

# 生态湿地蓄洪区恢复与设计

## ——以十八联圩湿地为例

王思霖<sup>1\*</sup>, 丁舒涵<sup>2</sup>, 杨长明<sup>2#</sup>

<sup>1</sup>安徽省水利水电勘测设计研究总院股份有限公司, 安徽 合肥

<sup>2</sup>同济大学环境科学与工程学院 长江水环境教育部重点实验室, 上海

收稿日期: 2025年10月10日; 录用日期: 2025年11月12日; 发布日期: 2025年12月9日

### 摘要

以生态湿地蓄洪区——十八联圩湿地为例, 针对蓄洪区进水长期高水位运行后湿地植被受损与生态功能退化问题, 旨在解决湿地植被恢复困难的难题。采用“以自然恢复为主, 人工修复为辅”为导向的技术路径, 设计了以下策略: 1) 基础调查, 锁定恢复重点; 2) 水力修复, 重塑多样生境; 3) 基底修复, 激活土壤活力; 4) 植被恢复, 乡土耐淹物种的精准配置。湿地植被恢复效果预期较好, 可为其他类似圩田湿地植被恢复提供借鉴。

### 关键词

生态湿地蓄洪区, 十八联圩, 植被恢复, 洪水

# Restoration and Design of Ecological Flood Regulating and Storage Wetland

## —A Case Study of Shibalianwei Wetland

Siji Wang<sup>1\*</sup>, Shuhan Ding<sup>2</sup>, Changming Yang<sup>2#</sup>

<sup>1</sup>Anhui Survey & Design Institute of Water Resources & Hydropower CO., LTD, Hefei Anhui

<sup>2</sup>Key Laboratory of Yangtze River Water Environment of MOE, College of Environmental Science and Engineering, Tongji University, Shanghai

Received: October 10, 2025; accepted: November 12, 2025; published: December 9, 2025

\*第一作者。

#通讯作者。

文章引用: 王思霖, 丁舒涵, 杨长明. 生态湿地蓄洪区恢复与设计[J]. 环境保护前沿, 2025, 15(12): 1640-1650.  
DOI: 10.12677/aep.2025.1512177

## Abstract

Taking the ecological flood regulating and storage wetland—Shibalianwei wetland as a case study, this research addresses the challenges of vegetation degradation and ecological function loss caused by prolonged high-water levels following flood retention. Aimed at overcoming the difficulties in restoring wetland vegetation, a technology-driven approach prioritizing natural recovery supplemented by artificial restoration was adopted. The main strategies include: 1) Baseline surveys to identify key restoration targets; 2) Hydrological restoration to reshape diverse habitats; 3) Substrate remediation to reactivate soil vitality; 4) Vegetation restoration through precise allocation of native flood-tolerant species. The wetland vegetation is expected to recover effectively, offering a valuable reference for the restoration of similar polder wetlands elsewhere.

## Keywords

Ecological Flood Regulating and Storage Wetland, Shibalianwei, Vegetation Recovery, Flood

Copyright © 2025 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

伴随工业化、城镇化进程加快,全球气候变暖是当前人类社会面临的重大环境问题。近年来极端暴雨事件频发,总体呈现增多趋势,但其变化规律存在明显的空间异质性,水文序列一致性假设频繁被打破[1],根据全球灾害数据平台提供的数据,2010~2020年全世界各国洪涝灾害发生了1733次,占总灾害发生次数的47.77%,相较于其他灾害,洪涝灾害是发生率最高的灾种,具有影响范围大和持续时间长的特点。

生态湿地蓄洪区(Ecological flood regulating and storage wetland)是人工营造的、具有湿地生态功能的法定蓄洪区域。在承担洪水调蓄功能的同时,也发挥着生态服务功能,特别是在水质净化、生物多样性保育和生态碳汇提升等方面具有重要作用。湿地植物,特别是沉水植物对水体环境十分敏感,沉水植物占据了湖泊中水和底质的主要转换界面,是水体两大营养库之间的有机结合部,对湖泊生态系统过程具有重要的影响[2][3]。然而,生态湿地蓄洪区在进洪后常面临水位急剧上涨甚至长期高位运行,易导致湿地植物被冲刷或淹水死亡。若退洪后未能及时开展植被恢复,将造成湿生及水生植物存活率下降、自然演替受阻、恢复进程延缓,进而引发生态功能退化;另一方面,未及时恢复的湿地植被,将会影响湿地其他生物(底栖动物、浮游生物等)的生物多样性[4],导致蓄洪区生物多样性降低、生态碳汇能力不足等一系列问题,最终威胁生态湿地蓄洪区的正常运行。

目前,水生植物的恢复通常依赖于临时性干预措施以改善其生境条件,如引江济淮工程调蓄水体菜子湖营养土育苗移栽[5];太湖三山岛国家湿地公园开展多层生态围隔修复[6]等。这类措施在工程实施期间往往能够有效促进水生植物的恢复,并对湖泊水质产生一定的改善作用。然而,工程结束后,所构建的沉水植物优势群落往往难以维持,容易出现迅速衰退的现象,尤其在长时间蓄洪后水毁的背景下,湿地植物群落恢复更加困难。因此,制定切实可行的生态湿地蓄洪区植被恢复技术十分有必要。

本研究以安徽省巢湖东岸的十八联圩蓄洪湿地为对象,该区是典型的集防洪、滞洪与生态修复于一

体的复合型湿地。自 2020 年起实施生态修复工程后，区域生态环境显著改善。本文基于 2018 年生态本底调查数据(代表修复前全域基线)与 2022 年生态修复示范区调查数据，从植物种类组成开展对比分析，重点探讨生态修复对湿地植被结构优化与群落多样化的影响。评估生态修复对植被恢复的促进作用，并分析乡土耐淹植物与入侵种的动态变化，以期揭示蓄洪湿地修复过程中植被群落的重建特征与生态规律。本研究旨在为十八联圩及类似区域的生态修复评估、植被恢复规划与长期管理提供科学参考和技术支持。

## 2. 研究区域概况及问题分析

十八联圩生态湿地蓄洪区占地面积约 27.6 km<sup>2</sup>，位于肥东县长临河镇内，南淝河入巢湖口以东区域，北依沙河，西靠南淝河，南邻巢湖，是环巢湖湿地群重要的组成部分(图 1)。十八联圩中部湖泊湿地地势低洼，平均高程在 8 m 左右，1991 年、2016 年、2020 年南淝河遭遇流域大水，最高水位高达 13.43 m。该处湿地在建设前为 2814 渔场，鱼塘底部淤泥厚度约 0.7 m [7]。

2020 年 7 月，巢湖流域遭遇持续强降雨，水位暴涨，十八联圩湿地于 7 月 19 日开闸蓄洪。蓄洪期间，圩内最高水位超过 10.5 m，且高水位(>10.5 m)持续近两个月，远超其 9.5 m 的极端设计水位。整个淹没过程持续约 90 天，其中全株没顶淹没时间长达 32 天。此次事件是一次典型的超标准洪水干扰。

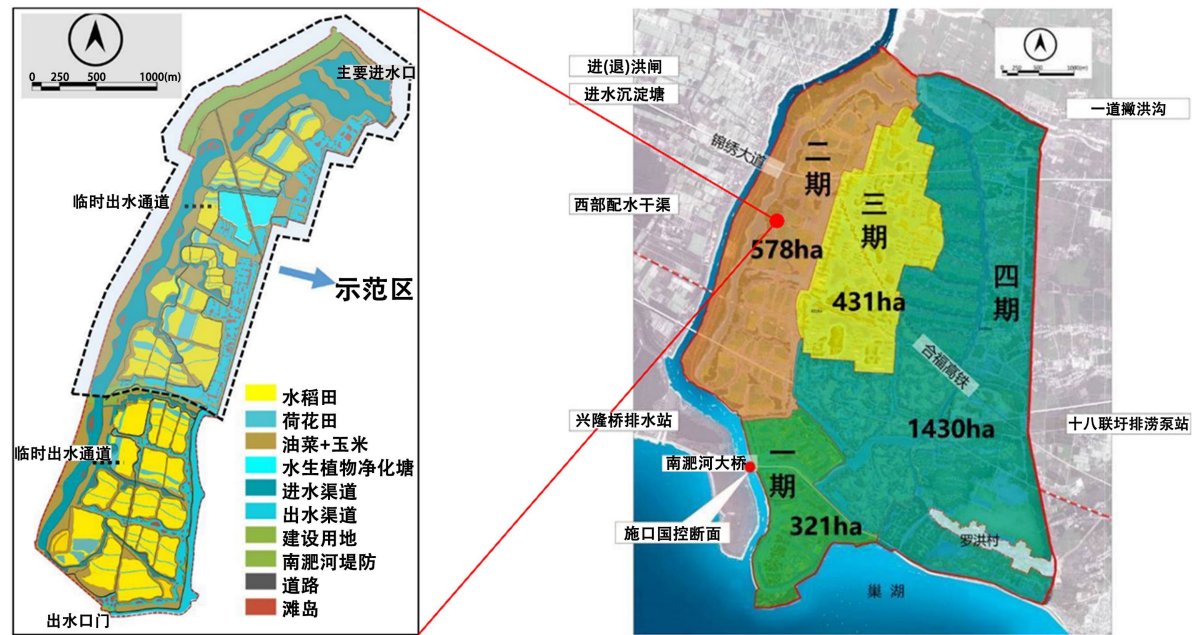


Figure 1. Map of Shibalianwei Wetland  
图 1. 十八联圩湿地总平面图

## 3. 生态蓄洪区恢复设计理念

生态蓄洪区植被恢复应遵循“科学性、实用性、统一性、规范性”的原则，并注重恢复设计措施的可操作性。应包含以下原则：

- (1) 应根据生态湿地蓄洪区的总体布局和设计目标，分区分片开展植被恢复；
- (2) 应坚持“以自然恢复为主，人工修复为辅”的技术路径；
- (3) 应优选耐淹、乡土、净化能力强、经济的湿地植物；
- (4) 应根据退洪后植被状况，优化生态系统构建。



4. 生态湿地蓄洪区恢复设计策略

4.1. 基础调查，锁定恢复重点

在开展植被恢复前，应搜集过往相关资料，包括相关批复文件、设计报告、项目竣工资料、管护资料等。对生态湿地蓄洪区中与植物生长相关的生境进行现状调查，包括水体水质、水系、基底。为全面评估植被受损状况，采用系统布点法，沿主要水系及典型生境设置采样断面，每断面设 3 个采样点，采用 1 m × 1 m 样方调查植被盖度、物种组成及生物量。水质与底泥采样参照《GB/T 27648-2011 湿地生态监测技术规范》，结合遥感解译与实地核查，综合评估植被受损程度与恢复潜力。优先具有强耐淹能力(如没顶 30 天以上仍能通过种子库恢复)的乡土先锋物种[8]。

根据蓄洪期间情况统计，芦苇及杂交柳自 2020 年 7 月 19 日进入水淹阶段，全株露出水面时间为 10 月 19 日，历经水淹天数 90 天，没顶天数 32 天，约 100%受损；杉类水淹 90 天，约 70%受损。根据排水后现场观察，如图 2 所示，芦苇上部已部分抽出新枝；杂交柳根系及主杆已萌发新芽，树枝表皮依然具有很好的活性，为叶片的重新萌发提供了条件；杉类整体表现不佳，在非没顶环境下大量枯萎，仅部分顶部存有绿枝，但现场人力可轻易摇晃。根据植物特性，芦苇喜生沼泽，无性繁殖力很强[9]，天然种群以根茎繁殖补充更新；杂交柳同为无性系繁殖，经过长时间水淹后能产生密集的不定根[10]。



Figure 2. Vegetation damage after flood storage  
图 2. 蓄洪后植被受损状况

4.2. 水力修复，重塑多样生境

湿地的地表水文过程是决定植被空间格局与生态演替的关键驱动力，而地形地貌的合理配置则是维持湿地生态功能稳定的重要基础[11]。在十八联圩生态修复示范区建设过程中，通过对原有沟渠、水系和微地形的系统整治，形成了具有多层次水位梯度的复合生境格局，为不同生态型植物的恢复创造了适宜条件。修复内容包括疏通主要灌排沟渠、恢复支渠连通性、完善闸涵与泵站运行体系，以保障修复区内部水体的流动性与季节性水位调节能力[12]。

在此基础上，结合区域地势起伏与植被生态特性，通过“地形塑造 - 水位调控 - 生境配置”一体化设计，构建出若干具有典型生态功能的微地形单元(图 3)。整体布局遵循自然水文过程，以高差变化塑造

水深梯度，形成“深潭－浅滩－滩地－高滩”的连续生态过渡带[5] [13]。修复区共规划六类主要生境类型：① 季节性草滩，分布于高程较高的滩地，雨季形成短期积水，旱季为草本植物生长区；② 草本沼泽，为水深 30~60 cm 的浅水区，主要栽植挺水植物，兼具水质净化与栖息功能；③ 杉林岛，在相对高程处保留或栽植落羽杉(*Taxodium distichum* (L.) Rich.)，形成林岛景观；④ 砾石滩，位于主要进出水通道两侧，兼具生态护岸与栖息功能；⑤ 灌丛柳树岛，以杂交柳(*Salix × sepulcralis*)和杞柳(*Salix integra* Thunb. in Murray)为主，构建乔灌混生群落；⑥ 滨岸缓坡带，采用 1:3~1:5 的自然缓坡形式，取代硬质驳岸，以保证岸线生态连续性和物种迁移通道。

通过上述设计，修复区形成了兼具生态多样性与景观层次的湿地生境体系。不同水深与基底条件对应不同的植被类型，实现了挺水、沉水、草本及木本植物的合理分布，既增强了湿地的生态稳定性，又显著提升了景观多样性与生物栖息功能。图 3 展示了十八联圩生态修复区的地形－生境配置规划及其空间分布格局。



Figure 3. Regional adjustment plan for the inlet and outlet branch canals of Shibalianwei  
图 3. 十八联圩进出水支渠区域调整方案

4.3. 基底修复，激活土壤活力

考虑到蓄洪区基底长期处于淹水环境，淤积底泥中的动植物残体可能携带大量病原微生物，对后续植被的定植与生长构成潜在威胁[14]。因此，有必要在植被恢复前对湿地基底进行清淤处理，建议保留底泥厚度介于 10~30 cm 之间，既可维持土壤肥力，又可减少病原体负荷。清淤后，宜对保留的底泥进行消杀处理，以有效控制病原微生物的传播风险[15] [16]。清出的淤泥建议在原地进行资源化利用，如用于地

形塑造或土壤改良[17]; 种植土层的修复宜选用理化性质良好的耕作土, 均匀覆盖于地表, 其有效厚度应参照 GB/T 15776-2023 及相关施工规范执行, 以满足植物生长的立地条件要求。

经过现场踏勘十八联圩蓄洪底泥状况, 底泥仅表层存在不超过 0.5 cm 的黑色腐殖质, 是由于水生植物死亡后腐烂造成的。由于底泥厚度较浅, 不会对水质造成显著影响。通过将鱼塘水排干后, 将底泥暴晒 2~3 周左右, 可将底泥中有机质充分氧化, 降低有机质释放的风险[18][19]。同时, 底泥中氮磷也可作为水生植物种植的肥料。晾晒过后, 将底泥再次旋耕, 疏松底泥间隙, 有利于水生植物种植。

#### 4.4. 植被恢复, 乡土耐淹物种的精准配置

##### 4.4.1. 恢复策略

- (1) 退洪后状态良好的植被, 采取自然恢复方式。
- (2) 不能自然恢复或恢复较慢的区域, 采取补植(播)等人工措施恢复植被, 宜优先考虑耐水乡土植物。

##### 4.4.2. 种植方式

- (1) 常水位以上出露滩地, 宜种植湿生植物。常水位以下, 宜种植水生植物。对修复区域内的岸带陆上植物群落, 应根据不同植物种对光的适应差异, 形成乔灌草分层格局。
- (2) 湿地植物可用种子、根茎繁殖, 也可采用移栽、分株、扦插等方式种植。退洪后及时恢复种植与季节相适应的物种。

##### 4.4.3. 种植时间和方法

- (1) 湿地植物种植时间参考 DB34/T 5196-2025。
- (2) 挺水、浮叶和沉水植物采用丛状、穴状等方式种植。
- (3) 乔木、灌木植物应按照 GB/T 15776 的规定种植。
- (4) 种植前应对种植苗或块茎、根茎进行保湿。
- (5) 水生植物种植后应按适宜生长水深控制水位。
- (6) 夏季种植宜采取防晒措施, 冬季种植宜采取防冻措施。

##### 4.4.4. 种植密度

- (1) 根据植物种类及个体大小合理确定种植密度。挺水植物宜为 9 株/m<sup>2</sup>~16 株/m<sup>2</sup>, 浮叶植物宜为 3 株/m<sup>2</sup>~9 株/m<sup>2</sup>, 沉水植物宜为 10 株/m<sup>2</sup>~15 株/m<sup>2</sup> [20]。
- (2) 作为鸟类食物源或为动物提供栖息场所时, 种植密度可适当增加。
- (3) 浮叶植物覆盖水面不宜超过 1/3。
- (4) 不同群落间可块状、点状、镶嵌间断种植, 留出大小不一的缺口。

##### 4.4.5. 植物管护

- (1) 应依据植被恢复后的变化情况对原有管护制度进行修改完善。
- (2) 应对恢复后生长过密、过快的湿地植物进行收割或通过生态水位调控控制其过度生长, 收割后的植物宜资源化利用。
- (3) 因水毁和因水禽过度取食导致沉水植物地下块茎破坏严重的区域, 应按原设计标准及时进行人工补植。
- (4) 应加强外来物种的巡查和处理。

##### 4.4.6. 恢复成效

根据本次水毁情况, 恢复受损芦苇、杂交柳的同时, 结合市政府专题会议及环湖湿地植物正面清单, 对



配置进行优化(图 4)。采用“块状、点状、镶嵌间断种植”，并创新性运用“林盘”模式。同时，大幅下调种植密度(如灌木柳从 20,000 株/公顷降至 10,000 株/公顷)。在大堤沿线增加“林盘”式垂柳、乌桕、枫杨布置。每“盘” 40~50 株，疏密结合，每隔 800 米左右布置一盘；在进场道路两侧增补垂柳，点缀千屈菜、美人蕉、菖蒲等具备观赏性挺水植物；对芦苇和杂交柳，采取“自然恢复为主”，仅计划适时补植；对水杉、池杉，则“人工修复为辅”，进行物种替换。同时严格选用清单内的垂柳、旱柳、乌桕、枫杨、中山杉、落羽杉作为乔木替代；用芦竹、荻、香蒲、千屈菜、美人蕉、黄菖蒲、荇菜等清单物种替换原有不适水生植物。今后十八联圩生态湿地蓄洪区进洪后植被恢复可参照表 1 所列的植物品种及配置清单进行优化。

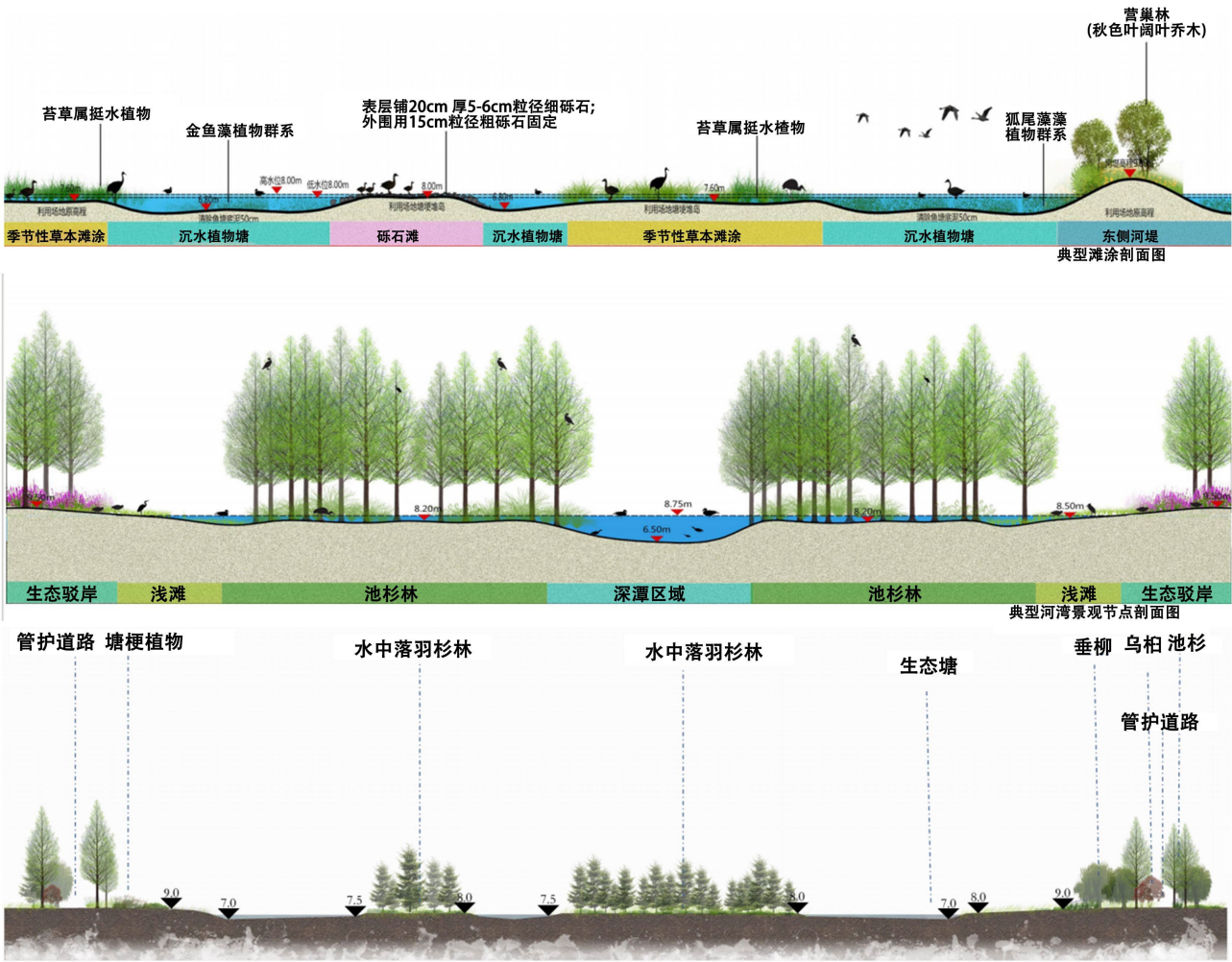


Figure 4. Schematic diagram of plant configuration optimization  
图 4. 植物配置优化示意图

Table 1. Plant species configuration list for the Shibalianwei ecological flood regulating and storage wetland  
表 1. 十八联圩生态湿地蓄洪区植物品种配置清单

类型	品种	学名	备注
乔木类	柳类	<i>Salix</i>	以柳、杉类为主，建议占比 70%以上。
	池杉	<i>Taxodium distichum</i> var. <i>imbricatum</i> (Nuttall) Croom	
	乌桕	<i>Triadica sebifera</i> (Linnaeus) Small	

续表

	中山衫	<i>Taxodium</i> “Zhongshanshan”	
	落羽衫	<i>Taxodium distichum</i> (L.) Rich.	
	桑树	<i>Morus alba</i> L.	
	枫杨	<i>Pterocarya stenoptera</i> C. DC.	
灌木类	紫薇	<i>Lagerstroemia indica</i> L.	
	杞柳	<i>Salix integra</i> Thunb. in Murray	少量搭配
	杂交柳	<i>Salix</i> × <i>sepulcralis</i>	
草本类	藨草	<i>Phalaris arundinacea</i> L.	
	狗牙根	<i>Cynodon dactylon</i> (L.) Persoon	可自然恢复，非必要不
	水蓼	<i>Persicaria hydropiper</i> (L.) Spach	需人工种植
	莎草	<i>Cyperus rotundus</i> L.	
挺水植物	芦苇	<i>Phragmites australis</i>	
	香蒲	<i>Typha orientalis</i>	
	千屈菜	<i>Lythrum salicaria</i> L.	
	水葱	<i>Scirpus validus</i>	
	菰	<i>Zizania latifolia</i>	
	荸荠	<i>Eleocharis tuberosa</i>	
	慈姑	<i>Sagittaria trifolia</i> var.	
	水芹	<i>Oenanthe javanica</i>	
	梭鱼草	<i>Pontederia cordata</i>	
	花蔺蒲	<i>Irisensatavar.hortensis</i> Makino et Nemoto	
	黄菖蒲	<i>Iris pseudacorus</i> L.	
	花叶芦竹	<i>Arundo donax</i> var. <i>vericolor</i>	
	石菖蒲	<i>Acorus gramineus</i>	
	美人蕉	<i>Canna indica</i>	
	芦竹	<i>Arundo donax</i>	
	荻	<i>Miscanthus sacchariflorus</i>	
	雨久花	<i>Monochoria korsakowii</i>	
	水蕨	<i>Ceratopteris thalictroides</i>	
	水烛	<i>Typha angustifolia</i>	
	花蔺	<i>Butomus umbellatus</i> L.	
	野芋	<i>Colocasia antiquorum</i>	
	灯芯草	<i>Juncus effusus</i>	
	旱伞草	<i>Cyperus alternifolius</i>	
浮水植物	莼菜	<i>Brasenia schreberi</i>	
	萍蓬草	<i>Nuphar pumilum</i>	
	荇菜	<i>Nymphoides peltatum</i>	



续表

沉水植物	黑藻/轮叶黑藻	<i>Hydrilla verticillata</i>
	刺苦草	<i>Vallisneria spinulosa</i>
	苦草	<i>Vallisneria natans</i>
	菹草	<i>Potamogeton crispes</i>
	大茨藻	<i>Najas marina</i> L.
	小茨藻	<i>Najas minor</i> L.
	金鱼藻	<i>Ceratophyllum demersum</i>
	竹叶眼子菜	<i>Potamogeton wrightii</i>
	微齿眼子菜	<i>Potamogeton maackianus</i>
	水车前	<i>Ottelia alismoides</i>
	狐尾藻	<i>Myrisphyllum verticillatum</i>
	黄花狸藻	<i>Utricularia aurea</i> Lour.

5. 讨论

2018 年全域调查共记录植物 110 种，隶属 46 科 88 属，其中水生植物 69 种，分属 4 种生活型：挺水植物、沉水植物、漂浮植物与浮叶植物。按种类构成比例，禾本科植物最为丰富，共 21 种，占 19%；莎草科 12 种，占 10%；菊科 13 种，占 12%；蓼科 8 种，占 7%，其他科属种类相对较少。调查显示，当时湿地群落以单优势种群落为主，芦苇、水烛(*Typha angustifolia* Linn)、茭白(*Zizania latifolia*)、空心莲子草(*Alternanthera philoxeroides*)、水稻(*Oryza sativa*)和莲(*Nelumbo nucifera*)等为主要优势类群。沉水植物主要包括轮叶黑藻(*Hydrilla verticillata*)、金鱼藻(*Ceratophyllum demersum*)与菹草(*Potamogeton crispus*)；漂浮或浮叶植物则以菱角(*Trapa* spp.)、水鳖(*Hydrocharis dubia*)、芡实(*Euryale ferox*)、紫萍(*Spirodela polyrrhiza*)、满江红(*Azolla imbricata*)等为主。群落结构上，单优势群落面积广、覆盖率高，而多种混生群落比例较低，生态结构相对单一。

2022 年生态修复示范区共调查到水生及湿生植物 32 种，隶属 19 科 28 属，其中沉水植物 5 种、浮叶植物 5 种、挺水植物 7 种、湿生植物 15 种。与 2018 年相比，虽然调查区域范围较小，物种总数有所减少，但各类生活型比例更加均衡，表明群落结构趋于多样化。挺水植物中，香蒲(*Typha orientalis*)、茭白(*Zizania latifolia*)、芦竹(*Arundo donax* var. *versicolor*)、芦苇等形成主要植被带，为湿地景观的骨干类群；沉水植物如菹草(*Potamogeton crispus*)、苦草(*Vallisneria natans*)、轮叶黑藻(*Hydrilla verticillata*)等重新分布，标志着水体透明度与底质条件显著改善；浮叶植物如莲(*Nelumbo nucifera*)、萍莲(*Nymphoides peltatum*)、睡莲(*Nymphaea tetragona*)等覆盖面积扩大，形成稳定的浅水生态带；湿生植物则以莎草(*Carex chinensis*)、酸模(*Rumex dentatus*)、慈姑(*Eleocharis tuberosa*)、泽泻(*Alisma plantago-aquatica*)等为代表，在水陆过渡带形成茂密群落，增强了生态边缘效应。

总体来看，修复后示范区的植被类型由“以挺水植物为主、缺乏沉水植物”的单一格局，转变为“挺水－湿生－沉水－浮叶植物并存”的复合生态结构。沉水植物的重新出现和湿生植物的显著扩展，说明修复工程有效改善了水体与基底条件，为多类植物群落共存创造了环境基础；同时，原先分布广泛的入侵种空心莲子草未在示范区出现，反映出修复措施在抑制入侵种、促进乡土群落恢复方面取得了显著成效。整体而言，修复工程显著提升了植被生活型的多样性与群落层次性，标志着十八联圩湿地植被结构从退化状态向健康稳定状态的恢复。

## 6. 结语

本研究通过构建生态湿地蓄洪区“自然恢复为主、人工修复为辅”的植被恢复技术体系,不仅旨在恢复湿地水质净化能力与生物多样性,更首次针对“超设计标准洪水”导致圩田湿地生态系统崩溃的系统性恢复,提出了集“地形改造-水文修复-植被精准配置”于一体的集成技术方案。本研究的核心创新与可推广的关键技术参数包括:

地形改造参数:滨岸带采用 1:3~1:5 的生态缓坡,利于消浪与植物带形成。

物种筛选机制:优先选用具有强耐淹能力(如没顶 30 天以上仍能通过种子库恢复)的乡土先锋物种,如苦草、黑藻、芦苇、杂交柳等。

植被配置模式:采用“林盘式”与“块状、点状、镶嵌间断种植”相结合的模式,优化景观结构与生态功能。

该技术体系为类似圩田湿地在应对极端气候事件后的生态修复提供了可复制的理论框架与实践范式。未来需建立长期生态监测体系,以评估和优化恢复效果的稳定性与韧性。

## 基金项目

安徽省水利水电勘测设计研究总院股份有限公司科技合作项目(ZTKJ-ZD-2023-19)和国家重点研发计划课题资助(2020YFC1908703)。

## 参考文献

- [1] 樊星,秦圆圆,高翔. IPCC 第六次评估报告第一工作组报告主要结论解读及建议[J]. 环境保护, 2021, 49(Z2): 44-48.
- [2] Horppila, J. and Nurminen, L. (2003) Effects of Submerged Macrophytes on Sediment Resuspension and Internal Phosphorus Loading in Lake Hiidenvesi (Southern Finland). *Water Research*, **37**, 4468-4474. [https://doi.org/10.1016/s0043-1354\(03\)00405-6](https://doi.org/10.1016/s0043-1354(03)00405-6)
- [3] Li, Y., Wang, L., Chao, C., Yu, H., Yu, D. and Liu, C. (2021) Submerged Macrophytes Successfully Restored a Subtropical Aquacultural Lake by Controlling Its Internal Phosphorus Loading. *Environmental Pollution*, **268**, Article 115949. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.115949>
- [4] Chao, C., Wang, L., Li, Y., Yan, Z., Liu, H., Yu, D., *et al.* (2021) Response of Sediment and Water Microbial Communities to Submerged Vegetations Restoration in a Shallow Eutrophic Lake. *Science of the Total Environment*, **801**, Article 149701. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.149701>
- [5] 郝好鑫,柳雅纯,王岳飞,等. 基于适宜性诊断的湖泊湿地沉水植物恢复研究[J]. 水生态学杂志, 2025, 46(2): 44-51.
- [6] 李欣,吴燕飞,冯育青. 太湖三山岛湿地生态修复工程[J]. 湿地科学与管理, 2023, 19(5): 90-93.
- [7] 耿显双,朱怡嘉,苏怀玉,等. 十八联圩中心湖浅水湿地生态韧性修复设计[J]. 湿地科学与管理, 2024, 20(4): 78-81+85.
- [8] 郭文莉. 洪涝灾害后升金湖优先恢复的水生植物物种组成和群落结构[D]: [硕士学位论文]. 合肥: 安徽大学, 2022.
- [9] 陈超,夏凡,阚海明,等. 水分对湿地生态系统不同植被类型土壤种子库的影响[J]. 水生态学杂志, 2023, 44(4): 70-76.
- [10] 仲启铨,王开运,杜钦,等. 滨岸不同植物配置模式的根系空间分布特征[J]. 生态学报, 2010, 30(22): 6135-6145.
- [11] 刘意,岳恩馨,吴娟,等. 鄱阳湖洪泛系统湿地植被生长对水文干旱的响应[J]. 生态学报, 2025(21): 1-12.
- [12] 周欣. 环巢湖湿地生态修复研究——以芦溪湿地为例[J]. 治淮, 2024(1): 40-42.
- [13] 陈昌才. 巢湖水生植物对生态水位的需求研究[J]. 中国农村水利水电, 2013(2): 4-7.
- [14] 秦伟. 不同放养密度和水草覆盖度下底埋培养基的克氏原螯虾池塘底泥微生物群落特征[D]: [硕士学位论文]. 上海: 上海海洋大学, 2015.
- [15] 叶春,于海婵,宋祥甫,等. 底泥对沉水植物生长和群落结构的影响[J]. 环境科学研究, 2008, 21(5): 178-183.

- [16] 蔡晨晨, 汪维峰, 卜岩枫, 等. 复杂底质条件下沉水植物的恢复技术研究进展[J]. 安徽农业科学, 2023, 51(13): 14-17.
- [17] 包建平, 朱伟, 闵佳华. 中小河道治理中的清淤及淤泥处理技术[J]. 水资源保护, 2015, 31(1): 56-62+68.
- [18] 李保民. 养殖池塘底质营养物质归趋特征及改良技术的研究[D]: [硕士学位论文]. 武汉: 华中农业大学, 2016.
- [19] 张华俊, 张文磊. 贵州省污染河流底泥治理现状及原位修复研究[J]. 中国资源综合利用, 2025, 43(1): 183-186.
- [20] 高挺滨, 毛崇华, 叶欣, 等. 水生植物不同初始密度及物种组合对养殖废水营养盐去除效果的影响实验研究[J]. 中国农村水利水电, 2025(5): 180-187.