

周幼婵,蒙雪迎,陆伟昇,等. 贵港市不同历时年最大降水量变化特征[J]. 气象研究与应用,2023,44(2):51-56.

Zhou Youchan, Meng Xueying, Lu Weisheng, et al. Variation characteristics of annual maximum precipitation with different durations in Guigang[J]. Journal of Meteorological Research and Application, 2023, 44(2): 51-56.

# 贵港市不同历时年最大降水量变化特征

周幼婵<sup>1</sup>, 蒙雪迎<sup>1</sup>, 陆伟昇<sup>1</sup>, 李艳兰<sup>2\*</sup>

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

**摘要:** 利用贵港国家气象观测站 1980—2021 年地面气象记录年报表资料, 对 5、10、15、20、30、45min 和 1、1.5、2、3、4、6、9、12、24h 共 15 个不同历时年最大降水量变化特征进行分析。结果表明, 随着降水历时延长, 各历时年最大降水量的标准差和变差系数逐渐变大, 即离散程度逐渐增大; 各历时年最大降水量的最大值出现日期多与对应年一日最大降水量出现日期密切相关, 最小值出现年份多数在降水量最少年。各历时年最大降水量主要集中在汛期, 出现次数占总次数的 96.7%。降水峰值多出现在白天, 以下午居多, 夜间降水峰值多出现在下半夜。近 42a, 5min—3h 年最大降水量均呈显著上升趋势, 4—24h 年最大降水量总体变化趋势不显著; 各历时年最大降水量在 20 世纪 80 年代至 90 年代初呈下降趋势, 之后至 21 世纪 10 年代呈上升趋势, 以短历时年最大降水量上升明显。15、30、45min 和 1、1.5、2h 年最大降水量在 20 世纪 90 年代中期开始存在明显突变, 过渡为明显增多阶段。

**关键词:** 贵港市; 历时; 年最大降水量; 标准差; 变差系数

**中图分类号:** P468

**文献标识码:** A

**doi:** 10.19849/j.cnki.CN45-1356/P.2023.2.09

## 引言

在气候变暖背景下, 水循环加剧, 强降水等极端天气增多增强<sup>[1-2]</sup>, 因强降水引发的各类灾害, 如 2020 年广州“5·22”特大暴雨、2021 年郑州“7·20”罕见特大暴雨, 以及近年来屡屡出现“城市看海”“城市看江”现象, 给国民经济和人民生命财产造成重大损失, 同时也暴露了城市在防御因强降水而导致城市内涝方面的短板<sup>[3-6]</sup>。因此, 研究强降水变化特征意义重大。不少学者对区域短历时强降水过程特征及其预报方法进行研究并取得可喜的成果<sup>[7-16]</sup>, 如, 唐传师等<sup>[7]</sup>利用江西省 83 个国家气象观测站降水资料, 分析了江西省短历时强降水时空分布特征, 并探讨了短历时强降水与暴雨的关系。方思达等<sup>[8]</sup>研究指出, 江淮地区降水强度分布结构呈显著的弱降水减少、强降水增多的两极分化。周雅清等<sup>[9]</sup>研究发现

山西省汛期短历时强降水主要受地形影响, 北少南多, 强降水高发时段在午后。初祁等<sup>[10]</sup>采用 WRF 模型对北京地区短历时强降水进行模拟, 以提高区域强降水预警预报能力。贺芳芳等<sup>[11]</sup>采用 SCS-CN 模型, 模拟城市降水径流过程, 探索上海地区短历时强降水致灾阈值。贵港市地处桂东南部浔郁平原, 强降水天气频繁发生, 目前鲜有关于贵港市不同历时最大降水量特征的研究报道。本文利用贵港国家气象观测站 1980—2021 年降水资料, 构建不同历时年最大降水序列, 研究不同历时年最大降水量的气候特征, 为强降水预报预警、城市排水防洪系统设计、修订编制暴雨强度公式提供参考依据。

## 1 资料与方法

选用贵港国家气象观测站 1980—2021 年共 42 年地面气象记录年报表中逐年各时段(5、10、15、20、

收稿日期: 2023-02-01

基金项目: 广西气象科研计划项目(桂气科 2023ZL04)、广西自然科学基金项目(2020GXNSFAA297122)、贵港市气象科研计划项目(贵气科 2022003)

作者简介: 周幼婵(1979—), 女, 高级工程师, 从事气象业务管理。E-mail: 1598207789@qq.com

\* 通讯作者: 李艳兰(1972—), 女, 正研级高级工程师, 从事气候监测评价、气象灾害影响评估和气候变化研究。

E-mail: gxnnyanlan@163.com

30、45min 和 1、1.5、2、3、4、6、9、12、24h 共 15 个不同历时)最大降水量和一日最大降水量资料。利用趋势分析、Mann-Kendall 突变检验等数理统计方法<sup>[17-19]</sup>分析 1980—2021 年贵港市不同历时的年最大降水量变化特征。文中四季按 3—5 月春季,6—8 月夏季、9—11 月秋季、12 月—次年 2 月冬季进行划分。

2 结果与分析

2.1 不同历时年最大降水量统计特征

对贵港市 1980—2021 年各个历时年最大降水量进行统计分析,由表 1 可以看出,随着历时时间延长,年最大降水量的标准差逐渐变大;变差系数除了 9、12、24h 历时略微不同之外,其余变差系数均随历时延长而变大。表明历时越短,年最大降水量与均值的离散程度越小;历时越长,年最大降水量与均值的离散程度越大。各历时的偏度系数为 0.43~1.28,属正偏度,表明各历时年最大降水量密度分布曲线的峰点均在平均值左侧,偏离数据最小值较近,偏离数据最大值较远。历时为 20、30、45min 和 1、24h 的年最大降水量峰度系数为-0.01~-0.61,均为负值,说明其降水量数据分布较正态分布平缓些,其余历时的峰度系数为 0.27~1.97,均为正值,数据分布相对陡峭。在  $\alpha=0.05$  显著性水平下,20、30、45min 和 24h 的年最大降水量近似服从正态分布。

由表 1 还知,贵港市 5min 降水量最大可达

24.5mm,平均雨强高达  $4.9\text{mm}\cdot\text{min}^{-1}$ ;1h 降水量最大可达 95.2mm,24h 可达 204.6mm,易引发城镇内涝、山洪、地质灾害。从降水极值的出现时间来看,各历时年最大降水量的最大值出现在 1999 年居多,达 53%,通过与最大值对应年份的一日最大降水量出现日期进行对比,发现 5~45min 历时较短的降水量最大值出现日期与一日最大降水量出现日期均不同,而 1h 及以上历时的降水量最大值出现日期均与一日最大降水量同日期或同个天气过程,表明不同历时年最大降水量的最大值出现日期与一日最大降水量出现日期关系密切,历时较长的,出现日期几乎趋于一致。各历时年最大降水量的最小值分别出现在 1989 年、1996 年、2000 年,这三年是 42a 来贵港年降水量偏少位列前三的年份,最小值出现在 1989 年最集中,达 53%,其次为 1996 年,占 40%。表明不同历时年最大降水量的最小值出现年份与降水量偏少年相关,多数出现在降水量最少的年份。

2.2 不同历时年最大降水量变化特征分析

2.2.1 年内变化特征

表 2 给出了 1980—2021 年贵港市不同历时年最大降水量出现在各月的次数。由表 2 可知,1980—2021 年,各历时年最大降水量出现次数在年内分布不均,2、3 月均未出现,1、12 月各出现 1 次,分别为 24h、5min,最早出现时间为 1 月 3 日(1992 年),24h 降水量为 104.1mm,最晚出现时间为 12 月 21 日

表 1 1980—2021 年贵港市不同历时年最大降水量特征统计

历时	标准差 /mm	最大值 /mm	出现 年份	出现日期	对应年的一 日最大降水 量出现日期	最小值 /mm	出现 年份	极值比	变差 系数	偏度 系数	峰度 系数
5min	3.2	24.5	2020	5 月 20 日	8 月 20 日	8.0	1989	3.06	0.22	0.93	1.97
10min	5.3	39.1	2005	4 月 25 日	6 月 12 日	14.0	1989	2.79	0.23	1.28	1.82
15min	7.0	46.0	2020	5 月 20 日	8 月 20 日	16.8	1989	2.74	0.24	0.82	0.27
20min	8.5	54.4	2015	4 月 30 日	5 月 22 日	17.0	1989	3.20	0.25	0.65	-0.12
30min	10.6	69.7	2015	4 月 30 日	5 月 22 日	24.7	1989	2.82	0.25	0.61	-0.35
45min	13.3	83.0	2015	4 月 30 日	5 月 22 日	28.0	1989	2.96	0.27	0.64	-0.41
1h	15.9	95.2	2007	8 月 13 日	8 月 13 日	33.7	2000	2.82	0.28	0.91	-0.01
1.5h	21.0	125.5	1999	4 月 26 日	4 月 26 日	35.6	1989	3.53	0.33	1.15	0.95
2h	22.7	137.9	1999	4 月 26 日	4 月 26 日	42.9	1989	3.21	0.33	1.17	1.06
3h	26.0	159.1	1999	4 月 26 日	4 月 26 日	46.2	1996	3.44	0.34	1.27	1.48
4h	28.0	165.3	1999	4 月 26 日	4 月 26 日	47.1	1996	3.51	0.35	1.18	1.14
6h	30.7	179.7	1999	4 月 26 日	4 月 26 日	49.1	1996	3.66	0.35	1.17	1.16
9h	32.2	195.5	1999	4 月 26 日	4 月 26 日	49.1	1996	3.98	0.34	1.08	1.25
12h	33.2	200.6	1999	4 月 26 日	4 月 26 日	49.1	1996	4.09	0.33	0.85	0.60
24h	36.6	204.6	1999	4 月 25 日	4 月 26 日	53.5	1996	3.82	0.32	0.43	-0.61

(1997 年),5min 最大降水量为 13.9mm;5 月出现次数最多(178 次),6 月次之(128 次),5—6 月占总次数的 49%。季节上,各历时年最大降水量出现次数以夏季最多, 占总次数的 50.8%, 其次是春季占 37.3%;秋、冬季较少,其中秋季占 11.6%,冬季占 0.3%。主要由于贵港市春、夏季多受锋面、西南涡、

热带气旋等天气系统影响,降水量偏多,而秋、冬季主要受副热带高压、冷高压等系统控制,盛行西北风、北风,天气干燥少雨。汛期(4—9 月)出现次数占总次数的 96.7%,由此可见,贵港市各历时年最大降水量主要集中在汛期。

表 2 1980—2021 年贵港市不同历时年最大降水量月出现次数统计表

历时	1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月
5min	—	—	—	5	12	8	6	6	3	—	1	1
10min	—	—	—	6	11	9	5	6	4	—	1	—
15min	—	—	—	5	10	8	7	6	3	2	1	—
20min	—	—	—	4	9	10	9	4	4	1	1	—
30min	—	—	—	4	10	11	7	5	4	1	—	—
45min	—	—	—	4	11	9	9	5	3	1	—	—
1h	—	—	—	4	14	6	9	6	2	1	—	—
1.5h	—	—	—	3	15	9	7	5	2	1	—	—
2h	—	—	—	4	15	11	6	4	2	—	—	—
3h	—	—	—	4	15	10	7	5	1	—	—	—
4h	—	—	—	4	14	8	7	6	3	—	—	—
6h	—	—	—	3	11	9	8	6	5	—	—	—
9h	—	—	—	3	9	9	8	6	5	1	1	—
12h	—	—	—	3	10	7	8	5	6	2	1	—
24h	1	—	—	1	12	4	8	6	7	2	1	—
合计	1	—	—	57	178	128	111	81	54	12	7	1

2.2.2 日变化特征

通过统计不同历时年最大降水量开始时间在一 天中各时次出现的频数(见图 1),发现一天中 24 个时次均可出现降水峰值,以白天(08—19 时,北京 时,下同)出现次数稍多,占总次数的 56%,夜间 (20—07 时)占 44%。在白天,以午后至傍晚(13— 18 时)出现降水峰值频数最多,占白天时段总频数 的 69%;夜间以下半夜最多,占夜间时段总频数的 59%。表明贵港市降水峰值时间多发生在白天,且以 下午居多,夜间的降水峰值时间多出现在下半夜,与 卢伟萍等<sup>[20]</sup>研究得出广西短时强降水高发时段及 段春锋等<sup>[21]</sup>研究最大降水量发生在白天最多的区 域和出现时段的结果相吻合。出现在白天的降水峰 值期主要由于午后太阳辐射加热导致地面受热, 造成大气上冷下暖的不稳定结构所致;在夜间的降 水峰值期主要与地形的热力差异引起山谷风环流 有关。

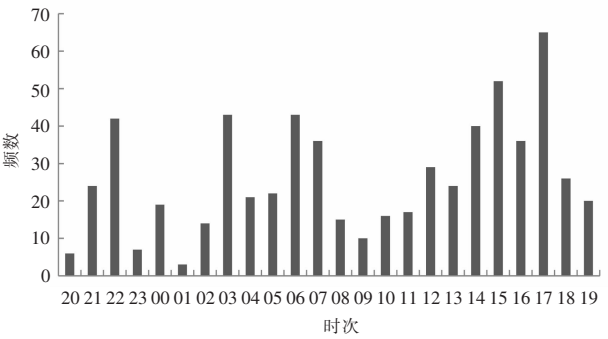


图 1 1980—2021 年贵港市不同历时年最大降水量 开始时间在各时次出现的频数图

2.3 变化趋势分析

2.3.1 线性变化趋势

利用线性倾向估计法分析 1980—2021 年各历 时年最大降水量的变化趋势, 并采用相关系数检验 法进行显著性检验。结果显示,各历时年最大降水量

序列中,仅 24h 年最大降水量呈下降趋势,变化速率为  $-0.1\text{mm}\cdot\text{a}^{-1}$ ,其余历时年最大降水量均呈上升趋势,其中以 1.5h 和 2h 年最大降水量上升速率最大,达  $0.7\text{mm}\cdot\text{a}^{-1}$ ,45min、1h 和 3h 年最大降水量次之,上升速率为  $0.6\text{mm}\cdot\text{a}^{-1}$ ,上升速率最小的是 5min 年最大降水量,为  $0.1\text{mm}\cdot\text{a}^{-1}$ 。从显著性检验情况来看,5min—1.5h 各历时年最大降水量的线性趋势均通过  $\alpha=0.01$  的显著性检验,2h、3h 年最大降水量的线性趋势分别通过  $\alpha=0.05$ 、 $\alpha=0.10$  的显著性检验,表明 5min—3h 各历时年最大降水量呈显著上升趋势;而 4—24h 年最大降水量的线性趋势均未通过显著性检验,说明其变化趋势不显著。

### 2.3.2 模比差值曲线分析

为了更好地反映不同历时年最大降水量的阶段性变化特征,本文运用模比差值曲线法<sup>[22]</sup>对各历时年最大降水量进行分析。由图 2 可知,各历时年最大降水量在 20 世纪 80 年代至 90 年代初,模比差值曲线呈明显下降趋势,表明时段内降水量以偏少居多,其中 5min—1.5h 之间同步下降趋势明显趋于一致且近似斜线下降,波动不明显;而历时较长的在 20 世纪 80 年代初稍有小幅波动变化,之后至 20 世纪 90 年代初呈斜线下降。20 世纪 90 年代中期至 21 世纪 10 年代,各历时年最大降水量以波动上升为主,其中 5min—45min 短历时年最大降水量模比差值曲

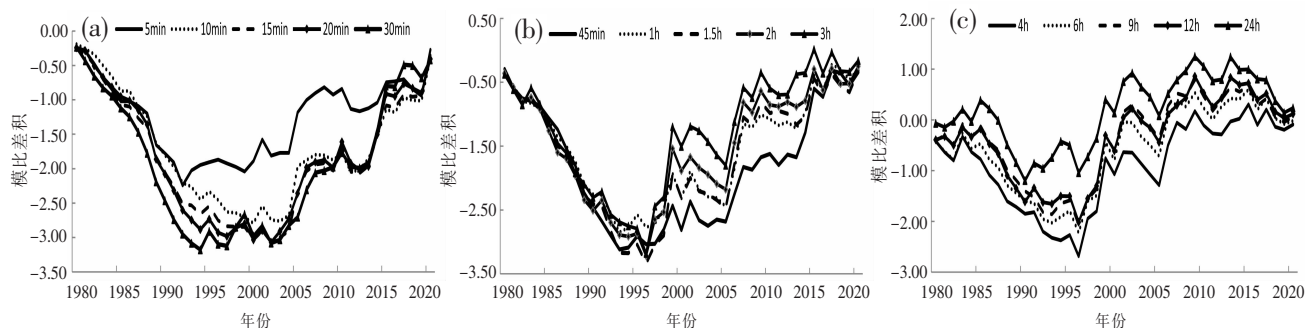


图 2 1980—2021 年贵港市不同历时年最大降水量模比差值曲线

(a) 5min—30min; (b) 45min—3h; (c) 4h—24h

线上升趋势明显,表明降水量明显增多。

### 2.3.3 Mann-Kendall 突变分析

通过对各历时年最大降水量的 UF 值统计分

析,发现 5min 和 6h 年最大降水量的 UF 值均  $\geq 0$ ,其余历时年最大降水量的 UF 值在 20 世纪 80 年代中期至 90 年代中期均有  $< 0$  的情况,其余年份以  $> 0$

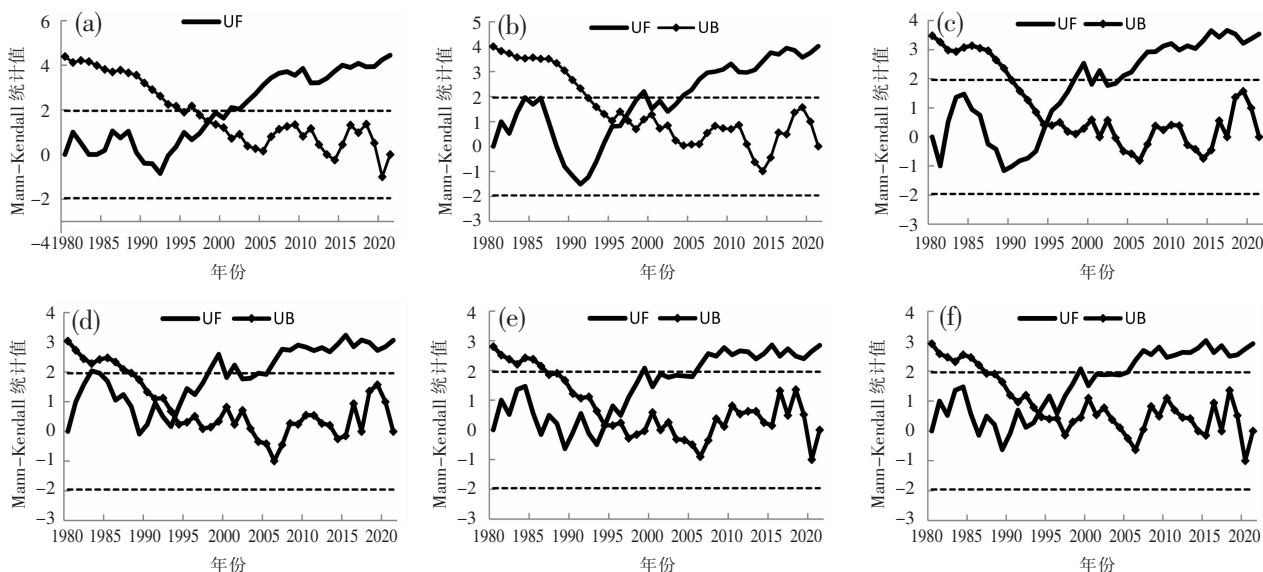


图 3 1980—2021 年贵港市不同历时年最大降水量 Mann-Kendall 统计图

(a) 15min; (b) 30min; (c) 45min; (d) 1h; (e) 1.5h; (f) 2h



为主,甚至有超出临界线,如 5min 至 3h 年最大降水量 UF 值在 21 世纪初期之后超出显著性水平 0.05 的临界线,表明年最大降水量增多趋势显著;而 9h 至 24h 年最大降水量 UF 值主要分布在临界线内,其中 9h、12h 年最大降水量为弱增多趋势,而 24h 年最大降水量在 21 世纪 10 年代后期 UF 值 $<0$ ,呈弱减少趋势。根据图 3 各 UF、UB 曲线相交情况可以看出,15、30、45min 和 1、1.5、2h 年最大降水量的 UF、UB 两条曲线均只有一个交点,且交点均位于临界线之间,表明 15、30、45min 和 1、1.5、2h 年最大降水量分别存在一个剧烈变化,根据交点位置,可确定突变开始出现时间分别在 1998、1997、1994、1994、1994、1994 年,表明在 20 世纪 90 年代中期开始过渡为明显增多阶段。其余历时的年最大降水量 UF、UB 交点 $>1$ 个,尤其是较长历时的,存在多处交汇,但其突变不显著。

### 3 结论

通过对贵港市 1980—2021 年 15 个不同历时的年最大降水量进行统计分析,得出以下结论:

(1)随着降水历时的延长,贵港市各历时年最大降水量的标准差和变差系数逐渐变大,即离散程度逐渐增大。各历时年最大降水量的偏度系数均为正偏度,20、30、45min 和 1、24h 年最大降水量的峰度系数均为负值,其余历时的峰度系数为正值;在  $\alpha=0.05$  显著性水平下,20、30、45min 和 24h 年最大降水量近似服从正态分布。

(2)各历时年最大降水量的最大值出现日期与一日最大降水量出现日期关系密切,且历时较长的,出现日期几乎趋于一致;各历时年最大降水量的最小值出现年份与降水量偏少年相关,多数出现在降水量最少年份。

(3)各历时年最大降水量出现次数以 5 月最多,6 月次之,季节上以夏季最多,春季次之,汛期为主要集中期,占各历时年最大降水量总次数的 96.7%。降水峰值多出现在白天,以下午居多,夜间降水峰值多出现在下半夜。

(4)1980—2021 年,5min—3h 各历时年最大降水量呈显著上升趋势,上升速率在 0.1~0.7mm/a 之间;4—24h 年最大降水量总体变化趋势不显著。各历时年最大降水量在 20 世纪 80 年代至 90 年代初呈明显下降趋势,之后至 21 世纪 10 年代呈上升趋势,以短历时年最大降水量上升明显。15、30、45min

和 1、1.5、2h 年最大降水量在 20 世纪 90 年代中期开始存在明显突变,过渡为明显增多阶段。

#### 参考文献:

- [1] 林而达,陈敏鹏,李迎春,等.气候变化与人类-事实、影响和适应[M].北京:学苑出版社,2010:2-5.
- [2] 林婧婧,张强.中国气候态变化特征及其对气候变化分析的影响[J].高原气象,2015,34(6):1593-1600.
- [3] 陈文龙,夏军.广州“5·22”城市洪涝成因及对策[J].中国水利,2020(13):4-7.
- [4] 王振亚,姚成,董俊玲,等.郑州“7·20”特大暴雨降水特征及其内涝影响[J].河海大学学报(自然科学版),2022,50(3):17-22.
- [5] 徐宗学,叶陈雷.从“城市看海”到“城市看江”:极端暴雨情景下福州市洪涝过程模拟与风险分析[J].中国防汛抗旱,2021,31(9):12-20.
- [6] 徐宗学,赵刚,程涛.“城市看海”:城市水文学面临的挑战与机遇[J].中国防汛抗旱,2016(5):54-55.
- [7] 唐传师,许爱华,马锋敏,等.1961—2015 年江西省短历时强降水时空分布特征[J].暴雨灾害,2018,37(5):421-427.
- [8] 方思达,江志红.全球变暖背景下江淮地区降水强度分布结构变化的特征分析[J].气候与环境研究,2013,18(6):757-766.
- [9] 周雅清,胡桃花,王弢,等.山西省汛期短历时强降水特征[J].沙漠与绿洲气象,2021,15(6):40-46.
- [10] 初祁,周晋军,徐宗学.适用北京地区短历时强降水模拟的 WRF 模型物理参数化方案研究[J].北京师范大学学报(自然科学版),2019,55(5):617-626.
- [11] 贺芳芳,杨涵涓,穆海振,等.上海地区短历时强降水致灾阈值探索[J].高原气象,2017,36(6):1567-1575.
- [12] 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.
- [13] 黄巾旗,黄子航,黄干淇.2017 年 7 月广西大范围暴雨过程分析[J].气象研究与应用,2018,39(4):18-21,33.
- [14] 覃卫坚,廖雪萍,陈思蓉.延伸期暴雨过程的神经网络预报技术应用初探[J].气象研究与应用,2018,39(4):1-4.
- [15] 陈冰,陆卫华,宋祖钦,等.茂名地区极端降水时空分布特征分析[J].气象研究与应用,2018,39(1):6-10.
- [16] 刘璐,张峰.一种短历时降雨综合评估方法在广州市的应用[J].气象研究与应用,2020,41(1):35-40.
- [17] 魏凤英.现代气候统计诊断与预测技术(第 2 版)[M].北京:气象出版社,2007:43-66.
- [18] 黄嘉佑.气象统计分析与预报方法(第 3 版)[M].北京:气象出版社,2004:18-26.
- [19] 曹洁萍,迟道才,武立强,等.Mann-Kendall 检验方法在

- 降水趋势分析中的应用研究[J]. 农业科技与装备, 2008, 179(5): 35–37.
- [20] 卢伟萍, 王建东, 孙靖雯. 基于自动气象观测站的广西短时强降水时空分布特征[J]. 气象研究与应用, 2022, 43(4): 91–97.
- [21] 段春锋, 曹雯, 缪启龙, 等. 中国夏季夜雨的空间分布特征[J]. 自然资源学报, 2013, 28(11): 1935–1944.
- [22] 丁晶, 邓育任. 随机水文学[M]. 成都: 成都科技大学出版社, 1988.

## Variation characteristics of annual maximum precipitation with different durations in Guigang

Zhou Youchan<sup>1</sup>, Meng Xueying<sup>1</sup>, Lu Weisheng<sup>1</sup>, Li Yanlan<sup>2\*</sup>

(1. Guigang Meteorological Bureau, Guangxi Guigang 537100, China;

2. Guangxi Climate Center, Nanning 530022, China)

**Abstract:** Using the precipitation data in the annual report of surface meteorological records from 1980 to 2021 at Guigang National meteorological observatory station, the variation characteristics of annual maximum precipitation over 15 different durations periods from 5 min to 24 h were analyzed. The results show that with the extension of precipitation duration, the standard deviation and variation coefficient of the maximum annual precipitation in each different period gradually increase, that is, the degree of dispersion gradually increases; The occurrence date of annual maximum precipitation in different periods is closely related to the occurrence date of maximum one-day precipitation in the corresponding year, the minimum of annual maximum precipitation in different periods often occurs in the year with the least precipitation. The annual maximum precipitation in each period is mainly concentrated in the flood season, accounting for 96.7% of the total number of occurrences. The peak time of annual maximum precipitation with different durations precipitation mainly occurs in the daytime, with the majority occurring in the afternoon, and the peak time of the nighttime precipitation mostly occurs in the second half of the night. In the past 42 years, the annual maximum precipitation with the duration of 5 min–3h showed a significant increasing trend, while the annual maximum precipitation with the duration of 4–24h showed no significant change trend. The annual maximum precipitation of each period was decreasing from the 1980s to the early 1990s, and then increasing from the mid-1990s to the 21st century, with a significant increase in the annual maximum precipitation for the short-duration. The annual maximum precipitation with a duration of 15min, 30min, 45min, 1h, 1.5h, and 2h began to have a significant abrupt change in the mid-1990s, transitioning to a significant increasing stage.

**Key words:** Guigang; durations ; annual maximum precipitation; standard deviation; variation coefficient