

DOI: 10.3880/j.issn.1004-6933.2016.01.014

# 基于跨界断面水质达标的嘉善污染总量控制

王 晓<sup>1</sup>, 逢 勇<sup>1</sup>, 韩梓流<sup>1</sup>, 周柯锦<sup>2</sup>

(1. 河海大学环境学院, 江苏 南京 210098; 2. 浙江省环境监测中心, 浙江 杭州 310012)

**摘要:** 为保证地处苏浙沪交界中心的嘉善县水环境质量健康, 在考虑嘉善县地理位置特殊性的基础上, 提出了以重要跨界断面作为水质达标控制因子的总量控制方法。基于嘉善断面勘测与水质、水文同步监测数据等基础资料构建了嘉善小流域一维水环境数学模型, 确定了嘉善区域的水动力和水质模型参数, 并选取嘉善地区4个重要跨界断面作为控制断面, 利用已率定验证合理的一维水环境数学模型分别对不同削减方案下的水环境进行了水质模拟。模拟结果表明, 为满足以跨界断面水质达标为控制因子的总量控制要求, 嘉善区域 COD<sub>Mn</sub> 需削减 14.2%, NH<sub>3</sub>-N 需削减 37.7%。

**关键词:** 水环境数学模型; 污染总量控制; 跨界断面水质; 嘉善县

中图分类号: X522

文献标志码: A

文章编号: 1004-6933(2016)01-0079-07

## Total amount control of pollutants in Jiashan region based on water quality standard at border-crossing section

WANG Xiao<sup>1</sup>, PANG Yong<sup>1</sup>, HAN Ziliu<sup>1</sup>, ZHOU Kejin<sup>2</sup>

(1. College of Environment, Hohai University, Nanjing 210098, China;

2. Zhejiang Province Environmental Monitoring Center, Hangzhou 310012, China)

**Abstract:** In order to ensure the water environment quality to be healthy in Jiashan, the center of border-crossing section of Jiangsu, Zhejiang and Shanghai, the total amount control method using important border-crossing sections as the water quality control factors is promoted, considering the particularity of the location of Jiashan. A one-dimensional mathematical model of water environment in Jiashan region was established based on the data including survey in Jiashan section and hydrology and water quality monitoring data. Hydrodynamic and water quality model parameters in Jiashan region are determined. 4 border-crossing sections in Jiashan region are selected as the control sections. Water quality simulations are conducted under different cutting schemes for the water environment, using one-dimensional mathematical model of water environment, which is calibrated and proved to be reasonable. The results of the simulation indicate that: the total amount of ammonia nitrogen needs to be reduced by 14.2% and the total amount of COD needs to be reduced by 37.7% in Jiashan region, to guarantee the water quality in the important border-crossing sections reaching the standard.

**Key words:** water environment model; total amount control of pollutants; water quality at border-crossing section; Jiashan region

浙江嘉善县位于浙江省东南部, 地处全国经济发展核心的长三角腹地, 具有“三沿”——沿苏州、沿上海、沿嘉兴的地理特殊性。嘉善县水环境状况复杂, 其境内河道水系众多, 属于典型的太湖平原河网小流域。近年来嘉善工业发展迅速, 城市化程度加剧, 使得嘉善小流域内水系污染负荷加重, 水环境

功能、水生态功能及水景观功能发生退化, 水质状况不容乐观; 同时其位置紧邻上海, 境内河流大多汇入黄浦江, 其区域内水体水质将直接影响上海区域饮用水的安全保障<sup>[1-4]</sup>。故维持嘉善小流域水环境健康对保证周边县区经济及生活水平稳定发展具有重要作用, 实施嘉善小流域污染总量控制相关研究具

基金项目: 国家水体污染控制与治理科技重大专项(2012ZX07506-007-01)

作者简介: 王晓(1990—), 女, 博士研究生, 研究方向为水资源规划与保护。E-mail: 791288193@qq.com

有重要的现实意义。

目前我国对区域污染物总量控制研究方面已有较丰富的研究成果<sup>[5-8]</sup>,如李红亮等<sup>[9]</sup>以功能区达标作为控制条件,计算了河北省纳污能力,并对此进行了污染控制分析;纪岚等<sup>[10]</sup>对 COD、TP 和  $\text{NH}_3\text{-N}$  以功能区水质达标作为控制因子进行了南淝河环境容量的计算;田旭东等<sup>[11]</sup>基于功能区水质达标对钱塘江流域水环境功能区进行了水环境容量计算分析;鲍琨等<sup>[12]</sup>以入太湖断面水质达标为主要控制因子,进行了殷村入湖污染物总量控制研究;朱铭铭等<sup>[13]</sup>以嘉善水厂作为主要控制断面进行达标分析,确定了杭嘉湖平原地区的污染控制总量;但总体来说大多数学者都考虑以主要功能区水质达标作为控制因子确定污染物控制总量,而考虑区域跨界断面水质达标作为控制因子的污染物总量控制研究则相对较少。本研究在水文、水质同步监测的基础上建立嘉善小流域一维水环境数学模型,同时选取嘉善地区 4 个重要跨界断面作为控制因子,并利用率定合理的嘉善小流域一维水环境数学模型对其进行区域污染总量控制研究,通过模拟不同总量控制方案,对环境敏感目标水质进行达标分析,从而确定以水环境敏感区水质达标为控制因子的嘉善小流域污染总量控制方案。

## 1 研究区域概况及同步监测

### 1.1 区域概况

嘉善县气候适宜,四季分明,属北亚热带季风区,雨水丰沛,日照时间较长。其多年平均降水量为 1131.5 mm,年平均气温 15.7℃。春夏两季盛行东南风,秋冬季节多偏北风,7—9 月常受台风影响,冬季出现寒潮天气。

嘉善县地势低平,全县走向西高东低,河道稠密,湖荡星罗棋布,是太湖水网平原的重要组成部分。全县总面积 507.68 km<sup>2</sup>,其中水域面积占 14.29%,属于太湖流域杭嘉湖典型河网区,是西水东泻的主要通道。县境内的主要河道有东西流向的红旗塘、嘉善塘、白水塘等,南北向的芦墟塘、伍子塘等。区域内主要污染源为畜禽养殖、农田面源及直排点源污染。研究区域水系概况及主要污水直排口分布见图 1。

### 1.2 同步监测

为进一步了解嘉善区域主要河道水文水质概况,于 2013 年 8 月 22—24 日及 2014 年 1 月 12—14 日分别开展了研究区域洪季、枯季水文、水质同步监测(图 2),水文监测因子包括流量、水深及流速等,水质监测因子包括  $\text{COD}_{\text{Mn}}$  和  $\text{NH}_3\text{-N}$ 。采样和分析方法按照

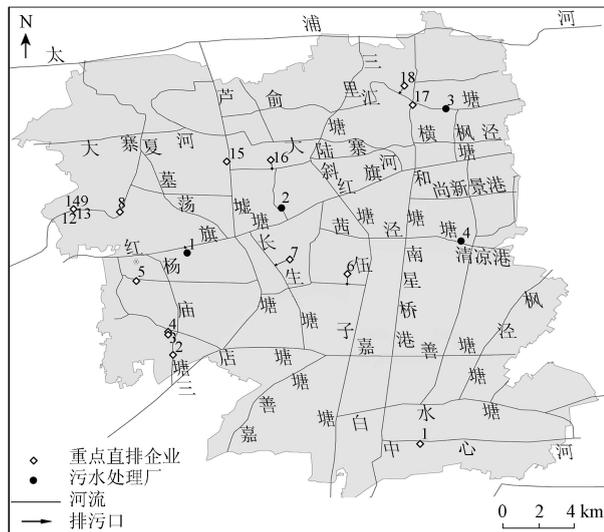


图 1 嘉善县水系概况及主要污水直排口分布

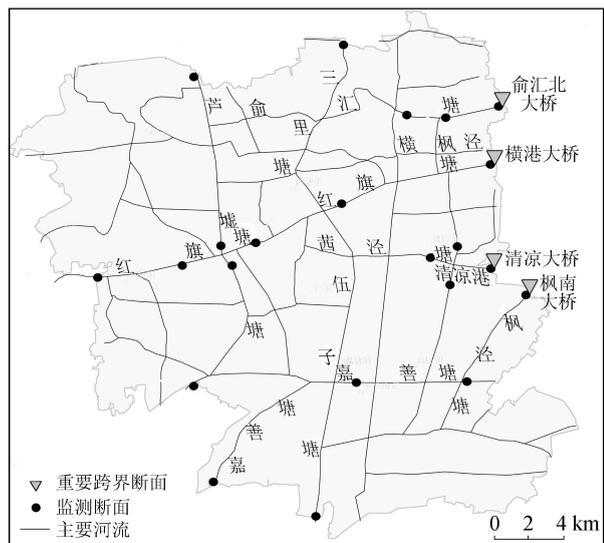


图 2 嘉善小流域监测断面及重要跨界断面分布

HJ/T91—2002《地表水和污水监测技术规范》和《水和废水监测分析方法》<sup>[14]</sup>的有关规定和要求执行。

## 2 研究方法

自 1925 年 Streeter 等<sup>[15-16]</sup>提出了水质模型-氧平衡模型及其衍生定常模型以来,数学模型在水环境领域中逐步得到推广应用;近年来随着计算机技术的发展,水环境数学模型也在不断进化完善中,目前研究领域运用较为广泛的有丹麦 DHI 公司研发的 MIKE 模型<sup>[17]</sup>、美国国家环境保护局(USEPA)研发的 WASP 模型<sup>[18]</sup>、美国得克萨斯州水利发展部(Texas Water Development Board)与 USEPA 等机构开发并完善的 QUAL 系列模型<sup>[19]</sup>,以及威廉玛丽大学维吉尼亚海洋学研究所研发的 EFDC<sup>[20]</sup>软件,其中,MIKE 模型由于使用方便、功能板块成熟及应用广泛性强等特点,在国内外得到广泛的应用<sup>[21-23]</sup>。曾剑等<sup>[24]</sup>采用 MIKE11 模型对温瑞塘河河网进行

了水动力及水质模拟,并以此为基础分析了河网水质变化趋势;姜欣等<sup>[25]</sup>利用 MIKE 11 模型模拟了哈尔滨阿什河西泉眼水库以下河段的水文水质情势,并计算了该段功能区水环境容量。

本研究区域为太湖平原河网区,区域河道纵横交错,水系水情复杂,为进行总量控制分析,需对嘉善县河网区域水文情势及水质状况进行模拟研究,故选择 MIKE11 模型对嘉善小流域水动力情势及污染物迁移状况进行模拟,通过选择不同总量控制方案,利用模型计算不同削减率下跨界断面的水质达标状况,从而确定合理的嘉善污染控制削减率。

## 2.1 模型构建

### 2.1.1 水动力数学模型

在 MIKE11 模型中,描述河道水流运动的 Saint-Venant 方程组为

$$\begin{cases} B \frac{\partial Z}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = q \\ \frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial t} \left( \frac{\alpha Q^2}{A} \right) + gA \frac{\partial Z}{\partial x} + gA \frac{|Q|Q}{K^2} = qv_x \end{cases} \quad (1)$$

式中: $q$  为旁侧入流; $Q$ 、 $A$ 、 $B$ 、 $Z$  分别为河道断面流量、过水面积、河宽和水位; $v_x$  为旁侧入流流速在水流方向上的分量; $K$  为流量模数,反映河道的实际过流能力; $\alpha$  为动量校正系数,是反映河道断面流速分布均匀性的系数。

对上述方程组采用四点线性隐式格式进行离散,形成流域统一的节点水位、流速线性方程组,求解则采用矩阵标识法。

### 2.1.2 河网水质数学模型

河网水质数学模型采用一维河流水质模型,基

本方程为

$$\frac{\partial C}{\partial t} + u \frac{\partial C}{\partial x} = \frac{\partial}{\partial x} \left( E_x \frac{\partial C}{\partial x} \right) - KC \quad (2)$$

式中: $C$  为模拟物质的浓度; $u$  为河流平均流速; $E_x$  为对流扩散系数; $K$  为模拟物质的一级衰减系数; $x$  为空间坐标; $t$  为时间坐标。

对流扩散系数  $E_x$  是一个综合参数,包含了分子扩散、湍流扩散以及剪切扩散效应,除了和物理背景相关之外,还和计算空间大小、时间步长等相关。本文通过以下经验公式来估算对流扩散系数:

$$E_x = av^b \quad (3)$$

式中: $v$  为流速,来自水动力计算结果; $a$  和  $b$  为设定的参数。

## 2.2 模型参数率定

### 2.2.1 水动力数学模型参数率定

根据嘉善区域 2013 年 8 月 22—24 日同步监测水文资料,采用试错法(即根据模型内部水文监测断面资料,调试各河道的糙率,使得计算流量过程与实测流量过程相吻合)率定得到的研究区域内河道糙率处于 0.018 ~ 0.027 之间。流量率定结果如表 1 所示,误差均小于 13.3%,平均误差约为 6.86%,流量模拟结果符合性较好。

### 2.2.2 河网水质数学模型参数率定

根据 2013 年 8 月 22—24 日同步监测水质资料对水质降解系数进行率定,得到  $COD_{Mn}$  的降解系数为 0.09 ~ 0.14  $d^{-1}$ ,  $NH_3-N$  降解系数为 0.07 ~ 0.12  $d^{-1}$ 。表 2 与表 3 分别给出了模拟时段内部分断面河网水质数学模型参数率定的结果,可见  $COD_{Mn}$  质量浓度最大相对误差为 13.2%,平均误差为

表 1 部分监测断面水动力数学模型流量率定结果

时间	俞汇塘断面			茜泾塘断面			红旗塘断面		
	实测值/ ( $m^3 \cdot s^{-1}$ )	计算值/ ( $m^3 \cdot s^{-1}$ )	相对 误差/%	实测值/ ( $m^3 \cdot s^{-1}$ )	计算值/ ( $m^3 \cdot s^{-1}$ )	相对 误差/%	实测值/ ( $m^3 \cdot s^{-1}$ )	计算值/ ( $m^3 \cdot s^{-1}$ )	相对 误差/%
8月22日10时	44.2	41.1	7.1	47.4	45.4	4.2	112.3	105.8	5.8
8月22日18时	58.6	53.7	8.4	31.7	30.7	3.1	94.3	86.6	8.2
8月23日10时	39.7	41.8	5.2	52.1	49.6	4.8	112.2	104.1	7.2
8月23日18时	31.9	36.1	13.3	48.5	46.0	5.2	101.8	94.6	7.1
8月24日10时	42.3	45.3	7.2	55.3	48.9	11.6	107.7	102.1	5.2
8月24日18时	66.2	60.4	8.7	41.3	43.5	5.3	104.3	110.5	5.9

表 2 部分监测断面河网水质数学模型  $COD_{Mn}$  质量浓度率定结果

时间	俞汇塘断面			茜泾塘断面			红旗塘断面		
	实测值/ ( $mg \cdot L^{-1}$ )	计算值/ ( $mg \cdot L^{-1}$ )	相对 误差/%	实测值/ ( $mg \cdot L^{-1}$ )	计算值/ ( $mg \cdot L^{-1}$ )	相对 误差/%	实测值/ ( $mg \cdot L^{-1}$ )	计算值/ ( $mg \cdot L^{-1}$ )	相对 误差/%
8月22日10时	20.3	19.8	2.4	25.1	23.4	6.7	21.8	20.4	6.4
8月22日18时	17.5	18.6	6.2	24.3	22.5	7.3	20.9	19.1	8.8
8月23日10时	20.3	18.9	7.1	26.4	24.5	7.1	21.2	19.9	6.3
8月23日18时	19.2	18.4	4.2	25.9	24.1	7.0	22.0	19.1	13.2
8月24日10时	17.8	19.2	7.9	23.9	24.4	2.2	20.7	19.4	6.1
8月24日18时	19.2	19.9	3.6	24.3	22.8	6.1	22.2	20.4	8.3

表3 部分监测断面河网水质数学模型 NH<sub>3</sub>-N 质量浓度率定结果

时间	俞汇塘断面			茜泾塘断面			红旗塘断面		
	实测值/ (mg·L <sup>-1</sup> )	计算值/ (mg·L <sup>-1</sup> )	相对 误差/%	实测值/ (mg·L <sup>-1</sup> )	计算值/ (mg·L <sup>-1</sup> )	相对 误差/%	实测值/ (mg·L <sup>-1</sup> )	计算值/ (mg·L <sup>-1</sup> )	相对 误差/%
8月22日10时	0.89	0.79	11.3	1.83	1.56	14.9	1.03	1.10	6.8
8月22日18时	0.74	0.70	5.8	1.62	1.51	6.8	0.76	0.78	2.2
8月23日10时	1.02	0.87	14.3	2.03	1.71	15.7	1.05	1.13	7.5
8月23日18时	0.97	0.85	12.8	1.58	1.66	5.1	0.94	1.07	14.1
8月24日10时	0.88	0.84	4.3	2.05	1.74	15.1	1.02	1.11	8.5
8月24日18时	0.85	0.79	7.1	1.83	1.72	5.8	0.93	0.95	1.8

6.49% ;NH<sub>3</sub>-N 质量浓度的相对误差小于 15.7 % , 平均误差小于 8.88 % 。COD<sub>Mn</sub> 和 NH<sub>3</sub>-N 水质指标模拟误差较小,说明河网水质数学模型拟合度较好。

### 2.3 模型参数验证

#### 2.3.1 水动力数学模型参数验证

利用 2014 年 1 月 12—14 日同步监测水文资料,对模型率定得到的河道糙率进行验证,以确定构建模型在本研究区的适用性。由部分监测断面水动力数学模型流量验证结果(表 4)可知,水文条件吻合较好,统计得到验证计算的流量相对误差小于 18.37 % ,平均误差为 9.15 % ,说明率定得到的河道糙率适用于研究区域。因此,建立的一维水环境

数学模型合理,能较准确地模拟嘉善县水文情势。

#### 2.3.2 河网水质数学模型参数验证

利用 2014 年 1 月 12—14 日同步监测水质资料,对模型率定得到的水质降解系数进行验证,以确定水质参数的适用性。由部分监测断面河网水质数学模型参数验证结果(表 5、表 6)可知,水质条件吻合较好,统计得到验证计算的 COD<sub>Mn</sub> 质量浓度平均误差为 8.16% ;NH<sub>3</sub>-N 质量浓度平均误差为 13.54 % ,说明率定得到的水质降解系数适用于研究区域。因此,建立的一维水环境数学模型合理,能较准确地模拟嘉善县水质情况。

表4 部分监测断面水动力数学模型流量验证结果

时间	俞汇塘断面			茜泾塘断面			红旗塘断面		
	实测值/ (m <sup>3</sup> ·s <sup>-1</sup> )	计算值/ (m <sup>3</sup> ·s <sup>-1</sup> )	相对 误差/%	实测值/ (m <sup>3</sup> ·s <sup>-1</sup> )	计算值/ (m <sup>3</sup> ·s <sup>-1</sup> )	相对 误差/%	实测值/ (m <sup>3</sup> ·s <sup>-1</sup> )	计算值/ (m <sup>3</sup> ·s <sup>-1</sup> )	相对 误差/%
1月12日10时	63.2	54.7	13.4	44.9	40.7	9.3	112.3	106.5	5.2
1月12日18时	45.8	51.0	11.3	33.2	37.5	13.1	95.2	88.2	7.4
1月13日10时	53.4	48.3	9.6	30.1	34.9	15.8	113.1	105.7	6.5
1月13日18时	46.1	44.3	3.8	27.9	32.1	15.1	101.8	95.3	6.4
1月14日10时	53.2	47.8	10.2	40.3	41.6	3.3	107.3	102.0	4.9
1月14日18时	46.3	51.6	11.4	32.8	36.8	12.3	104.1	98.2	5.7

表5 部分监测断面河网水质数学模型 COD<sub>Mn</sub> 质量浓度验证结果

时间	俞汇塘断面			茜泾塘断面			红旗塘断面		
	实测值/ (mg·L <sup>-1</sup> )	计算值/ (mg·L <sup>-1</sup> )	相对 误差/%	实测值/ (mg·L <sup>-1</sup> )	计算值/ (mg·L <sup>-1</sup> )	相对 误差/%	实测值/ (mg·L <sup>-1</sup> )	计算值/ (mg·L <sup>-1</sup> )	相对 误差/%
1月12日10时	20.7	19.5	6.0	26.1	23.4	10.4	22.5	20.4	9.3
1月12日18时	19.2	17.2	10.2	25.7	22.8	11.2	21.7	20.1	7.2
1月13日10时	22.3	20.7	7.3	27.4	24.5	10.6	23.2	21.0	9.5
1月13日18时	20.3	18.8	7.5	27.3	24.8	9.2	22.4	21.9	2.1
1月14日10时	22.8	21.0	8.1	28.1	24.6	12.3	22.9	21.4	6.6
1月14日18时	18.1	18.9	4.3	25.2	23.0	8.8	21.1	19.7	6.4

表6 部分监测断面河网水质数学模型 NH<sub>3</sub>-N 质量浓度验证结果

时间	俞汇塘断面			茜泾塘断面			红旗塘断面		
	实测值/ (mg·L <sup>-1</sup> )	计算值/ (mg·L <sup>-1</sup> )	相对 误差/%	实测值/ (mg·L <sup>-1</sup> )	计算值/ (mg·L <sup>-1</sup> )	相对 误差/%	实测值/ (mg·L <sup>-1</sup> )	计算值/ (mg·L <sup>-1</sup> )	相对 误差/%
1月12日10时	0.94	0.79	16.3	1.92	1.59	17.2	1.09	0.95	13.3
1月12日18时	0.77	0.68	11.8	1.69	1.53	9.7	0.83	1.00	20.4
1月13日10时	1.02	0.83	18.3	2.07	1.71	17.5	1.11	1.04	5.9
1月13日18时	1.00	0.83	17.1	1.61	1.64	1.6	1.00	1.10	10.1
1月14日10时	1.04	0.83	20.2	2.08	1.72	17.1	1.18	1.04	11.9
1月14日18时	0.99	0.78	21.4	1.81	1.66	8.3	1.02	0.96	5.7

### 3 区域污染物总量控制方案确定

#### 3.1 跨界断面确定

本文根据太湖流域管理局发布的《太湖流域省界水体水资源质量状况通报》中确定的苏浙沪跨界断面,兼顾考虑嘉善水系水文特征及对上海水环境的影响,选取嘉善县境内4个重要跨浙沪省界断面作为研究断面,分别为俞汇北大桥、横港大桥、清凉大桥及枫南大桥,其相对位置见图2,各重要跨界断面信息见表7。

表7 重要跨界断面信息

断面名称	所在河流	所在位置	主要流向	水质达标要求
俞汇北大桥	俞汇塘	嘉善县与青浦县交界处	自西往东	Ⅲ
横港大桥	红旗塘	嘉善县与青浦县交界处	自西往东	Ⅲ
清凉大桥	清凉港	嘉善县与青浦县交界处	自西往东	Ⅲ
枫南大桥	枫泾塘	嘉善县与金山县交界处	自西往东	Ⅲ

#### 3.2 削减方案确定

根据《太湖流域水环境功能区划》(国函[2010]39号文)的要求,各个重要跨界断面水质需达到Ⅲ类水质标准。本文在模型边界取功能区目标水质的前提下,分别模拟研究区域污染源(包括工业点源、污水处理厂和农村面源)在不同削减率下嘉善水系的水质改善情况,以期得到重要跨界断面水质达标时的污染总量削减率,从而对嘉善小流域区域内排污总量进行有效控制。

根据GB 3839—83《制定地方水污染物排放标准的技术原则与方法》相关规定要求,采用预测年最枯月90%水文保证率作为水环境模拟的水量边界条件;同时基于2011年嘉兴市污染源普查资料、嘉兴市水环境治理综合规划及浙江省水功能区纳污能力核定成果,分别确定本次区域污染物总量控制方案(表8),并分别进行模拟。

表8 区域污染物总量控制方案

方案	计算削减率/%		削减率计算依据
	COD <sub>Mn</sub>	NH <sub>3</sub> -N	
方案1	0	0	维持现状排放
方案2	5.4	37.7	浙江省水功能区纳污能力核定成果
方案3	14.2	22.1	嘉兴市水环境治理综合规划
方案4	14.2	37.7	取以上方案最大削减值为模拟削减率

#### 3.3 模拟结果分析

根据设计的4种区域污染物总量控制方案进行污染削减效果模拟,不同方案的模拟结果见图3。由模拟结果分析得到:

a. 方案1维持现状排污工况不进行任何削减,4个重要跨界断面水质均超出相应环境敏感区水质目标要求,尤其是NH<sub>3</sub>-N超标严重,因此需对现状

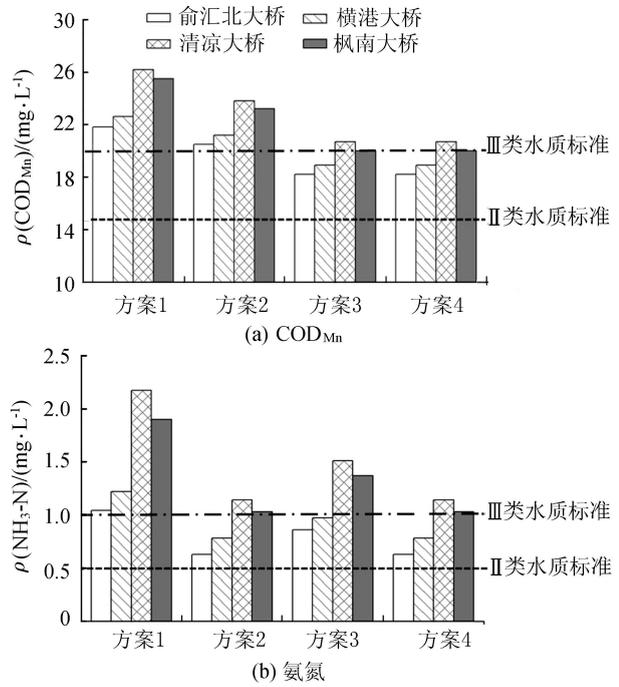


图3 各方案下重要跨界断面水质模拟结果

排污进行总量削减。

b. 方案2根据浙江省水功能区纳污能力核定成果,在区域COD<sub>Mn</sub>污染负荷削减5.4%及NH<sub>3</sub>-N污染负荷削减37.7%的排污工况下,重要跨界断面水质均有改善;尤其是NH<sub>3</sub>-N改善幅度较大,除清凉大桥略有超标外(超标幅度8.7%),其他断面NH<sub>3</sub>-N指标均已降至符合Ⅲ类水要求,但清凉大桥及枫南大桥COD<sub>Mn</sub>因子仍然超过水质目标要求近20%,因此在方案2提出的削减率上COD<sub>Mn</sub>应进一步削减。

c. 方案3为基于嘉兴市水环境治理综合规划的削减方案,嘉善区域COD<sub>Mn</sub>、NH<sub>3</sub>-N的排污总量分别削减14.2%及22.1%;计算得出清凉大桥与枫南大桥NH<sub>3</sub>-N指标仍然超标近40%,故需要针对NH<sub>3</sub>-N进行进一步削减。

d. 方案4为综合削减方案,嘉善区域在COD<sub>Mn</sub>、NH<sub>3</sub>-N的排污总量分别削减14.2%及37.7%的情况下,除清凉大桥NH<sub>3</sub>-N指标略有超标外,其余断面水质均达到Ⅲ类水质目标要求;且清凉大桥水质COD<sub>Mn</sub>因子仅超标4.6%,NH<sub>3</sub>-N仅超标8.7%,均处于可接受范围内,可基本达到区域总量控制要求。

### 4 结论

a. 构建了嘉善小流域一维水环境数学模型,以水文、水质同步监测数据为依据对模型参数进行了率定,其中糙率处于为0.018~0.027之间;COD<sub>Mn</sub>的降解系数为0.09~0.14 d<sup>-1</sup>,NH<sub>3</sub>-N降解系数为

0.07 ~ 0.12 d<sup>-1</sup>。由率定结果可知模型参数选取合理,计算值和实测值吻合良好,可用于嘉善河网水环境的模拟。

**b.** 提出了以重要跨界断面水质达标作为控制因子来进行总量控制,并利用已率定合理的嘉善一维水环境数学模型对嘉善小流域水环境进行模拟,4种不同方案预测结果表明,NH<sub>3</sub>-N 的区域总量削减率为 37.7%、COD<sub>Mn</sub> 的区域总量削减率为 14.2% 时,可基本满足以重要跨界断面水质要求为控制因子的嘉善跨界区域总量控制要求。

## 参考文献:

[1] 刘晓红,虞锡君. 县域跨界水污染补偿机制在嘉兴市的探索[J]. 环境污染与防治,2009,31(4):85-88. (LIU Xiaohong, YU Xijun. Study on the compensation mechanism of transboundary water pollution in the county of Jiaxing City [J]. Environmental Pollution & Control, 2009,31(4):85-88. (in Chinese))

[2] 茹彪,陈星,张其成,等. 平原河网区水系结构连通性评价[J]. 水电能源科学,2013,31(5):9-12. (RU Biao, CHEN Xing, ZHANG Qicheng, et al. Evaluation of structural connectivity of river system in plain river network region [J]. Water Resources and Power, 2013,31(5):9-12. (in Chinese))

[3] 谢蓉蓉,逢勇,张倩,等. 嘉善地区水环境敏感点水质影响权重分析及风险等级判定[J]. 环境科学,2012(7):2244-2250. (XIE Rongrong, PANG Yong, ZHANG Qian, et al. Weight parameters of water quality impact and risk grade determination of water environmental sensitive spots in Jiashan [J]. Environmental Science, 2012(7):2244-2250. (in Chinese))

[4] 曹菊萍,金利强. 嘉兴市水污染现状及防治对策探讨[J]. 嘉兴高等专科学校学报,1999,12(3):59-61. (CAO Juping, JIN Liqiang. The current situation and control measures of water pollution in Jiaxing City [J]. Journal of Jiaxing High Educational College, 1999,12(3):59-61. (in Chinese))

[5] 边博,夏明芳,王志良,等. 太湖流域重污染区主要水污染物总量控制[J]. 湖泊科学,2012,24(3):327-333. (BIAN Bo, XIA Mingfang, WANG Zhiliang, et al. Total amount control of main water pollutants in seriously polluted area of Taihu Basin [J]. Lake Science, 2012,24(3):327-333. (in Chinese))

[6] 张鹏,侯慧敏,马金珠. 石羊河流域水资源总量控制现状分析[J]. 节水灌溉,2012(4):46-50. (ZHANG Peng, HOU Huimin, MA Jinzhu. Analysis of status quo of water resource total quantity control in Shiyang River Basin [J]. Water Saving Irrigation, 2012(4):46-50. (in Chinese))

[7] 姜欣,许士国,练建军,等. 北方河流动态水环境容量分析与计算[J]. 生态与农村环境学报,2013,29(4):409-414. (JIANG Xin, XU Shiguo, LIAN Jianjun, et al. Analysis

and calculation of dynamic water environmental capacity of rivers in North China [J]. Journal of Ecology and Rural Environment, 2013,29(4):409-414. (in Chinese))

[8] 徐仲翔,孙建富,张献忠,等. WASP 水质模型在兰江流域水体纳污能力计算中的应用[J]. 北方环境,2011,23(10):30-34. (XU Zhongxiang, SUN Jianfu, ZHANG Xianzhong, et al. Application of water quality model WASP in assimilative capacity of Lan River [J]. North Environment, 2011,23(10):30-34. (in Chinese))

[9] 李红亮,王树峰. 不同设计水文条件下河北省水功能区纳污能力研究[J]. 南水北调与水利科技,2010,8(3):68-70. (LI Hongliang, WANG Shufeng. Study on the permissible pollution bearing capacity of water function zones in Hebei Province under different design hydrological conditions [J]. South to North Water Transfers and Water Science and Technology, 2010,8(3):68-70. (in Chinese))

[10] 纪岚,李菁,汪家权. 合肥市南淝河水环境容量研究[J]. 安徽大学学报(自然科学版),2004,28(6):71-75. (JI Lan, LI Jing, WANG Jiaquan. Research on water environmental capacity in Nanfei River in Hefei City [J]. Journal of Anhui University (Natural Science Edition), 2004,28(6):71-75. (in Chinese))

[11] 田旭东,汪小泉. 钱塘江流域污染负荷及水环境容量研究[J]. 环境污染与防治,2008,30(7):74-77. (TIAN Xudong, WANG Xiaoquan. Study of pollution loading and water environmental capacity of Qiantang River [J]. Environmental Pollution and Control, 2008,30(7):74-77. (in Chinese))

[12] 鲍琨,逢勇,孙瀚. 基于控制断面水质达标的水环境容量计算方法研究:以殷村港为例[J]. 资源科学,2011,33(2):249-252. (BAO Kun, PANG Yong, SUN Han. A water environment capacity calculation method based on water quality standards at the control sections: a case study of the Yincun Port [J]. Resources Science, 2011,33(2):249-252. (in Chinese))

[13] 朱铭铭,逢勇,谢蓉蓉,等. 基于杭嘉湖平原河网模型的嘉善水厂断面水质达标分析[J]. 水资源保护,2013,9(3):34-38. (ZHU Mingming, PANG Yong, XIE Rongrong. Up-to-standard analysis of water quality based on Hangjiahu plain river network model: a case study of Jiashan waterworks section [J]. Water Resources Protection, 2013,9(3):34-38. (in Chinese))

[14] 国家环境保护总局. 水和废水监测分析方法[M]. 4版. 北京:中国环境科学出版社,2002:210-284.

[15] STREETER H W, PHELPS E B. A study of the pollution and natural purification of the Ohio River: III. factors concerned in the phenomena of oxidation and reaeration [M]. Washington D. C.: US Government Printing Office, 1925:1-10.

[16] LOUCKS D P, LYNN W R. Probabilistic models for predicting stream quality [J]. Water Resources Research, 1966,2(3):593-605.

- [17] DHI (Danish Hydraulic Institute). MIKE 11: a modeling system for rivers and channels-reference manual [R]. Copenhagen, B Denmark: DHI, 2009.
- [18] 陈美丹, 姚琪, 徐爱兰. WASP 水质模型及其研究进展 [J]. 水利科技与经济, 2006, 12(7): 420-426. (CHEN Meidan, YAO Qi, XU Ailan. WASP water quality model and its advance in research [J]. Water Conservancy Science and Technology and Economy, 2006, 12(7): 420-426. (in Chinese))
- [19] KANNEL P R, LEE S, LEE Y S, et al. Application of automated QUAL2Kw for water quality modeling and management in the Bagmati River, Nepal [J]. Ecological Modelling, 2007, 202(3): 503-517.
- [20] 刘夏明, 李俊清, 豆小敏, 等. EFDC 模型在河口水环境模拟中的应用及进展 [J]. 环境科学与技术, 2011, 34(增刊 1): 136-140. (LIU Xiaming, LI Junqing, DOU Xiaomin, et al. The Application and advance of environmental fluid dynamics code (EFDC) in estuarine water environment [J]. Environmental Science & Technology, 2011, 34(Sup1): 136-140. (in Chinese))
- [21] 黄琳煜, 聂秋月, 周全, 等. 基于 MIKE11 的白莲泾区域水量水质模型研究 [J]. 水电能源科学, 2011, 29(8): 21-24. (HUANG Linyu, NIE Qiuyue, ZHOU Quan, et al. Study of water quantity and water quality model of Bailianjing Region based on MIKE11 [J]. Water Resources and Power, 2011, 29(8): 21-24. (in Chinese))
- [22] DOULGERIS C, GEORGIU P, PAPADIMOS D, et al. Ecosystem approach to water resources management using the MIKE11 modeling system in the Strymonas River and Lake Kerkini [J]. Journal of Environmental Management, 2012, 94(1): 132-143.
- [23] 钱海平, 张海平, 于敏, 等. 平原感潮河网水环境模型研究 [J]. 中国给水排水, 2013, 29(3): 61-65. (QIAN Haiping, ZHANG Haiping, YU Min, et al. Water environment model for plain tidal river network [J]. China Water & Waste Water, 2013, 29(3): 61-65. (in Chinese))
- [24] 曾剑, 楼越平, 程杭平. 温瑞塘河河网水质模型研究 [J]. 浙江水利科技, 2006(1): 41-43. (ZENG Jian, LOU Yueping, CHENG Hangping. Research on water quality model of Wenruitang River network [J]. Zhejiang Hydraulics, 2006(1): 41-43. (in Chinese))
- [25] 姜欣, 许土国, 练建军, 等. 北方河流动态水环境容量分析与计算 [J]. 生态与农村环境学报, 2013, 29(4): 409-414. (JIANG Xin, XU Shiguo, LIAN Jianjun, et al. Analysis and calculation of dynamic water environmental capacity of rivers in north China [J]. Journal of Ecology and Rural Environment, 2013, 29(4): 409-414. (in Chinese))

(收稿日期: 2015-01-24 编辑: 熊水斌)

(上接第 66 页)

- [5] 张永勇, 王中根, 夏军, 等. 基于水循环过程的水量水质联合评价 [J]. 自然资源学报, 2009, 24(7): 1308-1314. (ZHANG Yongyong, WANG Zhonggen, XIA Jun, et al. An integrated assessment method of water quality and quantity based on water cycle process simulation [J]. Journal of Natural Resources, 2009, 24(7): 1308-1314. (in Chinese))
- [6] 周丹平. 应对水质型缺水问题的调水工程综合效益评估 [D]. 上海: 同济大学, 2008.
- [7] 陈志和, 陈晓宏, 杜建, 等. 河网地区水环境引水调控及其效果预测 [J]. 水资源保护, 2012, 28(3): 16-21. (CHEN Zhihe, CHEN Xiaohong, DU Jian, et al. Water diversion and regulation of water environment and effect forecast in river network region [J]. Water Resources Protection, 2012, 28(3): 16-21. (in Chinese))
- [8] 胡昊, 董增川, 李梓嘉, 等. 平原区水系连通实践与思考 [J]. 农村水利水电, 2013(1): 41-44. (HU Hao, DONG Zengchuan, LI Zijia, et al. Practice and consideration of river network on the plain area [J]. China Rural Water and Hydropower, 2013(1): 41-44. (in Chinese))

(收稿日期: 2015-04-23 编辑: 徐娟)

(上接第 74 页)

- [5] 涂向阳, 林素彬, 吴小明, 等. 城市近郊蓄滞洪区非洪水期调度运行管理研究: 以治理深圳河第四期工程为例 [J]. 广东水利水电, 2014(3): 25-30. (TU Xiangyang, LIN Subin, WU Xiaoming, et al. Operation and management research on flood detention region located in suburban during non-flood period: a case study of phase IV training projects for Shenzhen River Guangdong [J]. Guangdong Water Resources and Hydropower, 2014(3): 25-30. (in Chinese))
- [6] 吴兴祥. 现代城市水利规划中的若干问题分析: 以扬州市为例 [J]. 中国水运, 2014, 14(6): 206-207. (WU Xingxiang. Analysis of some problems in modern urban water conservancy planning: a case study of Yangzhou [J]. China Water Transport, 2014, 14(6): 206-207. (in Chinese))
- [7] 张悦. 关于城市暴雨内涝灾害的若干问题和对策 [J]. 中国给水排水, 2010, 26(16): 41-42. (ZHANG Yue. Some problems and solutions on urban storm water logging disaster [J]. China Water & Wastewater, 2010, 26(16): 41-42. (in Chinese))
- [8] DB 11/685—2013 雨水控制与利用工程设计规范 [S]. (收稿日期: 2015-08-16 编辑: 彭桃英)