系统化思维下的国土空间生态修复规划方法

吕　梅

摘　要：为增强生态修复规划的系统化与协同化水平，制定系统化的国土空间生态修复实施方案，研究立足系统考量、目标拟定、方案组合与保障落实四个要点，解析复杂生态系统中各要素相互作用及干预措施的逻辑关系，以江苏太湖西岸为典型案例区，建立多层次生态功能单元划分及策略响应体系，结合 AHP 分析、生态网络解析及图论优化手段，系统化方案可有效优化空间修复的目标整合度及反馈时效性，增强干预措施的协同性与空间匹配效率。

关键词：系统化思维；生态修复；国土空间规划；多目标耦合

一、引　言

当前国土空间生态系统遭遇资源限制强化、开发空间压缩及生态功能下滑的多重困境，既有的片段化治理体系无法有效响应多层级协调与系统性重塑需求，从空间治理视角看，生态修复是基础路径，需采用整体协调的思考路径，进而达成精准识别与综合调控，系统化思维建立在结构层次、动态反馈及要素关联三大支柱之上，为建立科学合理、协调统一且切实可行的生态修复规划体系奠定理论基础并指明实施路径。

二、系统化思维在国土空间规划中的应用价值

在国土空间规划编制阶段，生态、资源、经济和社会等要素相互耦合，存在强烈的非线性关联及多层次耦合的复杂表现，采用部门区隔或功能片段架构的传统规划方法，难以适应区域发展中多目标并行与多变量互动的协调挑战[1]，运用整体把握、关联分析、动态考量与分层递进的系统化思维方法，形成对复杂系统全面把握与架构整合的思维框架，协助规划者从统筹视角确定核心单元，分析依存关系，改进地理分配途径，围绕生态修复这一主题，该框架形成了生态要素、地理边界与时序阶段的综合协调机制，摆脱了孤立处理、片面施策的局限模式，强化了规划方案对突发变量和反馈回路的灵活响应[2]。

三、国土空间生态修复规划方法体系构建

1.系统认知与诊断

在系统化思维框架下，国土空间生态修复的认知与诊断过程不再是静态指标的简单叠加，而是对区域生态系统进行多维耦合状态分析与结构—功能失衡识别的动态建模过程。首先，通过构建“压力—状态—响应（PSR）”模型，整合地形、土地利用、生态敏感性、水文过程等多源数据，实现系统边界的清晰划定与主控因子的识别[3]；其次，借助生态网络分析（Ecological Network Analysis, ENA）方法，对区域生态要素的结构连通性与能流效率进行量化诊断，以判断生态系统内部协同程度与节点功能失调位置（如栖息地破碎、生态廊道中断）。如图 1 所示，系统诊断框架综合利

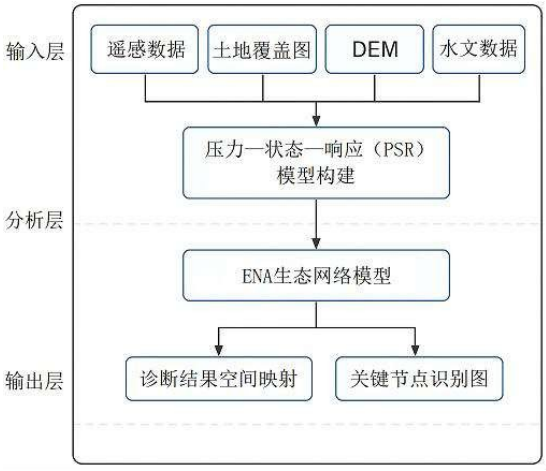


图 1 系统化生态诊断框架流程图

用空间分布映射、网络关联分析和系统状态指数评估构成整体识别路径。通过上述系统认知机制的建立，为目标分解、策略协调及方案集成提供基础性支撑与逻辑入口。

2.系统目标与策略制定

在系统认知基础之上，系统目标与策略的制定过程需要构建从生态压力因子至空间干预路径之间的响应映射机制。系统化思维强调多目标间的层级协调与逻辑闭合，通过引入多目标优化函数，对生态系统中的水文调控、生境连通、景观稳定等核心目标进行功能性解构[4]。具体而言，采用层次分析法（AHP）构建目标层次矩阵，并结合一致性比率 CI 与判断矩阵最大特征根 λ max 对目标体系进行结构稳定性校验。在权重确定环节，引入修正型一致性指标 CR=CI/RI（其中 RI 为随机一致性指标），当 CR<0.1 时视为可接受结构，以此保障目标权重分配的科学性。为增强目标与策略间的动态适配性，进一步引入多目标－多响应耦合函数：

$$R_i = f(P_j, S_k, T_l)$$

其中，Ri 为第 i 类修复目标的响应程度，Pj 为第 j 类生态压力因子，Sk 为第 k 项空间特征参数，Tl 为第 l 类时间尺度调整系数。该函数在多源数据驱动下实现空间单元的目标映射与策略逻辑匹配，为“目标—单元—措施”结构设计提供基础输入，并奠定耦合优化与集成部署的逻辑框架。

3.系统方案设计与集成

基于系统化目标体系，国土空间生态修复方案的设计与集成需以多要素耦合、空间逻辑一致与技术路径适配为核心原则，构建多层次、多尺度的方案结构模型[5]。该过程以“目标—单元—措施”三位一体逻辑出发，首先通过生态功能分区法对修复区域划分为若干生态功能单元（如涵养斑块、生境核心区、生态廊道节点等），再匹配相应的策略包与工程措施，形成模块化干预单元。为实现方案整体协同与空间集成，引入基于图论优化的方案网络构建方法，建立方案集成效应函数：

$$F = \sum_{i=1}^{n} (w_i \cdot S_i) + \lambda \cdot C_{ij}$$

其中，wi 为第 i 个措施模块的优先权重，Si 为其空间配置适应度，Cij 表示模块间耦合度，λ 为耦合调控系数。

4.系统协同与实施保障

为保障生态修复方案的系统性落地，需要构建涵盖空间分工、主体协同、过程反馈与风险应对的实施机制，形成由多主体驱动、多系统联动的实施保障体系。在系统化思维引导下，该机制应以“结构耦合—路径协调—过程反馈”为逻辑主线，建立治理单元—实施单元—评估单元间的信息闭环与协同反馈路径。其中，实施方案分解至各空间治理单元，明确主责主体与资源投放通道；同时，引入基于状态响应的动态评估模型，对修复过程中的目标响应程度进行实时监测与调整。公式如下：

$$R_t = \alpha \cdot (G_t - G_{t-1}) + \beta \cdot \frac{dS}{dt}$$

其中，Rt 为第 t 时刻响应指数，Gt 为该时刻修复目标完成度，$\frac{dS}{dt}$ 为生态状态变化率，α，β 为调节系数。表 1 进一步细化了保障机制要素构成，包括制度保障、数据支撑、资金统筹、绩效追踪四大系统模块，为生态修复路径的动态闭环与策略适应奠定系统基础。

四、案例分析

1.典型案例介绍

选取江苏省太湖西岸某低丘缓坡区为典型案例，该区域位于苏南城乡交界地带，集成了“生态保护红线—农业用地—建设边界”三类空间冲突，具备典型的生态系统敏感性与人为干扰耦合特征。区域总面积约 475 平方千米，地貌上呈现“低丘—河谷—洼地”交替格局，生态过程高度异质。根据多源遥感反演与土地利用动态监测，研究区生境连通性指数低于 0.43，生态斑块平均破碎度高达 62%，核心生态廊道断裂超过 7 处，空间功能失配显著。针对该类复杂干扰复合区，项目团队采用系统化思维方法，构建以“功能识别—目标解构—策略分类—空间集成”为主线的生态修复设计体系，拟将区域划分为五类生态功能单元（表 2），并通过构建“状态响应—空间压力—干预优先级”映射函数，建立修复对象结构逻辑，为后续目标制定与方案集成奠定系统识别基础。

2.应用效果分析

采用集成化修复手段，太湖西

表 1 系统实施保障机制构成要素表

保障类型	关键组成模块	设计逻辑说明
制度保障	责任清单、协同协议	明确治理单元责任边界，规范横纵协作机制
数据支撑	动态遥感、现场采样系统	提供状态－策略－响应的动态数据接口
资金统筹	项目库与预算匹配平台	构建基于绩效的资金拨付与资源投放模式
绩效追踪	指标反馈+模拟仿真系统	建立面向策略迭代的指标响应模型与预警模拟机制

表 2 区域生态功能单元划分与修复识别特征表

功能单元名称	空间特征	诊断指标	修复需求逻辑指向
涵养缓冲区	丘陵+河谷边缘	植被覆盖率、径流强度	水源调蓄、防止面源污染
生境修复带	森林斑块破碎区	连通度指数、破碎度指数	增强物种通道、修复生态节点
生态连接廊道	地壳断裂过渡带	路径连通性、结构稳定性	推动栖息地碎片整合与景观格局修复
农业生态过渡带	建成区边缘的耕作区域	地块冲突指标、边际辨识程度	减少建设活动对周边的干扰，重构绿色缓冲体系
污染减缓节点	面源污染汇入点与集水区尾端	水质采样结果、流域负荷水平	过滤截留及分散式人工湿地布置方案

岸生态修复实践以空间布局调整、干预逻辑重塑和反馈协同为实施手段，表现出明显的整体性响应规律，在系统参数辨识阶段，利用 NDVI 结合地表温度及坡度组成三维识别体系，可实现空间单元功能分异的可靠检测。开展目标规划及策略设计期间，各功能单元按照动态响应曲线被安排至策略叠加作用区，提高了执行过程的空间灵活性及资源利用优化水平，从设计整合的角度出发，架构目标关联、措施匹配及空间协调的复合交互模型，优化了功能模块的组合结构，实现了干预措施之间的顺畅对接。主要生态结构参数在实施前后的对比情况见表3，体现出多模块联动机制相比单元修复体系优势明显，采用整体设计路径后，研究案例显示措施对目标的支撑作用大幅增强，利用动态监测系统达成反馈结果的即时精准投放，对高干扰复杂区域的生态修复工作给予方法体系与管理架构的集成性支撑。

五、结　语

采用整体思维实施生态修复规划，显著改善了空间测绘精细度、目标匹配整合度与实施阶段的闭环调节水平，凸显了复杂国土治理中结构整合的实践意义，需重点突破跨尺度耦合精度不高与动态反馈响应迟缓的难题，该技术的实践运用离不开可靠数据保障与多方联动配合，亟须突破数据融合计算模型、动态监测效率提升与跨部门政策衔接三大方向，系统化提升生态修复框架的适应水平与推广潜力。□

参考文献:

[1]卓友庆,龚蔚霞,何淑仪,韩东,洪武扬. 基于系统化思维的惠州市国土空间生态修复规划框架[J].规划师,2025,41(5):24-31.

[2]周燕,徐莉,黄邦炜,罗雅文,禹佳宁. 基于生态系统服务簇的生态功能区划及管控策略研究——以梁子湖流域国土空间生态修复实践为例[J].国土与自然资源研究,2025(4):16-22.

[3]戴菲,李高钰,汪云,王运达.国土空间生态修复规划与风景园林的角色担当 [J]. 中国园林,2025,41(2):6-14.

[4]徐向远.流域统筹导向下市级国土空间生态修复规划传导研究——以合肥市为例[J].安徽农业科学,2025,53(9):55-59+64.

[5]袁晓芳,胡清越.县域国土空间生态修复规划分区研究——以河北省康保县为例[J].河北省科学院学报,2025,42(1):91-96.

作者单位：吕梅，江苏茂源勘测规划设计有限公司

表 3 生态修复关键结构指标在干预前后的对比分析

指标类别	指标名称	修复前数值	修复后数值	变化率
生境结构类	栖息地连通度指数	0.41	0.66	+60.9%
景观结构类	斑块破碎度指数	61.3%	39.8%	-35.0%
空间策略适配度	策略配置协调指数	0.52	0.79	+51.9%
实施过程反馈类	响应反馈闭环次数	无	5 次/周期	——