

# 中国石墨烯研究领域核心作者群成熟度的探究

彭 喆, 郑 佳, 傅俊英, 曹 燕, 赵蕴华

(中国科学技术信息研究所, 北京 100038)

**摘 要:** 为了探究我国石墨烯领域文献核心作者群的成熟度, 首先利用普莱斯定律进行核心作者的初选; 再利用综合指数法确定核心作者; 最后根据核心作者群的网络结构和关联程度来判断其成熟度。得到了以下结论: 石墨烯领域研究目前正处于增长期; 我国石墨烯领域文献以合作为主; 核心作者群的网络结构松散; 核心作者合著网络关联度有加强的趋势。

**关键词:** 石墨烯; 核心作者群; 综合指数法; 社会网络分析

**中图分类号:** TQ127   **文献标识码:** A   **DOI:** 10.3772/j.issn.1009-8623.2016.05.012

石墨烯是从石墨材料中剥离出来、由碳原子组成的只有一层原子厚度的二维晶体, 但过去一直被大部分科学家认定是一种假设性的结构, 无法单独稳定存在。2004 年, 英国曼彻斯特大学物理学家安德烈·海姆和康斯坦丁·诺沃肖洛夫取得了突破, 成功地从石墨中分离出了石墨烯, 从而证明了石墨烯是可以单独稳定存在的, 二人也因“在二维石墨烯材料的开创性实验”中所作的贡献, 荣获了 2010 年诺贝尔物理学奖。石墨烯是目前最薄、最坚硬、导电性最好的纳米材料, 有望取代硅成为给未来世界带来重大变化的新型材料<sup>[1]</sup>。

石墨烯是一种新型纳米材料, 我国非常重视该领域的研究, 并且文献量产出日益增长。在大量的相关研究文献中, 高质量的文献会对该领域的研究起到举足轻重的引导作用, 而“质”与“量”兼备的作者对领域的发展尤为重要, 被称为核心作者, 核心作者聚集在一起就称为核心作者群<sup>[2]</sup>。核心作者群是形成文献流的中坚力量, 对于领域的发展至关重要<sup>[3]</sup>, 还能够对非核心作者起到重要的指引作用<sup>[4]</sup>。对核心作者群成熟度的测评实际上就是对核心作者群的成员结构特点及其分布

情况的稳定性的测评, 这不仅是测度该领域研究成熟度的重要方法<sup>[5]</sup>, 还可为刚进入该研究领域的学者在检索重要文献、锁定核心作者、跟踪研究方向及热点等方面提供依据, 有利于推动整个学科的发展。

我国对石墨烯领域进行了近 16 年研究, 为了探究我国该领域文献核心作者群成熟度, 本文以 1999 年至 2015 年中国知网 (CNKI) 收录的石墨烯相关主题的文献为数据源, 运用文献计量学方法、社会网络分析法对石墨烯领域的核心作者群进行分析。首先从该领域内作者的文献发表量和累积被引次数两个指标入手, 通过普莱斯定律筛选出核心作者候选人; 再进一步利用综合指数法, 从核心作者候选人中准确定位核心作者, 形成该领域的核心作者群; 最后从合作网络的结构和关联程度两个角度出发, 综合测评核心作者群的成熟度。其中对核心作者网络结构的分析是以作者个人为分析主体, 分析作者的发文数量、累积被引次数的分布特点; 网络关联程度的分析则是以作者群体构成的网络为分析主体, 分析作者之间的合著率、合作度, 以及合作网络的多项网络指标,

第一作者简介: 彭喆 (1990—), 女, 在读硕士研究生, 主要研究方向为前沿领域分析与专利分析。

项目来源: 国家科技支撑计划课题“专利信息支撑科研项目应用示范” (2013BAH21B05)。

收稿日期: 2015-11-13

测评核心作者网络成熟度, 以期为刚进入石墨烯研究领域的学者提供参考。

## 1 数据的获取与核心作者群初选

### 1.1 数据的获取与统计分析

由于本文主要探究中国石墨烯研究领域的文献, 因此, 选取了目前我国收录中文研究文献最为全面的 CNKI 数据库作为文献来源数据库, 在其中的“中国学术期刊出版总库”中进行检索。以“石墨烯”为检索词进行主题检索, 经过筛选和去重后共得到有作者署名的文献 3 411 条, 署名作者 9 396 位, 跨越年限为 1999 年至 2015 年, 检索日期为 2015 年 7 月 22 日。

石墨烯被成功分离出以前, 大多数物理学家认为它是一种假设性的结构, 但实际上石墨烯本来就存在于自然界, 只是难以剥离。因此, 我国关于石墨烯的相关研究并不是从 2004 年石墨烯被分离出来才开始的, 而是从 1999 年就有所涉及。图 1 为文献数量随时间的变化图。可以看出, 我国 1999 年出现了第一篇石墨烯相关文献, 此后呈缓慢增长态势, 文献数量稀少。在 2004 年石墨烯在实验室

中被成功分离出来后, 我国相关研究论文并没有明显增长, 一直到 2008 年, 文献数量一直处于每年 10 篇左右, 说明我国在石墨烯领域的研究尚处在探索阶段。2009 年至今, 是我国石墨烯领域研究的快速增长期, 相对于上一阶段, 发文量稳步上升, 2014 年突破 1 000 篇, 达到 1 052 篇, 说明在这一阶段, 石墨烯领域的研究在我国受到了普遍关注, 研究主题明确, 发展迅速。

### 1.2 基于普莱斯定律的核心作者初选

在评价核心作者群的成熟度之前, 需要对核心作者进行筛选。学术界在核心作者评价方面的统计指标有很多, 其中发文量和被引量是比较常用的两种指标。很多早期的相关研究只基于以上两种指标中的一种<sup>[2,3,6]</sup>, 但对研究结果进行分析验证之后, 发现这种方法是片面的; 将两种指标结合在一起有助于提高对核心作者评价的可靠性。为此, 本文将这两种指标结合在一起, 分别考察作者的学术地位和影响力后再进行综合考量, 确定作者的核心程度。

本文选择使用基于普莱斯定律进行核心作者群初选的方法, 主要考察发文量  $p$  和被引量  $q$  两个指标。其中发文量  $p$  指的是一个作者在一段时期内

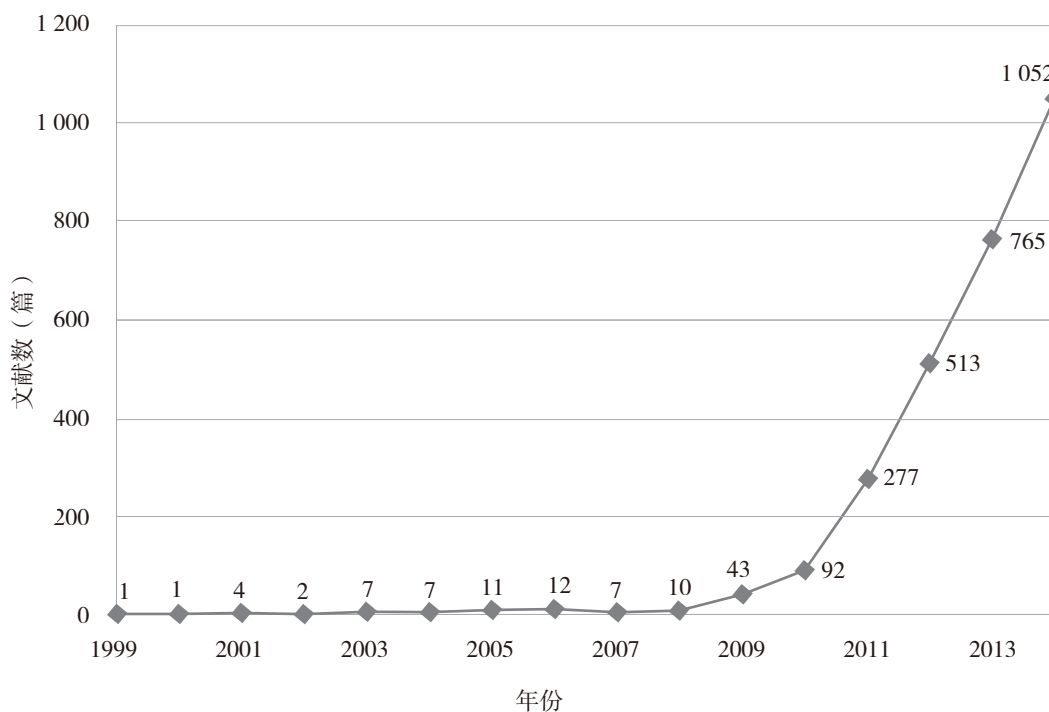


图 1 我国石墨烯领域文献数量随时间变化图

发表的论文总数, 该指标直接体现某一作者在某一研究领域中的重要程度。被引量  $q$  指某一作者的某一篇文章被其他文章引用的次数, 累积被引次数即某一作者全部发表文章的被引次数之和, 它是反映某作者在某一领域内影响力的重要指标。

对于发文量  $p$ ,  $K(p)$  表示入选核心作者候选人的发文量最低值, 则发文量的评判标准可以用公式 (1) 来表示, 即某一作者的发文量不小于最低值  $K(p)$  时, 该作者才能够入选为核心作者候选人。依据普莱斯定律,  $K(p)$  的计算方法可以用公式 (2) 来表示, 其中  $\text{Max}(p)$  表示该领域内发表文献最多的作者的文献发表数量。本文分析的是石墨烯研究领域, 发文量最高的作者是“杨全红”, 有其署名的文献共 23 篇, 即  $\text{Max}(p)=23$ , 经计算得到  $K(p)=3.59$ , 所以发文量为 4 及 4 以上的作者可以入选核心作者候选人, 由此得到 402 位候选人, 占作者总数的 4.43%。

$$p \geq K(p) \quad (1)$$

$$K(p)=0.749\sqrt{\text{Max}(p)} \quad (2)$$

对于被引量  $q$ ,  $K(q)$  表示入选核心作者候选人的累积被引次数最低值, 则被引量的评判标准可以用公式 (3) 来表示, 即某一作者的累积被引次数不小于  $K(q)$  时, 该作者才能够入选为核心作者候选人。依据普莱斯定律,  $K(q)$  的计算方法可以用公式 (4) 来表示, 其中  $\text{Max}(q)$  是累积被引次数最多的作者发表的所有论文的被引频次累积和。在本文所分析的石墨烯研究领域中, 累积被引次数最高的作者为“杨全红”, 发表了 23 篇文献, 累积被引次数为 531, 因此  $\text{Max}(q)=531$ 。由此计算出入选核心作者候选人的最低累积被引次数为

17.26, 则累积被引次数为 18 及 18 以上的作者可以作为核心作者候选人, 基于此指标共得到 508 位作者, 占作者总数的 5.41%。

$$q \geq K(q) \quad (3)$$

$$K(q)=0.749\sqrt{\text{Max}(q)} \quad (4)$$

基于上述判断标准, 共有 910 位作者入选核心作者群, 排除重复出现的作者后, 共 742 位核心作者候选人, 占作者总数的 7.90%。

## 2 基于综合指数法的核心作者群的精确定位

### 2.1 核心作者测评指标及权重

根据上述评判过程, 得到了 742 位核心作者候选人。接下来本文将利用综合指数法对作者  $i$  的发文量  $p_i$  和被引量  $q_i$  进行综合考察, 对核心作者群进行精确定位。综合指数法是指将建立起的指标体系中各项指标进行加权平均处理后, 汇总成最终的综合指数, 并用其大小对参评队形进行排序与评价<sup>[7]</sup>。

利用综合指数法的核心作者测评, 对作者  $i$  的发文量  $p_i$  和被引量  $q_i$  进行综合考察, 如表 1 所示。

对于发文量与被引量这两个指标哪个更重要, 目前并没有公认的结论, 很多相关研究都持有不同的观点。本文采用发文量和被引量均是决定作者地位的客观指标、具有同等重要性的观点, 故将其赋值均设置为 0.5。综合指数计算公式见公式 (5), 根据此公式计算每个核心作者候选人的综合指数:

$$Z_i = \left(\frac{p_i}{\bar{p}} \times 100\right) \times wp_i + \left(\frac{q_i}{\bar{q}} \times 100\right) \times wq_i \quad (5)$$

表 1 核心作者测评指标及其权重<sup>[5]</sup>

发文指标	指标平均值	权重
$p_i$	$\bar{p} = \frac{\text{核心作者发文总数}}{\text{核心作者候选人数}}$ $= \frac{2\ 768}{742} \approx 3.730\ 5$	$wp_i=0.5$
$q_i$	$\bar{q} = \frac{\text{核心作者被引用数}}{\text{核心作者候选人数}}$ $= \frac{22\ 793}{742} \approx 30.718\ 3$	$wq_i=0.5$

计算完每位核心作者候选人的综合指数后,还需要设置综合指数的阈值,只有综合指数高于该阈值的作者才能入选核心作者群。本文将综合指数的平均值设定为阈值,也就是说,当某一核心作者候选人的综合指数高于全体候选人的综合指数

平均水平时,才会入选核心作者群。阈值的计算见公式(6)。经计算,该阈值为100。石墨烯领域核心作者共216人,表2展示了排名前20位的核心作者的发文量、累积被引量、所属机构以及综合指数。

表2 前20位核心作者主要机构分布

编号	作者 $i$	发文量 $p_i$	累积 被引次数 $q_i$	机构	综合指数
1	杨全红	23	531	天津大学	1 172.575 0
2	王茂章	15	448	中国科学院 山西煤炭化学研究所	930.252 5
3	杨永岗	14	407	中国科学院 山西煤炭化学研究所	850.114 0
4	成会明	15	256	中国科学院金属研究所	617.735 2
5	温月芳	10	254	中国科学院 山西煤炭化学研究所	547.464 6
6	马文石	12	229	华南理工大学	533.578 3
7	孙红娟	15	200	西南科技大学	526.584 3
8	陈成猛	9	215	中国科学院 山西煤炭化学研究所	470.581 5
9	彭同江	14	158	西南科技大学	444.818 1
10	陈国华	10	166	华侨大学	404.227 5
11	陈永胜	3	217	南开大学	393.418 7
12	张东	16	100	同济大学	377.217 9
13	贺鹏飞	10	146	同济大学	371.673 7
14	周俊文	4	195	华南理工大学	371.012 5
15	吕伟	7	169	天津大学	368.901 5
16	包信和	3	177	中国科学院 大连化学物理研究所	328.311 0
17	傅强	3	177	中国科学院 大连化学物理研究所	328.311 0
18	张校刚	7	144	南京航空航天大学	328.209 2
19	杨勇辉	3	174	西南科技大学	323.427 9
20	王璞	13	88	北京工业大学	317.476 5

$$\bar{Z} = \left( \frac{\bar{p}}{\bar{p}} \times 100 \right) \times w p_i + \left( \frac{\bar{q}}{\bar{q}} \times 100 \right) \times w q_i \quad (6)$$

对筛选出的石墨烯领域 216 位核心作者的发文数量、累积被引次数以及综合指数的数据信息

进行图像化展示, 生成了两幅散点图, 分别是基于核心作者的累积被引次数与综合指数散点图 (见图 2) 和发文数量与综合指数散点图 (见图 3), 其中每个散点代表一位核心作者。

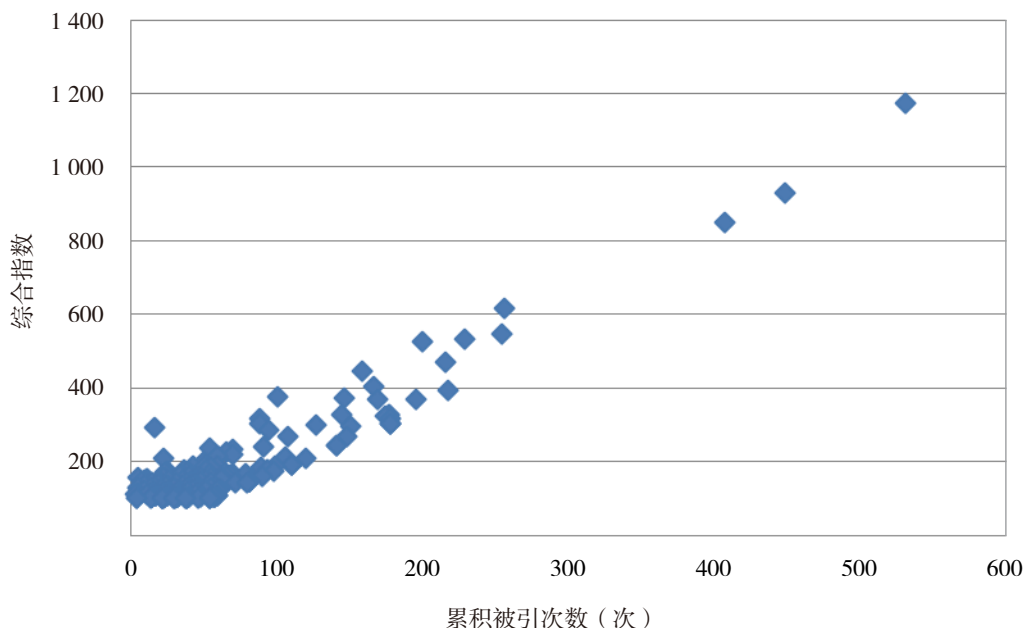


图 2 综合指数与累积被引次数散点分布图<sup>[5]</sup>

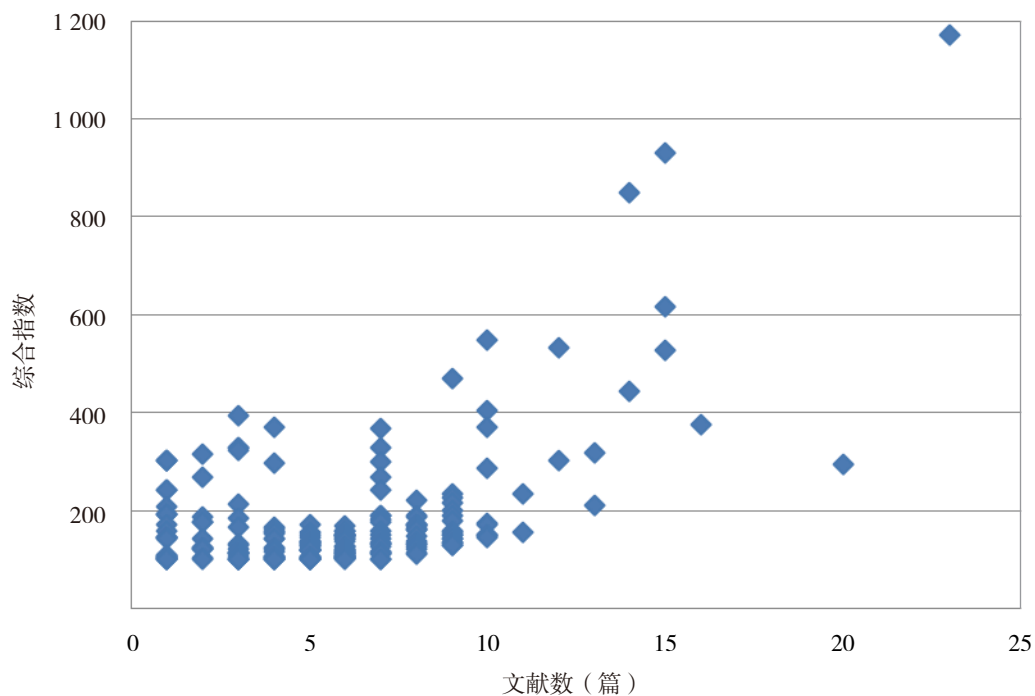


图 3 综合指数与文献数散点分布图<sup>[5]</sup>

图2和图3有一个共同的特点,即发文数量和累积被引次数都与对应的综合指数存在一定程度上的正相关关系。可见通过某一作者的发文数量和累积被引次数能够对该作者在某一领域内的学术影响力作出比较好的评估,说明综合指数法可以较好地反映该作者的学术影响力。对比图2和图3可以看出,累积被引次数与综合指数之间的优度明显比发文数量与综合指数之间的拟合优度要高,这与学术界关于文献的研究结论——相对于文献数量而言,科学进步主要依赖于高被引用出版物——相一致<sup>[8]</sup>。

### 3 核心作者群成熟度分析

#### 3.1 核心作者群网络结构分析

关于核心作者群网络结构成熟度的评估主要是通过通过对核心作者的发文数量、累积被引次数的分布特点进行考察。图4为基于以上216位核心作者所发表的文献数与累积被引次数进行统计绘制成的核心作者散点分布图。

通过对216位核心作者的累积被引次数与发文量进行分析,得到平均累积被引次数 $t$ 为62.9404次,平均发文量 $k$ 为5.8349篇。将 $t$ 、 $k$ 作为标准,把上述散点图划分成了如下四个区域。

A区域:处于该区域的作者的文献发表数量高

于平均水平(6篇),而累积被引次数低于平均水平(63次)。此区域作者文献产出较多,但是文献整体质量不佳;

B区域:处于该区域的作者的文献发表数量低于平均水平(6篇),而累积被引次数高于平均水平(63次),此区域作者的文献产出虽然不多,但是文献质量较好,在领域内的影响较大;

C区域:处于该区域的作者的文献发表数量与累积被引次数均比平均水平低,处于核心作者与非核心作者之间的交界位置;

D区域:处于该区域的作者的文献发表数量与累积被引次数均高于平均水平,此区域的作者文献产出较多,文献质量较好,对领域发展的促进作用相对较大,可以称之为核心作者群中的核心作者。

对上述四个区域的核心作者数量进行统计,得到表3。

表3 核心作者的区域分布情况

区域	人数	所占比例(%)
A	89	41.20
B	36	16.67
C	68	31.48
D	23	10.65

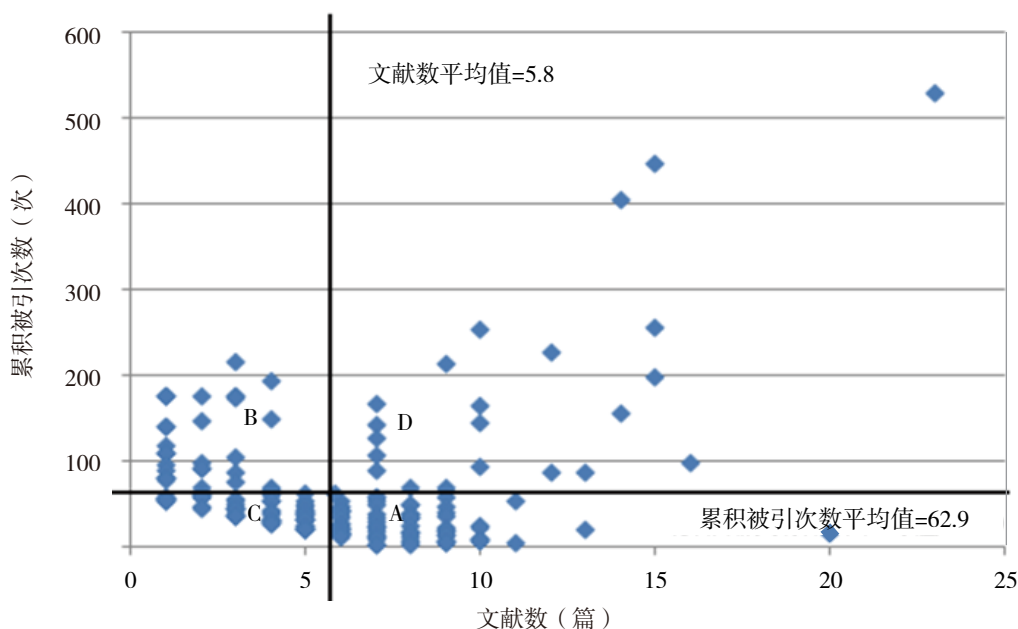


图4 文献数与累积被引次数散点图<sup>[5]</sup>

综合图 4 和表 3, 可以得到石墨烯研究领域论文作者分布特点, 即该领域具有高产出和高被引率特点的作者在学科发展过程中是极少部分, 其余大部分是论文产出与被引率均较低的作者, 这种分布特点与学科文献计量学的一般规律相吻合。区域 D 的作者数量相对较少, 代表中国石墨烯研究领域具有高影响力的作者并不多, 该领域的研发力量并没有过度集中, 发展还不够成熟。

### 3.2 作者合作网络关联程度分析

#### 3.2.1 全部作者合著率与合作度分析

如今, 我国在各领域的研究水平不断提高, 需要不同领域间知识相互渗透, 这就更加需要不断加强研究人员之间的合作。对于一篇文献, 经过多位作者的合作, 可以使研究成果获得多方面知识结构的补充, 利用群体智慧, 达到提高研究成果水平的目的。论文作者的合作程度在一定程度上能够反映

论文作者智慧的发挥程度<sup>[9]</sup>。

合著率与合作度的大小能够考察核心作者群关联程度。合著率是论文合著总数与论文总数的比值, 即全部论文中合著论文所占的比例。一般情况下, 合著率越高, 该学科领域的发展水平就越高。合作度是指一篇文献平均包含的作者人数, 按照上文对研究领域论文数量变化情况的两个阶段的划分, 本文将合著情况的统计按此标准划分成两个阶段。

表 4 为第一阶段, 统计了我国在石墨烯相关研究的探索阶段中作者合著情况, 可以看出各年份合著率数据最低为 57.14%, 最高为 100%。石墨烯领域论文的发表总量很低, 其中, 1999 年到 2002 年合著率为 100%, 而石墨烯真正被分离出来是在 2004 年, 此前的石墨烯相关研究并没有将它作为研究的核心, 且我国并不是首先发表石墨烯相关论

表 4 领域内作者合著情况分析 (1999—2008 年)<sup>[5]</sup>

合著人数	年份										总计	比例 (%)
	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008		
1	0	0	0	0	2	0	2	0	3	1	8	12.90
2	0	0	2	0	0	2	2	4	1	0	11	17.74
3	0	1	1	1	1	3	4	2	0	4	17	27.42
4	0	0	0	1	3	0	2	3	2	3	14	22.58
5	0	0	1	0	0	2	1	1	1	2	8	12.90
6	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	2	3.23
7	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	2	3.23
总计	1	1	4	2	7	7	11	12	7	10	62	100.00
合著合计 (篇)	1	1	4	2	5	7	9	12	4	9	54	—
合著率 (%)	100.00	100.00	100.00	100.00	71.43	100.00	81.82	100.00	57.14	90.00	90.04	—
合作度 (人/篇)	6.00	3.00	3.00	3.50	3.43	3.29	4.18	3.67	2.57	3.50	3.61	—

文的国家, 所以如此高的合著率并不能说明我国此领域的发展水平, 只能说明我国在最先进入石墨烯研究领域初期多是以合作方式进行研究的。

表 5 为第二阶段, 我国发表石墨烯领域的论文数量快速上升的阶段, 主要表现为研究文献的合著率从 2009 年的 86.05% 增长至 2014 年的 92.11%, (2015 年数据截止到 7 月份), 合作度从 3.16 升至 3.90, 合著发文量整体呈现出波动式增长趋势。平均合著率和平均合作度分别为 91.26% 和 3.83, 较上一阶段均有提升。这说明研究力量在不断壮大,

促使了科研人员之间更为广泛地合作, 学科的整体发展水平有了很大提升。

综合表 4 和表 5 中的统计数据, 可以得出, 1999 年到 2015 年, 石墨烯领域研究论文合计有 3 411 篇, 其中由一位作者独自创作出的论文数为 261 篇, 占到了论文总数的 7.65%, 可见石墨烯领域具有独立研究能力的学者占了一定的比例。合著论文总数为 3 150 篇, 占论文总数的 92.35%, 计算平均值为 3.70, 该领域作者以 3 人和 4 人进行合作的情况最多。从总体分布情况来看, 1999

表 5 领域内作者合著情况分析 (2009—2015 年)<sup>[5]</sup>

合著人数	年份							总计	比例 (%)
	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015		
1	6	8	28	32	45	83	51	253	7.55
2	11	20	46	66	86	124	69	422	12.60
3	11	23	50	106	153	213	102	658	19.65
4	6	11	59	106	162	219	120	683	20.39
5	7	14	50	98	141	179	133	622	18.57
6	1	5	22	68	113	129	71	409	12.21
7	0	8	16	24	38	69	34	189	5.64
8	0	0	4	8	17	25	17	71	2.12
9	0	3	1	3	7	7	7	28	0.84
10	1	0	0	1	1	2	1	6	0.18
11	0	0	0	0	2	2	2	6	0.18
12	0	0	1	0	0	0	0	1	0.03
13	0	0	0	1	0	0	0	1	0.03
总计	43	92	277	513	765	1 052	607	3 349	100.00
合著合计 (篇)	37	84	249	481	720	969	556	3 096	—
合著率 (%)	86.05	91.30	89.89	93.76	94.12	92.11	91.60	91.26	—
合作度 (人/篇)	3.16	3.74	3.80	4.07	4.19	3.90	3.95	3.83	—

年到 2015 年间石墨烯研究领域全体作者群网络关联的成熟度较好。

### 3.2.2 核心作者合作网络结构特性分析

下面将从核心作者合作网络结构特性上测度核心作者合著网络的关联程度。以核心作者之间的合作关系为基础,生成  $216 \times 216$  的核心作者合著矩阵,运用社会网络分析方法,用 UCINET 软件分别计算合著网络的网络密度、中心度以及聚类系数,这些数据都能比较好地反映所研究的网络的数学特性,从而测度核心作者合著网络的关联程度。

#### (1) 网络密度分析

网络密度是指所研究的网络中实际存在的作者之间的联结数目与作者之间可能存在的最大联结数目的比值。这个比值越高则说明该网络的连通性越好,即作者之间的联系越紧密。网络密度能够在一定程度上反映出网络中的关系数量与网络的复杂程度<sup>[10]</sup>。

对于石墨烯研究领域的核心作者群合著网络,经计算,其网络密度为 0.012,比一般的社会网络密度数值偏小,说明该研究领域作者之间的联系较少,并没有极其密切的学科交流,合作网络结构松散,作者之间的合作强度有很大的加强空间。

从上述分析结果可以看出,石墨烯领域全部作者的合著率较高,作者合作网络关联程度较好,而从该领域核心作者之间合作网络的网络密度来看,合作并不紧密,该网络主要是依靠固定的少数几位作者建立起来的。通过对网络中合作关系的简单调查,发现其中大部分作者与合作对象之间是师生关系,然而基于这种关系形成的合作并不会持久,随着学生的毕业,他们之间的合作关系很有可能终止。建议石墨烯相关的研究机构提倡研究人员之间建立稳定且广泛的合作,以这种稳定的合作关系共同促进该领域的发展。

#### (2) 中心度分析

中心度可以在一定程度上反映各作者在合作网络中的地位,中心度值越大,说明与该作者有联系的作者越多,该作者就越处于该网络的核心位置。本文选取点度中心度 (Degree Centrality) 和中间中心度 (Betweenness Centrality) 两个指标分析石墨烯领域核心作者群合作网络的结构特性<sup>[11]</sup>。

点度中心度通过计算网络中节点的度数来评判作者在网络中所处的位置,如果一位作者的点度中心度较高,说明该作者与很多其他作者之间存在直接相连的边,即该作者与其他作者之间具有较为



密切的联系。点度中心度又可细分为绝对点度中心度和相对点度中心度。绝对点度中心度是忽略网络结构特点的中心度, 即从局部出发对中心度进行测度, 表示该作者与网络中其他作者直接相连的个数情况。而相对点度中心度可以理解为是对绝对点度中心度进行标准化的过程, 用来弥补绝对点度中心度的片面性, 由实际度数除以图中作者节点最大可能的度数得到, 在对比不同网络中点的点度中心度时可以起到很好的作用。用 UCINET 进行点度中心度分析, 对核心作者群合著样本进行统计分析, 结

表 6 石墨烯领域核心作者合作网络点度中心度统计结果

作者	绝对点度中心度 ( Degree Centrality )	相对点度中心度 ( NrmDegree Centrality )
杨全红	11	0.051
王刚	11	0.051
王茂章	9	0.042
杨永岗	8	0.037
成会明	8	0.037
徐现刚	8	0.037
李峰	8	0.037
陈成猛	7	0.033
温月芳	6	0.028
任文才	6	0.028
李永锋	6	0.028
刘燕珍	6	0.028
.....	.....	.....
张智军	0	0
杨欣	0	0
袁小亚	0	0

果如表 6 所示。

正如表 6 统计结果所示, 点度中心度排名最高的是杨全红和王刚, 其绝对点度中心度均为 11, 说明杨全红和王刚分别与网络中其他 11 位核心作者有直接合作关系, 在合作网络中处于中心地位, 能够促进该网络中相关知识的流动以及作者之间的合作。但是还有 20 位作者的点度中心度为 0, 占全部核心作者的 9.26%, 说明在整个网络中, 这 20

位核心作者从未与其他核心作者合作过, 为核心作者群网络结构的关联紧密性贡献不大。

中间中心度代表一位作者位于整个网络中的“中间”的程度。如果一位作者处于多对作者中间的位置, 且度数较高, 则这位作者很可能起到了联系多位作者的“中介”作用。中间中心度越大, 则表示该作者对其他作者以及对科研资源的控制能力越强, 处于网络的核心位置<sup>[12]</sup>。用 UCINET 进行中间中心度分析, 对核心作者样本进行统计分析,

表 7 石墨烯领域核心作者合作网络中间中心度统计结果

作者	绝对中间中心度 ( Betweenness Centrality )	相对中间中心度 ( nBetweenness Centrality )
王茂章	406.50	1.77
杨全红	372.13	1.62
成会明	344.00	1.50
王刚	280.00	1.22
徐现刚	180.00	0.78
李峰	153.00	0.67
刘江	66.00	0.29
王璞	66.00	0.29
徐佳	66.00	0.29
杨永岗	58.00	0.25
.....	.....	.....
张新荔	0	0
张晓艳	0	0
李浩鹏	0	0
崔晓莉	0	0

结果如表 7 所示。

计算结果按照从高到低的顺序列出各核心作者的中间中心度, 正如表 7 的统计结果所示。中间中心度较高的 6 位作者分别为王茂章、杨全红、成会明、王刚、徐现刚和李峰。这些数据说明了作者在合著网络中处于连接位置的重要程度, 他们相对来说掌握着大量、广泛的网络信息资源。但是还有 182 位作者的中间中心度为 0, 占核心作者总数的 84.3%, 这些核心作者在科研过程中与其他核心作者之间的互动合作较少, 自身的独立性较强, 说明

石墨烯领域的大多数核心作者并不具备控制核心科研资源的能力。

### (3) 聚类系数分析

聚类系数可以描述作者合著网络中与同一作者相连的两位作者相互之间也相连的可能性<sup>[13]</sup>。对于石墨烯领域的核心作者,分析合作网络的聚类系数,可以得到合作网络的紧密程度。经 UCINET 运算得到该网络的聚类系数为 0.897,表明合作网络的聚集性比较明显,在网络中与同一位作者合作过的两个人进行合作的可能性为 89.7%。如此高的合作可能性,很大一部分是基于师生关系以及相同工作机构中的同事关系。对于其他不同机构、地域的作者,共同的研究方向也存在很多交流机会,也提高了合作的可能性。

综合以上三种方法的分析,结果表明,虽然我国石墨烯领域文献的合著程度比较高,但是核心作者群网络紧密程度不佳,核心作者之间的合作不够紧密;聚类系数较高,核心作者之间的合作趋势较为明显。建议核心作者之间多进行学科交流,通过强强联合,共同促进我国石墨烯研究领域的发展与进步。

## 4 结论

随着石墨烯领域研究的不断深入和其应用领域的持续拓展,分析并跟踪核心作者的研究对于学科发展具有积极的指导意义。本文首先根据领域内作者的发文量和累积被引量,利用普莱斯定律来进行核心作者的初选;再进一步利用综合指数法并设置阈值,对核心作者候选人进行筛选,确定石墨烯领域核心作者群,数据分析结果显示,通过此测评方法得到的结果更具有可靠性;最后从核心作者群的网络结构和关联程度对核心作者群进行成熟度测评。

数据分析显示了以下结果:(1)从发文量指标来看,石墨烯领域研究经历了起步期和增长期,目前正处于增长期阶段,显示出旺盛的生命力,我国将对石墨烯领域的研究更加重视;(2)我国石墨烯领域论文作者的合著率和合作度较高,说明我国在该领域的研究工作以合作研究为主,有利于促进该领域的发展与进步;(3)领域内核心作者群的网络密度较低,网络结构松散,且存在不少点度中心度和中间中心度为 0 的核心作者,说明核心作

者之间的合作关系有待加强;(4)核心作者合著网络的聚类系数较高,聚集性比较明显,作者之间的联系紧密程度有进一步加强的可能。综上所述,我国石墨烯研究领域核心作者群的构成还不够成熟。■

### 参考文献:

- [1] 科学网.2010年诺贝尔物理学奖揭晓[EB/OL].(2010-10-5)[2015-8-15].<http://news.sciencenet.cn/htmlnews/2010/10/238322.shtml>.
- [2] 金伟.《编辑学报》1995—2004年载文作者群统计分析[J].编辑学报,2006,18(1):78-80.
- [3] 段和平,史文海,俞立,等.探讨期刊论文发表数量和核心作者群的重要意义[J].临床荟萃,2004,19(8):480-481.
- [4] 杜秀杰,葛赵青,刘杨,等.基于著者索引的高效学报核心作者群分析[J].编辑学报,2006,18(5):366-368.
- [5] 张敏,沈雪乐.国际知识发现领域核心作者群成熟度分析[J].情报杂志,2014,33(8):111-116.
- [6] 安秀芬,王景文,黄晓鹏.《中国科技期刊研究》1990—2002年的载文分析[J].中国科技期刊研究,2003,14(3):264-267.
- [7] 李宗红.用综合指数法测评《编辑学报》的核心著者[J].编辑学报,2008,20(1):91-92.
- [8] Bornmann L, De Moya Anegon F, Leydesdorff L. Do scientific advancements lean on the shoulders of giants? a bibliometric investigation of the ortega hypothesis[J]. PLoS One, 2010, 5(10): 201-205.
- [9] 赵阳.《图书情报工作》1989—1996年载文、作者和引文的统计分析与评价[J].图书情报工作,1998(9):29-36.
- [10] 邱均平,詹卓.基于SNA的《中国图书馆学报》作者合作关系可视化研究[J].图书馆,2013(6):44-47.
- [11] 丁善敏.社会网络分析方法在合住网络中的应用——以天津师范大学化学学院为例[M].天津:天津师范大学,2012:25-26.
- [12] 刘军.社会网络分析导论[M].北京:社会科学文献出版社,2004:5-20.
- [13] 申超杰.改进的BA复杂网络模型度分布的演化[D].天津:河北工业大学,2007.

## Core Author Group's Maturity in Graphene Research Field of China

PENG Zhe, ZHENG Jia, FU Jun-ying, CAO Yan, ZHAO Yun-hua  
(Institute of Scientific and Technical Information of China, Beijing 100038)

**Abstract:** In order to explore the core author group's maturity in the graphene research field of China, Price's law is used to select candidate core authors, and then comprehensive index method is used to choose the core authors from the candidate core authors. Finally, structure maturity and relevance maturity are combined together to determine the core authors group's maturity. The results are shown below: graphene research field is fast developing; the literatures in graphene field of China are mainly based on cooperation; the network of core author group is unstructured; there is an increasing tendency in core authors network correlation.

**Key words:** graphene; core author group; comprehensive index method; social network analysis

---

---

(上接第 50 页)

## Enlightenment of the Rise of Tesla Motors on Enterprises' Overall Innovation

SU Nan, CHEN Zhi  
(Chinese Academy of Science and Technology for Development, Beijing 100038)

**Abstract:** Overall innovation with the core of S&T innovation is the key principle and content of innovation driven development. It is important to answer the question that how enterprises as main bodies of innovation do overall innovation and what kind of policies should be designed to support overall innovation. Tesla Motors is a fast rising company in electric vehicle industry, whose success relies not only on its internal overall innovation which includes innovation on technology, product, marketing channels and organization, but also on external innovation policies which include functional industry policy, incentive oriented policy, loan assistance and achievement oriented policy for attracting investment. This paper analyzes Tesla Motors as a case study and gets some implications for overall innovation.

**Key words:** U.S.; overall innovation; electric vehicle; Tesla Motors; functional policy