基于生态理念的水利工程规划与设计优化策略

李小龙　代慧杰
河南省水务规划设计研究有限公司　河南　郑州　450000

摘　要：针对传统水利工程规划设计中长期存在的工程化、硬质化技术路线与自然生态规律冲突的问题，本研究从流域整体管控视角出发，系统梳理传统模式在水系整体性统筹、生态空间预留、生境保护层面的系统性短板，明确生态理念导向下水利工程规划设计的三项核心原则，从全域水系连通、场地生态空间布局、水资源生态化调配三个维度提出规划优化路径，同步形成生态护岸结构、工程材料构造、水生生态群落配套的全流程设计优化策略。研究结果可为区域水利工程生态化改造提供可落地的技术框架，在保障工程结构安全与基础功能的前提下，实现水利工程建设与流域生态系统保护的协同推进。

关键词：生态理念；水利工程；工程规划；设计优化；策略

引言：当前我国水利工程建设已从单一功能开发阶段，逐步转向工程安全效能提升与流域生态系统协同保护的高质量发展阶段。长期以来，传统水利工程规划设计以防洪、供水、发电等工程目标为核心，较多采用全硬化、裁弯取直等工程技术手段，虽快速实现了工程功能落地，但也造成了不同程度的水系碎片化、生境破坏、自净能力下降等次生生态问题，部分流域甚至出现水文节律紊乱、水生生物群落退化等不可逆影响。在此背景下，将生态理念全面嵌入水利工程规划设计全流程，破解传统工程模式与自然生态运行规律的固有冲突，构建适配流域生态特征的复合型水利工程技术体系，已成为当前水利行业高质量发展亟需解决的核心技术议题。

1 传统水利工程规划设计存在的生态短板

传统水利工程规划设计阶段，长期以防洪、供水、发电等核心功能为首要目标，设计思路侧重通过工程技术手段调控水系，较多采用工程化、硬质化、规整化的技术路线，在满足社会民生需求的同时，与自然水域生态系统的运行规律存在不同程度的适配偏差，逐步显现出系统性的生态设计短板。（1）在规划层面，受过往技术条件与管理边界限制，多数工程对流域水系整体性、连通性的前置统筹考量存在不足，规划管控范围通常以单一工程点位的核心建设区为主，未完全将上下游河道、周边湖泊、连通沟渠、滨水湿地等生态单元纳入统一分析框架，在部分项目中一定程度上弱化了流域内不同水体之间的水力联系，造成局部水系空间碎片化，对水体自然循环路径与营养物质纵向、横向交换通道形成扰动，进而对流域局部区域的水文调节效率产生不利影响。（2）在结构设计层面，传统方案为保障工程结构的长期运行稳定性，较多采用混凝土硬质护坡、硬化渠底、裁弯取直型直线河道改造方式，不同程度改变自然河道长期演化形成的原有地形地貌与天然水文节律，部分封闭水土界面的物质交换通道，弱化河道水体的自然自净能力，对鱼类、底栖生物等水生生物的原有栖息、产卵、洄游生存环境造成一定干扰。同时，传统设计阶段生态空间预留指标的刚性约束相对不足，部分工程建设对滨水绿地、自然滩涂、深浅交错浅滩等水陆过渡生态空间形成占用，一定程度上降低了水域生态系统的自我调节阈值，后续运行阶段在局部区域易出现水体淤积速率加快、水质指标波动、水生生态群落结构单一化等次生问题[1]。

2 生态理念下水利工程规划设计核心原则

2.1 水系整体性统筹原则

生态理念下的水利工程规划设计，首要遵循水系整体性统筹原则，摒弃传统单点式、碎片化的工程设计模式，以完整流域管控单元作为规划工作的基础边界，系统统筹流域内上下游、左右岸、干支流之间的水力联系与生态关联。规划过程中需充分尊重自然水系长期演化形成的蜿蜒形态、原有水文节律与原生空间分布特征，通过工程布局的系统性优化，保障流域尺度下的水系连通性、水体流动性与水文过程稳定性。在具体工程布局规划环节，同步兼顾水系输水、蓄水、排涝的基础服务功能，以及生态涵养、水体净化、生物栖息的自然生态功能，实现水利工程建设目标与整体水系环境的适配融合，从流域管控层面规避局部工程改造对全域水系生态平衡造成的不可逆破坏[2]。

2.2 水系自然本底原生性保护原则

自然水系经长期自然演化形成的原生地形、自然滩

涂、原生边坡、本土植被群落，是支撑水域生态系统稳定运行的核心基础条件。生态理念下的水利工程设计严格遵循最小干预、最大限度保护的技术原则，严格控制对自然水系原生地貌格局的人工扰动强度，从设计源头规避过度开挖、河道渠化改造、全断面硬质衬砌等具有强生态胁迫性的工程行为。在具体工程设计环节，优先充分利用原有河道走向、天然地形高差、现状自然植被等原生自然基底条件，依托自然本底构建完整的水利工程功能体系，完整保留河道内浅滩、深潭、缓流区等多样化的水域形态单元，为不同习性的水生生物营造类型多元的栖息环境，从空间层面维持水域生态结构的完整性与群落稳定性。

2.3 功能与生态协同原则

生态理念导向下的水利工程设计，并非弱化工程结构安全与常规使用功能，而是通过技术路径优化，实现工程核心功能与生态系统效益的双向协同提升。设计全流程以工程结构长期安全、运行工况稳定为刚性前置约束，同步嵌入生态修复、水土养护、滨水环境优化的专项设计内容，系统兼顾防洪排涝、水资源科学调配的实用功能价值，以及水体自然净化、流域生态涵养、滨水空间环境优化的生态服务价值。通过工程结构参数优化、生态友好材料替换、水陆过渡空间重构等技术手段，系统性解决传统水利工程中功能目标与生态保护要求的冲突，最终构建既完全满足水利工程长期运行需求，又严格适配自然生态运行规律的复合型水利工程技术体系。

3 基于生态理念的水利工程规划优化路径

3.1 全域水系连通性规划优化

水系连通是保障流域水体自然循环、提升水域自净能力、维持生态系统活力的核心基础条件。（1）在水利工程整体规划阶段，需将全域水系连通性作为核心优化方向，系统排查并疏通现状碎片化、梗阻化的水系节点，针对性修复河道、沟渠、塘库之间被人为阻断的水体交换通道，保障不同水体单元之间的水体自由流动、水量合理交换。（2）规划过程中完全摒弃传统直线化、一刀切的河道治理模式，保留自然河道长期演化形成的蜿蜒形态特征，利用河道自然弯曲段形成的缓流区、滞留区，实现水体涵养、污染物沉淀、本土水生植被自然养护。（3）结合流域地形条件合理规划全域水域高差分布与水流节律，避免局部河段水流流速过快或大面积水体静止滞流，维持全流域稳定的水文环境，为水生植物、微生物、不同习性的水生动物提供适宜的生存条件，从流域全域层面恢复水系自然循环能力与生态系统自我调节功能[3]。

3.2 工程场地生态空间规划优化

传统水利工程的场地规划体系，长期过度侧重工程建设用地的功能覆盖，无差别挤压滨水生态空间，直接导致水域与陆地之间的生态过渡带完全缺失，水陆生态系统的物质交换路径被人为阻断。（1）生态导向下的场地规划需重点优化整体空间布局，在工程建设用地边界外预留充足的滨水缓冲空间，系统规划浅滩湿地、滨水绿地、生态护岸带等不同功能的过渡区域，构建水域、滩涂、绿地、陆地多层级连续的生态过渡体系。（2）通过合理调整工程占地红线范围，严格控制硬化场地的占比指标，系统性提升场地本土植被覆盖率与表层水土自然渗透能力。在场地竖向规划环节，完全顺应自然地形原有起伏形态，禁止实施大规模土方平整与强制性地形改造，最大限度减少对场地原有本土植被、成熟土壤结构的破坏，完整保留场地原生生态基底，从空间管控层面弱化工程建设全周期对区域生态环境的人为扰动。

3.3 水资源调配模式生态化规划

水资源调配规划直接决定流域水系的水量平衡状态与水体整体活性，传统静态蓄水、集中输水的刚性调配模式，易造成局部河段水体长期停滞、富营养化风险升高、水质持续恶化等问题。（1）生态化水资源调配规划采用动态化、均衡化的技术逻辑，在满足生产生活供水需求的前提下，合理调控梯级蓄水水位、分段输水节奏、全域水体换水周期，严格维持全河段基础生态流量，从运行层面避免河道断流、水体干涸、污染死水长期堆积等不良工况。（2）规划过程中需严格匹配不同时段的水域生态需水规律，分时段保障河道常年基础生态水量，维持全流域水体的流动性与生态活性。同时，优化雨水、地表水、沟渠存水的多源水资源综合调配模式，提升流域水资源自然涵养与循环利用能力，大幅减少大规模人工强制调水带来的剧烈水文扰动，最终实现水资源高效利用与流域生态系统养护的协调统一[4]。

4 基于生态理念的水利工程设计优化策略

4.1 生态护岸与边坡结构设计优化

护岸边坡是水利工程结构与水域生态系统直接接触的核心界面，也是传统水利工程建设中生态缺陷表现最突出的功能部位。传统全硬化混凝土护岸的应用，直接切断了水陆生态系统的物质交换路径，是造成滨水生态功能退化的核心诱因之一。（1）设计环节需完全摒弃传统全硬化混凝土护岸结构，全面采用生态护岸设计模式，结合工程所在河段的防洪标准、水流流速、岸坡地质条件，针对性选用生态格网、植草砌块、土石混合护

坡、水生植被固坡等适配性柔性生态结构，直接替代传统全断面硬质硬化结构。（2）生态护岸结构具备良好的透水性与透气性，能够保障水土界面之间正常的物质交换与自然水分渗透，避免边坡土体完全固化、表层土壤活性彻底丧失。同时，生态护岸的多孔结构可稳定附着水生微生物，表层可定植经过筛选的本土草本植被，在满足边坡土体结构抗滑稳定、防止水土流失的基础功能前提下，还能为不同习性的水生生物提供栖息、繁衍、避险的适宜空间，系统性修复河道边坡的生态服务功能，最终提升河道整体生态系统的长期稳定性与抗干扰能力。

4.2 工程材料与构造细节生态优化

水利工程的材料选型与细部构造设计，直接决定工程建设全周期及长期运行阶段对水域生态环境的影响程度，是生态水利设计体系中不可缺失的关键技术环节。（1）传统化工类、全封闭硬质工程材料的大规模应用，易造成水土界面的完全阻隔、水陆生态系统的人为隔离，部分材料在长期浸水条件下还会出现微量有害物质析出的问题，完全不符合生态水利的建设管控要求。（2）生态化设计环节需建立专项的工程材料生态性能筛选机制，优先选用天然、透水、无有害物质析出、适配本土水生态环境的工程材料，从材料源头杜绝外源污染物向水体释放，全程保障流域水体环境安全。在渠底、堤脚、水工构筑物基础等以往被忽略的隐蔽部位的构造设计中，减少整体式全封闭硬化设计，针对性增设透水缝隙、生态孔洞、栖息凹槽等特殊构造，为小型水生生物、底栖生物提供专属生存空间。（3）同步优化各类拦水、输水水工构筑物的细部构造参数，降低构筑物对自然水流的阻隔与扰动作用，减缓下泄水流的冲击强度，避免破坏河道底部原生基质与定植水生植被，维持水体生态环境的长期稳定性与本土生物群落多样性[5]。

4.3 水域生态群落配套设计优化

水利工程主体结构施工完成后，需同步配套开展水域生态群落专项优化设计，构建具备长期自我调节能力的稳定水域生态体系。（1）设计过程中需结合工程建成后的实际水域水深、水流流速、现状水质条件，合理筛选本土物种配置沉水植物、浮水植物、滨水陆生植物，形成多层级、复合型的水生植被群落，充分发挥植被净化水体污染物、吸附悬浮杂质、涵养滨水水土、调节局部微水文过程的功能。（2）在水域空间改造环节，通过微地形调整合理营造深潭、浅滩、缓流、急流等多样化水域形态，打造差异化的生态栖息空间，满足不同习性水生生物的生存、繁衍需求。通过生态群落的科学物种搭配与生境空间精准营造，系统性提升水体自然自净能力，抑制有害藻类异常滋生，持续改善水域水质条件，逐步修复水系受损的自然生态功能，最终实现水利工程人工结构与原生水域生态系统的有机融合。

结束语

基于生态理念的水利工程规划与设计优化，并非对传统水利工程核心功能的弱化，而是在工程结构安全刚性约束的基础上，通过全流程技术路径的系统性调整，实现水利工程综合效益的全面提升。本研究提出的规划优化路径与设计策略，完全立足于流域自然生态本底特征，从源头规避传统工程模式对水系生态系统的人为扰动，可有效破解长期以来工程功能与生态保护之间的矛盾。后续工程实践中，需进一步结合不同流域的水文地质条件与生态保护目标，细化各项技术参数的适配标准，逐步形成覆盖规划、设计、施工、运行全生命周期的生态水利技术体系，为流域水利工程的绿色低碳转型提供稳定支撑。

参考文献

[1]李广荣,万治江.生态理念下水利工程设计优化策略研究[J].水上安全,2026,(7):91-93.

[2]胡艺欣.水利工程景观生态化规划设计方法与提升策略探讨[J].中文科技期刊数据库（文摘版）工程技术,2026,(2):190-193

[3]王方方.基于生态环保理念的水利工程布局规划路径研究[J].黑龙江水利科技,2026,54(3):85-86+94.

[4]宋安原,车宇阳,杨夏威,等.水利工程生态修复与移民安置规划的耦合机制及价值优化研究[J].价值工程,2026,45(25):120-122.

[5]田振.水利工程中的生态友好型护坡结构全生命周期设计策略[J].科技创新与应用,2026,16(21):120-123.