

# 基于引文的石墨烯领域美、日、中大学 知识扩散水平对比研究

崔 灿, 刘 娅

(中国科学技术信息研究所, 北京 100038)

**摘 要:**本研究旨在通过对中国与美国、日本在石墨烯领域知识扩散的对比研究,把握美、日、中在石墨烯领域基础研究扩散现状,为中国在该领域的科学研究提供参考。通过对引文进行文献计量分析,从知识扩散广度、强度、速度等三个维度测度 2007—2014 年美、日、中三国代表性大学在石墨烯领域的知识扩散水平。研究表明,美国大学总体知识扩散水平最高,中国其次,日本第三。知识扩散广度与强度美国均为第一,知识扩散速度中国最快。在知识扩散模式上,美国与日本比较接近,中国与美国、日本有所区别。

**关键词:**知识扩散;引文分析;石墨烯;美国;日本;中国

**中图分类号:**G 250.2 **文献标识码:**A **DOI:**10.3772/j.issn.1009-8623.2015.08.011

## 1 引言

知识扩散是指知识通过一定渠道从知识产生者向外传播、转移,传递到使用者并被利用的过程。从文献计量的视角来看,引文是知识扩散的表征,知识以被引的文献为载体,扩散到其他的研究者,并通过其他研究者的研究成果来体现。利用文献计量学方法,将引文作为体现文献、作者、期刊、学科、机构、国家等的学术影响力的指标,通过对引文的文献计量与分析,可以了解研究对象的知识扩散水平,从而获知研究对象学术影响力<sup>[1-7]</sup>。

石墨烯是碳纳米材料的一种,被誉为“21 世纪的材料”,具有超薄、超轻、超高强度、超导电性、优异的室温导热和透光性等特点,可作为推动战略高技术发展的关键材料。美国、日本等是石墨烯研究领域内居于领先的国家,中国对石墨烯的研究则起步较晚<sup>[8,9]</sup>。大学是知识的产生来源及传播平台,是科学论文重要的生产力量,选择大学作

为知识扩散的研究对象。通过对中国与美国、日本大学在石墨烯领域知识扩散水平的对比研究,了解美、日、中在石墨烯领域基础研究知识扩散的现状,为中国在该领域的科研布局提供参考。

## 2 研究框架

### 2.1 数据来源

本研究数据来源于科学引文索引(SCI)数据库,文献类型限定为论文和综述,文章发表时间为 2007—2014 年,检索日期是 2015 年 3 月 22 日。主题检索式通过文献调研及专家咨询,确定为 TS=graphene\*。

2007—2014 年间,美、日、中在 SCI 石墨烯领域发表的文献与综述总数分别为 10 689、2 938 与 18 689 篇,再将机构限定为“大学”(“univ\*”),美、日、中分别为 9 496、2 481、17 168 篇,均占该国发文总量的 85% 以上。对检索结果“机构”字段进行筛选,综合检索结果,选择发文量排名前

作者简介:崔灿(1991—),女,硕士研究生,主要研究方向为情报学。

收稿日期:2014-12-18

20 的该国大学题录数据作为样本, 美、日、中样本量分别为 4 930、1 935 和 7 948 篇, 分别覆盖本国大学发文量的 46%、51% 和 77%, 可以作为大学的典型代表, 因此选择表 1 所列大学发表的论文

作为知识扩散的研究对象。通过“引文报告”功能获取以上样本数据的引文题录数据, 作为知识扩散分析的数据来源。

## 2.2 研究方法

表 1 美、日、中 2007—2014 年石墨烯领域发文排名前 20 的大学及其发文和被引情况

国家	大学	发文数	被引频次
美国	德州大学奥斯汀分校、麻省理工学院、加州大学伯克利分校、莱斯大学、佐治亚理工学院、哥伦比亚大学、加州大学河滨分校、西北大学、伊利诺伊大学、马里兰大学、宾夕法尼亚州立大学、斯坦福大学、普渡大学、加州大学洛杉矶分校、威斯康辛大学、哈佛大学、康奈尔大学、佛罗里达大学、波士顿大学、宾夕法尼亚大学	4 930	66 635
日本	东北大学、东京大学、东京理工学院、大阪大学、筑波大学、名古屋大学、京都大学、九州大学、信州大学、北海道大学、会津大学、东京科技大学、千叶大学、名城大学、熊本大学、广岛大学、早稻田大学、神户大学、兵库县立大学、金沢大学	1 935	21 212
中国	清华大学、北京大学、中国科学技术大学、南京大学、复旦大学、吉林大学、浙江大学、上海交通大学、湖南大学、中国科学院大学、天津大学、兰州大学、南开大学、山东大学、哈尔滨工业大学、大连理工大学、北京化工大学、香港城市大学、东南大学、四川大学	7 948	51 071

数据来源: 根据 SCI 题录数据统计得出。

对获取到的三个国家大学的 2007—2014 年间的发文数据及引文数据, 分别进行清洗、统计及分析, 使用 TDA 对数据进行清洗, 使用 Excel 对施引文献的国家、机构、出版年、学科、来源出版物等字段进行统计, 获知样本的被引情况, 并使用表 2 的知识扩散指标, 比较三国 20 个大学在 2007—2014 年间知识扩散水平。

## 2.3 知识扩散指标

研究对象的知识扩散水平, 可以从广度、速度、

强度等三个维度来描述。知识扩散广度描述的是知识扩散的范围大小, 知识扩散强度描述的是指定路径上的扩散程度的强弱, 知识扩散速度描述的是知识扩散的快慢。参考其他学者的对知识扩散指标的研究<sup>[5,7,10-12]</sup>, 本研究中用施引文献所涉及到的国家数或学科数表示知识扩散广度, 用研究对象被特定国家或学科引用的次数表示知识扩散的强度, 用施引文献涉及的国家数或学科数与文献年龄的比值表示知识扩散速度, 具体指标如表 2 所示。

表 2 知识扩散指标

指标类型	指标名称	指标含义
知识扩散广度指标	国家 / 地区扩散广度	引用一定量文献涉及的国家 / 地区数
	学科扩散广度	引用一定量文献所涉及的学科数*
知识扩散强度指标	国家 / 地区扩散强度	某个国家 / 地区的施引次数
	学科扩散强度	某个学科的施引次数
	平均国家扩散强度	被引用总次数 / 国家扩散广度
	平均学科扩散强度	被引用总次数 / 学科扩散广度
知识扩散速度指标	平均国家扩散速度	施引文献涉及到的国家数 / 文献年龄
	平均学科扩散速度	施引文献涉及到的学科数 / 文献年龄
	平均引文延时	引文加权平均年 - 被引文献加权平均年

\* 本研究中“学科”由文献所属的 Web of Science 类别来表示。

### 3 结果分析

#### 3.1 基本情况

美、日、中三国在石墨烯领域中发文排名前 20 大学 2007—2014 年间发表论文的数量如图 1 所示，三国的发文数量都逐年增加，中国发文数量增长速度最快，2007—2008 年，中国发文数最少，

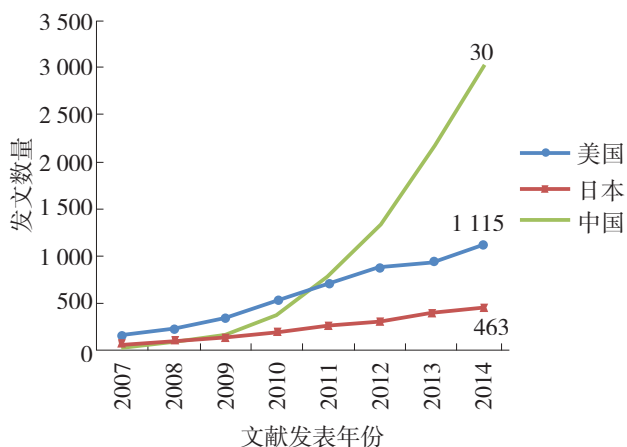


图 1 2007—2014 年美、日、中大学石墨烯论文发表情况

#### 3.2 知识扩散广度

国家扩散广度可以反映知识地理上传播的范围大小，学科扩散广度则反映知识在不同学科之间扩散的范围大小。

##### 3.2.1 国家 / 地区扩散广度

美、日、中三国的国家扩散广度分别为 111、

2009 年中国超过了日本，2011 年超过了美国，发文量居于第一位，到 2014 年，发文数已经达到日本的 6.5 倍，美国的 2.7 倍。被引次数年度分布如图 2 所示，三个国家论文的被引频次都逐年增加，2009 年前，中国被引频次最少，2009 年中国被引次数超过了日本，且增速最快，在 2014 年接近美国。

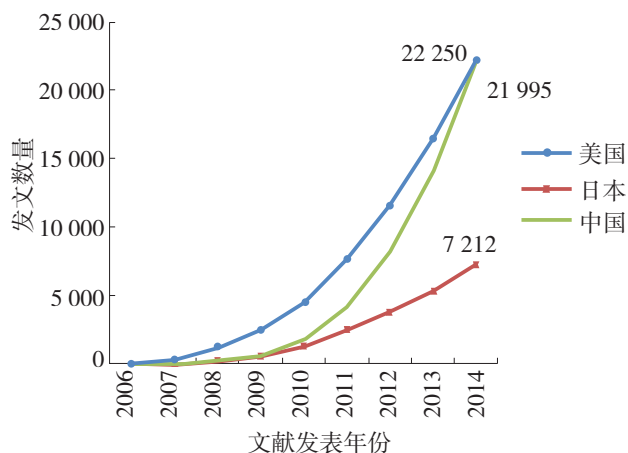


图 2 2007—2014 年美、日、中大学发表文献被引年度分布情况

107 和 111。将三个国家所扩散到的国家按照所属大洲分类，其洲际分布及占国家总数的比例如表 3 所示，扩散到除南极洲之外的其他六大洲。美、日、中三国知识扩散广度洲际分布一致，属于欧洲的国家均最多，其次是亚洲，然后是非洲、南美洲、北美洲、大洋洲。

表 3 美、日、中知识扩散国家的洲际分布

大洲	美国 (占 111 个国家的百分比 %)	日本 (占 107 个国家百分比 %)	中国 (占 111 个国家的百分比 %)	美、日、中共同 (占 93 个国家的百分比 %)
欧洲	40 (37.72)	37 (40.00)	38 (35.96)	37 (41.67)
亚洲	38 (33.33)	35 (35.00)	38 (33.33)	35 (36.46)
非洲	15 (13.16)	11 (11.00)	20 (17.54)	8 (8.33)
南美洲	8 (7.02)	7 (7.00)	8 (7.02)	7 (7.29)
北美洲	7 (6.14)	5 (5.00)	5 (4.39)	4 (4.17)
大洋洲	3 (2.63)	2 (2.00)	2 (1.75)	2 (2.08)

数据来源：根据 SCI 题录数据统计得出。

在美、日、中扩散到的所有国家中，有 93 个国家是三国共同扩散到的国家，其中 37 个属于欧洲，35 个属于亚洲，8 个属于非洲，4 个属于北美

洲，7 个属于南美洲，2 个属于大洋洲。共同扩散到的国家中，欧洲、亚洲国家所占比例较高（与美、日、中各自占比相比较），而非洲国家所占比例则

明显减少。比较美、日、中扩散到国家不同的部分,仅中国扩散到的国家有6个,其中5个来自非洲,1个来自欧洲;仅美国扩散到的国家有7个,其中3个来自欧洲、其余4个分别来自亚洲、非洲、北美洲、大洋洲;仅日本扩散到的国家有2个,均来自非洲。仅中国和美国扩散到的国家有6个,其中5个来自非洲、1个来自北美洲;仅中国和日本扩散到的国家有1个,是来自非洲的多哥;仅日本和美国共同扩散到国家有1个,是北美洲的哥斯达黎加。

总的来看,虽然中国与美国扩散到的国家总数均为111,但在地区分布上有所差别:美国扩散到欧洲、北美洲、大洋洲三个地区的国家数量多于中国,中国扩散到非洲的国家数量多于美国。而日本、美国的地区分布比例则较为接近,与中国相比,更加集中于欧洲、北美等地区。

### 3.2.2 学科扩散广度

学科以 Web of Science 类别和 ESI 学科大类等两级分类法表示,学科扩散广度以文章所属的 WOS 类别为计量指标,统计得美国、中国、日本的学科扩散广度分别是 158、135 和 110。将这些 WOS 类别按照 ESI (Essential Science Indicators) 学科分类,并统计每个类别下 WOS 类别的数量,结果如表 4 所示,覆盖全部 22 个 ESI 学科。

在所有扩散到的 WOS 类别中,三个国家共同扩散到的 WOS 类别有 104 个,涵盖除精神病学与心理学之外的其他 21 个 ESI 学科大类,主要包括工程学、物理学、化学、生物学、材料科学、临床医学等。仅美国扩散到的 WOS 类别有 21 个,属于临床医学 ESI 大类的有 8 个,社科总论大类的有 5 个;仅中国扩散到的 WOS 类别有 4 个,分别是心血管系统、神经影像学、石油工程、兽医学。仅中国和美国扩散到的有 27 个,其中 12 个属于临床医学 ESI 大类;仅日本和美国扩散到的 WOS 类别有 6 个,其中三个属于社科总论 ESI 大类。

美、日、中三国相比,美国在学科扩散广度的绝对数量上领先,其主要领先于其他国家的 ESI 学科是临床医学类。氧化石墨烯在生物医学方面有广阔的应用前景,可以应用于小分子药物运输、基因和蛋白靶向药物运输、细胞成像、肿瘤治疗等方面<sup>[13]</sup>,从知识扩散的情况来看,美国的石墨烯研究对于临

表 4 美、日、中知识扩散 ESI 学科大类下 WOS 类别数分布

ESI 学科	美国	日本	中国	美、日、中共有
工程学	20	20	21	20
物理学	14	14	14	14
化学	12	13	14	13
生物学与生物化学	10	12	14	11
材料科学	10	10	10	10
临床医学	29	9	23	9
计算机科学	9	7	8	7
环境科学与生态学	6	5	6	5
地球科学	9	5	6	4
综合交叉学科	9	4	6	4
数学	4	3	4	3
分子生物学与遗传学	3	3	3	3
社会科学总论	13	5	5	2
农业科学	4	2	4	2
微生物学	2	2	2	2
植物学与动物学	5	1	3	1
经济学与商学	3	2	2	1
神经科学与行为科学	3	1	2	1
免疫学	1	1	1	1
药理学与毒物学	1	1	1	1
空间科学	1	1	1	1
精神病学与心理学	1	0	0	0

数据来源:根据 SCI 题录数据统计得出。

床医学影响范围较广,处于领先地位。在其他主要学科工程学、物理学、化学、材料科学等方面,中国美国日本的知识扩散广度差距不太大。值得注意的是,相比日本,中国石墨烯研究涵盖的范围更广,且涉及到的学科与美国更为接近,中国在石墨烯领域学科扩散的广度上紧追美国。

### 3.3 知识扩散强度

国家扩散强度是指研究对象被特定国家引用的次数,学科扩散强度是指研究对象被特定学科引用

的次数，平均知识扩散强度的计算方式是被引次数除以知识扩散广度。

### 3.3.1 国家 / 地区扩散强度

美、日、中三国的平均国家扩散强度分别是 635、313、623，从总体来看，美国和中国的平均国家扩散强度接近，美国最强，日本第三。

美、日、中国家扩散强度排名前 5 的国家分别如表 5 所示，国家扩散强度排名前 5 的国家均包括中国、美国、韩国和日本等四个国家。美国和日本的扩散强度排名前 5 的国家另包括德国，中国扩散强度排名前 5 的国家另有印度。美、日、中均体现出知识扩散中的本国优势。中国在本国的扩散强度占总扩散强度比例最高，达到 53%，远高于美国

与日本在中国的扩散强度比例 33% 和 29%。日本在本国的扩散强度（17%）也较其他两国（6% 和 4%）较高。美国在本国的扩散强度比例（27.27%）高于日本（22.25%），但略低于中国（27.58%）。

将所有国家以高度发达国家或非高度发达国家分类，统计高度发达地区的施引次数、施引次数占比、及以知识扩散强度国家排序的排名之和，结果如表 6 所示。高度发达国家是指联合国统计的 2013 年人类发展指数（HDI，Human Development Index）高于 0.890 的国家，包括挪威、澳大利亚、瑞士、荷兰、美国、德国、新西兰、加拿大、新加坡、丹麦、爱尔兰、瑞典、冰岛、英国、韩国、日本等 16 个国家<sup>[14]</sup>。

表 5 美、日、中大学知识扩散强度排名前 5 的国家及其扩散强度

引用美国的国家	引文数 (占总引文数 66 635 的百分比 %)	引用日本的国家	引文数 (占总引文数 21 212 的百分比 %)	引用中国的国家	引文数 (占总引文数 51 071 的百分比 %)
中国	22 258 (33.40)	中国	6 098 (28.75)	中国	27 004 (52.88)
美国	18 168 (27.27)	美国	4 719 (22.25)	美国	8 976 (27.58)
韩国	5 360 (8.04)	日本	3 643 (17.17)	韩国	3 718 (7.28)
德国	4 474 (6.71)	韩国	1 599 (7.54)	印度	2 323 (4.55)
日本	4 153 (6.23)	德国	1 511 (7.12)	日本	2 156 (4.22)

数据来源：根据 SCI 题录数据统计得出。

表 6 美、日、中大学石墨烯领域研究在发达国家知识扩散强度

	美国 (占总引文数 66 635 的百分比 %)	日本 (占总引文数 21 212 的百分比 %)	中国 (占总引文数 51 071 的百分比 %)
引文数量	44 272(66.44)	15 297(72.11)	24 239(47.46)
排名之和	471	499	513

数据来源：根据 SCI 题录数据统计得出，发达国家名单来源于 2013 联合国 HDI 统计。

美、日、中三国在发达国家知识扩散强度占比均超过了其知识扩散强度的平均水平，体现出在发达国家的聚集性：美国和日本均超过了半数，分别达到了 66% 与 72%，中国为 47%。而美国、日本的知识扩散聚集于发达国家比中国更加明显，除知识扩散强度占总引文数的比例之外，从排名和可以看出，美国扩散到的发达国家知识扩散强度排名总体较高，紧随其后的是日本，而中国所扩散到发达国家知识扩散强度排名低于美国和日本。

表 7 是石墨烯领域美、日、中大学在各洲的知

识扩散强度，三国都在亚洲地区的知识扩散强度最大，而后分别是欧洲、北美洲、大洋洲、南美洲和非洲。虽然知识扩散国家广度欧洲国家略大于亚洲国家，但亚洲国家的扩散强度远大于欧洲国家。与知识扩散广度相比，虽然三国在非洲地区扩散广度较大，但其知识扩散强度却是最小的，因为在许多非洲国家的知识扩散强度只有 1。而北美洲地区虽然国家数量少，但由于在两大发达国家美国与加拿大的扩散强度较大，使在北美洲地区的知识扩散强度较大。

表 7 美、日、中大学石墨烯领域研究在各洲知识扩散强度

大洲	美国 ( 占总引文数 66 635 的百分比 % )	日本 ( 占总引文数 21 212 的百分比 % )	中国 ( 占总引文数 51 071 的百分比 % )
亚洲	41 941 ( 62.94 )	14 668 ( 69.15 )	41 393 ( 81.05 )
欧洲	23 305 ( 34.97 )	7 833 ( 36.93 )	11 036 ( 21.61 )
北美洲	19 922 ( 29.90 )	5 267 ( 24.83 )	10 044 ( 19.67 )
大洋洲	1 695 ( 2.54 )	542 ( 2.56 )	1 369 ( 2.68 )
南美洲	1 183 ( 1.78 )	439 ( 2.07 )	619 ( 1.21 )
非洲	388 ( 0.58 )	140 ( 0.66 )	365 ( 0.71 )

数据来源：根据 SCI 题录数据统计得出。

美、日、中三国大学在各洲的扩散强度具体分布有所区别，中国在亚洲的被引次数达到了总被引次数的 81%，高于日本的 69% 和美国的 63%，中国在欧洲与北美洲的知识扩散强度相对美国和日本则较低。三个国家还都具有知识扩散的地理趋近性：中国在其所属的亚洲，相比其他两国，知识扩散强度最大；而美国在其所属的北美洲的知识扩散强度最大；日本在亚洲的知识扩散强度虽然低于中国，但从比例上来看（69%）也高于美国（63%）。

总的来看，虽然日本与中国虽同属于亚洲地区非英语母语国家，但无论在知识扩散的大洲分布还是发达国家分布上，日本都与美国的比例更为接近，中国与美国、日本的比例则相差较大。

### 3.3.2 学科扩散强度

美、日、中三国的平均学科扩散强度分别是 585、212、448，从总体来看，美国的学科扩散强度最强，其次是中国，第三是日本。

美、日、中三国学科扩散强度排名前 5 的学科分别如表 8 所示，三个国家学科扩散强度排名前 5 的学科均包括材料科学多学科、物理化学、应用物理、纳米科学与技术等 4 个类别，美国和日本扩散到学科还包括凝聚态物理，中国还包括化学多学科。美国和日本前 5 位学科扩散强度分布完全相同，比例也十分接近；而中国化学多学科类别学科扩散强度排名第 3，应用物理类别排名第 5，应用物理比例占到总引文数的 20.89%，低于美国和日本的 25%。

统计施引文献中分属各 ESI 学科大类的论文数及占总施引次数的比例，22 个学科中，论文数超过总引文数 1% 的 ESI 学科有 6 个，分别是化学、材料科学、物理学、工程学、综合交叉学科、生物学与生物化学及环境科学与生态学，如表 9 所示（本文中 ESI 学科分类根据 WOS 类别分类，由于一篇论文可有多个 WOS 分类，所以各学科所占比例总和可能超过 100%）。可以看出，引用美、日、

表 8 美、日、中学科扩散强度排名前 5 的 WOS 学科类别

引用美国的学科	引文数 ( 占总引文数 66 635 的百分比 % )	引用日本的学科	引文数 ( 占总引文数 21 212 的百分比 % )	引用中国的学科	引文数 ( 占总引文数 51 071 的百分比 % )
材料科学多学科	23 076 ( 34.63 )	材料科学多学科	7 243 ( 34.15 )	材料科学多学科	18 276 ( 35.79 )
物理化学	16 815 ( 25.23 )	物理化学	5 696 ( 26.85 )	物理化学	13 786 ( 26.99 )
应用物理	16 769 ( 25.17 )	应用物理	5 443 ( 25.66 )	化学多学科	12 027 ( 23.55 )
纳米科学与技术	15 316 ( 22.99 )	纳米科学与技术	4 864 ( 22.93 )	纳米科学与技术	11 309 ( 22.14 )
凝聚态物理	13 757 ( 20.65 )	凝聚态物理	4 726 ( 22.28 )	应用物理	10 668 ( 20.89 )

数据来源：根据 SCI 题录数据统计得出。

表 9 美、日、中大学石墨烯领域研究在 ESI 学科的知识扩散强度 (节选)

ESI 学科	美国 (占总引文数 66 635 的百分比 %)	中国 (占总引文数 51 071 的百分比 %)	日本 (占总引文数 21 212 的百分比 %)
化学	43 476 (65.24)	39 463 (75.79)	13 578 (64.01)
材料科学	42 233 (63.38)	33 645 (64.61)	13 112 (61.81)
物理学	41 045 (61.60)	23 490 (45.11)	13 679 (64.49)
工程学	10 528 (15.80)	8 546 (16.41)	2 509 (11.83)
综合交叉学科	2 650 (3.98)	1 633 (3.14)	732 (3.45)
生物学与生物化学	1 372 (2.06)	1 989 (3.82)	310 (1.46)
环境科学与生态学	1 340 (2.01)	1 700 (3.26)	311 (1.47)
计算机科学	715 (1.07)	339 (0.65)	99 (0.47)
临床医学	441 (0.66)	298 (0.57)	52 (0.25)

数据来源：根据 SCI 题录数据统计得出。

中石墨烯领域发表文章的文献，很大一部分集中于化学、材料科学、物理学，这几个 ESI 大类的文献量几乎都占到了总文献量 60% 以上，而其他预计产生深远影响的领域，包括生物学、计算机科学等，所占比例还较小，知识扩散广度排名靠前的临床医学 ESI 大类，文献数也不足 1%。这反映出目前对石墨烯领域研究的主流还集中于基础科学与技术，对于工程学、环境学、生物医学、计算机科学等应用方面的研究比较少，还处于起步阶段，但这同时反映在这些方面还有广阔的研究与发展空间。

美、日、中知识扩散的学科具体分布有所不同，中国发表文献被化学领域引用的比例达到近 76%，比美国和日本高出将近 10%，体现出在化学学科知识扩散强度的优势。但美国与日本在物理学学科的知识扩散强度相比中国具有明显优势。

### 3.4 知识扩散速度

考察知识扩散的快慢从两个方面入手，一方面使用了物理学中对速度的定义，这里使用扩散到的

国家数或学科数或总引用次数，除以文献年龄来计算；另一方面，考察施引文献与被引文献之间发表年份的差值，即引文延时。

这里的文献年龄定义为现在时间减去文献发表的加权平均时间，即  $2015 - \sum (\text{年份} \times \text{该年份发文数}) / \text{各年份发文数总和}$ ，计算得结果美国是 3.28 年，日本是 3.26 年，中国是 2.30 年。对知识扩散速度各指标的计算结果如表 10 所示，中国平均每年扩散到近 50 个国家，美国 34 个，日本 31 个；中国平均每年扩散到 36 个学科，美国 32 个，日本 21 个；而。中国引文加权平均年与发文加权平均年之间的差值是 0.22 年，延时最短，美国次之，引文延时为 0.74 年，而日本最长，为 0.80 年。中国在地域与学科上，扩散速度均最快，且引文延时也最短。美国其次，日本第三。三个速度测度指标均显示中国的知识扩散速度最快，即在相同的时间内，中国大学发表的文献可以传播到更多的国家与学科，或者说传播到相同的范围中国用时最短。

表 10 美、日、中大学 2007—2014 年石墨烯领域时间扩散速度

指标	美国	日本	中国
国家扩散速度	34.71	30.69	49.64
学科扩散速度	31.97	20.87	35.71
平均引文延时	0.74	0.80	0.22

数据来源：根据 SCI 题录数据统计及计算得出。

分析产生这种现象的直接原因,是由于中国在2007—2014年发表文章的数量呈加速增长趋势,加速度超过美国和日本(见图1)。所以中国距离现在较近的时间的权数较大,计算得文献年龄较小,同时中国的知识扩散强度与美国接近,计算扩散速度的分子较大;除此之外,美、日、中三国2007—2014年间引文数量也随时间呈加速增长趋势(见图2),美国和日本的引文增速曲线斜率大于发文增速曲线,而中国的引文增速曲线斜率与发文增速曲线大致相当,根据平均引文延时的计算公式,会造成中国相对美日两国的平均引文延时较小。中国知识扩散速度较快的根本原因,可能是由于随着2004年石墨烯实体的提取并于2010年获得诺贝尔奖,带来的石墨烯研究的爆发式增长,与此同时,近年来中国对石墨烯研究的投入与重视不断增加,从而使得石墨烯相关的研究成果快速增多<sup>[8]</sup>,同时急速扩散。

#### 4 结论

通过测度2007—2014年中国、美国、日本三国代表性大学在石墨烯领域的知识扩散水平,结果表明,美国大学总体知识扩散水平最高,中国其次,日本第三。知识扩散广度与强度美国均为第一,知识扩散速度中国最快。在知识扩散模式上,美国与日本比较接近,中国与美、日有所区别。

在地理覆盖方面,美、日、中三国知识扩散广度洲际分布一致,属于欧洲的国家均最多,其次是亚洲,然后是非洲、南美洲、北美洲、大洋洲。日本、美国的地区分布比例较为接近,与中国相比,更加集中于欧洲、北美等地区;而中国在非洲地区的扩散范围较广。扩散强度方面,三国都在亚洲地区的知识扩散强度最大,而后分别是欧洲、北美洲、大洋洲、南美洲和非洲。同时,美、日、中的知识扩散模式都表现出本国优势与地理趋近性,在本国及本国临近地区的知识强度较大。美、日、中三国在发达国家的扩散强度都比较大,体现出知识扩散在发达国家的聚集性,但美国和日本在发达国家地区的知识扩散强度比中国更高。

在学科覆盖方面,本研究中石墨烯领域论文的扩散涵盖了所有22个ESI学科大类,以工程学、物理学、化学、生物学、材料科学、临床医学等学

科为主。美国覆盖范围最广,中国稍落后于美国。在临床医学学科,美国和中国的扩散广度明显高于日本。学科扩散的强度较大的学科集中于化学、材料科学、物理学等三个ESI学科,其中中国在化学学科的扩散强度较大,而在物理学科的扩散强度较小。在石墨烯具有广阔应用前景的环境学、生物医学、计算机科学等学科,三国大学的知识扩散强度都还比较弱,在这些学科仍有广阔的研究空间。

在知识扩散快慢方面,三个速度测度指标均显示中国的知识扩散速度最快,美国其次,日本第三。

本研究使用引文文献计量法计算了2007—2014年中国、美国、日本三国代表性大学在石墨烯领域的知识扩散情况,但对知识扩散水平测度的研究还可以进一步展开。本研究选取的时间距离现在较近,引文数据只能获取到2014年,而从引文数量的曲线来看,对这些论文引用的次数将继续呈现增长趋势,待到将来对该时期的文章引用数量趋于稳定时,所取得的引文数据则可以更完整地反映该时间段的知识扩散情况。在今后的研究中,可以引入不同时间段的比较,考察知识扩散水平随着时间发展变化的情况。■

#### 参考文献:

- [1] 张勤, 马费成. 国内知识管理领域知识交流结构研究——基于核心作者互引网络的分析[J]. 情报学报, 2012, 31(9): 925 - 933.
- [2] 邱均平, 王菲菲. 基于SNA的科学计量学领域作者互引网络分析[J]. 情报学报, 2012, 31(9): 915-924.
- [3] 邱均平, 瞿辉, 罗力. 基于期刊引证关系的学科知识扩散计量研究——以我国图书馆、情报、档案学为例[J]. 情报科学, 2012(04): 481-485+49.
- [4] HO M-C, LIN V, LIU J. Exploring knowledge diffusion among nations: a study of core technologies in fuel cells[J]. Scientometrics, 2014, 100(1): 149-171.
- [5] LIU Y, ROUSSEAU R. Knowledge diffusion through publications and citations: A case study using ESI-fields as unit of diffusion[J]. Journal of the American Society for Information Sc, 2010, 61(2): 340-351.
- [6] BOYACK K W, KLAVANS R. Measuring science-technology interaction using rare inventor-author names[J]. Journal of Informetrics, 2008, 2(3): 173 - 182.



- [7] GUAN J, ZHU W. How knowledge diffuses across countries: a case study in the field of management[J]. SCIENTOMETRICS, 2014, 98(3): 2129–2144.
- [8] 周文鹏. 石墨烯技术及产业国内外发展现状 [EB/OL]. [2015-03-17]. <http://www.hyqb.sh.cn/publish/portal0/tab1023/info10790.htm>.
- [9] 李淑莲. 全球石墨烯產業發展現況: 美、韓大幅超前 台灣慢半拍 [EB/OL]. [2015-03-17]. [http://www.naipo.com/Portals/1/web\\_tw/Knowledge\\_Center/Industry\\_Economy/publish-244.htm](http://www.naipo.com/Portals/1/web_tw/Knowledge_Center/Industry_Economy/publish-244.htm).
- [10] ROWLANDS I. Journal diffusion factors: a new approach to measuring research influence[J]. ASLIB PROCEEDINGS, 2002, 54(2): 77–84.
- [11] FRANDSEN T F. Journal diffusion factors - a measure of diffusion?[J]. ASLIB PROCEEDINGS, 2004, 56(1):5–11.
- [12] ROUSSEAU R. Robert Fairthorne and the empirical power laws[J]. JOURNAL OF DOCUMENTATION, 2005, 61(2): 194–202.
- [13] 沈贺, 张立明, 张智军. 石墨烯在生物医学领域的应用 [J]. JOURNAL OF SOUTHEAST UNIVERSITY (MEDICAL SCIENCE EDITION), 2011, 30(1): 218–223.
- [14] UNITED NATIONS DEVELOPMENT PROGRAMME. Human Development Report 2014[EB/OL]. [2015-05-21]. <http://hdr.undp.org/en/content/human-development-report-2014>.

## Comparative Study on Knowledge Diffusion of Universities in USA, Japan and China in Domain of Graphene Research on the Basis of Citations

CUI Can, LIU Ya

(Institute of Scientific and Technical Information of China, Beijing 100038)

**Abstract:** This study aims to understand the current state of knowledge diffusion of universities in the field of graphene in United States, Japan and China by comparative study, and provide reference for China in scientific layout. Using bibliometric analysis of citations, the study measures knowledge diffusion level of universities in the United States, Japan and China in terms of the diffusion breadth, strength and speed in the graphene field from 2007 to 2014. The results show that American universities have the highest level of knowledge diffusion, China the second and Japan the third. The United States has the highest breadth and strength of knowledge diffusion, and China has the fastest speed. In addition, the United States has a pattern of knowledge diffusion similar to Japan, while China has a different pattern from them.

**Key words:** knowledge diffusion; citation analysis; graphene; the United States; Japan; China