



开放科学
(资源服务)
标识码
(OSID)

中国高校工程学领域国际科研合作分析

李文兰^{1,2} 许云云³

1. 天津大学图书馆 天津 300354;
2. 天津大学情报研究所 天津 300354;
3. 天津大学教育学院 天津 300354

摘要: [目的/意义] 本研究通过探讨我国高校工程领域国际科研合作的发展现状和特征,为高校工程学领域学科发展,开展国际科研合作提供借鉴。[方法/过程] 选取 2010—2020 年 ESI 数据库中我国高校工程学领域国际合作高被引论文为数据来源,利用文献计量和社会网络分析方法了解我国高校工程学领域国际科研合作规模、影响力水平、国际合作区域、团队规模和机构类型。揭示合作参与度、主导性、合作网络特征及团队规模变化趋势。[结果/结论] 截至 2020 年,同各国高校相比,我国高校工程学领域高水平科研产出能力首屈一指,国际科研合作是有效提高我国高校科研影响力的重要途径。中国高校主导国际科研合作的能力有所强化,国际合作网络结构较为紧密,但与各国合作频次分布不均衡,美国、英国、澳大利亚为主要合作伙伴。合作团队规模逐年扩大,合作机构类型以高校为主,与企业等其他类型机构间的国际科研合作有待加强。

关键词: 国际科研合作; 工程学; 文献计量; 高被引论文

中图分类号: G35

Analysis of International Scientific Cooperation of Engineering in Chinese Universities

LI Wenlan^{1,2} XU Yunyun³

1. Tianjin University Library, Tianjin 300354, China;
2. Institute of Intelligence, Tianjin University, Tianjin 300354, China;
3. College of Education, Tianjin University, Tianjin 300354, China

Abstract: [Objective/Significance] By exploring the development status and characteristics of international scientific research cooperation in the field of engineering in Chinese universities, this study provides reference for the development of disciplines and international research cooperation in the field of engineering in universities. [Methods/Processes] Highly cited papers of

作者简介 李文兰(1964-), 博士, 研究馆员, 研究方向为文献计量与科技评价, E-mail: liwl@lib.tju.edu.cn; 许云云(1997-), 硕士研究生, 研究方向为文献计量与科技评价。

引用格式 李文兰, 许云云. 中国高校工程学领域国际科研合作分析 [J]. 情报工程, 2022, 8(5): 25-35.

international cooperation in engineering field of Chinese universities in ESI database from 2010 to 2020 are selected as data sources to understand the scale, influence level, international cooperation region, team size and institution type of international research cooperation in engineering field of Chinese universities by using bibliometric and social network analysis methods. The changing trends of cooperation participation, dominance, cooperation network characteristics and team size are revealed. [Results/Conclusions] By 2020, compared with universities in other countries, Chinese universities have had the highest level of scientific research output in engineering, and international scientific research cooperation is an important way to effectively improve the influence of scientific research in Chinese universities. The leadership of Chinese universities in international research cooperation is gradually increasing, and the structure of international cooperation network was relatively close, but the frequency of cooperation with various countries is unevenly distributed. For the United States, the United Kingdom and Australia are main partners. The scale of cooperation teams is expanding year by year, and most of the cooperation institutions are universities, and the international research cooperations with other types of institutions such as enterprises need to be strengthened.

Keywords: International scientific cooperation; engineering; bibliometric; highly cited papers

引言

工程学应用科学和技术的原理来解决一系列现实问题。工程科技架起了科学发现与工业发展之间的桥梁,是产业革命、经济发展和社会进步的强大杠杆^[1]。工程学领域科学研究是工程技术创新的基础,其发展水平和状态关乎国家科技创新实力提升,是把握未来科技发展主动权的关键。

美国西北大学凯洛格商学院 Benjamin Jones 教授提出的“知识的负担”(burden of knowledge)理论认为在越来越深入的知识面前,发明人的学习年限不断增长,专业化程度越来越高^[2]。由于专业间壁垒不断提高,学习其他专业领域知识的成本越来越高。科研合作能够有效降低学习其他专业领域知识的成本,是解决全球性复杂科学问题的有效途径。除此之外,科研合作可以实现技术、设备、资金、知识的共享共担,解决由单个科研主体无法完成的大型科学项目。

科学研究是高校的基本职能之一,从大学的教学、科研和人才培养职能的关系来看,学校科研实力的提升,既有利于吸引更多优秀的教师和学生,也能提高教学能力^[3]。高校参与国际科研合作,既符合高等教育国际化的发展趋势,又有助于提升科技创新能力,发挥科研育人功能。长期以来其国际科研合作活动受到国内外学者的广泛关注,已有研究多基于国际合著论文这一科技产出成果对高校的高校科研合作影响因素^[4,5]、高校科研合作模式^[6]、高校科研合作的影响效果^[7-9]以及高校科研合作网络^[10,11]等进行分析。已有学者对图书情报学^[12]、地理科学^[13]、医学^[6]、环境科学^[14,15]等学科领域的国际科研合作做出研究分析。熊师等^[16]以 ESI 工程学研究前沿论文数据构建国际合作网络,研究得出我国工程学研究前沿国际合作率高于全球平均水平,发文量已超过美国,但就影响力和控制力来说,美国仍占据核心地位。目前有关高校工程学领域国际科研合作的研究存在空白。本研究基于文献计量和社

会网络分析方法，探析我国高校国际科研合作的发展规模、影响力水平、合作范围、合作网络特征、合作团队规模和合作机构类型，以期为我国高校工程学领域科研发展和科研合作提供策略和建议。

1 研究设计

1.1 指标体系

论文中涉及的指标定义及其计算公式如表 1 所示。

表 1 论文中涉及的指标及含义

指标	定义/公式
高被引论文	学科领域被引频次排名前 1% 的论文 ^[17]
国际合作高被引论文	以国际合作的形式产出的高被引论文，文献作者来自两个及以上的不同国家。
高被引论文国际合作率	国际合作高被引论文数与高被引论文数的比值。
主导国际合作论文率	通讯作者或第一作者产出国际合作论文数与国际合作论文数之比。
国际合作密切指数	$COOP(A - B)$ 表示机构或国家 A、国家 B 之间的科技合作系数； $COOP(A - WD)$ 表示机构或国家 A 与世界 (WD) 之间的科技合作系数，计算公式为： $IAI = COOP(A - B) / COOP(A - WD) * 100%$ ^[18] 。在本研究中， $COOP(A - B)$ 指两个国家合作产出的国际合作高被引论文数。 $COOP(A - WD)$ 指国家 A 与其他国家合作产出的所有国际合作高被引论文数。
引文影响力	论文篇均被引频次 (均值)，论文被引频次与论文数之比。
国际合作论文效率指数	国际与国内合著文献的篇均被引频次之比 ^[18] 。
总被引频次	研究时间范围内，各年度被引频次之和。

1.2 数据来源及处理方法

ESI (Essential Science Indicators™, 基本科学指标) 是基于 Web of Science™ 核心合集数据库近十多年滚动数据的深度分析型研究工具。ESI 数据库基于 SCI 和 SSCI 期刊数据，并结合学科特点设置 22 个学科分类，工程学是其中之一。InCites 数据库提供某机构、个人、主题和期刊的论文数据和评价指标，能够从多个方面对不同国家、地区、机构 (大学) 的科学产出能力和影响力进行全方位分析和评价^[19]。

本研究通过基本科学指标数据库 (Essential Science Indicators, ESI) 和 InCites 数据库获取 2010 年 1 月 1 日—2020 年 12 月 31 日，11 年间全球工程学领域所属机构类型为高校的高被引论文数据 15569 篇。在此基础上限定国家和地区为 “China mainland”，得到中国大陆地区

高校全部工程学高被引论文 6764 篇，再选择合作类型为国际合作获得 3010 篇国际合作高被引论文。由于本研究的数据来源为高被引论文，下文中所提及的国际合作论文均指国际合作高被引论文。

2 结果与分析

2.1 国际科研合作规模

学术论文的数量和增长速率体现学科科研实力和学科发展速度。中国高校工程学领域产出的论文数及其在全球高校工程学领域论文中的产出占比，反映出中国高校整体科研产出规模及其在全球所处位置。高被引论文数用以评估国家或机构时，能够反映某国或某机构高质量或高水平论文的规模，体现出评价对象的科

研产出质量。

统计发现,2010—2020年,中、美两国高校工程学领域的高被引论文分别为6764篇和3228篇,位居世界第一、二位,中国高校的高被引论文数是美国高校的两倍多。中国大陆高校工程学领域的高被引论文总数、国际合作高被引论文数的全球占比分别为43.45%、46.14%,非国际合作高被引论文全球占比41.50%。中国高校工程学领域高水平科研论文产出实力不容小觑,对全球工程学领域科技发展作出了重要贡献。如表2所示,全球高校及中国高校的国际合作高被引论文年均增长率均高于非国际合作高被引论文,且中国高校统计周期内的论文年均增长速率高于全球平均水平。国际科研合作在全球范围内发展势头强劲,是产出高影响力科研论文的重要形式。

已有研究发现的高被引论文与国际合作具有正相关关系,Aksnes^[20]认为大多数高被引论文都是在国际合作下产出的。高被引论文国际

合作率的高低,反映国际合作对高校产出高水平论文的影响程度,高被引论文国际合作率越高,表示高被引论文中以国际合作形式产出的论文越多。如图1所示,11年间中国高校全部高被引论文中国际合作论文所占份额,即高被引论文国际合作率累计达44.50%。说明中国高校的全部高水平科研论文中有近一半是在国际合作的形式下产出的。11年间有9年高被引论文国际合作率高于40%。国际合作对高水平论文的整体数量规模的增长做出了贡献。

表2 全球高校和中国高校工程学领域论文数量及年均增长率

地区	统计项	数量(篇)	年均增长率(%)
中国高校	高被引论文	6764	23.54%
	国际合作高被引论文	3010	27.16%
	非国际合作高被引论文	3754	21.55%
全球高校	高被引论文	15569	10.44%
	国际合作高被引论文	6524	16.15%
	非国际合作高被引论文	9045	7.19%

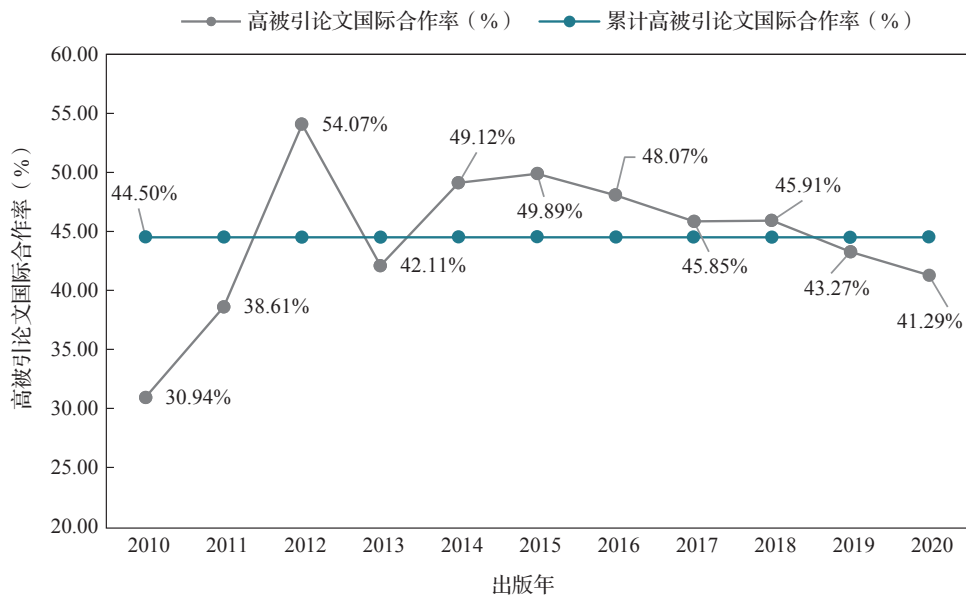


图1 中国高校工程学领域高被引论文国际合作率变化趋势

在国际合著中是否处于主导地位是判断国家的科研实力的重要依据。如表3所示,中国高校工程学领域主导国际合作论文率随时间变化波动增长,各年度主导国际合作论文率始终保持在70%以上,累计主导国际合作论文率为

88.31%。中国高校在国际科研合作中正发挥着持续稳定的主导作用。中国高校在工程学领域国际科研合作中具备较强的话语权和较高的积极性。中国高校的主导性的提升也可能受中国科技评价体制的影响。

表3 中国高校工程学领域主导国际合作论文率变化趋势

统计项	出版年											累计
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	
高被引论文(篇)	181	202	246	304	397	437	543	735	928	1292	1499	6764
国际合作论文(篇)	56	78	133	128	195	218	261	337	426	559	619	3010
主导国际合作论文(篇)	43	58	115	112	168	187	227	298	383	508	559	2658
主导国际合作论文率(%)	76.79	74.36	86.47	87.50	86.15	85.78	86.97	88.43	89.91	90.88	90.31	88.31

2.2 国际科研合作影响力分析

从影响力角度来看,被引频次是用于反映学术影响力的重要指标之一。由于论文从发表到引用存在时间差,受到引用时滞性的影响,2020年发表的论文总被引频次相对2019年有所减少,但统计周期内国际合作高被引论文的

总被引频次整体呈现出增长的趋势。

国际合作论文效率指数反映国际合作论文的相对影响力高低。由表4可知,中国高校各年度国际合作论文效率指数虽有波动,但均大于1,国际合作论文的影响力明显高于国内合作论文,国际合作是中国高校提升整体学术影响力的重要形式。

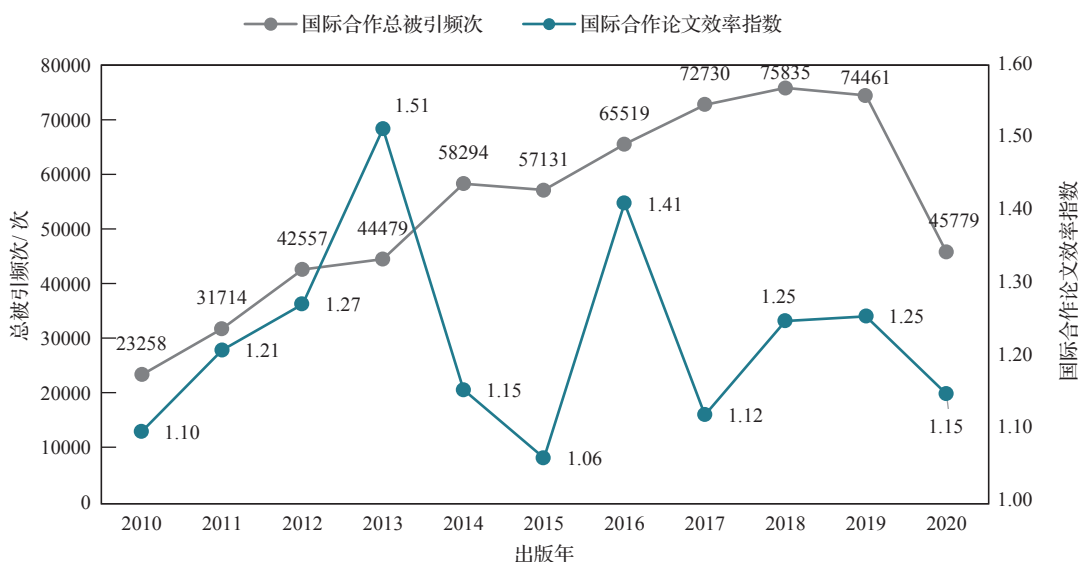


图2 中国高校工程学领域国际合作高被引论文总被引频次及国际合作论文效率指数变化趋势

中国高校工程学领域国际合作所取得的成果离不开国家一系列科技政策的支持。2006年国务院颁布《国家中长期科学和技术发展规划纲要(2006—2020年)》对中国未来15年科技发展的重点领域进行规划,提出若干重要政策和措施,其中包括扩大国际和地区科技合作与交流^[21]。之后为贯彻落实和补充完善纲要内容,中华人民共和国科学技术部相继出台了一系列政策。如2011年颁布的《国际科技合作“十二五”专项规划》,提出深化国际科技合作与交流,加强我国高校、科研机构与国外科研机构的合作交流,提高高校、科研机构的国际化程度^[22]。2017年科技部颁布《“十三五”国际科技创新合作专项规划》强调加大对外开放,构建全球和区域两方面的科技创新合作体系,鼓励科研机构、高校、企业以及科学家个人积极参与科技创新合作,形成官方合作聚焦重点、民间合作遍地开花的新局面^[23]。多年以来国家对国际科研合作的重视,是中国高校国际科研合作取得长足进步的重要基础。

2.3 国际科研合作区域分析

2.3.1 合作国家地区分布

国家地区数量和分布情况,反映高校国际科研合作的范围。11年间中国高校累计与88个国家地区建立起广泛的国际科研合作关系,按照各国与中国高校合作频次由高到低排名前十的国家和地区分别为美国、澳大利亚、英国、加拿大、新加坡、沙特阿拉伯、伊朗、德国、韩国和日本。

国际合作密切指数能够一定程度上反映出机构或国家与其他国家地区间合作的紧密程度,

以及合作区域的均衡度。如表4所示,中国高校与美国、澳大利亚、英国的国际合作密切指数最高,均大于10%。与中国高校有合作关系的国家地区中,有61个国家或地区的累计合作频次低于30,国际合作密切指数不足1%,由此可见,中国高校与各国的国际合作密切指数呈明显的“梯队式”分布,区域间合作频次不均衡。

2.3.2 国际科研合作网络特征

本研究以所选取的样本中涉及的89个国家和地区为节点,形成关系总数为1748国际科研合作中心网络。一个节点代表一个国家,节点间的连线表示国家间合作关系的存在,连线的粗细表示合作的频次多少。利用Netdraw绘制出中国高校的国际科研合作的可视化网络图,如图3所示,图中节点的大小表示该点的点度中心度大小,连线的粗细表示国家间的合作次数。

网络密度是指行动者之间实际联结的数目与他们之间可能存在的最大的联结数目的比值^[24]。比值越高,该网络的联结密度就越大。本研究的网络密度为0.223,网络整体结构较为紧密,成员间互动性较强,知识和信息的传播性较好。

度数中心度、中介中心度、亲近中心度是衡量网络中个体或组织所处的地位的主要指标。节点的度数中心度越高,与之直接关联的点越多,该行动者就居于网络中心地位,从而拥有较大的权力。中介中心度衡量个体对信息和资源的控制能力,测量一个行动者“控制”其他行动者的能力。由于本研究的网络不是完备图,故仅以度数中心度和中介中心度衡量各国在合作网络中重要程度。表4为度数中心度排名前15的国家地区国际合作密切指数和中心性指标,

部分国家的度数中心度较高,而大部分国家的度数中心度较低,差距明显。美国的度数中心度最高,其次是英国和澳大利亚。这三个国家

的中介中心度同样位居前三,沙特阿拉伯、伊朗、法国和日本的中介中心度排名紧随其后,中介中心度排名与度数中心度的排名并不完全一致。

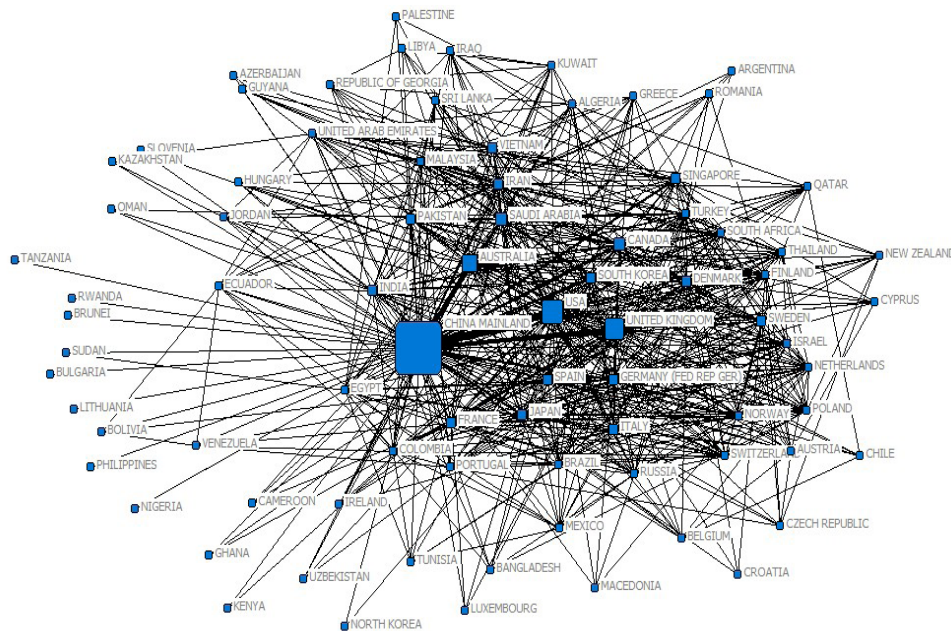


图3 中国高校国际合作网络结构图

表4 中国高校合作国家地区国际合作密切指数及中心性指标

国家/地区	国际合作论文数(篇)	国际合作密切指数(%)	度数中心度	中介中心度
中国大陆	3010	—	4992	1456.497
美国	1044	34.68%	1683	266.485
澳大利亚	552	18.34%	1006	165.757
英国	479	15.91%	1377	131.097
加拿大	228	7.57%	407	30.274
新加坡	227	7.54%	364	11.406
沙特阿拉伯	168	5.58%	400	87.156
伊朗	116	3.85%	328	65.091
德国	113	3.75%	305	49.364
韩国	112	3.72%	269	25.626
日本	97	3.22%	196	51.133
.....

高校在全球范围内寻找国际合作对象时,一般秉持两种选择理论:尖子选择理论和援助

发展理论^[25]。其中尖子主义选择认为,科研主体从自身科技利益出发,更倾向于选择学科领

域内最优秀的国际合作伙伴。而援助发展理论在合作伙伴的选择上不考虑目前的科学优势,而更多考虑发展的需求,或者不完全是科学上的理由^[26]。中国高校的国际合作国家地区分布和合作密切程度印证了上述两种选择理论。

2.4 国际科研合作团队规模及机构类型

2.4.1 国际科研合作团队规模

本研究以篇均合作机构数和篇均合作作者数衡量科研团队规模,如表5所示,经统计中国高校统计周期内的累计篇均合作机构

数为3.01,累计篇均合作作者数为4.39。将合作机构数和合作作者数按照1~10及以上统计得到不同团队合作规模下的国际合作论文数,如图4所示,高校在合作机构数为1~4间产出的国际合作论文数最多,累计占全部国际合作论文的84.20%。合作作者规模为2~5人,对应的国际合作论文数最多,约占全部国际合作论文数的74.18%。即中国高校国际合作多为中国高校与1~4所国际科研机构间的合作研究活动。而合作作者团队规模以2~5人为主。

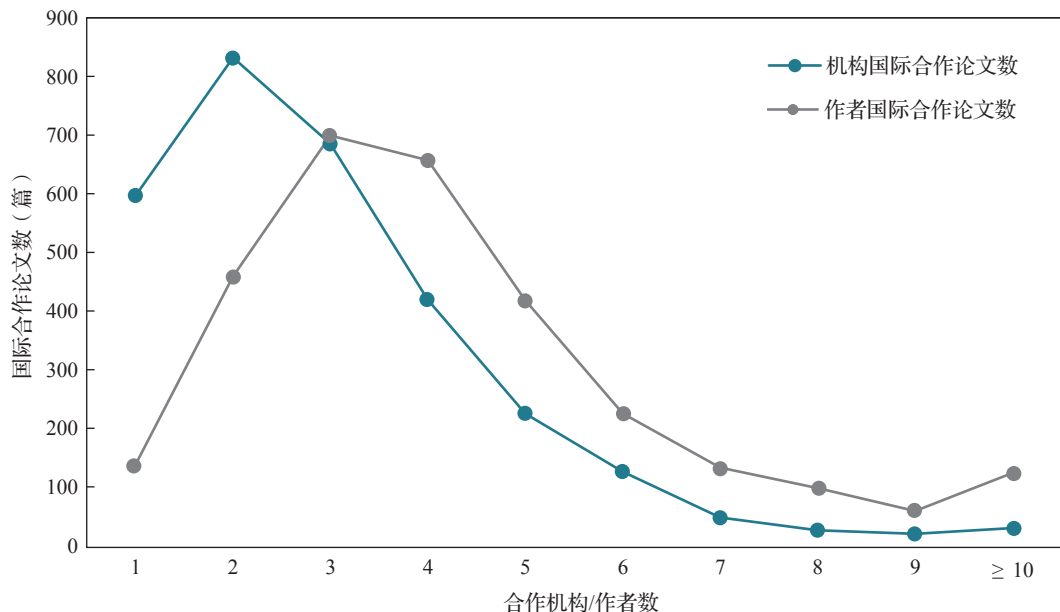


图4 合作机构及作者规模分布图

由表5可知,中国高校的篇均合作机构数和篇均合作作者数随时间变化呈上升趋势,即国际科研合作中的团队规模随时间推移逐渐扩大。全球范围内开展更广泛、更多参与主体的国际科研合作活动仍是当前科研领域的发展趋势。

2.4.2 国际科研合作机构类型

中国高校累计共有1169个国际合作机构,

合作机构类型有12种,分别为大学(Academic)、大学系统(Academic System)、企业(Corporate)、政府(Government)、研究所(Research Institute)、医院(Health)、非盈利组织(Nonprofit)、研究委员会(Research Council)、国家科学院(National Academy)、医疗系统(Healthcare System)、全球企业(Global Corporate)和合伙(Partnership,即其他机构类型的组合)。其

中国外高校是中国高校的主要合作机构类型，占有国际合作机构总数的 78.44%。各类型合作机构中，中国高校与医疗系统、企业、医院、大学系统和研究委员会的国际合作论文引文影

响力排前五如表 6 所示。长期以来，除国外高校以外，中国高校与的其他类型的国外机构间合作较少，今后应积极与多种类型机构建立起广泛稳定的合作关系。

表 5 篇均合作作者数和篇均合作机构数变化趋势

出版年	篇均合作作者数 (个)	篇均合作机构数 (个)
2010	2.89	2.23
2011	2.97	2.58
2012	3.38	2.44
2013	3.59	2.82
2014	3.61	2.72
2015	3.71	2.77
2016	3.98	2.94
2017	4.08	2.77
2018	4.86	2.98
2019	5.11	3.37
2020	4.95	3.31
总计	4.39	3.01

表 6 合作机构类型

机构类型	机构数 (个)	机构类型占比 (%)	国际合作论文数 (篇)	总被引频次 (次)	引文影响力 (次)	引文影响力排名
大学	917	78.44%	2872	566172	197.14	6
研究所	68	5.82%	136	25735	189.23	9
大学系统	58	4.96%	667	149291	223.82	4
政府	46	3.93%	168	33101	197.03	7
企业	38	3.25%	56	17269	308.38	2
医院	12	1.03%	16	3911	244.44	3
非盈利组织	11	0.94%	21	3891	185.29	10
研究委员会	7	0.60%	43	9052	210.51	5
国家科学院	4	0.34%	10	1904	190.40	8
合伙	4	0.34%	5	770	154.00	11
全球企业	3	0.26%	2	266	133.00	12
医疗系统	1	0.09%	1	419	419.00	1
总计	1169	100%	2951	583123	197.60	—

3 小结与讨论

(1) 2010—2020 年间,中国高校工程学领域高水平科研产出成果以压倒性的数量优势位居全球第一,为世界工程学领域科学研究的发展和进步做出了巨大贡献。中国高校工程学领域国际合作高被引论文年均增长率高于非国际合作高被引论文,发展势头强劲。中国高校在广泛参与的国际科研合作中话语权有所加强。同时中国高校国际合作论文的总被引频次随时间变化呈增长趋势,各年度国际合作效率指数大于 1,国际科研合作能有效提高高校科研成果的学术影响力。国家针对国际科技合作制定实施的一系列政策措施为中国高校工程学领域科研水平的整体进步创造了良好基础条件。积极寻求国际合作机会,主动参与国际合作是发表高水平高学术影响力科研成果的重要途径。高校既要重视参与国际合作,又要积极提升参与国际合作中的主动性,把握合作主导权。

(2) 中国高校合作的国家和地区范围广,且多为发达国家,与各国的国际科研合作频次差异明显,具有不均衡性,合作最为紧密的国家是美国、澳大利亚、英国,形成上述的合作区域分布,既与当前全球科技资源和科研实力布局相关,也符合国际科研合作伙伴选择过程中的尖子主义选择理论和援助发展选择理论。中国高校与其合作的国家间形成了紧密程度较高的合作网络。除美国、澳大利亚、英国外,沙特阿拉伯、伊朗、法国和日本在国际合作网络中对资源和信息的控制能力较强,其他国家在该合作网络中联络需要上述国家发挥“中间

人”作用的可能性高。中国高校应加强与这些国家间的合作以提升自身学术影响力。

(3) 科研合作团队规模逐年扩大,国际科研合作项目的完成过程中,参与机构和作者的数量持续攀升,全球范围内国际科研合作广度不断拓展。中国高校合作的国外机构类型主要是以高校为主,与企业、科研院所、政府等合作较少。中国高校与企业、医疗系统、医院等机构的国际合作论文引文影响力较高。因此,应加强国际范围内的产学研合作,鼓励高校更多地建立与多种机构类型间的国际合作,鼓励高校与多种类型机构间建立国际合作关系,深化合作深度,以激发高校产出高水平国际科研成果的潜能。

参 考 文 献

- [1] 顾秉林. 中国高等工程教育改革与发展——在第三届国际工程教育大会上的讲话 [EB/OL]. (2004-09-07)[2022-04-15]. <https://www.tsinghua.edu.cn/info/1977/76915.htm>.
- [2] Jones B F. Age and great invention[J]. *The Review of Economics and Statistics*, 2010, 92(1):1-14.
- [3] 李俊杰. 科研反哺教学的合理性及地方高校因应策略 [J]. *教育研究*, 2012, 33(3):53-56.
- [4] Olmeda-Gomez C, Perianes-Rodriguez A, Ovalle-Perandones M A, et al. Visualization of scientific co-authorship in Spanish universities: From regionalization to internationalization[J]. *Aslib Proceedings*, 2009, 61(1):83-100.
- [5] Fernandez A, Ferrandiz E, Leon M D. Proximity dimensions and scientific collaboration among academic institutions in Europe: The closer, the better?[J]. *Scientometrics*, 2016, 106(3):1073-1092.
- [6] 崔婷婷, 吴慧, 仇晓春. 基于 SciVal 的中国、日本、韩国高校医学领域科研论文合作分析 [J]. *医学与社会*, 2020, 33(11):30-35.
- [7] 张菊, 方永才, 刘艳阳. 分析 SCI 论文探讨合作研

- 究对提高高校科研水平的作用[J]. 科技进步与对策, 2005(2):132-134.
- [8] 何海燕, 李芳. 高校科研合作对论文产出质量的影响——基于国家重点实验室分析[J]. 北京理工大学学报(社会科学版), 2017, 19(5):162-167.
- [9] 邱姝敏, 柳卸林, 高太山. 是本地还是国际的高校科研合作对企业创新有溢出作用?[J]. 科学学与科学技术管理, 2015, 36(11):24-33.
- [10] 洪煜, 高迎爽. 中美高水平大学的科研合作创新机制研究——基于 WoS 数据库论文合著的社会网络分析[J]. 江苏高教, 2020(2):36-41.
- [11] 刘艳华, 刘婧, 华薇娜, 等. 我国研究型高校图书情报院系国际科学研究中的作者分析[J]. 现代情报, 2014, 34(7):111-115.
- [12] 杨辰, 王楚涵, 方锦源, 等. 我国图书情报学国际科研合作研究——以中国一流大学建设高校为例[J]. 现代情报, 2021, 41(11):140-149.
- [13] 王淑强, 青秀玲, 王晶, 等. 基于文献计量方法的国际地理科学研究机构竞争力分析[J]. 地理学报, 2017, 72(9):1702-1716.
- [14] 刘睿远. 环境科学国际合作态势比较研究[J]. 创新科技, 2017(7):23-26.
- [15] 刘文浩, 熊永兰, 郑军卫, 等. 基于高被引论文的国际地下水研究态势分析[J]. 世界科技研究与发展, 2017, 39(1):75-83.
- [16] 熊师, 杨祖国, 李立. 中国在工程学研究前沿的国际合作状况分析[J]. 高等工程教育研究, 2018(6):174-181.
- [17] Clarivate. Essential Science Indicators[EB/OL]. [2022-04-16]. <https://hficaed9908c62534c91skkpp0oc5owqu6knwfiac.eds.tju.edu.cn/Content/Indicators-Handbook/ih-esi-indicators.htm>.
- [18] 浦墨, 袁军鹏, 岳晓旭, 等. 国际合作科学计量研究的国际现状综述[J]. 科学学与科学技术管理, 2015, 36(6):56-68.
- [19] 刘雪立. 一个新的引文分析工具——InCites 数据库及其文献计量学指标的应用[J]. 中国科技期刊研究, 2013, 24(2):277-281.
- [20] Aksnes D W. Characteristics of highly cited papers[J]. Research Evaluation, 2012, 12(3):159-170.
- [21] 中华人民共和国国务院. 国家中长期科学和技术发展规划纲要(2006—2020年)[EB/OL]. (2006-02-07)[2022-04-24]. http://www.gov.cn/gongbao/content/2006/content_240244.htm.
- [22] 科学技术部. 关于印发国际科技合作十二五专项规划的通知[EB/OL]. (2011-08-28)[2022-04-24]. http://www.most.gov.cn/xxgk/xinxifenlei/fdzdgknr/fgzc/gfxwj/gfxwj2011/201109/t20110920_89716.html.
- [23] 科技部. 科技部关于印发《“十三五”国际科技创新合作专项规划》的通知[EB/OL]. (2017-05-12)[2022-04-24]. http://www.most.gov.cn/xxgk/xinxifenlei/fdzdgknr/fgzc/gfxwj/gfxwj2017/201705/t20170512_132771.html.
- [24] 朱庆华, 李亮. 社会网络分析法及其在情报学中的应用[J]. 情报理论与实践, 2008(2):179-183.
- [25] 汪丹. 个体网络结构分析在科学交流活动中的应用研究——以碳纳米管领域的科学合作为例[J]. 科学学研究, 2009, 27(4):523-528.
- [26] 国家合作局. 法国:“法国应制定明确的对华科技合作政策”[EB/OL]. (2003-07-29)[2022-08-16]. https://www.cas.cn/xw/kjism/gjdt/200906/t20090608_623416.shtml.