

观山湖湿地公园水体中氮·磷分布及富营养评价

张永航, 李梅, 杜莹 (贵州师范大学化学与材料科学学院, 贵州贵阳 550001)

摘要 [目的]评价观山湖湿地公园水体质量。[方法]以观山湖湿地公园水体为研究对象,通过不同时期的采样监测,研究湿地水体氮、磷的时空变化特征,并运用营养状态指数法对水体富营养化状态进行评价。[结果]湿地水体中氮、磷无明显空间分布特征,但有明显的时间分布特征,TN浓度丰水期大于平水期,TP浓度丰水期小于平水期;2014—2016年除下湖的TN浓度呈下降趋势外,下湖的TP浓度和上湖的TN、TP浓度均呈增加趋势。富营养化评价综合指数表明,观山湖湿地水体在时空尺度上均处于轻富营养化状态,且磷为湿地水体的营养盐限制性因子。[结论]为防止观山湖水体进一步富营养化,应控制氮、磷的引入,尤其是磷的引入。

关键词 观山湖湿地; 水体; 氮; 磷; 富营养化

中图分类号 X52 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2018)02-0060-03

Distribution of Nitrogen and Phosphorus and Eutrophication Assessment in Water Body of Guanshan Lake Wetland Park

ZHANG Yong-hang, LI Mei, DU Ying (School of Chemistry and Materials Science, Guizhou Normal University, Guiyang, Guizhou 550001)

Abstract [Objective] To evaluate water quality of Guanshan Lake Wetland Park. [Method] In view of Guanshan Lake Wetland Park as the research object, by sampling in different periods, the temporal and spatial variation characteristics of nitrogen and phosphorus in the wetland water were studied, the eutrophication status of the water body was evaluated by method of the trophic state index. [Result] The results showed that nitrogen and phosphorus in the wetland water had no obvious spatial distribution, but had a significant time distribution. The nitrogen concentration in wet period was greater than that in normal water period, but the phosphorus concentration in wet period was less than that in normal water period. TN concentration in the lower lake showed a downward trend, but the content of TP in the lower lake and the content of TN and TP in the upper lake was increased during 2014-2016. Water eutrophication degrees of Guanshan Lake were all the light level at both temporal and spatial scale, but phosphorus concentration was the limiting factor of nutrients in wetland water. [Conclusion] In order to prevent further lake eutrophication, nitrogen and phosphorus should be controlled, especially the introduction of phosphorus.

Key words Guanshan Lake Wetland; Water body; Nitrogen; Phosphorus; Eutrophication

城市湿地公园是一种独特的公园类型,具有湿地的生态功能和典型特征,以生态保护、科普教育、自然野趣和休闲游赏为主要内容,具有很好的生态效益、经济效益和社会效益,现已成为有效保护湿地的重要手段^[1]。然而,随着城市经济的快速发展,工业“三废”的大量排放及农业、生活废水排入河流等湿地水体中,对湿地的水环境和湿地的功能造成了很大影响,尤其是氮、磷营养盐的大量引入,导致水体富营养化,从而恶化湿地水体环境,使其生态环境功能退化^[2-4]。

贵阳市观山湖湿地公园位于贵阳市观山湖区中心区域,是贵阳最大的城市内湖公园,是一个以湿地为特色,集观赏游览、文化娱乐、康体健身、科普教育等综合功能于一体的原生态湿地公园。但是,近年来随着观山湖区经济的不断发展,人类活动不断加剧,在大量工农业废水和生活污水等点源污染得以控制的情况下,仍受到城市面源污染的不断威胁,加之湖水流动性差,自我净化能力有限,使湿地水体面临着水体富营养的威胁及生态功能退化的危险。因此,为防止水体污染及富营养化,保护湿地生态环境,研究该湿地水体中氮、磷的分布特征和富营养状况,对观山湖湿地水体污染防治有着重要意义。笔者根据不同时期观山湖湿地水体相关水质因子监测结果,对湿地水体中氮、磷含量的时空变化进行了分析,并运用营养状态指数法对观山湖水质状况和富营养化状态进行了评价,以期有效控制观山湖湿地水体污染及科学管理保护湿地水环境提供依据。

1 材料与方法

1.1 研究地概况 观山湖湿地公园位于贵阳市观山湖区中心区,占地面积约4 km²,湿地水体面积约0.4 km²,由2个小型全封闭湖泊上湖和下湖构成(图1)。两湖水体主要由地下山泉喷涌形成,一年四季水位变动一般不大,但在雨季地表径流和湖面降水补给对水位有一定程度的影响。湖泊周围是公园绿地和人行道路,公园周边则主要是生活小区。

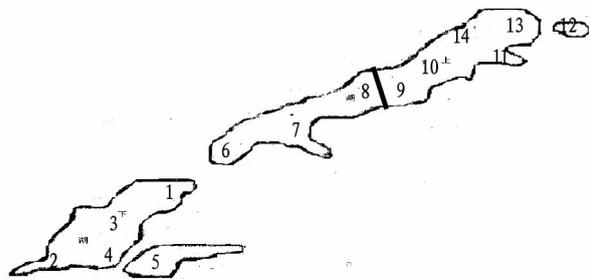


图1 采样布点示意

Fig. 1 Sketch of sampling points

1.2 样点设置与采样时间 根据湿地水体分布情况、地下水出口以及疑似污染点,共设采样点14个,其中北湖9个,南湖5个。具体布点方案见图1。

根据观山湖水体来源特点和贵阳市年降水特征^[5],将一年划分为丰水期(5—8月)和平水期(1—3、9—12月)。并分别于2014年1月(平水期)、2014年7月(丰水期)、2015年7月(丰水期)、2016年1月(平水期)对观山湖湿地水体水质进行了取样监测。

1.3 水样采集与测定 监测项目:pH、溶解氧(DO, mg/L)、总氮(TN, mg/L)、总磷(TP, mg/L)、化学需氧量(COD_{Cr}, mg/L)、五日生化需氧量(BOD₅, mg/L)、叶绿素a(Chla,

基金项目 贵阳市科技计划项目[筑科合同[2012]103]84号)。

作者简介 张永航(1971—),女,贵州思南人,副教授,硕士,从事环境化学研究。

收稿日期 2017-11-13

mg/L)。其中,DO、pH 分别采用 RJY-1A 型便携式溶解氧测试仪、便携式酸度计 PHB-5 计及摄氏温度计(装于水样采集器上)进行现场测定;水样的采集、处理和其他各指标的测定参照《水和废水监测分析方法》^[6]。

1.4 评价方法 运用营养状态指数法进行湿地水体富营养评价。营养状态指数^[7]计算公式为

$$EI = \sum_{n=1}^N E_n / N$$

式中, EI 为营养状态指数; E_n 为评价指标赋值; N 表示评价指标个数。相应的营养状态分级标准为: $0 \leq EI < 20$, 贫营养; $20 \leq EI < 40$, 中营养; $40 \leq EI < 60$, 轻富营养; $60 \leq EI < 80$, 中富营养; $EI \geq 80$, 重富营养。

2 结果与分析

2.1 水体理化特征 由表 1 可知, 2014—2016 年 4 个监测期, 湿地水体 pH 为 7.5~8.4, 呈弱碱性, 平水期和丰水期无明显差异。DO 浓度为 3.6~12.0 mg/L, 平均值为 6.0~

9.9 mg/L, 说明 DO 水平基本符合 I~II 类水质, 且平水期的 DO 浓度较丰水期高, 原因可能是丰水期处于夏季, 水体温度较高, 降水量较大, 且藻类死亡分解作用消耗大量氧气, 导致 DO 浓度随之下降^[8-9]。COD_{Cr} 浓度为 1.7~8.3 mg/L, 小于 I 类水质标准值, 说明观山湖公园水体未受有机物污染, 同时平水期 COD_{Cr} 浓度较丰水期高, 其原因可能是丰水期降水量的增加, 使得水体中 COD_{Cr} 浓度降低。BOD₅ 浓度为 1.0~8.0 mg/L, 平均值均小于 6.0 mg/L, 说明 BOD₅ 浓度水平基本符合 IV 类水质, 平水期的 BOD₅ 也较丰水期高, 其原因也可能是丰水期降水量的增加使得水体 BOD₅ 浓度降低, 同时所监测的平水期在冬季, 夏秋季节藻类及沉水植物死亡, 使易生物降解产物累积, 导致平水期水体 BOD₅ 浓度较高^[10]。

2.2 水体氮的时空分布特征 由图 2 可知, 同时期不同采样点的 TN 浓度不同, 在空间分布上呈现非均一性, 无明显变化规律。个别采样点(2016 年平水期 12 号样点) TN 浓度异

表 1 不同采样时间水质监测结果

Table 1 Water quality monitoring results of different sampling time

| 采样时间 Sampling time | pH | | DO 浓度 DO concentration//mg/L | | COD _{Cr} 浓度 COD _{Cr} concentration//mg/L | | BOD ₅ 浓度 BOD ₅ concentration//mg/L | |
|-----------------------|-------------|----------------|---------------------------------|----------------|---|----------------|---|----------------|
| | 范围 Range | 平均值 Average | 范围 Range | 平均值 Average | 范围 Range | 平均值 Average | 范围 Range | 平均值 Average |
| | 2014-01 | 8.0~8.3 | 8.2 | 8.5~12.0 | 9.9 | 2.7~7.3 | 5.2 | 2.4~6.8 |
| 2014-07 | 7.5~8.4 | 8.0 | 4.2~8.6 | 6.6 | 2.5~7.8 | 4.6 | 1.2~3.8 | 2.6 |
| 2015-07 | 7.6~8.0 | 7.9 | 3.6~7.7 | 6.0 | 1.7~7.8 | 3.6 | 1.6~3.9 | 2.2 |
| 2016-01 | 7.8~8.3 | 8.0 | 4.4~12.0 | 7.5 | 3.4~8.3 | 5.6 | 1.0~8.0 | 4.8 |

| 采样时间 Sampling time | Chla 浓度 Chla concentration//mg/L | | TN 浓度 TN concentration//mg/L | | TP 浓度 TP concentration//mg/L | |
|-----------------------|-------------------------------------|----------------|---------------------------------|----------------|---------------------------------|----------------|
| | 范围 Range | 平均值 Average | 范围 Range | 平均值 Average | 范围 Range | 平均值 Average |
| | 2014-01 | 0.002~0.003 | 0.010 | 0.68~2.20 | 0.98 | 0.029~0.083 |
| 2014-07 | 0.001~0.012 | 0.006 | 1.00~1.90 | 1.40 | 0.019~0.045 | 0.028 |
| 2015-07 | 0.004~0.067 | 0.013 | 0.82~1.80 | 1.28 | 0.023~0.104 | 0.043 |
| 2016-01 | 0.009~0.037 | 0.019 | 0.52~1.95 | 0.95 | 0.034~0.181 | 0.069 |

常高, 现场调查发现该采样点位于一个破损的排污管附近, 该处水域水浅且流动性差, 这可能是导致 12 号样点 TN 浓度异常高的原因。季节变化对 TN 浓度有明显的影 响, 总体表现为丰水期大于平水期, 原因可能是丰水期的温度适宜于细菌的生长, 冬季营养物质的积累和藻类的代谢被分解和释放, 从底层上升, 这增加了在水中营养物质的浓度, 从而使得 TN 浓度达到较高水平^[11-12]。另外, 丰水期城市地表径流对氮的引入也不容忽视^[13-14]。随着时间的推移, 2014—2016 年上湖(采样点 6~14) TN 浓度有增大的趋势, 但不明显, 而下湖(采样点 1~5)呈减小趋势, 原因可能是下湖所处地理位置相对偏僻, 受人类活动侵扰较小, 且湖水较浅, 每年种有大量水生植物, 对水质有一定的净化作用。

2.3 水体磷的时空分布特征 从图 3 可见, 不同采样点的 TP 浓度不同, 在空间分布上呈现非均一性, 无变化规律。个别采样点 TP(2016 年平水期 9 号样点)异常大, 这可能是由于该处有一休闲观赏亭, 水浅且水体流动性差, 受人类活动扰动大。季节变化对 TP 浓度有明显影响, 总体表现为平水

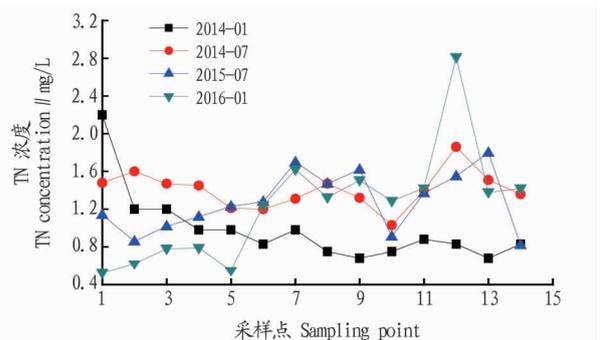


图 2 2014—2016 年不同采样点 TN 浓度时空分布

Fig. 2 Spatial distribution of TN concentration in different sampling points during 2014-2016

期大于丰水期。李大鹏等^[15]和张宗庆等^[16]研究表明, 很多湖泊的 TP 浓度都是丰水期大于平水期, 其主要原因是夏季雨水较多, 雨水径流冲刷, 湖泊周围及主要入湖河流域源污染中的磷随着地表径流进入水体, 使得磷浓度较高。但就观山湖而言, 城镇工业、生活污水也纳入排污管网, 环湖主

要是公园绿地,城市地表径流能引入磷的量是有限的^[17-19],同时由于降水和径流,导致湖水水量增加,且水体中悬浮物增多,水中磷被悬浮颗粒吸附,沉积于沉积物表面,从而使水中磷浓度呈下降态势。随着时间的推移,2014—2016年TP浓度总体呈增加趋势,表明磷的污染在加剧。

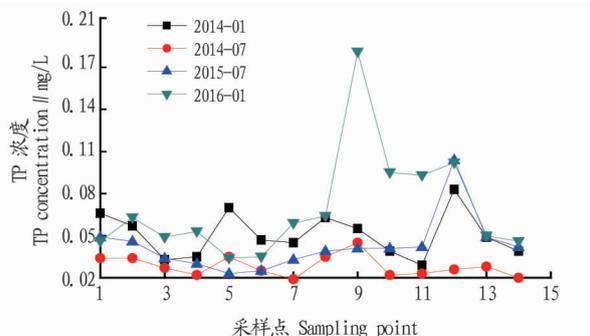


图3 2014—2016年不同采样点TP浓度时空分布

Fig.3 Spatial distribution of TP concentration in different sampling points during 2014–2016

2.4 水体富营养评价 根据监测结果,选取TN、TP和Chla浓度为评价指标,采用营养状态指数法,开展观山湖水体富营养化评价,结果见图4。由图4可知,采样点的营养状态指数基本上在40~60,属于轻富营养状态。

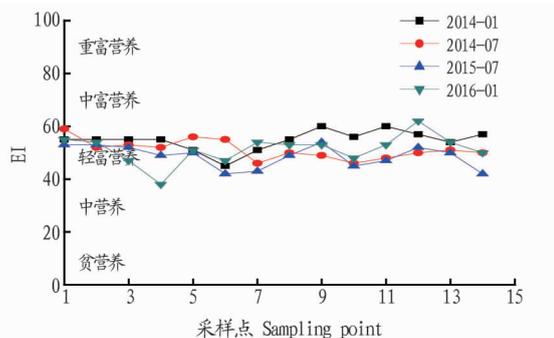


图4 2014—2016年不同采样点富营养评价结果

Fig.4 Eutrophication assessment results in different sampling points during 2014–2016

已有研究^[20-22]表明,氮、磷营养盐的含量对浮游植物生长有着显著的限制作用,同时N/P值对藻类正常代谢也有一定的限制作用,藻类正常代谢需要的限制性营养N/P值约为7,当N/P值>7时,磷是可能的限制性营养盐,当N/P值<7时,氮是可能的限制性营养盐。经统计,观山湖的N/P在10~42,平均值为16,由此可知,磷是观山湖湿地水体富营养化的主要限制性营养因子,是浮游植物生长的限制因子,要控制藻类大量繁殖,防止水体进一步富营养化,就需严格控制磷的引入。

3 结论

(1) 该研究表明,观山湖湿地水体TN、TP的空间分布均呈现出非均一性,无明显的分布规律。而水体中TN、TP的时间分布均呈现出规律性,季节变化对TN的含量有明显影响,总体是丰水期大于平水期;季节变化对TP的含量也有明显影响,但是丰水期大于平水期。2014—2016年除下湖的TN呈下降趋势外,下湖的TP和上湖的TN、TP均呈增加趋势。

(2) 营养指数评价结果表明,观山湖湿地水体总体上处于轻富营养化状态。同时,水体中N/P值表明,磷为观山湖的营养限制性盐,为防止观山湖水体的进一步富营养化,应控制氮、磷的引入,尤其是磷的引入。

参考文献

- [1] 杨一鹏,曹广真,侯鹏,等.城市湿地气候调节功能遥感监测评估[J].地理研究,2013,32(1):73–80.
- [2] 曹鹏飞.浅谈城市湿地生态功能退化的原因及其恢复与保护[J].福建林业科技,2008,35(1):176–179.
- [3] 刘侨博,韩晓盈,李爽,等.城市湿地的生态环境保护问题探讨:以哈尔滨市为例[J].环境科学与管理,2015,40(6):147–150.
- [4] 孙一鸣,刘红玉,李玉凤,等.基于水文地貌法模型的城市湿地水环境功能评估:以南京仙林典型湿地为例[J].生态学报,2016,36(10):3032–3041.
- [5] 陈海凤,李扬,黄世芹,等.基于自动站观测的贵阳强降水特征分析[J].贵州气象,2017,41(3):46–50.
- [6] 国家环境保护总局.水和废水监测分析方法[M].4版.北京:中国环境科学出版社,2002.
- [7] 王鹤扬.综合营养状态指数法在陶然亭湖富营养化评价中的应用[J].环境科学与管理,2012,37(9):188–194.
- [8] 殷燕,吴志旭,刘明亮,等.千岛湖溶解氧的动态分布特征及其影响因素分析[J].环境科学,2014,35(7):2539–2546.
- [9] 黄岁樑,臧常娟,杜胜蓝,等.pH、溶解氧、叶绿素a之间相关性研究II:非养殖水体[J].环境工程学报,2011,5(8):1681–1686.
- [10] 殷燕,张运林,时志强,等.太湖化学耗氧量和生化需氧量的时空分布特征[J].环境科学学报,2010,30(12):2544–2552.
- [11] 黄廷俊,秦昌海,李璇.峡谷型水源水库的氮、磷季节变化及其来源分析[J].环境科学,2013,34(9):3423–3429.
- [12] 张媛,望志方,张琍,等.鄱阳湖丰水期不同底质类型下氮、磷含量分析[J].长江流域资源与环境,2015,24(1):135–142.
- [13] 李立青,吕书丛,朱仁肖,等.北京市新建城区不透水地表径流N、P输出形态特征研究[J].环境科学,2012,33(11):3760–3767.
- [14] 王龙涛,段丙政,赵建伟,等.重庆市典型城镇区地表径流污染特征[J].环境科学,2015,36(8):2809–2816.
- [15] 李大鹏,黄勇.扰动强度对太湖沉积物中磷释放及其形态转化的影响[J].环境科学,2012,33(8):2014–2020.
- [16] 张宗庆,张永江,冉丹,等.黔江区小南海湖水不同季节的磷形态分布特征[J].贵州师范大学学报(自然科学版),2015,33(3):19–22,41.
- [17] 徐微,郝红建,李田.合肥市典型城区非渗透性铺面地表径流污染特征[J].环境科学与技术,2013,36(4):84–88,113.
- [18] 王吉苹,朱木兰.厦门城市降雨径流氮磷非点源污染负荷分布探讨[J].厦门理工学院学报,2009,17(2):57–61.
- [19] 李军霞,罗彬,朱亮,等.城市面源污染特征及排放负荷研究:以内江市为例[J].生态环境学报,2014,23(1):151–156.
- [20] 赵超,于宁楼,戴伟,等.银湖夏季叶绿素a与水水质因子的相关分析及富营养化评价[J].安徽农业科学,2010,38(32):18252–18254.
- [21] 罗国源,康康,朱亮.水体中TN/TP与藻类产生周期及产生量的关系[J].重庆大学学报(自然科学版),2007,30(1):142–146.
- [22] 孔范龙,郗敏,徐丽华,等.富营养化水体的营养盐限制性研究综述[J].地球环境学报,2016,7(2):121–129.

科技论文写作规范——题名

以最恰当、最简明的词句反映论文、报告中的最重要的特定内容,题名应避免使用不常见的缩略语、首字母缩写词、字符、代号和公式等。一般字数不超过20字。英文与中文应相吻合。英文题名词首字母大写,连词及冠词除外。