doi:10.3969/j.issn.1001-4616.2026.05.009

人地关系视角下生态-游憩网络研究进展与启示

王　群,徐成凤

(安徽师范大学地理与旅游学院,安徽 芜湖 241002)

[摘要]　面对城市化带来的生态环境压力与居民游憩需求,生态-游憩网络作为复合型空间组织体系,已逐渐成为实现生态环境保护与游憩福祉提升的重要路径. 文章从人地关系视角对生态-游憩网络的概念、复合类型、构建要素、分析评价与优化进行系统梳理. 研究发现:生态-游憩网络的概念尚未明确,文章基于对相关网络概念及研究的梳理,立足人地关系视角对其进行了界定;根据复合程度与方式,将生态-游憩网络的复合类型归纳为空间叠置复合、功能交互复合与系统重构复合三类,3 种复合类型的演进展现了网络耦合的逐步深化;生态-游憩网络由节点和廊道两类要素构成,不同的网络复合类型包含的要素存在差异,且各类要素的提取方法已形成系统化范式;网络评价主要从结构和功能两个维度展开,结构评价侧重网络连通性与空间格局特征,功能评价则强调人地系统间的相互作用及功能协调;网络优化从"点-线-面"3 个层次入手,具体策略包括分类管控、结构修复与空间布局调整等. 针对当前研究存在的局限与不足,文章提出未来需在理论深化、内部关系、评价体系、多尺度视角以及优化治理几个方面进行拓展与深化.

[关键词]　生态-游憩网络,人地关系,复合类型,网络评价,研究启示
[中图分类号]K901　[文献标志码]A　[文章编号]1001-4616(2026)05-0079-14

Research Progress and Implications of Eco-recreational Network From the Perspective of Human-Environment Relationship

Wang Qun, Xu Chengfeng

(School of Geography and Tourism, Anhui Normal University, Wuhu 241002, China)

Abstract: Urbanization brings ecological and environmental pressures as well as residents' recreational demands. Eco-recreational network, as a composite spatial organization system, have gradually become an important path to achieve ecological environmental protection and the improvement of recreational well-being. This paper systematically sorts out the concept, composite types, construction elements, analysis, evaluation and optimization of eco-recreational network from the perspective of man-land relationship. The research draws the following findings: the concept of the eco-recreational network remains unclear. Based on a review of relevant network concepts and research, this paper defines the concept from the perspective of human-environment relationship. According to the degree and mode of integration, the integration types of the eco-recreational network are summarized into 3 categories, spatial overlapping integration, functional interaction integration, and system restructuring integration. The evolution of these 3 integration types demonstrates the gradual deepening of network coupling. Eco-recreational network consists of 2 types of elements: nodes and corridors. Elements contained in different composite network types show differences. Systematic paradigms have been formed for the extraction methods of various elements. Network evaluation is mainly carried out from 2 dimensions, structure and function. Structural evaluation focuses on network connectivity and spatial pattern characteristics, while functional evaluation emphasizes the interactions and functional coordination between human-environment systems. Network optimization starts from 3 levels: point-line-plane. Specific strategies include classified management and control, structural restoration and spatial layout adjustment. In view of the limitations and deficiencies of current research, this paper puts forward that future research needs to expand

收稿日期:2026-01-08.
基金项目:国家自然科学基金项目(42171239、42571300).
通讯作者:王群,博士,教授,博士生导师,研究方向:旅游生态与可持续发展. E-mail:junyang110771@163.com

and deepen in several aspects, including theoretical deepening, internal relationship, evaluation system, multi-scale perspective and optimization governance.

Key words: eco-recreational network, human-environment relationship, composite types, network evaluation, research implications

自然生态系统的健康稳定是人类社会发展的基础[1]. 在我国快速城镇化和产业化进程中,粗放的发展模式与多元需求导致人地系统相互作用的内生化趋势加剧[2-4]. 为促进人与自然和谐共生,推进“美丽中国”建设,我国通过建设城市公园、绿道与风景道、完善自然保护地体系等,在提升生态系统服务功能的同时满足居民游憩需求[5-7]. 截至 2024 年末,我国已建设口袋公园超 4.8 万个,绿道超 12.8 万公里,以国家公园为主体的自然保护地体系建设成果显著. 在生态文明战略引导下,生态-游憩空间建设正从规模扩张转向质量提升[8]. 然而,作为人地相互作用的产物,生态-游憩空间虽在局部提升了空间连通性与服务供给能力,但仍缺乏网络化整合体系,斑块间衔接不足,呈现“孤岛化”特征[6,9],且以游憩需求为导向的建设加剧了对生态敏感区的干扰,人地矛盾未得到根本缓解,制约了生态系统服务供给与人类福祉提升[10-11]. 因此,如何统筹生态安全格局与游憩空间布局,推动生态-游憩空间的系统化整合与功能协同,提升人类生态福祉,成为当前亟需解决的科学问题与实践难题.

近年来,随着“源地识别-阻力面构建-廊道提取”这一网络研究范式的成熟[12-13],网络构建成为研究热点. 为保障生态安全,协调人地关系,大量学者从构建方法[14]、网络韧性[15]、尺度协同[16]、格局优化[13]等方面对生态网络展开了深入研究. 同时,为满足居民游憩需求,可有效整合游憩资源的游憩网络[12,17]、旅游廊道[18]、旅游网络[19]等游憩资源串联体系也广受关注. 但随着人地关系研究的深化,单一功能网络已难以协调复杂的空间失衡问题[20],网络构建逐渐从“单一视角”转向整合异质网络结构和功能的“人-地系统综合视角”[21].

作为整合生态-游憩空间、增强居民福祉的复合空间组织模式,生态-游憩网络的相关思想最早可追溯到欧洲古典园林景观轴线与城市建设的林荫大道[22-23]. 1883 年,Olmsted 通过景观道路和滨河步行道将分散的城市公园串联起来,产生了人地关系建设领域最早的网络系统——波士顿公园系统[24]. 此后,生态与游憩要素的网络化整合在城市规划与景观生态研究中不断演进. 学者们为平衡保护与利用的矛盾,构建了生态网络与游憩网络耦合的复合网络[25-26],但多为简单叠加[27-28],未充分考虑多功能网络间的相互联系. 当前人地关系正向网络化转型[29],权衡多功能需求、强化多网络空间均衡成为复合网络构建与优化的重点[30]. 为强调网络从“结构整合”到“价值整合”的范式转型,有学者构建了人地关系下生态与社会系统间各要素耦合协同的复合网络体系[31],并通过“复合源地识别-综合阻力面构建-复合廊道提取”的研究步骤[32],构建了空间一体化的生态-游憩网络. 在地理学研究向人地系统耦合深化的过程中,生态系统服务与人类福祉的关联成为当前研究的重点[1]. 然而,现有关于生态-游憩网络的研究多集中于网络的构建复合,对其深层耦合机制探讨不足,且缺少对网络概念界定、复合类型划分及评价体系的系统梳理,不利于在生态适宜承载上谋求不同层次福祉的提升.

为有效促进人地关系协同发展,提升人类生态福祉,当前亟需从人地关系视角明晰“生态-游憩网络”的概念内涵与研究内容. 基于此,本文以中国知网(CNKI)和 Web of Science 核心合集数据库为主要文献搜索来源,对“生态-游憩网络”相关文献进行检索,检索时间截至 2025 年 8 月 12 日. 在 CNKI 数据库中以“生态-游憩网络”、“复合生态网络”、“游憩网络”、“生态游憩”作为主题词进行检索,共得到文献 656 篇,经阅读筛选,得到 90 篇中文文献;在 Web of Science 核心合集数据库中以“Ecological Recreational Network”、“Composite Ecological Network”、“Recreational Network”、“Ecological Recreation”为主题进行检索,共得到 4571 篇文献,经筛选得到 39 篇英文文献. 本文基于上述文献对生态-游憩网络进行梳理,在综述其概念、复合类型、构建要素、网络评价与优化的基础上,进一步述评现有不足,以期为人地关系视角下生态-游憩网络的发展提供启示.

1 生态-游憩网络概念及类型

1.1 生态-游憩网络概念

为应对景观破碎化、协调人地矛盾,1987 年美国总统户外委员会首次提出“生态网络”的概念[33],目

前生态网络被普遍认为是由生态廊道连接核心生态斑块所形成的空间结构体系[34],强调生态源地和生态廊道的空间布局模式[35-36]. 游憩网络本质上是人类游憩行为构成的社会网络[37],由游憩廊道、游憩资源节点及相关游憩设施组成,以居民为使用主体,依托道路、河道等线性廊道连接各类游憩资源,并在科学规划与管理维护下形成的可持续性网络空间[38]. 作为兼具双重功能的城市空间单元,城市生态游憩空间指在城市及近郊范围内,一切具有生态系统服务功能,并可以满足居民日常户外游憩需求的地区或场所[39]. 城市生态游憩空间的界定侧重于空间类型的划分,生态网络与游憩网络则分别从生态安全维系与人类活动组织角度揭示空间要素间的拓扑结构关系,但其均难以反映生态过程与人类游憩行为之间的耦合机制,也难以支撑多目标导向下的空间协同优化. 因此,从复合网络视角系统整合生态要素与游憩要素,有助于深化对人地系统要素耦合与功能协同的整体认知. 基于对相关概念的梳理,可将生态-游憩网络定义为在人地关系协调发展与人类福祉提升导向下,以生态系统稳定性与连通性为基础,由人地系统要素构成的生态网络与游憩网络耦合形成的复合源地及复合廊道组成的网络化空间组织体系,旨在通过串联邻近复合功能空间,系统表征并调控人地之间的作用关系,促进物质、能量、信息和人类游憩行为的流动,实现生态系统服务与游憩服务的协同供给与人地关系的动态平衡(图 1).

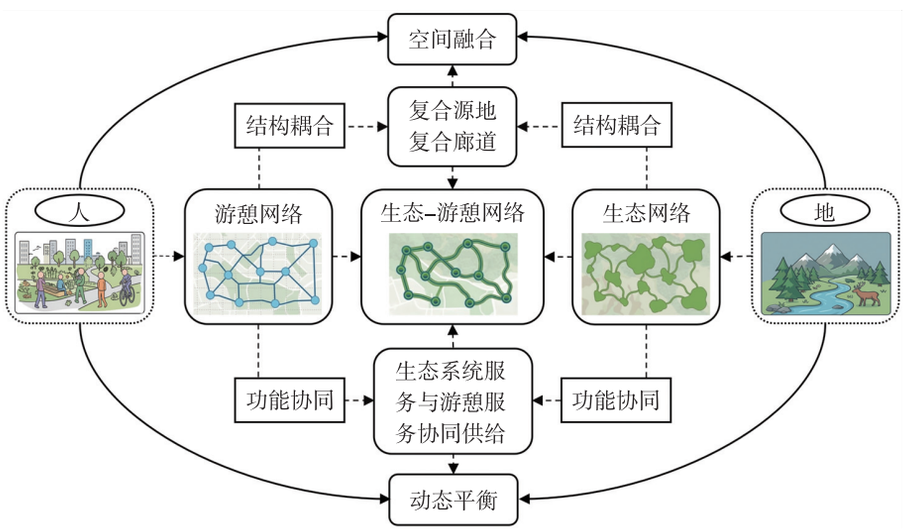


图 1　人地关系视角下生态-游憩网络概念图

Fig. 1　Conceptual diagram of the eco-recreational network from the perspective of human-environment relationship

1.2　生态-游憩网络复合类型

生态-游憩网络作为特殊的人地系统,是基于地理学空间视角,通过连通组织提升生态与游憩空间结构与功能稳定性的系统组织形式. 20 世纪末,俞孔坚等[40-41]引入并改进网络构建方法,为不同功能网络研究奠定了基础. 景观网络[42]、生态型游憩网络[43]、复合生态网络[44]等在不同程度上揭示了人类游憩行为与生态空间格局的互动关系,有效推动了生态-游憩网络的研究. 综合既有研究,可将生态-游憩网络的复合类型归纳为空间叠置复合[28,45]、功能交互复合[30,46]与系统重构复合[32,47]三类. 3 种复合类型分别对应生态网络与游憩网络的不同整合路径:空间叠置复合主要通过地理空间叠加技术将不同网络要素进行物理叠加;功能交互复合进一步识别网络叠加产生的复合空间,形成复合源地、廊道、战略点等复合要素;系统重构复合则通过识别提取复合源点,重构复合廊道,形成结构连通、功能协同的综合网络体系(图 2).

(1)空间叠置复合是基础的复合类型,主要通过机械化物理合并形成复合网络格局[31],这一复合类型直观地呈现出人地系统在表层空间的结构特征. 例如,在都江堰灌区研究中,Dong 等[28]通过叠加生态与游憩网络构建“生态-游憩”综合景观网络,实现了生态与游憩空间在乡村景观上的整合,反映出人类需求对自然基底的依托关系;Chen 等[45]在大理市以“红-绿-蓝”空间为基础,采用单一目标网络嵌套形成复合网络,用以展现生态与游憩要素的空间分布格局,并揭示人地之间的空间关系及潜在耦合状态. 空间叠置复合能快速实现不同网络要素的整合[27],但其仍停留在人地空间共存层面,各网络结构相对独立,缺乏统一的拓扑组织,未能从整体上优化节点等级、廊道连通性及网络冗余度,难以揭示生态与游憩功能在

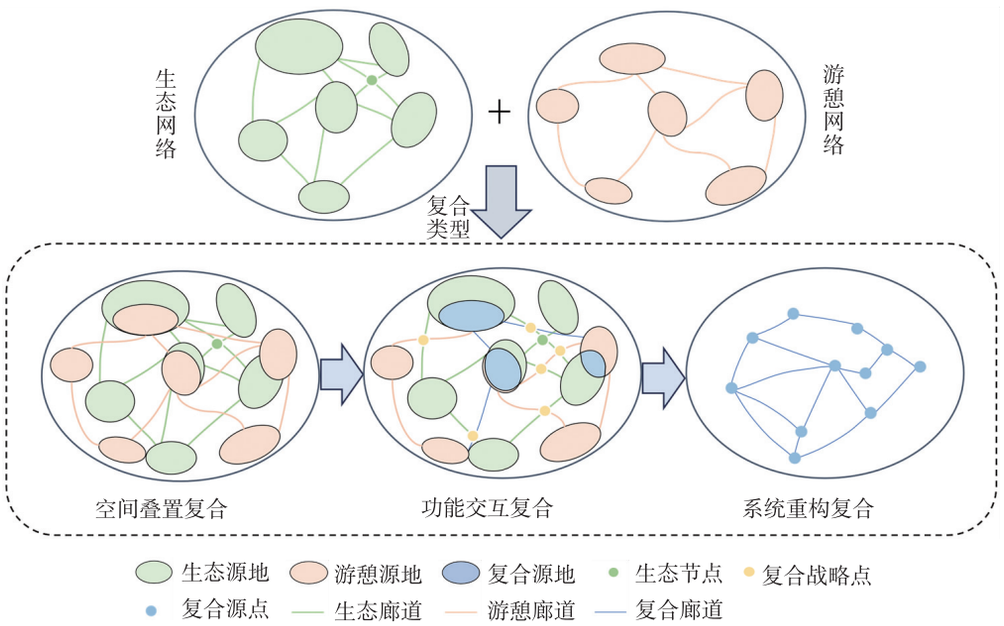


图 2　生态-游憩网络复合类型

Fig. 2　Composite types of eco-recreational network

空间上的动态关系,也无法体现人地系统的作用机制[48].

(2)功能交互复合是在空间叠置的基础上,基于人地关系效应下的生态保护与游憩服务协同模式[11],将重叠区域转化为功能复合载体. 例如,周媛等[30]通过叠加生态、气候、游憩单因子网络识别重叠要素,并依据不同要素的人地交互强度,赋予其复合或主导功能,形成多功能复合的网络安全格局;李瑾等[25]从生物过程、自然过程和人文过程出发构建单目标网络,并通过综合叠加形成多目标融合的复合型生态网络,揭示人地系统在多过程耦合下的协同优化路径;Bai 等[26]为提升区域人类生态福祉,通过识别生态与游憩网络的复合源地及廊道,在强化生态安全格局的同时提升游憩服务供给,体现自然系统的支撑作用及人地关系的协调机制. 与空间叠置不同,该复合类型通过对源地、廊道及战略点的差异化识别,赋予其复合或主导功能,从而在有限空间内实现生态与游憩功能的协同提升,并依托复合战略点调控人地关系,缓解保护与利用的矛盾[25,46,49-50]. 功能交互复合虽实现了由“空间叠加”向“功能协同”的跃升,但整体上仍依赖既有单一网络的空间框架,网络间缺乏统一的拓扑重组与层级耦合机制,跨网络廊道衔接与关键节点的系统联动不足,难以支撑复杂情境下人地关系的精细化调控与动态优化,形成结构高度耦合、运行高效的复合网络体系.

(3)系统重构复合通过重组网络结构,构建一体化网络体系,使网络复合范式从“简单叠加”转变为“系统融合”,为人地系统的空间重组提供了路径. 例如,在北京浅山区,Cao 等[47]通过整合生态与游憩网络得到复合源点与综合阻力面,进而重构生成复合廊道,相比传统空间叠置复合,该网络连通性与综合服务功能显著增强,人地协同关系得以提升;颜钰等[32]在生态修复、景观游憩、文化保护的需求导向下,基于单一功能网络重构了市域一体化复合网络体系,实现了人地系统在空间网络层面结构与功能的深度耦合. 相较于前两种复合类型,系统重构复合不再局限于物理空间的叠加优化[47],而是通过系统性重构推动网络向全域一体化格局演进. 这种一体化复合模式不仅强化了不同功能要素的协同作用,降低了网络建设成本,还促进了人地耦合系统下生态保护与游憩效益的最大化,为实现生态与游憩资源的综合管理及人地关系的动态调控提供了新模式[47].

生态-游憩网络复合类型的深化演进,反映了网络研究由关注表层空间格局向注重功能耦合与系统协同的转变,体现了人地关系调控的持续深化. 在这一过程中,功能交互复合为网络从物理叠加走向系统融合提供了桥梁作用,系统重构复合则通过结构性再造与功能耦合,为生态-游憩网络可持续发展提供了路径,使之成为协调人地矛盾、平衡生态保护与经济发展的有效复合形态.

2　生态-游憩网络构建及评价

2.1　生态-游憩网络构建要素

人地关系地域系统兼具自然与社会属性,人与地在复杂交互中形成特定整体[51]. 作为人地关系在空间上的结构化表征,生态-游憩网络的节点类与廊道类要素在空间上的组合、连接与相互作用,反映了人类游憩活动与自然生态系统之间的复杂关系,且不同的网络复合类型包含不同的网络要素(表 1).

表 1　生态-游憩网络构建要素

Table 1　Construction elements of eco-recreational network

要素大类	要素子类	具体要素	具体功能	适配复合类型
节点类要素	生态型节点	生态源地	提供生态系统服务,维持生物多样性,提升区域生态稳定性,如草地、森林、水域等自然生态斑块[13,52].	空间叠置复合、功能交互复合
		生态节点	对生物的移动产生关键影响,主要包括促进生态源地连通的生态夹点与阻碍生态流动的障碍点[53].	空间叠置复合、功能交互复合
	游憩型节点	游憩源地	提供休闲游憩空间,承载游憩活动,满足人类对自然与人文景观的精神和社会需求,如风景名胜区、城市公园、乡村旅游地等[25].	空间叠置复合、功能交互复合
	复合型节点	复合源地(点)	承载生态与游憩双重服务需求,实现生态系统服务与游憩价值的协同增益,如风景名胜区、森林公园、湿地公园等[32,46].	功能交互复合、系统重构复合
		复合战略点	由不同功能廊道交汇而成的关键枢纽,通过调节生态与游憩功能,保障网络的连通性与稳定性[54].	功能交互复合
廊道类要素	生态型廊道	生态廊道	基于生态过程模拟的虚拟廊道,用于保障物种交流与基因流动,缓解生境破碎化,对应线性实体空间表现为狭长带状植被、河流等[55-56].	空间叠置复合、功能交互复合
	游憩型廊道	游憩廊道	连通分散的游憩资源,提升游憩可达性与流动性,增强游憩体验连续性,如道路、河道等[38,57].	空间叠置复合、功能交互复合
	复合型廊道	复合廊道	同步承载“生态流”与“游憩流”,维系生态连续性并调控游憩行为空间组织,如河道、绿道等[47,50].	功能交互复合、系统重构复合

2.1.1　节点类要素

(1)单一功能节点

生态源地作为“地”的核心表征,早期指物种扩散和维持的自然栖息地[40],现已扩展为具有高生境质量与重要生态系统服务功能的斑块[13],其规模通常与生境多样性呈正相关[14],是维系人地关系稳定的自然基底. 生态源地主要通过三类方法进行识别:①直接识别法,即直接选取自然保护区、风景名胜区等重要斑块[52,58]. ②指标评价法,即通过生态系统服务重要性[59]、景观连通性[60]和生态敏感性[61]等维度指标量化斑块价值提取生态源地. ③综合评价法,即基于指标体系综合评估斑块生境质量提取生态源地[53]. 三类方法各有侧重,但都旨在提取高生态价值斑块,为协调人地关系提供空间依据. 生态节点在维持源地功能完整性、保障网络连通效率上具有重要作用,其状态优劣直接影响人地系统的生态稳定性. 生态节点多基于电路理论[47,62]与水文分析[63]进行提取,通常面积较小且生态敏感性高,对其进行提取与保护有助于消除网络中的生态盲区[62].

游憩源地作为“人”的需求空间载体,是承载游憩行为与社会活动的核心节点[64]. 随着人们需求的转变,游憩源地已成为生态服务、休闲娱乐、文化体验、社会互动的功能复合体. 现有研究多通过提取游憩源点或游憩节点来表征其空间分布[49-50],提取方法主要有:①直接识别法,即直接选取自然和人文景观作为游憩源点或节点[12,49,65],或通过设置缓冲距离将游憩源点转化为游憩源地[25]. ②评价分析法,即通过密度分析[32,47]、空间热度分析[50]及景点的实际情况选取游憩源地并进行分级[32,47]. 根据研究情景科学提取游憩源地,可反映人地互动的有效性,避免出现“有空间无活力”的虚置源地.

生态型与游憩型节点分别体现“地”的供给能力与“人”的需求特征,两者在空间上的匹配程度决定了人地关系的协调水平. 对节点要素的识别与优化,有助于促进生态支撑与游憩需求之间的耦合,推动人地系统在结构与功能上的协调发展.

(2)复合功能节点

在人地系统中,生态过程与游憩活动的交互作用使单一功能节点耦合成为复合源地(点). 基于功能

交互复合,复合源地主要有功能复合源地[25,49]与功能主导型复合源地[46,48]. 功能复合源地通过生态与游憩源地的空间叠加,成为实现双重功能协同发展与协调人地关系的核心载体;功能主导型复合源地则通过综合评估复合源地的生态重要性与游憩价值,将其转化为以某一主导功能为核心,另一功能处于辅助或附加地位的源地,反映了人地关系中不同功能需求间的权衡配置. 在系统重构复合中,复合源地不再是简单的空间叠加,而是通过提取不同源地的质心和廊道交点,利用热点分析筛选识别出复合源点[32,47]. 此外,复合战略点作为不同廊道的交汇枢纽[49,54,66],在人地系统中发挥关键的调节作用. 根据交汇廊道的重要性等级,可将其分为主要战略点与次要战略点[54],其建设与管理需在维护生态过程连续性的同时,兼顾游憩体验的完整性与连续性[66].

2.1.2 廊道类要素

(1)单一功能廊道

在生态过程维系中,“地”作为生态过程的载体,通过生态廊道实现物种迁徙、能量流动和信息传递,对“人”的开发利用活动形成缓冲与约束,从而维持人地系统的基本稳定[67]. 科学构建生态廊道可有效保持或恢复景观连通性[68],生态廊道主要基于生态源地与由自然和人文因子构成的阻力面进行提取[59],常用的提取方法主要有最小阻力模型(MCR)[69]、电路理论[70]和图论法[71]等. MCR 模型由 Knaapen 等[72]提出,常与重力模型结合提取并判断廊道重要性[73],但 MCR 模型易忽视源地空间范围与廊道宽度[74];电路理论则能够模拟生物流动方向、规划廊道宽度,更准确地反映人地互动下的空间响应特征[70,75];图论法通过简化景观结构的“点-线”关系[76],提取最小阻力路径[71]. 不同提取方法在生态过程模拟和人地关系表征能力上的差异,为廊道的识别提供了多元方法支撑.

在人类对空间环境的选择与塑造过程中,“人”的游憩需求通过游憩廊道形成空间流动,并对“地”的利用方式与空间组织产生影响[57]. 与生态廊道类似,游憩廊道多采用 MCR 模型[19,25,28]与电路理论[77]进行提取. MCR 模型常与重力模型结合提取游憩廊道[65];电路理论则通过计算电流密度量化廊道的连接强度,识别最优廊道[77]. 基于此,部分研究依据游憩源地等级与特征、廊道功能及空间作用强度等对游憩廊道进一步分级与分类[45-46,78],以更准确地反映不同层级人地互动强度下游憩廊道的差异化功能定位.

生态廊道通过缓冲和调节人类活动干扰,为人地系统的稳定运行提供生态支撑;游憩廊道则以满足人的游憩流动需求为核心,影响着人地互动的强度与方式. 通过对不同的廊道进行科学提取与分类,有助于推动生态-游憩网络向人地关系协调发展的方向演进.

(2)复合功能廊道

作为协调人地关系与实现空间连通的重要线性要素,复合廊道的构建可从叠置与重构两方面进行人地耦合解析. 在功能交互复合中,复合廊道体现为人地系统的空间互嵌,通过识别不同类型廊道的重叠区域,实现生态服务与游憩服务协同增益[25,50]. 基于功能评估进一步划分的功能主导型复合廊道,是在资源约束下对人地系统服务的动态权衡,旨在有限空间内实现生态服务与人类福祉的适配[30,46]. 在系统重构复合中,复合廊道的构建更侧重于人地关系的深层耦合,通过叠加生态与游憩阻力面[77]或生态与游憩廊道的缓冲区[32,47],生成人地交互作用的综合阻力面,并以此为基础构建出新型复合廊道[32,47]. 该类廊道不仅强化了景观连通性和结构协同效应,还有利于降低建设成本,兼顾生态保护与游憩效益的统一,为优化人地互动模式、实现人地系统可持续发展提供关键支撑.

2.2 生态-游憩网络评价

2.2.1 网络结构评价

生态-游憩网络的结构评价主要以节点和廊道为基本单元,分析人地要素的集聚与连接特征. 节点是人地系统的核心功能承载要素,其空间特征决定了服务供给的稳定性. 节点面积反映了“地”对“人”的承载容量[79],节点度、接近中心度与中介中心度等指标则体现了节点在网络稳定、廊道连通以及服务供给方面的调控能力[80]. 连接多条廊道并处于区域关键交汇位置的高中心度节点在网络中承担着重要的连通、调节与引流作用,能够有效促进人地要素的合理配置[17,80]. 在空间格局上,不同类型的节点在网络中呈现差异化结构特征,兼具良好生态条件与景观集聚优势的节点,成为中心度较高的核心区域,这类节点往往是人地关系协调发展的优先区域[80]. 廊道作为连接节点的线性要素,其结构特征直接影响网络的稳定性

与功能发挥. 廊道的结构评价主要围绕其形态特征与分布格局展开:在形态上,廊道的长度与宽度构成了人地交互的空间约束,适宜的廊道长度有助于增强节点连接,减少景观破碎化[81],过长则易发生断裂,影响网络稳定性[49];合理的廊道宽度有助于维持生态过程连续性并满足人类游憩活动需求,过窄则会限制生物与人类流动[30]. 在空间分布上,高密度、多廊道并行的结构可减少冗余廊道,增强网络的抗干扰能力与可达性[77];环形与放射型结构则具有较强的连通功能,对空间组织、生态保护与游憩功能提升具有重要影响[25,32]. 对节点与廊道结构的评价有助于揭示其在维系网络连通性、稳定性及多功能服务中的作用,从而为协调人地关系、开展针对性保护及网络结构优化提供依据.

生态-游憩网络整体结构常通过网络结构指数进行综合评价,指数值越高,表明网络的连通性和完善程度越好;反之,则表明网络中存在较多孤立节点,整体连接水平较低[6,82]. 已有研究表明,在复合网络中,生态与游憩绿道的全部叠加可显著提升网络的闭合度、复杂性与连通性,更有利于实现人地系统的耦合协同[50];相较于单一功能网络,复合网络在结构特征和服务效能上表现更优[26,83],且与传统简单叠加方案相比,系统重构的复合模式在各类结构指数上表现更优,显示出其在提升网络整体性与促进人地一体化发展中的优势[47]. 但珠三角城市群的生态-游憩网络结构指数整体偏低,网络呈树状分布格局,环通性不足,人地要素间的连通水平与系统稳定性有待提升[6]. 网络结构评价通过量化网络的连通性、复杂性与稳定性,系统揭示人地要素的空间组织模式,为不同区域和不同构建模式下人地系统协同水平的比较与优化提供依据.

2.2.2　网络功能评价

生态-游憩网络的功能本质上体现为人地系统的相互作用过程,其功能评价从“斑块-廊道-网络”3 个层级展开,系统分析网络在资源保护、流动传输及系统协调过程中对人地关系的调节作用,并揭示人地系统由本底支撑、流动交互到协同平衡的作用路径.

资源保护功能体现为自然系统对人类活动的支撑与约束作用. 在生态保护层面,面积大、生态质量高且连通性较好的斑块具有更强的生态调控能力与服务供给能力[25,32],是区域生态保护的核心单元. 环绕在斑块周围的低安全区在空间上形成缓冲与屏障,对人类活动起到约束与调节作用,同时,位于低安全区的斑块也形成了生态保护的底线[66]. 在人类利用层面,公园、绿地及高价值游憩斑块是人类游憩活动的重要空间,通过廊道将其连通,有利于提升资源保护效率[30,60]. 此外,廊道还可整合高密度文化遗产节点与分散文化要素,促进文化资源的修复与保护[18,78]. 总体来看,网络通过斑块识别与廊道连通,强化了对资源的保护与利用[47],有助于构建人地协同、互惠共生的可持续发展格局.

网络系统具有传递和运输功能[84],生态-游憩网络的流动传输是连接生态过程与人类活动的重要功能,其流通情况常借助电路理论进行模拟评价. 在生态层面,生态流的扩散决定了生态系统服务向人类活动空间的输送效率. 研究表明,在单一功能生态网络中,生态流较难扩散至高密度城区,而在复合网络中,核心源地的生态流可沿复合廊道向高密度城区扩散,从而改善城市生态环境并提升人类生态福祉[80]. 在人类活动层面,游憩流依赖交通路网与基础设施支撑[78]. 游憩廊道通过串联高游憩价值的景观资源并衔接沿线居民点及其他廊道,显著增强了空间的可达性与游憩流的连续性[85-86]. 作为生态流与游憩流的集中通道,连通性强、结构稳定的复合廊道有助于实现跨区域功能整合,并为生物多样性保护和游憩福祉的提升提供保障[32,47]. 网络的流动传输情况体现了人地系统的交互作用强度,其通达效率是破解人地约束难题的关键.

协调功能是衡量网络综合效能的核心,是人地系统实现动态平衡与可持续发展的关键. 网络协调功能常采用耦合协调度模型进行分析评价[82-83],在金马山绿道网络的功能评估中,各绿道均实现了生态与游憩功能的耦合协调,整体网络呈现出人地要素的良性互动[83]. 在空间分布上,高协调区域多分布于生态本底良好且游憩资源集聚的区域,如苏南乡村地区的元荡、三白荡和黎里古镇等,这些区域既是人地要素耦合的典型空间,也是支撑网络功能协同的关键要素[82]. 根据功能主导差异,高协调性区域可划分为生态主导型区域、游憩主导型区域与均衡型区域,不同类型区域通过分工互补,共同提升网络整体协调水平[82]. 协调功能的分析评价揭示了生态-游憩网络的耦合状态,为理解人地系统的协同机制、优化空间配置提供了重要依据.

3 生态-游憩网络优化

3.1 节点优化

节点优化的核心在于通过分类管控与空间整合增强保护力度、辐射力与服务能力. 在分类管控方面,根据节点在人地系统中的功能差异实施针对性治理. 对于生态敏感性高、游憩价值突出的复合型节点,采取“保护优先、适度开发”的策略,在维护好生态环境的同时,整合周边次级节点打造文旅绿廊,提高游憩性[32];对核心生态区设置适当的缓冲区[42],规范旅游开发的强度与方式,引入智能管理工具,实时监测生态状况,确保复合型节点的生态基底不受破坏[84],并重点修复处于生态风险范围内的生态夹点或游憩源点,提升其环境质量,缓解人类活动对生态系统的压力[47,87];对资源丰富的核心游憩区进行修缮与保护,保护游憩资源原真性的同时差异化开发特色旅游产品与活动[66]. 在空间整合方面,优化节点布局以提升人地要素配置效率. 针对连通薄弱区域,合理增设“踏脚石”以强化网络连通性[31]. 在城市化地区,特别是居民区,加强游憩绿地的建设和布局[83,88]. 对网络核心节点与次级节点进行整合,优化节点等级结构与空间组织,均衡各节点的辐射力,提升网络整体功能覆盖度[82]. 节点优化不仅能强化生态保护与游憩服务的协同效应,为网络结构的稳定与功能提升提供支撑,还能够促进人地关系在空间上的系统协调性.

3.2 廊道优化

廊道主要通过结构修复与分类管控进行优化. 针对道路、城镇建设等人类活动导致的廊道断裂,采用生态工程措施(如绿桥或功能性地下通道)保障生物迁徙的连续性,同时优化游憩路径的绕行设计,减少人类活动对生态流的干扰[44-45,89]. 针对人地功能主导的差异,建立不同的廊道优化机制,生态主导型廊道要加强生态保护,限制游憩活动强度;游憩主导型廊道在满足游憩需求的同时,也要注意环境承载管控[30];复合廊道则整合周边景观资源,根据片区位置及区域景观特征,将廊道划分为不同类型,进行引导性开发[32]. 在生态廊道与游憩廊道的交界处建立缓冲区,降低人类活动对物种迁移的屏障效应[89]. 同时,结合廊道沿线的土地利用与产业类型,将规划与沿线片区发展相结合,整合均质、分散的资源,衔接生态敏感区与景观游憩区,满足生态保护与游憩需求[82,90]. 制定系统性和差异化的优化策略,不仅可以促进生态流与游憩流的有序传输,还能在空间上调节人类活动与生态过程的关系,从而提升网络整体连通性与韧性,缓解人地矛盾.

3.3 网络优化

网络优化侧重于整体空间格局与系统协同的提升,旨在通过人地要素的有机耦合,构建联系紧密、功能完善、抗干扰能力强的生态-游憩网络格局[30]. 现有研究常结合区域自然与人文资源,形成多层次、多类型的复合空间结构. 如颜钰等[32]通过构建“一环、一带、多点、多组团”的生态空间格局与“一心一轴、四廊多区”的文化游憩空间格局,来实现生态保护与文旅发展在空间上的深度耦合;李权荃等[49]构建了尺度嵌套与复合功能的生态网络,通过对核心源地、战略点、廊道等要素实施分级管控,推进跨区域协同保护与修复,有效提升复合网络的外部支撑力与生态保护效能. 生态-游憩网络中不同要素的等级、功能定位与优先权要明确,避免因功能冲突而削弱网络整体效能[44]. 因此,网络优化不仅是对局部要素的调整,更是对人地关系整体格局的系统重构,应通过加强空间统筹与跨尺度协同,推动生态功能与游憩价值的协同提升,从而实现人地关系的高质量发展.

4 研究述评与启示

4.1 研究述评

人地关系视角下的生态-游憩网络研究围绕保护与利用的可持续发展目标,在多学科交叉融合的范式下已根据“网络构建-分析评价-优化提升”的研究框架,初步揭示了生态过程与人类游憩行为的交互作用,强化了兼顾生态环境效益与人类福祉提升的资源管理与区域规划应用. 然而,研究在不同层面仍存在局限与不足,不利于人地系统动态耦合的生态-游憩网络的长效发展,亟需深化与突破.

(1)理论构建层面:缺乏系统思维的理论解释体系

作为跨学科融合的复合网络体系,“生态-游憩网络”的概念内涵与理论体系目前尚未形成科学共识,现有研究大多聚焦于操作性描述与案例分析,整体呈现“重方法过程、轻理论内涵”的特征. 在学科融合方

面,网络研究虽涉及景观生态学、地理学与旅游学等领域,但不同学科间的理论融合不足,缺乏基于系统思维与视角的以人地关系为核心的集成化理论支撑,这种理论运用的缺乏限制了研究成果的解释深度与跨区域适用性.

(2)内部关系层面:缺乏网络内部系统间关系的探究

现有关于生态-游憩网络的研究,多以生态网络与游憩网络中节点和廊道类要素的数量、面积、长度等静态指标为主要分析内容,主要反映内部网络的空间形态与结构特征. 这种研究虽然能直观地展现生态网络与游憩网络的基本结构状况,但却忽视了网络间复杂的交互关系与功能联系,难以从系统层面揭示两个网络之间的错配、互馈与协同关系. 这些内部关系系统性探究的缺乏,使得当前研究更多停留在表层的空间结构分析阶段,不能揭示生态-游憩网络作为人地复合系统如何更好地实现耦合、高效运作与协同演化.

(3)网络评价层面:缺乏对网络承载与恢复功能的系统性评估

目前生态-游憩网络的评价主要反映网络的空间形态与连通特征,对网络系统的运行状态与调节恢复能力关注不足,未能充分揭示人地系统在动态适应过程中的作用关系. 很少有研究从网络承载力与恢复力方面对网络功能进行综合性评价,导致评价结果难以反映网络在外界干扰或高强度游憩活动下的稳定性与恢复力. 同时,生态-游憩网络的协同效益评价也相对薄弱,缺乏对生态安全与游憩福祉之间的平衡测度,限制了研究在空间规划与实践管理中的应用价值.

(4)研究视角层面:缺乏动态演变与多尺度嵌套分析

现有研究多基于静态空间数据进行探索,缺乏对网络发展演变的长期观察与分析. 生态-游憩网络处于不断的发展变化之中,要素和结构并不稳定,会受到自然环境变化与人类活动的影响. 因此,在静态视角下构建的网络难以分析其演变情况及网络中人地关系的发展变化,导致难以制定适应性的网络调整策略,无法保障生态-游憩网络的可持续性与人地关系的协调发展. 且现有研究多集中于单一尺度层面,缺乏多尺度的网络嵌套研究,难以系统揭示不同尺度间网络的传导关系与衔接机制,导致生态-游憩网络的优化和治理策略缺乏跨尺度的综合支撑.

4.2　研究启示

生态-游憩网络不仅是协调生态保护与人类游憩需求的连通性空间载体,也是实现空间优化配置与高质量发展的重要支撑,其研究与实践具有重要的价值和意义. 基于现有研究不足,未来需从理论深化、内部关系、评价体系、多尺度视角及优化治理等方面深化研究,推动网络的系统化、机制化发展,提升人地系统的协同演化能力(图 3).

(1)强化跨学科理论融合,提升生态-游憩网络的理论解释力

未来应在生态网络与游憩网络的理论基础上,统筹尺度适用性与人地关系动态性,引入复杂适应系统(CAS)、社会-生态系统(SES)、生态位建构(NC)等理论与可持续性科学相结合. 基于 CAS 理论,将生态-游憩网络视为具有涌现性和自组织特征的复杂系统,重点解析网络要素在外部扰动下通过非线性交互驱动结构演化的内在逻辑,并借助适应性循环揭示生态本底与人类行为的动态博弈过程;融合 SES 框架,将生态供给与福祉需求纳入分析体系,定量测度人地互动的阈值效应与协同效益;引入 NC 理论探索要素与环境的共生路径,分析不同节点的生态位特征及其对周边环境的主动建构过程,解释人地系统在空间资源争夺与共享中的协同演化逻辑. 通过多理论融合,可形成兼具解释深度与实践导向的理论体系,从而增强研究结论对复杂现实场景的解释力.

(2)深入剖析生态网络与游憩网络的作用关系,揭示其耦合机制

未来应突破节点与廊道类要素的数量统计研究,深入探究生态-游憩网络内部系统间的作用关系与耦合机制,重点分析生态网络与游憩网络在供需、权衡与协同层面的动态关系. 在供需层面,深入分析生态供给与游憩需求之间的空间匹配与错配现象,识别生态资源高供给区与高游憩需求区之间的空间偏离与资源利用不均衡问题,探讨供需之间的耦合机制,为供需优化与空间再配置提供依据. 在权衡层面,揭示游憩活动对生态环境造成的压力与干扰,识别生态保护与游憩利用之间的冲突与平衡点. 在协同层面,探索生态保护与游憩利用相互促进的双赢路径,系统化构建生态-游憩协同的空间格局. 通过深入剖析内部网络的作用关系,可揭示生态-游憩网络内部的反馈机制与动态平衡规律,为生态-游憩网络的优化与治理提供理论依据.

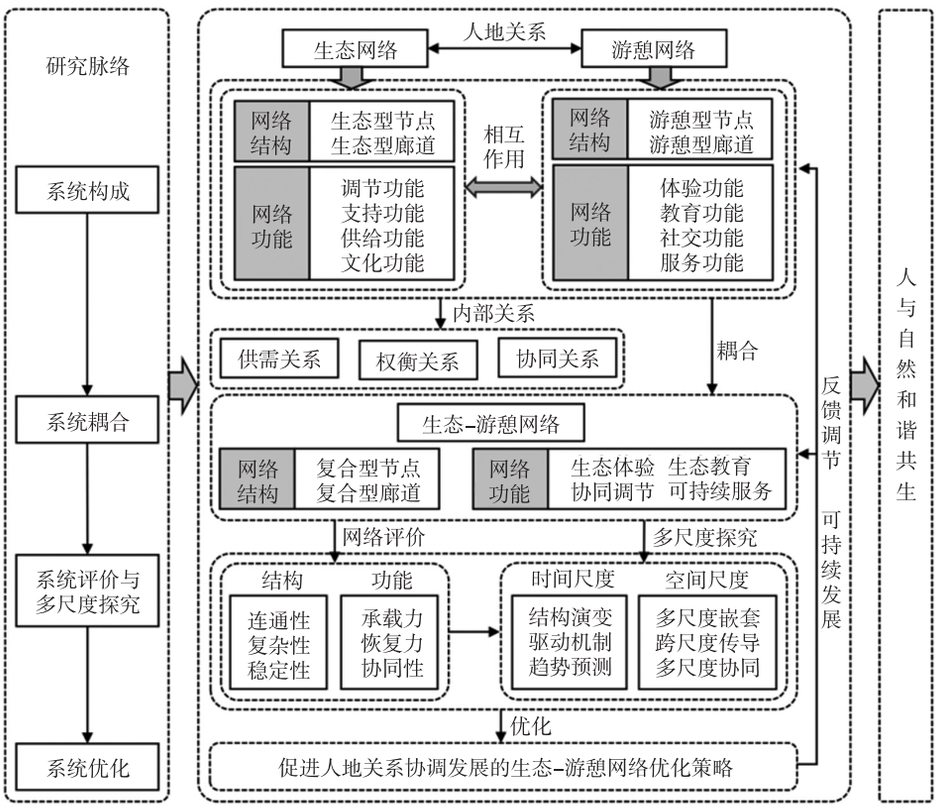


图 3　生态-游憩网络研究框架

Fig. 3　Research framework of eco-recreational network

(3)完善网络评价体系,深化承载力与恢复力研究

目前生态-游憩网络评价对网络功能与运行状态关注不足,未来研究应建立承载力与恢复力的综合评价体系. 在承载力方面,评估生态-游憩网络在高强度游憩活动下的生态容量、环境阈值与空间容纳度,揭示人类活动强度与生态功能维持的临界关系. 在恢复力方面,关注网络在受到干扰或退化后的自我修复能力与动态恢复路径,评估不同类型节点与廊道在恢复过程中的关联与作用差异. 同时,应基于生态-游憩网络的概念内涵,构建生态、游憩、经济、文化等多维度新型评价框架,确立适用于生态-游憩网络的评价体系,提升评价的全面性,揭示生态-游憩网络在不同维度上的影响机制与效应.

(4)从多尺度视角探究网络的时空演变与嵌套机制

生态-游憩网络的形成与演化受时间与空间的共同影响,未来应从时间与空间尺度两个维度对其进行深化研究,揭示网络的演变规律与尺度关联. 在时间尺度上,应通过长时序的多源遥感与统计数据集,从过去、当前与未来 3 个时段研究网络的发展过程与演变趋势[91]. 面向过去,分析生态-游憩网络的结构变化与演变规律,并探究网络演变的驱动机制;面向当前,评价生态-游憩网络的现状特征,以便对网络进行修复与优化;面向未来,结合自然变化与社会发展情景对生态-游憩网络的可能演变趋势进行情景模拟与预测,以便制定适应性调控策略. 在空间尺度上,应构建多层级的网络嵌套分析框架,系统揭示网络在不同尺度间的结构关系与功能联系. 重点分析不同尺度下网络的分布格局与特征,深入探究网络的跨尺度传导机制,揭示生态过程与游憩活动在不同尺度间的信息、能量与功能传递规律,进一步挖掘网络的多尺度协同特征,探究不同尺度间网络的协同效应. 多尺度综合研究可为网络的空间治理提供科学依据,推动人地系统在时空尺度上的协同发展.

(5)以促进人地关系协调为导向,提出网络优化与治理策略

未来研究应以建立人与自然和谐共生的空间格局为目标,深化生态-游憩网络的优化路径与治理模式. 在网络布局上,应统筹生态保护红线、国土空间规划与游憩需求布局,实现资源的高效匹配与分级利用,强化生态核心区与游憩服务区的合理分布,促进生态供给与游憩需求的空间平衡. 在网络治理上,应推动政府、公众、社会组织及市场主体的多元参与,形成多层级、跨部门的协同治理模式,实现生态保护、休

闲游憩与社会经济效益的协调统一,构建共建共治共享的治理体系. 同时,利用空间大数据、遥感监测与模拟预测技术,建立动态感知与智能管理平台,提升网络治理的科学性与精准性. 优化治理的持续推进将进一步反馈调节网络内部系统间的关系与耦合机制,促进网络可持续演化与长效发展,最终实现人地关系的协调共赢与区域可持续发展.

[参考文献]

[1] 邱坚坚,刘毅华,袁利,等. 人地系统耦合下生态系统服务与人类福祉关系研究进展与展望[J]. 地理科学进展,2021,40(6):1060-1072.

[2] 樊杰. 人地系统可持续过程、格局的前沿探索[J]. 地理学报,2014,69(8):1060-1068.

[3] 杨蓉,袁振杰,尹铎,等. 人地互动关键带的内涵与理论框架探索[J]. 地理学报,2023,78(11):2659-2675.

[4] 李可昕,胡宏,赵慧敏. 基于适应性循环理论与压力-状态-响应框架的区域社会-生态系统演进研究[J]. 生态学报,2022,42(24):10164-10179.

[5] 刘畅,唐立娜. 景感生态学在城市生态系统服务中的应用研究:以城市公园景观设计为例[J]. 生态学报,2020,40(22):8141-8146.

[6] 王甫园,王开泳. 珠江三角洲城市群区域绿道与生态游憩空间的连接度与分布模式[J]. 地理科学进展,2019,38(3):428-440.

[7] 蔡晓梅,苏杨,徐卫华,等. 中国式现代化背景下自然保护地体系建设的新理论、新方法与法制保障[J]. 自然资源学报,2025,40(6):1429-1450.

[8] 王甫园,王开泳,郑鑫,等. 珠三角城市群生态空间游憩利用扩展格局及影响因素[J]. 生态学报,2021,41(17):7049-7062.

[9] 冯卫红. 基于人地关系的生态旅游地域系统演变定量分析[J]. 人文地理,2006(4):74-78.

[10] 张洪超,常青. 国家公园生态游憩监测与管理研究:现状、进展与展望[J]. 国家公园(中英文),2024,2(8):534-544.

[11] 王甫园. 国土空间生态修复与游憩利用协同:科学内涵与研究展望[J]. 生态学报,2025,45(16):8230-8242.

[12] 周菁,李迪华,张蕾. 菏泽市游憩网络的构建:探索整合各类游憩资源的城市绿地系统规划途径[J]. 中国园林,2006(8):51-55.

[13] 彭建,李慧蕾,刘焱序,等. 雄安新区生态安全格局识别与优化策略[J]. 地理学报,2018,73(4):701-710.

[14] 李权荃,金晓斌,张晓琳,等. 基于景观生态学原理的生态网络构建方法比较与评价[J]. 生态学报,2023,43(4):1461-1473.

[15] 许晓雪,王峤,李含嫣,等. 基于扰动情景模拟的城市生态网络韧性评估与优化:以北京市为例[J]. 城市发展研究,2025,32(10):62-71.

[16] 原昊,丁美辰,孙依巧,等. 多尺度协同下生态网络构建与层级优化:以浙江省东阳市为例[J]. 生态学报,2025,45(17):8700-8715.

[17] 白焜,王秀秀,徐孟远,等. 漓江风景名胜区自助游游憩网络结构演化特征与驱动机制研究[J]. 广西科学,2024,31(6):1188-1206.

[18] 武园伊,朱鹤,李江敏,等. 长江国家文化公园非物质文化遗产旅游廊道空间格局识别与分级评价[J]. 地理研究,2025,44(9):2429-2449.

[19] Li L, Feng R, Hou G, et al. Integrating tourism supply-demand and environmental sensitivity into the tourism network identification of ecological functional zone[J]. Ecological Indicators,2024,158:111505.

[20] 高琴,陈宏伟,周媛,等. 基于自然与人文耦合的老工业城市生态网络优化:以沈阳市为例[J/OL]. 应用生态学报,https://doi.org/10.13287/j.1001-9332.202605.023.

[21] Long Y,Luo S,Liu X,et al. Research on the dynamic evolution of the landscape pattern in the urban fringe area of Wuhan from 2000 to 2020[J]. ISPRS International Journal of Geo-Information,2022,11(9):483.

[22] 刘滨谊,王鹏. 绿地生态网络规划的发展历程与中国研究前沿[J]. 中国园林,2010,26(3):1-5.

[23] Fabos J G. Greenway planning in the United States:Its origins and recent case studies[J]. Landscape and Urban Planning,2004,68(2/3):321-342.

[24] 曲艺,陆明. 生态网络规划研究进展与发展趋势[J]. 城市发展研究,2016,23(8):29-36.

[25] 李瑾,金晓斌,孙瑞,等. 江南水网区域复合型生态网络构建初探:以常州市金坛区为例[J]. 长江流域资源与环境,2020,29(11):2427-2435.

[26] Bai Y,Liu Q,Ou M. Construction and optimization of composite functional urban ecological network:Integrating "ecological-recreational" functions of urban ecological space[J]. Journal of Environmental Management,2025,395:127818.
[27] Zhang S,Li X,Chen R,et al. Construction of urban-rural ecological networks with multi-scale nesting and composite functions based on the "red-green-blue" spatial perspective:A case study of Dali City,China[J]. Heliyon,2024,10(18):e37870.
[28] Dong Q,Wu L,Cai J,et al. Construction of ecological and recreation patterns in rural landscape space:A case study of the Dujiangyan Irrigation District in Chengdu,China[J]. Land,2022,11(3):383.
[29] 谈明洪,李秀彬. 从本土到全球网络化的人地关系思维范式转型[J]. 地理学报,2021,76(10):2333-2342.
[30] 周媛,黎贝,李朋瑶,等. 基于"生态-气候适应性-游憩"多功能耦合的复合绿地生态网络格局优化[J]. 生态学报,2024,44(13):5854-5866.
[31] 王倩雯,周航,张芮嘉,等. 基于生态-文化多维价值复合的线性文化遗产跨层网络格局构建[J]. 生态学报,2025,45(24):12470-12483.
[32] 颜钰,陈秀铭,谢宇为,等. 多元目标导向下市域复合型绿地生态网络构建研究:以泉州市中心城区为例[J]. 生态与农村环境学报,2025,41(3):308-322.
[33] Walmsley A. Greenways and the making of urban form[J]. Landscape and Urban Planning,1995,33(1/3):81-127.
[34] Bennett G,Mulongoy K. Review of experience with ecological networks,corridors and buffer zones[M]. Montreal:Secretariat of the CBD,2006.
[35] Yang J,Zeng C,Cheng Y. Spatial influence of ecological networks on land use intensity[J]. Science of the Total Environment,2020,717:137151.
[36] Zeng L,Li R,Du H. Modeling the ecological network in mountainous resource-based cities:Morphological spatial pattern analysis approach[J]. Buildings,2025,15(8):1388.
[37] Zhong L,Sun S,Law R,et al. Investigate tourist behavior through mobile signal:Tourist flow pattern exploration in Tibet[J]. Sustainability,2020,12(21):9125.
[38] 赵秋吉. 大熊猫国家公园入口社区景观生态格局演变及优化策略研究:以绵竹市为例[D]. 成都:西南交通大学,2023.
[39] 张书颖,刘家明,朱鹤,等. 国内外城市生态游憩空间研究进展[J]. 人文地理,2019,34(5):15-25.
[40] 俞孔坚. 生物保护的景观生态安全格局[J]. 生态学报,1999,19(1):8-15.
[41] 俞孔坚,段铁武,李迪华,等. 景观可达性作为衡量城市绿地系统功能指标的评价方法与案例[J]. 城市规划,1999(8):7-10.
[42] 俞孔坚,黄刚,李迪华,等. 景观网络的构建与组织:石花洞风景名胜区景观生态规划探讨[J]. 城市规划学刊,2005(3):76-81.
[43] 徐煜辉,付洋. 重庆市大渡口区生态型游憩网络的构建初探[C]//中国城市规划年会论文集(13 山地城乡规划). 贵阳:中国城市规划学会,2015:173-183.
[44] 陈剑阳,尹海伟,孔繁花,等. 环太湖复合型生态网络构建[J]. 生态学报,2015,35(9):3113-3123.
[45] Chen R,Zhang S,Huang X,et al. Ecological network construction based on red,green and blue space:A case study of Dali City,China[J]. ISPRS International Journal of Geo-Information,2024,13(8):279.
[46] 王敏,梁爽,王云才. 城市双修背景下绿地生态网络构建的情景比较与综合:基于"社会-生态"功能复合的视角[J]. 南方建筑,2019(3):1-8.
[47] Cao L,Wang K,Zhao X,et al. Optimizing composite ecological networks through synergistic risk management,ecological conservation,and recreational integration:A case study of Beijing's shallow mountain regions[J]. Ecological Indicators,2025,170:113026.
[48] 王敏,梁爽. 健康城市背景下太原市中心城区绿地生态网络规划[J]. 规划师,2021,37(4):44-50.
[49] 李权荃,金晓斌,宋家鹏,等. 基于尺度嵌套与复合功能视角的高强度城市化地区生态网络体系研究:以江阴市为例[J]. 生态学报,2023,43(22):9133-9147.
[50] 丁金华,马珺霓. 生态与游憩双重导向下的水网乡村绿道网络构建[J]. 中国城市林业,2023,21(5):40-48.
[51] 吴传钧. 论地理学的研究核心:人地关系地域系统[J]. 经济地理,1991,11(3):1-6.
[52] 杨凯,曹银贵,冯喆,等. 基于最小累积阻力模型的生态安全格局构建研究进展[J]. 生态与农村环境学报,2021,37(5):555-565.
[53] 张玥,许端阳,李霞,等. 中-老交通走廊核心区生态廊道构建与关键节点识别[J]. 生态学报,2020,40(6):1933-1943.
[54] Bai J,Sun R,Liu Y,et al. Integrating ecological and recreational functions to optimize ecological security pattern in Fuzhou

City[J]. Scientific Reports,2025,15(1):778.
[55] Dong J,Peng J,Liu Y,et al. Integrating spatial continuous wavelet transform and kernel density estimation to identify ecological corridors in megacities[J]. Landscape and Urban Planning,2020,199:103815.
[56] 蔡青,曾光明,石林,等. 基于栅格数据和图论算法的生态廊道识别[J]. 地理研究,2012,31(8):1523-1534.
[57] 李华. 上海城市生态游憩空间格局及其优化研究[J]. 经济地理,2014,34(1):174-180.
[58] 彭建,赵会娟,刘焱序,等. 区域生态安全格局构建研究进展与展望[J]. 地理研究,2017,36(3):407-419.
[59] 王晨旭,刘焱序,于超月,等. 面向居民生态福祉的国土空间生态网络构建:以临沂市为例[J]. 生态学报,2022,42(21):8650-8663.
[60] Jing Z,Chen P. Research on the construction of a composite humanistic forest ecological corridor in the main urban area of Daqing City[J]. Sustainability,2024,16(8):3122.
[61] 胡西武,贾天朝. 基于生态敏感性与景观连通性的三江源国家公园生态安全格局构建与优化[J]. 长江流域资源与环境,2023,32(8):1724-1735.
[62] 周燕,刘梦瑶,王丽娜,等. 基于生态网络优化对比的国土空间生态修复策略研究[J]. 中国园林,2024,40(9):43-49.
[63] Guo Z,Zhu C,Fan X,et al. Analysis of ecological network evolution in an ecological restoration area with the MSPA-MCR model:A case study from Ningwu County,China[J]. Ecological Indicators,2025,170:113067.
[64] Brown G,Raymond C. The relationship between place attachment and landscape values:Toward mapping place attachment[J]. Applied Geography,2007,27(2):89-111.
[65] Liu X,Wei M,Zeng J. Simulating urban growth scenarios based on ecological security pattern:A case study in Quanzhou,China[J]. International Journal of Environmental Research and Public Health,2020,17(19):7282.
[66] 刘颂,柳迪子,杜守帅. 基于多模型和权衡矩阵法的乡村生态-游憩景观安全格局重构[J]. 风景园林,2024,31(3):99-105.
[67] 郑好,高吉喜,谢高地,等. 生态廊道[J]. 生态与农村环境学报,2019,35(2):137-144.
[68] Hilty J,Worboys G L,Keeley A,et al. Guidelines for conserving connectivity through ecological networks and corridors[M]. Gland:International Union for Conservation of Nature,2020.
[69] 张艺璇,位宏,那嘉明,等. 基于 MCR 模型的城市生态安全格局构建:以甘肃省平凉市为例[J]. 南京师大学报(自然科学版),2021,44(3):54-62.
[70] Yang L,Suo M,Gao S,et al. Construction of an ecological network based on an integrated approach and circuit theory:A case study of Panzhou in Guizhou Province[J]. Sustainability,2022,14(15):9136.
[71] Pomianowski W,Solon J. Modelling patch mosaic connectivity and ecological corridors with Graph Scape[J]. Environmental Modelling & Software,2020,134:104757.
[72] Knaapen J P,Scheffer M,Harms B. Estimating habitat isolation in landscape planning[J]. Landscape and Urban Planning,1992,23(1):1-16.
[73] Li Y,Zhang Y,Jiang Z,et al. Integrating morphological spatial pattern analysis and the minimal cumulative resistance model to optimize urban ecological networks:A case study in Shenzhen City,China[J]. Ecological Processes,2021,10(63):862-876.
[74] Fan S,Axmacher J C,Shu H,et al. Ecological network design based on optimizing ecosystem services:A case study in the Huang-Huai-Hai region,China[J]. Ecological Indicators,2023,150:110264.
[75] Men D,Pan J. Incorporating network topology and ecosystem services into the optimization of ecological network:A case study of the Yellow River Basin[J]. Science of the Total Environment,2024,912:169004.
[76] Kong F,Yin H,Nakagoshi N,et al. Urban green space network development for biodiversity conservation:Identification based on graph theory and gravity modeling[J]. Landscape and Urban Planning,2010,95(1/2):16-27.
[77] Huang H,Zhang M,Yu K,et al. Construction of complex network of green infrastructure in smart city under spatial differentiation of landscape[J]. Compute Communications,2020,154:380-389.
[78] 洪敏,昂欣玥,冀凤全. 基于遗产资源与数字足迹的徽州古道游憩廊道网络构建[J]. 园林,2025,42(5):44-51.
[79] Zheng X,Wang F. Construction of an adaptive river-based recreational network for urban river restoration:A case study of Rencheng District,Jining City,China[J]. Journal of Cleaner Production,2022,374:133985.
[80] 黄河. 福州市绿色基础设施复合网络构建[D]. 福州:福建农林大学,2018.
[81] Jing Q,Xing W,Liu Y,et al. Incorporating landscape diversity into greenway alignment planning[J]. Urban Forestry & Urban Greening,2018,35:45-56.
[82] 马珺霓. 生态与游憩双重导向下的苏南乡村绿道网络构建研究:以黎里镇为例[D]. 苏州:苏州科技大学,2022.

[83] Wei W, Yang A, Jiang L, et al. Ecological recreation across the Jinma Mountain Region: A comprehensive evaluation of suburban mountain greenway networks[J]. Land, 2025, 14(8): 1532.
[84] 周玉珊. 全域旅游视角下的内江市域复合型生态网络构建研究[D]. 成都:四川大学, 2021.
[85] 龚苑红, 叶宗达, 吴静, 等. 游憩导向下喀斯特景观特征评估及空间格局构建[J]. 中国园林, 2023, 39(8): 102-107.
[86] 唐晓岚, 张杰, 周铭杰, 等. 基于 GIS-AHP 与视域断面分析的浙西南自然保护地富集区游憩风景道规划[J]. 南京林业大学学报(自然科学版), 2025, 49(2): 221-232.
[87] 王甫园, 邓昭明, 王开泳, 等. 大运河国家文化公园生态游憩网络建设构想[N]. 中国旅游报, 2021-02-03(3).
[88] 谷康, 曹静怡. 基于游憩功能的城市绿地布局:以扬州市为例[J]. 中国园林, 2012, 28(3): 112-115.
[89] 时薏. 生态与游憩双重导向下的市域绿道网络选线方法研究:以海南省陵水黎族自治县为例[D]. 北京:北京林业大学, 2020.
[90] 王敏, 崔芊浬. 基于游憩绿道的地域生活网络重构研究:以贵州松桃苗族自治县绿地系统规划为例[J]. 风景园林, 2015(9): 121-127.
[91] 姜虹, 彭建. 自然保护地连通网络构建与优化的方法及前瞻[J]. 地理学报, 2024, 79(9): 2176-2190.

[责任编辑:黄　敏]