

河流生态修复中水污染治理关键技术探析

沈勤华

湖州南太湖环保科技有限公司 314000

【摘要】河流承载着生命的律动，但污染问题正不断侵蚀其生态平衡。工业废水、农业径流、生活污水等多种污染源对河流水质造成破坏，影响生物多样性和生态功能。物理、化学、生物及生态治理技术各具优势，合理组合和协同应用能提高治理效果。然而，治理过程中仍面临诸多挑战，技术匹配、长期维护、生态平衡的恢复均需深入探索。合理制定治理策略，实现水体净化与生态修复的和谐统一，是推动河流健康可持续发展的关键。

【关键词】河流生态修复；水污染治理；综合治理技术；生态平衡；生物修复

Analysis of key technologies for water pollution control in river ecological restoration

Shen Qinhu

Huzhou South Taihu Environmental Protection Technology Development Co., LTD. 314000

【Abstract】Rivers carry the rhythm of life, but pollution is increasingly eroding their ecological balance. Various sources of pollution, including industrial wastewater, agricultural runoff, and domestic sewage, damage river water quality, affecting biodiversity and ecosystem functions. Physical, chemical, biological, and ecological treatment technologies each have their advantages; a rational combination and coordinated application can enhance treatment effectiveness. However, many challenges remain in the process of governance, such as technology matching, long-term maintenance, and the restoration of ecological balance, all of which require further exploration. Formulating reasonable treatment strategies to achieve harmonious unity between water purification and ecological restoration is key to promoting the healthy and sustainable development of rivers.

【Key words】river ecological restoration; water pollution control; comprehensive treatment technology; ecological balance; biological restoration

引言：

河流不仅承载着人类文明的足迹，更维系着整个生态系统的健康。然而，污染问题正不断威胁着水环境的稳定，工业排放、农业面源污染、城市生活污水等成为主要污染源。水污染不仅降低水体自净能力，还严重破坏生物栖息环境，导致生态系统功能衰退。有效治理水污染，不能依赖单一技术，而需要多种手段的科学组合，以确保水体生态功能的恢复和长期可持续性。

1.河流生态系统与水污染

1.1 河流生态系统的组成和功能

河流生态系统由水体、河床沉积物、水生生物、沿岸植被和微生物群落等组成，共同维持生态平衡。其中，水体为各种生物提供栖息环境，河床沉积物影响底栖生物的生存状况，沿岸植被在调节水质、稳定河岸方面发挥重要作用。微生物通过分解有机物，提高水体的自净能力。

1.2 常见的河流水污染类型

河流水主要的污染源有工业废水、农业污水和生活污水。其中工业废水有重金属元素、挥发性有机物，如某些电子制造行业的工厂有含铅、镉的污水，容易造成河流长期污染；农业污水主要是来自于农田径流，氮磷元素在农药中，

磷氮元素在化肥当中，容易使得水体发生富营养化现象。太湖蓝藻发生就是典型的农业面源污染案例。而生活污水又包括生活垃圾、洗涤剂、粪便排污等，污染物未处理前容易造成有机污染物增多，溶解氧含量减少，影响水生物的生存^[1]。

1.3 水污染对河流生态的具体影响

河流污染严重，生存环境恶化，重金属污染使水中溶解氧降低，鱼类缺氧，易引起鱼的死亡。营养盐过多，蓝藻大量繁殖水华严重。营养物质缺乏，导致河内缺少沉水植物。此外重金属富集可能通过食物链引起人类疾病的流行。河流长时间的污染会严重降低河流水体的自净化功能，难以恢复河流生态系统。

2.河流水污染治理的关键技术

从实践来看，物理、化学、生物和生态治理技术在水污染治理中各有侧重，相互配合能够提高治理效率，形成更具可持续性的解决方案。

2.1 物理治理技术

物理治理技术是水污染治理的基础，主要通过工程措施减少污染物的输入或直接去除水体中的污染物。该方法操作简便，能够在短时间内显著改善水质，但通常需要与其他技术结合，才能实现长期稳定的治理效果。

(1) 截污分流

截污分流的关键是防止污水源直排入河，减轻水体负荷，尤其适用于城市河渠，特别是对于混有生活污水和雨污合流造成的河渠而言。如北京内城河道污染治理采取雨污分流，改造雨污水管网，不让污水排入河中，通过雨污分流提升河渠水质。据调查统计，截污工程开展后，有部分河段COD降低了30%以上。

(2) 河道清淤

污染物沉积于河道底部，形成黑臭泥，释放有害物质，导致水体的富营养化。物理治理中，清淤可有效清走底泥中的有机污染物及重金属。如江苏太湖流域的清淤工程，每年清淤百万方，大幅度减少湖区水体中的氮磷含量，遏制湖区蓝藻的暴发。当然清淤工程不等于单纯清走污物的工程，清淤过度，可能破坏底栖生物群落，生态失去稳定性。

(3) 人工曝气

人工曝气是指人为提高水体溶解氧，从而促使污染物降解氧化，增强水体自净功能。对于部分河流某些断面缺氧严重或黑臭明显，可采取人工曝气的方法来改善水质。比如，上海市苏州河的黑臭水体治理期间，主要利用了人工曝气的水质净化方法，其溶解氧浓度普遍上升了1倍多，水质获得了极大的改善。但人工曝气是一种应急性的短期工程，并且需要与生物或生态水体治理技术相结合才能取得较长期的水体治理效果^[2]。

2.2 化学治理技术

化学治理技术通过化学反应去除污染物或降低其毒性，在水体富营养化和重金属污染治理中发挥重要作用。然而，化学治理往往成本较高，且存在二次污染的风险，因此需要结合生态手段，确保治理的可持续性。

(1) 化学沉淀

化学沉淀主要用于去除水体中的重金属和磷等污染物。常见的方法包括投加铁盐、铝盐或钙盐，使污染物形成不溶性沉淀，从而降低水中污染物浓度。例如，广东东江流域在磷污染治理中采用明矾（硫酸铝）沉淀法，使得总磷含量下降了50%以上。然而，该方法可能导致沉淀物积累，后续处置不当可能引发新的环境问题，因此需要结合底泥处理技术。

(2) 化学氧化

化学氧化通过氧化剂分解有机污染物，提升水体的自净能力。臭氧氧化、高级氧化（Fenton法）等技术广泛应用于工业废水处理。例如，浙江杭州某化工园区利用臭氧氧化处理含苯废水，使其COD从2000mg/L下降至200mg/L以下，实现达标排放。但化学氧化成本较高，且可能生成副产物，因此需要严格控制投药量和反应条件。

(3) 中和法

中和法是一种调节废水酸碱度的水处理技术，主要用于降低工业废水、矿区排水及化工污染水体的酸性或碱性，防止极端pH值对水生生态系统造成破坏。例如，在某些矿区，酸性废水的pH值可能低至3.0，严重威胁水体生物的生存环境，通过投加石灰、碳酸钠或其他碱性物质，可将pH值调节至中性范围，减少重金属溶解，提高水体安全性。然而，该方法的应用需要综合考虑沉淀物的后续处理问题，如金属

氢氧化物沉渣可能导致二次污染，因此必须配合适当的污泥脱水、固化或资源化利用技术，以确保治理的长期稳定性。

2.3 生物治理技术

生物治理技术利用微生物、植物等生物体的代谢作用降解污染物，具有低成本、可持续的特点。该技术对水质改善较为温和，适合长期应用，但通常见效较慢，需要与其他技术结合。

(1) 微生物修复

微生物修复通过引入特定微生物降解水体中的有机污染物。例如，在南昌艾溪湖，通过投加特定菌群，COD浓度下降了40%，氨氮减少了60%，水质明显改善。但微生物修复受环境条件影响较大，需要保证适宜的温度、pH和溶解氧浓度，否则修复效率可能降低。

(2) 植物修复

植物修复是一种利用水生植物吸收、固定和降解水体污染物的生态治理技术。常见的植物如水葫芦、浮萍、苦草等，能够高效吸收氮、磷等营养物质，降低水体富营养化风险。此外，植物根系还能微生物提供附着生境，增强污染物的分解效率，从而改善水质，恢复生态平衡，被广泛应用于河流、湖泊等水体修复工程^[3]。

(3) 生态浮床

生态浮床是一种结合水生植物、微生物和基质材料构建的漂浮湿地系统，其可以利用植物根系吸收水体中的氮、磷等营养物质，同时依靠附着在根系和基质上的微生物降解有机污染物，提高水体净化能力。该系统不仅能够有效改善水质，还能提供良好的生物栖息地，增强水生生态系统稳定性，在湖泊、河流等富营养化水体治理中广泛应用。

2.4 生态治理技术

生态治理技术基于自然恢复原理，结合水文、地理、生物等因素，提升水体自净能力。这类技术往往需要较长时间才能见效，但能够提供长期稳定的治理效果。

(1) 湿地构建

人工湿地在水污染治理中展现出显著的净化能力，能够通过植物吸收、微生物降解和基质过滤等多重作用，有效去除水体中的氮、磷等污染物，降低富营养化风险，改善水质稳定性。此外，人工湿地还能增强生物多样性，为水生动植物提供良好的生境，因此在全球多个国家和地区被广泛应用，成为生态治理的重要手段之一。

(2) 河岸缓冲带

河岸缓冲带能够通过种植乔木、灌木和草本植物等多层次植被，有效拦截和吸收流域内的氮、磷等污染物，减少农业径流、城市雨水和工业废水对水体的直接影响。这种缓冲带不仅能够降低面源污染，还能稳定河岸结构，防止土壤侵蚀，改善水体自净能力，同时为野生动植物提供栖息地，增强河流生态系统的稳定性和生物多样性。

(3) 河道生态改造

河道生态改造结合水动力学原理，通过优化河流形态、调整水流速度、恢复自然弯曲河道和构建水生生境，有效改善水体交换和流动性，增强河流的自净能力。现阶段，具体的河道生态改造措施包括增加滞水区以促进沉降净化，修复

河床底质以增强微生物降解功能,并优化岸线结构,减少泥沙淤积,从而提高水质稳定性,恢复生态系统功能,增强生物多样性^[4]。

3.河流生态修复中水污染治理技术的组合与协同作用

3.1 多种技术组合应用的策略

单一的水污染治理技术往往难以全面解决河流生态修复中的复杂问题,此时,就需要根据污染类型、水文特征、生态环境等因素制定合理的技术组合策略,而不同污染源的治理需要差异化的技术搭配,例如,面对富营养化严重的河流,单纯的物理清淤或化学沉淀无法根本解决问题,而结合生物和生态治理技术能够形成更加稳定的修复效果。

我国太湖流域的水环境治理,一般是首先进行清淤工程,在此基础上,通过物理的方法去除底泥的污染负荷,通过化学沉淀降低水体中氮、磷含量,最终通过生态浮床、人工湿地等生物—生态方法达到水质的长效改善,达到“先消减,再降解,后生态恢复”的理念,有效降低蓝藻暴发的次数,提升水体的自净能力,同时在城市河流中以雨污分流加人工曝气的办法降低污染物的输入量,增加溶解氧含量,为微生物的修复提供更好的环境。

3.2 技术之间的协同作用机制

治理技术之间的协同作用是水污染治理效率提升的重要方式,物理、化学、生物以及生态治理技术不是相互孤立作用的,而是相互补充、共同强化作用。物理治理减少污染负荷,给后处理带来更好基础条件;化学治理将难降解污染物氧化或沉淀,提高水质净化效率;生物治理在改善水体的同时,进一步降解水体中残余污染物;生态技术构建稳定的水生态系统,提升河流的自我恢复能力。

例如在南昌的艾溪湖治理中,首先是微生物修复以及人工曝气来加快有机污染物的降解速度,而且还要增加沉水植物,增强生态系统的稳定性,其结果显示,通过协同治理,湖区的水质氨氮降低60%,溶解氧增加一倍,生物多样性增加显著,体现出治理效果持续,降低了单一治理时造成的次生污染的可能。

4.水污染治理技术实施中的挑战与对策

4.1 技术适应性与水体复杂性的矛盾

参考文献

[1]宋宇扬.生态修复技术在水污染治理中的应用[J]中国战略新兴产业.2024(17):137-139.

[2]宁军.生态修复技术在水污染治理中的应用[J]风景名胜.2021(08):166-167.

[3]李俊浪,黄桥,覃春乔.生物修复技术在水环境综合治理中的应用[J]四川有色金属.2020(02):62-64.

[4]马继.生物修复技术在水污染治理中的应用研究[J]中国资源综合利用.2021(04):192-194.

[5]贾君娜,张卫卫.生物修复技术在水污染治理中的应用[J]汽车世界.2019(28):1-2.

作者简介:沈勤华,出生年:1970.2,汉族,籍贯:浙江杭州,职称:中级工程师,学历:本科,研究方向:生态环境保护、污水处理。

不同水污染治理技术具有特定的适用范围,而自然水体的污染情况复杂多变,使得技术适应性成为一大挑战。例如,在富营养化严重的水体中,化学沉淀虽能快速降低水中磷含量,但过量使用可能造成沉淀物累积,影响生态系统稳定性。江苏太湖治理过程中,单纯依赖化学沉淀法一度导致湖区底泥富集大量金属盐,影响沉水植物生长。因此,需要结合水体特征,优化技术选择,并通过生态浮床、微生物修复等方式建立长效治理机制。

4.2 治理成本与长期维护的压力

水污染治理需要持续投入,部分技术的高成本限制了推广应用。例如,人工湿地作为生态治理手段,运行维护成本相对较低,但占地需求较大,城市地区往往难以实施。广州在珠江流域引入人工湿地治理时,由于土地资源有限,采用了模块化湿地技术,提高空间利用率的同时降低了建设成本。此外,一些化学治理手段虽然初期见效快,但药剂成本高,二次污染风险增加,因此应结合生物技术,如投放高效降解菌群,以降低长期运行成本。

4.3 政策监管与治理执行的难点

水污染治理涉及多个部门协调,政策执行的力度和连续性直接影响治理效果。在一些流域,工业排放和农业面源污染治理标准不一致,使得治理难度增加。例如,长江流域某些地区,工业废水已实现达标排放,但农业污染治理滞后,导致水体氮磷含量仍然偏高。因此,需要加强流域综合管理,明确各类污染源的治理责任,并通过严格的监测体系,确保治理措施落到实处。同时,建立生态补偿机制,鼓励企业和农户积极参与污染防治,形成长效治理模式^[5]。

结语:

综上所述,治理河流水污染,不能只停留在短期的水质改善,更重要的是恢复生态系统的稳定性和可持续性。不同技术各有侧重,物理手段能迅速降低污染负荷,化学方法有助于高效去除特定污染物,生物和生态治理则承担着长期修复的重任。技术的协同作用至关重要,单一措施难以全面解决问题,唯有通过科学搭配、动态调整、精准治理,才能真正实现水体生态功能的恢复。未来的治理策略,需要兼顾生态平衡与人类需求,避免过度干预,尊重自然修复规律,使河流重现生机。