

南京河西地区内涝调度 方案研究

杨红卫, 陈 璇, 庆丹丹

(南京市水利规划设计院股份有限公司, 江苏 南京 210022)

摘要:以南京河西地区内河防涝系统为研究对象, 搭建研究区水文水动力模型, 通过多情景仿真模拟方法研究城区内涝调度方案, 分析预降方案及长江侧泵站对河西地区内河水位的影响。

关键词:内涝调度; 模型计算; 南京河西

中图分类号: TV211

文献标识码: B

文章编号: 1007-7839(2021)05-0056-06

Study on waterlogging scheduling scheme in Hexi area of Nanjing

YANG Hongwei, CHEN Xuan, QING Dandan

(Nanjing Water Planning and Designing Institute Co., Ltd., Nanjing 210022, China)

Abstract: Taking the inland waterlogging prevention system in the Hexi area of Nanjing as the research object, the hydrological and hydrodynamic model of study area was built, and the urban waterlogging dispatching plan was studied through the multi-scenario simulation method, and the influence of the pre-descent plan and the pumping station on the side of the Yangtze River on the water level of inland river in Hexi area were analyzed.

Key words: waterlogging scheduling; model calculation; Hexi area in Nanjing

随着南京市社会经济的发展, 城市面积不断扩大, 防洪排涝要求越来越高, 而近年来南京地区极端天气频发, 南京城区的防洪排涝形势十分严峻^[1]。本文以南京河西内河防涝系统为研究对象, 根据研究区水文特性, 通过搭建水文水动力模型进行城区排涝调度模拟, 通过多情景仿真模拟方法研究城区内涝调度方案。

1 研究区域

以南京河西内河防涝系统为研究对象, 本次研究重点主要为河西 51.4 km² 范围。河西地区位于南京主城西南, 北起三汊河, 南接秦淮新河, 西临长河, 东至外秦淮河、南河, 总面积约 51.4 km²^[2]。

2 技术路线

此次研究的主要技术路线为:

- (1) 对河西地区水系进行现场调研, 收集整理水利工程数据, 近年的水情、工情数据, 在数据收集的基础上构建模型;
- (2) 构建研究区一维水文水动力耦合模型;
- (3) 通过情景模拟的方式分析遭遇 20 年一遇降雨时预降方案对河西地区内河水位的影响;
- (4) 通过情景模拟的方式分析遭遇 20 年一遇降雨时, 仅通过部分泵站向长江排涝对河西地区内河水位的影响。

收稿日期: 2021-02-23

基金项目: 江苏省水利科技项目(2018016)

作者简介: 杨红卫(1973—), 男, 教授级高级工程师, 硕士, 主要从事水文水资源工作。E-mail: 18734884@qq.com

2.1 建模范围

本次拟将秦淮河流域整体进行建模,建模面积 2 684 km²。建模过程中,对河西片区水系及水文分区进行细化,其他区域只限于对骨干河网进行建模。本次选用精细度细致且参数物理意义明确的 UrbanB 模型作为流域产汇流计算模型^[3-4]。

2.2 模型构建

(1) 河网概化

秦淮河流域水系复杂,河流众多,总体上河网呈支状分布。河西地区模型的圩内河道共计 61 条,河道概化长度 82.4 km,内秦淮水系模型的河道共计 14 条,河道概化长度 28.3 km。河西地区及内秦淮水系河网概化图见图 1。

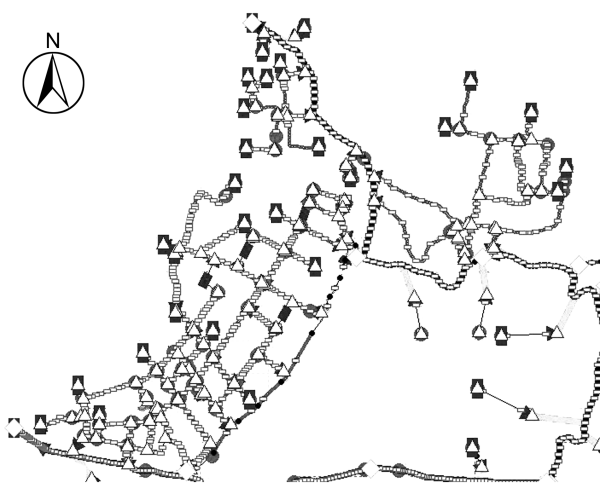


图1 河西地区及内秦淮水系河网概化图

(2) 边界条件

秦淮河模型的流域出口共设 5 个水位边界点,包括三汊河闸下、秦淮新闸下、天生桥闸下、九乡河河口闸下和七乡河河口闸下,采用实测水位作为这些闸下水位边界条件,图 2 所示为模型中所有水位边界的位置。

2.3 模型率定及验证

(1) 水文模型率定和验证

流域内各中型水库均有降雨闸上、闸下水位实测资料,数据相对完整,因此选用水库库上封闭子流域进行水文模型的率定和验证。

通过 9 个水库的 10 场洪水的率定,率定结果显示水田、旱地及山林的稳渗取值为 0.1 ~ 0.7 mm/h。糙率取值中,水面、建成区以及山林趋于一致,水田和旱地相对其余 3 种类型下垫面的取值较小。不同下垫面比例的统计显示句容河流域及溧水流域的水田和旱地的比例较大,糙率的选取可能对干流的模拟有重要的影响,通过对源头水库的率定可以

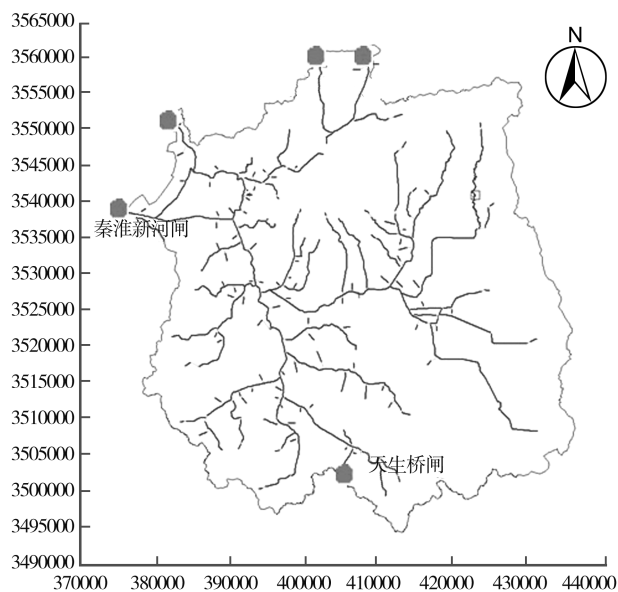


图2 水位边界设置位置

大致确定水田旱地的糙率取值范围在 0 ~ 9 之间。

(2) 水动力模型率定和验证

水动力模型的率定主要是对一维河网中河床糙率进行率定,通过模型的率定确定了秦淮河流域主要河道的河道糙率,结果见表 1。

表1 糙率取值结果

河道名	起始里程	终止里程	糙率取值
前埭村(秦)—东山	0	11200	0.028
秦淮新河	0	16878	0.026 ~ 0.027
三汊河口—东山	0	23550	0.028 ~ 0.032

3 河西地区内涝调度研究

3.1 预降水位分析

现有防汛调度方案统一要求雨前内河预降至最低水位,未能针对不同量级降雨给出分级预降方案,鉴于此本文通过情景模拟方法分析河西片遭遇 20 年一遇暴雨时的最小预降水位,以供实际调度参考。

当河西地区遭遇 20 遇设计暴雨时,拟定的模拟情景如下。

情景 1:河西地区遭遇 20 年一遇 19910710 年型设计暴雨。

情景 2:河西地区遭遇 20 年一遇 20150626 年型设计暴雨。

情景 3:河西地区遭遇 20 年一遇 20160701 年型设计暴雨。

情景 4:河西地区遭遇 20 年一遇 20160706 年型设计暴雨。

情景 5:河西地区遭遇 20 年一遇 84 图集典型设计暴雨。

控制要求:根据《南京市 2017 年防汛手册》,河西南部主要河道设计最高水位 6.0 m,综合考虑两岸排水安全,确定最高控制水位为 6.0 m。

初始条件:河西地区圩内河道初始水位分别设为 4.5 m、5.0 m,通过模型进行试算。

泵站调度:河西地区圩内河道初始水位为 4.5 m 时,当内河水位超过 4.5 m,泵站按一半装机规模开机,当内河水位超过 4.7 m,泵站全开;河西地区圩内河道初始水位为 5.0 m 时,河水位超过 5.0 m,泵站按一半装机规模开机,当内河水位超过 5.2 m,泵站全开。

通过模型计算,河西地区遭遇 20 年一遇暴雨

各河道预降水位至 5.0 m 及 4.5 m 时,最高水位统计结果分别见表 2、表 3。

从计算结果看,当河道预降水位至 5.0 m 时,河西地区在遭遇 20 年一遇 19910710 年型设计暴雨、20150626 年型设计暴雨、20160701 年型设计暴雨和 20 年一遇 84 图集典型设计暴雨时,河西南片内河最高水位基本可控制在 6.0 m 以下;当遭遇 20 年一遇 20160706 年型设计暴雨时,由于其暴雨集中,最大 2 h 内降水 104.7 mm,因此河西南片内河最高水位短期内出现超 6.0 m 的情况,最高水位在 6.2 m 左右,考虑到河西地区地面高程基本 7.0 m 以上,因此本地区基本不会出现涝灾。当河道预降水位至 4.5 m 时,河西地区遭遇 20 年一遇暴雨,内河最高水位均可控制在 6.0 m 以下。

综上所述,调度方案可总结为:当河西地区预报未来 24h 降雨达 20 年一遇,雨前内河水位控制

表 2 各河道预降水位至 5.0 m 时最高水位统计值

单位:m

序号	河道名称	情景 1	情景 2	情景 3	情景 4	情景 5
1	河西中心河	5.66	5.97	5.90	6.19	5.95
2	红旗河	5.67	5.97	5.89	6.20	5.95
3	江东南河	5.67	5.98	5.90	6.20	5.95
4	沙洲东河	5.69	6.00	5.91	6.23	5.96
5	沙洲西河	5.70	6.00	5.91	6.23	5.97
6	向阳河	5.71	6.00	5.91	6.24	5.96
7	幸福河	5.70	5.99	5.88	6.25	5.95
8	怡康河	5.72	6.02	5.92	6.26	5.98
9	友谊河	5.66	5.97	5.90	6.19	5.95
10	双龙河	5.66	5.97	5.90	6.19	5.95
11	天保西河	5.64	5.96	5.88	6.17	5.93
12	朱二河	5.70	6.00	5.91	6.23	5.97
13	元前河	5.64	5.96	5.89	6.17	5.94
14	学园河	5.64	5.96	5.88	6.17	5.93
15	新亭河	5.63	5.94	5.87	6.16	5.92
16	新梗河	5.64	5.95	5.88	6.17	5.93
17	奥体北河	5.72	6.02	5.93	6.25	5.98
18	五星河	5.64	5.96	5.89	6.18	5.94

表 3 各河道预降水位至 4.5 m 时最高水位统计值 单位:m

序号	河道名称	情景 1	情景 2	情景 3	情景 4	情景 5
1	河西中心河	5.24	5.48	5.57	5.89	5.65
2	红旗河	5.25	5.47	5.55	5.89	5.64
3	江东南河	5.25	5.47	5.56	5.90	5.64
4	沙洲东河	5.29	5.49	5.57	5.93	5.65
5	沙洲西河	5.29	5.49	5.57	5.94	5.65
6	向阳河	5.30	5.48	5.57	5.94	5.64
7	幸福河	5.30	5.44	5.49	5.96	5.61
8	怡康河	5.32	5.50	5.58	5.97	5.66
9	友谊河	5.24	5.48	5.57	5.89	5.65
10	双龙河	5.25	5.48	5.57	5.89	5.65
11	天保西河	5.21	5.47	5.55	5.87	5.64
12	朱二河	5.29	5.49	5.57	5.94	5.65
13	元前河	5.22	5.48	5.56	5.87	5.64
14	学园河	5.22	5.48	5.56	5.87	5.64
15	新亭河	5.18	5.45	5.54	5.85	5.62
16	新埂河	5.21	5.47	5.55	5.86	5.64
17	奥体北河	5.32	5.51	5.59	5.97	5.66
18	五星河	5.20	5.47	5.55	5.88	5.64

不超过 5.0 m,当河西地区预报未来 24 h 降雨达 20 年一遇且最大 2 h 降雨达 100 mm 以上,雨前内河水位控制不超过 4.5 m。

3.2 长江排涝可能性分析

河西南片河网间相互连通,各泵站通过圩内水系联合排除圩内涝水,在本区域降雨较少时,往往不需要同时开启所有泵站,通过部分泵站的启用也可以达到降低圩区涝水,确保圩区安全的作用。

河西南片现建有 13 座排涝泵站,其中红旗、黑桥泵站紧靠长江,头关泵站位于秦淮新河入江口附近,其余泵站均位于秦淮新河、南河沿线。从秦淮河防洪角度考虑,若降雨较小时,河西地区尽量通过沿江泵站抽排涝水,可以有效减少秦淮新河、南河及外秦淮河的入河水量,缓解秦淮河流域防洪压力。

本次通过情景模拟方法分析通过沿江泵站调度抽排河西南片涝水的可行性。

当河西地区未来 24 h 遭遇 20 年一遇设计暴雨时,拟定的模拟情景如下。

情景 1:河西地区遭遇 20 年一遇 19910710 年型设计暴雨,仅开启红旗、黑桥、头关泵站。

情景 2:河西地区遭遇 20 年一遇 20150626 年型设计暴雨,仅开启红旗、黑桥、头关泵站。

情景 3:河西地区遭遇 20 年一遇 20160701 年型设计暴雨,仅开启红旗、黑桥、头关泵站。

情景 4:河西地区遭遇 20 年一遇 20160706 年型设计暴雨,仅开启红旗、黑桥、头关泵站。

情景 5:河西地区遭遇 20 年一遇 84 图集典型设计暴雨,仅开启红旗、黑桥、头关泵站。

控制要求:内河最高控制水位为6.0 m。

初始条件:河西地区圩内河道初始水位分别设为 4.0 m、5.0 m。

泵站调度:初始水位为 4.0 m 时,当内河水位超过 4.0 m,泵站按一半装机规模开机,当内河水位超过 4.2 m,泵站全开;初始水位为 5.0 m 时,当内河水位超过 5.0 m,泵站按一半装机规模开机,当内河水位超过 5.2 m,泵站全开。

通过模型计算,河西地区遭遇 20 年一遇暴雨各河道预降水位至 5.0 m 及 4.0 m 时,最高水位统计结果分别见表 4、表 5。

从计算结果看,当河西地区遭遇 20 年一遇降雨时,无论水位降至多低,仅通过长江侧的红旗、黑桥、头关泵站 3 座泵站抽排圩区涝水,均不能保证内河水位不超过 6.0 m 最高控制水位,需启用秦淮河侧泵站联合抽排。

4 结 论

(1)当河西地区预报未来 24 h 降雨达 20 年一遇,雨前内河水位控制不超过 5.0 m,搭配泵站调度,可基本控制河西南片内河最高水位在 6.0 m 以下。当河西地区预报未来 24 h 降雨达 20 年一遇且最大 2h 降雨达 100 mm 以上,雨前内河水位控制不超过 4.5 m,搭配泵站调度,可基本控制河西南片内河最高水位在 6.0 m 以下。

(2)当河西地区遭遇 20 年一遇降雨时,无论水位降至多低,仅通过长江侧的红旗、黑桥、头关泵站 3 座泵站抽排圩区涝水,均不能保证内河水位不超过 6.0 m 最高控制水位,需启用秦淮河侧泵站联合抽排。

表 4 预降水位至 5.0 m 时最高水位统计值

单位:m

序号	河道名称	情景 1	情景 2	情景 3	情景 4	情景 5
1	河西中心河	6.62	7.11	6.97	7.10	7.12
2	红旗河	6.61	7.10	6.96	7.09	7.11
3	江东南河	6.61	7.11	6.97	7.09	7.11
4	沙洲东河	6.62	7.11	6.97	7.09	7.11
5	沙洲西河	6.61	7.11	6.97	7.09	7.11
6	向阳河	6.60	7.10	6.95	7.08	7.10
7	幸福河	6.63	7.12	6.98	7.10	7.12
8	怡康河	6.62	7.11	6.97	7.09	7.11
9	友谊河	6.62	7.11	6.97	7.10	7.12
10	双龙河	6.62	7.11	6.97	7.10	7.12
11	天保西河	6.62	7.11	6.97	7.10	7.12
12	朱二河	6.62	7.11	6.97	7.09	7.11
13	元前河	6.62	7.11	6.97	7.10	7.12
14	学园河	6.62	7.11	6.97	7.10	7.12
15	新亭河	6.62	7.11	6.97	7.10	7.12
16	新梗河	6.62	7.11	6.97	7.10	7.12
17	奥体北河	6.57	7.07	6.93	7.06	7.08
18	五星河	6.62	7.11	6.97	7.10	7.12

表 5 预降水位至 4.0m 时最高水位统计值

单位:m

序号	河道名称	情景 1	情景 2	情景 3	情景 4	情景 5
1	河西中心河	6.65	6.55	6.55	6.39	6.65
2	红旗河	6.63	6.54	6.54	6.37	6.63
3	江东南河	6.64	6.54	6.54	6.38	6.64
4	沙洲东河	6.64	6.55	6.55	6.38	6.64
5	沙洲西河	6.64	6.55	6.55	6.38	6.64
6	向阳河	6.63	6.53	6.53	6.36	6.63
7	幸福河	6.65	6.56	6.56	6.40	6.65
8	怡康河	6.64	6.55	6.55	6.38	6.64
9	友谊河	6.65	6.55	6.55	6.39	6.65
10	双龙河	6.65	6.55	6.55	6.39	6.65
11	天保西河	6.65	6.55	6.55	6.39	6.65
12	朱二河	6.64	6.55	6.55	6.38	6.64
13	元前河	6.65	6.55	6.55	6.39	6.65
14	学园河	6.65	6.55	6.55	6.39	6.65
15	新亭河	6.65	6.55	6.55	6.39	6.65
16	新埂河	6.65	6.55	6.55	6.39	6.65
17	奥体北河	6.59	6.50	6.50	6.32	6.59
18	五星河	6.65	6.55	6.55	6.39	6.65

参考文献:

[1] 刘娜. 南京市主城区暴雨内涝灾害风险评估[D]. 南京:南京信息工程大学, 2013.

[2] 刘海滨. 南京河西地区城市绿地形态研究[D]. 南京:东南大学, 2018.

[3] 朱学虎, 海霞. MIKE URBAN 模型在城市内涝分析中的应用[J]. 城市建设理论研究, 2014(29):504-506.

[4] 童旭, 覃光华, 王俊鸿, 等. 基于 MIKE URBAN 模型研究设计暴雨雨型对城市内涝的影响[J]. 中国农村水利水电, 2019(12):80-85.