

基于专利的中美石墨烯技术创新比较研究

沙建超, 赵蕴华, 罗 勇

(中国科学技术信息研究所, 北京 100038)

摘 要: 石墨烯作为一种新型纳米材料已成为物理学、材料科学和化学领域的研究热点, 相关专利的申请数量增长迅速。通过对中国知识产权局 (SIPO) 和美国专利商标局 (USPTO) 公布的石墨烯相关发明专利数据进行深度标引, 对比分析了中国和美国石墨烯相关技术的研发热点及发展态势。比较结果显示: 中美两国石墨烯技术创新发展趋势基本相似, 中国石墨烯技术专利申请量已经超过美国, 但两国石墨烯专利技术分布领域及申请人类型差别较大。中国受理的石墨烯专利技术主要分布在电池、电极, 申请人多为国内高校和科研机构; 美国受理的石墨烯专利技术主要分布在半导体固体器件, 申请人主要为企业且国外申请人占重要地位。这一分析结果从一个侧面反映了中美两国在石墨烯研究领域的异同, 期望能为我国石墨烯相关领域的技术创新和决策提供参考。

关键词: 中国; 美国; 石墨烯; 专利分析

中图分类号: G 306.3; TQ 127.1 **文献标识码:** A **DOI:** 10.3772/j.issn.1009-8623.2014.01.008

石墨烯 (graphene) 是单原子厚的二维碳原子晶体, 这个曾被认为不能稳定存在的二维晶体, 在 2004 年由英国曼彻斯特大学两位科学家成功地从石墨中分离获得, 并迅速成为物理学、材料科学和化学领域的研究热点之一^[1-2], 两位科学家也因此获得 2010 年诺贝尔物理学奖。研究发现, 石墨烯是世界上现存厚度最薄、强度最大、硬度最高的材料, 而且具有非常好的导热和导电性能^[3]。由于其优异的性能, 石墨烯的产业化也成为全球主要国家竞争的重点领域, 美国、欧盟、日本、韩国等国家或地区纷纷制定了促进石墨烯产业化应用的研究计划, 以期在研发中取得领先优势。

美国是最早致力于推动石墨烯研究的国家之一, 到目前为止, 资助项目达 200 多项^[4], 其基础研究和产业开发一直处于世界领先水平。对美国的石墨烯技术发展进行分析, 可以揭示美国石墨烯市场发展的状况, 对我国研发人员具有一定的参考价

值。在我国, 虽然石墨烯研究起步较晚, 但发展较快^[5], 在论文发表和专利申请方面都有突出表现。当前, 石墨烯已经被列为我国现行产业调整指导目录的鼓励类产品, 属于战略性新兴产业——新能源汽车的关键材料, 同时也是《国家知识产权战略纲要》中要求超前部署的新材料领域。虽然石墨烯的应用潜力巨大, 但石墨烯要想取代已有材料还有许多的技术难题需要解决, 未来一段时间如何解决好石墨烯的发展, 在技术发展中取得领先, 将非常关键^[6]。所以, 合理规划石墨烯材料的研究开发势在必行, 而科技情报工作将起重要的辅助决策作用。

专利信息与情报是集技术、商业和法律信息于一体的独特信息源, 能反映最新的科技发明、创造和设计, 其所包含的科技信息中有 80% 未被其他媒体公开^[7], 是重要的科技情报信息源。通过对专利文献的深入分析, 可以对特定技术领域发展做出趋势预测、对竞争对手做跟踪研究, 从而获得指导

第一作者简介: 沙建超 (1987—), 男, 硕士研究生, 主要研究方向科技政策与科技情报。

基金项目: 中央公益性科研院所基本科研业务费专项资金项目 (ZD2012-4-2)

收稿日期: 2013-08-27

国家、行业、企业生产、经营决策的重要情报^[8]。基于专利的技术创新研究已经成为技术创新评估的重要内容，早在 20 世纪 90 年代，美国专利分析家纳林就对其进行了详细的阐述^[9]，之后，计量学家将专利分析用于到诸多领域的技术创新评估，如有机电激发光^[10]、印刷 OLED 技术^[11]等。世界经济论坛也将各国专利的申请和授权作为评估国家技术创新竞争力排名的重要指标。本文将通过对比中国和美国受理的石墨烯相关专利申请，分析中美石墨烯相关技术发展现状与差异，以揭示中美最新石墨烯相关技术研发方向和竞争态势，从而为我国政府、科研机构与企业，制定科技发展计划、开展相关技术研发等，提供决策支持与事实依据。

1 数据来源与分析方法

一直以来，石墨烯技术不仅是自然科学领域关注的焦点，同时也是科学学研究的对象之一。2010 年，王丽等^[5]对石墨烯论文进行了统计分析；2012 年，Goio Etxebarria et al^[12]分析了全球重要石墨烯研究机构的论文和专利产出情况。基于前人的研究，本文利用主题检索的方式，于 2013 年 8 月 20 日，以检索式为 TS=“graphen*”，从美国科学情报研究所（ISI）出版的 Derwent Innovation Index（DII）数据库中，对公开日起截止到 2012 年 12 月 31 日的数据进行检索，共获得中国国家知识产权局和美国专利商标局受理的石墨烯相关专利分别为 1 744 件和 750 件，其中，已授权专利分别为 192 件和 172 件。对检索结果，依据 SIPO 和 USPTO 的原始信息，对标题、摘要、申请人、申请日期、技术分类号等字段，进行加工、清洗整理。根据加工处理好的检索数据，从专利申请量、专利申请来源国家、专利申请 IPC 技术分布、专利申请人和发明人及授权专利等方面，对中美两国受理石墨烯相关专利申请情况进行统计分析。

2 中美受理石墨烯相关专利申请分析结果

2.1 专利申请量逐年变化情况

将所有公开的申请数据按优先权年进行统计，其中美受理石墨烯相关专利申请逐年变化情况见图 1 所示。中国共受理国内外石墨烯相关专利申请 1 744 件，主要集中在 2008 年以后，而且增长迅

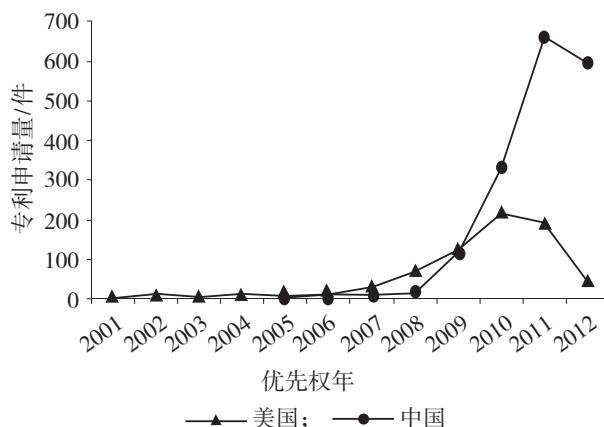


图 1 中美受理石墨烯相关专利申请逐年变化情况

速；就目前公开的数据来看，2011 年，中国专利受理量为 664 件，是美国的 3 倍，且这个数据正在持续增长。美国受理石墨烯相关专利的申请时间较早，在 2000 年就已经出现，且在 2007 年以后出现快速增长，而中国最早的申请出现在 2005 年，说明美国石墨烯技术开发的历史比中国早。从现有数据及增长趋势来看，2012 年，中美两国受理量都将会出现较大幅度的增长。

2.2 专利申请来源国家分布情况

在专利申请来源国家分布分析中，规定专利申请人所在的国家即为专利来源国，其中，合作申请的专利将会被统计多次，即：如果一件专利的申请人有多个，且来自不同的国家，统计时，该专利将会被分别统计一次。

对中美受理石墨烯相关专利申请来源国家分布进行统计，其排名前 10 位的国家见表 1 所示。在中国受理的相关申请中，中国本土申请达到 1 619 件，占总受理量的 93%；其他主要来源国有美国、韩国和日本，但申请量均较小。美国受理相关申请中，本土申请占 56%；韩国为其受理申请的主要来源国，占 18%。美国受理专利申请中，非本土申请相对较多，说明全球主要竞争力量更加关注美国市场，竞争比较激烈，这也主要与石墨烯材料的潜在应用价值和美国市场的国际地位有关。

2.3 专利申请 IPC 技术分布情况

IPC 国际专利分类体系是目前世界通用的分类方法，它对专利文献的技术主题进行了逐级划分，有部、大类、小类、大组、小组等 5 个级别，其中，IPC 大组对专利相关技术领域进行了比较细致

表 1 中美受理专利申请来源国家排名前 10 位

中国			美国		
排名	国家	专利数量/件	排名	国家/地区	专利数量/件
1	中国	1 619	1	美国	417
2	美国	45	2	韩国	135
3	韩国	33	3	日本	72
4	日本	20	4	台湾	35
5	德国	8	5	德国	25
6	芬兰	3	6	中国	24
7	瑞士	2	7	芬兰	13
7	塞浦路斯	2	8	俄罗斯	10
7	法国	2	9	法国	9
7	英国	2	10	英国	6
7	意大利	2			
7	新加坡	2			

的划分，其分类情况见表 2 所示。

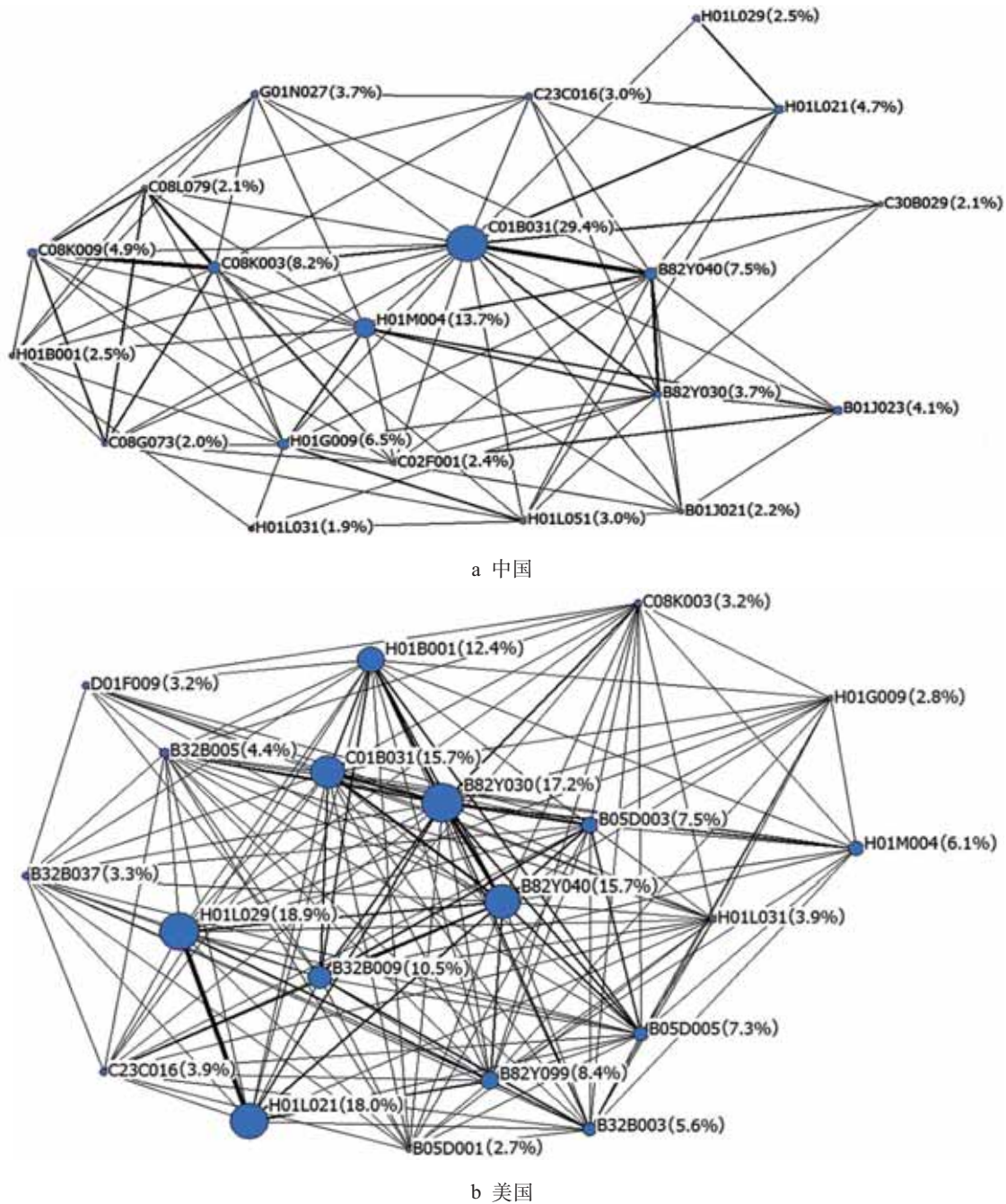
表 2 主要 IPC 技术分类号及其注释

分类号	注 释
B01J023	不包含在 B01J 21/00 小组中的，包含金属或金属氧化物或氢氧化物的催化剂
B32B009	实质上由不包含在组 B32B 11/00 至 B32B 29/00 的特殊物质组成的层状产品
B82Y030	用于材料和表面科学的纳米技术，例如，纳米复合材料
B82Y040	纳米结构的制造或处理
C01B031	碳及其化合物
C08K003	使用无机配料
H01B001	按导电材料特性区分的导体或导电物体；用作导体的材料选择
H01G009	电解电容器、整流器、检波器、开关器件、光敏器件或热敏器件及其制造方法
H01L021	专门适用于制造或处理半导体或固体器件或其部件的方法或设备
H01L029	至少一个电位跃变势垒或表面势垒，如 PN 结耗尽层或载流子集结层的电容器或电阻器；半导体本体或其电极的零部件
H01M004	电极

通过 IPC 大组，可以深入了解相关专利的技术信息。由于一件专利可以同时涉及多个技术主题，所以，专利的技术分类号就像论文中的关键词一样可以有多个。分别统计出中美两国受理的石墨烯相关专利的 IPC 大组分类号，并取前 20 位进行 IPC 大

组代表的技术主题的共现分析，其结果见图 2 所示。

由图 2 可知，中国和美国受理的专利主要分布在：石墨烯的制备；石墨烯在半导体、电池电极及其他电子器件制造中的应用；石墨烯基纳米材料及其复合材料的制备和应用。但两国之间也存在一定



说明：图中，每一个点的大小对应涉及相关技术类别的专利数量的多少，标签名称为相应的 IPC 大组分类号，括号内为分在该分类号下的专利数量所占总专利申请量的比重。

图 2 中国和美国受理的石墨烯相关专利申请 IPC 技术分类(大组)的分布情况(前 20 位)

的差异：中国受理专利技术中有 13.7% 的涉及到石墨烯在电池电极的应用，而美国的只有 6.1%；相类似，美国受理专利中有大量涉及石墨烯用于半导体或固体器件制造领域的技术，比如，美国受理专利中有 18.9% 的涉及半导体，而中国不到 3%。

从各技术分类相互之间的关系看，尽管中国受理的专利申请较多，但技术分类之间的联系稀疏，相反，美国的各技术分类间联系紧密，说明：中国专利涉及技术范围相对较窄；美国受理的专利技术涉及面更广，保护范围也更广。

2.4 专利申请人情况排名及数量变化情况

通过对专利申请人分布情况进行分析，可以从
中得出相应技术领域的主要竞争者，以便对比各实
体的产出情况并对其研发进行评估^[13]。

2.4.1 申请人排名情况

在申请人数据清洗中，对中国科学院各研究所

分开统计，美国公开的专利申请数据中会有申请人
信息为空的情况，如美国纳米技术仪器的申请，其
只在核准之后才添加权人信息。在用地址、发明人
及代理信息补充之后，有 180 件没有权人信息，对
这些专利的申请人，在分析时将被视为相互独立的
申请人。中美受理专利申请人排名情况见表 3 所示。

表 3 中美受理专利申请人排名前 10 位

中国			美国		
排名	申请人	专利数量/件	排名	申请人	专利数量/件
1	浙江大学	85	1	韩国三星	78
2	上海交通大学	54	2	IBM	47
3	清华大学	53	3	美国纳米技术仪器	19
4	电子科技大学	41	4	鸿海精密仪器	18
5	海洋王照明	40	4	清华大学	18
6	东南大学	37	5	加利福尼亚大学	14
7	北京大学	36	5	美国 VORBECK 材料公司	14
7	天津大学	36	6	日本东芝	11
7	西安电子科技大学	36	7	韩国科学技术研究院	9
8	哈尔滨工业大学	33	7	芬兰诺基亚	9
			7	普林斯顿大学	9

中国受理专利申请人主要为高校，前 10 名申
请人中有 9 个高校和 1 个企业，其中：第一名是浙
江大学，申请量为 85 件，领先优势明显，说明该
校在石墨烯技术领域研发比较活跃，创新能力较
强；企业申请人是深圳海洋王照明，有 40 件申请。
在美国受理的专利申请人排名前 10 中，有 6 个是
非本土申请人，7 家企业申请人，其中，第一位是
来自韩国的三星，这也进一步说明了美国石墨烯相
关市场受全球关注度高，竞争更加激烈。在申请人
类型分布方面，中美两国之间呈现出较大的差异：
中国以国内申请人为主，且主要是高校；而美国以
企业申请为主，国外企业表现突出。

2.4.2 申请人数量变化情况

分析专利申请人数量的变化，可以反映该领域
的市场变化及竞争态势。中美受理石墨烯相关专
利申请人数量变化情况见图 3 所示。近几年中，美国
受理石墨烯相关申请人数量增长迅速，中国受理专
利申请人已达 415 个，超过美国的 394 个。目前，

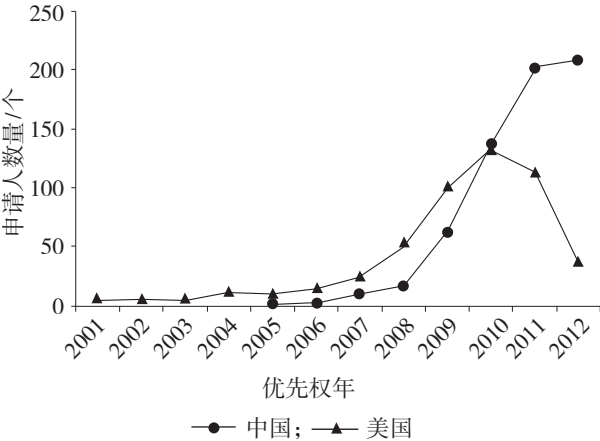


图 3 中美受理石墨烯相关专利申请人数量逐年变化情况
中美两国申请人数量仍旧保持了较高的增长势头，
且中国已经远远超过美国。从分析结果来看，中国
石墨烯相关市场竞争将会更加激烈，同时也将会迅
速产生更多的研发成果。

2.5 专利发明人数量变化情况

申请人数量增长反映的是市场需求，而发明人

数量的增长反映的则是研发的投入。目前,中美两国受理的石墨烯相关专利申请中,研发人员数量分别已达 3 931 人和 1 575 人。由图 4 所示的中美受理石墨烯专利发明人数量逐年变化情况可知,我国石墨烯研发投入增长较快,目前数据已经显示,从 2009 年到 2011 年增长了 6 倍,说明,近年来我国对石墨烯的研发比较关注,投入了大量研发资源。相比之下,尽管美国受理专利中申请人数出现明显增长,但相对缓慢,中美之间差别较大,这也是国内近几年表现突出的原因所在。

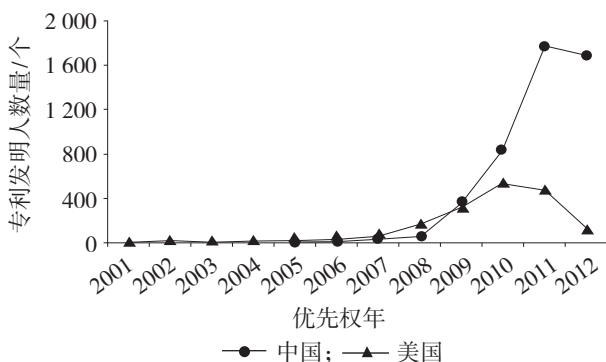


图 4 中美受理石墨烯相关专利发明人逐年变化情况

2.6 授权专利数量变化情况

图 5 所示为中美授权石墨烯相关专利数量逐年变化情况。中国国家专利局共授权石墨烯相关专利 192 件,美国专利商标局共授权 172 件。随着申请量的增长,中美两国的授权量都出现较大幅度的增长:中国授权量,2008 年仅为 7 件,而到 2010 年已达到 91 件,尽管专利申请公开和授权时间都会有一定延迟,但从申请量增长趋势可以推测,2010 年以后会保持增长,并且仍在继续增长;美国授权量增长相对缓慢,预计近几年也会出现较大增幅。

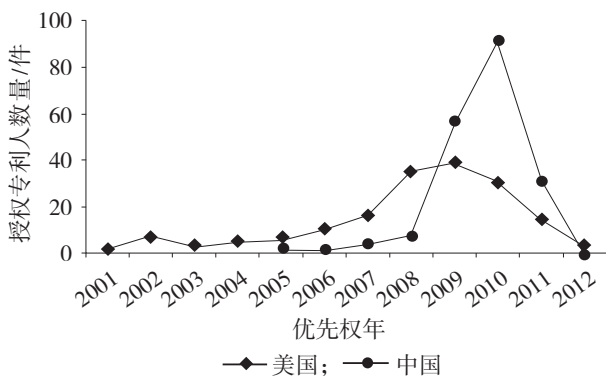


图 5 中美授权石墨烯相关专利数量逐年变化情况

2.7 授权专利申请人分布情况

中美授权石墨烯相关专利申请人排名情况见表 4 所示。对比中美授权石墨烯相关专利申请人发现,中国排名特征基本与申请人排名相似,但授权量最高的为上海交通大学;美国排名靠前的主要为企业。中美授权的专利申请都主要为本土申请,这主要是因为本土申请为主要申请决定的。在美国授权的石墨烯相关专利申请人中没有中国申请人,只有一件合作发明中的一个发明人来自中国;中国授权专利中,来自美国的申请有 4 件。

3 结语

2009 年,“石墨烯研究取得新进展”被 Science 列为全球 10 大科技进展之一^[4],全球各主要国家或地区均给予高度关注,石墨烯相关研究进入快速发展阶段,产业化发展持续升温。中国和美国是全球石墨烯相关专利受理最多的两个国家,通过对比分析两国受理的石墨烯相关专利数据,可以发现中国石墨烯相关技术创新比较活跃,专利申请量和授权量都已经超过美国,且中国的研发投入正在迅速加大,但在技术布局和申请人来源等方面又表现出了较大的差异:在申请人分布方面,中国受理的专利申请主要来自国内,高校和科研机构为主要申请人类型,授权专利也表现出相似特征,与之不同,美国的专利申请人主要为企业,国外申请人占据重要地位;在技术分布方面,石墨烯制备技术是两国研究的主流方向,该领域专利申请量远高于其他领域,差异主要表现在石墨烯材料的应用开发方面,中国的石墨烯在电池、电极技术创新方面表现突出,而美国的石墨烯在半导体或固体器件开发方面则创新能力更加突出,且美国专利技术涉及领域更多,保护范围更广。

石墨烯是一种具有广阔市场前景的新材料,我国石墨烯技术研发起步晚于美国,但整体发展趋势与处于世界领先水平的美国相一致,且近几年发展迅速,展现出了一定的数量优势。鉴于石墨烯广阔的市场前景,我国应在保持现有优势的基础上,拓展石墨烯相关技术研发领域范围,特别是目前我国相对较弱的石墨烯电子器件的研究开发,要着重培养具有一定竞争力的企业,采取措施让当前高校和企业的研发成果能够实现向产业转化。总之,石墨

表 4 中美授权专利申请人排名前 10 位

中国			美国		
排名	申请人	授权数量/件	排名	申请人	授权数量/件
1	上海交通大学	10	1	美国纳米技术仪器	19
2	天津大学	8	2	IBM	12
3	中国科学院化学研究所	7	3	韩国三星	11
4	北京大学	7	4	日本日立	7
5	清华大学	7	5	美国德州仪器	6
6	南京理工大学	6	6	美国先进仪器	4
7	浙江大学	5	6	日本 GSI	4
8	上海大学	4	6	美国惠普	4
8	中国科学院宁波材料技术与工程研究所	4	6	韩国科技研究院	4
8	中国科学院电工研究所	4	6	加利福尼亚大学	4
8	同济大学	4	6	美国施乐公司	4
8	复旦大学	4			
8	长安大学	4			

烯是一种国际广泛认可的重要材料，在过去几年中，我国已经在该领域取得了一定的成果，未来要继续加大投入力度，扩展研发范围，力争在这个新材料所带来的全球市场中取得竞争优势。■

参考文献:

[1] Barth A, Marx W. Graphene-A Rising Star in View of Scientometrics[D/OL]. arXiv: 0808.3320v3, 2008[2013-05-16]. <http://arxiv.org/ftp/arxiv/papers/0808/0808.3320.pdf>.
[2] Geim A K, Novoselov K S. The Rise of Graphene[J]. Nature Materials, 2007, 6(3): 183.
[3] Matthew A J, Vincent T C, Richard KB. Honeycomb Carbon: A Review of Graphene[J]. Chem Rev, 2010, 110(1): 132.
[4] 马廷灿, 万勇, 冯瑞华. 石墨烯专利技术国际发展态势分析[J]. 科学观察, 2012, 7(3): 25.
[5] 王 丽, 潘云涛. 石墨烯的研究前沿及中国发展态势分析[J]. 新型炭材料, 2010, 25(6): 401-408.
[6] Noorden R V. Chemistry: The trials of new carbon[J]. Nature, 2011, 469(7328): 14.

[7] 程兴华. 专利情报分析在企业研发中的应用研究[J]. 科技情报开发与经济, 2007, 17(4): 107.
[8] 陈燕, 黄迎燕, 方建国. 专利信息采集与分析[M]. 北京: 清华大学出版社, 2007.
[9] Narin F. Patents Bibliometrics[J]. Scientometrics, 1994, 30(1): 147-155.
[10] 邱均平, 马瑞敏, 徐蓓, 等. 专利计量的概念、指标及实证——以全球有机电激发光技术相关专利为例[J]. 情报学报, 2008, 27(4): 556-565.
[11] 张旭, 郑佳, 李志荣, 等. 基于专利分析的印刷 OLED 技术创新趋势研究[J]. 高技术通讯, 2012, 22(12): 1316-1321.
[12] Etxebarría G, Gomez -Uranga M, Barrutia J. Tendencies in Scientific Output on Carbon Nanotubes and Grapheme in Global Centers of Excellence for Nanotechnology[J]. Scientometrics, 2012, 91(1): 253-268.
[13] Narin F, Albert M, Smith V. What Patents Tell You About Your Competition[J]. Chemtech, 1993, 23(2): 52.
[14] Breakthrough of the Year: The Runners-up[J]. Science, 2009, 326(5960), 1600.

(下转第 55 页)

x/smhndbk.pdf.

[16] USDA. USDA and EPA Launch U.S. Food Waste Challenge

[EB/OL]. (2013-06-04)[2013-10-15]. <http://www.usda.gov/wps/portal/usda/usdahome?contentid=2013/06/0112.xml>.

Hierarchical Food Waste Disposal System in the United States

SUN Yan-yan, LV Zhi-jian

(Beijing Institute of Science and Technology Information, Beijing 100120)

Abstract: The United States has structured the hierarchical food waste disposal system, which, in order of priority, is separated into six classes, i.e., source reduction, food donation, feeding animals, industrial uses, composting, incineration or landfill. Analysis shows that this kind of hierarchical disposal system has four distinguishing features, including emphasizing reduction and recycle instead of classification-landfill, establishing perfect public participation system, benefitting from science and technology, strict laws and regulations. In a word, setting a perfect primary framework plays a significant role in the food waste reduction and recycle.

Key words: the United States; food waste; hierarchical; source reduction; food bank

(上接第41页)

A Comparative Study on Graphene Technology Innovation Between China and United States: A Patent Perspective

SHA Jian-chao, ZHAO Yun-hua, LUO Yong

(Institute of Scientific and Technical Information of China, Beijing 100038)

Abstract: As a promising breakthrough of nanomaterials, graphene has been a R&D hotspot in the field of physics, material science and chemistry. Its global patent application increased fast in recent years. In this work, comparative analysis and knowledge visualization technology were applied to evaluate the production and developing trend of graphene research in China and US, which is based on the carefully manually indexing data. The raw data were collected from SIPO and USPTO respectively. Results show that the amount of graphene-related patent applications in China has exceeded that in the United States, and two countries' R&D hot topics and the type of applicants show different distribution. Graphene-related patent applications in China focus on electrochemical appliances involving battery and electrode, with their applicants largely from universities and research institutions; while in the US these applications focus on semiconductor devices with their applicants mainly from enterprises. The analytical results provided several key findings of bibliometrics trend, which would be useful for graphene-related tech-innovation and policy decision in China.

Key words: China; US; Graphene; patent analysis