

河道生态护坡研究热点及其图谱可视化分析研究

丁永明¹, 黄庄志¹, 许晓鑫¹, 李兴凯^{2*}, 韩培锋², 李 谦³, 陈代果²

¹中国水利水电第七工程局有限公司南方分公司, 广东 深圳

²西南科技大学土木工程与建筑学院, 四川 绵阳

³四川靓固科技集团有限公司, 四川 绵阳

收稿日期: 2021年9月29日; 录用日期: 2021年11月1日; 发布日期: 2021年11月10日

摘 要

创建生态文明城市, 河道生态护坡成为其重要内容。为了分析当今河道生态护坡领域的发展趋势及目前研究现状, 以“河道生态护坡”为主题词, 通过CiteSpace文献分析软件对2001~2021年CNKI中国知网搜集到的472条文献数据进行可视化分析。结合CiteSpace软件的知识图谱, 研究结果表明: 1) 国内河道生态护坡领域的研究主要历经了缓慢增长阶段、发展停滞期和高速增长期三个阶段, 该研究领域研究起步比较晚, 但随着生态环境越来越受重视, 目前该领域的研究处于高速发展状态。2) 部分核心人员发文数量较多, 如李小平、徐得潜等学者是该领域的核心研究人员, 其发文量均在5篇以上。但是其他大部分作者发文量普遍较少。浙江省水利水电勘测设计院和中铁隧道勘测设计院有限公司是该领域内的核心机构, 发文量较大, 在研究机构方面体现得更加集中, 形成两家独大的局面, 领域内其他机构作者总体发文量不高, 就整体合作情况来看, 各个机构几乎都是单独发文, 很少有合作关系。3) “生态护坡”、“河道整治”、“城市河道”、“生态河道”等是近几年的主要研究热点词汇, 相关学者在该领域取得了一系列的研究成果。本文研究结果可以为读者清晰梳理研究近年来的研究成果及研究热点, 使读者进一步理解河道生态护坡的发展脉络, 从而为相关学者追踪该领域近期热点以及发掘新的研究问题提供参考。

关键词

CiteSpace软件, 河道生态护坡, 研究热点, 知识图谱

Research Hotspot of River Ecological Slope Protection and Its Map Visualization Analysis

Yongming Ding¹, Zhuangzhi Huang¹, Xiaoxin Xu¹, Xingkai Li^{2*}, Peifeng Han², Qian Li³, Daiguo Chen²

*通讯作者。

文章引用: 丁永明, 黄庄志, 许晓鑫, 李兴凯, 韩培锋, 李谦, 陈代果. 河道生态护坡研究热点及其图谱可视化分析研究[J]. 可持续发展, 2021, 11(6): 791-802. DOI: 10.12677/sd.2021.116096

¹South Branch of Sinohydro Bureau No.7 Co., Ltd., Shenzhen Guangdong

²School of Civil Engineering and Architecture, Southwest University of Science and Technology, Mianyang Sichuan

³Sichuan Lianggu Technology Group Co., Ltd., Mianyang Sichuan

Received: Sep. 29th, 2021; accepted: Nov. 1st, 2021; published: Nov. 10th, 2021

Abstract

In order to create an ecological civilization city, river ecological slope protection has become an important content. In order to analyze the development trend and current research status in the field of river ecological slope protection, taking “river ecological slope protection” as the theme word, the 472 document data collected by CNKI from 2001 to 2021 were visually analyzed by CiteSpace document analysis software. Combined with the knowledge map of CiteSpace software, the research results show that: 1) The research in the field of river ecological slope protection in China has mainly gone through three stages: slow growth stage, development stagnation stage and high-speed growth stage. The research in this field started relatively late, but with more and more attention to the ecological environment, the research in this field is in a state of high-speed development. 2) Some core personnel have a large number of papers. For example, scholars such as Li Xiaoping and Xu Deqian are core researchers in this field, and their papers are more than 5. However, most other authors generally have a small amount of articles. Zhejiang water resources and Hydropower Survey and Design Institute and China Railway Tunnel Survey and Design Institute Co., Ltd. are the core institutions in this field, with a large number of articles, which are more concentrated in the research institutions, forming a situation of two dominance. The authors of other institutions in the field generally do not issue a large number of documents. In terms of the overall cooperation, almost all institutions issue documents separately. There are few partnerships. 3) “Ecological slope protection”, “river regulation”, “urban river” and “ecological river” are the main research hot words in recent years. Relevant scholars have made a series of research achievements in this field. The research results of this paper can clearly sort out the research results and research hotspots in recent years, make readers further understand the development context of river ecological slope protection, and provide reference for relevant scholars to track the recent hotspots in this field and explore new research problems.

Keywords

CiteSpace Software, River Ecological Slope Protection, Research Hotspot, Knowledge Atlas

Copyright © 2021 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

随着我国对生态环境的重视，河道生态护坡逐渐成为城市河道治理的一种新模式，被越来越广泛地使用，这种基于生态理念的河道生态护坡体系不仅具有经济可行性，而且还有着工程防护无法比拟的社会效益和生态效应[1]。生态护岸在城市的河道景观规划设计中同时也担任着重要的角色，不仅能够与附近的生态系统和谐共生，还要满足当地居民对景观和环境的需求，同时可以达到与城市建设发展的步调一致，对于构建生态文明城市、改善城市生态环境，尤其是城市河道的水环境起着非常重要的作用[2] [3]。

传统的河道护坡多采用浆砌块石、现浇或预制混凝土等结构护坡,这种类型的护坡结构稳定性好,可以满足城市的河道排涝及河堤稳定性问题,其施工简单、强度高[4]。但是,这种传统的护坡方式出现了越来越多的问题,如城市河道水体净化功能急剧降低,城市河道黑臭问题突出,同时也导致城市河道生态系统破坏,生物资源和物种的种类减少,严重影响了城市生态环境的改善和当前构建生态文明城市的理念。但近几年来由于国家高度重视生态环境,国内相关学者研究出了许多生态护坡的技术,如:王文野,王德成[5]等在早年提出土工材料复合种植基护坡和植被型生态混凝土护坡。鄢俊等[6]结合我国现阶段航道工程的植草护坡现状,讨论了各种植草护坡方式的特点和边坡种草的关键技术。陈小华,李小平等[7]针对农业流域的生态环境特征,重点研究了土壤生物工程在实际工程中的应用;胡炜,刘宇峰等[8]通过定量分析植被根系对生态护坡的加固效果。研究表明:植被根系能有效减缓护坡水流入渗,提高其稳定系数,其固坡效果分别为草乔混播 > 乔木 > 草皮。在引滦入唐工程中,陈海波等[9]提出网格反滤生物组合护坡技术;胡海泓[10]等人在广西漓江治理工程中,提出了石笼挡墙、网笼垫块护坡、复合植被护坡等生态型护坡技术。结合人工边坡的特点及其生态治理的原理,孙超、许文年[11]等在生态防护工程中引入防冲刷基材(PEB)生态护坡技术这些带有生态色彩的护坡技术,总体护坡方法可以大致归总为2类:一种是单纯利用植物护坡,一种是植物加工程措施复合护坡技术。

可视化分析原理是指通过计量软件处理文献数据信息,分析某一领域研究热点及趋势,采用科学计量算法,绘制直观的图谱对某一学科领域进行数据化分析,从而起到总结研究现状及研究热点、指引未来研究方向的目的。自2006年CiteSpace引入中国后,国内学者利用该软件开展了大量的文献研究工作。陈静、余昕[12]等利用CiteSpace软件检索CNKI的1950篇以城市设计为主题的核心期刊论文,揭示出以政策引导和热点聚焦为主线的城市设计发展历程。马萨·达瓦拉扎尔利用CiteSpace软件科学分析了生物炭在土壤改良剂中的应用,调查这一领域的研究和发展,并找出存在的差距,为今后的研究提供建议[13]。玛丽亚·海伦娜·佩斯塔纳文献计量学分析应用于1998~2017年高级旅游研究,确定其智力结构、新趋势和未来研究机会[14]。本文将以一种新的角度,利用CiteSpace可视化分析,对我国河道生态护坡研究方向进行详细的脉络图谱分析,以便于广大学者清晰、直观地把握我国河道生态护坡研究的知识脉络,推动我国河道生态护坡的发展。

2. 数据来源和分析方法

2.1. 数据来源

为了深入了解“河道生态护坡”热点问题,了解相关领域机构,作者,及其之间的合作关系,本研究领域的发展状况,领域研究热点,进而更进一步研究该领域发展趋势,论文数据来源基于中国知网数据库(CNKI)以“河道生态护坡”为主题,检索区间为2001~2021年,共检索出478条相关文献,检索时间为2021年9月3日早上9:30,进一步整理分类,排除重复文献,书评,信息报道后,共计检索得472条相关文献。

2.2. 分析方法

2.2.1. 分析方向

基于检索得472条基础文献,通过CiteSpace软件对其进行分析,由于CNKI可处理的数据源只能表达出作者及机构合作网络分析,关键词共现分析,本文主要将通过以上各个知识图谱进行展开分析,通过分析知识图谱,了解学科内作者及机构之间的合作情况以及从关键词的共现程度判断学科目前发展趋势及热点研究方向。

2.2.2. LLR 对数似然算法

LLR 对数似然算法可以得出某个聚类的紧密程度。

而 Ochia 相似系数可以表达文本之间的共现率[15]。通过 ochia 相似系数得出相似矩阵，可以比 bicomb 统计软件更好表达关键词的关联程度，其公式如下：

$$\cos(A, B) = \frac{|A \cap B|}{\sqrt{|A| |B|}} (A \geq 0, B \geq 0)$$

A, B 分别代表关键词的出现频次， $A \cap B$ 代表关键词的共现频率，所以依据三角函数定理，当 $\cos(A, B) = 0$ 时， A, B 之间关联度为 0，当 $\cos(A, B) = 1$ 时， A, B 之间关联度为最大。

3. 结果与分析

3.1. 文献历年发文量分析

为了深入分析近年来学者在河道生态护坡方面的研究成果及研究热点，文章基于中国知网数据库 (CNKI)，以“河道生态护坡”为关键检索词开展文献检索，共计查询到 472 篇相关文献，开展本文的研究工作。下图 1 给出了 2001~2021 年有关河道生态护坡的相关文献，对文献数量进行分析，从而对该研究领域发展趋势进行研究，具体数据如(图 1)所示。

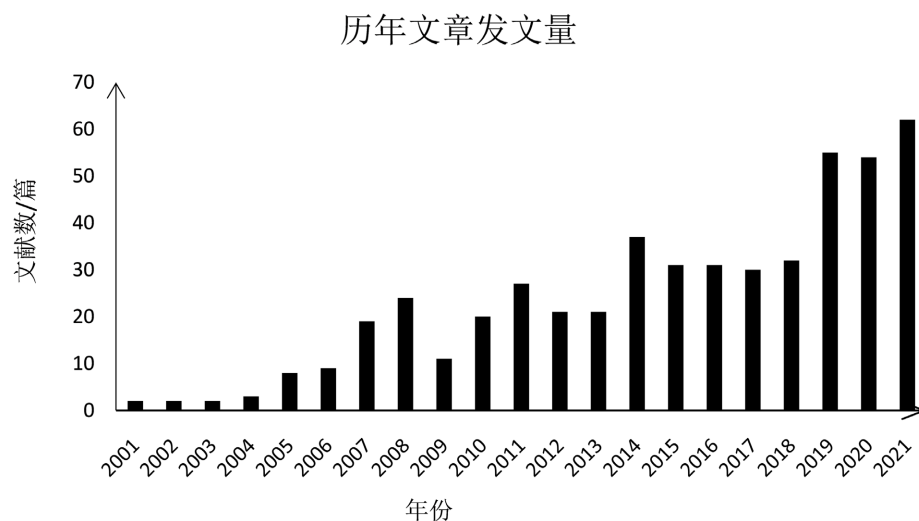


Figure 1. The number of “River ecological slope protection” in China, 2001~2021

图 1. 2001~2021 年中国“河道生态护坡”发文数量分析图

从图 1 可知，国内河道生态护坡领域的研究从 2001~2021 年文章数量整体上呈现快速上升的发展趋势，其中 2021 年的发文量为最高，通过图 1 可以看出国内有关河道生态护坡的文献数量大致可分为三个阶段，2001~2014 缓慢增长阶段，该阶段的文献数量总数较少，且在前几年数量极少，到 2005 年才开始逐步增长，2001~2008 年历年发文数量均低于 20 篇，主要原因是国内的生态河堤护坡起步较晚，在 2001~2005 年期间还属于新鲜事物，随着我国对生态环境的重视，逐渐有学者开展相关的研究工作，在 2005~2014 年之间缓慢增长。第二阶段为 2015~2018，此阶段为发展停滞期，文章数量甚至出现较前几年减少的趋势，说明该阶段本领域的研究进展不足，国内生态护坡的常规模式已经较成熟，生态护坡研究创新遇到了瓶颈。2019~2021 年高速增长期，从 2019 年至今发文数量剧烈增长，年发文量高达 55 篇，经调查发现，在此阶段是由于近几年国家经济高速发展，为了保证人与自然生态的和谐共生，国家开始

颁布实施有关修复生态，注重生态文明的相关文件，所以国内学者开始重视生态护坡领域的研究。同时国内学者开展了大量的生态护坡与城市水质净化相关的研究工作，拓展了研究的范围。

3.2. 文献作者群体分析

在 CiteSpace 软件可视化图中，文献发表数量越多，则其节点越大，其中的连线则是作者群体之前的相互合作关系。下图 2 中，作者之间的合作关系节点共有 108 个，37 个连接，合作者之间的网络密度为 0.0064，说明合作者之间的合作关系交分散。从下图 2 可以看出，在河道生态护坡学科领域中，作者合作网络聚类关系呈“整体 - 局部”状。结合表 1 可知，“整体部分”以李小平、徐得潜、陈小华、张展羽、金秋、张玉清和宓永宁等学者为中心发表了大量的学科文献，其中排名前 4 的核心作者发文量分别占总量的 5.48%、6.85%、6.85%、5.48%、占总数的 24.66%。除此之外，大部分作者都是发文量仅在 2~3 篇左右，说明研究河道生态护坡的作者众多，且较分散，相关研究还没有形成体系。同时还可以看出几个核心作者各自形成较为紧密的合作联系网络，他们之间的合作相对较紧密。而图 2 的“局部”中，只有部分学者之间存在单方面合作关系，没有形成交互形式。说明绝大部分的作者目前在该领域的研究各自为政，合作较分散，但是也可以看出，随着研究的深入，作者之间的合作逐渐增强，由此可推测，生态护坡领域未来的合作关系网络会越来越完整紧密，而学科发展也会逐渐走向成熟。

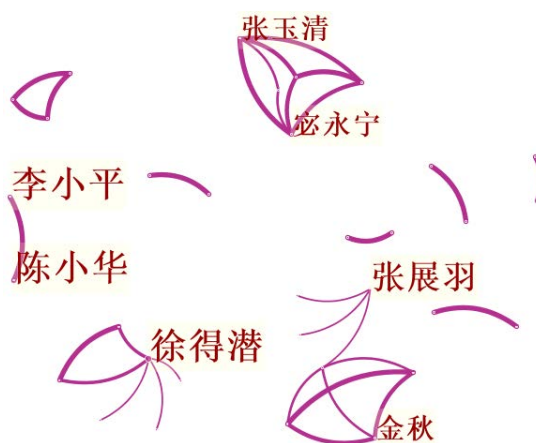


Figure 2. Authors' published papers of "River ecological slope protection" in China, 2001~2021
图 2. 中国 2001~2021 年“河道生态护坡”作者发文量

Table 1. Statistics of published papers by authors of "River ecological slope protection" in China 2001~2021
表 1. 2001~2021 年中国“河道生态护坡”作者发文统计

序号	发文数量/篇	作者
1	5	李小平
2	5	徐得潜
3	4	陈小华
4	3	张展羽
5	3	金秋
6	3	徐小燕
7	3	张玉清
8	3	宓永宁

3.3. 机构合作分析

基于 CNKI 中关键检索词得到 472 条相关的文献并对其进行研究机构的可视化分析，分析的节点类型为“Node Types = Institution”，检索时间长度为 2001~2021 年，时间切片“Year Per Slice = 1”，分析的阈值为 Top = 50，对 472 篇相关的文献开展可视化分析，筛选发文量排名前 8 名的研究机构，得到河道生态护坡发文机构图谱如图 3 所示，并整理排名得出表 2。

CiteSpace, v. 5.7.R5 (64-bit) W
 September 9, 2021 3:06:54 PM CST
 WoS: D:\Citespace\河道生态护坡\data
 Timespan: 2001-2021 (Slice Length=1)
 Selection Criteria: gindex (k=25), LRF=3.0, LBY=5, e=1.0
 Network: N=334, E=0 (Density=0)
 Largest CC: 1 (0%)
 Nodes Labeled: 1.0%
 Pruning: None

长沙理工大学水利工程学院 长沙理工大学水利工程学院 水沙科学与水灾害防治湖南省重点实验室 长沙理工大学国际学院

秦皇岛市第三污水处理厂

浙江省水利水电勘测设计院 浙江省水利水电勘测设计院

Figure 3. The institution of “River ecological slope protection” in China, 2001~2021

图 3. 2001~2021 年中国河道生态护坡发文机构图谱

Table 2. Ranking of “River ecological slope protection” publishing agencies in China, 2001~2021

表 2. 2001~2021 年中国“河道生态护坡”发文机构排名

序号	频次	机构
1	20	浙江省水利水电勘测设计院
2	19	秦皇岛市第三污水处理厂
3	12	长沙理工大学水利工程学院
4	3	安徽水安建设集团股份有限公司
5	3	合肥工业大学土木与水利工程学院
6	2	上海市环境科学研究院
7	2	南京明瑞建设集团有限公司
8	2	本溪市水利电力勘测设计院

由图 3 可知，节点 N = 334，连接线 E = 0，网络密度 density = 0，综合表 2，图 3 分析得出，目前国内研究河道生态护坡研究机构合作网络不紧密，浙江省水利水电勘测设计院和秦皇岛市第三污水处理厂形成两足鼎立的态势，而长沙理工大学水利工程学院也紧随其后，除了这三家机构，其他机构对生态护坡领域的研究整体文献数量极少，说明其他机构都是个别学者在开展相关的研究工作，可以看出还有待提升。在未来的研究中，各个机构还需加强团队之间的相互交流与合作。

3.4. 关键词分析

3.4.1. 关键词共现图谱分析

关键词体现了文章的主要研究内容，是文章主要内容的凝练与概括，能够充分体现作者的研究方向

与主要观点, 关键词的中心性、频次, 能够反映出某一时期内的研究热点情况[15] [16]。通常文献中的关键词往往互相关联, 为此通过文献中关键词共现分析可以反应该研究领域的主要研究内容, 研究热点和方向, 以及逐年的学科演化与发展, 还可直观体现不同时序内的热点领域、分析视角与研究方法的变化[17]。首先, 在 CiteSpace 中将时间切片定为 1a, 取阈值为 Top N = 50 得出关键词的知识网络图谱, 其中网络线的颜色反应了该关键词首次共被引的时间, 从网络线的颜色变化就能整体上了解本研究领域的发展历程及时间坐标轴, 因此可通过网络线颜色变化来分析该研究领域的演化过程。下图 4 给出了 2001~2021 年河道生态护坡领域的关键词图谱图。

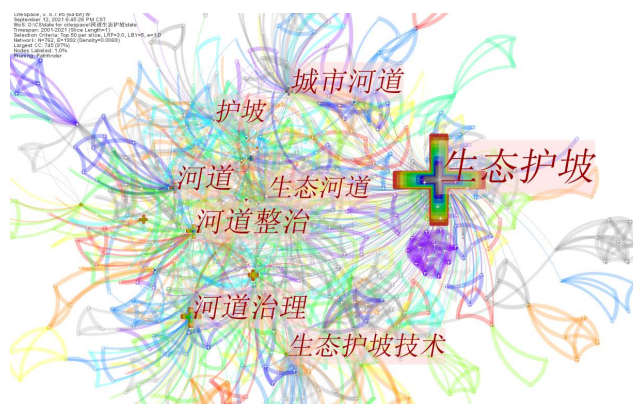


Figure 4. Keywords of “River ecological slope protection” in China, 2001~2021
图 4. 2001~2021 年河道生态护坡关键词知识图谱

通过图 4 可知, 从学科发展演化的角度分析, 关键词节点外圈出现紫色则代表此关键词为中心性最强的节点。结合图 4 共现关系连接线可知, 如“生态护坡”、“河道整治”、“城市河道”、“生态河道”等关键词为近 20 年该领域的研究热点。关键词中心度(Centrality)反映的是该关键词与其他关键词的共现程度, 反应的是该关键词连接其他关键词作用的大小度。通过 CiteSpace 对关键词中心度分析, 可以进一步了解整个研究历程中生态河道护坡研究领域的重点方向及发展演化进程。通过量化关键词, 使分析更加可靠, 取 TopN = 10 的数据, 在全部时间范围内进行统计得到下表 3。

Table 3. Key word centrality of “River ecological slope protection” in China from 2001 to 2021
表 3. 2001~2021 年中国“河道生态护坡”关键词中心度

序号	关键词	频次	中心度
1	生态护坡	300	1.28
2	河道治理	58	0.23
3	河道整治	49	0.18
4	河道	47	0.22
5	水利工程	39	0.06
6	城市河道	35	0.18
7	生态	25	0.04
8	生态护坡技术	24	0.11
9	施工技术	25	0.02
10	护坡	24	0.12

结合表 3 可知,“生态护坡”、“城市河道”、“河道整治”、“河道”分别为中心度较高的前 4 位关键词,说明在河道生态护坡学科领域中,涉及到此 4 类的关键词的研究较多。

3.4.2. 关键词聚类 LLR 算法分析

通过 CiteSpace 进行聚类分析,并基于 LLR 对数似然算法(Log-Likelihood Ratio),可以研究河道生态护坡的热点研究之间的紧密程度,从而判断研究热点的发展演化趋势。采用 CiteSpace 软件的快速聚类方法,提取关键词,调整阈值参数,得到图 5 所示的河道生态护坡研究热点聚类图谱。CiteSpace 利用其模块值(Modularity) Q 和平均轮廓值(Weighted Mean Silhouette) S 作为判断绘制效果的依据,如果 $Q > 0.3$,说明图谱的结构比较合理,如果 S 大于 0.7,说明网络图的同质性是合理的,且可信度较高[18]。图中 $Q = 0.5704 > 0.3$ 说明聚类结果显著,平均轮廓值为 $S = 0.8991 > 0.7$,说明聚类结果的可信度是非常高的。由此可以看出,2001~2021 年河道生态护坡领域研究,主要以图 5 中的 9 大聚类模块展开。通过聚类结构特征可以将学科研究分成特定的板块阐述学科研究方向,结合年份则可以研究该研究领域热点词的演化进程。通过平均年份可以得知学科发展初期在 2001 年左右,起步较晚,主要原因是在此之前国内经济水平相对落后,对城市河道生态的重视还不够,而随着国家经济的快速发展,生态文明城市建设的理念越来越深入人心,城市河道生态护坡的紧迫性越来越受到重视[19],颁布一系列相关政策,国内学者开始对河岸护坡的生态性技术逐渐加大研究力度。

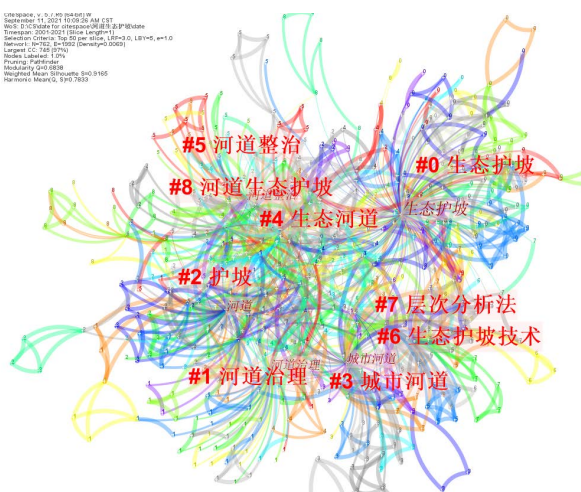


Figure 5. “River ecological slope protection” cluster knowledge map in China, 2001~2021

图 5. 2001~2021 河道生态护坡研究热点聚类知识图谱

在研究初期(2001~2007 年),国内学者开始重视河岸护坡的生态性以及探究各种新颖的生态护坡技术,特别是在 2005 到 2007 年之间,此段时间内有关河岸生态护坡的文章发文量较高,呈快速增长,即聚类#1、#2、#3、#6; 研究中期(2011~2014 年),该阶段国内学者主要研究生态护坡的新技术开发与实际工程的应用,并且开始考虑河道景观因素和研发各种新型护坡材料,即聚类#1、#5、#7、#8; 研究近期(2014 年~至今)主要是在对生态护坡技术开发的同时,更注重生态修复方面与河道景观方面的研究及应用。通过将新型技术应用到实际工程中,然后利用层次分析法进行效果评价,希望探究出一套适合不同地域和不同工况的河岸生态护坡方案。整体研究发现,大部分聚类词平均年份较晚,说明河道生态护坡领域研究主要集中在 2012 年之后。随着我国经济高速发展,城市发展的同时也要注意河道生态环境,后期需要继续加强该领域的研究。通过对关键聚类词的整理,将每个聚类排名前三的关键词列出,并对聚类进行量化分析,节点代表关键词,聚类包含关键词越多, ID 值越小,其研究领域更为广泛。从下表 4 可知,包含关键数量前三的为生

态护坡, 河道治理和护坡, 说明针对河道的治理与防护工程方面, 对于生态性的研究还是较为广泛, 并且近几年对于生态修复的重视以及必要性愈发强烈, 河道生态护坡将成为比较广泛且普遍的一种河岸护坡形式。紧密程度体现每个聚类中的所有关键词的同质性, 该数值越大, 代表该聚类成员的相似性越高。每个聚类紧密程度均大于 0.8, 说明聚类效果很好, 同质性强, 关键词之间联系紧密。如在“生态护坡”聚类中, “生态护坡”、“技术应用”和“河道生态治理”是最紧密的三个关键词, 在“生态护坡技术”聚类中, “生态护坡技术”、“生物多样性”和“城市河道整治”联系最为紧密。

Table 4. Detailed table of cluster analysis on research hotspots of river ecological slope protection from 2001 to 2021
表 4. 2001~2021 河道生态护坡研究热点聚类分析详细表

聚类号	节点数	紧密程度	平均年份	TOP terms (重要关键词)
#0 生态护坡	117	0.964	2013	生态护坡 40.62; 技术应用 19.81; 河道生态治理 12.34
#1 河道治理	88	0.845	2014	河道治理 41.05; 生态护岸 21.75; 生态系统 13.12
#2 护坡	74	0.899	2011	护坡 39.12; 生态 38.75; 河道 34.7
#3 城市河道	59	0.873	2012	城市河道 33.53; 生态护坡材料 17.87; 浆砌石 11.87
#4 生态河道	56	0.875	2013	生态河道 25.92; 生态修复 18.1; 护坡材料 11.43
#5 河道整治	53	0.868	2014	河道整治 54.26; 生态环境 16.22; 蜂巢隔网 10.78
#6 生态护坡技术	40	0.961	2012	生态护坡技术 32.79; 生物多样性 12.56; 城市河道整治 8.83
#7 层次分析法	35	0.945	2014	层次分析法 16.35; 河道岸坡 7.57; 模糊 topsis 7.57
#8 河道生态护坡	34	0.924	2014	河道生态护坡 37.51; 水土保持 30.82; 功能意义 18.36

时间线视图(Time-line)将聚类分析和时间结合到一起, 同一聚类的节点按照时间顺序会被排布在同一水平线上, 同时不同聚类之间的联系也可以清晰展现在图中, Time-line 更加可以清晰直观的体现聚类的时间跨度以及历史进程, 从而可以清晰展示河道生态护坡的演进。如图 6 所示, #4 强度最短, 从 2008 年

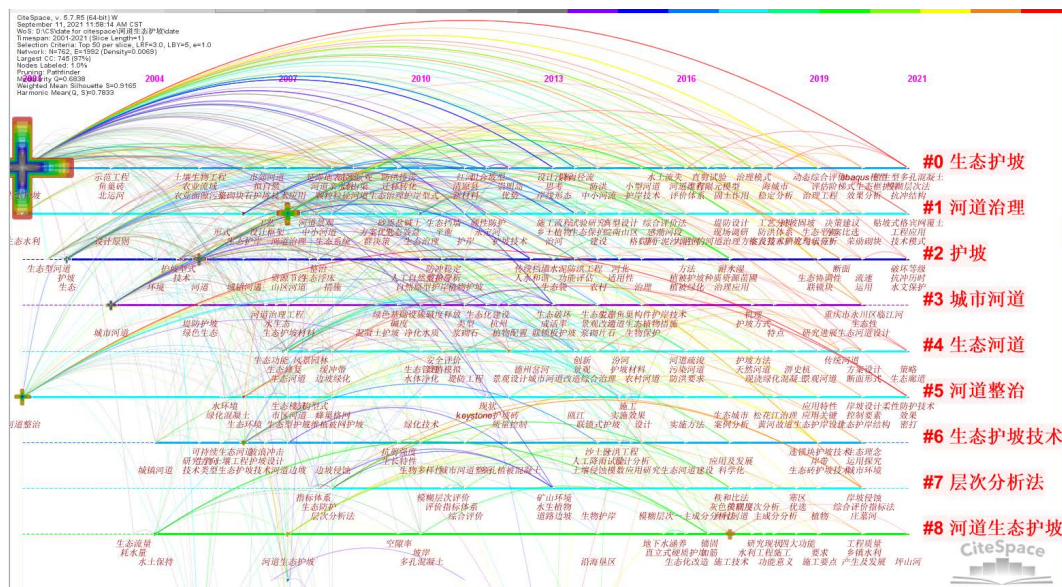


Figure 6. Time line clustering map of hot words in river ecological slope protection research from 2001 to 2021
图 6. 2001~2021 年河道生态护坡研究热点词时间线聚类图谱

才开始出现, #7 层次分析法次之, 出现时间为 2009~2020 年; #0、#1、#、#2、#5、#8 聚类代表的研究时间跨度最长; #6、#7 聚类在 2020 年后就没有出现, 可能由于在生态护坡技术层次已经相对成熟, 由此可预测在未来几年内此领域的研究热点将不在这两类上, 而#0、#1、#2、#4、#5、#8 等聚类在未来几年将持续作为研究热点进行探讨和研究。

3.4.3. 研究主题演进与研究前沿分析

通过 CiteSpace 软件的 Burst detection 功能可以探测某个时间段内突然大量出现在文献中的关键词。在进行关键词突现分析时, 根据 2001~2021 年的研究情况, 将突现词的最小持续时间设置为 2 年, 共得到突现词 5 个, 对突现关键词的强度、出现年份、结束年份、持续时间进行分类整理得到表 5 成果。从表 5 可以看出城市河道持续突现的时间最长为 9 年, 而施工技术、河道生态护坡、水利工程突现的持续时间只有 3 年, 而且突现时间较近, 说明在最近几年国内学者的研究重点多关注施工技术的应用。2017~2018 年突现的河道治理持续时间最短, 只有一年。而在 2019 年出现的水利工程虽然突现持续时间只有三年, 但是突现强度比较强, 高达 11.91, 说明从 2019 年后的近两年水利工程生态治理是研究的热点方向。

现对前四热度及频次最高的关键词进行分析, 分别是“生态护坡”、“河道整治”、“城市河道”、“生态河道”。

1) 生态护坡。早在 2000 年张俊云, 周德培等[20]学者就已经提出了生态护坡理念, 并且提出生态护坡研究首先应致力于生态材料的研制。在 2001 年季永兴, 刘水芹[1]等就城市河道的整治在汲取国内外相关经验的情况下探讨了不同材料的生态护坡方法。随后张俊云, 周德培[21]将生态护坡领域扩展到华南及西南一些新建高速公路边坡绿化方向。直到现在, 生态护坡一直都是学科的热门研究方向, 随着国家经济的高速发展, 生态问题的重视不仅仅体现在护坡工程上, 由此可预测“生态护坡”在近几年将会持续作为学科的研究热点。

2) 河道整治。国内学者对于河道整治的研究还算比较早, 吴健生[22]等在 1983 年提出了水泥土护岸试验, 代替传统的砌块石勾缝护岸方法。包括江华明[23]也提出江河治理是防洪之本, 所以国内学者对于河道治理的重视程度还是很高的, 因此国内对于河道整治的技术相对成熟, 研究此领域的学者也很多。

3) 城市河道。因为城市建设的快速发展, 洪涝灾害作为不可忽视的一面, 每个城市的防洪都需要完善的河道体系, 所以对此领域国内学者的研究也较为深入。陈小敏[24]从城市防洪的工程措施和非工程措施分析了国内城市防洪现状以及提出了有益的建议。并且城市河道在生活饮水、排涝泄洪、交通旅游方面都起着重要作用, 现如今对于城市河道的研究主要在生态治理, 水质修复方面[25] [26]。国内对于此领域的研究相对广泛且深入, 因此未来对于此方面的研究也不会减少, 学科发展将逐渐走向成熟与完善。

4) 生态河道。国外对于这方面的研究相对较早, 日本上个世纪就提出了有关“亲水性”的理念, 瑞士、德国等在 20 世纪 80 年代末期提出了“自然型护岸”技术, 英国采用了“近自然”河道设计技术, 荷兰强调河流生态修复与防洪的结合, 提出了“给河流以空间”的理念。国内生态护坡的研究起步较晚, 2003 年卫明[27]等人才开始探讨自然生态型河道建设的基本思想及效果。高永敏等[28]在 2004 年针对大连市城市河道季节性过流的特点, 提出在保证河道防洪基本功能的基础上, 遵从自然、兼顾生态景观与区域发展的可持续性的生态型河道治理模式。而近几年此领域的研究主要在技术的创新[29]以及生态的修复方面。王海洋等[30]提出了一系列的措施建议, 使河道的生态功能得以修复。在“绿色发展, 生态优先”的国家战略背景下, “生态河道将持续作为未来此领域的研究热点。”

Table 5. Emergent keyword of “River ecological slope protection” in China from 2001 to 2021
表 5. 2001~2021 年“河道生态护坡”突现关键词

序号	关键词	强度	出现年份	结束年份	持续时间
1	城市河道	3.65	2003	2012	9 年
2	河道治理	3.65	2017	2018	1 年
3	施工技术	8.23	2018	2021	3 年
4	河道生态护坡	5.1	2018	2021	3 年
5	水利工程	11.91	2019	2021	3 年

4. 结论与展望

本文基于 CNKI 数据库，对 2001~2021 年河道生态护坡领域的文献进行了知识图谱可视化研究，分别从文献历年发文量，文献作者群体，机构合作关系及关键词共现等方面进行了详细的阐述，具体可得出以下几点结论。

1) 目前国内关于河道生态护坡的研究相较于较早年份有较大进展，不仅仅体现在发文数量上，学科相关研究人员在数量上也出现了增长，并且形成了以李小平、徐得潜、陈小华、张展羽、金秋、张玉清和宓永宁等核心研究人员为中心的合作研究网络。除此之外，相较于较早年份对于河岸护坡的生态性的重视程度也变化较大，2012 年以后国内关于生态护坡的技术已经相对成熟，但仍有学者不断进行对此领域的研究，对技术的完善，对材料的探索创新，进一步推动生态护坡的发展与完善。目前学科整体发文量仍处在高速增长状态，但大部分作者及机构的发文数量还不是很很高，大部分在 3~5 篇左右，各机构的合作关系应该加强。

2) 在河道生态护坡研究领域，浙江省水利水电勘测设计院和秦皇岛市第三污水处理厂形成两足鼎立的态势，而长沙理工大学水利工程学院也紧随其后，这三所机构的发文量远高于其他机构，彼此之间联系较少，在机构发文量中，出现了严重的两级分化现象，排名第一和排名倒数第一的发文量相差过大。

3) 通过关键词共现图谱，结合词频，中心度，聚类分析，“生态护坡”、“河道整治”、“城市河道”、“生态河道”等为近几年的研究热点；其中河道的生态治理和生态系统是近几年研究较为突出重视的两个方面，在研究此学科的过程中，需要重点关注这两方面。在河流生态系统中，护坡生态系统带是处于陆生生态系统和水生生态系统的边缘交错带，最能有效反应人类改造活动和日常生活对河流生态系统的物质信息方面的交换与冲突，因此对于维持河流生态系统的健康和提高河流生态系统的服务功能具有十分重大的生态意义。因为国家经济的高速发展，近几年国家对生态修复的重视，一系列相关的政策颁发，国内学者对此领域的研究又开始重视并呈现持续稳定发展的态势。将来对此领域的研究应该更加注重在新型材料、新型技术、新型设备的开发与应用，除了避免传统式硬质式护坡形式外，还应该更加注重生态护坡完整生态系统的动态性，我们有必要建立起一套全新的、科学的评价体系或标准，比如从工程评价方面评价生态护坡的安全性，从生态学的种群种类方面评估生态护坡的生物性能等等，以营造生态护坡生物多样性为目标，从而实现真正的“生态型”护坡。

基金项目

住房和城乡建设部科技计划(2018-K9-049; 2018-K9-059)，西南科技大学高教研究专项课题(20GJZX02)；西南科技大学 2019 年度本科教育教学改革与研究项目(19xn0063)。

参考文献

- [1] 季永兴, 刘水芹, 张勇. 城市河道整治中生态型护坡结构探讨[J]. 水土保持研究, 2001, 8(4): 25-28.
- [2] 汪洋, 周明耀, 赵瑞龙, 徐方. 城镇河道生态护坡技术的研究现状与展望[J]. 中国水土保持科学, 2005, 3(1): 88-92.
- [3] 张文杰. 城市河道生态护岸技术研究现状与展望[J]. 价值工程, 2011, 30(28): 323-324.
- [4] 宋玲. 基于生态护坡的河道治理模式研究[J]. 黑龙江水利科技, 2021, 49(2): 96-98.
- [5] 王文野, 王德成. 城市河道生态护坡技术的探讨[J]. 吉林水利, 2002(11): 24-26.
- [6] 陈小华, 李小平. 农业流域的河流生态护坡技术研究[J]. 农业环境科学学报, 2006, 25(z1): 140-145.
- [7] 鄢俊. 植草护坡技术的研究和应用[J]. 水运工程, 2000(5): 29-31.
- [8] 胡炜, 刘宇峰, 秦卫星. 考虑植被护坡的河道生态岸坡稳定性分析[J/OL]. 长江科学院院报: 1-6. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/42.1171.TV.20210510.1123.004.html>, 2021-11-04.
- [9] 陈海波. 网格反滤生物组合护坡技术在引滦入唐工程中的应用[J]. 中国农村水利水电, 2001(8): 47-48.
- [10] 胡海泓. 生态型护岸及其应用前景[J]. 广西水利水电, 1999(4): 57-59+68.
- [11] 孙超, 许文年, 周明涛, 郭萍, 刘黎明. 防冲刷基材生态护坡技术的研究与应用[J]. 水利水电技术, 2009, 40(1): 37-40.
- [12] 陈静, 余昕. 基于 CiteSpace 的国内城市设计研究知识图谱分析[J]. 住宅科技, 2021, 41(5): 28-32.
- [13] Kamali, M., Jahaninfard, D., Mostafaie, A., Davarazar, M., Gomes, A.P.D., Tarelho, L.A.C., Dewil, R. and Aminabhavi, T.M. (2020) Scientometric Analysis and Scientific Trends on Biochar Application as Soil Amendment. *Chemical Engineering Journal*, **395**, Article ID: 125128. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2020.125128>
- [14] Pestana, M.H., Sánchez, A.V. and Moutinho, L. (2019) The Network Science Approach in Determining the Intellectual Structure, Emerging Trends and Future Research Opportunities—An Application to Senior Tourism Research. *Tourism Management Perspectives*, **31**, 370-382. <https://doi.org/10.1016/j.tmp.2019.07.006>
- [15] 韩增林, 李彬, 张坤领, 等. 基于 Citespace 中国海洋经济研究的知识图谱分析[J]. 地理科学, 2016, 36(5): 643-652.
- [16] 王萍, 刘涛, 杜萍, 等. 2000-2017 年中国灾害风险研究的知识图谱分析[J]. 自然灾害学报, 2019, 28(4): 169-177.
- [17] 李杰, 陈超美. CiteSpace: 科技文本挖掘及可视化[M]. 北京: 首都经济贸易大学出版社, 2016.
- [18] 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[J]. 科学学研究, 2015, 33(2): 242-253.
- [19] 韩磊, 张展羽. 浅议河道生态型护坡[J]. 灌溉排水学报, 2007, 26(S1): 42-44.
- [20] 张俊云, 周德培, 李绍才. 岩石边坡生态护坡研究简介[J]. 水土保持通报, 2000, 20(4): 36-38.
- [21] 张俊云, 周德培, 李绍才. 高速公路岩石边坡绿化方法探讨[J]. 岩石力学与工程学报, 2002, 21(9): 1400-1403.
- [22] 吴健生. 水泥土护岸试验[J]. 浙江水利科技, 1983(2): 36-42.
- [23] 江华明. 江河治理是防洪之本[J]. 浙江水利科技, 2001(2): 41-42.
- [24] 陈小敏. 浅谈我国城市防洪现状及今后的防洪任务[J]. 水利水电技术, 1992(12): 27-29.
- [25] 马原. 水生态修复技术在城市河道污染治理工程中的应用[J]. 能源与节能, 2021(7): 87-88+96.
- [26] 陈宇. 城市生态环境的保护和治理与可持续发展[J]. 资源节约与环保, 2021(7): 11-12.
- [27] 卫明, 王为人, 刘晓涛, 魏梓兴. 自然生态型河道建设的理念及其应用[C]//中国水利学会城市水利专业委员会. 2003 年全国城市水利学术研讨会论文集. 2003: 25-29.
- [28] 高永敏, 许士国. 大连市生态型河道建设[J]. 中国水利, 2004(14): 53-55.
- [29] 全国首例 3D 打印装配式生态河道挡土墙正式开工建设[J]. 江西建材, 2021(4): 215.
- [30] 王海洋, 高芳岚, 张哲铭. 基于重构生态功能的农村生态河道治理[J]. 水利科学与寒区工程, 2021, 4(2): 154-158.