

DOI:10.19853/j.zgjsps.1000-4602.2022.15.021

基于 MIKE FLOOD 模型的老城区内涝防治研究

王川涛¹, 黄丽娇², 王俊佳¹

(1. 中国城市规划设计研究院 深圳分院, 广东 深圳 518040; 2. 深圳市宝安区大空港新城规划建设管理办公室, 广东 深圳 518100)

摘要: 针对老城区内涝问题,以徐州市泰奎大沟排水分区为例,利用 MIKE FLOOD 模型,采用系统性治水思维,耦合城市雨水管网、水系及地形地物,分析评估现状以及规划方案下的积水深度与积水时间,剖析老城区现状内涝成因,并提出新建截洪沟、完善雨水管网系统、增设河口泵站、增加雨水调蓄池等多种措施为一体的综合治理方案。模拟结果显示,在规划方案中,积水深度<15 cm、积水时间<1 h,表明所提出的内涝治理系统化措施合理,可为老城区内涝防治提供基本思路。

关键词: 老城区; 内涝防治; MIKE FLOOD 模型; 系统性分析

中图分类号: TU992 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-4602(2022)15-0128-05

Prevention and Control of Waterlogging in Old Urban District Based on MIKE FLOOD Model

WANG Chuan-tao¹, HUANG Li-jiao², WANG Jun-jia¹

(1. Shenzhen Branch, China Academy of Urban Planning & Design, Shenzhen 518040, China;

2. Shenzhen Bao'an District Airport City Planning & Construction Management Office, Shenzhen 518100, China)

Abstract: MIKE FLOOD model was applied to analyze and evaluate the waterlogging depth and time under the current situation and planning scheme based on systematic stormwater control strategy, urban storm sewer system, urban river system, urban topography and surface features, so as to solve the waterlogging problem in old urban districts of Taikui Gully drainage area in Xuzhou City. The paper analyzed the causes of waterlogging in the old urban district, and proposed a comprehensive control scheme, including constructing new flood interception channel, improving rainwater pipe network, adding river gates and pumps, increasing rainwater storage tanks and so on. The simulation results showed that the waterlogging depth and time under the planning scheme were less than 15 cm and 1 h, indicating that the proposed systematic measures of waterlogging control were reasonable and could provide a basic idea for waterlogging prevention and control in old urban districts.

Key words: old urban district; waterlogging prevention and control; MIKE FLOOD model; comprehensive analysis

徐州市位于江苏省西北部,苏、鲁、豫、皖四省交界处,是重要的水陆交通枢纽及经济联系的重要

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(71741024)

通信作者: 王川涛 E-mail: 1690813@qq.com

“十”字路口。徐州市多年平均降雨量为860.8 mm,其中约66.8%的降雨集中在汛期,单场降雨历时短、强度大;中心城区地势复杂,山丘众多且较分散、孤立,形成了“山包城、城包山”的地形格局。降雨特点、地形地貌决定了徐州市中心城区是一个洪涝灾害频发的区域,而且徐州市老城区由于建设时间较长,基础设施标准偏低、排水系统不完善、下垫面硬化比例较高,这进一步加剧了内涝风险。

国内外学者对城市内涝的数值化模拟进行了深入研究,欧美发达国家在城市雨洪模型方面的研究较为成熟,开发了MIKE、SWMM、InfoWorks等数理模型,为城市内涝风险分析提供了工具。笔者采用MIKE FLOOD模型分析徐州市老城区的排水防涝体系,分析内涝成因并探索治涝模式,以期为我国其他城市老城区的内涝治理提供借鉴^[1-2]。

1 研究区域概况

研究区域位于徐州市中心城区的南部,属于泰奎大沟排水分区,汇水面积约为9.4 km²,总体地形西南高东北低,土壤类型以黏土为主,地面高程为29~240 m,城市建设用地地形标高集中在30~35 m,如图1所示。泰奎大沟和塔东大沟直接汇入奎河,双山湖溢洪道、侯山窝大沟、金山大沟和周庄大沟是泰奎大沟的排水支沟。

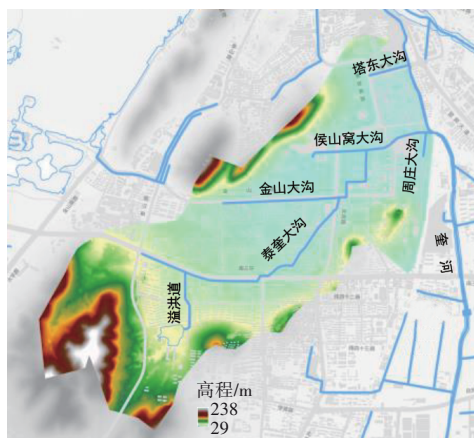


图1 泰奎大沟排水分区现状地形与水系分析

Fig.1 Elevation and river of Taikui Gully drainage area

根据2015年遥感数据解译分析,泰奎大沟排水分区现状用地类型以城市建设用地、绿地、林地为主(见图2),其中城市建设用地面积为6.4 km²,占总用地面积的67.8%,绿地和林地面积分别约为1.3、1.6 km²。现状已建成区面积较大,综合径流系数约为0.61。

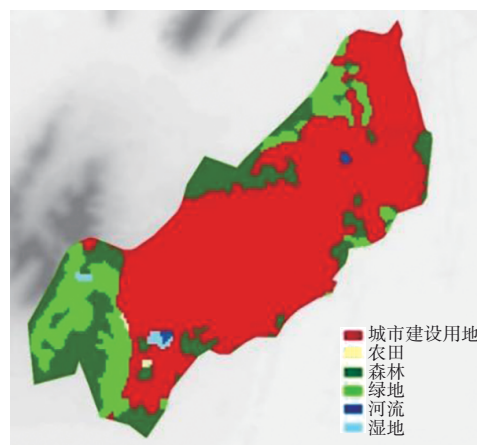


图2 泰奎大沟排水分区下垫面遥感解译分析结果

Fig.2 Remote sensing interpretation of underlying surface of Taikui Gully drainage area

在1997年“7·17”大雨中,泰奎大沟排水分区易涝点共3处,分别位于金山东路、望塔小区和科技中学段,积水深度约0.3~0.5 m,积水面积约65 hm²,积水时间长达10 h,给居民生活带来了不利影响。

2 数学模型构建

2.1 模型概化

本研究利用MIKE FLOOD系统平台,构建包括城市市政雨水管网模型(MIKE URBAN)、城市水系模型(MIKE11)和城市地表漫流模型(MIKE21)在内的城市排水防涝系统耦合模型,以降雨作为模型输入,研究地表积水响应,结合积水面积、积水深度和积水时间,评价泰奎大沟排水分区的内涝风险^[3-4]。

采用MIKE URBAN软件构建雨水管网模型,结合排水管网的普查资料,输入检查井地面标高、管底标高以及管径等基础数据;MIKE11模型对现状共6条主干排水沟渠进行概化,总长约为7.87 km,并根据实地测量输入现状断面资料;MIKE21模型以泰奎大沟排水分区为研究单元,总计算面积为9.4 km²,模型以1:1 000地形图作为原始数据,通过ArcGIS对计算区域地形进行离散处理,转化成边长为5 m的正方形网格,并对现状建筑物进行相应的抬高处理。最后在MIKE FLOOD平台中,耦合MIKE URBAN、MIKE11与MIKE21三个子模型,分析在设计降雨条件下的积水响应。

2.2 边界条件

2.2.1 降雨边界条件

短历时降雨:根据《徐州市设计暴雨雨型研究报告》,选取52场较为完整的降雨进行研究,结

果表明,短历时(120 min)降雨的雨峰系数为0.29,并采用芝加哥雨型确定重现期为1、2、3、5 a的短历时降雨过程,作为管网评估模型的数据输入。

长历时降雨:按照2016版《室外排水设计规范》(GB 50014—2006),徐州市中心城区的内涝防治设计重现期为30年一遇,利用江苏省暴雨等值线图,计算出30年一遇24 h设计降雨量为282 mm,并根据《江苏省暴雨洪水查算手册》对降雨时程进行分配,作为耦合模型长历时降雨的数据输入。

2.2.2 水位边界条件

规划区位于奎河流域源头,水位边界条件可采用与设计降雨的同频遭遇,即30年一遇降雨,在此条件下奎河泰奎大沟出口处断面设计水位为31.5 m。

2.3 模型率定

利用1997年7月17日实测24 h降雨数据与奎河当日实测最高水位31.3 m进行模型率定,模拟结果表明,金山东路、望塔小区和科技中学段内涝积水严重,金山东路积水深度约为0.4 m,望塔小区和科技中学段积水深度接近0.5 m,积水时间长达10 h,与实际内涝积水调查资料基本一致,模型具有较高的可靠性。

3 现状内涝风险评估

3.1 排水管网能力评估

将重现期为1、2、3、5 a的短历时降雨作为模型输入,耦合MIKE URBAN模型与MIKE11模型,以不同降雨情景下的排水管网充满度以及节点的溢流情况为评价标准,分析泰奎大沟排水分区内雨水管网的排水能力。结果表明,排水标准<1年一遇、1~2年一遇、2~3年一遇、3~5年一遇、>5年一遇的雨水管段占比分别为67.8%、1.3%、4.6%、3.8%、22.5%。泰奎大沟排水片区由于建设年代较久,管网建设标准偏低,排水标准<3年一遇的管段占比约为73.7%,且部分雨水管段没有接入水系,整体系统尚不完善。

3.2 地表积水响应分析

以30年一遇24 h长历时降雨作为模型输入,分析泰奎大沟排水分区内的地面积水深度与积水时间,结果见图3。积水总面积约为2.29 km²,积水深度>0.15 m的面积约为1.29 km²,占整个排水分区的13.7%;积水深度>0.3 m的面积占比为8.5%。积水时间大部分在3~5 h,局部达到了5 h以上。

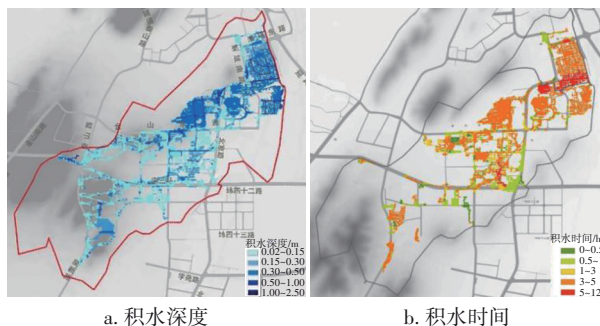


图3 泰奎大沟排水分区的积水深度和积水时间

Fig.3 Waterlogging depth and time in Taikui Gully drainage area

3.3 内涝风险评估分析

内涝风险评估采用积水深度、积水时间以及用地敏感性三个因子^[4]进行分析,并通过层次分析法确定各评价因子的权重,最后按各因子的权重叠加得到内涝风险区划图,如图4所示。中、高风险区主要位于地势低洼处、道路立交处、雨水管网系统不完善处。除已统计的金山东路、望塔小区和科技中学段3处易涝点外,还存在其他潜在的高风险内涝点,在规划方案中,将从整个排水分区角度提出系统的整治方案。

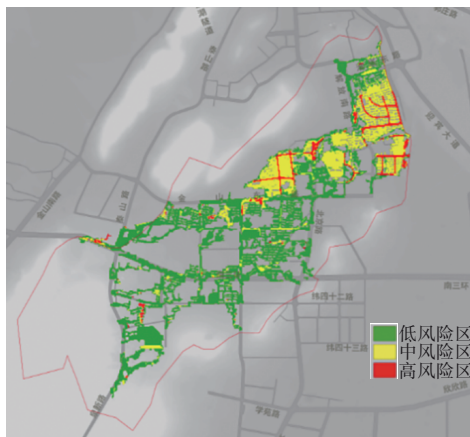


图4 泰奎大沟排水片区内涝风险评估

Fig.4 Waterlogging risk assessment in Taikui Gully drainage area

4 综合系统方案

根据MIKE FLOOD模型对现状泰奎大沟排水分区的系统解析,山洪入城、雨水管网系统不完善、奎河水位顶托是造成泰奎大沟排水分区城市内涝的主要原因。由于该排水分区为现状建成区,未来大规模改造的可能性较小,为此在规划中保留现状排水主干系统,对内涝严重区域进行改造并提出初

步方案:以问题为导向,通过新建截洪沟、完善雨水管渠系统、增设河口泵站等途径来解决泰奎大沟排水分区的内涝问题。

4.1 情景一:新建截洪沟、完善雨水管渠系统

泰奎大沟排水分区的西南侧现状有山体林地,现状截洪沟系统建设不完善,造成洪水入城,增大了城区雨水管渠系统的压力。规划沿着京沪西路修建 1.70 km、沿着泉新路修建 2.05 km 的排水边沟,疏导山体涝水,避免山洪进入城区而增大城区雨水管网的负荷。

结合旧城更新计划,规划对金山大沟、学府路排水箱涵和塔东大沟等主干排水通道进行改造。金山大沟断面从现状 2.7 m×2.2 m 拓宽至 6.0 m×2.2 m;学府路东排水箱涵改造为明渠,断面规格不变;学府路西增设(1.5 m×1.0 m)~(2.0 m×2.0 m)的排水通道;塔东大沟断面从现状 1.0 m×1.5 m 拓宽至 2.5 m×2.0 m。将现状断头的雨水管渠接入水系,完善整体雨水管渠系统。另外,新建泉府路等约 5.1 km 的雨水管网;改造解放南路、翟北路等约 5.7 km 的雨水管网。具体如表 1 所示。同时,强调在旧城更新中融入海绵城市建设理念,从源头控制雨水径流,降低雨水径流系数,使旧城更新小区的雨水径流系数<0.5。

表 1 泰奎大沟排水分区新建截洪沟、改造及新建排水主干管一览

Tab.1 Renovated and newly built drainage systems in Taikui Gully drainage area

项 目	现状管径/m	规划管径/m	长度/km	备注
京沪西路	—	(2.0×1.0)~(5.0×3.0)	1.70	新建截洪沟
泉新路	—	(1.5×1.0)~(1.5×1.5)	2.05	新建截洪沟
金山大沟	2.7×2.2	6.0×2.2	1.30	改造管渠
学府路东	5.0×3.0	5.0×3.0	1.30	排水箱涵改造为明渠
学府路西	—	(1.5×1.0)~(2.0×2.0)	0.73	新建管渠
塔东大沟	1.0×1.5	2.5×2.0	0.20	改造管渠
泉府路	—	0.80~1.35	0.63	新建管渠
解放南路	0.50	1.35	0.71	改造管渠
翟北路	0.60	1.20	1.30	改造管渠
风华南路	0.60	1.20~1.60	0.61	改造管渠
嘉和路	0.60	1.20	0.30	改造管渠

采用 MIKE FLOOD 模型对新建截洪沟以及完善雨水管渠系统后的积水情况进行模拟,结果见图 5。在 30 年一遇设计工况下,通过理顺排水通道,可

以减少内涝积水,但最终因为接纳水体奎河的水位较高,在其水位顶托作用下导致内河水位较高,造成约 35 hm²区域的积水情况无法满足规范要求。

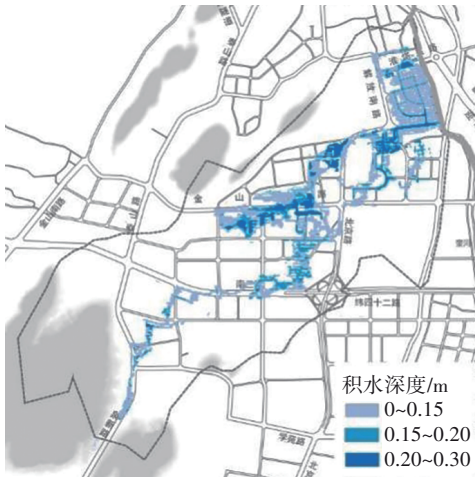


图 5 完善雨水管网系统后内涝积水分析结果
Fig.5 Waterlogging analysis results after improving rainwater pipe network system

4.2 情景二:情景一+增设河口闸站

奎河水位的顶托是泰奎大沟排水分区主要的内涝成因之一。规划区内沿岸地势较低,塔东大沟和泰奎大沟受奎河水位顶托,雨水无法顺利排除。通过在河口设置闸站,减少奎河水位对城市内部河道水系水位的影响,当奎河水位高于内部水系水位时,关闸启泵抽排,其中塔东大沟排涝泵站的规模为 5 m³/s、泰奎大沟排涝泵站的规模为 30 m³/s。

在情景一的基础上,增设河口泵站后,采用 MIKE FLOOD 模型进行分析,结果如图 6 所示。

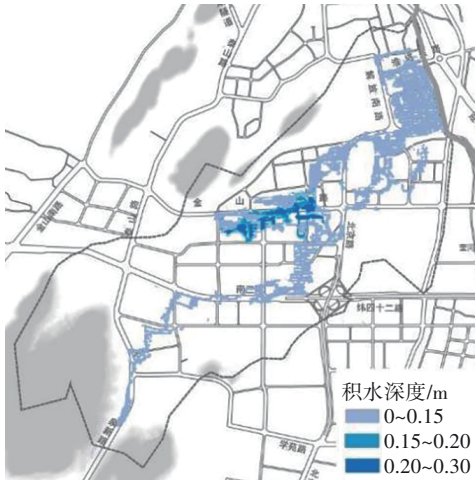


图 6 增设河口闸站后内涝积水分析结果
Fig.6 Waterlogging analysis results after adding river gates and pumps

在30年一遇设计工况下,大部分区域积水深度变小,但仍然存在着约6 hm²区域的积水情况无法满足规范要求,这些积水区域主要集中在现状管网标准偏低的道路路口。

4.3 情景三:情景二+新建削峰调蓄池

泰奎大沟排水片区属于现状建成区,结合旧城改造后,部分管线的排水能力有了一定的提升,但还存在无法改造的区域,在这些区域以增设雨水调蓄池的方式,减少路面积水,提高系统整体的排涝能力。为此,在情景二的基础上,结合用地布局规划,在金山路两边的景观绿地内新增两处雨水调蓄池,总规模为5 000 m³。采用MIKE FLOOD模型进行分析,结果见图7。增设两处雨水调蓄池后,泰奎大沟排水片区的积水面积、积水深度与积水时间均减小,整体能够满足积水深度<15 cm、积水时间<1 h的要求。

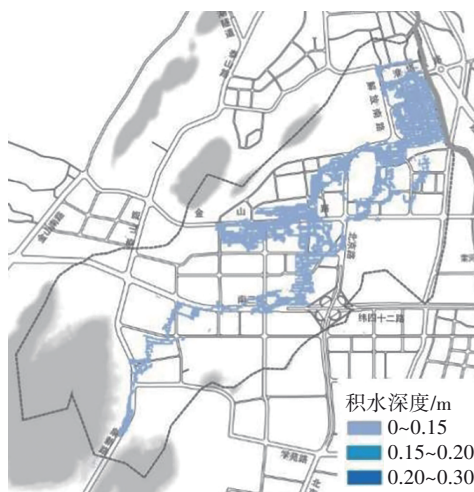


图7 新增调蓄设施后内涝积水分析结果

Fig.7 Waterlogging analysis results after adding storage facilities

5 结论

① 从系统入手,解决老城区内涝问题。老城区的现状已建成区占比较大,城市内涝问题较为复杂。以徐州市泰奎大沟排水分区为例,从系统入手,抓住形成内涝的主要原因,通过减少山洪入城、完善雨水管渠系统、增设河口泵站以及削峰调蓄池等综合途径,基本解决了城市内涝问题,可为我国其他城市老城区的内涝治理提供一定借鉴。

② 模型测算,增加方案的科学性。通过运用MIKE FLOOD模型,对现状与规划方案分别进行模拟分析,以地表积水深度和积水时间为响应,验算设计工况下的积水情况,使得规划更具科学性。模型将城市排水防涝体系作为一个有机整体,通过建立包含雨水管网一维模型、城市内河一维模型、城市二维地表模型等在内的综合城市水力模型,为解决老城区的内涝问题提出了新思路。

参考文献:

- [1] 李帅杰. 数学模型在城市排水防涝综合规划中的应用[J]. 中国给水排水, 2017, 33(15): 98-103.
LI Shuaijie. Utilization of simulation technique in integrated planning for drainage and waterlogging control [J]. China Water & Wastewater, 2017, 33(15): 98-103 (in Chinese).
- [2] 姚双龙. 基于MIKE FLOOD的城市排水系统模拟方法研究[D]. 北京:北京工业大学, 2012.
YAO Shuanglong. Urban Drainage System Modeling Research Based on MIKE FLOOD[D]. Beijing: Beijing University of Technology, 2012 (in Chinese).
- [3] 魏博文, 陈良捷, 陈颖新, 等. 基于Mike Flood模型的丘陵地区叉网式河流洪水风险分析[J]. 南昌大学学报(工科版), 2019, 41(1): 45-50.
WEI Bowen, CHEN Liangjie, CHEN Yingxin, et al. Flood routing risk analysis of fork network river in hilly region based on Mike Flood model [J]. Journal of Nanchang University (Engineering & Technology), 2019, 41(1): 45-50 (in Chinese).
- [4] 王若楠. 城市内涝风险等级评估方法及案例研究[D]. 西安:西安建筑科技大学, 2016.
WANG Ruonan. Urban Waterlogging Risk Level Assessment Methods and Case Study [D]. Xi'an: Xi'an University of Architecture and Technology, 2016 (in Chinese).

作者简介:王川涛(1985-),男,海南屯昌人,硕士,工程师,主要从事城市水系、防洪排涝、海绵城市领域的工作。

E-mail: 1690813@qq.com

收稿日期:2020-09-25

修回日期:2020-11-05

(编辑:刘贵春)