

细分领域层面的国际合作态势分析方法研究 ——以中意合作为例

孙荣楠, 潘云涛, 马 峥, 王 璐

(中国科学技术信息研究所, 北京 100038)

摘要: 中国与世界各国在科技领域建立战略合作伙伴关系, 需要在细分领域层面精准定位双边科技合作状态, 挖掘双方重点合作领域的发展方向。本文提出从合作价值与合作基础两个维度出发的细分领域层面双边合作特征定量分析方法, 综合单指标与复合指标对学科领域进行 K-means 聚类分析, 挖掘重点合作领域相关学科分布及双边合作重点。以 2014—2018 年 SCI 数据为基础, 对中国与意大利合作研究进行实证分析, 验证本文方法的科学性与实用性。

关键词: 科技合作态势; 合作价值; 合作基础; 细分领域; K-means 聚类

中图分类号: G322.0 **文献标识码:** A **DOI:** 10.3772/j.issn.1009-8623.2020.07.007

加强国际科技合作是国家科技创新发展的重要环节, 近年来中国的科技创新能力与国际影响力显著提升, 面向全球的开放性科技合作格局不断完善。目前, 中国与世界其他国家在多个科技领域达成合作共识并签署有关协议, 为精准定位现阶段合作状态, 深入发掘双方合作潜力, 需要从双方各学科领域的合作价值与合作基础两方面出发, 明确当前双方合作成果与下一阶段双方合作关系的发展方向。

面对国家科技合作发展的重要需求, 国内外学者根据国际合著科技论文数据, 采用不同的研究方法 with 指标设计对国际科技合作现状进行评估与分析。部分学者采用合作规模、合作亲密度^[1]、网络中心度^[2]等指标定量分析某国家在国际科技合作中的参与表现, 重点关注国家在国际科技合作中的开放程度与网络结构特征。部分学者着眼于双边合作表现, 对双边合作的涉及本国问题投入的研究工作比例^[3]、科研活动的资助来源^[4, 5]、合著高被引论文^[6]等方面进行定量分析。以上研究从不同角

度发掘学科层面国际科学合作态势, 但未区分合作开放程度与双边合作表现的分析重点。本文将国家科技合作开放程度视为国家科研创新能力的组成部分, 结合科研生产力与影响力对学科领域合作价值进行定量分析。

国际合作的增长涉及所有学科领域, 不同学科由于自身研究模式的不同^[7]、研究对象性质的差异^[8], 其合作表现也有所不同。Coccia^[9]分析了 1997—2012 年 7 个学科领域的国际合作模式的演变, 发现所有学科领域的国际合作数量都在增加, 但学科领域的国际合作的数量结构是稳定的。仅从某学科合著论文的数量与总发文量的占比判断国家科技开放程度不够全面, 因此本研究中某国家的学科合作开放度为相对于国际学科开放程度的复合指标。

本文以科技论文作为研究国际科技合作研究的数据基础^[10], 立足于双边合作关系中学科领域分布, 从定量角度对科技合作中各领域的合作价值与合作基础引入科研生产力、影响力与开放程度指标, 分析各学科领域的合作价值, 引入双边合作规

第一作者简介: 孙荣楠 (1996—), 女, 在读硕士研究生, 主要研究方向为科技评价。

收稿日期: 2020-06-20

模、质量与亲密度指标分析,探究学科层面科技合作的科学发展状态与科技领域合作发展方向,有助于在宏观掌握科技合作态势的情况下,为细分领域科技合作决策提供理论支撑,供科技管理人员与科研工作者参考。

1 数据与方法

1.1 数据来源

采用 SCI 数据库收录的自然科学领域 Article 文章。学科分类根据 Web of Science 给出的 175 种自然科学学科领域分类。本研究中的国际合作论文为国家字段中至少包含两个国家(地区)的合著论文。

利用 SPSS 软件对数据进行标准化处理与 K-means 聚类分析,探究学科的分类特征及分布情况。

1.2 研究方法

本研究围绕合作价值与合作基础两个维度对学科层面国际科技合作态势进行研究。国际科技合

作是推动科技进步的主要动力,与优质的合作对象建立国际科技合作能产生高科技绩效是一种普遍认识^[11],国家在进行科技合作时倾向选择更具有合作价值的学科领域,合作双方实现提升自身创新能力的合作目标。科技全球化程度不断推进,进一步加深科技领域双边合作首先要明确双方目前的合作基础,一方面掌握现阶段双方在不同学科领域的合作表现,另一方面结合对方合作价值对合作态势进行精准定位,确定合作方向与策略。

学科层面合作态势分析指标从合作价值与合作基础两个维度出发,引入 6 个指标,多角度地反映学科层面国际合作的特点。将各学科标准化后的指标数值进行 K-means 聚类,得到各学科的聚类情况及具有代表性的聚类中心指标,根据指标的意义对不同的学科聚类进行对比分析,总结学科层面双边科技合作特征。选取合作双方科技合作相关政策性文本中涉及的重点关注合作领域,对相关学科的聚类分布进行数量统计,分析各领域合作方向与潜在机遇。本文采用指标如表 1 所示:

表 1 学科领域层面合作态势分析指标与说明

维度	指标	说明
合作价值	科研生产力	学科领域科技论文发文量
	学术影响力	学科领域高被引论文发文量
	国际开放度	某国相对于学科整体国际开放度的学科开放程度
合作基础	合作规模	学科领域双边合作科技论文发文量
	合作质量	学科领域双边合作高被引论文发文量
	合作亲密度	学科领域双边合作在国际合作论文中占比

其中,科研生产力与合作规模指标用单指标论文发文量表示,其余指标均为复合指标。

学术影响力指标与合作质量指标用高被引论文表示。高被引论文是指近 10 年来被引频次在学科领域中排名前 1% 的论文。对于特定国家而言,某学科外围论文数量增长不直接影响处于“卓越中心”的论文数量增长,基于高影响

力文章的指标能减少计算单指标带来的合作质量偏见^[6]。

国际开放度用于比较不同学科的国际合作规模,通过计算学科开放度与国家某学科的论文合作率,进一步得出某国家学科国际合作的相对规模,消除学科特征对比较结果的影响。学科层面的国际开放度为:

$$\text{国际开放度} = \frac{\text{论文合作率}}{\text{学科开放度}} = \frac{\text{某国学科国际合作论文数} / \text{某国学科发表论文数}}{\text{世界学科国际合作论文数} / \text{世界学科发表论文数}} \quad (1)$$

合作亲密度用于描述国家在双边合作关系中的活跃度。合作亲密度为双边国际合著论文在某国家与世界范围内国际合作论文总数中所占的百分比。

合作亲密度 = 双边合作论文数 / 某国国际合作论文总数 (2)

2 学科层面中意科技合作态势分析

2020年,中意建交50周年,中意双方对《中意面向2020的科技创新合作战略规划》取得的阶段性成果表示满意,在“一带一路”框架下的中意

合作将进入新的历史阶段。本文以中意科技合作为试验对象,系统评价了中国与意大利在学科层面的合作态势,结合不同指标之间的相关性,进一步验证研究方法的科学性与实用性。

2.1 中意合作学科聚类与特征分析

选取2014—2018年中国与意大利在自然科学领域175个学科领域发表的科技论文数据。其中,中意合著论文数14871篇,涉及全部学科范围。通过SPSS软件对各指标进行标准化处理,并利用K-means聚类工具对175个学科领域进行分类,其聚类中心及学科数量分布如表2所示。

表2 K-means 最终聚类中心

指标	聚类				
	1	2	3	4	5
科研生产力	1.73606	0.54935	2.27227	0.68719	0.28749
学术影响力	0.79613	0.17453	4.12835	0.45945	0.28864
国际开放度	-0.04623	0.34310	0.01742	1.71626	0.29328
合作规模	1.52734	0.37539	2.61419	0.60794	0.29268
合作质量	0.66307	0.13437	4.21255	0.40991	0.28102
合作亲密度	0.01973	3.38697	1.40986	0.43852	0.14642
学科数量	21	5	7	22	120

注:表格颜色深浅表示不同聚类在指标中数值的相对大小

聚类1包括21个学科,占总学科数的12.00%,表3中列出聚类1的学科列表。在合作价值方面,科研生产力聚类中心为1.736,学术影响力聚类中心为0.796,国际开放度聚类中心为-0.046,此类学科的生产力水平略低于聚类3,但合作质量方面的表现远低于聚类3。在合作基础方面,中意合作规模聚类中心为1.527,合作质量聚类中心为0.663,合作亲密度为0.0197。与合作价值表现相似,中国与意大利在此类学科的合作规模仅次于聚类3,但合作质量与合作亲密度远低于聚类3,表明意大利较为重视此类学科发展且具有较强的发展潜力,但学术影响力水平有待提升;中国在此类学科中与意大利合作表现良好且有较好的合作基础,在合作的深度与质量方面有较大的提升空间。

表3 聚类1学科列表

学科	聚类	距离
数学	1	0.583
临床神经病学	1	0.753
应用数学	1	0.754
细胞生物学	1	0.854
地学综合	1	1.174
纳米科学与技术	1	1.253
生物化学与分子生物学	1	1.261
药理学与药剂学	1	1.318
化学综合	1	1.370

续表

学科	聚类	距离
神经科学	1	1.414
应用物理	1	1.480
外科学	1	1.517
食品科技	1	1.557
放射核医学与医学影像	1	1.569
能源与燃料	1	1.609
物理化学	1	1.783
内分泌与代谢	1	1.787
电力与电子工程	1	1.823
胃肠病学与肝脏病学	1	2.784
材料综合	1	3.163
物理综合	1	3.319

聚类2包括5个学科,占学科总数的2.86%,表4中列出聚类2的学科列表。在合作价值方面,科研生产力聚类中心为-0.549,学术影响力聚类中心为-0.175,国际开放度聚类中心为-0.343,此类学科的生产力表现与国际开放度偏低,但学术影响力表现较好。在合作基础方面,中意合作规模聚类中心为-0.375,合作质量聚类中心为-0.134,合作亲密度为3.387,值得注意的是,虽然意大利在此类学科的科研创新表现较弱,但与中国合作质量高出其他合作领域,对比意大利在此类学科的国际开放度,中国与意大利在此领域合作关系最为紧密。

表4 聚类2学科列表

学科	聚类	距离
影像学与成像技术	2	1.226
遥感	2	1.349
控制论	2	1.606
核物理	2	1.710
真菌学	2	2.852

聚类3包括7个学科,占学科总数的4.00%,表5中列出聚类3的学科列表。在合作价值方面,

科研生产力聚类中心为2.272,学术影响力聚类中心为4.128,国际开放度聚类中心为0.017。在合作基础方面,中意合作规模聚类中心为2.614,合作质量聚类中心为4.213,合作亲密度为1.410。此类学科在合作价值与合作基础上都表现突出,远高于其他聚类,表明意大利在此类学科领域科研创新能力突出,中国与意大利在此类学科具有扎实的合作基础。

表5 聚类3学科列表

学科	聚类	距离
肿瘤学	3	1.830
心脏与心血管系统	3	2.197
自然科学综合	3	2.414
环境科学	3	2.517
天文学与天体物理学	3	2.906
内科学	3	4.222
粒子与场物理	3	4.999

聚类4包括22个学科,占学科总数的12.57%,表6中列出聚类4的学科列表。在合作价值方面,科研生产力聚类中心为-0.687,学术影响力聚类中心为-0.460,国际开放度聚类中心为1.716。在合作基础方面,中意合作规模聚类中心为-0.608,合作质量聚类中心为-0.410,合作亲密度为-0.439。此类学科的合作价值较低,并且中意在这些领域也不具备良好的合作基础,但意大利在这些学科的国际开放程度远高于其他聚类,表明意大利在积极发展此类学科,但短期内不具有较大的合作价值。

表6 聚类4学科列表

学科	聚类	距离
结晶学	4	0.163
麻醉学	4	0.384
急救医学	4	0.537
渔业	4	0.650
矫形学	4	0.664
无机化学与核化学	4	0.712
护理学	4	0.718

续表

学科	聚类	距离
有机化学	4	0.812
湖泊科学	4	0.865
纺织材料	4	0.933
石油工程	4	1.002
神经影像学	4	1.017
核科学技术	4	1.053
移植	4	1.076
材料表征与测试	4	1.135
医学伦理学	4	1.204
发育生物学	4	1.218
泌尿科学与肾病学	4	1.351
硅酸盐材料	4	1.354
危重症监护医学	4	1.505
药物滥用	4	1.921
初级卫生保健	4	4.763

聚类5包括120个学科,占学科总数的68.5%。在合作价值方面,科研生产力聚类中心为-0.287,学术影响力聚类中心为-0.289,国际开放度聚类中心为-0.293。在合作基础方面,中意合作规模聚类中心为-0.293,合作质量聚类中心为-0.281,合作亲密度为-0.146。相比于其他聚类,聚类5包含最多的学科,但在合作价值与合作表现上仅高于聚类4,表明在此类学科意大利仍处于发展阶段,中国与意大利在保持合作的同时,要根据双方科技发展需求加强科技创新水平,提升合作质量。

2.2 重点合作领域合作态势分析

根据中意双方签署的《中国和意大利关于加强经贸、文化和科技合作的行动计划(2017年—2020年)》《中意面向2020的科技创新合作战略规划》等相关协议,双方在多个领域达成合作共识。根据双方签署的相关战略合作协议,选取与10个重点关注合作领域相关性最强的5个学科进行数量统计,统计结果如表7所示。

从表7可知,重点关注领域的学科聚类分布存在差异,根据重点关注合作领域学科及国际科技发展,将中意两国合作重点关注的学科分为4类:

表7 重点合作领域涉及学科的数量分布

重点科技合作领域	聚类					相关学科
	1	2	3	4	5	
航空航天	1	1	1	0	2	遥感、材料综合、航天工程、天文学与天体物理学、力学
清洁技术与环保	1	0	1	1	2	环境工程、环境科学、无机化学与核化学、能源与燃料、环境与职业健康
绿色化工	1	0	0	1	3	地球化学与地球物理、应用化学、化学综合、有机化学、化学工程、
生物医药	1	0	0	1	3	生物化学与分子生物学、生物化学研究方法、发育生物学、生物技术与应用微生物学、生物医学工程
电子信息技术	1	0	0	0	4	电力与电子工程、计算机交叉学科应用、计算机信息系统、计算机理论与方法、计算机硬件与结构
智能制造	1	0	0	0	4	机械工程、自动化与控制系统、制造工程、机器人学、电力与电子工程

续表

重点科技合作领域	聚类					相关学科
	1	2	3	4	5	
海洋技术	0	0	0	1	4	海洋工程、海洋与淡水生物学、海洋学、水资源、渔业
农业	0	0	0	0	5	农业综合、农业工程、农业经济与政策、农艺学、土壤科学
新材料	0	0	0	3	2	硅酸盐材料、材料表征与测试、纺织材料、高分子科学、复合材料
人工智能	0	0	0	0	5	人工智能、计算机理论与方法、计算机交叉学科应用、计算机信息系统、机器人学
合计	6	1	2	7	34	

注: 表格颜色深浅表示数值大小。

(1) 航空航天、清洁技术与环保: 聚类 1、3 学科主导的“高创新、高合作”领域。

航空航天和清洁技术与环保是中国与意大利重点合作领域, 意大利在这两个领域中具有较强的科技创新能力。意大利作为航天强国, 与中国在航空航天领域已开展了近 20 年的合作, 从航空航天领域的学科分布上看, 中国与意大利在天文学与天体物理(聚类 3)和材料综合(聚类 1)合作表现突出; 在遥感(聚类 2)最为紧密, 但科技创新水平仍有较大发展空间; 在力学与航天工程(聚类 5)仍需加强高质量科研成果的产出。

绿色经济带动了清洁技术与环保领域的创新水平不断发展, 科技进步也同样为意大利绿色经济发展提供了强有力的发展基础。从清洁技术与环保领域的学科分布来看, 中国与意大利在环境科学(聚类 3)和能源与燃料(聚类 1)的合作表现突出; 无机化学与核化学(聚类 4)虽然合作潜力小, 但意大利在此领域开放程度较高; 在环境和职业健康与环境工程(聚类 5)需要加强高质量研究成果产出, 扩大合作规模。根据中国与意大利签署的“一带一路”框架协议, 中意在清洁技术与环保领域开展深入合作, 有利于推动“一带一路”绿色发展国际联盟建设。

(2) 绿色化工、生物医药: 聚类 1、4 学科主导的“高活跃度”领域。

绿色化工与生物制药领域是中国与意大利高活跃度领域, 虽然在合作价值与合作基础与航空航天、清洁技术与环保领域有较大差距, 但意大利在此领域中积极寻找国际合作伙伴。从绿色化工领域的学科分布来看, 中国与意大利在化学综合(聚类 1)合作表现较好; 在地球化学与地球物理、化学工程、应用化学(聚类 5)科研水平有待提高; 有机化学(聚类 4)虽然合作价值与合作表现较弱, 但意大利在此学科开放程度较高, 表明意大利积极发展此领域的国际科技合作, 寻求学科创新发展。

从生物制药领域的学科分布来看, 中国与意大利在生物化学与分子生物学(聚类 1)科研水平与合作表现较好; 生物技术与应用微生物学、生物医学工程、生物化学研究方法(聚类 5)科技影响力表现较弱; 发育生物学(聚类 4)的合作开放程度较高。医药产业是意大利另一项重要的优势产业, 2014 年中意医药贸易额到达 32.37 亿美元, 中意两国未来应加深生物制药领域合作。

(3) 新材料、人工智能、海洋技术、农业: 聚类 4、5 学科主导的“新起点”领域。

中意双方目前在海洋技术、农业、新材料、人工智能 4 类科技领域合作表现并不突出, 但从领域未来的发展前景以及意大利的合作开放程度看, 这些领域将成为下一阶段双方合作的突破点。从海洋

技术与新材料领域的学科分布来看,中意双方在新材料领域的高分子科学、复合材料(聚类5),海洋技术领域的海洋工程、海洋与淡水生物学、海洋学、水资源(聚类5)保持合作关系,合作质量水平一般。在高科技领域的硅酸盐材料、材料表征、测试与纺织材料(聚类4),海洋技术领域的渔业(聚类4)国际开放程度较高,意大利正积极开展国际合作寻求科技创新发展。

从农业与人工智能领域的学科分布来看,相关学科均分布在聚类5,在合作价值与合作基础上表现较弱。但从科学的发展前景来看,中国与意大利作为较强的农业生产国,农业科技合作前景广阔;人工智能领域作为创新产业的重要组成,需要进一步加深在该领域的合作交流。

(4) 电子信息技术、智能制造:聚类1、5学科主导的“潜力”领域。

电子信息技术与智能制造领域是中国与意大利潜力合作领域,虽然同在航空航天、清洁技术与环保领域合作表现与紧密程度有差距,但仍具有较大的发展与提升可能。从电子信息技术领域的学科分布来看,中国与意大利在电力与电子工程(聚类1)学科的合作表现较好,但合作亲密度较小;在计算机理论与方法、计算机硬件与结构、计算机交叉学科应用与计算机信息系统(聚类5)学科意大利科研创新水平不足,仍需加强双方高质量科研成果的产出。从智能制造领域的学科分布来看,与电子信息技术领域类似,中国与意大利

在此领域的合作主要依托电力与电子工程(聚类1)学科,仪器仪表、机械工程、自动化与控制系统、制造工程(聚类5)学科在创新能力与合作水平上都存在不足。

2.3 实证结果

本研究以中意科技合作为例,对175个学科和10个重点关注领域进行逆行分析,结合分析指标与实证结果可以得到以下结论:

(1) 通过中意合作的实证研究,结合中意目前各领域的合作现状,认为最终研究结果对国家间合作态势的描述较为准确,研究方法具有一定的科学性与实用性,分析结果对科技资源管理与科技合作决策有一定的参考价值。

提出从合作价值与合作基础两个维度出发的国际科技合作研究方法,定位学科层面双边合作状态。合作价值体现学科在该领域的科技创新表现与合作亲密度,合作基础体现双方在该学科领域已有合作的当前进展。在学科聚类与在重点合作领域的研究中,双维度的指标体系能够更全面地定位学科合作态势。对同一维度下指标进行相关性分析(如图1所示),从中意合作学科的分布实例来看,同一维度下指标存在弱相关关系且都具有独立的现实意义,验证了指标构建的合理性。

(2) 基于中意双方学科论文发表情况,从合作价值与合作基础两个维度的6个指标进行分析,将175个学科分成5个聚类,每一类具有不同的合作特征。从聚类的结果来看,中国与意大利在

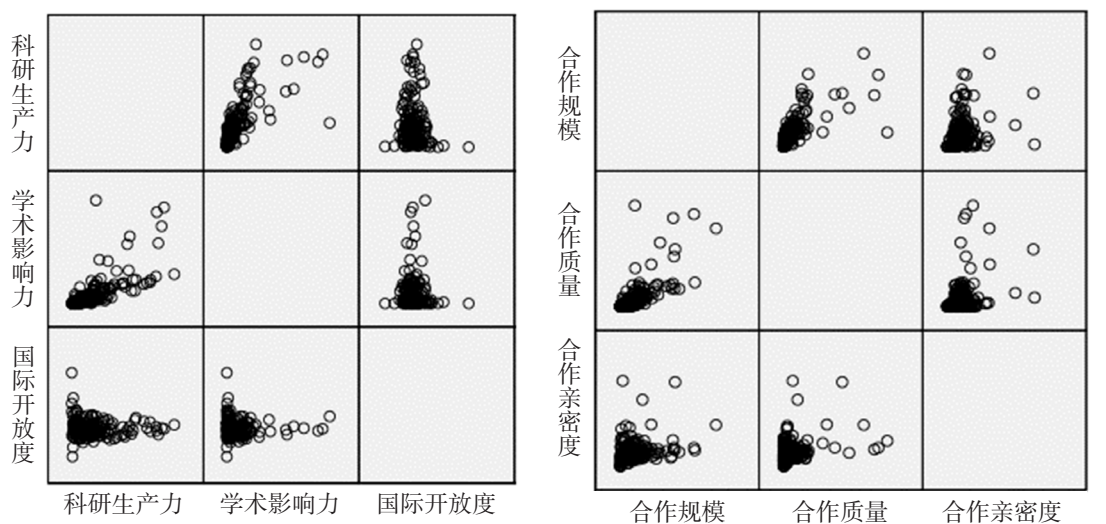


图1 合作价值指标散点图矩阵与合作基础指标散点图矩阵

各个学科都建立了合作关系, 合作表现突出的领域集中在意大利最具合作价值的领域。其中, 聚类3的7个学科是中意双方的合作核心, 聚类1较弱势于聚类3; 多数学科分布在聚类5, 包括120个学科, 占学科总数的68.5%; 聚类2包括意大利与中国合作最紧密的5个学科, 中国与意大利的合作规模小, 但合作质量表现较好; 聚类4不具有较高合作价值, 但开放程度较高。

(3) 根据目前中意签署的相关合作文件中有科技的合作领域, 选取10个重点关注领域, 对其涉及的相关学科进行聚类分析。结果发现, 核心合作领域集中在航空航天与清洁技术与环境, 绿色化工与生物医药领域具有较高的合作价值, 其余多个重点合作领域创新能力较弱, 尤其在新材料与人工智能领域, 需要中意双方共同努力, 实现互惠共赢。

(4) 值得关注的是, 意大利合作价值和与中国的合作表现越好的学科, 国际开放度指标越接近中等水平, 如图2所示。这一观点符合Mattsson^[12]早期的研究结果: 国家的综合实力是影响国际合作的重要因素, 但综合实力强的国家参与国际合作的意愿更弱。从国际开放指标的学科分布结果来看, 过度的开放可能是由于科技创新能力不足导致对外依赖, 学科开展国际合作较少可能是由于涉及国家核心技术领域, 或与其他国家形成技术壁垒。

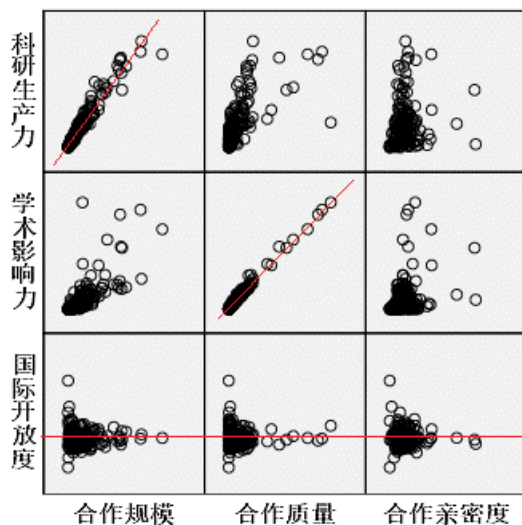


图2 合作价值与合作基础的指标散点图矩阵

3 总结与展望

随着“一带一路”建设的不断推进, 国际科技合作成为科技创新体系的重要组成部分, 本研究提出一种新的合作态势分析方法, 从学科层面对合作伙伴的合作价值与双方合作基础进行定量分析, 为国际科技资源管理与科技决策提供理论支撑, 供科技管理人员与科研工作者参考。

通过对中意重点合作领域的分析可以看出, 几年来随着中国科技实力的不断提升, 中国在国际科技合作中逐渐占据优势。中国应继续“引进来, 走出去”的对外开放基本国策, 促进双方共同实现国家科技创新能力的提升。在高合作价值领域中继续保持良好的合作态势, 并带动提升相关学科的合作研究质量。从国家战略需求导向出发, 把握重点管制领域中的合作机遇, 促进双方科技创新领域合作共赢, 实现战略需求导向技术转移, 促进中国科研走向国门, 获得更多的发展机遇。

若关注学科领域层面时序变化, 深入了解双边合作关系的动态变化情况, 可以对国家不同学科的发展历程与合作表现的时序变化进行分析, 可丰富模型在国际科技合作研究中的使用场景。■

参考文献:

- [1] Wang X, Huang M, Wang H, et al. International collaboration activity index: Case study of dye-sensitized solar cells[J]. Journal of Informetrics, 2014, 8(4): 854-862.
- [2] 王玲俐, 王建华, 裴瑞敏, 等. 基于社会网络分析方法的前沿科学领域的国际合作特征及演化规律分析[J]. 数学的实践与认识, 2017, 47(24): 67-77.
- [3] Ordonez-Matamoros G, Cozzens S E, Garcia-Luque M. North-South and South-South research collaboration: What differences does it make for developing countries? - the case of Colombia[C]. 2011 Atlanta Conference on Science and Innovation Policy. Atlanta: IEEE, 2011: 1-10.
- [4] Su Y, Long C, Yu Q, et al. Global scientific collaboration in COPD research[J]. International journal of chronic obstructive pulmonary disease, 2017, 12(11): 215-225.
- [5] 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]. 科学研究, 2014, 32(6): 801-810.

- [6] Pislyakov V, Shukshina E. Measuring excellence in Russia: Highly cited papers, leading institutions, patterns of national and international collaboration[J]. *Journal of the Association for Information Science and Technology*, 2014, 65(11): 2321-2330.
- [7] Barrios C, Flores E, M. Ángeles Martínez, et al. Is there convergence in international research collaboration? An exploration at the country level in the basic and applied science fields[J]. *Scientometrics*, 2019(1): 631-659.
- [8] Schubert T, Sooryamoorthy R. Can the centre-periphery model explain patterns of international scientific collaboration among threshold and industrialised countries? The case of South Africa and Germany[J]. *Scientometrics*, 2010, 83(1): 181-203.
- [9] Coccia M, Bozeman B. Allometric models to measure and analyze the evolution of international research collaboration[J]. *Scientometrics*, 2016, 108(3): 1 065-1 084.
- [10] 金炬, 武夷山, 梁战平. 国际科技合作文献计量学研究综述——《科学计量学》(Scientometrics) 期刊相关论文综述[J]. *图书情报工作*, 2007, 051(3): 65-69.
- [11] Lee S, Bozeman B. The impact of research collaboration on scientific productivity[J]. *Social Studies of Science*, 2005, 35(5): 673.
- [12] Mattsson P, Laget P, Nilsson A, et al. Intra-EU vs. extra-EU scientific co-publication patterns in EU[J]. *Scientometrics*, 2008, 75(3): 555-574.

Research on the Analysis Method of International Collaboration Posture Viewed by Disciplines: Take Cooperation between China and Italy as an Example

SUN Rong-nan, PAN Yun-tao, MA Zheng, Wang Lu

(Institute of Scientific and Technical Information of China, Beijing 100038)

Abstract: To establish a strategic partnership in the field of science and technology between China and other countries in the world, it is necessary to accurately position the status of bilateral science and technology cooperation at the disciplinary level and dig the development direction of key areas of cooperation between the two sides. This paper proposes a quantitative analysis method of bilateral cooperation characteristics from the two dimensions of cooperation value and cooperation basis, which combines single index and composite index to conduct K-means clustering analysis in the discipline field, and excavates the distribution and cooperation focus of relevant disciplines in key cooperation fields. Based on the SCI data between 2014-2018, this paper makes an empirical analysis on the cooperation between China and Italy, which verifies the scientificity and practicability of this method.

Key words: international collaboration posture; cooperation value; cooperation basis; science segmentation; K-means algorithm