

DOI:10.14048/j.issn.1671-2579.2022.04.050

近十年国内外融雪剂研发与应用的文献分析

杨凤至¹, 李根¹, 曹玉海², 李一为², 黄占斌^{1*}, 韩永萍³(1.中国矿业大学(北京)化学与环境工程学院,北京市 100083; 2.北京市首发天人生态景观有限公司,北京市 102600;
3.北京联合大学,北京市 100101)

摘要:为了解融雪剂在国内外的研究及应用发展动态,为融雪剂研究领域科研工作者与决策者提供参考,基于 Web of Science 全文数据库和中国知网(CNKI)数据库,使用文献计量分析方法,对 2010—2019 年融雪剂领域国内外相关文献的年度发文量、载文期刊、研究方向、研究机构及高被引论文等指标进行分析。结果发现:国内外在该领域发文量整体呈上升趋势,其中德国、美国在该领域的国际影响力较大;中国前 10 载文期刊和机构中,长安大学等单位在融雪剂领域有较大影响力。中国与国际融雪剂领域发文量基本持平,中国近 5 年有下降的趋势,虽然发文量不低,但是缺乏高水平的论文,缺乏具有国际高影响力的科研机构和基金支持,显示出中国在融雪剂发展研究领域与国际先进水平还有较大差距。据此,提出中国融雪剂研发与应用的对策建议。

关键词:融雪剂;文献计量分析;Web of Science;CNKI

中图分类号:U418.9

文献标志码:A

融雪剂(deicing agent)是一种通过降低雪融化冰点来达到融雪效果的化学试剂。在冬季冰雪天气,为了保证道路的安全畅通,交通管理部门广泛使用融雪剂进行道路除雪融冰,但是融雪剂会对道路周边环境造成严重危害。融雪剂不仅会破坏路基,腐蚀车辆、路面以及桥梁^[1],还会破坏道路周边土壤结构、造成土壤盐渍化,致使绿化植物生长受阻或者死亡^[2]。因此研发更为先进、环保的融雪剂产品,对保障中国居民的生命安全和社会经济发展具有重要现实意义。

研究国内外融雪剂研发与应用文献发表情况,掌握融雪剂研究领域的总体状况及发展趋势,是中国融雪剂进一步开展研发与应用的基础。一般文献分析方法有文献综述、专项调查和文献计量统计分析等。由于文献综述采用的文献资料有一定局限性,较难全面准确系统分析;专项调查针对性较强,但周期较长;因此系统、精准的文献计量法就成为目前各行业发展研究的重要手段。文献计量法是一种以数学和统计学为工具,研究科技文献的特征数量,达到描述、评价与预测科学技术现状与发展趋势为目的的一种定量分析方法,已被广泛用于多种领域。王金平利用文献计量分析软件对 2007—2009 年的数据进行分析,得出生态系统近 3 年中的研究热点主要集中在珊瑚生态系统、气

候变化和生态系统管理等方面^[3];夏小东对 1998—2009 年发表的水稻文献进行分析,认为农业中水稻研究未来发展方向是利用分子生物学进行水稻研究^[4]。鉴于目前国内外关于融雪剂研发与应用方面文献系统分析的缺乏,该文以融雪剂文献计量数据为基础,对 2010—2019 年间 Web of Science 数据库和中国知网(CNKI)数据库收录的相关文献进行统计分析,从文献数量与年度关系、文献类型、载文期刊、研究方向与关键词、研究机构与支撑基金以及高被引论文等方面进行计量分析,并结合中国环境可持续发展和交通和城市等发展对融雪剂需求,指出中国在融雪剂研发和应用研究等方面的对策建议,以期为中国融雪剂的发展提供参考。

1 数据来源与分析方法

为了保证数据的代表性与权威性,该文选择 Web of Science 全文数据库(以下简称 WOS)和中国知网包括中国学术期刊网络出版总库、中国博士学位论文全文数据库、中国优秀硕士学位论文全文数据库、中国重要会议论文全文数据库、国际会议论文全文数据库(以下简称 CNKI),为来源数据库进行检索,时间限定为

收稿日期:2020-08-27

基金项目:北京市首发天人生态景观有限公司课题(编号:科研-2019-科研-02)

作者简介:杨凤至,女,硕士研究生.E-mail:yfz1008@163.com

*通信作者:黄占斌,男,教授.E-mail:zbhuang2003@163.com

2010—2019年,在WOS数据库中,高级搜索以公式 $TS=(deicing\ agent\ or\ deicing\ agent\ or\ deicing\ salt)$ 进行检索,在CNKI数据库中,以“融雪剂”为主题词进行检索。通过整理检索结果,得到WOS数据库论文740篇,CNKI数据库论文691篇。

采用文献计量分析法对检索结果进行分析,在结果中分别提取文献类型、载文期刊、机构等字段进行分析,利用数学和统计学进行了定量的统计和定性的分析,分析融雪剂的相关文献发文量的时间内容分布、研究方向、研究机构等,利用Excel软件处理数据,从而构建融雪剂领域研究的知识结构,探寻国内外研究工作者的研究热点、研究轨迹和研究水平,为后续融雪剂研究人员提供数据参考。

2 结果与分析

2.1 文献数量与年度关系分析

发文量一定程度上表明了科学界对本领域的关注程度,反映了该领域的发展趋势和方向,是衡量科研活动的一个重要指示因子。通过分析不同年度发文量,可知该领域研究热点、研究轨迹和研究水平^[5]。该文通过检索WOS和CNKI数据库共得中文和英文文献1431篇,其中英文740篇,中文691篇。

2010—2019年间国际上关于融雪剂的论文发表量总体呈波动上升趋势(图1),并在2017年出现一个高峰,年度发文量110篇,融雪剂研究在国际上得到越来越多的关注,逐渐成为各国科学研究人员研究热点。中国2010—2015年中文发文量较为平稳在90篇左右波动,2015年后出现下降,自2018年中国将生态文明历史性写入宪法,生态环境部应运而生,激发环境领域科研和实际应用,2018年又回升出现高峰,且成为近10年文献发表最多的一年。中国的英文发表量(图2)与国际总发文量趋势略有不同,近10年内一直呈较平稳的状态,2013年和2018年出现两个小峰。中国近10年英文发文量占世界的23%,内容多着重于新型环保融雪剂研发的理论研究,缺乏实际应用研究。整体来看,虽然国内外对融雪剂的研究逐步重视,但是仍有巨大空白空间等待研究人员探索填充。

2.2 文献类型

国际上发表的英文文献类型包括研究性论文、会议论文、社论、摘要等(图3),其中研究性论文(article)76.2%和会议论文(meeting)12.07%,二者占到发文总量的88.27%。中文发表的文献类型分期刊论文、学位

论文、会议论文和报纸4类(图4)。其中主要形式为期刊论文,占文献总量的78.3%,其次为学位论文10.56%,会议论文仅占8.1%。可知:不论国内外,融雪剂研究大多是以科技论文形式呈现,但是科研人员研究时多是独立研究,科研交流较少,社会关注热度较低。

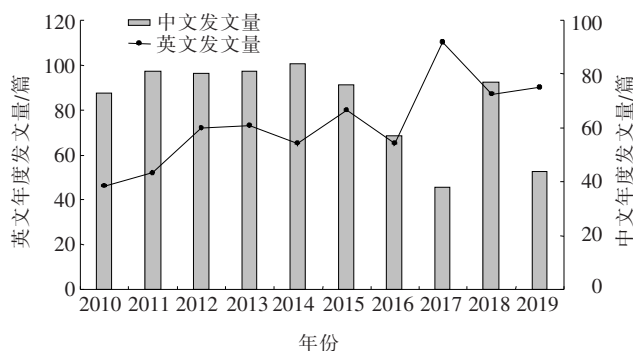


图1 2010—2019年WOS及CNKI数据库关于融雪剂的发文量分布

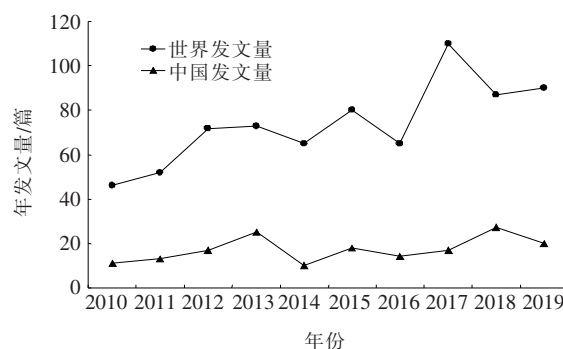


图2 2010—2019年WOS数据库世界及中国关于融雪剂的发文量分布

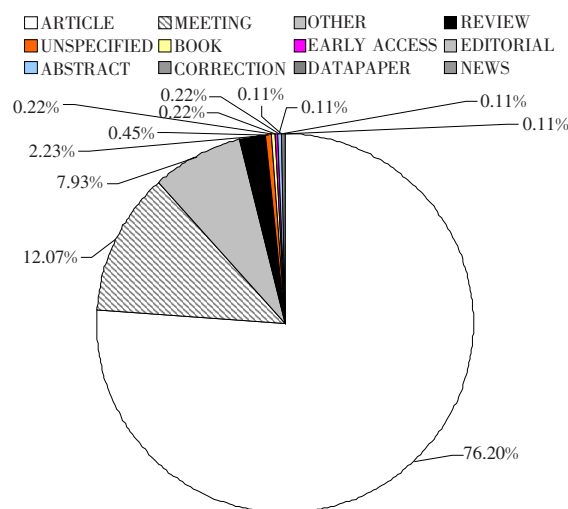


图3 2010—2019年WOS数据库融雪剂的发文量类型

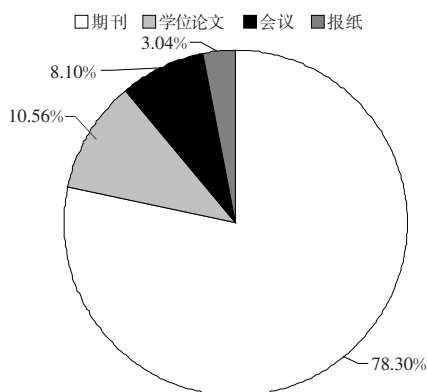


图 4 2010—2019 年 CNKI 数据库融雪剂的发文量类型

2.3 载文期刊

2010—2019 年国内外融雪剂领域研究发文量前 10 名载文期刊见表 1, 国外排名前 10 的期刊发文量占总量的 27.21%, 中国前 10 发文量仅占 14.04%, 表明

中国研究方向与文章发表较分散, 而国外较为集中。英文发表量前 10 的期刊分别为材料、生态环境、交通领域, 其中生态领域期刊最多, 表明国际上对融雪剂关注重点在其对生态环境影响。其中《CONSTRUCTION AND BUILDING MATERIALS》(结构与建筑材料) 影响因子为 4.046, 是发文量最多期刊, 说明国外关于融雪剂的研究同时着重于新型材料开发与应用。中文发表量最多的期刊是辽宁省交通科学研究院主办的《北方交通》, 该期刊 2019 年复合影响因子: 0.117, 综合影响因子: 0.051。辽宁省位于中国北方, 冬季低温持续时间长、降雪量大, 所以融雪剂需求量极大。中文前 10 的期刊(表 1)多是公路交通领域, 与中国国情影响相近, 中国人口基数大, 公路里程长, 城际省际交通频繁, 因此研究主要方向是融雪剂对公路路面及环境的影响, 以及环保型融雪剂的研发。

表 1 2010—2019 年 WOS 与 CNKI 数据库融雪剂的发文量前 10 载文期刊对比

排名	WOS		CNKI	
	载文期刊	发文量百分比/%	载文期刊或机构	发文量百分比/%
1	CONSTRUCTION AND BUILDING MATERIALS	4.29	北方交通	2.03
2	WATER AIR AND SOIL POLLUTION	3.22	长安大学	2.03
3	JOURNAL OF MATERIALS IN CIVIL ENGINEERING	3.08	公路	1.59
4	SCIENCE OF THE TOTAL ENVIRONMENT	3.08	公路交通科技(应用技术版)	1.45
5	THE SCIENCE OF THE TOTAL ENVIRONMENT	3.08	筑路机械与施工机械化	1.30
6	ENVIRONMENTAL POLLUTION	2.41	交通标准化	1.16
7	ENVIRONMENTAL POLLUTION BARKING ESSEX 1987	2.41	城市管理与科技	1.16
8	TRANSPORTATION RESEARCH RECORD	2.28	内蒙古公路与运输	1.16
9	COLD REGIONS SCIENCE AND TECHNOLOGY	1.88	黑龙江经济报	1.16
10	ENVIRONMENTAL SCIENCE TECHNOLOGY	1.48	山西建筑	1.01

2.4 研究方向与关键词分析

2.4.1 研究方向

文献研究方向(表 2)表明: 融雪剂研究主要涉及生态、环境、工程、交通、材料、生物等领域。中英文数据库对比发现, 国外融雪剂研究着重于融雪剂对环境的影响, 以及利用新技术开发新产品。中国融雪剂研究侧重新产品开发, 对环境影响研究关注度较低。目前国内的研究领域较单一, 多学科合作较少, 对环境影响有一定重视, 但远远不够。

2.4.2 关键词引用频次

关键词是对研究内容的高度概括与精炼, 其分析对学科领域的发展过程与规律了解很重要, 高频关键

词可了解该领域研究重点^[6]。为更好了解中国在该领域研究重点, 对 CNKI 数据库检索的关键词进行引用频次分析, 得到引用频次最高的 15 个关键词(图 5)。通过分析这 15 个关键词发现, 中国对融雪剂研究更多集中在研发上, 且热点是研究融雪剂添加入道路路面所用材料中, 融雪剂对环境影响重视有所增加, 主要是新融雪材料应用对环境污染影响, 但相关理论基础研究不足。

2.5 研究机构与支撑基金

高水平的科研机构 and 知识型大学是国家创新体系的中坚力量^[7]。检索得到的英文文献来自全球 1 000 多个科研院所, 发文量前 10 机构中(表 3)有 8 个机构

表 2 2010—2019 年 WOS 与 CNKI 数据库融雪剂前 10 研究领域对比

排名	WOS		CNKI	
	研究方向	发文量百分比/%	研究方向	发文量百分比/%
1	ENVIRONMENTAL SCIENCES ECOLOGY	51.340	交通运输	60.49
2	ENGINEERING	50.000	环境	7.96
3	WATER RESOURCES	26.139	化学工程	6.66
4	CONSTRUCTION BUILDING TECHNOLOGY	24.933	观赏园艺与园林	4.78
5	MATERIALS SCIENCE	24.933	城乡规划与市政	3.18
6	PUBLIC ENVIRONMENTAL OCCUPATIONAL HEALTH	22.922	林学	2.60
7	MARINE FRESHWATER BIOLOGY	21.314	交通运输经济	2.46
8	AGRICULTURE	20.777	建筑科学	2.03
9	METEOROLOGY ATMOSPHERIC SCIENCES	17.828	汽车工程	1.74
10	BIODIVERSITY CONSERVATION	16.488	草学	1.59

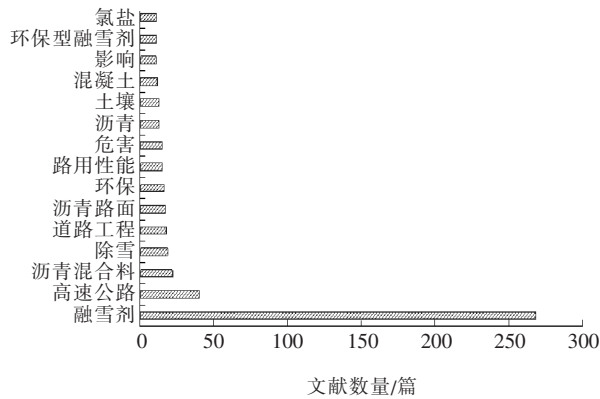


图 5 2010—2019 年 CNKI 数据库融雪剂研究前 15 个关键词及其引用频次

来自美国,其余 2 个为俄罗斯和加拿大。发文最多的机构为美国的普渡大学,占论文总发表量的 2.04%。表明各国对融雪剂虽有研究,但重视度不高。基于 CNKI 数据库检索结果表明:中国从事融雪剂研究的机构较少,较知名的是长安大学、北京林业大学、长沙理工大学。中国英文文献发文量最多的是东南大学,但在国内融雪剂领域的活跃度较低;中国发表文献最活跃的是长安大学,在国际上有关融雪剂的发文量仅 8 篇,排 52 名。表明中国对融雪剂的研究虽然较为重视但与国际上交流较少,需要加大与各国研究机构的交流合作。中国各机构发表融雪剂文章主要以自己研究领域为主,缺少对融雪剂行业全面系统的研究。

表 3 2010—2019 年 WOS 与 CNKI 数据库融雪剂发文量前 10 机构

排名	WOS		CNKI	
	机构	文献数量/篇	机构	文献数量/篇
1	PURDUE UNIVERSITY SYSTEM(普渡大学)	52	长安大学	33
2	RENSSELAER POLYTECHNIC INSTITUTE(伦斯勒理工大学)	32	辽宁省交通高等专科学校	13
3	UNIVERSITY SYSTEM OF MARYLAND(马里兰大学)	27	东北林业大学	11
4	UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY(美国地质调查局)	24	长沙理工大学	10
5	PENNSYLVANIA STATE UNIVERSITY(宾夕法尼亚州立大学)	24	吉林大学	10
6	STATE UNIVERSITY OF NEW YORK SUNY SYSTEM(纽约州立大学)	23	辽宁大学	9
7	UNIV MINNESOTA(明尼苏达大学)	21	北京林业大学	9
8	LOMONOSOV MOSCOW STATE UNIVERSITY(莫斯科大学)	21	山西省交通科学研究院	9
9	OREGON STATE UNIVERSITY(俄勒冈州立大学)	21	大连民族学院	8
10	UNIVERSITY OF WATERLOO(滑铁卢大学)	20	重庆交通大学	7

从支撑基金可看出国家研究领域重视程度(图 6)。

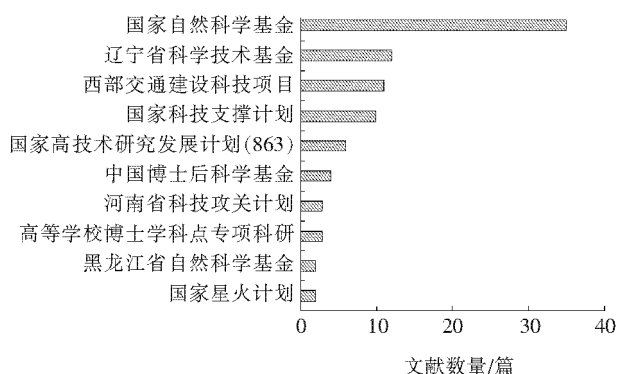


图 6 2010—2019 年 CNKI 数据库融雪剂研究前 10 个支撑基金

从图 6 可知:为融雪剂研究提供基金支持多是各类国家基金项目,综合占比 9.26%,还有一些省级基金。虽然国家基金项目最多,但总体占比不大,表明各级政府对融雪剂的研究有一定的关注,但重视程度不高,后续需要加大关注力度,才能促进融雪剂领域研究快速发展与进步。

2.6 高被引论文分析

学术界在一定时期对某学科领域研究重点可通过

高被引论文来反映^[8],也可以评估机构在该领域科研实力与学术水平与发展趋势^[9]。2010—2019 年 Web of Science 数据库中融雪剂研究方面被引次数最高前 10 篇论文见表 4。从国别来看,德国 4 篇、美国 3 篇、澳大利亚 2 篇、印度 2 篇、法国、西班牙、中国和荷兰各 1 篇。其中,被引次数最多的是 2013 年发表于 ENVIRONMENTAL POLLUTION 上的“Salinisation of rivers: An urgent ecological issue”,总被引次数为 232 次,是 4 个国家研究人员合作完成,说明互相交流合作对融雪剂研究有极大促进。排名前 4 的文章主要是研究融雪剂在水环境领域的影响,说明融雪剂会对区域水环境造成一定影响。德国虽然国际发文量不多,但发表文章影响因子较高。排名前 10 文章(表 4)多来自欧美等西方国家,这与他们融雪剂使用时间早,暴露的问题多和重视有关。所以对于融雪剂领域掌握的数据与方法比中国全面且系统;另一方面则是由于英语的语言通用性与期刊的水平等因素,国外研究人员的相关研究在全球的影响力较高。而中国唯一的一篇是中国研究人员与国外研究人员合作完成,也表明中国要想达到世界先进水平且发表高水平、高影响力论文仍需努力。

表 4 2010—2019 年 WOS 数据库融雪剂领域前 10 高被引论文

排名	标题	载文期刊	作者	国家	被引次数/次	出版/年	影响因子
1	Salinisation of rivers: An urgent ecological issue	ENVIRONMENTAL POLLUTION	Canedo Argueelles	德国,澳大利亚,法国,西班牙	232	2013	3.730
2	Polar pollutants in municipal wastewater and the water cycle: Occurrence and removal of benzotriazoles	WATER RESEARCH	Reemtsma Thorsten	德国	159	2010	4.355
3	Aging Considerations in the Development of Time-Dependent Seismic Fragility Curves	JOURNAL OF STRUCTURAL ENGINEERING	Ghosh Jayadipta	美国	154	2010	0.834
4	A Fresh Look at Road Salt: Aquatic Toxicity and Water-Quality Impacts on Local, Regional, and National Scales	ENVIRONMENTAL SCIENCE & TECHNOLOGY	Corsi Steven R.	美国	122	2010	1.373
5	Environmental Impacts of Chemicals for Snow and Ice Control: State of the Knowledge	WATER AIR AND SOIL POLLUTION	Fay Laura	美国	121	2012	1.625
6	Properties of self-compacting concrete containing class F fly ash	MATERIALS & DESIGN	Siddique Rafat	印度	113	2011	1.696

续表 4

排名	标题	载文期刊	作者	国家	被引次数/次	出版/年	影响因子
7	Metals in European roadside soils and soil solution -A review	ENVIRONMENTAL POLLUTION	Werkenthin Moritz	德国	112	2014	3.902
8	A review on hydronic asphalt pavement for energy harvesting and snow melting	RENEWABLE & SUSTAINABLE ENERGY REVIEWS	Pan Pan	德国,中国	96	2015	6.798
9	Salinity and sodicity affect soil respiration and dissolved organic matter dynamics differentially in soils varying in texture	SOIL BIOLOGY & BIOCHEMISTRY	Mavi Manpreet S.	澳大利亚,印度	95	2012	3.654
10	Lattice modeling of chloride diffusion in sound and cracked concrete	CEMENT & CONCRETE COMPOSITES	Savija Branko	荷兰	92	2013	2.523

中文文献中前 10 高被引论文(表 5)有 4 篇是学位论文,6 篇为期刊论文,其中有 4 篇是有关融雪剂发展的综述性文章,说明中国关于融雪剂研究的发展速度极快。被引次数最多的文章是来自中国科学院的研

究人员喻文兵^[10]发表在《冰川冻土》上有关融雪剂的综述,该文总结了有关融雪剂以及其他路面除雪技术的发展现状,认为将融雪剂与其他除雪机械配合使用将是未来交通部门冬季除雪的主要手段。剩余 6 篇则

表 5 2010—2019 年 CNKI 数据库融雪剂领域前 10 高被引论文

排名	标题	载文期刊	第一作者	机构	被引次数/次	出版时间/年
1	道路融雪除冰技术现状与发展趋势分析	冰川冻土	喻文兵	中国科学院寒区旱区环境与工程研究所冻土工程国家重点实验室	86	2011
2	融雪剂对沥青及沥青混合料性能影响研究	长沙理工大学	傅广文	长沙理工大学	60	2010
3	国内除雪方式探讨及除雪机械的发展趋势	林业机械与木工设备	胡海英	河北联合大学迁安学院	46	2011
4	氯盐和冻融对混凝土破坏特征及机理研究	南京航空航天大学	吴泽媚	南京航空航天大学	38	2012
5	CMA 类环保型融雪剂的应用研究进展	化学世界	许英梅	大连民族学院生物技术与资源利用国家民委—教育部重点实验室生命科学学院,大连理工大学化工学院	37	2010
6	公路路面融雪化冰技术与发展	筑路机械与施工机械化	王选仓	长安大学公路学院;	31	2013
7	氯盐融雪剂对沥青混合料低温抗裂性的影响	公路工程	吴泽媚	南京航空航天大学航空宇航学院,吉林省交通科学研究所	31	2012
8	氯盐融雪剂对 SBS 改性沥青混合料路用性能的影响分析	交通科学与工程	查旭东	长沙理工大学交通运输工程学院	27	2012
9	氯盐融雪剂对沥青结合料路用性能的影响	交通运输工程学报	魏建国	长沙理工大学交通运输工程学院,广东华路交通科技有限公司	26	2014
10	融雪剂对沥青混合料性能影响研究	长安大学	冯超	长安大学	26	2012

是研究融雪剂对路面材料沥青以及混凝土的影响,表明现在中国对融雪剂的研究着重于研究融雪剂对道路路面造成腐蚀的机理以及影响分析。而这 10 篇文章中关于融雪剂对生态环境的影响只是在综述文章列到,并没有详细研究此方面的文章,说明中国需要加大对融雪剂对生态环境影响的关注力度。

3 展望

(1) 基于 Web of Science 全文数据库和中国知网(CNKI)数据库对近 10 年中国和国际在融雪剂研究领域整体文献情况分析,国际上有关融雪剂的研究呈整体上升趋势,而在中国国内受政策影响则出现了较大幅度的波动,总体来说也是逐渐上升。

(2) 国际上融雪剂领域的研究方向主要集中在其对生态环境的影响以及新型融雪技术两方面,而中国则着重于新型融雪剂的开发以及对道路路面材料的影响,缺乏其对环境的影响研究。

(3) 国际上研究融雪剂的前 10 机构中缺乏中国机构的身影。中国关于融雪剂的发文量并不低,但是论文总被引频次、篇均被引次数均远远落后且论文的影响力也低于国际水平,表明中国在融雪剂领域不仅需要更加全面深入的研究,还缺少具有国际影响力的领军人才,仍有待发展。

(4) 经费方面,国家对融雪剂领域研究项目投入不足,基金支持的仅占总论文的 9.26%,需要国家加大重视和投入来促进融雪剂研究,推动融雪剂向生态环保角度发展,契合国家战略方针。

4 对策建议

融雪剂是一个新兴的领域,正在引起国际社会的广泛关注,国家政策规定的出台和论文研究方向的多元化,表明中国虽然越来越重视这一领域,但仍需要政

府加大研究基金投入,鼓励和支持科研院所加强新型融雪剂的应用基础研究,调动研究人员在此领域的活跃程度,加强国际国内合作以及科研院所与企业等多学科多机构方面的合作交流,促进中国融雪剂的研发与应用的合作水平及国际影响力,提升中国融雪剂的国际影响力特别是合作研究和可持续发展。

参考文献:

- [1] 张勇,凌云志.融雪剂对混凝土桥涵和路面的危害分析[J].全面腐蚀控制,2019,33(3):30-31.
- [2] CZERNIAWSKA-Kusza Izabela, KUSZA Grzegorz, DUZY ŃSKI Mariusz. Effect of Deicing Salts on Urban Soils and Health Status of Roadside Trees in the Opole Region[J]. Environmental Toxicology, 2004, 19(4): 296-301.
- [3] 王金平,高峰,张志强,等.国际生态系统研究发展态势文献计量分析[J].地球科学进展,2010,25(10):1 101-1 111.
- [4] 郭亚文,夏小东,职桂叶,等.基于文献的国内外水稻研究发展态势分析[J].中国农业科学,2011,44(20):4 129-4 141.
- [5] 丁学东.文献计量学基础[M].北京:北京大学出版社,1993.
- [6] 邱均平,王明芝.1999—2008 年国内数字图书馆研究论文的计量分析[J].情报杂志,2010,29(2):1-5.
- [7] 徐祖广.研究型大学在建设国家创新体系中的地位和作用[J].清华大学教育研究,1999(2):25-28.
- [8] 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.
- [9] 高懋芳,邱建军,刘三超,等.基于文献计量的农业面源污染研究发展态势分析[J].中国农业科学,2014,47(6):1 140-1 150.
- [10] 喻文兵,李双洋,冯文杰,等.道路融雪除冰技术现状与发展趋势分析[J].冰川冻土,2011,33(4):933-940.