

任星芮男, 李智, 王昊, 等. 基于水动力模型的城市内涝经济损失分析[J]. 净水技术, 2022, 41(3):134-142.

REN X R N, LI Z, WANG H, et al. Analysis of economic losses for urban waterlogging based on hydrodynamic model[J]. Water Purification Technology, 2022, 41(3): 134-142.



扫我试试?

基于水动力模型的城市内涝经济损失分析

任星芮男¹, 李智¹, 王昊¹, 唐颖^{2,*}, 宋利祥³, 初祁¹

(1. 北京工业大学城市建设学部, 北京 100124; 2. 北京城市学院城市建设学部, 北京 100083; 3. 珠江水利科学研究院, 广东广州 510611)

摘要 随着社会的快速发展、经济水平的提升,我国对于灾害的防治越发重视。防灾减灾不仅要 对灾害进行预警预报,还需要对灾害所造成的经济损失做较准确的估计。目前的城市内涝经济损失计算公式基本采用经验公式法,会出现不适应研究区域的现象。文中参考国内外研究成果,确定城市内涝经济损失分类,细化内涝经济损失计算,并对每一分类介绍计算方法并给出计算公式。根据昭通市 2017 年的一场特大降雨造成的内涝灾害,利用 MIKE 模型对昭通市中心城区进行一、二维水动力学耦合与内涝模拟。根据模拟结果,确定最大淹没水深、淹没面积、淹没时间。根据分区域淹没水深与经济损失计算公式,对昭通市中心城区进行城市内涝经济损失分析并与实际损失对比。结果表明,模型推算结果比真实统计结果高 14% 左右,可以基本反映此次内涝灾害所造成的经济损失。

关键词 城市内涝 经济损失分类 水动力模拟 经济损失计算 损失系数

中图分类号: TU992 文献标识码: A 文章编号: 1009-0177(2022)03-0134-09

DOI: 10.15890/j.cnki.jsjs.2022.03.019

Analysis of Economic Losses for Urban Waterlogging Based on Hydrodynamic Model

REN Xingruinan¹, LI Zhi¹, WANG Hao¹, TANG Ying^{2,*}, SONG Lixiang³, CHU Qi¹

(1. Faculty of Architecture, Civil and Transportation Engineering, Beijing University of Technology, Beijing 100124, China;

2. Urban Construction School, Beijing City University, Beijing 100083, China;

3. Pearl River Water Resources Research Institute, Guangzhou 510611, China)

Abstract With the rapid development of society and the improvement of economy, our country pays more and more attention to the prevention and control of natural disasters. Disaster prevention and mitigation not only need to make early warning and forecast of disasters, but also need to estimate the economic losses caused by disasters accurately. At present, empirical formula is basically used to calculate the economic loss of urban waterlogging, which is not suitable for the study area. Based on the research results at home and abroad, this paper determined the classification of urban waterlogging economic loss and refined the calculation of waterlogging economic loss. Calculation method and formula were introduced for each classification. According to waterlogging disaster caused by a very heavy rainfall in Zhaotong City in 2017, MIKE Model was used to carry out one and two dimensional hydrodynamic coupling and waterlogging simulations in the downtown area of Zhaotong City. According to simulation results, maximum submergence depth, submerged area and submergence time were determined. Finally, according to the calculation formula of submergence depth and economic loss, the economic loss of urban waterlogging in downtown area of Zhaotong City was analyzed and compared with actual loss. Results showed that the calculated results of model were about 14% higher than real statistical results, which could basically reflect economic losses caused by waterlogging disaster.

[收稿日期] 2021-01-12

[基金项目] 国家自然科学基金(51809297)

[作者简介] 任星芮男(1995—),男,硕士,主要从事城市内涝研究,E-mail:389823027@qq.com。

[通信作者] 唐颖(1988—),女,博士,研究方向为城市排水管网系统优化、城市设计降雨优化,E-mail:sugar881201@163.com。

Keywords urban waterlogging economic loss classification hydrodynamic simulation economic loss calculation loss coefficient

作为威胁人类生存的十大自然灾害之一的洪灾^[1],我国在 2018 年洪灾中的损失高达 1 060.5 亿元^[2],严重阻碍了经济发展。内涝灾害在自然灾害引起死亡的总人数中占 55%;在自然灾害引起的经济损失中占 31%^[3]。内涝灾害已经是造成生命及财产损失的首要自然灾害,因此,精确计算其损失就显得尤为重要。

我国国民经济发展迅速,城市化进程推进加速,城市数量增多,人口增长迅猛。随着城市化进程加快,我国预计今年达到 59.17%的城市化率^[4]。大量的社会财富和经济活动集中在城市,城市已经成为经济、工商业的中心。用地类型已由原来的农业用地为主转变成了城市住宅用地、公园用地、工业用地等^[5]。这导致城市不透水硬地面面积增大,雨水下渗能力降低,使得在发生较大降雨时,水体在城区汇集形成内涝。加之排水系统设计标准普遍过低、缺乏修缮,造成水流排出不畅,进一步加重了城市内涝情况。

虽然城市相对乡村而言基础建设与灾害防治能力较强,但是人口与财富集中,发生暴雨后各方面受灾损失更多更严重。Zhai 等^[6]研究发现,我国降水量变化不大但降雨日显著减少,意味着降雨类型中短时强降雨类的频率增加,即极端降水事件发生概率变高。在人类城市活动中,汽车尾气、建筑物空调等散发大量热量,使城市温度高于周边地区,热气越积越厚导致降雨形成,这一现象称之为“雨岛效应”^[7]。人工热源、机动车排放、工业生产等都会向大气中排放大量的热量,上述种种因素影响,都有利于形成城市雨岛,提高城市发生极端降水事件的概率。

城市集聚了社会中大部分经济,当洪灾发生时,城市会比乡村损失更严重,城市内涝经济损失的分析就尤为重要。国内外对内涝灾害损失的计算方法主要分为以下 2 种。(1)利用经济损失曲线进行计算。例如英国水深-损失曲线^[8];程涛等^[9]建立的区域内涝灾害直接经济损失评估模型;石勇等^[10]和莫婉媚等^[11]在洪灾发生后通过问卷调查及实地查勘的方式建立的灾损曲线。(2)利用算法快速评估。例如金菊良等^[12]利用遗传算法和 BP 神经网络进行评估;Huang 等^[13]提出基于 SVM 的洪水灾

情综合评价模型。但这 2 种计算方法的集成度较高,损失划分不细致,容易出现较大误差。因此,用地类型变化导致下垫面形式变化,在计算地面径流,漫流时就需要重新对下垫面系数进行赋值。同时,在进行经济损失计算时,不能粗糙地划分损失部分,需要考虑不同用地类型、不同产业的区分,分部分计算,提升计算精度。

本文根据 2017 年 6 月 21 日昭通市境内大雨的降雨过程线作为降雨数据,使用 MIKE 模型对昭通市中心城区进行城市内涝模拟,并提出细化的内涝经济损失分类以及其计算方法,最后根据模拟结果进行内涝损失计算,再与真实损失进行对比验证。在计算过程中,考虑了多种类型的内涝经济损失,例如农业、工业、商业、交通、家庭财产、建筑结构损失等,旨在不断提高经济损失计算的精确程度,对灾后经济损失统计有指导作用。

1 城市内涝经济损失计算流程

城市内涝经济损失计算主要由降雨过程线确立、淹没范围淹没水深计算、承灾范围内载体信息采集及经济损失计算 4 个环节构成。

2 城市内涝经济损失分类

城市内涝是指在降雨强度超过排水系统排水能力时,多余水量通过检查井向地表溢流,并造成积水。城市内涝对生产、生活等造成的损失称为城市内涝经济损失。城市内涝经济损失又分为直接经济损失和间接经济损失,前者由农业、工商业、交通组成,可以直接对损失进行计算;后者包括灾害继发的停工停产、心理及身体创伤等难以量化计算的指标,具体分类如表 1 所示。本文对上述经济损失提出计算公式,并根据实例进行具体经济损失计算。

表 1 城市内涝经济损失分类

Tab.1 Classification of Economic Losses for Urban Waterlogging

| 直接经济损失 | | 间接经济损失 |
|--------|--------|----------|
| 生产性损失 | 非生产性损失 | |
| 农业损失 | 家庭财产损失 | 停工、减产损失 |
| 商业损失 | | |
| 工业损失 | 建筑结构损失 | 救灾、抚恤等费用 |
| 交通损失 | | |

3 城市内涝经济损失计算模型

按照前文提出的经济损失分类,结合致灾特性指标,确定不同土地利用类型中财产损失-淹没水深关系。

3.1 直接经济损失

3.1.1 农业损失

内涝灾害导致的农业损失现阶段研究较少。国内有研究者使用保险公司理赔资料并用回归方法拟合,得出农业损失与淹没水深的关系,但此方法无法

从本质上计算农业损失。农业损失主要考量的农作物受洪水淹没后死亡所造成的损失,而农作物的种类繁多,不同农作物的生长高度也不相同,能够抵抗洪水的强弱也不同。所以,农作物的损害与农作物种类、淹没深度及浸水时长有显著关系。农作物生长类型与特点在世界范围内无明显差别,日本厚生劳动省水旱灾害部对农作物种类分类后,再统计水淹深度与水淹时间同灾损率的关系^[14],如图 1 所示。

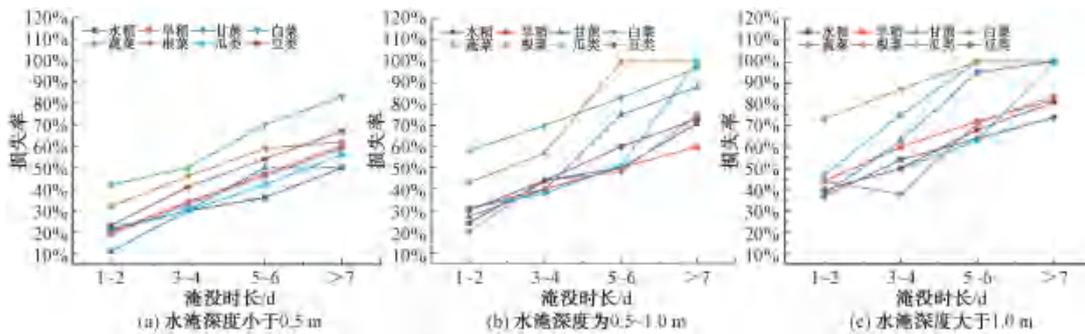


图 1 农作物受淹损失

Fig. 1 Flood Losses of Crops

农业损失计算如式(1)。

$$S_{agri} = \sum_i A_i \times Q \times A_{agri} \times k_i \quad (1)$$

其中: A_i ——某农作物单位面积产量, t;

Q ——单位重量价值, t/m²;

A_{agri} ——对应农作物受灾面积, m²;

k_i ——某农作物对应浸水时的损失率;

S_{agri} ——农业损失, t。

我国近年来加快推进农业产业多元化发展,在计算具体地区的农业损失时,较多地区的农业产业多元化程度高,农作物种植种类多,极有可能存在农业用地类型统计不到位、更新不及时的现象。若遇到此情况,可以选择研究区域内收获量最多的农产品作为农产品的代表,使用该农产品的单位面积产

量、单位重量价值、受灾面积作为全体农产品的数据来源。

另外,当研究区域中水稻或旱稻(小麦)占比较高时,需要将其与农产品的评价分别计算,以提升计算精确程度。

3.1.2 工商业损失

工业损失主要由流动资产损失、固定资产损失和误工误产损失组成,而商业损失除上述 3 种之外还有库存资产损失。其中,流动资产损失、固定资产损失、商业库存资产损失为直接经济损失,误工误产损失为间接经济损失。

计算直接经济损失的关键在于确定淹没水深与财产损失之间的关系,在综合分析各单元街区的工商业资产后,汇总工商业财产受损情况,如表 2 所示。

表 2 工商业财产受淹损失情况
Tab. 2 Waterlogging Losses Situation of Flooded Industries and Business

| 分类资产 | 水深为 0.05~0.5 m | 水深为 0.5~1.5 m | 水深为 1.5~3 m | 水深大于 3 m |
|------------|----------------|---------------|-------------|----------|
| 工商业固定资产损失率 | 5% | 5% | 7.5% | 10% |
| 工商业流动资产损失率 | 5% | 10% | 15% | 20% |
| 商业库存资产损失率 | 1% | 3% | 7% | 10% |

工商业直接经济损失计算如式(2)。

$$S_{\text{ind/busi}} = \sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^3 B_i \times A_{\text{ind/busi}} \times k_{j(\text{ind/busi})} \quad (2)$$

- 其中: B_1 ——单位面积工商业固定资产额,元;
- B_2 ——单位面积工商业流动资产额,元;
- B_3 ——单位面积商业库存资产额,元;
- $A_{\text{ind/busi}}$ ——对应工商业受灾面积, m^2 ;
- $k_{j(\text{ind/busi})}$ ——不同分类对应淹没水深的损失率;
- $S_{\text{ind/busi}}$ ——工商业直接经济损失,元。

3.1.3 交通损失

由于城市交通的飞速发展,汽车数量增速较快。在发生城市内涝灾害时,雨水若不能及时进入排水系统就会导致路面积水,行驶在积水路段中的车辆,其行驶速度就会受到影响,直接会产生油耗损失,间接导致车辆内人员的时间经济损失。若积水深度达到一定程度,还会对机动车本身造成一系列的损坏,也会产生损失。

交通损失中的一些指标、数据获取困难,在目前洪水经济损失计算中几乎没有被考虑到,但在城市内涝经济损失计算中交通损失又是巨大、不可忽略的。因此,本文交通损失一部分提出了车辆损失、拥堵油耗损失与时间经济损失3个部分的计算方法。但研究实例缺乏对应的基础数据,本文对此部分只做理论介绍而不做具体数值计算。

(1) 车辆损失

车辆损失与浸水深度相关,与浸水时常并无明显关系,这是由于发动机等精密部件一旦过水即损坏并不可复原。据数据统计,2017年全国汽车保有量中,客车共计18 475.0万辆,占88.8%(其中,微型客车、小型客车、中型客车、大型客车分别共计199.0万、18 044.0万、79.0万、153.0万辆),小型客车占比达到85%左右,故可以根据小型客车的结构特点以及部件分析其损失。

我国水淹车保险定损时将水淹程度分为3类。

第一类泡水车指水位高过仪表盘(图2①),到这一位置后汽车的电路系统以及电子设备基本损坏殆尽、发动机与变速箱也一定会进水,内饰、座椅也不能继续使用。达到这一程度的泡水车会被定义为报废车,全面维修以及换件的成本会高于车辆评估价值,故损失率设定为100%。

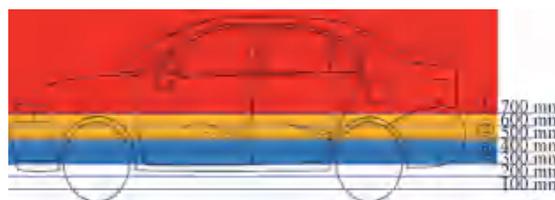


图2 机动车受淹损失图

Fig. 2 Flood Losses of Vehicles

第二类泡水车多指淹没底盘导致车内进水(图2②、③),这种程度造成的损伤并不会很大,需要更换的配件多为原车地胶、电动座椅开关或者车内保险盒等;发动机进气口多在进气格栅(中网)最上方,所以进水的可能性几乎没有;变速箱的通气孔会朝向上方,淹没底盘后不一定会造成变速箱进水,即使变速箱进水也只需要清洁后更换变速箱油即可。考虑到图2②内已经有车辆的电气控制系统存在,过水后损坏但维修后可恢复原样,损失率设定为50%;图2③仅地板被淹,会引起潮湿、霉菌滋生,清洁后即可恢复原样,损失率设定为10%。

第三类泡水车实际不算泡水,水位没有导致车内进水,只是接触到底盘位置,结果最多导致轮毂、刹车盘以及底盘位置生锈,这种情况可以不处理,刷车时冲一冲底盘问题基本解决完毕,损失率设定为0。

根据对车辆销售与保险等方面的考虑,将车辆损失与浸水深度的关系进行计算,如表3所示。

表3 机动车水深-灾损率数据

Tab. 3 Data of Water Depth-Damage Rate for Flooded Motor Vehicles

| 浸水深度/cm | 损坏部分 | 损失率 |
|---------|--------------|---------|
| >70 | 引擎全损、重要部分均受损 | 15%~60% |
| 50~70 | 电气系统故障,但可以维修 | 5%~15% |
| 30~50 | 地板被淹,但无机械故障 | 1%~5% |
| <30 | 几乎无损 | 0 |

城市内涝的发生会使得道路通行受阻,甚至在部分严重区域完全停滞,这会使得机动车在完成相同路线时所消耗的时间增多,这会造成油耗损失与人员时间经济损失。

(2) 拥堵油耗损失

当城市内涝发生在较大型城市中时,内涝区域内车辆众多,每一辆车的油耗损失或许不大,但乘以

基数后的损失巨大。研究表明,每堵车 3 min 相当于行驶 1 km,按每百公里 9 L 油计算,则堵车 3 min 耗油 0.09 L,计算如式(3)。

$$S_{oil} = \sum n \times \frac{t}{3} \times 0.09 \times a \quad (3)$$

其中: n ——研究区域中拥堵汽车数量,辆;
 t ——拥堵时间,h;
 a ——油价,元;
 S_{oil} ——总拥堵油耗损失,元。

(3) 时间经济损失

若拥堵发生在工作时间内,则还应该计算工作人员的时间成本,计算如式(4)。

$$S_t = t \times n \times p \times V \quad (4)$$

其中: t ——拥堵时间,h;
 n ——研究区域中拥堵汽车数量,辆;
 p ——拥堵车辆中工作人员数,人;
 V ——研究区域内工作人员平均每小时创造价值,元/h;
 S_t ——总时间经济损失,元。

3.1.4 家庭财产损失

家庭财产损失是指室内财产受到暴雨与积水的破坏导致损坏或报废所造成的损失,其与淹没水深、室内财产价值这 2 个因素密切相关。

室内财产价值的确定方法有 2 种。(1)可以制作调查表,入户进行抽样调查,统计研究范围内家庭财产的种类、价值、数量以及放置的高度,利用统计学知识统计并得到水深-损失率曲线。(2)根据已有的其他地区水深-受灾率公式,利用回归分析拟合,建立本研究区域的水深-损失率曲线。

本文采用第一种形式方法,经过对昭通市中心城区住宅进行调查发现:水深<0.1 m 时,损失率很小,损失曲线可以从 0.1 m 开始构建;水深在 0.3~0.5 m 时,主要受灾物为小型家电,杂物等,损失率增幅较为缓慢;水深在 0.5~1.2 m 时,主要受灾物为家电、家具等,损失率增幅较大;水深>1.2 m 时,室内财产已经基本受淹;水深为 2 m 时,受淹率几乎为 100%。

再根据昭通市家庭财产统计数据,结合水深-受害率比例,计算如式(5)。

$$S_{fam} = \sum C_i \times A_{fam} \times k_{i(fam)} \quad (5)$$

其中: C_i ——单位面积家庭财产评价额,元;
 A_{fam} ——对应家庭受灾面积, m^2 ;
 $k_{i(fam)}$ ——对应水深的损失率;
 S_{fam} ——家庭财产损失,元。

3.1.5 建筑结构损失

建筑物结构损失曲线又称为建筑结构脆弱性曲线,反映淹没深度与灾损率的关系。建筑结构受害与淹没水深关系最紧密,与淹没时常、水流冲击等因素关系相对较小。所以在建筑物结构损失方面,只考虑水深的影响。

国内尚无权威机构发布建筑结构脆弱性曲线,国外发达国家对此研究较多。英国洪灾研究中心(FHRC)在 1977 年将建筑分为 21 类,并分别求出各类建筑在 2 种延时情况、4 种社会条件中的淹水损失曲线,共 168 条,同时提出针对当地房产-损失曲线^[15]。日本 Dutta 等得出包括建筑物、农作物在内的多种类日本水害脆弱性曲线。德国 HOWAS 数据库也被用于评估建筑物结构脆弱曲线^[16]。

本文采用的是澳大利亚 ANUFLOOD 模型^[17],其以 0.1 m 为步长,得出 0~3 m 的水深-损失率关系,如表 4 所示。

表 4 建筑结构水深-灾损率数据
Tab. 4 Data of Water Depth-Damage Rate for Structure

| 水深/m | 损失率 | 水深/m | 损失率 |
|------|------|------|------|
| 0.0 | 0 | 1.6 | 0.24 |
| 0.1 | 0.06 | 1.7 | 0.26 |
| 0.2 | 0.09 | 1.8 | 0.28 |
| 0.3 | 0.11 | 1.9 | 0.29 |
| 0.4 | 0.12 | 2.0 | 0.30 |
| 0.5 | 0.13 | 2.1 | 0.32 |
| 0.6 | 0.14 | 2.2 | 0.34 |
| 0.7 | 0.15 | 2.3 | 0.35 |
| 0.8 | 0.16 | 2.4 | 0.36 |
| 0.9 | 0.18 | 2.5 | 0.37 |
| 1.0 | 0.18 | 2.6 | 0.38 |
| 1.1 | 0.19 | 2.7 | 0.39 |
| 1.2 | 0.20 | 2.8 | 0.40 |
| 1.3 | 0.21 | 2.9 | 0.41 |
| 1.4 | 0.22 | 3.0 | 0.42 |
| 1.5 | 0.23 | | |

利用 Origin 软件对散点图进行一次、二次、三次拟合,选择三次拟合函数作为建筑结构水深灾损率

曲线,拟合曲线如图 3 所示。

建筑结构水深-灾损率函数如式(6)。

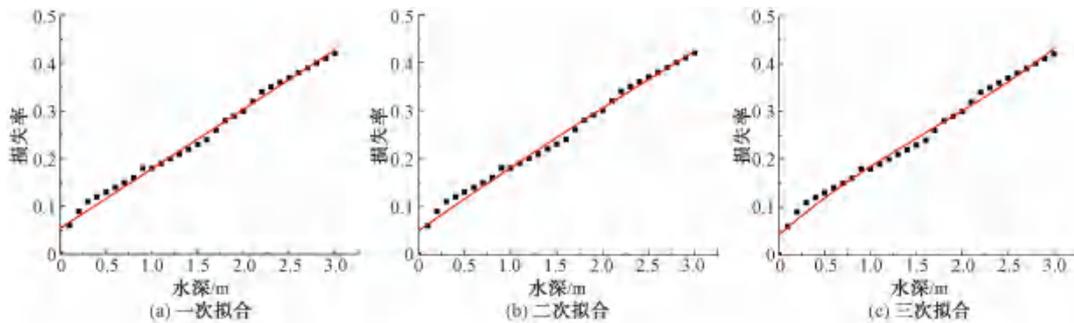


图 3 建筑结构水深-损失率曲线拟合图

Fig. 3 Curve Fitting Diagram of Water Depth-Damage Rate of Building's Structure

$$y = 0.006x^3 - 0.032x^2 + 0.169x + 0.041 \quad (6)$$

其中: y —灾损率;

x —淹没深度, m;

建筑结构损失计算如式(7)。

$$S_{stru} = \sum_i D_i \times A_{stru} \times k_{i(stru)} \quad (7)$$

其中: D_i ——单位面积建筑结构评价额, 元;

A_{stru} ——建筑结构受灾时对应房屋占地面积, m^2 ;

$k_{i(stru)}$ ——对应水深的损失率;

S_{stru} ——建筑结构损失, 元。

3.2 间接经济损失

间接经济损失是由内涝灾害派生出的损失,不是实体损失,表现为对未来社会生产的影响,是更深层次的影响,例如,灾害导致的工商业停工减产损失以及救灾、抚恤等费用。间接经济损失很难通过细分项目再加和计算,通常都是在计算出直接经济损失后乘以相对应的系数进行计算。不同国家的计算方式不尽相同,常见国家的间接损失系数如表 5 所示。

表 5 不同国家间接损失系数

Tab. 5 Indirect Loss Coefficient of Different Countries

| 国家 | 间接损失系数 |
|------|------------------------------------|
| 美国 | 家屋为 15%, 商业为 37%, 工业为 45%, 农业为 10% |
| 前苏联 | 统一为 20%~25% |
| 澳大利亚 | 家屋为 15%, 商业为 37%, 工业为 45% |
| 中国 | 农业为 15%~28%, 工业为 16%~35% |

3.3 总结

上述各土地类型的水深-损失率曲线如图 4 所示。

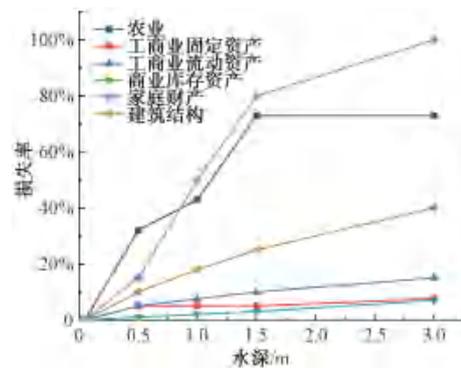


图 4 水深与损失率的变化

Fig. 4 Changes of Water Depth and Damage Rate

4 实例计算

4.1 研究区

研究区位于昭通盆地腹地,盆地内地表水系金沙江二级支流昭鲁河流域,属长江流域金沙江水系。穿越昭通中心城区的利济河、秃尾河是昭鲁河水系主要支流,流域面积为 290 km^2 ,研究区内人口达到 35.5 万人。研究区域内共有管段 1 742 根,其中,河道有 393 根,检查井有 1 741 个。

4.2 内涝灾害模拟计算

2017 年 6 月 21 日,昭通市境内普降大雨,部分地区暴雨,造成境内 3 条河流水位上涨,大量汽车被淹,雨水进入居民房屋,道路、通信、电力等设施受到

不同程度的影响。经统计,昭通市全境因灾共造成直接经济损失约为 6 272.28 万元,其中,昭通市中心城区约为 2 180 万元。本文模拟的降雨数据就采用上述实测的降雨过程线。

利用 MIKE 系列软件,首先对管网一维和地表二维模型进行模拟,栅格精度为 10 m×10 m。随后将两部分进行耦合,将降雨数据输入后,模拟得到最大积水淹没如图 5 所示。

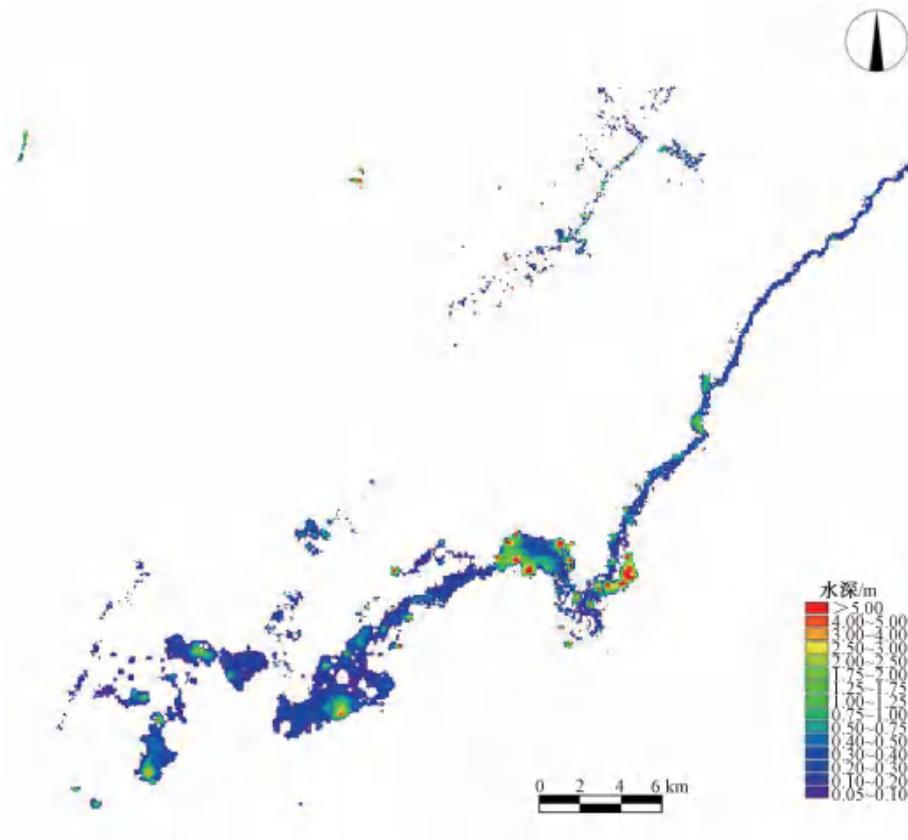


图 5 淹没水深图

Fig. 5 Submerged Depth of Waterlogging

由图 5 可知,上方 2 条蓝色的地表溢流与河道及管段的走向相重合,说明管道溢流后仅在附近小范围内出现积水。中心城区因管道密集,规划合理,几乎不发生地表溢流。区域内最大溢流区域位于机场西北方、中心城区东南方,积水深度为 1.4 m,该区域为未开发荒地,地面低洼,积水形成后均流向此处。

4.3 内涝灾害经济损失计算

昭通市中心城区用地类型如图 6 所示,用地类型以居住、农业用地为主,商业、工业用地为辅。将土地利用类型图层与 MIKE 模拟出的淹没水深结果图像进行耦合,加以优化后得到致灾特性指标与土地利用图层叠加图(图 7)。

在获取昭通市中心城区各行业实际资产情况的基础上,利用淹没面积、淹没水深数据,结合各部分水深-损失率变化,对农业、工业、商业、家庭财产进行直接经济损失计算。其中,农业损失系数采用当地主要经济作物土豆的损失曲线以取值。间接经济损失按照相应比例系数来确定,本文采用中国间接损失系数值取其中位数进行计算。分区域计算结果如表 6 所示。区域内损失面积较大的类型为农业用地,损失值较大的为工商业固定资产。此次暴雨内涝灾害对昭通市中心城区造成的直接经济损失达到 2 487.78 万元,间接经济损失达到 608.42 万元。

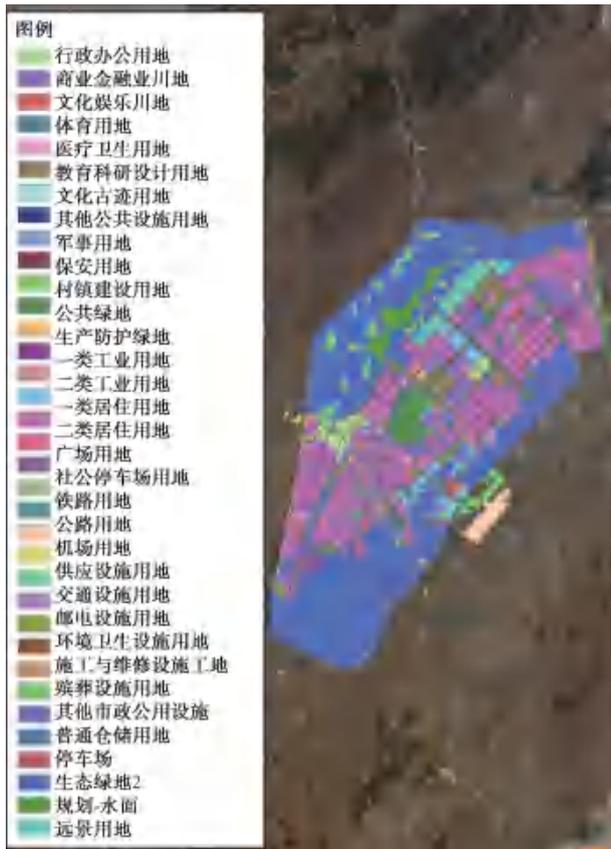


图6 土地利用类型图

Fig. 6 Diagram of Land-Use Type

表6 昭通市中心城区内涝经济损失
Tab. 6 Economic Losses for Waterlogging in Downtown Area of Zhaotong City

| 损失类型 | 水深/m | 区域面积/万 m ² | 单位面积损失值/(元·m ⁻²) | 总计损失/万元 |
|---------|--------|-----------------------|------------------------------|---------|
| 农业 | <0.5 | 467.5 | 1.125 | 173.4 |
| | 0.5~1 | 7.3 | | |
| | 1~1.5 | 1.9 | | |
| | >1.5 | 0 | | |
| 工商业固定资产 | <0.5 | 10.5 | 1 739.49 | 1 678.7 |
| | 0.5~1 | 7.8 | | |
| | 1~1.5 | 1.0 | | |
| | >1.5 | 0 | | |
| 工商业流动资产 | <0.5 | 10.5 | 575.59 | 559.6 |
| | 0.5~1 | 7.8 | | |
| | 1~1.5 | 1.0 | | |
| | >1.5 | 0 | | |
| 商业库存资产 | <0.5 | 2.4 | 355.37 | 1.45 |
| | 0.5~1 | 0.2 | | |
| | 1~1.5 | 0.1 | | |
| | >1.5 | 0 | | |
| 家庭财产 | <0.5 | 2.27 | 113.85 | 74.63 |
| | 0.5~1 | 0.63 | | |
| | >1 | 0 | | |
| | 间接经济损失 | / | / | |

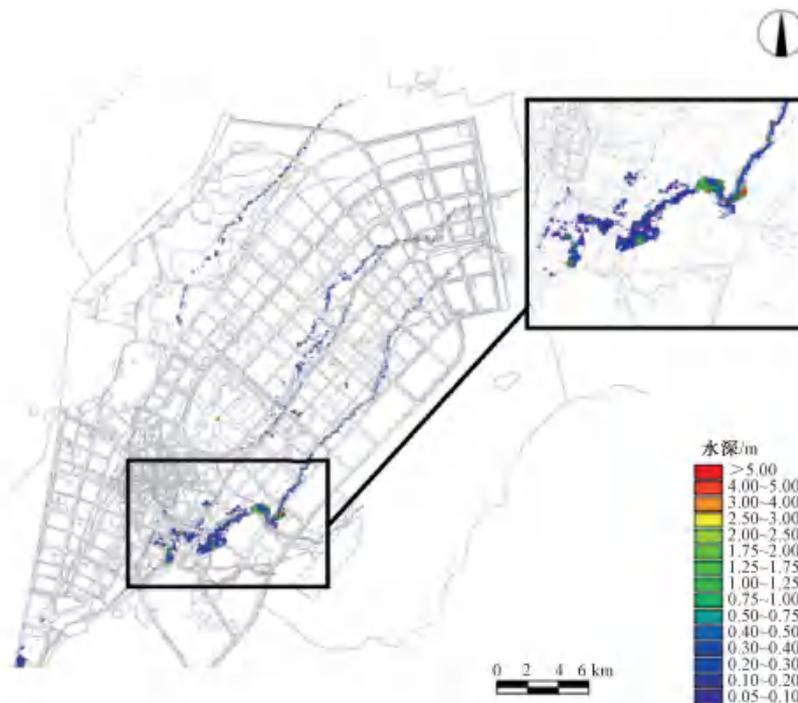


图7 淹没水深-土地利用类型叠加图

Fig. 7 Submerged Depth of Waterlogging and Land Use Type

5 结论

(1) 本文使用 MIKE 模型对昭通市中心城区进行城市内涝的一、二维水动力模拟,计算淹没范围与水深。随后根据用地类型的不同建立对应损失类型的经济计算公式,计算预测的受灾损失值。

(2) 本文考虑的经济损失类型多、全面,总结了农业、工业、商业、交通、家庭财产、建筑结构的直接经济损失计算方法。将模型推算的昭通市中心城区内涝灾害造成直接经济损失评估结果与实际灾情对比发现,推算结果比实际的直接经济损失偏大约 14%,表明模型推算结果基本能够反映此次内涝灾害所造成的经济损失,证明精细化的城市内涝经济损失分析是可行的。

(3) 精细化的城市内涝模型计算需要的基础经济数据较大,对地形、降雨数据的精度要求高,我国目前欠缺这方面的调查。所以对于经常发生内涝灾害的地区,应该建立相应的洪灾损失数据库,用以提高内涝模拟的精度。

参考文献

- [1] 王晓磊,韩会玲,李洪晶. 宁晋泊和大陆泽蓄滞洪区洪水淹没历时及洪水风险分析[J]. 水电能源科学, 2013, 31(8): 59-62.
- [2] 刘南江,费伟. 2018 年全国自然灾害基本情况分析[J]. 中国减灾, 2019(5): 14-17.
- [3] 韩平,程先富. 洪水灾害损失评估研究综述[J]. 环境科学与管理, 2012, 37(4): 61-64.
- [4] 简新华,黄锬. 中国城镇化水平和速度的实证分析与前景预测[J]. 经济研究, 2010, 45(3): 28-39.
- [5] 叶斌,盛代林,门小瑜. 城市内涝的成因及其对策[J]. 水利经济, 2010, 28(4): 62-65, 78.
- [6] ZHAI P M, CHAO Q C, ZOU X K. Progress in China's climate change study in the 20th century[J]. Journal of Geographical Sciences, 2002, 14(1): 3-11.
- [7] 史军,梁萍,万齐林,等. 城市气候效应研究进展[J]. 热带气象学报, 2011, 27(6): 942-951.
- [8] 石勇. 灾害情景下城市脆弱性评估研究——以上海市为例[D]. 上海:华东师范大学, 2010.
- [9] 程涛,吕娟,张立忠,等. 区域洪灾直接经济损失即时评估模型实现[J]. 水利发展研究, 2002(12): 40-43, 47.
- [10] 石勇,许世远,石纯,等. 城市居民建筑内涝灾害脆弱性研究初探[J]. 华北水利水电学院学报, 2009, 30(1): 34-37.
- [11] 莫婉媚,方伟华. 浙江省余姚市室内财产洪水脆弱性曲线——基于台风菲特(201323)灾后问卷调查[J]. 热带地理, 2016, 36(4): 633-641, 657.
- [12] 金菊良,魏一鸣. 基于遗传算法的洪水灾情评估神经网络模型探讨[J]. 灾害学, 1988(2): 6-11.
- [13] HUANG Z W, ZHOU J Z. Flood disaster loss comprehensive evaluation and model based on optimization support vector machine[J]. Expert System with Applications, 2010, 37(5): 3810-3814.
- [14] 日本国土交通省. 近年の河川洪水を踏まえた被害率等の更新の方向性について[R/OL]. [2021-01-12]. <https://www.mlit.go.jp/river/shinngikaiblog/kasenhyouka/dai07kai/dai07kaisiryu3.pdf>.
- [15] PENNING-ROSWELL E C, CHATTERTON J. Gower. The benefits of flood alleviation: A manual of assessment techniques[J]. The Geographical Journal, 1977, 145(3): 472-473.
- [16] 石勇,许世远,石纯,等. 洪水灾害脆弱性研究进展[J]. 地理科学进展, 2009, 28(1): 41-46.
- [17] GISSING A, BLONG R. Accounting for variability in commercial flood damage estimation[J]. Australian Geographer, 2004, 35(2): 209-222.

欢迎订阅 2022 年《净水技术》杂志

《净水技术》杂志是面向市政给排水、工业水处理、水环境治理和建筑给排水等行业,以宏观综述、标准解读、理论研究、应用实践和工程案例为主要报道内容的核心期刊,于每月 25 日出版。

《净水技术》理论与实践结合,以实践为主,所刊载选题“上天入地”,对高校及科研人员的研究工作具有启发性,对设计院及水务企业的工程实践和运行管理具有指导性。

1. 邮局订购:通过全国任一邮局,凭邮发代码(4-652)直接订阅,定价 240 元/年(12 期正刊+2 期增刊,平信寄送)。2. 编辑部订购:①扫描右侧二维码,进入微店订阅;②拨打(021)66250061,或者发送邮件至 wj@jsjs.net.cn 或 shjsjs@vip.126.com 确认订阅信息。定价 310 元/年(12 期正刊+2 期增刊,快递寄送)。

扫码查看订购信息

