

# 江都高沙土区闸站 改扩建工程设计方案分析

吴宏达, 胡堃昊, 童 骁

(扬州市江都区水务局, 江苏 扬州 225200)

**摘要:**江都通南高沙土区引水工程是扬州市江都区水资源综合治理工程的重要组成部分。根据区域内河网分布和沿江、淮取水工程现状,分析水量供需关系,确定引水泵站改扩建最佳布局和规模,并应用 MIKE11 模型对西北片区进行生态流量模拟。结果表明,江都通南高沙土区闸站改扩建方案能够有效提升区域灌溉引水能力及生态补水能力,进一步优化水系的引、排、航功能,为区域经济社会发展提供了基础保障。

**关键词:**泵站改扩建; 引水工程; 高沙土区; MIKE11 模型

中图分类号:TV212

文献标识码:A

文章编号:1007-7839(2024)08-0022-0004

## Analysis of the engineering design scheme for the renovation and expansion of the gate station in the high sandy soil area in Jiangdu District

WU Hongda, HU Kunhao, TONG Xiao

(Jiangdu District Water Affairs Bureau of Yangzhou City, Yangzhou 225200, China)

**Abstract:** The water diversion project in the high sandy soil area in Tongnan, Jiangdu is an important part of the comprehensive water resources management in Jiangdu District, Yangzhou City. Based on the distribution of river networks in the region and the current status of water diversion projects along the Yangtze River and Huaihe River, the relationship between water supply and demand is analyzed, the optimal layout and scale of water diversion pump station reconstruction and expansion are determined, and the MIKE11 model is applied to simulate ecological flow in the northwest area. The results show that the reconstruction and expansion plan of the gate station in the high sandy soil area of Tongnan, Jiangdu District can improve the regional irrigation water diversion capacity and ecological water replenishment capacity effectively, further optimize the diversion, drainage and navigation functions of the water system, and provide basic guarantee for regional economic and social development.

**Key words:** renovation and expansion of pump station; water diversion project; high sandy soil area; MIKE11 model

江都通南高沙土地区是扬州市重要的产粮基地之一,地跨江、淮两大流域,是江都经济发展较快区域。虽然本区四面环水,但现有引水泵站布局分布零散,尤其是西、北片地势最高,引水能力有限,

且内河网为平原水网,河道平缓,坡降较小,不进行人工调水的情况下,河道接近静水状态,缺乏有序流动,难以满足生态基流要求。因此,加强通南高沙土地区西、北部闸站的规划与建设,是完善“西

收稿日期: 2024-04-16

作者简介: 吴宏达(1992—),男,工程师,本科,主要从事水利建设管理工作。E-mail:qibng1973@163.com

引、北引”灌溉补水总体布局的迫切需要。

## 1 基本情况

江都通南高沙土区位于扬州市江都区南部。经过多年建设,该区已形成了“四横四纵”的区域骨干河网,其中“四横”主要包括老通扬运河、灰粪港、向阳河、北箍江等河,“四纵”主要包括白塔河、红旗河、姚港河、砖桥河等区域骨干河道,区域面积约374.3 km<sup>2</sup>,地面高程4.0~6.0 m(废黄河高程,下同),局部高亢地带6.0 m以上,土质砂性,下层多粉砂和极细砂,保水性能差。现状引水涵闸沿淮主要为邵伯湖下游的邵仙闸洞,水位达4.8 m以上才可经宜陵地涵,再经白塔河、红旗河,供给通南高沙土区宜陵以东区域,干旱年则几乎无淮水可用。沿江主要通过开启通江闸、河口闸、姚港闸、九龙闸以及扒扒桥闸等5座主要沿江引水涵闸自引江水。当引水能力受长江低潮限制时,即自流引江水量、水位不能满足农业灌溉、城市生态环境保护以及区域内河通航的要求,只能依靠开启区内通江西泵站、九龙站、扒扒桥站等补水站提水补给。目前,本区内面临总引水能力不足、水资源管控手段落后等问题,亟须进一步优化灌溉补水总体布局,保障区域灌溉水源,改善区域水环境。

## 2 水文分析

本区域附近建有较为完善的水文观测设施,水文资料系列在50年以上。其中,降水量数据采用三江营雨量站资料,水位(潮位)数据采用三江营水位站、芒稻河闸下、新通扬运河水位(潮位)资料,蒸发量数据采用江都区六闸(三)站资料。

三江营雨量站多年平均灌溉期(6—9月)降水量为577.6 mm,多年最大灌溉期降水量为1 086.3 mm(2011年),多年最小灌溉期降水量为131.0 mm(1978年),变幅达8.3倍。三江营站灌溉期月平均潮位为3.23 m,最高月平均潮位4.40 m(1998年),最低月平均潮位2.53 m(1978年);芒稻河闸下灌溉期平均水位2.84 m;新通扬运河平均水位1.30 m,历史最高水位3.29 m。本区内部河道正常水位3.0~3.5 m,历史最高水位5.49 m,低水位2.8 m,灌溉期内河最低设计水位2.8 m,城市生态环境最低水位2.8 m。六闸(三)站多年平均蒸发量930.3 mm,最大年蒸发量为1 106.2 mm(1968年),最小蒸发量为759.0 mm(1999年)。

本工程建设标准按1966年型(特殊干旱年,灌

溉保证率90%)设计,相应三江营平均潮位2.19 m,内河灌溉水位不低于2.8 m。

## 3 水量供需平衡分析

### 3.1 需水量分析

本区需水量主要包括农用灌溉需水量、生态环境需水量、河网水面蒸发量及区域通航需水量等几个方面<sup>[1]</sup>:

(1)灌溉期灌溉农田主要含水稻田1.62万hm<sup>2</sup>,棉花、大豆、蔬菜等旱地0.18万hm<sup>2</sup>。根据本区水稻田、旱作物以及苗木种植面积及灌溉制度或需水规律,进行1966年型灌溉期逐日需水计算得出农业灌溉总需水量为1.4亿m<sup>3</sup>,最大日灌溉需水量约为417万m<sup>3</sup>。

(2)河道外生态环境用水主要为城镇生态环境用水。本区2030年绿地总面积约60.5 km<sup>2</sup>,按绿地环境用水定额0.1~0.2 L/(m<sup>2</sup>·d),计算出本区规划的绿地环境用水定额为0.92万m<sup>3</sup>/d。灌溉期本区绿地环境总需水量约为112万m<sup>3</sup>。

(3)河道内生态环境需水量主要是用来维持河流生态水位,保证水体有序流动。在不从河流取水的情况下,由于水面蒸发,河流水位依然会不断下降,为了维持生态水位,需要补充水量,以规划水面积的水面蒸发量与降水量之差为河道内生态环境需水量。本区常水位3.0 m时河网水面积约37.4 km<sup>2</sup>。据江都六闸站1966年逐日蒸发量观测资料,估算该区1966年型灌溉期逐日河网水面蒸发量,平均每天蒸发13.3万m<sup>3</sup>,日最大蒸发量为31.2万m<sup>3</sup>,灌溉期河网水面总蒸发量约1 618万m<sup>3</sup>。

(4)该区内部航道仅有红旗河1条,从长江至通扬运河口,航道里程约20.36 km,规划为5级航道,最高、最低通航水位分别为3.5 m和1.4 m。通航需水量主要考虑红旗河航道入江口的通江闸以及入通扬运河的塘头套闸的通航用水。根据内外河水位差、开放闸次及闸室规模,估算得出红旗河通航船闸需水量为3.14万~5.72万m<sup>3</sup>/d,灌溉期通航总需水量约为508万m<sup>3</sup>。

### 3.2 供水量分析

本区供水量主要考虑本地降水量、自引江水量、灌溉回归水利用量等几个方面<sup>[3-4]</sup>。

(1)本地降雨可利用,按1966年型逐日降水量,本地灌溉期总降水量约1 764.6万m<sup>3</sup>,其中泡田期降水量仅27.7万m<sup>3</sup>。

(2)特殊干旱年份,通南高沙土区灌溉用水主

要立足于长江水源补给,现状主要通过沿江的通江闸、河口闸、九龙闸、姚港闸等涵闸,最大引水能力约达  $289 \text{ m}^3/\text{s}$ 。统计 1966 年灌溉期逐日平均潮位,按内河灌溉水位  $2.8 \text{ m}$ ,根据逐日水位差计算该区逐日引江水量。其中引潮系数取  $0.21$ 。按计算结果统计,1966 年型灌溉期  $122 \text{ d}$  中仅  $21 \text{ d}$  可自引江水,本区灌溉期总自引江水量约  $5\,085 \text{ 万 m}^3$ 。

(3) 农业灌溉水在输水过程中有部分水量渗入地下,在一定条件下可回归河道再利用。根据水资源规划相关资料,本区灌溉回归水利用系数取  $0.18$ ,根据逐日的灌溉水量计算灌溉回归水量,灌溉期回归水利用总量约  $2\,446.4 \text{ 万 m}^3$ 。

### 3.3 供需平衡分析

本区灌溉期河网水位控制在  $2.8\sim 3.5 \text{ m}$ ,为保证汛期排水安全,当水位超过  $3.5 \text{ m}$  时就弃水,水位低于灌溉水位  $2.8 \text{ m}$  就提水补充。假设不同补水规模进行逐日水量平衡调蓄计算,灌溉期补水规模  $236.5 \text{ 万 m}^3/\text{d}$  比较合适。按补水泵站每天运行  $22 \text{ h}$ ,则 1966 年型需补水泵站规模  $29.8 \text{ m}^3/\text{s}$ 。

## 4 工程总体布局

按照泵站补水  $29.8 \text{ m}^3/\text{s}$  设计,现状灌溉补水能力仅  $18.0 \text{ m}^3/\text{s}$ ,尚缺  $11.8 \text{ m}^3/\text{s}$ ,亟须增加提水动力以保障灌溉高峰期水源。根据《江苏省苏中沿江地区水利治理规划(2016—2030)》《扬州市苏中沿江地区水利治理规划》以及《扬州市通南地区暨通北高地西片水利综合规划》等相关规划的“西引、北引南排”供排水总布局,规划改建建乐闸站(即原扒扒桥闸站)和新建砖桥闸站。建乐闸站选址位于西北片高地、城市建成区内,能更好地兼顾城市生态基流,保障城市水体有序流动,同时又不影响灌溉高峰期农业用水需求;砖桥闸站选址位于城郊结合部,属于城市建成区外边缘、生态农业用地区内,该选址不仅有利于补水河道扩大和建设用地利用,还有利于农业灌溉、城市生态补水。通过改建建乐闸站( $9.8 \text{ m}^3/\text{s}$ )和新建砖桥闸站( $4.0 \text{ m}^3/\text{s}$ ),保留现状九龙闸站( $6.0 \text{ m}^3/\text{s}$ )、通江西泵站( $10.0 \text{ m}^3/\text{s}$ ),以提高泵站总补水规模至  $29.8 \text{ m}^3/\text{s}$ ,以满足 1966 年型灌溉高峰期不能自引时的用水需求。

## 5 生态流量模拟计算

### 5.1 基本原理

采用 MIKE11 模型中的水动力学模型(HD model),从流速变化、水量交换等多角度,对引水泵站规划

规模下的引水效果进行了定量分析<sup>[5-6]</sup>。MIKE11(HD)模型的微分方程为一维明渠非恒定流方程,即圣维南(Saint—Venant)方程:

$$\frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial S} = q \quad (1)$$

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial(Q^2/A)}{\partial S} = -gA \frac{\partial h}{\partial S} - gA \frac{Q^2}{K^2} \quad (2)$$

式中: $S$ 为空间坐标; $t$ 为时间坐标; $A$ 为河道过水断面面积; $Q$ 为断面流量; $q$ 为旁侧入流; $h$ 为水位; $g$ 为重力加速度; $K$ 为流量模数,由谢才公式计算。

MIKE11(HD)模型采用明渠不稳定流隐式格式有限差分解,其差分格式采用了六点中心隐式差分格式(Abbott 格式),数值计算采用传统的“追赶法”,即“双扫”算法。

### 5.2 河网概化

河网概化的原则为概化后的河网与实际河网水利特性等效。模型考虑了河网骨干河道及多种形式的闸、泵、堰、阻水桥梁等实际存在的各种因素,选用了《江都区城市防洪规划》中相关河道规划断面资料,计算出在各种水利条件下,河道特征断面水位和流量的过程。边界条件采用引水流量结合建乐闸站、九龙闸站、砖桥闸站规模(共计  $19.8 \text{ m}^3/\text{s}$ ),河道糙率均采用  $0.026$ 。

### 5.3 河道断面

MIKE11(HD)模型在运算时将断面数据的所在位置作为水位计算点,然后水位计算点之间内插桩号作为流量计算点,为了达到工程的预期目标,在特殊位置加密断面数据以作控制。河道参数详见表 1。

### 5.4 模型结果分析

西北片建成区不能自引时,由拟建的建乐闸站和砖桥闸站及现状的九龙闸站抽引芒稻河或新通扬运河水源,先由灰粪港、向阳河向东汇入红旗河,再由红旗河及其通江口门通江闸排入长江,其中,灰粪港生态基流流速为  $0.1\sim 0.22 \text{ m/s}$ ,向阳河流速为  $0.1\sim 0.12 \text{ m/s}$ ,砖桥河流速为  $0.1\sim 0.22 \text{ m/s}$ ,骨干河道均能满足生态基流流速  $0.1 \text{ m/s}$  的要求,能够有效保障城市水体有序流动。

## 6 结 语

江都通南高沙土区引水工程是江都城区水资源综合治理的一个重要组成部分,工程通过泵站改扩建工程,完善“西引、北引”灌溉补水总体布局,同时,结合区域内部已经形成的水网对通南西片进行

表1 河道规划参数汇总

序号	河道名称	区内起讫	底高程/m	底宽/m	边坡系数	河口宽/m
1	灰粪港	扒扒桥闸—砖桥河	0.0	5.0	驳岸-3.0	26~32.5
2	向阳河	九龙闸—曹王河	0.0	10.0	3.0	49
3	砖桥河	新通扬运河—正谊河	0.0	5.0	2.5	35
4	王港河	团结河—向阳河	0.0	5.0	3.0	40
5	姚港河	向阳河—薛家河	0.0	5.0	3.0	44
		薛家河—勤安河	-0.5	8.0	3.0	50
		勤安河—姚港闸	-1.0	10.0	3.0	55
6	梅家河	梅家闸—张纲河	0.5	2.0	2.5	27
7	正谊河	张纲河—王港河	0.5	3.0	驳岸	20
		王港河—曹王河	0.5	3.0	2.5	28~36
8	建乐河	建乐闸—灰粪港	2.0	6.0	驳岸	18~20
9	团结河	张纲河—砖桥河	0.0	3.0	驳岸-2.5	32~35
10	中心河	刘直河—砖桥河	0.0	5.0	驳岸	20~27
11	张纲河	团结河—灰粪港	1.0	2.0	驳岸-3.0	24.5~38
		灰粪港—向阳河	0.0	5.0	3.0	30~38
12	刘直河	团结河—灰粪港	0.5	3.0	驳岸	20
13	曹王河	正谊河—向阳河	0.5	2.5	2.5	35

生态基流引水,保证河道水流的有序流动,从而进一步提升区域灌溉引水能力、生态补水能力,实现引水的有序调配、统一管理。下一阶段,将通过建设调度中心,开展智慧水利建设等措施,实现区域水工建筑物的高效管理,科学调度。

#### 参考文献:

- [1] 罗文坤. 河网连通工程排涝泵站提升规划整治[J]. 水利科学与寒区工程,2023,6(8):112-115.
- [2] 刘兴华. 基于河网区域排涝泵站布局规划探析[J]. 水利规划与设计,2017(1):27-29,38.
- [3] 余梦. 长江中下游圩区联排泵站规模论证[J]. 陕西水利,2023(7):66-67,72.
- [4] 杨万红,曹命,程建华. 基于水动力河网模型的引江泵站规模论证研究[J]. 人民长江,2018,49(3):67-71,106.
- [5] 高嵩,金勇,钱军,等. 基于一维河网水动力水质模型的引水泵站规模论证研究[J]. 水利技术监督,2020(5):177-180.