

河道治理工程中的生态恢复技术研究

黄帅

中国水利水电第四工程局有限公司，青海西宁，810000；

摘要：生态恢复技术是河道治理工程中提高水环境质量和修复生态系统功能的重要途径，近些年来，随着城市化进程的加速和工业化水平的不断提高，我国许多河道面临着水质恶化、水文情势改变、生物多样性锐减及生态系统退化等一些列严重的问题，为此，开展探索生态恢复技术在改善水体水质、改善生境环境和提高生态系统稳定性等方面的作用具有重要的现实意义。

关键词：河道治理；生态恢复；水质净化；生物修复

DOI：10.69979/3060-8767.25.12.061

1 引言

传统的河道治理工程主要是以工程措施为主要手段，注重防洪、排水等功能的实现，采用混凝土、浆砌石等硬质材料对河岸边坡进行加固，虽然可以在短时间内提高行洪能力，但却阻断了水-陆之间的物质交流与能量流动，容易导致生态环境恶化，出现重工程轻生态的错误认知。在生态文明建设不断深化的今天，绿水青山就是金山银山的思想深入人心，河道治理也要由单一功能提升向“生态-安全-景观-文化”多目标协调发展。文章就通过对河道生态修复的关键技术进行归纳和剖析，以期今后的生态修复项目实施提供理论基础。

2 河道治理与生态修复技术概述

2.1 河道治理技术

河道治理技术是指通过一系列工程措施，对河道进行整治和改造，以满足防洪、排涝、灌溉、航运等工程功能需求。传统的河道治理技术主要包括河道疏浚、河岸防护、堤防建设等。这些技术在一定程度上提高了河道的防洪能力和排涝效率，但也对河道生态环境造成了不同程度的破坏。近年来，随着人们对生态环境保护意识的提高，河道治理技术逐渐向生态化、可持续化方向发展。如生态护坡技术，通过种植根系发达的植物来固土护坡，既能满足工程稳定性要求，又能改善河道生态环境。

2.2 生态修复技术

生态修复技术以生态学原理为基础，通过人为干预加速受损生态系统的自然恢复过程。其内涵涵盖对生态系统结构、功能与服务的修复与重建，强调在尊重自然规律的前提下，采用工程、生物和管理等多种手段，恢复生态系统的稳定性与可持续性。根据作用对象与修复

目标，生态修复技术可分为水质净化类、水文连通性修复类、河道形态重构类、生物群落恢复类等，各类技术相互配合，共同推动河道生态系统的整体修复。

3 河道治理中生态恢复核心技术体系

3.1 水质净化技术

水质净化技术按技术原理可分为物理、化学和生物净化三大类。物理净化采用物理方法处理水中污染物，包括河道清淤、引水冲污和过滤截留。河道清淤可通过机械或水力等方法分离沉积物中的重金属等污染物，降低二次污染，如用于河道黑臭治理可减少氧耗、提高溶解氧，但清淤时要避免扰动泥沙造成污染扩散，保证淤泥无害化。引水冲污是引入洁净水源稀释污染河道，加速污染物扩散排放，适用于水源丰富、河道流动性差的地区。过滤截留通过设置格栅和滤料等设备除去水中悬浮物，减少浑浊，为后续生物处理创造条件。

其次是化学净化技术，指投放化学药剂到水中，与污染物发生化学作用以去除或转化污染物，主要包括混凝沉淀、化学氧化法、药剂除藻等。混凝沉降是投加聚合氯化铝、聚丙烯酰胺等混凝剂，以沉淀方式除去水中悬浮颗粒、胶体颗粒和溶解性污染物。化学氧化法是投加臭氧、双氧水和次氯酸钠等氧化剂，氧化降解水中有机污染物、还原性物质和病原微生物，提高氧化还原能力，进而提高水质。药剂除藻是投加硫酸铜、高铁酸钾等杀藻剂，抑制或杀死蓝藻等藻种，遏制藻华暴发，但其用量要求严格，多用于应急，不宜长时间大量使用。

最后是生物净化技术，生物净化是指利用水生生物和微生物的代谢活性，对污染物进行吸附、转化和降解，具有经济、高效、环保等优点，是河道水质环境治理的核心。包括水生植物净化技术、微生物净化技术及生态浮岛技术等。水生植物净化技术一般以芦苇、香蒲、水

葫芦、金鱼藻等水生植物,通过对水中氮、磷、有机污染物和重金属等的吸附,实现水质的净化。微生物净化是指在水体中投加高效降解菌和构建生物膜等手段,实现对水体中污染物的高效降解。生物膜法是目前广泛采用的微生物处理方法,其原理是在河道中布置生物填料,在填料表面构筑生物膜,并在水流流经填料时,对水中有机物进行降解,达到脱氮除磷的目的。生态浮岛技术是指在浮式载体表面种植水生植物,通过植物净化和微生物降解的协同效应,实现对水环境的净化;浮岛也可作为水生生物的栖息地,改善河道景观,适合于城市河道、湖泊等区域的生态修复。

3.2 水文连通性修复技术

河道连通性是维护河道生态系统的重要手段,其核心目的在于通过恢复河道自然的水文规律,重建河道与支流、湖泊、地下水及陆地生态系统的连通性。对水利工程进行生态化改造,水库、水闸等水利工程是影响河道水文连通的重要因素,其生态修复目标是通过优化调度和增设生态设施,在保证工程安全和原功能的基础上,实现河道自然水文规律的恢复。如,水库生态调控可通过调节水库的泄流模式,实现对自然洪峰的模拟,从而保证下游的生态流量,为水生生物的繁衍和迁移创造条件。在水闸工程中,可以增加生态泄水孔和过鱼设施,以保证鱼类等水生动物的洄游通道,并恢复河道的纵长连通性。同时,通过对已硬化渠道实施生态修复,拆除部分硬衬,引入生态护坡材料,提高防渗性能,并恢复渠道与地下水连通性。

进行河道生态补水,河道生态补水是解决河道断流和维持生态基流的重要途径,可通过引入再生水、地表水和地下水等水源来补充河道生态用水,保证河道生态系统基本功能。如在旱季引入再生水,保持河道的流动性,提高河道的自净能力;在水生动物繁殖期间,通过加大水体补充量,营造出涨水效果,以刺激水生动物的繁殖。在保证供水质量的前提下,确保供水水源的质量,防止新的污染物进入;同时,补水水源需满足一定的水质要求,避免引入新的污染物,再生水作为补水水源时,需经过深度处理,达到地表水V类及以上标准。

3.3 河道形态重构技术

河道形态重构以恢复河道自然地貌为目的,通过重塑弯道、深潭-浅滩结构和岸滩生态缓冲区等方式,构建多样化的栖息地环境,提高生物多样性。如河道裁弯取直恢复,即通过将自然弯曲的河道还原,增大河道长度,延长河水流量的滞留时间,提高水体的自我净化能

力。整治时,要根据自然地形和水文条件,确定适宜的弯曲半径、弯度和宽窄度,以防止因过度开发而造成的生态环境破坏。同时,为了避免因水流的冲刷而引起的岸坡崩塌,可以再弯曲段设置护岸设施。修复后的弯曲水道可以创造出各种流速分区,为各种水生动植物提供良好的生境。

生态护岸技术,是以绿色环保材料为核心,构筑集防洪、护岸和生态于一体的河岸结构,以实现水土间的物质交换。河岸结构按材料和结构的不同可以分为植物护坡、土工材料护坡和石料护坡三种。植物护坡是指在坡面上种植草本植物或是一些木本植物,发挥其固土效应,提高护岸生态功能,适合在坡度平缓、流速不大的地方使用。土工材料护坡则采用土工格栅、土工织物和生态袋等材料,与植被相结合,构成具有高强度和生态性能的组合护岸,适合于坡度大、流速快的河段。石料护坡是以块石、卵石等天然石料堆积而成,形成格宾网护岸、干砌石护岸等建筑物,石料间的间隙可以给水生生物提供栖息的地方,而且还具备很好的透水性,特别适合在山区河道和有高防洪需求的河道中使用。

3.4 生物群落重建技术

河道生物群落重建是河道生态修复研究的重要内容,通过人为手段,修复河道中的水生植物、水生动物和微生物群落,增强其自适应能力和稳定性。如水生植物的重建,在遵循因地制宜的基础上,针对河道的水质、水文、底质等特点,筛选出合适的乡土植物种类,建立挺水、浮水和沉水植物的复合植物群落。在栽植方法方面,可采用扦插和分株的方法将挺水植物栽植于河滩或浅水地带;可以采取盆栽和浮动床栽相结合的方法来控制其生长幅度;沉水植被可通过种播和苗木移栽两种方法栽植于深水区。例如,在富营养化河道中,可种植芦苇、香蒲等挺水植物,水葫芦、浮萍等浮水植物,构成立体的植物净化体系。同时,还需要定期收获水草,防止植物残体腐烂造成二次污染,收获后的水草可以作为有机肥和生物质能源等资源。

水生动物的重建,主要是水生动物的增殖,在水体中投喂适当种类的水生动物,以达到恢复种群和提高生态系统的目的。放流的鱼种要选用对本地生态环境有较好适应能力的鱼种,优先选用具有净化水质和维护生态平衡的鱼类、底栖动物。比如滤食性鱼类可以在水中以藻类和浮游生物为食,起到抑制赤潮的作用;底栖动物可以通过取食沉积物中的有机物来改善沉积物的生态环境。在放流活动中,要对放流的数量和规格进行严格的控制,防止因过量投毒造成生态平衡失调;对放流的

水生动物也要进行检疫,以防止引进外来物种和病原。同时,也要加大对放流海域的保护力度,杜绝违法捕鱼行为,为水生生物提供良好的生存条件。

微生物群落的调控,通过人为干预,实现菌群结构的优化,提高其对污染物的去除能力,其主要措施包括接种高效降解菌剂、添加微生物激活剂及构建生物膜载体等。接种高效降解菌剂,将筛选出的具有特殊降解作用的微生物投放到河道中,使其在较短的时间内达到较高的降解速率。添加微生物激活剂是指在水中投加氮、磷、钾等营养物质及微量元素,促进微生物的生长和繁殖。构建生物膜载体是指通过在载体上设置填料、载体等设备,使微生物在载体表面上附着、生长,并在其中形成生物膜,从而提高其在水中的滞留时间,提高其降解效果。如通过设置生态透水砖和悬挂生物绳等载体,可以有效地构筑生物膜,并增强其对水体的净化作用。

4 河道生态恢复技术应用优化策略

4.1 强化技术的集成创新

要通过强化多种修复技术的整合与创新,建立“水质净化—水文修复—形态重构—生物重建”综合技术体系,实现多种技术的协同增效。在河道治理项目实施之前,通过对河道水文特性、污染负荷、底质类型、生物群落等方面的综合调查和监测,结合整治目标,提出差异化、个性化的生态恢复方案。如:“污泥法+生态浮岛+微生物处理+生态护岸”的治理方式,可在城市黑臭河道治理中推广应用;在山地河道治理中,采用“生态恢复+土壤侵蚀治理+乡土植被改造”。同时,加强跨学科合作,促进水利、生态、环境和材料等多学科的交叉融合,提高技术的集成水平。

4.2 构建长效管理机制

构建“政府主导、企业参与、社会监督”的长效管理体制,明晰各方的职责和义务。在政府方面,要健全有关的法律、法规,加大对河道周围的污染源的控制力度,对污水排放、乱倒、乱捞等现象进行治理;建立专项运营基金,鼓励社会资本通过 PPP 模式、特许经营等方式参与生态修复项目运营。在企业层次上,鼓励企业组建专业的维护队伍,建立规范的运行维护程序,定期进行水生植物收割、河道清淤、设备维护和生物监测。在社会监督方面,要加大对生态环境的宣传和教育力度,

增强公众对河道的保护意识,并在此基础上,增强群众对河道的管理监督能力,营造一种全民参与的良好气氛。

4.3 完善生态效益评估体系

建立生态、经济和社会三大效益评价体系,提炼评价指标,建立统一、定量的标准;如生态效益指标应包括水质指标、生物指标、生态系统指标等;经济效益指标应包括水资源节约量、防洪减灾效益、旅游收入等;社会效益指标应包括人居环境改善程度、公众满意度等;综合采用定性与定量相结合的评估方法,将 3 S 技术和物联网等数字技术融入到评价体系中,对评价指标进行实时监控和动态评价。

4.4 加强技术研发转化

加强河道生态修复关键技术的研究与开发,构建产学研用的协同创新体系,促进科技成果向产业化发展。重点研究开发高效低成本微生物菌剂,新型生态护岸材料,水生植物资源化利用技术;同时,构建基于大数据和人工智能的流域水文调控模型、生态效益评价模型和智能监测预警体系,为河道生态环境的精细化管理提供科学依据。通过开展国际间的科技交流和合作,借鉴发达国家的先进技术和经验,并将其与国内河道的实际情况相结合,实现对河道生态修复技术的全面提升。

5 结语

河道治理工程是提升水环境质量、维护生态平衡、促进人与自然和谐共存的关键技术,今后需进一步深化多学科交叉研究,推动技术升级与管理模式创新,以实现河道生态系统的全面恢复与可持续发展,促进人与自然和谐共生。

参考文献

- [1] 蒋品. 生态修复技术在河道水环境治理工程中的应用[J]. 中国资源综合利用, 2025, 43 (03): 260-262.
- [2] 陈玲吉. 河道治理工程中生态修复技术的应用研究[J]. 水上安全, 2025, (05): 106-108.
- [3] 常娜. 生态修复技术在河道水环境治理工程中的应用[J]. 资源节约与环保, 2021, (08): 19-20.
- [4] 金星, 强超, 闫东宇, 等. 水生态修复技术在河道治理中的应用与研究[J]. 珠江水运, 2021, (13): 6-8.