

基于 CNKI 的消落带生态修复研究态势与热点分析

郭思媛¹, 杨小萌², 张利超¹, 黄欣纯³

- (1. 江西水利电力大学水土保持学院, 江西南昌 330099;
2. 江西水利电力大学水利工程学院, 江西南昌 330099;
3. 江西水利电力大学国际教育学院, 江西南昌 330099)

[摘要] 消落带作为水陆交错的关键生态过渡带,其脆弱生态系统的修复是流域生态健康管理的核心议题。本研究旨在通过文献计量学方法,系统梳理国内消落带生态修复领域的研究脉络与发展动态。基于中国知网(CNKI)核心期刊数据库1999—2025年的369篇文献,运用VOSviewer与CiteSpace软件,从发文趋势、合作网络及关键词聚类等多维度进行可视化分析。结果表明:该领域年度发文量总体呈上升趋势,于2022—2023年达到峰值;研究力量以重庆大学建筑城规学院、中国科学院大学等机构为核心,形成了紧密的合作网络,但高水平学者群体尚在培育;研究热点紧密围绕“消落带”与“生态修复”两大核心,并聚焦于“三峡库区”的“植被恢复”“土壤侵蚀”及“生态系统服务”等具体方向。未来研究需在拓展区域对比、深化多学科技术融合、加强生态系统服务功能评估以及构建更广泛的科研合作网络等方面进一步深化,以推动该领域向更系统、更精准的方向发展。

[关键词] 消落带;生态修复;研究分析;文献计量

[作者简介] 郭思媛(2006—),女,河北石家庄人,江西水利电力大学水土保持与荒漠化防治专业,研究方向:水生态保护修复。杨小萌(2005—),女,福建泉州人,江西水利电力大学水文与水资源工程专业,研究方向:水生态修复与水资源利用。通信作者:张利超(1983—),男,黑龙江佳木斯人,高级工程师,江西水土保持生态产品价值实现与水土保持碳汇、水土保持规划与设计、生态建设与发展战略研究领域权威知名专家,博士,研究方向:水生态保护修复、水土保持科研、规划设计、技术研发与应用示范、生态建设与发展战略、水土保持生态产品价值实现与水土保持碳汇。黄欣纯(2007—),女,江西南昌人,江西水利电力大学电气工程及其自动化专业,研究方向:绿色能源与环保技术。

[基金项目] 本文系国家自然科学基金项目(项目编号:41967012);江西省水利科技计划项目(项目编号:202324TGKT11、202425TGKT10、202224ZDKT17、202324TGKT08、202425TGKT08)。

[DOI] <https://doi.org/10.62662/kjxk0202005>

[中图分类号] G353.1

[本刊网址] www.oacj.net

[投稿邮箱] kjxk999@163.com

引言

消落带是分布于湖泊、水库等水体边缘,因水位周期性涨落而形成的干湿交替区域,作为水域与陆地之间的生态过渡带,在周期性淹没与出露的胁迫下,生态系统结构脆弱,自然恢复能力较差,往往需借助人工干预才能实现有效修复。这种脆弱性

在三峡库区这类大型人工水库的消落带中表现得尤为突出,其范围广、水位变幅大、淹水时间长,生态系统受损后难以自我恢复;其对外界扰动极为敏感,易发生水土流失、土壤污染、生境退化及生物多样性丧失等一系列生态问题。例如,周期性淹水会显著改变土壤中铁的形态,促进活性铁与水溶性铁

增加,从而影响磷的有效性,进一步干扰土壤养分循环与植物生长。同时,长期水淹与干湿交替还导致岸坡岩土体发生强度劣化,胶结物中黏土矿物的水化反应会弱化颗粒间胶结,降低岩体抗剪与抗压强度,加剧库岸失稳风险。

维护消落带的生物多样性与生态功能稳定性,对保障整个流域生态系统的健康具有关键意义。从流域整体视角看,河流生态系统在横向、纵向、垂向及时间维度上的水文循环与生态联系至关重要,而堤坝、水库等人工设施常切断这些联系,导致河流生态功能退化。因此,通过对消落带生态系统结构与功能进行系统性恢复与优化,不仅有助于提升其生态服务能力与调控功能,也能推动经济、社会与生态环境的协同发展,实现资源保护与可持续利用的良性循环。

在消落带生态修复中,植被恢复是核心难点与基础。三峡库区的观测研究表明,水库蓄水后,原有的河岸带植物群落发生剧变,物种数量锐减,科数减少约69.1%,种数减少约78.2%。植被优势生活型由多年生草本转变为一年生草本,群落结构趋于简单化。这表明,因地制宜筛选适生植物,并构建与当地生境胁迫(如长期反季节水淹、夏季伏旱)相适应的植被体系,成为修复成功的关键。目前,相关研究多从功能类型、土壤侵蚀特征及影响因素等角度对消落带进行分类,所采用的修复手段主要包括土壤锚固、植物合理配置以及水体环境净化等。现有植被恢复模式可归纳为水位变动适应型和土壤基质加固型两种主要类型,在此基础上,亦有学者提出基于土壤固化的恢复新思路,以增强基质稳定性并促进植被重建。具体工程技术包括燕窝植生穴、防冲刷生态护坡构件、PEB防冲刷基材生态护坡等生境构筑技术,以在贫瘠、冲刷严重的消落带坡面创造植物定居条件。

尽管消落带生态修复研究已积累一定成果,例如对三峡库区消落带的研究自2009年后进入快速发展期,在植物适应机制、土壤生物地球化学过程等方面取得了进展,但国内基于文献计量方法、系统梳理该领域发展脉络与研究热点的综述类研究仍较为缺乏。目前研究仍较多集中在适生植物筛

选、耐淹机理探讨及小范围试验等方面,而在生态系统整体构建、长期监测与健康评价以及工程化技术集成等方面仍显不足。为此,本文运用VOSviewer与CiteSpace两款文献分析工具,对1999—2025年间消落带生态修复相关文献进行国家、机构与作者合作关系的可视化分析,构建知识图谱,以揭示该领域的研究格局与发展动态,为后续研究方向提供参考依据。

一、数据来源与研究方法

(一)数据来源

文献数据均来源于中国知网(CNKI)核心期刊数据库,检索文献时间为1999年1月起至今(2025年10月),根据关键词“消落带”和“生态修复”为主题定制中文检索式。经过人工筛查整理,去除无作者文献、无作者论文及与主题词联系薄弱的文献,共计文献369篇。

(二)研究方法

本研究基于文献计量学方法,借助CiteSpace与VOSviewer两款可视化工具进行数据处理与图谱绘制。其中CiteSpace主要用于执行关键词聚类 and 探测研究前沿的突现术语。VOSviewer用来解析国家、机构及作者之间的科研合作模式,进行耦合分析。具体的分析流程是,将导出的文献数据分别导入上述软件,生成可视化图谱,并提取相关数据,最终通过综合解读这些图谱与数据,来辨识当前领域的研究焦点与未来的发展方向。

二、结果分析

(一)年度发文量

某一领域的发文数量随时间的变化,是该领域研究活跃度的直观表征。如图1所示,对1999—2025年关于“消落带”“生态修复”等相关关键词的发文量进行分析,可以得出目前研究主题热度整体处于上升趋势,其中2022—2023年发文量达到顶峰,达到41篇,而在2023—2024年发文量有所下降,仅30篇,由此可知在2022—2023年国内对于消落带生态修复效果研究领域热度较高,且在2024—2025年表明该领域经历了爆发式增长后,可能正处于从数量积累向质量提升转型的平台期。

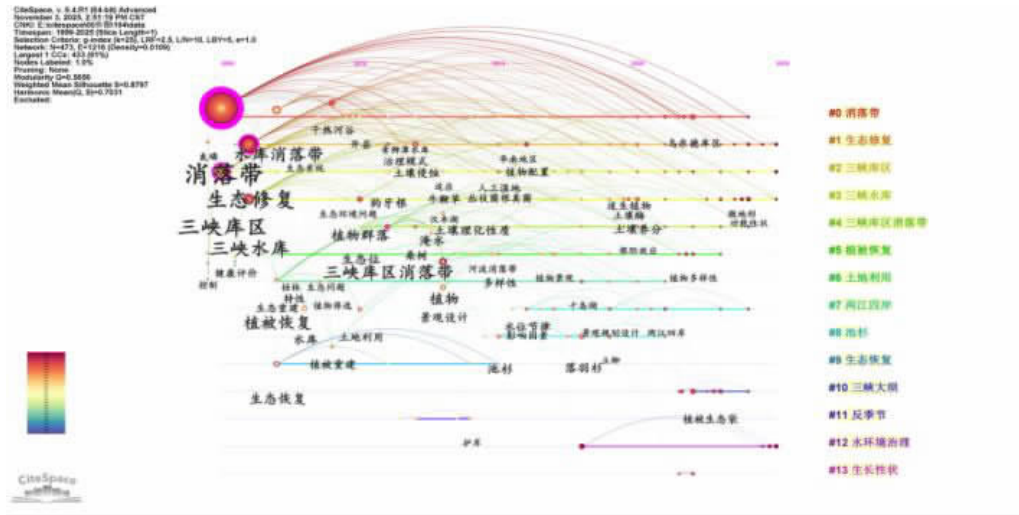


图1 年发文量时间线图

(二)合作关系情况分析

1. 基于文献耦合关系各机构间联结强度

研究机构的学术产出是衡量其在该领域科研实力的重要指标之一。通过对机构合作网络图谱的解析,能够直观揭示各机构间的科研互动关系及其影响力。本研究设定机构最低发文量为2篇,最小链接强度为1。从初始的393个机构中筛选出30个核心机构,生成合作网络图谱(见图2)。该图谱共包含30个节点,58条连接线,清晰展示了机构间的合作紧密程度。由表1可知,在发文量方面,重庆

大学建筑城规学院以14篇位居首位,并且在总链接强度方面最高(达28),显示出广泛的外部合作,表明该机构在合作网络中扮演着活跃且重要的枢纽角色。然而,所有机构共被引频次均较低,这可能与研究成果的发表时间或传播范围有关。

综合发文量、共被引频次及总链接强度三项指标来看,重庆大学建筑城规学院不仅在成果产出上领先,更拥有最为广泛的机构合作网络,这充分印证了其在凋落带生态修复研究领域突出的科研能力与核心地位。

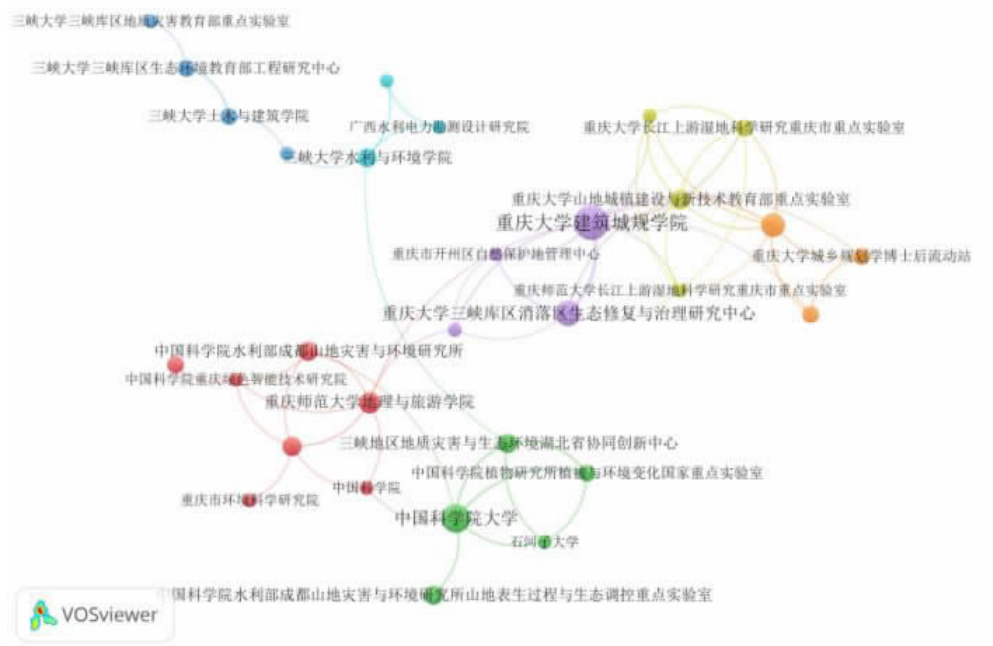


图2 基于文献耦合关系各机构间联结

表1 基于文献耦合关系机构间链接强度 TOP10

机构	发文量	被引频次	总链接强度
1 重庆大学建筑城规学院	14	0	28
2 重庆大学资源及环境科学学院	6	0	14
3 重庆大学三峡库区消落区生态修复与治理研究中心	7	0	13
4 重庆大学山地城镇建设与新技术教育部重点实验室	4	0	13
5 中国科学院大学	9	0	12
6 重庆大学长江上游湿地科学研究重庆市重点研究室	3	0	10
7 三峡地区地质灾害与生态环境湖北省协同创新中心	4	0	9
8 重庆千洲生态环境工程有限公司	2	0	9
9 中国科学院植物研究所植被与环境变化国家重点实验室	3	0	8
10 重庆师范大学地理与旅游学院	5	0	7

2. 基于文献耦合关系作者合作联结强度

作者合作网络图谱能够有效揭示某一研究领域内核心学者的分布及其协作关系。为分析消落带生态修复领域的科研合作态势,本研究将作者最低发文量设定为2篇,最小链接强度设定为25,由此生成作者合作网络图谱(见图3)。该图谱包含421个节点与699条连线,整体网络结构显示,在2005至2025年间,该领域内形成稳定合作关系的研究团队规模相对分散,但部分作者之间已建立起密切的协作关系。

分析可得,万丹的发文量最高,共计12篇,同时其合作链接数也达到最高,表明其不仅是高产出学者,也在合作网络中处于核心地位(见图3),可视为该领域的先行者与关键推动者。从整体网络结构来看,基于文献耦合关系形成的作者合作网络联结较为紧密,且节点间共被引频次较高,反映出该领域已形成知识交流活跃的若干科研共同体(见图4)。未来研究中,建议进一步鼓励跨团队、跨机构的学者间深化交流,促进不同学术观点的交叉与融合,以期实现创新性研究成果的涌现。

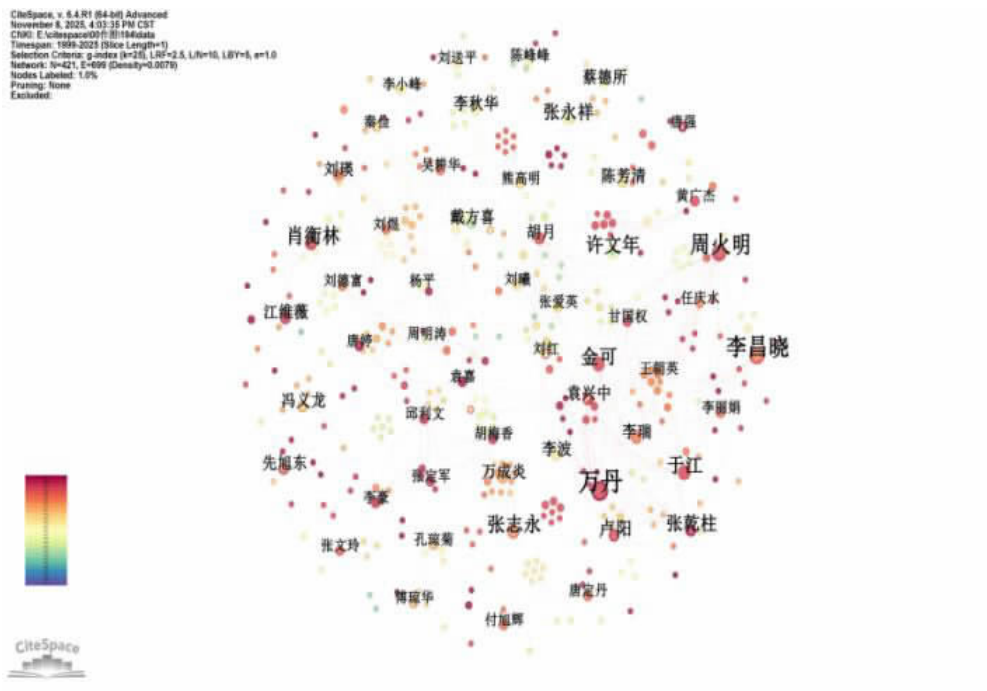


图3 基于文献耦合关系作者合作联结强度

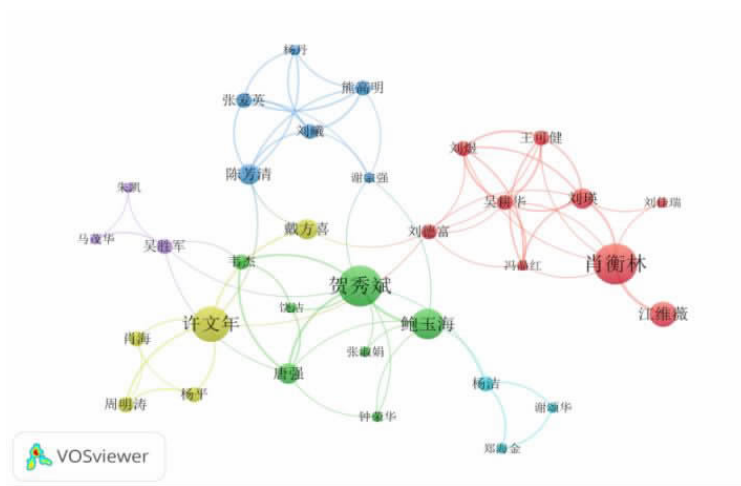


图4 基于文献耦合关系作者合作联结强度

三、关键词分析

(一) 共现分析

关键词作为文献内容的核心要素,是识别研究主题与前沿动态的重要标识。高频关键词的出现频次直接映射出该领域的研究热点与发展趋势。本文运用 VOSviewer 软件进行关键词共现分析,通过设置将关键词最小共现频次设定为 2,最小链接强度设为 1,从全部 821 个关键词中筛选出 157 个代表性关键词,构建共现网络图谱(见图 5)。该图谱共包含 157 个节点和 569 条连接线,其中节点大小表征关键词共现频次,连线粗细反映关键词间的

关联强度。

分析结果显示,网络节点聚类特征显著,表明各关键词之间具有较高的关联紧密度。具体而言,“消落带”处于图谱核心位置,“生态修复”与“三峡库区”与之紧密相连,形成核心研究集群。同时,“植物”“水库”与“土壤侵蚀”等关键词也向中心区域聚集,说明在消落带修复中水土侵蚀与植被的相关研究较多。结合表 2 数据,高频关键词主要包括“消落带”“生态修复”“三峡库区”“植被修复”等,这些关键词集中反映了该领域的研究重点与发展方向。



图5 关键词共现图谱

表2 关键词共现频次 TOP10

	关键词	共现频次	总链接强度
1	消落带	215	409
2	生态修复	75	154
3	三峡库区	71	148
4	三峡水库	37	88
5	植被修复	18	41
6	水库消落带	24	39
7	植物群落	11	31
8	狗牙根	9	25
9	三峡库区消落带	15	22
10	植被	8	22

(二) 聚类分析

运用 VOSviewer 软件生成的关键词聚类图谱中,“消落带”与“生态修复”作为代表性聚类词,其图斑面积直观反映了所含关键词的数量规模,图斑越大表征该聚类的研究热度越高(见图6)。

通过对生成聚类的系统整理,共得到72个具有代表性的研究主题,包括:(1)消落带;(2)三峡库区;(3)生态修复;(4)三峡水库;(5)植被恢复;(6)水库消落带;(7)植物群落;(8)生态重建;(9)狗牙根等。从聚类空间分布来看,“生态修复”与“消落带”两个聚类呈现明显的空间集聚特征,且边界相互交错,表明二者之间存在较强的理论关联与方法借鉴;相对地,“gis”聚类则表现出相对独立的空间分布特征,与其他聚类的研究关联度较低。



图6 关键词聚类图谱

四、讨论与展望

(一) 讨论

通过 VOSviewer 和 CiteSpace 软件对 369 篇 CNKI 核心文献进行可视化分析,做出如下讨论:

本研究存在一定的局限性:在数据来源上,仅检索了 CNKI 核心期刊数据库,未涵盖其他中文及国际数据库,虽聚焦于国内研究脉络,但难以全面反映该领域的全球进展;在方法层面,文献计量分

析依赖于文献的结构化信息,对研究内容的深度、质量及实际应用价值难以进行评估,且分析工具在处理中文文本时可能存在聚类偏差。因此,结论主要反映宏观研究格局,后续需结合更广泛的数据与多种方法进行深化。

对于消落带生态修复效果的研究,国内早年关注有限,但发展势头显著。李姍泽等人(2019)在其综述中指出,2008—2018年间有关水库消落带研究的论文发表数量快速增加,表明该领域已逐步成为湖泊水库生态修复中的研究热点,预计未来研究热度将持续。从研究力量分布来看,国内已形成了以重庆大学、中国科学院生态环境研究中心、中国水利水电科学研究院等为核心的研究机构,机构间合作网络较为紧密。然而,作者间的直接合作相对有限,高水平核心学者群体尚在培育之中。未来需鼓励跨团队、跨学科的学者深化交流,以凝聚科研合力,共同推动该领域向纵深发展。

从关键词共现网络可以看出,消落带生态修复研究是以“消落带”为核心、“生态修复”“三峡库区”“土壤侵蚀”为关键基础展开的。这表明库区消落带的土壤侵蚀防控与生态功能恢复一直是该领域研究的重中之重。关键词聚类分析结果显示,国内研究热点主要聚焦于“植被恢复”“土壤微生物”“生态系统服务”等方向。其中,“植被恢复”是核心聚类,凸显了其在消落带生态修复中的基础性与关键性地位。关键词突现与不同阶段的研究主题演进分析表明,“三峡库区”始终是核心研究区域,“生态修复”“土壤侵蚀”是该领域持续关注的核心科学问题。从关键词演变的结果可发现,早期研究多集中在单一植物筛选,而近年开始关注土壤微生物与生态系统服务功能的整体提升。

(二)展望

通过文献计量分析,并与该领域国际研究的总体趋势相对照,我们对未来消落带生态修复研究提出以下几点展望:

拓展研究尺度与区域:当前国内研究高度集中于“三峡库区”,这虽奠定了坚实的案例基础,但也反映了研究区域的不平衡性。我国拥有众多大型湖泊与水库,其消落带的水文情势、地质条件和生态特征各异。未来研究应突破地域局限,构建涵盖

不同气候带、不同水文调控模式的对比研究网络,以揭示消落带生态修复的普适性规律与地域性特色,为全国范围的生态保护实践提供全面指导。

促进技术方法与学科的深度融合:当前研究已显示出与“风景园林”“土壤微生物”等学科的交叉。未来应进一步推动生态学、水文学、水利工程、遥感与地理信息系统以及风景园林规划等多学科的本质性融合。尤其是引入高分辨率遥感、无人机摄影测量、环境DNA等先进技术,实现对消落带地形地貌、植被群落动态、土壤侵蚀过程的精准、快速监测,构建覆盖消落带地形地貌、植被群落动态、土壤侵蚀过程的高精度遥感监测体系,并依托多源数据融合技术,推动构建数字孪生平台,实现对生态修复过程的动态模拟与效果预测,从而显著提升生态修复效果评估的精度与效率。

深化生态修复的系统性与服务功能研究:研究热点显示,当前重点仍多集中于“植被恢复”等结构性问题。未来应加强对消落带生态系统服务功能(如水质净化、碳汇功能、生物栖息地完整性)恢复过程的机理研究与定量评估。推动研究视角从“单一要素修复”向“生态系统整体功能提升”转变,并探索修复工程如何与“碳中和”“生物多样性保护”等国家重大战略目标更紧密地结合,凸显其生态与社会经济价值。例如,江西水利电力大学(原南昌工程学院)张利超博士团队近年来做了有益的探索,依托国家水利风景区、国家湿地公园及大中型水库工程建设,在江西及全国率先系统性地成功构建了一整套基于多维立体林草复合生态修复与重建理论的新时代“江河湖库消落带多维立体林草复合生态修复体系(林泽系统)”,在江西及全国首次系统性地成功研发并实地应用了修复效果显著、成本低廉、推广性强的“江河湖库消落带多维立体林草复合生态修复与重建关键技术体系”,让生态退化的消落带变成了色彩缤纷美丽的“水上森林”景观带。

加强科研合作网络的构建:尽管已形成以重庆大学等为核心的研究机构群,但作者合作网络仍显“小聚落”化。未来应鼓励跨机构、跨地域的协同攻关,尤其是在大型流域尺度上整合研究力量。同时,应注重与国际前沿研究的对话,吸收先进理念

与技术,并推动我国在库区消落带这一特色研究领域形成具有国际影响力的成果,扮演更重要的引领者角色。

综上,未来的消落带生态修复研究应更加注重系统性、交叉性与应用性。通过拓展研究区域、融合前沿技术、深化机理解析和强化科研合作,共同推动该领域研究迈向更广的维度、更深的层次和更高的精度,为我国乃至全球的水库与湖泊生态系统可持续管理提供坚实的科学基础。

五、结论

本研究基于1999—2025年间CNKI核心期刊的369篇文献,系统梳理了我国消落带生态修复的研究态势。主要结论如下:第一,该领域研究热度总体呈波动上升趋势,2022—2023年达到发文峰值,目前正处于由单纯的植被构建向生态系统整体功能提升的转型期。第二,研究力量呈现“机构聚集、人员分散”的特征。虽然形成了以重庆大学、中科院等为代表的学术高地,但跨机构、跨区域的深层次科研合作网络尚未完全形成。第三,研究热点演进清晰,已从早期的“消落带概念辨析”“单一耐淹植物筛选”逐步演变为当前的“生态系统服务评价”“土壤微生物群落”及“基于自然的解决方案(NBS)”。第四,未来的研究应重点解决地域研究不平衡问题,加强多技术融合与机理研究,构建全流域尺度的生态修复理论体系。本研究结果可为长江大保护背景下的库区生态管理与后续科研布局提供参考依据。

参考文献:

[1]童笑笑.三峡库区澎溪河消落带植物群落空间格局及生境影响分析[D].重庆:中国科学院大学(中国科学院重庆绿色智能技术研究院),2017.

[2]汤显强,吴敏,金峰.三峡库区消落带植被恢复重建模式探讨[J].长江科学院院报,2012,29(3):13-17.

[3]艾丽皎,吴志能,张银龙.水体消落带国内外研究综述[J].生态科学,2013,32(2):259-264.

[4]王改改,傅瓦利,魏朝富,等.消落带土壤铁的形态变化及其对有效磷的影响[J].土壤通报,2008,39(1):66-70.

[5]张振华,王野.水库运行期岸坡消落带红砂岩抗剪与抗压强度劣化机制[J].岩土工程学报,2019,41(7):1217-1226.

[6]郭泉水,洪明,康义,等.消落带适生植物研究进展[J].世界林业研究,2010,23(4):14-20.

[7]龙笛,潘巍.河流保护与生态修复[J].水利水电科技进展,2006,26(2):21-25.

[8]张瑜,岳航宇,孙玥,等.消落带生态修复及侵蚀防护研究现状[J].中国水土保持,2025(6):13-17,21.

[9]郭泉水,康义,洪明,等.三峡库区消落带陆生植被对首次水陆生境变化的响应[J].林业科学,2013,49(5):1-9.

[10]王强,袁兴中,刘红,等.三峡水库初期蓄水对消落带植被及物种多样性的影响[J].自然资源学报,2011,26(10):1680-1693.

[11]杨朝东,张霞,向家云.三峡库区消落带植物群落及分布特点的调查[J].安徽农业科学,2008,36(31):13795-13796,13866.

[12]王昕然,赵楠楠,程程,等.大宁调蓄水库消落带生态修复水生植物配置方法研究[J].北京水务,2021(4):56-60.

[13]吴江涛,许文年,陈芳清,等.库区消落带植被生境构筑技术初探[J].中国水土保持,2007(1):27-30.

[14]窦文清,贾伟涛,张久红,等.三峡水库消落带植被现状、适生策略及生态修复研究进展[J].生态学杂志,2023,42(1):208-218.

[15]吕明权,吴胜军,陈春娣,等.三峡消落带生态系统研究文献计量分析[J].生态学报,2015,35(11):3504-3518.

[16]贺秀斌,鲍玉海.三峡水库消落带土壤侵蚀与生态重建研究进展[J].中国水土保持科学,2019,17(4):160-168.

[17]郑海金,杨洁,谢颂华.我国水库消落带研究概况[J].中国水土保持,2010(6):26-29.

[18]艾丽皎,吴志能,张银龙.水体消落带国内外研究综述[J].生态科学,2013,32(2):259-264.

[19]李姗泽,邓玥,施凤宁,等.水库消落带研究进展[J].湿地科学,2019,17(6):689-696.

[20]孙荣,袁兴中,刘红,等.三峡水库消落带植物群落组成及物种多样性[J].生态学杂志,2011,30(2):208-214.

[21]周永娟,仇江啸,王皎,等.三峡库区消落带生态环境脆弱性评价[J].生态学报,2010,30(24):6726-6733.

[22]程瑞梅,王晓荣,肖文发,等.消落带研究进展[J].林业科学,2010,46(4):111-119.

[23]苏维词.三峡库区消落带的生态环境问题及其调控[J].长江科学院院报,2004(2):32-34,41.

[24]张利超,于长俊,叶玉成,等.新时代江河湖库消落带生态修复技术体系研发、实践与成效[J].中国水土保持,2024(6):8-11.

Analysis of Research Trends and Hotspots in Ecological Restoration of Water-level-fluctuating Zone Based on CNKI

GUO Si-yuan¹, YANG Xiao-meng², ZHANG Li-chao¹, HUANG Xin-chun³

- (1. School of Soil and Water Conservation, Jiangxi University of Water Resources and Electric Power, Nanchang Jiangxi 330099;
2. School of Water Conservancy, Jiangxi University of Water Resources and Electric Power, Nanchang Jiangxi 330099;
3. School of International Education, Jiangxi University of Water Resources and Electric Power, Nanchang Jiangxi 330099, China)

Abstract: As a critical ecotone in land-water interfaces, the restoration of the fragile ecosystem in the water-level-fluctuating zone (WLFZ) is a central issue in watershed ecological health management. This study aims to systematically review the research evolution and development trends in the field of WLFZ ecological restoration in China using bibliometric methods. Based on 369 publications retrieved from the CNKI core journal database (1999—2025), visual analysis was conducted employing VOSviewer and CiteSpace software, focusing on publication trends, collaboration networks, and keyword clustering. The results indicate that the annual publication output in this field shows an overall upward trend, peaking during 2022—2023. Research efforts are centered around institutions such as the College of Architecture and Urban Planning at Chongqing University and the University of Chinese Academy of Sciences, which have formed a close collaboration network, although a cohort of high-impact scholars is still emerging. Research hotspots closely revolve around the two core themes of “water-level-fluctuating zone” and “ecological restoration”, with specific focus on “vegetation restoration”, “soil erosion”, and “ecosystem services” in the “Three Gorges Reservoir Area”. Future research needs to deepen in areas such as expanding regional comparative studies, enhancing multidisciplinary technological integration, strengthening the assessment of ecosystem service functions, and building broader scientific research collaboration networks to advance the field towards more systematic and precise directions.

Key words: water-level fluctuation zone; ecological restoration; research analysis; bibliometrics