

邵阳市城市内涝气象风险预警指标研究

王尔礼^{1*}, 谭德权^{1,2}, 朱三平¹, 王晶晶¹

¹湖南省邵阳市气象局, 湖南 邵阳

²气象防灾减灾湖南省重点实验室, 湖南 长沙

收稿日期: 2024年10月1日; 录用日期: 2024年10月28日; 发布日期: 2024年11月6日

摘要

统计近年来邵阳市区短时强降水, 发现其时间和空间分布特征; 基于导致邵阳市区内涝的短时强降水数据, 我们研究出了城市内涝的气象风险预警指标, 在近两年邵阳城市内涝气象预报预警业务应用中, 我们研究出的预警指标的指示效果显著, 达到了该项研究工作的预期作用。

关键词

城市内涝, 气象风险, 预警指标, 邵阳市区

Research on Meteorological Risk Warning Indicators for Urban Flooding in Shaoyang City

Erli Wang^{1*}, Dequan Tan^{1,2}, Sanping Zhu¹, Jingjing Wang¹

¹Shaoyang Meteorological Bureau, Shaoyang Hunan

²Key Laboratory of Meteorological Disaster Prevention and Reduction in Hunan Province, Changsha Hunan

Received: Oct. 1st, 2024; accepted: Oct. 28th, 2024; published: Nov. 6th, 2024

Abstract

Statistical analysis of short-term heavy rainfall in Shaoyang city in recent years reveals its temporal and spatial distribution characteristics; Based on the short-term heavy precipitation data that caused urban waterlogging in Shaoyang city, we have developed meteorological risk warning indicators for urban waterlogging. In the past two years, the warning indicators we have developed have shown significant effectiveness in the application of meteorological forecasting and warning services

*第一作者。

文章引用: 王尔礼, 谭德权, 朱三平, 王晶晶. 邵阳市城市内涝气象风险预警指标研究[J]. 气候变化研究快报, 2024, 13(6): 1548-1553. DOI: 10.12677/ccrl.2024.136166

for urban waterlogging in Shaoyang, achieving the expected results of this research work.

Keywords

Urban Waterlogging, Meteorological Risks, Warning Indicators, Shaoyang Urban Area

Copyright © 2024 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

邵阳位于湘中偏西南，资江上游，东与衡阳市为邻，南与永州市和广西壮族自治区桂林市接壤，西与怀化市交界，北与娄底市毗连，属江南丘陵大地形区，地形类型多样，以丘陵、山地为主，山地和丘陵约占全市面积的三分之二。邵阳市区位于邵阳东北部，辖大祥区、双清区、北塔区。城市内涝是指由于短历时强降水超过城市排水能力致使城市内产生积水灾害的现象，近 20 年来国内气象专家对我们国内城市内涝做了大量的研究工作[1]-[10]，邵阳市区几乎在每年夏季都因短时强降水引发的城市内涝事件发生。近年来，随着邵阳市区城市规模的快速发展，城市的防涝设施排水能力不足，如果遭遇短时强降水袭击，会造成低洼道路积水甚至大片城区内涝，会对城市交通、市民生活等方面造成严重影响。城市内涝预警发布工作的开展显得势在必行，我们需要对城市内涝气象预警指标进行深入的研究，因而推进邵阳市区城市内涝气象预警技术研究工作刻不容缓。

2. 邵阳市区短时强降水时空分布特征

2.1. 时间分布特征

我们统计 2016~2021 年邵阳市区短时强降水(1 hR \geq 20 mm)，结果显示(图 1)年平均频次为 5.2 次，每年发生短时强降水的可能性在 4~8 月，主要出现在每年的 5~7 月份，其中 6 月份发生的频次达 2.0 次。从短时强降水的日分布看(图 2)，5 月份的短时强降水多出现在上午至中午，6 月份的早晨、午后至傍晚和夜间至凌晨易出现短时强降水，7 至 8 月份的短时强降水多出现在午后至夜间。

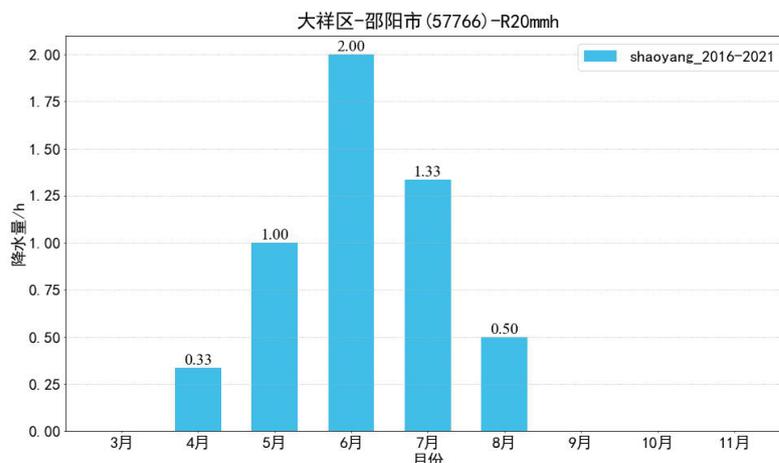


Figure 1. Monthly frequency distribution of short term heavy precipitation in Shaoyang City (Unit: n/y)

图 1. 邵阳市区短时强降水月份频次分布(单位: n/y)

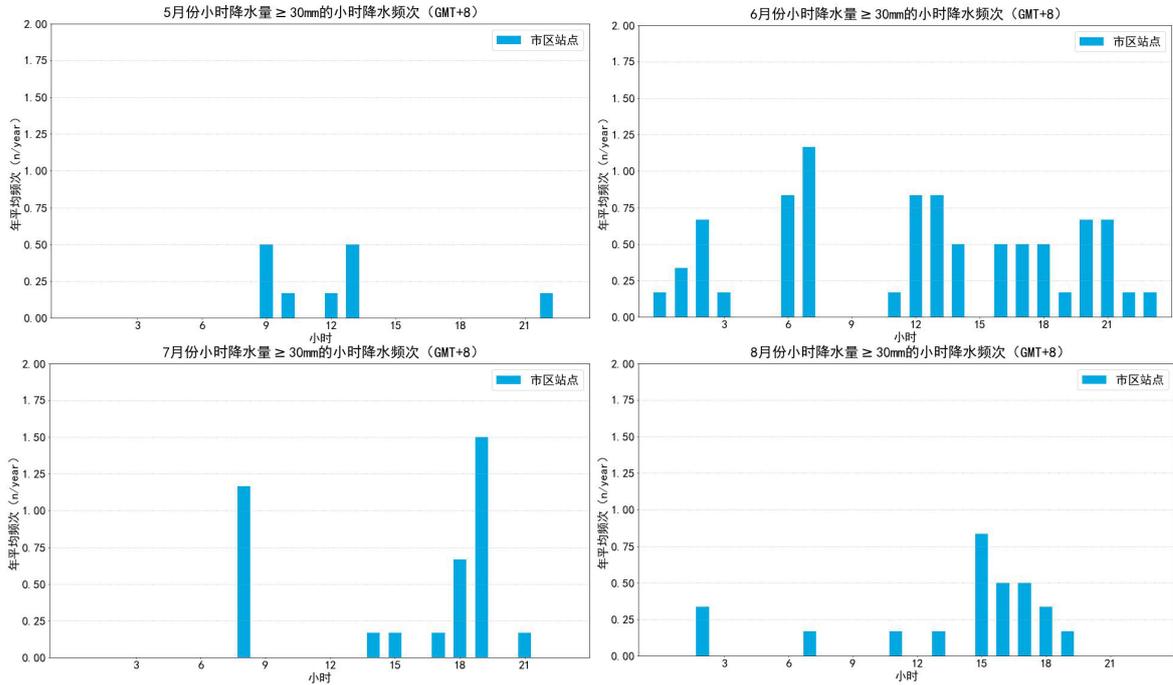


Figure 2. Frequency of occurrence of hourly rainfall intensity ≥ 30 mm in Shaoyang urban area from May to August (Unit: n/y)

图 2. 邵阳市区 5~8 月份小时雨强 ≥ 30 mm 日时段出现频次(单位: n/y)

2.2. 空间分布特征

2016~2021 年邵阳市区短时强降水的空间分布(图 3), 大部分地方的 1 hR ≥ 30 mm 短时强降水年平均频次在 1.0 次以上, 其中邵阳市国家观测站达 2.0 次, 高枳水库达 2.3 次; 1 hR ≥ 50 mm 短时强降水每年出现的频次较低, 大部分地方年平均频次在 0~0.33 次之间, 云水为 0.5 次, 高枳水库为 0.67 次。

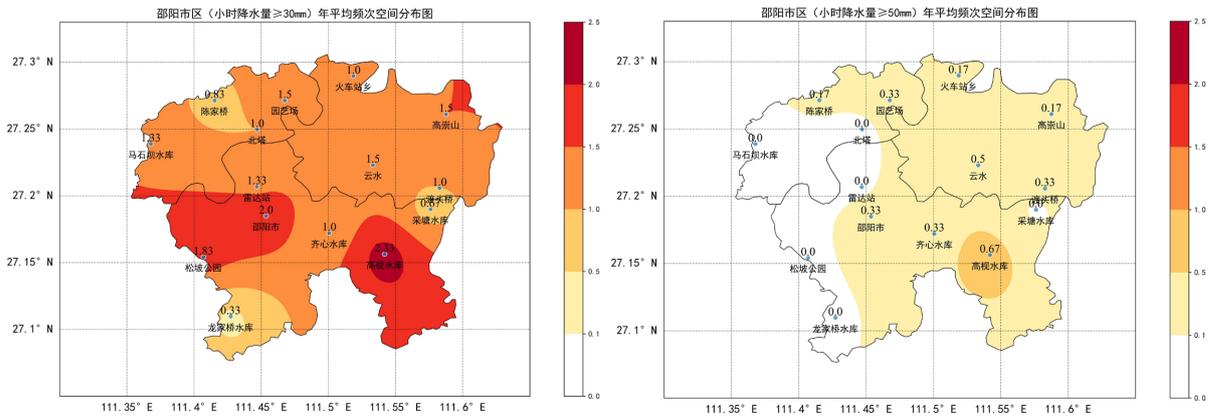


Figure 3. Spatial distribution map of annual average frequency of hourly rainfall intensity ($a \geq 30$ mm, $b \geq 50$ mm) in Shaoyang urban area (Unit: n/y)

图 3. 邵阳市区小时雨强($a \geq 30$ mm, $b \geq 50$ mm)年平均频次空间分布图(单位: n/y)

3. 近年邵阳市区主要内涝事件

我们统计了 2015 年至 2023 年邵阳市区 6 起主要内涝事件, 2018 年 5 月 29 日 20~22 时, 邵阳市城

区、邵阳县、新邵县等地遭遇短时强降雨、雷暴大风等强对流天气，邵阳市区一些地方出现了轻度积水。2018年6月19日傍晚，邵阳市区普降暴雨，暴雨导致城市部分低洼地段出现严重内涝，给车辆和行人出行造成不便。2019年7月8日上午，邵阳受强降水天气影响，城区12处易涝点出现不同程度的积水，对车辆、行人通行造成一定影响。2021年5月15日夜间至16日白天邵阳普降大暴雨，16日7时至11时市区部分地段较严重内涝，邵阳市城管执法局共出动车辆27台，工作人员178人次，疏通积水35处。2022年6月20日下午，邵阳市区出现了雷雨大风、短时强降水等强对流天气，造成部分路段出现了积水，造成交通堵塞严重。2023年5月6日凌晨至上午，邵阳全市范围出现了大到暴雨，受降雨影响，早晨市区出现了轻度内涝，部分路段积水造成交通拥堵。内涝事件的降雨强度详细情况见表1。经过统计我们发现，邵阳市区出现短时强降雨站数越多，小时雨强越大，造成的内涝程度会越严重。市区附近区域出现小时雨强大于20 mm，小于30 mm的站点多于3站以上，会造成轻度城市内涝；市区出现大面积短时强降雨，而且附近区域出现小时雨强大于30 mm，小于50 mm的站点多于3站以上，会造成较严重城市内涝；市区出现大面积短时强降雨，而且出现小时雨强大于30 mm，小于50 mm的站点多于10站以上，或者小时雨强大于50 mm的站点多于3站以上，会造成邵阳市区出现严重城市内涝。

Table 1. Details of rainfall intensity for major waterlogging events in Shaoyang urban area from 2015 to 2023

表 1. 2015~2023 年邵阳市区主要内涝事件的降雨强度详情

内涝事件	内涝时间	内涝程度	降水来源	降水类型	市区国家基准站过程降水量(mm)	小时雨强 ≥ 20 mm 站数	小时雨强 ≥ 30 mm 站数	小时雨强 ≥ 50 mm 站数	最大小时雨强
1	2018年5月29日21时~22时	轻度	本地降水	局地性短时性强降水	18.2	三区3站，其中北塔2站、大祥1站			25.1 mm (大祥区雷达站)
2	2018年6月19日21时~20日08时	严重	本地降水	局地性短时性强降水	145.6	三区14站，其中大祥6站、双清4站、北塔4站	三区13站，其中大祥5站、双清4站、北塔4站	三区6站，其中大祥2站、双清3站、北塔1站	74.0 mm (双清区渡头桥)
3	2019年7月7日~9日	轻度	客水、本地降水	区域性持续性降水	189.9	三区7站，其中大祥4站、双清2站、北塔1站	大祥1站		30.0 mm (大祥区雷达站)
4	2021年5月16日9时~13时	较严重	本地降水	区域性降水	108.7	三区12站，其中大祥6站、双清2站、北塔4站	三区4站，其中大祥1站、北塔3站		37.8 mm (北塔区马石坝水库)
5	2022年6月20日15时~16时	较严重	本地降水	局地性短时性强降水	60.6	三区7站，其中大祥5站、双清1站、北塔1站	三区4站，其中大祥3站、北塔1站		41.4 mm (北塔区马石坝水库)
6	2023年5月6日07时~08时	轻度	本地降水	区域性降水	41.8	三区8站，其中大祥3站、双清2站、北塔3站	北塔1站		32.5 mm (北塔区陈家桥)

4. 邵阳市区内涝气象预警指标研究

统计了6次邵阳市区内涝事件引发短时强降雨的主要气象资料，我们发现，导致产生内涝之前的0~24 h的气象条件主要有：500 hPa 高空有西风带低槽自西向东移动；热力稳定性指数方面，K指数需要大于38℃，数值越小越利于短时强降水发生，沙氏指数 Si 需小于0℃，数值越小越利于强对流天气发生，抬升指数 Li 需小于0.3℃，邵阳市区国家基本站的日最高气温需大于30℃；能量指数 Cape 值需较大；水汽

条件方面需要高空中低层存在比较深厚的饱和水汽大气, 边界层 925 hPa 至 850 hPa 高度的大气比湿需要大于 13 g/kg; 在以上条件都满足的情况下, 怀化至桂林一带 850 hPa 存在大于 12 m/s 的低空急流, 会加大邵阳市区出现内涝的概率。

Table 2. Meteorological element characterization of waterlogging events in Shaoyang urban area from 2015 to 2023
表 2. 2015~2023 年邵阳市区主要内涝事件的气象要素表征

内涝事件	高空形势	K	Cape	Si	Li	q ₉₂₅	q ₈₅₀	q ₇₀₀	T _{max}	J ₈₅₀
1	副高西北侧、 西风带低槽	40	1567.2	-1.71	-3.65	15.88	15.25	10.27	31.5	
2	西风带低槽	43	1138.7	-4.47	-7.71	17.98	16.25	11.76	34.4	15
3	副高西北侧、 西风带低槽	38	0	0.03	0.29	16.7	15.45	11.14	30.1	
4	西风带低槽	40	762.9	-1.68	-2.84	14.92	14.22	8.47	33.1	20
5	副高西北侧、 西风带低槽	40	1435.6	-0.65	-2.99	17.43	15.35	11.29	30.2	
6	西风带低槽	45	33.7	-5.98	-1.17	13.74	15.84	10.55	32.2	

我们进一步提炼邵阳市区内涝的气象要素阈值, 在高空存在西风带低槽向东移动, 或者存在西太平洋副热带高压边缘气流的扰动的情况下, 研究出了如下的邵阳城市内涝三级等级预警指标。

黄色(轻度)内涝预警指标: 热力稳定性指数 $38 < K < 40$ & $-2 < Si < 0$ & $-3 < Li < 1$, 且比湿 $13 \text{ g/kg} < q_{925} < 15 \text{ g/kg}$ 或 $14 \text{ g/kg} < q_{850} < 16 \text{ g/kg}$, 且邵阳站日最高气温 $30^\circ\text{C} < T_{\text{max}} < 32^\circ\text{C}$ 。

橙色(较严重)内涝预警指标: 热力稳定性指数 $40 < K < 41$ & $-6 < Si < -2$ & $-4 < Li < -2$, 且比湿 $15 \text{ g/kg} < q_{925} < 18 \text{ g/kg}$ 或 $14 \text{ g/kg} < q_{850} < 16 \text{ g/kg}$, 且邵阳站日最高气温 $30^\circ\text{C} < T_{\text{max}} < 33^\circ\text{C}$, 若有低空偏南急流更有利。

红色(严重)内涝预警指标: 热力稳定性指数 $42 < K < 45$ & $Si < -4$ & $Li < -6$, 且比湿 $q_{925} > 16 \text{ g/kg}$ 或 $q_{850} > 16 \text{ g/kg}$, 且邵阳站日最高气温 $T_{\text{max}} > 34^\circ\text{C}$, 且有偏南低空急流。

5. 结语

大气变化多端莫测, 内涝事件的气象预警研究工作难度大, 本文初步研究出了邵阳市区短时强降水的时空分布特征和城市内涝气象预警指标, 但内涝气象预警指标的指示效果还需在今后的内涝预报预警应用工作中不断验证, 需要不断订正和更新。

项目基金

湖南省邵阳市气象局 2021 年重点项目资助。

参考文献

- [1] 魏军, 俞海洋, 胡会芳, 等. 石家庄市城市内涝气象风险监测预警系统研制及应用[J]. 中国农村水利水电, 2019(2): 34-38, 43.
- [2] 张萍萍, 王丽, 张宁. 武汉市城市积涝预警系统及其仿真模拟效果[J]. 暴雨灾害, 2010, 29(1): 71-88.
- [3] 张冬冬, 严登华, 王义成, 等. 城市内涝灾害风险评估及综合应对研究进展[J]. 灾害学, 2014, 29(1): 144-149.
- [4] 赵琼, 喻谦花. 城市内涝预警系统研究——以开封市“7·20”特大暴雨应用效果为例[J]. 河南科学, 2023, 41(5): 670-677.
- [5] 高维英, 李明, 李菁. 西安城市内涝分布特征及其与降雨量的关系[J]. 陕西气象, 2014(2): 17-20.
- [6] 史军, 穆海振, 杨涵洵, 等. 上海中心城区暴雨内涝阈值研究[J]. 暴雨灾害, 2016, 35(4): 344-350.

-
- [7] 辜晓青, 章毅之, 殷剑敏, 等. 南昌市城市积涝预警系统研究[J]. 江西农业大学学报, 2005, 27(3): 477-480.
 - [8] 魏军, 陈莎, 李婷, 等. 河北省城市内涝风险预警服务能力现状与对策[J]. 中国水利, 2018(11): 35-37.
 - [9] 张炜, 李思敏, 时真男. 我国城市暴雨内涝的成因及其应对策略[J]. 自然灾害学报, 2012, 21(5): 180-184.
 - [10] 曹雪健, 戚友存, 李梦迪, 等. 极端暴雨威胁下的城市内涝风险预警系统研究[J]. 大气科学, 2022, 46(4): 953-964.