

# 高层次科技人才学术合作网络研究

## ——以2009年国家自然科学奖获得者为例

李大玲<sup>1</sup> 丁善敏<sup>2</sup>

(1. 中国科学技术信息研究所, 北京 100038; 2. 天津师范大学, 天津 300384)

**摘要:** 对2009年获得自然科学奖项目主要完成人的学术合作进行调研, 采用社会网络分析方法, 对主要完成人之间的合作关系、SCI论文合著情况、合作的规模和范围进行分析, 并通过合作网络平均路径和直径、网络合作度和度分布、聚类系数、网络密度和中心性、无标度特性等定量学术合作网络特性分析, 得出以下结论: 重大科学发现需要较长时间的沉淀; 整体合作网络为松散网络, 合作以机构内为主, 随着地域的扩展逐渐减弱; 学术合作网络存在三八原则; 合作网络度服从幂率分布。提出重视团队建设, 鼓励合作, 以及科研机构和科技人才不能急功近利, 应为科技人才的关系维护提供一定支持等建议。

**关键词:** 国家自然科学奖; SCI; 合作网络; 高层次科技人才; 学术合作

中图分类号: G316

文献标识码: A

DOI: 10.3772/j.issn.1674-1544.2011.05.011

## The research on the Academic Cooperation Network of High-level Talents

——From The National Awards for Natural Science (2009) Winners' Cooperation Perspective

Li Daling<sup>1</sup>, Ding Shanmin<sup>2</sup>

(1. Institute of Scientific and technical information of China, Beijing 100038;

2. Tianjin Normal University, Tianjin 300384)

**Abstract:** The development of big science requires the scientific cooperation of researchers. It has great significance to research the academic cooperative relationship of high-level scientific talents and reveal the academic cooperation characters. Researchers rewarded National Award for Natural Science is a main part of high-level talents. Based on document and cooperation data collection, the cooperative relationship of main completer of rewarded project, the co-author of SCI paper, the size and scope of cooperation are analyzed by social network method, some conclusions are drawn by the analysis of average path and diameter of cooperative network, the degree and degree distribution, clustering coefficient, the network density and centrality and scale-free feature, the conclusions include 1st Major scientific discoveries require longer time, 2nd the total academic cooperation network are loose are cooperation are mainly in certain organization and weaker when geographical expansion, 3rd, Three-Eight rules 4th the degree of academic cooperation network follows power-law distribution.

**Keywords:** national award for natural science, SCI, academic cooperation network, high-level scientific talents, academic cooperation

第一作者简介: 李大玲(1975-), 女, 博士, 中国科学技术信息研究所博士后, 研究方向: 科技人才学、知识管理、开放获取。

基金项目: 博士后基金项目“社会网络视角下高层次科技人才学术合作网络研究”(20100470390)。

收稿日期: 2011年8月10日。

## 1 引言

学术合作是科学工作者为了达到生产新的科学知识这一共同目的或实现各自的科研目标而进行的协同互助的科学活动,是研究者相互作用的一种强烈的形式,为有效交流以及智力、能力和资源的共享提供了前提<sup>[1-2]</sup>。这种国家及科研机构之间合作的大量增加是科学的内在动力以及科学政策措施作用的结果<sup>[3]</sup>。Laudel<sup>[4]</sup>把研究合作分为:①项目分工合作;②服务合作;③传递技巧;④提供研究设备的使用;⑤信赖评估;⑥相互促进。项目分工的合作结果之一是合著。从多著者论文在个体科学家以及科研院所或大专院校之间的合著数量的惊人增长,可以认为科学研究的学术论文具有一种广泛合作的特征。本文选取2009年获得自然科学奖项目主要完成人的合作为研究对象,以期发掘中国高层次科技人才的学术合作的特征。

## 2 获奖项目揭示的合作关系

在2009年国家自然科学奖获奖项目中,一等奖项目《中国植物志》的编研,主要完成人包括10人。9人均来自中国科学院系统,从10人的学习经历和工作经历分析发现,其中两位从1949年到1954年在同一高校具有共同的植物学方面的工作经历,这或许是其合作的根源之一。因此,可以认为在同一机构中的工作经历和共同的研究方向及各自学术上的互补关系是这些研究人员能够组织完成这个项目的重要基础。

二等奖获奖项目独立完成有4项,占总项目数的14.29%。主要完成人均来自于同一个单位的获奖项目有17项,占总项目数的60.7%。项目完成人为1人或均为同一单位的获奖项目占总项目数的74.99%,单位之间合作的项目仅占25.01%。通过分析6个单位间合作获奖项目主要完成人的工作、学习经历发现:项目成员之间的关系存在多样性,包括同事关系、师生关系、同学关系、校友关系等。项目以单位内合作为主。香港大陆地区合作较紧密。项目中由香港高校参与完成的有4个项目,其中独立完成项目1项,与内地高校或者研究机构合作完成3项。

## 3 学术合作团队的SCI论文合著关系

本文所采集的SCI论文的文献类型限定为article和review,为了避免重名的影响,采用多种作者名拼写方式与单位名和研究领域3个条件组合检索方式,共得到论文7309篇(检索日期截止到2011年5月24日),涉及到作者6110位。每一个合著者作为一个点,与其合作的其他作者之间建立一条连线,共得到1563678条连线。

### 3.1 获奖项目完成人发表论文概况

2009年自然科学奖获奖项目的108位主要完成人发表的SCI合著论文的总量情况如图1所示。

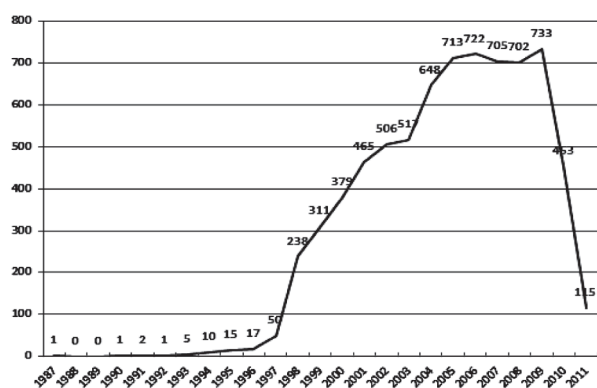


图1 2009年自然科学奖获奖项目主要完成人SCI论文统计

从图1可以看出,从1996年起获奖项目主要完成人发表SCI论文数量增幅较大,2006年开始趋于平稳。通过对2009年获自然科学奖的项目主要完成人与他人合著完成SCI论文的情况进行统计发现数量趋势与发表所有论文的描述特征差别不大。需要说明的是,由于出版周期以及2011年数据不全等因素,2010与2011年SCI总量有所下降,这是在所难免的。

关于获奖项目主要完成人发表SCI论文合著比率,表1仅列出合著论文所占比率不足100%的年份。数据显示获奖项目主要完成人以合著方式撰写的SCI论文为主流。学术合作一直不是一个人的行为,只有科学人才群体协作才能做出更大的成就,因此应该重视科学家之间的合作,并鼓励科研人才之间的合作。

### 3.2 合作规模

合作网络规模表示参与合作的主体的数量。合作的成员越多,则网络规模越大。网络

规模的大小对参与人之间的关系也存在一定的影响。2009年自然科学奖获奖项目主要完成人的学术论文各年合作规模的统计显示，合著人数集中在2人~7人之间，但是有不少论文合著者超过100人，100~200人的有34篇，集中在2000年~2006年，200~300人合著的论文有40篇，集中在2002年~2006年；有1篇论文合著者超过300人。

### 3.3 合作国家

2009年获奖项目主要完成人参与的SCI论文的作者以中国为主，达12883次，此外还包括45个国家，表2为合作的国家及合作次数情况。

从表2看出，与获奖项目主要完成人合作的前5个国家为美国(802人次)、日本(480人次)、德国(156人次)、英国(153人次)、澳大利亚(145人次)。其他国家合作次数均少于100次。

图2为逐年统计的合作国家情况。从图2可以看出，随着时间的推移获奖项目入选者通过论文方式合作的国家数量成直线上升趋势，2010年及2011年由于统计论文数量减少较多，所以合作

国家数量下降。

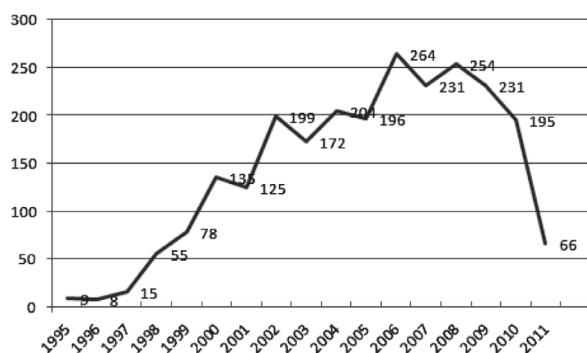


图2 逐年统计的合作国家

具体获奖项目主要完成人合著合作国家排在前6位的是19个国家、16个国家、11个国家、10个国家，其余均为8个国家以下。

### 3.4 合作范围

表3是2009年获得自然科学奖项目主要完成人SCI论文合著范围统计。从表中可以看出，同机构的合著率占40%，这与获奖项目完成人主要为同事合作关系具有一致性；省内合作与省级合作分别为28%和24%，国际合作较少仅占8%。

表1 合著论文占总论文的比率统计

年度	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2008	2011	合计
论文总数/篇	238	311	379	465	506	517	648	713	722	702	115	7309
合著论文/篇	235	308	374	460	501	509	638	704	714	697	114	7240
合著率	99%	99%	99%	99%	99%	98%	98%	99%	99%	99%	99%	99%

表2 合作的国家及合作次数统计

合作国家	合作次数	合作国家	合作次数	合作国家	合作次数
China	12883	Denmark	27	Jordan	5
USA	802	Spain	26	Ghana	5
Japan	480	Poland	24	Slovenia	3
Germany	156	Brazil	21	Cameroon	3
England	153	Sweden	17	Argentina	3
Australia	145	Finland	16	Chile	3
France	67	New Zealand	15	Croatia	3
North Ireland	62	Bangladesh	11	Thailand	3
Canada	55	Pakistan	11	Romania	2
Singapore	54	Switzerland	10	Bulgaria	2
South Korea	47	Portugal	10	Ireland	2
Italy	41	Russia	9	Malaysia	2
Scotland	32	India	9	Kuwait	2
Norway	31	Austria	7	Greece	1
Belgium	28	South Africa	6	Hungary	1

表3 主要完成人的SCI论文合著范围数据

合作形式		2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	合计
同机构合作	论文数/篇	7	4	9	27	17	33	34	19	30	43	223
	比例	1%	1%	2%	5%	3%	6%	6%	3%	5%	8%	40%
省内合作	论文数/篇	7	5	10	28	14	14	21	17	22	19	157
	比例	1%	1%	2%	5%	2%	2%	4%	3%	4%	3%	28%
省际合作	论文数/篇	7	3	11	14	18	8	10	14	26	25	136
	比例	1%	1%	2%	2%	3%	1%	2%	2%	5%	4%	24%
国际合作	论文数/篇	0	1	3	6	10	8	9	4	1	4	46
	比例	0%	0%	1%	1%	2%	1%	2%	1%	0%	1%	8%

这些数据显示, 获奖项目完成人合作完成的论文以国内合作占绝对优势。

#### 4 学术合作网络特性分析

为了在整体上把握2009年获得国家自然科学基金的项目主要负责人SCI论文合著网络的连接特性, 需要关注合著网络的一些宏观特性, 即一些与网络成员是如何连接、连接的数量以及成员之间的路径长度、信息传播的速度等问题相关的基本特性。网络的规模是一个非常重要的网络特征。一般情况下, 小型网络的成员彼此认识的机会要大于大型网络, 大型的连接要比小型网络松散。本文研究的对象是一个大型网络, 包含有6110个成员。这个网络在理论上应该是一个松散性的网络。事实是否如此, 对此进行了分析。

##### 4.1 合作网络平均路径和直径

网络中成员之间的距离是网络整体特性中一个非常重要的方面。对于距离较大的网络, 信息就需要很长时间才能在网络成员之间传播开来。对于距离较小的网络, 其网络连接也会相对较强, 也不会轻易被破坏, 因此会更稳定和可靠。

平均路径长度指任意两个节点之间距离的平均值。由于所建立的科研合著网络是一个不完全连通的网络, 在实际的计算过程中, 网络的L值为所有存在路径相连的节点对之间的平均最短距离, 求得平均路径  $L=3.10811$ 。

通过观察上述结果, 发现虽然网络规模很大, 节点数6110, 连线达到1563678条, 但最多只要经过3个人, 网络中的任意两位科研人员都能够建立合著关系。近几年来, 一些跨区域跨行业大型科研项目的进行、各种学术会议的召开, 以及多

种形式学术报告的举办都为科研人员之间的合作减少了障碍, 提供了更大的合作空间和更多的合作机会。在这样的环境之下, 经过比较少的环节将两位科研人员连接起来就成为很容易的事了。

另一个可以体现网络规模的是网络直径。网络直径是连通网络中最长的几何距离。网络的直径可以从另一方面告诉我们网络有多“大”。在网络中, 可达的最大组网络直径是8, 这意味着, 在这个最大组中要想连通任意一个科学家最多需要8步就可达到。

##### 4.2 网络合作度、度分布

度是一个节点所拥有的总连接数。一般来讲, 在网络中的位置越是接近中心, 在某种程度上也就有更高的度或更多的连接, 容易获得较有优势的位置, 也更有影响力。

度是网络节点属性中最简单且最重要的性质, 从直观上来看, 一个节点的度越大意味着这个节点越重要。在无向网络中, 度描述了与指定节点相连的边的数量, 该数量从某一方面体现了这个节点的“重要性”, 是节点中心性的标准测度之一。本研究对整个网络的平均度进行计算, 发现大部分节点度的度值都在2~10之间。

结点的度值只能用来分析某一个结点, 无法满足对网络进行整体分析的需要, 如果要考察网络中所有结点的度值, 还需要了解度的分布情况。度分布函数  $P(k)$  描述了任意结点的度恰好为  $k$  的概率。图3、图4分别为各节点的度分布和度分布的双对数图。

通过图形判断, 网络的度分布服从幂律分布。指数  $\gamma=1.2$ , 代表度分布的均匀程度, 指数越大表明分布越不均匀。2009年国家自然科学奖

入选项目的主要完成人合著网络度分布的双对数基本趋近于一条下降的直线,幂律分布曲线的尾部下降相对缓慢,这使得值很大的节点可以在网络中存在,因此在网络中存在少数度值很高的节点,而绝大部分节点的度值相对很低。也就是大部分人只拥有少数的合著作者,少数的作者拥有大量的合著作者。

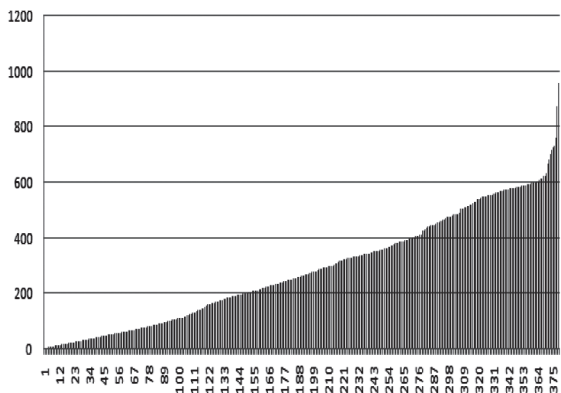


图3 各节点的度分布图

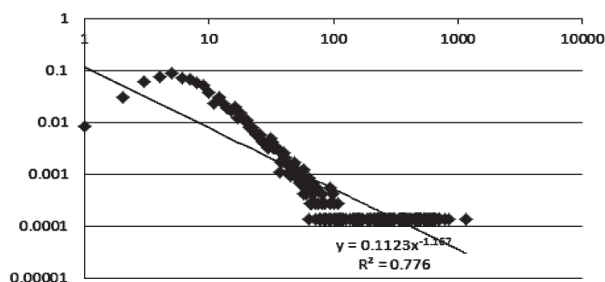


图4 度分布的双对数图

### 4.3 聚类系数

聚类系数描述了网络中与同一节点相连的两个节点也相连的可能性,也就是说拥有共同朋友的人彼此成为朋友的概率要高于随机找出的两个人。对于2009年国家自然科学奖合著网络的整个网络的聚类系数,即各个节点的平均聚类系数。经运算得到:聚类系数 $C=0.79359$ , $C$ 的值能够满足小于1,且小于 $O(N-1)$ 的条件,因此可以判断该网络具有明显的聚类效应。在实际网络中,聚类效应表现为与同一人合著过文章的两作者彼此合作的可能性,聚类系数高说明在网络中存在着一些团队,他们之间彼此熟悉,很容易形成合作关系。

### 4.4 网络的密度和中心性

网络密度描述网络中各节点之间联系的紧密程度。网络密度是网络中的连线数 LINKS 除以完整

网络所可能有的矢量数 VERTICES。2009年国家自然科学奖合著网络中共有1563678条连线,通过计算得出网络密度为0.04,说明该网络非常松散。

点度中心性、紧密中心性和中介中心性是计算中心性的3个方法。在合作网络中,点度中心性等等于一个作者所具有的合作者人数。因此,一个具有高点度中心性的作者必定与许多作者进行合作,意味着该作者是整个网络的核心人物。通过计算得出整体网络点度中间性仅为0.1491。如此低的点度中心性表示网络中的许多作者从未合作过。网络的中介中心性为0.1078,而由于网络中存在零散的未与最大的成分连接的合作对,不是一个强连接网络,因此整个网络的紧密中心性无法计算。

在实际的网络中,一个人用于维持某些关系的能力和是有限的,当付出的代价越来越大而回报逐渐减少时,会停止发展新的关系,对于大型网络来说更是如此。根据我们计算得到的数值可以了解到,在整个合著网络范围内的结点之间连接非常稀疏,没有普遍的、密切的交流关系。

通过前面的分析,发现合著网络具有较小的平均路径长度、较高的聚类系数和低网络密度。这3个特征参数表明,在实际网络中,由于网络规模较大,整体的连接非常稀疏,但局部网络的聚类系数比较高,平均路径长度比较短,说明网络中可能存在很多联系紧密的“小团体”,在团体内部,科研人员之间的联系非常紧密,形成了良好的合作关系,但团体之间的联系非常松散。

### 4.5 无标度特性

通常根据节点度的分布是否符合幂律分布来判定该网络是否具有无标度特性。通过合著网络的结点度分布图及双对数图可以知道,网络的度分布服从幂律分布 $P(k) \sim k^{-r}$ ( $k$ 是网络中某节点的度, $r$ 为幂律指数),幂指数为1.2,并且在双对数坐标系下是一条下降的直线,由此可以判断网络具有无标度特性。这意味着即使在相当多的节点都失效的情况下网络的交流仍然不会受到很大的影响。

## 5 结论及建议

### 5.1 重大科学发现需要较长时间的沉淀

2009年自然科学奖获奖项目主要完成人发

表 SCI 索引论文从 1998 年开始成高速上涨趋势, 2006 年开始趋于平稳, 3 年后获得国家自然科学奖。可以看出, 科技人才从潜心从事科学研究, 到开始发表较高水平的专业论文, 论文发表篇数达到一定量之后会趋于平稳。这说明科技人才要发现重要的科学现象、特性和规律, 并阐明科学理论和学术, 然后提出研究方法和手段, 解决关键性学术疑难问题或者实验技术难点, 以及对重要基础数据的系统收集和综合分析并得到认可需要较长时间的沉淀。因此, 国家制定鼓励科技人才潜心研究的科技政策, 科研机构要为科学研究人才潜心研究提供必须的条件, 对于科技人才的评价不能够急功近利, 在短时间内就要求科技人才取得大量的原创性的科研成果, 要根据科学发展的规律, 应当给科技人才一定的科技沉淀期。同时, 致力于从事科学事业的科研人员, 要耐得住寂寞, 坚持下去, 不能半途而废。

## 5.2 整体合作网络为松散网络, 合作以机构内为主, 随着地域的扩展逐渐减弱

合作规模反映出论文合著现象明显, 合著者人数总体比较稳定。2009 年国家自然科学奖合著网络密度和合作系数反映出该网络具有明显的聚类效应。合著网络具有较小的平均路径长度、较高的聚类系数和低网络密度。这表明在实际网络中, 由于网络规模较大, 整体的连接非常稀疏, 但局部网络的聚类系数比较高, 平均路径长度比较短, 说明网络中可能存在很多联系紧密的“小团体”, 在团体内部, 科研人员之间的联系非常紧密, 形成了良好的合作关系, 但团体之间的联系非常松散。

2009 年获得自然科学奖项目主要完成人的 SCI 论文同机构合作为主, 随着合作地域的扩大, 合作数量依次下降。中国为通讯作者国别的论文占 96%。说明我国科学研究依旧以国内为主。因此, 应该制定鼓励科技人才国内外合作的政策, 为科技人才广泛的国际合作提供必要的支持。

## 5.3 学术合作网络的三八原则

虽然网络规模很大, 整体合作网络较为松散, 但最多只要经过 3 个人, 网络中的任意两位科研人员都能够建立合著关系。可达的最大组的网络直径是 8, 这意味着, 在这个最大组中要想连通任意一个科学家最多需要 8 步就可达到。大

科学的发展, 跨区域、跨行业的大型科研项目的立项和实施以及多种学术界交流方式的出现, 为科技人才之间的合作提供了更大的合作空间和更多的合作机会和可能性。因此, 在高层次科技人才培养过程中, 应当重视本单位科技人才的团队发展, 同时为有潜力的科技人才提供更多对外交流和合作的机会。重视科学家之间的合作, 并鼓励科研人才之间的合作。分析发现学术合作具有多机构的特征, 应当鼓励本机构科技人才与外机构建立合作关系。

## 5.4 合作网络度服从幂律分布

由于网络的度分布服从幂律分布, 且 2009 年国家自然科学奖入选项目的主要完成人合著网络的度分布的双对数基本趋近于一条下降的直线, 幂律分布曲线的尾部下降相对缓慢, 因此在网络中存在少数度值很高的节点, 而绝大部分节点的度值相对很低。也就是大部分人只拥有少数的合著者, 少数的作者拥有大量的合著者。从社会资本的角度, 合作关系的维护与发展是为了在学术合作中获得回报。合作规模越大, 专家与其他人联系越广泛, 但一个人维持某些合作关系的能力和时间是有限的, 因此对于这些少数的有大量合作关系的科技人才的国内外合作关系维护需要来自机构和学术团队的支持。对于那些大部分具有少数合作关系的科技人才, 根据其研究领域和课题的要求, 鼓励其进行国际合作, 从而使我国的科研实力进一步提高, 达到甚至超过国际发达国家的水平。

## 参考文献

- [1] Cronin B. Invisible Colleges and Information Transfer: A Review and Commentary with Particular Reference to the Social Science[J]. Journal of Documentation, 1982, 38(3): 212-236.
- [2] Katz J S, Martin B R. What Is Research Collaboration? [J]. Research Policy, 1997(26): 1-18.
- [3] Heffner A G. Funded Research, Multiple Authorship and Subauthorship Collaboration in Four Disciplines[J]. Scientometrics, 1981(3): 5-12.
- [4] Laudel G. What Do We Measure by Co-authorship? [J]. Research Evaluation, 2002, 11(1): 3-15.