

科技创新评估体系实证研究

陈华雄¹ 王健² 张兆成¹ 王冠杰¹

(1. 科技部科技评估中心, 北京 100081;

2. 北京航空航天大学机械工程及自动化学院, 北京 100191)

摘要: 为进一步增强科技评估对科技创新发展的导向作用, 优化我国重点领域科技创新资源的配置, 本文建立了重点领域科技创新评估体系。基于科技领域全创新链评估模型, 构建了包括科学创造力、技术创新力、产业发展潜力、科技影响力、政策与条件保障力的评估指标体系。以石墨烯新材料领域为例进行了实证研究, 对世界主要国家石墨烯新材料领域的创新能力进行了评估, 所形成的评估结论为我国石墨烯领域科技资源配置的提供重要依据。

关键词: 领域评估; 科技创新; 科技计划; 石墨烯; 资源配置

中图分类号: F124.3; G322

文献标识码: A

DOI: 10.3772/j.issn.1674-1544.2017.03.016

Demonstrate Research on Evaluation System of Science and Technology Innovation

CHEN Huaxiong¹, WANG Jian², ZHANG Zhaocheng¹, WANG Guanjie¹

(1. National Center for Science and Technology Evaluation, Beijing 100081; 2. School of Mechanical Engineering and Automation, Beihang University, Beijing 100091)

Abstract: In order to strengthen the guiding role of technology evaluation for science and technology innovation, and to optimize the innovation resources and investment allocation, the evaluation system of science and technology innovation in key areas was established in this paper. Based on the evaluation model of science and technology innovation chain, the evaluation index system including scientific creativity, technological innovation, potential of industrial development, scientific and technological influence, policy and conditions is constructed in it. Evaluation of technological innovation empirically is studied in graphene area, and the innovation of graphene of the major countries is evaluated. The conclusion of the evaluation provides an important basis for the allocation of scientific and technological resources in graphene area.

Keywords: field evaluation, technological innovation, science and technology plan, allocation of resources

1 引言

国际上通常利用R&D经费与科技创新人力资源指标、论文与专利指标以及GDP与进出口

指标等对国家整体科技创新竞争力进行评估, 对世界主要国家的科技创新能力进行评估排名。形成的影响力较大的国家创新评估报告主要有: 欧盟发布的《创新联盟记分牌》^[1-2], 世界知识产

作者简介: 陈华雄 (1975—), 男, 科技部科技评估中心副研究员, 主要研究方向: 科技评估、科技管理 (通讯作者); 王健 (1988—), 男, 北京航空航天大学博士研究生, 研究方向: 科技评估; 张兆成 (1980—), 男, 科技部科技评估中心高级工程师, 研究方向: 科技评估; 王冠杰 (1988—), 男, 科技部科技评估中心助理研究员, 研究方向: 科技评估。

收稿时间: 2017年2月24日。

权组织发布的《全球创新指数》^[3]，世界经济论坛发布的《全球竞争力报告》^[4]，瑞士洛桑国际惯例学院发布的《世界竞争力年度报告》。同时，中国科学技术发展战略研究院也发布了《国家创新指数报告》，福建师范大学和中国常驻联合国代表团科技组联合推出了《世界创新竞争力发展报告》^[5]。

国内一些学者对区域层面的科技创新评估进行了大量研究，崔俊富针对科技领域创造力的评估主要集中在科技创新能力评估^[6]，唐炎钊采用区域科技创新能力模糊综合评估模型对广东省科技创新能力进行综合评估分析^[7]，荣飞构建了区域科技创新能力评估方法并进行了实例研究^[8]，杨大楷构建了长江三角洲区域科技创新能力评估体系^[9]，还有学者分别采用层次分析法（AHP）、神经网络（RBF）和主成分分析等方法对区域科技创新能力进行评估研究^[10-11]。一些学者还对具体领域的科学创新评估进行了研究。张静^[12]从农业科技创新的知识创造能力和科技创新的知识应用能力两个方面构建了农业科技创新能力评估的指标体系；王泽宇^[13]运用层次分析、综合指数法对我国沿海地区海洋科技创新能力和海洋经济发展进行了评估；高峰^[14]利用科技基础水平、科技活动投入、科技活动产出、科技转化能力4个综合性指标对民航领域的科技创新进行了评估；周

建^[15]等提出一套覆盖制造业企业全局的量化融合评估体系和评价方法。

国内外学者对科技创新的评估都是围绕科技创新投入、创新产出展开的，评估结果是对现状进行描述和纵向比较，缺乏对创新链重要环节的评估，对科技创新链上的资源配置参考价值不大。本文根据科技创新链重要环节产出建立科技领域全创新链评估模型，对基础研究、应用研究、产业化特重要环节分别进行评价，最后基于创新链各环节竞争力提出资源配置的建议。

2 评估的模型、指标与方法

科技创新发展一般遵循“基础研究—应用研究—产业技术—产品及商业化”的演化发展链条。创新链各环节具有不同的产出与价值形式，基础研究发现新的理论、规划，形成论文和专著等知识；应用研究形成技术专利、专有技术等形式的创新，产业技术研究形成生产工艺、试制产品等价值形式，最终技术的产品化和商品化通过市场化应用产生经济价值和社会价值。从创新发展演化链各环节产出的计算和分析，可以评估该重点领域的科技创造力、影响力，技术创新力及影响力，产业发展潜力，政策与条件保障力等内容。据此建立的科技领域全创新链评估模型，如图1所示。

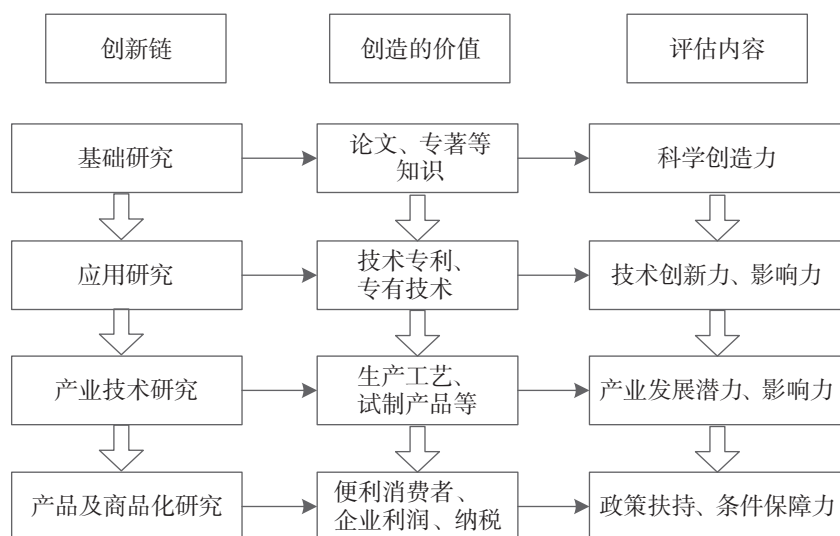


图1 科技领域全创新链评估模型

根据价值的表现形式,领域创新力评估的指标包括5个一级指标、15个二级指标,如表1所示。其中,科学创造力包括科学论文创造的数量、科学网络的中心性、科学研究的前沿性;技术创新力包括专利技术创新的数量、专利技术创新的质量、技术市场的潜力;产业发展潜力包括国内企业产业投入、技术或产品的成熟度、形成的产值;科技影响力包括科学影响力、技术影响力以及国际奖励情况;政策与条件保障力包括发展战略的引导力、政策扶持力度以及经费与项目支持力度。

科技创新评估的方法是在指标体系的基础上,首先利用文献计量分析方法和信息可视化工具(CiteSpace软件),绘制研究领域、研究热点等知识图谱,研究计算得到的有关数据与科学研究宏观特征的关联关系,采集表征科学研究的数量和指向指标数据。其次应用专利分析法、TDA、CiteSpace和Excel等方法,对创新链重要环节进行分析,获取量化指标数据。再次利用产业与政策分析辅助工具快速采集国家部门、地方政府、企业、科研院所以及论文、专利库的相关信息资料,形成有关政策支持、项目部署、成果应用、产品销售等结构化的数据资料。然后采用综合评估算法(Topsis算法)对领域创

新链各环节的科技创新情况进行综合评估。最后邀请重点领域的多名专家,对领域分类与关键技术、评估指标的科学性等议题进行咨询,对我国该重点领域的科技创新情况进行评议,并对排名评估的合理性进行判断,研讨我国本领域科技创新中存在的不足,并对优化创新资源配置提出合理化建议。

3 案例分析

现以评估世界主要国家石墨烯材料的创新竞争力为例,来检验本研究提出的评估体系。

(1) 石墨烯科学创造力

据论文检索和统计,在石墨烯领域有70个国家发表了相关论文,其中主要包括中国、美国、韩国、日本、德国、印度、新加坡、英国、法国、西班牙等。通过CiteSpace软件,对主要国家发表石墨烯论文的引用频率、中心性和前沿性进行研究和采集数据。其中,引用频率是指一个国家在该领域发表论文的共被引总数。科学创造前沿性是指知识图谱中长时间研究的热点,当某项技术长时间持续被同领域专家和学者广泛关注和应用,将产生新的研究成果,则该技术成为技术发展的前沿。中心性是指一个国家发表的论文在科学知识引用网络中的中心地位,或者一个研究主题在整个学科领域中的核心位置。各主要国家发表石墨烯领域科学论文的中心性如图2所示。其中国家名称字号的大小表示被引次数的多少,节点的大小表示处于科学论文网络的中心

表1 领域创新评估的指标体系

一级指标	二级指标
1.科学创造力	1. 论文及引用的数量 2. 科学网络的中心性 3. 科学研究的前沿性
2.技术创新力	4. 专利技术创新的数量 5. 专利技术创新的质量 6. 技术市场的潜力
3.产业发展潜力	7. 国内企业产业投资与投入 8. 技术或新产品的成熟度 9. 形成的产值
4.科技影响力	10. 科学影响力 11. 技术影响力 12. 国际奖励
5.政策与条件保障力	13. 发展战略引导力 14. 政策扶持力度 15. 经费与项目支持力度

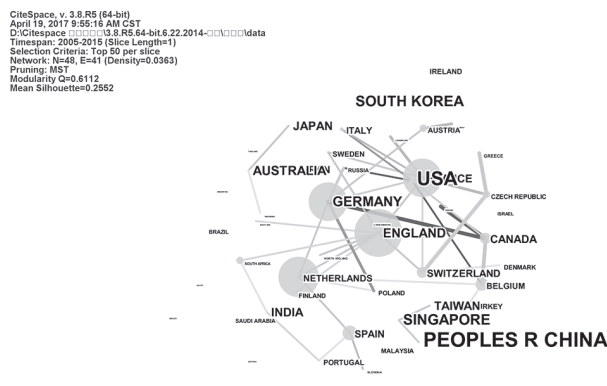


图2 石墨烯领域各国论文数量及中心性

程度。

石墨烯领域主要国家科学创新指标的表现如表3所示。中国在发表论文和被引数量上具有明显优势,稳居全球首位;英国在创新的前沿性上居全球第一;德国在创新的中心性上拔得头筹。采用Topsis(逼近理想点)算法综合评估石墨烯领域的科学创造力,美国在数量、中心性和热点性上均取得了较好的成绩,综合排名全球第一,而德国、英国、中国、西班牙分别处于第二到第五位置。

(2) 石墨烯技术创新力

各主要国家的专利技术指标如表4所示。其中,专利数量指标是一个国家所属单位在该领域专利申请数量、有效专利数量的综合评价;专利质量指标是一个国家所属单位在国外专利申请、PCT专利申请、国外有效专利数量的综合评价;技术市场潜力指标是指在该领域国外专利申请的数量、比例的综合评价。从表4可知,

中国在专利技术创新的数量上具有明显优势,美国在技术创新质量和技术市场潜力上均居全球首位。采用Topsis算法综合评估石墨烯领域的技术创新,美国综合排名全球第一,中国、韩国、日本分别处于第二、三、四的位置。

(3) 产业发展潜力

发展潜力主要是指企业产业投资与投入、技术或新产品的成熟度、形成的产值等方面的情况。目前制备的石墨烯已经达到了纳米石墨烯薄片和石墨烯薄片的级别,但离单层石墨烯还有较远的距离。各国积极出台政策,推动石墨烯的产业化,一些石墨烯概念产品已经在市场出现,严格意义上的石墨烯离产业化还有较远的距离,目前无法采集到产业化的相关数据指标,不作量化计算评价。

(4) 科技影响力

在国际上研发石墨烯材料的主要研究机构有266家,其中科学创造能力前10的科研机构

表3 石墨烯领域主要国家科学创造力排名

综合排名	国家	引用频率	中心性	前沿性	综合评估值*
1	美国	4902	0.1	2.09	0.632
2	德国	1163	0.19	2.12	0.568
3	英国	691	0.12	3.07	0.471
4	中国	5693	0	1	0.435
5	西班牙	608	0.06	1.8	0.247
6	日本	1481	0	1	0.109
7	韩国	1340	0.01	1	0.102
8	法国	633	0.02	1.32	0.0928
9	新加坡	791	0	1	0.0333
10	印度	611	0	1	0.0125

注: *采用Topsis算法, 计算逼近理想解的距离, 获得以上评估值。

表4 石墨烯领域主要国家技术创新排名

综合排名	国家/地区	专利数量指标	专利质量指标	技术市场潜力指标	综合评分*
1	美国	0.269	0.470	1	0.571
2	中国	1	0.308	0.452	0.529
3	韩国	0.426	1	0.052	0.470
4	日本	0.027	0.094	0.262	0.146
5	德国	0.027	0.094	0.262	0.146
6	英格兰	0	0.118	0	0.014

注: *采用TOPSIS算法, 计算逼近理想解的距离, 获得以上评估值。

具有很强的影响力。根据发表石墨烯论文的被引次数、创新中心性、研究的前沿性对机构进行综合排名，处于前10的机构，日本、中国分别有3家，美国有2家，法国和西班牙分别有1家。中国科学院发表的论文数量及被引次数最多，日本大阪大学综合研究能力最强。石墨烯领域共有240多名科学家发表了相关论文，排名在前10位的科学家具有很强的影响力。根据发表论文的被引次数、创新中心性和研究的前沿性，对石墨烯领域的科学家进行排名。在综合排名前10的科学家中，中国有1位（复旦大学的张远波）；美国有5位；英国有3位；荷兰有1位。石墨烯领域共有2万多项专利技术，排名在前10位的技术具有很强的影响力。根据申请专利的施引专利数量、技术的热点性，对石墨烯领域的专利进行排名。在综合排名前10的专利中，美国有4项、德国、中国分别有2项，日本、韩国分别有1项。

综合来说，英国卓越科学家较多，最早发现了石墨烯的神奇功能，获得了诺贝尔奖，科技影响力排名第一；美国、中国、日本、韩国分居第二、三、四的位置。其中，美国在科学和技术

方面均有好的表现，一流的科研机构 and 科学家较多、高水平的专利技术申请人和热点专利的数量也较多。中国在热点专利和高水平专利申请机构的数量较多。

（5）政策与条件保障力评估

英国、德国、美国、日本、韩国、中国、欧盟等国家和地区出台了创新战略规划和政策措施，不断加强石墨烯技术研发和产业化的支持，培育发展石墨烯产业的热忱空前高涨，石墨烯的产业化应用逐步加快。各国主要支持情况如3图所示。

4 结论与建议

（1）本研究建立了科技创新链评估模型，按5个一级和15个二级指标构建了科学创造力、技术创新力、产业发展潜力、科技影响力、政策与条件保障力的评估指标体系，采用文献计量分析法和信息可视化方法、专利分析法、产业与政策分析辅助工具等方法与工具，利用Topsis综合评估算法对各环节的科技创新竞争力进行排名评估。

（2）在案例的实证研究中，对世界主要国



图3 主要国家石墨烯领域的投入支持情况

家石墨烯材料科技创新的竞争力进行了评估。结果显示：在科学创造力方面，美国综合排名全球第一；德国、英国、中国分别处于第二、三、四的位置。在产业发展潜力方面，目前制备的石墨烯已经达到了纳米石墨烯薄片和石墨烯薄片的级别，一些石墨烯概念产品已经在市场出现。在科技影响力方面，英国卓越科学家较多，相关研究获得诺贝尔奖，科技影响力排名第一；美国、中国、日本、韩国分居第二、三、四、五的位置。在政策与条件保障力方面，英国、德国、美国、日本、韩国、中国、欧盟等国家和地区出台了创新战略规划和政策措施，全球培育发展石墨烯产业的热忱空前高涨，石墨烯的产业化应用逐步加快。我国石墨烯科技和产业发展较快，在基础研究和技术创新上均处于前列，但在评估中发现有不足之处，对此针对有关资源配置提出以下建议。

一是基础研究强的高校在专利技术上并不突出。建议各级政府充分发挥战略、规划、组织和协调作用，制定石墨烯发展技术路线图，加强支持力度。

二是产学研合作成效不明显。我国石墨烯科研成果集中在大学和研究机构，企业掌握热点技术专利不多，成果转移转化规模不大。建议组织优势力量，建立以企业为主体，产—学—研—用协同创新体系，制备工艺与应用研究同步推进，实现下游1~2个应用领域的突破。

三是产业化存在重复建设。我国石墨烯及相关产品的质量不高，全国各地大量投入建设石墨烯产业园、产业基地。根据新材料产业发展规律，石墨烯真正产业化还需要较长的时间，建议在国家层面上对石墨烯科技创新和产业发展进行统一规划，结合各地科技和产业的现有基础和发展需求进行科学布局，防止概念炒作和低风险重复投入。

四是政府对基础研究和高端人才的投入有待加强。对石墨烯卓越科学家的投入不足，对微电子、半导体替代方面的重大基础研究投入较少。

建议加大投入力度，让新锐科学家担起重任，研发颠覆性、前沿技术，服务于国家经济社会发展和安全保障的重大需求。

参考文献

- [1] EUROPEAN COMMISSION. European innovation scoreboard 2016[R/OL]. [2017-03-15]. <http://ec.europa.eu/DocsRoom/documents/17822/>.
- [2] EUROPEAN COMMISSION. Regional innovation scoreboard 2016[R/OL]. [2017-03-15]. <http://ec.europa.eu/DocsRoom/documents/17824>.
- [3] EUROPEAN COMMISSION. Global innovation index 2016[R/OL]. [2017-03-15]. http://www.wipo.int/edocs/pubdocs/zh/wipo_pub_gii_2016.pdf.
- [4] WORLD ECONOMIC FORUM. The global competitiveness report 2013-2014[R]. Geneva, 2013.
- [5] 李建平, 李敏榕, 赵新力. 世界创新竞争力发展报告: 2001—2012[M]. 北京: 社会科学文献出版社, 2013: 198-200.
- [6] 崔俊富, 张烜, 陈金伟. 中国科技创新能力综合评估[J]. 石家庄经济学院学报, 2015, 38(2): 7-12.
- [7] 唐炎钊. 区域科技创新能力的模糊综合评估模型及应用研究: 2001年广东省科技创新能力的综合分析[J]. 系统工程理论与实践, 2004(2): 37-43.
- [8] 荣飞, 刘春风. 区域科技创新能力评估与态势分析[J]. 河北大学学报, 2006(6): 48-51.
- [9] 杨大楷, 冯一体. 长江三角洲区域科技创新能力实证研究[J]. 上海财经大学学报, 2008(6): 80-90.
- [10] 冯岑明, 方德英. 基于RBF神经网络的区域科技创新能力的综合评估研究[J]. 科技进步与对策, 2007(10): 140-143.
- [11] 杨艳萍. 区域科技创新能力的主成分分析与评估[J]. 技术经济, 2007(6): 15-20.
- [12] 张静. 我国农业科技创新能力与效率研究[D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2013.
- [13] 王泽宇, 刘凤朝. 我国海洋科技创新能力与海洋经济发展的协调性分析[J]. 科学与科学技术管理, 2011, 32(5): 42-47.
- [14] 高峰, 党亚茹. 民航科技创新评估指标体系的构建[J]. 科研管理研究, 2005(8): 35-37.
- [15] 周剑, 陈杰. 制造业企业两化融合评估指标体系构建[J]. 计算机集成制造系统, 2013, 19(9): 2251-2263.