

河流生态修复中近自然工法的应用与生态效益评价

王志永 王汇航

开封黄河河务局兰考黄河河务局 河南 开封 475300

摘要: 近自然工法以恢复河流自然生态功能为目标, 基于自然规律模拟河流形态与演化, 分河道形态、岸线生态、水质净化、生物栖息地营造四大类。其应用关键环节包括前期调研与方案设计、关键工法实施、施工过程质量控制。同时构建生态效益评价体系, 涵盖指标、方法、标准。为保障应用效果, 需采取技术支撑、施工管理、后期运维等措施, 确保生态系统稳定, 实现自我调节与良性循环, 为河流生态修复提供科学方案。

关键词: 河流生态修复; 近自然工法; 应用; 生态效益; 评价体系

引言: 河流生态修复是维护生态平衡、保障水资源可持续利用的关键举措。传统修复方式多侧重工程手段, 对生态系统自然规律考量不足。近自然工法应运而生, 它以恢复河流自然生态功能为核心, 遵循河流生态系统自然规律, 模拟自然形态与演化过程构建稳定生态系统。其涵盖河道形态、岸线生态、水质净化、生物栖息地营造等四大类修复工法。不过, 要实现良好修复效果, 需明确关键应用环节、构建生态效益评价体系, 并落实技术、施工管理、后期运维等保障措施。

1 近自然工法的技术原理与分类

在河流生态修复领域, 近自然工法扮演着至关重要的角色, 其核心目标聚焦于全面恢复河流的自然生态功能。这一工法的技术运用严格遵循河流生态系统的内在自然规律, 深度模拟自然河流的形态特征以及其动态演化过程, 致力于构建一个结构稳固、功能完备的河流生态系统。

近自然工法秉持着最小程度干扰自然生态系统的原则, 高度重视自然自身所具备的强大修复能力, 力求通过自然的力量实现生态系统的自我调节与良性循环, 避免过度人工干预对生态系统造成二次破坏。

依据不同的修复目标以及技术特性, 近自然工法可细致划分为四大类别。(1) 为河道形态修复工法, 该工法致力于恢复河流原本自然蜿蜒的形态, 重塑深浅交替的断面结构。这种多样化的形态结构能够为水生生物创造出丰富多样的栖息环境, 满足不同生物在生长、繁殖等不同阶段的需求。(2) 岸线生态修复工法, 其核心任务是修复岸线的自然属性, 通过采用生态友好的材料与技术手段, 增强岸线的稳定性, 同时提升岸线在生态服务方面的功能, 如净化水质、提供生物栖息场所等。

(3) 水质净化工法, 通过精心构建自然净化系统, 如人工湿地、生态浮岛等, 借助水生植物的吸收、微生物的

降解等自然过程, 有效提升河流对各类污染物的降解与净化能力, 改善水质状况。(4) 生物栖息地营造工法, 着重于修复或重建水生与陆生生物的生存环境, 通过营造适宜的生态环境, 吸引更多生物种类在此栖息繁衍, 从而提升整个区域的生物多样性。这四大类工法既各自独立发挥作用, 又相互关联、协同配合, 在实际应用中, 需根据河流具体的生态退化特征, 科学合理地组合应用, 以达成最佳的生态修复效果^[1]。

2 近自然工法在河流生态修复中的关键应用环节

2.1 前期调研与方案设计

前期调研是近自然工法应用的基础, 需全面掌握修复河段的自然环境、生态现状与退化特征。调研内容主要包括: 河道形态与断面结构、岸线稳定性、水文情势(流量、流速、水位变化等)、水质指标(溶解氧、COD、氮磷含量等)、生物群落结构(水生植物、鱼类、底栖生物等)及周边地形地貌与植被覆盖情况。通过调研明确河流生态系统的核心问题与修复目标, 为方案设计提供数据支撑。方案设计需基于调研结果, 结合近自然工法的技术特性, 制定针对性的修复方案。核心设计内容包括: 河道形态优化方案, 确定河道蜿蜒度、断面形式(如梯形、复合式断面)等参数; 岸线修复方案, 选择适配的岸线修复工法与生态材料; 水质净化方案, 设计自然净化系统的布局与规模; 生物栖息地营造方案, 明确栖息地的类型、分布与构建方式。同时, 方案设计需充分考虑河流的自然演化规律, 预留生态系统自我修复与演化的空间, 确保修复后的生态系统具有稳定性与可持续性。

2.2 关键近自然工法应用实施

关键近自然工法的应用实施是修复工作的核心, 需根据修复方案, 精准落实各类工法的技术要求。(1) 河道形态修复工法的实施重点是恢复河流的自然蜿蜒形

态,通过拆除硬化河道、裁弯取直河段的生态化改造、河道拓宽与深浅槽营造等措施,构建多样化的河道形态。例如,在直线硬化河道段,通过开挖弯曲河段、设置深潭与浅滩交替结构,提升河道的水力多样性,为水生生物提供不同的生存环境。(2)岸线生态修复工法多采用生态护岸技术,替代传统的硬质护岸。常用的生态护岸类型包括植被护岸、块石护岸、生态混凝土护岸、土工材料护岸等。植被护岸通过种植乡土耐水植被(如芦苇、菖蒲、垂柳等),利用植被根系固土固岸,同时提升岸线的生态功能;块石护岸采用天然块石堆砌形成多孔结构,为水生生物提供栖息空间,增强岸线的透水性及稳定性;生态混凝土护岸通过在混凝土中预留孔隙,植入植被或为生物提供生存通道,实现护岸的生态化。水质净化工法主要通过构建人工湿地、生态浮岛、水生植物净化带等自然净化系统,利用水生植物的吸收、微生物的降解作用,降低水体中的污染物含量,提升水质。生物栖息地营造工法通过种植水生植物、投放人工鱼巢、修复滩地等措施,重建水生生物的觅食、繁殖与栖息环境,同时优化河岸带植被配置,构建陆生与水生生物的过渡带,提升生物多样性^[2]。

2.3 施工过程质量管控

施工过程质量管控是确保近自然工法应用效果的关键,需重点关注施工工艺、材料选择与生态保护三个核心方面。(1)施工工艺管控需严格按照方案设计的技术要求,规范各工序的施工流程。例如,在生态护岸施工中,控制块石堆砌的孔隙率、植被种植的密度与深度;在河道形态改造中,精准控制河道的坡度、深度等参数,避免施工偏差影响修复效果。(2)材料选择需遵循生态友好型原则,优先选用天然材料或可降解、环境友好的人工材料,避免使用对生态系统有污染或破坏作用的材料。例如,选用本地天然块石、乡土植被品种,采用生态混凝土、土工布等环保材料。同时,加强材料质量检测,确保材料性能符合施工要求。(3)生态保护管控需贯穿施工全过程,避免施工活动对周边生态环境造成二次破坏。施工前划定施工范围与生态保护红线,施工过程中减少对水体、植被与生物栖息地的干扰,及时清理施工废弃物,施工后对施工区域进行植被恢复,确保生态系统的完整性。

3 河流生态修复近自然工法的生态效益评价体系

3.1 评价指标体系构建

评价指标体系需全面覆盖河流生态系统的核心功能,从水文水文调控、水质净化、生物多样性、岸线稳定性与生态景观五个维度构建。(1)水文调控指标主要

包括河道径流调节能力、水面率、水力多样性指数等,反映河流对水文情势的调节功能;水质净化指标包括溶解氧含量、COD去除率、氮磷去除率等,评估河流的水质改善效果;生物多样性指标包括水生植物覆盖率、鱼类物种数、底栖生物密度等,反映生态系统的生物群落恢复情况;岸线稳定性指标包括岸线侵蚀速率、护岸植被覆盖率等,评价岸线的生态稳定程度;生态景观指标包括植被覆盖均匀度、景观多样性指数等,反映河流生态景观的改善效果。(2)各方面指标需根据修复目标与河流类型进行筛选与优化,确保指标的针对性与可操作性。例如,针对城市河流,可增加生态景观相关指标的权重;针对农业区河流,重点强化水质净化与面源污染控制相关指标。同时,指标的选取需兼顾定量与定性指标,定量指标通过实测数据获取,定性指标通过现场调查与专家评估确定。

3.2 评价方法选择

生态效益评价方法需结合指标特性与数据获取情况,采用多种方法相结合的综合评价方式,核心包括对比分析法、层次分析法、模糊综合评价法。(1)对比分析法通过设置修复前的基准组与修复后的实验组,对比分析两组各项指标的差异,直观反映修复效果。例如,对比修复前后河流的水质指标、生物多样性指标变化,评估近自然工法的应用成效。(2)层次分析法通过构建递阶层次结构,明确各评价指标的权重,解决多指标评价中的权重分配问题。该方法通过专家打分确定指标间的相对重要性,计算各指标的权重值,确保评价结果的科学性。模糊综合评价法适用于处理评价指标中的模糊性问题,通过建立模糊评价矩阵,对各指标的评价结果进行综合分析,得出最终的生态效益评价等级。实际应用中,可将层次分析法与模糊综合评价法相结合,先通过层次分析法确定指标权重,再通过模糊综合评价法进行综合评分,提升评价结果的准确性与可靠性^[3]。

3.3 评价标准制定

评价标准是判断生态效益等级的依据,需基于河流的自然背景值、生态系统健康标准及修复目标制定。(1)评价标准的制定需遵循因地制宜原则,结合不同区域河流的生态特征,参考相关生态系统健康评价规范,确定各指标的分级标准(如优秀、良好、一般、较差四个等级)。例如,根据区域自然河流的水文情势,确定水文调控指标的优秀标准为径流调节能力 $\geq 30\%$ 、水力多样性指数 ≥ 0.8 ;根据地表水水质标准,确定水质净化指标的良好标准为溶解氧含量 $\geq 5\text{mg/L}$ 、COD去除率 $\geq 40\%$ 。(2)评价标准需具有动态调整性,随着生态系

统的恢复与演化,定期对评价标准进行修订与完善。通过将实测指标值与评价标准进行对比,确定各指标的评价等级,进而综合判断河流生态修复的整体生态效益等级,为后续修复方案的优化提供依据。

4 近自然工法应用的保障措施

4.1 技术支撑保障措施

技术支撑保障的核心是提升近自然工法的适配性与应用质量,主要包括技术研发与技术咨询服务。(1)加强近自然工法的关键技术研发,针对不同生态退化类型的河流,研发适配性强的修复技术与材料。例如,研发耐污染、易存活的乡土水生植物品种,开发高性能生态混凝土、环保土工材料等。同时,建立专业的技术咨询团队,为修复项目提供全过程技术指导,包括前期方案设计、施工工艺优化、施工过程技术难题解决等,确保技术应用的科学性与合理性。(2)加强技术交流与合作,推广先进的近自然工法应用经验,促进技术成果的转化与应用。通过开展技术培训、学术研讨等活动,提升技术人员与施工人员的专业水平,确保技术应用的规范性。

4.2 施工管理保障措施

施工管理保障措施旨在规范施工流程,提升施工质量,主要包括施工方案审核、施工过程监督与质量检测。(1)施工前,组织专家对修复方案进行审核,重点审核方案的技术可行性、生态适配性与安全性,确保方案符合近自然修复的核心要求。施工过程中,建立常态化的监督机制,安排专业监督人员对施工工序、材料使用、生态保护措施落实情况进行实时监督,及时发现并纠正施工中的问题。(2)建立严格的质量检测制度,对施工关键环节(如生态护岸施工、河道形态改造、水质净化系统构建)进行质量检测,检测指标包括材料性能、施工参数、生态指标等,确保施工质量符合设计要求。同时,规范施工档案管理,详细记录施工过程中的技术参数、检测结果、问题处理情况等信息,为后期运维与效益评价提供数据支撑^[4]。

4.3 后期运维保障措施

后期运维是确保修复后生态系统长期稳定的关键,核心包括生态系统监测、植被养护与干扰防控。(1)建立长期的生态系统监测体系,在修复河段设置监测点,定期监测水文、水质、生物多样性等指标,实时掌握生态系统的变化趋势。监测数据需及时整理分析,若发现生态系统出现退化迹象(如水质恶化、植被枯萎、生物多样性下降),及时采取针对性的干预措施。(2)加强植被养护管理,定期对修复区域的水生与陆生植被进行修剪、补植与病虫害防治,确保植被的正常生长与群落稳定。针对人工构建的水质净化系统、生物栖息地等设施,定期进行清理与维护,避免设施堵塞、损坏影响功能发挥。同时,加强干扰防控,严格管控修复河段周边的人类活动(如非法采砂、排污、过度捕捞等),减少人为干扰对生态系统的破坏,保障生态系统的良性循环。

结束语

近自然工法以恢复河流自然生态功能为核心,通过科学分类、精准应用及严格管控,在河流生态修复中成效显著。其生态效益评价体系全面且具针对性,为修复效果评估提供有力支撑。而技术支撑、施工管理、后期运维等保障措施,从技术研发到运维监测,形成完整闭环,确保了工法的科学性与长效性。未来,需持续加强技术研发创新,深化跨区域经验交流,依据不同河流生态特征优化保障措施,进一步提升近自然工法在河流生态修复中的适配性与有效性,推动河流生态系统向健康、稳定、可持续方向不断发展。

参考文献

- [1]许继军,景唤.河流生态修复理念与技术研究进展[J].农业现代化研究,2022,43(04):691-701.
- [2]查道平,李刘欢.城市河道中原位生态治理工程施工技术应用[J].城市建设理论研究(电子版),2025,(03):76-80.
- [3]史万荣,李超.浅谈喷灌技术在废弃矿山边坡生态修复实施中的应用[J].建筑科技,2021,5(3):66-68.
- [4]王伟,李俊生.中国生物多样性就地保护成效与展望[J].生物多样性,2021,29(2):133-149.