

白洋淀水质改善方案优化及实施效果研究

陈平,傅长锋,及晓光,康国强

(河北省水利水电勘测设计研究院集团有限公司,天津 300250)

摘要:模拟与分析白洋淀试点区域水质改善工程前后的水质变化情况,探索水质改善效果,为白洋淀水质改善提供思路与经验。基于实测地形、气象数据、水质监测数据、现状污染源、大气沉降、风扰底泥释放等数据资料,运用 MIKE 软件构建了白洋淀二维水动力和水质数学模型,选取现状水量未清淤(方案一)、增加补水流量 1.5 倍+未清淤(方案二)、增加补水流量 2.0 倍+清淤 0.1 m(方案三)、增加补水流量 2.0 倍+清淤 0.2 m(方案四)4 种优化方案,模拟了典型时刻下白洋淀区域内的流场分布形态和主要污染物迁移扩散规律。结果表明:白洋淀淀区内水体流动速度普遍较小,在增大补水流量和清淤的情况下,流场的改变集中于入淀河流的下游,几乎不改变主淀中的流场分布。随着清淤深度的增大,底泥的污染物释放作用进一步削弱,但削弱的幅度较小。由此确定对白洋淀底泥厚度较大、水质污染较为严重的区域开展清淤工作,建议清淤厚度 0.2 m 左右。在清淤的基础上,对淀区进行合理补水,入口河流选用常年水质较好的河段,建议补水体积不超过现状补水方案的 2 倍。

关键词:生态补水;清淤;水动力-水质数学模型;白洋淀

中图分类号:X524 **文献标志码:**A **文章编号:**1674-3075(2022)01-0048-08

底泥是湖泊水生态系统的重要组成部分,能够反映湖泊水库演化的历史过程(杨卓,2006)。底泥污染是河流湖泊目前较为普遍存在的环境问题,也是污染治理过程中主要的难点之一。水体和底泥之间存在着吸收和释放的动态平衡:当水体存在较严重污染时,一部分污染物能够通过沉淀、吸附等作用进入底泥中;当外源造成的污染得到控制后,累积于底泥中的各种有机和无机污染物通过与上覆水体间的物理、化学、生物交换作用,重新进入到上覆水体中,成为影响水体水质的二次污染源(杨卓,2006)。有关底泥污染控制与处理处置的研究较多,主要集中在底泥的污染化学性质和组成、生物处理技术、疏浚底泥的处理处置技术等方面(Murphy & Lawson, 1999; Roeters, 1998; 朱颖, 2019),而关于疏浚工程的整体生态效应评价以及水生生态系统对底泥疏浚的响应却缺乏足够的研究(毛志刚等, 2014)。

白洋淀是华北平原一个典型的浅水型湖泊,作为华北平原最大的淡水湿地,被誉为“华北之肾”,在保护生物多样性和维持生态平衡等方面发挥了巨大作用,是维系京津冀乃至华北地区生态平衡的核心。

随着经济社会发展及上游工农业用水量增多,白洋淀入淀水量逐渐减少,生态水量不足,湿地功能退化,上游河道入淀水体污染物超标,淀区水质及底泥污染严重,使白洋淀的生态环境受到了严重威胁。实施生态清淤及综合治理是减轻底泥内源污染的重要手段,也是恢复白洋淀生态空间建设的关键。目前,对于构建白洋淀科学清淤质量控制和效果评价体系方面研究较少(王东升等, 2020),以往的研究多集中在白洋淀底泥现状调查及评价方面(杨卓等, 2005; 杨卓, 2006)。Tang 等(2014)在实测湖床高程、水文资料及水质资料的基础上,建立了白洋淀二维水动力及水质模型,模拟了淀区的风驱动环流过程,分析了水体运动对氮、磷等营养盐分布的影响,但是并没有提出优化方案下模拟白洋淀水质改善的生态效应。为改善白洋淀区域的水质情况,本文采用增大补水流量与清淤等手段改善淀区水质,并运用 MIKE 软件在进行水动力分析的基础上,模拟与分析试点区域水质改善工程前后的水质变化情况,期为白洋淀水质改善提供思路与经验,为雄安新区的水生态文明建设提供科学参考。

1 研究区域概况

白洋淀位于雄安新区,涉及安新县、雄县和容城县。白洋淀具有独特的自然景观,淀区风光秀丽,景色宜人,素有“华北明珠”之称。白洋淀周边共有 8 条入淀河流,流域面积 21 045 km²。白洋淀四周有

收稿日期:2020-05-25

基金项目:河北省水利厅科学技术研究项目“白洋淀底泥污染物释放机理研究”(冀水科研 2020-14)。

作者简介:陈平,1983 年生,女,博士,高级工程师,研究方向为水环境治理与恢复。E-mail:chenping120105@163.com

堤防环绕,堤防总长 203 km。淀内主要由白洋淀、马棚淀、烧车淀、藻苣淀等大小不等的 143 个淀泊和 3 700 多条沟壕组成,淀区面积中 85% 的水域在安新县境内(图 1)。白洋淀下游出口处建有泄流控制工程——枣林庄枢纽,由 25 孔闸、4 孔闸、船闸和赵北口溢流堰组成。白洋淀平时主要由 4 孔闸泄水,发生洪水时 25 孔闸参与泄洪,淀水位超过 7.5 m 时赵北口溢流堰溢洪。



图 1 白洋淀流域位置

Fig.1 Schematic map of Baiyangdian Lake basin

2 模型建立及优化方案确定

2.1 水动力模型

2.1.1 水动力模型基本控制方程 水动力模块遵循纳维-斯托克斯方程,并满足 Boussinesq 假设,即流体低速流动中,密度的变化不考虑由压强变化所引起的,仅考虑温度对密度的影响,同时满足静水压力。二维非恒定平面浅水流方程如下:

连续方程:

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial (h\bar{u})}{\partial x} + \frac{\partial (h\bar{v})}{\partial y} = hS$$
 ①

动量方程:

$$\begin{aligned} &\frac{\partial (h\bar{u})}{\partial t} + \frac{\partial h\bar{u}^2}{\partial x} + \frac{\partial (h\bar{u}\bar{v})}{\partial y} - \Omega \bar{v} h + gh \frac{\partial \eta}{\partial x} + \frac{gh^2}{2\rho_0} \frac{\partial \rho}{\partial x} \\ &+ \frac{1}{\rho_0} (\tau_{bx} - \tau_{sx}) + \frac{1}{\rho_0} \left(\frac{\partial s_{xx}}{\partial x} + \frac{\partial s_{xy}}{\partial x} \right) + \frac{h}{\rho_0} \frac{\partial p_a}{\partial x} = \frac{\partial (hT_{xx})}{\partial x} + \frac{\partial (hT_{xy})}{\partial x} + hu_s S \end{aligned}$$
 ②

$$\begin{aligned} &\frac{\partial (h\bar{v})}{\partial t} + \frac{\partial h\bar{v}^2}{\partial y} + \frac{\partial (h\bar{u}\bar{v})}{\partial x} + \Omega \bar{u} h + gh \frac{\partial \eta}{\partial y} + \frac{gh^2}{2\rho_0} \frac{\partial \rho}{\partial x} + \\ &\frac{1}{\rho_0} (\tau_{by} - \tau_{sy}) + \frac{1}{\rho_0} \left(\frac{\partial s_{yx}}{\partial x} + \frac{\partial s_{yy}}{\partial y} \right) + \frac{h}{\rho_0} \frac{\partial p_a}{\partial y} = \frac{\partial (hT_{xy})}{\partial y} + \frac{\partial (hT_{yy})}{\partial y} + hv_s S \end{aligned}$$
 ③

$$h\bar{u} = \int_{-d}^{\eta} u dz, h\bar{v} = \int_{-d}^{\eta} v dz$$
 ④

式中: t 为时间(s); $x、y$ 为笛卡尔坐标系坐标; η 为水位(m); d 为静水深(m); $h=\eta+d$ 为总水深(m); $u、v$ 分别为 $x、y$ 方向上的速度分量(m/s); Ω 为科氏力系数; g 为重力加速度(m/s²); ρ_0 为水的密度(kg/m³); $s_{xx}、s_{xy}、s_{yy}$ 为辐射应力分量(N); S 为源项; $u_s、v_s$ 为源项水流流速(m/s); $\tau_{bx}、\tau_{sx}、\tau_{by}、\tau_{sy}$ 为不同方向剪应力(N); $T_{xy}、T_{yx}、T_{xx}$ 为水平粘应力项(N),其中, $T_{xx} = 2A \frac{\partial u}{\partial x}, T_{xy} = A \left(\frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} \right), T_{yy} = 2A \frac{\partial v}{\partial y}$ 。

2.1.2 水动力模型建立 采用整个白洋淀淀区的水动力和水质结果确定试点区域的水动力和水质边界条件,白洋淀淀区采用非结构网格进行网格划分,计算区域共划分 40 125 个网格,如图 2。图中节点属性值(code value)为 1 代表陆地边界,节点属性值大于 1 代表开边界,网格尺寸较小的区域为加密区域。

水动力模拟所需的风速、风向、降雨、蒸发、气温、湿度等气象条件均采用保定观测站的实测数据设定。初始浓度和入淀河流水质采用保定市国控、省控水环境质量月报进行设定。初始情况下,在研究区域内设定保守物质初始浓度为 1 mg/L。

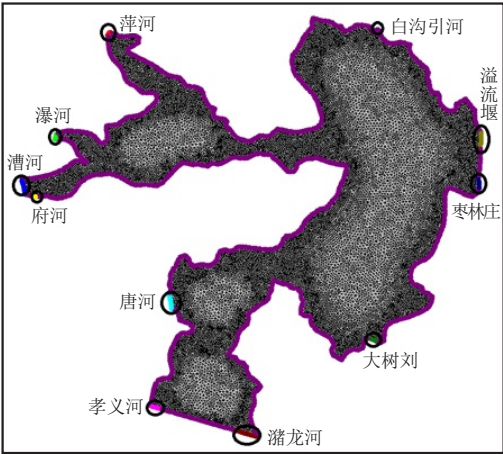


图 2 计算区域的网格划分

Fig.2 Mesh division of the calculation area

2.1.3 水动力模型验证 以白洋淀区域平均水位模拟数据和监测数据的绝对误差、相对误差进行水动力模拟和模型验证。

$$AE = |S - M|$$
 ⑤

$$RE = \frac{|S - M|}{M}$$
 ⑥

式中:AE 为绝对误差,RE 为相对误差, S 为模拟数据, M 为监测数据。

监测平均水位选取白洋淀区域 2017 年 12 月至 2018 年 6 月的监测数据,当采取引黄入淀和南水北调补水方案时,白洋淀区域平均水位模拟数据和监测

数据之间的对比结果如表 1。模拟平均水位和监测平均水位之间的绝对误差最小值为 0，最大值为 0.09 m，相对误差的范围为 0~1.35%，可见模型可靠性高，能够准确地模拟白洋淀区域的水动力过程。

表 1 平均水位模拟数据和监测数据之间的对比结果
Tab.1 Comparison of simulated and monitored average water level

时间	模拟平均水位/m	监测平均水位/m	AE/m	RE/%
2018.1.1	6.74	6.74	0	0
2018.2.1	6.81	6.81	0	0
2018.3.1	6.84	6.85	0.01	0.15
2018.4.1	6.84	6.84	0	0
2018.5.1	6.80	6.84	0.04	0.58
2018.5.31	6.76	6.85	0.09	1.35

2.2 水质模型

2.2.1 水质模型基本控制方程 MIKE 水质模型是在水动力模型的基础上建立的。MIKE 软件中的 ECO-LAB 模块不仅可以描述物理变化过程，同时也可描述化学物质、生物与生态环境之间的相互作用，其浓度对流扩散方程如下：

$$\frac{\partial(hC)}{\partial t} + \frac{\partial(uhC)}{\partial x} + \frac{\partial(vhC)}{\partial y} = \frac{\partial}{\partial x} \left(hD_x \frac{\partial C}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(hD_y \frac{\partial C}{\partial y} \right) - FhC + S$$

⑦

式中： C 为水体物质浓度(mg/L)； u 、 v 分别为 x 、 y

方向的速度(m/s)； h 为水深(m)； D_x 、 D_y 分别为 x 、 y 方向的扩散系数(m²/s)； F 为线性衰减系数(s⁻¹)； x 、 y 为空间坐标(m)； t 为时间(s)； S 为源和汇。

2.2.2 水质模型建立 根据对白洋淀区生态环境及污染现状的调研与考察，在水质模拟期间，污染物以畜禽养殖、生活污水排放、大气沉降、农业种植、雨水径流、湖区旅游、底泥释放和风场扰动等形式进入白洋淀淀区，无其他污染物入淀。水质参数主要考虑 COD、氨氮和 TP。淀区内这几个水质参数的初始浓度参照 2018 年 12 月的保定市国控、省控水环境质量月报进行设定。边界入口府河、孝义河、瀑河和白沟引河的水质参数按照河北省水利水电勘测设计院提供的河口水质分析报告进行插值，“引黄入淀”与潞龙河补水的入口水质按Ⅲ类水体浓度进行设定。

2.2.3 水质模型验证 选取模拟时段内白洋淀淀区的枣林庄、王家寨和端村等站点监测数据，与模拟水质验证结果如表 2。相比实测的水质监测结果，模拟时段内各站点的水质模拟浓度基本符合实测水质类别，监测指标化学需氧量(COD)、氨氮和总磷均在Ⅳ类和Ⅴ类水体的浓度范围内波动，仅部分时段的水质类别出现较小偏差，模拟误差处于较为合理的误差范围内。说明模拟所用的水质模型参数基本准确，水质模型能够较为真实地反应白洋淀内的水质变化情况，可适用于当前补水方案的水质状况模拟。

表 2 实测水质和模拟水质类别分布
Tab.2 Categories distribution of measured and simulated water quality

时间	数据来源	3 个站点水质类别		
		枣林庄	王家寨	端村
2018 年 3 月	实测数据	结冰	结冰	结冰
	模拟数据	V 类(COD、TP)、劣 V 类(氨氮)	V 类(COD、氨氮)、Ⅳ类(TP)	V 类(COD、氨氮、TP)
2018 年 4 月	实测数据	V 类(COD)	V 类(COD)	V 类(COD)
	模拟数据	V 类(COD)、Ⅳ类(氨氮、TP)	V 类(COD、氨氮)、Ⅳ类(TP)	V 类(TP)、Ⅳ类(COD、氨氮)
2018 年 5 月	实测数据	Ⅳ类(COD、TP)	Ⅳ类(COD、TP)	V 类(COD、TP)
	模拟数据	V 类(COD、TP)、Ⅳ类(氨氮)	V 类(COD、TP)、Ⅳ类(氨氮)	V 类(COD、TP)、Ⅳ类(氨氮)
2018 年 6 月	实测数据	V 类(TP)、Ⅳ类(COD、氨氮)	Ⅳ类(COD、TP)	V 类(COD、TP)
	模拟数据	V 类(COD、TP)、Ⅳ类(氨氮)	V 类(COD、TP)、Ⅳ类(氨氮)	V 类(COD、TP)、Ⅳ类(氨氮)

2.3 方案确定

白洋淀的水质优化方案主要考虑了补水方案和清淤方案 2 方面组成。水质的 4 种方案分别为：方案一为现行方案，维持现状补水水量、无清淤措施；方案二增加补水水量至现状水量的 1.5 倍、无清淤措施；方案三增加补水水量至现状水量的 2.0 倍且清淤 0.1 m；方案四增加补水水量至现状水量的 2.0 倍且清淤 0.2 m。见表 3。与现行方案相比，水质优化方案的补水策略主要从“南水北调”方案和“西大洋、王快

水库”方案入手，“引黄入淀”方案仍保持原先的补水流量；底泥的清淤方案主要体现了局部清淤，将王家寨和枣林庄区域的底泥清除 0.1 m 和 0.2 m。

3 结果与分析

3.1 优化方案下的水动力结果分析

在 2018 年 6 月 5 日零时刻下，相比于现状补水方案(方案一)，白洋淀补水方案中的方案二、三、四中淀区内流场速度增大的区域主要集中于瀑河和

表3 白洋淀水质模拟方案

Tab.3 Water quality optimization schemes of Baiyangdian Lake

序号	补水方案	清淤情况
方案一	当前补水流量(瀑河 5000 万 m ³ , 潞龙河 2000 万 m ³)	无清淤
方案二	1.5 倍补水流量(瀑河 7500 万 m ³ , 潞龙河 3000 万 m ³)	无清淤
方案三	2.0 倍补水流量(瀑河 1 亿 m ³ , 潞龙河 4000 万 m ³)	清淤 0.1 m(王家寨与枣林庄区域各清淤 0.1 m)
方案四	2.0 倍补水流量(瀑河 1 亿 m ³ , 潞龙河 4000 万 m ³)	清淤 0.2 m(王家寨与枣林庄区域各清淤 0.2 m)

府河下游,流速大于 0.025 m/s 的区域增多,最大流速为 0.207 m/s,但在淀区的主淀部分,所有方案下的流场近似相同,流速均处于 0~0.075 m/s,水体流动速度缓慢,水体交换能力较弱,容易导致污染物的蓄积。

白洋淀实施清淤方案主要对底泥厚度较大及水质富营养化较为严重的王家寨和枣林庄等区域进行局部清淤。为排除补水方案对局部清淤下流场的干扰,在相同流量情况下比较 4 种方案的流场分布,结果见图 3,各方案的流场分布相似。

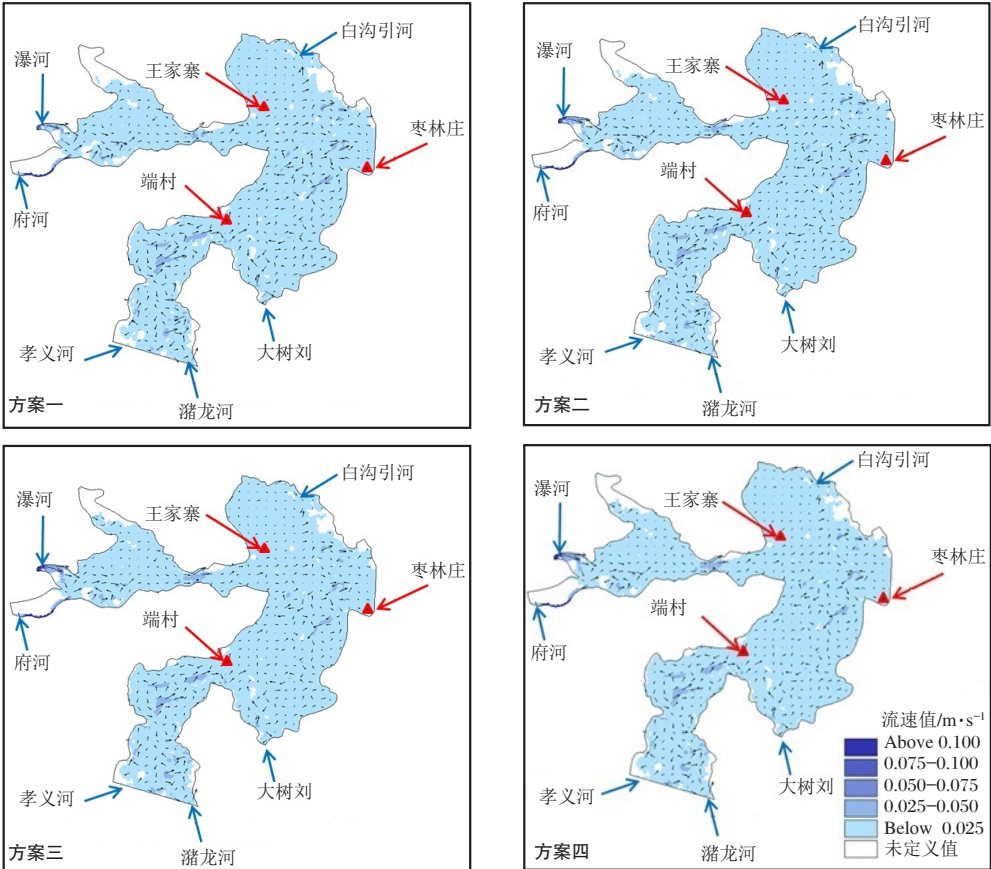


图3 白洋淀水动力模型流场分布

Fig.3 Flow field distribution diagram of the hydrodynamic model under four water quality optimization schemes of Baiyangdian Lake

3.2 优化方案下的水质变化

在白洋淀水动力模拟的基础上,运用 MIKE 软件中的 ECOLAB 模块对白洋淀 2018 年 6 月 5 日零时刻各优化方案进行水质模拟,各污染物的浓度分布如图 4~图 6。

对比方案一(现状补水)与方案二(1.5 倍补水),在均未清淤的条件下,增大淀区补水流量,可在一定程度上减缓补水河流下游的水质污染情况,但对不

同污染物的稀释程度较不相同。由瀑河和潞龙河入流的补水流量对其下游水体中 COD 的稀释作用较差,仅能将小部分水域的 COD 浓度降至 45 mg/L 以下。现行补水方案下,瀑河与潞龙河下游的氨氮浓度较低,在增大补水流量后,对河流下游的作用范围较大,其中,由瀑河的补水流量可稀释南刘庄、王家寨附近的水域,补水作用较好。对总磷而言,方案二中由潞龙河入淀的补水效果较好,可将潞龙河下游

较大部分水域中的总磷浓度降至 0.2 mg/L 以下;由瀑河入淀的流量补水效果较差,未能对下游水体中的总磷浓度进行有效稀释。加大补水流量至 2.0 倍时,在瀑河入淀处对下游水域的稀释效果最好,并且是唯一可稀释主淀水域中的 COD 及氨氮浓度的方案;而在潞龙河处与采用 1.5 倍补水流量的方案相比,其对下游污染物的稀释效果并未有本质上的提升。

为充分对比出各清淤深度对淀区的水质改善作用,选取现状补水条件下的方案一(未清淤)、方案三(清淤 0.1 m)与方案四(清淤 0.2 m)进行对比分析。从各水质优化方案的结果上看,清淤 0.2 m 下的 COD、氨氮和总磷浓度处于最低水平,清淤 0.1 m 次之,未清淤的水质情况最不理想,可见局部清淤能够改善枣林庄附近水域的水质状况。

4 讨论

基于二维非结构网格水动力模型研究发现,白洋淀淀区内水体流动速度普遍较小,在增大补水流量和清淤的情况下,流场的改变集中于入淀河流的下游,几乎不改变主淀中的流场分布。分析其原因主要是因为白洋淀淀区内的流场由风速场主导。赵

正文等(2018)在研究风场和吞吐流对狭长型雁鸣湖流场的影响中提出,风对湖泊流场的变化起主导作用,其中风速是影响湖泊流速的主要因素,风向对湖泊环流的方向起主导作用。

在水动力模型的基础上,运用 ECOLAB 模块进一步对白洋淀 COD、氨氮和总磷主要污染物运移扩散规律研究发现,由于补水方案中的瀑河与潞龙河水水质情况较好,补水流量进入淀区后,将稀释淀区内的污染物浓度,从而减缓白洋淀内的水体富营养化;对比方案三与方案四可以发现,随着清淤深度的增大,底泥的污染物释放作用进一步削弱,但削弱的幅度较小。而对总磷而言,清淤工作对其底泥释放的削弱作用较不明显,但仍可使总磷浓度维持在一个较小的波动范围内。即使进行了清淤工作,底泥仍可以动态释放的形式向上覆水中释放相关污染物,使水体中的污染物浓度逐步上升(毛志刚等,2014;吴沛沛等,2015)。傅长锋等(2019)提出,从淀区底泥清淤以减少底泥污染物释放对上部水体污染的角度出发,大部分区域清除污泥的厚度控制在 0.20~0.25 m 为宜。因此,合理规划工程实施区域,选择合适的清淤方式,严格控制底泥疏浚深度,减少清淤对

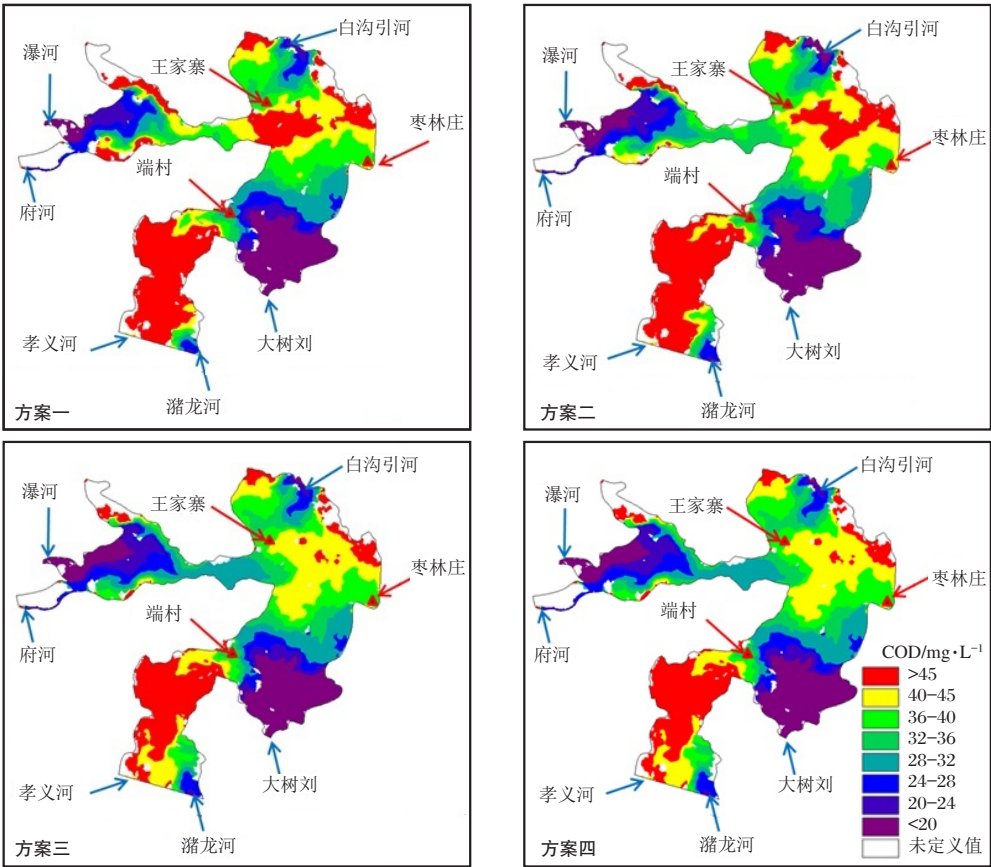


图 4 化学需氧量浓度分布

Fig.4 COD concentration distribution of Baiyangdian Lake under four water quality optimization schemes

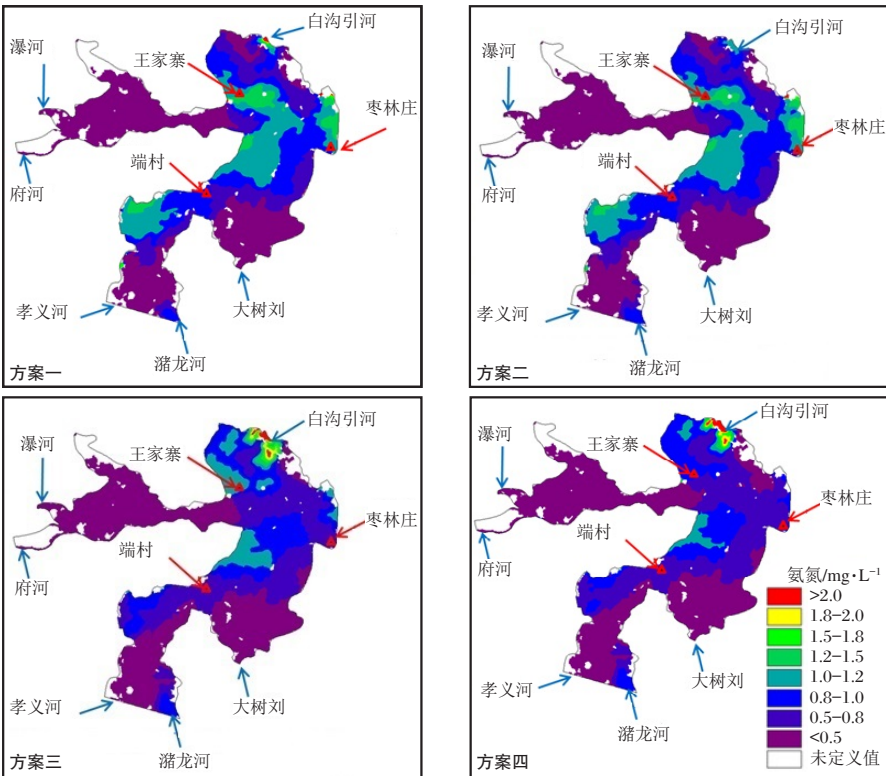


图5 氨氮浓度分布

Fig.5 Ammonia nitrogen concentration distribution of Baiyangdian Lake under four water quality optimization schemes

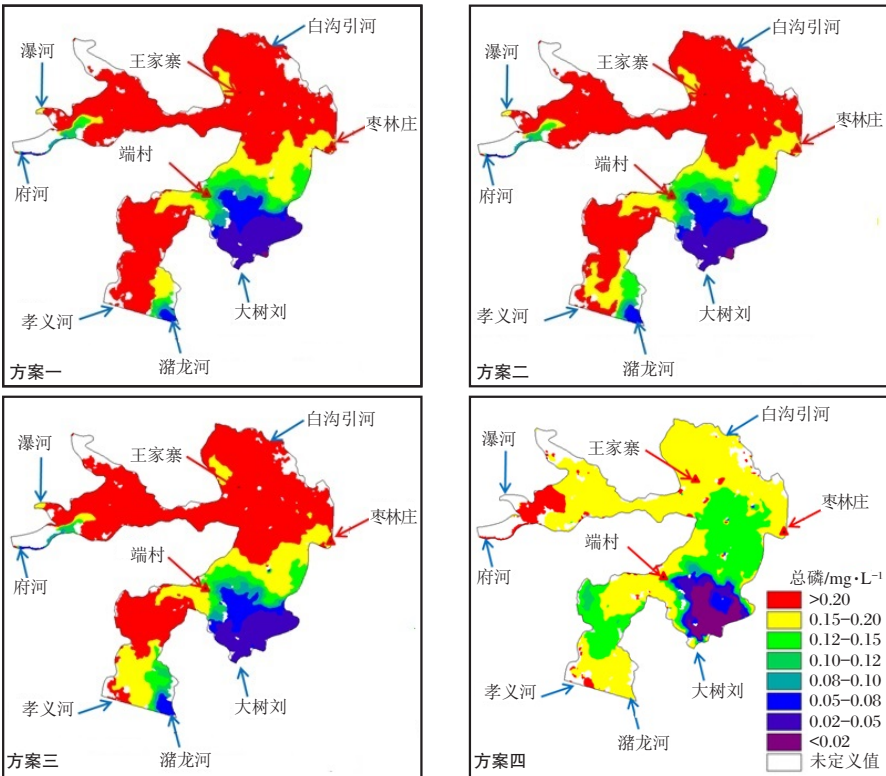


图6 总磷浓度分布

Fig.6 Total phosphorus concentration distribution of Baiyangdian Lake under four water quality optimization schemes

水生态环境的负面影响,更加有利于湖区水生生态系统的恢复与重建(吴沛沛等,2015;程扬和赖锡军,2019;De Jonge & Schueckel,2019)。

综上所述,白洋淀区内的水体质量改善可从以下几个方面入手:(1)严格把控补水水质,避免淀区的二次污染;(2)对底泥厚度较大、水质污染较为严重的区域开展清淤工作,建议清淤厚度不超过 0.2 m;(3)在清淤的基础上,对淀区进行合理补水,入口河流选用常年水质较好的河段,建议补水体积介于现行方案与 2 倍现状补水方案之间。

由于计算中发现相关数据有限,实测资料较少,缺乏连续的污染物实测资料,缺乏沉水植物、底栖动物及微生物对污染物的影响效果,在一定程度上限制了模型参数具有较高的可靠性。如果有充足的实测资料将会对模型的可靠性有进一步的提升,对治理方案以及相关工程的规模有更合理的规划,整个治理模式将会更加完善。

参考文献

- 程扬,赖锡军,2019.生态清淤对于桥水库水质影响的数值模拟[J]. 水资源与水工程学报,30(3):58–65.
- 傅长锋,康国强,高秀芳,等,2019.白洋淀底泥蓄积量及空间分布特征[J]. 华北水利水电大学学报(自然科学版),40(5):1–5.
- 毛志刚,谷孝鸿,陆小明,等,2014.太湖东部不同类型湖区底泥疏浚的生态效应[J]. 湖泊科学,26(3):385–392.
- 吴沛沛,刘劲松,胡晓东,等,2015.漏湖北部底泥疏浚的生态

- 效应研究[J]. 水生态学杂志,36(2):32–38.
- 杨卓,王殿武,李贵宝,等,2005.白洋淀底泥重金属污染现状调查及评价研究[J]. 河北农业大学学报,28(5):20–26.
- 杨卓,2006. 白洋淀底泥现状评价及在芦苇生境下演变机理研究[D]. 保定:河北农业大学.
- 王东升,门彬,张美一,等,2020.论浅水湖泊中的水固交错带与科学清淤规划—以雄安新区白洋淀为例[J]. 环境科学学报,40(5):1550–1559.
- 赵正文,冯民权,高峰,2018.风场和吞吐流对狭长型雁鸣湖流场的影响[J]. 水电能源科学,36(12):9–12.
- 朱颖,2019.基于钛改性白云石的磷吸附材料及原位覆盖控制底泥内源磷污染的研究[D]. 上海:上海交通大学.
- De Jonge V N, Schueckel U, 2019. Exploring effects of dredging and organic waste on the functioning and the quantitative biomass structure of the Ems estuary food web by applying Input Method balancing in Ecological Network Analysis[J]. Ocean and Coastal Management, 174 (15): 38–55.
- Murphy T P, Lawson A Y, 1999. Review of emerging issues in sediment treatment[J]. Aquatic Ecosystem Health and Management, 37(2):419–434.
- Roeters P B, 1998. Large scale treatment of contaminated sediment in the Netherlands, the feasibility study[J]. Water Science and Technology, 37(6/7):291–298.
- Tang C, Yi Y, Yang Z, et al, 2014. Water pollution risk simulation and prediction in the main canal of the South-to-North Water Transfer Project[J]. Journal of Hydrology, 519:2111–2120.

(责任编辑 郑金秀)

Water Quality Optimization Schemes and Ecological Effect Assessment in Baiyangdian Lake

CHEN Ping, FU Chang-feng, JI Xiao-guang, KANG Guo-qiang

(Hebei Research Institute of Investigation & Design of Water Conservancy & Hydropower Group Limited,
Tianjin 300250, P.R.China)

Abstract: In this study, we simulated the hydrodynamic conditions of Baiyangdian Lake under different water quality optimization schemes and analyzed the water quality changes. The aim of the study was to explore the methods to improve water quality of Baiyangdian Lake. Based on the observed terrain, meteorological data, water quality monitoring data, current pollution sources, atmospheric subsidence and wind-disturbed sediment release, a two-dimensional hydrodynamic and water quality mathematical model of Baiyangdian Lake was developed by using MIKE software. Four optimization schemes of increasing water replenishment flow and partial sediment dredging were selected, including current water replenishment with no sediment dredging, 1.5 times of current water replenishment with no sediment dredging, 2.0 times of current water replenishment with 0.1m thick sediment dredging, 2.0 times of current water replenishment with 0.2m thick sediment dredging, and the flow field distribution and the rules of the primary pollutant migration and diffusion in Baiyangdian Lake were simulated under the four water quality optimization schemes. Results show that the water flow speed in Baiyangdian district was generally slow. In the case of increasing water replenishment flow and sediment dredging, the change of flow field was concentrated in the lower reaches of the inflow river, and the distribution of flow field in the main river was hardly changed. With the increase of sediment dredging depth, the pollutant release of sediment was further weakened, but the weakening degree was small. Therefore, it is suggested to carry out sediment dredging in the area with thick sediment and serious water pollution in Baiyangdian Lake, and the dredging thickness should be about 0.2m. On the basis of the dredging work, the water should be replenished reasonably in Baiyangdian Lake basin. The inlet river for water replenishment should be selected with good water quality all the year round in case of the secondary pollution and the volume of water replenishment should not exceed 2 times of the current water replenishment volume. The research results can provide ideas and experience for the improvement of water quality in Baiyangdian Lake and have important scientific and engineering significance for the construction of water ecological civilization in Xiongan New Area.

Key words: ecological water replenishment; dredging; hydrodynamic-mathematical model of water quality; Baiyangdian Lake