

廖胜石,卓健,陆甲. 基于小时数据的广西汛期降水日变化特征[J]. 气象研究与应用, 2023, 44(2): 27–32.

Liao Shengshi, Zhuo Jian, Lu Jia. Analysis of diurnal variation characteristics of precipitation in Guangxi during the flood season based on hourly data[J]. Journal of Meteorological Research and Application, 2023, 44(2): 27–32.

## 基于小时数据的广西汛期降水日变化特征

廖胜石<sup>1</sup>, 卓健<sup>2</sup>, 陆甲<sup>1</sup>

(1. 广西壮族自治区气候中心, 南宁 530022; 2. 广西壮族自治区气象信息中心, 南宁 530022)

**摘要:** 利用 2005—2021 年广西 91 个国家气象观测站的逐时降水观测资料, 对广西汛期降水的小时平均降水量、降水频率、降水强度进行分析。结果表明: (1) 在空间分布上, 小时平均降水量和降水频率日峰值从南向北呈“高—低—高”形态, 降水强度日峰值则呈南高北低, 高值区出现沿海和桂东南。(2) 桂东北、桂西北和沿海地区的小时平均降水量峰值出现在 04—09 时, 桂东南出现在 15—17 时, 桂西南出现在 05—07 时和 16—18 时, 桂东南多昼雨, 其它地区多夜雨。(3) 沿海地区的降水强度日变化最明显, 桂东南、桂西南次之, 桂东北和桂西北不显著。(4) 各区域的降水变化特征和该地区的地理位置和影响天气系统有很大关系, 桂东北、桂西北小时平均降水量和降水强度峰值的出现在 5—6 月, 以锋面降水和夏季风降水为主, 桂东南、桂西南和沿海地区的小时平均降水量和降水强度峰值出现在 6—8 月, 以夏季风降水和热带系统降水为主。

**关键词:** 广西; 降水; 日变化; 降水强度; 降水频率

**中图分类号:** P426.6

**文献标识码:** A

**doi:** 10.19849/j.cnki.CN45-1356/P.2023.2.05

### 引言

降水日变化是降水在白天与黑夜之间的强弱交替现象。研究降水的日变化特征, 有助于理解降水形成机理和区域气候形成机制, 并对气象的精细化预报和服务有重要的指导作用<sup>[1]</sup>, 因此成为当前气象研究领域的热点问题。近年来, 由于高时空分辨率的气象观测数据的完善, 很多气象学者对中国、华南区域的日变化气候特征进行了大量研究并取得很有意义的成果, 发现中国大陆夏季降水存在显著的日变化和区域特征<sup>[2]</sup>, 南方地区降水在冷季、暖季存在日位相的差异<sup>[2]</sup>; 大部分地区汛期降水量日变化呈双峰型特征<sup>[3–5]</sup>。

广西 (20°N~25°N, 104°E~112°E) 地处低纬, 北部是云贵高原和南岭, 南面是南海以及十万大山、六万大山等众多高大山脉, 中部有丘陵、盆地、河谷, 地形复杂, 为典型的季风气候。前汛期 (4—6 月) 降水以锋面降水和夏季风降水为主, 后汛期 (7—9 月) 降

水以热带系统降水为主。覃卫坚等<sup>[6]</sup>利用逐日降水资料研究指出广西前、后汛期均存在三个大的暴雨相关区。黄明策<sup>[7]</sup>利用逐 12h 降水资料研究指出广西年平均暴雨量的分布具有明显的地域性。廖胜石等<sup>[8]</sup>利用小时降水资料分析广西极端短时强降水的特征, 发现广西沿海的极端短时强降水的强度和频次是最高的。黄春华等<sup>[9]</sup>基于防城港市自动气象站小时雨量分析短时强降水时空分布特征, 发现前汛期防城港市南部短时强降水高峰期出现在清晨、北部出现在凌晨和午后, 后汛期南部出现在清晨和午后、北部出现在午后到傍晚, 非汛期短时强降水出现的时段呈多峰值态势。周绍毅等<sup>[10]</sup>利用南宁站短历时暴雨资料分析发现南宁市短历时暴雨月变化呈单峰型, 多发生在下午时段。林振敏等<sup>[11]</sup>对广西 6—8 月分级降水的气候特征做了研究。前面的研究或仅运用日降水资料无法刻画日变化, 或仅关注某个局地区域无法刻画全区范围, 或仅关注强降水忽略了一般降水而无法完整刻画降水的气候特征, 对于广

收稿日期: 2023-02-20

基金项目: 广西气象科研计划项目 (桂气科 2022Z03、桂气科 2022M29) 和中国气象局复盘总结专项 (FPZJ2023-099)

作者简介: 廖胜石 (1976—), 男, 高级工程师, 主要从事气候监测与评价研究。E-mail: lss0218@126.com

西降水日变化特征,及其在全球气候变化背景下,是否发生变化,以及基于高时间分辨率资料的精细化分布特征研究较少。因此,需要运用最新的逐时降水资料进行更深入的分析研究。

本研究利用 2005—2021 年广西 91 个气象观测站点的逐时降水资料,从小时平均降水量、降水频率、降水强度方面,研究广西汛期(4—9 月)降水的日变化特征。研究结果将有助于进一步深化对广西汛期降水日变化特征的理解。

## 1 资料与方法

### 1.1 资料来源

选用 CIMISS 提供的 2005—2021 年广西汛期(4—9 月)91 个国家级气象观测站的逐时降水量数据,通过气候极值检查和内部一致性检查对数据进行质量控制。

### 1.2 方法

本文研究区域为广西区域及其 5 个气象地理分区(桂东北、桂东南、桂西北、桂西南、沿海地区)。降水发生的判据为小时降水量大于等于 0.1mm。对 2005—2021 年汛期逐小时降水资料进行分析,统计一天(北京时间 00—23 时,共 24h)每个时次的累计降水量和累计降水时数。对于某个时次,汛期的总时数= $1\text{h}/\text{d}\times 183\text{d}/\text{a}\times 17\text{a}=3111\text{h}$ ,根据这些统计结果进一步计算汛期一天中逐小时的小时平均降水量、降水频率、降水强度。计算公式为:(1)小时平均降水量=累计降水量/总时数;(2)降水频率=累计降水时数/总时数;(3)降水强度=累计降水量/累计降水时数。各站一天中 24 个时段的极大值为该站的日峰值。通过求算广西各地理分区内所有气象站小时平均降水量、降水频率和降水强度的算术平均值得到该区域的小时平均降水量、降水频率和降水强度,进一步探讨降水日变化的区域差异。

## 2 结果与分析

### 2.1 广西汛期降水日变化的基本特征

#### 2.1.1 降水日峰值及其出现时间的空间分布

广西汛期小时平均降水量日峰值从南向北方向呈“高—低—高”形态,桂东南和沿海地区日峰值多数达到  $0.6\text{mm}\cdot\text{h}^{-1}$  以上,桂东北北部和桂西北东部的日峰值均在  $0.4\text{mm}\cdot\text{h}^{-1}$  以上,桂西南、桂东北南部和桂西北西部日峰值大多低于  $0.4\text{mm}\cdot\text{h}^{-1}$ 。桂东北和桂西北日峰值出现时间比较一致,均在 01—08 时之

间;沿海地区日峰值出现在 08—10 时;桂西南和桂东南日峰值多出现在 15—18 时。

降水频率日峰值的空间分布与小时平均降水量的分布相似,从南向北方向同样呈“高—低—高”形态。受海上暖湿气流影响,桂东南和沿海地区的降水频率日峰值较大,桂东北和桂西北受南下北方冷空气和北上暖湿气流的共同影响,这 2 个地区的降水频率日峰值也较大,桂西南地区无论是小时平均降水量还是降水频率都为广西最低。桂东北和桂西北的降水频率日峰值多出现在 02—08 时,桂东南和桂西南出现在 16—18 时,沿海地区出现在 07—09 时,与降水量日峰值的出现时间基本一致。

由降水强度日峰值的空间分布(图略)可知,广西降水强度在  $3\sim 5\text{mm}\cdot\text{h}^{-1}$ ,空间分布特征和平均降水量、降水频率不一样,是自南向北减小,沿海和桂东南降水强度较大,桂东北大部 and 桂西北局部相对较小,这与广西南部接近海洋,水汽充沛,易形成强降水有关。桂东北和桂西北的降水强度日峰值多出现在 02—08 时,桂东南和桂西南出现在 16—20 时,而沿海地区出现在 06—10 时,与小时平均降水量、降水频率日峰值的出现时间基本一致。

#### 2.1.2 降水日变化特征

由图 1a 可知,广西各区域小时平均降水量日变化差异较大。桂西南为典型双峰结构,2 个峰值发生时间分别为 05—07 时和 16—18 时。桂东北、桂西北、桂东南和沿海地区为单峰结构,桂东北峰值出现时间为 06—08 时,桂西北为 04—05 时,沿海地区为 07—09 时,桂东南与上述 3 个区域峰值出现时间有较大不同,出现在 15—17 时。沿海地区的小时平均降水量峰值为  $0.7\text{mm}\cdot\text{h}^{-1}$ ,为全区最大,桂东南次之  $0.5\text{mm}\cdot\text{h}^{-1}$ ,其他区域仅为  $0.3\sim 0.4\text{mm}\cdot\text{h}^{-1}$ 。

由图 1b 可知,桂东南和桂西南降水频率日变化为双峰结构,但是次峰值不太明显。桂西南主峰值在 07 时前后,次峰值在 16 时前后,桂东南则是主峰值在 17 时前后,次峰值在 07 时前后。桂东北、桂西北和沿海地区为单峰结构,峰值均在 07—08 时。桂东北、桂西北、桂东南和沿海地区降水频率的主峰值均为 15%左右,桂西南主峰值最低,仅为 12%左右。桂东北、桂西北、桂西南和沿海地区 4 个区域的降水频率在夜晚逐渐增加,在 08 时前后达到峰值后逐渐降低,而桂东南降水频率在白天逐渐增加,直到 17 时达到峰值后逐渐降低。可见桂东南多昼雨,其它区域多夜雨。

由图 1c 可知, 桂东北和桂西北的降水强度日变化比较平稳, 相对峰值出现的时间分别为 23—02 时和 04—06 时, 其它地区均为典型的单峰结构, 峰值较为明显, 其中沿海地区的日峰值出现时间为 08—09 时, 桂西南和桂东南为 16—18 时。沿海地区的降水强度日峰值超过了  $4.0\text{mm}\cdot\text{h}^{-1}$ , 远大于其它地区的降水强度。沿海地区的降水强度日变化最为明显, 02—11 时降水强度日峰值均超过了  $4.0\text{mm}\cdot\text{h}^{-1}$ , 下午到夜间则减小到  $3.0\text{mm}\cdot\text{h}^{-1}$  左右, 峰值和谷值差距  $1.8\text{mm}\cdot\text{h}^{-1}$ , 桂东北、桂西北降水强度全天每个时次相差不大, 峰值和谷值差距小于  $0.8\text{mm}\cdot\text{h}^{-1}$ , 日变化不显著。

广西各地降水强度差异较小(除沿海外), 小时平均降水量却有较大的差异, 可见, 降水量的差异主要来自于降水频率的不同, 桂西南是全区降水频率最低的地区, 也是总降水量最少的地区, 形成了有名的桂西南旱区。桂东北和桂西北的平均降水量、降水频率和降水强度的日变化结构虽然基本一致, 峰值均出现在后半夜到凌晨时段, 但二者还是存在差异, 在 22—06 时的小时平均降水量, 23—07 时的降水频率, 20—04 时的降水强度, 桂西北大于桂东北地区, 其余时间桂东北均大于桂西北, 说明桂西北的夜雨特征比桂东北明显。

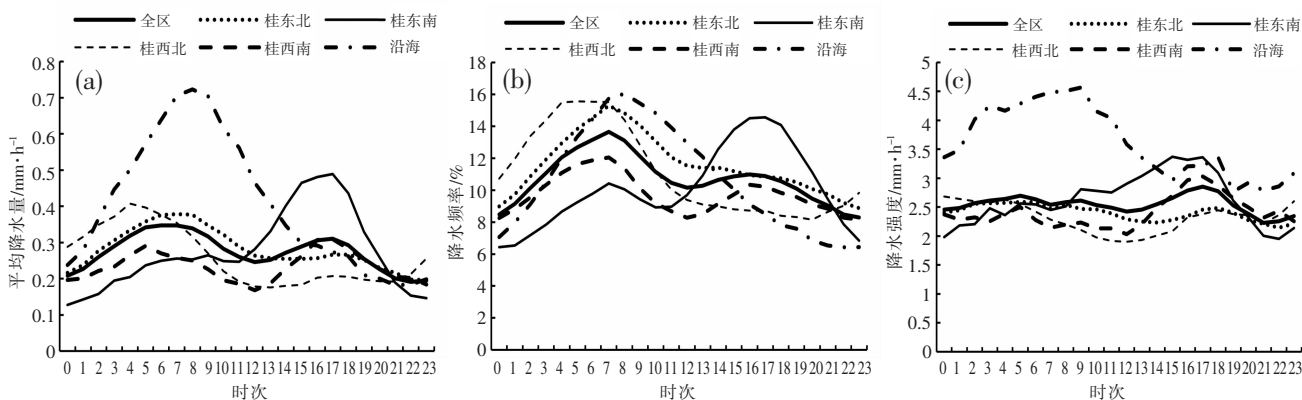


图 1 广西各区域小时平均降水量(a)(单位:  $\text{mm}\cdot\text{h}^{-1}$ )、降水频率(b)(单位: %)、降水强度(c)(单位:  $\text{mm}\cdot\text{h}^{-1}$ )的日变化图

## 2.2 降水日变化的月际变化特征

从各区域小时平均降水量逐月变化来看, 各区域的变化特征和该地区的地理位置和影响天气系统有很大关系。桂东北(图 2a)的高值区是 5、6 月的 05—09 时, 次高值区是 6 月的 17—18 时, 上午的峰值大于下午的峰值, 可见桂东北汛期的降水主要是冷空气和西风槽造成的锋面降水与夏季风降水。桂西北(图 2b)的高值区出现在 6 月份的 03—05 时, 次高值区为 7—8 月的 16—18 时, 表明桂西北的降水是锋面降水、夏季风降水和热带系统降水兼而有之, 锋面降水、夏季风降水多于热带系统降水。桂东南(图 2c)的高值区是 6—8 月的 14—17 时, 桂东南降水主要来自于夏季风降水和热带系统降水。桂西南(图 2d)有两个高值中心, 次高值中心为 5—6 月的 04—05 时, 最大高值为 7—8 月的 16—17 时, 表明桂西南的降水虽然和桂西北同样是包含锋面降水、夏季风降水和热带系统降水, 但热带系统降水大于锋面降水和夏季风降水。沿海地区(图 2e)的高值区出现在 6—8 月的 07—09 时, 降水主要来源于夏

季风降水和热带系统降水。借助海面带来的充沛水汽, 沿海地区平均小时降水量的峰值远远大于其他地区。从广西区域(图 2f)整体来看, 有 2 个主要的降水时段, 一个是 5—6 月的 05—08 时, 另一个是 6—8 月的 16—18 时, 5—6 月的高值大于 6—8 月的高值, 说明广西 5—6 月的锋面降水和夏季风降水多于 6—8 月台风带来的降水。另外, 锋面降水和夏季风降水大多出现在凌晨, 热带系统降水大多出现在下午。

从各区域降水强度逐月变化来看(图 3), 各区域的降水强度高值区出现的月份与小时降水量的分布一致, 只是出现的时次略有不同。桂东北 5—6 月凌晨到上午的降水强度最大, 6—8 月的 16—19 时也是高值区。桂西北降水强度最大出现在 6 月 22—04 时。桂东南降水强度最大出现在 6—8 月的 15—18 时。桂西南的降水强度高值区出现在 6—8 月的 16—18 时。沿海地区的降水强度高值区出现在 6—8 月 02—10 时。从广西区域整体来看, 有 2 个降水强度高值区, 一个是 5—6 月的 02—05 时, 另一个



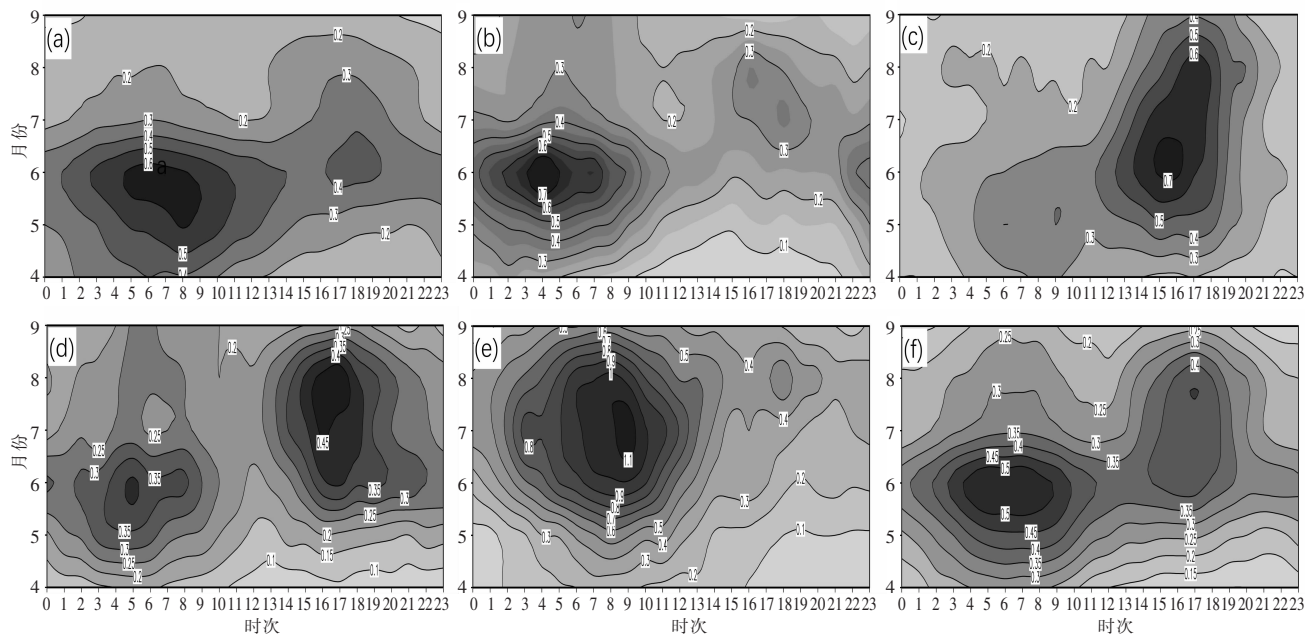


图2 广西各区域小时平均降水量逐月变化(单位: $\text{mm}\cdot\text{h}^{-1}$ )  
(a)桂东北;(b)桂西北;(c)桂东南;(d)桂西南;(e)沿海;(f)全区

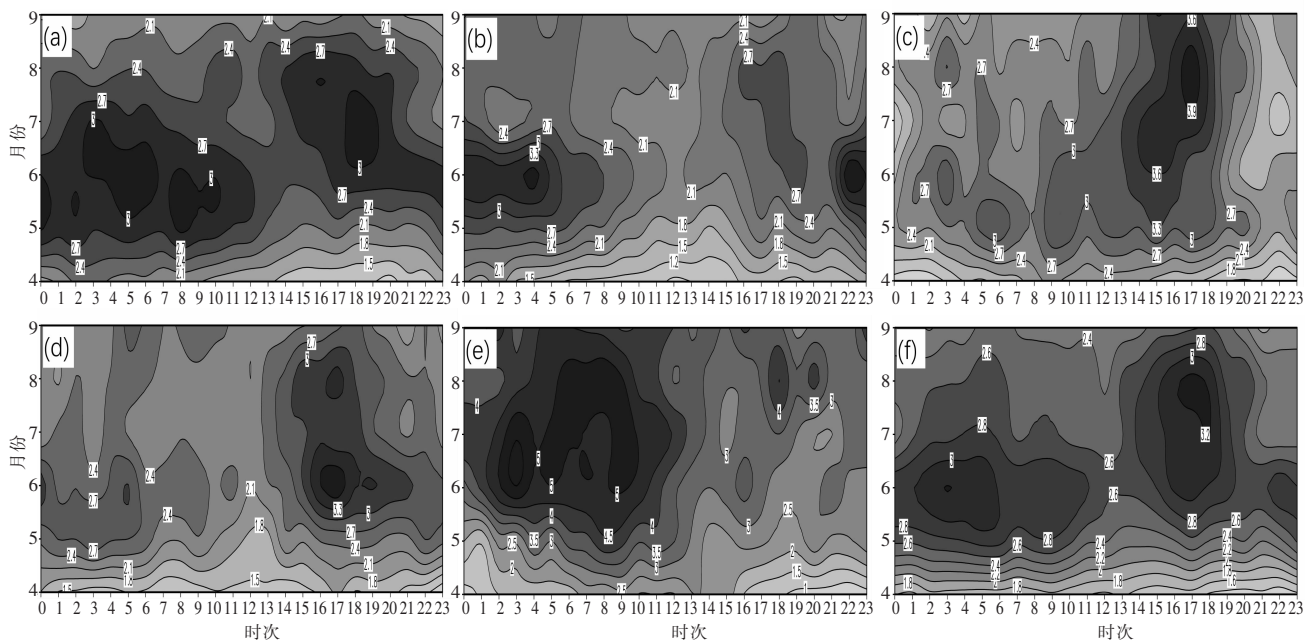


图3 广西各区域降水强度逐月变化(单位: $\text{mm}\cdot\text{h}^{-1}$ )  
(a)桂东北;(b)桂西北;(c)桂东南;(d)桂西南;(e)沿海;(f)全区

是6—8月的16—18时,2个时段的峰值相当。可见,广西强降水容易出现在这两个时段。

### 3 结论与讨论

利用2005—2021年汛期广西91个气象观测站的逐时降水资料,分析广西汛期小时平均降水量、降水频率、降水强度的变化特征和区域差异,并对其形

成的可能原因加以分析。主要结论如下:

(1)广西汛期小时平均降水量和降水频率日峰值空间分布上,从南向北方向均呈“高—低—高”形态,桂西南平均降水量和降水频率都是全区最低,降水强度则是南高北低。

(2)不同区域的降水日变化特征存在差异,桂东南多昼雨,其余地区多夜雨,其中桂西北夜雨特征比

桂东北明显。桂东北、桂西北和沿海地区的小时平均降水量峰值出现在 04—09 时, 桂东南出现在 15—17 时, 桂西南出现在 05—07 时和 16—18 时。

(3)沿海地区的降水强度上午最大, 桂东南和桂西南则是下午最大, 桂西北和桂东北后半夜到凌晨最大, 桂北地区的日峰值大多出现在夜间, 致灾性和危险性更大。沿海地区的降水强度日变化最明显, 峰值和谷值差距  $1.8\text{mm}\cdot\text{h}^{-1}$ , 桂东南、桂西南次之, 桂东北和桂西北不显著, 差距仅为  $0.8\text{mm}\cdot\text{h}^{-1}$ 。

(4)桂东北、桂西北小时平均降水量主要峰值出现在 5—6 月 04—06 时, 桂东南、桂西南在 6—8 月 16—18 时, 沿海地区在 6—8 月 07—09 时。从各区域小时平均降水量、降水强度逐月变化来看, 各区域的变化特征和该地区的地理位置和影响天气系统有很大关系。桂东北、桂西北的降水日变化与锋面降水、夏季风降水密切相关, 沿海、桂东南、桂西南的降水与夏季风降水、热带系统降水密切相关。总体上, 广西 5—6 月的锋面降水、夏季风降水多于热带系统降水。

尽管本研究获得了对广西汛期降水日变化特征比较深入的认识, 但对这种日变化特征的形成机制仍不够清楚, 比如本研究可以发现, 同样受热带系统影响, 桂东南地区和沿海地区的日峰值出现的时间并不一致。可见降水日变化涉及的物理机制极其复杂, 除了与环流背景、下垫面强迫有关外, 还与云物理过程、对流活动、辐射传输等有关, 这些方面将是

未来的研究方向。

#### 参考文献:

- [1] 宇如聪, 李建, 陈吴明, 等. 中国大陆降水日变化研究进展[J]. 气象学报, 2014, 72(5): 948–968.
- [2] 宇如聪, 李建. 中国大陆日降水峰值时间位相的区域特征分析[J]. 气象学报, 2016, 74(1): 18–30.
- [3] 陈炯, 郑永光, 张小玲, 等. 中国暖季短时强降水分布和日变化特征及其与中尺度对流系统日变化关系分析[J]. 气象学报, 2013, 71(3): 367–382.
- [4] 王夫常, 宇如聪, 陈吴明, 等. 我国西南部降水日变化特征分析[J]. 暴雨灾害, 2011, 30(2): 117–121.
- [5] 伍红雨, 李春梅, 刘蔚琴. 1961–2014 年广东汛期小时强降水的日变化特征[J]. 中山大学学报(自然科学版), 2018, 57(5): 10–18.
- [6] 覃卫坚, 李耀先, 覃志年. 广西暴雨的区域性和连续性研究[J]. 气象研究与应用, 2012, 33(4): 1–4.
- [7] 黄明策. 广西暴雨时空分布特征[J]. 广西气象, 2006, 27(3): 9–13.
- [8] 廖胜石, 卓健, 罗建英, 等. 广西汛期极端短时强降水特征分析[J]. 暴雨灾害, 2022, 41(3): 308–314.
- [9] 黄春华, 黄滢, 林文桦, 等. 基于小时雨量的防城港市短时强降水特征分析[J]. 中低纬山地气象, 2021, 45(5): 99–102.
- [10] 周绍毅, 卢小凤, 罗红磊. 南宁市短历时暴雨演变特征分析[J]. 气象研究与应用, 2016, 37(1): 64–67.
- [11] 林振敏, 姚才, 郑宏翔, 等. 广西 6—8 月分级降水的气候特征[J]. 气象研究与应用, 2007, 28(2): 36–41.

# Analysis of diurnal variation characteristics of precipitation in Guangxi during the flood season based on hourly data

Liao Shengshi<sup>1</sup>, Zhuo Jian<sup>2</sup>, Lu Jia<sup>1</sup>

(1.Guangxi Climate Center, Nanning 530022, China;

2.Guangxi Meteorological Information Center, Nanning 530022, China)

**Abstract:** Based on the hourly data of the 91 national weather stations in Guangxi during 2005–2021, the diurnal characteristics of the hourly average precipitation, precipitation frequency, and precipitation intensity in Guangxi during the flood seasons were analyzed. The results show that (1) the peaks of hourly average precipitation and frequency showed a "high–low–high" pattern in the spatial distribution from south to north in Guangxi, while the daily peaks of precipitation intensity are high in the south and low in the north, with high-value areas appearing in the southeast and coastal region of Guangxi. (2) The peaks of hourly average precipitation in the northeast, northwest, and coastal region appeared at 04–09 BJT, in the southeast region at 15–17 BJT, in the southwest region at 05–07 BJT and 16–18 BJT. Therefore, there were more daytime rains in southeast Guangxi and more nighttime rains in other areas. The precipitation intensity was most obvious in the coastal areas, followed by southeast and southwest Guangxi, while it was not significant in the northeast and northwest areas. The variations of precipitation changes were closely related to the geographical location and influencing synoptic systems. The peak of hourly averaged precipitation and precipitation intensity occurred from May to June in the northeast and northwest Guangxi, which was associated with the front and monsoon, but appeared from June to August in the other areas which was related to monsoon and tropical systems.

**Key words:** Guangxi; precipitation; diurnal variation; precipitation intensity; precipitation frequency