

文章编号: 1003 - 2053(2013)08 - 1136 - 05

# 中国科学研究国际合作的测度和分析

韩涛<sup>1</sup> 谭晓<sup>2</sup>

(1. 中国科学院国家科学图书馆, 北京 100190;

2. 中国科学院国家科学图书馆兰州分馆/中国科学院资源环境科学信息中心, 甘肃兰州 730000)

**摘要:** 科技资源全球化流动与配置的趋势日益明显, 而科学研究国际合作有助于提升国家在全球范围掌控、调配科技资源的能力。基于 SCI 国际合著论文数据, 综合应用文献计量和社会网络分析方法, 从国际合作整体发展态势、学科领域国际合作倾向、优势和弱势学科国际合作地位差异、高质量成果国际合作依存性等四个角度分析中国 2000 年至 2010 年的国际合作特征。结果表明, 中国积极、广泛地开展了国际合作研究, 中国科研人员国际合作的主导地位也在不断加强。然而, 中国的学科领域国际合作呈现出合作率与合作地位的奇异性, 而且中国的高质量工作具有较高的国际依存性。

**关键词:** 国际合作; 合作倾向; 合作地位

中图分类号: G350

文献标识码: A

大科学时代, 以大量人力与物力支持的全球性科学研究很难由单个机构或国家独自承担, 科技资源全球化流动与配置的趋势日益明显。伴随着这一趋势, 科学研究国际合作已经成为国家科技发展战略中的一个重要组成部分。国家的政治、经济、社会发展水平、科学技术的能力优势、人力优势和资源优势以及科学共同体内部的学术交流水平和自组织水平等都在不同程度地影响着国与国之间的科学技术合作, 从而决定着全球科学技术合作的基本格局<sup>[1]</sup>。中国的国际合作态势如何, 在国际格局中处于什么地位, 不同学科的国际合作特征有何差异, 这些问题从一个侧面反映中国在科技资源全球化流动与配置的背景下是否有掌控、调配科技资源的话语权, 是值得研究的课题。

学术论文是科研活动的重要产出, 国际合著论文在一定程度上展现科技资源和知识资本国际扩散的有效路径, 体现科学研究国际合作的基本格局<sup>[2]</sup>。本文选取 2000、2005、2010 年 SCI 国际合著论文, 采用文献计量和社会网络分析法, 从国际合作整体发展态势、学科领域国际合作倾向、优势和弱势学科国际合作地位差异、高质量成果国际合作依存性等四个角度对中国科学研究的国际合作进行测度

和分析。

## 1 中国国际合作发展态势

将中国与世界平均水平和科技强国美国相比, 如表 1 所示, 从整体上看, 虽然中国国际合作率维持在 21.3% - 24.3% 之间, 但是中国国际合作论文数显著增加, 合作国家也有所增加, 说明 2000 年以来中国科研活动的国际合作活跃, 中国科学家在积极参与国际交流的同时, 中国科学技术也受到世界同行越来越多的关注。

“国际合作通讯作者率”反映了国家参与国际合作的分工和角色。2000 年以来中国该指标逐年增加, 超出世界平均水平, 而且高于美国 2005、2010 年同期水平, 反映出中国科技人员在国际合作中的主导地位逐步加强, 中国在全球科技资源流动中的话语权逐步提高。不可否认, 高国际合作通讯作者率也可能与中国科技评价体制相关。

发展态势分析反映国家对国际合作的態度, 总的来说, 中国最大的发展中国家, 是非常强调加强科技国际合作的, 国际合作在其科技发展进步的过程中起到了很大的推动作用。

收稿日期: 2013 - 01 - 16; 修回日期: 2013 - 04 - 01

作者简介: 韩涛(1980 -), 男, 湖北武汉人, 副研究员, 博士, 研究方向为文献计量与复杂性科学。

谭晓(1983 -), 女, 山东邹平人, 博士研究生, 研究方向为学科情报与战略情报。

表 1 中国与世界、美国国际合作对比情况

	2000			2005			2010		
	世界	美国	中国	世界	美国	中国	世界	美国	中国
论文总量	989342	322151	31028	1205447	375788	73667	1253941	345527	130554
合作量	148577	66256	7552	203167	88804	16199	251890	104626	31478
合作率	15.02%	20.57%	24.34%	16.85%	23.63%	21.99%	20.09%	30.28%	24.11%
通讯作者率	28.28%	43.02%	40.80%	27.85%	40.95%	50.90%	26.29%	42.19%	53.90%
合作国家数	199	175	97	203	184	124	209	197	144

## 2 中国在 12 个领域中的国际合作倾向

合作倾向包含两个层面的含义,一是领域倾向,一是国家倾向。按照 SCI 期刊所属学科,12 个领域划分为:农学、医学、计算机科学、工程技术学、化学、环境/生态学、地学、材料科学、数学、物理学、空间科学、生物。

### 2.1 领域倾向分析

首先,学科领域的自身特点决定了中国国际合

作的领域倾向<sup>[3]</sup>。大科学时代,空间科学、地学、环境/生态学在一定程度上必须依靠整合全球科技资源方能顺利开展,中国作为科技大国广泛参与国际合作,促使这些学科国际化程度普遍高于其他学科。其次,学科优势的强弱也决定中国国际合作的领域倾向。相对而言,中国化学领域的优势高于生命科学领域(医学、生物学),因此在前者中国有较强的自主研究,合作率偏低,而在后者中国具有较高的国际合作依赖性,合作率偏高。如表 2 所示。

表 2 中国在各领域合作依存度比较

	2000	2005	2010	平均
材料科学	18.11%	14.77%	17.62%	16.83%
地学	34.09%	41.14%	37.79%	37.67%
工程技术	25.82%	26.95%	25.59%	26.12%
化学	12.84%	11.68%	14.79%	13.40%
环境/生态学	42.32%	31.34%	35.30%	36.32%
计算机科学	31.18%	33.42%	35.58%	33.39%
空间科学	39.74%	44.53%	40.10%	41.46%
农学	53.29%	36.57%	29.83%	39.90%
生物学	34.20%	32.88%	29.33%	32.14%
数学	34.00%	29.47%	24.37%	29.28%
物理学	25.78%	20.49%	21.83%	22.70%
医学	31.84%	32.64%	27.20%	30.56%

### 2.2 国家倾向分析

两国合作强度表征国家的合作紧密程度,合作强度越高,两个国家的合作倾向越显著。合作强度用两国合作论文数测度,然后利用 Jaccard<sup>[4]</sup> 公式进行归一化处理,一方面消除国家差异性,另一方面消除领域差异性,更客观反应中国在各领域国际合作的国家倾向性。合作强度 NW 的计算公式为

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

其中 AW 是  $i$  国与  $j$  国的国际合作论文数,  $n_i$  和

$n_j$  分别是  $i$  国和  $j$  国的国际合作论文数。

表 3 给出了各领域与中国合作强度前十五位的国家。这些国家集中在美国、英国、德国、澳大利亚、加拿大、日本、法国、中国台湾、新加坡,这与目前科技资源和科技实力的布局状况直接相关。值得注意的是,日本是中国仅次于美国的第二大合作国,这除了与日本自身科技资源丰富、实力较强相关外,还与两国地理相近、文化相似有关。这表明在科学研究的国际合作中,历史、文化、地理等地缘因素发挥着一定的作用。

表 3 中国内地各领域国际合作的主要国家或地区

材料科学		地学		工程技术		化学		环境/生态学		计算机科学		空间科学		农学		生物学		数学		物理		医学	
国家	NW/%	国家	NW/%	国家	NW/%	国家	NW/%	国家	NW/%	国家	NW/%	国家	NW/%	国家	NW/%	国家	NW/%	国家	NW/%	国家	NW/%	国家	NW/%
美国	20.7	美国	22.9	美国	21.5	美国	19.7	美国	22.4	美国	24.7	美国	15.6	美国	22.4	美国	18.8	美国	20.8	美国	21.3	美国	18.0
日本	20.6	日本	12.8	新加坡	18.5	日本	16.1	日本	13.5	新加坡	18.4	德国	11.4	日本	16.3	日本	10.7	新加坡	11.7	新加坡	17	日本	9.9
新加坡	16.2	澳大利亚	11	英国	14.5	新加坡	15.2	加拿大	9.3	加拿大	12.6	日本	9.7	澳大利亚	12.1	新加坡	6.4	中国台湾	11.4	日本	14.5	新加坡	7.5
澳大利亚	15.9	加拿大	8.0	澳大利亚	14.5	马来西亚	10.3	澳大利亚	9.0	日本	12.1	英国	8.7	加拿大	10.6	加拿大	5.8	加拿大	11.4	中国台湾	11	韩国	6.4
德国	9.9	中国台湾	7.9	日本	13.5	中国台湾	8.2	英国	6.9	澳大利亚	11.6	中国台湾	8.0	韩国	9.9	澳大利亚	5.4	澳大利亚	10.7	韩国	10.9	澳大利亚	6.1
英国	9.2	德国	7.8	加拿大	11.6	澳大利亚	7.8	德国	6.6	中国台湾	10.3	法国	7.4	德国	5.4	韩国	5.3	韩国	8.9	澳大利亚	10.5	中国台湾	6.0
韩国	8.5	英国	6.9	中国台湾	6.8	加拿大	6.8	中国台湾	6.4	英国	9.3	加拿大	6.7	英国	4.3	英国	5.3	日本	7.8	德国	9.8	英国	5.0
加拿大	8.4	韩国	6.9	韩国	5.9	韩国	6.7	新加坡	6.4	新加坡	7.6	意大利	6	菲律宾	4.2	中国台湾	5.2	德国	6.6	加拿大	8.7	加拿大	4.6
法国	5.2	新加坡	5.3	德国	4.8	德国	6.6	韩国	4.7	法国	3.9	韩国	5.0	荷兰	3.9	德国	4.3	法国	5.9	英国	8.6	菲律宾	3.7
中国台湾	4.5	法国	5.3	法国	4.1	英国	5.9	英国	4.1	德国	3.4	荷兰	4.9	新西兰	3.8	法国	3.0	英国	5.4	印度	7.6	德国	3.6
荷兰	4.2	荷兰	3.1	瑞典	2.9	法国	4.2	印度	3.5	芬兰	2.6	澳大利亚	4.8	法国	2.8	巴基斯坦	2.6	意大利	3.5	瑞典	6.9	瑞典	3.4
瑞典	4.1	挪威	2.6	挪威	2.5	瑞典	4.0	瑞典	3.2	奥地利	2.1	西班牙	4.5	爱尔兰	2.6	荷兰	2.4	印度	3.3	法国	6.8	泰国	3.3
丹麦	3.5	俄罗斯	2.5	新西兰	2.4	比利时	2.8	法国	2.8	印度	2.0	印度	4.1	印度	2.5	菲律宾	2.4	芬兰	3.2	俄罗斯	6.5	印度	3.0
新西兰	3.4	瑞典	2.2	荷兰	2.2	瑞士	2.0	新西兰	2.8	西班牙	1.5	俄罗斯	4.0	巴基斯坦	2.3	泰国	2.3	西班牙	2.3	荷兰	6.2	马来西亚	3.0
比利时	3.1	瑞士	2	印度	2.1	印度	1.8	比利时	2.6	意大利	1.4	波兰	3.6	马来西亚	1.9	俄罗斯	2.1	巴西	1.9	意大利	5.5	法国	2.9

### 3 中国在优/弱势学科的国际合作地位

中国在不同学科领域有不同的国际合作特征, 在此选取中国相对较强的学科——化学和相对较弱的学科——分子生物学, 分析中国在这两个学科国际合作地位。

#### 3.1 国际合作网络中的位置演变分析

直观上看, 化学作为中国的强势学科, 在国际合作中中国逐渐向合作网络的核心位置移动, 成为该领域科技资源流动的重要枢纽之一, 如图 1 所示。而分子生物学作为弱势学科, 在国际合作网络中, 中国始终处于网络的边缘位置, 如图 2 所示。

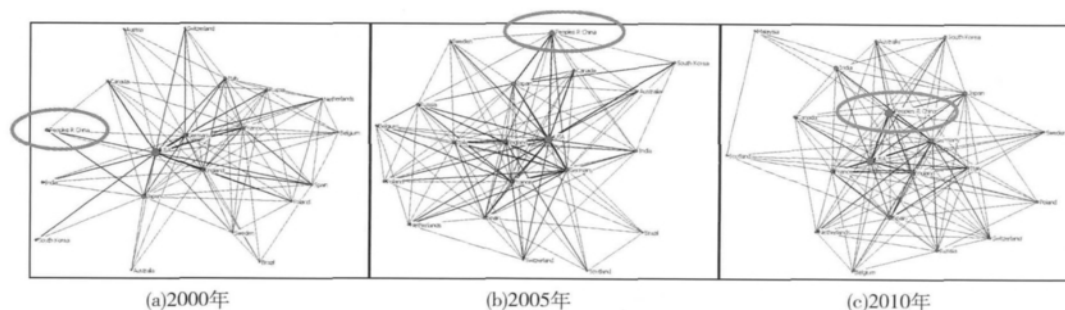


图 1 化学领域国际合作网络图

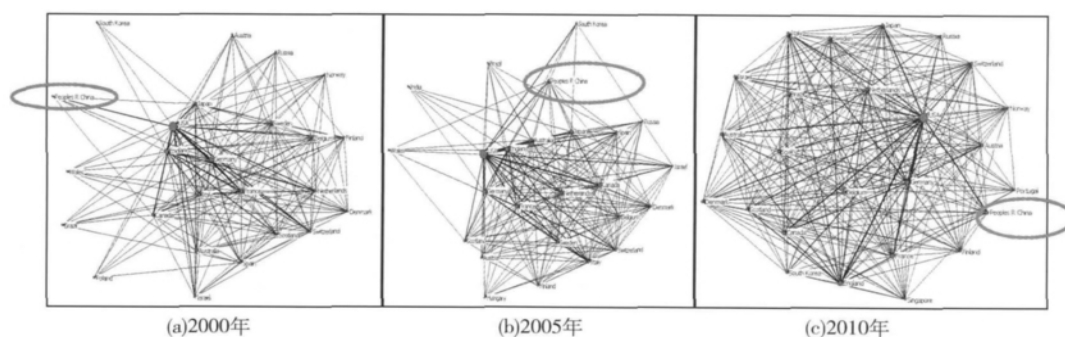


图 2 分子生物学领域国家论文合作网络图

#### 3.2 国际合作网络中的中心势测度

社会网络分析中的点度中心势 (degree centrality) 反映网络的内聚性在多大程度上围绕某些特定节点组织起来, 应用在国际合作网络中, 在某种程度上能够表明中国在合作网络中是否处于中心位置。由于不同时期合作网络的规模不同, 因此选取相对点度中心势, 便于对不同规模的网络进行比较。

如图 3、图 4 所示, 不论化学领域还是分子生物学领域, 中国在国际合作网络中的相对点度中心势高于世界平均水平, 低于处于网络核心地位的美国。值得注意的是, 在化学领域中美之间的中心势差距在快速缩小, 一方面说明合作网络表现出均衡化的趋势, 另一方面说明中国正从网络边缘位置向网络核心逼近。然而在分子生物学领域, 中美差距减小

缓慢, 一方面说明合作网络仍保持着以美国为核心的单一化格局, 其均衡化趋势不明显, 另一方面说明中国仍处在网络边缘位置, 尽管正在向网络核心靠近, 但速度缓慢。

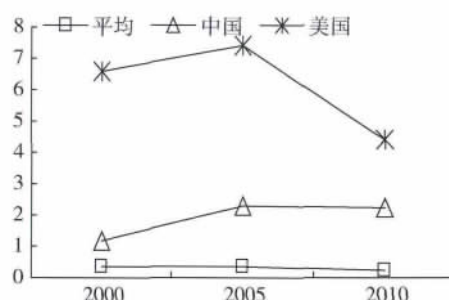


图 3 化学相对点度中心势比较

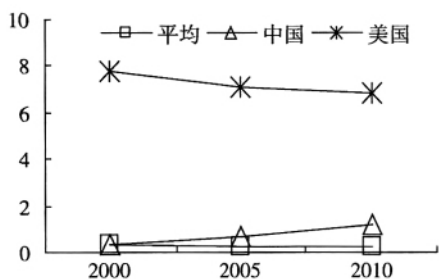


图 4 分子生物学相对点度中心势比较

#### 4 中国高质量成果的国际合作依存性

高质量成果定义为被引频次前 1% 的论文。依据定义选取 SCI 中 2000、2005、2009 三年的数据进行分析。之所以选取 2009 年而非 2010 年,是考虑到

表 4 中国高质量论文与全部论文国际合作情况对比

	高质量论文			全部论文		
	2000	2005	2009	2000	2005	2009
论文总量	310	744	1303	31028	73667	130554
合作量	171	365	655	7552	16199	31478
合作率	55.20%	49.10%	50.30%	24.34%	21.99%	24.11%
通讯作者论文数	40	135	253	3155	8244	16966
通讯作者率	23.40%	37.00%	38.60%	40.80%	50.90%	53.90%

中国作为科技新兴国家,向强者学习,暂时处于合作的弱势地位,是必经之路,是实现跨越式发展的捷径。当然,中国在高质量研究和世界最前沿研究中还处于“从属”地位,在这一方面中国仍需大力加强自主研究,提升原始创新的能力。

#### 5 总结

在科技资源全球化流动与配置的背景下,中国在 2000 - 2010 年间积极开展了国际合作研究,不论是合作领域还是合作国家都比较广泛,而且从整体上看中国科研人员国际合作的主导地位也在不断加强。然而,中国国际合作呈现出奇异性,如在优势学科虽然国际合作率偏低但合作地位趋向核心,弱势学科虽然国际合作率偏高但合作地位偏向边缘。而且中国的高质量工作具有较高的国际依存性,合作中的主导地位还不强。今后,在制定科技国际合作规划中,应注重针对不同国家的学科布局特点,采取不同的合作策略,鼓励科学家积极进行国际合作,特

科学论文在发表后的 1 - 2 年才达到被引用的峰值。

从表 4 可以看到,与全部论文相比,中国高质量论文的国际合作率在 50% 左右,远高于 22% 左右的平均水平。然而另一方面,在这些高质量国际合作论文中,中国作为通讯作者的比例(23.4% - 38.6%)又明显低于中国全部论文的水平(40.8% - 53.9%)。这些数据表明,中国的高质量研究成果在很大程度上依靠国际合作完成。

从通讯作者论文增长速率上看,中国高质量论文以年均 22.7% 的速度增加,全部论文也以 20.6% 的速度增加,说明中国的科学研究,包括高质量科学研究的话语权在不断提升,尽管可能与中国科研评价体制的导向相关,但是这种“主导”势头正逐步显露。

别是国际重要大科学计划和最前沿科学研究,充分利用国外科技资源,优化国际合作结构,提高我国在科技竞争中的地位。

#### 参考文献:

- [1] Wagner C S, Leydesdorff L. Network structure, self-organization, and the growth of international collaboration in science [J]. Research Policy, 2005, 34(10): 1608 - 1618.
- [2] OECD. The Measurement of Scientific and Technological Activities Proposed Guidelines for Collecting and Interpreting Technological Innovation Data: Oslo Manual [EB/OL]. <http://www.oecd.org/dataoecd/35/61/2367580.pdf>. 2012 - 4 - 30.
- [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,1997,15(1):34-38.
- [4] Luukkonen T R, Tijssen R J W, Persson O, et al. The measurement of international scientific collaboration [J]. Scientometrics, 1993, 28(1): 15 - 36.

(下转第 1135 页)

- 科研绩效的影响 [J]. 科学学研究, 2008, 26(5): 938 - 941.
- [23] Bonacich P. Power and centrality: a family of measures [J]. American Journal of Sociology, 1987, 92: 1170 - 1182.
- [24] Stephenson K, Zelen M. Rethinking centrality: methods and applications [J]. Social Networks, 1989, 11: 1 - 37.
- [25] Freeman L C. Centrality in social networks: conceptual clarification [J]. Social Networks, 1979, 1: 215 - 239.
- [26] Newman M E J. Assortative mixing in networks [J]. Physical Review Letters, 2002, 89(20): 208701.

## Subgraph structural equivalence based role identification of scientists' collaboration network

LIU Liang<sup>1</sup>, HAN Chuan-feng<sup>2</sup>, MIAO Li-li<sup>2</sup>, CAO Ji-ming<sup>2</sup>, YAO Xiao-bo<sup>2</sup>

(1. School of Electronics and Information Engineering, Tongji University, Shanghai 201804, China;

2. School of Economics and Management, Tongji University, Shanghai 200092, China)

**Abstract:** Identification of the local structure of scientists' collaboration network can help understand the cooperative behavior of scientists. Based on complex network subgraph and social network structural equivalence, the subgraph structural equivalence based role identification method was proposed, and applied to the role analysis of the collaboration network involving scientists from complex network research. Using 11 kinds of node-positions in the six 4-node subgraphs, the node-position properties of the scientists' collaboration network were investigated. It was found that the 11 kinds of node-positions can be divided into three categories of roles, i. e., core, intermediary, and edge. The diversity of the roles of scientists was also found, and the number of role types was positively correlated with degree, betweenness and closeness centrality measures. The top 20 scientists (degree ranked) were divided into two subgroups, based on the distributions of the relative number of roles. The study provides a quantitative method for role analysis of individual actors in social cooperation networks.

**Key words:** complex network; social network; scientists' collaboration network; subgraph structural equivalence; role

(上接第 1140 页)

## Measure and analysis of the international research collaboration in China

HAN Tao<sup>1</sup>, TAN Xiao<sup>2</sup>

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

2. Lanzhou Branch of National Science Library / Scientific Information Center for Resources and Environment, Chinese Academy of Sciences, Lanzhou 730000, China)

**Abstract:** In the background of the growing tendency that S&T resources flow and configure globally, the international collaboration helps improve the national ability to control and deploy the resources on a global scale. Based on the international co-author papers from SCI 2000 - 2010 and bibliometrics and social network analysis, the overall development trend, the preference in the subject areas, the position variance between the strong and weak subject areas, the international dependency of high-quality research are analyzed from the view of Chinese international collaboration. The results show that China actively and widely carries out international research collaboration and increasingly improve its dominant position. However, the singularity of the international collaboration rate and position exists, and a high international dependency of high-quality research appears.

**Key words:** international collaboration; collaboration preference; position in collaboration