

DOI:10.3880/j.issn.1004-6933.2023.02.030

巢湖流域山水林田湖草生态保护和修复

谢三桃¹, 朱慧雯¹, 唐晓先², 郭佳陇¹

(1. 安徽省水利水电勘测设计研究总院有限公司, 安徽 合肥 230088;

2. 安徽省巢湖管理局湖泊生态环境研究院, 安徽 合肥 230601)

摘要:针对江湖阻隔出现生态退化、围湖造田加快湿地萎缩、山林破损导致生态失衡、农业面源污染加大生态修复压力及城镇扩张威胁水生态安全等生态环境问题,围绕“安澜巢湖、碧水巢湖、生态巢湖、美丽巢湖”的生态保护和修复目标,从巢湖生态系统整体性和流域系统性角度,提出了引调水源和水力调控、退垦还湿和修复湿地、矿山修复和生态涵养林、节水养田和结构调整、治河清源和空间管控等工程措施,以促进流域生态格局不断优化,生态系统服务功能稳步提升,有效保障巢湖水质稳定达到Ⅳ类,营养状态指数小于55,鱼类生物量增加大于10%。巢湖山水林田湖草一体化保护和修复实施方案提出的“污染治理—生态修复—综合管控”技术路线和模式,对于类似湖泊保护和修复在总体推进思路与治理措施优先级安排等方面具有参考和借鉴价值。

关键词:山水林田湖草;生态保护和修复;生态格局;城湖共生;巢湖流域

中图分类号:X524 **文献标志码:**A **文章编号:**1004-6933(2023)02-0252-07

Ecological protection and restoration of mountain-river-forest-farmland-lake-grassland system in the Chaohu Lake Basin//XIE Santao¹, ZHU Huiluan¹, TANG Xiaoxian², GUO Jialong¹ (1. Anhui Water Resources and Hydropower Survey, Design and Research Institute Co., Ltd., Hefei 230088, China; 2. Institute of Lake Ecology and Environment, Chaohu Lake Bureau of Anhui Province, Hefei 230601, China)

Abstract: Ecological environmental problems, such as ecological degradation caused by river and lake barriers, accelerated wetland shrinkage caused by lake reclamation, ecological imbalance caused by mountain forest damage, increased pressure of ecological restoration caused by agricultural non-point source pollution, and urban expansion threatening water ecological security, exist in the Chaohu Lake Basin. Focusing on the ecological protection and restoration objective of a peaceful, clear-water, ecological and beautiful Chaohu Lake from the perspectives of the integrity of the Chaohu Lake ecosystem and the river basin system, the paper puts forward engineering measures such as water diversion, hydraulic control, returning reclaimed land to wetland, restoring wetlands, mine restoration, construction of ecological conservation forests, water conservation, farmland conservation, structural adjustment, river regulation, cleaning water sources, and spatial control can promote the continuous optimization of the ecological pattern of the basin, steadily improve the ecosystem service function, effectively ensure that the water quality of Chaohu Lake is stable and reaches class IV, the nutritional status index is less than 55, and the fish biomass increases by more than 10%. The technical route and mode of pollution control, ecological restoration, and comprehensive control proposed in the implementation plan for the integrated protection and restoration of mountain-river-forest-farmland-lake-grassland in Chaohu Lake have reference value for the protection and restoration of similar lakes in terms of overall promotion ideas and priority arrangement of governance measures.

Key words: mountain-river-forest-farmland-lake-grassland; ecological protection and restoration; ecological pattern; symbiosis of city and lake; Chaohu Lake Basin

长期以来,随着经济社会快速发展,城镇化进程加快,我国生态文明建设水平逐渐滞后于经济社会发展,资源约束趋紧,环境污染严重,生态系统退化,

经济发展与国土资源环境之间的矛盾日益突出,已成为经济社会可持续发展的重大瓶颈制约。因此,加强生态文明建设势在必行^[1-3]。

基金项目:国家水体污染控制与治理科技重大专项(2017X07603-005)

作者简介:谢三桃(1978—),男,教授级高级工程师,硕士,主要从事河湖水环境治理与水生态修复研究。E-mail:416946371@qq.com

山水林田湖草生命共同体是不同自然生态系统间能量流动、物质循环和信息传递的有机整体,是人类紧紧依存、生物多样性丰富、区域尺度更大的生命有机体^[4]。2013年11月,习近平总书记从生态文明建设的宏观视野提出山水林田湖草是一个生命共同体的理念,强调“人的命脉在田,田的命脉在水,水的命脉在山,山的命脉在土,土的命脉在树。用途管制和生态修复必须遵循自然规律”,要求对山水林田湖草进行统一保护与修复^[5-8]。2016—2018年,全国分3批共支持了25个山水林田湖草生态保护和修复工程试点建设,项目主要位于“两屏三带”和大江大河等我国生态安全战略格局骨架的核心区域。试点项目在消除重大生态安全隐患、优化国土空间格局、助力脱贫攻坚及带动产业发展等方面发挥了一定作用^[9-10],但仍存在着生态保护和修复目标不清晰、整体性与系统性不足、人工干预措施过多及缺乏动态监测评价等诸多问题。

在汲取前期试点工程经验与教训基础上,2020年财政部、自然资源部及生态环境部先后颁布了《重点生态保护修复治理资金管理办法》《中央重点生态保护修复资金项目储备库入库指南(2020年)》《山水林田湖草生态保护修复工程指南(试行)》等相关文件,重启了山水工程试点工作。基于此,2021年6月,合肥市政府组织申报《安徽巢湖流域山水林田湖草沙一体化保护和修复工程实施方案》(以下简称《山水工程方案》)项目,顺利通过国家三部委竞争性评审,成为全国第一批10个山水工程中唯一湖泊类的试点项目,也是山水林田湖草自然要素单元最为完整的流域项目。《山水工程方案》在编制过程中,积极整合了国土、环保、水利、林业等市直相关部门资源,从流域层面上精准识别与诊断现状生态问题,严格遵循国土空间三线规划,合理制定项目总体目标与考核指标,围绕流域生态系统完整性、系统性及各要素单元内在关联性等方面,在消除生态胁迫因子基础上,以自然恢复、辅助再生及生态重建等保护和修复措施为主,切合巢湖实际。本文着重从巢湖流域生态格局、质量、服务功能及胁迫因素等方面识别与诊断现状问题,围绕提升流域生态系统多样性、稳定性和服务功能,促进生态系统良性循环和永续利用的主题,探索山水林田湖草一体化保护和修复的巢湖模式和城湖相依共生的合肥方案。

1 现状与存在问题

山水林田湖草是一个生命共同体,其生态修复工程方案应在对流域自然现状、社会经济和生态环境现状调查以及相关资料收集整理分析的基础上,

从流域生态格局、生态质量、服务功能及生态胁迫等方面识别与诊断生态问题及其成因^[11-14]。工程布局应统筹考虑自然地理单元的完整性、生态系统的关联性,工程实施范围不能局限于重要生态系统所在的生态空间,还应包括与之密切关联的农业和城镇空间^[15-16]。2012年行政区划调整以后,巢湖成为合肥的内湖,从空间分布来看,合肥市位于巢湖的上游区域,占巢湖流域国土面积的一半以上,合肥生态环境好坏直接影响巢湖生态安全,关乎城湖共生。2012年以来,巢湖治理着重以解决防洪排涝安全、水污染防治和水环境治理为主,一定程度上缓解了外部因素对流域生态系统的胁迫影响,但与山水工程相比,仍缺乏系统性和关联性。为解决巢湖流域生态环境的突出问题,有利于在行政体制上统筹协调,巢湖流域山水工程治理范围聚焦合肥市,即在前期巢湖流域水环境治理工程基础上,完善流域山水林田湖草的生态修复。

1.1 流域概况

巢湖流域位于安徽省中部,属长江下游左岸水系,流域范围介于东经117°00′~118°29′、北纬30°56′~32°02′之间。巢湖流域东濒长江,西北为江淮分水岭,东北邻滁河流域,南与陈瑶湖、菜子湖及皖河流域毗连,流域总面积13486 km²,约占安徽省总面积的9.3%,其中巢湖闸上面积9153 km²。流域涉及合肥、芜湖、马鞍山、六安、安庆5市共17个县(市、区),其中合肥市辖巢湖流域面积6975 km²,占巢湖流域面积的51.7%。

巢湖流域耕地面积42余万hm²,出入湖河流有40余条,有大别山等众多山峦,森林保护保育良好。合肥市为国家森林城市,拥有国家森林公园5个,省级森林公园6个。现有以环湖为核心的湿地总面积11.82万hm²,湿地率10.33%,目前环湖十大湿地建设正在加速推进。

1.2 生态功能

巢湖流域山水林田湖草各要素齐全,具有“二分山林六分田、一片大湖一名城”的生态格局,是一个完整的大湖流域生态系统。从水源涵养、土壤保持等生态服务功能方面分析来看,极为重要区主要位于巢湖流域周边的山体及巢湖湖体,面积约859 km²,占总面积的6.4%;重要区主要位于巢湖周边的湖滨湿地及流域范围内的一些盆地,面积1301 km²,占总面积的9.6%;比较重要区主要位于巢湖流域范围内的农田区域及部分丘陵的林地,面积10357 km²,占总面积的76.8%;一般重要区主要位于城市建成区,面积969 km²,占总面积的7.2%。总体而言,湿地、林地等类型的生态系统服务功能

重要价值普遍高于其他类型。其中,最重要的区域是巢湖湖体、巢湖周边湿地及巢湖流域周边的山体。

1.3 问题识别与诊断

长期以来,由于江湖关系演变以及城镇扩张、农业生产、矿山开采等因素影响,湿地萎缩、水土流失、农田污染、生态受损等问题凸显。巢湖水文节律失调,部分入河河流污染严重,湖区氮磷含量偏高、呈富营养化状态、蓝藻暴发,直接影响饮水安全,冲击长江生态,严重制约区域生态环境和经济社会的可持续发展。巢湖生态环境问题主要包括:

a. 江湖阻隔改变水文节律导致生态退化。巢湖闸、裕溪闸建成后,长江入湖水量大幅减少,由建闸前年均 13.6 亿 m^3 减少为 2 亿 m^3 以下;水文节律改变,湖区流场减弱,湖区水位变幅减小,湖内水生植物覆盖率由20世纪50年代的30%锐减为1.54%,沉水植被几乎消失;鱼类洄游通道被阻隔,巢湖鱼类等生物多样性下降,种群和品种减少^[17-19]。

b. 围湖造田导致环湖生态湿地面积萎缩。历史上几次大规模的围湖造田造成巢湖湖面逐渐缩小,由三国时期的 $2\,000 \text{ km}^2$ 左右变为现在的 780 km^2 ,环巢湖自然生态湿地面积大幅减少。过度围垦圈圩导致湖泊和环湖湿地面积减少,食物网结构趋于单一,生态系统稳定性下降,且减少了巢湖流域的蓄洪空间,影响整个区域的防洪安全。

c. 山林破损且林分较单一导致生态失衡。巢湖流域森林生态系统林分比较单一,水源涵养和水土保持能力较低。目前,超过 1.33 万 hm^2 的人工杨树纯林开始老化,碳汇、水源涵养和水土保持能力逐渐减弱,需要对人工杨树纯林进行林分改造。历史遗留矿山对流域生态环境产生不利影响,矿产开采破坏原有土壤、植被,土地裸露,在降雨过程中,增加了雨水的侵蚀程度,造成了水土流失;且废弃矿山中弃渣、营养盐、酸类等矿物污染物随地表径流进入临近受纳水体,造成水体污染,打破了原有的生态平衡。

d. 农业面源污染加大生态修复压力。巢湖流域农村人口多,农村生活污水产生量较大。据统计数据,2020年合肥市1 000余个行政村中仅有461个建设了污水处理设施,其余分散或就近接入处置。农村生活污水处理率较低,未处理的生活污水对河湖水水质产生一定影响,威胁水生态系统健康。巢湖流域种植业各类用地全年氮和磷的入河量约为 $4\,039.68 \text{ t/a}$ 和 463.41 t/a 。农业生产过程中产生的大量污染物通过地表径流进入河流和湖泊,导致水

体富营养化等一系列环境问题,给巢湖生态修复带来压力。

e. 流域城镇化快速发展威胁水生态安全。巢湖流域正处快速发展阶段。合肥市户籍人口从2000年的438.2万人上升到2020年的770.44万人,上升约1.75倍。GDP从2000年的369.16亿元上升到2020年的10 045.72亿元,增长约27倍。流域城镇化尤其是合肥市区快速发展对巢湖水环境造成巨大压力。调查显示,2018—2019年巢湖流域十五里河、南淝河、派河等城市河流仅占约20%的入湖水量,但入湖总氮、总磷污染负荷占比却高达70%~80%。

2 思路与技术路径

巢湖东流长江,西接大别山,北依江淮分水岭,引江济淮建成后,又将与淮河沟通,生态地位特殊,保护责任重大。巢湖流域占长江下游来水面积的11.3%,是长江下游重要湖泊湿地和保护长江水质的前置库,2012年以来每年始终有近 40 亿 m^3 的Ⅱ类水流入长江,为长江大保护作出了巢湖贡献,治理巢湖就是保护长江。引江济淮是国家重大跨流域调水工程,将保障皖豫5 000多万人的饮水安全,巢湖是引江济淮的重要调蓄场所和清水廊道流经之地,治理巢湖也是造福淮河。巢湖是长三角世界级城市群副中心所在地和长三角重要生态屏障,治理巢湖就是守卫长三角^[20]。

2.1 总体思路

贯彻落实国家生态安全战略,突出对长江经济带发展、长三角一体化发展等国家重大战略的生态支撑,遵循整体性、系统性、科学性的总体技术要求,以提升流域生态系统稳定性和服务功能,促进生态系统良性循环和永续利用为核心,以已实施及正在实施的防洪调蓄、灾害防治、污染治理等先导工程为基础,注重流域地理单元的完整性、生态系统的系统性,生态要素的关联性,生态斑块的连通性,发展保护的协调性,统筹推进巢湖流域山水林田湖草生命共同体的保护和修复。

2.2 技术路径

在对巢湖流域自然现状、社会经济和生态环境现状调查以及相关资料收集的基础上^[21],识别各分区主要生态环境问题及其成因,以山水林田湖草是一个生命共同体的理念为指导,进行试点实施方案总体设计,划分“一湖两带八区”共11个修复单元,实施37个子项目;构建“组织保障、技术保障、资金保障”3大保障体系,实现“安澜巢湖、碧水巢湖、生态巢湖、美丽巢湖”的生态保护和修复目标。

3 总体布局及措施

3.1 总体布局

根据巢湖流域生态要素单元构成及分布特点,以防洪调蓄、污染治理等先导工程为基础,针对林分单一、水土流失、农田污染、湿地萎缩、非法捕捞、废弃矿山、蓝藻暴发等诸多生态问题,严格落实自然保护地、生态保护红线、耕地保护红线等管控要求,重点实施修山育林、节水养田、治河清源、修复湿地、休渔养湖、空间管控、蓝藻防控、智慧监管等项目,进一步完善“一湖两带八区”流域生态格局(图1)。“一湖”即巢湖湖区(图1中的I 巢湖洪水调蓄与生物多样性保护区),主要任务是湖区禁渔、生态清淤、蓝藻防控和投放滤食性鱼类、土著鱼类种苗等,促进巢湖休养生息和营造生物多样性。“两带”即大别山—江淮分水岭水源涵养带和环湖生态保护带(图1中的II-1 环巢湖生态保护带和II-2 大别山丘陵山地水源涵养与生物多样性维护带),主要任务是修山育林、矿山修复、环湖湿地建设、水稻绿色种植和管控巢湖一级保护区范围人类活动。“八区”即以8条主要出入湖河流为轴线,构建5个农田复合生态系统修复区和3个低影响开发城镇生态系统修复区(图1中的III-1 杭埠河农业生产与面源防治区;III-2 白石天河农业生产与面源防治区;III-3 兆河农业生产与面源防治区;III-4 裕溪河农业生产与面源防治区;III-5 柘皋河农业生产与面源防治区;III-6 南淝河城镇低影响开发与复合生态修复区;III-7 十五里河城镇低影响开发与复合生态修复区;III-8 派河城镇低影响开发与复合生态修复区),主要任务是开展农业面源防控,推广生态循环农业,修复生态河道,建设生态涵养林等,提升农田氮磷利用水平和优化陆域生态系统^[22-23]。

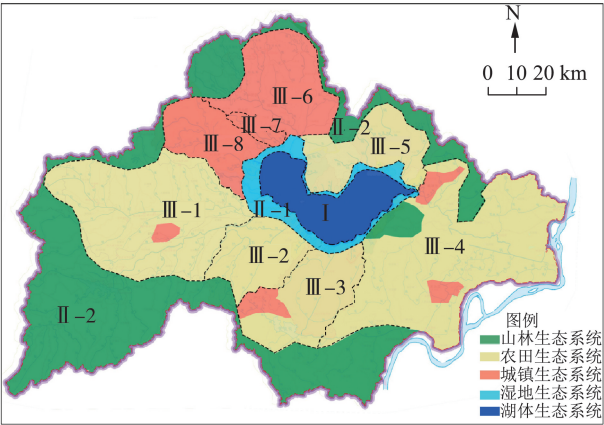


图1 巢湖流域山水工程总体布局及措施布置
Fig.1 General layout and measure arrangement of landscape engineering in the Chaohu Lake Basin

3.2 保护和修复措施

围绕流域内山、水、林、田、湖、草等6个要素单元存在的生态问题,根据各要素单元生态保护和修复目标要求,有针对性地采取空间管控、修山育林、节水养田、治河清源、修复湿地、休渔养湖、水力调控、蓝藻防控及智慧监管等措施,最终达到巢湖流域山水林田湖草一体化生态保护和修复的目的。具体工程措施包括:

a. 山——修山育林。通过矿山修复消除地质灾害隐患、平整场地、治理污染水土,重点实施沙河流域桥头集镇磷矿生态修复,兆河流域庐南矿山生态修复等项目,防止废弃矿山对下游水体造成污染。

b. 水——治河清源。重点实施城镇生活污水收集处理、城区初期雨水处理、河流底泥清淤、生态补水、河岸湖岸植被缓冲带等削减入河污染、建设生态河道,主要包括兆河、白石天河、马槽河、丰乐河、派河、十五里河、沙河、柘皋河等8个流域。

c. 林——生态涵养。通过生态涵养林建设恢复植被、重建陆域生态系统,减小水土流失、治理不稳定边坡,重点推进白石天河流域果园山水库库区、金牛河干支流沿线防护林建设及迹地恢复工程,兆河流域盛桥河上游丘陵地带、丰乐河、夏阁河流域水源涵养林建设。

d. 田——节水养田。通过环湖0.8万hm²绿色种植、节水灌溉、农业产业结构调整、高标准农田建设、生态循环农业和一三产业融合发展等非工程措施建设,从源头控制污染产生量。重点实施白石天河、沙河、兆河、夏阁河流域农业面源污染治理工程建设。

e. 湖——修复湿地、休渔养湖、水力调控、蓝藻防控、数字巢湖。重点实施环湖十大湿地中的若干子项目,通过修复湿地类措施,提升蓄滞洪水、削减洪峰能力,净化河湖水质,减轻生态环境的胁迫压力,丰富区域生物多样性。通过十年禁渔、增殖放流等,修复湖体生态功能,恢复和增加鱼类种群的数量,改善和优化水域的生物群落结构;通过引江济淮、驷马山引水等工程,增加巢湖调蓄空间,提升巢湖对长江蓄滞洪能力;实施蓝藻水华防控体系建设,逐步完成蓝藻水华应急处置设施体系建设,着力解决蓝藻水华对敏感岸线和重点水域的影响,建设藻泥无害化处理设施,逐步实现藻泥的无害化处理和资源化利用;重点开展巢湖流域生物资源调查、生态环境动态监测、数字巢湖建设等工作,为巢湖流域生态系统长期观测和《山水工程方案》实施效果评估提供基础。

f. 草——空间管控。划定巢湖流域水环境保

护区和生态保护红线,重点实施一级保护区和生态保护红线空间管控措施。构建以长江、大别山、巢湖、引江济淮为主经脉的“一江一山一湖一渠”流域本底生态格局,蓝绿空间占比不低于70%,划定生态保护红线面积2 056.3 km²,占流域面积的14.85%。

4 讨 论

《山水工程方案》实施范围主要为合肥市区域,面积约7 461.17 km²,工程实施年限为2021—2023年,总投资为151.14亿元,其中中央补助资金20亿元。项目实施后,能够在生态环境方面发挥明显效益,同时结合巢湖流域特点与合肥经济社会高质量发展需求,形成巢湖山水工程治理模式和城湖相依共生的合肥方案。

a. 针对江湖阻隔改变水文节律导致生态退化、围湖造田导致环湖生态湿地面积萎缩、山林破损且林分较单一导致生态失衡、农业面源污染加大生态修复压力及流域城镇化快速发展威胁水生态安全等突出问题,工程采取引调水源和水力调控、退垦还湿和修复湿地、矿山修复和建设生态涵养林、节水养田和结构调整、治河清源和空间管控等措施,可有效缓解巢湖流域生态环境问题。

b. 工程实施后,全市森林覆盖率将达到28.51%,森林碳汇能力进一步提升;巢湖水质稳定达到Ⅳ类,营养状态指数小于55,鱼类生物量增加大于10%;流域生态格局不断优化,生态系统服务功能稳步提升,生态湿地蓄洪区基本建成,巢湖排洪能力大幅提高;富民巢湖全面展现,环巢湖绿色有机农业示范区基本建成,0.8万hm²绿色种植效益显著,环湖农村人居环境有效改善。

c. 结合巢湖流域特点与合肥经济社会高质量发展需求,在充分利用和衔接已建、在建、拟建工程基础上,《山水工程方案》以提升流域生态系统多样性、稳定性和服务功能,促进生态系统良性循环和永续利用为主题,逐步实现从水域为主向水陆统筹转变、从水质达标向有鱼有草转变、从注重巢湖治理向保护长江转变;在实现巢湖一湖碧水和生态系统健康的同时,为保护长江、造福淮河、守卫长三角贡献巢湖力量;注重流域地理单元的完整性、生态系统的系统性、生态要素的关联性、生态斑块的连通性、发展保护的协调性,形成了山水林田湖草一体化保护和修复的巢湖模式和城湖相依共生的合肥方案,具有一定的可复制可推广价值。

5 结 语

巢湖流域是山水林田湖草要素齐全的典型湖泊

型流域,各要素相互影响和作用,关系复杂。同时,巢湖流域社会经济发展快速,对流域生态系统压力巨大。《山水工程方案》统筹新老问题和揭示内在联系,完善治理布局和优化保护格局,明确基础短板和把控治理方向,形成治巢合力和创新体制机制,从理论体系、关键技术、体制机制和工作方案方面综合考虑,使流域社会经济发展与生态保护相辅相成、共生共融、相得益彰,形成湖泊型流域城湖共生模式,具有典型意义和示范推广价值。

然而,湖泊类山水工程建设是一项长期且复杂的工作,不可能一蹴而就,需久久为功^[24-26]。为统筹推进湖泊类山水林田湖草生态保护和修复工程试点项目建设,需建立项目推进领导小组,完善相关体制机制建设,明确项目责任,落实项目配套资金,加强项目监测评估与适应性管理。为全面加强流域生态空间管控,需根据湖泊的生态保护和修复需求,结合《山水工程方案》试点建设情况,建立山水工程项目储备库,有序推进湖泊的生态保护和修复,逐步实现预期目标。

参考文献:

- [1] 郭子良. 中国自然保护综合地理区划与自然保护区体系有效性分析[D]. 北京:北京林业大学,2016.
- [2] 赵红艳. 中国湿地维管束植物种类及其区系特征研究[D]. 桂林:广西师范大学,2017.
- [3] 环境保护部. 关于印发《全国生态脆弱区保护规划纲要》的通知:环发〔2008〕92号[EB/OL]. (2008-09-27). https://www.mee.gov.cn/gkml/hbb/bwj/200910/t20091022_174613.htm.
- [4] 吴钢,赵萌,王辰星. 山水林田湖草生态保护修复的理论支撑体系研究[J]. 生态学报,2019,39(23):8685-8691. (WU Gang, ZHAO Meng, WANG Chenxing. Research on the theoretical support system of ecological protection and restoration of full-array ecosystems[J]. Acta Ecologica Sinica, 2019, 39(23):8685-8691. (in Chinese))
- [5] 唐克旺. 对“人与自然共生”理念的理解[J]. 水资源保护,2019,35(1):25-26. (TANG Kewang. Understanding of the concept of “coexistence between man and nature”[J]. Water Resources Protection, 2019, 39(23):8685-8691. (in Chinese))
- [6] 王波,王夏晖. 推动山水林田湖生态保护修复示范工程落地出成效:以河北围场县为例[J]. 环境与可持续发展,2017(4):11-14. (WANG Bo, WANG Xiahui. Promote the demonstration project of ecological protection and restoration of mountains, rivers, forests, farmland and lakes implementation and improve its effectiveness, based on Weichang County, Hebei Province[J]. Environment and

- Sustainable Development,2017(4):11-14. (in Chinese))
- [7] 席利军. 山水林田湖生命共同体生态保护和修复探究[J]. 甘肃农业,2020(3):45-46. (XI Lijun. Ecological protection and restoration of mountain-river-forest-farmland-lake-grassland system[J]. Gansu Agriculture, 2020(3):45-46. (in Chinese))
- [8] 常国梁,吴敬东,魏源送,等. 基于小流域山水林田湖草一体化保护修复的北运河上游生态修复专栏序言[J]. 环境科学学报,2022,42(2):1-3. (CHANG Guoliang, WU Jingdong, WEI Yuansong, et al. Special column on ecological restoration in the upper watershed of North Canal River based on the concept of ecological protection and restoration of mountains-rivers-forests-farmlands-lakes-grasslands for small watersheds[J]. Acta Scientiae Circumstantiae, 2022, 42(2):1-3. (in Chinese))
- [9] 刘威尔,宇振荣. 山水林田湖生命共同体生态保护和修复[J]. 国土资源情报,2016(10):37-39. (LIU Weier, YU Zhenrong. Ecological protection and restoration of mountain-river-forest-farmland-lake-grassland system[J]. Land Resource Information, 2016(10):37-39. (in Chinese))
- [10] 财政部,国土资源部,环境保护部. 关于推进山水林田湖生态保护修复工作的通知;财建[2016]725号[EB/OL]. (2016-09-30) [2019-07-10]. http://jjs.mof.gov.cn/zhengwuxinxi/zhengcefagui/201610/t20161008_2432147.html.
- [11] 王化可,王成. 巢湖水位动态调控模式研究[J]. 治淮,2018(8):8-9. (WANG Huake, WANG Cheng. Study on dynamic regulation model of water level in Chaohu Lake[J]. Harnessing the Huaihe River, 2018(8):8-9. (in Chinese))
- [12] QIN N, HE W, LIU WX, et al. Tissue distribution, bioaccumulation, and carcinogenic risk of polycyclic aromatic hydrocarbons in aquatic organisms from Lake Chaohu[J]. China Science of the Total Environment, 2020,749:141577.
- [13] ZHU Z Q, Dai Y Y, ZHANG R, et al. Occurrence, distribution and partitioning of polychlorinated dibenzothiophenes (PCDTS) in Chaohu Lake, Southeast China[J]. Environmental Pollution,2021,277:116751.
- [14] WU Z S, LAI X J, LI K Y. Water quality assessment of rivers in Lake Chaohu Basin (China) using water quality index[J]. Ecological Indicators,2021,121:107021.
- [15] 高斌友,仰礼信,宋超. 巢湖治理与保护总体策略和创新实践[J]. 生物学杂志,2016,33(2):1-7. (GAO Binyou, YANG Lixin, SONG Chao. Overall strategy and innovation practice of Chaohu Lake governance and protection[J]. Journal of Biology,2016,33(2):1-7. (in Chinese))
- [16] 丁虹. 巢湖2005—2014年湖体水质状况[J]. 水资源开发与与管理,2016(3):57-59. (DING Hong. Water quality conditions of Chaohu Lake during 2005-2014[J]. Water Resources Development and Management,2016(3):57-59. (in Chinese))
- [17] 王洪铸,宋春雷,刘学勤,等. 巢湖湖滨带概况及环湖岸线和水向湖滨带生态修复方案[J]. 长江流域资源与环境,2012,21(2):62-68. (WANG Hongzhu, SONG Chunlei, LIU Xueqin, et al. Lakeshore overview of Lake Chaohu and ecological rehabilitation schemes for shoreline and littoral zones[J]. Resources and Environment in the Yangtze Basin,2012,21(2):62-68. (in Chinese))
- [18] 朱广伟,许海,朱梦圆,等. 三十年来长江中下游湖泊富营养化状况变迁及其影响因素[J]. 湖泊科学,2019,31(6):1510-1524. (ZHU Guangwei, XU Hai, ZHU Mengyuan, et al. Changing characteristics and driving factors of trophic state of lakes in the middle and lower reaches of Yangtze River in the past 30 years[J]. Journal of Lake Sciences, 2019, 31(6):1510-1524. (in Chinese))
- [19] 王金霞,孟炜淇,李国祥,等. 巢湖流域水生植物多样性[J]. 湖泊科学,2017,29(6):1386-1397. (WANG Jinxia, MENG Weiqi, LI Guoxiang, et al. Diversity of aquatic plants in Chaohu Basin[J]. Journal of Lake Sciences,2017,29(6):1386-1397. (in Chinese))
- [20] 刘志雨,刘玉环,孔祥意. 中小河流洪水预报预警问题与对策及关键技术应用[J]. 河海大学学报(自然科学版),2021,49(1):1-6. (LIU Zhiyu, LIU Yuhuan, KONG Xiangyi. Problems, strategies and key technology research of flood forecasting and early warning for small and medium-sized rivers[J]. Journal of Hohai University (Natural Sciences),2021,49(1):1-6. (in Chinese))
- [21] 谢三桃,朱青. 巢湖“一湖一策”技术思路及实施途径[J]. 中国水利,2017,9(20):9-12. (XIE Santao, ZHU Qing. Technical thinking and implementation of “one lake, one policy” in Chaohu Lake[J]. China Water Resources,2017,9(20):9-12. (in Chinese))
- [22] 王夏晖,何军,饶胜,等. 山水林田湖草生态保护思路与实践[J]. 环境保护,2018,46(增刊1):17-20. (WANG Xiahui, HE Jun, RAO Sheng, et al. Thoughts and practice of ecological protection of mountains, rivers, forests, fields, lakes and grasses[J]. Environmental Protection,2018,46(Sup1):17-20. (in Chinese))
- [23] 陈义飞. 巢湖流域山水林田湖草一体化保护和修复研究[J]. 山东化工,2021,11(50):260-261. (CHEN Yifei. Study on integrated protection and restoration of mountain, water, forest, farmland, lake and grass in Chaohu Lake Basin[J]. Shandong Chemical Industry, 2021, 11(50):260-261. (in Chinese))
- [24] 李致家,朱跃龙,刘志雨,等. 中小河流洪水防控与应急管理关键技术的思考[J]. 河海大学学报(自然科学版),2021,49(1):13-18. (LI Zhijia, ZHU Yuelong, LIU

- Zhiyu, et al. Thoughts on key technologies of flood prevention and emergency management in small and medium sized rivers [J]. Journal of Hohai University (Natural Sciences), 2021, 49(1): 13-18. (in Chinese))
- [25] 李蓓,李勇涛,蔡梅. 基于数据挖掘的太湖蓝藻生长水环境关键因子研究[J]. 河海大学学报(自然科学版), 2020, 48(6): 506-513. (LI Bei, LI Yongtao, CAI Mei. Research on key factors of water environment for cyanobacteria growth in Taihu Lake based on data mining [J]. Journal of Hohai University (Natural Sciences), 2020, 48(6): 506-513. (in Chinese))
- [26] 燕文明,温茂增,麻林,等. 小型浅水湖泊氨氧化细菌分布特征及其对氮素垂向分布的响应[J]. 河海大学学报(自然科学版), 2021, 49(6): 521-527. (YAN Wenming, WEN Maozeng, MA Lin, et al. Distribution characteristics of ammonia-oxidizing bacteria of small shallow lakes and its response to vertical distribution of nitrogen [J]. Journal of Hohai University (Natural Sciences), 2021, 49(6): 521-527. (in Chinese))
- (收稿日期:2022-04-11 编辑:俞云利)
-
- (上接第 251 页)
- [21] 郑兴灿,尚巍,孙永利,等. 城镇污水处理厂一级 A 稳定达标的工艺流程分析与建议[J]. 给水排水, 2009, 45(5): 24-28. (ZHENG Xingchan, SHANG Wei, SUN Yongli, et al. Analysis and suggestions on the process flow of grade a stable standard of urban sewage treatment plant [J]. Water & Wastewater Engineering, 2009, 45(5): 24-28. (in Chinese))
- [22] YANG Z, HOU J, WU M, et al. A novel co-graft tannin-based flocculant for the mitigation of harmful algal blooms (HABs): the effect of charge density and molecular weight [J]. Science of the Total Environment, 2022, 806: 150518.
- [23] NNADOZIE C F, KUMARI S, BUX F. Status of pathogens, antibiotic resistance genes and antibiotic residues in wastewater treatment systems [J]. Reviews in Environmental Science and Bio-Technology, 2017, 16(3): 491-515.
- [24] ZHANG H, ZHANG M, YUAN L, et al. Synergistic effect of permanganate and in situ synthesized hydrated manganese oxide for removing antibiotic resistance genes from wastewater treatment plant effluent [J]. Environmental Science & Technology, 2019, 53(22): 13374-13381.
- [25] LUO Y, LAI Y S, ZHENG C, et al. Increased expression of antibiotic-resistance genes in biofilm communities upon exposure to cetyltrimethylammonium bromide (CTAB) and other stress conditions [J]. Science of the Total Environment, 2021, 765: 144264.
- [26] MOURA A, PEREIRA C, HENRIQUES I, et al. Novel gene cassettes and integrons in antibiotic-resistant bacteria isolated from urban wastewaters [J]. Research in Microbiology, 2012, 163(2): 92-100.
- [27] 庄耀,任洪强,耿金菊,等. 混凝法去除城市生活污水中抗性基因[J]. 环境工程学报, 2014, 8(12): 5105-5110. (ZHUANG Yao, REN Hongqiang, GENG Jinju, et al. Removal of antibiotic resistant genes in municipal wastewater with coagulation method [J]. Chinese Journal of Environmental Engineering, 2014, 8(12): 5105-5110. (in Chinese))
- [28] LIU M, HATA A, KATAYAMA H, et al. Consecutive ultrafiltration and silica adsorption for recovery of extracellular antibiotic resistance genes from an urban river [J]. Environmental Pollution, 2020, 260: 114062.
- [29] DONG P, WANG H, FANG T, et al. Assessment of extracellular antibiotic resistance genes (eARGs) in typical environmental samples and the transforming ability of eARG [J]. Environment International, 2019, 125: 90-96.
- [30] ZHANG Y, LI A, DAI T, et al. Cell-free DNA: a neglected source for antibiotic resistance genes spreading from WWTPs [J]. Environmental Science & Technology, 2018, 52(1): 248-257.
- [31] HOU J, YANG Z, WANG P, et al. Changes in microcystis aeruginosa cell integrity and variation in microcystin-LR and proteins during Tanfloc flocculation and floc storage [J]. Science of The Total Environment, 2018, 626: 264-273.
- [32] LEE C S, ROBINSON J, CHONG M F. A review on application of flocculants in wastewater treatment [J]. Process Safety and Environmental Protection, 2014, 92(6): 489-508.
- [33] TEH C Y, WU T Y. The potential use of natural coagulants and flocculants in the treatment of urban waters [J]. Chemical Engineering Transactions, 2014, 39: 1603-1608.
- [34] YANG Z, DEGORCE-DUMAS J, YANG H, et al. Flocculation of escherichia coli using a quaternary ammonium salt grafted carboxymethyl chitosan flocculant [J]. Environmental Science & Technology, 2014, 48(12): 6867-6873.
- (收稿日期:2022-03-05 编辑:王芳)