

汪斯琛 杜少博 万路 等.象湖湿地敏感区修复工程效果研究 [J].江西师范大学学报(自然科学版) 2022 46(3): 251-256.
WANG Sichen ,DU Shaobo ,WAN Lu et al.The preliminary evaluation of the effect of restoration project in the sensitive area of Xianghu Wetland [J].Journal of Jiangxi Normal University(Natural Science) 2022 46(3): 251-256.

文章编号: 1000-5862(2022) 03-0251-06

象湖湿地敏感区修复工程效果研究

汪斯琛^{1,2,3}, 邹思怡⁴, 万路³, 王舟龙³, 陈瑜³, 邓玉华⁵, 章茹⁶

(1.云南大学生态与环境学院,云南昆明 650091; 2.云南省高原山地生态与退化环境修复重点实验室,云南昆明 650091;
3.南昌市园林绿化服务中心,江西南昌 330046; 4.南昌市国昌环保科技有限公司,江西南昌 330046;
5.南昌市公园事务中心,江西南昌 330046; 6.南昌大学资源与环境学院,江西南昌 330031)

摘要: 该文应用模糊综合评价法对南昌市象湖湿地敏感区湖泊湿地在修复工程前后的水环境因子进行综合评价.研究结果表明: 在修复工程前,象湖水质为 V 类水和劣 V 类水; 在修复工程后,象湖湖体水质为 V 类水,象湖滚水坝水质为 II 类水,木桩驳岸水质为 VI 类水,其中在大部分水体中的 COD、TN、TP 含量都有明显改善,这说明象湖修复工程对水质有较明显的净化作用.在象湖修复工程之后,象湖湿地土壤的 pH 值由偏酸性向中性转变,含水量增加,更加适合植物生长.

关键词: 象湖湿地; 修复工程; 水环境因子

中图分类号: Q 149 文献标志码: A DOI: 10.16357/j.cnki.issn1000-5862.2022.03.06

0 引言

湿地的重要性及其所面临的生态环境问题已受到国内外学术界和各国政府的关注.相对而言,国内在这方面的研究开展较晚,恢复和重建对象以湖泊湿地为主,重点在于消除水体污染和富营养化,而对在城市内湖湿地恢复的研究则较少^[1-4].生态敏感区特指 2 种或 2 种以上不同生态系统的结合部,是生态环境条件变化最激烈和最易出现生态问题的地区,是对区域总体生态环境起决定性作用的大型生态要素和生态实体.生态敏感区的保护是否有效决定了区域生态环境质量高低,也是区域生态系统可持续发展及进行生态环境综合整治的关键地区^[5-6].

南昌市象湖风景名胜区坐落在江西省南昌城区西南角,北起将军渡闸,南至南隔堤,东起沿江南路,西至桃花路,经由抚河流入赣江,最终汇入鄱阳湖,对南昌市水体环境起着重要作用.南昌市于 2013 年启动大象湖景区改造提升工程,以原象湖景区为核

心,共计打造 186.67 hm² 生态湿地,采用生态驳岸岸线处理、生态节能景观和水生植物栽植等国内先进技术,预计能够具有改善象湖水质和提升防洪防旱能力等生态作用.对象湖本底调查和生态监测评价,长时间有序的研究和高层次的综合集成研究,并与本底调查进行对比,分析象湖湿地恢复情况,对象湖湿地的演化规律、恢复重建技术及示范等都是重要的研究基础和理论依据,这不仅是湿地研究的重要方向,而且是对政府建设象湖湿地保护、恢复和重建方案的重要验证和效果评价,对城市生态建设的可持续发展及今后城市内湖生态修复的工程应用推广具有非常重要的意义.

1 材料与方法

1.1 采样点与采样方法

采样方法运用系统选择法,根据湿地功能划分取样区域,于 2013 年 11 月—2015 年 7 月对象湖、八月湖和青云水库进行每月 1 次的水样采集分析.另

收稿日期: 2020-04-18

基金项目: 云南省重点研发计划(202203AC100002) 江西省重点研发计划(20161BBG70004 20192ACB60010) 和南昌市科技局课题(2013-176) 资助项目.

作者简介: 汪斯琛(1990—),女,江西景德镇人,助理工程师,博士研究生,主要从事修复生态研究.E-mail: wangsichen0101@163.com

于2016年12月、2017年4月、2017年7月、2017年10月,即分冬、春、夏、秋四季采集象湖的水样和土样.采用GPS准确定位样点位置,采样点位置示意图如图1所示.

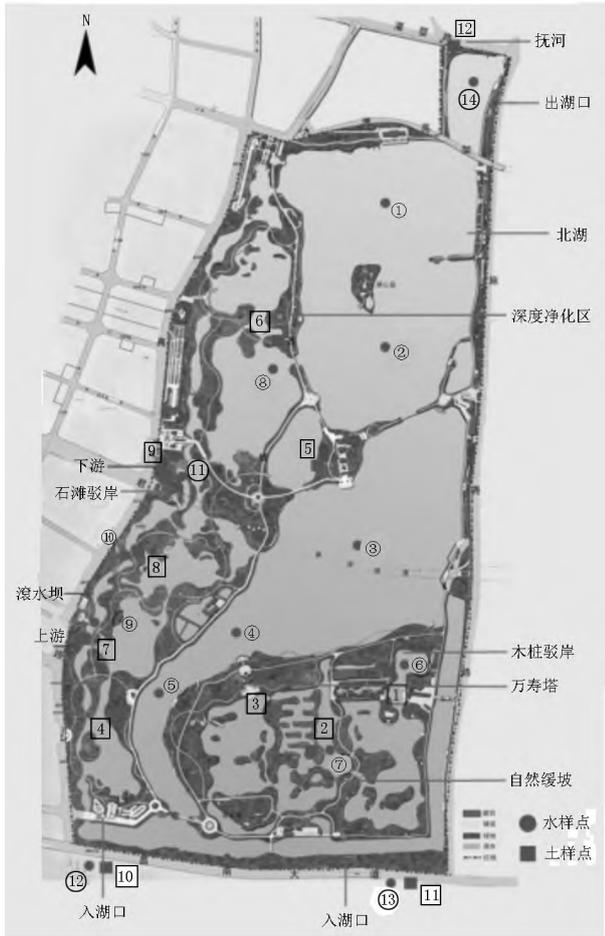


图1 象湖研究区采样点示意图

1.2 样本的采集和处理

用有机玻璃采水器在各样点水下10 cm处采集水样550 mL,每个样点均重复采集水样3次,在低温保存下带回实验室及时进行理化因子测试.在表层土下环刀取样,避开植物根茎采集土样,带回实验室及时处理检测.

1.3 检测内容及方法

在采样时用温度计和水温计测定现场空气温度(T_A)和水温(T_W);用赛氏刻度盘测定水深(D)和水体透明度(S_D);采用溶氧仪测定采样点水体的溶解氧含量(ρ_{DO});用pH计测定采样点水体的酸碱度值(pH值);采用重铬酸钾法测定水样的化学需氧量(ρ_{COD});采用钼蓝法-紫外分光光度法测定总磷含量(ρ_{TP});用碱性过硫酸钾消解-紫外分光光度法测定总氮含量(ρ_{TN}).

1.4 数据处理

采用Origin8.0软件进行作图.

2 结果与分析

2.1 象湖湿地敏感区不同季节环境因子

2.1.1 象湖湿地土壤理化性状 根据南昌市园林绿化中心土壤检测数据显示:象湖2014年的土壤性状为酸性土壤,含水量大多数为8%~12%,土壤容质量大多数为1.30~1.40 g·cm⁻³.修复工程后的土壤性状为中性偏酸性土壤,含水量大多数为15%~18%,土壤容质量大多数为1.15~1.40 g·cm⁻³.

2.1.2 象湖湿地修复工程后的水质状况 采用模糊数学评价法^[7]和单因子评价法分析2013—2015年象湖水样数据发现,木桩驳岸、自然缓坡驳岸和鼻子湖水质均已超过GB 3838—2002《地表水环境质量标准》所规定的V类水质标准.木桩驳岸和自然缓坡驳岸超标水质指标有化学需氧量(COD)、生化需氧量(BOD₅)、氨氮、总氮(TN),自然缓坡驳岸总磷(TP)比木桩驳岸高;各水质指标月变化幅度较大.人工饲养鱼塘、非人工饲养鱼塘水质均已超过GB 3838—2002《地表水环境质量标准》所规定的V类水质标准.人工饲养鱼塘水质主要超标水质指标有COD、BOD₅、TN、TP,而非人工饲养鱼塘超标水质指标仅有COD,且其他水质指标(除BOD₅外)均可达到III类水质标准.

2016—2017年进行了为期1年分4个季度的采样点水质检测.具体数据如表1所示.

本研究运用模糊评价法结合GB 3838—2002《地表水环境质量标准》,研究发现:在修复工程后,象湖湖体水质为V类水,木桩驳岸水质为VI类水,自然缓坡水质为V类水,深度净化区水质为V类水,滚水坝水质为II类水,入湖口水质为V类水,出湖口水质为V类水.研究结果表明:滚水坝跌水区的建设和植物配置对水质的净化效果较好,木桩驳岸次之.出湖口水质总氮和总磷含量分别为2.54 mg·L⁻¹和0.15 mg·L⁻¹,远低于入湖口的总氮(5.50 mg·L⁻¹)和总磷(0.95 mg·L⁻¹)的含量,这说明修复对象湖总氮和总磷的净化效果较好.

2.2 修复工程前后的环境质量对比

对比象湖湿地本底与修复工程之后的环境因子

的变化,土壤含水量总体有所提升,这说明在修复工程后土壤的蓄水能力升高.在修复工程前各采样点的土壤 pH 值为 5~6,在修复工程后自然缓坡采样点的 pH 值为 4 左右,象湖和木桩驳岸土壤的 pH 值为 5~6,其他采样点的 pH 值为 6~7.不同区域的土壤理化性质有差异.

对象湖湿地本底与修复工程之后的环境因子的变化主要从水质酸碱度、溶解氧、化学需氧量、总氮和总磷 5 个指标进行对比分析.2016 年 12 月—2017 年 10 月检测的水质数据如表 1 所示.图 2 是 2016 年 12 月—2017 年 10 月修复工程后与 2013 年 12 月—2014 年 10 月修复工程前水质各项指标的比较示意图.

表 1 不同季节的象湖湿地敏感区采样点水体和土壤理化因子

	日期	溶解氧/ ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	水样 pH 值	$\rho_{\text{COD}_{\text{cr}}}$ / ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	ρ_{TN} / ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	ρ_{TP} / ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	含水量 / %	容质量 / ($\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$)	土样 pH 值
象湖 (1、2、3、4、5)	2016-12-07	3.78	7.33	25.12	3.802	0.685	16.75	1.34	5.59
	2017-04-10	2.58	8.69	29.61	3.791	0.176	11.43	1.16	5.18
	2017-07-05	1.73	7.44	25.30	2.984	0.136	19.46	1.33	5.65
	2017-10-11	1.78	7.63	16.62	1.481	0.184	7.24	1.21	5.04
	平均值	2.47	7.77	24.16	3.015	0.295	13.72	1.26	5.37
木桩驳岸 (6)	2016-12-07	3.41	7.41	19.28	0.272	0.022	21.29	1.53	5.87
	2017-04-10	2.61	8.69	17.30	0.377	0.010	13.64	1.49	6.31
	2017-07-05	1.73	7.64	31.60	0.310	0.017	26.58	1.42	5.79
	2017-10-11	1.76	7.57	16.20	0.129	0.003	29.87	1.39	5.79
	平均值	2.38	7.83	21.10	0.272	0.013	22.85	1.46	5.94
自然缓坡 (7)	2016-12-07	3.45	7.63	21.86	0.241	0.068	23.34	1.13	4.00
	2017-04-10	2.61	8.99	8.50	0.185	0.000	15.61	1.15	4.41
	2017-07-05	1.72	7.38	7.32	0.267	0.003	27.39	1.33	4.07
	2017-10-11	1.78	7.48	19.97	0.265	0.008	19.05	1.22	3.92
	平均值	2.39	7.87	14.41	0.240	0.020	21.35	1.21	4.10
深度净化区 (8)	2016-12-07	3.16	7.67	27.09	1.125	0.145	16.82	1.38	6.25
	2017-04-10	2.57	9.32	21.83	1.587	0.094	17.65	1.50	6.34
	2017-07-05	1.74	7.55	49.63	0.958	0.263	19.76	1.20	7.15
	2017-10-11	1.74	7.29	15.30	0.077	0.027	21.21	1.48	6.40
	平均值	2.30	7.96	28.46	0.937	0.132	18.86	1.39	6.54
滚水坝 (9、10、11)	2016-12-07	3.32	7.38	19.72	0.305	0.056	18.46	1.29	6.23
	2017-04-10	2.48	8.59	12.98	0.530	0.024	19.11	1.37	6.66
	2017-07-05	1.71	8.03	23.16	0.167	0.005	22.88	1.44	6.53
	2017-10-11	1.74	7.25	19.30	0.326	0.032	17.02	1.35	6.46
	平均值	2.31	7.81	18.79	0.332	0.029	19.37	1.36	6.47
入湖口 (12、13)	2016-12-07	3.14	7.62	40.62	10.111	3.122	8.35	1.33	5.86
	2017-04-10	2.62	8.29	22.64	5.809	0.220	15.30	1.30	6.08
	2017-07-05	1.70	7.70	23.50	3.318	0.296	12.70	1.34	6.13
	2017-10-11	1.75	7.19	25.46	2.774	0.165	6.41	1.25	6.19
	平均值	2.30	7.70	28.06	5.503	0.951	10.69	1.31	6.07
出湖口 (14)	2016-12-07	3.67	7.52	24.08	2.009	0.157	13.14	1.35	6.96
	2017-04-10	3.01	9.35	17.96	3.184	0.052	12.36	0.88	6.95
	2017-07-05	1.67	7.62	42.54	3.635	0.247	12.36	1.45	7.13
	2017-10-11	1.74	7.30	14.95	1.348	0.149	10.50	1.52	5.64
	平均值	2.52	7.95	24.88	2.544	0.151	12.09	1.30	6.67

在修复工程前后象湖湖体水质 pH 值变化不明显 ρ_{DO} 下降 ρ_{COD} 呈下降趋势 ρ_{TN} 升高 ρ_{TP} 呈下降趋势

势.运用模糊评价法得出在修复工程前后象湖湖体水质均为 V 类水.结果如图 2 所示.

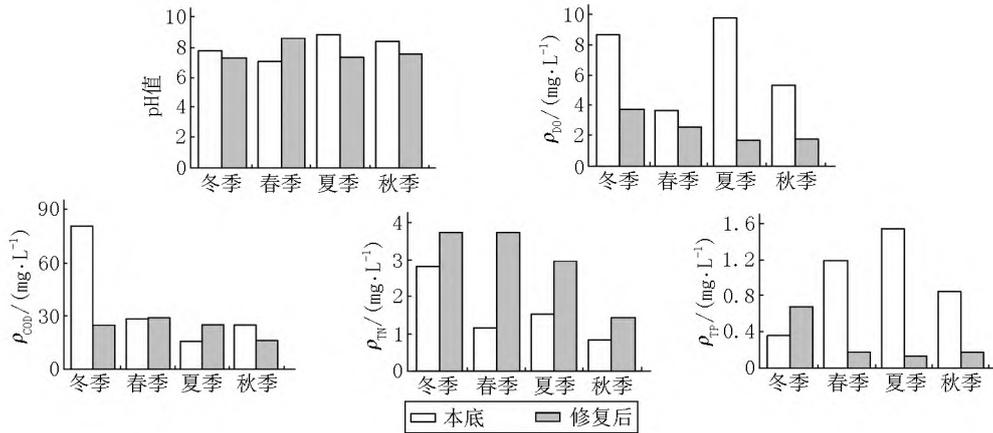


图 2 象湖湖体水质各指标在修复工程前后的比较

在修复工程前后象湖木桩驳岸水质 pH 值变化不明显 ρ_{DO} 呈下降趋势 ρ_{COD} 、 ρ_{TN} 、 ρ_{TP} 均明显降低.运

用模糊评价法得出:在修复工程前木桩驳岸水质为 V 类.在修复工程后水质为 VI 类(见图 3).

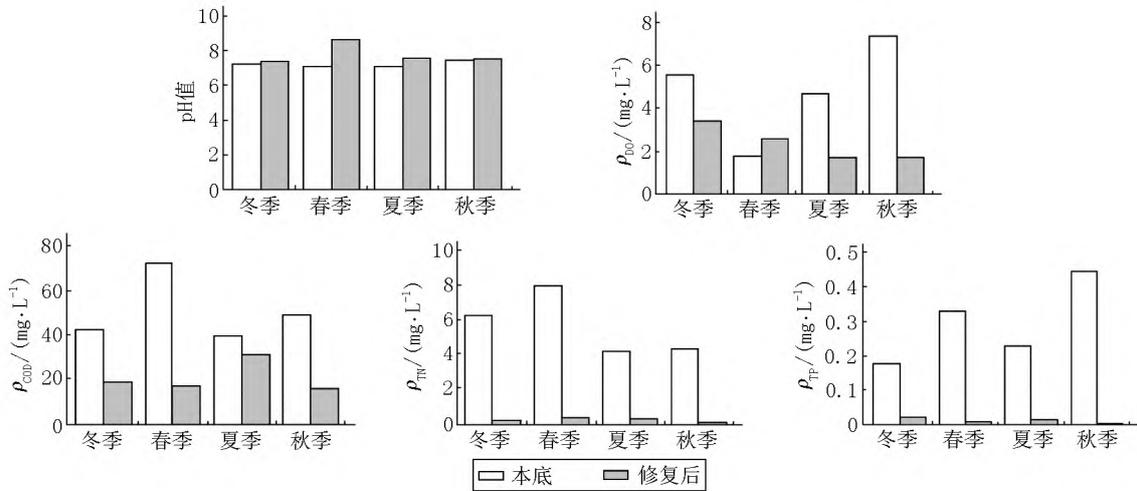


图 3 象湖木桩驳岸水质各指标在修复工程前后的比较

在修复工程前后象湖自然缓坡水质 pH 值变化不明显 ρ_{DO} 下降 ρ_{COD} 、 ρ_{TN} 、 ρ_{TP} 均明显降低.运用模糊

评价法得出在修复工程前后自然缓坡的水质均为 V 类.结果如图 4 所示.

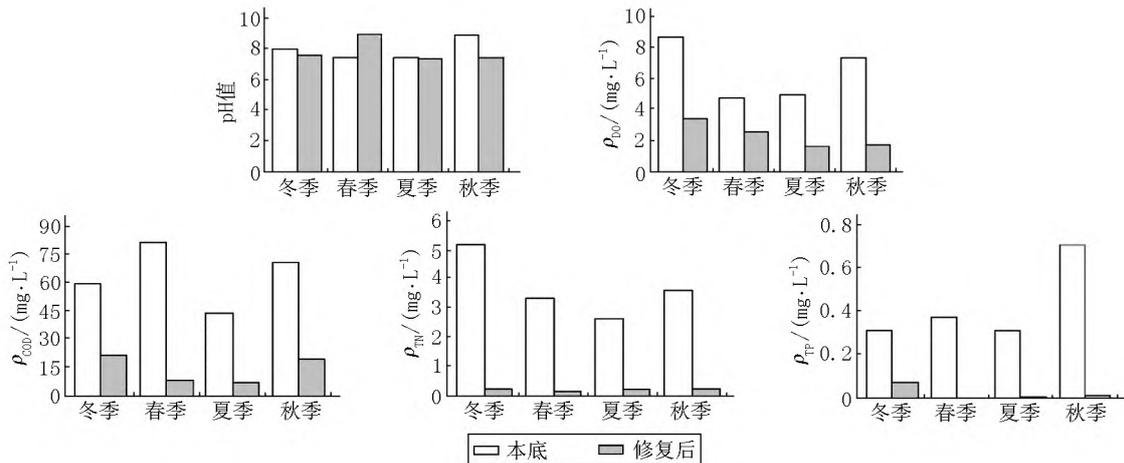


图 4 象湖自然缓坡水质各指标在修复工程前后的比较

在修复工程前后象湖入湖口 pH 值变化不明显 ρ_{DO} 下降 ρ_{COD} 呈下降趋势 ρ_{TN} 、 ρ_{TP} 均明显升高. 运

用模糊评价法得出在修复工程前后入湖口的水质均为 V 类(见图 5).

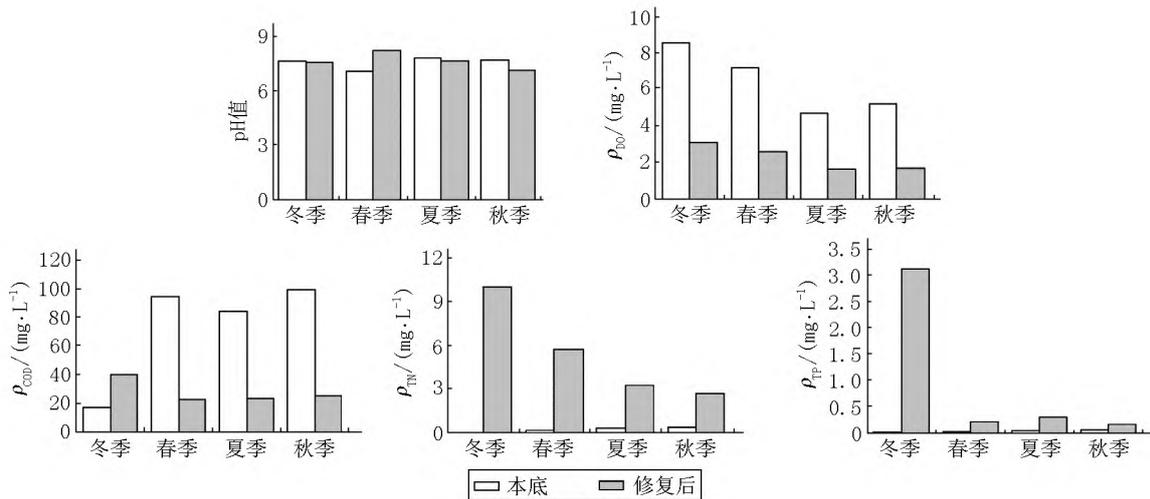


图5 象湖入湖口水质各指标在修复工程前后的比较

综上所述,从检测数据和图表来看,在修复工程前后象湖水水质呈现净化的趋势,象湖湿地生态恢复区的工程具有一定的修复效果.总体来说,在大部分区域内的 COD、TN 和 TP 都有所改善,其他区域大多是由于工程前后水质扰动而造成的.另外,在象湖工程完工后,工业废水没有停止向象湖排污是造成象湖水水质得不到较好修复的重要原因之一.

3 讨论

城市生物多样性为城市生态系统提供了诸多功能和服务,对改善城市环境、维持城市可持续发展有着重要的意义和作用.城市化过程深刻改变了原有的城市生物多样性分布格局,导致了生物多样性降低等一系列的问题,这些问题都影响着城市环境的可持续发展^[8].象湖湿地的环境因子本底为植被贫瘠、植被状况差、植物物种多样性低.在修复工程后,象湖湿地植被覆盖面更广,植物物种更丰富,水景植物更丰富,在显著美化湿地景观的基础上,改善了城市湿地的生态环境,对城市居民生活提升和城市可持续发展都具有积极意义.

土壤 pH 值是土壤的基本特性,是影响土壤肥力的重要因素之一.在修复工程之前的象湖土壤多为酸性土壤,强酸性土壤会不同程度地降低土壤养分的有效性,当土壤 pH 值低于 6 时,磷酸和钙或铁、铝形成迟效态,使有效性降低,由于强酸性土壤中 H^+ 和 Na^+ 较多,缺少 Ca^{2+} ,所以其难以形成良好的土壤结构,不利于作物生长.而且过酸还会严重抑制土壤微生物的活动,从而影响氮素及其他养分的转化和供应,不利于植物的生长发育等^[9-11].在修复

工程后,除自然缓坡外,象湖其他采样点土壤的 pH 值为 6~7,适宜大部分植物生长,显著地提升了土壤肥力的有效性,改善了植物生长环境.

土壤水分是植物水分的直接来源,植物吸收土壤中的水分和营养物质进行生长,土壤的水分含量多少决定着植物生长状况的好坏.在修复工程之后,象湖湿地土壤的蓄水能力升高,加大了土壤中营养物质的溶解量,促进了植物对土壤中营养物质和微量元素的吸收,并且能够使植物不易受到长期干旱等极端天气的影响.

COD 是体现水体有机污染的一项重要指标,能后反映出水体的污染程度^[12-13].象湖水体的 COD 在修复工程后大部分都有大幅度的降低,其中象湖湖泊水体在冬季和木桩驳岸在冬季、春季、秋季以及自然缓坡一年四季在修复工程后都比本底的 COD 值明显下降,这说明水体有机污染明显减少,净化效果明显.

水体总氮和总磷是反映水体富营养化的指标,在修复工程后入湖口的 TN、TP 指标明显升高,这说明在修复工程后这段时间入湖口处流入的水体富营养化较严重^[14-16].象湖水体的水质 TN 也明显升高,但是上升程度有所减缓,然而湖泊水体的总磷、自然缓坡和木桩驳岸的 TN、TP 都明显下降,这说明象湖湿地对水体富营养化具有明显的净化作用.

象湖本底的水质状况较差,2013—2015 年期间为 V 类水,本研究发现在 2016—2017 年修复工程之后,相关检测指标显示水质已经有所改善,滚水坝水质为 II 类水,木桩驳岸水质为 VI 类水,但是其他区域仍然还是 V 类水.根据建设理念和植被状况推测,滚水坝跌水区的建设和植物配置对水质的净化效果最好,木桩驳岸次之,修复工程后的象湖湿地对水体的

净化效果较好,具有一定的修复效果.总体来说,在大部分区域中 COD、TN 和 TP 都有所改善.

象湖长期以来受工业废水排放的影响而造成湖水水质污染严重,只有杜绝工业废水排入象湖,才能更好地让象湖水水质得到修复.

4 参考文献

- [1] 李楠,李龙伟,陆灯盛,等.杭州湾滨海湿地生态安全动态变化及趋势预测[J].南京林业大学学报(自然科学版) 2019,43(3):107-115.
- [2] 葛伟,蔡琨,马晶晶,等.浅谈滨海湿地生态环境退化监测与评价[J].环境监控与预警 2016,8(5):10-13,41.
- [3] 胡小飞,傅春.南昌城市绿地系统生态调节服务功能价值动态分析[J].江西农业大学学报 2014,36(1):230-237.
- [4] 蔡海生,刘木生,李凤英,等.生态环境脆弱性静态评价与动态评价[J].江西农业大学学报 2009,31(1):149-155,165.
- [5] 毋兆鹏,金海龙,王范霞,艾比湖退化湿地的生态恢复[J].水土保持学报 2012,26(3):211-215,221.
- [6] 庄建琦,葛永刚,王道杰,等.干热河谷生态恢复区土壤水分变化研究[J].水土保持研究 2009,16(6):35-39.
- [7] 杞银凤,廖峻涛,彭贵鸿,等.丽江拉市海湿地恢复区越冬水鸟栖息地适宜性的模糊综合评价[J].云南大学学报(自然科学版) 2013,35(4):565-570.
- [8] 毛齐正,马克明,鄢建国,等.城市生物多样性分布格局研究进展[J].生态学报 2013,33(4):1051-1064.
- [9] 唐琨,朱伟文,周文新,等.土壤 pH 对植物生长发育影响的研究进展[J].作物研究 2013,27(2):207-212.
- [10] 赵静,沈向,李欣.梨园土壤 pH 值与其有效养分相关性分析[J].北方园艺 2009(11):5-8.
- [11] 赵军霞.土壤酸碱性与植物的生长[J].内蒙古农业科技 2003(6):33-42.
- [12] 王雪蕾,吴传庆,冯爱萍,等.利用 DPeRS 模型估算巢湖流域氨氮和化学需氧量的面源污染负荷[J].环境科学学报 2015,35(9):2883-2891.
- [13] 李名升,张建辉,罗海江,等.“十一五”期间中国化学需氧量减排与水环境质量变化关联分析[J].环境科学学报 2011,20(3):463-467.
- [14] 李如忠,刘科峰,钱靖,等.合肥市典型景观水体氮磷污染特征及富营养化评价[J].环境科学 2014,35(5):1718-1726.
- [15] 李跃飞,夏永秋,李晓波,等.秦淮河典型河段总氮总磷时空变异特征[J].环境科学 2013,34(1):91-97.
- [16] 李元超,兰建新,郑新庆,等.西沙赵述岛珊瑚礁生态修复效果的初步评估[J].应用海洋学学报,2014,33(3):348-353.

The Preliminary Evaluation of the Effect of Restoration Project in the Sensitive Area of Xianghu Wetland

WANG Sichen^{1,2,3}, ZOU Siyi⁴, WAN Lu³, WANG Zhoulong³, CHEN Yu³, DENG Yuhua⁵, ZHANG Ru⁶

(1.School of Ecology and Environment, Yunnan University, Kunming Yunnan 650091, China; 2.Key Laboratory of Plateau Mountain Ecology and Degraded Environment Restoration of Yunnan Province, Kunming Yunnan 650091, China; 3.Landscaping Service Center of Nanchang City, Nanchang Jiangxi 330046, China; 4.Guochang Environmental Protection Technology Company Limited of Nanchang City, Nanchang Jiangxi 330046, China; 5.Park Affairs Center of Nanchang City, Nanchang Jiangxi 330046, China; 6.School of Resources & Environment, Nanchang University, Nanchang Jiangxi 330000, China)

Abstract: The fuzzy comprehensive evaluation method is used to comprehensively evaluate the water environment factors of the lake wetland in sensitive area after the restoration project. At the same time the water quality indicators and the physical and chemical properties of the soil are compared before and after the restoration project. The results show that before the restoration project, the water quality of Xianghu Lake is Class V or worse than Class V. After the restoration project, the water quality of Xianghu Lake is Class V, the water quality of Xianghu Rolling Dam is Class II, and the water quality of the Stake Piles is Class VI, the content of COD, TN, TP in most of the water bodies has been significantly improved, indicating that the Xianghu Project has an obvious purification effect on water quality. After the Xianghu Lake restoration project, the pH of the Xianghu wetland soil changes from acidic to neutral, and the water content increases, making it more suitable for plant growth.

Key words: Xianghu wetland; restoration project; water environmental factors

(责任编辑:刘显亮)