

DOI:10.16799/j.cnki.csdqyfh.2023.08.044

植物法修复污染河道底泥

李范竹

(上海宏渠工程咨询监理有限公司, 上海市 200120)

摘要:近年来,污染河道底泥修复越来越受到关注。植物法具有其成本低、效果好、不易坏生态环境和不产生二次污染等优点,成为当今污染河道底泥的研究重点和热点。针对不同类型污染底泥,总结和梳理了N、P营养盐污染底泥,有机物污染底泥和重金属污染底泥的修复特点,实际应用中,需因地制宜,兼顾多方面因素,选择合适的植物,并提出今后需要重点研究的方向。

关键词:植物法;修复;污染河道底泥

中图分类号: X52

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2023)08-0174-04

0 引言

近年来,污染河道底泥修复越来越受到关注。河道底泥是河流中的重要部分,其组成复杂,通常是由砂砾、黏土、有机质等形成的沉积物。随着城市快速发展,河道水体也受不同程度的影响^[1]。水体中的各类污染物经一系列的物理、化学、生物等作用,最终绝大部分沉积到底泥中,对底泥造成不同程度的污染。通常来说,底泥中主要污染物质可为N、P营养盐,有机物和重金属三类。其中,过量的N、P营养盐输入会导致水体富营养化,有机物和重金属因富集作用会达到较高浓度,且能长期残留,当水体环境发生变化时,有机物和重金属则会释放到水体,对水环境造成危害^[2]。因此,对污染河道底泥进行修复是水环境综合的关键。

目前,污染河道底泥修复方法主要有物理法、化学法和植物法等,其中物理法虽然效果好,但受施工条件影响,处理不当易造成二次污染;化学法虽然费用工艺简单、效果好,但化学试剂会对底泥的理化性质造成一点的影响;植物法具有其成本低、效果好、不易坏生态环境和不产生二次污染等优点,成为当今污染河道底泥的研究重点和热点^[3]。

植物法是利用植物通过吸收或富集等作用降低底泥中的污染物含量。本研究通过梳理和总结不同类型污染河道底泥的植物修复法,以期后续应用与研究提供参考和指导。

1 不同类型污染河道底泥修复方法

1.1 N、P营养盐污染底泥修复

水体富营养化主要是由过量的输入N、P营养盐,底泥中N、P营养盐释放也是水体N、P营养盐的来源之一。水生植物因具有来源广、生长快和易繁殖等特点,常被用来修复N、P营养盐污染底泥^[4]。

大量的研究表明,水生植物不仅可以吸收底泥中N、P营养盐,而且还可以通过光合作用产生O₂,由其根部向水体输送,增加水体中的溶解氧,来改善水体环境^[5]。

包先明等^[6]通过研究表明,太湖常见6种沉水植物苦草、金鱼藻、马莱眼子菜、伊乐藻、石龙尾和轮叶黑藻均能有效底泥中TN、TP的浓度,且对磷的释放有一定的抑制作用,此外,沉水植物对藻类具有一定的克制效应。

高帅强等^[7]表明沉水植物矮慈姑对污染底泥具有很强的适应性,在底泥中可以形成发达的根系,且能有效地阻控污染底泥中内源污染物氮、磷的释放。

邢涛等^[8]探讨了水生植物芦苇、龙须眼子菜和穗花狐尾藻对沉积物N的去除,研究表明,水生植物能显著增强参与硝化和反硝化过程的微生物酶活性,水生植物对沉积物TN和NH₄⁺-N含量均有一定的去除效果,且水生植物吸收固定和N₂排放是实现脱氮的主要途径。

杨东翰等^[9]利用3种沉水植物金鱼藻、狐尾藻和黑藻去除底泥污染物,研究表明,当沉水植物种植密度为50%时,污染物去除效果较好,底泥中总氮和总磷的去除率分别达到33.3%和19.6%。

收稿日期: 2023-05-11

作者简介: 李范竹(1992—),女,学士,助理工程师,从事水利施工监理招标投标工作。

虽然水生植物对底泥中 N、P 营养盐具有一定的去除能力,但是水生植物易出现过度繁殖,易受水体环境影响,实际应用中需重点考虑修复过程中的管养与维护。

1.2 有机物污染底泥修复

底泥中的有机污染物是水体中有机物污染来源之一,当大量有机物输入水体,会导致水体中的溶解氧过度消耗,在缺氧条件下,有机物被分解产生 H₂S 等致臭物质和 FeS 等致黑物质,造成水体发黑发臭^[10]。底泥中难降解的有机污染物通过富集作用进入生物体,并通过食物链进入人和动物体内,对环境和人体健康造成潜在危害^[11]。

植物法修复不仅可以去底泥中有机物污染,而植物可以改善环境。张雨等^[12]研究了苦草对沉积物中多环芳烃(PAHs)的修复效果,结果表明,经过 34 d 修复,沉积物中 PAHs 的去除率为 62%。

李东梅^[13]研究了植物黑麦草、高羊茅草、玉米对沉积物中多环芳烃和邻苯二甲酸酯的修复效果,结果表明,沉积物中萘的含量一个月明显降低,蒽的含量则在三个月中稳定降低。

总的来说,植物法主要通过直接吸收有机污染物,植物根系释放分泌物和酶,植物和根系区微生物的联合作用等来去除底泥中的有机污染物,一旦有机污染物被植物吸收,就能被代谢、储存或挥发^[14]。

1.3 重金属污染底泥修复

水体中的重金属通过吸附、解吸等途径,最终绝大部分富集在底泥中,对底泥造成不同程度的污染。底泥中的重金属不稳定,当水体环境条件发生变化时,重金属会释放到上覆水体,并会通过生物链传递给人和动物,对环境和人体健康造成潜在危害^[15]。植物法修复重金属污染底泥与底泥的类型、重金属类型、重金属在底泥中的分布形态和植物种类等有关。

施沁璇等^[16]研究了 3 种水生植物菹草、黑藻、荷花对重金属 Hg、As、Pb、Cd 污染养殖池塘底泥的修复效果,结果表明,3 种水生植物菹草、黑藻、荷花对养殖池塘底泥重金属 Hg、As、Pb、Cd 均具有较好的富集效应,其中水生植物黑藻对重金属 Hg 和 Pb 的去除效果较好,荷花则对重金属 As 和 Cd 的去除效果较好。

张洲等^[17]比较了 5 种植物纸莎草、鸢尾、美人蕉、香蒲和再力花对高海拔重金属 Cd、Pb、As 污染底泥的生长适应性和重金属富集特征,结果表明,5 种植物对重金属 Cd、Pb、As 污染底泥均具有一定的

适应性,其中纸莎草和鸢尾的根系比其余 3 种植物发达,且纸莎草对重金属 Cd、Pb、As 的累积量显著高于其余 4 种植物,分别为 2.69 mg/株、189.2 mg/株、10.47 mg/株。

乔云蕾等^[18]研究了 3 种沉水植物苦草、黑藻、金鱼藻对重金属 Cd、Zn 污染底泥的富集效果,结果表明,3 种沉水植物对重金 Cd、Zn 均有较高的富集能力,富集效果为:苦草>黑藻>金鱼藻。

宋力等^[19]利用水景植物荷花、睡莲对重金属 Cd、Cr、Cu、Ni 和 Pb 污染黑臭河道沉积物修复,研究表明,睡莲、荷花对重金属 Cd、Cr、Cu、Ni 和 Pb 均具有去除能力,荷花对沉积物中 Cd、Cr、Cu、Ni 和 Pb 去除能力优于睡莲,经植物修复后沉积物中 Cr、Ni 和 Pb 的主要形态为残渣态,Cd 和 Cu 的主要形态为弱酸溶解。

闫大江^[20]研究了空心莲子草对底泥中重金属 Cd、Pb 的富集性能,结果表明,空心莲子草对底泥中重金属 Cd 和 Pb 具有很强的富集能力。

综上所述,不同植物对不同重金属去除效果不同,选取生长适应性强和对目标重金属去除效果好的植物是植物法修复重金属污染底泥的关键。

2 清洁小流域河道底泥处理案例

2021 年有幸参建新场镇 2021 年清洁小流域综合整治工程本项目位于浦东新区新场镇本镇范围,主要涉及新黄家港、陶家港等 232 条段河道,河道总长度 83.19 km。其中新场镇目前多数河道两岸林草覆盖率较差,无良好的水土保持能力,河道及村宅主干路两岸植物基本以农作物杂草为主,部分河道水生及斜坡植物缺失,降雨过后,坡面侵蚀沟明显,水流携带大量土壤进入下游沟道,造成了严重的河道淤泥,同时影响河道水质。

基于此,新场镇 2021 年清洁小流域综合整治工程主要涉及新黄家港、陶家港等 232 条段河道,河道总长度 83.19 km。根据小流域的自然条件、水土流失、污染源特点,主要建设内容包括水系沟通、河道疏浚、水生态修复等工程。

为保证河道内前期生态系统构建的稳定,需减缓外面河道对其影响。净水屏障技术能在维持水流正常交换的情况下,大大减缓其它不同水质对其本身的影响。设施内屏障作用原理是:不同水质水体进入设施内,水流的断面迅速扩大,水流减缓,大的底泥颗粒物经过挡板的缓冲以及屏障的拦截后得到平

稳沉降;另外一部分小颗粒悬浮物穿过高透水性屏障,屏障内有很多密集纤维丝,比表面积巨大的纤维丝为微生物提供良好的附着场所,使得纤维丝上附着很多微生物的黏液,小颗粒悬浮物通过富有黏液的纤维丝表面后沉降在屏障外面。内外屏障结合使用主要是加强水质和底泥的净化,减少外在不同水体的影响,加强对河道的保护,见图1。

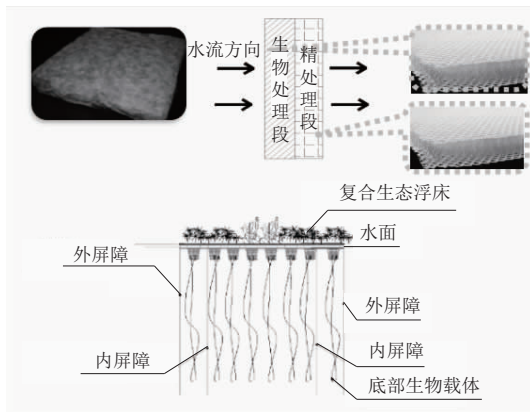


图1 净水屏障技术示意图

生物载体强化净化系统主要利用污水处理的生物接触氧化法的基本原理,是以附着在载体上的生物膜为主,净化污水的一种高效水处理工艺。兼有活性污泥法和生物膜法的优点。

当污水与底部生物载体介质流动接触,水中的悬浮物及微生物被吸附于固相表面上,其中的微生物利用有机底物而生长繁殖,逐渐在载体表面形成一层粘液状的生物膜。这层生物膜具有生物化学活性,又进一步吸附、分解污水中呈悬浮、胶体和溶解状态的污染物。生态填料设置在河底,不占用水面空间,且由高分子材料制成,一次性安装后,不会腐烂,可使用多年不需更换。物质在生物基中的传递过程主要为:空气中的氧溶解于流动水层中,通过附着水层传递给生物膜;有机污染物由流动水层传递给附着水层,然后进入生物膜;微生物的代谢产物如 H_2O 等通过附着水层进入流动水层,并随其排走; CO_2 及厌氧层分解产物 H_2S 、 NH_3 以及 CH_4 等气态代谢产物则从水层逸出进入空气中。

通过吸收、同化氮磷等元素,采用营养掠夺性和观赏植物,耐低温沉水植物,水体边坡景观植物等,形成适宜多种水生动物的栖息地,增加生物多样性。考虑春夏秋冬季节变化,配置对水体水质有生态作用的能越冬水生植物。选择净水能力强、景观效果好、能有效控制、不会泛滥生长蔓延的本地物种,夏季种和冬季种混种植;冬季气温低,浅水区主要以

低矮耐寒的苦草为主;一般深水区辅以马来眼子菜、金鱼藻、轮叶黑藻、伊乐藻等构建沉水植物净化群落体系。

图2和图3分别为新场镇某河道治理前后效果图。根据该河道特点,将疏浚底泥用来修河岸边坡,在斜坡上种植草本类植物,河道里种植水生植物。经治理后,底泥中的有机质物和N、P营养盐含量明显降低,同时河道水质改善明显,见图4~图5。



图2 治理前河道



图3 治理后河道



图4 治理前河道水质

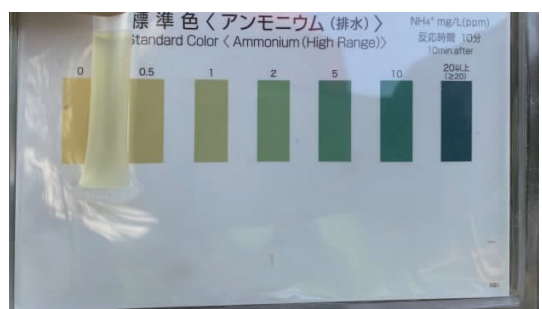


图5 治理后河道水质

3 结语

河道底泥是河流中的重要部分,污染底泥会影

响整个河流水环境。物理法和化学法虽然具有一定的修复效果,但具有局限性,植物物法不仅可以去除底泥中 N、P 营养盐污染物,有机污染物,重金属等,而且还可以恢复受损的水生态环境,恢复水生生物多样性,处理成本低,且治理效果好,从而应用越来越广泛。但其主要缺点是修复周期长,如何缩短治理周期,是今后需要重点研究的方向。实际应用中,需因地制宜,兼顾多方面因素,选择合适的植物。因此,今后需对植物法进行优化改进:(1)加快对目标污染物适应性强、去除效果好的优势植物筛选评价研究;(2)积极探索植物法与物理或化学等的修联合复技术。

参考文献:

- [1] 王胜凡,庄毅璇,王磊,等.河道污染底泥处理技术[J].广东化工,2021,48(1):82-83.
- [2] 袁存明.生物修复技术治理河道底泥污染应用研究[J].水利技术监督,2022(3):54-57.
- [3] 林忠成,李久春,张道清.河道底泥修复与处理技术[J].技术与市场,2021,28(1):126-127.
- [4] 李鹤男,孙永利,李鹏峰,等.沉水植物水体底质生态修复研究进展[J].中国环保产业,2021(11):37-41.
- [5] 朱琪.浅析生态修复技术治理黑臭水体[J].山西建筑,2021,47(5):170-172.
- [6] 包先明,陈开宁,范成新.种植沉水植物对富营养化水体沉积物中磷形态的影响[J].土壤通报,2006(4):710-715.
- [7] 高帅强,陈志远,李锋民,等.沉水植物矮慈姑对重污染底泥的耐受及其中主要污染物的去除[J].环境科学学报,2019,39(7):2182-2189.
- [8] 邢涛,李俊雄,李彬彬,等.水生植物对草型富营养化湖泊气态氮排放及沉积物氮去除的影响[J].生态学杂志,2018,37(3):771-778.
- [9] 杨东翰,李本行,张立秋,等.大型溇-沉水植物组合系统去除北京沙河水库水与底泥污染物效果研究[J].环境科学学报,2021,41(1):255-262.
- [10] 孙磊,马巍,吴金海,等.城市黑臭水体治理进展及水利措施研究[J].中国农村水利水电,2021(8):23-28.
- [11] 毕磊,邱凌峰.污染底泥修复治理技术[J].中国环保产业,2010(11):32-35.
- [12] 张雨,晏再生,吴慧芳,等.沉水植物苦草(Vallisneria spiralis)对多环芳烃污染沉积物的修复作用[J].湖泊科学,2018,30(4):1012-1018.
- [13] 李东梅.植物对城市排污河典型有机物污染沉积物的修复研究[D].天津:天津大学,2012.
- [14] 旷远文,温达志,周国逸.有机物及重金属植物修复研究进展[J].生态学杂志,2004(1):90-96.
- [15] 陈秀粉,赵新民,翟德勤,等.污染水体底泥重金属污染现状及植物修复技术进展[J].中国资源综合利用,2019,37(8):97-102.
- [16] 施沁璇,孙博悻,胡晓波,等.水生植物对养殖池塘重金属污染底泥的修复作用[J].安全与环境学报,2018,18(5):1956-1962.
- [17] 张洲,张单,祖艳群,等.5种植物的矿区生长及对底泥重金属富集特征[J].环境科学与技术,2021,44(7):115-122.
- [18] 乔云蕾,李铭红,谢佩君,等.沉水植物对受重金属镉、锌污染的水体底泥的修复效果[J].浙江大学学报(理学版),2016,43(5):601-609.
- [19] 宋力,黄勤超,黄民生.利用荷花与睡莲对沉积物中重金属的修复研究[J].光谱学与光谱分析,2016,36(9):2884-2888.
- [20] 闫大江.空心莲子草对南四湖 Cd、Pb 污染底泥修复效果及机制研究[D].济南:山东建筑大学,2021.

《城市道桥与防洪》杂志

是您合作的伙伴,为您提供平台,携手共同发展!

欢迎新老读者订阅期刊 欢迎新老客户刊登广告

投稿网站: <http://www.csdqyfh.com> 电话:021-55008850 联系邮箱:cdq@smedi.com