

# 山区工程生态挡墙图谱可视化分析研究

徐冠虎<sup>1</sup>, 张方<sup>1</sup>, 赵轲<sup>1</sup>, 夏银勇<sup>1</sup>, 韩延伟<sup>1</sup>, 李兴凯<sup>2\*</sup>, 韩培锋<sup>2</sup>, 陈代果<sup>2</sup>

<sup>1</sup>山东省公路桥梁建设集团有限公司第四公司, 四川 成都

<sup>2</sup>西南科技大学土木工程与建筑学院, 四川 绵阳

收稿日期: 2023年4月21日; 录用日期: 2023年6月14日; 发布日期: 2023年6月25日

## 摘要

为了研究生态挡墙领域的研究方向和内容, 以“生态挡墙”为主题词, 通过文献分析软件对2003~2021年搜集到的296条文献数据进行可视化分析研究。研究结果表明: 1) 生态挡墙的研究与前几年相比已经取得了显著的进展。不仅发表的文章数量有所增加, 与该学科相关的研究人员的数量也有所增加。2) 卢山、麻欣瑶、张嘉程、王栋、章晶晶等学者是该生态挡墙领域的关键研究人员, 他们的发文量都达到了10篇以上。浙江理工大学建筑工程学院和上海勘测设计研究院有限公司是该领域的中心机构。在研究机构方面, 他们更集中, 形成两种主导局面。该领域其他机构的作者总数量不高。在整体合作方面, 每个机构几乎所有文章都是单独发表的, 几乎没有合作关系。3) “生态挡墙”、“河道治理”、“生态护岸”、“生态”等为近几年的主要研究热点词汇, 有关的学者已经在生态挡墙的研究上取得了相当多的学术成果, 从目前发展形式上来看我国有较为先进的生态挡墙技术。本文的研究意义就在于利用可视化分析对生态挡墙的发展关键内容和未来的发展趋势。

## 关键词

CiteSpace, 生态挡墙, 知识图谱, 城市河道

# Research on Visualization Analysis of Ecological Retaining Wall Atlas in Mountain Engineering

Guanhu Xu<sup>1</sup>, Fang Zhang<sup>1</sup>, Ke Zhao<sup>1</sup>, Yinyong Xia<sup>1</sup>, Yanwei Han<sup>1</sup>, Xingkai Li<sup>2\*</sup>, Peifeng Han<sup>2</sup>, Daiguo Chen<sup>2</sup>

<sup>1</sup>The Fourth Company of Shandong Highway and Bridge Construction Group Co., Ltd., Chengdu Sichuan

<sup>2</sup>School of Civil Engineering and Architecture, Southwest University of Science and Technology, Mianyang Sichuan

Received: Apr. 21<sup>st</sup>, 2023; accepted: Jun. 14<sup>th</sup>, 2023; published: Jun. 25<sup>th</sup>, 2023

\*通讯作者。

文章引用: 徐冠虎, 张方, 赵轲, 夏银勇, 韩延伟, 李兴凯, 韩培锋, 陈代果. 山区工程生态挡墙图谱可视化分析研究[J]. 地球科学前沿, 2023, 13(6): 645-655. DOI: 10.12677/ag.2023.136061

## Abstract

In order to study the research direction and content in the field of ecological retaining wall, 296 pieces of literature data collected from 2003 to 2021 were visually analyzed with “ecological retaining wall” as the theme word. The results show that: 1) the research on ecological retaining wall has made significant progress compared with previous years. Not only did the number of published articles increase, but also the number of researchers associated with the discipline increased. 2) Lu Shan, Ma Xinyao, Zhang Jiacheng, Wang Dong, Zhang Jingjing and other scholars are key researchers in the field of ecological retaining wall, and they have all published more than 10 articles. School of Architectural Engineering of Zhejiang Polytechnic-Tech University and Shanghai Survey and Design Institute Co., Ltd. are the central institutions in this field. In the research institutions, they are more concentrated, forming two dominant situations. The total number of authors at other institutions in the field is not high. In terms of overall collaboration, almost all articles from each institution were published separately, with few cooperative relationships. 3) “Ecological retaining wall”, “river management”, “ecological bank protection”, “ecology” are the main research hotspots in recent years. Relevant researchers have made a series of research results in this field, and have a relatively mature ecological retaining wall technology. The research results in this paper can help readers to clearly comb the research results and hot spots in recent years. In order to enable readers to better understand the development background of ecological retaining wall, provide reference for relevant researchers, to track the recent hot spots in this field and explore new research problems.

## Keywords

CiteSpace, Ecological Retaining Wall, Knowledge Graph, Urban River

Copyright © 2023 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

随着我国经济发展，环境问题日益加剧，再随之一系列的国家相关生态政策的发布，各种生态技术也相继出现，生态挡墙的出现相继取代了传统硬式结构的护坡护岸工程，所谓硬式护坡结构就是类似于砌石挡墙和混凝土挡墙结构等完全把河道水体和挡墙后的土壤完全隔开，没有水陆信息交流，不利于水下生物的生长，同时也缺乏美观，不符合人与自然和谐共生的发展理念[1][2]。

生态挡土墙包括自嵌式生态块、石笼挡墙等形式，这些类型采用新的结构型式，实现了挡土墙前后水下信息交流，不破坏现有的水生态环境，墙体留有孔洞或缝隙，有利于植物的生长，工程的建设尊重了物种的多样性，保持了生物的营养和水循环，维持了挡墙周边植物生存环境和水生动物的栖息地质量，使河道的生态系统得到了有效的保护[3]。

我国对于生态挡墙的研究起步相对于国外来说较晚，从2003年国内学者才开始陆续发文。例如吕东旭[4]初步提出了土工格室加筋挡土墙的设计方法以及对其在实际工程中的应用进行优化设计。汪荣勋[5]提出的“荣勋砌块”及其生态挡墙技术，用于围垦建筑的挡土墙中，可以同时满足挡土排水、安全可靠和生态需要。杨少华[6]等提出的吉奥阶梯式生态挡墙，具有很高的技术特点以及在高速公路拓宽工程有

很大作用。高国明[7]等提出的复合(鸟巢)生态混凝土构件具备生态系统的基本功能,为水岸生物提供栖息、生长的条件。俞红光[8]等提出的钢丝网片柔性生态挡墙具有减少征地拆迁、保护土地资源、适应路基不均匀沉降及施工快捷等独特的技术优势和实用效果。

王司扬[9]等介绍了沪杭甬高速公路吉奥阶梯式钢筋生态挡墙的结构组成和施工工艺,填料的压实方法以及质量检测方法。陆陈强[10]等依据陡坡路基防护设计与施工要求,总结施工实践成果,研发了抗滑桩与格宾挡墙联合生态挡墙施工技术。Wang Xinquan [11]等针对目前缺乏可持续、高预制挡土墙的现状,研制了一种施工效率高的环保型预制生态格栅挡土墙。由此可见目前国内生态挡土墙的技术已经成熟,主要是利用加筋,柔性网的复合技术进行防护边坡于河道[12][13]。

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。赵蓉英[14]等利用CiteSpace确定出国际社网络分析(SNA)研究的前沿领域和发展趋势,秦晓楠[15]等利用CiteSpace可视化分析,得出了目前国内生态安全研究已完成了的内容和对未来工程内容的展望。李洪远[16]等利用CiteSpace可视化分析出城市生态系统服务是当时的研究热点。

本文将以一种新型的角度,利用可视化分析,来对我国有关河道生态挡墙的研究进行脉络图谱分析,从而达到以清晰、直观地视角来把握我国河道生态挡墙研究的知识脉络,从而推动我国河道生态挡墙的发展。

## 2. 数据来源和分析方法

### 2.1. 数据来源

为了更好地了解“生态挡墙”的热门话题,了解有关机构,研究人员及其合作关系,该领域的发展状况和热点,并进一步研究这方面的发展趋势,本文数据源基于中国“河流生态防护墙”主题的数据库(CNKI)。研究期为2003年至2021年,共检索了303份相关论文。2021年12月3日9时30分,在对重复的文件进行更详细的排序和分类后,共检索了296份相关文件。

### 2.2. 分析方法

#### 2.2.1. 分析方向

在检索到的296份文献的基础上,由于CNKI所处理的数据源有限并不能以知识图谱的形式来展现出相应的关系,所以本文主要通过CiteSpace知识图来进行分析研究。在分析知识地图时,不仅可以了解到相关领域的学科作者与学科机构之间的合作,并且可以根据其中的关键词的共现程度来判断学科的未来发展走向和流行的研究方向。

#### 2.2.2. LLR 对数似然算法

LLR对数似然算法能得出某个聚类的联系的紧密程度。

而Ochia相似系数则可以表现文本共现率[17]。其公式如下:

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

A和B分别表示关键字的出现频率和关键字的重现频率。因此,根据三角函数的定理,当 $\cos(A, B) = 1$ , A和B之间的关联程度最高。

### 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生态护墙领域的研究成果和研究人员研究热点，本文以中国数据库(CNKI)为基础，以“生态挡墙”为关键搜索术语进行文献研究。本文研究了 296 个相关文献。下图 1 显示了 2003 年至 2021 年间关于河流生态挡墙的相关文献。分析文献数量以研究该研究领域的发展趋势。具体数据示例(图 1)。

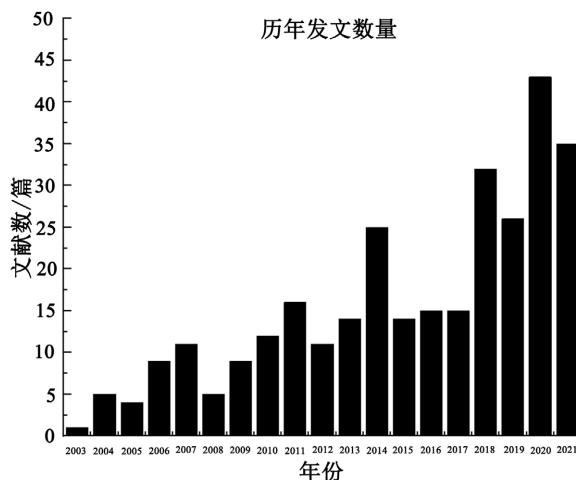


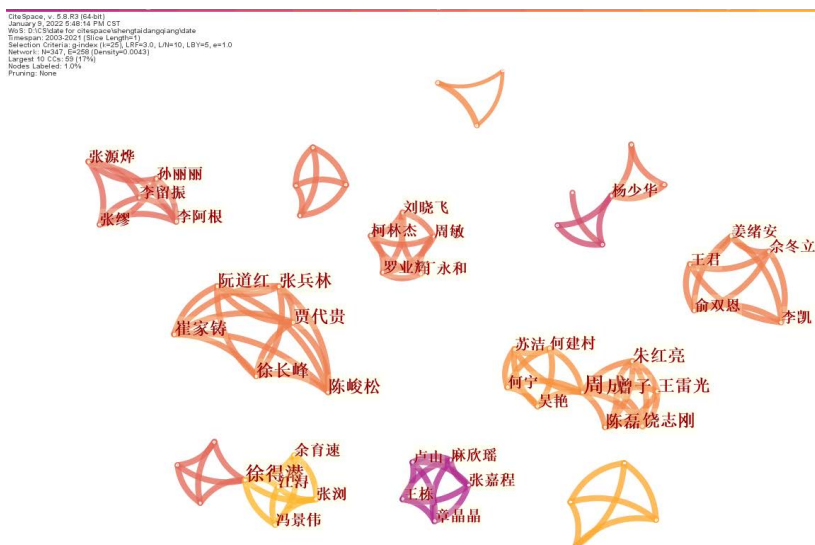
Figure 1. The number of “Ecological retaining wall” in China, 2003~2021  
图1. 2003~2021年中国“生态挡墙”发文数量分析图

图 1 显示，2003 年至 2021 年，国家在绿色挡土墙领域的研究呈现论文数量快速增长的趋势，2020 年最大发表论文数为 43 篇。通过图 1 可以看出，国家关于生态挡土墙的文件数量大致可以分为三个阶段，2003 年至 2014 年为缓慢增长期，2015 年至 2017 年为平稳发展期，2017 年至 2021 年为快速增长期。在第一阶段的缓慢增长时期，2003~2003 历年发表的论文数量不到 20 篇，表明这一时期国家研究人员对生态挡土墙的研究关注度不高，这一时期的生态挡土墙研究学科没有受到太多重视。在此期间。即使在 2008 年，发表的文章数量也在减少，这表明这一时期学科的发展是有限的。第二阶段，2015~2017 年，是稳定发展的时期，由于国家绿色挡土墙技术的成熟，国家研究人员在这一领域的研究遇到了瓶颈期。从 2018 年到现在，发表的文章数量急剧增加，2020 年达到 43 篇。从调查看来，现阶段，由于近年来国家经济的快速发展，为保证人与自然生态的和谐共生，国家已开始颁布实施有关生态修复和生态修复、生态修复和生态修复的相关文件。

#### 3.2. 文献作者群体分析

经 citeSpace 软件可视化分析后，文献发表量越多，则其节点越大，其中的连线则是作者群体之前存在的合作连接关系。图 2 表明，节点共有 347 个，258 个连接，网络密度为 0.0043，在生态挡墙学科领域中，作者合作网络聚类关系已经呈“遍地开花”的趋势。由表 1 分析可知，领域早期研究时期以卢山、麻欣瑶、张嘉程、王栋、章晶晶等为中心的合作团体发表了大量的学科文献，核心作者发文量在 296 篇总体基础文献中分别占比 6.41%、2.36%、6.41%、4.39%、3.71%，占总数的 23.28%而紧随其后的作者发文量为次，除此之外，大部分作者都是发文量仅在 2~3 篇左右，说明研究生态挡墙的作者众多，但核心作者较少。在生态挡墙研究领域，核心作者各自形成较为紧密的合作联系网络，彼此之间联系较为紧

凑。而发展平稳期其他几位也都已形成了比较严密的研究团体。但是还存在少部分学者之间存在单方面合作关系。经图 2 分析可知,就作者合作关系而言,目前我国河道生态挡墙领域已经初步形成以核心作者为中心的合作关系网,且已呈现出“遍地开花”的局势,形成了各个紧密的合作团体。由此可推测,生态挡墙领域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.** Cooperation diagram of authors of “ecological retaining wall” in China from 2003 to 2021  
**图 2.** 中国 2003~2021 年“生态挡墙”作者合作关系图

**Table 1.** Statistics of published papers by authors of “Ecological retaining wall” in China 2003~2021  
**表 1.** 2003~2021 年中国“生态挡墙”作者发文统计

序号	发文数量/篇	作者
1	19	张嘉程
2	19	卢山
3	18	戴娟
4	15	李肃人
5	13	王栋
6	11	章晶晶
7	9	雷蕾
8	7	麻欣瑶

### 3.3. 机构合作分析

从检索得到的 296 条文献中进行可视化分析,节点类型“Institution”,检索区间范围取 2003~2021 年,时间切片为一年,每时间切片的排名前 50 位机构,经可视化分析后,调节显示发文量  $\geq 5$  以上的机构,得到生态挡墙发文机构图谱如图 3 所示,并整理排名得出表 2。

如图 3 所示,节点  $N = 231$ ,连接线  $E = 2$ ,网络密度 = 0.001,对表 2 和图 3 的全面分析表明,国家生态护墙科研院所合作网络并不紧密,浙江理工大学建筑工程学院形成了主导地位,上海勘测设计研究院有限公司,除上述两个机构外,其他机构在生态防护墙领域进行研究的程度还不够,可能还需要改进。在未来的研究中,每个机构都应加强各小组之间的交流与合作。



CiteSpace v. 5.8.R3 (64-bit)  
 Java version: 2022.7.11.471 Final C32  
 JRE: J:\C:\Java\jdk-17.0.2\bin\java.exe  
 Timespan: 2003-2021 | Slice Length: 1  
 Selection Criteria: q=0.95 | p=0.05 | LRF=1.0 | M=10 | LE=15, w=1.0  
 Network: N=231, E=72 [Density=0.0001]  
 Largest CC: 2 (0%)  
 Nodes Labeled: 1 (0%)  
 Pruning: None

遵义水利水电勘测设计研究院 遵义水利水电勘测设计研究院

浙江理工大学建筑工程学院 浙江理工大学建筑工程学院

浙江省交通规划设计研究院 浙江省交通规划设计研究院

上海勘测设计研究院有限公司 上海勘测设计研究院有限公司

**Figure 3.** The institution of “Ecological retaining wall” in China, 2003~2021  
**图 3.** 2003~2021 年中国生态挡墙发文机构图谱

**Table 2.** Ranking of “Ecological retaining wall” publishing agencies in China, 2003~2021  
**表 2.** 2003~2021 年中国“生态挡墙”发文机构排名

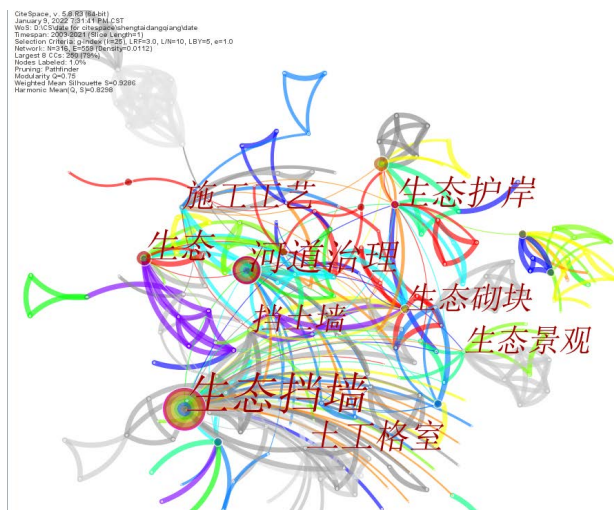
序号	频次	机构
1	17	浙江理工大学建筑工程学院
2	4	上海勘测设计研究院有限公司
3	4	浙江省交通规划设计研究院
4	3	遵义水利水电勘测设计研究院
5	2	宁波市水利水电规划设计研究院
6	2	丽水市水利局
7	2	中铁十四局第一工程发展有限公司
8	2	深圳市广汇源水利建筑工程有限公司

### 3.4. 关键词分析

#### 3.4.1. 关键词共现图谱分析

从共现理论的角度看，关键词是文章主要内容的凝练与概括，能够充分体现文章研究方向与其主要分析角度与观点，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。通常，文献中的关键字往往是相互关联的。关键字的重现分析可以反映该领域的重要研究方向，以及主题逐年演变和发展。它还可以直观地反映热点地区的变化，不同时间序列中的分析观点和研究方法[18]。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，在图谱上，网络线的颜色反映了网络线第一次被引用的时间。然后，从整个网络线的颜色变化来看，您可以了解研究领域的旧情况和新情况。因此，您可以通过网络线的颜色变化来检查域的演变下图 4 给出了 2003~2021 年生态挡墙领域的关键词图谱图。

图 4 显示，从学科发展和发展的角度看，紫色在关键字节点外环的出现代表了在这个关键字中间中心最强的节点，再加上图 4 中的共存连接线，如“生态支撑墙”、“河流管理”、“生态覆盖”、“生态”等，是近 20 年来研究的重点。关键字中心性反映关键字与其他关键字的共存程度，并显示与其他关键字关联的关键字的大小。通过对关键词中心性的分析，可以更好地理解研究领域在整个过程中的关键方向。通过对关键词的量化，使分析更加可靠，得到 TopN = 8 的数据，并在所有时期内统计得到下表 3。



**Figure 4.** Knowledge atlas of key words of ecological retaining wall from 1999 to 2021  
**图 4.** 1999~2021 年生态挡墙关键词知识图谱

**Table 3.** Key word centrality of “Ecological retaining wall” in China from 2003 to 2021  
**表 3.** 2003~2021 年中国“生态挡墙”关键词中心度

序号	关键词	频次	中心度
1	生态挡墙	42	0.36
2	河道治理	19	0.21
3	生态护岸	19	0.21
4	生态	19	0.19
5	水利工程	12	0.00
6	城市河道	11	0.00
7	河道	10	0.04
8	生态挡墙技术	8	0.00

结合表 3 可知，“生态挡墙”、“河道治理”、“生态护岸”、“生态”分别为中心度较高的前 4 位关键词，这说明，在河流生态护墙领域，有更多关于这四种关键词的研究。

### 3.4.2. 关键词聚类 LLR 算法分析

通过对城市空间进行聚类分析，并基于对数似然比(LLR)算法，可以研究河流生态护墙热点搜索结构的密封性，并判断热点。使用 citeSpace 软件的快速聚类方法提取关键字并调整阈值参数，以获得图 5 所示的知识地图。citeSpace 使用其模块值(Modularity)和平均轮廓加权值(Silhouette Mean Weighted)作为判断绘图效果的基础。这意味着卡的结构是合理的。如果 S 大于 0.7，这意味着网卡的均匀性合理，可信度高 [19]。图中  $Q = 0.7772 > 0.3$  表示聚类结果显著，平均等高线值  $S = 0.9305 > 0.7$ ，表明聚类结果的可信度很高，由此可以推断出 2003~2021 年在生态挡土墙领域的研究主要是以图 5 中的 8 个聚类模块为主要内容的。由于聚类结构的特点，学科研究可以分为具体的部分来解释学科研究的方向和过程。原因是在 2003 年以前，没有足够的学术文献，表明环保挡土墙技术在这一阶段没有得到广泛应用。大多数护坡模式采用传统的硬质边坡防护，随着国民经济的蓬勃发展，大多数城市从农村节水向城市节水，从城市节水向生态节水，从城市节水逐步向生态节水过渡 [20]。近年来，国家还高度重视生态修复，颁布了一系列相关政策，国家学术界逐步加大对沿岸边坡保护生态技术的研究力度，2003~2014 年是增长缓慢的时期，2015~2017 年为稳定发展期，2017~2021 年为高速增长期。

在研究开始时(2003~2013 年), 国家研究人员开始对岸线边坡保护生态学产生兴趣, 并探索各种新的环境友好型支撑技术, 特别是在 2010 至 2011 年期间, 当时在河岸生态挡土墙上发表的论文数量迅速增加, 即将第 1 和第 2 类论文分组; 在研究的早期, 国家研究人员开始对海岸线边坡保护生态学产生兴趣, 并探索各种新的环境友好型支撑技术, 特别是在 2010 至 2011 年期间, 当时在河岸生态挡土墙上发表的论文数量迅速增加, 即将第 1 和第 2 类列为一类; 在研究界(2015~2017 年), 他侧重于开发绿色挡土墙新技术和实际工程应用, 并开始考虑河流景观因素并开发各种新材料也就是说, 群组#2 和#3; 最近的研究(2017 年至今)主要侧重于绿色挡土墙技术的发展, 同时更多地关注生态恢复和美化河渠。通过对新技术的研究和开发, 将其应用于实际工程应用中。全球研究发现, 大多数聚类词的平均年份较晚, 表明在绿色挡土墙领域的研究主要集中在 2010 年之后的年份。随着国民经济的快速发展, 城市发展也必须注重生态水源保护和生态恢复。

通过对聚类关键词的排序, 确定了每个聚类的三个主要关键词, 并对聚类进行了定量分析(聚类总结)。节点表示关键字, 聚类包含的关键词越多, ID 值越小, 搜索域越宽。如表 4 所示, 这三个主要数字是地质、护坡和生态, 显示生态研究在河道护坡方面更有进展。全球最常用的是绿色挡土墙。近年来, 人们越来越重视生态恢复。生态挡土墙将成为一种更为广泛和广泛的岸线护坡形式。密度反映了每个聚类中所有关键词的同质性。值越高, 集群成员的相似性就越大。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“土工格室”聚类中, “生态挡墙”、“土工格室”和“工程性状”是最紧密的三个关键词, 在“护坡”聚类中, “护坡”、“中小河流”和“应用”联系最为紧密。

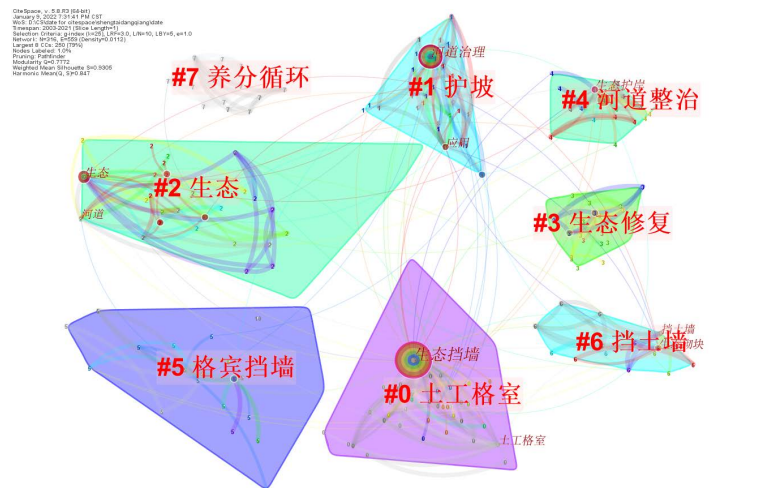


Figure 5. Knowledge atlas of keyword clustering of ecological retaining wall in China form 2003~2021  
图 5. 2003~2021 中国生态挡墙关键词聚类知识图谱

Table 4. 2003~2021 China Ecological retaining wall cluster analysis table

表 4. 2003~2021 中国生态挡墙聚类分析详表

聚类号	节点	紧密程度	平均年份	TOP terms (重要关键词)
#0 土工格室	40	0.934	2010	土工格室 31.7; 生态挡墙 23.63; 工程性状 7.74
#1 护坡	29	0.804	2013	护坡 18.6; 应用 16.99; 中小河流 14.83
#2 生态	28	0.926	2015	生态 21.93; 河道 13.34; 设计 9.26
#3 生态修复	19	1.000	2017	生态修复 17.77; 石笼挡墙 11.76; 高速公路 5.83
#4 河道整治	19	0.941	2014	河道整治 15.48; 生态护岸 13.41; 生态水利 10.26
#5 格宾挡墙	18	0.877	2012	格宾挡墙 16.75; 雷诺护垫 11.09; 生态防护 11.09
#6 挡土墙	14	0.932	2013	挡土墙 16.08; 生态砌块 11.72; 中小水流治理 6.98
#7 养分循环	13	0.991	2004	养分循环 12.79; 食物链 12.79; 水文循环 12.79



时间线结合了聚类分析和时间,同一集群中的节点将按时间顺序放在同一条水平线上。同时,还可以在图形中清楚地显示不同集群之间的链接。时间线可以更清楚、直观地反映集群的持续时间和历史过程,因此生态挡墙的演变可以清晰地显示出来。如图6所示,第3级是最短的,仅出现在2013年,而第5级是2006年至2018年出现的第二组;第0组、第1组、第2组、第4组、第6组和第7组代表最长的搜索周期;第0组、第3组和第5组没有出现。也许是因为盖宾土工格栅和挡土墙的技术水平相对成熟,因此可以预见,这一领域的研究热点在未来几年将不会出现在这两类领域,而集群#1、#2、#3、#4和#6在今后几年将继续作为研究热点加以探索和研究。

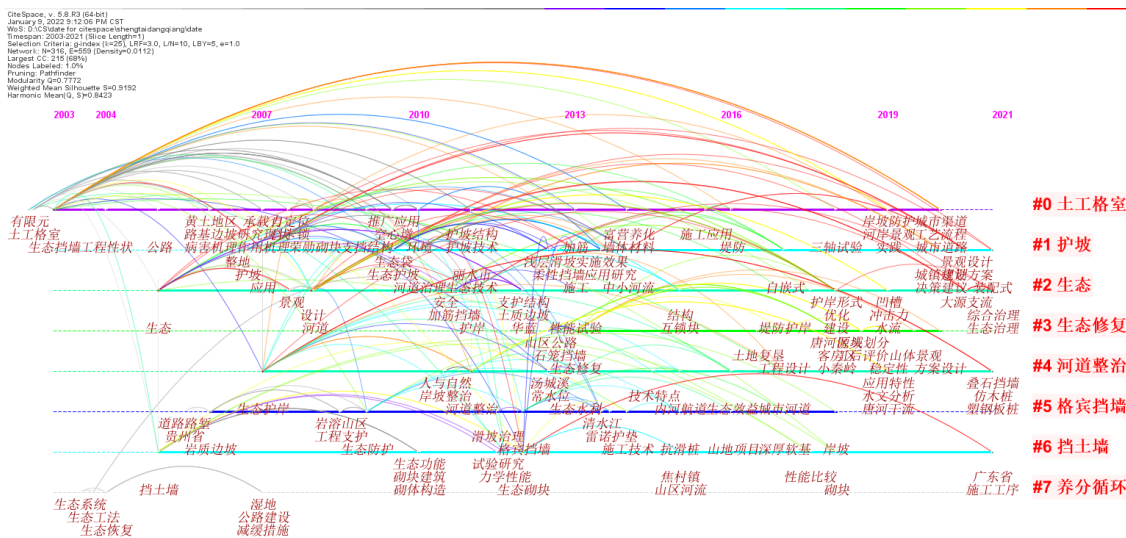


Figure 6. Cluster map of time-line of Ecological retaining wall in China from 2003~2021

图6. 2003~2021年中国生态挡墙时间线聚类图谱

### 3.4.3. 研究主题演进与研究前沿分析

Citesspace 软件的突发检测功能允许您检测在一段时间内突然大量出现在文献中的关键字。在关键词涌现分析中,最小关键字持续时间设置为两年,其他参数默认设置,从而产生三个新出现的关键词。表5概括了新出现的关键词的强度、发生年份、年末和持续时间。表5显示,地球细胞的继续出现已持续了8年,而生态修复和建设技术仅持续了3年和2年,出现时间相对较晚,说明近年来环境修复和建筑技术仅持续了3和2年,而且出现时间相对较晚。2019~2021年间出现了最短的施工技术,即只有两年。虽然2018年生态恢复的出现时间仅为三年,但其出现的强度相对较高,说明2018年后的近两年来,生态恢复一直是研究的热点。

现在对前四热度与频次最高的关键词进行分析,“河道治理”、“生态挡墙”、“生态护岸”。

1) 生态挡墙。在2003年吕东旭[4]等学者就已经提出了土工格室生态挡墙,这是最早也是到现在应用最广泛的一种类型的生态挡墙。并且在2006年汪荣勋[5]等也就城市河道的整治在汲取国内外有关经验的情况下发明出了“荣勋砌块”,王司扬[9]提出了吉奥阶梯式生态挡墙等一系列新颖的生态挡墙技术,生态挡墙的应用不仅仅体现在河道整治中,俞红光[8]也在将钢丝网片柔性生态挡墙应用在浙江省高速公路上。直到现在,生态挡墙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“生态挡墙”在近几年将会持续作为学科的研究热点。

2) 河道治理。国内学者对于河道整治的研究还算比较早,吴健生[21]等在1983年提出了水泥土护岸试验,取缔了传统的砌块石勾缝护岸方法。包括江华明[22]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) 生态护岸。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和河道护坡工程,在满足日常的需求之外还应注重与生态的协调,所以对此领域国内学者的研究也较为深入,陈小敏[23]从城市防洪的工程措施和非工程措施分析了当时1992年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[24]。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。

**Table 5.** Emergent Key word of “Ecological retaining wall” in China from 2003 to 2021  
**表 5.** 2003~2021 年中国“生态挡墙”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	土工格室	4.13	2003	2010	8年
2	生态修复	3.28	2018	2021	3年
3	施工技术	3.38	2019	2021	2年

#### 4. 结论

本文基于 CNKI 数据库,对 2003~2021 年河道生态挡墙领域的文献进行了知识图谱可视化分析,鉴于这些年来出版的文献数量,研究人员,机构合作网络和关键词的一致性,可以得出以下结论。

1) 目前,国家对生态挡墙的研究与前几年相比已经取得了显著的进展。不仅发表的文章数量有所增加,与该学科相关的研究人员的数量也有所增加。以庐山、麻欣瑶、张嘉程、王栋、章晶晶等重点研究人员为中心的合作研究网络已经形成。此外,与前几年相比,对河岸边坡保护生态的重视发生了重大变化。2012 年以后,国家生态挡墙技术相对成熟,但研究者们继续在这一领域进行研究,探索和创新技术和材料,进一步推动生态挡墙的发展和完善。目前,该学科发表的论文总量仍在快速增长,但大多数作者和机构发表的论文数量并不很高,大多在 3~5 篇左右,研究的深度有待进一步深化,特别是要加强机构间的合作关系。

2) 在生态挡墙研究领域中,浙江理工大学建筑工程学院形成了一家独大的局面,其次是上海勘测设计研究院有限公司,这两个机构出版的文件比其他机构多,并且其他机构之间相互联系较少。在两个层面上存在着严重的差异,前者和后者之间存在着较大的差异。

3) 通过关键词共现图谱,结合词频,中心度,聚类分析,“生态挡墙”、“河道治理”、“生态护岸”、“生态”等是近年来研究的热点,河道治理和生态挡墙近年来受到越来越多的关注。在这门学科的研究中,由于国民经济的快速发展,近年来对生态恢复的重视,以及一系列相关政策的出台,这两个方面都需要特别关注。国家研究人员已开始注意这一领域的研究,并显示出可持续和稳定发展的趋势。这一方面表明生态河流挡土墙技术不完善和推广,另一方面表明生态挡墙领域需要进一步的技术探索和模式协调。

#### 基金项目

山东省公路桥梁建设集团有限公司国道 212 线苍溪回水至阡中双龙段公路 2021 年科技项目经费资助。

#### 参考文献

- [1] 黄岳文,汪荣勋. 荣勋砌块及其在生态护岸上的应用[J]. 人民长江, 2008, 39(13): 67-69+74.
- [2] 吴建华. 生态挡墙在河道整治中的应用[J]. 水利技术监督, 2019(4): 148-151.

- [3] 朱海生, 陈健, 张桂荣, 王蔚, 方绪顺. 生态袋挡墙护岸结构设计及其力学性能变化[J]. 水利水运工程学报, 2015(4): 48-55.
- [4] 吕东旭. 土工格室生态挡墙工程性状研究[D]: [硕士学位论文]. 西安: 长安大学, 2003.
- [5] 汪荣勋. “荣勋砌块”及其生态挡墙技术在围垦中的应用[C]//浙江省“生态围垦及其实施的工程技术”专辑. 2006: 93-105.
- [6] 杨少华, 姜正晖, 江建坤. 新型的挡墙技术——吉奥阶梯式生态挡墙[J]. 公路, 2007(11): 203-205.
- [7] 高国明, 董建伟. 复合(鸟巢)生态混凝土墙式护岸技术的研究与应用[J]. 吉林水利, 2009(9): 1-4. <https://doi.org/10.15920/j.cnki.22-1179/tv.2009.09.009>
- [8] 俞红光, 陈建荣, 童庆, 林亚芳. 钢丝网片柔性生态挡墙在浙江省高速公路中的应用[J]. 公路, 2011(8): 240-244.
- [9] 王司扬. 浅谈吉奥阶梯式生态挡墙施工技术[J]. 黑龙江交通科技, 2013, 36(12): 49+51.
- [10] 陆陈强, 黄元斌, 邹胜勇. 抗滑桩与格宾挡墙联合生态护坡施工技术[J]. 公路工程, 2015, 40(4): 154-157+162.
- [11] Wang, X.Q., Zhu, C., Diao, H.G. and Ning, Y.J. (2021) Structural Behavior of Prefabricated Ecological Grid Retaining Walls and Application in a Highway in China. *Symmetry*, **13**, Article No. 746. <https://doi.org/10.3390/sym13050746>
- [12] Wang, X.Q., Cui, Y.L., Zhang, S.M., Ge, J.G. and Wu, X.F. (2015) Research on Construction Technology of Three-Dimensional Reinforced Rigid-Flexible Composite Ecological Retaining Wall. *Applied Mechanics and Materials*, **744-746**, 560-564. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMM.744-746.560>
- [13] Peng, J., Jin, L., Shen, Z. and Zhuang, C.X. (2020) Ecological Retaining Wall for High-Steep Slopes: A Case Study in the Ji-Lai Expressway, Eastern China. *Advances in Civil Engineering*, **2020**, Article ID: 5106397. <https://doi.org/10.1155/2020/5106397>
- [14] 赵蓉英, 王静. 社会网络分析(SNA)研究热点与前沿的可视化分析[J]. 图书情报知识, 2011(1): 88-94.
- [15] 秦晓楠, 卢小丽, 武春友. 国内生态安全研究知识图谱——基于Citespace的计量分析[J]. 生态学报, 2014, 34(13): 3693-3703.
- [16] 李洪远, 杜志博. 基于 CitespaceV 的城市生态修复研究的可视化分析[J]. 安全与环境学报, 2018, 18(3): 1209-1214.
- [17] 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.
- [18] 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
- [19] 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.
- [20] 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.
- [21] 吴健生. 水泥土护岸试验[J]. 浙江水利科技, 1983(2): 36-42.
- [22] 江华明. 江河治理是防洪之本[J]. 浙江水利科技, 2001(2): 41-42.
- [23] 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.
- [24] 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.