

Polder Layout and Drainage Pumping Station Scale in the Northern Yuyao City

Fangshun Yu^{1*}, Haojie Yu², Degang Jin¹

¹Ningbo Hydraulic Waterpower Planning and Designing Research Institution, Ningbo Zhejiang

²Department of Water Resources and Hydropower Engineering, Nanchang University, Nanchang Jiangxi

Email: *yfshun07@163.com

Received: May 22nd, 2016; accepted: Jun. 10th, 2016; published: Jun. 13th, 2016

Copyright © 2016 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

Abstract

In order to improve the ability of the central city flood control and drainage after “Fitow” typhoon in October, 2013, the plan of slice implementation of urban district pumping stations was suggested in the Yuyao City. Since it did not consider the regional history of drainage conventions and coordinate the contradiction of water conservancy and urban construction, the plan is failed to fully protect the affected area which leads very difficult for project implementation. This research takes the coastal tidal river network area as example and establishes a flood simulation model to improve the polder area layout and drainage pumping station scale in the north district of Yuyao city. From the implementation of protecting integrity, engineering feasibility, flood control and drainage efficiency, the polder area layout scheme is ultimately selected by considering urban landscape and project investment factors, which the flood control and drainage engineering would be constructed smoothly in the Yuyao city.

Keywords

Flood Control and Drainage, Polder, Pumping Station, Improvement

余姚城北圩区布置及排涝泵站规模研究

余方顺^{1*}, 俞昊捷², 金德钢¹

¹宁波市水利水电规划设计研究院, 浙江 宁波

²南昌大学, 水利水电工程系, 江西 南昌

作者简介: 余方顺(1984-), 男, 工程师, 大学本科, 从事水利水电工程规划咨询, 宁波市水利水电规划设计研究院。

*通讯作者。

文章引用: 余方顺, 俞昊捷, 金德钢. 余姚城北圩区布置及排涝泵站规模研究[J]. 水资源研究, 2016, 5(3): 289-297.

<http://dx.doi.org/10.12677/jwrr.2016.53036>

Email: *yfshun07@163.com

收稿日期: 2016年5月22日; 录用日期: 2016年6月10日; 发布日期: 2016年6月13日

摘 要

余姚市遭遇2013年“菲特”台风特大洪灾后,为提高中心城区防洪排涝能力,分片实施中心城区围圩电排工程,但在规划方案制定过程中,由于未能充分考虑本区域的历史排水习惯,以及协调好圩区建设和城市建设的矛盾,致使规划方案未能全面保护受灾区域,并导致工程实施困难。本次研究针对滨海城市感潮河网地区,建立流域洪水模拟数学模型,从保护对象的完整性、工程实施的可行性以及工程实施的防洪排涝效益三个角度出发,对余姚城北圩区布置及排涝泵站规模进行优化调整,最终选取在工程可行性、城市景观、防汛调度、工程投资等方面均较优的方案作为城北圩区布置推荐方案,确保余姚城区防洪排涝工程建设的顺利进行和中心城区的防洪排涝安全。

关键词

防洪排涝, 圩区, 泵站, 优化

1. 引言

2013年23号“菲特”台风,余姚中心城区超过70%面积进水,主要街道最大水深达1.5m,受淹时间长达7天之久,直接经济损失227亿元。为积极有效应对灾害性天气,提高余姚市防洪排涝能力,防止洪水再次入侵平原,余姚市按省委、省政府制定的“城区包围、增加强排”目标,实施中心城区圩区工程。但在方案制定中因未能充分协调好城市建设与圩区建设的矛盾,致使工程推进困难,在2015年遭遇“灿鸿”台风时,外江现历史第二高水位,并通过连接河道直接进入余姚北侧中心城区,导致城北内低标准设防堤段防洪压力大增,平原内部排涝亦受外江高水顶托而受灾严重。

为保障余姚中心城区防洪排涝安全,顺利完成“城区包围”建设目标,针对原方案工程可行性及保护范围不完整两个方面问题,本次研究建立流域洪水模拟数学模型,在遵循流域总体防洪排涝格局的基础上,从工程可行性、城市景观、防汛调度、工程投资、防洪排涝效益等多方面进行分析,对余姚城北圩区布置及排涝泵站规模进行优化调整,保障目前正在实施的城区包围工程顺利进行,指导下一阶段余姚城北区域防洪排涝工程建设,并为今后余姚市科学治水提供依据。同时本文也比选了不同规模圩区的优缺点,供类似城市选择圩区建设时借鉴。

2. 研究范围

余姚市位于宁波市的西北部,处于上姚江河谷地带,姚江进入余姚中心城区后,一分为三,自然将余姚市中心城区分割成城北和城南两片。本次研究的余姚城北区域,位于姚江干流北侧,现状地坪高程在2.0~3.5m左右(西侧长冷江附近低洼农田高程在2.0~2.5m;城北核心区已建老小区地坪高程在2.4~2.6m左右,新建小区控制地坪高程3.03m),相比周边区域地坪,明显要底,形成“锅底地势”,也成为其它区域洪涝水转移的承接区域;另一方面,城北的“城区包围”工程亦未形成防洪封闭,特别是与干流连通的东江、中江、西江等河道堤防设防标准低,洪水期间,姚江干流上游及南侧山区洪水将通过连通河道入侵平原纵深,继而影响河道两侧城市的排水,甚至在薄弱堤段发生渗漏、倒灌、漫堤等,严重危及沿岸群众的生活和生产安全。

本次研究依据本区域现有排水习惯,将北侧低塘街道纳入城北圩区内,研究范围北至329国道附近的余慈边界,南至姚江,西至食禄桥江-长冷江沿线,东至马家浦-余姚慈溪界,涉及凤山、阳明、低塘、朗霞四个街道,总面积138.6 km²,另有慈溪石堰地区34.35 km²集雨面积作为境外入流排入本研究范围内。见图1。

3. 计算方法

本次研究区域为滨海感潮河网地区，河网水系纵横交错，圩区存在多个不同方向的排水出口，且出口河道受洪潮双重影响，而圩区内部下垫面类型多样，还存在众多由闸、泵控制的二级圩区，致使本区域洪涝水计算趋于复杂，难以采用平均排除法和水量平衡法计算。因此本次计算通过建立适合本流域的洪水模拟数学模型进行计算，该模型基于河海大学开发的太湖流域模型研发而成，河道采用一维非恒定流计算，同时耦合平原调蓄和概化城市雨水管网排水能力，针对本流域内的河道洪水及平原淹没过程进行模拟。现模型共概化成 150 个产流分区，2308 条河段，2032 个节点，14,877 个断面，352 座闸闸(含泵站)，960 片平原调蓄空间，概化图见图 2。该模型已成功预报 2015 年灿鸿台风余姚站水位(预报 3.11 m，实测 3.13 m)。

4. 城北排涝泵站方案研究

4.1. 原规划方案

余姚市在遭遇 2013 年“菲特”台风特大洪灾后，为积极有效应对灾害性天气，提高余姚市防洪排涝能力，组织编制了《余姚市防洪排涝规划》[1]，规划根据现有河网水系布局，确定城北围圩电排采用分片小包围方案，余姚城北片规划共设置 7 个圩区，圩区总面积 125 km²，其中平原面积 113.5 km²，山区面积 11.52 km²，不包括慈溪石堰 34 km²。各圩区泵站规模布置见表 1，泵站平均模数为 2.14 m³/(s·km²)，由于西江、中江、东江、食禄桥江、马渚中河、候青江与姚江干流连通，因此全线堤防建设需同步进行，堤防需建设总长 101 km。见图 3。

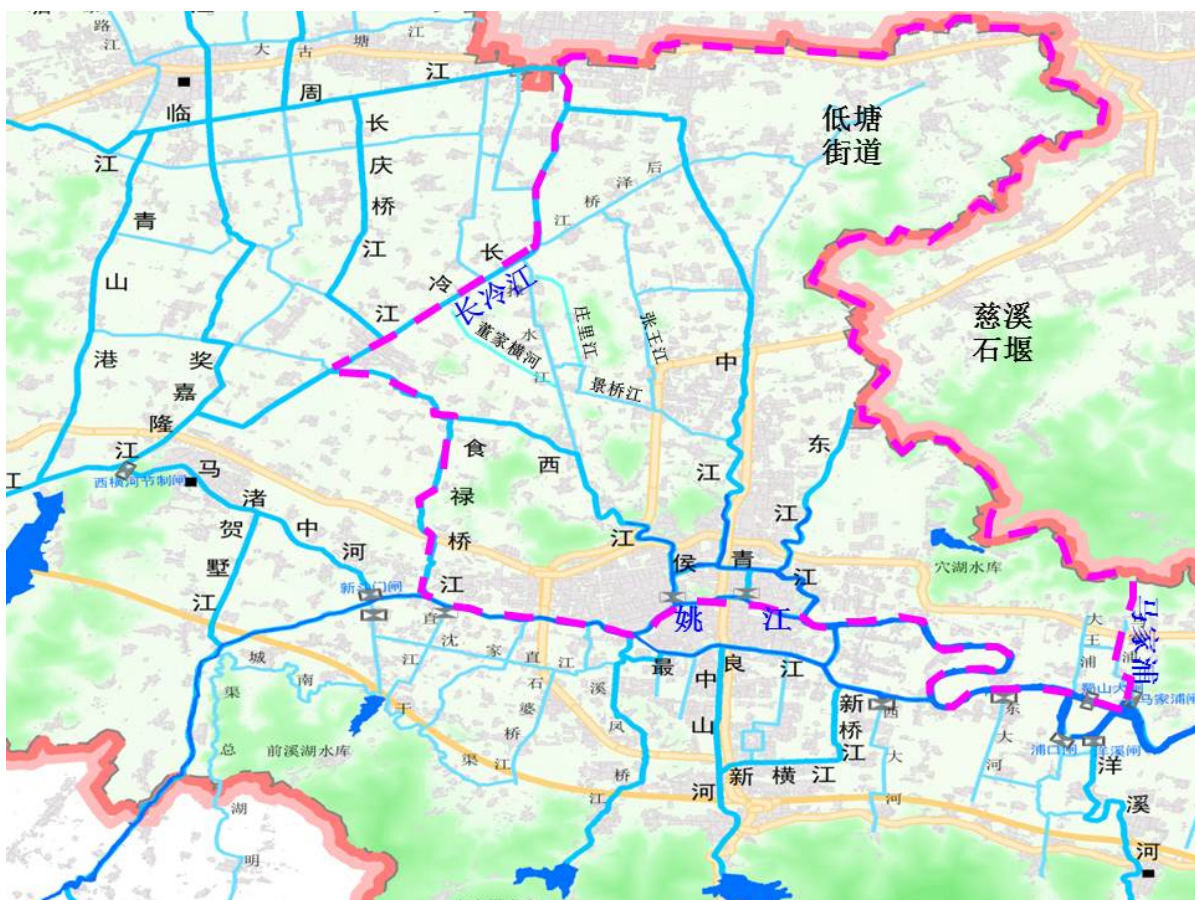


Figure 1. The schematic diagram of study area

图 1. 研究范围示意图

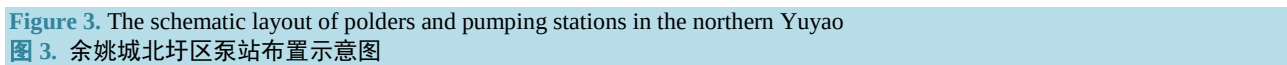


Table 1. The layout of polders and pumping stations in the northern Yuyao**表 1.** 余姚城北圩区泵站布置方案

项目	城北 1	城北 2	城北 3	城北 4	城北 5	城北 6	城北 7	合计
平原面积(km ²)	12.25	34.77	20.41	19.5	16.89	2.17	7.51	113.5
山区面积(km ²)	/	/	/	11.52	/	/	/	11.52
总面积(km ²)	12.25	34.77	20.41	31.02	16.89	2.17	7.51	125.02
泵站规模(m ³ /s)	25	60	45	65	45	8	20	268
泵站模数(m ³ /(s·km ²))	2.04	1.73	2.20	2.10	2.66	3.69	2.66	2.14

4.2. 城北圩区方案优化调整

根据《余姚市防洪排涝规划》推荐城北分片圩区布置方案,规划西江、中江、东江、食禄桥江、马渚中河、候青江与姚江干流连通,故为保障城北片防洪排涝安全,全线堤防及配套工程建设需同步进行。需新建堤防建设总长达 101 km,同时配套改建堤防沿线闸门众多,新增泵站规模共计 323 m³/s (包括为降低圩区外河道设计水位的北排 100 m³/s 强排泵站),工程总投资约 20 亿元,因包围所涉堤防均位于中心城区,沿岸建筑密集,拆迁难度极大,实施困难,亦不利于今后的管理运行。规划工程全面推进实施存在极大的困难。为确保余姚城区防洪排涝工程的顺利实施,从减少工程规模及投资、降低城北堤防高度,保留亲水城市景观、降低工程实施难度,快速提升城区防洪标准、减轻防汛压力,方便工程运行管理等方面出发,对城北圩区方案进行优化调整。

根据现状水利工程建设情况及圩区来水情况,确定本次研究整个圩区北边界至 329 国道附近的余慈边界,南边界至姚江干流,东边界以慈溪人民闸为界(慈溪石堰人民闸以西区域作为境外来水排入本次研究范围,集雨面积约 34.35 km²),西边界至食禄桥江~西江~长冷江,总集雨面积 172.9 km²。其中圩区内部又根据各自的排水习惯及山区分水岭划分为三大圩区和一独排入江区域,各分区情况如下:W1 圩区占城北圩区大部分面积,包括原规划的城北 2、3、6 圩区的全部以及城北 4、5 圩区的部分面积,同时考虑本区域历史的排水习惯,将低塘街道的全部和朗霞街道长冷江以东部分纳入本圩区内,慈溪石堰人民闸以西区域则作为边界入流排入本圩区,合计 W1 圩区汇水面积 145.9 km²,其中属于余姚境内的汇水面积 111.54 km²,境外汇水面积 34.35 km²;W2 圩区为原规划城北 4 圩区部分,与 W1 以穴湖水库分水岭为界,东至马家浦,独立向姚江排水,总面积 9.26 km²;W3 圩区为原规划城北 5 圩区部分,与 W1 以丰山和牛头山为界,南至姚江,独立向姚江排水,总面积 10.75 km²;考虑原城北 4 范围内的穴湖水库下泄洪水可以通过沿山的向南河直接排入姚江,本次考虑将本区域作为独排入江区域,总集雨面积 7.02 km²,全部为山区。城北圩区优化调整布置方案见图 4,面积见表 2 [2]。

4.3. 城北圩区泵站规模优化

根据原规划对城北各片区的水面率控制,结合本次研究新增区域的河网水面积,取原规划对圩区内部水位控制 3.13 m 作为本次水利计算的控制指标,本次研究各片圩区水利计算成果见表 3。

通过进一步分析可知,圩区内部控制水位与其内部的调蓄空间和工程的调度密切相关,为分析内部调蓄空间和工程调度对规划目标实现程度的影响,本次拟定以下方案作进一步论证分析:

方案 1: 根据本次研究调研,本次研究 W1 圩区内部存在众多二级小圩区,总计配置强排泵站 124.7 m³/s,这些泵站多数为各村镇自行建设,目前处于无序运行状态,如能对这些内部强排泵站进行有序调控,当城北核心区内部水位超过 2.70 m 时,城郊农村泵站停止向河道排涝;

方案 2: 根据规划,城北区域规划仍保有大片绿地及农保区,如在洪水期,能够利用这些绿地和农保区对区域内部涝水进行滞蓄。

各方案计算结果见表 4。

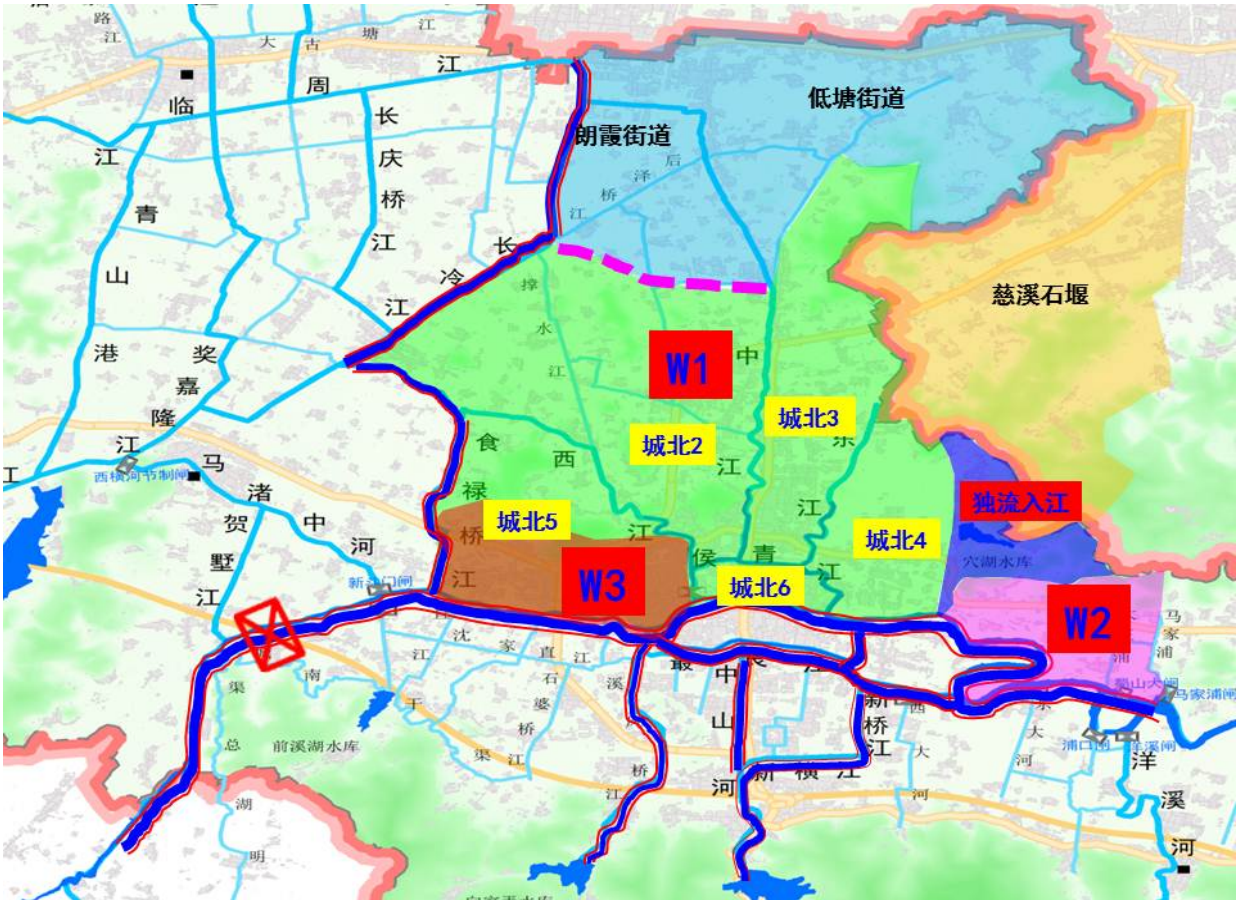


Figure 4. Optimized scheme of the polder area in the north of Yuyao
图 4. 优化后城北圩区片布置方案

Table 2. The layout scale of north polder area
表 2. 城北圩区布置方案面积表

本次方案调整	W1		W2	W3	独流入江	合计
	余姚市	慈溪石堰*				
山区面积(km ²)	17.08	15.85	2.85	1.96	7.02	44.77
平原面积(km ²)	94.46	18.50	6.41	8.79	0	128.15
总面积(km ²)	111.54	34.35	9.26	10.75	7.02	172.92

*慈溪石堰地区作为余姚城北 W1 的境外来水考虑。

由表 4 可知，在上述规划外排泵站规模基础上，如果能够有效调度内部农村强排泵站，或者改变农村区域种植业结构，预留更大调蓄空间，可以大大降低城北区域河道控制水位，降低核心城区排涝压力。

优化后城北圩区泵站布置及规模见表 5，泵站布置见图 5。

5. 方案调整后影响分析

5.1. 降低工程实施难度，快速提升城区防洪标准

原规划圩区方案中堤防工程位于城北核心区，沿江建筑密集，又涉及市政排水管道等(共计 331 个排水管道出口未设置拍门等止水设施，占总出口的 80%)，且工程线路长达 101 km，拆迁难度大且实施困难，建设工期长，

Table 3. The scale of pumping stations in the north of Yuyao
表 3. 城北圩区布置方案泵站规模计算表

本次方案调整	W1		W2	W3
	余姚市	慈溪石堰		
山区面积(km ²)	17.08	15.85	2.85	1.96
平原面积(km ²)	94.46	18.50	6.41	8.79
总面积(km ²)	111.54	34.35	9.26	10.75
规划水面率	4.62%	5.41%	4.00%	4.00%
控制水位(m)	3.13 m			
泵站规模(m ³ /s)	224.7		25	30
泵站模数(m ³ /(s.km ²))	1.54		2.70	2.79

Table 4. The result of different adjustment within Polder Area 1
表 4. 城北 W1 圩区内部不同调度方案计算成果表

项目	方案 1	方案 2
控制水位(m)	2.80	2.56
方案 0 控制水位*(m)	3.13	3.13
差值(m)	-0.33	-0.57

*方案 0 即 W1 圩区总外排泵站规模为 224.7 m³/s，内部农田泵站规模按农田排涝标准考虑。

Table 5. The distribution of pumping stations in the polder area in the north of Yuyao
表 5. 城北圩区泵站分布统计表

圩区	泵站名称	泵站规模(m³/s)	排水方向	集雨面积 (km²)	排涝模数 (m³/(s.km²))
W1	西江泵站	60	北排 110 m³/s (新增 110 m³/s)	145.9 (境外慈溪石堰 集雨面积 34.35)	1.54
	新开河泵站	50			
	侯青江泵站	80			
	仁寿桥江泵站	15			
	剑江排涝站	19.7	东排 169.7 m³/s (新增 122.6 m³/s)		
	合计	224.7			
W2	W2 排涝泵站	25		9.26	2.70
W3	W3 排涝泵站	30		10.75	2.79
	总计	279.7	/	165.90	1.69

工程见效慢。本次圩区方案减少了线状工程的建设范围，主要通过点状工程的建设提升圩区排涝能力，避开在核心区内修建堤防，大大降低工程建设难度和实施周期，近期结合在建的城防工程[3]，通过侯青江闸站等几个点状工程建设，即可实现城北圩区南侧的防洪封闭，提高城北圩区内部的防洪排涝能力。远期随着外排泵站的增加及北侧防洪封闭，可实现城北区域达到规划防洪排涝标准，实现城区防洪 50 年一遇，排涝 20 年一遇。

5.2. 降低城北堤防高度，保留亲水城市景观

通过本次方案调整，城北内部平原河道与姚江干流实现防洪节制，内部河道堤防设防标准和高度均可降低，

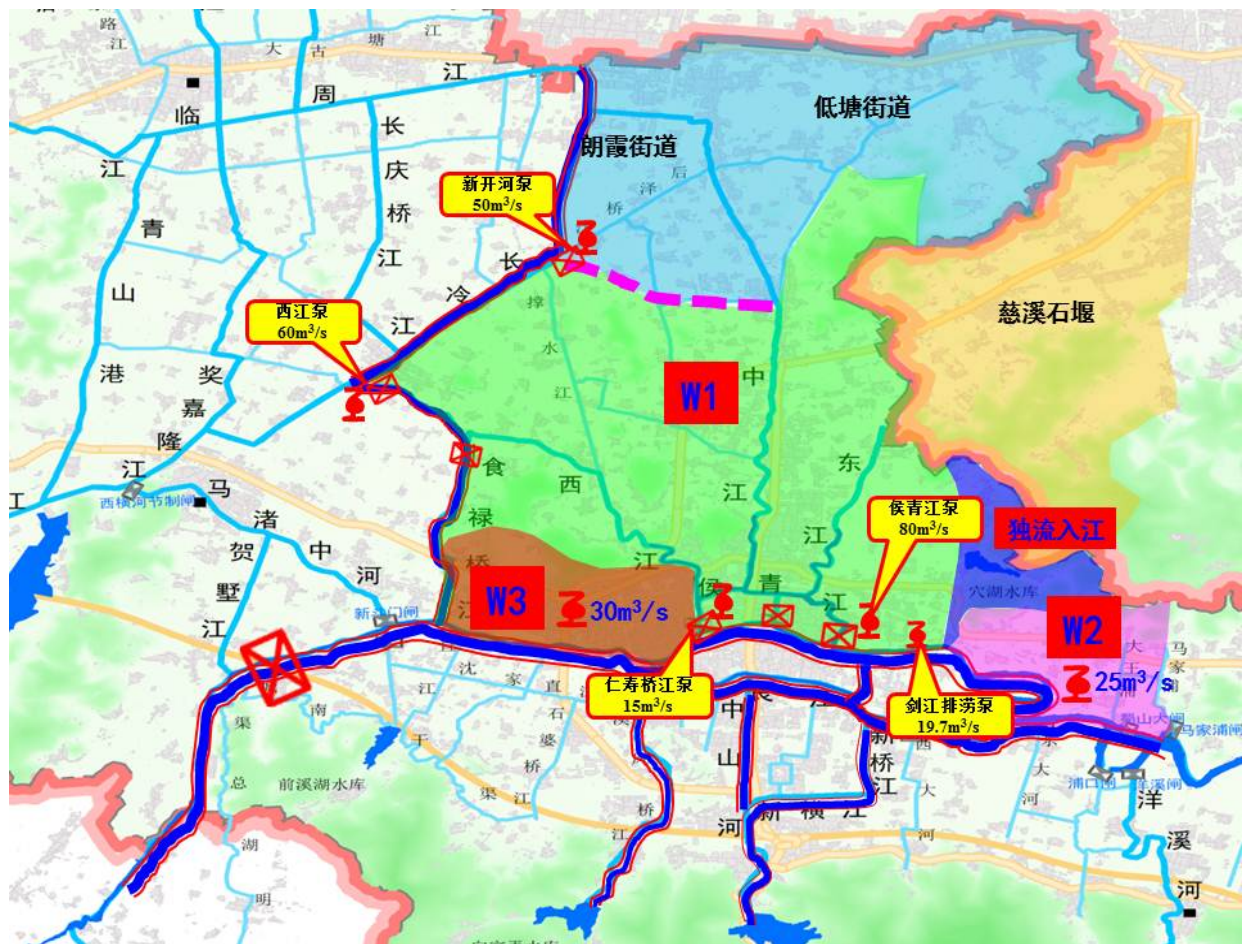


Figure 5. The new layout of pumping stations in the north of Yuyao
图 5. 优化调整后城北圩区泵站布置示意图

保留了城市核心区内的亲水景观，如按原规划圩区方案进行设防，堤顶高程要超过 4.13 m，城市亲水景观将被破坏。

5.3. 减轻防汛压力，方便洪水调度

本次调整方案可将线状工程转换为点状工程，减轻后续工程防汛管理压力，同时工程包括闸、泵，调度灵活，闸门能排采用闸门自排，闸门受顶托，采用泵站强排，且可以通过泵站进行提前预泄。

5.4. 减少工程投资，节约资金

根据《余姚市防洪排涝规划》推荐城北圩区布置方案，堤防需建设总长 101 km，堤防沿线改建闸门众多，新增泵站规模共计 323 m³/s，工程总投资约 20 亿元；方案优化调整后需新建堤防长度约 30 km，新增泵站规模 232.6 m³/s，工程投资大大减少，需投资约 10.3 亿元，相比原规划减少投资约 9.7 亿元。

5.5. 对干流水位有一定的抬升影响

城北进行大圩区强排后，洪水期间，研究范围内姚江干流不再与内部其他河道沟通，干流洪水调蓄空间减少，使得泵站强排至干流后，水位较原规划水位略有抬升，其中 20 年一遇干流水位抬升 0.05~0.01 m，50 年一遇干流水位抬升 0.04~0.01 m。具体方案水利计算成果见表 6。

Table 6. The highest water level under different schemes in the polder area in the northern Yuyao
表 6. 城北圩区不同方案下最高水位统计表(单位: m)

代表点		20 年一遇			50 年一遇		
		原规划	本次研究	差值	原规划	本次研究	差值
余姚	最良江(城区)	3.47	3.52	0.05	3.67	3.71	0.04
	蜀山大闸前	3.39	3.43	0.04	3.58	3.61	0.03
	丈亭	3.32	3.34	0.02	3.48	3.50	0.02
宁波	绕城高速	3.19	3.21	0.02	3.35	3.37	0.02
	姚江大闸闸前	2.96	2.97	0.01	3.10	3.11	0.01

6. 结论与建议

目前余姚城区段防洪封闭圈尚未形成，加之平原自身缺乏相对有效的排涝系统，致使暴雨洪水期间城北区域易受“洪、涝”双重威胁，防洪排涝形势仍较为相对严峻；且随着甬江防洪工程建设步伐的逐步推进，以及余姚城市建设范围的进一步扩大，未来姚江干流水位将进一步抬升，城区排涝也将面临更大的压力。依据《余姚市防洪排涝规划》规划城北排涝工程建设方案，其工程建设存在投资大、实施难、城市景观不协调、管理运行难度大等多方面问题，故对城北圩区进行优化调整是十分必要和迫切的。

随着余姚中心城区规划范围的进一步扩大，建议结合《甬江流域防洪治涝规划》、《余姚市防洪排涝规划》等规划成果，严格控制规划城区水面率并预留一定面积的农保区。同时建立有效的管控机制，对城北圩区内部农保区排涝进行有序调控，当中心城核心区水位超过保证水位时，农保区泵站进行错峰排涝，并考虑进行适当滞蓄。

建议加快圩区内部配套河道的整治，以提升强排泵站的工程效益。

参考文献 (References)

[1] 黄昉, 康瑛, 王灵敏, 等. 余姚市防洪排涝规划报告[R]. 浙江省水利水电勘测设计院, 2014.
HUANG Fang, KANG Ying, WANG Lingming, et al. The report of flood control and drainage layout project. Zhejiang Design Institute of Water Conservancy and Hydroelectric Power (ZDWP), 2014. (in Chinese)

[2] 余方顺, 俞昊捷, 金德钢, 杨怡青, 等. 余姚城北圩区排涝工程方案研究[R]. 宁波市水利水电规划设计研究院, 2015.
YU Fangshun, YU Haojie, JIN Degang, YANG Yiqing, et al. The scheme of the drainage project of the northern area of Yuyao. Ningbo Hydraulic Waterpower Planning and Designing Research Institution, 2015. (in Chinese)

[3] 余方顺, 杨怡青, 傅辉云, 金德钢, 等. 余姚市姚江城区段堤防加固工程可行性研究报告[R]. 宁波市水利水电规划设计研究院, 2016.
YU Fangshun, YANG Yiqing, FU Huiyun, JIN Degang, et al. A feasibility research report of bank strengthening project in Yaojiang urban district, Yuyao. Ningbo Hydraulic Waterpower Planning and Designing Research Institution, 2016. (in Chinese)