

DOI:10.19853/j.zgjsps.1000-4602.2023.14.005

# 新形势下城市排水防涝规划编制与实施探讨

马金明<sup>1</sup>, 张义斌<sup>1</sup>, 何婷<sup>1</sup>, 黎攀<sup>1</sup>, 潘晓玥<sup>1</sup>, 陆明<sup>1</sup>,  
晋艺欣<sup>1</sup>, 毋兆颖<sup>1</sup>, 董淑秋<sup>1</sup>, 韦古强<sup>2</sup>

(1. 北京清华同衡规划设计研究院有限公司 市政规划研究所, 北京 100085; 2. 中国绿发投资集团有限公司, 北京 100020)

**摘要:** 针对城市内涝灾害及水环境保护问题,从排水防涝系统规划角度出发,总结相关项目经验,研究统筹推进洪涝治理与水环境保护的排水防涝系统规划编制思路、体系及方法。提出了建立“总+分”的多层次城市排水防涝规划体系,将加快补齐污水系统补短板与城市内涝治理系统耦合,协同解决城市内涝和污水补短板问题。总结提出了“分析成因—解决难题—谋划布局—保障实施”的排水防涝系统规划的技术路线,可为各大城市推进城市内涝治理及污水提质增效行动提供设计经验。

**关键词:** 内涝治理; 内涝风险评估; 污水补短板; 排水防涝

**中图分类号:** TU992 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-4602(2023)14-0032-06

## Discussion on the Compilation and Implementation of Urban Drainage and Waterlogging Prevention Plan in the New Era

MA Jin-ming<sup>1</sup>, ZHANG Yi-bin<sup>1</sup>, HE Ting<sup>1</sup>, LI Pan<sup>1</sup>, PAN Xiao-yue<sup>1</sup>, LU Ming<sup>1</sup>,  
JIN Yi-xin<sup>1</sup>, WU Zhao-ying<sup>1</sup>, DONG Shu-qiu<sup>1</sup>, WEI Gu-qiang<sup>2</sup>

(1. Department of Municipal Planning, Beijing Tsinghua Urban Planning and Design Institute, Beijing 100085, China; 2. China Green Development Group, Beijing 100020, China)

**Abstract:** To solve the problem of city waterlogging and water environment protection, this paper summarized processes and methods of flood control planning from the perspective of drainage and waterlogging prevention planning. It is proposed to establish a “total & subentry” multilevel system of drainage and waterlogging prevention planning, which would accelerate the compensation of weaknesses in the sewage system. The system could be coupled with the urban waterlogging system, and coordinately solve the shortcomings of the urban waterlogging and sewage system. The technical route of cause analysis—problem solutions—planning layout—guarantee promotion for drainage and waterlogging prevention planning was put forward, which intends to provide design references for major cities.

**Key words:** waterlogging control; waterlogging risk assessment; compensation weaknesses for wastewater system; drainage and waterlogging prevention

近年来,暴雨等极端天气时常发生,加之城市基础设施建设存在短板、管理不足等诸多问题,我国诸多城市存在严重的内涝和水环境问题<sup>[1-3]</sup>。2021年3月,《国务院办公厅关于加强城市内涝治理

的实施意见》提出要统筹推进城市内涝治理与水环境改善,用统筹和系统的方法解决城市内涝问题。现阶段编制排水防涝规划的依据是2013年住建部出台的《城市排水(雨水)防涝综合规划编制大纲》,

大纲提出从竖向、水系、雨水三大方向解决城市内涝问题。随着专家学者对城市内涝成因的认识不断加强,业内普遍意识到除了各个子系统(如源头减排、管网、大排水、防洪)建设和管理上存在的问题外,各个子系统之间缺乏耦合是造成城市内涝的重要原因。另外,城市内涝与污水等相关水系统的耦合缺失具有密切的联系,如雨污交叉、雨污合流、雨污系统分治等。因此,需要同时从建设和管理角度出发,系统构建规划框架,协同开展内涝与污水治理。

德阳市地处四川盆地成都平原东北部,水网丰富,老城区地下管网复杂,治理前水系、雨水、污水系统耦合差,存在内涝和水环境的普遍问题,具有排水系统的典型特征。以德阳市中心城区排水防涝系列规划为基础,探讨在排水防涝编制大纲基础上纳入污水篇章,编制含有竖向、水系、雨水、污水系统的排水防涝综合规划,建立系统规划和分区实施的专项规划框架,以协同解决城市内涝问题和水环境质量,为类似城市统筹推进内涝治理和污水提质增效提供参考。

## 1 规划编制体系与技术应用

针对城市中普遍存在的建成区面积广、管网核查难度大、内涝成因复杂、技术标准不统一、现状更新快等难题,新形势下的排水防涝规划应以“紧扣行业需求、完善规划体系、解决实际问题、指导项目实施”为指导思想,详细梳理排水防涝系统的现状情况,核查排水系统存在的问题,结合国家政策、行业动态,统筹推进防洪、排涝、污水提质增效,在宏观层面编制含有污水系统的排水及防涝专项规划,同时,根据建设发展需求,逐片区编制详细的排水实施规划以指导片区实施。多系统的耦合离不开现代新技术的应用,新形势下的排水防涝规划应充分利用大数据分析,为系统构建排水防涝布局提供支撑。

### 1.1 规划体系架构

通常,在面对用地规模较大的地级市排水系统规划时,一个传统的规划难以兼顾系统和实施两个方向,因此,在实践《排水(雨水)防涝综合规划编制大纲》的基础上,排水防涝规划从宏观和微观两个层面展开,系统构建“总+分”的排水防涝规划体系,既完善、补充了现有工程规划体系,又加强了工程

规划与工程设计的衔接,更加高效地为地方政府解决城市内涝问题提供系统服务。具体的规划体系框架如图1所示。

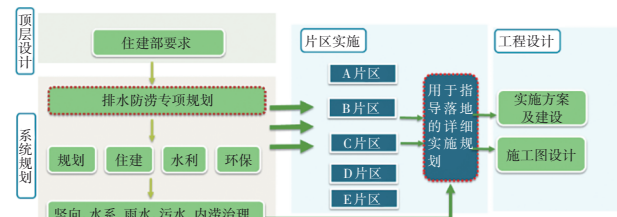


图1 规划体系框架

Fig.1 Framework of planning system

① 宏观层面:从中心城区全局角度出发,编制中心城区排水防涝系统规划,研究城市排水及防涝体系,合理布局重大排水防涝设施。在充分研究实际需求及既有的传统排水专项规划的基础上,衔接相关涉水系统规划,完善专业覆盖面,统筹规划竖向、水系、雨水、污水四个系统,系统性解决城市内涝和污水系统问题,为各片区编制详细实施规划提供宏观指导和依据。

② 微观层面:以中心城区排水防涝系统规划为指导,逐片区开展详细的排水实施规划,形成各片区排水建设项目库,以指导具体工程项目,提升规划的落地性和实操性,有效实现对规划和设计间空隙的补充。

### 1.2 新技术应用方法

强大的数据分析是科学合理规划的前提和重要支撑,排水防涝规划应强化模拟技术、数据分析技术的应用。充分发挥DHI-MIKE模拟技术、鸿业市政、Arc-Gis分析、湘源等<sup>[4-6]</sup>多个软件技术平台的优势,为规划决策提供数据支撑。

① 引入模拟技术,解决水系、雨水系统耦合的难题。长期以来,由于住建部门与水利部门在涉水问题上关注的角度不同及设计体系上的不统一,河道和雨水管网的水文汇流过程衔接不畅,采用传统的技术手段难以真实反映二者的水文过程,因而难以彻底解决城市的内涝问题。规划建议突破传统的雨水、水系二元编制体系,引入模拟技术,通过竖向、水系、雨水系统的耦合模拟,表征不同时刻河道水位与管道水位的关系,实现城建部门小街区尺度(雨水管网)与水利部门大区域尺度(水系)的水文动态汇流过程在内涝系统平台上的有效衔接。

② 强化数据分析,突出技术融合,助力排水

防涝。大数据分析可以为城市排水防涝规划编制提供重要的技术支撑,在排水防涝项目中应强化水力模型的研究和应用,从大数据分析角度出发,解析降雨雨型、下垫面、地形特征,将规划区雨水管网系统模型、地形地物系统模型和水系系统模型耦合,构建规划区水力模型(包括 MIKE、Infoworks、SWMM 等模型<sup>[7]</sup>),分析在不同历时和不同重现期降雨条件下城市管网的排水能力、内涝情况,为现有内涝点成因分析与内涝点整治、规划方案内涝风险评估提供科学依据。综合运用 GIS 数据分析功能,以流域层面不低于 1:10 000、排涝区层面不低于 1:2 000 的地形矢量数据为基础,开展 GIS 地形分析、产汇流分析,辅助水系规划,将 GIS 地形分析功能与湘源软件功能融合,辅助竖向规划设计,为排水防涝系统设计提供技术支撑。

## 2 规划内容框架

建立“总+分”的多层次城市排水防涝规划体系推动内涝治理和污水补短板落地实施的思路,在德阳得到了较好的实践,2014 年以来,德阳市开展了《德阳市中心城区排水及防涝专项规划》及六个片区的排水防涝详细实施系列规划。系列规划以问题为导向,从排水防涝系统布局出发,梳理防洪排涝分区,打通水系脉络,优化城市竖向系统和雨水管渠系统,提出厂、网并举的污水系统布局方案;以实施为目标,提出以系统规划与分区布局为指导,开展分片区详细规划引导项目落地的策略,建立长期跟踪服务模式 and 项目动态维护机制。规划提出了“分析成因—解决难题—谋划布局—保障实施”的规划编制技术路线。

### 2.1 做体检,分析成因

以地下管网普查数据为基础,开展全方位、多角度、多渠道的数据核查,建立了基础数据库。基于现状内涝积水情况,深入排查雨水、水系、竖向、污水等方面存在的问题,通过梳理和分析,查明德阳市排水系统共存在 27 个内涝点,10 个内涝小区;涉及竖向、水系、雨水、污水四大系统,共 246 项排水问题。

结合模拟评估结果,现状问题的根源包括六个方面:①河道防洪排涝能力有瓶颈;②雨水管渠排水能力不足;③城市竖向存在低洼易涝点;④污水系统厂、网建设有短板;⑤水系、雨水、污水三大系

统缺乏耦合,混接、冲突多;⑥涉水各部门建设、管理的统筹与协调不足。

德阳市现状排水系统问题及成因见图 2。



图2 德阳市现状排水系统问题及成因

Fig.2 Problems and causes of drainage system in Deyang City

### 2.2 做模拟,解决难题

河道水系和雨水系统在设计过程中缺乏耦合是造成城市内涝的重要原因,我国水利与城建分制管理,两个系统的雨型、重现期和汇流计算标准不一。因此,从雨型等标准的衔接入手<sup>[8]</sup>,从雨型、重现期、汇流机理出发,对同一场降雨分别进行长历时时的频次分析(见图3、4)。分析发现,德阳市10年一遇24 h降雨,其雨峰2 h重现期约为2年一遇;30年一遇24 h降雨,其雨峰2 h重现期约为5年一遇;50年一遇24 h降雨,其雨峰2 h重现期约9年一遇。以此雨型衔接为基础,加密长历时降雨雨型,开展内涝模拟。

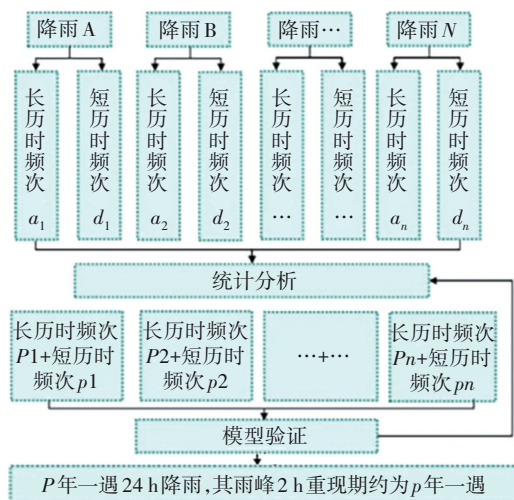


图3 降雨频次分析框架

Fig.3 Rainfall frequency analysis frame



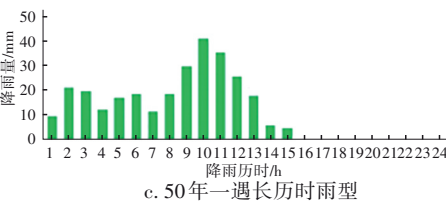
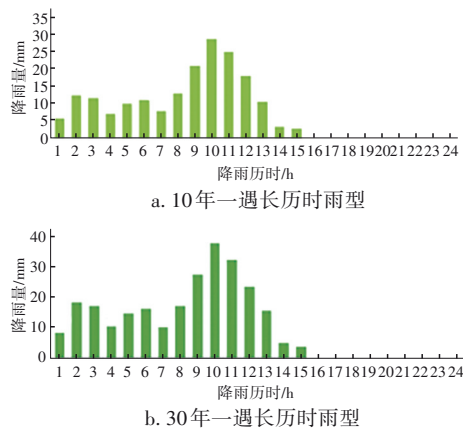


图4 德阳市不同重现期 24 h 降雨雨型分析  
Fig.4 Analysis of 24-hour rainfall pattern for different return period in Deyang City

采用 DHI MIKE 系列软件建立城市内涝模型,输入不同重现期、不同降雨历时的雨型数据,模拟不同工况下城市内涝情况,见表 1。

表 1 城市内涝模拟工况

Tab.1 Urban waterlogging simulation conditions

模拟需求	考查指标	模拟平台	模拟工况
管网评估、管网改造	管网负载情况、管网超载时间	MIKE URBAN	2 年、3 年、5 年一遇降雨
河道评估、河道改造	河道淹没情况、水位情况	MIKE11+MIKE21	10 年、30 年、50 年一遇降雨
内涝风险评估、防涝设施布局	内涝点积水、积水深度	MIKE11+MIKE21+MIKE URBAN	10 年、30 年、50 年一遇降雨

以现场积水深度及积水时间数据率定模型,模拟结果内涝点数量与现状吻合度达 80%。另外,通过模拟排查出 61 处内涝隐患点(见图 5),可为各内涝点成因判断和内涝防治提供科学的数据支撑。

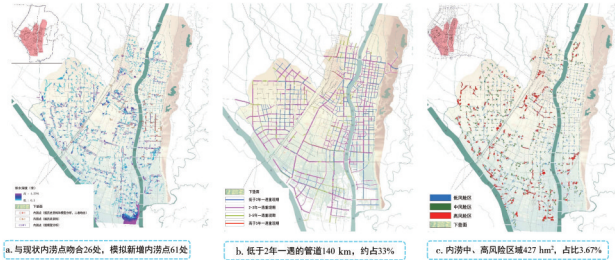


图 5 内涝模型评估结果

Fig.5 Waterlogging modeling assessment results

2.3 提对策,谋划布局

① 排涝水,优化竖向系统:以德阳市中心城区 1:2 000 地形数据为基础,开展 GIS 数据分析,从排水防涝系统布局视角,调整和优化竖向高程系统,基于竖向及防洪分区综合划定涝水分区,确保涝水顺利流入临近排水出路,如图 6 所示。

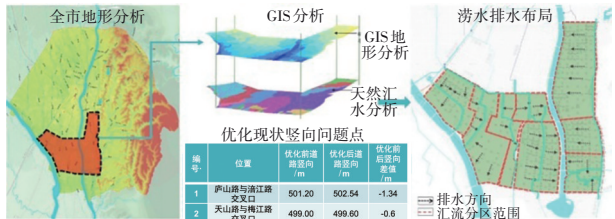
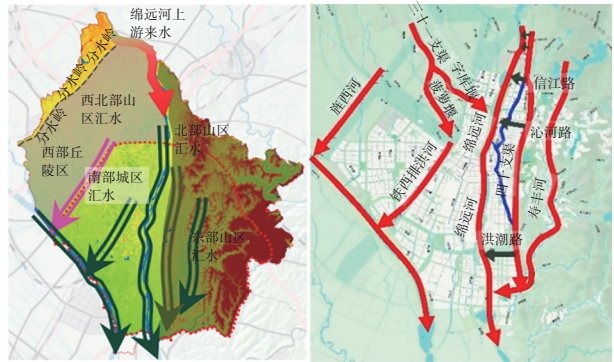


图 6 竖向系统优化流程

Fig.6 Vertical system optimization flowchart

② 撤洪水,优化防洪格局,打通洪涝通道:基于德阳市现状水系防洪布局,结合 GIS 天然产汇水数据分析,优化防洪分区,构建“外撤山洪、内排洪涝”的防洪格局。基于水系现状,明确涝水排放出路,打通城市水系洪涝通道,如图 7 所示。



a. 防洪格局 b. 洪涝通道

图 7 德阳市防洪格局及水系洪涝通道

Fig.7 River and flood drainage channel layout and flood control layout of Deyang City

③ 治雨水,优化雨水管渠系统:针对雨水现状问题,从排水防涝系统出发,提高管渠排水能力、优化排水分区、连接管道断点、寻找排水出路。开展雨水系统与水系、污水系统校核,排水口管顶高于设计洪水位,避免洪水倒灌雨水管道。以齐家堰和寿丰河两个渠道沿河雨水排口校核为例,结果见表 2。齐家堰雨水排水口管顶标高均高于设计水位,无需调整。寿丰河 9、10 号排水口管顶标高低

河道设计水位,需要进行系统优化调整,规划采取增加上游雨水管径、降低管道坡度的方式,提高了雨水排水口管顶高程,满足规划设计要求。

表2 雨水系统与水系校核计算

Tab.2 Check calculation of rainwater system and water system m

渠道名称	排水口编号	设计水位	排水口管顶标高	是否调整	调整之后雨水管顶标高
齐家堰	1	472.95	474.00	否	
	2	468.62	470.50	否	
	3	468.45	469.20	否	
	4	468.45	468.50	否	
寿丰河	6	503.95	505.00	否	
	8	501.31	505.46	否	
	9	496.59	495.93	是	496.70
	10	489.42	488.74	是	489.50

④ 收污水,补齐污水短板:针对污水系统现状问题,提高污水设施处理能力,优化污水分区,完善截污干管,修补污水支管,分离雨污水。开展排水防涝体系下的污水系统校核,避免雨污混、错接,按照污水管道管顶低于待穿越水渠渠底0.2~0.5 m及雨污水管道垂直间距大于0.5 m的要求校核污水管网系统。表3为部分道路雨水管道与污水管道校核计算结果,以日月潭路、滇池路、翰林路、育才北路为例,日月潭路、滇池路、翰林路雨污水管线间距满足交叉要求,无需优化调整。育才北路雨水、污水管线间距为零,需要进行系统优化调整,规划采取降低污水管道埋深的方式,增大了雨水管与污水管的间距,满足了规划设计要求。

表3 污水系统与雨水系统校核计算

Tab.3 Check calculation of sewage system and rainwater system

项 目	污水管		雨水管		是否交叉	调整之后污水管底标高/m
	管底标高/m	管径/mm	管底标高/m	管径/mm		
日月潭路	480.00	d400	482.75	d1 000	否	
滇池路	474.45	d400	475.43	d800	否	
翰林路	505.80	d500	506.60	d800	否	
育才北路	505.60	d600	506.20	d1 000	是	505.10

## 2.4 建机制,保障实施

为推动项目规划落地,系列规划建立了“专项规划定系统,详细实施规划促实施”的保障体系,专项规划层面,构建“竖向、雨水、水系、污水”四位一

体的排水防涝系统布局方案;实施规划层面,逐片区编制详细实施规划,以保障项目落地。

在规划基础上,提出分类别、分优先级的内涝治理、污水补短板建设项目库,指导项目实施。建立专项负责人制,以数据库为抓手,对项目进行长期的跟踪服务和动态维护,协助委托方制定水系、道路及雨污水管网工程的实施计划和安排,确保工程的系统性,实现排水防涝项目从规划到实施全生命周期的跟踪服务,提升规划落地实施性。

## 3 规划实施效果

随着德阳市排水防涝系列规划陆续编制完成,德阳市以专项规划为指导,统筹部门协作,城市内涝整治、管网建设、河道治理、污水厂网补短板等项目取得良好成效。

① 内涝治理方面:德阳市共实施18个重点内涝点整治项目,市区内涝点已从27个(2013年)减少到9个(2018年),城市内涝治理效果明显,2020年汛期暴雨期间未出现内涝安全问题。

② 河道治理方面:实施了三十一支渠、四十支渠、齐家堰、獐子堰、旌西河等片区重要的河道治理工程,整治河道堤防18.9 km,城区泄洪排涝能力明显提高。

③ 管网建设方面:在系列规划指导下,全面推进道路竖向、雨污水建设工作,近5年新建雨水管网31.9 km、污水管网26.9 km。近期拟建雨水管网122.0 km、污水管网69.1 km。

④ 污水提质增效显著:规划共指导实施了4座现状污水处理厂的提标改造工程,出水水质实现提标排放。实施16处雨污分流改造项目,中心城区污水集中处理率已达到96%。已完成中心城4条黑臭水体共26 km的河道整治工作,黑臭水体消除比例达到100%。

## 4 结论与建议

① 在排水防涝总体规划框架下开展分片区详细实施规划指导项目实施的策略,可以有效推动规划实施。

② 建议结合地方实际,将污水系统补短板与城市内涝治理统筹推进,协同解决城市内涝和水环境提升问题。

③ 借助模拟技术,解决水系统、雨水系统耦合模拟问题,在内涝系统平台上实现雨水管网与水

系衔接。

④ 开展规划动态跟踪维护,建立与部门的良性互动机制,建立专项负责人制度,确保“一个规划管全局”。

#### 参考文献:

- [1] 周宏,刘俊,高成,等.我国城市内涝防治现状及问题分析[J].灾害学,2018,33(3):147-151.  
ZHOU Hong, LIU Jun, GAO Cheng, *et al.* Analysis of current situation and problems of urban waterlogging control in China[J]. Journal of Catastrophology, 2018, 33(3): 147-151(in Chinese).
- [2] 姚鹏.牡丹江市排水防涝现状及问题[J].江西建材,2017(4):20-21.  
YAO Peng. Current situation and problems of drainage and flood prevention in Mudanjiang City [J]. Jiangxi Building Materials, 2017(4): 20-21(in Chinese).
- [3] 车伍,杨正,赵杨,等.城市排水(雨水)防涝综合规划编制若干问题探讨[J].中国给水排水,2014,30(16):6-11.  
CHE Wu, YANG Zheng, ZHAO Yang, *et al.* Discussion on several problems in compilation of integrated plan for urban drainage and flood control [J]. China Water & Wastewater, 2014, 30(16): 6-11 (in Chinese).
- [4] 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 urban drainage and waterlogging control [J]. China Water & Wastewater, 2017, 33(15): 98-103(in Chinese).
- [5] 段梦,叶雅丽,张凯,等.数学模型在城市排水(雨水)系统规划中的应用研究[C]//中国土木工程学会水工业分会排水委员会.中国土木工程学会全国排水委员会2015年年会论文集.杭州:中国土木工程学会水工业分会排水委员会,2015.  
DUAN Meng, YE Yali, ZHANG Kai, *et al.* Research on the application of mathematical model in urban

drainage (rainwater) system planning [C]// Drainage Committee of the Water Industry Branch of the Chinese Civil Engineering Society. Proceedings of the 2015 Annual Meeting of the National Drainage Committee of the Chinese Civil Engineering Society. Hangzhou: Drainage Committee of the Water Industry Branch of the Chinese Civil Engineering Society, 2015(in Chinese).

- [6] 王彬.基于MIKE21模型的排涝方案模拟研究——以中新生态城旅游区北部水系为例[J].中国市政工程,2021(2):72-75.  
WANG Bin. Simulation research on flood drainage scheme based on MIKE21 model: taking the northern water system of sino-singapore eco-city tourism area as an example [J]. China Municipal Engineering, 2021(2): 72-75(in Chinese).
- [7] 杨洪,李东原.基于HY-SWMM的小区内部涝模拟分析[J].智能建筑与智慧城市,2021(6):83-85.  
YANG Hong, LI Dongyuan. Simulation analysis of waterlogging in residential district based on HY-SWMM [J]. Intelligent Building & Smart City, 2021(6): 83-85 (in Chinese).
- [8] 王彬雁,赵琳娜,巩远发,等.北京降雨过程分型特征及短历时降雨重现期研究[J].暴雨灾害,2015,34(4):302-308.  
WANG Binyan, ZHAO Linna, GONG Yuanfa, *et al.* Characteristics of temporal pattern and return period of short-duration rainfall at Beijing observatory [J]. Torrential Rain and Disasters, 2015, 34(4): 302-308 (in Chinese).

**作者简介:**马金明(1987-),男,满族,辽宁锦州人,硕士,高级工程师,项目经理,注册公用设备工程师(给水排水),主要从事排水防涝规划、水系统综合规划、市政基础设施规划、水环境综合治理及海绵城市建设等方面的规划、研究工作。

**E-mail:**442827215@qq.com

**收稿日期:**2021-07-16

**修回日期:**2021-11-23

(编辑:丁彩娟)