

张家港市五干河排涝泵站建设规模论证研究

陈亚丁¹, 丁凯¹, 施江峰², 刘伟¹, 黄桂平²

(1. 张家港市张水项目管理有限公司, 江苏 苏州 215600; 2. 张家港市长江防洪工程管理处, 江苏 苏州 215600)

摘要: 近年来, 极端天气频发, 张家港市遭受洪涝灾害, 损失严重。为降低发生洪涝灾害的风险, 张家港市正在加快各片区的防洪排涝设施建设。基于张家港市五干河排涝泵站的改扩建工程, 采用 Mike 11 构建了片区的水文水动力模型, 并结合无锡、陈墅等6座水文测站的实测数据进行模型率定及验证, 其后对五干河排涝泵站在不同建设规模下开展相关的水文水动力计算。根据计算结果, 建议该排涝泵站的建设规模由五干河节制闸净宽12 m扩建为净宽28 m, 新增一座30 m³/s的排水泵站。

关键词: 排涝泵站; 规模论证; 水动力计算

中图分类号: TV212

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2025)06-0205-05

Study and Demonstration on Construction Scale of Wugan River Waterlogging Drainage Pumping Station in Zhangjiagang City

CHEN Yading¹, DING Kai¹, SHI Jiangfeng², LIU Wei¹, HUANG Guiping²

(1. Zhangjiagang Zhangshui Project Management Co., Ltd., Suzhou 215600, China; 2. Zhangjiagang Yangtze River Flood Control Engineering Management Office, Suzhou 215600, China)

Abstract: In recent years, the extreme weather occurs frequently, and Zhangjiagang City has suffered serious losses from flood and waterlogging disasters. In order to reduce the risk of flood and waterlogging disasters, the construction of flood control and waterlogging drainage facilities is speeding up in various districts of Zhangjiagang. Based on the reconstruction and expansion project of the Wugan River Waterlogging Drainage Pumping Station in Zhangjiagang City, Mike 11 is adopted to build the hydrological and hydrodynamic model for the districts, and the model calibration and verification are conducted in combination with the measured data from six hydrological stations in Wuxi and Chenxi. And then the related hydrological and hydrodynamic calculations are conducted for the Wugan River Waterlogging Drainage Pumping Station under the different construction scales. According to the calculation results, it is recommended that the construction scale of this pumping station is expanded from a clear width of 12 m for the Wugan River Check Sluice to 28 m, and a new 30 m³/s drainage pumping station is built.

Keywords: waterlogging drainage pumping station; scale demonstration; hydrodynamic calculation

0 引言

近年来, 由于气候变暖, 极端天气频发, 降雨愈发集中, 降雨强度也更大^[1-2]。2015年6月, 张家港市遭遇特大暴雨, 累计雨量达897.0 mm, 是常年同期降雨量的5倍。暴雨造成全市146个村及部分街道受灾, 紧急转移人口1 100人, 临时受淹农田13 866.67 hm², 损坏河道堤防长度约4 000 m, 直接经济损失约7 000万元。

此次灾害的主要原因是现状外排河道的水闸孔径较小, 抬高了内河水位。现状五干河水闸是张家

港市二千河以东区域的主要外排通道, 建成于1987年, 2001年曾进行除险加固, 孔径仅12 m, 其过流能力已不能满足该片区的排涝要求。为了减轻片区汛期的涝水压力, 减少片区内受涝面积, 降低内涝的影响程度, 急需新建五干河排涝泵站以扩建闸宽、增设泵站^[3-4]。基于此, 本文针对该片区开展了相关的水文水动力计算, 从而对五干河排涝泵站的建设规模进行相关论证研究。

1 工程概况

五干河南起永南河, 北至长江口, 全长14.7 km, 常水位3.10~3.50 m, 近中期规划河网条件下100 a一遇水位为4.04 m, 长江口枢纽闸下控制最高水位为3.70 m。现状五干河排涝泵站位于张家港市乐余镇

收稿日期: 2024-09-20

作者简介: 陈亚丁(1981—), 男, 硕士, 工程师, 从事水利工程施工管理工作。

境内的五千河口上,建成于1987年11月,距离长江河口约1.0 km,孔径12 m,2001年该闸进行除险加固,设计引水流量108 m³/s、排涝流量115.60 m³/s。为了进一步提高区域的防洪排涝能力,对五千河排涝泵站进行拆除重建,建设位置如图1所示。新建五千河排涝泵站工程等级为Ⅱ等,主要建筑物等级为2级。闸站防洪按100 a一遇标准设计、300 a一遇校核。

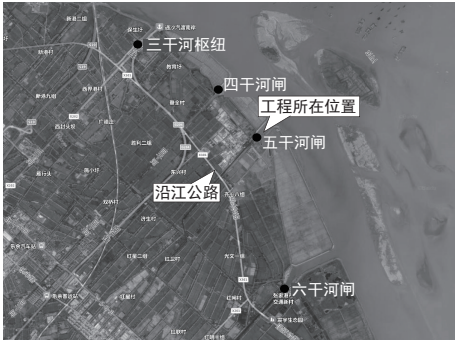


图1 工程区位图

2 模型构建及计算参数

本次计算采用Mike11模型构建该片区的水文水动力模型,模型中河道、水闸、泵站均采用片区规划中对应的建设规模。

2.1 模型构建

本次计算片区是长江下游太湖流域北部的一片低洼平原,包含张家港、江阴、常州、无锡及常熟等区域,模型南北以太湖和长江为界,区域总面积3 982 km²。本次河网模型构建统筹考虑区域水系及区域周边水网的影响等因素,确定河网模型概化范围为武澄锡虞界范围,如图2所示。



图2 河网模型范围

该片区属平原河网区,河道数量众多,河网水系错综复杂,同时河网水系还包含湖泊以及水闸、涵洞等水工建筑物。考虑到模型范围内部分河道对整个水系的防洪排涝影响微乎其微,对模型计算结构基本无影响,因此本次在河网概化的过程中以骨干河

道为基础,以新沟河等11条重大河道为主要干流,其余河道以支流形式汇入干流。河网共概化河道225条,调蓄节点68个,闸泵站共233座,河道概化见图3。针对水闸、泵站等水工控制性建筑物,本次直接在Mike11模型中输入闸门开启度、过闸流量等设计参数来计算模拟。

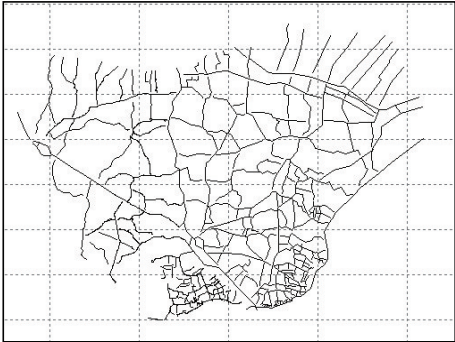


图3 河道概化图

2.2 计算参数

通过对张家港地区主要成灾年份的暴雨特性以及太湖、长江潮位作对比分析,1991年的暴雨为该区域有记录以来历时最长、雨量最大、受灾最严重的暴雨,区域主要站点水位超历史最高水位,为张家港市防洪最不利工况。因此,按照设计暴雨典型年选取原则,考虑较不利组合,综合分析后选用1991年作为防洪的设计典型年。

本次计算选用片区内无锡、常州等12个雨量站的实测暴雨资料,资料系列长度为1951—2020年,并采用适线法进行频率计算,得到不同时段的面雨量分布参数,从而计算片区内100 a一遇的设计暴雨雨量。

根据分析研究,片区洪水的造峰控制时段为7 d,因此暴雨设计时段取7 d。本次选择1991年6月30日—7月6日张家港市的降雨数据作为典型暴雨过程,根据实测数据采用同频率法计算得到逐日设计面雨量过程(见表1),另外采用同倍比法计算得出片区100 a一遇设计暴雨过程,如图4所示。

表1 片区1991年型最大7 d设计暴雨过程表 单位:mm

日期	典型过程	100 a一遇
6月30日	98.2	80.0
7月1日	109.9	200.0
7月2日	8.3	6.8
7月3日	57.4	53.8
7月4日	5.7	5.3
7月5日	4.1	3.8
7月6日	18.6	17.4
合计	302.2	367.1

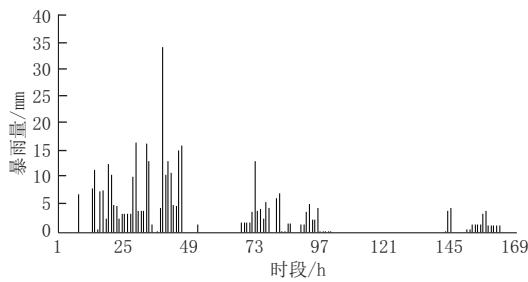
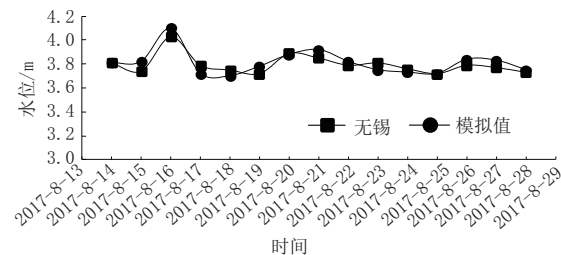


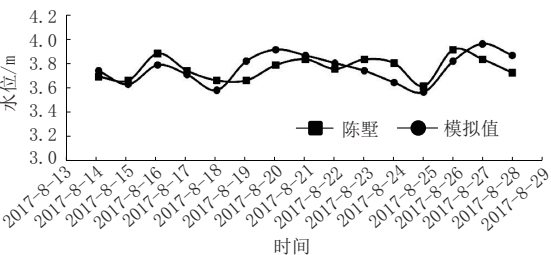
图4 100 a一遇7×24 h设计暴雨过程

3 模型率定及验证

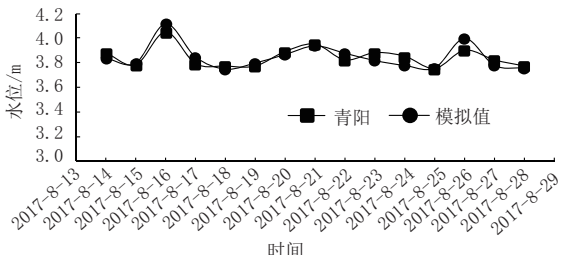
为保证模型参数的准确性,选择片区2017年



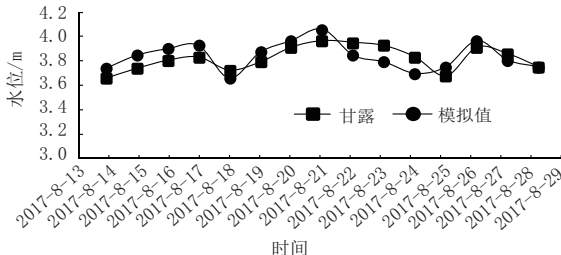
(a) 无锡站率定结果



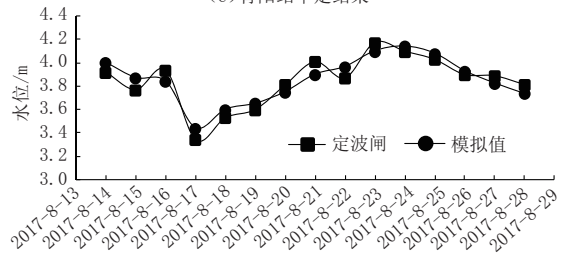
(b) 陈墅站率定结果



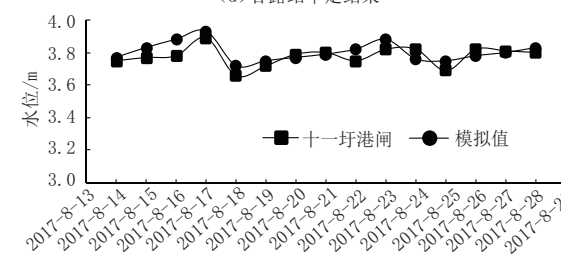
(c) 青阳站率定结果



(d) 甘露站率定结果



(e) 定波闸站率定结果



(f) 十一圩港闸站率定结果

图5 模型率定结果

3.2 模型验证

选取2016年6月—7月12日长江、太湖实测水位作为模型计算边界条件,并对计算区域内无锡、陈墅等6座水文测站进行数据验证,模型验证结果见图6。计算结果表明,各水文站实测水位与模拟值的演变趋势基本相同,且峰值基本一致,说明模型的边界条件选取及计算结果是较可靠的。

4 计算分析

4.1 边界条件

为了保障片区的防洪安全,本次计算采取较为不利的边界条件组合。南侧太湖水位采用1991年6月

8月14日—8月28日的实测数据及资料进行率定,选择2016年6月28日—7月12日实测数据及资料进行验证。

3.1 模型率定

本次率定选取长江、太湖实测水位作为边界条件,并按照实际闸泵运行设置调度。率定时,选取计算范围内无锡、陈墅等6座水文测站,模型率定结果见图5。率定结果表明,各站点模拟水位与实测水位相差不大,在合理误差范围内,基本能够模拟区域内水量情况。

30日—7月6日实测水位过程作为边界;北部的长江潮位采用1991年6月30日—7月6日的典型潮位过程作为长江边界。

由于潮位资料仅有江阴站等少数测站的逐时潮位资料,本次采用下述方法分析计算,得到研究区各通江河道河口处的逐时潮位过程。

(1)根据上游新孟河小河新闻、下游常浒河浒浦闸长系列潮位资料,选出与江阴站相应潮位相同时段内的浒浦闸相应潮位,得到小河新闻、浒浦闸相应逐时潮位系列。

(2)选取1991年6月30日—7月6日小河新闻、江阴站、浒浦闸站的潮位过程作为典型过程。

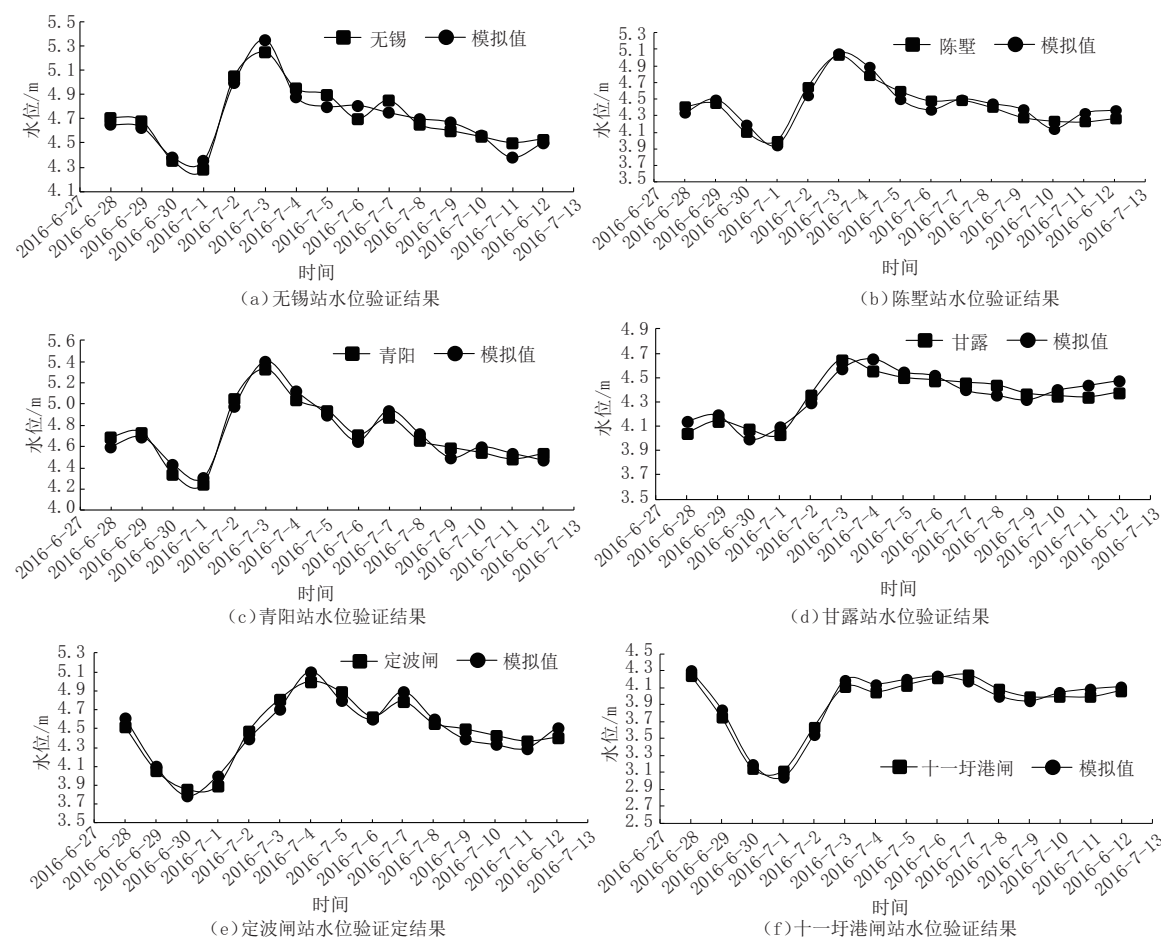


图6 模型水位验证结果

(3)根据武澄锡虞区各通江河道与上述三站的距离进行内插,从而得到在这一典型潮位过程下各通江河道的逐时潮位过程。

通过上述方法,得到五干河逐时段的设计潮位过程,如图7所示。

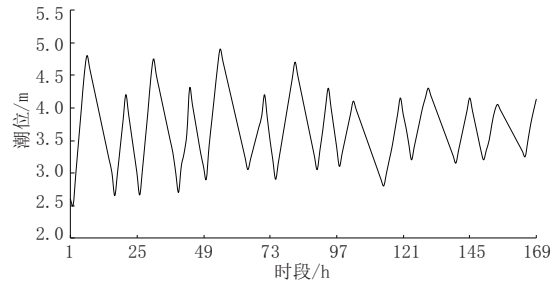


图7 五干河处长江7×24 h潮位过程

4.2 计算工况

本次选取不同的五干河排涝泵站建设规模开展相关计算(见表2),以求得不同建设规模下五干河100 a一遇最高水位及造峰期排江水量,从而根据计算结果论证分析五干河排涝泵站的建设规模。

4.3 计算成果分析

五干河排涝泵站不同建设规模下100 a一遇最高水位及造峰期排江水量的计算结果见表3。

表2 五干河排涝泵站计算规模

工况	节制闸 规模/m	泵站规模/ (m ³ ·s ⁻¹)	工况	节制闸 规模/m	泵站规模/ (m ³ ·s ⁻¹)
1	12	—	6	30	20
2	26	—	7	32	20
3	28	—	8	28	20
4	30	—	9	28	25
5	26	20	10	28	30

表3 不同工况下五干河100 a一遇设计水位

工况	节制闸 规模/m	泵站规模/ (m ³ ·s ⁻¹)	五干河100 a一遇 最高水位/m	造峰期排江 水量/万 m ³
1	12	—	4.128	815
2	26	—	4.092	1 287
3	28	—	4.088	1 322
4	30	—	4.086	1 359
5	26	20	4.052	1 396
6	30	20	4.048	1 431
7	32	20	4.048	1 433
8	28	20	4.051	1 390
9	28	25	4.043	1 439
10	28	30	4.026	1 443

根据片区上位规划,五干河控制100 a一遇水位4.04 m。由计算结果可知,将原五干河排涝泵站节制

闸从 12 m 扩大至 30 m,五千河河道断面的最高水位仍达到 4.086 m,不能满足片区防洪要求。同时,由工况 1 至工况 4 的计算结果可知,排涝泵站节制闸规模超过 28 m,对 100 a 最高水位降低的效果较小,且无法满足远期的区域排涝要求,因此需要增设泵站。

由工况 5 至工况 7 的计算结果可知,在五千河河口处增设一座 20 m³/s 的排水泵站,并将五千河节制闸由原有的 12 m 扩建至 32 m,五千河河道断面的最高水位仍达到 4.048 m,仍不能满足片区防洪要求。若继续增大五千河节制闸的建设规模,其经济性较差,因此须增大泵站建设规模。

基于工况 1 至工况 7 的计算成果,考虑将五千河节制闸扩建至 28 m,通过增大泵站建设规模来满足片区防洪要求。由工况 8 至工况 10 的计算结果可知,增设一座 30 m³/s 的排水泵站可满足防洪要求。

5 结 语

本文利用 Mike11 构建了五千河片区的水文水力模型,计算了五千河排涝泵站不同建设规模下的水文结果。根据模型计算结果,并结合沿江闸站的运行管理需求,建议五千河排涝泵站建设规模为:五千河节制闸净宽由原 12 m 扩建为 28 m,新增一座流量 30 m³/s 的排水泵站。

参考文献:

[1] 刘默蕾,陈婕,刘俊.平原河网圩区城市化对排涝的影响及排涝措施研究[J].水电能源科学,2020,38(4):68-71.
[2] 顾克勤,宋凯璇,石永杰,等.张家港市中心城区防洪安全与洪水资源化分析[J].江苏水利,2021(10):52-55.
[3] 宋凯璇,毕忠飞,尹文昊,等.滨江地区通江口门规模对区域防洪影响的研究[J].水力发电,2022,48(7):7-12.
[4] 王钧,曹命凯,杨晨霞,等.滨海平原感潮河网及湖泊地区排涝闸门规模研究[J].江苏科技信息,2013(13):66-69.

(上接第 204 页)

流速稳定,流速、面平均压力值均显著减小,由此可知,本次设计可有效消解大流量、大高差跌水^[5]。

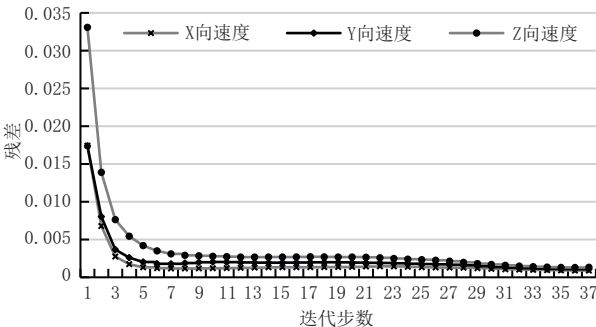


图3 模拟结果(局部)

4 结 语

现阶段,我国录入国标图集、工艺成熟、运用最广的跌水井适应工况为小管径、小流量、小高差跌水,且需要大开挖施工,无法完全满足在市政主干管建设中多种多样的常见的大管径、大流量、大高差等

工况跌水需求。另外,跌水井运行效果参差不齐,新建跌水井开挖面积大、占地过大,施工困难且不满足低碳环保、节能节地要求,对城市管理、跌水井运行维护都造成巨大压力。本案例对现有构筑物进行少量工程措施改造,达到大流量、大高差跌水消能的目的,模型模拟验证消能效果良好,为类似项目提供参考^[5]。

参考文献:

[1] 李崇智,乔海泉,苟兴智,等.跌水与陡坡[M].北京:水利出版社,1982.
[2] GB 20515,钢筋混凝土及砖砌排水检查井[M].北京:中国计划出版社,2020.
[3] 杨乾,杨庆华.折板型竖井湍流耗散及消能机理分析[J].东南大学学报(自然科学版),2020,50(3):471-481.
[4] 罗先伟.自由跌水冲坑深度及水垫消能研究[D].成都:西华大学,2017.
[5] 张晓春,况旺,刘培雷,等.一种基于顶管工作井实现的跌水井及其改造工艺,中国:ZL202210963395.X[P].2022-08-11.