

文章编号:2096 - 5389(2022)05 - 0058 - 06

黔南州 1989—2019 年暴雨时空 分布特征及风险落区分析

陆莎莎¹, 冯正艳², 柏晓波³, 吴良标¹, 杨胜忠⁴

(1. 贵州省都匀市气象局, 贵州 都匀 558000; 2. 贵州省三都水族自治县气象局, 贵州 三都 558100;
3. 贵州省瓮安县气象局, 贵州 瓮安 550400; 4. 贵州省黔东南苗族侗族自治州气象局, 贵州 凯里 556000)

摘 要:该文利用贵州省黔南州 12 个国家级自动气象站 1989—2019 年的地面降水观测资料, 采用气候倾向率、线性回归、Kriging 法、滑动 t 检验、暴雨风险因子加权分析等方法, 分析了黔南州 1989—2019 年暴雨时空分布特征及风险落区。结果显示:①黔南州暴雨日数呈现增长趋势, 暴雨主要出现在 5—9 月, 大暴雨主要出现在 5—8 月。②黔南州暴雨有两大中心, 分别位于中东部的都匀地区和西部的长顺地区; 黔南州大暴雨主要在都匀—三都地区, 其次影响长顺地区。③黔南州大部分地区暴雨均呈现增加趋势, 暴雨气候倾向率主要有 3 个强中心, 分别为长顺、贵定、三都。④暴雨分布: 6 月集中在都匀地区, 7—8 月南多北少, 9 月东部西部多、中部偏少; 大暴雨分布: 5 月东部西部多、北部东南部偏少, 6 月集中在东部都匀、三都地区, 8 月主要集中在东部三都、西部长顺地区。⑤暴雨日数在 2013 年前后存在 1 次突变, 暴雨历史风险落区与趋势风险落区大值区主要在东部及西部地区, 高风险与较高风险面积和的占比分别为黔南州总面积的 30.3%、28.1%。

关键词:暴雨时空分布; 滑动 t 检验; 风险落区

中图分类号:P426.61⁺4 **文献标识码:**B

Analysis of Temporal and Spatial Distribution Characteristics and Risk Areas of Rainstorm in Qiannan Prefecture from 1989 to 2019

LU Shasha¹, FENG Zhengyan², BAI Xiaobo³, WU Liangbiao¹, YANG Shengzhong⁴

(1. Duiyun Meteorological Bureau of Guizhou Province, Duiyun 558000, China; 2. Sandu County Meteorological Bureau, Sandu 558100, China; 3. Weng'an County Meteorological Bureau, Weng'an, 550400, China;
4. Meteorological Bureau of Qiandongnan Prefecture, Kaili 556000, China)

Abstract: Based on the surface precipitation observation data of 12 national automatic weather stations in Qiannan Prefecture of Guizhou Province from 1989 to 2019, the spatio-temporal distribution characteristics and risk areas of rainstorm in Qiannan Prefecture from 1989 to 2019 were analyzed by using the methods of climate propensity rate, linear regression, Kriging method, sliding t-test, and rainstorm risk factor weighted analysis. The results show: ① The number of rainstorm days in Qiannan Prefecture is showing an increasing trend. The rainstorm mainly occurs from May to September, and the heavy rainstorm mainly occurs from May to August. ② The rainstorm in Qiannan Prefecture has two major centers, which are located in the Duiyun area in the middle east and the Changshun area in the west; the heavy rainstorm in Qiannan Prefecture is mainly in the Duiyun to Sandu area, and secondly affects the Changshun area. ③ Rainstorm in most areas of Qiannan Prefecture show an increasing trend. There are mainly three strong centers in the climatic tendency rate of rain storm, namely Changshun, Guiding and Sandu. ④ June rainstorm are concentrated in Duiyun area. From July to August, there is more in the south and less

收稿日期: 2021-09-23

第一作者简介: 陆莎莎(1996—), 女(苗族), 助工, 主要从事综合气象业务工作, E-mail: 1269968159@qq.com。

通讯作者简介: 杨胜忠(1980—), 男(苗族), 高工, 主要从事气象服务研究工作, E-mail: 544833590@qq.com。

资助项目: 贵州省气象局科研业务项目(黔气科登[2020] 04-11 号): 黔南州降水时空分布特征及暴雨落区分析。

in the north. September is more in the east and west and less in the middle. Heavy rainstorm are more in the east and west in May and less in the north and southeast, and concentrated in the east in June. In the Duyun and Sandu regions, August was mainly concentrated in Sandu in the east and Changshun in the west. ⑤ There was a sudden change in the number of rainstorm days around 2013. The historical risk area and trend risk area of rainstorm are mainly in the east and west, and the proportion of the sum of high – risk and high – risk areas is 30.3% and 28.1% of the total area of Qiannan Prefecture, respectively.

Key words:temporal and spatial distribution of rainstorm; sliding t – test; risk drop zone

0 引言

IPCC 第六次评估报告指出^[1-2],气候变暖仍将持续,全球许多区域出现极端事件频发的概率将增加,叠加强降水造成的复合型洪涝事件加剧,加强极端灾害防御、积极应对气候变化势在必行。暴雨作为灾害性天气之一对人民生命造成极大影响,2021 年 7 月 17—24 日河南特大暴雨^[3]给各地敲响加强暴雨灾害防御的警钟。中国南方暴雨高发^[4-9],贵州地处西南地区,降水东北部和南部较多,黔南州地处贵州暴雨中心^[10-11],暴雨灾害频发。对黔南州历史暴雨分布特征及风险落区进行分析,能更好为当地气象防灾减灾工作提供科学依据。

1 资料及分析方法

黔南州位于云贵高原向广西丘陵过渡的斜坡带,属亚热带季风气候。本文利用贵州省黔南州 12 个国家自动气象站 1989—2019 年的地面降水观测资料,采用线性回归、气候倾向率、Kriging 法、滑动 t 检验^[12-14]、暴雨风险因子加权分析等方法,分析了黔南州 1989—2019 年暴雨的时空分布特征及风险落区。

暴雨风险因子加权(定义暴雨历史风险指数 P 、暴雨风险趋势指数 Q):

$$P = A \times 0.2 + B \times 0.3 + C \times 0.3 + D \times 0.1 + E \times 0.1 \tag{1}$$

$$Q = F \times 0.2 + A \times 0.2 + B \times 0.25 + C \times 0.25 + D \times 0.1 \tag{2}$$

其中: A 、 B 、 C 、 D 、 E 、 F 分别为年平均降雨量、暴雨日数、大暴雨日数、最大日降雨量、最大连续降雨量、暴雨气候倾向率重分类赋值,各项后的系数分别为各暴雨风险因子权重系数。

风险落区等级划分:将年平均降水、暴雨次数、大暴雨次数、暴雨气候倾向率、 P 指数、 Q 指数等数据重分类为 9 类不同风险地区,其中:1 ~ 2 类为低风险,3 ~ 4 类为较低风险,5 类为中风险,6 ~ 7 类为较高风险,8 ~ 9 类为高风险,并对不同风险落区面

积占比进行计算。

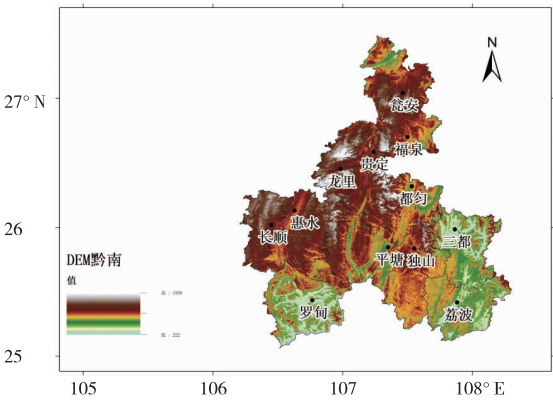


图 1 黔南州高程图及国家站分布
Fig. 1 Distribution of 30 – meter DEM and national stations in Qiannan Prefecture

2 黔南州暴雨的时空分布特征

2.1 暴雨时间变化

1989—2019 年黔南州年暴雨次数呈增加趋势(图 2),年暴雨次数以 0.133 次/10a 的速度上升。年暴雨次数共有 4 个峰值,分别出现在 1991 年、1999 年、2008 年、2014 年,在 1999 年达到最大值 5.67 次;低于 2 次的年份有 1989 年(1.67 次)、2001 年(1.92 次)。

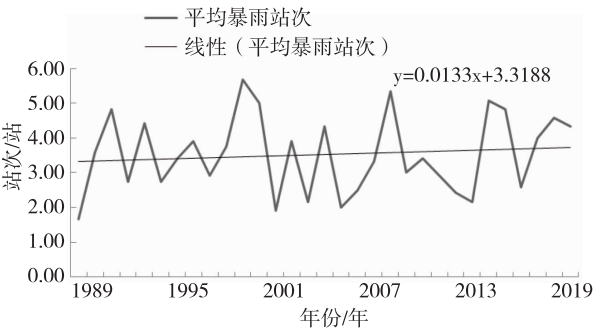


图 2 黔南州暴雨年际变化趋势
Fig. 2 Interannual variation trend of rainstorm in Qiannan Prefecture

按照月分布来看,黔南州暴雨主要出现在 5—9

月,最大值出现在 7 月,共出现 401 站次,其次是 6 月 297 次,1 月未出现暴雨天气;大暴雨主要出现在 5—8 月,大暴雨次数最大值为 6 月,共 60 次,其次是 7 月 45 次,其余月份都较少出现,1、2、3、11、12 月均未出现过暴雨天气。

2.2 暴雨空间分布

黔南州降水呈现东西部多、北部中南部少的“川”字形分布^[10]。暴雨在黔南州有两大中心,分

布位于中东部的都匀地区和西部的长顺地区。东部暴雨主要影响都匀、三都、独山、荔波等地,其中都匀、三都受影响较大。西部暴雨主要影响长顺、惠水、罗甸等地,其中长顺及惠水西部受影响较大,瓮安、福泉、龙里等地受暴雨影响较小(图 3a)。黔南州大暴雨主要在都匀—三都地区,其次影响长顺地区,瓮安、龙里、平塘、荔波等地受大暴雨影响较小,呈“C”型少大暴雨区域(图 3b)。

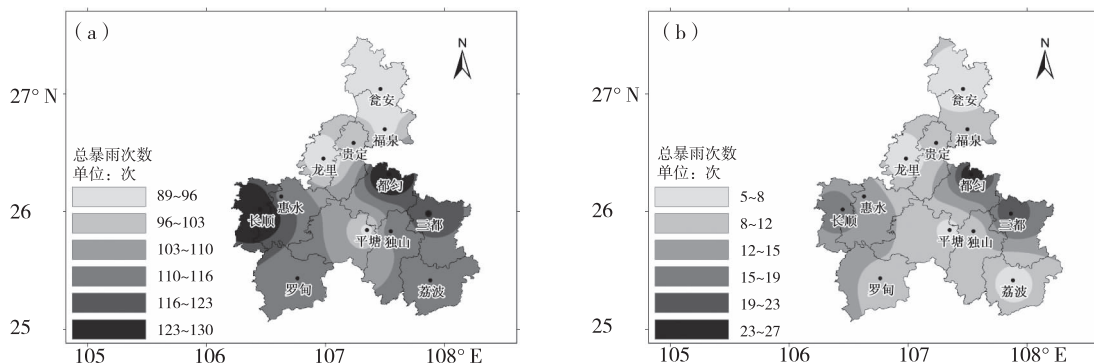


图 3 黔南州暴雨(a)、大暴雨(b)空间分布

Fig. 3 Spatial distribution of rainstorm(a) and heavy rainstorm (b) in Qiannan Prefecture

从暴雨气候倾向率分析(图 4),黔南州大部分地区暴雨均呈现增加趋势,瓮安、福泉、平塘、独山等地少部分地区出现弱负增长,荔波暴雨次数以 -0.238 次/10a 的趋势下降。暴雨气候倾向率主要出现 3 个强中心,分别为长顺(0.395 次/10a)、贵定(0.5 次/10a)、三都(0.565 次/10a),都匀虽然是黔南州暴雨中心之一,增长率却较弱。贵定、龙里一带暴雨虽然较少,但近年来暴雨增长率同降水增长率^[10]一致,呈现增加趋势。西部长顺及东部三都地区均为降水和暴雨中心,且暴雨次数呈增加趋势,位于全州正增长大值中心,暴雨风险有增加趋势。

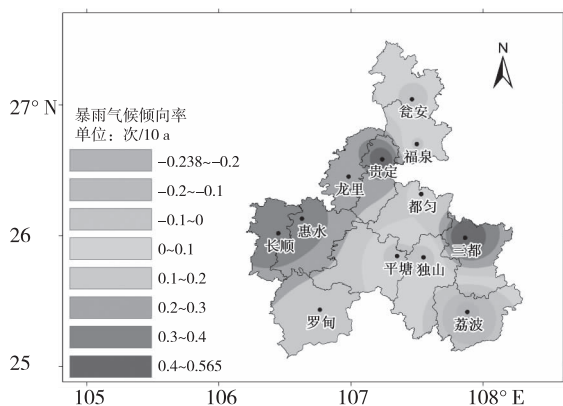


图 4 黔南州暴雨气候倾向率

Fig. 4 Rainstorm climate tendency rate in Qiannan Prefecture

黔南州暴雨集中发生在 5—9 月,5 月相对其它暴雨集中月次数较少,分析 6—9 月暴雨次数空间分布(图 5)发现,6 月暴雨高发区域中心在都匀地区,除瓮安、荔波等地受暴雨影响较小外,其余地区受影响程度较为均匀。7 月暴雨分布较为特殊,整体为南多北少趋势,较 6 月暴雨中心南移,西南部及东南部偏多,主要影响长顺、罗甸、荔波等地,中部较为均匀,北部偏少。8 月暴雨中心与 7 月类似,均出现在西南部、东南部地区,影响黔南州长顺、罗甸、荔波、三都等地,与 7 月不同的是在福泉、贵定、龙里、都匀等中部地区出现明显少暴雨中心。9 月暴雨区域减小,主要影响三都、荔波、长顺等地,瓮安、都匀西部、独山等地区有一定影响,其余地区影响较小。

黔南州大暴雨主要集中在 5—8 月。分析其空间分布(图 6)得出:5 月大暴雨主要有 2 个高值中心,分别为三都、惠水,瓮安、荔波、龙里、独山等地大暴雨频率较低,其余地区影响较为均匀。6 月大暴雨中心由三都北移至都匀,大暴雨主要影响都匀、三都、罗甸等地,瓮安、荔波等地受影响较小。7 月大暴雨对都匀地区影响最大,其次是长顺和三都地区,较 6 月低值中心由东南部的荔波转变为西南部的罗甸地区。8 月东部大暴雨中心再次南移回到三都地区,西部长顺依旧受大暴雨影响较大,其次为荔波、都匀地区,剩余地区 8 月大暴雨频率较小。

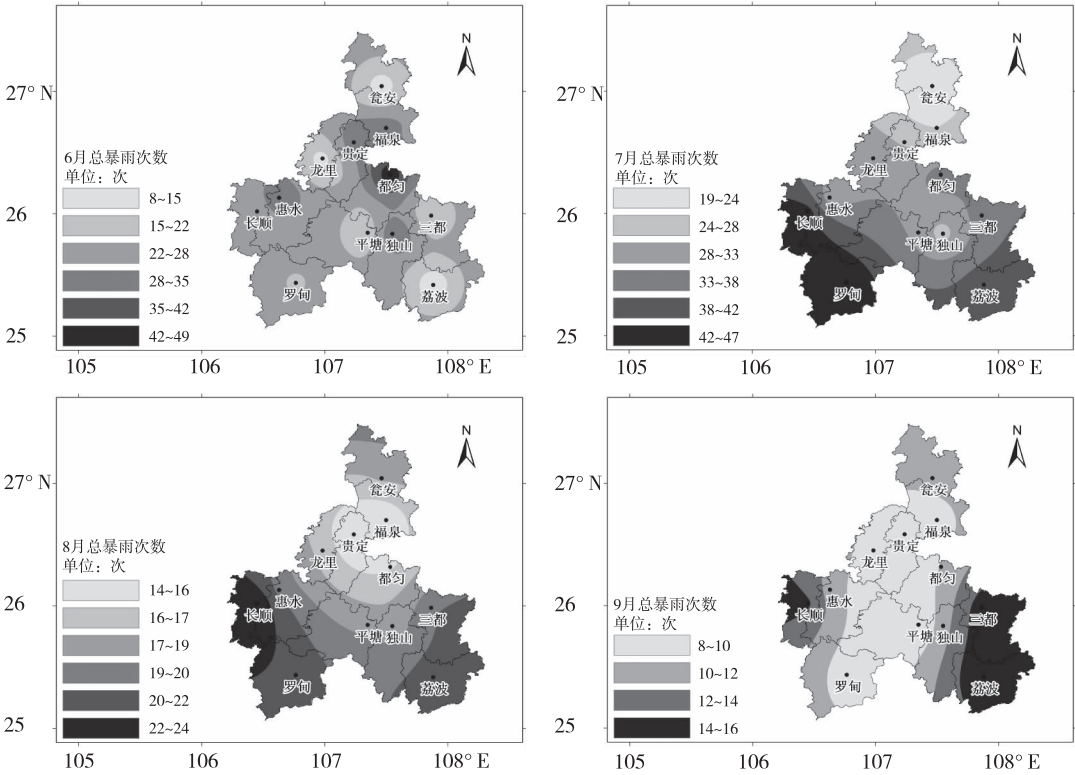


图5 黔南州暴雨高发月空间分布

Fig. 5 The spatial distribution of rainstorm months in Qiannan Prefecture

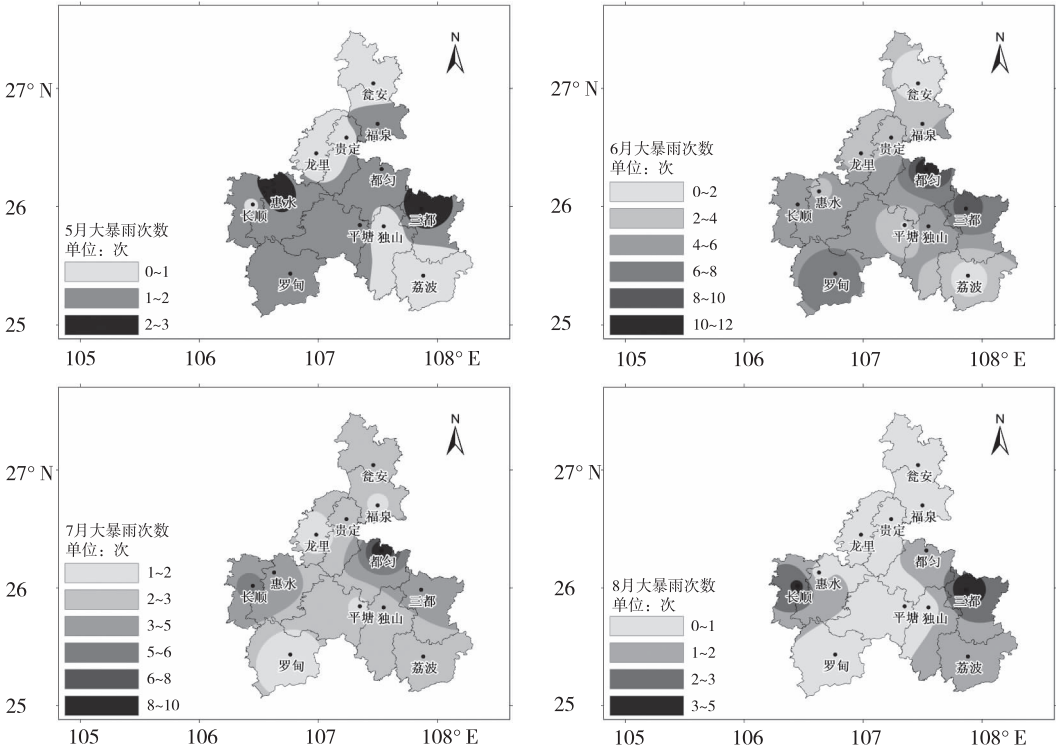


图6 黔南州大暴雨高发月空间分布

Fig. 6 The spatial distribution of heavy rainstorm in Qiannan Prefecture

3 暴雨突变及风险落区分析

黔南州年暴雨次数变化较大,本文对年暴雨次数分别作了 Mann - Kenddall 检验、5 a 滑动 t 检验、7 a 滑动 t 检验(图 7),发现 Mann - Kenddall 检验和 7 a 滑动 t 检验无明显突变。5 a 滑动 t 检验结果显示 2000 年前后存在 1 次突变,但这次突变不显著,未通过 0.05 的显著性检验;在 2013 年前后存在 1 次突变,且突变显著,通过了 0.05 显著性检验。

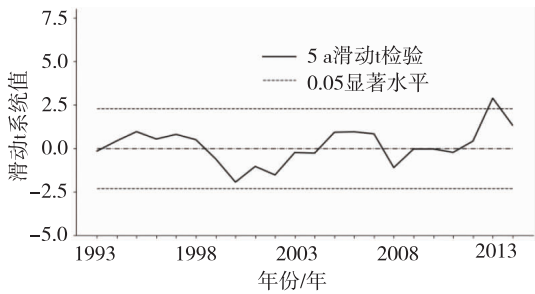


图 7 黔南州暴雨站次 5 a 滑动 t 检验
Fig. 7 5 a sliding t test of rainstorm station in Qiannan Prefecture

对暴雨风险因子进行空间加权得出暴雨历史风险落区及暴雨风险趋势落区(图8)。暴雨历史风

险落区与暴雨风险趋势落区基本一致,东部影响都匀、三都地区,西部影响长顺地区。在暴雨历史风险落区图中,都匀风险最大,长顺和三都风险次之。在暴雨风险趋势落区中都匀、三都、长顺风险一致,三都、长顺地区较历史风险落区强度更高,罗甸、龙里北部、贵定北部等地风险有微弱的上升,只有荔波地区在风险趋势落区图中较历史风险落区减小,其余地区风险趋势落区与历史风险落区基本一致。

黔南州面积 26 200 km²,年平均降水较高风险区域占比 34.8%,高风险区域占比 11%;暴雨次数风险大部分区域为中风险,占全州面积约 1/3,其次为较低风险;50%的区域大暴雨风险较低,近 1/3 的区域风险低,较高风险及高风险面积占比仅 10.5%;在气候倾向率方面,较高风险占比 22.7%,高风险占比 13.5%,在气候变化趋势上,仍有高于 1/3 的区域暴雨增长风险较高。综合分析,暴雨历史风险落区高风险面积占比 16.7%,较高风险落区占比 13.6%;暴雨风险趋势落区则显示,较高风险落区面积占比大于历史风险落区占比,高风险落区面积小于历史风险落区面积,总体来说,高风险区域及较高风险区域趋势落区面积占比基本上无变化,中风险地区占比明显减少,较低风险地区面积占比明显增加。

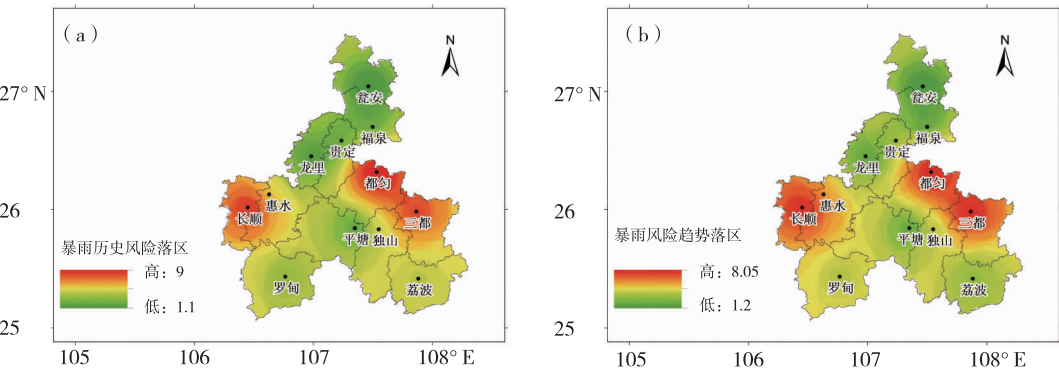


图 8 暴雨历史风险落区(a)、暴雨风险趋势落区(b)
Fig. 8 Historical rainstorm risk area(a), rainstorm risk trend area(b)

表 1 风险等级面积占比(单位:%)

Tab. 1 Percentage of risk grade area(unit:%)

风险等级	年平均降水	暴雨次数	大暴雨次数	暴雨气候倾向率	暴雨历史风险落区	暴雨风险趋势落区
低风险	14.1	14.3	31.2	14.0	15.8	16.8
较低风险	22.7	23.6	50.0	30.8	30.0	43.9
中风险	17.4	33.6	8.4	19.1	24.0	11.3
较高风险	34.8	19.4	8.7	22.7	13.6	14.8
高风险	11.0	9.0	1.8	13.5	16.7	13.3

4 结果与讨论

通过对黔南州暴雨的时空特征分析,主要得出以下结论:

①1989—2019 年,黔南州暴雨以 0.133 次/10a 的速率呈现增长趋势,暴雨主要出现在 5—9 月,最大值出现在 7 月,31 a 间只有 1 月未出现过暴雨天气;大暴雨主要出现在 5—8 月,大暴雨次数最大值为 6 月,1 月、2 月、3 月、11 月、12 月均未出现过大暴雨天气。

②暴雨在黔南州有 2 个大值中心,分布位于中东部的都匀地区和西部的长顺地区;黔南州大暴雨主要在都匀至三都地区,其次影响长顺地区,瓮安、龙里、平塘、荔波等地受大暴雨影响较小,呈“C”型少大暴雨区域。

③黔南州大部分地区暴雨均呈现增加趋势,暴雨气候倾向率主要出现 3 个强中心,分别为长顺、贵定、三都,都匀虽然是黔南州暴雨中心之一,增长率却较弱。贵定、龙里一带暴雨虽然较少,但近年来暴雨增长率呈现增加趋势,西部长顺及东部三都地区均为降水和暴雨中心,且暴雨次数呈增加趋势,暴雨风险有增加趋势。

④暴雨月分布,6 月集中在都匀地区,7—8 月南多北少,9 月东部西部多、中部偏少;大暴雨 5 月东部西部多,北部东南部偏少,6 月集中在东部都匀、三都地区,8 月主要集中在东部三都、西部长顺地区。

⑤暴雨日数在 2013 年前后存在 1 次突变,暴雨历史高风险落区主要在都匀、三都、长顺等地,低风险主要为北部的瓮安、龙里等地,暴雨风险趋势高风险落区主要集中在三都、都匀、长顺等地,低风险主要为北部瓮安、福泉、龙里等地,三都、长顺地区趋势风险较历史风险高,贵定、罗甸、龙里等地区趋

势风险与历史风险相比风险上升;风险落区与趋势风险落区高风险及较高风险面积占比分别为黔南州总面积的 30.3%、28.1%。

参考文献

- [1] 孙颖. 人类活动对气候系统的影响——解读 IPCC 第六次评估报告第一工作组报告第三章[J/OL]. 大气科学学报:1-4[2021-09-22]. [https://doi.org/10.13878/j.cnki.dqkxxb.2021-08-16\(9\)](https://doi.org/10.13878/j.cnki.dqkxxb.2021-08-16(9)).
- [2] IPCC 第六次评估报告第一工作组报告发布[N]. 中国气象报, 2021-08-10(1).
- [3] 王振雅. 直击河南特大暴雨[N]. 健康时报, 2021-07-23(15).
- [4] 孔锋, 方建, 吕丽莉. 1961—2015 年中国暴雨变化诊断及与多种气候因子的关联性研究[J]. 热带气象学报, 2018, 34(1): 34-47.
- [5] 王艳君, 高超, 王安乾, 等. 中国暴雨洪涝灾害的暴露度与脆弱性时空变化特征[J]. 气候变化研究进展, 2014, 10(6): 391-398.
- [6] 林建, 杨贵名. 近 30 年中国暴雨时空特征分析[J]. 气象, 2014, 40(7): 816-826.
- [7] 陆桂荣, 崔广暑, 于怀征, 等. 台风“安比”造成日照地区大暴雨的成因分析[J]. 气象水文海洋仪器, 2022, 39(2): 38-42.
- [8] 杨雪, 张明, 张渝杰, 等. 四川盆地中部区域性暴雨可预报性分析[J]. 气象水文海洋仪器, 2022, 39(2): 47-49.
- [9] 赵庭飞, 柯莉萍, 张东海, 等. 织金县暴雨强度公式的研究和分析[J]. 气象水文海洋仪器, 2022, 39(2): 50-54.
- [10] 王芬, 杨若文, 唐浩鹏, 等. 近 48 a 贵州暴雨日数及降水总量的变化特征研究[J]. 云南大学学报(自然科学版), 2013, 35(增刊): 236-243.
- [11] 卢瑞荆, 樊兰峰. 1961—2008 年贵州暴雨时空分布特征[J]. 沙漠与绿洲气象, 2010, 4(3): 17-21.
- [12] 彭湃, 刘博, 邓楠, 等. 长沙市 1975—2015 年气候演变特征分析[J]. 湖南林业科技, 2021, 48(4): 56-63.
- [13] 陆莎莎, 蒋雨芹, 李青建, 等. 基于 GIS 的黔南州近 31 a 降水时空分布特征[J]. 中低纬山地气象, 2021, 45(3): 81-87.
- [14] 向亮, 郝立生, 安月改, 等. 51a 河北省降水时空分布及变化特征[J]. 干旱区地理, 2014, 37(1): 56-65.