

金砖国家在国际创新合作网络中的地位和角色研究

——基于2011—2015年国际合作专利和论文数据的实证研究

江依妮¹, 朱春奎²

(1. 华东政法大学 政管学院, 上海 200042; 2. 复旦大学 国务学院, 上海 200433)

摘要:金砖国家是世界科技创新的重要新兴力量,虽受到国际形势的影响其专利合作网络规模有所下降,五国之间的合作并不紧密,但它们的网络地位稳中有升、态势向好。中国在国际专利和论文合作网络中的活跃度和影响力均不断增强,具有信息和资源控制的巨大优势;俄罗斯与印度地位相似,但俄罗斯的国际专利与论文合作地位均有所提升,而印度的地位正在弱化;巴西在论文合作网络中相对较具优势地位,但在专利网络中巴西则与南非共同位于边缘区。

关键词:金砖国家;国际创新合作网络;专利;论文

中图分类号:F064.1 **文献标志码:**A **文章编号:**1002—980X(2020)2—0114—11

金砖国家(BRICS)被认为是世界经济的新发动机,其人口总量占全球40%,经济规模占20%,全球经济增量部分的50%以上来自金砖国家^[1]。在全球化的推动下,“世界工厂”中国、“世界办公室”印度、“世界加油站”俄罗斯、“世界原料基地”巴西、“黄金之国”南非,凭借各自的比较优势发展崛起于全球化的生产网络,并通过国际科技合作融入世界科技浪潮,改变着世界创新合作网络格局^[2-3]。那么,金砖国家在国际创新合作网络中具有什么地位和角色?它们参与国际创新合作的特征和趋势是什么?本文基于国际专利合作和论文合作数据,以社会网络分析方法构建测量指标,就此问题展开研究。

20世纪以来的经济全球化进程加快了生产过程的国际分工、创新资源的国际流动以及创新主体的跨国知识交换,国际创新合作网络不断发展扩大,大大促进了知识扩散、技术融合和创新绩效的提升^[4-6]。如何分析测度科技合作成为学者们关注的焦点。1979年Frame和Carpenter指出,当来自两个或两个以上国家的作者同时署名在一篇论文中时,国际科学合作就发生了^[7]。此后,国际论文合著成为测量国际科技合作的主要指标^[8-10]。随着结构化标准的国际专利数据库的建立,以国际专利合作为指标的研究也逐渐增多^[11-13]。国际科技合作的时间分布、学科分布、期刊分布、国家分布通过科学计量分析呈现出来;然而,这些科学计量研究大多局限于单一国家或两两关系分析^[14-16]。为了进一步测量创新主体在整体创新合作网络中所处的位置,探究多个创新主体的相互连接关系,社会网络分析方法被应用于国际创新合作网络研究,网络的结构、度量、构成要素、演进趋势等成为主要关注的研究问题^[17-19]。这些研究表明,国际合作、开放创新已成为世界科技发展的重要特征。长期以来,美国以及欧洲、日本主要发达国家一直占据着全球科技竞争的领先地位,是各国科技合作的主要对象,位于国际创新合作网络的中心位置,但是在信息发展和技术转移进程中国际创新网络正在不断扩展和变化^[20-21]。近年来,以金砖国家为代表新兴国家在国际创新合作中的表现越来越突出^[22-25],尤其是中国,作为一支强大力量在国际科技版图中占据着越来越重要的位置^[26-27]。

纵观已有文献,当前国际创新合作研究大多以发达国家之间或单一国家为主^[28-30],专门针对新兴经济体的研究并不多。我国关于金砖五国科技合作的相关文献较少,且数据资料较为陈旧^[21,31-32]。此外,近些年来,国际形势发生了重大变化,欧美国家经历了经济衰退、世界范围内出现逆全球化浪潮。基于这些情况,本研究全面深入的展现金砖国家在国际创新合作网络中的地位与角色,这对于清楚认识国际创新合作网络的发展态势、认清发展中国家科技发展面临的现实环境、实现中国国际创新合作可持续发展具有积极意义。为此,本研究选取2011—2015年的国际合作专利申请数据和论文合作数据,以社会网络分析方法为基础构

收稿日期:2019—11—12

基金项目:上海市“2019年度科技创新行动计划”软科学研究重点项目“全球城市创新网络构建与创新体系国际比较研究”(19692180900)

作者简介:江依妮(1983—),女,江西黎川人,华东政法大学讲师,复旦大学博士后,研究方向:科技教育公共管理;朱春奎(1970—),男,河南温县人,复旦大学教授,博士研究生导师,研究方向:公共政策、科技管理。

建测量指标,对金砖五国的国际创新合作网络结构进行测度,从动态变化的视角对它们在国际创新合作网络中的角色地位变化进行研究。

一、研究数据与方法

本文以学界常用的国际合著关系指标来衡量国际创新合作,包括合著论文与合作专利。学术论文是基础研究领域知识创新成果的主要载体;专利是技术创新研究与开发的最重要成果表现形式,将两者结合起来能更加全面展示国际创新合作情况。本研究数据来源于世界知识产权组织的PCT专利数据库和InCites的论文数据库。基于数据的可获得性,本文参照《国家创新指数报告2015》,选择了R&D经费总量占世界的98%、GDP总量占全球88%的40个主要国家为样本^[33],采取直接构造网络矩阵的方式来建立网络。

本文采用社会网络分析方法(social network analysis, SNA)构建测量指标,运用UCINET软件,对金砖五国在国际创新合作网络中的地位与角色进行测量分析。

(1)合作网络规模,代表国际创新合作广度,指合作网络中被连接国家(节点)的数量。

(2)网络中心度,指主体通过复杂网络联系而在网络中所处的位置或优势差异,本文使用社会网络分析方法中的“相对点度中心度”作为测量工具。一个国家的网络中心度高越高,对国际创新合作的影响力越大;反之则反。其测量方法为^[34]

$$DC_i = \frac{D_i}{n-1} \quad (1)$$

其中: D_i 是国家*i*在网络中的“绝对点度中心度”,即与该国实际发生合作关系的节点(其他国家)数量,如果网络中一个点与许多节点直接连接,那么该点就具有较高的“绝对点度中心度”; n 为网络内节点的个数, $n-1$ 为与国家*i*可能发生合作的节点的最大数量。

(3)结构洞。网络中的某一主体所连接的另外主体之间没有直接联系时,该主体所处的位置就是结构洞。网络结构洞占据者,能够作为一个中介控制资源的传递。结构洞指标包括有效规模、效率、限制度和等级度4个方面。本文采用限制度进行分析。限制度,指一个节点(本文为国家)在其网络中与其他节点相连接所受到的约束程度。本文还通过两两国家之间的限制度分析,进一步探寻国家间的限制和被限制的关系。国家*i*受到国家*j*的限制度的计算方法为^[34]

$$C_{ij} = \left(p_{ij} + \sum_{k, k \neq i, k \neq j} p_{ik} p_{kj} \right)^2 \quad (2)$$

其中: k 为与国家*i*和国家*j*都相连的国家; p_{ij} 为*i*和*j*的连接强度占*i*的所有连接总强度的比例;国家*i*受到国家*j*的限制度为 C_{ij} ,换言之 C_{ij} 就是国家*j*对国家*i*的限制度。

在此基础上,一个国家的总体限制度可以反映其在整体网络中运用结构洞的能力,即网络影响力。本文以总体限制度来衡量结构洞,一个节点的总体限制度是它与其他节点所有限制度的总和。总体限制度的计算公式为

$$CSV_i = \sum_j \left(p_{ij} + \sum_{k, k \neq i, k \neq j} p_{ik} p_{kj} \right)^2 \quad (3)$$

为了更好地反映一个国家在网络中对其他国家参与国际合作的影响力,本文采用反向计算的方法,以2减去 CSV_i 来衡量结构洞:

$$SH_i = 2 - CSV_i \quad (4)$$

(4)“核心-边缘”结构矩阵模型。UCINET可以估算网络节点的“核心度”,从而对节点处于什么位置(核心、半边缘、边缘)形成量化的认识。那些合作关系紧密的群体,是网络的核心区,它是经常共同出现的那些行动者(节点)的聚类;合作关系次紧密的群体为半边缘区,合作关系相对薄弱的群体则为边缘区。“核心-边缘”结构矩阵模型的计算如下^[34]:

$$\delta_{ij} = COV_i COV_j \quad (5)$$

$$\rho = \sum_{i,j} \alpha_{ij} \delta_{ij} \quad (6)$$

其中: δ_{ij} 代表理想化的“核心-边缘全关联”模式矩阵; COV_i 为该矩阵各个节点的核心度; α_{ij} 表示节点*i*和节点*j*在实际观测中存在的关系值,存在为1、不存在为0; ρ 为皮尔森相关系数,代表现实数据与上述的理想化模型

的接近程度;如果 ρ 较大,即理想模型与现实模型的相关系数较大,那么这一结构就是“核心-边缘”结构。

二、金砖国家参与国际创新合作的态势分析

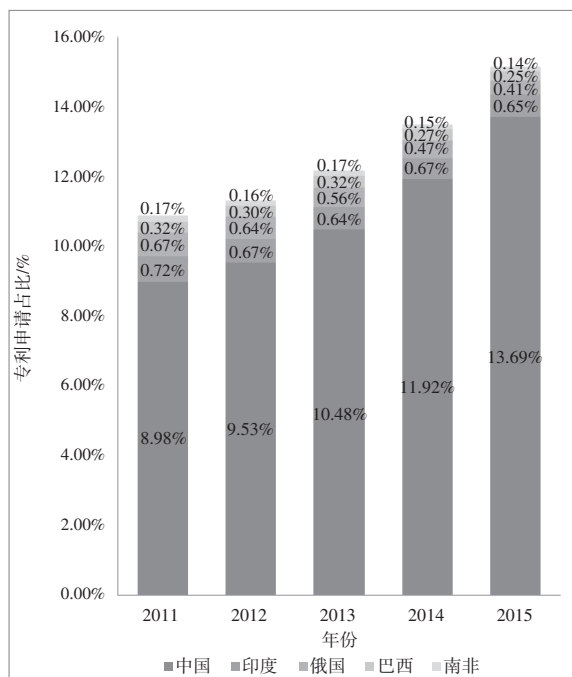
近年来,中国、印度等新兴市场化在世界经济和科技发展中取得了举世瞩目的成就,但其科技创新能力的不断壮大正改变着世界科技创新合作的网络格局。虽然受到国际形势的影响,金砖国家国际创新合作网络规模有所缩减,但它们在创新网络中的地位仍呈现上升趋势。此外,五国之间差异较大,各有优劣。

(一)金砖五国的国际创新合作规模分析

金砖国家的国际专利申请与论文总体规模在世界占据着越来越多的份额。图1显示,金砖五国的国际合作专利申请全球占比从10.87%上升到15.15%;图2显示合作论文占比从14.82%升为16.59%。这种良好的上升趋势主要得益于中国国际合作专利申请与论文数量爆发式增长,其国际合作专利申请年均增长率为16.15%;论文年均增长率为7.34%。而其余金砖国家在这五年间的国际专利申请数量并没有明显增加,俄罗斯和巴西甚至有所下降;国际论文数量上,印度和巴西相对较快增长,俄罗斯和南非均在下降。

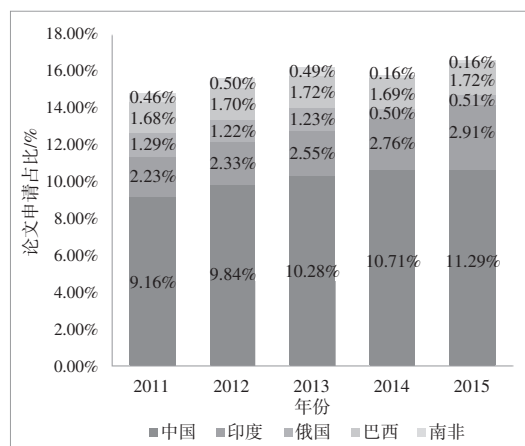
合作网络规模是指一国的合作国家的数量,反映一国参与国际创新合作的广度。就整体而言,金砖国家国际专利合作网络呈下降趋势,而论文合作网络虽呈现扩大趋势但后期增长停滞;其中,中国的国际创新合作广度在金砖五国中最高,印度和俄罗斯、巴西次之。如表1所示,2011年以来,金砖五国的专利合作网络规模从33下降到25;论文合作网络规模从26扩大为32,并在2014年、2015年保持这一规模。具体而言,在全球40个主要科技创新国家中,中国的专利合作国家在最高时期为31个左右,2015年虽下降到25个,但也高出大多数其他金砖国家;中国的论文合作国家从26个上升为32个。印度在2011和2012年有33的国际专利合作国家,2013年以来大幅下降为17个;但其论文合作网络从18个上升为23个。与印度相当的俄罗斯,其专利合作网络规模从29个下降到17个,论文合作网络规模从24个上升为27个。巴西和南非的国际创新合作网络规模较小。巴西的专利合作网络规模从24个下降到19个,论文合作网络维持在22个;南非的国际创新合作网络规模从18个下降到9个,论文合作网络规模从11个上升为14个。

金砖五国之间的合作也呈现出专利合作下降而论文合作增长的特征。五国合作并不紧密,只有中国、俄罗斯、印度建立了相对较多的合作关系。如表2



数据来源:依据PCT专利数据库计算

图1 国际合作专利申请占全球比重



数据来源:依据InCites数据库计算

图2 国际合作论文申请占全球比重

表1 2011—2015年金砖五国国际创新合作网络规模

年份	金砖五国		中国		印度		俄罗斯		巴西		南非	
	专利	论文	专利	论文	专利	论文	专利	论文	专利	论文	专利	论文
2011	33	26	29	26	33	18	29	24	24	21	18	11
2012	33	28	31	28	33	16	24	25	27	22	13	11
2013	30	30	30	30	17	19	20	21	15	22	10	13
2014	27	32	27	32	16	23	16	27	10	22	9	14
2015	25	32	25	32	19	23	17	27	19	22	9	14

注:将金砖五国作为整体分析时,五国之中一个或多个国家与其他同一个国家合作时记为数量1而非加总数量,五国之间的合作也计入网络规模。
数据来源:依据世界知识产权组织数据和InCites数据库计算。

所示,专利合作中,中国与印度的合作密度最高,但其合作数量从2011年的54件下降到2015年的3件,中国与俄罗斯的合作也从2013年最高点时的23件下降到1件。其他国家之间的合作数量更是屈指可数。由此可见,金砖五国之间的专利合作关系非常疏离。但是,在论文领域五国之间合作则呈现增长态势。中国与印度的论文合作数量从634篇上升为1126篇,与俄罗斯的合作论文数量从702篇上升到1152篇,中国与巴西、南非的论文合作也均出现了增长。金砖五国中任何国家间的两两论文合作均呈现增长趋势。

金砖五国的国际专利合作网络规模以及五国之间专利合作的下降,实际是国际形势变化的表现。当今世界正处在大发展大变革大调整时期,国际形势复杂多变,最大变数是美国单级体系经济衰退、欧盟发展不如人愿、中国崛起、俄罗斯复兴、印度发展广受重视^[35]。伴随着这些变化,经济科技全球化的深度和广度在经历21世纪初的大拓展之后,出现了某些逆向收缩的现象,其在本研究中突出表现就是,专利技术合作的减少。因为,专利是技术创新开发与应用的成果表现,它能够直接作用于经济领域,带来较快的现实效应。21世纪以来,一方面发展中国家尤其是中国等新兴经济体,通过全球化加速提高科技创新能力,并在部分领域实现技术跨越,令西方国家不满;而另一方面,作为长期占据着全球科技创新制高点的美国和欧洲发达国家,正试图通过进一步增强其在前沿科技研发领域的领先地位,重振经济,甚至试图通过科技封锁的方式限制新兴经济体的发展壮大。根据本研究数据,2011—2015年美国、欧洲等40个国家的个体专利合作网络规模均呈现了不同程度的下降趋势。甚至有学者指出,随着中美贸易战的开启,世界进入了科技冷战时期^[36]。以此回顾2011—2015年国际专利合作网络规模的减少,也许可以被看作是当前科技冷战的序曲。

金砖五国的国际论文合作网络规模,出现了先增后平的趋势。这可能是国际科技合作减少的迟滞表现,也可能是由于参与国际合作的途径有限。科研论文一般基础研究较多应研究较少,相对而言其直接转化为经济力量不及专利。因此,国际经贸形式的变化在国际论文合作上的影响没有及时显现出来。而且,在全球化时代,世界大多数国家都是国际科技合作的受益者,在减少了国家间专利合作的情况下,基础研究领域的国际合作是一国利用国际资源实现自身科技发展的有限途径,而其表现形式就是国际论文合作。尤其是金砖国家,作为新兴经济体是国际科技合作的最大受益者,在面对专利合作缩减的形势下,国际论文合作成为其开放创新、提高科技能力的主要渠道。因此,在本研究中金砖国际的国际论文合作网络规模并未缩减,而且五国之间的论文合作有所增加。

(二)金砖五国在国际创新合作网络中的地位分析

本文采用“相对点度中心度”分析金砖五国在合作网络中的地位。中心度是一国在国际创新合作网络中心地位的量化分析,表示该国在网络中的活跃度。为了进一步直观映射40个国家创新合作网络联系结构的演变过程,运用Ucinet软件集中集成的Netdraw可视化程序,以网络节点的点度中心度和对外联系强度为依

表2 2011—2015年金砖五国之间专利与论文合作数量

	国家	中国	印度	俄罗斯	巴西	南非
	中国	—	634	702	501	264
2011年	印度	54	—	376	393	199
	俄罗斯	15	3	—	390	158
	巴西	0	5	1	—	199
	南非	2	1	0	0	—
2012年	国家	中国	印度	俄罗斯	巴西	南非
	中国	—	734	967	656	365
	印度	22	—	439	434	317
	俄罗斯	7	3	—	561	269
	巴西	1	3	0	—	321
	南非	0	0	0	1	—
2013年	国家	中国	印度	俄罗斯	巴西	南非
	中国	—	965	958	688	413
	印度	7	—	466	525	472
	俄罗斯	23	0	—	555	243
	巴西	2	0	0	—	333
	南非	2	0	1	0	—
2014年	国家	中国	印度	俄罗斯	巴西	南非
	中国	—	1126	1152	811	532
	印度	4	—	605	663	693
	俄罗斯	8	0	—	638	302
	巴西	0	0	0	—	356
	南非	0	0	1	0	—
2015年	国家	中国	印度	俄罗斯	巴西	南非
	中国	—	1270	1362	938	534
	印度	3	—	593	682	715
	俄罗斯	1	0	—	656	354
	巴西	2	0	0	—	428
	南非	0	0	0	0	—

注:深色部分为两两国家间专利合作数据;浅色部分为两两国家间论文合作数据。

数据来源:依据世界知识产权组织数据和InCites数据库计算。

据绘制了 2015 年 40 个主要国家专利合作和论文合作网络联系结构图,如图 3、图 4 所示。

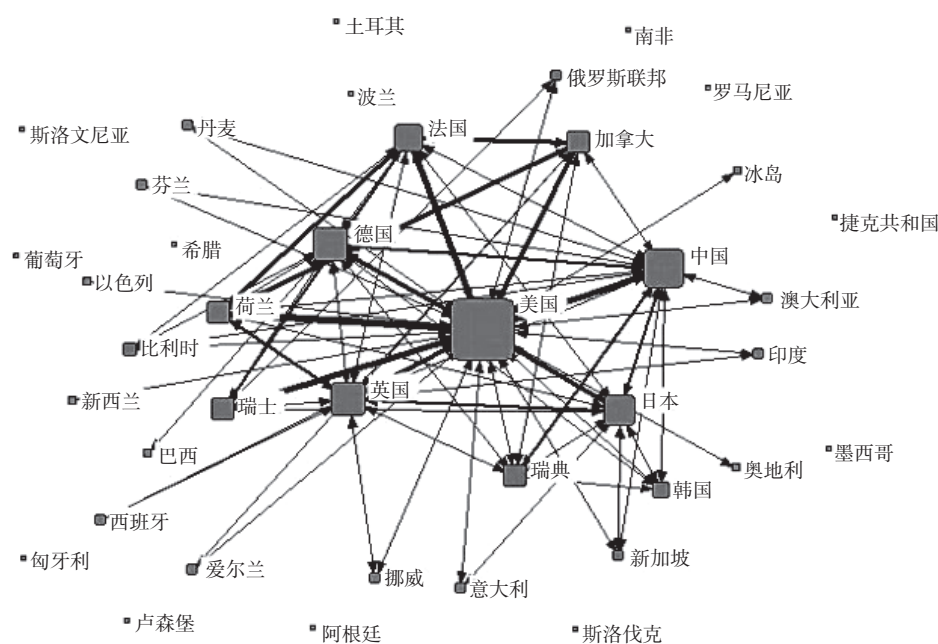
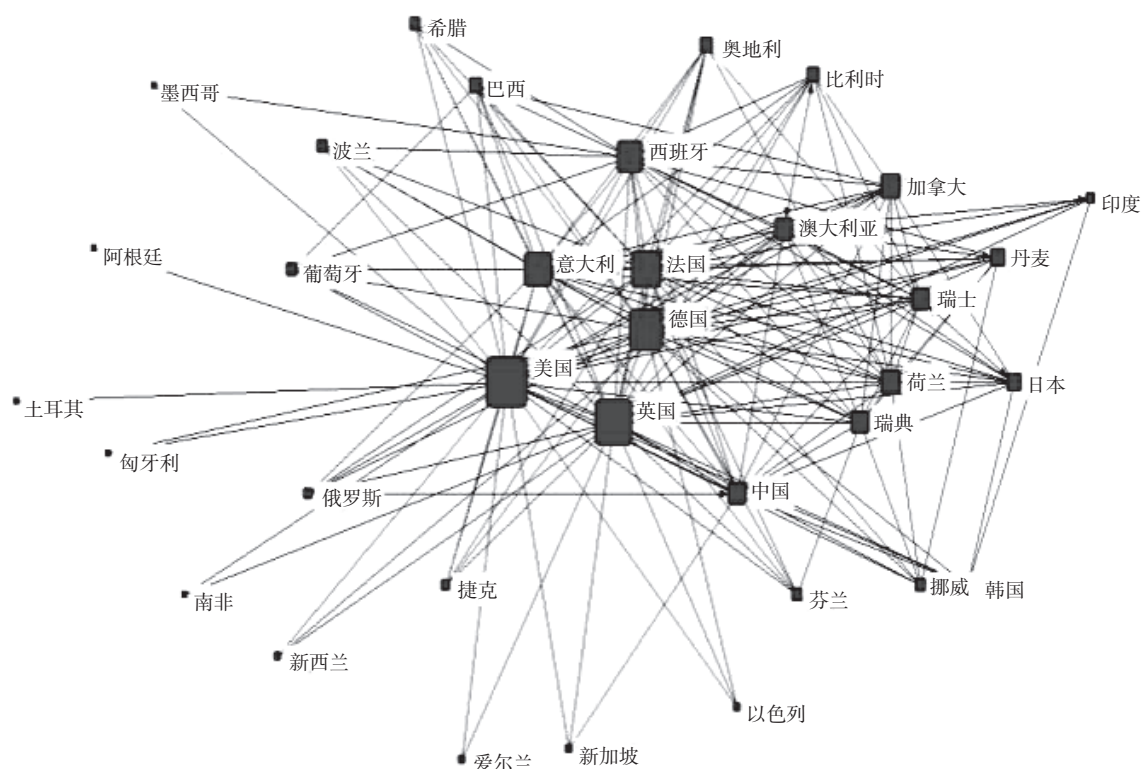


图 3 2015 年 40 国专利合作网络联系图



数据来源:依据世界知识产权组织数据和 InCites 数据库计算

图 4 2015 年 40 国家论文合作网络联系图

金砖国家的网络中心地位正稳步在上升。整体来看,金砖国家在国际创新合作网络中的活跃程度和重要程度越来越高,无论是专利合作还是论文合作网络,金砖国家的网络中心度平均排名不断提升。如表 3 所示,专利网络中心度从 2011 年的 17 位上升到 2015 年的 13 位,论文网络中心度从 20 位上升到 18 位。具体而

表3 2011—2015年金砖五国的国际专利合作网络中的中心度分析

年份	中国		印度		俄罗斯		巴西		南非		金砖五国均值	
	专利	论文	专利	论文	专利	论文	专利	论文	专利	论文	专利	论文
2011	35.897 (5)	30.77 (11)	17.949 (12)	12.82 (23)	5.128 (24)	12.82 (23)	2.564 (27)	17.95 (17)	0	5.13 (29)	15.38 (17)	15.90 (20.6)
2012	35.897 (5)	30.77 (12)	15.385 (15)	12.82 (25)	7.692 (20)	15.39 (20)	5.128 (21)	17.95 (18)	0	7.69 (27)	16.03 (15.3)	16.92 (20.4)
2013	35.897 (3)	35.90(8)	7.692 (13)	12.82 (24)	7.692 (13)	15.39 (20)	2.564 (26)	20.51 (16)	0	5.13 (30)	13.46 (13.8)	17.95 (16.4)
2014	30.769 (3)	35.90 (9)	7.692 (14)	12.82 (24)	5.128 (16)	12.82 (24)	2.564 (21)	20.51 (16)	0	5.13 (31)	11.54 (13.5)	17.44 (20.8)
2015	38.462 (2)	38.46 (8)	5.128 (14)	15.39 (20)	5.128 (14)	15.39 (20)	2.564 (23)	20.51 (16)	0	5.13 (30)	12.82 (13.3)	18.98 (18.8)

注:括号中的值为该国在40个国家中的排名。

数据来源:依据世界知识产权组织数据和InCites数据库计算。

言,中国的中心位置名列前茅且持续提升,对国际创新合作的信息和资源控制能力强中有升。中国已经接近国际专利合作网络的最中心位置,在40个主要创新国家中的排名从第5上升为第2;在论文合作网络中也从第11位上升到第8位。印度的在专利网络的中心度排位有所下降,从12下降为14;但其论文网络的中心度排位,从23上升为20。俄罗斯在国际创新合作网络中的地位上升速度很快,它在专利网络中的排名从第24名上升为第14名,论文网络中心度排名从第23名上升为第20名。巴西的论文合作网络中心度明显高于专利网络且较为稳定,从17上升为16;其专利网络中心度排名从27名上升至23名。南非的创新合作网络规模很小,其论文合作网络中心度排名从29降至30名,在专利合作网络中的地位也较低,其中心度值为0。

(三)金砖五国的创新合作网络影响力分析

1. 结构洞指数分析

结构洞分析可以衡量一国在其所在网络中掌握资源和协商能力的大小。总体而言,金砖五国的结构洞指数有所上升,它们在国际创新合作网络中的影响力日益增强。这种网络能力的提升,实际是其科技实力的直接体现。其中,中国和印度的网络影响力较强,尤其体现在专利合作网络中;俄罗斯、巴西的影响力不及中印;南非的网络影响力十分有限。

如表4所示,2011—2015年金砖五国的专利合作网络中心度平均排名从17位上升到15位,论文合作网络中心度平均排名从20位略升至19位。中国的结构洞指数在金砖五国中最高,在专利网络中的排名从第5位上升至第3位,在论文网络中的排名一直保持在第7位,这表明中国在国际创新合作网络中的具有较强的影响力,它们对本国之外的其他国家参与创新网络的制约程度正在不断提升。印度的网络影响力低于中国,但大于其他金砖国家且较为稳定,其在专利网络的排名在14左右徘徊,在论文网络的排名从25上升到24。俄罗斯的结构洞指数总体呈上升态势但较不稳定,它在专利网络中从27名大幅提升13名而后回落至24名最后又升到21名;它在论文网络中则从22名上升为18名。巴西的专利合作结构洞指数排名经过了24到16再到23的上升与回落;其论文合作结构洞指数较高,优于除中国之外的其他金砖国家,一直保持在17名。南非不占据专利结构洞位置,在论文网络中排名靠后。

表4 2011—2015年金砖五国的结构洞指数

年份	中国		印度		俄罗斯		巴西		南非		金砖五国均值	
	专利	论文	专利	论文	专利	论文	专利	论文	专利	论文	专利	论文
2011	1.73 (5)	1.80 (7)	1.51 (13)	1.71 (25)	0.88 (27)	1.73 (22)	1.00 (24)	1.77 (17)	/	1.47 (29)	1.30 (17)	1.70 (20)
2012	1.73 (5)	1.80 (7)	1.45 (15)	1.71 (25)	1.07 (20)	1.76 (19)	0.88 (23)	1.77 (17)	/	1.60 (28)	1.30 (16)	1.70 (19)
2013	1.74 (4)	1.80 (7)	1.07 (13)	1.71 (25)	1.07 (13)	1.76 (18)	1.00 (17)	1.77 (17)	/	1.47 (30)	1.20 (12)	1.70 (19)
2014	1.70 (4)	1.81 (7)	1.07 (14)	1.71 (26)	0.88 (24)	1.74 (23)	1.00 (16)	1.77 (17)	/	1.47 (31)	1.20 (15)	1.70 (21)
2015	1.77 (3)	1.81 (7)	1.44 (14)	1.74 (24)	1.40 (21)	1.76 (18)	1.00 (23)	1.77 (17)	/	1.47 (30)	1.40 (15)	1.70 (19)

注:括号中的值为该国在40个国家中的排名。

数据来源:依据世界知识产权组织数据和InCites数据库计算。

2. 金砖国家受他国限制程度

本文进一步通过社会网络分析方法进行的两两国家之间的受限制程度和限制程度分析,可以测量一个国家在国际创新合作网络中对其他国家的依赖和制约程度。一般而言,网络参与程度高、合作网络规模较大的国家其受限与限制的国家数量也较多;而网络参与程度低、合作网络规模较小的国家,其受限与限制的国家数量也较小。金砖五国中,中国的国际创新合作参与较广,合作网络规模较大,因此它的受限制国家数量较多、受限国家较为分散、受限程度相对较低,同时,也对较多国家产生了限制。而印度、俄罗斯、巴西、南非则在创新合作网络中的限制与受限国家较少,但受限程度较高、对他国限制较小。

具体分析结果表明,40个主要国家中,美国、德国、英国是金砖各国参与国际创新合作网络的主要依赖国,他们对金砖五国的限制程度较大;金砖国家之间的依赖与限制关系并不明显。美国为首的欧美发达国家是科技强国,占据着丰富的科技资源。在全球化时期,中国、印度等后发国家主要通过参与发达国家产业链、参与国家科技研发,进行科技学习与创新。因此,欧美强国对金砖国家的限制程度较高。相对而言,金砖国家之间的经贸与科技合作并不紧密,而且国家间的科技力量也相差较大,因此他们之间的相互依赖与限制关系也较弱。

如表5所示专利网络中,2011—2015年,中国是合作网络规模较大的国家,也受到较多国家的限制,包括欧美日主要发达国家以及韩国、印度、新加坡等16国;其中受美国的限制程度最大,从0.03增长到0.08;但中国受限制程度远低于其他金砖国家,而且受限制程度正不断下降,如中国受英国、德国、法国的限制从0.03下降到0.02。印度受到以欧美发达国家为主的8个国家的限制,尤其是美国和英国,对其限制程度从0.08上升到0.31;2011年中国对印度限制程度为0.08,但之后为0。俄罗斯受到美国、德国、瑞士、荷兰、韩国和中国的限制,其中2011年受美国和德国的限制程度为0.56,受中国和韩国的限制程度为0.31,但限制程度呈现下降趋势。国际创新合作网络规模较小的巴西,受到美国和德国的高度限制,但随着网络规模缩小,受限制国家减少为0。南非的国际创新合作规模非常小,因此相对孤立,无法对其限制程度进行测量。

在论文合作网络中(表6),金砖国家受其他国家限制程度低于专利网络,但是受限特征与专利网络十分相似。美德英对金砖各国参与国际论文合作网络的限制程度最大;金砖五国受他国限制程度均在下降。中国受到13个国家的限制,但近年受限程度略有下降,且低于其他金砖国家。中国受美国限制程度从0.03降至0.02,受英国、德国限制程度维持在0.02,受法国、加拿大、日本等国限制从0.02降至0.01。印度受限程度也大多在降低,受到美(0.07~0.05)、英(0.07~0.05)、德(0.06~0.05)、法(0.05~0.04)、澳(0~0.04)、韩(0.05~0.03)限制;俄罗斯主要受美、德、英、法、中国5国限制,它们的受限制程度在0.05~0.04左右。巴西受到美、德、英、法、加5国限制,限制程度在0.03左右。南非受到美国和英国限制,限制程度较高,分别为0.27和0.26。UCINET软件未给出南非的两两限制情况,故在表中未显示南非。

表5 2011—2015年金砖五国在专利合作网络中“受”其他国家的限制程度与“对”其他国家的限制程度

国家	关系	美国	英国	德国	瑞士	荷兰	瑞典	芬兰	法国	比利时	丹麦	加拿大	澳大利亚	日本	韩国	新加坡	中国	俄罗斯	印度
中国	受	0.03 ~ 0.08	0.03 ~ 0.02	0.03 ~ 0.02	0.02 ~ 0.01	0.02 ~ 0.1	0.02 ~ 0.01	0.01 ~ 0	0.02 ~ 0.02	0.01 ~ 0.01		0.01 ~ 0.01		0.01 ~ 0.02	0.01 ~ 0.01	0.01 ~ 0.01	—		0.01 ~ 0
	对	0.01 ~ 0.03	0.01 ~ 0.03	0.01 ~ 0.03	0.02 ~ 0.04	0.03 ~ 0.05	0.02 ~ 0.06	0.07 ~ 0.27	0.02 ~ 0.05	0.04 ~ 0.1	0 ~ 0.27	0.04 ~ 0.05	0 ~ 0.27	0.05 ~ 0.04	0.07 ~ 0.07	0.19 ~ 0.14	—	0.31 ~ 0	0.08 ~ 0
印度	受	0.08 ~ 0.31	0.08 ~ 0.31	0.08 ~ 0.11	0.06 ~ 0	0 ~ 0.31	0.06 ~ 0	0.05 ~ 0									0.08 ~ 0		—
	对	0 ~ 0.04	0.01 ~ 0.08	0.01 ~ 0	0.01 ~ 0	0.01 ~ 0		0.05 ~ 0									0.01 ~ 0		
俄罗斯	受	0.56 ~ 0.5		0.56 ~ 0	0 ~ 0.5	0.31 ~ 0									0.31 ~ 0		0.31 ~ 0		
	对	0 ~ 0.04			0 ~ 0.14	0.01 ~ 0											0.01 ~ 0		
巴西	受	1 ~ 0		0.56 ~ 0															
	对			0.01 ~ 0															

注:表中的每格的两个数字表示从2011—2015年的限制值变化;只有一个数值表示5年间的限制情况维持在同一个程度;空缺表示没有限制关系。
数据来源:依据世界知识产权组织数据计算。

表6 2011—2015年金砖五国在论文合作网络中“受”其他国家的限制程度与“对”其他国家的限制程度

国家	关系	美国	英国	德国	瑞士	荷兰	瑞典	新西兰	法国	加拿大	澳大利亚	日本	韩国	新加坡	中国	俄罗斯	印度
中国	受	0.03 ~ 0.02	0.02	0.02	0 ~ 0.01	0.01	0.01	0	0.02 ~ 0.01	0.02 ~ 0.01	0.02 ~ 0.01	0.02 ~ 0.01	0.01	0.01	—	0 ~ 0.01	
	对	0	0 ~ 0.01	0 ~ 0.01	0 ~ 0.01	0.01	0.01	0.01	0 ~ 0.01	0	0.01	0.01	0.04	0.26 ~ 0.13	—		0 ~ 0.04
印度	受	0.07 ~ 0.05	0.07 ~ 0.05	0.06 ~ 0.05					0.05 ~ 0.04		0 ~ 0.04		0.05 ~ 0.03				
	对										0.01 ~ 0		0.03 ~ 0				
俄罗斯	受	0.05 ~ 0.04	0.05 ~ 0.04	0.05 ~ 0.04					0.05 ~ 0.04						0 ~ 0.04		
	对																
巴西	受	0.03	0.03	0.03					0.03	0.03 ~ 0.02							
	对									0.01							
南非	受	0.27	0.26														
	对																

数据来源:依据世界知识产权组织数据计算。

3. 金砖国家对他国的限制程度

依赖和限制往往是相辅相成的,对金砖国家产生限制的主要国家,也受到了某些金砖国家的限制。但无论是在专利网络还是论文网络,金砖国家对其他国家的限制程度大多小于它们受到其他国家限制的程度。金砖国家之间并不存在明显的限制关系,只有中国与印度和俄罗斯曾经产生了一定的相互影响关系。

2011—2015年的专利网络中,如表5显示,中国对美国、英国、法国、德国、瑞士、荷兰等13个发达国家和俄罗斯、印度2个金砖国家,韩国和新加坡2个新兴国家参与国际合作产生了限制,且限制程度有所上升。其中,中国对美国、德国、英国的限制度相对其他受限国家较低,但程度增加从0.01上升到0.03;中国对瑞士、荷兰、加拿大等国的限制度上升到0.05上下;中国对丹麦、芬兰和澳大利亚的限制度增大,达到0.27。印度、俄罗斯等其国的网络影响度不及中国,但是近年来,它们对美德等发达国家也产生了限制,且限制程度呈现增长趋势。印度对美国的限制度从0上升为0.04,对英国的限制度从0.01上升到0.08,高于中国对英美的限制程度,但是印度对其他限制国家的数量和程度明显减少。俄罗斯对美国的限制度也从0上升为0.04,对瑞士的限制度从0上升为0.14,对中国和荷兰的限制度从0.01降低为0。巴西仅对德国产生过0.01的限制度。

在论文合作网络中,见表6,金砖五国对其他国家的限制规模和程度小于专利合作网络。中国对瑞士、德国、法国等11个欧洲国家和日本、韩国、新加坡3个亚洲国家产生了限制,其中对新加坡的限制度最高(0.26 ~ 0.13),韩国(0.04)和俄罗斯(0.04)次之。印度只对韩国(0.03 ~ 0.01)和澳大利亚(0.01 ~ 0)产生了限制;巴西仅对加拿大具有限制。俄罗斯与南非没有对其他国家产生限制。

(四)专利合作网络的“核心-边缘”分布分析

根据弗里德曼的“核心-边缘”理论,世界经济区域可以被划分为核心区和边缘区。国际创新合作网络也同样存在着核心与边缘地带。国际专利合作网络与论文合作网络中的核心与边缘国家分布存在差异,2015年在40个主要国家构成的国际论文合作网络中,有30%的国家属于核心区域,主要是以美、英、德、法、日等为主的发达国家,中国也位列其中;有27.5%左右的国家属于半边缘区包括澳大利亚、挪威、希腊等国,巴西、俄罗斯亦在此区域;42.5%左右的国家属于边缘区,其中包括印度和南非。在国际专利合作网络中,核心区有22.5%的国家,同样是以美欧发达国家为主,中国亦在此列,且排名较靠前;半边缘区国家仅占10%,主要是意大利、新加坡、韩国、西班牙等国;边缘国家的数量则占较高比例达到67.5%,包括澳大利亚、新西兰、希腊、波兰等,印度、俄罗斯、巴西、南非也在其中。

金砖五国作为一个整体在国际创新合作网络中的地位并不高,但仍具潜力。一是,从平均情况来看,虽然其专利合作网络地位处于边缘地带,论文合作网络处于半边缘地带,但其实核心度指数较为稳定且略有提升。如表5所示,金砖五国的专利核心度均值从18位上升到15位但又回落至17位;论文核心度均值在21到

20 间徘徊。二是,金砖五国中多数国家的网络位置正在提升。尤其是中国,稳居国际创新合作网络核心区域且地位不断上升,见表 7,在专利网络中,中国从第 5 位上移到常居第 2 位;在论文网络中从 13 位上升到 11 位。印度在专利网络中地位高于论文网络,居于专利合作网络的半边缘区,但其地位有所下降,从第 14 位下降到 17 位,落入边缘区;印度居于论文合作网络的边缘区,在论文网络中的排名始终在 25 位左右。俄罗斯在专利网络中的边缘区,但其地位有所上升,从 24 位上升到 21 位;它在论文网络中地位徘徊在边缘与半边缘区边缘,核心度排名在 22 位上下。巴西的在论文网络中的位置优于专利网络,处于半边缘区且较为稳定,一直保持在 17 名;但是在专利网络中,巴西一直处于边缘区,其核心度排名从第 27 位上升到 26 位。南非一向作为科技受援国家,位于国际专利合作网络的边缘区位置,核心度接近于 0;在论文网络中南非处于边缘区但排名较靠后,位列 29-30。

表 7 2011—2015 年金砖国家在国际创新合作网络中的“核心-边缘”分布

年份	中国		印度		俄罗斯		巴西		南非		金砖五国均值	
	专利	论文	专利	论文	专利	论文	专利	论文	专利	论文	专利	论文
2011	*** (5)	** (13)	** (14)	* (25)	* (24)	* (22)	* (27)	** (17)	* (-)	* (29)	* (18)	** (21)
2012	*** (6)	** (12)	** (15)	* (24)	* (21)	** (19)	* (22)	** (17)	* (-)	* (27)	* (16)	** (20)
2013	*** (3)	*** (10)	** (13)	* (25)	* (16)	** (20)	* (27)	** (17)	* (-)	* (30)	* (15)	** (20)
2014	*** (3)	*** (11)	** (14)	* (26)	* (19)	* (23)	* (26)	** (17)	* (-)	* (30)	* (16)	** (21)
2015	*** (2)	*** (10)	* (17)	* (24)	* (21)	** (22)	* (26)	** (17)	* (-)	* (30)	* (17)	** (20)

注:***代表核心度 ≥ 0.2 ,属于核心区;**代表 $0.2 > \text{核心度} \geq 0.1$,属于半边缘区;*代表 $0.1 > \text{核心度} \geq 0$,属于边缘区。括号中为排名,南非等多国在专利网络中的核心度为 0,因此表中排名以“-”表示。

数据来源:依据世界知识产权组织数据和 InCites 数据库计算。

四、结论与启示

全球新兴经济体金砖国家在国际创新合作网络中显示出蓬勃生机,它们以积极的姿态参与到科技全球化进程之中。即便受到复杂国际形势的影响,金砖国家的专利合作网络规模有所缩减,但其论文合作网络规模有所增长,而且五国平均网络中心度、影响力、核心度均有提高。然而,金砖五国之间的差异较大,各有优劣。中国在国际创新合作网络中的地位最高,位于网络核心区域;印度和俄罗斯次之;巴西在国际论文合作网络中表现较优;而南非在国际创新合作网络中的地位较弱。五国在国际专利合作网络和论文合作网络中的地位有所不同,反映了不同国家的国际科技创新合作能力和策略倾向。巴西在国际论文合作网络中的地位明显优于专利网络;相反,印度的专利合作网络地位明显优于论文网络;俄罗斯在两个合作网络中的地位相近;中国在两个国际创新合作网络中的地位都较高,但在专利网络中的优势度更强。

中国在世界科技合作中活跃度和影响力始终位于世界前列,且不断增强,其中心地位与核心度在专利网络中分别居于第 3 和第 2 位,远超其他金砖国家;在论文合作网络中中国的中心度与核心度分别位居第 8 位和 11 位。中国在国际创新合作网络中具有信息和资源控制的巨大优势,其受他国的限制程度在不断降低,而对其他国家的限制程度正在增强。印度位于网络上游,但其地位正在削弱。一方面,印度国际专利合作的网络规模、核心度以及对其他国家影响力呈下降趋势,从半边缘区降入边缘区;另一方面,印度在论文网络中的地位低于专利网络,处于边缘区位置。俄罗斯的网络地位与印度相近,俄罗斯在论文网络中的地位一直略优于印度,但专利核心度低于印度,近年俄罗斯的专利合作网络中心度有上升迹象。巴西作为拉美对外科技交流与合作最为活跃的国家^[37],其网络地位也正在上升,在论文网络中巴西一直处于半边缘区位置,其中心度与核心度均稳居 17 名,高于中国之外的金砖国家;在专利网络中巴西的地位较低,位于边缘区,但其中心度和核心度排名均有所上升。南非作为非洲经济发展的国家,一方面受到发达经济体对非的科技援助^[38];另一方面也主动参与国际科技合作活动,但一直处于创新合作网络的边缘区位置。

欧美发达国家是金砖国家的主要合作伙伴。在国际创新合作网络中,金砖国家需要依赖这些国家展开

更为广泛的国际合作,尤其对美国、英国、德国依赖度较大。值得注意的是,虽然金砖五国大都积极开展对外科技创新合作,但是它们之间的合作并不密切和深入,五国中只有中国与印度、俄罗斯分别建立了相对较多的科技创新合作关系。五国之间还存在缺乏多边合作、缺乏协调机制、缺乏信息平台等问题^[28]。

在世界格局深刻复杂变化的背景下,随着发达国家经济与科技“逆全球化”出现、科技冷战来临,金砖国家的国际创新合作规模可能会出现缩减的风险;但是,中国、印度、俄罗斯已具备相对较强的科技能力,它们在国际科技网络中的地位仍将稳步上升。尤其是中国,其科技实力不容小觑并继续通过各种方式,如“一带一路”倡议,努力参与国际合作、寻求科技资源的共享共赢。然而,需要正视的是,占据科技创新制高点的美国等发达国家可能会通过科技冷战对世界科技合作共赢带来消极影响。因此,金砖国家需要以提升自身自主创新能力为首要目标,优化国际创新合作方式途径,并深化金砖之间的伙伴关系,加强五国之间的科技联系,增进彼此之间的互助与协作,实现五国资源优势互补,积极应对未来挑战。

参考文献

- [1] 金砖国家应对全球性经济挑战, 增合作促繁荣成焦点[EB/OL]. (2012-12-05)[2019. -10-13]. <http://finance.people.com.cn/n/2012/1205/c70846-19801331.html>.
- [2] WOLFGANG G, KOENRAAD D, MARTIN M, 等. “三极对垒”还是“四分天下”——中国在全球科技中的新角色[J]. 科学观察, 2007(1): 1-9.
- [3] HASAN S A, ROHILLA A, LUTHRA R. Impact of international cooperation and science and innovation strategies on S&T output: A comparative study of India and China[J]. Current Science, 2015, 108(9): 1603-1607.
- [4] EDLER J. International policy coordination for collaboration in S&T[R]. Manchester: Manchester Business School, 2010.
- [5] NIOSI J, BELLON B. The global interdependence of national innovation systems: Evidence, limits, and implications[J]. Technology in Society, 1994, 16(2): 173-197.
- [6] SINHA D K, CUSUMANO M A. Complementary resources and cooperative research: A model of research joint ventures among competitors[J]. Management Science, 1991, 37(9): 1091-1106.
- [7] FRAME J D, CARPENTER M P. International research collaboration[J]. Social Studies of Science, 1979, 9(4): 481-497.
- [8] LUUKKONEN T, TIJJSSEN R J W, PERSSON O, et al. The measurement of international scientific collaboration[J]. Scientometrics, 1993, 28(1): 15-36.
- [9] 张心悦, 宋伟, 宋小燕. 从SCI看我国国际科研合作网络——以创新管理领域为例[J]. 中国高校科技, 2015(4): 26-29.
- [10] 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(6): 56-68.
- [11] BRAUN T, GLANZEL W. International collaboration: Will it be keeping alive east European research?[J]. Scientometrics, 1996, 36(2): 247-254.
- [12] 谭晓, 张志强. 基于专利分析的技术合作和流动研究[J]. 科学学研究, 2013, 31(9): 313-320.
- [13] 刘胜奇, 朱东华, 汪雪锋, 等. 基于合作全球图的专利国际合作分析[J]. 科研管理, 2015, 36(3): 79-83.
- [14] 张心悦, 宋伟, 宋小燕. 从SCI看我国国际科研合作网络——以创新管理领域为例[J]. 中国高校科技, 2015(4): 26-29.
- [15] 梁立明, 马肖华. 从中德合著SCI论文看中德科技合作[J]. 科学学与科学技术管理, 2006, 27(11): 22-28.
- [16] 刘则渊, 滕立, 朱晓宇. 海峡两岸科学合作的前沿与前景两岸优势学科合作论文的可视化分析[J]. 科学学与科学技术管理, 2012, 33(6): 5-14.
- [17] WAGNER C S, LEYDESDORFF L. Mapping the network of global science: Comparing international co-authorships from 1990 to 2000[J]. International Journal of Technology & Globalisation, 2005, 1(2): 185-208.
- [18] 侯剑华, 张韶维, 潘黎. 国际科学合作领域研究的前沿趋势探测[J]. 科技管理研究, 2013(22): 32-37.
- [19] 刘兰剑, 司春林. 创新网络17年研究文献述评[J]. 研究与发展管理, 2009, 21(4): 68-77.
- [20] CHOI S. Core-periphery, new clusters, or rising stars? International scientific collaboration among ‘advanced’ countries in the era of globalization[J]. Scientometrics, 2012, 90(1): 25-41.
- [21] LOET L, CAROLINE W, HAN W P, et al. International collaboration in science: The global map and the network[J]. Profesional de La Informacion, 2013, 22(1): 87-94.
- [22] 王文平, 刘云, 蒋海军. 基于专利计量的金砖五国国际技术合作特征研究[J]. 技术经济, 2014, 33(1): 48-54.
- [23] PAID C, TSENG C Y, LIOU C H. Collaborative innovation in emerging economies: Case of India and China[J]. Innovation, 2012, 14(3): 467-476.
- [24] 陈强, 高凌云. 印度的国家科技计划及其对外合作研究[J]. 科技管理研究, 2013, 33(1): 23-27.
- [25] 邱红. 俄罗斯的科技资源及对外科技合作政策研究[J]. 东北亚论坛, 2007, 16(3): 98-101.
- [26] 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.
- [27] 岳晓旭, 袁军鹏, 潘云涛, 等. 中国国际科技合作主导地位变迁和效度分析[J]. 科学学与科学技术管理, 2016, 37

- (1): 3-13.
- [28] ZITT M, BASSECOULARD E, OKUBO U. Shadows of the past in the international cooperation: Collaboration profiles of the top five producers of science[J]. *Scientometrics*, 2000, 47(3): 627-657.
- [29] MATTHIESSEN C W, SCHWARZ A W, FIND S. The top-level global research system. 1997-99: Centres, networks and nodality: An analysis based on bibliometric indicators[J]. *Urban Studies*, 2002, 39(5-6): 903-927.
- [30] ZHAO Q, GUAN J. International collaboration of three 'giants' with the G7 countries in emerging nanobiopharmaceuticals [J]. *Scientometrics*, 2011, 87(1): 159-170.
- [31] 刘娅. 从 SCI 合著论文看金砖五国间科研合作[J]. *全球科技经济瞭望*, 2015(2): 67-76.
- [32] 欧阳晓, 罗会华. 金砖国家科技合作模式及平台构建研究[J]. *中国软科学*, 2011(8): 103-110.
- [33] 中国科学技术战略研究院. 国家创新指数报告[M]. 北京: 科学技术文献出版社, 2015.
- [34] 刘军. 整体网分析讲义: UCINET 软件实用指南[M]. 上海: 格致出版社, 2009.
- [35] 林跃勤. 国际合作新态势 中国外交新布局[N]. *中国社会科学报*, 2015-06-01(A05).
- [36] 应对“科技冷战”的中国策[EB/OL]. (2018-07-05) [2019-10-26]. http://www.banyuetan.org/sx/detail/20180705/1000200033136141530753887007192439_1.html.
- [37] 李明德. 巴西的对外科技交流与合作[J]. *拉丁美洲研究*, 2003(5): 18-23.
- [38] 任洪波. 借鉴国际经验 推进以南非为支点的对非科技援助[J]. *世界科技研究与发展*, 2016(2): 455-459.

The Status and Role of BRICS in International Innovation Cooperation Network

Jiang Yini¹, Zhu Chunkui²

(1. School of Politics and Public Management, East China University of Political Science and Law, Shanghai 200042, China;

2. School of International Relation and Public Affairs Fudan University, Shanghai 200433, China)

Abstract: The BRICS countries are important emerging force in the world of technological innovation. Although affected by the international situation, the scale of their patent cooperation network has been declining and the cooperation among the five countries is not close, their statuses have been steadily increasing. China has been increasing its activity and influence in both patent and paper cooperation network, China has great advantages in information and resource control. Russia and India have similar status, Russia's international patent and paper cooperation status has been improved, while India's status is weakening. Brazil has performance better in paper cooperation network than patent cooperation network, Brazil is in the core area of paper network, but in the patent network, it is located in the periphery area with South Africa.

Keywords: BRIC countries; international innovation cooperation networks; patents; papers