

文章编号:1001—7380(2024)01—0047—06

# 湖泊湿地生态退化原因剖析与修复策略

李冬林<sup>1</sup>,张姣姣<sup>1</sup>,邢 玮<sup>1</sup>,何冬梅<sup>2</sup>

(1. 江苏省林业科学研究院,江苏 南京 211153; 2. 江苏盐城滨海湿地生态系统国家定位观测研究站,江苏 盐城 224136)

**摘要:**湖泊湿地是湿地的重要类型,在自然生态系统中发挥着涵养水源、滞污造淤、净水防蚀、调洪防涝、观光游赏、生物多样性维持等重要功能,是各种鸟类和底栖动物的栖息地。湖泊湿地依然存在着湿地遭受侵占、水体富营养化、植被简单化、生物多样性降低、生态服务功能价值下降等问题,成为制约地方经济可持续发展的症结。该文通过查阅文献资料,剖析了各地湖泊湿地的生态退化的状况,归纳了湖泊湿地生态退化的环境诱因,评述了当前湖泊湿地生态修复工程中存在的问题与不足,并对未来湖泊湿地生态保护与修复研究工作提出了的策略和建议。

**关键词:**湖泊湿地;生态退化;原因剖析;修复策略

中图分类号:Q146;X171.1

文献标志码:A

doi:10.3969/j.issn.1001-7380.2024.01.009

## Analysis of the reasons and restoration strategy for ecological degradation of lake wetland

Li Donglin<sup>1</sup>,Zhang Jiaojiao<sup>1</sup>,Xing Wei<sup>1</sup>,He Dongmei<sup>2</sup>

(1. Jiangsu Academy of Forestry, Nanjing 211153, China;

2. Yancheng Coastal Wetland Ecosystem National Research Station, Yancheng 224136, China)

**Abstract:**As an important type of wetland, lake wetland plays an important roles in the natural ecosystem, for instance, water conservation, pollution stagnation and silt prevention, water purification, erosion prevention, flood and waterlogging control, sightseeing and biodiversity maintenance, also acting as habitat of all kinds of birds and benthic animals. There are still a wide range of environmental problems in lake wetlands, such as wetland encroachment, water enrichment, simplification of vegetation, reduction of biodiversity and decline of ecological service function value, which have become the crux restricting the sustainable development of local economy. By the ecological conditions of wetlands vary greatly, and there is no unified restoration mode and practice for the lake and wetland ecosystem. Through the literature data, the ecological degradation of lakes and wetlands in various places was analyzed, the environmental inducement of lake wetland ecological degradation summarized, the problems and deficiencies in the current ecological restoration project reviewed, and decision-making suggestions for the ecological protection and restoration work in the future were put forward.

**Key words:**Lake wetland; Ecological degradation; Reasons analysis; Restoration

湖泊湿地是自然界湿地的重要类型<sup>[1]</sup>。按照国家标准 GB/T 24708—2009 的定义,是指由地面上大小不一、充满水体的自然洼地组成的湿地,包括各种自然湖、池、荡、漾、泡、海、淀、洼、潭、泊等各种水体的名称<sup>[2]</sup>。它可分为永久性淡水湖、永久性咸水湖、永久性内陆盐湖、季节性淡水湖、季节性咸水

湖。根据 2014 年我国第 2 次全国湿地资源清查的公告,我国湿地总面积为 5 360.26 hm<sup>2</sup>,而湖泊湿地总面积达 861.929 8 hm<sup>2</sup>,占湿地总面积的 16.08%<sup>[3]</sup>。湖泊多是我国重要的保护地,是人们赖以生存的水源地。在自然界,湖泊湿地担负着水源涵养、净水过滤、滞污造淤、调洪防涝、休闲游赏、生

收稿日期:2023-11-05;修回日期:2023-12-07

基金项目:江苏省林业科技创新与推广项目“湿地修复与水源涵养林功能提升技术示范”(LYKJ[2023]05)

作者简介:李冬林(1969—),男,河南睢县人,研究员,博士。主要从事湿地生态学研究。E-mail: 704020830@qq.com

物多样性保育等重要功能,是各种湿地水鸟和底栖生物栖息地和繁殖场所,维持着湖滨带生物链稳定和河湖生态系统平衡<sup>[4]</sup>。

随着我国国民经济的快速发展,旅游业及城市化进程日益加快,以及人们对湖泊湿地的保护重视不够,部分湿地生境呈现出逆行演变,湖泊面积萎缩,植被群落退化,生物链断裂,湿地生态系统的功能趋于下降<sup>[5]</sup>。党的十八大以来,以习近平同志为核心的党中央高度重视湿地保护和修复工作,把湿地保护作为生态文明建设的重要内容,作出了一系列强化湿地保护修复、加强制度建设的决策部署。2022年10月,国家林业和草原局、自然资源部联合印发《全国湿地保护规划(2022—2030年)》,明确了我国湿地保护的总体要求、空间布局和重点任务,提出到2025年,全国湿地保护率达到55%,科学修复退化湿地,提高湿地生态系统质量和稳定性。各地政府积极响应国家号召,根据地方实际着手谋划湿地保护规划,因地制宜地编制湿地修复的实施方案。本文通过文献查阅,剖析了各地湖泊湿地的生态退化缘由,归纳了湖泊湿地生态退化的环境诱因,评述了当前湖泊湿地生态修复工程中存在的问题与不足,并对未来湖泊湿地生态保护与修复工作提出了策略和建议。

## 1 湖泊湿地生态退化表现

### 1.1 湖水面积减小,湿地面积萎缩

我国人口众多、粮食紧缺、耕地有限是历史上湖泊湿地遭受侵占、蚕食的最主要原因<sup>[6]</sup>。据研究,1978—1990年是我国内陆湿地面积退化最快的时期,12 a间湿地面积减少12 463 km<sup>2</sup>。改革开放以来,随着人们湿地保护意识逐步加强,我国政府加大了对湿地保护的政策支持力度,湿地退化渐被抑制<sup>[7]</sup>。据考证,1949年长江中游地区的湖泊面积为25 828 km<sup>2</sup>,到20世纪90年代末的湖泊面积仅为10 493 km<sup>2</sup>,湖泊面积减少近59.4%<sup>[7]</sup>。以洞庭湖为例,洞庭湖面积由20世纪50年代初4 300 km<sup>2</sup>减少到2000年的2 270.34 km<sup>2</sup><sup>[8]</sup>;鄱阳湖的水面面积由1954年的5 160 km<sup>2</sup>减少到2002年的4 064 km<sup>2</sup>,减少近21.24%<sup>[9]</sup>,湖泊湿地由1985年的172 007.10 km<sup>2</sup>减少到1995年的139 890.98 km<sup>2</sup>,2005年(172 263.14 km<sup>2</sup>)略有增加。湿地面积减少导致了湖泊调洪功能下降、气候调节功能降低,河湖遭受自然灾害的压力加

大,成为制约地方社会经济发展的一大隐患<sup>[10]</sup>。

### 1.2 入湖污染物增加,水体呈现出一定的富营养化

水体富营养化是湖泊发展到一定阶段走向退化的通病<sup>[11]</sup>。湖泊周边的农田地表径流和生活污水的排放导致氮、磷等营养物质进入湖泊,造成湖泊水体富营养化是湖泊湿地退化最常见的表现形式<sup>[12-13]</sup>。在社会发展速度与日俱增和人类经济活动日益频繁的双重影响下,大量外源营养物质通过河流输入湖泊,湖泊内水体的营养物质浓度急剧增加,催生了河湖蓝藻的大规模爆发<sup>[14]</sup>。五大淡水湖,除洞庭湖目前尚处于中营养水平外,鄱阳湖、太湖、洪泽湖和巢湖整体上均处于富营养化水平<sup>[15]</sup>。以安徽巢湖为例,1984—1994年是巢湖水质的主要恶化阶段,在20世纪90年代中期,巢湖的富营养化达到了近30 a的峰值;1995—2007年,巢湖水质逐步改善,恢复到1980年中期略高的水平;但是2008年以后,巢湖的水质改善效果并不明显,富营养化维持在较高水平波动<sup>[16]</sup>。2012—2018年巢湖全湖平均总磷和总氮浓度仍在显著升高,尽管铵态氮浓度显著下降,水华蓝藻总量显著增加<sup>[16]</sup>。2007年,太湖蓝藻大规模爆发,周边城市的诸多工厂被关闭,水体富营养化成为太湖流域经济发展和地方繁荣的一大内患。湖泊湿地是极其脆弱的生态资源,必需采取积极有效的措施合理利用和有效保护。

### 1.3 水生植物数量减少,丰富度降低

水生植物是湖泊湿地生态系统养分和能量的主要来源,也是湿地生境食物链的初级生产者。但水生植物也最易遭受干扰破坏。湖泊水体的富营养化往往导致水生植物的栖息生境被破坏,而围湖造田、水产养殖、湖岸筑坝与江湖分隔等人为活动的强烈干扰,加快了水生植物生境的片断化,物种交流和迁移被阻断,原来的广布种类已渐变成稀有种甚至消失<sup>[17]</sup>。对洪泽湖水生植被现状及过去50 a变化的研究显示,从1953年三河闸建成以来,洪泽湖水生植物种类即开始减少,种群开始向单一化发展,某些对水质敏感的种类逐渐减少甚至消失;1993—2008年,洪泽湖水生植被面积减少375.16 km<sup>2</sup>;水利工程修建、营养负荷增加和围网养殖过度发展导致水生植物种群变化<sup>[18]</sup>。近20 a太湖草型区水生植物类群的结构复杂度日益降低,水生植物覆盖总面积呈现减小的态势,1995—2016年间,水生植物总面积减少了近70 km<sup>2</sup>。其中,沉水植

物类群的面积变化归因于水体的富营养化,浮叶植物减少的原因主要是人为收割和打捞,而挺水植物减少的主要原因是围网养殖区的盲目扩张<sup>[19]</sup>。

#### 1.4 鸟类及各种底栖动物数量下降,生物多样性递减

湖泊湿地是鸟类重要的栖息地,其特有的湖滨沼泽带生长着滩涂植物、挺水植物、浮水植物以及沉水植物,为鸟类提供适宜的营巢和庇护场所,也提供丰富的食物资源<sup>[20]</sup>。面积大的区域往往能提供更高的生境多样性,可以容纳更多类群的鸟类<sup>[21-22]</sup>。研究表明,湖泊湿地夏季鸟类的物种数、多样性指数与湖泊面积均呈显著正相关,鸟类物种数、多样性指数与湿地干扰强度呈显著负相关<sup>[23]</sup>。植被的多样性和丰富度直接影响鸟类物种的多样性和丰富度。同时,对各种鱼类的丰富度、底栖动物多样性产生重要影响<sup>[24]</sup>。湿地水生植物为底栖动物提供了更加多样的栖息、繁殖场所,也有利于底栖动物逃避其他动物的捕食,从而增加了可供更多底栖动物生存的生境空间<sup>[25]</sup>。湿地中生物之间是互相依存的和相互影响的。人类活动驱动下的大型植物损失将减少食物链的长度,并对生态系统功能产生潜在的负面影响。

#### 1.5 湿地破碎化,生态服务功能下降

湖泊湿地面积的持续减少必然会带来湿地生态系统服务功能的削弱,而人类活动及各种生物的生存都依赖于湿地的生态服务功能的发挥。反过来,人类活动又对湿地的生态服务功能产生负向影响。李哲等<sup>[26]</sup>研究了新疆艾比湖湿地 1998—2014 年生态系统服务价值的时空变异,发现近 20 a 来,由于艾比湖湖面萎缩,湿地水源涵养的 ESV 持续下降,废物处理、生物多样性保护、食物生产和娱乐文化的 ESV 先增加后减少;祖皮艳木·买买提等<sup>[27]</sup>研究了 1976—2011 年新疆博斯腾湖流域湿地生态服务价值变化,表明 1976 年湿地小湖水域面积为 3 813.12 hm<sup>2</sup>,2002 年小湖区湿地面积略微增加(3 838.12 hm<sup>2</sup>),但到 2011 年却减少到 2 285.53 hm<sup>2</sup>,整体来看湿地的水域面积不断减少,生态系统服务价值变化表现为波动减少的趋势,其中的废弃物处理、水涵养和气候调节功能对博斯腾湖小湖区湿地生态系统服务价值的贡献率最大。其中,人为因素是湖泊湿地面积减少及生态系统服务价值减弱最重要的诱因。

## 2 湖泊湿地生态退化原因剖析

### 2.1 人类对湖泊湿地的侵占和农耕利用

我国拥有众多的湖泊资源,无论是干旱区、湿润区、沙漠区、沼泽区,还是高山、平原、内陆、沿海等,均有天然的湖泊分布,且类型多样、成因复杂<sup>[28]</sup>。相当一部分湖泊地处远离城市的郊野,环湖分布的湿地其土地性质多为集体所有,历史原因造成的管理模式使得湖泊湿地多沦为“多头管理”或“三不管”,这恰恰使得湖泊湿地成为围垦、养殖或蚕食的对象。Yang 等<sup>[29]</sup>运用 236 张地形图和数千张卫星图像判读,20 世纪初至 2000 年的 100 a 间太湖流域净减少 68 个湖泊,损失 89.15% 的湖泊湿地,减少 14.5% 的湖泊湿地面积。王永财等<sup>[30]</sup>利用 1980—2015 年鄱阳湖区 7 期生态系统数据和 1984—2015 年 32 a 的水体淹没数据,得出鄱阳湖区湿地减少面积约为 86.17 km<sup>2</sup>,减少部分主要转为农田和城镇,并认为围湖造田和城镇建设是鄱阳湖区湿地面积下降的最主要原因。湖泊围垦直接地降低了湖泊的蓄积能力,导致水文状况发生变化,加速了湖泊的面积萎缩和严重的富营养化<sup>[31]</sup>。

### 2.2 旅游业的过度开发

湖泊旅游涵盖旅游休闲、养生度假、文化教育、高端商务、农业体验等多重要素。2015 年国家旅游局公布的首批 17 家国家级旅游度假区中,就有 8 个是湖泊型<sup>[32]</sup>,可见滨湖旅游度假在我国休闲旅游度假类型中占有重要地位。从度假区建设到沿湖各类房地产开发、滨湖新城开发,开发强度和规模不断增加。虽然湖泊旅游业的蓬勃发展可以为乡村振兴提供源源不断的原动力,成为当地经济富强的支柱产业,但旅游业给当地带来客观经济收入的同时,也为湖泊的水环境及周边湿地的保护带来一定的风险。近年来,全国各地沿湖周边滨湖新城建设规模和强度日益加大,出现了如苏州滨湖新城、无锡太湖新城、上海临港新城、松山湖智创产业新城、合肥巢湖新城等新项目,这些大规模开发势必会带来一定的生态和环境干扰,将进一步加重湖泊水体的富营养化和湖滨湿地的生态退化。而湖泊湿地既是鸟类繁殖的理想场所,又是很多鸟类迁徙途中的中间站,旅游干扰会严重影响鸟类的迁徙路径及栖息繁殖活动,也对鸟类的物种多样性产生不利影响<sup>[33-34]</sup>。



### 2.3 外来有害物种入侵

在湿地生态系统中,盲目引进外来物种,以致于引起本地物种趋于濒危,这种现象已成为 21 世纪全球性的生态环境问题<sup>[35]</sup>。湖泊湿地是陆地和水生生态系统间的交错区,其水位较浅但土壤湿度较高,适于各种喜湿植物的栖息与繁衍,这是湖泊湿地最易遭受生物入侵的最主要内因。湖泊湿地遭受入侵物种侵袭,对湖泊生境及土著植物的生存带来致命性伤害,成为当前和今后一定时期内当地抵御外来生物侵害的重要场所。湿地容易受到入侵的 6 种最主要原因<sup>[36]</sup>,即湿地生境类型多样及分布广泛、湿地位置与植物扩散路线的相关性、水流与人为干扰、水体富营养化、湿地的脆弱性、外来物种缺少天敌等;容易侵入湿地的广谱种包括喜旱莲子草(*Alternanthera philoxeroides*)、大米草(*Spartina anglica*)在内的世界 21 种主要湿地入侵植物。2020 年 8 月,生态环境部发布《2019 中国生态环境状况公报》,显示中国已发现 660 种以上的外来入侵物种。其中,71 种对自然生态系统已造成或具有潜在威胁并被列入《中国外来入侵物种名单》。入侵湖泊湿地的风险植物就有喜旱莲子草、凤眼莲(*Eichhornia crassipes*)、大藻(*Pistia stratiotes*)、刺苋(*Amaranthus spinosus*)、加拿大一枝黄花(*Solidago canadensis*)、反枝苋(*Amaranthus retroflexus*)、钻形紫菀(*Aster subulatus*)、三叶鬼针草(*Bidens pilosa*)、大狼把草(*Bidens frondosa*)、小蓬草(*Conyza canadensis*)、苏门白酒草(*Conyza bonariensis* var. *leiotheca*)、一年蓬(*Erigeron annuus*)、水盾草(*Cabomba caroliniana*)等,动物有非洲大蜗牛(*Achatina fulica*)、福寿螺(*Pomacea canaliculata*)、牛蛙(*Rana catesbeiana*)、豹纹翼甲鲃(*Pterygoplichthys pardalis*)、红腹锯鲑脂鲤(*Pygocentrus nattereri*)、尼罗罗非鱼(*Oreochromis niloticus*)等。一般来说,湿地植物往往种子细小,通常通过水流或风扩散蔓延,具有繁殖容易和传播距离远的特征,通气组织发达,比较容易适应多水、低湿、缺氧的湿地生境。如加拿大一枝黄花单株种子数量为 3 000—20 000 粒,重量轻,具冠毛,飘行距离远,具有发达的根状茎,使得该种年年防除年年复发,以绝对优势侵占湖泊湿地的边缘<sup>[37]</sup>;喜旱莲子草茎的结构既具旱生型特点,也具有水生型特点,与陆生物种相比湿地植物具有更宽的耐受性,加上其顽强的生命力和极强的繁殖力使喜旱莲子草具有超高的入侵性,成为湖泊湿地入侵

的头号杀手<sup>[38]</sup>。

### 2.4 管理职责混乱,效率低下

由于历史原因,我国多数湖泊与湿地资源长期缺乏统一的管理机构,两张皮式的管理模式使得湖泊湿地处于长期失管境地。湖泊和主要入湖河道的防洪清淤与水资源利用由水利部门管理,而起重要涵养功能的湖周森林与湿地则属于林业部门管辖,水环境及湿地生态则又接受生态环境部门管理,多头管理错综复杂、职能互相重叠的存在,势必会引发诸多矛盾和利益冲突,使得湖泊与湿地保护管理协调工作障碍重重、效率低下。我国多数湖泊自然景观良好,多开发为旅游景区,占据湖泊绝大部分区域的旅游区则归属于旅游开发公司,并接受文化旅游部门管辖,使得湖泊湿地系统的管理异常的复杂化、多头化。

## 3 湖泊湿地生态修复的策略与建议

### 3.1 注重从源头对症治理

我国地广湖博,富饶的湖泊资源创造了可观的物质财富,需要共同来呵护和珍惜。利用自然资源的同时必然会带来一定的负效应,湿地受损与退化就是其中最重要的负效应之结果。实施生态修复就是要厘清造成这些负效应的诱因,并有针对性地进行化解,以调整结构、完善序列、消除影响、修补食物链,促使湿地生态系统健康演变,为人类服务。当前湿地修复项目中,有不少的湿地生态修复工程仅是针对局部的、小范围的、个别的实施区域,对整个生态系统缺乏全局性、有针对性的修复考虑,只是从面上一味地追求形象工程、面子工程,这是今后湖泊湿地修复工程项目尤其要避免的现象。地方政府也要从长远考虑,积极响应国家生态优先、高质量发展的战略,优化流域产业结构,实施清洁生产和污染物减排,从源头控制污染物排放总量,减轻入湖污染负荷,切实避免对湖泊湿地资源的侵害。

### 3.2 贯彻多目标治理与多部门协同推进的新机制

目前,我国水环境及湿地管理中需要彻底改变存在的职能重叠、多头管理、权责不明的机制,形成高层主体负责,基层执行多目标治理与多部门协同推进的新机制,才能确保湖泊湿地修复工作的有的放矢、完美高效。2017 年 3 月,国家林业局、国家发展改革委、财政部联合印发关于落实《全国湿地保护“十三五”实施规划》工作的通知,明确指出地方各级人民政府要根据各地实际,围绕分级管

理、目标责任制、用途管制、退化湿地修复、监测评价等任务,负责好本行政区域内湿地保护修复工作,充分发挥湿地保护管理相关部门的职能作用。根据规划,要在湖泊湿地治理过程中注重从环境污染源头治理、人类活动限制、适度建设开发、加强植物检疫等多方面入手,全面保护和修复湿地生境,坚持自然恢复为主与人工修复相结合的方式,对集中连片、破碎化严重、功能退化的自然湿地进行集中修复和综合整治,全方位推进湿地生态系统的修复工作,增强生态功能,维护生物多样性。

### 3.3 强化湿地工程修复后的湿地保育

一般来说,湿地修复工程从时间上可划分为项目施工期、生物多样性保育期和长效管理期。施工期是指按照湿地修复方案开展的湿地修复工程的建设期,施工完成后进入生物多样性保育期,保育期之后为长效管理期。当前我国许多大型湖泊特别是开发程度较高的湖泊湿地执行的都是强调湿地修复工程的施工效果,而对修复后生态维持与生物多样性保育缺乏考虑。如近年实施的河南黄河湿地国家级自然保护区(孟州段)生态修复工程<sup>[39]</sup>、广西涠洲岛自然保护区牛角坑湿地生态修复工程<sup>[40]</sup>等。湿地修复工程往往一味地追求湖滨景观优美、设施更新、地形优化,或形式上改进,而忽略了湿地生态系统健康可持续的功能结构内涵,缺乏对整个湿地生态系统服务功能的维持,这是今后各地政府应该着重扭转的问题。湿地恢复不仅是修复前湿地的形态重建,更重要的是确保后期的生态保育,修补生态系统生物链,为今后生态系统的结构调整做好铺垫,以促进生态系统的功能稳定与生物多样性的持续演变。

### 3.4 形成协调治理、同步修复的新格局

水体的维护依赖湿地,湿地的清洁依赖森林,三者互相依赖,并互为前提。对于已经遭受侵害的湖泊湿地需采取自然保育和人工干预相结合的措施,在实施湖泊生态修复工程的同时,采取相应修复措施重建自然湿地,恢复湿地挺水、浮叶和沉水植物的自然序列,适度开展底泥清淤、湖滨带水生植物收割、水草和蓝藻打捞,同时对环湖外围的水源涵养低效林进行改造,提升森林的水土保持与净水滞污能力,以充分发挥水源涵养林应有的生态服务功能,促进整体生态系统的健康延续。

## 4 结语与展望

中国幅员辽阔,地跨诸多地貌阶地和气候带,

塑造了我国湖泊区域分布总体格局和各种各样的湖泊湿地。由于各地湖泊湿地受干扰程度、退化状况、水污染等级均有不同,湿地修复没有固定模式,也没有可以照搬的技术方案,必须因地制宜,对症下药,因害设防,选择经济合理、全面有效的湿地修复方案,注重多目标治理、长目标考核,自然恢复与人工修复相结合,提出适合地方性自然条件的修复程序,有的放矢地修复湿地生境。

为应对全球气候变化,2020年我国政府提出了“碳达峰”和“碳中和”目标。固碳是湿地生态系统参与陆地生态系统碳循环的一项重要服务功能。尽管湿地固碳功能与潜力在全球碳源、碳汇过程中饱受争议,但其在减缓温室气体释放量的作用已在全球范围内达成共识。湿地的破坏必将加速其所蕴含碳的分解和释放,碳储量及碳汇潜力因而受到严重威胁,导致湿地的固碳功能减弱。开展湖泊湿地修复必将提升湿地的综合碳汇功能,从而加快我国增汇减排的实施进程。

当前,国内在湖泊湿地生态修复方面对材料选择、工程技术和生物多样性保育等方面研究仍存在明显不足,还有许多实际问题有待解决:(1)较多地研究了修复措施对湖泊水体的影响及其程度,而对于湖泊湿地土壤环境及水生植物群体生态的影响研究较少。(2)在修复材料方面,湖泊湿地的修复仍是配置常见的园林植物,而湿地常见的乡土植物应用几乎没有,表面上是生态修复实际上是园林美化,违背了尊重自然、崇尚自然、回归自然的生态修复理念。(3)由于历史原因,湖泊湿地有害入侵物种的防控面临诸多困难,目前尚缺乏切实有效,且对环境影响较低的技术措施。如湿地常见的入侵植物加拿大一枝黄花、喜旱莲子草、水盾草等,用机械的人工手段根本无法达到立竿见影、清除繁殖体的治理效果,简单的化学防除更不符合当前保护优先、绿色发展的新要求,先进的生物防除技术基层尚不具备实施条件。(4)湿地修复后应采取哪些技术措施对湿地生物进行引导、保育,以促使湖泊湿地生态系统能够实现调整、平衡,并实现进展演替。这些正是湖泊湿地修复基础研究和技术创新的目标和方向。

### 参考文献:

- [1] 李玉凤,刘红玉.湿地分类和湿地景观分类研究进展[J].湿地科学,2014,12(1):102-108.

- [2] 国家林业局.湿地分类:GB/T 24708-2009 [S].国家质量监督检验检疫总局,2009.
- [3] 国家林业局.第二次全国湿地资源调查(2009-2013) [EB/OL]. (2014-01-28) [2022-08-30]. <https://www.forestry.gov.cn/main/65/20140128/758154.html>.
- [4] 颜雄,魏贤亮,魏千贺,等.湖泊湿地保护与修复研究进展[J].山东农业科学,2017,49(5):151-158.
- [5] 刘峰,高云芳,李秀启.我国湿地退化研究概况[J].长江大学学报(自然科学版),2020,17(5):84-89,8.
- [6] MENG W Q, HE M X, HU B B, et al. Status of wetlands in China: A review of extent, degradation, issues and recommendations for improvement[J]. Ocean and Coastal Management, 2017, 14(6): 50-59.
- [7] 牛振国,张海英,王显威,等.1978—2008年中国湿地类型变化[J].科学通报,2012,57(16):1400-1411.
- [8] 张明祥,严承高,王建春,等.中国湿地资源的退化及其原因分析[J].林业资源管理,2001(3):23-27.
- [9] 揭二龙,李小军,刘士余.鄱阳湖湿地动态变化及其成因分析[J].江西农业大学学报,2007,29(3):500-503.
- [10] 熊彩云,张学玲,肖发明,等.鄱阳湖湿地生态系统服务功能变化及其对策分析[J].人民长江,2011,42(9):28-33.
- [11] 朱丽丽,张路,李换平,等.富营养化水体净化研究进展[J].绿色科技,2017(4):44-46,49.
- [12] 崔嘉宇,郭蓉,宋兴伟,等.洪泽湖出入河流及湖体氮、磷浓度时空变化(2010—2019) [J]. 湖泊科学, 2021, 33(6): 1727-1741.
- [13] 李吉平,徐勇峰,陈子鹏,等.洪泽湖地区麦稻两熟农田和杨树林地氮磷径流流失特征研究[J].南京林业大学学报(自然科学版),2019,43(1):98-104.
- [14] 郭晨辉,刘利军,孙晓杰,等.表层沉积物中磷释放对水体水质影响[J].环境保护科学,2021,47(3):164-170.
- [15] 薛滨.我国湖泊与湿地的现状和保护对策[J].科学,2021,73(3):1-3.
- [16] 张民,孔繁翔.巢湖富营养化的历程、空间分布与治理策略(1984—2013年) [J].湖泊科学,2015,27(5):791-798.
- [17] 许秋瑾,金相灿,颜昌宙.中国湖泊水生植被退化现状与对策[J].生态环境,2006,15(5):1126-1130.
- [18] 刘伟龙,邓伟,王根绪,等.洪泽湖水生植被现状及过去50多年的变化特征研究[J].水生态学杂志,2009,2(6):1-8.
- [19] 王永敏.近20年太湖草型区水生植物遥感监测[J].现代测绘,2021,44(2):22-29.
- [20] SANCHEZ-ZAPATA J A, ANADÓN J D, CARRETE M, et al. Breeding waterbirds in relation to artificial pond attributes: implications for the design of irrigation facilities[J]. Biodiversity and Conservation, 2005(14):1627-1639.
- [21] REY-BENAYAS J M, COLOMER M G S, LEVASSOR C. Effects of area, environmental status and environmental variation on species richness per unit area in Mediterranean wetlands[J]. Journal of Vegetation Science, 1999(10):275-280.
- [22] RIFFELL S K, KEAS B E, BURTON T M. Area and habitat relationships of birds in great lakes coastal wet meadows [J]. Wetlands, 2001, 21(4):492-507.
- [23] 宫蕾,张黎黎,周立志,等.长江中下游安庆沿江湖泊湿地夏季鸟类多样性调查[J].湖泊科学,2013,25(6):872-882.
- [24] 张淑霞,董云仙,夏峰.湖泊生态系统的水鸟监测意义[J].湖泊科学,2011,23(2):155-162.
- [25] 左倬,陈煜权,成必新,等.不同植物配置下人工湿地大型底栖动物群落特征及其与环境因子的关系[J].生态学报,2016,36(4):953-960.
- [26] 李哲,张飞, KUNG H T, 等. 1998—2014年艾比湖湿地自然保护区生态系统服务价值及其时空变异[J].生态学报, 2017, 37(15):4984-4997.
- [27] 祖皮艳木·买买提,赛迪古丽·哈西木,玉米提·哈力克,等.1976—2011年博斯腾湖小湖区湿地生态系统服务价值变化分析[J].水土保持研究,2016,23(3):328-332,337.
- [28] 窦鸿身,王苏民,姜加虎,等.中国湖泊综合分类原则、级别划分及分类程序之初探[J].湖泊科学,1996,8(2):175.
- [29] YANG S, WAN R R, YANG G S, et al. Combining historical maps and lands at images to delineate the centennial-scale changes of lake wetlands in Taihu Lake Basin, China[J]. Journal of Environmental Management, 2022, 329, 117110.
- [30] 王永财,侯鹏,万华伟,等.鄱阳湖湿地生态变化遥感监测分析研究[J].环境生态学,2019,1(1):68-73.
- [31] 杨则东,陈有明,黄燕,等.长江安徽段泥沙淤积及湖泊湿地围垦遥感调查与监测[J].国土资源遥感,2010(S1):82-87.
- [32] 梁忠生.滨湖地区旅游发展与规划策略研究——以宿迁环骆马湖地区为例[J].风景园林,2018(7):112-117.
- [33] 陈栋,苏繁繁,汤坤.公路噪声对东洞庭湖自然保护区水鸟的影响评价[J].湖南理工学院学报(自然科学版),2008,21(3):78-82.
- [34] 王金水,包景岭,常文韬,等.衡水湖湿地旅游开发对鸟类的影响及对策研究[J].河北师范大学学报(自然科学版),2011,35(3):313-318.
- [35] 徐迎.城市湿地对城市人居环境可持续发展影响机制初探[J].资源与产业,2007,9(3):84-86.
- [36] 李洪远,孟伟庆.湿地中的植物入侵及湿地植物的入侵性[J].生态学杂志,2006,25(5):577-580.
- [37] 王玉良,高瑞如,余玖银.外来植物加拿大一枝黄花(*Solidago canadensis*)入侵的结构基础[J].生态学报,2009,29(1):108-119.
- [38] 陶勇,江明喜.空心莲子草茎的解剖结构对不同水湿生境的适应研究[J].武汉植物学研究,2004,22(1):65-71.
- [39] 秦海燕,程国栋,孙治国,等.河南黄河湿地国家级自然保护区(孟州段)生态修复设计[J].河南林业科技,2023,43(3):34-37.
- [40] 李丽凤,莫竹承.广西涠洲岛自然保护区牛角坑湿地生态修复工程[J].湿地科学与管理2013,9(3):12-17.