

# 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

操友根<sup>1,2</sup>,任声策<sup>1</sup>,杜梅<sup>1</sup>

(1. 同济大学 上海国际知识产权学院, 上海 200092; 2. 马克斯·普朗克创新与竞争研究所, 慕尼黑 80539, 德国)

**摘要:**在科技自立自强作为国家发展战略支撑的新时代背景下,研究企业牵头创新联合体对建设科技强国具有重要意义。基于2006—2020年上海市科技进步奖数据构建合作网络,运用社会网络分析法对上海市企业牵头创新联合体合作网络的结构演化特征与创新主体特征进行剖析。结果表明,从第一阶段到第三阶段,网络规模持续扩大,网络向连通更为发达、联系更为紧密的方向演化发展;核心创新主体数量日益增加、地位愈加突显;电力、建筑等传统领域发展出超大规模企业牵头创新联合体;合作网络中创新主体空间分布呈现出明显的阶段性特征,逐渐形成“六棱体”区域合作网络,但各地区在区域合作中的影响力不同;企业—高校、企业—企业成为企业牵头创新联合体合作网络的主要模式。研究结论对政府制定科技政策、促进企业牵头创新联合体合作网络发展具有参考价值。

**关键词:**企业牵头创新联合体;龙头企业;创新合作网络;社会网络分析;协同创新

DOI: 10.6049/kjbydc.2022070639

中图分类号: F273.1

文献标识码: A

开放科学(资源服务)标识码(OSID):

文章编号: 1001-7348(2023)20-0001-10



## 0 引言

随着新一轮科技革命和产业变革加速演进,掌握科技关键领域话语权和创新发展主导权成为中国构建新发展格局的重大支撑<sup>[1]</sup>。然而,尽管中国通过不断加强基础研究和原始创新,实现了一批关键核心技术突破,进入创新型国家行列,但科技创新能力还不强,国家战略科技力量和企业技术创新能力仍存在较大提升空间<sup>[2]</sup>,导致高质量科技供给不足,高质量发展面临诸多技术瓶颈,产业链安全存在风险,亟需加强协同攻关。既有联合攻关模式(如企业研发联盟、研究联合体、产学研合作等)以松散耦合、市场驱动和经济利益导向为主<sup>[3]</sup>,难以承担国家重大科技攻关任务。因此,中共十九届五中全会提出,推进产学研深度融合,支持企业牵头组建创新联合体;习近平总书记在2021年两院院士大会、中国科协第十次全国代表大会上强调,要加快构建龙头企业牵头、高校院所支撑、各创新主体相互协同的创新联合体。由龙头或领军企业牵头组建的创新联合体是对既有科技联合攻关模式的发展,可以有效发挥企业出题者作用,是促进产学研高效协同和科技创新成果精准转化的有效途径<sup>[4-5]</sup>。

回顾文献发现,企业牵头创新联合体作为一个新

兴概念,总体仍处于研究探索阶段,学界对其基本内涵<sup>[3,5-6]</sup>、动力机制<sup>[5]</sup>、构建路径<sup>[4,7-8]</sup>、影响效应<sup>[9]</sup>等进行了初步讨论,但对企业牵头创新联合体的合作网络构建和运行规律研究亟待深化。鉴于此,本文在梳理现有企业牵头创新联合体研究的基础上,探究其合作网络的基本特征和发展规律,主要研究两个问题:企业牵头创新联合体合作网络具备何种结构特征,如何演化?企业牵头创新联合体合作网络中的创新主体具有何种空间特征与组织特征?

基于上述分析,本文以2006—2020年上海市科技进步奖获奖项目为研究对象,根据企业牵头创新联合体发展趋势将其划分为3个阶段,通过社会网络分析法刻画企业牵头创新联合体合作网络的结构及其演化特征,并进一步从节点属性层面剖析企业牵头创新联合体合作网络中创新主体的空间分布特征与组织特征,从而提出促进上海市企业牵头创新联合体合作网络发展的对策建议。

## 1 理论基础与文献综述

### 1.1 协同创新理论

协同创新理论是企业牵头构建创新联合体的重要理论基础。对协同创新的关注源于Ansoff<sup>[10]</sup>的研究,

收稿日期:2022-07-25 修回日期:2022-10-26

基金项目:国家自然科学基金项目(72072129);中央高校基本科研业务费专项资金项目(22120210242)

作者简介:操友根(1992—),男,安徽安庆人,同济大学上海国际知识产权学院博士研究生,德国马克斯·普朗克创新与竞争研究所联合培养博士研究生,研究方向为创新与知识产权管理;任声策(1975—),男,安徽寿县人,博士,同济大学上海国际知识产权学院教授、博士生导师,研究方向为战略管理、创新创业与知识产权;杜梅(1995—),女,江苏徐州人,同济大学上海国际知识产权学院博士研究生,研究方向为创新与知识产权管理。本文通讯作者:任声策。

将其协同学应用于企业管理领域,并揭示合作创新产生的新效用;Gloor<sup>[11]</sup>在前人研究基础上正式提出协同创新的概念,认为协同创新作为一种更为复杂的创新组织方式,是技术创新模式从封闭转向开放的必然结果。协同创新的关键在于形成以企业、高校、科研院所为核心主体,以政府、金融机构、中介组织、创新平台等为辅助主体的多元主体协同互动的网络创新模式,并通过知识创造主体与技术创新主体间的深入合作和资源整合,产生系统叠加的非线性效用(陈劲,阳银娟,2012)。

## 1.2 创新联合体

### 1.2.1 既有创新合作模式及弊端

创新合作来源于企业实践,是企业战略合作在研发创新方向的拓展,其目的是在创新过程中有效利用外部知识或技术资源。既有创新合作模式包括企业间研发联盟、研究联合体、产学研合作等。

(1)企业间研发联盟。企业间研发联盟作为创新合作最早最直接的模式,有助于降低成本、分散风险、共享知识和获得更大的市场份额<sup>[12]</sup>。但一般的合作研发联盟较为松散,对联盟企业约束力不足,从而影响合作研发绩效(司春林等,2005)。此外,企业间研发联盟通常锁定短期竞争项目<sup>[13]</sup>,忽略对长期基础性研发目标的追求。

(2)研究联合体。研究联合体作为一种股权型研发联盟的合作模式,最先出现于欧美、日本等发达经济体<sup>[14]</sup>,其有助于解决企业间研发联盟存在的短视等弊端。研究联合体需要成员企业以共同投资的方式建立研发组织,通过契约形式分享研发成果<sup>[15]</sup>。研究联合体主要局限于大型企业间合作<sup>[16]</sup>,且由于成员间的机会主义行为、道德风险、逆向选择以及契约签订的不完备性<sup>[17-18]</sup>,导致其整体合作创新绩效并不理想<sup>[19]</sup>。

(3)产学研合作。随着创新合作主体的不断扩展,产学研合作成为重要的创新组织方式,如双螺旋、三螺旋及四螺旋合作形态。尽管产学研合作能够极大增加创新单元的知识储备和技术实力,但该模式主要以高校和科研院所的基础技术研发突破为依托,以企业进行产业化并寻找、开发市场为路径,本质上是官、学、研主导的技术牵引型研发模式,与以企业为主导、基于用户需求的市場导向型技术创新相背<sup>[15]</sup>。由于企业未能成为创新决策、研发投入、科研成果转化的主体<sup>[20]</sup>,因而其参与积极性不高。同时,在产学研合作模式下,由于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、各环节相互脱节。

### 1.2.2 创新联合体研究进展

由龙头或领军企业牵头组建的创新联合体既是对已有创新联合攻关模式的进一步发展,又是新发展格局下实现中国关键核心技术突破与前沿引领技术锚定的有效途径和组织模式<sup>[4-5]</sup>。已有研究从概念内涵、运

行机制、建设路径等方面对创新联合体进行了初步探讨。

(1)创新联合体内涵。白京羽等<sup>[5]</sup>认为区别于战略联盟、研究联合体等形式,创新联合体是一种实体组织或有股权关系的新联盟;张赤东和彭晓艺<sup>[6]</sup>类比创新联合体与既有产学研合作模式,提出创新联合体承担着使命型创新任务,并具有弥补市场机制失效的干预功能;尹西明等<sup>[8]</sup>强调应立足于国家战略背景,综合考虑创新联合体的崭新内涵,认为高能级创新联合体是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。基于以上研究,本文认为企业牵头创新联合体是指以国家重大项目或重大任务为导向,以龙头或领军企业为核心主体,以科研院所、高校和中小企业等为辅助主体,通过大跨度整合、交互赋能、共生互长等形式,促进各主体在创新生态系统中协同演化<sup>[21]</sup>,推动关键领域实现重大原始创新的新型组织。

(2)创新联合体运行机制。白京羽等<sup>[5]</sup>采用博弈论方法探究创新联合体成员的参与动机,发现预期合作收益与合作次数对创新联合体行为存在显著影响,且参与主体在研发中的对等投入有利于形成稳定的合作关系;朱国军等<sup>[8]</sup>基于探索性案例深入剖析华为智能汽车业务,明晰智能制造核心企业在组建创新联合体过程中的角色和作用机制;郭菊娥等<sup>[4]</sup>以“目标诉求—途径探索—保障机制”为逻辑框架,揭示企业通过布局创新链、搭建创新联合体从而集聚社会创新要素的机理与路径。

(3)创新联合体建设路径。张仁开<sup>[22]</sup>总结上海企业牵头创新联合体建设过程中存在行业领军企业缺乏、高校院所协同创新能力不足、企业主导产学研长效协同机制尚需优化、专项政策支持力度不够等问题;曹纯斌和赵琦<sup>[7]</sup>认为地市主建、省级支持和企业领建,省市联动、多方共建、分级实施和持续提升,以及省级牵头、地市参建、企业领建和高校支撑是推动创新联合体建设的3类重要模式;王巍等(2022)通过剖析高水平研究型大学如何驱动中西部科技创新港创新联合体建设,发现“战略科技人才培养—关键核心技术突破—重大科技成果转化”的整合式架构以及“一个循环、两大特色、三位一体、四大板块”对推进区域性、研究型高能级创新联合体建设至关重要。

综上所述,已有文献主要基于规范分析或模型推导方法对创新联合体的内涵、机制、路径等进行讨论,缺乏对其合作网络的探索。因此,本文以上海市为例,聚焦企业牵头创新联合体合作网络,剖析其网络结构特征,并从空间和组织视角深入探究企业牵头创新联合体合作网络中的创新主体特征等,进而提出相应对策建议。

## 2 数据来源与研究方法

### 2.1 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,能够反映技术创新研究动态(黄修杰等,2019),主要包括自然科学奖、技术发明奖和科学技术进步奖三大类。本文以从上海市科学技术奖励办公室获取的2006—2020年科技进步奖获奖项目作为研究样本,考察企业牵头创新联合体合作网络的演变,主要基于以下3项标准:第一,科技进步奖项目完全符合企业牵头创新联合体的关键特征,如以龙头或领军企业牵头,联合高校、科研院所或其它企业完成,项目主要来源于国家和部委重大科技项目或省级委托项目,致力于解决制约产业发展的重大共性技术难题等。第二,上海市科技进步奖项目遴选标准严格,主要聚焦项目创新性、成果表现形式、生产经营和经济效益等方面,因而被授奖的企业牵头创新联合体更具有先进性和代表性。第三,采用上海市科技进步奖获奖项目作为研究样本,能在一定程度上避免“空壳”创新联合体现象,如企业、高校、科研院所出于争取科研经费目的而联合,当取得项目后各自单独行动,实质性合作创新较少<sup>[23]</sup>。

### 2.2 数据来源与处理

基于2006—2020年3467项科技进步奖名录,对奖励等级、项目名称、完成单位、完成人等进行分类处理,具体数据处理过程如下:

首先,按照高校、科研院所、企业和政府等主体分类方式对获奖项目完成单位进行编码。遵循韩增林等<sup>[24]</sup>提出的编码原则,若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的单位等记为政府(为叙述方便,将少数协会如上海市节能协会等也归入政府类别)。基于此,筛选出由企业牵头,至少包括两家合作单位的获奖项目共575项,作为企业牵头创新联合体的初始分析样本。其次,按照省市县三级区划标准对筛选出的企业牵头创新联合体合作单位所在区域进行编码。

### 2.3 研究方法与说明

社会网络分析法致力于解决与网络相关的研究问题,通过刻画网络中行动者间形成的网络关系结构,直观呈现网络中行动者间的互动关系及合作网络的结构特征<sup>[25]</sup>。社会网络分析指标主要包括整体网络结构指标和个体网络结构指标,其中,整体网络结构指标包括网络规模、网络边数、网络密度、平均度、平均路径、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<sup>[25]</sup>。

本文基于筛选得到的575个初始分析样本,绘制如图1所示的企业牵头创新联合体发展趋势图。由图可知,企业牵头创新联合体合作研发数量总体呈上升趋势,占比从2006年的13%上升至2020年的21%。进一步,将企业牵头创新联合体演化过程划分为3个阶段:2006—2010年(第一阶段)、2011—2015年(第二阶段)、2016—2020年(第三阶段)。同时,构建对应的无向邻接矩阵(若节点出现在同一获奖项目中,赋值为1,否则为0),进而基于以上整体网、个体网结构指标,采用Ucinet 6.0软件进行分析,并运用Netdraw和Gephi 9.2绘制可视化图,以探索不同阶段企业牵头创新联合体合作网络的结构特征以及创新主体的区域与组织合作层面特征。本文研究框架如图2所示。

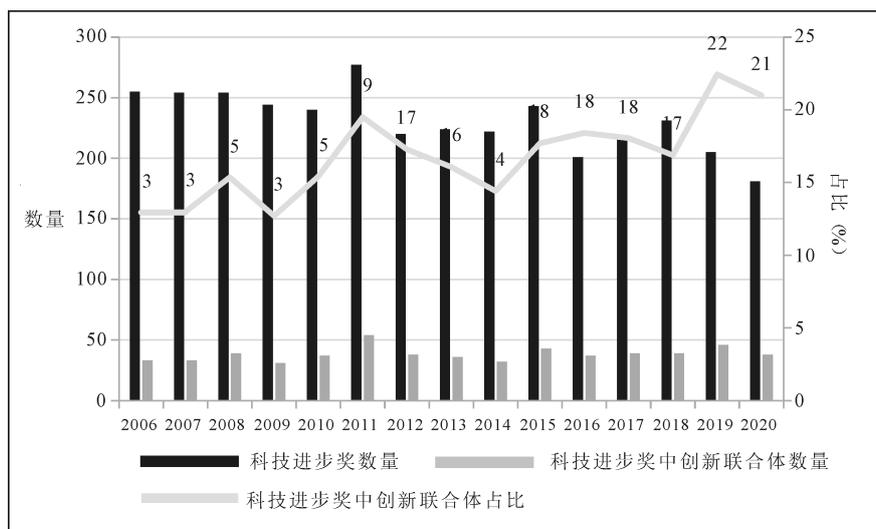


图1 企业牵头创新联合体发展趋势

Fig.1 Development trend of enterprise-led innovation consortium

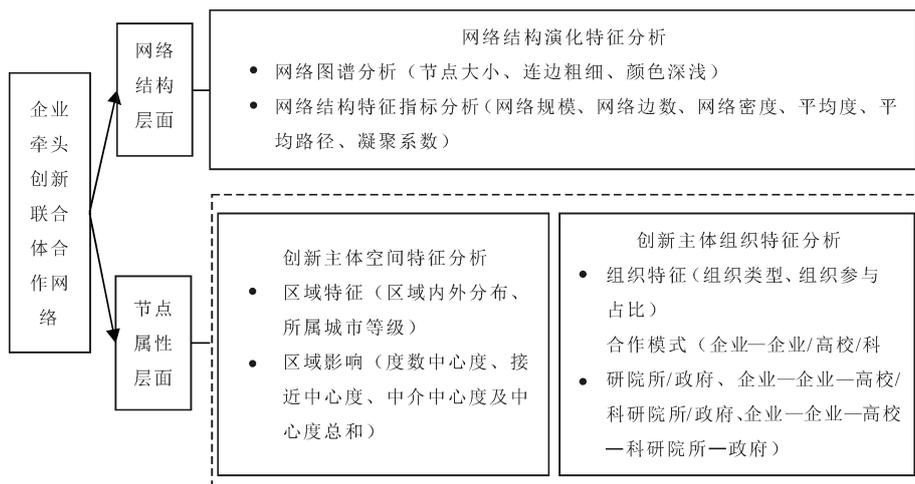


Fig.2 Research framework

### 3 企业牵头创新联合体合作网络结构演化特征分析

#### 3.1 网络图谱分析

企业牵头创新联合体合作网络图谱如图3所示，节点表示创新主体，节点间的连线表示创新主体间研发合作关系。节点越大表示程度中心度越高，即其合作范围越广；连线越粗、颜色越深表示节点间合作频率越高，即节点间存在稳固的合作关系。其中，节点主要包括企业、高校、科研院所、政府4种类型。

根据图3中三个阶段的企业牵头创新联合体合作网络演化图，得出如下结论：首先，在节点数量上，企业牵头创新联合体合作网络中的创新主体数量逐渐增多，且关键核心节点如同济大学、上海交通大学、上海申通地铁集团有限公司、上海市建筑科学研究院(集团)有限公司等不断突显并呈现出持久的影响力。其次，在节点连接上，从第一阶段向第三阶段发展过程中，连线显著增加增粗、颜色加深，反映企业牵头创新联合体合作网络中的主体间合作关系不断增多、交流日益频繁。此外，图3(a)中企业牵头创新联合体合作网络由外围网络和中心网络构成，外围网络规模小且分散，而中心网络交联发达、互通程度高，但随着时间演化，外围网络弱小的趋势得以改善(外围网络数量由20个减少至17个)。外围网络逐渐呈现出内部创新主体规模扩大、联系加深，并通过某一中心节点(如东北大学、华东电力试验研究院有限公司、中交上海航道局有限公司等)与中心网络不断联结融合的特征。

#### 3.2 网络结构特征指标分析

通过分析企业牵头创新联合体合作网络的结构特征，更细致地展现其演化方向及程度，具体如表1所示。

(1)网络规模与网络边数。从2006—2010年到2016—2020年，企业牵头创新联合体合作网络规模与

网络边数均呈不断增长趋势，说明自2006年全国科学技术大会召开以来，政府创新政策引导和新兴研发技术补贴激励不断加强，企业、高校、科研院所等研发主体的创新意识和热情不断被激发。并且，随着时间推移，越来越多的研发主体参与到行业关键核心技术或共性技术攻关中。同时，2011—2015年网络规模增长速度与网络边数增长速度之比约为0.635、2016—2020年网络规模增长速度与网络边数增长速度之比约为0.875，说明在第三阶段，新的创新主体开发滞后于创新主体间关系的扩展，企业牵头创新联合体合作逐渐形成相对稳固的网络关系。

(2)网络密度。企业牵头创新联合体合作网络密度从2006—2010年的0.017下降至2016—2020年的0.014，这可能是受到网络规模迅速扩大的影响，即网络中新的创新主体增加使得潜在网络边数大于实际网络边数。同时，网络规模的影响效应不断减弱，表现为从第二阶段到第三阶段，网络密度仅降低0.001。总体来看，企业牵头创新联合体合作网络密度偏低，说明合作网络仍较为稀疏，网络联结不够紧密。尤其是与Mayhew&Levinger<sup>[27]</sup>提出的实践中最大网络密度0.5相比，企业牵头创新联合体网络的主体间合作关系强度仍有很大提升空间。

(3)平均距离、平均度及凝聚系数。从企业牵头创新联合体合作网络的平均距离看，其随时间推移呈现出先增后减的倒U型趋势。从企业牵头创新联合体合作网络的凝聚系数看，其随时间推移呈现出先降后升的U型趋势。出现以上趋势的原因在于，随着第二阶段大量创新主体的快速加入(如相比于第一阶段，第二阶段平均度增加了0.8，说明每个创新主体约需多与1个主体建立合作关系)，网络中创新主体间的合作联系受到冲击，信息传递效率大幅下降。但也正得益于第一、二阶段的合作积累和核心主体的桥接作用，创新主体间的知识、信息、技术等交流愈加充分，进而使得创新主体间的合作紧密度有所上升。

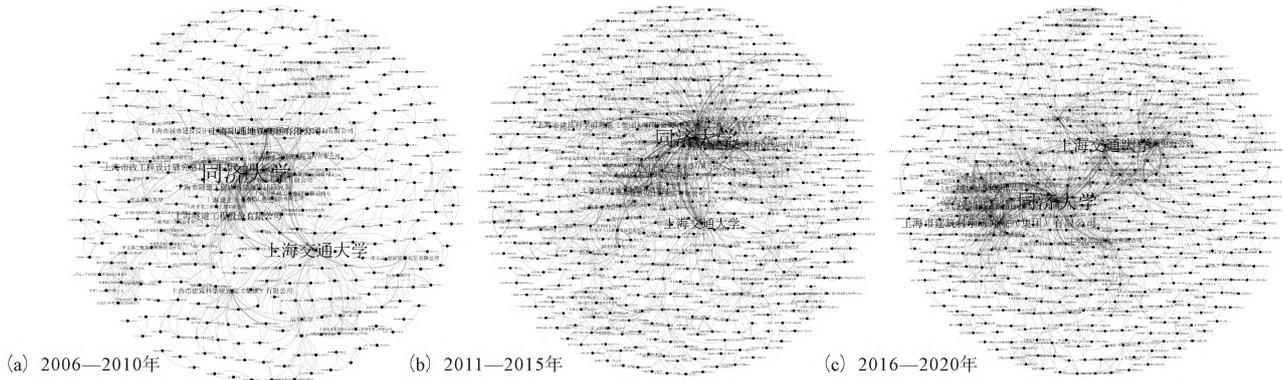


图 3 企业牵头创新联合体合作网络

Fig.3 Cooperation network of enterprise-led innovation consortium

表 1 企业牵头创新联合体合作网络结构特征

Tab.1 Structural characteristics of cooperation network of enterprise-led innovation consortium

网络结构特征	2006—2010 年	2011—2015 年	2016—2020 年
网络规模	350	467	500
网络边数	2 099	3 186	3 440
网络密度	0.017	0.015	0.014
凝聚系数	0.881	0.869	0.897
平均路径	2.954	3.270	3.144
平均度	6.000	6.822	6.880

## 4 企业牵头创新联合体合作网络创新主体特征分析

### 4.1 创新主体空间特征分析

企业牵头创新联合体合作网络创新主体的空间特征主要包括空间分布和区域影响力。

(1)创新主体空间分布特征。表 2 展示了企业牵头创新联合体合作网络中创新主体所属区域的分布及演化情况。在 2006—2010 年和 2011—2015 年,企业牵头创新联合体合作网络中的创新主体主要来自区域内部。原因在于上海作为科创城市,拥有诸多高校、科研院所、龙头和领军企业,足以为技术创新策源与市场转

表 2 企业牵头创新联合体合作网络创新主体所属区域分布

Tab.2 Regional distribution of innovation entities in the cooperation network of enterprise-led innovation consortium

合作次数	2006—2010 年	2011—2015 年	2016—2020 年
合作次数	173	203	199
区域内合作次数	115(0.665)	127(0.626)	84(0.422)
多区域合作次数			
2~3 区域	50(0.289)	65(0.320)	99(0.497)
4~6 区域	9(0.052)	12(0.059)	16(0.080)

注:括号中数值为占比(%),下同

(2)创新主体所属区域的影响力。表 3 报告了上海市企业牵头创新联合体合作网络中创新主体所属区域的中心度排名。第一,北京在上海市企业牵头创新联合体区域合作中占据绝对主导地位(不考虑上海自身影响力)。在三阶段的度数中心度、中介中心度、接近中心度及总和指标中,北京均居于首位,说明北京在

化提供支撑。随着新一轮科技革命纵深推进,技术尤其是关键核心技术日益显现出前沿性、复杂性、交叉性等特点,对合作研发主体的规模及其协同提出了更高要求。同时,随着京津冀、成渝、粤港澳大湾区等区域科创中心启动建设并取得重大进展,为上海市企业牵头创新联合体合作提供了更多实践支撑。因此,自 2016 年起,上海市企业牵头创新联合体合作开始以与上海以外区域的创新主体合作为主。

为进一步明晰上海以外的创新主体所属城市,绘制图 4。由图可知,在 3 个阶段中,企业牵头创新联合体合作网络中的创新主体均来自东部、东北、东南、中部、西南、西北等区域。其中,东部沿海(北京、天津、山东、江苏、浙江)和中部省份(河南、安徽、湖北、湖南)始终是创新主体的集中分布地。凭借地缘优势,浙江和江苏的地级市创新主体不断融入上海市企业牵头创新联合体合作网络,其数量分别从第一阶段的 3、6 个增加到第三阶段的 7、8 个。受到合作距离、科创能力和产业基础限制,西北和西南地区的创新主体较少出现在前两个阶段。随着区域协调发展战略的持续推进,依托成渝科创中心建设和新一代数字技术发展,第三阶段上海市企业牵头创新联合体区域合作网络中逐渐涌现出更多西部地区创新主体。

区域合作中建立合作关系、传播与控制信息等能力最强,对其它地区的研发活动具有绝对影响力。第二,天津、南京、杭州在上海市企业牵头创新联合体区域合作中具有重要影响力。2006—2010 年和 2011—2015 年,天津的中心度总和排名均在第 4 位;2011—2015 年和 2016—2020 年,南京和杭州的中心度总和排名均处于

前 4,反映出其分别作为京津冀和长三角区域的重要副中心城市和省座城市,承担着创新引领和辐射支撑功能。这些城市通过积极主动与其它区域开展研发合作,努力带动区域内及周边区域创新发展,进而演化出较强的合作开发、信息交流与控制能力,并发挥“牵头人”“中介者”的作用。第三,深圳、武汉、合肥在上海市企业牵头创新联合体区域合作中具有相对重要影响力。2011—2015 年合肥的度数中心度和接近中心度、2016—2020 年深圳和武汉的度数中心度和接近中心度均排名第 4 或第 5 位,表明其在开展创新合作与促进信息交流方面具有较大优势,但在网络控制能力方面仍有进步空间。第四,沈阳和重庆在企业牵头创新联合

体区域合作中具有一定影响力,但呈现出不断降低的趋势。具体而言,在第一阶段,沈阳的中介中心度、接近中心度和中心度总和排名均处于第 2 位,说明沈阳具有强大的“中介”能力及接受、传递、控制信息的能力。到第三阶段,沈阳仅在接近中心度排名中并列第 4 位,反映出其对外开展合作能力显著下降。同样,在 4 项指标排名上,重庆也经历了从第一阶段第 5 名到第三阶段未能进入前 5 的影响力衰退过程。

此外,东部沿海尤其是江苏、浙江两省地级城市(如苏州、宁波等)接受与传递信息的能力较强。总体而言,北京和长三角地区对上海市企业牵头创新联合体开展区域合作的影响力最大,对深化区域合作产生带动和支撑作用。

表 3 企业牵头创新联合体合作网络创新主体所属区域中心度排名

Tab.3 Regional centrality rankings of innovation entities in the cooperation network of enterprise-led innovation consortium

阶段	排名	度数中心度	中介中心度	接近中心度	中心度总和
2006—2010 年	1	北京	0.045	北京	66.765
	2	南京	0.028	沈阳	55.973
	3	杭州、天津、武汉	0.014	南京	54.98
	4	沈阳	0.013	天津	54.888
	5	重庆	0.011	重庆	53.973
2011—2015 年	1	北京	0.039	北京	64.48
	2	南京	0.018	杭州	56.668
	3	杭州	0.012	南京	54.912
	4	天津	0.009	天津	54.903
	5	合肥	0.007	台州	53.175
2016—2020 年	1	北京	0.033	北京	61.804
	2	南京	0.019	南京	57.232
	3	宁波、苏州	0.008	宁波	54.294
	4	成都、哈尔滨、杭州、深圳、天津、武汉	0.006	苏州	54.135
	5	许昌	0.005	杭州	53.644

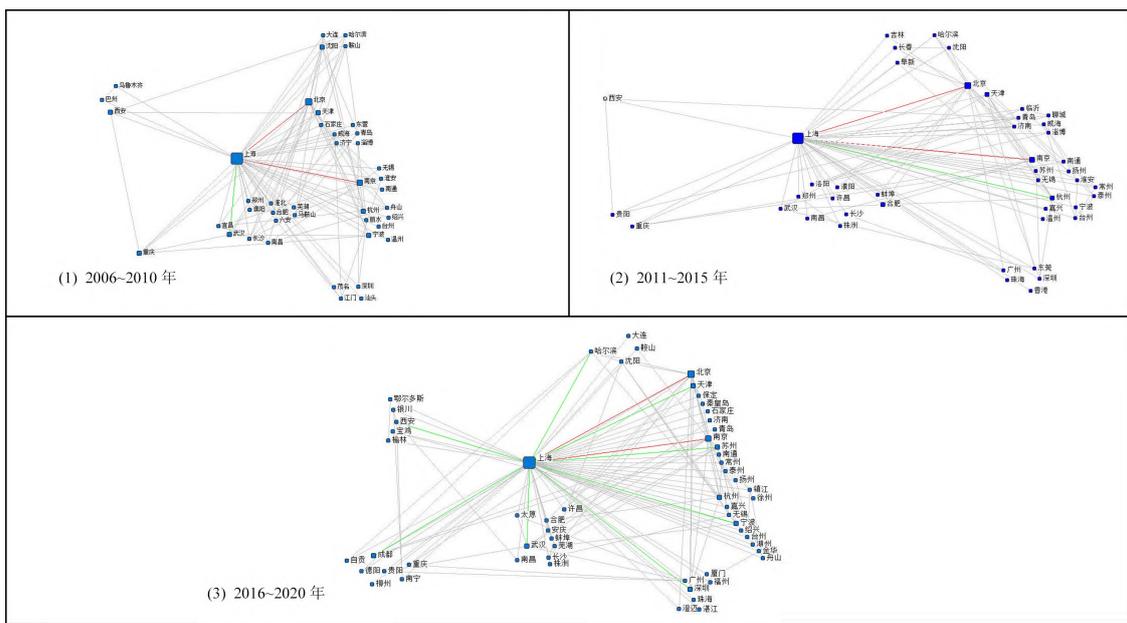


图 4 企业牵头创新联合体区域合作网络

Fig.4 Regional cooperation network of enterprise-led innovation consortium

## 4.2 创新主体组织特征分析

本文主要从创新主体组织类型和组织合作模式两方面分析企业牵头创新联合体合作网络中创新主体的组织特征。

(1)创新主体组织类型。按照企业、高校、科研院所和政府的分类方法对三阶段企业牵头创新联合体合作网络中的创新主体进行统计,如表 4 所示。首先,企业是企业牵头创新联合体合作网络中创新主体的绝对主力,其数量从最开始的 280 个增加至 411 个,占比增长 2.2%。这一方面说明企业作为问题提出者和知识需求方,更加主动寻求外部创新资源;另一方面,越来越多不同规模、不同性质的企业融入合作网络有助于发挥各自创新优势,推动产业关键核心技术或共性技术问题的解决。其次,高校和科研院所因具有强大的基础研究能力和大量科研人才而成为企业牵头创新联合体合作网络中的重要创新策源主体。具体而言,在样本期内,参与合作的高校数量增加了 16 个,占比提高 0.9%。科研院所尽管参与合作的数量增加了 10 个,但占比反而下降了 0.5%。这可能是因为,自“十一五”开始,中国对科研院所进行分类改革,一批技术开发类科研院所转制成企业,实行企业化管理。最后,政府作为创新的战略规划主体,在企业牵头创新联合体合作网络中的作用不断减弱,表现为政府参与联合攻关项

目数量从 14 项减少至 7 项,占比则下降了 2.6%。

(2)创新主体组织合作模式。基于对创新主体的分类,进一步考察不同类型创新主体间的交流合作模式,包括二元合作模式(企业—企业/高校/科研院所/政府)、三元合作模式(企业—高校—政府、企业—科研院所—政府、企业—高校—科研院所)以及四元合作模式(企业—高校—科研院所—政府)。由表 5 可知,企业—高校合作一直是企业牵头创新联合体合作网络的主导模式,其占比由最开始的 48% 上升至 52.3%,说明高校凭借其研发基础、人才储备、政商资源方面的优势,成为企业进行关键技术合作攻关的优选伙伴。企业—企业合作也是企业牵头创新联合体合作网络的重要模式,其占比保持在 29% 左右。这种模式的优势在于既能加速对困扰各方的行业关键核心技术或共性技术问题的确认,又能促使各方迅速达成合作共识,推动研发攻关项目顺利开展,有效避免产学研合作中常见的知识产权成果归属权、使用权、收益权争议等问题<sup>[26]</sup>。在科技自立自强战略背景下,企业—高校—科研院所—政府合作是能够有效协调知识创造方、知识需求方、创新中介、创新管理方等各方资源、知识和人才,促进产学研用深度融合的理想模式。然而,该模式发展较为缓慢,其占比仅从 2006—2010 年的 0.6% 提高到 2016—2020 年的 2.5%。

表 4 企业牵头创新联合体合作网络创新主体组织类型分布数量及比例

Tab.4 Distribution and proportions of innovation entities in the cooperation network of enterprise-led innovation consortium

类型	2006—2010 年	2011—2015 年	2016—2020 年
企业	280(0.800)	388(0.831)	411(0.822)
高校	27(0.077)	33(0.071)	43(0.086)
科研院所	29(0.083)	33(0.071)	39(0.078)
政府	14(0.040)	13(0.028)	7(0.014)
总计	350	467	500

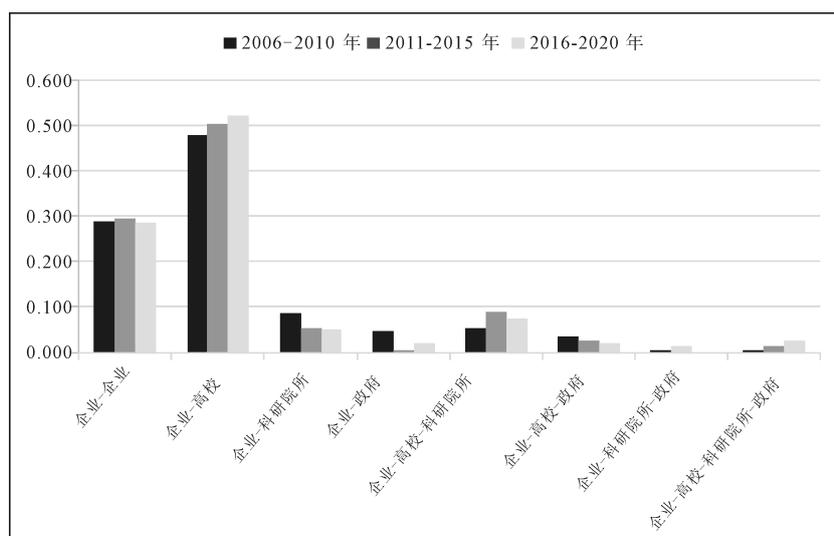


图 5 企业牵头创新联合体合作网络创新主体组织合作模式分布及占比

Fig.5 Distribution and proportions of cooperative modes of innovation entities in the cooperation network of enterprise-led innovation consortium

## 5 结论与建议

### 5.1 研究结论

本文基于2006—2020年上海市科技进步奖获奖项目数据,运用社会网络分析方法,对上海市企业牵头创新联合体合作网络的结构演化特征与创新主体特征进行分析,得出以下主要结论:

(1)2006—2020年,上海市企业牵头创新联合体合作网络呈现出明显的阶段性特征。第一,就网络结构指标而言,在第一阶段向第三阶段发展过程中,企业牵头创新联合体合作网络呈现出网络节点与网络连接逐渐增多而网络密度逐渐降低的演化趋势,说明企业牵头创新联合体合作网络日益稀疏。同时,企业牵头创新联合体合作网络平均度逐渐提高,平均路径也随之增加,说明网络扩张带来的新创新主体融入对网络节点间的信息交流效率具有一定负面影响。第二,在网络演化方面,与前两个阶段相比,第三阶段企业牵头创新联合体合作网络发育程度更高,表现为外围网络不断通过核心节点融入中心网络,内外网络间联系显著增强。此外,以高校(如同济大学、上海交通大学、上海大学等)、企业(如上海市建筑科学研究院(集团)有限公司、国网上海市电力公司、华东电力试验研究院有限公司、上海建工集团股份有限公司、上海市城市建设设计研究总院(集团)有限公司、上海市城市建设设计研究总院(集团)有限公司等)为核心节点和中心枢纽,合作网络已培育出电力和建筑两大超级创新联合体。

(2)在不同阶段,上海市企业牵头创新联合体合作网络中的创新主体所属区域呈现出不同空间分布演化规律。在第一阶段,企业牵头创新联合体合作网络中的创新主体合作以上海本地为主。自第二阶段起,企业牵头创新联合体合作网络日益突破行政边界,与上海以外地区合作占据主导位置。同时,因自身科研能力、产业基础、物理距离存在差异,上海以外地区在区域合作中表现出差异化影响力。其中,北京作为全球科创中心,对上海企业牵头区域合作具有绝对影响力;天津、南京、杭州作为区域中心城市或省会城市,扮演着对外“中介”和对内“带头”的角色;得益于新一代数字技术和区域协调发展战略的支撑,西部和西南地区在区域合作中的影响力得以激活并逐渐提升;东部尤其是长三角地区的地级城市在提高区域信息传递与接受效率方面具有越来越大的影响力。

(3)上海市企业牵头创新联合体合作网络创新主体中企业的数量远超高校和科研院所,企业构成研发合作的主力,科研院所的创新作用逐渐弱化,政府在合作网络中处于边缘位置。此外,从组织模式看,企业—高校、企业—企业是企业牵头创新联合体网络合作的主要模式,而企业—高校—科研院所—政府等政产学研合作较少,未来存在进一步发展空间。

### 5.2 实践启示

第一,对上海市企业牵头创新联合体合作网络趋势及结构特征的演化分析,有利于形成上海市企业牵头创新联合体合作格局的整体认知。当前,电力、建筑等传统行业已形成成熟稳定且规模宏大的企业牵头创新联合体合作网络,而人工智能、生物医药、集成电路等关键和新兴领域的创新联合体建设相对缓慢。因此,上海市应在排摸各领域创新联合体建设需求与难题的基础上,加快战略性、全局性、前沿性领域的企业牵头创新联合体布局,出台政策鼓励现有创新联合体及其创新主体利用共性技术的特点,将研发视角转向三大引领行业和未来先导产业,在推动传统产业转型的同时,促进关键共性技术合作网络扩张。

第二,上海市企业牵头创新联合体合作网络在演化过程中存在围绕某些大节点的集聚不均衡、因扩张迅速而导致创新主体间合作紧密度降低等问题。一方面,尽管创新主体集聚有利于信息传递和知识创新,但过度集聚也可能造成创新主体间知识冗余,导致资源浪费,甚至可能产生因合作过度带来的技术锁定效应。另一方面,适当吸纳新的创新主体融入合作网络有利于增加异质性知识,补充创新资源,但也可能扰乱现有合作网络中创新主体合作的节奏。因此,政府应对现有企业牵头创新联合体合作网络及其创新主体建档立册,并根据网络发展阶段做好监控管理,引导企业牵头创新联合体合作网络在创新主体稳定与扩展之间保持动态平衡。

第三,上海市企业牵头创新联合体区域合作形成了以上海为中心,以东部、东北、东南、中部、西北和西南地区为支点的“六棱体”网络,但各支点所起作用不同。上海应立足自身优势,加强区域间交流,形成差异化的跨区域企业牵头创新联合体合作网络。首先,利用地缘优势,以G60科创走廊为依托,接纳更多长三角地级城市加入合作网络,发挥其创新催化剂作用,以巩固与长三角地区城市的合作。其次,保持与北京、天津等地的研发协同,充分利用其在高水平基础研究、高密度创新要素、大科学装置、大科学基础设施等方面的优势。再次,加大与东北、深圳等地的研发合作力度。东北地区因老工业基地转型缓慢、新一代产业基础建设落后,产业链不足以支撑创新链,但其冗余的研发资源可为上海技术创新策源提供支撑。深圳拥有先进制造业集群,能为新兴技术试验开发提供场景化支持。最后,响应国家区域协调发展战略,适度将创新联合体合作网络向西部地区延展。这既能提升合作网络的区域多样性,降低网络脆弱性,又能通过创新扩散缩小东西部创新差距,实现共同富裕。

第四,上海市企业牵头创新联合体重点依托企业尤其是大型龙头或领军企业开展联合攻关活动,而科研院所参与比例有待提升。同时,现有合作模式中,企

业—高校—科研院所—政府的政产学研合作模式有待加强。因此,从促进企业牵头创新联合体可持续发展与深化合作视角看,应从三方面着手:①基于行业龙头与技术领军两个方向,通过科技型国有企业混改、专精特新计划等进行牵头企业遴选与培育;②加快疏浚企业与科研院所间合作通路,通过共建关键核心技术合作平台,提升企业牵头创新联合体合作网络中科研院所的参与比重,发挥科研院所国家战略性领域的科技研发优势;③深化政产学研合作中的知识产权使用权、处置权、收益权改革,减少因知识产权归属等潜在冲突阻碍合作的现象,推动网络创新主体加快实现高水平协同。

### 5.3 研究贡献

本文理论贡献在于,通过立足并超越既有文献对创新联合体概念内涵、建设路径等的讨论,从网络视角探析企业牵头创新联合体的合作行为,丰富和发展了协同创新理论与合作创新网络理论。同时,从推进研究进程看,本文借助社会网络分析方法勾勒出上海市企业牵头创新联合体合作网络及其结构特征的总体轮廓,尚未涉及其内部运作机理。因此,后续研究可聚焦典型案例,采用纵向过程研究方法探索企业牵头创新联合体的组织模式和运行机制,以支撑企业牵头创新联合体在关键和新兴技术攻关中发挥更大作用。

### 参考文献:

- [1] 尹西明,陈劲,贾宝余.高水平科技自立自强视角下国家战略科技力量的突出特征与强化路径[J].中国科技论坛,2021,37(9):1-9.
- [2] 陈劲,尹西明.中国科技创新与发展2035展望[J].科学与管理,2019,39(1):1-7.
- [3] 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.
- [4] 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.
- [5] 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.
- [6] 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.
- [7] 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.
- [8] 朱国军,王修齐,张宏远.智能制造核心企业如何牵头组建创新联合体——来自华为智能汽车业务的探索性案例研究[J].科技进步与对策,2022,39(19):12-19.
- [9] 张羽飞,原长弘,张树满.共建产学研创新联合体对科技中小企业创新绩效的影响研究[J/OL].管理学报:1-10 [2022-09-30].<http://kns.cnki.net/kcms/detail/42.1725.c.20220713.1556.020.html>.
- [10] ANSOFF H I. Corporate strategy: an analytic approach to business policy for growth and expansion[M]. New York: McGraw-Hill Companies, 1965.
- [11] GLOOR P A. Swarm creativity: competitive advantage through collaborative innovation networks[M]. Oxford: Oxford University Press, 2006.
- [12] BAI Y P, O'BRIEN G C. The strategic motives behind firm's engagement in cooperative research and development: a new explanation from four theoretical perspectives[J]. Journal of Modelling in Management, 2008, 3(2): 162-181.
- [13] LHUILLERY 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.
- [14] VONORTAS N S. Research joint ventures in the US[J]. Research Policy, 1997, 26(4/5): 577-595.
- [15] 王怡,武博.研究联合体的概念界定与优势分析[J].科技进步与对策,2011,28(7):20-25.
- [16] KAMIEN M I, MULLER E, ZANG I. Research joint ventures and R&D cartels[J]. The American Economic Review, 1992, 82(5): 1293-1306.
- [17] LEE S H, MUMINOV T K. R&D Information sharing in a mixed duopoly and incentive subsidy for research joint venture competition[J]. Bulletin of Economic Research, 2021, 73(2): 154-170.
- [18] NIPPA M, REUER J J. On the future of international joint venture research[J]. Journal of International Business Studies, 2019, 50(4): 555-597.
- [19] 马宗国.研究联合体研发创新绩效评价及发展对策研究[J].科学管理研究,2014,32(1):55-58.
- [20] 吕薇,马名杰,戴建军,等.转型期我国创新发展的现状、问题及政策建议[J].中国软科学,2018,31(3):10-17.
- [21] 刘戒骄,方莹莹,王文娜.科技创新新型举国体制:实践逻辑与关键要义[J].北京工业大学学报(社会科学版),2021,21(5):89-101.
- [22] 张仁开.上海支持企业牵头组建创新联合体的思路及建议[J].科技中国,2022,27(5):12-16.
- [23] 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.
- [24] 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.
- [25] 刘军.社会网络分析导论[M].北京:社会科学文献出版社,2004.
- [26] 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.

(责任编辑:陈井)

## Cooperative Network of Enterprise-led Innovation Consortium: An Example of the Projects of the Shanghai Science and Technology Progress Award

Cao Yougen<sup>1,2</sup>, Ren Shengce<sup>1</sup>, Du Mei<sup>1</sup>

(1. Shanghai International College of Intellectual Property, Tongji University, Shanghai 200092, China;

2. Max Planck Institute for Innovation and Competition, Munich 80539, Germany)

**Abstract:** At present the scientific and technological self-reliance and self-improvement are taken as the strategic support for national development, but the existing innovation cooperation modes, such as R&D alliance, research consortium and industry-university-research cooperation, are not only loosely coupled, market-driven and economic interest-oriented, but also difficult to undertake major national missions and ensure the self-reliance and self-improvement of high-level science and technology. The enterprise-led innovation consortium can effectively solve the problems of key technologies and cutting-edge leading technologies, and is an effective way to promote the deep collaboration of industry-university-research and the transformation of scientific and technological innovation achievements. Therefore, it is of great significance to study the enterprise-led innovation consortium.

As a new concept, the enterprise-led innovation consortium is still in the exploratory stage. Scholars have conducted preliminary discussions on its basic connotation, dynamic mechanism, construction paths, and performance impacts, but there is rare research on the cooperation trend, structural characteristics and spatio-temporal network evolution of the enterprise-led innovation consortium. In view of this, this paper focuses on the following two research questions: What are the structural characteristics and evolution of the cooperation network of the enterprise-led innovation consortium? What are the spatial and organizational characteristics of innovation entities in the cooperation network of enterprise-led innovation consortium?

According to the projects of the Shanghai Science and Technology Progress Award from 2006 to 2020, this paper divides it into three stages according to the trends of enterprise-led innovation consortium. First, this paper uses social network analysis methods to analyze the structural characteristics and its evolution of the cooperation network of enterprise-led innovation consortium. Then, it analyzes the spatial distribution and organizational characteristics of innovation entities in the cooperation network of enterprise-led innovation consortium from the node attribute level.

The research results show that the network scale continues to grow from the first stage to the third stage, and the network evolves towards a more developed and connected direction; the number of core innovative entities is increasing, and their status is becoming more prominent; traditional fields such as electricity and construction have developed the ultra-large enterprise-led innovation consortia; the spatial distribution of innovative entities in the cooperation network shows obvious stage characteristics, and gradually forms a "hexagonal" regional cooperative network, but each region has different influences in regional cooperation; enterprise-university and enterprise-enterprise are the main cooperative modes in the cooperative network of the enterprise-led innovation consortium.

On the basis of the above conclusions, the study presents the following practical insights. First, the analysis of the cooperation network trend and structural characteristics' evolution of enterprise-led innovation consortium provides the overall layout of Shanghai enterprise-led innovation consortium cooperation. Second, in the evolution of the cooperation network of enterprise-led innovation consortium in Shanghai, the phenomenon of agglomeration and imbalance around certain large nodes, and the decrease in the degree of cooperation between innovation entities due to rapid expansion, etc. require the government to maintain a dynamic balance between the stability and expansion of innovation entities. Third, the regional cooperation of enterprise-led innovation consortium in Shanghai has formed a "hexagonal" network with Shanghai as the center and east, northeast, southeast, central, northwest and southwest as the fulcrums, but each fulcrum plays a different role. Shanghai should strengthen the inter-regional exchanges to form a differentiated cross-regional cooperation network of enterprise-led innovation consortium based on its own advantages. Fourth, the Shanghai enterprise-led innovation consortium mainly relies on enterprises, especially large leading enterprises, to carry out joint research activities, and the participation proportion of scientific research institutes needs to be improved. Meanwhile, among the existing innovative cooperation modes, the "enterprise—university—institute—government" cooperation mode needs to be strengthened.

**Key Words:** Enterprise-led Innovation Consortium; Leading Companies; Cooperative Innovation Network; Social Network Analysis; Collaborative Innovation