

长沙县近10年暴雨内涝雨量阈值统计分析

陈 婷, 邱庆栋, 唐笑男

长沙市气象局, 湖南 长沙

收稿日期: 2022年8月1日; 录用日期: 2022年8月26日; 发布日期: 2022年9月2日

摘 要

利用2011~2021年长沙县自动气象站逐小时降雨量数据, 分析该地区近10年来发生的21次内涝过程主要特点, 并统计对应乡镇(街道)范围内自动气象站1小时、3小时雨量数据: 1) 2011~2021年的21次内涝过程以6月份发生次数最多, 时间主要集中在下午至夜间, 这与本地强降雨主要出现下午至夜间的特征基本一致; 从乡镇分布看, 主要集中在城区和中部乡镇, 其中星沙街道和黄花镇发生次数最多。2) 发生内涝时, 自动气象站1小时降雨量在18.4~52.8 mm之间, 3小时累积雨量在27.4~73.3 mm之间; 根据统计结果及日常业务应用, 将25 mm、45 mm定为长沙县城市内涝1小时、3小时雨量阈值, 即当1小时降雨量 ≥ 25 mm或3小时累积雨量 ≥ 45 mm时, 长沙县城区范围内极大可能出现城市内涝。

关键词

暴雨内涝, 雨量阈值, 小时雨量

Statistical Analysis of Rainfall Threshold of Rainstorm Waterlogging in Changsha County in Recent 10 Years

Ting Chen, Qingdong Qiu, Xiaonan Tang

Changsha Meteorological Bureau, Changsha Hunan

Received: Aug. 1st, 2022; accepted: Aug. 26th, 2022; published: Sep. 2nd, 2022

Abstract

The main characteristics of 21 urban floods and its 1-hour, 3-hour rainfall data in recent 10 years is analyzed based on the hourly rainfall data of Changsha automatic weather station from 2011 to 2021: 1) The 21 urban floods from 2011 to 2021 occurred most frequently in June, mainly from afternoon to night, which is basically consistent with the characteristics of local heavy rainfall; from the perspective of township distribution, it is mainly concentrated in urban areas and central towns, of which Xingsha street and Huanghua town have the most occurrences. 2) In case of urban

flood, the 1-hour rainfall of the automatic weather station is 18.4~52.8 mm, and the 3-hour cumulative rainfall is 27.4~73.3 mm. According to the statistical results and daily business applications, 25 mm and 45 mm are defined as the 1-hour and 3-hour rainfall thresholds of urban floods in Changsha County, that is, when the 1-hour rainfall is greater than or equal to 25 mm or the 3-hour cumulative rainfall is greater than or equal to 45 mm, urban flood is most likely to occur in Changsha County.

Keywords

Rainstorm Waterlogging, Rainfall Threshold, Hourly Rainfall Intensity

Copyright © 2022 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

城市内涝灾害是指在一定的区域范围内, 由于暴雨或短时强降水超过了城市自身的排水能力, 致使城市内部产生淹没性损失的一种灾害[1][2]。近年来, 随着城镇化水平的不断提高, 城市内涝灾害无论是发生频次、强度还有由此带来的经济损失均呈现增加的趋势, 严重影响了城市居民的生产生活及城市安全运行[3][4]。国内已有一些学者开展了城市内涝雨量阈值研究, 如尤凤春等[5]对 2007~2010 年汛期北京市出现的积水个例与同期降水强度进行相关统计分析, 找出道路积水临界预警指标; 史军等[3]利用时空过程分析法研究暴雨积水与降水强度以及累积雨量的关系, 建立了上海中心城区暴雨内涝的阈值指标; 郭广芬等[6]采用耿贝尔极值 I 型分布和百分位法对湖北省暴雨洪涝致灾指标进行了研究。

长沙县位于长沙市中部, 属亚热带季风气候, 三面环山的复杂地形和城市热岛效应使得城区暴雨和短时强降水多发频发, 导致城市积水、交通受阻, 严重影响人民生活生产和城市运行。例如, 2020 年 9 月 10 日上午, 城区最大 1 小时降雨量达 50 mm, 多个路段积水严重, 京港澳高速星沙收费站积水深度更是超过 1 米, 城市交通陷入瘫痪。但是目前已有的研究多是开展暴雨气候特征、暴雨过程诊断分析[7][8], 对于长沙县暴雨内涝雨量阈值研究还未见相关报道。鉴于此, 本文利用长沙县近 10 年来暴雨内涝过程的自动气象站小时雨量数据进行统计分析, 进而得出长沙县暴雨内涝雨量阈值。

2. 资料与方法

本来所用资料为 2011~2021 年长沙县自动气象站小时雨量数据。内涝过程收集主要依据气象部门年度气候影响评价、民政部门灾情报告及新闻媒体网络报道等。内涝区域划定为星沙街道、湘龙街道、泉塘街道、长龙街道、榔梨街道、黄花镇和黄兴镇。

2011~2021 年间长沙县共发生严重内涝过程 21 次(同一时段不同的地点按一次计算), 累计 52 乡镇(街道)。考虑到内涝积水具有一定的滞后性, 依据内涝的乡镇(街道)匹配该区域内涝发生时刻前 6 小时内自动站的 1 小时雨量, 并向前滑动计算 2~6 小时累积雨量, 将雨量数据质控后再进行统计分析, 得出城区暴雨内涝 1 小时、3 小时雨量阈值指标。

3. 统计与分析

从内涝时间表看出, 21 次内涝过程都集中在 5~9 月, 其中以 6 月最多, 累计达 7 次, 其余月份 2~4

次(表 1)。从时间来看,主要是发生在下午至夜间,这是本地强降雨主要出现下午至夜间的特点基本一致。按照乡镇分布来看,城市内涝主要出现在城区和中部镇街,其中黄兴镇 7 次,长龙街道 7 次,黄花镇 11 次,湘龙街道 8 次,星沙街道 11 次,榔梨街道 4 次,泉塘街道 4 次(表 2)。

Table 1. Schedule of urban floods in Changsha County from 2011 to 2021

表 1. 2011~2021 年长沙县城市内涝过程时间表

年 \ 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月
2011 年		28 日 14 时		1 日 17 时	
2013 年	7 日 20~22 时	26 日 20 时			
2014 年		20 日 7~9 时	15 日 9 时		9 日 18 时
2015 年	1 日 21 时				
2016 年	9 日 18 时	3 日 15 时 15 日 21 时	3 日 15 时		
2017 年	22 日 17 时	25 日 0 时	1 日 0 时		
2020 年		10 日 17 时	10 日 21 时	10 日 9 时	10 日 9 时
2021 年				17 日 18 时 18 日 21 时	

剔除 3 次数据完全缺失的内涝过程后,2011~2021 年共有 18 次城市内涝过程。统计各内涝点对应区域自动站 1~6 小时最大累积降雨量数据(图 1), 从中可见, 大部分个例的主要降雨量集中在 1~3 小时内且 1 小时、2 小时降雨量大, 只要少数个例在 3 小时后还有较强的降水, 一般情况下 3~6 小时最大累积降水量并无明显变化。因此, 长沙县城区内涝的暴雨特点主要是: 强降水持续时间短、降水强度大, 1~3 小时累积降雨量与城区内涝的关系密切。因此, 在选择城区内涝雨量阈值指标是, 主要考虑 1 小时降水量和 3 小时累积雨量。

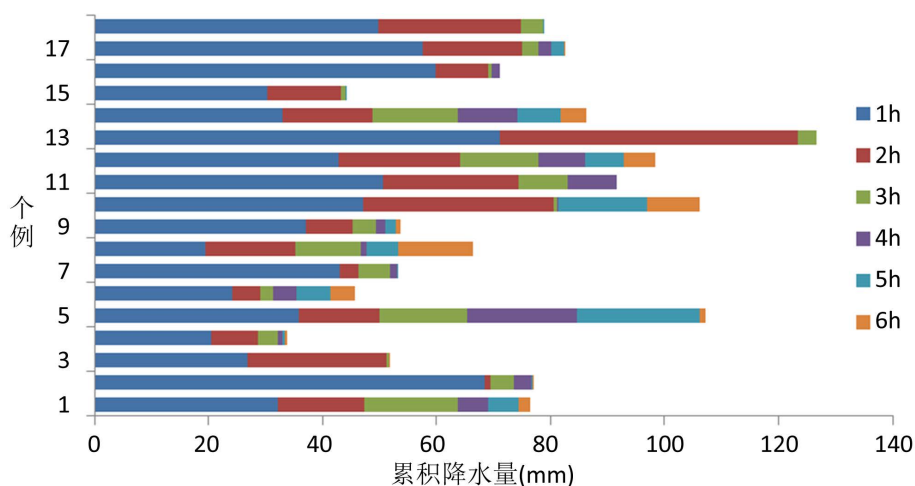


Figure 1. The maximum accumulated rainfall of automatic weather station in 1~6 hours of 18 cases of urban flood in Changsha County from 2011 to 2021 (1 h, 2 h, 3 h, 4 h, 5 h and 6 h in the figure represent the maximum accumulated rainfall of 1~6 h respectively)

图 1. 2011~2021 年长沙县城区 18 次内涝个例自动气象站 1~6 小时最大累积雨量(图中 1 h、2 h、3 h、4 h、5 h、6 h 分别表示 1~6 h 最大累积雨量)

基于上述结论,统计 18 次内涝过程的 1 小时、3 小时雨量。统计方法是:当一次过程中有多个乡镇(街道)发生内涝时,先分别统计内涝发生时刻各个乡镇(街道)范围的 1 小时、3 小时雨量,如某一乡镇范围内有多个自动气象站,则雨量值取该区域内多个站的平均值;最后在各个 1 小时、3 小时雨量值中取其最小值作为本次内涝过程的 1 小时、3 小时雨量阈值,结果见表 2。

从表 2 可知,1 小时雨量阈值在 18.4~52.8 mm 之间。18 次内涝过程中,1 小时雨量阈值小于 20 mm 的仅有 3 次(占比 17%),大于 20 mm 的有 15 次(占比 83%),大于 30 mm 的有 7 次(占比 39%),大于 40 mm 的有 3 次(占比 17%),大于 50 mm 的有 1 次(占比 6%)。

3 小时雨量阈值在 27.4~73.3 mm 之间。18 次内涝过程中,3 小时雨量阈值小于 30 mm 的仅有 2 次(占比 11%),大于 30 mm 的有 16 次(占比 89%),大于 40 mm 的有 12 次(占比 67%),大于 50 mm 的有 7 次(占比 39%),大于 60 mm 的有 5 次(占比 28%),大于 70 mm 的有 2 次(占比 11%)。

Table 2. 1-hour and 3-hour rainfall and corresponding threshold of towns (streets) in case of urban flood (unit: mm)

表 2. 发生内涝时各乡镇(街道) 1 小时、3 小时雨量及相应阈值(单位: mm)

内涝过程	街道	1 小时雨量 (mm)	3 小时雨量 (mm)	1 小时雨量阈值 (mm)	3 小时雨量阈值 (mm)
2011 年 6 月 28 日 14 时	星沙街道	32.1	63.8	32.1	63.8
	湘龙街道	—	—		
2011 年 8 月 1 日 17 时	星沙街道	41.6	71.4	26.1	46.4
	泉塘街道	37.7	46.4		
	黄花镇	26.1	49.7		
	黄兴镇	68.5	73.6		
2013 年 5 月 7 日 20~22 时	湘龙街道	—	—	21.3	34.0
	黄兴镇	26.8	51.6		
	黄花镇	21.3	34.0		
2013 年 6 月 26 日 20 时	星沙街道	20.4	32.1	20.4	32.1
	湘龙街道	—	—		
2014 年 6 月 20 日 7~9 时	黄花镇	34.7	73.3	34.7	73.3
2014 年 7 月 15 日 9 时	星沙街道	21.1	27.4	21.1	27.4
2014 年 9 月 9 日 18 时	星沙街道	—	—	—	—
	黄花镇	43.0	51.8		
2015 年 5 月 1 日 21 时	长龙街道	—	—	43.0	51.8
	黄花镇	—	—		
2016 年 5 月 9 日 18 时	长龙街道	—	—	—	—
	黄兴镇	—	—		
2016 年 6 月 3 日 15 时	黄花镇	19.5	46.8	19.5	46.8
2016 年 6 月 15 日 21 时	湘龙街道	—	—	37.1	49.3
	榔梨街道	37.1	49.3		
2016 年 7 月 3 日 15 时	湘龙街道	—	—	21.1	29.7
	星沙街道	36.2	49.0		

Continued

	榔梨街道	—	—		
	长龙街道	—	—		
	黄兴镇	21.1	29.7		
	黄花镇	38.6	59.3		
2017年5月22日17时	黄花镇	39.3	64.6	39.3	64.6
	长龙街道	—	—	—	—
2017年6月25日0时	榔梨街道	—	—	—	—
	湘龙街道	—	—	—	—
	长龙街道	—	—		
	星沙街道	27.0	52.6		
2017年7月1日0时	湘龙街道	—	—	27.0	52.6
	黄兴镇	35.4	65.9		
	黄花镇	30.1	62.0		
	榔梨街道	—	—		
2020年6月10日17时	黄兴镇	42.8	62.8	42.8	62.8
	黄花镇	44.9	73.7		
	长龙街道	—	—		
2020年7月10日21时	星沙街道	18.4	40.4	18.4	40.4
	黄兴镇	28.7	58.2		
	泉塘街道	18.6	31.0		
2020年8月10日9时	星沙街道	24.0	35.9	18.6	31
	泉塘街道	23.8	44.1		
2020年9月10日9时	星沙街道	47.8	60.9	23.8	44.1
	湘龙街道	—	—		
	长龙街道	—	—		
2021年8月17日18~19时	黄花镇	52.8	71.7	52.8	71.7
	泉塘街道	37.7	45.5		
2021年8月18日22时	星沙街道	40.3	61.9	22.4	38.3
	黄花镇	22.4	38.3		

注：—代表数据缺失。

表2的18次内涝过程中共出现32个乡镇(街道)次暴雨,将32个样本按最小值、10%、25%、50%、75%、90%分位值、最大值进行统计,见表3。32个样本中,10%分位值为20.5 mm,在长沙县小时雨量为20毫米左右的降水较为常见,且大多数情况造成的城市内涝有限;90%分位值为44.7 mm,小时雨量大于44.7 mm的短时强降水属于比较极端的降水情况,多数情况会有内涝;50%的样本(25%分位~75%分位)雨量集中在23.5~39.6 mm,表明造成内涝时,小时雨量多数集中在该范围内。因此,结合表2及日常业务应用,可将25 mm定位造成城市内涝的1小时雨量阈值。同理,最大3小时雨量值50%的样本(25%分

位~75%分位)在 43.2~63.1 mm。可将 45 mm 定为 3 小时雨量阈值。即当 1 小时雨量 ≥ 25 mm 或 3 小时雨量 ≥ 45 mm 时,长沙县城区范围内极大可能出现城市内涝。

Table 3. Statistical characteristics of maximum 1-hour and 3-hour rainfall in towns (streets) during urban flood
表 3. 发生内涝时各乡镇(街道)最大 1 小时、3 小时雨量统计特征

	最小值	10%分位	25%分位	50%分位	75%分位	90%分位	最大值
1 小时雨(mm)	18.4	20.5	23.5	33.4	39.6	44.7	68.5
3 小时雨(mm)	27.4	32.3	43.2	51.7	63.1	71.7	73.7

4. 结论

2011~2021 年长沙县共发生城市内涝 21 次,其中 6 月份次数最多,从发生时间看,主要集中在下午到夜间。内涝主要出现在城区和中部镇街,星沙街道和黄花镇次数最多。长沙县城区内涝与 1~3 小时累积降雨量关系密切,内涝发生时,自动气象站 1 小时降雨量在 18.4~52.8 mm 之间,3 小时累积雨量在 27.4~73.3 mm 之间。根据统计结果及日常业务应用,将 25 mm、45 mm 定为长沙县城市内涝 1 小时、3 小时雨量阈值,即当 1 小时降雨量 ≥ 25 mm 或 3 小时累积雨量 ≥ 45 mm 时,长沙县城区范围内极大可能出现城市内涝。

参考文献

- [1] 洪国平,万君,柳晶辉,等. 武汉城区短历时暴雨内涝数值模拟研究[J]. 暴雨灾害, 2018, 37(1): 83-89.
- [2] 张维,欧阳里程. 广州市内涝成因及防治对策[J]. 广东气象, 2011, 33(3): 49-53.
- [3] 史军,穆海振,杨涵洧,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.
- [4] 杨慧燕,李海燕,赵琴,等. 广州市城市内涝特征分析[J]. 广东气象, 2021, 43(2): 5-9.
- [5] 尤凤春,扈海波,郭丽霞. 北京市暴雨积涝风险等级预警方法及应用[J]. 暴雨灾害, 2013, 32(3): 263-267.
- [6] 郭广芬,周月华,史瑞琴,等. 湖北省暴雨洪涝致灾指标研究[J]. 暴雨灾害, 2009, 28(4): 357-361.
- [7] 陈勇,范昱,钟金莲. 近 60 年长沙雨日及降水量的气候变化研究[J]. 安徽农业科学, 2012, 40(12): 7265-7268.
- [8] 陈静静,叶成志,吴贤云. 湖南汛期暴雨天气过程环流客观分型技术研究[J]. 暴雨灾害, 2016, 35(2): 119-125.