

# 南水北调金湖站抽调水 对宝应湖围网养殖区水动力的影响分析

卞新盛<sup>1</sup>, 吴牧天<sup>2</sup>, 王晓森<sup>1</sup>, 周晨露<sup>1</sup>

(1. 南水北调东线江苏水源有限责任公司, 江苏 南京 210029; 2. 江苏省水利勘测设计研究院有限公司, 江苏 扬州 225127)

**摘要:**为研究南水北调金湖站抽调水对宝应湖围网养殖区水动力的影响,通过利用 MIKE21 软件构建金湖站站下水域二维水动力模型,设立了设计工况、正常运行工况及多种对比工况,分析站下水域在不同抽水规模、不同初始水位条件下的流速变化情况。通过分析模拟结果可得,抽水引起围网区出现瞬时流速峰值。其中,靠近泵站的围网区口门处流速峰值最大,且抽水规模越大,初始水位越低,围网区瞬时流速峰值越大;通过模拟优化后的泵站运行方案,得出分段开机抽水可有效削弱围网区流速激增的现象。

**关键词:**南水北调; 水动力; 数值模拟; 金湖泵站

中图分类号:TV431

文献标识码:B

文章编号:1007-7839(2022)10-0018-0005

## Analysis of the impact of water pumping from Jinhu Pumping Station of South-to-North Water Diversion on the hydrodynamics of the purse seine aquaculture area in Baoying Lake

BIAN Xinsheng<sup>1</sup>, WU Mutian<sup>2</sup>, WANG Xiaosen<sup>1</sup>, ZHOU Chenlu<sup>1</sup>

(1. The Eastern Route of South-to-North Water Diversion Jiangsu Water Resource Co., Ltd., Nanjing 210029, China;

2. Jiangsu Surveying and Design Institute of Water Resources Co., Ltd., Yangzhou 225127, China)

**Abstract:** In order to study the impact of water pumping from Jinhu Station of the South-to-North Water Diversion Project on the hydrodynamics of the purse seine aquaculture area in Baoying Lake, a two-dimensional hydrodynamic model of the water area downstream of Jinhu Station was made by using MIKE21 software. The downstream area of the station was analyzed under various operation schemes with different pumping scales and different initial water levels. By comparing the simulation results, it can be obtained that pumping caused instantaneous flow velocity peaks in the purse seine aquaculture area. Among them, the peak flow velocity at the entrance of the purse seine area close to the pumping station is the largest, and the instantaneous flow velocity peak in the purse seine area is larger when the pumping scale is larger or the initial water level is lower. By simulating the optimized pumping station operation scheme, it can be obtained that turning on the pumping machines at regular intervals instead of turning on all at the same time can effectively weaken the rapid increase in flow velocity in the fence area.

**Key words:** South-to-North water diversion project; hydrodynamic; numerical simulation; Jinhu Pumping Station

收稿日期: 2022-02-10

作者简介: 卞新盛(1987—), 男, 高级工程师, 硕士, 主要从事调水工程调度及水量计量工作。Email: 100245926@qq.com



模型采用非结构三角网格划分研究区,三角网格能较好的拟合研究区水陆边界,且能随意调整网格密度和网格大小。由最新地形勘测资料得到研究区水陆边界线数据以及水深数据,然后将水陆边界线数据导入网格生成器 Mesh Generator 生成研究区网格并设置模型开边界,模型网格数为 47 190 个,三角网格的边长在 10 m 之内。然后将水深数据导入网格中并插值生成研究区地形图,如图 1 所示。

### 2.2.2 水动力模型计算条件的设置

MIKE21 水动力模型需要设置的计算条件包括:模拟时间与时间步长、地形、克朗值、干湿边界、涡黏系数、边界条件以及初始条件等。

模拟时间与时间步长:水动力模型的模拟时间为 120 min。模拟时间步长为 120 s,时间步数为 100 步。

克朗值:网格分辨率、水深和时间步长决定了模型设置中的克朗值。克朗值在小于 1 的情况下模型才能正常运行,所以为了保证模型运行的稳定性将克朗值设置为 0.8。

干湿边界:干湿水深是用来判断单元网格是否参与到模型的计算中来。在该模型中干水深为 0.001 m,淹没水深为 0.05 m,湿水深为 0.1 m。

底床摩擦力:选用曼宁系数,取值 0.024<sup>[6]</sup>。

其他没有设置的参数采用默认值。

### 2.3 水动力模型验证

利用 MIKE 21FM 水动力学模型对站下水域进行模拟,将断面流量结果输出。实测断面选择分别位于金宝航道与宝应湖湖区连接区域的口门处及金宝航道内(观测断面位置见图 1)。两实测断面便于监测出入湖区流量及出入航道流量,实测流量数据具有代表性,可用于验证模型。于 2019 年 1 月 5—7 日对观测断面进行流量监测,测量过程中洪泽站金湖站均保持抽水流量 90 m<sup>3</sup>/s。将站下水域的实测断面流量与模拟断面流量进行比较验证,结果如表 1 所示。由表 1 可以看出,模拟结果与实际结果相比,相对误差在 2.07% 以内,绝对误差在 1.24 m<sup>3</sup>/s 范围内。总体而言,模拟的效果好,模拟误差控制在模型计算要求的范围内。

## 3 抽水对站下水域水动力影响分析

### 3.1 工况设计

通过对实际调水情况的分析,根据泵站设计参数及南水北调调度管理部门提供的信息可知:

表 1 模型验证结果

断面编号	实测流量/ (m <sup>3</sup> ·s <sup>-1</sup> )	模拟结果流量/ (m <sup>3</sup> ·s <sup>-1</sup> )	绝对误差/ (m <sup>3</sup> ·s <sup>-1</sup> )	相对误差/ %
CS1	21.24	21.2492	0.0092	0.04
CS2	59.84	58.5973	1.2427	2.08

(1)金宝航道来水流量与金湖泵站抽水外泄流量差值小<sup>[7-10]</sup>;

(2)金湖泵站设计抽水流量为 150 m<sup>3</sup>·s<sup>-1</sup>,调水期平均流量为 90 m<sup>3</sup>·s<sup>-1</sup>;设计站下水位 5.45 m,调水期站下平均水位为 6 m<sup>[7-10]</sup>。

因此,基于不同的运行调度方案下设置工况。其中正常运行工况下的初始水位取调水期间的泵站站下平均水位 6 m,取调水期平均流量作为边界流量;设计工况下的初始水位取金湖站设计站下水位,边界流量取泵站设计流量。另外设立工况二、三用作分析泵站抽水规模对水动力的影响,设立工况五、六用作分析初始水位对水动力的影响。

表 2 各计算工况方案边界条件及初始水位条件

工况	初始水位/m	左边界流量/ (m <sup>3</sup> ·s <sup>-1</sup> )	右边界流量/ (m <sup>3</sup> ·s <sup>-1</sup> )
一(正常运行)	6.0	-90	90
二	6.0	-100	100
三	6.0	-150	150
四(设计)	5.45	-150	150
五	5.7	-150	150
六	6.0	-150	150

### 3.2 结果分析

在围网养殖区设立 5 个观测点。观测点 T1 ~ T5 位置分布如图 2 所示。

#### 3.2.1 湖区流速分布

通过分析设计工况下流态变化及流速分布情况可得:金湖站开始抽水,站下水位下降,8 min 后,宝应湖湖区口门处水位在此影响下同样开始下降(图 2(a)),导致湖区内出现涌向口门处的水流;抽水引起的水流在短时间内加速到达峰值,而后逐渐减速至稳定状态。峰值流速维持时间极短,可视瞬时流速(图 2(b))。

通过对比所有测点的流速曲线图可知,T1 点位于宝应湖区口门处,此处受抽水影响最大,由泵站抽水引起的瞬时流速峰值也最大,其余测点与泵站

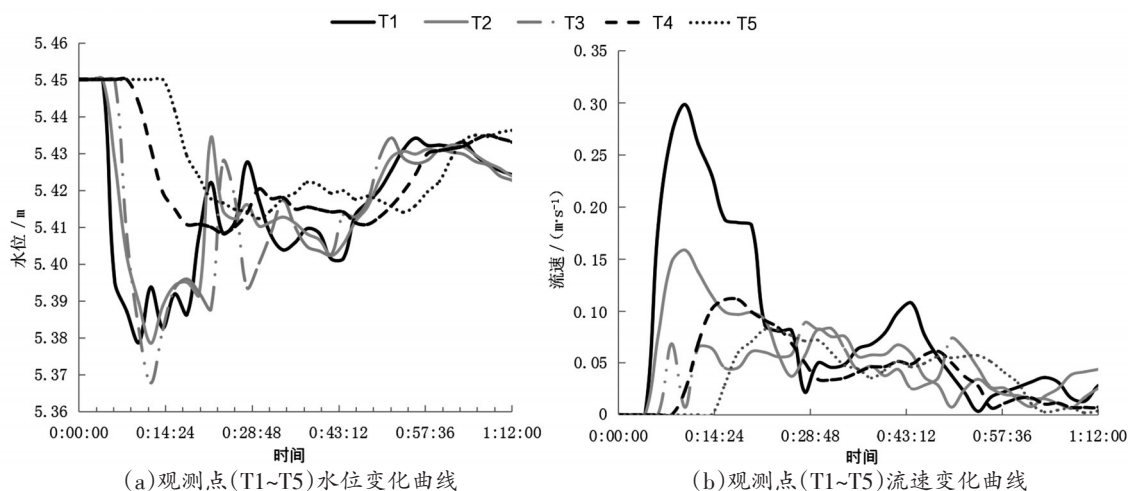


图2 T1~T5水位及流速变化曲线

距离越远,由泵站抽水引起的瞬时流速峰值也越小。因此T1点流速变化情况在研究围网区流速变化时具有代表性。

### 3.2.2 金湖泵站抽水规模影响

对比工况一、二、三可知(图3),在泵站开始抽水8 min后,观测点位置出现瞬时流速峰值。且金湖站抽水规模越大,抽水导致的湖区内的瞬时最大流速也越大。当抽水规模达到 $150 \text{ m}^3/\text{s}$ 、 $100 \text{ m}^3/\text{s}$ 、 $90 \text{ m}^3/\text{s}$ ,抽水导致湖区观测点流速最大可达 $0.201 \text{ m/s}$ 、 $0.142 \text{ m/s}$ 、 $0.130 \text{ m/s}$ 。宝应湖湖区口门处,即与金宝航道连接区域过流较通畅,在金湖站以设计抽水量运行工况下,出现明显的局部流速增加现象。

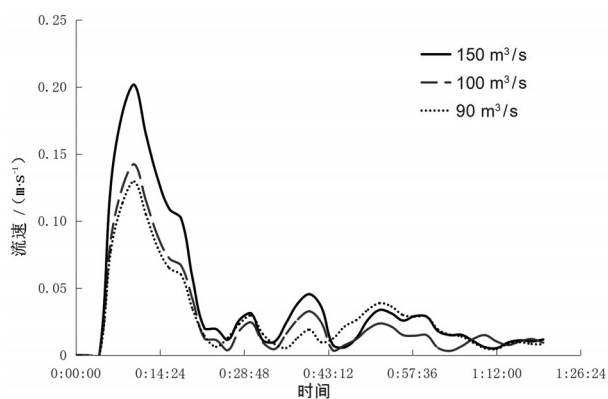


图3 不同抽水规模下T1流速变化曲线

### 3.2.2 初始水位影响

对比工况三、四、五可知(图4),初始水位越低,抽水导致湖区内的流速增加也越大;当初始水位为 $5.45 \text{ m}$ 、 $5.7 \text{ m}$ 、 $6.0 \text{ m}$ 时,抽水导致湖区观测点流速最大可达 $0.300 \text{ m/s}$ 、 $0.241 \text{ m/s}$ 、 $0.201 \text{ m/s}$ 。

通过对比模拟结果可知,金湖泵站抽水导致宝应湖围网养殖区内流速增大,出现瞬时流速峰值,

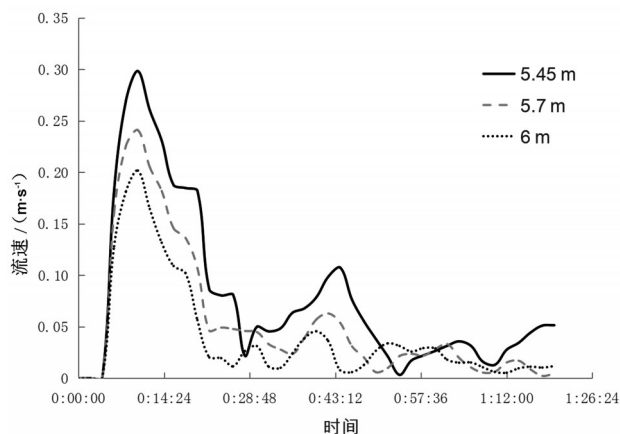


图4 不同初始水位T1流速变化曲线

威胁养殖区内的设备安全。临近泵站的围网区口门处流速增大现象最明显。抽水规模越大,站下水位越低,抽水引起的瞬时流速峰值也越大。各工况模拟的瞬时流速峰值见表3。

表3 不同工况下观测点瞬时流速峰值统计

工况	观测点最大流速/( $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ )
一(正常运行)	0.130
二	0.142
三	0.201
四(设计)	0.300
五	0.241

## 4 应对措施

站下水域包含围网养殖区、船闸引航道及金宝航道,承担了渔业养殖、航运等重要功能。采取工程措施影响站下水域发挥其功能,且成本高,设计



施工难度大,因此,宜采取非工程措施,通过调度达到削弱围网区瞬时流速峰值的目的。

针对大流量抽水,拟采取分段开机的运行方案,每台机组设计抽水流量  $37.5 \text{ m}^3/\text{s}$ ,每 30 min 加开 1 台机组,模型模拟起始后 90 min 抽水流量达  $150 \text{ m}^3/\text{s}$ 。具体边界及水位边界条件见表 4。

表 4 优化方案水位及边界条件设置

初始 水位/m	左边界流量/ ( $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ )	右边界流量/ ( $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ )
5.45	-37.5→-75→-112.5→-150	37.5→75→112.5→150

对比两种工况可知,当采取分段开机的调度方案,可有效减小因抽水引起的瞬时流速峰值(图 5)。优化方案按照间隔 30 min 增加 1 台机组运行的方案运行,2 h 后抽水规模达到  $150 \text{ m}^3/\text{s}$ ,期间最大的瞬时流速为  $0.086 \text{ m}^3/\text{s}$ ,该最大流速远小于工况一(一次性启动 4 台机组)下的最大瞬时流速  $0.300 \text{ m}^3/\text{s}$ 。由此可说明分段开机可有效降低大流量抽水导致的围网区瞬时流速峰值,保证围网区内养殖设备的安全。

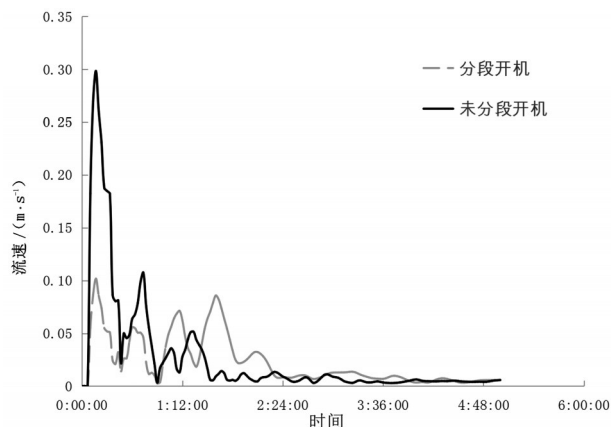


图 5 优化方案 T1 点流速变化曲线

针对抽水时站下水域水位过低造成围网区流速过大的情况,拟建议当地主管部门在调度时考虑水位影响,尽可能避免在过低水位条件下大流量调水。

## 5 结 语

本文基于 MIKE21FM 模型建立了金湖站站下水域的二维水动力数值模型,对特定的断面流量进行了验证分析。模拟结果表明,水动力模拟结果较好,误差在计算要求的范围内。并对模型进行了检验,验证结果较好。在验证结果较好的基础上,分多种工况进行模拟分析,在采用不同的运行调度方案下泵站抽水对站下水域水动力的影响,得出结论如下:

(1)金湖站抽水引起宝应湖围网养殖区内流速增加,临近泵站的湖区口门处流速增加现象最明显。

(2)金湖站抽水规模越大,初始水位越低,抽水导致湖区内的瞬时最大流速也越大。

(3)采用分段开机抽水方案可有效减小因抽水引起的瞬时峰值流速。

### 参考文献:

- [1] 黄红虎,谢伟东,张娟. 南水北调东线工程简介[J]. 能源研究与利用,2004(4):3-5.
- [2] 杨登俊,陈斌,张军,等. 浅谈南水北调金湖站、洪泽站建成后宝应湖地区排涝能力的改变[J]. 江苏水利,2007(11):30-31.
- [3] 钟开伟,邹燕. 淮河入江水道金湖段阻洪障碍及对策[J]. 江苏水利,2004(9):30-31.
- [4] 钱程,薛亚锋,于正广,等. 南水北调东线一期金宝航道工程输水线路方案研究[J]. 治淮,2015(7):22-23.
- [5] Danish Hydraulic Institute (DHI). MIKE21 Flow Model: Hydrodynamic Module Scientific Documentation [M]. Denmark: Danish Hydraulic Institute, 2007.
- [6] 梁云,殷峻暹,祝雪萍,等. MIKE21 水动力学模型在洪泽湖水位模拟中的应用[J]. 水电能源科学,2013,31(1):135-137,99.
- [7] 杨文洲,陆美凝,余敏. 南水北调东线一期金湖泵站流量系数率定分析[J]. 江苏水利,2015(9):24-25.
- [8] 郝晓珍. 南水北调东线金湖站站优化运行方法研究[D]. 扬州:扬州大学,2014.
- [9] 杨登俊,陈斌,张军,等. 浅谈南水北调金湖与洪泽站建成后宝应湖地区防汛排涝能力的改变[J]. 中国防汛抗旱,2007(6):37-41.
- [10] 黄海田,冯晓莉,谢伟东,等. 南水北调东线江苏境内泵站工程规划设计的优化[J]. 排灌机械,2005(5):23-26.