

近 40 年来中国与“一带一路”国家 科技合作态势演变分析

王友发^{1,2}, 罗建强¹, 周献中²

(1. 江苏大学 管理学院, 江苏 镇江 212013; 2. 南京大学 工程管理学院, 江苏 南京 210093)

摘要:建设“一带一路”是中国作出的重大战略决策,以 Web of Science 数据库为数据源,选取 1978—2015 年收录的中国国际合作论文作为样本,运用文献计量学、科学计量学、社会网络分析等方法,对近 40 年来中国与“一带一路”国家科技合作的总体发展态势、学科领域分布、主导地位变迁、合作依存性等进行分析。研究发现:中国与“一带一路”国家的科技合作呈增长趋势,但合作论文数量和质量仍有待提升;合作学科领域分布较广,但各学科领域具有较大差异性;在三国及以上多国合作中,中国的主导地位较弱,仍处于相对“从属”地位;在高质量国际合作论文中,中国及“一带一路”国家的“话语权”尚不明显。

关键词:国际科技合作;国际合作论文;“一带一路”战略

DOI: 10.6049/kjbydc.2016080347

中图分类号:G322.5

文献标识码:A

文章编号:1001-7348(2016)24-0001-08

Evolution of Science and Technology Cooperation among China and Countries in the Belt and Road Initiative Area over the Past 40 Years

Wang Youfa^{1,2}, Luo Jianqiang¹, Zhou Xianzhong²

(1. School of Management, Jiangsu University, Zhenjiang 212013, China;

2. School of Management and Engineering, Nanjing University, Nanjing 210093, China)

Abstract: The Belt and Road Initiative is a major strategic decision made by Chinese. Taking a large number of literatures published in the ISI Web of Science database from 1978 to 2015 as data sources, this paper analyzes science and technology cooperation among China and countries in the B&R Initiative area, by bibliometrics, scientometrics and social network analysis methods. The results show that, although the number of cooperation paper between China and countries in the B&R Initiative area is a growth trend, the quality and quantity of cooperation paper are relatively weak. Although the subject areas of cooperation papers are widely distributed, there are a lot of differences in research area. The leading position of China is still weak in three countries and multinational cooperation. In the high quality of international cooperation paper, the role of China and countries in the B&R Initiative area is not obvious.

Key Words: International Scientific Collaboration; International Cooperation Paper; The Belt and Road Initiative

0 引言

2013 年习近平总书记在访问中亚和东南亚时,提出了共建“丝绸之路经济带”和“21 世纪海上丝绸之路”的倡议,“一带一路”战略由此产生。建设“一带一路”是中国作出的重大战略决策,旨在通过“共商、共建、共享”等原则,促进沿线各国互利合作,实现共同发展。丝绸之路不仅是经贸往来之路,而且是各国文化交流和科技合作之路,对中国科学研究国际合作而言,既是机遇又是挑战。当前,中国与“一带一路”沿线国家科技合作的总体态势如何?主要集中在哪些学科领域?

不同学科的国际合作有何特征?中国在国际格局中处于什么地位?这些问题的研究,无疑有助于中国“一带一路”战略的进一步落实。

1 研究述评

国际合作论文是国际科技合作的重要产出,在一定程度上展现了科技资源和知识资本国际扩散的有效路径,体现了科学研究国际合作的基本格局^[1]。因此,基于国际合作论文研究国际科技合作态势,受到了国内外学者们的广泛关注。Frame 和 Carpenter^[2]率先利用 SCI 数据库中的国际合作论文,研究了学科、机构、

收稿日期:2016-09-14

基金项目:国家自然科学基金项目(71472077)

作者简介:王友发(1981—),男,江苏盐城人,南京大学工程管理学院博士研究生,江苏大学管理学院讲师,研究方向为科技创新、区域科技合作;罗建强(1973—),男,陕西扶风人,博士,江苏大学管理学院副教授,研究方向为生产/服务运作管理、产品/服务创新;周献中(1962—),男,江苏泰州人,南京大学工程管理学院教授、博士生导师,研究方向为智能信息处理与智能系统。

地域、语言、政策等因素对国际合作行为的影响。Subramanyam^[3]和 Egghe^[4] 研究并提出了科技合作指数与合作率。Luukonen 等^[5] 基于合作强度对国际科技合作情况进行了测度和分析。Leydesdorff 等^[6-7] 基于国际合作论文中通信作者的比例变化,分别研究了中国、美国在国际科技合作中主导地位的变迁情况。Pislyakov 等^[8] 通过计算国际合作论文中俄罗斯科研机构所占比例,研究了俄罗斯在国际合作网络中所扮演的角色。国内学者中,袁军鹏^[9] 通过研究合作论文的主导地位分布、数量时间分布等情况,揭示了中国与欧美日等主要发达国家科技合作的模式和特征。史豪杰^[10] 等从文献计量学视角,对中德、中法两国科技合作论文的学科领域、合作机构、论文质量等进行了分析。此外,郑佳^[11] 从专利分析视角,对中国国际科技合作现状与趋势进行了研究。韩涛等^[12] 以国际科技合作论文为对象,从社会网络分析视角,研究了我国优势学科和弱势学科的主导地位演变情况。

综上所述,国内外众多学者从不同视角,对国际科技合作进行了较深层次的研究,但目前大部分研究主要关注中国与发达国家的科技合作,对中国与发展中国家之间合作的关注较少,而研究中国与“一带一路”国家科技合作的更少。本文试图从历史纵向角度(1978—2015 年),对近 40 年来中国与“一带一路”国家科技合作的总体态势演变情况进行研究,并从学科领域分布、合作国家倾向、合作地位变迁、高质量论文合作依存性等角度进行全方位分析,获得中国与“一带一路”国家科技合作的全局视图,并剖析其中存在的问题,提出相应的政策建议。

2 数据与方法

2.1 数据来源

ISI Web of Science 中的 SCI(科学引文索引)数据库是国际科学界公认的重要数据库之一,以文献内容权威、数据完整规范、便于计算机整理分析而出名。为获得更权威的数据,本文将 SCI 数据库、同属于 ISI Web of Science 平台的 SSCI 数据库和 A&HCI 数据库作为研究的数据来源。1978 年中国政府作出了改革开放的重大决策,对外科技合作也逐步恢复并发展起来,因此,将检索时间跨度设置为 1978—2015 年。以“CU=Peoples R China”为检索对象,文献精简类型选为“Article OR Proceedings Paper OR Review”,在 SCI、SSCI、A&HCI 三大数据库中进行检索,得到 2 180 795 条文献记录,以 TXT 纯文本格式进行下载。

本文定义中国国际合作论文的论文作者数大于等于 2,且来自中国和其它国家的作者至少各有一位,经筛选得到 572 380 条文献记录。中国与“一带一路”国家科技合作论文的论文作者数大于等于 2,且来自中国和“一带一路”沿线国家的作者至少各有一位,经筛选

得到 81 593 条文献记录。

2.2 研究方法

本文采用文献计量学、科学计量学、社会网络分析等研究方法。文献计量学方法早期主要用于图书情报学研究,近年来广泛用于客观、量化地研究学科结构、揭示学科发展规律、预测发展趋势^[13]。科学计量学是应用数理统计、计算技术等方法对科学活动的投入(人员、经费)、产出(论文数量、被引频次)等进行定量分析,从中找出科学活动规律的一门科学分支学科^[14]。社会网络分析(SNA)是近年来兴起的一种研究社会问题的新范式,主要分析特定空间范围内相关行动者之间的关系,并进一步寻找关系对网络成员的影响^[15]。这种对“关系”的关注与地缘政治和国际关系研究思路十分契合。因此,SNA 方法非常适合于国际科技合作关系研究。在统计过程中,借助 Bibexcel 和 Pajek 软件对文献数据进行处理。

3 结果与分析

3.1 中国与“一带一路”沿线国家科技合作总体态势

本研究从中国国际合作论文数、中国与“一带一路”国家合作论文数两个方面,分析中国科学研究国际合作的总体变化态势(见图 1)。

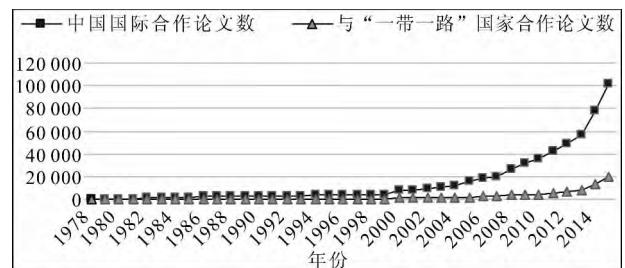


图 1 中国国际合作科技合作总体态势

近 40 年来中国国际合作科技合作总体态势主要分为 3 个阶段:第一阶段是 1978—1985 年,中国对外科技合作由破重立,中国国际合作论文数量少且增速缓慢。整个 20 世纪 70 年代,中国国际合作科技合作基本处于停滞状态,直到 1978 年中国政府作出改革开放的重大决策,对外科技合作才逐步恢复过来;第二阶段是 1985—2000 年,随着中国对外开放的进一步扩大,在国家科技合作政策的引导和鼓励之下,中国科研机构积极开展“多层次、宽领域、全方位”的国际科技合作,中国国际合作论文数量开始呈现明显上升趋势,但上升速度较为平稳;第三阶段是 2000 年至今,中国国际合作论文数量呈迅猛增长趋势。进入 21 世纪后,科技问题越发复杂,很多科学问题,其范围、规模、复杂性远超单个国家的能力,开展国际合作成为科学研究的内在要求。同时,随着社会、经济的高速发展,中国科技创新能力大大提高,中国积极参与并牵头组织了一批国际重大

科技项目,如“伽利略”计划、人类蛋白质组计划、全球对地观测系统等。尤其在 2013 年“一带一路”战略提出后,中国与“一带一路”国家的经贸往来、科技交流等进一步加强,在此背景下,中国与“一带一路”国家科技合作论文呈指数级增长趋势。

从合作国家来看,1978—2015 年中国共与 176 个国家(或地区)合作发表文献,其中涉及亚洲国家(地区)52 个(占 30%),欧洲 49 个(29%),非洲 39 个(22%),美洲 28 个(15%),大洋洲 8 个(4%)。由此可见,中国科技合作国家分布较广,遍及五大洲。在这些国家(地区)中,与中国合作发表论文数量超过 2 000 篇的共有 37 个,如图 2 所示。

在与中国合作论文排名前 20 位的国家中,大部分为欧美日等西方发达国家,“一带一路”沿线国家只有新加坡、俄罗斯、印度、以色列 4 国且大部分排名靠后。在所有国家中,中美之间的合作“一枝独秀”,论文总量达 207 596 篇,远超其它各国。“一带一路”国家中,中国与新加坡的合作论文最多,有 19 768 篇,但远远落后于中美合作的论文数量,仅为其 9.52%。与发达国家相比,中国与“一带一路”国家的论文合作整体规模较小。因此,为加快落实“一带一路”国家战略,应制定相关政策,鼓励中国与“一带一路”沿线国家积极开展国

际科技合作。

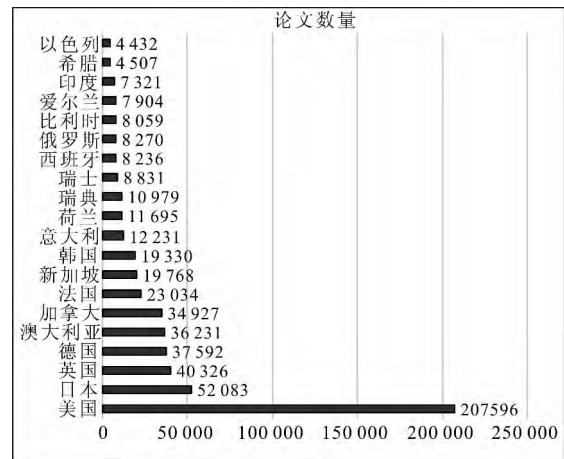


图 2 与中国合作论文数量超 2 000 篇的前 20 个国家(地区)

3.2 中国与“一带一路”国家科技合作的学科领域与国家倾向

(1) 学科领域分布。在了解中国与“一带一路”国家科技合作总体态势的基础上,为进一步掌握科技合作具体情况,对与中国合作的“一带一路”国家中排名前 15 位的论文数量、学科领域、基金资助等情况进行了统计分析,如表 1 所示。

表 1 论文数量、学科领域、基金支持等情况

排名	“一带一路”国家	论文数量/篇	学科领域	论文数量/篇	基金支持	论文数量/篇
1	新加坡	19 768	化学	13 639	国家自然科学基金	42 336
2	俄罗斯	8 270	物理	10 728	973 计划	6 900
3	印度	7 321	工程技术	8 387	教育部基金	4 407
4	以色列	4 432	数学	8 307	中央高校科研基金	3 630
5	马来西亚	3 379	计算机科学	4 086	各省市自然科学基金	2 575
6	波兰	3 158	生物学	3 711	中科院基金	2 358
7	泰国	3 127	地学	3 502	科技部基金	1 784
8	捷克	3 095	环境科学	2 704	国家博士后基金	1 471
9	巴基斯坦	3 061	医学	2 362	国家科技攻关项目	701
10	沙特	2 926	农学	2 173	863 计划	690
11	匈牙利	2 671	生态学	2 163	国家留学基金委	655
12	土耳其	2 383	材料科学	2 056	长江学者	609
13	罗马尼亚	1 954	空间科学	1 776	国家社科基金	201
14	伊朗	1 587	光学	1 588	各省市博士后基金	138
15	埃及	1 461	高分子科学	1 410	公益性行业专项基金	138

中国与“一带一路”沿线国家之间合作的不均衡性较大,与新加坡、俄罗斯、印度等周边相邻国家的合作论文较多,而与匈牙利、伊朗、埃及等相距较远国家合作较少。这主要是因为“一带一路”国家中,新加坡华人较多,传统文化与中国接近;印度国境与中国接壤,且近年来发展迅速,科技实力不断增强,两国交往不断加深;俄罗斯与中国是“全面战略协作伙伴关系”,也是“上海合作组织”、“亚洲基础设施投资银行”等成员方,中俄两国在经济、科技等领域合作广泛。因此,中国与新、印、俄 3 国合作论文数量最多,这也在一定程度上体现了历史、文化、地理等地缘因素对国际科技

合作的影响。从基金支持来看,居前 3 位的是中国自然科学基金、973 计划、教育部基金。其中,中国自然科学基金资助的合作论文数量独占鳌头,这与自然科学基金资助经费的力度与强度不断加大密切相关,说明科研基金资助对推动国际科技合作有着积极影响。从学科领域分布来看,中国与“一带一路”国家合作论文的学科领域既有化学、数学、物理等传统学科,又有生物技术、计算机科学、高分子科学等新兴学科。

中国与“一带一路”国家合作论文的数量比例、合作论文的学科分布比例、合作论文的主要资助基金比例如图 3 所示。

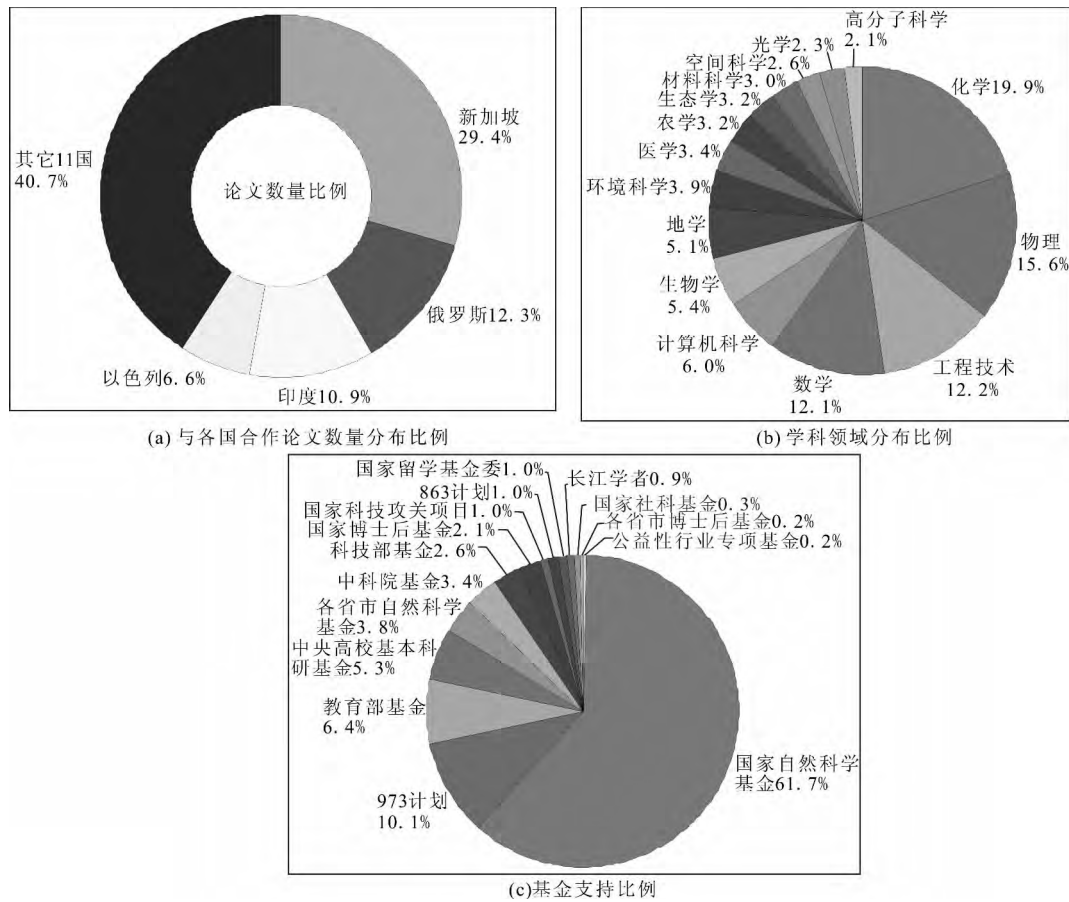


图3 中国与“一带一路”国家合作论文占比

(2)各学科领域的合作国家倾向性。中国与“一带一路”国家合作论文的总分布情况,以及各学科领域中国与“一带一路”国家的具体合作情况,反映中国与“一带一路”国家在各学科领域的合作倾向,可为以后制定差异化、有针对性的国际科技合作政策,提供科学决策依据。

合作国家倾向性采用合作强度值进行表征,其值越高,说明两国合作倾向越显著^[12]。合作强度值采用中国与“一带一路”国家合作论文数进行测度,并利用 Jaccard^[5]采用的公式进行归一化处理。两国合作强度值 NW 的计算公式为:

$$NW = \frac{AW}{\sqrt{n_i n_j}}$$

其中,AW 代表国家 i 与 j 合作发表的论文数, n_i 和 n_j 分别代表国家 i 与 j 各自发表的所有国际合作论文数。

以合作论文数量排名前 10 位的学科领域为例,表 2 列出了中国与“一带一路”国家在各学科领域的合作强度值,体现了中国在各领域的合作国家倾向。

从表 2 可以看出,中国与“一带一路”国家合作论文的学科领域分布各有特色。其中,中新两国之间的合作论文中,内科医学与交通工程技术是特色学科;中俄之间,地学是特色学科;中以之间,农学是特色学科;

中印之间,环境科学以及粒子物理学、生物学等是特色学科。因此,中国与“一带一路”国家的合作倾向,在各学科领域具有较大差异。这与“一带一路”沿线各国的国情、人口、地理位置、资源禀赋等密切相关。新加坡是亚洲发达国家,曾被誉“亚洲四小龙”之一,但城市人口密度大,2013 年已达 7.59 人/km²,为全球人口最密集的地区之一。鉴于新加坡国土面积有限,人口密度过大,为避免拥堵,政府对交通科学与工程等技术投入大量精力,建立了完善的公共交通系统,因此,交通科学成为其特色的优势学科。中国为解决交通拥堵等“大城市病”,与新加坡在该领域展开大量科研合作,产出了较多合作论文。与新加坡不同,俄罗斯幅员辽阔,资源丰富,蕴含丰富的石油、天然气等资源,俄罗斯是欧洲各国的重要天然气供应商,能源外交也一度成为俄罗斯国家战略。为促进石油天然气的勘探、开采等工作,俄政府出台了很多政策鼓励地质学的发展,该学科成为其特色优势学科。中国从国家能源安全战略考虑,加大与俄罗斯在该领域的合作力度,因此,中俄两国在地质学领域合作论文数量较多。以色列自然资源较为匮乏,且战乱频繁,但该国始终致力于科教兴国战略,集中力量发展科技。以色列农业部更是针对该国干旱、少雨、荒漠地带多的特点,组织力量进行科研攻关,发展起了荒漠农业。中国新疆、甘肃等地区可借鉴以色列的先进经验技术,发展高科技农业,因此,植物学、农学成为中以合作的一个重要学科领域。

表 2 中国内地与“一带一路”国家合作强度值(%)

国家	化学	物理	工程技术	数学	计算机科学	生物学	地学	环境科学	医学	农学
新加坡	7.6	12	18.5	11.4	10.5	6.5	5.3	8.4	12.8	1.2
俄罗斯	6.5	6.5	7.6	3.2	1.9	2.1	16.7	6.5	3.6	6.7
印度	3.8	7.6	6.0	3.3	2.9	6.7	6.2	9.5	4.9	5.3
以色列	1.2	2.3	8.6	4.8	1.8	1.9	2.3	4.2	3.8	10.6
马来西亚	8.3	2.4	7.5	3.1	1.3	2.5	3.4	5.0	4.0	7.6
波兰	2.6	3.3	4.2	2.9	1.2	1.8	5.0	5.2	2.1	3.5
泰国	4.7	4.2	6.9	3.7	1.1	3.2	4.9	3.8	3.7	8.9
捷克	1.5	5.1	3.2	2.0	2.2	4.7	3.7	7.1	2.1	2.1
巴基斯坦	2.0	4.9	9.6	3.6	2.6	5.0	4.2	7.6	6.2	8.5
沙特	3.4	4.2	8.3	1.2	2.1	3.2	5.1	3.5	2.0	2.3
匈牙利	3.5	2.7	3.5	5.0	2.0	2.1	3.2	3.2	1.8	2.1
土耳其	6.7	3.1	4.6	3.4	1.4	1.7	2.7	2.1	2.3	2.2
罗马尼亚	4.4	4.9	2.1	4.1	1.7	1.1	3.5	1.9	1.8	1.7
伊朗	5.9	3.2	3.6	1.7	2.2	1.5	2.4	2.3	1.9	2.0
埃及	3.1	3.3	4.2	2.4	1.9	2.0	3.2	1.8	2.1	3.4

3.3 中国科技合作主导地位变迁分析

全面度量中国科技合作主导地位的变迁有一定的难度。作为一个初步探索, 本文主要通过中国学者在国际合作论文中担任通讯作者的比率变化情况, 分析中国科技合作主导地位的变迁。这主要是因为, 从目前国际合作论文发表的普遍现象来看, 通讯作者一般都是研究团队中把握方向、起主导作用的学者^[9]。“国际合作通讯作者率”的变化可以从一个侧面反映一国参与国际科技合作的分工、角色及主导地位变迁情况^[6]。因此, 本研究将中国学者在国际合作论文中担任通讯作者的比率作为度量合作主导地位的指标。

(1) 合作论文主导地位变迁。一个国家的主导率 D_i 的计算公式为:

$$D_i = f_i / N_i \times 100\%$$

其中, N_i 为国家 i 的国际合作论文总数, f_i 为国际合作论文中通讯作者来自国家 i 的论文数。

图 4 显示了中国与“一带一路”国家合作论文数及其通讯作者地址字段为中国的论文数, 1978—2015 年中国主导论文数呈明显增长趋势, 尤其是 2000 年以后, 中国主导论文数进入迅猛增长阶段, 这与中国科技创新能力及 SCI 等国际合作论文数量的快速增长保持了一致。

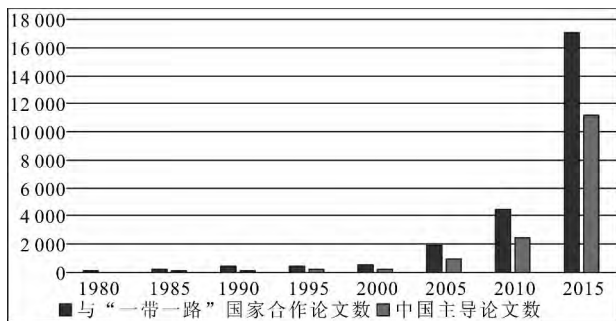


图 4 中国与“一带一路”国家合作论文数及中国主导论文数

图 5 显示了中国与“一带一路”国家科技合作近 40 年的主导率演变情况, 中国的主导率呈现不断上升趋势, 特别是从 2005 年开始中国的主导率一直保持在 50% 以上, 从侧面说明中国研究者在国际科技合作中的主导地位逐渐加强。这一方面可能是因为随着国际科技合作不断深化, 中国研究者已不再满足于一般性、

浅层次的国际合作, 而更加注重自己在国际合作研究中的主动性、话语权; 更重要的一方面是因为随着中国社会、经济、科技的全面发展, 以及中国学者们多年的努力, 其科研能力、创新能力得到显著提高, 具备了与国外同行平等对话、平等合作的能力, 甚至可以在较多的国际合作项目中起到引领和主导作用。

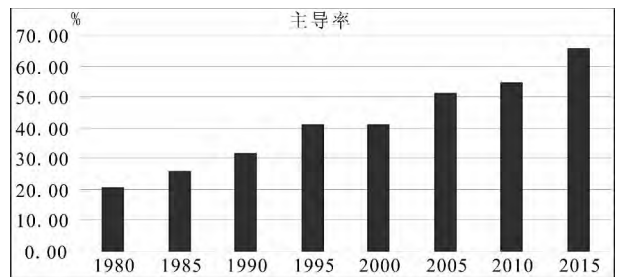


图 5 中国主导地位演变情况

进一步分析发现, 在与“一带一路”国家合作的中国主导论文中, 两国(中新、中俄、中印、中以等)合作论文较多, 三国(中俄印、中以新等)合作论文较少。由图 6 可知, 两国合作论文共 38 993 篇, 占 81%; 三国合作论文共 5 776 篇, 占 12%; 三国及以上国家合作论文仅 3 370 篇, 占 7%, 两国合作论文比重明显偏大。这说明在三国及以上的多国科技合作中, 中国的主导地位较弱, 仍处于相对“从属”地位。因此, 中国需要在多国重大合作项目中进一步发挥作用。

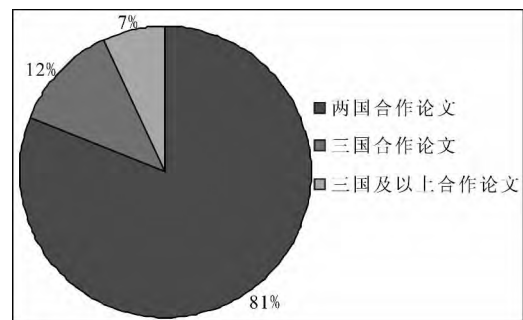


图 6 两国合作、三国合作等论文比例

(2) 学科“边缘—核心”地位演变。在社会网络中, 关键词可视作关系网络中的节点, 通过关键词共现分析可知每个节点在网络中的地位, 如核心地位、边缘地

位等。

受篇幅所限,本文主要选择中国相对强势的化学

和相对弱势的分子生物学两个学科作为代表,分析其合作地位演变情况,如图 7、图 8 所示。

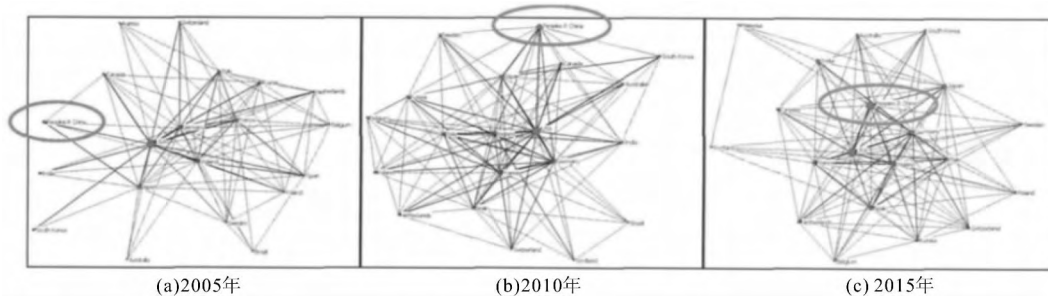


图 7 化学合作网络演变

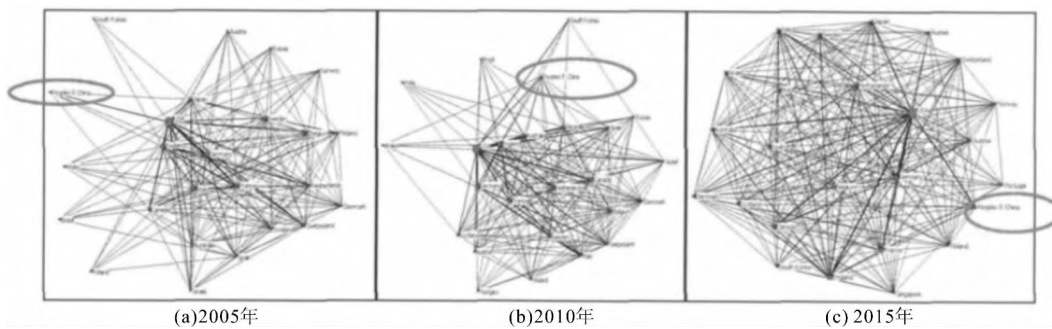


图 8 分子生物学合作网络演变

从图 7 可知,在与“一带一路”国家科技合作中,化学作为强势学科,显示了逐渐向合作网络核心位置移动的明显趋势,特别是 2015 年中国的化学学科已经基本处于核心区域,并成为国际科技资源流动的重要节点。从图 8 可知,在合作网络中,中国的分子生物学作为弱势学科,始终分布在网络的边缘位置,不同的学科领域显示了不同的国际合作地位和特征。因此,今后中国在制定国际科技合作政策时,应针对不同学科的合作网络位置特点,采取差异化、有针对性的合作策略和模式,提升中国科技合作的主导地位。

3.4 高质量论文国际合作依存性

文献计量学中,论文被引频次是体现论文学术价值的重要指标,一定程度上反映了论文的创造性、前瞻

性和重要性^[16],利用被引频次评价学术论文质量已逐渐被学者们所认同。在参考相关文献的基础上,本文将被引频次前 1% 的论文定义为高质量论文,选取 SCI、SSCI、A&HCI 三大数据库中 2000、2005、2010 三年的数据进行分析。之所以未选取 2015 年,主要是考虑学术论文一般在发表 1—2 年之后达到引用峰值。

从表 3 可看出,中国全部论文的国际合作率平均值保持在 24% 左右,中国高质量论文的国际合作率则保持在 50% 左右,远高于全部论文的平均水平。这说明国际合作有利于提高论文的学术价值和国际影响力,同时,说明中国高质量论文很大程度上依赖国际科技合作的支持,即中国高质量论文的国际合作依存性较大。

表 3 中国全部论文与高质量论文国际合作情况对比

指标	中国全部论文			中国高质量论文		
	2000	2005	2010	2000	2005	2010
论文总数	31 636	73 781	131 762	316	755	1 328
中国国际合作论文数	7 710	16 224	36 114	172	371	682
国际合作率(%)	24.37	21.98	27.41	54.43	49.14	51.36
中国主导论文数	3 165	8 309	19 716	40	136	257
主导率(%)	41.05	51.21	54.59	23.26	36.65	37.68

进一步分析发现,中国全部论文的主导率约为 50% 左右,相比而言,中国高质量论文在国际合作中的主导率仅为 32%,明显偏低。这表明近年来中国在国际上发表论文的数量不断攀升,但在高质量研究和国际重大前沿科学研究中仍处于“从属”地位。

为对中国高质量国际合作论文进行详细分析,本

文选取被引频次前 10 位的论文进行研究,如表 4 所示。从发表时间来看,上述论文大多出现于 2000 年左右,说明学术论文并不是发表时间越久被引频次越高。其中,被引频次最高的是 2001 年《Nature》上发表的一篇文章,被引 11 882 次。从研究领域看,这 10 篇高被引论文的学科领域大多为物理学、化学、天文学、科学技

术等。从合作国家来看, 这些论文大多是三国及三国以上的多国合作论文, 一定程度上说明三国及以上的多国合作可有效提高论文的国际影响力。在排名前 4 位的高被引论文中, 仅有排在第 1 位的一篇文章有“一

带一路”沿线国家(以色列)参与。在合作国家中, 大多数为发达国家, 且在合作中占据主导地位, 中国及“一带一路”沿线国家在国际合作中的“话语权”尚不明显。

表 4 高被引频次论文(前 10)统计

论文题名	被引频次	期刊	研究领域	合作国家
Initial sequencing and analysis of the human genome	11 882	NATURE(2001)	科学技术其它主题	中美英日德法以色列等
PLINK: A tool set for whole-genome association and population-based linkage analyses	7 975	AMERICAN JOURNAL OF HUMAN GENETICS(2007)	遗传学	中美英
The Sequence Alignment/Map format and SAMtools	6 123	BIOINFORMATICS(2009)	分子生物学	中美英
Mutations of the BRAF gene in human cancer	4 748	NATURE(2002)	科学技术其它主题	中美英意澳等
REVIEW OF PARTICLE PHYSICS Particle Data Group	4 593	PHYSICAL REVIEW D(2012)	天文学	中美英日法德俄加拿大等
Review of particle physics	4 223	PHYSICS LETTERS B(2008)	物理学	中美英日德法俄印西班牙等
The ERA-40 re-analysis	4 180	QUARTERLY JOURNAL OF THE ROYAL METEOROLOGICAL SOCIETY(2005)	大气科学	中美英德日法荷兰
REVIEW OF PARTICLE PHYSICS	4 035	JOURNAL OF PHYSICS G-NUCLEAR AND PARTICLE PHYSICS (2010)	物理学	中美英德日法印俄以色列等
Review of particle physics	3 793	JOURNAL OF PHYSICS G-NUCLEAR AND PARTICLE PHYSICS(2006)	物理学	中美英德印俄、以色列、加拿大、韩国等
Dye-Sensitized Solar Cells	3 675	CHEMICAL REVIEWS(2010)	化学	中国、瑞典

4 结论与建议

本文以 ISI Web of Science 中的 SCI、SSCI、A&HCI 三大数据库为数据源, 选取 1978—2015 年收录的中国国际合作论文作为样本, 运用文献计量学、科学计量学、社会网络分析等方法, 对近 40 年中国与“一带一路”国家科技合作的总体演变态势进行了分析。得出以下结论: ①从发展趋势来看, 中国与“一带一路”国家合作论文初期数量较少, 2000 年后合作论文数量呈大幅度增长, 但相比而言, 中国与“一带一路”国家合作论文数量仍远远落后于中国与发达国家合作论文数量; ②从学科领域来看, 中国与“一带一路”国家合作论文的学科领域分布较广, 既有化学、数学、物理学等传统学科, 又有生物技术、计算机科学、高分子科学等新兴学科, 但中国与“一带一路”国家的合作倾向在各学科领域具有较大差异性; ③从合作地位来看, 中国合作论文的主导率呈不断上升趋势, 但在三国及以上的多国合作中, 中国的主导地位较弱, 仍处于相对的“从属”地位; ④从合作依存性来看, 中国高质量论文的国际合作率较高, 国际合作依存性较大。但在多国合作发表的高被引论文中, 发达国家仍起主导作用, 中国及“一带一路”国家在国际合作中的“话语权”尚不明显。

从分析结果可看出, 中国与“一带一路”国家的科技合作呈不断增长趋势, 但从合作成果来看, 无论是数量还是质量都有待提升。因此, 为推动落实“一带一路”战略, 提出如下对策建议:

4.1 加强政策引导, 与“一带一路”国家展开全面科技合作

中国与“一带一路”国家的合作论文虽持续增长, 但数量与规模仍远远落后于中国与发达国家之间的合作论文。因此, 为加快落实“一带一路”战略, 应制定相关政策, 采取有力措施, 引导和促进中国与“一带一路”国家积极展开全面科技合作, 多出合作成果。

国家自然科学基金、“973”计划等科研基金资助在国际科技合作中发挥着重要作用, 基金项目的资助有力地推动了中国国际科技合作, 并取得了丰硕成果。因此, 应进一步加大基金支持力度, 可考虑在国家自然科学基金等项目的立项和资助中, 适当地向“一带一路”科技合作专项提供政策倾斜, 加强科技政策的引导和鼓励作用。另外, 2014 年中国投入 400 亿美元成立“丝路基金”, 为“一带一路”沿线国家的基础设施建设、互联互通、产业合作等提供融资支持, 这为加强中国与“一带一路”国家科技合作提供了良好机遇。国家可从丝路基金中, 安排一定资金或设立专门的国际科技合作基金, 鼓励中国与“一带一路”沿线国家广泛开展学术交流、科技合作、人才交流等, 支持中国科学研究“走出去”, 进一步扩大国际影响力。

4.2 注重优势互补, 与“一带一路”国家在特色领域加强合作

由于“一带一路”沿线各国国情、人口、地理位置、资源禀赋等因素不同, 使得每个国家都有自己的优势学科和特色研究领域, 在鼓励中国与“一带一路”国家

开展全面科技合作的总体政策框架下,也应注意各国优势学科的布局特点,通过具体的国别政策,采取差异化、有针对性的国际科技合作策略和合作模式,鼓励中国学者在国际科技合作中取长补短,优势互补,进一步秉承和发挥“和平合作、开放包容、互学互鉴、互利共赢”的丝路精神,深化中国与“一带一路”国家在特色领域科技合作与交流,充分利用国外先进科技资源,优化合作结构。

此外,在巩固传统优势学科与特色领域科技合作的同时,还需加强中国与“一带一路”国家在新兴学科、交叉学科以及人文社会学科等领域的合作与交流,开创“多层次、宽领域、全方位”的国际合作新局面。

4.3 加强多国合作,多出高质量研究成果

三国及三国以上的多国科技合作有利于提高论文的学术价值和国际影响力,中国高质量论文也需要依靠国际合作完成。因此,中国与“一带一路”国家科技合作中,应重点加强三国及三国以上多国国际合作项目的资助力度,同时,国家有关政策应鼓励中国学者积极参与到多国科技合作项目中,并争取发挥主导作用。

4.4 讲好中国故事,提高中国科技合作的主导地位

当前,中国论文数量已跃升世界前列,但有广泛国际影响力的优秀论文寥寥无几,以至于很多场合,特别是在重要国际学术年会上,中国学者的声音较小。在多国合作项目中,中国的主导地位较弱,仍处于相对的“从属”地位,“话语权”尚不明显。因此,中国在国际合作中既要追踪国际热点与前沿,也要拒绝“盲从”,争取发挥自身特色和优势,在世界科技大舞台上,“讲好中国故事,发出中国声音”。

值得一提的是,目前大多数重大前沿国际合作项目,都是在“西方语境”下开展的,并由发达国家主导。将来可重点考虑,在中国国际科技合作政策的支持下,由中国学者牵头,组织并实施一批“中国语境”下的前沿国际大科学工程、大科学计划,比如“高铁”、“跨海大桥”等超大型复杂工程领域,“中医药青蒿素”等医学研究领域。在这些具有中国优势与特色的领域中,结合“一带一路”沿线国家的现实需求(基础设施建设、医疗卫生改善等),积极开展科技合作,多出有影响力的重要成果,提高中国在国际科技合作中的主导地位。

参考文献:

[1] OECD. The measurement of scientific and technological ac-

tivities proposed guidelines for collecting and interpreting technological innovation data; Oslo manual[EB/OL]. <http://www.oecd.org/dataoecd/35/61/2367580.pdf>. 2012-04-30.

- [2] FRAME J DAVIDSON, CARPENTER MARK P. International research collaboration[J]. *Social Studies of Science*, 1979, 9(4):481-497.
- [3] SUBRAMANYAM K. Bibliometric studies of research collaboration: a review[J]. *Journal of Information Science*, 1983(6):33-38.
- [4] EGGHE L. Theory collaboration and collaborative measures [J]. *Information Processing & Management*, 1991(4):177-202.
- [5] LUUKONEN T, TIJSEN R, PERSSON O. The measurement of international scientific collaboration[J]. *Scientometrics*, 1993, 28(1):15-36.
- [6] ZHOU P, LEYDESDORFF L. The emergency of China as a leading nation in science[J]. *Research Policy*, 2006, 35(1):83-104.
- [7] LEYDESDORFF L, WAGNER C. Is the United States losing ground in science? a global perspective on the world science system[J]. *Scientometrics*, 2009, 78(1):23-36.
- [8] PISLYAKOV V, SHUKSHINA E. Measuring excellence in Russia: highly cited papers, leading institutions, patterns of national and international collaboration[J]. *Journal of the Association for Information Science and Technology*, 2014, 65(11):2310-2330.
- [9] 袁军鹏, 薛澜. 主导与协同: 中国国际科技合作的模式和特征分析[J]. *科学学与科学技术管理*, 2007(11):5-9.
- [10] 史豪杰, 朱文沓, 吴广印. 从 SCI 合著论文角度看中法科技合作[J]. *情报科学*, 2008(6):876-881.
- [11] 郑佳. 基于专利分析的中国国际科技合作研究[J]. *中国科技论坛*, 2012(10):144-149.
- [12] 韩涛, 谭晓. 中国科学研究国际科技合作的测度与分析[J]. *科学学研究*, 2013, 31(8):1135-1140.
- [13] CALERO C, NOYONS E. Combining mapping and citation network analysis for a better understanding of the scientific development: the case of the absorptive capacity field[J]. *Journal of Informetrics*, 2008, 2(4):272-279.
- [14] 侯海燕, 刘则渊, 栾春娟. 基于知识图谱的国际科学计量学研究前沿计量分析[J]. *科研管理*, 2009(1):164-170.
- [15] ROBINS G, SNIJDERS T, WANG P, et al. Recent developments in exponential random graph(p*) models for social networks[J]. *Social Networks*, 2007, 29(2):192-215.
- [16] 孙书军, 朱全娥. 内容质量决定论文的被引频次[J]. *编辑学报*, 2010(2):141-143.

(责任编辑:万贤贤)