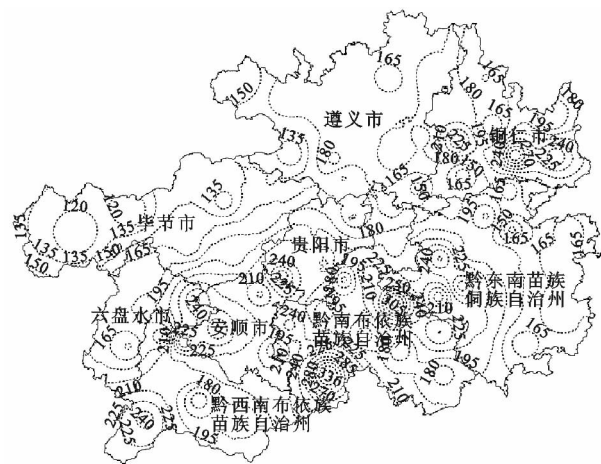


图5 1961—2012年贵州省最大日降雨空间分布

2.5 最大日降雨量月空间分布特征

贵州省最大日降雨量月空间分布见图6,从图中可以看出,贵州各月最大日降雨分布差异明显:

1月,北方南下的冷空气和孟加拉湾南上的西南暖湿气流被云贵高原所阻挡,受两股气流的影响,全省最大日降雨量值相对较小,高值区域主要集中在铜仁地区的德江、沿河、江口、松桃以及万山等站点,其次集中在黔东南州的凯里、麻江、丹寨、黎平和从江等低海拔地区;西部高值区集中在六盘水和安顺部分站点。

2月,北方南下的冷空气继续减弱,最大日降雨量空间分布呈西北部地区向东南方向递增的趋势,最大值集中在黔东南州大部分站点和黔南的三都、荔波和独山等站点,此外,黔西南的望谟也处于高值区域。

3月,高值区向北偏移,集中在遵义的绥阳、凤冈等站点,最大降雨量最大值明显高于1月和2月,但全省空间分布不均,南部和西南部分站点的最大日降雨量仍处于较高水平。

4—9月,冷空气影响减弱,亚热带季风增强,最大日降雨量相对高值区域由东南地区向西南方向偏移,4月最大日降雨量相对高值区域有向南偏移的趋势,进入5月这种趋势减弱,高值区域集中在南部地区。其中,5月最大日降雨量达到年内最大值,最大值为336.7 mm,发生在罗甸;6月最大日降雨量高值区集中在都匀、罗甸和六枝一带;7月、8月的高值区发生在西南部和东部铜仁地区,但8月降雨量最大值低于7月;9月高值区集中在六枝、安顺和普安等站点,全省呈现从东南往西部递增的变化趋势。西南部分地区暴雨强度大,是该区域水土流失严重的主要因素。

10月,全省最大日降雨量空间分布范围变大,从东北往西南方向一线呈现递增趋势,高值区域集中在省西南部,黔西南州的大部分站点及安顺和六盘水的部分站点处于全省最高值;北部遵义、正安和桐梓及黔东南的镇远、黔南的独山等站点最大日降雨量也属于高值区域。

11月,最大日降雨量向东北和东部地区偏移,出现两个相对高值区,一个以正安、沿河为中心的东北高值区,一个以施秉、剑河、台江、三穗和天柱为中心的较高值区域。西部毕节、六盘水大部分地区的最大日降雨量为全省低值区域。

12月,全省最大日降雨量从西北向东南方向偏移,全省高值区集中在铜仁和黔东南大部分站点,以及安顺、关岭、晴隆和兴义一线也是高值区域。

2.6 最大日降雨重现期的估算

根据上述估算重现期的方法,计算得到了贵州100 a、200 a一遇的最大日降雨量分布的估计值(图7)。贵州省100 a、200 a一遇最大日降雨量空间分布趋势基本一致,高值区域集中在安顺、黔南、黔东南一带,其次是铜仁江口等站点,贵州省100 a一遇的最大日降雨量为350.9 mm,200 a一遇最大日降雨量为375.8 mm,北部的遵义、毕节大部分地区为最大日降雨低值区域。

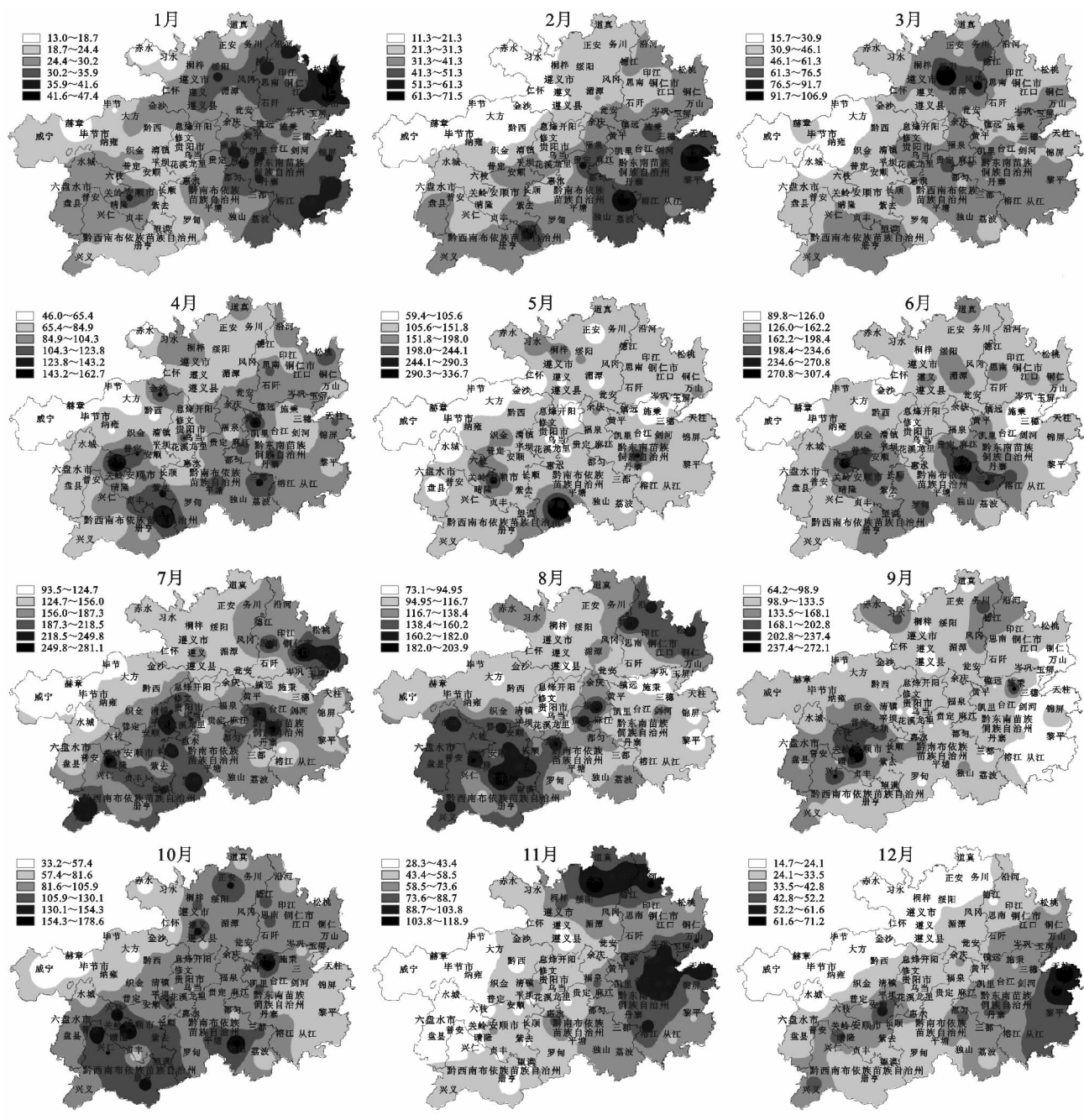


图 6 贵州省月最大日降雨量空间分布

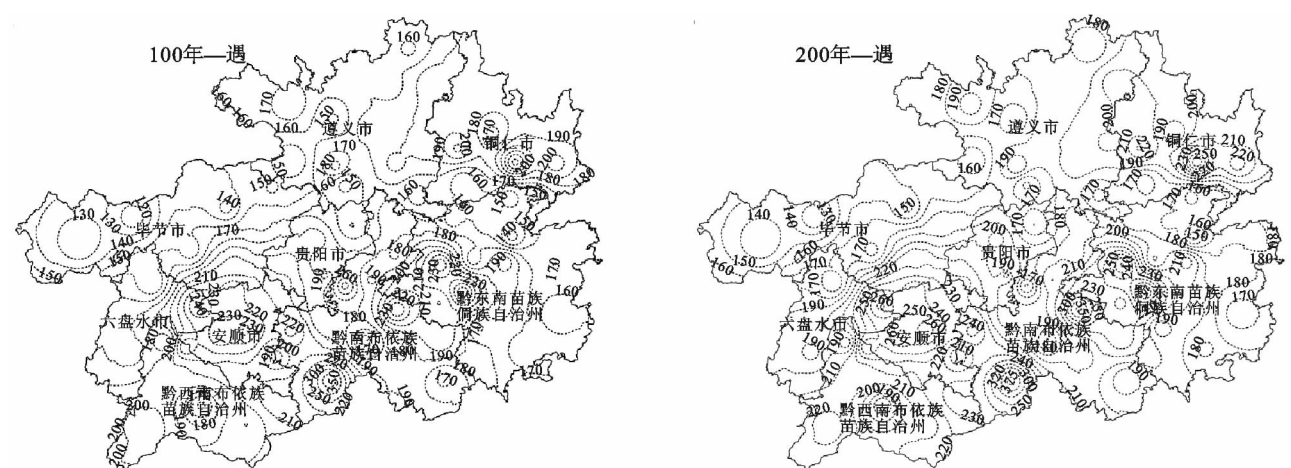


图 7 贵州省不同重现期的最大日降雨量空间分布

3 讨论与结论

研究结果表明,1961—2012年贵州省最大日降雨量呈递增趋势,递增速率为 $2.3\text{ mm}/10\text{ a}$,最大值为1976年的 336.7 mm ,最小值为1981年的 134 mm ,最大日降雨量平均值为 205.1 mm 。全省最大日降雨量季节差异明显,1961—2012年贵州省春季、秋季最大日降雨量呈递减趋势,夏季、冬季最大日降雨量均呈递增变化趋势,夏季变化率最大,研究结果与张志才等^[19]基本一致。

最大日降雨量月变化表明,汛期期间贵州最大日降雨量的分布呈现总体南高北低的分布情况,全省日降雨量最大值集中在西南和南部的部分站点,同时全省山洪、水土流失、泥石流多发区也集中在这一区域;非汛期最大日降雨量高值区集中在贵州东部和东南部的部分站点;时间变化趋势呈双峰型分布,峰值分别位于5月和9月。

为求算不同重现期的年最大日雨,前人通过研究理论性的极值分布^[20-22],认为Gumbel分布能较好地反映降水的极值分布,用它求算年最大日雨量的重现期值较好地符合实际。研究采用Gumbel分布估算 100 a 、 200 a 一遇的重现期的最大日降雨量分别为 350.9 、 375.8 mm ,且空间分布趋势基本一致,张志才等^[19]研究表明贵州省降雨极大值出现在贵州西南安顺地区,而本研究估算出的 100 a 、 200 a 的最大日降雨量分高值区域分布在黔南,黔东南州以及安顺,出现3个高值区域,造成这一原因可能是由于张志才等^[19]的样本数据是1961—2004年贵州省18个站点的气象数据,比本研究的数据量小。可见样本数据的充裕是重现期估算可靠性的保证。郭化文等^[12]指出受到地形或气象因素的影响,不同国家或地区适应的频率曲线不同,本研究的不足在于没有考虑81个气象站的下垫面地形因素。

参考文献:

- [1] Intergovernmental Panel on Climate Change, Climate change 2007: the Physical Science Basis [M]. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 2007.
- [2] 李红梅,周天军,宇如聪.近四十年我国东部盛夏日降水特性变化分析[J].大气科学,2008,32(2):358-370.

- [3] 姚莉,李小泉,张立梅,等.我国 1 h 雨强的时空分布特征[J].气象,2009,35(2):80-86.
- [4] 鲍名,黄荣辉.近40年我国暴雨的年代际变化特征[J].大气科学,2006,30(6):1057-1067.
- [5] 任国玉,吴虹,陈正洪.我国降水变化趋势的空间特征[J].应用气象学报,2000,11(3):322-330.
- [6] 王芬,曹杰,李腹广,等.贵州不同等级降水日数气候特征及其与降水量的关系[J].高原气象,2015,34(1):145-154.
- [7] 谢毅文,李娟,罗世豪,等.广东省最大日降雨量年内时空分布特征分析[J].内蒙古农业大学学报:自然科学版,2014,35(4):58-63.
- [8] 冯婧,程兵芬,王坤,等.我国西南地区典型降雨特征:以贵州湄潭县为例[J].长江科学院院报,2012,29(12):1-4.
- [9] 伍红雨.贵州降水异常的区域特征[J].贵州气象,2001,25(6):3-8.
- [10] 陈静静,姚蓉,文强,等.湖南省降雨型地质灾害致灾雨量阈值分析[J].灾害学,2014,29(2):42-47.
- [11] 陈建昌,郭化文,翟裕宗.山东年最大日雨量重现期值的推算[J].山东气象,1992(3):1-7.
- [12] 郭化文,陈建昌.国内外求算可能最大降雨量研究综述[J].岱宗学刊,1997(4):22-28.
- [13] 刘战东,高阳,刘祖贵,等.降雨特性和覆盖方式对麦田土壤水分的影响[J].农业工程学报,2012,28(13):113-120.
- [14] 高华喜,殷坤龙.降雨与滑坡灾害相关性分析及预警预报阈值之探讨[J].岩土力学,2007,28(5):1055-1060.
- [15] 张雪松,郝芳华,张建业.降雨空间分布不均匀性对流域径流和泥沙模拟影响研究[J].水土保持研究,2004,11(1):9-12.
- [16] 罗宁,许炳南,文继芬,等.贵州大气降水的时空分布规律研究[J].贵州气象,2006,30(4):3-7.
- [17] 伍红雨,王谦谦.近49年贵州降水异常的气候特征分析[J].高原气象,2003,22(1):65-70.
- [18] 廖要明,陈德亮,谢云.中国日降水量小于不同阈值日数时空分布特征[J].地理学报,2012,67(3):321-336.
- [19] 张志才,陈喜,王文,等.贵州降雨变化趋势与极值特征分析[J].地球与环境,2007,35(4):351-356.
- [20] 张延伟,姜逢清,魏文寿,等.1961—2004年新疆降水极值概率分布特征[J].中国沙漠,2012,32(2):503-508.
- [21] 董胜,郝小丽,李锋,等.海岸地区致灾台风暴雨的长期分布模式[J].水科学进展,2005,16(1):42-46.
- [22] 蔡敏,丁裕国,江志红.我国东部极端降水时空分布及其概率特征[J].高原气象,2007,26(2):309-318.