

生态浮床净水效果现场试验研究

聂倩文¹, 刘阳², 张茜¹

(1. 淮安市水利勘测设计研究院有限公司, 江苏 淮安 223001;

2. 南京市水利规划设计院股份有限公司, 江苏 南京 210001)

摘要:介绍了一种用于城市河道整治工程的生态浮床结构及养护工艺,并通过工程现场试验研究生态浮床的净水效果。试验结果表明,生态浮床显著降低了水体中的COD、NH₃-N、NO₃-N、TN和TP质量浓度。污染物质量浓度随与浮床距离增加呈指数衰减,净化作用主要集中在距浮床2~3 m范围内。浮床对TP的去除效率最高,达53.8%,优于对COD与氮类污染物的处理效果。研究证实生态浮床兼具良好的生态修复与景观价值,具有推广应用前景。

关键词:生态浮床;景观美化;污染物去除;水质净化

中图分类号:X52

文献标识码:B

文章编号:1007-7839(2025)08-0035-0004

On-site experimental study on the water purification effect of ecological floating bed

NIE Qianwen¹, LIU Yang², ZHANG Xi¹

(1. Huai'an Water Conservancy Survey and Design Institute Co., Ltd., Huai'an 223001, China;

2. Nanjing Water Conservancy Planning and Design Institute Co., Ltd., Nanjing 210001, China)

Abstract: This paper introduces an ecological floating bed structure and maintenance technology for urban river regulation projects, and studies the water purification effect of the ecological floating bed through on-site engineering experiments. The test results show that the ecological floating bed significantly reduces the mass concentrations of COD, NH₃-N, NO₃-N, TN, and TP in water bodies. The mass concentration of pollutants shows an exponential decay as the distance from the floating bed increases, and the purification effect is mainly concentrated within the range of 2 to 3 meters from the floating bed. The floating bed has the highest removal efficiency for TP, reaching 53.8%, which is better than its treatment effect on COD and nitrogen-based pollutants. The study confirms that the ecological floating bed has both good ecological restoration and landscape value and has prospects for popularization and application.

Key words: ecological floating bed; landscaping; pollutant removal; water purification

生态浮床,又称“生态浮岛”,是基于生态工学原理构建的功能性景观设施^[1-2]。其核心功能在于降解水中的化学需氧量(COD)、氮、磷等污染物含量,同时兼具景观美化与生态净化双重价值。该技术通过无土栽培方式,将水生、湿生及陆生植物移植至水面种植,形成立体植物群落系统,从而实现水质净化、水系景观优化的目标^[3]。研究表明,生态

浮床对藻类也具有较为显著的抑制作用,为水生态系统修复提供了可行性路径^[4]。从生态功能层面分析,浮岛植物群落不仅构建了水面景观,还可通过光合作用吸收二氧化碳并释放氧气,进而改善区域空气质量^[5]。此外,植物生长过程中的蒸腾作用,通过气孔蒸发水分调节环境温度,在微气候调节中发挥积极作用。该技术将植物生态功能与水体修复

收稿日期:2025-06-25

作者简介:聂倩文(1992—),女,工程师,硕士,主要从事水利工程设计工作。E-mail:nieqianwen93123@163.com

需求有机结合,形成兼具环境效益与景观价值的可持续生态工程模式^[6]。本文结合泰州市王庄河水环境治理工程中的生态浮床应用实例,详细介绍浮床结构与养护工艺,并进一步开展现场试验,研究应用该生态浮床对水体污染物的去除效果。

1 生态浮床介绍

1.1 浮床的结构参数

图1展示了应用于泰州市王庄河水环境治理工程中的生态浮床结构图。如图1所示,生态浮床骨架结构为UPVC管,管内填充生物填料,挺水植物承载载体为PE种植盘,每个生态浮床有6根套杆固定桩,结网与骨架结构共同组成正六边形生态浮床。

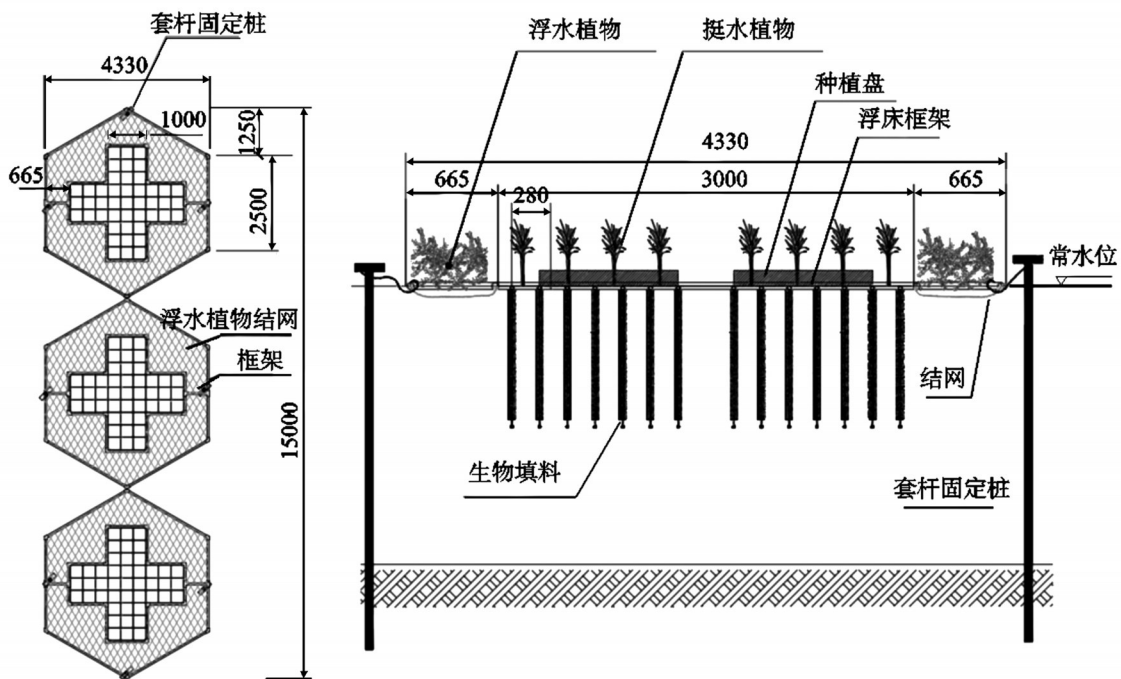


图1 生态浮床结构(单位:mm)

关键环节。通过对残枝败叶进行堆制沤肥、深埋或焚毁处理,不仅能有效减少病虫害滋生,维持植株美观、整齐的姿态,还可避免植物残体在水体中分解产生硫化氢(H₂S)等有害气体,从而防止水质恶化。此外,植物残体分解会加速水体营养循环,加剧水体富营养化程度,因此该项清理措施是保障水体环境质量的必要手段。

浮床内挺水植物多在冬季枯萎,以芦苇、花叶芦竹等为典型代表,此时应及时收割,采用专用刀具切割水生植物的茎叶部分,避免伤及根系;用修

1.2 浮床植物的选择

植物品种的筛选是人工浮岛技术研究的一项关键环节,结合国内外相关资料的报道,浮岛所主要选择研究的物种有旱伞草、美人蕉、香蒲、菖蒲、鸢尾等多个品种,其中美人蕉有黄花和红花2个品种。在该工程中,着重根据以上所列植物在不同季节下的生长情况、去污能力,选择适宜的植物,再搭配其他景观植物如花卉等,使浮岛在具有较高的污水处理能力的情况下,同时具备一定的景观及经济效益。

1.3 浮床的养护

(1) 收割与修剪

枯萎枝叶的整修清理是浮床植物养护管理的

剪刀修剪时,整剪留茬应低矮整齐。合理修剪挺水植物不仅有助于其健康生长和花期调控,还可通过疏删弱枝弱株,改善植株群体的通风透光条件,促进植物的光合作用与物质代谢。

(2) 控制植物蔓延,适时抽藤

在生态浮床植物管理中,控制植物蔓延同样至关重要。部分挺水型植物无性繁殖能力强,若未及时控制其生长范围,易出现过度蔓延现象,侵占其他植物生长空间,甚至引发生态灾害。对此,可采用绞拔、耙捞、建设生态或物理隔离带,以及结合修

剪切除多余根蘖、防止种子散播等控制措施。其中,绞拔技术是利用两根细竹竿夹住植物冠部,通过旋转缠绕并拖拽的方式,实现选择性收获,既能控制植物蔓延,又能最大程度减少对生态系统的扰动;而耙捞则采用致密铁耙在湖底拖拽,虽能有效根除过度生长的植物,但属于掠夺式收获方法,易对水生植被群落造成严重损伤,因此仅适用于极端情况下的应急处理。

(3) 病虫害防治

当浮床植物出现病虫害时,应第一时间清除染病枝叶,防止病虫害扩散蔓延。为避免化学农药对水体生态系统造成污染,原则上禁止采用喷洒农药的防治方式,提倡优先使用生物防治、物理防治等绿色防控技术。

(4) 清除杂草与疏密移植

由于生态浮床临近岸带,杂草生长较为普遍,需结合日常巡湖工作,及时开展杂草清除作业,以保障浮床植物的生长空间与养分供给。此外,随着植物在浮床内的持续生长,为避免局部区域植株过于密集,影响生长,通常于秋季实施疏密移植与分株操作,通过调整植物种群密度,优化群落结构,维持浮床生态系统的稳定与健康。

2 生态浮床水质净化效果

2.1 水质检测方案

为评估生态浮床对河道水体污染物的净化效果,在该工程中生态浮床其中之一的投放区域设置7个采样点,分别位于浮床边缘(0 m)以及距其0.5 m、1 m、2 m、5 m、8 m和15 m处,沿水体径向布设,以分析污染物质量浓度的空间分布变化。试验河段中的生态浮床于7月1日投放应用,3个月后至10月1日进行水质检测,各采样点均在相同时间条件下采集水样,检测指标包括化学需氧量(COD)、氨氮(NH₃-N)、硝态氮(NO₃-N)、总氮(TN)和总磷(TP)。通过对比不同距离处的污染物质量浓度变化,揭示生态浮床净化效应的影响范围及其对河道水体水质的改善程度。

2.2 污染物质量浓度的空间分布

图2汇总了至生态浮床边缘不同距离的各测点的污染物质量浓度。从图2中可以看出,生态浮床对周边水体的污染物质量浓度具有显著的影响,且影响范围表现出明显的空间梯度分布特征。整体来看,生态浮床对浮床边缘0~2 m范围内的污染物净化效果最为明显,各污染物质量浓度均呈较大幅

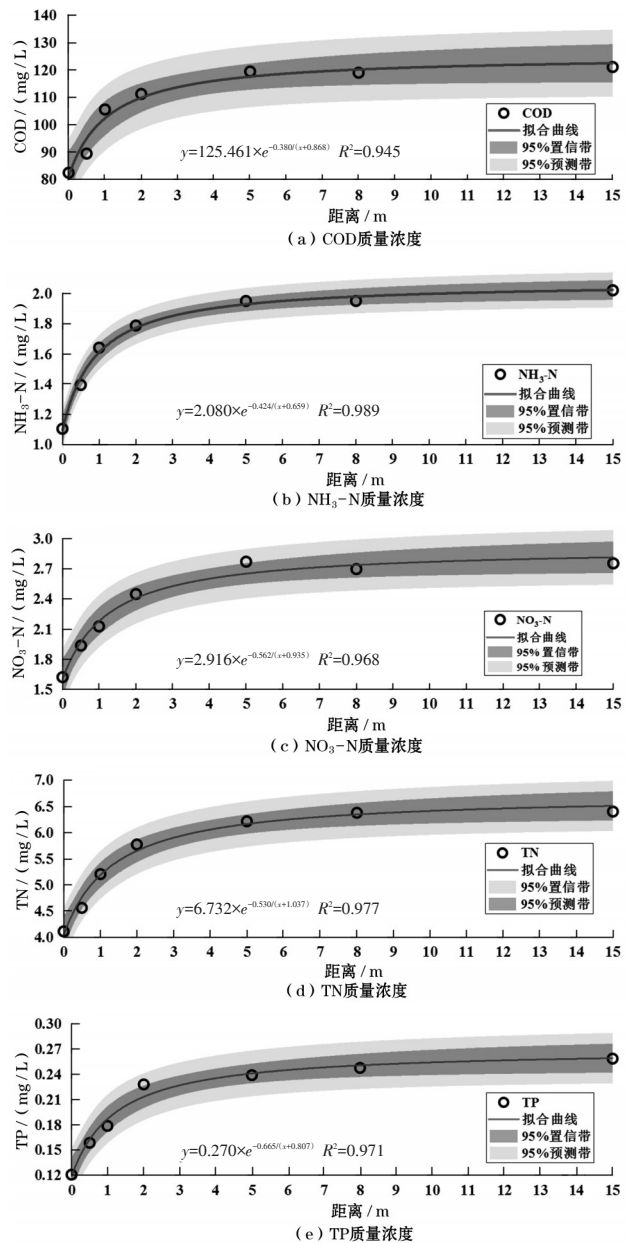


图2 生态浮床不同距离处采样点的污染物质量浓度

度下降趋势,说明该区域为浮床植物根系和微生物活跃区,污染物在此处得到充分处理。5 m以外的区域,污染物质量浓度趋于稳定,变化幅度显著减小,表明生态浮床对远距离水体影响有限,证实生态浮床的净化效应具有一定的局部性,净化半径约为2~3 m。各检测污染物的质量浓度变化均可较好地由指数衰减函数描述,污染物质量浓度与浮床距离之间的拟合曲线的拟合优度(R^2)均大于0.94,说明该模型能够较准确地反映污染物空间分布特征。

具体来说,COD在浮床边缘(0 m)处的质量浓度为82.54 mg/L,明显低于15 m处的121.26 mg/L,降幅达31.9%,表明生态浮床通过植物根系吸附和

有益微生物降解协同作用,有效促进了有机污染物的去除。COD质量浓度的降低趋势随距离递增而逐步减缓,0~2 m范围内净化效率提升明显,而5 m以外污染物质量浓度趋于平稳。

$\text{NH}_3\text{-N}$ 和 $\text{NO}_3\text{-N}$ 作为水体中氮污染的主要形态,其质量浓度变化亦体现出良好的净化梯度。 $\text{NH}_3\text{-N}$ 在浮床边缘质量浓度为1.11 mg/L,至15 m处上升至2.02 mg/L,总体降低幅度约45.0%。 $\text{NO}_3\text{-N}$ 的变化趋势与之相似,由0 m处的1.63 mg/L增加至15 m处的2.76 mg/L,降低幅度约为40.9%。这说明浮床系统中植物根际区域可能存在硝化—反硝化作用路径,有效促进了氮素转化与脱除。同时,植物对氨氮和硝态氮的直接吸收也是一个重要路径。TN的空间分布与 $\text{NH}_3\text{-N}$ 和 $\text{NO}_3\text{-N}$ 类似,但去除幅度相对较小,从浮床边缘的4.12 mg/L逐步上升至15 m处的6.40 mg/L,净化幅度约为35.6%。TN作为复合型指标,除包含无机氮外,还包含一定比例的有机氮与微颗粒态氮成分。由于有机氮转化为无机氮需一定时间及微生物参与,导致TN的整体去除效率相对较低,但其质量浓度仍显示出随着距离而逐步上升的趋势,验证了浮床对总氮具有较好的净化能力。相比之下,TP的去除效率最高,在浮床边缘质量浓度为0.12 mg/L,至15 m处上升至0.26 mg/L,下降了约53.8%。

值得注意的是,本研究中生态浮床对TP的去除效果优于对COD和氮类污染物的处理能力。这可能是因为,磷主要以颗粒态或吸附态形式存在,可通过浮岛基质的物理吸附与沉降实现较为稳定的去除;而COD及溶解性氮素主要以可溶性形态存在,需依赖微生物代谢转化及植物吸收,其净化效率受溶解氧、温度等环境条件及根际区微生态系统

活性显著影响。污染物检测工作仅安排在生态浮床应用的3个月后,且河道水流较缓,因此,在浮床运行初期,根系生物量有限,使得磷的表观净化率高于氮素与COD。

3 结 语

研究通过工程现场试验,评估了生态浮床在城市河道中的净水效果。试验结果表明,生态浮床能够有效降低COD、 $\text{NH}_3\text{-N}$ 、 $\text{NO}_3\text{-N}$ 、TN及TP等污染物质量浓度,净化效果在浮床边缘2~3 m范围内尤为显著。生态浮床作为一种集生态修复与景观美化于一体的绿色水体治理技术,具有结构简单、维护方便、适应性强等优势,展现出良好的工程实用性与推广前景。未来可结合不同水体类型和季节变化,进一步优化浮床设计与植物配置,以提升其水质净化与生态服务功能。

参考文献:

- [1] 梁瑞珂,严蕊,郭丹辉,等.生态浮床技术在农业农村水体污染治理中的应用进展[J].水处理技术,2025,51(4):29-34.
 - [2] 胡诗瑶,王沛芳,胡斌,等.农田退水中氮磷与吡虫啉的光催化水循环协同净化试验研究[J].河海大学学报(自然科学版),2024,52(2):35-42.
 - [3] 汪真,蒋彬,张澳.强化型生态浮床净化富营养化水体的效能与机制[J].中国给水排水,2025,41(7):17-23.
 - [4] 郑志杰,彭波,何鑫,等.生态浮床的水质净化效果及其甲藻抑制作用[J].水生态学杂志,2022,43(5):67-72.
 - [5] 廉雨,李大鹏,吴益义.生态修复技术在景观湖治理中的应用[J].水科学与工程,2023(4):34-37.
 - [6] 洪文旭,骆心钰,李沛翰,等.生态浮床修复景观水的研究与应用[J].能源与环境,2024(6):146-148.
-
- (上接第32页)
- [12] 王飞,李昱,吴人杰,等.区域骨干河道内浅滩湿地水动力特性研究[J].水利规划与设计,2024(7):125-127.
 - [13] 万荻,崔远来,郭长强,等.环境流体动力学模拟优选人工湿地设计中隔板湿地长度比[J].农业工程学报,2019,35(18):62-69.
 - [14] 杨永森,高鹏杰.基于二维水动力模型的湿地生态补水研究与应用[J].湿地科学与管理,2015(3):5.
 - [15] 王飞,李昱,朱超,等.“以深代宽”模式在区域骨干河道治理工程中的应用研究[J].水利技术监督,2024(7):159-161.
 - [16] 杨校礼,李昱,孙永明,等.弧形短导墙对船闸引航道水流结构影响的研究[J].水动力学研究与进展:A辑,2016,31(5):5.