

国际合作中国家主导合作研究的 网络构建与分析

鲁晶晶^{1,2} 谭宗颖¹ 刘小玲^{1,2} 卫垆圻³

(1. 中国科学院文献情报中心 北京 100190; 2. 中国科学院大学 北京 100049;
3. 中国科学院心理研究所 北京 100101)

摘要 探讨国际合作中国家主导的合作研究网络的构建与分析方法,将以国家为主导的研究意为文章第一作者或通讯作者的国籍是该国。以低维碳材料领域为例,使用 Pajek 分别绘制中国主导及其他国家主导、中国作为合作者的国际合作网络,并进一步以中、美合作为例,分析不同国家主导的合作内容差异。构建的国家主导的合作网络是消除了其它国家间合作关系的星型网络,更能突出中心国家主导作用下与其他国家的合作情况,有利于国际比较分析。

关键词 国际合作 社会网络 共词分析 Pajek SCI²

中图分类号 G321.5

文献标识码 A

文章编号 1002-1965(2015)12-0060-07

DOI 10.3969/j.issn.1002-1965.2015.12.012

Construction and Analysis of Country - leading Cooperation Network in International Cooperation

Lu Jingjing^{1,2} Tan Zongying¹ Liu Xiaoling^{1,2} Wei Tongqi³

(1. National Science Library, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100190;

2. University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049;

3. Institute of Psychology, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101)

Abstract This paper establishes a method to construct the country - leading cooperation network in international cooperation. Country - leading cooperation means the nationality of the first author or the corresponding author of an article is the country in question. Taking low dimensional carbon materials filed as an example, using Pajek to draw country cooperation networks: China as the leading country (first author or corresponding author) and other countries as the leading country while China as a cooperator, the paper further analyzes the cooperation contents differences with different leading countries in a case study of the international cooperation between China and USA. It is found that country - leading cooperation network is a star network which eliminates other countries' cooperation, it helps show the leading role of a country in a better way, and it is advantageous to the international comparative analysis.

Key words international cooperation social network co - word analysis Pajek Sci²

0 引言

随着科技全球化的发展,科研合作已成为一种普遍形式。美中经济暨安全关系委员会 2014 年专门发布《美中科技合作发展趋势》报告^[1],称中美自 1979 年建交以来已经促成了众多领域的广泛合作,如今中、

美已经互为各自科技合作领域的主要合作伙伴;中欧自 2003 年全面战略合作关系建立后两国/地区的合作显著增强^[2],目前中国已经成为第一个 Horizon 2020 工作项目(2014-15)的重要合作者;此外中国也是东南亚国家非常看中的合作对象^[3]。我国的自然科学基金委自 1986 年成立便每年专门划拨专款,资助中国科

收稿日期:2015-09-21

修回日期:2015-11-10

作者简介:鲁晶晶(1985-),女,博士,研究方向:情报研究方法与技术;谭宗颖(1957-),女,研究员,博士生导师,研究方向:情报研究方法与技术、科技发展战略研究、学科战略情报研究、国际科技竞争力研究;刘小玲(1987-),女,助理研究员,研究方向:科技竞争力、科学·技术·经济的互动关系、情报研究方法与分析技术等;卫垆圻(1982-),男,馆员,研究方向:情报学。

《中国学术期刊(光盘版)》电子杂志社编者注:本文标题、目录及文中涉及香港、台湾的“国家”均应为“国家(地区)”,“国”均应为“国(地区)”,“Country”均应为“Country(Region)”。

学家广泛开展国际合作与交流^[4]。据中信所《中国科技论文统计结果 2014》报告显示^[5] 2013 年 SCI 收录的中国论文中, 国际合作产生的论文为 56 076 篇, 比 2012 年增加了 9 330 篇, 国际合著论文占我国发表论文总数的 24.3%, 其中中国作为第一作者的合著论文占我国全部国际合著论文的 66.1%, 如果再加上通讯作者, 相信这一比例有可能更高, 从整体上看我国在国际合作中是具有一定的优势地位的。

1 国际合作相关研究现状

已有一些学者以国家为对象研究国际合作问题: 金炬^[6] 等对《科学计量学》期刊近 30 年中外学者在国际科技合作的研究情况进行了分析, 认为国际科技合作在 14 个方面取得了众多研究成果; 刘娅^[7] 对 2004 - 2008 年中国 SCI 国际合著论文进行了学科、国家、机构分布分析, 发现 5 年来我国的 SCI 国际合著论文均占 SCI 论文发表总量的 20% 左右, 合作的学科分布很广, 合作最多的国家/地区主要为美国、日本、英格兰、德国等, 参与合作的科研主体集中在高校和专业科研院所, 尤其是中国科学院; 王文平等^[8] 通过分析我国科技计划在资助中美合作论文中的国际合作状况, 判断出国家科技计划在中美科技合作中发挥的作用; 季莹等^[9] 对我国作者发表在 Nature 上的论文进行了国际合作网络分析, 揭示了国内外的国际合作活跃机构; 杨国立等^[10] 通过对 Scientometrics 1990 - 2009 年发表的论文进行分析, 从作者、机构、地域分布及合作网络角度揭示了研究力量的分布情况。从已有的国际合作研究来看, 国际合作研究一方面集中在合著论文学科、国家、机构等的分布统计, 另一方面是通过社会网络分析方法构建国家合作网络。

一般认为合著网络是一种无向网络, 合作双方地位平等, 但是雷雪^[11] 等认为在国内习惯注重第一作者的主流环境下作者无向合作网络难以识别出真正的核心作者, 因此构建了作者合作的有向网络, 并验证了其有效性。国家合作中也同样存在这样的问题, 有研究表明, 一般第一作者在合作中的贡献较大^[12], 如果将第一作者(或通讯作者)的国籍是中国的成果认为是中国主导的合作研究, 那么中国主导合作网络就是传统无向国际合作研究的一个子集(见图 1), 中、外国际合作还包括外国主导, 而传统的无向国际合作网络并不将这两种情况进行区分。

从文献调研来看, 这种国家“主导”作用已经有了一些研究, 如朱文沓^[13]、邱长波^[14]、余新丽^[15] 等均假设第一作者(或通讯作者)的国籍是中国的, 认为是中国主导的合作研究, 并进行了相关分析; 丁君等^[16] 对中国发表在 SCI 眼科学的合作论文进行了分析, 并将

国际合作分为中国研究人员作为第一作者(中国主导)和非第一作者两类, 分析了各自的合作机构情况; 缪亚军^[17-18] 等以合作国家、通讯国家及第一国家三种身份为切入点, 对国际合作论文的国别、年代特征进行了研究。但他们只是从数量上进行了统计对比, 并没有可视化展示, 易读性不好, 因此本文希望构建国家主导的有向国际合作网络, 并进一步分析合作的内容, 这样可以从更微观的角度、形象化揭示在国际合作中某国主导的合作研究对象, 合作的强度, 以及在哪些主题内容方面是出于主导作用的。

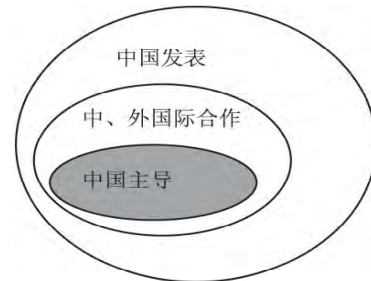


图 1 中国主导的国际合作研究

2 研究方案设计

本文的研究方案主要包括两部分: 以某国家(本文以中国为例)为主导的国际合作有向网络构建与分析、主要合作国家主题内容分析。中国为主导的合作研究网络是一个以中国为核心的星型网络, 即消除中国以外的国家间的合作关系, 这样做的目的是想落脚中国, 并将中国与国外进行比较发现中国主导的合作都有哪些国家, 合作强度如何, 因此在网络中忽略其它国家间的合作关系, 更清晰明了地展示中国的主导作用, 将节点大小映射为该国家发表论文篇数, 边的粗细映射为中国与其他国家合作次数的多少。其中以中国为主导的研究意为文章第一作者或通讯作者的国籍是中国。一篇文章若有 2 个或 2 个以上作者为同一个国家, 那么与该国家的合作也只记 1 次。

通常意义上讲, 关键词表征了文章研究的主要内容, 因此可以用关键词共词网络分析以中国为主导的合作研究中中国与各个国家的合作究竟聚焦于哪些研究方向。本文使用的印第安纳大学伯明顿分校图书情报领域学者 Katy Borner 团队开发的 Sci² 知识图谱工具^[19]。该工具与其他知识图谱工具相比的优势在于可以加载多种数据格式, 在做共词分析时不需要事先提取共词矩阵, 可以直接读取一定格式的全部关键词记录, 进而生成共词矩阵进行聚类分析。邱小花^[20-22]、曹霞^[23] 等分别利用 Sci² 工具进行了图书情报、经济学领域的知识图谱分析。

以中国为主导的国际合作有向网络构建步骤如下: a. 确定待分析的主题领域, 从 WOS 上下载论文数

据,导入自编的程序数据库中,便于提取各种数据; b. 通过程序抽取第一作者或通讯作者国籍是中国的论文(排除作者均为中国的论文),构建中国与其他国家/地区的合作数据表; c. 将 b 的表转化为.net 文件格式,同时从数据库中生成各个国家实际发表论文篇数数据表,将此表转化为.vec 文件格式,另外再根据国家合作次数将合作的国家分为不同梯队,生成.clu 文件; d. 将.net、.vec、.clu 三个文件导入 Pajek 软件中,生成国家合作的有向网络图,其它国家均指向中国,且其它国家之间无连线; e. 采用 circular→original 布局网络; f. 设置字体大小、边的粗细、节点大小属性,边的粗细表示中国与其他国家合作次数的多少,节点大小表示该国发表论文数的多少,节点 I、II、III、IV 表示合作国家根据合作次数多少属于不同梯队。

主要合作国家主题内容分析的步骤如下: a. 从数据库中抽取中国与待分析国家合作的论文记录,主要包括 title、keywords、keywords plus 等字段,保存为 csv 格式,并对关键词进行预处理,包括单复数合并、同义合并等; b. 将生成的 csv 文件导入 Sci² 工具中,利用 Data Preparation 抽取共词网络,为了便于展示网络主要内容,可以使用 Preprocessing→Networks→MST-Pathfinder Network Scalling 修剪网络,并通过 Preprocessing→Networks→Delete Isolates 去除孤立点; c. 通过 Analysis→Networks→Network analysis Toolkit (NAT) 显示网络基本属性特征; d. 通过 Visualization→Networks→GUESS 可视化展示网络,调试节点、边的粗细大小。

3 数据来源

本文以“低维碳材料”研究领域为例,选取 ISI Web of Science 数据库中的子库 SCI-EXPANDED 来构建领域数据集,通过咨询领域专家,构建了“低维碳材料”领域的关键词集,检索时间为 2015 年 2 月 25 日,文献类型限定为 Article、Letter 和 Review,时间区间设定为 2004-2013 年,共返回有效检索结果 121 053 条记录,中国共发表了 32 180 篇论文,高于美国的 28 053 篇,在整个低维碳领域排名第一,可以看出我们的产出是比较惊人的。而中、外合作研究论文有 7 691 篇,其中 5 689 篇是中国作为第一作者(或通讯作者)的主导论文,大量的论文是中国独立发表的,也说明了中国在该领域的实力,本文则主要针对中国主导的国际合作论文进行分析。

为了便于比较分析,本文将时间区间划分为前后两个五年期:2004-2008 年,2009-2013 年,同时以其它国家/地区作为第一作者(或通讯作者)、中国作为合作者的数据进行对比,再探讨他们合作内容的差异

性。

4 国家/地区合作网络图分析

4.1 合作梯队分布 根据合作次数的多少,本文将与中国合作的国家/地区分为四个梯队(表 1),分别用 I、II、III、IV 表示,国家间的合作次数从第一梯队到第四梯队依次递减,合作论文超过 100 篇的国家/地区属于第一梯队,10 篇到 100 篇的为第二梯队,2 篇到 9 篇的为第三梯队,只有一次合作的为第四梯队。表 1 展示了在不同时间区间下,处于不同梯队的国家/地区的数量,以及平均合作次数(平均合作次数=各国合作论文总量/合作国家数量)。

表 1 国家/地区合作情况

梯 队	合作次数	中国为第一作者 (或通讯)的合作		其它国家为第一 (或通讯)的合作	
		2004-2008	2009-2013	2004-2008	2009-2013
第一梯队(I)	>100	3	10	2	4
第二梯队(II)	[10,100]	10	19	9	10
第三梯队(III)	[2,9]	9	15	10	26
第四梯队(IV)	1	12	14	9	8
合计	-	34	58	30	48
平均合作次数	-	33.0	90.1	18.9	31.3

从表 1 可以看出低维碳领域国际合作中中国的主导作用比较明显,两个时间段中,中国主导研究的合作国家/地区数量(34、58)均高于其它国家/地区主导的数量(30、48),说明中国在该领域的国际合作中具有更高的合作主动权;且中国主导的合作中后 5 年期的合作国家数量(58)高于相应前 5 年期(34),说明在低维碳领域国际合作研究中,中国在主动地与更多、更广泛的国家寻求合作。

此外从平均合作次数来看,也体现出国际合作中中国主导作用的增强趋势,中国主导研究的平均合作次数远远高于其它国家主导,中国作为合作者的平均合作次数,尤其是后 5 年,前者几乎是后者的 3 倍;两个 5 年期比较来看,也分别表现出较高的增长趋势,分别从 33 次增加到 90.1 次、18.9 次增加到 31.3 次。

4.2 中国主导的有向合作网络图分析 图 2、图 3 分别是低维碳材料领域 2004-2008 年、2009-2013 年以中国为主导的国家/地区合作网络图,箭头均指向中国,代表中国为主导;为了便于比较,笔者也绘制了两个时间段内其它国家主导、中国为合作者的国家/地区合作网络图(见图 4、图 5),箭头均指向其它国家,代表其它国家主导(由于箭头大小与弧的粗细有关,因此较细的弧的箭头可能显示不全,特此说明)。

从图 2、图 3 中可以看出,在中国主导的合作研究中,美国、中国香港、日本在两个 5 年期内均是与中国大陆合作次数前三的国家/地区,且在 2004-2008 年,

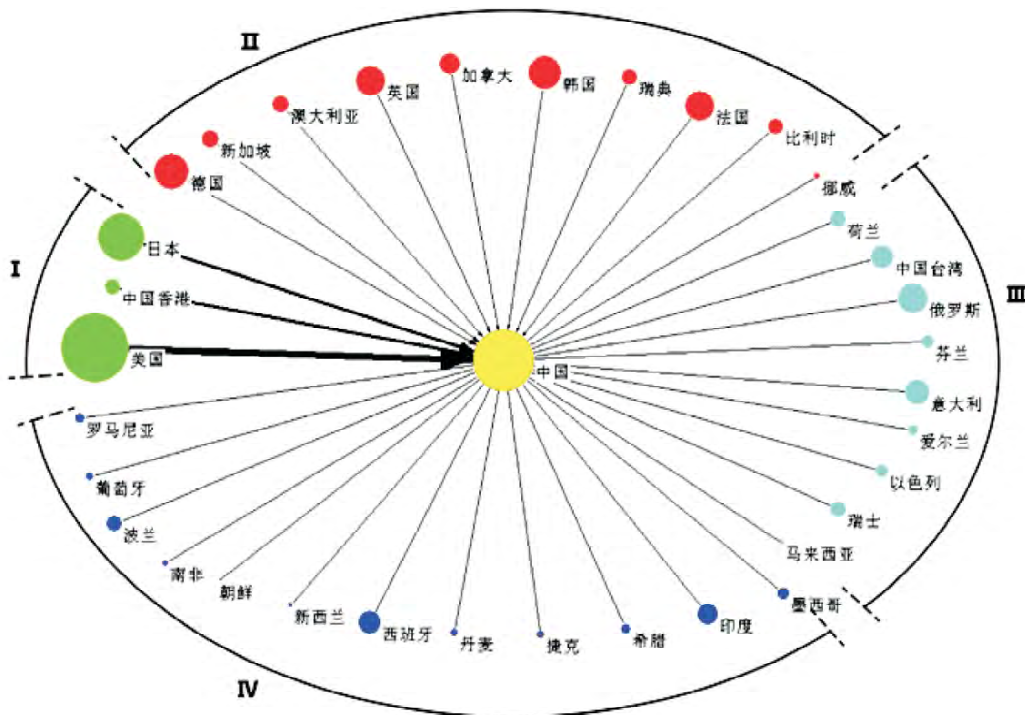


图 2 低维碳材料领域 2004 - 2008 年以中国为主导的研究合作网络图(箭头均指向中国)

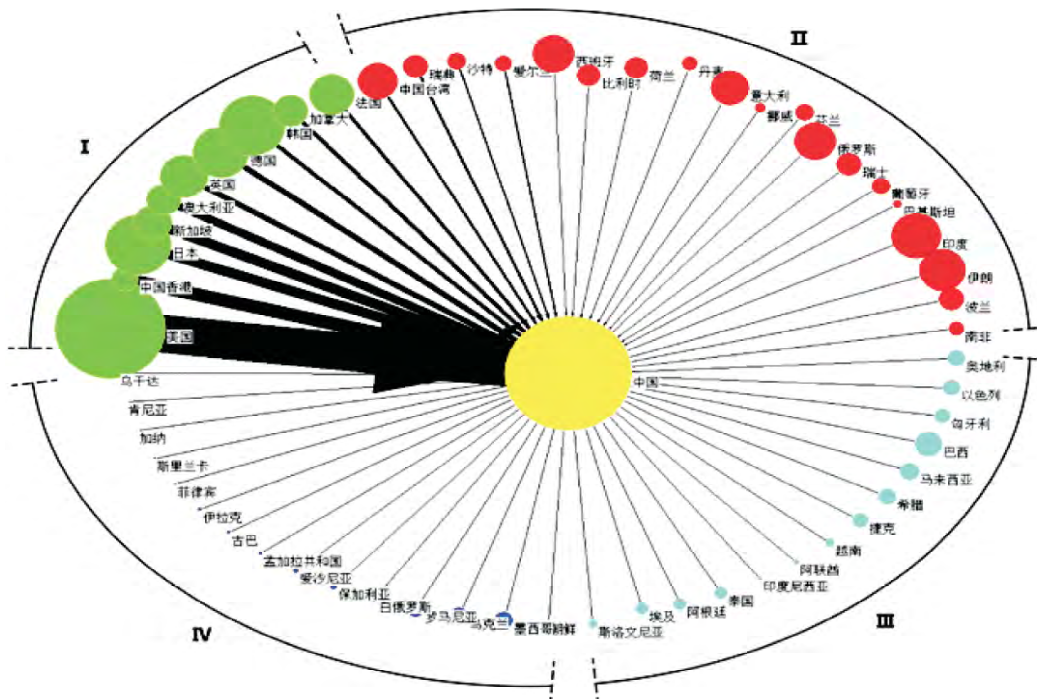


图 3 低维碳材料领域 2009 - 2013 年以中国为主导的研究合作网络图(箭头均指向中国)

只有它们与中国的合作超过 100 次,但到 2009 - 2013 年,中国与新加坡、澳大利亚、英国、德国、韩国、加拿大、法国的合作均超过了 100 次,从前 5 年期的第二梯队上升到第一梯队,合作次数明显增加;同时第二、第三、第四梯队的合作国家数量也处于上升趋势,表明我国主导的合作研究无论在国家范围,还是合作强度上都有明显的提升。

从图 4、图 5 中可以看出,中国作为合作者时,美国和中国香港主导的合作研究在 2004 - 2008 年超过

了 100 次,到 2009 - 2013 年时,美国主导的合作依然保持在第一位,新加坡、日本主导的合作超越中国香港位居第二、第三位,只有这 4 个国家/地区与中国的合作超过 100 次,大量的国家与中国的合作次数为个位数。

从中国主导的合作研究、其它国家/地区主导的合作研究各相应梯队的合作国家/地区数量来看,中国主导的合作研究的国家/地区范围更为广泛,合作次数也多,从而表明中国在该领域的国际合作中主导作用更强。

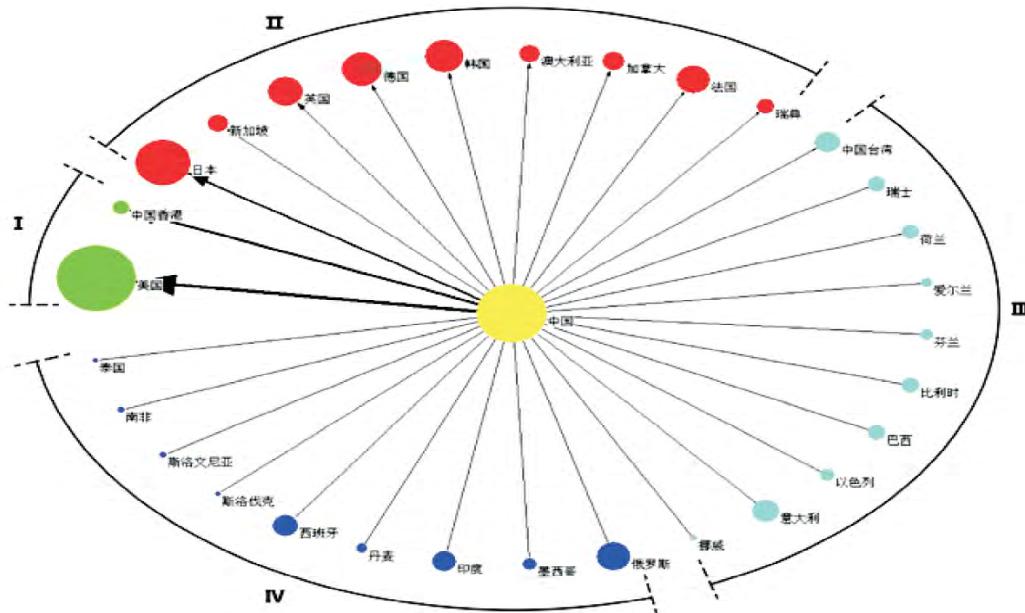


图 4 低维碳材料领域 2004 - 2008 年其它国家/地区主导、中国为合作者的研究合作网络图(箭头均指向其它国家)

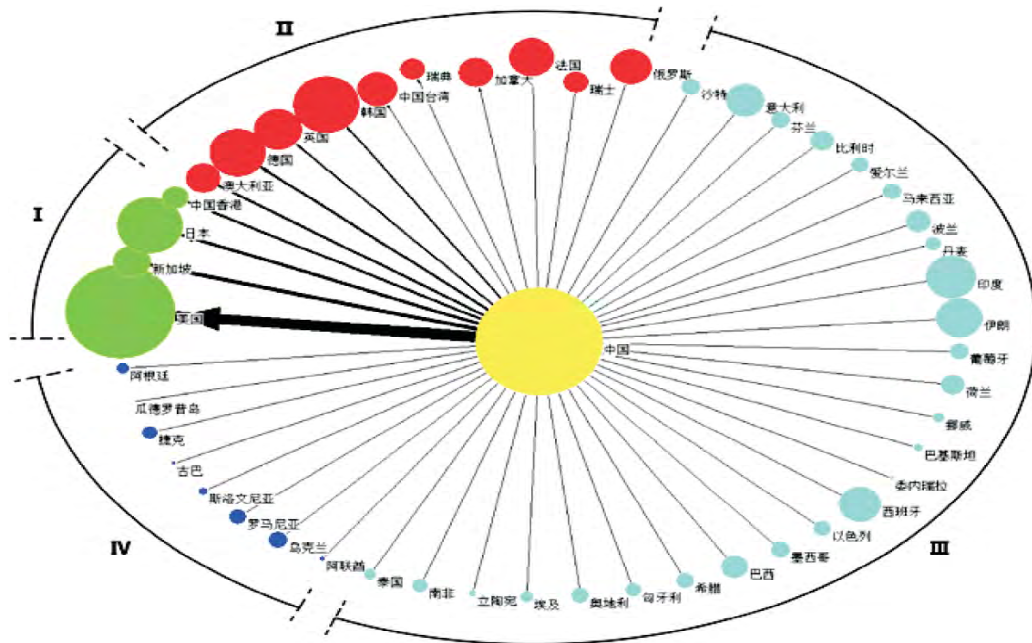


图 5 低维碳材料领域 2009 - 2013 年其它国家/地区主导、中国为合作者的研究合作网络图(箭头均指向其它国家)

5 国际合作主题内容分析

为了了解中国与其他国家的合作究竟聚焦于哪些研究方向,可以分别提取中国与目标国家的合作论文,抽取其中的关键词进行共词网络的可视化。在低维碳材料领域,无论中国是否作为第一作者(或通讯作者)美国都是中国最大的合作对象,篇幅所限,本文以中、美 2009 - 2013 年的合作为例,进行主题内容的比较分析,其它国家/地区同理。本例中使用的是作者关键词,若作者关键词为空,则用附加关键词,并对关键词的单复数、不同写法进行了清理和规范,如 C - 60、C60 统一为 C - 60,分析结果如图 6、图 7 所示,网

络中的节点即关键词,本例中节点大小、颜色深浅表示度的大小,节点之间的连线表示词共现关系,连线越粗,颜色越深,共现强度越强。

2009 - 2013 年,中、美两国共合作了 2 293 篇论文,其中中国主导了 1 716 篇论文,美国主导的只有 509 篇,其它国家主导,中国、美国均作为合作者的有 68 篇,中国主导率为 75% (1716/2293)。可见在低维碳领域的中、美合作中,中国的优势还是比较强的。

中国为主导研究的共词图谱中共有 4 147 个关键词节点、28 918 条边,其中最大的连通子图包括 3 980 个节点,通过 Pathfinder 修剪网络后,得到 4 107 条边,去除孤立点后的共词图谱如图 6 所示。可以看出,最

大的连通子图以碳纳米管为中心,词共现关系最强的是纳米粒 (Nanoparticles)、合成 (Composite)、薄膜 (Film)、纳米合成 (Nanocomposite)、吸附 (Adsorption)、石墨烯 (Graphene) 等,说明这些研究分支与碳纳米管之间具有较强的主题关联;节点大小表示了点

度中心度的大小,即网络中该节点与其它节点具有连接的数量,可以看到除了碳纳米管以外,石墨烯具有较大的点度中心度,说明在分支领域中石墨烯是一个非常重要的节点,围绕它有大量的相关研究构成了石墨烯这个研究分支。



图 6 2009 - 2013 年中国主导的与美国的合作内容

美国为主导的共词图谱中共有 1 691 个关键词节点 9 351 条边,其中最大的连通子图包括 1 606 个节点,利用 Pathfinder 修剪网络后,得到 1 669 条边,去除孤立点后的共词网络图谱如图 7 所示。与中国主导的合作研究相同的是也以碳纳米管为中心,但只形成了石墨烯 (Graphene)、薄膜 (Film) 两个比较重要的分支研究主题,其他研究内容没有形成较为集中的研究主题。

由两图对比可见,中国主导的合作研究的关键词数量 (4147) 高于美国主导的合作研究关键词数量 (1691),说明中国主导的合作研究涉及的低维碳知识点更加广泛;同时中国与美国低维碳领域的合作均主要以碳纳米管为中心,在石墨烯、薄膜等分支领域具有大量的合作;但中国主导的合作研究形成了较为集中的纳米粒、吸附、纳米合成等研究主题,美国主导的合作研究并没有这么强的集中度,除了石墨烯、薄膜以

外,其他研究内容零星分布其中。

6 结 语

文章构建了国家间的有向合作网络,并且为了突出国家的主导作用,消除了其它国家间的合作关系,这样构成的星型合作网络有别于以往的国际合作网络,主要是站在中心国家的角度,来看中心国家与其它国家之间的关系,以及在这种合作下,其它各个国家相对于中心国家的位置,在国际比较分析中具有直观、一目了然的优势。不过本文的假设是第一作者、通讯作者的贡献对论文起到了主导作用,这种方式较为简单,主要是基于目前国内的评价体制较为注重第一作者和通讯作者,虽然学界对于作者署名顺序的贡献度尚未有统一的认识造成本文分析存在一定局限性,但本文的尝试也算是一种有效的角度。



图 7 2009 - 2013 年美国主导的与中国的合作内容

参考文献

[1] Richard P Suttmeier. Trends in U. S. - China Science and Technology Cooperation: Collaborative Knowledge Production for the Twenty - First Century [R]. [EB/OL]. [2015 - 10 - 22]. [http://origin. www. uscc. gov/sites/default/files/Research/Trends% 20in% 20US - China% 20Science% 20and% 20Technology% 20Cooperation. pdf](http://origin. www. uscc. gov/sites/default/files/Research/Trends%20in%20US - China%20Science%20and%20Technology%20Cooperation. pdf).

[2] Brussels. Roadmaps for International Cooperation [R]. [EB/OL]. [2015 - 10 - 22]. http://ec. europa. eu/research/iscp/pdf/policy/annex_roadmaps_sep - 2014. pdf.

[3] Schüller M ,Gruber F ,Trienes R ,et al. International Science and Technology Cooperation Policies of South East Asian Countries [EB/OL]. [2015 - 11 - 04]. <https://www. zsi. at/object/publication/1385/attach/InternationalScienceandTechnologyCooperationPoliciesofSouthEastAsianCountries. pdf>.

[4] 黄华,王文,董康宁,等. 积极开展国际合作交流 努力提高基础研究水平——如何利用国家自然科学基金资助开展国际合作与交流[J]. 科技·人才·市场,1999(3):12-13.

[5] 中国科学技术信息研究所. 中国科技论文统计[R]. 2014.

[6] 金炬,武夷山,梁战平. 国际科技合作文献计量学研究综

述——《科学计量学》(Scientometrics) 期刊相关论文综述[J]. 图书情报工作,2007,51(3):63-67.

[7] 刘娅. 基于文献计量的我国基础研究领域国际合作态势分析[J]. 中国科技论坛,2010(3):149-155.

[8] 王文平,刘云,蒋海军. 中国国家科技计划资助国际合作特征分析——基于中美合著 SCI 论文计量分析的视角[J]. 情报杂志,2013,32(10):72-76,46.

[9] 季莹,于光,王铁成. 我国作者在《自然》杂志发表科研论文的国际合作网络分析[J]. 情报探索,2012(3):10-12.

[10] 杨国立,张垒. 国际科学计量学研究力量分布与合作网络分析[J]. 图书情报研究,2012,5(1):34-39.

[11] 雷雪,王立学,曾建勋. 作者合著有向网络构建与分析[J]. 图书情报工作,2015,59(5):94-99.

[12] Liang L M ,Liu J W ,Rousseau R. Name Order Patterns of Graduate Candidates and Supervisors in Chinese Publications: a Case Study of Three Major Chinese Universities [J]. Scientometrics , 2004,61(1):3-18.

[13] 朱文沓,史豪杰,王弓,等. 从 SCI 合著论文看中俄两国科技合作[J]. 中国科技论坛,2008(2):139-144.

[14] 邱长波,刘兆恒,张风. SCI 收录中国主导国际合作论文被

(下转第 100 页)

况,可以通过企业和科研机构的合作创新促进创新主体的转变和优化,发挥各自的优势,提高技术机会的利用效率。

参考文献

- [1] Donghua Zhu, Alan L Porter. Automated Extraction and Visualization of Information for Technological Intelligence and Forecasting[J]. *Technological Forecasting and Social Change* 2002, 69(5): 495-506.
- [2] Byungun Yoon, Inchea Park, Byoung-youl Coh. Exploring Technological Opportunities by Linking Technology and Products: Application of Morphology Analysis and Text Mining[J]. *Technological Forecasting and Social Change* 2013, 86(7): 287-303.
- [3] Yongho Lee, So Young Kim, Inseok Song, etc. Technology Opportunity Identification Customized to the Technological Capability of SMEs through Two-stage Patent Analysis[J]. *Scientometrics* 2013, 100(1): 227-244.
- [4] Janghyeok Yoon, Hyunseok Park, Kwangsoo Kim. Identifying Technological Competition Trends for R&D Planning Using Dynamic Patent Maps: SAO-based Content Analysis[J]. *Scientometrics* 2013, 94(1): 313-331.
- [5] 冯仁涛, 余翔, 金泳峰. 基于专利情报的技术机会与区域技术专业化学分析[J]. *情报杂志* 2012, 31(6): 13-18.
- [6] 克里斯托夫·弗里曼. 技术政策与经济绩效: 日本国家创新系统的经验[M]. 南京: 东南大学出版社, 2008: 43.
- [7] 黎江. 基于专利文献的技术机会分析方法研究[D]. 北京: 中国科学院文献情报中心, 2007.
- [8] 潘东华, 徐珂珂. 基于共词分析的技术机会分析[J]. *科研管理* 2014, 35(4): 10-17.
- [9] 吕一博, 康宇航, 王淑娟. 基于共现分析的技术机会发现与可视化识别[J]. *科研管理* 2012, 33(4): 80-85.
- [10] Yoon B. On the Development of A Technology Intelligence Tool for Identifying Technology Opportunity[J]. *Expert Systems with Applications* 2008, 35(1/2): 124-135.
- [11] 闫晓苏, 李凤新. 我国高速铁路的技术创新之路——基于专利数据的统计分析[J]. *科学观察* 2013, 8(5): 56-64.
- [12] 王哲, 杨青, 朱欣昱. 高铁产业上市公司中国专利申请统计与分析[J]. *中国发明与专利* 2011(4): 46-49.
- [13] 林善波. 动态比较优势与复杂产品系统的技术追赶——以我国高铁技术为例[J]. *科技进步与对策* 2011, 28(14): 10-14.
- [14] Jaegul Lee, Nicholas Berente. The Era of Incremental Change in the Technology Innovation Life Cycle: An Analysis of the Automotive Emission Control Industry[J]. *Research Policy* 2013, 42(8): 1469-1481.
- [15] 马婷婷, 汪雪峰, 朱东华, 等. 基于专利的技术机会分析方法研究[J]. *科学学研究* 2014, 32(3): 334-342, 383.
- [16] 张军荣, 丁璇, 袁晓东, 等. 深圳 LED 专利池技术分析与发展策略. *情报杂志* 2014, 33(1): 50-54.
- [17] 董菲, 朱东华, 任智军, 等. 基于专利地图的专利分析方法及其实证研究[J]. *情报学报* 2007, 26(3): 422-429.
- [18] Chen C. CiteSpaceII: Detecting and Visualizing Emerging Trends and Transient Patterns in Scientific Literature[J]. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, 2006, 57(3): 359-377.
- [19] 张昭. 基于 Cistpace 的商务智能研究热点与前沿可视化分析[J]. *情报探索* 2012(12): 6-9.
- [20] 吴学雁, 艾丹祥, 张延林. LED 研究热点与前沿的知识图谱分析[J]. *情报杂志* 2013, 32(4): 127-133.
- [21] 袁艳, 王秀红, 杨国立. 专利价值评价研究的知识图谱分析[J]. *图书情报研究* 2015(1): 50-57.
- [22] 陈玉光, 丁堃, 刘盛博. 基于 CiteSpaceII 的专利知识可视化的实习机制及其应用[J]. *情报学报* 2010, 29(4): 663-670.
- [23] 黄鲁成, 王凯, 王亢抗. 基于 CiteSpace 的家用空调技术热点、前沿识别及趋势分析[J]. *情报杂志* 2014, 33(2): 40-43.
- [24] Sun Y. Determinants of Foreign Patents in China[J]. *World Patent Information* 2003, 25: 27-37.
- [25] Bailon Morenor et al. Analysis of the Field of Physical Chemistry of Surfactants With the Unified Scientometric Mode. Fit of Relational and Activity Indicators[J]. *Scientometrics* 2005, 63(2): 259-276.
- [26] Cantwell J, Andersen B. A Statistical Analysis of Corporate Technological Leadership Historically[J]. *Economics of Innovation and New Technology*, 1996, 4(3): 211-234.
- [19] Sci2 Tool: A Tool for Science of Science Research and Practice. [EB/OL]. [2015-07-27]. <https://sci2.ens.iu.edu/user/index.php>.
- [20] 邱小花, 李国俊, 肖明. 基于 Sci-2 的国外图书馆学情报学研究主题演变分析——以共词分析为例[J]. *情报杂志* 2013, 32(12): 110-118.
- [21] 邱小花, 蒋玲, 李国俊, 等. 基于 Sci-2 的国外经济学知识图谱研究[J]. *现代情报* 2014, 34(12): 100-106.
- [22] 邱小花, 李国俊, 肖明. Sci2——一款新的知识图谱分析软件介绍与评价[J]. *图书馆杂志* 2013, 32(9): 79-87.
- [23] 曹霞, 陈云香, 崔雷. 基于 Sci-2 的国外医学信息学文献引文耦合分析[J]. *医学信息学杂志* 2015, 36(2): 45-50.

(责编: 贺小利)

(责编: 王平军)

(上接第 66 页)

引频次研究[J]. *情报科学* 2014, 32(8): 108-111.

- [15] 余新丽, 赵文华, 杨颀. 我国研究型大学国际合作论文的现状与趋势分析——以上海交通大学为例[J]. *中国高教研究*, 2012(8): 30-34, 39.
- [16] 丁君, 周志新, 王璞, 等. 我国眼科学研究国际合作状况——基于 SCI 数据库的文献计量学分析和评价[J]. *中国科技期刊研究* 2012, 23(6): 995-998.
- [17] 缪亚军, 郭江江, 戚巍. 学科视角下卓越学术国际合作国别(地区)特征研究[J]. *科学学研究* 2013, 31(9): 1296-1303, 1330.
- [18] 缪亚军, 李峰, 戚巍. 卓越学术国际合作特征研究——基于年代与国别二维视角[J]. *科学学研究* 2013, 31(8): 1141-1151.