

北方季节性河道生态治理与水资源高效利用 协同技术研究

董丹丹¹, 史利霞², 陶延利³

1. 嵩县德亨镇人民政府, 河南 洛阳 471400

2. 嵩县田湖镇人民政府, 河南 洛阳 471400

3. 嵩县河湖事务中心, 河南 洛阳 471400

DOI:10.61369/WCEST.2026010016

摘 要 : 针对北方季节性河道枯汛交替、生态退化、水资源浪费与短缺并存等问题, 本研究聚焦河道生态修复与水资源调控、水质净化与循环利用、生态栖息地构建与水资源配置三大维度构建三大协同技术体系, 实现生态治理与水资源高效利用融合。通过梯级蓄水、智能调度、生态修复、循环利用等手段, 破解断流、水土流失、水质恶化等难题, 形成拦蓄补源、精准调控、循环利用、生态适配闭环模式, 为北方季节性河道生态修复与水资源可持续利用提供技术支撑。

关 键 词 : 北方季节性河道; 生态治理; 水资源高效利用

Research on Synergistic Technologies for Seasonal River Ecological Management and Efficient Water Resource Utilization in the North

Dong Dandan¹, Shi Lixia², Tao Yanli³

1. People's Government of Deting Town, Song County, Luoyang, Henan 471400

2. People's Government of Tianhu Town, Song County, Luoyang, Henan 471400

3. River and Lake Affairs Center of Song County, Luoyang, Henan 471400

Abstract : In response to the problems such as seasonal alternation of river floods and droughts, ecological degradation, waste of water resources and shortage of water resources in the north, this study focuses on the construction of three collaborative technical systems in three dimensions: river ecological restoration and water resource regulation, water quality purification and recycling utilization, and ecological habitat construction and water resource allocation. This aims to achieve the integration of ecological governance and efficient utilization of water resources. Through measures such as staged water storage, intelligent scheduling, ecological restoration, and recycling utilization, it solves problems such as water cut-off, soil erosion, and deterioration of water quality, forming a closed-loop model of interception and replenishment, precise regulation, recycling utilization, and ecological adaptation. This provides technical support for the ecological restoration and sustainable utilization of water resources in seasonal rivers in the north.

Keywords : northern seasonal river course; ecological management; efficient utilization of water resources

引言

我国北方地区, 特别是西北地区, 气候干旱少雨, 河流以季节性河流为主。受气候变化、人类活动等因素的影响, 季节性河道枯水期断流、汛期洪涝、生态系统退化及水资源利用低效问题突出, 对区域生态安全及经济发展形成严重制约^[1]。传统治理多侧重单一功能, 生态修复与水资源利用协同性不足, 难以从根本上解决矛盾。对此, 需以协同增效为核心, 整合生态修复、水资源调控、水质净化等技术, 构建多维度协同体系, 实现防洪、生态修复、水资源储备与高效利用多重目标, 助力区域生态保护与高质量发展。

一、河道生态修复与水资源调控协同技术

（一）枯水期生态基流保障技术

北方季节性河道枯水期常面临断流久、生态基流不足、生态系统退化等问题，生态基流保障技术以拦蓄补源、精准调度为核心，实现水资源盘活与生态修复协同。拦蓄补源聚焦水资源收储，结合地形构建梯级小型蓄水工程+地下水回补立体体系。在上游及支流区域，修建小型塘坝、谷坊等工程，拦截枯水期径流与山地渗流，形成分散蓄水节点，减少水资源流失并提供稳定补水源。针对地下水超采致河道干涸问题，通过疏浚河底砂层、修建渗渠增强水体下渗，将拦蓄水资源引入地下水含水层，实现地表、地下循环补给，改善地下水环境并支撑周边植被生长。精准调度依托数字化监测与智能调控，平衡生态基流与生产生活用水。

（二）汛期生态护岸与洪水利用协同技术

北方季节性河道汛期暴雨集中、洪峰量大，易引发河岸冲刷、水土流失，且洪水浪费严重，生态护岸与洪水利用协同技术以生态护岸固坡、雨洪集蓄利用为核心，实现防洪、生态修复与水资源储备增效。生态护岸突破传统硬质护岸局限，采用生态材料+植被配置复合模式，兼顾稳定性与生态功能。推广格宾石笼、植被混凝土、生态袋等技术，以多孔材料为水生生物提供栖息地，在护岸周边种植芦苇、香蒲等本土水生植被及固土灌木，通过根系固土增强抗冲刷能力，减少水土流失。针对弯曲段、陡坡段等易冲刷区域，增设生态丁坝、护滩带，减缓流速、降低洪水冲击，营造多样化生物栖息地。雨洪集蓄与生态护岸联动，构建岸带缓冲、集蓄利用、生态补给体系。在护岸外侧打造生态缓冲带，通过植被截留、土壤下渗减缓流速、净化污染物，同时将雨水引入湿地、坑塘集蓄，实现洪水原位滞留净化。中下游结合护岸布局修建集蓄工程，收集洪水经净化后用于枯水期生态补水、灌溉及景观用水，达成汛期存水、枯期用循环。

（三）河道形态修复与水资源存蓄协同技术

北方季节性河道多经人工裁弯取直、渠道化改造，导致形态单一、蓄水空间萎缩、生态功能弱化，河道形态修复与水资源存蓄协同技术以蜿蜒性重构、蓄水空间拓展为核心，通过恢复自然形态提升蓄水能力与生态承载力^[2]。蜿蜒性重构遵循自然演化规律，摒弃直线渠道设计，增设弯道、浅滩、深潭等地形，恢复河道自然形态。在平缓区域开挖新弯道、回填人工直段，延长河道长度、减缓流速、增加水体停留时间，提升蓄水能力。构建浅滩、深潭交替微地形，浅滩种植水生植被，深潭增强蓄水容量，为水生生物提供栖息空间，同时减少水资源流失。蓄水空间拓展与蜿蜒性重构同步推进，通过断面优化、滩地改造、水系连通挖掘潜力。将单一矩形断面改为梯形、复式断面，拓宽滩地并修建生态洼地、蓄水沟，雨季蓄洪、旱季补地下水。对周边废弃坑塘、洼地生态化改造，通过沟渠与主河道连通，构建主河道、支

流、坑塘、湿地水系网络，拓展蓄水空间并改善水质。

二、水质净化与水资源循环利用协同技术

（一）原位生态净化技术

北方季节性河道枯汛交替、水质波动大、自净能力弱的问题；原位生态净化技术以湿地系统为载体、水生植被为核心，构建耦合体系，实现水质原位改善与水资源循环滞留协同，既规避污染扩散，又为蓄水循环提供优质水源。湿地系统采用天然修复与人工强化复合模式，在支流汇入处、河道弯曲段及滩地，通过疏浚基底、梳理水系恢复天然湿地滞洪净化功能。同步增设人工湿地模块，以表面流与潜流复合工艺构建基质、微生物、植被三维结构，依托本地砂石、活性炭吸附重金属与氮磷，借助微生物降解有机物，形成多层级净化屏障。植被与湿地耦合是提升水质净化效能的关键，遵循本土适配、功能分区原则搭配群落：挺水植被区沿边缘种植芦苇、香蒲截留颗粒物，浮水植被区用睡莲、浮萍吸收氮磷，沉水植被区以狐尾藻、金鱼藻净化底层水体并增氧。针对北方冬季植被枯萎问题，搭配耐寒物种并回收残体防二次污染，保障全年净化效果。

（二）再生水河道补给与生态适配技术

北方季节性河道枯水期缺水严重，再生水作为稳定补给水源，核心是实现水质达标与生态友好双向协同，兼顾循环利用与生态安全。构建预处理、深度处理、尾水消毒三级体系，确保水质达标。针对城镇生活与工业废水，先经格栅、沉淀池去除悬浮颗粒物与大分子有机物，再通过生物膜法、超滤技术精准去除氮磷、重金属及微量污染物，最后经紫外线或臭氧消毒，确保出水符合景观环境用水及生态补水标准，严控COD、氨氮指标，溶解氧不低于5mg/L，适配水生生物生存。聚焦补给与生态系统兼容性，通过参数调控与方式优化实现协同。补给量采用阶梯式模式，结合生态基流阈值逐步提升，规避水量突变扰动生态。补给时序选在枯水期中期，避开水生生物繁殖高峰。补给方式采用多点分散、生态缓冲，沿线设补给口并搭配沟渠缓冲带，使再生水二次净化后缓慢汇入，同时控制水温差在3℃内，保障生物活性。

（三）农业面源污染控制与灌溉用水高效协同技术

北方河道周边农田密集，农业面源污染是水质恶化主因，且灌溉耗水量大。农业面源污染控制与灌溉用水高效协同技术以控污减耗、循环利用为核心，构建污染防控、水质净化、高效灌溉体系，实现农业与生态双赢。污染控制采用源头减量、过程拦截、末端净化三级模式，源头推广测土配方施肥，减少氮磷用量，搭配生物农药降低残留。畜禽养殖区建设粪污资源化设施，发酵转化为有机肥，杜绝废水直排。过程与末端聚焦径流污染，在农田与河道间构建生态缓冲带、生态沟渠系统：缓冲带种植狗牙根、结缕草拦截污染物，生态沟渠以植被、基质结构深化净化，同时收集雨水与农田尾水汇入集蓄池塘，搭配生态梯田、覆盖种植技术减少水土流失。高效灌溉与控污深度耦合，推广滴灌、喷灌替代漫灌，搭配精准系统调控用量与时序。构建尾水净化、灌溉循环体系，净化尾水与雨水消毒后用于灌溉，枯水期引

入河道净化水、再生水形成多元供水，建立灌溉水质监测机制，既控源减污改善河道水质，又提升灌溉效率，降低新鲜水资源依赖。

三、生态栖息地构建与水资源高效配置协同技术

（一）梯级蓄水型栖息地构建技术

针对北方季节性河道枯水期断流导致栖息地破碎化、水资源储备不足的双重问题，梯级蓄水型栖息地构建技术以梯级蓄水为骨架、生态适配为核心，通过层级蓄水工程与多元栖息环境构建，实现生物栖息地修复与水资源动态储备深度协同，既为水陆生生物提供稳定生存空间，又能高效拦蓄汛期雨水、涵养地下水，支撑枯水期生态补水与多元用水需求。紧密结合河道地形与水文节律，遵循自上而下、梯级布局、生态优先原则，在上游及支流区域修建小型塘坝、谷坊形成初级蓄水节点，拦截山地径流与坡面渗流，同时将塘坝周边改造为浅滩湿地，种植本土挺水植被与固土灌木，为小型水生生物、鸟类打造专属觅食繁殖场所。河道中游平缓段建设生态堰坝与梯级蓄水池，堰坝采用多孔生态材料搭建，专门预留鱼类洄游通道，蓄水池周边同步构建深潭、浅滩、植被带复合微生境，深潭负责蓄水储能，浅滩培育沉水植被，植被带发挥缓冲净化与固土作用，显著提升栖息地多样性。二者通过空间分层、功能互补释放协同效能：梯级工程形成分散蓄水网络，汛期拦蓄的洪水经植被、土壤净化转化为优质水源，减少水资源流失。枯水期通过梯级调度释放水源，维持核心区段生态基流，保障栖息地水体稳定，同时补充农业灌溉与生态用水，实现汛期存水、枯期用的良性循环。梯级蓄水池预留防冻层，搭配耐寒植被与深水栖息区，全面保障全年栖息地稳定与水资源储备的协同运转。

（二）城乡用水统筹与河道生态保障协同技术

北方季节性河道周边城乡用水与生态用水矛盾突出，枯水期该问题尤为显著，城乡用水统筹与河道生态保障技术以供需平衡

调控为核心、多元协同为支撑，通过科学规划、智能调度与技术适配，实现城乡生产生活用水与河道生态用水动态平衡，既足额保障城乡用水需求，又筑牢河道生态安全底线。技术应用的前提是建立总量管控、优先生态的水资源统筹规划体系，结合区域水资源总量与河道生态需水阈值，科学划分生态与城乡用水配额，将生态基流保障作为水资源配置的前置条件，明确枯、平、汛三期差异化用水比例。平水期与汛期优化用水结构，合理分配水资源，同时结合城乡发展规划与生态保护目标动态调整配额，坚决避免用水扩张挤压生态空间。通过智能调度、技术替代、结构优化三大路径调控供需，实现平衡。智能调度层面，构建水文监测、用水计量、动态调控一体化平台，精准捕捉生态需水与城乡用水实时状况，枯水期采用错峰供水、梯度调控模式，调整工农用水时序以避免生态用水高峰，同步通过闸门调控保障河道最小生态基流。汛期主动加大城乡用水储备，将富余水资源引入周边湿地与生物栖息地，提升区域生态承载力。技术替代层面，全面推广节水与再生水利用技术，城乡普及节水器具与高效灌溉模式，工业领域推进节水改造与生产废水循环利用，城镇再生水经深度处理后用于绿化、工业冷却等，以再生水替代河道水，间接保障生态用水。结构优化层面，严控高耗水产业准入，农业领域优化种植结构，减少高耗水作物种植，推广旱作与生态农业。同时建立跨部门协同机制，统筹水利、生态环境等部门职责形成工作合力，精准适配北方河道水资源时空分布不均特征，实现城乡用水保障与河道生态保护双向共赢。

四、结语

本文基于北方季节性河道的水文节律与生态需求，构建河道生态治理与水资源高效利用协同技术体系，能有效破解生态治理与水资源利用的核心矛盾。梯级蓄水、智能调度、生态护岸等技术的应用，实现了枯水期基流保障、汛期洪水利用、水质净化与栖息地修复的有机统一。

参考文献

- [1] 靳忠强, 裴如龙, 刘卓. 北方地区季节性河道生态修复治理 [J]. 甘肃科技, 2023 (10): 31-34.
- [2] 姜瑞雪, 韩冬梅, 宋献方, 等. 再生水补给河道周边水体特征——以北京潮白河顺义段为例 [J]. 资源科学, 2020 (12): 2419-2433.
- [3] 张伟, 卓家军, 刘博雅, 等. 顺直河道低水生态修复理念与方法 [J]. 科学技术与工程, 2015 (16): 91-95.