

# 污水处理厂尾水排放对圩区河道 水环境影响预测

胡琦玉<sup>1</sup>, 孙志鹏<sup>1</sup>, 陆义媛<sup>2</sup>

(1. 南大环境规划设计研究院(江苏)有限公司, 江苏 南京 210093;  
2. 南京大学环境规划设计研究院股份公司, 江苏 南京 210093)

**摘要:**以芜湖市长江沿线鲁港圩区内污水处理厂尾水排放为例,充分考虑圩区内水利工程的调度规则、受纳水体的环境保护目标、污水处理厂运行工况等因素制定预测方案,分别采用一维稳态数学模型和二维水量水质数学模型对内河和外河的影响进行预测,根据预测结果提出了对受纳水体影响最小的排放方案,为决策部门提供了科学依据。

**关键词:**圩区河道;尾水排放;预测方案;数学模型;排放方案

中图分类号:X820

文献标识码:B

文章编号:1007-7839(2021)02-0019-07

## Prediction of effect of tailwater discharge from sewage treatment plant on river water environment in polder area

HU Qiyu<sup>1</sup>, SUN Zhipeng<sup>1</sup>, LU Yiyuan<sup>2</sup>

(1. Nanda Environmental Planning and Design Research Institute (Jiangsu) Co., Ltd., Nanjing 210093, China; 2. Institute of Environmental Planning and Design, Nanjing University, Nanjing 210093, China)

**Abstract:** Taking the tailwater discharge of sewage treatment plant in Lugang polder area along the Yangtze River in Wuhu City as an example, the prediction scheme was formulated with full consideration of the dispatching rules of water conservancy projects in polder area, the environmental protection objectives of receiving water bodies and the operating conditions of sewage treatment plants. One - dimensional steady - state mathematical model and two - dimensional water quantity and quality mathematical model were used to predict the influence of inland and external rivers. According to the prediction results, the discharge scheme with the least influence on receiving water bodies was proposed, which could provide a scientific basis for decision - making departments.

**Key words:** river in polder area; tailwater discharge; forecasting scheme; mathematical model; discharge plan

芜湖—马鞍山段沿江片区属于典型的平原河网地区,圩区河道内受到圩堤、闸坝的调控,外受长江的影响。在不同的调度方式下,污水处理厂尾水排放对受纳水体的影响也不相同,在开展污水处理厂建设工程事前,采用合理的方法预测新上项目排水对受纳水体的影响,并制定合理的排放方案,对于保护长江水环境具有重要意义。

对排放废水类建设项目布局优化多基于水环境影响模拟预测,在最初发展阶段,研究主要聚焦于基于统计数据的数学模型,S-P模型在水体质量模拟历史上具有开创性地位<sup>[1]</sup>,在此模型基础上发展了大量的早期模型。随着计算机技术的发展,水质模拟相关的软件从20世纪70年代之后被大量使用,1970年开创性提出的QUAL模型<sup>[2]</sup>被改进并发

收稿日期:2020-10-13

作者简介:胡琦玉(1990—),女,工程师,硕士,研究方向为水资源规划与保护。E-mail:836733515@qq.com

展了该系列的、适用于不同情景下的模型。依托于圣维南方程<sup>[3]</sup>的 MIKE11 模型的出现标志着地表水质模拟进入了新的阶段,该模型是由丹麦水利研究院 DHI 在 1970 年提出<sup>[4-5]</sup>,近年来在国内水体污染模拟和水污染治理方面有大量的应用。

此外,对于圩区和平原区河网的水文和水质问题,近年来也有不少学者进行了研究。姚琪等<sup>[6-10]</sup>从区域的层面上对平原河网区域内部水污染物的迁移扩散进行了模拟,并从宏观层面上提出了水污染治理的思路。

实际上,圩区水系最终均将汇入外部水系,且汇入处基本均受水利工程控制,因此,除了研究建设项目对圩区内部的影响之外,还应综合考虑项目建成之后片区排水对外部受纳水体的影响。本文以安徽芜湖城南污水处理厂扩建工程为例,依托前人水环境数学模型的研究成果进行水质模拟,统筹考虑了污水处理厂尾水排放对圩内水系漳河和外部水系长江的影响,并提出了结论意见,为决策部门提供了技术支撑。

## 1 研究案例概况

### 1.1 污水处理厂概况

本次研究的污水处理厂现状处理能力为  $10 \text{ 万 m}^3/\text{d}$ ,尾水执行《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB18918—2002)一级 A 标准,主要污染物质量浓度为  $\rho(\text{COD}) \leq 50 \text{ mg/L}$ 、 $\rho(\text{NH}_3\text{-N}) \leq 5 \text{ mg/L}$ 、 $\rho(\text{TP}) \leq 0.5 \text{ mg/L}$ ;拟扩建至  $20 \text{ 万 m}^3/\text{d}$ ,同时开展尾水提标改造,提标后尾水执行标准优于一级 A,主要污染物质量浓度为: $\rho(\text{COD}) \leq 30 \text{ mg/L}$ 、 $\rho(\text{NH}_3\text{-N}) \leq 2 \text{ mg/L}$ 、 $\rho(\text{TP}) \leq 0.4 \text{ mg/L}$ 。

污水处理厂尾水经厂区北侧漕港排水渠明渠排出,进入麻风圩内部水系,最终由漕港排灌站和麻浦桥排灌站排入漳河后最终进入长江。

### 1.2 水系及水利调度情况

(1)圩内水系圩内水系主要是天子港、漕港镇水系及高新区水系等,均为小型河道,现状圩内水系主要收集雨水及临近居民和企业的生活工业废水,雨污合流后通过圩内漕港排灌站和麻浦桥排灌站排放进入漳河,漕港排灌站排涝规模为  $6.0 \text{ m}^3/\text{s}$ ,麻浦桥排灌站排涝规模为  $8.0 \text{ m}^3/\text{s}$ 。圩内水系现状水质较差,长期处于劣 V 类水平。

(2)漳河。漳河纵贯南陵县境,下游为南陵县与繁昌县的界河。自南向北,至漕港入长江。全长  $115 \text{ km}$ ,流域面积  $1360 \text{ km}^2$ 。漳河入江口处建有漕

港闸,漕港闸共 14 孔,单孔净宽  $11.8 \text{ m}$ ,总净宽  $165.2 \text{ m}$ 。设计流量  $3600 \text{ m}^3/\text{s}$ ,校核流量  $4800 \text{ m}^3/\text{s}$ 。漕港闸正常蓄水位  $8.5 \text{ m}$ 。闸门调度规则为:洪水期漕港闸全部开启;非洪水期漕港闸与上游十甲任闸联合进行兴利调度,外江水位高于  $8.5 \text{ m}$  时,漕港闸全开,外江水位低于  $8.5 \text{ m}$  且外江水位低于内河水位时,漕港闸和十甲任闸控制下泄流量,直至漕港闸上水位为  $9 \text{ m}$ ;控制运用使得漕港闸上水位  $8.5 \sim 9 \text{ m}$ 。漕港闸上水位低于  $8.5 \text{ m}$  时,漕港闸及十甲任闸除满足下游河道的其他需求外,不在增加下泄量。正常情况下,漳河流向为自北向南入江,在漕港闸和十甲任闸均长期关闭时,会存在一定的往复流。漳河水质相对较好,可维持在 III 类水平。

(3)长江。长江芜湖河段上起繁昌县三山河口(头棚),下迄芜湖市东西梁山,河道全长  $49.8 \text{ km}$ ,河道走向在大拐处为  $90^\circ$  转弯,以上为东西向,以下为南北向。工程位置处下游弋矶山设有芜湖水(潮)位站,上游设有大通水文站,是长江下游最后一个径流、泥沙控制站。据统计,大通站多年平均径流量为  $8980 \text{ 亿 m}^3$ ,实测历年最大流量为  $92600 \text{ m}^3/\text{s}$ (1954 年 8 月 1 日),历年最小流量为  $4620 \text{ m}^3/\text{s}$ (1979 年 1 月 31 日),多年平均流量  $28600 \text{ m}^3/\text{s}$ 。长江段水质较好,可维持在 II ~ III 类水平。

### 1.3 水环境保护目标概况

本次研究案例涉及的水环境保护目标包括长江、漕港桥(国控断面,位于漕港闸闸上)、芜湖市四水厂饮用水源地各级保护区、芜湖市一水厂饮用水源地各级保护区、芜湖市二水厂饮用水源地各级保护区、芜湖市备用水源地各级保护。污水处理厂、水系及水环境保护目标分布见图 1。

## 2 水环境数学模型构建

尾水排放可能造成水质影响范围为圩区水系、漳河和长江。采用河流一维模型预测排水对圩区水系和漳河的影响,采用长江二维非稳态水量水质数学模型预测排水对长江的影响。

### 2.1 一维稳态模型

预测公式为

$$\rho_x = \rho_0 \exp\left(-K \frac{x}{u}\right) \quad (1)$$

$$\rho_0 = (\rho_p \cdot Q_p + \rho_h \cdot Q_h) / (Q_p + Q_h) \quad (2)$$



图1 污水处理厂及区域水系概况图

式中:  $\rho_x$  为流经  $x$  距离后污染物质量浓度, mg/L;  $\rho_0$  为初始断面的污染物质量浓度, mg/L;  $x$  为沿河段的纵向距离, m;  $u$  为设计流量下河道断面的平均流速, m/s;  $\rho_p$  为排放废水中污染物的质量浓度, mg/L;  $\rho_h$  为上游来水污染物的质量浓度, mg/L;  $Q_p$  为污水排放量,  $\text{m}^3/\text{s}$ ;  $Q_h$  为河流上游来水流量,  $\text{m}^3/\text{s}$ 。

## 2.2 长江二维非稳态水量水质数学模型

### 2.2.1 水量模型基本方程及求解方法

#### (1) 水量模型基本方程

对于水平尺度远大于垂直尺度的情况, 由于水深、流速等水力参数沿垂直方向的变化比沿水平方向的变化要小, 因此, 将三维流动的控制方程沿水深积分, 并取水深平均, 可得到沿水深平均的二维浅水流动质量和动量守恒控制方程组。其连续性方程、 $x$  和  $y$  方向动量方程, 可分别表示为

$$\frac{\partial \zeta}{\partial t} + \frac{\partial p}{\partial x} + \frac{\partial q}{\partial y} = \frac{\partial h}{\partial t} \quad (3)$$

$$\frac{\partial p}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left( \frac{p^2}{H} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( \frac{pq}{H} \right) + gH \frac{\partial \zeta}{\partial x} + \frac{gp}{C^2 H^2} -$$

$$\frac{1}{\rho} \left[ \frac{\partial}{\partial x} (H\tau_{xx}) + \frac{\partial}{\partial y} (H\tau_{xy}) \right] - fq - f_w |W| W_x = 0 \quad (4)$$

$$\frac{\partial q}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial y} \left( \frac{q^2}{H} \right) + \frac{\partial}{\partial x} \left( \frac{pq}{H} \right) + gH \frac{\partial \zeta}{\partial y} + \frac{gq}{C^2 H^2} \sqrt{p^2 + q^2} -$$

$$\frac{1}{\rho} \left[ \frac{\partial}{\partial y} (H\tau_{yy}) + \frac{\partial}{\partial x} (H\tau_{xy}) \right] - fq - f_w |W| W_y = 0 \quad (5)$$

式中:  $H$  为水深,  $H = h + \zeta$ ;  $\zeta$ 、 $h$  分别为水位和水深;  $p$ 、 $q$  分别为  $x$ 、 $y$  方向上的流通通量;  $c$  为谢才系数;  $g$  为重力加速度;  $f$  为科氏力系数;  $\rho$  为水的密度;  $W$ 、 $W_x$ 、 $W_y$  分别为风速及在  $x$ 、 $y$  方向上的分量;  $f_w$  为风阻力系数;  $\tau_{xx}$ 、 $\tau_{xy}$ 、 $\tau_{yy}$  为有效剪切力分量。

#### (2) 方程数值离散

采用隐式交替方向 (ADI) 技术对潮流模型质量和动量方程进行离散, 所得的矩阵方程用追赶法求解, 各微分项和重要系数均采用中心差分格式, 防止离散过程中可能发生的质量和动量失真及能量失真, Taylor 级数展开的截断误差可达到二阶至三阶精度。

### 2.2.2 水质模型基本方程及求解方法

#### (1) 水质模型基本方程

水质方程是以质量平衡方程为基础的。由于三维水质输移方程包涵很多不可确定的参数,在现有条件下,模型的验证存在困难,考虑到资料及模型计算工作量等因素,采用垂向平均的二维水质模型。二维水质输移方程为

$$\frac{\partial C_i}{\partial t} + U \frac{\partial C_i}{\partial x} + V \frac{\partial C_i}{\partial y} = \frac{\partial}{\partial x} \left( E_x \frac{\partial C_i}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( E_y \frac{\partial C_i}{\partial y} \right) + K_i C_i + S_i \quad (6)$$

式中:  $C_i$  为污染物浓度;  $u, v$  为  $x, y$  方向上的流速分量;  $E_x, E_y$  为  $x, y$  向上的扩散系数;  $K_i$  为污染物降解系数;  $S_i$  为污染物底泥释放项。

#### (2) 方程数值解

对每一时间步长的计算采用剖开算子法进行,具体分平流项、扩散项、源汇项对垂向二维水质模型进行求解。

### 2.2.3 计算区域网格划分及地形概化

根据 2013 年长江实测地形资料,对区域进行网格划分和地形概化,采用三角形网格进行划分,可有效贴合弯曲河道不规则岸线,其中网格边长约 60 ~ 180 m,共形成 16 446 个节点,32 892 个计算网格,同时利用水下地形数据对计算区域进行地形内插,见图 2。

### 2.3 设计水文条件及主要参数选取

#### 2.3.1 一维稳态模型设计水文条件及主要参数选取

漳河流域枯水期水深为 3.37 m。根据泵站历史运行调度资料统计,通过漕港站和麻浦桥站的排放量比约为 1:6.5。麻浦桥站排放时长约为 8 h,间歇时长约为 15 h。漕港站排放时长约为 6 h,间歇时长超过 15 h,非汛期基本处于关闭状态。

水质降解系数取用经验值,  $K_{\text{COD}} = 0.16 \text{ d}^{-1}$ ,  $K_{\text{NH}_3\text{-N}} = 0.1 \text{ d}^{-1}$ 。

#### 2.3.2 二维非稳态模型设计水文条件及主要参数选取

##### (1) 设计水文条件

收集长江大通水文站近 10 年月平均流量,采用频率分析法分析得到 50%、90% 保证率对应的流量分别为  $23\,900 \text{ m}^3/\text{s}$ 、 $7\,220 \text{ m}^3/\text{s}$ ,分别作为丰水期和枯水期的设计水文条件。

##### (2) 水动力模型参数选取

本次构建的模型糙率参数引用同类研究成果<sup>[11]</sup>,糙率系数取值范围为 0.017 ~ 0.028。

##### (3) 水质模型参数选取

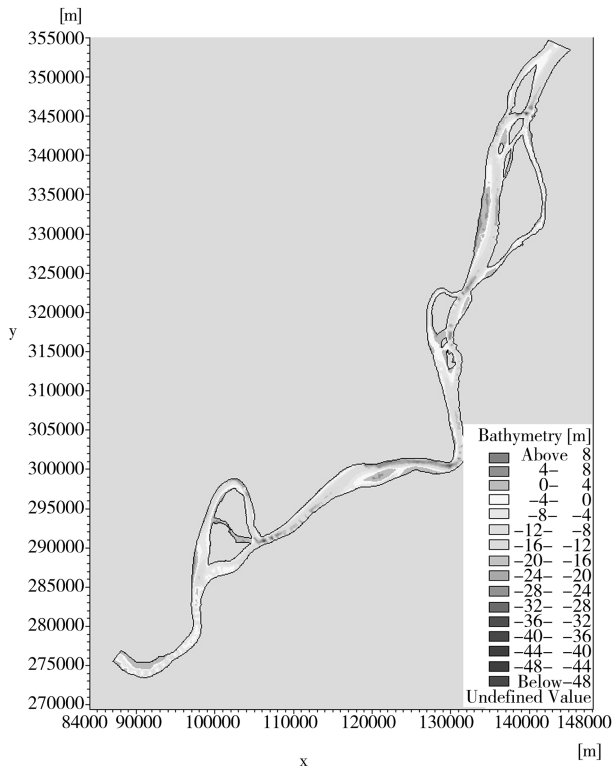


图 2 长江安徽芜湖、马鞍山段计算区域模型地形图

水质降解系数参考同类型研究成果<sup>[12]</sup>,长江安徽芜湖、马鞍山段  $K_{\text{COD}} = 0.2 \text{ d}^{-1}$ ,  $K_{\text{NH}_3\text{-N}} = 0.18 \text{ d}^{-1}$ 。

## 3 模型应用

### 3.1 预测方案及源强

考虑到漕港水系现状水质较差,长江和漳河上均有水环境敏感目标,为减轻对重要水体的影响,在现状自排方案的基础上制定机排方案,即在长江水质受到污染,需要启用漳河备用水源地时或者汛期圩区内排水压力较大时采用泵站将尾水直接排入长江。

#### 3.1.1 自排方案

主要影响时段为枯水期和平水期,主要受影响水体为圩内水系和漳河,由于经过提标改造之后,污水处理厂的出水水质优于圩内水系现状水质,因此不再对圩内水系进行单独分析。将整个圩内水系作为一个控制单元,以入漳河的两个泵站作为排水点。基于泵站现状调度规则,制定如下 2 个方案:

方案 1: 污水处理厂在现状排水量以及排水水质条件下,经现状圩内水系通过麻浦桥泵站、漕港泵站排放,分析在 90% 保证率下对漳河水环境的影响(对照方案);

方案 2: 污水处理厂提标改造扩建后满负荷正常运行,圩内水系经综合整治后水质达到 V 类水,



水系通过麻浦桥、漕港泵站排放,分析在 90% 保证率下对漳河水环境的影响;

根据《关于芜湖市城南污水处理厂二期扩建工程入河排污口设置》的批复(水审〔2019〕5 号),城南污水处理厂提标扩建过程中同步实施漕港水系等相关区域水环境综合整治措施,在 2020 年二期工程投入使用时,确保麻浦桥、漕港泵站前池水质不低于地表水 V 类水质标准。故可认为当圩内水系水质不低于地表水 V 类水质标准时,方可启动麻浦桥泵站和漕港泵站排放圩内水,故自排方案不考虑污水处理厂事故工况。具体方案详见表 1。

表 1 自排工况预测方案及排污口源强一览表

方案	排放工况	麻浦桥站流量/ ( $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ )	漕港站流量/ ( $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ )	$\rho(\text{COD})$ / ( $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ )	$\rho(\text{NH}_3\text{-N})$ / ( $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ )	备注
1	现状对照工况	8	6	67.1	3.1	麻浦桥站间歇排放,排放时长约为 8 h,间歇时长约为 15 h。漕港站间歇排放,排放时长约为 6 h,间歇时长超过 15 h,非汛期基本处于关闭状态
2	计算方案:圩内水系 经综合整治后水质 达到 V 类水	8	6	40	2	

3.1.2 机排方案

主要受影响时段为汛期(丰水期),但不排除非汛期漳河备用水源地启用期间,主要受影响水体为长江,分别分析汛期以及非汛期条件下城南污水处理厂尾水正常排放和事故排放对长江水环境的影响。方案详见表 2。

常运行,尾水机排入长江,污染物浓度为该厂设计进水水质浓度,分析在 90% 保证率设计水文条件下对长江水环境的影响;

方案 6:污水处理厂提标改造扩建后满负荷非正常运行,尾水机排入长江,污染物浓度为该厂设计进水水质浓度,分析在 90% 保证率设计水文条件下对长江水环境的影响。

3.2 预测结果

(1) 自排方案

根据相关要求,当圩内水系水质不低于地表水 V 类水质标准时,方可启动麻浦桥排涝站和漕港排

涝站排放圩内水。与对照方案相比,方案 2 对漳河的影响呈减弱状态,对漳河和长江水质具有改善作用,漳河上国控断面水质仍能达标。在漕港闸开启排水时段,排水不会对漳河上备用水源地产生不利影响,亦不会对长江干流各保护目标产生不利影响。但在特殊时段漕港闸关闭期间(防洪需要或长

表 2 机排方案预测方案及排污口源强一览

方案	水期	污水处理厂 运行工况	水量/ ( $\text{万 t} \cdot \text{d}^{-1}$ )	$\rho(\text{COD})$ / ( $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ )	$\rho(\text{NH}_3\text{-N})$ / ( $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ )	备注
3	丰水期	正常运行	20	30	2	尾水达标排放
4	丰水期	事故运行	20	300	30	尾水排放浓度为进厂浓度
5	枯水期	正常运行	20	30	2	尾水达标排放
6	枯水期	事故运行	20	300	30	尾水排放浓度为进厂浓度

方案 3:污水处理厂提标扩建后满负荷正常运行,尾水机排入长江,污染物浓度执行设计标准,分析在 50% 保证率下对长江水环境的影响;

方案 4:污水处理厂提标改造扩建后满负荷非正常运行,尾水机排入长江,污染物浓度为该厂设计进水水质浓度,分析在 50% 保证率设计水文太偶见下对长江水环境的影响;

方案 5:污水处理厂提标改造扩建后满负荷正

江水水质受到污染漳河备用水源地启用期间)圩区内排水会对漳河备用水源地产生不利影响。

(2) 机排方案

①汛期机排:尾水正常排放工况下 COD 和  $\text{NH}_3\text{-N}$ 影响长度和影响范围较少,同时 COD 和  $\text{NH}_3\text{-N}$ 均无超标现象。排污口附近水域水质受尾水影响,变为 III 类水,影响长度为 0.2 km,影响面积为 0.01  $\text{km}^2$ ,影响范围较小;对长江干流各保护目

标均无影响,保护目标处水质仍可达标;核算断面的 COD、 $\text{NH}_3\text{-N}$  质量浓度分别为 12.66 mg/L、0.34 mg/L,按照 II 类水标准进行核算,核算断面的安全余量大于环境质量的 10%,满足要求,同时利民路水厂取水口水质达标。

污水处理厂在事故排放时,COD 和  $\text{NH}_3\text{-N}$  均出现超标现象,超标范围面积分别为 0.36  $\text{km}^2$  和 0.37  $\text{km}^2$ 。各保护目标 COD、 $\text{NH}_3\text{-N}$  增量增加,国家环境监测点和利民路水厂取水口水质超标,核算断面的 COD、 $\text{NH}_3\text{-N}$  质量浓度分别为 18.63 mg/L、0.97 mg/L,水质超标。

方案 3 和方案 4 污染物浓度包络线见图 3 和图 4。

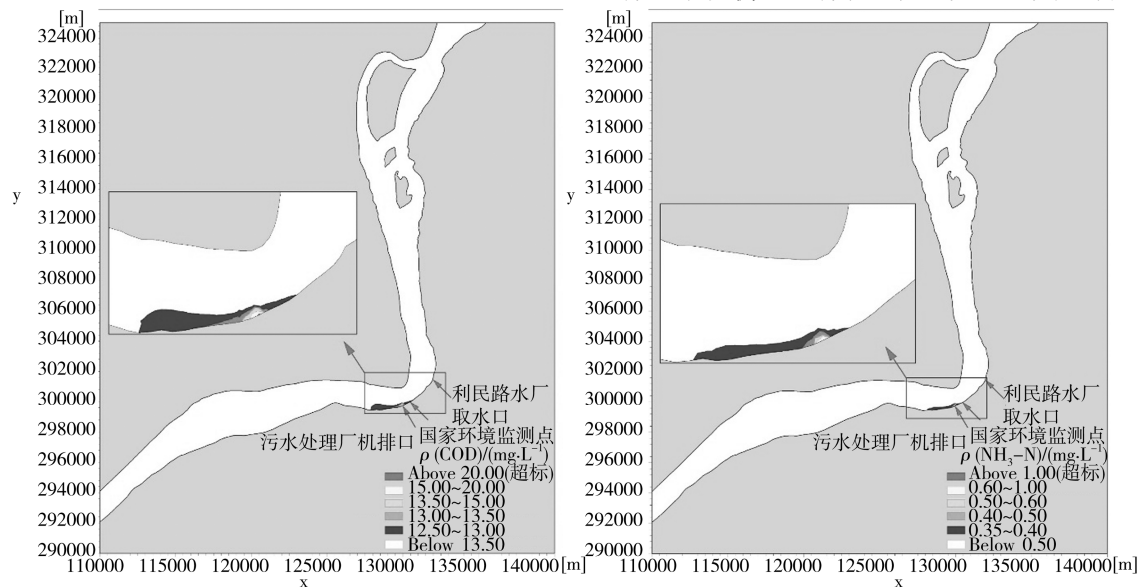


图 3 方案 3 COD 和  $\text{NH}_3\text{-N}$  包络线图

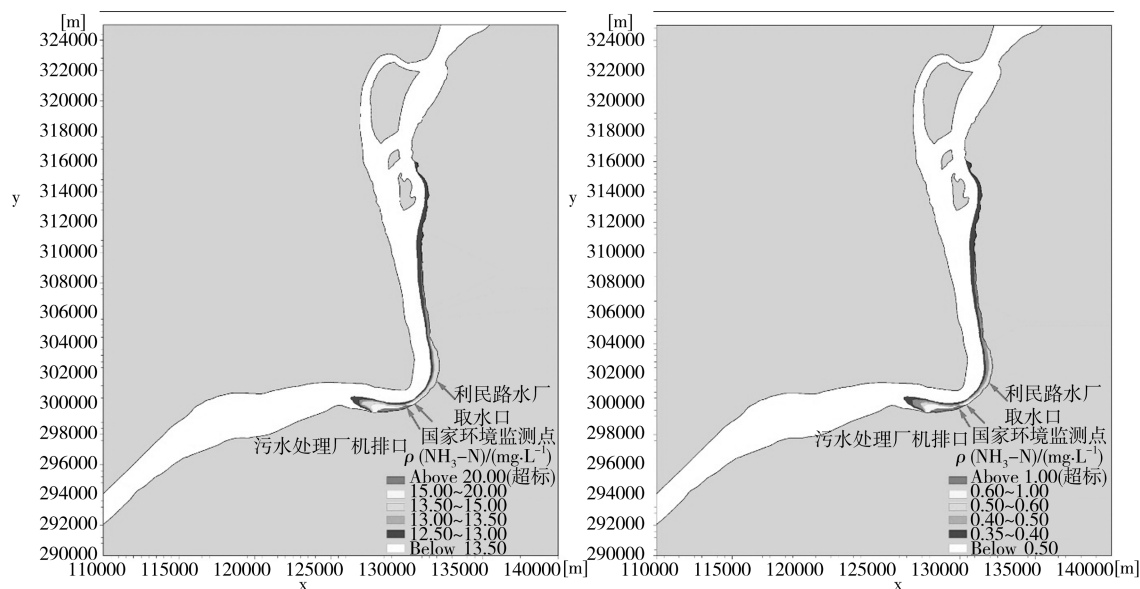


图 4 方案 4 COD 和  $\text{NH}_3\text{-N}$  包络线图

②非汛期机排:非汛期排水产生的影响大于汛期,排污口附近水域水质受尾水影响,变为 III 类水,影响长度为 0.28 km,影响面积为 0.02  $\text{km}^2$ ,影响范围仍较小;对长江干流各保护目标均无影响,保护目标处水质仍可达标;核算断面的 COD、 $\text{NH}_3\text{-N}$  质量浓度分别为 12.66 mg/L、0.34 mg/L,按照 II 类水标准进行核算,核算断面的安全余量大于环境质量的 10%,满足要求,同时利民路水厂取水口水质达标。

污水厂在事故排放时,COD 和  $\text{NH}_3\text{-N}$  均出现超标现象,超标范围面积分别为 0.49  $\text{km}^2$  和 0.50  $\text{km}^2$ ,对长江干流各保护目标均无影响,保护目标处水质仍可达标;国家环境监测点和利民路水厂

取水口水质类别均发生变化,水质超标;核算断面的 COD、 $\text{NH}_3\text{-N}$  质量浓度分别为 26.48 mg/L、1.76 mg/L,水质超标,不满足要求。

方案5和方案6污染物质量浓度包络线见图5和图6。

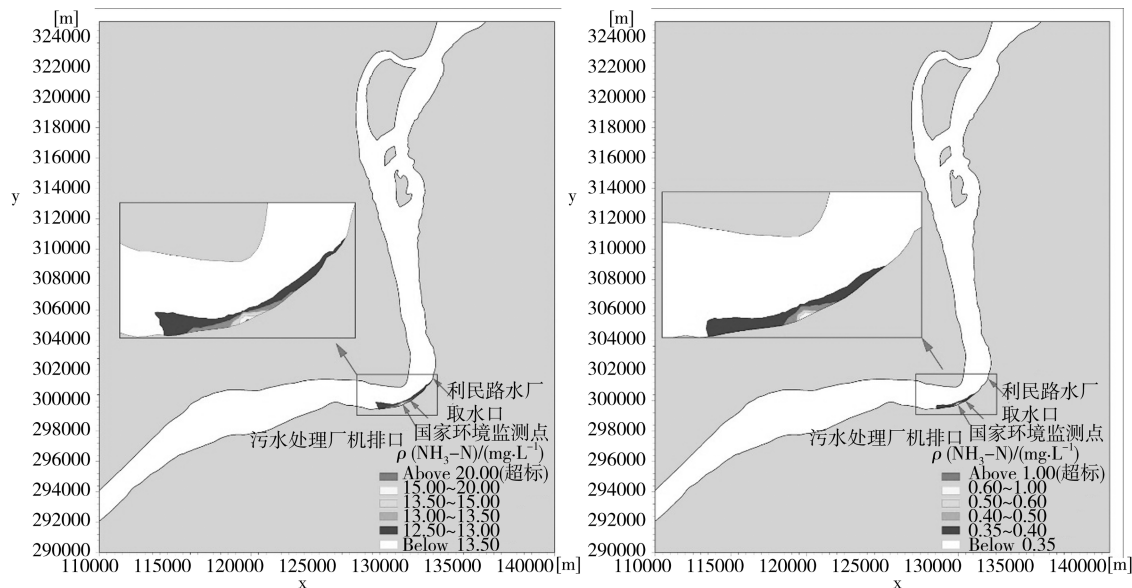


图5 方案5 COD和 $\text{NH}_3\text{-N}$ 质量浓度包络线图

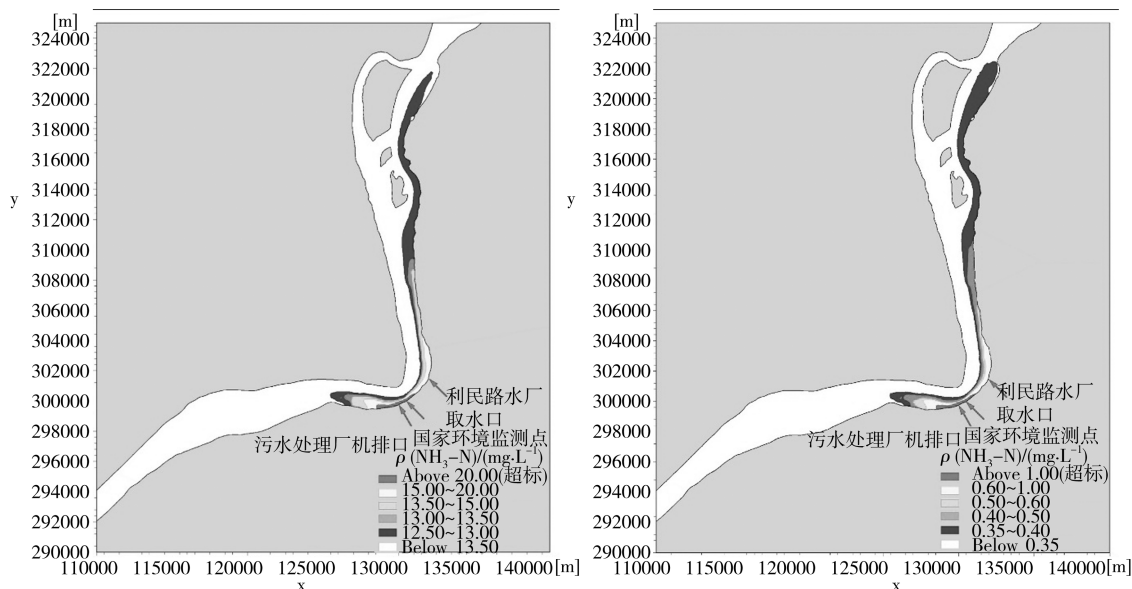


图6 方案6 COD和 $\text{NH}_3\text{-N}$ 质量浓度包络线图

## 4 结论

(1)非汛期启用污水处理厂自排口,与现状排水方案相比,污水处理厂扩建并提标改造后尾水排放对圩区水系和漳河水质均有改善作用。此种情况下排水一方面有助于维持圩区河道的生态水位,另一方面有利于改善圩区水质;但由于圩区内河道

现状水质较差,必须在泵站前池水质可达V类及以上水平,方可开启麻浦桥排涝站和漕港排涝站向漳河排水。若出于防汛或排涝需要必须排水,则建议就地建设地理式污水处理设备,确保泵站前池出水达到V类及以上水平。

(2)当漳河备用水源地启用或者汛期区域内排涝压力较大时,为减轻尾水排放对备用水源地的影响或减轻排水对排涝的压力,启用机排口,同时关闭漕港闸,根据预测可知,无论汛期还是非汛期,尾水正常排入长江水环境影响较小,水环境保护目标不受影响,但是尾水事故排放会对长江产生一定的

(下转第31页)

1级预警段,建议予以密切关注,必要时进行适当抛护加固,年度内进行3次监测分析;对于2级预警段,建议年度内汛前、汛后各监测1次,视情况汛期加密监测。此外,对确定的崩岸预警段需分别按不同程度做好预警区宣传和警示工作,落实巡查制度,储备抢险物资以及需转移受崩岸威胁居民的相关准备工作。

#### 参考文献:

- [1] 卢金友,张细兵,黄悦. 三峡工程对长江中下游河道演变与岸线利用影响研究[J]. 水电能源科学, 2011, 29(5):73-76.
- [2] 方馨蕊,黄远洋,吴胜军,等. 三峡工程蓄水前后坝下游河段河道演变趋势分析[J]. 三峡生态环境监测, 2018, 3(1):1-6, 20.
- [3] 夏军强,周美蓉,许全喜,等. 三峡工程运用后长江中游河床调整及崩岸特点[J]. 人民长江, 2020, 51(1):16-27.
- [4] 石建华,李宁波,袁虎,等. 三峡水库蓄水后下荆江险工段近岸河床演变分析[J]. 人民长江, 2013, 44(1):18-21, 33.
- [5] 高清洋,李旺生,杨阳,等. 长江中下游河道崩岸研

究现状及展望[J]. 水运工程, 2016(8):99-105.

- [6] 姚仕明,卢金友. 长江中下游河道演变规律及冲淤预测[J]. 人民长江, 2013, 44(23):22-28.
- [7] 李晓宇,唐玥,张立辉. 长江张家港段的崩岸监测实践应用[J]. 江苏水利, 2016(7):36-38.
- [8] 陈飞,杨维明. 荆江河段崩岸预测[J]. 中国防汛抗旱, 2014, 24(6):29-32.
- [9] 李圣伟. 长江荆江段河道崩岸预警系统设计初探[J]. 水利水电快报, 2019, 40(8):57-61.
- [10] 洪建,廖小永. 长江下游马鞍山河段河道治理初步研究[J]. 长江科学院院报, 2012, 29(2):1-5.
- [11] 朱明成,左利钦,季荣耀. 长江扬中河段太平洲汉道滩槽演变趋势研究[J]. 江苏水利, 2018(7):58-61, 65.
- [12] 罗龙洪,苏长城,应强,等. 长江扬中河段指南村窝崩应急治理及效果分析[J]. 江苏水利, 2020(2):25-28.
- [13] 邓宇,赖修蔚,郭亮. 长江中下游崩岸监测及分析研究[J]. 人民长江, 2018, 49(15):13-17.
- [14] 刘东风. 长江河道崩岸预警方法探索[J]. 江淮水利科技, 2014(4):5-7.
- [15] 曹双,蔡磊,刘沛. 崩岸预警综合评估法研究与应用探讨[J]. 水利水电快报, 2019, 40(8):21-28.

(上接第25页)

不利影响,建议污水处理厂严格监管,杜绝事故排放。

综上可知,圩区河道污水处理厂尾水排放预测时,应充分考虑圩区内水利工程的调度规则、受纳水体的环境保护目标、水体水文情势等因素制定预测方案,根据预测结果提出合理的排水方案,为行政主管部门提供科学依据。

#### 参考文献:

- [1] 郭晨花. SWAT和SWMM模型耦合的平原河网城市水体点源污染扩散预测研究[D]. 杭州:杭州师范大学, 2018.
- [2] 曹晓静,张航. 地表水质模型研究综述[J]. 水利与建筑工程学报, 2006, 4(4):18-21.
- [3] 袁雄燕,徐德龙. 丹麦 MIKE21 模型在桥渡壅水计算中的应用研究[J]. 人民长江, 2006, 37(4):31-32.
- [4] 李慧杰,吕永鹏,张格,等. 基于 MIKE 模型的环湖闸坝拦截污染物效果研究[J]. 城市道桥与防洪, 2019(12):161-165.
- [5] 林希晨,倪红珍,王琳,等. 东南沿海平原河网区域

水质水量模型研究[J]. 水利水电技术, 2019, 50(6):150-157.

- [6] 姚琪,丁训静,郑孝宇. 运河水网水量数学模型的研究和应用[J]. 河海大学学报(自然科学版), 1991(4):9-17.
- [7] 王昭亮,高仕春,艾泽. 闸坝对河流水质的调控作用初步分析[J]. 水利科技与经济, 2010, 16(12):1339-1340, 1347.
- [8] 刘子辉. 闸坝对重污染河流水质水量影响的实验与模拟研究[D]. 郑州:郑州大学, 2011.
- [9] 阮仁良. 平原河网地区水资源调度改善水质的机理和实践研究——以上海市水资源引清调度为例[D]. 上海:华东师范大学, 2003.
- [10] 宋金军,李若华,孙毛明,等. 平原河网污水治理工程中的水质模拟计算[J]. 浙江水利科技, 2010(6):1-3, 5.
- [11] 曾慧俊. MIKE 模型在长江下游河段涉河工程洪水影响分析中的应用[J]. 资源环境与工程, 2019, 33(2):275-278, 288.
- [12] 逢勇,陆桂华,王华,等. 水环境容量计算理论及应用[M]. 北京:科学出版社, 2010.