

韩雪莹,王涛,杨文斌,等.中国沙障研究进展与热点分析:基于Vosviewer和Citespace的图谱量化分析[J].中国沙漠,2021,41(2):153-163.

# 中国沙障研究进展与热点分析:基于Vosviewer和Citespace的图谱量化分析

韩雪莹<sup>1,2</sup>,王涛<sup>3</sup>,杨文斌<sup>2,4</sup>,贾光普<sup>1</sup>,刘静<sup>1</sup>,杨宇<sup>2</sup>

(1.内蒙古农业大学 沙漠治理学院,内蒙古 呼和浩特 010018; 2.内蒙古低覆盖治沙科技开发有限公司,内蒙古 呼和浩特 010010; 3.中国科学院西北生态环境资源研究院,甘肃 兰州 730000; 4.中国林业科学研究院 荒漠化研究所,北京 100091)

**摘要:** 基于Vosviewer和Citespace的图谱量化分析,选取1980—2020年以中国知网(CNKI)、万方数据、维普资讯为数据源的1462篇关于中国沙障研究的文献,以及2000年后发表在外文期刊上的关于沙障的高被引文章50篇为样本,统计并绘制文献产出量变化、关键词共现、作者合作共现、机构合作以及突变和时区变化图谱等,厘清中国沙障研究的现状及挖掘热点问题。结果表明:中国沙障研究文献产出量可分为4个阶段:1980—1990年处于起步阶段、1990—2000年处于发展阶段、2000—2010年处于迅猛发展趋势、2010—2020年处于高平稳发展趋势;关键词共现主要在沙漠治理、植物固沙、乌兰布和沙漠和库布齐沙漠、风洞和数值模拟、沙障自动铺设机;作者和机构之间的合作表现为整体分散、部分集中的形式,缺乏成员、组织之间的相互交流与合作;突变分析表明,2013年后,中国沙障的研究热点为水土保持、植被恢复、数值模拟、风速流场、输沙量、防沙治沙措施以及防沙治沙政策的制定,以上热点也必将是未来一段时间的热点问题。展望未来,尽管中国荒漠化总体趋势有所遏制,但荒漠化治理依然任重道远。

**关键词:** Vosviewer; Citespace; 图谱; 沙障研究; 热点分析

**文章编号:** 1000-694X(2021)02-153-11

**DOI:** 10.7522/j.issn.1000-694X.2020.00117

**中图分类号:** S288

**文献标志码:** A

## 0 引言

中国是世界上荒漠化面积较大的国家,面积达262.37万km<sup>2</sup>,占国土面积的27.33%,严重威胁着国家的生态安全和社会可持续发展,其中荒漠化面积的69.82%是风蚀荒漠化(183.20万km<sup>2</sup>)<sup>[1]</sup>,引起风蚀的主要条件是大气环流、天气条件、地表状况等,但目前学者们只能将工作重点放在改善地表条件方面,采取措施以控制土壤风蚀,减少其发生次数。加强土地荒漠化的防治,改善沙区生态、生产、生活条件<sup>[2]</sup>,事关生态文明建设大局与“丝绸之路经济带”战略实施,事关中华民族的永续发展,是一项功在当代、利在千秋的伟大事业。

沙障又称机械沙障或风障,是用柴草、秸秆、黏土、树枝、板条、卵石等物料在沙面上做成障蔽

物<sup>[3-4]</sup>,是主要的工程固沙措施<sup>[5]</sup>,其原理为改变下垫面结构和性质,降低风蚀量和控制地表蚀积状态,阻滞消能,达到风虽过而沙不起的目的。沙障应用最早始于德国的海岸沙地造林,之后丹麦、匈牙利、奥地利、法国等国家也先后开展了不同类型的风沙治理,而中国始于20世纪50年代初,在苏联专家的指导下,开始对集二、包兰和兰新等铁路沿线采用立式和半隐蔽式沙障来保证施工和运营<sup>[1]</sup>。20世纪60年代中期至90年代,明确了新一阶段的治沙目标以及修建了世界上最长的塔克拉玛干沙漠公路,并取得了显著成效。近年来,在《中华人民共和国防沙治沙法》的推动下,走上了“科学防沙,综合防治,依法防治”的正确轨道,如“三北”防护林体系建设工程以及京津风沙源治理等重大工程<sup>[6]</sup>,

收稿日期:2020-08-23; 改回日期:2020-11-06

资助项目:内蒙古自治区科技重大专项(2019ZD003)

作者简介:韩雪莹(1994—),女,内蒙古人,博士研究生,主要从事荒漠化防治研究。E-mail: 1037885518@qq.com

通信作者:杨文斌(E-mail: nmlkyywb@163.com)

中国科学治沙工作者对此作出了重要贡献,且关于沙障的研究工作也十分丰富,但基于文献计量方法,借助可视化图谱量化分析对沙障研究进展与热点分析的文献相对较少<sup>[7-12]</sup>。因此,本文借助 Vosviewer 和 Citespace 软件厘清中国沙障的发展脉络与研究热点、主要学者与知识网络,以期为中国沙障研究领域提供科学参考与依据。

## 1 研究方法 with 数据来源

### 1.1 研究方法

可视化图谱兼具“图”和“谱”的双重性质和特征,既能显示成可视化<sup>[13]</sup>的知识图形,也能反映出序列化的知识谱系,由此可将沙障研究直观化、可视化、图像化。Vosviewer<sup>[14-15]</sup>由雷登大学科学技术中心(The Center for Science and Technology Studies, CWTS)开发,Citespace<sup>[16-17]</sup>由美国德雷克塞尔大学计算与信息学院开发,均基于 Java 环境运行,详细数据见表 1<sup>[18]</sup>。同时,借助文献管理软件 Endnote X9、统计软件 Excel 及绘图软件 Origin 2018 对文献高频关键词、发文作者、突发性检测分析、前沿时区视图以及研究机构合作等进行分析与表达。文献计量能准确地反映某一研究领域的发展变化情况,具有时效性、准确性和权威性,利用文献可视化量化技术对中国沙障的相关研究进行多维扫描,以立体呈现沙障的发展及热点研究。

表 1 Vosviewer 和 Citespace 软件主要功能对比  
Table 1 Comparison of main functions between Vosviewer and Citespace software

| 功能     | Citespace                    | Vosviewer       |
|--------|------------------------------|-----------------|
| 全貌     | √                            | √               |
| 缩放     | √                            | √               |
| 过滤     | √                            | ×               |
| 应用目的   | 研究热点前沿                       | 信息计量学图谱         |
| 数据输入   | WoS 与 PubMed 等数据库文件          | 规定格式            |
| 数据格式转换 | 支持                           | 不支持             |
| 节点位置算法 | Kamada 算法与 Force directed 算法 | Majorization 算法 |

### 1.2 数据来源与融合

中国知网、万方数据以及维普资讯是国内最大的文献检索平台,其文献数量和质量方面最为全

面。由于三大数据源之间存在数据不一致的情况,为了更加全面地掌握数据的可视性,将数据进行去重、整理、频次统计等,外文文献以 Web of Science 核心数据库为数据源。数据以 CNKI、万方、维普为数据源,在高级检索中输入主题词“沙障”文献类型选择期刊论文和学位论文,文献语言为中文,时间跨度从 1980 年截止到 2020 年 6 月 1 日,共检索文献 1 520 篇,外文文献在检索中输入关键词“sand barrier or straw checkerboard”为检索项,时间跨度为 2000 年至今,共检索高引用文献 50 篇。在此基础上经人工筛查,剔除与研究主题不相关及相同文献,最终得到完整文献 1 512 篇,其中以 Vosviewer 软件分析的数据导出为“Endnote”格式,经 Endnote X9 软件最终保存为“GIS”格式,Citespace 软件导出文件名以“XXX\_download.txt”并储存为“Refworks”格式。

## 2 中国沙障研究文献统计分析

### 2.1 文献产出的时间分布

文献产出量是评价某一专业领域的重要指标<sup>[19-20]</sup>。如图 1 所示,中国沙障的文献产出量总体上呈现上升趋势,自 1949 年新中国成立初期,中国对环境及风沙的治理就从未停歇,只是在不同的发展阶段重视程度不同而已。1978 年国务院正式批复“三北”防护林体系建设工程后,重大生态建设工程及一系列法律法规正式颁布<sup>[21]</sup>,发展趋势大致可分为 4 个阶段:①1980—1990 年关于沙障的具体研究处于起步阶段,年平均发文 7—8 篇,受当时对沙障理论知识和技术手段的限制,沙障方面的文献数量相对较少。②1990—2000 年中国沙障研究处于发展阶段,年平均发文 17—18 篇,受上一阶段的影响,中国沙障研究处于波动上升阶段,1991 年国务院召开了全国范围的防沙治沙会议,随后又启动了全国防沙治沙工程<sup>[22]</sup>;1994 年中国又签署了《联合国防治荒漠化公约》<sup>[23]</sup>,标志着中国防沙治沙事业与国际接轨了。③2000—2010 年,中国沙障研究整体上呈现迅猛发展的趋势,2007 年发文 90 余篇,年平均发文 63—65 篇。2001 年中国颁布的防沙治沙法是指导中国防沙治沙事业的法律基础。2005 年,国务院完善了相关法律法规,确定了“谁投入、谁所有,谁治理、谁受益”的政策,激发了新生治沙力量的产生。④2010—2020 年,中国沙障的研究处于高

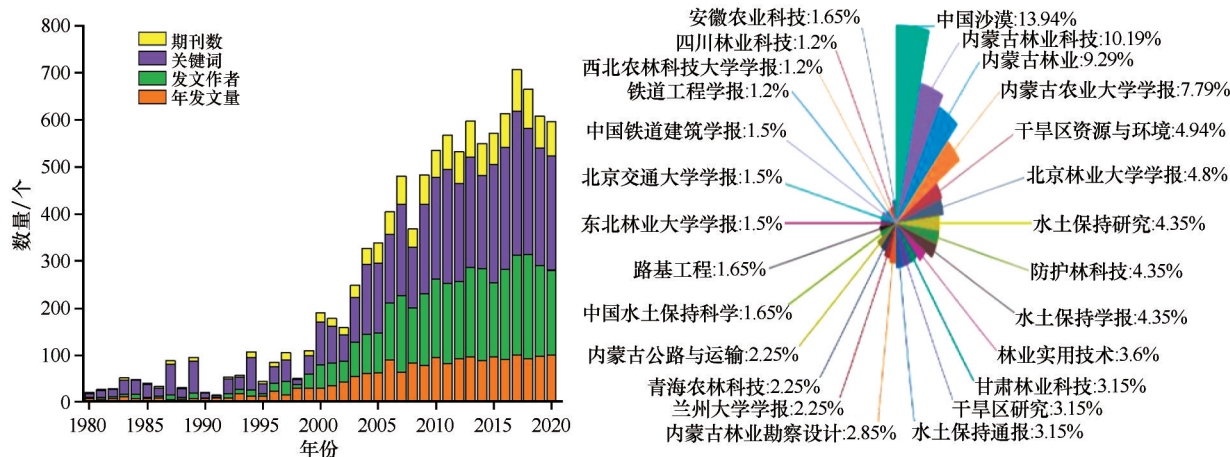


图1 1980—2020年中国沙障各领域统计及期刊分布南丁图

Fig.1 Statistics of sand barriers in various fields and distribution of journals in China from 1980 to 2020

平稳的发展趋势,年平均发文93—95篇,在国家政策指引、地方政府帮扶、企业投入、群众积极参与的多种形式融合下,中国防沙治沙体系已日趋完善,形成了具有特色的中国方案。2017年9月6日,《联合国防治荒漠化公约》第十三次会议在中国鄂尔多斯市召开,突出“防治荒漠化是人类面临的共同挑战,需要国际社会携手应对”。随着文献产出量的不断增加,期刊数的不断攀升,1980—2020年的发文期刊总体上以《中国沙漠》《内蒙古林业科技》《内蒙古林业》《内蒙古农业大学学报》《干旱区资源与环境》《北京林业大学学报》等期刊为主体,且从发文期刊数量来看,中国沙障研究领域正朝着多角度、宽维度方面发展。

## 2.2 关键词

关键词也可以称为关键字,向上具有阐释性,向下具有统领全篇的作用,承载着最主要、最核心的信息,是获取更多信息的源头,是掌握文本重要信息的关键,对关键词的分析有助于了解该领域的研究热点。通过Vosviewer软件分析1980—2020年的文献关键词,设置共现频次大于3次,得到图2。图2A、B为关键词聚类图谱,C为聚类关键词时间图谱,D为聚类关键词密度图谱,其中不同的颜色代表不同的聚类,图谱中节点越大,代表出现次数越多,说明其在相关领域的贡献程度越大,联系密切的节点通过线连接,链接强度越大,表示内部之间存在的关系性越强,由众多的节点组成节点群。从图2A、B中可以看出,聚类1(红色),主要以沙漠治理为中心,以流动沙丘、飞播造林、治理模式、物种多样性、土壤种子库、科尔沁沙地等<sup>[25-27]</sup>为辅助研究。

聚类2(黄色),以植物固沙措施为主,固沙灌木型植物有花棒、杨柴、柠条、沙柳、梭梭等<sup>[28]</sup>。以造林方式和土壤理化性质为主体,而针对铁路沿线沙害采取预防为主,防治结合;因地制宜,因害设防;综合治理,充分发挥各种治沙措施的防护效益。在铁路沙区设置措施时,应注意设置的科学性,尽量使路线与区域主导风向平行或小角度相交。聚类3(浅蓝色),其研究的主体为库布齐沙漠和乌兰布和沙漠的风沙活动强度、风速廓线、沙粒的机械组成、凹曲面以及多种形式的沙障类型<sup>[29-31]</sup>,如PLA沙障<sup>[32]</sup>、巨菌草留茬沙障<sup>[33]</sup>、羽翼袋沙障<sup>[34]</sup>等防风固沙效益的分析。聚类4(绿色),主要研究不同类型沙障如挡沙(风)墙<sup>[35-36]</sup>、高立式沙障<sup>[37]</sup>、砾石沙障<sup>[38]</sup>等防沙工程,从铺设间距、自身孔隙度、沙障高度布设的合理性进行研究。聚类5(紫色),随着对治沙技术手段不断提升,通过风洞和数值模拟<sup>[39-40]</sup>对沙障的风沙流、输沙量及蚀积特性进行研究,优化体系设置,避免野外材料的浪费。聚类6(深蓝色),主要针对沙化土地的治理措施及自动化沙障铺设机的研究,实现自动化布设草方格沙障。从图2C可以看出关键词随着时间的变化情况,可以分析每个阶段热点关键词等信息。1980—1990年,中国的沙障技术处于起步发展阶段,主要关键词为流动沙丘、迎风坡、花棒、防风固沙等;1990—2000年,主要关键词为毛乌素沙地、植物固沙、固沙措施等,由单一固沙植物发展为多样性的植物固沙,治沙手段和措施不断向前发展;2000—2010年,关键词数量呈现迅猛发展的趋势,多学科交叉融合发展,如交通路线防沙、沙害、防风固沙、活沙障等,研究领域不断拓宽,有助于沙障的多元化发展;2010—2020年,关键词FLUENT数值



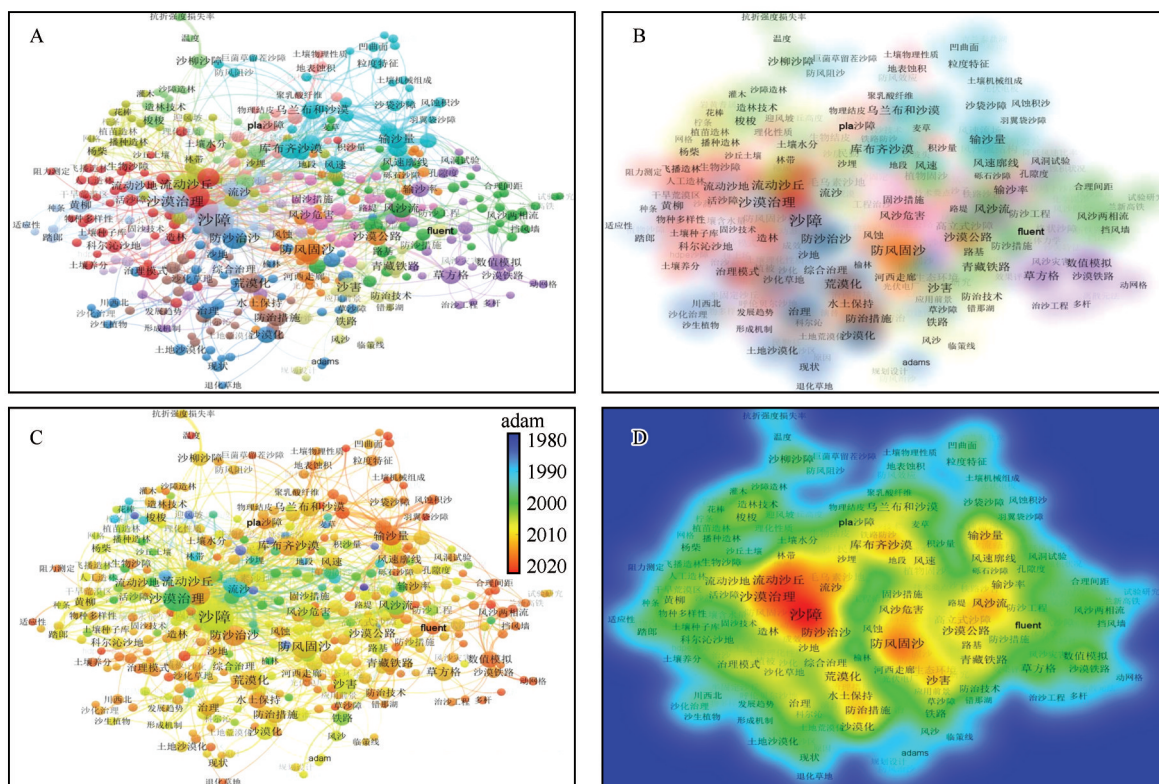


图2 1980—2020年文献关键词图谱

Fig.2 1980–2020 literature keyword map

模拟、新型沙障、凹曲面、粒度分析以及相关领域政策制定等,随着先进设备的引进,中国沙障研究已经达到世界领先水平,面对全球荒漠化防治贡献中国智慧和方案。由图2D中可以看出,颜色从冷色系(蓝色)到暖色系(红色)表示关键词共现频次越高,其文献的研究热度越高,结合表2可以发现,文献的频次统计代表某一领域的研究内容的高度凝练,可分析出中国沙障发展的脉络及研究思路,逐渐从宏观转向具体化的发展,解决实际问题。中国沙障的研究逐步形成了以沙障研究为中心,多角度、多维度、全视野地分析影响沙障的外部因素为主线的研究策略,逐渐从表面现象研究向理论模型研究发展,使中国沙障研究朝着更高层次发展。

### 2.3 发文作者群体

发文作者群体可以反映出该领域的主要科研团队及杰出代表性人物,通过连线强度得出团队之间的相互合作关系等信息。本文通过Vosviewer软件将1980—2020年文献作者进行分析,设置合作频次大于3次,节点的大小代表作者出现的次数,连线之间代表合作关系。从图3A、B中可以发现,作者之间合作关系大致可以分为7个部分:红色部分代

表2 1980—2020年中国沙障领域前24位的高频关键词

Table 2 1980–2020 China's top 24 high frequency keywords in the field of sand barrier

| 序号 | 关键词    | 频次  | 序号 | 关键词    | 频次 |
|----|--------|-----|----|--------|----|
| 1  | 沙障     | 139 | 14 | 毛乌素沙地  | 27 |
| 2  | 植被恢复   | 52  | 15 | 沙漠公里   | 25 |
| 3  | 防风固沙   | 47  | 16 | 风沙危害   | 25 |
| 4  | 防沙治沙   | 43  | 17 | 乌兰布和沙漠 | 24 |
| 5  | 库布齐沙漠  | 38  | 18 | 粗糙度    | 23 |
| 6  | 流动沙丘   | 36  | 19 | 风速流场   | 22 |
| 7  | 沙漠治理   | 36  | 20 | 流动沙地   | 21 |
| 8  | 荒漠化    | 34  | 21 | 造林     | 21 |
| 9  | 草方格沙障  | 32  | 22 | 青藏铁路   | 21 |
| 10 | 沙害     | 32  | 23 | 水土保持   | 20 |
| 11 | 机械沙障   | 30  | 24 | 沙埋     | 20 |
| 12 | 风沙流    | 28  | 25 | 沙柳沙障   | 20 |
| 13 | 浑善达克沙地 | 27  | 26 | 高立式沙障  | 20 |

表以常兆丰和刘虎俊组成的甘肃省治沙研究所研究团队;浅蓝部分代表以屈建军、韩致文和王涛等组成的中国科学院寒区旱区环境与工程研究所研究团队;深蓝部分代表以李生宇和雷加强组成的中



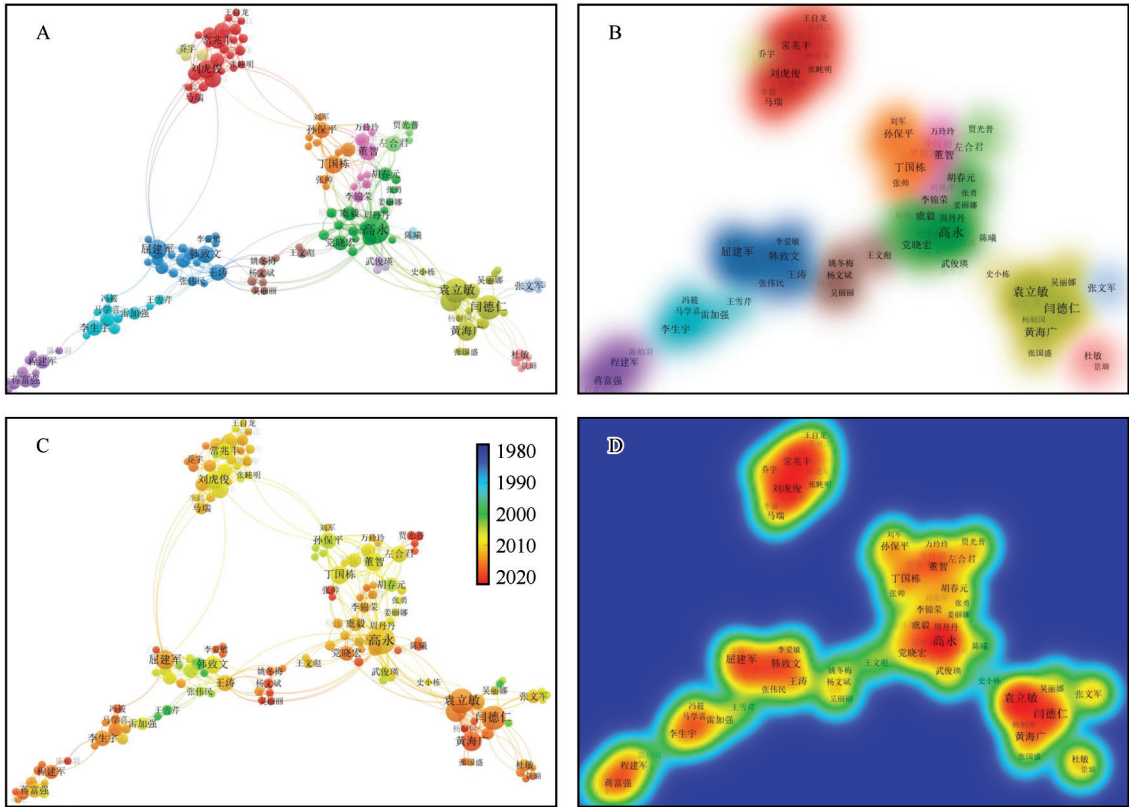


图3 1980—2020年文献作者合作图谱  
Fig.3 1980–2020 literature author cooperation map

国科学院新疆生态与地理研究所研究团队;紫色部分代表以蒋富强和程建军组建的铁路防沙科研团队;橙色部分代表以孙保平、丁国栋和董智组成的北京林业大学和山东农业大学科研治沙团队;绿色部分主要以高永、胡春元、虞毅、左合君等组成的内蒙古农业大学沙漠治理科研团队;黄色部分代表以闫德仁、袁立敏和黄海广等组成的内蒙古林业科学研究院合作团队。发文作者主要呈现出整体分散、部分集中的形式,且从图中的连线数量可以看出,小群体内部之间的合作紧密,但小群体与小群体之间的合作较少。从图3C可以看出,随时间的变化涌现出一大批青年治沙工作者。从图3D发现,以高永、屈建军、常兆丰、刘虎俊、闫德仁、袁立敏等人组成的各个团队颜色较深,说明这些团队是中国未来沙障研究的主要输出作者群体。

2.4 发文机构合作

发文机构联合代表某一研究领域的广泛交流性和合作性。图4中主要分为5种类别,红色、紫色、蓝色、绿色和白色代表发文机构合作关系强度逐渐降低,其节点的连接线密度越大,代表机构之

间的合作关系越多。将发文机构合作图中的机构分为高校、科研机构 and 部门。红色以北京林业大学水土保持学院、内蒙古农业大学生态环境学院(今内蒙古农业大学沙漠治理学院)以及内蒙古交通设计研究院为主体研究机构;紫色以内蒙古自治区林业科学研究院、亿利资源为研究主体;蓝色以中国林业科学研究院、国际竹藤中心等为研究主体;绿色以中国科学院大学、中国科学院新疆生态与地理研究所为主要研究机构;白色代表的研究机构与其他机构合作不够紧密,呈现分散性。从空间上看,各个研究机构之间主要还是以高校和科研机构为主体,分布不均匀,因此,各部门之间应该加强与高校和科研机构的交流合作,促进中国沙障研究事业进一步提高,达到共同发展的目的。

2.5 关键词突变与时区分析

突变分析是指在某一时间段内频次急剧变化的关键词。关键词突变分析是文献计量可视化的有利分析方法,在预测分析及热点前言具有独特的价值。基于 Citespace 软件绘制图5列举出1980—2020年主要关键词的突变分析可视化图表,可以看

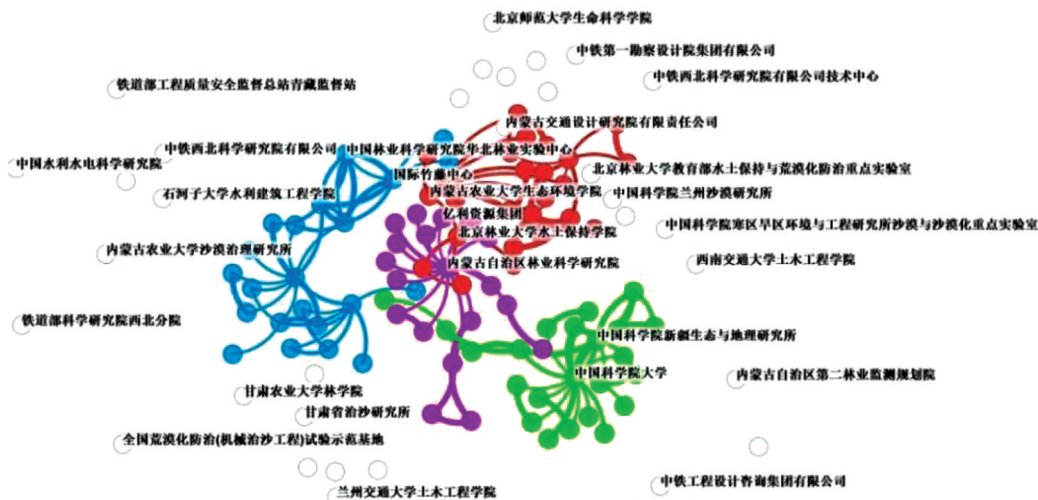


图 4 1980—2020 年文献研究机构合作关系

Fig.4 1980–2020 literature cooperation research institutions

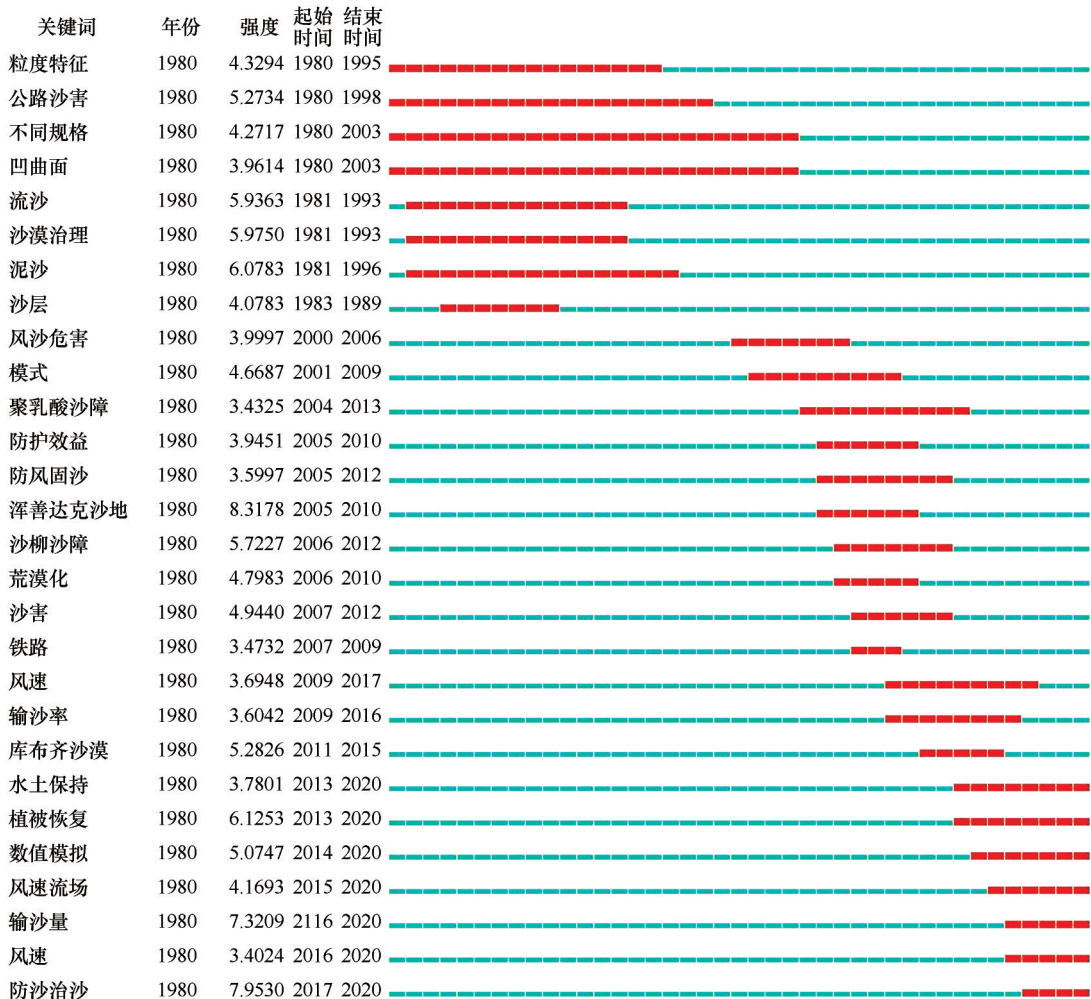


图 5 1980—2020 年文献关键词突变图表

Fig.5 1980–2020 literature keyword mutation chart

出 28 个关键词随时间变化强度。1980—1990 年,粒度特征、公路沙害、不同规格、凹曲面、流沙、沙漠治理、沙层等关键词变化最为剧烈;2000 年后,中国对沙障的研究不仅仅只是观测性实验,而是朝着防风



固沙、防护效益、铁路沙害等方向发展,尤其是2013年以后水土保持、植被恢复、数值模拟、风速流场、输沙量、防沙治沙措施等方法和手段的更新,不仅仅是现在的研究热点,更是未来一段时间内新兴且一直活跃的主题,各项的研究均能促使中国的沙障研究由定量和定性研究向理论模型方面逐步发展。

利用Citespace软件对1980—2020年沙障文献进行关键词时区分析,切片时间为3年,设置聚类算法为LLR,采用关键词作为聚类的主体,并以Timeline形式绘制此图,提取每个时间段内词频大于20次的关键词并将其做聚类分析。如图6所示,横轴为时间跨度,纵轴为聚类的分区,此图能很好地诠释关键词在时间轴上的演变规律,图中的圆弧跨度的大小代表其关键词的跨度时间,节点数代表各关键词的内部联系程度,将时间分区分为13个大类。#0代表沙漠治理和#1代表防护效益之间的交叉及时间跨度最大,是说明两者之间关系最为紧密;#2

代表草方格沙障被人们称为“中国魔方”,其防风固沙效果不言而喻;#3代表防护效益;#4代表土壤种子库变化;#5代表治理措施;#6代表固沙造林;#7代表adams(机械化沙障铺设机);#8代表抗折强度损失率,主要表征植物沙障的抗拉特性,为植物治沙提供优良的树种;#9代表格库铁路,格库铁路是中国通往西亚、地中海和黑海地区的陆路运输大通道,有利于进一步完善中国内陆至边疆、中亚、地中海等地区的陆路运输通道,对完善中国西部地区尤其是青海和新疆两省区的铁路网结构,进一步推动丝绸之路经济带战略和青海、新疆两省区经济社会的发展,促进沿线地区经贸往来和资源开发,加强民族地区团结和巩固国防安全等方面具有重要意义<sup>[41]</sup>;#10代表试验研究,主要开展中国线性沙害技术体系的建立;#11和#12主要代表对现阶段铁路防沙提出的新型防沙材料的选择、植被修复的重建以及施工工艺的提高等。

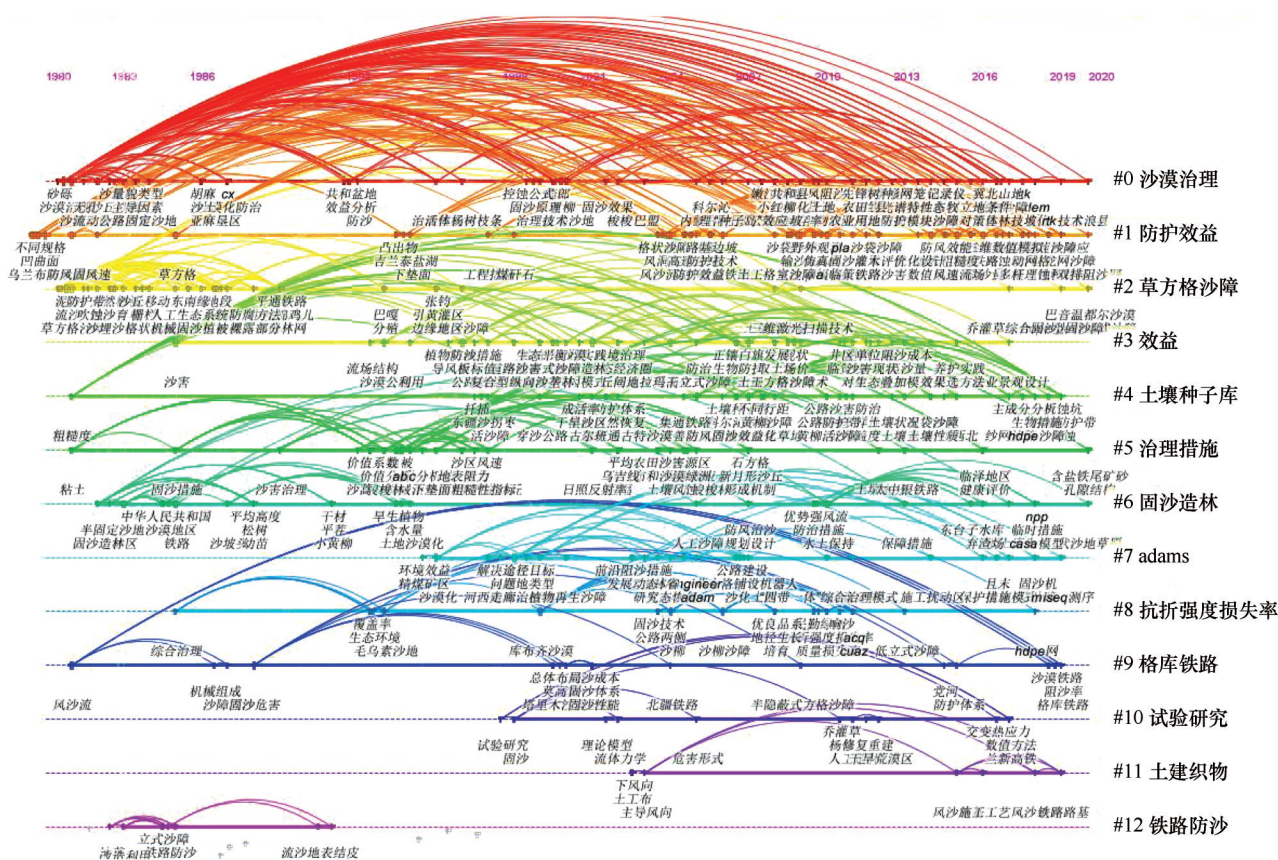


图6 1980—2020年文献关键词共现时区图谱

Fig.6 1980—2020 literature keywords collinear time zone map

## 2.6 外文文献发展趋势

基于Web of Science核心数据库,检索了2000年以后关于沙障的文献。图7为英文文献的关键词

图谱,大致分为两部分研究内容,第一部分为2010年以前关于沙障的研究,主要面向沙生植物、地表风速、多孔栅栏等方面的防风阻沙特性研究;2010



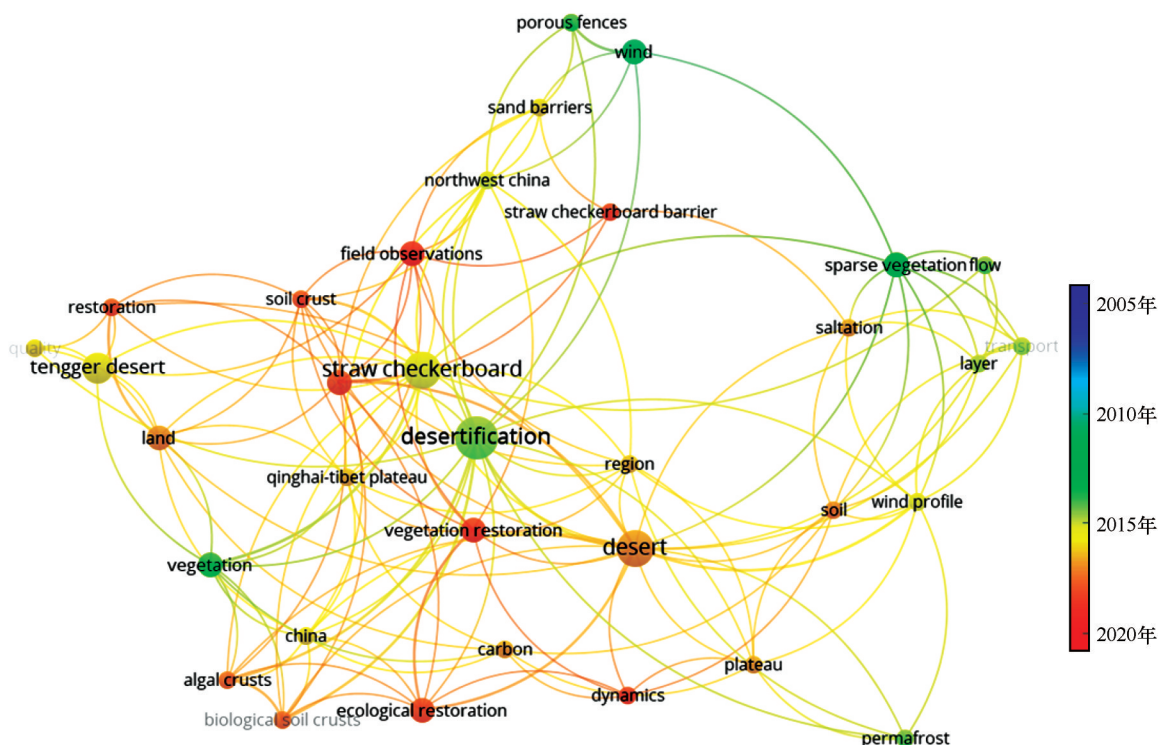


图7 英文文献的关键词图谱

Fig.7 Keyword map of English literature

年之后主要研究的方向为中国西北的风沙运动规律、草方格沙障(稻草棋盘格沙障)、植被恢复、野外实地观测、风沙动力学、土壤地表的风速廓线、风洞和数值模拟研究等,其中植被恢复、风洞和数值模拟、风沙动力学等将是以后一段时间内的研究热

点。由图8引用的相关文献可知,文献被引频次的高低代表着能被更多同领域专家认可的程度,从引用的相关文献我们可以发现,主要分为4个聚类:聚类1(蓝色)以黄宁、张春来、张克存、薄天利、李新荣等为主,主要关于风沙运动以及力学特性、风沙流

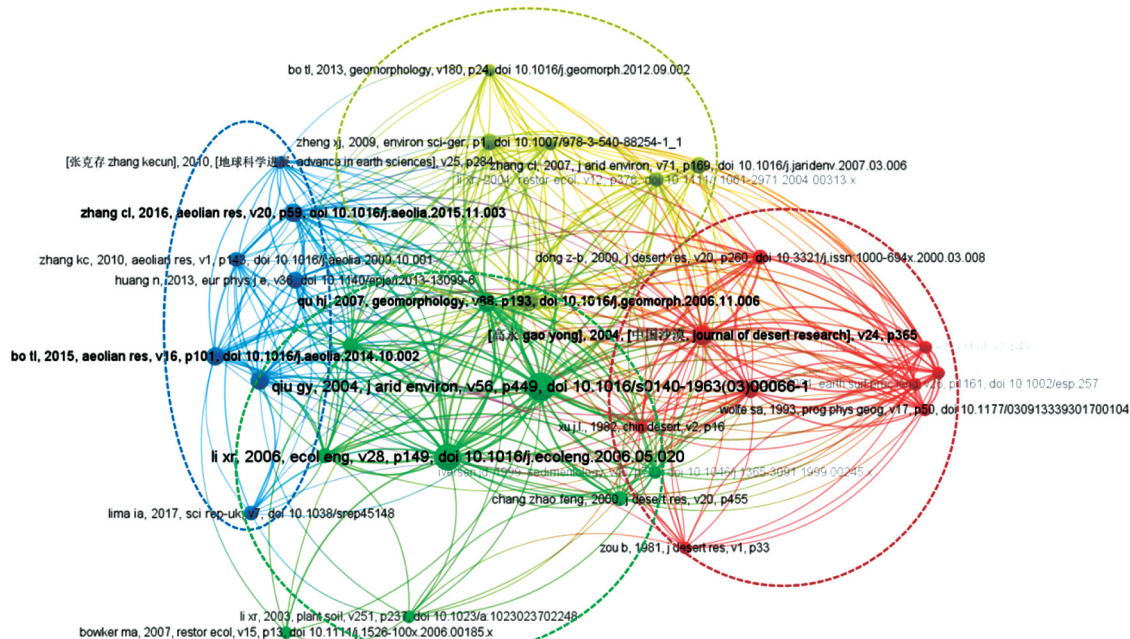


图8 被引文献的聚类图谱

Fig.8 Cluster map of cited documents

运动特性和荒漠生态系统以及土壤结皮等方面；聚类 2（黄色）以郑晓静、薄天利、张春来等为主，从风沙两相流及数值模拟方面进行研究；聚类 3（红色）主要以董治宝、高永、Wolfe 等为主，主要研究植被的风蚀以及粗糙特性；聚类 4（绿色）以邱国玉、李新荣、常兆丰、Bowker 等为主，以植被恢复后的风蚀研究为主。

### 3 未来中国沙障研究的发展前景

#### 3.1 沙障新材料的研发与筛选

近年来，随着“一带一路”的建设，铁路及公路等线性工程不断发展，风沙灾害防治一直是戈壁、沙漠地区所面临的棘手工程技术问题。风沙治理通常有机械防沙、植物防沙及化学防沙 3 类形式，其中机械防沙是建设最为便捷、发挥效益最快的固沙方式。传统的麦草方格沙障、沙柳沙障等植物性材料尽管

建设便捷，但其在风沙地区易老化腐烂，寿命一般在 2—3 年，而此时与之配套的生物措施尚未成形，不能及时发挥效益，影响防风固沙效益，因而，选择抗老化、长寿命的沙障材料成为首要考虑的问题。

羽翼袋沙障作为一种新型沙障，有抗风沙、抗老化、方便施工、时效性强、寿命长及兼具孔隙可控等特点。沙障在不同的气候区其所发挥的作用不同，因而材料的选取完全取决于沙障所应用的地点和所处的气候区。由表 3 可知，当沙障铺设于半干旱区时，沙障的功能主要是辅助生物措施，因而沙障的寿命可为 3—5 年；当铺设沙障位于干旱区、极端干旱区时，沙障的寿命需延长至 5—10 年或 10—20 年，以便这些沙障能长期发挥固沙作用或使得生物措施成形能够正常发挥作用，达到防沙固沙的目的。此外，随着公众环境意识的增强及防沙治沙的绿色治理，可降解性、环保性等均成为沙障选择的特征。

表 3 沙障材料特性进行对比

Table 3 Comparison of the characteristics of sand barrier materials

| 材料使用寿命      | 沙障材质           | 抗紫外线 | 耐腐蚀性 | 抗高温能力 | 降解能力 | 抗拉力 | 可塑性 |
|-------------|----------------|------|------|-------|------|-----|-----|
| 短期（3—5 年）   | 聚乳酸纤维（PLA）     | √    | √    | √     | √    | 好   | 强   |
|             | 植物基产品          | √    | √    | √     | √    | 一般  | 强   |
| 中期（10—20 年） | PVC 复合蓬盖材料     | √    | √    | √     | ×    | 好   | 强   |
|             | PVC 复合蓬盖+PVF 膜 | √    | √    | √     | ×    | 好   | 强   |
|             | 内增强型 TPO 材质    | √    | √    | √     | √    | 好   | 强   |
| 长期（20—30 年） | 玻璃纤维涂层         | √    | √    | √     | ×    | 好   | 强   |

#### 3.2 智能化沙障系统的应用

智能化系统是指由现代通信与信息技术、计算机网络技术、行业技术、智能控制技术汇集而成的针对某一个方面应用的智能集合，随着信息技术的不断发展，其技术含量及复杂程度也越来越高，智能化的概念开始逐渐渗透到各行各业以及生活的方方面面。

沙障铺设机<sup>[42-44]</sup>是近几年中国首次提出的应用于沙地防风固沙中的机械技术，主要包含以下几个系统：装备地理信息系统，利用对数据的采集、管理、处理、分析和输出等功能；地形环境感知系统，对周围地形因子进行自我获取并输入系统储存；全自动化路线规划，全程不需要人为干扰，自我进行线路铺设规划以及铺设多种类型沙障。沙障铺设机对中国的防沙治沙事业有着重要作用，值得在未来荒漠化治

理中推广。

### 4 结论与建议

中国对沙障的研究虽早在 2 000 多年前的秦汉时期就有记载，但理论实际研究起步较晚，正因为这种情形中国治沙工作者热情不减，推动中国沙障研究与其他学科之间的交流，进而产生了许多新兴研究领域，多样的主题不断涌现，这也给治沙工作者提出了新一阶段的挑战。

通过可视化图谱量化分析得出关于中国沙障文献产出量总体而言经历了缓慢上升的过程，即 1980—1990 年处于起步阶段、1990—2000 年处于发展阶段、2000—2010 年处于迅猛发展趋势、2010—2020 年处于高平稳发展趋势。从关键词共现聚类可分为 6 个大类：聚类 1，沙漠治理及造林模式研究；聚类 2，植物固沙措施为主体；聚类 3，以乌兰布和沙漠

和库布齐沙漠为研究载体;聚类4,不同类型的防沙工程及自身特性研究;聚类5,风洞模拟和数值模拟研究;聚类6,自动化的沙障铺设机,如草方格沙障铺设机。从作者合作和机构合作角度分析,以高永、屈建军、常兆丰、刘虎俊、丁国栋、闫德仁、袁立敏等人组成科研团队发文数量最多,但作者群之间的合作度不多,机构以高校和科研机构为主体,均呈现出整体分散、部分集中的形式。

通过突变和时区分析,能有效挖掘出热点问题,结合中国沙障研究现状,大体可分为两个部分:1980—2000年间,中国沙障处于快速发展的过程,其关键词主要是粒度特征、不同规格、凹曲面、流沙、沙漠治理、沙层;2000—2020年,沙障的研究逐渐从线性铁路和公路防沙到植被恢复,再到数值模拟研究,学者们关于沙障的研究更注重与其他学科的交叉融合,打破原有的学科藩篱,协调相关资源统筹发展,为中国沙障研究加入新鲜的元素。

#### 参考文献:

- [1] 杨文斌.低覆盖度治沙:原理、模式与效果[M].北京:科学出版社,2016.
- [2] 虞毅.沙袋沙障防沙治沙技术[M].北京:科学出版社,2014.
- [3] 张利文,周丹丹,高永.沙障防沙治沙技术研究综述[J].内蒙古师范大学学报(自然科学汉文版),2014,43(3):363-369.
- [4] 孙涛,刘虎俊,朱国庆,等.3种机械沙障防风固沙功能的时效性[J].水土保持学报,2012,26(4):12-16,22.
- [5] 吴正.风沙地貌与治沙工程学[M].北京:科学出版社,2003:331-334.
- [6] 林业部西北、华北、东北防护林建设局.中国三北防护林体系建设总体规划方案[M].银川:宁夏人民出版社,1993:30.
- [7] 李红悦,哈斯额尔敦.机械沙障固沙效应及生态效应的研究综述[J].北京师范大学学报(自然科学版),2020,56(1):63-67.
- [8] 包岩峰,杨柳,龙超,等.中国防沙治沙60年回顾与展望[J].中国水土保持科学,2018,16(2):144-150.
- [9] 慈龙骏.中国的荒漠化及其防治[M].北京:高等教育出版社,2005:35.
- [10] 王涛,赵哈林.中国沙漠科学的五十年[J].中国沙漠,2005,25(2):3-23.
- [11] 董治宝.中国风沙物理研究五十年(I)[J].中国沙漠,2005,25(3):293-305.
- [12] 周金星,韩学文,孔繁斌,等.我国荒漠化防治学科发展研究[J].世界林业研究,2003(2):42-47.
- [13] Chen C, Song M. Visualizing a field of research: a methodology of systematic scientometric reviews[J]. PLoS One, 2019, 14(10): e0223994.
- [14] 李杰,陈超美.CiteSpace[M].北京:首都经济贸易大学出版社,2016.
- [15] Chen C M, Song I Y, Yuan X J, et al. The thematic and citation landscape of Data and Knowledge Engineering (1985-2007) [J]. Data & Knowledge Engineering, 2008, 67(2): 234-259.
- [16] 李杰. CiteSpace 中文指南. <http://blog.sciencenet.cn/blog-554179-1066981.html>.
- [17] Chen C, Morris S. Visualizing evolving networks: minimum span-ning trees versus pathfinder netw-orks [C]//Information Visualiza-tion, 2003. INFOVIS 2003. IEEE Symposium on. IEEE, 2009: 67-74.
- [18] 张力,赵星,叶鹰.信息可视化软件CiteSpace与VOSviewer的应用比较[J].信息资源管理学报,2011(1):95-98.
- [19] 赵海莉,张婧.基于Citespace和Vosviewer的中国水旱灾害研究进展与热点分析[J].生态学报,2020,40(12):1-10.
- [20] 曹永强,刘明阳.基于CiteSpaceV的国内生态工程研究文献可视化分析[J].生态学报,2019,39(11):4190-4199.
- [21] 卢琦,雷加强,李晓松,等.大国治沙:中国方案与全球范式[J].中国科学院院刊,2020,35(6):656-664.
- [22] 王涛.《防沙治沙法》在治理沙漠化中的作用[C]//中国-欧盟荒漠化综合治理研讨会.2003.
- [23] 张煜星,孙司衡.《联合国防治荒漠化公约》的荒漠化土地范畴[J].中国沙漠,1998,18(2):188-192.
- [24] 郭彩霞,韩致文,李爱敏,等.库布齐沙漠生态治理与开发利用的典型模式[J].西北师范大学学报(自然科学版),2017,53(1):112-118.
- [25] 李国雷,刘勇,郭蓓,等.我国飞播造林研究进展[J].世界林业研究,2006(6):45-48.
- [26] 陈芳,马全林,魏林源,等.沙米(*Agriophyllum squarrosum*)种子库空间分布和影响因素[J].中国沙漠,2020,40(4):190-196.
- [27] 杨晓君,刘廷玺,王冠丽,等.科尔沁沙地流动沙丘不同时空尺度水热变化及CO<sub>2</sub>交换特征[J].应用生态学报,2020,31(6):1989-1998.
- [28] 荣文文.内蒙古大塔-何家塔铁路风沙路基综合防护体系[J].中国沙漠,2019,39(4):129-138.
- [29] 胡菲,张克存,安志山,等.敦煌沙漠、绿洲和戈壁地表风动力环境特征同步对比[J].中国沙漠,2020,40(4):113-119.
- [30] 赵明珠,俎瑞平,王军战,等.哈罗铁路沿线沉积物粒度特征[J].中国沙漠,2021,41(1):1-9.
- [31] 周娜,张春来,田金鹭,等.半隐蔽式草方格沙障凹曲面形成的流场解析及沉积表征[J].地理研究,2014,33(11):2145-2156.
- [32] 王艺钊,原伟杰,丁国栋,等.聚乳酸(PLA)沙障凹曲面及沉积物粒度特征研究[J].干旱区地理,2020,43(3):671-678.
- [33] 王强,左合君,李钢铁,等.巨菌草留茬沙障防风固沙效益及其适宜模式研究[J].干旱区研究,2018,35(5):1234-1241.
- [34] 高天笑,王涛,杨文斌,等.低覆盖度羽翼袋沙障防风积沙效应的风洞试验[J].中国沙漠,2019,39(6):177-183.
- [35] 辛国伟,黄宁,张洁.大风区铁路沿线挡风墙积沙机理及优化措施的风洞实验研究[J].力学学报,2020,52(3):635-644.
- [36] 韩峰,石龙,李凯崇.风沙流对兰新高铁挡风墙的响应规律[J].中国铁道科学,2019,40(5):9-15.
- [37] 贾光普,左合君,闫敏,等.不同高度双行尼龙阻沙网的合理间距研究[J].干旱区资源与环境,2020,34(1):132-139.
- [38] 袁方,张振师,卜崇峰,等.毛乌素沙地光伏电站项目区风速



- 流场及风蚀防治措施[J]. 中国沙漠, 2016, 36(2): 287-294.
- [39] 贾光普, 左合君, 王海兵, 等. 高立式尼龙网沙障周围风沙运动特性的数值模拟与试验[J]. 农业工程学报, 2020, 36(18): 109-117.
- [40] 张帅, 丁国栋, 高广磊, 等. 硬质地 HDPE 沙障防风效益的风洞试验[J]. 北京林业大学学报, 2020, 42(3): 127-133.
- [41] 李生宇, 雷加强, 徐新文, 等. 中国交通干线风沙危害防治模式及应用[J]. 中国科学院院刊, 2020, 35(6): 665-674.
- [42] 舒庆. 防风固沙草方格铺设机器人设计及动力学分析[D]. 哈尔滨: 东北林业大学, 2007.
- [43] 梁建平, 张文军, 范春茂, 等. 纱网材料沙障铺设机研究设计[J]. 内蒙古林业科技, 2020, 46(2): 49-53.
- [44] 刘思敏, 晁显志. 沙漠草方格铺设机的计算机辅助设计[J]. 中阿科技论坛, 2018(4): 46-49, 138-143.

## Research progress and hotspot analysis of sand barrier in China Quantitative analysis of atlas based on Vosviewer and Citespace

Han Xueying<sup>1,2</sup>, Wang Tao<sup>3</sup>, Yang Wenbin<sup>2,4</sup>, Jia Guangpu<sup>1</sup>, Liu Jing<sup>1</sup>, Yang Yu<sup>2</sup>

(1. Desert Science and Engineering College, Inner Mongolia Agricultural University, Hohhot 010018, China; 2. Inner Mongolia Low Coverage Sand Control Technology Development Co., Ltd., Hohhot 010010, China; 3. Northwest Institute of Eco-Environment and Resources, Chinese Academy of Sciences, Lanzhou 730000, China; 4. Institute of Desertification Studies, Chinese Academy of Forestry, Beijing 100091, China)

**Abstract:** Based on the quantitative analysis of the atlas of Vosviewer and Citespace, 1 462 literatures on the study of sand barriers in China from 1980 to 2020 using CNKI, Wanfang data and Weipu information as data sources were selected as samples, and 50 highly cited articles on sand barriers published in foreign journals after 2000 were selected as samples. Statistics and mapping of literature output change, keyword co-occurrence, co-occurrence of authors' cooperation, institutional cooperation, mutation and time zone change were conducted to clarify the current situation of sand barrier research in China and explore hot issues. The results show that: the output of sand barrier research literature in China can be divided into four stages: 1980-1990 in the initial stage, 1990-2000 in the development stage, 2000-2010 in the rapid development trend, 2010-2020 in the high and stable development trend; the key words are mainly desert control, plant sand fixation, Ulan Buhe desert and Kubuqi Desert, wind tunnel and numerical simulation, automatic sand barrier. The cooperation between the author and the organization is in the form of "overall dispersion, part concentration", lacking of mutual communication and cooperation between members and organizations; the analysis of abrupt change time zone shows that after 2013, the research focus of sand barrier in China is soil and water conservation, vegetation restoration, numerical simulation, wind speed and flow field, sediment transport, sand control measures and formulation of sand control and prevention policies. These hot spots will also be hot issues in the future. Looking forward to the future, although the overall trend of desertification in China has been curbed, there is still a long way to go for desertification control.

**Key words:** Vosviewer; Citespace; atlas; sand barrier research; hotspot analysis