

滑坡 - 碎屑流国内研究现状-基于CiteSpace的 可视化知识图谱分析

于宝国¹, 边波¹, 李春龙¹, 陈古华², 韩培锋², 陈代果², 欧小红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

Email: 753561014@qq.com, 13056669170@163.com

收稿日期: 2021年5月6日; 录用日期: 2021年6月16日; 发布日期: 2021年6月23日

摘要

滑坡碎屑流在我国的发展研究起步较晚, 在2008年512特大地震后逐渐成为各科学者关注的热点, 并且取得了不错的研究成果。为探究滑坡碎屑流在我国的研究现状, 本文以中国知网(CNKI)数据库中收录的与滑坡碎屑流研究相关的135篇文献作为数据, 借助CiteSpace等工具, 对滑坡碎屑流的发文作者群体, 发文机构, 研究热点以及研究发展趋势进行可视化分析。研究表明: 1) 发文作者和机构之间较为分散, 且发文作者主要为两个团队, 发文机构集中在我国西南地区。2) 研究热点集中于汶川地震, 数值模拟, 边坡工程, 颗粒级配及冲击力五个层面。3) 滑坡碎屑流研究大概经历了三个阶段: 萌芽起步期(1991~2008), 爆发期(2009~2012), 稳步发展期(2013~2019)。

关键词

滑坡碎屑流, CiteSpace, 知识图谱, 研究热点, 发展趋势

Research Status of Landslide Debris Flow in China: Analysis of Visual Knowledge Map Based on CiteSpace

Baoguo Yu¹, Bo Bian¹, Chunlong Li¹, Guhua Chen², Peifeng Han², Daiguo Cheng²,
Xiaohong Ou²

¹South Branch of Sinohydro Bureau 7 Co., Ltd., Shenzhen Guangdong

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

Email: 753561014@qq.com, 13056669170@163.com

Received: May 6th, 2021; accepted: Jun. 16th, 2021; published: Jun. 23rd, 2021

文章引用: 于宝国, 边波, 李春龙, 陈古华, 韩培锋, 陈代果, 欧小红. 滑坡 - 碎屑流国内研究现状-基于 CiteSpace 的
可视化知识图谱分析[J]. 地球科学前沿, 2021, 11(6): 796-807. DOI: 10.12677/ag.2021.116074

Abstract

The development and research of debris flow of landslide started late in China. After the 512 earthquake in 2008, it has gradually become the focus of attention of various researchers, and achieved good research results. In order to explore the current research situation of landslide debris flow in China, this paper takes 135 core documents related to the research of landslide debris flow included in CNKI database as data, with the help of CiteSpace and other tools, makes a visual analysis of the author group, author organization, research hotspot and research development trend of landslide debris flow. The results show that: 1) The author and the organization are relatively scattered, and the author is mainly two teams, and the organization is concentrated in Southwest China. 2) The research focuses on Wenchuan earthquake, numerical simulation, slope engineering, particle grading and impact force. 3) The study of debris flow of landslide has experienced three stages: the initial stage of germination (1991~2008), the outbreak stage (2009~2012), and the steady development stage (2013~2019).

Keywords

Debris Flow of Landslide, CiteSpace, Knowledge Graph, Research Hotspots, Developing Trend

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

滑坡碎屑流是一种沿着斜坡表面作远程运动的岩石碎屑流动体[1], 由于其超乎寻常的高速度和难以预见的突发性, 所以滑坡碎屑流的发生通常伴随着灾难性的事故, 并且导致人民生命财产的严重损失。2008年牛圈沟滑坡发生于龙门山地区, 地处汶川映秀镇约 2 km 的牛圈沟, 滑坡源头处于约 1500~1600 m 高程的何家山村, 体积约 $7.5 * 10^6 \text{ m}^3$ (高差 150~200 m, 横宽 100 m), 该滑体受到强烈的地震力的作用而滑动, 形成碎屑流, 并经历 4 次撞击斜坡和转向[2] (图 1(a)); 文家沟位于绵竹市清平乡, 汶川地震导致约 2750 万 m^3 岩体在滑动过程中多次碰撞解体成碎屑流, 汶川地震后至 2011 年, 文家沟在降雨作用下共发生了 5 次特大规模和大规模泥石流灾害, 多次导致了主河的堵塞[3] (图 1(b)); 青川东河口滑坡碎屑流发生于青川县, 滑坡在长距离滑动过程中掩埋了 4 个自然村社, 导致 780 人死亡, 经济损失达 5000 多万元[4] (图 1(c)); 2017 年 6 月 24 日发生在四川阿坝州的新磨村滑坡碎屑流, 其滑坡堆积体平均长约 800 m, 平均宽 900 m, 平均

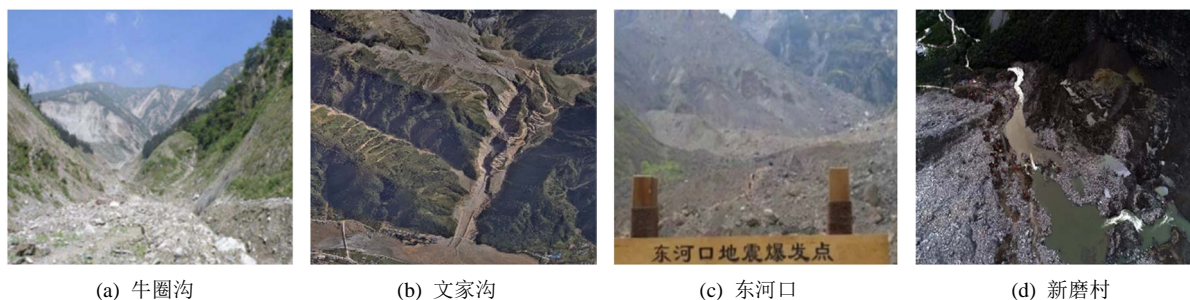


Figure 1. Typical debris flow hazard map

图 1. 典型滑坡碎屑流灾害图

厚度 10 m, 滑体破碎解体后规模约 720 万 m^3 , 并且共导致 103 家房屋被毁, 10 人死亡, 3 人受伤, 73 人失踪[5] (图 1(d))。

其中 2008 年 5 月 12 日发生的汶川地震, 更是触发了 15,000 多处滑坡, 崩塌, 泥石流, 估计直接造成 2 万人死亡。北川县城城西滑坡导致 1600 人被埋死亡, 数百间房屋被毁, 是汶川地震触发的最严重的滑坡灾难, 举世罕见[6]。目前, 国内主要针对碎屑流产生机理等方面研究, 而国内主要针对具体滑坡碎屑流进行分析, 且国内缺乏对目前研究现状及其发展趋势的研究。CiteSpace 是一款着眼于分析科学中蕴含的潜在知识, 是在科学计量学、数据可视化背景下逐渐发展起来的引文可视化分析软件。目前广泛应用于文献计量方面, 能够将文献之间的关系以科学知识图谱的方式可视化地展现在操作者的面前, 极大地缩短了学者们进行文献检索的时间。因此在这样的背景下通过 CiteSpace 进行数据可视化分析来总结各科研学者对其的研究, 整体把握其发展过程中的热点变迁, 以及存在的不足和未来的发展方向, 希望以此能给关注滑坡碎屑流研究的相关学者提供参考和借鉴。

2. 数据来源及研究方法

2.1. 数据来源

本研究数据来自中国知网中文期刊, 包括 SCI, EI, CSSCI, CSCD 等并通过高级检索设置主题或者关键词分别为“滑坡碎屑流”和“碎屑流”。选取中国知网数据库并采用以上检索方案的主要原因是: 中国知网拥有我国最为全面的文献资源; 同时文献的主题精简的概况了文章的主旨大意, 关键词亦加强了文章查找的指向性。最终共得到中文期刊 635 篇, 为保证所检索的文献为所要进行的研究提供准确的数据支撑, 所以进一步对重复, 作者不明, 或者其他与滑坡碎屑流无关的文献记录进行删除, 最终获得 135 篇可用于进行分析的文献(检索时间为 2019 年 10 月 8 日), 且它们之间的时间跨度为 1991~2019 年。

2.2. 研究方法

本次研究主要借助由陈超美教授开发的信息可视化软件 CiteSpace (最早被称为 StarWalker 软件), 其开发灵感主要来源于库恩关于科学结构的演讲, 即“科学研究的重点随着时间变化, 有些时候速度缓慢, 有些时候会比较剧烈”, 科学发展是可以通过其足迹从已经发表的文献中提取的[7]。它主要是通过信息的聚类绘制出的科学知识图谱来反应科学知识的发展历程和结构之间的关系, 由于这种多元, 分时, 动态的引文分析可视化技术所绘制的 CiteSpace 知识图谱, 能够将一个知识领域来龙去脉的演进历程集中展现在一副引文网络图谱上, 并把图谱上作为知识基础的引文节点文献和共引聚类所表征的研究前沿自动标识出来[7], 所以本研究主要借助此软件并运用其可视化的特点搜集和分析了中国知网上关于滑坡碎屑流的期刊, 通过在 CiteSpace 中选取 Author (作者), Institution (机构), Keyword (关键词)等节点进行分析, 设置分析时间为 1991~2019 年, 时间分割为 1 年, 形成相应的时间切片, 并对所提取的数据依照上述时间切片对所选节点进行分析, 并最终以数据和图表的方式全方位展现滑坡碎屑流在我国发展的历程和现状, 以及主流科学家们基于此的研究热点, 并分析各个研究者彼此文献和地域之间的联系。从而揭示科学分析中蕴含的潜在知识[7]。

3. 结果及分析

3.1. 文献时序分析

文献数量随时间的变化是研究领域发展演化的重要指标, 反映该领域的发展趋势[8]。1991 年~2019 年之间, 滑坡碎屑流发文数量共经历了停滞 - 爆发波动增长 - 平稳增长三个阶段(图 2)。分析图 2 发现在 2008 年之前滑坡碎屑流领域的年均发文量为 1 篇, 说明此阶段该领域的关注度较低, 该领域发展呈停滞

状态;随后在 2009~2015 年,随着 2008 年 512 特大地震的爆发,直接导致了許多重大的滑坡碎屑流灾害,并且不间断的余震和强降雨也为后来的滑坡碎屑流灾害的突发埋下了隐患,由此在此阶段发文数量曾爆发波动态势增加;2016~2019 年,对于滑坡碎屑流的基础成因机制等的研究以趋于成熟,自此出现了大量更为深刻的研究性文献,进入平稳增长期。由此表明,滑坡碎屑流领域已经引起我国研究工作者的广泛关注。因此可以推测,随着该领域研究的不断深入,国内滑坡碎屑流将向更加成熟的领域发展。

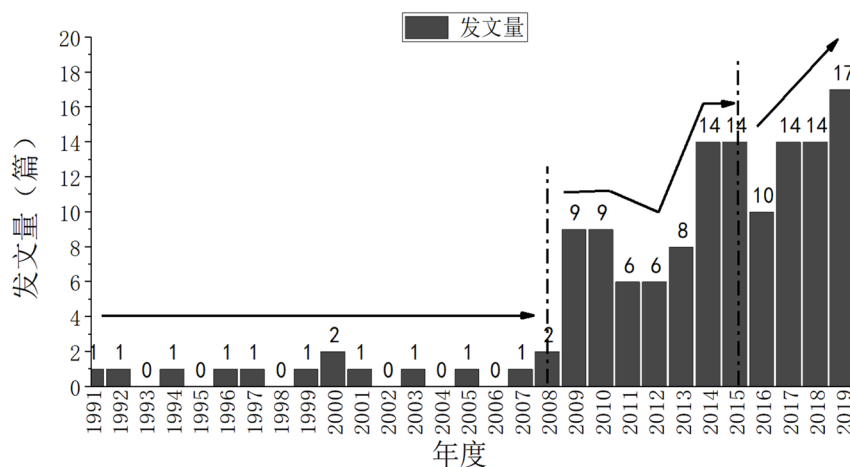


Figure 2. Annual distribution of literature quantity of landslide debris flow
图 2. 滑坡碎屑流文献数量年度分布表

3.2. 文献作者群体分析

通过对 1991 年~2019 年所下载的期刊进行可视化分析,可得到图 3, 图 4 图谱和表 1。其中图 3 节点愈大,代表着相应作者发文数量愈多;连线代表着作者之间的联系,连线越密,则作者之间的合作越紧密。



Figure 3. Atlas of authors of documents
图 3. 文献发文作者图谱

由图 3 可知,图中三共 501 个节点,860 根连线,网络的密度为 0.0069, mean silhouette 为 0.703,它越接近于 1,反映网络的同质性越高,当其 0.7 时,聚类结果是具有高信度的[7]。其中此图截取了最

为显著的作者聚类信息。观察知我国关于滑坡碎屑流方向的发文数量较多的作者有樊晓一，姜元俊，殷跃平，许强，吴树仁等，其中上述几个作者，又鲜明的分为两个团体；樊晓一和姜元俊的合作较多；而殷跃平，许强和吴树仁之间的联系更多。从图谱得知的作者群体信息来看，我国关于滑坡碎屑流方向的研究还是处于较为离散的状态，而且研究滑坡碎屑流的学者不是很多。但是有部分学者自发组成了团体来进行研究，其中最为显著的便是以上两个，且各个团体内的联系较为紧密，不过也都是通过核心学者建立着联系。

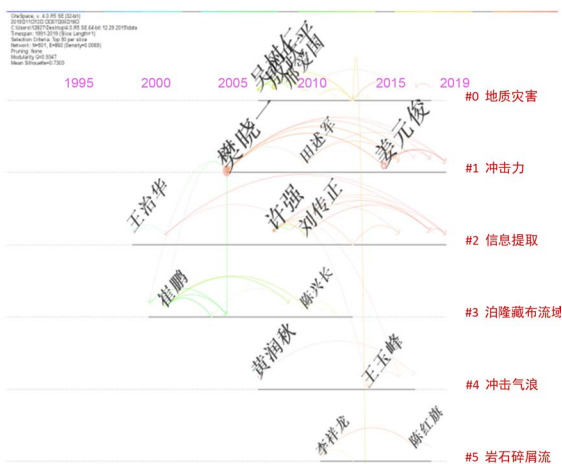


Figure 4. Author's theme time thread chart of landslide debris flow field research
图 4. 滑坡碎屑流领域研究的作者主题时间线程图

Table 1. Research team of landslide debris flow and corresponding research topics
表 1. 滑坡碎屑流研究团队及其对应研究主题表

序号	研究团队	研究主题
1	殷跃平, 邢爱国等	地质灾害
2	樊晓一, 姜元俊等	冲击力
3	许强, 刘传正等	信息提取
4	崔鹏, 陈兴长等	迫隆藏布流域
5	黄润秋等	冲击气浪
6	陈红旗等	岩石碎屑流

并且由图 4 和表 1 知，合著文献排名前 3 的分别为殷跃平团队，樊晓一团队和许强团队，他们分别对应的研究主题依次为地质灾害，冲击力和信息提取。

殷跃平等[4] [9]针对突发的 512 特大地震进行实地考察，以北川城西滑坡和青川东河口滑坡为例，分析了地震滑坡高速远程滑坡及其成灾机理；并且对强震后山区滑坡灾害的防治和救援提出指导性的建议；针对 2009 年重庆鸡尾山崩滑灾害，在进行大量地质调查的基础上，结合遥感，三维激光扫描等手段，探究认为在不利的地质结构条件下，因受长期重力，岩溶等作用，导致起阻挡作用的关键块体断裂是此次大型山体崩滑事件发生的主要原因。樊晓一等[10] REF_Ref75182757 \r \h [11]通过模型试验认为滑体冲击挡墙的过程可划分为动态冲击阶段和准静态堆积阶段；并通过离散元模拟的方法研究了不同拦挡距离对滑坡碎屑流冲击效应的影响，并且碎屑流颗粒对挡板的冲击力可近似分为线性增大，持力阶段和线性减小三个阶段。许强等[12]通过开展滑槽试验，观测了碎屑流运动过程中的粒径分选过

程, 并重点研究了碎屑流堆积体的垂向和滑移方向层序, 得出碎屑流堆积体内部不仅在垂向上具有反粒序结构, 还在滑移方向上具有双峰分布形态。

3.3. 发文机构分析

通过对 1991~2019 年我国关于滑坡碎屑流研究文献的发文机构进行研究, 可得到相关图谱图 5, 图 6 和表 2, 其中图五中发文机构所发文献的数量愈多, 则其在图中的节点愈大, 且与其对应的节点名称也会愈大; 表 2 则列取了发文量前 10 的机构及其对应的发文数量。

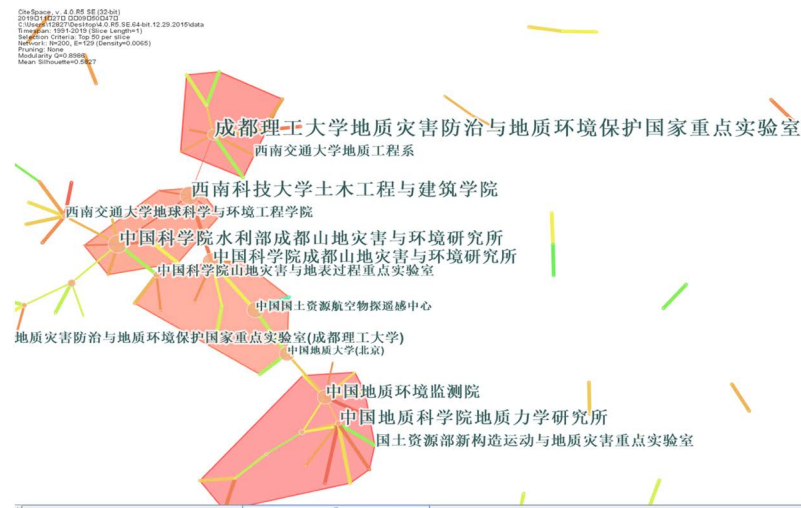


Figure 5. The distribution map of literature on the direction of debris flow in landslides
图 5. 滑坡碎屑流方向研究文献的发文机构图谱

由图 5 可知, 共有 200 个节点, 129 根连线, 且网络连接的密度是 0.0065, 说明各个机构之间的联系比较微弱, 不过这也和针对作者的分析类似, 各个科学学者之间的联系较为淡薄, 也导致机构之间的关联性不强, 这说明机构之间需要进一步加强学术交流。

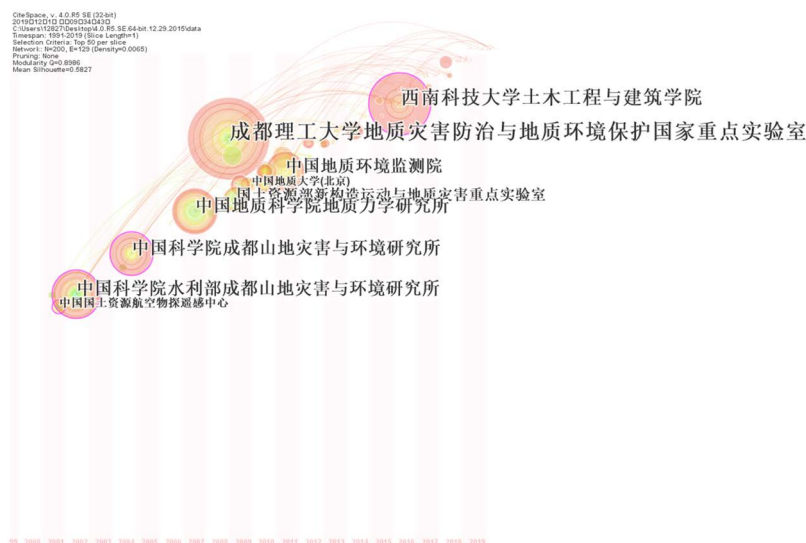


Figure 6. Time line map of Document Issuing Mechanism of research literature on debris flow of landslides
图 6. 滑坡碎屑流研究文献的发文机构时间线图

Table 2. The top ten organizations in the field of landslide
表 2. 滑坡碎屑流领域总发文量排名前十的机构

序号	发文机构	发文数量
1	成都理工大学	22
2	西南科技大学	17
3	中国科学院水利部成都山地灾害与环境研究所	16
4	中国地质科学院地质力学研究所	15
5	西南交通大学	11
6	中国地质环境监测院	7
7	中国科学院成都山地灾害与环境研究所	6
8	上海交通大学	6
9	中国国土资源航空物探遥感中心	5
10	中国地质调查局	5

并且在发文量排名前十的发文机构中，我们可以发现很有趣的现象，就是有一半机构均位于四川，这也意味着国内进行滑坡碎屑流的主要学者大多位于四川。在山区，大部分可利用的土地是坡体边缘相对平缓的部分，如果坡体分布有不稳定的斜坡，发生滑坡后坡体前缘的构筑物区域正是堆积区，易造成严重的损失和伤亡事件[13]。而我国西南地区特殊的地理环境，就为滑坡等地质灾害的发生创造了条件。如 2009 年 6 月 5 日，重庆市武隆县铁矿乡鸡尾山发生特大型岩质滑坡，并形成高速远程滑坡碎屑流灾害，最终共造成 74 人死亡，8 人受伤的特大灾难，并且滑体体积约为 $500 * 10^4 \text{ m}^3$ ，高速远程滑动过程中解体，最终形成堆积体体积 $700 * 10^4 \text{ m}^3$ ，碎屑散布堆积区长 2150 m [9]。

同时，由图 6 可以得知，四川的发文机构在时间线上来说，在 2008 年 512 特大地震后对滑坡碎屑流的研究突然增多，如：“5.12”汶川大地震触发了 15,000 处滑坡，崩塌，泥石流等地质灾害，直接造成 2 万人死亡，约占总死亡人数的三分之一[14]，所以这给了四川学者们更多研究滑坡碎屑流等滑坡问题的条件。另外滑坡碎屑流这一特殊的滑坡形式较为依赖具体所发生的滑坡地质灾害，因此我国的滑坡碎屑流研究者们需要加强地域上的联系，与掌握第一手地质灾害资料的机构和高校加深合作，如此才能推动滑坡碎屑流相关领域研究良性发展。

3.4. 研究热点分析

关键词是反映某一研究领域的研究热点和研究主题的重要标志[15]。通过对 1991~2019 年我国关于滑坡碎屑流的文献并在 CiteSpace 中选取关键词(Keywords)节点，绘制得到图 7 关键词分布图谱。节点的大小表示关键词的频次，反映了该节点的重要程度[16]，即节点愈大，该热点热度越高。将研究热点碎屑流和滑坡碎屑流，并将相似和向相同的研究热点剔除得到研究热度排名前五的依次为汶川地震，数值模拟，边坡工程，颗粒级配和冲击力。

1) 汶川地震。其中汶川地震作为关键词出现的频次最高，说明汶川地震触发了大量的滑坡碎屑流灾害，随后不间断的暴雨和余震亦导致了许多的滑坡碎屑流，因此各科学者通过其来进行了很多针对滑坡碎屑流方面的研究，另外如图 7 中泥石流，地质灾害，地震滑坡等关键词的出现和热度也证明了对于滑坡碎屑流的研究是非常依靠具体发生的实际灾害的。如：1964 年日本新潟地震和 1976 年我国唐山地震等许多实践课题促进了土动力学的发展，1995 年日本神户地震等使得该学科的研究达到了一个新的高潮[17]。所以 2008 年汶川地震，据不完全统计死亡和失踪人数接近 9 万人，直接经济损失 8 千亿元，在带给我们中华儿女无尽的伤痛的同时，亦加深了国内科研学者探究滑坡碎屑流真相的热情。

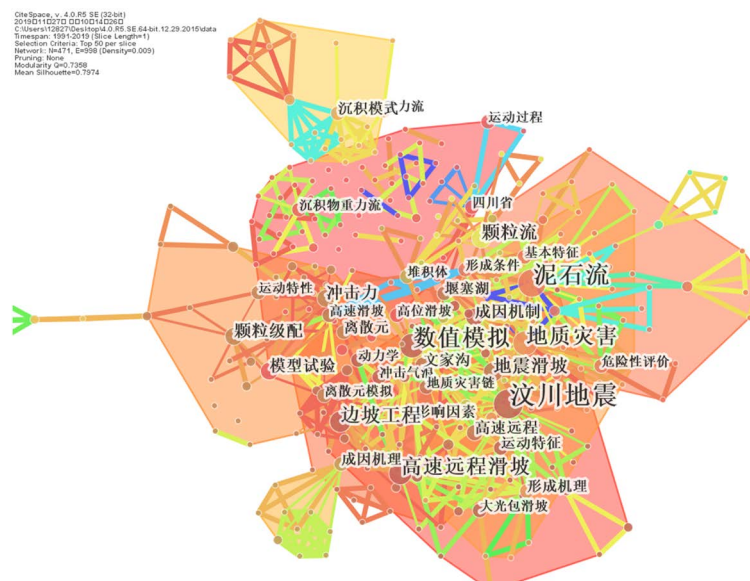


Figure 7. Key words map of literature on debris flow of landslides
图 7. 滑坡碎屑流研究文献的关键词图谱

2) 数值模拟。数值模拟作为近几年进行滑坡碎屑流研究的新工具。各科研学者运用其进行的主要研究有滑坡碎屑流的运动距离，运动速度特性，堆积物分布规律及堆积体体积[18] REF_Ref75184592 \r \h [19]。另外数值模拟结果受数据影响较大，因此在实验中要确保数据的准确性，合理性。

3) 边坡工程。边坡工程常与三维物理模型试验，数值模拟等联系起来进行对于滑坡碎屑流的研究。且其主要的研究方向为堆积物的堆积结构，滑坡碎屑流运动过程中的侵蚀作用和颗粒分离问题[20] [21] [22] [23]。

4) 颗粒级配。颗粒级配作为最近几年出现的研究热点，对其进行的研究亦趋于成熟。其主要的研究趋向于不同颗粒级配下的滑坡碎屑流对其自身的运动特性，冲击力的分布，滑体水平运动距离及等效摩擦系数等的影响[10] [24] [25]。

5) 冲击力。对于滑坡碎屑流的冲击力研究，多是结合颗粒级配，离散元模拟等，也是近几年才突现的热点。研究集中在探究影响冲击力的因素和不同坡脚对冲击力的影响等[26] [27] [28]。

3.5. 研究发展趋势分析

Citespace 中的时区视图侧重于从实践维度表示知识演进规律，将某研究领域文献更新随实践变化的情况清晰直观地展现出来，进而揭示研究趋势和理论发展脉络[29]。图 8 为在 CiteSpace 中通过设置合适的阈值得出的滑坡碎屑流研究出现频率较高的关键词时区图谱。

通过对我国滑坡碎屑流研究热点时区视图图谱的分析，并从其时间线上可以得知，滑坡碎屑流的研究在我国已经走过了将近 30 年的发展历程，并且我们发现其大致的发展可划分为三个阶段。

1) 萌芽起步阶段(1991~2007 年)

由图 8 我们可以发现，这一阶段滑坡碎屑流在我国有了初步的发展，但是对其的研究比较浅显，且规模较小，多是对滑坡碎屑流这种特殊的滑坡形式进行介绍，分类和对其的形成有了初步的研究。所以，这一阶段大多是对滑坡碎屑流的基础研究。但是这一过程也是每个新兴研究内究的必经之路，它为我们拉开了我国进行滑坡碎屑流领域研究的序幕，具有极其重要的开创意义。在这一阶段，我国主要的研究者及其成果有：

贺可强, 赵文强[30]在 1991 年发表的《一种新形式的地质灾害——碎屑流》, 在我国首次将碎屑流作为一种独立的地质灾害进行研究, 并以酒勒山前缘碎屑流, 新滩三游沟碎屑流及石家坡多冲程碎屑流为例, 研究了碎屑流的形成及其运动特点, 并对碎屑流的类型进行了分类。这一论文拉开了我国研究滑坡碎屑流的序幕。吴勇等[31]在 1994 年在我国首次针对滑坡碎屑流引用了考虑几何非线性大变形特征的离散单元法进行了模拟分析, 最终得出滑坡解体后是以碎屑流方式完成运移和停积过程。赵宇等[32]通过实地考察认为重庆胡家沟煤矸山发生碎屑流灾害的主要原因是煤矸石山中硫铁矿和碳氧化物升温, 导致煤矸山自燃从而爆炸引发碎屑流灾害。

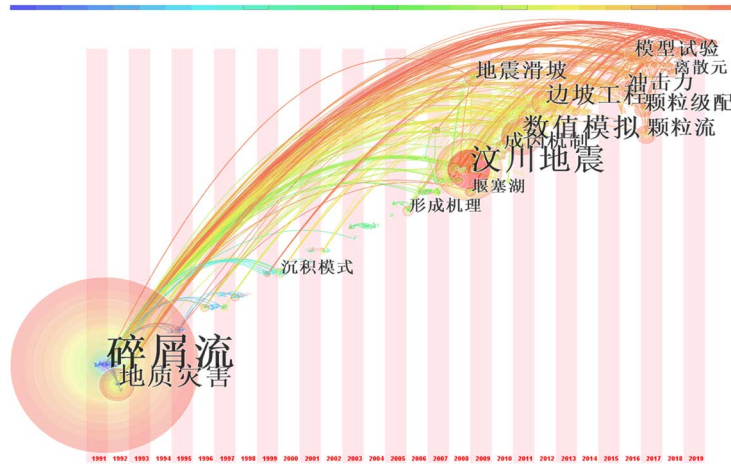


Figure 8. Time zone map of landslide debris flow research hotspot
图 8. 滑坡碎屑流研究热点时区视图图谱

2) 爆发阶段(2008~2012 年)

我们可以清楚的发现上一萌芽阶段差不多经历了 20 年, 但是突然在 2008 年过后, 我国关于其的研究却迎来了井喷式的爆发, 究其原因, 图 8 中 2008 年对应的汶川地震硕大的节点及文字足以解释我们所有的疑问, 因为 2008 年 5 月 12 日发生的汶川地震, 触发了 15,000 处滑坡, 崩塌, 泥石流, 估计直接造成 2 万人死亡, 如此多的滑坡事故, 在给我们的人民和国家造成了极大的伤害的同时, 也给越来越多的滑坡碎屑流领域研究者了进行更深入研究的机会; 这一阶段主要的研究者及其成果有:

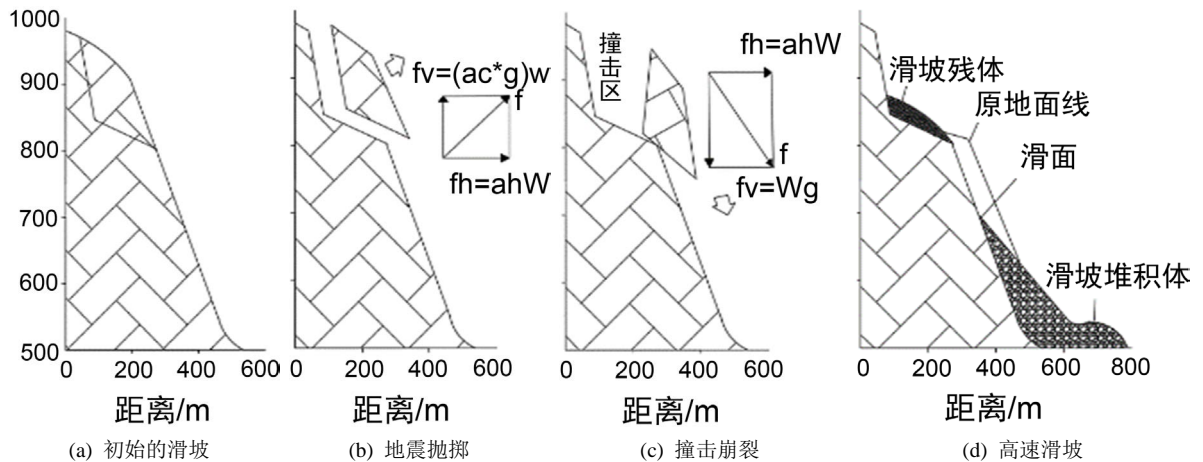


Figure 9. Time zone map of landslide debris flow research hotspot
图 9. 滑坡碎屑流研究热点时区视图图谱

殷跃平[6]通过对汶川地震灾区进行实地考察,认为滑坡附近震毁建筑物垂向震动非常明显,且具有“地震抛掷”-“撞击崩裂”-“高速滑流”三阶段特征(图9),并且在汶川地震多年后介绍了“汶川地震地质灾害调查评价”项目的进展和成果,具体表现为采用空天一体化调查,GPS位移监测及大型物理模拟等技术调查研究了汶川地震的灾害发育特征和分布规律,从而开展了滑坡泥石流防治和监测预警技术研究,为强震山区重大地质灾害提供技术支撑。邢爱国等[4]通过对青川东河口滑坡碎屑流进行全过程动力特性模拟,认为根据高速远程滑坡碎屑流不同运动阶段选择不同的流变模型分析的结果更加合理。

3) 稳步发展阶段(2013~2019年)

在经历了2008~2012年我国滑坡碎屑流研究的爆发期后,随后直到2015年,这一时期内的研究内容相较前一时期大为减少,极有可能是经历了爆发期后,相应的研究人员,对于该领域的研究出现了乏力的表现,具体原因极有可能是汶川地震过后,由其余震和连续暴雨引起的滑坡碎屑流灾害到了稳定或者已经发生的状态,即相当长的一段时间内没有典型的滑坡碎屑流灾害,相应的可供进行有意义研究的灾害数量骤减。但是,瓶颈期会限制大量的学者,却依然会有少许研究者突破传统从而继续该领域的研究。随后从2015年至今,关于滑坡碎屑流的研究又逐渐有了起色。该阶段主要的研究者及其成果有:

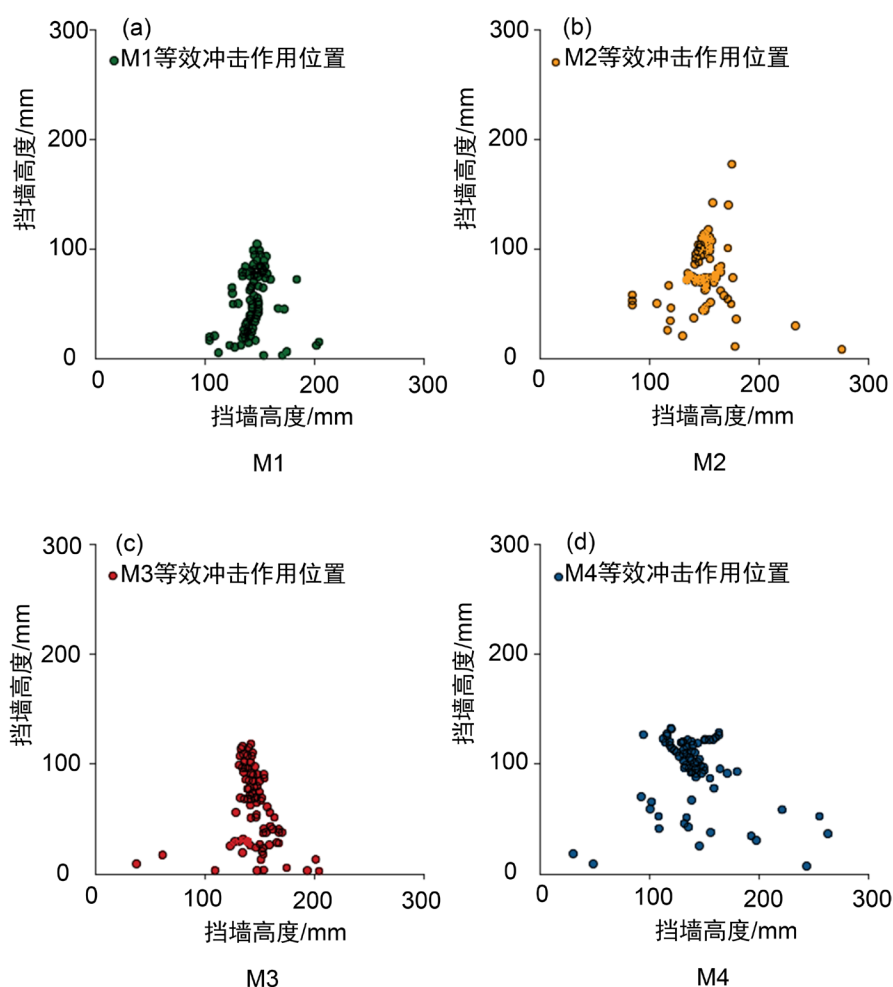


Figure 10. M1~M4 Distribution of equivalent impact action [22]

图 10. M1~M4 等效冲击作用分布图[22]

樊晓一等[19][22]对不同颗粒级配滑坡碎屑流冲击力及其作用位置进行研究,研究表明滑体受冲击力的水平分布位置集中于迎流面中轴线附近,受颗粒级配条件影响较小(图 10);并且采用三维离散元模拟方法,探究了挡板与坡脚的距离和坡脚对冲击力的影响,结果表明冲击力线性增大阶段,坡脚越大冲击力增加越快,冲击力持力时间随挡板距离增大而增加。许强等[33]基于谢家店子滑坡真实三维地形图,开展相关物理模拟试验,获取到了三维地形条件下,滑坡碎屑流运动与堆积特征和量化数据,并据此观察分析其流态化运动与堆积特征。

简而言之,国内对于滑坡碎屑流的研究不断深化和细化,由最初的对其成因机制等的研究不断过渡到对其的堆积体,运动距离,冲击力等的研究;并且由最初的实地考察等原始手段发展到运用数值模拟,模型试验等对其进行研究。

4. 结论

本文借助 CiteSpace 等软件对收录在 CNKI 数据库内的 1991~2019 年近 30 年的国内关于滑坡碎屑流的文献进行可视化分析,从多角度较为全面地展示了滑坡碎屑流领域在我国的研究现状。

然而本文还存在着一些局限性,一是文献数量较少;二是未对国外该领域的研究现状进行分析从而达到对比的目的,在未来的研究当中应该会考虑添加国外对于滑坡碎屑流的研究数据;三是任何文献的软件分析都会存在不足和缺陷,CiteSpace 软件亦是如此,它仅能够宏观粗略回顾某研究领域的现状,热点和其发展历程,但不可否认的是,以上分析结果能够对本文所要进行的研究形成较为科学的结论[34]。本文从滑坡碎屑流的发文时序分布,发文作者群体,发文机构,研究热点及研究发展趋势进行知识图谱可视化研究,研究的主要结论如下:

1) 2008 年 512 特大地震发生后,我国关于滑坡碎屑流的研究才开始取得较为突破的进展,自此该领域开始呈现较为快速且稳定的发展轨迹。

2) 从发文作者群体来看,活跃的发文作者群大体可分为两个团队,且这两个团队之间内部联系紧密,其余学者之间呈现零散分布,尚未形成较为显著的学术联系。

3) 从发文机构来看,科研院所和地方高校依然是推动滑坡碎屑流研究发展的中坚力量,且各发文机构主要分布在我国西南地区,研究力量分布极其不平衡。

4) 研究热点集中在地质灾害、滑体运动速度、位移、冲击力以及堆积体等研究上;研究发展趋势从探究滑坡碎屑流成因机制发展到运用数值模拟、离散元模拟等新方法对滑坡碎屑流的各研究热点进行深度剖析。

针对以上结论,建议加强各发文机构、学者之间的学术交流,以推动滑坡碎屑流方向研究的良性发展。

参考文献

- [1] 郑光,许强,彭双麒. 滑坡-碎屑流的堆积特征及机理分析[J]. 工程地质学报, 2019, 27(4): 842-852.
- [2] 孙新坡,何思明,高成凤,等. 牛圈沟滑坡离散元数值分析[J]. 兰州大学学报(自然科学版), 2017, 53(1): 48-53.
- [3] 亓星,许强,余斌,等. 汶川震区文家沟泥石流治理工程效果分析[J]. 地质科技情报, 2016, 35(1): 161-165.
- [4] 齐超,邢爱国,殷跃平,等. 东河口高速远程滑坡-碎屑流全程动力特性模拟[J]. 工程地质学报, 2012, 920(3): 334-339.
- [5] 何思明,白秀强,欧阳朝军,等. 四川省茂县叠溪镇新磨村特大滑坡应急科学调查[J]. 山地学报, 2017, 35(4): 598-603.
- [6] 殷跃平. 汶川八级地震地质灾害研究[J]. 工程地质学报, 2008(4): 433-444.
- [7] 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.

- [8] 张增可, 王齐, 吴雅华, 刘兴诏, 黄柳菁. 基于 CiteSpace 植物功能性状的研究进展[J]. 生态学报, 2020, 40(3): 1101-1112.
- [9] 高杨, 殷跃平, 邢爱国, 等. 鸡尾山高速远程滑坡——碎屑流动力学特征分析[J]. 中国地质灾害与防治学报, 2013, 24(4): 46-51.
- [10] 李天话, 樊晓一, 姜元俊. 不同颗粒级配滑坡碎屑流等效冲击力及作用位置分布研究[J]. 山地学报, 2018, 36(5): 740-749.
- [11] 张睿骁, 樊晓一, 杨海龙, 等. 不同拦挡距离对滑坡碎屑流冲击效应影响的离散元模拟[J]. 西南科技大学学报, 2018, 33(3): 37-42.
- [12] 郑光, 许强, 彭双麒. 滑坡 - 碎屑流的堆积特征及机理分析[J]. 工程地质学, 2017, 27(4): 842-852.
- [13] 李天话, 樊晓一, 姜元俊. 滑坡碎屑流颗粒分选效应的数值模拟[J]. 西南科技大学学报, 2019, 34(1): 26-33.
- [14] 孙萍, 张永双, 殷跃平, 等. 东河口滑坡 - 碎屑流高速远程运移机制探讨[J]. 工程地质学报, 2009, 17(6): 737-744.
- [15] 张璇, 苏楠, 杨红岗, 等. 2000-2011 年国际电子政务的知识图谱研究——基于 Citespace 和 VOSviewer 的计量分析[J]. 情报杂志, 2012, 31(12): 51-57.
- [16] 冯亚飞, 胡昌平, 李霜双. 国内学术资源研究的知识图谱与热点主题[J]. 情报科学, 2019, 37(10): 3-7+19.
- [17] 刘汉龙. 土动力学与土工抗震研究进展综述[J]. 土木工程学报, 2012, 45(4): 148-164.
- [18] 王磊, 李滨, 高杨, 等. 大型厚层崩滑体运动特征模拟研究: 以重庆武隆县羊角场镇大巷危岩为例[J]. 地学前缘, 2016, 23(2): 251-259.
- [19] 夏式伟, 郑昭扬, 袁小一, 等. 芦山地震汤家沟滑坡 - 碎屑流过程模拟[J]. 山地学报, 2017, 35(4): 527-534.
- [20] 王玉峰, 许强, 程谦恭, 等. 复杂三维地形条件下滑坡——碎屑流运动与堆积特征物理模拟实验研究[J]. 岩石力学与工程学报, 2016, 35(9): 1776-1791.
- [21] 张明, 王正波, 孙琳. 滑坡碎屑流高速远程机制环剪试验研究[J]. 岩石力学与工程学报, 2016, 35(S1): 2673-2681.
- [22] 杜娟, 殷坤龙, 王佳佳. 基于有限体积法的滑坡——碎屑流三维运动过程模拟分析[J]. 岩石力学与工程学报, 2015, 34(3): 480-488.
- [23] 郝明辉, 许强, 杨兴国, 等. 高速滑坡——碎屑流颗粒反序试验及其成因机制探讨[J]. 岩石力学与工程学报, 2015, 34(3): 472-479.
- [24] 李智豪. 颗粒级配对滑坡 - 碎屑流运动性影响的试验研究[J]. 四川建筑, 2018, 38(6): 120-122+125.
- [25] 樊晓一, 杨海龙, 田述军, 等. 滑坡碎屑流运动参数与影响因素敏感度研究[J]. 山地学报, 2016, 34(6): 724-731.
- [26] 张睿骁, 樊晓一, 姜元俊. 滑坡碎屑流冲击力影响因素的离散元模拟[J]. 铁道建筑, 2019, 59(4): 108-111.
- [27] 李天话, 樊晓一, 姜元俊. 颗粒反序现象及对滑坡碎屑流冲击作用的影响[J]. 人民长江, 2018, 49(15): 58-65.
- [28] 张睿骁, 樊晓一, 姜元俊. 滑坡碎屑流冲击拦挡结构的离散元模拟[J]. 水文地质工程地质, 2019, 46(1): 148-155.
- [29] 赵蓉英, 许丽敏. 文献计量学发展演进与研究前沿的知识图谱探析[J]. 中国图书馆学报, 2010, 36(5): 60-68.
- [30] 贺可强, 赵文强. 一种新形式的地质灾害——碎屑流[J]. 水文地质工程地质, 1991(5): 21-24.
- [31] 吴勇, 李自停, 李勇健. 四川省溪口滑坡运动特征的离散元模拟[J]. 山地研究, 1997(3): 197-200.
- [32] 赵宇, 崔鹏, 王成华, 等. 重庆万盛煤矸石山自燃爆炸型滑坡碎屑流成因探讨[J]. 山地学报, 2005(2): 169-173.
- [33] 王玉峰, 许强, 程谦恭, 等. 复杂三维地形条件下滑坡——碎屑流运动与堆积特征物理模拟实验研究[J]. 岩石力学与工程学报, 2016, 35(9): 1776-1791.
- [34] 王晓楠. 我国环境行为研究 20 年: 历程与展望——基于 CNKI 期刊文献的可视化分析[J]. 干旱区资源与环境, 2019, 33(2): 22-31.