



DOI: 10.5846/stxb201904220811

巩杰, 燕玲玲, 徐彩仙, 郭青海. 近 30 年来中美生态系统服务研究热点对比分析——基于文献计量研究. 生态学报, 2020, 40(10): 3537-3547.

# 近 30 年来中美生态系统服务研究热点对比分析 ——基于文献计量研究

巩 杰<sup>1,\*</sup>, 燕玲玲<sup>1</sup>, 徐彩仙<sup>1</sup>, 郭青海<sup>2,3</sup>

1 兰州大学资源环境学院/西部环境教育部重点实验室, 兰州 730000

2 浙江理工大学建筑工程学院, 杭州 310018

3 中国科学院城市环境研究所, 厦门 361021

**摘要:**近年来生态系统服务研究已经成为了生态学、地理学及环境科学领域的热点和核心议题。基于 SCI-E 和 CNKI 数据库, 运用文献计量和文本分析法对比了中美两国生态系统服务研究现状和热点。结果表明: (1) 近 30 年来中美两国生态系统服务领域的发文量分别是 9327 篇和 9468 篇, 均呈现快速增长趋势。(2) 就中美两国发文篇均被引频次和总被引频次而言, 中国科学院生态环境研究中心和斯坦福大学分别位列第 1。美国刊发生态系统服务研究文稿最多的期刊是 *Ecological Economics*, *PNAS* 刊发的文章引用率最高; 生态学报刊登的中文文章最多且被引用率最高。研究成果影响力最大的中美两国学者分别是欧阳志云、傅伯杰、Kremen C 和 Polasky S 等。(3) 不同时期中美两国所关注的研究热点不同。美国作为生态系统服务研究的主要发源地, 在理论研究和方法上都相对领先于中国。(4) 美国的研究侧重于理论与模型构建, 中国的基础应用研究成果丰富。近年来两国越来越关注人类福祉、生态安全等全球性问题, 生态系统服务与人类福祉及科学决策正成为新的热点。在全球可持续发展的背景下, 两国在生态系统服务研究方面具有良好的交流与合作前景。

**关键词:**生态系统服务; 文献计量; 对比分析; 中国; 美国; 研究热点

1950 年以来, 随着人类改造自然强度的不断加大, 人类活动造成自然资本迅速枯竭和生态系统服务功能损失显著<sup>[1-2]</sup>, MA(联合国千年生态系统评估计划) 报告表明全球 60% 以上的生态系统服务出现了不同程度的退化, 已经严重威胁到了人类的健康与生存, 并影响全球社会环境可持续发展<sup>[3]</sup>。作为评估和管理生态系统和人类活动之间关系的一个有力工具, 生态系统服务正在受到全球的广泛关注。生态系统服务的概念提出于 1981 年<sup>[4]</sup>, 1983 年 Ehrlich 在“Extinction, substitution and ecosystem services”一文中对生态系统服务一词进行了详细阐述<sup>[5]</sup>。此后, 对生态系统服务的阐释与研究不断快速推进, 如 Daily<sup>[6]</sup>认为生态系统服务是指自然生态系统及其组成物种所形成、维持和实现人类生存的所有环境条件和过程。Costanza<sup>[7]</sup>将生态系统的产品和服务统称为生态系统服务, 就是由自然生态系统的生境、物种、生物学状态、性质和生态过程所产生的物质和维持的良好生活环境对人类提供的直接福利。MA 的定义使用最为广泛, 认为生态系统服务是指人类从生态系统获得的各种直接的和间接的惠益, 并可分为 4 类: 供给服务、调节服务、文化服务, 以及维持其他类型服务所必须的支持服务<sup>[3]</sup>。

现阶段, 全球越来越多的研究者、管理者和大众已经认识到了生态系统服务对于人类社会发展的重要性, 并被纳入决策管理<sup>[8]</sup>。近年来, 国际上成立了一系列生态系统服务研究计划和科学平台。MA 是由联合国发

基金项目: 国家重点研发计划项目子课题 (2016YFC0501701); 国家自然科学基金项目 (41771196)

收稿日期: 2019-04-22; 网络出版日期: 2020-04-02

\* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: jgong@lzu.edu.cn

起组织的第一个针对生态系统变化对人类福祉影响的评估项目,极大地推进了生态系统服务研究在世界范围内的开展<sup>[9]</sup>。NatCap(自然资本项目)开发的生态系统服务评估模型 InVEST 实现了生态服务功能的定量评估,为全球生态系统服务管理提供了科学支撑<sup>[10]</sup>。TEEB(生态系统和生物多样性经济学项目)主要关注生物多样性提供的生态系统服务所带来的全球经济利益<sup>[11]</sup>。IPBES(政府间生物多样性和生态系统服务科学政策平台)为决策者提供了关于地球生物多样性、生态系统及其给人类所带来福祉的客观科学评估,以及保护和持续利用这些重要自然资源的工具和方法<sup>[12]</sup>。

近几年国际生态系统服务研究欣欣向荣,美国、英国、德国、澳大利亚和中国等是主要的研究力量,产出了大量研究成果<sup>[13]</sup>。美国是世界上最早开展生态系统服务研究的国家之一<sup>[14]</sup>,在国际上一直处于绝对领先的地位,为生态系统服务研究发展做出了巨大贡献<sup>[15]</sup>。20 世纪 90 年代生态系统服务研究逐渐被引入中国并得到了快速发展,取得了较为丰硕的成果并逐渐跻身世界前列。作为全球最大的新兴经济体和发达国家,中美两国在自然环境、社会经济、文化偏好等方面差异显著,这必将导致两国生态系统服务研究进程及侧重点不同。本文通过对比分析中美两国的生态系统服务研究,旨在揭示中美两国的研究现状及热点差异,为推动两国的合作与交流学习提供借鉴,促进两国在生态系统服务研究领域的共同发展与进步。

## 1 数据来源与方法

本文所用文献数据分别来自于 Web of Science 中的 SCI-E 和 CNKI 引文数据库。美国的文献数据来源于 SCI-E 数据库,检索主题词限定为“ecosystem service \$ OR ecological service \$ OR ecosystem goods and service \$ OR ecosystem service and function \$”,文献类型为“Article”和“Review”,限定地区为美国,根据美国最早相关文章的发表时间,将检索时间段定为:1983—2018 年。在 CNKI 数据库中对中国的相关文献进行检索,同样文献类型限定为“期刊和会议”,检索词限定为“生态系统服务 OR 生态服务 OR 生态产品与服务 OR 生态服务功能 OR 生态系统服务功能”,检索时间段同上。对中国学者发表在国际英文期刊上的文献通过 WoS 数据库加以补充,检索条件同美国。下载得到文献数据后首先在 Excel 中对中美两国的文献信息进行整理归类,得到发文量、主要研究机构、主要研究作者、主要期刊等信息,为进一步的分析做铺垫。

文献计量法是基于数理统计的一种定量统计分析方法,它以科学文献的外部特征为研究对象,研究文献的分布结构、数量关系、变化规律,进而探讨科学技术的某些结构、特征和规律<sup>[16]</sup>。CiteSpace 是应用 Java 语言开发的一款文献计量信息可视化软件,基于共引分析理论和寻径网络算法等,对特定领域文献进行计量,以探寻出学科领域演化的路径及其知识拐点<sup>[17]</sup>。本文采用 Citespace 对高频突显关键词整理归纳,总结分析了不同时期中美两国的生态系统服务研究热点,以直观展现中美两国生态系统服务研究的异同,并对机构和作者、期刊等信息进行了对比分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 中美发文量总体对比分析

在 WoS 数据库中检索发现,美国最早的有关生态系统服务的文章是“Extinction, Substitution, and Ecosystem Services”<sup>[5]</sup>,该文首次提出“Ecosystem Services”的概念,1991 年以来相关文章陆续发表。统计发现 1991—2018 年间美国共发表相关文章 9468 篇(年均发文量 338 篇),发文量增长趋势明显,可以推测未来一段时期内发文量还会有显著增长(图 1)。

通过在 CNKI 和 WoS 两个数据库检索发现,中国最早有关生态系统服务类的文章是 1996 年发表的“环境影响评价中生物多样性的价值评估探讨”<sup>[18]</sup>。此后,有关生态系统服务的中文文章开始连续发表,1996—2018 年间中国共发表相关文章 9327 篇(年均发文量 405 篇),中国所发表的生态系统服务类文章也呈显著增长(图 1)。

### 2.2 中美生态系统服务研究力量对比

#### 2.2.1 主要研究机构对比

在 WoS 中对美国生态系统服务文献的检索发现,发文量排在前 5 位的机构依次是美国农业部、美国林业

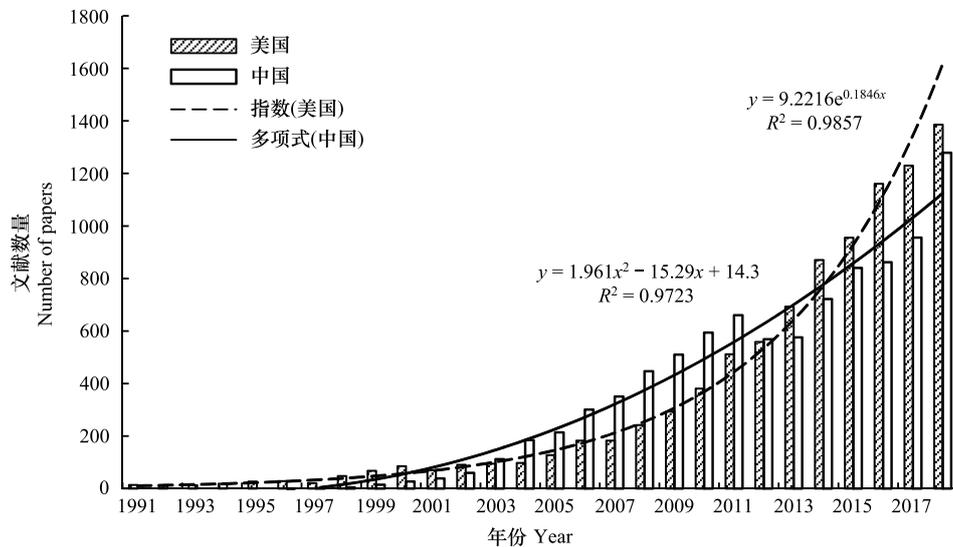


图 1 1991—2018 年中美发文章数量年度变化趋势

Fig.1 Annual change trend of the number of papers in China and USA during 1991—2018

局、美国地质调查局、斯坦福大学、明尼苏达大学双城分校(表 1)。其中,斯坦福大学的发文章总量虽然较少(382 篇),但总被引频次(43204)与篇均被引频次(115.34)最高;明尼苏达大学双城分校的发文章量最少(348 篇),但篇均被引频次(100.4)仅次于斯坦福大学,这两所大学在生态系统服务研究方面具有较强影响力。美国农业部的发文章量虽然位居第 1,但文章篇均被引频次位列第 5。此外,各机构所关注的研究主题与研究区域存在差异。总体上,气候变化、生物多样性、生态系统管理与生态保护等主题的关注度较高。斯坦福大学在生态系统服务评价与管理、碳固定等方面贡献突出,明尼苏达大学在氮固定和生态系统服务权衡方面研究成果丰富。美国西部地区是美国农业部、林业局以及地质调查局所关注的热点研究区。

发文章量居于前 5 位的中国机构分别是中国科学院地理科学与资源研究所、北京师范大学、中国科学院生态环境研究中心、北京大学和北京林业大学(表 1)。其中,中国科学院生态环境研究中心发文章量虽位居第 3 位(531 篇),但篇均被引频次(55.35 次)和总被引频次(29392 次)均最高,反映了其在中国生态系统服务研究领域的重要影响。中国科学院地理科学与资源研究所的发文章量居于第 2 位,但其篇均被引频次在 5 个机构中最低(22.64 次)。北京大学总发文章量虽然不多,但文章篇均被引频次位列第 2(51.58 次)。其次是北京师范大学,文章数量、篇均被引频次及总被引频次排名皆居于前列。上述 5 个机构的研究主题多为生态系统服务价值评估、土地利用变化、生态系统管理、评价方法研究等,但各个机构所关注的区域不同。如,中国科学院地理科学与资源研究所多关注青藏高原、中国科学院生态环境研究中心的研究区主要在黄土高原,北京大学在黑河流域等开展了一系列研究工作(表 1)。

### 2.2.2 主要期刊和高产作者对比

表 2 是中美生态系统服务研究主要载文期刊的分布情况。*Ecological Economics* 是美国生态系统服务研究载文最多的期刊(2017 年影响因子为 3.895),有研究表明 2004 至 2014 年间,*Ecological Economics* 出版的高被引文章的一半标题中包含了“生态系统服务”、“服务”、“环境”等<sup>[15]</sup>。*PLoS One* 的载文章量仅次于 *Ecological Economics*。*PNAS* 的载文章量位居第 3(影响因子最高 9.504),但篇均被引和总被引频次最高,*Ecological Applications* 和 *Ecology and Society* 的载文章量也比较高。

生态学报是中国发表生态系统服务研究最多的期刊(载文比例 8.87%),其载文的篇均被引频次和总被引频次均居于首位。生态经济的载文章量居于第 2 位,但文章篇均被引频次最低。其他主要载文期刊还有:水土保持研究、资源科学、中国人口·资源与环境等(表 2)。

表 1 中美主要生态系统服务研究机构发文情况及研究主题

Table 1 Paper number and research themes of the major ecosystem research institutions in China and USA

机构 Institutions	发文量 Number of papers	篇均被引频次 Average quoting frequency per paper	总被引频次 Total quoting frequency	研究主题 Research themes
美国农业部 United States Department of Agriculture	1082	36.13	39091	生态系统服务、气候变化、管理与保护、生物多样性、森林、土地利用、景观、恢复力、影响、植被、美国西部
美国林业局 United States Forest Service	683	38.95	26601	生态系统服务、管理、气候变化、森林生态系统、植被、火干扰、生物量、恢复力、尺度、生物多样性、美国西部
美国地质调查局 United States Geological Survey	517	52.26	27021	生态系统服务、气候变化、人口、生物多样性、湿地、生态系统、海平面上升、模型、栖息地、可持续性、美国西部
斯坦福大学 Stanford University	382	115.34	43204	生态系统服务、保护、管理、景观、生物多样性、气候变化、土地利用、可持续性、弹性、碳固定
明尼苏达大学双城分校 University of Minnesota Twin Cities	348	100.4	34939	生态系统服务、生物多样性、管理与保护、气候变化、土地利用、生产力、植物多样性、氮、物种丰富度、权衡
中国科学院地理科学与资源研究所 Institution of Geographic Science and Natural Resources Research, CAS	590	22.64	13356	生态系统服务、生态补偿、价值评估、生态系统服务价值、中国、土地利用变化、生态功能区划、生态足迹、时空格局、青藏高原
北京师范大学 Beijing Normal University	549	50.89	27936	生态系统服务、生态系统服务价值、土地利用、遥感、生态补偿、价值评估、人类福祉、可持续发展、自然保护区、天山北坡
中国科学院生态环境研究中心 Research Center for Eco-Environmental Science, CAS	531	55.35	29392	生态系统服务、评价、生态安全、生态用地、生物多样性、InVEST 模型、复合生态系统、可持续发展、土地利用、指标体系、黄土高原
北京大学 Peking University	326	51.58	16816	生态系统服务、生态安全格局、生态补偿、生态源地、生态廊道、InVEST 模型、生态基础设施、生态服务价值、景观安全格局、黑河中游
北京林业大学 Beijing Forestry University	304	28.06	8531	生态服务价值、森林生态系统、生态系统服务、价值评估、土地利用、指标体系、生态补偿、沙棘人工林、退耕还林、永定河

表 2 中美生态系统服务研究主要出版刊物

Table 2 Major publications of ecosystem in China and USA

刊物名称 Journals	影响因子 Impact factor	载文比例/% Proportion of papers/%	篇均被引频次 Average quoting frequency per paper	总被引频次 Total quoting frequency
Ecological Economics	3.895	2.69	66.35	16920
PLoS One	2.766	2.65	24.70	6200
Proceeding of the National Academy of Sciences of the USA (PNAS)	9.504	2.04	122.16	23576
Ecological Applications	4.393	2.02	71.10	13581
Ecology and Society	3.256	1.99	28.44	5347
生态学报 (Acta Ecological Sinica)	3.58	8.87	61.47	31410
生态经济 (Ecological Economy)	1.433	3.92	13.58	3070
水土保持研究 (Research of Soil and Water Conservation)	1.522	3.02	14.11	2455
资源科学 (Resources Science)	3.893	2.74	44.94	7101
中国人口·资源与环境 (China Population, Resources and Environment)	5.211	2.64	42.41	6701

美国生态系统服务研究领域的 top 5 高产作者分别是: Kremen C、Polasky S、Costanza R、Daily GC、Liu JG。国内生态系统服务研究领域 top 5 高产作者分别是: 欧阳志云、傅伯杰、谢高地、郑华、吕一河(图 2)。由图 2 可见, Kremen 和 Costanza 的 H 指数最高。CNKI 数据库中欧阳志云和谢高地、傅伯杰 3 人的 H 指数相当, 在 WoS 数据库中傅伯杰和欧阳志云的 H 指数最高, 其他 3 位作者的英文文章 H 指数要明显低于中文文章 H 指数, 说明中国学者在生态系统服务研究领域的国际影响力还比较低。

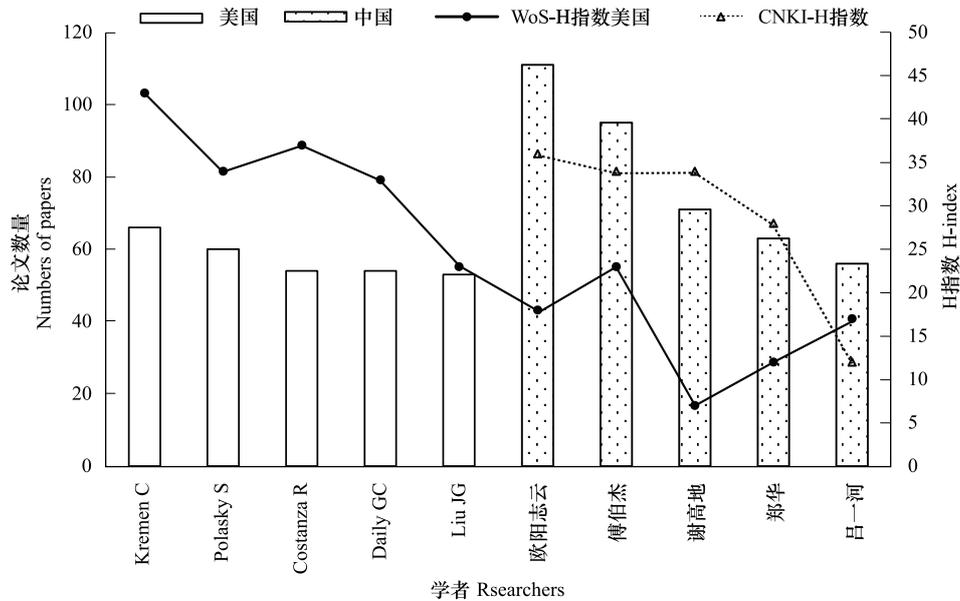


图 2 中美生态系统服务研究的 top5 作者

Fig.2 The top 5 researchers of ecosystem in China and USA

### 2.3 不同时期中美生态系统服务研究热点对比分析

1997 年 Daily<sup>[6]</sup> 和 Costanza 等<sup>[7]</sup> 开创性研究成果的出版引发了全球对生态系统服务研究的关注; 2005 年 MA 评估报告的出版进一步强化了生态系统服务研究及其政策制定与应用<sup>[4]</sup>。2012 年 IPBES 的成立显著提高了全球对生态系统服务的关注度<sup>[19]</sup>, 使得相关研究得到了进一步发展。据上述几个重大节点性事件, 本文拟从 4 个时段来对比分析不同时期中美两国生态系统服务研究的热点差异, 划分时间段分别是: 1997 年之前、1998—2005 年、2006—2012 年、2013—2018 年。

突显关键词表示一定时期内该关键词大量涌现, 可在一定程度上反映学者对某一研究主题的关注程度; 而突现强度则体现了该主题受关注的强度, 开始年份和结束年份间隔的时间越长, 说明所受关注越持久<sup>[20]</sup>。本文通过文献计量工具 Citespace 对 4 个时期的高频突显关键词分别进行了提取, 从高频关键词的角度来识别不同时期中美生态系统服务的研究热点。

#### 2.3.1 1997 年及之前: 生态系统服务概念探索阶段

“生态系统服务”概念的形成经历了较长时间。随着全球性环境污染和资源退化问题的越演越烈, 人类开始重新反思自身与生态环境间的关系, 随之在生态学和经济学领域“生态系统服务”这一概念逐渐形成。1981 年斯坦福大学的 Ehrlich 首次提出了“Ecosystem services”一词, 并在 1983 对这一概念其进行了系统介绍<sup>[5]</sup>。1995 年, 在美国举行的皮尤环境保护学者会议 (Annual Meeting of the PEW, Fellows in Conservation and the Environment) 是生态系统服务研究中的一个里程碑事件。第 1 部生态系统服务研究著作 *Nature's services: societal dependence on natural ecosystems* 应运而生<sup>[6]</sup>, Daily 等学者详细介绍了生态系统服务的定义、发展历史、经济价值、总体服务 (如气候与生命相互作用、生物多样性与生态系统服务功能、土壤提供的生态系统服务等)、典型生态系统类型的服务研究 (如海洋、淡水、森林和草原等)。同期, 著名生态经济学者 Costanza 等提

议构建一个定量的生态系统服务评估框架,在美国国家生态分析与合成中心(NCEAS)资助下成立了“世界生态系统服务和自然资本的总价值”工作组<sup>[4]</sup>,其代表性研究成果“The value of the world’s ecosystem services and natural capital”于1997年在*Nature*杂志上发表。在这篇文章中 Costanza 等将生态系统服务功能划分17类(气体调节、气候调节、土壤形成、营养循环、废弃物吸收、原材料、基因资源库、消遣和文化等),并根据人类对生态系统服务的支付意愿估算得到了全球海洋生态系统服务价值和陆地生态系统服务价值,首次构建了生态系统服务价值评估框架<sup>[7]</sup>。

上述3项代表性事件表明,美国学者对生态系统服务概念已基本明晰,生态系统服务评估框架已在不断完善中。同期中国还鲜有相关研究成果发表,只是初步认识到了森林和生物多样性等提供的生态服务功能,并未明确生态系统服务的概念,还处于生态系统服务基本概念的萌芽发展阶段。

### 2.3.2 1998—2005年:生态系统服务理论完善阶段

由主要突显关键词可知,1998—2005年间美国主要关注生态系统服务价值评估(图3)。这一时期关于生态系统服务的基础理论在美国研究的已经较为成熟,概念内涵和分类系统也已经较为明确。自1997年 Costanza 等对全球的生态系统服务价值进行估算后,生态系统服务价值评估研究在美国得到了迅速发展。Kreuter 等对美国德克萨斯州圣安东尼奥地区生态系统服务价值的变化进行了评估,发现1976年至1991年受城市扩张对生态系统服务的负面影响,该地区的生态系统服务价值下降了15.4%<sup>[21]</sup>。Loomis 等对美国普拉特河5项生态系统服务(废水稀释、水净化、侵蚀控制、鱼类和野生动物栖息地及娱乐活动)的恢复价值进行了评估,发现恢复的效益值要远远高于估计值<sup>[22]</sup>。Ricketts 等人通过对热带雨林授粉服务对周围农场咖啡产量的影响评估发现,当地热带森林的授粉服务的经济价值要远高于土地的养护奖励金<sup>[23]</sup>。这一时期生态系统服务评价的方法也有所发展,条件价值法作为可以评估生态环境物品和服务非直接利用价值的一种方法,在生态系统服务价值评估领域得到了广泛应用<sup>[24]</sup>。评价的内容已经逐步从单一的大尺度生态系统向多尺度、多类型方向发展<sup>[25-26]</sup>。

1997—2005年间中国生态系统服务研究刚刚兴起,突显关键词按出现的时间顺序分别是:自然资本、可持续发展、生态系统服务和指标(由于发表论文数量有限,仅提取到了4个突显关键词(图3))。这一时期中国学者逐渐将生态系统服务的概念、分类、价值评估等内容引入国内,并开展了一些相关研究。如,欧阳志云<sup>[27]</sup>和辛琨<sup>[28]</sup>等首先介绍了生态系统服务的概念与内涵,赵景柱<sup>[29]</sup>、张志强<sup>[30]</sup>和欧阳志云<sup>[31]</sup>等对生态系统服务评估进行了介绍。与此同时,一些生态系统服务价值评估研究也逐渐展开,如谢高地等<sup>[32]</sup>基于 Costanza 等的研究成果,制定了中国生态系统服务价值当量因子表,开展了中国草地和青藏高原高寒草地的

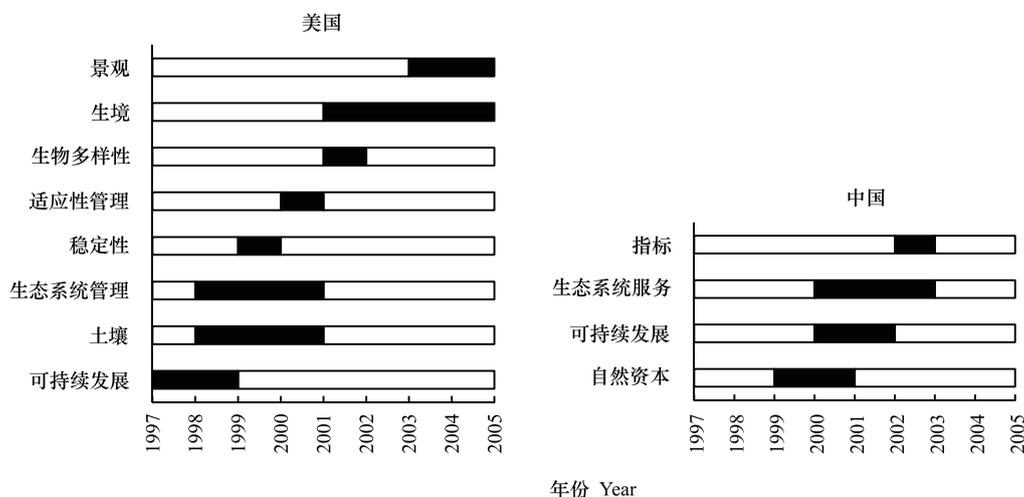


图3 1997—2005年中美生态系统服务研究热点对比

Fig.3 Comparison of ecosystem research hotspots between China and USA from 1997 to 2005

生态系统服务价值评估;吴玲玲等<sup>[33]</sup>运用市场价值法评估了长江口湿地的生态系统服务功能价值;徐中民等<sup>[34]</sup>运用不同的评估方法得到了额济纳旗生态系统恢复价值。这一时期国内生态系统服务价值评估研究总体上处于介绍国外相关理论、引入国外评估方法的阶段,还处在案例研究的初级阶段,理论和方法创新较少。

### 2.3.3 2006—2012 年:生态系统服务价值综合评估阶段

这一时期美国生态系统服务研究的新热点主要有:土地利用变化、碳、氮、土壤保持、生境破碎化等(图 4)。随着城市化的不断推进,不断增强的人类干扰导致了土地利用变化、生境破碎化等一系列生态环境问题,土地利用变化对生态系统服务的影响引起了关注<sup>[35]</sup>。此外,自然资本和生态系统服务的概念及其决策支撑作用被广泛接受,生态系统服务评估进入了全面综合评估为主的时期,该阶段更加注重生态系统服务评估方法的改进及评估模型的构建。2006 年 Natural Capital Project 项目组,创立了基于生态系统物质质量评估的 InVEST 模型;佛蒙特大学研发了用于不同圈层生态系统服务价值评估的 MIMES 模型;多领域学者参与构建了基于人工智能和空间算法的 ARIES 模型<sup>[36]</sup>。可见,这一阶段生态系统服务研究定量和模型化成为热点,对生态系统服务产生的过程和形成机理等内容更加关注。

同期,中国生态系统服务的突显关键词主要有:指标体系、生态系统管理、经济价值、自然保护区、生态资产、服务功能、土地利用、城市森林、评估、补偿标准等(图 4)。可见,生态系统服务评估中的指标体系与评估方法仍然是主要的关注热点,2006—2012 年间国内生态系统服务评价方法逐步多样化,主要有能值分析法、物质质量评价法和价值量评价法等。评价对象由早期的大尺度的单一自然生态系统向森林、城市等中小尺度复合型生态系统过渡,并向更具体和微观的方向发展。同时区域生态系统服务价值评估正在为生态环境管理与保护提供科学依据,如自然保护区的划定等。土地利用变化与生态系统服务也得到了一定的重视。这一时期国内生态系统服务的评价框架和指标体系逐步完善,生态系统服务研究的内容更加深入,生态补偿等相关内容也被纳入研究范畴,学科系统性不断增强。

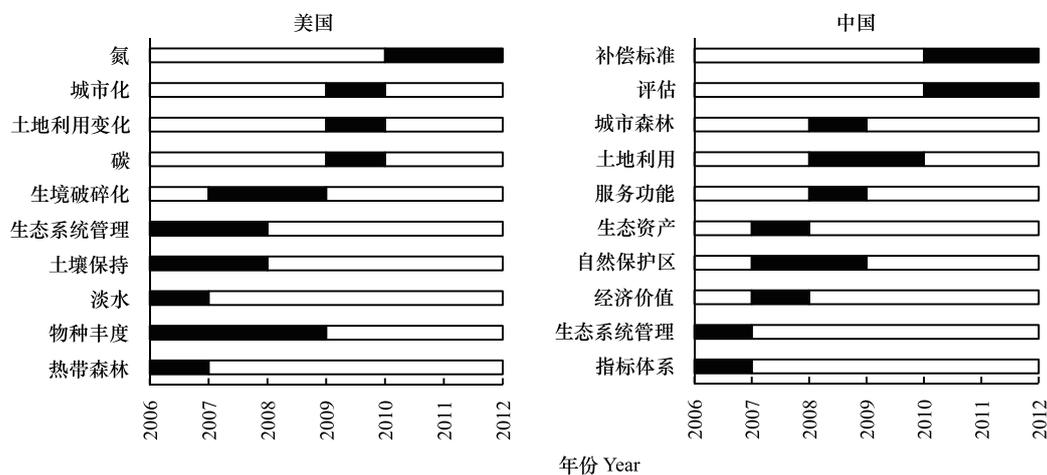


图 4 2006—2012 年中美生态系统服务研究热点对比

Fig.4 Comparison of ecosystem research hotspots between China and USA from 2006 to 2012

### 2.3.4 2013—2018 年:生态系统服务研究定量分析及决策与管理支撑阶段

2013—2018 年间美国的突显关键词按时间顺序主要有:渔业、权衡、授粉、社会生态系统、生物多样性损失、人类福祉、群落结构、管理、碳封存、脆弱性等(图 5)。全球气候变化背景下,渔业和授粉、生物多样性损失会通过影响生态系统服务的变化,进而直接影响到人类福祉;碳储存作为生态系统重要的支持服务可以有效减缓温室效应,因此,这一研究主题备受关注。生态系统服务评估的研究侧重定量评价及权衡和协同分析,以为生态系统服务优化管理和可持续发展政策提供决策支撑。同时,生态系统服务研究的多学科交叉性进一步加强,作为连接自然生态环境和社会经济系统的桥梁,社会生态系统研究逐渐得到了关注,社会生态系统服

务功能研究成为新的热点。

2013—2018 年间中国生态系统服务研究的突显关键词按照时间顺序主要有:自然保护区、遥感、生态服务价值、生态系统管理、生态文明、湿地、支付意愿、生态修复、补偿标准、生态用地等(图 5)。有关生态恢复、生态补偿、生态保护及生态安全等的相关研究不断增多,在生态环境保护与生态系统可持续管理方面的应用也在增多,反映了政府间科学与政策的相互融合与促进。生态系统服务逐步从综合评价走向综合管理,实现了从科学研究到实践应用的转变。随着生态文明被写入中国国家宪法,生态文明正在融入经济建设、政治建设、文化建设、社会建设各方面和全过程<sup>[37]</sup>。为确保资源环境保护、自然-经济-生态复合系统的稳定 and 高质量和谐发展,满足决策者的迫切需求,研究者和管理者面临着新的机遇和挑战<sup>[38]</sup>。

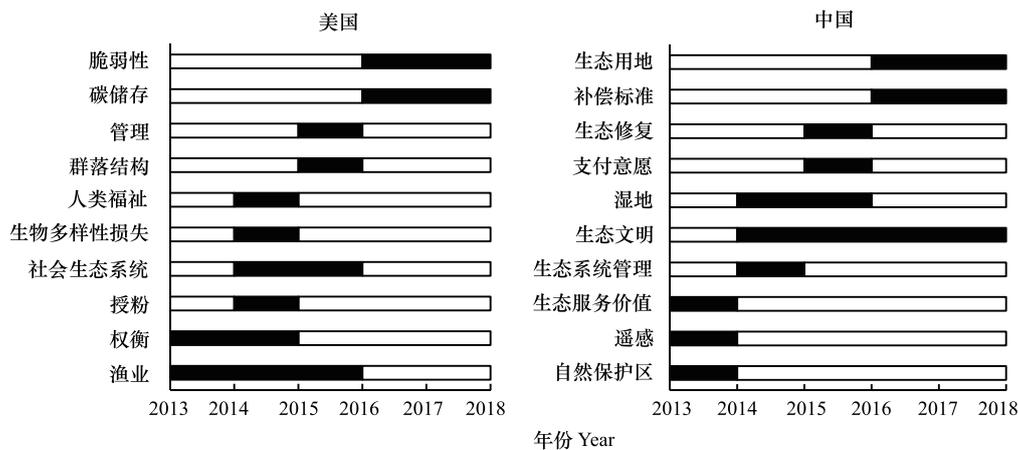


图 5 2013—2018 年中美生态系统服务研究热点对比

Fig.5 Comparison of ecosystem research hotspots between China and USA from 2013 to 2018

### 3 讨论

(1) 生态系统服务研究与发展有其深刻的时代背景和科学基础。强大的生态学研究队伍和学科背景为美国生态系统服务研究奠定了良好的理论基础,使其在发展过程中一直处于领先地位<sup>[39]</sup>。近年来,中国生态系统服务研究正在迎头赶上,研究队伍也在不断发展壮大,在生态系统服务评估方面取得了一系列成果。近 10 年来美国构建了一批生态系统服务评估模型,如 InVEST、MIMES、ARIES、SoLVES 等,实现了生态系统服务评估与预测的结合,为生态系统服务的管理和决策提供了更加详细的理论与科学依据。中国学者在多时空尺度(全国、区域、县区等)、多类型生态系统(草地、林地、湿地等)的价值评估方面取得了较大进展<sup>[40-46]</sup>,研究成果为进一步探讨生态系统服务形成与变化机理提供了重要的基础资料。新型生态系统服务评估与综合集成模型也在不断发展中,如 SAORES 的研发等<sup>[47]</sup>,推动了生态系统服务评估由科学研究向决策支撑的转向。但总的来说,我国的相关研究多为引入型和跟踪型研究、原创性不足,理论基础研究 with 生态系统服务评估模型构建方面还有待进一步的提高。

(2) 生态系统服务价值评估一直是两国的热点研究内容,但是生态系统服务经济价值评估一直备受争议。有学者认为应该从生态系统的自然属性出发,为了自然本身和它的内在价值去严格地保护自然,而不是用经济价值来衡量自然本身的价值,其原因在于自然本身是无价的<sup>[48]</sup>,但是也有学者指出这种观点本身就是一种隐含的估值<sup>[4]</sup>。任何事物都有其存在的价值,但是只有在人类社会的发展过程中起到有益作用的,为人类福祉做出贡献的才是被人类所认可的价值<sup>[49]</sup>。某一区域在发展过程中可依据各项生态系统服务经济价值评价结果,对区域生态系统服务做出适当权衡,实现生态系统服务效益的最大化,尽量避免无效和有害服务,进而达到人类福祉的最大化。因此,生态系统服务评价的最终目的是服务于区域生态系统管理和决策,生态系

统服务价值核算只是实现途径而并非目的,所以作为生态系统管理的一种方法手段,生态系统服务价值评估的存在是合理且有价值的<sup>[50]</sup>。当前生态系统服务价值评估的方法和模型众多,但也存在许多问题,如,条件价值法估算过程中由于个体对信息重要性认识程度的差异,必然存在着以人类感知为中心价值评估的局限性<sup>[51-52]</sup>。而各评估模型也相应存在着评估功能有限、可推广性差、以及数据获取困难、评估精度低等问题<sup>[36]</sup>。

(3)在生态系统服务研究方面,中美两国合作与交流积极而有成效。2002年“中美生态复杂性与生态系统服务联合研讨会”的召开,推动了生态科学及复杂生态经济系统管理层面的交流;2008年“中美生态系统服务研究中心”的成立及“中美生态系统服务国际会议”的召开;2018年中国科学院生态环境研究中心加入了美国斯坦福大学主导的 NatCap(自然资本项目),成为其最新的官方合作伙伴等;均为中美两国生态系统服务研究的交流与合作等搭建了良好平台。当前,在全球环境变化与可持续发展背景下,生态系统服务与人类福祉正受到两国学者越来越多的关注,中美两国合作研究也在持续不断推进。

(4)生态系统服务与人类福祉及决策管理成为新的研究热点。为保障人类社会的可持续发展与福祉,自然作为重要的资本或资产必须得到有效的管理<sup>[38]</sup>。MA、TEEB、IPBES 等都在不断将生态系统服务价值评估纳入各级决策管理。如,为了防止生态系统退化导致人类健康和福祉的下降,美国很早就通过生态付费(主要通过税收、特许权使用费、访问费、环境债券等经济手段)来将生态服务价值纳入国民经济体系中<sup>[31]</sup>;我国学者在科学研究和政策制定方面做出了许多努力<sup>[53-55]</sup>,如为保障自然资本与人类福祉而开展的大型生态建设工程的实施<sup>[56]</sup>、全国或区域生态系统评估与决策支撑等<sup>[57-58]</sup>。相比而言,中国在政策和法律建设层面发挥了较好的引领作用,美国则通过经济手段调节的方式做了大量应用性工作。

#### 4 总结

通过对中美两国生态系统服务研究的对比与分析,主要得到以下认识:

(1)1991—2018年间美国共发表相关文章 9468 篇,年均发文量 338 篇;1996—2018年间中国共发表相关文章 9327 篇,年均发文量 405 篇,两国发文量增长趋势明显。

(2)美国斯坦福大学发表的文章篇均被引频次和总被引频次最高;中国科学院生态环境研究中心在国内排名第 1。*Ecological Economics* 是出版生态系统服务文章最多的期刊,但引用率最高的是 *PNAS*;生态学报发表的相关中文文章最多且被引用率也最高。研究成果最多的美国学者是 Kremen C 且 H 指数最高,中国学者欧阳志云和傅伯杰等的研究成果影响力突出。

(3)不同时期中美两国生态系统服务研究的热点不同。美国的研究成果相对领先,这与其深厚的学科积累和庞大的科研队伍是分不开的;中国的相关研究正在迎头赶上。生态系统服务研究方面,中国的倾向于应用层面,美国的理论研究成果更加丰富。近年来,两国学者越来越关注人类福祉与生态安全等全球可持续发展问题,这为两国进一步的合作与交流奠定了良好基础。

#### 参考文献 (References):

- [ 1 ] Hester R E, Harrison R M. *Global Environmental Change*. Cambridge: Royal Society of Chemistry, 2002.
- [ 2 ] 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.
- [ 3 ] MA (Millennium Ecosystem Assessment). *Ecosystems and Human Well-Beings*. Washington, DC: Island Press, 2005: 1-10
- [ 4 ] Costanza R, de Groot R, Braat L, Kubiszewski I, Fioramonti L, Sutton P, Farber S, Grasso M. Twenty years of ecosystem services: How far have we come and how far do we still need to go? *Ecosystem Services*, 2017, 28: 1-16.
- [ 5 ] Ehrlich P R, Mooney H A. Extinction, Substitution, and Ecosystem Services. *Bioscience*, 1983, 33(4): 248-254.
- [ 6 ] Daily G C. *Nature's Services: Societal Dependence on Natural Ecosystems*. Washington, DC: Island Press, 1997.
- [ 7 ] Costanza R, D'Arge R, de Groot R. The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature*, 1997, 387(6630): 253-260.
- [ 8 ] Chaudhary S, McGregor A, Houston D, Chettri N. The evolution of ecosystem services: A time series and discourse-centered analysis. *Environmental Science & Policy*, 2015, 54: 25-34.
- [ 9 ] About MEA. [2019-06-11]. <http://www.millenniumassessment.org/>.

- [10] About NatCap. [2019-06-11]. <https://naturalcapitalproject.stanford.edu/>.
- [11] About TEEB. [2019-06-11]. <http://www.teebweb.org>.
- [12] About IPBES. [2019-06-11]. <http://www.ipbes.net>.
- [13] 张玲玲, 巩杰, 张影. 基于文献计量分析的生态系统服务研究现状及热点. 生态学报, 2016, 36(18): 5967-5977.
- [14] Pistorius T, Schaich H, Winkel G, Plieninger T, Bieling C, Konold W, Volz K R. Lessons for REDDplus: A comparative analysis of the German discourse on forest functions and the global ecosystem services debate. *Forest Policy and Economics*, 2012, 18:4-12.
- [15] Medonough K, Hutchinson S, Moore T, Shawn Hutchinson J M. Analysis of publication trends in ecosystem services research. *Ecosystem Services*, 2017, 25:82-88.
- [16] 马学成, 巩杰, 柳冬青, 张金茜. 社会生态系统研究态势:文献计量分析视角. 地球科学进展, 2018, 33(4): 435-444.
- [17] 陈悦, 陈超美, 刘则渊, 胡志刚, 王贤文. CiteSpace 知识图谱的方法论功能. 科学学研究, 2015, 33(2): 242-253.
- [18] 刘贤姝, 王华东. 环境影响评价中生物多样性的价值评估探讨. 上海环境科学, 1996(4): 4-7.
- [19] Braat L C, De Groot R. The ecosystem services agenda: bridging the worlds of natural science and economics, conservation and development, and public and private policy. *Ecosystem Services*, 2012, 1(1): 4-15.
- [20] 谭清月, 许明祥, 李彬彬, 巩晨. 中国生态系统服务研究发展过程解析. 水土保持研究, 2018, 25(4): 330-337.
- [21] Kreuter U P, Harris H G, Matlock M D, Lacey R E. Change in ecosystem service values in the San Antonio area, Texas. *Ecological Economics*, 2001, 39(3): 333-346.
- [22] Loomis J, Kent P, Strange L, Fausch K, Covich A. Measuring the total economic value of restoring ecosystem services in an impaired river basin: results from a contingent valuation survey. *Ecological Economics*, 2000, 33(1): 103-117.
- [23] Ricketts T H, Daily G C, Ehrlich P R, Michener C D. Economic value of tropical forest to coffee production. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 2004, 101(34): 12579-12582.
- [24] Bateman I J, Willis K G. Valuing environmental preferences theory and practice of the contingent valuation method in the US, EU, and developing countries. *Resources Policy*, 2001, 27(1): 57-59.
- [25] Wilson M A, Carpenter S R. Economic Valuation of Freshwater Ecosystem Services in the United States: 1971-1997. *Ecological Applications*, 1999, 9(3): 772-783.
- [26] Pattanayak S K, Butry D T. Spatial Complementarity of Forests and Farms: Accounting for Ecosystem Services. *American Journal of Agricultural Economics*, 2005, 87(4): 995-1008.
- [27] 欧阳志云, 王效科, 苗鸿. 中国陆地生态系统服务功能及其生态经济价值的初步研究. 生态学报, 1999, 19(5): 607-613.
- [28] 辛琨, 肖笃宁. 生态系统服务功能研究简述. 中国人口·资源与环境, 2000, (s1): 21-23.
- [29] 赵景柱, 肖寒, 吴刚. 生态系统服务的物质量与价值量评价方法的比较分析. 应用生态学报, 2000, 11(2): 290-292.
- [30] 张志强, 徐中民, 程国栋. 条件价值评估法的发展与应用. 地球科学进展, 2003, 18(3): 454-463.
- [31] 欧阳志云, 王如松. 生态系统服务功能、生态价值与可持续发展. 世界科技研究与发展, 2000, 22(5): 45-50.
- [32] 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.
- [33] 吴玲玲, 陆健健, 童春富, 刘存岐. 长江口湿地生态系统服务功能价值的评估. 长江流域资源与环境, 2003, 12(5): 411-416.
- [34] 徐中民, 张志强, 程国栋, 苏志勇, 鲁安新, 林清, 张海涛. 额济纳旗生态系统恢复的总经济价值评估. 地理学报, 2002, 57(1): 107-116.
- [35] Wolff S, Schulp C J E, Verburg P H. Mapping ecosystem services demand: A review of current research and future perspectives. *Ecological Indicators*, 2015, 55:159-171.
- [36] 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.
- [37] 赵明月, 彭建, 郑华, 王仰麟. 自然资本科学和决策实践:宜居城市和可持续发展—2018年自然资本项目年会述评. 生态学报, 2018, 38(13): 4917-4921.
- [38] 李嘉玉. 自然资本在生态文明建设中的作用. 西南林业大学学报: 社会科学, 2017, 1(6): 12-14.
- [39] Huang T Y, Zhao B, Sheng Q, Dai S Q, Li H, Ma J, Xiao X M. Different nation, different ecology: Comparison of ecological research features in China and the US during the recent three decades. *Global Ecology and Conservation*, 2018, 16: e00509.
- [40] 崔丽娟. 鄱阳湖湿地生态系统服务功能价值评估研究. 生态学杂志, 2004, 23(4): 47-51.
- [41] 潘文斌, 唐涛, 邓红, 蔡庆华. 湖泊生态系统服务功能评估初探——以湖北保安湖为例. 应用生态学报, 2002, 13(10): 1315-1318.
- [42] 王兵, 鲁绍伟. 中国经济林生态系统服务价值评估. 应用生态学报, 2009, 20(2): 417-425.
- [43] 崇洁, 李波, 洪睿, 张新时. 玛纳斯县生态系统服务价值的动态评估. 干旱区地理, 2008, 31(3): 477-484.
- [44] 高清竹, 何立环, 黄晓霞, 江源. 海河上游农牧交错地区生态系统服务价值的变化. 自然资源学报, 2002, 17(6): 706-712.
- [45] 张志强, 徐中民, 王建, 程国栋. 黑河流域生态系统服务的价值. 冰川冻土, 2001, 23(4): 360-366.

- [46] 毕晓丽, 葛剑平. 基于 IGBP 土地覆盖类型的中国陆地生态系统服务功能价值评估. *山地学报*, 2004, 22(1): 48-53.
- [47] Hu H T, Fu B J, Lü Y H, Zheng Z M. SAORES: a spatially explicit assessment and optimization tool for regional ecosystem services. *Landscape Ecology*, 2015, 30(3): 547-560.
- [48] Chee Y E. An ecological perspective on the valuation of ecosystem services. *Biological Conservation*, 2004, 120(4): 549-565.
- [49] Bockstael N E, Myrick Freeman A, Kopp R J, Portney P R, Kerry Smith V. On measuring economic values for nature. *Environmental Science & Technology*, 2000, 34(8): 1384-1389.
- [50] Braat LC, de Groot R. The ecosystem services agenda: bridging the worlds of natural science and economics, conservation and development, and public and private policy. *Ecosystem Services*, 2012, 1(1): 4-15.
- [51] 王燕, 高吉喜, 王金生, 郑好. 生态系统服务价值评估方法述评. *中国人口·资源与环境*, 2013(S2): 337-339.
- [52] 周鹏, 周婷, 彭少麟. 生态系统服务价值的测度模式与方法. *生态学报*, 2019, 39(15): 5379-5388.
- [53] Daily G C., 欧阳志云, 郑华, 李树苗, 王玉宽, Feldman M, Kareiva P, Polasky S, Ruckelshaus M. 保障自然资本与人类福祉: 中国的创新与影响. *生态学报*, 2013, 33(3): 669-676.
- [54] 王勤花, 王鹏龙, 王宝, 高峰. 英国自然资本管理制度与规划研究及对我国的启示. *生态经济*, 2017, 33(11): 201-205.
- [55] Ouyang Z Y, Zheng H, Xiao Y, Polasky S, Liu J G, Xu W H, Wang Q, Zhang L, Xiao Y, Rao E M, Jiang L, Lu F, Wang X K, Yang G B, Gong S H, Wu B F, Zeng Y, Yang W, Daily G C. Improvements in ecosystem services from investments in natural capital. *Science*, 2016, 352(6292): 1455-1459.
- [56] 巩杰, 谢余初. 流域景观格局与生态系统服务时空变化——以甘肃白龙江流域为例. 北京: 科学出版社, 2018.
- [57] 彭建, 胡晓旭, 赵明月, 刘焱序, 田璐. 生态系统服务权衡研究进展: 从认知到决策. *地理学报*, 2017, 72(6): 960-973.
- [58] 傅伯杰. 地理学: 从知识、科学到决策. *地理学报*, 2017, 72(11): 1923-1932.