国土空间生态修复项目的成本效益分析与优先级排序模型

张敏君

摘　要：国土空间生态修复是维护生态安全、促进可持续发展的关键，但其资源投入与修复需求之间存在一定的矛盾，这就需要进行科学的成本效益分析与优先级排序，进而为决策提供支持。本文对国土空间生态修复项目进行了一定论述，并对国土空间生态修复项目的成本效益进行了比较深入的分析，同时，建立涵盖生态、经济、社会维度的优先级排序模型，以期为国土空间生态修复项目的资源优化配置提供参考，助力提升修复决策的精准性与高效性，推动生态修复工作的系统化、科学化开展。

关键词：国土空间；生态修复；成本效益；优先级排序

一、引　言

国土空间生态修复作为统筹山水林田湖草沙系统治理的核心举措，其科学推进依赖于对资源投入与效益产出的精准测算，以及修复优先级的合理排序。传统修复多聚焦工程技术或单一生态视角，缺乏国土空间尺度下生态本底与社会需求的统筹，导致资源分配与实际需求脱节，需通过阻力因子量化与空间叠加，识别生态修复的关键区域。因此，进行国土空间生态修复项目的成本效益分析与优先级排序模型研究具有十分重要的现实意义。

二、国土空间生态修复项目概述

1.概念界定

国土空间生态修复项目是立足国土空间全域尺度，以统筹山水林田湖草沙等自然要素为前提，针对因人类活动或自然扰动引发的生态系统退化、功能受损状况，开展的包含保护、恢复与重建的系统性工程，其实施需衔接国土空间规划体系，整合生态安全格局构建与社会发展诉求。

2.核心特征

国土空间生态修复项目的多尺度性体现为需衔接国家至县级多级国土空间规划，覆盖市域、流域等不同地理单元，如韶关大宝山矿区修复立足市域尺度统筹生态与社会发展诉求；多要素性表现为整合土壤、植被、水文、地质等自然要素，如大宝山矿区修复需同步处理土壤重金属污染、植被退化与水文系统破坏问题；多目标性要求兼顾生态系统完整性维护与社会发展需求，通过平衡生态安全格局构建与资源利用，实现生态、社会与经济效益协同，大宝山矿区修复既需保障生态功能又需响应土地利用需求[1]。

三、国土空间生态修复项目的成本效益分析

1.成本构成体系

（1）直接成本

直接成本中的工程成本涵盖修复实施过程中各类现场作业支出，如矿山沉陷区的废渣清运、塌陷地表平整，采煤区退化植被的物种筛选与种植，以及土壤理化性质改良所涉及的客土置换、养分补充等环节的物料与人工投入。管理成本则贯穿项目全流程，包含前期依据生态安全格局与社会需求制定修复方案的规划设计费用，中期通过遥感监测、实地采样对植被覆盖度、土壤肥力等指标进行跟踪的评估支出。

以广东省韶关大宝山矿区为例，其工程成本涵盖重金属污染土壤的客土置换、酸性废水处理的石灰中和系统建设，以及耐重金属植被的筛选与种植。管理成本中，前期依据生态安全格局评估开展的污染范围勘测定量工作占比约 15%，中期通过遥感监测植被覆盖度与土壤 pH 值的动态评估支出占比 20%，后期管护投入集中于病虫害防治与土壤肥力补充。

（2）间接成本

间接成本中的机会成本指修复区域若不用于生态修复而转为其他用途可能产生的经济价值，矿山修复中需考量非生态区土地转为城镇建设用地的潜在经济收益差异。环境成本源于修复施工过程中的临时生态干扰，包括场地清理时的扬尘扩散对周边空气质量的短期影响，土方开挖导致的表土裸露引发的阶段性水土流失，以及植被重建初期因地表覆盖不足造成的局部生态功能暂时下降，这类成本需结合修复工程强度与区域生态脆弱性综合测算。

（3）隐性成本

隐性成本中的社会协调成本体现在修复过程中不同利益主体的诉求博弈与利益调整，涵盖因修复区域居民搬迁产生的住房安置、就业转型扶持等补偿支出，矿山企业退出涉及的设备处置、职工再就业培训等费用，以及政府部门为协调居民、企业、地方社群等多方利益开展的调研、协商、政策解释等行政投入[2]。

2.效益构成体系

（1）生态效益

生态效益中的调节服务体现在修复后生态系统对自然过程的调控能力提升，水源涵养通过植被覆盖度增加强化对降水的截留与土壤渗透，减少地表径流；碳汇增量依托林地、草地恢复扩大植被固碳范围，提升生态系统碳储存能力；土壤保持通过植被根系固土与地表覆盖增强，降低水蚀风蚀导致的土壤流失。支持服务表现为生物多样性提升与生态系统稳定性增强，前者通过修复生境斑块、连通生态廊道改善物种栖息地质量，促进动植物群落结构完善；后者通过优化生态系统组分与格局，提高抵抗外界干扰的能力，维持生态过程连续性。以广东湛江红树林修复为例，其调节服务中，红树林对台风的防风固沙效益通过“减少海浪冲击力 × 沿岸保护农田 / 建筑价值”测算，年减灾效益约 1.2 亿元；通过监测红树林生物量年增长，核算年固碳量达 5 万吨 CO_2 当量，对应生态价值约 200 万元。支持服务方面，红树林湿地为黑脸琵鹭等鸟类提供栖息地，物种丰富度较修复前提升 30%。

（2）经济效益

经济效益中的直接收益体现为修复后土地利用价值提升与特色资源开发收益，修复后的矿山用地可通过转为耕地补充指标或调整为城镇建设用地实现价值增长；生态修复形成的自然景观与人文资源结合，可开发生态旅游项目获取经营收入。间接收益表现为灾害风险降低减少的经济损失，采煤沉陷区修复通过治理地表塌陷、稳固边坡，减少滑坡、裂缝对房屋、道路等基础设施的损毁，降低灾害救援与重建支出；流域修复增强水文调节能力，减少洪涝对农业生产与城镇设施的冲击，从而缩减因灾造成的经济损耗[3]。

（3）社会效益

社会效益中的人居环境改善体现为修复后生态空间对居民生活质量的提升，植被恢复与土地整治减少地表裸露与粉尘扩散，降低空气中颗粒物浓度，改善周边空气质量；修复形成的林地、湿地等生态斑块与景观廊道，结合自然地形与人文元素优化空间视觉体验，增强区域景观美学价值，为居民提供休憩游赏场所。社会治理优化表现为修复工程实施过程中产生的施工、管护等岗位需求，为当地居民提供就业机会。

3.成本效益分析方法

（1）静态评估方法

静态评估方法中的成本效益比通过汇总修复项目产生的生态、经济、社会效益总和与直接、间接、隐性成本总和进行比值计算，反映单位成本投入所能获得的效益规模，若结果大于 1，表明项目效益覆盖成本。净现值则考虑资金时间价值，将项目全周期内各年的净收益按照一定贴现率折算为当前价值并累加，正值意味着项目在长期具有经济可行性，需结合修复周期设定贴现率，贴现率选取需适配生态效益的延迟性特征，以此量化长期收益的当前价值。

（2）动态评估方法

生命周期成本分析需构建覆盖项目全流程的核算体系，规划阶段需系统纳入生态本底调查、修复方案优化设计等前期筹备投入，实施阶段精准核算工程现场施工、核心材料采购及技术服务等直接支出，管护阶段持续统计植被动态监测、配套设施长效维护等长期运营费用。效益转移法通过系统梳理自然条件匹配、修复类型同源区域的既有成熟案例，科学提取其生态系统服务价值与经济产出效益核心数据，结合项目所在地生态本底条件与社会经济禀赋进行针对性参数调整，实现项目潜在综合效益的量化

推演。

四、国土空间生态修复项目的优先级排序模型构建

1.模型构建原则

模型构建需遵循三大核心原则以保障逻辑严谨性与实践适配性，如下所示：

第一，锚定生态系统理论与可持续发展原则，指标选取需深度衔接生态安全格局构建、生态系统服务评估及生态系统完整性维护等核心理论框架。第二，坚守可操作性原则，数据来源需依托现有技术条件可获取的遥感影像解译数据、土地利用现状图件、区域统计年鉴等，方法上采用具备量化分析范式的空间分析工具与标准化模型。第三，体现动态性原则，需系统纳入气候变化引发的生态风险演化、国土空间规划政策调整等不确定性因素，使模型精准响应生态系统演化与社会发展诉求的动态关联，保障优先级排序的时效性与适配性。

2.指标体系设计

（1）生态维度

生态维度指标体系的核心构成包含生态重要性与生态脆弱性两大核心模块，其中生态重要性聚焦生态源地贡献率与生态廊道连通度两大关键指标。前者通过生态源地面积占比、对周边区域生态服务的辐射效能及维系生物多样性的核心作用强度综合量化，系统评估其在全域生态安全格局中的支撑能级与基础保障作用。后者生态脆弱性模块主要通过分析区域对自然扰动的敏感程度、人为活动对生态系统的干扰强度以及生态系统自身的自我修复潜能等关键要素进行综合评判[4]。这些要素能够全面反映区域生态系统在面临内外压力时的抗干扰能力和受损后的恢复难度，为识别生态修复中需要优先干预的薄弱区域提供客观依据，与生态重要性指标共同构成生态维度完整的评估体系，确保生态修复资源精准投向核心关键区域。

（2）经济维度

经济维度指标体系以国土空间生态修复的经济可行性与价值实现为核心导向，包含单位面积修复成本、土地利用转换效益、生态资源开发潜力及灾害损失减免效益四大关键指标。单位面积修复成本综合核算修复过程中技术应用、物料消耗、人工投入等各类经济支出，全面反映项目实施的经济压力与资源投入强度。

（3）社会维度

社会维度指标体系聚焦国土空间生态修复对社会发展的适配性与民生改善的实际作用，包含居民参与意愿、政策支持适配度、就业岗位供给能力、公共安全保障水平、人居环境优化成效五大关键指标。居民参与意愿反映修复项目与当地居民诉求的契合程度，体现公众对项目的认可与主动配合的实际力度。政策支持适配度衡量项目与国土空间规划、生态保护等相关政策的衔接协调情况，为项目顺利推进提供稳定的政策环境支撑。

3.模型算法与权重确定

（1）多准则决策框架

多准则决策框架中，层次分析法通过构建指标层次结构，结合生态保护重要性、社会需求度等理论研究成果，邀请专家对生态、经济、社会维度及下属指标进行两两比较，形成判断矩阵以确定主观权重，设定生态维度权重高于经济和社会维度。熵权法则依据各指标数据的离散程度计算客观权重，数据变异越大表明指标对优先级差异的区分能力越强，以此修正主观权重，从而降低人为设定权重时的主观偏差，使权重体系既体现理论逻辑又贴合实际数据特征。

（2）优先级量化公式

优先级量化公式为：

$$P_i=\sum_{j=1}^{n}(W_j\times S_{ij})$$

式中，P_i－第 i 个生态修复项目的优先级综合得分；

W_j－第 j 项评价指标的权重；

S_{ij}－第 i 个项目在第 j 项指标上的标准化数值。

对生态维度的生态源地贡献率、生态脆弱性，经济维度的单位面积修复成本、土地利用转换价值，社会维度的居民意愿、政策支持力度等指标数据进行标准化处理，消除量纲差异，将不同量级指标值统一转换至相同区间。再通过层次分析法结合专家对生态安全格局与社会需求关联的判断确定主观权重，最后将每项指标的权重与对应项目的标准化值相乘，累加后得到第 i 个项目的优先级得分，得分高低对应修复优先级排序，与生态－社会综合效益最大化的修复优先级识别思路一致，也契合“价值－风险－成本”评估框架的量化需求[5]。

五、结　语

综上所述，通过构建国土空间生态修复项目的成本效益分析体系，厘清其直接、间接及隐性成本的构成，明确了生态、经济、社会效益的协同关联，在此基础上，建立了包含生态、经济、社会维度的优先级排序模型，通过多准则(下转第 52 页)

表述的精准度，如灌溉管网节点压力参数需明确对应区域用水峰值工况下的数值，边坡支护岩土体稳定性数据要匹配现场地质勘察采样报告；同时校验设计内容与现场条件的适配性，若发现“边坡支护未考虑季节性降雨影响”等不合理设计，或“田间道路宽度标注模糊”等表述问题，需立即要求设计方补充计算依据或出具修改方案，同步形成审查意见台账留存。

（三）严格施工阶段造价把控

聚焦于施工组织不合理、变更管理混乱等问题，构建“精细化组织 + 规范化管控 + 全流程监督”的造价控制体系。首先要优化施工组织设计，结合项目地形特征、工程类型制定针对性方案，精准配置施工机械与人力资源，根据施工工序合理安排设备进场时序，避免机械闲置与机具短缺并存的资源浪费；细化施工工序衔接流程，明确土地平整、水利设施建设等交叉作业的协调机制，设置工序衔接验收节点，减少返工返修带来的额外支出。

强化采购与材料管控，建立“三家比价 + 动态跟踪”的询价机制，定期收集建材市场价格信息，对钢材、水泥等主要材料实行价格波动预警，避免供应商哄抬价格；规范现场材料存储管理，根据材料特性设置专用存储区域，采取防潮、防锈等防护措施降低损耗率，同时加强新型材料的质量与价格比对，通过小范围试用验证性价比后再批量采购。

除此之外，要完善合同与结算管理，细化合同条款表述，明确工程变更、索赔的界定标准与处理流程，对索赔事件的举证责任、费用核算方法等作出清晰约定，减少结算争议；加强现场签证管理，对施工过程中的额外工作量及时核实确认，确保签证内容真实、数据准确，结算阶段严格按照合同约定与签证资料进行造价核算，精准核实施工单位申报费用的合理性，杜绝不合理索赔与费用虚增。

五、结　语

综上所述，国土整治项目工程造价控制需要立足于全周期视角，具体凭借决策阶段精度提升、设计阶段深度优化、施工阶段动态把控，实现造价精准管控与资金高效利用。在未来的工作中，还应该进一步强化技术标准与政策协同，推动智能化造价管理工具应用，提升造价控制科学性与适应性，为国土整治项目高质量实施与公共资金效益最大化提供坚实保障。□

参考文献：

[1]陈华.国土整治项目工程造价控制措施[J].电脑爱好者（普及版）（电子刊），2022(8):319-320.

[2]毛石磊，李松水，李朋，等.DEM 土方量计算法在全域国土综合整治项目中的应用研究[J].城市建设理论研究（电子版），2023(15):85-87.

[3]王天顺.国土整治项目中工程测量技术的应用探究[J].电脑爱好者（普及版）（电子刊），2022(10):1983-1984.

作者单位：叶金林，广东省河源市国土整治与监测中心

（上接第 31 页）决策框架与量化公式能够实现修复项目的科学排序。未来可结合长时序动态监测数据，进一步完善指标权重动态调整机制，增强模型对复杂生态系统与社会需求变化的适配性，推动修复决策更精准高效。□

参考文献：

[1]姚龙杰，张栋林，朱丹莉，等.国土空间生态修复优先级：概念认知、评估框架与规划议题[J].应用生态学报，1-15.

[2]张博渊，耿若晨.生态修复项目经济规划与成本效益分析研究[J].广东经济，2025，(07):90-92.

[3]王志芳，李贺诚，简钰清，等.问题优先级判别：生态保护修复中的核心生态智慧之一 [J]. 中国园林，2023，39(10):56-61.

[4]葛若鑫.基于 MCR 模型的采煤沉陷区生态修复优先级分析[D].太原理工大学，2022.

[5]赵廷阳，夏成琪，索鑫浩，等.生态修复项目成本 - 效益动态评估 [J]. 生态学报，2021，41 (12):4757-4764.

作者单位：张敏君，佛山市顺德区城乡规划编制信息研究中心