

基于 CiteSpace 的自然保护地生态系统服务国内外研究进展

Research Progress of Ecosystem Services in Protected Areas Based on CiteSpace

焦 瑞 李侃侃* 尹梦垒 徐志曼 李佳馨
JIAO Rui LI Kankan* YIN Menglei XU Zhiman LIJiaxin

(西北农林科技大学风景园林艺术学院, 咸阳 712199)
(College of Landscape Architecture and Art, Northwest A & F University, Xianyang, Shaanxi, China, 712199)

文章编号: 1000-0283(2024)05-0100-11
DOI: 10. 12193 / j. laing. 2024. 05. 0100. 011
中图分类号: TU986
文献标志码: A
收稿日期: 2023-06-03
修回日期: 2024-04-01

摘 要

自然保护地有着保护自然生态、自然资源, 以及维持生物和地质地貌景观多样性的作用, 并能够维护生态系统稳定, 提高生态系统服务功能。近年来, “自然保护地生态系统服务” 受到国内外学术界的广泛关注, 相关文献大量涌现, 现已成为一个具有极大研究潜力的知识领域。利用 CiteSpace 知识图谱分析工具, 将 2000–2023 年 WoS 核心合集和 CNKI 中收录的自然保护地生态系统服务相关文献作为数据源进行科学知识图谱绘制。主要进行了国内外发文量、作者合作网络、关键词共现和聚类、热点词突变分析。结合分析结果和现状, 国内未来的行动计划应有以下几方面: (1) 加强综合生态系统评估以提升自然保护地管控的保护成效; (2) 完善中国自然保护地的生态补偿制度; (3) 开展生态系统服务对气候变化的适应研究; (4) 推动科技创新的应用。通过以上研究结论, 以期为自然保护地生态系统服务价值的研究和实践提供帮助。

关键词

自然保护地; 生态系统服务; 可视化文献分析软件; 研究进展

Abstract

Protected areas have the function of protecting natural ecology, natural resources, maintaining biological and geological landscape diversity, and are capable of maintaining ecosystem stability and improving ecosystem service functions. In recent years, “ecosystem services in protected areas” has been widely concerned by domestic and international academics, and a large number of related literatures have emerged, and it has become a knowledge field with great research potential. In this paper, CiteSpace knowledge graph analysis tool is used to draw scientific knowledge graph on the literatures related to ecosystem services in nature protected areas included in the core collection of WoS and CNKI from 2000 to 2023. This paper mainly analyzes the number of papers published at domestic and international academics, author cooperation network, keyword co-occurrence and cluster analysis, and mutation analysis of hot words. Combined with the analysis results and the current environment, the future action plan should be the following aspects: (1) Strengthen the comprehensive ecosystem assessment to improve the management and protection effectiveness of protected natural areas. (2) Improve the ecological compensation system of China’s natural protected areas. (3) Conduct research on the adaptation of ecosystem services to climate change. (4) Promote the application of scientific and technological innovation. In order to provide help for the future study and practice of ecosystem service value in nature protected areas.

Keywords

nature reserves; ecosystem services; CiteSpace; research progress

焦 瑞

2000年生/女/黑龙江大庆人/在读硕士研究生/研究方向为生态系统文化服务

李侃侃

1987年生/女/河南郑州人/博士/副教授/研究方向为生态系统文化服务

尹梦垒

1998年生/女/河南郑州人/在读硕士研究生/研究方向为生态系统文化服务、森林康养系列产品设计与规划

生态系统是人类生存发展的基础, 能够带来如粮食生产、气候控制、营养循环以及福祉等功能, 是无法替代的自然资源和自然过程^[1]。而生态系统服务 (Ecosystem Services, ES) 源于生态系统过程, 是人类从生态系统中直接或间接获得的利益^[2-3]。联合国

基金项目:

陕西省科技厅重点研发计划项目“健康中国视角下陕南休闲康养农业模式构建关键技术及应用示范”(编号: 2020NY-105); 陕西省林业科技创新项目“陕西省退化森林碳增汇修复路径研究”(编号: sxlk2023-05-2); 西北农林科技大学博士科研启动经费“汉中市龙草坪森林游憩空间对游客身心健康效应影响研究”(编号: 2452024010)

*通信作者 (Author for correspondence)
E-mail: likankan@nwfau.edu.cn

2004年千年生态系统评估 (Millennium Ecosystem Assessment, MA) [4] 将这些效益定义为维持其他服务所需的供给、调节、文化和支持服务。该报告的发布同时推动了生态系统服务的广泛传播 [5], 人们逐渐认识到生态系统服务功能是人类生存和现代文明的基础 [6]。但由于人类对生态系统服务功能及其重要性的忽视, 生态环境遭到破坏, 生态系统服务功能受到明显损害 [7]。目前该领域的研究仍在持续增长, 尤其是生态系统服务功能内涵、价值评估等方面开展了大量的研究 [8], 现已成为自然资源可持续利用的实践评估工具 [9]。

自然保护区 (Protected Area, PA) 是划定用于保护生物多样性、典型自然生态系统和自然资源的陆域或海域 [10]。全世界保护自然的一种通行做法是建立自然保护区 [11], 其作为高质量的生态空间, 不仅能为人类提供大量的自然资源 [12], 并且在科教娱乐、涵养水源等方面起着重要作用, 具有较高的生态效益和经济效益 [13], 是人类不可或缺的绿色基础设施 [14]。国内外对自然保护区的界定有所不同, 国际自然保护区联盟 (IUCN) 将自然保护区分成包括严格的自然保护区 (strict nature reserve)、荒野地区 (wilderness area)、国家公园 (national park) 等6个类别, 他们提供了定义保护区的国际标准, 并鼓励根据其管理目标进行保护规划 [15]。国内的自然保护区作为中国自然保护体系总称, 其按生态价值和保护强度高低分为国家公园、自然保护区和自然公园三大类别, 在次级层面包括风景名胜区、森林公园、湿地公园、地质公园等十多种类型 [16]。

自然保护区除了提供重要的自然资源储备外, 往往也是人类社会重要生态系统服务的主要来源。同时加强自然保护区体系建设是全球生物多样性保护的一项重要任务 [17-18], 以实现其自然及其所拥有的生态系统服务和

文化价值的长期保护 [19]。近年来, 生态系统服务概念在自然保护政策中得到了广泛的应用。其能够评估环境和自然资源的优点, 以便提高公众认识和为自然保护区的保护措施提供资金。此外, 为了改善自然保护区的管理, 生态系统服务的概念已被广泛提出, 并得到充分考虑, 以帮助实现多个目标。

文献计量学是对已发表文献进行定性和定量分析的一种方法, 其通过数据挖掘、信息处理和可视化技术, 为研究一个科学领域的知识结构和未来发展提供了新的视角 [20-21]。目前, 自然保护区生态系统服务相关研究主题已经通过文献计量学在一些研究中进行了讨论。闫晨雨等 [22] 分析了2005–2020年国内自然保护区生态系统文化服务; 虞依娜等 [23] 对2015–2019年森林生态系统服务价值评估进行了分析。然而, 在自然保护区生态系统服务的发展方面, 一直缺乏对该领域的研究现状和热点进行系统和全面的了解。因此, 本文对2000–2023年自然保护区生态系统服务的相关文献进行了分析, 揭示了基本信息 (如发文量趋势、发文作者) 并进行关键词共现、聚类分析和研究演化趋势分析。最后, 对国内外该领域的研究异同点进行探讨, 以期能够为未来自然保护区生态系统服务研究提供参考意义。

1 数据来源与研究方法

1.1 数据来源

本文的文献分析来源为Web of Science平台的WoS核心合集数据库和CNKI数据库。WoS是最广泛使用的多学科引文索引数据库之一, 也是文献计量学的理想数据源 [24-25], CNKI数据库是具有完备知识体系的大型动态知识库, 是中国收录文献的数据库中较为全面的数据库 [26]。为全面了解21世纪国内外自然保

护地生态系统服务的发展脉络, 设置检索时间为“2000–2023年”。由于国内外对自然保护区的概念界定不同, 英文关键词的选定是根据IUCN的官方术语和相关类别, 所以英文检索式为: TS= (“protected area” or “nature reserve” or “wilderness area” or “national park” or “nature park” or “habitat”) AND TS= “ecosystem service”; 为提高数据的准确性及科学性, 文献类型选“article”, 再经过人工筛选, 最终得到有效外文文献共3 465篇。中文检索式为主题词= (自然保护区 or 国家公园 or 自然保护区 or 自然公园 or 风景名胜 or 森林公园 or 地质公园 or 水利风景区 or 湿地公园 and 生态系统服务), 文献类型筛选为“期刊”, 筛选符合限定条件的中文文献共684篇。

1.2 研究方法

文献计量学广泛应用于许多研究领域, 以分析学术文献中研究领域的研究热点、趋势和方向 [27-28]。本文利用的CiteSpace 6.3.R1软件是由美国德雷塞尔大学的陈超美博士基于JAVA平台开发出的一种基于定量分析的图谱绘制方法, 通常用于文献计量分析 [29] 的软件, 其将文献计量分析与传统分析相结合, 以支持基于知识图谱和识别点 (如知识基础、新兴趋势、研究前沿等) 的系统综述 [30]。将文献导入CiteSpace软件进行数据清洗、处理和分析, 时间跨度设置为一年。从发文量、高频关键词共现与聚类、突现词等方面绘制知识图谱并解读分析。

2 结果与分析

2.1 发文量分析

2000–2023年国外WoS核心合集共收录了3 465篇文章 (图1)。分析发现, 自2003年起年度发文量呈持续上升趋势。从发文

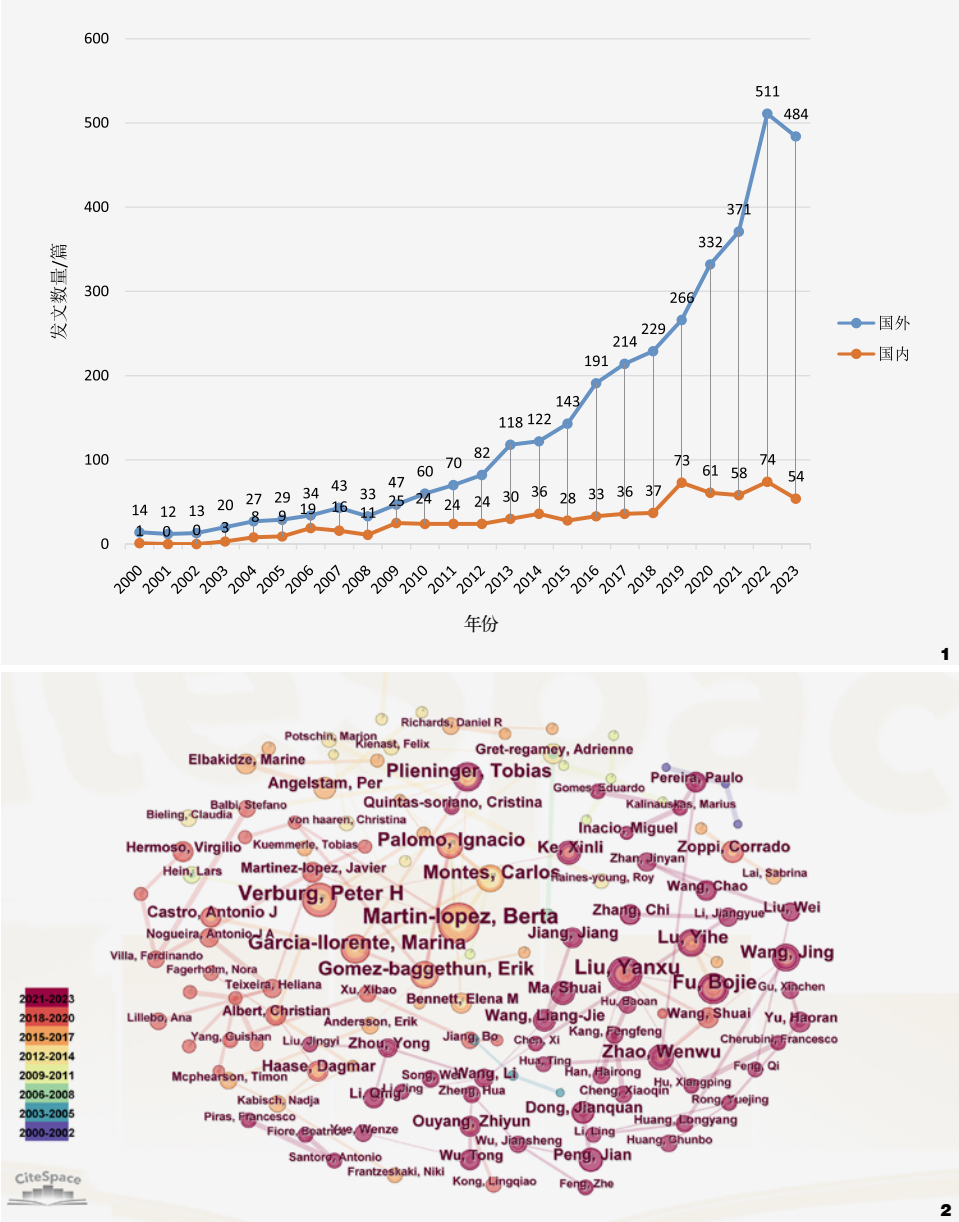


图1 2000–2023年国内外自然保护地生态系统服务研究发文量分析
Fig. 1 Analysis of the number of publications on ecosystem services in protected natural areas at home and abroad from 2000 to 2023

图2 国际发文作者网络图谱
Fig. 2 Network mapping of international author

时间和数量变化来看，国外自然保护地生态系统服务研究大致有三个明显的变化阶段：(1) 2003–2005年为起步阶段，发文量较少，文献多探讨生态系统的管理和功能。(2) 2006–2018年为发展期，外文文献数量

逐年上升。2005年联合国完成了关于千年生态系统评估的技术报告、评估框架等主要成果，促进了生态系统服务的研究和应用的发展。(3) 2019–2023年为快速增长期，虽趋势不是稳定上升，但该阶段的年文献量平均

是上一阶段的两倍。2019年，《生物多样性和生态系统服务全球评估》向全世界公布，这是联合国2005年启动千年生态系统评估后首次对全球生物多样性及生态系统服务进行评估的报告，同时在2020年底，各国政府将根据《联合国生物多样性公约》制定下一个十年的保护目标，而自然保护地长期以来一直是保护生物多样性的主要机制^[31]，具有里程碑的意义。

中文文献的发文量趋势能够大致分为两个阶段：(1) 2000–2017年，该阶段总发文量为364篇，文献主要围绕各类自然保护地的生态系统服务功能及价值评估^[32]。(2) 2018–2023年，该阶段文献数量持续增加，从2018年开始急速增长。2018年，国家林草局推动印发了《关于建立以国家公园为主体的自然保护地体系的指导意见》强化了对自然保护地的监管，推进管理体制的创新，构建以国家公园为主体的自然保护地体系。这一阶段的文献多以基于生态系统服务功能的评估指标来优化自然保护地体系，为推动保护生物多样性、自然生态系统注入不竭动力。

2.2 核心作者合作网络

为探究国外自然保护地生态系统服务研究的作者与机构的合作关系，选择CiteSpace中的“Author”，得到国内外自然保护地生态系统服务的发文作者网络图谱。图中节点的数量与大小代表了核心作者群体的共现频次，节点越大，说明此作者出现频率就越高，反之就越低；节点颜色的深浅代表了该作者出现的年份，颜色越深说明出现时间越晚，反之越早；线条的多少和粗细则代表了作者之间合作的强度和紧密性，连线越多、越粗，说明作者之间的联系程度愈强^[33]。如图2所示，从WoS数据库中检索的自然保护地生态

系统服务作者合作网络形成了Martin-lopez Berta 团队、Verburg Peter H 团队、Plieninger Tobias 团队、Gomez-baggethun Erik 团队、Garcia-llorente Marina 团队等主要力量。从作者网络图谱来看，其中后三个学者之间交流合作较多，联系较为密切。Plieninger Tobias是哥廷根大学和卡塞尔大学（德国）社会生态相互作用教授，并担任过柏林勃兰登堡科学与人文学院“文化景观中的生态系统服务”研究小组的负责人。其主要研究是利用跨学科框架，将自然科学和社会科学方法整合到景观生态和保护中，研究关键主题集中在生态系统服务、文化景观和社会生态恢复力。Martin-lopez Berta是吕讷堡卢法纳大学国际可持续发展与规划教授，主要集中在生态系统服务的社会文化层面，有研究表明社会文化因素和生态系统（即国家公园、自然公园或非保护区）的保护管理策略会影响社会对生态系统服务的偏好。Gomez-baggethun Erik是挪威生命科学大学（NMBU）教授，也是《生态系统和生物多样性经济学》（TEEB）报告以及生物多样性和生态系统服务政府间平台（IPBES）全球价值评估报告的主要作者。Garcia-llorente Marina曾是马德里自治大学（UAM）社会生态系统实验室的成员，主要研究是生态系统服务评估、生态农业作为促进生态系统服务维护的政策和实践。在后三位学者的合作研究方向中，主要有生态系统服务的生物物理、社会文化和货币价值等相关内容。近几年在WoS数据库中出现了大量国内学者的名字，并且团队合作较频繁，说明该研究领域的国内学者的研究成果在国际学术影响上较为重要，影响显著。

国内自然保护地生态系统服务领域的作者网络图谱相对国外发文作者图谱整体呈现出小集中大分散态势（图3），说明国内作者独立发展或小范围合作较多，大范围的合作



图3 国内发文作者网络图谱
Fig. 3 Network mapping of domestic authors

交流较少。其中何东进和何思源团队是中文文献中发文量最大的团队，魏晓燕团队、欧阳志云团队次之。何东进与游巍斌、游惠明、巫丽芸等学者具有紧密的合作关系，该团队学者主要来自福建高校，围绕武夷山风景名胜开展开展的生态系统服务研究较多。何思源与程红光、闵庆文、苏杨、王蕾等学者组成了一个学术团队，他们分别来自中科院、北师大、国务院发展研究中心和世界自然基金会，重点关注在生态系统服务概念下，国家公园与自然保护地的发展与管理，是“中国国家公园体制试点建设政策研究”的核心研究团队，在该领域提出多条建设性的对策意见，具有较强的影响力。欧阳志云和徐卫华、赵同谦、郑华等多位学者之间存在过合作关系，该研究团队参与编制的《全国生态功能区划》以生态系统服务功能评价方法及其应用为主线开展了系统研究，取得显著的生态环境效益和社会效益；近几年欧阳志云和徐卫华共同编著了《中国国家公园与自然保

护地体系》《中国国家公园总体空间布局研究》两本书，为科学、合理、有序地建设国家公园体制提供科学决策基础。魏晓燕与毛旭锋学者有过多次合作，他们都来自青海师范大学，对湿地公园的生态系统服务的研究较多，研究主要包括影响湿地生态系统服务价值的主要因素、湿地价值的空间分布情况和价值量。

2.3 关键词知识图谱

关键词是文章的代表性词汇，是核心内容的概括和提炼，对文献的关键词进行分析，研究者可以从高频关键词中获得文献中的核心内涵及其研究重点和热点。关键词共现图谱中每个节点代表一个关键词，节点越大表明关键词出现的频率越高，连线表示关键词共现的次数；若关键词的中介中心性大于等于0.1，则说明该节点可能是该领域的研究方向与热点^[34]。关键词共现的聚类时间线图可以体现研究主题内容的时间趋势，所在

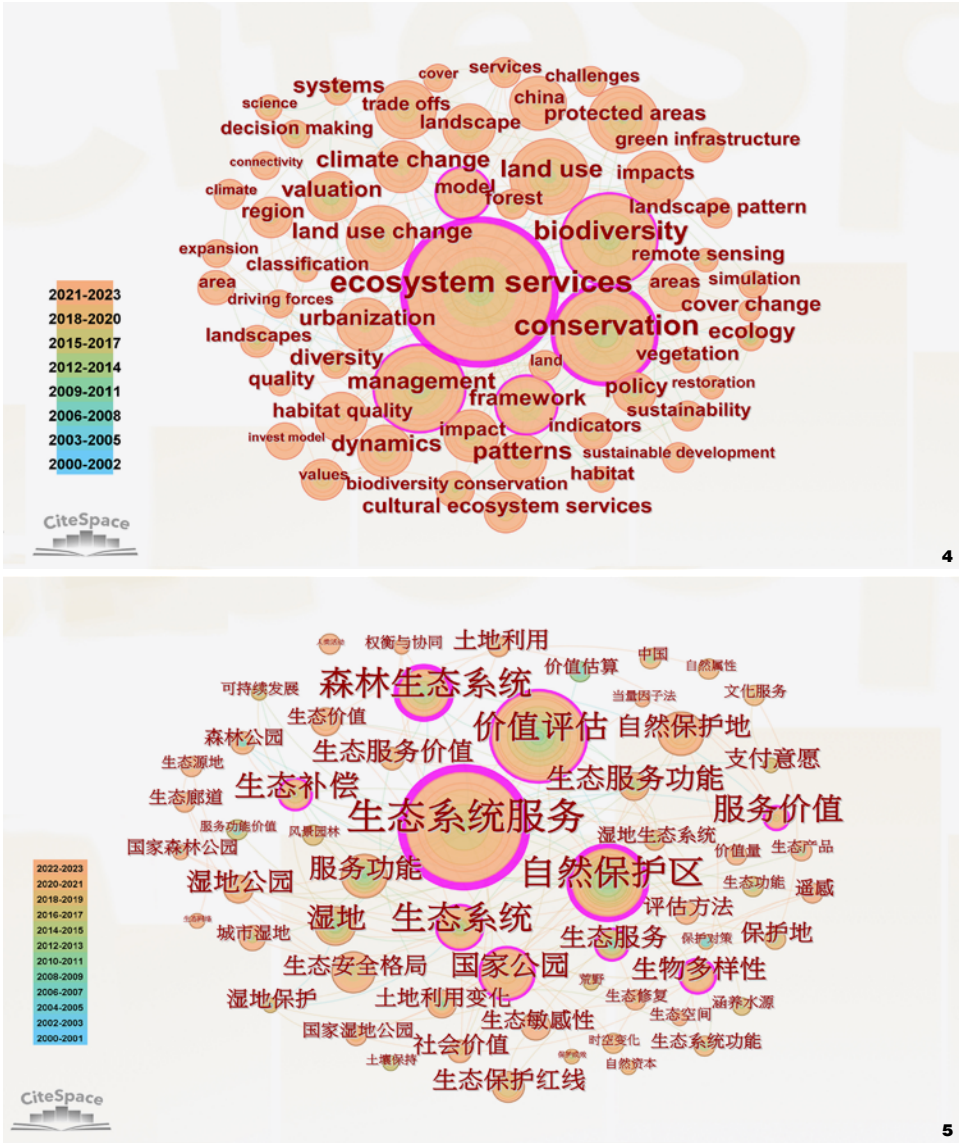


图4 国外自然保护区生态系统服务研究关键词共现图
Fig. 4 Keywords co-occurrence map for research on ecosystem services in nature reserves abroad

图5 国内自然保护区生态系统服务研究关键词共现图
Fig. 5 Keywords co-occurrence map for ecosystem services research in domestic nature reserve

的位置代表在选择年限内首次出现的年份，节点间的连接线代表关键词的共现关系。

2.3.1 关键词共现图谱

利用 CiteSpace 软件对文献关键词进行提取分析，设置 Node Type 为“Keyword”，时间切片为三年，采用最小生成树算法得到关键词

共现图谱。分析显示，在生成国外共现图谱中，最终得到 245 个节点，567 条连线，说明关键词的关注范围较为广泛。关键词节点的大小表示某一关键词的出现频次，节点越大，则这一关键词的出现频次越高，反之，则越少。根据国外关键词共现图谱（图 4）可知，关键词出现频次排序处于前位的生成的节点

直径大小没有非常显著的差别，表明各个关键词出现的频次没有明显差异；在国内关键词共现图谱（图 5）中出现频次处于前位的关键词节点的直径大小不一，表明各个关键词的出现频次存在显著差异。

节点年轮颜色代表不同年份，用于表示该关键词出现至今持续的时间。2000 年以来国内外自然保护区生态系统服务研究围绕着价值评估、生物多样性、土地利用、自然保护区等关键词展开。将关键词依据频次统计，列举了国内外文献中出现频次最高的 15 个关键词，如表 1 所示。通过国内外关键词出现时间对比可知，在选定研究时间段内国外高频关键词大多先出现于 2000–2005 年，而国内关键词大多先出现于 2005 年以后，特别是“国家公园”“自然保护区”“生态安全格局”三组关键词出现在 2015 年以后，这可能是因为 2015 年国家发改委在 9 个省份开展“国家公园体制试点”后，研究内容聚焦到在建立国家公园体制实践中如何处理与中国现有的各类自然保护区制度之间的关系^[35]。

在国内外相异的关键词上，国内文献关注点在：（1）自然保护区。“自然保护区”“湿地”“国家公园”都是代表性高频关键词。（2）保护生态系统的手段。“生态补偿”“生态安全格局”都是作为保护或者恢复生态系统生态价值的重要手段。人类活动的增加使得各个生态系统环境受到破坏和污染，为实现可持续发展和保护生态环境，涉及进行经济价值评估和建立相应地生态补偿机制来确保生态系统的可持续利用的问题。而国外文献则多关注生态系统服务作为更好地管理（management）环境的工具、气候变化（climate change），生物多样性（biodiversity conservation）对生态系统服务供给的影响等方面。

2.3.2 关键词网络聚类分析

在CiteSpace操作界面中，将关键词作为共现分析的节点类型进行聚类，生成关键词聚类图谱（图6，图7）。之后通过结合每个聚类被引用次数较高以及年份较新的代表性文献的阅读分析，说明每个聚类下开展的研究以及所代表的含义，见表2和表3。

国外自然保护地生态系统服务研究领域大致可分为7个聚类，表示当前国外在该领域最具代表的7个研究方向，分别为保护地（protected areas）、生态系统服务价值（ecosystem service value）、生物多样性（biodiversity）、生态安全格局（ecological security pattern）、碳储存（carbon storage）、生态系统服务付费（payments for ecosystem services）、生态政治学（political ecology）。综合而言，国外文献的关键词聚类主题集中在“自然保护地生态系统价值评估”，其中包括#1 ecosystem service value和#6 payments for ecosystem services，“建立自然保护地对于减缓气候变化的效益”，其中包括#3 biodiversity和#5

carbon storage，保护碳储存以及生物多样性有助于增强人生态系统服务。学科类别更偏向经济学、环境科学、生态学方向。

国内文献生成的9个聚类包括生态系统服务、森林生态系统、服务功能、价值评估、国家公园、生态安全格局、生态补偿、

表1 频次排序前15的关键词
Tab. 1 The top 15 keywords in frequency

国内文献 Papers in China			国外文献 Papers abroad		
关键词 Keywords	出现频次 Frequency	首次出现年份 First occurrence time	关键词 Keywords	出现频次 Frequency	首次出现年份 First occurrence time
生态系统服务	168	2003	ecosystem service	1 277	2000
价值评估	133	2003	conservation	863	2000
森林生态系统	67	2001	management	670	2000
自然保护区	62	2006	protected area	632	2002
服务功能	43	2003	biodiversity	599	2000
生态服务价值	30	2010	impact	421	2004
生态系统	36	2004	land use	412	2004
国家公园	34	2016	landscape	297	2006
湿地	32	2003	area	271	2000
生态服务功能	24	2006	framework	224	2006
自然保护地	24	2018	climate change	221	2008
生态补偿	24	2009	model	214	2014
生物多样性	21	2014	valuation	213	2010
土地利用	17	2011	patterns	205	2004
生态安全格局	16	2017	policy	197	2010

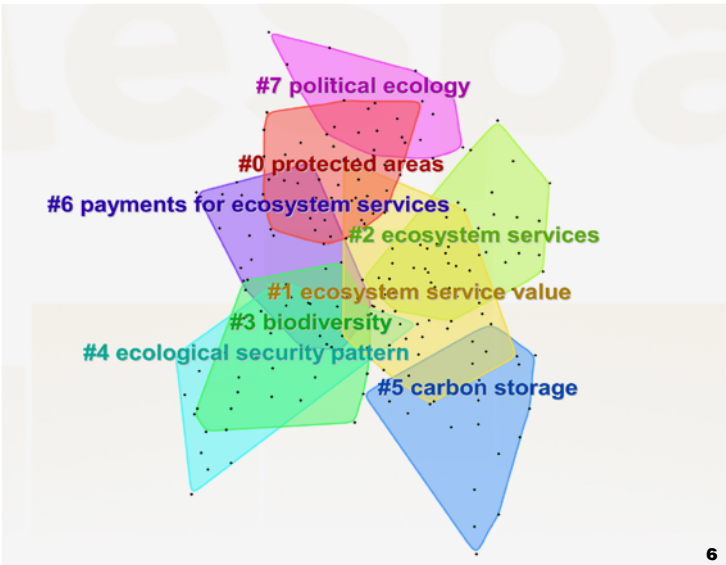


图6 国外自然保护地生态系统服务研究关键词聚类图
Fig. 6 Clustering of keywords for research on ecosystem services in foreign nature reserves

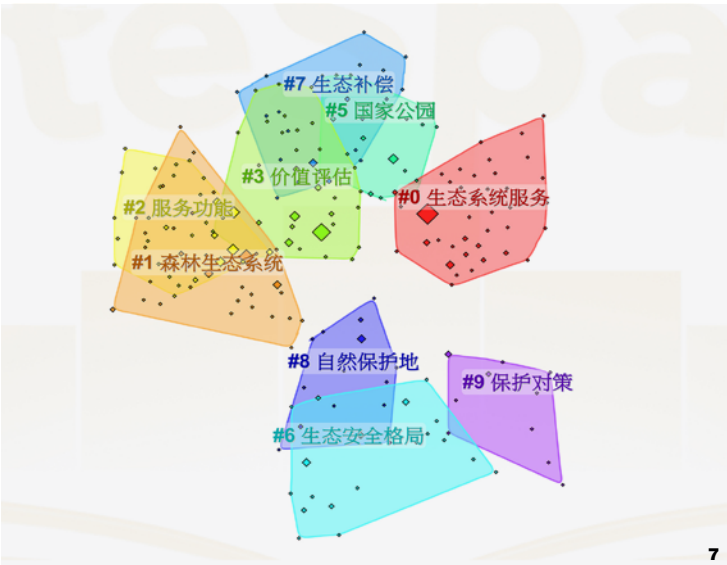


图7 国内自然保护地生态系统服务研究关键词聚类图
Fig. 7 Clustering of keywords for research on ecosystem services in domestic nature reserves

表2 国外自然保护地生态系统服务研究聚类信息表
Tab. 2 Cluster information table of ecosystem services research in foreign protected areas

聚类名称 Cluster Name	各聚类代表性研究结果 Representative study of each cluster
#0 protected areas	保护区应更加关注在生物多样性保护、维持生态系统服务和碳汇能力方面的综合作用,与所在地区可持续发展相结合,推动保护区及其周边人地和谐可持续发展模式 ^[36-37]
#1 ecosystem service value	将不同方面的生态系统服务价值量化有助于更彻底地权衡维护或扩大自然保护地的收益和成本 ^[38-40]
#3 biodiversity	在海洋空间规划中明确考虑生态系统过程比仅考虑结构特性更有可能保障生物多样性和人类福祉的长期利益 ^[41-42]
#4 ecological security pattern	通过生态系统服务功能的重要性和生态敏感性识别生态源,识别生态廊道,最终构建生态安全格局,对于协调经济发展与生态保护的空间矛盾具有重要作用 ^[43-45]
#5 carbon storage	使用关于生态系统碳储存和生物多样性的全球数据集可以帮助决策者和当地管理者确定保护行动,为气候稳定和发展做出重大贡献 ^[46]
#6 payments for ecosystem services	PES如果设计得当,可以成为一个强大的新工具,在实现保护成果的同时造福当地人民,特别是作为保护区等更传统的保护干预措施的补充 ^[47-49]
#7 political ecology	自然保护地的建立和自然保护地的利益和成本分配方式具有社会和政治的影响 ^[50-51]

表3 国内自然保护地生态系统服务研究聚类信息表
Tab. 3 Cluster information table of ecosystem services research in domestic protected areas

聚类名称 Cluster Name	各聚类代表性研究 Representative study of each cluster
#1 森林生态系统	森林生态系统服务功能及其价值评价工作应进一步加强森林生态系统服务功能机制的基础研究和不同尺度下空间数据的耦合和应用方法研究 ^[52-53]
#2 服务功能	估算某保护区生态系统服务功能总价值量,为区域生态系统综合评价提供借鉴和对促进可持续发展具有重要意义 ^[54-55]
#3 价值评估	该聚类研究偏向于对各个自然保护地的生态系统价值进行整体的估算和评价 ^[56-58]
#5 国家公园	评估各个国家公园生态系统服务价值能够为各个国家公园的生态系统服务管理提供依据,有利于促进国家公园的保护和管理体制的发展 ^[59-60]
#6 生态安全格局	阐述了通过生态系统服务评估辨识生态安全格局构建的空间缺失,从而对生态安全构建和保障提出生态保护管控对策和建议 ^[61-62]
#7 生态补偿	对于未来国家湿地公园的生态补偿,应逐步建立符合中国的湿地保护交易制度和全国性的国家公园管理组织来进行生态补偿工作 ^[63]
#8 自然保护地	通过评估生态系统服务功能重要性和生态敏感性,确定自然保护地生态空间以及存在的空缺,针对不适宜的自然保护区进行降级或撤销,将外部的保护需求划分并逐步纳入自然保护体系之中 ^[64]
#9 保护对策	研究土地利用变化对生态系统服务功能的供给与调节的影响,为地区未来保护工作的规划与开展提供依据 ^[65-66]

自然保护地、保护对策。从国内文献关键词聚类能够看出,研究主题集中在自然保护地的生态系统服务价值评估、生态保护补偿

机制、自然保护地体系等方面。综合而言,自然保护地生态系统服务研究主要关注通过生态系统服务理论对自然保护地进行评估和

进一步完善规划制度,进而有效保护并实现可持续发展。因此全面了解保护区类别、管理目标和生态系统供应之间的相互作用对于有效的保护规划、可持续管理和公平的利益分配至关重要。

3 研究热点与进展

3.1 热点词突变分析

3.1.1 国内热点词突变分析

利用CiteSpace软件中“Burstness”对关键词进行突变检测,可以反映一段时间内某一关键词在不同年份活跃度的变化,同时能够解释研究领域的发展趋势。在国内文献的关键词突变分析中选取前15个关键词,结果如表4所示。

突变词出现时间较均匀,从突现性来看,整体突现强度较低且差距很小,部分强度较高。突现性最高的热词包括“自然保护地”(5.17)、“国家公园”(5.11)。“国家公园”“自然保护地”都在2018年之后突发强度陆续呈爆发状态,并延续到2023年,这体现了2019年国务院发布建立以国家公园为主体的自然保护地体系对保护生态系统服务和生物多样性起着重要作用。在这一时期,相关文章大量涌现,并且研究多以优化自然保护地体系、组织管理规定、规划建设发展等为主。“生态廊道”和“遥感”都在2020年突现,且之后一直是研究热点词。近几年,卫星遥感技术在自然保护地生态系统服务价值研究中的分析、评估上发挥着关键作用,并在监管、规划实践中得到了较好的应用,提升了生态文明建设的保障能力。为解决生态廊道建设成效评估中目标单一的问题,现应用生态系统服务指标来推进生态廊道的建设的研究有所增加,以期更好地推动未来国土空间生态修复方案的制定。结合突

变词中出现的“评价”“价值评估”“价值”等关键词，表明价值评估的方法和评价尺度是当前自然保护地生态系统服务研究关注度较高的热门领域。

3.1.2 国外热点词突变分析

构建国外文献的关键词突现可视化图谱，分析后选取了前15个关键词，结果如表5所示。从突现性和时间跨度上看，国外文献自然保护地生态系统服务突变词整体强度较大，且关键词之间强度差异较大，强度最高的为“InVEST模型 (InVEST model)” (19.24)，其次是“森林 (forest)” (18.47)。各方面研究内容随着时间推移不断出现新的研究热点，表格中突变词首次出现的时间分布在2000–2021年，分布较为分散。突变时间持续到2023年的有在2018年首次出现的“权衡 (trade off)”，以及在2021年出现“InVEST模型 (InVEST model)”“中国 (China)”“生态安全格局 (ecological security pattern)”“生态系统服务价值 (ecosystem service value)”。这表明近几年国外研究的重点和热点在自然保护地生态系统服务价值评估和满足利益相关者需求的权衡与协同的影响，从而关注自下而上的策略，将ES理论通过InVEST等模型运用到PA管理中，其中中国保护地研究占比较大。从突变词出现的时间跨度上来看，国外的突变词比国内突变词的时间跨度更大，表5中排列前10的关键词都跨度为十年以上，这些突变词分属社会学、地理学、生态学，表明相关研究多为环境管理学、环境评价学、社会生态学的交叉学科，学科之间合作较为密切频繁。

4 国内外自然保护地生态系统服务价值研究比较

从国内外文献研究分析中能够看出，国

表4 国内自然保护地生态系统服务研究关键词突现信息表（前15）
Tab. 4 Information table of keywords emergence in the research of ecosystem services in domestic nature reserves (top 15)

关键词 Keywords	年份 Year	强度 Strength	起始时间 Begin	结束时间 End	2000–2023
服务功能	2003	3.48	2003	2009	
森林生态系统	2001	4.86	2004	2009	
评价	2004	4.03	2004	2007	
价值	2004	3.32	2004	2013	
自然保护区	2006	3.47	2006	2015	
价值评估	2003	3.51	2010	2015	
湿地	2003	2.6	2008	2013	
土地利用	2011	2.48	2014	2017	
生态安全格局	2017	2.98	2017	2021	
生物多样性	2014	2.38	2016	2021	
自然保护地	2018	5.17	2018	2023	
国家公园	2016	5.11	2018	2023	
风景园林	2018	2.71	2018	2019	
生态廊道	2020	2.09	2020	2023	
遥感	2020	2.12	2020	2023	

表5 国外自然保护地生态系统服务研究关键词突现信息表（前15）
Tab. 5 Information table of keywords emergence in the research of ecosystem services in foreign nature reserves (top 15)

关键词 Keywords	年份 Year	强度 Strength	起始时间 Begin	结束时间 End	2000–2023
forest	2000	18.47	2000	2011	
nature conservation	2000	14.9	2000	2017	
attitude	2003	14.87	2003	2017	
biosphere reserve	2003	12.92	2003	2014	
pattern	2004	11.44	2004	2011	
protected areas	2003	10.52	2003	2011	
political ecology	2006	11.83	2006	2020	
valuation	2006	16.27	2009	2017	
environmental service	2009	10.47	2009	2017	
governance	2009	13.1	2012	2020	
trade off	2015	14.58	2018	2023	
inVEST model	2018	19.24	2021	2023	
China	2015	17.48	2021	2023	
ecological security pattern	2021	11.59	2021	2023	
ecosystem service value	2018	11.45	2021	2023	

内外文献的研究内容具有一些共同特征，主要体现在研究内容多元化。文献研究内容覆盖了生态系统服务价值评估、权衡分析、自然保护区保护、土地利用变化、生物多样性、生态安全格局等多方面内容，为自然保护区的保护和区划管理提供了理论依据，有助于总结保护区环境保护和生态建设措施的经验，及时调整保护区规划的行动。

4.1 发文特征比较

在发文时间上，国外关于自然保护区生态系统服务研究的出现时间比国内要早，在界定的时间范围中WoS中最早出现该研究文献的时间是2000年，而CNKI从2003年开始有所进展。在2005年以前，国内外关于自然保护区生态系统服务的研究都相对较少。2006年开始国内外文献数量都持续上升，2018年开始呈快速增长趋势，以上内容均说明了这些研究与国家的政策和目标有着密切关联。

从发文量趋势图可以了解到，国内外学者对该领域的研究愈加重视，但国内外发文量趋势都不是稳定增长，都有一定的微小波动。国外研究文献在2018–2022年间增速较快；尽管国内起步较晚，但后期研究也逐渐增多。

4.2 核心作者比较

从国内外核心作者所在的研究机构来看，国外学者大多处在社会学、生态学等学科融合的高水平研究机构，这成为了不同领域学者深度合作的有效平台，研究也多注重生态文化的可持续恢复和管理。而国内学者大部分集中在环境科学等相关学科，主要研究集中在国家公园与建立自然保护区体系，多以评估价值量与自然保护区空间规划为研究点。

4.3 研究区域范围比较

根据上述关键词和突现分析，选择国内外关键词“湿地”“森林生态系统”“forest”进行对比分析。相比国外，国内更多以湿地等相关自然保护区类别为对象，更加关注不同层面的湿地生态系统价值评估，如王娜娜等^[67]对黄河三角洲湿地进行生态系统支持、文化、调节和供给4个服务价值计算；陈炜等^[68]对千湖国家湿地公园生态系统服务的直接价值和间接价值进行估算。此外，国内外都对森林生态系统进行过大量的研究，其中国内对山地森林生态系统多为关注，对秦岭山脉、神农架等自然保护区的森林生态系统服务进行评估，多数利用资源调查和长期监测数据，主要对水源涵养、固碳释氧和保育土壤三个级别的服务价值进行评估，对森林保护政策的制定起着重要作用。国外多注重如何改善森林管理制度，以便可持续地向社会提供生态系统服务并维护森林的生物多样性^[69]。

4.4 研究内容比较

比较国内外关键词和聚类词汇，根据相同的关键热点词汇可以了解到，国内外均注重基于生态系统服务价值研究进行自然保护区开发保护格局的构建，为区划管理提供科学支撑。此外，国外的文献中有关关注到“climate change”“carbon storage”“political ecology”“governance”4组词汇，由于当下气候变化已成为可持续发展的挑战，在生物多样性公约和联合国气候变化大会的倡议下，国外对气候变化下对自然保护区生态系统服务的影响的关注度逐步增高，其中包括对生态系统服务进行管理、保护和恢复，帮助适应气候变化带来的不利影响，提供最佳解决方案带来社会效益。此外，国内自然保护区规划调整多涉及应用生态系统服务来构建“生

态廊道”，完善“生态补偿”机制，提供“保护对策”。

4.5 研究方法比较

根据突现词分析来看，国外使用InVEST模型工具进行评估是持续热点，例如利用InVEST模型等工具来评估自然保护区的不同变量，其中固碳、生物多样性、生境质量等模块最为常用。通过卫星遥感技术获取数据一直是国内研究热点，同时发展机器学习等综合方法，研究分布格局与时序变化，并进行生态系统的保护与修复。

4.6 研究局限性

由于国内外对自然保护区的界定不同，不同地区的社会文化背景不同，所以可能导致数据收集和分析产生不同的结果，在空间尺度上研究范围的选择性有所偏差，限制了研究结论的普遍适用性和深度。

5 结论和展望

尽管国外的研究开始时间相对国内较早，研究成果相对领先，但近几年国内的研究也正迎头赶上，发展迅速，得出的方法论多倾向于自然保护区开展保护规划的应用实践方面，国内外的研究成果证明了对自然保护区生态系统服务进行价值评估是加强自然保护区规划和管理实践以及联系人们需求与自然关系之间的重要工具，其中实证研究可以促进利益相关者的参与，增加解决方案的可接受性和可持续性；帮助技术和工具的开发，例如检测和评估工具等，能够及时调整管理和保护措施以适应变化的环境和社会条件，以帮助实施相关政策和策略；推进跨学科合作，以更好地理解和管理复杂的生态系统服务系统。结合中国自然保护区生态系统

服务研究与建立以国家公园为主体的自然保护地体系政策的发展现状, 以及当前的环境挑战和可持续发展目标, 国内未来的政策建议和行动计划应有以下几方面。

(1) 加强综合的生态系统评估以提升自然保护地管控保护成效。建立综合的生态系统服务评估和监测体系, 定期评估自然保护地的生态系统服务供给和价值, 包括水源涵养、碳储存、生物多样性保护等方面。在生态安全格局构建方面, 将自然保护地生态系统服务功能纳入承载力评估要素, 构建多维度的自然保护地资源承载力评价指标体系和方法。结合自然保护地发展目标, 对各个区域提出相应的管控保护要求和策略, 使得自然保护地的布局更优化、制度更完善。

(2) 完善中国自然保护地的生态补偿制度。确立生态补偿标准是确立补偿制度的重点, 生态系统服务价值若要权衡所有利益相关者的需求, 需要在未来的评估中加强对利益相关者供求关系及相关诉求的研究, 以确保生态系统服务提供者得到合理的补偿, 鼓励保护和恢复生态系统。

(3) 开展生态系统服务对气候变化的适应研究。制定相应的适应策略, 包括改善生态系统的弹性、提升生态系统对极端气候事件的抵御能力等, 如开展生态修复和恢复工作, 恢复被破坏的生态系统, 增强自然保护地的生态系统服务供给能力, 例如湿地恢复、栖息地修复等。

(4) 推动科技创新的应用。将信息技术、遥感技术、生物技术和工程技术等方面应用在自然保护地管理中, 例如利用遥感技术监测生态系统变化、利用人工智能优化管理决策等, 能够提升生态系统服务的管理效率和效果。

注: 文中图表均由作者绘制。

参考文献

- [1] 谢高地, 张彩霞, 张昌顺, 等. 中国生态系统服务的价值[J]. 资源科学, 2015, 37(09): 1740-1746.
- [2] COSTANZA R, D'ARGE R, GROOT R D, et al. The Value of the World's Ecosystem Services and Natural Capital[J]. Ecological Economics, 1997, 25(1): 3-15.
- [3] FU B, WANG S, SU C, et al. Linking Ecosystem Processes and Ecosystem Services[J]. Current Opinion in Environmental Sustainability, 2013, 5(1): 4-10.
- [4] ASSESMENT M E. Ecosystems and Human Well-being: Synthesis[J]. Physics Teacher, 2005, 34(9): 534.
- [5] COSTANZA R, DE GEOOT R, SUTTON P, et al. Changes in the Global Value of Ecosystem Services[J]. Global Environmental Change, 2014, 26: 152-158.
- [6] 谢高地, 鲁春霞, 成升魁. 全球生态系统服务价值评估研究进展[J]. 资源科学, 2001, 23(06): 5-9.
- [7] DAILY G C. Nature's Services: Societal Dependence on Natural Ecosystems[M]. Island: Island Press, 1997.
- [8] BIGGS R, BOHENSKY E, DESANKER P V, et al. Nature Supporting People: The South African Millennium Ecosystem Assessment[R]. Council for Scientific and Industrial Research, Pretoria, South Africa, 2004.
- [9] SEPPELT R, DORMANN C F, EPPINK F V, et al. A Quantitative Review of Ecosystem Service Studies: Approaches, Shortcomings and the Road Ahead[J]. Journal of Applied Ecology, 2011, 48: 630-636.
- [10] 唐小平, 梁晓峰. 构建以国家公园为主体的自然保护地体系[J]. 林业资源管理, 2017(6): 1-8.
- [11] 王伟, 辛利娟, 杜金鸿, 等. 自然保护地保护成效评估: 进展与展望[J]. 生物多样性, 2016, 24(10): 1177-1188.
- [12] 张建军. 自然保护区生态保护与建设发展研究——以山西阳城蟒河猕猴国家级自然保护区为例[J]. 林业经济, 2019, 41(06): 104-109.
- [13] MULONGOY K J, BADU G S. The Value of Nature: Ecological, Economic, Cultural and Social Benefits of Protected Areas[J]. Quaternary Science Reviews, 2008, 23(4): 31-47.
- [14] FERREIRA J C, MONTEIRO R, SILVA V R. Planning a Green Infrastructure Network from Theory to Practice: The Case Study of Setúbal, Portugal[J]. Sustainability, 2021, 13: 8432.
- [15] DUDLEY N. Guidelines for Applying Protected Area Management Categories[M]. Iucn, 2008.
- [16] 王毅. 中国国家公园顶层制度设计的实践与创新[J]. 生物多样性, 2017, 25(10): 1037-1039.
- [17] 龚洵, 武全安, 张启泰. 自然保护区在保护生物多样性中的作用和意义[J]. 广西植物, 1993(04): 359-366.
- [18] GARCIA-FRAPOLLI E, RAMOS-FERNANDEZ G, GALICIA E, et al. The Complex Reality of Biodiversity Conservation Through Natural Protected Area Policy: Three Cases from the Yucatan Peninsula, Mexico[J]. Land Use Policy, 2009, 26(3): 715-722.
- [19] 吕偲, 曾晴, 雷光春. 基于生态系统服务的保护地分类体系构建[J]. 中国园林, 2017, 33(08): 19-23.
- [20] LIU W, WANG J, LI C, CHEN B, et al. Using Bibliometric Analysis to Understand the Recent Progress in Agroecosystem Services Research[J]. Ecological Economics, 2019, 156: 293-305.
- [21] ALEIXANDRE-BENAVENT R, ALEIXANDRE-TUDO J L, CASTELLO-COGOLLOS L, et al. Trends in Scientific Research on Climate Change in Agriculture and Forestry Subject Areas (2005–2014) [J]. Clean Prod, 2017, 147: 406-418.
- [22] 闫晨雨, 张妍妍, 闫东锋, 等. 基于知识图谱的自然保护地生态系统文化服务研究进展[J]. 河南科学, 2020, 38(11): 1823-1830.
- [23] 虞依娜, 徐曼, 叶有华. 近5年森林生态系统服务价值评估研究进展——基于CiteSpace文献计量学分析方法[J]. 生态环境学报, 2020, 29(02): 421-428.
- [24] LIU Z, YIN Y, LIU W, et al. Visualizing the Intellectual Structure and Evolution of Innovation Systems Research: A Bibliometric Analysis[J]. Scientometrics, 2015, 103: 135-158.
- [25] FANG Y, YIN J, WU B. Climate Change and Tourism: A Scientometric Analysis Using CiteSpace[J]. Journal of Sustainable Tourism, 2018, 26(1): 108-126.
- [26] 张璐. 基于中国知网(CNKI)的我国休闲观光农业发展文献计量学研究[D]. 南京: 南京农业大学, 2012.
- [27] TANCOIGNE E, BARBIER M, COINTET J P, et al. The Place of Agricultural Sciences in the Literature on Ecosystem Services[J]. Ecosystem Services, 2014, 10: 35-48.
- [28] SMIT I P J, ROUX D J, SWEMMER L K, et al. Protected Areas as Outdoor Classrooms and Global Laboratories: Intellectual Ecosystem Services Flowing to-and-from a National Park[J]. Ecosystem Services, 2017, 28: 238-250.
- [29] CHEN C. CiteSpace II: Detecting and Visualizing Emerging Trends and Transient Patterns in Scientific Literature[J]. Journal of the American Society for Information Science and Technology, 2006, 57(3): 359-377.
- [30] ZHENG C, YUAN J, ZHU L, et al. From Digital to Sustainable: A Scientometric Review of Smart City Literature Between 1990 and 2019[J]. Journal of Cleaner Production, 2020, 258: 120689.
- [31] LEWIS E, MACSHARRY B, JUFFE-BIGNOLI D, et al. Dynamics in the Global Protected-area Estate Since 2004[J]. Conservation Biology, 2019, 33(3): 570-

- 579.
- [32] 赵同谦, 欧阳志云, 郑华, 等. 中国森林生态系统服务功能及其价值评价[J]. 自然资源学报, 2004, 19(4): 480-491.
- [33] 陈悦. 引文空间分析原理与应用: CiteSpace实用指南[M]. 上海: 科学出版社, 2014.
- [34] 李颖, 贾二鹏, 马力. 国内外共词分析研究综述[J]. 新世纪图书馆, 2012(01): 23-27.
- [35] 彭琳, 赵智聪, 杨锐. 中国自然保护区体制问题分析与应对[J]. 中国园林, 2017, 33(04): 108-113.
- [36] WEI H, HE X. Biodiversity Conservation and Ecological Value of Protected Areas: A Review of Current Situation and Future Prospects[J]. Frontiers in Ecology and Evolution, 2011: 1261265.
- [37] GELDMANN J, DEGUIGNET M, BALMFORD A, et al. Essential Indicators for Measuring Site-based Conservation Effectiveness in the Post-2020 Global Biodiversity Framework[J]. Conservation Letters, 2021, 14(4): e12792.
- [38] CHEN H. Land Use Trade-Offs Associated with Protected Areas in China: Current State, Existing Evaluation Methods, and Future Application of Ecosystem Service Valuation[J]. Science of the Total Environment, 2020, 711: 134688.
- [39] SANNIGRAHI S, CHAKRABORTI S, JOSHI P K, et al. Ecosystem Service Value Assessment of a Natural Reserve Region for Strengthening Protection and Conservation[J]. Journal of Environmental Management, 2019, 244: 208-227.
- [40] ZHAO B, KREUTER U, LI B, et al. An Ecosystem Service Value Assessment of Land-Use Change on Chongming Island, China[J]. Land Use Policy, 2004, 21(2): 139-148.
- [41] VANDER BIEST K, MEIRE P, SCHELLEKENS T, et al. Aligning Biodiversity Conservation and Ecosystem Services in Spatial Planning: Focus on Ecosystem Processes[J]. Science of the Total Environment, 2020, 712: 136350.
- [42] HERMOSO V, CATTARINO L, LINKE S, et al. Catchment Zoning to Enhance Co Benefits and Minimize Trade-offs Between Ecosystem Services and Freshwater Biodiversity Conservation[J]. Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems, 2018, 28(4): 1004-1014.
- [43] JIN X, WEI L, WANG Y, et al. Construction of Ecological Security Pattern Based on the Importance of Ecosystem Service Functions and Ecological Sensitivity Assessment: A Case Study in Fengxian County of Jiangsu Province, China[J]. Environment, Development and Sustainability, 2021, 23: 563-590.
- [44] PENG J, YANG Y, LIU Y, et al. Linking Ecosystem Services and Circuit Theory to Identify Ecological Security Patterns[J]. Science of The Total Environment, 2018, 644: 781-790.
- [45] GAO J, DU F, ZUO L, et al. Integrating Ecosystem Services and Rocky Desertification into Identification of Karst Ecological Security Pattern[J]. Landscape Ecology, 2021, 36: 2113-2133.
- [46] SOTO-NAVARRO C, RAVILIOUS C, ARNELL A, et al. Mapping Co-Benefits for Carbon Storage and Biodiversity to Inform Conservation Policy and Action[J]. Philosophical Transactions of the Royal Society B, 2020, 375(1794): 20190128.
- [47] CLEMENTS T, MILNER-GULLAND E J. Impact of Payments for Environmental Services and Protected Areas on Local Livelihoods and Forest Conservation in Northern Cambodia[J]. Conservation Biology, 2015, 29(1): 78-87.
- [48] ALIX-GARCIA J, WOLFF H. Payment for Ecosystem Services From Forests[J]. Annual Review of Resource Economics, 2014, 6(1): 361-380.
- [49] KACZAN D, SWALLOW B M. Designing a Payments for Ecosystem Services (PES) Program to Reduce Deforestation in Tanzania: An Assessment of Payment Approaches[J]. Ecological Economics, 2013, 95: 20-30.
- [50] ADAMS W M, HUTTON J. People, Parks and Poverty: Political Ecology and Biodiversity Conservation[J]. Conservation and Society, 2007, 5(2): 147-183.
- [51] CELATA F, SANNA V S. The Post-political Ecology of Protected Areas: Nature, Social Justice and Political Conflicts in the Galápagos Islands[J]. Local Environment, 2012, 17(9): 977-990.
- [52] 刘承荣, 王佳然, 刘伟玮, 等. 国家公园生态保护补偿的政策框架及其关键技术[J]. 生态学报, 2019, 39(04): 1330-1337.
- [53] 张晓庆, 赵万奎, 陈智平, 等. 2006-2016年甘肃省森林生态系统服务功能价值动态变化研究[J]. 湖北农业科学, 2021, 60(16): 38-43.
- [54] 庞晓燕. 内蒙古大青山自然保护区森林生态系统服务功能及其价值评估[J]. 内蒙古林业调查设计, 2017, 40(2): 44-47.
- [55] 陈花丹, 赵敬东, 何东进, 等. 天宝岩自然保护区森林生态系统服务功能价值评估[J]. 北华大学学报(自然), 2013(004): 465-471.
- [56] 廖凌云, 傅田琪, 吴涌平, 等. 基于生态系统服务评估的市域自然保护区体系优化: 以福州市为例[J]. 风景园林, 2022, 29(07): 80-85.
- [57] 唐芳林, 吕雪蕾, 蔡芳, 等. 自然保护区整合优化方案思考[J]. 风景园林, 2020, 27(03): 8-13.
- [58] 李欣欣, 任茜, 余向克, 等. 生态保护红线区域的生态系统服务价值分析及生态补偿优先区域研究——以四川省生态保护红线区域为例[J]. 中国水土保持, 2022(04): 33-37.
- [59] 邹文涛, 何友均, 叶兵, 等. 基于InVEST模型的钱江源国家公园生态系统碳储量研究[J]. 中南林业科技大学学报, 2021, 41(03): 120-128.
- [60] 王兆峰, 许静. 土地利用演变对国家公园生态系统服务价值的影响——以三江源国家公园为例[J]. 生态学报, 2022, 42(17): 6948-6958.
- [61] 侯鹏, 杨旻, 翟俊, 等. 论自然保护区与国家生态安全格局构建[J]. 地理研究, 2017, 36(3): 420-428.
- [62] 宋婷, 李岱青, 张林波, 等. 秦巴山脉区域生态系统服务重要性评价及生态安全格局构建[J]. 中国工程科学, 2020, 22(01): 64-72.
- [63] 胡曾曾, 赵志龙, 张贵祥, 等. 国家公园湿地生态补偿研究进展[J]. 湿地科学, 2018, 16(02): 259-265.
- [64] 姜芊孜, 刘娜, 赵怡康, 等. 基于生态评价的威海市自然保护区保护空缺识别与优化[J]. 园林, 2023, 40(06): 99-107.
- [65] 金良. 基于土地利用变化的生态系统服务功能价值流向及损益评估[J]. 生态经济, 2011(04): 162-164.
- [66] 荔琢, 侯鹏, 蒋卫国, 等. 土地利用变化对生态系统服务功能的驱动效应研究——以秦岭地区自然保护区为例[J]. 北京师范大学学报(自然科学版), 2023, 59(2): 196-205.
- [67] 王娜娜, 李新华, 刘宏元, 等. 黄河三角洲湿地生态系统服务价值评估[J]. 山东农业科学, 2022(002): 054.
- [68] 陈炜, 张雨珂, 坎雯, 等. 黄土高原湿地生态系统服务功能价值评估——以陕西省千湖国家湿地公园为例[J]. 水土保持通报, 2019, 39(04): 270-274.
- [69] WATSON J E M, EVANS T, VENTER O, et al. The Exceptional Value of Intact Forest Ecosystems[J]. Nature Ecology & Evolution, 2018, 2(4): 599-610.