

国际科技创新合作研究现状及研究方法综述

任孝平¹, 杨云¹, 迟婧茹¹, 申晓萌²

(1. 科技部科技评估中心国际部, 北京 100081;

2. 德国宇航中心项目管理署, 波恩 53113)

摘要: 国际科技创新合作已经成为我国科技创新战略实施过程中必不可少的环节, 其具有范围广、领域宽、多交叉的特点。本文以国内学者开展国际科技创新合作研究为基础, 从定量研究、定性分析以及定量定性相结合3个角度, 将国际科技创新合作研究进行了分类, 并在此基础上给出了目前和未来的主要研究方向, 研究工具和方法, 以期对开展国际科技创新合作研究的学者有所帮助。

关键词: 国际科技创新合作; 创新驱动发展; 研究方法; 科学计量

中图分类号: G321 **文献标识码:** A **DOI:** 10.3772/j.issn.1009-8623.2019.08.010

十九大报告指出, 我国正处在转变发展方式、优化经济结构、转换增长动力的攻关期。当前, 只有加强创新能力开放合作, 才能加速培育我国的竞争新优势。国际科技创新合作(简称国际合作)是在更高层次上构建开放创新机制的重要方式, 它可以是正式的官方合作, 也可以是非正式的民间合作; 可以是两国之间的合作, 也可以是多国/组织之间的合作。其形式包括: 政府间对话、科技援助、技术引进或转让、设立联合资助计划、建立联合研究中心(联合实验室)、人员互访或培训、信息共享、学术交流(研讨)、联合申请项目、合作发表论文等。国际合作研究对象范围广、领域宽、多交叉的特点, 决定了开展国际合作研究的内容、角度、覆盖范围具有一定的复杂性。

目前学者对国际合作的研究, 涵盖了合作领域、影响因素、机制模式、保障体系、大科学计划/工程、监测评估与绩效评价^[1]等多个角度, 尚未形成一个系统的“国际合作”研究方法。本文尝试从定性、定量及两者相结合的角度, 将国际合作的研究方向和主题进行分类(图1), 给出研究中常

用的数据库和模型, 以期对开展国际合作研究的学者有所帮助。

1 基于定量分析的国际合作研究

1.1 基于国际合作论文的角度

国际合作发表论文是促进国际间知识扩散的主要形式之一, 其可以促进国家间智力资本的扩散^[2]。当前, 基于国际合作论文开展的研究越来越普遍, 即通过考察一个时期论文的总体情况, 揭示被研究对象的科研活动的国际化程度。

1.1.1 数据来源

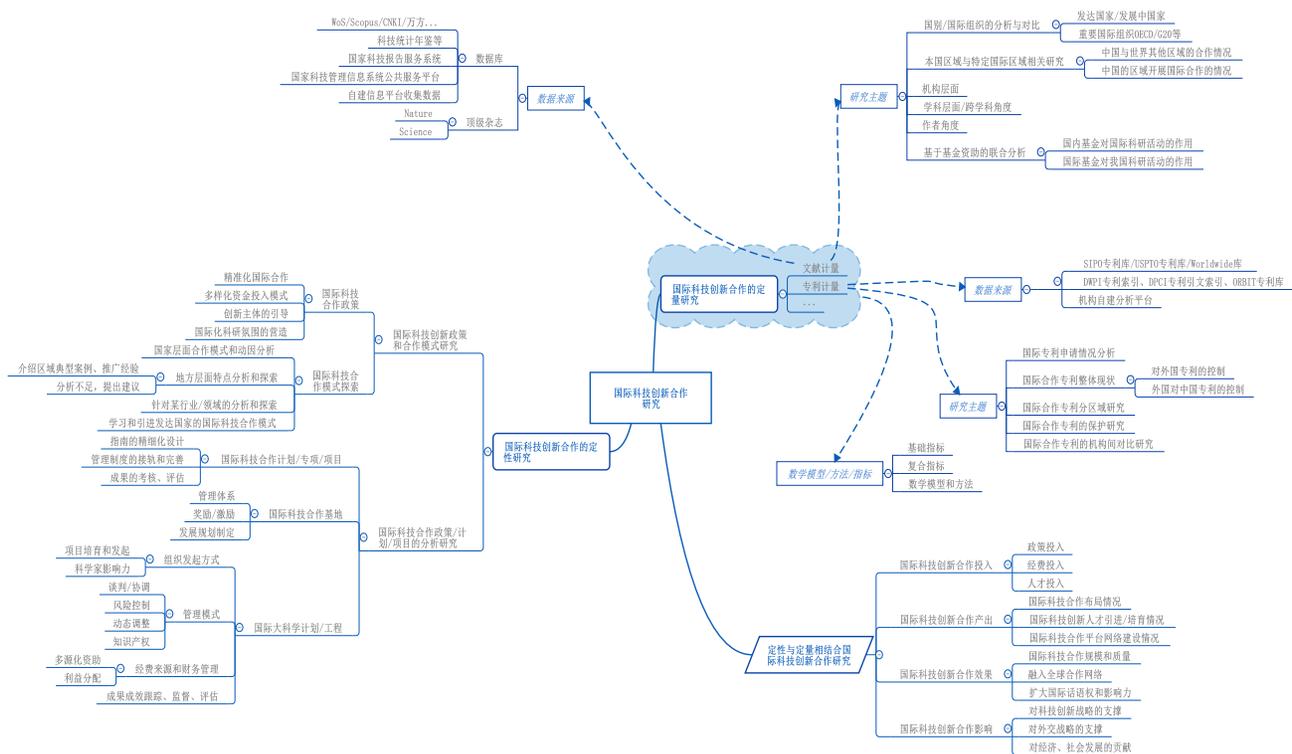
对国际合作论文的分析, 一方面基于作者在《NATURE》、《SCIENCE》等顶级期刊上发表的论文来分析自主科研能力^[3]; 另一方面, 基于论文数据库检索结果进行合作现状分析。常用的数据库包括是科睿唯安的WoS^[4]和爱思唯尔的Scopus^[5]等。

除依赖商业数据库开展相关研究, 学者们还基于政府信息系统或统计年鉴, 如: 国家科技报告服务系统、科技统计年鉴等开展相关研究。如: 霍宏伟^[6]基于国际合作与交流专项成果报告的内容和

第一作者简介: 任孝平(1984—), 男, 副研究员, 主要研究方向为科技政策、科技评估、国际合作。

项目来源: 科技部国际合作司委托课题“国际科技合作重点任务监测评估与绩效评价体系建设研究”(2017HZ-P01)、“国际科技合作重点任务年度监测方法研究与信息系统建设”(2017HZ-P03)。

收稿日期: 2019-07-28



数据开展了相关研究；张平^[7]基于《中国农业年鉴》，从合作项目、合作资金、合作人员几个维度，对我国农业科技国际合作效果进行了评价。值得注意的是，后者利用线性插值的方法对缺失数据进行了补充，为其他研究者开展此类研究提供了参考。

此外，研究人员还基于自建的系统（平台），“自下而上”收集更为详细的国际合著论文数据。由于高质量的英文文章已经在商业数据库进行了收录，因此在自建系统时，要关注非英语文章发表的情况。

1.1.2 文献计量研究的主题和视角

在选定数据来源以后，学者们依据不同的分析对象（国别/国际组织/区域/机构/领域/行业/学科）开展数据分析。

（1）对国别/国际组织合作的研究。

以主要发达国家、发展中国家和国际组织合作情况作为研究对象。如金砖五国（BRICS），美国及欧盟组成的二十国集团（G20）^[8]。此外，选择具有相似特征但部分存在差异的国家进行对比研究，如印度^[2]和日本等。

未来的国际合作，需要总体设计全球国别战

略，按照“一国一策、精准施策”思路，制定开放合作战略，不断深化与各国的政府间科技合作。即充分考虑各国科技创新资源、能力差异，布局有针对性的细化合作策略，向发达国家学习先进管理经验，与发展中国家共享科研资源，共同提升创新能力。

（2）对特定国际区域、本国区域合作的研究。

对特定国际区域的研究，即分析和研究我国与世界主要区域（按地理、经济结构或宗教习俗进行划分）开展国际合作的情况。如：分析我国与非洲、东盟、南亚、拉美、阿拉伯国家、中东欧的合作等。自2013年“一带一路”倡议提出以来，国内学者开始围绕“一带一路”沿线国家，开展合作领域和主题的研究，以得出这一更大区域的合作特征和态势。另一方面，分析本国特定区域的国际合作现状也较为普遍。如：分析云南与东南亚、南亚科技合作^[9]，分析“一带一路”倡议下我国国际科研合作影响因素^[4]等。

与国别/国际组织层面的国际合作研究目标不同，区域性国际合作研究主要围绕双方区域的发展阶段，根据资源特点探索符合自身特点的合作模

式^[10]。由于我国各省市区域、经济和科技资源分布不均衡, 国际合作水平差异较大, 因此该研究对促进区域科技国际化有重要作用。

(3) 对机构(科学家)间合作的研究。

机构合作研究指院所、高校、企业及科学家团体形成的对外科技合作。王淑强^[11]对具有代表性的研究机构(院所、高校)进行横向合作情况比较, 对科研生产力、影响力、重要成果等内容进行了综合分析。刘筱敏^[12]对中科院国际合作论文进行了分析, 指出在国际合作中, 不仅要保持论文规模的增长, 还应关注机构的贡献度。此外, 分析国际合作活跃的国内机构现状, 如: 合作规模、影响、主要合作对象等, 对提升我国科研机构的实力具有促进作用^[13]。

这种“自下而上”的机构间或科学家间的合作, 能带来新的合作理念和模式, 进而促使我国形成更为完整的国际合作网络。因此, 应积极开展对机构(科学家)间合作的分析, 了解国内外著名研究机构的研究方向和领域分布、学者动态等, 剖析我国科研机构的优势和不足, 有助于国内机构更有针对性地开展合作。

(4) 对学科合作的研究。

学科合作研究主要包括: 学科的发展态势和合作倾向、优势和弱势学科国际合作地位差异等。如: 郭永正^[2]在学科层面上, 比较了中印两国的异同点。谭宗颖^[14]对材料学科的规模、研究质量、重要成果、国际合作、学科布局等维度也展开了相关分析。

研究发现^[15]: 学科在起步初期, 通过国际合作可以推动研究快速发展, 具体表现为高水平国际合作论文数量的攀升; 而当学科研究进入相对稳定的发展阶段, 需要持续提升创新能力时, 国际合作论文的比例则有所下降。这些对学科国际化发展现状、特点和趋势的研判, 对制定学科发展规划具有参考价值。此外, 跨学科合作也成为各国政府、资助机构和科研机构关注的研究方向。有学者建议可以进一步研究国际合作对推动跨学科研究的影响^[16]。

(5) 对基金资助合作的研究。

学者主要从科技部、国家自然科学基金委、中科院等几个主要资助主体的维度来分析^[17]。另一类是分析国际基金资助对我国科研活动的支撑作

用^[18], 以及对我国双、多边合作的影响。例如, 王文平^[19]以中欧科技合作为研究对象, 研究了资助合著论文的国内外机构情况, 揭示了我国在双多边合作的特征和作用。

此类研究, 主要目的是结合双方的需求和优势领域, 有针对性的设立专项基金, 加强双多边科学家合作的强度。然而, 对基金资助合作研究的局限性在于: 仅能从论文中找到关于基金资助的信息, 从专利、研究报告、图书等类型的产出中很难获得有价值的信息。

(6) 基于作者署名优先顺序对研发主导性的研究。

对国际合作论文作者署名优先序的分析, 可以间接得出作者的贡献率^[20], 进一步间接反映出国家在国际合作中的主导程度^[21]。文献[22]中, 定量研究并给出了“开展国际合作有助于提升我国科学家的学术影响力”的结论; 文献[23]则研究了单篇论文的国际影响力, 不仅包括期刊影响因子、论文被引频次等, 还应考虑作者的排序。这些研究, 能有效引导更多科学家积极开展国际合作。

综合来看, 基于作者署名的研究主要分析通信作者、第一作者、作者在署名中的比例等指标。此外, 通过对高被引作者的分析, 可以得到科研人员的影响力^[24]。在进行国别高被引情况比较后, 可以了解各国在国际合作的综合影响力及合作成效。更进一步, 结合国家和地方在吸引海外人才方面的政策, 可以开展国际合作政策与提升科学家影响力的关联性研究, 以推动建立符合科技合作特点的人才引进模式。

1.2 基于专利的角度

基于国际合作论文的研究通常反映了院所、高校基础科研合作的产出和效果, 在反映企业国际技术合作方面存在较大劣势。因此围绕专利的国际合作和海外布局现状研究是对国际合作论文研究的补充。

1.2.1 数据来源

在研究与专利相关的国际合作时, 常用的数据库包括中国国家知识产权局(SIPO)专利库、美国专利商标局(USPTO)专利库^[25]、欧洲专利局的Worldwide数据库^[26]; 以及QUESTEL公司的

ORBIT 全球知识产权信息平台专利数据库、科睿唯安公司的德温特世界专利索引 (DWPI) 和德温特专利引文索引 (DPCI)^[27] 等; 此外还包括机构内检索系统, 如中科院专利在线分析系统^[28]。

1.2.2 专利研究角度和主题

基于专利的国际合作研究, 一方面包括对我国国际专利申请情况的研究, 另一方面则是对联合申请国际专利情况的研究。深度分析专利的国际合作现状, 有利于有效整合资源, 打通创新链条, 推动成熟技术“走出去”, 同时引进消化和吸收先进技术, 为我国政府或企业制定和实施国际化战略提供依据。

(1) 国际专利的整体情况分析。

对国家国际合作专利整体态势的分析, 可以反映自主创新与开放合作的关系, 科技创新国际化的现状, 以及国家在创新过程中使用全球创新资源的情况。如: 科睿唯安公司基于 DWPI 索引和 DPCI 索引数据库, 通过专利发明总量、专利授权率、全球化和影响力几个指标, 分析我国企业创新情况。郑佳^[25] 还发现: 我国国际合作专利数量, 主要源于境外企业在华建立的研究机构等。此外, 对同族专利的研究, 还可以分析出专利申请人对专利的重视程度等。

结合对专利申请时间的分析, 可以获得国家间专利技术流动情况^[28]; 结合对专利权人的分析, 可以得到具有技术优势的国家和机构分布, 促进有针对性的技术跟踪和合作布局, 以及对技术的保护; 结合对专利申请人的分析, 可以得知国际专利合作中, 各国享有知识产权的情况。

(2) 领域的国际专利分析。

企业等开展科技创新时, 要及时对核心技术进行保护, 因此需要开展领域的国际专利情况研究。例如文献 [29] 基于 SIPO 专利库, 分析了技术专利合作 (锂电池) 的国家排名情况; 葛慧丽等^[30] 和尹聪慧等^[31] 分别基于 ORBIT 数据库和 DWPI 数据库, 开展了行业 (风力发电) 和领域 (碳捕集与封存) 的专利合作现状研究, 并给出政策建议。

通过对特定领域专利申请数量、质量、国别分布和影响力的分析, 可以判断技术发展趋势。其中专利的影响力主要是通过其被引次数来判断, 即专利被引用的次数越多, 说明该专利对后来技术的发

展影响越大。

(3) 国际专利的分区域化研究。

目前针对发达国家的国际合作专利分析研究较多, 针对发展中国家和重点区域的专利布局研究, 如对金砖国家^[32]、“一带一路”国家^[33]的专利研究, 还有待进一步加强。相关研究有利于推动与其他发展中国家的国际合作, 并促进我国企业的国际化发展。

(4) 国际合作中专利的保护研究。

国际合作中专利的保护研究, 主要是分析和探讨知识产权保护的影响因素, 为知识产权保护策略的制定和完善提供依据^[34]。文献 [35] 将专利权归属情况进行了详细分类, 指出专利跨国所有权包括国际合作享有专利权和外国单独享有专利权, 同时还指出国外企业对专利布局的重视程度。此外, 学者也开展了国际合作专利保护评价指标体系研究^[36], 用于对知识产权的保护情况进行评估。

目前, 技术先进的跨国公司在海外布局保护知识产权的意识较强, 这也是国外企业掌握核心关键技术、整体竞争力强的原因。研究显示, 我国以共有专利权为方式的合作对象, 主要都是企业申请人。大部分专利权人合作申请都源于公司内部、母公司和海外分公司间的合作^[37]。因此, 在促进和规范内/外资公司公平竞争的过程中, 需要开展我国自主创新成果的保护性研究, 同时也要加强知识产权对外合作机制的研究。

1.3 定量指标和数学模型的使用

1.3.1 基础指标和综合性指标

以相关数据库为基础, 用文献计量学和知识可视化方法, 依据基础性指标, 给出较易理解和推广的复合性指标, 开展对国际合作发展态势和研究前沿的研究^[38], 是另一类基于文献计量的定量研究方法。

基础性指标^[20] 包括论文总数、国际合作论文数、论文占比、被引次数、合作频次、高被引论文数、合作国别数等; 综合性指标是在基础指标上, 为提高可比性和易懂性而提出的复合指标, 如: 学科规范化引文影响力 (Scopus 的 FWCI 指标, WoS 的 CNCI 指标)、高被引论文占比、学科国际合作论文占比、学科国际合作相对活跃度等。

对国际合作专利而言, 基础性指标包括被引次数、当前影响力、技术强度、技术生命周期、技术关联度等。综合性指标用来衡量国际合作发展态势^[39], 或反映当前的热点研究前沿^[40]及各国国际合作现状和科技创新实力等。

国家科技评估中心和科瑞唯安联合提出的“中国科研合作中心度”, 是在评价我国科技合作“位置图”时, 对综合指标研究的一个尝试。其在文献计量分析的基础上, 对经费资助进行了分析^[13], 如我国国内出资的合作论文由 35% 上升到 61%。这突破了仅基于文献数据的分析研究方法, 体现了国际合作交叉广, 应对其进行多数据源多角度分析的特点。

1.3.2 数学模型在国际合作研究中的应用

社会网络、回归模型等数学方法是国际合作研究中比较常见的数学方法, 如研究国际合作网络整体特征时, 多采用社会网络分析 (Social Network Analysis, SNA) 方法, 其主要关注网络的节点数、连结数、连结强度、密度、平均路径长度、聚集系数等属性^[41]。研究各国在国际合作网络中的位置时, 还会用到如下网络特征: 中间中心性 (Betweenness)、度数中心性 (Degree)、接近中心性 (Closeness) 等。此外, 还有位置演变、中心势测度、结构洞、特征子网^[6]等。所采用的分析工具包括社会网络分析软件 Pajek、UCINET6.0 等。

回归模型是寻找合作中各影响因素关系的常用方法。文献 [26] 构建了回归模型, 从合作国家创新指数、合作规模、引证专利数量及学科交叉等角度分析了对专利质量的影响, 以及基于基础指标和综合性指标, 对数据进行拟合分析和国际合作发展态势预测。此外在研究中还可引入经济学模型, 定量分析国际合作基本要素 (项目、人才、基地) 对建立国际科技合作模式的影响; 同时探索经济、文化、政策、法律、环境等对国际合作发挥的作用。

除了上述方法, 学者还借用了其他学科中的模型和方法开展研究。如刘云等^[42]利用基尼系数、核心边缘分布, 分析合作网络中心的转移和演变; 利用聚类、数据可视化方法分析合作网络的演进结构和特征。张萃等^[4]构建了国际合作引力模型 (Gravity Model), 实证研究国际合作的现状和影

响因素。张琳等^[43]利用数据挖掘技术, 分析了科学基金国际合作历史数据及科学家需求信息。张公一等^[44]建立了国际合作创新博弈模型, 给出了国际企业进行合作创新需满足的充要条件。

其他方法如主成分分析、分类、关联规则等, 也常用于揭示国际合作数据中隐藏的信息和规律。如毕克新等^[34]采用主成分分析方法, 研究了对国际合作专利保护的相关影响因素。

2 基于定性分析的国际合作研究

2.1 国际合作政策和合作模式的探索研究

针对不同的国别和区域合作对象, 选择科学合理的合作机制, 才能提高国际合作成效^[45], 我国学者在此领域主要从以下几个方面开展研究。

2.1.1 国际合作政策研究

国际合作政策是政府推动国际合作、营造科技创新氛围的重要手段。樊春良等^[46]研究了美国科技政策科学思想的产生和发展历程, 给出了我国科技政策学的发展建议。李红军等^[47]分析了美国科技政策办公室的管理机制。李丹^[48]利用内容分析法 (Content Analysis), 从基本政策工具、目标评价两个维度, 对国际合作规划进行深入分析, 为我国科技合作政策优化提供了借鉴。

加强国际合作政策的研究, 能及时了解世界科技创新的动向, 对我国提出新的科技发展战略具有启发意义。在研究国际合作政策时, 应从政策、计划/项目、经费、人才等几个角度开展, 如与发达国家进行技术合作和引进的针对性, 与发展中国家共同提升创新能力的共通性; 探索和建立多元化资金投入模式, 研究和出台鼓励各类创新主体参与国际合作的政策。此外, 开展科研配套政策的研究也非常重要, 如研究和出台更加积极的外国人才政策, 为各国来华专家工作、创业、生活的人才提供更高质量的环境, 最终实现“聚天下英才而用之”。

2.1.2 国际合作模式研究

(1) 国家层面的合作模式和动因分析。

主要集中于探索新的国际合作模式, 分析国际合作在服务国家总体外交、融入开放合作大局中的合作动因, 如国际产能合作在引领我国制造业海外市场模式转型方面具有显著的国家“战略价值”^[49],

“一带一路”区域合作有助于我国全球价值链地位的提升^[50]。

(2) 基于地方/区域特点的合作模式研究。

我国东部区域紧随国际科技前沿发展,有的已经成为国际科技创新的策源地,而中西部还有待进一步发展^[51]。区域发展不平衡对制定国际合作模式提出了更高要求。这方面的研究,主要集中于研究如何与具有地缘优势和资源优势的特定国际区域开展合作,如基于对“广东-独联体国际科技合作联盟”^[52]的分析,给出了广东省国际技术转移和科技创新的典型案例;文献[53]分析了广东省与东盟间的科技交流多于科技合作,认为存在较大提升空间,进而探讨了东盟科技合作圈建设的可行性;文献[54]则针对“一带一路”沿线国家的特点,研究了国际合作模式和实现路径。

(3) 针对行业和领域的合作模式研究。

部分学者开展了针对特定行业领域合作模式的研究,如文献[55]提出“以‘技术研发—集成—推广示范’为导向的农业科技试验示范中心模式”。刘云等^[26]则选取了3D打印、大数据、集成电路、碳纳米管和石墨烯新兴技术领域,研究了合作模式及影响因素。

(4) 分析和引进发达国家(地区)/国际组织的合作模式。

有学者从发达国家(地区)/国际组织主管国际合作的部门、国际合作战略、国际合作特点等角度出发,对其国际合作情况进行研究,并从中挖掘出能学习和引进的理念^[56]。也有学者指出,上述研究缺乏理论支持,对相关因素如何作用于国际合作缺乏深入而系统的理论分析^[57]。

可见,国际合作主体涵盖了政府、企业、高校、院所、科学家个体等多种元素,应根据主体自身的定位和环境,研究和制定不同的合作模式。

2.2 国际合作计划(专项)/基地研究

2.2.1 国际合作计划(专项)项目管理方式研究

国际合作计划(专项)项目,是带动国际合作、引进消化技术、撬动民间资本和“引进来、走出去”的重要举措,同时也肩负着提升国家整体科技创新实力、促进经济社会发展的重要使命。然而,国际合作项目本身存在特殊性^[58],如参与国别和人员国籍的多元化、经费跨境使用的流动性等。

为使国际合作项目管理更加科学公正,应对申报、评审、实施和验收等各环节存在的问题进行分析和研究,并提出改进措施。马艳妮等^[59]研究指出,部分拥有优良技术和对外合作基础且需资金支持的申请人,无法通过申请国际合作项目得到资金支持和发展。其他研究议题还包括:如何加强我国国际合作计划(专项)/项目管理制度与国际的接轨、如何制定有针对性的国际合作专项指南^[60]、如何使用和监管专项经费^[61]、如何跨境管理科研设备等固定资产^[62]、如何完善科研人员出国管理制度^[63]等。

目前,国际合作类项目的绩效评价仍然关注传统考核指标,对社会及经济效益关注度较低。叶选挺等^[64]将知识生产函数应用于国际合作计划项目绩效定量评价研究,构建了绩效评价模型和指标体系。樊春良等^[65]也指出对科学研究国际合作项目的评估等要注重过程效益和溢出效益,把培养人才(特别是高层次的国际合作人才,如在重要的国际组织中任职)、建立新的国际合作关系、加入国际大科学计划、设立我国自己的国际合作计划等作为评价指标。此外,学者还通过研究国外相关计划的评估体系,提出和构建符合我国特点的国际合作计划绩效评估体系。

2.2.2 国际合作基地的管理方式探讨

国家国际科技创新合作基地(简称基地)是科技部为提升我国国际合作的质量和水平,发展“项目-人才-基地”相结合的国际合作模式而设立的^[66],包括国际创新园、国际联合研究中心、国际技术转移中心和示范型国际合作基地4种类型。目前针对国际合作基地的研究相对较少,已有研究主要集中于总结发展成效、分析基地管理制度的缺陷并提出建议^[67]。

“项目-人才-基地”国际合作模式研究是一个重要研究方向^[68]。此外,如何建立更加科学、灵活的管理体系和运行机制^[69],如何强化技术引进和激励机制,如何制定发展目标和规划,对促使基地真正汇聚全球资源,产生引领、辐射和示范效果具有重要意义。

2.2.3 国际大科学计划和大科学工程

2018年1月23日,中央全面深化改革领导小组第二次会议审议通过了《积极牵头组织国际大科

学计划和大科学工程方案》, 明确指出牵头组织国际大科学计划和大科学工程, 提升我国战略前沿领域创新能力和国际影响力。可见推进我国国际大科学计划和工程, 对有效整合全球资源、提升创新发展领跑实力^[13]有着重要作用。

国际大科学计划和工程与传统的国际合作方式不同, 它是一项系统工程, 不仅是国家科技水平的体现, 也是政治、经济等多方面综合因素影响的结果。首先, 合作机制包括两种^[70], 一是有组织的政府间合作, 即成立管理部门组织协调本国研究, 如国际热核聚变实验堆计划 (ITER) 和平方公里阵列射电望远镜 (SKA) 计划, 以及科学家群体推动的合作, 如人类基因组计划 (HGP); 二是根据参与角色的不同, 还可以分为^[71]: 发起国或核心参与国、平等伙伴、观察员或专家个人身份等多种类型。此外, 大科学计划和工程的参与方式、经费来源和管理方式也都各有特点, 如: 有些大科学计划和工程全部由政府出资, 而有些则吸纳了社会资本的参与。

目前国际大科学计划和工程的主要研究方向包括组织方式、管理模式^[72]、投入方式 (资金或实物)^[71]和经费管理^[73]、成果成效跟踪等。管理模式又包括物流管理^[74]、文化冲突与协调谈判^[75]、风险控制和动态调整机制^[76]。其他研究方向还包括申请和立项的优化、合作协调机制^[77]、进度跟踪机制、知识产权保护机制^[78]、项目研究和成果汇总机制^[78]等。

3 定量定性相结合的国际合作研究

这一类型的研究主要是充分结合定量研究和定性研究, 在证据信息的基础上, 开展更深层次的现象解释和规律研究。下面以国际合作的监测评估为例进行介绍。

目前已经有学者考虑如何采取定量定性相结合的方法, 通过建立国际合作综合评价指标体系开展评估。如: 张笑梅^[80]在梳理与国际合作相关指标要素的基础上, 研究并提出了国际合作绩效评价模型的构建方法。

然而, 目前的研究并不足以支撑国际合作监测评估体系建设。首先, 国际合作的评估, 需要考虑“投入—产出—效果—影响”全链条因素。

仅“投入”环节, 就包括了政策、资金、人才 3 个要素。资金的投入, 除需统计几大主体计划中的“国际科技合作交流费”, 还应包括国家、部门、地方、机构设立的用于开展国际合作的计划 (项目) 经费。因此, 国际合作的监测和评估研究, 是一个“自上而下”“自下而上”的双向耦合过程, 即两个渠道的数据所反映的规模和趋势应是一致的, 而在研究中需充分利用大数据分析方法, 做好交叉分析。

另一方面, 由于涉及国际合作的指标较多, 不能单纯追求指标体系的完整性, 而应从实际情况出发, 选择有限的主要指标, 并使数据的采集和处理具有可操作性。此外, 在与其他国家比较时, 指标还需有可比性。最后, 在数据收集过程中, 应考虑其真实性和可靠性, 采用必要的数据处理手段, 对异常数据进行筛查和核实。

目前, 衡量国家创新能力的指标体系均不能反映一个国家在国际合作方面的综合现状, 如世界经济论坛 (WEF) 发布的《全球竞争力报告》 (The Global Competitiveness Report)、世界知识产权组织 (WIPO) 等联合发布的《全球创新指数》 (Global Innovation Index)、彭博社的《全球创新指数》 (Bloomberg's Global Innovation Index) 等。由于国际合作的综合水平越来越影响着国家整体科技创新实力和地位, 因此, 开展国际合作综合评价指数的研究, 是该领域评估研究的新焦点。

4 结束语

本文基于我国学者目前开展的国际合作研究, 将其归类为定量研究、定性研究、两者相结合的综合研究。

定量研究中, 一类是基于文献计量的研究, 即通过分析大样本国际合作论文的各类属性, 进而间接反映国际合作现状。研究视角包括: 对国别/国际组织间开展国际合作的研究; 对特定国际区域, 以及本国特定区域的研究; 机构和个人间合作的研究; 学科合作的研究; 对基金资助情况的研究, 以及结合作者署名顺序对研发主导性的研究。另一类侧重对国际技术合作的研究, 包括对国际专利的分析, 结合相关领域进行分析、以及分区域进行分析。

此外,学者根据不同的数据来源,提出了基础指标和综合性指标,并引入多种数学模型,对更加清晰的研究我国国际合作现状和趋势有重要参考价值。整体来看,基于定量方法的国际合作研究,还有较大的突破空间。这是由于国际合作研究涉及大量数据,数据间存在很强的耦合性。而且数据来源广泛,需充分结合问卷调查、信息系统建设的方式来补齐缺失数据。此外,引入数学模型和分析方法有助于挖掘数据背后的规律。

定性研究中,一类是研究发达国家的国际合作政策,研究和制定精准的国别合作方案;另一类通过研究国际合作模式,给出更有效的对外合作方式。研究视角包括:国家层面的合作模式和动因分析、地方/区域性的合作模式、行业和领域的合作模式,以及分析、学习和引进发达国家的合作模式。三是国际合作计划(专项)/基地等研究。如:计划/项目/基地的管理模式和绩效考核研究,国际大科学计划和工程的组织方式、管理模式、投入和监管机制研究等。

在定量定性相结合的研究方面,国际合作评估就是典型的研究工作,即通过构建符合我国国际合作特点的指标体系,从“投入-产出-效果-影响”几个维度,分析和评估国际合作。其中,构建反映国际合作的关键绩效指标和综合评价指数是目前的研究空白。

随着国际合作的日益重要,会有更多学者参与到这项研究中来,通过全面掌握我国国际合作的现状和特点、有效配置全球科技创新资源,最终助力我国创新驱动发展战略的实施。

致谢

感谢周小林、南方、廖苏亮、Caroline Lange、武思宏、陶蕊、张根苗、葛明锋参与本文的讨论。■

参考文献:

- [1] 陶蕊,王勇,南方,等.国际科技合作的评估原则与方法探讨[J].中国科技论坛,2017(11):23-29.
- [2] 郭永正.学科层面国际合作结构的中印比较——文献计量学的视角[J].科学学与科学技术管理,2013,34(2):70-79.
- [3] 赵勇,李晨英,Zhao Y,等.从高水平国际论文看我国前沿科技的自主创新能力[J].中国科技论坛,2013,1(2):15-21.
- [4] 张萃,欧阳冬平.“一带一路”战略下中国国际科研合作影响因素研究——基于 Web of Science 数据库中中外合作科研论文的实证分析[J].国际贸易问题,2017(4):74-82.
- [5] 丁洁兰,杨立英,孙海荣,等.基于文献计量的“一带一路”区域及沿线国家科研合作态势研究[J].中国科学院院刊,2017,32(6):626-636.
- [6] 霍宏伟,王艳,肖轶,等.中外政府间协议框架下国际科技项目合作网络研究[J].管理学报,2017,14(7):1041-1051.
- [7] 张平,于珊珊,邬德林.政策视角下我国农业科技国际合作效果评价研究[J].科技进步与对策,2014(7):120-124.
- [8] 霍宏伟,赵新力,肖轶.中国与二十国集团其他成员国政府间科技创新合作现状研究[J].中国软科学,2017(4):1-13.
- [9] 马敏象,张维,尚晓慧.中国与东南亚、南亚科技合作战略与对策研究[J].云南科技管理,2015,28(1):17-21.
- [10] 尹红.中国科技创新国际化战略发展的现状、特点和趋势[J].理论月刊,2017(3):184-188.
- [11] 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.
- [12] 刘筱敏,崔剑颖,何莉娜.国际合作论文中机构贡献度分析——以中国科学院为例[J].图书情报工作,2012,56(12):77-80.
- [13] 国家科技评估中心.中国国际科研合作“质”和“量”双重突破[EB/OL].[2019-03-03].<http://www.ncste.org/importantnews/1937.jhtml>,2017-11-06/2018-05-08.
- [14] 谭宗颖,龚旭,刘小玲,等.材料科学十年:中国与世界——基于2004—2013年WoS论文的文献计量分析[J].科学观察,2017(3):1-23.
- [15] 王婷.基于文献计量的青藏高原国际合作研究态势分析[J].地球科学进展,2016,31(6):650-662.
- [16] 王文平,刘云,何颖,等.国际科技合作对跨学科研究影响的评价研究——基于文献计量学分析的视角[J].科研管理,2015,36(3):127-137.
- [17] 郑长旭,郭丽娇.国际科技合作与NSFC资助:基于Web Of Science数据的分析[J].中国科学基金,

- 2016 (4): 40-43.
- [18] 刘辉. 国际科学基金对我国科研活动的支持作用: 基于文献计量的研究 [J]. 科技进步与对策, 2014 (12): 40-43.
- [19] 王文平, 刘云, 蒋海军. 中国政府资助中欧科技合作的特征研究——基于文献计量分析的视角 [J]. 科学学研究, 2014, 32 (6): 801-810.
- [20] 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.
- [21] 袁军鹏, 薛澜. 主导与协同: 中国国际科技合作的模式和特征分析 [J]. 科学学与科学技术管理, 2007 (11): 5-9.
- [22] 马翠凤, 李淑英. 国际合作对中国地球科学家的重要性——来自美国地球物理协会刊物统计数据的启示 [J]. 地质与资源, 2014, 23 (2): 202-204.
- [23] 范杜芳, 周密, 丁仕潮. 生命周期视角下国际合著论文的国际化水平测度研究 [J]. 科学学与科学技术管理, 2016, 37 (12): 33-40.
- [24] 科睿唯安. 科睿唯安发布 2017 年“高被引科学家”名单 [EB/OL]. [2019-03-03]. <https://clarivate.com.cn/press/2017-11-16/>.
- [25] 郑佳. 基于专利分析的中国国际科技合作研究 [J]. 中国科技论坛, 2012 (10): 144-149.
- [26] 刘云, 白旭. 中国在新兴技术领域的国际科技合作模式及其影响因素 [J]. 技术经济, 2016, 35 (1): 1-8, 21.
- [27] 科睿唯安. 2017 年中国大陆创新企业百强 [EB/OL]. [2019-03-03]. <https://clarivate.com.cn/Innovation2017/report.htm>, 2017-11-07/2018-05-08.
- [28] 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): 1 313-1 320.
- [29] 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.
- [30] 葛慧丽, 叶斌, 吕琼芳. 基于文献计量分析的海上风力发电国际科技合作对策 [J]. 科技通报, 2014 (5): 72-77.
- [31] 尹聪慧, 余翔. 企业 CCS 技术国际合作路径及模式研究——基于专利计量分析的视角 [J]. 情报杂志, 2016, 35 (10): 70-75.
- [32] 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.
- [33] 叶阳平, 马文聪, 张光宇. 中国与“一带一路”沿线国家科技合作现状研究——基于专利和论文的比较分析 [J]. 图书情报知识, 2016 (4): 60-68.
- [34] 毕克新, 赵瑞瑞, 冉东生. 基于因子分析的国际科技合作知识产权保护影响因素研究 [J]. 科学学与科学技术管理, 2011, 32 (1): 12-16.
- [35] 刘凤朝, 马荣康, 孙玉涛. 中国专利活动国际化的渠道与模式分析 [J]. 研究与发展管理, 2012, 24 (1): 86-92.
- [36] 毕克新, 张宁, 冉东生. 基于 AHP-GRA 的国际科技合作知识产权保护评价研究 [J]. 科学学与科学技术管理, 2012, 33 (5): 15-21.
- [37] 葛慧丽, 张培锋, 吕琼芳, 等. 专利视阈下的中国国际技术合作研究 [J]. 科技通报, 2016, 32 (2): 224-228.
- [38] 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): 1 136-1 140, 1 135.
- [39] 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.
- [40] 中国科学院科技战略咨询研究院, 科睿唯安. 《2017 研究前沿》中文版 [EB/OL]. [2019-03-03]. https://clarivate.com.cn/research_fronts_2017/report.htm.
- [41] 李文聪, 沙思颖, 高雅, 等. 从合著网络及其变化看干细胞研究领域的国际科研合作 [J]. 数学的实践与认识, 2016, 46 (10): 68-76.
- [42] 刘云, 蒋海军, 樊威, 等. 纳米科技国际合作创新网络结构与演化特征研究 [J]. 科研管理, 2015, 36 (2): 41-49.
- [43] 张琳, 邹立尧. 科学基金国际合作决策与数据挖掘 [J]. 中国基础科学, 2005 (6): 49-51.
- [44] 张公一, 吕文婷, 张书博. 国际科技合作创新博弈分析 [J]. 哈尔滨工业大学学报 (社会科学版), 2012 (1): 132-136.
- [45] 薛澜, 胡钰. 我国科技发展的国际比较及政策建议 [N]. 科技日报, 2003-05-14.
- [46] 樊春良, 马小亮. 美国科技政策科学的发展及其对中国的启示 [J]. 中国软科学, 2013 (10): 168-181.
- [47] 李红军, 高茹英, 任蔚, 等. 科技全球化背景下国际科技合作及其对我国的启示 [J]. 科技进步与对策, 2011, 28 (11): 14-18.

- [48] 李丹, 廉玉金. 政策工具视阈下国际科技合作政策研究[J]. 科技进步与对策, 2014(19): 109-114.
- [49] 熊勇清, 李鑫. “国际产能合作”: 制造业海外市场战略转换方向? ——“战略价值”与“微观绩效”的评估分析[J]. 科学学与科学技术管理, 2016, 37(11): 95-103.
- [50] 邱斌, 周勤, 刘修岩, 等. “‘一带一路’背景下的国际产能合作: 理论创新与政策研究”学术研讨会综述[J]. 经济研究, 2016, 51(5): 188-192.
- [51] 薛澜. 让创新为发展提供澎湃原动力[J]. 杭州(周刊), 2016(17): 32-33, 35.
- [52] 郭凤志. 广东一独联体国际科技合作联盟: 广东国际技术转移和科技创新的生力军[J]. 金卡工程, 2017, 241(04): 16-17.
- [53] 王瑞良, 肖奎喜. “一带一路”战略下广东——东盟科技合作圈建设研究[J]. 东莞理工学院学报, 2016, 23(6): 51-55, 91.
- [54] 魏澄荣. “一带一路”国际科技合作模式和路径研究[J]. 亚太经济, 2017(6): 24-27.
- [55] 程长林, 任爱胜, 柳萌, 等. “一带一路”背景下中国农业科技国际合作现状与模式研究[J]. 农业展望, 2017, 13(8): 107-111.
- [56] 黄日茜, 李振兴, 张婧婧. 德国国际科技合作机制研究及启示[J]. 中国科学基金, 2016(3): 262-268.
- [57] 宋振华. “一带一路”战略下的国际科技合作研究综述[J]. 昆明理工大学学报(社会科学版), 2017, 17(1): 1-9.
- [58] 任孝平, 周小林, 南方, 等. 国家重大科学仪器设备开发专项项目管理研究[J]. 分析仪器, 2017(5): 65-70.
- [59] 马艳妮, 马美茹. 我省国际科技合作项目管理中存在的问题及对策[J]. 科技信息, 2011(25): 18.
- [60] 中国与全球化智库(CCG)课题组. “一带一路”国际合作共赢的实施方案及实现路径[J]. 宁波经济(三江论坛), 2017(06): 7-11, 41.
- [61] 刘文武. 国际合作项目科研经费监管制度探析[J]. 合作经济与科技, 2014(9): 76-77.
- [62] 杜晓梅, 廖特明, 袁孝军. 中石油对外合作项目固定资产管理问题探讨[J]. 会计之友, 2012(17): 45-46.
- [63] 王骞. 地震科技中的因公临时出国开展学术交流合作活动绩效评价方法研究[J]. 国际地震动态, 2017(5): 16-21.
- [64] 叶选挺, 刘云, 王文平. 基于知识生产函数的国际科技合作计划项目绩效评价研究[J]. 兵工学报, 2009, 30(s1): 51-55.
- [65] 樊春良. 关于国际科学合作过程与效益的案例研究——基于国家自然科学基金国际合作项目的案例[J]. 中国科学基金, 2015, 29(2): 129-134.
- [66] 中华人民共和国科学技术部. 关于印发《国家国际科技合作基地管理办法》的通知[EB/OL].[2019-03-03]. http://www.most.gov.cn/fggw/zfwj/zfwj2011/201109/t20110920_89715.htm, 2011-08-08/2018-05-08.
- [67] 鄢小宁, 蒋昌顺, 唐弼, 等. 中国热带农业科学院拓宽国际科技合作的策略研究[J]. 热带农业科学, 2011, 31(8): 80-82.
- [68] 徐梦茶. LY 国际技术转移中心管理运行机制研究[D]. 西安: 陕西师范大学, 2015.
- [69] 李强, 李景平. 中国参与国际大科学计划的路径研究[J]. 科学管理研究, 2016(5): 115-119.
- [70] 邢超. 参与或加入国际大科学工程(计划)经费投入模式刍议[J]. 中国科技论坛, 2012(4): 22-24.
- [71] 王敏, 罗德隆. 国际大科学工程进度管理——ITER 计划管理实践[J]. 中国基础科学, 2016, 18(3): 51-55.
- [72] 戴国庆. 我国大科学工程财务管理的现状以及对国际合作的影响分析[J]. 中国科技论坛, 2005(1): 24-28.
- [73] 范雪, 王敏, 罗德隆, 等. 浅析国际大科学工程的物流管理——以 ITER 计划为例[J]. 综合运输, 2016, 38(11): 64-66.
- [74] 文钟莲. 国际大科学研发协同中的文化冲突与合作模式创新研究[J]. 科学管理研究, 2016, 34(5): 107-110.
- [75] 王元. 向国际大科学工程和计划组织学习什么? [N]. 科技日报, 2011-10-31(3).
- [76] 申丹娜. 人类基因组计划: 分布式大科学项目的组织与管理[D]. 北京: 中国科学院大学, 2009.
- [77] 申丹娜. 人类基因组计划: 分布式大科学项目的组织与管理[D]. 北京: 中国科学院研究生院, 中国科学院大学, 中国科学院研究生院人文学院, 2009.
- [78] 周小林, 李力, 杨云. 大科学计划(工程)规划制定的国际经验及对我国的启示[J]. 全球科技经济瞭望, 2019(3): 46-53.
- [79] 张笑梅, 郭晓立, 王超磊. 合作绩效评价模型的研究[J]. 科技和产业, 2016, 16(10): 57-61.

Review of the Current Status and Research Methodology of International STI Collaboration of China

REN Xiao-ping¹, YANG Yun¹, CHI Jing-ru¹, SHEN Xiao-meng²

(1. Department of International Evaluation and Research, National Center for Science & Technology Evaluation, Beijing 100081;

2. DLR Project Management Agency, Bonn, Germany 53113)

Abstract: International Science & Technology Innovation (STI) collaboration is an essential factor during the implementation of China's national strategy of innovation driven development. Its features of large scope, wide fields and multi-crosscutting increase the complexity and difficulty of research. This paper is based on the work of domestic researchers, and divides the researches of international STI collaboration from three perspectives: quantitative research qualitative research, and monitoring & evaluation (M&E). Then the current research statuses of China's international STI collaboration are analyzed, and the major tools and methods used are illustrated, which might be helpful for other researchers.

Key words: international science and technology innovation cooperation; innovation-driven development; research method; scientometrics

(上接第65页)

Frontiers, Hot Spots at Home And Abroad and Visual Comparative Study of Innovation Ecosystem

LIU Jing, XIE Ru-yu

(Department of Management, Xi'an Jiaotong University City College, Xi'an 100862)

Abstract: As the latest paradigm of innovation, despite the increasingly diverse research results provided by the innovation ecosystem, the research focuses and comparative studies on it at home and abroad are rarely mentioned. Therefore, with Web of Science and CNKI as data sources, visual analysis of domestic and foreign literature on innovation ecosystems from 1999 to 2019 was carried out through Citespace V. As shown in the research results, foreign studies focus on seven clusters, namely, enterprise, innovation, organizational innovation, prosumer, educational innovation ecosystem, service orientation and micro-structure, while domestic studies attach concern to collaborative innovation, ecosystem, innovation ecology, coupling, industrial innovation ecosystem and operating mechanism. It thus can be concluded that, although the "industrial innovation ecosystem" is valued in researches both at home and abroad, there are differences in the focus and the number of micro studies from meso and macro perspectives is small. Finally, it is suggested to focus on the enrichment of research methods and the expansion of data types in the future while conducting in-depth micro research at meso and macro levels.

Key words: innovation ecosystem; frontiers and hot spots; visual comparative study