

基于 CNKI 数据库的我国石墨烯领域 论文计量分析

魏晓旭, 郑 佳

(中国科学技术信息研究所, 北京 100038)

摘 要: 本文基于中国知网 (CNKI) 数据库期刊数据对我国石墨烯领域论文进行了文献计量分析, 采用了 Excel、ECharts 和 Citespace 等软件对近 5 年石墨烯领域论文进行了发文趋势、地区分布、基金支持情况和时区热点的分析。结果表明, 我国长三角地区石墨烯产业发展领先优势突出, 学者们的研究趋势越来越聚焦于研发完善石墨烯的制备技术, 达到更大规模、更高质量、更低成本的目的, 推动石墨烯大规模应用, 以及开发精密石墨烯电子器件, 更多地将石墨烯应用于节能环保、电子信息、海洋工程等领域。

关键词: 石墨烯; CNKI 论文; 知识图谱; 计量分析

中图分类号: O613.71 **文献标识码:** A **DOI:** 10.3772/j.issn.1009-8623.2019.03.010

1 概述

石墨烯 (Graphene) 是由碳六元环组成的二维周期蜂窝状点阵结构^[1], 它可翘曲成零维的富勒烯, 卷成一维的碳纳米管或堆垛成三维的石墨, 也是构成其他石墨材料的基本单元^[2]。具体来说, 石墨烯是一种由碳原子构成的单层片状结构的新材料, 是一种只有一个碳原子厚度的二维材料^[3]。石墨烯是碳的多种形态中的基本结构^[4], 不仅具备碳原子独特的结构, 还具备众多复杂的物理特性, 据报道, 这种二维形式的碳结构有望为未来的设备制造和材料科学的研究开辟新的机遇^[5-7]。在 2004 年, 英国曼彻斯特大学的安德烈·海姆教授和康斯坦丁·诺沃肖洛夫教授成功从石墨片中剥离出了石墨烯, 这一实验证明了石墨烯可以单独存在, 两人也在 2010 年荣获诺贝尔物理学奖。从此石墨烯走入大众的视野, 在全球范围迅速掀起了石墨烯制备和应用的研究热潮^[8]。

自石墨烯被发现之后, 世界各个国家便展开了对石墨烯的研究, 英国作为石墨烯的“诞生地”,

相关研究却落后于中国、美国和日本。其中美国在石墨烯研究方面起步最早, 我国在石墨烯领域的研究起步与发达国家相比较晚, 而在 2011 年之后, 中国后来居上, 发文量逐年大幅度增长。2012 年初工信部印发的《新材料产业“十二五”发展规划》首次将石墨烯列入前沿材料目录^[9]。在 2015 年 5 月, 国家金融信息中心指数研究院发布的全球首个石墨烯指数评价结果显示, 我国全球石墨烯产业综合发展实力位列全球第 3 位 (前 2 位分别为美国和日本)^[10]。

我国在“十二五”规划中明确将新材料产业列为我国重要的战略新兴产业; 国家自然科学基金委员会已经陆续拨款超过 3 亿元资助石墨烯相关项目; 同时为推进石墨烯产业的发展, 还引导石墨烯产业成立了中国石墨烯产业技术创新战略联盟。

近年来许多学者将科学计量和知识图谱等方法作为分析工具应用于石墨烯产业发展的分析当中, 前沿分析和石墨烯技术与产业发展研究对决策者来说非常重要。本次研究选取 Excel、ECharts 和

第一作者简介: 魏晓旭 (1994—), 女, 在读研究生, 主要研究方向为竞争情报。

通讯作者简介: 郑佳 (1982—), 女, 研究员。邮箱: zhengji@istic.ac.cn

收稿日期: 2019-02-12

Citespace 软件对科技论文进行文献计量分析,研究我国石墨烯的研发态势。科技论文是表现科研成果、领域发展趋势的一种重要形式。论文的数量、质量、学术影响及研究趋势可以作为评价一个领域研究趋势的重要指标。本次以论文作为对象,系统地研究近 5 年来我国石墨烯领域论文的发表情况、地区分布状况、基金支撑情况以及热点变化情况等,从而研究石墨烯领域近几年的发展趋势,并确定该领域的代表性机构;通过分析还可以预测该领域未来可能要研究的方向,从而对我国石墨烯领域的发展提出相应的对策与建议。

本文选择中国知网作为论文的数据来源,检索式为:主题=石墨烯 or 题名=石墨烯。时间限制是 2014—2018 年,检索时间为 2018 年 10 月 30 日。检索过程中共得到 8 464 篇文献,除去报道、新闻以及通知等类型的无效文献,本文所分析论文为 7 346 篇。以下研究主要从我国石墨烯领域相关文献的年度产出量、技术布局、基金支撑情况、热点变化情况等方面展开分析,从宏观、中观、微观三重视角揭示我国石墨烯领域的研究态势。

2 分析

2.1 论文数量年度分布概况

图 1 给出了我国石墨烯领域在 2006—2018 年度文献产出量的变化情况,可以看出我国学者很关注石墨烯领域的研究,其发文量也一直处于稳步上升趋势。2008 年第一篇石墨烯期刊论文出现,之后一直保持稳定的增长率。在 2016 年之后,增长

速度有所减慢,表明在此之前我国相关技术和产业正处于成长期,2016 年的发文数量为 1 536 篇。

2016 年过后增长率虽然变小,但仍然保持较高的数量。其数量有所回落可能是因为,2016 年 3 月 6 日,国家发布了《国民经济和社会发展第十三个五年规划纲要(草案)》,勾勒了中国未来 5 年的发展路线图,其重点抓手之一是明确了 165 项重大工程,内容涉及经济社会发展的方方面面,既包括重大建设项目,也包括重大行动、重大计划、重大改革等任务,主要从科技创新、结构升级、基础设施、生态环保、民生改善 5 个方面发力,石墨烯被列入第 38 项。同年 12 月 23 日,国务院办公厅发布通知,为贯彻实施制造强国战略、加快推进新材料产业发展,国务院决定成立国家新材料产业发展领导小组。12 月 26 日,全国工业和信息化工作会议在北京召开,落实中央经济工作会议部署。会议提出,选择优势企业,围绕石墨烯、轻量化材料、高温合金等重点方向,力争突破 8 种关键新材料,形成一批典型应用示范成果。2016 年还发布了《2016 年度石墨烯产业发展白皮书》,白皮书中指出,石墨烯正处于大规模产业化前夕,预计到 2020 年市场规模可达到 3.85 亿美元。由于数据检索时间是 2018 年 10 月 15 日,所以 2018 年的论文数量较少。从整体来看,我国学者对于石墨烯领域的关注度仍是不断增加的。

2.2 地区分布状况

将 2014—2018 年五年间各个省份石墨烯领域的发文量进行统计,如表 2 所示。表 2 中展示了我

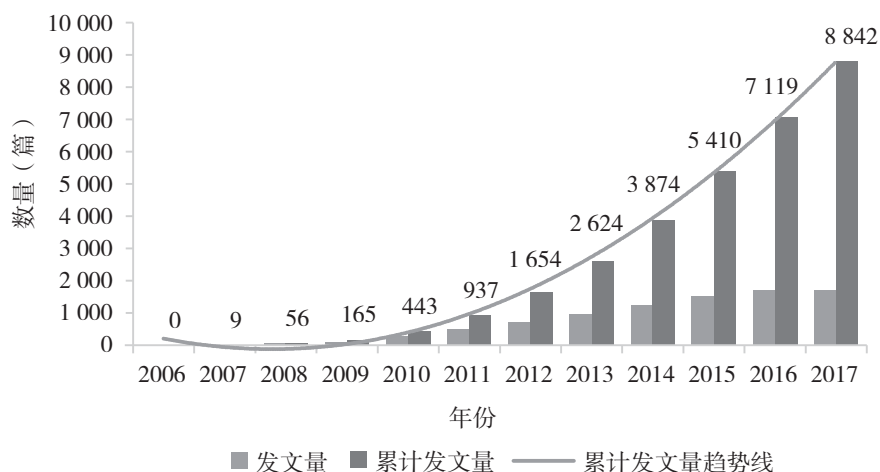


图 1 石墨烯领域发文趋势图

国石墨烯领域发文量位居前 20 的省份。从表中可以看出, 发文量大于等于 206 篇的地区, 为北京、山东、江苏、上海、陕西、湖北、四川和广东, 共包括 2 个直辖市和 6 个省份, 其中发文量最多的是江苏和北京, 分别为 579 篇和 557 篇。其次是上海、山东和陕西, 发文量分别为 370 篇、352 篇和 334 篇。高发文地区分布比较集中, 主要为我国的中部偏东地区、长三角地区以及华南地区的广东。这几个地区在石墨烯领域论文科研产出较多, 一方面是因为高校比较多, 师资力量较为强大, 学者们拥有非常良好的研究环境, 更易于进行科学研究; 另一方面, 我国长三角地区以及华南地区的广东经

济较为发达, 有更多的科研经费用于追踪纳米光电领域的科研新动向, 从而拥有更多的科研产出。另外这几个地区在我国石墨烯产业发展中领先优势较为突出, 论文的科研产出也相应地更多。

2.3 基金支持状况

本文统计了 2014 到 2018 年我国石墨烯领域论文的基金支持状况。国家自然科学基金支持了, 一半以上的石墨烯领域论文, 共计 3 000 多篇。本文为了便于统计, 还对国家自然科学基金以外的基金支持状况进行了统计, 具体如图 2 所示。其中排名前 5 的分别是中国国家基础研究计划 (973 计划)、江苏省自然科学基金、中国博士后科学基金、高等

表 1 石墨烯领域发文地区分布状况

序号	地区	数量	占比
1	江苏	519	11%
2	北京	475	10%
3	上海	319	7%
4	山东	317	7%
5	陕西	313	7%
6	四川	226	5%
7	广东	220	4.60%
8	湖北	206	4%
9	黑龙江	197	4%
10	辽宁	174	3.70%
11	山西	171	4%
12	河南	168	3.50%
13	浙江	152	3%
14	安徽	151	3%
15	湖南	149	3%
16	天津	129	3%
17	福建	120	2.50%
18	河北	118	2.50%
19	江西	97	2%
20	重庆	94	2%

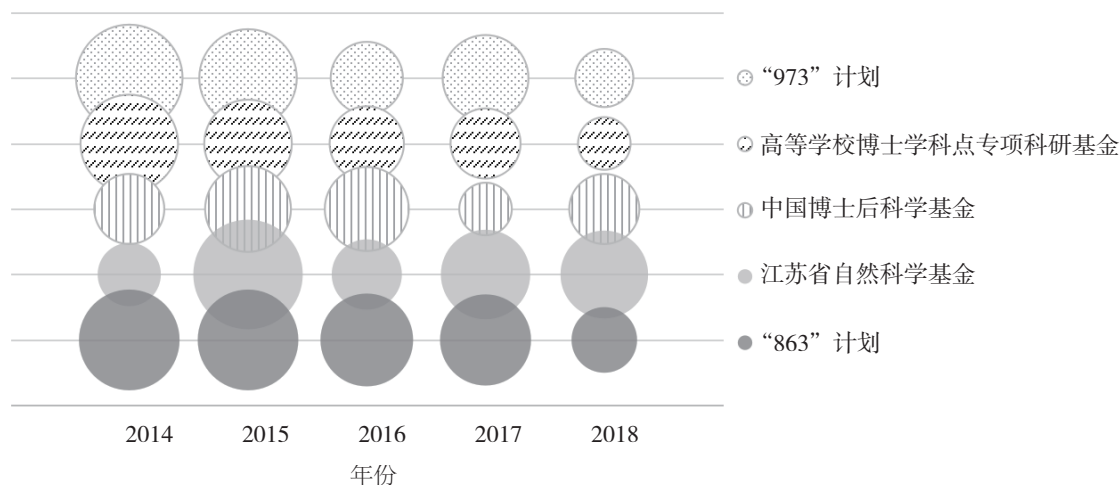


图2 石墨烯领域发文基金支撑情况

学校博士学科点专项科研基金和国家高技术研发计划（863计划）。

从图中看出，2014—2018年之间，973计划一直是我国石墨烯研究的重要支持渠道，每年支持的论文数量比较稳定。还可以看出，江苏省自然科学基金支持的研究数量也较为突出，这与上文中对石墨烯领域发文地区分布的分析结果中江苏省发文量排名第1的状况是一致的。从这一点可以初步得出结论，江苏省对石墨烯的研究十分重视，也足以看出江苏省投入了相当大的资源对石墨烯领域展开研究。另外排名第3和第4的是中国博士后科学基金和高等学校博士学科点专项科研基金，可以看出我国有相当一部分的高学历学者对石墨烯进行研究，表明我国石墨烯领域有着优质的研究人才。排名第5位的是863计划，该计划的目标是提高我国的自主创新能力，特别是战略性、前沿性和前瞻性高技术领域的创新能力，从而充分发挥高技术引领未来发展的先导作用。从图2可以看出，石墨烯领域基金支持下的论文数量状况均在2016年有所波动，这可能也如前文所述，与2016年发布的《2016年度石墨烯产业发展白皮书》有关，致使业界人士又有了新的研究方向。

2.4 时区热点分布

使用Citespace软件，对2014—2018年我国石墨烯领域关键词进行分析，从而确定我国石墨烯领域在该时间段内的研究热点。本次分析选择了时区图的呈现方式，不仅可以看出石墨烯领域的研究热

点，还能看出热点的变迁情况。时区视图是知识图谱研究中利用时间维度表征知识演进过程的一种形式。在Cite Space中选择Time-zone，以1年作为一个时间间隔（Slice Length），利用Citespace软件，可得到我国石墨烯领域研究的高频关键词时区图谱（如图3所示）。通过分析发现，时区图谱将所有关键节点置于一个横轴为时间的二维坐标中，依据高频关键词出现的起始年份，随着时间的推移节点依次定位于不同的时区中，其位置根据时间轴依次向上排列，直观地呈现出一个自下而上、自左至右的知识演进图谱^[11]。图3从整体上揭示我国石墨烯领域的主要发展脉络。

通过图3可以看出，2014年石墨烯领域的研究热点是氧化石墨烯、超级电容器、锂离子电池、石墨烯的制备、太阳能电池以及石墨烯作为纳米材料的性能研究等几个方面。和其他石墨烯类型相比，氧化石墨烯因为生产价格低廉而在全球石墨烯市场中成长最快。之后在2015年，学者们开始关注石墨烯在光电催化中的应用、掺杂不同特性元素的石墨烯功能研究、石墨烯的导电导热性能以及阻燃性能，从而进一步研究石墨烯涂料的应用。2015年出现了一个新的研究热点，就是将石墨烯应用于微生物燃料电池，从这个转变可以看出科学家们对于石墨烯材料的研究已经开始从起初的性能研究向实际应用方向转变，比如将石墨烯的物理化学性能应用于各类生物材料、传感器制备等。随着对环保、稳定、无毒和柔性碳材

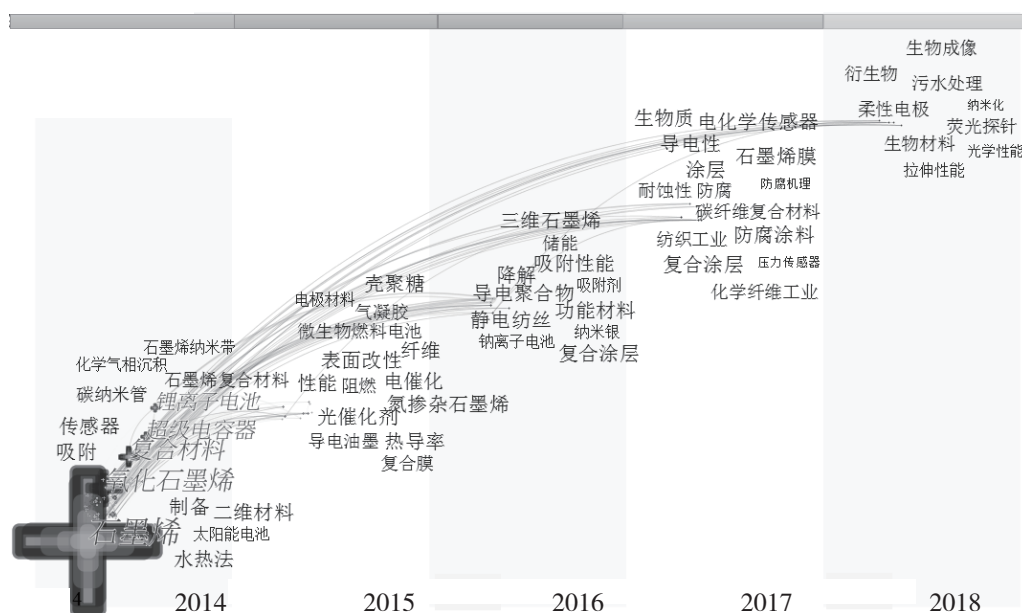


图3 石墨烯领域研究的高频关键词时区图谱

料的需求的增长,2016年学者们开始关注石墨烯的吸附性能、石墨烯纤维以及在环保方面的应用,如降解后用于处理废水的研究尝试。2017年的研究热点逐渐聚焦于纺织工业、石墨烯薄膜以及主要应用于防腐研究的石墨烯涂料。在2018年出现了更多与生物相关的关键词,如生物成像、生物材料、导电剂和荧光探针等,这表示目前以及未来,学者们将在散热材料、高性能计算系统(晶体管材料)、透明显示材料等石墨烯领域进行更多的研究。

3 结语

根据上文对数据的分析,2014—2018年我国石墨烯领域相关期刊论文数量总计为7 346篇。在论文的总申请趋势方面,我国石墨烯领域论文数量快速增长,并保持较高的增长速度,这表明我国石墨烯领域的研究在不断升温,并且处于稳步上升趋势。

在地区分布方面,呈现出以长三角地区为核心的局面,此外还辐射我国的中部偏东地区以及华南地区的广东。在论文方面,对石墨烯领域的研究主要集中在经济较为发达的地区,主要包括北京、山东、江苏、上海、陕西、湖北、四川和广东,共包

括两个直辖市和6个省份。北方以北京为中心,辐射山东、河南、陕西等地区,南方以江苏为中心,上海和安徽等省市同步发展。广东省周围没有地缘型省份共同研究石墨烯,相关论文数量较多主要是因为广东有华南首家以海外高层次人才引进的石墨烯专家为带头人成立的新型研究机构——东莞市道睿石墨烯研究院。该研究院根据“东莞制造2025”战略指导建设。此外,北部的山西、黑龙江和辽宁,南方的湖南、浙江的学者们对纳米光电领域的研究也逐步增长。可以初步看出,我国石墨烯领域研究力度较大的地区主要有以下几个特征:一是高校聚集,二是国家战略大力支持,三是多为经济发达地区。

通过对石墨烯领域发表论文的基金支撑状况进行分析发现,支持我国学者石墨烯研究的主要为以下几个基金:国家自然科学基金、973计划、江苏省自然科学基金、中国博士后科学基金、高等学校博士学科点专项科研基金和863计划,通过973计划和863计划的支持可以看出我国对石墨烯研究的高度重视。另一方面,中国博士后科学基金、高等学校博士学科点专项科研基金也支持了许多石墨烯领域的研究,表明我国石墨烯研究领域有相当一部分的优质人才,未来我国石墨烯的研究有

望得到进一步发展。

石墨烯材料的研究在慢慢地向应用化方向转移,该领域的研究人员也在努力将石墨烯这些独特优异的性质应用于各类光电子器件和材料领域(如生物材料、传感材料)等。目前我国石墨烯正处于大规模产业化前夕,就目前的研究趋势来看,石墨烯将在散热材料,高性能计算系统(晶体管材料)、超级电容器、锂电池、传感器、结构材料等领域取得进一步的发展。从石墨烯领域研究热点的发展趋势来看,我国石墨烯领域未来最为主要的两个研究方向分别是:研发完善更大规模、更高质量、更低成本的石墨烯制备技术,推动石墨烯大规模应用;开发精密石墨烯电子器件,更多地将石墨烯应用于节能环保、电子信息、海洋工程等领域。

石墨烯作为一种新兴的纳米材料,是目前的研究热点,我国的石墨烯研究也在向产业化方向迈进。若想更好更快地发展,业界的研究就要瞄准领域的发展前沿和研究热点。本文尝试从论文的角度对我国石墨烯领域的研究进展进行分析,从年度申请量、地区分布、基金支撑情况、时区热点分布等方面展开分析。在未来的研究中,可以考虑在分析时区热点时,尝试与突变词结合,更方便、全面地呈现石墨烯领域的研究热点。■

参考文献:

- [1] 张琪,陆春海,陈敏,等. 铯分离提取的研究现状[J]. 广州化工, 2015, 43(22): 1-3, 16.
- [2] 代波,邵晓萍,马拥军,等. 新型碳材料——石墨烯的研究进展[J]. 材料导报, 2010(2): 17-21.
- [3] 杜鹃. 石墨烯[N]. 山西日报, 2018-09-18(003).
- [4] 刘玲玲,张红梅. 石墨烯在锂离子电池中的应用[J]. 当代化工研究, 2018(6): 65-66.
- [5] Novoselov K S, Fal'ko V L, Colombo L, et al. A roadmap for graphene[J]. Nature, 2012, 490(7419): 192.
- [6] 郑佳. 石墨烯——新世纪材料宠儿[N]. 人民日报, 2013-06-24(23).
- [7] 郑佳. 基础研究与商业应用并行推进[N]. 人民日报, 2013-06-24(23).
- [8] 崔灿. 基于文献计量的石墨烯领域美日中大学知识扩散对比研究[D]. 北京: 中国科学技术信息研究所, 2015.
- [9] 胡雯. 基于文献计量的国际石墨烯研发态势分析[J]. 图书情报导刊, 2017, 2(11): 60-65.
- [10] 康晓博. 还在等石墨烯超级电池? 先来试试抗菌防脚气的石墨烯袜子吧![J]. 中国机电工业, 2015(9): 40.
- [11] 韩瑞波. 改革开放以来中国政治体制改革研究的热点聚焦与发展理路——基于 CNKI 论文的文献计量分析[J]. 理论导刊, 2018(7): 34-40.

Bibliometric Analysis of Graphene Field in China Based on CNKI Database

WEI Xiao-xu, ZHENG Jia

(Institute of Science and Technology Information of China, Beijing 100038)

Abstract: Based on CNKI database journal data, this paper makes a bibliometric analysis of Chinese graphene field papers. Excel, ECharts, Citespace and other software are used to analyze the publishing trend, regional distribution, fund support and time-zone hot spots of graphene field papers in the past five years. The results show that the leading edge of graphene industry in the Yangtze River Delta region of China is outstanding, and the research trend is increasingly focused on developing and perfecting large-scale, high-quality and low-cost graphene preparation technologies, promoting large-scale application of graphene, and developing precision graphene electronic devices, and applying graphene to energy conservation, environmental protection, electronic information, marine engineering and other fields.

Key words: graphene; CNKI paper; knowledge graph; bibliometric analysis