

· 科学论坛 ·

国家自然科学基金对创新领域的 资助项目统计与热点分析

高鹏斌¹ 任之光² 吴伟伟^{3*}

(1. 哈尔滨工业大学(威海)经济管理学院,威海 264209;

2. 国家自然科学基金委员会办公室,北京 100085;

3. 哈尔滨工业大学经济管理学院,哈尔滨 150001)

[摘要] 以1989—2015年国家自然科学基金对创新领域资助的项目为依据,对数量、经费、类型、依托单位和关键词进行统计分析,并利用社会网络分析方法对依托单位和关键词的关系网络以及关键词共现网络进行可视化分析。结果表明:创新领域得到多类型项目资助,在数量和经费上逐年增长;技术创新、非技术创新、协同创新、开放式创新、创新生态系统等成为研究热点;各主要依托单位依据学科特色在不同研究方向上形成优势;研究热点从仅仅关注企业技术创新,到注重非技术创新的研究以及与技术创新的融合,到注重依靠外部资源以及内外部协同,再到企业、产业和国家层面的扩展,同时还综合运用知识管理、生态学等多学科理论知识。

[关键词] 创新;国家自然科学基金;项目资助;研究热点;社会网络分析

自经济学家约瑟夫·熊彼特1912年在其著作《经济发展理论》中开创性地提出创新概念以来,相关议题一直受到学术界的广泛关注,在众多领域学者的不断探索下,从不同视角对创新理论进行重构。从20世纪90年代初英国学者克里斯托弗·弗里曼等开创的国家创新系统理论,到90年代中期美国学者亨利·埃茨科威兹等提出著名的三螺旋创新理论,到2003年美国学者亨利·切斯布朗提出的开放式创新理论,再到当前互联网背景下不断强调的商业模式创新理论,可以说创新在研究层面、研究范式等方面不断地得到丰富和完善。

科学基金制作为国家资助科学研究的主要方式,在科学和技术领域发挥着重要的推动作用^[1-3]。作为我国支持基础研究的重要渠道,国家自然科学基金(简称“科学基金”)自成立以来就在国家创新体系中扮演着重要角色,积极推动着学科发展和知识积累^[4-6]。因此对科学基金资助项目的研究有助于了解某一学科的发展动态和为科研选题提供导向,也有助于完善科学基金制度^[7]。基于科学基金的资

助项目,学者们尝试分析其在创新领域的影响。莫琦指出,科学基金从理论、环境和绩效三个方面对区域技术创新发挥作用^[8]。宋志红等的研究指出,在技术创新领域中,与没有获得科学基金资助的学者相比,获得资助的学者普遍是具有较高的科研产出^[9]。陈晓田等和杨列勋等曾相继对1989年以来科学基金对技术创新领域资助的情况和主要成果进行了总结^[10-11]。马卫华等还就科学基金和国家社会科学基金对技术创新领域的课题资助进行了比较研究,并从对象和主题比较了中美两国的情况^[12]。此外马卫华等还根据科学基金和国家社会科学基金的资助课题对合作创新的研究现状进行了分析^[13]。

尽管以往学者对科学基金在创新领域的资助情况进行了一定研究,但其在研究对象上局限于合作创新和技术创新,这显然缩小了创新内涵和研究边界,不能对该领域进行较为全面的剖析。此外,在研究方法上要么是定性地论述,要么在定量分析主题时更多依赖于以往研究结果进行较为主观的归类,

收稿日期:2016-08-22;修回日期:2016-09-27

* 通信作者,Email: wuweiwei@hit.edu.cn

这些都使得研究缺少客观标准做支撑。为此,本文旨在通过对以往各年度科学基金资助创新领域研究的情况进行分析,一方面采用客观和动态方法揭示当前国内在较为宽泛的创新领域研究的现状、规律和态势,另一方面也期望研究结论为相关研究提供些许参考。

1 数据来源与研究方法

有关创新领域的研究是科学基金资助的一个重要学科方向,国家自然科学基金委员会(简称“基金委”)管理科学部在多个五年规划中,将创新列为优先领域,管理科学二处的创新管理(G0203)和技术管理与技术经济(G0210)、管理科学三处的科技管理与政策(G0307)以及管理科学一处的知识管理(G0117)等代码均资助了包括重点项目在内的许多项目。本研究以科学基金共享服务网(<http://npsf.nsf.gov.cn/fundingProjectSearchAction.action>)提供的官方项目统计数据为基础,对各年度资助的项目从名称上以“创新”、“研发”等与创新相关的词汇进行筛选,从而获得创新领域得到资助的相关项目情况。

以搜集到的项目信息为基础数据,利用统计方法对历年项目的资助数量、资助经费、资助类型、依托单位、关键词等进行汇总,从总体以及不同时间段的变化情况进行分析。为了进一步剖析研究热点,采用社会网络分析方法进行两项研究:一是通过分析主要依托单位和高频关键词的从属关系网络,进而就各主要依托单位的优势方向进行研究;二是构

建关键词共现矩阵,通过探寻关键词的共现关系及其变化来分析研究热点及其演化。在具体分析的时候,主要借助科学计量学软件 Bibexcel 完成关键词频次的统计和关键词共现矩阵的构建,利用社会网络分析软件 Ucinet 和 Netdraw 进行网络可视化分析。

2 项目资助的分析结果

2.1 项目的资助数量和经费情况

根据资助项目的统计,从1989年起创新领域的研究陆续受到资助,截至2015年,各类资助项目累计1124项,累计批准经费40187.56万元,历年资助的项目数量、经费总额以及在管理科学部项目中的占比情况见图1和图2所示。

图1的结果显示,从1989—2015年间,科学基金对创新领域的资助项目数量和资助经费总额均有大幅度的增加。1989年的资助项目仅为6项,2015年则达到了133项,增加了21.2倍,年均增长率为12.66%。在资助项目增加的同时,资助经费的也有大幅增加,1989年仅为17.5万元,2015年则达到了5801.88万元,增加了330.5倍,年均增长率为25.01%。

根据图2的结果,创新领域的资助项目数随着管理科学部项目总数的增加而增加,其在管理科学部中所占的比例,除在上世纪90年代若干年份较小(低于3%)外,大部分基本保持在5%以上,个别年份还超过9%。

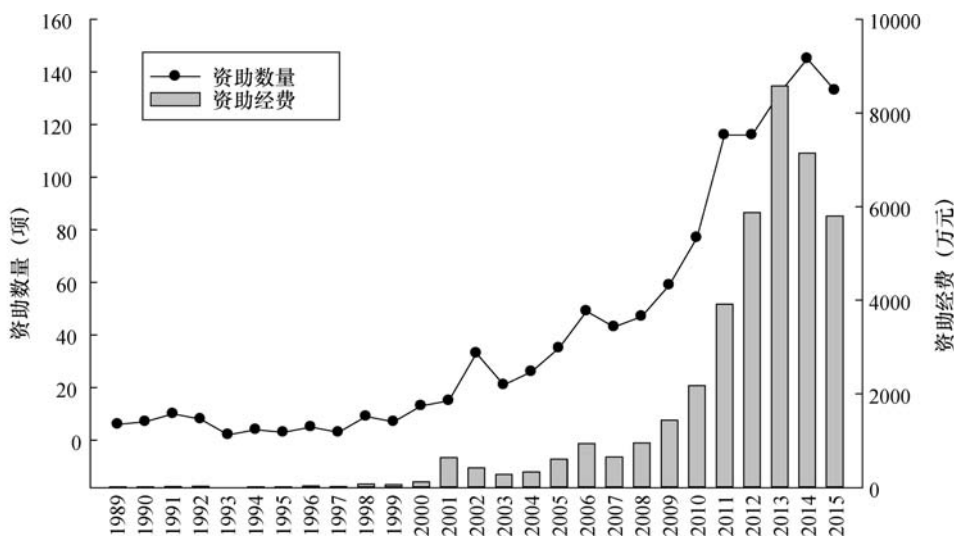


图1 创新领域各年度项目资助统计

2.2 项目的资助类型情况

在创新领域的资助项目数量和经费额度均大幅提升的前提下,各类资助项目也大体呈现增长趋势,主要资助类型的结果如图3所示。

科学基金的研究项目系列、人才项目系列和环境条件项目系列对创新领域的研究均有资助。图3的结果显示,在研究项目系列中,面上项目的资助数量从1989年的6项增加到2015年的64项,增加了9.67倍。重点项目从2005年的1项增加到2015年的5项,增加了4倍。在人才项目系列中,青年科学基金项目的资助数量从1990年的1项增加到2015年的48项,增加了47倍;地区科学

基金项目的资助数量从1994年的1项增加到2015年的15项,增加了14倍。国际(地区)合作与交流项目的资助数量从2002年的3项增加到2015年的7项,增加了1.33倍。此外,其他类型的项目资助数量较少变化不是很明显,因此未在图中显示。

2.3 项目的依托单位情况

从1989—2015年间,共有212家依托单位承担了创新领域的1124项课题,其中承担10项以上课题的有33家,总共承担了652项课题,占总项目数的58%,具体情况如图4所示。

图4的结果显示,承担项目数量最多的依托单

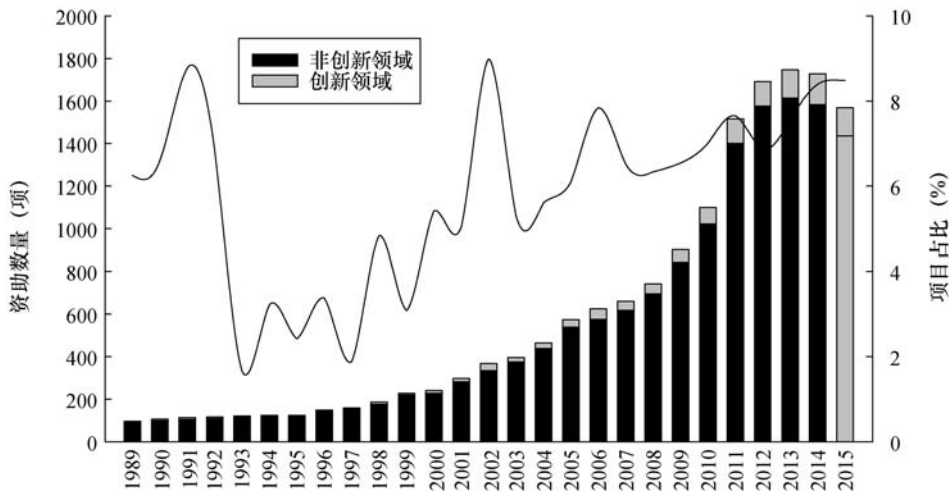


图2 各年度创新领域资助项目在管理科学部所占比例

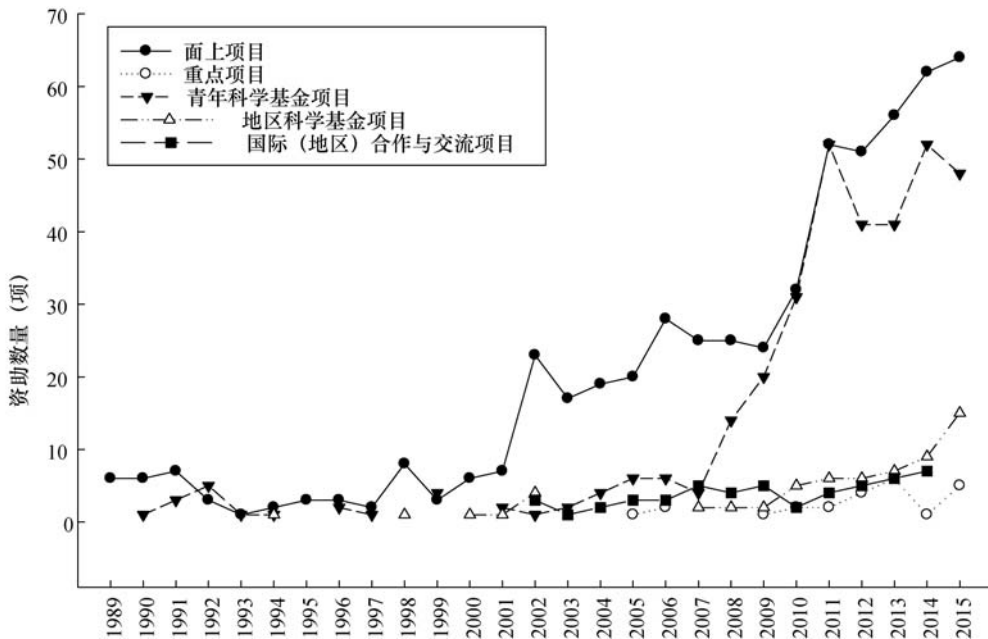


图3 创新领域各年度项目资助的主要类型

位是浙江大学,共64项,紧随其后的是清华大学和西安交通大学,分别为56项和51项。承担20—30项课题的单位有上海交通大学、大连理工大学、复旦大学、中国人民大学、哈尔滨工业大学、华中科技大学和南京大学。而其他23家依托单位承担的项目数量大体相当,在10—20项之间。

此外,图4还显示了1989—1997年、1998—2006年和2007—2015年期间各依托单位承担项目的情况,其中浙江大学、清华大学、西安交通大学、上海交通大学、复旦大学、哈尔滨工业大学、华中科技大学、武汉大学、北京航空航天大学、北京理工大学、华南理工大学、武汉理工大学、上海大学、同济大学和北京大学这15家依托单位在3个时间段均获得项目资助,说明以上单位在创新领域的研究具有持续的影响力。而其余单位则未能表现出类似的持续性,只是在部分时间段具有影响力,其中南京邮电大学、江西财经大学和北京科技大学这3家依托单位只是在2007年以后获得项目资助,剩余的15家大多也是自1998年后才获得资助。

3 研究热点的分析结果

3.1 高频关键词及其变化情况

为了揭示资助领域的研究热点,以各资助项目

提供的关键词为依据进行分析。在收集到的1124项资助项目中,有51项未能提供关键词,其余的1073项共提供4664个关键词。对这些关键词进行统计,共提取2726个关键词,其中出现频次大于10的关键词有39个,累计出现频次952,占总频次的19.8%,因此这些高频词汇能够代表当前创新领域的研究热点,其出现的总频次以及在各时间段的分布情况见表1所示。

根据表1的结果,可以看出近年来科学基金对创新领域的资助热点:(1)从创新类型来看,已经涵盖了技术创新、组织创新、制度创新、管理创新、服务创新、产品创新、研究与开发、新产品开发等主流的创新类型,同时还有中国特色的自主创新;(2)从创新层面来看,不仅涉及企业自身,也关注企业和其他创新主体的相互作用,如协同创新、合作创新、产学研合作、战略联盟、开放式创新、创新生态系统等;(3)从研究视角来看,注重知识在创新中的作用,涉及知识管理、吸收能力、知识转移、知识创新、知识共享、组织学习等;(4)从研究内容来看,涉及能力、绩效、网络、模式、机制和政策等;(5)从研究方法来看,主要以案例、实证研究为主;(6)从研究对象来看,比较重视跨国企业和中小企业。

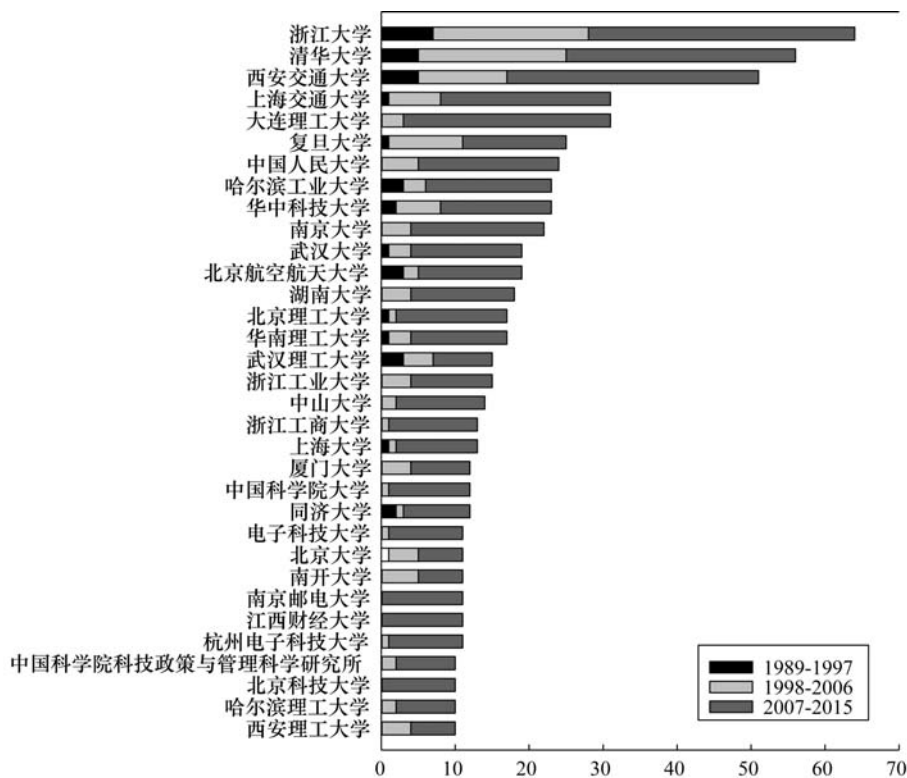


图4 创新领域承担项目数量排名前列的依托单位

表1 高频关键词及其在不同时期的分布情况

排序	关键词	总计	1989— 1997年	1998— 2006年	2007— 2015年
1	技术创新	153	22	43	88
2	创新绩效	68	/	6	62
3	自主创新	58	/	14	44
4	创新	56	1	12	43
5	创新能力	41	/	6	35
6	协同创新	39	/	1	38
7	创新网络	38	/	4	34
8	新产品开发	37	5	9	23
9	开放式创新	28	/	2	26
10	组织创新	21	2	5	14
11	中小企业	19	/	5	14
12	知识转移	19	/	5	14
13	制度创新	19	1	9	9
14	商业模式创新	18	/	3	15
15	管理创新	17	3	4	10
16	服务创新	17	/	2	15
17	产品创新	16	/	4	12
18	吸收能力	15	/	3	12
19	创新生态系统	15	/	/	15
20	知识管理	15	/	4	11
21	企业创新	14	/	/	14
22	知识创新	13	/	3	10
23	知识共享	13	/	5	8
24	机制	13	1	3	9
25	创新模式	13	1	6	6
26	协同	12	/	3	9
27	合作创新	12	/	1	11
28	演化	11	/	/	11
29	组织学习	11	/	2	9
30	研究与开发	11	1	2	8
31	产学研合作	11	/	1	10
32	实证研究	11	/	2	9
33	战略联盟	11	/	1	10
34	案例研究	10	/	3	7
35	演化机理	10	/	/	10
36	知识产权	10	/	3	7
37	绩效	10	/	2	8
38	创新政策	10	/	1	9
39	跨国公司	10	/	5	5

此外,表1结果还表明,不同时期所关注的内容有所差别:(1)以技术创新、组织创新、管理创新、新产品开发、研究与开发为代表的传统创新领域一直得到资助,也表明其在创新研究中始终居于主流地

位;(2)以创新生态系统、演化等为代表的研究在2007年以后开始受到资助,因此其代表了新的研究方向;(3)在创新绩效、创新能力、创新网络、开放式创新、商业模式创新、服务创新、组织学习等方面的研究在1998年以后陆续得到资助,而且近年来也呈现出不断增长的趋势。

3.2 依托单位和关键词的从属关系网络分析

依托单位在科学基金管理体系中发挥着支撑、协调、管理、服务的重要作用^[14]。作为科学基金项目的实施主体,由于其在学科体系和发展重点上差异,因此在某一领域的具体研究方向上会有所不同。为了分析依托单位在创新领域研究中的侧重,构建依托单位和关键词的从属关系网络,通过社会网络分析方法加以研究。

具体分析的时候,选择获资助项目超过10项的前33位依托单位和出现频次超过10次的前39名高频关键词构建从属关系网络,具体结果如图5所示。在从属关系网络中,方形的关节点代表高频关键词,圆形的关节点代表依托单位,节点的大小由依托单位或高频关键词度数中心度的大小表示,点越大说明与该点存在关联关系的其他节点越多。节点之间的连线及其粗细程度代表依托单位和高频关键词是否有关联以及关联的强弱。

根据图5的结果,相比边缘部分的节点,中间部分的节点较大,且节点之间的连线也较粗,说明中间部分的依托单位和关键词不仅频次高,而且其联系更多,研究方向更接近。

从图5的结果可以看出各依托单位在创新领域的研究优势:

(1)多个依托单位具有优势的研究方向。在技术创新方面,以浙江大学、西安交通大学、清华大学、上海交通大学、哈尔滨工业大学等单位为主要代表;在自主创新方面,则以浙江大学、西安交通大学、哈尔滨工业大学等单位为主要代表;开放式创新方面以浙江大学和北京理工大学为主要代表;新产品开发方面以西安交通大学和浙江大学为主要代表;创新网络方面的代表是清华大学、西安理工大学和浙江工业大学;创新能力是杭州电子科技大学、清华大学和浙江大学为代表;创新绩效的代表是北京理工大学、南京邮电大学、上海交通大学、西安交通大学和浙江工业大学;知识共享方面以西安交通大学和复旦大学为代表。

(2)单一依托单位具有优势的研究方向。案例研究方面的代表是大连理工大学;知识创新方面的

代表是武汉大学；知识转移方面的代表是西安交通大学；创新生态系统方面的代表是湖南大学；服务创新方面的代表是华南理工大学；管理创新方面的代表是大连理工大学；制度创新方面的代表是浙江大学；中小企业方面的代表是浙江工业大学；组织创新的代表是中国人民大学；商业模式创新的代表是厦门大学。

(3) 依托单位不具有优势的研究方向。位于网络图边缘的研究热点，例如协同创新、产品创新、吸收能力、知识管理、创新模式、合作创新、组织学习、研究与开发、产学研合作、战略联盟、知识产权、创新政策等，虽然也得到多个依托单位的关注，但由于单位之间的差距不大，因此未能出现较有优势的依托单位。

3.3 关键词共现网络分析

在科学计量学中，关键词共现法旨在通过分析关键词共现的频次来寻找关系相似的词组，进而识别主题和结构特征等^[15]。因此本文主要通过分析关键词共现关系的变化来识别研究热点的变化趋势。

为了从动态角度分析创新领域研究热点的变化，将整个研究分为 1989—1997 年、1998—2006 年和 2007—2015 年 3 个阶段，以各阶段的关键词为基础，利用 Bibexcel 软件构建关键词共现矩阵，并通过社会网络分析软件 Netdraw 进行可视化分析。在共现网络中，关联节点代表关键词，节点的大小由关键词度数中心度的大小表示，点越大说明与该关键词

词存在关联的其他关键词越多。节点之间的连线及其粗细程度代表关键词之间是否有关联以及关联的强弱。

由于 3 个阶段的研究项目数量差别较大(分别为 48、208 和 868 项)，因此在选择关键词的时候进行适当平衡，即第一阶段选择频次大于 1 的 65 个关键词(可视化展示共现频次大于等于 1 的关键词组合)，第二个阶段选择频次大于 2 的 77 个关键词(可视化展示共现频次大于等于 1 的关键词组合)，第三个阶段选择频次大于 3 的 210 个关键词(可视化展示共线频次大于等于 2 的关键词组合)，最终结果如图 6、图 7 和图 8 所示。

从图 6 所示的共现网络中可以看出：(1) 技术创新位于网络的中心位置，说明其是本阶段的研究重点；(2) 在高频关键词之间，仅技术创新和制度创新有一次关联，而其他组织创新、研究与开发等高频关键词并未和技术创新有所关联，而且频次不高。此外其他关键词之间也没有较多关联，说明在本阶段，研究的数量不仅少而且大多较为分散，未能形成合力。

从图 7 的共现网络中可以看出：(1) 技术创新位于网络的中心位置，说明是本阶段的研究重点；(2) 共现频次较高的关键词组合有两种类型。一是包括技术创新和中小企业、新产品开发和知识管理、新产品开发和协同、创新和绩效、中小企业和创新网络等高频词汇，这说明该阶段比较注重中小企业技术创新和创新网络，注重从知识管理和协同

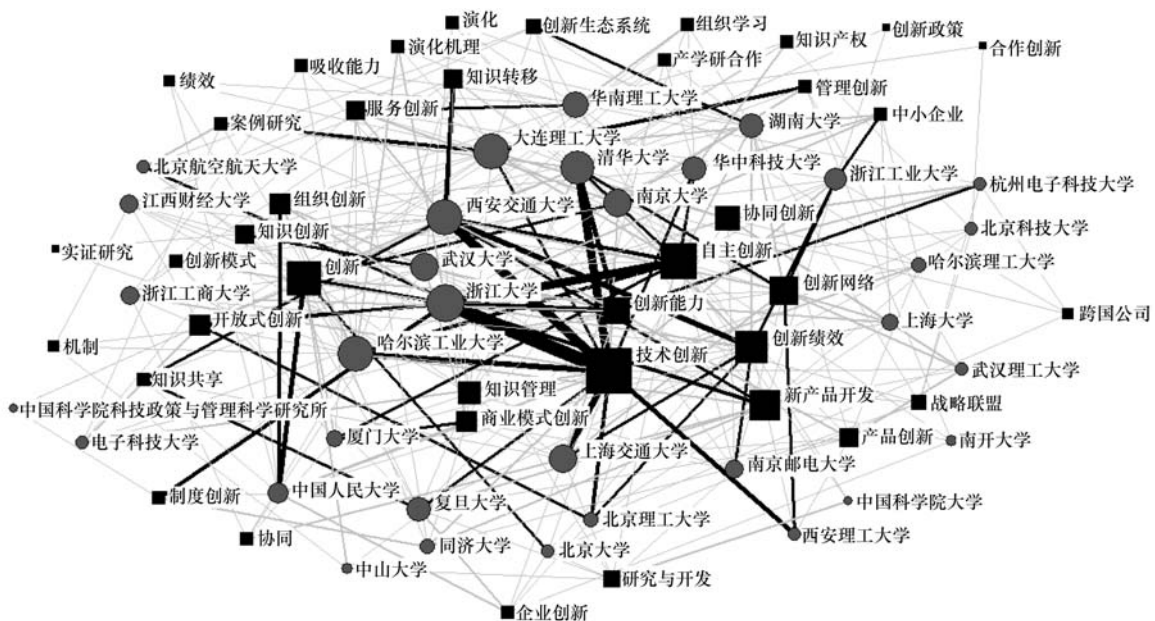


图 5 依托单位和关键词的从属关系网络



图8 2007—2015年间的关键词共现网络

从图8所示的共现网络可以看出：(1) 技术创新位于网络中心，依然代表研究重点；(2) 共现频次较高的关键词组合也有两种类型。一是包括技术创新和管理创新、技术创新和战略联盟、创新能力和演化机理、产学研合作和协同创新、自主创新和知识产权、组织学习和创新绩效等共现频次较多的高频词汇，说明本阶段的研究注重多种创新的融合、注重从组织学习角度提升创新绩效、创新能力的演化，此外还注重自主创新的知识产权问题。二是包括技术创新和影响机理、技术创新和作用机理、技术创新和分布式创新、创新生态系统和高科技企业、战略联盟和产业技术创新等共现频次较多的高频关键词和非高频关键词，说明该阶段比较侧重深入分析技术创新的内在机理和分布式技术创新，此外也善于从生态系统角度分析高科技企业创新和从联盟角度分析产业技术创新的实施；(3) 诸如吸收能力、开放式创新、知识管理、知识转移、服务创新、实证研究、新产品开发等高频关键词，以及国家创新体系、创新管理、风险管理、产业集群、国际化等词汇，虽然出现频次较高能够广泛关注，但是研究也相对分散；(4) 其他关键词频次较低且关联较少，因此也未能形成主流。

4 结束语

通过研究历年科学基金对创新领域的资助情况，得出以下结论：(1) 在资助数量和经费上呈现逐年增长的趋势，且在管理科学部中所占的比重相对

稳定；(2) 资助涉及较多类型，其中面上项目、青年科学基金项目 and 地区科学基金项目增长趋势明显；(3) 获资助的依托单位中排名靠前的是浙江大学、西安交通大学、清华大学、上海交通大学等高校，这些高校是管理学科建设完整且综合排名比较靠前，因此代表了其研究实力；(4) 依托单位和关键词的从属关系网络表明，在技术创新、新产品开发、创新能力等传统方向具有优势的高校较多，在创新生态系统、商业模式创新、管理创新、组织创新等方向部分高校优势明显，其他方向大多数高校实力相当；(5) 关键词共现网络表明，技术创新历来是学者关注重点，且随着时间推移，学者们开始逐渐探究技术创新的内在运行机理、注重非技术创新的研究以及与技术创新的融合、转向依靠外部网络和资源以及内外部的协同来研究创新活动的实施、从局限于企业内部发展到产业和国家层面、同时还借助知识、生态等多学科理论等。

此外，根据许振亮等的研究，国际技术创新领域的研究主题包括：基于演化视角的国家与产业创新系统、企业及产业的内生技术创新、基于演化视角的产业及企业创新与其成长、基于演化视角的产业及企业创新与知识管理的关系、创新与知识溢出、开放式创新范式下的产业及企业研发与其成长、产品创新绩效与知识管理的关系、基于动态能力的产业及企业创新与组织环境的关系等^[16]，这和本研究的结论比较吻合，这也表明国内创新领域的研究在一定程度上是和国际研究保持一致的。

本文对科学基金资助创新领域的项目进行的分析,不仅是对以往资助情况的汇总,而且区别于以往学者的研究,在研究热点的动态和综合分析方面更为深入和完善,以便更好地了解创新领域的发展态势,对相关研究是具有一定的借鉴意义和参考价值的。但是本研究也存在一定的局限性:首先,由于重点关注研究热点及其动态变化,因此对基金各类项目的资助强度、经费等更为细致的信息未能予以统计分析;其次,由于在官方统计中部分资助项目没有提供关键词,因此在一定程度上影响了分析的精度;最后,未能对科学基金和其他机构的资助情况进行系统比较,也没有从论文等方面分析科学基金项目资助的产出情况等,这些期望在在后续的研究中予以完善和扩展。

致谢 本文工作得到国家自然科学基金(项目编号:71472055)资助,特此致谢。

参 考 文 献

- [1] 杨卫. 把握新常态 增强原动力 不断提升我国源头创新整体水平. 中国科学基金, 2015(3): 163—166.
- [2] 许治, 吴辉凡. 中国基础研究投入的协调机制——以医学领域重大原始创新为例的探讨. 公共管理学报, 2008, 5(1): 68—75.
- [3] 张霞, 盛正卯. 重大原始创新与科学基金资助相关性分析. 科技进步与对策, 2006, 23(1): 114—116.
- [4] 陈建新, 马强. 论科学基金制在我国创新体系中的地位和作用. 中国软科学, 2001(08): 43—48.
- [5] 韩宇, 赵学文, 赵黎明. 从国家创新系统视角看国家自然科学基金的发展战略. 中国软科学, 2002(03): 80—84.
- [6] 王文春, 王清芬, 王慧. 从自然科学基金的分布看中国创新体系结构. 科技进步与对策, 2009, 26(04): 13—15.
- [7] 缪园, 张伟倩, 李媛. 国内管理科学与工程研究热点以及发展趋势——近年国家自然科学基金资助项目的非线性分析. 科学学与科学技术管理, 2007, 28(10): 115—119.
- [8] 莫琦. 国家自然科学基金对区域技术创新的作用研究. 生产力研究, 2009(24): 112—114.
- [9] 宋志红, 郭艳新, 李冬梅. 科学基金资助提高科研产出了吗? ——基于倾向得分分层法的实证研究. 科学学研究, 2016, 34(1): 116—121.
- [10] 陈晓田, 杨列勋. 技术创新研究十年总结. 中国软科学, 1998(08): 37—39.
- [11] 杨列勋, 陈晓田. 科学基金资助技术创新研究综述. 中国科学基金, 2002, 16(04): 244—246.
- [12] 马卫华, 李雅雯, 许治. 中国技术创新研究——基于国家科学基金资助课题分析. 科研管理, 2014, 35(07): 1—12.
- [13] 马卫华, 李雅雯. 合作创新关注与研究——基于国家科学基金资助课题和期刊文献的分析. 科学学与科学技术管理, 2015, 36(12): 39—51.
- [14] 褚怡春, 杨永华, 毕建新, 等. 中美科学基金依托单位管理模式的比较研究. 中国科学基金, 2015(4): 277—284.
- [15] Yan BN, Lee TS, Lee TP. Mapping the intellectual structure of the Internet of Things (IoT) field (2000—2014): a co-word analysis. Scientometrics, 2015, 105(2): 1285—1300.
- [16] 许振亮, 郭晓川. 国际技术创新研究前沿领域的知识图谱分析——作者共被引网络与聚类分析视角. 科学学研究, 2011, 29(11): 1625—1637.

Statistics on the projects of National Natural Science Foundation in innovation field and analysis on the research hotspots

Gao Pengbin¹ Ren Zhiguang² Wu Weiwei^{3*}

(1. School of Economics and Management, Harbin Institute of Technology, Weihai 264209;

2. National Natural Science Foundation of China, Beijing 100085;

3. School of Economics and Management, Harbin Institute of Technology, Harbin 150001)

Abstract Based on the funding projects of National Natural Science Foundation in innovation field during 1989—2015, we summarize the number, type, institutions and keywords, and uses social network analysis approach to analyze the relationship network about institution-keywords and the keywords co-occurrence network. The results show that innovation projects were funded in many types, and the numbers and funds of projects were increasing year by year. Technological innovation, non-technological innovation, synergy innovation, open innovation and innovation ecosystem have become the research hotspots. Based on the characteristics of subjects, the main supporting units can generate advantages in some research area. The research hotspots have changed from just focusing on firms' technological innovation to the non-technological innovation and the integration of technology and non-technological innovation, to relying on external resources and integration of internal and external resources, to extending to the industrial and national level, and to using the theories of knowledge management, ecology and other disciplines.

Key words innovation; NSCF; funding projects; research hotspots; social network analysis