

水利工程中生态修复技术的应用研究

张艳凤 410823198803090101

摘要：水利工程在保障流域防洪安全、调配水资源、支撑区域经济发展的同时，也不可避免地改变了原河道水文情势、破坏了沿岸原生生态系统，引发水体富营养化、生物多样性下降、河岸侵蚀等一系列生态问题。本文结合我国水利工程生态保护的发展需求，梳理当前主流生态修复技术的类型与应用场景，分析技术应用过程中存在的适配性不足、后期维护缺失等问题，提出优化生态修复技术应用的具体策略，为水利工程领域实现工程效益与生态效益协同发展提供参考。

关键词：水利工程；生态修复技术；应用研究；生态效益

一、引言

我国是全球水利工程建设规模最大的国家之一，截至 2023 年底，全国已建成各类水库 9.8 万多座，总库容超 9000 亿立方米，河道堤防总长超过 42 万公里，这些水利工程在防洪减灾、农业灌溉、城乡供水、发电航运等领域发挥了不可替代的核心作用。但传统水利工程建设多以满足人类的资源开发与安全需求为核心目标，设计与施工过程中普遍采用硬化、渠化的工程方案，打破了河流原本的连续性与生态循环过程，导致河流自净能力下降、水生栖息地破碎化、生物种群数量缩减等生态问题。随着我国生态文明建设不断推进，水利工程的发展理念已经从传统的“重工程效益、轻生态保护”逐步转向“工程建设与生态保护协同发展”，生态修复技术在水利工程中的应用成为行业研究的热点方向。研究不同类型生态修复技术的适用条件与应用效果，对推动我国水利工程绿色转型具有重要的现实意义。

二、水利工程引发的主要生态问题

水利工程建设与运行对流域生态的影响主要体现在三个层面：第一，水文情势改变导致生态系统结构失衡。水利工程通过筑坝蓄水、河道裁弯取直等工程手段改变了河流的自然流速、水位波动规律与径流周期，原本适应自然水文变化的水生生物无法适应人工调控后的水文环境，导致部分土著物种种群数量下降，外来入侵物种占据优势地位，生态系统稳定性被破坏。第二，河道硬衬砌破坏水陆交错带生态功能。传统河道治理为了提升防洪能力、减少水土流失，大量采用混凝土、浆砌石对河岸与河底进行全断面硬化，阻断了河道水体与岸带地下水的交换过程，导致水陆交错带的微生物栖息地消失，河流自净能力大幅下降，增加了水体富营养化的发生概率。第三，工程建设导致生境破碎化。水库蓄水会淹没大

面积的原生植被与陆地栖息地，拦河大坝会阻断洄游鱼类的产卵洄游路线，导致水生生物种群被分割，基因交流受阻，生物多样性持续下降。

三、水利工程中常用的生态修复技术

（一）河岸生态修复技术

河岸生态修复主要针对传统硬衬砌河岸的生态缺陷，核心目标是恢复河岸的透水透气功能与植被缓冲带作用，常用技术包括生态袋护坡、植物纤维毯护坡、多孔质混凝土护坡三种。生态袋护坡技术采用填充了本土土壤与改良剂的高分子透水袋垒砌形成护坡结构，表面种植本土草本与灌木植物，既能够满足河岸抗侵蚀的工程要求，又可以为动植物提供栖息地，适用于流速不超过 2m/s 的中小型河道岸坡修复。植物纤维毯护坡技术是将椰壳纤维、秸秆等天然植物纤维压缩成毯状，覆盖在岸坡表面后植入草种，纤维毯可以起到固土保墒的作用，随着植物根系生长逐步腐烂成为肥料，该技术成本较低，适用于坡度较缓、侵蚀程度较轻的河岸修复。

（二）水体生态修复技术

水体生态修复主要用于改善水利工程影响区域的水质，恢复水体自净能力，常用技术包括人工湿地修复、生态浮岛、微生物修复三种。人工湿地技术通过模拟天然湿地的结构，在低洼区域铺设填料、种植水生植物，让污染水体缓慢流过湿地，通过填料吸附、植物吸收、微生物分解的共同作用去除水体中的氮磷等污染物，该技术对面源污染的去除效果较好，运行成本低，适用于水库入库口、河道滩地的水质净化。生态浮岛技术利用轻质浮体载体将挺水植物固定在水面，植物根系深入水中吸收氮磷营养物质，同时为微生物提供附着载体，还可以为鱼类提供产卵场所，该技术不占陆地面积，可根据水质情况灵活调整面积，适用于水库库区、城市景观河道的水质改善。

（三）水生栖息地修复技术

水生栖息地修复主要目标是恢复生物多样性，修复破碎化的生境，常用技术包括生态流量保障、鱼道建设、底栖生境重构三种。生态流量保障技术通过水库优化调度，下泄满足流域生态需求的基础流量，维持河流基本的水文过程，保障下游水生生物的生存需求，该技术从流域层面解决水文改变带来的生态问题，是其他修复技术实施的基础。鱼道建设技术在拦河大坝上设置连通上下游的过水通道，通过控制通道内的水流速度，帮助洄游鱼类越过大坝完成产卵洄游，目前我

国已经在长江、珠江流域的多个大坝建设了生态鱼道，对保护洄游鱼类资源起到了积极作用。

四、生态修复技术应用存在的问题

当前生态修复技术在水利工程中的应用还存在三个方面的不足：第一，技术适配性不足，部分工程在选择修复技术时没有结合流域的气候、水文、水质实际情况，盲目照搬其他区域的成功案例，比如在北方寒冷区域应用南方常用的挺水植物浮岛技术，冬季低温导致植物大量死亡，修复效果达不到设计要求。第二，重建设轻维护，很多水利生态修复项目完成验收后，没有建立长期的维护管理机制，植被枯萎后没有及时补植，浮体载体损坏后没有及时维修，导致修复效果逐年下降，部分项目甚至几年后就完全失去生态功能。第三，生态修复缺乏系统性，当前很多修复项目仅关注局部河岸或水质的改善，没有从流域生态系统的整体层面进行规划，只解决了表层问题，无法实现生态系统的整体恢复。

五、优化生态修复技术应用的对策

针对当前应用过程中存在的问题，可以从三个方面进行优化：第一，建立差异化的技术选择体系，在修复工程设计阶段，开展全面的流域本底调查，结合区域气候、水文、水质、生物种群特征选择适配的修复技术，优先选用本土物种与本土材料，降低技术应用的风险，提升修复效果的稳定性。第二，完善长效运维管理机制，将水利生态修复项目的运维经费纳入地方财政预算，建立定期监测评估制度，根据监测结果及时开展补植、维修等维护工作，保障修复项目长期发挥生态效益。第三，推进流域系统性生态修复，打破行政区域与工程边界，从流域生态系统完整性出发，统筹规划水文、水质、栖息地等多要素的修复工作，实现水利工程与自然生态系统的和谐共生。

六、结论

水利工程生态修复是实现我国水利行业绿色可持续发展的核心内容，生态修复技术的合理应用，能够有效缓解水利工程建设对流域生态的负面影响，实现工程效益与生态效益的双赢。当前我国生态修复技术体系已经初步形成，能够覆盖不同类型水利工程的生态修复需求，但在技术适配、长效运维、系统修复等方面还存在不足，未来需要进一步加强不同类型技术的适配性研究，完善流域系统性修复的标准规范，推动水利生态修复技术不断发展，为我国生态文明建设提供支撑。

参考文献

- [1] 董哲仁. 河流生态修复研究进展[J]. 水利学报, 2015, 46(02): 127-135.
- [2] 董哲仁, 孙东亚, 赵进勇. 水利生态修复的理论与技术[M]. 北京: 科学出版社, 2016.
- [3] 王浩, 王建华. 新时期我国水生态修复的形势与任务[J]. 中国水利, 2021, (01): 1-5.