

暴雨内涝灾害模拟研究

陈鹏¹, 张继权², 孙滢悦¹, 刘晓静¹

1. 吉林师范大学旅游与地理科学学院, 四平 136000
2. 东北师范大学环境学院, 长春 130117

摘要 城市暴雨内涝灾害的频发,已经给城市居民生命、财产安全等造成了严重威胁。对城市暴雨内涝灾害危险性模拟,可为城市暴雨内涝灾害危险性预报预警提供依据。以长春市南关区为研究区,以城市暴雨内涝灾害为研究对象,从多情景视角出发,提出了城市暴雨内涝灾害危险性多情景模拟框架,并以一、二维非恒定流为控制方程,以不规则网格为骨架综合构建了城市暴雨内涝灾害危险性数值模拟模型,实现研究区暴雨内涝灾害危险性多情景模拟。研究结果可为城市内涝应急管理部门在内涝灾害预报预警上提供参考依据。

关键词 暴雨内涝;多情景;长春市南关区;可视化

随着社会经济的发展,中国城市化进程不断加快,同时,中国各大城市内涝灾害频发,造成城市交通大面积堵塞,城市基础设施严重受损,城市居民生命、财产受到严重威胁。

针对城市道路积水数值模拟方法,概括起来分为以下3种:一是基于水动力学方法构建的城市内涝数值模拟模型^[1-7]。此类方法构建的内涝数值模拟模型优点是能够较准确地模拟城市道路积水过程,但模型的构建与模型求解较为困难,且需要求解城市暴雨公式,作为模型初始参数。二是采用成熟模型进行城市内涝数值模拟^[8-12]。分别利用国外成熟的水文模拟软件,如SWMM、LISFLOOD、InfoWorks ICM及MIKE21等,对城市内涝进行数值模拟,但不能依据用户的要求任意修改相关指定参数,存在个性化不强的缺点。三是与GIS(Geographic Information System)技术结合形成新的城市内涝数值模型^[13-18]。此类方法研究者需要配合规则网格进行建模,但规则网格划分结果固定,网格不可更改,存在网格不能将建筑物包含的情况,因此,在模拟精度上存在一定误差。

本研究组首先提出了以“降雨-下垫面-排水管网”3层空间为基础,利用一、二维非恒定流为模型基本骨架,并结合GIS中的不规则网格技术,综合构建城市内涝数值模拟模型。该模型无需求解城市暴雨公式,仅输入不同时段降雨量即可。其次从多情景视角出发,对城市暴雨内涝灾害危险性进行探究,尝试提出城市暴雨内涝灾害危险性多情景模拟框架及城市暴雨内涝灾害危险性数值模型构建新方法,以丰富城市暴雨内涝灾害理论与方法研究,为城市暴雨内涝灾害应急部门在内涝灾害预报预警方面提供参考依据。

1 研究区概况

南关区位于长春市的中南部,总面积497 km²,总人口65万。辖15个街道、3个镇、1个乡,本研究选定长春市南关区市区为研究区。通过实地调查,获取了南关区现存12个内涝点(人民大街东北师范大学门前、亚泰大街与大马路之间、解放大路永吉街口交汇处、亚泰大街103中学公交站点、亚泰大街二道街公交站点、自由大路与岳阳街交汇处、长春大学天桥下、东桥河桥下以南、明水路应化小楼、平阳街南关区医院门前、平泉路与大经路交汇处、亚太大街大马路口)。南关区内涝点积水最深处为1 m左右,已经给城市居民生命安全、财产及基础设施造成了严重损失,需及时采取应急措施保障居民财产及生命安全,并将损失降到最低。

2 数据处理与研究方法

2.1 数据来源与处理

从暴雨内涝灾害成因角度出发,从空中降雨-下垫面产汇流-地下排水管网3个空间层面考虑研究城市暴雨内涝所需数据(图1),主要包括:研究区历史降雨数据,利用研究区暴雨强度公式^[19],设定30年一遇、50年一遇、100年一遇3种暴雨情景;研究区遥感影像,利用影像解译方法获取下垫面基础信息;研究区排水点分布矢量图,采用ARCGIS 10.0软件中的泰森多边形功能生成研究区排水点服务范围矢量图;排水管网分布图,通过搜集到的研究区排水管网分布情况,生成矢量图层;研究区地面高程点数据及DEM(Digital Elevation Model)数据。

收稿日期:2017-07-04;修回日期:2017-08-08

基金项目:吉林省科技厅青年基金项目(20150520081JH);国家自然科学基金项目(41501557,41501559)

作者简介:陈鹏,副教授,研究方向为自然灾害风险评价与应急管理研究,电子邮箱:pp11290@163.com

引用格式:陈鹏,张继权,孙滢悦,等.暴雨内涝灾害危险性多情景模拟研究[J].科技导报,2017,35(21):89-94;doi:10.3981/j.issn.1000-7857.2017.21.011

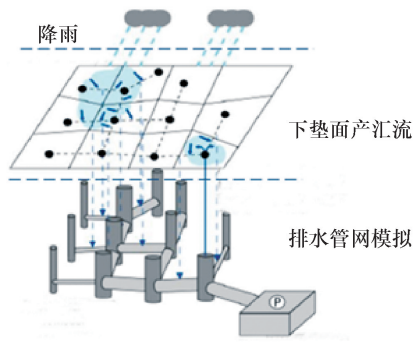


图1 “3层空间”概念示意

Fig. 1 "Three levels of space" concept

2.2 研究方法

2.2.1 城市内涝数值模型构建思路

目前针对城市暴雨内涝数值模拟方法较多,但大多数研究中并未从“3层空间”角度综合构建模型,且模型构建前需求解城市暴雨公式,以获取初始暴雨参数。本研究中的城市暴雨内涝数值模型以二维非恒定流为基本骨架,以不规则网格表达地物^[20-22],结合排水管网中一维非恒定流综合构建^[23-24],且本模型可以输入任意降雨量,计算较为简单。该模型具体由4个大模块构成,分别为产流模型、汇流模型、排水模型及内涝模型(图2)。其中,产流利用水文学模型处理;汇流通过水动力学模拟实现;排水管网概化;内涝模型则是前面模型的综合。汇流模型是整个模型的主体,它以二维非恒定流方程为基础,根据地形、地物的特点,将模拟范围划分为不规则网格,以这些网格为基本单位,利用有限体积法进行

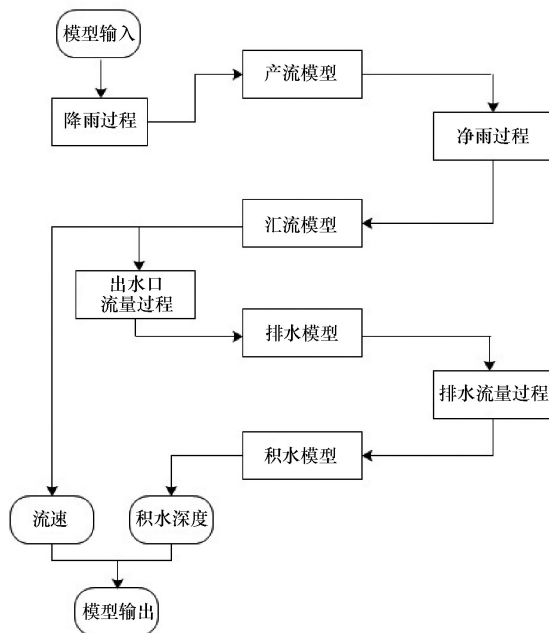


图2 城市暴雨内涝数值模型构建思路

Fig. 2 Constructing thought of the numerical model of urban rainstorm water logging

数值计算,求解研究区内的积涝范围、水深和流速。在计算时,通过网格对地形地物进行概化,设置网格类型、高程、糙率、面积修正率及排水能力。网格与网格之间的水量交换通过通道实现。对于空间尺度较小、不足以概化为网格的二级河道,概化成特殊通道,采用一维非恒定流方程计算。

2.2.2 产流模型

在一次暴雨过程中,蒸发对于雨量影响不大,截流对雨量影响难以精确确定,在实际操作中依据经验扣除;填注依据 Linsley 公式算法扣除;下渗依据 Horton 法扣除。据此,得到产流计算公式为

$$q = a - b - c - d - e \quad (1)$$

式中 q 为净雨量; a 为降雨量; b 为截流量; c 为填注量; d 为蒸发量; e 为下渗量。

2.2.3 汇流模型

通过求解明渠非恒定流的水力学方法模拟汇流过程,选择有限体积法作为模型的数值解法。通过对不同区域的类型划分,分别简化明渠非恒定流方程组,再进行求解。具体模型为

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial M}{\partial x} + \frac{\partial N}{\partial y} = q \quad (2)$$

$$\frac{\partial M}{\partial t} + \frac{\partial(uM)}{\partial x} + \frac{\partial(uM)}{\partial y} = -gh \frac{\partial H}{\partial x} - \frac{\tau_{bx}}{\rho_w} \quad (3)$$

$$\frac{\partial M}{\partial t} + \frac{\partial(uM)}{\partial x} + \frac{\partial(uM)}{\partial y} = -gh \frac{\partial H}{\partial y} - \frac{\tau_{by}}{\rho_w} \quad (4)$$

式中, M 、 N 分别为 x 、 y 方向上的水流单宽流量; u 、 v 分别为流速在 x 、 y 方向的分量; H 为水位 ($H = h + z$, z 为下垫面高程); t 为水流在网格内流动时间; h 为水深。

2.2.4 排水与积水模型控制方程

城市暴雨内涝数值模型主要以一、二维非恒定流为主,计算对城市暴雨内涝道路积水数值。由于道路积水、流速对居民行走也存在一定影响,首次将流速加入该模型计算,以实现水深+流速的综合危险性模拟(图3)^[25]。

二维非恒定流方程连续方程为

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial M}{\partial x} + \frac{\partial N}{\partial y} = 0 \quad (5)$$

二维非恒定流方程动量方程为

$$\frac{\partial M}{\partial t} + \frac{\partial(uM)}{\partial x} + \frac{\partial(uM)}{\partial y} + gh \frac{\partial H}{\partial x} + \frac{gn^2 u \sqrt{u^2 + v^2}}{h^{\frac{1}{3}}} = 0 \quad (6)$$

$$\frac{\partial N}{\partial t} + \frac{\partial(uN)}{\partial x} + \frac{\partial(uN)}{\partial y} + gh \frac{\partial H}{\partial y} + \frac{gn^2 v \sqrt{u^2 + v^2}}{h^{\frac{1}{3}}} = 0 \quad (7)$$

式中, n 为糙率系数, g 为重力加速度, t 为水流在网格内的流动时间。

一维非恒定流基本控制方程

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial l} \left(\frac{Q^2}{A} \right) + gA \frac{\partial H}{\partial l} = -gAS_f \quad (8)$$

式中, Q 为截面流量, A 为计算断面的过水面积, S_f 为摩擦坡降, l 为网格通道长度。

宽顶堰溢流为

$$Q = m\sigma_s \sqrt{2g} H^{3/2} \quad (9)$$

式中 Q 为堰顶单宽流量, m 为宽顶堰溢流系数, σ_s 为淹没系数, H 为堰顶水位。

水流速为

$$V = \sqrt{M^2 + N^2} / h \quad (10)$$

式中 V 为水流速度。

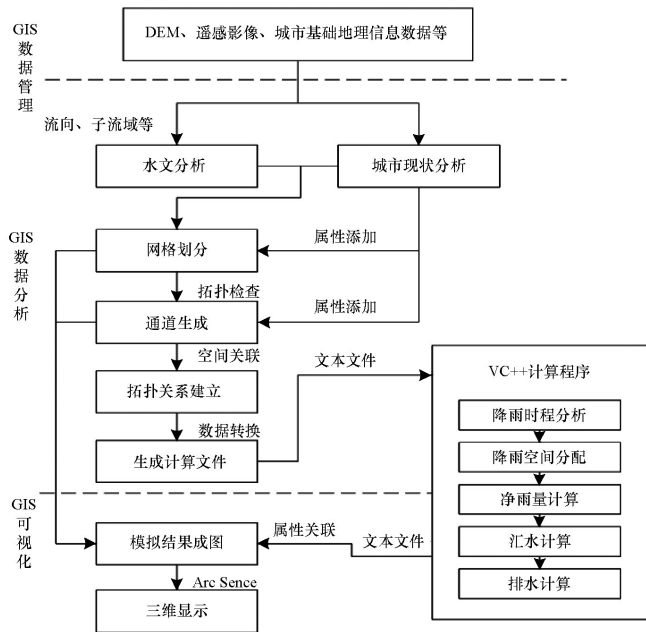


图3 城市暴雨内涝模型求解技术流程

Fig. 3 Technical process of solving the urban rainstorm water logging model

2.2.5 城市下垫面概化与网格划分

城市下垫面地物概化过程非常复杂,对于连续性阻水建筑物(如铁路、房屋、交桥、堤防、高于地面的街道)在概化时需进行特殊考虑。对于城内的二级河流,并未概化成为特殊通道,而是按照其实际宽度概化成尺度比较小的网格,分别在网格和通道属性中注明。其他设施如阻水建筑、排水设施等,也分别在网格和通道属性中注明(图4)。

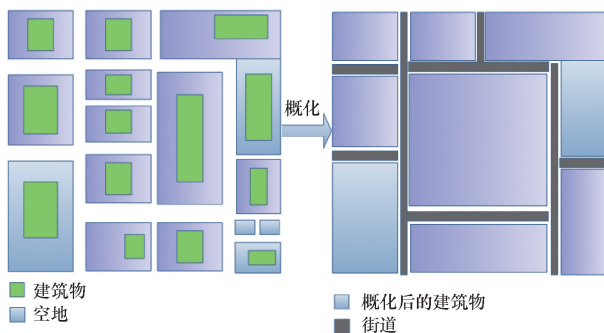


图4 研究区下垫面概化

Fig. 4 Research area underlay generalization

网格划分将依据地物和地形的特点,将模拟范围划分为含排水管网的不规则网格、含阻水建筑物不规则网格、不含阻水建筑物不规则网格等(包括三边、四边或五边不规则网格,以避让建筑物),以这些网格为基本单位,利用有限体积法进行数值计算,求解研究区内的积涝范围和水深^[26-27]。研究中以行政区图层、等高线图层、水系图层及水文分析生成的小流域作为底图,辅以 Quick Bird(快鸟)卫星影像数据,对研究区进行网格划分,并通过拓扑分析检查网格的准确性。而后,利用 ARCGIS 的面线转换工具,由网格生成通道。再利用空间关联建立网格与通道之间的拓扑关系,最后对网格和通道赋属性。研究区共划分网格 4861 个,通道 19444 条。

3 内涝灾害危险性多情景可视化

3.1 多情景模拟

从多情景模拟的视角出发,充分考虑研究区下垫面的特殊性与复杂性,基于本研究中构建的城市暴雨内涝数值模拟模型,构建了基于多情景视角的城市暴雨内涝灾害危险性分析框架(图5)。将3种致灾因子强度,即30年一遇暴雨、50年一遇暴雨、100年一遇暴雨强度输入城市暴雨内涝数值模型中,分别提取不同情景下的研究区道路积水信息,并将结果输出。

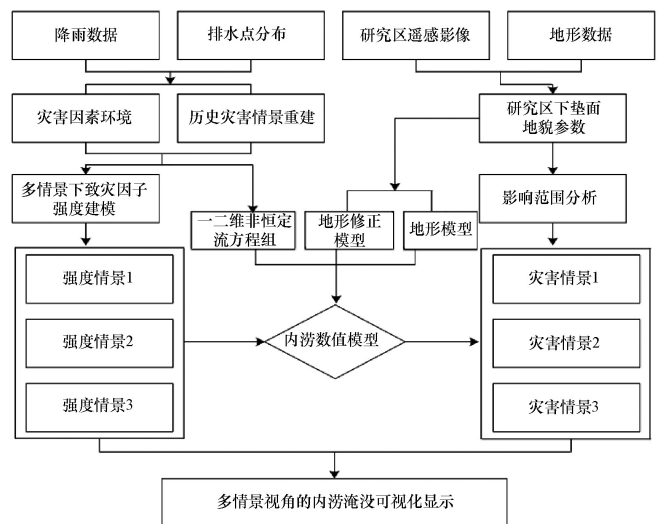


图5 城市暴雨内涝灾害多情景可视化模拟技术路线

Fig. 5 Multi-scene visualization simulation technology route of urban rainstorm

3.2 结果可视化

以上述城市暴雨内涝数值模型为基础,利用图5技术路线,结合GIS技术中的制图功能,分别得到图6、图7、图8等3种内涝灾害危险性情景。结果表明:1)当发生30年一遇暴雨,降雨强度为60 mm/h时,在研究区内有12个内涝发生点,主要分布在人民大街东北师范大学门前、亚泰大街与大马路之间、解放大路与永吉街口交汇处、亚泰大街103中学公交站、亚泰大街二道街公交站、自由大路与岳阳街交汇处、长

春大学天桥下、东桥河桥下以南、明水路应化小楼、平阳街南关区医院门前、平泉路与大经路交汇处、亚太大街大马路口,且最大积水深度为0.69 m。2) 当发生50年一遇暴雨,降雨强度为89.5 mm/h时,研究区内有15个内涝发生点,主要分布在除上述12个内涝点面积增大外,又增加了永岭街南、卫民路与东岭南街3个内涝点,且最大积水深度为1.035 m。3) 当发生100年一遇暴雨,降雨强度为103.2 mm/h时,研究区内有22个内涝发生点,除了上述15个内涝点面积增大外,又新增加了解放大路、通化路等7个内涝点,且最大积水深度为1.58 m。

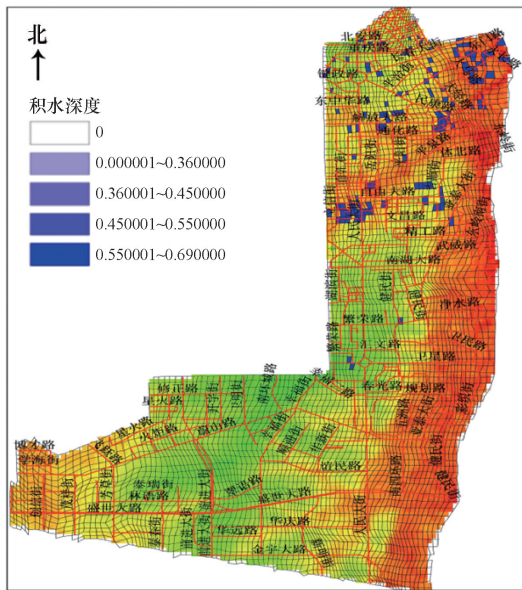


图6 30年一遇暴雨强度内涝积水危险性
Fig. 6 Danger of the biggest rainstorm in 30 years in terms of intensity of rain water

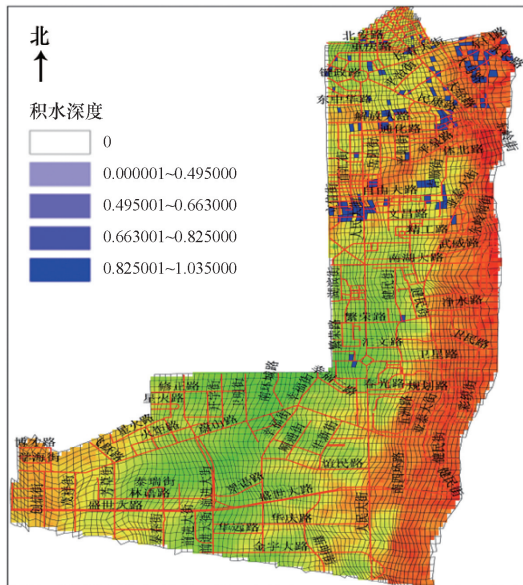


图7 50年一遇暴雨强度内涝积水危险性
Fig. 7 Danger of the biggest rainstorm in 50 years in terms of intensity of rain water

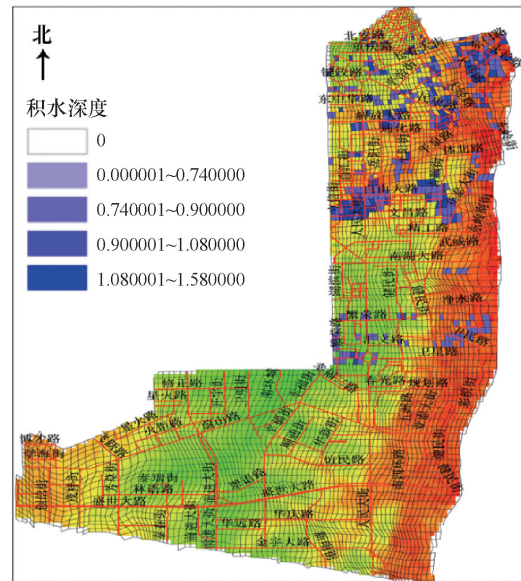


图8 100年一遇暴雨强度内涝积水危险性
Fig. 8 Danger of the biggest rainstorm in 100 years of water in terms of intensity of rain water

4 结论

从多情景视角的角度出发,提出了城市暴雨内涝数值模型构建步骤、方法及多情景模拟的流程框架,以长春市南关区市区开展了实证研究。在本研究中将城市空间分为“3层空间”,其中由于城市地下空间的特殊性与复杂性,导致一些数据获取较难,在计算机模拟与实地调查时很难精确地模拟排水过程,需在今后的研究中进一步寻求更为精确的模拟方法。由于本研究中思路与方法处于探索与尝试阶段,还存在诸多不确定因素,需在未来研究中将城市地下设施管理部门、实地调查、计算机模拟等相结合,更加深入地、精确地及量化地对城市暴雨内涝灾害危险性多情景模拟提供坚实的理论基础和强有力的科学工具。

参考文献 (References)

- [1] 程晓陶, 杨磊, 陈喜军. 分蓄洪区洪水演进模型[J]. 自然灾害学报, 1996, 5(1): 34-40.
Cheng Xiaotao, Yang Lei, Chen Xijun. Numerical model of flood propagation in detention basin[J]. Journal of Natural Disasters, 1996, 5 (1): 34-40.
- [2] 李娜, 仇劲卫, 程晓陶, 等. 天津市城区暴雨内涝仿真模拟系统的研究[J]. 自然灾害学报, 2002, 11(2): 113-118.
Li Na, Qiu Jinwei, Cheng Xiaotao, et al. Study on simulation system of rainstorm waterlogging in Tianjin City[J]. Journal of Natural Disasters, 2002, 11(2): 113-118.
- [3] 解以扬, 李大鸣, 李培彦, 等. 城市暴雨内涝数学模型的研究与应用[J]. 水科学进展, 2005, 16(3): 385-388.
Xie Yiyang, Li Daming, Li Peiyan. Research and application of the mathematical model for urban rainstorm water logging[J]. Advances in Water Science, 2005, 16(3): 385-388.

- [4] 解以扬, 李大鸣, 沈树勤, 等. “030704”南京市特大暴雨内涝灾害的仿真模拟[J]. 长江科学院院报, 2004, 21(6): 73-76.
Xie Yiyang, Li Daming, Shen Shuqin. Mathematical simulation of rainstorm waterlogging on “030704” in Nanjing City[J]. Journal of Yangtze River Scientific Research Institute, 2004, 21(6): 73-76.
- [5] 尹志聪, 郭文利, 李乃杰, 等. 北京城市内涝积水的数值模拟[J]. 气象, 2015, 41(9): 1111-1118.
Yin Zhicong, Guo Wenli, Li Naijie, et al. Numerical simulation of urban ponding in Beijing[J]. Meteorological Monthly, 2015, 41(9): 1111-1118.
- [6] 周岩枫, 闫丽华, 胡炜. 城市暴雨内涝数学模型的研究与应用[J]. 科技创新导报, 2014, 11(5): 109.
Zhou Yanfeng, Yan Lihua, Hu Wei. Research and application of the mathematical model for urban rainstorm water logging[J]. Science and Technology Innovation Herald, 2014, 11(5): 109.
- [7] 张靖雨, 徐佳, 袁先江, 等. 外洪溃堤一、二维耦合模型与内涝模型叠加在防洪保护区内的应用探讨[J]. 水利水电技术, 2017, 48(5): 87-94.
Zhang Jingyu, Xu Jia, Yuan Xianjiang, et al. Discussion on application of superposition of 1-D and 2-D coupling model for dike failure due to outside flood and water-logging model to flood control protection area [J]. Water Resources and Hydropower Engineering, 2017, 48(5): 87-94.
- [8] 曾照洋, 王兆礼, 吴旭树, 等. 基于SWMM和LISFLOOD模型的暴雨内涝模拟研究[J]. 水力发电学报, 2017, 36(5): 68-77.
Zeng Zhaoyang, Wang Zhaoli, Wu Xushu, et al. Rainstorm waterlogging simulations based on SWMM and LISFLOOD models[J]. Journal of Hydroelectric Engineering, 2017, 36(5): 68-77.
- [9] 张振国, 温家洪. 基于情景模拟的城市社区暴雨内涝灾害危险性评价[J]. 中国人口·资源与环境, 2014, 24(5): 478-482.
Zhang Zhenguo, Wen Jiahong. Hazard assessment of rainstorm waterlogging in urban communities based on scenario simulation[J]. China Population, Resources and Environment, 2014, 24(5): 478-482.
- [10] 胡蓓蓓, 周俊, 王军, 等. 基于情景模拟的天津市滨海新区2020年暴雨内涝风险评估[J]. 地理科学, 2012, 32(7): 846-852.
Hu Beibei, Zhou Jun, Wang Jun, et al. Risk assessment on rainstorm waterlogging of Tianjin Binhai New Area based on scenario simulation [J]. Scientia Geographica Sinica, 2012, 32(7): 846-852.
- [11] 王秀杰, 王丽娜, 田福昌, 等. GIS及SWMM模型在防洪保护区内涝模拟中的应用[J]. 水资源与水工程学报, 2015, 26(6): 146-150.
Wang Xiujie, Wang Lina, Tian Fuchang, et al. Application of GIS and SWMM to rainstorm waterlogging simulation in flood protected zone [J]. Journal of Water Resources & Water Engineering, 2015, 26(6): 146-150.
- [12] 徐向阳, 刘俊, 郝庆庆, 等. 城市暴雨积水过程的模拟[J]. 水科学进展, 2003, 14(2): 93-196.
Xu Xiangyang, Liu Jun, Hao Qingqing, et al. Simulation of urban storm water logging[J]. Advances in Water Science, 2003, 14(2): 93-196.
- [13] 段丽瑶, 解以扬, 陈靖, 等. 基于城市内涝仿真模型的天津风暴潮灾害评估[J]. 应用气象学报, 2014(3): 354-359.
Duan Liyao, Xie Yiyang, Chen Jing, et al. Tianjin coastal storm surge disaster assessment based on urban waterlogging simulation model[J]. Journal of Applied Meteorological Science, 2014(3): 354-359.
- [14] 张弛, 潘少华, 吴颖晖, 等. 基于GIS的台州临海暴雨内涝模型研究[J]. 科技资讯, 2017, 15(4): 122-124.
Zhang Chi, Pan Shaohua, Wu Yinghui, et al. Study on rainstorm waterlogging model of Taizhou sea based on GIS[J]. Science & Technology Information, 2017, 15(4): 122-124.
- [15] 张立洪, 武永新. 沿海城市潮、雨遭遇下内涝模型及应用[J]. 水电能源科学, 2017, 35(6): 42-46.
Zhang Lihong, Wu Yongxin. Research on waterlogging model of coastal city based on encounter of rainstorm and tide[J]. Water Resources and Power, 2017, 35(6): 42-46.
- [16] 黄清雨, 董军刚, 李梦雅, 等. 暴雨内涝危险性情景模拟方法研究——以上海中心城区为例[J]. 地球信息科学学报, 2016, 18(4): 506-513.
Huang Qingyu, Dong Jungang, Li Mengya, et al. Research on the scenario simulation method of rainstorm waterlogging hazard: A case study in the central urban area of Shanghai[J]. Journal of Geoinformation Science, 2016, 18(4): 506-513.
- [17] 朱国满, 潘赛军, 陈雾, 等. 台州市路桥区暴雨内涝淹没情景模拟分析[J]. 测绘科学, 2016, 41(1): 94-98.
Zhu Guoman, Pan Saijun, Chen Fen, et al. Scenario simulation of rainstorm waterlogging and submergence in Taizhou Luqiao based on GIS[J]. Science of Surveying and Mapping, 2016, 41(1): 94-98.
- [18] 赖广陵, 童晓冲, 张勇, 等. 基于六边形格网的城市内涝洪水演进方法研究[J]. 测绘学报, 2016, 45(增刊1): 144-151.
Lai Guangling, Tong Xiaochong, Zhang Yong, et al. Research on the method of urban waterlogging flood routing based on hexagonal grid [J]. Acta Geodaetica et Cartographica Sinica, 2016, 45(Suppl 1): 144-151.
- [19] Xu H, Wang Y P, Zhang L. The formula of rainstorm intensity in Changchun city and the determination of rain pattern[J]. Meteorological Disaster Prevention, 2014(4): 30-32.
- [20] 景娜娜, 尹占娥, 殷杰, 等. 基于GIS的上海浦东新区暴雨内涝灾害危险性分析[J]. 灾害学, 2010, 25(2): 58-63.
Jing Yinna, Yin Zhan'e, Yin Jie, et al. GIS-based analysis on rainstorm waterlogging hazards in Pudong New Area in Shanghai[J]. Journal of Catastrophology, 2010, 25(2): 58-63.
- [21] 周成虎, 欧阳, 马廷. 地理格网模型研究进展[J]. 地理科学进展, 2009, 28(5): 657-662.
Zhou Cenghu, Ou Yang, Ma Ting. Progresses of Geographical grid systems researches[J]. Progress in Geography, 2009, 28(5): 657-662.
- [22] 李娜, 仇劲卫, 程晓陶, 等. 天津市城区暴雨内涝仿真模拟系统的研究[J]. 自然灾害学报, 2002, 11(2): 113-118.
Li Na, Qiu Jinwei, Cheng Xiaotao, et al. Study on simulation system of rainstorm waterlogging in Tianjin City[J]. Journal of Natural Disasters, 2002, 11(2): 113-118.
- [23] 陈鹏, 张继权, 严登华, 等. 基于GIS技术的城市暴雨积水数值模拟与可视化——以哈尔滨市道里区为例[J]. 灾害学, 2011, 26(3): 69-72.
Chen Peng, Zhang Jiquan, Yan Denghua, et al. Numerical simulation and visualization of urban rainstorm waterlogging based on GIS: A case study of daoli district in haerbin city[J]. Journal of Catastrophology, 2011, 26(3): 69-72.
- [24] 尹占娥, 许世远, 殷杰, 等. 基于小尺度的城市暴雨内涝灾害情景模拟与风险评估[J]. 地理学报, 2010, 65(5): 554-557.
Yin Zhan'e, Xu Shiyuan, Yin Jie, et al. Small-scale based scenario modeling and disaster risk assessment of urban rainstorm water-logging[J]. Acta Geographica Sinica, 2010, 65(5): 554-557.
- [25] Chen P, Zhang J Q, Zhang L F, et al. Difficulty evaluation on residents' evacuation in urban rainstorm waterlogging disasters based on scenario simulation—take Daoli District, Harbin for example[J]. Interna-

tional Journal of Environmental Research and Public Health, 2014 (11): 9964–9980.
[26] Maaskant B, Jonkman S N, Bouwer L M. Future risk of flooding: An analysis of changes in potential loss of life in South Holland(The Neth-

erlands)[J]. Environmental Science & Policy, 2009, 12(2): 157–169.
[27] Black J, Endreny T A. Increasing stormwater outfall duration, magnitude, and volume through combined sewer separation[J]. Journal of Hydrologic Engineering, 2006, 11(5): 472–481.

Simulation study of rainstorm water logging disaster

CHEN Peng¹, ZHANG Jiquan², SUN Yingyue¹, LIU Xiaojing¹

1. School of Tourism and Geographical Sciences, Jilin Normal University, Siping 136000, China

2. School of Environment, Northeast Normal University, Changchun 130117, China

Abstract Frequent occurrence of urban rainstorm waterlogging has caused serious threats to the lives and property security of urban residents. Simulation of hazard risk of urban rainstorm waterlogging can be used to provide a basis for forecasting and warning of the urban rainstorm waterlogging risk. An investigation based on the urban rainstorm waterlogging in the Nanguan district of Changchun has been conducted. From a multiscene perspective, the paper puts forward a scenario simulation framework for urban rainstorm waterlogging risk. One and two dimensional non-constant flows are used for the governing equation. A numerical model of urban rainstorm disaster risk is constructed by means of irregular grid to realize simulation of the risk of flooding hazards in the studied area. The results can provide a reference for the urban waterlogging emergency management department.

Keywords rainstorm waterlogging; multiple scenarios; Nanguan District of Changchun City; visualization

(编辑 王志敏)