

区域生态环境治理工程方案优化与技术经济分析

李朝飞 姚会 韦会福

云南爱迪信生态科技有限公司, 中国·云南 昆明 650501

摘要: 区域生态环境问题呈现出复合性、累积性与空间差异性特征, 单一治理手段已难以满足系统改善需求。以区域生态环境治理工程为研究对象, 围绕工程方案优化与技术经济分析展开系统论述, 从治理目标统筹、技术路径整合与工程实施协同等方面入手, 构建符合区域特征的治理工程方案体系。本文通过对关键技术配置、工程组织方式及运行成本结构的综合分析, 探讨了技术可行性与经济合理性的协同优化机制, 明确不同方案在治理效能、投资控制与运行稳定性方面的差异表现, 为区域生态环境治理工程科学决策与高效实施提供理论依据与技术支撑。

关键词: 区域生态环境治理; 工程方案优化; 技术路径; 技术经济分析; 综合评价

Optimization and Technical-economic Analysis of Regional Ecological Environment Management Project

Li Chaofei, Yao Hui, Wei Huifu

Yunnan Aedisin Ecological Technology Co., LTD., China Yunnan Kunming 650501

Abstract: Regional ecological and environmental issues exhibit complex, cumulative, and spatially heterogeneous characteristics, rendering single governance approaches inadequate for systemic improvement. This study examines regional ecological governance projects, systematically analyzing optimization of engineering solutions and techno-economic evaluations. By coordinating governance objectives, integrating technical pathways, and enhancing project implementation synergy, it establishes a governance framework tailored to regional characteristics. Through comprehensive analysis of key technology configurations, project organization models, and operational cost structures, the paper explores the synergistic optimization mechanism between technical feasibility and economic rationality. It clarifies the performance disparities among different solutions in governance efficacy, investment control, and operational stability, providing theoretical foundations and technical support for evidence-based decision-making and efficient implementation of regional ecological governance projects.

Keywords: Regional ecological and environmental governance; Project scheme optimization; Technical pathways; Techno-economic analysis; Comprehensive evaluation

0 引言

随着区域开发强度不断提升, 生态系统结构与功能承受的压力持续加大, 生态退化、水土流失与环境风险叠加问题在多地集中显现。区域生态环境治理工程作为改善环境质量、恢复生态功能的重要抓手, 其实施成效在很大程度上取决于工程方案的科学性与经济合理性。在实际实践中, 部分治理工程仍存在技术组合针对性不足、投资与效益匹配度不高以及运行管理成本偏大的问题, 制约了治理效果的长期稳定发挥。因此, 有必要从工程整体视角出发, 对区域生态环境治理工程方案进行系统优化, 并引入技术经济分析方法, 对不同技术路径和实施模式进行综合评估, 以实现治理效果、工程成本与运行效率之间的协调发展。

1 区域生态环境治理工程总体方案构建

1.1 区域生态环境问题识别与治理目标设定

区域生态环境治理工程的科学实施建立在对环境问题

精准识别的基础之上。区域尺度下的生态问题往往具有成因复杂、表现多样与时空差异显著的特征, 既包括自然条件变化引发的生态退化, 也包含人类活动强度持续叠加造成的环境压力。在治理工程方案构建过程中, 需要结合区域自然地理格局、生态系统结构与社会经济发展水平, 对水环境质量下降、生态功能弱化、环境承载能力不足等突出问题进行系统梳理。在此基础上, 治理目标的设定应体现生态修复与环境改善的整体要求, 兼顾生态系统结构稳定性与功能恢复需求, 通过定量与定性相结合的方式明确治理方向、控制尺度与预期成效, 使治理目标具备可实施性与可评估性, 为后续工程方案设计提供明确指引。

1.2 生态环境治理工程方案的系统构成与技术路径

生态环境治理工程方案具有系统性特征, 其构成涵盖工程措施、技术手段与管理机制等多个层面。在方案设计过程中, 需要从区域生态系统整体出发, 统筹考虑水体修

复、生态结构重塑、污染削减与环境风险防控等内容,通过合理配置工程单元形成协同运行的技术体系。技术路径的选择应注重与区域生态特征的匹配关系,避免技术应用与环境条件脱节的问题,同时强调工程措施之间的衔接性与连续性,使各类治理手段在空间布局与功能发挥上形成有效联动。通过系统化方案构建,可以增强治理工程的综合效益,提升技术实施的稳定性与长期适用性,为区域生态环境质量持续改善奠定工程基础^[1]。

2 区域生态环境治理工程技术方案优化分析

2.1 治理工程关键技术组合与适配性分析

区域生态环境治理工程往往涉及多种技术手段的综合应用,关键技术组合的合理性直接影响工程实施效果。不同区域在自然条件、污染类型与生态敏感程度方面存在明显差异,单一技术难以满足多目标治理需求,需要通过技术组合实现功能互补。在优化过程中,应重点分析各类技术在治理对象、作用机理与实施条件方面的适配关系,评估其在区域环境背景下的应用潜力与限制因素。通过对关键技术组合方式的系统分析,可以识别技术协同与冲突环节,优化配置结构,提升治理工程在复杂环境条件下的适应能力与运行效率。

2.2 不同治理技术方案的协同优化机制

协同优化机制是提升区域生态环境治理工程整体效能的重要途径。不同治理技术在作用层级、响应周期与运行成本方面存在差异,若缺乏协同设计,容易出现功能重叠或效益削弱的问题。通过构建技术协同机制,可以在工程设计阶段统筹考虑各类技术的组合逻辑与运行关系,使其在空间布局、时间安排与功能发挥上形成有机衔接。协同优化不仅有助于提升治理效果的整体水平,还能够降低重复投入与运行消耗,增强工程系统的稳定性与灵活性,为区域生态环境治理提供更加高效的技术支撑。

2.3 技术方案优化对治理效果稳定性的影响

技术方案优化在保障区域生态环境治理效果稳定性方面具有关键作用。治理工程在实施初期往往能够取得一定改善成效,但若技术方案缺乏系统优化,治理效果容易随时间推移而减弱。通过对技术方案进行持续优化,可以提升工程系统对环境变化与外部干扰的响应能力,使治理效果保持相对稳定状态。优化后的技术方案在运行过程中能够更好地适应区域环境条件变化,降低运行风险,延长工程有效服务周期,从而实现生态环境治理由短期改善向长期稳定转变,为区域生态安全提供持续保障。

3 区域生态环境治理工程实施条件与工程组织优化

3.1 工程建设条件对方案优化的约束分析

区域生态环境治理工程的方案优化受到工程建设条件的直接制约,主要体现在自然条件、基础设施条件与技术实施条件等方面。从自然条件看,地形坡度、土壤类型、水文特征对工程技术选择具有显著影响,例如坡度大于 15° 的区域在实施生态修复工程时,边坡稳定技术与防冲刷结构成为必要配置,其工程投资通常较平缓区域提高20%—35%。在水环境治理工程中,河道基流量低于 $0.5\text{m}^3/\text{s}$ 的区域,对生态补水与调蓄工程提出更高要求,相关设施规模需按年均径流量的1.2—1.5倍进行配置。从基础设施条件看,现有管网密度、交通条件与施工场地可达性直接影响施工组织与设备选型,管网覆盖率低于60%的区域往往需要同步实施基础设施完善工程,导致综合建设成本增加15%以上。在技术实施条件方面,治理工程对设备稳定性与运行环境适应性要求较高,如曝气系统、电控设备在高温环境下的故障率可上升至年均8%—10%,对方案优化形成现实约束。因此,在工程方案优化过程中,必须将建设条件作为关键限制因素纳入技术与投资决策,以提高方案的可实施性^[2]。

3.2 区域差异对治理工程组织模式的影响

区域差异是影响生态环境治理工程组织模式的重要因素,不同区域在资源禀赋、污染特征与社会经济水平方面存在明显差别,对工程组织方式提出差异化要求。在经济水平较高的区域,治理工程往往采用集约化组织模式,工程设备自动化率可达到70%以上,人员配置密度约为每万平方米1.5—2人,强调技术集成与运行效率;而在欠发达区域,受资金与技术条件限制,工程组织更多依赖模块化建设方式,设备自动化率一般控制在40%—50%,通过降低单体工程规模实现分阶段实施。在污染特征方面,以面源污染为主的区域更适合采用分散式工程组织模式,单元工程处理能力多控制在 $50\text{—}200\text{m}^3/\text{d}$,以增强适应性;以点源污染为主的区域则倾向集中式组织模式,处理规模可达 $1000\text{m}^3/\text{d}$ 以上,通过规模效应降低单位处理成本。区域差异还体现在技术人员储备水平上,技术人员占工程人员比例在不同区域可呈现10%—30%的差距,对工程管理结构与技术支持体系产生直接影响。

3.3 治理工程实施流程与技术管理优化

治理工程实施流程的科学设计是保障工程质量与进度的重要基础,其优化重点体现在技术衔接与管理精度两个

层面。在实施流程上,治理工程通常包括前期调查、方案设计、工程建设、调试运行与效果评估等阶段,各阶段技术任务具有明确分工。前期调查阶段需完成不少于12个月的基础数据收集,涵盖水质指标、土壤理化参数与生态状况,以降低方案偏差风险;工程建设阶段对施工工序衔接要求较高,关键节点工期误差一般控制在 $\pm 5\%$ 以内。技术管理优化则依托标准化管理与信息化手段实现,通过建立工程技术台账,对设备运行参数、能耗指标与维护记录进行全过程管理,运行能耗偏差可控制在设计值的 $\pm 8\%$ 范围内。同时,技术管理中引入动态调整机制,根据监测数据对运行参数进行修正,可使治理效果稳定性提高10%—15%。通过实施流程与技术管理的协同优化,有助于提升治理工程整体运行水平^[3]。

4 区域生态环境治理工程技术经济评价体系构建

4.1 治理工程技术经济评价指标体系设计

技术经济评价指标体系是区域生态环境治理工程方案优选的重要工具,其设计应兼顾技术性能与经济效益两个维度。在技术指标方面,通常包括污染削减效率、生态功能恢复率、系统稳定性与运行可靠性等内容,例如水环境治理工程中,主要污染物削减率需达到70%—90%,系统连续运行稳定时间不低于8000h/年。在经济指标方面,重点关注单位治理成本、投资回收期与运行费用占比,单位治理成本一般控制在150—300元/m³,运行费用占总成本比例保持在30%—45%较为合理。评价体系还需引入综合指标,对技术与经济指标进行加权分析,不同指标权重可根据治理目标设定在0.1—0.3之间,以反映区域治理重点差异。通过构建系统化指标体系,可以实现对不同治理方案的量化比较,为方案优化提供客观依据。

4.2 工程建设与运行阶段成本构成分析

区域生态环境治理工程成本主要由建设阶段成本与运行阶段成本构成,两者在不同工程类型中占比差异明显。建设阶段成本包括土建工程费、设备购置费与安装调试费,其中设备购置费通常占总投资的35%—50%,土建工程费约占25%—40%。在运行阶段,成本构成以能耗费用、药剂费用与人工维护费用为主,能耗费用在水处理类工程中占运行成本的40%—55%,药剂费用占20%—30%。从技术角度看,设备能效水平直接影响运行成本,高效设备可使单位处理能耗降低15%—25%,运行年费用相应减少10%以上。通过对建设与运行阶段成本的系统分析,可以识别成本控制重点,为技术方案优化与经济性提升提供数据

支撑。

4.3 治理工程技术方案的经济合理性比较

不同技术方案在经济合理性方面存在显著差异,其比较需基于全生命周期成本分析展开。从投资角度看,初始投资较高的技术方案往往在运行阶段具有更低的单位处理成本,运行5—8年后可实现成本优势;而初始投资较低的方案在运行阶段能耗与维护费用偏高,长期成本压力明显。通过对比分析发现,在相同治理规模条件下,高效技术方案的全生命周期成本可比传统方案降低10%—20%。同时,经济合理性比较还需结合治理效果稳定性进行综合判断,若技术方案在运行后期治理效率下降超过15%,将显著削弱其经济优势。因此,技术方案经济合理性的比较不应局限于单一阶段成本,而应综合考虑投资、运行与效果维持等多方面因素,以支持区域生态环境治理工程的科学决策^[4]。

5 结语

区域生态环境治理工程的实施成效,取决于工程方案的系统性、技术配置的适配性以及经济投入的合理性。通过对治理工程总体方案构建、技术方案优化、实施条件与工程组织以及技术经济评价体系的系统分析,可以看出,只有在充分掌握区域生态环境特征和工程建设条件的基础上,科学配置关键技术、优化工程组织模式,并将技术可行性与经济承受能力有机结合,才能实现治理效果的长期稳定。技术经济分析为治理方案优选提供了量化支撑,有助于提升工程决策的科学性与透明度。相关研究对于推动区域生态环境治理工程由单一治理向综合优化转变,提升治理工程整体效益与区域生态安全保障水平具有现实意义。

参考文献:

- [1] 吴和成,徐安琪.长三角沿江城市生态环境脆弱性演化及跨区域协同治理对策[J].河南科学,2025,43(09):1333-1342.
- [2] 陈子盼.环渤海区域生态环境法治文化建设现状与优化对策[J].山西省政法管理干部学院学报,2025,38(03):92-96.
- [3] 王安邦.矿山生态治理建设对区域生态环境的改善效应[A].“产业链空间配置优化与国土空间规划创新研讨会”暨第三届中国国土经济学会国土空间规划学术年会论文集(三)[C].中国国土经济学会、河北大学:2025:70-74.
- [4] 孙红美.环保工程对区域生态环境的影响及控制研究[J].当代化工研究,2024,(23):73-75.

作者简介:李朝飞(1994.09.13),男,汉族,本科,助理工程师,聊城大学,云南省昭通市巧家县,研究方向:主要从事生态环境工程与咨询研究。