

文章编号: 1673-8411(2019)03-0043-04

南宁市暴雨内涝监测预警系统

黄丹萍, 黄莉

(广西南宁市气象局, 南宁 530029)

摘要: 利用多普勒雷达产品、精细化数值预报产品和城市密集自动雨量观测站数据, 以内涝积水模型和内涝风险等级划分原理为核心, 研发精细化到街区的南宁市暴雨内涝监测系统, 实现城市内涝的实时监测、提前预警和风险预估, 并将内涝预警信息以多种途径发布; 将该系统用于2015年5月4日的短时强降雨造成城市内涝过程, 验证结果表明: 模拟结果与观测结果基本相符, 最大积水深度和位置基本一致, 但个别点存在两者异常偏大情况, 排水管网初始场数据不完善是导致模拟结果产生异常的主要原因。应用结果表明, 该系统具备一定的暴雨内涝动态监测预报能力, 对提高对城市暴雨内涝灾害的监测预警和风险评估水平起到了一定作用。

关键词: 内涝积水模型; 风险评估; 监测预警

中图分类号: P467

文献标识码: A

Monitoring and Early Warning System of Rainstorm Waterlogging in Nanning City

Huang Danping, Huang Li

(Nanning Meteorological Service, Nanning Guangxi 530029)

Abstract: Using Doppler radar products, refined numerical prediction products and urban intensive automatic rainfall observation station data, taking waterlogging model and waterlogging risk grading principle as the core, we developed a rainstorm waterlogging monitoring system in Nanning City refined to the block to realize real-time monitoring, early warning and risk pre-warning of urban waterlogging, estimate and publish waterlogging early warning information in multiple ways. The system is applied to the process of urban waterlogging caused by short-term heavy rainfall on May 4, 2015. Verification results show that the simulation results are basically consistent with the observation results, the maximum depth and location of water accumulation are basically the same, but there are two abnormal large cases at individual points. Imperfect initial field data of drainage network is the main reason for abnormal simulation results. The application results show that the system has a certain ability of dynamic monitoring and forecasting of rainstorm waterlogging, and plays a certain role in improving the level of monitoring, early warning and risk assessment of urban rainstorm waterlogging disasters.

Keywords: waterlogging model; risk assessment; monitoring and early warning

前言

城市内涝是指由于强降水或连续性降水超过城市排水能力致使城市内产生积水灾害的现象。内涝灾害突发性强, 危害性大, 严重时会造成城市内部交通受阻, 公用设施受损, 威胁到人民的

生命财产安全。例如, 2016年南宁“6.14”暴雨过程造成了重大的财产损失和人员伤亡。因而有必要建立一体化的暴雨内涝监测预警系统, 实现对暴雨内涝实时监测, 提升城市应对暴雨内涝能力。

发达国家对城市内涝等综合防治对策研究起

收稿日期: 2018-12-05

基金项目: 南宁市科技局项目 (20153257)

作者简介: 黄丹萍 (1982-), 广西玉林人, 主要从事天气预报技术研究。E-mail: 156690041@qq.com

步较早。最早发布和应用最广的是美国城市暴雨雨水管理模型(SWMM)^[1-3]。而在国内,城市暴雨内涝仿真系统起步较晚,运用最为广泛的是天津市气象科学研究所等研制的城市暴雨内涝仿真模型,以该模型为核心建立的暴雨洪涝仿真系统较好的运用在我国天津、南京等国内多个大城市中^[4-8]。

南宁市属于亚热带季风气候区,强降雨频繁,降雨具有突发性强、强度大、时空分布不均的特点,加上城市热岛效应作用,局地性短时强降水表现更为突出,容易导致城市内涝。而目前南宁市尚未建立起相应的预报服务系统,难以针对性和系统性地开展内涝预报服务。因此,有必要建立针对南宁市具体降雨特征和城市建设特征的内涝监测预报预警系统,根据各易涝点的降雨实况及未来降雨预报,得出该街区易涝点的预警阈值及风险等级,以便及时高效地开展南宁市内涝抢险工作,确保城市交通运行的畅通有序,减少内涝造成的人员伤亡及经济损失。

1 资料来源

本文资料来源于南宁市内涝办提供的 2009–2017 年内涝资料(含内涝点名称、积水深度、积水等)及南宁市气象局提供的城区自动气象站逐小时降雨资料。

2 导致南宁市内涝的因素

2.1 气象因素

引发南宁市内涝的直接气象因素就是短时降雨或过程雨量较大的天气过程。对 2009–2017 年共出现的 1224d 的每个小时的降雨总数进行统计(图 1),由图可以看出,一天内降水发生最多的时段为 05–08 时。

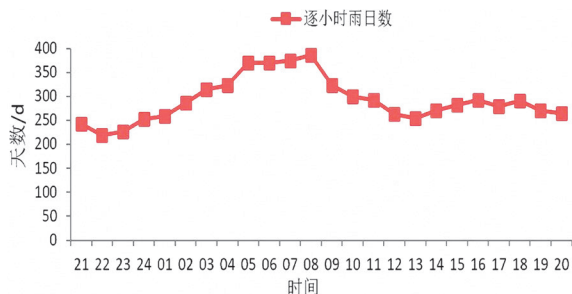


图 1 2009 ~ 2017 年降水日数在 1 d 内逐小时分布情况

广西的短时强降雨定义为 1h 降雨量大于等于 20mm 的降水。对 2009–2017 年共出现的 80d 的短时强降雨进行统计(图 2),短时强降雨逐小时特征最明显的时段为 14–19 时,在 08 时也是高发期,其中最明显的时段为 16–17 时。

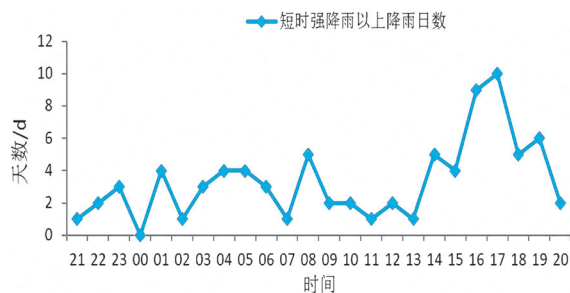


图 2 2009 ~ 2017 年短时强降雨以上降水日数在 1 d 内逐小时分布情况

对 2009 年–2017 年南宁市共发生城市内涝 104 例进行统计分析,得出内涝过程主要出现月份为短时强降雨多发的 4–10 月,内涝过程次数从 5 月开始迅速增大,5–7 月处于高峰期,占内涝总次数的 69%,8 月份开始减少,10 月份的内涝次数增加是由于秋季台风所造成。

2.2 排水能力以及城市建设

城市内涝关键因素之一为排水能力强弱。在南宁市存在较多旧城区和城中村,这些地方的排水管网普遍存在管径小、总长度短。根据南宁市防汛办提供的资料,南宁市易涝点共有 41 处,其中青秀区 19 处,西乡塘区 10 处,兴宁区 4 处,良庆区 3 处,江南区 3 处,邕宁区 2 处,以中心城区即青秀区最多,内涝灾害发生的频数占到全市的 51%。

南宁连续成功举办东盟博览会,近年来,荣获联合国最佳人居奖,使得其国际地位迅速提升,城市规模随之快速扩大,大批基础设施工程建设加快,部分城区短时间内出现强降雨,就会在多处局部产生洪涝,使得整个城市变“水城”,道路变“汪洋”,严重时导致整个城市局部陷入混乱。另外,随着城市的快速扩张,南宁的热岛效应更加明显,局地的午后对流更加频繁,更容易引起局地的短时间强降水的发生。

3 南宁市暴雨内涝监测预警系统构建

南宁市内涝风险预警和风险评估系统根据南宁市内涝的特点,综合应用物联网、GIS 和内涝仿真技术,利用覆盖全市的常规雨量站和重点积水隐患点实时水位监测,分析造成城市内涝的降雨历时,确定南宁市致涝历时累计降雨量的发生概率;引进适合本地的城市内涝仿真模型,建立南宁市城市内涝气象监测预警系统;根据内涝历史积水数据,结合易涝点社会属性信息,确定南宁市内涝风险等级划分依据,实现城市内涝的影响评估并实现 FTP、手机短信、电子邮件、官方微博等多途径的快速发布。

3.1 城市内涝积水预报模型

城市暴雨内涝数学模型是建立城市防汛信息系统、模拟出预报和监测的暴雨内涝积水过程的重要研究手段。本文引入的是天津市城市内涝模型的算法^[2]。该模型反映了降雨量分布、产汇流原理、地面流、河道明渠流、堰流、跌水、管网有压流、管道无压流、有压流到无压流过渡过程, 以及地面向管道中泄流或从管道向地面涌水现象等多种工程情况及其相互连接问题, 是一个复杂的微观流域模型。

模型所需的输入数据主要包括市区数字地形图、水系图(包含所有水面)、道路信息图、土地利用图、数字高程数据。城市排水工程信息数

据因无法获取, 采用当地最开始实测值, 河道地形信息通过城建部门和普查获取, 主要包括河道宽度和河底高程信息。所有地理信息、工程设施信息和河道地形信息的数据格式均为 ArcGIS 可读取的 *.shp 格式, 带有相应的 *.shp, *.shx 和 *.dbf 文件。输出数据为面雨量和积水深度数据。

3.2 内涝灾害风险等级的确定

根据 2009–2017 年由内涝办提供的南宁市出现的内涝历史积水信息进行对比分析, 根据积涝形成的难易及积水深度, 并结合易涝点的社会性质和实际的影响大小, 对南宁市的易涝点和隐患点进行内涝风险等级划分(表 1)。

表 1 南宁市易涝点内涝风险等级划分

类型	内涝等级	四级 轻度内涝	三级 中度内涝	二级 重度内涝	一级 极度内涝
交通 要道	积水深度 (cm)	$5 \leq SD < 20$	$20 \leq SD < 55$	$55 \leq SD < 100$	$SD \geq 100$
	影响程度	机动车尚可行使但行车缓慢, 影响道路交通畅通	交通部分阻断, 小车无法通行	交通完全阻断, 大部分车辆无法通行	交通完全中断, 车辆无法通行, 人员被困
商业、 居民区	积水深度 (cm)	$5 \leq SD < 20$	$20 \leq SD < 60$	$60 \leq SD < 120$	$SD \geq 120$
	影响程度	影响居民生活, 可造成财产损失	影响居民生活, 造成财产损失	严重影响居民生活, 造成较严重财产损失	商店、住宅进水严重, 造成严重财产损失或人员伤亡
地上/ 地下车库	积水深度 (cm)	$5 \leq SD < 25$	$25 \leq SD < 60$	$60 \leq SD < 130$	$SD \geq 130$
	影响程度	对部分排气管较低车型可能影响	浸水超过排气管高度, 影响发动机, 车厢进水	浸水高度超过进气口, 发动机进水, 车厢浸泡	车辆全部被浸, 损坏严重

4 南宁市2015年“5.4”短时强降雨过程模拟验证与误差分析

以南宁市 2015 年 5 月 4 日的一次短时强降雨过程为例, 对南宁市主城区降水实况进行面雨量计算, 并基于实际降水对积水深度进行模拟。强降雨过程最强时段出现在 4 日下午 16–17 时, 实况面雨量计算结果显示: 南宁主城区都有不同

程度的降水, 且强降雨落区较为分散: 最大小时雨量出现在南宁市人民公园附近, 达 36.1mm; 除了中心区以外, 快环东北部的药用植物园, 南宁东部的仙葫区高速公路管理处等, 小时雨量均在 20mm 以上。对应出现积水较大的地方有明秀路中医药大学门口(图 3a)、衡阳园湖路口, 地铁 2 号线秀厢站(图 3b)、中马桂花路口(图 3c)、仙葫大道天池山门前等地。



图 3 内涝点小时积水模拟结果

选取有实测积水深度的易涝点与模拟积水深度进行对比(表2)。其中,明秀路中医药大学门口实测积水深度20cm,模拟深度15cm,实际的内涝风险等级和模拟得到的都是四级,模拟结果与实际基本相符;地铁2号线秀厢站实测积水深度22cm,模拟深度96cm,结果存在较大偏差,模拟的内涝风险等级为二级,明显偏高于实际的内涝风险等级四级。中马桂花路实测积水深度20cm,模拟深度21cm,实际的内涝风险等级和模拟得到的都是四级,模拟结果与实际非常吻合。

由上述结果可发现,系统对于不同的内涝点,模拟能力在个别站点与实际偏差较大。在城市降水空间分布不均的基本降水分布型下,目前在南

宁市已有多个自动气象观测点观测数据来支持面雨量的计算结果,能较为细致反映降雨的空间分布特征,可见降水初始场的分布并不是形成计算误差的主要原因。由于城市快速发展,城市化建设进程突飞猛进,建筑密度和地面硬化更新快地下排水管网的管径和管长也不断更新,管网局地排水能力也不尽相同,而本模型的模拟并没有获得最新的实际管网数据和路面属性数据。这可能是造成个别点的模拟结果与实际产生偏差的原因。例如地铁2号线秀厢站的小时积水量模拟结果明显偏高,主要是由于依赖于地形和产流的计算结果,但未能准确的描述该地点的渗水能力和排水能力所致。

表2 实际积水深度与模拟积水深度对比

易涝点	实测深度 (cm)	模拟深度 (cm)	绝对误差 (cm)	实际风险等级	模拟风险等级
明秀路中医药大学门口	19	15	4	四级	四级
地铁2号线秀厢站	22	96	74	四级	二级
中马桂花路	20	21	1	四级	四级

5 结论

南宁市城市暴雨内涝气象监测预警系统建设主要通过利用短时临近预报业务平台(SWAN)和精细化格点预报数据、自动气象观测站实时雨量监测数据、内涝历史数据,结合南宁市地形、管网、泵站、河网、历史暴雨积水、雨型统计等资料,建立精细化格点雨量预报模型、短时强降雨预测模型及城市内涝积水预报模型,实现城市内涝气象风险等级预报预警。通过短信息、LED电子显示屏、微博等形式将实时道路积水、预警信息进行发布(图4)。系统依托GIS平台,采用图形的展示方式,使信息的表达方式更加直观,效率更高,为用户提供易于操作、便于使用、内容展现丰富为防内涝决策提供更直观的数据支持。



图4 南宁市城市暴雨内涝监测预警系统产品发布界面

该系统的建设,实现了对局地突发性强降水

灾害性天气更为准确、可靠的监测,对提高降水精细化预报、短时临近预报水平起到很大的作用,进一步提升了南宁市应对城市内涝灾害的气象监测能力、预报预警能力和信息发布服务能力。进一步分析表明,纳入精细的地下管网、泵站数据,是优化系统对于排水能力模拟,提高风险预估等级准确率的重要途径。

参考文献:

- [1] 汪利德. 城市内涝成因及研究模型综述[J]. 科研, 2015, (9): 239-240.
- [2] 谢东, 苏小玲, 刘蕾, 等. 基于芝加哥法的柳州市设计暴雨雨型研究[J]. 气象研究与应用, 2018, 39(3): 72-75.
- [3] 陈峰蓉, 郑永泉, 邢维东, 等. 应用VB和预警模版快速形成气象预警短信方法[J]. 气象研究与应用, 2018, 39(1): 96-98+105.
- [4] 黄冬梅, 黄卓帆, 黄肖寒. 基于GIS的河池市暴雨洪涝灾害风险评估与区划[J]. 气象研究与应用, 2016, 37(1): 21-24+130.
- [5] 黎琮炜, 覃卫坚, 高安宁. 1961—2013年广西洪涝灾害时空分布特征及成因[J]. 气象研究与应用, 2015, 36(1): 80-85.
- [6] 仇劲卫, 夏祥鳌. 天津市城区暴雨内涝仿真模拟系统[J]. 水利学报, 2000, 31(11): 34-42.
- [7] 王建鹏, 薛春芳, 解以扬, 等. 基于内涝模型的西安市区强降水内涝成因分析[J]. 气象科技, 2008, 36(6): 772-775.
- [8] 陈波, 冯光柳. 武汉城市强降水内涝仿真模拟系统研制[J]. 暴雨灾害, 2008, 27(4): 330-333.