

企业牵头创新联合体： 现状、问题及对策研究

操友根，任声策，杜梅

(同济大学上海国际知识产权学院，上海 200092)

摘要：以上海市2015—2019年科学技术进步奖项目为研究样本，总体研判企业牵头创新联合体的发展趋势，从创新主体规模、牵头企业性质和技术领域分布3个维度刻画企业牵头创新联合体的基本特征，并运用社会网络分析方法剖析企业牵头创新联合体区域合作网络与机构合作网络的时空演化规律。研究结果表明，上海企业牵头创新联合体数量呈稳步增长趋势，合作网络向复杂化、综合性方向演化；合作网络发育程度存在行业异质性；创新主体之间合作呈现不均衡性，企业与高校占据核心层主要地位，科研院所作用逐渐弱化；国有企业牵头合作创新占据大多数，民营企业占比处于较低水平。研究建议提出应从主体构成及区域分布、协同水平、产业布局、牵头企业性质方面持续巩固与加强，以发挥企业牵头创新联合体在市场需求、集成创新和组织平台方面的优势。

关键词：创新联合体；科技进步奖；合作网络

中图分类号：F224.32；F124.30 **文献标识码：**A

DOI:10.13580/j.cnki.fstc.2023.07.022

Enterprise-Led Innovation Consortium: Current Situation , Problems and Countermeasures

Cao Yougen , Ren Shengce , Du Mei

(Shanghai International College of Intellectual Property , Tongji University , Shanghai 200092 , China)

Abstract: Taking the Shanghai Science and Technology Progress Award project from 2015 to 2019 as the research sample , this paper judges the development trend of enterprise-led innovation consortium , and analyzes the basic characteristics of enterprise-led innovation consortium from three dimensions including the scale of innovation entities , the nature of the leading enterprises and the distribution of technology fields. Using social network analysis method , this paper explores the spatio-temporal evolution mechanism of institutional cooperation network and regional cooperation network in Shanghai enterprise-led innovation consortium. The results show that the number of innovation consortia led by Shanghai enterprises is increasing steadily , and the cooperation network is evolving in a complex and comprehensive direction. There is industry heterogeneity in the degree of cooperation network development , and the cooperation among innovation entities is unbalanced. While enterprises and universities occupy the main position at the core layer , the role of scientific research

基金项目：国家自然科学基金项目“竞争互动视角下企业专利诉讼的时间策略选择机理研究”(72072129)，中央高校基本科研业务费专项资金“支撑和引领新发展格局的高质量创新研究”(22120210242)。

收稿日期：2022-06-16

作者简介：操友根(1992—)，男，安徽安庆人，博士研究生，研究方向为数字、创新与知识产权管理。

通信作者：任声策

institutes is gradually weakened. State-owned enterprises take the lead in cooperative innovation, and the proportion of private enterprises is at a low level. The research suggests that the innovation consortium network composition and regional distribution, synergy level, industrial layout, and the nature of the leading enterprise should be continuously consolidated and strengthened, so as to give full play to the advantages of the new consortium in terms of market demand, integrated innovation and organizational platform.

Key words: Innovation consortium; Science and Technology Progress Award; Cooperation network

0 引言

随着国际形势和全球创新格局剧变,如何突破关键核心技术障碍,增强创新主体原始创新能力,提升产业链和创新链安全性,保障自主可控的高质量科技供给,成为中国转向高质量发展阶段面临的重大考验。而制约关键核心技术突破的关键障碍之一在于产业链与创新链协同整合度不够,使得创新链不足以支撑产业链,产业链缺乏共性技术研发^[1];同时关键核心技术日益呈现出高投入与长周期、知识复杂性和嵌入性、国际核心系统与部件市场的寡头垄断,以及商用生态依赖等特点^[2],单一科研主体难以完成一项复杂技术的创新和应用,越来越亟需一种以产业为导向,双链耦合的新型创新联合攻关模式。

现有创新联合攻关模式如企业研发联盟、研究联合体及产学研合作等以松散耦合、市场驱动和经济利益导向为主,难以适应当前形势下产业发展对关键核心技术突破的需要。企业研发联盟普遍存在“短视”缺陷,研发目标锁定为短期的竞争前研发项目^[3];研究联合体局限于大型企业间合作^[4],其稳定性极易受到机会主义、道德风险和逆向选择等问题影响^[5-6];产学研合作通常依托于高校或科研院所,因而,企业创新积极性不高,未能成为创新决策、研发投入、科研组织及成果转化的主体^[7]。并且,产学研合作因对产业需求关注不够、激励不相容、管理不规范等问题导致各主体间、各环节间合作脱节^[8]。

由龙头或领军企业牵头组建的创新联合体是对现有创新联合攻关模式的进一步发展,可以有效解决产业发展中的关键核心技术问题,是促进产学研深度协同和科技创新成果转化的有效途径和组织模式^[9-10]。《中华人民共和国国民经济和社会发展第十四个五年规划和2035年远景目标纲要》明确提出要支持企业牵头组建创新联合体,承担国家重大科技项目。企业牵头创新联合体模式具有3个新优势。首先,更强调要确立企业在合作中的创新主体地位,

坚持市场导向,发挥市场机制作用^[9]。其次,着重依靠龙头和领军企业牵头,有利于把握关键核心技术的前沿导向,且龙头企业自身具有较强的研发领导与抗风险能力,有助于带动整个创新链技术水平的提升。最后,突显政府大布局 and 先引导功能,推动创新联合体调动各类优势资源,承担国家或产业重大科技攻关项目^[11]。

回顾文献发现,企业牵头创新联合体作为新概念,其内涵与特征尚处于探索阶段。白京羽等^[10]认为创新联合体是不同于战略联盟、产学研合作等形式的实体组织或有股权关系的新联盟。郭菊娥等^[9]提出应从创新链与创新生态系统视角理解创新联合体。尹西明等^[12]强调应从国家战略背景考虑创新联合体的崭新内涵,引入高能级创新联合体概念,并将其界定为主要由国家战略科技力量牵引、多元主体协同整合而成的创新组织形态。其他学者对创新联合体构建路径^[13-14]、组织模式^[15]、动力机制^[10]等进行了初步探讨。然而,尚未有研究对企业牵头创新联合体及其合作网络的现实特征、演化趋势以及内在规律等进行探讨。

鉴于既有理论研究的缺口,同时在实践层面,各省市都在积极鼓励企业牵头组建创新联合体,如江苏省“新能源光伏”“新能源汽车”“新材料产业”产业创新联合体、湖北省“智能建造科技创新联合体”以及多省跨区域“绿色除草剂创新联合体”等。为深化学界对企业牵头创新联合体的认识,并为实践发展提供理论支撑和行动指导,本文以上海市科技奖励办公室公布的2015—2019年科学技术进步奖获奖项目为研究样本,在总体分析企业牵头创新联合体发展趋势和基本特征的基础上,从机构合作与区域合作两个维度剖析企业牵头创新联合体合作网络的时空演化规律,进而提出促进企业牵头创新联合体发展的对策建议。

1 数据来源与研究方法

1.1 样本选择与标准

科学技术奖是国家和各省市科技奖励体系的

重要组成部分,能够反映出技术创新的研究动态^[16]。科学技术奖主要包括自然科学奖、技术发明奖和科学技术进步奖。本文以2015—2019年上海市科技进步奖获奖项目为样本考察企业牵头创新联合体合作的特征及网络时空演变,样本选择标准包括以下2项。

(1)从创新联合体概念内涵看,区别于已有创新联合攻关模式,企业牵头创新联合体特别要求由龙头或科技领军企业主导,有组织地推进事关国计民生、国家安全、科技核心竞争力的基础研究和重大科技创新任务。这一概念内涵突显企业创新主体地位,并着重强调强化国家战略科技力量的新要求^[12]。2015—2019年科学技术进步奖数据统计结果显示,在申报项目中,26%的项目是由龙头或领军企业牵头,联合高校或科研院所或其他企业完成。62%的项目来源于国家和部委重大科技项目或省市自治区委托课题,致力于解决制约产业发展的重大技术难题。而且,27%的项目在成果创新上达到国际首创水平,67%的项目在评奖前3年连续盈利,3年利润均值为10205万元。这些数据表明科学技术进步奖项目非常适合用于企业牵头创新联合体研究。

(2)从创新联合体运行保障看,已有研究^[17]表明,随着开放创新范式兴起,产学研合作发展过程中滋生大量形式主义,如企业、高校、科研院所出于争取科研经费目的而联合,当取得项目后各主体仍单独行动,实质性合作创新较少。然而,作为上海科学领域最关键的奖项之一,上海市科学技术进步奖在项目遴选时,对项目的创新性、成果形式、生产经营和经济效益等方面具有严格的要求,因此,被授奖的企业牵头创新联合体更加具有先进性和代表性,避免了“空壳”创新联合体情况。

1.2 数据来源与处理

本文从上海市科学技术奖励办公室获取到2015—2019年1277项科技进步奖获奖名录,主要包括奖励类别、奖励等级、技术领域、项目名称、完成人、完成单位等基础数据,数据处理过程包括以下4个步骤。

(1)在选择企业牵头创新联合体合作数据时,剔除单独获奖项目,仅选择企业牵头的两个以上单位合作的获奖项目,最终样本包含205项科技进步奖获奖项目。

(2)按照高校、科研院所、企业和政府分类方

式对获奖项目完成单位类别进行编码。遵循韩增林等^[18]提出的编码原则,如果完成单位中包含“大学、学院、学校”等记为高校;包含“研究院、研究所、研究中心、实验室、医院”等记为科研院所;包含“公司、集团、企业、矿、厂”等记为企业;包含“政府、部、局、委员会、厅、署、办公室”或具有行政管理职能单位等记为政府(为叙述方便,将少数协会如上海市节能协会等也归为政府类别)。

(3)以“六大重点产业、三大战略产业、未来先导产业”为指导标准,参考上海市科学技术奖励办公室评审组分类框架,将获奖项目划分为不同技术领域,主要技术领域有能源与环境技术、信息技术、自动化技术、新材料、航天技术、海洋技术、生物与医药技术、激光技术、其他技术等。

(4)为进一步考察国企与民营力量在企业牵头创新联合体建设中的贡献,根据天眼查数据库股权结构穿透,按照国家国企、地方国企和民营企业对获奖项目第一完成单位性质进行编码。

1.3 研究方法 with 指标

社会网络分析法是一种网络分析工具,致力于解决与网络相关的研究问题,能够清晰展现社会网络中参与主体的互动关系及其合作网络的结构特征^[19]。社会网络分析方法主要包括宏观尺度的整体网络结构和微观尺度的个体网络结构。整体网络结构指标包括网络规模、关系总数、网络密度、网络中心势、平均距离、聚类系数。个体网络结构指标包括程度中心度、接近中心度和中介中心度,分别反映该节点在网络中的位置、控制力和重要性^[19]。本文运用社会网络分析工具Ucinet 6.0分析企业牵头创新联合体合作网络的时空演化过程及规律。

2 企业牵头创新联合体合作趋势及特征

2.1 企业牵头创新联合体合作趋势

创新联合体合作趋势如图1所示。根据图1,从牵头主体组织类型看,企业牵头创新联合体呈现平稳增长态势,其数量占比从2015年的6%增加到2019年的13%,5年平均占比约10%。这一趋势的形成与巩固可能得益于2015年国家《关于深化体制机制改革加快实施创新驱动发展战略的若

干意见》、2017 年上海《共同推进上海加快建设具有全球影响力的科技创新中心战略合作协议》等政策，促使企业逐渐成为技术创新决策、研发投入、科研组织和成果转化的主体，并鼓励市场导向明确的科技项目由企业牵头，联合高校和科研院所实施，从而为企业加大加强研发提供持续的项目、资金、政策等支持。

同时，比较企业牵头创新联合体合作逐渐增加但企业牵头项目不断减少的趋势发现，一方面，随着创新向纵深演化，关键核心技术攻关需要更多创新主体的合作。因此，企业技术创新过程对外部研发力量和资源的依赖在增加，表现为企业牵头创新联合体数量的增加。另一方面，源自 2013 年国家、各省市科技奖进行“重质量、减数量”的二次改革，相比于高校牵头创新合作项目，企业牵头创新合作项目质量可能偏低，从而导致其总量减少。并且，随着新产业新技术加速涌现，新兴领域产业基础相对薄弱，尚未形成具有强大研发领导能力的龙头或领军企业，企业创新主体地位仍有进一步的发展空间。

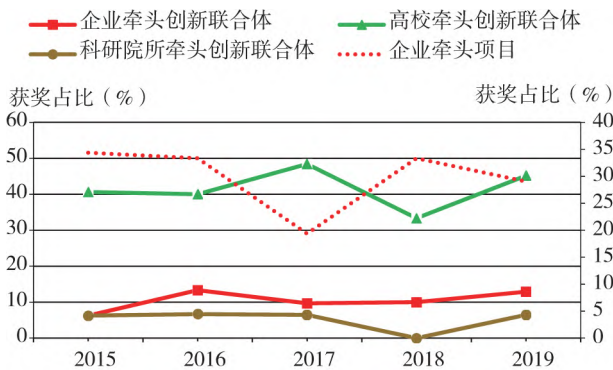


图 1 企业牵头创新联合体合作趋势

2.2 企业牵头创新联合体合作特征

从主体合作规模看，企业牵头创新联合体的创新主体构成从 3 个基本主体向更多主体发展，合作创新发育水平不断提升。2015—2019 年企业牵头包括 3 个创新主体合作项目的比例大幅减少，其占比从 2016 年的 47% 降低到 2019 年的 29%；同时企业牵头创新联合体正加快从 3 个基本创新主体为主向更多主体合作演变。2019 年包含 5 个及以上机构创新主体占比达到 50%，更出现 20 个机构合作创新的情况，如图 2 所示。这进

一步印证关键复杂技术的重大原始创新愈加需要大量资源投入和集体联合攻关^[2]，表明上海市各创新主体交流日益密切，技术流动和传播日益增强，并反映出企业越来越具有较强的创新网络关系和资源协调能力，能够整合各方主体积极参与技术合作研发。

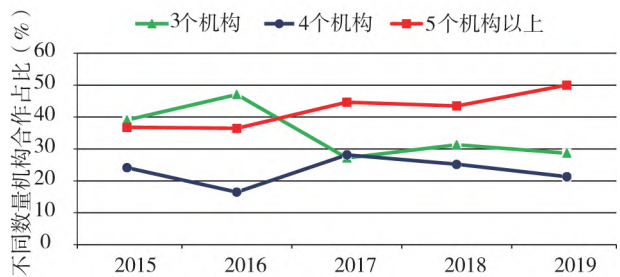


图 2 企业牵头创新联合体主体合作数量

从主体合作类型看，企业牵头创新联合体存在多种合作类型，从二元合作至四元合作，涉及企业、高校、科研院所、政府等多类创新主体，但与高校合作最为密切。表 1 将企业牵头创新联合体分成 3 类，即企业与高校/科研院所/政府间二元合作，企业与高校、科研院所间的三元合作，以及企业与高校、科研院所、政府间的四元合作等。其中，最常见合作模式是企业-高校，合作项目数量达 103 项，超过合作总量的一半。其次是企业-企业合作模式，合作数量共 58 项。这说明企业作为技术问题提出者，与之合作有利于产业关键共性技术或前沿引领技术的确认；而高校作为主要创新策源地，与之合作则可为企业技术研发提供源源不断的知识供给，确保关键问题可以得到有效解决，促进科技成果突破，见表 1。

从牵头主体性质看，企业牵头创新联合体以国家国有企业和上海地方国有企业为主牵头构建，民营企业占比较低。根据图 3 显示，2015—2019 年，企业牵头创新联合体主要以由上海地方国有企业和国家国有企业牵头构建为主，上海地方国有企业牵头趋势在波动中不断增强，国家国有企业力量则在不断下降，而民营企业占比始终较低。从每年前 5 名创新联合体牵头企业及其性质来看，国家国有企业“国网上海电力公司”5 年揽获 23 项科技进步奖，约占总奖的 11%。上海地方国有企业“上海市建筑科学研究院(集团)有限公司”“上

海市城市建设设计研究总院(集团)有限公司”“上海申通地铁集团有限公司”“上海隧道工程有限公司”“上海建工四建集团有限公司”5家企业5年累计共获43项奖励,占比达21%。这揭示出上海国

有企业力量强大,在获取创新资源与网络关系中占据绝对主导地位,而民营企业在创新表现方面仍存在较大的追赶空间,尤其是相较于北京、深圳等地^[16]。

表1 企业牵头创新联合体合作类型

年份	企业-高校	企业-科研院所	企业-企业	企业-政府	企业-高校-科研院所	企业-高校/科研院所-政府	总计
2015	19	3	12	1	4	4	43
2016	16	2	11	4	3	1	37
2017	22	4	7	0	5	2	40
2018	25	0	9	1	3	1	39
2019	21	1	19	0	3	2	46
总计	103	10	58	6	18	10	205

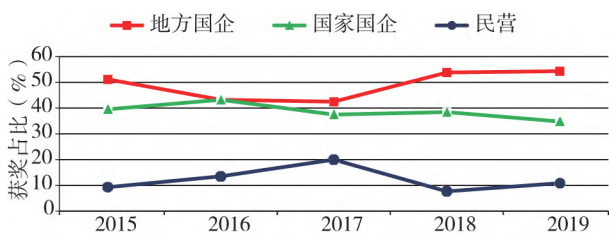


图3 创新联合体牵头企业性质

从攻关技术领域看,企业牵头创新联合体联合攻关技术领域以上海传统重点产业如能源与环境、信息技术、自动化等为主。2015—2019年企业牵头创新联合体攻关技术领域以能源与环境技

术最多,占比约28.8%;其次是信息技术,占比约10.7%;再次是自动化技术,占比约7.3%;最后是新材料,占比约6.8%。这些技术主要服务于上海电子信息、高端装备、新材料等传统重点产业。值得注意的是,77项其他技术中基本是与基建项目或电力工程相关的研发技术,而其他如生物医药、航天、海洋等新兴产业技术占比非常低,最高不足4%。当前技术领域分布反映出,越是上海传统重点产业,企业牵头创新联合体越多,因为经过长期引导、政策支持以及资金投入,这些行业相对形成较为稳定和成熟的龙头或领军企业及其创新组织,见表2。

表2 企业牵头联合体技术领域分布

技术领域	特等奖	一等奖	二等奖	三等奖	企业牵头联合体总计	企业牵头联合体占比 (%)	总体占比 (%)
能源与环境技术	0	4	29	26	59	28.780	18.800
信息技术	0	1	10	11	22	10.730	13.410
自动化技术	0	1	6	8	15	7.320	6.750
新材料	0	2	7	5	14	6.830	5.930
航天技术	0	2	3	2	7	3.410	4.010
海洋技术	0	2	1	3	6	2.930	4.010
生物与医药技术	0	1	1	1	3	1.460	19.070
激光技术	0	0	2	0	2	0.980	0.550
其他技术(建筑/电力等)	1	5	33	38	77	37.560	27.460
企业牵头联合体总计	1	18	92	94	205	100.00	100

注:总体占比表示包括企业、高校、科研院所、政府牵头合作项目之和在所有合作项目中所占比例。

3 企业牵头创新联合体合作网络结构演化

3.1 企业牵头创新联合体区域合作网络结构演化

根据获奖单位所在区域考察上海科技进步奖获奖项目中企业牵头创新联合体区域合作网络演化。按照不同区域间的创新合作情况,逐年构建出2015—2019年区域合作的数据矩阵(若区域节点出现在同一获奖项目赋值为1,否则赋值为0),进而运用Ucinet 6.0计算2015—2019年上海企业牵头创新联合体区域合作网络结构指标。使用Ucinet 6.0计算企业牵头创新联合体区域合作网络结构各项指标,结果见表3。

(1) 节点数,表示合作网络中参与企业牵头合作创新的城市数量,用来衡量合作网络规模。2015—2019年参与企业牵头创新联合体的城市主体由14个增加到27个,翻了2倍多,反映出合作网络规模不断扩大且趋于稳定。网络规模越大,网络资源越丰富,从而越有助于知识、技术、信息的整合和创新^[20]。

(2) 网络边数,表示合作网络中两个城市主体之间存在的合作关系数量。表3结果显示,企业牵头创新联合体的城市合作网络边数呈增长趋势,从2015年的38条边增加至2019年的104条边,说明各城市之间的合作往来更加频繁、合作关系更加密切。

(3) 网络密度,表示合作网络中城市之间创新协同的紧密程度。表3结果显示,企业牵头创新联合体城市合作的网络密度是逐年递减的。2015—2019年,其数值从0.209下降至0.137,且总体仍处于低密度网络状态^[21]。这表明随着长三角一体化等区域协同发展战略推进,更多城市主体迅速融入上海市企业牵头创新联合体区域合作网络,这为合作提供更加丰富多样的知识源头和产业基础,但城市主体之间的知识、技术创新合作状态尚待提升、联系强度尚未达到完备状态。

(4) 平均距离,表示协同网络中已建立合作关系的两个城市之间互联所需走过的最少边的数量,可衡量城市之间建立合作关系的难易程度。由表3可知,呈上升趋势的平均最短路径表明合作网络中城市之间的通达性逐渐下降,这不利于信息传递和交流效率提升,并增加城市主体之间协同创新的风险。

(5) 聚类系数,表示协同网络中两城市与同一

城市存在合作关系,而这两城市之间恰好也存在合作关系的概率,可用来衡量城市主体之间的集聚程度。表3中聚类系数始终维持在0.72~0.88,高水平的聚类系数说明合作网络中各城市之间的集聚程度大,信息通达路径多,从而有利于信息传递和知识创新。但是,过度聚集也可能造成各城市间的知识冗余,导致资源浪费^[22]。

(6) 网络三大中心势,是指合作网络所表现出的向某中心城市集中、某中心城市控制整体合作网络交流的趋势。2015—2019年企业牵头创新联合体合作网络的度数中心势、中介中心势、接近中心势均很高,并呈现出在波动中增强趋势(0.85~0.97),见表3。这说明上海企业牵头创新联合体区域合作网络已形成相对稳定地依赖于某些中心城市的空间集聚模式。

表3 企业牵头创新联合体区域合作网络结构指标

结构指标	2015年	2016年	2017年	2018年	2019年
网络节点	14	14	20	26	27
网络边数	38	36	62	98	104
网络密度	0.209	0.198	0.163	0.151	0.137
度数中心势	0.923	0.936	0.929	0.920	0.932
中介中心势	0.896	0.929	0.881	0.853	0.897
接近中心势	0.956	0.965	0.961	0.955	0.963
平均距离	1.791	1.802	1.837	1.849	1.863
聚类系数	0.725	0.873	0.862	0.858	0.855

进一步以度数中心度为依据分析城市节点在上海市企业牵头创新联合体合作网络中的出现次序、持续性、所处位置及其演变。2015—2019年上海企业牵头创新联合体区域协同创新网络中各城市的度数中心度见表4。由表4可知:①整体看,从2015至2019年,多次参与合作创新的各城市的度数中心度均有提高,表明相较于2015年,创新联合体中各城市协同创新的程度提升,各城市联系更加密切。②从各城市度数中心度看,上海、北京、南京始终占据城市度数中心度排名前3位,处于创新联合体区域协同创新网络的核心位置。逐年分析发现,年度数中心度排名前5位的城市变化很大,2015年排名前5位的城市为沈阳、合肥、长春(度数中心度均为3),而2016年排名前5位的城市为嘉兴、天津、西安、宁波、成都、深圳、南通、南昌(度数中心度均为2),这说明各城市区域创新能力有所提升、创新合作动力增强,

但尚不稳定。这同样可以从区域持续性创新主体的数量中反映出来,在2015—2019年53个城市主体中,一直处于协同创新网络中的城市仅有上海、

北京和南京,参与4年合作创新的仅有宁波、成都和许昌3个城市,即使考虑3年合作,城市创新主体也仅10个。

表4 企业牵头联合体参与合作城市及其度数中心度(2015—2019年)

省份	城市	2015	2016	2017	2018	2019	省份	城市	2015	2016	2017	2018	2019	省份	城市	2015	2016	2017	2018	2019		
上海	上海	13	13	19	25	28	安徽	合肥	3		2			湖南	株洲			1				
北京	北京	4	3	7	10	6		蚌埠	1		2				长沙				4			
江苏	南京	3	1	3	5	6		芜湖			3				河北	秦皇岛				3		
	苏州	1		4		6		安庆					1	石家庄					1			
	常州	1				2	四川	成都		2	2	2	4	广西	柳州				1			
	南通		2			3		自贡				2		南宁							3	
	镇江			1				德阳					2	福建	厦门				1			
	无锡				1		陕西	西安		2	1	3		福州							2	
	徐州				1			榆林			2			重庆	重庆				2	2		
	泰州					6		宝鸡				2		天津	天津		2	2	4			
	扬州				3	3	辽宁	沈阳	3			6	2	宁夏	银川							3
浙江	杭州	2			5	2		鞍山				2		内蒙古	鄂尔多斯				2			
	嘉兴	1	2	2				大连					1	江西	南昌		2					
	宁波		2	3	2	4	广东	广州	1			2	1	吉林	长春	3						
	台州		1					珠海	1				1	河南	许昌	1			3	4	3	
	绍兴				1			深圳		2	1		5	黑龙江	哈尔滨		1			5	2	
	金华					2	山东	济南				2		湖北	武汉		1	1	2			
	湖州					1		青岛					1									

3.2 企业牵头创新联合体机构合作网络结构演化

根据获奖单位考察上海科技进步奖获奖项目中企业牵头创新联合体机构合作网络演化。按照不同创新主体间的合作情况,逐年构建出2015—2019年间机构合作的数据矩阵(若完成机构节点出现在同一获奖项目赋值为1,否则赋值为0),进而运用Ucinet 6.0计算2015—2019年上海企业牵头创新联合体机构合作网络结构指标。使用Ucinet 6.0计算企业牵头创新联合体机构合作网络结构各项指标,结果见表5。

(1) 网络节点。根据表5,机构创新主体数量从2015年的131个增加到2019年的149个,总体增长率达113.74%,逐年比较各阶段机构创新主体增加趋势还发现,2017年、2018年、2019年相对于上一阶段,其数量分别增加1.22、1.08、1.03倍,说明年新增机构创新主体逐渐减少,这一趋势既有利于通过保持原有主体合作增强关系强度,又有利于通过适当吸纳新主体保持网络动态发展,及时获取新知识、技术等,进而提升合作网络效率与创新质量。

(2) 网络边数。表5结果显示,2015—2019年机构创新主体之间的合作次数增加约1.34倍,结合网络节点5年增加1.13倍的发展趋势,说明机构创新主体合作次数总体上快于创新主体的增加数,机构创新主体之间知识与技术交流显著增多。

(3) 网络密度。由表5可知,网络密度在波动中从0.038增长至0.052,表明企业牵头创新联合体机构之间的合作关系及联系程度有所加深,但较不稳定。尽管低网络密度有助于搜索到更新、更广的知识与机会,提高创新绩效^[23],但该网络仍属于低密度网络,存在很大发展空间。

(4) 网络小世界特性,反映网络既不完全规则也不完全随机的统计特性,通常同时具有较高的集聚水平和较短的平均路径^[24]。由表5可知,企业牵头创新联合体机构合作网络的平均聚类系数保持在0.425~0.690,属于较高水平的聚类网络,这能为合作提供共性基础,利于机构创新主体之间知识、技术、信息的快速交流与整合。同时,机构合作网络的平均路径从2.994波动减少至2.726,表明该机构合作网络演化正经历向“小世界”网络趋势发展并逐渐强化的过程。

表 5 企业牵头联合体机构合作网络结构指标

结构指标	2015 年	2016 年	2017 年	2018 年	2019 年
网络节点	131	109	133	144	149
网络边数	656	514	670	1066	880
网络密度	0.039	0.044	0.038	0.052	0.040
度数中心势	5.010	4.720	5.040	7.400	5.910
中介中心势	56.730	44.810	47.740	54.610	79.180
接近中心势	1.660	1.670	1.750	1.570	2.430
平均距离	2.994	3.279	2.552	2.695	2.726
聚类系数	0.542	0.650	0.425	0.690	0.439

上海企业牵头创新联合体合作网络中度数中心度排名前 10 位的机构创新主体见表 6 (左栏)。从时间维度看,合作网络机构创新主体的整体度数中心度不断上升,前 10 位创新主体度数中心度均值从 2015 年的 18.4 增加至 2019 年的 27,说明机构创新主体的合作能力显著提升。从机构创新主体类型看,高校基本位居各阶段前位,反映出高校拥有丰富的合作网络,具有直接开展创新合作的基础和优势,因而成为合作网络中最具对外合作能力的主体。而企业创新主体基本属于国有企业,显示出民营企业独立牵头开展创新攻关的活力、动力和能力明显不

足。同时,仅有上海市隧道工程轨道交通设计研究院和上海市城市建设设计研究总院两家科研院所出现在度数中心度前 10 位排名中,表明科研院所处于机构合作网络的边缘位置。上海企业牵头创新联合体合作网络中介中心度排名前 10 位的机构创新主体见表 6 (右栏)。合作网络机构创新主体的中介中心度整体呈上升趋势,前 10 位创新主体的中介中心度均值从 2015 年的 7.932 增加至 2019 年的 9.606,说明合作网络中机构创新主体对其他创新主体的控制能力有所增强。根据机构创新主体类型看,5 个阶段中介中心度排名前 10 位的创新主体中,企业占比一直为 50%~80%,说明企业作为问题提出者和知识需求方,需要主动寻求外部创新资源,从而承担起“中间人”角色^[18]。此外,综合度数中心度机构创新主体排名发现,部分创新主体如同济大学、上海交通大学、国网上海市电力公司、上海市建筑科学研究院(集团)有限公司等具有“双高”中心度,反映出这类机构创新主体同时具备开展创新合作和控制其他创新主体合作的能力,是合作网络的核心主体。

表 6 企业牵头创新联合体参与合作机构度数中心度与中介中心度:前 10 位创新主体

年份	机构创新主体	度数中心度	机构创新主体	中介中心度
2015	同济大学	49	同济大学	26.338
	上海交通大学	23	上海交通大学	9.213
	上海市城市建设设计研究总院(企业)	19	上海市隧道工程轨道交通设计研究院	8.988
	上海建工七建集团有限公司	18	上海电力学院	8.157
	上海隧道工程有限公司	15	上海市城市建设设计研究总院(企业)	6.688
	上海市隧道工程轨道交通设计研究院	15	上海建工七建集团有限公司	4.954
	国网上海市电力公司	13	国网上海市电力公司	4.848
	上海城建市政工程(集团)有限公司	11	上海市建筑科学研究院(集团)有限公司	4.770
	上海市基础工程集团有限公司	11	上海铁路局科学技术研究所	3.864
	上海城建(集团)公司	10	上海市机械施工集团有限公司	1.501
2016	同济大学	29	同济大学	17.321
	国网上海市电力公司	18	国电南瑞科技股份有限公司	13.680
	华东电力试验研究院有限公司	18	华东电力试验研究院有限公司	11.613
	上海市建筑科学研究院(集团)有限公司	15	上海建工一建集团有限公司	6.906
	上海市建筑建材业市场管理总站	15	华东电网有限公司	4.323
	上海申通地铁集团有限公司	14	上海申通地铁集团有限公司	3.174
	上海建工集团股份有限公司	13	上海建工四建集团有限公司	3.167
	上海隧道工程股份有限公司	12	上海市城市建设设计研究总院	3.087
	上海市城市建设设计研究总院	9	上海交通大学	2.995
华北电力大学	9	上海申迪(集团)有限公司	2.761	

续表6

年份	机构创新主体	度数中心度	机构创新主体	中介中心度
2017	同济大学	45	同济大学	25.043
	上海交通大学	44	上海交通大学	21.364
	国网上海市电力公司	21	上海隧道工程有限公司	5.062
	华东电力试验研究院有限公司	18	复旦大学	2.984
	上海隧道工程有限公司	16	国网上海市电力公司	2.413
	上海市建筑科学研究院(集团)有限公司	12	上海建工一建集团有限公司	2.239
	上海申通地铁集团有限公司	11	上海申通地铁集团有限公司	2.103
	上海大学	11	上海海事大学	2.012
	上海建工五建集团有限公司	9	上海大学	1.859
	华东建筑设计研究院有限公司	9	上海市建筑科学研究院(集团)有限公司	1.761
2018	同济大学	61	同济大学	16.388
	上海市建筑科学研究院(集团)有限公司	47	上海交通大学	14.333
	上海建工七建集团有限公司	27	上海市建筑科学研究院(集团)有限公司	9.532
	上海建工集团股份有限公司	23	上海建工七建集团有限公司	7.723
	国网上海市电力公司	22	国网上海市电力公司	6.600
	上海交通大学	21	哈尔滨工业大学	3.585
	宝钢钢构有限公司	19	上海市城市建设设计研究总院(集团)有限公司	3.125
	三一汽车制造有限公司-湖南	19	复旦大学	2.822
	上海建工材料工程有限公司	19	上海申通地铁集团有限公司	2.535
	上海建工一建集团有限公司	19	上海公路桥梁(集团)有限公司	2.347
2019	同济大学	50	同济大学	26.809
	上海交通大学	47	上海交通大学	24.373
	国网上海市电力公司	32	上海市建筑科学研究院有限公司	13.543
	国家电网公司华东分部	30	国网上海市电力公司	9.047
	上海市建筑科学研究院有限公司	29	上海市城市建设设计研究总院(集团)有限公司	4.745
	华东电力试验研究院有限公司	24	上海电缆研究所有限公司	4.118
	上海建工四建集团有限公司	17	华东电力试验研究院有限公司	3.702
	上海市城市建设设计研究总院(集团)有限公司	15	上海建工四建集团有限公司	3.631
	上海建工五建集团有限公司	13	国家电网公司华东分部	3.510
	上海市建筑装饰工程集团有限公司	13	上海建工集团股份有限公司	2.580

4 企业牵头创新联合体合作及其网络存在的问题

4.1 民营企业牵头组建创新联合体数量尚需扩增

民营企业特别是科技型民营企业为提升中国整体科技创新实力作出重要贡献,与国有企业之间形成优势互补。研究分析表明上海市民营企业牵头创新联合体占比较低,仅10%左右,且牵头的创新联合体以一次性为主,没有形成像大型国

有企业的长期攻关合作机制。而黄修杰等^[16]研究则指出民营企业在广东科技进步奖创新体中占据主导地位,且增幅较大,2000—2016年翻了2.4倍。该对比突显出上海中小民营科技企业在牵头组建创新联合体方面的动力与活力不足。

4.2 企业牵头创新联合体中高校、科研院所和企业等主体力量尚需扩融

企业、高校和科研院所是国家科技创新的三大支撑。研究表明,企业牵头创新联合体中各方

创新力量尚待完善。一是企业参与尚待加强,联合体平均企业参与数量为3家。二是高校力量使用尚待深入,上海市共有64所高校,但联合体中平均高校参与数量约为1所。三是科研院所力量尚需重视。上海拥有大量国家科研机构,仅中科院上海分院就设立19个分支机构。而在上海企业牵头的创新联合体中,主导合作模式是企业与大学间的合作,约占总量的50%,科研院所仅参与32项,平均参与数量不足半所(最大平均数量0.33)。

4.3 三大战略和未来先导产业企业牵头创新联合体建设尚需增强

上海市提出“十四五”期间,打造电子信息、生命健康、汽车、高端装备、新材料、现代消费品6大重点产业群,发挥集成电路、生物医药、人工智能3大产业引领作用,打造产业创新发展高地。同时,要布局一批面向未来的先导产业,加强科技攻关与前瞻谋划,奠定未来产业发展基础。研究分析表明当前企业牵头创新联合体主要出现在传统重点产业,如建筑、轨道、电力、能源、新材料、信息等领域,尤其是建筑和电力领域已形成由龙头企业牵头,包含其他企业、大学和科研院所的超大创新联合体。但三大引领产业和先导产业尚未形成龙头或领军企业牵头的创新联合体集群,势将影响上海未来的产业竞争优势。

4.4 企业牵头创新联合体整体创新合作水平尚需提升

企业牵头组建创新联合体的主要目标在于提升产业链整体竞争力和企业技术创新能力,形成自主可控的技术创新体系和产业体系。研究分析表明上海企业牵头创新联合体具有较为相同的知识基础,如上海传统重点领域(建筑和电力)中,分别以龙头企业发起,以同济大学、上海交通大学、上海电力学院等高校力量为重要支撑,联合其他同类企业组建成创新联合体。但是从互动过程看,上海企业牵头创新联合体整体合作水平较低,整体创新竞争力有待增强。上海企业牵头创新联合体的网络密度比较低(5年平均约为0.04),沟通路径比较长(5年均值约2.85),实现任一两主体之间的交流还需要经过较多的中间机构。而且创新联合体网络的中介中心势比较高(5年平均约56.61),反映出创新主体间联系存在不均衡性,整体合作网络的深度融合受到限制。

4.5 跨区域企业牵头创新联合体地区协作尚需深化

中国已形成多层次、各具特色的区域创新体系。北京和天津等地拥有强大的基础研究、科技基础设施及大科学装置布局能力,江苏、浙江、广东等地先进制造和产业转化能力突出,湖南、湖北、安徽等地具备显著的传统制造业和基础产业特征。因此,加强区域创新协作能够立足资源禀赋和地缘优势,实现资源、产业等高效对接与转化。研究分析表明,上海企业牵头创新联合体整体合作网络密度5年均值为0.17,平均路径5年均值为1.83,反映出联合体在跨区域创新协同中合作紧密度较低。因此,要增加上海企业牵头创新联合体在跨区域联动创新中的协同性和粘性,促进跨区域特色产业链和创新链竞争力提升。

5 结论与建议

5.1 研究结论

本文以上海科技进步奖获奖项目为研究样本,结合协同创新理论与社会网络分析方法,探究企业牵头创新联合体合作的总体趋势、基本特征,以及区域合作网络与机构合作网络的演化规律,主要研究结论如下。

(1) 企业牵头创新联合体数量呈稳步增长趋势,合作网络向复杂化、综合性方向演化,表现在两个方面。一方面,企业牵头创新联合体合作网络中创新主体规模增大、区域合作规模向上海外区域延伸;另一方面,企业牵头创新联合体合作网络中合作类型从企业与高校或科研院所等二元协同向多元协同、合作范围从同区域协同向跨空间协同发展。

(2) 企业牵头创新联合体合作网络中创新主体作用随时间推移而有所不同。企业在合作网络中的作用日益凸显,其参与数量占据绝大多数,并逐年上升。高校在合作网络中的重要性逐年俱增,承担着新思想、新技术、新发明策源的重要使命,而科研院所的地位则在逐渐降低。正是由于不同创新主体地位以及对其他主体的影响具有不对称性,从而使得合作网络总体发育程度受限,即不同主体间交流频率尚需增强。

(3) 企业牵头创新联合体合作网络发育程度存在行业异质性。具体而言,在上海市传统重点产

业如电力和建筑等领域已形成多主体、跨区域、交叉性的超大规模企业牵头创新联合体,它们在突破各自领域关键核心技术障碍中起到关键作用。而新兴产业如集成电路、人工智能和生物医药等领域则尚未出现合作成熟且稳定的创新合作网络,亟需加快其建设进程。

(4) 企业牵头创新联合体合作网络中民营企业处于边缘地带。从民营企业牵头创新联合体的数量看,牵头企业以国家国有企业和上海国有企业为主,而民营企业牵头数量占比相对较低,说明尽管民营企业具有较强的科技创新需求,但其科研创新水平、能力及网络仍不足以支撑关键核心技术攻关。

5.2 对策建议

结合前文分析与结论,分别从创新联合体的网络构成及区域分布、协同水平、产业布局、牵头企业性质方面提出对策建议。

(1) 上海市要出台科技政策,构建创新空间,从主体参与和沟通距离维度加速信息、技术及知识溢出,促进企业牵头创新联合体建设。一方面,与高校和科研院所相比,企业创新合作网络并不发达,需要政府发挥组织协调功能,建立公共技术服务平台,定期发布企业技术攻关信息,筛选并匹配潜在合作伙伴,推动在知识、资源、技术上互补的创新联合体形成;另一方面,应与国内其他省份建立产业—高校战略联盟,引导企业探索跨区域协作创新的组织模式,从物理集聚上保证各创新主体间技术与知识的深度交流。

(2) 上海市要加快推动高校、科研院所和其他企业融入创新联合体,健全企业牵头创新联合体管理机制,促进创新合作网络中创新主体间的深度融合。第一,实行赛马制,鼓励多个企业分别

牵头组建创新联合体。同时严格审查各创新主体的能力、资源以及与攻关技术的匹配性,从多源头上保证关键核心技术被攻克的最大可能性。第二,引导创新联合体设计合理契约形式,保证各创新主体在研发经费投入、使用、研发人员分工、研发成果归属和使用上明确各自的功能定位和责任。第三,实行负面清单制度,组织产业界、科学界和政府组成联合专家组,增加对创新联合体各阶段性成果的考核,将其与财税等优惠政策挂钩。对于考核严重不合格的,记入负面清单,暂停其未来5年参与申报国家科技计划的资格等。

(3) 上海市要依托政府和行业协会力量,从战略上分行业、分领域、分重点部署、支持和鼓励龙头或领军企业牵头组建创新联合体,抢夺创新高地。针对三大引领行业,政府和行业协会通过调研座谈等形式,收集技术难题需求,发布制约产业链的重大短板清单,定向邀请行业龙头或领军企业牵头,协助联络高校、科研院所等,并引导联合体制定技术攻关战略性规划和工作计划。针对未来先导行业,要发挥上海市科研机构战略研究力量优势,推动龙头或领军企业与国家科研院所的合作,瞄准战略性前沿技术,建立专项基金,保障应用基础研究投入。

(4) 上海市要强化创新联合体中中小科技型民营企业的主体地位。一方面,进一步加快中小科技企业孵化培育,持续通过“科技创新行动”科技小巨人工程项目和“专精特新”中小企业计划等,引导中小企业走专精特新发展之路,壮大中小企业主体规模,重点打造一批细分行业领军企业;另一方面,加强对中小科技企业研发支持和科技项目历练,促进中小企业在具体技术攻坚中实现其创新能力的跃升、创新合作网络的扩展。

参考文献:

- [1]陈劲,阳镇.融通创新视角下关键核心技术的突破:理论框架与实现路径[J].社会科学,2021,43(5):58-69.
- [2]余江,陈凤,张越,等.铸造强国重器:关键核心技术突破的规律探索与体系构建[J].中国科学院院刊,2019,34(3):339-343.
- [3]LHULLERY S, PFISTER E. R&D cooperation and failures in innovation projects: empirical evidence from French CIS data[J]. Research policy, 2009, 38(1):45-57.
- [4]马宗国.中小企业研究联合体自主创新能力提升路径研究[J].科研管理,2019,40(3):51-62.
- [5]KLOYER M, SCHOLDERER J. Effective incomplete contracts and milestones in market-distant R&D collaboration[J]. Research policy, 2012, 41(2):346-357.

- [6] SILIPO D B. Incentives and forms of cooperation in research and development[J]. Research in economics, 2008, 62(2): 101-119.
- [7] 马宁, 王立. 企业主导型产学研合作创新模式分析[J]. 科学学研究, 2005, 23(S1): 244-248.
- [8] 张明霞, 可星. 云南生物制药产业产学研合作问题研究[J]. 科研管理, 2016, 37(S1): 275-280.
- [9] 郭菊娥, 王梦迪, 冷奥林. 企业布局搭建创新联合体重塑创新生态的机理与路径研究[J]. 西安交通大学学报(社会科学版), 2022, 42(1): 76-84.
- [10] 白京羽, 刘中全, 王颖婕. 基于博弈论的创新联合体动力机制研究[J]. 科研管理, 2020, 41(10): 105-113.
- [11] 张赤东, 彭晓艺. 创新联合体的概念界定与政策内涵[J]. 科技中国, 2021, 26(6): 5-9.
- [12] 尹西明, 陈泰伦, 陈劲, 等. 面向科技自立自强的高能级创新联合体建设[J]. 陕西师范大学学报(哲学社会科学版), 2022, 51(2): 51-60.
- [13] 王巍, 陈劲, 尹西明, 等. 高水平研究型大学驱动创新联合体建设的探索: 以中国西部科技创新港为例[J]. 科学学与科学技术管理, 2022, 43(4): 21-39.
- [14] 操友根, 任声策, 杜梅. 企业牵头创新联合体合作网络研究——以上海市科技进步奖项目为例[J/OL]. 科技进步与对策: 1-10[2023-05-26]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/42.1224.g3.20230307.1551.004.html>.
- [15] 曹纯斌, 赵琦. 创新联合体组建路径与推进模式探析[J]. 科技中国, 2022, 27(3): 26-29.
- [16] 黄修杰, 姚飞, 储霞玲, 等. 基于科技奖获奖项目的科研合作创新网络研究——以广东省为例[J]. 中国科技论坛, 2019, 35(3): 19-28.
- [17] 熊鸿儒. 我国产学研深度融合的短板和挑战在哪里[J]. 学习与探索, 2021, 43(5): 126-133, 192.
- [18] 韩增林, 袁莹莹, 彭飞. 东北地区装备制造业官产学研合作网络发展演变[J]. 经济地理, 2018, 38(1): 103-111.
- [19] 刘军. 社会网络分析导论[M]. 北京: 社会科学文献出版社, 2004.
- [20] MCEVILY R B. Network structure and knowledge transfer: the effects of cohesion and range[J]. Administrative science quarterly, 2003, 48(2): 240-267.
- [21] MAYHEW B H, LEVINGER R L. Size and the density of interaction in human aggregates[J]. American journal of sociology, 1976, 82(1): 86-110.
- [22] 赵炎, 王琦, 郑向杰. 网络邻近性、地理邻近性对知识转移绩效的影响[J]. 科研管理, 2016, 37(1): 128-136.
- [23] 魏江, 应瑛, 刘洋. 研发网络分散化、组织学习顺序与创新绩效: 比较案例研究[J]. 管理世界, 2014, 30(2): 137-151, 188.
- [24] WATTS D J. Networks, dynamics, and the small-world phenomenon[J]. American journal of sociology, 1999, 105(2): 493-527.

(责任编辑 申秋红)

2023
中国科技论坛
Zhongguo Keji Luntan