

周幼婵,何林宴,林雪香,等. 广西贵港市暴雨过程综合强度评估及分析[J]. 气象研究与应用,2020,41(3):27-31.

Zhou Youchan, He Linyan, Lin Xuexiang, et al. Comprehensive intensity evaluation and analysis of rainstorm process in Guigang City [J]. Journal of Meteorological Research and Application, 2020, 41(3): 27-31.

## 广西贵港市暴雨过程综合强度评估及分析

周幼婵<sup>1</sup>, 何林宴<sup>1</sup>, 林雪香<sup>1</sup>, 杨 晴<sup>2</sup>

(1. 贵港市气象局, 广西 贵港 537100; 2. 广西壮族自治区气象台, 南宁 530022)

**摘要:** 利用 1960—2018 年广西贵港市 3 个国家级气象观测站逐日降水量资料, 依据暴雨过程识别方法, 选取暴雨过程持续时间、过程降水总量、过程日最大降水量和暴雨范围 4 个因子构建贵港暴雨过程综合强度评估模型, 对贵港市暴雨过程进行综合评估及特征分析。结果表明, 1960—2018 年贵港市共出现 499 次暴雨过程, 以  $0.34 \text{ 次} \cdot 10\text{a}^{-1}$  速率显著上升; 全年均可出现暴雨过程, 其中出现频率 5 月最多, 2 月、12 月最少; 年平均综合强度指数呈弱下降趋势; 强等级暴雨出现在 5—9 月, 以 6 月、7 月最多, 对应最高、次高月平均综合强度指数, 而 3 月仅出现弱等级暴雨过程, 对应月平均综合强度指数最低。评估结果与历史暴雨事件吻合度较好。

**关键词:** 暴雨过程; 综合强度指数; 评估; 特征分析

**中图分类号:** P458.1+21.1 **文献标识码:** A **doi:** 10.19849/j.cnki.CN45-1356/P.2020.3.05 **OSID:**



### 引言

贵港市位于广西东南部, 暴雨过程时有发生。大范围、持续性的暴雨常引发严重洪涝、泥石流、滑坡和城市内涝等灾害<sup>[1-3]</sup>。客观定量判别暴雨过程强度是暴雨预报、分析、服务和决策的重要基础, 也是及时对暴雨灾害监测预警及灾后评估的重要支撑<sup>[4-5]</sup>。黄晓梅等<sup>[6]</sup>运用组合赋权法, 以致灾因子和孕灾环境来评估安徽沿江地区的暴雨洪涝灾害危险性。李思慧等<sup>[7]</sup>选取气象数据、基础地理信息、历史灾情及相关社会经济等统计数据, 构建通辽市暴雨洪涝灾害风险评价指标体系。张顺谦等<sup>[8]</sup>基于经济损失率、人口受灾率和作物受灾率指标, 采用灰色关联法确定灾害严重程度。但暴雨致灾因子复杂, 灾后收集灾情需时间, 灾情数据不完备, 历史可比性评估缺乏, 对暴雨事件不能更好地做出评价。蔡新玲等<sup>[9]</sup>对陕西省区域性暴雨过程采用综合指数评估模型评估, 认为在灾情数据未统计出来前, 采用纯气象数据快速评估暴雨过程, 评估结果较客观、及时。邹燕等<sup>[10]</sup>、

伍红雨等<sup>[11]</sup>根据给定的区域暴雨过程识别方法, 定量化评估福建、广东的区域暴雨过程, 评估综合指数能客观、全面评估区域暴雨过程。目前尚未有关于贵港市的暴雨过程综合评估方法, 本文拟利用广西贵港市国家级气象观测站 1960—2018 年的降水资料探索反映贵港市暴雨过程综合强度评估方法, 为快速评估暴雨强度和及时指导防灾减灾工作提供决策参考。

### 1 资料和方法

#### 1.1 资料

本文所用资料为 1960—2018 年广西贵港市 3 个国家级气象观测站(贵港、桂平、平南)逐日降水量资料。

#### 1.2 贵港市暴雨过程相关指标定义

参考邹燕等<sup>[10]</sup>的区域暴雨过程识别方法, 根据贵港降水量集中、历时短、强度大等特点<sup>[12]</sup>, 选取暴雨过程持续时间、过程总降水量、过程日最大降水量和暴雨范围 4 个因子作为贵港市暴雨过程综合强度

评估的指标。各指标定义如下:

单站暴雨: 单个国家气象观测站日降水量 $\geq 50.0\text{mm}$ 。

暴雨过程: 贵港国家级气象观测站中至少有 1 个站降水量达到暴雨及以上。

暴雨过程持续日数: 出现暴雨过程前后, 贵港市至少有 1 个站达中雨及以上的连续日数。遵循这一原则筛选出的暴雨过程, 若前后过程间断仅 1d 的, 考虑中断后的强降水对灾害的合力影响, 则串接为 1 个暴雨过程。

暴雨过程总降水量: 暴雨过程中贵港 3 个站的累积降水量。

过程最大日降水量: 暴雨过程中贵港 3 个站日合计降水量最大值。

暴雨范围: 暴雨过程中单站达暴雨及以上的站数。

按照以上识别方法, 统计得出 1960—2018 年广西贵港市共 499 次暴雨过程。

1.3 贵港暴雨过程综合强度评估模型建立方法

结合文献[10]定义的暴雨过程综合指数计算方

法, 建立贵港市暴雨过程综合强度的计算公式为:

$$L_z=A\times I_1\times R_1+B\times I_2\times R_2+C\times I_3\times R_3+D\times I_4\times R_4\quad (1)$$

式(1)中,  $I_z$  为贵港市暴雨过程综合强度指数。  $I_z$  值越大, 表明该次暴雨过程的综合强度越强;  $I_1$ 、 $I_2$ 、 $I_3$ 、 $I_4$  分别是暴雨过程持续时间、过程降水总量、过程日最大降水量、暴雨范围 4 个指标的评估等级;  $R_1$ 、 $R_2$ 、 $R_3$ 、 $R_4$  分别是标准化后的 4 个指标值;  $A$ 、 $B$ 、 $C$ 、 $D$  分别为 4 个指标的权重系数。

利用权重系数法确定 4 个指标的权重系数, 通过计算得出式 (1) 中  $A$ 、 $B$ 、 $C$ 、 $D$  分别为 0.18、0.33、0.25、0.24。可见, 选取的 4 个指标中, 暴雨过程降水总量对  $I_z$  的贡献最大。

评估等级划分: 将贵港市 499 次暴雨过程的综合强度指数序列的 4 个指标, 采用百分位数法分别划分阈值, 当百分位数范围在  $[0, 70\%)$ 、 $[70\%, 80\%)$ 、 $[80\%, 90\%)$ 、 $[90\%, 95\%)$ 、 $[95\%, 100\%]$  时, 分别对应各指标序列的 1 级(弱)、2 级(较弱)、3 级(中等)、4 级(较强)、5 级(强), 见表 1。

表 1 贵港市暴雨过程指标系列及综合强度指数评估等级划分

评估等级	百分位范围 (%)	持续日数 (d)	过程总降水量 (mm)	过程最大日降水量 (mm)	暴雨范围 (站)	综合强度指数
1 (弱)	$0 < P < 70$	$\leq 3$	[75.0, 274.1)	[50.0, 175.2)	1	(-1.00, 2.69)
2 (较弱)	$70 \leq P < 80$	4	[274.1, 344.5)	[175.2, 199.1)	1	[2.69, 4.06)
3 (中等)	$80 \leq P < 90$	5	[344.5, 451.5)	[199.1, 246.6)	2	[4.06, 6.90)
4 (较强)	$90 \leq P < 95$	6	[451.5, 585.0)	[246.6, 294.1)	2	[6.90, 9.29)
5 (强)	$P \geq 95$	$\geq 7$	[585.0, + $\infty$ )	[294.1, + $\infty$ )	3	[9.29, + $\infty$ )

2 结果与分析

2.1 暴雨过程频次的变化特征

2.1.1 年际变化特征

图 1 给出了 1960—2018 年贵港市暴雨过程频

次变化情况。由图可知贵港市暴雨过程频次呈上升趋势( $0.34\text{次}\cdot(10\text{a})^{-1}$ )。1997 年最多(15 次), 其次为 1976 年和 1998 年(均 13 次); 1989 年最少(2 次)。与年降水量对比分析发现, 1997 年和 1989 年分别对应年降水量最多和最少的年份, 且年降水量和暴雨过程频次的相关系数高达 0.76, 说明暴雨过程频次与年降水量密切相关。

2.1.2 月际变化特征

统计贵港市各月发生暴雨过程的频次, 发现全年任何时候均可发生暴雨过程, 但出现频次最多为 5 月, 其次为 6 月; 最少为 2 月、12 月。汛期 4—9 月为暴雨过程主要发生时段, 共发生 431 次。可见贵港暴雨过程主要集中在汛期。

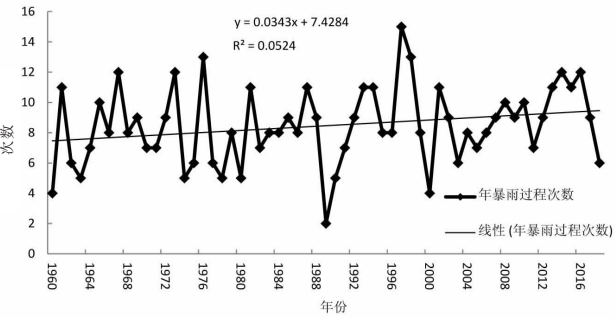


图 1 贵港市历年暴雨过程频次变化图

2.2 暴雨过程综合强度变化特征

2.2.1 不同等级暴雨过程统计

根据表 1 暴雨过程综合强度指数评估等级的划分标准, 统计得出贵港市强等级至弱等级暴雨过程次数分别为 14 次、14 次、30 次、32 次、409 次, 在强和较强等级的暴雨过程中, 1970 年共出现 3 次较强等级暴雨过程, 1968 年、1981 年、1983 年和 2001 年均 有 2 次较强等级及以上的暴雨过程。

由表 2 可知, 3 月份仅出现弱等级暴雨过程, 其

余月份均有  $\geq 2$  个等级的暴雨过程, 其中 5—7 月均出现 5 个等级的暴雨过程。强等级暴雨过程仅在 5—9 月出现, 在 6—7 月出现最多; 较强和中等等级的均在 6 月为最多, 7 月为次多, 汛期分别占 80.0% 和 89.7%; 较弱等级的在 5 月、6 月出现最多, 4 月、10 月为次多, 汛期占 81.3%。弱等级的在 5 月出现最多, 其次是 6 月, 汛期占 86.3%。由此可见, 各等级暴雨过程在年内分布不一, 但都有个集中期, 出现在汛期, 与暴雨过程月变化特征呼应。

表 2 不同暴雨过程评估等级的月分布 (%)

月份	1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月
1 (弱)	1.2	1.0	3.4	11.7	23.7	15.2	13.4	14.4	7.8	4.6	2.7	0.7
2 (较弱)	3.1	0	0	12.5	28.1	28.1	6.3	0	6.3	12.5	0	3.1
3 (中等)	6.9	0	0	10.3	13.8	34.5	20.7	6.9	3.4	0	0	3.4
4 (较强)	0	6.7	0	13.3	13.3	26.7	20.0	6.7	0	6.7	6.7	0
5 (强)	0	0	0	0	14.3	35.7	35.7	7.1	7.1	0	0	0

经统计 1960—2018 年贵港市暴雨过程各等级逐年发生次数的趋势得出, 弱和较弱等级暴雨过程分别以  $0.36 \text{ 次} \cdot (10\text{a})^{-1}$ 、 $0.07 \text{ 次} \cdot (10\text{a})^{-1}$  的趋势上升, 均通过  $\alpha=0.1$  显著性检验; 而中等、较强和强等级则分别以  $0.06 \text{ 次} \cdot (10\text{a})^{-1}$ 、 $0.08 \text{ 次} \cdot (10\text{a})^{-1}$  和  $0.08 \text{ 次} \cdot (10\text{a})^{-1}$  的趋势下降, 其中较强和强等级的下降趋势通过  $\alpha=0.1$  显著性检验。

2.2.2 历年暴雨过程综合强度特征

由图 2 可见, 贵港市暴雨过程年平均综合强度指数起伏变化明显, 最大值为 4.11, 出现在 1968 年; 最小值为 -0.58, 出现在 1989 年。从变化趋势看, 年平均综合强度指数以  $0.045 \cdot (10\text{a})^{-1}$  的趋势下降, 未通过  $\alpha=0.1$  显著性水平, 表明年平均综合强度指数呈弱下降趋势。分析各年代变化趋势的统计结果,

发现在 1960S、1990S 和 2000S 各年代均呈上升趋势, 1970S、1980S 和 2010S 各年代则为下降趋势。

根据各月平均综合强度指数分析得出, 平均综合强度指数最高和次高分别出现在 6 月、7 月, 主要与强等级暴雨过程在 6 月、7 月次数多有关; 平均综合强度指数最低出现在 3 月, 主要原因为该月仅出现弱等级暴雨过程。

2.2.3 暴雨过程综合强度评估的历史个例检验

表 3 为采用本研究的方法得到的 1960—2018 年评估等级为 5 级(强)的暴雨过程的计算结果。由表 3 可知, 历史上强等级的暴雨过程均发生在汛期, 最强的前 5 次过程分别出现在 1967 年、1994 年、2004 年、1968 年和 1998 年。对比分析各指标系列, 排名前 5 的均被列在强等级暴雨过程中。通过对各暴雨过程的单站最大日降水量统计发现, 单站最大日降水量排名前 5 的值, 也列在强等级暴雨过程中。由此表明本研究所选用的指标计算得出的综合强度指数较能客观地评估贵港暴雨过程。

通过对比分析表 3 中强等级暴雨过程的灾害情况发现, 这些暴雨过程在贵港境内都出现了较为严重的洪涝灾害, 对社会造成极为重大影响。其中评估第 1 强的暴雨过程, 其过程最大日降水量值 598.6mm 和过程总降水量 1005.5mm 分别为 1960 年以来最大日降水量最高值和过程总降水量第二大

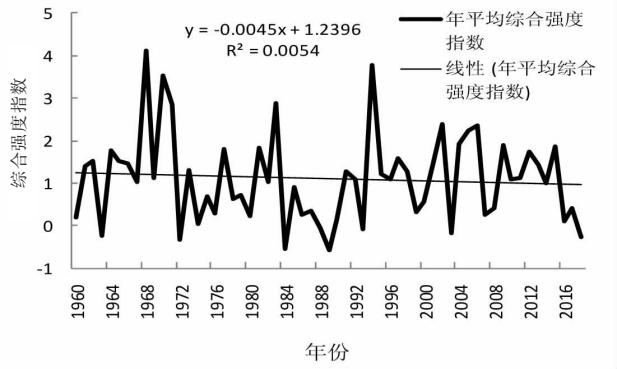


图 2 贵港市暴雨过程年平均综合强度指数图

表 3 综合强度评估等级为 5 级(强)的暴雨过程信息

排序	综合指数	过程时间	过程持续 日数 (d)	过程总 降水量 (mm)	过程最大 日降水量 (mm)	暴雨范围 (站)
1	18.01	1967 年 8 月 3 日—7 日	5	1005.5	598.6	3
2	17.03	1994 年 7 月 12 日—24 日	13	955.2	348.8	3
3	16.77	2004 年 7 月 4 日—13 日	10	884.7	476.2	3
4	16.32	1968 年 7 月 4 日—15 日	12	918.1	354.3	3
5	15.43	1998 年 6 月 19 日—7 月 9 日	21	1075.4	106.1	1
6	14.57	1971 年 5 月 29 日—6 月 10 日	13	846.4	295.7	3
7	14.33	2002 年 6 月 28 日—7 月 2 日	5	799.0	507.4	3
8	12.32	1983 年 9 月 10 日—12 日	3	604.0	538.0	3
9	11.84	1997 年 6 年 28 日—7 月 8 日	11	856.8	150.5	3
10	11.80	2005 年 6 年 12 日—22 日	11	813.0	248.3	3
11	11.64	1968 年 6 年 12 日—18 日	7	654.0	406.5	3
12	11.42	2009 年 5 年 17 日—22 日	6	931.5	285.6	3
13	11.13	2012 年 5 年 11 日—14 日	4	603.8	458.1	3
14	9.29	2006 年 7 年 16 日—18 日	3	668.2	324.1	3

值,据贵港市志<sup>[13]</sup>记载,该暴雨过程期间,暴雨成灾,崩塌房屋 135 间,死亡 2 人,冲垮山塘 4 处,受淹面积 4266.7hm<sup>2</sup>,损失粮食 5425×10<sup>3</sup>kg。评估第 2 强的暴雨过程,据防汛部门资料记载,1994 年 7 月贵港境内连降暴雨,加之上游地区连降暴雨和除险泄洪,造成内涝灾害接连不断发生,贵港、桂平出现防洪堤漫顶、决堤,城区及大部分乡镇遭受严重洪灾灾害。位居第 3 强的暴雨过程,据民政部门的灾情信息,2004 年 7 月上、中旬全市连日普降暴雨,出现内涝、山体滑坡等灾害;且当月由于上游地区出现大范围强降雨,贵港境内沿江地区出现不同程度的洪涝灾害,全市受灾人口 148.05 万人,死亡 3 人,农作物受灾面积 52493.3hm<sup>2</sup>,农业直接经济损失达 1.8 亿元。根据历史文献<sup>[14]</sup>以及防汛办和农委办记载的历史灾情资料,排第 4 和第 5 位的暴雨过程均出现了较严重的洪涝灾害,与本文评估结果相符。

3 结论与讨论

(1)1960—2018 年贵港市共发生 499 次暴雨过程,暴雨过程次数以平均每 10a 增加 0.34 次的速率显著上升。1997 年暴雨过程最多,1989 年暴雨过程最少。暴雨过程全年均可出现,5 月份出现暴雨过程的频次最多,2 月和 12 月出现最少。汛期是暴雨过程集中期。

(2)3 月份仅出现了弱等级暴雨过程,其余月份

均有≥2 个等级的暴雨过程出现。强等级暴雨过程仅在 5—9 月出现,以 6—7 月出现最多;较强和中等等级在 6 月出现最多;较弱等级在 5 月、6 月出现最多;弱等级则在 5 月出现最多。全年暴雨过程综合强度指数变化明显,月平均综合强度指数最高出现在 6 月,次高出现在 7 月,主要与强等级暴雨过程集中在 6—7 月有关;月平均综合强度指数最低出现在 3 月,主要为该月仅有弱等级暴雨过程。

(3)年平均综合强度指数呈弱下降趋势。不同等级暴雨过程在历年的变化趋势存在差异,弱和较弱等级的次数呈上升趋势,中等、较强和强等级的次数则呈下降趋势。

(4)评估结果为强等级暴雨过程在贵港境内都出现了较为严重的洪涝灾害,对社会造成极为重大影响。

然而,在灾情普查过程中,发现一些小范围的降水或局地性的降水或落区不在站点的降水出现的灾情未能涵盖在评估的暴雨过程中,主要由于监测手段不够,降水区域分布不均,以及受地形、地理位置等因素影响造成。另外,沿江上、下游地区的降水情况或水位高低、地方经济发展、防洪能力等均会影响洪涝泛滥程度。本研究的暴雨过程评估模型和指标在贵港市只是一个初步尝试,对小范围的降水或局地性的降水或落区不在站点的降水的定量评估模型和指标还不完善,有待今后进一步深入研究。



## 参考文献:

- [1] 陆虹, 陈思蓉, 郭媛, 等. 近 50 年华南地区极端强降水频次的时空变化特征[J]. 热带气象学报, 2012, 28(2): 219-227.
- [2] 吴玉霜, 黄小燕, 林开平, 等. 广西前汛期大范围持续性暴雨的月际特征及环流差异性分析[J]. 气象研究与应用, 2018, 39(4): 9-13+106.
- [3] 赵华睿, 宋煜, 李昱茜, 等. 暴雨强度公式编制之基础数据质量控制[J]. 气象研究与应用, 2018, 39(4): 58-62.
- [4] 甘衍军, 徐晶, 赵平, 等. 暴雨致洪预报系统及其评估[J]. 应用气象学报, 2017, 28(4): 385-398.
- [5] 吴慧, 邹燕, 朱晶晶, 等. 海南省区域性暴雨过程综合强度评估方法研究[J]. 气象研究与应用, 2017, 38(3): 8-12.
- [6] 黄晓梅, 程先富. 安徽省沿江地区暴雨洪涝灾害危险性评估[J]. 安徽师范大学学报(自然科学版), 2019, 42(2): 151-158.
- [7] 李思慧. 内蒙古东南部暴雨洪涝灾害风险评估与区划——以通辽市为例[J]. 内蒙古气象, 2019(1): 23-28.
- [8] 张顺谦, 王春学, 陈文秀, 等. 四川省暴雨过程强度及损失评估方法研究[J]. 暴雨灾害, 2019, 38(1): 79-85.
- [9] 蔡新玲, 路岑之, 程肖侠. 陕西省区域性暴雨过程综合评估方法研究[J]. 陕西气象, 2012(6): 16-19.
- [10] 邹燕, 叶殿秀, 林毅, 等. 福建区域性暴雨过程综合强度量化评估方法[J]. 应用气象学报, 2014, 25(3): 360-364.
- [11] 伍红雨, 邹燕, 刘尉. 广东区域性暴雨过程的量化评估及气候特征[J]. 应用气象学报, 2019, 30(2): 233-244.
- [12] 广西贵县农业区划办公室. 广西贵县农业气候区划报告[M]. 贵县: 广西贵县农业区划办公室编印, 1984: 38.
- [13] 贵港市地方志编纂委员会编. 贵港市志[M]. 南宁: 广西人民出版社, 1993: 86-87.
- [14] 广西桂平县农业区划委员会编. 广西桂平县农业气候资源调查和区划报告[M]. 桂平: 桂平县印刷厂, 1983: 40-41.

## Comprehensive intensity evaluation and analysis of rainstorm process in Guigang City

Zhou Youchan<sup>1</sup>, He Linyan<sup>1</sup>, Lin Xuexiang<sup>1</sup>, Yang Qing<sup>2</sup>

(1. Guigang Meteorological Bureau, Guigang Guangxi 537100;

2. Guangxi Meteorological Observatory, Nanning 530022)

**Abstract:** Based on the daily precipitation data of three national meteorological observation stations in Guigang City from 1960 to 2018, according to the identification method of rainstorm process, the comprehensive intensity evaluation model of rainstorm process in Guigang City was established by selecting four factors, namely rainstorm process duration, total precipitation, daily maximum precipitation and rainstorm range. The results show that there were 499 rainstorm events in Guigang City from 1960 to 2018, with a significant increase rate of 0.34 times/10a. Rainstorm occur throughout the year, and the frequency is the most in May and the least in February and December. The annual average comprehensive strength index shows a weak downward trend. The strong level rainstorms occur from May to September, with the most in June and July, corresponding to the highest and the second highest monthly average comprehensive intensity index. However, in March, rainstorm processes are weak, and the corresponding monthly average comprehensive intensity index is the lowest. The assessment results are in good agreement with historical rainstorm events.

**Key words:** rainstorm process; comprehensive intensity index; evaluation; characteristic analysis