

# 汛期前后白洋淀主要污染物空间特征及来源分析

张浩<sup>1,2</sup>, 刘明喆<sup>1</sup>, 缪萍萍<sup>3</sup>, 周绪申<sup>4</sup>, 郭丽峰<sup>4</sup>, 高金强<sup>3</sup>

(1. 海河流域水资源保护局, 天津 300170; 2. 河海大学 水文水资源学院, 南京 210098;  
3. 海河流域水资源保护科学研究所, 天津 300170; 4. 海河流域水环境监测中心, 天津 300170)

**摘要:** 为研究白洋淀汛期前后主要污染物变化规律,对白洋淀 10 个采样点的水质进行了采集和分析。分析的指标包括氨氮(NH<sub>3</sub>-N),总磷(TP),化学需氧量(COD),5 d 生化需氧量(BOD<sub>5</sub>)。汛前,NH<sub>3</sub>-N 的平均浓度为 0.09 mg/L,变化范围为 0.01~0.27 mg/L;TP 的平均浓度为 0.07 mg/L,变化范围为 0.04~0.18 mg/L;COD 的平均浓度为 52.6 mg/L,变化范围为 32.8~64.9 mg/L;BOD<sub>5</sub> 的平均浓度为 6.0 mg/L,变化范围为 4.9~6.7 mg/L。汛后,NH<sub>3</sub>-N 的平均浓度为 0.35 mg/L,变化范围为 0.11~0.58 mg/L;TP 的平均浓度为 0.18 mg/L,变化范围为 0.04~0.79 mg/L;COD 的平均浓度为 33.2 mg/L,变化范围为 23.6~47.0 mg/L;BOD<sub>5</sub> 的平均浓度为 3.5 mg/L,变化范围为 2.2~5.1 mg/L。经过汛期降雨冲淋,淀内 NH<sub>3</sub>-N 和 TP 大幅升高,COD 和 BOD<sub>5</sub> 小幅下降。采用 ArcGIS 进行空间分析,发现 NH<sub>3</sub>-N 和 TP 污染严重地区分布在淀内村落周边,由此推断汛后白洋淀内 NH<sub>3</sub>-N 和 TP 主要由淀区内面源污染物溶淋引发。为了保障汛后白洋淀水质安全,应采取升级淀内污水处理设施、加强农村环境整治等措施。

**关键词:** 白洋淀; 污染物; 分布; 面源污染; 汛期

中图分类号: X524 文献标识码: A 文章编号: 1672-643X(2016)05-0028-04

## Analysis of spatial characteristics and source of main pollutants in Baiyangdian before and after flood season

ZHANG Hao<sup>1,2</sup>, LIU Mingzhe<sup>1</sup>, MIAO Pingping<sup>3</sup>, ZHOU Xushen<sup>4</sup>, GUO Lifeng<sup>4</sup>, GAO Jinqiang<sup>3</sup>

(1. Water Resources Protection Bureau of Haihe River Basin, Tianjin 300170, China; 2. Institute of Hydrology and Water Resources, Hohai University, Nanjing 210098, China; 3. Water Resources Protection Institute of Haihe River Basin, Tianjin 300170, China; 4. Haihe River Water Environmental Monitoring Center, Tianjin 300170, China)

**Abstract:** In order to study the variation law of main pollutants in Baiyangdian before and after flood season, the paper collected and analyzed the water quality of 10 sampling points. The indicators include NH<sub>3</sub>-N, TP, COD, BOD<sub>5</sub>. Before flood season, the average concentration of NH<sub>3</sub>-N is 0.09 mg/L, and the range of change is 0.01 to 0.27 mg/L. The average concentration of TP is 0.07 mg/L, and the range is 0.04 to 0.18 mg/L. The average concentration of COD is 52.6 mg/L, and the range is 32.8 to 64.9 mg/L. The average concentration of BOD<sub>5</sub> is 6.0 mg/L, and the range is 4.9 to 6.7 mg/L. After flood season, the average concentration of NH<sub>3</sub>-N is 0.35 mg/L, and the range is 0.11 to 0.58 mg/L. The average concentration of TP is 0.18 mg/L, and the range is 0.04 to 0.79 mg/L. The average concentration of COD is 33.2 mg/L, and the range is 23.6 to 47.0 mg/L. The average concentration of BOD<sub>5</sub> is 3.5 mg/L, and the range is 2.2 to 5.1 mg/L. After the rainfall, the concentrations of NH<sub>3</sub>-N and TP are greatly risen while that of COD and BOD<sub>5</sub> are less fall. The paper used ArcGIS to analyze spatial characteristics. The results show that NH<sub>3</sub>-N and TP concentrate in the surrounding villages, which infers that NH<sub>3</sub>-N and TP are mainly caused by non-point source pollution. In order to guarantee the safety of water quality of Baiyangdian, it is necessary to upgrade the sewage treatment facility and strength the treatment of rural environment.

**Key words:** Baiyangdian; pollutant; distribution; non-point source pollution; flood season

收稿日期: 2016-05-06; 修回日期: 2016-06-22

基金项目: 国家国际科技合作专项资助项目(2013DFA71340)

作者简介: 张浩(1986-), 男, 山东滕州人, 博士研究生, 工程师, 主要从事水资源管理与保护, 水生态治理与修复工作。

湖泊水质是影响湖泊生态系统的重要因素,对湖泊生态健康以及生物多样性起着重要作用,湖泊在为附近居民提供赖以生存的自然资源的同时,也承受着巨大的污染压力。未经达标处理的工业废水,不科学不合理的农业化肥使用,居民生活污水直接排放都是诱发湖泊水污染的潜在污染源。随着经济社会的发展,我国主要湖泊均出现了不同程度的水污染问题<sup>[1-3]</sup>。

白洋淀地处京津冀腹地,华北平原中部,东经115.63°~116.12°,北纬38.72°~39.03°,有“华北明珠”之称。淀区被45个村落、3700余条沟壕分割成143个洼淀,水陆交错,微地貌十分复杂,见图1。白洋淀属于温带大陆性季风气候,冬季寒冷干燥,夏季炎热多雨,多年平均气温7.3~12.7℃,多年平均降雨量为563.7 mm,年内分配不均,5-8月降水量占全年降水量的80%左右。近年来,白洋淀水污染问题引起了诸多关注和研究<sup>[4-6]</sup>。汛期降雨径流会对湖泊周边陆域产生剧烈的冲刷作用,从而影响湖泊水质<sup>[7-8]</sup>。根据海河流域水环境监测中心的历史数据,汛期过后淀内水体呈恶化趋势,主要超标污染物包括氨氮(NH<sub>3</sub>-N)、化学需氧量(COD)和5 d生化需氧量(BOD<sub>5</sub>)。3S技术的发展为湖泊研究提供了有效手段<sup>[9]</sup>,同时,分析研究水体主要污染物分布与来源<sup>[10]</sup>,对于科学保护湖泊水环境具有重要指导意义。

## 1 材料与方法

### 1.1 采样点及采样方法

为研究汛期前后白洋淀主要污染物变化规律,在2015年汛前(5月初)和汛后(8月末)对淀区内10个采样点进行了采样,淀区村落情况及采样点布置见图1。NH<sub>3</sub>-N、TP、COD的水样加入H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>溶液至pH<2,BOD<sub>5</sub>的水样由专用容器贮存,所有水样遮光保存并于48 h内送检。NH<sub>3</sub>-N、TP、COD的检测使用流动注射分析仪,BOD<sub>5</sub>的检测使用BOD测定仪。端村、安新降水资料由河北省水文局提供。

### 1.2 数据处理和分析

使用Spss22和ArcGIS10.2对监测数据进行分析处理。

## 2 结果与讨论

### 2.1 汛期前后主要污染物浓度变化

通过对监测数据的统计分析,NH<sub>3</sub>-N汛前平均浓度0.09 mg/L,变化范围为0.01~0.27 mg/L,汛后平均浓度0.35 mg/L,变化范围为0.11~0.58

mg/L,汛后平均浓度升高了288.9%。TP汛前平均浓度0.07 mg/L,变化范围为0.04~0.18 mg/L,汛后平均浓度0.18 mg/L,变化范围为0.04~0.79 mg/L,汛后平均浓度升高了157.1%。COD汛前平均浓度52.6 mg/L,变化范围为32.8~64.9 mg/L,汛后平均浓度33.2 mg/L,变化范围为23.6~47.0 mg/L,汛后平均浓度降低了36.9%。BOD<sub>5</sub>汛前平均浓度6.0 mg/L,变化范围为4.9~6.7 mg/L,汛后平均浓度3.5 mg/L,变化范围为2.2~5.1 mg/L,汛后平均浓度降低了41.6%,见图2。由此可将上述4种污染物划分为两类:第一类为NH<sub>3</sub>-N和TP,浓度在汛后大幅上升;第二类为COD和BOD<sub>5</sub>,浓度在汛后有所回落,这与王瑜等<sup>[11]</sup>在2009年春季和夏季的监测结论基本一致。

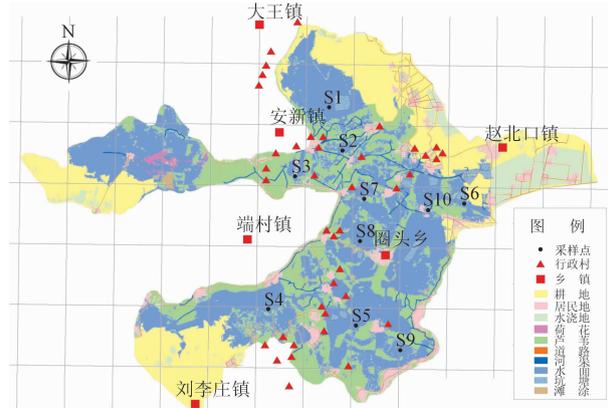


图1 研究区采样点及村镇分布

### 2.2 主要污染物空间分布特征

通过ArcGIS平台对水质数据的空间特征进行了分析,见图3。NH<sub>3</sub>-N和TP汛前主要分布在端村镇周边水域,汛后在淀区内普遍升高。10个采样点中除S6以外NH<sub>3</sub>-N浓度均超过了《地表水环境质量标准》(GB3838-2002)中V类标准限值(2.0 mg/L),可能与S6点距村庄较远有关。

而S2、S3、S7、S8等距村庄较近的采样点NH<sub>3</sub>-N污染程度均明显加剧。COD和BOD<sub>5</sub>本身具有一定的相关性,因此分布规律大体一致。汛前集中分布在安新镇、端村镇、圈头乡周边水域,汛后COD和BOD<sub>5</sub>的分布区域与汛前基本一致,但浓度降低了40%左右,可能是由于汛期入淀水体中COD和BOD<sub>5</sub>浓度低造成。

### 2.3 污染物来源分析

根据刘发根等<sup>[7]</sup>对鄱阳湖的研究,丰水期水质好于枯水期,但降雨初期非点源污染加剧。白洋淀地处北方缺水地区,与鄱阳湖自然环境区别较大,降水主

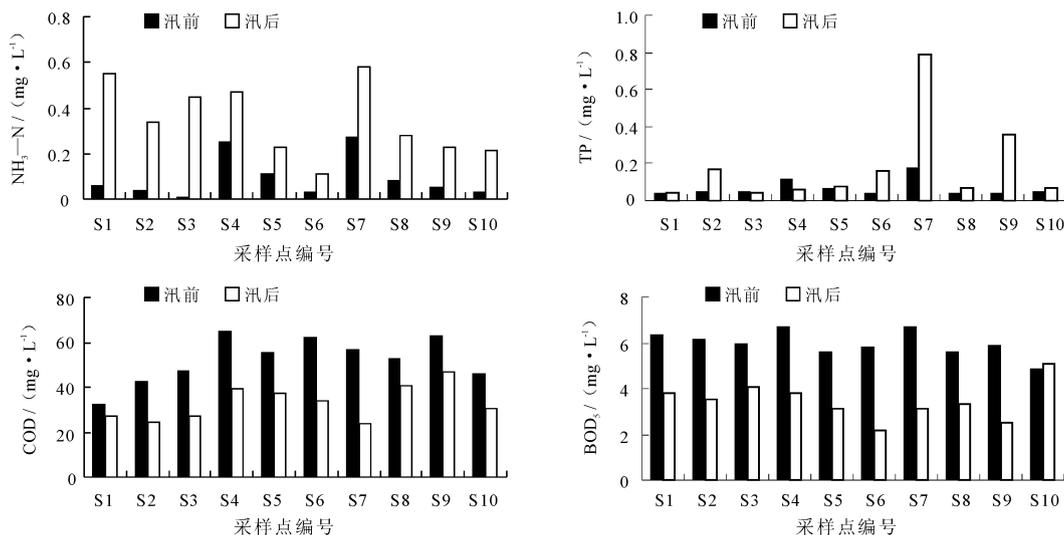


图2 汛期前后主要污染物浓度变化

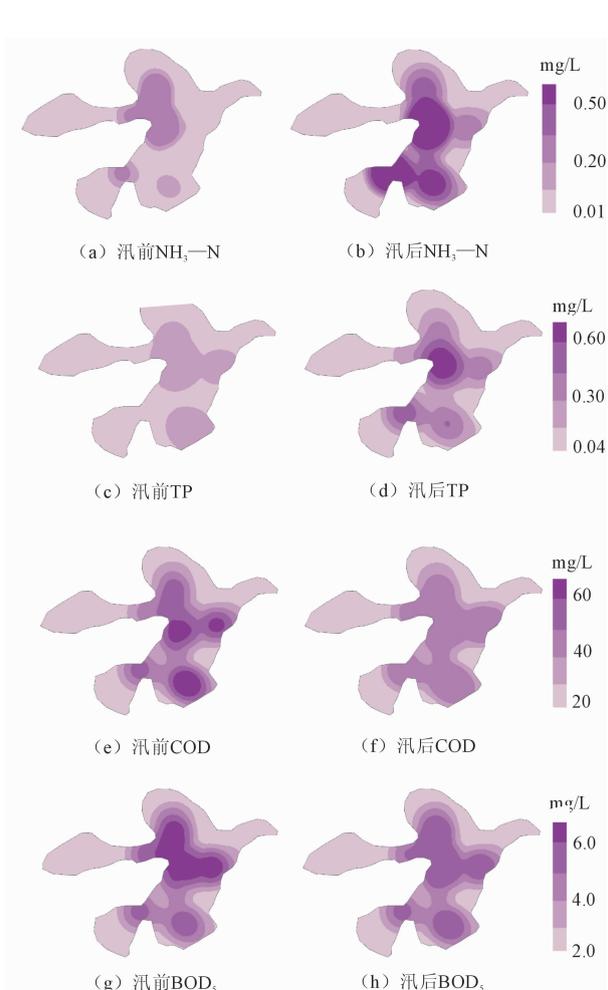


图3 白洋淀主要污染物空间分布

要集中于5-8月,且总量不大,见图4。因此白洋淀汛后水质变化更接近与鄱阳湖降雨初期的情况。

李家科等<sup>[8]</sup>在渭河流域的监测结果表明,洪水期各项水质指标的平均浓度基本都大于平时的平均

浓度,说明汛期污染负荷以面源为主,也证实了南北方由于气候的差异带来的不同。

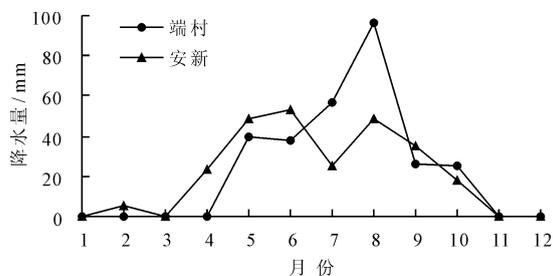


图4 安新和端村2015年逐月降水量

本次对白洋淀的监测数据中,  $\text{NH}_3\text{-N}$  和 TP 汛后浓度大幅升高,并且集中分布在村庄周边。可以推断此类污染物受白洋淀周边陆域面源污染影响较大。白洋淀的面源污染主要包括淀区内生活垃圾溶淋<sup>[12]</sup>和禽畜养殖排放<sup>[13]</sup>。白洋淀内涉及6个乡镇45个行政村,留守人口约10万人,生活污水是面源污染的来源之一。另一方面养鸭是淀内居民的重要经济来源,也是造成水体 NH 和 TP 超标的原因。根据刘嘉莉<sup>[14]</sup>的研究,端村镇是淀内鸭养殖数量最多的乡镇,白洋淀区域鸭粪便流失率约为 33.8%~67.7%,其主要与季节有关,夏季时约是冬季的2倍。本次对水样的分析发现汛后  $\text{NH}_3\text{-N}$  和 TP 平均浓度分别升高了 288.9% 和 157.1%,与鸭粪流失率的变化规律基本一致。COD 和  $\text{BOD}_5$  汛后浓度小幅下降,并且与淀内村落布局没有明显对应关系。此类污染物受面源污染影响较小,可能的主要来源为上游或淀区污水排放<sup>[15]</sup>及淀内渔业养殖等方面。

## 2.4 污染防治建议

强化淀区污水处理。目前,淀内部分村庄已完

成了污水管网铺设和污水处理设施调试运行,出水水质能够达到一级A标准。但是一级A标准的主要水质指标仍然达不到《地表水环境质量标准》中所规定的V类水质标准,不足以满足白洋淀水环境要求,因此,淀内污水治理仍需探索新技术新途径。

深化垃圾分类处理。合理选址,建设垃圾分类处理设施,尤其对于可能造成汛后 $\text{NH}_3\text{-N}$ 和TP大幅超标的养殖垃圾,应保障垃圾定点清运,实现淀内垃圾无害化。同时应探索建立垃圾处理设施长效运营机制,实现垃圾资源化。

COD和 $\text{BOD}_5$ 主要由点源和内源引起,可能与上游来水携带的有机污染物有关。因此一方面需要净化入淀水源。加强入淀河流沿线重点污染源监测,建立入淀水质预警机制,以白洋淀纳污能力为红线,着力削减入淀污染负荷。另一方面要美化农村环境。针对白洋淀淀区内部及周边地区开展农村环境整治工作。清理网箱养殖,科学合理开展渔业和禽畜养殖业,统筹协调农村环境保护与经济发展。

### 3 结论

(1)通过对淀区10个采样点主要污染物的监测和分析,汛后 $\text{NH}_3\text{-N}$ 和TP平均浓度分别升高了288.9%和157.1%,主要分布在端村镇周边水域。端村镇周边是白洋淀人口和养殖密集区,居民生活垃圾和鸭养殖产生的粪便是这个区域的主要污染源。

(2)淀区COD和 $\text{BOD}_5$ 汛后浓度小幅下降,并且与淀内村落布局没有明显对应关系,主要分布在安新镇、端村镇、圈头乡周边水域。可能的主要来源有上游点源以及淀区内源。

(3)作为京津冀地区重要的湖泊生态系统,白洋淀水污染问题受到广泛关注。保护白洋淀水质,需要从整治淀内村落环境、深度处理淀内垃圾和污水等方面入手。

#### 参考文献:

[1] 杨文龙,杨树华. 滇池流域非点源污染控制区划研究

[J]. 湖泊科学, 1998, 10(3): 55-60.

[2] 张民,孔繁翔. 巢湖富营养化的历程、空间分布与治理策略(1984-2013年)[J]. 湖泊科学, 2015, 27(5): 791-798.

[3] 曾庆飞,谷孝鸿,周露洪,等. 东太湖水质污染特征研究[J]. 中国环境科学, 2011, 31(8): 1355-1360.

[4] 张笑归,刘树庆,窦铁岭,等. 数据-白洋淀水环境污染防治对策[J]. 中国生态农业学报, 2006, 14(2): 27-31.

[5] 白雪梅,何连生,李必才,等. 利用水生植物组合净化白洋淀富营养化水体研究[J]. 湿地科学, 2013, 11(4): 495-498.

[6] 武士蓉,徐梦佳,赵彦伟,等. 白洋淀湿地水质与水生物相关性研究[J]. 环境科学学报, 2013, 33(11): 3160-3165.

[7] 刘发根,李梅,郭玉银. 鄱阳湖水质时空变化及受水位影响的定量分析[J]. 水文, 2014, 34(4): 37-43.

[8] 李家科,李怀恩,董雯,等. 渭河关中段典型支流非点源污染监测与负荷估算[J]. 环境科学学报, 2011, 31(7): 1470-1478.

[9] 王雪蕾,王新新,朱利,等. 巢湖流域氮磷面源污染与水华空间分布遥感解析[J]. 中国环境科学, 2015, 35(5): 1511-1519.

[10] 田爱军,李冰,屈健,等. 江苏省灌河流域污染特征及污染控制对策[J]. 湖泊科学, 2012, 24(4): 535-540.

[11] 王瑜,刘录三,舒俭民,等. 白洋淀浮游植物群落结构与水质评价[J]. 湖泊科学, 2011, 23(4): 575-580.

[12] 孙添伟,陈家军,史震天,等. 白洋淀流域典型村落非点源与地表径流污染负荷分析[J]. 安徽农业科学, 2010, 38(9): 16991-16993.

[13] 唐娟,梁杨,王文娣. 白洋淀鸭养殖废弃物污染现状调查及对策研究[J]. 黑龙江畜牧兽医, 2015, (5): 105-107.

[14] 刘嘉莉. 白洋淀鸭养殖粪便排放规律及源头减排效果研究[D]. 石家庄:河北农业大学, 2011. 42.

[15] 张婷,刘静玲,王雪梅. 白洋淀水质时空变化及影响因素评价与分析[J]. 环境科学学报, 2010, 30(2): 261-267.