

基于生态环保理念的水利工程布局规划路径研究

何金艳

宜昌市夷陵区水利资源利用服务中心 湖北 宜昌 443000

【摘要】：传统水利工程布局过度偏向防洪、灌溉专项功能，忽略河流生态系统完整属性，流域内部会出现水文节律紊乱、生态脉络断裂、水体净化性能衰退等各类生态弊病。文章依托生态环保核心理念，结合河流生态修复、水土生态协同发展相关理论，挖掘传统水利工程布局潜藏的生态缺陷，梳理生态友好型工程布局对应的优化技术体系。理论成果与技术手段相互融合，从点位管控、设施配套、全周期监管三层维度搭建水利工程生态布局的规划框架。研究成果能够支撑现代水利工程绿色布局规划工作开展，可为行业实践提供参考依据，推动工程建设活动与流域生态保护工作协同提质发展。

【关键词】：生态环保；水利工程；布局规划；生态修复；全周期监管

DOI:10.12417/2811-0536.26.08.097

引言

水资源开发利用、防灾减灾是传统水利工程布局的核心建设目标，行业长期存在重视工程实用功能、忽视生态环境保护的建设偏差。大规模工程改造活动打破流域自然生态平衡状态，河道生态退化、生物物种减少等环境问题逐步凸显。国内生态文明建设工作持续推进，水利工程建设模式朝着生态化、绿色化方向转型，生态环保理念成为工程布局规划的核心执行标准。传统工程布局模式与生态保护工作存在天然矛盾，文章依托流域生态系统整体属性，整理生态水利规划相关理论，挖掘传统布局模式的生态弊端，整合各类生态优化技术，搭建适配现代生态保护标准的水利工程布局规划体系，为流域水利绿色建设、水土生态协同发展提供实践参考。

1 生态水利工程布局规划理论基础

1.1 河流生态系统修复基础理论

流域整体属性、生态系统统筹属性是河流生态系统修复理论的核心内核，跳出单一河道治理的局限思维，围绕水文、水质、地貌、生物四类核心生态要素开展协同修复工作。河流属于水陆耦合形成的复合型生态系统，天然河道的蜿蜒形态、动态变化的水文过程、类型丰富的滩涂栖息地，是各类水生动植物存续繁衍的基础条件。工程干预会造成河流生态结构碎片化，修复理论遵循自然演替的固有规律，人工适度干预方式可以弥补自然生态修复的短板，重塑河道水文动态循环体系，恢复河道地貌多元形态，完善水陆生态过渡带结构^[1]。自然生态原生结构会得到优先保留，人工改造行为控制在合理范围，流域生态系统结构完整度与功能稳定性可实现双重提升，为生态水利工程布局工作提供核心生态依据。

1.2 水利工程生态适配规划原则

工程建设与生态保护的衔接标准由水利工程生态适配规划原则界定，整套准则贯穿工程选址、布局设计、施工建设、后期运维全部阶段，包含生态优先、适配发展、全域协调、长效存续四项核心内容。核心生态区域会在工程布局过程中优先避让，生态保护红线、水源保护区域、水生生物栖息场地等敏感生态单元，不会受到工程建设的过度扰动。流域水文特质、地形地貌、生态资源禀赋存在地域差异，工程布局需要贴合区域实际情况，摒弃固化统一的工程建设模板。全域发展视角统筹流域上下游、河道两岸、水陆空间的生态关联，局部工程调整不会引发整体生态失衡问题。工程实用价值与生态长期效益会得到同步兼顾，水资源开发、灾害防控、生态修复的多元需求相互平衡，水利工程产生的社会、经济、生态三类效益可实现统一发展。

1.3 水土生态协同平衡发展机理

流域水体生态系统与土壤生态系统存在依存制衡的关联特性，该特性是水土生态协同平衡发展机理的核心内容，也是生态水利布局规划的底层理论支撑。流域水文节律、水流速度、水质状态会改变沿岸土壤含水率、养分结构与渗透性能，沿岸植被生长状态、水土保持效果都会随之改变。沿岸土壤结构、植被覆盖面积、地形坡度同样会反向影响水体泥沙含量、径流状态与生态稳定性，两类生态系统形成闭环循环的整体结构。水土生态的联动属性会被传统工程布局模式割裂，流域范围内会出现水土流失、河道淤积、岸带退化等现象^[2]。生态化工程布局可强化水土联动保护效果，工程形态优化、水土过渡空间保留、植被缓冲带搭建等举措，能够维持水土物质交换与能量流动的动态平衡，稳固流域水土生态的整体稳定状态。

2 水利工程传统布局生态短板

(1) 河道直线化布局破坏自然水文节律：河道直线化、规整化的布局形式多用于传统水利工程建设，施工流程与行洪排涝效率能够得到优化，但天然河道原生的蜿蜒形态被彻底改变，自然水文节律出现永久性损伤。天然河道弯曲结构可分化出缓流区、急流区、回水湾等多元水文空间，径流速度调节、洪水水量蓄积、水位波动缓冲等功能均可实现，适配各类水生生物的生长繁衍规律^[3]。河道直线改造会缩短水流通行路径，整体水流速度趋于均匀且流速提升，洪水汇集速度加快、洪峰峰值增大，河道天然调蓄功能持续弱化。固定的高速水流状态改变枯水期与丰水期的水文波动规律，鱼类洄游、浮游生物繁殖所需的水文条件被破坏，河道水文生态类型趋于单一，水生生物群落结构逐步退化，河道可承载的生态体量持续降低。

(2) 工程占地割裂水陆生态连通空间：传统工程布局侧重实用功能落地实施，水陆生态系统的连通属性未得到重视。大坝、闸站、堤防及配套设施的大面积占地，切断了流域水陆生态的物质交换渠道与生物迁徙路径。天然流域的河道、滩涂、岸坡、绿地组合形成完整生态廊道，水陆及两栖生物的迁徙觅食、繁衍栖息活动集中于此，水土养分与有机物质的循环传输也依托该空间开展。滩涂湿地、滨水植被带会被工程建设占用，水陆过渡区域出现硬化封闭问题，水陆生态系统形成独立个体，物质与能量循环体系彻底断裂。河道纵向连通结构会被闸坝设施阻隔，鱼类洄游行为与水体泥沙输送过程受到阻碍，上下游生态群落出现隔离现象，局部水域生物物种数量减少，滨水生态系统碎片化问题愈发突出。

(3) 硬质护坡结构削减河道自净能力：混凝土、浆砌石等硬质护坡结构广泛应用于传统河道治理，岸坡防冲刷、堤防稳固的基础功能可得到保障，河道原生的生态净化体系却会遭受破坏，水体自我净化的基础性能持续降低。天然土质岸坡与植被缓冲带具备渗透、吸附、过滤的天然属性，土壤截留、植被吸收、微生物分解的协同作用，可降解水体内部的氮、磷等污染物质，完成水质自然净化过程。硬质护坡隔绝水体与土壤、植被的生态交互通道，天然过滤净化功能完全丧失，水体污染物长期堆积无法降解。硬质坡面无植被附着空间与孔隙结构，微生物、底栖生物失去生存载体，河道生态菌群结构失衡，生物净化体系失去原有功能，水体富营养化、水质恶化等水环境问题持续加剧。

3 生态友好型水利工程布局优化技术

(1) 多目标布局优化算法：多目标布局优化算法可以适配生态水利工程的多元建设需求，是行业核心量化技术，打破传统模式只关注单一工程效益的局限，防洪、供水、生态、水土保持的多元需求可同步实现最优布局。流域生态承载体量、工程建设投入成本、水资源利用效率、生态扰动程度是算法的核心约束指标，多维度目标函数依托上述指标搭建。遗传算法、粒子群优化算法等智能技术，可对工程点位、建设规模、布局形态开展量化迭代优化。工程实用价值与生态保护价值能够实现平衡协调，布局集中、过度建设引发的生态损伤问题可有效规避。流域地形、水文、生态实测数据可用于算法参数校准，筛选出生态扰动小、综合效益高的工程布局方案，为水利工程精细化布局提供量化技术支撑。

(2) 生态补偿工程配置技术：生态补偿工程配置技术可修复工程建设引发的生态扰动，是生态优化核心技术。配套生态工程的落地实施，可抵消主体工程产生的生态负面影响，维持流域生态总量动态平衡。主体工程造成的生态破坏类型与覆盖范围，是补偿措施制定的核心依据，技术体系包含岸带生态修复、栖息地重构、生态补水、植被重建四类核心内容。格宾石笼、生态混凝土、植草护坡等柔性结构，可替换传统硬质护坡解决岸坡生态缺陷。生态鱼道、滨水湿地、生态滩涂的搭建，能够修复断裂的水陆生态廊道。生态流量泄放设施可保障河道基础水量，改善受损的水文节律，全方位修复工程建设带来的各类生态损伤。

(3) 布局方案生态模拟方法：布局方案生态模拟方法可预判工程布局的生态影响，为方案优化提供技术支撑。数值模拟与仿真技术的应用，能够动态优化工程布局模式，降低生态负面影响。MIKE 水文模型、SWAT 水土模型、栖息地适宜性模型是核心应用工具，不同布局方案对应的流域水文过程、水质变化趋势、水土保持效果、生物栖息环境均可完成仿真推演。不同方案的生态扰动强度、修复成效、生态稳定状态会形成数据对比，方案内部的生态薄弱环节可精准识别，工程点位、形态、建设规模能够得到针对性调整。传统经验预判的主观偏差可以有效规避，建设前期的生态风险可提前排查，仿真数据能够支撑布局方案的筛选与落地，提升生态水利布局的稳定性能。

(4) 案例分析：某平原流域河道生态整治水利工程为本次研究案例，原有直线化河道与硬质护坡布局，让流域生态出现持续退化问题。多目标优化算法、生态补偿配置、生态模拟预判三类技术，全面应用于本

次工程改造工作。工程点位与建设规模通过多目标算法完成优化调整, MIKE 模型完成全维度生态模拟推演, 生态护坡、鱼道、滨水湿地等补偿设施同步配套建设。流域河道生态整治工程改造前后监测数据对比见表 1。

表 1 流域河道生态整治工程改造前后监测数据对比

监测指标	改造前数值	改造后数值	变化幅度	检测周期
水体 TN 含量(mg/L)	2.16	1.22	-43.5%	全年月度监测
水体 TP 含量(mg/L)	0.32	0.15	-53.1%	全年月度监测
水生生物种类(种)	28	46	+64.3%	季度普查
河道生态流速(m/s)	1.85	1.20	-35.1%	实时监测
岸带植被覆盖率(%)	32.5	78.2	+140.6%	季度普查

工程改造完成后, 流域水文节律稳定性显著提升, 河道水体净化性能稳步增强, 水生生物栖息空间持续扩增, 工程防洪功能与生态修复需求实现有效平衡。整套优化技术体系具备落地价值与实用效果, 可为同类水利生态改造工程提供成熟的实施参考。

4 基于生态环保理念的水利工程布局规划路径

(1) 因地制宜细化工程点位布局管控: 流域生态资源存在地域差异, 水利工程点位布局管控需要贴合区域特质, 摒弃统一固化的布局模式, 搭建精细化分区管控体系。全域流域生态普查工作可清晰划定生态保护红线、水生生物核心栖息地、水土敏感区、水源涵养区等禁建区域, 核心生态单元不会受到工程点位的过度干扰。流域上下游、干支流水文条件、地形地貌、生态功能定位存在差异, 工程点位布局与形态设计需要差异化落地^[4]。山区流域重点开展水土保持与生态护坡建设, 平原流域侧重完善水系连通结构与修复生物栖息地。

(2) 配套生态设施同步规划落地建设: 主体工程

优先、配套设施滞后、功能建设优先、生态治理滞后的传统建设问题, 可通过同步规划建设机制彻底解决。主体工程与生态配套设施的规划、施工、投用环节保持同步推进, 工程原有生态短板可通过针对性设施建设补齐。生态修复、生态连通、水质净化类设施可适配不同工程的生态缺陷, 柔性生态护坡、滨水植被缓冲带、生态浅滩可改善河道硬化问题。生态流量监测与泄放设施的搭建, 能够保障河道基础生态水量, 修复受损水文节律。生态鱼道、连通涵洞、湿地净化设施可重构水陆连通体系。

(3) 构建工程全周期生态监管体系: 水利工程生态布局的落地成效依托全周期生态监管体系保障, 监管范围覆盖工程规划、施工、运维、退役全部阶段。工程规划阶段设置生态预审环节, 布局方案会开展专项生态影响评价, 生态扰动严重的建设方案予以否决。施工阶段落实现场生态管控要求, 施工占地、渣土排放、水流扰动都会受到严格管控, 临时生态保护举措可降低施工阶段的生态损伤^[5]。运维阶段搭建水文、水质、生物多样性动态监测网络, 工程运行对流域生态的影响可实时把控, 运维方案能够动态调整优化。工程退役阶段开展生态修复效果评估, 完成场地生态结构重构。

5 结语

生态环保行业发展的整体诉求, 推动生态水利工程布局理论体系持续完善。传统水利工程布局存在的水文节律紊乱、生态空间割裂、水体净化性能弱化等问题逐步凸显。多目标优化、生态补偿、生态模拟等技术的整合应用, 可搭建点位精细管控、生态设施配套、全周期监管的三维规划框架。传统工程布局与生态保护相互脱节的行业难题得到有效解决, 工程实用功能与生态保护价值实现协同适配。不同流域的生态资源禀赋与工程建设需求存在差异, 后续研究可优化量化技术参数与规划体系内容, 为绿色水利工程建设、流域生态高质量发展提供贴合实际的技术支撑。

参考文献:

- [1] 钮媚娜.多目标优化体系水利水电工程建设规划研究[J].山西水利,2024,(11):45-48.
- [2] 付意成,张剑,赵进勇,等.水利工程生态服务价值多要素测算与其空间异质性研究[J].水利学报,2025,56(11):1408-1419.
- [3] 刘姿辰,王蓁.水利生态环境保护中的水文水资源管理优化运用探究[J].皮革制作与环保科技,2025,6(17):93-94+106.
- [4] 李银.生态水利工程在水利建设中的运用探讨[J].内蒙古水利,2025,(5):20-21.
- [5] 陈思,王政攀,邓颖,等.基于生态环保的水利工程污水治理研究[J].清洗世界,2024,40(12):160-162.