

# 高填方边坡研究热点及发展趋势可视化分析

于宝国<sup>1</sup>, 胥富成<sup>1</sup>, 韦振西<sup>1</sup>, 黄世杰<sup>2\*</sup>, 韩培锋<sup>2,3</sup>, 陈代果<sup>2</sup>

<sup>1</sup>中国水利水电第七工程局有限公司南方分公司, 广东 深圳

<sup>2</sup>西南科技大学土木工程与建筑学院, 四川 绵阳

<sup>3</sup>非饱和土力学特性及工程技术四川省高校工程研究中心, 四川 成都

收稿日期: 2022年11月23日; 录用日期: 2023年1月13日; 发布日期: 2023年1月28日

## 摘要

本文以“高填方边坡”为主题词, 对2002~2022年CNKI中国知网所搜集到的499条有关“高填方边坡”文献数据进行可视化分析, 以此来分析当今高填方边坡领域的发展趋势及研究热点问题。研究结果表明: 1) 自2007年开始, 我国对高填方边坡领域的研究逐渐增加, 研究方向逐渐呈现多样化。2) 借助地理优势和国家重点实验室的优势, 成都理工大学为该领域做出了突出贡献, 发表了多篇具有重大研究意义的文章。3) 通过对关键词进行量化分析, 得出该领域近年来的研究热点和研究方向为“数值模拟”、“稳定性”、“土工格栅”等, 由此可知, 在对该领域进行进一步的探索过程中应该注重这几方面的学习和研究。

## 关键词

Citespace, 高填方边坡, 知识图谱, 可视化

# Visualization Analysis of Research Hotspots and Development Trends of High Fill Slopes

Baoguo Yu<sup>1</sup>, Fucheng Xu<sup>1</sup>, Zhenxi Wei<sup>1</sup>, Shijie Huang<sup>2\*</sup>, Peifeng Han<sup>2,3</sup>, Daiguo Chen<sup>2</sup>

<sup>1</sup>China Water Conservancy and Hydropower Seventh Engineering Bureau Co., Ltd, Shenzhen Guangdong

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

<sup>3</sup>Open Fund of Sichuan Engineering Research Center for Mechanical Properties and Engineering Technology of Unsaturated Soils, Chengdu Sichuan

Received: Nov. 23<sup>rd</sup>, 2022; accepted: Jan. 13<sup>th</sup>, 2023; published: Jan. 28<sup>th</sup>, 2023

## Abstract

Taking “high fill slope” as the theme word, this paper makes a visual analysis of 499 literature da-

\*通讯作者。

文章引用: 于宝国, 胥富成, 韦振西, 黄世杰, 韩培锋, 陈代果. 高填方边坡研究热点及发展趋势可视化分析[J]. 地球科学前沿, 2023, 13(1): 34-43. DOI: 10.12677/ag.2023.131004

ta about “high fill slope” collected by CNKI China Knowledge Network from 2002 to 2022, so as to analyze the development trend and research hot issues in the field of high fill slope today. The results show that: 1) since 2007, the research on high fill slope in China has gradually increased, and the research direction has gradually diversified. 2) With the advantages of geography and national key laboratories, Chengdu University of Technology has made outstanding contributions to this field and published many articles of great research significance. 3) Through the quantitative analysis of the key words, it is concluded that the research hotspots and research directions in this field in recent years are “numerical simulation”, “stability”, “geogrid”, etc. It can be seen that these aspects should be paid attention to in the process of further exploration in this field.

## Keywords

Citespace, High Fill Slopes, Mapping Knowledge Domain, Visualization

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

随着西部大开发的进行，山区开放建设也逐渐成为了一种必然，在山区开发的过程中便会产生各种各样的高填方边坡。在这个过程中，如果不重视高填方边坡的潜在危险，必然会对项目建设造成较大的经济损失，甚至会危及人身安全。通常来讲，高填方边坡是指填方高度大于 15 m 的边坡，这类边坡由于坡度较高，通常会由于各种因素引发滑坡危险，严重影响人身安全以及工程的安全施工和运行。例如：2015 年 12 月 20 日，广东省深圳市光明新区凤凰社区恒泰裕工业园所发生的高填方滑坡，此次灾害滑坡覆盖面积约 38 万平方米，造成 33 栋建筑物被掩埋或不同程度受损，灾害造成的失联人员总数有 91 人。根据调查研究，造成高填方边坡滑坡的主要原因有以下几点：1) 边坡坡度过陡，坡体因其自重或地表滞水作用使边坡土体失稳而导致塌陷或滑塌；2) 因施工不规范造成的滑坡，如填方土料采用了不合要求的土料、边坡填土未按要求分层回填压实等；3) 坡顶、坡脚未做好排水措施，导致了水的渗入，从而土的粘聚力降低。由此可知，全面了解高填方边坡领域的研究现状及未来发展趋势，可以为高填方边坡的研究及防范治理工作提供重要指导意义。

目前，国内相关学者在“高填方边坡”领域发表了一系列的相关性文章，如张井泉[1]利用现场调研和数值分析的思路，采用多种稳定性评价方法，并通过建立二维数值模拟模型对填方过程中的变形问题、边坡整体稳定性问题进行合理的分析研究，根据研究结果找出了所建立的填方体模型中最大剪应力增高带区域，从而确定了最容易发生变形和破坏的区域。陈金锋，宋二祥，徐明[2]运用强度折减有限元法对昆明新机场的某典型剖面高填方边坡稳定性进行了分析计算。通过对比研究的方法，不仅对不同地基处理方式下，高填方边坡的稳定性进行了分析，而且还将有限元稳定分析的结果与简化 Bishop 方法的计算结果进行了对比。另外，对强度参数折减前，将不同地基处理方式下的边坡的位移及剪应变也进行了比较。王衍汇，倪万魁等[3]选取以延安新区 13 标段北端 110 m 黄土高填方边坡为研究对象，根据该研究区域边坡的实际情况，选择了合理的边坡计算剖面，利用极限平衡分析法和平面有限元法，计算出了延安新区填方高边坡在地下水位升高、暴雨、地震等工况下的稳定性、变形特征并总结出了该边坡的应变分布规律。黄建，姚仰平[4]通过分析研究高填方边坡蠕变破坏过程中的位移和速度特征，以此改进了 Saito 模型的应变率公式，从而建立了基于改进人工蜂群算法的滑坡中短期预测模型。再以三个高填方滑坡为

例,验证了该方法在滑坡时间预测的可靠性和准确性。

可视化分析是指通过挖掘数据文本信息,分析领域热点,科学计量,绘制图谱等方法对某一领域知识进行方向分析,具有知识导航作用[5]。自 Citespace 传入我国以来,一大批学科领域使用可视化分析来研究和分析自身学科的知识热点和研究方向。如安传艳等[6]基于 Citespace 软件进行可视化分析,通过对中国乡村旅游研究文献进行分析,揭示了其研究主题演变的过程,并预测了中国乡村旅游的研究趋势。再例如卫军朝等[7]利用可视化分析软件 Citespace,运用软件的聚类功能,从研究热点、研究热点的时间和关键点三个角度出发,对数字图书馆热点进行了分析研究。为了分析当前高填方边坡方面研究的热点和趋势,在 Citespace 可视化分析的基础上,绘制了国内高填方边坡的详细脉络图谱,对学科领域内的研究热点和发展方向进行了探讨,以期对本领域后期研究起到一定借鉴。

## 2. 数据来源和分析方法

### 2.1. 数据来源

论文数据来源基于中国知网数据库(CNKI),以“高填方边坡”为主题词,检索年域定为 2002 年~2022 年,共筛选出 499 条相关文献,检索时间为 2022 年 9 月 16 日下午。

### 2.2. 分析方法

#### 2.2.1. 分析方向

本次研究将主要通过分析作者与机构合作网络以及关键词共现等知识图谱来展开,通过对知识图谱的分析,可以了解该学科的作者和机构的关系,通过关键词的共现度可以判断该学科当前的发展趋势和热点研究方向。

#### 2.2.2. Citespace 软件分析

利用 Citespace 文献统计分析软件对某个领域的文献进行分析可以得出该领域的科学知识图谱。科学知识图谱是可视化显示知识资源及其关联的一种图形,可以绘制、挖掘、分析和显示知识间的相互关系,在组织内创造知识共享的环境,从而最终达到促进知识交流和研究深入的目的。目前, Citespace 已成为我国研究人员分析某个领域的热点、动态、前沿和发展趋势的重要工具。

#### 2.2.3. 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。Ochiai 相似系数能表现出文本之间的共现率

$$\text{Cos}(A, B) = \frac{|A \cap B|}{\sqrt{|A| |B|}} \quad (A \geq 0, B \geq 0) \quad (1)$$

$A, B$  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  $\text{Cos}(A, B) = 0$  时,  $A, B$  之间关联度为 0, 当  $\text{Cos}(A, B) = 1$  时,  $A, B$  之间关联度为最大[8]。

## 3. 结果与分析

### 3.1. 文献历年发文量分析

对每年的文献发文数量进行定量分析,从而可以分析出该领域的发展趋势,图 1 所示为 2002 年~2022 年间有关高填方边坡相关文献的每年发文数量。

由图 1 获知,自 2007 年开始,国内有关高填方边坡的发文量开始逐步增加,由此可知高填方边坡逐渐得到国内研究人员的重视。在 2015 年发文数量达到峰值,共有 45 篇。此后,每年的发文数量都在 35 篇以上,据预测 2022 年有关高填方边坡的发文数量仍会超过 35 篇。相比之下,近年来该领域发表的文

章数量都相对持平,基本维持在30篇以上,与2006年之前相比,我国“高填方边坡”领域发表的文章数量已有大幅增加。

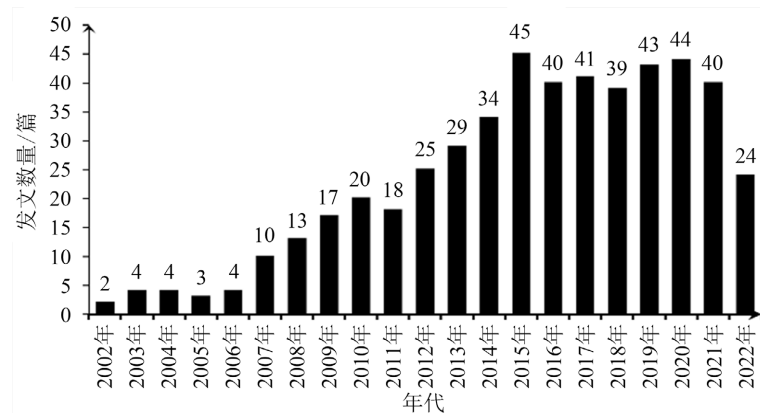


Figure 1. The number of papers issued in the field of “high fill slope” in China, 2002~2022  
图 1. 2002~2022 年中国“高填方边坡”发文数量分析图

### 3.2. 文献作者群体分析

在 Citespace 软件中,若作者的文献发表量越多则其节点越大,节点间的连线表明作者群体之间的合作关系。由图 2 可知,本次文献作者群体分析共有节点 898 个,连接 1164 个,网络密度为 0.0029。根据图二分析可知,近二十年来年有许多的学者都参与了高填方边坡的研究,图中较多的连线表明研究人员之间的联系都较为密切,在高填方边坡领域中形成了合作式的联系网络。结合表 1,进一步分析可知,该领域中刘宏,朱彦鹏,韩文喜等学者发文量较大,且与其他作者之间形成较多的合作关系,发文量较多的学者大多与上述学者之间存在一定的合作关系。同时高填方边坡领域也有小部分学者的相互合作,形成了一个个的小研究合作网络,这些学者往往会采用不同于大团队的研究角度去探索该领域,如冯文强 [9]便对高填方边坡抗滑组合结构进行了有限的分析,用数值模拟的方法对高填方边坡的加固方式进行了研究。由此分析可知,在我国的高填方边坡研究领域中,已经形成较系统化的研究群体,作者间的合作都较为密切。

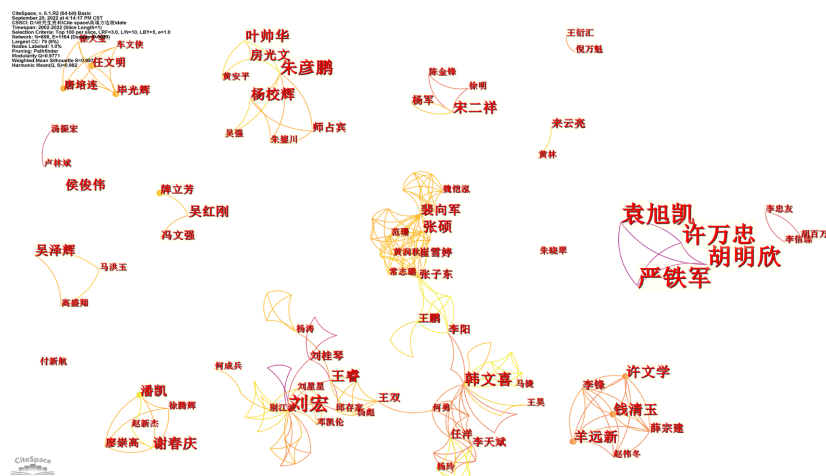


Figure 2. The number of papers published by the author of “high fill slope” in China, 2002~2022  
图 2. 2002~2022 年中国“高填方边坡”作者发文量





## Continued

5	16	西南交通大学
6	13	重庆大学
7	13	重庆交通大学
8	10	贵州交通规划勘察设计院股份有限公司

本次知识图谱中共有 436 个节点, 243 条连接, 网络密度为 0.026。就整体而言, 在高填方边坡领域进行研究的单位有很多, 且单位间联系也较为密切, 这表明单位间交流与合作关系较为密切, 有助于高填方边坡的长期发展。具体来看, 在高填方边坡领域中, 成都理工大学凭借其地质灾害防治与地质环境保护国家重点实验室的优势带领西南片区的高校和实验室为该领域做出了突出贡献。再者, 其中也不乏研究所、勘察院和各大高校之间的合作, 将研究资源进行共享, 共同攻克有关高填方边坡的难关。相信在后续的发展研究过程中, 各机构更能保持密切交流合作。

如表 2 分析, 成都理工大学发文次数最多(59 次), 其次兰州理工大学(20 次), 贵州大学(19 次), 长安大学(16 次)等为发文数量较多的研究机构。这些发文机构及主要作者都为高填方边坡领域的研究做出了重要贡献。

### 3.4. 关键词分析

#### 3.4.1. 关键词共现图谱分析

通常一篇文献中的关键词往往互相存在着关联, 通过关键词共现分析可以反应学科领域内重要的研究方向, 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[10]。首先, 在 Citespace 中将时间切片“Year Per Slice = 1”, 取阈值为 Top N = 50 得出关键词的知识网络图谱, 而在此图谱中网络线的颜色反应了首次共被引的时间, 那么整体上从网络线的颜色变化就能了解研究领域的新旧情况, 因此可以通过网络线颜色的变化来考察领域的演进。下图 4 给出了 2002~2022 年高填方边坡关键词图谱图。

```

CiteSpace v. 5.8.R3 (64-bit Java)
October 8, 2022 14:53:19 PM CST
CITIC: 中国科学院成都山地灾害与环境研究所
Version: 2022-10-12 (China Language)
Release: CiticSpace v.5.8.R3 (2022-10-12, LAN=10, LRF=0.5, w=1.0)
Network: n=436, e=243, Q=0.972, S=0.972
Largest CC: 222 (50%)
Pruning: Pathfinder
Modularity Q=0.8234
Weighted Mean Silhouette S=0.9083
Mean Silhouette Q=0.8658
Execution time: 19m17.627s
  
```

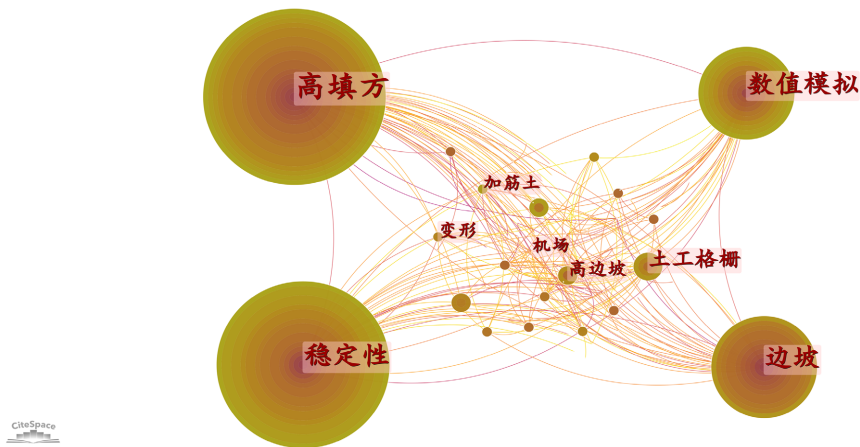


Figure 4. Knowledge atlas of key words of “high fill slope” in China, 2002~2022

图 4. 2002~2022 年中国“高填方边坡”关键词知识图谱

根据图 4 关键词知识图谱可知, 在 2002~2022 年高填方边坡领域研究中, 关键词出现最频繁的是高填方, 一共出现了 99 次。其次稳定性、边坡、数值模拟出现的频率也较为频繁。对关键词进行量化并取 TopN = 10 的数据, 得到下表 3。

**Table 3.** Key word centrality of “high fill slope” in China, 2002 to 2022

**表 3.** 2002~2022 年中国“高填方边坡”关键词中心度

序号	关键词	频次	中心度
1	高填方	99	1
2	稳定性	87	2
3	边坡	60	3
4	数值模拟	54	4
5	土工格栅	22	5
6	高速公路	18	6
7	弃土场	18	7
8	变形	14	8
9	加筋土	14	9
10	高边坡	13	10

依照表 3 可看出关键词“高填方”出现频次最高, 达 99 次, 其次“稳定性”(87 次), “边坡”(60 次), “数值模拟”(54 次), “土工格栅”(22 次), “高速公路”(18 次)等。可以发现, 近年来我国对高填方边坡的研究主要集中在对高填方边坡的稳定性分析和对高填方边坡的数值模拟研究, 而对于高填方边坡的稳定性分析多是利用数值模拟的方法来进行验证计算分析。例如, 任洋等[11]便以云南某机场的超高陡加筋土填方边坡设计方案为原型, 对现场的地理环境进行还原, 在此基础上进行了超高陡加筋土填方边坡离心模型试验并结合数值模拟软件进行分析, 最后通过分析实验所得到的数据和数值模拟所模拟出的结果, 得出了加筋土填方对加强边坡稳定的可行性并较为细致地描述出了加筋土填方边坡的变形特征。据此可分析得出, 在高填方边坡领域中, 研究人员多采用数值模拟的分析方法来研究该领域的问题。

### 3.4.2. 关键词聚类 LLR 算法分析

基于 LLR 对数似然算法的聚类分析, 可以得到图 5 所示的高填方边坡领域的聚类知识图谱, 从数据可靠度来看,  $Q = 0.6343 > 0.3$ , 这说明聚类结果显著;  $S = 0.8678 > 0.7$ , 这说明聚类结果的可信度是非常高的。由图 5 可知, 2002~2022 年间的高填方边坡领域研究, 主要以图 5 中 9 大聚类模块展开。对 Citespace 所得到的平均年份表分析, 可以得知“高填方边坡”学科的发展初期在 2013 年左右, 起步较晚, 但随后的几年里该学科得到了快速的发展。主要原因是随着经济的发展以及西部大开发战略的实施, 山区开发建设逐渐成为一种必然, 于是高填方边坡便成为了人们在山区开发建设过程中不得不解决的问题。

Citespace 中的紧密程度体现每个聚类中的所有关键词的同质性, 如果该数值越大, 则代表该聚类成员的相似性越高。表 4 中每个聚类紧密程度均大于 0.8, 这说明了本次聚类效果很好, 同质性强, 关键词之间联系紧密。如在“边坡”聚类中, “高填方边坡”、“公路”和“防护”的联系最为紧密, 在“稳定性”聚类中, “有限元”、“极限平衡法”联系最为紧密。

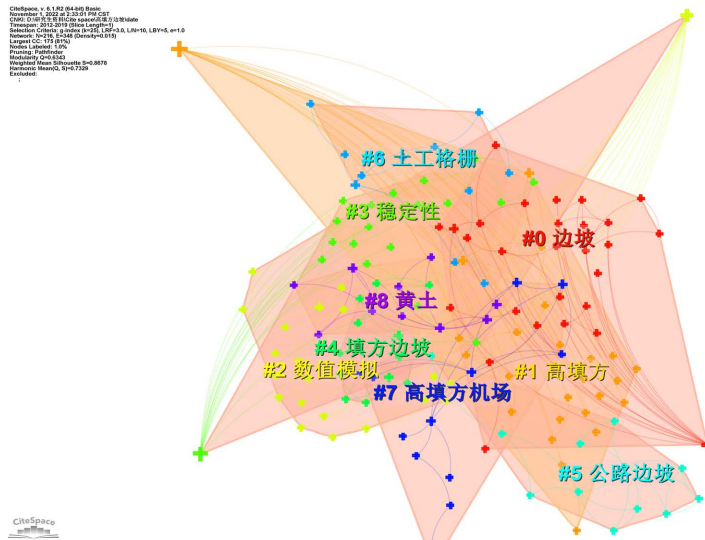


Figure 5. “High fill slope” cluster knowledge map in China, 2002~2022  
图 5. 2002~2022 中国高填方边坡聚类知识图谱

Table 4. 2002~2022 China “high fill slope” cluster analysis table  
表 4. 2002~2022 中国高填方边坡聚类分析详表

聚类号	节点数	紧密程度	平均年份	TOP terms (重要关键词)
#0 边坡	28	0.881	2014	边坡(14.54); 高填方边坡(8.09); 公路(7.76); 防护(7.76); 山区(7.76)
#1 高填方	26	0.857	2015	高填方(14.65); 变形(13.85); 稳定(9.5); 地下水(9.5); 碎石土(6.31)
#2 数值模拟	21	0.811	2015	数值模拟(26.61); 应力(8.52); 土压力(8.52); 坡体裂缝(8.52); 稳定性(5.27)
#3 稳定性	20	0.869	2015	稳定性(26.87); 有限元法(11.32); 极限平衡法(7.52); 设计(7.52)
#4 填方边坡	12	0.87	2013	填方边坡(22.73); 抗滑桩(11.22); 监测(7.52); 红层软岩(5.57)
#5 公路边坡	12	0.952	2014	公路边坡(16.63); 回填土(8.17); 技术选择(8.17); 处治技术(8.17)
#6 土工格栅	12	0.761	2014	土工格栅(23.71); 施工方法(11.69); 高填方路基(5.8); 现场实验(5.8)
#7 高填方机场	12	0.81	2014	高填方机场(25.57); 变形监测(25.57); 自由设站(25.57); 全站仪(25.57)
#8 黄土	10	0.9	2015	黄土(18.8); 降雨入渗(11.69); 失稳机理(11.69); 数值分析(11.69);

CiteSpace 的时间线图可以清晰直观的体现聚类的时间跨度以及历史进程, 对图 6 高填方边坡时间线聚类图谱进行分析可以得出: a) 聚类#2 数值模拟: 研究人员首先是利用数值模拟的方法建立高填方边坡的模型, 进而得到高填方边坡内的应力分布状态和土压力, 从而分析计算其稳定性和位移变化值。例如杨涛、蔡佳豪等[12]对贵州贞丰县某高填方边坡进行了数值模拟分析, 结合当地的地勘资料, 创建了对应的三维实体模型, 再通过对 FLAC 应力场和位移场进行分析, 研究表明修建压实区和堆土区后并不会造成高填方边坡失稳。b) 聚类#6 土工格栅: 在增强高填方边坡稳定性方面, 研究人员从施工方法上面进行了研究, 并确定土工格栅对增强高填方边坡的稳定性具有一定贡献, 随后对其展开了相应的试验研究。如段晓伟、耿少波[13]以陕西某山区高填方边坡为研究对象, 研究了土工格栅对加筋高填方边坡稳定性的影响, 并对土工格栅垂直间距参数设计进行比选和优化。



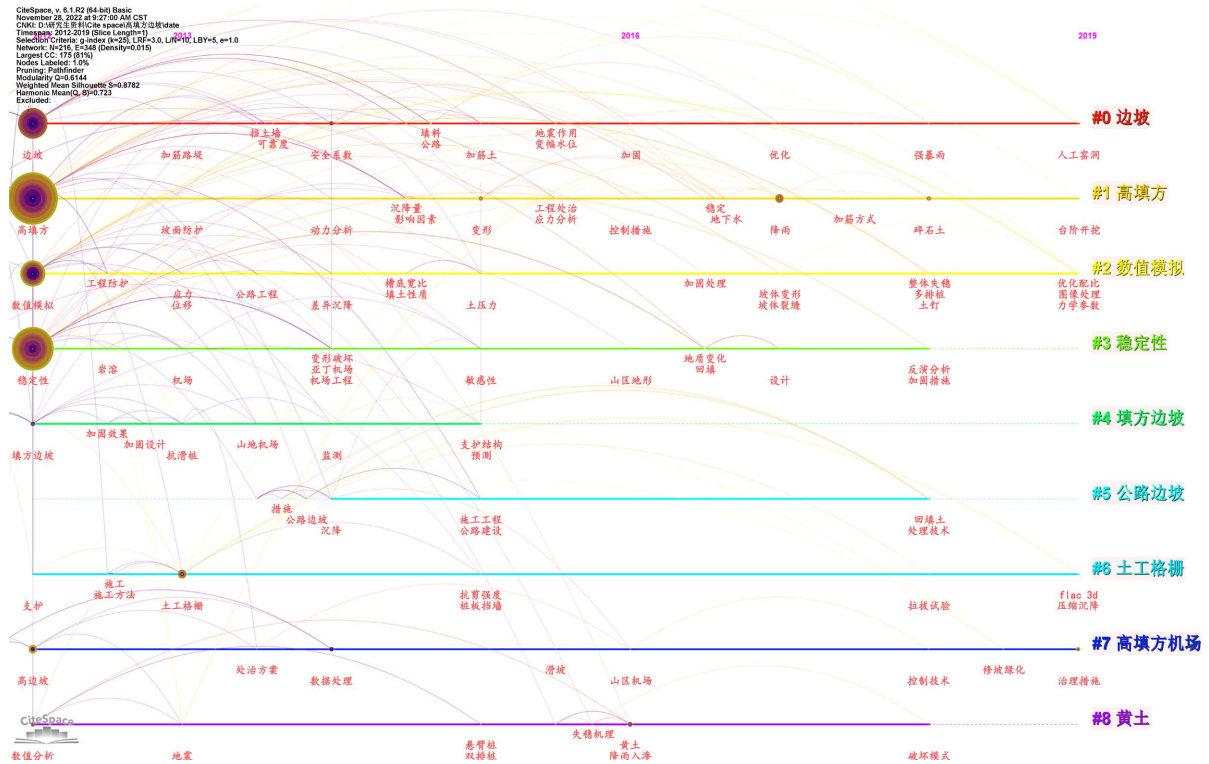


Figure 6. Cluster map of time-line of high fill slope in China from 2002~2022

图 6. 2002~2022 年中国高填方边坡时间线聚类图谱

### 3.4.3. 研究主题演进与研究前沿分析

Citespace 软件的 Burst detection 功能，可以检测到某个时间内频繁使用的关键词，对所检索的文献进行该功能分析可获得 3 个突现词，整理得出如表 5 所示。从表 5 可以看出，关键词“降雨”的强度较高。

强度最高的突现词为“降雨”，在 2015 年时被国内研究人员频发提出，但经过两年后强度开始降低。近几年随着极端天气的频繁发生，大型基础工程的设计也越来越需要考虑其带来的最不利影响。诱发高填方边坡失稳滑塌的其中一个因素便是降雨，当遇到持续时间长的强降雨将会对高填方边坡的稳定性产生巨大的影响。因此研究人员对高填方边坡的降雨入渗进行了深入研究，例如张硕等[14]通过对研究区黄土高填方边坡进行原位渗流实验和裂缝存在条件下暂态非饱和渗流以及饱和黄土力学特性进行分析的基础上，对降雨诱发黄土高填方支挡边坡失稳机理进行了研究，发现雨水将会导致饱和度增加部分与未增加部分存在浸润前线，且浸润前线不断向坡体深部扩展，到达坡体内部的软弱层，导致暂态的饱和区域出现滞水，进而降低了土体的力学特性。刘新喜等[15]研究了降雨对强风化软岩高填方路堤边坡的稳定性影响，通过建立饱和与非饱和渗流有限元模型，模拟出了在降雨入渗过程中高填方路堤的暂态渗流场。并将计算得到的暂态孔隙水压力分布用于边坡的极限平衡分析，并考虑基质吸力对非饱和土抗剪强度的影响，以此得到了当暴雨强度高于 200 mm/d 时强风化软岩高填方路堤边坡便会失稳的结论。上述研究都是根据强降雨所引发的边坡失稳的灾害事件而展开的有关高填方边坡的研究。

除此之外，对于“治理措施”也是高填方边坡领域研究的热点话题。关于增强高填方边坡稳定性的治理措施，学者们提出了各种各样的方法。如张衍[16]在文章中便提到了相应的治理措施，如削坡减载、增设挡土墙、利用锚杆加固防护技术、坡面防护技术以及种花种草防护技术。

**Table 5.** Emergent key word of “high fill slope” in China from 2002 to 2022**表 5.** 2002~2022 年中国“高填方边坡”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	边坡	2.86	2015	2016	2 年
2	降雨	3.29	2017	2019	2 年
3	治理措施	2.62	2019	2020	2 年

#### 4. 结论与展望

基于中国知网数据库,分析了 2002~2022 年高填方边坡领域文献的知识图谱结构,详细阐述了历年发表的论文数量、作者群、机构合作、关键词等。可以得出以下三个结论:

1) 目前来看,相较于 2007 年以前高填方边坡领域在我国已经有了较大的提升,体现在研究人员、发文量以及发文机构的数量大幅增加,研究人员的相互联系也越来越密切。同时,在研究方向上也呈现了多样化,从 2013 年开始,研究人员逐渐从多方面来研究影响高填方边坡稳定性的因素。自此,高填方边坡得到了进一步的发展和完善。

2) 根据分析发文数量趋势图、作者间的联系网络图以及发文机构知识图谱,可以推测得出在接下来的几年里,关于高填方边坡的文献量仍会持续增加,作者间的联系将会更加密切。

经关键词共现分析得出“数值模拟”、“稳定性”、“土工格栅”等为近几年的研究热点;由此可知,当前研究人员对该领域进行的过程中,需要更为注重这几个方面的学习和研究。

#### 参考文献

- [1] 张井泉. 高填方边坡稳定性研究[D]: [硕士学位论文]. 成都: 西南交通大学, 2009.
- [2] 陈金锋, 宋二祥, 徐明. 强度折减有限元法在昆明新机场高填方边坡稳定分析中的应用[J]. 岩土力学, 2011, 32(S1): 636-641.
- [3] 王衍汇, 倪万魁, 石博溢, 等. 延安新区黄土高填方边坡稳定性分析[J]. 水利与建筑工程学报, 2014, 12(5): 52-56.
- [4] 黄建, 姚仰平. 高填方边坡失稳时间预测的实用模型[J]. 岩土力学, 2019, 40(10): 4057-4064.
- [5] 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.
- [6] 安传艳, 李同昇, 翟洲燕, 等. 1992-2016 年中国乡村旅游研究特征与趋势——基于 Citespace 知识图谱分析[J]. 地理科学进展, 2018, 37(9): 1186-1200.
- [7] 卫军朝, 蔚海燕. 基于 Citespaceii 的数字图书馆研究热点分析[J]. 图书馆杂志, 2011, 30(4): 70-77.
- [8] 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.
- [9] 冯文强. 高填方边坡抗滑组合结构的有限元分析[D]: [硕士学位论文]. 兰州: 兰州交通大学, 2014.
- [10] 李杰等. 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.
- [11] 任洋, 李天斌, 杨玲, 等. 基于离心模型试验与数值计算的超高陡加筋土填方边坡稳定性分析[J]. 岩土工程学报, 2022, 44(5): 836-844.
- [12] 杨涛, 蔡佳豪, 康健, 等. 基于 FLAC3D 的贵州某高填方边坡稳定性分析[J]. 路基工程, 2018(5): 59-64.
- [13] 段晓伟, 耿少波. 基于 FLAC3D 的加筋土填方边坡稳定性分析[J]. 唐山学院学报, 2016, 29(3): 75-79.
- [14] 张硕, 裴向军, 黄润秋, 等. 降雨诱发黄土高填方支挡边坡失稳机理研究[J]. 工程地质学报, 2017, 25(4): 1094-1104.
- [15] 刘新喜, 夏元友, 蔡俊杰, 等. 降雨入渗下强风化软岩高填方路堤边坡稳定性研究[J]. 岩土力学, 2007(8): 1705-1709.
- [16] 张衍. 关于岩土工程中高填方边坡的稳定性分析与治理措施[J]. 中国住宅设施, 2022(3): 19-21.