基于 MSPA 和电路理论的县域生态网络构建*

高 滢 苏 毅

北京建筑大学建筑与城市规划学院 北京 100044

摘要：【目的】应对经济发展所带来的生态保护压力，提升天台县生态系统的稳定性与空间连通性，推动县域生态源地保护、生态廊道建设与空间管控的协同发展，促进生态空间协调有序与可持续发展。【方法】以浙江省天台县为研究区，应用形态学空间格局分析（MSPA）与电路理论融合的生态网络构建方法，基于“源地分级—廊道优化—节点修复”框架，通过 MSPA 识别核心生态源地；结合景观连通性指数（dPC）对源地进行重要性分级，构建包含地形、植被和人类活动等 6 类因子的综合生态阻力面；利用电路理论提取生态廊道并识别关键生态节点；通过叠加分析，与现状网络进行对比，验证规划的合理性。【结果】共识别 30 个生态源地（其中核心源地 130.71 km^2，主要集中在西南部），提取 67 条生态廊道（其中关键廊道 45 条，总长 86.59 km），确定 17 处生态节点（其中关键节点 12 处，分布于水库与溪流周边）。生态源地和潜在生态廊道覆盖研究区大部分区域，重要节点多位于县域建设用地内。【结论】天台县生态本底良好，具备构建高效生态网络的自然基础。由于水网与城镇建设区域高度交织，局部生态过程受阻、景观连通性下降。因此，科学构建生态网络，有助于缓解人类活动对生态空间的割裂影响，提升生态系统的稳定性与功能连续性。未来需加强对重要生态源地区域的管理与开发，以及对主要河流廊道的保护与生态连通性修复，构建韧性更强的区域生态安全格局。

关键词：生态网络规划；形态学空间格局分析；电路理论；天台县

DOI：10.12169/zgcsly.2024.12.06.0001

County-Level Ecological Network Planning Based on MSPA and Circuit Theory

Gao Ying Su Yi

(School of Architecture and Urban Planning, Beijing University of Civil Engineering and Architecture, Beijing 100044, China)

Abstract: 【Objective】 To respond to the ecological conservation pressure brought by economic development, enhance the stability and spatial connectivity of ecosystems in Tiantai County, promote the coordinated development of ecological source protection, ecological corridor construction, and spatial regulation, mitigate landscape fragmentation, and foster balanced, organized and sustainable urban-rural ecological space development. 【Method】 With Tiantai County as a case study, the study combines the MSPA and the circuit theory to form the ecological network construction method and identifies the core ecological sources using the MSPA under the framework of “source classification-corridor optimization-node restoration”, which are then ranked in terms of importance using the dPC index. A comprehensive resistance surface is constructed based on six factors including terrain, vegetation and human activities,

收稿日期：2024-12-06

* 基金项目：科技部国家“十四五“国家重点研发计划（2023YFC3803900）

第一作者：高滢（1998-），女，硕士生，研究方向为生态城市规划与设计。E-mail：1622639411@qq.com

通信作者：苏毅（1980-），男，博士，副教授，研究方向为生态规划、海绵规划以及数字化城市设计。E-mail：suyi@bucea.edu.cn

and ecological corridors are extracted with the key ecological nodes identified using the circuit theory. Results are verified through overlay and compared with current networks to verify the rationality of the planning.【Result】The study identifies 30 ecological sources (130.71 km^2 at core areas, mainly in the southwest), 67 ecological corridors (including 45 key corridors totaling 86.59 km), and 17ecological nodes (including 12 key nodes located around reservoirs and streams). The ecological sources and potential ecological corridors are distributed in most parts of the study area, while important nodes are mostly located in the construction land of the county. 【Conclusion】Tiantai County has a favorable ecological condition for building an efficient ecological network. However, the overlap of water systems and urban development disrupts ecological processes and weakens landscape connectivity. Constructing a scientifically grounded network can mitigate spatial fragmentation and enhance the stability and functional connectivity of ecosystems. It is recommended to strengthen the protection of major river corridors and restore ecological connectivity to improve the resilience of the regional ecological security pattern.

Keywords: ecological network planning; morphological spatial pattern analysis (MSPA); circuit theory; Tiantai County

新时代生态文明建设战略不断推进，一系列科学理念驱动着生态资源利用与环境保护的研究实践[1]。但不合理的城市生态规划、人口迁移等导致生态用地被占用、生物栖息地减少，甚至导致生物多样性丧失，严重干扰生态自我调控[2]。构建生态网络有助于促进自然资源和生态环境的保护，通过增强斑块间有效连接能够减少基础设施建设对生态环境的破坏，提高自然资源的利用效率，促进生态系统的恢复和保护[3]。我国学者在生态网络构建领域进行了大量研究，研究重点聚焦于生态网络的空间分布与区域格局[4]；探索因地制宜的生态提升策略，针对不同区域和生态基础差异，针对性地探索区域生态提升方式，研究不同尺度的生态网络的建立，基本形成了“生态源地识别—阻力面构建—生态廊道提取—节点诊断”的完整生态网络分析及规划方式。

如今生态网络的建立更重视多维度方法融合与区域适应性：通过综合生态系统服务重要性及敏感性，引入 InVEST 模型评估栖息地质量的方法[5]，通过 DPSIR 模型量化人类干扰与自然压力，指导生态网络优先级划分[6]，增强生态系统服务与风险评估整合。针对特殊地貌，调整源地识别与阻力面参数，如侧重石漠化敏感性分析[7]增强生态网络构建与异质性景观适配。将生态源地与廊道纳入国土空间规划禁止开发区，引导区域开发的生态避让，促进生态网络构建与政策衔接[8]。将形态学空间格局分析（morphological spatial pattern analysis，MSPA）方法与电路理论结合，不仅能保证研究结果的科学性和准确性，还能提升整个网络的连通性和生态效益[9]。采用电路理论与 Linkage Mapper 模型，解决传统 MCR 模型忽略生物随机扩散特性的问题，从而进行技术方法与评价体系的升级[10]。MSPA 结合电路理论进行生态网络构建的方法，其景观特征的识别结果与定义能够更好匹配空间规划，能够有效分析区域景观破碎化、区域生态环境现状、生态源地区域大小等一系列问题。

天台县自然生态环境良好，县政府针对县域生态，积极组织开展生物多样性保护、监督野生动植物保护和湿地生态环境保护工作。但随着城市的持续发展，县域建设用地范围不断扩展，自然生态空间如山林、河湖逐步被占用，削弱了景观的连通性，导致区域生态格局日益破碎和分散。因此，将县域林、草、水、山、未利用地等生态空间作为主要研究对象，构建天台县生态网络，进行土地利用与空间规划布局，有助于实现自然生态系统、城市功能与空间的耦合[11]。

本研究分为两个阶段：1）生态基础研究阶段。运用 MSPA、景观连通性分析及生态源地中心性分析，筛选并分级生态源地。结合县域基础特征，确定生态阻力因子及其权重，进而分析综合生态阻力。基于电路理论构建生态廊道，识别生态“障碍点”和生态“夹点”。通过改进系数与电流值叠加分析，确定关键生态节点。2）规划阶段。通过叠加生态源地、廊道及重要生态节点，构建县域生态网络并通过与现状生态网络进

行对比分析，确保规划的科学性与可行性，最终提出生态保护与修复建议。

1　研究区概况

天台县（112°16′—112° 37′E，34° 32′—34° 45′N）地处浙东，位于台州市西北部；东西长 54.7 km，南北宽 33.5 km，县域面积 1431.98 km^2。山地丘陵占据县域总面积的 82.3%。耕地面积占总面积的 13.7%，溪流和山塘的地区占县域总面积的 4%[12]。

2　研究方法

2.1　数据来源

研究数据主要包括：1）土地利用、水域、道路数据来源于三调数据；2）数字高程数据取自地理空间数据云（https://www.gscloud.cn/home）；3）2023 年 NDVI 数据源自国家生态数据科学中心（http://www.nesdc.org.cn）。以上数据经过初步处理，统一坐标系，栅格数据的分辨率设置为 30 m。

2.2　生态源地筛选

2.2.1　形态学空间格局分析

MSPA 是一种基于数学形态学的地理空间模式研究方法，可将栅格图像分割为 7 种类型[12]，能够有效提高源地评估的客观性（表 1）。研究利用 ArcGIS 10.8，将生态价值较高的林地、草地和水域设为前景，其他土地类型为背景。通过 GuidosToolbox 分类，将 7 种景观类型进行分类，选取面积大于 4.5 km^2 的 30 个核心区作为生态源地[13]。

表 1　MSPA 景观类型及生态学含义

景观类型	生态学含义
核心区（Core）	相对较大的生态斑块，通常被视为生态系统中的主要区域，可作为生态源地
桥接区（Bridge）	连接两个及以上核心区的带状斑块，是物种迁徙与能量流动的通道，可作为生态廊道
孤岛（Islet）	相互不连接、孤立且破碎的斑块，其连接度较低，与周围环境的连通性相对较弱
环道（Loop）	连接着相同核心区内的不同生态区域，是物种迁徙以及物质和能量流动的通道
孔隙（Perforation）	具有过渡性质的区域，是核心区内部斑块的边缘，连接着核心区和周围非绿色景观区域
边缘区（Edge）	具有过渡性质的区域，核心区外围边缘，连接着核心区和主要非绿色景观区域
支线（Branch）	从核心区的一侧向外延伸的狭长走廊，与边缘区、孔隙、桥接区与环道区相连的单向生态通道

2.2.2　生态源地分级

基于连通性评价，使用可能连通性指数（PC）和可能连通性指数变化量（dPC）来反映景观连通性。研究采用 Conefor 2.6 软件进行分析，根据 dPC 值及 linkage mapper 的源地中心性计算结果进行分级：dPC>15 为核心源地，3<dPC≤15 为重要源地，0<dPC≤3 为一般源地。

2.3　生态廊道生成

2.3.1　生态阻力面构建

综合考虑研究区域的自然环境和人为活动两方面影响，共选择 6 个阻力因子。对每个阻力因子进行分级，共划分为 5 个等级，分别赋予值 1~5，表示阻力从小到大逐渐增长[14]。采用层次分析法（AHP）在进行一致性检验后，确定各阻力因子的权重。利用 GIS 对这些因子进行加权栅格计算，构建生态阻力面（表 2）。

表 2　阻力因子赋值

阻力因子	阻力等级	划分标准	权重	阻力因子	阻力等级	划分标准	权重
高程/m	1	0~200	0.091 9	距水体距离/m	1	<100	0.325 5
	2	200~500			2	100~200	
	3	500~800			3	200~500	
	4	800~1 200			4	500~800	
	5	>1 200			5	>800	
坡度/（°）	1	0~15	0.074 2	归一化植被指数	1	>0.85	0.289 2
	2	15~25			2	0.75~0.85	
	3	25~35			3	0.6~0.75	
	4	35~45			4	0.3~0.6	
	5	45 以上			5	<0.3	
距道路距离/m	1	800~3 000	0.123 7	土地覆被类型	1	林地	0.095 5
	2	600~800			2	草地	
	3	400~600			3	水体	
	4	200~400			4	耕地	
	5	<200			5	建设用地	

2.3.2 生态廊道提取与分级

生态廊道是生物迁徙、信息传递和能量流动的关键，具有重要生态功能[15]。研究利用 Linkage Pathway Tool 工具提取综合生态阻力最小的最优生态廊道，并利用 Centrality Mapper tool 工具计算最优生态廊道的流量中心性指标，确定景观连通性的贡献程度，基于该指标将廊道分为关键生态廊道与生态廊道[16]。

2.4 生态节点识别

生态节点包括生态夹点与生态障碍点，是区域生态环境中发挥促进或抑制作用的特定生态区域，影响着物种的移动和生态廊道的有效性[17]。使用 Barrier Mapper 计算源地间最大改进得分，识别阻碍物种在源地间迁移与扩散的生态障碍点；利用 Pinchpoint Mapper 计算源地间的电流密度，识别景观连通性重要性高的生态夹点。为进一步综合分析生态夹点和生态障碍点的影响，将改进得分值和电流密度值归一化处理计算后得到综合得分值，并结合研究区地理空间情况判断研究区的生态节点。

3 结果与分析

3.1 天台县生态网络规划

3.1.1 源地筛选

由图 1 可知：核心区主要为天台山脉集中林地和大盘山脉水库组成的生态板块，具有较高的稳定性，且具备强大的抗击外界因素干扰的能力；桥接区具有生态廊道功能，分布在始丰溪支流所影响的范围；环岛区分布均匀，可连接同一核心区的内部廊道，决定核心区内斑块聚集程度可形成独立存在的绿地斑块，是后期设置生态踏脚石的重要选择依据。

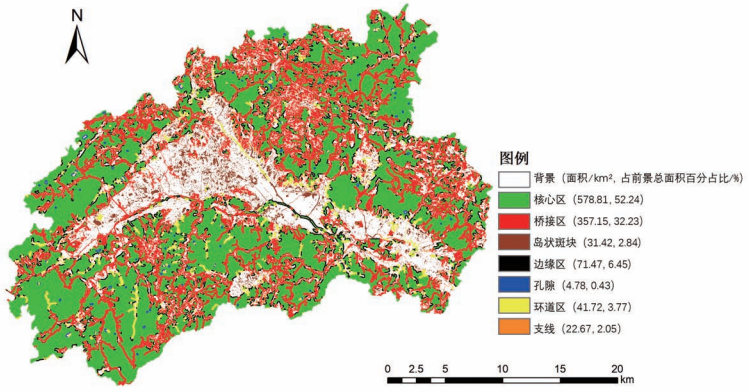


图 1 区域 MSPA 分析

共识别 30 个生态源地（图 2、表 3），其中核心生态源地位于西南部山区，面积为 130.71 km^2；重要生态源地主要分布在西南部山区，面积为 140.09 km^2；一般生态源地主要位于东部山区，面积为 103.6 km^2。中部地区生态斑块较少，主要为耕地和建设用地。

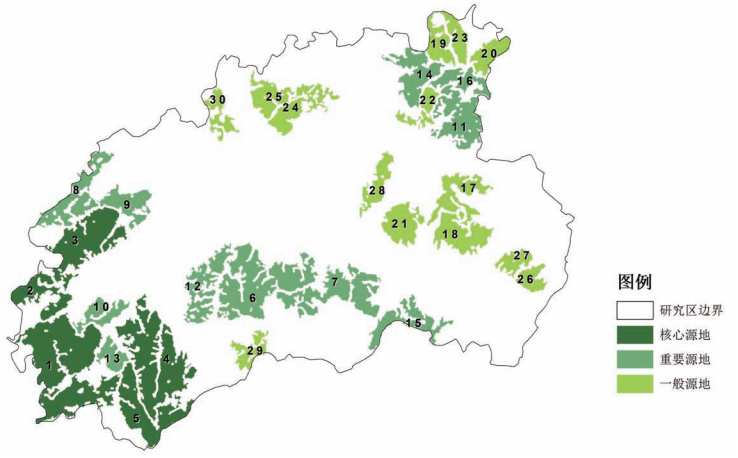


图 2 生态源地分布与分级

表 3　生态源地分级

源地分级	编号	面积/km^2	dPC	中心性	源地分级	编号	面积/km^2	dPC	中心性
核心源地	1	46.66	46.76	48.90	一般源地	17	10.70	2.67	71.09
	2	9.74	23.30	57.86		18	12.83	2.29	123.95
	3	22.96	22.95	40.21		19	6.63	2.05	43.88
	4	33.41	21.92	114.94		20	6.95	1.99	178.11
	5	17.94	15.06	86.17		21	10.58	1.67	201.79
重要源地	6	31.52	12.84	63.49		22	4.95	1.59	100.72
	7	19.37	9.21	113.63		23	5.79	1.58	148.38
	8	13.29	7.75	116.73		24	10.11	0.93	58.35
	9	8.70	5.17	95.82		25	8.17	0.79	117.57
	10	6.33	4.52	118.15		26	4.71	0.22	83.73
	11	15.51	4.41	123.82		27	4.64	0.22	65.16
	12	11.64	4.21	133.93		28	6.78	0.19	130.01
	13	5.05	4.16	60.66		29	5.56	0.13	106.93
	14	12.26	3.65	80.60		30	5.20	0.11	83.35
	15	9.97	3.31	104.37					
	16	6.45	3.00	97.39		总计	374.40	208.64	2 969.70

源地 1、2 为里石门水库及其水源保护区；源地 4、5、13 为龙溪水库及其水源保护区；源地 3 为回龙山，水源保护区和林地形成了大型生态斑块，具有较强的景观连通性，有利于物种迁徙；源地 8、9 为洋磨坑水库、弄口水库和伍佰水库所在区域；源地 6、7、12、15 包含大片省级生态公益林，具有较好的斑块完整性和较高的连通性，能促进湿地鸟类、鱼类等物种在南部地区的东西交流；源地 11、14、16 为白溪水库水源保护区和华顶山森林公园，具有较好的连通性。

3.1.2　廊道生成

1）生态阻力面。基于 6 项阻力因子加权栅格计算可知，研究区因道路网络密度较高，道路距离因子阻力值的高值较多。河流距离、NDVI、土地利用阻力值的中值相对较多，主要集中在县域的中部，即主要城镇建设区域。由图 3 可知，县域整体综合阻力值为 1.191～4.759 7，其中，县域中部建设用地的生态阻力值最大。由于研究区内河流众多，且“距河流距离”阻力因子权重更大，阻力面最小的区域分布于水系及水系周边。

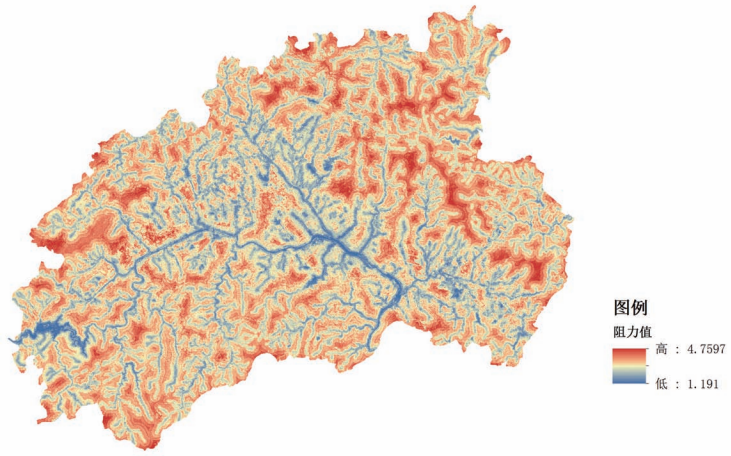


图 3　研究区阻力面识别

2）生态廊道综合识别。由图 4 可知，基于电路理论共识别生态廊道 67 条，总长度 215.06×10^3 km。筛选出关键生态廊道 45 条，长度 86.59×10^3 km；一般生态廊道 22 条，长度 128.47×10^3 km。关键生态廊道多连接相近生态源地，因此相较于一般生态廊道，它们的长度相对较短；而一般生态廊道则主要串联距离较远的生态源地。

3.1.3　生态节点识别

通过区域改进得分识别生态障碍点，并通过生态廊道的电流密度高低确定生态夹点[18]。前者与修复该区域后提高的廊道连通性高低成正比。改善分值较高的区域为生态“障碍点”是重要的生态修复节点，后者与物种在生态源地间迁徙时通过的可能性成正比，电流密度较高的区域为“生态夹点”。

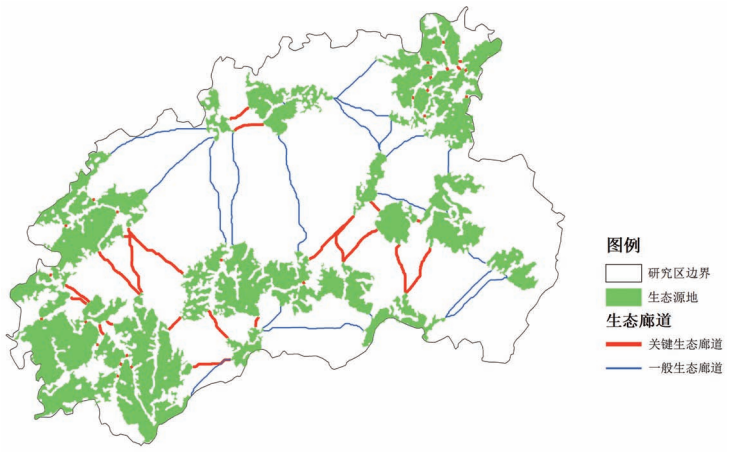


图 4 生态廊道分布与分级

通过计算区域改进得分及生态廊道电流密度的综合得分值进行生态节点识别。由图 5 可知，区域内共识别 17 处生态节点，其中关键生态节点 12 处，从空间分布上来看，关键生态节点分布于县域东北侧桐坑溪水库、里岙水库、黄龙水库、利民水库等水源保护地，及县域建设用地中始丰溪及其支流影响范围内。这一分布特征表明，当前城镇开发活动已对县域水源保护地及河流生态系统造成了一定程度的干扰，后续应更加关注县域内部水库及河流的生态功能维护与系统建设，建立生态缓冲区进行生态修复与功能提升，避免因过度开发或交通设施建设对区域生态连通性的影响。

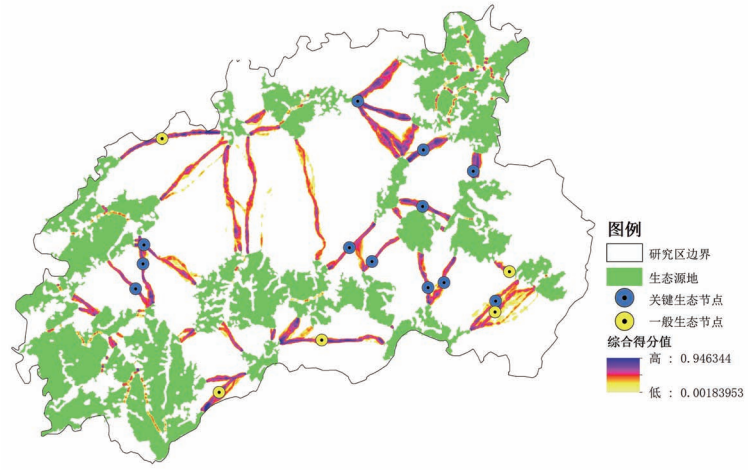


图 5 生态节点分布

3.2 天台县生态网络的构建

研究结合天台县重要自然资源分布特征，以重要水体作为生态联系通廊、主要交通路径作为潜在廊道、生态红线作为主要生态保护区，构建建立现状生态网络；在此基础上将基于 MSPA 方法识别的生态源地以及电路理论识别的生态廊道和生态节点进行多要素空间叠加及对比分析，建立天台县的生态网络规划（图 6）。

3.2.1 生态源地的保护与新增

本研究识别出 30 个生态源地，主要分布于县域四周山区，总面积占研究区 26.15%。其中，核心生态源地占 9.13%，集中于东北和西南，但分布不均，多位于外围山地林区，而县域中部生态源地缺失，影响整体生态安全格局的完整性。因此，应重点关注中部区域，优化空间布局，提升生态连通性。县域南侧生态源地范围大于现有生态红线。北侧生态源地虽小且分散，但重要性高，建议将其纳入生态红线核心区，优先实施保护措施，以增强区域生态稳定性。

3.2.2 生态廊道增设

研究共识别出 67 条生态廊道，总长 215.07×10^3 km，其中 45 条关键廊道总长 86.59×10^3 km。

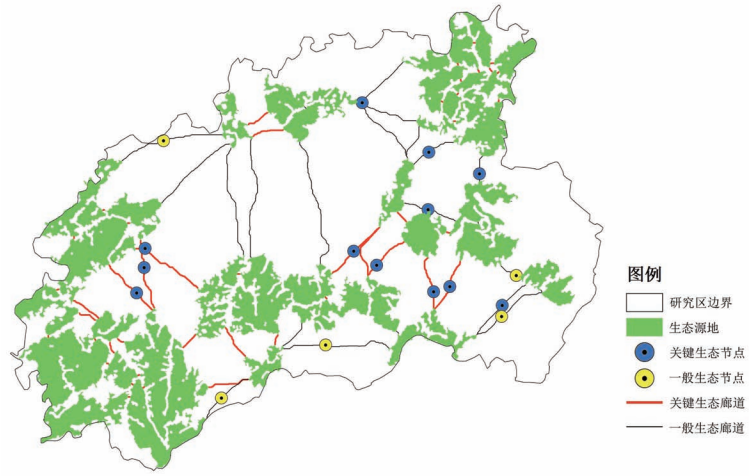


图 6　天台县生态网络规划

山区廊道密集，呈环状布局，连接县域四周生态源地，而中心区域生态联系薄弱，南北及东西向连通性受限，影响整体网络完整性。应重点关注天台县中心区域，设立生态过渡带，加强与周边廊道的连接。重要廊道主要集中在西南方向，起到串联分散生态源地、促进生态资源流动的作用。部分廊道与重要水系及道路重叠，因此需要加强其保护与管理，确保其长期稳定性与生态功能。

3.2.3　生态节点增设

基于区域最大改进得分和电流密度分析，研究识别出多个影响景观连通性的生态障碍点及关键生态夹点。叠加分析结果显示，县域内有 17 处生态节点，受区域特征影响，分布于生态节点主要位于交通路径与水体、生态源地的交汇处。其中关键生态节点 12 处，主要分布于水库等重要水源保护地，以及始丰溪及其支流所穿越的城镇建设区域。水库及河流交汇地带具有较高的联通性及敏感性，但也面临开发与交通建设的干扰压力。为此，应加强这些交汇点的保护与修复，优化交通与生态要素衔接，提升整体连通性，增强生态系统稳定性与韧性。

3.2.4　县域生态保护与修复建议

天台县生态资源丰富，应优先保障核心区域的生态安全。华顶国家森林公园、石门水库和龙溪水库水源保护区作为重要生态源地，应最大限度保护其生态功能。对破碎化生态斑块，应重点修复生态断裂带，扩大植被覆盖，促进生态连通性，提升整体稳定性。

始丰溪国家湿地公园具有重要生态价值，未来应加强保护，并推动其与周边生态源地的连接。通过优化始丰溪流域生态功能，结合区域建设需求，增设生态“栖息地”，提升生态廊道稳定性，推动县域中部生态修复与绿色发展。

4　讨论

关注天台县生态环境的研究虽丰富，但多聚焦于森林[19]、河流[20]、水库[21]与生态农业[22]等单一要素，研究区域则以乡村生态建设[23]为主。这些成果为天台县生态保护与建设奠定了坚实的基础，但仍缺乏从整体县域视角出发。本研究补充了对生态网络结构及其功能机制的系统性构建与多要素多尺度联动分析，可以支撑当前县域生态修复与协同治理的综合需求。

不同于一般生态网络中源地面积小、廊道长且依赖区域生态空间的特征[24]，天台县因生态本底良好、山地广布，呈现源地数量多、且集中与县域四周的特征。这是由于源地常被村庄割裂，导致源地较为集中但需大量短尺度廊道进行连接。此外，多个关键生态廊道穿越城镇建设区域，这一现象源于始丰溪作为贯穿县域东西的主要水系，其南北支流呈放射状延展，生态网络、水系、城镇开发区高度交织，反映出县域水系的重要性。因此，天台县应更加重视水系保护，确保生态节点的稳定性和生态功能的持续发挥。

研究区分出关键与一般的源地、廊道与节点，更清晰地呈现了不同生态要素在网络中的结构重要性与功能强度，提升了生态空间分级管理治理策略的科学性与操作性，为生态修复优先划定与

空间引导提供了有效依据，然而研究仍存在局限性：研究以行政边界为尺度，未能充分揭示生态过程的跨区域协同机制。未来研究可进一步拓展至流域或区域尺度，整合周边县域生态资源与格局，推动构建多尺度、跨边界的生态网络结构，以更好支撑区域生态系统的系统修复与协同治理。

5 结论

研究通过 MSPA 及电路理论构建较为系统的生态网络，共识别生态源地 30 处，其中核心生态源地 5 处；生态廊道 67 条，其中关键生态廊道 45 条；生态节点 17 处，其中关键生态节点 12 处。天台县生态资源多分布于山区，外围生态源地较多但分布不均，中部生态空间薄弱，影响整体生态网络的完整性与稳定性。因此，县域生态空间优化应坚持重点强化中部区域生态建设与连通性提升。建议在未来规划中注重中部生态过渡带的建设与破碎生态斑块的修复，提升生态网络的连贯性和系统性。同时，应强化对重要生态源地如华顶国家森林公园、始丰溪国家湿地公园等区域的管理与开发，以及主要河流廊道的保护与生态连通性修复，防范交通与建设活动带来的生态干扰，确保生态功能稳定发挥。

参考文献

[1]谷康,王雪,陈家宇.新中国成立以来风景园林学科建设回眸与展望[J].高教学刊,2023,9(35):1-6,12.

[2]许峰,尹海伟,孔繁花,等.基于 MSPA 与最小路径方法的巴中西部新城生态网络构建[J].生态学报,2015,35(19):6425-6434.

[3]杨鸿飞,吴建召,胡祉昱,等.基于景观格局分析地震灾区小流域生态安全:以龙溪河为例[J].应用与环境生物学报,2024,30(2):385-393.

[4]王晞月,郑菲,徐昉,等.基于多元资源整合的区域生态-文化复合廊道网络格局研究:以成渝地区为例[J].中国园林,2024,40(6):15-21.

[5]荣月静,严岩,王辰星,等.基于生态系统服务供需的雄安新区生态网络构建与优化[J].生态学报,2020,40(20):7197-7206.

[6]曲明.基于生态风险评估的大连市普兰店区生态空间格局演变与优化研究[D].哈尔滨:东北林业大学,2023.

[7]赵诚诚,潘竟虎.基于供需视角的黄河流域甘肃段生态安全格局识别与优化[J].生态学报,2022,42(17):6973-6984.

[8]杜悦悦,胡熠娜,杨旸,等.基于生态重要性和敏感性的西南山地生态安全格局构建:以云南省大理白族自治州为例[J].生态学报,2017,37(24):8241-8253.

[9]董欣雨,刘扬.基于形态学空间格局分析与景观连通性的易门县生态网络构建与优化[J].云南农业大学学报(自然科学),2024,39(5):168-177.

[10]LIU J H,DU M Y,MAO Z Y.Scale computation on high spatial resolution remotely sensed imagery multi-scale segmentation[J].International Journal of Remote Sensing,2017,38(18):5186-5214.

[11]申佳可,王云才.景观生态网络规划:由空间结构优先转向生态系统服务提升的生态空间体系构建[J].风景园林,2020,27(10):37-42.

[12]SOILLE P,VOGT P.Morphological segmentation of binary patterns[J].Pattern Recognition Letters,2009,30(4):456-459.

[13]祁强强,徐占军.生态安全格局时空演变分析:以太原城市群为例[J].中国环境科学,2023,43(11):5987-5997.

[14]崔旺来,蔡莉,奚恒辉,等.基于土地利用/覆盖变化的浙江大湾区生态安全评价及多情景模拟分析[J].生态学报,2022,42(6):2136-2148.

[15]许静,廖星凯,甘崎旭,等.基于 MSPA 与电路理论的黄河流域甘肃段生态安全格局构建[J].生态环境学报,2023,32(4):805-813.

[16]覃彬桂,林伊琳,赵俊三,等.基于 InVEST 模型和电路理论的昆明市国土空间生态修复关键区域识别[J].中国环境科学,2023,43(2):809-820.

[17]杨佩,时雅宁,朱格格,等.基于 MSPA 与电路理论的洛阳市生态网络构建与优化[J].黑龙江生态工程职业学院学报,2023,36(6):23-28,125.

[18]刘斯媛,罗勇,于慧,等.川西北长江黄河源区生态安全格局构建及优化[J].环境工程技术学报,2023,13(4):1315-1324.

[19]张勇,李土生,应宝根,等.天台县森林城市建设总体规划研究[J].林业调查规划,2014,39(1):134-138.

[20]庞春强,冯良.天台县大淡溪河道健康评价[J].水利技术监督,2023,31(11):1-4,52.

[21]陈海生.浙江省里石门水库生态系统服务功能价值评估[J].安徽农学通报,2019,25(1):135-136.

[22]潘曦,胡豹,杨泽南.天台县现代生态循环农业发展现状及对策[J].浙江农业科学,2019,60(11):2148-2151,2155.

[23]宫晓琳,扈幸伟,胡旭.乡村振兴背景下浙江天台县水美乡村生态景观建设[J].水利水电工程设计,2023,42(3):40-42,45.

[24]张义辉,张杨杨,李兵霞,等.晋西北黄土高原县域生态网络构建初探[J].环境生态学,2023,5(8):36-45,81.