

基于生态优先的引调水工程前期环境影响评估及对策

曾波

新疆水利发展投资（集团）有限公司

DOI:10.12238/hwr.v9i3.6168

[摘要] 随着水资源跨区域调配需求日益增加,大型引调水工程在解决用水矛盾的同时,也面临着复杂的生态环境挑战。随着全球气候变暖,极端天气频繁,全球范围内出现的河流断流、湿地萎缩和物种消失等问题日益严重,人们越来越重视生态水利。这就要求在水利开发时,特别是在项目前期阶段,要准确识别潜在生态风险、建立科学的评估体系,成为实现绿色发展目标的关键。本文聚焦引调水工程前期阶段,从生态优先视角出发,系统分析工程建设可能引发的流域分割、水源迁移等关键环境影响特征,提出优化调度机制、实施生态置换、构建预警网络等策略,形成覆盖全周期的生态保护方案,以期平衡水资源开发与生态系统稳定提供实践参考。

[关键词] 生态优先; 大型引调水工程; 前期环境影响评估; 应对策略

中图分类号: TV68 **文献标识码:** A

Environmental impact assessment in the early stage of a large-scale water diversion project based on ecological priority And coping strategies

Bo Zeng

Xinjiang Water Conservancy Development Investment (Group) Co., LTD

[Abstract] With the increasing demand for cross regional allocation of water resources, large-scale water diversion projects are facing complex ecological and environmental challenges while solving water conflicts. With global climate change and frequent extreme weather, problems such as river interruption, wetland shrinkage, and species disappearance are becoming increasingly serious worldwide, and people are paying more and more attention to ecological water conservancy. This requires accurate identification of potential ecological risks and establishment of a scientific evaluation system during water conservancy development, especially in the early stages of the project, which becomes the key to achieving green development goals. This article focuses on the early stages of water diversion projects, starting from an ecological priority perspective, systematically analyzing the key environmental impact characteristics that may be caused by the construction of the project, such as watershed segmentation and water source migration. Strategies such as optimizing scheduling mechanisms, implementing ecological replacement, and building warning networks are proposed to form an ecological protection plan covering the entire cycle, in order to provide practical reference for balancing water resource development and ecosystem stability.

[Key words] ecology priority; large-scale water diversion project; preliminary environmental impact assessment and response strategy

引言

跨流域水资源调配工程在缓解区域用水时空矛盾中发挥着重要作用,但其建设过程往往对自然生态系统产生深远影响。工程规划阶段普遍存在生态影响预判不足,导致生物栖息地破碎、水文循环改变等连锁反应。环境影响本底调查不足,工程建成后环境影响评价滞后。不能有效评价引调水工程环境影响评价。本文基于生态优先视角,针对引调水工程规划设计环节分析环

境影响特征、探讨环境影响评估方法、制定环境影响预防性策略,探索在保障供水功能的同时最大限度维护生态完整性的可行路径。

1 基于生态优先的引调水工程前期环境影响特征

1.1 流域分割效应凸显

人工输水设施的介入对自然流域完整性产生不可忽视的切割作用。大坝、渠道、管道等线性工程的延伸形成物理阻隔带,

直接截断地表径流的自然汇流路径。这种分割效应不仅体现在水体流动层面,改变着流域内物质能量的交互模式。水生、陆生生物迁徙路线受阻导致种群交流频率下降,陆域生态系统的水分补给路径偏移引发植被分布格局改变^[1]。分割效应的影响具有空间异质性,调出区域上游可能因水量截留出现栖息地萎缩,下游地区则面临泥沙输移量骤减引发的河床稳定性问题。地下含水层与地表水体的水力联系被工程设施打破后,部分区域出现土壤墒情异常波动,加剧生态系统的破碎化进程。调入区水量增多,潜在的水体污染增加,这些变化往往超出传统工程评估的观测范围,需要通过高精度生态制图技术识别潜在断裂带,为优化工程布局提供空间依据。

1.2 水源迁移胁迫显现

跨流域调水引发的生态压力呈现双向传导特征。水源调出区面临水量减少的直接冲击,河道基流削减导致湿地生态系统服务功能衰退,依赖稳定水文条件的生物群落生存空间被压缩。受水区则承受着外来水源输入带来的适应性挑战,水体理化性质的改变可能触发藻类异常增殖等生态响应。这种胁迫效应在不同季节呈现动态变化:枯水期输出区的生态承载力逼近临界阈值,丰水期受水区又可能出现水体自净能力超载。水质差异引发的沉积物再悬浮过程可能改变底栖生境条件,微生物群落结构重组进一步影响物质分解速率^[2]。规划阶段需建立水量调配的弹性控制机制,既要保障基础供水需求,又要为生态敏感期预留缓冲水量,重点监测两区交界地带的水文地质条件变化,防范因水力梯度改变引发的次生环境问题。

1.3 生态过程阻断显著

引调水工程对自然水文节律的干预往往造成生态过程的时序紊乱。水流速度的人为调控改变溶解氧的垂向分布特征,削弱水体自净能力的动态平衡机制。泥沙输移路径的强制性调整打破河床形态的自然塑造进程,影响底栖生物群落的演替方向。同时,更深层的影响体现在生物地球化学循环层面,营养盐输移通量的改变可能引发流域尺度的元素失衡,外来水源携带的异质物质干扰沉积物界面反应过程^[3]。阻断效应具有隐蔽性和累积性,常规监测手段难以捕捉其渐变轨迹,为此,工程设计中需重点协调水流调控参数与生物活动周期的匹配度,例如避开鱼类产卵期进行流量调节、引入生态过程模拟技术预判关键节点的脆弱性阈值、建立工程运行参数与生态响应指标的动态关联模型等,为维持生态过程连续性提供调控依据。

2 基于生态优先的引调水工程前期环境影响评估方法

2.1 构建生态水文耦合模型

科学设定生态系统的承受边界需要建立层次分明的约束框架。体系包含三个互相关联的层级:基础层级聚焦水文要素,明确维持河道基本功能的流量下限与水位波动阈值;生物层级关注关键物种生存需求,划定鱼类产卵所需流速范围、湿地植物萌发的水深区间;综合层级统筹环境承载能力,设定水土流失速率上限、水体自净周期标准。阈值确定需结合实地观测与数值

模拟,例如通过追踪候鸟迁徙规律调整湿地水位调控时段,依据底栖生物分布密度修正河床冲刷强度限制值。

实际应用中需考虑不同区域生态特征的差异性,在干旱区重点控制盐分积累阈值,在湿润区强化富营养化防控指标。面对输水效率与生态保护的矛盾,采用权重分析法平衡多目标需求,优先保障濒危物种栖息地的刚性约束。阈值体系通过量化生态成本指导方案优化,例如对比不同管线走向对河岸带植被的干扰强度,筛选对敏感节点影响最小的路由方案。动态维护机制根据气候波动调整阈值参数,在极端干旱年份启动应急弹性区间,既保障基本供水需求又守住生态安全底线。

2.2 建立多维生态阈值体系

科学界定生态系统的承受边界是工程规划的核心任务,需要构建涵盖多要素的阈值框架体系。该体系由基础层、响应层、综合层构成层次分明的约束网络:基础层锁定水文要素阈值,包括维持河道基本功能的生态基流量、保障河岸植被生长的水位波动幅度;响应层聚焦生物群落指标,设定珍稀物种存续所需的最小栖息面积、群落结构稳定性的物种丰度临界值;综合层统筹环境容量参数,明确水土流失速率的安全上限、水体自净周期的恢复时限。阈值确定过程需结合现场观测与数值模拟,例如通过鱼类洄游行为监测划定产卵期流速波动范围,利用植被覆盖度遥感反演推算湿地退化的面积阈值。

实际应用中需建立阈值动态修正机制,区分丰水年与枯水年的弹性调整区间,预设极端气候条件下的应急调控系数。面对不同阈值间的冲突矛盾,如输水效率提升与生态流量保障的博弈,采用多目标决策模型寻找最优平衡点。阈值体系的应用价值不仅体现在设定刚性约束,更在于为方案比选提供量化参照,通过对比不同线路布局对敏感生态节点的干扰程度,筛选出生态影响最小的实施方案。工程规划人员可依托该体系开展生态成本核算,将阈值突破风险转化为可量化的环境代价指标,为方案优化提供直观决策依据。

2.3 整合时空动态评估技术

提升评估精度需要突破传统方法的时空限制,构建全过程分析框架。空间评估采用生态单元划分法,将工程影响区细分为水文连通单元、生物栖息单元等功能区块,监测各单元间的能量交换与物质迁移规律。时间维度建立施工准备期、试运行期、常态运营期的连续观测序列,捕捉生态响应的滞后效应与累积趋势。技术整合重点解决数据尺度差异问题,例如将卫星遥感的大范围地表覆盖数据与水文站点的定点监测数据进行时空校准。

评估系统应引入智能诊断模块,自动识别流量突变与生物群落变化的关联特征,提前预警生态失衡风险。开发交互式模拟平台支持方案动态调整,规划人员可实时修改输水线路坡度、闸门启闭频率等参数,观察生态影响云图的即时反馈。跨流域效应分析中,系统能追踪水源输出区地下水下降与受水区土壤盐渍化的传导路径,揭示间接影响环境的潜在威胁。通过模拟不同调度方案下生态影响的时空扩散模式,可为工程参数优化

提供精准调控依据,确保水资源配置方案始终处于生态安全容限范围内。

3 基于生态优先的引调水工程前期环境影响应对策略

3.1 生态流量保障,优化调度机制

保障河流生态功能需要构建灵活的水量调控机制,依据不同河段生态敏感性实施分区管理,在珍稀物种繁殖区、重要湿地等核心保护区设定刚性流量保障线,确保全年维持生物生存所需的最低水位。对于生态弹性较强的河段,应建立季节性水量调配方案,在植物种子传播期,人工制造洪峰,允许在植物休眠期适度降低流量,但需限定调整幅度不超过历史自然波动范围。

技术支撑体系包含三维水文模拟平台与生态响应评估模块的双向耦合。模拟平台整合气象预报、土壤墒情等多源数据,预测不同调度方案下的水流传播过程。评估模块重点分析流量变化对底栖生物、河岸植被的影响滞后效应,为方案优选提供生物适应性指标。实际操作中需摸清环境本底数据,建立调度效果反馈机制,定期比对预期生态目标与实际监测结果的偏离度,及时修正模型参数,平衡水资源调配的经济效益与生态成本,为长距离调水工程的可持续运营提供技术保障。

3.2 栖息地补偿,实施生态置换

生态置换工程需遵循“功能等效、空间衔接”的基本原则,构建替代性生境网络。重点修复因渠道建设中断的生物迁徙廊道,通过人工湿地群、仿自然河曲等工程措施重建生态连接。河道整治采用近自然工法,保留河床基质多样性,营造深潭与浅滩交替的水体结构。岸线修复优先选用乡土植物进行立体配置,形成乔灌木结合的复合群落结构。补偿区选址应考虑与现存保护地的空间关联,利用生态廊道增强区域景观连通性^[4]。

同时,置换效果评估建立多维指标体系,涵盖生物多样性指数、生态系统服务价值等核心要素。如引入生物指示物种作为监测对象,追踪种群数量恢复趋势与群落结构稳定性;定期开展沉积物采样分析,检测重金属迁移转化特征,评估人工生境的污染物净化效能等。补偿工程实施后期需建立自主演替促进机制,逐步减少人工干预强度,引导生态系统向自然平衡状态过渡,重点防范外来物种入侵风险,在补偿区外围设置生态缓冲带进行生物隔离,弥补工程直接占用的生态空间,借助结构优化提升区域生态系统的整体韧性。

3.3 风险阈值设定,构建预警网络

风险防控体系的建立需要科学界定不同生态要素的承载边界,阈值设定应采用“压力-状态-响应”框架,将工程活动强度、

生态系统健康度、管理调控措施三者动态关联。核心阈值包括水质突变临界值、生物群落崩溃阈值、土壤侵蚀速率阈值等,每个阈值配套分级预警信号。预警网络建设依托物联网技术,在输水干线、敏感生态节点布设多参数监测站,实现水文、水质、生物指标的同步采集与云端传输。

智能分析平台开发需攻克多源数据融合技术,消除监测设备间的时空尺度差异。采用机器学习算法识别异常数据模式,例如通过流量突变序列预测藻类爆发的概率。预警响应实行分区分级管理,划定红色管控区、黄色警戒区、绿色安全区三级空间管控单元。应急调控预案包含水源紧急切换、生态补水激活等多场景处置方案,定期开展多部门联合演练检验响应效率。系统运行后期建立阈值动态更新机制,根据生态系统演替规律逐年修正预警参数,通过全过程防控体系将被动应对转化为主动干预,不断提升工程运营的生态风险管控能力,从而为复杂环境下的水资源调度决策提供安全保障。

4 结束语

水资源调配工程的生态保护实践正在经历从末端治理向源头防控的转变。当前工程规划中生态优先理念的落实,关键在于建立全过程的风险预判与动态调控机制。通过优化调度机制、实施生态置换、构建预警网络等策略,能够有效平衡供水保障与生态维护的双重需求。未来工作重点应转向多源数据的深度融合,提升环境评估的时空分辨率,同时加强跨学科技术团队的协作能力。在工程方案比选阶段引入生态成本核算体系,将有助于量化不同方案的可持续性差异。只有持续优化规划决策的技术支撑体系,才能真正实现大型引调水工程建设与区域生态系统稳定的协同发展。

[参考文献]

- [1]曾涛.长距离引调水工程地下水环境影响分析研究[J].福建水力发电,2024,(01):25-27+31.
- [2]李鑫.万家寨引黄调水工程对生态环境影响分析及保护对策[J].水利技术监督,2024,(02):249-251.
- [3]魏静新.跨流域调水工程对资源与环境的影响研究[J].供水技术,2023,17(02):15-18+22.
- [4]余大江.滇池补水工程干河泵站区环境影响分析及保护措施[J].长江技术经济,2022,6(S1):89-91.

作者简介:

曾波(1986—),男,四川遂宁人,本科,高级,研究方向:水利工程建设与管理。