生态系统一体化保护和修复研究热点及趋势的可视化分析

朱家辰，查同刚
（北京林业大学 水土保持学院，北京 100083）

摘　要：［目的］全面深入分析并直观表达国内外生态系统一体化保护和修复领域的研究热点及趋势，为后续研究和政策制定提供理论参考。［方法］通过文献计量的研究方法，以中国知网（CNKI）和 Web of Science（WOS）数据库中 2 035 篇文献为研究对象，运用 VOSviewer 和 CiteSpace 软件绘制图谱，归纳梳理并分析研究成果。［结果］①该领域研究中英文文献年发文量皆呈逐年增加趋势，且英文文献的数量增长速度更快。英文文献数量较多，所占比例为 72.14%；中文文献数量相对较少，比例为 27.86%。②代表性发文机构主要为中国科学院、昆士兰大学和北京师范大学等，中国发文机构的发文量展现了中国在该领域的重要研究地位，但合作密度与国外科研机构相比较低。③该领域的研究逐步从生态系统单一化修复向系统化、整体化和多元化治理发展。中文文献的研究主要集中在生态修复、生态文明、生态安全格局等方面；英文文献的研究主要集中在生态韧性、管理模式、生物多样性、生态系统服务等方面。中文文献该领域的研究前沿是山水林田湖草沙一体化保护和修复；英文文献则对于城市化、遥感监测、分类体系的研究成为了前沿热点。［结论］生态系统一体化保护和修复以及修复后的监测技术等是该领域的研究热点和趋势，未来研究应更加注重基于主导功能的小流域分区治理并加强国际交流合作，同时充分发挥跨学科优势和新兴技术带来的便利。

关键词：文献计量；生态系统；一体化保护和修复；CiteSpace；VOSviewer
文献标识码：B　　**文章编号：**1000-288X（2026）03-0357-12　　**中图分类号：**X171.4

文献参数：朱家辰，查同刚.生态系统一体化保护和修复研究热点及趋势的可视化分析[J].水土保持通报，2026，46（3）：357-368. Zhu Jiachen，Zha Tonggang. Visual analysis of research hotspots and trends in integrated protection and restoration of ecosystems [J]. Bulletin of Soil and Water Conservation，2026，46（3）：357-368.
DOI：10.13961/j.cnki.stbctb.2026.03.034　　**CSTR：32312.14.stbctb.2026.03.034**

Visual analysis of research hotspots and trends in integrated protection and restoration of ecosystems

Zhu Jiachen，Zha Tonggang
（*School of Soil and Water Conservation*，*Beijing Forestry University*，*Beijing* 100083，*China*）

Abstract：［Objective］A comprehensive and in-depth analysis of research hotspots and trends in the field of integrated protection and restoration of ecosystems，both in China and abroad，was conducted and visually presented in order to provide theoretical references for subsequent research and policy formulation.［Methods］Using bibliometric methods，this study analyzed 2 035 publications sourced from the China National Knowledge Infrastructure（CNKI）and Web of Science（WOS）databases. Knowledge maps were generated using VOSviewer and CiteSpace software to summarize，organize，and analyze the research findings.［Results］① The annual number of publications in both Chinese and English in this field showed an increasing trend year by year，with English publications growing at a faster rate. The number of English publications was higher，accounting for 72.14%，while Chinese publications were relatively fewer，accounting for 27.86%. ② The representative

收稿日期：2025-11-05　　**修回日期：**2026-01-07　　**采用日期：**2026-01-07
资助项目：国家重点研发计划项目“基于物质流分析的小流域多要素空间格局优化技术”（2022YFF130300204）；北京市社会科学基金项目“习近平总书记关于森林‘四库’重要论述的科学内涵与实践路径研究”（23LLGLB086）
第一作者：朱家辰（2000—），男（汉族），吉林省吉林市人，硕士研究生，研究方向为土壤退化与生态修复。Email：zhujiachen0826@163.com。
通信作者：查同刚（1972—），男（汉族），安徽省六安市人，博士，教授，博士生导师，主要从事土壤退化与生态修复方向研究。Email：zhtg73@bjfu.edu.cn。

publishing institutions primarily included the Chinese Academy of Sciences (CAS), the University of Queensland, and Beijing Normal University. The number of publications from Chinese institutions highlighted China's significant research standing in this field, but the density of collaboration remained lower compared to foreign research institutions. ③ Research in this field had gradually evolved from single-component ecosystem restoration toward systematic, holistic, and diversified governance. Chinese publications primarily focused on ecological restoration, ecological civilization, and ecological security patterns, whereas English publications concentrated on ecological resilience, management models, biodiversity, and ecosystem services. The research frontiers in Chinese publications were the integrated protection and restoration of mountains, rivers, forests, farmlands, lakes, grasslands and deserts, while frontiers in English publications focused on urbanization, remote sensing monitoring, and classification systems. [Conclusion] Integrated protection and restoration of ecosystems, along with post-restoration monitoring technologies, represent the key research hotspots and trends in this field. Future research should place greater emphasis on small-watershed zoning governance based on dominant functions and strengthen international exchange and collaboration, while fully leveraging the advantages of interdisciplinary approaches and the conveniences brought by emerging technologies.

Keywords: bibliometrics; ecosystem; integrated protection and restoration; CiteSpace; VOSviewer

随着城市化和工业化的发展,人类赖以生存的生态环境不断遭受破坏,生态系统功能退化、生物多样性锐减等问题日趋严重,生态系统一体化保护和修复成为解决地球生态平衡问题、实现可持续发展的关键[1-2]。为应对这一关乎人类命运的挑战,国际相关组织陆续出台了一些相关政策和法律法规,如欧盟的《生物多样性公约》《自然恢复法》《环境责任指令》和美国的《综合环境反应、补偿与责任法案》等,从生物多样性保护、生态系统修复、环境污染修复等角度为生态环境的保护和修复作出贡献[3-5]。此外,联合国将2021—2030年划定为"生态系统恢复十年",呼吁全球各国共同预防、阻止并扭转生态系统的退化[6]。在中国,生态保护和修复一直居于重要战略地位,其中,一体化、系统化的保护和修复更是近年来研究的重点。在2013年,"山水林田湖"是一个生命共同体的理念被提出,至2016年,中国财政部、自然资源部、生态环境部共同发起"山水工程",之后又逐渐在"山水林田湖"的基础上加入"草"和"沙",使自然生态系统的一体化保护和修复变得更加系统化和多元化[7]。作为水土保持学科发展的新范式,生态系统一体化治理深刻体现系统思维与综合防治理念,其核心要义与水土保持领域长期关注的流域治理、土壤侵蚀防治及荒漠化治理具有内在一致性。和过去传统的单一生态系统修复治理理念不同,生态系统一体化保护和修复的治理模式是在"生命共同体"理念指导下,充分考虑流域内各种不同生态系统之间可能存在的联系和影响及其内部的作用机制,并对自然系统内各要素互相作用的动态时空过程进行充分分析,以达到真正全面、系统且持久地保护和修复自然生态系统的目的[8]。目前,围绕生态系统一体化保护和修复的研究在理论基础、技术方法等方面取得了一定的进展[9-10]。然而,当前国内外一体化保护和修复的研究重点和热点有哪些?未来的研究发展趋势如何?主要的研究力量有哪些?在保护和修复的实践中,不同学科之间的交互创造出了哪些新的知识和学科范式?这些问题迄今为止仍然没有得到比较清晰明了的解答。因此,本文结合文献计量学的方法重点解决3个科学问题:①展示出近年来该研究领域发文量的动态变化趋势;②识别目前该领域研究中的主要研究力量以及它们之间的合作关系;③揭示该领域的研究动态、发展趋势及其热点和前沿。通过知识图谱对以上3个内容做出较为全面的梳理和量化分析,为后续生态系统一体化保护与修复研究提供系统性参考及实践借鉴,也为构建具有水土保持学科特色的生态修复理论体系提供科学依据。

1 数据来源与研究方法

1.1 数据来源

英文数据来源于Web of Science(WOS)核心合集数据库,在WOS数据库中使用高级检索,检索时间为2025年7月27日,设置检索式1=(TS=(mountain-river-forest-farmland-lake) OR TS=(mountain-river-forest-farmland-lake-grassland) OR TS=(mountain-river-forest-farmland-lake-grassland-sand) OR TS=(ecosystem) OR TS=(ecology));检索式2=(TS=(Systematization) OR TS=(integration) OR TS=(unification));检索式3=(TS

＝（ecological restoration） OR TS＝（ecological recovery）OR TS＝(ecological rehabilitation）OR TS＝（ecological resilience） OR TS＝（ecological reconstruction） OR TS＝（ecological preservation） OR TS＝(ecological protection))；设定 3 个检索式的逻辑关系为 AND，得到最终检索式＝(#1 AND #2 AND #3)，经过 CiteSpace 去重后得到 1 468 篇文献，其时间跨度为 2003—2025 年。

中文数据来源于中国知网(CNKI)，采用专业检索的检索方式，检索时间为 2025 年 7 月 27 日，设置检索式为：(SU%＝'山水林田湖' OR SU%＝'山水林田湖草' OR SU%＝'山水林田湖草沙' OR SU%＝'生态系统') AND (SU%＝'一体化' OR SU%＝'系统化' OR SU%＝'整体化'OR SU%＝'统一化') AND (SU%＝'生态修复'OR SU%＝'生态恢复'OR SU%＝'生态重建'OR SU%＝'生态保护')，并勾选同义词扩展选项。根据文献的标题和摘要进行筛选，手动排除编制规定、咨询和通知等相关性不高的文献之后，最终得到 567 篇有效文献，其时间跨度为 1999—2025 年。

1.2　研究方法

利用 VOSviewer 和 CiteSpace 软件对 CNKI 数据库和 WOS 数据库中检索到的数据进行可视化分析，通过发文量、发文机构及合作网络、关键词共现和聚类等进行分析，对国内外生态系统一体化保护和修复领域的研究进行文献计量和科学图谱分析：①通过发文量分析得到逐年发文量变化趋势；②通过发文机构及其合作关系分析统计该领域的核心研究力量和合作关系；③通过关键词共现分析和聚类分析研究该领域的研究热点及其演变过程；④通过关键词突现分析得到该领域不同时间段的研究前沿以及未来研究方向。

2　结果与分析

2.1　发文量分析

1999—2025 年生态系统一体化保护和修复研究领域的逐年发文量变化趋势如图 1 所示。从整体上看，该领域年度发文量整体呈指数形式持续增长，且 WOS 数据库的发文量远高于 CNKI 数据库。通过分析在两个数据库中检索的数据可知，在 1999—2025 年这段时间内，该领域共发表文献 2 035 篇，其中中文文献 567 篇，占总发文量的 27.86%，最早发表于 1999 年；英文文献 1 468 篇，占总发文量的 72.14%，最早发表于 2003 年。1999—2025 年中文文献发文量可大致分为 3 个阶段：萌芽期（1999—2012 年）、开拓期（2013—2019 年）、成熟期（2020—2025 年）。在萌芽期，国内刚刚对生态环境的保护和修复开始重视，年均发文量不足 3 篇，且研究内容多为针对局部地区单一生态系统保护和修复的理论研究及相关规划[11]。直到 2013 年，“山水林田湖是一个生命共同体”的理念被提出，系统治理的思路得到重视，当年的发文量迅猛增长，对于生态系统一体化保护和修复的研究正式迎来了开拓期[12]。该阶段的年均发文量超过 11 篇，相较于上一阶段有明显提升。2020—2025 年为成熟期，该阶段的年均发文量超过 40 篇，生态系统一体化保护和修复相关研究在国内得到迅速发展。随着 2020 年“碳达峰碳中和”目标被提出，中国的生态文明建设与“双碳”目标进行了融合，该领域的研究迎来了新一波高潮[13]。通过分析英文文献发文量可知，在 2014 年之前，该领域相关研究呈现缓慢波动增长趋势；2014 年之后，随着全球对生态环境重视程度的提高和政策的不断提出，越来越多的国际学者加入到了该领域的研究中，生态系统一体化保护和修复迎来了蓬勃发展，并且这一领域的相关研究在未来仍是研究热点。

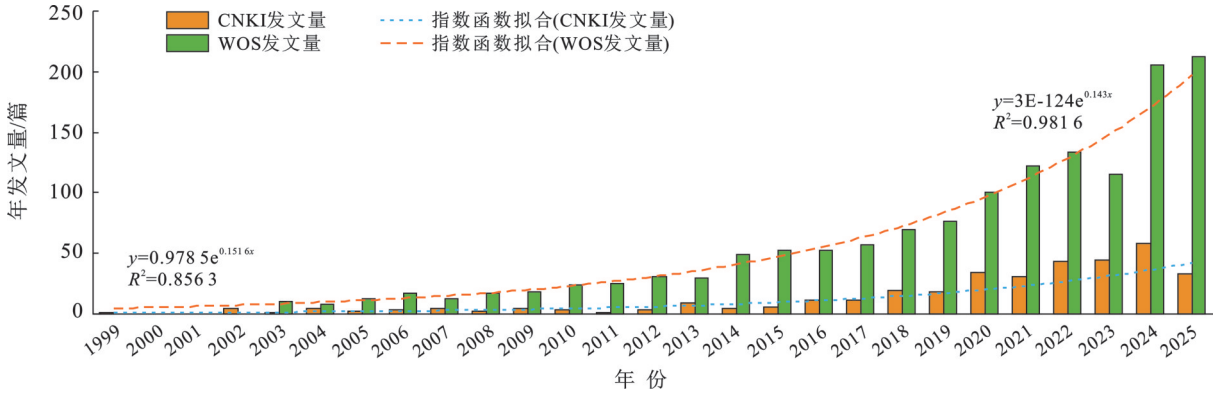


图 1　生态系统一体化保护和修复研究领域的年发文量变化趋势

Fig.1　Annual publication trends in field of integrated protection and restoration of ecosystems

2.2 主要发文机构及合作关系分析

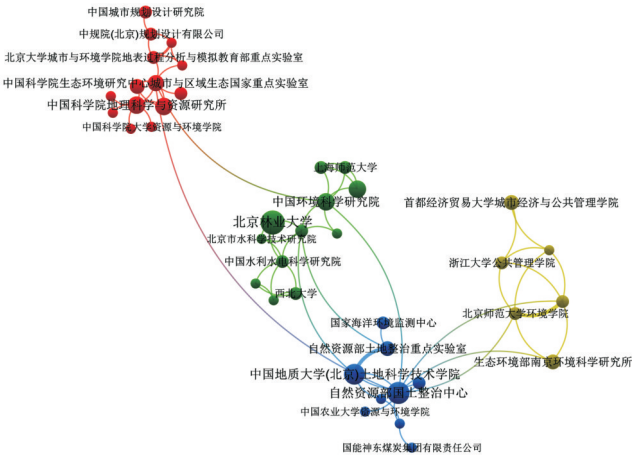
对于发文机构及其合作关系的分析，可以有效地识别出该领域研究成果的主要贡献主体以及他们之间的合作强度。利用VOSviewer软件对中文文献进行主要科研机构合作共现可视化分析，共有660个机构被列入分析。发文量排名前10名的发文机构主要由各大高校、研究院及研究所组成（表1），其中排名前2的科研机构为北京林业大学（11篇）和自然资源部国土整治中心（9篇），中国地质大学（北京）土地科学技术学院、华侨大学、天津大学并列第3名（8篇）。图2为中文文献的发文机构合作关系网络图，由图2分析可知，中国地质大学土地科学技术学院与其他发文机构的合作程度较高，与其建立合作关系较多的发文机构有自然资源部土地整治重点实验室、自然资源部国土整治中心、中国科学院生态环境研究中心等。除此之外，各大高校之间以及中国科学院各个研究所和重点实验室之间也建立了较为密切的合作关系。

表1 CNKI数据库发文量前10位的科研机构

Table 1 Top 10 research institutions in terms of publication number in CNKI database

排序	科研机构	发文量/篇
1	北京林业大学	11
2	自然资源部国土整治中心	9
3	中国地质大学（北京）土地科学技术学院	8
4	华侨大学	8
5	天津大学	8
6	华中科技大学	7
7	中国环境科学研究院	6
8	中国科学院地理科学与资源研究所	6
9	南京林业大学	6
10	西北农林科技大学	6

在对英文文献的主要科研机构分析中，共有2 557个机构被列入分析，发文量排名前10的科研机构如表2所示，主要由中国、美国、澳大利亚和瑞典4个国家组成。发文量排名前3的科研机构分别是中国科学院（80篇）、昆士兰大学（29篇）、中国科学院大学（24篇），这一数据反映了中国在生态系统一体化保护和修复领域具有重要的国际地位。对英文文献的科研机构合作关系网络进行分析，结果如图3所示。分析图3可知，中国科学院和中国科学院大学之间的合作强度最高。另外，中国科学院还和北京林业大学、北京师范大学、武汉大学等建立了比较密切的合作关系。除此之外，昆士兰大学、格里菲斯大学、澳大利亚国立大学以及加州大学戴维斯分校、美国林务局、美国地质调查局等科研机构之间均建立了广泛的合作关系。通过连线密度可以看出，相较于国外科研机构，中国科研机构之间的合作密度较低。因此，后续应继续加强和国际科研机构的合作交流，为该领域研究的创新发展提供更多思路。



注：图中的圆圈代表不同的科研机构，连线代表不同科研机构之间的合作关系，圆圈越大，表示该科研机构的发文量越多，连线越宽，表示连线两端的科研机构合作越密切。同一个颜色中的科研机构所发表的文章具有一定的相似性，而不同颜色的科研机构在该领域中的研究方向具有一定的相异性。下同。

图2 生态系统一体化保护和修复研究领域主要科研机构合作关系网络图（CNKI）

Fig.2 Network diagram of cooperative relationships among major scientific research institutions in field of integrated protection and restoration of ecosystems (CNKI)

2.3 研究内容和热点分析

2.3.1 关键词共现分析

关键词是文章核心内容的体现，为探究生态系统一体化保护和修复领域的研究热点及其随时间的演进状况，对所检索的文献进行共现分析。采用CiteSpace软件对中文文献进行分析，得到关键词共现分布时间图谱（图4）。该领域主要围绕生态环境、生态修复、一体化保护修复以及生态文明等7个主题展开。1999—2012年综合治理的概念已经被提出，但对生态修复的研究多集中在单一污染防治。以流域为单元的“富营养化”“湖泊”“污染源控制”“水生态系统”等关键词的研究陆续展开。濮培民等[14]提出了优化湖泊流域水环境的对策与关键技术。2013—2020年中国生态保护和修复的研究进入系统治理阶段，一体化保护和修复成为新的治理模式。以小流域为单元的山水林田湖草整合优化以及生态系统服务的相关研究成为重点。2021—2025年一体化保护和修复进入到拓展期，山水林田湖草沙一体化保护和修复已经成为新的研究热点。同时，系统治理的研究也已经从

小流域综合治理逐步上升到国土综合整治阶段。更多的修复理念如“基于自然的解决方案”被提出,同时,随着“双碳”目标的加入和相关法律制度保障的逐渐完善,中国的生态文明建设进入新阶段。

表 2　WOS 数据库发文量前 10 位的科研机构

Table 2　Top 10 research institutions in terms of publication number in WOS database

排序	科研机构	发文量/篇	国 家
1	Chinese Academy of Sciences	80	中 国
2	The University of Queensland	29	澳大利亚
3	University of Chinese Academy of Sciences	24	中 国
4	Beijing Normal University	23	中 国
5	United States Geological Survey	22	美 国
6	US Forest Service	20	美 国
7	Stockholm University	19	瑞 典
8	Swedish University of Agricultural Sciences, SLU	18	瑞 典
9	James Cook University, JCU	17	澳大利亚
10	Griffith University	17	澳大利亚

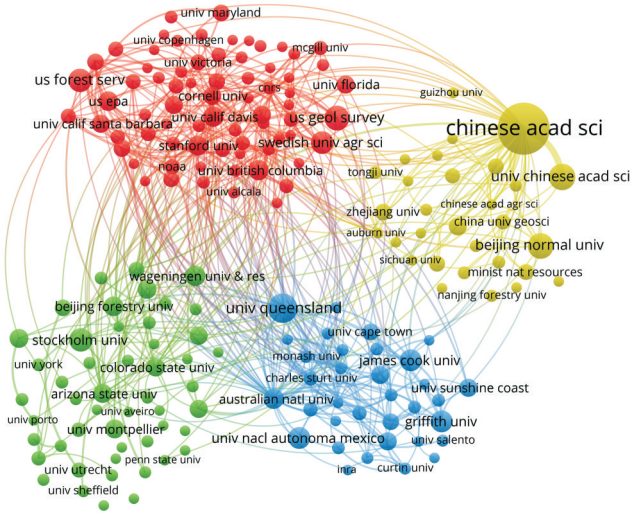


图 3　生态系统一体化保护和修复研究领域主要科研机构合作关系网络图(WOS)

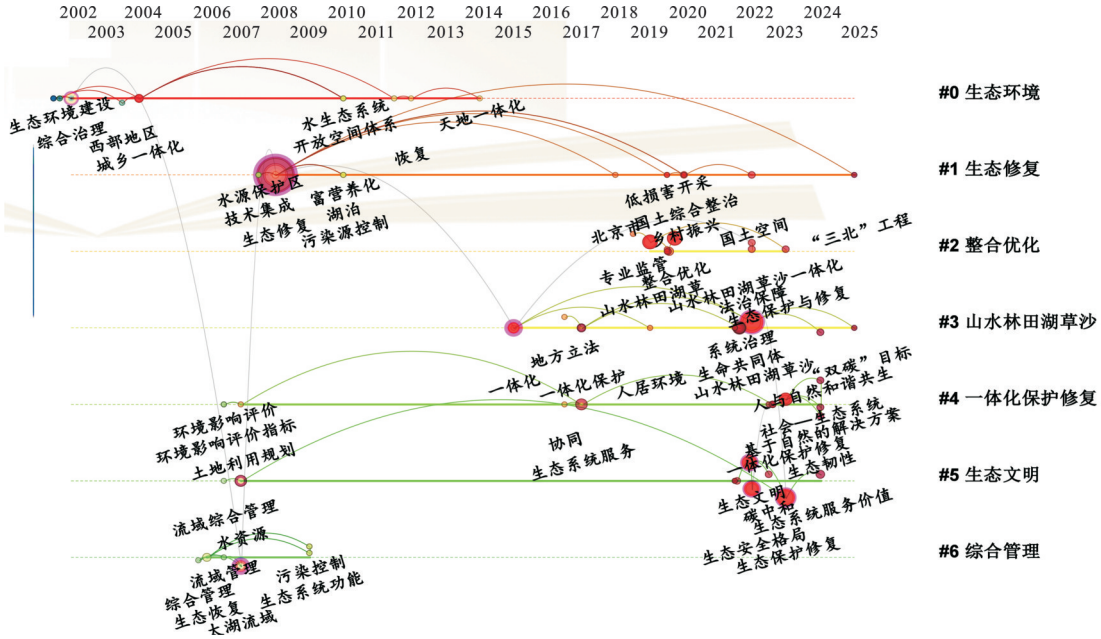
Fig.3　Network diagram of cooperative relationships among major scientific research institutions in field of integrated protection and restoration of ecosystems (WOS)

对英文文献进行关键词共现分析,结果如图 5 所示。该研究领域主要围绕生态修复、社会—生态系统、生物多样性保护以及风险评估等 8 个主题展开。2003—2009 年研究主要聚焦单一生态要素以及对生态系统的研究。生态保护修复、生态系统、生物多样性、气候变化等关键词成为研究热点。对生物群落和生态系统在自然状态及受到干扰后的特征的研究为后续的多元研究做了铺垫。2010—2018 年生态系统一体化保护和修复的研究进入到了社会—生态复合系统阶段。人类活动与自然生态系统的交互得到了广泛研究,如土地利用变化、可持续治理、城市生态系统逐渐成为主流研究关键词,生态保护修复与社会经济活动产生了关联。如 Li Yanxia 等[15]提出海岸湿地社会-生态过程中的碳循环模型。同时,气候变化、气候适应等关键词的出现表明,应对人为干扰与环境变化成为新的挑战。2019—2025 年该领域的研究热点逐渐多元化。远程监测遥感技术、气候变化下的生物多样性丧失和可再生能源等研究从多方面展开,如宗慧琳等[16]使用 GEE 分析小江流域生态环境质量时空格局与演化趋势,杨文府等[17]以环境和气候变化为背景,基于多光谱遥感数据对中国生物多样性进行了监测与评估。随着预测模型、生态系统服务价值、文献计量等研究的融入,生态系统一体化保护和修复的研究变得更加精准化、全面化和智能化。

2.3.2　关键词聚类分析

在关键词共现分析的基础上对关键词进行聚类,以此来进行关键词聚类分析,从而得到该领域的主要研究方向和研究热点。使用 VOSviewer 对 CNKI 和 WOS 数据库的文献绘制关键词聚类标签视图,结果如图 6—7 所示。分析图 6 可知,中文文献中生态系统一体化保护和修复的研究可分为 4 个聚类。红色聚类主要围绕生态理念与生态系统保护展开,其主要关键词为“生态文明”“生态安全格局”“生命共同体”“山水林田湖草沙”等。在生态文明思想引领下,聚焦生态安全格局和生命共同体的构建,强调系统保护规划和一体化保护修复的治理模式。绿色聚类主要围绕生态修复实践与技术展开,其主要关键词为“生态修复”“系统治理”“山水林田湖草”“一体化”等。以流域为研究对象,以山水林田湖草为实践单元开展生态修复的实践工作,并在此过程中强调系统治理和生物多样性保护,融合包括景观设计在内的各种生态修复技术集成,探索一体化保护和修复的实施路径与技术创

新。蓝色聚类主要围绕生态保护与生态价值展开，其主要关键词为“自然保护地”“生态系统服务”“生态保护红线”“整合优化”“可持续发展”等。设立自然保护地和生态保护红线体现对生态系统的保护和管理，通过对生态系统服务、景观规划、城市更新、城乡融合以及国家公园的研究，关联整合优化和高质量发展的目标，以此实现生态保护与经济社会协同并可持续发展的目的，体现出了生态保护管理机制和生态价值的转化。黄色聚类主要围绕多维统一与综合治理展开，其主要关键词为“陆海统筹”“多规合一”等。以陆海统筹、多规合一为治理思路，关联遥感监测、情景模拟等技术手段，对海岸带和流域等进行空间规划和生态重建与治理。从空间统筹、综合施治角度，探索跨区域、多要素的一体化生态保护修复路径。



注：每个聚类中的关键词会按照时间线被排序并罗列出来，关键词节点的直径大小表示关键词出现的频次和影响力，节点的颜色表示不同的年份，节点之间的连线越粗，颜色越深，表示节点之间的影响越大。下同。

图 4 生态系统一体化保护和修复研究领域关键词共现分布时间图谱（CNKI）

Fig.4 Co-occurrence distribution time map of keywords in field of integrated protection and restoration of ecosystems (CNKI)

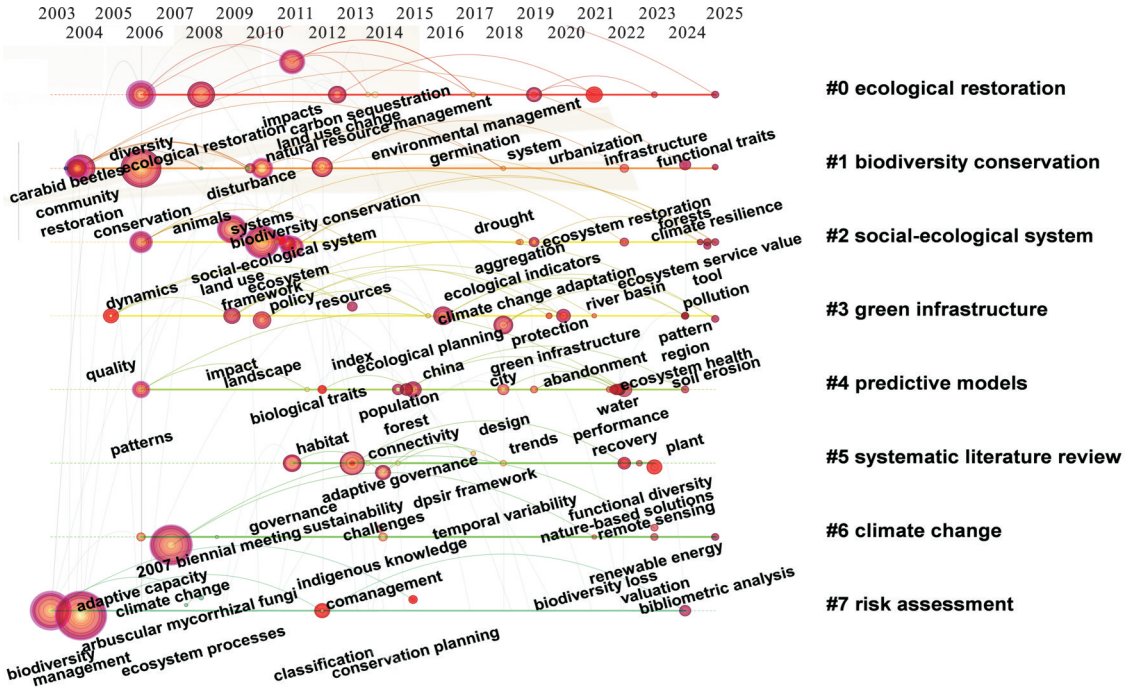
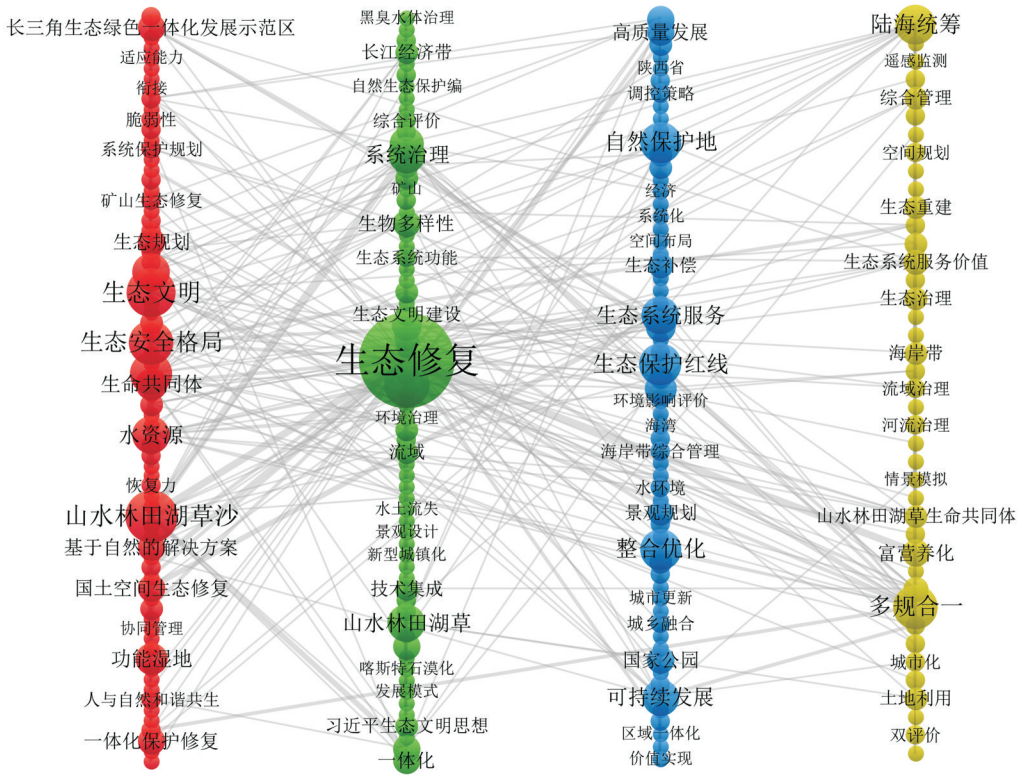


图 5 生态系统一体化保护和修复研究领域关键词共现分布时间图谱（WOS）

Fig.5 Co-occurrence distribution time map of keywords in field of integrated protection and restoration of ecosystems (WOS)



注:图中节点越大,表示关键词出现的次数越多,越能代表领域热点;节点之间的连线越粗,表明这两个关键词共同出现在同一篇文献中的次数越多。下同。

图 6　生态系统一体化保护和修复研究领域关键词聚类标签视图(CNKI)

Fig.6　Keyword clustering label view in field of integrated protection and restoration of ecosystems (CNKI)

分析图 7 可知,英文文献中生态系统一体化保护和修复的研究可分为 5 个聚类。红色聚类主要围绕生态系统特征与生态修复基础展开,其主要关键词为“biodiversity”“restoration”“vegetation”“ecology”等。以生态系统本身的土壤、植被等为研究对象,探索生态系统的质量、稳定性、抗干扰能力等,从生态系统特征出发,探究生态系统保护和修复的基础逻辑与实践路径。绿色聚类主要围绕生态系统管理与生态韧性提升展开,其主要关键词为“management”“sustainability”“framework”“climate change”“resilience”等。重点关注生态系统管理机制的构建和应对气候变化的适应策略,提高生态系统的韧性、适应性和可持续性。蓝色聚类主要围绕生态保护与空间格局演变展开,其主要关键词为“conservation”“dynamics”“landscape”“land use”等。以生态保护为核心,以土地利用变化、景观演变、城市化等关键词为研究对象,探究人类活动对生态系统大尺度空间动态变化与演变的影响。黄色聚类主要围绕生态系统服务与功能优化展开,其主要关键词为“ecosystem services”“trade-offs”“valuation”等。聚焦生态系统服务和生态系统服务功能的权衡与协同,融合景观生态学等相关理论,以河流、湿地、流域等为研究对象,对其生态系统服务功能进行识别和价值量化,通过权衡协同不同的服务目标,探索以生态系统服务优化为导向的生态系统保护和修复路径。紫色聚类主要围绕复杂机制与多尺度关联展开,其主要关键词为“systems”“scale”等。揭示生态保护修复中的系统复杂性,探究受不同尺度影响及资源约束下的生态系统保护和修复逻辑。

在对关键词聚类分析的基础上,根据关键词共现密度视图(图 8—9)直观展现该研究领域的核心热点主题。由图 8—9 可知,中文文献该领域研究的主题比较集中,主要围绕“生态修复”展开,“生态文明”和“生态安全格局”也是权重较高的热点词,“生态修复”与“生态文明建设”和“环境治理”两个关键词的关联强度较高。英文文献对该领域的研究主题则比较分散,其主要可分为以“biodiversity”“ecology”等关键词为代表的生态系统基础的研究、以“resilience”“management”等关键词为代表的管理和韧性提升的研究、以“ecosystem services”为代表的生态系统服务与应用的研究。

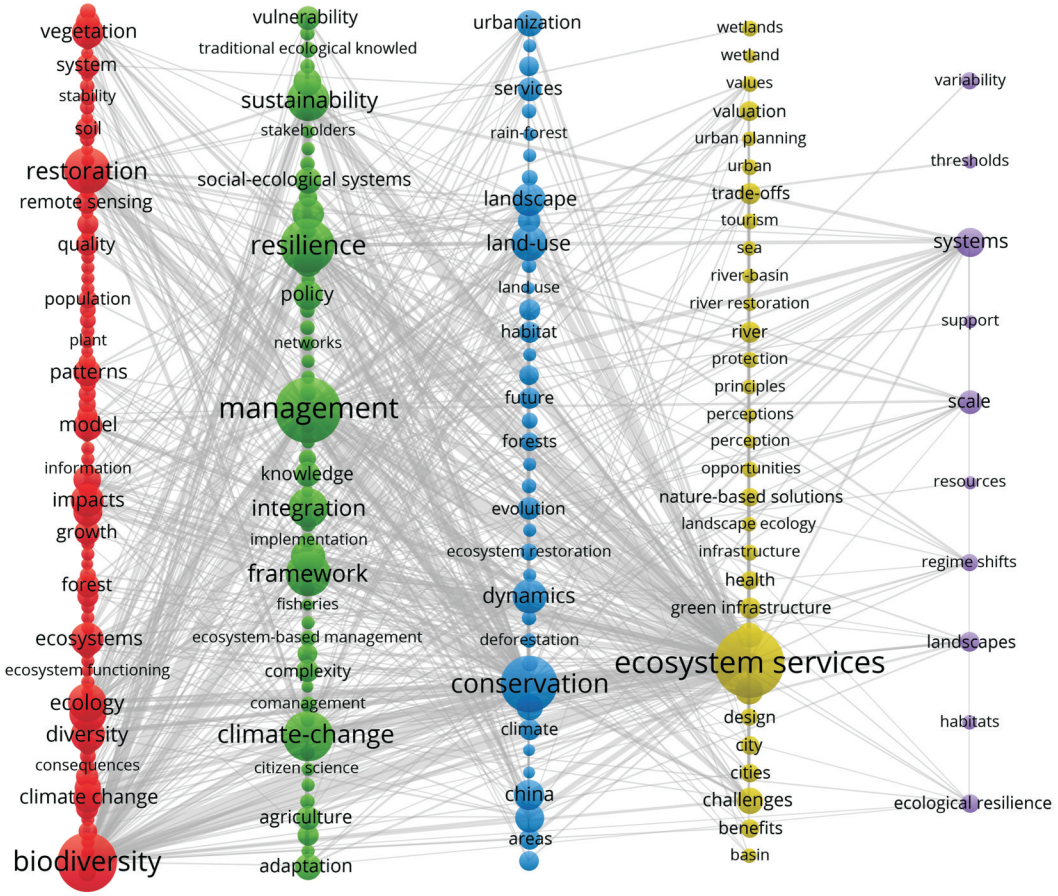
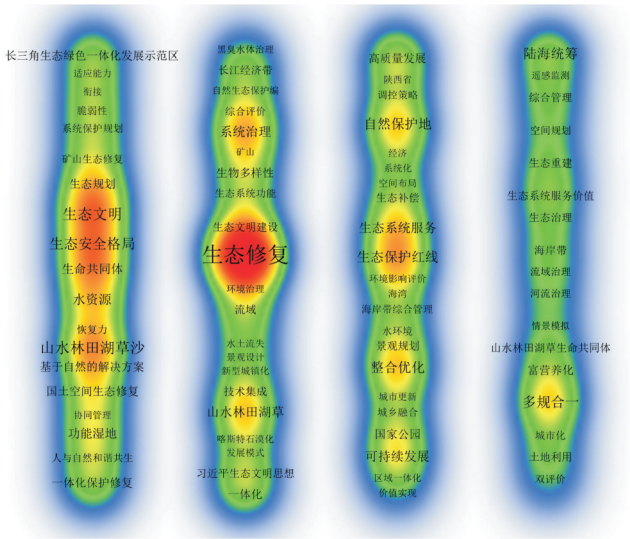


图 7 生态系统一体化保护和修复研究领域关键词聚类标签视图(WOS)

Fig.7 Keyword clustering label view in field of integrated protection and restoration of ecosystems (WOS)



注:越接近红色的区域代表该区域的关键词出现频次极高,或与其他关键词共现频繁,越接近蓝色的区域则与之相反。下同。

图 8 生态系统一体化保护和修复研究领域关键词共现密度视图(CNKI)

Fig.8 Co-occurrence density view of keywords in field of integrated protection and restoration of ecosystems (CNKI)

2.3.3 研究前沿分析

为了更加清晰地了解生态系统一体化保护和修复研究领域的热点和前沿,进一步使用 CiteSpace 的 Bursts(突现词)分析功能分别分析 CNKI 数据库和 WOS 数据库中的文献,并提取该领域研究的前 15 个突现词(如图 10—11 所示)。分析图 10 可知,2015 年之前,中国该领域的研究主要围绕城乡一体化和单一生态系统保护和修复;2015—2020 年“一体化”“多规合一”“山水林田湖草”“整合优化”等关键词的突现,表明中国的生态保护修复从单一向系统发展;2021—2025 年生态系统统筹治理的范围再次扩大,“山水林田湖草沙”和“生态保护修复”成为突现强度最大的关键词,其突现强度分别为 5.45 和 4.85,这表明中国在“生态文明”“生态安全格局”“生命共同体”等国家战略和理念思想的带领下,山水林田湖草沙一体化保护和修复已经成为该阶段的研究热点和前沿。

由图 11 可知,2003—2012 年“adaptive management”为突现强度最大的关键词,其突现强度为 6.39,反映了当时全球各个国家对生态系统管理模式的关注。同时,关于生物多样性保护的研究和生态系统与空间尺度相关联的研究也是该阶段的研究前沿和热点。

2013—2020 年“resilience”和“sustainability”为突现强度最大的两个关键词,表明生态系统应对干扰与自我恢复能力的研究和可持续性发展的目标成为了重点研究对象。“indicators”和“decision making”两个突现词的出现,将研究向生态系统评估和管理决策流程延伸,研究体系进一步完善。2021—2025 年“trade offs”和“services”两个突现词的出现,凸显了生态系统服务以及其功能权衡与协同的研究热度。其他突现词“urbanization”体现了城市化对生态系统冲击的研究需求;“areas”和“classification”强调分区域、分类别进行生态保护与修复;“remote sensing”表明遥感技术为生态系统监测、分类提供精准手段,成为当前及未来该领域研究的前沿。

3　结　论

(1) 中文文献发文量变化可分为 3 个阶段。1999—2012 年发文量较少;2013—2019 年该领域的研究进入探索阶段,发文量迅速增加;2020—2025 年为发展阶段,发文量进一步增加,生态系统一体化保护和修复相关研究在国内得到迅速发展。英文文献发文量远高于中文文献发文量,在 2014 年之前呈缓慢波动增长,2014 年之后则迎来爆发式增长。

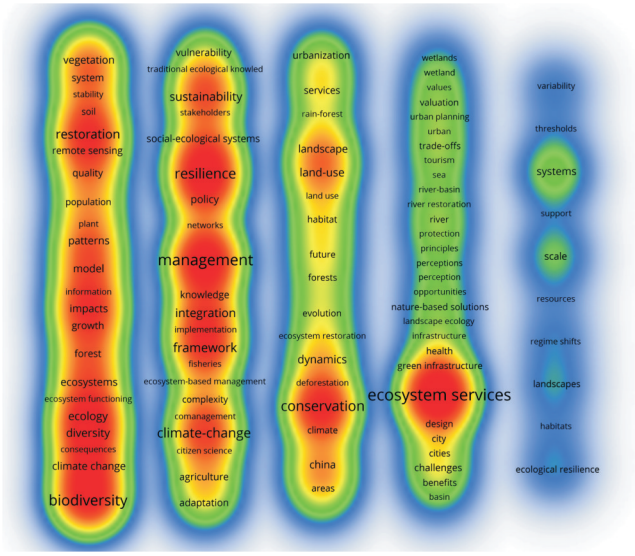


图 9　生态系统一体化保护和修复研究领域关键词共现密度视图(WOS)

Fig.9　Co-occurrence density view of keywords in field of integrated protection and restoration of ecosystems (WOS)

前15位被引突现强度的关键词

关键词	年份	强度	开始年份	结束年份	1999—2025年
城乡一体化	2004	2.60	2004	2012	
生态恢复	2006	1.86	2006	2009	
一体化	2015	2.07	2015	2021	
多规合一	2016	3.65	2016	2018	
生态保护红线	2018	3.00	2018	2020	
山水林田湖草	2019	2.55	2019	2023	
整合优化	2020	3.86	2020	2021	
自然保护地	2020	2.18	2020	2021	
陆海统筹	2021	2.55	2021	2022	
山水林田湖草沙	2022	5.45	2022	2025	
生态文明	2022	3.32	2022	2023	
生态安全格局	2022	2.66	2022	2025	
生命共同体	2022	1.98	2022	2025	
生态保护修复	2023	4.85	2023	2025	
一体化保护修复	2023	2.71	2023	2025	

图 10　生态系统一体化保护和修复研究领域关键词突现图谱(CNKI)

Fig.10　Keyword burst map in field of integrated protection and restoration of ecosystems (CNKI)

(2) 参与该领域研究的科研机构主要集中在中国科学院、昆士兰大学和北京师范大学等高校和研究院,并以中国科学院和中国地质大学土地科学技术学院为代表,与其他高校和研究所之间建立了比较密切的合作关系。中国发文机构在发文量上对该领域的研究做出了巨大贡献,但中国科研机构之间的合作密度与国外科研机构相比较低。

(3) 中文文献对于该领域的研究从单一生态系统的污染防治到系统治理阶段再到生态系统一体化保护和修复不断拓展,研究内容不断丰富和完善。英文文献对该领域的研究从单一生态要素以及对生态系统的研究到社会—生态复合系统的研究再到研究内容多元化发展,该领域的研究变得愈加系统和全面。

(4) 中文文献对于该领域的研究主要集中在生态理念与生态系统保护、生态修复实践与技术、生态保护与生态价值、多维统一与综合治理 4 个聚类,“生态修复”“生态文明”和“生态安全格局”是核心热点;英文文献对于该领域的研究主要集中在生态系统特征与生态修复基础、生态系统管理与生态韧性提升、生态保护与空间格局演变、生态系统服务与功能优化、复杂机制与多尺度关联 5 个聚类,“resilience”“management”“biodiversity”“ecosystem services”是核心热点。

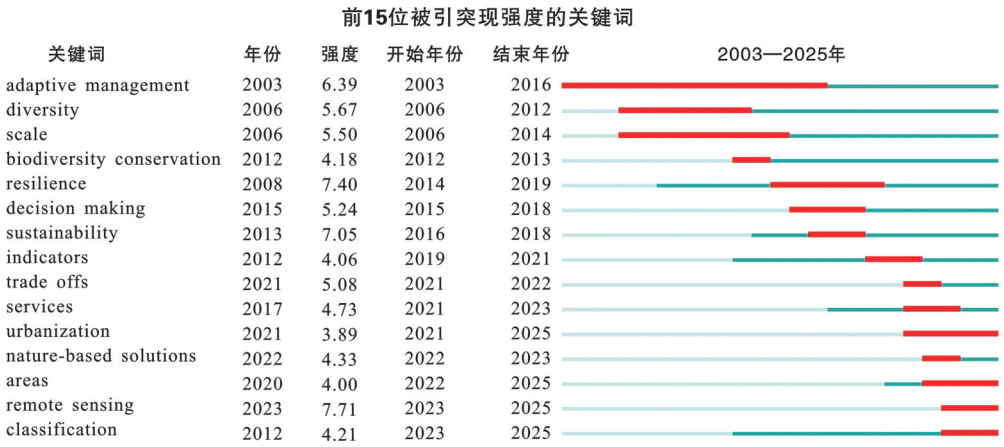


图11 生态系统一体化保护和修复研究领域关键词突现图谱(WOS)

Fig.11 Keyword burst map in field of integrated protection and restoration of ecosystems (WOS)

(5)中文文献该领域研究前沿在2015年之前是城乡一体化和生态恢复;2015—2020年整合优化和系统治理成为重点研究对象;2021—2025年山水林田湖草沙一体化保护和修复成为研究热点和前沿。英文文献该领域研究前沿在2003—2012年为适应性管理和生物多样性保护等;2013—2020年生态系统韧性和可持续发展得到了重视,生态系统评估和管理决策流程也成为了研究热点;2021—2025年围绕生态系统服务和城市化的研究成为该领域的研究前沿,分区分类进行生态保护与修复和遥感监测等技术使该领域的研究更加多元化和全面化。

4 展 望

(1)目前的生态系统一体化保护和修复多围绕自然生态角度展开,在未来的研究中应更加侧重于基于主导功能的分区治理。通过进行生态系统服务功能的权衡与协同分析来确定小流域的主导功能,再根据不同的主导功能和次要功能对小流域进行分区治理[18-21]。在治理的优化设计阶段可融入文化、旅游、农作物生产等元素,修复生态系统的同时修复当地文化,满足社会-经济-生态协同发展的需求[22]。

(2)中国当前在该研究领域的合作网络密度比较疏松,未来的研究需要更多的研究机构建立更加密切的合作关系,加强跨区域合作,促进国内外深入交流合作,加强数据共享与经验互通,从而促进该领域的研究进一步创新和发展。

(3)遥感监测与人工智能等新兴技术作为该领域的研究前沿,未来的研究应更加注重新兴技术的应用和发展为生态系统一体化保护和修复带来的发展机遇与变革。遥感监测技术可对生态系统进行本底调查和胁迫因子识别,了解生态系统的基本信息和动态变化,有助于对生态修复的效果进行监测[23]。人工智能与机器学习技术具有建立生态系统模型、预测生态系统的发展趋势、监测生态系统服务的时空变化等功能,利于识别与构建生态安全格局并优化生态系统一体化生态保护与修复方案[24-27]。

(4)通过研究内容和热点的分析可发现该领域的研究涉及到多个学科的知识,通过跨学科交叉融合研究,有助于打破学科壁垒。未来的研究应充分结合生态学、地质学、环境科学、生物学、工程学等各学科的优势,使研究力量有机融合并构成一个整体,为生态系统一体化保护和修复提供更加全面、科学、有效的解决方案[28]。

参考文献(References)

[1] 管英杰,刘俊国,崔文惠,等.基于文献计量的中国生态修复研究进展[J].生态学报,2022,42(12):5125-5135.
Guan Yingjie, Liu Junguo, Cui Wenhui, et al. Research progress of ecological restoration in China based on bibliometrics [J]. Acta Ecologica Sinica, 2022,42(12):5125-5135.

[2] 李淑娟,郑鑫,隋玉正.国内外生态修复效果评价研究进展[J].生态学报,2021,41(10):4240-4249.
Li Shujuan, Zheng Xin, Sui Yuzheng. Research progress on evaluation of ecological restoration effect at home and abroad [J]. Acta Ecologica Sinica, 2021,41(10):4240-4249.

[3] Aggestam F. Crosswalking the EU nature restoration regulation and the Kunming-Montreal global biodiversity framework: A forest-centred outlook [J]. Sustainability, 2024,16(11):4863.

[4] Pouikli K C. Overview of the implementation of the directive 2004/35/EC on environmental liability with regard to the prevention and remedying of environmental damage at European level [J]. Desalination and Water Treatment, 2016,57(25):11520-11527.

[5] Yoon Y. The impacts and implications of CERCLA on

the soil environmental conservation act of the republic of Korea [J]. Transnational Environmental Law, 2017, 6(1):11-29.

[6] Gnacadja L, Vidal A. How can science help to implement the UN decade on ecosystem restoration 2021—2030? [J]. Philosophical Transactions of the Royal Society B (Biological Sciences), 2023,378(1867):20210066.

[7] 周妍,王金满,陈妍,等.基于自然的山水林田湖草沙一体化保护和修复技术路径探索[J].中国土地科学,2024,38(6):40-49.
Zhou Yan, Wang Jinman, Chen Yan, et al. Technological path exploration for application of nature-based solutions to integrated ecological conservation and restoration project of mountains, rivers, forests, farmland, lakes, grassland and deserts [J]. China Land Science, 2024,38(6):40-49.

[8] 祁闯,陆继来,王国祥,等.太湖流域山水林田湖草一体化保护修复[J].环境监测管理与技术,2024,36(6):1-6.
Qi Chuang, Lu Jilai, Wang Guoxiang, et al. Integrated protection and restoration of mountains, rivers, forests, fields, lakes and grasses in Taihu Lake basin [J]. The Administration and Technique of Environmental Monitoring, 2024,36(6):1-6.

[9] 聂家龙,官冬杰,谢亭亭,等.中国山水林田湖草沙生命共同体健康诊断类型识别及修复路径优化[J].水土保持研究,2025,32(4):418-429.
Nie Jialong, Guan Dongjie, Xie Tingting, et al. Identification of health diagnosis types and restoration pathway optimization for the mountains-rivers-forests-fields-lakes-grasslands-sands life community in China [J]. Research of Soil and Water Conservation, 2025,32(4):418-429.

[10] 李月辉,胡远满,王正文.山水林田湖草沙一体化保护和修复工程与景观生态学[J].应用生态学报,2023,34(1):249-256.
Li Yuehui, Hu Yuanman, Wang Zhengwen. Mountain-water-forest-farmland-lake-grassland-sandland holistic protection and restoration engineering and landscape ecology [J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2023,34(1):249-256.

[11] 潘丹,陈佳,孔凡斌.山水林田湖草保护修复工程对生态系统服务价值及权衡协同关系时空演变的影响:以赣州市为例[J].生态学报,2025,45(10):4758-4773.
Pan Dan, Chen Jia, Kong Fanbin. Impact of mountain-river-forest-cropland-lake-grassland system project on the spatial-temporal evolution of ecosystem service values and trade-off synergistic relationships: A case study of Ganzhou City [J]. Acta Ecologica Sinica, 2025,45(10):4758-4773.

[12] 张杨,杨洋,江平,等.山水林田湖草生命共同体的科学认知、路径及制度体系保障[J].自然资源学报,2022,37(11):3005-3018.
Zhang Yang, Yang Yang, Jiang Ping, et al. Scientific cognition, path and governance system guarantee of the life community of mountains, rivers, forests, fields, lakes and grasses [J]. Journal of Natural Resources, 2022,37(11):3005-3018.

[13] 周妍,苏香燕,应凌霄,等."双碳"目标下山水林田湖草沙一体化保护和修复工程优先区与技术策略研究[J].生态学报,2023,43(9):3371-3383.
Zhou Yan, Su Xiangyan, Ying Lingxiao, et al. Research of priority areas and technical strategies of the integrated protection and restoration projects for full-array ecosystems with carbon peak and carbon neutrality goals in China [J]. Acta Ecologica Sinica, 2023,43(9):3371-3383.

[14] 濮培民,李正魁,成小英,等.优化湖泊流域水环境的对策与关键技术:从物质循环及平衡观点看[J].生态学报,2009,29(9):5088-5097.
Pu Peimin, Li Zhengkui, Cheng Xiaoying, et al. Key technology & strategy for optimizing water environments in lake catchments from point of view of substance circulation and balance [J]. Acta Ecologica Sinica, 2009,29(9):5088-5097.

[15] Li Yanxia, Xiong Lihu, Zhu Wenjia. A carbon cycle model for the social-ecological process in coastal wetland: A case study on Gouqi Island, east China [J]. Scientifica, 2017,2017:5194970.

[16] 宗慧琳,张晓伦,袁希平,等.利用GEE进行1990—2022年小江流域生态环境质量时空格局与演变趋势分析[J].环境科学,2024,45(7):4122-4136.
Zong Huilin, Zhang Xiaolun, Yuan Xiping, et al. Xiaojiang river basin ecological environmental quality spatio-temporal pattern and evolutionary trend analysis using GEE from 1990 to 2022 [J]. Environmental Science, 2024,45(7):4122-4136.

[17] 杨文府,刘珺,汪雯雯,等.基于多光谱遥感数据的生物多样性监测与评估[J].光谱学与光谱分析,2023,43(4):1282-1290.
Yang Wenfu, Liu Jun, Wang Wenwen, et al. Monitoring and assessing of biodiversity in China based on multi-spectral remote sensing data [J]. Spectroscopy and Spectral Analysis, 2023,43(4):1282-1290.

[18] 刘晔,张守红,李华林,等.中国生态清洁小流域综合治理研究进展[J].生态学报,2025,45(5):2042-2057.
Liu Ye, Zhang Shouhong, Li Hualin, et al. Eco-environment friendly small watershed: A literature review [J]. Acta Ecologica Sinica, 2025,45(5):2042-2057.

[19] 王舒民,刘招,管子隆,等.油坊沟流域典型生态系统服

务权衡与协同关系研究[J].水利水电技术,2025,56(5):71-85.
Wang Shumin, Liu Zhao, Guan Zilong, et al. Study on the trade-offs and synergistic relationships of typical ecosystem services in the Youfanggou watershed [J]. Water Resources and Hydropower Engineering, 2025, 56(5):71-85.

[20] 李玲,王震,王克勤,等.西南高山峡谷区生态系统服务评估及多情景模拟[J].浙江农林大学学报,2025,42(4):813-824.
Li Ling, Wang Zhen, Wang Keqin, et al. Ecosystem service assessment and multi-scenario simulation in southwest alpine canyon region [J]. Journal of Zhejiang A&F University, 2025,42(4):813-824.

[21] 董元亮,孙莹莹,潘琤琤,等.基于景观特征和生态系统服务的滁州市乡村景观区划研究[J].浙江农林大学学报,2025,42(6):1285-1295.
Dong Yuanliang, Sun Yingying, Pan Chengcheng, et al. Research on rural landscape zoning in Chuzhou City based on landscape characteristics and ecosystem services [J]. Journal of Zhejiang A&F University, 2025, 42(6):1285-1295.

[22] 谭露,郑伊铃,张嫱,等.基于生态-生产-生活协同的小流域分类方法与实证[J].中国水土保持科学,2024,22(6):183-192.
Tan Lu, Zheng Yiling, Zhang Qiang, et al. Classification of small watershed based on ecology-production-living: Method and empirical study [J]. Science of Soil and Water Conservation, 2024,22(6):183-192.

[23] 林丹阳,黄华国,杨海涛,等.基于多源遥感的植被修复成效监测:以北京市矿山修复区为例[J].遥感技术与应用,2025,40(2):429-441.
Lin Danyang, Huang Huaguo, Yang Haitao, et al. Monitoring of vegetation restoration effectiveness based on multiple-source remote sensing: A case study of Beijing's Mine restoration areas [J]. Remote Sensing Technology and Application, 2025,40(2):429-441.

[24] Han Huiqing, Yuan Xiaosong, Zhang Yingjia, et al. Application of artificial intelligence in ecosystem services research: Current status, challenges, and prospects [J]. Contemporary Problems of Ecology, 2025,18(4):589-602.

[25] Mao Zhengjun, Yu Haiyong, Liang Wei, et al. Dynamic monitoring of ecological restoration of abandoned mines based on GF-2 remote sensing images: Take Dawukou ditch of Helan Mountain as an example [J]. Ecological Engineering, 2024,207:107304.

[26] Wang Jie, Bai Yang, Huang Zhongde, et al. Identifying ecological security patterns to prioritize conservation and restoration: A case study in Xishuangbanna tropical region, China [J]. Journal of Cleaner Production, 2024,444:141222.

[27] Gao Fengjie, Yang Wei, Zhang Si, et al. An integrated approach to constructing ecological security pattern in an urbanization and agricultural intensification area in northeast China [J]. Land, 2023,12(2):330.

[28] 易行,白彩全,梁龙武,等.国土生态修复研究的演进脉络与前沿进展[J].自然资源学报,2020,35(1):37-52.
Yi Xing, Bai Caiquan, Liang Longwu, et al. The evolution and frontier development of land ecological restoration research [J]. Journal of Natural Resources, 2020, 35(1):37-52.

(上接第341页)

[25] 杨雪婷,许小君,陈希勇,等.基于县域尺度四川省五大经济区高质量发展水平空间格局与分异[J].西南大学学报(自然科学版),2021,43(8):105-115.
Yang Xueting, Xu Xiaojun, Chen Xiyong, et al. Spatial pattern and differentiation of high-quality development of five major economic zones in Sichuan Province on the county scale [J]. Journal of Southwest University (Natural Science), 2021,43(8):105-115.

[26] 张雄一,邵全琴,宁佳,等.长江上游地区生态恢复程度及植被恢复潜力空间差异分析[J].地理研究,2023,42(7):1904-1920.
Zhang Xiongyi, Shao Quanqin, Ning Jia, et al. Spatial difference analysis of ecological restoration degree and vegetation restoration potential in the upper reaches of the Yangtze River [J]. Geographical Research, 2023,42(7):1904-1920.

[27] Feng Xiaoming, Fu Bojie, Piao Shilong, et al. Revegetation in China's Loess Plateau is approaching sustainable water resource limits [J]. Nature Climate Change, 2016,6(11):1019-1022.