

# 北京景观水环境综合治理研究

李春亭, 苏春宏, 焦有权, 李凤伟

(北京农业职业学院, 北京 102442)

**【摘要】**对北京景观水环境治理的实验研究发现:对于富营养化程度较轻(未产生水华)的景观水环境,主要采用生物方法,种植水生植物,吸收水环境中的总氮、总磷,控制水环境富营养化,辅助采用化学方法,降低水环境中总磷的数量,打破 TN/TP 比例,控制水华生成;对于富营养化程度较高(发生水华)的景观水环境,可采用化学与生物措施相结合方法,通过除藻剂进行投药,去除水体中藻类数量,防止水体恶化,同时种植水生植物,吸收水环境中的总氮、总磷,破坏水环境中藻类繁殖。

**【关键词】**景观水环境;治理;富营养化;北京市

**【中图分类号】**TV213

**【文献标识码】**B

**【文章编号】**1671-7252(2014)02-0031-04

北京市水资源严重匮乏,人均占有量仅为 300 m<sup>3</sup>/人,水资源人均占有量是我国平均水平的 1/8、世界平均水平的 1/30,水资源短缺已成为制约北京市社会经济发展的主要因素。北京市承担一定景观水环境功能的重要河流有永定河水系、潮白河水系、北运河水系、大清河水系、蓟运河,主要湖泊有团结湖、昆明湖、六海、奥运湖、晓月湖、宛平湖等。这些多为静止或流动性差的封闭(半封闭)缓流水体,水环境容量小、自净能力低,加之大量再生水的注入,水体富营养化程度加重。2005 年昆明湖大规模水华爆发之后,北京市加大了水环境的治理力度,城市中心区域部分河流、湖泊开始由密云水库补水,河流、湖泊水质逐年改善。据 2013 年 9 月份资料显示:北京景观水环境中除昆玉河、长河

以外,大部分河流水质还不能完全达到功能区划标准;部分湖泊水质也十分不稳定,如红领巾湖、陶然亭湖、龙潭西湖、青年湖、朝阳公园湖、莲花池、八一湖、玉渊潭湖等。在夏季上述湖泊还存在不同程度的富营养化现象,北小河、凉水河等河段,玉渊潭湖、龙潭西湖等湖泊有蓝藻漂浮,对景观效果产生了不良影响。

从宜居、宜业、宜游、水资源、生态环境与安全、社会经济可持续发展等方面考虑,改善北京景观水环境现状是非常必要的。在此背景下,本研究依托北京市农业科技项目,选取了北京农业职业学院人工湖、永定河晓月湖及北京市区多个景观性湖泊为研究对象,对其水质污染现状及其特征进行调查、分析和比对。在分析和总结北京城市湖泊水环境污染特征的

**【基金项目】**北京市农业技术试验示范项目(20120109)

**【收稿日期】**2013-11-28

**【作者简介】**李春亭(1956-),男,北京人,北京农业职业学院水利与建筑工程系主任、副教授。研究方向:水利与水环境工程。

基础上,研究和探讨适宜的景观水环境综合治理技术,旨在保护首都水环境和建设首都生态屏障,发展水岸经济,促进旅游等生态产业的发展,提高人民生活水平,为推进沿河建设提供科学依据。同时,也为北方地区城市湖泊水环境治理与修复工作提供基础数据和技术支撑,为我国众多城市湖泊治理和保护提供借鉴。

## 1 材料与方法

### 1.1 水样采集

根据北京农业职业学院人工湖水环境特点,东侧湖选取三个取水点,西侧湖选取四个取水点,分别对湖中四个取水点,按湖面、中部、湖底三个不同水位高度,湖岸边三个取水点,按湖面、湖底二个不同水位高度,于 2013 年 4 月 22 日-9 月 22 日,对人工湖水空间水环境状况进行定期(1 个月)监测。

于 2013 年 3 月 1 日-9 月 22 日,对北京永定河晓月湖、宛平湖及北京农业职业学院人工湖水水质状况进行不定期(约 7~10 天)监测。

2013 年 9 月 22 日选取北京城区 9 个重点湖泊——莲花池湖、玉渊潭湖、紫竹院湖、什刹前海、筒子河、陶然亭湖、龙潭西湖、柳荫公园、朝阳公园,9 个景观湖泊水环境现状及藻类状况进行现状调查。

2013 年 10 月 9 日、2013 年 10 月 14 日选取龙潭西湖原水,对其进行除藻剂的试验研究。

### 1.2 混凝剂选取

对混凝药剂进行广泛筛选,以应用广泛、成本低、效果好的原则,选取三种无机高分子混凝剂:聚合硫酸铁、聚合氯化铝、聚合氯化铁铝,两种无机低分子混凝剂:氯化铝、硫酸铝,根据不同混凝剂、不同的投药量、不同水质分别进行实验分析。

### 1.3 水生植物种植

选取我国南方与北方广泛种植,具有一定观赏价值的凤眼莲、芦苇、荷花、水葱、睡莲、黄菖蒲六种植物(带底泥),采用壤土厚度 3cm,将植物根系填埋,分别移栽至 66cm×45cm×40cm 塑料箱内,水深 35cm,同

时加入无植物的空白对照箱,共 7 个箱体,初始每种水生植物种植数量以其叶面面积占塑料箱顶面积的 30%,作为种植植物控制数量,自 2013 年 5 月 6 日开始,视实验水箱内水分耗尽为实验结束,于 2013 年 5 月 27 日终止,生长期为 21 天,分别于 5 月 13 日(第 7 天)、5 月 27 日(第 21 天)对各水箱内水质进行化验分析。

同时,选取凤眼莲、芦苇、茭白、水葱、睡莲、黄菖蒲六种植物(不带底泥),采用石子厚度 3cm,将植物根系填埋,分别移栽至 66cm×45cm×40cm 塑料箱内,水深 35cm,同时加入无植物的空白对照箱,共 7 个箱体,初始每种水生植物种植数量以其叶面面积占塑料箱顶面积的 30%,作为种植植物控制数量,自 2013 年 5 月 27 日开始,视实验水箱内水分耗尽为实验结束,于 2013 年 7 月 1 日终止,生长期为 35 天,分别于 6 月 3 日(第 7 天)、6 月 17 日(第 21 天)、7 月 1 日(第 35 天)对各水箱内水质进行化验分析。分别研究各种植物除磷去氮效果。

### 1.4 除藻剂选取

广泛筛选应用广、效果好、成本低的除藻剂,选取两种无机低分子除藻剂:硫酸亚铁、硫酸铜,三种市场上应用较广的蓝裸甲藻灭、三灭威、浓戊二醛溶液除藻剂,根据不同除藻剂、不同投药量、不同水质分别进行除藻实验。

### 1.5 浮萍水生植物观察

2013 年 8 月 10 日北京农业职业学院人工湖湖面生成浮萍,至 8 月 17 日人工湖浮萍覆盖度达到最高,截至 9 月底人工湖进行彻底清淤后结束。为探索水生植物对富营养化程度较高并已生成水华景观水环境的影响,本研究对其进行跟踪监测,根据浮萍覆盖度,测得湖面 PH 值及透明度,以此观察浮萍对已发生水华景观水环境的影响。

### 1.6 实验场地

水生植物种植场地选择在北京农业职业学院人工湖畔。混凝实验、除藻剂实验及水质试验依托北京工业大学北京市“水质科学与水环境恢复工程”重点实验室完成,北京农业职业学院项目组人员负责试验的安排与实施。

## 2 结果与讨论

### 2.1 景观水环境时空变化规律

以北京农业职业学院人工湖为研究对象, 有针对性地选取 7 个取水点, 按湖面(中部)、湖底, 不同水位高度, 对人工湖水环境空间状况进行分析, 发现各取水点湖面、中部、湖底 PH 值变化趋势基本一致, 湖底 PH 值普遍低于中部与湖面, 湖面 PH 值普遍低于中部; 湖底浊度高于湖面, 再生水排入口浊度最低, 由于湖北侧远离再生水排入口, 因此其浊度高于湖南部; 湖东侧、湖西侧的湖面与湖底总氮变化趋势基本一致, 湖面总氮值低于湖底, 湖底总磷普遍高于湖中部、湖面。

### 2.2 景观水环境总氮、总磷各取水点间及影响因子分析

采用主成分分析, 对各取水点间总氮、总磷的相关性及其对其他相关因子影响分析知: 湖中各点总氮、总磷均主要受再生水排入口的影响, 其次是湖水排放点, 再者与其距离远近或地理位置有关; 人工湖影响总氮的主要影响因子依序是氨氮、硝氮、PH 值、总磷, 其中亚硝氮、浊度、COD<sub>Cr</sub> 对总氮的影响非常弱; 人工湖总磷的主要影响因子依序是氨氮、PH、总氮、亚硝氮、硝氮、COD<sub>Cr</sub>, 最后是浊度, 人工湖中 COD<sub>Cr</sub> 及浊度对总磷的影响非常弱。可见, 浊度、COD<sub>Cr</sub> 与景观水环境中总氮、总磷关系非常微弱。

### 2.3 化学处理技术对景观污水控制措施技术研究

选用富营养化程度较轻(未发生水华)的北京农业职业学院人工湖及永定河的宛平湖、晓月湖湖水, 采用聚合硫酸铁、聚合氯化铝、聚合氯化铁铝、氯化铝、硫酸铝, 五种混凝剂, 根据不同浓度、不同水质进行混凝实验, 结果发现: 对磷的去除效果依次是氯化铝>聚合硫酸铁>聚合氯化铝>聚合氯化铁铝>硫酸铝, 其中: 聚合氯化铝、聚合氯化铁铝随投剂量的增加, 水体总磷数量逐渐减少, 聚合硫酸铁、硫酸铝、氯化铝随投剂量的增加, 水体总磷数量呈波动性减少, 但硫酸铝投药量为 10mg/L

时, 总磷的数量较原水增加 14.0%。

对氨氮的去除效果看, 依次顺序是: 氯化铝>聚合硫酸铁>聚合氯化铁铝>聚合氯化铝>硫酸铝。同时聚合硫酸铁, 当投药量为 30mg/L 时, 氨氮的去除率达到 -11.69%, 当投药量  $\geq 40\text{mg/L}$  时, 氨氮的去除效果明显增加。

对浊度去除效果是: 硫酸铝>聚合氯化铝>聚合氯化铁铝>氯化铝>聚合硫酸铁, 除硫酸铝外, 其他四种混凝剂投药量达到一点程度后, 均呈现浊度去除效果下降趋势。

对 TP/TN 影响依次排序为氯化铝>聚合氯化铝>聚合硫酸铁>硫酸铝>聚合氯化铁铝, 在各试剂投药量限额: 氯化铝投药量应大于 8 mg/L、聚合氯化铝投药量应大于 15mg/L、聚合硫酸铁投药量应大于 40mg/L、硫酸铝投药量应大于 50mg/L 时。

### 2.4 水生植物对景观水环境影响分析

选取具有一定观赏价值的凤眼莲、芦苇、荷花(茭白)、水葱、睡莲、黄菖蒲, 六种水生植物, 按带泥土及不带泥土两种方案, 分别对其实验, 在实验过程中分别对其水质状况进行分析, 带泥土时的水生植物, 对总氮吸收效果依序: 睡莲>黄菖蒲>水葱>芦苇>凤眼莲>荷花, 对总磷吸收效果依序: 芦苇>水葱>睡莲>凤眼莲>黄菖蒲>荷花; 不带泥土时的水生植物, 对总氮吸收效果依序: 睡莲>芦苇>茭白>水葱>黄菖蒲>凤眼莲, 对总磷吸收效果依序: 芦苇>茭白>黄菖蒲>水葱>睡莲>凤眼莲。

### 2.5 除藻剂对景观富营养化(水华)水体治理应用研究

除蓝裸甲藻灭、浓戊二醛溶液, 随投药量浓度增加, PH 值会增加外, 硫酸亚铁、硫酸铜、三灭威灭藻剂均随投药量增加, PH 呈下降趋势。同时, 硫酸亚铁、硫酸铜、蓝裸甲藻灭、三灭威、浓戊二醛溶液均随时间的延长, PH 值均会增加, 增长变化幅度最大的是硫酸铜, 2h 与 1h PH 值变化幅度在 0.04 ~ 0.07 之间。

除硫酸铜外, 硫酸亚铁、蓝裸甲藻灭、三灭威、浓戊二醛溶液随投药浓度的增加, 原水中浊度也会增加。除蓝裸甲藻灭、浓戊二醛溶

液, 随时间延迟, 浊度明显降低外, 硫酸亚铁、硫酸铜、三灭威, 随时间的延迟, 浊度变化均缺乏规律性。可见, 不同除藻剂、不同浓度的投入, 对景观水环境浊度影响效果不同, 即对景观水环境的视觉效果影响也不同。

除藻剂在短期内可使藻类的形状减小、数量增加, 静置半天后, 除藻剂随投药量增加, 除藻效果逐渐明显。但随投药量浓度加大, 硫酸铜除藻剂出现藻类数量增加, 浓戊二醛除藻剂除藻效果趋于平稳, 三灭威与蓝裸甲藻灭效果仍较显著。

硫酸铜对叶绿素 a 有较好的去除效果, 三灭威在小浓度时对叶绿素 a 有较好的去除效果, 但随投药量的增加, 去除效果会降低。

## 2.6 水生植物对已发生水华的水体治理研究

已发生水华的景观水环境中浮萍的覆盖程度对水环境的影响进行研究, 发现浮萍的覆盖程度对总磷的影响最明显, 其次为水体内的透明度、总氮, 对水环境中 PH 值也具有非常好的调节作用, 但对水体 COD<sub>Cr</sub> 值影响微弱。可见, 对富营养化程度较高的水体, 水生植物对总氮、总磷起到降低作用, 同时对水体 PH 值具有很好的调节作用。

## 3 结论

3.1 对于富营养化程度较轻 (未产生水华) 的景观水环境, 主要采用生物方法, 种植水生植物, 吸收水环境中的总氮、总磷, 控制水环境富营养化, 辅助采用化学方法, 降低水环境中总磷的数量, 打破 TN/TP 比例, 控制水华生成。

3.2 对于富营养化程度较高 (发生水华) 的景观水环境治理措施可采用化学与生物措施: 化学方法主要是通过除藻剂进行投药, 去除水体中藻类数量, 防止水体恶化; 生物方法主要采用水生植物的种植, 吸收水环境中的总氮、总磷, 破坏水环境中藻类繁殖。

### 【参考文献】

[1] 刘韵琴. 再生水补给的城市景观水体富营养化

和生态防治 [J]. 中南林业科技大学学报 (社会科学版), 2013,(03):30-35.

[2] 黄伟伟. 城市再生水补充景观水体的富营养化特征研究 [D]. 唐山: 河北理工大学, 2008.

[3] 赖龙隆, 龚瑶. 再生水回用于水体的富营养化及其景观修复措施 [J]. 水资源与水工程学报, 2012,(02):142-145.

[4] 凌辉. 两种水生植物净化富营养化水体中氮磷的作用研究 [D]. 扬州: 扬州大学, 2012.

[5] 李昊, 王坦. 再生水回用于景观水体的富营养化问题和生态修复 [J]. 环境科学与管理, 2011,(03):134-137.

[6] 牟雅琴, 李家. 水生植物控制城区景观湖水富营养化试验 [J]. 环保科技, 2010,16(4):17-21.

[7] 于德森. 景观用再生水水体富营养化特性及控制技术研究 [D]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学, 2010.

[8] 黄鸥, 邵辉煌, 方先金. 以再生水为补充水源的景观水体富营养化及其控制技术研究 [J]. 给水排水, 2010,(S1):158-161.

[9] 袁林江, 张伟, 孔海霞. 富营养景观水体中藻类和磷的去除试验 [J]. 西安建筑科技大学学报 (自然科学版), 2009,41(2):236-240.

[10] 马俊, 王三反, 张训江, 等. 景观水体的修复技术 [J]. 环境科学与管理, 2009,34(5):100-103.

[11] 王琳, 李季, 康文力, 等. 城市景观水体的生物修复技术 [J]. 安徽农业科学, 2008,36(4):1569-1570, 1572.

[12] 张伟, 袁林江. 混凝沉淀法去除富营养化景观水体中磷和藻类的试验研究 [J]. 供水技术, 2008,2(3):13-15.

[13] 郑广宏, 夏邦天, 乔俊莲, 等. 混凝气浮工艺处理富营养化景观水的试验研究 [J]. 中国给水排水, 2008,24(11):72-75.

[14] 方玉生, 刘强, 尹丽. 四种水生植物对富营养化水体中磷去除效果的研究 [J]. 井冈山学院学报, 2008,(06):5-6.

[15] A. E. Taigbenu, M. Ncube. Reclaimed water as an alternative source of water for the city of Bulawayo, Zimbabwe [J]. Physics and Chemistry of the Earth, 2005, 30: 762-766

[16] J. S. Marks. Taking the public seriously: the case of potable and non potable reuse [J]. Desalination, 2006, (187): 137-147.

[17] 钱靖华, 田宁宁. 再生水回用于景观水体存在的问题及防治对策 [J]. 给水排水, 2006,32(5): 71-74.

(责任编辑 胡 鑫)