

2015研究前沿

中国科学院文献情报中心
汤森路透知识产权与科技事业部
新兴技术未来分析联合研究中心

2015年10月



一、方法论和数据说明

1. 背景介绍

科学研究的世界呈现出蔓延生长，不断演化的景象。科研管理者和政策制定者需要掌握科研的进展和动态，以有限的资源来支持和推进科学进步。对于他们而言，洞察科研动向、尤其是跟踪新兴专业领域将对其工作产生重大的意义。

为此，汤森路透发布了“研究前沿”（Research Fronts）数据和报告。定义一个被称作研究前沿的专业领域的办法，源自于科学研究之间存在的某种特定的共性。这种共性可能来自于实验数据，也可能来自于研究方法，或者概念和假设，并反映在科学家在论文中引用其他科学家的工作这个学术行为之中。

通过持续跟踪全球最重要的科研和学术论文，研究分析论文被引用的模式和聚类，特别是成簇的高被引论文频繁地共同被引用的情况，可以发现研究前沿。当一簇高被引论文共同被引用的情形达到一定的活跃度和连贯性时，就形成一个研究前沿，而这一簇高被引论文便是组成该研究前沿的“核心论文”。研究前沿的分析数据揭示了不同研究者在探究相关的科学问题时会产生一定的关联，尽管这些研究人员的背景不同或来自不同的学科领域。

总之，研究前沿的分析提供了一个独特的视角来揭示科学研究的脉络。研究前沿的分析不依赖于对文

献的人工标引和分类（因为这种方法可能会有标引分类人员判断的主观性），而是基于研究人员的相互引用而形成的知识之间和人之间的联络。这些研究前沿的数据连续记载了分散的研究领域的发生、汇聚、发展（或者是萎缩、消散），以及分化和自组织成更近的研究活动节点。在演进的过程中，每组核心论文的基本情况：如主要的论文、作者、研究机构等，都可以被查明和跟踪。通过对该研究前沿的施引文献的分析，可以发现该领域的最新进展和发展方向。

2013 年汤森路透发布了《2013 研究前沿—自然科学和社会科学的前 100 个探索领域》的白皮书。2014 年汤森路透与中国科学院文献情报中心成立的“新兴技术未来分析联合研究中心”又推出了《2014 研究前沿》分析报告，引起了全球广泛的关注。

2015 年“新兴技术未来分析联合研究中心”延续《2014 研究前沿》的分析方法，推出《2015 研究前沿》。报告仍然以文献计量学中的共被引分析方法为基础，基于汤森路透的 Essential Science Indicators (ESI) 数据库中的 10,839 个研究前沿，遴选出了 2015 年自然科学和社会科学的 10 个大学科领域排名位于最前面的 100 个热点前沿和 49 个新兴前沿。

2. 方法论

整个分析工作分为两个部分：研究前沿的遴选、149 个研究前沿的核心论文及其施引文献的数据提供由汤森路透完成；研究前沿的分析和重点研究前沿（即重点热点前沿和重点新兴前沿）的遴选及解读由中国科学院文献情报中心完成。此次分析基于 2009 – 2014 年的论文数据，数据下载时间为 2015 年 3 月。

2.1 研究前沿的遴选

《2015 研究前沿》分析报告反映了当前自然科学与社会科学的 10 个大学科领域的 149 个研究前沿（包括 100 个热点前沿和 49 个新兴前沿）。我们以 Essential Science Indicators (ESI) 数据库中的 10,839 个研究前沿为起点，遴选目标是要找到那些较为活跃或发展迅速的研究前沿。报告中所列的 149 个研究前沿的具体筛选过程如下：

2.1.1 热点前沿的遴选

先把 ESI 数据库中 21 个学科领域的 10,839 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，按照施引文献总量进行排序，提取排在前 10% 的最具引文影响力的研究前沿。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。通过上述两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和施引文献的数量上会相对较小，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。

2.1.2 新兴前沿的遴选

一个有很多新近的核心论文的研究前沿，通常提示其是一个快速发展的专业研究方向。为了选取新兴的前沿，组成研究前沿的基础文献即核心论文的时效

性是优先考虑的因素。这就是为什么我们称其为“新兴前沿”。为了识别新兴前沿，我们对研究前沿中的核心论文的出版年赋予了更多的权重或优先权，只有核心论文平均出版年在 2013 年 6 月之后的研究前沿才被考虑，然后再按被引频次从高到低排序，选取被引频次在 100 以上的研究前沿，从而遴选出了 49 个新兴前沿（见附表），这 49 个新兴前沿最早的平均出版年是 2013.5。遴选不限定学科，因此 49 个新兴前沿在 10 个大学科领域中分布并不均匀，数学、计算机科学与工程领域没有新兴前沿，而生物领域选出了 15 个新兴前沿。

通过以上两种方法，这份报告突出显示了 10 个高度聚合的大学科领域中的 100 个热点前沿和 49 个新兴前沿。

2.2 研究前沿的分析及重点研究前沿的遴选和解读

本报告在汤森路透遴选的 149 个研究前沿数据的基础上，中国科学院文献情报中心的科技情报研究人员对 10 个大学科领域的 100 个热点研究前沿的发展趋势进行了分析，并对 32 个重点研究前沿进行了详细的解读（见第二至十一章）。重点研究前沿包括重点热点前沿和重点新兴前沿两部分。第十二章是《2015 研究前沿》的新增内容，评估了 6 个主要科技国家在 149 个前沿的基础贡献实力和潜在发展水平。

研究前沿是由一组高被引的核心论文和一组共同引用核心论文的施引文献组成。核心论文来自于 ESI 数据库中的高被引论文，即在同学科同年度中根据被引频次排在前 1% 的论文。这些有影响力的核心论文的作者、机构、国家在该领域也做出了不可磨灭的贡献，本报告也对其进行了深入分析和解读。同时，引用这些核心论文的施引文献可以反映出核心论文所提出的技术、数据、理论在发表之后是如何被进一步发展的，即使这些引用核心论文的施引文献本身并不是高被引论文。

2.2.1 重点研究前沿的遴选

2014 年研究前沿设计了遴选重点研究前沿的指标 CPT，今年在去年 CPT 指标的基础上，又增加了规模指标，即核心论文数（P）。

核心论文数（P）

ESI 数据库用共被引文献簇（核心论文）来表征研究前沿，并根据文献簇的元数据及其统计揭示研究前沿的发展态势，其中核心论文数（P）总量标志着研究前沿的大小，文献簇的平均出版年和论文的时间分布标志着研究前沿的进度。核心论文数（P）表达了研究前沿中知识基础的重要程度。在一定时间段内，一个前沿的核心论文数（P）越大，表明该前沿越活跃。

CPT 指标

遴选重点研究前沿的指标（CPT），是施引文献量即引用核心论文的文獻数量（C）除以核心论文数（P），再除以施引文献所发生的年数（T）。“施引文献所发生的年数”指施引文献集合中最新发表的施引文献与最早发表的施引文献的发表时间的差值。如最新发表的施引文献的发表时间为 2014 年，最早发表的施引文献的发表时间为 2010 年，则该施引文献所发生的年数为 4。

$$CPT = ((C/P)/T) = \frac{C}{P \cdot T}$$

CPT 实际上是一个研究前沿的平均引文影响力和施引文献发生年数的比值，该指标越高代表该前沿越热或越具有影响力。它反映了某研究前沿的引文影响力的广泛性和及时性，可以用于探测研究前沿的突现、发展以及预测研究前沿下一个时期可能的发展。该指标既考虑了某研究前沿受到关注的程度，即有多少施引文献引用研究前沿中的核心论文，又反映了该研究前沿受关注的年代趋势，即施引文献所发生的年度。

在研究前沿被持续引用的前提下，

当两个研究前沿的 P 和 T 值分别相等时，则 C 值较大的研究前沿的 CPT 值也随之较大，指示该研究前

沿引文影响力较大。

当两个研究前沿的 C 和 P 值分别相等时，则 T 值较小的研究前沿的 CPT 值相反会较大，指示该研究前沿在近期受关注度较高。

当两个研究前沿的 C 和 T 值分别相等时，P 值较小的研究前沿的 CPT 反而会较大，指示该研究前沿引文影响力较大。

《2015 研究前沿》在遴选重点研究前沿过程中，对每个大学科领域的 10 个“热点前沿”用核心论文数（P）各遴选出一个“重点热点前沿”，同时用 CPT 指标再各遴选出一个“重点热点前沿”。因此用这两个指标共遴选出 20 个“重点热点前沿”。对于 49 个“新兴前沿”，利用 CPT 指标遴选出 10 个“重点新兴前沿”。

针对物理学领域和数学、计算机科学和工程领域的研究前沿分布的特点，通过人工判断对上述两个大学科领域的重点研究前沿进行了增减。具体做法是：物理学领域中 10 个热点前沿和 10 个新兴前沿中各有 2 个与“希格斯波色子”主题相关，用 CPT 指标遴选出一个“希格斯波色子观测”重点热点前沿，但为了对“希格斯波色子”相关前沿进行更为全面的分析，我们选择对 4 个与“希格斯波色子”相关前沿都进行解读；限于篇幅，不再对基于“核心论文规模”遴选出的“复杂网络的合作行为”重点热点前沿和重点新兴前沿“顶夸克伙伴搜寻”进行解读。在数学、计算机科学和工程领域用 CPT 指标和“核心论文规模”两个指标遴选出的“重点热点前沿”都属于工程领域。为了平衡数学和计算机科学领域“重点热点前沿”的缺失，根据专业解读人员对该领域研究前沿的把握，分别在数学领域和计算机领域各选择了一个重点热点前沿进行了解读。

通过上述两个指标并结合人工判断对十个领域的 100 个热点前沿遴选出 22 个重点热点前沿，用 CPT 指标和人工判断从 49 个新兴前沿中遴选出 10 个重点

新兴前沿。因此对于 149 个研究前沿，共遴选出 32 个重点前沿进行深度解读。

2.2.2 研究前沿的分析和解读

热点前沿分析及重点热点前沿的解读

对于每个学科领域，第一张表展示的是核心论文数量、核心论文的总被引频次、核心论文平均出版年，每个学科领域遴选出的重点热点前沿在表中用橘黄色底纹标出。然后，对每个学科领域遴选出的重点热点前沿进行深度分析和解读。因为分析数据基于 2009 — 2014 年的论文，核心论文平均出版年份会介于 2009 — 2014 年之间。

每个学科领域的 10 个研究前沿中引用核心论文的论文（施引文献）的年度分布用气泡图的方式展示。CPT 指标最高的重点热点前沿用红色气泡表示。气泡大小表示每年施引文献的数量，对于那些施引文献量大，而施引文献所发生的年数少的前沿，也就是 CPT 值高的前两种情况，可以从图中直观地看出哪些是重

点热点前沿。但是对于核心论文（P）较少的情况，则需要结合数据来看。大部分研究前沿的施引文献每年均有一定程度的增长，因此气泡图也有助于对研究前沿发展态势的理解。

每个学科领域的第二张表对核心论文的国家、机构活跃状况进行了分析。揭示出哪些国家、机构在某重点热点前沿中有较大贡献，同时也可以发现该前沿中的卓越科研人员。第三张表则对施引文献中的国家和机构进行了分析，探讨机构、国家在这些研究前沿的发展中的研究布局。

重点新兴前沿的解读

新兴前沿的体量（核心论文及其施引文献）较小，因此，统计数据的分析意义不大。通过科技情报研究人员对重点新兴前沿的核心论文及相关信息进行内容方面的解读，可以了解重点新兴前沿的发展脉络、研究力量布局、及发展前景。



二、农业、植物学和动物学

1. 热点前沿

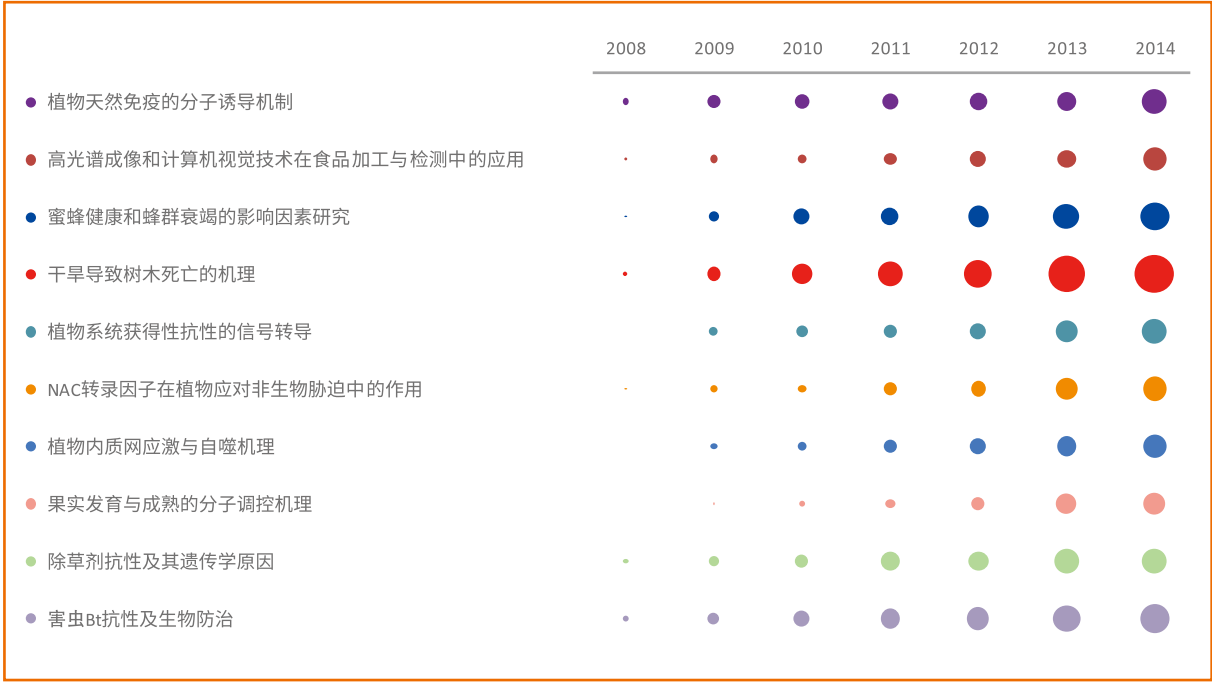
1.1 农业、植物学和动物学领域 Top10 研究前沿发展态势

农业、植物学和动物学领域 Top10 研究前沿重点集中在植物对生物和非生物胁迫的抗性这一方向上，具体包括植物天然免疫机理、树木旱死机理、植物系统获得性抗性、植物抗非生物胁迫机理及植物内质网应激和自噬等几个方面。此外，食品安全、事关粮食丰产的授粉动物——蜜蜂的健康、果实发育与成熟机理及除草剂抗性及其遗传等也均进入了该领域的 Top10 研究前沿（表 1）。这些研究前沿的施引论文量自 2008 年来一直均呈逐年增长趋势（图 1），反映了这些前沿逐渐受到关注并不断发展，进而成为该领域的研究热点的历程。

表 1 农业、植物学和动物学领域 Top10 研究前沿

排名	研究前沿	核心论文	被引频次	核心论文平均出版年
1	植物天然免疫的分子诱导机制	35	1884	2012.3
2	高光谱成像和计算机视觉技术在食品加工与检测中的应用	36	1084	2012.1
3	蜜蜂健康和蜂群衰竭的影响因素研究	43	2616	2011.7
4	干旱导致树木死亡的机理	44	4066	2011.6
5	植物系统获得性抗性的信号转导	18	1275	2011.6
6	NAC 转录因子在植物应对非生物胁迫中的作用	17	1039	2011.5
7	植物内质网应激与自噬机理	22	1022	2011.5
8	果实发育与成熟的分子调控机理	22	998	2011.5
9	除草剂抗性及其遗传学原因	22	1336	2011.4
10	害虫 Bt 抗性及其生物防治	32	2195	2011.4

图 1 农业、植物学和动物学领域 Top10 研究前沿的施引论文



1.2 重点热点前沿——“植物系统获得性抗性的信号转导”

植物系统获得性抗性 (Systemic Acquired Resistance, SAR) 是一种能够诱导植物持续抵御病原微生物侵害的一种防御机制。研究植物系统获得性抗性旨在提高植物的抗病害能力,近年来随着全球气候变化,病虫害日益猖獗,给农业生产造成了很大的损失,因此提高植物的抗病性,尤其是如何赋予植物一种可持续的抗病性,成为科研人员的关注热点。目前,各国在植物系统获得性抗性及其信号转导方面开展了大量研究,已分离和鉴定出许多涉及植物抗病信号转导系统的突变体,克隆了相应的基因,对植物抗病信号转导途径有了比较清晰的认识,而且研究重点仍在持续研究和发现其信号转导途径中的相关成分和基因。

该热点前沿中的 18 篇核心论文基本上都是在研究植物系统获得性抗性信号转导路径中的关键化学物质和基因。例如,美国芝加哥大学分子遗传学和细胞生物学系的 Greenberg JT 教授于 2009 年发表在《Science》上的“Priming in systemic plant immunity”一文被引频次最高,有 199 次,该文研究发现了壬二酸和壬二酸诱导 1 基因 (AZI1) 在防御启动中的重要作用。以这些核心论文为代表的研究工作不断丰富和充实了植物系统获得性抗性的防御机理研究。

从国家和机构层面来看 (表 2), 美国是该热点前沿核心论文的主要产出国,主导或参与发表了 11

表 2 “植物系统获得性抗性的信号转导”研究前沿中 18 篇核心论文的 Top 产出国和机构

排名	国家	核心论文	比例	排名	机构	核心论文	比例
1	美国	11	61.1%	1	詹姆士大学 (西班牙)	3	16.7%
2	德国	7	38.9%	2	谢菲尔德大学 (英国)	2	11.1%
3	瑞士	4	22.2%	2	弗里堡大学 (瑞士)	2	11.1%
4	英国	4	22.2%	2	纳沙泰尔大学 (瑞士)	2	11.1%
5	西班牙	3	16.7%	2	洛桑研究所 (英国)	2	11.1%
				2	兰卡斯特大学 (英国)	2	11.1%
				2	杜克大学 (美国)	2	11.1%
				2	康奈尔大学 (美国)	2	11.1%
				2	北德克萨斯大学 (美国)	2	11.1%
				2	密苏里大学 (美国)	2	11.1%
				2	肯塔基大学 (美国)	2	11.1%
				2	杜塞尔多夫大学 (德国)	2	11.1%
				2	亚琛工业大学 (德国)	2	11.1%
				2	维尔茨堡大学 (德国)	2	11.1%

篇，占该前沿核心论文总量的 61.1%。此外，德国也是重要产出国，主导或参与发表了 7 篇，占比为 38.9%。

从后续不同国家和机构对该前沿的跟进情况（表 3）来看，美国贡献了 230 篇施引论文，占总施引论文量的 28.9%，是排在第二位的德国施引论文量（113 篇）的 2 倍多。中国以 101 篇的施引论文量排名第三。在机构层面，德国马普学会以 31 篇施引论文排名第一，其次是荷兰的乌得勒支大学（25 篇），排在第三的是法国国家科学研究中心，有 21 篇。美国有 3 家机构进入施引论文产出机构 Top10，多于其他国家的机构数量。

综合分析热点前沿“植物系统获得性抗性的信号转导”的核心论文与施引论文的结果表明，美国、德国、瑞士、英国和西班牙既是该热点前沿核心论文的产出国又是施引的重要国家，其中美国的研究力量和产出最强。

表 3 “植物系统获得性抗性的信号转导”研究前沿中施引论文的 Top10 产出国和产出机构

排名	国家	施引论文	比例	排名	机构	施引论文	比例
1	美国	230	28.9%	1	马普学会（德国）	31	3.9%
2	德国	113	14.2%	2	乌得勒支大学（荷兰）	25	3.1%
3	中国	101	12.7%	3	法国国家科学研究中心（法国）	21	2.6%
4	英国	71	8.9%	4	詹姆士大学（西班牙）	20	2.5%
5	法国	60	7.5%	5	法国国家农业科学研究院（法国）	19	2.4%
6	西班牙	60	7.5%	6	美国农业部（美国）	18	2.3%
7	荷兰	55	6.9%	7	西班牙科学研究委员会（西班牙）	17	2.1%
8	日本	43	5.4%	7	加州大学戴维斯分校（美国）	17	2.1%
9	瑞士	38	4.8%	9	纳沙泰尔大学（瑞士）	16	2.0%
10	加拿大	37	4.6%	10	中国科学院（中国）	15	1.9%
				10	康奈尔大学（美国）	15	1.9%

1.3 重点热点前沿——“干旱导致树木死亡的机理”

随着全球气候变暖，干旱逐渐成为影响植物生长发育的重要非生物胁迫因素，并且威胁到了地球上众多林木的存活。特别是近年来对森林生态环境的重视更加引发了研究人员对树木干旱问题的关注，而由于干旱引起的树木死亡的机理这一基础研究也已成为了当前研究的重点热点前沿。

该热点前沿的 44 篇核心论文主要集中在调查和揭示某些地区或全球树木因干旱死亡的情况和原因。美国西部生态研究中心通过对美国西部古老森林的数据进行纵向分析，发现近几十年来树木的死亡率在快速提高，并分析认为这是由于区域气候变暖及由此引起的水缺乏加重而导致的。美国地质调查局通过对全球由干旱和高温引起的树木死亡状况进行评估，揭示出森林面临的由新兴气候变化带来的风险。2012 年，

《Nature》杂志刊登了有 11 个国家的科学家们参与的一项研究警告称，全球森林系统正面临着极大地“干旱致死”风险。

虽然科学家们已经揭示了干旱引发广泛的森林退化的现象。但是目前人们对于干旱是如何引发森林消亡的确切机制仍在探索阶段。本热点前沿的核心论文的研究结果显示，“水力失效”和“碳饥饿”可能是干旱条件下植物死亡的两个关键因素。

从国家和机构的角度（表 4）来看，在该前沿中，美国的研发极具影响力和活跃度，贡献了超过 65.9% 的核心论文（29 篇），同时还包揽了核心论文量排名前 10 的机构中的 8 个，领先于其他国家。

表 4 “干旱导致树木死亡的机理”研究前沿中 44 篇核心论文的 Top10 产出国和产出机构

排名	国家	核心论文	比例	排名	机构	核心论文	比例
1	美国	29	65.9%	1	美国能源部（美国）	11	25.0%
2	澳大利亚	8	18.2%	2	美国农业部森林局（美国）	9	20.5%
2	加拿大	8	18.2%	2	亚利桑那大学（美国）	9	20.5%
4	法国	7	15.9%	4	新墨西哥大学（美国）	7	15.9%
5	西班牙	6	13.6%	5	法国国家农业科学研究院（法国）	6	13.6%
5	英国	6	13.6%	6	巴塞罗那自治大学（西班牙）	5	11.4%
7	意大利	5	11.4%	6	美国地质调查局（美国）	5	11.4%
8	德国	4	9.1%	6	犹他大学（美国）	5	11.4%
9	中国	3	6.8%	6	俄勒冈州立大学（美国）	5	11.4%
9	墨西哥	3	6.8%	6	北亚利桑那大学（美国）	5	11.4%

从后续引用该热点前沿的施引论文量来看，美国的 1088 篇施引论文（表 5），占该前沿总施引论文量的 49.0%，遥遥领先于其他国家，是排名第 2 的澳大利亚施引论文量（263 篇）的 4 倍多。澳大利亚、加拿大、西班牙、法国和德国也都产出了两百多篇施引论文，以 10% 左右的占比构成了该前沿的第 2 梯队。英国、中国和瑞士则以约 160 篇施引论文（7%）形成第 3 梯队。

在施引论文量排名前 10 的机构中，有 6 个来自美国，表明在该热点前沿，美国及其研究机构都很活跃且有影响力，具有很大的竞争优势。其他 4 家机构分别来自于法国、西班牙、瑞士和中国。法国国家农业科学研究院以 105 篇施引论文位列 Top10 机构的第 2 位。第 5 和第 6 名的是西班牙科学研究委员会和瑞士联邦森林、雪与景观研究所。中国科学院以第 8 名的位置开始进入该领域的追赶行列。

表 5 “干旱导致树木死亡的机理”研究前沿中施引论文的 Top10 产出国和产出机构

排名	国家	核心论文	比例	排名	机构	核心论文	比例
1	美国	1088	49.0%	1	美国森林服务公司（美国）	197	8.9%
2	澳大利亚	263	11.8%	2	法国国家农业科学研究院（法国）	105	4.7%
3	加拿大	251	11.3%	3	亚利桑那大学（美国）	103	4.6%
4	西班牙	231	10.4%	4	俄勒冈州立大学（美国）	86	3.9%
5	法国	216	9.7%	5	西班牙科学研究委员会（西班牙）	81	3.6%
6	德国	216	9.7%	6	瑞士联邦森林、雪与景观研究所（瑞士）	80	3.6%
7	英国	159	7.2%	6	美国能源部（美国）	80	3.6%
8	中国	158	7.1%	8	中国科学院（中国）	77	3.5%
9	瑞士	157	7.1%	9	美国地质调查局（美国）	74	3.3%
10	意大利	101	4.5%	10	北亚利桑那大学（美国）	71	3.2%

2. 新兴前沿

“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”

本领域有一个新兴前沿，即“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”。盐碱胁迫给农业生产造成的损失仅次于干旱，全球每年因此损失超过 120 亿美元并且仍在上升，这将严重威胁到农业生产的可持续发展，因此在人口不断增加，耕地日趋减少和淡水资源不足的情况下，了解植物耐盐机理、开发利用耐盐植物资源、培育耐盐作物、有效控制和利用盐碱土等对农业发展、粮食安全、生态环境等有重要意义。其中研究植物耐盐胁迫的生理机制，包括钾离子的吸收和传输，是该方向上的基础研究，是培育耐盐品种，提高植物耐盐性的重要基础。

该新兴前沿 15 篇核心论文围绕植物耐盐问题从多个角度开展了机理研究。澳大利亚塔斯马尼亚大学的 Shabala S 教授在植物耐盐方面颇有建树，贡献了 4 篇核心论文，他于 2013 年发表的一篇综述论文总结了耐盐植物的耐盐生理机制及耐盐基因研究进展，并指出耐盐植物研究可以帮助解决盐胁迫问题；同年发表的一篇研究论文则探讨了液泡膜快速激活和慢速激活通道的活性降低对赋予兼性盐生植物耐盐性的必要性。

以这些核心论文为代表的相关研究为开发耐盐作物，提高粮食产量奠定了重要的理论基础。



三、生态与环境科学

1. 热点前沿

1.1 生态与环境科学领域 Top 10 研究前沿发展态势

在生态与环境科学领域中，可以归纳为两个前沿群，“资源开发和利用对环境和健康的影响”前沿群和“生物多样性遗传、形成和维持机制研究”前沿群。“资源开发和利用对环境和健康的影响”前沿群，包括 4 个热点前沿“页岩气开发对环境的影响”、“海洋环境中的塑料微粒污染”、“福岛核事故对环境的影响”和“人类暴露于双酚 A 的健康风险评估”。此外 1 个新兴前沿“药物及个人护理品（PPCPs）的环境危害性及其污染控制”也可以归到这个前沿群。该前沿群对人类利用资源过程中产生的不同的环境问题进行了深入探讨。

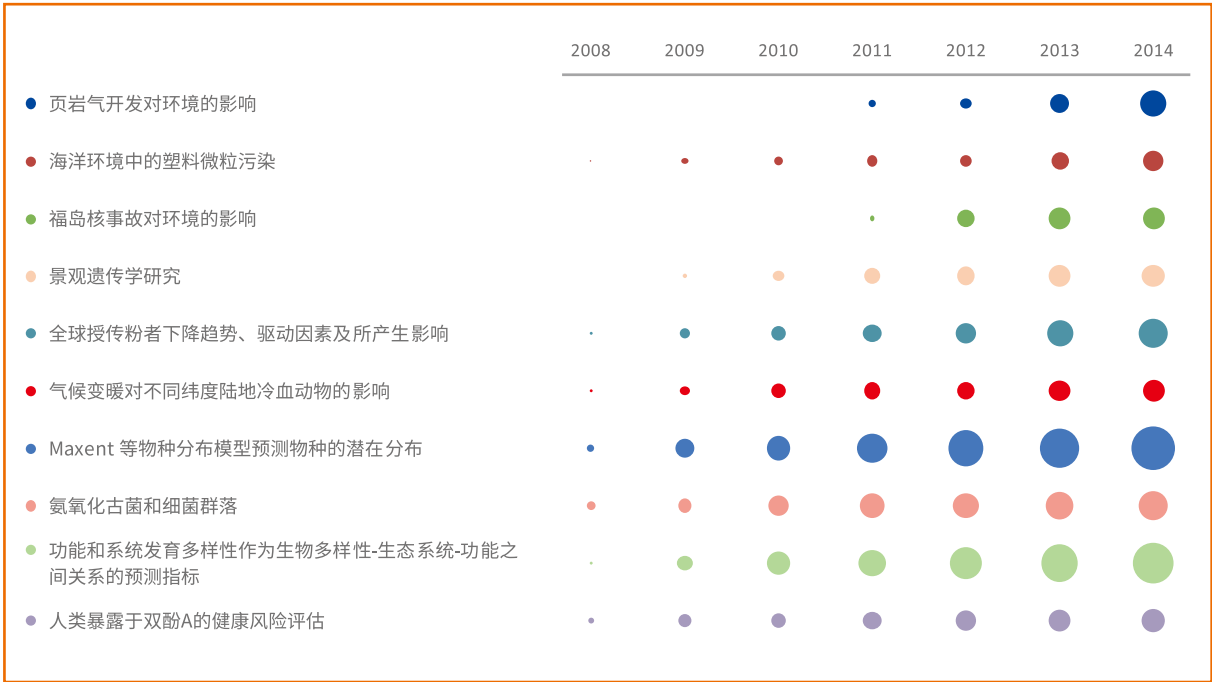
“生物多样性遗传、形成和维持机制研究”前沿群关注了生态学中的核心问题，包括“景观遗传学研究”等 6 个热点前沿。其中与 2014 年研究前沿有重复的 3 个热点前沿分别为：“景观遗传学研究”、“氨氧化古菌和细菌群落”和“Maxent 等物种分布模型预测物种的潜在分布”。



表 6 生态与环境科学领域 Top 10 研究前沿

排名	研究前沿	核心论文	被引频次	核心论文平均出版年
1	页岩气开发对环境的影响	40	1283	2012.8
2	海洋环境中的塑料微粒污染	17	1122	2011.8
3	福岛核事故对环境的影响	18	1321	2011.7
4	景观遗传学研究	11	1165	2010.1
5	全球授传粉者下降趋势、驱动因素及所产生影响	13	1986	2010
6	气候变暖对不同纬度陆地冷血动物的影响	5	1127	2009.8
7	Maxent 等物种分布模型预测物种的潜在分布	22	6093	2009.6
8	氨氧化古菌和细菌群落	30	4796	2009.6
9	功能和系统发育多样性作为生物多样性 - 生态系统 - 功能之间关系的预测指标	26	4747	2009.6
10	人类暴露于双酚 A 的健康风险评估	7	1553	2009.6

图 2 生态与环境科学领域 Top 10 研究前沿施引论文



1.2 重点热点前沿——“气候变暖对不同纬度陆地冷血动物的影响”

美国华盛顿大学的海洋学家 Deutsch CA 等在 2008 年 5 月 6 日的《PNAS》上发表论文称，全球变暖下热带物种特别是冷血动物更易灭绝。生活在寒冷地区的动物习惯了气温大幅度的变化，而热带物种特别是昆虫等冷血动物，生存在气温变化范围较小的环境中，能够应付的温度范围很窄，即便温度只上升 2 或 4 摄氏度，它们对温度变化的强烈敏感性也会将它们置于危险的境地，因此也会面临更大的灭绝风险。

这一研究改变了人们的普遍认识：热带物种遭受气候变化的影响要小一些，从而引领了“气候变暖对不同纬度陆地冷血动物的影响”这一研究前沿。该核心论文的被引频次达到 623 次。

“气候变暖对不同纬度陆地冷血动物的影响”前沿中入选了 5 篇核心论文，涉及美国、澳大利亚和加拿大 3 个国家（表 7）。

表 7 “气候变暖对不同纬度陆地冷血动物的影响”研究前沿中核心论文的 Top 产出国家和机构

排名	国家	施引论文	比例	排名	机构	施引论文	比例
1	美国	4	80.0%	1	华盛顿大学（美国）	3	60.0%
2	澳大利亚	3	60.0%	2	墨尔本大学（澳大利亚）	2	40.0%
3	加拿大	1	20.0%	3	悉尼大学（澳大利亚）	1	20.0%
				3	西蒙弗雷泽大学（加拿大）	1	20.0%
				3	科罗拉多州立大学（美国）	1	20.0%
				3	哥伦比亚大学（美国）	1	20.0%
				3	加州大学洛杉矶分校（美国）	1	20.0%
				3	加州大学河滨分校（美国）	1	20.0%
				3	俄克拉荷马大学医学中心（美国）	1	20.0%
				3	波多黎各大学（美国）	1	20.0%
				3	威斯康星大学麦迪逊分校（美国）	1	20.0%
				3	迪肯大学（澳大利亚）	1	20.0%
				3	詹姆斯库克大学（澳大利亚）	1	20.0%
				3	珊瑚礁和热带雨林研究中心（澳大利亚）	1	20.0%

从该热点前沿的施引论文的国家分布来看（表 8），Top10 国家中，美国以 379 篇施引论文占总施引论文量的 43.4%，分别是第 2 名澳大利亚和第 3 名英国的 2.4 倍和 2.8 倍。施引论文量排名前 10 的机构中，澳大利亚的墨尔本大学贡献了 48 篇施引论文。南非的

斯坦陵布什大学，澳大利亚的詹姆斯库克大学和西班牙科学研究委员会各自有 36、35 和 33 篇施引论文。而核心论文中贡献最多的华盛顿大学则仅参与了 27 篇施引论文。

表 8 “气候变暖对不同纬度陆地冷血动物的影响” 研究前沿中施引论文的 Top 产出国家和机构

排名	国家	施引论文	比例	排名	机构	施引论文	比例
1	美国	379	43.4%	1	墨尔本大学（澳大利亚）	48	5.5%
2	澳大利亚	157	18.0%	2	斯坦陵布什大学（南非）	36	4.1%
3	英国	135	15.5%	3	詹姆斯库克大学（澳大利亚）	35	4.0%
4	加拿大	72	8.2%	4	西班牙科学研究委员会（西班牙）	33	3.8%
5	西班牙	65	7.4%	5	奥尔胡斯大学（丹麦）	29	3.3%
6	德国	61	7.0%	6	莫纳什大学（澳大利亚）	28	3.2%
7	法国	61	7.0%	7	华盛顿大学（美国）	27	3.1%
8	南非	59	6.8%	8	悉尼大学（澳大利亚）	21	2.4%
9	丹麦	43	4.9%	8	英国南极调查局（英国）	21	2.4%
10	智利	39	4.5%	8	哈佛大学（美国）	21	2.4%

1.3 重点热点前沿——“页岩气开发对环境的影响”

该热点前沿探讨了页岩气开发引发的环境问题，尤其是开发页岩气所使用到的大规模水力压裂技术对环境提出的严重挑战。页岩气开发过程中面临的主要环境问题有以下几种：一是水力压裂过程中使用压裂液的潜在风险；二是压裂之后的废水处理问题；三是压裂造成的地下水污染问题；四是淡水资源的大量消耗问题；五是温室气体排放特别是甲烷的泄漏问题；六是开采过程中伴生的其它环境问题，例如引发地震等。

该热点前沿的 40 篇核心论文重点关注了页岩气开发对区域水环境质量的影响以及温室气体排放特别是甲烷的排放对空气的影响。美国杜克大学全球变化中心主任 Jackson R 于 2011 年 5 月作为通讯作者在《PNAS》上发表的一项研究表明在采用水力压裂

(hydrofrack) 提取页岩气 (shale-gas) 位点附近的水井甲烷水平要比那些远离页岩气操作位点的高 17 倍。这篇论文被评为《PNAS》2011 年度十大研究发现之一，同时也是该热点前沿获得引用最多的论文，被引频次达到 189 次。这篇得到同行高度评价的论文是第一篇证实了水下压裂化合物和废水会毒化地下水供应的独立科学文献，而此前这一环保人士强烈支持的观点一直被天然气行业否认。此外，Jackson R 还有两篇论文入选该热点前沿的核心论文。因此 Jackson R 无论从核心论文数还是被引频次都是该热点前沿最活跃的作者。

该热点前沿的 40 篇核心论文，美国参与了 39 篇。而 Top 产出机构则全部被美国机构包揽。其中杜克大学以 9 篇核心论文位居 Top10 产出机构的榜首 (表 9)。

表 9 “页岩气开发对环境的影响”研究前沿中 40 篇核心论文的 Top 产出国家和产出机构

排名	国家	核心论文	比例	排名	机构	核心论文	比例
1	美国	39	97.5%	1	杜克大学（美国）	9	22.5%
2	中国	1	2.5%	2	匹兹堡大学（美国）	6	15.0%
2	德国	1	2.5%	3	科罗拉多大学（美国）	5	12.5%
2	意大利	1	2.5%	4	卡内基梅隆大学（美国）	4	10.0%
2	荷兰	1	2.5%	5	达特茅斯学院（美国）	3	7.5%
				5	美国国家海洋与大气管理局（美国）	3	7.5%
				5	加州大学伯克利分校（美国）	3	7.5%
				5	斯坦福大学（美国）	3	7.5%
				5	德克萨斯大学奥斯汀分校（美国）	3	7.5%

从表 10 施引论文的 Top10 产出国和产出机构可以看出，美国表现出绝对的领先优势，以 472 篇的施引论文数占了该热点前沿施引论文总数的 75%，约为第 2 名英国（49 篇）的 10 倍。加拿大和中国分别以

48 篇和 42 篇施引论文，位列 Top 10 产出国的第 3 和第 4 名。该热点前沿施引论文的 Top10 产出机构仍然被美国的机构包揽。

表 10 “页岩气开发对环境的影响”研究前沿中施引论文的 Top10 产出国家和产出机构

排名	国家	施引论文	比例	排名	机构	施引论文	比例
1	美国	472	75.2%	1	科罗拉多大学（美国）	42	6.7%
2	英国	49	7.8%	2	美国国家海洋与大气管理局（美国）	38	6.1%
3	加拿大	48	7.6%	3	杜克大学（美国）	36	5.7%
4	中国	42	6.7%	4	匹兹堡大学（美国）	30	4.8%
5	澳大利亚	29	4.6%	5	德克萨斯大学奥斯汀分校（美国）	27	4.3%
6	德国	23	3.7%	6	加州大学伯克利分校（美国）	25	4.0%
7	荷兰	15	2.4%	7	卡内基梅隆大学（美国）	23	3.7%
8	意大利	12	1.9%	8	斯坦福大学（美国）	22	3.5%
8	波兰	12	1.9%	9	哈佛大学（美国）	20	3.2%
10	挪威	10	1.6%	9	美国能源部（美国）	20	3.2%

2. 新兴前沿

“药物及个人护理品 (PPCPs) 的环境危害性及其污染控制”

药物和个人护理用品 (pharmaceuticals and personal care products, PPCPs) 作为一类新兴的污染物, 是 Daughton CG 和 Ternes TA 在 1999 年提出的。PPCPs 虽然其在环境中的浓度很低, 却对环境有着深远且不可恢复的影响。PPCPs 主要包括两大类: 一类是药物 (主要包括消炎止痛药、抗菌药、抗生素、抗癌药、咖啡因等), 另一类则是个人护理用品 (包括香料、化妆品、香皂、洗发水等)。

PPCPs 浓度非常低, 一般在 $\text{ng/L} - \mu\text{g/L}$ 级别, 但其仍会对生物带来致畸、恶性肿瘤、神经系统、免疫系统等方面的健康威胁。不同于传统持久性有机污染物 (POPs) “难降解” “生物积累” 和 “全球循环” 的特性, 大多数 PPCPs 的极性、易溶于水以及较弱的挥发性阻止了它们像 POPs 一样 “全球蒸发” 行为的发生, 因而意味着 PPCPs 在环境中的分布将主要通过水相传递和食物链扩散。尽管 PPCPs 的半衰期短, 浓度低, 然而人类活动连续输入使环境中 PPCPs 呈现出一种 “持续存在” 的状态。因此科学家们将该类物质称为 “虚拟持久性化学物质”。PPCPs 的污染主

要来自于制药厂的生产废水、城市污水处理厂、垃圾填埋场等。由于传统污水处理厂的废水处理技术没有配备处理 PPCPs 的技术, 大部分未经处理的 PPCPs 被直接排至受纳水体中, 对生物及微生物产生危害, 因此提高污水处理系统中关于 PPCPs 的处理技术对于保护水资源具有积极且深远的意义。

近几年, PPCPs 在环境中的迁移、转化和处理已引起普遍关注, 对环境中 PPCPs 的检测及处理方法的研究已成为新热点。一个与 PPCPs 相关的主题 “环境水和废水中的药物残留” 入选为《2013 研究前沿》的热点前沿。今年, “药物及个人护理品 (PPCPs) 的环境危害性及其污染控制” 新兴研究前沿中共入选 5 篇核心论文, 被引频次最高的一篇论文来自英国约克大学的 Boxall ABA 等在 2012 年发表在《Environmental Health Perspectives》上的一篇文章, 共获得了 95 次被引。该论文总结了 PPCPs 对环境影响的六大类问题: a) 评估物质的优先序, b) 暴露的途径, c) 生物利用度和吸收, d) 风险和相对风险, e) 抗生素的抗药性, 和 f) 风险管理。其他 4 篇核心论文均发表于 2014 年, 分别关注了不同的 PPCPs 对鸟类、淡水食物网、水生系统的影响。



四、地球科学

1. 热点前沿

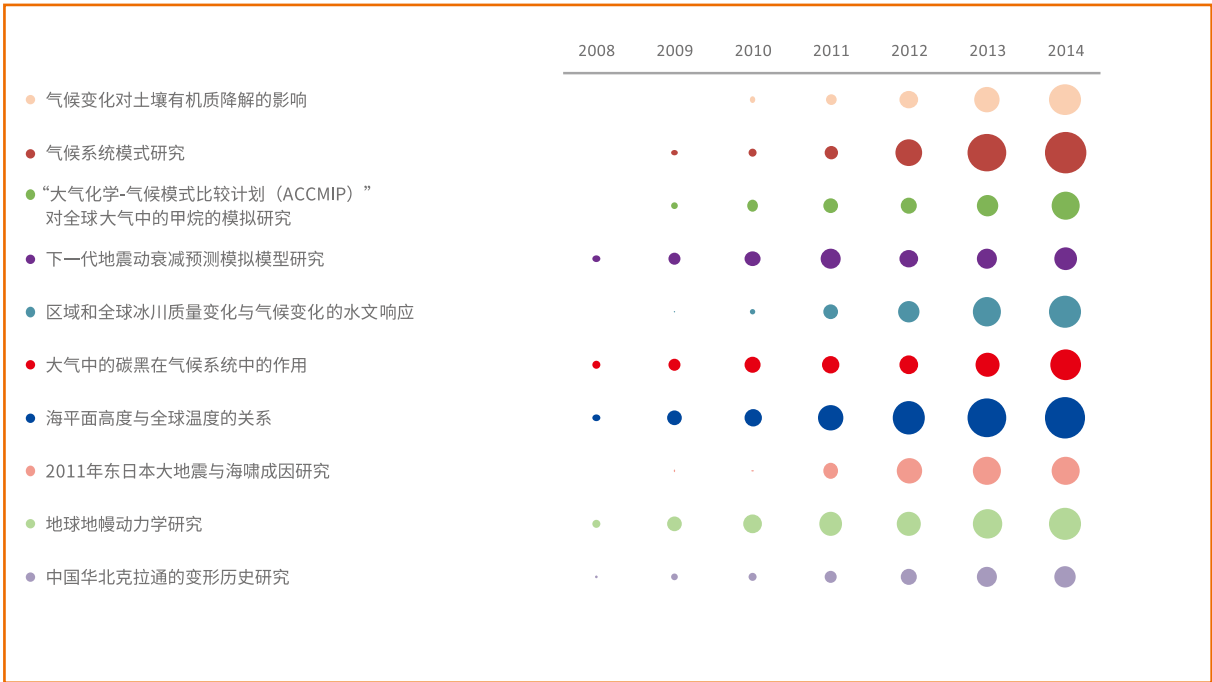
1.1 地球科学领域 Top10 研究前沿发展态势

地球科学领域 Top10 研究前沿中有 6 个与气候变化有关（前沿 1、2、3、5、6 和 7），另外 4 个侧重地球物理学和地质学研究（前沿 4、8、9 和 10），显示出地球科学科研工作者在传统研究重点基础上，在应对全球气候变化方面做出的非凡努力和卓越贡献。气候变化问题涉及工业化进程、经济发展模式、科学认知水平等多个层面，同时也逐渐演化成为当前国际上最为棘手的地缘政治问题之一。

表 11 地球科学领域 Top 10 研究前沿

排名	研究前沿	核心论文	被引频次	核心论文平均出版年
1	气候变化对土壤有机质降解的影响	21	1153	2012.3
2	气候系统模式研究	32	2597	2011.9
3	“大气化学 - 气候模式比较计划 (ACCMIP) ” 对全球大气中的甲烷的模拟研究	18	1017	2011.9
4	下一代地震动衰减预测模拟模型研究	22	1785	2011.8
5	区域和全球冰川质量变化与气候变化的水文响应	20	1651	2011.8
6	大气中的碳黑在气候系统中的作用	5	1103	2011.6
7	海平面高度与全球温度的关系	46	3697	2011.5
8	2011 年东日本大地震与海啸成因研究	29	2414	2011.4
9	地球地幔动力学研究	30	1968	2011.4
10	中国华北克拉通的变形历史研究	24	1584	2011.3

图 3 地球科学领域 Top 10 研究前沿施引论文



1.2 重点热点前沿——“大气中的碳黑在气候系统中的作用”

烟尘中的碳黑是大气中可见太阳辐射最主要的吸收剂，其人为来源遍布全球，在地球气候系统中扮演着独特而重要的角色。大气中的碳黑对大气辐射具有直接的强吸收作用，在传输过程中能够与其他气溶胶混合并形成广泛分布的大气棕色云团、进而影响水文循环，沉降在冰雪表面的碳黑还会增加热量的吸收、从而加速积雪和冰川融化。大量科学研究表明，碳黑排放已成为仅次于二氧化碳排放的导致当前全球变暖的第二大因素。尽管整体而言，迄今为止，碳黑减排尚未与二氧化碳减排一样得到政治层面的高度重视，但其科学性已得到充分证明和广泛认可。学术界认为，碳黑减排不仅可对缓解气候变化起到立竿见影的实际效果，而且有助于公众重拾信心，或可开启未来气候变化政策的新篇章。

“大气中的碳黑在气候系统中的作用”热点前沿中的 5 篇核心论文分别综述和研究了大气中的碳黑对气候变化的影响，其主要来源（包括运输用化石燃料，工业和生活用固体燃料，生物质的露天焚烧等），研究方法（气候模型与观测研究），数据来源，以及对规范碳黑测量数据的建议等。其中加州大学圣迭戈分校的 Ramanathan V 等在 2008 年发表于《Nature Geoscience》上的“Global and regional climate changes due to black carbon”一文被引频

次高达 721 次，是地球科学领域 Top10 研究前沿核心论文中单篇被引频次最高的论文。以这些核心论文为代表的科研工作不仅拓展了地球科学研究的深度和广度，更重要的是为气候变化应对政策的调整提供了科学依据。在 2009 年哥本哈根全球气候峰会失败之后，由多国专家学者共同研讨并推出的《哈特维尔报告——2009 年谈判失败后气候政策新方向》（The Hartwell Paper, A new direction for climate policy after the crash of 2009），以及 2012 年《Science》刊出的研究论文“Simultaneously mitigating near-term climate change and improving human health and food security”积极倡导和有力推动了美国主导的气候变化政策从主推二氧化碳减排向强调碳黑减排的转变，两项工作中均引用了本研究前沿中被引频次最高的核心论文。

从国家和机构层面来看，美国主导和参与了全部 5 篇核心论文的研究工作。在某种程度上或许可以说，正是在科学研究方面的“领跑”，助成美国对政策风向的主导能力和重大影响。中国研究机构参与了其中 2 篇核心论文的工作。

表 12 “大气中的碳黑在气候系统中的作用”研究前沿中 5 篇核心论文的 Top 10 产出国和产出机构

排名	国家	核心论文	比例	排名	机构	核心论文	比例
1	美国	5	100%	1	美国国家海洋与大气管理局（美国）	3	60.0%
2	加拿大	2	40.0%	2	西北太平洋国家实验室（美国）	2	40.0%
2	中国	2	40.0%	2	加州大学圣迭戈分校（美国）	2	40.0%
2	德国	2	40.0%	2	科罗拉多大学（美国）	2	40.0%
2	日本	2	40.0%	2	中国气象科学研究院（中国）	2	40.0%
2	挪威	2	40.0%	2	德国宇航中心（德国）	2	40.0%
2	瑞士	2	40.0%	2	尤里希研究中心（德国）	2	40.0%
3	英国	1	20.0%	2	加拿大环境部（加拿大）	2	40.0%
3	韩国	1	20.0%	2	马普学会（德国）	2	40.0%
3	印度	1	20.0%				
3	意大利	1	20.0%				
3	奥地利	1	20.0%				
3	芬兰	1	20.0%				
3	法国	1	20.0%				

从不同国家和机构对该前沿的跟进情况（表 13）看，美国贡献了超过一半的施引论文，遥遥领先于其他国家；中国在该前沿积极跟进，产出 163 篇施引论文，排名第二；值得一提的是印度以 97 篇施引论文位列第四，与第三名的英国仅相差 5 篇，显示出发

展国家对气候变化中的科学问题的密切关注。在机构层面，中国科学院以 73 篇的施引论文量摘得头筹，北京大学也榜上有名，与德国的马普学会并列第 9 名；美国有 6 家机构入选施引论文产出机构 Top10。

表 13 “大气中的碳黑在气候系统中的作用”研究前沿的施引论文的 Top 产出国和产出机构

排名	国家	施引论文	比例	排名	机构	施引论文	比例
1	美国	518	52.1%	1	中国科学院（中国）	73	7.3%
2	中国	163	16.4%	2	美国国家海洋与大气管理局（美国）	57	5.7%
3	英国	102	10.3%	3	美国国家航空航天局（美国）	52	5.2%
4	印度	97	9.7%	3	加州大学圣迭戈分校（美国）	52	5.2%
5	德国	84	8.4%	5	科罗拉多大学（美国）	49	4.9%
6	日本	75	7.5%	6	西北太平洋国家实验室（美国）	42	4.2%
7	加拿大	64	6.4%	7	东京大学（日本）	38	3.8%
8	意大利	56	5.6%	8	加州大学伯克利分校（美国）	34	3.4%
9	瑞典	55	5.5%	9	北京大学（中国）	32	3.2%
10	挪威	54	5.4%	9	马普学会（德国）	32	3.2%



“

作为全球气候变化的重要表现之一，海平面变化将对自然环境、生态系统和人类社会产生广泛而深远的影响。

”

1.3 重点热点前沿——“海平面高度与全球温度的关系”

海平面上升是由全球气候变暖、冰川 / 冰盖迅速融化以及上层海水受热膨胀等原因引起的全球性海平面上升现象。根据联合国政府间气候变化专门委员会 (IPCC) 《气候变化 2014 综合报告》，全球海平面在 1901-2010 年间平均累计上涨了 0.19 米。IPCC 预测，到 21 世纪末全球海平面平均会上升 0.26-0.55 米；在高浓度温室气体排放情景下，这一上升高度甚至将达到 0.45-0.82 米。

作为全球气候变化的重要表现之一，海平面变化将对自然环境、生态系统和人类社会产生广泛而深远的影响。生态环境方面，未来相对海平面上升可能导致台风和风暴潮灾害加剧，洪水泛滥及严重破坏侵蚀海岸线，海水污染淡水，重要资源如沙滩、淡水、渔业等均会受到威胁。经济和社会方面，全球有超过 70% 人口生活在沿岸平原，海平面上升将给沿海居民的就业、人群健康、人居设施等带来极大的负面影响，人口密集、经济发达的沿海城市群面临的风险更高。

因此，全球海平面变化及区域响应受到各国政府的高度重视，同时也成为物理海洋研究和大气科学研究中的一个重要的核心科学问题。

该前沿的核心论文主要集中在揭示导致海平面升高的各种因素以及更为精确地测量和预测不同时间尺度下全球及各地区海水热容变化和海平面升高的情况。例如，芬兰阿尔托大学的 Vermeer M 所发表的该领域引用频次最高的论文（被引频次 302 次）提

出了一种高精度的全球海平面高度与全球平均气温的关系模型，并基于此模型预测了未来海平面升高的趋势；澳大利亚联邦科学与研究组织海洋大气研究中心的 Domingues CM 的论文提出了一种更好地在长时间尺度评估海水热容和热膨胀变化的新方法（被引频次 262 次）；美国佛罗里达州立大学的 Yin JJ 研究团队利用最新的高精度气候模型，揭示了 21 世纪初期美国西北海岸海平面高度快速升高的情况（被引频次 124 次）。

随着海平面观测技术的不断进步以及各种高精度数值模型的广泛应用，海平面变化的研究日益深入，已经从最初简单的趋势分析逐渐拓展到全球和区域海平面变化的特征及机制探讨、海平面变化的趋势预测以及海平面变化对气候变化的响应等。

对核心论文的产出国家和产出机构的分析（表 14），美国在该前沿拥有绝对优势地位，对本前沿 46 篇核心论文中的 35 篇作出了贡献。在美国之后，英国、澳大利亚、法国、德国、加拿大和荷兰对前沿的贡献也比较突出，拥有的核心论文占全部核心论文的比例均超过 10%。日本、芬兰和中国处于“海平面高度与全球温度的关系”研究的第三梯队。核心论文 Top 产出机构中有 4 所美国机构，2 所英国机构，澳大利亚、荷兰和德国则各有 1 所机构入选。

表 14 “海平面高度与全球温度的关系”研究前沿中 46 篇核心论文的 Top 产出国和产出机构

排名	国家	核心论文	比例	排名	机构	核心论文	比例
1	美国	35	76.1%	1	美国国家海洋与大气管理局（美国）	10	21.7%
2	英国	13	28.3%	2	美国国家大气研究中心（美国）	8	17.4%
3	澳大利亚	11	23.9%	3	联邦科学与工业研究组织（澳大利亚）	8	17.4%
4	法国	8	17.4%	4	加州理工学院（美国）	6	13.0%
4	德国	8	17.4%	4	英国国家海洋研究中心（英国）	6	13.0%
6	加拿大	7	15.2%	6	乌得勒支大学（荷兰）	5	10.9%
7	荷兰	5	10.9%	7	汉堡大学（德国）	4	8.7%
8	日本	4	8.7%	7	英国气象局（英国）	4	8.7%
8	芬兰	4	8.7%	7	夏威夷大学马诺阿分校（美国）	4	8.7%
10	中国	3	6.5%				

施引论文 Top 产出国家前 5 位与核心论文产出国家一致，进一步印证了美国、英国、德国、澳大利亚、法国在该前沿研究的主导地位。美国产出的施引论文占全部施引论文的比例超过 50%，施引论文 Top 10 产出机构中也有 6 所为美国研究机构，这与美国全球领先的海洋科学研究水平相匹配（表 15）。中国产出

的施引论文数量超越加拿大、西班牙、荷兰和日本等国，位列施引论文 Top 产出国家第 6 位。中国科学院贡献的施引论文数量位列 Top 机构的第 10 位。中国迅速增长的施引论文数量排名从一定程度上反映出中国对该热点研究前沿的关注与跟进，有望在未来做出相应贡献。

表 15 “海平面高度与全球温度的关系”研究前沿的施引论文的 Top 10 产出国和产出机构

排名	国家	施引论文	比例	排名	机构	施引论文	比例
1	美国	1037	50.9%	1	美国国家海洋与大气管理局（美国）	150	7.4%
2	英国	379	18.6%	2	美国国家大气研究中心（美国）	89	4.4%
3	德国	263	12.9%	3	英国国家海洋研究中心（英国）	87	4.3%
4	澳大利亚	244	12.0%	3	美国国家航空航天局（美国）	87	4.3%
5	法国	219	10.7%	5	联邦科学与工业研究组织（澳大利亚）	86	4.2%
6	中国	151	7.4%	6	科罗拉多大学（美国）	82	4.0%
7	加拿大	142	7.0%	7	英国气象局（英国）	81	4.0%
8	西班牙	110	5.4%	8	加州理工学院（美国）	72	3.5%
9	荷兰	101	5.0%	9	加州大学圣迭戈分校（美国）	63	3.1%
10	日本	100	4.9%	10	中国科学院（中国）	62	3.0%

2. 新兴前沿

“卫星反演地表比辐射率研究”

地球科学领域表现最突出的新兴前沿是“卫星反演地表比辐射率研究”。比辐射率是指物体的辐射出射度与相同温度、相同波长下绝对黑体的辐射出射度的比值，可用于表征实际物体的热辐射与黑体热辐射的接近程度，是影响地表温度的重要基本因素之一。地表温度既是众多基础学科和应用领域的重要特征物理参数之一，能够提供地表能量平衡状态的时空变化信息，同时也可作为地表过程等模型的输入参数，并验证这些模型的输出结果，因此被“国际岩石圈-生物圈计划”（IGBP）列为优先测量的重要参数之一。

由于通过测量地表比辐射率可以获知土壤水分、地表蒸发量、土壤热通量、土壤热惯量等重要参数信息，因此人们对地表比辐射率的重要性的认识正在不

断提高，并对开发地表比辐射率的空间测量方法表现出强烈的兴趣。利用卫星遥感数据反演地表比辐射率成为遥感科学与应用领域的新宠，未来有望极大推动定量热红外遥感的发展，并促进被动微波遥感的新发展。目前已开发出多种基于天基热红外数据和被动微波遥感数据的地表比辐射率遥感算法，并拓展了多颗极轨卫星的观测数据应用。同时，“卫星反演地表比辐射率研究”也面临诸多挑战，包括理论基础、方法体系、真实性检验方法、精度水平等。

特别值得一提的是，在该新兴前沿中华人科学家的表现特别抢眼，全部4篇核心论文的通讯作者都是华人科学家，其中又以来自中科院地理科学与资源所和法国国家科学研究院的李召良（Li Zhao-Liang）的影响最大。



五、临床医学

1. 热点前沿

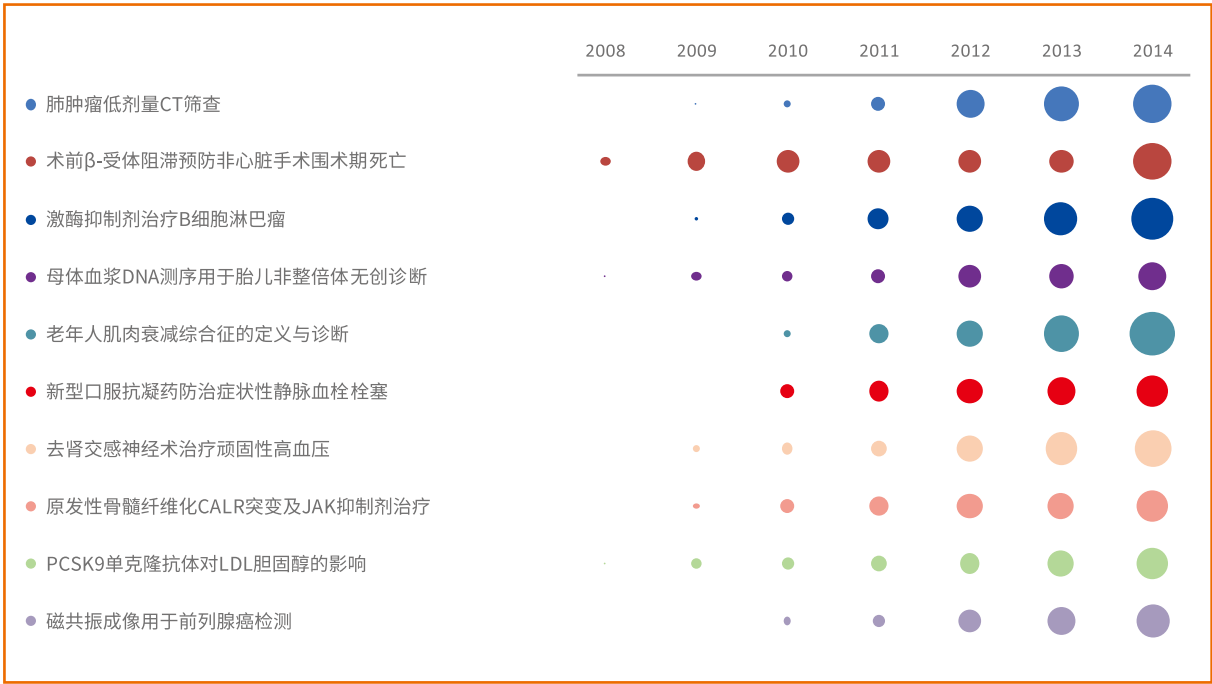
1.1 临床医学领域 Top10 研究前沿发展态势

临床医学领域排名前十的热点前沿主要关注恶性肿瘤疾病（肺肿瘤、前列腺肿瘤）筛查、心血管疾病（静脉血栓栓塞、高血压）治疗等方面（表 16）。其中，“去肾交感神经治疗顽固性高血压”与 2014 年研究前沿重复，且施引文献量最多，达 3701 篇。此次，通过 CPT 指标和核心论文数遴选出“新型口服抗凝药防治症状性静脉血栓栓塞”、“激酶抑制剂治疗慢性淋巴细胞瘤”两个重点热点前沿进行详细解读分析。这两个重点前沿均聚焦于新型药物替代常规方法治疗疾病。

表 16 临床医学领域 Top 10 研究前沿

排名	研究前沿	核心论文	被引频次	核心论文平均出版年
1	肺肿瘤低剂量 CT 筛查	23	2,317	2012.6
2	术前 β -受体阻滞预防非心脏手术围术期死亡	28	2,122	2012.5
3	激酶抑制剂治疗 B 细胞淋巴瘤	35	3,197	2012.4
4	母体血浆 DNA 测序用于胎儿非整倍体无创诊断	32	2,370	2012.3
5	老年人肌肉衰减综合征的定义与诊断	27	2,370	2012.3
6	新型口服抗凝药防治症状性静脉血栓栓塞	11	2,178	2012.3
7	去肾交感神经术治疗顽固性高血压	33	3,701	2012.2
8	原发性骨髓纤维化 CALR 突变及 JAK 抑制剂治疗	21	2,409	2012.2
9	PCSK9 单克隆抗体对 LDL 胆固醇的影响	28	2,384	2012.2
10	磁共振成像用于前列腺癌检测	35	2,517	2012.1

图 4 临床医学领域 Top10 研究前沿施引论文



1.2 重点热点前沿——“新型口服抗凝药防治症状性静脉血栓栓塞”

静脉血栓栓塞是指血液被静脉管腔内形成的血栓（不正常凝结）阻塞而导致回流不畅的一类疾病，是仅次于心肌梗死和卒中的第三大最常见的心血管疾病。随着人口老龄化的持续，静脉血栓栓塞人群也在不断扩大。抗凝治疗是静脉血栓栓塞公认的标准治疗措施，临床应用最广泛的是维生素 K 拮抗剂（如华法林）等口服抗凝药物。尽管疗效显著，但维生素 K 拮抗剂起效和失效较慢、个体差异大、易受食物和药物影响、需要经常监测凝血功能调整剂量以保证治疗的有效性和安全性，上述缺陷给维生素 K 拮抗剂的临床应用带来了诸多不便。

新型口服抗凝药（Novel Oral Anticoagulants, NOACs）因其口服剂量固定、个体差异小、无需经常检测凝血功能、与食物及药物相互作用小等优势，为静脉血栓栓塞抗凝治疗开辟了新希望。新型口服抗凝药的研发趋势，不再像华法林那样作用于多个凝血因子，而是仅抑制某一个凝血因子，主要为 Xa 和 IIa。直接凝血酶抑制剂，直接 Xa 因子抑制剂获得了越来越多的临床研究证据。

“药物防治静脉血栓栓塞复发”曾跻身汤森路透

2014 年新兴前沿，而“新型口服抗凝药防治症状性静脉血栓栓塞”则成为今年的 Top10 热点前沿之一。

“新型口服抗凝药防治症状性静脉血栓栓塞”热点前沿主要集中在达比加群、利伐沙班、阿哌沙班、依杜沙班等新型口服抗凝药与标准药物华法林治疗静脉血栓栓塞的临床疗效（短期和长期）及安全性对比研究上。该前沿的 11 篇核心论文中的 10 篇论文记载了达比加群、利伐沙班、阿哌沙班、依杜沙班等 NOACs 的三期临床试验。其中 9 篇论文发表在《New England Journal of Medicine》上，另外一篇发表在《Circulation》上。除了 10 篇临床试验的论文外，2014 年荷兰莱顿大学的研究者对比较两类抗凝药物的研究做了系统回顾和 Meta 分析，比较新型药物和华法林的效果和副作用。这些研究结果都表明，新型口服抗凝药对静脉血栓栓塞的短期和长期疗效均不亚于标准华法林治疗，且出血风险更低，可以为静脉血栓栓塞提供有效且安全的起始和维持治疗。新型口服抗凝药的优势在于其改善了有效性，提高了安全性，增加了简便性。劣势在于目前没有逆转药物以及价格较高。

表 17 “新型口服抗凝药防治症状性静脉血栓栓塞”研究前沿 11 篇核心论文的 Top 产出国和机构

排名	国家	核心论文	比例	排名	机构	核心论文	比例
1	加拿大	9	81.8%	1	麦克马斯特大学（加拿大）	6	54.5%
2	荷兰	8	72.7%	1	腓特烈施塔特市立医院（德国）	6	54.5%
2	美国	8	72.7%	3	佩鲁贾大学（意大利）	5	45.5%
4	英国	7	63.6%	3	阿姆斯特丹大学（荷兰）	5	45.5%
5	法国	6	54.5%	3	俄克拉荷马大学医学中心（美国）	5	45.5%
5	德国	6	54.5%	6	皇家学院医院（英国）	4	36.4%
7	意大利	5	45.5%	6	麦克马斯特大学血栓栓塞和动脉粥样硬化研究中心（加拿大）	4	36.4%
7	澳大利亚	5	45.5%	6	弗林德斯医学中心（澳大利亚）	4	36.4%
9	比利时	3	27.3%	6	弗林德斯大学（澳大利亚）	4	36.4%
9	瑞典	3	27.3%				

加拿大、荷兰、美国、英国等国在“新型口服抗凝药防治症状性静脉血栓栓塞”热点前沿中表现最为活跃（表 17），其中加拿大研究者参与 9 篇核心论文（81.8%）的发表，荷兰、美国的研究者也各参与 8 篇核心论文（72.7%）的发表。由表 17 可见，该热点前沿的国家间合作与机构间合作均较为频繁密切。

该热点前沿施引论文 Top10 产出国中，美国的施引论文量几乎占 Top10 国家施引论文总量的 37.1%（表 18），反映了美国在该前沿研究的活跃地位。施引论文 Top10 产出机构里值得关注的有加拿大麦克马斯特大学和荷兰阿姆斯特丹大学，这两个机构也处于核心论文产出机构 Top3 之列。

表 18 “新型口服抗凝药防治症状性静脉血栓栓塞”研究前沿中施引论文的 Top 10 产出国和机构

排名	国家	施引论文	比例	排名	机构	施引论文	比例
1	美国	404	37.1%	1	麦克马斯特大学（加拿大）	97	8.9%
2	德国	163	15.0%	2	哈佛大学（美国）	60	5.5%
3	加拿大	157	14.4%	3	阿姆斯特丹大学（荷兰）	32	2.9%
4	意大利	108	9.9%	4	拜耳医药保健制药公司（德国）	31	2.8%
5	英国	106	9.7%	5	日内瓦大学（瑞士）	27	2.5%
6	法国	88	8.1%	6	帕多瓦大学（意大利）	26	2.4%
7	荷兰	70	6.4%	6	布利甘和妇女医院（美国）	26	2.4%
8	西班牙	45	4.1%	8	汉密尔顿健康科学中心（加拿大）	24	2.2%
9	瑞士	44	4.0%	9	麦克马斯特大学血栓栓塞和动脉粥样硬化研究中心（加拿大）	23	2.1%
10	澳大利亚	38	3.5%	9	杜克大学（美国）	23	2.1%

1.3 重点热点前沿——“激酶抑制剂治疗 B 细胞淋巴瘤”

B 细胞淋巴瘤是 B 细胞发生的实体肿瘤，根据病理组织学的不同，可分为霍奇金淋巴瘤和非霍奇金淋巴瘤两大类。其中以弥漫性大 B 细胞淋巴瘤（DLBCL）、滤泡性淋巴瘤（FL）、黏膜相关淋巴组织淋巴瘤（MALT）、慢性淋巴细胞白血病（CLL）/ 小淋巴细胞淋巴瘤（SLL）、套细胞淋巴瘤（MCL）等 5 种 B 细胞非霍奇金淋巴瘤最为常见，占非霍奇金淋巴瘤的 3/4。

近年来，淋巴系统肿瘤治疗模式由传统非特异性抗增殖化疗转向针对特异分子信号转导的靶向治疗与传统化疗相结合。B 细胞抗原识别受体（B-cell

antigen receptor, BCR）信号转导的持续激活对 B 细胞淋巴瘤的细胞增殖和生存起关键作用。开发抑制 BCR 信号通路的药物，抑制 BCR 信号转导，从而抑制恶性 B 细胞的增殖，成为 B 细胞淋巴瘤治疗的新热点。“激酶抑制剂治疗 B 细胞淋巴瘤”也成为本年度的热点前沿之一。该热点前沿标志着未来致命血癌可能变成一个高度可治疗的疾病。Syk 抑制剂、Btk 抑制剂和 PI3Kδ 抑制剂是 3 类能影响 BCR 信号传导、阻断恶性 B 淋巴细胞增殖及存活的蛋白酶体抑制剂。

“激酶抑制剂治疗 B 细胞淋巴瘤”前沿捕捉到的 B 细胞淋巴瘤治疗领域的核心论文主要集中在这 3 种激酶抑制剂上。

Fostamatinib 是第一个进入临床试验且用于治疗淋巴瘤、自身免疫病和类风湿性关节炎的脾脏酪氨酸激酶（Syk）抑制剂。本前沿的核心论文中被引次数最高的论文（306 次）来自美国罗切斯特大学 Friedberg JW 等 2010 年发表在《Blood》上的对 B 细胞非霍奇金淋巴瘤和 CLL 的 1/2 期临床试验。该临床试验显示，fostamatinib 针对多种肿瘤显示出良好的抑瘤效应。

本前沿中关于 Bruton 酪氨酸激酶（Btk）抑制剂 ibrutinib 的核心论文有 12 篇，占核心论文总数的 1/3，是本热点前沿的主导。其中关于 ibrutinib 的临床前研究集中在 2010 年、2011 年和 2012 年，包括 Pharmacyclics 公司的 Buggy JJ、美国俄亥俄州立大学综合癌症中心的 Byrd JC、荷兰阿姆斯特丹大学的 Spaargaren M 以及美国德克萨斯大学休斯顿健康科学中心的 Burger JA 等的 4 项研究。这些临床前研究为 ibrutinib 治疗 B 细胞淋巴瘤的临床试验提供了依据。2013 年的 3 篇高被引论文直接促进了 ibrutinib（PCI-32765）被批准用于 MCL 和 CLL 的治疗药物。2013 年 11 月 13 日，ibrutinib 作为 FDA 第二个突破性新药被加速、优先审评和孤儿产品指定治疗 MCL。2014 年 2 月 12 日又以加速、优先审评和孤儿产品批

准 ibrutinib 治疗 CLL。

本前沿中关于 PI3K δ 抑制剂 idelalisib（CAL-101）的核心论文有 8 篇，主要集中在 2014 年，占总核心论文数的 1/4。2014 年《New England Journal of Medicine》发表了两项研究，报道了 idelalisib 可以延长难以治愈的 B 细胞淋巴瘤患者的寿命，而无需传统的化疗。由于 idelalisib 的显著疗效，2014 年 7 月 23 日，美国 FDA 批准了 idelalisib 的三种 B 细胞淋巴瘤适应症：和利妥昔单抗联合治疗复发的 CLL、作为单药治疗 FL 和 SLL。

就参与临床研究的国家而言，在“激酶抑制剂治疗 B 细胞淋巴瘤”热点前沿中，以美国最为活跃，参与 29 篇（82.9%）核心论文的发表（表 19），远超产出第二的德国（9 篇）。核心论文 Top10 产出机构中除德国乌尔姆大学外，其余均在美国。结合施引论文产出分布情况（表 20），更充分地说明美国在该热点前沿中的绝对主导地位，这与美国全球领先的新药研发能力是一致的。中国位居该热点前沿施引论文 Top10 产出国的第 9 名，反映中国的“激酶抑制剂治疗 B 细胞淋巴瘤”研究也形成了一定的规模。

表 19 “激酶抑制剂治疗 B 细胞淋巴瘤”研究前沿中 35 篇核心论文的 Top10 产出国和产出机构

排名	国家	核心论文	比例	排名	机构	核心论文	比例
1	美国	29	82.9%	1	俄亥俄州立大学（美国）	15	42.9%
2	德国	9	25.7%	2	康奈尔大学（美国）	14	40.0%
3	法国	7	20.0%	3	法莫斯利医药公司（美国）	12	34.3%
4	英国	6	17.1%	4	斯坦福大学（美国）	11	31.4%
4	意大利	6	17.1%	4	德克萨斯大学安德森癌症中心（美国）	11	31.4%
6	荷兰	5	14.3%	6	Sarah Cannon 研究所（美国）	6	17.1%
7	波兰	4	11.4%	6	乌尔姆大学（德国）	6	17.1%
8	比利时	3	8.6%	8	威斯康星大学麦迪逊分校（美国）	5	14.3%
9	加拿大	2	5.7%	8	俄勒冈卫生科学大学（美国）	5	14.3%
9	澳大利亚	2	5.7%	8	吉利德科学公司（美国）	5	14.3%
9	奥地利	2	5.7%	8	哈佛大学（美国）	5	14.3%
9	西班牙	2	5.7%				

表 20 “激酶抑制剂治疗 B 细胞淋巴瘤”研究前沿中施引论文的 Top10 产出国和产出机构

排名	国家	施引论文	比例	排名	机构	施引论文	比例
1	美国	805	52.0%	1	德克萨斯大学安德森癌症中心（美国）	114	7.4%
2	英国	196	12.7%	2	哈佛大学（美国）	86	5.6%
3	意大利	175	11.3%	3	俄亥俄州立大学（美国）	73	4.7%
4	德国	165	10.7%	4	梅奥诊所与梅奥基金会（美国）	51	3.3%
5	法国	104	6.7%	5	康奈尔大学（美国）	43	2.8%
6	西班牙	70	4.5%	6	美国国立卫生研究院（美国）	40	2.6%
7	加拿大	58	3.7%	7	法莫斯利医药公司（美国）	36	2.3%
8	荷兰	57	3.7%	8	圣拉斐尔生命健康大学（意大利）	33	2.1%
9	中国	53	3.4%	8	斯坦福大学（美国）	33	2.1%
10	瑞士	46	3.0%	10	伦敦大学（英国）	31	2.0%

2. 新兴前沿

“慢病毒载体介导造血干细胞基因治疗遗传性疾病”

基因治疗传统方法是利用遗传工程载体将突变基因功能拷贝传送到病变细胞基因组中，有可能存在诱发肿瘤形成、毒性作用等风险。近年来，将外源目的基因导入造血干细胞，利用造血干细胞自我更新及分化为各种细胞系的能力以达到治疗遗传性疾病目的的研究已取得重要进展。慢病毒载体在感染的过程中可形成前整合复合物，该复合物中的基质蛋白含有可被胞核运输机制识别的定位信号，可定位到核孔，然后通过核孔进入细胞核，不需要有丝分裂，因而成为有效感染造血干细胞和进行基因治疗的工具。但慢病毒

载体介导的造血干细胞基因治疗尚未进入临床广泛应用阶段。

因此，意大利圣拉斐尔科学研究所所在顶级期刊《Science》2013 年 341 卷上发表的 2 篇有关将慢病毒载体介导的造血干细胞基因治疗应用于基因缺陷遗传性疾病（Wiskott-Aldrich 综合征、异染性脑白质营养不良）治疗的小样本临床试验性研究，迅速引起研究者的关注（共被引用 233 次）。“慢病毒载体介导造血干细胞基因治疗遗传性疾病”也成为今年较为突出的新兴前沿。



六、生物科学

1. 热点前沿

1.1 生物科学 Top 10 研究前沿发展态势

生物科学领域位居前 10 位的研究前沿主要集中在医学与人类健康的研究，包括病毒的传播、致病机理及免疫机制等方面。根据核心论文数量和被引频次等指标，生物科学共遴选出三个重点热点前沿：“新型 H7N9 禽源流感病毒的传播与致病机理”、“中东呼吸综合征冠状病毒的分离、特征与传播”和“CRISPR/cas9 系统免疫机制及其在基因组编辑的应用”。其中“新型 H7N9 禽源流感病毒的传播与致病机理”、“中东呼吸综合征冠状病毒的分离、特征与传播”等的核心论文平均出版年都在 2013 年，为本年度所有热点前沿中最年轻的，这表现出科学家对人类突发疾病的快速反应。

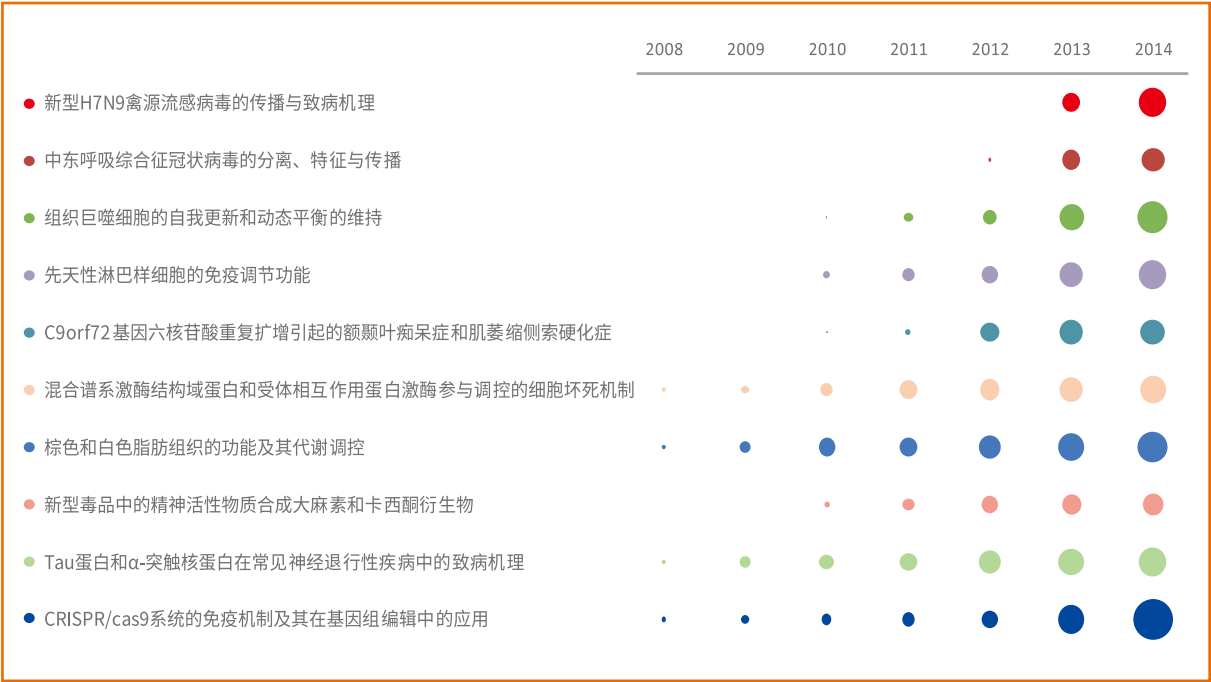
CRISPR/cas 基因组编辑技术研究热潮仍在持续，继成为《2014 研究前沿》生物科学领域重点新兴前沿后，今年与之相关的 3 个前沿再次入选为热点前沿和新兴前沿。其中热点前沿“CRISPR/cas9 系统免疫机制及其在基因组编辑的应用”的核心论文数量（49 篇）以及被引频次（9170 次）都表现突出，成为该

领域 2015 年度的重点热点前沿（表 21）。新兴前沿中的“CRISPR/cas9 系统的分子机理研究”和“CRISPR/cas9 系统在人类细胞研究中的应用”分别关注了 CRISPR/cas9 系统的运行机制及其在加速基因挖掘中的作用。

表 21 生物科学领域 Top 10 研究前沿

排名	研究前沿	核心论文	被引频次	核心论文平均出版年
1	新型 H7N9 禽源流感病毒的传播与致病机理	32	2139	2013.4
2	中东呼吸综合征冠状病毒的分离、特征与传播	49	2276	2013.3
3	组织巨噬细胞的自我更新和动态平衡的维持	32	2716	2012.8
4	先天性淋巴样细胞的免疫调节功能	44	4073	2012.7
5	C9orf72 基因六核苷酸重复扩增引起的额颞叶痴呆症和肌萎缩侧索硬化症	37	3814	2012.5
6	混合谱系激酶结构域蛋白和受体相互作用蛋白激酶参与调控的细胞坏死机制	36	4687	2012.3
7	棕色和白色脂肪组织的功能及其代谢调控	43	6487	2011.9
8	新型毒品中的精神活性物质合成大麻素和卡西酮衍生物	41	2282	2011.9
9	Tau 蛋白和 α -突触核蛋白在常见神经退行性疾病中的致病机理	39	4509	2011.8
10	CRISPR/cas9 系统免疫机制及其在基因组编辑的应用	49	9170	2011.7

图 5 生物科学领域 Top10 研究前沿的施引论文



1.2 重点热点前沿——“新型 H7N9 禽源流感病毒的传播与致病机理”

H7N9 型禽流感是一种新型禽流感，于 2013 年 3 月底在上海和安徽两地率先发现。复旦大学和中国疾病预防控制中心专家联手，在距病情发布不到一个月的时间内就确定了病原是一个新的重配 H7N9 亚型禽流感病毒。这一重大发现以“一种源自禽的新甲型流感病毒对人的感染”为题于 2013 年 4 月 12 日在线发表在全球医学顶尖杂志《New England Journal of Medicine》上，该论文对该病毒的全基因序列的关键基因进行了综合分析，对疾病的临床特征进行了描述，提示了病人的禽类接触史。该论文是该前沿被引频次最高的一篇核心论文，达到 579 次。

随后，各国研究人员对 H7N9 禽流感病毒的起源、传播途径、生物学特征等方面开展了大量的研究。同年，浙江大学医学院附属第一医院的研究人员完成了人感染 H7N9 禽流感病毒的临床分析和特征表述，首次公布了感染患者和受感染禽类的全序列基因组，证明了活禽市场的鸡是人感染 H7N9 禽流感病毒的源头之一。中科院微生物所的高福研究员团队通过检测从

感染患者处分离的四种不同病毒株的序列，确定了病毒的起源和多样性。浙江大学医学院李兰娟院士团队和江苏省疾病预防控制中心的汪华教授等研究工作均表明，H7N9 病毒有多个起源，并且一直在禽类中进化重组，如发生与哺乳动物的混合感染，有可能引发更大范围的流行。此外，香港大学研究人员开展的一项生态学研究表明，在 2013 年春季关闭活禽市场可有效控制人类感染甲型禽流感 H7N9 病毒的风险。

从核心论文国家分布来看，“新型 H7N9 禽源流感病毒的传播与致病机理”研究主要分布在亚洲、北美和欧洲等地区。其中，中国在该前沿的研究中占据重要地位。中国贡献了 60% 以上的核心论文；美国次之，共有 9 篇核心论文，占 30% 左右。从核心论文的机构分布来看，该研究前沿的重要机构均出自中国。其中，中国疾病预防控制中心、香港大学和中科院等机构表现突出，核心论文超过 20% 以上（表 22）。

表 22 “新型 H7N9 禽源流感病毒的传播与致病机理”研究前沿中 32 篇核心论文的 Top 产出国家（地区）和产出机构

排名	国家	核心论文	比例	排名	机构	核心论文	比例
1	中国	22	68.8%	1	中国疾病预防控制中心（中国）	11	28.1%
2	美国	9	28.1%	2	香港大学（中国）	10	31.3%
3	英国	3	9.4%	3	中国科学院（中国）	8	25.0%
4	日本	2	6.3%	4	江苏省疾病预防控制中心（中国）	4	12.5%
4	荷兰	2	6.3%	4	浙江大学（中国）	4	12.5%
6	沙特阿拉伯	1	3.1%	7	北京大学（中国）	3	9.4%
6	中国台湾	1	3.1%	7	浙江省疾病预防控制中心（中国）	3	9.4%
6	加拿大	1	3.1%	7	杭州市疾病预防控制中心（中国）	3	9.4%
6	丹麦	1	3.1%	7	复旦大学（中国）	3	9.4%
				7	安徽省疾病预防控制中心（中国）	3	9.4%
				7	首都医科大学（中国）	3	9.4%
				7	中国农业科学院（中国）	3	9.4%

对施引论文国家和机构的分析表明，中国施引论文数量为 456 篇，位居第一，中国疾病预防控制中心、香港大学和中国科学院是近期该前沿的重要研究机构（表 23）。这说明中国近期在该方向的研究依然热度

不减，仍是相关论文的重要产出国。此外，美国在该研究前沿的发展较快，相关发文量超过 300 篇，其中美国疾病预防控制中心、圣犹达儿童研究医院和西奈山伊坎医学院等机构在该前沿产出较多。

表 23 “新型 H7N9 禽源流感病毒的传播与致病机理” 研究前沿中施引论文的 Top 10 产出国家（地区）和机构

排名	国家	施引论文	比例	排名	机构	施引论文	比例
1	中国	456	49.4%	1	中国疾病预防控制中心（中国）	88	9.5%
2	美国	319	34.5%	2	香港大学（中国）	87	9.4%
3	英国	71	7.7%	3	中国科学院（中国）	71	7.7%
4	荷兰	44	4.8%	4	复旦大学（中国）	45	4.9%
5	澳大利亚	42	4.5%	5	美国疾病预防控制中心（美国）	40	4.3%
6	日本	38	4.1%	6	浙江大学（中国）	33	3.6%
7	德国	37	4.0%	7	鹿特丹伊拉斯姆斯大学（荷兰）	32	3.5%
8	加拿大	30	3.2%	8	圣犹达儿童研究医院（美国）	31	3.4%
9	中国台湾	29	3.1%	9	北京协和医学院（中国）	30	3.2%
10	法国	26	2.8%	9	西奈山伊坎医学院（美国）	27	2.9%

1.3 重点热点前沿——“中东呼吸综合征冠状病毒的分离、特征与传播”

中 东 呼 吸 综 合 征 冠 状 病 毒（Middle East Respiratory Syndrome Coronavirus, MERS-CoV）是继 SARS 冠状病毒（SARS-CoV）之后新近出现的又一种能够引发严重呼吸道感染的人类新发冠状病毒。该病毒于 2012 年 9 月首次出现在沙特，由埃及病毒学家 Zaki AM 从沙特阿拉伯一名 60 岁急性肺炎并发急性肾功能衰竭的男性患者中分离得到，他把病人肺组织送到荷兰伊拉斯谟医学中心 (Erasmus Medical Center) 进行检测，从病人的肺组织中部分离到一种新的冠状病毒，暂时把这种病毒以伊拉斯谟医学研究中心的英文缩写命名为“人类冠状病毒 EMC（HCoV-EMC）”。这篇论文发表在《New England Journal of Medicine》上，是该前沿被引频次最高的核心论文，被引频次为 420 次。

此后，该病毒感染呈散发状态，其分布仍主要集中在中东地区或曾到过该地区的旅行者，其中多数曾与感染者有过接触。鉴于此，2013 年 5 月国际病毒命名委员会正式将该病毒命名为中东呼吸综合征冠状病毒。

该热点前沿共包括 49 篇核心论文，覆盖了 MERS-CoV 分离、特征、传播及致病机理等多个方面。通过对核心论文的解读，可以厘清该前沿的研究脉络。

MERS-CoV 感染引起的临床症状与 SARS-CoV 非常相似，但全基因组序列分析表明，这两种病毒并不相同，它们虽然同属于 β -冠状病毒属，但在进化中隶属于不同亚群，其中 MERS-CoV 属于 2c 亚群。目

前研究结果认为 MERS-CoV 传播的中间宿主是骆驼，可能起源于蝙蝠冠状病毒。与目前已知的其他人类冠状病毒相比，MERS-CoV 表现出更广泛的感染能力和种属选择性。香港大学的一项研究表明，MERS-CoV 在灵长类、猪、兔、果子狸和蝙蝠来源的细胞系内均能有效复制。

在 MERS-CoV 致病机理方面，各国研究人员也开展了大量的研究工作。2013 年 3 月，荷兰伊拉斯谟医疗中心等机构的研究人员首先鉴定了 MERS-CoV 在宿主细胞的功能性受体二肽基肽酶 4（DPP4），找到了 MERS-CoV 入侵人体的途径。这一工作极大深化了人们对该病毒致病性和宿主范围的认识，有助于开发防治新型冠状病毒感染的方法，同时也揭示这种病毒有较大的潜在威胁。MERS-CoV 功能性受体的发现为人类新冠病毒溯源和跨种进化研究、病毒传染研究和流行病学特征分析以及抗病毒药物和疫苗研究提供重要基础。

随后，各国科研人员纷纷对 MERS-CoV 识别该受体分子的机制进行深入研究。德国灵长类中心 (German Primate Center) 的研究表明，MERS-CoV 的刺突蛋白在宿主细胞中也会被加工成 S1 和 S2 两个亚基；中科院微生物所高福等成功鉴定 MERS-CoV 的刺突蛋白受体结合域及与 CD26 构成的复合物的晶体结构。上述研究作为疫苗设计奠定了基础，也为更深入了解 MERS-CoV 的致病机制指出了新的研究方向。

从国家分布可以看出，共有 26 个国家涉及了相关研究，其中美国、沙特阿拉伯、荷兰、德国、英国和中国等 6 个国家发挥了主导作用（表 24）。从核心论文的 Top 机构分布来看，来自沙特阿拉伯的最多，共 4 家，这是可以理解的，因为病例最多的国家是沙特阿拉伯；其次是荷兰和英国，各 2 家。此外，德国的伯恩大学和荷兰的鹿特丹伊拉斯姆斯大学分别拥有 11 篇核心论文，并列第一。

表 24 “中东呼吸综合征冠状病毒的分离、特征与传播”研究前沿中 49 篇核心论文的 Top 产出国家和产出机构

排名	国家	核心论文	比例	排名	机构	核心论文	比例
1	美国	19	38.8%	1	波恩大学（德国）	11	22.4%
2	沙特阿拉伯	17	34.7%	1	鹿特丹伊拉斯姆斯大学（荷兰）	11	22.4%
3	荷兰	13	26.5%	3	沙特阿拉伯卫生部（沙特阿拉伯）	10	20.4%
3	德国	13	26.5%	4	伦敦大学（英国）	8	16.3%
5	英国	11	22.4%	4	香港大学（中国）	8	16.3%
6	中国	10	20.4%	6	费萨尔大学（沙特阿拉伯）	7	14.3%
				7	乌得勒支大学（荷兰）	6	12.2%
				7	伦敦大学学院（英国）	6	12.2%
				7	沙特阿美石油公司（沙特阿拉伯）	6	12.2%
				10	索里曼·法基博士医院（沙特阿拉伯）	5	10.2%
				10	美国国立卫生研究院（美国）	5	10.2%

对施引论文国家和机构的分析表明，美国仍然是施引论文产出最多的国家，而中国在后续研究发展快速，赶超沙特阿拉伯、荷兰、德国、英国等国，位居第二（表 25）。在 Top10 的施引机构中，除了香港

大学、德国的波恩大学、沙特阿拉伯卫生部等机构外，还新增了美国的北卡罗来纳大学教堂山分校、美国国立变态反应与传染病研究所和中国的复旦大学等后起之秀。

表 25 “中东呼吸综合征冠状病毒的分离、特征与传播”研究前沿中施引论文的 Top 10 产出国家和机构

排名	国家	施引论文	比例	排名	机构	施引论文	比例
1	美国	296	42.1%	1	香港大学（中国）	61	8.7%
2	中国	128	18.2%	2	波恩大学（德国）	54	7.7%
3	英国	95	13.5%	3	沙特阿拉伯卫生部（沙特阿拉伯）	49	7.0%
4	德国	87	12.4%	4	费瑟大学（沙特阿拉伯）	47	6.7%
5	沙特阿拉伯	83	11.8%	5	鹿特丹伊拉斯姆斯大学（荷兰）	44	6.3%
6	荷兰	69	9.8%	6	伦敦大学（英国）	38	5.4%
7	法国	49	7.0%	7	伦敦大学学院（英国）	27	3.8%
8	澳大利亚	31	4.4%	8	北卡罗莱纳大学教堂山分校（美国）	25	3.6%
9	加拿大	28	4.0%	9	复旦大学（中国）	24	3.4%
10	新加坡	23	3.3%	10	美国国立变态反应与传染病研究所（美国）	23	3.3%

1.4 重点热点前沿——“CRISPR/cas9 系统免疫机制及其在基因组编辑的应用”

CRISPR/cas9 系统是继锌指核酸酶（ZFN）和转录激活因子样效应物核酸酶（TALEN）等技术后的第三代基因组编辑技术。与其他基因组编辑技术相比，CRISPR/cas9 系统利用的是 RNA，使得设计它们变得较为容易和有效，因此，该系统在被发现后的短短几年内，就已经被应用于世界各地的实验室，成为了热门的研究和应用领域，并分别被美国《Science》和《Nature Methods》杂志评选为 2013 年度的十大科学突破之一和近十年中对生物学研究最有影响力的方法之一。

CRISPR 酶最初发现于上世纪 80 年代，日本研究人员在大肠杆菌中发现有串联间隔重复序列，并于

2002 年被正式命名。2012 年，加州大学伯克利分校的 Doudna JA 等发现了一个比较简单的 CRISPR (Type II) 系统的机理，进一步阐明了 RNA 及目标 DNA 配对的原则，并分析了 Cas9 作为核酸酶的活性位点，为 CRISPR/cas9 的应用奠定了理论基础。同年，她们也拉开了 CRISPR 编辑技术迅速发展和描述 CRISPR/cas9 功能的序幕。

2013 年初，三个研究组几乎同时报道了 CRISPR/cas9 系统在哺乳动物细胞上的应用。其中，来自美国博德研究所的张锋团队通过证实它能够在真核细胞中起作用揭示了它的巨大潜力。目前 CRISPR/cas9 系统已经在基因功能研究、动物模型建立、基因治疗等领

域得到广泛应用，有力地推动了相关领域的研究进展。

2014 年，来自美国博德研究所和东京大学的科研人员生成了 CRISPR/cas 系统的关键组成部分——Cas9 复合体的第一张高分辨率图像；同年，加州大学伯克利分校的研究人员证实 Cas9 的基因组编辑能力是通过称作为“PAM”（protospacer adjacent motif）的短 DNA 序列来实现的，解答了 Cas9 基因组编辑的核心谜题。上述这些研究结果，有望帮助研究人员改良及进一步操控这一工具加速基因组研究，向更深层次地了解一些酶“编辑”基因的机制迈出了重要一步，为纠正患者的遗传疾病铺平了道路。

2014 年，CRISPR/cas9 系统首次应用于遗传筛选，为寻找人类健康和疾病相关的基因功能，开辟了无限的可能性。值得一提的是，北京大学的魏文胜研究员团队开发了一种基于 CRISPR 的策略结合深度测序分

析的高效遗传筛选技术。与其他类似的技术比较，该方法具有更为广泛的细胞系适应性，对于功能性基因的筛选和鉴定具有十分重要的意义。

该研究前沿的核心论文主要分布在美国、荷兰、法国、加拿大、英国、瑞典、德国、俄罗斯和中国（表 26）。其中，美国在该领域有较强的优势，拥有 39 篇核心论文，占比近 80%。在 Top 机构中，美国占了 8 家，其中哈佛大学、加州大学伯克利分校、麻省理工学院和博德研究所是该领域较有影响力的机构。

表 26 “CRISPR/cas9 系统免疫机制及其在基因组编辑的应用”研究前沿中 49 篇核心论文的 Top 产出国家和产出机构

排名	国家	核心论文	比例	排名	机构	核心论文	比例
1	美国	39	79.6%	1	哈佛大学（美国）	11	22.4%
2	荷兰	8	16.3%	2	加州大学伯克利分校（美国）	8	16.3%
3	法国	5	10.2%	3	麻省理工学院（美国）	7	14.3%
4	加拿大	5	10.2%	3	瓦格宁根大学（荷兰）	7	14.3%
4	英国	4	8.2%	3	博德研究所（美国）	7	14.3%
6	瑞典	3	6.1%	6	丹尼斯克集团（美国）	5	10.2%
6	德国	3	6.1%	6	丹尼斯克集团（法国）	5	10.2%
6	俄罗斯	3	6.1%	8	拉瓦勒大学（加拿大）	4	8.2%
6	中国	3	6.1%	8	洛克菲勒大学（美国）	4	8.2%
				10	新泽西州立大学罗格斯分校（美国）	3	6.1%
				10	美国国立卫生研究院（美国）	3	6.1%
				10	俄罗斯科学院（俄罗斯）	3	6.1%
				10	于默奥大学（瑞典）	3	6.1%

对施引国家的分析表明，美国仍然是施引论文产出最多的国家，中国在后续研究中发展快速（表 27）。在 Top10 机构中，哈佛大学和加州大学系统

仍然有持续的产出，中国科学院、马普学会、斯坦福大学、哥本哈根大学等后起之秀近年来发展迅速，已跻身于该前沿研究队伍的前列。

表 27 “CRISPR/cas9 系统免疫机制及其在基因组编辑的应用”研究前沿中施引论文的 Top 10 产出国家和产出机构

排名	国家	施引论文	比例	排名	机构	施引论文	比例
1	美国	1310	54.3%	1	哈佛大学（美国）	181	7.5%
2	中国	279	11.6%	2	中国科学院（中国）	91	3.8%
3	德国	239	9.9%	3	麻省理工学院（美国）	88	3.6%
4	英国	193	8.0%	4	加州大学伯克利分校（美国）	85	3.5%
5	日本	142	5.9%	5	马普学会（德国）	60	2.5%
6	法国	138	5.7%	6	斯坦福大学（美国）	54	2.2%
7	荷兰	108	4.5%	7	哥本哈根大学（丹麦）	48	2.0%
8	加拿大	100	4.1%	7	瓦格宁根大学（荷兰）	48	2.0%
9	丹麦	61	2.5%	7	加州大学旧金山分校（美国）	48	2.0%
10	西班牙	60	2.5%	10	博德研究所（美国）	43	1.8%

2. 新兴前沿

“精神分裂症的分子遗传学研究”

精神分裂症（Schizophrenia）是一种严重的精神疾病，患者往往具有幻觉、偏执狂和思维障碍等症状。该病在人群中的发病率为 0.3% - 0.7%，具有很高的遗传性，患者的直系亲属罹患这一疾病的风险要高近 10 倍。尽管早就认识到这种高遗传率，但由于它的分子遗传机制难以研究，以往的研究一直难于鉴别出导致精神分裂症的特异基因。2007 年，精神疾病基因组协会（Psychiatric Genomics Consortium，PGC）成立，研究人员决定对大规模的样本进行采样和基因组分析，以更全面地筛查出相关的基因。

近年来，研究人员利用基因组学等研究方法在了解精神分裂症的遗传危险因素方面取得了重大进展，多项研究成果发表在《Nature》、《Lancet》和《Cell》等顶级期刊上。2013 年，美国 Smoller JW 团队在

《Lancet》上发表了一篇高影响力的论文，该研究利用全基因组关联分析的方法鉴定出了 5 个与精神分裂症相关的位点。2014 年 7 月，精神疾病基因组协会召集全球科研力量对 15 万余被试基因组进行测序分析工作，发现了人类基因组中有 108 个基因位点和精神分裂症高度相关，其中包括多巴胺系统相关的基因位点以及不少免疫相关的位点。同年，美国博德研究所和几个合作机构的研究人员在基因突变同精神分裂症之间的关系的研究中取得突破。通过分析了精神分裂症患者和健康人群的外显子组，研究人员发现多个基因的累积效应对精神疾病有影响，并鉴定和揭示出了一些突变位点、模式和该疾病相关的潜在生物信息。上述有关精神分裂症遗传基础的研究将有助于今后疾病机制的研究和诊疗方式的发展。



七、化学与材料科学

1. 热点前沿

1.1 化学领域 Top 10 研究前沿发展态势

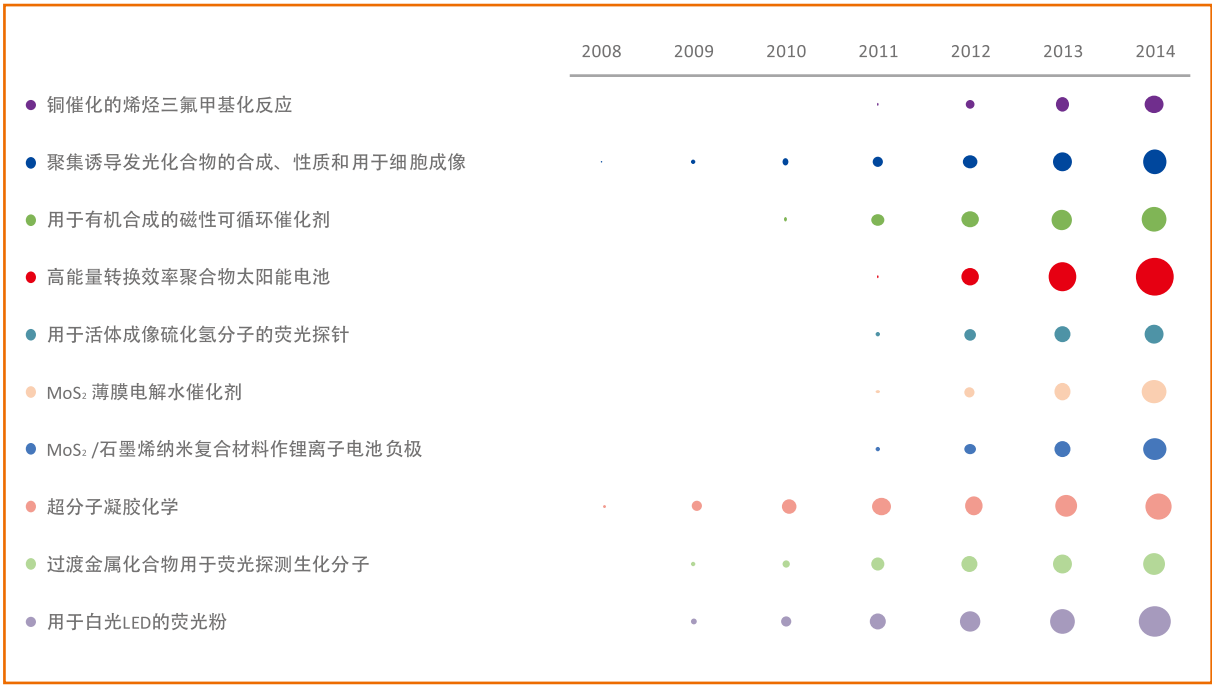
与去年类似，化学领域今年的研究前沿仍主要分布于有机催化、有机材料、电池材料、二维材料、生化检测和超分子化学等方向，但研究态势发生了一些变化。关于荧光现象的研究占据了 Top10 中的三席， MoS_2 成为新的二维材料热点，磁性可循环催化剂和聚合物太阳能电池快速成长为热点研究前沿。特别值得一提的是，聚集诱导发光现象是由中国科学家香港科技大学唐本忠率先发现的研究前沿。



表 28 化学领域 Top 10 研究前沿

排名	研究前沿	核心论文	被引频次	核心论文平均出版年
1	铜催化的烯炔三氟甲基化反应	28	2151	2012.5
2	聚集诱导发光化合物的合成、性质和用于细胞成像	44	2849	2012.4
3	用于有机合成的磁性可循环催化剂	21	1922	2012.4
4	高能量转换效率聚合物太阳能电池	4	2803	2012.3
5	用于活体成像硫化氢分子的荧光探针	24	2110	2012.2
6	MoS ₂ 薄膜电解水催化剂	15	1971	2012.2
7	MoS ₂ / 石墨烯纳米复合材料作锂离子电池负极	25	1891	2012.2
8	超分子凝胶化学	41	3744	2012.1
9	过渡金属化合物用于荧光探测生化分子	20	1855	2012
10	用于白光 LED 的荧光粉	39	3218	2011.9

图 6 化学领域 Top10 研究前沿施引论文



1.2 重点热点前沿——“高能量转换效率聚合物太阳能电池”

2014 年，“高能量转换效率聚合物太阳能电池”是汤森路透新兴前沿之一。今年，“高能量转换效率聚合物太阳能电池”进一步成为热点前沿。这一变化充分说明了聚合物太阳能电池以其成本低廉且能够利用“卷对卷”技术大面积生产的优点，已经成为第三代太阳能电池中的研究热点。

“高能量转换效率聚合物太阳能电池”研究前沿今年评估出的 4 篇核心论文中有 3 篇与去年重合——一篇来自中国华南理工大学的吴宏滨教授，一篇来自美国加州大学洛杉矶分校的 Li G 和 Yang Y，还有一篇来自荷兰埃因霍芬理工大学的 René AJJ，三篇核心论文的被引频次分别为 1355、821 和 174。其中 Li

G 和 Yang Y 发表于 2013 年的论文将聚合物太阳能电池的能量转换效率首次突破 10%——这是商业化的门槛。吴宏滨和 René AJJ 的文章也都是围绕提高能量转换效率这一核心目标，前者采取反向结构设计，后者设计了三叠层太阳能电池。吴宏滨与陈立桅 2011 年合著的一篇论文（被引频次为 924）新进入核心论文行列，文章证明通过添加中间层的方法可同时提高开路电压、短路电流密度和填充因子。

无论从核心论文还是施引论文角度，统计数据都显示中美两国在聚合物太阳能电池研究领域占据重要地位，中国华南理工大学、中国科学院和美国加州大学是重要的高校研究机构（表 29，表 30）。

表 29 “高能量转换效率聚合物太阳能电池”研究前沿中 4 篇核心论文的 Top 产出国和产出机构

排名	国家	核心论文	比例	排名	机构	核心论文	比例
1	中国	2	50.0%	1	华南理工大学（中国）	2	50.0%
2	日本	1	25.0%	2	大学教育资助委员会 - 香港（中国）	1	25.0%
2	荷兰	1	25.0%	2	住友化学株式会社（日本）	1	25.0%
2	美国	1	25.0%	2	埃因霍温工业大学（荷兰）	1	25.0%
				2	美国国家可再生能源实验室（美国）	1	25.0%
				2	加州大学洛杉矶分校（美国）	1	25.0%
				2	中国科学院（中国）	1	25.0%
				2	香港浸会大学（中国）	1	25.0%

表 30 “高能量转换效率聚合物太阳能电池”研究前沿中施引论文的 Top10 产出国（地区）和产出机构

排名	国家	施引论文	比例	排名	机构	施引论文	比例
1	中国	982	42.9%	1	中国科学院（中国）	406	17.7%
2	美国	513	22.4%	2	华南理工大学（中国）	124	5.4%
3	韩国	256	11.2%	3	加州大学圣芭芭拉分校（美国）	66	2.9%
4	日本	133	5.8%	4	浙江大学（中国）	63	2.8%
5	英国	122	5.3%	5	吉林大学（中国）	56	2.4%
6	德国	120	5.2%	6	帝国理工学院（英国）	54	2.4%
7	中国台湾	116	5.1%	6	华盛顿大学（美国）	54	2.4%
8	澳大利亚	79	3.5%	8	苏州大学（中国）	53	2.3%
9	瑞典	59	2.6%	9	湘潭大学（中国）	51	2.2%
10	新加坡	56	2.4%	10	北京交通大学（中国）	47	2.1%
				10	南昌大学（中国）	47	2.1%

1.3 重点热点前沿——“聚集诱导发光化合物的合成、性质和用于细胞成像”

大部分有机发光材料在稀溶液中有很强的荧光发射，但在聚集状态或固态下由于相互之间的作用力使得荧光发射很弱甚至没有荧光发射，这种现象称为聚集荧光淬灭。2001 年香港科技大学唐本忠课题组首次发现了聚集诱导发光（Aggregation Induced Emission, AIE）现象，即化合物在稀溶液中几乎不发光，但在聚集态或者固态时呈现很强的荧光发射。具有 AIE 性质的化合物从根本上解决了聚集导致荧光猝灭的难题，因此引起了科学界的极大关注。

2010 年韩国国立首尔大学 Park 课题组首次发现了具有压致变色性质的聚集诱导发光材料，从而将压致变色与聚集诱导发光联系了起来。压致变色聚集诱导发光材料的发光波长对外力刺激能产生明显的响应，且变化往往是可逆的，利用其他的刺激方式可以恢复到原来的状态，因此它也是一种可擦写的光信息智能材料。由于发光颜色或光谱可以用肉眼观察或用仪器进行定量检测，因此这些材料在传感、防伪、检测等诸多领域有着潜在的应用前景。

细胞成像是生物制药产业最有发展潜力的研究方

向之一。随着分子探针技术的发展，基于光和生物体相互作用的可视化技术有了很大的进步。荧光纳米成像探针具有细胞渗透性强、残留时间长等优于分子探针的特性。AIE 分子非常适合用于制备荧光纳米粒子，通过与纳米无机 / 聚合物粒子结合，形成的纳米探针可通过 AIE 特性进行生物成像。通过精心设计纳米粒子和选择 AIE 分子，制备的纳米探针几乎对细胞没有毒性，其在细胞成像中有良好的表现，在癌症的诊断和治疗等方面具有应用前景。

聚集诱导现象是由中国科学家率先发现，因而中国也成为该领域研究世界领先的国家。无论是核心论文数量还是施引论文数量，中国都遥遥领先其他国家，所占比例超过一半（表 31、表 32）。中国科学院、清华大学和香港科技大学等国内机构，在机构核心 / 施引论文数量排行榜上牢牢占据前列。总之，中国在这一前沿领域已经形成一定优势地位，形成了中国科学院、清华大学和香港科技大学等一批优秀的研究机构，拥有香港科技大学唐本忠院士、清华大学危岩教授等一批优秀研究学者以及相应的优秀研究团队。

表 31 “聚集诱导发光化合物的合成、性质和用于细胞成像”研究前沿中 44 篇核心论文的 Top 产出国和产出机构

排名	国家	核心论文	比例	排名	机构	核心论文	比例
1	中国	37	84.1%	1	清华大学（中国）	21	47.7%
2	日本	3	6.8%	2	中国科学院（中国）	18	40.9%
3	新加坡	2	4.5%	3	中山大学（中国）	11	25.0%
3	美国	2	4.5%	4	南昌大学（中国）	6	13.6%
4	韩国	1	2.3%	4	香港科技大学（中国）	6	13.6%
4	西班牙	1	2.3%	6	浙江大学（中国）	4	9.1%
4	法国	1	2.3%	7	吉林大学（中国）	3	6.8%
				8	北京师范大学（中国）	2	4.5%
				8	华南理工大学（中国）	2	4.5%

表 32 “聚集诱导发光化合物的合成、性质和用于细胞成像”研究前沿中施引论文的 Top10 产出国（地区）和产出机构

排名	国家	施引论文	比例	排名	机构	施引论文	比例
1	中国	690	58.8%	1	中国科学院（中国）	140	11.9%
2	日本	150	12.8%	2	吉林大学（中国）	97	8.3%
3	美国	94	8.0%	3	香港科技大学（中国）	96	8.2%
4	印度	62	5.3%	4	清华大学（中国）	80	6.8%
5	新加坡	51	4.3%	4	华南理工大学（中国）	55	4.7%
6	韩国	43	3.7%	4	浙江大学（中国）	43	3.7%
7	意大利	34	2.9%	7	新加坡国立大学（新加坡）	35	3.0%
8	法国	30	2.6%	8	中山大学（中国）	33	2.8%
9	西班牙	29	2.5%	9	北京化工大学（中国）	32	2.7%
10	中国台湾	28	2.4%	10	东京大学（日本）	29	2.5%

2. 新兴前沿

“有机光伏电池的电荷分离机理”

由于具有可塑性强、原料来源广泛、易大量加工等优点，有机光伏电池在一些特殊设备上有着重要的用途。对于其光电转化机理，一般认为光照之后首先在电子给体形成束缚的电子-空穴对，也就是常说的激子，然后此激子迁移到电子供体/受体界面发生分子间电荷转移得到电荷转移态，并进一步发生电荷分离直至形成电荷分离态。因此有机光伏电池研究的一个重要问题就是，怎样使电子和空穴彻底分离以产生电流，从而提高光电转化效率。

英国剑桥大学 Friend RH 等人利用超快光谱实验手段，探测到了在激发过程中（40 飞秒）电子——

空穴对分离产生的静电能（约 200 毫电子伏特），相当于正负电荷分离至少 4 纳米，电子-空穴对完全分离。美国斯坦福大学 Vandewal K 等人从电荷转移态的角度分析了电荷产生这一过程，通过研究一系列电子供体/受体组合，认为内量子效率的高低与最初产生的激发态的能量是否高于电荷转移态最低能量基本无关。美国西北大学 Savoie BM 等人（Friend RH 也参与工作）利用电子结构计算的方法，从电子受体（富勒烯）角度研究，建立起一套模型理论，指出富勒烯组分的形貌特征与电荷产生有密切关联。



八、物理

1. 热点前沿

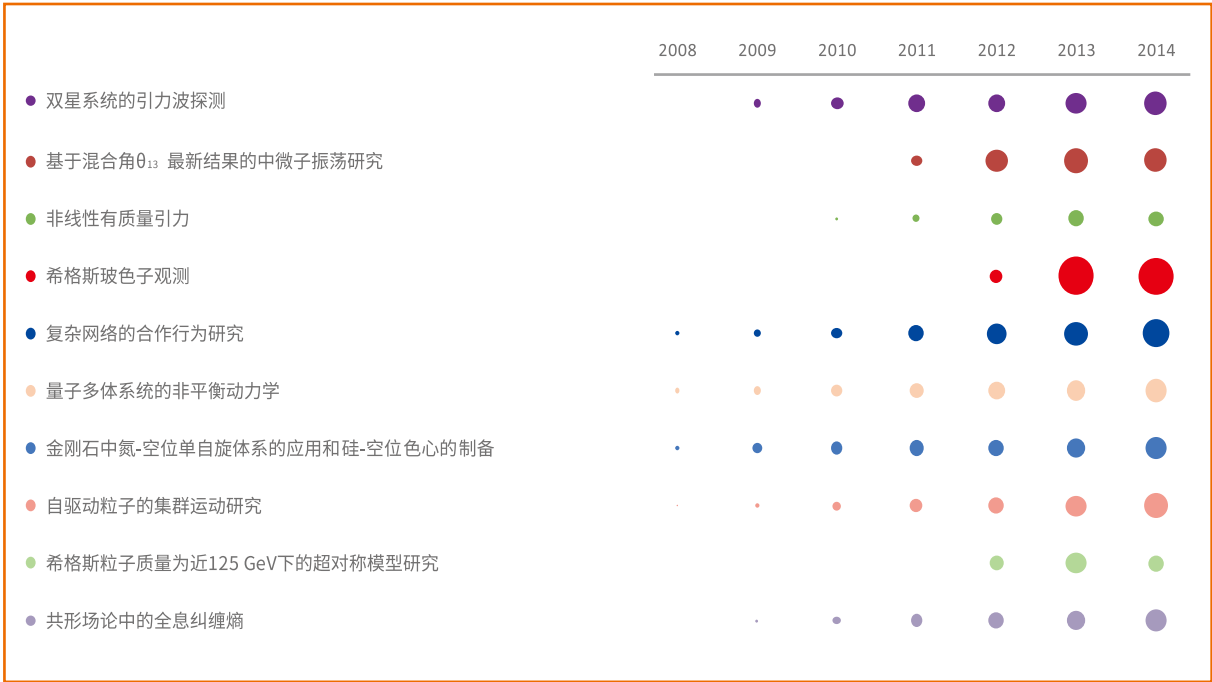
1.1 物理领域 Top10 研究前沿发展态势

物理领域 Top10 研究前沿中，中微子和希格斯玻色子相关的研究依然是今年的热点前沿（前沿 2、4、9），其中，前沿 2 和前沿 9 是基于最新重大成果开展的深入研究。此外，有 4 个前沿侧重于理论物理的研究，包括复杂网络的物理研究（前沿 5、8）、非线性有质量引力和全息纠缠熵（前沿 3、10）。Top10 研究前沿中还包括了引力波探测、量子多体系统以及金刚石单自旋体系的相关研究。

表 33 物理领域 Top10 研究前沿

排名	研究前沿	核心论文	被引频次	核心论文平均出版年
1	双星系统的引力波探测	43	3042	2012.4
2	基于混合角 θ_{13} 最新结果的中微子振荡研究	22	3923	2012.2
3	非线性有质量引力	27	2435	2012.1
4	希格斯玻色子观测	2	3763	2012
5	复杂网络的合作行为研究	49	3607	2012
6	量子多体系统的非平衡动力学	44	3497	2012
7	金刚石中氮 - 空位单自旋体系的应用 和硅 - 空位色心的制备	24	2582	2012
8	自驱动粒子的集群运动研究	32	2549	2012
9	希格斯粒子质量为近 125 GeV 下的超对称模型研究	24	2332	2012
10	共形场论中的全息纠缠熵	30	2165	2012

图 7 物理领域 Top10 研究前沿施引论文



1.2 重点热点前沿——“希格斯玻色子观测”

作为标准模型中最后一种被发现的粒子，希格斯玻色子对物理学研究的重要影响日益凸显。今年，“希格斯玻色子观测”依旧是最亮眼的热点前沿。所有核心论文依然是欧洲核子研究中心的超环面仪器（ATLAS）和紧凑 μ 子线圈（CMS）实验团队发现希格斯玻色子的两篇论文，到目前为止，这两篇论文的被引频次已达 4185 次，同比增长了一倍多。对施引

论文进行分析(表 34)可以发现,美国的施引论文最多，有 759 篇，占总施引论文量的 33.8%，德国、英国和瑞士紧随其后，中国位列第五，施引论文为 342 篇。施引论文量排名 Top10 的机构中，欧洲核子研究中心和意大利国家核物理研究所的施引论文最多，分别为 284 和 257 篇，中国科学院紧随其后，为 194 篇。

表 34 “希格斯玻色子观测”研究前沿中施引论文的 Top10 产出国和产出机构

排名	国家	施引论文	比例	排名	机构	施引论文	比例
1	美国	759	33.8%	1	欧洲核子研究中心（瑞士）	284	12.7%
2	德国	499	22.2%	2	意大利国家核物理研究所（意大利）	257	11.5%
3	英国	374	16.7%	3	中国科学院（中国）	194	8.6%
4	瑞士	362	16.1%	4	德国电子同步加速器研究所（德国）	180	8.0%
5	中国	342	15.2%	5	芝加哥大学（美国）	172	7.7%
6	意大利	299	13.3%	6	威斯康星大学麦迪逊分校（美国）	157	7.0%
6	日本	299	13.3%	7	杜布纳联合核子研究所（俄罗斯）	154	6.9%
8	法国	289	12.9%	8	东京大学（日本）	153	6.8%
9	西班牙	288	12.8%	9	费米国家加速器实验室（美国）	152	6.8%
10	印度	233	10.4%	10	理论与实验物理研究所（俄罗斯）	148	6.6%

1.3 重点热点前沿——“希格斯粒子质量为近 125 GeV 下的超对称模型研究”

标准模型取得了巨大的成功，但它还存在着许多问题，这些无法解释的问题预示着标准模型之外存在新物理。因此，人们对标准模型进行了扩充，发展了一系列新物理模型。现在，希格斯粒子的质量被确定在 125GeV 左右，许多新物理模型的参数空间受到了很强的限制，在这一限制下检验和进一步研究各种新物理模型成为了研究的热点。超对称模型被广泛认为是对标准模型扩充的最有力竞争者之一，今年，“希格斯粒子质量为近 125GeV 下的超对称模型研究”成为了 Top10 热点前沿之一。

美国在这一热点前沿中表现最活跃，是核心论文的主要产出国家（表 35）。24 篇核心论文中，美国参与了有 15 篇，占核心论文总量的 62.5%。德国、

瑞士和英国等也表现突出。核心论文产出最多的机构是瑞士的欧洲核子研究中心，其他产出较多的 Top 机构中，美国有 4 所，中国有 3 所，德国、法国和英国各有 1 所。

对热点前沿施引论文的国家 and 机构进行分析（表 36），可以发现，美国的施引论文最多，有 268 篇，占施引论文总量的 38.4%。德国以 122 篇的数量排名第二，占总施引论文总量的 17.5%；瑞士、中国和英国紧随其后。施引论文总量排名 Top10 的机构中，欧洲核子研究中心的施引论文最多，为 85 篇，占总施引论文总量的 12.2%，中国科学院位列第二，施引论文数为 57 篇，随后是意大利国家核物理研究所。

表 35 “希格斯粒子质量为近 125 GeV 下的超对称模型研究”研究前沿中 24 篇核心论文的 Top 产出国和产出机构

排名	国家	核心论文	比例	排名	机构	核心论文	比例
1	美国	15	62.5%	1	欧洲核子研究中心（瑞士）	6	25.0%
2	德国	6	25.0%	2	费米国家加速器实验室（美国）	4	16.7%
2	瑞士	6	25.0%	2	明尼苏达大学双城分校（美国）	4	16.7%
2	英国	6	25.0%	2	德国电子同步加速器研究所（德国）	4	16.7%
5	法国	4	16.7%	5	法国国家科学研究中心（法国）	3	12.5%
6	中国	3	12.5%	5	中国科学院（中国）	3	12.5%
6	意大利	3	12.5%	5	河南师范大学（中国）	3	12.5%
6	西班牙	3	12.5%	5	北京大学（中国）	3	12.5%
9	比利时	2	8.3%	5	加州大学圣克鲁兹分校（美国）	3	12.5%
10	爱沙尼亚	1	4.2%	5	加州大学伯克利分校（美国）	3	12.5%
10	波兰	1	4.2%	5	伦敦大学（英国）	3	12.5%

表 36 “希格斯粒子质量为近 125 GeV 下的超对称模型研究”研究前沿中施引论文的 Top10 产出国和产出机构

排名	国家	施引论文	比例	排名	机构	施引论文	比例
1	美国	268	38.4%	1	欧洲核子研究中心（瑞士）	85	12.2%
2	德国	122	17.5%	2	中国科学院（中国）	57	8.2%
3	瑞士	99	14.2%	3	意大利国家核物理研究所（意大利）	52	7.4%
4	中国	92	13.2%	4	芝加哥大学（美国）	41	5.9%
5	英国	91	13.0%	5	德国电子同步加速器研究所（德国）	39	5.6%
6	法国	89	12.8%	6	波恩大学（德国）	34	4.9%
6	西班牙	71	10.2%	7	费米国家加速器实验室（美国）	33	4.7%
8	意大利	66	9.5%	8	巴黎第十一大学（法国）	31	4.4%
9	日本	63	9.0%	9	东京大学（日本）	31	4.4%
10	印度	47	6.7%	9	法国国家科学研究中心（法国）	28	4.0%

2. 新兴前沿

在新兴前沿中，也出现了两个与希格斯粒子相关的研究：“希格斯粒子发现后的双希格斯二重态模型研究”和“希格斯粒子发现后标准模型的扩充研究”。

2.1 重点新兴前沿——“希格斯粒子发现后的双希格斯二重态模型研究”

双希格斯二重态模型也是对标准模型扩充的新物理模型之一。超对称模型是对标准模型的对称群进行扩充，而双希格斯二重态模型是对标准模型的希格斯部分进行扩充。希格斯粒子发现后，双希格斯二重态模型研究变得活跃起来，成为了物理学领域的新兴前沿之一。该前沿有 13 篇核心论文，其中美国参与发表了 8 篇，占 61.5%。从施引论文看，美国有 52 篇，占施引论文总量的 40.3%，其后是中国和韩国，分别为 20 和 18 篇；施引论文数较多的机构是芝加哥大学、葡萄牙里斯本大学、西班牙瓦伦西亚大学等。

2.2 重点新兴前沿——“希格斯粒子发现后标准模型的扩充研究”

标准模型存在着许多问题，如质量等级、自然性、暗物质等，这些问题预示着新物理的存在。希格斯粒子的发现对这些问题的解决带来了一些启示，因此，针对这些问题的标准模型扩充研究也变得活跃起来，成为了新兴前沿之一。该前沿有 8 篇核心论文，参与的国家包括美国、爱沙尼亚、意大利、日本、瑞士、芬兰、比利时和丹麦，爱沙尼亚国家化学物理和生物物理研究所在该前沿表现最为出色，不仅是核心论文数最多的机构而且施引论文数也最多。从施引论文看，美国、日本和英国是施引论文数最多的 3 个国家。



“

标准模型存在着许多问题，如质量等级、自然性、暗物质等，这些问题预示着新物理的存在。希格斯粒子的发现对这些问题的解决带来了一些启示

”



九、天文学与天体物理

1. 热点前沿

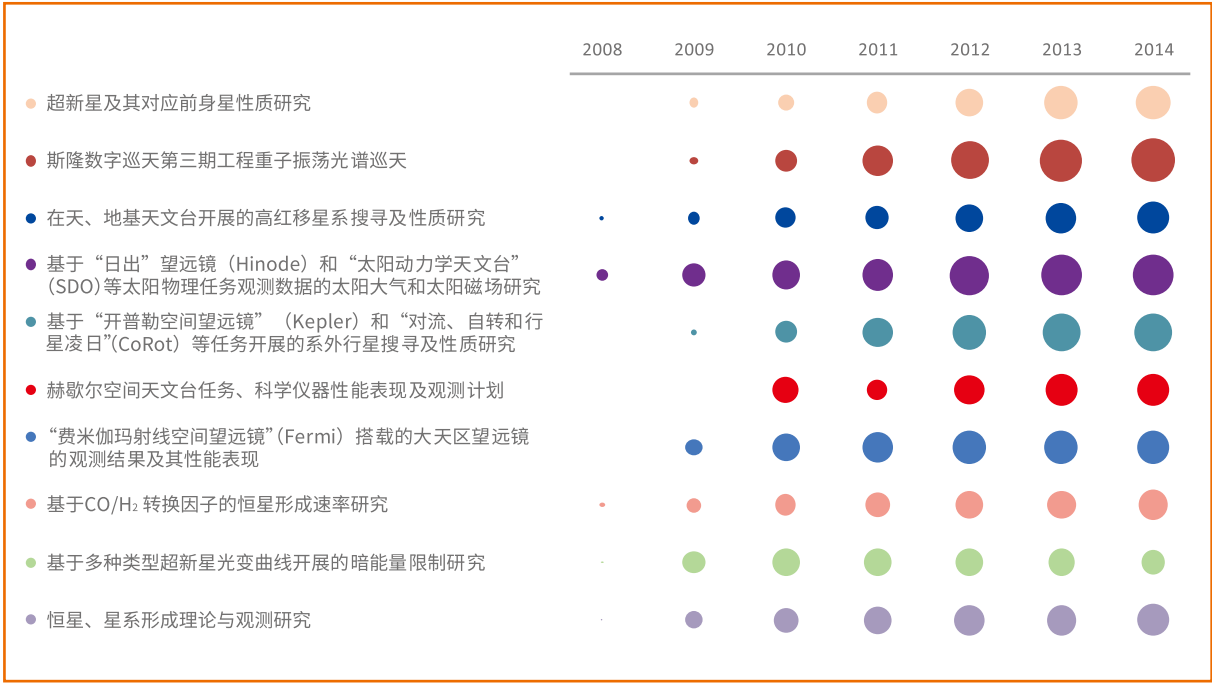
1.1 天文与天体物理领域 Top10 研究前沿发展态势

“宇宙是如何起源和演化的”是当代空间天文学与天体物理领域的核心科学问题，其内涵包括：宇宙是由什么构成及如何演化的，宇宙中不同尺度的结构和天体是如何起源和演化的，以及是否存在超越现有基本物理理论的新物理规律；主要研究内容涵盖恒星形成与演化、星系和宇宙学、粒子天体物理、高能天体物理以及与天文紧密相关的基本物理学重大问题如暗物质、暗能量和引力波等。在 2015 年天文学与天体物理领域排名前 10 的研究前沿中，有 9 项继续聚焦于上述问题，研究对象和主题涉及超新星、高红移星系、系外行星、伽玛射线暴、暗能量、恒星形成与演化等，另外 1 项为关于太阳大气和磁场的太阳物理学研究（下表中的前沿 4）。值得注意的是，排名前 10 的研究前沿多与具体的空间探测卫星任务直接相关，展示出本领域研究前沿热点强烈依赖空间任务平台的学科特色。

表 37 天文与天体物理领域 Top10 研究前沿

排名	研究前沿	核心论文	被引频次	核心论文平均出版年
1	超新星及其对应前身星性质研究	28	2663	2011.7
2	斯隆数字巡天第三期工程重子振荡光谱巡天	16	3756	2011.6
3	在天、地天文台开展的高红移星系搜索及性质研究	32	3413	2011.5
4	基于“日出”望远镜（Hinode）和“太阳动力学天文台”（SDO）等太阳物理任务观测数据的太阳大气和太阳磁场研究	24	3597	2011.1
5	基于“开普勒空间望远镜”（Kepler）和“对流、自转和行星凌日”（CoRoT）等任务开展的系外行星搜寻及性质研究	23	4341	2011
6	赫歇尔空间天文台任务、科学仪器性能表现及观测计划	7	2967	2010.4
7	“费米伽玛射线空间望远镜”（Fermi）搭载的大天区望远镜的观测结果及其性能表现	11	3091	2010.2
8	基于 CO/H ₂ 转换因子的恒星形成速率研究	13	2423	2009.9
9	基于多种类型超新星光变曲线开展的暗能量限制研究	7	2116	2009.6
10	恒星、星系形成理论与观测研究	14	3383	2009.4

图 8 天文与天体物理领域 Top10 研究前沿施引论文



1.2 重点热点前沿——“赫歇尔空间天文台任务、科学仪器性能表现及观测计划”

2013 年和 2014 年的热点前沿“赫歇尔空间天文台任务、科学仪器性能表现及观测计划”在 2015 年继续入选天文学与天体物理领域年度最重要的 Top10 热点前沿，构成该热点的 7 篇核心论文也没有发生变化。这一情况再次证明大型空间任务通常会获得领域内的持续高度关注，并从任务概念提出到完成任务整个生命周期直至任务结束后的很长一段时间里不断产生研究发现，成为长期受到关注的研究热点。7 篇核心论文聚焦“赫歇尔空间天文台”（Herschel Space Observatory）任务、三大科学仪器及其性能表现以及观测计划等内容，均由项目承担机构和科学家通过

广泛的国际合作完成，获得核心关注亦在情理之中。

对核心论文的产出国、产出机构及通讯作者分析请详见 2014 年报告。从该研究前沿的施引论文 Top 产出国家和产出机构来看（表 38），2015 年与 2014 年相比排名情况变化不大：Top 10 国家完全一致，仅荷兰和意大利的排名发生了变动；Top 10 机构中，2014 年的 Top 10 机构有 9 家在 2015 年继续上榜，前 4 名的机构与 2014 年完全一致，去年未入选 Top 10 机构的西班牙科学研究委员会在 2015 年上升至第 9。

表 38 “赫歇尔空间天文台任务、科学仪器性能表现及观测计划”研究前沿中施引论文的 Top10 产出国和产出机构

排名	国家	施引论文	比例	排名	机构	施引论文	比例
1	美国	978	71.5%	1	马普学会（德国）	567	41.4%
2	法国	783	57.2%	2	加州理工学院（美国）	491	35.9%
3	德国	765	55.9%	3	意大利国家天体物理研究所（意大利）	410	30.0%
4	英国	718	52.5%	4	法国国家科学研究中心（法国）	329	24.0%
5	西班牙	588	43.0%	5	莱顿大学（荷兰）	294	21.5%
6	荷兰	494	36.1%	6	巴黎第七大学（法国）	286	20.9%
7	意大利	490	35.8%	7	欧洲空间局欧洲空间天文学中心（西班牙）	271	19.8%
8	加拿大	424	31.0%	7	卡迪夫大学（英国）	271	19.8%
9	比利时	255	18.6%	9	西班牙科学研究委员会（西班牙）	248	18.1%
10	智利	242	17.7%	10	爱丁堡大学（英国）	237	17.3%

1.3 重点热点前沿——“在天、地基天文台开展的高红移星系搜寻及性质研究”

高红移星系是指光谱向红端移动相对值较高的星系。在给定的宇宙模型中，星系的年龄与其红移值有明确的对应关系：星系年龄越小，红移值就越大，距离就越远，观测起来也就越困难。高红移星系的观测和研究已经成为当代天文学的一个热点，它对了解宇宙早期星系的形成和演化，约束不同的星系形成模型等都至关重要。通过研究高红移星系的物理特性及其物理环境，可以深入分析星系的形成时间、机理以及演化过程。

随着一批大口径、高分辨率地基和天基望远镜投入观测，以及一系列远距离星系的有效选取方法的提出，对于高红移星系的观测和理论研究最近取得了重要进展。

本前沿核心论文涉及的主要地基观测平台包括“昴星团望远镜”（Subaru）和“凯克天文台”（Keck）等；天基平台主要包括“哈勃空间望远镜”（Hubble）、“斯皮策空间望远镜”（Spitzer）以及“赫歇尔空间

天文台”（Herschel）等。目前，基于数个地面大口径望远镜和空间望远镜的图像巡天项目，包括“哈勃透镜阵列和超新星巡天”（CLASH）、“哈勃深场”（HDF）、“哈勃超级深场”（HUDF）、“哈勃极端深场”（XDF）巡天项目已经完成或正在进行中。在上述项目中发现大批高红移星系（最高红移值 $z \approx 12$ ），相关研究无疑会进一步拓展人类对早期宇宙以及宇宙演化的认识。

根据核心论文的产出国家（地区）和产出机构的分析（表 39），美国在该前沿的表现尤为突出，美国主导或参与了全部 32 篇核心论文的工作，核心论文产出 Top 10 机构中有 7 所美国机构。美国在该前沿的突出表现不仅得益于其在空间天文研究领域的雄厚研究积累，其主导并投资了该前沿的主要研究设施（包括 Hubble、Keck 等）也功不可没。荷兰莱顿大学、英国爱丁堡大学、日本东京大学和瑞士苏黎世联邦理工学院也均有上佳表现。

表 39 “在天、地基天文台开展的高红移星系搜索及性质研究”研究前沿中 32 篇核心论文的 Top 产出国（地区）和产出机构

排名	国家	核心论文	比例	排名	机构	核心论文	比例
1	美国	32	100.0%	1	太空望远镜科学研究所（美国）	19	59.4%
2	英国	19	59.4%	2	加州理工学院（美国）	16	50.0%
3	荷兰	15	46.9%	3	莱顿大学（荷兰）	15	46.9%
4	瑞士	9	28.1%	4	加州大学圣克鲁兹分校（美国）	12	37.5%
5	日本	7	21.9%	5	耶鲁大学（美国）	11	34.4%
6	法国	6	18.8%	6	爱丁堡大学（英国）	8	25.0%
7	德国	4	12.5%	7	东京大学（日本）	7	21.9%
7	智利	4	12.5%	7	卡内基天文台（美国）	7	21.9%
7	西班牙	4	12.5%	7	科罗拉多大学（美国）	7	21.9%
10	加拿大	3	9.4%	7	亚利桑那大学（美国）	7	21.9%
10	意大利	3	9.4%	7	瑞士苏黎世联邦理工学院（瑞士）	7	21.9%
10	中国	3	9.4%				
10	中国台湾	3	9.4%				
10	丹麦	3	9.4%				

从表 40 的数据可以看出，美国参与的施引论文最多，占全部施引论文的 70.5%。英国、德国和法国参与的施引论文数量分列 2 至 4 位。施引论文量排名前十的机构中有 6 家来自美国，德国马普学会施引论

文数量力压美国机构，位居施引论文 Top 机构的第 1 名。意大利国家天体物理研究所、荷兰莱顿大学和英国的爱丁堡大学也榜上有名。

表 40 “在天、地基天文台开展的高红移星系搜索及性质研究”研究前沿中施引论文的 Top 10 产出国和产出机构

排名	国家	施引论文	比例	排名	机构	施引论文	比例
1	美国	909	70.5%	1	马普学会（德国）	248	19.2%
2	英国	444	34.4%	2	加州理工学院（美国）	218	16.9%
3	德国	382	29.6%	3	太空望远镜科学研究所（美国）	215	16.7%
4	法国	279	21.6%	4	意大利国家天体物理研究所（意大利）	207	16.1%
5	意大利	252	19.6%	5	莱顿大学（荷兰）	154	11.9%
6	荷兰	179	13.9%	6	美国国家航空航天局（美国）	150	11.6%
7	日本	150	11.6%	7	哈佛大学（美国）	143	11.1%
7	西班牙	150	11.6%	8	亚利桑那大学（美国）	132	10.2%
9	智利	122	9.5%	9	加州大学圣克鲁兹分校（美国）	132	10.2%
10	瑞士	121	9.4%	10	爱丁堡大学（英国）	130	10.1%

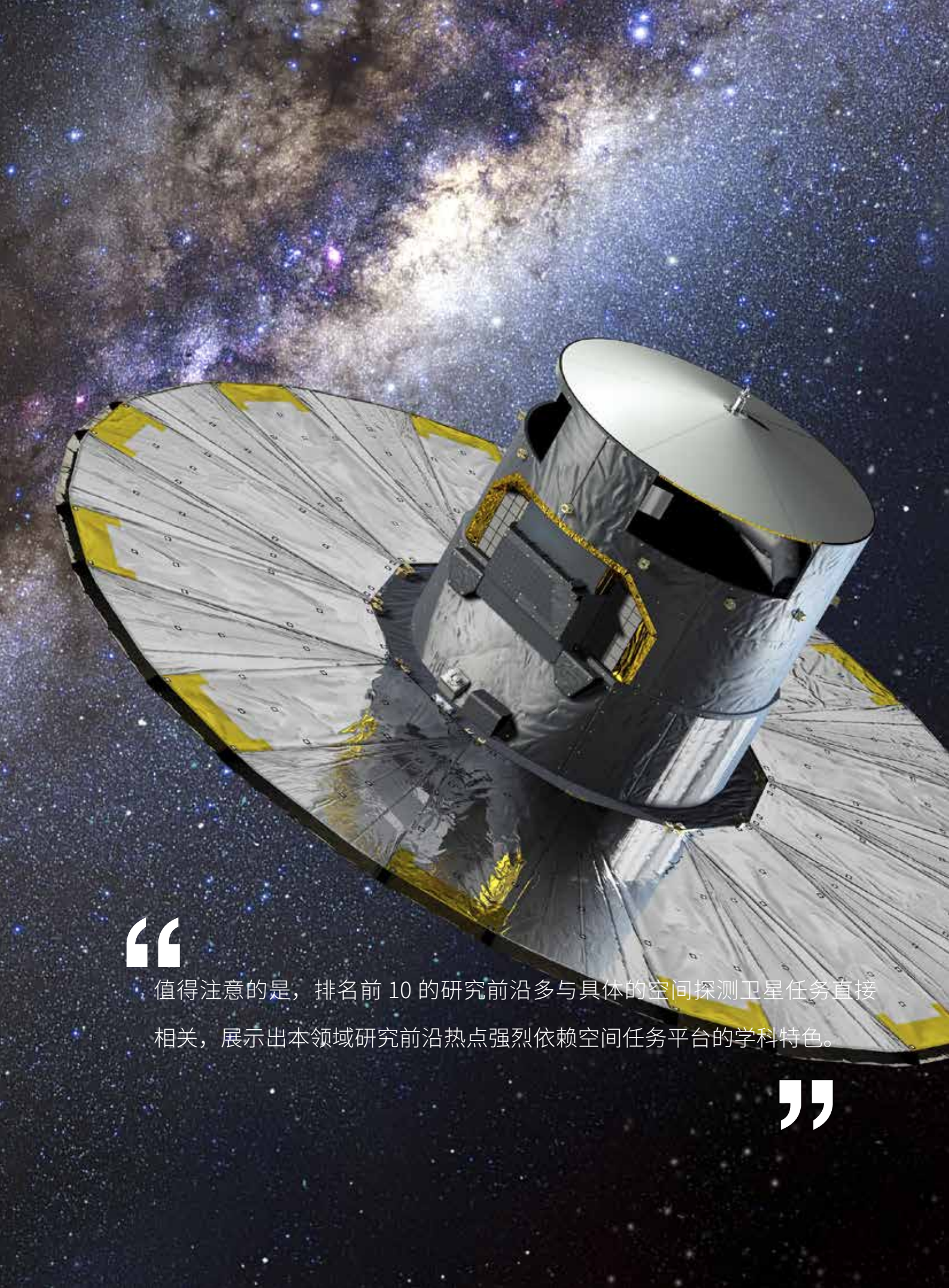
2. 新兴前沿

“‘宇宙河外星系偏振背景成像’（BICEP2）对 B 模偏振效应的探测”

2014 年 3 月，由哈佛 - 史密森天体物理学中心（CfA）的科学家 Kovac J 领导的研究团队召开发布会，宣布其根据从位于南极的“宇宙河外星系偏振背景成像”（BICEP2）望远镜收集的数据，可能探测到了宇宙暴胀时激发的引力波在宇宙背景上产生的 B 模偏振效应的印记，有望成为支持宇宙暴胀理论的直接证据。这项一度被认为有望问鼎诺贝尔奖的重大研究成果迅速引起国际天文学界广泛关注，但随后受到越来越多的质疑，最终在与卫星观测结果对比后被证实无效。

新兴前沿中识别出的 4 篇核心论文很好地重现了此次宇宙暴胀证据的发现和受到质疑的过程：第 1 篇被引用高达 427 次的论文正是 BICEP2 团队报道其对

引力波存在证据的探测结果的论文。第 2 篇是由普林斯顿大学的天体物理学家 Spergel D 首次提出并参与撰写的质疑 BICEP2 团队的重大发现的研究论文，被引用达 64 次。此后对 BICEP2 研究团队发现引力波的质疑越来越多。第 3、4 篇核心论文根据“普朗克”（Planck）空间望远镜和“威尔金森微波各向异性探测器”（WMAP）的观测数据指出 BICEP2 的观测结果有可能是宇宙尘埃导致的，而并非探测到了引力波。相关争论直到 2015 年 1 月 Planck 团队和 BICEP2 团队公布对观测数据的联合分析结果，并正式确认 BICEP2 的观测结果无法证明引力波的存在才宣告结束。Spergel D 因首次指出了关于此次宇宙膨胀的重大发现中的错误而被《Nature》杂志评为 2014 年度十大科学人物之一。



“

值得注意的是，排名前 10 的研究前沿多与具体的空间探测卫星任务直接相关，展示出本领域研究前沿热点强烈依赖空间任务平台的学科特色。

”



十、数学、计算机科学与工程

1. 热点前沿

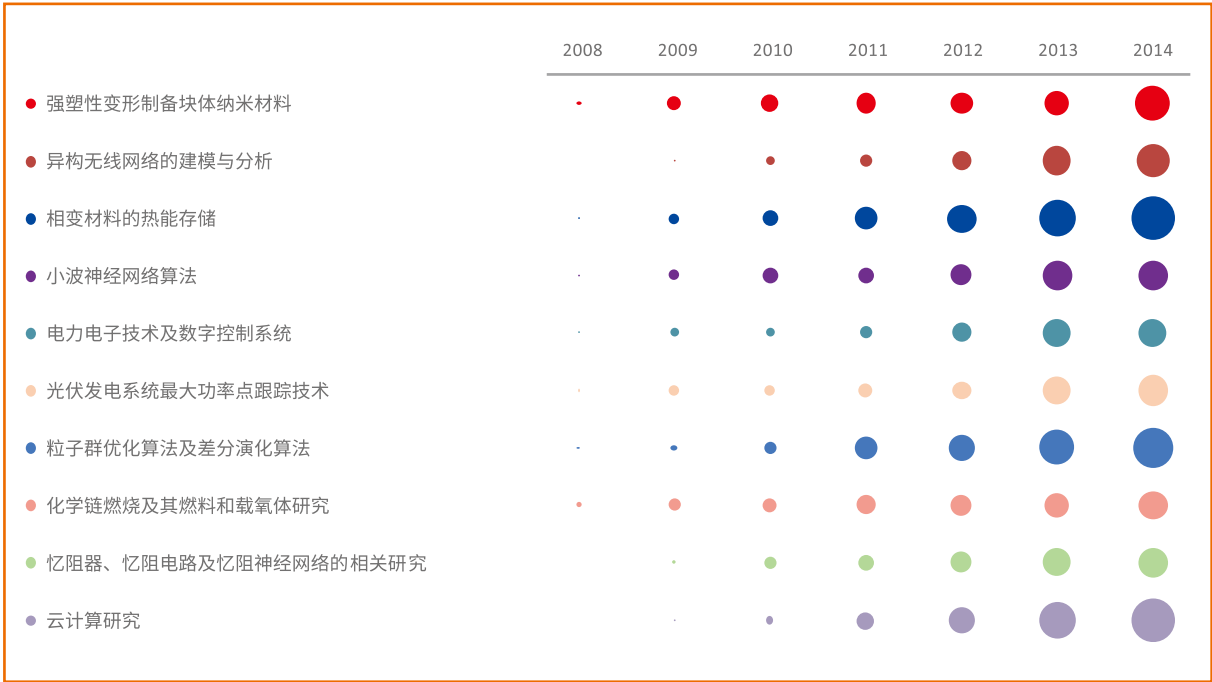
1.1 数学、计算机科学与工程领域 Top10 研究前沿发展态势

数学、计算机科学与工程领域位居前 10 位的研究前沿如表 41 所示，其中“强塑性变形制备块体纳米材料”、“相变材料的热能存储”、“粒子群优化与差分进化算法”和“忆阻器、忆阻电路及忆阻神经网络的相关研究”是该领域的重点热点前沿。

表 41 数学、计算机科学与工程领域 Top10 研究前沿

排名	研究前沿	核心论文	被引频次	核心论文平均出版年
1	强塑性变形制备块体纳米材料	9	1029	2011.9
2	异构蜂窝无线网络的建模与分析	22	1170	2011.8
3	相变材料的热能存储	48	2848	2011.5
4	小波神经网络算法	41	1584	2011.5
5	电力电子技术及数字控制系统	19	965	2011.5
6	光伏发电系统最大功率点跟踪技术	29	1294	2011.4
7	粒子群优化与差分进化算法	28	2218	2011.3
8	化学链燃烧及其燃料和载氧体研究	41	2214	2011.3
9	忆阻器、忆阻电路及忆阻神经网络的相关研究	25	1535	2011.2
10	云计算研究	19	1466	2011.2

图 9 数学、计算机科学与工程领域 Top10 研究前沿的施引论文



1.2 重点热点前沿——“强塑性变形制备块体纳米材料”

制备出组织结构均匀、晶界清洁致密、无微孔隙的块体纳米材料是目前纳米材料制备的一个重要目标。制备块体纳米材料有多种方法，其中的强塑性变形 (Severe Plastic Deformation, SPD) 方法可以使材料在较低温下强烈变形，在低温大应力条件下使其晶粒得到明显细化、微观呈现大角晶界超细晶结构，最终实现材料的纳米化。

采用强塑性变形制备块体纳米材料的研究，始于 20 世纪 90 年代俄罗斯科学院开展的卓有成效的工作，他们采用纯剪切强变形方法获得了亚微米级晶粒尺寸的纯铜组织。之后，强塑性变形制备的纳米材料种类扩展到更多的合金和材料类型，微观组织结构质量也越来越高。根据变形方式的不同，强塑性变形制备块体纳米材料主要包括高压扭转变形 (High Pressure Torsion, HPT)、等径角挤压变形 (Equal Channel Angular Pressing, ECAP)、叠轧法 (Accumulative Roll Bonding, ARB)、折皱 - 压直法 (Repetitive Corrugation and Straightening, RCS)、循环挤压法 (Recycled Extrusion, RE) 等几种工艺方法。近年来，拓宽塑性变形研究系列，研究出与各种合金成分所对应的实用稳定的塑性变形及热处理工艺，并全面进行该类纳米材料的性能研究成为该热点前沿的主要课题。

“强塑性变形制备块体纳米材料”热点前沿一共有 9 篇核心论文，从 2009 年至今，总被引频次达到

1029 次，论文的篇均被引频次达到 119 次，可见该前沿近年来的热度非常高。其中被引频次最高的论文 (657 次) 来自 Langdon TG 教授，该论文对高压扭转变形的基础和应用进行了综述。Langdon TG 教授现任英国南安普顿大学和美国南加州大学教授，2014 年位列汤森路透高被引科学家之列。Langdon TG 教授在强塑性变形的技术、机理、计算模拟方面都有突出的贡献，他的另外 2 篇核心论文则分别讨论了高压扭转变形的温度分布和晶粒细化对超细晶材料性能的影响。

对该前沿核心论文的产出国家和机构进行分析 (表 42)，可以看出，目前该前沿的研究主要集中在俄罗斯、英国、美国、日本、西班牙和澳大利亚等国家。该领域的 9 篇核心论文中，俄罗斯参与了 5 篇；18 个参与机构中，俄罗斯占据了 5 个，是参与机构最多的国家。俄罗斯作为一个金属冶金领域的传统强国，同时作为该技术的发源国，至今在该领域的研究中扮演着重要的角色。从机构来看，英国南安普敦大学和美国南加州大学共同合作完成了 3 篇核心论文，排在机构的第 1 名，这两所大学的合作主要通过 Langdon TG 教授完成。

国家和机构核心论文的统计数据表明了俄罗斯、英国、美国在“强塑性变形制备块体纳米材料”领域的核心地位。

表 42 “强塑性变形制备块体纳米材料”研究前沿中 9 篇核心论文的 Top 产出国和产出机构

排名	国家	核心论文	比例	排名	机构	核心论文	比例
1	俄罗斯	5	55.6%	1	南安普敦大学（英国）	3	33.3%
2	英国	3	33.3%	1	南加州大学（美国）	3	33.3%
2	美国	3	33.3%	3	乌法国立航空技术大学（俄罗斯）	2	22.2%
4	日本	2	22.2%	3	莫纳什大学（澳大利亚）	2	22.2%
4	西班牙	2	22.2%				
4	澳大利亚	2	22.2%				

从施引论文数量上，美国、英国超越俄罗斯位居前 2 名（表 43），且美国、英国的施引论文主要由南加州大学和南安普敦大学产出，说明 Langdon TG 教授所在的这两个学校，不仅保持了在该领域的领先地位，

同时正在开展如火如荼的研究工作。值得一提的是，以中国科学院为代表的中国在施引论文 Top10 国家中位列第 3 名，说明中国正在大力跟进开展该领域的相关研究。

表 43 “强塑性变形制备块体纳米材料”研究前沿中施引论文的 Top 10 产出国和产出机构

排名	国家	施引论文	比例	排名	机构	施引论文	比例
1	美国	271	30.3%	1	南安普敦大学（英国）	190	21.3%
2	英国	198	22.1%	2	南加州大学（美国）	179	20.0%
3	中国	164	18.3%	3	九州大学（日本）	69	7.7%
4	俄罗斯	148	16.6%	4	俄罗斯科学院（俄罗斯）	68	7.6%
5	日本	128	14.3%	5	乌法国立航空技术大学（俄罗斯）	52	5.8%
6	韩国	112	12.5%	6	汉阳大学（韩国）	44	4.9%
7	伊朗	92	10.3%	7	中国科学院（中国）	43	4.8%
8	澳大利亚	86	9.6%	8	悉尼大学（澳大利亚）	40	4.5%
9	德国	59	6.6%	9	浦项科学技术大学（韩国）	36	4.0%
10	奥地利	50	5.6%	10	奥地利科学院（奥地利）	33	3.7%
				10	米纳斯联邦大学（巴西）	33	3.7%

1.3 重点热点前沿——“相变材料的热能存储”

相变材料 (Phase Change Material, PCM) 是指随温度变化而改变物理性质并能提供潜热的物质。转变物理性质的过程称为相变过程, 这时相变材料将吸收或释放大量的潜热。

相变材料主要包括无机 PCM、有机 PCM 和复合 PCM 三类。其中, 无机类 PCM 主要有结晶水合盐类、熔融盐类、金属或合金类等; 有机类 PCM 主要包括石蜡、醋酸和其他有机物; 复合相变储热材料的应运而生, 既能有效克服单一的无机物或有机物相变储热材料存在的缺点, 又可以改善相变材料的应用效果以及拓展其应用范围。因此, 研制复合相变储热材料已成为储热材料领域的热点研究课题, 但是混合相变材料也可能具有相变潜热下降、在长期的相变过程中容易变性等缺点, 这些使相变材料的储能过程及性能的研究也成为热点。

同时, 由于相变材料的节能、温控等特性, 相变

材料具有广泛的应用前景, 这种材料一旦在人类生活被广泛应用, 将成为节能环保的最佳绿色环保载体, 目前相变材料的应用研究已经包括航天、建筑、服装、制冷设备、军事、通讯、电力等领域, 其中在建筑材料领域的应用研究最多。

本研究前沿中被引频次最高的核心论文是中国台湾昆山科技大学的 Sharma A 关于相变材料储热性能研究的 1 篇综述, 被引次数达到 539 次。

对在“相变材料的热能存储”热点前沿中研究活跃的国家 and 机构进行分析 (表 44), 可以看出中国在该研究领域最为活跃。48 篇核心论文中中国占据了 22 篇, 占比达到 45.8%。在核心论文的产出机构中, 华南理工大学和土耳其的加齐奥斯曼帕萨大学并列第一, 华南理工大学的领先主要得益于该大学传热强化与过程节能教育部重点实验室在该前沿的卓越研究。

表 44 “相变材料的热能存储”研究前沿中 48 篇核心论文的 Top 产出国（地区）和产出机构

排名	国家	核心论文	比例	排名	机构	核心论文	比例
1	中国	22	45.8%	1	华南理工大学（中国）	6	12.5%
2	土耳其	7	14.6%	1	加齐奥斯曼帕萨大学（土耳其）	6	12.5%
3	美国	4	8.3%	3	广东工业大学（中国）	3	6.3%
4	西班牙	3	6.3%	3	马来亚大学（马来西亚）	3	6.3%
4	马来西亚	3	6.3%	3	莱里达大学（西班牙）	3	6.3%
6	印度	2	4.2%	3	东南大学（中国）	3	6.3%
6	瑞典	2	4.2%	7	西南交通大学（中国）	2	4.2%
6	中国台湾	2	4.2%	7	中山大学（中国）	2	4.2%
6	英国	2	4.2%	7	国家能源大学（马来西亚）	2	4.2%
6	新西兰	2	4.2%	7	奥克兰大学（新西兰）	2	4.2%
				7	梅拉达伦大学（瑞典）	2	4.2%

从该前沿 48 篇核心论文的施引论文量来看，中国的施引论文最多（表 45），有 538 篇，占到了总量的 38.8%，美国以 162 篇位居第 2。施引论文量排名前 10 的机构中有 6 个来自中国，其中中国科学院的施引论文数最多。该前沿核心论文与施引论文统计

结果表明，中国在“相变材料的热能存储”前沿已经开展了卓有成效的研究，同时在传统研究机构继续发力的同时又有新的研究力量不断加入和跟进，比如中国科学院、上海交通大学、南京大学和天津大学等。

表 45 “相变材料的热能存储”研究前沿中施引论文的 Top10 产出国和产出机构

排名	国家	施引论文	比例	排名	机构	施引论文	比例
1	中国	538	38.8%	1	中国科学院（中国）	49	3.5%
2	美国	162	11.7%	2	莱里达大学（西班牙）	47	3.4%
3	西班牙	103	7.4%	3	上海交通大学（中国）	42	3.0%
4	法国	77	5.6%	4	南京大学（中国）	33	2.4%
5	英国	72	5.2%	4	华南理工大学（中国）	33	2.4%
6	印度	67	4.8%	6	加齐奥斯曼帕萨大学（土耳其）	30	2.2%
7	土耳其	62	4.5%	7	马来亚大学（马来西亚）	28	2.0%
8	韩国	45	3.2%	8	清华大学（中国）	26	1.9%
9	加拿大	44	3.2%	9	天津大学（中国）	25	1.8%
10	马来西亚	39	2.8%	10	巴塞罗那大学（西班牙）	24	1.7%

1.4 重点热点前沿——“粒子群优化与差分进化算法”

粒子群优化算法 (Particle Swarm Optimization, PSO) 是一种新兴的基于群体智能的进化算法, 是 Kennedy 和 Eberhart 通过研究鸟群和鱼群的捕食行为于 1995 年提出的。粒子群优化算法得到了国际上相关领域众多学者的关注和研究, 成为国际进化计算界研究的热点。目前, 粒子群优化算法出现了多种改进算法, 已经应用于许多科学和工程领域, 特别是在生产调度领域的应用。粒子群优化算法未来的发展趋势是: 利用有效数学工具对算法的收敛性、收敛速度、参数选取以及参数鲁棒性等进行分析将是未来的发展趋势之一; 与遗传算法、模拟退火算法等其他优化算法融合; 选择、优化和调整粒子群优化算法参数, 使得算法既能避免早熟又能比较快速收敛, 较好地应用于生产调度这类离散的组合优化问题。

差分进化算法 (Differential Evolution, DE) 是一种基于种群的启发式全局搜索技术, 是 1995 年 Storn R 和 Price K 为求解 Chebyshev 多项式而提出的。差分进化算法和粒子群算法几乎产生于同一时间, 且都是

基于群体智能理论的进化算法, 通过群体内个体间的合作与竞争产生的群体智能指导优化搜索。差分进化算法因原理简单、受控参数少、鲁棒性强等特点, 引起越来越多的学者关注。近年来, 差分进化算法在约束优化计算、聚类优化计算、非线性优化控制、神经网络优化、滤波器设计、阵列天线方向图综合及其它方面得到广泛应用。

中国和英国在这一重点热点前沿中表现最为活跃, 是核心论文的主要产出国家。在 28 篇核心论文中 (表 46), 中国拥有 15 篇, 英国拥有 10 篇, 分别占核心论文总量的 53.6% 和 35.7%。另外, 新加坡在该领域表现不错, 拥有 6 篇核心论文, 占核心论文总量的 21.4%, 且都来自于南洋理工大学。本前沿 28 篇核心论文中被引频次最高的来自新加坡南洋理工大学的 Qin AK, 他关于全局数值优化的差分进化算法的一篇论文, 被引频次达到 354 次。

表 46 “粒子群优化与差分进化算法”研究前沿中 28 篇核心论文的 Top 产出国家和产出机构

排名	国家	核心论文	比例	排名	机构	核心论文	比例
1	中国	15	53.6%	1	南洋理工大学（新加坡）	6	21.4%
2	英国	10	35.7%	2	于韦斯屈莱大学（芬兰）	4	14.3%
3	新加坡	6	21.4%	3	格拉斯哥大学（英国）	3	10.7%
4	芬兰	4	14.3%	3	香港城市大学（中国）	3	10.7%
4	印度	4	14.3%	3	中山大学（中国）	3	10.7%
6	加拿大	3	10.7%	3	贾达普大学（印度）	3	10.7%
7	美国	2	7.1%	3	中国地质大学（中国）	3	10.7%
7	荷兰	2	7.1%				

如表 47 所示，本前沿施引论文的 Top 10 国家中中国依然位列第 1，印度、英国分别在第 2 和第 3 位。新加坡在施引论文总量上虽然仅排在第 7 位，但是南洋理工大学在施引论文 Top 机构中依旧位列榜首，表现出突出的研究实力。中国有 5 家机构进入施引论文

Top 机构列表，分别是西安电子科技大学、中国科学院、武汉大学、华中科技大学和香港城市大学，说明这几所机构在跟进开展该领域的相关研究，并且正在取得相应研究成果。

表 47 “粒子群优化与差分进化算法”研究前沿中施引论文的 Top 10 产出国家（地区）和产出机构

排名	国家	施引论文	比例	排名	机构	施引论文	比例
1	中国	522	42.7%	1	南洋理工大学（新加坡）	38	3.1%
2	印度	149	12.2%	2	西安电子科技大学（中国）	36	2.9%
3	英国	101	8.3%	2	贾达普大学（印度）	36	2.9%
4	美国	89	7.3%	4	武汉大学（中国）	31	2.5%
5	伊朗	64	5.2%	5	华中科技大学（中国）	29	2.4%
6	中国台湾	57	4.7%	6	中国科学院（中国）	25	2.0%
7	新加坡	56	4.6%	6	印度统计学院（印度）	25	2.0%
8	澳大利亚	41	3.4%	8	印度理工学院（印度）	24	2.0%
9	西班牙	38	3.1%	9	香港城市大学（中国）	23	1.9%
10	意大利	36	2.9%	9	伊斯兰阿萨德大学（伊朗）	23	1.9%

1.5 重点热点前沿——“忆阻器、忆阻电路及忆阻神经网络的相关研究”

忆阻器 (Memristor) 的概念是由任教于加州大学伯克利分校的华裔科学家蔡少棠 (Chua L) 在 1971 年提出的。蔡少棠预测除了电子、电容和电感之外, 有第四个电路基本元件即忆阻器的存在, 忆阻器得名于其电阻对所通过电量的依赖性。由于缺乏实验的支撑, 在忆阻器概念被提出后相关理论虽然有所发展却并没有引起足够的关注。时隔 37 年, 2008 年 5 月, 惠普科研小组的 Strukov DB 和 Williams RS 等在《Nature》期刊上发表论文 “The missing memristor found”, 成功制作了具有忆阻性能的纳米级的存储单元忆阻器, 第一次证实了忆阻器的存在。忆阻器开始引起更多学者的研究兴趣, 并逐渐成为电路、材料和生物等领域研究热点。这篇论文出现在 ESI 另外一个前沿 “NANOSCALE MEMRISTOR DEVICE” 中, 其被引频次为 1362 次。有学者认为忆阻器的出现在促进科技发展方面具有重大意义, 其在任何一项研究的产业化应用都可能带来新一轮的产业革命, 其作用可以与带来电子信息革命的三极管相媲美。

该热点前沿关注忆阻器在模拟电路和神经网络中的应用。将忆阻器应用到模拟电路中, 与传统的电子元件一起构建新型的混合电路, 可实现具有新特性的新型模拟电路。2009 年 1 月, 蔡少棠与美国加州大学圣迭戈分校的 Di Ventra M 等合作发表了论文 “Circuit elements with memory: memristors, memcapacitors and meminductors”, 这篇论文在忆阻器的基础上, 提出忆感器、忆容器的定义, 极大

丰富和完善了非线性无源电路元件的概念, 为今后通过不同方式、不同器件实现具有记忆功能的非线性电路器件打开了思路。该论文被引频次为 179 次, 是该前沿 28 篇核心论文中被引频次最高的。

忆阻神经网络是该前沿在 2012-2014 年的研究重点。传统神经网络电路的设计局限于权重的设计, 忆阻器的出现打破了此局限性。由于忆阻器的无源性、低耗能、记忆特性以及纳米尺度, 用忆阻器取代晶体管将是未来的一个发展方向。2015 年 5 月, 美国加州大学圣巴巴拉分校和纽约州立大学石溪分校的研究人员联合首次开发了仅由忆阻器创建的一种神经网络芯片。研究人员称, 该芯片的研发成功, 向构建更大规模的神经网络迈出了重要一步。这预示着忆阻器在神经网络中的应用将会大大推动人工智能的研究, 机器人模仿人类的行为将会成为现实。

在“忆阻器、忆阻电路及忆阻神经网络的相关研究”热点前沿中, 美国和中国的优势地位明显, 分别贡献了 13 篇和 9 篇核心论文, 占热点前沿中核心论文总数的 52% 和 36% (表 48)。在机构分布中, 所有表现突出的 7 所机构中有 4 所是美国的大学, 这些机构的研究内容涉及忆阻电路的原理、材料、编程和神经网络模拟等。中国的华中科技大学发表了 9 篇核心论文, 位列第一。华中科技大学在相关领域的研究非常集中, 研究工作主要围绕忆阻神经网络。

表 48 “忆阻器、忆阻电路及忆阻神经网络的相关研究”研究前沿中 23 篇核心论文的 Top 产出国和产出机构

排名	国家	核心论文	比例	排名	机构	核心论文	比例
1	美国	13	52.0%	1	华中科技大学（中国）	9	36.0%
2	中国	9	36.0%	2	加州大学伯克利分校（美国）	6	24.0%
3	日本	2	8.0%	3	加州大学圣迭戈分校（美国）	4	16.0%
3	韩国	2	8.0%	3	南卡罗莱纳大学哥伦比亚分校（美国）	4	16.0%
5	卡塔尔	1	4.0%	5	密尔沃基工程学院（美国）	2	8.0%
5	捷克	1	4.0%	5	福冈工业大学（日本）	2	8.0%
5	德国	1	4.0%	5	全北大学（韩国）	2	8.0%
5	匈牙利	1	4.0%				
5	以色列	1	4.0%				
5	意大利	1	4.0%				

从施引论文来看，中美两国在该前沿遥遥领先，中国更是以 259 篇的施引论文超过美国的 207 篇（表 49）。施引论文的 Top 机构中，中国，有 4 家机构入选，分别是华中科技大学、西南大学、重庆大学和湖北师范学院，其中华中科技大学发表 62 篇论文，位列榜首；

美国的 3 个机构，加利福尼亚大学圣迭戈分校、南卡罗莱纳大学哥伦比亚分校和加州大学伯克利分校，分别排在第 2、第 3 名。

表 49 “忆阻器、忆阻电路及忆阻神经网络的相关研究”研究前沿中施引论文的 Top 10 产出国家和产出机构

排名	国家	施引论文	比例	排名	机构	施引论文	比例
1	中国	259	36.7%	1	华中科技大学（中国）	62	8.8%
2	美国	207	29.4%	2	加州大学圣迭戈分校（美国）	41	5.8%
3	韩国	58	8.2%	3	南卡罗莱纳大学哥伦比亚分校（美国）	33	4.7%
4	英国	48	6.8%	4	加州大学伯克利分校（美国）	31	4.4%
5	西班牙	36	5.1%	5	德州农工大学卡塔尔分校（卡塔尔）	30	4.3%
6	意大利	33	4.7%	6	西南大学（中国）	21	3.0%
7	德国	30	4.3%	7	重庆大学（中国）	19	2.7%
7	卡塔尔	30	4.3%	7	湖北师范学院（中国）	19	2.7%
9	澳大利亚	20	2.8%	9	伦敦大学帝国理工学院（英国）	17	2.4%
10	日本	19	2.7%	10	布尔诺技术大学（捷克）	16	2.3%
10	印度	19	2.7%	10	全北大学（韩国）	16	2.3%
10	沙特阿拉伯	19	2.7%	10	马德里理工大学（西班牙）	16	2.3%



十一、经济学、心理学及其他社会科学

1. 热点前沿

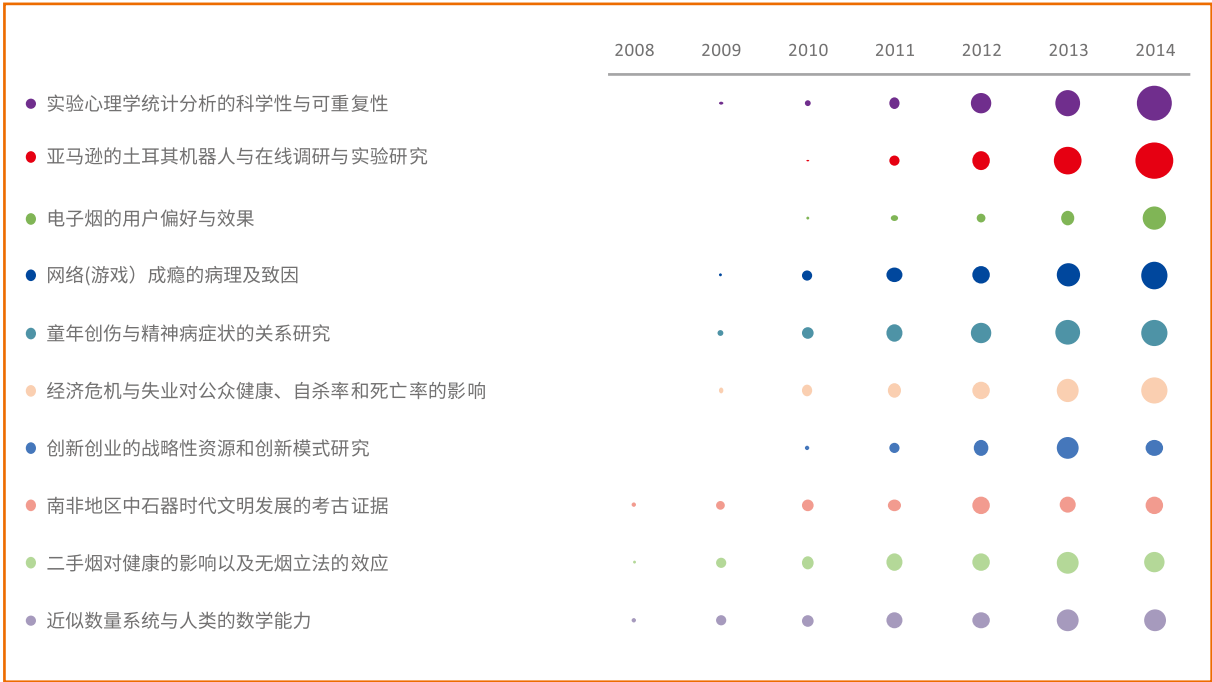
1.1 经济学、心理学及其他社会科学领域 Top10 研究前沿发展态势

在经济学、心理学及其他社会科学领域 Top10 研究前沿中，4 个研究前沿属于心理学研究范畴，包括“实验心理学统计分析的科学性与可重复性”、“童年创伤与精神病症状的关系研究”、“近似数量系统与人类的数学能力”和“网络（游戏）成瘾的病理及成因”。一些社会热点问题和交叉学科研究也跻身该领域 Top 10 研究前沿，例如“亚马逊土耳其机器人参与在线实验行为研究”、“经济危机与失业对公众健康、自杀率和死亡率的影响”和“二手烟对健康的影响以及无烟立法的效应”等。此外，经济与管理领域的“创新创业的战略性资源和创新模式研究”和考古学领域的“南非地区中石器时代文明发展的考古证据”也进入该领域的 Top 10 研究前沿中。

表 50 经济学、心理学及其他社会科学领域 Top10 研究前沿

排名	研究前沿	核心论文	被引频次	核心论文平均出版年
1	实验心理学统计分析的科学与可重复性	30	1653	2012.6
2	亚马逊土耳其机器人与在线实验行为研究	13	1430	2012.4
3	电子烟的用户偏好与效果	23	1284	2012.2
4	网络（游戏）成瘾的病理及致因	19	1059	2011.8
5	童年创伤与精神病症状的关系研究	20	1496	2011.7
6	经济危机与失业对公众健康、自杀率和死亡率的影响	17	1037	2011.6
7	创新创业的战略性资源和创新模式研究	38	1360	2011.5
8	南非地区中石器时代文明发展的考古证据	30	1348	2011.4
9	二手烟对健康的影响以及无烟立法的效应	16	924	2011.4
10	近似数量系统与人类的数学能力	20	1558	2011.3

图 10 经济学、心理学及其他社会科学领域 Top10 研究前沿施引论文



1.2 重点热点前沿——“亚马逊土耳其机器人与在线实验行为研究”

亚马逊土耳其机器人 (Amazon Mechanical Turk, AMT) 是一个创新型的虚拟平台，是能通过互联网招募其他人为自己工作、开放式的在线劳动力市场，可视为一个典型的众包服务，为学术工作者的科学研究提供了有效的数据收集平台。尤其对于社会、经济和心理研究者来说，它是一个快捷、经济的网上调研和实验研究的“被试众包市场”，成为进行在线调研和实验的新兴平台。

该前沿 2013 年之前的核心论文主要集中在对 AMT 数据采集的可靠性和有效性进行比较和论证。例如，意大利威尼斯东方大学的 Paolacci G 的论文证明了 AMT 是一个进行判断和决策制定类研究的可靠数据收集平台，也比较了通过 AMT 收集的数据与传统方式收集的数据的质量（被引 386 次）；美国德克萨斯大学奥斯汀分校的 Buhrmester M 的论文主要描述和评估了 AMT 对心理学和其他社会科学领域的潜在贡献和应用价值（被引 830 次）。美国雅虎研究院的 Mason W 的论文介绍如何利用 AMT 进行行为研究，

并认为 AMT 是一种可以在不同学科进行多样化的研究和实验的通用技术（被引 186 次）。

这三篇高被引论文讨论了利用 AMT 在进行在线调研获取数据和实验研究方面的优势及可信度，并与传统的数据获取方式进行了对比研究，从而成为应用 AMT 进行研究的基础性文章。

在 13 篇核心论文中，有 8 篇关于合作与博弈的论文。2013 年-2014 年，尤其是在经济学中，利用 AMT 进行博弈与合作行为的研究更是成为该前沿的新重点。

对核心论文的产出国家进行分析可以发现（表 51），“亚马逊土耳其机器人与在线实验行为研究”的核心论文高度集中在美国。在 13 篇核心论文中，美国参与发表的论文有 12 篇，占据了 92.3% 的份额。排名前 10 的机构中美国占据了 8 个，其中，哈佛大学、耶鲁大学和纽约大学占据前 3 位。

表 51 “亚马逊土耳其机器人与在线实验行为研究”研究前沿中 13 篇核心论文的 Top 产出国和产出机构

排名	国家	核心论文	比例	排名	机构	核心论文	比例
1	美国	12	92.3%	1	哈佛大学（美国）	6	46.2%
2	德国	1	7.7%	2	耶鲁大学（美国）	4	30.8%
2	匈牙利	1	7.7%	3	纽约大学（美国）	3	23.1%
2	以色列	1	7.7%	4	普林斯顿大学（美国）	1	7.7%
2	意大利	1	7.7%	4	德克萨斯大学奥斯汀分校（美国）	1	7.7%
2	斯洛文尼亚	1	7.7%	4	雅虎研究院（美国）	1	7.7%
2	瑞典	1	7.7%	4	马普学会（德国）	1	7.7%
				4	匈牙利科学院（匈牙利）	1	7.7%
				4	本·古里安大学（以色列）	1	7.7%
				4	威尼斯东方大学（意大利）	1	7.7%
				4	马里博尔大学（斯洛文尼亚）	1	7.7%
				4	斯德哥尔摩经济学院（瑞典）	1	7.7%
				4	纽约市立大学布鲁克林学院（美国）	1	7.7%
				4	布朗大学（美国）	1	7.7%

从表 52 中可以看出，美国的施引论文最多，施引论文数是排名第二的英国的 7 倍多。施引论文 Top10 机构被美国和加拿大包揽，美国有 8 个，加拿大的英属哥伦比亚大学和多伦多大学分别位列施引论文数的第 6 位和第 8 位。

表 52 “亚马逊土耳其机器人与在线实验行为研究”研究前沿中施引论文的 Top10 产出国和机构

排名	国家	施引论文	比例	排名	机构	施引论文	比例
1	美国	918	77.3%	1	哈佛大学（美国）	73	6.1%
2	英国	126	10.6%	2	耶鲁大学（美国）	54	4.5%
3	加拿大	110	9.3%	3	纽约大学（美国）	44	3.7%
4	德国	65	5.5%	4	宾夕法尼亚大学（美国）	40	3.4%
5	荷兰	48	4.0%	5	密西根大学安娜堡分校（美国）	36	3.0%
6	中国	43	3.6%	6	英属哥伦比亚大学（加拿大）	35	2.9%
7	澳大利亚	39	3.3%	7	普林斯顿大学（美国）	32	2.7%
8	瑞士	23	1.9%	8	多伦多大学（加拿大）	30	2.5%
9	西班牙	20	1.7%	9	西北大学（美国）	30	2.5%
10	瑞典	19	1.6%	10	杜克大学（美国）	27	2.3%

1.3 重点热点前沿——“创新创业的战略性资源和创新模式研究”

当今世界，创新是企业发展的源动力。创新不仅推动社会的发展，引领发展的潮流，改善人们的生活质量，而且为企业创造了可观的利润，提升了企业的绩效。可以说，创新一直是经济管理领域关注的热点问题。在创新成为主流的新形势下，创业模式也发生了变化，没有创新的创业难以创造新价值，因此难以成功。不同于传统的创业，创新创业指基于技术创新、产品创新、品牌创新、服务创新、商业模式创新、管理创新、组织创新、市场创新、渠道创新等方面的某一点或几点创新而进行的创业活动。创新是创新创业的特质，创业是创新创业的目标。

影响创新创业的因素很多，其中关键性的资源，例如人才、知识、文化、环境、制度、管理能力、市

场能力等以及创新模式和商业模式对于创新创业的成功具有重要影响。在 38 篇核心论文中，有 12 篇论文与创新的重要战略性资源之一——人才、人力资本和智力资本的管理相关；5 篇与知识管理和学习相关，其他的核心论文探讨了创新的文化、环境、网络等以及创新模式的研究。

论文数据显示（表 53），目前，关于“创新创业的战略性资源和创新模式研究”的核心论文主要集中在美国、西班牙和英国等国家或地区，其中美国的核心论文最多，有 14 篇，占全部核心论文的 36.8%。

表 53 “创新创业的战略性资源和创新模式研究”研究前沿中 38 篇核心论文的 Top 产出国（地区）和机构

排名	国家	核心论文	比例	排名	机构	核心论文	比例
1	美国	14	36.8%	1	内布拉斯加大学林肯分校（美国）	3	7.9%
2	西班牙	6	15.8%	2	北德克萨斯大学（美国）	2	5.3%
3	英国	5	13.2%	2	伊利诺大学芝加哥分校（美国）	2	5.3%
4	爱尔兰	3	7.9%	2	鲁汶天主教大学（比利时）	2	5.3%
4	比利时	3	7.9%	2	穆尔西亚大学（西班牙）	2	5.3%
6	瑞典	2	5.3%				
6	中国台湾	2	5.3%				

从表 54 的数据可以看到，施引论文数最多的 Top10 国家中，西班牙、英国和美国名列前 3，分别贡献了 137、74 和 72 篇施引论文。施引论文的 Top 机构主要集中在欧洲，Top 机构中除中国台湾的逢甲大学外，其他机构都来自欧洲。其中来自西班牙的机构最多，数量高达 6 个。

表 54 “创新创业的战略性资源和创新模式研究”研究前沿中施引论文的 Top 10 产出国（地区）和产出机构

排名	国家	施引论文	比例	排名	机构	施引论文	比例
1	西班牙	137	28.5%	1	瓦伦西亚大学（西班牙）	41	8.5%
2	英国	74	15.4%	2	瓦伦西亚理工大学（西班牙）	25	5.2%
3	美国	72	15.0%	3	塞维利亚大学（西班牙）	17	3.5%
4	澳大利亚	34	7.1%	4	鲁汶天主教大学（比利时）	11	2.3%
4	中国台湾	34	7.1%	4	马德里康普顿斯大学（西班牙）	11	2.3%
6	爱尔兰	31	6.5%	6	巴塞罗那大学（西班牙）	10	2.1%
7	德国	22	4.6%	6	谢菲尔德大学（英国）	10	2.1%
8	法国	20	4.2%	8	爱尔兰国立高威大学（爱尔兰）	9	1.9%
9	中国	19	4.0%	8	逢甲大学（中国台湾）	9	1.9%
10	芬兰	17	3.5%	10	都柏林城市大学（爱尔兰）	8	1.7%
				10	利默里克大学（爱尔兰）	8	1.7%
				10	贝拉地区大学（葡萄牙）	8	1.7%
				10	卡斯提尔·拉·曼查大学（西班牙）	8	1.7%

2. 新兴前沿

“冲突适应效应的认知与生理机制”

日常生活学习中，人们为了更好地完成目标任务，常常会根据先前的经验来调整当前的行为，正如成语“前车之鉴”、“吃一堑长一智”、“前事不忘后事之师”所阐述的道理一样。实验室研究也发现，在人类的认知控制过程中，在经历了冲突后，如果随后又遇到了相似的冲突，个体可以更好地解决这些冲突，这一现象即为“冲突适应效应 (Conflict Adaptation Effect, CAE)”，又称 Gratton 效应。

自 2012 年以来，关于“冲突适应效应的认知与生理机制”的核心论文有 8 篇，其中，有 5 篇出现在 2014 年，其被引频次增长迅速。这 8 篇核心论文中有 4 篇来自美国，其余 4 篇是德国、韩国、西班牙和比利时各 1 篇。

关于“冲突适应效应”主要利用三种冲突范式 (Flanker 任务、Simon 任务和 Stroop 任务) 进行研究。在 8 篇核心论文中，有 4 篇论文采用的是

Flanker 任务进行研究，有 1 篇采用了 Stroop 任务进行研究。

比利时根特大学的 Schmidt JR 在 2013 年对冲突适应进行了综述，总结一些研究成果显示产生了一致性效应可能是因为偶然学习，而非冲突适应，即认为冲突适应可能只是一种假象，并认为关于冲突适应还有很多问题需要研究。然而，2012 年发表于《Nature》杂志、被引用了 63 次的美国麻州总医院的 Eskandar EN 的论文解释了人类背前扣带回 (dACC) 神经元对持续的行为适应的调节作用。2014 年发表的 5 篇论文也都证明了在控制刺激 - 反应启动和偶然学习的情况下出现了一致性效应，说明一致性效应从一定程度上确实是由冲突引起的自上而下的认知过程所形成的。德国汉堡联邦国防军大学的 Wendt M 的论文研究发现高冲突试验与被试瞳孔放大相关联，这可能是与集中注意力的认知努力有关，这也说明了冲突适应在一定程度上是一种认知过程。



十二、研究前沿国家表现

1. 引言

无论是热点前沿，还是新兴前沿，都代表了研究领域内最新发展水平的理论或思想。在国家层面上对研究前沿的分析，可以揭示其前沿研究的基础贡献实力和潜在发展实力。

核心论文来自于 ESI 数据库中的高被引论文，即在同学科同年度中根据被引频次排在前 1% 的论文。核心论文具有较强的创新性，往往发挥着非同一般的引领作用。

从核心论文的角度来分析国家对研究前沿的基础贡献实力：用在研究前沿核心论文中的该国作者署名的论文数排名来判断国家前沿贡献度，用署名为通讯作者的核心论文数排名来判断国家前沿引领度。

引用核心论文的施引论文可以反映出核心论文所提出的技术、数据、理论在发表之后是如何被进一步发展的，即使这些引用核心论文的论文本身并不是高被引论文。因此施引论文是对重要发现的跟踪，对前沿的关注和发展，同时也对前沿的未来发展有潜在的引领作用。

从施引论文的角度分析国家的前沿潜在发展水平：用署名施引论文数排名来判断国家前沿潜在贡献度，用署名通讯作者施引论文数排名来判断国家前沿潜在引领度。为了比较不同国家在不同前沿的表现，统计国家在 4 个指标（前沿贡献度、前沿引领度、潜在贡献度和潜在引领度）上有其参与的、排名为第 1 名和前 3 名前沿数，可以判断国家在不同强度级别上的基础贡献实力和潜在发展水平。例如美国在 4 个指标第 1 名的前沿数都在 104-113 个之间，占 149 个前沿的 70% 以上，也就是说美国表现出其他国家望尘莫及的前沿基础贡献实力和潜在发展实力。

前面十章对十个大学科领域的重点热点前沿和重点新兴前沿进行详细解读和分析，本章以高度概括的视角对美国、英国、德国、法国、中国和日本 6 国在 149 个前沿的基础贡献水平和潜在发展水平进行评估描述，判断这些国家在引领着哪些研究前沿的潮流，主导着多少研究前沿的发展，又在哪些研究前沿上表现出强劲的发展势头。

2. 各国总体表现

2.1 核心论文的国家表现

美国在 149 个前沿的 143 个（占总前沿数的 96%，下同）都有核心论文入选，在 108 个前沿中的核心论文数都排名第 1（72.5%），且覆盖所有 10 个领域。英国、德国和法国，分别在 120、106 和 94 个前沿有核心论文入选，所占比例分别为 80.5%、71.1% 和 63.1% 的前沿。中国和日本均在 82 个（55%）前沿有核心论文入选。

中国核心论文数排名第 1 的前沿有 16 个，占比为 10.7%，这 16 个前沿分布在农业、植物学和动物学领域、地球科学领域、生物科学领域、化学与材料科学领域、物理领域和数学、计算机科学与工程等 6 个领域。在该指标上，中国超过英国（10 个）、德国

（8 个）和日本（2 个前沿），显示中国具有较强的前沿贡献度。我们也注意到，中国与德国、英国等在核心论文数进入前 3 的前沿数相比还有差距。中国有 38 个前沿在前 3 名，占 25.5%，英国和德国分别有 68 和 55 个前沿在前 3 名，分别占 45.6% 和 36.9%。由于美国核心论文数第 1 的前沿数占多数，其他各国在前 3 名的竞争更反映了各国在这些前沿中的竞争能力。

日本和中国在 82 个前沿都有核心论文入选，但是在第 1 名、前 3 名的前沿贡献度上，日本的表现都与中国有些差距，特别是日本在第 1 名的前沿仅有 2 个，与中国的 16 个，有着不小的差距。

表 55 核心论文 6 国表现

	参与			第 1 名			前 3 名		
	前沿数	比例	领域数	前沿数	比例	领域数	前沿数	比例	领域数
美国	143	96.0%	10	108	72.5%	10	133	89.3%	10
英国	120	80.5%	10	10	6.7%	5	68	45.6%	10
德国	106	71.1%	10	8	5.4%	4	55	36.9%	10
法国	94	63.1%	10	2	1.3%	2	34	22.8%	9
中国	82	55.0%	10	16	10.7%	6	38	25.5%	9
日本	82	55.0%	10	2	1.3%	2	29	19.5%	8

2.2 通讯作者核心论文的国家表现

通讯作者核心论文的国家表现总体上与核心论文非常相似。美国在 135 个前沿都有通讯作者核心论文入选（前沿引领度为 90.6%），且在 104 个前沿中为第 1（69.8%）。中国在 55 个前沿（36.9%）有通讯作者核心论文入选。中国在 19 个前沿中的通讯作者核心论文数排名第 1（12.8%），超过了英国（9 个）、

德国（8 个）、日本（5 个）和法国（2 个），显示出较强的前沿引领度。同样，中国与英国、德国在激烈角逐前 3 名引领度。英国以 59 个（40%）前 3 名引领前沿数超过中国的 45 个（30.2%）。德国与中国在这一引领级别上的前沿数相差不多，有 43 个前沿排在前三名。

表 56 通讯作者核心论文的 6 国表现

	参与			第 1 名			前 3 名		
	前沿数	比例	领域数	前沿数	比例	领域数	前沿数	比例	领域数
美国	135	90.6%	10	104	69.8%	10	130	87.2%	10
英国	89	59.7%	10	9	6.0%	5	59	39.6%	10
德国	71	47.7%	10	8	5.4%	4	43	28.9%	9
法国	48	32.2%	10	2	1.3%	2	21	14.1%	9
中国	55	36.9%	10	19	12.8%	6	45	30.2%	8
日本	49	32.9%	10	5	3.4%	4	29	19.5%	9

2.3 施引论文的国家表现

6 国针对 149 个前沿的核心论文均有施引论文产出，对研究前沿的发展都做出了重要贡献。美国施引论文数排名第 1 的研究前沿数达到了 113 个（75.8%），中国施引论文数排名第 1 的研究前沿为 30 个（20%），中国已经具有较强的潜在贡献度。美中两国在该潜在贡献指标上第 1 的前沿数共为 143 个，占全部 149 个

前沿的 96%，几乎包揽了所有前沿的施引论文第 1 名。美国覆盖了所有 10 个大领域，中国仍然集中在 6 个领域。不过，也应注意，英国排名第 1 的前沿只有 1 个，但有 75 个前沿排在第 2 和第 3 名，而中国只有 34 个前沿排在第 2 和第 3 名。法国和日本在前 3 名和第 1 名潜在贡献度与中国差距较大。

表 57 施引论文的 6 国表现

	贡献			第 1 名			前 3 名		
	前沿数	比例	领域数	前沿数	比例	领域数	前沿数	比例	领域数
美国	149	100%	10	113	75.8%	10	141	94.6%	10
英国	149	100%	10	1	0.7%	1	76	51.0%	10
德国	149	100%	10	0	0.0%	0	60	40.3%	9
法国	148	99.3%	10	0	0.0%	0	15	10.1%	6
中国	148	99.3%	10	30	20.1%	6	64	43.0%	9
日本	147	98.7%	10	2	1.3%	2	19	12.8%	8

2.4 通讯作者施引论文的国家表现

通讯作者施引论文的 6 国表现与施引作者的国家表现非常相似。美国通讯作者施引论文数排名第 1 的前沿数达到了 111 个（74.5%），中国通讯作者施引论文数排名第 1 的前沿为 32 个（21.5%），美中两国通讯作者施引论文排名第 1 的前沿数共为 143，仍占全部 149 个前沿的 96 %。而且，中国在通讯作者施引论文排名前 3 的前沿数达到 74，占比为 49.7%，覆盖了所有 10 个领域，显示了中国的强劲的发展潜力。

对比 6 国的潜在贡献度和潜在引领度，可以发现中国和日本在潜在引领度上比相应级别上的潜在贡献度有所增加，而英国、德国和法国则有所减少，美国变化不大。具体表现为中国在第 1 名、前 3 名潜在引领度分别为 21.5% 和 49.7%，相应层次的潜在贡献度分别为 20% 和 43%。日本在 3 个不同强度层次上的潜在引领度都超越法国。

表 58 通讯作者施引论文的 6 国表现

	发展			第 1 名			前 3 名		
	前沿数	比例	领域数	前沿数	比例	领域数	前沿数	比例	领域数
美国	149	100.0%	10	111	74.5%	10	138	92.6%	10
英国	147	98.7%	10	1	0.7%	1	67	45.0%	9
德国	149	100.0%	10	0	0.0%	0	55	36.9%	9
法国	146	98.0%	10	0	0.0%	0	14	9.4%	6
中国	147	98.7%	10	32	21.5%	6	74	49.7%	10
日本	147	98.7%	10	3	2.0%	3	21	14.1%	9

3. 各国分领域表现

前面一节分析了 6 国在 10 个领域 149 个前沿的表现，这一节对各国在 10 个领域的表现分别分析。由于美国在前沿贡献度、前沿引领度、潜在贡献度和潜在引领度 4 个指标都覆盖了 70% 以上的前沿，且

在 10 个领域中表现较为均衡，综合实力最强。因此在分领域分析时不再对美国进行详述，而把重点放在其他 5 个国家的表现上。

3.1 农业、植物学和动物学领域

农业、植物学和动物学领域，包括 10 个热点前沿和 1 个新兴前沿，共 11 个前沿。传统科技强国英国、德国、法国，在前沿贡献度和前沿引领度两个指标上均有突出表现，超过半数的前沿是以前 3 名的姿态进入国际前列。中国在农业领域的前沿贡献度表现不逊色于英、德、法三国，中国在 8 个前沿有核心论文入选，并在其中的 1 个前沿获得第 1 名，3 个前沿获得 2-3 名。在前沿引领度上中国甚至超过英、德、法三国，有 6 个前沿进入前 3，其中在“植物天然免疫的分子诱导机制”和“NAC 转录因子在植物应对非生物胁迫中的作用”两个热点前沿上是第 1 名。另外 2 个前沿的第 1 名被爱尔兰和澳大利亚收入囊中。日本在该领域的表现与其他 5 个国家相比略显逊色。

在潜在发展指标上，6 国均在农业、植物学和动物学领域的 11 个前沿有所发展。但潜在贡献度和潜在引领度还是当属美国和中国，其他四国相差不大。美国和中国的位于前 3 的前沿数都是 9，其中美国在 7 个前沿都获得第 1 名，中国在 3 个前沿位居第 1，分别来自 3 个热点前沿“高光谱成像和计算机视觉技术在食品加工与检测中的应用”、“NAC 转录因子在植物应对非生物胁迫中的作用”和“果实发育与成熟的分子调控机理”。该领域还有新兴前沿“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”的第 1 名属于澳大利亚。

表 59 农业、植物学和动物学领域的 6 国表现

前沿数	排名	贡献前沿数						引领前沿数					
		美国	英国	德国	法国	中国	日本	美国	英国	德国	法国	中国	日本
11	参与	9	10	9	7	8	7	9	8	7	5	6	7
	第 1 名	8				1		7				2	
	2-3 名		5	6	4	3	3		4	5	3	4	3
		潜在贡献前沿数						潜在引领前沿数					
	发展	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11
	第 1 名	7				3		7				3	
	2-3 名	2	2	3	1	6	1	2	1	2	2	6	1

3.2 生态和环境科学领域

生态学和环境科学领域也包括 11 个前沿。除美国外，英国的前沿贡献度和前沿引领度最为突出，在前沿贡献度上英国和德国都是在 4 个前沿进入前 3，但是英国在“海洋环境中的塑料微粒污染”热点前沿和“药物及个人护理品 (PPCPs) 的环境危害性及其污染控制”新兴前沿收获第 1 名，而德国全是 2-3 名。前沿引领度上英国在 5 个前沿进入前 3，而德国仅有 2 个前 3，差距拉开。虽然法国在参与国际竞争的前沿数上与德国一样，但是在前 3 名贡献度上小于德国。

中国和日本虽然参与国际竞争的前沿数最少，但是日本在“福岛核事故对环境的影响”热点前沿通讯作者核心论文数第 1。

在潜在发展指标方面，日本凭借区域性问题研究在“福岛核事故对环境的影响”热点前沿获得潜在贡献前沿数和潜在引领前沿数的第 1 名。潜在引领度方面，中国在 5 个前沿挺进前 3 名。

表 60 生态和环境科学领域 6 国表现

前沿数	排名	贡献前沿数						引领前沿数					
		美国	英国	德国	法国	中国	日本	美国	英国	德国	法国	中国	日本
11	参与	11	8	8	8	3	4	10	6	4	4	2	3
	第 1 名	8	2				1	8	2				1
	2-3 名	2	2	4	2	2	1	2	3	2	2	2	1
		潜在贡献前沿数						潜在引领前沿数					
	发展	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11
	第 1 名	10					1	10					1
	2-3 名	1	7	3	4	3		1	5	3	3	5	

3.3 地球科学领域

地球科学领域同样也包括 11 个前沿，该前沿 6 国的表现与农业领域的有些类似。基础贡献指标方面，从前沿贡献度来看，国家排序仍然是美、英、德、法、日、中。日本和中国分别在“2011 年东日本大地震与海啸成因研究”和“中国华北克拉通的变形历史研究”两个热点前沿分别收获第 1 名。在引领前沿数方面，中国更是以第 1 名引领 3 个前沿，成为 5 国中引领前沿数最多的国家。中国的另外 2 个第 1 名来自于“区域和全球冰川质量变化与气候变化的水文响应”热点前沿和“卫星反演地表比辐射率研究”新兴前沿。

潜在发展指标方面，中国不但前 3 名前沿数超过英国、德国、法国和日本，第 1 名的前沿数也是这几个国家中最多的。中国在潜在引领方面的第 1 名同样

来自“区域和全球冰川质量变化与气候变化的水文响应”、“中国华北克拉通的变形历史研究”两个热点前沿和“卫星反演地表比辐射率研究”新兴前沿。对比中国的引领度和潜在引领度，后者比前者多出 4 个前 3 名，那么可知中国在 11 个前沿的基础贡献中的引领度还没有显示出明显优势，但是却表现出较强的潜在发展实力。

从生态和环境科学领域和地球科学领域的中国和日本表现来看，这两个国家在研究本区域发展问题方面，有较多的话语权。但美国、英国和德国等西方科技强国仍然是全球性的生态和地学问题的主要贡献者和领跑者。

表 61 地球科学领域 6 国表现

前沿数	排名	贡献前沿数						引领前沿数					
		美国	英国	德国	法国	中国	日本	美国	英国	德国	法国	中国	日本
11	参与	11	11	8	10	8	9	10	6	6	6	4	4
	第 1 名	9				1	1	8				3	1
	2-3 名	2	6	5	4	2	2	2	5	4	3	1	2
		潜在贡献前沿数						潜在引领前沿数					
	发展	11	11	11	11	11	11	11	10	11	11	11	11
	第 1 名	8				2	1	7				3	1
	2-3 名	2	5	5	2	5	1	3	3	5	1	5	

3.4 临床医学领域

临床医学领域包括 10 个热点前沿和 7 个新兴前沿，该领域美国的表现最为突出，它是英国、德国和法国的优势领域，虽然这三个国家与美国仍有差距，但是三国在医学领域的表现可圈可点。贡献度方面，德国和法国分别以 9 个前 3 名和 8 个前 3 名，在该领域领先于英国的 4 个前 3 名，但从第 1 名的前沿数来看这三个国家的排序是德国、英国和法国。中国虽然有 4 个前沿有核心论文入选，但仅在“母体血浆 DNA 测序用于胎儿非整倍体无创诊断”1 个热点前沿收获第 3 名，可谓在临床医学前沿竞技场上占了一席之地。日本虽然在 7 个研究前沿上有资格参与国际较力，但是都没有进入前 3 名。

前沿引领度方面，英国在“恩杂鲁胺用于转移性去势抵抗性前列腺癌”新兴前沿获得第 1 名。德国在

2 个前沿收获第 1 名，其中在“去肾交感神经术治疗顽固性高血压”热点前沿上以绝对优势超过美国。该前沿起始于 2009 年澳大利亚 Krum 教授的原创性工作。经过 5 年的发展，“去肾交感神经术治疗顽固性高血压”成为热点前沿，德国在该前沿贡献了 12 篇通讯作者核心论文，位列第 1 名，澳大利亚则以 9 篇通讯作者核心论文屈居第 2 位。德国的另外 1 个第 1 名来自于“Simeprevir 用于初治基因 1 型丙型肝炎”新兴前沿，与美国和日本并列第 1。

在潜在贡献度和潜在引领度方面，17 个前沿的第 1 被美国包揽，英国和德国获得了较多的 2-3 名，这两个国家的发展实力不相上下。在该领域潜在发展指标方面，相较前三个国家，法国、中国和日本临床医学家仍需付出更大的努力。

表 62 临床医学领域 6 国表现

前沿数	排名	贡献前沿数						引领前沿数					
		美国	英国	德国	法国	中国	日本	美国	英国	德国	法国	中国	日本
17	参与	17	15	14	14	4	7	15	10	10	4	2	2
	第 1 名	14	2	3	1			14	1	2			1
	2-3 名	3	2	6	7	1		1	5	6	1	1	
		潜在贡献前沿数						潜在引领前沿数					
	发展	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17
	第 1 名	17						17					
	2-3 名	0	8	9	3	1	1		10	8	2	1	1

3.5 生物科学领域

生物科学领域包括 10 个热点前沿和 15 个新兴前沿，前沿总数达到 25 个，是 10 个领域中前沿数最多的。美国在该领域的表现还是绝对的第一把交椅，但英国在生物领域的表现也可谓惊艳，以前 3 名的位置对 15 个前沿有贡献。德国、法国、中国和日本四国在该领域的表现区别不大，德国贡献的前沿数略胜一筹，但在引领度上并不占优势。中国以前 3 名引领 6 个前沿，仅次于日本的 7 个，但却在“新型 H7N9 禽

源流感病毒的传播与致病机理”热点前沿是第 1 名。法国在“隔代遗传机制研究”新兴前沿与美国并列第 1 名。

在潜在贡献度和潜在引领度方面，中国的表现接近于德国的水平，25 个前沿中，他们分别获得 11 或 12 个前 3 名，其中中国在“新型 H7N9 禽源流感病毒的传播与致病机理”热点前沿仍位居首位。

表 63 生物学领域 6 国表现

前沿数	排名	贡献前沿数						引领前沿数					
		美国	英国	德国	法国	中国	日本	美国	英国	德国	法国	中国	日本
25	参与	25	19	15	12	13	13	25	15	9	7	8	8
	第 1 名	23	1			1		22	2		1	1	
	2-3 名	2	14	7	5	3	6	3	10	4	3	5	7
		潜在贡献前沿数						潜在引领前沿数					
	发展	25	25	25	24	25	24	25	25	25	25	25	25
	第 1 名	24				1		24				1	
	2-3 名	1	18	12	2	10	3	1	14	11	3	11	5

3.6 化学与材料科学领域

化学与材料科学领域是中国唯一在 4 个指标都超过美国的一个领域。化学与材料科学领域的 19 个前沿中，前沿引领度方面，中国入选核心论文的 16 个前沿，全部进入前 3，美国则有 14 个前沿位于前 3 名，其中中国得到 9 个第 1 名，美国是 8 个第 1 名。其他四个国家中，英国、德国和日本旗鼓相当。英国在“生物正交化学”新兴前沿和德国在“用于不对称氢化反

应的钳式铁化合物催化剂”新兴前沿与美国并列第 1 名。“超分子凝胶化学”热点前沿，印度摘得桂冠。

潜在贡献度和潜在引领度方面，中国表现出强大的实力，16 个前沿都是第 1 名，而美国仅仅获得 3 个第 1。

表 64 化学与材料科学领域 6 国表现

前沿数	排名	贡献前沿数						引领前沿数					
		美国	英国	德国	法国	中国	日本	美国	英国	德国	法国	中国	日本
19	参与	15	9	12	4	17	10	15	8	9	2	16	8
	第 1 名	7		1		9		8	1	1		9	
	2-3 名	7	4	4		6	5	6	3	3		7	4
		潜在贡献前沿数						潜在引领前沿数					
	发展	19	19	19	18	19	19	19	18	19	17	19	19
	第 1 名	3				16		3				16	
	2-3 名	13	3	5		1	4	10	4	6		1	4

3.7 物理领域

物理领域包括 10 个热点前沿和 9 个新兴前沿，该领域除了美国表现突出以外，德国、英国和日本表现最为突出，前沿贡献度方面分别在 10 个、7 个和 6 个前沿获得前 3 名，其中德国和英国有 3 个和 2 个前沿获得第 1 名。中国在 3 个前沿在前 3 名，其中 2 个是第 1 名，因此中国在物理领域的实力亦不容小觑。引领度方面，德国与英国都在 7 个前沿进入前 3 名，其中德国是 4 个第 1 名，英国则均在 2-3 名，略逊色于德国。日本、中国和法国分别在 6、5 和 3 个前沿

进入前 3 名。其中日本和中国分别获得 2 个和 1 个第 1 名。

在潜在引领度方面，中国排在前 3 名的前沿数与德国和英国的都为 8 个，但中国在“复杂网络的合作行为研究”热点前沿获得第 1 名。日本的前 3 名前沿数虽然少于英国、德国和中国，但在“基于 BICEP2 实验结果的宇宙暴涨研究”新兴前沿获得第 1 名。

表 65 物理领域 6 国表现

前沿数	排名	贡献前沿数						引领前沿数					
		美国	英国	德国	法国	中国	日本	美国	英国	德国	法国	中国	日本
25	参与	19	16	15	15	11	13	17	11	11	8	7	10
	第 1 名	14	2	3	1	2		13		4		1	2
	2-3 名	4	5	7	1	1	6	4	7	3	3	4	4
		潜在贡献前沿数						潜在引领前沿数					
	发展	19	19	19	19	19	19	19	19	17	19	19	19
	第 1 名	18				1		17				1	1
	2-3 名	1	9	10		4	6	2	8	8		7	5

3.8 天文学和天体物理领域

天文学和天体物理领域共有 14 个前沿，美国仍是最大赢家。前沿贡献度方面，英国有突出表现，前 3 名前沿数达到 11 个，其中“温暗物质和冷暗物质理论研究”新兴前沿英国排在第 1 名。德国在前 3 名的前沿有 5 个，并在“星系的 CO/H₂ 转换因子和尘埃-气体比”新兴前沿位于第 1 名。引领度方面，英国和德国在 7 个前沿获得前 3 名，远超法国、日本和中国。德国在“恒星、星系形成理论与观测研究”新兴前沿

上获得第 1 名，而略占优势。中国核心论文入选 8 个前沿，也获得了 2 个前 3 名，但仅在 1 个热点前沿“超新星及其对应前身星性质研究”有通讯作者核心论文。

潜在贡献度和潜在引领度方面，美国包揽所有 14 个前沿的第 1 名，英国和德国的前 3 名前沿数远远超过法国、中国和日本。

表 66 天文学和天体物理领域

前沿数	排名	贡献前沿数						引领前沿数					
		美国	英国	德国	法国	中国	日本	美国	英国	德国	法国	中国	日本
14	参与	14	14	12	12	8	11	13	8	8	4	1	3
	第 1 名	12	1	1				12		1			
	2-3 名	2	10	4	6	2	3	1	7	6	2		2
		潜在贡献前沿数						潜在引领前沿数					
	发展	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	13	13
	第 1 名	14						14					
	2-3 名		11	10	3	1	1		12	7	3	3	1

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只有 10 个热点前沿，美国的优势相对于其他领域并不突出，前沿引领度方面，美国在 4 个前沿获得第 1 名，中国有 3 个前沿排在第 1 名，分别是“相变材料的热能存储”，“粒子群优化算法及差分演化算法”和“忆阻器、忆阻电路及忆阻神经网络的相关研究”。还有 4 个国家收获第 1 名，包括澳大利亚、智利、意大利、瑞典。其中“强塑性变形制备块体纳米材料”的第 1 名由澳大利亚获得。“电力电子技术及数字控制系统”热点前沿，智利以绝对优势胜出。“化学链燃烧及其燃料和载氧

体研究”热点前沿，瑞典则超强实力排在首位。“光伏发电系统最大功率点跟踪技术”热点前沿，意大利和美国并列第 1。

潜在发展指标上，中国分别在 7 个和 8 个前沿获得潜在贡献和潜在引领的第 1 名，超过美国，成为该领域第 1 名最多的国家。美国在“异构蜂窝无线网络的建模与分析”和“小波神经网络算法”两个热点前沿获得第 1 名。

表 67 数学、计算机科学与工程领域 6 国表现

前沿数	排名	贡献前沿数						引领前沿数					
		美国	英国	德国	法国	中国	日本	美国	英国	德国	法国	中国	日本
10	参与	10	9	5	6	8	6	10	7	2	5	8	4
	第 1 名	4				2		4				3	
	2-3 名	3	3	1	1	2	1	4	2		2	2	1
		潜在贡献前沿数						潜在引领前沿数					
	发展	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
	第 1 名	3				7		2				8	
	2-3 名	5	2			3		6	3			2	1

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有 12 个前沿。该领域的 4 个指标上，除了美国以外，英国是表现最为突出的国家。前沿贡献度上，英国和美国都收获 9 个前 3 名，但美国 9 个前沿都是第 1 名，英国仅 2 个前沿是第 1 名。前沿引领度上，美国获得 8 个第 1 名，英国在热点前沿“童年创伤与精神病症状的关系研究”、“经济危机与失业对公众健康、自杀率和死亡率的影响”和新兴前沿“生态系统服务知识如何应用于政策（决策）制定”上收获 3 个第 1 名。另

外“南非地区中石器时代文明发展的考古证据”的第 1 名被法国揽入怀中。

潜在贡献度和潜在引领度方面，英国在 10-11 个前沿位于前 3 名，但是却仅保留“童年创伤与精神病症状的关系”热点前沿上的第 1 名。西班牙在“创新创业的战略性资源和创新模式研究”热点前沿得到第 1 名。

表 68 经济学、心理学以及其他社会科学领域

前沿数	排名	贡献前沿数						引领前沿数					
		美国	英国	德国	法国	中国	日本	美国	英国	德国	法国	中国	日本
12	参与	12	10	8	5	2	2	11	10	5	3	1	
	第 1 名	9	2					8	3		1		
	2-3 名		7	3	2			3	4	2			
		潜在贡献前沿数						潜在引领前沿数					
	发展	12	12	12	11	11	11	12	12	12	11	11	11
	第 1 名	9	1					10	1				
	2-3 名	3	10	3				2	9	3	0	1	

附表 49 个新兴前沿

序号	学科	新兴前沿	核心论文	被引频次	核心论文 平均出版年
1	农业、植物学和动物学	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	15	182	2013.9
2	生态与环境科学	药物及个人护理品 (PPCPs) 的环境危害性及其污染控制	5	107	2013.6
3	地球科学	卫星反演地表辐射率研究	4	114	2013.5
4	临床医学	Simeprevir 用于初治基因 1 型丙型肝炎	3	107	2013.7
5	临床医学	慢病毒载体介导造血干细胞基因治疗遗传性疾病	4	200	2013.5
6	临床医学	癌症相关性 mTOR 突变与依维莫司化疗敏感性	4	156	2013.5
7	临床医学	BRAF 抑制剂用于转移性黑色素瘤的安全性和有效性	5	103	2013.8
8	临床医学	血栓溶解治疗中血栓栓塞	6	108	2013.8
9	临床医学	恩杂鲁胺用于转移性去势抵抗性前列腺癌	8	253	2013.5
10	临床医学	索非布韦用于初治基因 1 型丙型肝炎	24	1,535	2013.6
11	生物科学	核移植技术生成人类胚胎干细胞	2	131	2013.5
12	生物科学	利用转录组和基因组测序等方法揭示人类遗传变异	2	103	2013.5
13	生物科学	CRISPR/cas9 系统的分子机理研究	3	132	2014
14	生物科学	HIV 病毒侵袭机制的研究	3	126	2013.7
15	生物科学	CRISPR/cas9 系统在人类细胞研究中的应用	4	250	2014
16	生物科学	隔代遗传机制研究	5	124	2013.8
17	生物科学	宿主 - 病原菌互作机制研究	5	104	2013.6
18	生物科学	精神分裂症的分子遗传学研究	6	619	2013.5
19	生物科学	单细胞测序技术的应用	6	243	2013.5
20	生物科学	干扰素 λ 基因等位变异与丙型肝炎自然清除的相关性研究	6	242	2013.7
21	生物科学	抗 HIV 病毒分子机制研究	6	115	2013.5
22	生物科学	蛋白基因组学的应用研究	8	126	2013.9
23	生物科学	硫化氢的检测及其作用研究	9	160	2013.7
24	生物科学	II 型糖尿病遗传机理研究	9	155	2014

附表 49 个新兴前沿

25	生物学	HIV 功能性治愈的研究	11	365	2013.5
26	化学与材料科学	有机光伏电池的电荷分离机理	3	128	2014
27	化学与材料科学	金属锂电极的枝晶抑制	6	117	2013.7
28	化学与材料科学	生物正交化学	6	102	2013.8
29	化学与材料科学	用于钙钛矿型太阳能电池的空穴传输材料	7	124	2013.9
30	化学与材料科学	Fe ₃ O ₄ @C 纳米材料作锂离子电池负极	4	156	2013.5
11	化学与材料科学	用于不对称氢化反应的钨式铁化合物催化剂	5	103	2013.8
31	化学与材料科学	用于不对称氢化反应的钨式铁化合物催化剂	11	163	2013.8
32	化学与材料科学	非贵金属电解水催化剂	19	641	2013.5
33	化学与材料科学	菲啉衍生物的合成	20	526	2013.7
34	化学与材料科学	1,2,3- 三氮唑衍生物用于合成杂环化合物	27	801	2013.5
35	物理	单光子开关	5	102	2013.6
36	物理	顶夸克伙伴搜寻	6	152	2013.5
37	物理	希格斯粒子发现后标准模型的扩充研究	8	132	2013.8
38	物理	黑洞的信息佯谬研究	11	316	2013.5
39	物理	冰立方的高能中微子观测及其起源研究	12	280	2013.6
40	物理	希格斯粒子发现后的双希格斯二重态模型研究	13	274	2013.5
41	物理	磷烯的特性研究	18	481	2014
42	物理	千电子伏特量级的暗物质粒子探测	22	331	2014
43	物理	基于 BICEP2 实验结果的宇宙暴涨研究	30	479	2013.9
44	天文学与天体物理	“宇宙外星系偏振背景成像” (BICEP2) 对 B 模偏振效应的探测	4	378	2014
45	天文学与天体物理	星系的 CO/H ₂ 转换因子和尘埃 - 气体比	4	155	2013.5
46	天文学与天体物理	温暗物质和冷暗物质理论研究	4	101	2013.8
47	天文学与天体物理	基于“开普勒空间望远镜” (Kepler) 任务开展的系外行星搜寻及性质研究	6	201	2013.8
48	经济学、心理学以及其他社会科学	冲突适应效应的认知与生理机制	8	141	2013.5
49	经济学、心理学以及其他社会科学	生态系统服务知识如何应用于政策 (决策) 制定	10	140	2013.5

编纂委员会

指导顾问：

中国科学院文献情报中心 张晓林

汤森路透知识产权与科技事业部 郭利

总体组（方法论、数据统计及统稿等）：

汤森路透知识产权与科技事业部 David Pendlebury、岳卫平

中国科学院文献情报中心 冷伏海、周秋菊

前沿解读组（前沿命名与重点前沿解读分析）：

农业、植物学和动物学 袁建霞、邢颖

生态与环境科学 周秋菊

地球科学 杨帆、王海名

临床医学 李赞梅、李军莲

生物科学 杨艳萍、董瑜

化学与材料科学 边文越

物理 黄龙光

天文学与天体物理 韩淋、王海名、郭世杰

数学、计算机科学与工程 刘小平（数学）、李泽霞（计算机科学）、张迪（工程）

经济学、心理学以及其他社会科学 裴瑞敏

国家表现 周秋菊 冷伏海

数据支持组：

汤森路透知识产权与科技事业部

中国科学院文献情报中心 王小梅、李国鹏

英文翻译组：

汤森路透知识产权与科技事业部 何薇 王琳 王巍 岳卫平 张志辉

中国科学院文献情报中心简介

中国科学院文献情报中心是中国科学院直属事业法人单位。该中心立足中国科学院，面向全国，负责全院文献情报服务的组织、管理和协调，全院科技文献资源保障体系建设，公共文献信息服务的建设和管理，为科研人员提供自然科学和高技术领域的科技文献信息资源保障和战略情报研究服务，并开展科学交流与科学文化传播服务。该中心是国际图书馆协会联合会（IFLA）的重要成员，同时也是图书馆电子信息联盟（EIFL）和开放获取知识库联盟（COAR）的重要成员。

汤森路透知识产权与科技事业部简介

汤森路透旗下的知识产权与科技事业部长期致力于为全球学术界与企业界的研发和创新提供强大的科技与知识产权信息解决方案。我们的智能研究平台和服务将权威、准确与及时的信息和强大的分析工具相结合：帮助科研人员迅速发现相关的学术文献，跟踪最新的科学成果，加强科研管理和决策；加速医药企业发现新的药物并更快地推向市场；助力企业迅速获取研发所需的关键信息，跟踪行业与竞争对手的动态，发展和优化企业的知识资产。

新兴技术未来分析联合研究中心简介

成立于2011年9月6日，由中国科学院文献情报中心和汤森路透知识产权与科技事业部合作共建。双方依托丰富的数据资源、强大的分析工具和专业的文献情报分析团队共同推进新兴技术的未来分析，监测全球科技发展态势及将为科技和产业带来革命性变化的趋势，开展科研要面向产业的研究和实践，以满足中国科学院和中国科学界在科技情报服务方面的重大需求。合作的开展采用项目和结果驱动的机制，联合发布报告或其他产品。

中国科学院文献情报中心

北京中关村北四环西路33号

邮编: 100190

电话: +86-10-86626611

传真: +86-10-82626600

邮箱: office@mail.las.ac.cn

网址: <http://www.las.ac.cn>

汤森路透知识产权与科技事业部 中国办公室

北京海淀区科学院南路2号融科资讯中心C座北楼610单元

邮编: 100190

电话: +86-10-57601200

传真: +86-10-82862088

邮箱: info.china@thomsonreuters.com

网址: <http://ip-science.thomsonreuters.com.cn>



中国科学院
文献情报中心
NATIONAL SCIENCE LIBRARY
CHINESE ACADEMY OF SCIENCES



THOMSON REUTERS
汤森路透