

· 管理纵横 ·

中美科研实力比较研究：基于《2019 研究前沿》的分析

周秋菊 冷伏海*

中国科学院 科技战略咨询研究院, 北京 100190

[摘要] 本文从10个领域分别展开中国和美国在《2019 研究前沿》100个热点前沿和37个新兴前沿的科研与创新水平的比较分析,揭示中国和美国处于创新卓越、创新前列和创新行列的位置,或处于创新追赶的前沿,以期掌握中国与美国的差距和优势。结果显示,中国现阶段在70%以上的研究前沿上已经进入了创新行列及以上水平(包括创新前列和创新卓越),10个领域中的7个已经处于创新行列及以上水平。但中国与美国在前沿研究上仍有较大差距,中美研究前沿热度指数分别为139.68和204.89。中国和美国分别有63和115个前沿处于创造卓越状态,但中国创新卓越的前沿略超美国的一半,约20%的研究前沿仍处在创新追赶状态。

[关键词] 科研实力;研究前沿热度指数;国家贡献度;国家影响度

改革开放以来,我国的科技事业蓬勃发展,科技实力持续增强,第六个五年计划(1981—1985)期间,我国SCI论文数量仅仅排名世界第26名。到第十个五年计划(2001—2005)期间我国SCI论文数量排名已经提高到世界第7名。十一五期间中国超过德国,成为第三名。到十二五期间,中国又超过英国,成为世界第二名,排名仅次于美国。近年来,我国国际科技论文数量连续多年稳居世界第二,并获得了一系列举世瞩目的科研成果,成为具有重要影响力和竞争力的科技大国。

在这一系列成绩的背后,如何客观冷静地分析判断我国当前科技发展的真实水平,直接关系到我们对未来发展的安排和部署。事实上,“卓越科学家在最前沿所进行的领先研究”更能体现一个国家的科技先进水平。1965年文献计量学的鼻祖Derek J. de Solla Price将“卓越科学家在最前沿所进行的领先研究”定义为“研究前沿”^[1]。同时他用大量的引文分析数据描述“科学研究前沿”的文献计量学本征,即研究前沿是由一组高被引论文和引用这些论文的施引论文组成的,基于Price对研究前沿的定义,ESI数据库基于引文网络数据将一个抽象的定性概念,转变为可以量化的数据。

基于ESI数据库的研究前沿的数据,中国科学



冷伏海 中国科学院科技战略咨询研究院战略情报研究所所长,研究员,博士生导师。主要研究领域为科技情报研究与情报学理论方法。在市场信息学、中小企业信息服务、科技战略与规划、学科发展战略情报研究方面主持完成了4项国家自然科学基金与社科基金项目、1项国家软科学计划项目、2项省自然科学基金项目和多项中国科学院重要方向项目;获省级社科2或3等优秀成果奖3项;在国内外发表情报学学术论文近百篇,出版专著教材8部,科技政策与战略情报研究报告30多个。



周秋菊 中国科学院科技战略咨询研究院科技战略情报研究所副研究员,研究领域包括战略科技情报研究,科学计量学,研究前沿识别分析。

院与科睿唯安从2014年开始发布《研究前沿》年度研究报告,研判科技研究前沿发展的战略方向,敏锐抓住科技创新的突破口和新的生长点。《研究前沿》年度研究报告为国内外了解世界科研状态和全球卓越科学家的最新科技趋势提供了一扇窗。

2019年,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

《2019 研究前沿》和《2019 研究前沿热度指数》两个报告,基于共被引聚类分析,遴选了 100 个热点前沿和 37 个新兴前沿,揭示了研究领域内最新发展的最受关注的研究焦点和重要研究成果^[2,3]。揭示出中国近年来在多个基础研究领域取得了突破,中国在引领的研究前沿数量上位居第二,在科技研究前沿领域也有一席之地,表现出了一定的竞争力。两个报告的发布对战略科学家和科技决策者了解国家科技发展脉络、制定科技战略规划提供有力的事实支撑。

为了进一步了解中国与美国的差距,本文在《2019 研究前沿》和《2019 研究前沿热度指数》两个报告的基础上,从 10 个领域分别展开中国和美国在 137 个前沿的国家研究前沿热度指数及其分指标上的比较分析,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的主导地位,以期从重要成果产出的层面对中美科研核心竞争力的识别和分析,解读中国与美国的差距和优势。

1 评价方法

为了揭示各国在《2019 研究前沿》报告的 137 个研究前沿的基础研究活跃程度,我们设计了国家研究前沿热度指数三级指标体系,揭示世界主要国家在世界科研前沿布局中的态势。国家研究前沿热度指数是衡量研究前沿活跃程度的综合评估指标,其二级指标为国家贡献度和国家影响度。三级指标包括指标 A、指标 B、指标 C 和指标 D。国家研究前沿热度指数三级指标体系共包括 7 个指标。

为了判定国家在特定研究前沿的主导地位,我们设计了指标 E 和指标 F。国家通讯作者核心论文贡献度(E),即每个国家在某个研究前沿署名通讯作者的核心论文数量占研究前沿核心论文数量的份

额。国家通讯作者施引论文贡献度(F),即国家通讯作者施引论文份额。

根据国家研究前沿热度指数的数值之间的比较,可以直观的看到中美两国的创新位势。根据国家研究前沿热度指数的排名分析测算,我们定义了某个国家在该前沿的创新位势。具体方法是:研究前沿热度指数排名第 1~3 名的国家处于该前沿的创新卓越地位;研究前沿热度指数排名第 4~6 名的国家处于该前沿的创新前列地位;研究前沿热度指数排名第 7~10 名的国家处于创新行列地位;研究前沿热度指数排名第 10 名以后的国家处于该前沿的创新追赶地位。如果,某国在指标 E 和 F,甚至指标 A、B、C 和 D 上均没有贡献,即研究前沿的核心论文和施引论文上均没有产出,那么就定义为该国在该前沿处于空白状态。

2 中美在各领域的科研实力整体比较分析

2.1 中国研究前沿热度指数是美国的四分之三

本文从 10 个领域分别展开中国和美国在《2019 研究前沿》100 个热点前沿和 37 个新兴前沿,以期掌握中国与美国之间的创新位势。

在 10 个领域综合层面,美国研究前沿热度贡献指数等 8 个指标均排名第一,中国则在 8 个指标上都稳居第二,只有指标 F 国家通讯作者施引论文贡献度中国排名第一,美国排名第二。但是从总分数值上来看,中美研究前沿热度指数分别为 139.68 和 204.89,中国约为美国的 68.18%。中国和美国的国家贡献度分别为 81.70 和 107.35,中国是美国的 76.11%(约为四分之三)。中国和美国的国家影响度分别为 57.98 和 97.54,中国是美国的 59.44%。指标 E 通讯作者核心论文数的份额,中国是美国的 72.27%。指标 F 通讯作者施引论文数的份额,中国是美国的 128.68%。从上面中美 9 个指标的对比可以看出,除了指标 F 国家通讯作者施引论文贡献度中国超过美国以外,其他 8 个指标,中国占美国的 56.33%~95.95%。因此从综合指标上可以看出中国与美国在研究前沿位势上仍存在较大差距。

2.2 美国在七领域领先优势明显,中国在三领域表现突出,但短板依旧

从分领域来看,中国在数学、计算机科学和工程学领域、生态学和环科学领域和化学与材料科学领域等三个领域的 9 个指标上均排名第 1,美国均排名第 2。数学、计算机科学和工程学领域的研究

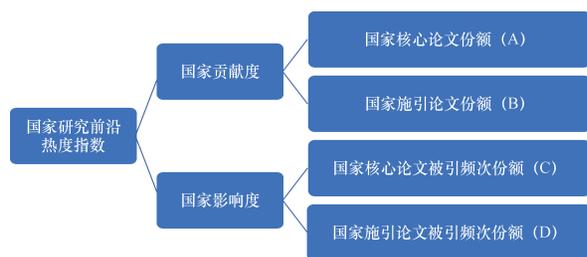


图 1 研究前沿热度指数逻辑模型

前沿热度指数和指标 E 这两个指标更是达到了 3.12 和 5.84 倍;化学与材料科学领域,中国的研究前沿热度指数和指标 E 相当于美国的 2.04 倍和 2.20 倍;生态学和环 境科学领域,中国的热度指数和指标 E 相当于美国的 1.27 倍和 1.89 倍;由此可见,这三个领域是中国的优势领域。

在其他七个领域,美国均排名第一,中国与美国则表现出一定的差距。

农业、植物学和动物学领域,中国在 7 个指标上均排名第 2(个别指标除外),美国均排名第 1。其中,中国的研究前沿热度指数和指标 E 分别为美国的 72.38%和 69.82%。该领域这两个指标最接近 10 个领域综合层面的平均水平(68.18%和 72.27%)。

中国在经济学、心理学以及其他社会科学领域、物理学领域、地球科学领域和生物科学领域四个领域的大部分指标上排名第 2,美国排名第 1,但从数值上来看,中国的研究前沿热度指数和指标 E 仅仅为美国的一半左右,其中经济学、心理学以及其他社会科学领域,两个指标分别为美国的 59.43%和 51.57%,物理学领域为 50.48%和 49.23%,地球科学领域则为美国的 49.34%和 53.49%,生物科学领域,中国的研究前沿热度指数和指标 E 仅仅为美国的 43.69%和 41.22%,中国与美国的差距较大。

临床医学领域,美国在 9 个指标上均排名第 1。中国的研究前沿热度指数排名第 9。数值上来看,中国的研究前沿热度指数仅仅为美国的 17.12%。指标 E 中国排名第 5,数值相当于美国的 9.63%,表明在该领域中国仍与美国存在巨大差距。

天文学与天体物理学领域,美国在 9 个指标上均排名第 1,天文学与天体物理学领域中国热度指数排名第 11 名,指标 E 排名第 10 名,但从份额上看,这两个指标中国仅仅相当于美国的 22.30%和 5.50%。

2.3 中国创新卓越地位的前沿约为美国的一半

在 10 个领域的 137 个前沿中,美国在 115 个前沿(83.94%)处于创造卓越的位置,133 个(97.08%)前沿处于创新行列及以上(包括创新卓越、创新前列和创新行列),只有 4 个前沿为创新追赶。

中国则在 63 个前沿(45.99%)处于创新卓越位势,23 个前沿(16.79%)处于创新前列,22 个前沿(16.06%)处于创新行列,29 个前沿(21.17%)处于

创新追赶的前沿。中国创造卓越的前沿约为美国的一半,78.83%的前沿处于创新行列及以上(包括创新卓越、创新前列和创新行列)。

就分领域来说,其中化学与材料科学领域和数学、计算机科学和工程学领域约 93.33%的前沿已经进入创新卓越位势,这两个领域是中国的优势领域。

在临床医学领域和天文学与天体物理学领域,中国分别有 12 个(57.14%)和 8 个(61.54%)前沿仍处于创新追赶状态,其中临床医学领域表现优于天文学与天体物理学领域,天文学与天体物理学领域没有前沿进入创新卓越状态,临床医学领域则有 2 个前沿处于创新卓越状态,5 个前沿(23.81%)处于创新前列,2 个前沿处于创新行列。天文学与天体物理学领域,1 个前沿(7.69%)处于创新前列,4 个前沿(30.77%)处于创新行列。

其他 6 个领域,中国 83.33%以上的前沿进入创新行列(包括更高的创新卓越、创新前列和创新行列),一半以上的前沿进入了创新前列及以上水平(包括更高的创新卓越、创新前列)。农业、植物学和动物学领域、生态学和环 境科学领域这 2 个领域,一半以上的前沿进入创新卓越状态;地球科学领域、生物科学领域、物理学领域和经济学、心理学以及其他社会科学领域 4 个领域进入创新卓越状态的前沿比例分别是 45.45%、37.50%、33.33%和 33.33%。

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 11 个前沿,根据中国的表现可以分为 3 组,分别是 6 个创新卓越的前沿,占 54.55%,4 个创新行列的前沿,1 个创新追赶的前沿。

第 1 组为中国创新卓越的 6 个前沿,包括热点前沿“植物活性多糖的结构和功能研究”,中国在所有指标上都排名第 1,美国在研究前沿热度指数排名第 7。热点前沿“生物炭对农田土壤重金属镉污染的修复作用”,中国热度指数排名第 1,排名第 2,其他指标排名第 1 或第 2 名,美国热度指数排名第 13,核心论文相关指标 A,C 和 E 空白,其他指标排名在第 3~15 之间。

热点前沿“植物自噬的分子调控机理研究”,中国在指标 B 和指标 F 排名第 1,在其他指标上中国均排名第 2,相反美国在指标 B 和指标 F 排名第 2,

其他 7 个指标均排名第 1。热点前沿“植物光形态发生的调控机制”,热度指数中国排名第 2,美国第 1,指标 E 中国排名第 1,美国排名第 2。热点前沿“调控植物生长和防御的茉莉酸信号传导机制”,中国热度指数排名第 2,指标 E 排名第 2,其他指标均在第 1~3 名之间,美国在 8 个指标上均排名第 1,只在指标 F 排名第 2。热点前沿“无人机系统在作物表型分析中的应用”,中国热度指数排名第 3,指标 E 排名第 4,其他指标均在 2~5 名之间,美国 9 个指标均排名第 1。该领域没有处于创新前列的前沿。

第 2 组为中国处于创新行列的 4 个前沿。热点前沿“植物细胞壁中纤维素合成与结构研究及其与木聚糖的互作”,中国热度指数排名第 8 名,在核心论文相关指标 A、C 和 E 空白,其他指标上也在第 2~10 名之间,这些前沿上,中国缺乏核心论文,但施引论文已经在跟进。美国所有指标都是第 1 名。热点前沿“牛瘤胃微生物组与肠道甲烷排放研究”,热度指数中国排名第 7,指标 E 排名第 3,其他指标排名在 1~9 之间,美国除了指标 F 排名为第 2 名以外,其他指标均排名第 1。

热点前沿“草甘膦除草剂抗性研究”,中国热度指数排名第 7 名,指标 E 排名第 4,其他指标排名在第 2~9 名之间,跨度较大,其中影响度排名较低,美国在 9 个指标上均排名第 1。

新兴前沿“水稻 OsAUX1 基因低磷条件下促进根毛伸长的机理研究”,中国热度指数排名第 7,指标 E 空白,其他指标排名在第 2~10 名之间,美国热度指数排名第 4,指标 E 空白,其他指标排名在第 3~6 名之间。

第 3 组为中国处于创新追赶的 1 个前沿。热点前沿“植物生物刺激剂在促进蔬果作物生长和提高抗逆性的作用”,中国热度指数排名第 14,指标 A、C、E 三个核心论文指标均空白,指标 B、D、F 三个施引论文指标排名第 5,第 12 和第 3,美国热度指数排名第 2,指标 E 排名第 2,其他指标排名在第 1~5 名。

3.2 生态与环境科学领域

生态与环境科学领域共遴选出 11 个前沿,包括 10 个热点前沿和 1 个新兴前沿。根据中国的表现可以分为 4 组,包括中国处在创新卓越地位的 8 个前沿(72.73%),处于创新前列地位的 2 个前沿和处于创新追赶位势的 1 个前沿。

第 1 组,中国创新卓越地位的 8 个前沿,这些前沿中国的排名均在第 1~3 名,中国是这些前沿的引领者之一。热点前沿“活性污泥消化技术的机理、工

艺与影响因素”,中国所有指标都排名第 1,美国热度指数排名第 7,指标 A、C 和 E 三个核心论文指标均空白,其他指标都是排名第 3~7。热点前沿“微生物种间电子转移的机理及应用”,中国所有指标都排名第 1,美国热度指数排名均为第 2。热点前沿“厌氧氨氧化技术及在污水处理中的应用”,中国热度指数和指标 E 均排名第 1 名,其他指标排名在第 1~5 名。美国热度指数排名第 5,指标 E 空白,其他指标排名在第 2~9 名。新兴前沿“环境污染物对肠道微生物菌群的影响”,中国所有指标都排名第 1,美国热度指数排名第 2,指标 A、C 和 E 均空白,其他指标为 2~3 名。

热点前沿“金属有机框架材料去除水中污染物”,中国热度指数排名第 2,指标 E 排名第 2,其他指标排名 1~4 名。美国热度指数排名第 3,指标 E 排名第 2,其他指标排名也是第 2~4 名。热点前沿“地表植被覆盖变化对气候的影响”,中国热度指数排名第 2,指标 E 排名第 1,其他指标也是排名第 1~4 名,美国热度指数排名第 1,指标 E 排名第 3,其他指标排名也是在第 1~2 名。热点前沿“磷排放及蓝藻水华的污染和健康风险”,中国热度指数排名第 2 名,指标 E 排名第 3,其他指标排名也是第 2~4 名。美国各指标排名均第 1,二者竞争激烈。

热点前沿“内分泌干扰物的环境特征、人体暴露与健康风险”,中国热度指数和指标 E 均排名第 3 名,其他指标排名第 2~13 名。美国所有指标均排名第 1。

第 2 组,中国处于创新前列有重要成果产出但尚未形成优势的 2 个前沿。新兴前沿“利用纳米复合材料吸附去除水中有毒金属离子”,中国热度指数和指标 E 均排名第 4 名,其他指标均排名第 1~5 名,美国热度指数排名第 10,指标 E 空白,其他指标排名在第 6~13 名。热点前沿“用于液体中有毒物质及生物活性物质分析、分离的新型材料的制备与功能”,中国热度指数排名第 5,指标 E 排名第 4,其他指标的排名也在第 1~12 名之间,美国热度指数排名第 11 名,指标 A、C、E 空白,其他指标排名在第 6~12 名之间。

第 3 组是中国创新追赶的 1 个热点前沿“在全球尺度上对外来物种入侵的监测及影响分析”,中国热度指数排名第 19 名,指标 E 空白,其他指标排名在第 10~20 名之间,美国的 8 个指标都排名第 1,只指标 E 排名第 2。

3.3 地球科学领域

地球科学领域共遴选出 11 个前沿包括 10 个热

点前沿和1个新兴前沿,根据中国的表现可以分为4组。包括中国处于创新卓越位势的5个前沿(占比45.45%),处于创新前列的2个前沿,处于创新行列的3个前沿,和1个创新追赶的前沿。

第1组,中国处于创新卓越地位的5个前沿。热点前沿“中国主要城市表层土壤重金属污染来源与风险评估”,中国所有指标都排名第1,美国热点指数排名第2,指标E空白,指标F排名第5,其他指标均排名第2。新兴前沿“热损伤对岩石力学特性的影响研究”,中国所有指标都排名第1,美国热度指数排名第3,指标E和F空白,其他指标排名均在2~5名之间。

热点前沿“利用热带降雨测量任务和全球降水测量任务开展全球多地区降水分析”,中国热度指数排名第2名,指标E排名第1,其他指标均排名第1~3名,美国指标E排名第2,其他指标均排名第1。

热点前沿“人工神经网络在预测太阳辐射中的应用”,中国热度指数和指标E均排名第3名,其他指标都排名第2~8名之间,美国热度指数排名第9,指标E空白,其他指标排名在第3~12名。热点前沿“元古代时期大气和海洋的氧化作用”,中国热度指数排名第3,指标E排名第5,其他指标都排名在第2~4名之间,美国所有指标排名均为第1名。

第2组,中国处于创新前列的2个前沿,美国在领跑这些前沿。热点前沿“利用CESM模式和RCP8.5情景研究全球气候变化”,中国热度指数排名第4名,指标E排名第2,其他指标都排名第2~5名之间,美国所有指标排名均为第1名。热点前沿“大型地震复杂破裂过程及走滑机制研究”,中国热度指数排名第5名,指标E排名第8,其他指标都排名第2~8名之间,美国所有指标排名均为第1名。

第3组,中国处于创新行列的3个前沿,美国在领跑这些前沿。热点前沿“磁层多尺度任务科学研究进展”,中国热度指数排名第8名,指标E排名第2,其他指标排名均在第2~11名之间,美国所有指标都排名第1。热点前沿“地下流体注入诱发美国多地地震机理研究”,中国热度指数排名第7名,指标A、C、E均空白,其他指标排名均在第2~11名之间,美国所有指标都排名第1。热点前沿“利用好奇号开展盖尔陨石坑的岩石矿物学研究”,中国热度指数排名第10名,指标E空白,其他指标都排名第5~16名之间,美国所有指标都排名第1。

第4组,中国处于创新行追赶的1个前沿。热点前沿“欧洲和中东地区地震数据库与地面运动模

型”,中国热度指数排名第13名,指标A、C、E均空白,其他指标排名第3~14名,美国所有指标都排名第1。

3.4 临床医学领域

临床医学领域包括10个热点前沿和11个新兴前沿。美国有20个前沿均处于创新卓越的地位。中国仅仅有2个前沿进入创新卓越地位,占9.52%,中国5个前沿(23.81%)处于创新前列,2个前沿处于创新行列,12个前沿处于创新追赶状态,占57.14%。也就是说该领域一半以上的前沿处于创新追赶状态。

第1组,中国处于创新卓越的2个前沿,热点前沿“长链非编码RNA PV1在肿瘤中的功能和作用机制”,中国各指标均排名第1,美国各指标均排名第2。新兴前沿“PD-L1表达分子调节机制及肿瘤免疫治疗增强策略”,中国热度指数排名第2名,指标E空白,其他指标都排名第2~6名之间,美国各指标均排名第1。

第2组,中国处于创新前列的5个前沿,热点前沿“高血压降压治疗后的血压与心血管事件转归”,中国热度指数排名第6,指标E排名第5,其他指标排名均在第5~8名,美国各指标排名均为第1。热点前沿“中枢神经系统周细胞功能障碍在阿尔茨海默病中的作用”,中国热度指数排名第4,指标E空白,其他指标排名均在第3~6名,美国各指标排名均为第1。新兴前沿“弥漫型大细胞淋巴瘤基因分型”,中国热度指数排名第5,指标E空白,其他指标排名均在第3~5名,美国各指标排名均为第1。新兴前沿“非他汀降脂药与心血管疾病风险”,中国热度指数排名第6,指标E空白,其他指标排名均在第5~12名,美国各指标排名均为第1或2名。新兴前沿“免疫治疗时代肿瘤疗效评估”,中国热度指数排名第6,指标A、C、E空白,其他指标排名均在第2~6名,美国各指标排名均为第1。

第3组,中国处于创新行列的2个前沿。热点前沿“含钆造影剂磁共振检查后脑部钆沉积”,中国热度指数排名第9,指标E空白,其他指标均排名第6~11名之间,美国所有指标都排名第1。新兴前沿“溶瘤病毒助力肿瘤免疫疗法”,中国热度指数排名第8名,影响度和指标A、C、E均空白,其他指标排名第4~12名之间,美国所有指标都排名第1,只有指标D排名第2。

第4组,中国处于创新追赶的12个前沿,包括5个热点前沿“英利昔单抗生物类似药有效性和安全性”,“PD-1/L1抗体肿瘤免疫治疗不良反应”,“药物

基因组指导 PCI 术后抗血小板治疗”,“Tau 蛋白示踪剂在神经退行疾病 PET 中的结合特性”,“连续血糖监测与人工胰腺系统用于糖尿病管理”,“支气管扩张症临床特点与治疗”,和 7 个新兴前沿“稳定性冠脉病变行 PCI 的临床效益”,“⁶⁸Ga-PSMA PET/CT 结果对前列腺癌管理模式的影响”,“新型口服降糖药 SGLT-2 抑制剂降低 2 型糖尿病患者心血管事件风险的真实世界研究”,“代谢正常肥胖与心血管疾病风险”,“免疫检查点抑制剂联合用药治疗肾细胞癌的临床 1/2 期研究”,“DAA 药物 Glecaprevir/Pibrentasvir 复方治疗伴有或不伴有肝硬化的慢性丙肝疗效与安全性”,这些前沿中,中国热度指数排名第 39、13、17、16、15、14、18、17、20、16、15、19 名,这些前沿中国没有核心论文入选,指标 A、C、E 均空白,但有施引论文入选。

3.5 生物科学领域

生物科学领域共遴选出 16 个前沿,包括 10 个热点前沿和 6 个新兴前沿。中国在 6 个前沿(37.50%)处于创新卓越状态,5 个处于创新前列状态,3 个处于创新行列,2 个处于创新追赶状态。

第 1 组是中国处于创新卓越的 6 个前沿,在这些前沿上中国有若干有影响力的重要成果产出。其中新兴前沿“FOXO 蛋白转录因子在癌症中的新作用”,中国所有热度指数均排名第 1 名,美国热度指数均排名第 2,指标 A、C 和 E 均空白。“环状 RNA 作为癌症新的生物标志物”中国热度指数排名第 1 名,美国除指标 E 空白,指标 F 排名第 3 外,其余指标均排名第 2。

4 个热点前沿“质粒介导的多粘菌素抗性基因”、热度指数中国排名第 3,指标 E 排名第 1,其他指标的排名均在第 2~3 名,美国所有指标均排名第 1。“3D 打印医疗药物”。热度指数中国排名第 3,指标 E 排名第 2,其他指标的排名均在第 2~10 名。美国热度指数和指标 E 均排名第 2,其他指标的排名也在第 1~3 名之间。“人工合成基因组”,热度指数中国排名第 3,指标 E 排名第 2,其他指标的排名均在第 2~10 名,美国的所有指标均排名第 1。“一种新的细胞死亡模式—铁死亡”,中国热度指数均排名第 3,指标 E 排名第 2,其他指标排名在 2~4 名之间,美国的所有指标均排名第 1。

第 2 组是中国处于创新前列的 5 个前沿。热点前沿“诱导蛋白降解的小分子 PROTACs”,中国热度指数排名第 5,指标 E 排名第 3,其他指标都排名在第 3~9 名之间,美国各个指标都排名第 1。热点

前沿“绿色合成纳米颗粒在防治蚊媒疾病和癌症中的应用”,中国热度指数排名第 6,指标 E 空白,其他指标都排名在第 4~7 名之间,美国热度指数排名第 4,指标 E 空白。热点前沿“衰老和年龄相关疾病中的细胞衰老:从机制到治疗”,中国热度指数排名第 5 名,指标 E 空白,其他指标均排名在第 2~7 名之间,美国所有指标都排名第 1。热点前沿“DNA 甲基化与衰老表观遗传时钟理论”,中国热度指数排名第 6 名,指标 E 空白,其他指标均排名在第 3~9 名之间,美国所有指标都排名第 1。新兴前沿“单细胞水平下的细胞谱系追踪”,中国热度指数排名第 4 名,指标 E 空白,其他指标均排名在第 3~9 名之间,美国所有指标都排名第 1。

第 3 组是中国处于创新行列的 3 个热点前沿,这些前沿上中国排名靠后,但仍有重要成果(核心论文)产出,只是尚未产生重大影响,美国在这些前沿均领跑。热点前沿“Cas13:一种靶向 RNA 的新型 CRISPR 基因编辑系统”,中国热度指数排名第 10 名,指标 E 排名第 2,其他指标均排名在第 2~10 名之间,美国各指标均排名第 1。新兴前沿“用于疾病建模和药物筛选的肿瘤近生理类有机物培养系统”,中国热度指数排名第 7,指标 A、C、E 均空白,其他指标都排名第 2~11 名之间,美国热度指数排名第 1,其他指标也都是在第 1~3 名。“新一代超敏 Xpert MTB RIF Ultra 检测法快速检测结核病”,中国热度指数排名第 10,指标 E 空白,其他指标都排名第 5~10 名之间,美国各指标均排名第 1。

第 4 组是中国处于创新追赶状态 2 个前沿,热点前沿“组织驻留记忆 T 细胞及其肿瘤免疫保护机制”,中国热度指数排名第 12 名,指标 A、C、E 空白,其他指标排名在第 4~14 名,也表明中国在该前沿论文产出指标相对排名靠前,但影响力排名靠后,美国所有指标都排名第 1。新兴前沿“巨型病毒的翻译机制”,中国热度指数排名第 13 名,指标 E 等多个指标空白,其他指标排名在第 4~9 名,美国所有指标都排名第 1~2 名。

3.6 化学与材料科学领域

化学与材料科学领域共遴选出 15 个前沿,包括 10 个热点前沿和 5 个新兴前沿。中国在 14 个前沿(93.33%)处于创新卓越状态,1 个前沿处于创新前列。美国在 11 个前沿(73.33%)处于创新卓越状态,4 个前沿处于创新前列。在该领域中国表现优于美国。

第 1 组,中国和美国均处于创新卓越位势,中国

排名第1的5个热点前沿。3个热点前沿“过渡金属催化的电化学促进的碳氢键官能团化反应”、“高密度聚合物纳米复合材料”和新兴前沿“氧气作为氧化剂和氧源用于合成含氧化合物”,中国所有指标都排名第1,美国热度指数和指标E均排名第2。热点前沿“界面光蒸汽转化”,中国影响度和指标C和D排名第2,在这3个指标上排名第1,其他指标中国均排名第1,美国排名第2。新兴前沿“远端迁移策略实现非活化烯烃的双官能化”,中国各指标排名均为第1,美国热度指数排名第3,美国的指标A、C、E均空白。

第2组,中国和美国均处于创新卓越位势,美国排名第1的3个热点前沿。2个热点前沿“过渡金属催化的酰胺碳氮键活化”和“无铅钙钛矿吸光层材料”中国热度指数排名第2,指标E排名第3,美国在热度指数和指标E等7个指标上均排名第1,指标B和指标F排名第2。热点前沿“电化学合成氨”,热度指数中国排名第2,指标E中国排名第1其他指标也均为1~2名,美国的热度指数等8个指标均排名第1,指标E排名第2。

第3组,中国和美国均处于创新卓越位势的3个热点前沿。新兴前沿“半导体聚合物用于光热治疗”,中国的热度指数排名第2,指标E排名第2,美国的热度指数排名第3;指标E空白。热点前沿“分子机器”中国的热度指数排名第3,指标E排名第5,美国的热度指数排名第2,指标E排名第3。

第4组,中国处于创新卓越地位,美国处于创新前列的4个前沿。热点前沿“有机超长磷光材料”和2个新兴前沿“ BiV(W)O_4 可见光光催化剂”和“杂原子掺杂的碳纳米材料用于锌空气电池”,中国各指标排名均为第1,美国热度指数排名分别为第6、第5和第4名,只是热点前沿“有机超长磷光材料”中,美国的指标E空白,新兴前沿“ BiV(W)O_4 可见光光催化剂”,美国的指标A、C、E均空白,新兴前沿“杂原子掺杂的碳纳米材料用于锌空气电池”,美国的指标E排名第3。

热点前沿“钳形锰络合物有机催化剂”中国热度指数排名第3,美国排名第5,指标E中国排名第7,美国排名第3。

第5组,中国处于创新前列,美国处于创新卓越的1个热点前沿。“机器学习预测分子性质”,中国热度指数排名第6,指标E中国排名第4,各指标美国排名均为第1。

3.7 物理学领域

物理学领域共遴选出12个前沿,包括10个热

点前沿和2个新兴前沿,根据中国的表现可以分为4组,其中4个前沿中国处于创新卓越状态(占18.18%),2个前沿处于创新前列,4个前沿处于创新行列,2个前沿处于创新追赶状态。美国11个前沿处于创新卓越状态,1个处于创新前列。

第1组,中国和美国处于创新卓越的4个前沿。热点前沿“新型深紫外非线性光学晶体材料的合成和性质研究”,中国所有指标均排名第1;美国所有指标均排名第2。热点前沿“氮族二维材料锑烯、砷烯和铋烯的特性研究”,中国热度指数和指标E均排名第1,其他指标也排名在第1,只是指标C排名为第2;美国热度指数排名第2,指标E排名第3名,其他指标排名在第1~3名。热点前沿“四夸克态和五夸克态的实验和理论研究”,中国热度指数和指标E均排名第1,其他指标也排名在第1,只是指标D排名为第3;美国8个指标均排名第2,指标D排名第1。热点前沿“拓扑声子晶体和拓扑声学机制研究”,中国热度指数排名第2,指标E空白,其他指标也排名在第1~2名;美国热度指数排名第1,指标E空白,其他指标也排名在第1~2名。

第2组,中国处于创新前列,美国处于创新卓越的2个前沿。热点前沿“凝聚态物理中的马约拉纳费米子研究”,中国热度指数和指标E均排名第5,其他指标也排名在第2~6名,美国各个指标排名均为第1名;热点前沿“金属纳米结构表面等离子体性质研究”,中国热度指数排名第5,指标E排名第6,其他指标也排名在第2~15名,美国各个指标排名均为第1名。

第3组,中国处于创新行列,美国处于创新卓越的4个前沿。热点前沿“量子力学模型 Sachdev-Ye-Kitaev 模型研究”,中国热度指数排名第7名,指标E排名第5,其他指标也排名在第4~8名,美国各个指标排名均为第1名;热点前沿“量子自旋液体的理论和实验研究”,中国热度指数排名第8名,指标E排名第4,其他指标也排名在第2~15名,美国热度指数排名第1,指标E排名第2;热点前沿“光学原子钟研究”,中国热度指数排名第7名,指标E空白,其他指标也排名在第2~15名,美国热度指数和指标E等8个指标均排名第1,指标A排名第2。

第4组,中国处于创新追赶,美国处于创新卓越的2个前沿。热点前沿“周期性驱动量子系统的特性研究”,中国热度指数排名第12名,指标A、C、E空白,其他指标也排名在第2~12名,美国各个指标均排名第1;热点前沿“基于无时序相关函数的量子

多体系统研究”,中国热度指数排名第 16 名,多个指标均空白,只指标 B 排名第 10 名,美国各个指标均排名第 1。

第 5 组,中国处于创新行列,美国处于创新前列的 1 个前沿。热点前沿“B 介子反常研究”,中国热度指数排名第 8 名,指标 A、C、E 均空白,美国热度指数排名第 6 名,指标 E 排名第 2,其他指标排名第 3~6 名。

3.8 天文学与天体物理学领域

天文学与天体物理学领域共遴选出 13 个前沿,包括 10 个热点前沿和 3 个新兴前沿。这些前沿,美国均位于创新卓越,根据中国的表现可以分为 3 组,即 1 个创新前列的前沿,4 个创新行列的前沿,8 个创新追赶的前沿,处于创新追赶状态的前沿共占 61.54%。

第 1 组,中国进入创新前列状态的 1 个前沿。热点前沿“基于引力波多信使观测约束中子星的质量、半径和状态方程”,中国热度指数排名第 5 名,指标 E 空白,其他指标都排名第 2~8 名,美国各个指标均排名第 1。

第 2 组,中国处于创新行列的 4 个前沿。热点前沿“对双黑洞并合引力波事件的观测和理论研究”,中国热度指数排名第 7 名,指标 E 空白,其他指标都排名第 2~15 名,美国各个指标均排名第 1。热点前沿“快速射电暴的观测和理论研究”,中国热度指数排名第 7 名,指标 E 排名第 6,美国除了指标 E 排名第 3 外,其他各个指标均排名第 1。热点前沿“通过多种方法测量哈勃常数”,中国热度指数排名第 9 名,指标 E 排名第 5,美国除了指标 E 排名第 3 外,其他各个指标均排名第 1。热点前沿“基于 21 厘米超精细谱线观测研究早期宇宙中的暗物质”,中国热度指数排名第 9 名,指标 E 排名第 5,美国各个指标均排名第 1。

第 3 组,中国处于创新追赶状态的 8 个前沿。热点前沿“对双中子星并合引力波事件 GW170817 的多信使观测”,中国热度指数排名第 16 名,指标 A、C、E 空白,美国各指标均排名第 1。热点前沿“标量—张量引力修正理论及引力波事件的影响”,中国热度指数排名第 11 名,指标 E 排名第 4,美国热度指数和指标 E 均排名第 2。热点前沿“基于“阿塔卡马大型毫米/亚毫米波阵列”(ALMA)、“甚大望远镜”(VLT)等对原行星盘的观测研究”,中国热度指数排名第 13 名,指标 E 空白,美国各指标均排名第 1。热点前沿“南极“冰立方中微子天文台”(IceCube)和“费米伽马射线空间望远镜”(Fermi)对

高能中微子和伽马射线的观测研究”,中国热度指数排名第 17 名,指标 E 空白,美国各指标均排名第 1。热点前沿“对银心伽马射线超出现象的多种理论解释”,中国热度指数排名第 12 名,指标 E 排名第 3,美国各指标均排名第 1。热点前沿“利用宇宙流体动力学模拟方法研究星系形成演化”,中国热度指数排名第 13 名,指标 A、C、E 空白,美国热度指数排名第 3,指标 E 排名第 1。热点前沿“利用“哈勃空间望远镜”(HST)开展宇宙早期暗淡星系性质研究”,中国热度指数排名第 14 名,指标 E 空白,美国各指标均排名第 1。热点前沿“昴星团望远镜主焦点相机战略计划及其巡天观测发现”,中国热度指数排名第 11 名,指标 E 空白,美国热度指数排名第 1,指标 E 排名第 2。

3.9 数学、计算机科学与工程学领域

数学、计算机科学与工程学领域共遴选 15 个前沿,包括 10 个热点前沿和 5 个新兴前沿。中国表现创新卓越的有 14 个前沿(占 93.33%),创新前列的有 1 个前沿。美国表现创新卓越的有 10 个前沿(占 66.67%),创新前列的 2 个前沿,创新行列的有 1 个前沿,创新追赶的有 2 个前沿。

第 1 组,中国和美国处于创新卓越地位的 7 个热点前沿和 2 个新兴前沿。热点前沿“基于 D 数理论、DEMATEL 方法以及 TOPSIS 理论的决策方法研究”“水下瞬态空化湍流的数值模拟研究”“无人机中继网络的部署和轨迹优化”“高温构件寿命预测及可靠性评估”“云计算环境中的数据安全研究”“非正交多路访问网络”“电动汽车用锂离子电池的荷电状态估计”,以及 2 个新兴前沿“工业传感器网络及智能城市等”和“卷积神经网络在磁共振图像处理中的应用”。这些前沿中,中国和美国热度指数均排名在前 3 名,引领这些前沿方向的发展。中国和美国的指标 E 也均排名在前 3 名,只有一个热点前沿“水下瞬态空化湍流的数值模拟研究”例外,美国的指标 E 为空白。

第 2 组,中国处于创新卓越地位,美国处于创新前列的 1 个前沿。新兴前沿“基于最小二乘的迭代参数估计算法及其应用”,中国所有指标排名均第 1,美国热度指数排名第 5,指标 A、C、E、F 均空白,其他指标排名均为第 5 名。

第 3 组,中国处于创新卓越地位,美国处于创新行列的 2 个前沿。热点前沿“高阶非线性薛定谔方程孤子求解及其在光通信领域的应用”,中国热度指数排名第 2,指标 E 排名第 1,美国热度指数排名

第8, 指标E空白。新兴前沿“时间分数阶发展方程求解, 中国热度指数排名第3, 指标E空白, 美国热度指数排名第7, 指标E空白。

第4组, 中国处于创新卓越地位, 美国处于创新追赶的2个前沿。热点前沿“时滞系统稳定性分析方法研究”, 中国各个指标均排名第1。美国热度指数排名第13名, 指标A、C、E均空白。新兴前沿“马尔可夫跳跃系统的H-infinity控制”, 中国各个指标均排名第1。美国热度指数排名第13名, 指标A、C、D、E、F均空白。

第5组, 中国处于创新前列地位, 美国处于创新卓越的1个前沿。热点前沿“Ga₂O₃材料生长及器件研制”, 中国国家研究前沿热度指数和指标E均排名第5。美国国家研究前沿热度指数排名第2名, 指标E排名第1。

3.10 经济学、心理学及其他社会科学领域

经济学、心理学及其他社会科学领域共遴选12个前沿, 包括10个热点前沿和2个新兴前沿, 根据中国的表现可以分为4组, 中国只有4个前沿在创新卓越状态, 4个前沿在创新前列, 2个前沿在创新行列, 2个前沿仍处在创新追赶状态。美国有10个前沿在创新卓越状态, 1个前沿在创新前列, 1个前沿在创新行列。

第1组, 中国处于创新卓越地位的4个前沿。热点前沿“能源消耗及碳排放的分解分析方法”, 中国各个指标均排名第1。美国热度指数和指标E均排名第3, 其他指标都排名在第2~4名。热点前沿“多属性(目标)决策的一些新模型”, 中国各个指标均排名第1, 美国热度指数排名第8, 分指标中, 除国家贡献度及指标B排名第6, 其他指标均空白。热点前沿“智能手机成瘾的原因及对人身心理健康的负面影响”, 中国和美国的热点指数和指标E分别排名第3和第1。热点前沿“大数据分析在商业管理中的应用”中国热度指数和指标E均排名第3; 美国热度指数排名第1, 指标E排名第2。

第2组, 中国处于创新前列的4个前沿。热点前沿“共享经济的若干问题研究”, 中国热度指数排名第6名, 指标E排名第4, 美国热度指数和指标E排名第1。热点前沿“大脑功能结构及连接模式的fMRI研究方法”, 中国热度指数排名第4名, 指标E空白, 美国所有指标都排名第1。热点前沿“社会隔离(孤立)对人身心理健康的影响”, 中国热度指数排名第5名, 指标E空白, 美国所有指标都排名第1。热点前沿“工业4.0及其影响”, 中国热度指数排名第

5名, 指标A、C、E空白, 美国8个指标都排名第1, 只指标F排名第2。

第3组, 中国处于创新行列的2个前沿。热点前沿“在线众筹背景下投资者行为研究”, 中国热度指数排名第7名, 指标A、C、E均空白, 美国各个指标均排名第1。热点前沿“多区域投入产出模型在世界经济和资源环境研究中的应用”, 中国热度指数排名第8名, 指标E空白, 美国热度指数和指标E均排名第4。

第4组, 中国处于创新追赶地位的2个前沿。热点前沿“基于共享社会经济的预测问题研究”, 中国热度指数排名第15名, 指标A、C、E均空白, 美国所有指标都排名第1。热点前沿“偏好最小二乘结构方程模型(PLS-SEM)及其应用”, 中国热度指数排名第11名, 指标A、C、E均空白, 美国热度指数和指标E均排名第3。

4 讨论

本文通过研究前沿的中美比较定量数据分析, 揭示出中国在若干研究上已经处于较高的创新位势, 现阶段在70%以上的研究前沿上已经进入了创新行列及以上(包括创新前列和创新卓越); 美国在绝大多数研究前沿处于较高的创新位势, 98%以上的研究前沿上处于创新行列。

但中国与美国在前沿研究上仍有较大差距, 中美研究前沿热度指数分别为139.68和204.89, 中国约为美国的68.18%。中国和美国分别有63个(占前沿总数的45.99%)和115个(占前沿总数的83.94%)前沿处于创造卓越位势, 中国创新卓越的前沿是美国的54.78%(约一半以上); 美国129个前沿(占前沿总数94.16%)处于创新前列, 136个前沿(占总数99.27%)几乎全部处于创新行列; 中国在86个(占前沿总数的62.77%)研究前沿上已经进入了创新前列(包括创新前列和创新卓越), 108个(占前沿总数78.83%)研究前沿进入了创新行列, 但仍有29个(占前沿总数21.17%)的研究前沿仍处在创新追赶状态。

中国在不同的领域发展并不均衡, 10个领域中, 化学与材料科学领域以及数学、计算机科学和工程领域2个领域已经进入创新卓越的状态, 是中国的现在和未来的优势领域; 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、生物科学领域和物理科学领域5个领域, 中国进入了创新行列, 因此总体来说, 这7个领域处于创新行列及以上

水平。

经济学、心理学以及其他社会科学领域、临床医学领域和天文学与天体物理学领域 3 个领域,中国仅仅有个别前沿进入创新卓越状态,多数前沿尚未进入创新前列,仍处在创新行列或创新追赶状态,甚至个别前沿处于空白。相对来说经济学、心理学以及其他社会科学领域的表现优于其他两个领域,约有一半的前沿进入了创新行列,临床医学领域和天文学与天体物理学领域则有 70% 以上的前沿仍处于创新追赶状态。

通过以上分析,建议我国在落实全面加强基础研究政策过程中,要分类施策,分别深入分析每个学科的整体短板和具体前沿短板。在学科上全面加强布局,对需要填补的空白,坚决填补,不留死角;对创新追赶类的学科和方向要查摆原因,找出弱点,强体

强基,对标猛追;对于创新前列类的学科和方向,总结优势,持续支持,培育卓越;对于创新卓越类学科和方向,战略聚焦,营造生态,产出原创。

参 考 文 献

- [1] Derek PDS, Price DJS, Price D. Networks of scientific papers: the pattern of bibliographic references indicates the nature of the scientific research front. *Science*, 149(3683): 510—515, 1965.
- [2] 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,科睿唯安.《2019 研究前沿》报告. (2019-11-26)/[2020-11-19]. <http://www.casisd.cn/zkcg/zxcg/201911/P020191202389360196297.pdf>.
- [3] 中国科学院科技战略咨询研究院,科睿唯安.《2019 研究前沿热度指数》报告. (2019-11-26)/[2020-11-19]. <http://www.casisd.cn/zkcg/zxcg/201911/P020191202389853494887.pdf>.

A Comparative Study of China and the United States Scientific Research Strength: Based on the Analysis of “Research Frontiers 2019”

Zhou Qiuju Leng Fuhai*

Institutes of science and development, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100190

Abstract This paper conducts a comparative analysis of the scientific research and innovation levels of China and the United States for 100 hot Research Fronts and 37 emerging Research Fronts in 10 fields based on the “2019 Research Fronts”, revealing in which Research Fronts China and the United States is in the innovation excellence position, innovation forefront position or innovation ranks position, or in the innovation catching up position. So as to grasp the gap and advantages between China and the United States. The results show that more than 70% of China’s Research Fronts have entered the innovation rank position and above (including the innovation forefront position and innovation excellence position), and seven of the ten fields are at or above the level of innovation ranks. However, there is still a big gap between China and the United States in Research Fronts. The Research Leadership Index (RLI) of China and the United States are 139.68 and 204.89 respectively. There are 63 and 115 Research Fronts in China and the United States respectively in the innovation excellence position, but the innovation excellence Research Fronts of China is slightly more than half of that of the United States, and about 20% of Research Fronts for China are still in the innovation catching up position.

Keywords scientific research strength; the research leadership index (RLI); research fronts output index; research fronts influence index

(责任编辑 刘敏)

* Corresponding Author, Email: lengfuhai@casisd.cn