

# 富营养化水域的生态修复与治理意义

胡盼

大连海洋大学

DOI:10.32629/eep.v8i11.2954

**[摘要]** 富营养化水域是因为水体中过量的氮、磷等营养盐引起的生态问题,常表现为藻类水华、氧气消耗、物种多样性下降等。随着人类活动的增多,富营养化问题越发严重,对水质以及生态系统功能造成严重影响。生态修复与治理技术成了解决这一问题的关键,目的是采用多种手段去除水中的营养盐、恢复水域的生态功能、防止富营养化进一步恶化。本文对富营养化水域成因和影响进行了综述,分析了现阶段治理技术效果与局限性,提出了综合治理策略,即物理、化学、生物方法结合使用,以及政策、管理支持。用有效的治理手段来恢复水体的生态平衡,保证水资源的可持续利用。

**[关键词]** 富营养化; 水域治理; 生态修复; 藻类控制; 水质改善; 综合治理

**中图分类号:** U698.7 **文献标识码:** A

## The ecological restoration and governance significance of eutrophic water bodies

Pan Hu

Dalian Ocean University

**[Abstract]** Eutrophication of water bodies is an ecological problem caused by excessive nitrogen, phosphorus and other nutrients in the water, often manifested as algal blooms, oxygen consumption, and decreased species diversity. With the increase of human activities, eutrophication has become increasingly serious, causing serious impacts on water quality and ecosystem functions. Ecological restoration and governance technology has become the key to solving this problem, with the aim of using various means to remove nutrients from water, restore the ecological function of water bodies, and prevent further deterioration of eutrophication. This article provides a review of the causes and impacts of eutrophication in water bodies, analyzes the effectiveness and limitations of current governance technologies, and proposes a comprehensive governance strategy that combines physical, chemical, and biological methods, as well as policy and management support. Use effective governance measures to restore the ecological balance of water bodies and ensure the sustainable use of water resources.

**[Key words]** eutrophication; Water governance; Ecological restoration; Algae control; Improvement of water quality; comprehensive management

富营养化是全球水体面临的一个重要的环境问题,在工业化、城市化迅速发展的背景下,水体富营养化问题愈发严重。富营养化的主要原因就是过多的氮、磷等营养物质进入水体,引起藻类大量繁殖,造成水质恶化和生态系统功能降低。富营养化的水体不但会妨碍水生生物的生长,还会增大处理成本、危害水源安全。因此,对于富营养化水域开展生态修复与治理已经迫在眉睫。目前虽然已有一定的技术手段,但是治理周期长、成本高、效果不稳定等缺陷仍然存在。

### 1 富营养化水域的生态修复与治理意义

#### 1.1 水域生态环境的基本功能

水域生态环境在自然界中具有不可替代的作用,它给生物

提供了多样的栖息地,支持着一系列物理、化学、生物学的自然过程,而这些过程又是生态循环的重要组成部分。水体是许多水生物种的栖息地,鱼类、浮游生物、水生植物等依靠水体来完成自己的生命周期。它们不仅在水中栖息、繁殖,而且在食物链中互相影响来维持生态系统的稳定。水域生态平衡的维持对整个自然环境都有深远的影响,它调节着区域气候、地表水文循环、地下水补给等自然过程。水体中溶解氧、营养盐、pH值等的变化都会影响生物分布、种类的多样性,进而影响生态系统的功能。但是水体富营养化,特别是藻类水华的发生,严重破坏了它的生态功能。富营养化是由过量的氮、磷等营养盐造成的,一般来源于农业排放、工业污染和城市生活污水。藻类水华在水体

中大爆发,造成水体透明度降低,影响水生植物的光合作用,对水生物的生存环境有不利影响。水域生态平衡被破坏之后,生物多样性减少,水体的物理化学性质也发生了改变,导致水域生态系统崩溃。因此修复富营养化水域的生态功能、恢复水质,已成为全球水资源管理的重要任务之一。

### 1.2 生态修复的长期效益

生态修复的核心意义不在于水质短期的好转,而在于依靠恢复生态过程和生态功能,逐渐恢复水体的自净能力,提高水域生态系统的稳定性、适应性。富营养化水体的修复要采用综合技术,即生物、物理、化学手段相结合。利用人工湿地、水生植物来吸收水中的氮、磷等营养盐,减缓水体富营养化的进程,底泥修复可以减少底层营养盐的释放,抑制污染物的再次进入水体。这些措施使水域生态自净能力慢慢得到恢复,减少外部污染源对水体的不良影响。从长远来看,生态修复不仅可以改善水体的水质,还可以在较长时期内使生态系统实现自我修复,减少对人工干预以及昂贵技术的应用。生态修复的实行有利于水域生物多样性的恢复,特别有利于水生植物、水生动物的重建。这些生物在水质净化、营养盐去除、氧气循环等各方面起着重要的作用,提高了水体对污染物的过滤能力。恢复了生态自净过程之后,水域的污染物处理能力将得到很大提高,生态系统可以更好地适应环境的变化,提高对外界压力的应对能力。

### 1.3 生态修复对未来水环境可持续性的投资

生态修复的意义不能只体现在当下的水质问题上,还应该看作是未来水环境可持续性的投资。随着全球人口的增长和工业化进程的加快,水资源越来越紧张,水质问题成了人类所面临的重要问题。经过生态修复之后,水体的生态功能得到恢复,水质也得到了长久的改善。这种修复不但可以缓解水质恶化带来的短期压力,而且给水资源的长期可持续利用打下了基础。生态修复同传统的、人工的水质净化方法有所不同,生态修复重在生态过程的恢复,减少对外部人工技术的依靠,缩减治理费用,改善治理的持久性。另外生态修复技术具有很强的适应性、可复制性。科学的修复措施不但可以恢复水体的生态功能,还可以给其它污染水域提供治理模式和实践经验。这对全世界的水质管理以及水资源保护具有重大意义。修复后的水域能长期地提供水源供给、渔业资源、灌溉用水等生态服务,保证以后社会的水资源安全。

## 2 富营养化水域的生态修复与治理的必要性

### 2.1 保护水资源的迫切需求

水是生命之源,也是人类社会经济发展最基本的资源。但是由于富营养化等水质问题,全球很多地区的水资源已经面临枯竭或者污染的风险。水资源质量好关系到人们的饮用水安全,还影响着农业灌溉、水产养殖的可持续性。因此,对富营养化的水域进行生态修复和治理,已经成为现今水资源保护与管理的重要课题。治理富营养化水体,可以改善水质、恢复水体的生态功能、给人们提供清洁、健康的水源、保障农业、渔业等水依赖产业的可持续发展。

### 2.2 社会与经济的多重挑战

富营养化的水体除了污染水资源之外,还会影响各种相关产业的发展。水体污染直接造成渔业资源的枯竭,严重时还会危及沿岸社区的生计。水体中的藻类水华既会对水源造成污染,又会使水利工程产生堵塞现象,增大水处理成本。治理富营养化水域,改善水质、恢复渔业资源、减轻水源供给压力的同时还能促进水体生态功能的恢复,为社会的可持续发展提供稳定的保障。水域治理的必要性不但是生态学的需要,更是社会经济的迫切要求。

## 3 现阶段生态修复与治理的问题

### 3.1 技术应用的局限性

尽管目前已经有多种技术手段被用于富营养化水域的治理,但是现有的技术在实际运用中仍然存在一定的不足。例如物理处理方法中的曝气、沉淀法等,短期内可以改善水质,但是其效果不能持久,操作成本较高。化学治理方法如磷沉降法,可以快速去除水中的磷,但是过量使用化学物质会造成水体二次污染。生物修复技术在一定程度上可以恢复水体的生态功能,但是生物修复的速度较慢,效果受气候、季节等多种因素的影响。因此单靠某一种技术是难以解决富营养化水域的复杂问题,必须找到系统化、综合性的治理手段。

### 3.2 治理成本与经济可行性

富营养化水域治理需要大量的资金投入,大范围受污染水体的治理经济成本很高。人工湿地、藻类控制、水草恢复等生态修复技术耗时长,化学沉淀法等治理技术要投入大量的药剂,从而增加了治理成本。对于一些经济欠发达地区来说,治理成本成了实行治理措施的主要障碍。

另外,富营养化水体的治理需要长时期监控、维护,但是在一些地方缺乏相应的资金和管理制度,造成治理措施不能持久、稳定。因此,治理效果和经济可行性之间的平衡,就成了目前富营养化水域修复所面临的重要问题。

### 3.3 政策与管理的不足

尽管很多国家都已制定了水质管理政策,但是执行力度还不够大。富营养化水域治理不能只依靠技术手段,还需要政府政策和有效的管理。但是目前很多地方在政策制定、资金分配、法律执行等方面还存在着薄弱环节。一些地方缺少统一的水质管理法规,造成治理措施执行力不强,出现地方保护主义以及利益矛盾。水体治理没有长远规划、缺少持续监管,造成资源浪费、治理低效。因此完善政策法规、加强管理体系的建设,就成为目前富营养化水域治理的关键问题之一。

## 4 富营养化水域的生态修复与治理策略

### 4.1 综合治理策略

富营养化水域的治理要依靠多种技术手段,来应对它所具有的复杂性、多变性。单一技术难以从根本上解决问题,所以未来的治理方案应该以综合治理为主,依靠物理、化学和生物修复手段来创建多层次、立体化的治理系统。物理治理方法在短时间内有较好的效果,比如曝气提高水中溶解氧,提高水体自净能

力,抑制藻类过度繁殖。沉淀法能有效去除水中的磷,尤其是利用铁盐、铝盐等化学物质和水中磷生成不溶性沉淀。但是物理方法的长期效果有限,而且一般需要较高的运营成本。化学治理手段可以有效地去除水体中的磷、氮等营养盐,主要是通过化学药剂沉淀、吸附或者转化这些污染物。但是化学方法的缺点是容易造成二次污染,需要大量的药剂,治理成本高。生物修复方法就是利用水生植物、微生物、底栖生物的生物过程来恢复水体的生态功能。人工湿地、藻类控制、底泥修复等生物手段可以长期治理,恢复水体的自净能力,削减营养盐的输入,从而实现可持续的水质改善。

#### 4.2 政策驱动与公众参与

富营养化水体的治理不能仅仅依靠技术,它还牵涉到政策以及社会的参与。政府在治理中起着决定性的作用,政策的引导以及资金的扶持可以为治理提供保障。政府要出台水质保护的法规和政策,明确富营养化水体的治理目标、技术路线,加大资金投入,推动技术研究与应用,保证治理措施得以落实。政策的制定应该重视源头控制,确定农业、工业以及城市污水排放的污染标准,促进绿色生产和生活方式的推广。农业政策应该鼓励合理施肥,推广精准施肥技术,减少化肥、农药的使用,降低面源污染风险。对工业、城市排污,政府要加强污水处理设施的建设与监管,保证污染物排放符合水质标准。用政策引导减少污染源的输入,从根本上防止富营养化的发生。同时公众的参与对于水体治理来说十分重要。水质治理不能只由政府 and 专家来承担,更应该成为普通民众应该参与的工作。政府应该以教育宣传、环保活动等形式提高民众的水资源保护意识,促使公众采取低污染的生活方式。公众参与过程里透明的交换信息十分必要。政府应该定期公布水质检测结果及治理情况,使公众知晓治理的情况来提高他们的社会责任感、参与意识。

#### 4.3 创新技术的研究与应用

随着科技的发展,新的治理技术给富营养化水体的修复治理提供更多的创新的解决办法。智能化监控技术、纳米技术和生态工程的应用,正渐渐变成富营养化水体治理的关键手段,给精准治理赋予了强大的技术支撑。智能化水质监测技术属于近几年在水域治理领域里的一个创新发展。利用物联网技术以及大数据分析可以对水质中重要的水体氮磷含量、溶解氧、pH值等进行实时的监测,从而使管理部门快速应对水体的异常情况。另外,以数据为基础的智能算法可以对水质变化趋势进行预测,

给未来的治理决策提供科学依据。依靠智能化监控,不但提升了水质治理的准确率,而且提高了水质治理过程中所具有的灵活程度以及应对能力。纳米技术被用于水质净化,有较大的发展潜力。纳米材料有较大的比表面积和良好的吸附性,可以有效地吸附水中的磷、氮等污染物。纳米吸附剂对水中的溶解磷、氮物质有很好的去除效果,而且在较短的时间内能够达到很高的去除率。伴随着纳米技术的发展,它的应用范围也逐渐扩大,从单独的污染物去除到多功能的水质净化系统,都给水域治理提供了新的思路和方法。生态工程技术是依靠恢复水体的自然生态过程来达到水质改善的目的。生态工程技术依靠人工湿地、湿地植物、底泥修复等方式,促使水体自净能力的恢复,经由生态系统重建,渐渐恢复水域生物多样性。生态工程比传统技术手段更加重视水体自然功能的恢复,可以取得持久、持续的治理效果。创新技术的应用不仅可以提高富营养化水体治理的效率和效果,还可以给今后的治理工作提供更多的创新途径。

#### 5 结束语

富营养化的水体治理是复杂、长期的,技术、经济、政策等多方面都有难题。依靠综合治理、政策扶持、技术创新三者互相配合,富营养化水体的修复与治理才会慢慢恢复水体的生态功能,保证水资源的可持续利用。随着技术不断发展、社会各方面的共同努力,未来水域生态修复工作将更加高效、绿色,为全球水环境保护提供有力保障。

#### [参考文献]

- [1]刘云霞,吕春絮,朱娜.沈阳市河流富营养化机理与污染控制途径研究[J].环境保护与循环经济,2024,44(09):59-62.
- [2]常汉卿.人工生物浮床技术在治理湖泊富营养化中的效能分析及应用[D].华东交通大学,2023.
- [3]苏建,陈亮,王燕,等.内江地区小型富营养化水库治理对策与建议[J].农业与技术,2022,42(04):80-82.
- [4]黄秀荣.水体富营养化及其防治对策[J].皮革制作与环保科技,2021,2(13):107-108.
- [5]饶科.富营养化浅水湖泊浮游植物群落环境驱动因子及内源污染研究[D].武汉大学,2019.

#### 作者简介:

胡盼(2002-),男,汉族,湖北安陆人,硕士在读,研究方向:水域生态。