

蒋丽敏,付炜,徐根生,等.永州市短时强降水的精细化时空分布特征[J].陕西气象,2025(1):18-24.

文章编号:1006-4354(2025)01-0018-07

永州市短时强降水的精细化时空分布特征

蒋丽敏¹,付炜²,徐根生¹,李菁华¹,彭艳青³

(1.永州市气象局,湖南永州 425000;2.株洲市气象局,湖南株洲 412000;

3.怀化市气象局,湖南怀化 418000)

摘要:利用2013—2022年区域气象站和国家气象站逐小时降水资料,统计分析永州市短时强降水的时空分布特征,结果表明:1)短时强降水出现的频次年际变化不明显,但有明显的月变化和日变化且空间分布差异大。4月短时强降水主要出现在永州西南部,多为夜雨;5、6月出现最多,南部山区及小盆地高于北部地区,清晨、午后到傍晚短时强降水多发;7—9月九嶷山—萌诸岭一带、阳明山地区为主要发生区,午后到傍晚时段最为多发。2)短时强降水频次随着雨强级别增大近似呈指数式衰减,各级别短时强降水均呈北低南高分布,在高海拔山区的偏西、偏南侧以及永州南部的道江盆地出现频次高;最不活跃时段在上午,主要发生在清晨、午后到傍晚,随着降水强度的增强,午后到傍晚出现的比例增大, ≥ 50.0 mm/h的短时强降水近四成出现在午后到傍晚。3)永州短时强降水极值在50.0~80.0 mm/h之间,半数出现在14—21时,但极值 ≥ 100.0 mm/h的极端短时强降水多数出现在午夜前后, ≥ 80.0 mm/h的极端短时强降水的空间分布特征与地理位置及地形特征密切相关,水体附近及可形成独特环流结构的迎风坡、小盆地或峡谷地带较易出现极端短时强降水。

关键词:短时强降水;精细化分级;极端短时强降水;时空分布;地形

中图分类号:P468.024

文献标识码:A

短时强降水一直是天气预报预警的重点和难点,诸多专家开展了不少有针对性的研究。Liang等^[1]利用上海地区1916—2014年近一个世纪的小时降水资料,指出上海的城市化对城市暴雨事件的频率和强度的增加都有很大的贡献。包括上海在内的目前全国半数以上大城市年平均极端降水强度变化呈增加走势^[2],侯淑梅等^[3]通过对比2008—2017年山东省全部站和国家站降水量资料,指出全部站更能刻画与地理位置及地形特征密切相关的极端短时强降水的时空分布特征,可见强降水的局地性显著。此外诸多专家学者^[4-9]对不同区域短时强降水的气候特征、形成机

理、监测预报及物理指标等方面进行研究,皆表明我国短时强降水具有明显的地域特征,地形地貌对其影响大,且短时强降水具有明显的日变化。姚蓉等^[10]将湖南划分为5个区域,指出各区域短时强降水日变化有较大差异,特别强调湘东南大气的水汽、动力、热力及不稳定参数都高于其他区域。湖南南部的永州市处于南岭山脉纬向结构带上,地形复杂,天气影响系统种类多,暴雨山洪内涝等灾害频发,短时强降水分布特征研究尚不多见。本研究利用永州国家及区域自动站资料,分析短时强降水时空分布特征,为永州短时强降水的精准预报预警提供理论支撑。

收稿日期:2023-12-10

作者简介:蒋丽敏(1989—),女,汉族,湖南冷水滩人,学士,副高,从事短期短时天气预报。

通信作者:付炜(1985—),男,汉族,湖南醴陵人,硕士,副高,从事灾害性天气预报。

基金项目:湖南省气象局研究型业务预报预测专项(XQKJ22C005);湖南省气象局重点课题(XQKJ21A001);湖南省气象局创新发展专项(CXFZ2024-QNZX04)

1 资料与方法

所用资料为湖南·天擎大数据平台的永州地区 11 个国家气象站及 366 个区域气象站(共 377 站)2013—2022 年逐时降水观测资料,依据《地面气象观测资料质量控制》QX/T 118—2010,并参考相关文献^[11],通过界限值、时间及空间一致性原则,对相关数据进行质量控制。

根据中国气象局《全国短时、临近预报业务规定》,当某站小时降水量 ≥ 20.0 mm 时,记该站发生一次短时强降水;研究区域内某时段的短时强降水频次为所有站点短时强降水频次的合计,单位为站次。在分析短时强降水日变化时因不同时段发生频次存在量级差异,采用距平值对短时强降水频次进行标准化处理: $y_i = x_i/x_h - 1$ (其中, x_h 为平均频次, x_i 为 i 时刻的频次, y_i 为 i 时刻的距平, i 为整点时刻)。

为更加精细地了解短时强降水的变化规律,在分析短时强降水时空特征的基础上,将短时强降水按雨强分为 20.0~29.9、30.0~39.9、40.0~49.9、 ≥ 50.0 mm/h 四级进行分析。

2 短时强降水时空分布特征

通过统计发现,2013—2022 年永州市短时强降水频次共 21 024 站次。其中:2016 年短时强降水出现最多达 2 811 站次,较平均值偏多 33.7%,2019 年偏多 23.4%;而 2017 年最少为 1 518 站次,偏少 27.8%,2020 年偏少 25.1%。由逐年短时强降水频次来看(图略),在全年变暖的大背景下短时强降水频次并未呈现出增多现象,2020—2022 年期间,反而出现低于 10 a 平均的情况。短时强降水偏多两成以上的年份,次年将偏少两成以上,当然由于区域站加密降水资料在近 10 a 才得以完善,上述结论不具有普适性;同时尚未发现短时强降水频次明显的年际变化特征,故重点分析其逐月的空间分布特征和日变化特征。

2.1 短时强降水逐月空间分布特征

冬半年短时强降水出现较少,重点分析汛期(4—9 月)永州市短时强降水在不同月份的空间分布特征。如图 1 所示,短时强降水频次与小时雨强极值分布基本呈正相关,各月因天气形势和影响系统不同,频次分布有较大差异。4 月短时

强降水主要出现在永州南部,最高为 10~16 次,主要位于都庞岭东侧及道江盆地;雨强极值普遍在 30.0~40.0 mm/h 之间,都庞岭东侧及越城岭东侧部分地区超过 50.0 mm/h,最大值出现在越城岭东侧,达 126.4 mm/h。5 月永州南部的短时强降水频次显著增加,大部分地区达 14~22 次,出现频率最高的达 28 次以上,高频次区域与 4 月类似,范围略向北扩。雨强极值普遍在 50.0~60.0 mm/h,最大值出现在都庞岭南侧,达 128.3 mm/h。永州北部的短时强降水频次相比 4 月也有所增多,其中在阳明山地区达 14~18 次,雨强极值在 40.0~50.0 mm/h。6 月与 5 月的短时强降水频次和雨强极值相当,与广西交界的姑婆山附近频次最高,达 30 次以上,阳明山南部出现短时强降水的范围向南扩,道江盆地及九嶷山北侧区域的短时强降水频次显著减少,雨强极大值出现在都庞岭东侧,达 125.2 mm/h。盛夏的 7、8 月,永州南部的短时强降水相比 5、6 月明显减少,极大雨强出现在阳明山系周边,分别为 114.8 mm/h、107.9 mm/h。7 月高发区集中在北部的阳明山系附近,达 18~24 次,8 月高发区在阳明山附近、九嶷山—萌诸岭东部等地,达 16~22 次,其他地区分布相对均匀在 6~10 次,山区略高。雨强极值普遍在 40.0~50.0 mm/h,其中 8 月山区局地极值超过 70.0 mm/h。9 月短时强降水明显减少,高发区域与 8 月类似,频次最高为 4~8 次,大部分地区在 4 次以下,雨强极值在 30.0~40.0 mm/h,极大值出现在九嶷山北麓,达 92.6 mm/h。

4 月永州短时强降水中心出现在西南部,主要是地面冷空气自洞庭湖区南下与低层西南暖湿气流结合造成的春季暖区强降水天气^[12],该地区呈东北—西南向的峡谷地形,有利于此类天气形势的短时强降水多发。5 月开始南海季风爆发,副热带高压北抬,5、6 月短时强降水频次最高,南部山区、小盆地高于北部,主要由副热带高压西北侧的低层西南暖湿气流与高空小槽或地面弱冷空气结合、低空或超低空急流脉动造成强降水天气^[12]。7 月开始永州逐渐从副热带高压控制转至副热带高压南侧,此时以东风带系统带来的降水天气为主,午后多分散性阵雨^[10],山区更易发对

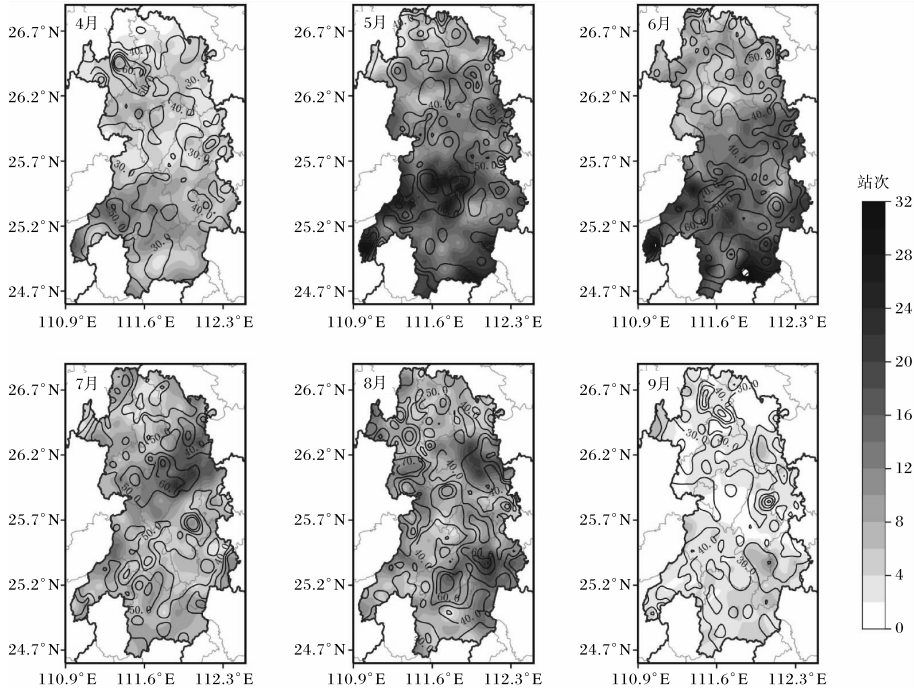


图1 2013—2022年汛期逐月的永州市短时强降水频次(色斑)及雨强极值(等值线,单位为mm/h)的空间分布(审图号为GS(2019)1822号,下同)

流性降水,特别是8月在华南沿海登陆的台风增多,永州东南部的九嶷山—萌诸岭一带、阳明山地区受到明显影响。9月开始热力条件下降,短时强降水频次显著减少,以东风扰动或台风与冷空气结合形势为主^[10],短时强降水亦集中在九嶷山一带。

2.2 短时强降水的逐月日变化特征

图2为标准化处理后永州市短时强降水日变化的逐月演变情况,不同月份短时强降水的日变化特征有较大差异。3、4月短时强降水集中出现在01—06时,午后到傍晚出现较少,其中3月峰值在04时,4月在02时前后,上午短时强降水频次较多。5、6月短时强降水频次的日变化为双峰型,5月的峰值在05时前后,午后14—18时短时强降水频次逐渐增多;6月与5月类似,短时强降水傍晚到前半夜增多,后半夜到清晨逐渐减少,峰值出现在04时、19—23时。7—9月短时强降水频次日变化呈明显的单峰型,7月午后到傍晚显著增加,清晨开始下降,峰值出现在15时;8月和9月短时强降水集中出现在14—18时;10月短时强降水频次日变化则呈多峰型,午后到傍晚减少,清晨及上午增多。

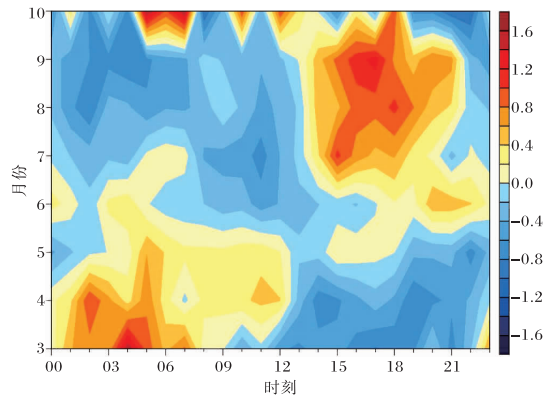


图2 2013—2022年标准化处理后的永州市短时强降水频次日变化的逐月演变

3 分级短时强降水时空分布特征

通过统计发现,永州市短时强降水频次随着雨强增大近似呈指数式衰减,其中20.0~29.9、30.0~39.9、40.0~49.9、 ≥ 50.0 mm/h占比分别为68.5%、20.6%、6.9%、3.9%,近10a雨强 ≥ 80.0 mm/h的只出现了47站次(占比0.2%),为极端短时强降水类型,样本量极少,不作对比讨论,后面将单独分析。

3.1 分级短时强降水空间分布

永州地区不同强度降水空间分布(图3)存在

差异,整体呈现北低南高分布,20.0~29.9、30.0~39.9、40.0~49.9 mm/h 级别的短时强降水与海拔高度基本呈正相关(道江盆地除外)。永州南部海拔高度高于北部,较高处 3 种级别短时强降水频次分别达 50 次(都庞岭南侧)、20 次(萌渚岭西南侧)、6 次(九嶷山西侧),明显多于海拔高度低的区域;在永州北部,零祁盆地短时强降水频次低,阳明山系一带出现频次高。 ≥ 50.0 mm/h 的短时强降水高发区域在道江盆地和各山系的迎风坡。

可见,永州市各级别短时强降水易出现在高海拔山区的偏西、偏南侧以及永州南部的道江盆地。这是因为永州市短时强降水多由西风带系统引起^[10],在西风带系统影响下,带有充沛水汽的西南或偏南暖湿气流在高海拔山区的迎风坡辐合上升形成短时强降水。道江盆地三面环山,向南开口,偏南气流进入盆地受到盆地北部和东部山区阻挡,在盆地积聚,为短时强降水发生提供充足的水汽,在偏南气流扰动作用下易触发抬升,形成短时强降水。

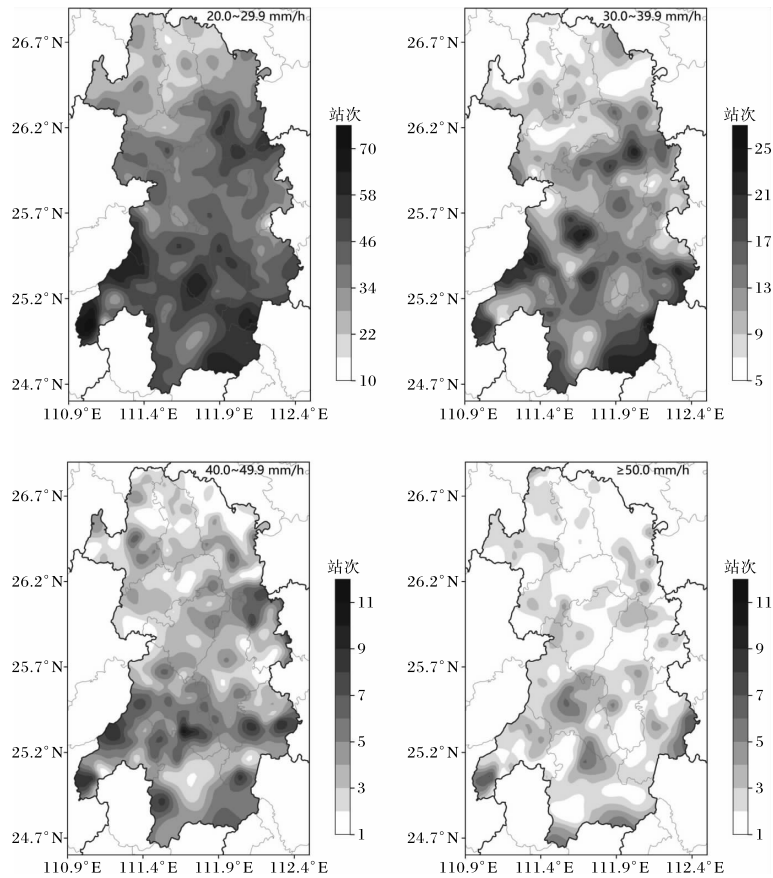


图3 2013—2022年永州市不同强度(20.0~29.9、30.0~39.9、40.0~49.9、 ≥ 50.0 mm/h)短时强降水频次的空间分布

3.2 分级短时强降水逐月日变化特征

2013—2022年汛期永州市分级短时强降水年际变化特征与不分级时类似,不再赘述。分级短时强降水的日变化(图4)显示,20.0~29.9、30.0~39.9 mm/h 的短时强降水频次呈明显的双峰型分布,03—07时、14—21时为其活跃时段。其中:20.0~29.9 mm/h 的短时强降水峰值出现

在05时和18时,平均频次接近2.0站次;30.0~39.9 mm/h 的短时强降水峰值出现在18、15时及03时,平均频次为0.6~0.7站次。40.0~49.9、 ≥ 50.0 mm/h 的短时强降水日变化呈单峰型,午后到傍晚最活跃,峰值分别出现在16、15时,平均频次分别为0.24、0.16站次,入夜后短时强降水频次减少。值得重视的是,永州逐时最大

雨强普遍在 70.0 mm/h 以上,夜间的最强小时降水大多出现在 4—7 月,与这期间活跃的西风带系统有关。夜间最大小时雨强出现在 5 月的 01 时,达 128.3 mm/h,其次为 4 月的 22 时,达 126.4 mm/h;白天的最大小时雨强主要出现在 8 月,其中 15 时达 107.9 mm/h。

各级别短时强降水最不活跃时段均在上午,但盛夏该时段也可能出现 ≥ 70.0 mm/h 的降水。

20.0~29.9、30.0~39.9 mm/h 的短时强降水最活跃时段在清晨和午后到傍晚两个时段,随着降水级别增强,午后到傍晚出现的概率增大,其中 ≥ 50.0 mm/h 的短时强降水近四成出现在 14—20 时,也与该时段热力不稳定条件较好有关。4、5 月夜间的降水也会很极端,永州市最大小时雨强出现在该时段的午夜前后,这与南海季风爆发前后的西南急流的日变化有关^[10]。

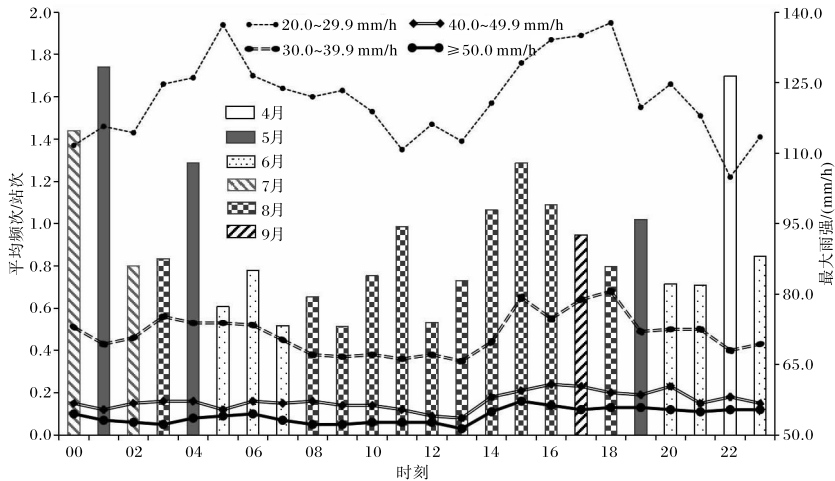


图 4 2013—2022 年汛期永州市分级短时强降水平均频次(折线;平均频次=总样本数/永州总站数)及逐月最大雨强(柱状图)的日变化

4 极端短时强降水的时空分布特征

永州市雨强极值及出现时段的空间分布(图

5a)显示,永州的短时强降水极值也略呈南高北低情势,极大值区域分散,其中永州北部极值普遍在

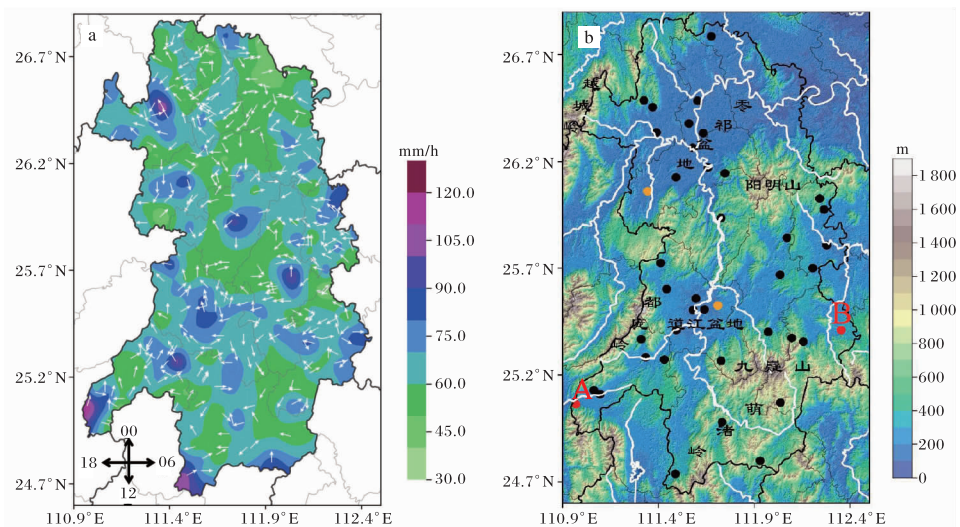


图 5 2013—2022 年永州市短时强降水极值(色斑)及出现时间(箭头)分布图(a)和叠加地形(色斑)及水系(白线)的最大雨强超过 80.0 mm/h 站点分布图(b;黑色、橙色、红色分别表示出现 1、2、3 次的站)

50.0~70.0 mm/h 之间,南部极值在 60.0~80.0 mm/h 之间。超过半数站点极值出现在 14—21 时,主要分布在永州的北部和东南部,其中有 30 站极值出现在 15 时;而永州的南部,特别是西南部因盆地地形复杂,引起的动力和热力强迫导致多夜雨现象^[13],雨强极值也多出现在夜间到清晨,其中极值超过 100.0 mm/h 的多数出现在午夜前后。超过 80.0 mm/h 的空间分布图(图 5b)显示,共有 41 站出现了 ≥ 80.0 mm/h 的极端短时强降水,分布较为分散,结合地形与水系来看,主要在道江盆地、九嶷山北麓、阳明山与越城岭之间的丘陵区,即水体附近及可形成独特环流结构的迎风坡、小盆地或峡谷地带较易出现极端短时强降水。山体的北麓(A、B 两处)出现的 3 次 ≥ 80.0 mm/h 的短时强降水均位于山区与平原或丘陵过渡带的迎风坡上。A 处极端短时强降水主要出现在 5、6 月,北方弱冷空气南下与南方北上的低层西南暖湿气流结合^[12],处峡谷地带和 水系(源口河边)附近,又在山前迎风坡等有利地形的加持下,极大值出现在 5 月,达 128.3 mm/h,为永州地区近 10 a 最大值;B 处极端短时强降水主要出现在 7、8 月,副热带高压南侧的偏东气流西行受阻,强迫抬升,降水增幅明显,因 B 处的西侧和南侧皆处山前,西风带系统也会带来大量级的短时强降水,极值出现在 6 月为 85.0 mm/h。

5 结论与讨论

利用 2013—2022 年永州市 377 个气象观测站逐小时降水资料,分析了短时强降水的时空分布特征,将短时强降水细分为 4 个等级进行分析,特别分析了极端短时强降水的时空分布及地形、水系等对它的影响,结论如下。

(1)近 10 a 永州市短时强降水频次累计发生 21 024 站次,其中 2016、2019 年较平均值偏多两成以上,2017、2020 年偏少两成以上,尚未发现有明显的年际变化特征。

(2)短时强降水频次与小时雨强极值分布基本呈正相关,且因天气形势和影响系统不同有明显的月变化。4 月永州短时强降水中心出现在西南部,雨强极值普遍在 30.0~40.0 mm/h;5、6 月短时强降水频次最高,南部山区、小盆地高于北

部,北部雨强极值普遍在 40.0~50.0 mm/h,南部达 50.0~60.0 mm/h;7—9 月,山区相对平原更易发,短时强降水集中在九嶷山—萌诸岭一带、阳明山地区,7、8 月雨强极值普遍在 40.0~50.0 mm/h,9 月在 30.0~40.0 mm/h。

(3)不同月份永州市短时强降水的日变化特征有较大差异:3、4 月呈显著单峰型,后半夜到清晨时段最为多发,多夜雨;5、6 月呈双峰型,清晨、午后到傍晚多发,此时副热带高压逐渐北上,午后到傍晚的强降水开始增多;7—9 月再次呈显著单峰型,在午后到傍晚时段最为多发。

(4)将短时强降水分为 20.0~29.9、30.0~39.9、40.0~49.9、 ≥ 50.0 mm/h 四级,其发生频次随着雨强增大近似呈指数式衰减,各级短时强降水频次与地形相关性高,易出现在高海拔山区的偏西、偏南侧以及永州南部的道江盆地,而永州北部的零祁盆地短时强降水频次低于其他地区。同时各级短时强降水频次亦有明显的日变化,最不活跃的时段均在上午,20.0~29.9、30.0~39.9 mm/h 的短时强降水最活跃时段在清晨、午后到傍晚,随着降水级别增强午后到傍晚增多,其中 ≥ 50.0 mm/h 的短时强降水近四成出现在 14—20 时。

(5)永州小时雨强极值的空间分布与地理位置及地形特征密切相关,呈南高北低情势,北部普遍在 50.0~70.0 mm/h,南部在 60.0~80.0 mm/h;超过半数站次极值出现在 14—21 时,但极值 ≥ 100.0 mm/h 的极端短时强降水多数出现在午夜前后; ≥ 80.0 mm/h 的极端短时强降水,主要分布在水体附近及可形成独特环流结构的迎风坡、小盆地或峡谷地带。

(6)上述研究因分钟雨量数据缺测严重,小时雨强都选取整点数据,没有进行跨时段分析。同时也因区域站建设时间长度有限,只取了近 10 a 资料,后期随着数据样本的增加,研究还可以进一步完善。

参考文献:

- [1] LIANG Ping, DING Yihui. The long-term variation of extreme heavy precipitation and its link to

- urbanization effects in Shanghai during 1916–2014 [J]. *Adv Atmos Sci*, 2017, 34(3):321–334.
- [2] 王萃萃, 翟盘茂. 中国大城市极端强降水事件变化的初步分析[J]. *气候与环境研究*, 2009, 14(5): 553–560.
- [3] 侯淑梅, 孙敬文, 孙鹏程, 等. 基于加强自动气象观测站和国家气象观测站的山东省极端短时强降水时空分布特征的对比分析[J]. *气象*, 2020, 46(2):200–211.
- [4] 毛冬艳, 曹艳察, 朱文剑, 等. 西南地区短时强降水的气候特征分析[J]. *气象*, 2018, 44(8):1042–1050.
- [5] 俞佩. 浙江省短时强降水的时空分布特征[J]. *气候与环境研究*, 2022, 27(3):397–407.
- [6] 苏锦兰, 张万诚, 宋金梅, 等. 云南小时降水的时空分布变化研究[J]. *气象*, 2021, 47(2):133–142.
- [7] 肖贻青, 郭莉, 汪媛媛, 等. 秦巴山区近 30 年暴雨和短时强降水时空特征分析[J]. *陕西气象*, 2023(3): 31–36.
- [8] 张建康, 刘慧敏, 康磊, 等. 陕西黄土高原短时强降水时空分布及环流特征 [J]. *陕西气象*, 2021(2): 17–23.
- [9] 李萍云, 赵强, 王楠, 等. 2005—2018 年陕西短时强降水时空分布特征 [J]. *陕西气象*, 2019(5): 34–39.
- [10] 姚蓉, 唐佳, 王晓雷, 等. 湖南短时强降水时空分布及相关环境参数统计分析[J]. *灾害学*, 2020, 35(2): 116–121.
- [11] 任芝花, 赵平, 张强, 等. 适用于全国自动站小时降水资料的质量控制方法[J]. *气象*, 2010, 36(7): 123–132.
- [12] 陈红专. 湖南极端降水的气候特征及天气系统分型研究 [J]. *气象*, 2021, 47(10): 1219–1232.
- [13] 李娟. 四川盆地夜雨的时空变化特征及形成机理研究[D]. 南京:南京信息工程大学, 2021.