

淮安市某区备用水源地水质 现状及变化趋势

吴 翔¹, 成芃荣¹, 吴银杰², 刘 芳³, 丛海兵^{1*}

(1. 扬州大学 环境科学与工程学院, 江苏 扬州 225100, 2. 淮安市洪泽区河湖管理所, 江苏 淮安 223100;
3. 江苏省水文水资源勘测局扬州分局, 江苏 扬州 225000)

摘要:为了探明某区备用水源地运行水质情况,对某区备用水源地进行了 1 年的水质监测分析。结果表明,备用水源地从洪泽湖引入的进水 TN、TP 超标,只达到Ⅳ类水质标准,其他指标达到Ⅲ类水质标准;经过备用水源地湿地系统和深水净化区处理调蓄后,出水口 COD_{Mn}、NH₃-N、TN、TP、NTU 全年平均去除率分别为 20.9%、28.1%、50.9%、63.0% 和 83.2%;DO 变化趋势不明显,但全年达到在Ⅰ类水质标准;TN 达到地表水Ⅲ类水质标准,其余指标达到Ⅱ类标准;藻类去除效果不佳,备用水源地水质变清后透光性增强,存在藻类暴发的隐患。

关键词:水源地;湿地生态处理系统;水质监测

中图分类号:X824

文献标识码:B

文章编号:1007-7839(2020)12-0017-05

Analysis on current situation and change trend of water quality of backup water source in a certain area of Huai'an City

WU Xiang¹, CHENG Pengrong¹, WU Yinjie², LIU Fang³, CONG Haibing^{1*}

(1. School of Environmental and Engineering, Yangzhou University, Yangzhou 225100, China;

2. Huai'an Hongze District River and Lake Management, Huai'an 223100, China;

3. Yangzhou Hydrology and Water Resources Survey Bureau of Jiangsu Province, Yangzhou 225000, China)

Abstract: In order to find out the operating water quality of the backup water source in a certain area, water quality monitoring and analysis on the reserve water source in a certain area was carried out for a whole year. The results showed that the TN and TP of the influent water introduced from Hongze Lake from the reserve water source exceeded the standard, which only reached class IV water quality standards, and other indicators reached class III water quality standards. After the treatment and storage of the wetland system of the standby water source and the deep water purification area, the annual average removal rates of COD_{Mn}, NH₃-N, TN, TP and NTU at the outlet were 20.9%, 28.1%, 50.9%, 63.0% and 83.2%, respectively. The change trend of DO was not obvious, but it reached class I water quality standards throughout the year. TN met class III water quality standard for surface water, and other indicators met class II standard. The algae removal effect was not good, the light transmittance of the standby water source was enhanced after the water quality became clear, and there was a hidden danger of algae outbreak.

Key words: water source; wetland ecological treatment system; water quality monitoring

收稿日期:2020-06-05

基金项目:江苏省科技支撑计划项目(BE2014681)

作者简介:吴翔(1994—),男,硕士研究生,研究方向为水污染控制。E-mail:1720814751@qq.com

通信作者:丛海兵(1968—),男,教授,博士,研究方向为水源水质改善、给排水工程优化。E-mail:chb9903@126.com

1 基本情况

淮安市某区自来水厂以洪泽湖为水源,取水水源单一,受上游水质影响很大,一旦发生突发污染事件将无水可用。为了提高供水可靠性和改善源水水质,在自来水厂原洪泽湖取水口附近建设了备用水源地。备用水源地由复合湿地处理区和深水净化区组成,可利用库容 38.5 万 m^3 。洪泽湖水先进入备用水源地,经处理调蓄后抽送到自来水厂,如洪泽湖遇到突发性水污染事件,关闭洪泽湖进水口,备用水源的蓄水可保证某区 7 d 的应急供水量,待水污染事件过去后再恢复洪泽湖供水,从而提高了供水的可靠性。生态湿地处理工艺流程为预处理区→复合湿地净化区→深水净化区,工艺按照仿生学理论构建湿地植物-动物-微生物生态系统,利用培育的植物或培养的微生物的生命活动,对水中污染物进行降解和转化。生态湿地工艺设置深水净化区作为蓄水库,利用深度净化区蓄水向水厂供水。其布置如图 1 所示。

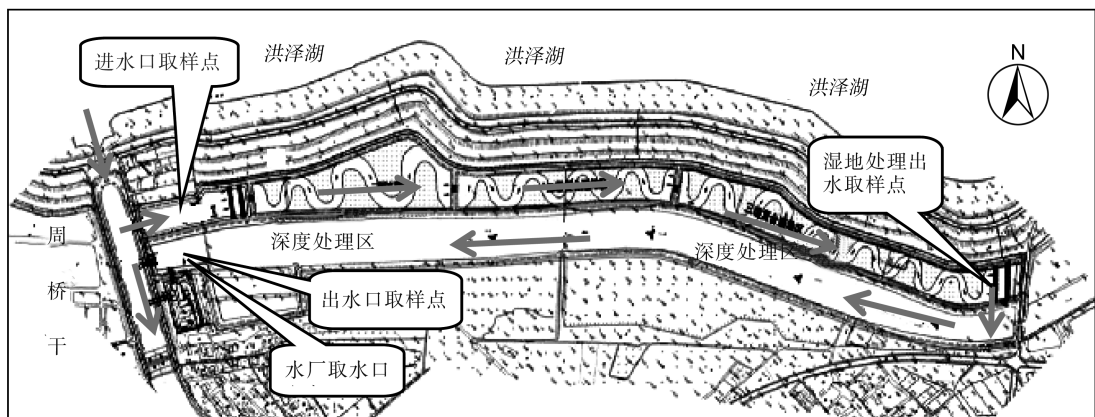


图 1 备用水源地布置图

2 水质监测

2.1 水样采集

水质监测对象为淮安市某区备用水源地,在水源地设置进水口、湿地系统净化出水区、深水净化区出水口共 3 个水质监测点,监测点分布如上图 1 所示。

采用 2 L 有机玻璃取样器,采取水面以下 0.5 m 处水样。取样前,需用水样荡洗取样器和盛水样容器,并注意采样时不可扰动水底,也不可混入水面漂浮物。每个监测点取水样 1.5 L,并现场测定 DO、透明度等数据。将取得的水样装入塑料瓶中,贴上标签后带回实验室冷藏保存,用于后续相关指

标测定。取样频率为 1 周 1 次,监测时段为 2019 年 1~12 月。

2.2 监测指标及方法

监测指标包括 COD_{Mn} 、 $\text{NH}_3\text{-N}$ 、DO、pH、TN、TP、NTU、藻细胞计数、Chl-a。pH 值采用雷磁 PHS-3C 型 pH 分析仪测定;DO 采用哈希 HQ30d 型溶解氧(DO)测定仪测定;NTU 采用哈希 2100Q 浊度仪测定; COD_{Mn} 采用酸性高锰酸钾法测定;TP、TN 采用哈希 DR900 型快速测定仪测定; $\text{NH}_3\text{-N}$ 采用纳氏试剂比色法通过 722S 可见分光光度计测定;Chl-a 采用丙酮提取,低温提取 8h 以上,采用 722S 可见分光光度计测定;藻细胞计数采用 BM-37XB-D 型倒置生物显微镜测定。

3 水质监测结果及分析

对水源地进行水质分析,是正确认识水体状态的一项重要内容,也是对水源地进行管理保护和维护居民用水安全的重要基础^[1]。

3.1 进水口水质分析

将进水口每个指标每个月 8 次检测结果平均,得到月平均水质。水源地进水水质如图 2~4 所示。

根据图 2~3 可知,水源地进水口一年内 COD_{Mn} 、 $\text{NH}_3\text{-N}$ 、TN、TP、DO、pH、NTU 分别介于 $3.0 \sim 6.08 \text{ mg/L}$ 、 $0.28 \sim 0.84 \text{ mg/L}$ 、 $1.35 \sim 2.5 \text{ mg/L}$ 、 $0.12 \sim 0.53 \text{ mg/L}$ 、 $9.35 \sim 12.38 \text{ mg/L}$ 、 $7.77 \sim 8.5$ 、 $14.4 \sim 96.7 \text{ NTU}$,水源地进水口主要超标因子有 TN、TP,其他主要监测指标均达到国家地表水环境质量标准中的Ⅲ类水标准。进水口 TN 指标超标率 100%,全年达到Ⅳ、Ⅴ、劣Ⅴ类的比例分别为 50.1%、41.6%和 8.3%,而 TP 一年中也有 1/3 的时间处于超标状态,超标时间主要出现在 6—

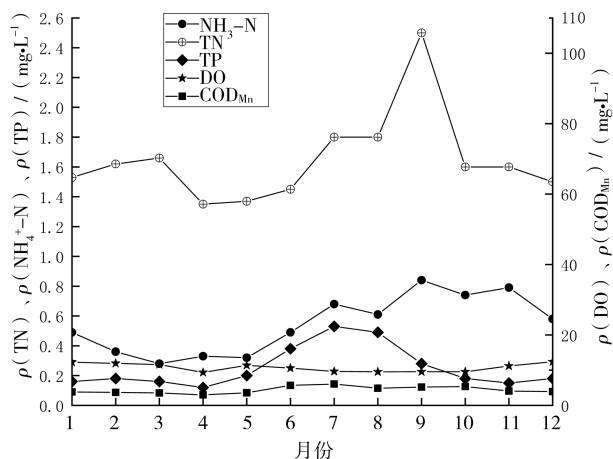
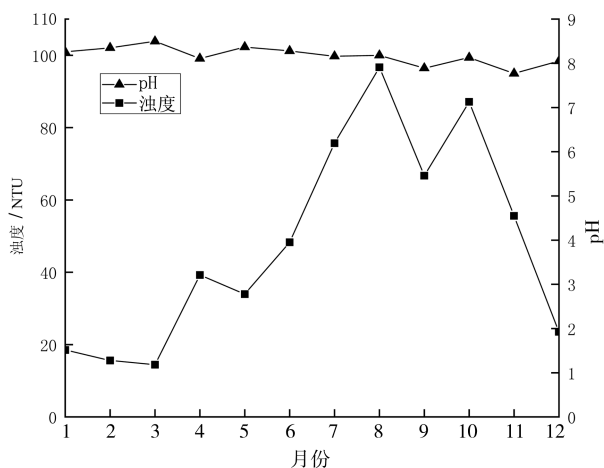
图2 水源地进水口 TN、TP、NH₃-N、DO、COD_{Mn} 情况

图3 水源地进水口 NTU、pH 情况

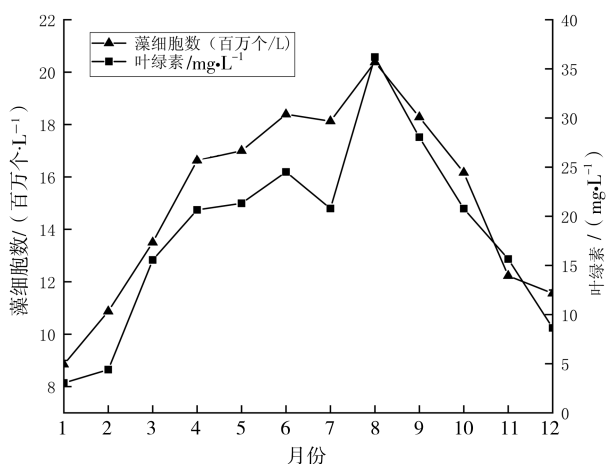


图4 水源地进水口藻类情况

9月。水源地进水口以洪泽湖为水源,故进水口的水质状况也体现了洪泽湖的水质情况。TN、TP 是控制湖库富营养化的重要指标,而进水口的 TN、TP 超标也可能引起水源地藻类暴发^[2]。COD_{Mn} 夏、秋两季较高,接近Ⅲ类水质标准限值,而冬、春两季可

达到Ⅱ类水标准,全年达到Ⅱ、Ⅲ类水质标准的比例为50%和50%。NH₃-N 指标春季可达到Ⅱ类水标准,夏秋两季呈上升趋势,冬季略有下降,全年达到Ⅱ、Ⅲ类水质标准的比例为33%和67%。NTU 整体表现为冬春季较清澈、夏秋季较浑浊。

水源地进水口藻类情况如图4所示,随着温度升高、光照条件变好,水源地进水口藻类数量1月份最低,为885万个/L左右,之后持续增长到8月份的峰值,为2000万个/L左右。9月至11月藻类数量呈衰减趋势,但仍保持较高水平,达到1600万个/L左右。

3.2 湿地净化出水水质分析

湿地净化区出水水质如图5~7所示。

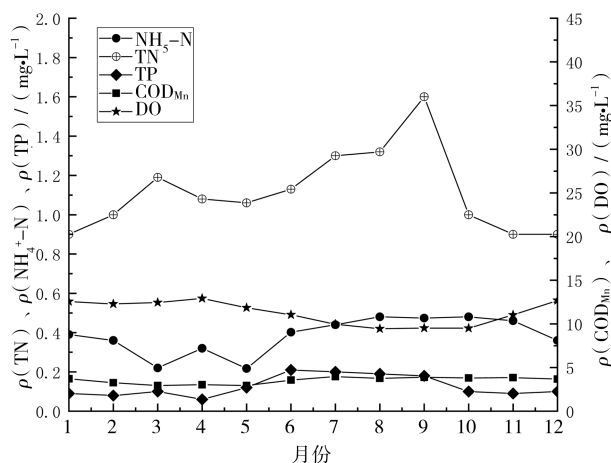
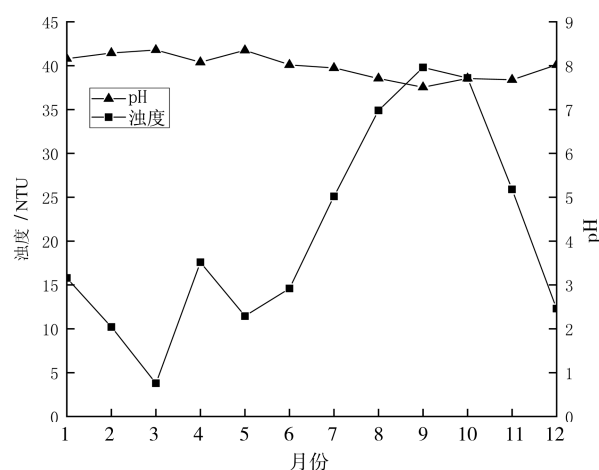
图5 湿地净化出水 TN、TP、NH₃-N、DOCOD_{Mn} 情况

图6 湿地净化出水 NTU、pH 情况

根据图5~6数据分析可知,经过湿地处理系统净化后,TN 较进水口去除率20%左右,TP 较进水口去除率40%左右,基本达到Ⅲ类水标准。COD_{Mn} 较出水口去除率为28%左右,NH₃-N 去除率为29%左右,使水源地 NH₃-N、COD_{Mn} 等指标达到地表Ⅱ类

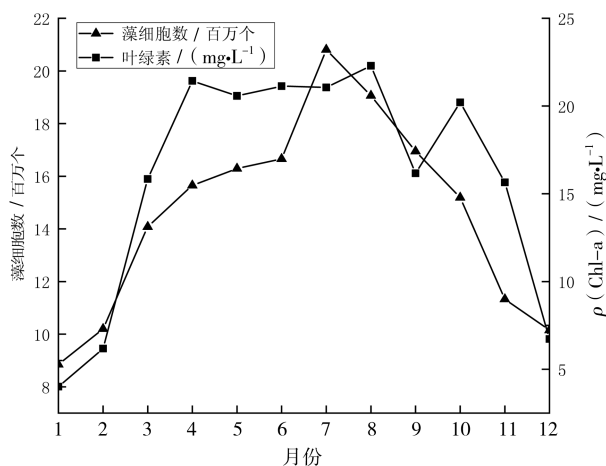
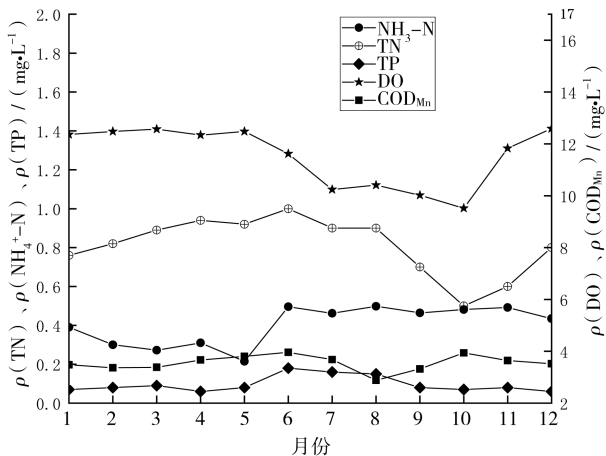


图7 湿地净化出水藻类情况

水标准。水源地湿地处理系统对 NTU 去除效果可达到 57% 左右,全年变化趋势与进水口情况相似。7—10 月水源地湿地净化系统中培育的植物进入成熟期,藻类大量繁殖,植物呼吸作用增强^[3],导致溶解氧指标略有下降但仍维持在 I 类水标准之上。由图 7 可知湿地净化出水藻类数量及增长趋势与进水口大致相同,湿地处理系统对藻类去除效果不佳。

3.3 出水口水质分析

水源地出水口也是某区自来水厂取水口,将出水口每月所测指标数据的结果平均,得到水源地出水口水质情况如图 8~10 所示。

图8 水源地出水口 TN、TP、NH₃-N、DO、COD_{Mn}质量浓度情况

水源地出水口位于水源地湿地处理系统深水净化区尾部,根据图 8~9 分析可知,TN、TP 质量浓度在湿地净化出水之后进一步去除,使得洪泽湖源水中超标因子 TN、TP 得到控制,有效遏制了水源地水体富营养化发展趋势,保证了水源地水体维持良好的稳定态势^[4]。NH₃-N、COD_{Mn}等指标较湿地净

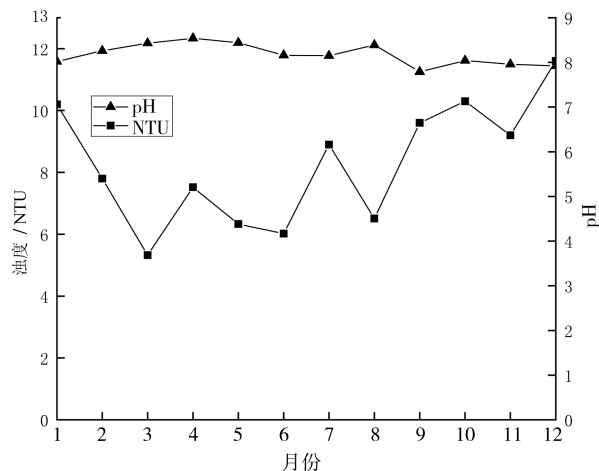


图9 水源地出水口 NTU、pH 情况

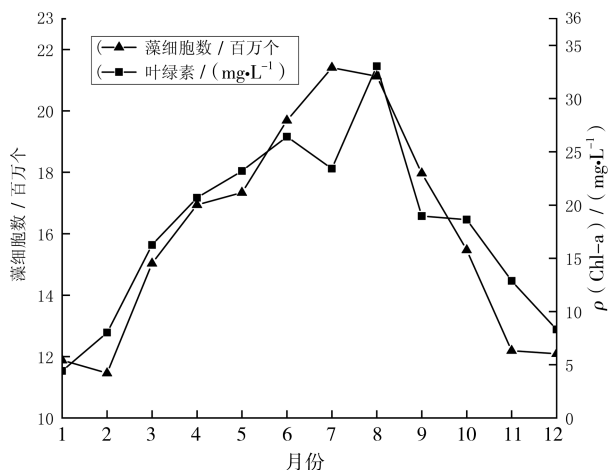


图10 水源地出水口藻类情况

化出水无明显处理效果,但透明度在湿地净化出水的基础上进一步降低,全年透明度基本维持在 10NTU 以下。由于出水口水体澄清、透明度高,在光照条件好的时间,水体中藻类数量较湿地净化出水增多,其整体增长趋势与进水口及湿地净化出水类似。经过水源地湿地系统净化处理之后,监测各项水质指标全年均达到地表水 III 类水质标准,其中 NH₃-N、COD_{Mn}、DO、pH 等水质指标全年保持 II 类水质标准以上。备用水源地达到建设预期目标,有效保护了城乡居民用水安全。

3.4 水源地湿地处理系统效能分析

将每个取样点水质指标平均得到全年平均值,水源地进水口、湿地净化区出口、水源地出口水质比较如图 11 所示。

图 11 中所有监测指标数据均为各个监测点的年度平均值,根据图 8 可以看出水源地湿地处理系统对 COD_{Mn}、NH₃-N、TN、TP、NTU 等指标都具有一定的去除率。相较于进水口,湿地系统对 COD_{Mn}、

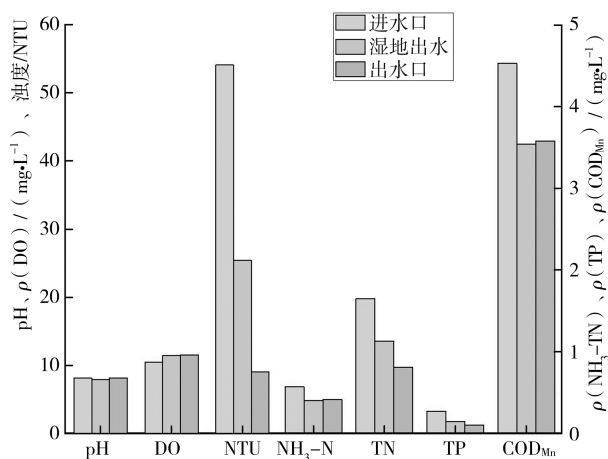


图 11 水源地湿地系统处理效果

NH₃-N、TN、TP、NTU、藻类的全年平均去除率分别为 21.8%、29.8%、31.5%、48.1%、56.7% 和 3.7%，整个备用水源系统全年平均去除率分别为 20.9%、28.1%、50.9%、63.0%、83.2% 和 -5.8%。DO 整体变化趋势不明显，但全年维持在地表 I 类水标准之上。出水口 NH₃-N、COD_{Mn}、TP 指标达到地表 II 类水标准，而原超标因子 TN 经备用水源处理后可以达到地表水 III 类水质标准。由此可见，备用水源地湿地系统处于良好运转状态，备用水源地总体水质较原洪泽湖源水水质提高明显，能够满足国家集中式饮用水源地的水质标准要求。

根据以上各监测点藻类情况，备用水源地生态湿地系统对藻类控制没有明显效果，在深水净化区由于水体透明度提高，出水口藻类数量较进水口增加了 5.8%，存在暴发隐患。为了维护水源地水质安全，水源地采取了以下措施来控制藻类生长：

(1) 在备用水源地中有计划地放养了一定密度的鲢鱼、鳙鱼捕食藻类，以此来控制藻类过度繁殖^[5]。

(2) 备用水源地生态湿地系统总设计停留时间为 12.5 d，有效库容达到 38.5 万 m³，因此库区水体停留时间较长，其水体缺少流动，水中溶解氧易出现不足或分层现象。备用水源地在深水净化区根据水域面积布置一定数量的太阳能循环复氧控藻系统，利用设备对水体的垂直扰动，增加水体流动

和交换、循环，持续控制深度净化区内藻类密度，保证取水口的水质安全^[6]。

4 结论与建议

备用水源地从洪泽湖引入的进水水质 TN、TP 超标，只达到地表水 IV 类水质；NH₃-N、COD_{Mn}、DO、pH 等水质指标达到地表水 III 类水质标准，符合饮用水水源水质要求。

原水经过备用水源地处理调蓄后，出水口 COD_{Mn}、NH₃-N、TN、TP、NTU 全年平均去除率分别为 20.9%、28.1%、50.9%、63.0% 和 83.2%。DO 变化趋势不明显，但全年达到 I 类水质标准。水质全面达到地表水 III 类水质标准，NH₃-N、COD_{Mn}、DO、pH 等指标达到 II 类标准。

原水经过备用水源地处理调蓄后，藻类去除效果不佳。由于处理后 NTU 降低、水体透光性增强，水源地存在藻类暴发隐患。

加强监测水质主要指标以及准确监控藻类增殖情况，制定藻类暴发后的应急除藻措施。

合理调度水源地进水出水，加强水体循环，预防出现死水区。加强水源地植物的养护，及时清理收割枯死植物。定期清淤，防止底泥中污染物的释放。加强周围农业污染和周围居民生活污水的管控治理，减少水源地外源污染物的输入。

参考文献：

- [1] 徐得潜, 陶丰收, 程瑞, 等. 芜湖市城市供水备用水源规划研究[J]. 中国给水排水, 2015, 31(18):1-7.
- [2] 任杰, 周涛, 朱广伟, 等. 苏南水库硅藻群落结构特征及其控制因素[J]. 环境科学, 2016, 37(5):1742-1753.
- [3] 张洪刚, 洪剑明. 人工湿地中植物的作用[J]. 湿地科学, 2006(2):146-154.
- [4] 袁博宇. 官厅水库富营养化分析及对策探讨[J]. 北京水利, 2004(6):17-20, 60.
- [5] 此里能布, 毛建忠, 黄少峰. 经典与非经典生物操纵理论及其应用[J]. 生态科学, 2012, 31(1):87-91.
- [6] 梁培瑜, 王烜, 马芳冰. 水动力条件对水体富营养化的影响[J]. 湖泊科学, 2013, 25(4):455-462.