doi:10.3969/j.issn.1001-4616.2025.03.003

基于文献计量的城市洪涝研究现状及趋势

梁益银[1,2,3],金恒旭[1,2,3],葛潇钦[4],高祎璇[1,2,3],
卢海鹏[1,2,3],李泰钢[1,2,3],张书亮[1,2,3]

(1.南京师范大学虚拟地理环境教育部重点实验室,江苏 南京 210023)
(2.江苏省地理信息资源开发与利用协同创新中心,江苏 南京 210023)
(3.南京师范大学地理科学学院,江苏 南京 210023)
(4.绍兴市上虞区自然资源监测中心,浙江 绍兴 312300)

[**摘要**] 当前,城市洪涝领域研究文献浩繁,但宏观视角下的文献计量分析仍显不足,这在一定程度上制约了对该领域研究全局性和系统性的深入理解. 本文以 Web of Science(WoS)核心数据库和中国知网(CNKI)数据库文献作为数据源,利用计量分析工具 CiteSpace 及 VOSviewer 的知识图谱可视化功能,全面梳理了 2003—2023 年城市洪涝研究现状与发展趋势. 结果表明:①城市洪涝研究热度逐年上升,且中国已经成为研究领域中崭露头角的重要引领者;②研究趋势呈现“机理探究-数值模拟-风险管理-脆弱性-韧性”的时空演化路径;③人工智能和大数据等技术已成为洪涝模拟研究的新兴方向,显著提升了模拟的准确性和效率;④面对复杂的城市洪涝问题,研究者逐渐意识到,仅依靠工程性措施难以应对,更需从城市韧性和脆弱性综合考虑.

[**关键词**] 城市洪涝,文献计量学,知识图谱,CiteSpace,VOSviewer
[**中图分类号**]P954　[**文献标志码**]A　[**文章编号**]1001-4616(2025)03-0021-09

Current Status and Trends of Urban Flood Research Based on Bibliometrics

Liang Yiyin[1,2,3],Jin Hengxu[1,2,3],Ge Xiaoqin[4],Gao Yixuan[1,2,3],
Lu Haipeng[1,2,3],Li Taigang[1,2,3],Zhang Shuliang[1,2,3]

(1.Key Laboratory of Virtual Geographic Environment of Ministry of Education,Nanjing Normal University,Nanjing 210023,China)
(2.Jiangsu Center for Collaborative Innovation in Geographical Information Resource Development and Application,Nanjing 210023,China)
(3.School of Geography,Nanjing Normal University,Nanjing 210023,China)
(4. Natural Resources Monitoring Center of Shangyu District,Shaoxing City,Shaoxing 312300,China)

Abstract:Currently,there is a vast amount of research literature in the field of urban flood,but there is still a lack of macroscopic perspective in bibliometric analysis. This to some extent hinders a comprehensive and systematic understanding of research in this field. By utilizing data from Web of Science core collection and CNKI databases,and employing the knowledge graph visualization capabilities of bibliometric tools CiteSpace and VOSviewer,this paper thoroughly combs the current status and developmental trends of urban flood research from 2003 to 2023. The results indicate that:①Research interest in urban flood has been rising annually,with China emerging as a prominent leader in this field. ②The research trends show a path of “mechanism exploration-numerical simulation-risk management-vulnerability-resilience”. ③Technologies such as artificial intelligence and big data have become emerging directions in flood simulation research,significantly enhancing the accuracy and efficiency of simulations. ④Faced with complex urban flood issues,researchers are gradually realizing that relying solely on engineering measures is inadequate and there is a greater need for comprehensive consideration of urban resilience and vulnerability.

Key words:urban flood,bibliometrics,knowledge graph,CiteSpace,VOSviewer

收稿日期:2024-04-28.
基金项目:国家自然科学基金项目(42271483、42071364).
通讯作者:张书亮,博士,教授,博士生导师,研究方向:洪涝灾害时空建模与模拟. E-mail:zhangshuliang@njnu.edu.cn

在全球气候变化和城市化进程不断加速的背景下,洪涝灾害已成为影响人类社会可持续发展的重大因素[1-3]. 根据世界气象组织于 2021 年发布的权威报告,过去 50 年里,天气、气候及水文气象灾害所引发的灾难事件已累计超过 11 000 起,导致超过 200 万人不幸罹难,并造成高达 3.64 万亿美元的经济损失[4]. 根据应急管理部发布的 2023 年全国自然灾害统计数据[5],在这一年中,洪涝灾害共导致 5 278.9 万人次遭受不同程度的影响,309 人死亡或失踪,倒塌房屋 13 万间. 此外,洪涝灾害还带来了沉重的经济损失,直接经济损失高达 2 445.7 亿元. 这些数据充分显示了洪涝灾害对人民生命财产安全和社会经济发展的巨大冲击,也凸显了加强洪涝防治工作的重要性和紧迫性.

随着对城市洪涝灾害认识的不断深化,学术界和实践界对城市洪涝的研究也在持续进展[6-8]. 城市洪涝问题的探索,其根源可追溯至对城市内涝与排水问题的深切关注. 早期的研究主要集中在水利工程领域,对排水系统设计、城市土地利用规划、排水管理政策等进行研究,旨在解决城市降雨引发的内涝问题[9-10]. 随着计算机技术的日新月异及数值模拟方法的不断进步,城市洪涝研究开始广泛借助计算机模拟技术进行深度分析[11]. 这种技术的进步使得研究者能够更准确地模拟城市洪涝过程,包括雨水径流、洪水传播等复杂的水文水资源过程[12-14]. 近年来,随着研究方法的不断革新与跨学科研究的深入,学者开始积极探索将数值模拟技术与洪涝风险评估、城市韧性分析等相结合的新路径[15-17]. 尽管现有研究在城市洪涝领域已取得了显著进展,为洪涝灾害应对提供了宝贵的参考,但这一领域的研究仍需进一步深入探索和完善[18]. 特别是在跨学科合作和整合多领域资源方面,学术界和实践界需共同努力,形成更为全面和系统的研究框架[19]. 因此,从宏观视角出发,正确把握城市洪涝研究热点和趋势,评估研究重点和价值取向,显得尤为重要.

文献计量学是一种通过定量分析文献和引用数据来评估学术研究发展趋势和知识结构的方法[20-21]. 通过对文献的产出、引用、合作网络等多个维度的深入分析,文献计量学为研究者提供宏观的视角和科学的依据[22-24]. 文献计量学在多个学科领域如生物医学、环境科学、社会科学等都有广泛的应用,有助于研究者快速把握学科前沿、识别研究热点、评估研究成果的质量和影响力[25-27]. 在当前城市洪涝研究领域,李雯等[28]基于 2008—2019 年 WoS 核心数据库中关于城市洪涝灾害的相关文献,采用文献计量分析梳理了城市防洪减灾与应急管理的研究热点与趋势;Prashar 等[29]利用 VOSviewer 和 SciMAT 工具对近 30 年来城市韧性的相关文献进行计量分析,跟踪该领域的知识演变与研究进展,为提高城市抗御洪水能力提供了参考. 尽管已有若干文献计量分析的文章出现,但它们多数集中在英文文献的计量分析上或时间跨度相对较短,且多聚焦于城市洪涝的某一具体研究领域如灾害应对或韧性建设等. 鉴于此,本文以中国知网(CNKI)和 Web of Science(WoS)核心合集为数据源,选取 2003—2023 年城市洪涝相关文献,开展文献计量分析. 借助 CiteSpace[30]与 VOSviewer[31]两款可视化工具,结合计量学与统计方法,系统梳理城市洪涝的研究现状、热点及发展趋势. 本研究,在时间跨度上,选择了更长的时间段,以便更全面地捕捉城市洪涝研究的演变历程;在内容上,不局限于洪涝灾害和城市韧性等具体议题,而是从多个维度和角度进行剖析,以期展现一个更为宏观、全面的研究现状与发展趋势. 本研究旨在为城市洪涝防治提供科学依据与实践参考,助力相关研究的持续推进.

1 数据与方法

1.1 数据来源

本研究中文文献源自中国知网(CNKI),检索关键词为“城市洪涝”和“城市内涝”,文献来源限制为“北大核心”及“CSSCI”[32]. 英文文献源自 Web of Science(WoS)核心数据库,文献检索格式为 TS = ((urban waterlogging) OR (urban flood))[33]. 数据涵盖了 2003—2023 年的文献,剔除重复发表、会议、专利、报纸等文献以及与城市洪涝不相关的文献,共筛选出 847 篇中文文献和 7 435 篇英文文献作为研究基础.

1.2 研究方法

在文献计量学领域,CiteSpace 与 VOSviewer 两款软件备受瞩目,并以其卓越的性能和广泛的应用影响力而著称[34-35]. CiteSpace 通过可视化技术直观展示机构合作网络与关键词突变,为文献计量分析提供有力支持;VOSviewer 则具备灵活的聚类功能,支持多种算法与参数设置. 本研究整合 CiteSpace 和 VOSviewer 的优势开展知识图谱分析,CiteSpace 用于机构合作网络和关键词突现分析,识别核心研究机构与前沿演

进;VOSviewer 用于国家合作网络和关键词共现分析,揭示国际合作态势与主题关联. 两种方法共同助力识别研究核心、协作结构与主题发展[36]. 具体研究流程如图 1 所示.

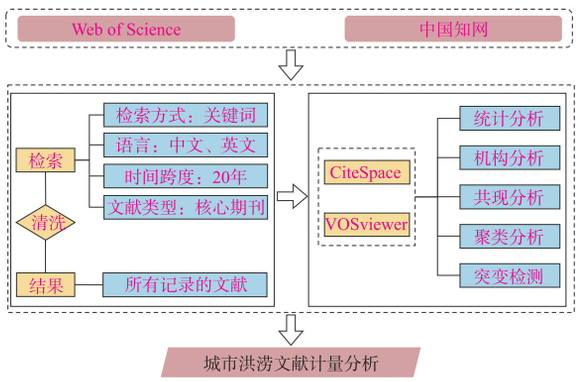


图 1　研究流程

Fig. 1　Research process

2　结果与分析

2.1　发文量分析

2003—2023 年,城市洪涝文献发文量逐年增长(图 2),其现实影响日益显著,全球学术界关注持续升温. 中文文献从 2003 年的 1 篇增长至 2023 年的 120 篇,特别是 2021—2023 年快速上升,这与 2021 年 7 月 20 日郑州特大暴雨事件密切相关[37]. 该事件导致郑州市内洪水泛滥,成为媒体和学术界的关注焦点,由此引发了国内对城市洪涝问题更深入的研究与讨论. 英文文献发文量从 2003 年的 38 篇增长至 2023 年的 948 篇. 2017 年秘鲁洪水、南亚洪灾等引发广泛关注,促使当年英文文献数量显著增长,2021 年与 2022 年分别达到 988 篇和 1 062 篇,表明该议题在全球学术界的重要性持续提升.

尽管国内学术界对城市洪涝研究起步稍晚,但近年来研究热度快速上升,与国际趋势基本一致,展现出广阔的发展潜力.

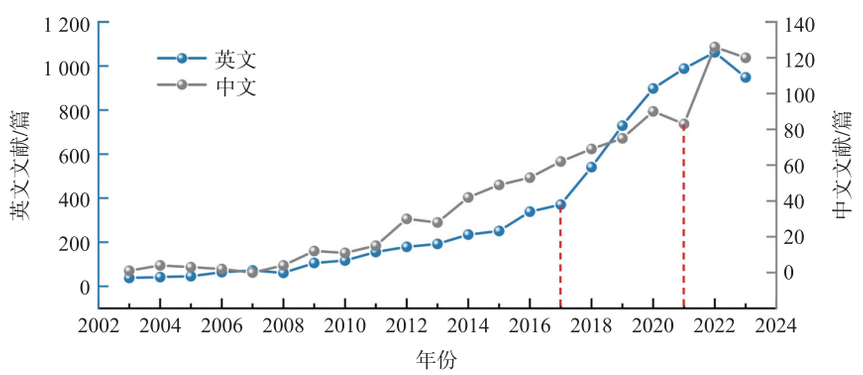


图 2　2003—2023 年城市洪涝文献发文量

Fig. 2　The number of literatures published on urban flood from 2003 to 2023

2.2　合作网络分析

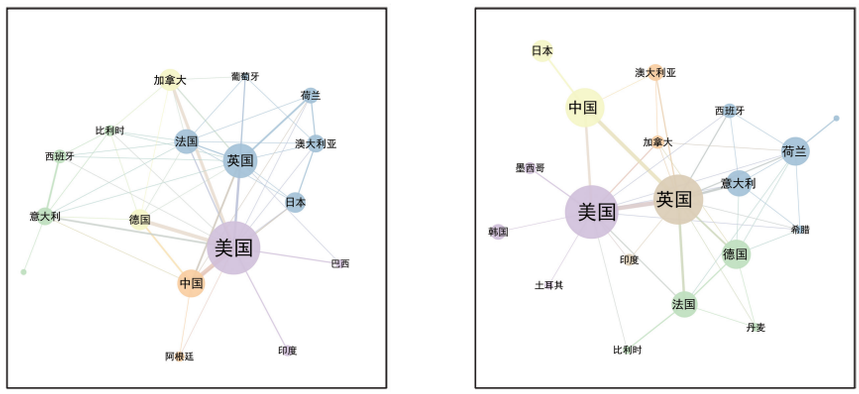
2.2.1　国家合作

文献的时空分布特征是在特定时期识别研究领域中领先国家的依据,同时可揭示各国在科研合作上所形成的复杂网络[38]. 本文通过 VOSviewer 对 2003—2023 年在 WoS 上发表城市洪涝文献的国家分布进行可视化,结果见图 3. 图中,节点的大小表示该时期该国家的发文量,节点之间的连线则代表了国家间的合作关系,连线的粗细反映了合作强度的大小[39].

通过图 3 可观察到不同时期城市洪涝研究的国家发文动态与合作趋势. 2003—2012 年,美国与英国持续领跑该领域,尤其以美国最为突出. 随着研究深化,2013—2017 年发文国家显著增多,国际合作亦日益紧密. 尤其值得一提的是,如图 3(c)所示,中国在此阶段迅速崛起,成为该研究领域的新兴力量. 图 3(d)进一步表明,自 2017 年起,中国在该领域的科研产出持续增长,已超越美国和英国,成为城市洪涝研究的主要贡献国,体现出中国学术影响力与对该问题的高度重视. 此外,图谱中节点的连线进一步揭示出各国合作的不断深化,反映出全球对城市洪涝问题关注度的提升,跨国、跨学科合作日趋加强. 其中,中国在科研投入、成果产出和国际合作方面显著进展,彰显其在全球城市洪涝研究格局中的重要地位.

2.2.2　研究机构合作

机构合作网络分析有助于揭示研究领域内不同机构之间的合作情况和影响力. 基于中文文献,利用 CiteSpace 对发文机构进行可视化,得到研究机构合作关系图谱,结果如图 4 所示. 图中显示,参与研究的



(a) 2003—2007年　　(b) 2008—2012年

(c) 2013—2017年　　(d) 2018—2023年

图 3　主要发文国家合作网络

Fig. 3　Collaboration network of major publishing countries

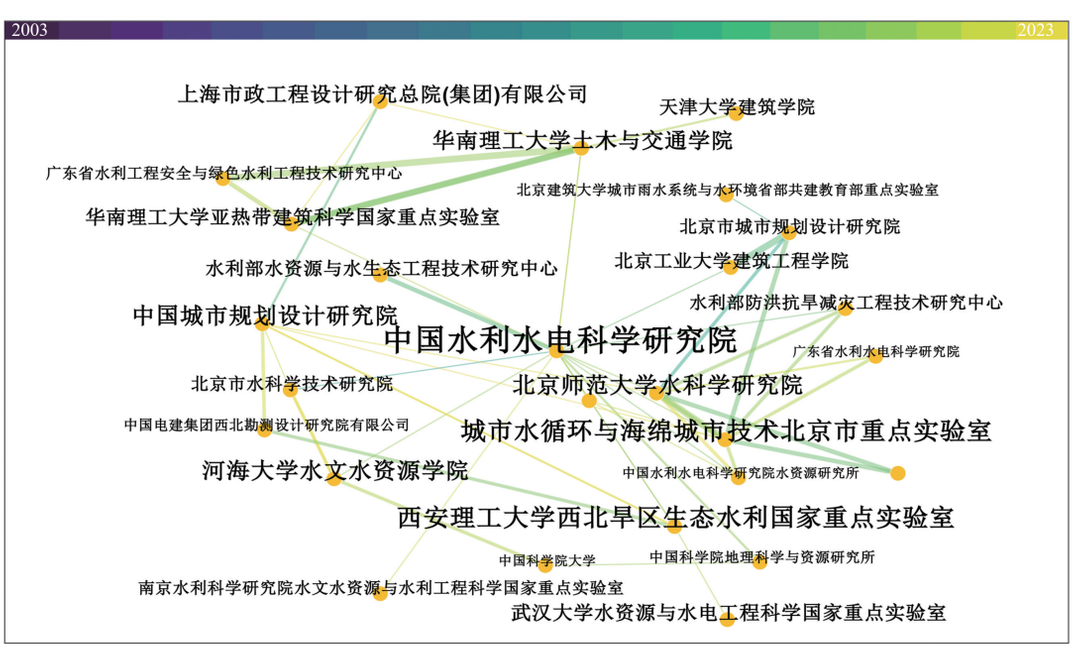


图 4　发文机构共现图

Fig. 4　Co-occurrence map of publishing institutions

机构包括科研院所、高校与企业等,合作关系较为密切,体现出多类型机构在该领域的积极参与. 整体网络结构表明,高产机构已逐步形成多个合作群体,构建起我国城市洪涝研究的核心格局.

通过对发文机构共现图谱进行统计,筛选出发文量排名前 10 的机构,如表 1 所示,其中,中国水利水电科学研究院以 68 篇居首,展现其在城市洪涝研究中的领先地位和科研实力. 北京师范大学水科学研究

院以 47 篇紧随其后. 中国城市规划设计研究院、河海大学水文水资源学院等高校与研究机构亦表现突出. 高校与水利工程、城市规划等机构的协作,为理论与实践融合提供了良好平台. 与此同时,上海市政工程设计研究总院(集团)有限公司等企业的参与,使研究更贴近实际需求,推动了理论成果的落地转化. 这种跨机构、跨领域的合作模式增强了研究的综合性与前沿性,为解决城市洪涝问题提供了更全面的视角与方案.

表 1　发文量前 10 的机构

Table 1　Top 10 institutions by number of publications

机构	发文量/篇	机构	发文量/篇
中国水利水电科学研究院	68	华南理工大学土木与交通学院	18
北京师范大学水科学研究院	47	上海市政工程设计研究总院(集团)有限公司	15
中国城市规划设计研究院	22	华南理工大学亚热带建筑科学国家重点实验室	14
河海大学水文水资源学院	22	武汉大学水资源与水电工程科学国家重点实验室	14
西安理工大学西北旱区生态水利国家重点实验室	20	北京工业大学建筑工程学院	12

2.3　研究热点分析

关键词高度浓缩了文献的研究方向与热点. 本文利用 VOSviewer 绘制了中文文献与英文文献的关键词共现图谱,原始数据中分别包含 2 028 个和 20 733 个关键词. 为提升图谱的清晰度与信息聚焦性,对关键词出现频率进行了筛选,最终选取中文文献中频次大于 7 的 51 个关键词、英文文献中频次大于 50 的 163 个关键词进行可视化分析(见图 5). 图中,节点越大表示该关键词出现频率越高;同色节点归为一类;连线粗细则代表关键词之间的关联程度. 通过对关键词共现图谱的统计分析,提取出现频率前 15 的关键词,如表 2 所示,集中反映了当前城市洪涝研究的核心热点.

由图 5 与表 2 可见,中文文献关键词图谱可视化中,“城市内涝”“洪涝灾害”“海绵城市”等关键词出现的频率较高,反映出对内涝治理与海绵城市建设的高度关注;“SWMM 模型”“城市排水系统”“GIS”等关键词则表明研究者普遍采用 GIS 工具与 SWMM 模型对城市排水系统进行模拟与分析;“风险评估”“内涝风险”“内涝治理”则突出了对洪涝灾害风险的识别、评估与应对策略的研究取向,强调通过防治措施提升城市抗洪能力.

英文文献关键词图谱可视化中,关键词如“flood”“climate change”“urbanization”“land-use change”“rainfall”表明研究聚焦于极端气候、城市化和土地利用变化对洪涝的影响机理;“risk”“management”“vulnerability”“impact”“resilience”等则显示研究内容更为多元,涵盖洪涝风险管理、城市脆弱性与韧性评估等多个维度.

总体而言,国内研究更注重实践导向,聚焦于城市洪涝模拟、风险评估;而国际研究则倾向于理论机制探究与系统性管理,强调从城市系统脆弱性和韧性角度提升洪涝适应能力.

表 2　出现频率前 15 的关键词

Table 2　Top 15 keywords by frequency of occurrence

类别	关键词
中文文献	城市内涝,城市洪涝,洪涝灾害,海绵城市,SWMM 模型,风险评估,内涝治理,降雨,城市化,低影响开发,城市排水系统,内涝风险,GIS,气候变化,数值模拟
英文文献	flood, climate-change, risk, urban, model, management, urban flood, urbanization, vulnerability, impact, land-use change, resilience, runoff, impacts, rainfall

2.4　发展脉络分析

2.4.1　中文文献研究趋势

关键词突变分析有助于把握不同阶段的研究热点与趋势. 图 6 展示了中文文献中突变强度前 15 的关键词,反映了城市洪涝研究的发展轨迹. 基于关键词的突现时间,本文将研究划分为萌芽、发展与成熟 3 个阶段.

在萌芽阶段,关键词如“洪涝灾害”“成因”“暴雨”等频繁出现,表明研究初期主要聚焦于暴雨导致排水系统失效引发的灾害成因. 其中,“洪涝灾害”出现时间最早且持续时间最长,说明该问题在国内长期受到关注.

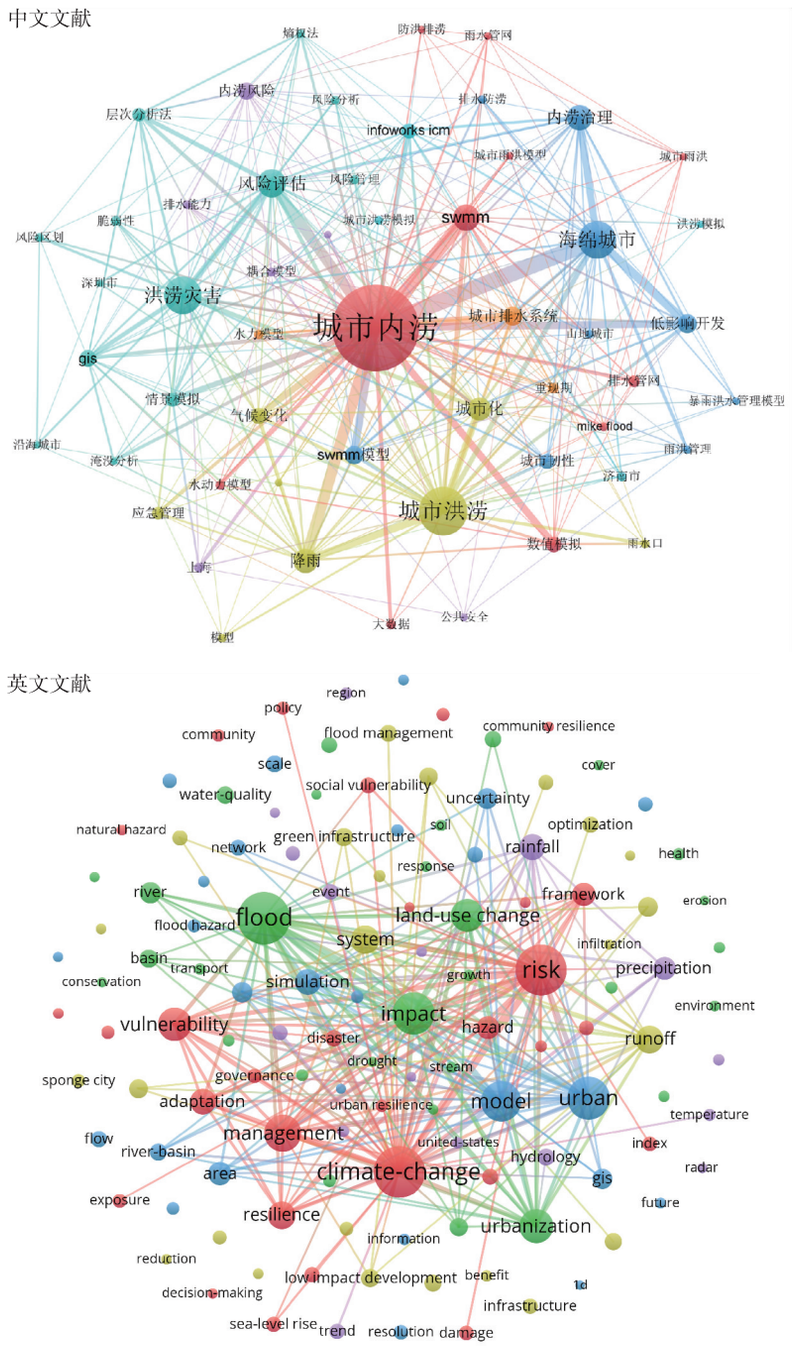


图 5　关键词共现图

Fig. 5　Co-occurrence map of keywords

进入发展阶段,“海绵城市”“城镇化”“淹没分析”以及“MIKE Urban”等关键词突现,显示研究开始引入新概念与新技术,关注城市化对洪涝的影响与应对策略. 技术关键词如“MIKE Urban”“Lisflood”“SWMM”的出现,说明模拟与分析手段的不断进步.

在成熟阶段,“数值模拟”“大数据”等关键词兴起,表明研究重点转向综合利用模拟技术与数据分析. “城市韧性”“风险评估”等关键词的出现,说明研究已由被动响应转向主动适应与系统治理,体现出城市洪涝研究的智能化与综合化趋势.

2.4.2　英文文献研究趋势

图 7 展示了英文文献中突变强度前 15 的关键词,反映了国际城市洪涝研究的热点演化. 根据关键词突现时间,国际城市洪涝研究可分为 3 个阶段:

第 1 阶段,关键词如“flood”“land-use change”“water-quality”频繁出现,表明研究主要聚焦于洪水事件

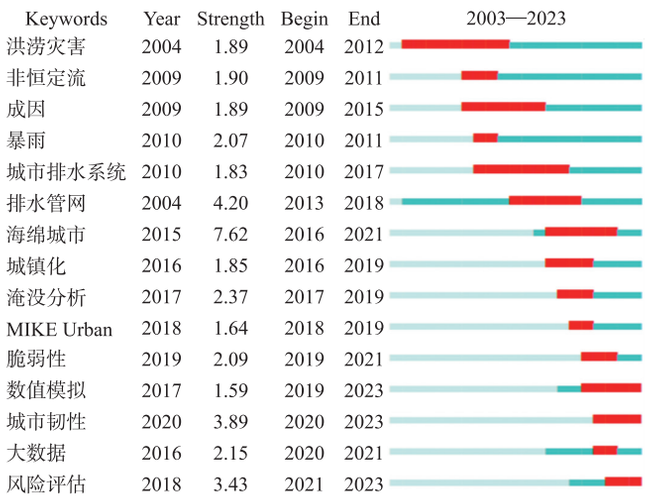


图 6　中文文献关键词突变图

Fig. 6　Burst map of keywords in Chinese literatures

本身及其与土地利用变化、水质之间的关系.

第 2 阶段,关键词转向“numerical simulation”“diffusion wave treatment”“uncertainty”,显示研究者开始广泛采用数值模拟技术,关注洪水过程的精确模拟及模型不确定性问题. 其中,扩散波方法作为常见模拟手段得到重视.

第 3 阶段,关键词如“politics”“urban growth”“nature-based solutions”“deep learning”等成为热点,表明研究逐步拓展至治理、城市扩张、生态减灾与人工智能等领域. “politics”与“urban growth”体现了对政策调控与城市化影响的关注;“nature-based solutions”说明生态系统在洪涝治理中的应用趋势;而“deep learning”的突现则标志着先进技术在洪涝预测与模拟中的广泛应用. 整体来看,研究正朝着多元化、智能化方向深入发展.

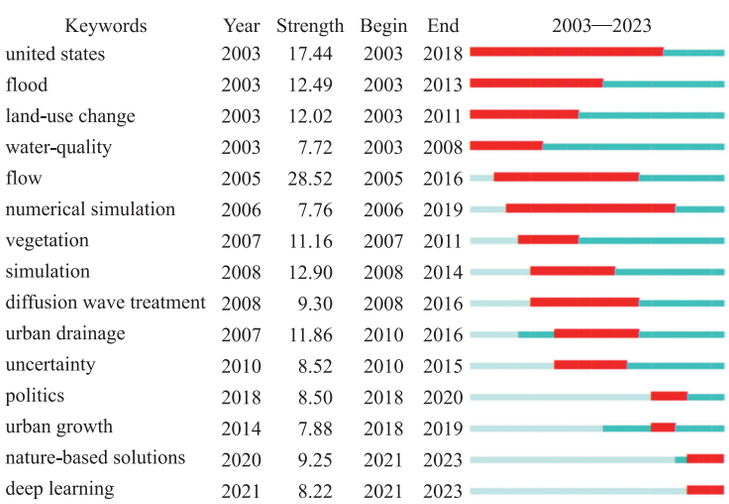


图 7　英文文献关键词突变图

Fig. 7　Burst map of keywords in English literatures

3　结论与展望

3.1　结论

本文借助 CiteSpace 与 VOSviewer 可视化工具,系统梳理了城市洪涝研究的趋势与热点,从发文国家、研究进展与发展方向三个方面得出以下结论:

(1)全球趋势与国家参与. 在气候变化与城市化背景下,城市洪涝研究日益受到全球关注,呈现出多国参与、国际合作日趋紧密的态势. 中国以高产出与强实力跃居前列,不仅推动全球研究格局演变,也以

独特视角为该领域的多元化发展做出重要贡献.

(2)研究路径与进展. 城市洪涝研究普遍遵循“机理探究—数值模拟—风险管理—脆弱性—韧性”的演进路径. 尽管我国起步稍晚,但近年来已取得显著成果,逐步形成具有影响力的研究体系.

(3)前沿热点与发展方向. 当前研究聚焦于风险评估与城市韧性,同时,深度学习与人工智能等技术的融入,正推动城市洪涝研究向智能化、精细化方向发展,并成为未来的重要研究趋势.

3.2 展望

当前风险研究主要集中在风险区域划分与评估框架构建等方面. 然而,洪涝风险评估与管理不仅是预测模型的延伸,更是城市防灾减灾的重要支撑,为决策者提供关键参考. 未来研究应更关注城市洪涝的综合解决方案,尤其是提升城市韧性,如增强基础设施抗灾能力、强化社区自我恢复力,以及推动有针对性的政策制定.

随着数值模拟和预测模型的不断完善,洪涝预测更趋精准,有助于实现有效预警和响应. 同时,人工智能等新技术的引入将进一步提升模拟精度和效率,为城市洪涝问题的系统性应对提供有力支撑.

[参考文献]

[1] FENG D,SHI X,RENAUD F G. Risk assessment for hurricane-induced pluvial flooding in urban areas using a GIS-based multi-criteria approach:a case study of Hurricane Harvey in Houston,USA[J]. Science of the total environment,2023,904:166891.

[2] 曹睿娟,姜仁贵,解建仓,等. 基于大数据的城市内涝网络舆情监测及演化机理[J]. 西安理工大学学报,2020,36(2):151-158.

[3] RENTSCHLER J,AVNER P,MARCONCINI M,et al. Global evidence of rapid urban growth in flood zones since 1985[J]. Nature,2023,622(7981):87-92.

[4] LI Y,CHENG L,MIAO C,et al. Observational uncertainty for global drought-pluvial volatility[J]. Water resources research,2023,59(12):e2022WR034263.

[5] 公报编写组. 2023 年中国水旱灾害及其防御成效综述[J]. 中国防汛抗旱,2024,34(12):35-40.

[6] ZHAO H,LI Z,ZHANG J. Establishing a risk dynamic evolution model to predict and solve the problem of urban flood disaster[J]. Environmental science and pollution research,2022,29(35):53522-53539.

[7] GAO M,WANG Z,YANG H. Review of urban flood resilience:insights from scientometric and systematic analysis[J]. International journal of environmental research and public health,2022,19(14):8837.

[8] LI X,ERPICUM S,MIGNOT E,et al. Laboratory modelling of urban flooding[J]. Scientific data,2022,9(1):159.

[9] XIE J,CHEN H,LIAO Z,et al. An integrated assessment of urban flooding mitigation strategies for robust decision making[J]. Environmental modelling & software,2017,95:143-155.

[10] SCHMITT T G,THOMAS M,ETTRICH N. Analysis and modeling of flooding in urban drainage systems[J]. Journal of hydrology,2004,299(3):300-311.

[11] 徐宗学,叶陈雷. 城市暴雨洪涝模拟:原理、模型与展望[J]. 水利学报,2021,52(4):381-392.

[12] LUO P,LUO M,LI F,et al. Urban flood numerical simulation:research,methods and future perspectives[J]. Environmental modelling & software,2022,156:105478.

[13] ZHAO L,ZHANG T,LI J,et al. Numerical simulation study of urban hydrological effects under low impact development with a physical experimental basis[J]. Journal of hydrology,2023,618:129191.

[14] WU Y,HAN X,LIN P. Numerical simulation and characteristic analysis of flood intrusion into streets and buildings[J]. Journal of hydrology,2024,631:130751.

[15] WANG T,WANG H,WANG Z,et al. Dynamic risk assessment of urban flood disasters based on functional area division:a case study in Shenzhen,China[J]. Journal of environmental management,2023,345:118787.

[16] RUAN J,CHEN Y,YANG Z. Assessment of temporal and spatial progress of urban resilience in Guangzhou under rainstorm scenarios[J]. International journal of disaster risk reduction,2021,66:102578.

[17] ZIEGLER A D. Reduce urban flood vulnerability[J]. Nature,2012,481(7380):145.

[18] 吴京戎,陈鑫. 基于文献计量的城市洪涝灾害研究热点与趋势分析[J]. 人民黄河,2023,45(4):52-57.

[19] 刘岩,苏路通. 研发模式协同对企业关键核心技术突破的影响效应研究[J]. 科技进步与对策,2024,41(16):118-127.

[20] XIE X,YU H,HE Y,et al. Bibliometric analysis of global literature productivity in systemic lupus erythematosus from 2013 to 2022[J]. Clinical rheumatology,2024,43(1):175-187.
[21] WANG J,CHENG R,LIU M,et al. Research trends of human-computer interaction studies in construction hazard recognition: a bibliometric review[J]. Sensors,2021,21(18):6172.
[22] 陈悦,陈超美,刘则渊,等. CiteSpace 知识图谱的方法论功能[J]. 科学学研究,2015,33(2):242-253.
[23] 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.
[24] 苟爱萍,顾唯熠,王江波. 基于 CiteSpace 的城市气候脆弱性评估英文文献计量与知识图谱分析[J]. 国际城市规划,2024,39(1):51-59.
[25] CHEN X,XIAO H,ZHAO Q,et al. Research hotspot and trend of microneedles in biomedical field:a bibliometric analysis from 2011 to 2020[J]. Burns,2022,48(4):959-972.
[26] KUMAR A,BHATTACHARYA T,SHAIKH W A,et al. Multifaceted applications of biochar in environmental management:a bibliometric profile[J]. Biochar,2023,5(1):11.
[27] OKOLO C V,WEN J,KOLANI K. Research assessment on the extreme social events in Africa:evidence from a bibliometric analysis using Web of Science and CiteSpace[J]. Journal of the knowledge economy,2024,15(3):11449-11494.
[28] 李雯,姜仁贵,解建仓,等. 基于文献计量学的城市洪涝灾害研究可视化知识图谱分析[J]. 西安理工大学学报,2020,36(4):523-529.
[29] PRASHAR N,LAKRA H S,KAUR H,et al. Urban flood resilience:mapping knowledge,trends and structure through bibliometric analysis[J]. Environment,development and sustainability,2024,26(4):8235-8265.
[30] 侯剑华,胡志刚. CiteSpace 软件应用研究的回顾与展望[J]. 现代情报,2013,33(4):99-103.
[31] 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.
[32] 韩浩,姜仁贵,解建仓,等. 基于文献计量的我国城市内涝研究进展[J]. 水资源与水工程学报,2017,28(3):134-138.
[33] 苏飞,殷杰,何超,等. 国际洪灾风险感知研究的文献计量分析[J]. 灾害学,2016,31(4):145-149.
[34] 沈蒙,宋若兰,简伟杰,等. 基于 VOSviewer 和 CiteSpace 可视化图谱分析党参的研究现状与发展趋势[J]. 中国现代应用药学,2023,40(24):3473-3484.
[35] DING X,YANG Z. Knowledge mapping of platform research:a visual analysis using VOSviewer and CiteSpace[J]. Electronic commerce research,2022,22(3):787-809.
[36] 赵国强,李学荼,易伟,等. 基于文献计量的淡水中微塑料研究现状、热点及趋势[J]. 环境科学学报,2023,43(12):137-151.
[37] 王振亚,姚成,黄俊玲,等. 郑州“7·20”特大暴雨降水特征及其内涝影响[J]. 河海大学学报(自然科学版),2022,50(3):17-22.
[38] 李贺,袁翠敏,李亚峰. 基于文献计量的大数据研究综述[J]. 情报科学,2014,32(6):148-155.
[39] 刘承良,桂钦昌,段德忠,等. 全球科研论文合作网络的结构异质性及其邻近性机理[J]. 地理学报,2017,72(4):737-752.

[责任编辑:丁　蓉]