

# 河湖水体富营养化治理技术集成应用

刘文倩

河南省濮阳市华龙区永安街 21 号院 1 号楼 2 单元 5 号 河南 濮阳 457000

**【摘要】**：水体富营养化已经成为河湖水体治理中的一个突出问题，对生态环境造成严重威胁。多种治理技术的集成应用成为解决这一问题的有效途径。通过结合物理、化学、生物等多种处理技术，可以实现更高效的水质改善，减缓富营养化的程度。本文探讨了河湖水体富营养化的治理策略，分析了技术集成的应用模式，并提出了不同治理技术结合的最佳实践。研究表明，技术集成能够在多方面提升治理效果，减少单一技术的局限性，有效恢复水体生态平衡。为实现持续治理和长期监测，提出了优化技术应用和治理策略的方向。

**【关键词】**：水体富营养化；治理技术；集成应用；水质恢复；生态平衡

DOI:10.12417/2811-0536.26.05.053

## 1 河湖水体富营养化的现状与挑战

### 1.1 富营养化现象的表现

河湖水体富营养化主要表现为水质恶化和生态系统紊乱，最典型的现象是水体中藻类大量繁殖，形成水华现象。水华不仅使水体呈现绿藻或赤潮的现象，还会导致水中的溶解氧含量大幅下降，进而影响水生生物的生存。水体中的氮、磷等营养物质超标时，会加剧水体富营养化问题，水中溶解氧的耗尽则可能导致“黑水区”的形成，影响水体的自净能力。长期存在这种现象，河湖水体的生物多样性受到威胁，水质的原有功能丧失，生态环境逐渐恶化。

### 1.2 富营养化治理的难点

富营养化治理面临的难点在于治理对象的复杂性及多因素的影响。水体富营养化是由多种因素共同作用的结果，包括农业、工业和城市生活污水的排放，尤其是氮、磷的过量输入<sup>[1]</sup>。治理过程中，单一技术难以全面解决问题，需结合物理、化学和生物学多重手段。不同水域的水质差异使得治理方案的适应性要求更高，治理效果评估及监测难度较大。长期的治理需要综合考虑生态恢复与经济成本之间的平衡，现有治理技术普遍面临治理周期长、成本高和效果不稳定的问题。

### 1.3 传统治理方法的局限性

传统的富营养化治理方法多依赖于物理或化学手段，如藻类去除、投放水质净化剂等，这些方法往往对水体的短期改善效果较为明显，但长期效果有限。物理方法容易受水流、风力等外部环境影响，治理的稳定性差；化学药剂虽然能迅速去除藻类或降低营养物质浓度，但存在水体毒性、生态破坏以及水生物的二次污染风险。同时，单一治理方法无法应对富营养化的复杂性，且治理过程中的二次污染问题逐渐成为

新的挑战。因此，传统方法在处理大规模河湖水体时缺乏持久性与系统性。

## 2 技术集成的核心优势与应用模式

### 2.1 物理、化学、生物技术的结合

水体富营养化的治理需要多种技术手段的协同作用。物理、化学和生物技术的结合能够有效提高治理效果，克服单一技术的局限性。物理方法如气浮、沉淀等可以直接去除水中的藻类及悬浮物，迅速减少水体中的营养物质含量；而化学方法通过投加吸附剂、氧化剂等手段，可以进一步减少水中氮、磷的浓度。单靠物理与化学手段治理水体，不仅处理周期较长，还可能造成水体的二次污染。生物技术则在长效治理中起到关键作用，通过利用水生植物、微生物或藻类来吸收和转化水中的有害物质，恢复水体的生态平衡。通过结合这三种技术，可以针对不同类型的水体、不同的污染源进行更加精准的治理，提高水质净化效果并确保生态恢复的可持续性。

### 2.2 集成技术的优化路径

集成技术的优化路径涉及多方面的因素，包括技术组合的科学性、治理过程中的动态调整以及长期监测与管理。为了提高治理效果，需要根据不同水体的实际情况制定针对性的技术方案，选择最合适的物理、化学与生物技术组合。在技术集成过程中，重点在于系统性的协同作用，确保各个技术手段在不同阶段的互补性<sup>[2]</sup>。利用物理技术去除初期的浮游藻类，再通过化学技术降低水中的营养盐浓度，最后通过生物技术恢复水体生态环境，实现短期治理与长期恢复相结合。动态调整是集成技术的一大优势，它能根据治理过程中水质的变化及时优化技术方案，提高治理效率。通过实时监控与数据反馈，掌握水体污染的变化趋势，并及时调整技术组合，确保治理方案在长期过程中能

够持续有效。

### 2.3 案例分析：成功的技术集成应用

在实际应用中,许多河湖水体治理成功案例表明,技术集成的优势得到了广泛的验证。在某地区的湖泊治理项目中,采用了物理、化学与生物技术相结合的综合治理方案。该项目首先通过物理沉淀法去除水中的悬浮物与部分藻类,减轻水体富营养化的压力;投加了磷、氮吸附剂和有氧化作用的药剂,进一步减少了水体中的过剩营养物质;通过种植水生植物和投放微生物群体,帮助水体恢复自然的生态平衡。这一方案在实际操作中展现了显著的效果,水质得到显著改善,水体中的藻类和营养盐浓度得到了有效降低,生态系统也逐步恢复,水生生物的多样性得到了保护和提升。该项目还通过定期监测和数据分析,实时调整治理技术,确保了治理效果的持续性和稳定性。

## 3 河湖水体治理技术的实施与效果评估

### 3.1 治理技术实施的步骤与要求

河湖水体治理技术的实施过程通常分为几个阶段,涉及前期准备、技术选择、实施过程和后期维护等多个环节。初步阶段需要对水体污染状况进行详细调查,识别污染源、污染类型及其浓度,基于这些数据,制定具体的治理方案。接下来,选择合适的物理、化学和生物技术相结合的治理方式,并根据水体的特点与污染程度进行量身定制。在实施阶段,重点是技术的精准操作,如合理布设治理设备,控制药剂投放量,确保每个环节高效运行。治理过程中,还需进行实时监控,动态调整技术方案,以应对水质变化。在后期阶段,保持水体生态平衡的稳定,实施长期的水质监测与管理,确保水体治理效果的持续性。每个实施步骤都要求严格的技术规范和操作标准,且所有环节的协调性和操作性均为关键,避免因操作不当导致二次污染或效果不佳。

### 3.2 效果评估的指标体系

水体治理效果的评价需要综合考虑多个方面的指标,这些指标通常涵盖水质变化、生态修复效果及社会经济效益等内容。水质变化是评估的最重要指标之一,包括水中营养盐浓度(如氮、磷)、溶解氧含量、透明度、藻类密度等。在治理前后,通过对这些物理化学指标的对比,能够直观地反映治理的效果。生态修复效果需要通过水生物多样性的恢复情况来评估,例如水生植物的生长情况、水生动物的种群结构及其数量变化<sup>[3]</sup>。社会经济效益评估同样不可忽视,水质的改善能直接提高周边居民的生活质量,提升生态旅

游、渔业等相关产业的经济效益。因此,效果评估不仅仅是水质指标的测量,还应包括生态环境恢复及其带来的社会经济价值的评估。通过建立多维度的评估体系,可以更全面地把握治理工作的成效与价值,确保治理技术的合理性和可持续性。

### 3.3 技术实施中的问题与解决方案

在河湖水体治理的实施过程中,常常会遇到一系列技术与管理方面的问题,主要包括治理效果不稳定、技术成本较高和二次污染等。治理效果的不稳定往往源自水体复杂的环境条件,如气候变化、水流动向和污染源的不确定性。这些因素使得治理效果难以在短期内持续,因此,需要采用动态调整方案,根据水质的实时变化调整技术策略。部分先进的治理技术,如生物修复技术,可能面临较高的实施成本,尤其在大范围应用时,这一问题更加突出。为了解决这一问题,可以通过优化治理技术组合,选择性价比高的技术,或者通过政策支持、资金投入等方式降低成本。同时,二次污染问题也是治理过程中不可忽视的挑战,部分化学药剂在使用过程中可能对水生生态造成负面影响。解决这一问题的关键在于选择更加环保、可降解的药剂,并结合生物治理技术,形成完整的生态治理链条,从源头减少化学污染。通过技术创新与管理优化,可以有效克服这些实施中的问题,提高治理的长效性与可持续性。

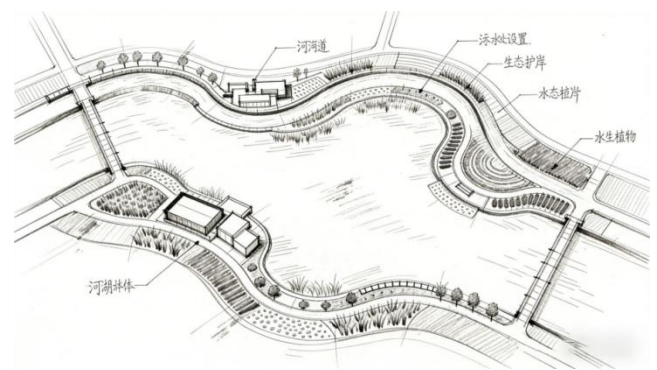


图1 曲岸观澜闲庭

## 4 未来的技术优化与持续治理

### 4.1 新兴技术的探索与应用

科技的不断进步,水体治理技术不断推陈出新,一些新兴技术逐渐被应用到河湖水体的富营养化治理中。这些新技术包括基因工程微生物修复、纳米技术应用和智能化治理系统等。基因工程微生物修复技术利用经过基因改造的微生物,通过特定的代谢过程降解水体中的污染物,尤其对难以处理的有毒有害物质具有显著的降解作用。纳米技术则通过纳米材料的高

表面积和活性，增强对水中重金属、氮磷等污染物的吸附和分解效果。这些新技术不仅提高了治理效率，还减少了环境负担，降低了传统化学方法可能带来的副作用。智能化治理系统的引入，通过物联网、大数据和人工智能技术，实现了对水体实时监控、动态调整治理措施和精准投放药剂，从而大大提高了治理的灵活性和高效性。新兴技术的不断探索与应用，不仅推动了水体治理的科技进步，也为未来的持续治理提供了更为先进的技术支撑。

#### 4.2 多维度监测与反馈机制

水体治理技术的实施效果与持续性，离不开高效的监测与反馈机制。多维度监测系统可以对水质变化进行全面、精准的跟踪，监测指标包括水体中的温度、溶解氧、pH值、氮磷含量、重金属浓度等<sup>[4]</sup>。采用传感器网络与遥感技术相结合，实现对水质实时、远程的监测，不仅能够快速发现水体中的污染物变化，还能提供必要的技术支持，为治理方案的动态调整提供依据。与此同时，反馈机制是确保治理技术持续有效的关键。通过建立长期的水质监测数据库，可以对不同治理技术的效果进行全周期追踪，评估其长期效益。借助数据分析技术，水体治理的监控系统还能够预测水质变化趋势，根据实际变化自动调节治理策略，从而实现智能化、精准化治理。多维度的监测与反馈机制，使得水体治理不仅仅是短期的应急处理，而是一个可持续的、长期稳定的过程。

#### 4.3 技术集成的长效机制建设

技术集成的长效机制建设，旨在通过系统性和可

持续性管理，确保多种治理技术的协同作用能够在长期治理过程中持续有效。在这一机制中，技术集成不仅仅体现在具体的技术操作层面，更涵盖了水体治理全过程的管理与优化。从技术选型、实施方案到后期的维护和调整，长效机制要求各项技术和管理措施能有效结合，形成一个闭环管理体系。技术集成的长效机制首先需要建立健全的管理架构，明确各技术手段的应用场景与职责，并通过严格的监测体系确保各项技术在运行中的协调性。长效机制的建立需要依托于现代化的科技手段，如智能监控、数据分析平台等，对治理过程进行全程跟踪，实时反馈治理效果，并根据水质变化及时调整治理方案。技术集成的长效机制还应当具备灵活性和适应性，面对不同地区、不同类型的水体，应根据当地的生态环境和污染特征调整技术方案，实现因地制宜的治理策略。通过这样的长效机制，不仅能提高治理技术的稳定性，还能确保治理成果的持续性，避免出现技术过时或效果衰减的情况。

#### 5 结语

技术集成在河湖水体富营养化治理中发挥了重要作用，通过物理、化学、生物技术的结合，能够有效提高治理效果，推动水质恢复和生态平衡的恢复。随着新兴技术的不断发展和应用，治理手段更加多元化，监测和反馈机制的完善为治理效果的持续性提供了保障。未来，通过不断优化技术路径、提升治理技术的适应性和综合性，水体治理将更加精准和高效，确保水环境的可持续发展。

#### 参考文献:

- [1] 张莲红,陈惠,周禹池,郭婷婷.生态环境监测技术在水体富营养化治理中的应用[J].皮革制作与环保科技,2025,6(3):31-33.
- [2] 宋佳瑞,夏伟光.生物修复技术在水体富营养化治理中的应用[J].中文科技期刊数据库(全文版)自然科学,2025(10):184-187.
- [3] 苗婧怡,李倩倩,苏雷,张智溟,刘兴云.植物浮岛技术在富营养化水体治理中的应用及研究进展[J].清洗世界,2025,41(10):151-153.
- [4] 郑超群,闫路,郑仲剑,蒋雅晨,段倩因.电解技术治理河湖富营养化水体的研究综述[J].环境污染与防治,2024,46(9):1365-1371.