

我国工程学科国际合作论文的科学计量分析

——以我国在US News工程学科排行榜中排名前10所研究型大学为例

吴肖梦 陈振英 陈琚夏 王凯飞
(浙江大学图书馆, 浙江杭州 310027)

摘要: 国际合作论文是国际科研合作发展成果的重要载体,也是衡量一流大学学科建设不可或缺的核心指标。立足我国10所研究型大学国际合作论文,基于合作规模与合作率发展、合作网络地位变化、作者合作主导地位变化、合作国家网络变化等视角,剖析我国研究型大学国际合作态势与发展特征,并运用大学排行榜中新兴的相对计量指标,对国际合作成果绩效进行多个大学联盟间的比较。研究表明,我国研究型大学国际合作发展态势较好,研究规模逐年增大,国际合作核心地位突出,但与海外一流大学联盟比较,我国研究型高校的国际合作成果的影响力尚存在一定差距。

关键词: 大学; 国际合作; 科学计量学; 社会网络分析; 工程学科

中图分类号: G255

文献标识码: A

DOI: 10.3772/j.issn.1674-1544.2019.01.011

Scientometrics Study on the Papers of Engineering's International Collaboration in 10 Research-based Universities

WU Xiaomeng, CHEN Zhenying, CHEN Huixia, WANG Kaifei
(Zhejiang University Library, Hangzhou 310027)

Abstract: International cooperation papers are the carrier of international scientific research achievements, as well as the core indicator in measuring the development of first-class universities. The data in this research concludes the cooperation scale, cooperation rate, and the change in cooperation network status, the authors' cooperation leading position, and the network of cooperation region, which are collected from 10 Chinese universities who are focusing on engineering. This paper analyzes the situation and development characteristics of international research cooperation by using some new indicators in high education ranking, and compares the research outcome between 4 university alliances. The results show that there is a good trend of international cooperation and the research scale is expanding, as well as our universities occupy the core position in the international cooperation network. However, when compared with overseas first-class university alliances, there is still a gap in the influence of international cooperation achievements.

Keywords: university, international cooperation, scientometrics, social network analysis, engineering

作者简介: 吴肖梦(1991—),女,浙江大学图书馆助理馆员,硕士研究生,研究方向:高等教育评估;陈振英(1976—),女,浙江大学图书馆副研究馆员,硕士研究生,研究方向:情报分析与科研评估(通讯作者);陈琚夏(1988—),女,浙江大学图书馆馆员,硕士研究生,研究方向:社会网络关系分析;王凯飞(1990—),女,浙江大学图书馆助理馆员,硕士研究生,研究方向:情报分析与用户研究。

基金项目: 浙江省科技厅软课题项目“海外归国高层次人才学术竞争力研究”(2016C35G2010067)。

收稿时间: 2018年1月8日。

开展研究型大学国际合作论文特征研究，对于展现科技资源和知识资本国际扩散的路径、明确当前全球国际科技合作布局、了解国际合作的网络关系和合作特征具有重要价值。有学者从不同角度，对国际合作论文进行了研究^[1-5]。研究表明，国际合作论文在全部论文中的占比代表着科研产出的国际化程度，反映了学科的国际合作规模与合作率^[6]。本文则基于SCI论文数据，选取US News工程学科排行榜上我国排名前十的清华大学、浙江大学、哈尔滨工业大学、上海交通大学、华中科技大学、东南大学、北京大学、中国科技大学、西安交通大学和同济大学为研究对象，对研究型大学工程学科（按ESI分类^[7]的“工程学”）的国际合作论文进行分析，并利用文献计量方法和社会网络分析法，探究近十年的发展特征。数据的采集依托于科睿唯安的Web of Science数据库和InCites分析平台，分析制图工具采用了Excel，社会网络分析运用的是Geiphi和Ucinet。

1 合作论文的发文量与著作单位

2006—2015年，在USNews工程学科排行榜中我国排名前10所研究型大学的国际合作论文发文量逐年增加，年增长率平均为18.23%，从2006年的646篇增加至2015年的2898篇，发文数量稳步发展，态势良好（图1）。

合作网络图谱（图2）表明，10所研究型大

学基本处于绝对中心位置，美国逐步成为第二大副中心。尽管如此，以10所研究型大学为代表的我国高校仍处于合作的核心集团位置，同时相比于其他国家，中国的网络节点依然最大，论文数量最多，并且四周线条密布。由此可见，10所大学仍是工程学科领域科技资源流动的重要枢纽之一。

在合作论文的作者中，参与撰写的单位有第一单位与通讯单位之分，第一单位指的是论文署名排名第一的作者所属的单位，第一作者对文章的参与度与贡献度最高；通讯单位指的是通讯作者所属单位，通讯作者往往是文章的思路提供者与指导者。

图3表明，10所研究型大学的学者在工程学科国际合作中参与度和贡献度都在逐年增加。越来越多的学者成为国际合作中的主要研究者。2006年在这10所研究型大学中作为第一单位的合作论文占比不到所有合著论文的一半，经过十年的发展，到2015年其比例已超过75%。同时，这10所研究型大学的作者在国际合作中指导地位也在不断提升。与第一单位的变化情况相似，10所研究型大学作为通讯单位的论文数量不断增加，同时论文占比也在逐年上涨，截至2015年，在10所研究型大学参与的国际合作论文中，超7成的论文作者是论文的思路提供者与方向指导者（图3）。

与美国、德国、法国、英国、日本等发达国

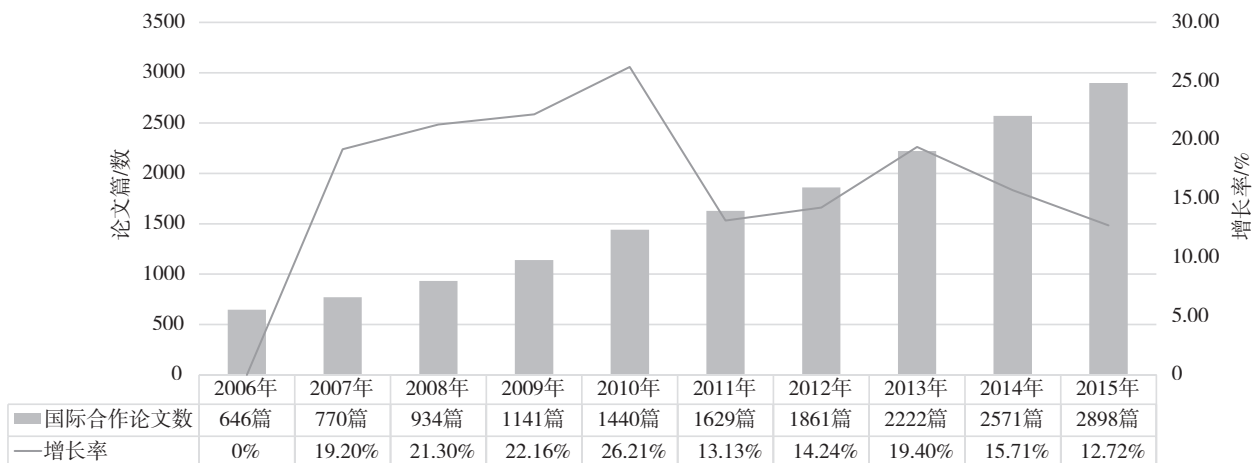


图1 10所研究型大学国际合作论文数量发展图

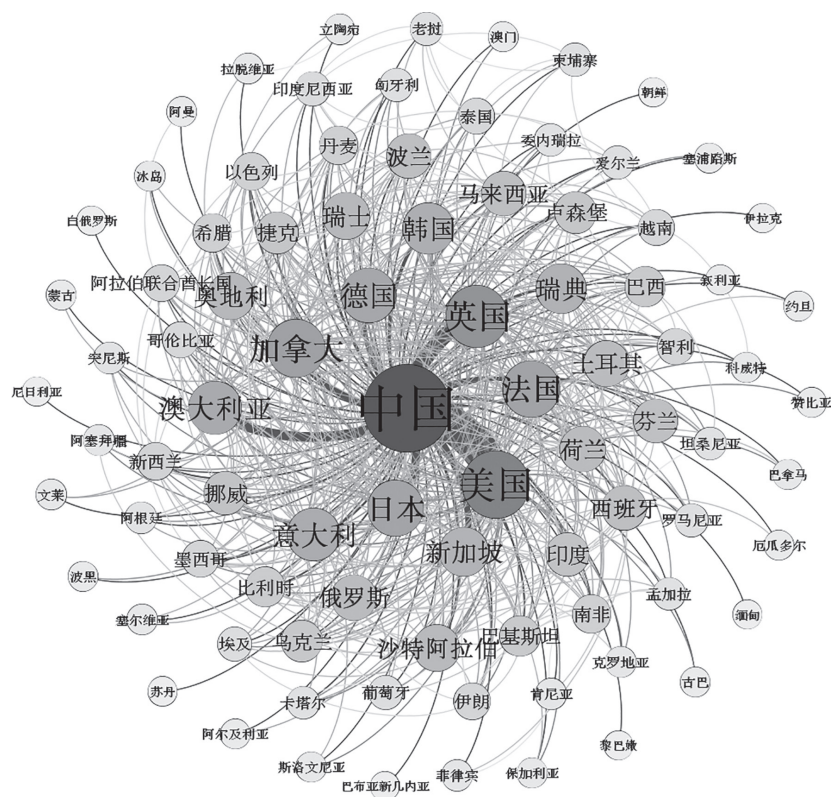


图2 10所研究型大学工程学科论文国际合作网络

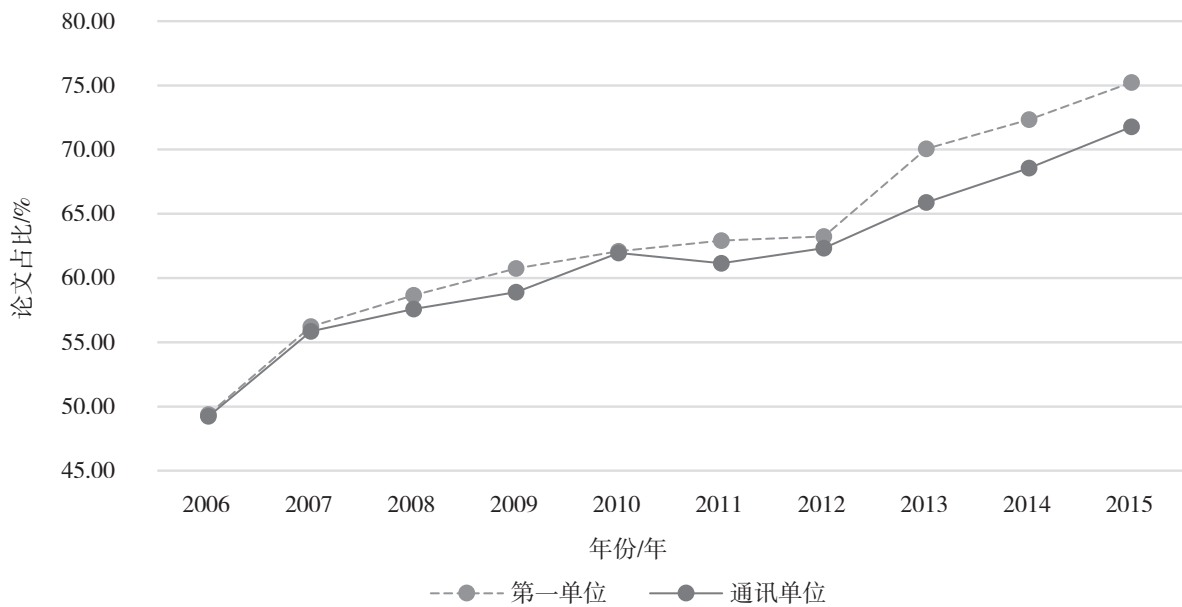


图3 10所研究型大学分别为第一单位、通讯单位的合作论文占比情况

家比较表明：2006—2015 年各国学术机构作为第一单位和通讯单位的论文远不及中国。据此分析，在工程学科的国际合作中，10 所研究型大学占据了主要领导地位，见表 1。

2 合作论文的积聚程度、规模与合作率

按k-core（k-核）分析各阶段国家间合作论文的凝聚程度。在社会网络中，k-core是建立

在点度数基础上的凝聚合作子群概念，如果一个子图中的全部点都至少与该子图中的其他K个点邻接，则称这样的子图为k-core。利用Ucinet软件找出各个阶段k-core的最大值及对应的凝聚合作子群（表2）。

从k-core凝聚子群看，与2006—2010年相比，2011—2015年合作国家积聚程度明显提升，凝聚合作子群由11国扩大到18国，占本阶段全部合作国家的比例亦有所提升。在两个阶段的子群中，一直处于子群的国家除中国外，还有美国、英国、日本、加拿大、德国、法国、意大利、瑞士。2011—2015年，凝聚合作子群内新增的国家为土耳其、韩国、瑞典、波兰、奥地利、

芬兰、俄罗斯、卢森堡、捷克共和国，而澳大利亚和新加坡则从凝聚合作子群中脱离。

从合作论文的发文数量上看，10所研究性大学的论文仍是以非国际合作论文为主，国际合作规模偏低，合作率较低；从发展趋势上看，尽管目前在数量上，国际合作规模上不占优势，但能明显看出有小幅度的上升趋势，相比2006年的23.31%，2015年的工程学科国际合作率达到28.75%，提高了5个百分点（图4）。

除自身对比外，再将我国10所研究型大学与其他国家大学进行对比。选取国际知名的以下大学联盟作为比较对象：美国北美大学联盟大学（Association of American Universities, AAU）、澳

表1 法、德、日、英、美科研机构2006—2015作为第一单位、通讯单位合作论文的年均发文量

	法国	德国	日本	英国	美国
作为第一单位年均发文量/篇	11.2	11.7	33.1	46.6	152.4
作为通讯单位年均发文量/篇	13.3	11.9	30.6	49.2	181.6

表2 k-core最大值及凝聚合作子群发展变化

阶段	k-core最大值	凝聚合作子群	占全部合作国家的比例
2006—2010年	9	中国、美国、英国、澳大利亚、日本、加拿大、新加坡、德国、法国、意大利、瑞士	15.71%
2011—2015年	17	中国、美国、英国、法国、日本、加拿大、土耳其、德国、意大利、韩国、瑞典、波兰、瑞士、奥地利、芬兰、俄罗斯、卢森堡、捷克共和国	20.45%

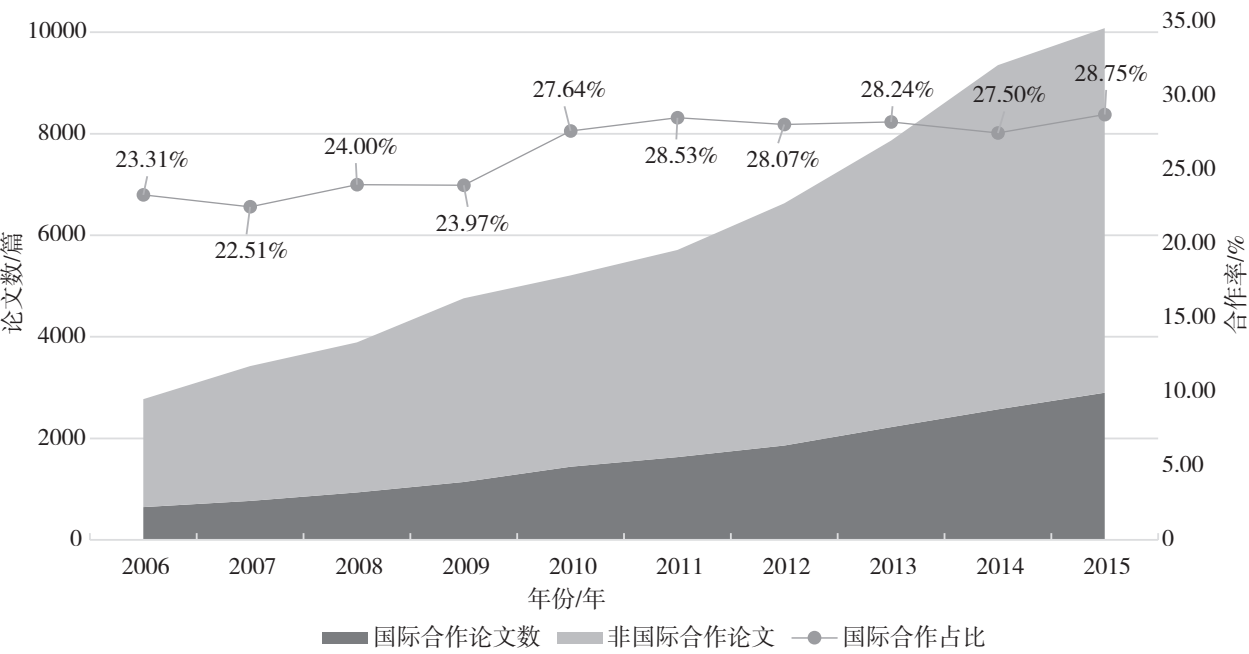


图4 国际合作论文规模与合作率发展

洲八校集团 (The Group of Eight, Go8)、英国罗素大学集团 (The Russell Group, RG), 重点探究其工程学科在国际合作率上的表现。从图 5 可以看到, 国际合作率最高的是英国罗素大学集团, 其工程学科国际合作率历年均为最高, 至 2015 年, 近 60% 的工程学科论文有其他国家研究机构的参与; 其次为澳洲八校集团, 至 2015 年, 其工程学科国际合作论文也超过了 50%; 北美大学联盟大学与我国 10 所研究型大学的国际合作率在 2006 年至 2010 年相差不多, 但此后几年北美大学联盟大学的国际合作率大幅提升, 而我国 10 所研究型大学发展缓慢, 两者差距逐年加大。

3 合作国家的网络图谱

2006—2010 年和 2011—2015 年两个阶段 10 所研究型大学合作的网络图谱, 如图 6 和图 7 所示。图 6、图 7 中节点的大小代表各国与 10 所研究型大学合作论文数量, 节点越大, 该国发表论文越多; 连线的粗细代表两国间的合作强度, 合作次数越多, 线条越粗, 其合作强度越大。

2006—2010 年, 这 10 所研究型大学的国际合作论文共 4795 篇, 合作范围涵盖 70 个国家; 2011—2015 年, 国际合作论文高达 12227 篇, 合作范围增至 88 个国家, 可见 10 所研究型大学的

国际合作规模和范围均有较大提升。结合表 3 和图 6 的合作关系图谱可以发现, 我国与美国在工程科学方面合作非常紧密, 关系线条与其他国家相比更为粗壮。美国是世界第一大国, 科技人才的聚集地, 科技前沿的发源地, 因此我国的这 10 所研究型大学将美国作为重点合作对象, 积极输出与引入优秀人才。同时, 与英国、日本、加拿大、新加坡、澳大利亚、德国、法国、韩国等国家合作线条也较明显, 双方合作较为密切。

从表 4 和图 7 可以明显看到, 相较 2006—2010 年, 2011—2015 年的合作网络图谱更为复杂, 合作国家显著增加, 但美国依然是 10 所研究型大学首选合作的国家。从线条粗细, 即合作次数的多少来看, 视觉效果明显的线条相比上个五年有所增加; 再从论文数量看, 与 10 所研究型大学合作论文数量排名前十的国家依然为美国、英国、澳大利亚、日本、加拿大、新加坡、德国、法国、韩国、瑞典。其中澳大利亚由第六名跃居第三, 两国合作论文数量增长超过 3 倍, 合作频率增长幅度最大, 其次为美国、法国、英国、韩国、瑞典和德国, 这些国家的论文数量均翻一番, 日本和新加坡的论文增长比例也超过了 50%, 由此可见, 2011—2015 年 10 所研究型大学国际合作发展迅猛。

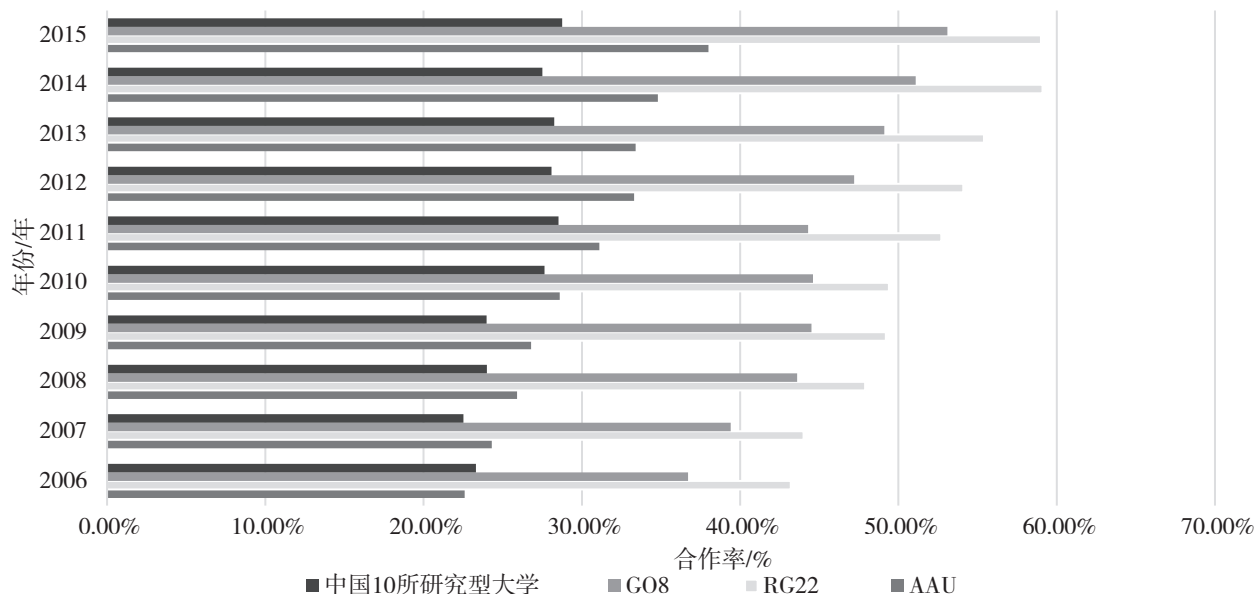


图 5 10 所研究型大学与其他大学联盟的国际合作率对比

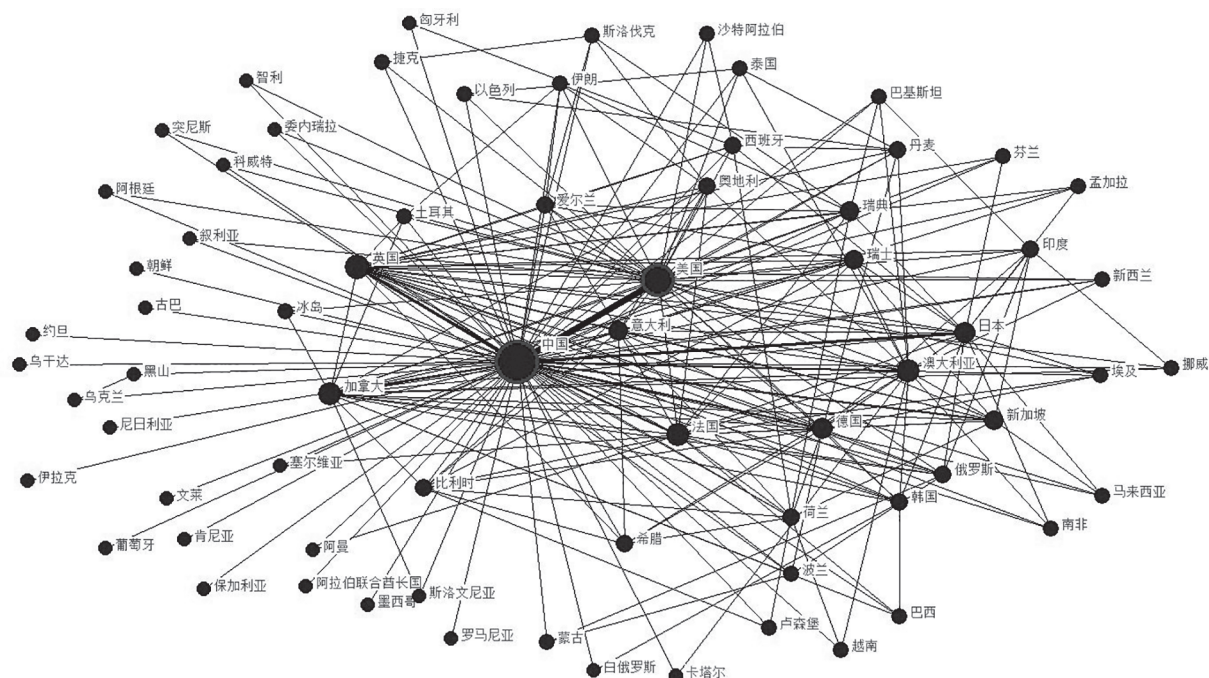


图 6 10 所研究型大学国际合作国家网络 (2006—2010 年)

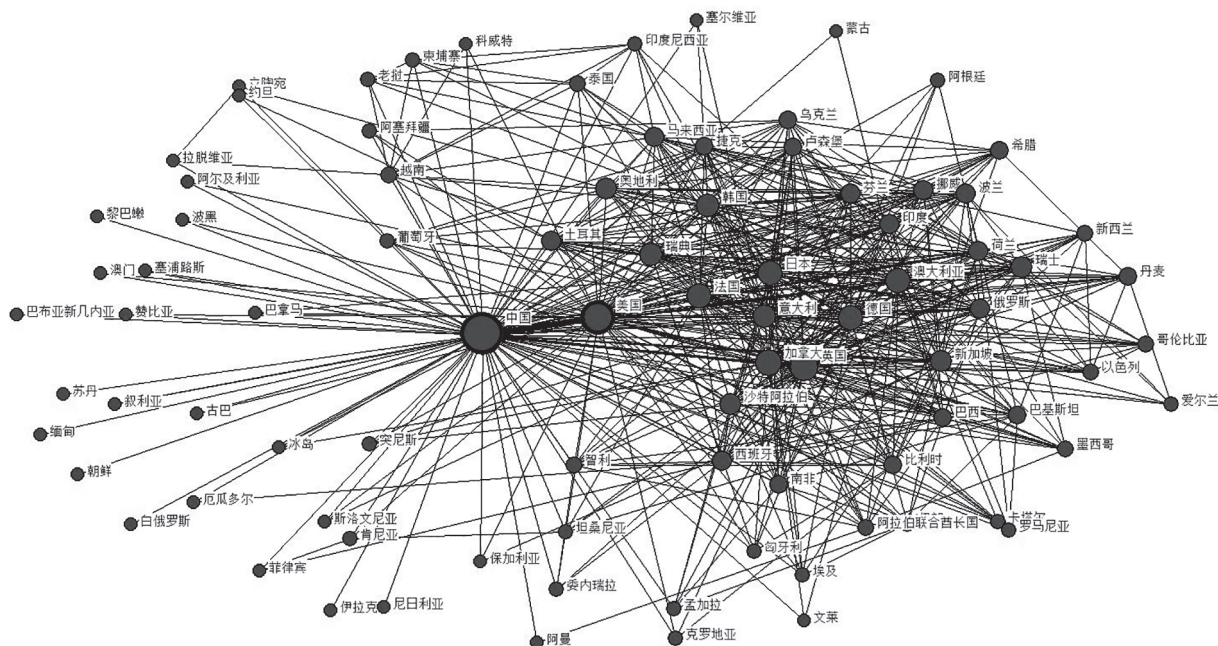


图 7 10 所研究型大学合作国家网络 (2011—2015 年)

表3 合作密切国家的论文数量(2006—2010年)

合作国家	美国	英国	日本	加拿大	新加坡
合作论文数量/篇	1619	621	492	398	375
合作国家	澳大利亚	德国	法国	韩国	瑞典
合作论文数量/篇	269	176	142	126	97

4 国际合作成果的影响力

国际合作对论文影响力的影响，包括大学排行榜中常用的5个指标：学科规范化的引文影响力、篇均被引频次、被引次数排名前1%的论文百分比（PPTOP 1%）、被引次数排名前10%的论文百分比（PPTOP 10%）、平均百分位^[8]等，其指标含义如表5所示。

截至2015年我国10所研究型大学工程学科国际合作论文数量在全部论文的占比不到30%，但合作论文的各项论文质量评价指标表现均优于全部论文，也就是说，在一定程度上通用国际合

作能够提高论文质量，提高论文的学术影响力（表6）。

10所研究型大学工程国际合作论文的质量与其他国家大学联盟相比，其各个指标数据基本优于其他大学联盟的总体论文，论文质量超过各大学联盟整体的平均水平；与各联盟的国际合作论文相比，北美大学联盟和澳洲八校集团的数据表现较为突出，我国10所研究型大学工程学科合作论文质量与其稍有差距，但基本优于英国罗素大学集团（表7）。

从雷达图（图8）中可以看到，10所研究型大学国际合作论文在PPTOP 1%和PPTOP 10%的

表4 10所研究型大学合作密切国家的合作论文数（2011—2015年）

合作国家	美国	英国	澳大利亚	日本	加拿大
合作论文数量/篇	4563	1471	1096	769	690
增长比例/%	181.84	136.88	307.43	56.30	73.37
合作国家	新加坡	德国	法国	韩国	瑞典
合作论文数量/篇	632	375	363	289	219
增长比例/%	68.53	113.07	155.63	129.37	125.77

表5 论文学术影响力指标及含义

指标	含义
学科规范化的引文影响力	该指标能够表征一组论文在学科层面上的相对影响力水平，即该组论文在每个学科中发表论文的实际被引次数与全球该学科同年同类型（指Article或Review或Note）论文的平均被引次数的比值的均值。该指标常用以衡量科研质量，一般以1.00为分界线，大于1.00表示科研产出影响力高于平均水平，小于1.00则低于平均水平。若一篇论文属于多个学科，则取每个学科计算结果的平均值
篇均被引频次	指统计期限内平均每篇论文的被引频次，即引文总数与论文总数的比值
被引次数排名前1%的论文百分比	在某一指定学科领域、某一年、某种文献类型下，总被引次数排名前1%的文献数除以该组文献全部论文数的值
被引次数排名前10%的论文百分比	在某一指定学科领域、某一年、某种文献类型下，总被引次数排名前10%的文献数除以该组文献全部论文数的值
平均百分位	指该篇论文在全球该学科当年发表的论文中按被引频次排名的百分位，可以直观地反映该学者在所属学科处于的整体影响力水平

表6 10所研究型大学国际合作论文与全部论文学术影响力比较

	CNCI	篇均被引频次	PPTOP 1%	PPTOP 10%	平均百分位
国际合作论文	1.67	10.26	2.74	17.45	48.7
全部论文	1.22	7.52	1.46	12.03	55.7

表7 10所研究型大学国际合作论文与其他国家大学联盟论文学术影响力比较

	平均百分位	CNCI	篇均被引频次	PPTOP 1%	PPTOP 10%
AAU国际合作	49.43	1.43	10.53	1.89	14.43
GO8国际合作	47.06	1.76	10.79	2.19	16.31
RG国际合作	49.08	1.33	9.89	1.36	13.31
10所研究型大学国际合作	48.7	1.67	10.26	2.74	17.45

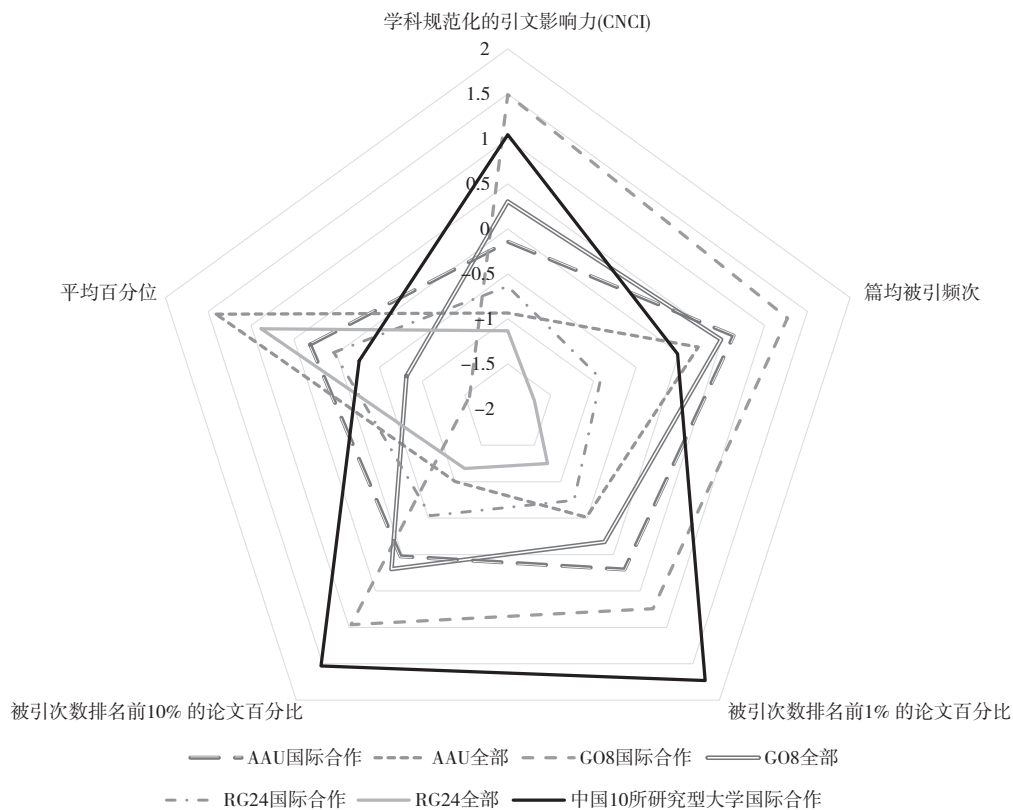


图8 10所研究型大学国际合作论文与其他大学联盟论文学术影响力比较

论文百分比指标上表现最优，优于其他3个大学联盟；在学科规范化的引文影响力和平均百分位指标上表现良好，仅次于澳洲八校集团；篇均被引频次表现稍显逊色，次于北美大学联盟和澳洲八校集团。

5 结论与启示

国际合作论文特征分析是对科技交流与合作活动所产生研究成果的理性分析和总结，国际合作论文的数量、影响力和合作论文主导地位与网络中心位置分析是评价群体交流与合作活动水平的一项重要指标。本文利用文献计量方法和社会网络分析法探究近10年来我国在USNews工程学科排行榜中排名前10所研究型大学工程学科国际合作论文的发展特征，从学科合作地位、作者合作地位、合作子群、国际合作规模与合作率、合作网络图谱等方面进行测度与分析，并与国际上多个研究型大学联盟进行了对比分析；同时，为增强评估有效性，引入多个代表论文质量的学

科规范化引文指标，多角度揭示10所研究型大学的国际合作论文特征。

分析结果表明：这10所研究型大学与其他国家合作日益紧密，国际合作程度不断增强，并且始终处于国际合作的核心位置，是工程学科领域科技资源流动的重要枢纽之一，但相较其他国家的大学联盟，国际合作论文占比稍低，国际合作论文的质量尚存在一定的差距。

通过对10所研究型大学工程学科国际合作文的科学计量分析，受到启发，为提高我国大学和学术机构国际合作的程度和水平，提出以下几点建议。

首先，拓宽国际合作广度，形成多凝聚合作子群。近10年来，这10所研究型大学均处于凝聚合作子群中的核心地位，合作子群中的国家数量由12国扩张至18国，但占全部合作国家比例仅约1/5，合作广度有限。扩宽合作广度，及时更新学术观点，防止“近亲繁殖”，使学术知识跨越空间限制，与更多国家开展紧密的学术合

作,形成同核心不同规模的合作子群,提高学术创新性和包容性,提高国内学术机构的国际知名度。

其次,加强国际合作深度,鼓励研究者开展国际交流与学习活动。这10所研究型大学与美国学术合作关系非常紧密,与其他国家的合作率也呈上升趋势。在国际学术成果合作率上升的趋势下,也应重视跨国际人才的培养,将国家之间的合作扩展至人才的互通有无。积极把握国际合作机会,充分利用国际先进的研发环境,提高本国学者的科学研究能力。同时,加大科研基金投入强度,掌握宏观调控力度,支持精英学者加入国际科技合作中,同时引进外国优秀人才,将他国的卓越经验切实应用至我国的学科发展中。

最后,提高国际合作层次,促进跨国际机构合作。充分利用世界一流大学或一流学科排行榜,了解一流科研机构,增加与其合作机会,获取更加前沿的学科知识。同时,密切关注其他高合作率的国家或科研机构,汲取他国国际合作经验,提高我国合作层次,充分发挥合作对资源流动的推动作用,加大国际科技交流与合作。

参考文献

- [1] 朱军文.基于SCIE论文的我国研究型大学基础研究产出表现研究:1978-2007[D].上海:上海交通大学,2009.
- [2] 王俊婧.国际合作对科研论文质量的影响研究[D].上海:上海交通大学,2013.
- [3] 刘云,朱东华.基础学科国际合作特征的科学计量分析[J].科学学研究,1997(1):34-38. DOI: 10.16192/j.cnki.1003-2053.1997.01.008.
- [4] 韩涛,谭晓.中国科学研究国际合作的测度和分析[J].科学学研究,2013,31(8):1136-1140. DOI: 10.16192/j.cnki.1003-2053.2013.08.002.
- [5] 张冬玲.中国科学论文产出与合作状况的计量研究[D].大连:大连理工大学,2009.
- [6] 余新丽.上海市高校2001-2012年国际合作论文分析[J].复旦教育论坛,2015(3):66-70. DOI: 10.13397/j.cnki.fef.2015.03.012.
- [7] 周光礼.世界一流学科的中国标准是什么[N].光明日报,2016-2-13(13).
- [8] Average Percentile[EB/OL].[2017-09-19]. <http://ipscience-help.thomsonreuters.com/inCites2Live/indicatorsGroup/aboutHandbook/usingCitationIndicators-Wisely/averagePercentile.html>.
- [9] 贡金涛,王平尧,刘盛博.基于专利合著指标和引用指标的企业科研人员评价研究[J].科学学与科学技术管理,2015(2):161-172.
- [10] 李红,朱玉奴,缪家鼎.基于专利情报分析和对比的高校技术创新评价研究:以浙江大学为例[J].情报理论与实践,2015,38(5):100-104. DOI:10.16353/j.cnki.1000-7490.2015.05.020
- [11] 袁晓东,陈静.专利信息分析在技术创新合作伙伴选择中的应用[J].情报杂志,2011,30(8):22-27.
- [12] 杨梓.基于技术关联的企业技术创新合作对象识别与选择研究[D].北京:北京工业大学,2017.
- [13] 尹若元.专利情报在市场分析中的应用[J].竞争情报,2012(2):13-17. DOI:10.13250/j.cnki.wndz.2007.03.010.
- [14] 马永涛,张旭,傅俊英,等.核心专利及其识别方法综述[J].情报杂志,2014,33(5):38-43,70.
- [15] 王前.智力资源管理的若干基本问题[J].公共管理学报,2004(2):44-50,95.
- [16] BENNET A, BENNET D. Characterization the next generation knowledge organization[J]. Knowledge and Innovation: Journal of the KMCI, 2000 (1):8-42.
- [17] 涂湘波,晁蓉,廖红四.高校人才学术评价的专利指标研究[J].当代教育理论与实践,2013,5(6):70-72.
- [18] BEAUDRY C, SCHIFFAUEROVA A. Impacts of col-laboration and network indicators on patent quality: The case of Canadian nanotechnology innovation[J]. Euro-pean Management Journal, 2011,29(5):362-376.

(上接第57页)