

# 基于 MIKE FLOOD 的城乡融合发展区内涝治理边际效益及对策研究

邵锦焯<sup>1</sup>, 郭蔓<sup>2</sup>, 刘宏鑫<sup>1</sup>, 李 偲<sup>1</sup>

(1. 广州市水务规划勘测设计研究院有限公司, 广东 广州 510000; 2. 河南机电职业学院, 河南 郑州 451192)

**摘要:**为研究城乡融合发展区在遭遇强降雨后的洪涝风险,识别风险影响程度,应用 MIKE 系列软件,将一维河道与区域二维地形耦合,对 2020 年“5·22”特大暴雨的洪涝灾害进行模拟,复盘区域淹没情况,划定风险等级。研究表明,城乡融合发展区往往具有成片房屋和农田交错分布的特点,在受到承泄区水位顶托的情况下,遭遇区域强降雨易受洪涝风险影响,暴雨强度与内涝风险呈曲线相关性。面对下垫面条件变化、极端天气频发导致的内涝风险问题,通过下游建设排涝泵站的治理对策,充分利用区域调蓄空间,可有效改善洪涝风险。结合方案对比和边际效益分析,从各方案闸上最高水位、平均淹没深度、淹没面积等三方面评估,方案 2 为最优方案,可使内涝治理效益趋于合理化。

**关键词:**内涝; MIKE FLOOD; 城乡融合; 边际效益

**中图分类号:** TV21 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-9235(2025)S2-0082-03

## 1 概述

随着全球气候变化趋势逐渐加剧,城乡融合发展区极端暴雨频发,暴雨致涝与城乡发展进程中的区域水文气象的变化有关。城乡发展往往将导致局部地区出现热岛效应<sup>[1-2]</sup>、建成区硬化的下垫面变化<sup>[3-4]</sup>、承泄区中小河流洪水的顶托、水域岸线缩窄、大片农田排涝能力较低等,这些问题是强降雨致涝的重要原因。

内涝是强降雨情景下,地面径流通过沟、渠、河等排涝不足导致的,而城乡融合发展区往往由于管网配套不完善、农田低洼排水不及,叠加承泄区长时间高水位,积水反复发生甚至形成洪涝灾害。目前,对强降雨内涝机理、区域内涝防治对策的研究主要基于水文、水动力模型,应用较为广泛的有 MIKE、InfoWorks、SWMM 数学模型等。

关于城乡融合发展区的耦合模型研究较少,而

区域内涝成因分析及其治理对策的研究则使此项工作意义重大。本文以广州市增城区石滩镇大滨海流域作为研究对象,通过建立基于 MIKE 的一维、二维水动力耦合模型,分别对河道洪水演进、农田地面积涝的水动力进行分析和计算,耦合模拟不同工况的暴雨条件下,区域内涝积水情况,研究内涝治理边际效益及治理对策。

## 2 研究方法

应用 MIKE FLOOD 模型,构建大滨海涌流域主要水系的一维水动力模型,模拟并分析现状情景下,河流水系的水文特征值变化,分析内涝成因,并提出治理对策,经方案比选后确定治理工程规模。

### 2.1 流域概况

研究区域位于广州市增城区石滩镇大滨海流域,流域面积 22.03 km<sup>2</sup>。区域排涝通道为大滨海涌及其支流,河道干流长 9.16 km,平均比降 0.2‰。

收稿日期:2024-11-19

作者简介:邵锦焯(1985—),男,硕士,高级工程师,主要从事水利水电工程规划与设计、内涝治理、水动力数学模型等工作。E-mail: 185810827@qq.com

流域现状防洪体系较完善,河口建有大滨海水闸、大滨海泵站。现状大滨海水闸为小(1)型水闸,总闸宽 11 m,设计流量  $20 \text{ m}^3/\text{s}$ ,于 1957 年建成;大滨海泵站现有 5 台排涝泵,总装机容量 575 kW,排涝流量  $10 \text{ m}^3/\text{s}$ ,于 1961 年建成。大滨海水闸、泵站设备老旧,但能正常使用,水闸为人工开启;泵站实际抽排能力难以达到设计值,汛期开机较多,暴雨期间连续开机抽排 1~2 d,近年连续开机最长时间为 7 d(2020 年“5·22 暴雨”期间)。

片区内城区属城乡用地范围,现状该片区尚未大规模开发,雨水排放体系尚未完善,中心区域雨水管渠较老旧,排水标准偏低,雨水靠地形地势、道路边沟排水为主。

大滨海流域内两岸农田、鱼塘地面较低,种植作物主要为蔬菜、香蕉、玉米、石榴、龙眼、竹子等,蔬菜不耐淹,果树耐淹 1~2 d,一般情况下受涝后,蔬菜及鱼塘区域损失较大,果树区域损失较小。

## 2.2 模型构建

a)河网模型。模型包括承泄区(西福河)、内河涌(大滨海涌)、水闸、现状及待建排涝泵站等。通过实测河道水下地形,制作 MIKE 11 模型文件,形成模型河网文件、断面文件。

b)地面模型。二维地面数据主要是把流域地形(高程点、等高线等)数据进行数据化,并划分网格,处理为 mesh 网格文件,本次研究采用三角形网格,网格平均大小为  $50 \text{ m}^2$ 。

c)耦合模型。将一维河道、二维地面等模型进行耦合,共同计算,模拟不同工况下的内涝情况。

## 2.3 参数设定

对大滨海涌流域进行一维、二维建模后,对模型参数进行设定。一维河网模型参数主要为河道糙率,大滨海涌河道堤岸主要为浆砌石挡墙和未经整治的天然堤岸,糙率取 0.035~0.040;二维地形模型参数主要为地面糙率。本流域的城乡路面、建成区等一般为混凝土路面,糙率取 0.045。

## 2.4 模型率定:复盘“5·22”暴雨

2020 年 5 月 21—22 日期间:大滨海涌流域降雨过程约 30 h,累积雨量 345 mm,其中最大 24 h 雨量

250 mm,超 30 年一遇标准(245 mm);最大 1 h 雨量 110 mm,接近 50 年一遇标准(115 mm)。大滨海涌闸外水位最高 1.18 m,河道水位最高 2.5 m,下游周边农田标高 1.8~2.5 m,积水严重。

根据大滨海涌流域特点,建立一维河网,二维地面漫流耦合水动力模型,复盘“5·22”暴雨洪涝淹没情况。计算结果表明,增塘水库以上淹没区主要集中在上游排洪渠两侧,增塘水库以下淹没区主要集中在麻车村、大滨海下游农田,淹没水深 0.5~1.0 m,历时超 12 h,其中,麻车村段积水深 0.5 m,历时超 15 h。模拟结果与实际淹没情况相符,表明模型的仿真性较好。

## 2.5 计算边界条件

通过率定后,模型的边界条件主要有各工况降雨、河涌下游承泄区(西福河)洪水位等。各工况降雨采用《广州市暴雨强度公式》(2022 年)计算,承泄区取西福河多年平均洪(潮)水位过程。雨洪(潮)遭遇采用以下组合:①20 年一遇降雨遭遇西福河多年平均洪潮水位;②30 年一遇降雨遭遇西福河多年平均洪潮水位。

## 2.6 模拟结果

模拟计算采用 20、30 年一遇不同重现期降雨,对流域的内涝情景进行模拟,识别出大滨海涌在 20、30 a 重现期降雨工况下,地面积水分布主要集中在南部以及城乡发展区的村镇地势相对较低的区域,农田片区积水严重。20 年一遇降雨积水片的平均积水深度为 1.3 m;30 年一遇降雨积水片的平均积水深度为 2.21 m。

## 3 内涝防治能力评估

### 3.1 现状设施评估

根据现状排水防涝设施分析,位于城乡融合发展区的大滨海涌流域现状河道基本能满足排涝需求,但农田区域及镇区居住低洼区域地面较低,河口排涝泵站排涝能力不足,不能有效应对强降雨导致的区域内涝问题。

### 3.2 水利工程建设后内涝防治能力及效果评估

大滨海涌流域的水利工程建设,通过涌口水闸

挡洪(潮)、排涝泵站强排涝,结合片区优化改造、农田调蓄等,有效提升区域内涝防治能力。

## 4 治理对策研究

### 4.1 治理方案

通常可采取增加强排流量、扩建排水管网、增设雨洪调蓄等措施来降低城市内涝风险<sup>[5]</sup>。黄显等<sup>[6]</sup>认为应从洪涝成因分析入手,结合工程实践,从“上蓄、中疏、下排、外挡”的系统解决思路,完善洪涝治理体系;黄国如等<sup>[7]</sup>应用模型评估研究区域的排水能力,随设计暴雨重现期增加,研究区域的积水深度亦呈现出增加趋势,内涝灾害明显加重。结合本流域的城乡融合发展条件,从源头减排、管网排放、蓄排并举角度出发,提出内涝治理策略。

### 4.2 源头减排

源头减排通过上游水库、山塘等调蓄,以及城乡建设区域海绵城市措施控制雨水径流的总量和削减峰值流量,延缓其进入排水系统的时间,起到缓解城乡内涝压力的作用。根据海绵城市专项规划要求,本区域规划年径流总量控制率应不低于71%,对应设计雨量26.6 mm,调蓄设施容积为58.91万m<sup>3</sup>。本流域面积22.03 km<sup>2</sup>,径流系数0.55,源头控制径流量为35.3万m<sup>3</sup>,通过各城乡发展区增设调蓄设施可以满足区域径流量削减要求。

### 4.3 蓄排并举

建设河口水闸,水闸总净宽为30 m;扩建排涝泵站,近期排涝流量为50 m<sup>3</sup>/s,并充分挖掘流域内的调蓄空间。结合城乡融合发展区的农田和低洼区域,构筑蓄排并举的内涝防治体系。

### 4.4 内涝防治工程优化布局及效果评估

分别对现状泵站排涝流量为10 m<sup>3</sup>/s、扩建后大滨海泵站排涝流量为30、50、70 m<sup>3</sup>/s进行模型计算,由模拟结果可知:相对于现状,扩建大滨海排涝泵站能够改善区域内涝情况,减小淹没水深和面积。

进一步分析排涝泵站规模,可发现,由于城乡融合发展区具有大量的农田调蓄,在城-乡-田-水的多元格局下,内涝治理建设工程并非规模越大越

好。当排涝流量从30 m<sup>3</sup>/s增加至50 m<sup>3</sup>/s,淹没水深、淹没面积减小效果最为明显。排涝流量从50 m<sup>3</sup>/s增加至70 m<sup>3</sup>/s,淹没水深、淹没面积减小效果不明显,边际效益呈现递减的趋势,因此内涝治理对策为排涝泵站扩建规模为50 m<sup>3</sup>/s。

## 5 结语

采用水动力学方法开展城乡融合发展区内涝成因分析及治理对策研究,构建水动力耦合模型能模拟雨水在城乡地表、河流水系之间的传输、地面漫流与河道等的同步计算,计算得到洪水、涝水演进过程和淹没范围与实际情况相符,适用于城乡融合发展区内涝治理研究。模型可用于区域强降雨致涝情景模拟、内涝防治能力提升研究、治理对策方案对比等。不同工况降雨情景计算表明,降雨强度的增大往往会使涝区低洼地的内涝风险加剧。通过建设排涝泵站措施,在充分发挥农田调蓄空间的基础上,通过不同方案淹没水深和淹没面积效果对比曲线,可直观地优选推荐方案,在控制工程投资的前提下,获得最合理的治理效果,有效提高区域内涝防治能力。

### 参考文献:

- [1] 王路平,周文琦,罗伟林,等. 不同参数对绿色屋顶的径流量削减效应影响初探[J]. 人民珠江,2018,39(9):105-108.
- [2] 林炳怀,杨大文. 北京城市热岛效应的数值试验研究[J]. 水科学进展,2007,18(2):258-263.
- [3] 万儒楠,林凯荣,肖名忠,等. 广州大坑河城市化前后降雨径流过程变化分析[J]. 人民珠江,2024,45(10):24-32.
- [4] 侯精明,李东来,王小军,等. 建筑小区尺度下LID措施前期条件对径流调控效果影响模拟[J]. 水科学进展,2019,30(1):45-55.
- [5] 谭雨欣,吴端炜. 基于MIKE URBAN的大亚湾澳头圆盘区域内涝模拟及排涝对策[J]. 人民珠江,2023,44(5):18-25,44.
- [6] 黄显,王琼,吴文惠. 广州市中心城区洪涝治理对策与思考[J]. 水利技术监督,2022(1):84-89.
- [7] 黄国如,王欣,黄维. 基于InfoWorks ICM模型的城市暴雨内涝模拟[J]. 水电能源科学,2017,35(2):66-70,60.

(责任编辑:向 飞)