

DOI:10.3876/j.issn.1000-1980.2016.05.003

平原河网地区闸泵群联合调度水环境模拟

李 晓^{1,2}, 唐洪武^{1,2}, 王玲玲^{1,2}, 胡孜军^{1,2}, 焦 创^{1,2}

(1.河海大学水文水资源与水利工程科学国家重点实验室,江苏 南京 210098; 2.河海大学水利水电学院,江苏 南京 210098)

摘要:为探索闸泵联合调度对水环境的改善作用,以苏州城市中心区为研究对象,基于实测数据构建河网一维水动力-水质数值模型,模拟了45个关键水工调控工程;对污染源做了详细的分类计算,采用实测水质资料对模型进行验证。利用该模型研究了平水年现状调度方案下的水质变化规律,结果表明,COD_{Cr}和NH₄⁺-N质量浓度变化与水位呈负相关,且枯水期水质呈现西北好东南差的特点。针对此特点,提出利用城市中心区闸泵群对西塘河引水量进行再分配,作为枯水期水质改善的调度方案,模拟结果表明,在新的调度方案下,大部分区域的水质都能达到更优一级的标准,各站点的污染物浓度都有大幅减少,最多减少了49.7%。

关键词:平原河网;水动力-水质模型;闸泵联合调度;污染源计算;水环境;数值模拟

中图分类号:TV675;X143

文献标志码:A

文章编号:1000-1980(2016)05-0393-07

Simulation of water environment under joint operation of gates and pumps in plain river network area

LI Xiao^{1,2}, TANG Hongwu^{1,2}, WANG Lingling^{1,2}, HU Zijun^{1,2}, JIAO Chuang^{1,2}

(1. State Key Laboratory of Hydrology-Water Resources and Hydraulic Engineering, Hohai University, Nanjing 210098, China;

2. College of Water Conservancy and Hydropower Engineering, Hohai University, Nanjing 210098, China)

Abstract: In order to investigate the effects of the joint operation of gates and pumps on the improvement of the water environment, using the central area of Suzhou City as an example, a one-dimensional hydrodynamic and water quality model for river networks, including 45 key hydraulic projects, was established based on measured data. The pollution sources were classified and calculated in detail. The measured water quality data were used to validate the model. The law of water quality change under the conditions of normal years and the current operation scheme was studied. The results show that the variations of concentrations of COD_{Cr} and NH₄⁺-N are negatively correlated with the water level, and the water quality in dry seasons is better in the northwest and worse in the southeast. Therefore, a scheme for reallocating the diverted water from the Xitang River using gates and pumps in the central area of the city is proposed to improve the water quality in dry seasons. The simulation results show that the water quality in most areas can reach a higher grade under the new operation scheme. The concentrations of pollutants in the monitoring sites decreased significantly, and the maximum reduction rate reached 49.7%.

Key words: plain river network; hydrodynamic and water quality model; joint operation of gates and pumps; calculation of pollution sources; water environment; numerical simulation

平原河网地区地势平坦,水网交错,城市集中,人口和产业集聚程度较高。随着城市化进程的加速和区域经济的发展,这些地区的污染负荷增大,水质恶化严重,成为困扰城市可持续发展的主要问题^[1]。由于平

收稿日期:2016-03-15

基金项目:国家自然科学基金(51239003,51309085);水利部重大公益性行业科研专项(201501007,201201017)

作者简介:李晓(1992—),女,河南洛阳人,硕士研究生,主要从事水力学数值模拟研究。E-mail:1058607687@qq.com

通信作者:王玲玲,教授。E-mail:706584934@qq.com

原河网地区闸泵等水工调控工程众多,通过合理的闸泵联合调度可以控制河道的水动力^[2],从而改善水质^[3-4]。因此,建立河网水环境数学模型,模拟闸泵联合调度下平原河网的水质演变过程,探索改善水环境的闸泵联合调度方式,对于平原河网地区社会经济可持续发展有重要意义。

针对平原河网地区的水环境问题,Hwang等^[5]建立了适用于 Seonakdong 河的河流水质模型,研究改善水质的最佳闸门操作方法;刘远书等^[6]研究了优化的水量水质联合调度方案对工程截污导流效果的影响;胡尧文^[7]构建了杭嘉湖地区河网水量水质模型,在引排水工程中运用闸门调度的方式改善水环境;江涛等^[8]模拟分析了枯水期沙口、石嘴闸泵联合引水情景下佛山水道的水质改善效果,探讨了闸泵联合引水对水质的影响及其相应的水动力学问题;张永勇等^[9]将闸坝水量水质优化调度模型嵌入 SWAT 模型中,从流域尺度上探讨了闸坝水量水质联合调度模式。上述研究中都运用了闸泵调度的方法改善水质,以点源方式考虑集中排放污水,但对面源的模拟方法少有深入讨论;对河网内部密布的闸泵工程及其调度原则大多做概化处理,难以精细考虑各工程的作用与影响;闸泵的调度目标一般只考虑总引水量和引水时间的变化,较少考虑河网区域内部的水位、水质状况进行动态综合调控,因此河网水量水质数值模型的计算精度将会受到较大影响。

笔者依托苏州城市中心区复杂河网,建立河网一维水动力-水质数值模型,分类考虑点源和面源的分布以及河网内部全部闸泵工程的调控作用,进行闸泵的动态调控。通过模拟结果获得了区域水环境分布与演变规律,提出改善水环境的闸泵调度方式,并验证了其合理性及实用性。

1 模型建立

1.1 控制方程与数值方法

一维水动力模型的控制方程是圣维南方程组^[10],由连续方程和动量方程组成。

$$\text{连续方程:} \quad \frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = q \quad (1)$$

$$\text{动量方程:} \quad \frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{Q^2}{A} \right) + gA \frac{\partial h}{\partial x} + gA \frac{Q|Q|}{K^2} = 0 \quad (2)$$

式中: x ——空间坐标,m; t ——时间坐标,s; A ——过水断面面积,m²; Q ——断面流量,m³/s; h ——水位,m; q ——旁侧入流流量,m³/s; K ——流量模数,m³/s; g ——重力加速度,m/s²。

河网水环境模型的控制方程为一维对流扩散方程,其基本假定:物质在断面上完全混合;物质守恒或符合一级反应动力学(即线性衰减);符合 Fick 扩散定律,即扩散与浓度梯度成正比。一维对流扩散方程为

$$\frac{\partial(AC)}{\partial t} + \frac{\partial(QC)}{\partial x} - \frac{\partial}{\partial x} \left(AD \frac{\partial C}{\partial x} \right) = -AK_p C + C_2 q \quad (3)$$

式中: C ——质量浓度,mg/L; D ——纵向扩散系数,m²/s; C_2 ——源或汇质量浓度,mg/L; K_p ——线性衰减系数,1/d。

水动力模型的控制方程采用 Abbott 六点中心隐式差分格式^[11]进行离散,该离散格式按顺序交替计算水位或流量。对流扩散方程采用时间和空间中心隐式差分格式进行离散,其稳定条件是 Courant 数小于1,因此模型计算时间步长取30 s,空间步长取70~500 m不等。方程的求解方法采用“追赶法”。

1.2 河网的概化

本文依托苏州城市中心区建立数值模型。模拟区域东部以常台高速公路附近的控水建筑物为界,西侧和南侧以大运河为界,北侧以沪宁高速公路附近的控水建筑物为界,总面积约70 km²。依托上述公路和运河,形成相对独立的计算区域,区域与外部环境以19个枢纽相连接。以该区域80条河道(包括断头浜)组成的河网结构及45项水工调控工程如图1所示。

1.3 污染源的处理

污染源分点源和面源。点源包括工业污染点源和污水处理厂点源,模型中对面源污染进行了定量模拟。该区域面源主要考虑未经污水处理厂处理的超额生活污水的排放,采用式(4)~(6)进行估算。

$$\rho_{\text{产污量}} = \frac{\rho_{\text{人口}} E}{1000} \quad (4)$$

$$\rho = \rho_{\text{产污量}} - \rho_{\text{处理量}} \quad (5)$$

$$W_i = \bar{\rho}_i S_i \quad (6)$$

式中: $\rho_{\text{人口}}$ ——研究区域内人口密度,人/ km^2 ; E ——该区域内的人均综合生活用水定额, $\text{L}/(\text{人} \cdot \text{d})$; $\rho_{\text{产污量}}$ ——计算得到的研究区域内生活用水产污量的分布, $\text{t}/(\text{d} \cdot \text{km}^2)$; $\rho_{\text{处理量}}$ ——研究区域内污水处理厂的污水处理量,是污水处理厂处理能力(扣除工业污水部分)和服务面积的比值, $\text{t}/(\text{d} \cdot \text{km}^2)$; ρ ——直接排入河道的生活污水量, $\text{t}/(\text{d} \cdot \text{km}^2)$; S_i ——集水区域的面积, km^2 ; $\bar{\rho}_i$ ——每个集水域中直排生活污水量的均值, $\text{t}/(\text{d} \cdot \text{km}^2)$; W_i ——直接排入各河段的生活污水量, t/d 。

根据相关资料^[12],生活污水的 COD_{Cr} 质量浓度为 175.85 mg/L , NH_4^+-N 质量浓度为 53.75 mg/L 。污水处理厂尾水浓度采用苏州地区污水处理厂的平均值,即 COD_{Cr} 为 60 mg/L , NH_4^+-N 为 15 mg/L 。

1.4 内边界的处理

在水动力计算过程中,堰、闸作为内边界一般根据闸上闸下2个节点的水位差来计算过闸流量 Q 。闸上下游节点之间的河段在计算过程中要进行特殊处理,由水流连续性条件式(7)和闸门出流公式(8),联合河网方程组隐式求解。

$$Q_a = Q_b = Q \quad (7)$$

$$Q = \sigma_s \mu b e \sqrt{2g(H_0 - \varepsilon e)} \quad (8)$$

式中: Q_a 、 Q_b ——闸上和闸下节点的流量, m^3/s ; σ_s ——闸孔淹没出流系数; μ ——闸孔自由出流流量系数; e ——闸孔开度, m ; b ——闸门宽度, m ; H_0 ——断面总水头, m ; ε ——闸门侧向收缩系数。

1.5 模型参数的选取

河道糙率采用南京水利科学研究院2013年实测成果,取值范围为 $0.027 \sim 0.034$,根据区域污染特征,选择 COD_{Cr} 和 NH_4^+-N 为模拟因变量。水环境模型中涉及到的参数主要是各污染指标的纵向扩散系数 D 和线性衰减系数 K_p ^[13]。经过率定各参数取值分别为 $D_{\text{COD}_{\text{Cr}}} = 5 \text{ m}^2/\text{s}$, $K_{p, \text{COD}_{\text{Cr}}} = 0.001517 \text{ h}^{-1}$; $D_{\text{NH}_4^+-\text{N}} = 5 \text{ m}^2/\text{s}$, $K_{p, \text{NH}_4^+-\text{N}} = 0.001823 \text{ h}^{-1}$ 。

1.6 定解条件

模型的水动力边界条件采用苏州地区一维河网水动力模型^[14]计算求得。水质边界各污染指标的浓度根据相应河段的多年水环境质量评价等级拟定。其中,大运河两端按照劣V类水^[15]设定,元和塘、外塘河和东侧各边界按照IV类水设定,其余边界按照III类水设定。水位初始条件设为多年平均水位值,约为 2.9 m 。流量初始条件全部设置为0。水质初始条件按照IV类水标准设定,即 COD_{Cr} 质量浓度为 30 mg/L , NH_4^+-N 质量浓度为 1.5 mg/L 。

2 模型验证

模型验证采用2014年5月13日至7月6日的水动力和水质边界,闸泵调度参考范子武等^[16]在“自流畅活水”方案中的高水位运行方案制定(记为方案1),详情见表1。计算得到的水质结果与同时期的监测数据进行对比(本文模型计算得的 COD_{Cr} 浓度已通过文献^[17]提出的倍率关系转化为 COD_{Mn} 浓度)。银杏桥的 COD_{Mn} 对比结果如图2所示、来凤桥的 NH_4^+-N 对比结果如图3所示。由图2、图3可知计算值与实测值基本接近,模型能够用于闸泵联合调度下苏州城市中心区河网水环境模拟。

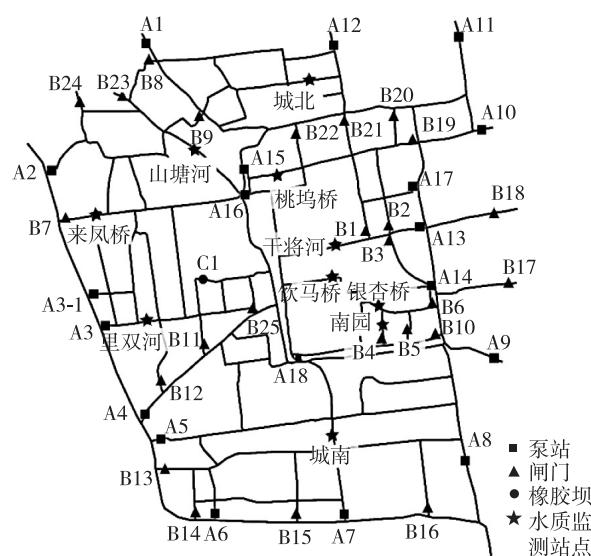


图1 河网概化结果及水工调控工程分布

Fig. 1 Generalization results of river network and distribution of hydraulic projects

表 1 水工调控工程调度方案 1 详情
Table 1 Details of operation scheme using hydraulic projects (Scenario one)

编号	调度方式	编号	调度方式
A2	每天 13:00—15:00,向大运河排 5 m ³ /s	B4	全天开度为 0.5 m
A3-1	每天 10:00—14:00、15:00—17:00,向大运河排 5 m ³ /s	B5	全天开度为 0.3 m
A3	全天向大运河排 15 m ³ /s	B7	全天关闭
A4	每天 8:00—12:00,向大运河排 10 m ³ /s	B8	全天开度为 0.1 m
A5	每天 12:00—24:00,向大运河排 10 m ³ /s	B9	全天开度为 0.1 m
A6	每天 0:00—12:00,向大运河排 10 m ³ /s	B10	每天 22:00—24:00 全开
A7	全天向大运河排 10 m ³ /s	B11	全天开度为 0.5 m
A8	每天 13:00—15:00,向大运河排 5 m ³ /s	B12	每天 12:00—13:00 开度为 0.2 m
A10	每天 13:00—15:00,向外城排 5 m ³ /s	B13	每天 9:00—10:00 开度为 0.5 m
A12	全天开度为 1.5 m	B14	每天 10:00—11:00 开度为 0.5 m
A15	全天开度为 0.1 m	B15	每天 13:00—14:00 开度为 0.5 m
A17	每天 5:00—7:00 开度为 0.5 m	B16	全天关闭
A18	每天 4:30—5:00 全开	B18	每天 13:00—14:00 全开
B1	全天开度为 2.0 m	C1	坝顶升至 2.5 m

注:未标注的为全天全开

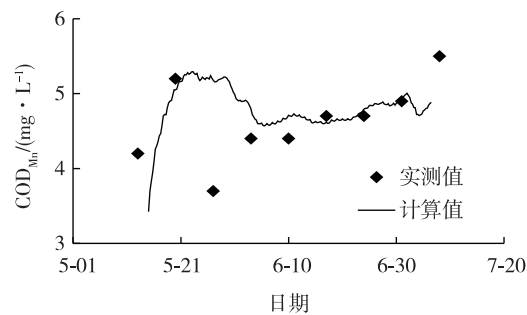


图 2 2014 年银杏桥 COD_{Mn}验证结果
Fig. 2 Validation results of COD_{Mn} concentration at Yinxing Bridge

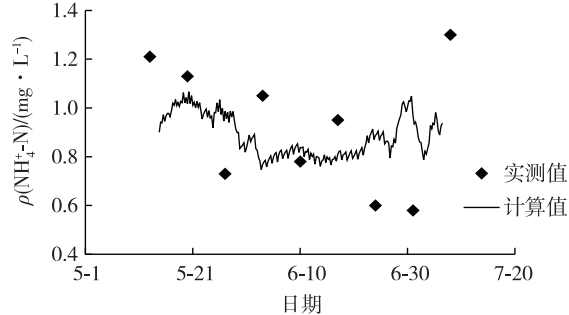


图 3 2014 年来凤桥 NH₄⁺-N验证结果
Fig. 3 Validation results of NH₄⁺-N concentration at Laifeng Bridge

3 苏州城市中心区水质变化规律

3.1 设计调度方案(方案 1)下的水质变化规律

利用所建模型模拟了 1988 年各站点的水质变化过程和水位变化过程。由于 COD_{Cr} 和 NH₄⁺-N 变化规律类似,且研究区域 COD_{Cr} 污染程度较轻,因此仅对 NH₄⁺-N 浓度进行分析,结果如图 4 所示。由图 4 可见,除里双河、山塘河站点的水质在一年内无明显变化外,其他站点的水质在枯水期(1—2 月)均有变差的趋势;各污染指标的浓度变化与水位有一定的负相关性,水位越低河道中污染物浓度越高。

为寻求改善枯水期水质的闸泵调度方案,分别量测各水质监测点在枯水期 2 月 1 日至 3 月 1 日时段、丰水期 8 月 1 日至 9 月 1 日时段的 NH₄⁺-N 浓度。计算每个点在一个半月内的平均值,并采用克里金法^[18]进行插值得到水质的平面分布特征,结果如图 5 和图 6 所示。由图可见苏州城市中心区河网 NH₄⁺-N 分布有以下特点:(a)枯水期有接近一半区域的 NH₄⁺-N 浓度仅达到 V 类

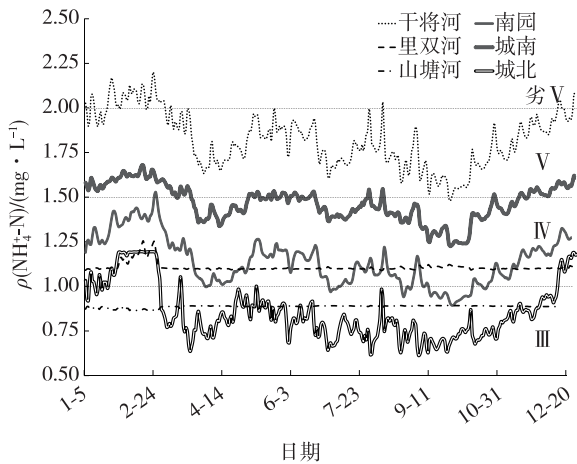


图 4 1988 年各站点水质变化
Fig. 4 Fluctuation of water quality at each site in 1988

水标准,甚至部分地区劣于V类水标准。丰水期因河道流量相对较大, $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 污染程度较枯水期轻。(b) $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 污染状况呈现北轻南重、西轻东重的特点。这主要是由于北部入流水质较好,随着水流向南流动,污染源沿程汇入河道导致污染物会逐渐积累增加;另一方面是西侧沿大运河有较多的泵站向大运河排水,增强了西部河道的水动力。计算结果符合苏州城市中心区水动力与水质整体分布与变化特征。

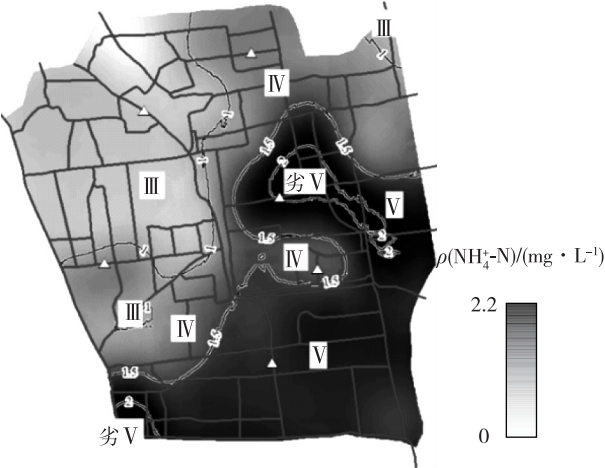


图5 枯水期 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 质量浓度平面分布

Fig. 5 Plane distribution of $\text{NH}_4^+\text{-N}$ concentration in dry season

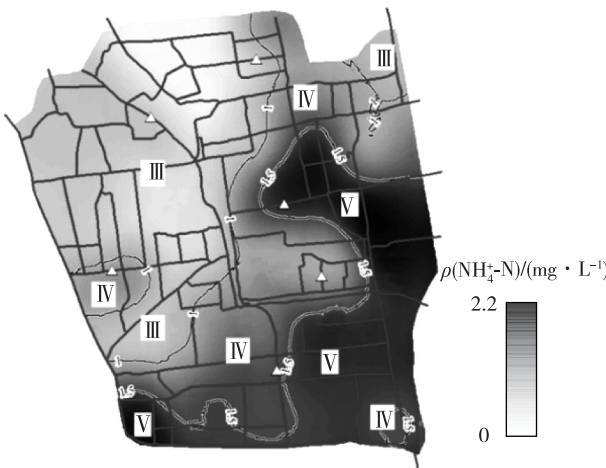


图6 丰水期 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 质量浓度平面分布

Fig. 6 Plane distribution of $\text{NH}_4^+\text{-N}$ concentration in wet season

3.2 枯水期水质改善方案研究

结合枯水期污染物浓度的平面分布特征,根据流量与水质的相关关系,提出通过西塘河引水至外城河作为改善苏州城市中心区枯水期水质的主要措施。考虑引江济太后望虞河的水资源量和裴家圩枢纽(A1)的能力,引水流量定为 $20\text{ m}^3/\text{s}$,西塘河水质为Ⅲ类水标准,假设 COD_{Cr} 质量浓度为 16 mg/L , $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 质量浓度为 0.6 mg/L 。另外,调整区域内其他闸泵的运行方式,合理分配西塘河的来水资源。闸泵的调度方式在调度方案1的基础上,所做的改变如表2所示。

表2 水质改善调度方案(方案2)详情

Table 2 Details of operation scheme for water quality improvement (Scenario two)

编号	调度方式	编号	调度方式
A1	全天向外城河引 $20\text{ m}^3/\text{s}$	A14	全天向外城河排 $5\text{ m}^3/\text{s}$
A3	全天向大运河排 $10\text{ m}^3/\text{s}$	A17	全天全关
A4	每天8:00—12:00,向大运河排 $5\text{ m}^3/\text{s}$	A18	全天全关
A5	每天12:00—24:00,向大运河排 $5\text{ m}^3/\text{s}$	B6	全天全关
A6	每天0:00—12:00,向大运河排 $5\text{ m}^3/\text{s}$	B13	全天关闭
A9	全天开度为 0.3 m	B14	全天关闭
A10	全天开度为 0.1 m	B15	全天关闭
A11	全天全关	B17	全天开度为 0.2 m
A12	全天全关	B18	全天开度为 0.1 m

注:A15、B1、B4、B5、B10、B11、B12 全天全开,其他闸门调度方式不变。

按方案2调度闸泵工程,计算1988年枯水期(1—2月份) $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 的浓度,选取2个站点与方案1下同期的计算结果进行对比(图7)。由图7可以看出,各测点的水质在新的调度方案下均有大幅度改善。城北站 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 浓度最大减少49.7%,水质等级由Ⅳ类提升至Ⅲ类;干将河站的 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 浓度最大减少34.6%,水质等级由劣V类提升至Ⅳ类。由此可见,西塘河引水调度方案可以使大部分区域的水质达到更优一级的标准,因此该方案能有效改善苏州城市中心区枯水期的水质。

4 结 论

a. 建立了苏州城市中心区一维河网水环境模型,考虑河网内部全部闸泵等水工调控工程的调度,对污

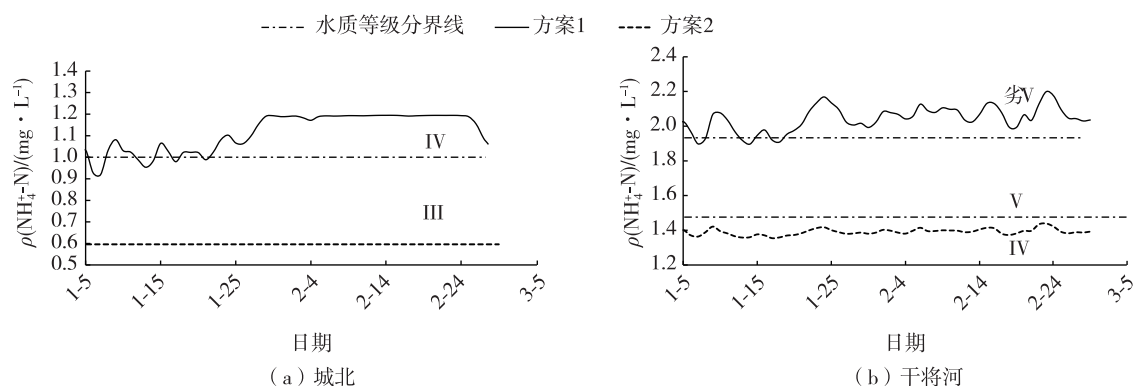


图7 1988年枯水期不同调度方案下的 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 质量浓度

Fig. 7 Concentration of $\text{NH}_4^+\text{-N}$ in dry season of 1988 under different operation schemes

污染源进行了详细处理,考虑了超额生活污水的排放。根据实际调度规则结合实测水质资料对模型进行了验证,结果表明模型具有较好的模拟精度,可应用于该地区的水动力与水质模拟。

b. 模拟了平水年现状工况下的水质变化,结果表明 COD_{Cr} 和 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 浓度变化与水位呈负相关性,苏州城市中心区枯水期水质呈现西北好东南差的特点。这些规律符合苏州地区的水环境分布特征。

c. 对比分析丰枯水期苏州城市中心区水质平面分布特征,提出了改善枯水期水质的调度方案,结果表明在该调度方案下, $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 浓度最多减少了 49.7%,大部分区域的水质达到更优一级的标准。

d. 本文方法可应用于其他平原河网地区,所建模型可为平原河网地区水环境调度决策提供支持。

参考文献:

- [1] 徐祖信,卢士强.平原感潮河网水动力模型研究[J].水动力学研究与进展(A辑),2003,18(2):176-181. (XU Zuxin, LU Shiqiang. Hydrodynamic model for tidal river network[J]. Journal of Hydraulics, 2003,18(2):176-181. (in Chinese))
- [2] 郝文彬,唐春燕,滑磊.引江济太调水工程对太湖水动力的调控效果[J].河海大学学报(自然科学版),2012,40(2):129-133. (HAO Wenbin, TANG Chunyan, HUA Lei. Effects of water diversion from Yangtze River to Taihu Lake on hydrodynamic regulation of Taihu Lake[J]. Journal of Hohai University(Natural Sciences), 2012,40(2):129-133. (in Chinese))
- [3] ZUO Q, CHEN H, DOU M, et al. Experimental analysis of the impact of sluice regulation on water quality in the highly polluted Huai River Basin, China[J]. Environmental Monitoring and Assessment, 2015, 187(7):1-15.
- [4] YUAN D, ZHANG Y, LIU J, et al. Water quantity and quality joint-operation modeling of dams and floodgates in Huai River Basin, China[J]. Journal of Water Resources Planning and Management, 2015, 141(9): 4015005.
- [5] HWANG J Y, KIM Y D, KWON J H, et al. Hydrodynamic and water quality modeling for gate operation: a case study for the Seonakdong River basin in Korea[J]. KSCE Journal of Civil Engineering, 2014, 18(1): 73-80.
- [6] 刘远书,杜婷,黄跃飞,等.南四湖截污导流工程水量水质联合调度运行研究[J].河海大学学报(自然科学版),2013,41(5):395-399. (LIU Yuanshu, DU Ting, HUANG Yuefei. Effect of pollution prevention and water diversion project based on combined water quantity and quality regulation in Nansi Lake[J]. Journal of Hohai University(Natural Sciences), 2013,41(5):395-399. (in Chinese))
- [7] 胡尧文.杭嘉湖地区引排水工程改善水环境效果分析[D].杭州:浙江大学,2010.
- [8] 江涛,朱淑兰,张强.潮汐河网闸泵联合调度的水环境效应数值模拟[J].水利学报,2011,42(4):388-395. (JIANG Tao, ZHU Shulan, ZHANG Qiang. Numerical simulation on effects of gate-pump joint operation on water environment in tidal river network[J]. Journal of Hydraulic Engineering, 2011, 42(4): 388-395. (in Chinese))
- [9] 张永勇,夏军,陈军锋.基于 SWAT 模型的闸坝水量水质优化调度模式研究[J].水力发电学报,2010,29(5):159-164, 177. (ZHANG Yongyong, XIA Jun, CHEN Junfeng. Study on optimal dam operation of water quantity and quality based on a distributed SWAT model[J]. Journal of Hydroelectric Engineering, 2010, 29(5): 159-164, 177. (in Chinese))
- [10] DHI Water & Environment. MIKE 11 Reference manual: a modelling system for rivers and channels [M]. Denmark: DHI Software, 2012.
- [11] ABBOTT M B, IONESCU F. On the numerical computation of nearly horizontal flows[J]. Journal of Hydraulic Research, 1967, 5(2): 97-117.

- [12] 焦创. 闸泵联合调度下的苏州城市中心区水环境数值模拟[D]. 南京: 河海大学, 2015.
- [13] 吴昊, 周志华. 基于 MIKE11 模型的水量水质联合管理信息系统开发[J]. 海河水利, 2013(1): 58-60. (WU Hao, ZHOU Zhihua. Development on the information system of integrated management of water quality and quantity based on MIKE11[J]. Haihe Water Resources, 2013(1): 58-60. (in Chinese))
- [14] 焦创, 季益柱, 胡孜军. 平原河网地区设计暴雨下的洪水计算: 以苏州地区为例[J]. 水利水电技术, 2015(1): 17-20. (JIAO Chuang, JI Yizhu, HU Zijun. Flood estimation under design rainstorm for plain river network areas: a case of Suzhou District[J]. Water Resources and Hydropower Engineering, 2015(1): 17-20. (in Chinese))
- [15] 国家环保总局. 地表水环境质量标准 GB3838-2002[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 2002
- [16] 范子武, 赵瑞龙, 李云. 苏州古城区水质提升行动计划“自流活水”方案研究[C]//中国环境科学学会. 2013 年水资源生态保护与水污染控制研讨会论文集. 北京: 环球市场信息导报杂志社. 2013: 710-716.
- [17] 刘巍. BOD COD 与高锰酸盐指数的理论内涵及倍率关系研究[J]. 东北水利水电, 2009(9): 61-62. (LIU Wei. Study on theoretical connotation and rate between BOD COD and permanganate index[J]. Water Resources and Hydropower of Northeast China, 2009(9): 61-62. (in Chinese))
- [18] 靳国栋, 刘衍聪, 牛文杰. 距离加权反比插值法和克里金插值法的比较[J]. 长春工业大学学报, 2003, 24(3): 53-57. (JIN Guodong, LIU Yancong, NIU Wenjie. Comparison between Inverse Distance Weighting Method and Kriging[J]. Journal of ChangChun University of Technology, 2003, 24(3): 53-57. (in Chinese))

· 简讯 ·

河海大学科研团队助阿拉善右旗群众圆好水梦

2016 年 7 月 25 日, 随着一股清冽的天然富锶弱碱性优质矿泉水顺着输水管道喷涌而出, 标志着阿拉善右旗巴丹吉林镇新水源供水工程正式建成通水。新水源是依据河海大学地球科学与工程学院陈建生教授领衔的研究团队提出的地下水深循环理论而找到。水源地喷涌出的优质矿泉水使阿拉善右旗 2.6 万各族群众从此告别饮用苦涩咸水的历史。

阿拉善右旗位于内蒙古高原极干旱地区, 年降水量小于 100 mm。该地区没有地表径流, 地下水有害物质含量又严重超标, 人畜饮用水问题自建旗以来就十分突出。为着力破解“水困”瓶颈, 自建旗以来, 一代又一代的阿拉善右旗人花费了大量的人力物力找水引水。从 2013 年 11 月起, 阿拉善右旗政府、盟旗两级水务部门与河海大学陈建生教授合作在巴丹吉林沙漠边缘开展找水工作。为了在茫茫的沙漠中准确找到水源, 陈建生教授及其团队经过多年研究, 提出地下水深循环理论, 认为在巴丹吉林沙漠中存在深循环地下水资源, 可以解决当地群众的饮水问题。依据该理论共钻凿深井 8 眼, 除 2 眼井水水质不符合饮用水要求外, 其余 6 眼井具有 20~80 m³/h 的相对稳定抽水量, 具备作为巴丹吉林镇饮用水水源地所必需的水量条件。国家权威水质部门的检测结果表明, 水质达到饮用水标准, 且是富含锶的优质矿泉水。《光明日报》、《中国教育报》、《科技日报》、人民网、凤凰网等多家媒体对河海大学科研团队服务地方发展、在沙漠中找到饮用水情况进行了报道, 在社会上引起广泛关注和强烈反响。

(本刊编辑部供稿)