

王婷,唐桥义,王娟,等. 桂林重大短时强降水时空分布特征[J]. 气象研究与应用,2023,44(3):57–61.

WANG Ting,TANG Qiaoyi,WANG Juan,et al. Temporal and spatial distribution of short-time severe rainfall in Guilin [J]. Journal of Meteorological Research and Application,2023,44(3):57–61.

桂林重大短时强降水时空分布特征

王 婷,唐桥义,王 娟*,吴芳芳

(桂林市气象局,广西 桂林 541001)

摘要: 利用常规气象观测资料、区域气象自动站资料和 MICAPS 格式资料,对 2018—2022 年广西桂林重大短时强降水时空分布和形成机理进行分析。结果表明,近 5a 桂林重大短时强降水 2019 年出现频次最多,2018 年最少;重大短时强降水天气出现在 2—9 月,6 月最多,其次是 5 月和 7 月。日变化特征明显,01 时频次最多,其次是 02 时和 03 时,夜间频次多于白天,下半夜频次多于上半夜。桂林重大短时强降水具有明显的空间分布特征,总频次大值区位于资源南部的中峰—兴安北部—灵川北部—市区—临桂北部—永福一线,比传统暴雨带位置更偏北。重大短时强降水发生频次与地形有关,在迎风坡越城岭东南侧,边界层偏南风与地形辐合的地方易出现重大短时强降水。

关键词: 重大短时强降水;频次;时空分布

中图分类号: P426.6

文献标识码: A

doi: 10.19849/j.cnki.CN45-1356/P.2023.3.10

短时强降水突发性强、来势猛、降水时间集中,可预报的时效也很短。短时强降水历时短、降水强度大,在短时间内形成的较大降水可形成暴雨洪涝,造成农田渍涝、城市内涝,甚至引发山洪、泥石流等地质灾害,造成重大经济损失和人员伤亡。桂林地处华南地区北部,冷暖空气交汇频繁,是强对流天气的频发地区,短时强降水往往是中小尺度天气系统造成的,发生发展十分迅速,局地性较强,对短时强降水落区的预报预警一直都是难点。目前国内许多气象工作者针对短时强降水做了大量的研究工作,特别是在时空分布特征、形成原因方面有大量的研究成果。北京地区夏季短时强降水主要分布在山前及山前的平原地区,靠近城区以及城区是一个短时强降水的高发区,短时强降水过程主要发生在午后至前半夜^[1]。廊坊市区出现短时强降水的频率最高,4—9 月均有发生,7 月达到全年之最,以其为中心向前后迅速递减,日变化明显,傍晚至前半夜高发,上午和下午 14—16 时发生频率相对较低^[2]。南疆短时强降水的日变化为明显的双峰型特征,在凌晨、午后到傍晚较易发生,午后多发与下垫面不均匀以及背风波、

迎风坡的抬升有关^[3]。廖胜石等^[4]利用 2005—2021 年广西国家气象站逐小时降水数据分析了广西汛期极端短时强降水的特征及关联因子。指出广西超过 80% 站点的极端强降水小时雨强在 40~70 mm,强度和频次最高出现在沿海地区,桂东北地区为频次次高区域,但强度却为广西最低。每年极端短时强降水频次呈现增多趋势,5、6 月频次最高,每日 04—05 时、17—18 时频次最高。

短时强降水的时空分布与地形和下垫面特征有很大关系^[5-8],由于地形的原因,边界层可出现中小尺度风速切变和辐合区,不断触发中小尺度系统,使降水回波在某地维持和发展。桂林位于南岭山系西南部,地处湘桂走廊南端,具有复杂的地形地貌。前期由于观测站点稀疏,国家气象站网虽然能有效监测到大尺度系统,但无法有效监测到中小尺度系统,近年布设了大量区域气象站,已经能较有效地监测到中小尺度系统。因此,利用加密自动站降水资料,分析短时强降水时空分布特征,绘制短时强降水时空分布图,可以为短临预报预警中短时强降水的落区预报以及为暴雨预警的发布提供指导,同时可以

收稿日期: 2022-10-20

基金项目: 广西气象科研计划项目(2021M04)、桂林市重点研发计划项目(20220118-3)

第一作者简介: 王婷(1990—),女,工程师,从事综合观测工作。E-mail: 373126774@qq.com

* 通讯作者: 王娟(1985—),女,高级工程师,主要从事天气预报工作。E-mail: wxhcmf@163.com

为精细化预报服务提供参考依据。

1 资料与方法

短时强降水是指 1 h 雨量在 20 mm 或 3 h 雨量在 50 mm 以上的降水事件,文中重大短时强降水选取标准为每小时雨量 ≥ 50 mm。桂林有 14 个国家气象站,在市辖 133 个乡镇设立了 245 个区域自动气象站,雨量数据来源于上述 259 个气象站。雨量数据采用 2018—2022 年的逐小时降水量。为保证重大短时强降水天气过程筛选的准确性,考虑资料的可靠性问题,自动站周围同时出现降水时,自动站记录到小时雨量 ≥ 50 mm 作为一次重大短时强降水过程。按照以上原则严格筛选出桂林近 5 a 共 87 场满足条件的重大短时强降水过程。

环流背景和环境参数分析采用中国气象局下发的 MICAPS 资料,MICAPS 资料包括常规地面高空资料、地面加密观测资料等。

应用 MICAPS 分析平台,首先分析影响桂林重大短时强降水的天气系统,并对天气系统进行分类,然后针对不同的系统配置,分析对应的探空图形态和关键环境参数特征。选取短时强降水发生前的 20 时或 08 时的高空和间隔 3 h 的地面加密气象观测资料进行中尺度分析。

2 结果与分析

2.1 重大短时强降水时空分布特征

2.1.1 时间分布特征

2018—2022 年桂林市出现小时雨量 ≥ 50 mm 的重大短时强降水共 662 站次(图 1)。重大短时强降水年变化差异较大,其中 2018 年最少,有 74 站次,2019 年最多,有 185 站次。频次较多的年份分别为 2019 年、2020 年和 2022 年。小时雨量 ≥ 100 mm 有 9 站次,其中 2019 年有 2 站次,2020 年有 3 站

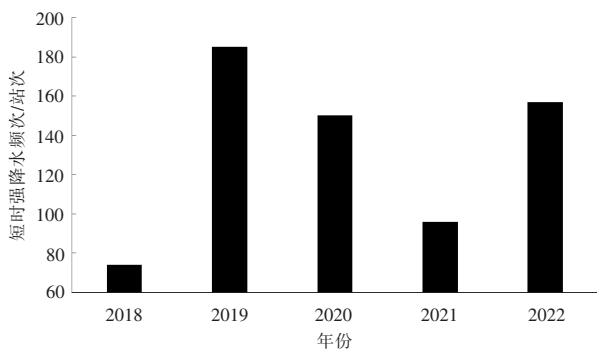


图 1 2018—2022 年桂林重大短时强降水频次年变化

次,2022 年有 4 站次。最大小时雨量为 134.4 mm,出现在 2019 年桂林市区叠彩街道,。由此可见,雨强大的短时强降水天气容易出现在短时强降水频次较多的年份。

桂林重大短时强降水天气出现在 2—9 月,非汛期的 2 月和 3 月也会出现短时强降水(图 2)。桂林重大短时强降水频次具有明显的月变化特征,6 月最多,其次是 5 月和 7 月,而 2 月和 3 月最少,10 月至翌年 1 月没有出现。小时雨量 ≥ 100 mm 的短时强降水天气出现在 4—6 月,其中 6 月出现频次最多,有 5 次,其次是 5 月有 3 次,4 月有 1 次。最大小时雨量出现在 2019 年 6 月 9 日 13 时。

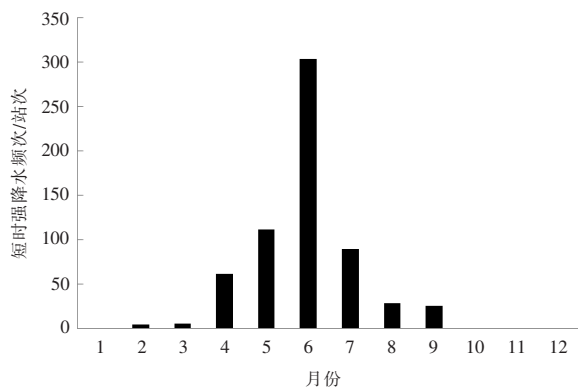


图 2 2018—2022 年桂林重大短时强降水频次月变化

从图 3 可知,桂林重大短时强降水出现频次的日变化特征较明显,一天当中任何时次都可能出现重大短时强降水,01 时频次最多,其次是 02 时和 03 时,夜间(20 时—07 时)频次多于白天(08 时—19 时),下半夜(01 时—07 时)频次多于上半夜(20 时—00 时)。桂林重大短时强降水容易出现在凌晨(下半夜),是短临预报员最累最困的时候。小时雨量 ≥ 100 mm 的短时强降水天气出现在夜间的有 7 次,白天 2 次,其中凌晨(下半夜)有 6 次。和重大短

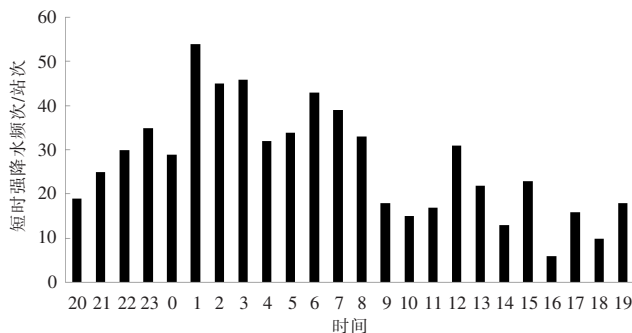


图 3 2018—2022 年桂林重大短时强降水频次日变化

时强降水一样,桂林雨强在 100 mm 以上的短时强降水天气也容易出现凌晨(下半夜)。夜间,低层偏南风通常会加强,在华南地区常容易出现夜雨,可能与急流的脉动有关,急流脉动出现辐合和次级环流,触发不稳定能量释放,形成强对流天气,出现短时强降水。

2019 年 6 月 9 日 13 时桂林出现了 15 站的重大短时强降水,除了 1 站雨强达 134.4 mm 外,其中 14 站雨强介于 55~87 mm 之间。2022 年 6 月 21 日 12 时桂林出现了 18 站的重大短时强降水,雨强介于 52~73 mm 之间。虽然夜间容易出现重大短时强降水,但是站点分布比较零散,而白天容易出现大范围的重大短时强降水,尤其是在 6 月的中午,这是预报员在今后短临预报预警工作中值得注意的地方。短时强降水量越大,所需凝结的大气中水汽就越多,这就要求大气必须有更多水汽,而大气中水汽的容纳能力与大气温度密切相关,大气层结温度越高,其对水汽容纳能力就越大。白天气温较高,大气容纳的水汽较多。白天受太阳辐射影响,环境温度直减率一般大于夜间,大气不稳定条件和不稳定能量 CAPE 优于夜间,因此较易出现大范围的重大短时强降水。

2.1.2 空间分布特征

桂林重大短时强降水频次具有明显的空间分布特征,西部比东部多,大值区位于资源西南部的中峰到永福一带,呈西南-东北走向,其中包括临桂、灵川、兴安和市区的北部。频次最多的是永福苏桥,出现了 14 次,其他超过 10 次的站点有兴安猫儿山、灵川九屋、永福永安、临桂茶洞鹿角和临桂宛田。出现小时雨量 ≥ 100 mm 重大短时强降水的站点有灵川九屋、永福苏桥、永福罗锦、临桂宛田、兴安猫儿山、龙胜平等、市区叠彩,频次最多的是灵川九屋,有 2 次,其他站点均出现一次。以上站点易出现重大短时强降水,在短临预报中需引起特别关注,在发布暴雨预警时需特别注意。

2.2 环境条件分析

2.2.1 环流背景

强降水是在有利的大尺度环流背景下由中小尺度系统造成的,在分析强对流天气的形成机理时通常使用中尺度分析方法。本项目分析了 2018—2022 年桂林 87 个重大短时强降水事件的主要影响系统,结果显示对应的天气概念模型基本有三种,槽切变+急流型(I 型)、切变北抬型(II 型)和槽配合西南风型(III 型)。I 型最常见,容易出现重大短时强降水,三种天气概念模型所占的百分比分别为 58%、

25%和 17%。

I 型出现的频次最多,有利于强降水的天气系统多,预报员很容易识别,容易预报出强降水。有槽、切变线和低空急流配合。200 hPa 桂北上空主要为高压脊区控制,呈反气旋环流,高空辐散有利于上升运动的发生发展。500 hPa 有明显的高空槽,槽线由湖北向西南伸展至广西北部,桂林位于槽前的正涡度平流区。700 hPa 广西上空有西南急流穿过,广西为显著湿区。850 hPa 切变线位于贵州、湖南中部,切变线以北为东北气流,切变线以南为偏南风低空急流,冷暖空气交汇出现降水天气。高空槽东移引导地面冷空气南下,切变线南压过境,冷锋触发不稳定能量释放,出现强对流天气,造成重大短时强降水。

II 型有明显的切变线存在,切变线位于桂林以南,然后北抬至南岭附近。华南地区位于 200 hPa 急流轴右侧的辐散区,强烈的高空辐散有利于垂直运动的发生发展。500 hPa 中纬度高空槽已移至华中,中纬度有小高压东移,副高因与中纬度高压合并而增强,中低纬形成东高西低形势,广西一带浅槽受东部高压阻挡,移速减慢。850 hPa 桂林以南存在切变线,切变线南侧存在一支显著西南偏南气流,并不断加强,将切变线北推至南岭附近,同时暖脊从中南半岛伸向桂林,低层大气增暖增湿使得大气层结不稳定度增大,有利于强对流天气的发生。

III 型有明显的高空槽存在,没有明显的切变线。华南地区位于 200 hPa 急流轴右侧,强烈的高空辐散有利于垂直运动的发生发展。500 hPa 呈现东高西低的环流形势,副高位于台湾东部海面,槽区位于重庆、贵州、湖南一带。桂林位于槽前,有利于上升运动的发生发展,同时槽前和副高西侧的西南气流为强降水提供源源不断的水汽。700 hPa 存在一支显著西南气流,从孟加拉湾向桂林输送水汽。850 hPa 存在一支显著西南偏南气流,将南海的水汽和不稳定能量输送到桂林上空,暖脊从中南半岛伸向桂林,低层大气增暖增湿使得大气层结不稳定度增大,有利于强对流天气的发生。850 hPa 上 30°N 以南无明显切变,桂林为槽前西南气流影响,处于气旋性曲率气流辐合中,桂北附近风速辐合明显。

有利的大尺度环流条件经常有,但强对流天气并不经常出现,关键看是否有触发条件,在对重大短时强降水天气过程的地面风场分析时发现,桂林中北部地区总能分析出一条中尺度辐合线,中尺度辐合线触发不稳定能量释放,产生强对流天气,出现强

降水。

2.2.2 探空图形态分析

实际业务工作中经常出现天气形势与天气概念模型大致一样,却没有出现强降水,导致空报,而有时出现天气形势与概念模型相差甚远时,却出现强降水,导致漏报。因此,在分析总结天气概念模型的基础上,分析研究对应重大短时强降水天气的探空图形态,为短时强降水的短临预报预警提供参考。

对三种模型重大短时强降水发生前的探空图进行分析,分析探空曲线中大气层结曲线与状态曲线的形态、对流有效位能 $CAPE$ 形状。没有进行合成,而是分别对具有代表性的 3 类探空图进行分析。

I 型温度廓线和湿绝热线变化趋势较一致,温湿廓线几乎重合,湿层深厚,整层大气相对湿度较高,水汽充沛。抬升凝结高度较低,暖云层厚度大概为 4.9 km,较厚的暖云层厚度可以提高降水效率。0~6 km 垂直风切变较小, $CAPE$ 为 $2604.9 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。II 型 850 hPa 以上温度廓线和湿绝热线变化趋势较一致,温湿廓线几乎重合,湿层深厚,大气相对湿度较高,水汽充沛。但是 850 hPa 以下温湿廓线呈倒 V 型,较干,抬升凝结高度 LCL 较高,暖云层厚度接近 4.7 km,0~6 km 垂直风切变很小,比其他两种类型的短时强降水都小, $CAPE$ 为 $1509.1 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。III 型温湿廓线大致呈漏斗状,700 hPa 以下为显著湿区,中层略干,这与低层西南风输送大量水汽以及中层有干冷空气入侵有关。抬升凝结高度较低,暖云层厚度大概为 4.3 km,较厚的暖云层厚度可以提高降水效率。0~6 km 垂直风切变较小, $CAPE$ 为 $1080.6 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1}$,合适的 $CAPE$ 比极端的 $CAPE$ 更容易出现短时强降水。

I 型较 II 型和 III 型,湿层更加深厚, $CAPE$ 更大,暖云层更厚,垂直风切变最大,这些特点与其对应的大尺度天气系统有关。重大短时强降水发生前大气环境为上干下湿或者整层为湿层,暖云层厚度较厚,拥有较为合适的 $CAPE$ 、合适的 T_{850} 、弱的条件不稳定层结,垂直风切变很小,环境条件均有利于出现短时强降水。

3 结论

通过分析近 5 a 桂林重大短时强降水的时空分布、环流背景和环境条件,得到如下结论。

(1) 桂林重大短时强降水具有明显的时间变化特征,其中 2018 年最少,2019 年最多,频次较多的年份分别为 2019 年、2020 年和 2022 年;重大短时强降水天气出现在 2—9 月,其中 6 月最多,其次是 5 月和 7 月,而 2 月和 3 月最少;日变化特征明显,01 时频次最多,其次是 02 时和 03 时,夜间(20 时—07 时)频次多于白天(08 时—19 时),下半夜(01 时—07 时)频次多于上半夜(20 时—00 时)。

(2) 桂林重大短时强降水具有明显的空间分布特征,总频次大值区位于资源南部的中峰—兴安北部—灵川北部—市区—临桂北部—永福一线,比传统暴雨带位置更偏北。

(3) 造成桂林重大短时强降水的天气概念模型为槽配合西南风型、切变北抬型和槽切变+急流型三类,槽切变+急流型最常见;有利的大尺度环流背景为重大短时强降水提供充沛的水汽、层结不稳定条件以及适当的垂直风切变环境;地面风场上桂林中北部地区总是存在一条西南—东北向中尺度辐合线,是重大短时强降水的触发机制;重大短时强降水发生前大气环境为上干下湿或者整层为湿层,暖云层厚度较厚,拥有较为合适的 $CAPE$ 、弱的条件不稳定层结,垂直风切变很小。

参考文献:

- [1] 王国荣,王令.北京地区夏季短时强降水时空分布特征[J].暴雨灾害,2013,32(3):276-279.
- [2] 许敏,丛波,张瑜,等.廊坊市短时强降水特征及其临近预报指标研究[J].暴雨灾害,2017,36(3):243-250.
- [3] 黄艳,俞小鼎,陈天宇,等.南疆短时强降水概念模型及环境参数分析[J].气象,2018,44(8):1033-1041.
- [4] 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.
- [5] 吴进,李琛,于波,等.两类短时强降水天气边界层气象要素变化特征[J].气象,2018,44(7):902-910.
- [6] 俞小鼎.短时强降水临近预报的思路与方法[J].暴雨灾害,2013,32(3):202-209.
- [7] 王娟,李向红,王艳兰.广西临桂极端大风天气过程的中尺度特征分析[J].气象研究与应用,2020,41(2):84-88.
- [8] 陈元昭,俞小鼎,陈训来.珠江三角洲地区重大短时强降水的基本流型与环境参量特征[J].气象,2016,42(2):144-155.

Temporal and spatial distribution of short-time severe rainfall in Guilin

WANG Ting, TANG Qiaoyi, WANG Juan*, WU Fangfang
(Guilin Meteorological Bureau, Guangxi Guilin 541001, China)

Abstract: Based on the conventional observation data, regional automatic station data and MICAPS data, this paper analyzed the characteristics of the temporal and spatial distribution, and formation mechanism of short-time severe rainfall from 2018 to 2022 in Guilin. The results showed that the frequency of short-time severe rainfall was the highest in 2019 and the lowest in 2018. Short-time severe rainfall occurred from February to September, with the highest number in June, followed by May and July. The daily variations were characterized by obvious features, with the highest frequency at 01:00, followed by 02:00 and 03:00, and with more frequency at night than during the day, and more frequency in the second half of the night than in the first half of the night. The short-time severe rainfall had obvious spatial distribution characteristics, and the maximum frequency area was located in the south of Ziyuan – north of Xing'an – north of Lingchuan – Urban district of Guilin – north of Lingui – Yongfu, which was more north than the tradition rainstorm belt. The frequency of short-time severe rainfall was related to the terrain, and the short-time severe rainfall was easy to occur on the windward slope, southeast of the Yuecheng Ridge, where the southerly wind of the boundary layer converges with the terrain.

Key words: short-time severe rainfall; frequency; characteristics of the temporal and spatial