

基于Infowokrs ICM模型确定合流制溢流调蓄池规模的方法探讨

崔洁, 安叶

[中规院(北京)规划设计有限公司, 北京市 100037]

摘要: 为解决葫芦岛市合流制溢流污染问题,采用InfoWorks ICM软件构建排水防涝耦合模型,选取典型年降雨对建设调蓄池前后合流制溢流污染控制情况进行效果评估,包括溢流频次和溢流量。模拟结果显示:建调蓄池之后,老区污水厂调蓄池所在位置的溢流口全年溢流量减少了83.8%,溢流频次由18次减少到8次;新区污水厂调蓄池所在位置的溢流口全年溢流量减少了75.1%,溢流频次由18次减少到8次。建调蓄池后,有效实现了合流制溢流控制目标,即合流制排口年均溢流频次控制在6~8次,溢流体积控制率不小于70%。

关键词: 葫芦岛市;InfoWorks ICM软件;合流制溢流调蓄池;年溢流频次控制

中图分类号: TU992

文献标志码: A

文章编号: 1009-7716(2026)05-0260-05

Discussion on Method for Confirming Scale of Combined Sewer Overflow Storage Tanks Based on Infowokrs ICM Model

CUI Jie, AN Ye

[China Academy of Urban Planning and Design Beijing Planning and Design Consultants Co., Ltd., Beijing 100044, China]

Abstract: To solve the problem of combined sewer overflow pollution in Huludao City, the InfoWorks ICM software is used to construct a coupled model for drainage and waterlogging prevention. Typical annual rainfall is selected to evaluate the effect of controlling combined sewer overflow pollution before and after the construction of the storage tanks, including the frequency and volume of overflow. The simulation results show that after the construction of the storage tanks, the annual overflow volume of the overflow outlet at the location of the storage tank of the wastewater treatment plant (WWTP) in an old district is decreased by 83.8%, and the overflow frequency is decreased from 18 times to 8 times. The annual overflow volume of the overflow outlet at the location of the storage tank of WWTP in the new district is decreased by 75.1%, and the overflow frequency is decreased from 18 times to 8 times. The overflow control target of the combined system has been effectively achieved, that is, the average annual overflow frequency of the combined system discharge outlet is controlled at 6 to 8 times, and the overflow volume control rate is not less than 70% after the construction of the storage tanks.

Keywords: Huludao; InfoWorks ICM software; combined system overflow storage tank; annual overflow frequency control

0 引言

我国城市水环境虽然已经历多轮治理,但黑臭反复、雨季反黑仍是普遍痛点,合流制溢流成为汛期首要污染源^[1]。由于历史遗留问题,老城区多采用合流制排水系统,截流倍数较低^[2]。降雨条件下,雨污混合水量常超过管网和污水厂的处理负荷,导致大量合流水溢流入河,成为汛期城市水体水质恶化

的首要因素^[3]。为解决合流制溢流污染问题,可以从源头地块海绵化改造、管网雨污分流改造和末端调蓄池建设3个方面考虑^[4]。其中,合流制溢流调蓄池的建设,可以提升合流制系统综合截流能力,从而减少溢流事件的发生频率,缓解城市水污染压力^[5-6]。

合流制溢流调蓄池的建设首先要考虑池容规模的确定,对此国内外学者进行了池容参数的设计方法研究^[7-8],我国《室外排水设计规范》(GB 50014—2006)(2016版)也规定了调蓄池容积计算方法。但是,这些方法大多依赖于当地情况的经验参数,无法

收稿日期: 2025-11-21

作者简介: 崔洁(1989—),女,硕士,工程师,从事城市排水防涝模型、水环境治理等规划、设计、科研工作。

准确适用于我国各地的实际工程需求^[9-10]。

本研究依托于葫芦岛市海绵城市系统化建设实施方案,首先确定年溢流频次目标,采用Infoworks ICM模型模拟在目标降雨条件下的溢流量,从而确定合流制溢流调蓄池的规模,并对系统化方案实施前后的合流制溢流污染控制效果进行了模拟评估,以期对其他合流制溢流调蓄池规模的确定提供思路^[11-12]。

1 研究区排水体制以及溢流现状

葫芦岛市位于辽宁省西部沿海,建成区面积为94.6 km²。现状排水体制为合流制与分流制并存,以合流制为主。建成区现状合流制区域占比约58%,主要分布在连山区、龙港区及龙湾新区;分流制区域占比约42%,主要分布在北港区、高新区、CBD商务区。

现状合流制截污,沿河多设置溢流堰,以应对雨季排涝安全问题。普遍存在合流制截流标准偏低现象,雨季溢流污染控制不足。此外,合流制截流区域外水入侵造成截污效率降低,本就较低的截流倍数在雨天时失效。

2 合流制溢流污染控制方案

考虑到客观条件,葫芦岛市老城区排水体制仍以合流制排水系统为主,仅新区为分流制排水体制。为解决老城区现状面临的合流制溢流污染问题,葫芦岛市海绵城市建设将源头减排、溢流污染控制等综合在一起,以问题为导向,结合源头减排以及末端合流制溢流调蓄池工程,统筹解决合流制溢流污染问题,重新构建起海绵城市建设与水环境治理结合的综合技术体系^[13-14]。

针对合流制溢流污染问题:对于有老旧小区改造任务和市政道路雨污分流计划的合流制区域开展雨污分流,减少溢流污染;对于无老旧小区改造任务和市政道路雨污分流改造难度大的合流制区域,采用末端控制的措施,如图1所示。本次主要针对合流制片区,通过在排水末端溢流口处设置合流制溢流调蓄池进行溢流污染控制,并在截污干管接入新区污水厂和老区污水厂前分别设置溢流调蓄池,减少合流制排水系统溢流污染。

3 模型构建与验证

InfoWorks ICM(Integrated Catchment Management)

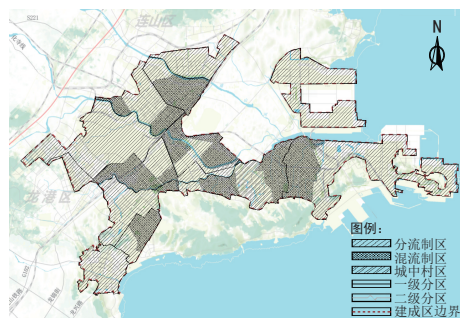


图1 葫芦岛市老城区合流制溢流污染控制区示意图

模型,是英国 Wallingford 公司推出的城市排水系统仿真模拟软件,可以同时模拟管网、河道、地表漫流、泵闸调蓄等^[15]。利用该模型构建葫芦岛市排水防涝模型,分析溢流频次和溢流量,从而确定合流制调蓄池建设规模。

3.1 模型构建

收集河道、管网、地形、下垫面等模型构建所需的基础数据,并构建葫芦岛市中心城区排水防涝耦合模型,如图2所示。



图2 葫芦岛市建成区排水防涝模型示意图

3.2 模型验证

为了保证模型的合理性和可靠性,选取2023年4月29日的降雨来进行积水和溢流量模拟。根据气象局收集到的降雨资料,2023年4月29日双龙街道降雨总量为27.3 mm,降雨历时10 h,降雨过程如图3所示。

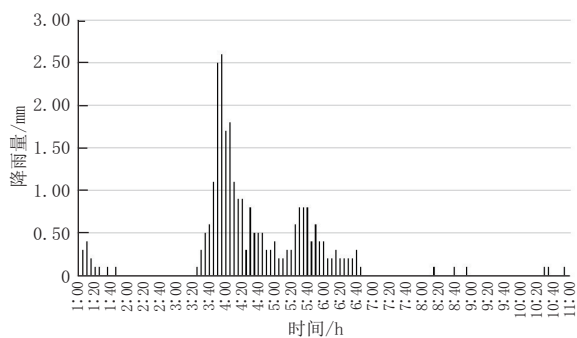


图3 2023年4月29日降雨过程分布图

根据模型率定结果,产汇流参数如表1所示。

内涝风险模拟结果如表2和图4所示,可见,模

表1 模型率定后的产汇模型参数表

用地类型	透水地面	水面	不透水地面
透水性	透水	不透水	不透水
产流模型	霍顿模型	固定径流系数	固定径流系数
固定径流系数	—	1	0.7~1.0(根据不同重现期调整)
最大入渗率/ (mm·h ⁻¹)	76.0~126.0	—	—
稳定入渗率/ (mm·h ⁻¹)	2.5~20.0	—	—
Horton 衰减率/ (1·h ⁻¹)	4.0	—	—
汇流模型	SWMM	SWMM	—
糙率系数	0.15	—	0.013

型计算所得积水位置与实测位置一致,计算所得积水深度与实测数据接近,误差基本在±15%以内,个别点位误差较大可能是由于监测误差、收水不畅等原因。

表2 葫芦岛市易涝点模拟结果统计表

序号	易涝点名称	模型积水深度/cm	实际积水深度/cm	误差/%
1	新华大街	14.6	15	-2.7
2	连山大街(新兴医院)	9.3	10	-7.0
3	龙湾大街大润发门前	11.2	10	12.0
4	海航路	18.9	20	-5.5
5	锦葫路公铁立交桥	21.1	20	5.5
6	连山区铁北路水泥爬道口	22.7	25	-9.2
7	连山区文兴路与光明路交汇处	17.5	20	-12.5
8	龙港区茨齐路龙港区武装部门前	11.3	10	13.0
9	龙港区滨海公路区自来水公司门前	13.5	15	-10.0
10	龙港区望海寺转盘百万庄路口	10.5	10	5.0
11	西街派出所	9.4	10	-6.0
12	海翔路八大局	10.2	10	2.0
13	渤海街	21.5	20	7.5
	群英街	21.2	20	6.0
14	龙湾大街南延与山水路交叉口	14.2	15	-5.3
15	龙湾大街工商银行门前	14.3	15	-4.7

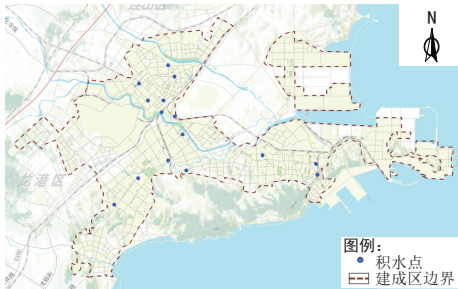


图4 葫芦岛市建成区模型积水点分布图

根据沿河排口监测点位数据,2023年4月29日共有6个点位溢流量较大。模型模拟结果有8个点位溢流量较大,其中,连山河1号点和连山河2号点无监测数据。模拟结果与实测数据对比如表3所示,可见溢流量模拟结果与实测值基本一致,数据偏差可能由于仪器测量误差导致。

表3 葫芦岛市溢流排口溢流量模拟结果统计表

序号	监测点位名称	模型溢流量/m ³	监测溢流量/m ³
1	茨山河9号点	1 114.63	1 871.97
2	茨山河11号点	4 583.21	4 364.69
3	五里河11号点	4 522.85	5 825.41
4	五里河22号点	4 686.57	6 487.69
5	五里河新增1号点	4 843.72	5 858.70
6	连山河1号点	2 545.85	—
7	连山河2号点	3 034.1	—
8	连山河8号点	9 261.59	9 723.57

根据内涝风险模拟结果和溢流口溢流量的模拟结果可知,模型具备可信度,可以作为调蓄池规模分析的基础。

4 技术方法

4.1 总体思路

按照以下步骤,以溢流频次为控制目标,在典型年降雨条件下,通过模型模拟确定调蓄池选址和规模,并对调蓄池建成后溢流污染控制效果进行评估。

(1)根据国家气象局提供的资料分析降雨事件,选取典型年作为降雨边界条件;

(2)模拟典型年降雨条件下现状合流制溢流情况,包括溢流频次和溢流量;

(3)确定合流制溢流控制频次和溢流体积控制率目标,并选定控制目标下的降雨强度;

(4)在控制目标降雨条件下,模拟源头减排和雨污分流方案实施后合流制溢流口的溢流量情况,确定调蓄池规模和位置;

(5)在典型年降雨条件下,对建设调蓄池前后合流制溢流污染控制情况进行效果评估。

4.2 代表年降雨选取

根据国家气象局提供的资料,从1987—2016年中选取代表年。代表年选取的主要考虑因素为每年24 h降雨的形态分布、每年降雨的场次统计、每年降雨总量和雨日统计。根据以上因素加权综合挑选出葫芦岛市的降雨代表年(2019年)。其中,代表年降雨场次与降雨时长如图5所示。

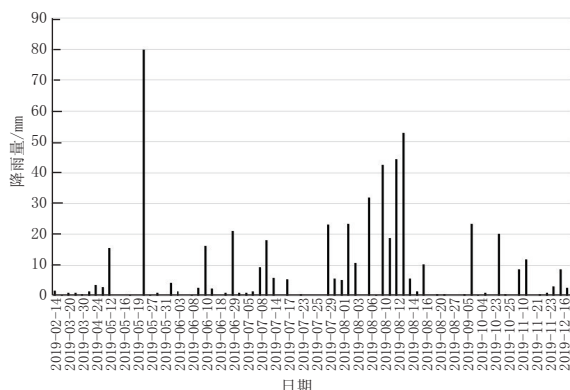


图5 代表年降雨场次特征

4.3 现状溢流情况评估

利用 Inforworks 模型对典型年(2019年)溢流情况进行模拟,统计合流制排口溢流情况,如表4所示。在模型中,合流制溢流排口对应汇水片区超过截污干管排水能力的都会溢流到相邻河道。根据降雨数据可知,2019年超过2 mm的可产流降雨场次为32次,当降雨量达到6 mm时开始溢流,溢流频次共计20次,全年溢流总量达109.6万 m^3 。其中:最小场次降雨为5.4 mm,共1个溢流口发生溢流,溢流总量为0.03万 m^3 ;最大场次降雨为80.3 mm,共23个溢流口发生溢流,溢流总量为23.1万 m^3 。

表4 现状典型年溢流口溢流情况统计表

序号	日期	降雨量/ mm	溢流量/ 万 m^3	发生溢流的 排口个数
1	2019-05-12	15.8	2.57	9
2	2019-05-26	80.3	23.05	23
3	2019-06-10	16.4	2.83	9
4	2019-06-29	21.2	4.40	16
5	2019-07-08	9.4	0.78	5
6	2019-07-13	18.1	3.35	10
7	2019-07-14	5.7	0.05	1
8	2019-07-17	5.4	0.03	1
9	2019-07-29	23.1	6.38	16
10	2019-08-02	34.3	7.68	12
11	2019-08-06	32.0	7.56	12
12	2019-08-10	41.6	10.73	20
13	2019-08-12	64.2	13.63	13
14	2019-08-13	54.3	13.36	13
15	2019-08-16	10.4	0.98	5
16	2019-09-13	23.5	6.46	16
17	2019-10-24	20.2	3.98	13
18	2019-11-10	8.7	0.52	3
19	2019-11-17	11.9	1.02	4
20	2019-12-16	8.6	0.21	3

4.4 溢流控制目标确定

中国城镇供水排水协会《城镇水务2035行业发

展规划纲要》提出,到2035年,合流制排口年均溢流频次控制在4~6次,溢流体积控制率不小于80%。结合该标准和模型数值模拟结果,以及葫芦岛市地表水体功能需求、经济适宜性等实际情况,确定合流制溢流控制目标为合流制排口年均溢流频次控制在6~8次,溢流体积控制率不小于70%。

根据降雨数据可知,2019年超过2 mm的可产流降雨场次为32次,按降雨量从大到小排序如表4所示。根据年均溢流频次6~8次的目标,可知对应降雨量为23.1~34.3 mm,可控制全年75%的降雨。以葫芦岛市气象局提供的30年逐日降雨数据为依据,计算得出,葫芦岛市75%年径流总量控制率对应的降雨强度值为25.8 mm。

4.5 调蓄池规模分析

利用 Infoworks 软件计算在年径流总量控制率75%的降雨强度(25.8 mm)下,在源头减排和雨污分流方案实施后,合流制溢流口的溢流量情况,初步确定调蓄池规模和位置。模型结果显示,共有5处溢流口发生溢流情况,如表5和图6所示。其中,老区污水厂前的溢流口溢流量较大,北侧溢流口溢流量为6 363.5 m^3 ,南侧溢流口溢流量为1 818 m^3 。茨山河有3处溢流口发生溢流,分别在海日路、海飞路、海翔路与茨山河的交汇口,溢流量分别为932.9 m^3 、1 539.2 m^3 、2 271.3 m^3 。

表5 典型年降雨情况统计表

序号	名称	溢流量/ m^3	位置
1	LSHPK-7	6 363.5	老区污水厂前北侧
2	WLHPK-50	1 818.0	老区污水厂前南侧
3	CSHPK-8	932.9	海日路与茨山河交汇处
4	CSHPK-11	1 539.2	海飞路与茨山河交汇处
5	CSHPK-12	2 271.3	海翔路与茨山河交汇处



图6 方案实施后合流制溢流排口分布图

针对以上模拟分析结果,拟设置调蓄池2座,如图7所示。在老区污水厂前设置1个调蓄池,规模为10 000 m^3 ,控制厂前合流制溢流。在新区污水厂前设置1个调蓄池,规模为5 000 m^3 ,控制茨山河北侧

海飞路、海翔路2处合流制溢流。剩余1处溢流口(茨山河南侧)采取安装快速净化装置的措施,解决雨季合流制溢流污染问题。



图7 调蓄设施布置示意图

4.6 调蓄池建设效果评估

选择典型年降雨数据开展合流制调蓄池溢流情况效果评估,分析调蓄池的设置对溢流频次削减和溢流量削减的效果。

模拟结果显示,针对所有合流制溢流排口,调蓄池建成后全年溢流量共计 11.9 万 m^3 ,相比调蓄池建成前全年溢流总量 109.6 万 m^3 ,溢流体积控制率为 89.1%。

其中,老区污水厂和新区污水厂调蓄池所在位置的溢流口溢流情况由表6可知。老区污水厂调蓄池所在位置的溢流口,建调蓄池之前全年溢流量 41.4 万 m^3 ,共溢流 18 次;建调蓄池之后全年溢流量 6.7 万 m^3 (减少了 83.8%),共溢流 8 次。新区污水厂调蓄池所在位置的溢流口,建调蓄池之前全年溢流量 20.9 万 m^3 ,共溢流 18 次;建调蓄池之后全年溢流量 5.2 万 m^3 (减少了 75.1%),共溢流 8 次。

表6 调蓄池建设前后溢流情况统计表

调蓄池	溢流量/万 m^3		溢流次数		溢流体积控制率/%
	建调蓄池之前	建调蓄池之后	建调蓄池之前	建调蓄池之后	
老区污水厂调蓄池	41.4	6.7	18	8	83.8
新区污水厂调蓄池	20.9	5.2	18	8	75.1

5 结 语

采用 InfoWorks ICM 软件建立葫芦岛市排水防涝

耦合模型,探索了一种根据模型确定合流制溢流调蓄池规模的分析步骤。主要包括:

(1)计算典型年降雨条件下的现状合流制溢流情况,确定合流制溢流控制频次和溢流体积控制率目标;

(2)在控制目标降雨条件下,模拟源头减排和雨污分流方案实施后,合流制溢流口的溢流量情况,从而确定调蓄池规模和位置。

模拟结果显示,建设调蓄池之后,老区污水厂和新区污水厂调蓄池所在位置的溢流口的溢流量和溢流频次均有所减少。

参考文献:

- [1] 牟晋铭,耿晓洒.上海典型合流制排水系统溢流污染控制策略[J].净水技术,2024,43(10):154-159.
- [2] 刘燕,尹澄清,车伍,等.合流制溢流污水污染控制技术研究进展[J].给水排水,2009,45(增刊1):282-287.
- [3] 汉京超,王红武,刘燕,等.城市合流制管道溢流污染削减措施的优化选择[J].中国给水排水,2014,30(22):50-54.
- [4] 姚永连,杨新宇,周琪皓,等.基于合流制年溢流频次控制的调蓄池优化设计[J].净水技术,2021,40(7):79-85.
- [5] 车伍,唐磊.中国城市合流制改造及溢流污染控制策略研究[J].给水排水,2012,48(3):1-5.
- [6] 王建龙,黄涛,张萍萍,等.合流制溢流调蓄池污染控制研究进展[J].环境污染与防治,2015,37(8):85-89.
- [7] 张力.城市合流制排水系统调蓄设施计算方法研究[J].城市道桥与防洪,2010(2):130-133.
- [8] 程江,许莉,潘炜,等.雨水调蓄池容积设计标准及其污染减排效益研究[J].中国给水排水,2013,29(23):166-170.
- [9] 张勤,李慧,刘阳,等.合流制排水系统溢流调蓄池池容计算方法初探[J].中国给水排水,2015,31(23):139-141.
- [10] 徐成剑,胡胜利.武汉市东湖水环境提升工程 CSO 调蓄池规模模拟研究[J].水利水电快报,2021,42(12):124-129.
- [11] 陈云路,李鹏程,丁钰力.基于 Infoworks 模型的调蓄池效果评估研究——以中国南方某城市典型地区为例[J].四川环境,2021,40(6):29-34.
- [12] 程小文,凌云飞,李丹,等.InfoWorks ICM 模型在合流制溢流调蓄池设计中的应用研究[J].给水排水,2019,55(增刊1):64-67.
- [13] 李俊奇,李小静,王文亮,等.合流制溢流污染的影响及其控制技术发展[J].给水排水,2024,60(4):46-53.
- [14] 史秀芳,卢亚静,潘兴瑶,等.合流制溢流污染控制技术、管理与政策研究进展[J].给水排水,2020,56(增刊1):740-747.
- [15] 李建勇.Infoworks ICM 在城市排水系统分析中的应用[J].中国给水排水,2014,30(8):21-24.