

科学基金资助对国际科研合作的影响研究^{*}

——基于 WOS 物理学数据的计量分析

许鑫 李丹 赵文华

(华东师范大学经济与管理学部信息管理系, 上海 200241)

摘要:[目的/意义] 探寻科学基金资助对国际科研合作的影响, 为优化科学基金资助模式、推进国际科研合作创新提供参考。[方法/过程] 基于 2012~2016 年 SCI 收录的物理学领域约 60 余万条论文数据, 以国家/地区为研究分析单元, 从整体描述性统计、合作指标、合作网络三大方面对比基金与非基金资助下的国际科研合作差异。[结果/结论] 与非基金资助相比, 科学基金资助下的国际合作论文产出更高; 在基金资助下, 我国与阿根廷、爱尔兰、厄瓜多尔、以色列等国家/地区的国际合作得到了有效提升, 但目前仍与瑞士、苏格兰、乌克兰等欧洲国家/地区在国际合作论文占比上存在较大差距。

关键词: 科学基金 国际合作 WOS 物理学数据 网络分析

分类号: G353; G354

DOI: 10.31193/SSAPJ.ISSN.2096-6695.2019.02.04

0 引言

科学基金作为当今科学研究特别是基础研究最重要的资助方式之一, 减少了研究的资金障碍, 在提高科研产出、促进科技合作创新等方面发挥着不可替代的作用, 世界各主要国家也在科学基金项目投入了大量的财力。例如, 美国仅生命科学领域的美国国立卫生研究院 (NIH) 发布的竞争性基金总额现已超过 200 亿美元^[1], 我国的国家自然科学基金 2017 年度也有 248 亿的资助计划^[2]。如此庞大的经费投入使得科学基金的资助效果成为学术界、管理部门和纳税人关

^{*} 本文系 2016 年上海市浦江人才计划项目“科学基金资助下的科研合作网络结构研究”(项目编号: 16PJC029)的研究成果之一。

[作者简介] 许鑫 (ORCID:0000-0001-7020-3135), 男, 华东师范大学工商管理学院副院长, 教授, 博士, 研究方向为信息分析、科技情报与科技政策, Email: xxu@infor.ecnu.edu.cn; 李丹, 女, 华东师范大学信息管理系, 硕士研究生; 赵文华, 女, 华东师范大学信息管理系, 硕士研究生。

注的焦点。在科学基金资助下,研究人员更容易获得复杂而昂贵的设备,也可通过与他人合作,完成自己本可能完不成的任务。因而各国的科学基金组织之间也通过各种形式的合作协议与项目切实地推进着跨国科研合作。

科学基金降低了基础科学研究的资金门槛,为国际科研合作提供良好的资金保障。但这种资金上的优势会促使国际合作产出怎样进一步的深化,是以往研究尚未涉及的问题。鉴于此,本文将主要围绕这一问题展开。但考虑到不同学科领域的重大差异,物理学领域作为研究跨国科研合作的先驱学科,也是我国在ESI(Essential Science Indicators,基本科学指标数据库)22个学科分类中国际科研合作活动最为活跃的学科领域^[3-4],因而本文选取物理学作为探索国际科研合作研究的代表,通过对比基金与非基金下的国际科研合作差异,探索科学基金资助对国际科研合作的影响。

1 文献综述

科学基金的资助效果评估作为保障资金分配公平、有效的重要手段,已有60多年的研究历史^[5]。我国实施科学基金制以来,始终坚持资助基础研究和部分应用基础研究,支持人才和团队建设,为我国科研领域出成果、出人才做出了显著贡献^[6]。早期科学基金的有关研究主要集中在经济维度,近些年随着Web of Science(简称WOS)数据库完整标注学术论文的基金资助信息后,科学基金对于科研产出、学术影响力以及合作创新的影响探索成为学术界关注的焦点。为了更好地反映科学基金的资助绩效,很多学者创新或发展了科学基金的绩效评价方法与指标,如科学基金h指数、分析框架研究、SCI论文产出等^[7-14]。通过对各种定性、定量方法及技术的运用,从不同角度考量了资助的科学性。以往的大多研究已表明,尽管各个国家的基金分配方式不同,但科学基金是影响其科研产出和学术影响力的重要因素^[15-17]。目前,广大科研工作者将承担科学基金项目作为体现科研水平、提升研究能力、创造学术价值和服务社会经济的重要途径^[18]。刘艳华等人基于半结构化访谈证实了科研项目的申请是促使科研人员愿意发表国际科研成果的重要原因^[19]。Boyack证实了基金资助项目与论文发表数量呈现正相关关系^[20]。而针对科研合作的影响研究则更多聚焦于微观作者合作层面,实证考察基金资助下的科研合作产出效果^[21-24]。一般而言,基金资助下开展的合作项目会涉及更多的资助机构,其表现预计优于非基金资助下的合作研究^[25-26]。为了更好地分配现有资金,美国、加拿大等国也纷纷启动了对科学基金的绩效审查工作^[27-28]。但鲜有文献从宏观国家/地区视角实证量化基金资助对科研合作的影响,而这一问题的研究对于国家优化基金资助效率、进一步利用科学基金促进科研成果的提高具有重要意义。

国际合作作为文献计量学界的常见研究课题,已有数十年的历史^[25]。科研合作能够提高科研个体的科研能力,弥补个体知识不足,增强个体科研创新能力^[29]。Adams J.通过文献分析指出“最好的科学来源于国际合作”^[30]。Arunachalam等认为国际合著论文的引用率和所在期刊的影响因子更高^[31]。Abramo通过对意大利高校的学者进行研究,发现科研产量和质量都与国际合作程度呈正相关关系^[32]。早在1978年,Beaver等即对国际合作的影响因素进行剖析发现,专业定位、科研产出及关注度的提升是国际合作的主要原因^[33]。截止到2017年,国家自然科学基金

金委员会已与包括加拿大、俄罗斯、以色列等 40 个国家 / 地区的 85 个科学基金组织或科研资助机构签署合作协议或谅解备忘录^[34]。近年来, 信息通信技术的发展逐渐成为国际合作的另一驱动要素, 但交流的便捷性并不会导致国际合作的产生, 公共基金则可能是帮助建立更有效合作的关键因素, 基金的可用性对于新知识的产生以及现有关系的管理平衡是至关重要的^[35]。与此同时, 通讯技术的发达也使得地理位置、历史关系等传统要素似乎在决定科研合作关系上不再那么重要, 科学基金、研究兴趣、知识背景、科研能力及语言等才是学者们综合考虑的驱动因素^[25]。科学基金作为国际合作研究的重要资金支撑已引起学者们的广泛重视, 而在科学基金资助活动中形成的国际合作网络作为合作网络在科学研究中的一种具体体现形式, 成为国际合作驱动因素外的又一研究重点。如 Tan 等通过构建世界主要国家 / 地区在基金资助下的国际科研合作网络发现, 美国和欧洲传统科技大国在合作广度与强度上均表现较为突出, 而中国尽管与美国保持较好的合作关系, 但主要合作伙伴范围较窄, 建议基金决策者考虑是否应该鼓励更广泛的深度科研合作, 避免对少数几个国家存在过度依赖^[36]。

综上, 以往针对基金资助下的国际合作问题研究或是基于微观作者合作层面的实证探索, 或是对国际合作驱动因素及特定国家 / 地区的合作网络考察, 缺少从宏观视域下实证量化基金资助对于国际科研合作的影响。而这一问题的研究对于评估基金使用效率、优化基金资助效率以及进一步利用科学基金助推国家实施全球视野的战略布局具有重要意义。

2 数据与方法

本文以物理学领域为研究对象, 选择 Web of Science 引文数据库中 SCI 收录的期刊为数据源, 于 2017 年 9 月 3 日完成数据采集。根据本文的研究目的, 首先从 SCI 数据库检索并下载物理学领域所有 SCI 论文的著录信息, 其中数据采集的属性: 采集时间段为 2012~2016 年, 文献类型为“ARTICLE”, 同时为了对比基金与非基金资助下的国际科研合作产出差异, 本文将基金与非基金论文数据分别下载。其中基金论文的检索策略为: SU= Physics and PY=2012~2016 and FO=(a* or b* or c* or d* or e* or f* or g* or h* or i* or j* or k* or l* or m* or n* or o* or p* or q* or r* or s* or t* or u* or v* or w* or x* or y* or z* or 1* or 2* or 3* or 4* or 5* or 6* or 7* or 8* or 9* or 0*)。SU 表示研究方向, PY 表示出版年份, FO 表示基金资助机构。FO 的字段使用 26 个字母和 10 个数字字符作为缩写, 结合截断符号“*”, 以匹配科学基金的所有名称。

非基金论文的检索策略为: SU= Physics and PY=2012~2016 NOT FO=(a* or b* or c* or d* or e* or f* or g* or h* or i* or j* or k* or l* or m* or n* or o* or p* or q* or r* or s* or t* or u* or v* or w* or x* or y* or z* or 1* or 2* or 3* or 4* or 5* or 6* or 7* or 8* or 9* or 0*)。使用“NOT”运算符, 以获得非基金资助的论文。

通过上述方法, 截至 2017 年 9 月 3 日, 共得到 657960 条论文数据, 其中基金论文 505961 条, 非基金论文 151999 条, 下载其论文全记录与引用的参考文献。排除因标记不规范而缺失国家 / 地区字段的部分数据, 最终有效分析数据 656654 条, 包括基金论文 505211 条, 非基金论文数据 151443 条。鉴于本文的研究重点是科学基金资助对国际科研合作的影响, 首先要对国际合

作论文的判定标准予以界定,因此,本文规定国际合作论文代表同篇论文中的多个作者来自不同国家/地区。但由于同篇论文中可能出现一些作者来自相同国家/地区的情况,本文界定同篇论文中无论来自相同国家/地区的数量多少,相同国家/地区只记一次,计算每篇论文的合作次数时,每两个国家/地区记为合作一次。基于以上处理策略,本文对656654条有效分析数据予以清洗。

本文使用的各项指标及其定义如表1所示:

表1 各项指标及其定义/公式简介

指标	英文注释	定义	公式
基金资助比率	Funding Ratio (Fr)	基金资助论文占总文献数的比例 ^[37]	$Fr = NF/N * 100\%$ NF: 基金论文总数; N: 论文总数
国际合作率	International Cooperation Ratio(ICr)	国际合作论文占论文总数的比例	$ICr = NIC/N * 100\%$ NIC: 国际合作论文总数; N: 论文总数
合作总频次	Cooperation Frequency (Cr)	指某国家/地区所有国际合作论文中与其他国家/地区合作次数之和	-
合作国家数量	The number of partner countries(NPC)	指某国家/地区所有国际合作论文中与之不重复合作的国家/地区数量	-
篇均合作次数	The country collaborations of Per Paper(CPP)	指某国家/地区所有国际合作论文中的篇均合作次数	$CPP = Cr/N$ Cr: 合作总频次; N: 论文总数
h-degree	dh	加权网络的度量指标。如果该节点与其他节点至少有 dh 链路,并且每个链路的强度大于或等于 dh,则节点的 h-degree(dh)为 dh ^[38]	-

3 基金与非基金资助下国际科研合作

3.1 国际科研合作整体情况

国际科研合作作为全球资源互动的主要形式之一,是各国提高科研实力、培养创新人才、改善国际关系的重要手段,因而被很多基金资助机构作为获取科学基金的前提条件。而国际合作论文作为国际科研合作创新性科学知识的主要内容载体,是完成国际合作项目的重要组成部分,由此在基金与非基金资助下的国际合作论文产出差距则可在某种程度上作为衡量科学基金资助对国际科研合作产生影响的量化指标,对于评价科学基金的资助绩效具有重要意义。表2显示了2012~2016年物理学领域基金与非基金资助下的论文产出与国际科研合作状况。

表 2 2012~2016 年物理学领域基金与非基金资助下论文总量与国际合作情况

时间段	基金			非基金		
	论文总量	国际合作论文数量	国际合作率	论文总量	国际合作论文数量	国际合作率
2012	93274	28555	0.31	32392	6534	0.20
2013	100125	30247	0.30	31697	6508	0.21
2014	103199	31904	0.31	29778	6201	0.21
2015	105781	33102	0.31	26975	5543	0.21
2016	102832	33958	0.33	30601	6764	0.22
总计	505211	157766	0.31	151443	31550	0.21

由表 2 可见, 2012~2016 年物理学学科年均论文产量达 13 万以上, 其中基金论文超过 10 万, 高于非基金论文总量的 3 倍, 整体基金资助比率达 77%, 高于 2009~2010 年自然科学领域 56.5% 的整体基金资助水平, 也远超 2009~2013 年社会科学 22.4% 的平均资助比例^[37-39], 且基金资助的增长优势仍在逐年扩大。这或许是由于物理学领域作为自然科学的带头学科, 因其往往需要尖端、昂贵的实验设备等学科特性, 对基金资助的需求更大。同时, 近 5 年物理学领域总体国际合作论文基本保持每年 4 万左右的论文产出, 其中基金资助下的国际合作论文占 80% 左右, 约为非基金资助下国际合作论文产量的 4~6 倍, 远大于基金与非基金论文总量间 2~4 倍的数量差距。以上均表明从整体论文产出来看, 科学基金对于提升国际合作论文产量具有重要作用。

学科的国际合作率可反映该学科的国际合作与交流深度。分析近五年基金与非基金资助下的国际合作率变化趋势不难发现, 2012~2016 年内物理学领域的整体国际合作率较为稳定, 且均高于非基金资助的国际合作率。5 年内在基金资助下的国际合作率约为 31%, 超过分子生物学 21.62% 的国际合作率^[40], 体现出明显的优势。从参与合作的国家数量来看, 从图 1 可以发现, 近 5 年物理学领域的国际科研合作活动以两国为主流, 占据整体国际合作论文的 70% 以上, 三个及以上国家的多国合作论文尚不足 30%, 但多国合作表现出良好的发展势头。同时, 对比基金与非基金资助下的国际合作率可知, 5 年内在基金资助下的国际合作率约高于非基金资助下国际合作率 10 个百分点, 这表明科学基金作为基础科学研究重要的资助方式之一, 对于提升其学科的国际科研合作水平、促进国际科研合作的深度交流具有重要意义。

3.2 国际科研合作国家 / 地区差异

众所周知, 国家 / 地区间的科研合作可促进知识的交流与共享, 极大地提高学术研究的质量和效率。国家“十三五”基础研究专项规划中也提出要以全球视野作为重要导向, 在基础领域加强国际科研合作与交流^[41]。为了更好地服务国家战略, 本文进一步以国家 / 地区为视角, 对比各国家 / 地区在基金与非基金资助下的国际合作差异, 探寻基金资助对于宏观国家 / 地区间国际科研合作的影响。

本文首先选取 2012~2016 年物理学领域国际合作论文总量排名前 30 的国家 / 地区, 采用传

统描述性分析指标，如合作国家数量、篇均合作次数、h-degree等。其中合作国家数量可评价某一国家/地区的整体合作广度，篇均合作次数不受学科规模的影响，可侧面反映某国家/地区的合作范围，h-degree则更能综合评价各国家/地区的合作水平。表3显示了基金与非基金资助下主要国家/地区国际科研合作的指标情况。

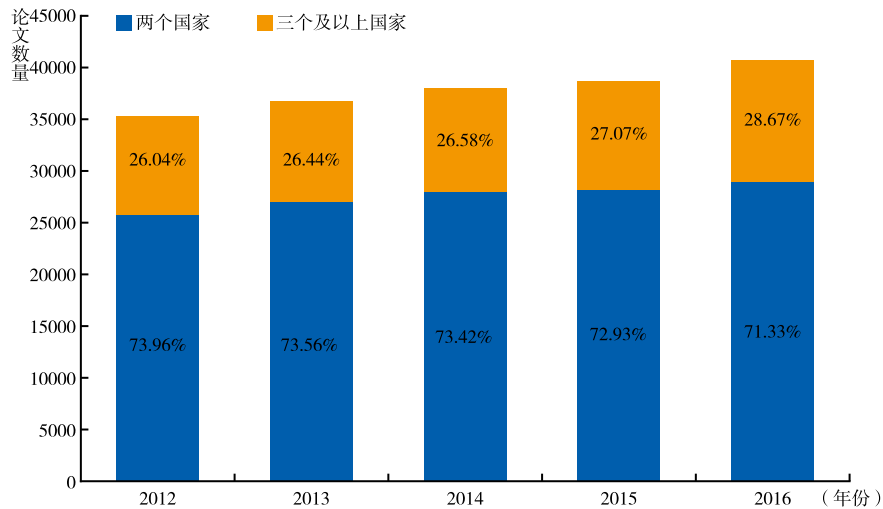


图1 2012~2016年物理学领域国际科研合作的国家数量占比

表3 2012~2016年物理学领域基金与非基金下国家/地区合作指标参数

国家/地区	基金					非基金				
	N	Nc	NPC	CPP	dh	N	Nc	NPC	CPP	dh
中国	137381	33783	118	0.56	62	12253	2941	92	0.40	30
美国	115917	58982	134	1.08	66	20410	7714	108	0.60	42
德国	52623	36106	120	1.89	67	12413	5933	109	0.87	42
日本	38337	16111	108	0.99	55	15530	3195	85	0.34	32
法国	31726	23599	125	2.36	68	13026	6288	108	0.81	42
韩国	31077	10953	104	1.45	60	4755	1368	82	0.59	26
俄国	31047	15386	104	1.99	63	10949	2733	94	0.49	36
英国	28855	21158	115	2.45	63	5866	3256	99	1.11	38
印度	23220	8392	109	1.72	60	13979	2337	98	0.30	33
意大利	21296	15984	115	2.97	62	9349	4069	102	0.83	39
西班牙	20981	15028	104	2.85	63	2312	1440	92	1.68	31
加拿大	14766	9419	105	1.38	47	2628	1316	83	0.88	24
中国台湾	13467	4752	89	1.99	51	2428	634	70	0.55	18

续表

国家 / 地区	基金					非基金				
	N	Nc	NPC	CPP	dh	N	Nc	NPC	CPP	dh
瑞士	13331	10772	106	3.83	59	2833	1857	82	1.56	32
巴西	12382	6840	103	3.18	59	1661	632	83	1.02	23
波兰	11412	7249	104	3.83	59	4736	1674	88	0.84	32
澳大利亚	10599	7433	98	1.46	41	2228	1149	76	0.81	22
荷兰	8899	6706	92	3.03	51	1894	1063	73	1.27	25
瑞典	8705	6811	104	2.52	49	1550	945	82	1.26	23
比利时	7135	5601	103	4.08	57	1701	1097	81	1.58	27
新加坡	6731	4649	81	1.03	31	1573	685	54	0.56	13
捷克	6136	4570	97	5.56	58	924	558	79	2.39	27
奥地利	5803	4541	92	4.76	55	1033	697	78	2.04	24
以色列	5599	3673	86	1.54	37	1541	615	60	0.69	16
墨西哥	5536	3232	89	4.96	55	1187	426	78	1.10	21
葡萄牙	4971	3724	89	4.76	49	752	465	68	2.24	22
芬兰	4899	3797	87	6.01	54	758	500	77	2.2	24
苏格兰	4607	3950	94	3.86	43	675	458	69	1.76	19
乌克兰	4273	3635	87	7.35	55	3729	1187	74	0.65	26
挪威	2283	1829	77	3.98	40	525	285	63	1.70	18

注: N 代表论文总量; Nc 代表国际合作论文数量

如表 3 所示, 2012~2016 年中国以 137381 篇基金论文高居第一位, 超过非基金论文总量 11 倍之多, 其基金资助比率达 90% 以上。巴西、美国、德国等紧随其后, 基金论文所占比重超过 80%。而以印度、乌克兰为代表, 基金与非基金论文总量相差无几, 基金资助比率仅为 60% 左右。尽管中国在物理学领域的论文产出保持绝对优势, 但国际合作论文产量仅为美国的 30%~60%, 低于五年内世界平均国际合作水平, 与瑞士、苏格兰、乌克兰、挪威等欧洲国家 / 地区基金资助下的国际合作论文所占比率也存在较大差距。而从合作国家 / 地区数量来看, 美国、德国、中国、法国、英国等拥有更多的合作伙伴, 其不重复合作的国家 / 地区数量超过 110 个, 但篇均合作次数明显低于其他国家 / 地区。相反, 捷克、芬兰、乌克兰等国在基金资助下的篇均合作次数高达 5 次以上, 国际合作较为频繁。其中以乌克兰最为突出, 在基金资助下的篇均合作次数超过非基金资助下篇均合作次数的 11 倍之多。但不难发现, 绝大多数国家 / 地区在基金资助下的篇均合作次数均高于非基金资助下的篇均合作次数。这可表明, 从国家 / 地区层面看, 科学

基金对于显著提升其国家/地区的篇均国际合作强度具有重要作用。而从h度的角度分析,以美国、德国、法国表现更为突出,可以看出这些国家在物理学研究领域拥有一些很好的合作伙伴,与其保持着高频次的合作联系。但总体而言,各国家/地区在基金资助下的合作h度约为非基金资助下的1~3倍,其中台湾、墨西哥、巴西等为其典型代表。综上所述,整体来说2012~2016年内在物理学领域世界主要国家/地区在基金资助下的国际合作指标均高于非基金资助下的国际合作指标。科学基金资助对于提升世界主要国家/地区的国际科研合作水平具有重要意义。

为了从国家/地区层面验证基金与非基金资助下的国际科研合作模式是否在统计学上具有显著性差异,本文选取受论文总量影响较小的指标,如合作国家数量(NPC)、篇均合作次数(CPP)。对国际合作论文排名前列的国家/地区进行Wilcoxon检验,检验结果见表4。可以发现从国家/地区层面看,基金资助下的国际合作水平与非基金资助下的国际合作水平具有统计学意义上的显著性差异,从CPP看,基金资助论文比非基金资助论文具有更多的合作联系。从NPC看,在基金资助下世界主要国家/地区的国际科研合作范围得到扩展。这一结果表明,基金资助不但可提升主要国家/地区的整体国际合作广度,还可延伸主要国家/地区的国际科研合作范围。

表4 国际合作指标 Wilcoxon 检验结果

检验指标	显著性水平	检验结果	基金 & 非基金
NPC	0.000	显著	基金 > 非基金
CPP	0.000	显著	基金 > 非基金

3.3 洲际视角下的国际科研合作

在上述分析基础上,本文进一步将分析视角扩大到各大洲,分析了2012~2016年物理学领域在基金与非基金资助下的洲际合作情况,以进一步探讨科学基金资助对国际科研合作的影响。表5展示了主要大洲之间在基金资助与非基金资助下的合作论文数。

表5 主要大洲之间基金与非基金资助下的合作论文数

大洲名称	基金	非基金
亚洲 & 欧洲	216547	14694
北美洲 & 欧洲	99069	8770
亚洲 & 北美洲	52628	5060
南美洲 & 欧洲	45080	1990
大洋洲 & 欧洲	17492	1208
南美洲 & 亚洲	16140	622
南美洲 & 北美洲	7527	452
南美洲 & 非洲	1348	60
南美洲 & 大洋洲	1149	43

从洲际合作视角来看, 在基金与非基金资助下国际科研合作网络中的核心国家/地区并无明显变化, 科学基金资助对洲际科研合作范围的影响较小。尽管 2012~2016 年间物理学领域的国际科研合作较为活跃, 约有 172 个国家/地区参与国际科研合作 (以亚欧大陆为多), 但在基金资助下仅新增了如布隆迪、毛里求斯、多米尼加、洪都拉斯等 21 个低频次合作的边缘国家/地区 ($C_r \leq 20$), 5 年内其国际科研合作网络规模整体稳定, 对洲际科研合作没有产生明显影响。

其次, 基金资助对物理学领域国际合作网络的主要结构影响较小, 2012~2016 年间在基金与非基金资助下均以欧洲、亚洲和北美洲内国家/地区间的国际科研合作最为活跃, 这与经济学领域在基金资助下的洲际合作网络结构类似^[24]。但不同的是, 5 年间亚洲与欧洲作为洲际间国际合作的最强合作团体, 在物理学领域洲际科研合作网络中体现出较强的优势。其中在基金资助下以中国和欧洲国家/地区间的洲际科研合作尤为频繁, 但在非基金资助下日本则表现更为突出, 在基金资助下中国在物理学领域的国际科研合作创新地位得到了有效提升。其次是北美和欧洲, 在物理学领域的洲际科研合作也较为频繁, 但合作频次仅为亚欧间洲际科研合作频次的 45%~60%。北美和亚洲国家/地区间的洲际科研合作位列第三。

此外, 在上文已证明基金资助可提升主要国家/地区的整体国际合作广度基础上, 从洲际合作视角分析, 在基金资助下洲际合作强度也得到不同程度的提升。其中以乌拉圭、委内瑞拉、阿根廷、玻利维亚等南美洲国家/地区在基金资助下的洲际合作频次提升效果最为明显, 尤其是与亚洲、欧洲、非洲和大洋洲国家/地区间的合作联系, 在基金资助下其国际合作总频次超过非基金资助下国际合作总频次的 20 倍以上。其次为大洋洲, 与欧洲、南美洲国家/地区间的国际科研合作总频次也得到了较好的提升。

4 中国的国际科研合作个体网

为了进一步提升我国国际科研合作创新水平, 优化科学基金资助模式, 本文将研究视角聚焦于以中国为核心的个体网, 分析了 2012~2016 年内我国在物理学领域科学基金资助下的国际科研合作情况。表 6 为前五位与中国国际合作最频繁的国家与中国合作论文的情况。

表 6 中国全球国际合作 TOP5 国家

国家	基金	非基金	倍数
美国	15558	957	16.2
德国	4619	303	15.2
日本	3641	406	8.9
英国	3350	241	13.9
法国	2771	274	10.1

经分析可知, 2012~2016 年内我国在物理学领域的国际科研合作范围较为广泛, 横跨全球 6 个大洲 121 个国家/地区, 这与我国近年来坚持以全球视野为重要导向、强调国际科研合作与交

流的战略布局是分不开的。同时在基金资助下我国的国际科研合作范围得到有力延伸,新增了如科特迪瓦、毛里求斯、布基纳法索等29个国家/地区,不难发现这些新增国家/地区多位于非洲、亚洲等经济发展相对落后的地域。可知我国基金资助下的国际科研合作逐渐渗透到更广阔的范围,在全世界更多国家/地区的科研交流中发挥了非常重要的作用。

从高频合作国家来看,我国在物理学领域的主要合作伙伴较为稳定,在基金与非基金资助下前五位合作最频繁的国家完全相同,均为美国、德国、日本、英国和法国。但在基金资助下与德国的合作频次超越日本,成为我国第二大高频合作国家。这可能得益于21世纪初我国国家自然科学基金委员会(NSFC)和德国科学基金会(DFG)共同成立的科研资助机构,为双方在自然科学领域内开展合作与交流提供了有力环境。从合作频次看,主要表现为“一超多强”的特点,“一超”即与美国保持超高强度的合作联系,合作频次占全球合作频次的20%，“多强”即与德国、日本、英国、法国、韩国等多个亚欧国家保持较高强度的国际合作联系。这提醒我国基金资助者既要保持和加强与科技强国的科研合作,也要鼓励扩大科研合作圈,支持与更广泛范围内的国家/地区进行科研合作。

表7 2012~2016年在基金资助下与我国合作频次超过非基金资助下20倍的国家/地区

国家/地区	基金	非基金	倍数	国家/地区	基金	非基金	倍数
南美洲 (34.45)				欧洲 (17.45)			
阿根廷	61	0	+∞	爱尔兰	869	9	45.74
厄瓜多尔	136	3	45.33	爱沙尼亚	439	11	39.91
哥伦比亚	639	15	42.60	捷克	1046	30	34.87
巴西	1357	39	34.79	克罗地亚	672	21	32.00
秘鲁	130	6	21.67	塞尔维亚	535	17	31.47
亚洲 (12.18)				立陶宛	437	14	31.21
以色列	315	7	45.00	匈牙利	804	28	28.71
越南	312	7	44.57	保加利亚	428	15	28.53
塞浦路斯	415	12	34.58	芬兰	779	28	27.82
卡塔尔	98	3	32.67	葡萄牙	607	22	27.59
格鲁吉亚	417	13	32.08	白俄罗斯	434	18	24.11
亚美尼亚	602	23	26.17	乌克兰	987	41	24.07
泰国	478	21	22.76	西班牙	1847	77	23.99
土耳其	863	38	22.71	波兰	1409	61	23.10
北美洲 (16.66)				瑞典	1242	55	22.58
古巴	134	5	26.80	苏格兰	791	36	21.97
墨西哥	739	29	25.48	罗马尼亚	560	26	21.54
大洋洲 (14.54)				希腊	664	32	20.75
新西兰	471	21	22.43	奥地利	769	38	20.24

注:括号内的数字代表各大洲内所有国家/地区在基金资助下的总合作频次约为非基金资助下国际合作频次的总体倍数

表7展示了与我国在基金资助下国际合作强度提升效果较好的国家/地区,可以发现基金资助对我国国际科研合作的影响因不同的合作伙伴而不同。一方面与洲际合作状况类似,我国与南美洲的国家/地区在基金资助下的国际合作表现尤为活跃。对比其他洲的基金资助种类后发现,我国与南美洲国家/地区间的国际科研合作多源于多种基金资助。剖其根源,一方面基金资助机构在选择资助对象时即对申请人自身的科研能力等进行了相应评估,从这方面来说,多种基金资助可能多重确保学术研究的质量,从而更有可能在国际期刊上出版。另一方面,充足的资金来源也为研究者提供了获取研究资源的能力,使其在选择国际合作中消耗的成本得到有效弥补,增加了合作的动力。因此,为了鼓励我国学者积极参与国际科研合作,建议我国基金资助机构,尽管可能参与该合作项目的国外学者已获得国外的基金支持,仍可继续对我国参与到该项目的学者提供资金支持。多国的基金资助并没有造成资源的浪费,反而可提升国际科研合作强度。

与洲际合作状况不同,我国与欧洲、北美洲国家/地区间的国际合作同样是基金资助下提升效果较好的,但提升效果较好的并不是我国的主要合作伙伴,而是爱尔兰、爱沙尼亚、捷克、克罗地亚、塞尔维亚、古巴、墨西哥等国家/地区。这可能由于我国与美国、德国、日本等主要的合作伙伴已建立长期而稳定的合作机制,受基金资助的影响相对较小,而与弱合作链接国家/地区尚未形成长期有效的国际合作,对基金因素更为敏感。因此,基金资助机构可适当加大对弱链接合作及新增合作国家的基金资助,以寻求更广泛长久的国际合作联系。而我国与“一带一路”沿线国家的国际科研合作同样在基金资助下取得突破性进展,这与我国基金资助机构紧跟我国“一带一路”倡议并加大对沿线国家资助力度的行为密切相关,这一点与国家自然科学基金“十三五”发展规划中提出加强对“一带一路”沿线国家基础研究合作支持的发展规划不谋而合。

5 结论

本文以物理学领域为研究对象,从宏观国家/地区层面厘清了科学基金资助对于国际科研合作的影响。实证表明:与非基金资助相比,科学基金资助下的国际合作论文产出更高,科学基金已成为国际科研合作的主体资金来源,促进国际科技合作与创新已成为基金资助的核心功能之一。在基金资助下,我国与阿根廷、爱尔兰、厄瓜多尔、以色列等国家/地区有了更充分的国际合作,但仍与瑞士、苏格兰、乌克兰等欧洲国家/地区在国际合作论文占比上存在较大差距。

从科学基金对国际合作研究的差别性政策来看,欧盟最主要的科研资助计划——欧盟框架计划,多年来一直秉持着这样一种理念,即通过组织和加强不同层面的合作,链接团队、增加个人灵感和知识的流动,促进高水平的研究,并将研究人员参与科研合作作为获取经费的加分条件。相对比,以我国为代表的亚洲国家,尽管对物理学领域的科研成果保持高于90%以上的基金资助水准,但对整体论文及国际合作论文保持同样的资助力度,国际科研成果的基金资助优势尚不明显。

同时物理学作为我国科研合作最多的学科,尽管近五年其国际科技论文总量已居世界首位,但国际合作率仅为25%,低于同期世界平均国际合作水平。但是我国科学基金加大对弱合作链

接、新增合作国家及“一带一路”沿线国家的资金资助,则对提升我国国际科研合作的广度与深度起到了明显的效应。

此外,值得注意的是,鉴于我国与美国之间的国际科研合作表现出高度倾斜,未来基金资助机构应鼓励与更多国家保持深度的国际科研合作。同时还要鼓励双向参与,中德科学基金研究交流中心即为良好的示范,通过双方合作成立科研资助机构,为两国在自然科学领域内开展合作与交流提供了有利环境。

【参考文献】

- [1] 苏林伟,田盛慧,赵星.国家/地区高被引论文的科学基金资助研究[J].中国科学基金,2015(5):371-377.
- [2] 国家自然科学基金2017年度项目申请量再创历史新高增幅达10%以上[EB/OL].(2017-08-24)[2018-05-24].http://www.gov.cn/xinwen/2017-08/24/content_5220142.htm.
- [3] RIGBY J. Comparing the scientific quality achieved by funding instruments for single grant holders and for collaborative networks within a research system: Some observations [J]. *Scientometrics*, 2009, 78(1):145-164.
- [4] 牛奉高,邱均平.基于国家、学科合作网络和期刊分布的中国科研国际合作研究[J].情报科学,2015(5):111-118.
- [5] GODIN B, DORÉ C. Measuring the impacts of science: Beyond the economic dimension [J/OL]. [2018-05-08]. http://www.csiic.ca/PDF/Godin_Dore_Impacts.pdf.
- [6] 李静海.国家自然科学基金支持我国基础研究的回顾与展望[J].中国科学院院刊,2018,33(4):390-395.
- [7] 宋振世,周健,吴士蓉.h指数科研评价实践中的应用研究[J].图书情报工作,2013,57(1):117-121+135.
- [8] 梁作明,张悦忍.H指数应用于科研立项评价方法研究[J].现代情报,2012,32(7):74-76.
- [9] 章磊,阎波,吴建南.基于过程和结果框架的NSFC面上项目资助绩效评估研究——以信息科学部为例[J].中国科技论坛,2010(3):5-10.
- [10] 范云满,马建霞,刘静.国家自然科学基金的评估指标体系与指标的分析研究[J].图书情报工作,2013,57(16):100-106.
- [11] 郑瑞琨,刘卫,陶瑞,等.国家自然科学基金依托单位科研能力评价研究[J].中国科学基金,2014,28(5):340-346.
- [12] 赵星,高小强,何培.科学基金h指数:基金论文成果数量与影响力的综合衡量[J].中国科学基金,2009(1):15-18.
- [13] COSTAS R, LEEUWEN T N. Approaching the “reward triangle”: General analysis of the presence of funding acknowledgments and “peer interactive communication” in scientific publications [J]. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, 2012, 63(8):1647-1661.
- [14] DÍAZ-FAES A A, BORDONS M. Acknowledgments in scientific publications: Presence in Spanish science and text patterns across disciplines [J]. *Journal of the Association for Information Science & Technology*, 2014, 65(9):1834-1849.
- [15] ELOY J A, SVIDER P F, FOLBE A J, et al. AAO-HNSF CORE grant acquisition is associated with greater scholarly impact [J]. *Otolaryngology—Head and Neck Surgery*, 2013, 150(1):53-60.
- [16] SVIDER P F, HUSAIN Q, FOLBE A J, et al. Assessing national institutes of health funding and scholarly impact in neurological surgery [J]. *J Neurosurg*, 2014, 120(1):191-196.
- [17] 宋志红,郭艳新,李冬梅.科学基金资助提高科研产出了吗?——基于倾向得分分层法的实证研究[J].科学学研究,2016(1):116-121.

许鑫, 李丹, 赵文华. 科学基金资助对国际科研合作的影响研究 [J]. 文献与数据学报, 2019, 1(2): 039-052.

[18] 白玉, 郑童桐, 赵镇, 等. 基于文献计量的国家自然科学基金资助效果分析: 以南方医科大学为例 [J]. 中国科学基金, 2016, 30(4): 340-345.

[19] 刘艳华, 华薇娜, 常李艳. 我国图情研究人员的国际科研产出及影响因素分析——基于半结构化访谈的探索性研究 [J]. 现代情报, 2016, 36(4): 151-155+169.

[20] BOYACK K W, BÖRNER K. Indicator - assisted evaluation and funding of research: Visualizing the influence of grants on the number and citation counts of research papers [J]. Journal of the American Society for Information Science and Technology, 2003, 54(5): 447-461.

[21] LEE S, BOZEMAN B. The impact of research collaboration on scientific productivity [J]. Social Studies of Science, 2005, 35(5): 673-702.

[22] ADAMS J D, BLACK G C, CLEMMONS J R, et al. Scientific teams and institutional collaborations: Evidence from U.S. universities, 1981-1999 [J]. Research Policy, 2004, 34(3): 259-285.

[23] EBADI A, SCHIFFAUEROVA A. Bibliometric analysis of the impact of NSERC funding on scientific development of the funded researchers [C] // Iadis International Conference on Information Systems. 2014.

[24] DEFAZIO D, LOCKETT A, WRIGHT M. Funding incentives, collaborative dynamics and scientific productivity: Evidence from the EU framework program [J]. Research Policy, 2009, 38(2): 293-305.

[25] ZHOU P, TIAN H. Funded collaboration research in mathematics in China [J]. Scientometrics, 2014, 99(3): 695-715.

[26] 张诗乐, 盖双双, 刘雪立. 国家自然科学基金资助的效果——基于论文产出的文献计量学评价 [J]. 科学学研究, 2015, 33(4): 507-515.

[27] DONOVAN C, BUTLER L, BUTT A J, et al. Evaluation of the impact of national breast cancer foundation-funded research. [J]. Medical Journal of Australia, 2014, 200(4): 214-218.

[28] WIDENER A. Canada launches review of federal science funding [J]. Chemical & Engineering News, 2016, 94(25): 15.

[29] 艾凉琼. 从诺贝尔自然科学奖看现代科研合作——以 2008-2010 年诺贝尔自然科学奖为例 [J]. 科技管理研究, 2012, 32(10): 229-232.

[30] ADAMS J. The fourth age of research [J]. Nature, 2013(497): 557-560.

[31] ARUNACHALAM S., SRINIVASAN R., RAMAN V. International collaboration in science—participation by the Asian giants [J]. Scientometrics, 1994, 30(1): 7-22.

[32] ABRAMO G, D'ANGELO C A, SOLAZZI M. The relationship between scientists' research performance and the degree of internationalization of their research [J]. Scientometrics, 2010, 86(3): 629-643.

[33] BEAVER D D, ROSEN R. Studies in scientific collaboration - Part I. The professional origins of scientific co-authorship [J]. Scientometrics, 1978, 1(1): 65-84.

[34] 张艳, 郇音悦. 依托科学基金强化国际合作推动上海交通大学更快发展 [J]. 中国科学基金, 2017, 31(1): 90-95.

[35] LAUDEL G. Collaboration, creativity and rewards: why and how scientists collaborate [J]. International Journal of Technology Management, 2001, 22(7-8): 762-781(20).

[36] TAN A M, ZHAO S X, YE F Y. Characterizing the funded scientific collaboration network [J]. Current Science, 2012, 103(11): 1261-1262.

[37] XU X, TAN A M, ZHAO S X. Funding ratios in social science: the perspective of countries/territories level and comparison with natural sciences [J]. Scientometrics, 2015, 104(3): 673-684.

[38] ZHAO S X, ROUSSEAU R, YE F Y. H-Degree as a basic measure in weighted networks [J]. Journal of

Informetrics, 2011, 5(4):668-677.

[39] ZHAO S X, YU S, TAN A M, et al. Global pattern of science funding in economics [J]. Scientometrics, 2016, 109(1):463-479.

[40] MA N, GUAN J. An exploratory study on collaboration profiles of Chinese publications in Molecular Biology [J]. Scientometrics, 2005, 65(3):343-355.

[41] 科技部. 一图读懂“十三五”国家基础研究专项规划 [EB/OL]. [2018-05-24]. http://www.most.gov.cn/kjbgz/201706/t20170616_133594.htm.

Impact of Science Funds on International Scientific Research Collaboration: Data Analysis Based on WOS Physics

XU Xin LI Dan ZHAO Wenhua

(Department of Information Management, Faculty of Economics and Management, East China Normal University, Shanghai 200241, China)

Abstract: [**Purpose/significance**] This paper discusses the influence of science funds on international scientific research cooperation, and provides references for optimizing scientific funding models and promoting innovation in international scientific research cooperation. [**Method/process**] Based on the data of more than 600,000 papers in the field of physics included by Science Citation Index from 2012 to 2016, and in the perspective of country / region, this paper makes a comparison between the funded and unfunded international scientific research cooperation in the aspects of their overall descriptive statistics, cooperation index and cooperation networks. [**Result/conclusion**] Compared with non-funded papers, the international cooperation papers funded by science funds have higher output; with the support of the funds, China has more international cooperation with Argentina, Ireland, Ecuador, Israel and some other countries and regions, and its status of international cooperation and innovation has been effectively improved; however, there are still large gaps between China and some European countries and regions such as Switzerland, Ukraine and Scotland.

Keywords: Science funds; International cooperation; Wos data on physics; Network analysis

(本文责编：王秀玲)