



DOI: 10.20103/j.stxb.202305100978

王清荣, 李阳兵, 赵雯欣, 汪荣, 晏诗杰, 夏春华, 邵景安. 近 30 年来三峡库区土地利用与生态环境效应研究热点演变及展望——基于 Citespace 的文献可视化分析. 生态学报, 2024, 44(5): 2159-2172.

近 30 年来三峡库区土地利用与生态环境效应研究热点演变及展望

——基于 Citespace 的文献可视化分析

王清荣¹, 李阳兵^{1,2,*}, 赵雯欣¹, 汪荣¹, 晏诗杰¹, 夏春华¹, 邵景安^{1,2}

1 重庆师范大学地理与旅游学院, 重庆 401331

2 三峡库区地表过程与环境遥感重庆市重点实验室, 重庆 401331

摘要: 三峡库区作为三峡工程建设后形成的独特地理单元, 梳理探讨其土地利用与生态环境效应已有研究成果, 对于库区土地利用、生态可持续发展具有重要意义。基于 Citespace 软件及传统文献归纳方法对文献总体特征、热点演变、主要内容、存在问题与不足等分析发现: (1) 土地利用与生态环境效应相关的中英文发文量持续增长, 领域影响力增强, 研究具有多学科、交叉性等特点; (2) 研究经历了 1990—2005、2006—2014、2015—2022 年三个时段的演变: 一阶段重点关注土地整理、土地生态保护等问题; 二阶段重点关注消落带、土地利用变化的地形梯度效应等问题; 三阶段重点关注景观格局变化的社会-经济生态耦合、生态系统服务等问题, 与库区发展及区域政策相吻合; (3) 库首、库腹、库尾关注的主要内容有所差异: 库首研究以生态风险评价及生态系统服务为主; 库腹侧重对坡耕地变化的社会生态经济耦合研究; 库尾因建设用地较多, 在土地整治及区域规划背景下进行研究; (4) 土地利用变化从注重单一要素转向多要素、多功能研究, 驱动因子研究从定性分析转向定性与定量相结合分析; 退耕还林等生态政策实施以来区域生态系统服务总体呈上升趋势、生态风险指数明显下降; 土地利用的生态环境效应研究内容更加多元化; (5) 当下的研究面临着数据、方法、指标体系构建等问题, 未来需要从理论构建、方法创新、实践应用等多方面进行探索。

关键词: 三峡库区; 土地利用; 生态环境; Citespace; 热点演变

土地利用是指人类根据土地的特点和一定的社会经济目的为前提, 通过一系列生物和技术手段对土地进行开发和利用^[1]。土地系统是土地覆被、土地利用、生态系统三部分构成的, 是地球表层基本的组成部分^[2]。人类活动通过不同的土地利用策略, 使土地利用方式、土地利用结构、土地利用过程等发生改变, 从而对其周围生态环境产生相应影响, 这也是全球土地利用/覆被关注的重点内容^[3]。水库作为集水源、土地、生物等一系列要素在内的地区, 不合理的土地利用将会引起一系列的水土环境问题, 因此水库土地利用与生态环境也一直是全球的重点关注问题^[4]。不同水库区域研究意义和内容有所不同, 在干旱区, 水作为稀缺资源, 其对区域经济发展、资源开发具有重要意义, 侧重库区气候变化、水土安全等研究^[5]; 生态脆弱库区往往是集山地丘陵区、农业区为一体的区域, 其对区域生态调节具有重要意义, 侧重探讨库区土地利用与生态环境变化等^[6-7]。三峡库区是集山区、农业区、移民安置区、水库区域为一体的典型生态脆弱区, 其承载了供水、发电、防洪、生物多样性保护、航运、旅游等多种功能, 对于维持区域生态稳定性和社会经济的可持续发展具有重要

基金项目: 国家社会科学基金重大项目(20 ZD096)

收稿日期: 2023-05-10; 网络出版日期: 2023-12-11

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: li-yapin@sohu.com

意义,使得该区域成为土地利用与生态环境研究热点区域^[8-9]。

三峡水库从建设到目前已有 30 多年,随着人类活动的增强以及社会经济发展,三峡库区土地利用与生态环境发生了巨大变化。学者们对于三峡库区土地利用的研究关注点也在不断的变化和调整,因此有必要梳理土地利用与生态环境研究成果。已有相关研究成果中,有代表性综述多利用传统的综述写作手法,梳理归纳库区研究进展,未引入文献计量的方法进行归纳^[10-12];利用文献计量方法梳理,梳理库区土地利用与生态环境研究进展,则未引入知识图谱分析^[13-14]。这些综述研究对于推动三峡库区土地利用与生态环境效应研究的积极效应是显而易见的。但总体来看,利用文献计量图谱分析方法,分不同区域系统性分析三峡库区土地利用与生态环境效应的基本内容和问题,并展望未来发展趋势的研究综述较少,这不利于三峡库区土地利用与生态环境效应研究的进一步深入和发展。

基于此,本文利用 Citespace 软件对 1990—2022 年三峡库区土地利用与生态环境效应相关文献进行分析,并梳理其重要研究进展,追踪该领域的研究热点和研究前沿,厘清不同时期研究热点以及热点之间的网络关系,这有助于研究者们更好的把握该领域的动态变化和发展趋势。同时为解决三峡库区土地利用优化、生态系统服务功能协调与权衡、土地资源可持续利用等提供参考,因此具有重要的学术意义和实际价值。

1 三峡库区概况

三峡库区(28°56′—31°44′N,106°16′—111°28′E)位于长江中上游(图 1),包含江津、沙坪坝、南岸、石柱、奉节、万州、巫溪、宜昌、巴东等渝鄂 26 个区县,辖区面积约 5.8 万 km²。三峡库区西邻四川盆地,东邻江汉平原,南邻鄂西武陵山脉,库区地形起伏大且较为复杂。三峡库区属于亚热带季风气候,年均温 15—17℃,夏季高温多雨湿润,冬季较为干燥,年降雨量 1000—1800mm,水热条件较好。库区自然灾害频发,水土流失严重,是我国典型的生态脆弱区。三峡工程建设对库区土地资源优化配置、土地资源可持续利用、土地利用胁迫、景观生态格局、农业乡村发展等扰动明显,相关内容研究成果逐渐增多,因此有必要梳理三峡库区土地利用与生态环境效应研究内容,以期库区土地管理优化、生态功能管理分区发展提供借鉴和参考。

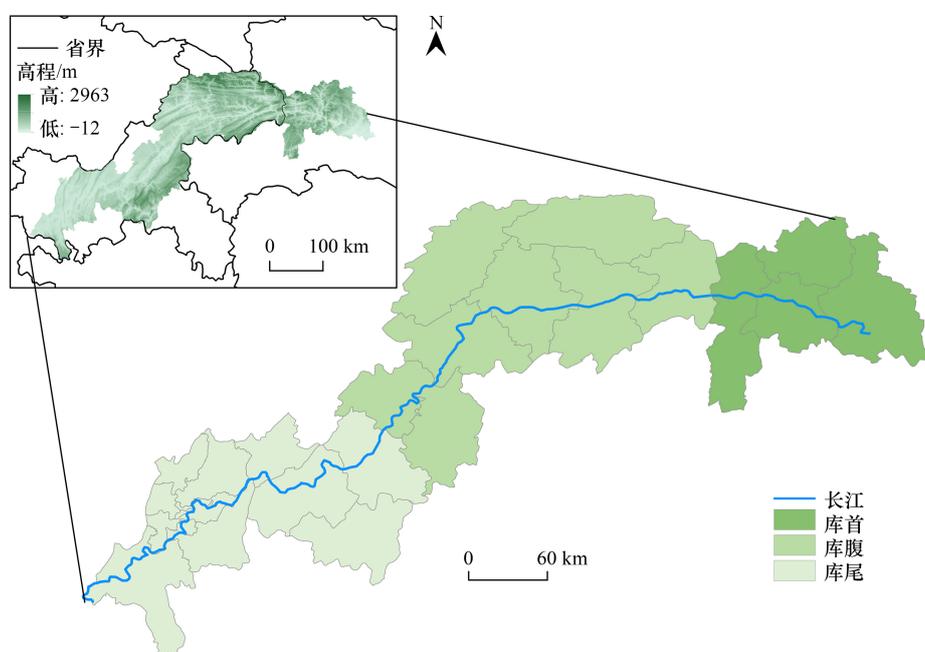


图 1 研究区概况图

Fig.1 Overview of the study area

2 研究方法、数据来源及文献总体特征

2.1 研究方法

当下,可用于定量文献分析的软件很多,如 Citespace、VOSviewer、HistCite 等,本文选取常用的 Citesapce 软件作为本研究主要的分析工具^[15-18]。Citespace 是美国德雷塞尔大学陈超美教授开发的一款文献分析软件,基本原理是分析信息知识单元的相似性和量度,通过选择不同的元素绘制不同的知识图谱,用于检测和可视化学科的演化路径、发展前沿和研究热点^[19]。本文利用 Citespace 关键词共现、关键词突现等功能,制作知识图谱,探讨三峡库区研究热点的演变及发展前沿。

2.2 数据来源

本文以中国知网(CNKI)以及 SCI 引文索引(WOS)作为样本数据源。首先在 CNKI 中通过高级检索功能,仅以 CNKI 中 SCI、EI、北大核心、中文社会科学引文索引(CSSCI)中国科学引文数据库(CSSCD)期刊为检索目标,通过检索设置发现,以“土地利用”作为检索词可以涵盖较多相关的研究数据,“土地利用*生态”为本文研究主题作为补充,可以得到更全面的数据样本,因此在 CNKI 检索条件设置主题或篇名为含有“三峡库区*土地利用或者三峡库区*土地利用与生态”(宜昌、兴山、巴东、秭归、巫山、巫溪、奉节、云阳、开州、万州、忠县、石柱、丰都、武隆、涪陵、长寿、江津、渝北、巴南区、沙坪坝、大渡口、九龙坡、渝中、南岸、江北、北碚)*土地利用或者土地利用与生态”作为检索词,时间范围设置为 1990—2022 年。选择 WOS 核心合集,引文索引选择 SCI 和 SSCI 作为检索目标,WOS 中设置的检索条件为“TS=(Three gorges reservoir、Yichang、Xingshan、Badong、Zigui、Wushan、Wuxi、Fengjie、Yunyang、Kaizhou、Wanzhou、Zhongxian、Shizhu、Fengdu、Wulong、Fuling、Changshou、Jiangjin、Yubei、Banan、Shapingba、Dadukou、Jiulongpo、Yuzhong、Nanan、Jiangbei、Beibei) TS=(land use)或 TS=(land use and ecology)”,设置时间范围为 1990—2022 年。CNKI 和 WOS 检索分别得到 852 篇和 396 篇,“通过手动剔除的方式,将无作者、无机构以及完全与本研究无关的研究文献剔除,如完全研究地质灾害、土壤变化等文章,利用 Citespace 除重最后得到符合条件的文章分别为 532 篇和 117 篇,文章检索时间均为 2023 年 1 月。分别将 CNKI 和 WOS 数据导出到电脑,通过在计量软件中建立新的工程文件对文献数据进行计量分析(图 2)。

2.3 文献总体特征

从 CNKI、WOS 年度发文量以及主要发文期刊看(图 3、表 1),1990—2022 年三峡库区土地利用与生态环境效应相关研究发文量呈稳步增长的趋势,受关注度在不断增强。从中英文发文增长时间可以看出,早期中文研究更多,后期英文研究正在逐渐赶超中文,表明三峡库区土地利用与生态环境效应在国内研究上更加成熟,而到后期研究在国际上的影响力正在逐渐增强。从相关的发文期刊来看,国内发文期刊主要是《水土保持研究》《长江流域与资源环境》等;国外发文期刊主要是 SCIENCE OF THE TOTAL ENVIRONMENT、

表 1 中英文三峡库区土地利用与生态环境效应发文期刊及发文量

Table 1 Chinese and English Three Gorges Reservoir Area Land Use and Ecological Environment Effects published periodicals and publications

中文发文期刊 Chinese published journals	论文数量 Number of papers	影响因子 Impact factor	英文发文期刊 Journal published in English	论文数量 Number of papers	影响因子 Impact factor
《水土保持研究》	51	3.8	SCIENCE OF THE TOTAL ENVIRONMENT	9	10.7
《长江流域资源与环境》	42	4.4	ENVIRONMENTAL SCIENCE AND POLLUTION RESEARCH	8	5.1
《西南师范大学学报(自然科学版)》	33	1.3	JOURNAL OF MOUNTAIN SCIENCE	7	2.1
《西南大学学报(自然科学版)》	29	1.9	ECOLOGICAL INDICATORS	6	6.3
《安徽农业科学》	29	0.8	SUSTAINABILITY	6	3.9

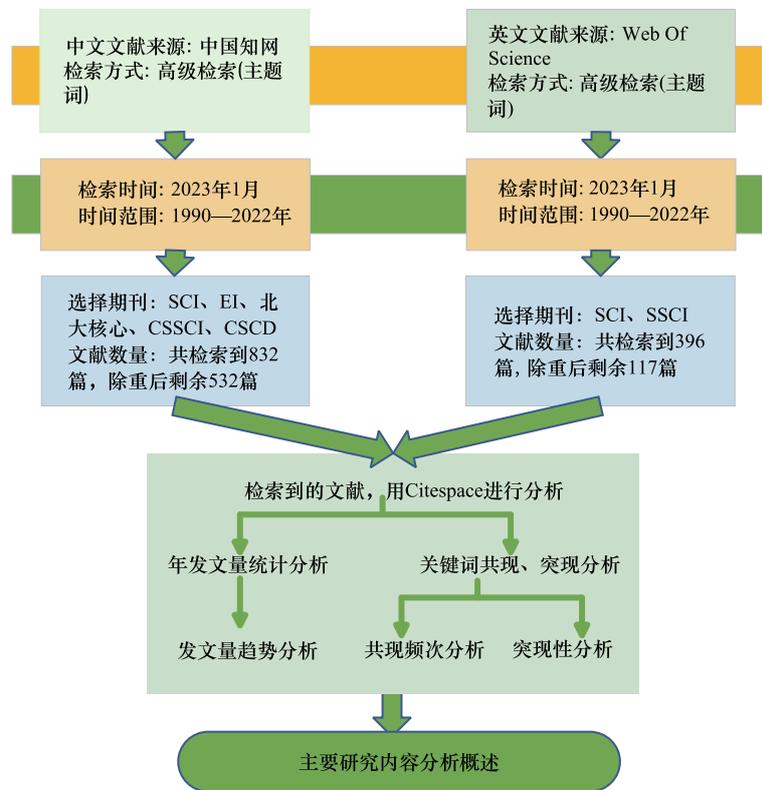


图 2 数据获取与技术方法处理图

Fig.2 Data acquisition and technical method processing figure

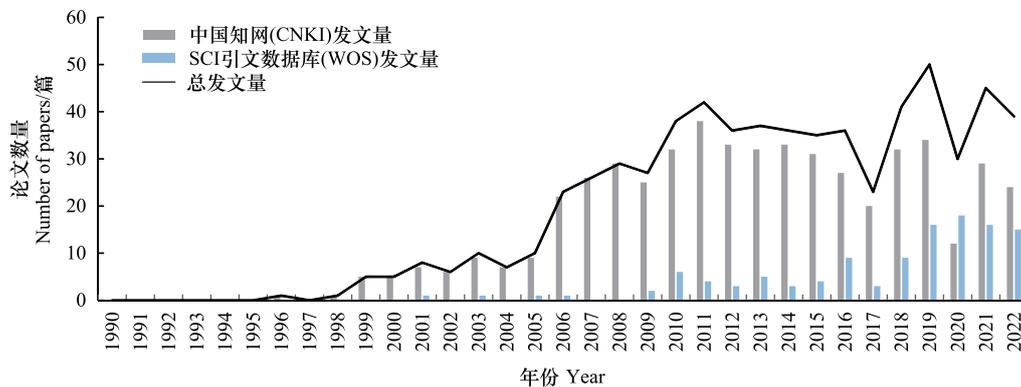


图 3 土地利用与生态环境效应发文数量特征

Fig.3 Quantitative characteristics of land use and ecological environment effects

ENVIRONMENTAL SCIENCE AND POLLUTION RESEARCH 等,可以看出中文发文虽多,但发文期刊影响因子较弱,发文质量有待提高。通过刊文期刊可以看出,国内外研究成果集中在环境科学、地理学、农学等学科,由此可以看出三峡库区土地利用与生态环境效应的研究是一个多学科、交叉性、学术性的研究领域,具有环境科学、地理学等学科特点。

3 三峡库区土地利用与生态环境研究前沿与热点演进分析

3.1 研究热点共现性分析

利用 Citespace 分析中英文三峡库区土地利用与生态环境效应关键词聚类及时序演变图谱(图 4、图 5),

年中英文关键词数量增加,研究内容更加丰富,消落带、坡耕地、生物多样性等受到关注;2014年之后,中文关键词数量趋于平缓且较前一阶段有所减少,英文关键词呈爆发增长趋势,研究热点词侧重于协调发展、撂荒地、生态系统服务等。

综上所述,随着库区发展需求的变化,学者们对于三峡库区土地利用与生态环境效应的研究目标和内容不断深化。早期研究内容较为单一,集中在土地整理、土地利用结构(数量)变化、水土流失等空间上的单一尺度变化研究;随着研究的深入,研究内容逐渐丰富且关注点更加多元化,侧重时间与空间相结合的土地利用、生态系统服务等研究,从而为三峡库区土地利用与生态环境的可持续发展提出更具科学的建议。

3.2 研究热点与发展趋势分析

热点词突现性反映研究热点和发展趋势^[19]。图6展示了中英文突现词的前25位,从图中可以看出突现性较强的关键词有驱动力、时空变化、ecosystem service、resettlement等。其中“驱动力”在中文突现词中突现性最强,表明对三峡库区土地利用变化驱动力的研究是重点内容。而“ecosystem service”作为英文突现词突现性最强的关键词,则表明在国际上生态系统服务是三峡库区土地利用与生态环境效应的重点研究内容。从中文突现时间序列来看,2006年之前出现的突现词是土地资源、水土流失、土地整理、驱动力,2006—2014年出现的突现词有遥感监测、地形梯度、土壤养分、影响因素;2014年之后的突现词为时空变化、时空演变、地形、分布指数、生境质量、时空格局。从突现词出现的时间节点来看,三峡库区土地利用与生态环境效应的研究是紧跟库区政策与发展需求契合的。从突现词影响时期来看,2016年以后出现的突现词时空变化、地形、时空演变、分布指数、时空格局、生境质量等,突现时长一直延续到2022年,表明三峡库区土地利用的时空变化、生境质量等是未来重点研究内容。英文突现出现时间都较晚,研究趋势基本和中文研究保持一致。从整个突现词变化中可以看出,国际上始终关注三峡库区土地利用与生态环境效应更多的是工程建设后移民带来的土地生态问题、山区土地、生态系统服务等,而对于三峡库区土地利用优化、土地利用驱动转型的研究内容较少。

3.3 三峡库区不同区域的主要研究内容分析

三峡库区是集山区、生境敏感区和移民区为一体的独特地理单元,是许多学者关注的研究热点区,已有研究内容较为丰富、研究区域尺度较为多样。分区域来看,以秭归为核心区域的湖北段库首地区土地利用与生态环境效应相关研究相对较少,研究内容重点关注生态环境质量评估及生态系统服务。早期在研究内容上重点关注生态系统服务价值的测算,后期逐渐转向生态系统服务时空变化以及权衡与协同、生态系统服务驱动因素等。如利用连续型分布式参数模型(AnnAGNPS)对秭归县径流、土壤侵蚀及养分流失等生态系统服务价值进行测算^[20];对秭归县生态环境质量进行综合评价,研究表明秭归县生态环境质量转优转良增多,生态环境质量逐渐趋好^[21];运用K-means聚类分析等方法,分析三峡库区生态系统服务簇及社会驱动因素^[22];采用生产可能性边界方法探讨秭归县生态系统服务权衡^[23]。

以万州区、巫山县、巫溪县、奉节县等为代表的库腹地区,作为三峡库区的核心区域,已有研究成果颇丰,研究内容较为全面,如对土地利用格局演变、生态风险评价、生态系统服务等内容进行研究,但主要侧重对坡耕地进行研究。早期主要关注单一耕地的利用方式及结构变化,中期逐渐向坡耕地动态变化及驱动力研究转变,后期则逐渐关注到坡耕地多功能评价;研究目标则从坡耕地保护转向坡耕地集约优化。总体来说,已有研究形成了两大突出特点,一是针对库腹坡耕地研究内容更加精细化,研究目的也更加趋向于可持续性坡耕地内容研究;二是强调坡耕地的社会-生态-经济效益及其耦合作用。

以沙坪坝区、江津区、巴南区等为代表的库尾地区,主要是在土地整治及区域规划背景下进行研究。库尾区是市区集中地,聚集了大部分城市,是社会经济发展的重点地区。研究内容从早期关注特大城市城乡结合研究、建设用地扩展、城市土地利用效益等逐渐转向土地整治与经济耦合研究、城市扩张的生态环境效应、城市绿地固碳效益等内容;研究目标从早期的注重经济发展转向社会-经济-生态协同发展^[24]。

消落带是三峡库区陆地和水域之间的生态过渡带和缓冲带,是库区运行过程中形成的特殊部分^[25]。库

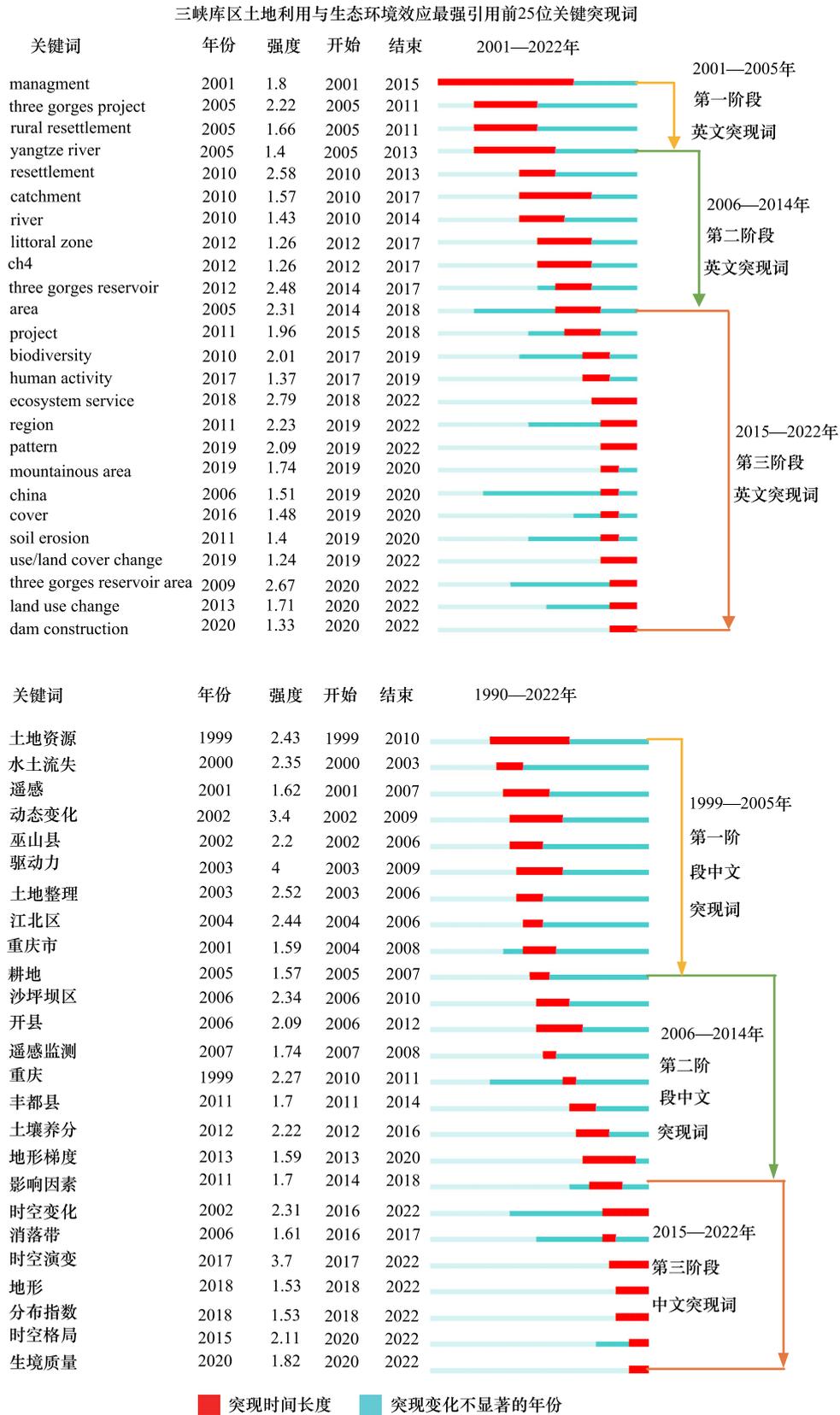


图 6 三峡库区土地利用与生态环境效应研究突现词

Fig.6 Emerging words in the study of land use and ecological environment effects in the Three Gorges Reservoir Area
上图是 2001—2022 英文突现词,下图是 1990—2022 中文突现词

区消落带面积达到了 340km²,消落带土壤肥沃,水源条件好,具有很好的开发利用价值,因此受到了学者们的广泛关注。其研究热点随三峡水库蓄水线变化呈现出不同特征,早期聚焦在水土流失综合整治、土地资源整治成效、水岸稳定性等;2005 年实现二期蓄水后,研究转向健康评价、优化利用等方面;2010 年实现三期蓄水后消落带研究热点开始转向植物筛选、动态分析、土壤环境、有机质等,重点关注消落带环境变化;而近年来则转变为景观基质、外来植物、尺度效应等研究热点词^[26-32]。

4 三峡库区土地利用与生态环境重要研究进展

通过梳理三峡库区土地利用与生态环境效应近 30 多年研究成果,将三峡库区土地利用与生态环境效应分为土地利用时空格局演变及其驱动力、生态环境评价及生态系统服务以及土地利用环境效应三方面主要研究内容,根据已检索到的文献梳理相关研究进展如图 7。

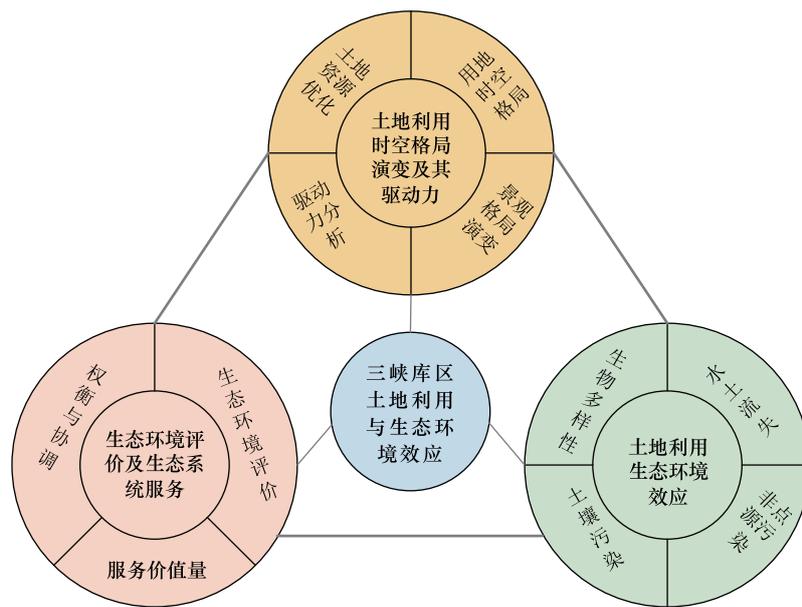


图 7 三峡库区土地利用与生态环境效应主要研究内容

Fig.7 The main research content of land use and ecological environment effects in the Three Gorges reservoir area

4.1 土地利用时空格局演变及其驱动力

三峡工程建设以来,库区人地活动频繁,研究内容从前期土地资源配置与调控、景观生态评价向后期土地利用与农户生计、土地利用功能、景观格局转型等转变,目标均为实现库区土地资源可持续利用^[33-37]。研究方法包括主成分分析法、层次分析法、地理探测器、多元回归模型、聚类分析法、(MCE)多标准评估模型、马尔可夫模型(Ca-Markov)等^[38-41];研究区域更多的针对库首、库腹的消落区、山坡区^[42-44];研究数据逐渐精细化,从早期地图、野外踏勘调查数据转向谷歌地球高分辨率遥感影像、耕地质量等级评估数据、Land sat 高分辨率影像数据、DEM 数字高程数据等^[45-49]。

三峡库区建设发展时期的土地利用类型经历了一系列演变(图 8)。1990—2020 年库区耕地、草地面积等总体呈减少趋势,林地、建设用地、水域面积总体呈增加趋势,但用地格局仍然以耕地和林地为主^[50]。1994 年三峡工程建设,大量耕地、林地、草地等向建设用地、水域转移。1998 年国务院提出长江上游实施退耕还林保护工程,对库区森林保护起到了一定作用,林地面积呈增加趋势。2000 年库区提出实施粮食绿色工程,在库区有限耕地资源的基础上,开始探索土地资源优化配置,以实现集约利用。2003—2010 年三峡工程蓄水完成三个阶段,最终达到 175m,同时移民安置工程完成第四阶段。水库蓄水、移民安置使库区 2000—2010 年期间用地格局继续发生改变,耕地面积减少和林地面积增加较为突出,而建设用地、水域等也呈不断增加的趋

势。除此以外,由于库区土地资源以山坡地为主,水土流失多发,一方面为减少坡度较大地区的水土流失,另一方面为提升农户生计水平,在坡度较大的山坡区实行退耕还林、山坡耕地转园地的用地结构调整。后期随着经济社会发展的需要,建设用地在不断扩张,其转入来源主要是耕地。同时在 2012 年,党的十八大指出加强生态产品产出价值,2017 年党的十九大报告也指出,加强生态保护修复,提高森林覆盖率,因此林地面积不断增加,转入来源为耕地、未利用地等。

总体来说,随着三峡库区土地利用格局研究的深入,更加趋向以系统思维导向来探讨土地利用格局演变。研究内容从单一的关注用地结构、方式、强度等单一指标要素转向要素组合、功能效率等复合指标,更加强调生态-社会-经济之间的交互影响及其耦合作用^[51];研究区域更加精细化和重点化,对特定区域尺度进行深入分析;引入更多模型方法进行验证。

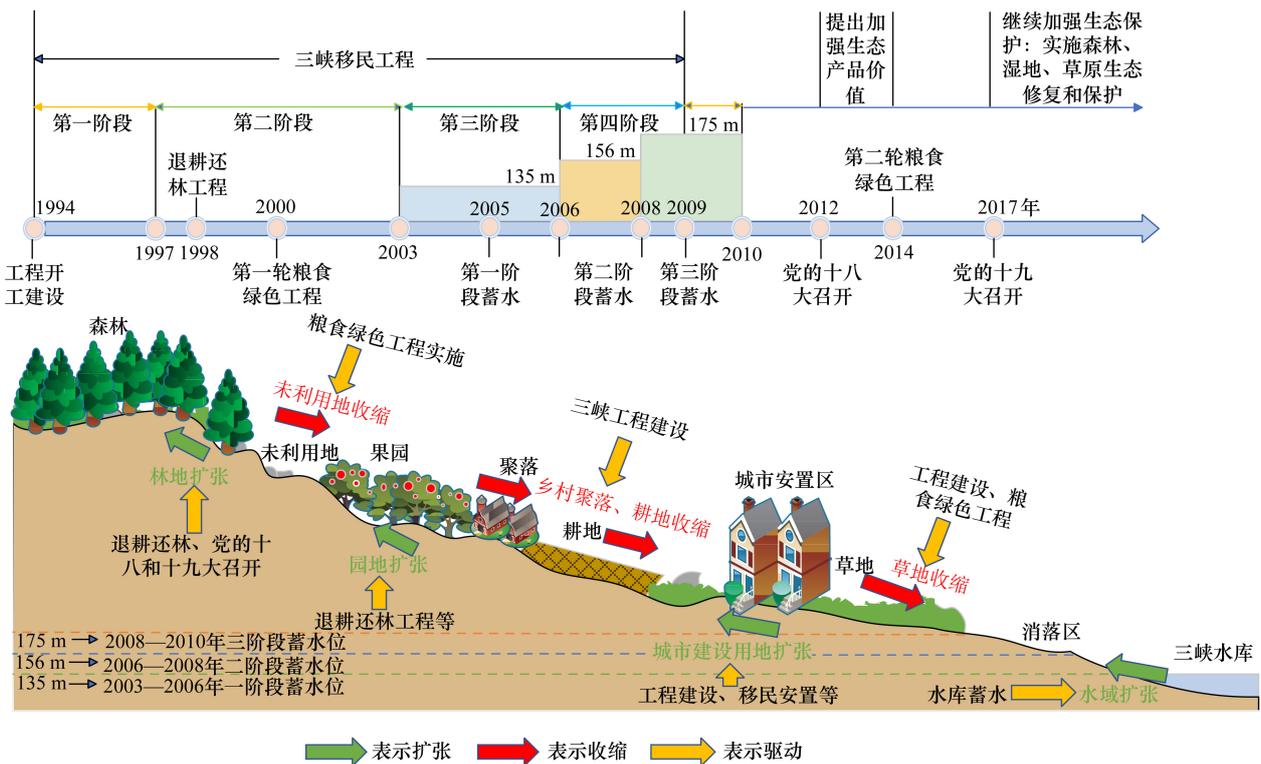


图 8 近 30 年三峡库区土地利用格局演变过程

Fig.8 The evolution of land use pattern in the Three Gorges reservoir area in the past 30 years

土地利用变化影响机制的研究也是一个重要的内容,研究方法主要分为两大类,定性法和定量法。定性法包括从社会经济统计数据、政策文本等为基本因素进行宏观探讨;定量法主要有主成分分析法、路径分析原理、多元回归分析法、地理探测器等^[36,48,52-54]。对库区土地利用驱动机制进行分析,突出对耕地驱动力、土地转型驱动力、土地功能驱动力的研究。分析已有研究表明,土地利用变化的驱动机制主要是自然因素和社会因素。自然因素包含气候、海拔、岩性、地形地貌、水分等,而社会因素则包括社会经济发展、政策、人口等。诸多研究表明,自然因素对于土地利用转型的影响相对较小,社会因素对土地利用转型占据主导作用。

4.2 生态环境评价及生态系统服务

对生态环境评价的研究,包含生态风险评价、生态安全、生态系统敏感性、生态系统健康、生境质量演化等内容。通过选取生态风险因子,运用多目标线性回归方法对土地生态进行研究。引入生态风险指数、土地利用指数等作为评价因素,运用压力-状态-响应模型(PSR)、最小累计阻力模型(MCR)、Z-score 标准化法、正太云模型、层次分析法等多种评价方法,对三峡库区生态进行风险评价和生态网络构建^[55-59]。如对土地利用、

植被覆盖度、土壤侵蚀度等进行遥感监测,探讨生态修复问题;使用相对风险模型(RRM)进行生态风险评价;使用生态足迹方法评价库区生态安全;基于“基础-结构-效益-胁迫”框架构建了土地生态状况评估指标体系,评估土地生态质量问题等。从整体情况来看,三峡库区生态高风险区呈现缓慢下降趋势,库区生态环境逐渐向好^[60]。

总体来看,库区生态系统服务价值从 1990—2022 年经历了先增后减再增加的趋势。以 Costanza 等人的全球生态系统服务价值的估测结果为基础,对各种地类生态服务功能价值重新赋值,进而估算近 30 年大宁河流域的生态服务价值,结果表明大宁河流域生态系统服务价值有一个先折损后增加的过程^[61]。采用单一土地利用动态度、土地利用相对变化率,研究了库区林地生态系统服务价值变化,结果表明从 1996—2005 年生态系统服务价值经历了先增后减再增加的过程,随着退耕还林政策的实施,林地生态系统服务价值未来呈现增加的趋势^[62]。通过分析生态系统服务价值和生态风险性,表明三峡库区单位面积生态系统服务价值与生态风险指数在等级上呈现负相关关系^[60]。生态系统服务作为近年来的研究热点,也受到了许多学者的关注。从以往的研究中可以发现多数学者更关注整个库区尺度、县域尺度、流域尺度等生态系统服务的价值^[63-64]。在当下的研究中,分析三峡库区生态系统服务价值时空变化规律尚不明显,大多数研究集中对库区生态服务价值量,而缺乏对生态系统服务物质量、生态系统服务供给以及生态系统权衡与协调的研究。

4.3 土地利用生态环境效应

三峡库区处于我国人口聚集、土地资源缺乏、生态脆弱的地区,加之三峡工程建设使得该地区生态环境受到严重破坏。随着学者们对土地利用变化研究的深入,逐渐发现土地利用变化与土壤、水文、气候、生物量和生物多样性等生态因子有着紧密的联系^[14]。三峡库区作为全国水土流失最严重的地区之一,其土地利用方式则是影响水土流失的重要因素。探讨水土流失的方向很多,如利用¹³⁷Cs 示踪法追踪土壤侵蚀速率,探讨水土流失土地利用新模式如库岸水土农业、顺坡耕作模式等^[65]。水域作为库区的一大典型环境,从 2003 年水库蓄水以来,水源质量受到了严重威胁,其中非点源污染对于库区水质环境起到了主导作用。因此基于流域水文模型(SWAT)、改进输出系数模型、修正通用土壤流失方程(RUSLE)模型、污染风险指数、冷热点分析等方法对非点源污染进行研究^[66-68]。土地利用变化对土壤环境的影响一直是学者们重点关注内容,其中包括土地利用方式改变对土壤结构、土壤质量、土壤肥力的影响,以及土地利用方式改变对土壤温室气体排放、重金属污染影响等研究。库区建设所带来的生态环境效应也同样对区域内生物多样性产生着深刻的影响,与蓄水前相比库区生物物种类别、丰富度、多样性、群落水平及垂直结构等均有所不同。

5 三峡库区土地利用与生态环境效应当前研究不足与展望

5.1 三峡库区土地利用与生态环境效应当前研究不足

尽管学者们对于三峡库区土地利用与生态环境效应的研究在不断深入,但对比国内外其他库区,也存在一些不足:如在研究视野和尺度上,国外库区多从全球视野角度出发,探讨区域土地利用与气候变化、生物多样性之间的关系^[69-70],而三峡库区的研究更多从解决地方土地利用与生态环境问题角度进行探讨;在库区生态修复保护方面,国外库区建立了完备的生态补偿机制,三峡库区虽然已经建立生态补偿机制,但机制尚不全面,如标准补偿不明确、补偿范围不清晰等,此外在生态环境创新管理及技术的应用方面,国外库区发展趋势已经成熟,而三峡库区仍然缺乏相应的经验。此外,三峡库区土地利用与生态环境效应的研究也存在其他一些问题:

第一,不够精确的数据及不足的土地利用模型构建方法。数据数量的缺乏及精度质量不够,是限制库区土地利用与生态效应研究的重要因素。库区土地利用与生态效应研究所使用的数据一般包括卫星遥感影像数据、野外调查数据、经济统计数据等,这些数据一方面其本身存在误差如影像解译精度、野外实验误差等;另一方面,受不可抗因素使得数据获取受限,如早期经济数据统计不全、缺乏长期野外监测数据等,使得研究支撑材料薄弱。同时,随着库区土地利用的研究更加关注经济-社会-生态的复合效应^[71],常用于量化土地利用

速率和数量的模型已不能满足研究需求,如马尔可夫模型、土地利用变化动态模型等。此外,库区土地利用注重以宏观区域为研究对象,将宏观研究结果推向微观区域具有一定的不严谨性,探讨特定微观区域的土地利用变化,以此总结小区域土地利用发展变化,也是值得深入探讨的方向。总之,积极运用新兴的云计算、人工智能等技术,从数据获取、方法构建上进行探讨是未来需要突破的问题。

第二,不完善的土地利用驱动因素分析。库区土地利用变化主要考虑自然和社会经济因子的影响^[72-73]。目前的研究趋势,注重对社会经济因子的分析,而弱化自然因子,忽视其具有的长期累计效应,但自然因子是影响人类活动最基本的要素,如地形、气候等对区域长期的作用是导致人类对土地利用作用强度的根本。此外,相较于国内外其他一些地区土地利用的研究,还应关注文化、价值观念、信仰等意识型驱动因子的探讨,如居民的生态保护意识、少数民族文化影响等。再者,库区土地利用与生态效应的人文因素驱动多从定性的角度进行探讨,如何将生态经济政策、科学技术等进行空间量化分析也是需要进一步探讨的问题。

第三,缺乏适合三峡库区生态评价标准的体系。区域生态环境评价包括生态环境质量评估、生态风险评价、生态系统健康评价等。目前对于生态环境质量评估和生态风险评价的研究内容较多,研究多从生态系统服务价值模型和生态风险模型构建进行区域生态质量或风险评估。但目前,一方面评价指标体系尚没有统一的标准,多是借鉴学者对不同区域研究的结果作为参考,指标权重的科学性有待考虑;另一方面,对于生态系统服务价值模型尚不能做到空间量化上,风险和服务之间的内在机理也是值得探讨的问题。此外,研究土地生态状况变化特征的驱动因素、构建符合区域研究的评价体系从系统角度研究区域生态系统健康问题是今后值得关注的方向。

第四,缺乏对生态系统服务更加全面且深入的研究。生态系统服务研究作为国内外研究热点之一,研究内容包括生态系统服务价值、生态系统服务权衡与协同、生态系统服务功能分区、生态系统服务供给等。分析三峡库区已有研究成果发现:三峡库区生态系统服务研究成果相对较少且服务评估种类缺乏,一是已有研究成果更多关注生态系统服务时空价值,缺乏对生态系统服务供给与需求、服务调节及权衡等研究。二是对于服务评估类别往往忽视教育、美学等文化服务;缺乏科学性的生态系统服务评估方法如碳固持服务作为生态系统服务中的一项重点评估内容,学者们在研究时往往使用其他地区的碳密度作为三峡库区碳密度进行计算,使得研究结果准确性有待考虑。

第五,缺少对不同环境因子的耦合研究。生态系统作为一个整体概念,其内部因子包含了土壤、水文、气候、生物等。土地利用的生态环境效应即是探讨土地利用变化怎样对土壤、水文、气候、生物等生态因子产生影响,继而如何作用于生态系统变化。国际上对库区研究的成果中,有对土壤生物多样性对环境响应的复合研究^[74]。而三峡库区现有研究中多是针对某个单一生态要素进行探讨,如对区域土壤侵蚀、生物多样性等进行研究,而从多个要素耦合研究来探讨生态系统如何变化的研究较少。

5.2 展望

库区土地利用与生态环境效应的研究,对于促进区域土地空间优化、生态修复、进而实现可持续发展,提供了有力的基础支撑。在目前的研究中,共包括土地利用时空格局演变及其驱动力、生态系统服务及生态安全评价、土地利用的生态环境效应三方面主要内容。在未来的研究中,仍然需要从以下 3 方面进行努力突破:

第一,增强理论基础研究,将多学科交叉理论融入到实证研究中。土地利用和生态的研究,决定了其必须结合多学科理论进行探讨,这也符合目前学科发展的趋势。而目前库区土地利用与生态环境效应研究理论构建方面还有待加强,已有研究成果中极少有学者从理论创新角度进行库区研究。三峡库区是集山区、大型水库区域、移民区为一体的生态脆弱区域,这就促使该区域的土地生态系统更加综合化、复杂化,区域所存在的社会、生态、环境问题也就具有不确定性。这就要求研究者除了运用传统理论作为研究基础的同时,还要结合区域实际情况,将地理学、生态学、环境学、经济学、管理学等学科理论进行交叉融合,总结出适合本区域的理论基础。另外,地理学和生态学研究强调“格局-过程-机理/服务”的研究基础理论框架,在目前人地关系问题更加复杂化的背景下,有效结合及优化“格局-过程-机理/服务”的框架模式,是实现区域土地可持续利用的重

要途径。

第二,增强新技术使用,提升方法层面创新。地理学、生态学的实证研究,注重科学性、精确性,因此需要严谨准确的数据作为研究支撑材料。一方面,目前库区土地利用与土地覆被研究中,存在着同一区域不能获得连续时期的土地利用变化空间数据、数据分辨率低等问题,这对于研究的准确性有待商榷。因此,运用新技术获取更加完备的数据,以及通过新方法进行数据融合,成为未来库区研究需要考虑的事情。以外,通过定期加强野外实地调研,验证数据准确性,也是可靠的途径。另一方面,随着库区研究内容从以往单一的对土地利用或者生态环境进行研究演变到目前注重土地利用变化和生态过程的耦合研究,传统单一的方法已不能满足目前的研究需求,如何把土地利用变化模型与生态过程模型进行耦合,也是未来亟待解决的问题。

第三,增强实践应用,面向区域土地管理和生态修复的可持续研究。土地利用与生态环境相关研究成果,与目前国土空间规划、生态环境修复等国家战略相契合。三峡库区是一个集经济发展、农业生产、生态保护、水库移民为一体的典型复合区域,使研究面向区域经济-社会-生态耦合发展,促进区域合理、科学布局生产-生活-生态空间,将土地利用与生态环境相关研究成果应用到区域土地优化管理、生态分区管理等以实现可持续发展目标。

6 结论

30 多年来,三峡库区土地利用与生态环境相关的中英文发文量不断增加,其相关研究成果的国内外影响力不断提高。结合中英文热点知识图谱可以看出,各阶段研究侧重点有所不同:1990—2005 年,关注的重点内容为土地整理、土地生态保护等问题,这也与该阶段退耕还林、粮食安全等政策的实施较为符合;2006—2014 年,受库区蓄水及移民搬迁的主要影响,研究内容集中在消落带探讨、库区移民、土地利用变化的地形梯度效应等问题;2014—2022 年之后,生态保护作为十九大提出的重点内容,生态系统服务、社会-经济生态耦合的景观格局演变等内容成为研究的热点问题;未来,根据山区典型特点,从地形位、分布指数等角度研究土地利用、生态环境的时空格局演变是热点内容。

随着人地矛盾问题的加深以及生态文明建设要求的加强,三峡库区土地利用与生态环境研究面临着理论、数据、方法、生态评价体系、实践应用等研究限制。未来,在理论上从“格局-过程-机理/服务”进行构建三峡库区相关理论;在数据获取和方法构建上,积极运用新技术融合多源数据提升数据质量、构建适合库区发展的模型框架;在评价体系上,结合本研究区实际情况,构建适合三峡库区生态环境评价的指标权重;在实践上,结合国土空间规划、生态修复政策,面向区域土地优化、生态功能修复,以实现区域可持续发展。

参考文献 (References):

- [1] 王军, 顿耀龙. 土地利用变化对生态系统服务的影响研究综述. 长江流域资源与环境, 2015, 24(5): 798-808.
- [2] 何春阳, 张金茜, 刘志锋, 黄庆旭. 1990—2018 年土地利用/覆盖变化研究的特征和进展. 地理学报, 2021, 76(11): 2730-2748.
- [3] 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.
- [4] 胡媛, 查轩, 黄少燕. 重要水源地东圳库区土地利用与水土流失特征空间关系分析. 水土保持研究, 2012, 19(2): 53-56.
- [5] 田锡文, 王新军, K.G. 卡迪罗夫, 贾宏涛. 近 40a 凯拉库姆库区土地利用/覆盖变化及景观格局分析. 农业工程学报, 2014, 30(6): 232-241.
- [6] Arif M, Zhang S L, Jie Z, Charles W, Sanelisiwe Mzondi P, Li C X. Evaluating the effects of pressure indicators on riparian zone health conditions in the Three Gorges Dam Reservoir, China. *Forests*, 2020, 11(2): 214.
- [7] 洪惠坤, 廖和平, 魏朝富, 李涛, 谢德体. 基于改进 TOPSIS 方法的三峡库区生态敏感区土地利用系统健康评价. 生态学报, 2015, 35(24): 8016-8027.
- [8] 邓华, 邵景安, 王金亮, 高明, 魏朝富. 多因素耦合下三峡库区土地利用未来情景模拟. 地理学报, 2016, 71(11): 1979-1997.
- [9] 梁鑫源, 李阳兵, 邵景安, 刘雁慧, 冉彩虹. 三峡库区山区传统农业生态系统转型. 地理学报, 2019, 74(8): 1605-1621.
- [10] 程瑞梅, 王晓荣, 肖文发, 郭泉水. 消落带研究进展. 林业科学, 2010, 46(4): 111-119.
- [11] 滕明君, 曾立雄, 肖文发, 周志翔, 黄志霖, 王鹏程, 佃袁勇. 长江三峡库区生态环境变化遥感研究进展. 应用生态学报, 2014, 25(12): 3683-3693.
- [12] Li K F, Zhu C, Wu L, Huang L Y. Problems caused by the Three Gorges Dam construction in the Yangtze River Basin: a review. *Environmental*

- Reviews, 2013, 21(3): 127-135.
- [13] 程辉, 吴胜军, 王小晓, 姜毅, 陈春娣, 王雨, 吕明权. 三峡库区生态环境效应研究进展. 中国生态农业学报, 2015, 23(2): 127-140.
- [14] 陈雅如, 肖文发. 三峡库区土地利用与生态环境变化研究进展. 生态科学, 2017, 36(6): 213-221.
- [15] 孙威, 毛凌潇. 基于 CiteSpace 方法的京津冀协同发展研究演化. 地理学报, 2018, 73(12): 2378-2391.
- [16] 王昊煜, 高培超, 宋长青, 程昌秀, 叶思菁. 基于遗传算法的土地利用优化研究进展: 文献计量分析. 生态学报, 2023, 43(3): 1286-1293.
- [17] 王诗绮, 刘焱序, 李琰, 傅伯杰. 近 20 年黄土高原生态系统服务研究进展. 生态学报, 2023, 43(1): 26-37.
- [18] 项骁野, 王佑汉, 李谦, 曾琨, 谢刘萍, 廖琴. 基于 CiteSpace 软件国内外撂荒地研究进展与述评. 地理科学, 2022, 42(4): 670-681.
- [19] 陈晓红, 周宏浩. 城市化与生态环境关系研究热点与前沿的图谱分析. 地理科学进展, 2018, 37(9): 1171-1185.
- [20] 田耀武, 黄志霖, 肖文发. 基于 AnnAGNPS 模型的三峡库区秭归县生态服务价值. 中国环境科学, 2011, 31(12): 2071-2075.
- [21] Zhang H Z, Yang Q Y, Zhang Z X, Lu D, Zhang H M. Spatiotemporal changes of ecosystem service value determined by national land space pattern change: a case study of fengdu county in the Three Gorges Reservoir area, China. International Journal of Environmental Research and Public Health, 2021, 18(9): 5007.
- [22] Gou M M, Li L, Ouyang S, Wang N, La L M, Liu C F, Xiao W F. Identifying and analyzing ecosystem service bundles and their socioecological drivers in the Three Gorges Reservoir Area. Journal of Cleaner Production, 2021, 307: 127208.
- [23] 喇蓓梦, 勾蒙蒙, 李乐, 王娜, 胡建文, 刘富常, 肖文发. 三峡库区生态系统服务权衡时空动态与情景模拟: 以秭归县为例. 生态与环境学报, 2021, 37(11): 1368-1377.
- [24] 张传华, 张凤太, 王钟书, 邓炜. 生态敏感区村域尺度土地生态经济系统的耦合协调发展研究——以重庆市江津区为例. 长江流域资源与环境, 2021, 30(7): 1547-1558.
- [25] 张虹. 三峡库区消落带土地资源特征分析. 水土保持通报, 2008, 28(1): 46-49.
- [26] Zhong S Q, Chen F X, Xie D T, Shao J A, Yong Y, Zhang S, Zhang Q W, Wei C F, Yang Q Y, Ni J P. A three-dimensional and multi-source integrated technology system for controlling rural non-point source pollution in the Three Gorges Reservoir Area, China. Journal of Cleaner Production, 2020, 272: 122579.
- [27] Zhu K W, Chen Y C, Zhang S, Lei B, Yang Z M, Huang L. Vegetation of the water-level fluctuation zone in the Three Gorges Reservoir at the initial impoundment stage. Global Ecology and Conservation, 2020, 21: e00866.
- [28] Arif M, Behzad H M, Tahir M, Li C X. Nature-based tourism influences ecosystem functioning along waterways: implications for conservation and management. Science of the Total Environment, 2022, 842: 11.
- [29] Arif M, Zheng J E, Tahir M, Hu X, Li C X. The impact of stress factors on riparian and drawdown zones degradation around dams and reservoirs. Land Degradation & Development, 2022, 33(12): 2127-2141.
- [30] Cheng H, Chen C D, Wu S J, Mirza Z A, Liu Z M. Emergy evaluation of cropping, poultry rearing, and fish raising systems in the drawdown zone of Three Gorges Reservoir of China. Journal of Cleaner Production, 2017, 144: 559-571.
- [31] Luo X E, He X H, Luo X M, Liu Y N, Wang J Q, Dong J Y. Soil organic carbon shapes AMF communities in soils and roots of *Cynodon dactylon* under anti-seasonal drying-wetting cycles. Diversity, 2019, 11(10): 197.
- [32] Zheng J, Arif M, Zhang S L, Yuan Z X, Zhang L M, Dong Z, Tan X, Charles W, Li C X. The convergence of species composition along the drawdown zone of the Three Gorges Dam Reservoir, China: implications for restoration. Environmental Science and Pollution Research, 2021, 28(31): 42609-42621.
- [33] 刘彦随, 方创琳. 区域土地利用类型的胁迫转换与优化配置——以三峡库区为例. 自然资源学报, 2001, 16(4): 334-340.
- [34] 伍黎芝. 生态脆弱区土地资源可持续利用问题——以三峡库区为例. 中国土地科学, 2000, 14(2): 13-16.
- [35] 官冬杰, 孙灵丽, 周李磊. 三峡库区生态系统服务与农户生计耦合模型构建及应用. 水土保持研究, 2020, 27(6): 269-277.
- [36] 黄孟勤, 李阳兵, 李明珍, 陈爽, 曾晨岑, 张冰, 夏春华. 三峡库区人类活动强度与景观格局的耦合响应. 生态学报, 2022, 42(10): 3959-3973.
- [37] 李睿康, 黄勇, 李阳兵, 刘李琼, 冉彩虹, 祖琳琳. 三峡库区腹地土地功能演变及其驱动机制分析. 长江流域资源与环境, 2018, 27(3): 594-604.
- [38] 曹银贵, 周伟, 王静, 袁春, 赵丽. 基于主成分分析与层次分析的三峡库区耕地集约利用对比. 农业工程学报, 2010, 26(4): 291-296.
- [39] Chu L, Sun T C, Wang T W, Li Z X, Cai C F. Evolution and prediction of landscape pattern and habitat quality based on CA-markov and InVEST model in Hubei section of Three Gorges Reservoir area (TGRA). Sustainability, 2018, 10(11): 3854.
- [40] Guan D J, Zhao Z L, Tan J. Dynamic simulation of land use change based on logistic-CA-Markov and WLC-CA-Markov models: a case study in Three Gorges Reservoir area of Chongqing, China. Environmental Science and Pollution Research, 2019, 26(20): 20669-20688.
- [41] Wang L J, Wu L, Hou X Y, Zheng B H, Li H, Norra S. Role of reservoir construction in regional land use change in Pengxi River basin upstream of the Three Gorges Reservoir in China. Environmental Earth Sciences, 2016, 75(13): 1048.
- [42] Austin N, Muller J, Gong L, Zhang J. A regional investigation of urban land-use change for potential landslide hazard assessment in the Three Gorges Reservoir Area, People's Republic of China; Zigui to Wanzhou. International Journal of Remote Sensing, 2013, 34(8): 2983-3011.
- [43] Liang X, Y, Li Y B, Zhou Y L. Study on the abandonment of sloping farmland in Fengjie County, Three Gorges Reservoir Area, a mountainous area in China. Land Use Policy, 2020, 97: 104760.
- [44] Xia C H, Li Y B, Shao J A, Yan S J, Chen Y, Zheng L S, Wang R. The coupling effect of socio-economic and eco-environment and land use transformation in mountainous areas—a case of the Fengjie County in the Three Gorges Reservoir Area, China. Environmental Science and Pollution

- Research, 2023, 30(13): 38409-38424.
- [45] 蔡书良. 三峡库区湖岸带经济开发与保护对策研究. 经济地理, 2002, 22(3): 301-305.
- [46] 曹银贵, 王静, 程焯, 刘爱霞, 刘庆, 吴剑. 三峡库区开县 30 年耕地变化分析. 中国土地科学, 2007, 21(1): 43-47, 30.
- [47] Huang C B, Huang X, Peng C H, Zhou Z X, Teng M J, Wang P C. Land use/cover change in the Three Gorges Reservoir area, China: Reconciling the land use conflicts between development and protection. CATENA, 2019, 175: 388-399.
- [48] Liang X Y, Li Y B, Shao J A, Ran C H. Traditional agroecosystem transition in mountainous area of Three Gorges Reservoir Area. Journal of Geographical Sciences, 2020, 30(2): 281-296.
- [49] Huang M Q, Li Y B, Ran C H, Li M Z. Dynamic changes and transitions of agricultural landscape patterns in mountainous areas: a case study from the hinterland of the Three Gorges Reservoir Area. Journal of Geographical Sciences, 2022, 32(6): 1039-1058.
- [50] 刘彦随, 璩路路. 近 30 年三峡库区用地格局变化与人地系统演化. 长江流域资源与环境, 2022, 31(8): 1664-1676.
- [51] 夏春华, 李阳兵, 曾晨岑, 张冰, 郑骆珊, 陈艳, 邵景安. 三峡库区坡耕地利用转型及其社会经济-生态环境影响——以奉节县为例. 生态学报, 2023, 43(7): 2688-2702.
- [52] Liang X Y, Li Y B. Spatiotemporal features of farmland scaling and the mechanisms that underlie these changes within the Three Gorges Reservoir Area. Journal of Geographical Sciences, 2019, 29(4): 563-580.
- [53] Ni J P, Shao J A. The drivers of land use change in the migration area, Three Gorges Project, China: advances and prospects. Journal of Earth Science, 2013, 24(1): 136-144.
- [54] 李辉丹, 史东梅, 夏蕊, 倪书辉, 张健乐, 王荣浩. 基于地理探测器的重庆坡耕地时空格局演变特征及驱动机制. 农业工程学报, 2022, 38(12): 280-290.
- [55] Zhan L K, Guo X H, Li T Z, Liu X, Lu C D, Zhang N, Lu Z H. Ecological security measurement based on functionality-organization-stability in inland of Three Gorges Reservoir area. Journal of Environmental Engineering and Landscape Management, 2022, 30(3): 433-449.
- [56] Liu S S, Liao Q P, Xiao M Z, Zhao D Y, Huang C B. Spatial and temporal variations of habitat quality and its response of landscape dynamic in the Three Gorges Reservoir area, China. International Journal of Environmental Research and Public Health, 2022, 19(6): 3594.
- [57] Peng L, Xu S N, Hou J W, Peng J H. Quantitative risk analysis for landslides: the case of the Three Gorges area, China. Landslides, 2015, 12(5): 943-960.
- [58] 周启刚, 张晓媛, 杨霏, 郑莉, 曹倩倩. 基于 PSR 模型的三峡库区重庆段土地利用生态风险评价. 水土保持研究, 2013, 20(5): 187-192.
- [59] 周启刚, 张晓媛, 王兆林. 基于正态云模型的三峡库区土地利用生态风险评价. 农业工程学报, 2014, 30(23): 289-297.
- [60] 李辉, 周启刚, 李斌, 国洪磊, 王福海, 何昌华. 近 30 年三峡库区生态系统服务价值与生态风险时空变化及相关性研究. 长江流域资源与环境, 2021, 30(3): 654-666.
- [61] 张宝雷, 张淑敏, 周启刚, 周万村. 土地利用和生态系统服务功能变化研究——以三峡库区大宁河流域为例. 长江流域资源与环境, 2007, 16(2): 181-185.
- [62] 曹银贵, 白中科, 景明, 张仲猛, 卢元清, 宋雪姣, 杜振州. 土地利用变化对区域生态服务价值的影响研究. 水土保持研究, 2013, 20(6): 256-261.
- [63] 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.
- [64] 邹士钊, 陈畅, 曾全超, 屈玉和, 韩庆忠, 谭小宇, 谭文峰, 汪明霞. 秭归县生态系统服务价值时空变化研究. 环境科学与技术, 2021, 44(S1): 223-231.
- [65] Ju L, Wen A B, Long Y, Yan D C, Guo J. Using ^{137}Cs tracing methods to estimate soil redistribution rates and to construct a sediment budget for a small agricultural catchment in the three gorges reservoir region, China. Journal of Mountain Science, 2013, 10(3): 428-436.
- [66] Cheng X, Chen L D, Sun R H. Modeling the non-point source pollution risks by combing pollutant sources, precipitation, and landscape structure. Environmental Science and Pollution Research, 2019, 26(12): 11856-11863.
- [67] Ma X, Li Y, Zhang M, Zheng F Z, Du S. Assessment and analysis of non-point source nitrogen and phosphorus loads in the Three Gorges Reservoir Area of Hubei Province, China. Science of the Total Environment, 2011, 412/413: 154-161.
- [68] Tong X X, Zhou Y C, Liu J G, Qiu P, Shao Y W. Non-point source pollution loads estimation in Three Gorges Reservoir Area based on improved observation experiment and export coefficient model. Water Science and Technology, 2022, 85(1): 27-38.
- [69] López-Moreno J I, Zabalza J, Vicente-Serrano S M, Revuelto J, Gilaberte M, Azorin-Molina C, Morón-Tejeda E, García-Ruiz J M, Tague C. Impact of climate and land use change on water availability and reservoir management: Scenarios in the Upper Aragón River, Spanish Pyrenees. Science of the Total Environment, 2014, 493: 1222-1231.
- [70] Nguyen A, Cochrane T A, Pahlow M. Optimising water allocation and land management to mitigate the effects of land use and climate change on reservoir performance. Hydrological Sciences Journal, 2022, 67(14): 2129-2146.
- [71] 夏春华, 李阳兵, 陈爽, 黄孟勤, 唐金京, 王若洋. 三峡库区腹地土地利用动态演变路径分析——以奉节县为例. 地理科学, 2022, 42(11): 1975-1985.
- [72] 梁鑫源, 李阳兵. 三峡库区规模农地时空变化特征及其驱动机制. 地理学报, 2018, 73(9): 1630-1646.
- [73] 严恩萍, 林辉, 王广兴, 夏朝宗. 1990—2011 年三峡库区生态系统服务价值演变及驱动力. 生态学报, 2014, 34(20): 5962-5973.
- [74] Amissah E, Adjei-Gyaopong T, Antwi-Agyei P, Asamoah E, Abaidoo R C, Jeppesen E, Andersen M N, Baidoo E. Implications of changes in land use on soil and biomass carbon sequestration: a case study from the Owabi Reservoir catchment in Ghana. Carbon Management, 2023, 14(1): 1-10.