

DOI:10.13476/j.cnki.nsbdtqk.2020.0065

王家琛,朱鸿鹄,倪钰菲,等. 渗流监测文献的现状与趋势[J]. 南水北调与水利科技(中英文),2020,18(3):201-209. WANG J C,ZHU H H,NI Y F, et al. Research on status and trends of the seepage monitoring literature[J]. South-to-North Water Transfers and Water Science & Technology,2020,18(3):201-209. (in Chinese)

渗流监测文献的现状与趋势

——基于 Web of Science 的文献计量分析

王家琛¹,朱鸿鹄^{1,2},倪钰菲¹,吴海颖¹,乔仲发²

(1. 南京大学 地球科学与工程学院,南京 210023;2. 南京大学(苏州) 高新技术研究院,江苏 苏州 215123)

摘要:文献计量分析法可以量化地分析有关渗流监测领域的研究热点和发展趋势。研究表明:全球有关渗流监测的应用及研究领域从1981年以来一直处于明显的正向发展趋势;渗流监测领域存在多种监测技术,观测孔/井、电阻率成像和渗压计等常规方法应用广泛,光纤传感和遥感技术虽起步晚,但是发展迅猛,逐步走向成熟;大坝安全、水污染、农业灌溉以及岩土体稳定性为当前渗流监测领域的研究热点,多学科交叉性趋势越来越明显;目前美国、中国、加拿大等国的科研机构在渗流监测领域做出了较多贡献,发文量和H指数均处于领先地位;研究对Top10发文量期刊的发文数、H指数、被引次数等指标统计,这些期刊均来自美国、荷兰以及加拿大的出版机构。研究的相关结论为未来渗流监测研究与实践提供一定的借鉴作用。

关键词:研究现状;趋势分析;渗流监测;文献计量;Web of Science 数据库

中图分类号:P641 文献标志码:A 开放科学(资源服务)标志码(OSID):



Research on status and trends of the seepage monitoring literature

——A bibliometric analysis based on Web of Science database

WANG Jiachen¹, ZHU Honghu^{1,2}, NI Yufei¹, WU Haiyin¹, QIAO Zhongfa²

(1. School of Earth Sciences and Engineering, Nanjing University, Nanjing 210023, China;

2. Nanjing University High-tech Institute at Suzhou, Suzhou 215123, China)

Abstract: The bibliometric analysis method can quantitatively analyze the research hotspots and development trends for the field of seepage monitoring. The research results showed that the application and research of global seepage monitoring have been in a clear positive trend since 1981, based on available statistics. The observation holes/wells, electrical-resistivity tomography, piezometer are widely used from 1981. Although optical fiber sensing technology and remote sensing technology started late, they have developed rapidly and gradually matured in recent years. The dam safety, water pollution, agricultural irrigation and soil stability are the research hotspots in the seepage monitoring field, and the multidisciplinary in this field has become an obvious trend. The United States, China, Canada and other countries' scientific research institutions have made many contributions in the seepage monitoring field at present, and both the volume of publications and the H-index are in a leading position. This article counts the number of publications, H-indexes, and citations of Top10 issue journals, which all come from publishers in the US, the Netherlands, and Canada. The research results may provide a reference for the seepage monitoring of future research and

收稿日期:2019-05-02 修回日期:2019-10-24 网络出版时间:2019-10-31

网络出版地址: <http://kns.cnki.net/kcms/detail/13.1334.TV.20191031.1207.004.html>

基金项目:国家重点研发计划(2018YFC1505104);国家自然科学基金(41672277);苏州市科技计划项目(SYG201717)

作者简介:王家琛(1995—),男,陕西咸阳人,主要从事岩土体渗流场、边坡渗流与稳定性方面的研究工作。E-mail:Wang_jc@smail.nju.edu.cn

通信作者:朱鸿鹄(1979—),男,教授,博士生导师,主要从事隧道变形、岩土体渗流场、光纤监测方面的研究。E-mail:zhh@nju.edu.cn

practice.

Key words: research status; trend analysis; seepage monitoring; bibliometric analysis; Web of Science database

通常而言,工程安全性^[1-2]、开发地下水资源^[3]、防治地下水污染^[4]等应用领域均需要监测岩土体中的渗流状况。渗流监测内容包含了渗流量监测、渗流压力监测以及渗水水质监测等^[5-6],其中:渗流量监测的常用方法有容积法、量水堰法以及测流速法;渗流压力监测常运用渗压计和渗压管;渗水水质监测方法国内外常采用化学法与离子选择电极法。近些年来,随着科学技术的进步,岩土体渗流监测技术也得到了相应的发展与成熟。以光纤传感技术为例,日趋成熟的分布式光纤测温渗流监测技术为地下渗流场监测提供了一种成本低、灵敏度高、空间上可连续测量的监测方法^[7-8]。

为了解研究领域的进展情况,科研人员通常采用文献计量分析方法来进行探索^[9-13]。在无线射频识别领域,前人根据多种数据库的文献信息,将文献类型分布、年份分布、机构分布、核心出版物等方面进行总结,从数据及计量分析了无线射频识别的研究现状与发展特征^[14];在地震地质学科领域,研究人员以 Web of Science 的 SCI-E 数据库作为数据源,针对 1979—2015 年间的国内外地震地质学科的研究队伍及成果现状进行统计分析并总结出地震地质学科领域发展趋势^[15];对于地质工程学科的整体研究现状,前人利用 Web of Science 数据库检索 2008—2017 年有关地质工程的期刊研究论文,分析了地质工程的科研进展及交流情况^[16]。

本次研究运用 Web of Science (WoS)数据库进行关键词筛选,甄别出与渗流监测有关的文献,通过分析渗流监测相关外文期刊文献的发文量、研究机构、期刊等信息数据,梳理渗流监测的研究发展趋势和热点方向,为未来渗流监测的研究与实践工作提供信息借鉴。

1 数据来源与研究方法

1.1 研究方法

本文采用文献计量分析方法,即以分析文献外部特征量为手段,通过对某一特定研究领域的论文产出进行统计与定量,对研究科学技术的演变和发展规律开展分析^[9-12]。将筛选出的数据库文献结果导出至 VOSviewer v1.6.9 软件,并对高频关键词、作者间的合作关系进行直观展示。

1.2 数据来源

本次数据来源基于 WoS 数据库,该数据库收录了超过 12 000 个高质量、高影响力的期刊论文。本次研究采用以下检索方法获取有关渗流监测的相关文献,文献检索工作于 2019 年 3 月 27 日完成,具体步骤如下。

(1)选择 WoS 数据库核心合集,在高级检索中首先以主题为“seepage”“seepage monitoring”“vadose groundwater monitoring”并含“monitoring”“monitor”进行查询,在结果中发现了宇宙科学、生物科学、食品科学、商学等与“渗流监测”研究方向无关的学科,以及出现了动物学、药物等无关主题。为了对检索结果进行优化,本文增补筛选出以下检索式。

#1

TS=(seepage OR seepage monitoring OR vadose groundwater monitoring) AND TS=(monitoring OR monitor) NOT SU=(Astronomy Astrophysics OR Biochemistry Molecular Biology OR Biophysics OR Crystallography OR Food Science Technology OR Toxicology OR Public Environmental Occupational Health OR Business Economics OR Robotics OR Life Sciences Biomedicine Other Topics OR Microbiology OR Polymer Science OR Research Experimental Medicine OR Archaeology OR Art OR Gastroenterology Hepatology OR Operations Research Management Science OR Ophthalmology OR Surgery OR Zoology OR Anatomy Morphology OR Education Educational Research OR Legal Medicine OR Neurosciences Neurology OR Paleontology OR Public Administration OR Rehabilitation OR Social Issues OR Social science OR Biogeochemistry)

#2

TS=(monitoring OR monitor) AND TS=(seepage OR seepage monitoring OR vadose water monitoring) NOT TS=(Biochemistry Molecular Biology OR Biophysics OR Business Economics OR Robotics OR Life Sciences Biomedicine Other Topics OR Microbiology OR Polymer Science OR Research Experimental Medicine OR Archaeology OR Art OR Gastroenterology Hepatology OR Operations Research Management Science OR Ophthalmology

OR Zoology OR Anatomy Morphology OR Education
Educational Research OR Legal Medicine OR
Neurosciences Neurology OR Paleontology OR
Public Administration OR Rehabilitation OR Social
Issues OR Social science OR strain bursting OR
gas seepage OR Ocean OR Oil-spill OR cations and
anions OR Thick self-weight collapsible loess OR
Drinking-water wells OR gas OR algae OR eruption
OR dissolution OR Streambed OR Streambank
erosion OR Sea surface OR floating OR Oil slick OR
Lakes OR Agricultural watershed OR Open-channel
flow OR Hydrocarbon absorption features OR
Paleoclimate reconstruction OR Speleothem OR
Nitrogen deposition)

检索语句中“TS”代表主题,“SU”代表学科种类。

(2)时间范围选择 1981—2018 年,由于 WoS 数据库的中文文献很少,因此在统计语言中剔除“中文”。

(3)基于以上两个操作步骤,进行人工筛查检验,选出 1 106 篇文献。

本文通过 WoS 数据库和 VOSviewer 软件的文献计量功能,对近 37 年来的文献数量,高引用文献,高发文国家、研究机构以及期刊等进行了一系列分析统计。

2 结果和讨论

2.1 产出量及发展趋势

按照 1.2 中检索语句检索得到了 1 106 篇文献,图 1 展示了 1981—2018 年论文产出的情况。从国际上渗流监测的研究来看,发文量随着时间的增长整体呈现出明显上涨的态势,整体可以划分为以下三个阶段。

第一阶段(1981—1990 年)为萌芽期,发文量很少,仅 1981 年和 1985 年各出版了 1 篇文献,期间有 8 年没有文献发表。这一阶段的研究成果数仅占总发展阶段成果数的 0.18%。

第二阶段(1991—2009 年)为发展期,该阶段文献出版量逐渐缓慢增加,这一阶段的发文量占总量的 37.41%。从年均文献出版数来看,19 年里近乎增加了 5 倍,2005 年后均保持在 30 篇以上。这说明本领域的研究在这一阶段已呈现出稳定发展的趋势。

第三阶段(2010—2018 年)为爆发期,此阶段的文献发表量比上一阶段又有了明显提升,年均文献出版数出现小幅度的波动,整体已经具有较高的文

献出版数量,其中近两年的年发文量均已破百。这一阶段年均出版量达到了 77 篇,文献数占总量的 62.59%。

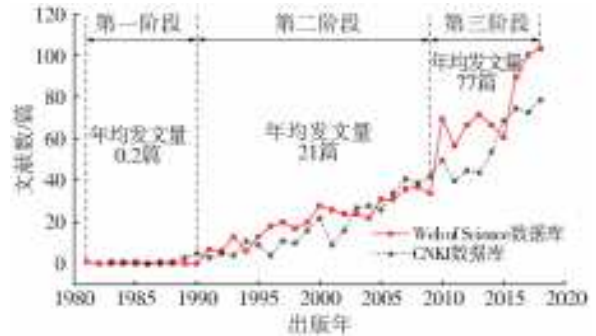


图 1 1981—2018 年渗流监测研究发文量分布

Fig. 1 Research output distribution in the seepage monitoring field from 1981 to 2018

本文作者曾运用 CNKI 数据库研究统计了 1983—2018 年有关“渗流监测”的中文文献,共计 898 篇期刊与会议论文^[17]。图 1 对比展示了 WoS 数据库与 CNKI 数据库统计的发文量趋势。该结果显示,中文文献(图 1 中灰色虚线)与外文文献的发文趋势较为相似,说明国内研究一直紧跟国际前沿,但在第三个阶段国际论文在数量上增速明显高于中文文献,这一现象和我国研究人员近年来更多在国际期刊上发表论文有一些关联。

2.2 渗流监测技术统计分析

通过在 WoS 既有结果中搜寻各类渗流监测技术的关键词,统计出 1991—2018 年相关文献的发文量以及变化趋势(图 2)。在渗流监测领域中,涉及到观测孔/井测量方法的发文量占比最高,有 335 篇,该方法是较为传统的一种监测技术,在工程中已经得到了非常广泛的应用,常用来确定地下水位的初始值和季节性的波动^[18]。排在观测孔/井之后的电阻率成像法发文量排名第二,相对于前者少了很多,只有 58 篇,该方法最早是运用于地下结构成像与处理方面,1985 年后逐渐被使用在岩体裂隙的水流特性的研究中^[19]。紧随其后的是渗压计法,共有 47 篇文献,该方法采用钢弦式、电阻应变式、气压式等原理,可测得原位土体的孔隙水压力的变化^[18]。这三种方法所占发文量的比例相对较高,在文献统计时间段的最初几年已存在文献发表,从侧面表明它们的技术成熟度良好。而光纤监测法和遥感监测法的第一篇文献分别发表于 1999 年和 2000 年,说明这两种方法在渗流监测领域的应用起步均较晚,目前这两种技术得到了一定程度的应用,还在不断发展中。

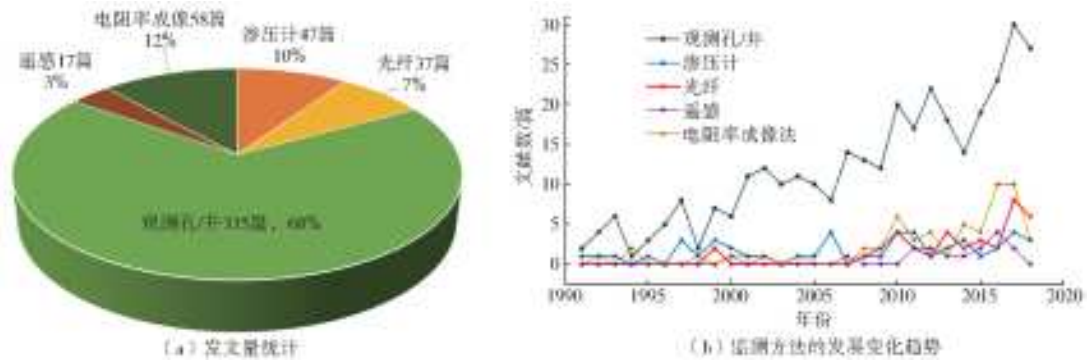


图 2 主要监测方法的发文量统计与发展变化趋势

Fig. 2 Statistical analysis and developing trend

2.3 学科方向与关键词分布

由于一篇文献可以属于不止一个学科方向,根据 WoS 核心数据库统计结果来看,1 106 篇文献可划分为 5 个主要的学科方向。其中,首当其冲的是工程学,检索结果中涉及工程学的文献达到了 485 篇,占总量比 43.93%;水资源学和地质学是涉及“渗流监测”研究的重要方向,两者发文量相近,分别为 372 篇和 359 篇,相应占总量比 33.70% 和 32.52%;环境生态科学也是研究热点方向之一,发表的文献数达到了 285 篇,占比 25.82%;农学发文量与前四者相比明显较少,已发表文献 125 篇,占比 11.32%。图 3 展示了 5 个主要研究方向的发文量变化趋势,可以看出渗流监测研究的多学科交叉性趋势越来越明显,其中工程学近些年来发文增长最快,尤其是 2013 年之后相关研究随着工程实践的蓬勃发展进入高潮;水资源学以及地质学、环境生态科

学整体而言保持着较为平稳的增长趋势;与其他 4 个主要发文学科相比,农学的发文量较少,年均发文量不超过 10 篇。

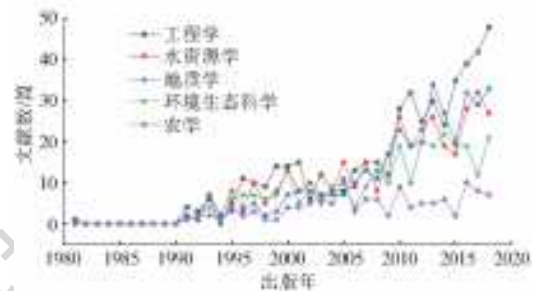


图 3 主要研究方向文献发表的年份分布

Fig. 3 Yearly distribution of main research fields

根据文献题目和摘要中的关键词,共搜索到 2 441 个关键词,筛选出至少出现 4 次的关键词,有 146 个关键词满足要求。图 4 为这些关键词的共现图谱,其中关键词圆圈大小代表其出现频次的高低;

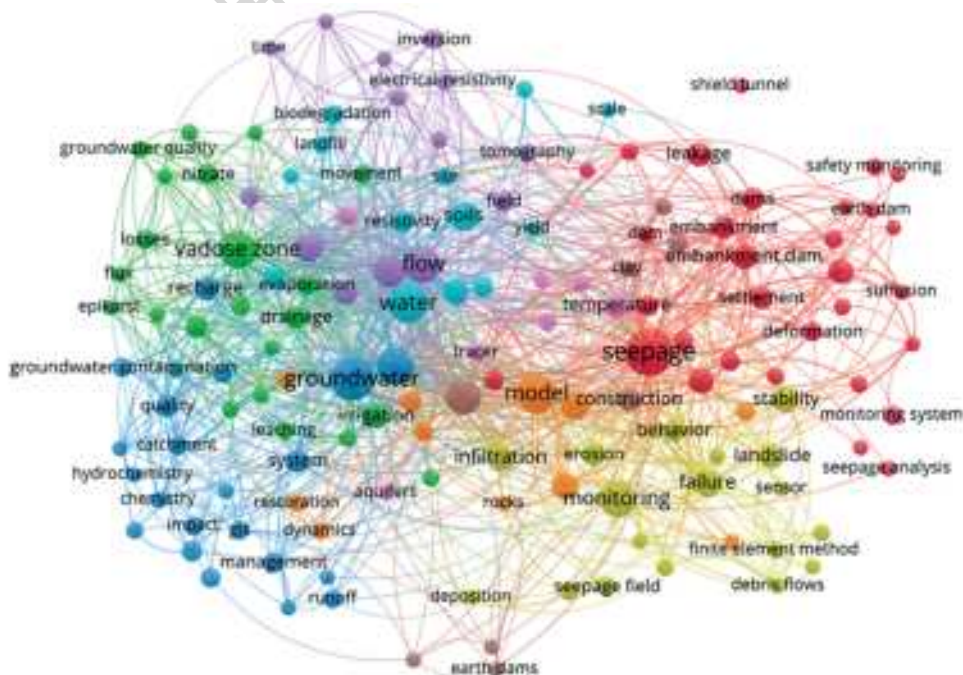


图 4 论文标题和摘要中出现的高频术语共现图谱

Fig. 4 High frequency terms in title and abstract of the paper

圆圈间连线的远近与粗细表明二者间的关联性,圆圈间距离越近、连线越粗,表明二者之间关联性越大;同色圆圈间有更多相关性,不同颜色圆圈连线颜色会变化表明二者之间也有相关性(图4)。图4中根据不同颜色的划分,可分为9种不同类别的关键词词组,本文选取出现频次较高的5个词组进行说明:第一组为红色,研究工作以拱坝、土坝以及水库等水利工程为主;第二组为绿色,涉及灌溉、地下水渗流、包气带水等领域的研究,与农业科学有一定联系;第三组为蓝色,涉及地下水水质、盐度、水化学、污染等有关地下水化学场的研究;第四组为黄色,关键词包括了“失稳”“滑坡”“有限元”“稳定性分析”等工程地质灾害领域的词组;第五组涉及“非饱和带”“溶质运移”“电阻率法”等有关地下水溶质运移监测的研究,图中用紫色表示。根据以上介绍,结合图4可以发现,水利工程、农业灌溉、地下水污染防治以及边坡稳定性等问题是当前渗流监测领域的研究热点。

2.4 高引用文章和高发文量作者

统计 WoS 核心合集有关渗流监测领域的文章,引用次数大于 50 次的文献共有 38 篇。表 1 列出了 Top 10 高引文献,其中 3 篇发表于本领域的权威期刊《Water Resources Research》。这些文献发表时间均在 2010 年以前,且均是将渗流监测技术在地下水运移、污染物迁移、含水量、大坝渗流管涌等监测实际应用。Top 10 高引文献中第一作者均为美国、英国、德国等国的专家,某种程度上说明,相对而言,中国相关研究的国际影响力有待提高。高引文献第 1 位由美国亚利桑那大学 Daily 等撰写,该文基于电阻率成像法,研究了土体孔隙中的毛细管作用,并验证了电阻率成像法可以作为土体中水分运移监测的重要工具^[19]。在排名第 2 的论文中,美国地质调查局 Adams 等用吸力渗压计监测了地下水的渗流情况,以探究化学元素的迁移^[20]。印度理工学院 Jha 等于 2007 年发表《Groundwater management and development

表 1 Web of Science 数据库渗流监测高引用文章
Tab. 1 Highly cited articles on landslide monitoring from Web of Science database

排名	标题	第一作者	第一作者研究机构	来源出版物名称	出版年份	被引次数
1	Electrical-resistivity tomography of vadose water-movement ^[19]	Daily W	美国亚利桑那大学	Water Resources Research	1992	277
2	Formation and transport of deethylatrazine in the soil and vadose zone ^[20]	Adams C D	美国地质调查局	Journal of Environmental Quality	1991	173
3	Groundwater management and development by integrated remote sensing and geographic information systems; prospects and constraints ^[21]	Jha M K	印度理工学院	Water Resources Management	2007	150
4	Seasonal variation of moisture content in unsaturated sandstone inferred from borehole radar and resistivity profiles ^[22]	Binley A	英国兰卡斯特大学	Journal of Hydrology	2002	118
5	New piecewise-continuous hydraulic functions for modeling preferential flow in an intermittent-flood-irrigated field ^[23]	Mohanty B P	美国农业部农业工程应用技术研究	Water Resources Research	1997	106
6	In situ soil water extraction; A review ^[24]	Weiermueller L	德国尤里希研究中心	Journal of Environmental Quality	2007	101
7	Water recharge and solute transport through the vadose zone of fractured chalk under desert conditions ^[25]	Nativ R	以色列希伯来大学	Water Resources Research	1995	101
8	Interpretation of sulfur cycling in 2 catchments in the black-forest (germany) using stable sulfur and oxygen-isotope data ^[26]	Mayer B	德国亥姆霍兹国家研究中心联合会	Biogeochemistry	1995	93
9	Monitoring nonpoint source pollutants in the vadose zone with GIS ^[27]	Corwin D	澳大利亚新南威尔士大学	Environmental Science & Technology	1997	90
10	Time for development of internal erosion and piping in embankment dams ^[28]	Fell R	印度哈达克斯拉研究站	Journal of Geotechnical & Geoenvironmental Engineering	2003	89

by integrated remote sensing and geographic information systems:prospects and constraints》,详细介绍了他们运用遥感和地理信息系统开展地下水的监测及管理工作^[21],该文近 10 年来引起了广泛的关注,被引次数高达 150 次。

2.5 渗流监测研究的国家和地区分布

根据 WoS 数据库的筛选,提取出国家和地区发文量顺序排列,具体发文量数据见表 2,其中 H 指数表示某国家或地区至多有 H 篇论文分别被引用了至少 H 次, H 指数越高,影响力越大。从表中可以看出,美国和中国在渗流监测领域的文章发表数量总体相近,分别占比 26.85%和 25.32%,二者之和超过全世界总发文量的 50%,表明两国在渗流监测研究中占有举足轻重的地位,但是从中美两国的 H 指数来看,相差接近一倍,这与我国相关研究工作的起步较晚有很大的关联。加拿大、德国、意大利、澳大利亚以及法国等发达国家整体科研水平从 20 世纪以来一直处于比较先进的水平,在渗流监测研究领域也做出了重要的贡献。在亚洲除了中国,日本与印度也在本领域发表了较多的研究文献,在不少方面处于世界先进水平。以 Top 5 发文量国家为例,整理出这些国家近些年来年发文量的变化趋势(图 5)。从图 5 可以看出,美国研究机构一直以来发文量处于全球领先水平,整体呈现出缓慢增加、平稳过渡的年发文量特点。加拿大、德国、意大利这三个国家的研究机构在 20 世纪 90 年代已经有部分文献产出,近些年来也一直保持着稳定发文的水平。相比于这四个国家,中国在渗流监测领域发文起步较晚,1980—2000 的二十年间仅有极少量的文章发表。21 世纪以来,随着科研水平与研究能力的进步,中国在国际期刊上发文数量呈现出几何数量级的增长,取得了举世瞩目的进步。

表 2 渗流监测领域发文量 Top 10 国家分布

Tab. 2 Top 10 productive countries in seepage monitoring field

排名	国家	文献数	H 指数	占总量比/%
1	美国	297	34	26.85
2	中国	280	18	25.32
3	加拿大	76	17	6.87
4	德国	68	23	6.15
5	意大利	55	13	4.97
6	澳大利亚	53	15	4.79
7	法国	50	15	4.52
8	日本	43	13	3.89
9	印度	36	11	3.25
10	英国	31	13	2.80

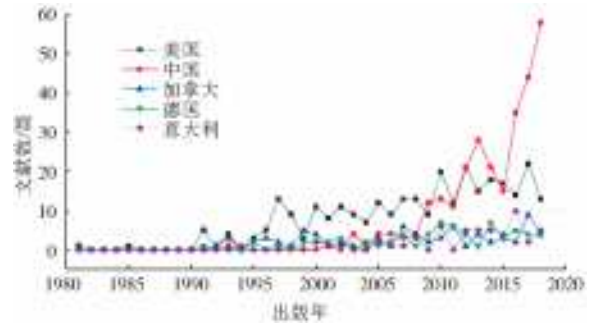


图 5 Top 5 发文国家的文献发表年份分布

Fig. 5 Top 5 countries publication year distributions of articles

通过将文献信息导入 VOSviewer,可以生成不同国家的合作网络。在本文的 1 106 篇文献中共有 64 个国家和地区,设定文献出版数下限为 2 篇,共筛选出 36 个国家和地区,其合作关系图谱见图 6。结果显示,中、美两国与世界其他国家在渗流监测领域的研究方面建立了广泛的联系,处在第二梯队的是法国、德国、澳大利亚、加拿大、日本以及荷兰等发达国家。在合作频次方面,中、美两国之间的联系最为密切,这和两国之间长期建立的人才培养、学术交流关系密不可分。从时间上来看,金砖四国和欧美发达国家之间的国际合作日益紧密,极大程度上推动了渗流监测研究的深度和广度。



图 6 涉及渗流监测领域的国家(或地区)间合作网络图谱

Fig. 6 Network map of cooperation among countries(or areas) in the field of seepage monitoring

2.6 研究机构分析

根据统计结果,渗流监测研究的 Top10 发文量研究机构的整理见表 3。前 10 位研究机构中,中国占 4 席,分别是河海大学、中国科学院、中国地质大学(北京、武汉两校区合并统计)以及山东大学;美国也占 4 席,分别是加州大学伯克利分校、美国地质调查局、佛罗里达大学以及美国农业部农业工程应用技术研究所;剩余两个为以色列的本-古里安大学和加拿大的不列颠哥伦比亚大学。相比于国外研究机构而言,中国研究机构目前 H 指数普遍不高,因此国际影响力是我国未来努力的重要方向。

表 3 涉及渗流监测领域的 Top10 发文量研究机构

Tab. 3 Top10 productive institutions in the seepage monitoring field

排名	研究机构	国家	文献数/篇	占总量比/%	H 指数
1	河海大学	中国	35	3.17	6
2	中国科学院	中国	22	1.99	6
3	本-古里安大学	以色列	21	1.90	12
4	中国地质大学	中国	20	1.81	5
5	加州大学伯克利分校	美国	19	1.72	9
6	美国地质调查局	美国	18	1.63	9
7	佛罗里达大学	美国	17	1.54	10
8	美国农业部农业工程应用技术研究所	美国	13	1.18	8
9	不列颠哥伦比亚大学	加拿大	11	1.00	8
10	山东大学	中国	11	1.00	3

2.7 期刊来源分析

本次研究统计了渗流监测领域发文量前 10 的期刊(见表 4),这些期刊均为欧美发达国家的商业出版社或学术组织主办,所含的文献量占总量的 22.65%。最受研究人员青睐的期刊为 Elsevier 出版社旗下的老牌期刊《Journal of Hydrology》,该刊主要刊登与水文学、水文地质有关的论文,通常涉

及地表水、地下水甚至水利方面的研究;之后是美国地球物理联合会(AGU)主办的《Water Resources Research》,该刊上的文献多为水资源保护、污染物运移等方面的研究成果;排名第三的是 Elsevier 旗下的《Engineering Geology》,该刊涉及到渗流监测的文献主要与滑坡、坝基稳定性等工程地质问题有关。

表 4 渗流监测领域 Top10 高发量期刊

Tab. 4 Top 10 high volume journals in seepage monitoring field

来源出版物	文献数	占总量比/%	H 指数	总被引次数	篇均被引次数	出版社所属国家
Journal of Hydrology	51	4.62	19	1 065	21.77	荷兰
Water Resources Research	30	2.72	21	1 405	46.83	美国
Engineering Geology	26	2.36	11	451	17.35	荷兰
Hydrological Processes	25	2.26	11	364	14.56	美国
Vadose Zone Journal	25	2.26	9	263	10.52	美国
Environmental Earth Sciences	25	2.26	8	176	7.04	美国
Agricultural Water Management	19	1.72	11	302	15.89	荷兰
Journal of Contaminant Hydrology	18	1.63	10	239	13.28	荷兰
Canadian Geotechnical Journal	16	1.45	8	203	12.69	加拿大
Journal of Environmental Quality	15	1.36	10	492	32.80	美国

3 结论

本文从文献计量分析的视角,基于 WoS 数据库筛选出与“渗流监测”相关的 1 106 篇文献进行统计分析,得出如下结论。

(1)在 1981—2018 年,WoS 核心合集集中的文献产出可分为 3 个阶段,分别为萌芽期、发展期和爆发期。在此期间,观测孔/井、渗压计、电阻率成像法等常规监测技术得到较好的普及,光纤传感、遥感等新技术也逐步发展成熟。

(2)通过对数据库关键词中的共词分析可得出,污染物泄露、灌溉、大坝等较多应用领域均运用到了

渗流监测的相关理论与技术,大量文献涉及工程学、水文学、地质学、环境生态学、农学等研究方向,渗流监测领域的多学科交叉性日益显著。

(3)根据 WoS 核心合集的统计,中国、美国两国在渗流监测领域的发文量名列前茅,两国总和占全球一半以上。中国科研机构的研究成果在全世界占有举足轻重的地位,但在国际影响力方面仍有较大的进步空间。中、美两国之间,以及与其他国家间建立了良好的渗流监测研究合作网络,合作共赢大大促进了渗流监测领域的研究工作。

(4)本文统计了本研究领域较高发文量的期刊,这些期刊出版商大多来自美国和荷兰,其中《Jour-

nal of Hydrology》《Water Resources Research》与《Engineering Geology》占前三席。

需要指出的是,本文统计了 WoS 数据库所含的渗流监测研究的文献,供相关科研人员参考和借鉴。限于统计样本和所用方法的局限性,不能覆盖所有的研究成果,相关结论可能有一定不足。

参考文献(References):

- [1] 朱朋,卢书强,薛聪聪,等.库水位升降与降雨条件下滑坡的渗流及稳定性分析[J].长江科学院院报,2015,32(11):87-92. (ZHU P, LU S Q, XUE C C, et al. Seepage flow and stability analysis of a landslide under the conditions of water level fluctuation of reservoir and rainfall[J]. Journal of Yangtze River Scientific Research Institute, 2015, 32(11): 87-92. (in Chinese)) DOI:10.11988/ckyyb.20141038.
- [2] 梁志松.深基坑三维应力场和渗流场耦合分析与模拟[J].长江科学院院报,2014,31(5):79-83. (LIANG Z S. Analysis and numerical simulation on the coupling between 3-D stress field and seepage field during deep excavation [J]. Journal of Yangtze River Scientific Research Institute, 2014, 31(5): 79-83. (in Chinese)) DOI:10.3969/j.issn.1001-5485.2014.05.016.
- [3] POULAIN A, WATLET A, KAUFMANN O, et al. Assessment of groundwater recharge processes through karst vadose zone by cave percolation monitoring[J]. Hydrological Processes, 2018, 32(13): 2069-2083. DOI:10.1002/hyp.13138.
- [4] TAHEDL H, HDER D P. Fast examination of water quality using the automatic biotest ECOTOX based on the movement behavior of a freshwater flagellate[J]. Water Research, 1999, 33(2): 426-432. DOI:10.1016/S0043-1354(98)00224-3.
- [5] DUNNICLIFF J, GREEN G E. Geotechnical instrumentation for monitoring field performance[M]. John Wiley & Sons, 1993.
- [6] 姜帆,宓永宁,张茹.土石坝渗流研究发展综述[J].水利与建筑工程学报,2006,4(4):94-97. (JIANG F, MI Y N, ZHANG R. Development of research on seepage of embankment dam[J]. Journal of Water Resources and Architectural Engineering, 2006, 4(4): 94-97. (in Chinese)) DOI:10.3969/j.issn.1672-1144.2006.04.027.
- [7] 肖衡林,鲍华,王翠英,等.基于分布式光纤传感技术的渗流监测理论研究[J].岩土力学,2008,29(10):2794-2798. (XIAO H L, BAO H, WANG C Y, et al. Research on theory of seepage monitoring based on distributed optical fiber sensing technology [J]. Rock and Soil Mechanics, 2008, 29(10): 2794-2798. (in Chinese)) DOI:10.16285/j.rsm.2008.10.021.
- [8] 李端有,陈鹏霄,王志旺.温度示踪法渗流监测技术在长江堤防渗流监测中的应用初探[J].长江科学院院报,2000,17(S1):48-51. (LI D Y, CHEN P X, WANG Z W. Application of temperature indication method in seepage monitoring of Yangtze River levee[J]. Journal of Yangtze River Scientific Research Institute, 2000, 17(S1): 48-51. (in Chinese)) DOI:10.3969/j.issn.1001-5485.2000.zl.014.
- [9] SOOSARAEI M, KHASSEH A A, FAKHAR M, et al. A decade bibliometric analysis of global research on leishmaniasis in Web of Science database[J]. Annals of Medicine and Surgery, 2018(26):30-37. DOI:10.1016/j.amsu.2017.12.014.
- [10] SA'ED H Z, WARING W S, AL-JABI S W, et al. Global cocaine intoxication research trends during 1975-2015: A bibliometric analysis of Web of Science publications[J]. Substance Abuse Treatment, Prevention, And Policy, 2017, 12(1): 6-20. DOI: 10.1186/s13011-017-0090-9.
- [11] 干文芝,任永宽,干友民.基于 Web of Science 草地退化研究态势计量分析[J].草业科学,2013,30(5):805-811. (YU W Z, REN Y K, YU Y M. A bibliometric analysis of grassland degradation research based on Web of Science[J]. Pratacultural Science, 2013, 30(5): 805-811. (in Chinese))
- [12] 赵庆龄,路文如.土壤重金属污染研究回顾与展望——基于 Web of Science 数据库的文献计量分析[J].环境科学与技术,2010,33(6):105-111. (ZHAO Q L, LU W R. Research review and prospect of soil heavy metals pollution-bibliometric analysis based on Web of Science[J]. Environmental Science and Technology, 33(6): 105-111. (in Chinese)) DOI:10.3969/j.issn.1003-6504.2010.06.024.
- [13] TIAN Y, WEN C, HONG S. Global scientific production on GIS research by bibliometric analysis from 1997 to 2006[J]. Journal of Informetrics, 2008, 2(1): 65-74. DOI:https://doi.org/10.1016/j.joi.2007.10.001.
- [14] 鲁建厦,徐林燕,赵林斌,等.基于文献计量法的 RFID 研究现状分析[J].计算机集成制造系统,2017,23(11):2518-2532. (LU J S, XU L Y, ZHAO L B, et al. Analysis for situation of RFID research based on bibliometrics[J]. Computer Integrated Manufacturing Systems, 2017, 23(11): 2518-2532. (in Chinese))

- DOI:10.13196/j.cims.2017.11.021.
- [15] 季婉婧,王金平. 基于文献计量的国际地震地质科学研究发展态势分析[J]. 世界科技研究与发展, 2017, 39(3):275-283. (JI W J, WANG J P. A bibliometric analysis of development status of international seismic geological science research[J]. World Sci-tech R&D, 39(3):275-283. (in Chinese)) DOI:10.16507/j.issn.1006-6055.2017.03.026.
- [16] 郭静芸,关静. 基于 Web of Science 数据库的地质工程研究文献计量分析[J]. 工程地质学报, 2018, 26(5):1397-1407. (GUO J Y, GUAN J. Global research output in geological engineering: a bibliometric analysis of Web of Science publications[J]. Journal of Engineering Geology, 2018, 26(5):1397-1407. (in Chinese)) DOI:10.13544/j.cnki.jeg.2018-301.
- [17] 王家琛,朱鸿鹄,倪钰菲,等. 基于 CNKI 数据库的渗流监测研究文献计量分析[J]. 人民长江, 2019(审稿中)(WANG J C, ZHU H H, NI Y F, et al. Bibliometric analysis of seepage monitoring research based on CNKI database [J]. Yangtze River, 2019. (in Chinese))
- [18] DUNNICLIFF J, GREEN G E. Geotechnical instrumentation for monitoring field performance[M]. John Wiley & Sons, 1993.
- [19] DAILY W, RAMIREZ A, LABRECQUE D, et al. Electrical resistivity tomography of vadose water movement[J]. Water Resources Research, 1992, 28(5): 1429-1442. DOI: <https://doi.org/10.1029/91WR03087>.
- [20] ADAMS C D, THURMAN E M. Formation and transport of deethylatrazine in the soil and vadose zone[J]. Journal of Environmental Quality, 1991, 20(3): 540. DOI:10.2134/jeq1991.00472425002000030007x.
- [21] JHA M K, CHOWDHURY A, CHOWDARY V M, et al. Groundwater management and development by integrated remote sensing and geographic information systems: prospects and constraints [J]. Water Resources Management, 2007, 21(2): 427-467. DOI: 10.1007/s11269-006-9024-4.
- [22] BINLEY A, WINSHIP P, WEST L J, et al. Seasonal variation of moisture content in unsaturated sandstone inferred from borehole radar and resistivity profiles[J]. Journal of Hydrology, 2002, 267(3-4): 160-172. DOI:10.1016/S0022-1694(02)00147-6.
- [23] MOHANTY B P, BOWMAN R S, HENDRICKX J M H, et al. New piecewise-continuous hydraulic functions for modeling preferential flow in an intermittent-flood-irrigated field[J]. Water Resources Research, 1997, 33(9): 2049-2063. DOI: 10.1029/97WR01701.
- [24] WEIHERM? LLER L, SIEMENS J, DEURER M, et al. In situ soil water extraction: a review[J]. Journal of Environmental Quality, 2007, 36(6): 1735-1748. DOI:10.2134/jeq2007.0218.
- [25] NATIV R, ADAR E, DAHAN O, et al. Water recharge and solute transport through the vadose zone of fractured chalk under desert conditions [J]. Water Resources Research, 1995, 31(2): 253-261. DOI: 10.1029/94WR02536.
- [26] MAYER B, FEGER K H, GIESEMANN A, et al. Interpretation of sulfur cycling in two catchments in the Black Forest (Germany) using stable sulfur and oxygen isotope data [J]. Biogeochemistry, 1995, 30(1):31-58. DOI:10.1007/BF02181039.
- [27] CORWIN D L, VAUGHAN P J, LOAGUE K. Modeling nonpoint source pollutants in the vadose zone with GIS[J]. Environmental Science & Technology, 1997, 31(8):2157-2175. DOI:10.1021/es960796v.
- [28] FELL R, WAN C F, CYGANIEWICZ J, et al. Time for development of internal erosion and piping in embankment dams [J]. Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, 2003, 129(4): 307-314. DOI: 10.1061/(ASCE)1090-0241(2003)129:4(307).