

WEB OF KNOWLEDGE

2013 研究前沿

—— 自然科学和社会科学的前 100 个探索领域

Christopher King

David A. Pendlebury

2013 年 4 月



THOMSON REUTERS
汤森路透

“研究前沿”（Research Fronts）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。

背景

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，政策制订者等需要掌握科研进展情况，以有限的资源来支持和推进科学进步。对于他们来说，洞察科研动向，尤其是跟踪新兴专业领域的能力将对其工作意义重大。

为此，汤森路透编制“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，源自于课题之间存在的某种特定的共性。这种共性有时在于实验数据，有时则在于方法，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基本学术行为之中。

汤森路透持续跟踪全球最重要的科研和学术文献。这项工作的一部分是研究论文被引的模式和聚类，特别是成簇的论文频繁的一块被引用的情形。当这样的一簇论文一块被引的情形达到一定的活跃度和连贯性时（这可以通过定量分析来检测），就形成一个“研究前沿”，而这簇一块被引用的论文在该“研究前沿”中有基础的“核心文献”的作用。

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。例如您在本报告中将会读到一个结合了数学、计算机科学和工程学的研究前沿是如何形成的，因为其隐含的问题需要跨学科的知识来解决。

总的来说，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，每组核心文献的基本情况：如主要的论文、作者、研究机构等，都可以被查明和跟踪。

研究前沿分析代表几十年的文献计量学创新成果，这可追溯至 Eugene Garfield 博士创办引文索引的先驱工作和 Henry Small 的推动。今天，汤森路透继续将这种方法发扬光大，以观察和描绘科学的进程。本报告的后记“研究前沿：探寻科学的结构”一文总结了研究前沿分析的历史演变。

排名前 100 的研究前沿

汤森路透将出版系列报告来介绍研究前沿及其在科研管理和科学政策制订过程中的应用。本报告为系列的第一篇，介绍 2013 年排名最前的 100 个研究前沿，涉及自然科学和社会科学的 10 个大学科领域，代表了 2013 年的研究聚焦和关键的关注领域。这些研究前沿指出的热点领域，以别的方式可能不容易识别出来，甚至那些在某个研究前沿领域据有中心地位的研究机构也未必意识到了其存在。

每位读者都会在这些研究前沿和进一步分析数据中找到自己感兴趣的地方。报告将提到一些主导性的研究主题：气候变化，细胞信号传导，量子行为，能源研究，分析计算、可视化、建模，以及技术在推进科学发现和推动改变世界的创新方面有力的工具性作用。

如前所述，对于研究型大学、政府和企业研发机构的管理者、以及国家政策制订者而言，识别科学研究中萌生的新趋势特别重要。管理人员和政府官员可以就那些支撑其实现机构或国家的目标的学科，来识别新生的专业领域，从而战略性的部署人力和物力，鼓励与在这些前沿领域中有杰出贡献的机构和研究者开展国际合作，以及对这些人员和机构做定标分析来评估其地位和绩效。

汤森路透的知识产权与科技事业部与世界各地研究机构建立合作伙伴，推介世界级研究与创新。其研究前沿分析和对全球前 100 个研究前沿的报道，为辨析研究趋势而后识别战略性投资机会提供了一个独特的视角。

方法与数据说明

本报告报道了当前在自然科学与社会科学中引起兴趣和被深入研究的前 100 个专业领域。设计前 100 个研究前沿的遴选过程时，目标是首先找出那些最活跃的，然后从中找出知识累积最快的。因此，我们以目前 Essential Science Indicators (ESI) 数据库中的近 8,000 个研究前沿为起点，首先选出那些核心文献被引用的次数最多的研究前沿；再对上一步选出来的研究前沿，按核心文献的平均出版年排序，找出核心文献最新的研究前沿。一个有很多新近的核心文献的研究前沿，通常提示这是一个快速发展，热门的专业领域。因此，这份报告所列的前 100 个研究前沿 — 从 10 个大学科领域中的分别选出排名前 10 的研究前沿 — 代表了各大学科中的最大研究前沿中最热的，但不一定代表跨数据库（所有学科）的最热研究前沿：他们中的很多，其核心文献和施引文献的数量要小得多。

报告中所列的前 100 个研究前沿的具体遴选过程：就 ESI 数据库的 21 个学科，对每个学科按照总被引次数对研究前沿排序得出前 10% 最大的。提取出来的研究前沿再通过其核心文献平均出版年份排序，得出各个大学科领域的前 10 个最新的。在随后的表格中，会给出每个研究前沿的核心文献的文章数，被引用次数和平均出版年。因为此次分析的核心文献是 2007-2012 年间的，核心文献平均出版年通常在 2007-2012 之间，例如平均出版年的值是 2009.6，则表示平均的出版时间大约在 2009 年 8 月。

本报告就 10 个大学科领域，对每个大学科用表格给出其前 10 个研究前沿。每次会从 10 个前沿中选取一个作更深入的讨论：该前沿的研究主题的梗概介绍，对其核心文献，或者施引文献，或者两者的数据分析，及其他数据分析来说明可以从哪些方面来分析和探析研究前沿。

表格阅读说明：

- **排名**：按研究前沿的核心文献的平均出版年排序，即核心文献最新的排前面
- **研究前沿**：每个大学科领域中的每个研究前沿的名称
- **核心文献**：对给定的某个研究前沿，其核心文献的篇数
- **引用次数**：核心文献的被引用次数，提示一个研究前沿的大小
- **核心文献平均出版年**：核心文献出版年平均值得
- **阴影栏**：每个表单中，被选中做进一步数据分析和讨论的那个研究前沿。

农业，植物学和动物学

排名	研究前沿	核心文献	引用次数	核心文献平均出版年
1	气候变化对农作物的影响	32	1,537	2010.0
2	基于分子进化分析的真菌全面分类	18	1,374	2010.0
3	拟南芥叶绿体 RNA 编辑	46	2,578	2009.9
4	茉莉酮酸的生物合成与信号转导	33	2,548	2009.9
5	植物病原卵菌 RXLR 效应蛋白与植物的免疫抑制	47	2,340	2009.7
6	被子植物系统发育分类群	34	2,259	2009.7
7	家畜中的耐甲氧苯青霉素金黄色葡萄球菌（超级病菌）	17	1,071	2009.7
8	基因组选择与估计育种值	39	2,281	2009.6
9	蜂群崩溃症候群与东方蜜蜂微孢子虫	30	1,718	2009.6
10	昆虫对 Bt 杀虫毒素转基因作物的抗性	22	1,134	2009.6

来源：汤森路透 Essential Science Indicators

茉莉酮酸的生物合成与信号转导 —— 推进癌症研究

该研究前沿的研究对象是一类叫做茉莉酮酸的植物信号转导化合物，该类物质在植物面临压力和损伤的过程中起着调节植物基因表达的作用，同时也参与调节诸如根部生长、块茎形成、花的生长等通常的植物发育过程。茉莉酮酸具有信号转导作用，例如在植物遇到病原体或者食草动物的侵害时，会启动植物的自卫反应。

在某些情况下，通过空气传播的茉莉酮酸还有着在植物间传递危害预警信息的作用。最近的研究表明，茉莉酮酸对哺乳动物的癌细胞呈现毒性，诱导这类细胞程序性死亡。这些发现引起了对茉莉酮酸的研究的增加，以考察其作为抗癌药物的潜力。

参与的国家与研究机构： 高被引核心文献的产出与引用

每个研究前沿会涉及两组文章：高被引的核心文献构成的该专业领域的基础文献，和对这组核心文献作频繁共引的施引文献集合。研究前沿里的核心文献都是被引频次排名在前 1%（与同领域和同出版年的文献相比）的文献。由此，我们认为这些核心文献具有影响力，其作者、机构、国家在该领域做出了不可磨灭的贡献。另一方面，施引文献反映了核心文献中的技术、数据、概念的被采纳利用，即使这些施引文献本

身并不是或者还未成为高被引论文。下表的左侧总结了该领域的产出核心文献的国家与机构，反映高影响力的基础文献方面，右侧则对施引文献分析，反映领域的最新发展。不出预料的是，二者分布存在相似，也有不同。密歇根州立大学在产出核心文献和施引文献上都居于领先地位，而英国则是该领域知识的重要消费者，但并不是一个排名靠前的核心文献产出国。

排名	核心文献来源国	%	核心文献来源机构	%	施引文献来源国	%	施引文献来源机构	%
1	美国 (15)	45.5	密歇根州立大学(8)	24.2	美国 (314)	28.3	马克斯普朗克化学生态学研究所 (57)	5.1
2	中国(8)	24.2	华盛顿州立大学(7)	21.2	德国 (220)	19.9	中国科学院 (45)	4.1
3	日本 (4) 西班牙 (4)	12.1	清华大学 (4)	12.1	中国 (158)	14.3	密歇根州立大学 (37)	3.3
4	澳大利亚 (3) 比利时 (3) 德国 (3)	9.1	中国科学院 (3); 西班牙国家研究委员会 (3); 杜克大学(3); 莱布尼兹植物生物化学研究所 (3); 根特大学(3); 华盛顿大学(3)	9.1	日本 (131)	11.8	莱布尼兹植物生物化学研究所 (29)	2.6
5	韩国(2) 瑞士 (2)	6.1	湖南农业大学 (2) 韩国建国大学(2); 日本理化学研究所植物科学中心(2); 安特卫普大学(2); 洛桑大学(2); 内布拉斯加大学(2); 华盛顿大学 (2)	6.1	英国 (80)	7.2	哥廷根大学(28)	2.5

来源: 汤森路透 Essential Science Indicators

生态与环境科学

排名	研究前沿	核心文献	引用次数	核心文献平均出版年
1	海洋酸化和海洋生态系统	45	3,653	2009.6
2	生物多样性和生态系统功能	43	3,139	2009.5
3	红树林和气候变化	16	1,121	2009.5
4	土地利用变化的模型和影响	18	2,318	2009.4
5	施用生物质炭的技术和效果	41	2,300	2009.4
6	入侵物种的适应进化和近似贝叶斯计算	19	1,255	2009.4
7	壶菌病和大规模两栖类动物灭绝	13	1,003	2009.3
8	环境水和废水中的药物残留	50	3,815	2009.1
9	群落生态学和系统发育比较生物学	20	1,799	2009.1
10	气候变暖, 改变的热生态位, 与物种影响	14	1,244	2009.1

来源: 汤森路透 Essential Science Indicators

海洋酸化和海洋生态系统

该研究前沿主要研究人类使用化石燃料导致的大气二氧化碳含量增高, 从而带来海洋化学成分变化, 进而对脆弱的海洋生态系统及各种海洋生物的影响。所有影响中, 最显著的就是海水溶解大气的二氧化碳带来的酸化效应, 这会直接影

响到海洋物种的生存, 尤其是那些需要钙质以形成骨架或外壳的物种, 继而会影响到环环相扣的海洋生命链。这些研究试图评估人类导致的气候变暖对海洋产生的影响。

珊瑚礁系统研究： 澳大利亚的领跑地位

在海洋酸化和海洋生态系统这一研究前沿的 45 篇核心文献中,有 9 篇来自澳大利亚的科学家。过去 5 年,澳大利亚在整个生态与环境科学领域的论文份额约为 5.5%,而澳大利亚在海洋酸化和海洋生态系统研究前沿中却贡献了 20% 的核心文献,将近是前一倍的四倍。另外,汤森路透的同期分析数据显示,按汤森路透收录的所有学科的全球高影响力学术期刊,来自澳大利亚的论文只占 3.3% 的份额。由此可见,生态与环境科学是这个国家的重点领域,而在海洋酸化与海洋生态系统领域,特别是珊瑚礁系统研究方向,澳大利亚处于全球领跑地位。

位于汤斯维尔的詹姆斯库克大学的澳大利亚研究理事会珊瑚礁研究中心可以用来解释为什么澳大利亚能在此领域产生如此大的影响。该中心是基于下述院所的合作伙伴关系:詹姆斯库克大学,昆士兰大学,澳大利亚海洋研究所,澳大利亚国立大学,西澳大利亚大学,以及大堡礁海洋公园管理局。下面我们列出了海洋酸化与海洋生态系统领域的来自澳大利亚的 9 篇核心文献,以及这些文献的截止发稿的被引用次数、列出的澳大利亚作者姓名、和他们所在的研究机构。

引用次数	澳大利亚作者	题目/来源	来自澳大利亚的机构名称
736	O. Hoegh-Guldberg, P. Greenfield, R.H. Bradbury	"Coral reefs under rapid climate change and ocean acidification," <i>Science</i> , 318 (5857): 1737-1742. December 14, 2007	University of Queensland, Centre for marine studies, St. Lucia, and Australian National University, Resource Management in Asia-Pacific Program, Canberra
176	K.R.N. Anthony, D.I. Kline, G. Diaz-Pulido, S. Dove, O. Hoegh-Guldberg	"Ocean acidification causes bleaching and productivity loss in coral reef builders," <i>PNAS</i> , 105 (45): 17442-17446, November 11, 2008	University of Queensland, Centre for Marine Studies, and University of Queensland, ARC Centre of Excellence for Coral Reef Studies, St. Lucia
141	G. De'ath, J.M. Lough, K.E. Fabricius	"Declining coral calcification on the great barrier reef," <i>Science</i> , 323 (5910): 116-119, January 2, 2009	Australian Institute of Marine Science, Townsville
85	P.I. Munday, D.L. Dixon, J.M. Donelson, G.P. Jones, M.S. Pratchett	"Ocean acidification impairs olfactory discrimination and homing ability of a marine fish," <i>PNAS</i> , 106 (6): 1848-1852, February 10, 2009	James Cook University, ARC Centre of excellence for Coral Reef Studies, Townsville, and James Cook University, School of Marine and Tropical Biology, Townsville
55	J.M. Pandolfi, S.R. Connolly, D.J. Marshall	"Projecting coral reef futures under global warming and ocean acidification," <i>Science</i> , 333 (6041): 418-422, July 22, 2011	University of Queensland, ARC Centre of Excellence for Coral Reef studies, St. Lucia; University of Queensland, School of Biological Sciences, St. Lucia; James Cook University, ARC Centre of Excellence for Coral Reef Studies, Townsville; and James Cook University, School of Marine and Tropical Biology, Townsville
52	K.E. Fabricius, S. Uthicke, C. Humphrey, S. Noonan, G. De'ath, J.M. Lough	"Losers and winners in coral reefs acclimatized to elevated carbon dioxide concentrations," <i>Nature Climate Change</i> , 1 (3): 165-169, June 2011	Australian Institute of Marine Science, Townsville
48	D.L. Dixon, P.L. Munday, G.P. Jones	"Ocean acidification disrupts the innate ability of fish to detect predator olfactory cues," <i>Ecology Letters</i> , 13 (1): 68-75, January 2010	James Cook University, ARC Centre of Excellence for Coral Reef Studies, Townsville, and James Cook University, School of Marine and Tropical Biology, Townsville
28	M. Byrne	"Impact of ocean warming and ocean acidification on marine invertebrate life history stages: vulnerabilities and potential for persistence in a changing ocean," <i>Oceanography and Marine Biology: An Annual Review</i> , 49: 1-42, 2011	University of Sydney, School of Medicine and School of Biological Sciences, Sydney
10	D.L. Dixon, M.I. McCormick, S.A. Watson, P.L. Munday	"Near-future carbon dioxide levels alter fish behavior by interfering with neurotransmitter function," <i>Nature Climate Change</i> , 2 (3): 201-204, March 2012	James Cook University, ARC Centre of Excellence for Coral Reef Studies, Townsville, and James Cook University, School of Marine And Tropical Biology, Townsville

来源: 汤森路透 Essential Science Indicators

地球科学

排名	研究前沿	核心文献	引用次数	核心文献平均出版年
1	中南亚造山带构造演化	24	1,176	2010.1
2	全球地面异戊二烯排放和气候	25	1,300	2009.8
3	藏南锆石 U-Pb 定年和矿床年代学	45	2,521	2009.7
4	格陵兰冰芯定年和旧石器中晚期过渡	28	2,490	2009.6
5	纳米粒子在大气中的成核和生长	33	1,835	2009.6
6	气候变化和极端降水	30	2,098	2009.5
7	格陵兰冰盖质量, 融化, 和运动	25	1,627	2009.4
8	2008年汶川地震研究	38	2,326	2009.1
9	黑碳排放和北极地区的空气污染	17	1,090	2009.1
10	地面运动预测方程和 2009 年意大利中部拉奎拉地震	31	2,196	2009.0

来源: 汤森路透 Essential Science Indicators

2008 年汶川地震研究

该前沿是对 2008 年 5 月 12 日在中国四川发生的大地震的研究。震级达到 7.9 级的汶川地震波及四个县, 造成灾难性的破坏, 致使 90,000 人遇难, 400 万人无家可归。具有讽刺意味的是, 对这个发生了 30 年来最具破坏性地震的地方,

人们在之前却没有认识到该地方存在的地震高风险。随后的研究主要确认表面裂度等一些专业指标以及有关此次地震的其他专业数据, 同时还有一些论文研究了印度、美国西部处于地震带区域所发生的类似现象。

事件驱动的研究前沿： 对福岛地震核电站泄漏的研究

强烈地震的发生会迅速激发一轮有关地震和地球物理学研究。学者们收集、分析地震相关数据，并将这些分析结果发表出来以期解读整个事件。如上页的表中所显示的，无论 2008 年的中国汶川地震还是 2009 年发生的意大利拉奎拉地震，均激发一批重要研究文献的产生。2011 年 3 月 11 日发生在日本东北的 9 级大地震也不例外，在我们的数据中出现了两个对地震及其后果的研究前沿。虽然这两个研究前沿的引用次数都不足以使之进入该领域研究的前 10%，但是从其构成文献的平均发表年来看，却符合及时、快速的特征，因此将其归为热点领域。这两个领域是：

- 2011 年日本东北地震和 2010 年马乌莱地震
- 福岛第一核电站核泄漏与扩散

第一个研究前沿包括 41 篇迄今获得 1003 次引用的核心文献。从引用的模式来看，研究人员将日本发生的地震与之前一年发生在智利的地震关联在了一起。两次地震具有相似的应力轴，且均为巨大的俯冲带地震。第二个研究前沿包括 18 篇核心文献，被引次数为 253。核心文献的平均出版年为 2011 年 7-8 月，为灾害发生仅几个月之后。很多核心文献报道了土壤、水、大气中同位素铯 137、碘 131 和氙 133 的监测结果。

在汤森路透 Web of Science 数据库检索有关日本东北地震、福岛核电站事故及其后果的文章获得 882 篇论文，其中 284 篇发表于 2011 年，598 篇发表于 2012 年。下表列出了在这些文献中出现频率最高的国家、机构及领域。

排名	国家	%	排名	机构	%	排名	领域	%
1	日本(388)	44.0	1	东京大学 (76)	8.6	1	地球科学, 多学科(198)	22.4
2	美国 (222)	25.2	2	京都大学 (56)	6.3	2	环境科学 (157)	17.8
3	中国 (52)	5.9	3	日本东北大学 (54)	6.1	3	核科学和技术 (125)	14.2
4	德国 (51)	5.8	4	加州理工学院(29); 北海道大学 (29)	3.3	4	地球化学和地球物理 (117)	13.3
5	法国(48)	5.4	5	日本原子能机构(24)	2.7	5	公共、环境和职业健康 (62)	7.0

来源: 汤森路透 Essential Science Indicators

如前所述，在以上给出的论文统计数据背后是现实中的灾难事件：15,000 人罹难，6,000 人受伤，3,000 人下落不明。人道主义精神要求我们缅怀逝者以及关心那些在灾难中遭受巨大痛苦与损失的人们。

灾后，科学工作者以积极的行动应对危机，不仅是发表研究论文，还积极在医疗、公共卫生、核工程、建筑工程、地球物理、化学工程，以及其他相关专业领域提供专业知识和分析，对日本及当地政府给予帮助。

临床医学

排名	研究前沿	核心文献	引用次数	核心文献平均出版年
1	经导管主动脉瓣植入术	50	2,818	2011.0
2	非典型溶血性尿毒症综合征和补体激活	36	1,939	2010.6
3	转移性黑色素瘤对 BRAF 抑制剂获得性耐药机制	36	4,777	2010.5
4	特发性肺纤维化和随机安慰剂对照药物试验	38	2,269	2010.5
5	非酒精性脂肪肝的病理学和治疗	34	1,978	2010.5
6	对 HER2 阴性乳腺癌的结合与不结合贝伐单抗的化疗	14	1,909	2010.5
7	用 Brentuximab Vedotin 治疗难治复发的霍奇金淋巴瘤	23	2,001	2010.4
8	丙型肝炎患者的 IL28B 基因多态性和治疗反应	47	5,172	2010.3
9	非小细胞肺癌中的间变性淋巴瘤激酶 (ALK) 抑制	46	3,716	2010.3
10	全球、国家和区域评估：孕产，新生和儿童健康	42	2,640	2010.3

来源：汤森路透 Essential Science Indicators

BRAF 抑制剂的获得性抗药性

大约有一半的黑色素瘤与体内负责酶编码的 BRAF 基因的突变有关，而 BRAF 激活后会引发癌细胞的扩散。在过去几年里，临床医学研究者在利用新的化合物来延长黑色素细胞瘤患者的生命方面取得了突破性进展，例如用

Vemurafenib 抑制 BRAF 的生物活性，尽管随后一年左右一定比例的复发显示癌细胞对 BRAF 抑制剂产生了抗药性。该研究前沿包括对 BRAF 突变的黑色素瘤的一般研究和治疗研究，而聚焦在 BRAF 的抗药性机制和持续抑制 BRAF 的辅助治疗方法。

BRAF 抑制剂的前途与困难： 美国与全球制药工业共同关注的领域

年份	文献数量
2003	125
2004	218
2005	346
2006	378
2007	408
2008	480
2009	566
2010	757
2011	860
2012	1,252

论文总数=5,390

该研究前沿的核心文献共有 36 篇，其中 7 篇发表于 2007-2009 年间，而其他 29 篇均发表于 2010 - 2012 年，显示该领域的研究步伐加快。左图针对 BRAF 基因及其变异的文献做了更加长期与深入的分析。2003 - 2012 年汤森路透的 Web of Science 数据库共收录了这方面的论文 5,390 篇。过去 10 年间，该领域年发表论文数增长了 10 倍。下表总结了为核心文献的产出和引用做出重要贡献的国家与研究机构，施引文献反映的是该领域的最新进展。

无论是核心文献的产出还是引用，美国的表现都相当出色。这种主导地位还体现在机构排名上。除了来自澳大利亚墨尔本的彼得·马克卡伦癌症中心 (Peter MacCallum Cancer Centre) 与跨国企业百时美施贵宝公司 (Bristol Myers Squibb)，其他的研究机构均来自美国。其中纪念斯隆凯特林癌症中心 (Memorial Sloan Kettering Cancer Center) 以及麻省总医院 (Massachusetts General Hospital) 是该研究前沿的领军者。

排名	核心文献产出国	%	核心文献产出机构	%	施引文献来源国	%	施引文献来源机构	%
1	美国 (33)	91.7	纪念斯隆凯特林癌症中心 (13)	36.1	美国 (1,444)	61.5	哈佛大学 (148)	6.3
2	澳大利亚 (12)	33.3	南佛罗里达大学(11)	30.6	德国 (202)	8.6	纪念斯隆凯特林癌症中心(135)	5.7
3	法国 (7) 德国 (7)	19.4	加州大学洛杉矶分校(10)	27.8	英国 (197)	8.4	德州大学 M.D. 安德森癌症中心(121)	5.1
4	英国(6) 瑞士 (6)	16.7	洛杉矶临床研究所 (9); 麻省总医院(9); 范德堡大学 (9)	25.0	意大利 (172)	7.3	美国国家癌症研究所(91)	3.9
5	加拿大 (5) 意大利(5)	13.9	彼得·马克卡伦癌症中心(8); 墨尔本 (8); 百时美施贵宝	22.2	法国 (153)	6.5	麻省总医院(89)	3.8

来源: 汤森路透 Essential Science Indicators

下表则重点分析了该研究前沿的制药公司的情况，我们基于作者的机构地址，分析了制药公司产生的核心文献，以及施引文献的情况。核心文献和施引

文献中的基金资助信息也用来生成了公司资助的排名，这是另一个可以揭示企业界的活动和兴趣的分析视角。

排名	公司	核心文献	公司	资助的核心文献数	公司	施引文献	公司	资助的施引文献数
1	百时美施贵宝公司	8	百时美施贵宝公司	10	百时美施贵宝公司	46	百时美施贵宝公司	89
2	帕勒克斯西康	7	诺华公司	7	基因泰克公司	33	辉瑞公司	61
3	罗氏公司 美达莱	5	罗氏公司	6	罗氏公司 诺华公司	22	葛兰素史克	53
4	葛兰素史克	3	基因泰克公司, 默克集团, 辉瑞, 帕勒克斯西康	3	帕勒克斯西康	18	罗氏公司, 诺华公司	47
5	基因泰克公司, 诺华公司	2	千年制药	2	葛兰素史克	15	默克集团,	38

核心文献数为 36，而施引文献数为 2,350

来源: 汤森路透 Essential Science Indicators

生物科学

排名	研究前沿	核心文献	引用次数	核心文献平均出版年
1	DNA 甲基化分析和遗传性缺失	25	3,153	2011.0
2	阿尔茨海默症的 β 淀粉样蛋白 (A β) 低聚物的毒性	45	2,588	2010.6
3	滤泡辅助性 CD4 T 细胞 (TFH) 的分化与功能	38	2,760	2010.5
4	人的 β 2 肾上腺素 G-蛋白偶联受体 (GPCRs)	44	6,261	2010.4
5	线性泛素链组装体复合物和核因子-kB (NF-kB) 的激活	43	3,749	2010.4
6	Lgr5 受体表达的肠道干细胞	23	2,699	2010.3
7	TET突变, 5-羟甲基胞嘧啶 (5hmC) 的减少, 恶性肿瘤	45	6,112	2010.2
8	雷帕霉素靶蛋白 (TOR) 信号转导的抑制, 延寿, 老年病	30	3,152	2010.1
9	HIV-1Vpu 和 VPX 蛋白以及 SAMHD1 和 BST-2/Tetherin 的抑制因素	48	3,760	2009.9
10	线粒体去乙酰化酶和代谢调节	32	3,395	2009.9

来源: 汤森路透 Essential Science Indicators

β 2 肾上腺素G-蛋白偶联受体 (GPCRs)

在细胞通讯中 G-蛋白偶联受体 (GPCRs) 扮演重要的作用。GPCRs 调节跨细胞膜的分子信号转导和启动多种细胞反应, 参与了涉及味觉、嗅觉、视觉, 以及对多种荷尔蒙和神经递质的反应的生化机制。因此, 它是很理想的一类靶标, 制药工业对它也表现出超乎寻常的兴趣。该领域中的前

沿论文主要研究 GPCR 家族成员的结构与功能, 而这个家族的成员超过了 800 个。其中 β 2 肾上腺素受体尤其引人注目, 为了改进面向多种疾病的药物设计, 通过X-射线、结晶学技术以及其他方法, 研究人员研究了该受体的精确分子结构。

激动人心的研究赢得诺贝尔奖

去年 10 月，瑞典皇家科学院宣布了 2012 年诺贝尔化学奖得主：斯坦福大学的 Brian K. Kobilka 以及杜克大学的 Robert J. Lefkowitz。为他们赢得奖项的是他们对 G-蛋白偶联受体的生物化学研究（也称 7TM, seven-transmembrane）。通常情况下，诺贝尔奖会颁给那些在二十或三十年前发表的科学研究。事实上，Lefkowitz 第一次为该领域做出重要贡献是 1970 年。1984 年 Kobilka 加入到 Lefkowitz 在杜克大学的实验室，以博士后的身份成为研究团队的一员，他所在的研究团队在 1986 年成功克隆了 $\beta 2$ 肾上腺素受体。1989 年 Kobilka 在斯坦福大学组建了自己的实验室。两位赢得诺奖的工作在同行中可说是不新鲜的“新闻”。

年份	核心文献	热点论文
2007	3	NA
2008	7	NA
2009	2	NA
2010	4	2
2011	13	5
2012	15	7

该研究前沿之所以引人注目在于它的庞大规模与时效。44 篇核心文献被 2,500 篇论文引用了 6,000 多次，而且这 44 篇核心文献中的 32 篇是最近三年出版的。这显示了该专业领域的核心文献在不断更新。还值得一提的是，2010 年 11 月 1 日以后发表的 30 篇核心文献中，有 17 篇成为了热点论文，这意味着这些论文按照被引频次不仅跻身全球前 1% 的行列（核心文献均进入前 1%），而且在同领域、同时期的论文中位列前 0.1%。

左图显示该研究前沿 2012 年的核心文献近半数排入全球热点论文行列（热点论文是在当时的最近两年中，可以跻身相同领域全球前 0.1% 的论文，这里统计了 2010 年 11 月 1 日到 2012 年 10 月 31 日之间的情况，但是没有提供 2007-2009 的数据，因此标记为 NA，即 Not Available）。

这些热点论文中有一篇发表在 2011 年 9 月的 *Nature* 上，研究了 $\beta 2$ 肾上腺素受体在激活状态下的三维结构。该三元复合体活性状态下的高清图片被诺贝尔奖顾问组成员 Sara Snogerup Linse 认为和圣杯的发现具有同等分量。

在这 44 篇核心文献中有 14 篇出自 Kobilka，这并不奇怪（有 2 篇出自 Lefkowitz）。该领域的另一位杰出人物，供职于加州 La Jolla 的斯克里普斯研究所（Scripps Research Institute）的 Raymond C. Stevens 有 13 篇核心文献。这两位领军人物有 2 篇合作论文，所以加起来贡献了 25 篇核心论文，占到 44 篇的一半以上。下表根据核心文献和施引文献两个方面，总结了该领域领先的机构与国家。

排名	核心文献产出国	%	核心文献产出机构	%	施引文献产出国	%	施引文献产出机构	%
1	美国 (31)	70.5	斯坦福大学 (14)	31.8	美国 (1,106)	44.9	斯克里普斯研究所 (69)	2.8
2	英国 (11)	25.0	斯克里普斯研究所(13)	29.5	德国 (340)	13.8	京都大学 (58)	2.4
3	德国 (7)	15.9	MRC分子生物学实验室 (7)	15.9	英国 (282)	11.4	哥本哈根大学 (57)	2.3
4	丹麦 (4) 法国 (4) 韩国 (4)	9.1	加州大学圣迭戈分校(6)	13.6	法国 (191)	7.8	法国科学研究院(46) 莫纳什大学(46) 斯坦福大学(46)	1.9
5	澳大利亚 (3) 日本(3)	6.8	密歇根大学 (5)	11.4	日本 (141)	5.7	北卡罗莱纳大学 (40)	1.6

来源：汤森路透 Essential Science Indicators

化学与材料科学

排名	研究前沿	核心文献	引用次数	核心文献平均出版年
1	优化的可见光光催化制氢	43	1,620	2011.2
2	钌或铑催化的氧化的 C-H 键激活	46	1,900	2011.0
3	聚集诱导发光的特征和化合物	47	1,989	2010.9
4	有机合成中的光致氧化还原催化	32	1,945	2010.5
5	手性膦小分子催化不对称反应	35	1,927	2010.5
6	纳米孔 DNA 测序	33	1,914	2010.5
7	小分子溶液加工的体异质结型太阳能电池	31	1,841	2010.5
8	氮掺杂石墨烯	26	2,364	2010.4
9	卷辊加工的聚合物太阳能电池	35	3,969	2010.3
10	硅纳米线组成锂离子电池阳极材料	50	2,896	2010.3

来源: 汤森路透 Essential Science Indicators

聚合物太阳能电池的加工

近期有大量的研发致力于利用基于有机聚合物的太阳能电池来把太阳光转化为电力。这种技术不同于相对成熟的基于硅的太阳能电池,但由于其潜在的低成本、低污染特性,聚合物太阳能电池极具研究前景,虽然其光转化效率与耐用性还有待改善。这个研究前沿主要讨论生产聚合物太阳

能电池的卷辊方法——实际上是将这些电池“印刷”在薄片上。最终,这项技术将使大规模生产成为可能,由此实现该技术所承诺的重量轻和柔软的太阳能电池,这将可以应用在为移动设备供电,和为发展中国家的边远地区提供电力。

卷轳研究：

丹麦技术大学 (Technical University of Denmark) 的 Fredrik C. Krebs

丹麦技术大学 (Technical University of Denmark) Risø 可持续能源国家实验室的能源转化和储存系教授 Krebs 是该领域总共 35 篇核心文献中的 31 篇的作者。一个人在这么窄的领域内占据如此大比例的核心文献份额,可能有人疑问这个领域是不是只是被他自己所关注。但是,当看到引用这些核心文献的 4,525 篇论文中有 95% 是来自 Krebs 团

队以外的研究者时,疑问就会消除。这是一个被广泛关注的研究课题,而数据表明 Krebs 及其团队居于该研究领域的核心地位。下表列出了这些核心文献中被引用最多的 5 篇,作者均为 Krebs 和他的同事,最后一篇论文是他们与丹麦企业 Mekoprint A/S 的研究人员合作完成的。

引用次数	作者	题目 / 文献出处	相关机构
630	M. Jorgensen, K. Norrman, F.C. Krebs	"Stability/degradation of polymer solar cells," <i>Solar Energy Materials and Solar Cells</i> , 92 (7): 686-714, July 2008	丹麦技术大学
593	F.C. Krebs	"Fabrication and processing of polymer solar cells: A review of printing and Coating techniques," <i>Solar Energy Materials and Solar Cells</i> , 93 (4): 394-412, April 2009	丹麦技术大学
414	F.C. Krebs, S.A. Gevorgyan, J. Alstrup	"A roll-to-roll process to flexible polymer solar cells: Model studies, manufacture and operational stability studies," <i>Journal of Materials Chemistry</i> , 19 (30): 5442-5451, 2009	丹麦技术大学
289	F.C. Krebs, T. Tromholt, M. Jorgensen	"Up scaling of polymer solar cell fabrication using full roll-to-roll processing," <i>Nanoscale</i> , 2 (6): 873-886, 2010	丹麦技术大学
287	F.C. Krebs, M. Jorgensen, K. Norrman, O.Hagemann, J. Alstrup, T.D. Nielsen, J. Fyenbo, K. Larsen, J. Kristensen	"A complete process for production of flexible large area polymer solar cells entirely using screen printing-first public demonstration," <i>Solar Energy Materials and Solar Cells</i> , 93 (4): 422-441, April 2009	丹麦技术大学, 和 Mekoprint A/S, Støvring, Denmark (Fyenbo, Larsen, and Kristensen)

来源: 汤森路透 Essential Science Indicators

2011 年 4 月 汤森路透访谈了 Krebs, 内容发表在汤森路透的在线资源“科学瞭望”(ScienceWatch)上。访谈是关于他们的快速流传的论文, 该文描述他们的发明在现实世界的应用 (F. C. Krebs, T. D. Nielsen, J. Fyenbo, M. Wadstrom, M. S. Pedersen, "Manufacture, integration and demonstration of polymer solar cells in a lamp for the 'Lighting Africa' initiative," *Energy & Environmental Science*, 3 (5): 512-525, 2010)。 “点亮非洲”(Lighting Africa) 行动是国际金融公司和世界银行的一个联合项目, 以支持全球的照明工业为非洲撒哈拉沙漠以南地区数百万没有电网接入的居民, 开发买得起的、清洁和高效的现代照明和能源解决方案。(世界资源研究所, "A Compilation of Green Economy Policies, Programs, and Initiatives from Around the World. The Green Economy in Practice: Interactive Workshop 1, February 11th, 2011," page 5; http://pdf.wri.org/green_economy_compilation_2011-02.pdf)

Krebs 告诉“科学瞭望”：“向任何感兴趣的人展示科研成果, 而不是仅在学术期刊上发表论文(因为大众仍然难以获知), 在我看来对建立科研成果的可信度是必要的。如果认为只要完成实验室开发申请专利, 然后这个发明就会广为应用, 就太天真了。任何科技开发的成果都需要在现实世界作适应性改造, 实验室开发阶段的完成, 相比最终的推广应用和造福社会, 还只算全程的 10% 到 20%。”

(<http://archive.sciencewatch.com/dr/fbp/2011/11aprfbp/11aprfbpKreb/>)

物理

排名	研究前沿	核心文献	引用次数	核心文献平均出版年
1	掺碱金属的铁硒超导体	49	2,000	2011.2
2	自旋 - 轨道耦合的玻色 - 爱因斯坦凝聚	48	1,752	2011.1
3	直接探测暗物质的实验	48	3,285	2010.6
4	马约拉纳费米子的证据	44	2,887	2010.6
5	顶夸克的前后向不对称	48	2,213	2010.6
6	量子模拟与囚禁离子	36	2,017	2010.5
7	铁基超导体中的节点间隙结构	36	1,863	2010.4
8	全息费米面及其量子纠缠熵	37	2,643	2010.1
9	解释量子不和谐	41	3,650	2010.0
10	拓扑绝缘体	45	8,957	2009.9

来源: 汤森路透 Essential Science Indicators

掺碱金属的铁硒超导体

从 1986 年发现铜酸盐的高温超导特性（这个发现为 J. Georg Bednorz 和 K. Alex Muller 赢得 1987 年的诺贝尔物理学奖），到后来发现其他高温超导体，其间是一个漫长而曲折的过程。在近年，是 2006 - 2008 年对铁基化合物超导特性的发现，继而 2010 年在铁磷族元素化合物中用硒取代了砷，并且在硒层和铁层之间使用钾，铷，铯，或铊的夹层。这类结构被称为铁硫族化合物超导体家族。

超导性—材料以零电阻导电的特性—具有非常广阔的应用前景。磁共振成像（MRI）与核磁共振（NMR）仪器中的强大电磁铁只是已有技术的一个例子。展望未来的应用前景包括低损耗甚至零损耗的长距离输电线路，和电磁推进技术的进一步发展，例如“磁悬浮”列车利用电磁技术来实现高速运行。

处在最前沿的中国科学家

汤森路透的分析师经常被问到一个问题：什么时候中国科学界会产生土生土长的诺贝尔奖得主？这是个不可能回答的问题，因为没有人知道未来会有什么重大发现，或者诺贝尔奖委员会如何从过去发表的研究中选出他们的得奖者。但是不管怎样，中国的崛起，按其在汤森路透收录的国际高影响学术期刊论文中占全球产出的份额变动，是过去 30 年里科研结构里发生的最重大事件。从世界论文产出份额角度看，世界格局已经发生了重要变化。根据汤森路透 Science Citation Index (Web of Science) 的数据，中国在 1983 年的全文份额仅有 0.6%，而现在则占到全球的差不多

13%，仅次于美国的 29%。当然，论文产出的数量，或者占全球论文的份额，不一定代表科研的影响力（以被引用次数来度量），但通常来说，论文的产出能力和质量之间，终究是存在一定的相关性的。

上页表中排名第一的研究前沿是关于一类新的超导材料，下表中对该领域 49 篇核心文献的产出国和产出机构分析显示出中国在这个凝聚态物理中的前沿领域占据优势地位。该表还给出了这个研究前沿中发表核心文献数量最多的科学家的名单，而他们都来自中国研究机构。

排名	核心文献产出国	%	核心文献产出机构	%	核心文献作者	%
1	中国 (30)	61.2	中国科学院 (15)	30.6	陈根富, 中国人民大学 (9)	18.4
2	美国 (15)	30.6	中国人民大学 (13)	26.5	陈仙辉, 中国科学技术大学 (8)	16.3
3	德国 (7)	14.3	中国科技大学(8)	16.3	何俊宝, 中国人民大学 (7); 王笃明, 中国人民大学 (7) 应剑俊, 中国科学技术大学(7)	14.3
4	日本 (5) 摩尔多瓦 (5) 瑞士 (5)	10.2	浙江大学 (7)	14.3	王向锋, 中国科学技术大学(6)	12.2
5	法国(4)	8.2	奥格斯堡大学 (6)	12.2	董持衡, 浙江大学 (5); 方明虎, 浙江大学 (5); 胡江平, 中国科学院 (5); 王爱峰, 中国科学技术大学 (5); 王杭栋, 浙江大学(5); 张猛, 中国科学技术大学 (5)	10.2

来源: 汤森路透 Essential Science Indicators

探寻希格斯玻色子的研究呢?

事实上，在我们的数据库中，探测希格斯玻色子是当前最热的研究前沿。该前沿由 38 篇发表于 2012 年的核心文献与相应的施引文献构成。在物理学的前沿中，该研究前沿按被引频次位于第 78 百分位。这是令人震惊的好成绩，因为其核心文献都发表于去年，按截止到去年年底统计被引次数的办法，这些核心文献能得到引用的时间相对来说还非常短。因为本报告的研究前沿遴选方法是先按被引频次选取第 90 百分位以上的（前 10% 的），然后按核心文献的新近程度二次排序（这样得到的是最大的中的最新的），所以探测希格斯玻色子的研究前沿才没有上榜。但是，假如我们调换遴选方法中的两步：先按核心文献的新近程度，后按其被引频次遴选——这样可以找出最热的，但不一定是最大的研究前沿——则希格斯玻色子的研究就会不仅在物理学领域，而且在整个的科学与社会科学领域浮到顶部。汤森路透在将来的研究前沿报告中，将同样关注热门的和逐步兴起的研究前沿的遴选和特征分析。

天文与天体物理

排名	研究前沿	核心文献	引用次数	核心文献平均出版年
1	伽利略宇宙学	34	1,584	2010.7
2	哈勃超深空探测极端红移星系	31	2,415	2010.3
3	eV 量级的情性中微子	41	2,472	2010.2
4	赫歇尔空间天文台和初始性能	9	1,456	2010.2
5	开普勒天文望远镜和寻找太阳系外行星	47	4,211	2010.0
6	中子星的观测和核对称能源	18	1,536	2009.9
7	大规模的早型星系的演变	18	1,724	2009.6
8	费米大型望远镜检测到的伽玛射线源	8	1,531	2009.5
9	太阳光学望远镜 Hinode (Solar-B) 及太阳动力学天文台 (SDO) 的数据	24	3,023	2009.4
10	超新星 Ia 型光变曲线和暗能量	19	5,920	2009.2

来源: 汤森路透 Essential Science Indicators

开普勒天文望远镜和探索太阳系外的行星

2009 年 NASA 发射的开普勒天文望远镜以 17 世纪德国天文学家 Johannes Kepler 而得名。该望远镜围绕太阳运转, 其传感器被调适为可以观测高达 150,000 颗的银河系星。开普勒望远镜的任务是: 在靠近母恒星的“适居带”里扫描类地行星的存在证据, “适居带”即大气条件有可能允许水存在的地带。候选行星在母恒星前面运转通过时该恒星的光芒会短时间变暗, 由此暴露行星的存在。

开普勒望远镜的设备会捕捉和记录恒星光芒的变暗, 并以 3 次这样的变暗来确认一个候选行星的存在。迄今开普勒望远镜已找到了 1200 颗类似地球行星的候选者。这个研究前沿的论文涉及对开普勒太空望远镜计划的一般研究, 及之前的由法国和巴西在 2006 年联合发射的 CoRoT 太空望远镜。研究前沿中的 47 篇核心文献讨论了数据采集流程以及几个被观测到的行星的具体特性。

寻找系外行星： 一个持续增长的领域

下表基于汤森路透 2007-2012 年收录的论文列出了几组数据：1) 该研究前沿中核心文献数量；2) 引用核心文献的施引文献数量；3) 引用第一代施引文献的第二代施引文献数量。下图则展现

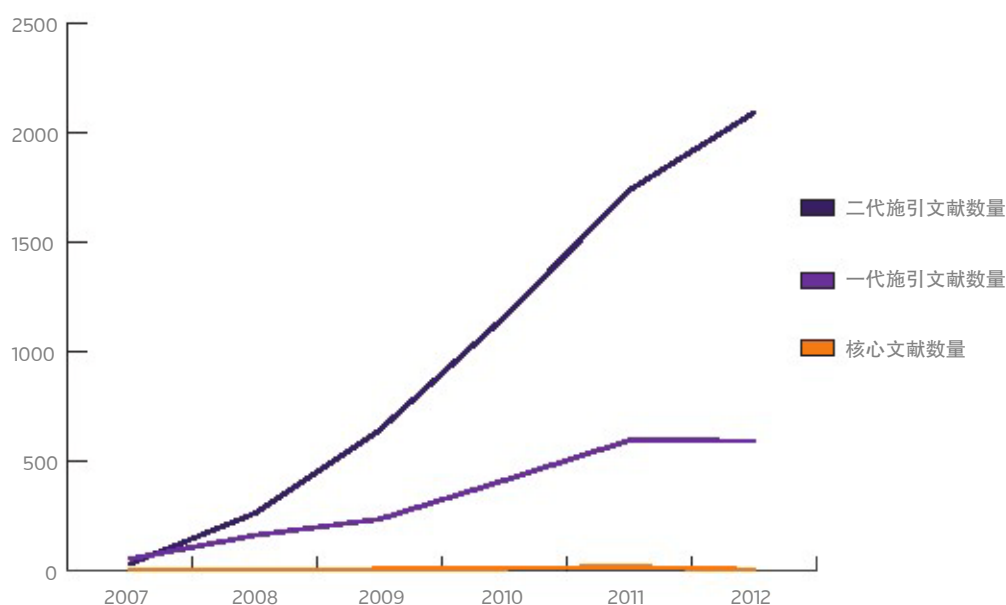
了研究活动如何从一组相对较小的核心文献迅速扩展开。这些证据显示，对系外行星的寻找是一个增长的领域，而被证实存在的系外行星的数量快速增长也反映出这一点。

出版年	核心文献数	引用核心文献的文献数	第二代施引文献的数量
2007	5	53	31
2008	4	161	262
2009	6	235	642
2010	11	412	1158
2011	17	594	1736
2012*	4	593	2090
总计	47	2048	5919

* 包括期刊在 2012 年接收然后在 2013 年发表的文章

来源：汤森路透 Essential Science Indicators

系外行星研究：后续的施引文献 一小批核心文献如何引发扩大的后续文献发表和引用



来源：汤森路透 Essential Science Indicators

数学，计算机科学与工程

排名	研究前沿	核心文献	引用次数	核心文献平均出版年
1	高能可充电锂-空气电池	49	2,006	2010.8
2	非线性分数阶微分方程的边界值问题	47	1,172	2010.2
3	生物柴油燃料燃烧的化学动力学反应机制	49	1,555	2010.0
4	非局部铁摩辛柯梁理论和碳纳米管	39	1,480	2009.8
5	受约束的全变分图像去噪与恢复	49	2,741	2009.7
6	石墨烯晶体管	16	2,270	2009.7
7	分析新一代 DNA 测序数据	6	2,025	2009.6
8	纳米流体传热	40	1,928	2009.6
9	二氧化碳捕获中的钙循环过程	36	1,562	2009.6
10	差分进化算法和 Memetic 计算	30	1,351	2009.6

来源: 汤森路透 Essential Science Indicators

受约束的全变分图像去噪与恢复

这个研究前沿中的核心文献提出各种方法和算法来修复或恢复各种信号、图像和视频信息，面向的情形可能是稀疏的数据源，或者噪音和模糊部分需要修正，或者需要补充丢失的数据。这些技术的应

用包括医学图像处理和情报收集。具体例如在充满噪音的视频中追踪运动物体，由卫星观测来定位地面物体，无人驾驶飞机的控制，和在 CT 扫描中使用最小的放射剂量。

关键人物： 多篇核心文献的作者

这是个汇集数学、计算机科学和工程学的领域，因其跨学科性而被选中作进一步讨论。无论是按传统的期刊学科划分来考察核心文献，还是按文献作者所在机构的专业系别，都可以得出：核心文献有一半来自数学，而另外一半则大约对半分

形里研究人员之间的关联是共被引文献聚类分析的强项：研究人员攻关的是具有共性的问题，虽然从这些研究人员的背景，可能看不出他们属于同一个“无形学院”。下表给出了这个“无形学院”的主要成员，他们发表了这个研究前沿的最多的核心文献。

核心文献数	研究者	职位	机构
7	Stanley Osher	Professor of Mathematics and Director of Applied Mathematics; also, Director of Special Projects, Institute for Pure and Applied Mathematics	加州大学洛杉矶分校
5	Jian-feng Cai	Assistant Professor of mathematics	爱荷华大学
5	Emmanuel J. Candès	Simons Chair in Mathematics and Statistics, Professor of Mathematics and of Statistics, And Professor of Electrical Engineering	斯坦福大学
5	Mário A.t. Figueiredo	Professor of Electrical and Computer Engineering	里斯本技术大学
5	Zuowei Shen	Tan Chin Tuan Centennial Professor	新加坡国立大学

来源：汤森路透 Essential Science Indicators

经济学，心理学以及其他社会科学

排名	研究前沿	核心文献	引用次数	核心文献平均出版年
1	城市政策变化和全球治理问题	42	898	2010.4
2	家族企业的创业精神和绩效	30	1,051	2009.9
3	工作记忆的训练与可塑性	21	1,177	2009.8
4	以权责发生制为基础的收入管理和会计违规	17	1,148	2009.8
5	以病人为中心的医疗，基本保健，和责任界定	32	1,240	2009.7
6	社会学习策略和决策	39	3,642	2009.6
7	二氧化碳排放的投入产出分析	49	1,630	2009.6
8	对再认启发的研究	28	1,280	2009.6
9	消费者在线评论，社交网络，和在线显示的广告	37	1,609	2009.5
10	金融危机，流动性，和公司治理	37	1,595	2009.4

来源：汤森路透 Essential Science Indicators

次贷危机，流动性和信用，公司治理

这次选出作进一步分析的这个研究前沿，考察了决定市场流动性和信用的制度安排和金融体制等系列复杂问题——特别是这些要素同时承受压力是如何引发了 2008 年的全球金融危机。

从对次贷危机后的银行信用紧缩的分析，到就现金持有量和风险假定等公司治理问题的一般研究，这个前沿的研究致力于厘清导致这场影响至今犹存的全球经济衰退的复杂动力机制。

2008 年金融危机引发的研究热潮

该研究前沿有 37 篇核心文献，主要发表于 2009 年及以后。类似于地球科学领域里大地震的例子，这是又一个“事件驱动”型研究前沿的例证。当然，2008 年金融界经历的震荡程度相当于地震、海啸和核泄漏加在一起了。针对这个研究前沿中引用的

发表在 2008 年金融危机后的 28 篇核心文献的 833 篇施引文献，可以总结出引领对这一事件的研究的国家、机构和个人。施引文献的年度分布为：2009 年 45 篇，2010 年 132 篇，2011 年 285 篇，2012 年 356 篇(及 2013 年至截稿前的 15 篇)。

排名	国家	%	机构	%	排名	研究人员 (机构)	施引文献
1	美国(493)	59.2	美国国家经济研究局(86)	10.3	1	Viral V. Acharya (纽约大学, 国家经济研究局, 伦敦商学院)	9
2	英国 (93)	11.2	哈佛大学(35)	4.2	2	Hyun Song Shin (普林斯顿大学)	8
3	中国 (64)	7.7	纽约大学 (31)	3.7	3	Chen Lin (香港中文大学)	7
4	德国 (50)	6.0	芝加哥大学(29)	3.5	4=	Murillo Campello (康奈尔大学, 国家经济研究局)	6
5	法国 (43) 荷兰 (43)	5.2	宾夕法尼亚大学 (24)	2.9	4=	Victoria Ivashina (哈佛大学)	6
6	意大利(36)	4.3	国际货币基金组织 (20)	2.4	4=	Arvind Krishnamurthy (西北大学, 国家经济研究局)	6
7	加拿大 (34)	4.1	纽约联邦储备银行 (19)	2.3	4=	Luc Laeven (国际货币基金组织)	6
8	瑞士 (31)	3.7	麻省理工学院 (17)	2.1	4=	Yue Ma (香港岭南大学)	6
9	澳大利亚 (24)	2.9	康奈尔大学(16); 普林斯顿大学. (16)	1.9	4=	Phillip E. Strahan (波士顿学院, 国家经济研究局)	6

来源: 汤森路透 Essential Science Indicators

研究前沿：探寻科学的结构

后记 —— DAVID A. PENDLEBURY

1955年 Eugene Garfield 博士提出建立科学引文索引这一概念时，他强调引文索引区别于传统的学科分类索引的几个优点。¹ 由于引文索引包含其所收录的每篇文章的参考文献信息，用户在检索时就可以从一篇已知感兴趣的文献找出其后发表的引用了该已知文献的论文。更重要的是，无论是查找更新的施引文献还是更早的被引文献，基于引文索引的检索都更有效率，更能够得到有用的结果，这是因为参考文献引用是基于研究人员对相关文献的了解和判断，而文献分类标引人员比不上论文作者了解每篇文章的内容。Garfield 将这些作者称作“标引大军”，并把引文索引这一发明称作“思想的关联性的索引”。他视引用为特定主题、概念和方法的标志：“引用精准而明确的代表一个主题，不需要额外解释，也不受术语变化的影响。”² 此外，引文索引生来是跨学科的，不受来源文献覆盖范围局限的影响。引文所揭示出来的联系不局限于一个或几个领域——而会自然而然的延伸和遍布整个研究世界。由于交叉学科领域已是公认的诞生新发现的沃土，引文索引就更显出其独特的优势。诺贝尔奖得主 Joshua Lederberg 是 Garfield 这一思想的早期支持者之一，他看到了把引文索引用在他所从事的遗传学领域会带来特别好处，而遗传学与生物化学、统计学、农业、医学交叉。虽然 *Science Citation Index*（现在的 Web of Science）历经了很多年才被图书情报界和学术界充分接受，但其思想的力量和实施的效用是无可否认的。今年是 *Genetics Citation Index* 诞生 50 周年，而该引文索引是次年正式面世的 *Science Citation Index* 的原型。³

虽然 *Science Citation Index* 本来和主要的用途是信息检索，但几乎从一开始，Garfield 就知道这些数据也可以被用来分析科研本身。首先，他意识到论文的被引频次可用于确定“影响力”显著的文献，而这些文献可以与特定的专业方向关联。进而，

他还领悟到在包含海量论文信息和论文间引用关联信息的数据库里，存在有意义的，也许是复杂的，科学的结构。在他 1963 年的论文“Citation Indexes for Sociological and Historical Research”（引文索引用于社会和历史研究）中，他提出引证分析提供了定义一个科研领域的客观方法。⁴ 这个论断，与前述的引文索引是有效的信息检索方法，是基于同一逻辑基础：引用来自科学家的专业判断和科学家群体的自组织行为，和其知识之间以及人之间的联系。在 1964 年，Garfield 与同事 Irving H. Sher 及 Richard J. Torpie 一起发表了其首个科学史研究，该研究就发现 DNA 的科研历程和科学结构，从论文间的引用联系，制作了沿时间线的研究之间的影响和承接关系图。⁵ 在 Garfield 看来，引文数据是能找到的建立和描绘真实的科学结构和地貌的最好材料。那个时候，除了就特定的论文数据集绘制历史图谱，还无法就科学整个结构来分析和制图。

Garfield 并不是唯一追求这个愿景的人。同时期的物理学、科学史学家 Derek J. de Solla Price 也在探究科学研究事业的特征和结构。这位耶鲁大学的教授用科学计量方法来度量科研活动，在他的 1961 年和 1963 年的 2 本有影响的书里，展示了不论按科学家人数还是论文数，科学从 17 世纪晚期以来都有指数级的增长。^{6,7} 他不知疲倦的头脑对任何关于科研活动的统计数据都是急于获取，审核和考察的。Price 与 Garfield 就是在这时相识的。Price，这位裁缝的儿子，不久后开始拿到数据，他曾对此戏言道“在 ISI 机房的材料库地板上捡数据”。⁸ 在 1965 年，Price 发表了“Networks of scientific papers”（科学论文的网络）一文，文中使用引文数据来描述他所提出的“the scientific research front”（科学研究前沿）的性质。⁹ 在此之前，他使用术语“research front”是取其通常的含义，即科研中有引领性的工作，或者好比煤矿开采中的采煤工作面。而在这篇文章中，以 N-射线研究

为例（该研究领域的生命周期很短），他赋予了“research front”（研究前沿）特定的含义：一组在年度分布和相互引用关联网络方面显示出发表密集度和时间动态特征的文章。Price 观察到研究前沿是建立在新近发表的文献上，而这些文献之间存在紧密的联系网络。

“科学的整个研究前沿从来都不... 象织毛衣那样有一整条正在被编织中的边。相反，处处是断了的线头和被分割成的小条小块... 这些生长的条代表了可以被客观定义的学科主题，其内容随着时间推移，可能有很大改变，也可能保持知识的整体性。如果能得出这些条的性质，就可能导出一种描绘当前科学文献的结构的方法。而如果能够建立这种结构的地形图，就可能可以对各个期刊，事实上也可以对各个国家、作者和各篇论文，基于其在图上占据的位置，在该个条的战略居中程度，得到关于其交叉重叠和相对重要性的提示。”¹⁰（515页）

时间推移到了 1972 年，年轻的科学史学者 Henry Small 离开纽约的美国物理学会，加入到费城的美国科技信息所（ISI）。他加入的最初动机是希望可以利用 Science Citation Index 数据及其大量的文章题目和关键词信息。到了 ISI 后，Small 的研究方向很快从词转向了引用，其原因和当初抓住和激励过 Garfield 和 Price 的一样：引文分析的力量和发展潜力吸引了他。Small 在 1973 年发表了关于共被引分析的论文，其开创意义可以和 Garfield 在 1955 年介绍科学的引文索引的论文并论。这篇题为“Co-citation in the scientific literature: A new measure of relationship between two documents”（科学文献中的共引，一种新的度量两篇文献间关系的方法）的论文，开创了描绘科学的特别结构的

新纪元。¹¹ Small 用两篇文章同时被引用的次数，换句话说，其共被引频次，来度量其相近程度。Small 以当时新发表的粒子物理学领域的文献为例来阐明其分析方法。在发现了共引模式提示“学科观念的相似性”和“思想的关联或共生”后，他建议那些频繁被引用的论文（反映关键的概念、方法和实验）可以用作共引分析的起点，而共引分析可以是一种揭示某个专业领域的人际的和知识间的联系结构的客观方法。像 Price 的研究前沿包含较小的一组紧密联系的近期文章一样，Small 发现共引分析得出的专业领域是科学研究中自然形成的组织单元，而非传统定义的较大的学科方向。Small 也看到利用共引分析来揭示科学知识的演进（好比拍摄电影而非抓拍某个时间点）的潜力。“关键文献间的引用关系模式可以用来建立某个研究领域的结构图，这幅结构图会随着时间的推移而发生变化，通过研究这种不断变化的结构，共引分析可以帮助我们跟踪科学的进展，以及评估各专业领域的相互关系。

值得一提的是，1973 年，俄罗斯信息科学家 Irina V. Marshakova-Shaikovich 也提出了“共引分析”的思想。¹²由于 Small 和 Marshakova-Shaikovich 并不了解彼此的工作，这是一个彼此独立而并行获得科学发现的一个实例。科学社会学家 Robert K. Merton 将此称作“多次发现”，并说明在科学发展的历史上，这种现象比大多数人所料想的要更为多见。^{13,14} Small 和 Marshakova-Shaikovich 都将“共引分析”与 Myer Kessler 在 1963 年提出的“文献耦合”¹⁵ 作了对比。文献耦合按引用了相同的参考文献的频次来度量论文主题的相似度：如果两篇论文引用了同一篇参考文献，则其

所研究的内容可能相似。“共引分析”是“文献耦合”分析的反方向：不是按其引用了相同的参考文献来建立论文间的相似关系，而是按其被相同的施引文献所引用将论文聚集到一起。论文一经发表，其所引用的参考文献是固定的，所以“文献耦合”方法所得出的论文相似关系是静态的；而随新的施引文献的发表，按照“共引分析”得出的相似关系会随之动态改变。Small 谈到与“文献耦合”相比，他更倾向于使用“共引分析”，因为他“要寻找一种度量方法，以反映科学界的主动的和与时俱进的认识”。¹⁶

在接下来的 1974 年，Small 与费城的 Drexel University 的 Belver C. Griffith 共同发表了两篇具有里程碑意义的论文，为应用共引分析界定前沿领域和按其相似程度来生成分布图奠定了基础。^{17,18} 虽然 Small 和 Griffith 的方法在之后有重大的调整，但其总体思路和内在原理保持不变。第一步工作，是遴选出一批高被引的文献作为“共引分析”的种子。将共引分析限制在较小数量的高被引文献上，理由是假定了这些高被引文献的被引用的历史标志着这些文献是有影响力的，可能能够代表特定的领域，或者说研究前沿的关键概念。（论文按被引频次呈双曲型分布的特征，也说明遴选高被引论文的做法是稳健的，遴选结果是有代表性的。）把高被引文献收集起来之后，就要看哪些之间有共被引，当然很多时候两篇文献是没有共被引过的，而找出的有共被引的两篇文献就产生一个“共被引对”。进而可以把找出来的共被引对连接起来，办法是单线聚类：只要有一个共被引连接，就可以把两个共被引对连上（例如：共被引对A和B，与共被引对C和D，如果文献B和文献C也构成共被引对，则以上两个对连上）。通过调高或调低对共被引对的共被引强度的度量，有可能得出不同大小规模的论文聚类。阈值越低，越多的论文会得以聚类到一起形成大的群，但过低的阈值会导致大量链条出现。调高阈值则会得出离散的专业领域，而太高的阈值导致

过度的离散，会形成很多分散的“孤岛”。多年以来，对基于共被引的度量文献相似度的办法，以及在确定研究前沿时采用的共被引强度的阈值，都经历有演变。如今，我们所采用的是余弦相似度（cosine similarity），算法是将两篇文章的共被引的频次，除以两篇文章分别的被引频次之积的平方根。共被引强度的最小阈值设定为按余弦相似度的度量值 0.1。同时，我们对每个研究前沿设定一个最大核心文献数为 50，如果一个大的文献集群超过了这个规模，我们就逐步提高阈值来将这个大集群拆解得小一些。通过反复调试，我们发现用这个办法得到的研究前沿具有一致的意义。

小结一下，研究前沿是由一组其共被引度高于一个设定的相似强度阈值的高被引论文，和一组相应的施引文件所组成。事实上，对一个研究前沿的理解应该包括两部分：共被引的核心文献代表这个专业领域的基础，而施引文献则反映了该领域的新近工作和引导发展方向的部分。研究前沿的名称是由施引文献的文章题目总结得出的。这些施引文献的作者对核心文献的共引决定了核心文献间的组对，也是他们为分析出的研究前沿的内容赋予了意义。对研究前沿的命名不完全是基于算法程序的，我们对这些施引文献作了仔细的人工考察，来提高命名的准确度。

在 Small 与 Griffith 于 1974 年共同发表的第二篇论文¹⁹中，介绍了对不同的研究前沿也可以度量之间的相似度。好比共引分析得出的核心文献基于其相似性形成了一个前沿领域的核心，共引分析也可以用来定义研究前沿间的远近关系。在他们的研究前沿图谱中，Small 和 Griffith 使用了多维的标度，将相似性以二维图上的邻近关系图示出来。

Price 对 Small 和 Griffith 的工作大为赞赏,在他看来,利用共引分析将科学文献聚类继而制作出二维图谱“可能看上去相当的难以理解”,但是“其蕴含的意义是革命性的”。他指出:“这些发现启示我们,科学研究中天然存在某种秩序在等待人们去认识了解,我们用主题词等做的标引分类几乎肯定会有异于这种自然形成的秩序。而如果我们能够明确解释这种秩序,我们就将能够对全部的科学论文创建某种巨型地图,继而随时更新这个地图,来随时划分和监测科学的进展。”²⁰ Garfield 的评价则是:“Small 和 Griffith 的工作是让我们的飞机起飞所需要的最后一个理论铆钉”²¹ Garfield 这位实干家把这些基础研究的发现转化成让检索和分析工作得以受益的信息产品,在 1981 年起飞的飞机是“*ISI Atlas of Science: A Biochemistry and Molecular Biology, 1978/80*”(ISI 科学地图:生物化学和分子生物学,1978/80)²²。这本书报道了 102 个研究前沿,对每个研究前沿给出了核心文献的图谱,以多维尺度展示核心文献之间的关系。对每个研究前沿也给出了含被引频次的核心文献列表,和含以引用核心文献篇数来表征的相关度权重的主要施引文献列表。伴随每个研究前沿数据,还有一位该领域专家撰写的简短述评。书的最后提供了一张折叠式插页大图,图上按研究前沿的相似关系标出了所有 102 个研究前沿。这是大胆的开创性的工作,冒着不为市场接受的巨大风险,但这也正是 Garfield 的典型风格。

“*ISI Atlas of Science*”的后续工作包括另外一本书和一系列综述期刊,但在上世纪 80 年代后期停顿了下来,因为当时从商业上考虑要让位于更优先的产品和项目。但 Garfield 和 Small 在 80 年代及以后,都在继续科学图谱的研究和试验。在 1985 年,Small 发表了两篇论文介绍他关于研究前沿的定义方法的重要修正:分数共被引聚类法(Fractional Co-Citation Clustering)²⁵。通过引入分数的被引频次计数(基于施引文献的总参考文献数),Small 得以调校算法,来补偿不同学科的平均引用量的差异,从而消除原先的全数统计办法会偏向生物医学等引用文献多的学科的倾向。方法调校的结果,是象数学这

样的学科,按以往的整数计数来引用次数时未得到充分的呈现,而今则较强的凸显出来。他还展示了不同科学前沿按相似度的聚类可以在相对于单个前沿的聚类的更高层次上开展。²⁶ 同一年,Small 和 Garfield 在论文“*The geography of science: disciplinary and national mappings*”(科学地理学:学科和国家图谱)中总结了这些进展,该文章结合了 *Science Citation Index* (科学引文索引)与 *Social Sciences Citation Index* (社会科学引文索引)的数据,给出一张科学的全球图谱,以及对应于全球图谱的某些标出部分的较低层级的子图。²⁷ “这些宏观聚类间的联系与每个类的所有内容是同等重要的”,他们特别指出:“这些联系让科学维系为一个有机整体。”

在接下来的几年里, Garfield 致力于发展科学历史图谱,并在 Alexander I. Pudovkin 与 Vladimir S Istomin 的协助下,开发了 HistCite 软件工具。HistCite 不仅能够自动生成一组文献的基于引用关系的历史图谱,从而就某一特定研究主题得到其上下游文献演进历史的缩略图,还可以帮助找出相关文献,这些相关文献有可能是在最初检索时没有被检索到的。因此, HistCite 不仅是一个科学史分析和科学图谱绘制工具,也是一个文献检索工具。^{28,29}

Small 则继续完善他的共引分析聚类方法,并且对专业图谱上的各研究前沿之间的知识联系做结合上下文的仔细分析。^{30,31} Small 持续探寻整个科学的统一性。为了展示这种整体统一性,Small 展示了从一个研究主题到另一主题之间可以找到强的共引联系,这种联系可以穿越学科边界,甚至从经济学到天体物理学。^{32,33} 对此, Small 持有和 E. O. Wilson 在 1998 年出版的“*Consilience: The Unity of Knowledge*”(殊途同归:知识的统一性)一书中表达的类似的观点。在上世纪 90 年代早期,Small 开发了 SCI-MAP,一个基于个人电脑的可以交互式制作文献图谱的系统。之后的数年,他将研究前沿数据引入到了主要用于科研

绩效评估的 *Essential Science Indicators* (ESI) 数据库。和 ESI 里的其他数据和排名一样，放在 ESI 中的研究前沿数据会每两个月做一次数据更新。在这期间，Small 对虚拟现实软件产生了兴趣，因为这类软件具有实时处理大数据集，和对用户提供沉浸式的三维可视化图景的能力。^{36,37} 例如，在上世纪 90 年代的晚期，Small 领导了一个通过共引分析来可视化和探究科技文献的项目，该项目是与桑迪亚国家实验室合作并使用了其 VxInsight 虚拟现实软件。^{38,39} 这项工作得到了桑迪亚国家实验室高级研究经理 Charles E. Meyers 富有远见的支持，在利用快速发展的技术对科学文献生成细节的和动态的地理空间式的分析视图的工作中迈出了重要的一步。在这些视图中，论文密集的和重大的研究会呈现为山峰，用户可以对地形图放大或缩小来观察具体细节或者整体态势，可以查询后台的数据和高亮显示查询到的文献来获得视觉理解。

事实上，上世纪 90 年代晚期是科学图谱的一个转折点，其后在界定专业领域和可视化领域间关系这两方面的研究都出现了爆炸式的增长。现在全球有十几个学术中心使用各种技术和工具致力于科学图谱的研究。印第安纳大学的 Katy Borner 教授在其 2010 年出版的“*Atlas of Science – Visualizing What We Know*”（科学地图，对人类知识的可视化）一书中，对该领域过去 10 年取得的进展做了总结，当然这个书名听上去似曾相识。

由共引聚类生成科学图谱，从诞生到繁荣大约经历了 25 年的时间。有意思的是，从引文索引思想的提出，到 *Science Citation Index* 的商业成功也大约经过了这么长的时间。回顾起来，清楚地看到两者都曾超前于当时的时代。对 *Science Citation Index* 采纳，困难来自于图书馆界根深蒂固的传统认识和惯例（进一步说是研究人员检索文献的传统习惯）。而科学图谱是个全新的领域，所以迟迟未被采纳，应归因于在当时条件下，缺乏获取研究所需的大量数据的渠道，并受到当时的数据存储、运算、软件技术的限制。直到上世纪 90 年代，这些问题才得到实质性改善。现在比以往更容易大量获取数据，而个人电脑和软件也足以胜任这些工作。今天，不论是利用 Web of Science 检索信息和研究分析，还是利用研究前沿数据来对科研活动开展图谱分析，都不仅被广泛使用，还有了忠诚的拥趸与宣传者。

Garfield 与 Small 多年前所播下的种子，如今已经根深叶茂，向诸多领域迸发出勃勃生机。有人这样定义什么是了不起的人生——“在人生随后的岁月中，将年轻时萌发的梦想变成现实”。从这个角度说，他们两人不仅开创了信息学的先锋领域，也成就了他们富有传奇的人生。汤森路透将致力于延续和推进他们两位的传奇。

参考文献

1. Eugene Garfield, "Citation indexes for science: a new dimension in documentation through association of ideas," *Science*, 122 (3159): 108-111, 1955.
2. Eugene Garfield, *Citation Indexing: its Theory and Application in Science, Technology, and Humanities*, New York: John Wiley & Sons, 1979, 3.
3. *Genetics Citation Index*, Philadelphia: Institute for Scientific Information, 1963.
4. Eugene Garfield, "Citation indexes in sociological and historic research," *American Documentation*, 14 (4): 289-291, 1963.
5. Eugene Garfield, Irving h. Sher, and Richard J. Torpie, *The Use of Citation Data in Writing the History of Science*, Philadelphia: Institute For Scientific Information, 1964.
6. Derek J. de Solla Price, *Science Since Babylon*, New Haven: Yale University Press, 1961. [See also the enlarged edition of 1975]
7. Derek J. de Solla Price, *Little Science, Big Science*, New York: Columbia University Press, 1963. [See also the edition *Little Science, Big Science...and Beyond*, 1986, including nine influential papers by Price in addition to the original book]
8. Derek J. de Solla Price, "Foreword," in Eugene Garfield, *Essays of an Information Scientist*, Volume 3, 1977-1978, Philadelphia: Institute For Scientific Information, 1979, v-ix.
9. Derek J. de Solla Price, "Networks of scientific papers: the pattern of bibliographic references indicates the nature of the scientific research front," *Science*, 149 (3683): 510-515, 1965.
10. 同上.
11. Henry Small, "Co-citation in scientific literature: a new measure of the relationship between two documents," *Journal of the American Society for Information Science*, 24 (4): 265-269, 1973.
12. Irena V. Marshakova-Shaikovich, "System of document connections based on references," *Nauchno Tekhnicheskaya, Informatsiya Seriya 2, SSR*, [Scientific and Technical Information Serial of VINITI], 6: 3-8, 1973.
13. Robert K. Merton, "Singletons and multiples in scientific discovery: a chapter in the sociology of science," *Proceedings of the American Philosophical Society*, 105 (5): 470-486, 1961.
14. Robert K. Merton, "Resistance to the systematic study of multiple discoveries in science," *Archives Européennes de Sociologie*, 4 (2): 237-282, 1963.
15. Myer M. Kessler, "Bibliographic coupling between scientific papers," *American Documentation*, 14 (1): 10-25, 1963.
16. Henry Small, "Cogitations on co-citations," *Current Contents*, 10: 20, march 9, 1992.
17. Henry Small and Belver C. Griffith, "The structure of scientific literatures I: Identifying and graphing specialties," *Science Studies*, 4 (1):17-40, 1974.
18. Belver C. Griffith, Henry g. Small, Judith A. Stonehill, and Sandra Dey, "The structure of scientific literatures II: Toward a macro- and microstructure for science," *Science Studies*, 4 (4): 339-365, 1974.
19. 同上.
20. 见第 8 条.
21. Eugene Garfield, "Introducing the *ISI Atlas of Science: Biochemistry and Molecular Biology*, 1978/80," *Current Contents*, 42, 5-13, October 19, 1981 [reprinted in Eugene Garfield, *Essays of an Information Scientist*, Vol. 5, 1981-1982, Philadelphia: Institute for Scientific Information, 1983, 279-287]
22. *ISI Atlas of Science: Biochemistry and Molecular Biology*, 1978/80, Philadelphia: Institute for Scientific Information, 1981.
23. *ISI Atlas of Science: Biotechnology and Molecular Genetics*, 1981/82, Philadelphia: Institute for Scientific Information, 1984.
24. Eugene Garfield, "Launching the *ISI Atlas of Science*: for the new year, a new generation of reviews," *Current Contents*, 1: 3-8, January 5, 1987. [reprinted in Eugene Garfield, *Essays of an Information Scientist*, vol. 10, 1987, Philadelphia: Institute for Scientific Information, 1988, 1-6]
25. Henry Small and ED Sweeney, "Clustering the *Science Citation Index* using co-citations. I. A comparison of methods," *Scientometrics*, 7 (3-6): 391-409, 1985.
26. Henry Small, ED Sweeney, and Edward Greenlee, "Clustering the *Science Citation Index* using co-citations. II. Mapping science," *Scientometrics*, 8 (5-6): 321-340, 1985.
27. Henry Small and Eugene Garfield, "The geography of science: disciplinary and national mappings," *Journal of Information Science*, 11 (4): 147-159, 1985.
28. Eugene Garfield, Alexander I. Pudovkin, and Vladimir S. Istomin, "Why do we need algorithmic historiography?," *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, 54(5): 400-412, 2003.
29. Eugene Garfield, "Historiographic mapping of knowledge domains literature," *Journal of Information Science*, 30 (2):119-145, 2004.
30. Henry Small, "The synthesis of specialty narratives from co-citation clusters," *Journal of the American Society for Information Science*, 37 (3): 97-110, 1986.
31. Henry Small, "Macro-level changes in the structure of co-citation clusters: 1983-1989," *Scientometrics*, 26 (1): 5-20, 1993.
32. Henry Small, "A passage through science: crossing disciplinary boundaries," *Library Trends*, 48 (1): 72-108, 1999.
33. Henry Small, "Charting pathways through science: exploring Garfield's vision of a unified index to science," in Blaise Cronin and Helen Barsky Atkins, editors, *The Web of Knowledge: A Festschrift in Honor of Eugene Garfield*, Medford, NJ: American Society for Information Science, 2000, 449-473.
34. Edward O. Wilson, Consilience: *The Unity of Knowledge*, New York: Alfred A. Knopf, 1998.
35. Henry Small, "A SCI-MAP case study: building a map of AIDs research," *Scientometrics*, 30 (1): 229-241, 1994.
36. Henry Small, "Update on science mapping: creating large document spaces," *Scientometrics*, 38 (2): 275-293, 1997.
37. Henry Small, "Visualizing science by citation mapping," *Journal of the American Society for Information Science*, 50 (9): 799-813, 1999.
38. George S. Davidson, Bruce Hendrickson, David K. Johnson, Charles E. Meyers, Brian N. Wylie, "Knowledge mining with Vxinsight®: discovery through interaction," *Journal of Intelligent Information Systems*, 11 (3): 259-285, 1998.
39. Kevin W. Boyack, Brian N. Wylie, and George S. Davidson, "Domain visualization using Vxinsight for science and technology management," *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, 53 (9): 764-774, 2002.
40. Katy Börner, *Atlas of Science: Visualizing What We Know*, Cambridge, MA: MIT Press, 2010.

关于作者

Christopher King 是 ScienceWatch (科学瞭望) 的主编。

David A. Pendlebury, 曾任汤森路透研究服务部经理, 现任文献计量分析咨询师。

关于 ScienceWatch (科学瞭望)

汤森路透 ScienceWatch (科学瞭望) 网站是关于文献计量和科研绩效分析的在线开放资源。自 1989 年以来, ScienceWatch 就科学研究的前沿提供关于科研人员、机构和研究方向的数据和评论, 显示出文献计量分析就科研态势提供前瞻视野的强大力量。作为汤森路透研究分析解决方案的一部分, ScienceWatch 让人们看到科研评估与管理在支撑战略决策方面的重要作用。

获取更多报告, 请访问 ScienceWatch.com

关于汤森路透

汤森路透集团是全球领先的专业信息服务提供商。我们将专业知识与创新科技相结合, 为金融市场及风险管理、法律、税收与会计、知识产权与科技和媒体领域的专业人员和决策者提供重要的信息, 产业还包括世界上最受信赖的新闻机构。汤森路透的总部设在纽约, 主要运营地在伦敦和明尼苏达州的伊根, 公司在100多个国家雇用大约6万名员工。汤森路透股票在多伦多和纽约证券交易所上市交易 (代码: TRI)。

欲获取更多信息, 请访问 ip-science.thomsonreuters.com.cn。

汤森路透

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: ip-science.thomsonreuters.com.cn



THOMSON REUTERS
汤森路透