

DOI: 10.20103/j.stxb.202403260627

虞虎.国家公园多维功能耦合理论框架.生态学报, 2025, 45(6): 2985-2995.

Yu H. An investigation into the theoretical framework governing the multi-dimensional functional coupling of national parks. Acta Ecologica Sinica, 2025, 45(6): 2985-2995.

国家公园多维功能耦合理论框架

虞 虎^{1,2,*}

1 中国科学院地理科学与资源研究所, 北京 100101

2 中国科学院大学, 北京 100049

摘要: 国家公园多维功能耦合调控是中国生态文明建设和美丽中国目标实现的关键议题, 在中国人地关系、政策体制、国家目标等方面具有鲜明的中国化特点。中国国家公园建设面临着人类活动与生态环境相互作用下的地域功能调控难题, 需要科学认识并优化国家公园多维功能权衡、协同、增效路径。系统分析了国家公园多维功能研究的相关进展并进行评述, 提出国家公园多维功能定量测度、特征识别、机理阐释、动态调适研究的逻辑思路 and 理论框架, 强调深化研究国家公园多维功能耦合时空特征和作用机理, 探索顾及生态、公平、效率综合目标最优化的动态调适路径, 形成缓解权衡、增强协同、调控增效最佳实践路径。研究结论有利于增强对国家公园可持续法则的认识, 为国家公园绿色方案制定提供参考借鉴。

关键词: 多维功能; 功能耦合; 适应性管理; 国家公园

An investigation into the theoretical framework governing the multi-dimensional functional coupling of national parks

YU Hu^{1,2,*}

1 Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China

2 University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China

Abstract: The regulation and control of multi-dimensional functional coupling in national parks is a pivotal issue in the construction of ecological civilization in China and the realization of the vision for a beautiful China. This topic exhibits distinct Chinese characteristics, particularly concerning human-land relationships, policy frameworks, national objectives, and other relevant aspects. The establishment of national parks with unique Chinese attributes faces significant challenges related to regional function regulation amid the interplay between human activities and ecological environments. It is essential to scientifically comprehend and enhance the multi-dimensional functional balance, synergy, and efficiency within these parks. This paper systematically analyzes recent advancements in research on the multi-dimensional functions of national parks while proposing a logical framework for quantitative measurement, feature recognition, mechanism interpretation, and dynamic adaptation pertaining to these functions. Furthermore, it underscores the necessity for deeper investigations into the spatio-temporal characteristics and action mechanisms governing multi-dimensional functional coupling within national parks. The study examines variations in multifunctional coupling across different eco-geographical regions as well as their regional traits; it also explores dynamic adaptation pathways that optimize comprehensive goals encompassing ecology, equity, and efficiency—ultimately aiming to establish best practice strategies for mitigation trade-offs while enhancing coordination regulation and overall efficiency. These conclusions contribute significantly to understanding sustainable principles governing

基金项目: 国家自然科学基金面上项目 (42471274)

收稿日期: 2024-03-26; 网络出版日期: 2024-12-23

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: yuhu@igsrr.ac.cn

national parks while providing valuable insights for formulating green development plans.

Key Words: multidimensional functions; function coupling; adaptive management; national parks

处理好人、生态系统和环境之间的复杂作用关系,从过程仿真到模式预测,提高人地系统演化认知是当前生态、地理科学发展的前沿方向^[1-2]。在联合国可持续发展目标(SDGs)、“未来地球”计划(Future Earth)、宜居地球等全球前沿科学计划的推动下,自然保护区人类活动和生态环境的耦合协调研究正在加速发展^[3-4]。国家公园网络的扩张有利于协调和减少自然和人类活动之间的矛盾^[5]。2022年12月蒙特利尔第二阶段会议期间,COP15提出“到2030年至少保护地球30%的陆地、淡水和海洋”。要实现这一目标,未来20年中国将有10%—15%以上国土空间被纳入国家公园体系^[6]。而全球大部分国家公园和自然保护区建立在原住民的土地之上^[7],关于国家公园人类活动与生态环境相互作用的生态-经济-社会多功能量化评估和耦合机理研究依然空缺,该领域的理论发展创新认识亟需深化。

发源于美国的“国家公园运动”已经延续了150年^[8],成为国际社会普遍认可的统筹协调生态环境保护与资源利用的优选模式和维持机制^[9-10]。IUCN明确规定国家公园的基本功能包括生态保护和社区发展,以及为人类提供自然游憩和科普教育机会^[11]。由于国家公园在中国属于新兴学科,国家公园所面临的气候变化响应敏感、生态系统脆弱、社会经济发展滞后、地方财政薄弱等外部环境复杂,科学认识国家公园生态-社会-经济系统演化特征、推动国家公园多维功能耦合协同发展等方面出现严重不足。尤其是对于国家公园功能耦合模式和参数认识的不到位,出现了以“国家公园”名义超出容量过度开发、或者以“国家公园”名义只能生态保护不能合理利用的理解偏差^[12],导致部分地方在考虑国家公园建设时存在混沌局面:红线划死、建而不用、避而不及甚至谈之色变^[13],从而丧失绿色经济增长机会、带来收益分配恶化^[14-15]等,未来不确定性被主观扩大。

在中国,国家公园作为一种新地域空间^[16],多位于国土生态安全屏障价值突出、经济社会发展迟缓的重点生态功能区,部分在边境地区承担着对外缓冲、沿边开放和国际生态协作的功能^[17]。科学认知并提升中国国家公园人与自然、生态和经济、保护和发展之间的功能协同关系^[18-19],事关中国生态文明和美丽中国建设总体进程。2022年12月《国家公园空间布局方案》包括49个国家公园候选区,总面积约110万km²,计划“到2035年,基本建成全世界最大的国家公园体系”。随着国家公园体制建设进入深水期,国家公园将沿着“生态系统供给-耦合人类干预-促进社会发展”这一脉络,形成自然生态系统保护约束^[20-22]、自然资源利用和生态旅游发展促进^[23-24]、社区发展品质提升引导机制^[25],重新定义中国人与自然关系发展模式。然而目前无论是三江源国家公园特许经营和“一户一岗”^[26]、青海湖国家公园环湖生态旅游^[27]还是珠峰国家公园生态管护岗位,即使是在武夷山、钱江源等东部地区的国家公园^[28],都还停留在基本层面的管理手段探索上^[29-31],仍然缺少如何协调国家公园人与自然和谐共生的多功能兼容、减缓权衡、增强协同的调适方法。此时研究提出以多功能耦合协同为导向的空间政策工具,将深刻影响中国国家公园总体进程。

综上可知,多目标求解国家公园生态保护优先下多维功能耦合机理,是寻求重点生态功能区社会公平与绿色发展、成本投入和效率最优的有益尝试。本文从国家公园多维功能概念关系出发,分析当前研究的前沿动态和主要特点,根据中国国家公园建设发展在该主题上面临的关键问题,提出未来研究框架。

1 相关研究进展

自然生态系统和资源禀赋决定了国家公园在主要功能配比上的差异化。除了满足生态保护的首要功能之外,还包括环境教育、科研、游憩、社区发展等功能,在不同地域会出现不同功能空间利用强度的权衡或协同取舍^[32]。中国国家公园不只是“荒野”,还是集“老、少、边、穷”特征为一体的特殊地域,是推动区域均衡和社会公平发展、实现中国式绿色现代化伟大实践成功与否的关键一环^[33]。随着国家公园落地建设,生态、经济、

社会要素关系将愈加密切^[34],土地非粮化、产业非农化、设施服务化、生态资本化等随之而来。然而,绝对生态保护和简单社区搬离的国家公园前期实践^[35],比如保护范围划定不合理导致发展的机会丧失等问题^[36],无论是支持生态文明和美丽中国的顶层目标,还是在地化满足“两山理论”的绿色生态价值转化,都是相差甚远甚至是背道而驰的。这需要根据生态系统类型、资源环境承载力、资源景观特色以及经济社会发展水平等基本条件,调控国家公园多维功能权衡协同关系,确保其建设合理布局和功能配置、优化自然资源利用结构、提高空间发展品质。

1.1 多维功能耦合关系研究

自然生态系统类型和资源禀赋决定了国家公园发展定位的差异化 and 多样化特点,国家公园功能耦合存在非线性均衡关系(图1)。面向不同生态地域类型的国家公园时,多维功能将以不同比例关系出现。国家公园国土空间管理相对滞后,部分规划甚至忽略国家公园社区发展、生态旅游等基本功能诉求。除了满足生态保护的首要功能之外,会出现不同类型空间利用强度的权衡协同取舍,当前研究缺少功能基本关系的定量刻画和科学证据。

国家公园生态系统演化反映出生产者和营养级联对于主导群落变化的上行和下行控制关系^[37]。如美国黄石国家公园灰狼和马鹿物种平衡对于森林生态系统的致命影响^[38];肯尼亚国家公园保护野生动物栖息地对周边社区传统农业生产限制,导致大面积的土壤退化并引发了玉米减产和粮食危机,继而又使更多林地更快的变成了玉米地^[39];卧龙自然保护区在2001年实施天然林保护计划后,很多农户通过家庭拆分争取更多补偿资金,导致人口户数、薪材需求量和房屋建设用地等迅速增多,进而产生更多的林地采伐和栖息地退化^[40];三江源近20年的围栏封育措施也导致了杂草和毒草的生物量扩张^[41]。因此,国家公园必须考虑不同功能之间的级联和并行关系,建立紧密有序的功能协同和兼容秩序,才能有效推动保护和发展的协同增效与区域可持续发展。

在这一方面,当前研究多就国家公园谈国家公园,侧重于分析国家公园生态旅游^[42]、国家公园物种保护^[43]、国家公园社区利益分配^[44]、国家公园制度体系和管理模式^[45-46]等单一功能刻画,缺少主体功能区视

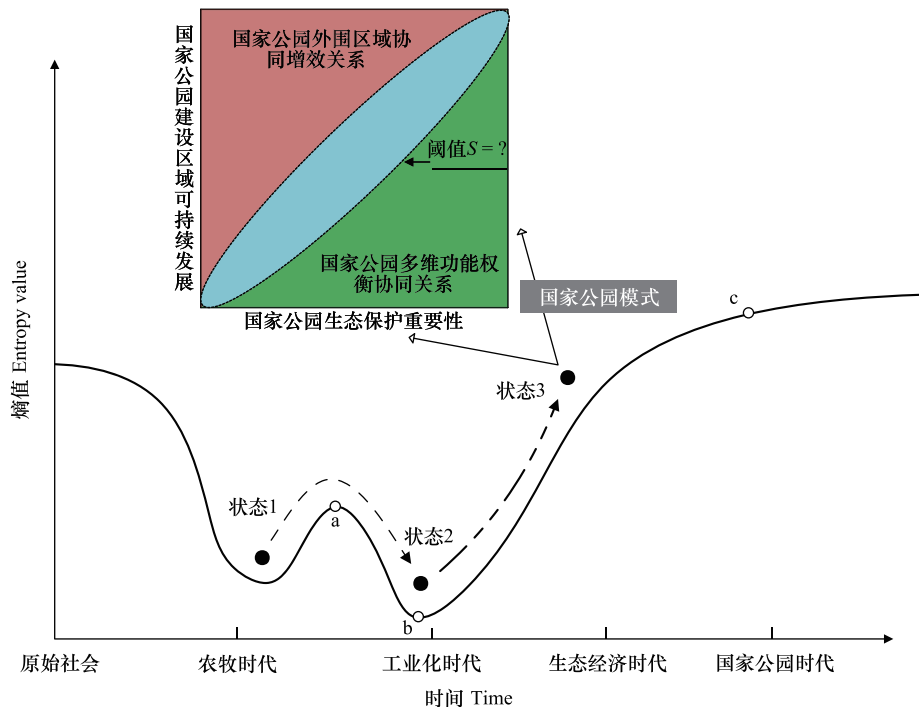


图1 国家公园多维功能耦合对于区域稳定状态影响

Fig.1 Influence of multi-dimensional functional coupling of national parks on regional stable state

域下国家公园各类功能如何围绕区域可持续发展需求有效发挥的微观尺度研究和科学认识,尤其是对于欠发达地区的国家公园功能及其定量测度十分薄弱,亟需揭示隐含在国家公园严格保护和合理利用关系中的多维功能发育状态和交互关系,为探索适用于自身特色和区域主体功能发挥的细化路径提供依据。

1.2 多维功能耦合效应研究

国家公园多维功能耦合在时间上和空间上都会不断丰富叠加形成多尺度嵌套模式,改变生产关系并进行区域重构。国家公园绝对不是单一的生物环境或具体的物质空间,而是融合资源、环境、经济、社会等多个维度的巨系统^[47-48]。国家公园嵌入人地地域系统之后,生态保护、社区发展、生态旅游、公共服务等各类用地空间会呈现此消彼长的权衡协同变化(图2),这些新要素介入及其空间配置落地直接影响不同斑块的增长空间选择^[49]。而对于同一地块也存在着多种功能兼容性,来适应不同功能的复合作用。国家公园多维功能耦合在时间上和空间上都会不断丰富叠加形成多尺度嵌套结构,改变生产关系并进行区域重构。

地域功能是特定地域在人地关系实现可持续发展时参与人类活动过程中所发挥的职能或作用^[50],通常划分为生产、生活和生态三类^[51],这三类空间存在一部分是功能复合的,此时需要精细化分析功能类型来提出面向多目标的弹性管控方式。随着国家公园建设区域经济社会多样化和消费引导在生产功能中激发出旅游消费和科研教育^[52],会产生三种变化,即从一般的生态区走向多功能空间的复合体;从相对均质化走向相互依附的新功能均衡关系;围绕自然生态系统主体类型和资源禀赋的功能配置要素、规模和结构做出适应性调整。

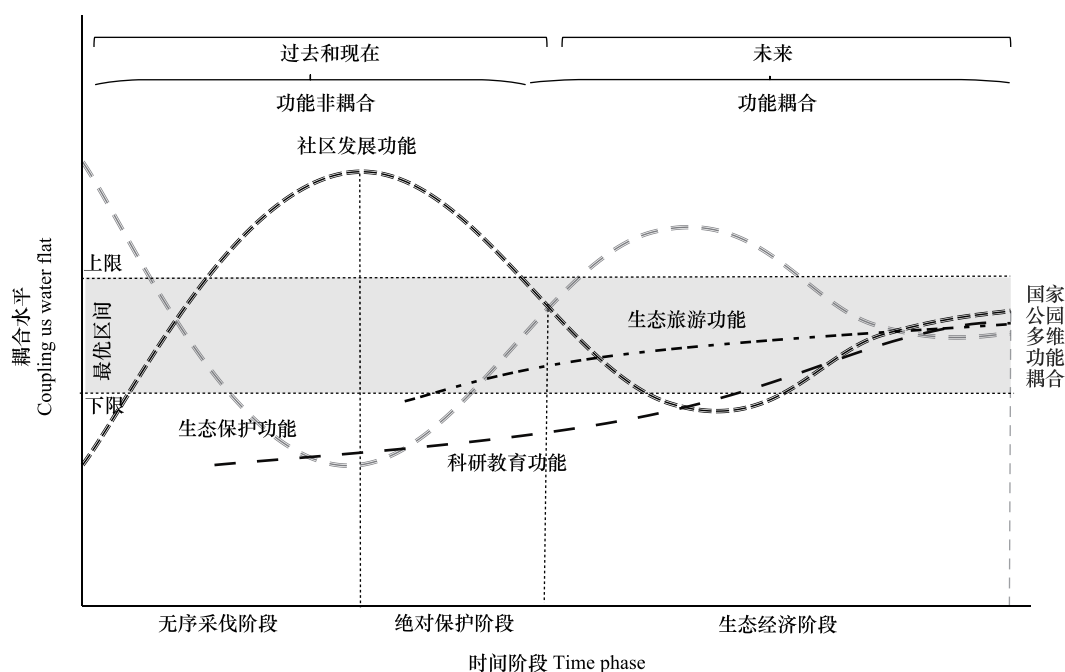


图2 国家公园功能耦合演化与参数调控概念图

Fig.2 Conceptual map of functional coupling evolution and parameter regulation of national parks

目前国外研究偏重于国家公园概念演变与全球扩展^[53]、国家公园管理体制与利益相关者^[54-55]、国家公园规划模式和游憩发展^[56-57]、国家公园社区利益分配^[58-59]以及国家公园管理制度^[60]等。国内研究主要集中在国家公园的政策与法律体系^[61-62]、国家公园的建设标准与可行性^[32]、国家公园功能分区^[63-64]、国家公园的生态旅游和社区参与^[66-68]以及国家公园的生物多样性^[69]等。国家公园嵌入地方之后,除了生态保护,在生态资源利用方面还会通过不同空间约束关系建立与周边城镇的有机联系,比如门户小镇建设、旅游接待小镇建设、生态农业专业城镇建设等(图3)。显然,这些偏宏观尺度、单一角度的研究实践在解决国家公园多功能兼容和多主体利益均衡方面显得捉襟见肘。

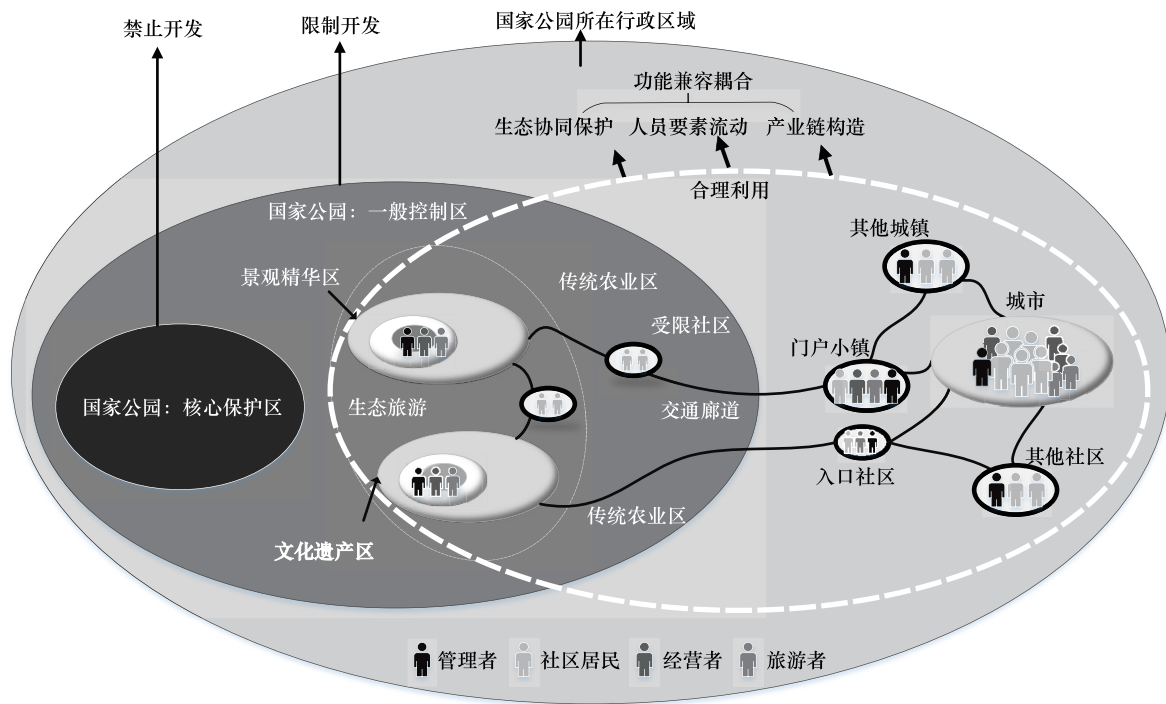


图3 国家公园地方嵌入引发的区域关系重构

Fig.3 Reconstruction of regional relations caused by local embedding of national parks

1.3 多维功能耦合机制研究

国家公园建设引发的生态产品市场价值变动会引发功能发展和动态调整,在制度、经济、技术等驱动下不断寻找新的空间均衡。国家公园在生态要素流动、社区参与就业、生态旅游经营等方面存有多种联系^[70],通过分工经济、规模经济、范围经济、集聚经济效应等方式^[71],进行利益联结、技术扩散、降低交易成本、共同抗击市场风险等要素链接(图4)。尤其是在农业服务业发展和生态旅游经营上走向联合之后的选择,如契约分工、收益链接等。成本-收益因素、空间限制性因素、社会文化因素等是主要影响因素^[72]。然而,相关研究主要开展国家公园利益相关的权力动态和协商机理^[73]、社区参与和特许经营^[74]、生态足迹和生态保护制度^[16]等方面,对国家公园功能重构或再组织化的研究显著不足。

保持并提高生态产品供给能力核心目标下的居民福祉,以及生态系统保护修复对人类福祉的潜在社会挑战,是补充生态-经济-社会系统框架等地球科学前沿研究的新兴交叉尝试。针对国家公园功能研究目前停留在国家公园对于区域可持续发展的功能界定上,在支持生态-经济-社会系统健康格局生成的空间分配上较为薄弱,对于国家公园自身所拥有的功能配置和分区组合仍然有待于深化^[75]。尤其是国家公园功能耦合机理如何?不同层级主体如何通过耦合接口实现多元交叉缔结?是否存在以及如何创新国家公园地区的可持续发展模式?仍然缺少有效认识。亟需进一步从国家公园多维功能的定量测度和空间分配上进行定量刻画,认清国家公园各类功能的兼容、尺度嵌套关系,以及气候变化、央地政策工具调控、旅游季节性需求和居民消费需求变化等不确定因素的影响。

1.4 研究评述

综合来看,国家公园是SDGs和Future Earth前沿科学议题的重要关注点,是中国生态文明和美丽中国建设是颇受关注的研究主题^[76-81]。当前研究特点和不足主要表现在:

第一,在理论上,当前研究多将国家公园视为一个整体或点位进行考虑,或探讨国家公园的生态系统特征和生物多样性保护措施,或解析国家公园社区搬迁、生态旅游的单一功能,通过设置增长压力设定模拟土地利用状态来反映社会-经济系统的变化特征描述,缺乏对于国家公园供需与权衡的综合考量。随着国家公园建

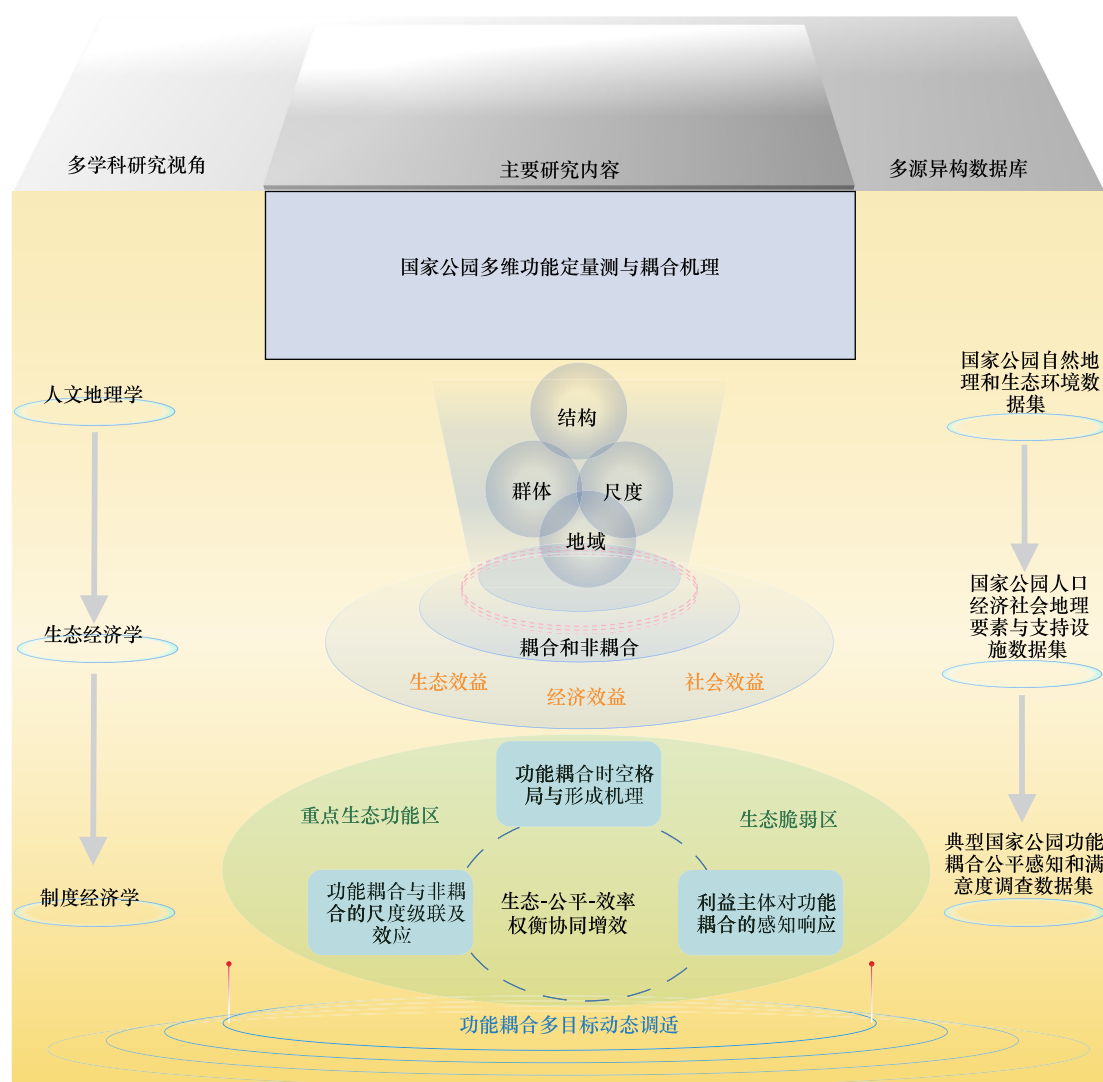


图4 本文提出的研究目标及逻辑思路框架

Fig.4 Research objectives and logical thinking framework proposed in this study

设的深入推进,对于国家公园功能发挥的关注度越来越高,如何科学认识和识别应用国家公园概念框架的困惑也随之增多。其中一个重要原因是国家公园多维功能的理论框架尚不明确,导致功能重叠或兼容问题上认识不足,缺乏综合视角系统看待国家公园功能耦合和重构的治理法则问题,这限制了对于国家公园可持续发展的深入认识。因此,首先要确立国家公园功能耦合的理论框架,并建立可量化的评价模型方法,才有助于理解国家公园功能类型、结构和空间组织对于生态-经济-社会系统的效益贡献。

第二,在方法上,国家公园生态保护功能的主体性是评估利益和效用的基线,公众对于国家公园功能的理解与需求也会影响要素结构或者决策。目前指标体系建模法和问卷调查法是国家公园利益相关者研究的主流方法,而在多尺度功能级联和精细化量化测度与识别上表现出力不从心。伴随着国家公园建设的深入推进,要素功能及其耦合模式呈现出更加显著和复杂的领域交错性和时空动态性,传统侧重于国家公园生态保护功能的单一视角分析,已难以反映国家公园人类活动和自然生态系统的整体组织结构和复杂耦合关系。此时,需要采用混合方法基于自上而下的政策领域、自下而上的利益相关者公平感知和满意度领域建立融合方法模型,糅合政策需求、居民需求、旅游者需求、经营者需求等多层面来定量解析,解析国家公园功能结构和功能构成的综合性、差异性、非对称性等复杂关系,同时分析完善生态功能短板补齐的关键部位。

第三,在机理解析上,国家公园功能耦合是基于不同供给需求匹配导向下的协同发展问题,不同要素结构和空间组织方式影响功能效益发挥。这种非线性、复杂关系会在生态补偿、产业融合、制度变迁等因素影响下向前演化,然而这方面的尝试仍较少见。当前仅从功能指标体系评价出发难以解决资源、交通、政策等动态变化下、兼顾生态-公平-效率的功能耦合的动态特征、耦合关系链条及其主控因素,尤其是国家公园功能兼容、依赖、反馈和制约关系在开放性、复杂性和非线性演化上缺乏定量表达。以至于在国家公园多维功能协同演化规律及其实践应用领域存在不足,迫切需要加强该主题的系统理论探索和典型案例实证分析。

2 国家公园多维功能研究展望

国家公园多维功能发展反映了自然保护地体系改革中土地用途管制程度对于地域功能演化产生的影响,国家公园制度嵌入生态保护主导类型地区往往导致同一范围内不同类型生态系统服务价值发挥的增长损益的权衡协同关系。国家公园多维功能协同将基于区域特性收敛于不同阈值的均衡状态。未来需要以综合协调优化国土空间开发保护格局、生态系统服务价值发挥、绿色生态经济体系建设为导向,从多视域、多尺度视角探索国家公园功能定量测度、功能耦合机理、社会主体反馈下的多目标动态调适路径,研究适应国家公园可持续发展的包容性解决方案(图4)。

2.1 国家公园多维功能耦合理论的基本内涵解析

单纯的国家公园规划或区划无法解决不同功能的空间秩序问题,需要从地域功能优化配置的基础层来建立“保护-利用”、“主体-依附”、“权衡-协同”关系的组织法则。这需要科学界定国家公园功能耦合概念关系,从地域功能优化配置和生态系统服务价值提升出发,探讨投入-产出效益最大化的国家公园多维功能耦合内涵、特征及其演化过程,阐释国家公园功能耦合对生态-经济-社会系统演化的影响和调控路径,建构一个整合性的理论框架,帮助人们更好的理解和使用国家公园政策工具。

借鉴北美、欧洲、非洲、澳洲等代表性国家公园在处理生态保护和区域可持续发展方面的经验,系统比较分析国家公园功能设施、内容、组织方式等实践逻辑,明晰中国国家公园多维功能定位与目标需求,剖析功能增效调适的关键举措和面临挑战。以支撑生态文明和美丽中国建设为理论应用导向,考虑国家公园资源权属、产业引导机制、管理体制机制和利益协调机制系统观下的功能组织和效应研究着眼点和重点,界定国家公园功能耦合、耦合状态、耦合成度、动态调适等基本概念,分析要素构成、组织结构、机理效用、运行法则,从生态流、区位分工、经济社会状态等分析建立国家公园生态-社会-经济系统功能互动关系和互促机制的逻辑体系。

2.2 国家公园多维功能定量测度及其级联效应

解决在不同生态地理单元、不同经济社会本底下的国家公园多维功能耦合协同演化问题,首先需要剖析国家公园多维功能进行定量测度和匹配序列关系,明晰宏观尺度不同国家公园总体功能定位、中观尺度国家公园多维功能耦合、微观尺度国家公园功能要素配置以及外生性因素扰动问题。基于理论分析的数据需求,建立国家公园自然生态、人口经济、社会系统数据库,开发面向国家公园保护类和发展类多维功能定量测度的方法模型,开展公园、地块两个尺度上的功能发育耦合测度多维功能非耦合性诊断与级联效应解析。

围绕不同自然生态区和国土空间管制下的国家公园主导功能确定,解析国家公园的功能耦合的总体特征和属性导向。针对典型案例剖析开发精细化空间尺度对于国家公园功能冲突或协同的方法不足,解析功能耦合在地块尺度上的多维功能发育状态,提出单一、复合、多维等不同功能地块属性和调控准则,使用多维功能冲突识别模型诊断耦合性与非耦合性类型与强度。基于生态系统级联模型概念框架,构建国家公园群体-个体供给能力-流动-需求模型,检验功能尺度级联的关系链条和主控要素,定量表达国家公园用户社群所处决策位序及其级联效应相关性,衡量最优功能因子失效对综合功能造成的破坏效应,揭示国家公园功能尺度依赖效应与自我矫正规律。

2.3 国家公园多维功能耦合限制性因素与耦合机理

造成国家公园多维功能耦合状态异质性的主控因素和内生机理是什么?功能耦合和非耦合是否会随着

发展观念、政策规制、生计需求等转变而发生空间转换变化? 多尺度耦合关系的正负效应变化程度和传导机制如何? 国家公园多维功能耦合在不同生态地理区内、不同区域特性上有所差别。这就需以改善生态环境完整性、管理分割化、增长方式转型等为目标, 研究不同耦合程度的功能格局演化, 结合兼顾生态-经济-社会系统整体功能提升目标, 通过线性误差修正模型刻画经济变量之间的线性调整机理, 运用神经网络方法对各个要素非线性协整关系存在性进行检验, 分析不同耦合类型和状态的空间均衡格局和最优效益临界值, 甄别出耦合与非耦合影响的主导限制性因素。

在典型案例国家公园探索多功能耦合转化生态、社会、经济效益的临界阈值, 分析非耦合状态中短期空间稳定态的形成过程和主体响应, 构建顾及空间非平稳性的耦合和非耦合性变化效应的时空分异模型, 解析多功能非耦合性形成的主要限制性因素和生成机理, 揭示国家公园综合效益均衡难度趋增的致因变量。以生态系统服务和劳动地域分工基础理论为基础, 研究环境规制和资源生态容量阈值变化通过生态系统服务价值和生态产业产品价值发挥对社会福祉提升的效应, 刻画不同主导功能耦合下导致增长动力失衡的内生性因子函数和外部干扰因素参数及其空间异质性、累积效应, 探索生态资源利用与社区-旅游经济增长和收入分配之间的因果关系。建立顾及空间非平稳性的广义线性回归模型并设定调节效应, 验证保护地历史属性、环保成本投入、经济发展水平、高原生态补偿额度等功能耦合的传导机制, 揭示随发展阶段推进功能非耦合趋向兼容均衡有序变化的演化机制, 探索实现短期侧重生态原真性和完整性以及激发经济活力、中长期顾及社会公平发展和生态保护效率的均衡调节模型。

2.4 国家公园功能耦合的社会主体感知与响应反馈

国家公园制度嵌入生态保护主导类型地区往往导致同一范围内不同类型生态系统服务价值发挥的增长损益的权衡协同关系。地方发展认识、生态政策、管理制度等变化会影响不同功能空间管控力度, 对国家公园的功能耦合产生影响并在常住居民、旅游者、管理者、经营者层面形成响应反馈。这需要开展典型国家公园当地居民、经营者、旅游者、管理者四类利益主体的感知调查, 从公平性视角选取对照组, 对比分析基于生态保护、社区发展、生态旅游和科研教育等不同均衡状态的感知差异和行为响应, 探讨国家公园功能耦合状态的地域、群体和行为差异, 分析调查多主体对国家公园功能设施配置运行的感知态度和行为反馈。

从亲环境行为、基础设施/公共服务设施/旅游设施配置满意度、政策与社会环境等全要素评价指标出发, 采用成本-效益模型评估国家公园设施配置对于空间收益的总效应和直接效应。以国家公园管理者、当地居民、经营企业、旅游者的利益分配机制和意愿作为基本参数, 建立多维功能耦合协同增效的认知、期望和行为分析矩阵, 开展多模式下协同增效最佳收益预测和方案优选。

2.5 国家公园功能耦合协同增效的多目标动态调适

基于耦合关系、形成机制以及主体反馈的分析, 适应功能耦合带来的新型国家公园利益分配关系, 尝试从生态、公平、效率综合效益最优的包容性理念出发研究国家公园多目标动态调适关键参数, 模拟预测国家公园要素重构带来的系统变化、冲击效果与调控路径。从制度供给和需求博弈均衡演化模型的角度, 侧重制度设计、税收激励、草牧补贴、特许经营、转移支付等政策工具调适, 分析群体间、集团间综合效益最优的关键控制参数, 优选国家公园功能协同治理模式。

适应气候变化下的生态系统敏感性和脆弱性、生产资料所有权和生态保护对象复合型、人口分布稀疏性和野生动物季节性迁移的逻辑关系, 建立融合生态系统、社会经济、政策管理等构成的多目标决策模型, 探讨国家公园保护利用发展的混合交叉布局方法和弹性调适路径。针对国家公园城镇化和人口增长、人口季节流动、外部游客涌入等波动引起的压力不确定性及生态风险, 探索更加均衡、更有韧性的国家公园功能设施优化配置的包容性解决方案, 提出在重点生态保护区中提高功能耦合兼容的控制性参数和调控模式, 以及地域功能多样性与整体性相统一的空间管控策略。

3 结论

自然生态系统的空间异质性、人类需求的多样性和生态过程的复杂性, 导致不同国家公园各类功能发挥

存在此消彼长的权衡、相互增益的协同关系,带来国家公园多维功能优化配置和效应最大化发挥问题。国家公园可持续发展进程中,生态保护、社区发展、生态旅游等功能唇齿相依,唇亡必然齿寒。要实现国家公园可持续发展,需要理清在气候变化和人类活动等不确定因素的共同影响下,国家公园生态-社会-经济系统功能耦合的复杂性、非线性、不确定性和多尺度嵌套关系,建立合理有效的功能耦合模式及其利益分配机制,综合考虑国家公园多维功能的共同实现,而非简单强调任一功能的单一性。

本文系统梳理发现国家公园多维功能研究主要集中在耦合关系、耦合效应和耦合机制三个方面的研究上,对于国家公园功能发展认识、定量测度、耦合机理及其动态调适方向上认识的片面性和研究范式的不足,限制了国家公园可持续发展领域的实践方案深化。未来应基于“数据-方法-模型-应用”研究范式,建立“定量测度-特征识别-机理阐释-动态调适”的研究体系。以国家公园生态保护重要性和资源利用合理性的权衡协同增效关系为切入点,建构国家公园多维功能量化测度方法分析单一功能和综合功能及其尺度级联效应与异质性,解构国家公园功能耦合与非耦合尺度效应、影响因素和成因机理。结合当地居民、外来游客、运营者和管理者的公平感知、社会响应和政策反馈,探索兼顾生态-公平-效率及不确定性、更具均衡韧性的国家公园功能多目标动态调适最佳实践准则。

本文围绕解决国家公园功能耦合对生态-经济-社会复合系统演化过程和格局,希望通过揭示国家公园多维功能发展状态,探索多维功能耦合机理,以及演化过程中的社会反馈和动态调适路径,强化国家公园生态-经济-社会相互作用下的功能权衡协同增效的研究薄弱环节,构建“生态-公平-效益”最优的国家公园功能耦合动态调适的理论框架,深化 SDGs 目标下中国国家公园地域功能演化规律的科学认知。

参考文献 (References):

- [1] 陈发虎,李新,吴绍洪,樊杰,熊巨华,张国友. 中国地理科学学科体系浅析. 地理学报,2021,76(9): 2069-2073.
- [2] 熊巨华,高阳,吴浩,孙维君,刘小茜,刘建宝,杨刚,张中浩,毛德华. 国家自然科学基金视角下地理科学融合发展路径探索. 地理学报,2022,77(8): 1839-1850.
- [3] 樊杰,赵鹏军,周尚意,邓祥征,王琛. 人文地理学学科体系与发展战略要点. 地理学报,2021,76(9): 2083-2093.
- [4] Fu B, Wu X, Wang S, Zhao W. Scientific principles for accelerating the Sustainable Development Goals. *Geography and Sustainability*, 2024, 5(2): 157-159.
- [5] 中共中央办公厅、国务院办公厅.《国家公园体制建设总体方案》.(2017-09-26) [2024-03-10]. https://www.gov.cn/zhengce/2017-09/26/content_5227713.htm.
- [6] Yu H, Zhong L S, Wang Q. Identification and analysis of conservation gap of national nature reserves in China. *Ecological Indicators*, 2024, 158: 111525.
- [7] 高吉喜,刘晓曼,周大庆,马克平,吴琼,李广宇. 中国自然保护区整合优化关键问题. 生物多样性,2021,29(3): 290-294.
- [8] Goetchus C, Mitchell N J, Barrett B. Evolving values and how they have shaped the United States National Park system. *Built Heritage*, 2018, 2(3): 27-38.
- [9] Watson J E M, Dudley N, Segan D B, Hockings M. The performance and potential of protected areas. *Nature*, 2014, 515(7525): 67-73.
- [10] Butchart S H M, Clarke M, Smith R J, Sykes R E, Scharlemann J P W, Harfoot M, Buchanan G M, Angulo A, Balmford A, Bertzky B, Brooks T M, Carpenter K E, Comeros-Raynal M T, Cornell J, Fisetola G F, Fishpool L D C, Fuller R A, Geldmann J, Harwell H, Hilton-Taylor C, Hoffmann M, Joolia A, Joppa L, Kingston N, May I, Milam A, Polidoro B, Ralph G, Richman N, Rondinini C, Segan D B, Skolnik B, Spalding M D, Stuart S N, Symes A, Taylor J, Visconti P, Watson J E M, Wood L, Burgess N D. Shortfalls and solutions for meeting national and global conservation area targets. *Conservation Letters*, 2015, 8(5): 329-337.
- [11] IUCN. Category II: National Park. (2020-12-24) [2024-03-10]. <https://www.biodiversitya-z.org/content/iucn-category-ii-national-park>.
- [12] 虞虎,阮文佳,李亚娟,肖练练,王璐璐. 韩国国立公园发展经验及启示. 南京林业大学学报: 人文社会科学版, 2018, 18(3): 77-89.
- [13] 刘冬,林乃峰,邹长新,游广永. 国外生态保护地体系对我国生态保护红线划定与管理的启示. 生物多样性, 2015, 23(6): 708-715.
- [14] 周睿,曾瑜哲,钟林生. 中国国家公园社区管理研究. 林业经济问题, 2017, 37(4): 45-50.
- [15] 王毅,黄宝荣. 中国国家公园体制改革: 回顾与前瞻. 生物多样性, 2019, 27(2): 117-122.
- [16] 钟林生,邓羽,陈田,田长栋. 新地域空间——国家公园体制构建方案讨论. 中国科学院院刊, 2016, 31(1): 126-133.
- [17] 欧阳志云,徐卫华,杜傲,雷光春,朱春全,陈尚. 中国国家公园总体空间布局研究. 北京: 中国环境出版集团, 2018.

- [18] 傅伯杰,田汉勤,陶福祿,赵文武,王帅. 全球变化对生态系统服务的影响研究进展. 中国基础科学,2020,22(3): 25-30.
- [19] 高阳,沈振,张中浩,熊巨华. 生态系统服务视角下的社会—生态系统耦合模拟研究进展. 地理学报,2024,79(1):134-146.
- [20] 魏钰,雷光春. 从生物群落到生态系统综合保护: 国家公园生态系统完整性保护的理論演变. 自然资源学报,2019,34(9): 1820-1832.
- [21] 赵智聰,杨锐. 中国国家公园原真性与完整性概念及其评价框架. 生物多样性,2021,29(10): 1271-1278.
- [22] Zhang X F, Han R Q, Yang S J, Yang Y, Tang X T, Qu W J. Identification of bundles and driving factors of ecosystem services at multiple scales in the Eastern China region. *Ecological Indicators*, 2024, 158: 111378.
- [23] Boley B B, Green G T. Ecotourism and natural resource conservation: the 'potential' for a sustainable symbiotic relationship. *Journal of Ecotourism*, 2016, 15(1): 36-50.
- [24] Meng J D, Long Y, Shi L F. Stakeholders' evolutionary relationship analysis of China's National Park ecotourism development. *Journal of Environmental Management*, 2022, 316: 115188.
- [25] Abukari H, Mwalyosi R B. Local communities' perceptions about the impact of protected areas on livelihoods and community development. *Global Ecology and Conservation*, 2020, 22: e00909.
- [26] 赵新全. 三江源国家公园创建“五个一”管理模式. 生物多样性, 2021, 29(3): 301-303.
- [27] 赵力, 张伟, 刘楠, 周典, 孙培峰. 国家公园理念下区域生态旅游资源评价——以青海湖与祁连山毗邻区域为例. 干旱区地理, 2021, 44(6): 1796-1809.
- [28] 周睿, 钟林生, 虞虎. 钱江源国家公园体制试点区管理措施的社区居民感知研究. 资源科学, 2017, 39(1): 40-49.
- [29] 欧阳志云, 徐卫华. 整合我国自然保护区体系, 依法建设国家公园. 生物多样性, 2014, 22(4): 425-427.
- [30] 陈天傲, 李想. 我国国家公园管理体系优化路径: 以中央层面为例. 生物多样性, 2023, 31(3): 229-236.
- [31] Deng Z Y, Cao J S. Incorporating ecosystem services into functional zoning and adaptive management of natural protected areas as case study of the Shennongjia region in China. *Scientific Reports*, 2023, 13(1): 18870.
- [32] Santos-Martín F, Zorrilla-Miras P, Palomo I, Montes C, Benayas J, Maes J. Protecting nature is necessary but not sufficient for conserving ecosystem services: a comprehensive assessment along a gradient of land-use intensity in Spain. *Ecosystem Services*, 2019, 35: 43-51.
- [33] 樊杰, 钟林生, 黄宝荣, 虞虎, 王亚飞, 陈东, 郭锐, 刘宝印. 地球第三极国家公园群的地域功能与可行性. 科学通报, 2019, 64(27): 2938-2948.
- [34] 陈东军, 虞虎, 钟林生, 刘德军. 国家公园建设背景下区域生态-经济-社会耦合协调发展评价——以神农架林区为例. 资源科学, 2023, 45(2): 417-427.
- [35] 李奕, 丛丽. 适应性管理视角的国外国家公园野生动物保护与游憩利用案例研究. 中国生态旅游, 2021, 11(5): 691-704.
- [36] Wang Q, Yu H, Zhong L S, Wang H. Optimising the relationship between ecological protection and human development through functional zoning. *Biological Conservation*, 2023, 281: 110001.
- [37] Ripple W J, Estes J A, Schmitz O J, Constant V, Kaylor M J, Lenz A, Motley J L, Self K E, Taylor D S, Wolf C. What is a trophic cascade? *Trends in Ecology & Evolution*, 2016, 31(11): 842-849.
- [38] Marshall K N, Hobbs N T, Cooper D J. Stream hydrology limits recovery of riparian ecosystems after wolf reintroduction. *Proceedings Biological Sciences*, 2013, 280(1756): 20122977.
- [39] Sindiga I. Wildlife based tourism in Kenya: Land use conflicts and government compensation policies over protected areas. *Journal of Tourism Studies*, 1995, 6(2): 45-55.
- [40] Song Z Y, Ouyang Z Y, Xu W H. The role of fairness norms the household-based natural forest conservation: the case of Wolong, China. *Ecological Economics*, 2012, 84: 164-171.
- [41] 刘岩, 李宝林, 袁焯城, 祁佳丽, 李影, 李睿. 基于三江源高寒草甸群落结构变化评估围栏封育对草地恢复的影响. 生态学报, 2021, 41(18): 7125-7137.
- [42] 李洪义, 吴儒练, 田逢军. 近 20 年国内外国家公园游憩研究综述. 资源科学, 2020, 42(11): 2210-2223.
- [43] 李春铎, 王锦, 马焕成. 基于旗舰物种保护的国家公园研究进展. 自然保护地, 2023(1): 15-24.
- [44] 何思源, 魏钰, 苏杨, 闵庆文. 保障国家公园体制试点区社区居民利益分享的公平与可持续性——基于社会-生态系统意义认知的研究. 生态学报, 2020, 40(7): 2450-2462.
- [45] 唐小平. 国家公园规划制度功能定位与空间属性. 生物多样性, 2020, 28(10): 1246-1254.
- [46] 张海霞, 钟林生. 国家公园管理机构建设的制度逻辑与模式选择研究. 资源科学, 2017, 39(1): 11-19.
- [47] 李双成, 王羊, 蔡运龙. 复杂性科学视角下的地理学研究范式转型. 地理学报, 2010, 65(11): 1315-1324.
- [48] 叶裕民, 王晨跃. 城市治理研究范式转移与一般分析框架创新. 城市规划, 2022, 46(2): 42-52, 99.
- [49] 方言, 吴静. 中国国家公园的土地权属与人地关系研究. 旅游科学, 2017, 31(3): 14-23.
- [50] 李广东, 方创琳. 城市生态—生产—生活空间功能定量识别与分析. 地理学报, 2016, 71(1): 49-65.

- [51] 黄金川,林浩曦,漆潇潇. 面向国土空间优化的三生空间研究进展. 地理科学进展,2017,36(3): 378-391.
- [52] Calero C,Turner L W. Regional economic development and tourism: a literature review to highlight future directions for regional tourism research. Tourism Economics,2020,26(1): 3-26.
- [53] Frost W,Hall C M. 3 American Invention to International Concept: The Spread and Evolution of National Parks//Tourism and national parks. Routledge,2012: 30-44.
- [54] Randle E J,Hoye R. Stakeholder perception of regulating commercial tourism in Victorian National Parks, Australia. Tourism Management,2016, 54: 138-149.
- [55] Mannetti L M,Göttert T,Zeller U,Esler K J. Identifying and categorizing stakeholders for protected area expansion around a National Park in Namibia. Ecology and Society,2019,24(2): art5.
- [56] Jia Q,Zheng Y N,Zhang Y J. Research on recreation management mechanism in national parks. Landscape Architecture,2017,24(7): 23-29.
- [57] Melstrom R T,Vasarhelyi L. Modeling recreation demand and fees at National Parks. Annals of Tourism Research,2019,77: 175-178.
- [58] Schwartz Z,Stewart W,Backlund E A. Visitation at capacity-constrained tourism destinations: exploring revenue management at a National Park. Tourism Management,2012,33(3): 500-508.
- [59] Mekonen S. Coexistence between human and wildlife: the nature,causes and mitigations of human wildlife conflict around bale Mountains National Park,southeast Ethiopia. BMC Ecology,2020,20(1): 51.
- [60] Ferretti-Gallon K,Griggs E,Shrestha A,Wang G Y. National parks best practices: Lessons from a century's worth of National Parks management. International Journal of Geoheritage and Parks,2021,9(3): 335-346.
- [61] 蔚东英,王延博,李振鹏,李俊生,李博炎.国家公园法律体系的国别比较研究——以美国、加拿大、德国、澳大利亚、新西兰、南非、法国、俄罗斯、韩国、日本 10 个国家为例.环境与可持续发展,2017,42(2): 13-16.
- [62] 徐卫华,欧阳志云. 中国国家公园与自然保护地体系. 郑州: 河南科学技术出版社,2022.
- [63] 唐芳林,王梦君,黎国强. 国家公园功能分区探讨. 林业建设,2017(6): 1-7.
- [64] 何思源,苏杨,闵庆文. 中国国家公园的边界,分区和土地利用管理——来自自然保护区和风景名胜区的启示. 生态学报,2019,39(4): 1318-1329.
- [65] 赵智聪,彭琳. 国家公园分区规划演变及其发展趋势. 风景园林,2020,27(6): 73-80.
- [66] 钟林生,曾瑜哲,虞虎. 青藏高原国家公园群游憩功能的自然基础与实现路径. 生态学报,2021,41(3): 861-873.
- [67] 李想,芦惠,邢伟,伍世代. 国家公园语境下生态旅游的概念、定位与实施方案. 生态经济,2021,37(6): 117-123.
- [68] 孙琨,唐承财,侯兵.生态旅游中实现游客幸福感的主客体契合模式——以钱江源国家公园为例.旅游学刊,2023,38(11): 124-139.
- [69] 米湘成. 生物多样性监测与研究是国家公园保护的基础. 生物多样性,2019,27(1): 1-4.
- [70] 臧振华,徐卫华,欧阳志云. 国家公园体制试点区生态产品价值实现探索. 生物多样性,2021,29(3): 275-277.
- [71] Buckley R. Nature tourism and mental health: parks,happiness,and causation. Journal of Sustainable Tourism,2020,28(9): 1409-1424.
- [72] 朱冬芳,钟林生,虞虎. 国家公园社区发展研究进展与启示. 资源科学,2021,43(9): 1903-1917.
- [73] 何思源,魏钰,苏杨,闵庆文. 基于扎根理论的社区参与国家公园建设与管理的机理研究. 生态学报,2021,41(8): 3021-3032.
- [74] 陈涵子,吴承照. 社区参与国家公园特许经营的模式比较. 中国城市林业,2019,17(4): 53-57.
- [75] 虞虎,钟林生,樊杰. 青藏高原国家公园群地域功能与结构研究. 生态学报,2021,41(3): 823-832.
- [76] 张婧雅,张玉钧. 论国家公园建设的公众参与. 生物多样性,2017,25(1): 80-87.
- [77] 虞虎,陈田,钟林生,周睿. 钱江源国家公园体制试点区功能分区研究. 资源科学,2017,39(1): 20-29.
- [78] 虞虎,徐琳琳,刘青青,周侃. 加拿大国家公园游憩空间治理研究.中国生态旅游,2021,11(2): 256-265.
- [79] 杨锐. 论中国国家公园体制建设的六项特征. 环境保护,2019,47(3): 24-27.
- [80] 张玉钧,张海霞. 国家公园的游憩利用规制. 旅游学刊,2019,34(3): 5-7.
- [81] 徐琳琳,虞虎. 国外国家公园景观评价与保护利用研究进展及对中国的启示. 资源科学,2022,44(7): 1520-1532.