泰山区域自然与文化共生网络构建及整体性保护*

于 莹[1] 孙 颖[1] 马 琳[1] 刘 兵[1] 孙希武[2] 毛福建[3] 王 翔[4]
姚 起[4] 李传荣[1,5] 张馨文[1,6]

1 山东农业大学林学院/山东省城乡风景园林示范工程技术中心 山东泰安 271018
2 泰安市林业保护发展中心 山东泰安 271000
3 泰山旅游服务中心天外村票务站 山东泰安 271000
4 泰安市泰山风景名胜区管理委员会 山东泰安 271000
5 山东省高等学校黄河下游生态保护与安全防控重点实验室 山东泰安 271018
6 北京师范大学环境学院 北京 100875

摘要：【目的】探究国土空间规划背景下“自然-文化”资源整体性保护路径，为新时期人与自然和谐共生建设提供依据，助力联合国可持续发展目标（SDGs）的实现。【方法】引入共生理论，运用生态系统服务、景观形态空间格局、综合评价模型提取源地，分析辐射空缺以优化源地和共生廊道，进而提出整体性保护框架和优化策略。【结果】初步确定 24 个生态源点、54 个文化源点、3 个文化遗产群组、1 个生态文化类群和 160 条共生廊道；通过源点辐射空缺分析，引入生态保护红线、农业文化遗产及风景区，优化后共 108 个源地和 231 条共生廊道，廊道连通率增加了 25.31%；结合共生理论，提出“要素联动-科技赋能-多方协同”的整体性保护框架和“一圈一屏三轴四区”的保护策略。【结论】自然生态要素与文化遗产要素在区域尺度上并非孤立存在，其完整性与连通效率是影响整体性保护成效的关键因素。因此，在国土空间规划语境下，不同自然-文化资源可转译为源地-廊道的共生网络；结合源点辐射空缺诊断进行优化，可有效提升网络连通性，为遗产地资源整体性保护提供可推广的技术路径。未来研究可引入多时相数据，以增强动态适应性与策略前瞻性。

关键词：遗产地；共生网络；廊道构建；整体性保护
DOI：10.12169/zgcsly.2025.09.16.0002

Construction of a Nature-Culture Coexistence Network in the Taishan Region and Its Holistic Conservation

Yu Ying[1] Sun Ying[1] Ma Lin[1] Liu Bing[1] Sun Xiwu[2] Mao Fujian[3]
Wang Xiang[4] Yao Qi[4] Li Chuanrong[1,5] Zhang Xinwen[1,6]

(1. College of Forestry, Shandong Agricultural University; Shandong Provincial Research Center of Landscape Demonstration Engineering Technology for Urban and Rural, Tai'an 271018, Shandong, China; 2. Taian Forestry Protection and Development Center, Tai'an 271000, Shandong, China; 3. Ticket Office of Tianwai Village, Taishan Tourist Service Center, Tai'an 271000, Shandong, China; 4. Mount Tai Scenic Area Administration Committee, Tai'an 271000, Shandong, China; 5. Key Laboratory of Shandong Higher Education Institutions for Ecological Protection and Security Control of the Lower Yellow River, Tai'an 271018, Shandong, China; 6. School of Environment, Beijing Normal University, Beijing 100875, China)

收稿日期：2025-09-16
* 基金项目：2025 年度泰山文化研究开放课题（25YZ11）；教育部人文社科基金（25YJCZH068）；“山东省高校优秀青年创新团队：林业碳汇与生态系统服务创新团队”（2024KJG043）
第一作者：于莹（1990- ），女，博士，讲师，研究方向为城市绿色空间生态系统服务。E-mail：ly7173@126.com
通信作者：张馨文（1975- ），女，博士，副教授，研究方向为风景园林规划设计、城市林业。E-mail：SDAUzxw@163.com

Abstract：【Objective】This study investigates integrated conservation pathways for "natural-cultural" resources against the backdrop of territorial spatial planning, aiming to support harmonious coexistence between humans and nature and contribute to the achievement of the Sustainable Development Goals (SDGs). 【Method】Symbiosis theory is adopted, and ecosystem service analysis, morphological spatial pattern analysis, and a comprehensive evaluation model are applied to identify source areas, calculate radiation gaps, and optimize source areas and symbiotic corridors. Based on these results, a holistic conservation framework as well as optimization strategies is proposed. 【Result】A total of 24 ecological sources, 54 cultural sources, 3 cultural clusters, 1 natural-cultural cluster, and 160 symbiotic corridors are initially identified. Through the source-point radiation gap analysis, ecological conservation redline, agricultural-cultural heritage sites, and scenic spots are introduced to optimize, and 108 sources and 231 symbiotic corridors are finally identified, increasing corridor connectivity rate by 25.31%. A holistic framework of "element linkage-technological empowerment-multi-party coordination" is developed, along with a conservation strategy of "one circle, one barrier, three axes, and four zones." 【Conclusion】Within the context of national territorial spatial planning, diverse natural-cultural resources can be translated into source-corridor symbiotic networks. Optimizing these networks through diagnostics of source-point radiation gaps can effectively enhance network connectivity, thereby providing an extendable technical pathway for the holistic conservation of heritage site resources. The future research can use multi-temporal data to enhance the dynamic adaptability and forward-looking strategies.

Keywords：heritage site；symbiotic network；corridor construction；holistic conservation

联合国《2030 可持续发展目标》（SDGs）强调，环境、文化和社会间的紧密联系应纳入城市可持续发展规划中。世界自然保护联盟（IUCN）和国际古迹遗址理事会（ICOMOS）共同推进的"自然与文化联合实践（Connecting Practice）"项目，旨在打破自然和文化遗产保护间的传统界限，促进两者的有机融合。与此同时，自然与文化遗产的整体性、系统性保护也是我国生态文明建设的重要议题。然而，尽管保护理念逐渐明晰，相关倡议和行动理念仍停留在价值倡导层面，尚缺乏可操作的规划模型与实施工具。尤其在区域尺度，如何将自然与文化遗产嵌入生态网络，实现"空间可识别、策略可实施"的保护体系，仍是理论与实践探索的双重瓶颈。

共生理论"互利互补、和谐共进"的中心意旨与国际社会的"Connecting Practice"和 SDGs 目标的建构价值不谋而合。"共生"（Symbiosis/Intergrowth）是德国生物学家德贝里提出的一个生物学概念，包括共生单元、共生环境和共生模式 3 个要素，核心思想是通过合作共存、互利互补实现要素间的互惠共生。随着全球土地利用规划和生态修复工作的推进，共生理论广泛应用于城乡融合[1]、城市发展、生态保护[2]与遗产网络构建[3]等领域，已形成整合多元要素、促进非层级协作的理论范式。相较之下，传统生态网络多基于图论构建"节点—边"的拓扑模型[4]，而共生理论则通过构建多维网络，关注物种或功能群之间的能量流动关系与动态平衡，进而实现系统的有机整合。这种整合使网络呈现出非层级化的互惠合作结构，为资源的保护与开发提供系统框架，从而推动生态修复与经济发展的非线性增益[5]。

泰山区域孕育了丰富的动植物资源，同时还拥有中国首个世界自然与文化双重遗产——泰山，以及大汶口文化遗址、齐长城等重要文化遗产。泰山区域山水林田湖草生命共同体（以下简称"泰山区域"）是中国生态文明建设的重要示范工程。然而，随着经济发展和城市化建设，国土空间利用矛盾日益突出，亟需开展整体性保护以推动生态文明建设与可持续发展。

综上，围绕遗产资源如何有效嵌入自然环境网络，研究内容包括：1）耦合生态文化源地，确定源地属性；2）基于电路理论构建生态-文化主次廊道；3）引入生态保护红线（Ecological Protection Redlines，EPR）、农业文化遗产（Aro-culture heritage，ACH）和景区（Scenic area，SA），开展源地辐射与共生廊道优化评价；4）根

据优化后的廊道，提出整体性保护框架和优化策略，形成自然与文化紧密融合的有机网络。本研究创新性的将自然与文化遗产作为核心源地纳入廊道优化框架，提出自然文化资源的整体性保护框架，不仅回应了国际社会倡导的 SDGs 和 Connecting Practice，更有利于泰山自然文化资源的整体保护，具有重要的理论与实践价值。

1 研究区概况

泰山区域位于山东省西部沿黄地带，涵盖泰安市全域及济南市莱芜、长清等行政区，面积约 13 615.83 km^2。区域中部为山区，地势偏高，南北两侧地势偏低，以丘陵和平原为主，呈现出“中高南北低”的分布特点。西侧紧邻黄河，东至鲁中山脉中部，大汶河和小清河分别位于山脉南北两侧，共同构成黄河下游的重要生态功能区，是华北平原的关键生态屏障。区域人口近千万，是山东省重要的经济与文化中心，依托山体水源涵养、林草固碳护土、河湖调蓄等生态功能，不仅保障了城乡供水安全与粮食生产，还为文旅产业、特色农业、现代服务业等产业转型与升级提供支撑。同时区域内以泰山为核心，串联岱庙、齐长城、大汶口遗址及传统祭祀、碑刻等历史文化要素，形成山-城-遗址的复合资源。然而，目前区域面临矿山采空滑坡塌陷、水环境污染严重、森林生态功能退化、生物多样性降低及土地利用冲突等环境问题[6-7]。科学协调好生态与文化资源，不仅有助于实现 SDGs，促进人与自然和谐共生，也为其他遗产地提供示范和借鉴。

2 研究方法

2.1 数据来源

1）2020 年环境数据。土地利用数据，分辨率 30 m，来源于资源与环境科学数据中心（https://www.resdc.cn）；数字高程模型（DEM），分辨率 30 m，来源于地理空间数据云平台（https://www.gscloud.cn/）；水与道路网络，比例尺 1∶500 000，分辨率 500 m，来源于开放街道地图（OpenStreetMap，https://www.openhistoricalmap.org/）；夜间灯光数据（VIIRS-DNB），来源于国家青藏高原科学数据中心；归一化植被指数（NDVI），分辨率 250 m，来源于国家青藏高原科学数据中心（https://data.tpdc.ac.cn/）。

2）2023 年遗产数据。有形文化遗产（古建筑、历史遗址等）、非物质文化遗产（传统技艺、习俗等）、传统街区及古村落，来源于山东省文化和旅游厅（http://whhly.shandong.gov.cn/shandong.gov.cn）。

3）政策与规划数据。《山东省国土空间规划（2021—2035 年）》（以下简称“SD-TSP（2021-2035）”）、《山东省生态保护红线》（以下简称 SD-EPR）和《泰山区域山水林田湖草生态保护修复工程的实施意见》，来源于山东省生态和环境厅（http://sthj.shandong.gov.cn/）。

4）其他数据。农业文化遗产（Agricultural cultural heritage，ACH），来源于山东省人民政府网（https://www.gov.cn/）和山东农业农村部（https://www.moa.gov.cn/）；景区（Scenic area，SA），来源于山东省文化和旅游厅（shandong.gov.cn）。

2.2 生态源地识别

为提高生态源地识别的准确性，结合生态系统服务（Ecosystem services，ES）综合价值与景观形态空间格局（Morphological spatial pattern analysis，MSPA）进行筛选。ES 类型参考《生态保护红线划定指南》（2020 年）及 SP-TSP（2021—2035 年），选择水源涵养（Water yield，WY）、水土保持（Soil retention，SR）、生境质量（Habitat quality，HQ）和碳储存（Carbon storage and sequestration，CSS）4 种评价指标计算 ES 的综合价值，然后运用自然断点法分为 5 级，筛选高值区且面积大于 20 km^2 的为生态源地[8]。

2.3 遗产资源综合评价模型

结合文化遗产保护和遗产价值评价研究，从历史价值（年代久远度 A1、遗产的知名度 A2 与泰山的关联度 A3）、科学价值（技术水平 B1 和科普价值 B2）、艺术价值（地域性 C1 和独特性 C2）、可持续价值（现状保护程度 D1、环境协调程度 D2 和社会认可程度 D3）、区域环境（遗产的丰富度 E1 和交通可达性 E2）5 个维度选取 12 个评价因子构建综合评价模型[9]，其中主观因子（A3、B1、B2、C1、C2、D1、D2 和 D3）8 个、

客观因子（A1、A2、E1 和 E2）4 个，主观评价指标占比高，反映文化遗产强调非物质文化意义的特点。

因子赋值采用主客观判定结合的方法：主观判定法用于不能直接测量的因子（A3、B1、B2、C1、C2、D1、D2 和 D3，通过李克特量表（Likert scale）进行评分[10]，并结合 18 名专家（教授 2 人，副教授 5 人，政府统计人员 5 人，研究人员 6 人）的评分数据，运用 yaahp12.3 对专家评分矩阵进行检验，矩阵 CR 小于 0.1，与一致性检验一致。客观判定法通过行业标准赋值（A1、A2）或地理空间分析进行标准化（E1、E2）。将综合评价结果与山东省文化和旅游厅发布的文化资源等级划分进行对比验证。如果验证结果显示得分较高的遗产地（如泰山古建筑）与国家级文化遗产名单高度一致，则说明该评价模型支持该主客观结合权重确定的可靠性。

2.4　综合阻力面与廊道构建

从自然环境和社会经济因素中选取土地利用类型、DEM、坡度、NDVI、距离道路距离、距离水系距离和夜晚灯光 7 类阻力因子，利用熵权法确认各个阻力因子权重[11-12]。与传统最小累积阻力（Minimum cumulative resistance，MCR）模型和图论法相比，电路理论能够全面模拟生态网络中生物或能量在多路径、多节点间的随机流动[13]。本文运用该理论 Linkage Mapper 工具箱中的 Linkage Pathways Tool 工具绘制生态与文化源地之间的共生廊道，模型参数为 20 000[14]。

2.5　源地优化与廊道指数评价

为弥补资源空间连通性不足的问题，研究基于资源间相互作用与共生原理，识别并补充源地辐射空缺，优化自然-文化廊道。优化步骤包括：计算源地辐射区与空缺区；源地叠加筛选优质源地作为补充；确定优化源地并重构网络廊道。源地优化主要选取 EPR、ACH 和 SA，其中 EPR 作为国家维护区域生态安全的重要屏障，将其纳入保护源地有助于构建连续、完整的生态网络，保障水源涵养、水土保持和气候调节等关键 ES 功能[15]；ACH 作为中华农耕智慧、生产方式与生活经验的历史载体，不仅见证了中华文明的起源与发展，也为多种生物提供栖息空间，对维持流域生态平衡具有重要意义[16]；SA 兼具自然生态与人文景观价值，纳入保护体系可在生态环境保护的同时提升区域文化内涵与综合价值[17]。

根据生成的廊道和节点数量，采用网络闭合指数（α）、网络连通性指数（β）和网络连通率（γ）对所构建的廊道网络结构进行定量分析和评价[3]，以判定共生网络结构的合理性。

3　结果与分析

3.1　源地识别

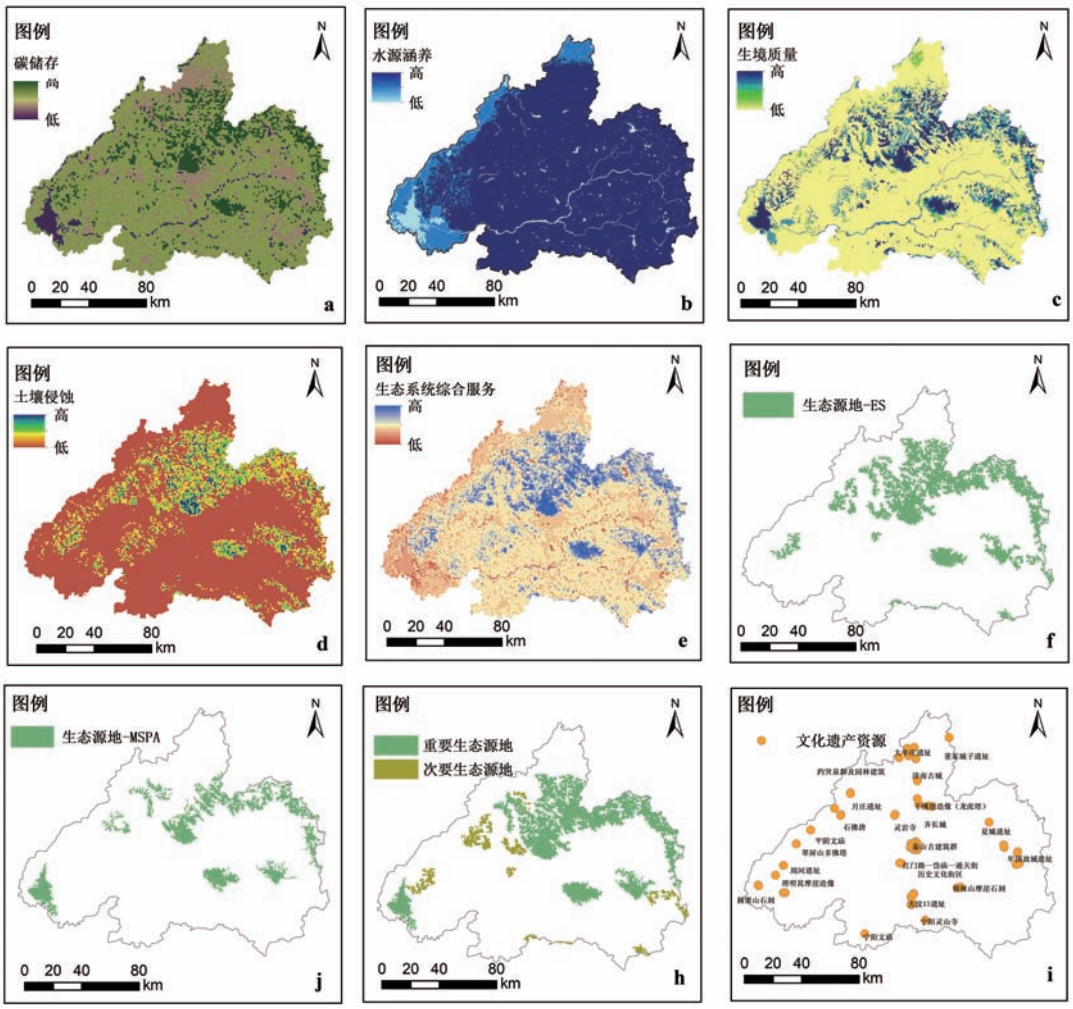
3.1.1　生态源地识别

基于 ES 综合分析可知，生态源地集中在自然干扰较弱、生态服务功能高度叠加的鲁中山地，南部及中西部分布稀少。共识别出 19 个源地，总面积 2 256.49 km^2，占研究区 16.57%，空间分布与碳储存、生境质量、土壤保持等生态服务价值高度吻合（图 1a～f）。基于 MSPA 方法筛选出 dPC>1 且面积>20 km^2 的 11 个源地，面积为 1 254.31 km^2，占研究区 9.21%（图 1j），与 ES 综合价值在空间分布上表现出较高的一致性。

为全面确定生态源地，将 ES 与 MSPA 识别结果叠加删除重叠斑块，最终确定 25 个生态源地（图 1h），总面积为 2 746.07 km^2，占研究区 20.16%。按面积将源地划分为核心源地（>100 km^2）与次要源地，其中核心源地 7 个，分布在济南南部和泰安北部泰山山脉，东平湖及徂徕山等区域；次要源地 18 个，集中在长清区和平阴县的泰山余脉。整体上，生态源地呈中部山脉与西南湖泊集中分布，南侧的肥城市、新泰市及宁阳县存在明显的空间空缺。

3.1.2　文化源点识别

共搜集文化遗产 781 项，其中物质文化遗产 398 项，非物质文化遗产 383 项（表 1）：物质文化遗产中古建筑数量最多，非物质文化遗产中传统技艺居多。基于文化遗产多指标综合评价得分，并按照得分区间进行分级，即基础遗产（1～3 分）27 项、一般遗产（4～6 分）685 项、重要遗产（7～9 分）64 项、核心遗产（≥10 分）5 项。最终选取重要及核心遗产共 69 项作为研究区代表性文化源点。高分值遗产集中于与泰山相关的资



注：a. 碳储存；b. 水源涵养；c. 生境质量；d. 土壤保持；e. 生态系统综合服务；f. 基于生态系统服务确定的生态源地；j. 基于 MSPA 确定的生态源地；h. 叠加后初步确定的生态源地；i. 初步确定的文化遗产源点。

图 1 生态与文化源地初步识别

表 1 文化遗产概况

物质文化遗产			非物质文化遗产		
类型	数量	占比/%	类型	数量	占比/%
古城及传统村落	23	2.94	民间文学	42	5.38
特色村镇及历史街区	13	1.66	传统戏剧、舞蹈与音乐等	53	6.79
石窟和石刻	43	5.51	传统体育、杂技	21	2.69
古墓	32	4.10	传统医药	43	5.51
古遗址	72	9.22	传统美术	33	4.23
近现代重要遗址、建筑等	103	13.19	民俗、习俗	16	2.05
古建筑	112	14.34	传统技艺	175	22.41
小计	398	50.96	小计	383	49.04
合计				781	100.00

源，如泰山盘路古建筑群（11.057 分），千佛崖造像（10.876 分），岱庙（10.827 分），泰山宋至清石刻（10.652）。从空间分布（图 1i）看，文化源点集中于黄河沿线、泰山及济南市中区，肥城、宁阳等地分布相对较少。

3.1.3 生态、文化源点耦合

由图 2 可知，不同属性资源的空间分布虽不尽相同，但文化源点多集中于生态源地周边，验

证了生态-文化资源的整体与共生属性。为准确区分源地属性，本研究制定以下规则：半径 5 km 范围内存在≥3 个遗产点的集中区，定义为文化遗产群组；单一生态源地内文化源点≥3 个，界定为生态文化类群；单一生态源地内文化源点<3 个，则维持单一生态或文化属性[3]。最终确定 1 个自然文化类群、3 个文化遗产群组、24 个生态源点和 54 个文化源点。泰山山脉兼具自然文化的双重属性（生态文化类群），文化遗产群组涵盖泰山文化、大汶口遗址及济南趵突泉等遗产，而东平湖、徂徕山等则以单一生态属性为主。

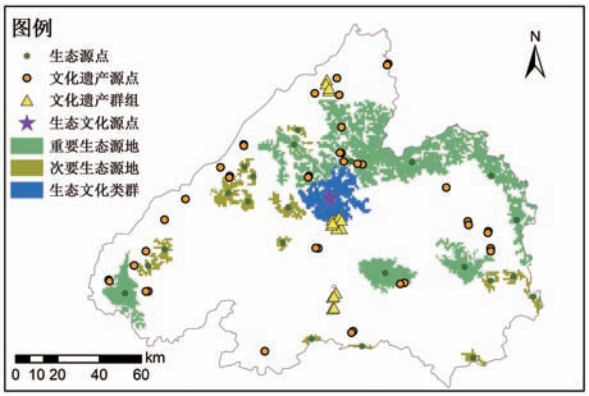
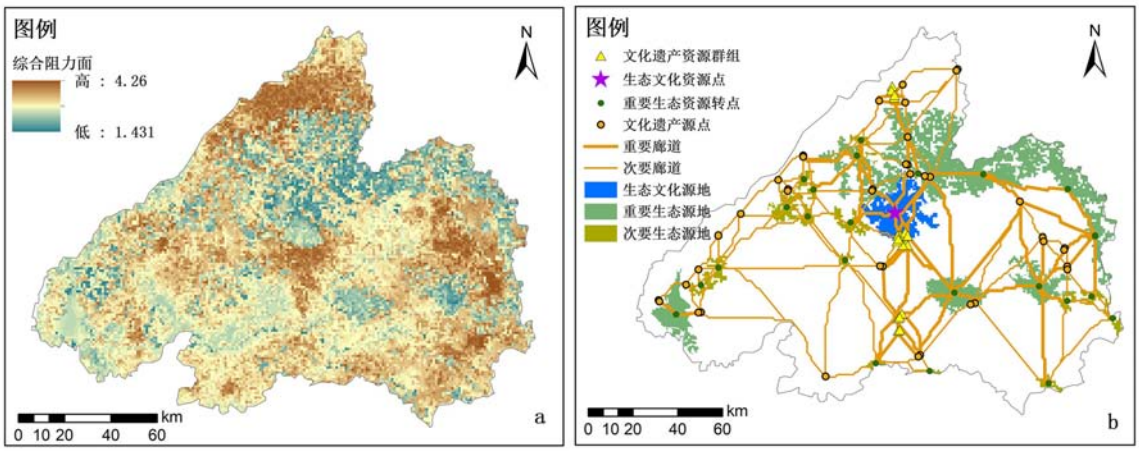


图 2　自然文化源点耦合

3.2　综合阻力面与廊道初步构建

图 3a 表明，综合阻力面结果整体呈现由低到高的梯度分布。低值区主要位于中部山区和西南湖泊水系，分布连续且面积较大，有利于物种迁移与流动；高值区集中在以建设用地为主的济南和泰安城市中心，生态环境相对脆弱；中值区分布于城市周边，以耕地为主，起到过渡和缓冲作用。

基于源点属性和以下原则构建共生廊道：1）连接对象：直接连接自然文化类群、核心生态源地和文化群组的廊道为重要廊道，仅连接两个单一属性源点的廊道为次要廊道；2）网络结构作用：连接两个及以上重要廊道的枢纽廊道为重要廊道，其余的为次要廊道去除冗余廊道后，初步形成重要廊道 56 条，次要廊道 104 条，共计 160 条（图 3b）。重要廊道集中在中部和东部山区，与核心生态源地和文化群组高度重合，次要廊道分布较为分散，主要连接肥城、东平、平阴和长清等地的自然文化源点。整体来看，主次廊道空间分布不均衡，肥城、平阴等区域存在明显连通空缺，亟需优化。



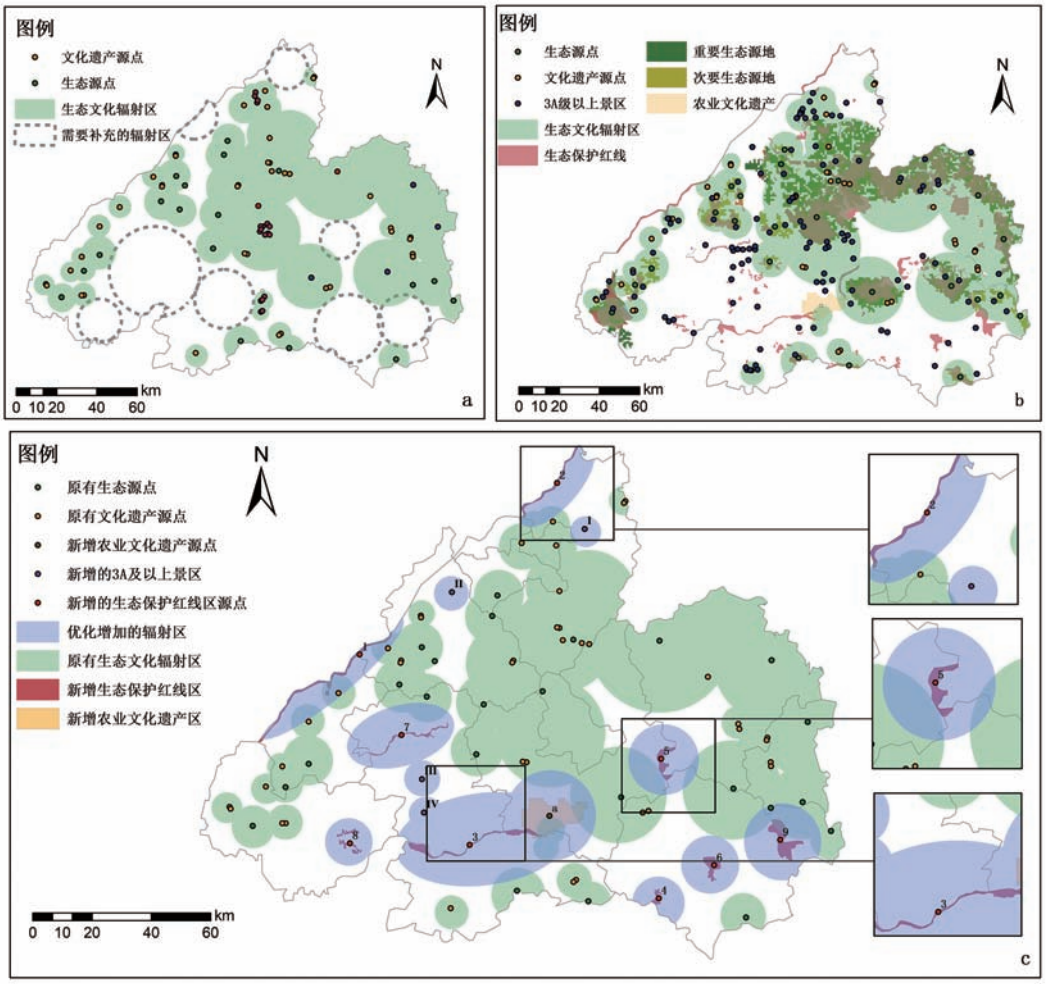
注：a. 综合阻力面；b. 初步廊道构建。

图 3　共生廊道初步构建

3.3　共生廊道优化与评价

3.3.1　源地及共生廊道优化

初步构建的网络廊道表明空间整体连通性不足，亟需通过优化源地分布以完善资源共生网络。结果（图 4a ）显示，源地辐射范围为 7 217.43 km^2，占研究区 53.01%，泰安东平、肥城与新泰等地存在明显空缺。接着，将 EPR、ACH 和 SA 与初步识别的源地叠加（图 4b）发现，新增源地与鲁中山脉、东平湖等重要源地高度重叠。在辐射缺口区通过层次分析法筛选出完整性较好、面积较大的 EPR、ACH 及 SA 作为补充源地（图 4c）。为区分不同属性的新增源地类型，本文在编号上采



注：a. 源地辐射空缺；b. 源地耦合；c. 优化后源地辐射。

图 4 源地优化过程

用分类标识方式：阿拉伯数字（1、2、3……）表示新增生态源地，罗马数字（Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ……）表示新增景区类源地，字母（a，b，c……）表示新增农业文化遗产类源地。EPR 泰安和济南段（新增源地 1、2）位于黄河干流区，是黄河流域高质量发展的核心区；EPR 大汶河（新增源地 3）位于宁阳县，是连接研究区东西两侧的天然纽带，可弥补区域源地空缺；济南航空科技体育公园、国际园博园（新增源地Ⅰ、Ⅱ）作为城市重要绿地，兼具气候调节、水土保持、生物多样性保护与科普休闲功能；泰安汶阳田种植系统（新增源地 a）作为重要农业文化遗产，不仅维持农田生态系统与生物多样性，还承载悠久的农耕文化，是连接泰山南北的关键地段。研究最终确定 14 个新增源地（其中 9 个 EPR，4 个 SA 和 1 个 ACH），辐射面积 3 573.95 km^2，占研究区 26.25%。结合原有源地重构共生廊道，新增重要廊道 9 条，次要廊道 77 条，删除重复廊道，最终形成 68 条重要廊道，163 条次要廊道，共计 231 条。

根据源地属性，廊道分为同属性的单一功能廊道（如生态-生态，文化-文化，农业-农业等）和跨属性的共生廊道（如生态-文化，生态-农业，生态-景区等），其中单一功能重要廊道 28 条、次要廊道 60 条；共生重要廊道 40 条、次要廊道 103 条（图 5）。

3.3.2 优化后共生廊道评价

由表 2 可知，优化后共生廊道数量 L = 231，节点数 V = 108，整体形成了廊道数量丰富、连通性增强、密度较高的复合网络结构。与优化前相比，α 由 0.37 提升至 0.59，增幅 60.51%，β 提升 25.66%，γ 提升 25.31%，说明景观连通性指

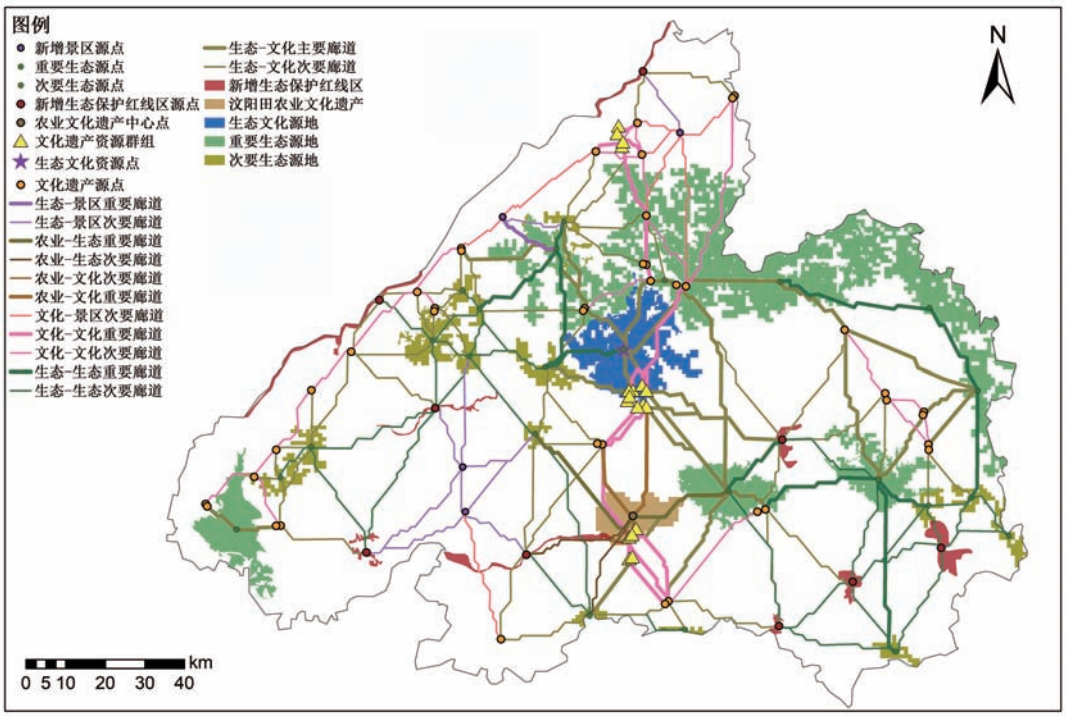


图 5　优化后的共生廊道

数得到明显提升，优化后的共生廊道有效强化了自然-文化资源的空间连续性与整体完整性。

表 2　共生廊道优化前后对比

阶段	L	V	α	β	γ
优化前	160	94	0. 37	1. 70	0. 58
优化后	231	108	0. 59	2. 14	0. 73
增加(%)	44. 38	14. 89	60. 51	25. 66	25. 31

4　自然与文化资源整体性保护策略

4. 1　基于自然-文化共生逻辑的整体性保护框架

共生网络结果表明，自然生态源地与文化源点在空间上存在重叠耦合与互补连通两类关键关系，连通薄弱区往往同时对应建设扩张与资源零散分布等复合压力。研究结合区域资源现状和共生理论逻辑，提出“要素联动—科技赋能—多方协同”的整体性保护框架（图 6）。要素联动：强调自然与文化要素在环境基底与内涵上的相互依存，通过“文化映射自然、自然承载文化”的路径，实现人与自然的双向互动。科技赋能：运用遥感与 GIS 技术精准监测，与文化资源数据库融合，构建生态-文化一体化数字管理体系，结合 VR 与 AR 技术，将历史文化与自然景观转化为沉浸式体验，增强公众参与和文化认同。多方协同：建立政府、科研机构、社会团体与居民共同参与的跨部门、跨区域的合作网络，政府负责政策与协调，科研人员提供大数据与生态建模支撑，社会团体与 NGO 推动传播与时间，促进公众广泛参与。该框架旨在实现自然与文化资源的多模态、跨区域、可持续的协同保护，实现资源共享与优势互补的共生发展模式。

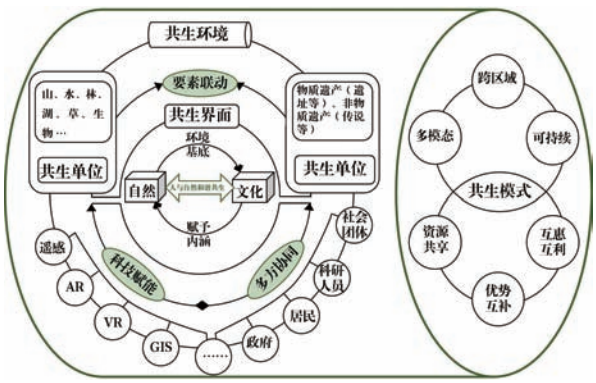


图 6　基于共生逻辑的“自然-文化”整体性保护框架

4. 2　自然-文化协同共生的保护策略

研究基于优化后廊道功能与布局，提出泰山区域“一圈—屏三轴四区”的保护策略（图 7），其中，“一圈”为泰山自然文化核心共生圈；“一

屏”为鲁中山地生态保育屏；“三轴”包括黄河流域生态修复轴、大汶河共生保护轴和齐鲁文化发展轴；“四区”即生态保护区、生态修复区、生态游憩区及农业生产区。

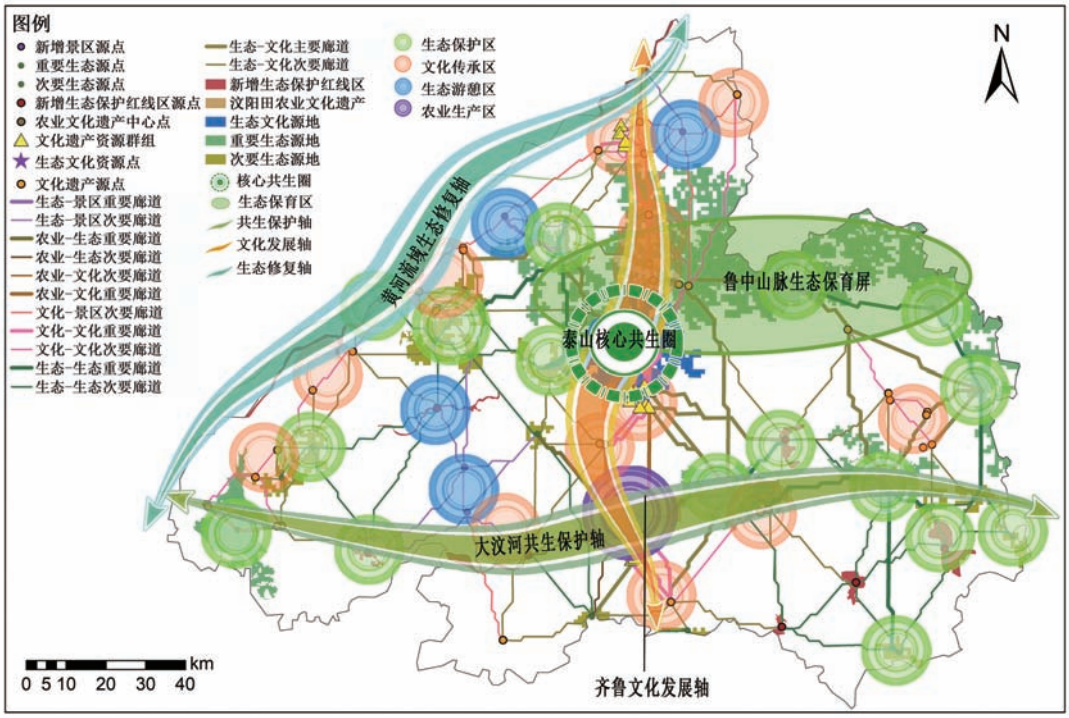


图 7 保护策略

一圈：泰山自然文化核心共生圈。区域内泰山自然景观-古泰安城历史肌理-泰山文化遗产在空间上高度耦合。通天坊-岱庙-红门-祭祀轴线等文化节点与环山廊道协同发挥文化承载与生态连通功能。应严格管控核心区与缓冲区建设，协同推进植被恢复与历史景观修复；依托智慧旅游实施承载控制与分时预约；以街区更新联动廊道修复，串联“山-城-遗产”连续界面。

一屏：鲁中山脉生态保育屏。鲁中山脉是连接南北的生态屏障，承担涵养水源、生物多样性维护等功能，并串联齐长城、城子崖遗址等考古资源。应以“山体完整-生境连续-遗址展示”为导向，优先修复采矿与工程建设导致的破碎生境与山间廊道、提升植被覆盖；整合民俗与非遗资源，构建“遗产解说-生态研学-社区参与”设施网络，推动非遗活态展示与生态旅游，增强公众认同。

三轴：黄河流域生态修复轴、大汶河共生发展轴和齐鲁文化发展轴。黄河轴以黄河-支流湿地系统为共生廊道水系骨架，强化水系连通与生态服务，重点推进水生态修复、河岸带绿化与湿地节点贯通，设置岸线缓冲带；结合黄河文化以轻量化解说与慢行游径组织游憩，避让敏感栖息地。大汶河连接东平湖-大汶河核心源地，并串联大汶口遗址群与汶阳田农业文化遗产，严控沿岸建设扩张，修复河岸植被与支沟湿地滞蓄，配套农业最佳管理并建设文化展示长廊与社区共管驿站，同步推进生态修复与文化体验。齐鲁文化轴串联泰山、大汶口、城子崖及济南趵突泉等节点，保护沿线景观格局、控制不协调开发；在核心节点应用数字化复原与分级管控夜间光环境/商业强度，结合智慧旅游与文创，促进文化传播与生态保护协同。

四区：生态保护区、文化传承区、生态游憩区和农业生产区。生态保护区以徂徕山、东平湖等重要源点为核心，落实“红线+修复”，推进乡土植被恢复与“山体-林草-湿地-水系”协同修复，配套水土保持与长期监测，并实施季节性限行与静默期管理。文化传承区集中于济南、古泰安城及泰山、大汶口等遗址，划定多重控制线与分级保护目录，实行“核心-展示-缓冲”差异化管理，重点构建泉水街巷文化连线与岱庙-登山

轴线等非遗节点。生态游憩区位于城郊与风景区，依托良好生态基底，统筹城镇边界与弹性空间布局，协调生态服务、游憩利用与居民需求。农业生产区以汶阳田农作系统为核心，保护传统灌溉与农田格局、严控建设扩张，挖掘农耕技艺与节庆文化，发展农旅融合与特色品牌，促进生态保育、文化传承与乡村振兴协同。

5　结论

在国土空间规划语境下，研究以泰山区域为例，构建了融合生态系统服务与文化遗产价值的“源地-廊道”自然-文化共生的网络分析框架，并通过源地辐射空缺识别与廊道结构优化，系统揭示了区域自然与文化资源在空间上的耦合特征及其连通规律。研究表明，自然生态要素与文化遗产要素在区域尺度上并非孤立存在，而是通过廊道网络形成具有差异化结构的共生体系，其完整性与连通效率是影响整体性保护成效的关键因素。研究提出的面向自然-文化资源整体性保护的定量识别与优化思路，并将研究结果转译为空间管控框架与“一圈一屏三轴四区”保护策略，为区域尺度下自然-文化资源协同保护与遗产廊道组织提供了可操作的技术路径。由于受限于数据时序条件，本文尚未充分刻画自然-文化共生网络的动态演化过程，未来研究可引入多时相数据与情景分析方法，以进一步提升整体性保护策略的适应性与前瞻性。

参考文献

[1] TIAN Y S, QIAN J, WANG L. Village classification in metropolitan suburbs from the perspective of urban-rural integration and improvement strategies: a case study of Wuhan, central China[J]. Land Use Policy, 2021, 111: 105748.

[2] LI J Z, OUYANG X, ZHU X. Land space simulation of urban agglomerations from the perspective of the symbiosis of urban development and ecological protection: a case study of Changsha-Zhuzhou-Xiangtan urban agglomeration[J]. Ecological Indicators, 2021, 126: 107669.

[3] SUN Y, WANG Y S, LIU L L, et al. Large-scale cultural heritage conservation and utilization based on cultural ecology corridors: a case study of the Dongjiang-Hanjiang River Basin in Guangdong, China[J]. Heritage Science, 2024, 12: 44.

[4] 刘杰，罗玉兰，张浪，等.湖州市域生态网络构建的关键区空间辨识[J].中国城市林业，2025，23(3)：167-174.

[5] 高滢，苏毅.基于MSPA和电路理论的县域生态网络构建[J].中国城市林业，2025，23(2)：115-122.

[6] 张兆民，宋王芳，窦凤珂，等.泰山区域山水林田湖草生态保护修复研究与实践[J].测绘科学，2025，50(1)：144-151.

[7] 肖华斌，张慧莹，郭妍馨，等.服务高效导向下泰山区域山水林田湖草生命共同体生态网络构建研究[J].中国园林，2021，37(8)：103-108.

[8] 赵华，周舒恬，徐嘉兴，等.基于生态安全格局的资源枯竭型城市生态保护修复关键区识别：以徐州市贾汪区为例[J].中国矿业，2024，33(10)：119-130.

[9] 张泉，邹成东，李笑盈.空间视角下徽杭古道线性文化遗产网络构建研究[J].工业建筑，2024，54(3)：80-89.

[10] YU Y, YU B, ZHANG X W, et al. Construction of symbiosis corridors for heritage resources and optimization of conservation strategies in the basin: a case study of the Yellow River Basin in Shandong, China[J]. Ecological Indicators, 2025, 178: 113962.

[11] 韩萌薇，张帅普，徐勤学，等.基于碳汇和景观连通性的跨流域生态安全格局构建[J].环境科学，2024，45(10)：5844-5852.

[12] ZHANG F Y, JIA Y Y, LIU X L, et al. Application of MSPA-MCR models to construct ecological security pattern in the basin: a case study of Dawen River basin[J]. Ecological Indicators, 2024, 160: 111887.

[13] MCRAE B H, DICKSON B G, KEITT T H, et al. Using circuit theory to model connectivity in ecology, evolution, and conservation[J]. Ecology, 2008, 89(10): 2712-2724.

[14] ZHU J, SU J, YIN H W, et al. Construction of Xuzhou ecological network based on comprehensive sources identification and multi-scale nesting[J]. Journal of Natural Resources, 2020, 35(8): 1986.

[15] SHUAI N, HU Y C, GAO M W, et al. Construction and optimization of ecological networks in karst regions based on multi-scale nesting: a case study in Guangxi Hechi, China[J]. Ecological Informatics, 2023, 74: 101963.

[16] MIN Q W. Agri-cultural heritage: an interdisciplinary field with development prospects[J]. Journal of Resources and Ecology, 2021, 12(4): 437-443.

[17] HAN Y, LIU Y X, WANG C X, et al. Assessment of the cultural-natural importance of the scenic spots from a network perspective[J]. Landscape and Urban Planning, 2023, 239: 104861.