金菊良，陈鹏飞，陈梦璐，等. 基于知识图谱的自然灾害风险防控研究进展的文献计量分析[J]. 灾害学，2019，34(2)：145－152. [JIN Juliang，CHEN Pengfei，CHEN Menglu，et al. Bibliometric Analysis of Research Progress in Natural Disaster Risk Prevention and Control Based on Knowledge Graph[J]. Journal of Catastrophology，2019，34(2)：145－152. doi：10.3969/j.issn.1000-811X.2019.02.027.]

基于知识图谱的自然灾害风险防控研究进展的文献计量分析*

金菊良[1,2]，陈鹏飞[1,2]，陈梦璐[1,2]，崔 毅[3]，张浩宇[1,2]，宁少尉[1,2]

（1. 合肥工业大学 土木与水利工程学院，安徽 合肥 230009；2. 合肥工业大学 水资源与环境系统工程研究所，安徽 合肥 230009；3. 天津大学 水利工程仿真与安全国家重点实验室，天津 300072）

摘 要：为分析自然灾害风险防控研究发展状况及趋势，以 2003－2017 年 Web of Science 核心合集中 SCI-EXPANDED 数据库收录的 1 159 篇自然灾害风险防控研究文献作为数据基础，利用 VOSviewer 和 Bibexcel 软件，采用共引分析、耦合分析、共著分析、词频统计和共现分析等文献计量可视化分析方法，通过文献发表的时间分布、区域分布、学科和期刊分布、文献代表作者、合作机构、研究热点等方面的分析，综述了自然灾害风险防控研究进展。结果表明：近年来，自然灾害风险防控研究热度上升迅速；美国在该领域的发文量明显领先，中国则具备了赶超的潜力；各研究机构中，北京师范大学、中国科学院、悉尼大学、京都大学等是该领域的领军机构；从发展趋势上看，该领域已形成了“水旱灾害管理”“灾害风险防控”“灾害脆弱性”“灾害影响”4 个重要的研究热点和前沿方向，其中“灾害风险防控”把其他 3 类热点紧密关联起来，形成了一个结构紧凑的自然灾害风险防控研究知识图谱系统。上述结果揭示了自然灾害风险防控研究的演变特征与发展趋势，有助于加深对自然灾害风险防控研究领域的整体认识。

关键词：自然灾害；风险防控；文献计量可视化分析；知识图谱；VOSviewer

中图分类号：X43；X915.5　　**文献标志码**：A　　**文章编号**：1000－811X(2019)02－0145－08

doi：10.3969/j.issn.1000－811X.2019.02.027

随着全球环境的变化和社会经济的发展，自然灾害风险日趋严峻[1-2]。自然灾害损失统计数据显示，自 1950 年以来，随着通货膨胀自然灾害损失急剧增加[3]；若不及时采取相应的补救措施，灾害损失将在人们生产生活中的各个方面呈链式传递下去[4]。因此，迫切需要在灾害发生前后采取有效防控措施，以尽量降低灾害损失风险[5-6]。目前，面对全球性的自然灾害事件迫切需要不同国家通过整合其知识资产和物质资源齐心协力、共同应对，促使自然灾害风险防控成为了影响全球化进程的新因素[7]。中国作为全球自然灾害风险防控的重点区域，由各类自然灾害造成的经济损失和受影响人口对社会经济发展造成了重大影响[8]，自然灾害风险的防控研究日显重要[8-9]。巫丽芸等[10]从灾害危险性和易损性两个方面构建的生态系统灾害风险评估框架、金菊良等[11]归纳总结的旱灾风险评估与调控关键技术研究进展等观点为自然灾害风险防控研究提供了初步经验；张继权等[12]阐述了综合自然灾害风险管理是针对各种自然灾害、面向灾害全过程的管理新模式；史培军等[13]提出了减灾资源高效利用的“三维矩阵管理”区域自然灾害风险的综合行政管理体系；Dominey-howes 等[14]呼吁应急管理界认识到抗生素耐药性风险；LI 等[15]总结了用于评估多种危害对建筑物损失风险的公式；Merz 等[16]提出的德国自然灾害研究网络将合作伙伴与自然灾害领域的专业科学知识联系起来，为协调安全发展铺平了道路。

自然灾害风险防控过程涵盖风险识别、风险评估、风险决策与应对、风险监管与控制等主要环节[11, 17]。国内外有关自然灾害风险防控的研究日渐增多，但尚未见利用知识图谱等文献计量分析方法对自然灾害风险防控研究状况和发展趋势作系统深入分析研究的报道。通过全面归纳总结

* 收稿日期：2018－10－09　　修回日期：2018－12－07

基金项目：国家重点研发计划项目(2017YFC1502405)；山东省重点研发计划项目(2017GSF20101)；国家自然科学基金项目(51579059，51709071，51579060)

第一作者简介：金菊良(1966－)，男，江苏吴江人，博士，教授，主要从事水旱灾害研究. E-mail：JINJL66@126.com

通讯作者：崔毅(1990－)，男，安徽铜陵人，博士生，主要从事水旱灾害研究. E-mail：cuiyi9007@163.com

自然灾害风险防控研究进展，有利于反映已有研究方法之间的异同关系并发现已有研究中的隐性问题，有利于多维度展望未来研究的主要发展方向。为此本文采用文献计量分析方法，通过自然灾害风险防控研究领域已有研究成果的系统梳理、数据挖掘、知识计量、图形绘制等可视化分析方法生成形象直观的知识图谱，以期进一步揭示该领域研究的动态发展规律[18]。

1 文献计量分析

本次研究选择了 Web of Science 核心合集(以下简称 WOS)中的 SCI-EXPANDED 数据库，在 WOS 数据库内对 2003－2017 年间发表的文献以检索式“TS = ((risk regulation OR risk planning OR risk management OR risk control) AND natural disaster)”进行源文献检索，共得到 1 260 条检索记录，文献类型取 Article 进行精炼，最后得 1 159 条检索记录。运用文献计量分析法，对所检索文献的发表时间、区域、学科和期刊、代表作者、科研合作机构及关键词词频进行分析，以揭示自然灾害风险防控研究进展及潜在问题。在数据处理过程中使用 VOSviewer(聚类分析可视化)和 Bibexcel(词频统计)文献计量分析工具[19－20]。本文选取 VOSviewer 提供的标签视图和聚类密度视图 2 种知识图谱方法进行呈现并解析：在标签视图中，一个圆圈和标签代表一个元素，圆圈的大小代表权重的高低，颜色相同的圆圈属于同一聚类，元素间的连线表示元素之间的共现关系；聚类密度视图是根据圆圈数量、大小以及圆圈间联系的紧密程度将整个知识网络图谱分成颜色不同的若干聚类区域[19－21]。

1.1 文献发表时间分布

2003－2017 年自然灾害风险防控研究领域每年出版的文献数量呈逐年上升趋势(图 1)。根据发文量可将自然灾害风险防控领域研究发展分为三个阶段：2003－2008 年是初步探索时期，年发表文献数量呈逐年上升状态，2008 年迅速增长到 63 篇；2009－2014 年是平稳增长时期；2015－2017 年是蓬勃发展时期，2017 年达到 190 篇，年发表文献数量迅猛增加。2018 年未计入文献分析数据库，但是按照过去 15 年的发展趋势预测，2018 年自然灾害风险防控研究领域发文量将继续增长(截止至 2018 年 11 月已检索到 185 篇)。从上述发文量逐年增多的趋势中可看出，自然灾害风险防控研究领域正逐渐得到全球学者的广泛关注。

1.2 文献发表区域分布

检索到的 15 年来的文献源于 97 个国家/地区。其中美国总发文量最多、为 315 篇，占全球总发文量的 27.2%，接近第二名中国发文量的两倍；中美两国的发文量约为全球总发文量的 40%，对全球自然灾害风险防控的研究作出了主要贡献。同时，从图 2 可看出，中国、美国和澳大利亚三国在自然灾害风险防控研究领域关系最为密切，并且它们与英国、德国、加拿大等国均有合作，合作交流的研究关系增强了世界各国在应对自然灾害风险时的防控能力，也是全球未来自然灾害研究发展的必然趋势。

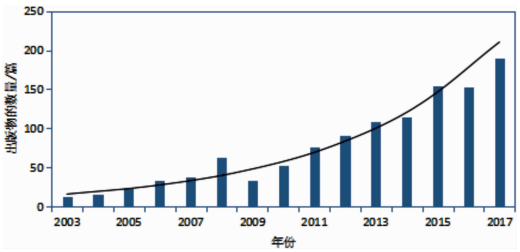


图 1 自然灾害风险防控领域 2003－2017 年出版的文献数量

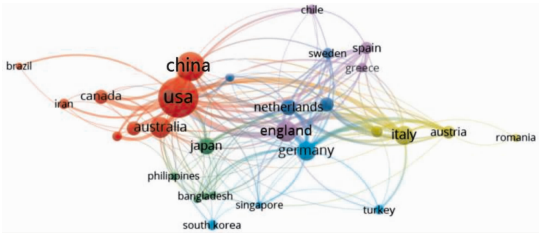


图 2 自然灾害风险防控研究各高产国家之间合作关系图

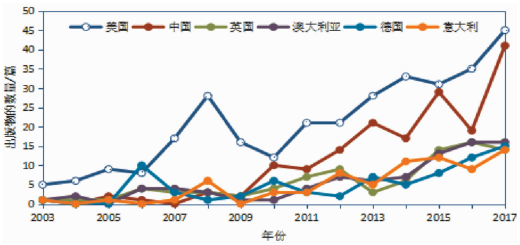


图 3 全球 6 个自然灾害风险防控研究高产国家的历年发文数

对比图 3 中全球在自然灾害风险防控领域发文量较高的 6 个国家可看出：美国在自然灾害风险防控研究领域起步相对较早，其相关科研产出量一直在全球保持显著领先地位；而中国虽起步稍晚，但从 2007 年开始迅速发展，与美国之间的发文量差距不断减小，说明中国对自然灾害风险防控的重视程度和研究力度在不断加深。从各国不断增长的发文量可看出自然灾害风险防控研究正成为一个迅速发展的研究领域。

1.3 文献发表学科和期刊分布

自然灾害风险防控研究领域的文献在学科分布方面差异明显，有些学科的发文量高，意味着这些学科的学术成果多、研究力量强、学科地位高，相对于其他学科比较强势，可称为强势学科[22]。本研究检索得到的自然灾害风险防控文献涉及 WOS 中 90 个学科，其中载文量最多的前 5 个学科分别是：GEOLOGY(地质学)有 407 篇，WATER RESOURCES(水资源)有 396 篇，METEOROL-

OGY & ATMOSPHERIC SCIENCES(气象与大气科学)有 348 篇，ENVIRONMENTAL SCIENCES & ECOLOGY(生态环境科学)有 233 篇，ENGINEERING(工程)有 174 篇。可见：已有研究成果多集中在自然科学领域，而在社会科学领域较为缺乏；地质学和水资源学科的文献数量最多，分别占总发文数的 35.1% 和 34.2%，是自然灾害风险防控研究领域的强势学科，说明发生在岩石圈和水圈的自然灾害是主要的自然灾害；气象与大气科学、生态环境科学、工程和公共卫生、环境卫生与职业卫生学科的文献均超过了 100 篇，在该研究领域也占据一定位置。

从期刊的分布情况，可看出该学科的科研水平、研究实力和学术地位[23]。这些所检索的文献分布在 434 种不同的期刊上，其中有 13 种期刊的载文量达到了 10 篇以上。载文量最多的前 5 种期刊分别是：《Natural Hazards》有 176 篇，占相关文献总数的 15.2%，《International Journal of Disaster Risk Reduction》有 61 篇，《Risk Analysis》有 44 篇，《Natural Hazards and Earth System Sciences》有 34 篇，《International Journal of Disaster Risk Science》有 18 篇。其中《Natural Hazards》和《International Journal of Disaster Risk Reduction》属于自然灾害风险防控研究领域影响力较大、影响范围较广的期刊，说明自然灾害风险防控是当前自然灾害研究领域的热点和前沿问题。

1.4　文献代表作者分析

作者共引分析可科学揭示学科之间的关联程度，反映学科专业之间的结构特征和未来发展趋势，而作者耦合分析更为全面地反映一个学科的前沿知识结构，因此将作者耦合分析与作者共引分析相结合可更全面地揭示学科知识结构[24]。

1.4.1　作者共引分析

White H D 和 Griffith B C 于 1981 年最早提出了作者共引分析方法[25]，其原理是当两个作者的论文同时被第三个作者引用时，则这前两个作者存在共引关系[26]。通过这种共引关系可发现某学科领域中处于研究前沿且多次被引的作者、探寻作者的研究特点、探究某研究领域的知识图谱，进而促进学术合作和学术交流[27]、甚至有助于形成科学范式。通过作者共引分析，可看出自然灾害风险防控研究领域内具有重要研究的作者分布情况。从自然灾害风险防控研究的国际研究人员共引分析标签图及聚类密度图(图 4)中，可看出研究人员分成了六大类，可快速发现从事自然灾害风险防控领域研究的国际重要研究人员有：Cutter S L(美国)、Norris FH(美国)、Haimes Y Y(美国)、Kleindorfer PR(法国)、Cozzani V(意大利)、CHEN CW(中国)、TSENG CP(中国)。

1.4.2　作者耦合分析

作者耦合关系是在文献耦合的基础上发展起来的，是指两个或多个作者发表的文章引用了一些相同的文献，反映了文献之间的一类内在关联[21]。L. Leydesdorff 于 2008 年最早研究作者耦合关系，ZHAO 提出并实证了作者耦合关系[28]。图 5 表明：根据自然灾害风险防控研究领域各学者研究主题的异同与活跃情况，把作者的分布主要归为 6 个聚类，每个聚类的作者有共同关注的研究领域；这些领域中研究比较活跃的作者分别有 ZHANG J(中国)、LI Y(中国)、Merz B(德国)、WANG J(中国)、Dominey - Howes D(澳大利亚)、LIU Y(中国)、CHEN CW(中国)等。

1.5　科研合作研究分析

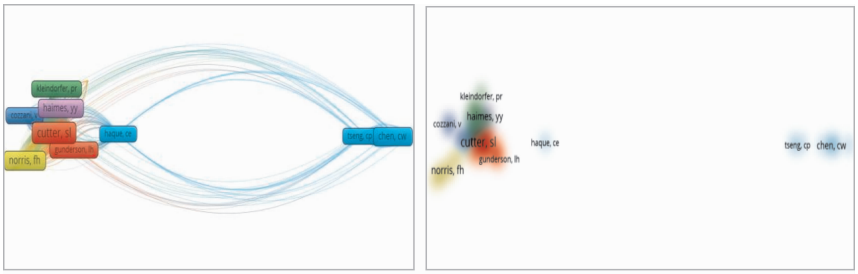
1.5.1　作者合作研究

通过 VOSviewer 软件对发文量超过 6 篇的作者进行分析，结果表明：高产作者有 WANG J(中国)、ZHANG J(中国)、LIU Y(中国)、Dominey - Howes D(澳大利亚)、CHEN CW(中国)、LI Y(中国)、Merz B(德国)等人；该图谱中共有 7 个聚类，反映了由上述 7 人为核心的 7 个合作紧密的学术科研团队；高产作者大部分来自中国(图 6)，在自然灾害风险防控研究领域我国占有很重要的地位，说明当前在中国展开自然灾害风险防控研究非常必要。

1.5.2　机构合作研究

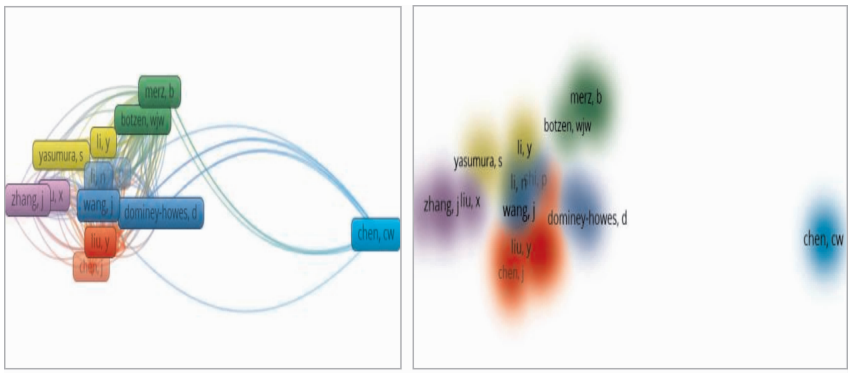
自然灾害风险防控是区域性与全球性结合的复杂科学难题，迫切需要各研究机构合作探讨。图 7a 表明：Beijing Normal University(北京师范大学)、Chinese Academy of Sciences(中国科学院)、University of Sydney(悉尼大学)和 Kyoto University(京都大学)是目前自然灾害风险防控研究领域的领军机构；自然灾害风险防控领域研究机构主要集中在中国，各个机构间有不同的密切合作关系。

图 7b 表明：自然灾害风险防控研究领域的机构可主要归为 10 个聚类，同一聚类的机构联系紧密、关联强度大，具有共同关注的研究领域。运用 VOSviewer 软件对同一聚类的机构文献精炼并进行关键词共现分析可知：聚类 1 以 Chinese Academy of Sciences(中国科学院)和 China University of Geosciences(中国地质大学)为首的机构是中国自然灾害风险防控研究领域的权威机构，致力于气候变化研究，多运用 GIS 模型，进行灾害脆弱性分析；聚类 2 以 Beijing Normal University(北京师范大学)和 Ministry of Civil Affairs(中华人民共和国民政部)为首的机构也是中国的知名机构，注重脆弱性研究；聚类 3 以 Kyoto University(京都大学)和 University of Tokyo(东京大学)为首的日本机构基于其地形地质条件，着重于地震灾害研究；聚类 4 以 Vrije Universiteit Amsterdam(阿姆斯特丹自由大学)



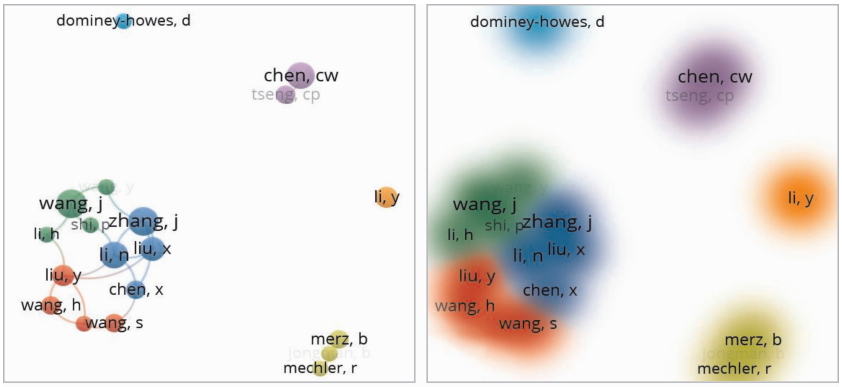
（a）作者共引分析标签图 （b）作者共引分析聚类密度图

图4 作者共引分析的标签图及聚类密度图



（a）作者耦合分析标签图 （b）作者耦合分析聚类密度图

图5 作者耦合分析的标签图及聚类密度图



（a）作者合著标签图 （b）作者合著聚类密度图

图6 作者合著的标签图及聚类密度图

和 Universidad Nacional Autonoma de Mexico（墨西哥国立自治大学）为首的机构注重气候变化，多进行灾害脆弱性和适应性研究；聚类 5 以 University of Sydney（悉尼大学）和 James Cook University（詹姆斯库克大学）为首的澳大利亚机构致力于自然灾害风险管理研究；聚类 6 以 Sichuan University（四川大学）和 University of Virginia（弗吉尼亚大学）为首的机构注重风险来临前的准备，致力于风险防控研究；聚类 7 以 Harvard University（哈佛大学）为首的机构着重于研究灾害发生后对人类身心健康的影响；聚类 8 以 University of Tehran（德黑兰大学）和 University of Hawaii（夏威夷大学）为首的机构注重气候变化，致力于适应性、适应能力及复原力等研究；聚类 9 以 University of Melbourne（墨尔本大学）为首的机构注重灾害脆弱性和适应性研究；聚类 10 以 National Kaohsiung University of Science and Technology（台湾高雄科技大学）为首的机构致力于工业方面的灾害风险防控研究。

2 研究热点聚类结果分析

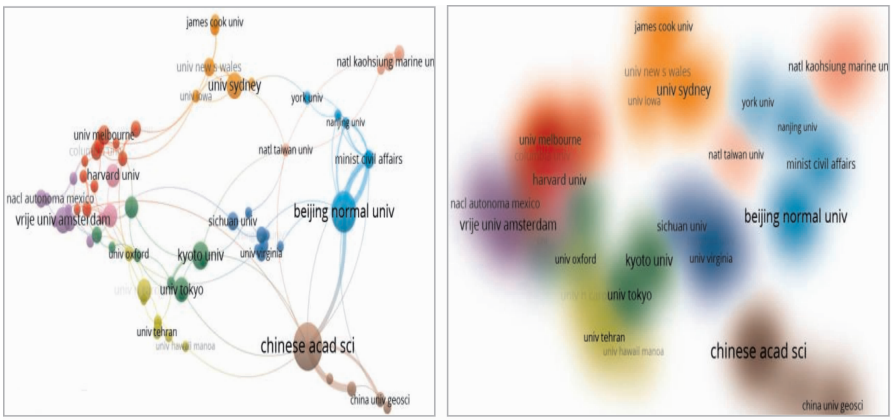
关键词高度浓缩了一篇论文的基本内容，通过共现图谱分析，可直观反映某一领域的研究热点。利用 Bibexcel 软件对自然灾害风险防控研究领域的关键词进行频次统计，频次最多的前 20 个关键词分别是 natural disasters（自然灾害）、resilience（恢复性）、vulnerability（脆弱性）、risk management（风险管理）、climate change（气候变化）、risk assessment（风险评估）、risk（风险）、GIS（地理信息系统）、disaster risk reduction（减轻灾害风险）、flood（洪水）、earthquake（地震）、disaster management（灾害管理）、adaptation（适应力）、risk perception（风险感知）、disaster risk management（灾害风险管理）、China（中

国）、mitigation（减缓）、tsunami（海啸）、disaster planning（灾难规划）、drought（干旱）。

为直观地了解自然灾害风险防控研究领域的研究热点，利用 VOSviewer 软件对其结果进行可视化呈现，将阈值设置为 15，即关键词出现次数不少于 15 次，通过聚类分析生成关键词共现图谱（图 8）。在图 8a 关键词共现标签图中可看出由关键词“natural disasters（79 次）”、“resilience（71 次）”、“vulnerability（60 次）”、“risk management（57 次）”在关键词共现标签图中的节点相对较大。在图 8b 关键词共现聚类密度图中 VOSviewer 把自然灾害风险防控研究领域的关键词分成了 4 个主要的热点聚类，处于每一聚类中心的关键词权重最大，其中类 1（图 8 中红色）包含 31 个关键词、类 2（图 8 中绿色）包含 27 个、类 3（图 8 中蓝色）包含 19 个、类 4（图 8 中黄色）包含 19 个。将各研究热点对应的关键词类团及关键词类团中一些权重较大的关键词汇总成表 1。从表 1 的关键词类团中可看出，这些关键词之间具有一定的关联性，聚类结果的可信度较高[29]。

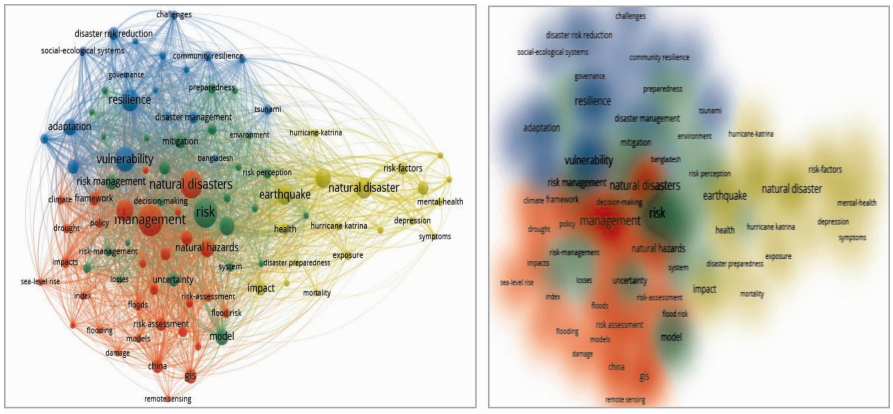
2.1　水旱灾害管理

由关键词类团可知研究主题一（即聚类一）为“水旱灾害管理”，即图 8 中红色聚类部分。国际组织调查 1975－2010 年间发生的全球自然灾害的统计结果表明，洪水灾害占全球所有自然灾害的 50.8%，干旱灾害占 33.1%，可见水旱灾害对人类生存的影响最为广泛和严重[30]。不管灾害涉及



（a）研究机构分布标签图　　（b）研究机构分布聚类密度图

图 7　研究机构分布的标签图及聚类密度图



（a）关键词共现标签图　　（b）关键词共现聚类密度图

图 8　VOSviewer 统计分析得到的关键词共现标签图及聚类密度图

表 1　四类研究主题及对应的关键词类团

研究主题	关键词类团				
水旱灾害管理	climate change（气候变化）	drought（干旱）	flood（洪水）	management（管理）	natural hazards（自然灾害）
灾害风险防控	evacuation（疏散）	model（模型）	preparedness（准备）	risk perception（风险感知）	infrastructure（基础设施）
灾害脆弱性	adaptation（适应）	adaptive capacity（适应能力）	community resilience（社区复原力）	resilience（恢复性）	vulnerability（脆弱性）
灾害影响	mental-health（心理健康）	earthquake（地震）	exposure（暴露）	impact（影响）	posttraumatic-stress-disorder（创伤后应激障碍）

的是水少(干旱)、水多(洪水和海啸),还是事件期间及之后的水污染,灾害、水和人类健康之间均存在不可分割的密切联系[31]。金菊良等提出了评估洪水灾情等级的投影寻踪模型[32]、洪水灾害风险管理广义熵智能分析的初步理论框架[33]。Tingsanchali[34]提出了由洪水影响前的准备、洪水到来时准备就绪、洪水影响期间的应急响应、洪水冲击后的恢复4方面组成的洪水灾害综合管理战略框架。Zhang 等[35]认为农业气象灾害中干旱发生频率最高、覆盖面积最大、造成损失最大。金菊良等[36]认为旱灾风险等级评价、旱灾风险决策是旱灾风险调控的重要内容。为了应对干旱压力,Hackenberg 等[37]的研究表明不同类型的 sRNA 对干旱的反应不同,可用于改善大麦和其他谷类作物的耐旱性。Zhu 等[38]建立了基于投影寻踪聚类的区域综合干旱灾害风险动态评估模型。

2.2 灾害风险防控

由关键词类团可知研究主题二(即聚类二)为“灾害风险防控”,即图8中绿色聚类部分。其中risk perception(风险感知)即灾害发生前要进行风险预防,需要根据当前基础保障措施的漏洞来识别风险,进行自然灾害风险评估,以应对所有灾害、确定风险优先级,并根据准备情况确定风险预防/缓解措施,进而调控风险。Sarwar 等[39]将PESTLE 的基本原理应用于灾害管理系统,以改善整体灾害管理过程。王文圣等[40]建立了基于集对分析的自然灾害风险度综合评价模型。Chen 等[41]提出了一种经济效用约束最大化模型,制定了保险与风险控制计划的战略,通过减灾来平衡经济影响。Tseng 等[42]在经济效用约束最大化模型的背景下探讨了风险和不确定性在研究评估中的重要性。

2.3 灾害脆弱性

由关键词类团可知研究主题三(即聚类三)为“灾害脆弱性”,即图8中蓝色聚类部分。其中“vulnerability”、“resilience”、“adaptation”三词的权重较大。脆弱性被认为是承灾体的一种预先存在的状态,表现为承灾体对致灾源的敏感性程度。恢复性是对相对脆弱性的长期趋势的评估。适应能力是个人或团体对具体的致灾源的响应或反弹的能力。根据这些概念,通过适当的规划努力提高适应能力是促进复原力的基本步骤[43]。贫困地区更易受到破坏也是导致自然灾害日益频繁的因素之一,因此承灾体的脆弱性与触发自然灾害的致灾因子物理现象同样重要,它们都是造成灾害损失的必要条件。发展受限时贫困地区的脆弱性往往会增加,因此发展也是造成灾害发生及决定其影响程度大小的一个不可或缺的因素,而脆弱性触发的灾害又严重抑制了发展,形成了一个恶性循环。为了打破这种循环,需要更多关注形成脆弱性的原因、降低这种脆弱性,从而提高贫困地区的自然灾害适应能力[44]。

潜在风险与特定地区的社会复原力之间存在重要的相关性。社会脆弱性分析旨在了解哪些人群最容易受到自然灾害的影响,并确定影响社会脆弱性的关键因素。社会脆弱性研究的结果,在未来可用于风险管理决策,包括风险的降低、预防和减缓[45],可在一定程度上提高社区复原力。

2.4 灾害影响

由关键词类团可知研究主题四(即聚类四)为“灾害影响”,即图8中黄色聚类部分。灾害影响的常见类型分为灾害直接损失和灾害间接损失[46]。Baris 等[47]证实在土耳其由于特殊的地质地形和气象条件致其易受到各种自然灾害的影响,平均每七至八年就会发生一次大规模灾害,其中地震、山体滑坡、洪水、干旱、岩崩和雪崩是主要的自然灾害,砍伐森林和水土流失加剧了这些灾害,其中97%的死亡率和伤害率由地震造成。Matsubayashi 等[48]利用1982–2010年间日本自然灾害和自杀的地级城市面板数据,估计了自然灾害对各种人口群体自杀率的同期和滞后效应,研究发现自然灾害以复杂的方式影响着灾区人口的自杀率。综合文献及关键词发现灾害会给人类带来实质性的创伤和精神障碍,在洪水、干旱及其他自然灾害过后,受害者表现出焦虑、压抑和其他心理问题,并且这些心理问题可持续很长时间。人类要从科学的意义上认识这些灾害的发生、发展,尽可能减小它们所造成的危害,这已成为国际社会的一个重要的共同主题。

图8关键词共现图谱的4个热点聚类之间存在密切关联:“灾害风险防控”被其他3类紧密包围。“水旱灾害管理”是当前自然灾害风险防控研究领域最主要的热点前沿和实践需求,“灾害风险防控”是当前灾害管理关口前移的发展新趋势,而“灾害脆弱性”“灾害影响”是“灾害风险防控”的主要对象。可见,“灾害风险防控”把其他3类热点聚类“水旱灾害管理”“灾害脆弱性”“灾害影响”紧密关联起来,形成了一个结构紧凑的自然灾害风险防控研究知识图谱系统。

3 结 论

自然灾害风险防控研究是灾害学中一个快速发展的新兴领域,也是需要逐渐深化的过程。从历年的研究现状看,自然灾害风险防控研究呈不断趋热的态势。本研究利用 VOSviewer 文献计量可视化分析方法,通过对2003–2017年间自然灾害风险防控领域的知识图谱分析,揭示该研究领域演变特征与研究热点,得到了以下结论:

(1)自然灾害风险防控研究虽历史不长,但其研究热度呈逐年上升趋势,近几年全球发文量在不断上升。(2)美国在该领域起步较早,发文量最

多，而近几年中国有赶超美国的趋势，尤其是在2013－2017 年。(3)自然灾害影响广泛，故涉及学科广泛、刊载的期刊众多，目前发文主要集中在 Geology 和 Water Resources 等学科领域、主要发表在《Natural Hazards》和《International Journal of Disaster Risk Reduction》等期刊。(4)通过作者共引分析看出当前从事自然灾害风险防控领域研究的国际重要研究人员有：Cutter S L、Norris FH、Haimes Y Y、Kleindorfer PR、Cozzani V、CHEN CW、TSENG CP。通过作者耦合分析看出目前自然灾害风险防控研究领域比较活跃的作者有 ZHANG J、LI Y、Merz B、WANG J、Dominey-Howes D、LIU Y、CHEN CW 等人。(5)排名前几位的高产作者有 WANG J、ZHANG J、LIU Y、Dominey-Howes D、CHEN CW、Li Y、Merz B 等人。Beijing Normal University(北京师范大学)、Chinese Academy of Sciences(中国科学院)、University of Sydney(悉尼大学)及 Kyoto University(京都大学)是目前自然灾害风险防控研究领域的领军机构。(6)自然灾害风险防控研究领域中的现有关键词可主要归为 4 个聚类，即形成了四个研究主题“水旱灾害管理”“灾害风险防控”“灾害脆弱性”“灾害影响”，它们是当前自然灾害风险防控的前沿研究重点。从这四个角度出发，深入研究、提出一套被公认的自然灾害风险防控定量化方法已成为最重要的研究趋势，可为全球制定防灾减灾措施提供科学合理的依据。

参考文献：

[1] 金菊良，魏一鸣，付强，等. 改进的层次分析法及其在自然灾害风险识别中的应用[J]. 自然灾害学报，2002，11(2)：20－24.

[2] 尚志海，刘希林. 自然灾害风险管理关键问题探讨[J]. 灾害学，2014，29(2)：158－164.

[3] Smolka A. Natural disasters and the challenge of extreme events：risk management from an insurance perspective[J]. Philosophical Transactions Mathematical Physical & Engineering Sciences，2006，364(1845)：2147－2165.

[4] WEI L，CHEN H. Emergent management for consumable industry chains after natural disasters[C]// International Conference on Management of E-Commerce and E-Government. IEEE，2009：301－305.

[5] Wellington J J，Ramesh P. Role of Internet of Things in disaster management[C]// International Conference on Innovations in Information，Embedded and Communication Systems. 2017：1－4.

[6] Hewitt K. Environmental disasters in social context：toward a preventive and precautionary approach[J]. Natural Hazards，2013，66(1)：3－14.

[7] Nanto D K，Cooper W H，Donnelly J M，et al. Japan's 2011 Earthquake and Tsunami：Economic Effects and Implications for the United States[C]// Congressional Research Service，Library of Congress，2011.

[8] ZOU M，YUAN Y. China's comprehensive disaster reduction[J]. International Journal of Disaster Risk Science，2010，1(1)：24－32.

[9] 魏一鸣，袁潇晨，吴刚，等. 气候变化风险评估研究现状与热点：基于 Web of Science 的文献计量分析[J]. 中国科学基金，2014，28(5)：347－356.

[10] 巫丽芸，荷东进，洪伟，等. 自然灾害风险评估与灾害易损性研究进展[J]. 灾害学，2014，29(4)：129－135.

[11] 金菊良，宋占智，崔毅，等. 旱灾风险评估与调控关键技术研究进展[J]. 水利学报，2016，47(3)：398－412.

[12] 张继权，冈田宪夫，多多纳裕一. 综合自然灾害风险管理－－全面整合的模式与中国的战略选择[J]. 自然灾害学报，2006，15(1)：29－37.

[13] 史培军，叶涛，王静爱，等. 论自然灾害风险的综合行政管理[J]. 北京师范大学学报(社会科学版)，2006(5)：130－136.

[14] Domineyhowes D，Bajorek B，Michael C A，et al. Applying the emergency risk management process to tackle the crisis of antibiotic resistance[J]. Front Microbiol，2015，6：927.

[15] LI Y，Lindt J W V D. Loss－based formulation for multiple hazards with application to residential buildings[J]. Engineering Structures，2012，38(4)：123－133.

[16] Merz B，Friedrich J，Disse M，et al. Possibilities and limitations of interdisciplinary，user-oriented research：Experiences from the German Research Network Natural Disasters[J]. Natural Hazards，2006，38(1－2)：3－20.

[17] 马保成. 自然灾害风险定义及其表征方法[J]. 灾害学，2015，30(3)：16－20.

[18] 程先富，戴梦琴. 洪涝灾害风险研究团队及研究进展的文献计量分析[J]. 安徽师范大学学报(自然科学版)，2017，40(3)：275－281.

[19] VAN ECK N J，WALTMAN L. VOSviewer：A computer program for bibliometric mapping[J]. Scientometrics，2010，84(2)：523－538.

[20] 高凯. 文献计量分析软件 VOSviewer 的应用研究[J]. 科技情报开发与经济，2015，25(12)：95－98.

[21] Nees Jan van Eck，Ludo Waltman，Rommert Dekker，Jan van den Berg. A comparison of two techniques for bibliometric mapping：multidimensional scaling and VOS[J]. Journal of the American Society for Information Science and Technology，2010，61(12)：2405－2416.

[22] 侯海燕，郭芳琪，孙太安，等. 基于 VOSviewer 的山东省生物技术领域国内及国际研究现状分析[J]. 科学与管理，2018，38(2)：25－33.

[23] 王晓洁. 国外青年脑梗死文献计量学分析[J]. 晋图学刊，2014，141(2)：72－75.

[24] 杨瑞仙，张梦君. 作者学术关系研究进展[J]. 图书情报工作，2016，60(13)：141－148.

[25] 马瑞敏，邱均平. 基于 CSSCI 的论文同被引实证计量研究——以图书馆学、情报学为例[J]. 图书情报知识，2005，107(5)：77－79.

[26] 秦长江. 两种方法构建的作者共引知识图谱的比较研究[J]. 情报科学，2010，28(10)：1558－1564.

[27] 步一，刘天祎，黄文彬. 优化传统作者共引分析的研究初探——综合引文发表时间信息的作者共引分析方法[J]. 图书情报知识，2015，168(6)：89－97.

[28] ZHAO D，Strotmann A. Evolution of research activities and intellectual influences in information science 1996－2005：Introducing author bibliographic-coupling analysis[J]. Journal of the American Society for Information Science & Technology，2014，59(13)：2070－2086.

[29] 刘金花，崔金梅. 基于 VOSviewer 的领域性热门研究主题挖掘[J]. 情报探索，2016，220(2)：13－16.

[30] YAN Y，SONG Y. Improvement of flood and drought disasters emergency development in Hubei Province[C]//Proceedings of the

2013 International Conference on Information, Business and Eductation Technology(ICIBET 2013), 2013: 736 – 740.
[31] David GC McCann, Ainsley Moore, Mary-Elizabeth Walker. The water/health nexus in disaster medicine: I. Drought versus flood [J]. Current Opinion in Environmental Sustainability, 2011, 3(6): 480 – 485.
[32] 金菊良, 张欣莉, 丁晶. 评估洪水灾情等级的投影寻踪模型[J]. 系统工程理论与实践, 2002, 22(2): 140 – 144.
[33] 金菊良, 王银堂, 魏一鸣, 等. 洪水灾害风险管理广义熵智能分析的理论框架[J]. 水科学进展, 2009, 20(6): 894 – 900.
[34] Tingsanchali T. Urban flood disaster management[J]. Procedia Engineering, 2012, 32(3): 25 – 37.
[35] ZHANG Jiquan. Risk assessment of drought disaster in the maize-growing region of Songliao Plain, China[J]. Agriculture, Ecosystems and Environment, 2014, 102(2): 133 – 153.
[36] 金菊良, 郦建强, 周玉良, 等. 旱灾风险评估的初步理论框架[J]. 灾害学, 2014, 29(3): 1 – 10.
[37] Hackenberg M, Gustafson P, Langridge P, et al. Differential expression of microRNAs and other small RNAs in barley between water and drought conditions[J]. Plant Biotechnology Journal, 2015, 13(1): 2 – 13.
[38] ZHU Y, LI L, ZHAO Y, et al. Regional comprehensive drought disaster risk dynamic evaluation based on projection pursuit clustering[J]. Water Policy, 2018, 20(2): 401 – 428.
[39] Sarwar D, Ramachandran M, Hosseinian – Far A. Disaster management system as an element of risk management for natural disaster systems using the PESTLE framework[C]// International Conference on Global Security, Safety, and Sustainability. Springer International Publishing, 2017: 191 – 204.
[40] 王文圣, 金菊良, 李跃清. 基于集对分析的自然灾害风险度综合评价研究[J]. 四川大学学报(工程科学版), 2009, 41(6): 6 – 12.
[41] CHEN C W, CHIANG W L. A novel strategy to determine the insurance and risk control plan for natural disaster risk management [J]. Natural Hazards, 2012, 64(2): 1391 – 1403.
[42] TSENG C P, CHEN C W. A new viewpoint on risk control decision models for natural disasters[J]. Natural Hazards, 2011, 59(3): 1715 – 1733.
[43] Seara T, Clay P M, Colburn L L. Perceived adaptive capacity and natural disasters: A fisheries case study[J]. Global Environmental Change, 2016, 38: 49 – 57.
[44] Theo Schilderman. Adapting traditional shelter for disaster mitigation and reconstruction: experiences with community-based approaches[J]. Building Research & Information, 2004, 32(5): 414 – 426.
[45] XU X, ZHANG W, CHEN X. Social vulnerability assessment of earthquake disaster based on the catastrophe progression method: A Sichuan Province case study[J]. International Journal of Disaster Risk Reduction, 2017, 24: 361 – 372
[46] Noy I. Natural disasters in the Pacific Island Countries: new measurements of impacts[J]. Natural Hazards, 2016, 84(1): 7 – 18.
[47] Baris M E. Effectiveness of Turkish Disaster Management System and Recommendations[J]. Biotechnology & Biotechnological Equipment, 2009, 23(3): 1391 – 1398.
[48] Matsubayashi T, Sawada Y, Ueda M. Natural disasters and suicide: evidence from Japan[J]. Social Science & Medicine, 2013, 82(4): 126 – 133.

Bibliometric Analysis of Research Progress in Natural Disaster Risk Prevention and Control Based on Knowledge Graph

JIN Juliang[1,2], CHEN Pengfei[1,2], CHEN Menglu[1,2], CUI Yi[3], ZHANG Haoyu[1,2] and NING Shaowei[1,2]
(1. *School of Civil Engineering, Hefei University of Technology, Hefei* 230009, *China*; 2. *Institute of Water Resources and Environmental Systems Engineering, Hefei University of Technology, Hefei* 230009, *China*; 3. *State Key Laboratory of Hydraulic Engineering Simulation and Safety, Tianjin University, Tianjin* 300072, *China*)

Abstract: In order to analyze the status of natural disaster risk prevention and control research and explore its development trend, this paper used 1159 natural disaster risk prevention and control research literatures included in the SCI-EXPANDED database from the 2003 – 2017 Web of Science Core Collection (hereinafter referred to as WOS) as data, based on VOSviewer and Bibexcel software, used co-citation analysis, coupling analysis, co-authoring analysis, word frequency statistics and co-occurrence analysis to visualize the bibliometric analysis, reviewed the literature on the natural disaster risk prevention and control through six aspects: time distribution, regional distribution, subject and journal distribution, literature representative authors, cooperative institutions, and research hotspots. The results show that the research on natural disaster risk prevention and control has risen rapidly; the United States has a clear lead in this field, China has the trend of catching up with the United States in recent years; the leading units in this field include Beijing Normal University, Chinese Academy of Sciences, University of Sydney, Kyoto University, etc.; the field has formed four important research hotspots and frontier directions of water and drought disaster management, disaster risk prevention and control, disaster vulnerability and disaster impact, where disaster risk prevention and control closely links the other three hotspots and forms a compact knowledge map system for natural disaster risk prevention and control research. The above results reveal the evolution characteristics and future development trends of natural disaster risk prevention and control research, and help to deepen the overall understanding of natural disaster risk prevention and control research.

Key words: natural disasters; risk prevention and control; bibliometric visualization; knowledge graph; VOSviewer