

上海市崇明区局部区域除涝规划研究

杨圣波

(上海嘉定水务工程设计有限公司, 上海市 201800)

摘要: 以上海市崇明区五滙垦区圩区除涝规划为例, 研究在一定的规划设计标准条件下, 运用河网水动力模型, 通过研究河网水量、水位、流量等指标, 比选多个方案; 统筹考虑多种因素, 合理确定区域河网泵闸布局及规模、河面率及相关参数, 辅以科学合理的管理调度措施, 控制区域河网除涝的最高水位, 保障地区防汛安全。

关键词: 除涝; 圩区; 规划; 泵闸流量; 水位

中图分类号: TU992

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2025)07-0157-05

Research on Waterlogging Drainage Planning of Partial Areas in Chongming District in Shanghai

YANG Shengbo

(Shanghai Jiading Water Engineering Design Co., Ltd., Shanghai 201800, China)

Abstract: Taking the waterlogging drainage planning of Wuyao Reclamation Polder area in Chongming District in Shanghai as an example, the application of a hydrodynamic model for river networks under the specific planning and design standards is studied. By studying the indicators such as water volume, water level and water flow of the river network, the multiple schemes are compared and selected, the multiple factors are taken into comprehensive consideration, the layout and scale of pump and sluice gate, the river surface ration and related parameters are rationally determined in the regional river network, and the scientific and reasonable management and dispatching measures are supplemented so as to control the highest water level of waterlogging drainage in the regional river network and ensure the regional flood control safety.

Keywords: waterlogging drainage; polder area; planning; pump and sluice gate flow; water level

0 引言

崇明区为受长江潮汐影响的三角洲, 地势平坦, 水网密布, 局部低洼易涝区域设置圩区。圩区的主要特点是地面高程在江、河(湖)洪枯水位之间, 每逢汛期, 外河(湖)水位常高于田面, 特别是大水年份, 一旦圩堤决口, 将严重影响人民群众的生命财产安全; 圩内渍涝水无法自流外排, 渍涝容易成灾。圩区地下水位较高, 耕作层土壤排水困难, 作物易受渍害, 且影响农业机械下田耕作^[1]。

在自然气候变化灾害性天气频发态势下, 为贯彻落实《上海市城市总体规划(2017—2035年)》和《上海市防洪除涝规划(2020—2035年)》要求, 加快补齐防御短板, 推进圩区系统治理, 加快圩区标准化

建设, 完善防洪除涝规划体系, 上海市水务局水利处牵头组织编制《上海市圩区规划(2023—2035年)》^[2]。该规划为全市低洼圩区的总体规划, 重点明确全市圩区布局、标准和控制要素, 统一全市圩区的治理标准, 提出圩区标准化管理措施, 并指导下一级圩区治理规划。此外该规划提出在全面梳理崇明区现状圩区的基础上, 结合区、乡镇的实际需求形成规划成果, 今后若另有圩区调整需要, 另行编制圩区规划, 并进行报批。崇明岛片规划圩区25个, 其中五滙垦区圩区地面平均高程与实际勘测的地面高程相差较大, 无法满足20 a一遇的除涝标准, 故本文以五滙垦区圩区为例提出除涝规划调整方案。五滙垦区圩区位置详如图1所示。

1 规划背景

崇明区包括崇明、长兴、横沙三岛, 陆域面积占上海市的近五分之一, 承载着上海约四分之一的森林、

收稿日期: 2025-02-08

作者简介: 杨圣波(1989—), 男, 学士, 工程师, 从事水利工程规划设计工作。



图1 五滢垦区圩区位置示意图

三分之一的基本农田和两大核心水源地,成为21世纪上海市可持续发展的重要战略空间^[3]。

位于崇明区东滩的五滢垦区属于堡镇管辖,是堡镇农业生产、生态保育的重要基地之一,面积约为4.96 km²^[4]。目前,五滢垦区内用地主要为林地、耕地、鱼塘等,区域排涝主要靠浜沟、少量的河道以及3座小流量排涝泵站,除涝能力十分有限。同时,近年来受全球气候变化影响,短历时、强降雨和极端灾害性气候出现几率加大^[5],风、暴、潮、洪等“三碰头”和“四碰头”多重袭击的次数增加,严重威胁区域社会安全和经济持续稳定发展。

根据《上海市圩区规划(2023—2035年)》,五滢垦区圩区面积为3.6 km²,河湖面积为0.4 km²,河湖水面率为10.1%,平均地面高程为3.5 m,预降最低水位为2.5 m,除涝最高水位为3.0 m,除涝泵站流量为2.4 m³/s,除涝模数为0.7 m³/(s·km²)。经多次现场调研,并聘请专业单位对圩区的地面高程进行测绘,圩区现状地面平均高程仅有2.9 m,后期结合农田建设、河道整治,规划将田面高程提高至不低于3.0 m,与上位规划中的高程3.5 m存在一定误差。因此预降最低水位、除涝最高水位、除涝泵站流量要充分考虑五滢垦区圩区实际地面高程、河道规模、泵闸规模建设和资金投入情况,并根据模型的计算结果进行调整。

2 技术思路

规划的一般思路:首先对水安全、水资源、水环境等方面的现状分析与评价^[6],针对存在的主要问题,适应新形势、新格局和新要求,结合发展需求与现实可能,与区域总体规划和相关专业规划相协调,结合实际提出合理的河网布局和规模;然后通过科学计算分析,优化布局和规模,系统分析水面率指标、河网水系布局与最高水位之间的关系;最后通过比选不同方案,最终确定规划方案、圩区计算方案

等。通过工程措施和非工程措施,逐步实现规划的目标^[7],相应的技术路线如图2所示。

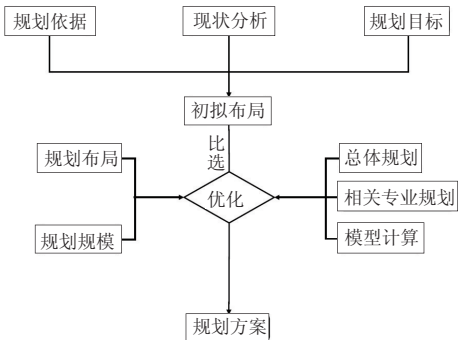


图2 除涝规划的技术路线示意图

崇明区除涝的总体思路为“蓄泄结合、以蓄为主、蓄以待排”,因地制宜根据地坪高程合理确定圩区除涝预降水位和面平均高水位,在确保规划河湖水面率满足除涝蓄水要求的基础上,依托相关水利片进行防汛除涝统一调度,优先利用水利片外围水闸向长江趁潮排水,无法自排时启动泵站排水^[8]。

3 除涝规划布局

规划根据河网布局特点和地块利用情况,五滢垦区分为3个区域,奚家港以西区域、奚家港—前哨二河区域、前哨二河—立新五滢界河区域^[9],具体如图3所示。



图3 五滢垦区圩区除涝规划布局图

其中奚家港以西区域面积较小,根据堡镇水务所意见,该区域的除涝问题拟与西北侧的港沿果林场圩区一并列专题研究,本次规划不予考虑。

奚家港—前哨二河区域为公益林地,地表截留系数高,且地面高程较高,本次规划维持原状。

前哨二河—立新五潞界河区域设置有现状 1#圩区、2#圩区 2 个小圩区,本次规划将其合并成“五潞垦区圩区”进行研究。

4 除涝规划的基本原理

4.1 计算基本原理

4.1.1 基本方程

本文采用以下水量平衡方程:

$$\frac{\Delta V}{\Delta t} = \frac{V_2 - V_1}{\Delta t} = q - q_1$$

$$V_2 - V_1 = (q - q_1)\Delta t$$

式中: V_1 为某一计算时间步长时段初的圩区河湖总蓄水量, m^3 ; V_2 为某一计算时间步长时段末的圩区河湖总蓄水量, m^3 ; Δt 为计算时间步长, s ; q 为某一计算时间步长内流入圩区河湖的流量, m^3/s ; q_1 为某一计算时间步长内流出圩区河湖的流量, m^3/s [10]。

4.1.2 计算求解

4.1.2.1 计算初始的可预降水量

以圩区河道直立复式对称型断面为例,其他形式断面类推。

(1) 当 $z_1 < z_0$ 时

$$b_1 = b_0 + 2 \times ctg \times (z_1 - h_0)$$

$$b_{\min} = b_0 + 2 \times ctg \times (z_{\min} - h_0)$$

$$b_1 + b_{\min} = 2b_0 + 2 \times ctg \times (z_1 + z_{\min} - 2h_0)$$

$$dq = \frac{1}{2}(b_1 + b_{\min})(z_1 - z_{\min}) \times rl = [b_0 + ctg \times (z_1 + z_{\min} - 2h_0)](z_1 - z_{\min}) \times rl$$

(2) 当 $z_1 \geq z_0$ 时

$$b_w = b_0 + 2 \times ctg \times (z_0 - h_0)$$

$$b_1 = b_w = b_0 + 2 \times ctg \times (z_0 - h_0)$$

$$b_{\min} = b_0 + 2 \times ctg \times (z_{\min} - h_0)$$

$$b_w + b_{\min} = 2b_0 + 2 \times ctg \times (z_0 + z_{\min} - 2h_0)$$

$$dq = \left[\frac{1}{2}(b_w + b_{\min})(z_0 - z_{\min}) + b_w \times (z_1 - z_0) \right] \times rl$$

式中: b_0 为圩区河道的河底宽度, m ; h_0 为河底高程, m ; ctg 为边坡; z_0 为折点高程; rl 为河道长度, m ; z_1 、 $z_{\min}$ 为圩区河湖的初始水位、最低控制水位; b_1 、 $b_{\min}$ 、 b_w 分别为圩区河湖的初始水面宽、最小水面宽、河口宽; dq 为初始的可预降水量 [11]。河道水力要素具体详如图 4 所示。

4.1.2.2 计算圩区的规划排涝泵站规模

(1) 计算初始水位以下、预降控制最低水位以上的圩区河湖初始槽蓄量 dq ;

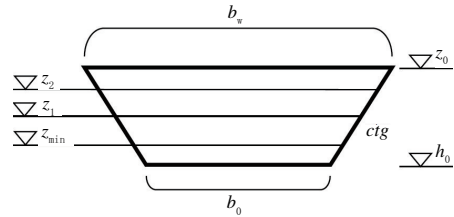


图 4 圩区河道规划断面(直立复式对称型)水力要素示意图

(2) 根据水量连续方程以及设计标准降雨条件,按照圩区规划的控制最低、最高水位要求,循环判断 $dq/\Delta t + q$ 与泵站出流量 q_1 的协调关系;根据计算时间步长内降雨径流进入圩区河湖的水量及圩区排涝泵站排出的水量,结合圩区河湖蓄水量的变化,计算该计算时间步长时段末的圩区河湖水位;通过不断循环增加泵站流量 q_1 ,试计排涝泵站装机流量,使得圩区在排涝过程中出现的最高水位符合规划控制最高水位要求。

4.1.2.3 计算圩区排水预降能力泵站规模

(1) 计算初始水位以下、预降控制最低水位以上的圩区河湖初始槽蓄量 dq 。

(2) 根据水量连续方程,按照圩区规划的控制最低水位和预降排水历时要求,循环判断 $dq/\Delta t$ 与泵站出流量 q_1 的协调关系;根据计算时间步长内圩区无降雨入流时排水泵站排出的水量,结合圩区河湖蓄水量的变化,计算该计算时间步长时段末的圩区河湖水位;通过不断循环增加泵站流量 q_1 ,试错计算出预降排水能力泵站流量,使得圩区在规定的排水历时内将河湖水位从常水位预降到最低控制水位。

液体运动必须遵循质量守恒的普遍规律,液体的连续性方程就是质量守恒定律的一种特殊形式 [12]。本章的水量平衡方程是连续性方程的变形,即通过在连续性方程增加圩区河道的断面要素,使得方程中的参数更加易于采集,可操作性更强。

4.2 计算条件

4.2.1 除涝标准

区域除涝采用 20 a 一遇最大 24 h 面雨量,1963 年 9 月设计暴雨雨型及相应同步潮型 [13],24 h 排出,不受涝。即崇明岛片面降雨量 196.9 mm [14]。

4.2.2 水文条件

4.2.2.1 边界水文条件

- (1) 最高控制水位: 3.75 m ;
- (2) 常水位: $2.70 \sim 2.90 \text{ m}$;
- (3) 最低水位: 2.10 m 。

4.2.2.2 圩区控制水位

- (1)圩内最高控制水位:2.70 m;
- (2)圩内常水位:2.40 ~ 2.50 m;
- (3)圩内最低水位:1.70 m。

4.2.3 扣损标准

根据不同的土地性质(下垫面的组成)确定相应的扣损标准和五滙垦区圩区下垫面组成详如表1、表2所列。

表1 农村地区扣损标准				
类别	初损/ mm	稳渗/ (mm·d ⁻¹)	蒸发、拦截或其他 损耗/(mm·d ⁻¹)	水田拦蓄/ (mm·次 ⁻¹)
旱地或非 耕地	20	4	6	0
水田	0	0	4	60
水面	0	0	4	0
硬地	0	0	6	0

表2 五滙垦区圩区下垫面组成					
总面积	旱地或绿地	水田	水面积	鱼塘	硬地
3.616 5	1.486 1	1.663 8	0.418 1	0	0.043 5

5 圩区除涝方案

5.1 圩区基本情况

该圩区四至范围:南至立新五滙界河、北至前哨二河、东至崇明海塘次备堤、西至前哨闸河,总面积约为3.6 km²。

根据区域地形图,圩区内现状田高程在2.9 m左右,后期结合农田建设、河道整治,拟将田面高程提高至不低于3.0 m。区域内主要道路及住宅高程在4.0 m以上。

圩区规划用地性质主要为农田,部分林地和少量道路。

除涝最高水位应与圩区的地面高程、水系结构相适应,同时还需考虑到地块雨水排放的需求。该圩区范围内规划田面高程3.0 m,确定圩内最高控制水位为2.7 m。常水位为2.4 ~ 2.5 m,预降控制最低水位为1.7 m。五滙垦区圩区降雨24 h水位过程线详如图5所示。

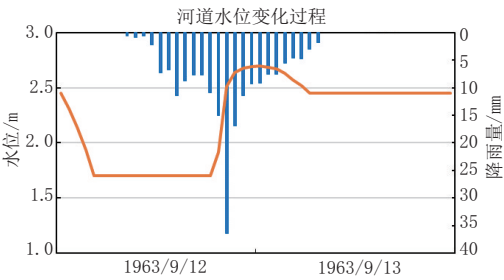


图5 五滙垦区圩区降雨24 h水位过程线

5.2 水动力计算及结果分析

经计算,当预降水位为1.5 m时,圩区排涝流量需要7.7 m³/s;当预降水位为1.7 m时,圩区排涝流量需要8.0 m³/s;当预降水位为2.0 m时,圩区排涝流量需要9.7 m³/s。从保障区域除涝安全的角度看,3个方案均可以满足要求,但预降水位越高,排涝泵站规模越大,设施用地面积较大,泵站投资也相应越高;同时,预降水位由1.5 m增加至1.7 m,排涝泵站规模仅增加了0.3 m³/s,预降水位由1.7 m增加至2.0 m,排涝泵站规模需要增加了1.7 m³/s,从泵闸效益上来看,预降至1.7 m更合理,综合考虑除涝安全、预降的可行性以及除涝设施的综合效益,本次规划推荐按照8.0 m³/s控制。圩区内主要汇水排水河道为前哨十八号河和69塘西河,因此圩区内所需的排涝流量分配在前哨十八号河和69塘西河上,分别布置五滙垦区1#泵闸、五滙垦区2#泵闸,每台排涝泵排涝流量4.0 m³/s。

表3 不同预降方案所需除涝流量统计表			
方案号	预降水位/m	最高控制水位/m	除涝流量/(m ³ ·s ⁻¹)
1	1.5	2.7	7.5
2	1.7	2.7	8.0
3	2.0	2.7	9.7

根据计算结果,圩区需新建2座排涝泵闸工程,圩区除涝控制要素见表4,圩区控制工程规模见表5,控制工程具体位置详见图3。

表4 五滙垦区圩区除涝控制要素表					
圩区面积/ km ²	河面积/ km ²	控制工程 数量/座	排涝流量/ (m ³ ·s ⁻¹)	预降 水位/m	最高控制 水位/m
3.6	0.42	7	8.0	1.7	2.7

表5 五滙垦区圩区规划控制工程规模表						
序号	工程名称	所在河道	闸孔宽/ m	底槛 高程/m	泵站流量/ (m ³ ·s ⁻¹)	备注
1	前哨三河西闸	前哨三河	6	0.5	—	新建
2	前哨三河东闸	前哨三河	6	0.5	—	新建
3	前哨四河西闸	前哨四河	6	0.0	—	新建
4	前哨四河东闸	前哨四河	6	0.0	—	新建
5	前哨五河西闸	前哨五河	6	0.0	—	新建
6	五滙垦区1#泵闸	前哨十八号河	6	-0.5	4.0	新建
7	五滙垦区2#泵闸	69塘西河	6	-0.5	4.0	新建
合计			42		8.0	

五滙垦区圩区确定的最高除涝水位为2.7 m,圩区外河设计高水位3.75 m,考虑安全超高0.25 m,圩堤高程应为4.0 m,采用土堤,堤宽3.0 m,坡比1:2。圩区西侧为前哨闸河,东侧为69塘东河与界河二,南侧为立新五滙界河,北侧为前哨二河,圩堤总长度约9.58 km,其中有5.22 km圩堤不达标。为确保区域的排涝安全,近期通过垦区内河道疏拓土方填筑圩堤,远期结合河道整治项目进行达标整治。

5.3 与上位规划对接情况

根据《上海市圩区规划(2023—2035年)》,五滙垦区圩区面积为3.6 km²,河湖面积为0.4 km²,河湖水面率为10.1%,平均地面高程为3.5 m,预降水位为2.5 m,除涝最高水位为3.0 m,除涝泵站流量为2.4 m³/s,除涝模数为0.7 m³/s/km²。经多次去当地进行现场调研并聘请专业单位对圩区的地面高程进行了测绘,测绘数据表明圩区现状地面平均高程仅有2.9 m,后期结合农田建设、河道整治,规划将田面高程提高至不低于3.0 m,因此地面高程与上位规划中的高程3.5 m,还是存在一定误差。除涝最高水位和预降水位要充分考虑实际地面高程、河道规模、泵闸规模建设和资金投入情况,因此本规划建议除涝最高水位控制在2.7 m;此外,圩区内部河道规模较小,河道槽蓄量少,从水安全的角度出发,尽量增加有效的调蓄空间,因此规划预降水位建议为1.7 m。在充分结合五滙垦区圩区的实际情况,并根据模型的计算结果,在规划除涝最高水位为2.7 m,规划预降水位为1.7 m时,为保障区域除涝安全,需要排涝流量为8 m³/s。

5.4 对周边河道的影响

五滙垦区圩区的排水通道主要为北横引河、69塘东河与界河二,其中北横引河规划河口宽为78 m,69塘东河与界河二规划河口宽为30 m^[15],河道宽度相对较宽,经过模型计算,在泵站排水口5 m范围内水位壅高仅0.01 m,10 m范围为0 m,因此对外河以及航运基本无影响。圩区内部倡导使用绿色无机化肥,并且加强河道水生态修复,河道水质相对较好,

对周边水环境以及崇明岛影响也是极低的。

6 结 语

本规划研究以《崇明区水利规划(2021—2035年)》和《上海市圩区规划(2023—2035年)》为指导,立足于堡镇五滙垦区现状水情工情,以现场调研为基础,依托水量平衡原理,提出了合理的除涝方案,以确保区域的防汛、排水安全,并为水资源调度、改善水环境质量和营造水景观创造条件,为水利工程建设以及运行管理提供科学依据。该规划是《崇明区水利规划》、《上海市圩区规划》的细化和补充,对崇明区其他圩区的除涝规划编制具有一定的借鉴意义。

参考文献:

- [1] 康绍忠. 农业水利学[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2023.
- [2] 上海市水务规划设计研究院. 上海市圩区规划(2023—2035年)[R]. 上海: 上海市水务局, 2024.
- [3] 方翔. 崇明花海盛 瀛洲绿意满[N/OL]. 新民晚报, 2017-07-20 (A03). https://xmbw.xinmin.cn/html/2017-07/20/content_3_1.htm.
- [4] 上海市崇明区人民政府, 上海市规划和自然资源局. 崇明区堡镇国土空间总体规划(2021—2035)[R]. 上海: 上海市人民政府, 2023.
- [5] 陈长太, 祁继英. 基于SWOT的上海防洪除涝形势分析[J]. 中国防汛抗旱, 2019, 29(6): 19-22.
- [6] 孔彦鸿, 徐一剑, 石炼, 张秀华等. 城市水环境系统规划编制研究[J]. 给水排水, 2013(11): 24-28.
- [7] 上海市水务规划设计研究院. 上海市区域除涝标准研究[R]. 上海: 上海市水务局, 2016.
- [8] 上海市崇明区水务局, 上海市水务规划设计研究院. 崇明区水利规划(2021—2035年)[R]. 上海: 上海市水务局, 2023.
- [9] 上海市崇明区水务局, 上海市崇明区规划和自然资源局. 上海市崇明区支级河湖蓝线专项规划[R]. 上海: 上海市水务局, 2019.
- [10] 丁国川, 施晓文, 易文林, 钟镇龙. 上海市现状圩区除涝能力评估[J]. 水利技术监督, 2023(5): 1-4.
- [11] 周文德. 明渠水力学[M]. 美国: 麦克格劳-希尔图书公司, 1959.
- [12] 四川大学水力学与山区河流开发保护国家重点实验室. 水力学[M]. 北京: 高等教育出版社, 2016.
- [13] 上海市水利工程设计研究院有限公司. 一种轨道交通重点设施防淹积水标高量化的设计方法: 中国, CN202410663674.3[P]. 2024-09-10.
- [14] DB31/T 1121—2018, 治涝标准[S].
- [15] 上海市崇明区人民政府. 上海市崇明区骨干河道蓝线专项规划[R]. 上海: 上海市人民政府, 2018.