

· 科学论坛 ·

中美科研实力比较研究:基于 《2017 研究前沿》的分析

冷伏海^{1*} 赵庆峰² 周秋菊¹

(1. 中国科学院科技战略咨询研究院, 北京 100190;

2. 山东科技大学计算机科学与工程学院, 青岛 266590)

[摘要] 本文从 10 个领域分别展开中国和美国在《2017 研究前沿》100 个热点前沿和 43 个新兴前沿的参与和表现情况的比较分析,以期较为全面地掌握中国与美国等科技强国的差距和优势。结果显示,在化学与材料科学领域以及数学、计算机科学和工程领域,中国在前沿热度指数、国家贡献度和国家影响度多个指标以及前沿领跑、并跑和跟跑状态表现视角上整体表现超过美国。在农业、植物学和动物学领域、生态与环境科学领域、地球科学领域和物理科学领域,中国也都有若干前沿跻身世界先进行列。在临床医学、生物科学领域、天文学与天体物理学领域和经济学、心理学以及其他社会科学领域中国缺少前沿热度指数、国家贡献度和国家影响度等各项指标都表现突出的前沿,并且在临床医学、天文学与天体物理学领域和经济学、心理学以及其他社会科学领域中国参与和有所表现的前沿覆盖范围较小。

[关键词] 科研实力;前沿热度指数;国家贡献度;国家影响度

中国科学院科技战略咨询研究院、中国科学院文献情报中心和科睿唯安共同发布了《2017 研究前沿》,遴选了 100 个热点前沿和 43 个新兴前沿,分析不同国家在这些前沿中的参与情况和具体表现。报告显示在所选的 143 个前沿中,整体上中国与美国仍有相当大的差距,但在个别前沿,中国也有出色表现,中国以较大的优势在整体表现上超过美国以外的其他国家。

本文从从 10 个领域分别展开中国和美国在 143 个前沿的国家前沿热度指数、国家贡献度、国家影响度、核心论文贡献度、施引论文贡献度、核心论文影响度、施引论文影响度 7 个指标上的比较分析,研究前沿热度指数的测度对象以国家为主,分析主要从宏观到微观就特定领域层面到特定研究前沿层面进行,精确揭示研究活力来源,并依据两国在核心论文以及施引论文中贡献的署名通讯作者的论文数及排名判定国家在特定研究前沿所处领跑、并跑和

跟跑的位置,以期较为系统全面地解读中国与美国的差距和优势。

1 评价方法

《2017 研究前沿》先把 ESI 数据库中 21 个学科领域的 9 690 个研究前沿划分到 10 个高度聚合的大学科领域中,然后对每个大学科领域中的研究前沿的核心论文,按照总被引频次进行排序,提取排在前 10% 的最具引文影响力的研究前沿^[1]。以此数据为基础,再根据核心论文出版年的平均值重新排序,找出那些“最年轻”的研究前沿。通过上述 2 个步骤在每个大学科领域分别选出 10 个热点前沿,共计 100 个热点前沿。因为每个学科领域具有不同的特点和引用行为,有些学科领域中的很多研究前沿在核心论文数和总被引频次上会相对较小,所以从 10 个大学科领域中分别遴选出的排

名前10的热点前沿,代表各大学科领域中最具影响力的研究前沿,但并不一定代表跨数据库(所有学科)中最大最热的研究前沿。《2017研究前沿》还从研究前沿中选取核心论文平均出版年在2015年6月之后的研究前沿,按被引频次排序后选取被引频次100以上的研究前沿,遴选出43个新兴前沿。通过以上两种方法,突出显示了10个高度聚合的大学科领域中的100个热点前沿和43个新兴前沿^[2]。

我们根据各国在100个热点前沿和43个新兴前沿的表现来反映各国在世界科研前沿布局中的态势:(1)国家前沿热度指数,国家研究前沿热度指数是对研究前沿有贡献的国家的核心论文和施引论文的产出规模和影响力的综合评估指标,具体计算方法为:国家研究前沿热度指数=国家贡献度+国家影响度。(2)国家贡献度,国家贡献度是一个国家对研究前沿贡献的论文数量的相对份额,包括国家参与发表的核心论文占前沿中所有核心论文的份额,以及施引论文占前沿中所有施引论文的份额。具体计算方法为:国家贡献度=国家核心论文份额+国家施引论文份额。(3)国家影响度,国家影响度是一个国家对研究前沿贡献的论文被引频次的相对份额,包括国家参与发表的核心论文的被引频次占前沿中所有核心论文的被引频次的份额,以及施引论文的被引频次占前沿中所有施引论文的被引词频次的份额。具体计算方法为:国家影响度=国家核心论文被引频次份额+国家施引论文被引频次份额。(4)核心论文贡献度,核心论文贡献度即国家核心论文份额。具体计算方法为:国家核心论文份额=国家核心论文数/前沿核心论文总数。(5)施引论文贡献度,施引论文贡献度即国家施引论文份额。具体计算方法为:国家施引论文份额=国家施引论文数/前沿施引论文总数。(6)核心论文影响度,核心论文影响度即国家核心论文被引频次份额。具体计算方法为:国家核心论文被引频次份额=国家核心论文被引频次/前沿核心论文总被引频次。(7)施引论文影响度,施引论文影响度即国家施引论文被引频次份额。具体计算方法为:国家施引论文被引频次份额=国家施引论文被引频次/前沿施引论文总被引频次。

另外,根据每个国家在某个研究前沿署名通讯作者的核心论文数量排名定义了某个国家在该前沿的领跑、并跑或跟跑状态。具体方法是:研究前沿的署名通讯作者的核心论文数量排名第1的国家处于该前沿的领跑地位;研究前沿的署名通讯作者的核心论文数量排名第2或第3的国家处于该前沿的并跑地位;研究前沿的署名通讯作者的核心论文数量排名第4至10的国家处于该前沿的跟跑地位。

2 中美在各领域的科研实力整体比较分析

在10个领域综合层面,美国表现突出,中国稳居第2,但与美国差距明显。从数据看,中美7项指标对比情况分别为,国家前沿热度指数118.84:281.11、国家贡献度61.04:131.19、国家影响度58.82:149.91、核心论文贡献度28.79:76.50、施引论文贡献度32.25:54.67、核心论文影响度28.97:80.29、施引论文影响度29.84:69.65。中国取得了24个前沿的领跑位置,美国则领跑87个前沿的发展。美国研究前沿热度指数排名第1的前沿有86个,约占全部143个前沿的60%,中国排名第1的前沿数为25个,约占18%,英国和德国仅各有5个前沿排名第1。中美两国在近80%的前沿取得了前沿热度指数排名第1的领先地位。这也显示中国具有较强的前沿活跃度及表现,在某些重要前沿跻身世界先进行列。

在具体领域层面,中国表现最抢眼的是数学、计算机科学和工程与化学与材料科学2个领域,中国的整体活跃度优于美国,领跑前沿的覆盖面也超出美国。在其他8个领域美国都以较大优势表现明显超越中国,其中在农业、植物学和动物学领域、生态与环境科学领域和物理科学领域,中国分别取得了两个前沿的领跑位置,地球科学和生物科学领域中国仅在1个前沿取得领跑席位,在这些前沿中国应该在不断提升活跃度的同时争取更多的前沿领跑席位。在临床医学、天文学与天体物理学领域和经济学、心理学以及其他社会科学领域,中国与美国的差距尤为明显,在热度指数方面差距更大,并且中国在这些领域缺少处于领跑位置的前沿。

表 1 十领域及十领域总体中国和美国的 7 项指标以及发展状态对比

领域	研究前沿数		领跑前沿数		领跑前沿数		领跑前沿数		领跑前沿数		领跑前沿数		领跑前沿数		领跑前沿数		领跑前沿数		领跑前沿数		
	中国	美国	中国	美国	中国	美国	中国	美国	中国	美国	中国	美国	中国	美国	中国	美国	中国	美国	中国	美国	
十领域综合	143	24	87	40	30	72	25	118.84	281.11	61.04	131.19	58.82	149.91	28.79	76.50	32.25	54.67	28.97	80.29	29.84	69.65
农业、植物学和动物学	11	2	6	3	1	5	4	9.27	20.49	4.77	9.55	4.50	10.94	2.45	5.91	2.32	3.64	2.30	6.20	2.20	4.74
生态和环境科学	10	2	6	4	1	3	3	10.02	15.45	5.18	7.29	4.84	8.16	2.38	4.18	2.79	3.10	2.38	4.29	2.46	3.87
地球科学	11	1	8	2	1	8	2	9.70	27.18	4.83	12.96	5.90	14.21	2.17	7.93	2.67	5.03	3.35	7.92	2.55	6.30
临床医学	19	0	13	6	5	11	1	4.07	44.49	2.33	20.86	1.74	23.63	0.83	12.14	1.50	8.72	0.77	12.79	0.97	10.84
生物科学	19	1	18	8	1	10	0	8.68	47.02	4.97	22.43	3.72	24.59	2.65	12.76	2.32	9.67	1.85	12.93	1.87	11.67
化学与材料科学	26	10	8	9	8	7	10	38.80	25.69	20.27	11.44	18.53	14.25	8.99	6.52	11.28	4.91	8.47	7.13	10.05	7.12
物理学	15	2	11	3	3	10	1	14.33	29.56	6.91	13.73	7.41	15.83	3.42	7.85	3.49	5.88	4.12	8.08	3.29	7.76
天文学与天体物理学	12	0	10	1	1	9	0	6.84	39.16	2.87	18.29	3.96	20.87	1.49	10.88	1.38	7.41	1.62	11.14	2.34	9.73
数学、计算机科学和工程	10	6	1	2	6	2	3	14.69	7.65	7.79	3.40	6.89	4.25	3.72	2.09	4.07	1.31	3.21	2.60	3.68	1.65
经济学、心理学以及其他社会科学	10	0	6	2	3	7	1	2.45	24.41	1.12	11.24	1.33	13.18	0.69	6.24	0.43	5.00	0.90	7.21	0.43	5.97

3 中美在各主要领域具体前沿科研实力比较分析

3.1 农业、植物学和动物学领域

农业、植物学和动物学领域共遴选出10个热点前沿,1个新兴前沿。就具体前沿而言,在“棉花基因组序列与重要性状QTL分析”、“子囊菌和半知菌的分类学与系统发育学”和“植物中钾离子的吸收、传输与植物耐盐胁迫的生理机制和调控”3个热点前沿的各项指标得分上中国均高于美国,取得了超过美国的研究活跃度。并且在“棉花基因组序列与重要性状QTL分析”、“子囊菌和半知菌的分类学与系统发育学”两个前沿,贡献的署名通讯作者的核心论文和施引论文中国均排名第1,领跑这两个前沿的发展。非常值得关注的是在“棉花基因组序列与重要性状QTL分析”研究前沿,中国在7项指标均排名第1,表现了最强的研究活跃度。在该前沿美国7项指标均排名第2,也表现了较强的研究活跃度,并且贡献的署名通讯作者的核心论文和施引论文美国均排名第2,处在并跑的位置。在“子囊菌和半知菌的分类学与系统发育学”热点前沿,中国在7项指标中有6项排名世界第2,另外1项施引论文贡献度排名第1,足以说明中国在该前沿也表现了很强的研究活跃度。美国在该前沿的各项指标分别排在3—9名,总研究前沿热度指数排名第5,在研究活跃度方面也有不错的表现。“植物中钾离子的吸收、传输与植物耐盐胁迫的生理机制和调控”前沿中国的施引论文贡献度排名第1,施引论文影响度排名第2,并且,中国在该前沿贡献的署名通讯作者的施引论文排名第1,可见中国在该前沿的研究活跃度表现有不断提升的趋势。

在“植物基因组编辑技术及其在农作物中的应用研究”、“斑翅果蝇的入侵生物学研究”、“海洋渔业资源评估及基于生态系统的管理策略”、“植物DNA甲基化的调控机理及其作用”、“植物细胞壁纤维素的生物合成机理”、“丛枝菌根的共生关系及营养与信号机制研究”6个研究前沿,美国在7项指标均排名第1,表现了最强的研究活跃度。并且在这6个前沿中,贡献的署名通讯作者的核心论文数和施引论文数美国均排名第1,处于领跑位置。其中,在“植物基因组编辑技术及其在农作物中的应用研

究”研究前沿,上述7项指标中国均排名第2,也表现了较高的活跃度,并且在该前沿贡献的署名通讯作者的核心论文数和施引论文数中国均排名第2,处于并跑的位置。在“斑翅果蝇的入侵生物学研究”、“海洋渔业资源评估及基于生态系统的管理策略”、“植物细胞壁纤维素的生物合成机理”和“丛枝菌根的共生关系及营养与信号机制研究”研究前沿,中国在各项指标上与美国差距较大,研究活跃度有待提高。

农业、植物学和动物学领域只有“树木年轮分析及其在环境气候变化研究中的应用”入选新兴前沿。该前沿,中美各项指标差距不大,美国在国家前沿热度指数、国家贡献度、核心论文份额、施引论文份额和施引论文被引频次份额5项指标略优于中国,中国在国家影响度和核心论文被引频次份额2项指标略优于美国。该前沿国家前沿热度指数美国排名第7,中国排名第12,可见,中美两国在该前沿的研究活跃度均表现一般。

3.2 生态和环境科学领域

生态与环境科学领域共遴选出10个热点前沿,比较遗憾的是,该领域没有前沿入选2017年新兴前沿的行列。就该领域具体前沿而言,在“2013年1月中国中东部重度雾霾形成机制”、“过硫酸盐活化降解有机污染物”和“金属改性活性炭吸附水中有毒污染物”3个热点前沿的各项指标得分上中国均高于美国,取得了超过美国的研究活跃度。非常值得关注的是在“2013年1月中国中东部重度雾霾形成机制”、“过硫酸盐活化降解有机污染物”两个前沿,中国在7项指标均排名第1,表现了最强的研究活跃度。贡献的署名通讯作者的核心论文和施引论文中国均排名第1,领跑这两个前沿的发展。这两个前沿美国部分指标排名2到3位,也表现了较强的研究活跃度。但是贡献的署名通讯作者的核心论文和施引论文美国排名略差,处在跟跑的位置。在“金属改性活性炭吸附水中有毒污染物”热点前沿,中国在7项指标均高于美国,另外一项施引论文贡献度排名第1,并且,在该前沿贡献的署名通讯作者的施引论文中国排名第1,足以说明中国在该前沿也表现了很强的研究活跃度。美国在该前沿的各项指标分别排在3—8名,总研究前沿热度指数排名第7,在研究活跃度方面也有不错的表现。“全球性汞污染”

同为 2017 和 2016 年研究前沿,在该前沿中国的核心论文贡献度、施引论文贡献度排名均为第 2,并且,中国在该前沿贡献的署名通讯作者的核心论文与施引论文排名第 1,可见中国在该前沿的研究活跃度表现有不断提升的趋势。

在“适应性进化的基因组学研究”、“环境 DNA 宏条形码技术监测生物多样性”、“北极海冰减少的气候效应研究”、“全球性汞污染”、“有机磷阻燃剂对环境和人类的影响”5 个研究前沿,美国 7 项指标均排名第 1,表现了最强的研究活跃度。并且在这 5 个前沿中,美国贡献的署名通讯作者的核心论文数和施引论文数也均排名第 1,处于领跑位置。其中,在“全球性汞污染”、“有机磷阻燃剂对环境和人类的影响”研究前沿,上述 7 项指标中,中国均有 6 项指标排名前 3,也表现了较高的活跃度,并且在该前沿贡献的署名通讯作者的核心论文数和施引论文数中国均排名第 2,处于并跑的位置。在“北极海冰减少的气候效应研究”研究前沿,中国的国家前沿热度指数值为 0.52,排名第 5,也表现出较强的研究活跃度。在“适应性进化的基因组学研究”和“环境 DNA 宏条形码技术监测生物多样性”研究前沿,中国在各项指标上与美国差距较大,研究活跃度有待提高。

3.3 地球科学领域

地球科学领域共遴选出 10 个热点前沿和 1 个新兴前沿。就该领域具体前沿而言,在“中国华北克拉通前寒武纪地质演化研究”热点前沿的各项指标得分上中国均高于美国,取得了超过美国的研究活跃度;在“页岩气储层孔隙系统类型及表征”热点前沿的各项指标得分上中国与美国不相上下,两国的研究活跃度都很强。在“中国华北克拉通前寒武纪地质演化研究”前沿,贡献的署名通讯作者的核心论文和施引论文中国均排名第 1,领跑这个前沿的发展。而且在该前沿中国在 7 项指标均排名第 1,表现了最强的研究活跃度。在该前沿美国 7 项指标均排名第 4,在研究活跃度上也有不错的表现,贡献的署名通讯作者的核心论文和施引论文美国分别排名第 4 和第 5,处在跟跑的位置。在“页岩气储层孔隙系统类型及表征”热点前沿,中国在国家贡献度、核心论文贡献度、施引论文贡献度 3 个指标均排名第 1,并且,在该前沿贡献的署名通讯作者的施引论

文中国排名第 1,可见中国在该前沿的活跃度也很强。

在“利用好奇号任务开展盖尔陨石坑的岩石矿物学研究”、“末次间冰期 CO₂ 浓度升高对海洋环流的影响”、“大气中的碳黑在气候系统中的作用”、“大气气溶胶成核机理研究”、“尘埃及生物气溶胶在大气冰核化过程中的作用”、“热带地区森林碳储量和碳排放估算研究”、“CMIP5 地球系统模式对陆地碳循环的模拟与评估”、“流体注入诱发地震研究”8 个研究前沿,美国在 7 项指标均排名第 1,表现了最强的研究活跃度。上述 8 个前沿中,除“大气气溶胶成核机理研究”外的 7 个前沿,贡献的署名通讯作者的核心论文数和施引论文数美国也均排名第 1 处于领跑位置。而在“大气气溶胶成核机理研究”研究前沿,美国贡献的署名通讯作者的施引论文数也排名第 1,美国贡献的署名通讯作者的核心论文数排名第 3,处于并跑位置。其中,在“大气中的碳黑在气候系统中的作用”研究前沿,7 项指标中国均排名第 2,也表现了较高的活跃度,并且在该前沿贡献的署名通讯作者的核心论文数和施引论文数中国均排名第 2,处于并跑的位置。在“CMIP5 地球系统模式对陆地碳循环的模拟与评估”、“流体注入诱发地震研究”研究前沿,贡献的署名通讯作者的施引论文数中国均排名第 2,施引论文贡献度均排名第 3,也表现了一定的活跃度。在“利用好奇号任务开展盖尔陨石坑的岩石矿物学研究”、“末次间冰期 CO₂ 浓度升高对海洋环流的影响”、“大气气溶胶成核机理研究”和“尘埃及生物气溶胶在大气冰核化过程中的作用”、“热带地区森林碳储量和碳排放估算研究”研究前沿,中国在各项指标上与美国差距较大,研究活跃度有待提高。

地球科学领域只有“岩石圈地幔中强亲铁元素及 Re-Os 同位素的研究”入选新兴前沿。该前沿,各项指标中国与美国都存在一定差距。该前沿贡献的署名通讯作者的核心论文数美国排名第 1,处于领跑位置,而且美国的国家前沿热度指数得分世界排名第 3,表现较为活跃,中国排名第 7,与美国存在一定差距。

3.4 临床医学领域

临床医学领域共遴选出 10 个热点前沿和 9 个新兴前沿。从特定研究前沿层面来看,在“肠道菌群

代谢物 TMAO 增加心血管疾病风险”“全外显子组测序在遗传疾病临床诊断中的应用”“青蒿素抗药性疟疾发生、传播及抗药机制”“非瓣膜性心房颤动患者新型口服抗凝药治疗有效性和安全性”“肌层浸润性膀胱肿瘤新辅助化疗”5 个热点前沿以及除“抗 PD-1 药肿瘤免疫治疗产生免疫相关不良反应(irAEs)”和“含溴结构域(BRDs)蛋白小分子抑制剂药物发现与设计”外其他 7 个新兴前沿总共 12 个前沿,美国在 7 项指标均排名第 1,另在“药物洗脱支架植入术后双联抗血小板治疗最佳持续时间”前沿,除施引论文影响度和影响度指数美国均排名第 2 外,其他 5 项指标美国均排名第 1。上述 13 个前沿美国表现了最强的研究活跃度。并且在这 13 个前沿中,贡献的署名通讯作者的核心论文数和施引论文数美国均排名第 1,处于领跑位置。其中,在“肠道菌群代谢物 TMAO 增加心血管疾病风险”研究前沿,中国的国家前沿热度指数排名第四,也表现了较强的研究活跃度。而在“全外显子组测序在遗传疾病临床诊断中的应用”“青蒿素抗药性疟疾发生、传播及抗药机制”“非瓣膜性心房颤动患者新型口服抗凝药治疗有效性和安全性”“肌层浸润性膀胱肿瘤新辅助化疗”和“药物洗脱支架植入术后双联抗血小板治疗最佳持续时间”5 个前沿,中国的各项指标排名靠后,前沿研究活跃度表现一般,但在前沿施引论文文贡献度和施引论文影响度指标上与美国差距略小于其他 5 项指标。其中“MET14 外显子跳跃突变成为非小细胞肺癌治疗新靶点”前沿,中国的前沿热度指数和贡献度排名第 2,影响度排名第 3。在该前沿中国表现出了很强的前沿活跃度,并且在该前沿贡献的署名通讯作者的核心论文数和施引论文数中国均排名第 2,取得了并跑位置。在“Zika 病毒感染与防治”“支架植入与内膜剥脱术治疗颈动脉狭窄长期疗效比较”“质子泵抑制剂用药风险”和“21 基因检测复发风险评分指导早期乳腺癌化疗决策”4 个前沿,中国各项指标排名靠后,前沿活跃度表现一般,但贡献的署名通讯作者的核心论文中国均排名第 3,处在并跑位置。

在“放射性核素标记 PSMA PET 显像在前列腺癌诊疗中的作用”“生物可吸收药物洗脱支架对冠状动脉病变治疗影响”“戊型肝炎(病毒)流行、感染与治疗”和“远端缺血预处理对心外科手术损伤的保护作用”4 个研究前沿,美国各项指标均排名 2—4

位,也表现了很强的研究活跃度。在这 4 个前沿中国在各指标上与美国差距较大,研究活跃度有待提高。

3.5 生物科学领域

生物科学领域共遴选出 10 个热点前沿和 9 个新兴前沿。具体而言,美国在除“环状 RNAs 的起源、鉴定与功能研究”之外的 9 个热点前沿以及除“抗体-药物偶联物的检测与表征方法”“先天淋巴细胞的可塑性”和“U4/U6. U5 三聚 snRNP 高分辨率的分子结构”之外的 6 个新兴前沿,总共 15 个研究前沿中的各项指标均排名第 1,表现了最强活跃度,并领跑这 15 个研究前沿的发展。其中,在“mRNA 甲基化修饰的调控机制与功能研究”热点前沿,中国的各项指标均排名第 2,取得了仅次于美国的研究活跃度。并且在“微生物‘暗物质’的探索及其基因组信息分析”前沿,贡献的署名通讯作者的核心论文和施引论文中国均排名第 2,处于并跑位置。而在“获得性性状跨代遗传机理研究”“冷冻电镜技术在生物大分子三维结构解析中的应用”“基于高通量的染色质构象捕获及其衍生技术应用”“骨髓造血干细胞微环境的鉴定”“透明脑结构光学成像技术与方法”以及“长链非编码 RNA(lncRNA)的表达及其生物学功能”6 个热点前沿贡献的署名通讯作者的核心论文和施引论文中国分别排在 4—6 名处于跟跑位置,值得注意的是在“环状 RNAs 的起源、鉴定与功能研究”前沿,中国的国家贡献度以及贡献的署名通讯作者的核心论文数均排名第 1,超越了美国。中国在“寨卡病毒结构及其致病机理”“组蛋白甲基转移酶活性及其结构基础”“蚊子的基因渗入及其网状系统发育模式”“RAS 构象的变构与协作”及“U4/U6. U5 三聚 snRNP 高分辨率的分子结构”5 个新兴前沿中,署名通讯作者的核心论文和施引论文数量排名位列 2—3 位,均处于并跑位置。中国在“U4/U6. U5 三聚 snRNP 高分辨率的分子结构”研究前沿的国家研究前沿热度指数和国家影响度两项指标上排名世界第一,并在施引论文被引频次份额排名第 1,在核心论文份额、核心论文被引频次份额和施引论文份额 3 个指标上排名第 2,表现出了较强的活跃度。在“环状 RNAs 的起源、鉴定与功能研究”以及“mRNA 甲基化修饰的调控机制与功能研究”热点前沿,中国的国家研究前沿热度指数均排名第 2,表现了较强的活跃度。在该领

域的其他前沿中国在各项指标均与美国有较大差距,研究活跃度有待提高。

3.6 化学与材料科学领域

化学与材料科学领域共遴选出 26 个前沿,10 个热点前沿和 16 个新兴前沿。从特定研究前沿层面来看,在“三价钴催化的碳氢键活化反应”、“钙钛矿太阳能电池中新型有机空穴传输材料”、“非富勒烯型聚合物太阳能电池”、“纳米组装学”、“基于 NiCo₂S₄ 的高性能超级电容器”和“三重态-三重态湮灭上转换”6 个热点前沿的各项指标得分上中国均高于美国,取得了超过美国的研究活跃度。并且在“钙钛矿太阳能电池中新型有机空穴传输材料”、“非富勒烯型聚合物太阳能电池”、“基于 NiCo₂S₄ 的高性能超级电容器”和“三重态-三重态湮灭上转换”4 个前沿,贡献的署名通讯作者的核心论文和施引论文中国均排名第 1,领跑这 4 个前沿的发展。非常值得关注的是在“钙钛矿太阳能电池中新型有机空穴传输材料”、“非富勒烯型聚合物太阳能电池”、“基于 NiCo₂S₄ 的高性能超级电容器”和“三重态-三重态湮灭上转换”4 个研究前沿,中国在国家前沿热度指数、国家贡献度、国家影响度、核心论文贡献度、施引论文贡献度、核心论文影响度、施引论文影响度 7 项指标均排名第 1,表现了最强的研究活跃度。在这 4 个研究前沿美国 7 项指标均排名靠前,也表现了较强的研究活跃度,并且贡献的署名通讯作者的核心论文和施引论文美国排名也比较靠前,处在并跑的位置。在“三价钴催化的碳氢键活化反应”研究前沿,中国在国家前沿热度指数、国家贡献度、施引论文贡献度、施引论文影响度 5 项指标均排名第 1,表现出了最强的研究活跃度。美国在该前沿各项指标均在第 4 名左右,也表现出了较强的研究活跃度。在“纳米组装学”研究前沿,中国贡献的署名通讯作者的施引论文排名第 1,其他各项指标在 2—4 名,也表现了较强的前沿活跃度。美国在该研究前沿各项指标在 3—5 名,紧跟中国,也有不错表现。

在“间位碳氢键的官能团化”热点前沿,美国在该前沿除了施引论文贡献度、影响度排名第 2,其他各项研究指标均排名第 1,表现出了最强的研究活跃度。中国在施引论文贡献度、影响度排名第 1,其他指标在 2—6 名,足以说明中国在该前沿也表现了很强的研究活跃度。在“可见光诱导的活性自由基

聚合”,美国各项指标均排名第 1,表现出了最强的研究活跃度。中国各项指标在 2—9 名之间,有的指标也有不错的表现,紧随美国之后,也有较强的研究活跃度。在“全聚合物太阳能电池”和“具有精确原子结构和配体修饰的金纳米簇”研究前沿,美国在国家前沿热度指数、国家贡献度、国家影响度、核心论文贡献度、核心论文影响度和施引论文影响度均排名第 1,在施引论文贡献度排名第 2,表现出了最强的研究活跃度。中国在施引论文贡献度排名第 1,其他各指标在 2—3 名,紧随美国,也表现出了很强的研究活跃度。

从化学与材料科学领域新兴前沿特定研究前沿层面来看,在“共价有机框架化合物”、“镧单离子磁体”、“三价铈催化合成吡啶类化合物”、“无机铅卤钙钛矿纳米晶发光材料(CsPbX₃)”、“基于柱芳烃主客体分子识别的超分子自组装及其应用”、“基于铁-镍的阳极析氧催化剂”、“液相剥离法制备 2 维纳米片材料”和“非贵金属催化的烯炔/炔炔硅氢化反应”8 个新兴前沿的各项指标得分上中国均高于美国,取得了超过美国的研究活跃度。非常值得关注的是在“共价有机框架化合物”、“镧单离子磁体”、“无机铅卤钙钛矿纳米晶发光材料(CsPbX₃)”、“基于柱芳烃主客体分子识别的超分子自组装及其应用”和“基于铁-镍的阳极析氧催化剂”5 个前沿,7 项指标中国均排名第 1,表现了最强的研究活跃度。贡献的署名通讯作者的核心论文和施引论文中国均排名第 1,领跑这 5 个前沿的发展。在“共价有机框架化合物”、“无机铅卤钙钛矿纳米晶发光材料(CsPbX₃)”和“基于铁-镍的阳极析氧催化剂”3 个前沿,美国各项指标 2—4 名,表现出了较强的活跃度。不过美国在“镧单离子磁体”和“基于柱芳烃主客体分子识别的超分子自组装及其应用”没有相应的研究贡献。在“三价铈催化合成吡啶类化合物”新兴前沿,中国的施引论文贡献度是第 1,其他各项指标均是第 2,表现出了较强的研究活跃度。美国的各项指标在 4—9 名,与中国有不小的差距。在“液相剥离法制备二维纳米片材料”新兴前沿,中国的国家影响度、施引论文贡献度和施引论文影响度 3 个指标排名第 1,其他指标排名第 2,表现出了很强的研究活跃度。美国的各项指标排名紧随中国,在 2—3 名,与中国并行,都有很强的研究活跃度。在“非贵金属催化的烯炔/炔炔硅氢化反应”新兴前沿,中国的各项研究指标在 3—7 名,有很强的研究活跃度。美国各

项指标在4—9名,在研究活跃度方面也有不错的表现。

在“基于无机吸光层(CsPbX_3)的钙钛矿型太阳能电池”、“位点特异的蛋白质改性化学”和“不含铅的钙钛矿型太阳能电池吸光材料”3个新兴前沿,美国的各项指标得分上均高于中国,取得了超过中国的研究活跃度。并且在“不含铅的钙钛矿型太阳能电池吸光材料”的新兴前沿,美国各项指标均排名第1,处于领跑地位,中国紧随其后,各项指标得分在2—5名,也有较强的研究活跃度。

3.7 物理领域

物理科学领域共遴选出15个前沿,10个热点前沿和5个新兴前沿。从特定研究前沿层面来看,在“四夸克态和五夸克态的实验和理论研究”和“基于二维材料可饱和吸收体的锁模光纤激光器”2个热点前沿中国7项指标均排名第1,领先美国,表现了最强的前沿活跃度,并且在这2个前沿,贡献的署名通讯作者的核心论文和施引论文中国均排名第1,领跑这两个前沿的发展。其中,“四夸克态和五夸克态的实验和理论研究”前沿,美国各项指标排名紧随中国,也表现了较强的前沿活跃度,并且贡献的署名通讯作者的核心论文数和施引论文数美国均排名第2,取得了并跑的位置,而在“基于二维材料可饱和吸收体的锁模光纤激光器”前沿美国7个指标排名在4—7位,前沿活跃度表现一般。

在“多体局域化系统的研究”、“暗物质间接探测之银河系中心伽玛射线超出研究”、“铁基超导体的电子向列相研究”、“单层/多层黑磷的特性及其应用”、“全息原理及其在凝聚态物理的应用”、“钇钡铜氧化物超导体的赝能隙态研究”和“对称保护拓扑序”7个研究前沿,美国国家前沿热度指数均排名第1,在国家贡献度、国家影响度、核心论文贡献度、施引论文贡献度、核心论文影响度、施引论文影响度6项指标也均排名1—3位,表现了最强的研究活跃度。其中,在“铁基超导体的电子向列相研究”、“单层/多层黑磷的特性及其应用”和“对称保护拓扑序”3个前沿,中国7项指标均排名2—4位,与美国差距不大,也表现了较强的前沿活跃度。并且在“单层/多层黑磷的特性及其应用”前沿贡献的署名通讯作者的核心论文数中国排名第2,取得了该前沿并跑的位置。在“铁基超导体的电子向列相研究”和“对称保护拓扑序”2个前沿贡献的署名通讯作者的

核心论文数中国均排名第4,处在跟跑位置。而在“多体局域化系统的研究”、“暗物质间接探测之银河系中心伽玛射线超出研究”、“全息原理及其在凝聚态物理的应用”和“钇钡铜氧化物超导体的赝能隙态研究”4个前沿中国在各指标上与美国差距较大,研究活跃度有待提高。

在“基于754 GeV双光子信号的标准模型研究”新兴前沿,美国在6项指标排名第1,中国排名第2,中国和美国差距不大。在“二硫化钼和二硒化钨的超导性研究”新兴前沿,中国在国家前沿热度指数这个指标上和美国差距不大,但是在其他6项指标上,美国都是前3名,中国排名靠后,与美国差距很大,研究活跃度有待提高。在“纳米受限二维冰的结构和相变”和“基于里德堡偶极阻塞效应的多体物理学”2个新兴前沿中国在各指标上落后美国,研究活跃度有待提高。

3.8 天文学和天体物理领域

天文学和天体物理领域共遴选出12个前沿,10个热点前沿和2个新兴前沿。从特定研究前沿层面来看,在该领域的所有12个研究点前沿,7项指标美国均排名第1,表现出了最强的前沿研究活跃度。并且除“基于‘普朗克’(Planck)卫星、‘南极望远镜’(SPT)和‘阿塔卡玛宇宙学望远镜’(ACT)等对宇宙微波背景辐射的探测研究”前沿贡献的署名通讯作者的核心论文数美国排名第2外,在该领域其他11个研究前沿贡献的署名通讯作者的核心论文数美国均排名第1,可见,美国几乎领跑了天文学与天体物理领域的所有前沿。其中“‘太阳动力学天文台’(SDO)任务及其仪器性能以及其他相关太阳物理学研究”是中国在该领域表现最好的前沿,7项指标均排名在2—5位,也表现了较强的前沿研究活跃度。该领域的其他11个研究前沿,中国的各项指标与美国差距较大,前沿活跃度表现一般。

3.9 数学、计算机科学和工程领域

数学、计算机科学和工程领域共遴选出10个热点前沿,比较遗憾的是,该领域没有前沿入选2017年新兴前沿的行列。从特定研究前沿层面来看,在“非线性发展方程的孤子解及其在流体力学、电磁学等领域的应用”、“水合物法气体分离(HBGS)技术和水合物分解特性研究”、“构形理论和火积理论等传热优化理论研究与应用”、“基于超级电容器的储

能器件”、“关于 Keller-Segel 趋化方程的研究”和“基于生物特征识别的远程用户认证方案”6个热点前沿中国的前沿热度指数、国家贡献度、核心论文贡献度均排名第1,在国家影响度、核心论文影响度、施引论文影响度指标也均排名靠前,表现了最强的研究活跃度。并且在这6个前沿里面贡献的署名通讯作者的核心论文和施引论文中国均排名第1,领跑这6个前沿的发展。美国在这6个研究前沿的7项指标均排名前5位,也表现了较强的前沿活跃度。并且贡献的署名通讯作者的核心论文和施引论文也美国均排名第2或第3,在这6个前沿处在并跑的位置。

从“二阶应变梯度理论及其应用”和“选择性激光熔融技术加工金属部件的工艺、微结构和机械性能研究”这两个研究前沿来看,美国的国家前沿研究指数是高于中国的,尤其在“选择性激光熔融技术加工金属部件的工艺、微结构和机械性能研究”研究前沿,美国在7项指标中的国家前沿热度指数、国家贡献度、国家影响度、核心论文贡献度、核心论文影响度等5项指标位于第1的位置。中国在“选择性激光熔融技术加工金属部件的工艺、微结构和机械性能研究”研究前沿的活跃度仅次于美国,在国家前沿热度指数、国家贡献度、国家影响度、核心论文贡献度、核心论文影响度均排名第2,但是在施引论文的贡献度、施引论文的影响度、署名通讯作者的施引论文数这3个方面,中国是高于美国的,位列世界第1的位置,可以说在这个研究前沿中,中美的差距甚微,都有着十分高的研究活跃度。在“二阶应变梯度理论及其应用”和“功能梯度板/梁的剪切变形理论研究”2个热点前沿,中美均处于跟跑的位置,从“功能梯度板/梁的剪切变形理论研究”研究前沿来看,中国的研究活跃度虽高于美国,但中美两国在这个研究前沿的发展处于落后水平,值得注意的是在核心论文的贡献度、核心论文的影响度和署名通讯作者的核心论文这3个方面,中美两国的数据均为0,而中国在施引论文的贡献度、施引论文的署名通讯作者排名第3,远远领先于美国,但是中美两国在这个研究前沿还是有很大的上升空间。“基于修正偶应力理论和应变梯度理论的微梁和微板的动力学研究”研究前沿,中国7项指标均领先于美国,并且由中国贡献的署名通讯作者的核心论文和施引论文均排名第2,处于并跑位置,而美国则处于跟跑的位置,值得注意的是中国在这个研究前沿的各项指标

中,除了国家影响度和核心论文的影响度排名第3以外,其余的5项指标均处于第2的位置,在这个领域有着较高的研究活跃度,而美国和中国则有着一一定的距离。

3.10 经济学、心理学以及其他社会科学领域

经济学、心理学以及其他社会科学领域共遴选出10个热点前沿,比较遗憾的是,在该领域没有任何一项研究入选2017年新兴前沿的行列。从特定研究前沿层面来看,在“人类起源、进化和迁徙的基因组学研究”“美国平价医疗法案的社会影响”“人乳头状瘤病毒(HPV)疫苗接种的社会调查”“工作记忆训练及其应用研究”“士兵、退伍军人等特殊人群身心健康与自杀、酗酒、药物滥用等行为研究”“双语对认知的影响研究”6个研究前沿,美国7项指标均排名第1,表现了最强的研究活跃度。并且在这6个前沿,贡献的署名通讯作者的核心论文数和施引论文数美国也均排名第1,处于领跑位置。在“人类起源、进化和迁徙的基因组学研究”研究前沿,中国的国家前沿热度指数值为1.22,排名第4,也表现了较强的研究活跃度,而核心论文贡献度与核心论文影响度排名均是第3,施引论文贡献度与施引论文影响度均排名第8,在“人类起源、进化和迁徙的基因组学研究”“美国平价医疗法案的社会影响”“双语对认知的影响研究”研究前沿,在“人乳头状瘤病毒(HPV)疫苗接种的社会调查”、“工作记忆训练及其应用研究”“士兵、退伍军人等特殊人群身心健康与自杀、酗酒、药物滥用等行为研究”研究前沿,中国在各指标上与美国差距较大,活跃度有待提高。

其中,在“科研评价方法新进展——替代计量学”、“精神患者的健康状况和物理干预措施研究”、“经济衰退对人口健康的影响”和“偏最小二乘结构方程模型在商业研究中的应用”研究前沿,美国7个指标均排名前3,表现了较强的研究活跃度。中国在各指标值上均落后于美国,与美国存在较大的差距,研究活跃度表现一般。

4 讨论

从10个领域内遴选的100个热点前沿和43个新兴前沿参与和表现情况的比较分析,较为全面地展现了中国与美国等科技强国在这些领域和前沿的活跃度和具体表现,较准确的揭示了两国的差距和

优势及其发展态势。结果显示,在数学、计算机科学和工程与化学与材料科学2个领域,中国延续了良好的发展势头,在热度指数、国家贡献度、国家影响度、核心文献贡献度、施引文献贡献度、核心文献影响度和施引文献影响度7项指标上整体领先美国,并以较大优势领跑这两个领域中多数具体前沿的发展。表现了最强的综合实力。希望通过中国科学家的进一步努力,能在领先优势和优势前沿的覆盖范围上有进一步的提升。

在农业、植物学和动物学领域、生态与环境科学领域、地球科学领域和物理科学领域,虽然从领域整体上中国的表现情况与美国存在差距,但中国在这些领域参与和有所表现的前沿覆盖范围与美国的差距在逐渐缩小,而且中国也有个别前沿跻身世界先进行列,表现活跃并取得了领跑位置。表明在这些领域中国有更大的成长和发展空间。相信通过中国科学家的不懈努力,中国在这些领域会不断在更多

的前沿实现从参与到主导的角色转变。

在临床医学、生物科学领域、天文学与天体物理学领域、经济学、心理学以及其他社会科学领域中国缺少热度指数、国家贡献度和国家影响度等各项指标都表现突出的前沿,并且在临床医学、天文学与天体物理学领域、经济学、心理学以及其他社会科学领域中国参与和有所表现的前沿覆盖范围较小。表明在这些领域需要中国科学家付出更多的努力,通过扩大中国参与前沿的覆盖范围,进而提升在具体前沿活跃度上的卓越表现,争取取得在个别前沿领跑的突破。

参 考 文 献

- [1] 中国科学院科技战略咨询研究院.《2017研究前沿》报告. <http://www.casaid.cn/zkcg/zxcg/>.
- [2] 中国科学院科技战略咨询研究院.《2017研究前沿热度指数》报告 <http://www.casaid.cn/zkcg/zxcg/>.

A comparative study of scientific research strength between China and the United States: an analysis based on the “Frontiers of research in 2017”

Leng Fuhai¹ Zhao Qingfeng² Zhou Qiuju¹

(1. *Institutes of Science and Development, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100190;*

2. *School of Computer Science and Engineering, Shandong University of Science and Technology, Qingdao 266590*)

Abstract The paper analyzes the participation and performance of 100 hot frontiers and 43 emerging frontier's participation in 2017 research frontiers in China from 10 areas in order to comprehensively grasp the gap and advantage between China and American as well as other technological powers. The results show that China has outperformed American in terms of leading edge heat index, national contribution and national influence, as well as front-running, running and running performance in the fields of chemistry, materials science, mathematics, computer science and engineering. China has several frontiers among the world's advanced ranks in the fields of agriculture, botany and zoology, ecology and environmental science, Earth Science and Physical Science. While in the fields of clinical medicine, biological sciences, astronomy and astrophysics, economics, psychology and other social sciences, China is short of cutting-edge heat index, national contribution and national influence. Also, in the field of clinical medicine, astronomy and astrophysics, economics, psychology and other social sciences, China's participation and performance front coverage is relatively small.

Key words Scientific research strength; Frontier heat index; Front contribution degree; Frontier influence degree

附表:各学科研究前沿中国和美国的温度指数、贡献度和影响度以及发展状态对比(详见:<http://pub.nsf.gov.cn/sficc/ch/currentissue.aspx>)