



DOI: 10.20103/j.stxb.202207031884

景晓栋, 田贵良, 班晴晴, 胡豪, 张钰宁. 基于文献计量的 21 世纪以来我国生态系统服务研究现状及发展趋势. 生态学报, 2023, 43(17): 7341-7351.

基于文献计量的 21 世纪以来我国生态系统服务研究现状及发展趋势

景晓栋¹, 田贵良^{1,2,3,*}, 班晴晴¹, 胡豪¹, 张钰宁¹

1 河海大学商学院, 南京 211100

2 河海大学经济与金融学院, 南京 211100

3 长江保护与绿色发展研究院, 南京 210098

摘要: 生态系统服务作为生态文明建设的核心内容, 近年来一直受到国内外学者的广泛关注。为进一步探究我国生态系统服务领域的研究进展与发展趋势, 基于文献计量法, 运用 Citespace 软件对中国知网中以“生态系统服务”为主题的 1349 篇中文社会科学引文索引 (CSSCI) 期刊论文进行可视化分析。结果显示: ①我国生态系统服务领域的研究在时间上呈现出明显的“萌芽-起步-快速发展”三阶段特征; ②生态系统服务领域的研究学者和科研机构间均存在较为密切的合作关系; ③目前国内关于生态系统服务领域的研究主要集中在“生态系统服务价值”“生态补偿”“土地利用”“生态安全”等方面; ④按照关键词突现时间顺序, 生态领域研究前沿可分为理论探索 (2000—2008 年)、初步实践 (2009—2016 年)、全面开花 (2017—年至今) 三个阶段。最后详细总结了我国生态系统服务研究领域取得的成就、面临的挑战和未来的改进空间, 并在此基础上提出加快完善生态系统服务价值核算、建立健全生态系统服务价值实现机制等政策建议。

关键词: 生态系统服务; 生态补偿; 生态系统服务价值; 生态产品

中国正处于经济社会转型发展的重要历史时期。近年来, 随着经济增速放缓与产业结构调整加剧, 我国正面临着生态文明建设需求下资源约束趋紧、生态环境承载力不足而相应体制未能健全的严峻挑战。为了实现经济与生态环境协调发展, 习近平总书记创造性地提出了“绿水青山就是金山银山”的科学论断, 深刻揭示了人与自然、经济发展与环境保护之间辩证统一的内在规律^[1]。作为衡量可持续发展水平和生态文明建设的重要突破口, 如何依托生态系统服务打通两山转化的现实路径, 将生态系统服务“盈余”和“增量”更好转化为经济财富和社会福利, 对于加快推动生态环境领域国家治理体系和治理能力现代化建设, 促进经济社会发展全面绿色转型具有重要的理论价值和现实意义。

21 世纪以来, 国内诸多学者对生态系统服务领域展开了研究, 并在生态系统服务价值核算^[2]、生态保护补偿^[3]、生态系统服务价值转化^[4]等方面取得了丰硕成果。然而, 通过对现有文献进行总结发现, 目前国内现有研究大多侧重于对生态系统服务的某一领域内容进行讨论, 鲜有学者从整体性角度出发, 对生态系统服务领域的研究进行全域式、系统化定量分析。因此, 为更好掌握生态系统服务领域的研究现状, 采用文献计量学方法, 对生态系统服务领域高质量研究成果进行详细分析, 旨在清晰展示该领域的研究概况、研究历程、研究热点及研究前沿, 为我国后续开展该领域的实践探索提供有益的经验借鉴和价值参考。

基金项目: 江苏省研究生科研与实践创新计划项目 (KYCX22_0688); 国家社会科学基金后期资助项目 (19FJYB029)

收稿日期: 2022-07-03; **网络出版日期:** 2023-04-28

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: tianguiliang@hhu.edu.cn

本研究不包含中国港澳台统计数据。

1 研究方法数据来源

1.1 研究方法

文献计量学是以文献为研究对象,借助文献的各种特征,采用数学和统计学的方法来描述、评价和预测某专业学科的现状和发展趋势。科学知识图谱则是显示科学知识体系发展进程及其相互结构关系的一种可视化工具。近年来由陈超美教授开发的 Citespace 软件,可以针对某一研究领域的核心作者、科研机构、期刊类型、关键词共现及研究内容的演化路径、研究热点和发展前沿等进行有效分析,因此已成为目前学界广泛应用的计量分析软件之一。本文借鉴已有学者的研究^[5],采用 Citespace.6.1.R1 软件对中国知网(CNKI)收录的与生态系统服务相关的中文社会科学引文索引(CSSCI)期刊文献进行可视化分析,进而深入探究我国生态系统服务领域的发展态势和研究热点。

1.2 数据来源

为确保数据来源的可靠性与权威性,以“生态系统服务”为主题,对被中国知网数据库(CNKI)中收录的 CSSCI 期刊进行检索分析,检索时间起点未设,终点时间为 2022 年 4 月 1 日。其中共检索到样本文献 1380 篇,首篇文献发表时间为 2000 年 6 月 25 日。此外,为了增强分析结果的科学性和准确性,将其中的期刊通知、会议纪要、公告等非学术论文进行剔除,最终得到有效文献 1349 篇,由此构成研究的基础数据。数据检索时间为 2022 年 4 月 9 日。

2 结果分析

2.1 发文量分析

发文量是衡量某个研究领域活跃程度与学者关注程度的一个重要指标,发文量的时间分布能够直观反映研究领域的发展趋势和阶段性特征,对于分析研究热点和预测未来前沿趋势具有重要意义。通过对生态系统服务领域的 CSSCI 期刊发文量进行分析可知(图 1),我国生态系统服务研究可大致分为 3 个阶段:萌芽阶段、起步阶段、快速发展阶段。

(1) 萌芽阶段(2000 年—2003 年):

早在 21 世纪初,我国便有学者开始了对生态系统服务领域的早期探索,但这个阶段更多的是向国外生态系统服务领域相关学者的研究成果借鉴学习。生态系统服务研究有 2 个重要的里程碑,一是 1997 年 Costanza^[6]开创性地对全球生态系统服务价值进行了详细评估,使人们认识到了生态系统对人类的重要意义及存在价值。二是 2001 年联合国千年生态系统评估项目首次对全球生态系统进行多层次综合评估,并围绕生态系统服务如何影响人类福利、生态系统未来变化会带给人类什么影响及人类应采取哪些举措保护和完善生态系统 3 部分,构建了生态系统服务研究的基本框架,并由此引发了世界各国和国内外学者对生态系统服务研究的广泛关注^[7]。与此同时,随着党的十五大提出的“实施可持续发展战略”将生态环境保护提升到与经济社会发展同等重要地位的背景下^[8],国内学者也纷纷逐步展开对生态系统服务价值评估的实践与探索。2001 年,谢高地对全球生态系统服务价值评估方面的研究做了详细总结^[9],并在 Constanza 的研究基础上,对我国自然草地及河流等生态系统的的服务价值做了初步计算^[10]。2002 年,赵传燕等对祁连山森林生态系统服务功能进行了核算^[11],2003 年郑华等重点分析了人类活动影响生态系统服务功能的类型、人类活动对生态系统服务功能的影响及变化趋势等^[12]。不过整体来看,该阶段国内学者的研究成果偏少,研究内容不够全面,生态系统服务价值的测算也缺乏规范化和科学化的计算模型,更多属于启发式的研究。

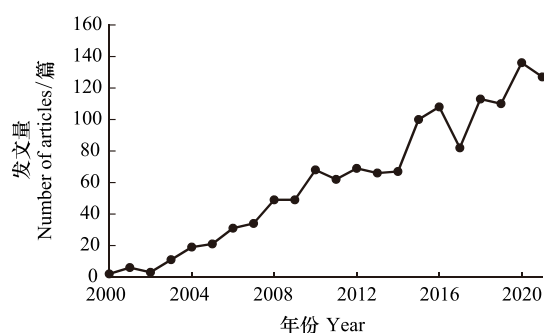


图 1 2000 年以来生态系统服务 CSSCI 来源期刊发文量

Fig.1 The number of articles published in CSSCI source journals on ecosystem services since 2000

(2) 起步阶段(2004—2014 年):

随着我国生态资源与经济矛盾的加剧,人们对于优质生态环境的需求和渴望也日益增强,生态资本论、自然资源有偿使用等理论逐渐获得学界的一致认可。该阶段国内学者的研究重点主要集中在生态系统服务功能及价值评价方面,如于书震等初步探讨了生态系统服务功能的类型、价值核算方法及其应用研究在完善国民经济核算体系、促进经济可持续发展方面的重要意义^[13]。段锦等结合生态系统的类型、质量和功能,利用遥感和地理信息系统技术,对东江流域的生态系统服务价值进行了科学评估等^[14]。此外,在学界探索阶段也有学者对生态系统服务做了更为前瞻性的讨论,如陈源泉等在 2006 年便提出如果能将生态系统服务通过一定形式“包装”使其成为可以在市场上销售的“商品”,那么这种具有巨大经济价值的特殊商品将带来一种全新业态的发展^[15],这个观点与 2010 年国务院印发的《全国主体功能区规划》中首次提及的生态产品概念不谋而合。

(3) 快速发展阶段(2015—2022 年):

2015 年国务院印发的《生态文明体制改革总体方案》中正式提出,要全面树立自然价值和自然资本的理念,在顶层设计上为生态系统服务奠定了坚实基础。自此,我国针对于生态系统服务的研究开始进入快速发展阶段。2015 年,随着谢高地^[16]、马国霞^[17]、赵海兰^[18]等对我国生态系统服务价值核算、概念界定及服务分类等内容相继做了进一步完善之后,生态足迹^[19-20]、生态补偿^[21]、生态服务价值^[22]等相关领域的研究在此基础上也获得了进一步发展。如王恒博等通过构建以价值量为单位的生态足迹-服务价值法的生态承载力分析框架,分析了陕西省生态承载力指数的分布特征、演化路径及驱动因素^[19]。邓楚雄等采用 5 期遥感影像数据,分析了洞庭湖区土地生态系统的服务价值时空变化^[23]。倪琪等基于成本收益双视角,以渭河流域为例,测算了流域生态系统服务保护的成本收益和跨区域生态补偿标准^[24]。可以预见,在生态文明建设目标的牵引下,未来 10—20 年内生态系统服务的研究和具体实践工作将进入一个全新的发展阶段。

2.2 发文作者、期刊与研究机构分析

(1) 发文作者分析

学者和机构的发文数量体现了在相关研究领域的影响力和贡献程度。据统计,21 世纪以来,我国共有 3144 位作者在生态系统服务领域参与发表了 1349 篇 CSSCI 高质量学术论文,发文量排名前 20 位的学者如表 1 所示。其中有 9 位学者发文数量超过 10 篇,23 位学者发文数量在 6—10 篇。利用 Citespace 6.1 对全部作者进行共现分析(作者之间联合发文的合作关系),选择节点类型(Node Types) = "Author",设置时间切片(Time Slicing) = "2000—2022"年,切片平均年书(Years Per Slice) = "1 年",按照出现频次、出现时间等指标信息,生成发文作者共现图谱(图 2)。

表 1 发文量排名前 20 作者统计表

Table 1 Statistical table of the top 20 authors by the number of published papers

序号 Ranking	作者 Author	发文量/篇 Articles	最早发文时间 Earliest publication time	序号 Ranking	作者 Author	发文量/篇 Articles	最早发文时间 Earliest publication time
1	谢高地	26	2001	11	李文华	10	2004
2	李双成	16	2003	12	张安录	10	2009
3	甄霖	16	2007	13	彭建	10	2017
4	闵庆文	13	2004	14	肖玉	9	2008
5	任志远	12	2003	15	李国平	9	2013
6	刘焱序	12	2013	16	傅伯杰	9	2016
7	欧阳志云	11	2003	17	张彪	8	2009
8	姚顺波	11	2014	18	戴尔阜	8	2012
9	赵敏娟	11	2015	19	高吉喜	7	2007
10	鲁春霞	10	2001	20	史恒通	7	2015

(2) 发文期刊分析

高影响力的出版物是学者展示学术研究成果的重要载体。为进一步分析国内生态系统服务学术研究成果

果的期刊分布情况,对 21 世纪以来生态系统服务领域 CSSCI 论文发文量排名前 10 的期刊进行统计,具体结果如表 2 所示。其中发文量最多的期刊为《资源科学》,总发文量为 117 篇;发文量排名第二期刊为《自然资源学报》,总发文量为 112 篇;发文量排名第三的期刊为《生态经济》,总发文量为 96 篇。其余发文量领先的期刊还有《中国人口·资源与环境》《长江流域资源与环境》等。

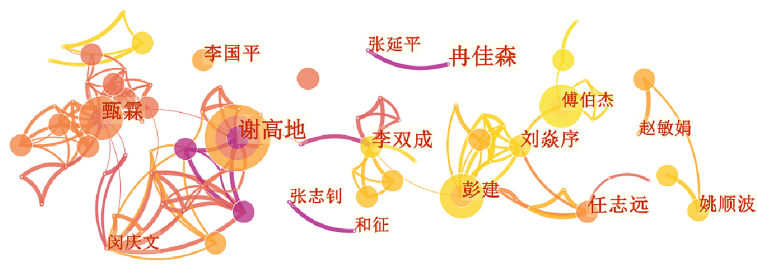


图 2 发文作者共现图谱

Fig.2 The co-occurrence map of the authors of the article

表 2 2000 年来生态系统服务领域发文量前 10 的发文期刊

Table 2 Top 10 journals with published papers in the field of ecosystem services since 2000

排名 Ranking	期刊名称 Journal name	发文量/篇 Articles	排名 Ranking	期刊名称 Journal name	发文量/篇 Articles
1	《资源科学》	117	6	《干旱区资源与环境》	66
2	《自然资源学报》	112	7	《环境保护》	47
3	《生态经济》	96	8	《地理研究》	40
4	《中国人口·资源与环境》	94	9	《资源开发与市场》	36
5	《长江流域资源与环境》	85	10	《中国土地科学》	34

(3) 研究机构分析

研究机构统计信息可以很好表示该机构在某一领域的科研实力。通过对生态系统服务领域的科研机构进行共现分析,具体如图 3 所示。从发文机构的分布来看,共有 455 个科研机构参与了生态系统服务方面的

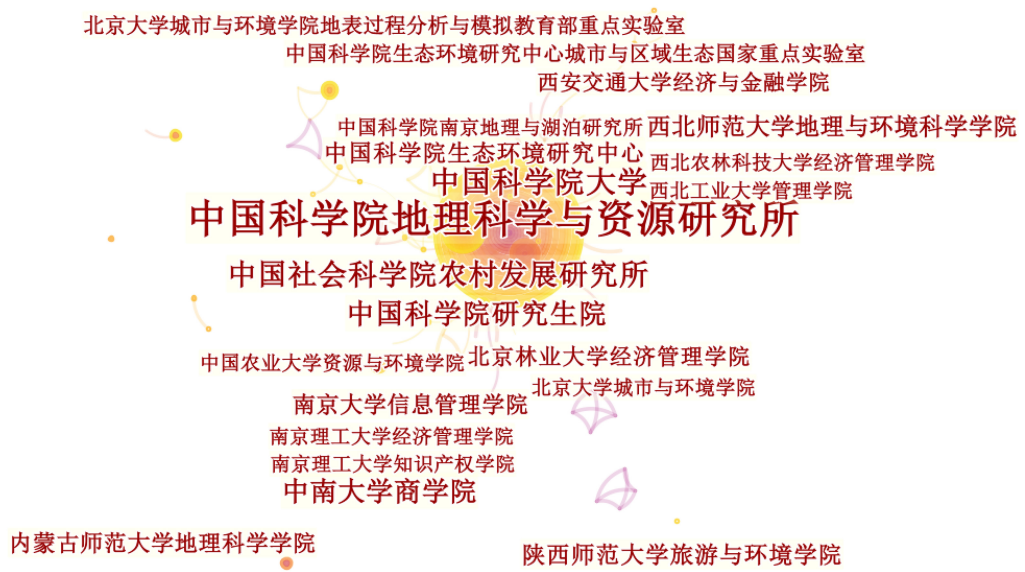


图 3 生态系统服务发文机构共现图谱

Fig.3 Co-occurrence Map of Ecosystem Service Publishers

研究,其中,有 229 个机构在生态系统服务方面的发文量为 1 篇,124 个机构的发文量为 2 篇,60 个机构的发文量在 3—4 篇,40 个机构的发文量在 5 篇以上。对发文机构之间联合发文的合作关系进行共现分析,发现以中国科学院为核心的机构之间存在显著的科研合作关系和科研溢出效应。

进一步对生态系统服务领域发文量前 10 的研究机构进行统计,具体结果如表 3 所示。其中中国科学院地理科学与资源研究所研究起步最早,发文最多,其发文总量为 131 篇,最早发文时间为 2000 年。此外,中南大学商学院在生态系统服务方面的研究共发文 24 篇,西北师范大学地理与环境科学学院共发文 15 篇等。

表 3 生态系统服务领域发文量前 10 的研究机构

Table 3 Top 10 research institutions in the field of ecosystem services

序号 Ranking	研究机构 Research institutions	发文量/篇 Articles	最早发文时间 Earliest publication time
1	中国科学院地理科学与资源研究所	131	2000
2	中国科学院大学	39	2012
3	中国社会科学院农村发展研究所	31	2000
4	中国科学院研究生院	28	2008
5	中南大学商学院	24	2000
6	西北师范大学地理与环境科学学院	16	2010
7	中国科学院生态环境研究中心	15	2003
8	陕西师范大学旅游与环境学院	15	2007
9	内蒙古师范大学地理科学学院	14	2000
10	南京大学信息管理学院	14	2000

2.3 关键词分析

(1) 关键词突现分析

突现主要是指短时间内某事物突然成为焦点的现象,通过对样本文献进行关键词突变分析,可以更好地描述生态系统服务领域研究前沿的演化过程及其发展趋势。利用 Citespace 6.1 中的突现词探测,生成排名前 10 的突现词图谱,具体如表 4 所示。

表 4 样本文献关键词突现分析

Table 4 Keyword emergent analysis of sample literature

关键词 Keywords	突现强度 Strength	开始年份 Begin	终止年份 End	年份:2000—2022 Year:2000—2022
生态规划 Ecological planning	3.66	2000	2007	
价值评估 Value evaluation	3.79	2001	2008	
服务功能 service function	5.16	2008	2013	
生态系统服务价值 Ecosystem service value	5.67	2009	2011	
生态补偿 Ecological compensation	4.36	2009	2010	
价值评价 Value evaluation	4.21	2010	2013	
生态服务价值 Ecological service value	6.48	2013	2016	
生态产品 Ecological products	5.2	2020	2022	
生态安全格局 Ecological security pattern	3.81	2020	2022	
空间规划 Spatial planning	3.64	2020	2022	

其中,细线段表示以年度为单位的时间切片,粗线段表示关键词的突现时间段

从表 4 样本关键词突现时间节点可以看到,生态系统服务领域的研究前沿一直处在不断变化的动态过程中,并且每个时间段都有不同的研究前沿和研究侧重点。根据关键词突现时间,可大致分为三个阶段。第一阶段为理论探索阶段,在 2000—2008 年期间,我国学者逐步对生态系统服务展开研究,然而该阶段学界对于生态系统服务的研究重点更多侧重于生态规划和生态系统价值评估方面,囿于理论发展不完善、对生态系统

认知不够深入等,因此该阶段的研究对生态系统服务的讨论更多还是在理论层面的探讨。第二阶段为初步实践阶段。在 2009—2016 年期间,随着我国生态文明理念的深入,越来越多的学者开始关注生态系统的服务功能和生态系统价值方面的研究,并逐渐将生态系统价值评估用于指导生态补偿领域。2012 年,在中央有关部门的协调下,浙江-安徽两省就新安江流域跨界生态补偿达成了两轮六年(2012—2017 年)的共识并付诸实施,成为我国生态补偿首例成功实践案例^[25]。此后,基于新安江模式成功经验的基础上,九洲江、汀江-韩江、引滦入津、赤水河等多个跨省(区、市)流域上下游横向生态补偿试点也因地制宜进入实施阶段。第三阶段为全面开花阶段。在此阶段,生态产品、生态安全、空间规划等成为学者广泛关注和研究的重点。近年来习近平总书记高度重视生态文明建设,并对加快推动生态产品价值实现机制做了多次重要指示。与此同时,随着生态产品价值实现的不断推进,生态安全也逐渐成为全国和各地区层面进行国土空间规划与生态系统开发的一项重要政策目标,构建区域生态安全格局,逐渐成为缓解生态系统保护与人类社会矛盾的有效途径^[26]。

(2) 关键词聚类分析

在关键词共现图谱和关键词突现图谱的基础上,进行关键词聚类分析能够更好地揭示各个研究热点间的主题联系。通过对样本文献进行关键词聚类,得到关键词聚类图谱如图 4 所示。通过对图谱同义词合并及信息筛选后,将关键词聚类主要分为“生态系统服务”“生态系统服务价值”“土地利用变化”“生态补偿”及“生态安全”5 大类。

① 生态系统服务:生态系统服务是指生态系统通过生态结构、功能和过程为人类生存所提供的必要的生态产品和服务^[27],是衡量人类福祉的关键指标。近年来随着人口的持续膨胀和经济的高速发展,人类活动显著改变了生态系统的宏观结构并使生态系统呈现出复杂多变的时空特征^[28]。自 2001 年联合国对全球生态系统进行首次千年生态系统评估(MA)以来,生态系统服务逐渐成为国内外学者重点关注的研究领域。MA 从生态功能的角度将生态系统分为供给服务、支持服务、调节服务和文化服务 4 个基本大类及 30 个二级类别和 37 个三级类别^[29]。Wallace 在 MA 的基础上提出,生态系统服务是生态系统管理设定的目标和预期取得的成果,应当根据生态系统的结构和组分来对其定义^[30]。欧阳志云等在吸收国外学者的基础上,将生态产品定义为生态系统为人类提供的物质产品和服务产品,包括生态物质产品、生态调节服务产品和生态文化服务产品三大类,并以此构建了生态产品价值核算框架^[31],对国内后续相关研究产生了重要影响。目前国内大多数生态系统价值核算研究都是按照该分类进行的^[32—33]。

② 生态系统服务价值:生态系统服务价值是对生态系统服务能力的量化估计,是描绘生态系统服务时空演变的基础,对于空间规划、生态管制和生态修复具有重要作用^[34]。目前针对于生态系统服务的测度主要包括物质量和价值量。生态系统物质量是指生态系统过程或功能产生的能够增进人类福祉的物质流。生态系统服务价值是指生态系统的货币价值。价值量评估方法主要包括功能价值评估法和当量因子评估法。功能价值评估法通过采用一系列生态方程,对一些生态系统关键服务功能进行评估,如物质生产、水源涵养、固碳释氧等,同时采用市场价值法、替代市场法、假想市场法等经济学手段将其不同类型的物质量进行货币化计量^[35]。功能价值法虽然能够较为便捷地衡量地区某些服务功能量的大小,然而针对于不同类型的生态系统服务功能,往往需要选择不同的生态方程和参数设计,因而该方法一般局限于小尺度范围,且实施成本较高。

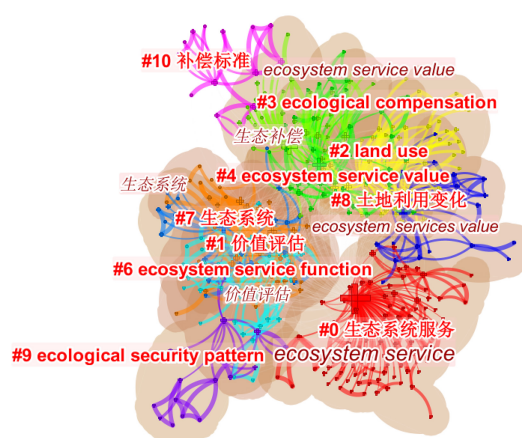


图 4 生态系统服务关键词聚类分析

Fig. 4 Cluster analysis of ecosystem services keywords

ecosystem service value 为生态系统服务价值;land use 为土地利用;ecological compensation 为生态补偿;ecosystem service function 为生态系统服务功能;ecological security pattern 为生态安全格局

另外,采用该方法进行生态系统服务价值评估,往往受限于研究人员的主观性评价,因而也会给评估结果带来较大的不确定性。当量因子法最早由 Costanza 等学者提出^[6],通过区分不同种类生态系统服务功能,基于可量化的标准构建不同类型生态系统各种服务功能的当量价值,然后结合生态系统面积最终得到地区生态系统服务价值。相比于功能价值评估法而言,当量因子法虽然更适用于区域和全球尺度的生态系统服务价值评估,但在准确测度和排除生态系统的时空异质性和动态变化特征方面也存在诸多问题。2003 年,谢高地等通过对我国青藏高原生态资产价值评估,构建了我国陆地生态系统单位面积生态服务价值当量表,并在此后的研究中被国内学者广泛应用^[36-37]。此后谢高地等又对我国生态系统服务价值当量因子表进行了补充和修订,实现了对全国 14 个生态系统二级类型及其 11 个生态服务功能在时空尺度上的动态综合评估^[16, 38],推动国内相关研究进入了一个新的阶段^[39-40]。

③土地利用变化:土地利用变化是人类活动作用于生态系统的重要方式,直接影响着水循环、气候循环、土壤更新等生态过程^[41],导致生态系统的结构和服务功能发生相应改变,最终影响到生态系统价值总量^[42]。随着生态系统服务价值评估研究的不断发展,由土地利用变化引起的生态系统改变也受到国内学者的广泛关注^[43-45]。一方面土地利用不仅是生态系统服务变化的重要驱动力,而且也能充分体现服务空间分布的异质性^[46]。另一方面,开展基于生态系统服务价值核算的土地利用,对于统筹国土空间安排、优化土地利用结构等决策也具有重要现实意义。现阶段,生态系统服务价值的评估已被广泛地应用到土地利用/覆盖变化^[47-48]、土地整治^[49]、景观格局变化^[50]、国土空间规划^[51]等相关领域,土地利用变经(CLU-S)模型、神经网络模型、元胞自动机-马尔可夫模型(CA-Markov)模型以及斑块生成土地利用变化模拟(PLUS)模型等多被用于土地利用评价中。如张宇硕从空间尺度视角出发,就土地利用/覆盖变化对生态系统服务的影响做了详细论述^[52]。刘永强等通过统筹“山水林田湖草”全要素综合治理,挖掘各要素蕴含的生态服务价值,提出了土地整治生态转型的优化路径^[53]。李睿倩等立足于国土空间规划体系的构建需求,通过文献梳理和理论分析,从多个维度探讨了生态系统服务对空间规划体系构建的支撑作用等^[54]。

④生态补偿:生态补偿是调控各利益主体生态保护和经济发展权益关系的有效措施,其本质在于为生态或者环境服务付费,旨在通过生态补偿机制的运作,保持和提升生态系统功能,从而促进人与自然和谐共生和区域协调发展^[55]。党的十八大以来,我国相继出台了一系列政策方针,持续推动生态补偿机制建设。目前,国内学者针对生态补偿已取得丰硕成果,并针对流域^[56]、森林^[57]、草原^[58]、湿地^[59]等领域分别展开了深入研究。从具体的实践看,根据生态补偿的资金来源、补偿主体及补偿方式,生态补偿可以分为政府补偿和市场补偿。具体而言,政府补偿常适用于公共性生态系统服务,可弥补其因公共性和非排他性所造成的购买主体缺失问题。政府补偿资金主要来源于财政的转移支付,用于激励生态保护地参与山水林田湖草沙生态环境修复及生态系统价值提升,如新安江生态补偿模式^[25]、三江源生态补偿模式^[60]等。市场补偿强调市场在生态补偿中的作用,基于市场化机制,吸引社会资本主动参与生态保护补偿。我国目前已有的市场化生态补偿大致分为四种:直接付费模式、生态信用交易模式、环境权交易模式和融资模式,如碳排放权交易^[61]、排污权交易^[62]等。

⑤生态安全:生态安全是指生态系统的健康和完整情况,是人类在生产、生活和健康等方面不受生态破坏与环境污染等影响的保障程度,对于保护生态系统结构及功能的完整性,维持生态系统服务具有重要意义^[63]。近年来城市化和工业化进程的不断推进使得生态系统面临巨大压力,生态环境质量下降、生物多样性破坏、生态系统服务能力的降低和退化开始直接威胁区域甚至全球的生态安全^[64],如何保障生态安全格局、维持生态系统稳定正成为生态系统管理决策和政策设计的重要考虑因素^[65]。通过将生态系统服务与生态安全关联起来,贺祥通过生态系统服务价值构建供给安全阈值与生态安全评价模型,对生态脆弱区喀斯特进行了生态安全演变分析^[66]。郑克强等通过对我国粮食安全与生态安全空间包容性研究发现受地貌、土地利用结构等复杂因素影响,粮食安全与生态安全的包容性较为脆弱,因此粮食安全应立足于粮食生产效率,而不是单纯的提高粮食产量^[67]。白永飞等也提出北方草地是我国重要的绿色生态屏障,也是黄河、长江等江河的发

源地和水源涵养区,合理保护开发对保障我国生态安全,提升生态系统服务和生态系统稳定性具有极其重要的作用^[68]。

3 结论与展望

3.1 研究结论

通过基于 Citespace 6.1 可视化软件,以 1349 篇主题为“生态系统服务”的 CSSCI 文献为研究对象,采用文献计量法分析“生态系统服务”领域的发文数量、发文作者、发文机构、关键词及主题聚类、研究热点及动态前沿等,研究发现:

(1)21 世纪以来,我国学者在生态系统服务领域进行了大量理论和实践探索,并取得了丰硕成果,为我国正确认识生态资产、积极践行节约资源和环境保护的基本国策起到了极大的促进作用。整体来看,我国生态系统服务领域的研究自 21 世纪以来呈现出明显的上升趋势,这与近年来我国高度重视生态文明建设密切相关。从发文数量来看,我国针对生态系统服务领域的研究发展态势良好。国内对生态系统服务领域的研究主要可分为三个阶段:萌芽阶段(2000—2003 年)、起步阶段(2004—2014 年)、快速发展阶段(2015 年—至今)。从核心作者来看,目前生态系统服务领域作者之间主要呈现出 4 大聚类的形态,表明作者之间已形成了紧密的交流合作关系。从机构发文角度来,中国科学院大学及其下辖各研究所、重点实验室等是生态系统服务领域的主要研究机构之一。从主要发文期刊来看,《资源科学》《自然资源学报》等杂志关于生态系统服务的发文量较多。

(2)从研究主题和关键词来看,近年来,国内学者针对生态系统服务领域的研究主要集中在“生态系统服务价值”“生态补偿”“土地利用”等方面,不仅从国家、省、市、区及自然保护区、生态功能区等不同空间尺度对生态系统服务进行了细致研究,而且围绕流域、森林、草原、海洋等不同类型的生态系统也展开了详细研究。通过对关键词聚类分析可知,学者们主要围绕“生态系统服务”“生态系统服务价值”“土地利用变化”“生态补偿”及“生态安全”5 大聚类展开研究,将我国区域社会经济发展、国家安全与生态系统服务有机统一起来,在实践层面为我国国土空间规划规划、国家主体功能区划分、生态保护红线框架确定、生态补偿标准等政策制定与实施提供了重要理论依据。

(3)从研究热点看,生态系统服务领域的研究前沿一直处在不断变化的动态过程中,并且每个时间段都有不同的研究前沿和研究的侧重点。按照关键词突现时间顺序,可将其三个阶段:理论探索阶段(2000—2008 年)、初步实践阶段(2009—2016 年)、全面开花阶段(2017 年—至今)。

3.2 研究展望

对我国生态系统服务研究现状、发展趋势分析发现,21 世纪以来国内学者在生态系统服务内涵、类型划分、价值评估等方面已经开展了大量研究,为开展生态系统评估奠定了坚实基础。然而生态系统服务具有多学科交叉、多部门合作、跨区域联合等特点,生态系统服务研究从理论走向实践仍然任重道远,仍然面临一系列问题和挑战,如:①如何科学表征和准确测度生态系统服务功能并与科学决策、实践应用合理结合^[69];②如何进一步深化生态系统服务功能与生态安全研究^[70-71];③如何将良好生态系统蕴含的生态价值转化为经济价值^[72];④如何进一步提升国内生态系统服务研究领域的国际话语权等。未来生态系统服务领域的研究可从重点围绕以下几个方面进一步展开探索:

(1)生态系统服务价值评估是提升科学决策与应用水平的必要前提,只有在明晰并规范生态系统服务价值的基础上,才能更好地为绿水青山贴上“价值标签”,进而为生态系统科学管理、生态系统恢复、生态补偿等工作的开展提供科学决策支持。当前生态系统服务价值评估的方法和模型众多,但也存在诸多问题。如基于生态学机理的生态系统服务物质质量常常具有不同的量纲,彼此之间难以累加,单纯基于价值量的生态系统服务价值评估又常受制于以人类主观感知因素及知识局限的影响,同时各模型间在参数设计、指标选取方面也时常存在重复计算、遗漏计算、不合理计算等问题,造成评估功能受限、可推广应用场景不多的局面。随着人

与自然环境关系的不断演进及复杂程度加深,如何确保生态系统服务价值核算的匹配度和准确性应当成为后续研究的重点。一方面,当量因子表需要适应时代发展做到及时动态更新,并将更多具有时效性和地方性的生态指标及高精度遥感数据纳入评估体系。另一方面,生态系统服务价值评估要充分考虑生态过程,应将生态环境损耗和污染损失成本、生态过程的缓慢性、非线性和滞后性等特征纳入考量范畴,科学合理确定生态系统服务价值核算指标,全面反映生态系统的重要属性以及生态系统提供的产品和服务等。此外,还要加强信息技术手段在生态系统价值核算过程中的应用,提升核算人员的技术水平,最大限度减少因人为主观因素对生态系统服务价值核算的影响。

(2)生态安全是人类社会可持续发展的重要基础,是国家安全的重要组成部分,也是经济安全、政治安全和社会稳定的重要保障,如何构建坚实稳固、支撑有力的国家生态安全屏障正成为各界研究的重点。随着国际形势的转变,生态系统服务在保障生态安全格局、生态安全对保障区域生态系统服务可持续供给的重要性愈发突出。同时如何在国土空间规划体系中合理规划生态系统服务空间格局,不断提升区域生态安全水平,增强生态碳汇能力,也成为积极贯彻落实“双碳”目标战略的重要举措。目前学界在生态安全领域已取得丰硕成果,然而生态安全的理论内涵、综合评价体系等内容尚不完善,针对不同尺度下生态系统服务功能调控和生态要素之间的关联性研究尚显不足。如何从自然生态空间安全格局构建更加系统性、整体性和协同性的“社会-文化-生态系统”耦合生态安全格局将成为未来新的研究趋势。

(3)生态系统服务价值转化是建设生态文明的重要抓手。要进一步加强生态系统服务功能供给的理论研究,探索生态系统服务结果表达的多样性,即以拓展途径的方式,拓宽生态系统服务产品向金山银山转变途径。在学术研究和实践探索中,一方面要把增强生态系统服务产品生产、供给能力作为根本出发点和落脚点,充分发挥国土空间规划在生态资产配置中的关键作用,统筹规划区域生态产业化和产业生态化布局,提升各级政府通过生态补偿、生态修复、生态资产改造提升等方式增强生态系统服务的供给能力。另一方面,要加快探索政府引导和市场机制相结合的推动机制,把优化生态产品市场环境作为价值实现的重要突破口。政府要加快构建产业政策的有效传导机制,明确生态产品入市交易规则、规范交易主体资质、交易评估程序,积极探索融合各类生态产品的公共资源交易市场建设。同时市场要充分发挥对资源配置的决定性作用,推动生态资源依据市场规则、市场价格、市场竞争实现效益最大化和效率最优化。

(4)生态系统服务是一个具有全面性、综合性及系统性的,集资源、环境、社会、经济为一体的多学科交叉研究领域。21 世纪以来,国内生态系统服务研究领域正不断拓宽,从基础理论研究到技术方法创新等方面均取得了显著成就,为我国后续的生态文明建设奠定了坚实基础。然而我国生态系统服务领域在研究深度与广度方面与国外仍有较大差距。一方面,国内相关领域的学者应继续通力合作,不断加强研究者间和研究单位间的合作,共同促进国内生态系统服务领域的高质量发展,争取在国际上掌握更高的话语权。另一方面,要注重基础学科研究,不断完善复合型人才培养模式,构建多学科交叉培养复合型人才的路径,早日形成我国在生态领域人才竞争的比较优势。

参考文献 (References):

- [1] 崔莉, 厉新建, 程哲. 自然资源资本化实现机制研究——以南平市“生态银行”为例. 管理世界, 2019, 35(9): 95-100.
- [2] 於方, 杨威杉, 马国霞, 周颖. 生态价值核算的国内外最新进展与展望. 环境保护, 2020, 48(14): 18-24.
- [3] 王前进, 王希群, 陆诗雷, 郭保香. 生态补偿的经济学理论基础及中国的实践. 林业经济, 2019, 41(1): 3-23.
- [4] 罗琼. “绿水青山”转化为“金山银山”的实践探索、制约瓶颈与突破路径研究. 理论学刊, 2021, (2): 90-98.
- [5] 赵晶晶, 葛颜祥, 接玉梅. 基于 CiteSpace 中国生态补偿研究的知识图谱分析. 中国环境管理, 2019, 11(4): 79-85.
- [6] Costanza R, d'Arge R, de Groot R, Farber S, Grasso M, Hannon B, Limburg K, Naeem S, O'Neill R V, Paruelo J, Raskin R G, Sutton P, van den Belt M. The value of the world's ecosystem services and natural capital. Nature, 1997, 387(6630): 253-260.
- [7] 于德永, 郝蕊芳. 生态系统服务研究进展与展望. 地球科学进展, 2020, 35(8): 804-815.
- [8] 王夏晖, 何军, 牟雪洁, 朱振肖, 柴慧霞, 刘桂环, 饶胜, 张箫. 中国生态保护修复 20 年: 回顾与展望. 中国环境管理, 2021, 13(5): 85-92.

- [9] 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. 资源科学, 2001, 23(6): 5-9.
- [10] 谢高地, 张钰铨, 鲁春霞, 郑度, 成升魁. 中国自然草地生态系统服务价值. 自然资源学报, 2001, 16(1): 47-53.
- [11] 赵传燕, 冯兆东, 刘勇. 祁连山区森林生态系统生态服务功能分析——以张掖地区为例. 干旱区资源与环境, 2002, 16(1): 66-70.
- [12] 郑华, 欧阳志云, 赵同谦, 李振新, 徐卫华. 人类活动对生态系统服务功能的影响. 自然资源学报, 2003, 18(1): 118-126.
- [13] 于书霞, 尚金城, 郭怀成. 生态系统服务功能及其价值核算. 中国人口·资源与环境, 2004, 14(5): 42-44.
- [14] 段锦, 康慕谊, 江源. 东江流域生态系统服务价值变化研究. 自然资源学报, 2012, 27(1): 90-103.
- [15] 陈源泉, 高旺盛. 生态系统服务: 能否形成一种新的产业? 生态经济, 2006, (1): 81-84.
- [16] 谢高地, 张彩霞, 张雷明, 陈文辉, 李士美. 基于单位面积价值当量因子的生态系统服务价值化方法改进. 自然资源学报, 2015, 30(8): 1243-1254.
- [17] 马国霞, 赵学涛, 吴琼, 潘韬. 生态系统生产总值核算概念界定和体系构建. 资源科学, 2015, 37(9): 1709-1715.
- [18] 赵海兰. 生态系统服务分类与价值评估研究进展. 生态经济, 2015, 31(8): 27-33.
- [19] 王恒博, 姚顺波, 郭亚军, 赵敏娟. 基于生态足迹-服务价值法的生态承载力时空演化. 长江流域资源与环境, 2018, 27(10): 2316-2327.
- [20] 秦静, 白中科, 周伟. 基于生态足迹与生态服务价值的区域生态环境动态评价. 中国人口·资源与环境, 2016, 26(S1): 244-247.
- [21] 孟雅丽, 苏志珠, 马杰, 钞锦龙, 马义娟. 基于生态系统服务价值的汾河流域生态补偿研究. 干旱区资源与环境, 2017, 31(8): 76-81.
- [22] 马国霞, 於方, 王金南, 周夏飞, 袁婧, 牟雪洁, 周颖, 杨威杉, 彭菲. 中国 2015 年陆地生态系统生产总值核算研究. 中国环境科学, 2017, 37(4): 1474-1482.
- [23] 邓楚雄, 钟小龙, 谢炳庚, 万义良, 宋雄伟. 洞庭湖区土地生态系统的服务价值时空变化. 地理研究, 2019, 38(4): 844-855.
- [24] 倪琪, 徐涛, 李晓平, 刘弄瑶, 赵敏娟. 跨区域流域生态补偿标准核算——基于成本收益双视角. 长江流域资源与环境, 2021, 30(1): 97-110.
- [25] 沈满洪, 谢慧明. 跨界流域生态补偿的“新安江模式”及可持续制度安排. 中国人口·资源与环境, 2020, 30(9): 156-163.
- [26] 魏家星, 张昱恒, 连紫璇, 殷敏, 欧维新. 基于生态供需空间的区域生态安全格局构建研究——以苏南城市群为例. 长江流域资源与环境, 2022, 31(2): 387-397.
- [27] 薛明皋, 邢路, 王晓艳. 中国土地生态系统服务当量因子空间修正及价值评估. 中国土地科学, 2018, 32(9): 81-88.
- [28] 牛丽楠, 邵全琴, 宁佳, 黄海波. 西部地区生态状况变化及生态系统服务权衡与协同. 地理学报, 2022, 77(1): 182-195.
- [29] 张永民. 生态系统服务研究的几个基本问题. 资源科学, 2012, 34(4): 725-733.
- [30] Wallace K J. Classification of ecosystem services: problems and solutions. Biological Conservation, 2007, 139(3/4): 235-246.
- [31] 欧阳志云, 林亦晴, 宋昌素. 生态系统生产总值(GEP)核算研究——以浙江省丽水市为例. 环境与可持续发展, 2020, 45(6): 80-85.
- [32] 李凡, 颜晗冰, 吕果, 李卓娜, 朱晓东. 生态产品价值实现机制的前提研究——以南京市高淳区生态系统生产总值(GEP)核算为例. 环境保护, 2021, 49(12): 51-58.
- [33] 古小东, 夏斌. 生态系统生产总值(GEP)核算的现状、问题与对策. 环境保护, 2018, 46(24): 40-43.
- [34] 刘志涛, 王少剑, 方创琳. 粤港澳大湾区生态系统服务价值的时空演化及其影响机制. 地理学报, 2021, 76(11): 2797-2813.
- [35] 李丽, 王心源, 骆磊, 冀欣阳, 赵燕, 赵颜创, Bachagha N. 生态系统服务价值评估方法综述. 生态学杂志, 2018, 37(4): 1233-1245.
- [36] 谢高地, 鲁春霞, 冷允法, 郑度, 李双成. 青藏高原生态资产的价值评估. 自然资源学报, 2003, 18(2): 189-196.
- [37] Jing X D, Tian G L, Li M R, Javeed S A. Research on the spatial and temporal differences of China's provincial carbon emissions and ecological compensation based on land carbon budget accounting. International Journal of Environmental Research and Public Health, 2021, 18(24): 12892.
- [38] 姜晗, 吴群. 基于 LUCC 的江苏省生态系统服务价值评估及时空演变特征研究. 长江流域资源与环境, 2021, 30(11): 2712-2725.
- [39] 曹跃群, 赵世宽, 杨玉玲, 郭鹏飞. 重庆市生态系统服务价值与区域经济增长的时空动态关系研究. 长江流域资源与环境, 2020, 29(11): 2354-2365.
- [40] 刘二阳, 胡韵菲, 王雪婷, 尤飞. 中国农业生态价值测算及时空聚类特征. 中国农业资源与区划, 2020, 41(3): 196-202.
- [41] 王大菊, 卫海燕, 贺敏, 辜清, 马明国, 李晶. 基于土地利用的三峡库区生态系统服务价值时空格局分析. 长江流域资源与环境, 2020, 29(1): 90-100.
- [42] 刘莹, 耿文亮, 邵静文, 周志民, 张鹏岩. “三生空间”视角下土地利用变化与生态系统服务价值响应——以黄河下游地区为例. 地域研究与开发, 2021, 40(4): 129-135.
- [43] 王颖慧, 丁建丽, 李晓航, 张钧泳, 马国林. 伊犁河流域土地利用/覆被变化对生态系统服务价值的影响——基于强度分析模型. 生态学报, 2022, 42(8): 3106-3118.
- [44] 景海超, 刘颖慧, 贺佩, 张家琦, 董婧怡, 汪怡. 青藏高原典型区生态系统服务空间异质性及其影响因素——以那曲市为例. 生态学报, 2022, 42(7): 2657-2673.
- [45] 廖雨辰, 史雪威, 刘俊雁, 廖建, 谢雨, 朱忠福, 吴彦, Plenković-Moraj A. 九寨沟国家级自然保护区地震前后生态系统服务价值评估. 生态学报, 2022, 42(6): 2063-2073.

- [46] 郑华, 李屹峰, 欧阳志云, 罗跃初. 生态系统服务功能管理研究进展. 生态学报, 2013, 33(3): 702-710.
- [47] 金声甜, 肖文海, 杨胜苏, 赵丹丹. 长江经济带土地利用变化及其生态系统响应. 经济地理, 2020, 40(7): 166-173.
- [48] 孙倩莹, 高艳妮, 张林波, 王昊, 李凯. 基于土地利用的厦门市生态水文调节服务评估. 环境科学研究, 2019, 32(1): 66-73.
- [49] 陈万旭, 曾杰. 中国土地利用程度与生态系统服务强度脱钩分析. 自然资源学报, 2021, 36(11): 2853-2864.
- [50] 曹君, 张正栋, 崔峰艳, 陈宋佳, 杨阳, 匡腾飞, 陈裕婵. 1996—2015 年纽约湾区生态系统服务对景观格局变化的响应. 世界地理研究, 2021, 30(4): 826-838.
- [51] 陈颖, 石培基, 赵峥, 李博. 基于生态服务价值核算的土地利用总体规划生态效益评价——以甘肃省民乐县为例. 土壤通报, 2013, 44(3): 532-537.
- [52] 张宇硕, 吴殿廷, 吕晓. 土地利用/覆盖变化对生态系统服务的影响: 空间尺度视角的研究综述. 自然资源学报, 2020, 35(5): 1172-1189.
- [53] 刘永强, 戴琳, 龙花楼, 冯秀丽. 乡村振兴背景下土地整治模式与生态导向转型——以浙江省为例. 中国土地科学, 2021, 35(11): 71-79.
- [54] 李睿倩, 李永富, 胡恒. 生态系统服务对国土空间规划体系的理论与实践支撑. 地理学报, 2020, 75(11): 2417-2430.
- [55] 彭文英, 滕怀凯. 市场化生态保护补偿的典型模式与机制构建. 改革, 2021, (7): 136-145.
- [56] 刘春芳, 王佳雪, 许晓雨. 基于生态系统服务流视角的生态补偿区域划分与标准核算——以石羊河流域为例. 中国人口·资源与环境, 2021, 31(8): 157-165.
- [57] 刘璨. 森林生态效益补偿研究进展与我国政策实践发展. 环境保护, 2018, 46(14): 12-17.
- [58] 叶晗, 方静, 朱立志, 曲俊利, 韩枫. 我国牧区草原生态补偿机制构建研究. 中国农业资源与区划, 2020, 41(12): 202-209.
- [59] 李有志, 崔丽娟, 张曼胤, 潘旭, 李伟, 康晓明, 王婧文, 葛紫萱. 基于辽河口湿地生态系统服务的等级补偿制度. 湿地科学与管理, 2016, 12(1): 46-49.
- [60] 蒋凡, 秦涛, 田治威. 生态脆弱地区生态产品价值实现研究——以三江源生态补偿为例. 青海社会科学, 2020, (2): 99-104.
- [61] 吴立军, 李文秀. 基于公平视角下的中国地区碳生态补偿研究. 中国软科学, 2019, (4): 184-192.
- [62] 邱宇, 陈英姿, 饶清华, 林秀珠, 陈文花. 基于排污权的闽江流域跨界生态补偿研究. 长江流域资源与环境, 2018, 27(12): 2839-2847.
- [63] 叶鑫, 邹长新, 刘国华, 林乃峰, 徐梦佳. 生态安全格局研究的主要内容与进展. 生态学报, 2018, 38(10): 3382-3392.
- [64] 安国强, 韩颖新, 高宁, 季兰述, 高慧斌, 谭绪泉, 徐跃通. 山东省生态系统服务价值量及均衡度的空间分异规律. 中国人口·资源与环境, 2021, 31(10): 9-18.
- [65] 王耕, 李素娟, 马奇飞. 人类福祉视角下中国生态效率时空演化研究. 地理科学, 2018, 38(10): 1597-1605.
- [66] 贺祥. 生态系统服务供给安全阈值视域下喀斯特地区生态安全演变. 地理科学, 2021, 41(11): 2021-2030.
- [67] 郑克强, 金恩焘, 宋焱, 罗海平. 我国粮食安全与生态安全空间包容性研究——以粮食主产区为例. 山东社会科学, 2019, (2): 124-129.
- [68] 白永飞, 赵玉金, 王扬, 周楷玲. 中国北方草地生态系统服务评估和功能分区助力生态安全屏障建设. 中国科学院院刊, 2020, 35(6): 675-689.
- [69] 王金南, 马国霞, 王志凯, 王夏晖, 於方, 刘桂环, 赵云皓, 杨武, 石敏俊, 邓劲松, 张清宇. 生态产品第四产业发展评价指标体系的设计及应用. 中国人口·资源与环境, 2021, 31(10): 1-8.
- [70] 王正伟, 王宏卫, 杨胜天, 刘勤, 高一薄, 衡嘉尧, 张惠婷. 基于生态系统服务功能的新疆绿洲生态安全格局识别及优化策略——以拜城县为例. 生态学报, 2022, 42(1): 91-104.
- [71] 王浩, 马星, 杜勇. 基于生态系统服务重要性和生态敏感性的广东省生态安全格局构建. 生态学报, 2021, 41(5): 1705-1715.
- [72] 韩增林, 赵玉青, 闫晓露, 钟敬秋. 生态系统生产总值与区域经济耦合协调机制及协同发展——以大连市为例. 经济地理, 2020, 40(10): 1-10.