

# 基于 ESI 高被引论文的中国基础研究 国际合作测度与评价

黄 栩<sup>1</sup>, 张孟亚<sup>2</sup>

(1. 中国科学院大学 公共政策与管理学院, 北京 100086; 2. 河北工业大学 人文与法律学院, 天津 300401)

**摘要:**国际合作是影响一国基础研究能力的重要方面。从国际合作研究的视角采用国家自然科学基金委员会(NSFC)在 2012—2021 年资助的高被引论文数据,使用文献计量法、社会网络分析法和实证分析展开研究。结果表明:22 个 ESI 学科的国际合作依赖程度及其自主研发能力差异明显;中国基础研究相对薄弱的依附型学科和追赶型学科约占 90.91%,较强的领先型学科和主导型学科约 9.09%;美国是中国最重要的国际合作伙伴,一定程度上在中国与其他国家合作中发挥“中介”作用;国际合作提升了追赶型和依附型学科的基础研究能力。最后,提出提升 4 个学科类型的基础研究能力及国际合作布局的若干政策建议。

**关键词:**国际合作;高被引论文;基础研究能力;学科分类

**中图分类号:**G322.5 **文献标志码:**A **文章编号:**1671-1807(2023)02-0024-09

基础研究是人类发现科学问题和自然规律的重要途径,是应用研究和试验发展的基础,为催生关键核心技术和颠覆性技术提供新知识、新原理和新方法<sup>[1]</sup>。“十三五”以来,科技部、国家自然科学基金委、教育部、中科院等科技管理部门在学科体系建设、科技立项、科技创新基地和科研条件建设、人才培养等方面全面部署和统筹安排,以提升中国基础研究水平、推动重大原创成果涌现。2018 年,《关于全面加强基础科学研究的若干意见》提出深化基础研究国际合作,实施国际科技创新合作重点专项,探索国际科技创新合作新模式,为基础研究国际合作指明了新方向;2020 年,科技部办公厅、财政部办公厅、教育部办公厅等印发了《新形势下加强基础研究若干重点举措》,对在新形势下加强基础研究提出了新的要求。

当今世界科学技术日新月异,创新要素大量涌现,创新环境不断优化,国际合作成为提升科学研究创新力和影响力的重要途径。宏观层面上,国际合作通过建立合作网络来开拓人类知识前沿、探索未知世界、应对全球复杂性难题<sup>[2-3]</sup>,如牵头或者参与国际大科学计划和大科学工程;中观层面上,国

际合作能推动全球科技创新要素加速流动,技术、人才、资本等要素深度融合,提升创新产出的效率;微观层面上,国际合作能有效利用国外先进仪器设备和测试技术,整合国外专家的知识、技能和专长,以寻求设备、知识和技能互补,从而提高基础研究产出的创新力及影响力<sup>[4-6]</sup>。与此同时,国际合作的效果也会受到相关因素的影响。在学科的相关因素中,国际合作促进了化学<sup>[7]</sup>、生物学和生物化学领域<sup>[8]</sup>中论文产出的影响力,但是在纳米科学和纳米技术<sup>[7]</sup>的作用效果不显著;在参与主体中,与欧美等国家合作产出的创新力高于与其他国家的合作产出<sup>[8]</sup>;在合作层次上,与世界顶尖科研机构的国际合作有利于提升科研绩效,与顶尖研究机构自身而言创新绩效的提升并不明显<sup>[9]</sup>。因此,国际合作作为知识溢出的有效途径,其作用效果也具有显著的差异性。

为促进中国基础研究领域的国际合作,中国国家自然科学基金委(NSFC)建设开放共享国际合作战略平台,在“一带一路”、科学基金组织、青年人才培养和国际会议等方面推动实质性的合作。关于中国基础研究国际合作的文献中,国内外学者围绕着论文产出、学科领域、国家和科研机构<sup>[10-11]</sup>、科学

**收稿日期:**2022-08-26

**基金项目:**国家自然科学基金重点国际(地区)合作研究项目(71810107004)。

**作者简介:**黄栩(1991—),女(土家族),湖北恩施人,中国科学院大学公共政策与管理学院,硕士研究生,研究方向为科技评价、创新管理、科技政策、知识产权管理;通信作者张孟亚(1992—),女,河北石家庄人,河北工业大学人文与法律学院,讲师,博士,研究方向为科技政策、创新管理。

基金组织<sup>[12-13]</sup>及科研项目合作<sup>[14-16]</sup>等主题展开了深入探索。与之相关的文献中, Yuan 等<sup>[10]</sup>以 NSFC 在 2006—2016 年资助的国际合作论文, 采用社会网络分析探讨了中国基础研究的国际合作的学科领域、国家及机构分布; 范英杰等<sup>[12]</sup>和徐进等<sup>[13]</sup>研究了 NSFC 与法国国家科研署(ANR)、俄罗斯基础研究基金会(RFBR)的合作情况; 樊春良<sup>[15]</sup>结合 2009 年 NSFC 资助的 16 个组织间合作项目, 采用案例研究方法, 总结了国际合作研究对开展基础研究带来的直接效益、过程效益和溢出效益。

以上文献对中国基础研究国际合作的现状和作用效果进行了深入研究, 但深入到学科领域和合作主体中, 中国基础研究中的国际合作对各学科领域的影响程度是否相似? 其合作主体在中国基础研究各学科国际合作中所处的位置及发挥的作用是否相同? 显然现有研究还不能回答这些问题。基于此, 研究试图对中国基础研究中各学科领域的国际合作进行测评, 从而为优化中国基础研究国际合作布局, 提高中国基础研究能力提供相应的政策建议。

## 1 数据与方法

高被引论文是被 Essential Science Indicators (ESI) 数据库定义为同一 ESI 学科中最近 10 年被引频次达到世界前 1% 的论文, 代表着相关学科领域的研究前沿<sup>[17]</sup>。在现有研究和应用实践中, 高被引论文广泛应用于科研竞争力<sup>[18]</sup>、学科评估<sup>[19]</sup>、科研绩效以及热点分析<sup>[20]</sup>中, 是文献计量学领域的重要评价指标之一。国家自然科学基金是中国资助基础研究的主要渠道<sup>[21]</sup>, 因此本研究以 Web of Science 核心集收录的国家自然科学基金资助产出的高被引论文为研究对象, 通过构建相关指标以反映中国基础研究国际合作能力以及国际合作对中国基础研究的影响。

在检索策略的设定上, 研究发现在 Web of Science 数据库中国家自然科学基金委在资助论文发表时共有 4 种全称和简称形式, 因而在构建检索策略时包括该 4 种形式以保证数据的完整性; 检索时间锁定在 2012 年 1 月至 2021 年 12 月, 结果共有 31 575 篇高被引论文被检索出来并构建 NSFC 资助的高被引论文数据库, 见表 1。为了确定所检索的高被引论文学科类别, 研究在 ESI 数据库检索下载 22 个 ESI 学科的高被引论文以构建 ESI 高被引论文数据库, 以 WOS 号对 NSFC 资助产生的高被引论文数据库和 ESI 高被引论文数据库进行匹配, 去除部分无 WOS 号的高被引论文, 以论文所在

期刊的所属学科进行初步分类, 具体学科分类是在 ESI 数据库中逐一检索所得。

表 1 检索策略表

数据检索	数据集及策略
数据来源	Web of Science 核心集
检索策略	FO = ("NATIONAL NATURAL SCIENCE FOUNDATION OF CHINA" or "NATIONAL NATURAL SCIENCE FOUNDATION OF CHINA NSFC" or "NSFC" or "NSFC CHINA")
时间跨度	2012 年 1 月至 2021 年 12 月
检索结果	31 575 篇高被引论文

在研究方法上, 研究采用文献计量法对中国 22 个 ESI 学科的基础研究国际合作研究现状和基础研究能力进行初步测评; 采用社会网络分析识别中国基础研究中主要国际合作伙伴; 采用普通最小二乘回归方法识别各国际合作伙伴对中国基础研究能力的影响作用。研究使用了 Derwent Data Analysis (DDA)、Excel、Ucinet、Stata 等数据处理以及计量分析软件。

## 2 实证分析

### 2.1 中国基础研究国际合作现状分析

#### 2.1.1 22 个 ESI 学科的国际合作指标构建

根据 Bordons 等<sup>[22]</sup>的定义, 国际合作论文是指由来自两个及两个以上国家的作者合作完成的论文。在研究中, 国际合作论文具体是指由中国和其他国家共同完成的科技论文, 国家排序不做区分。根据刘云等<sup>[23]</sup>提出的“科学产出的国际化指标表征了该学科对国际合作依存度特征”, 研究以国际合作率 (ICR<sub>i</sub>) 反映中国 *i* 学科对国际合作的依赖程度; 根据 Mode<sup>[24]</sup>提出“被引次数反映论文质量及创新绩效”, 以及苏林伟等<sup>[25]</sup>提出的“国际合作论文均篇被引次数和非国际合作论文均篇被引次数分别反映国际合作形式产出论文的影响力和自主研发产出论文的影响力”, 因此研究采用 *i* 学科国际合作论文均篇被引频次 (FN<sub>i</sub>) 与非国际合作论文均篇被引频次 (FD<sub>i</sub>) 的差值反映中国 *i* 学科自主研究能力的高低(表 2)。

表 2 国际合作研究的测评指标

指标	解释及计算
NI <sub>i</sub>	<i>i</i> 学科的国际合作论文数
ND <sub>i</sub>	<i>i</i> 学科的非国际合作论文数
ICR <sub>i</sub>	<i>i</i> 学科的国际合作率: $ICR_i = \frac{NI_i}{NI_i + ND_i} \times 100\%$
FN <sub>i</sub>	<i>i</i> 学科的国际合作论文均篇被引频次
FD <sub>i</sub>	<i>i</i> 学科的非国际合作论文均篇被引频次

如图 1 所示,中国 22 个 ESI 学科的国际合作依赖性差异明显:国际合作率介于 20%~40%的学科包括药理学与毒理学、化学、农业科学、临床医学;国际合作率介于 40%~60%的学科包括免疫学、材料科学、生物学与生物化学、数学、环境与生态学、工程学、微生物学、植物动物科学、一般社会科学、分子生物学与遗传学、物理学、经济与贸易;国际合作率介于 60%~80%的学科包括神经科学与行为学、地球科学、计算科学、心理学与生理学、多学科;国际合作率高于 80%的学科只包括空间科学,该学科对国际合作的依赖程度较高。除此之外,在 22 个 ESI 学科中,国际合作论文影响力高于非国际合作论文影响力的学科,即  $FN-FD>0$ ,包括神经科学

与行为学(117.78)、微生物学(115.83)、多学科(111.18)分子生物学与遗传学(75.95)、空间科学(73.09)、临床医学(62.99)、物理学(46.92)、地球科学(34.76)、工程学(33.26)、生物学与生物化学(26.38)、免疫学(23.11)、化学(21.59)、环境与生态学(18.15)、经济与贸易(17.91)、一般社会科学(17.11)、材料科学(17.09)、农业科学(14.61)、数学(8.38)计算科学(7.32)、植物动物科学(6.91),表明中国在这些学科自主研究有待于提高,国际合作提升了该学科的研究水平;国际合作论文影响力低于非国际合作论文影响力的学科,即  $FN-FD<0$ ,包括药理学与毒理学(-9.34)、心理学与生理学(-59.86),表明中国在这些学科自主研究能力较强。

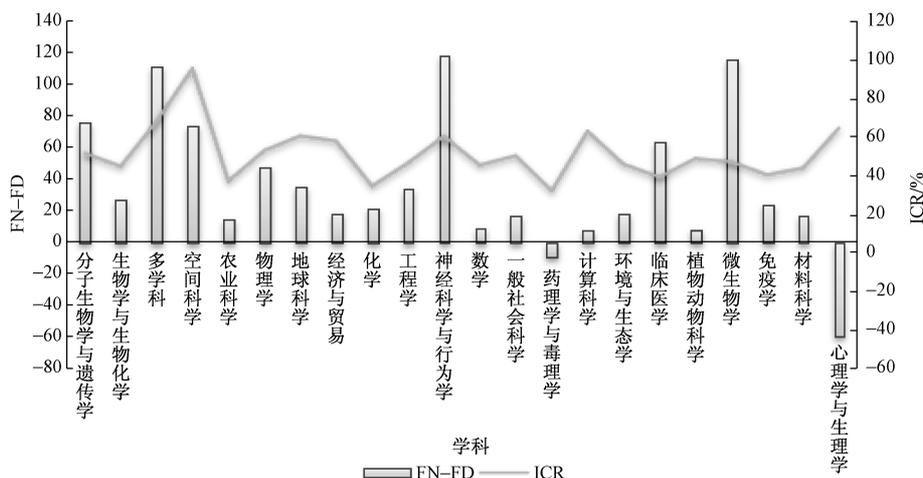


图 1 22 个 ESI 学科国际合作率及其影响力

### 2.1.2 22 个 ESI 学科划分

为了深入反映中国 22 个 ESI 学科的基础研究能力及其特征,以国际合作率(ICR)和国际合作论文与非国际合作论文的影响力的差值( $FN-FD$ )为指标,结合中国自然指数追踪 Web of Science 数据库中国科技论文的整体国际合作率达到 50%<sup>[26]</sup>,故将  $ICR=50%$  和  $FN-FD=0$  为分界线将中国 22 个 ESI 学科分为 4 类,结果见表 3。

表 3 ESI 学科的指标分类

指标	$ICR \leq 50\%$	$ICR > 50\%$
$FN-FD \geq 0$	追赶型学科	依附型学科
$FN-FD < 0$	领先型学科	主导型学科

如图 2 所示,第 1 类是追赶型学科,国际合作的水平较低( $ICR \leq 50\%$ ),国际合作论文的影响力高于非国际合作论文的影响力( $FN-FD \geq 0$ )。具体是指中国在该学科掌握一定程度的科学基础,但

未掌握学科发展前沿,需要通过国际研究合作提升中国基础研究水平,材料科学、工程学、化学、环境与生态学、临床医学、免疫学、农业科学、生物学与生物化学、数学、微生物学、植物动物科学归属于该类学科;第 2 类是依附型学科,国际合作的水平较高( $ICR > 50\%$ ),且国际合作论文的影响力高于非国际合作论文的影响力( $FN-FD \geq 0$ )。具体是指中国在该学科未掌握核心科学基础,需要广泛的科技合作来获取科学前沿,对国际合作的依赖性较强,该类包括地球科学、多学科、分子生物学与遗传学、计算科学、经济与贸易、空间科学、神经科学与行为学、物理学、一般社会科学;第 3 类是领先型学科,国际合作的水平较低( $ICR \leq 50\%$ ),非国际合作论文的影响力高于国际合作的论文影响力( $FN-FD < 0$ )。具体是指在中国该学科掌握核心科学基础,不需要大量的国际研究合作就可以实现科学问题的突破,药理学与毒理学属于

该种类型;第 4 类是主导型学科,国际合作水平较高( $ICR>50\%$ ),非国际合作论文的影响力高于国际合作论文的影响力( $FN-FD<0$ )。具体是指中国在该学科掌握一定的核心科学基础,即使在大量的国际合作中也可发挥主导作用,该类包括心

理学与生理学 3 个学科。其中,依附型学科和追赶型学科约占 22 个 ESI 学科的 90.91%,是中国基础研究薄弱所在;领先型学科和主导型学科约占 22 个 ESI 学科的 9.09%,是中国基础研究能力相对较强的学科。

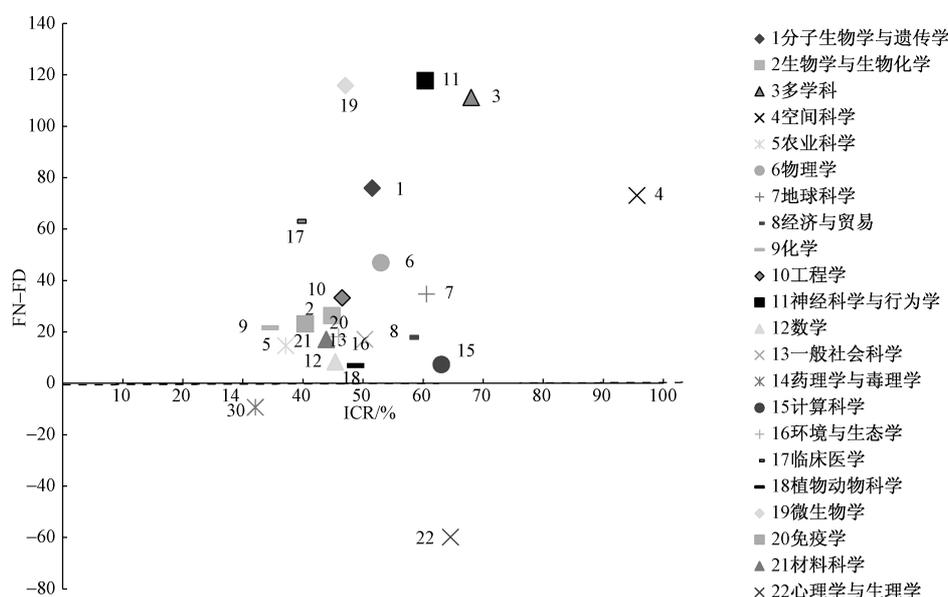


图 2 22 个 ESI 学科的分类图

## 2.2 中国基础研究的主要国际合作伙伴分析

### 2.2.1 主要国际合作伙伴识别

由以上分析可知,国际合作研究在 4 个学科类型中对基础研究能力的影响有所差异,而合作伙伴在国际合作研究中发挥重要作用,因而有必要对国际合作网络中的合作伙伴进行研究。研究选用了与中国国际合作累计频次排名前 15 个国家作为研究对象,依次是美国(6 290 篇)、澳大利亚(1 982 篇)、英国(1 654 篇)、德国(1 234 篇)、新加坡(1 015 篇)、加拿大(961 篇)、日本(888 篇)、沙特阿拉伯(697 篇)、韩国(673 篇)、法国(668 篇)、西班牙(553 篇)、意大利(524 篇)、荷兰(442 篇)、瑞典(441 篇)、瑞士(423 篇)。由于追赶型、依附型、领先型、主导型学科中高被引论文总量不同,对比各学科类型中合作国家与中国合作频次难以反映出各学科类型国际合作的特点,研究通过构造合作国家与中国合作频次与该学科类型高被引论文总量的比值  $R_{mr}$ ,反映 4 类学科类型的国际合作偏好,计算公式为

$$R_{mr} = \frac{F_{mr}}{N_m} \quad (1)$$

式中:  $N_m$  表示  $m$  类型学科的高被引论文总数;  $F_{mr}$  表示排名为  $r$  的国家在  $m$  类型学科中与中国合作研究的论文数量。 $m$  的取值为 1、2、3、4,分别代表追赶

型、依附型、领先型和主导型学科;  $r$  的取值为 1~15,分别代表排名为  $r$  的国家。

如图 3 所示,从学科类型的角度,中国与德国、新加坡、加拿大、日本、韩国、法国、西班牙、荷兰、瑞典、瑞士在国际合作中,依附型学科的国际合作率位列 4 个学科类型之首,表明中国在依附型学科中基础研究能力不足,更倾向于广泛的国际研究合作获取该学科的研究前沿。从合作伙伴的角度,美国与中国在 4 个学科类型中合作比例显著高于其他国家,美国是中国基础研究中的最重要合作伙伴。

### 2.2.2 主要国际合作伙伴分布特征研究

为了深层次反映各国在合作网络中的分布,本文对各国在 4 个学科类型中国家合作网络的中间中心度进行了研究。中间中心度反映某个主体在多大程度上位于合作网络中其他主体的中间以发挥着“中介”的效应<sup>[27]</sup>。由于研究中各学科类型的国家合作网络有所差异,因此采用相对中间中心度以比较不同网络中各国的中间中心度。相对中间中心度取值为 0~1,取值越大表明该国对中国与其他国家合作的“中介”作用越显著,结果见表 4。美国在追赶型、依附型、领先型和主导型学科中的相对中间中心度位列首位,分别为 0.02、0.03、0.10 和

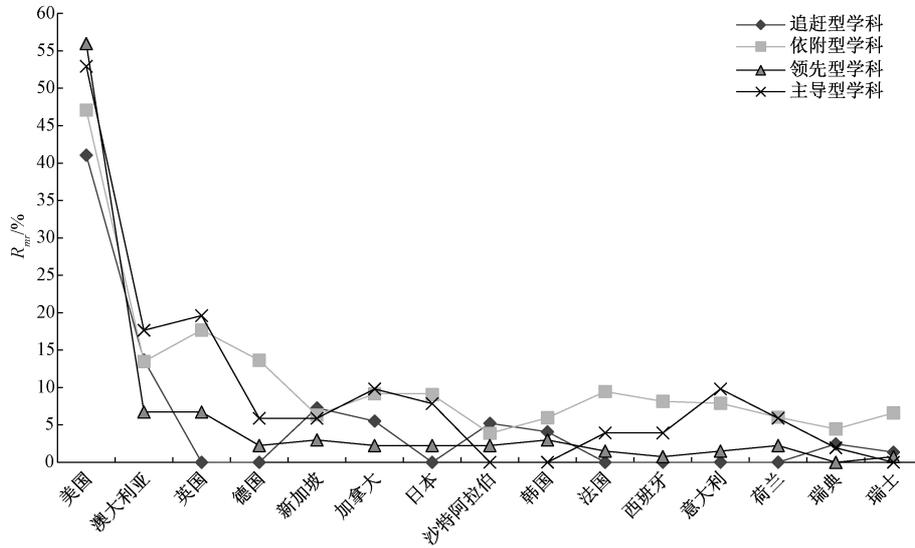


图 3 4 个学科类型中重要国际合作研究伙伴的分布情况

0.02,表明美国积极参与到中国与其他国家的国际合作研究中,并在一定程度上发挥着“中介”的作用。其他国家如澳大利亚、英国、德国等虽然在一定程度上参与到中国与其他国家的研究合作中,但在不同学科中其相对中间中心度取值不同,“中介”的作用具有显著的差异性。

表 4 4 个学科类型中重要国际合作伙伴的相对中间中心度

国际合作伙伴	追赶型学科	依附型学科	领先型学科	主导型学科
美国	0.02	0.03	0.10	0.02
澳大利亚	0.01	0.02	0.00	0.02
英国	0.01	0.03	0.02	0.02
德国	0.01	0.02	0.00	0.02
新加坡	0.00	0.00	0.00	0.00
加拿大	0.00	0.01	0.00	0.00
日本	0.02	0.01	0.00	0.02
沙特阿拉伯	0.00	0.01	0.00	—
韩国	0.00	0.01	0.00	—
法国	0.01	0.01	0.00	0.00
西班牙	0.00	0.01	0.00	0.00
意大利	0.01	0.01	0.00	0.02
荷兰	0.00	0.01	0.00	0.00
瑞典	0.00	0.01	—	0.00
瑞士	0.00	0.01	0.00	—

### 2.3 主要国际合作伙伴对中国基础研究的影响力分析

#### 2.3.1 模型设定

为了研究在 4 个学科类型中与中国进行国际合作研究的主要国际合作伙伴对该学科基础研究产生的影响力,以单篇高被引论文为研究对象,在追赶型、依附型、领先型和主导型学科中进行分析。各变量解释如下。

因变量:被引次数是反映科研论文影响力和创新力的重要指标。在研究中,  $CT_{im}$  表示  $m$  学科类型中第  $i$  篇高被引论文的被引用频次。

自变量:国际合作伙伴作为自变量,并引入虚拟变量。即  $x_{rim}$  表示  $m$  学科类型中第  $i$  篇高被引论文是否是中国与排名为  $r$  国进行的国际合作研究,若取值为 1,表示与该进行国际合作研究,若取值为 0,表示未与该进行国际合作研究。

控制变量:根据 Bornmann 和 Daniel<sup>[28]</sup>、Hsu 和 Huang<sup>[29]</sup>、Ding<sup>[30]</sup> 和 Padial 等<sup>[31]</sup> 的研究,论文作者的数量、论文所包括的信息、论文所属领域、论文发表时间等因素会对高被引论文被引频次产生影响。

$AU_{im}$  表示  $m$  学科类型中第  $i$  篇高被引论文的作者数量。

$PG_{im}$  表示  $m$  学科类型中第  $i$  篇高被引论文的长度,测量指标为论文的页码数,用以反映该论文所包括的信息。

$PY_{im}$  表示  $m$  学科类型中第  $i$  篇高被引论文发表的时间。各变量描述性统计见表 5。

在模型选择中,采用普通最小二乘回归方法并构建计量模型。 $CT$ 、 $AU$ 、 $PG$  取值的方差较大,对相应的变量取自然对数以降低其离散趋势。将追赶型、依附型、领先型和主导型学科变量汇总,各变量间的相关分析见表 6。当  $m$  取 1、2、3、4 时,分别在如下方程中进行回归分析:

$$\ln CT_{im} = \alpha_m + \sum_{r=1}^{15} \beta_m x_{rim} + (\gamma_m \ln AU_{im} + \mu_m \ln PG_{im} + \mu_m PY_{im}) + \varepsilon \quad (2)$$

表 5 变量描述性统计

变量	追赶型学科		依附型学科		领先型学科		主导型学科	
	均值	标准差	均值	标准差	均值	标准差	均值	标准差
CT	237.85	300.62	222.74	326.98	149.92	109.68	138.03	142.11
美国	0.41	0.49	0.44	0.50	0.60	0.49	0.60	0.49
澳大利亚	0.14	0.34	0.14	0.35	0.09	0.28	0.17	0.37
英国	0.09	0.28	0.16	0.36	0.05	0.22	0.20	0.40
德国	0.06	0.24	0.08	0.28	0.03	0.17	0.07	0.25
新加坡	0.07	0.25	0.06	0.25	0.04	0.20	0.07	0.25
加拿大	0.06	0.23	0.09	0.28	0.02	0.14	0.10	0.30
日本	0.04	0.21	0.07	0.25	0.03	0.17	0.07	0.25
沙特阿拉伯	0.05	0.23	0.05	0.21	0.03	0.17	0.00	0.00
韩国	0.04	0.19	0.04	0.19	0.04	0.20	0.00	0.00
法国	0.03	0.16	0.06	0.24	0.01	0.10	0.07	0.25
西班牙	0.02	0.14	0.05	0.22	0.01	0.10	0.07	0.25
意大利	0.02	0.14	0.04	0.18	0.01	0.10	0.10	0.30
荷兰	0.02	0.13	0.03	0.16	0.03	0.17	0.07	0.25
瑞典	0.03	0.16	0.03	0.16	0.00	0.00	0.03	0.18
瑞士	0.01	0.11	0.03	0.16	0.01	0.10	0.00	0.00
AU	7.73	15.72	28.57	209.99	6.85	3.81	10.13	12.19
PG	14.60	21.87	14.67	13.35	15.57	9.53	12.17	8.68

注:PY 为多分类变量,没有纳入描述性统计分析中。

表 6 Spearman 相关系数

变量	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
ln CT	1																	
美国	0.116***	1																
澳大利亚	-0.026**	-0.193***	1															
英国	0.021**	-0.095***	-0.01	1														
德国	0.042***	-0.046***	-0.009	0.090***	1													
新加坡	0.048***	-0.126***	-0.039***	-0.038***	-0.033***	1												
加拿大	-0.022**	-0.072***	-0.020*	0.017*	0.046***	-0.025**	1											
日本	0.016	-0.058***	0.022**	0.030***	0.075***	-0.020*	0.016	1										
沙特阿拉伯	0.01	-0.072***	-0.046***	0.01	-0.001	-0.029***	-0.022**	-0.007	1									
韩国	-0.011	-0.034***	0.007	0.030***	0.054***	-0.006	0.002	0.077***	0.021**	1								
法国	0.033***	0.019*	0.017*	0.119***	0.163***	-0.014	0.060***	0.077***	-0.003	0.084***	1							
西班牙	0.019*	-0.016	0.018*	0.146***	0.152***	-0.013	0.064***	0.117***	0.125***	0.092***	0.191***	1						
意大利	0.012	0.013	0.033***	0.142***	0.196***	-0.011	0.069***	0.106***	0.035***	0.105***	0.225***	0.243***	1					
荷兰	0.017*	0.034***	0.037***	0.118***	0.181***	-0.013	0.077***	0.089***	0.004	0.046***	0.165***	0.162***	0.204***	1				
瑞典	0.041***	-0.011	0.015	0.059***	0.081***	0.004	0.040***	0.065***	-0.003	0.056***	0.118***	0.119***	0.128***	0.141***	1			
瑞士	0.067***	0.038***	0.042***	0.134***	0.172***	-0.007	0.075***	0.103***	0.022**	0.091***	0.214***	0.223***	0.250***	0.206***	0.169***	1		
ln AU	0.097***	0.189***	0.045***	0.146***	0.237***	0.043***	0.090***	0.157***	0.038***	0.140***	0.256***	0.230***	0.283***	0.250***	0.192***	0.326***	1	
ln PG	-0.094***	-0.019*	0.023**	0.065***	0.083***	-0.019*	0.050***	0.047***	0.005	0.062***	0.077***	0.102***	0.118***	0.054***	0.017*	0.054***	-0.108***	1

注:样本量为 9 575;\*\*\*、\*\*、\* 分别表示在 1%、5%、10% 的统计水平上显著;1~18 依次代表进行相关系数计算的变量。

### 2.3.2 回归结果

为了消除模型中存在的异方差,研究采用了稳健标准误的回归结果。在追赶型、依附型、领先型和主导型学科回归模型中的  $F$  检验值均满足 0.000 的显著性; $R^2$  分别为 0.561、0.627、0.766、0.801,表明回归模型拟合良好;方差膨胀因子(VIF)分别为 3.32、4.01、8.06、7.02,均小于 10,表明各模型中的多重共线性在可接受的范围之内。

回归系数见表 7。在追赶型学科的回归结果

中,美国、英国、新加坡、日本、瑞典和瑞士等合作伙伴对国际合作论文被引次数的显著性系数分别为 0.052、0.068、0.152、0.062、0.155、0.119,表明其对国际合作论文的影响力具有正向影响作用;意大利和荷兰对国际合作论文被引次数的显著性系数分别为 -0.132、0.126,表明其对国际合作论文的影响力具有负向影响作用;其他合作伙伴的影响作用不显著。在依附型学科的回归结果中,新加坡、日本等合作伙伴对国际合作论文被引次数的显著性

表 7 回归系数

变量	追赶型	依附型	领先型	主导型
美国	0.052*** (0.016)	0.031 (0.023)	-0.029 (0.101)	-0.705 (0.940)
澳大利亚	-0.023 (0.019)	0.035 (0.030)	-0.227 (0.155)	-0.247 (1.041)
英国	0.068*** (0.025)	0.009 (0.030)	-0.237 (0.154)	1.401 (1.058)
德国	0.001 (0.030)	0.054 (0.051)	0.055 (0.160)	1.390 (2.785)
新加坡	0.152*** (0.024)	0.109** (0.043)	-0.352** (0.162)	-2.462** (0.900)
加拿大	-0.023 (0.030)	-0.002 (0.041)	-0.217** (0.108)	0.199 (0.525)
日本	0.062* (0.032)	0.121** (0.054)	-0.191** (0.091)	—
沙特阿拉伯	0.029 (0.031)	0.033 (0.047)	0.381 (0.690)	—
韩国	0.020 (0.037)	-0.009 (0.061)	0.130 (0.165)	—
法国	-0.045 (0.045)	0.006 (0.064)	-0.675*** (0.186)	0.316 (0.296)
西班牙	-0.001 (0.052)	0.041 (0.075)	-0.155 (0.152)	—
意大利	-0.132** (0.059)	-0.149 (0.098)	0.024 (0.117)	1.754*** (0.297)
荷兰	-0.126** (0.050)	0.050 (0.080)	0.009 (0.125)	0.054 (1.892)
瑞典	0.155*** (0.040)	0.133 (0.119)	—	-2.924 (3.378)
瑞士	0.119* (0.061)	0.064*** (0.024)	0.873*** (0.144)	—
ln AU	0.208*** (0.015)	0.001 (0.020)	0.101 (0.087)	0.054 (0.463)
ln PG	0.006 (0.013)	-0.076 (0.076)	0.065 (0.097)	0.262 (0.549)
PY	Yes	Yes	Yes	Yes
常数项	5.466*** (0.050)	5.764*** (0.083)	5.210*** (0.277)	3.502** (1.562)
样本量	7 021	2 423	101	30
R <sup>2</sup>	0.561	0.627	0.766	0.801

注:括号内为健壮标准误差;\*\*\*、\*\*、\*分别表示 $P < 0.01$ 、 $P < 0.05$ 、 $P < 0.1$ 。

系数分别为 0.109、0.121,表明其对国际合作论文的影响力具有正向影响作用;其他合作伙伴的影响作用不显著。在领先型学科中,新加坡、加拿大、日本、法国对国际合作论文的显著性系数分别为-0.352、-0.217、-0.191、-0.675,其在中国进行国际合作研究中对产出的影响力是负向;瑞士的系数为 0.064,满足 1%的显著性水平,表明瑞士对国际合作论文的被引次数具有显著的正向影响作用;其他国家的影响作用不显著;在主导型学科中,新加坡的系数分别为-2.462,满足 5%的显著

性水平,表明其对国际合作论文的影响力具有负向作用;意大利的系数为 1.754,满足 1%的显著性水平,表明意大利对国际合作论文的被引数量具有正向影响作用;其他国家的影响作用不显著。追赶型、依附型、领先型和主导型学科的国际合作研究产出影响力受到合作主体的作用方向存在差异性,其内在机制在于:在追赶型和依附型学科中,合作主体的正向作用提升了中国薄弱基础研究领域的科研产出影响力;而在领先型和主导型学科中,中国自主研发能力较强,对国际合作伙伴进行有效的知识溢出,提升了合作方的基础研究能力。

### 3 研究结论与启示

研究以 NSFC 在 2012—2021 年资助的 22 个 ESI 学科高被引论文为中国基础研究的数据源,通过 22 个 ESI 学科的基础研究国际合作研究现状分析、基础研究能力分类、基础研究主要国际合作伙伴分析和其对基础研究的影响分析,可得到如下研究结论:①在 22 个 ESI 学科中,中国目前处于追赶阶段的学科是材料科学、工程学、化学、环境与生态学、临床医学、免疫学、农业科学、生物学与生物化学、数学、微生物学、植物动物科学;依附型学科是地球科学、多学科、分子生物学与遗传学、计算科学、经济与贸易、空间科学、神经科学与行为学、物理学、一般社会科学;领先型学科是药理学与毒理学;主导型学科是心理学与生理学。其中,追赶型学科和依附型学科是中国基础研究薄弱所在,并且依附型学科更倾向于广泛的科技合作来提升基础研究影响力;领先型和主导型学科是中国基础研究能力较强的学科。②在 4 个学科类型中,美国是中国基础研究中最重要合作伙伴,且在一定程度上是中国与其他国家形成合作关系的“中介”。③在 4 个学科类型中,国际合作在一定程度上提升了追赶型和依附型学科科研产出的影响力,但在领先型和主导型学科中作用不显著。以上研究结论对于提升我国基础研究能力具有理论意义和实践意义,主要体现在:

在理论上,通过国际合作依存度以及国际合作影响力与非国际合作影响力的对比分析能为各学科自主基础研究能力进行有效判断。中国在领先型、主导型、追赶型和依附型学科中自主基础研究能力依次减弱,因此在提升基础研究能力时应有所侧重。重点突出对基础研究能力薄弱学科的支持,加强对生物学与生物化学等追赶型和依附型学科的投入力度,建立持续的投入增长机制,提高这些

学科的原始创新能力;稳定支持植物动物科学等领先型和主导型的优势学科,加强研发产出水平及其影响力,从而从整体上提升中国基础研究能力。

在实践上,主要伙伴在国际合作中的作用机制能为中国基础研究国际合作布局提供新思路。美国等国家在追赶型和依附型学科中对中国基础研究具有正向的作用,而目前中美关系持续低迷,国际合作研究走向不明,在此背景下中国基础研究国际合作布局应根据学科属性“因地制宜”,采取差异化的战略。在领先型和主导型学科领域,加大国际合作力度,促进提高国际合作产出和创新影响力,增强对合作伙伴的有效知识溢出,推动国际合作深入化。在追赶型和依附型学科领域,要优化国际合作布局,拓宽国际合作渠道,强化与提升中国基础研究能力的国家合作强度,更为重要的是要加强中国自主研发能力,降低对国际合作的依赖程度以降低国际政治局势变动对中国基础研究的负向影响,从根本上解决中国基础研究不足的问题。

### 参考文献

- [1] 邓衢文,刘敏,黄敏聪,等.我国及世界科技强国的基础研究经费投入特点与启示[J].世界科技研究与发展,2019,41(2):137-147.
- [2] CHEN K H,ZHANG Y,FU X L. International research collaboration: an emerging domain of innovation studies? [J]. Research policy, 2019, 48(1): 149-168.
- [3] WAGNER C S, LEYDESDORFF L. Network structure, self-organization, and the growth of international collaboration in science [J]. Research policy, 2005, 34(10): 0-1618.
- [4] DE VAAN M, STARK D, VEDRES B. Game changer: the topology of creativity [J]. American journal of sociology, 2015, 120(4): 1144-1194.
- [5] BASU A, AGGARWAL R. International collaboration in science in India and its impact on institutional performance [J]. Scientometrics, 2001, 52(3): 379-394.
- [6] GLANZEL W, SCHUBERT A. Double effort = Double impact? a critical view at international co-authorship in chemistry [J]. Scientometrics, 2001, 50(2): 199-214.
- [7] DIDEGAH F, THELWALL M. Determinants of research citation impact in nanoscience and nanotechnology [J]. Journal of the American society for information science and technology, 2013, 64(5): 1055-1064.
- [8] TAHAMTAN I, AFSHAR A S, AHAMDZADEH K. Factors affecting number of citations: a comprehensive review of the literature [J]. Scientometrics, 2016, 107(3): 1195-1225.
- [9] GAZNI A, DIDEGAH F. Investigating different types of research collaboration and citation impact: a case study of Harvard University's publications [J]. Scientometrics, 2011, 87(2): 251-265.
- [10] YUAN L L, HAO Y N, LI M L, et al. Who are the international research collaboration partners for China? a novel data perspective based on NSFC grants [J]. Scientometrics, 2018, 116(1): 401-422.
- [11] 刘娅. 基于文献计量的我国基础研究领域国际合作态势分析 [J]. 中国科技论坛, 2010(3): 149-155.
- [12] 范英杰, 鲁荣凯, 邓武, 等. 国家自然科学基金委员会与法国国家科研署 (NSFC-ANR) 2008—2014 年国际合作研究项目情况分析 [J]. 中国基础科学, 2015, 17(3): 55-59.
- [13] 徐进, 王保成, 任真. 国家自然科学基金委员会与俄罗斯基础研究基金会 2009—2018 年合作交流项目及产出的文献计量分析 [J]. 中国科学基金, 2020, 34(1): 111-118.
- [14] 韩建国, 邹立尧, 张琳. 加强实质性国际合作, 提升基础研究创新能力 [J]. 中国科学基金, 2007(5): 282-283.
- [15] 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.
- [16] 李铭禄, 吴善超, 郑永和. 科学基金国际合作促进基础研究发展的若干思考 [J]. 中国科学院院刊, 2014, 29(2): 192-198.
- [17] 莫富传, 姜策群. 高被引论文应用于研究热点识别的理论依据与路径探索 [J]. 情报理论与实践, 2019, 42(4): 59-63, 35.
- [18] 刘兵红. 基于 ESI 数据的数学学科竞争力对比分析研究: 以入选 ESI 前 1% 的 5 所高校为例 [J]. 现代情报, 2020, 40(2): 141-152.
- [19] 张宛妹, 汪雪锋, 于璇. 基于 ESI 论文数据的高校学科评价研究 [J]. 科研管理, 2020, 41(2): 60-72.
- [20] 王博, 王昌禄. ESI 学科领域高影响力学术群体与学科主题热点研究 [J]. 情报工程, 2020, 6(1): 71-83.
- [21] 龚旭. 在国家与科学之间: 中国科学基金制的创立及其历史意义 [J]. 自然辩证法通讯, 2018, 40(12): 69-78.
- [22] BORRONS M, GOMEZ I, FERNANDEZ M T, et al. Local, domestic and international scientific collaboration in biomedical research [J]. Scientometrics, 1996, 37(2): 279-295.
- [23] 刘云, 常青. 中国基础研究国际合作的科学计量测度与评价 [J]. 管理科学学报, 2001(1): 64-74.
- [24] MOED H F. Citation analysis in research evaluation [M]. Stockholm: Karolinska Univ Press Ab, 2005: 437-441.
- [25] 苏林伟, 乔利利. 国际合作下的 ESI 高被引论文产出及其影响力研究 [J]. 现代情报, 2019, 39(4): 143-152.
- [26] Onward and upward [J]. Nature, 2017, 545: S40-S40.
- [27] 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: 100.
- [28] BORNMANN L, DANIEL H D. Multiple publication on a single research study: does it pay? the influence of number of research articles on total citation counts in biomedicine [J]. Journal of the American society for infor-

- mation science and technology, 2007, 58(8): 1100-1107.
- [29] HSU J W, HUANG D W. Correlation between impact and collaboration[J]. *Scientometrics*, 2011, 86(2): 317-324.
- [30] DING Y. Scientific collaboration and endorsement: network analysis of coauthorship and citation networks[J]. *Journal of Informetrics*, 2011, 5(1): 187-203.
- [31] PADIAL A A, NABOUT J C, SIQUEIRA T, et al. Weak evidence for determinants of citation frequency in ecological articles[J]. *Scientometrics*, 2010, 85(1): 1-12.

## Measurement and Evaluation of International Collaboration in Chinese Basic Research Based on Highly Cited Papers in ESI

HUANG Xu<sup>1</sup>, ZHANG Mengya<sup>2</sup>

(1. School of Public Policy and Management, University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100086, China;  
2. School of Humanities and Laws, Hebei University of Technology, Tianjin 300401, China)

**Abstract:** International cooperation is an important aspect affecting a country's basic research capacity. From the perspective of international collaborative research, based on the data of highly cited papers funded by the National Natural Science Foundation of China (NSFC) from 2012 to 2021, the bibliometric methods, social network analysis and empirical analysis are used to conduct research. It is found that the degree of dependence on international cooperation and its independent research and development capabilities of 22 ESI disciplines in China are significantly different. The dependent disciplines and catch-up disciplines with relatively weak basic research in China account for about 90.91%, and the stronger leading disciplines and leading disciplines account for about 9.09%. USA is China's most important international partner and plays an "intermediary" role in China's cooperation with other countries to a certain extent. International cooperation enhances the basic research capacity of catch-up and dependent disciplines. Finally, a number of policy recommendations are put forward to improve the basic research capabilities of the four discipline types and the layout of international cooperation.

**Keywords:** international collaboration; highly cited papers; basic research ability; discipline classification