

基于科学的产业创新主体专利合作伙伴识别研究

杨曦¹ 刘鑫²¹

(1. 中南财经政法大学 知识产权研究中心, 湖北 武汉 430073;

2. 西南交通大学 公共管理学院, 四川 成都 610031)

【摘要】: 近年来, 发展基于科学的产业已成为全球科技和产业竞争的焦点。基于科学的产业具有开放式创新特点, 产业创新主体致力于寻找合作伙伴以充分利用外部资源。专利信息涵盖丰富的技术信息、法律信息及经济信息, 是创新主体寻找合作伙伴并开展创新合作的重要资源, 但鲜有学者运用专利信息研究基于科学的产业创新问题。构建基于科学的产业专利合作伙伴识别研究框架, 以石墨烯这一典型的基于科学的产业为例, 采用专利技术组合和社会网络分析方法, 从行动者网络理论的4个行动者转译环节出发, 全面展现我国石墨烯产业中最具潜力的国内和跨国专利合作伙伴识别过程, 以挖掘专利合作机会并提高企业竞争优势。最后, 从政府、高校、企业3个层面为我国石墨烯产业创新发展提供决策参考。

【关键词】: 基于科学的产业 行动者网络理论 专利合作伙伴 专利合作机会 竞争优势 石墨烯

【中图分类号】: G306 **【文献标识码】:** A **【文章编号】:** 1001-7348(2022)16-0009-11

0 引言

随着新技术革命和产业变革的不断深入, 发展基于科学的产业已成为全球科技和产业竞争的焦点^[1,2]。学者对基于科学的产业研究始于20世纪70年代, Gibbons & Johnston^[3]率先提出“基于科学的产业(science-based industry)”概念, 认为该类产业由新科学发现直接推动, 产业发展强烈依赖于科学研究。创新主体作为具有创新能力并从事创新活动的人或组织, 是提升产业创新能力、推动基于科学的产业发展的重要力量^[4,5]。基于科学的产业创新主体主要包括高校、科研机构、企业和政府等, 具有开放式创新特点, 创新源不局限于创新主体内部, 往往来自外部, 多为公共研究部门^[6]。基于科学的产业创新主体致力于充分利用外部资源寻找合作伙伴, 以获取专利合作机会并提升竞争优势(张鹏等, 2015)。对于如何选择合作伙伴, 国内外学者主要采用专家知识等定性方法对合作伙伴评价因素、研究动机等展开分析, 研究结论受主观因素影响较大, 欠缺一定的客观性^[7]。专利信息作为一种客观的技术创新资源, 涵盖丰富的技术信息、法律信息和经济信息, 是创新主体开展创新合作、提升竞争优势的基础^[8]。然而, 现有文献运用专利信息对基于科学的产业创新的研究较少, 从预见性视角探寻基于科学的产业专利合作伙伴的研究更少。专利合作是提升创新成果质量、促进创新成果转化的重要推动力量^[9]。近年来, 我国基于科学的产业存在关键技术“卡脖子”难题, 在对发达国家的技术赶超中面临诸多困难。因此, 产业创新主体亟需利用外部创新资源, 寻找潜在合作伙伴进行专利合作, 挖掘专利合作机会, 提升产业竞争优势, 进而促进基于科学的产业发展。

“十四五”规划明确提出, 加快量子信息、生物科技、类脑智能、新能源、新材料、智能装备等未来产业发展。石墨烯作为

作者简介: 杨曦(1992—), 女, 湖北武汉人, 博士, 中南财经政法大学知识产权研究中心讲师、硕士生导师, 研究方向为技术创新管理与知识产权管理;刘鑫(1988—), 男, 陕西宝鸡人, 博士, 西南交通大学公共管理学院副教授, 研究方向为技术创新管理、科技创新政策。

基金项目: 中央高校基本科研业务费专项基金项目(31512120702);四川省科技计划软科学基金项目(2020JDR0051)

21 世纪最重要和最具潜力的新材料产业之一^[10],是典型的基于科学的产业(张鹏等, 2015)。自英国曼彻斯特大学 Geim & Novoselov 教授关于二维材料石墨烯的开创性实验于 2010 年被授予诺贝尔物理学奖以后,全球石墨烯研究呈迅猛发展态势,相关专利数量迅速增长。国内外学术界和产业界对石墨烯产业研究愈发重视。现有研究基于专利分析视角,对石墨烯产业的研究主要集中在专利技术竞争态势、专利技术演变趋势^[11]、专利技术创新轨迹等方面^[12]。部分研究虽然涉及专利合作,但针对专利权人专利合作现状的研究较少,对潜在专利合作伙伴的识别以及对专利合作机会和竞争优势的探讨更少。杨曦等(2018)基于技术生命周期理论,分别构建萌芽期和成长期中国石墨烯领域专利合作网络,识别该领域专利合作中具有重要影响力的专利权人;杨仲基等^[13]通过分析中国石墨烯产业专利合作网络特征及演化态势,进一步识别在中国石墨烯合作发明专利数量方面具有领先优势的专利权人。

鉴于此,本文基于行动者网络理论视角,探索专利合作伙伴识别新方法,对石墨烯这一典型的基于科学的产业专利信息进行分析,识别我国在该产业中潜在的国内和跨国专利合作伙伴,以挖掘专利合作机会并进一步提升专利竞争优势。

1 文献综述

学者对于基于科学的产业研究源自 20 世纪 70 年代, Freeman^[14]首先提出“基于科学的技术(science-based technology)”概念,认为技术发展强烈依赖于科学研究,技术进步主要由基于科学的创新推动。近年来,基于科学的产业发展引起学术界和产业界广泛关注,已成为各国提高国际竞争力和推动经济发展的重要力量^[15]。现有文献关于基于科学的产业研究主要集中于以下 3 个方面:

(1) 基于科学的产业概念、特点与模式。

基于科学的产业是指由新科学发现直接推动,产业发展强烈依赖科学研究的产业(贾建林等, 2019),具有不确定性、知识基础异质性、新知识需求、参与者主要来自产学研网络等特征,典型代表产业有生物技术、化工、制药、新材料等^[16]。近年来,学者从技术追赶模式视角对基于科学的产业发展进行了探讨(杨建昆等, 2016)。鉴于基于科学的产业与基于技术的产业存在显著差异,因此创新主体在创新过程中不能照搬“技术引进、消化、吸收、再创新”以及“从模仿创新到自主创新”等典型技术追赶模式,而应该探索新模式。马佳等(2019)提出“引种式创新”这一后发企业实现技术追赶的创新模式,即通过引入“研究种子”解决本土技术创新问题。

(2) 基于科学的产业与基于技术的产业之间的区别与关联。

基于技术的产业是指通过对已有技术进行利用、改进、调整、组合或者变形而形成的产业,产业技术创新依赖产业内部知识积累^[17,18],典型代表产业如桥梁工程、船舶工程、纺织业等。两类产业之间的区别体现在创新来源、创新机会和产业成熟度等方面。其中,基于科学的产业创新显著依赖科学研究成果,研究成果主要来源于大学、研究机构等外部公共研究部门,产业发展尚未成熟,且蕴含着较多潜在创新机会;基于技术的产业创新主要源于技术自身发展,即组织内部知识积累,产业发展比较成熟,创新机会相对稳定。近年来,部分学者不再局限于两类产业二元分化研究,转而关注两类产业转化的内在逻辑和转化机理^[19]。技术能力结构理论为该问题的研究提供了理论基础。贾建林等(2019)基于产业技术能力结构分析视角,通过梳理半导体和纳米科技两个行业典型案例,明晰了两类产业转化的内在逻辑机理。

(3) 中国情境下基于科学的产业创新研究。

开展基于科学的产业研究是产业创新主体突破关键核心技术、提高创新能力、增强核心竞争力的基础。既有研究主要集中在发达国家,基于中国情境进行的研究仍处于起步阶段。“李约瑟难题”的提出使中国意识到应该从国家层面重视科学和基础研究的重要性,未来需要高度关注基于科学的产业,增强基础研究投入,关注基于科学的学科建设发展。近年来,学者开始关注后

发企业技术追赶问题^[20]。马佳等(2019)将研究问题聚焦本土企业,以创新系统理论为分析框架,从后发追赶视角出发,对中国情境下基于科学的产业创新问题进行了针对性研究。

专利信息作为一种客观的创新资源,涵盖丰富的技术、法律及经济信息,是研究基于科学的产业创新发展问题的有效数据来源(张鹏等,2015)。但现有学者运用专利信息对上述问题的研究较少,从预见性视角探究基于科学的产业专利合作伙伴及合作机会的研究更少。而且,学术界对于专利合作这一概念尚未形成共识,多数学者仅从狭义视角将专利合作定义为专利研发过程中的共同合作,即专利发明人或者专利申请人之间的共同署名或联合申请^[21]。专利合作对于提升创新成果质量、推动创新成果商业化进程具有积极影响^[9]。现有关于专利合作的研究主要聚焦特定技术领域构建专利合作网络,以展现网络结构、网络创新主体位置与特征以及网络演化路径,实质上是对专利合作创新过程中的创新资源进行整合^[21,22],未从预见性视角对创新主体潜在专利合作伙伴及专利合作机会进行深入探讨。在开放式创新背景下,创新主体要获取市场竞争优势,更好地进行产业转化,需要通过寻找专利合作伙伴并与之开展专利合作获取外部创新资源,进而提升创新成果质量。

专利技术组合作为一种从技术层面对创新主体专利技术领域进行组合分析的工具,对于潜在合作伙伴识别、专利合作机会挖掘和竞争优势提升发挥重要作用^[23,24]。近年来,部分学者运用专利技术组合方法将潜在专利合作伙伴与热点、前沿技术领域挖掘相结合,对专利权人在共同关键技术领域所拥有的专利数量进行研究,并对潜在专利合作伙伴进行识别,发现专利权人之间技术相似性越高,专利布局越接近,专利合作机会越大;反之,专利合作机会越小^[25,26]。技术相似性是影响专利合作潜力的重要因素,目前对于专利合作潜力的研究大多从技术相似性视角切入,以更好地指导创新主体在未来选择合适的专利合作伙伴,挖掘专利技术合作机会,并为开放式创新背景下各创新主体专利合作打下坚实基础。Leydesdorff等^[25]通过绘制专利地图展现专利分类号之间的技术关联,并以此识别 Novartis 公司和 Merck Sharpe and Dome 公司共同布局的专利技术领域以及潜在专利合作机会,发现两家公司在可植入血液过滤器技术领域以及半导体设备技术领域布局的专利数量最多,在这两个领域存在较大的专利合作潜力;栾春娟等^[26]运用共性技术识别方法,挖掘波音公司和空客公司之间的关键共性技术领域,为两家公司在具有发展潜力的技术领域进行专利合作提供了可能性;张娴等(2015)通过技术相似度判断并识别某一技术领域中具有发展潜力的专利技术组合,通过寻找机构战略合作潜在伙伴和方向,以国内某国立科研机构及其下属的 10 家研究所为例证明该合作潜力分析方法的有效性。然而,上述专利合作伙伴识别研究主要关注两个专利权人之间的专利合作潜力,或仅识别创新主体在国内的潜在合作伙伴,缺乏从技术层面和专利权人层面出发,针对多个创新主体国内和跨国合作伙伴专利技术组合方法的研究。社会网络分析法作为合作创新研究的一种重要分析方法,近年来被广泛运用于识别、测量并展现某一特定技术领域专利权人间的合作情况研究^[27]。其中,1-模网络是社会网络中最常见的一种网络形态,旨在探讨网络中同类行动者之间的各种关系;2-模网络作为社会网络的另一种重要形态,是指一类节点集合(模态)与另一类节点集合(模态)所构成的网络^[28],对于从技术层面和专利权人层面识别多个创新主体国内和跨国专利合作伙伴具有良好效果。

综上所述,学者运用专利信息研究基于科学的产业发展仍处于起步阶段,鲜见从预见性视角将技术层面与专利权人层面相结合,识别潜在国内和跨国专利合作伙伴的系统性研究。专利合作伙伴识别对于挖掘专利合作机会、提升产业竞争优势、促进基于科学的产业创新发展至关重要,因此有必要进行深入研究。鉴于此,本文将行动者网络理论引入基于科学的产业研究领域,构建专利合作伙伴识别新方法,以探寻基于科学的产业专利合作机会和竞争优势。运用专利技术组合和社会网络分析法,从预见性视角将技术层面与专利权人层面有机结合,深入挖掘专利权人寻找潜在国内和跨国专利合作伙伴的逻辑机理,不仅能够丰富基于科学的产业理论研究,还能够弥补专利合作伙伴识别缺乏系统性研究的不足。本文以石墨烯这一典型的基于科学的产业为例,识别我国在该产业中具有潜力的国内和跨国专利合作伙伴,挖掘专利合作机会及竞争优势,不仅能够为我国政府、高校、企业等创新主体发展提供决策参考,同时也能够为相关学者开展其它领域潜在专利合作伙伴识别研究提供借鉴。

2 理论框架与研究方法

行动者网络理论(Actor-Network Theory,简称 ANT)最初由法国学者 Michael Callon、Bruno Latour 以及 John Law 在 20 世纪 80 年代提出,旨在打破传统技术与社会二分研究范畴,基于网络视角分析创新问题,展现行动者交互过程^[29]。行动者网络理

论指出,行动者之间的利益通过转译环节实现,以最终建立具有共同目标的网络^[30]。转译环节主要包括以下4个过程:①问题呈现过程,即提出符合各行动者利益的问题;②利益激发过程,即从利益出发,寻找潜在可以进行互动的行动者;③征召过程,即寻求与其他行动者建立相互关联的策略;④动员过程,即行动者之间形成互动网络^[31]。目前,已有学者将行动者网络理论应用于技术预见^[32]、创新演进与战略转型^[33]、区域创新体系等研究,但主要采用案例分析等定性分析方法^[34,35]。Shim & Shin(2012)运用行动者网络理论考察中国智能电视产业快速发展影响因素,展现了中国智能电视产业政策动态演变趋势以及对该产业技术创新发展的推动作用;高学贤等(2020)从行动者网络理论视角出发,运用案例研究方法,全面分析能源企业战略转型中各行动者之间的交互作用及技术创新演化过程,为企业战略制定提供了重要参考。

专利作为一项客观的技术创新资源,为学者研究创新问题提供了一个崭新的理论视角。但将该理论应用于基于科学的产业研究领域,尤其是从专利视角对基于科学的产业创新主体专利合作伙伴进行识别的研究较少。专利技术组合旨在从技术层面对创新主体持有专利所涵盖的技术领域进行组合分析,以识别潜在专利合作伙伴,并挖掘关键技术领域专利权人之间的合作机会^[24]。然而,现有专利技术组合研究却割裂了技术层面与专利权人层面之间的关系。社会网络分析法中的2-模网络将技术层面与专利权人层面有机结合,能够弥补现有专利合作伙伴识别研究的不足。因此,在行动者网络理论视角下,将专利技术组合与社会网络分析法相结合,对于识别基于科学的产业创新主体潜在专利合作伙伴具有方法可行性及有效性优势。

本文将行动者网络理论应用于基于科学的产业研究领域,探索专利合作伙伴识别新方法。首先,从行动者利益转译环节出发,将专利合作伙伴识别转译环节划分为问题呈现、利益激发、征召和动员4个过程,并选取合适的专利指标进行测量。第一,问题呈现过程旨在根据产业创新发展现状,提炼符合各行动者共同利益的研究问题。基于科学的产业创新成果主要来源于外部创新资源,具有开放式创新特征,产业创新主体具有寻找专利合作伙伴并与之开展专利合作的强烈需求;同时,多数基于科学的产业发展尚不成熟,存在较多潜在创新机会。因此,本文将研究问题聚焦寻找潜在专利合作伙伴,该问题符合基于科学的产业创新主体的共同利益,有助于创新主体挖掘专利合作机会,提升竞争优势。第二,利益激发过程旨在从行动者之间的共同利益出发,寻找潜在网络行动者。运用专利分析法,从技术层面识别基于科学的产业中的热点与前沿技术领域,即专利权人在产业竞争中的创新机会;从专利权人层面识别基于科学的产业中具有竞争优势的专利权人,即互动网络中潜在重要行动者。第三,征召过程旨在提供一种与其他行动者建立关联的策略。就构建专利权人在关键技术领域的技术关联网络而言,2-模网络将技术层面视作一类节点集合(模态),将专利权人层面视作另一类节点集合(模态),并通过网络连接使专利技术组合中的技术层面与专利权人层面有机结合,挖掘热点与前沿技术领域各重要专利权人的技术重点,进而构建基于科学的产业潜在专利合作伙伴识别策略。第四,动员过程旨在采用征召过程中的策略,使行动者之间最终形成互动网络。本文基于技术相似性这一指标,运用专利技术组合及社会网络分析法,构建国内和跨国专利合作伙伴识别网络。1-模网络旨在识别国内各专利权人的潜在专利合作伙伴;2-模网络将国内专利权人视作一类节点集合(模态),将国外专利权人视作另一类节点集合(模态),通过建立两两专利权人之间的网络连接识别潜在跨国专利合作伙伴。通过识别基于科学的产业潜在国内和跨国专利合作伙伴,探究创新主体间的合作潜力。根据上述分析,本文基于行动者网络理论,构建基于科学的产业专利合作伙伴识别模型,如图1所示。

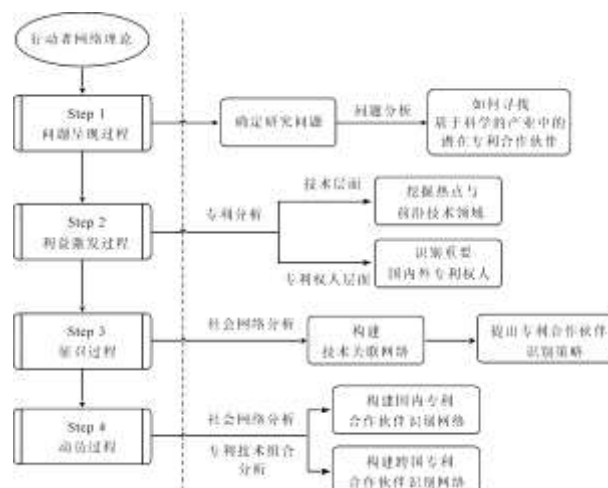


图 1 行动者网络理论视角下基于科学的产业专利合作伙伴识别模型

3 基于科学的产业创新主体专利合作伙伴识别过程

3.1 数据来源与分析工具

本文以石墨烯这一典型的基于科学的产业为例,通过查阅相关文献和资料、咨询专家意见并进行试检索后,确定专利检索式 TS=graphene*,时间跨度为2011-2019年,从德温特创新索引专利数据库(Derwent Innovation Index,简称DII)中共检索出67835件全球石墨烯专利。本文基于行动者网络理论,构建基于科学的产业专利合作伙伴识别模型,运用CiteSpace软件对特定技术领域专利数据进行可视化分析,得到技术层面石墨烯技术热点与前沿技术领域。同时,本文运用UCINET对专利网络进行可视化分析,分别得到征召过程中的专利权人—技术领域关联网络、动员过程中石墨烯领域国内专利权人之间的专利技术合作潜力网络以及跨国专利权人间的专利合作潜力网络。

3.2 问题呈现过程

石墨烯作为一种具有优异力学性能、热学性能、光学性能和电学性能的新型二维纳米材料,被认为是21世纪最具潜力和颠覆性的新兴技术之一,是典型的基于科学的产业(张鹏,2015)。2004年,英国曼彻斯特大学教授安德烈·盖姆和康斯坦丁·诺沃肖洛夫运用胶带剥离法成功将石墨烯从石墨中剥离出来,并于2010年获得诺贝尔物理学奖。自2011年起,全球石墨烯研究迅速发展,石墨烯技术相关专利数量呈激增态势,专利申请量在2011年首次突破1000项、2016年突破10000项,但专利合作仍处于起步阶段(杨曦等,2017)。因此,亟需识别产业潜在国内和跨国专利合作伙伴。

3.3 利益激发过程

3.3.1 技术层面

本文运用可视化分析软件CiteSpace对石墨烯领域专利文本中的德温特手工代码(Manual Codes,MC)进行聚类 and 共现分析。与现有专利分析法相比,德温特手工代码分析法能够从类型层次和内容两个方面揭示专利技术创新特征及商业化应用前景,并挖掘特定技术领域中的技术机会^{[36][36]}。如图2所示,每个节点代表一个MC,节点大小代表MC的频次。节点越大,MC出现频次越高;反之,则越低。深色标签代表MC的名称,标签大小反映MC的频次。MC频次越大,说明该技术领域现有研究越多,即技术热点研究领域。目前,石墨烯技术3个热点研究领域由高到低依次为E05-U05C(纳米薄膜)、L03-H05(交通工具)和A11-A03(混合、配制、均质、调和),表明热点研究主要集中于石墨烯技术应用及石墨烯材料制备领域。

频次用以测度研究热点,中心度用以测度某项技术的重要程度。中心度越高,说明与节点相连接的其它节点越多,技术领域整体影响力越大,重要性程度也就越高。本文综合考虑频次和中心度,选取石墨烯产业中具有竞争优势的十大热点和前沿技术领域(见表1)。从中可见,L03-A02B(非金属导体-碳和石墨)、A08-S02(溶剂;溶胀剂)、E05-U05C(纳米薄膜)在频次和中心度方面显著领先于其它技术领域,说明三者和技术热点与前沿领域发挥关键作用。石墨烯是一种具有优异透明性、高载流子迁移率的非金属纳米材料,在代替传统透明导体方面极具发展前景。目前,石墨烯相关溶剂在生物复合材料和生物传感器制备方面具有良好应用效果。石墨烯薄膜因其优异的透明性、导电性、导热性和移动性性能,在散热、柔性电子、生物医疗等领域具有广阔应用前景,未来应用方向包括电子产品、显示终端、可穿戴设备、生物传感器等。A11-B05D(涂层分散、溶解和粘贴)和L04-C11C(半导体加工—电极)具有较高的中心度和较低的频次,表明它们与其它技术领域存在密切联系,具有广阔发展前景。由于石墨烯具有良好的导电、导热和阻隔性能以及独特的纳米片层结构,其在防腐、导电、建筑隔热、海洋防污、阻燃和电磁屏蔽等涂层领域的应用受到广泛关注。随着电子行业的迅速发展以及全球能源危机的日益加剧,石墨烯电极在超级电容器、电池、蓄电池、燃料电池等领域的开发愈发重要。其它研究热点和前沿技术领域包括A12-E14(电极:不包括电池、蓄电池、燃料电池、电解池、化学

电池或电泳电池)、A10-E05B(碳化化学改性)、L03-A02G(导电纳米材料)、L03-H05(交通工具)以及 A11-A03(混合、配制、均质、调和), 主要涉及石墨烯技术在交通、电子、化学等领域的应用。

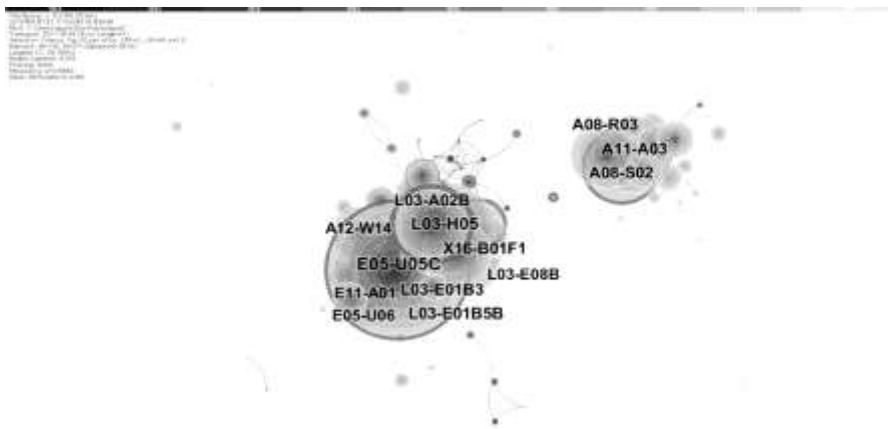


图 2 石墨烯领域专利文本聚类分析

表 1 石墨烯领域热点与前沿技术领域

德温特手工代码	技术领域	中心度	频次
L03-A02B	非金属导体-碳和石墨	0.65	2960
A11-B05D	涂层分散、溶解和粘贴	0.53	145
A08-S02	溶剂；溶胀剂	0.52	2994
E05-U05C	纳米薄膜	0.42	5443
L04-C11C	半导体加工-电极	0.42	540
A12-E14	电极(不包括电池、蓄电池、燃料电池、 电解池、化学电池或电泳电池)	0.22	1334
A10-E05B	碳化化学改性	0.19	1881
L03-A02G	导电纳米材料	0.12	1468
L03-H05	交通工具	0.08	3851
A11-A03	混合、配制、均质、调和	0.07	3165

3.3.2 专利权人层面

本文基于从技术层面识别的石墨烯领域热点与前沿技术领域,分别选取专利数量排名前 10 的国内专利权人和国外专利权人,将其视为网络重要行动者(见表 2)。如表 2 所示,就专利数量而言,韩国 LEEYT 公司在石墨烯热点与前沿技术领域拥有专利 648 项,是该领域的重要行动者。三星公司、成都新柯力化工科技有限公司、LG 公司、浙江大学以及韩国科学技术院在专利数量上

具备一定竞争优势。国内重要专利权人以大学和科研机构为主，仅有成都新柯力化工科技有限公司和海洋王照明科技有限公司两家企业。国外重要专利权人主要包括大型跨国企业，如韩国三星公司、LG 公司以及美国 IBM 公司，其中三星集团对整个石墨烯产业链进行了全面的专利布局和保护，包括上游制备方法、设备以及下游电子、材料、能源等诸多热门研究领域。

表 2 石墨烯领域重要专利权人

中国专利权人	专利数量	国外专利权人	专利数量
成都新柯力化工科技有限公司	310	LEEYT	648
浙江大学	261	三星公司	337
海洋王照明科技有限公司	229	LG 公司	265
清华大学	204	韩国科学技术院	256
哈尔滨工业大学	188	Nanotek Instruments 公司	171
北京化工大学	178	成均馆大学	162
华南理工大学	174	IBM 公司	113
中国科学院宁波材料技术与工程研究所	165	首尔大学	103
东华大学	153	日本半导体能源研究所	85
中南大学	146	加利福尼亚大学	73

3.4 征召过程

征召过程旨在提出一种与其他行动者建立相互关联的策略。本文在识别潜在专利合作伙伴之前，首先构建专利权人在关键技术领域的技术关联网，将技术层面与专利权人层面相结合，挖掘热点与前沿技术领域各重要专利权人的技术重点，并建立潜在专利合作伙伴识别策略。如图 3 所示，圆形节点表示专利权人，方形节点表示热点与前沿技术领域，节点之间的连线表示专利权人在热点与前沿技术领域拥有的专利，连线粗细表示专利数量。连线越粗，说明专利权人在某一技术领域的专利布局数量越多，是该专利权人的技术重点。LEEYT 与 E05-U05C(纳米薄膜)之间的连线最粗，且显著超过其它连线，表明 E05-U05C(纳米薄膜)是 LEEYT 最重要的技术重点。其它较粗的连线依次是海洋王照明科技有限公司与 E05-U05C(纳米薄膜)、LG 公司与 L03-H05(交通工具)、成都新柯力化工科技有限公司与 E05-U05C(纳米薄膜)以及三星公司与 L03-H05(交通工具)。各专利权人在石墨烯领域的主要技术重点如表 3 所示，可见不同专利权人的技术重点存在一定差异。以成都新柯力化工科技有限公司为例，主要技术重点领域依次为 A11-A03(混合、配制、均质、调和)、E05-U05C(纳米薄膜)和 A08-S02(溶剂、溶胀剂)，表明该公司在上述领域布局的专利较多，具备一定的专利数量优势。

3.5 动员过程

本文基于 DII 专利数据库，首先识别石墨烯领域 10 位国内专利权人之间及其与 10 位国外专利权人之间共同的关键技术领域，其次对两两专利权人之间的专利技术一一进行匹配，计算两者在共同关键技术领域拥有的专利数量。专利数量越多，说明两个专利权人的专利布局越接近，专利合作潜力越大；反之，则说明专利合作潜力越小。

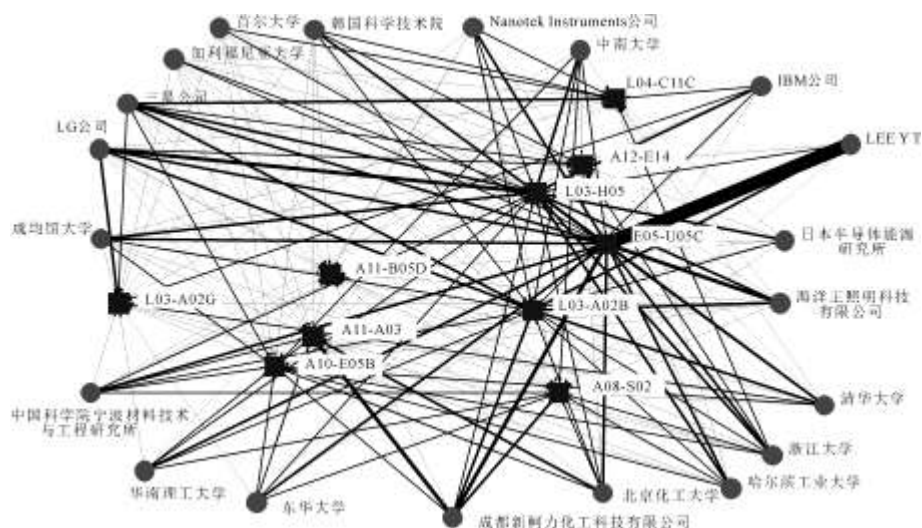


图 3 石墨烯领域专利权人-技术领域技术关联网络

本文运用社会网络分析软件分别构建石墨烯领域中国专利权人潜在国内和跨国专利合作伙伴识别网络(见图 4 和图 5)。如图 4 所示,圆形节点表示中国专利权人,节点之间的连线表示两个中国专利权人之间在共同关键技术领域拥有的专利,连线粗细表示专利数量。连线越粗,说明两个专利权人之间的专利合作潜力越大,未来成为专利合作伙伴的机会越大;连线越细,说明专利合作潜力越小,成为专利合作伙伴的机会越小。浙江大学和哈尔滨工业大学之间的连线最粗,表明两者是国内石墨烯领域专利合作中最具潜力的合作伙伴。浙江大学作为网络中的重要专利合作伙伴之一,与成都新柯力化工科技有限公司、海洋王照明科技有限公司及清华大学之间存在较大的专利合作潜力。石墨烯领域最具合作潜力的国内专利合作伙伴包括浙江大学、哈尔滨工业大学、成都新柯力化工科技有限公司、清华大学及中南大学。

表 3 石墨烯领域专利权人的技术重点

专利权人	技术重点
成都新柯力化工科技有限公司	A11-A03、E05-U05C、A08-S02
浙江大学	E05-U05C、L03-H05、A10-E05B
海洋王照明科技有限公司	E05-U05C、L03-A02B、L03-H05
清华大学	L03-H05、E05-U05C、L03-A02B
哈尔滨工业大学	E05-U05C、L03-H05、A08-S02
北京化工大学	E05-U05C、A11-A03、A08-S02
华南理工大学	E05-U05C、A11-A03、A08-S02
中国科学院宁波材料技术与工程研究所	E05-U05C、A08-S02、A11-A03
东华大学	E05-U05C、A08-S02、L03-H05
中南大学	L03-H05、E05-U05C、L03-A02B

LEEYT	E05-U05C、L03-A02B、L03-H05
三星公司	L03-H05、E05-U05C、L03-A02B
LG 公司	L03-H05、E05-U05C、L03-A02B
韩国科学技术院	E05-U05C、L04-C11C、L03-H05
Nanotek Instruments 公司	E05-U05C、L03-H05、L04-C11C
成均馆大学	L03-H05、E05-U05C、L03-A02B
IBM 公司	L03-H05、L03-A02B、L04-C11C
首尔大学	E05-U05C、L04-C11C、L03-A02B
日本半导体能源研究所	L03-H05、L03-A02B、E05-U05C
加利福尼亚大学	L03-H05、E05-U05C、L03-A02B

本文通过分析石墨烯领域中国专利权人潜在国内专利合作伙伴及具体合作技术领域发现，整体而言，国内石墨烯产业最具合作潜力的技术领域为 E05-U05C(纳米薄膜)，其它具有重要合作潜力的技术领域包括 L03-H05(交通工具)、L03-A02B(非金属导体—碳和石墨)、A08-S02(溶剂；溶胀剂)以及 A10-E05B(碳化化学改性)。具体而言，不同专利权人之间的潜在技术合作领域存在一定差异，未来专利权人与专利合作伙伴进行专利合作需要根据技术合作机会进行动态调整。以成都新柯力化工科技有限公司与浙江大学专利合作为例，其潜在专利合作技术领域依次为 E05-U05C(纳米薄膜)、A10-E05B(碳化化学改性)、L03-A02B(非金属导体—碳和石墨)、L03-H05(交通工具)以及 A08-S02(溶剂、溶胀剂)。

图 5 展现了石墨烯领域中国专利权人潜在跨国专利合作伙伴识别网络。其中，圆形节点表示中国专利权人，方形节点表示国外专利权人，节点之间的连线表示中国专利权人与国外专利权人之间在相同技术领域拥有的专利，连线粗细表示专利数量。连线越粗，说明两个专利权人之间的专利合作潜力越大，未来成为专利合作伙伴的机会越多；连线越细，说明专利合作潜力越小，未来成为专利合作伙伴的机会越少。浙江大学与三星公司之间的连线最粗，表明两者是石墨烯领域专利合作中最具潜力的跨国合作伙伴。三星公司、LG 公司、Nanotek Instruments 公司、LEEYT 以及韩国科学技术院是专利合作网络中最重要专利合作伙伴，其中三星公司与清华大学、海洋王照明科技有限公司，LG 公司与清华大学、浙江大学，Nanotek Instruments 公司与清华大学、哈尔滨工业大学之间具有较强的专利合作潜力。

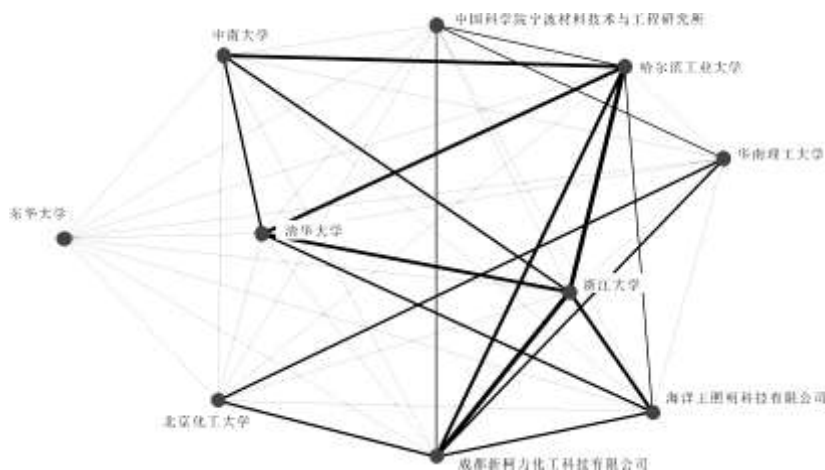


图 4 石墨烯领域中国专利权人潜在国内专利合作伙伴识别网络

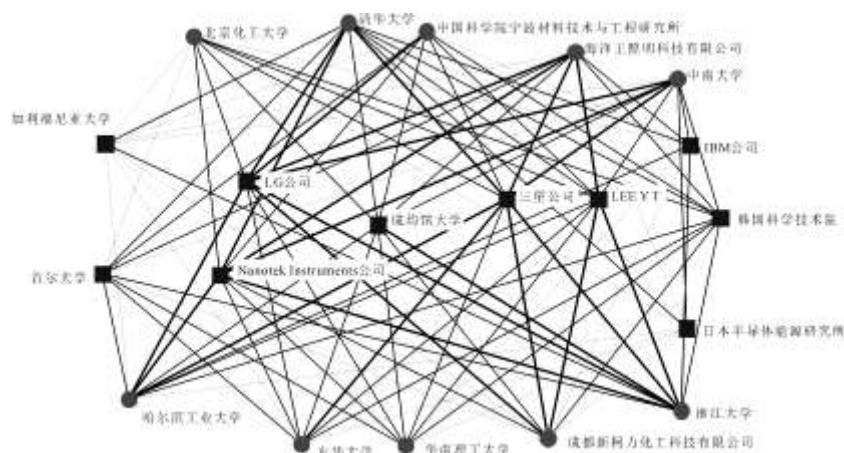


图 5 石墨烯领域中国专利权人潜在跨国专利合作伙伴识别网络

本文通过分析石墨烯领域中国专利权人的潜在跨国专利合作伙伴及具体合作技术领域发现，整体而言，国外石墨烯产业最具合作潜力的技术领域为 E05-U05C(纳米薄膜)，其它具有重要合作潜力的技术领域包括 L03-H05(交通工具)、L03-A02B(非金属导体-碳和石墨)、A08-S02(溶剂、溶胀剂)以及 A10-E05B(碳化化学改性)，上述领域与中国专利权人潜在国内专利合作伙伴相关领域一致。具体而言，不同专利权人之间的潜在技术合作领域存在一定差异，未来专利权人与专利合作伙伴进行专利合作需要根据技术合作机会进行相应调整。以浙江大学与三星公司专利合作为例，潜在专利合作技术领域依次为 E05-U05C(纳米薄膜)、L03-A02B(非金属导体-碳和石墨)、L03-H05(交通工具)、L04-C11C(半导体加工-电极)以及 A12-E14(电极：不包括电池、蓄电池、燃料电池、电解池、化学电池或电泳电池)。

4 结论与建议

4.1 研究结论

本文构建基于科学的产业专利合作伙伴识别研究框架，以石墨烯这一典型的基于科学的产业为例，运用专利技术组合和社会网络分析法，从行动者网络理论 4 个转译环节展现石墨烯产业创新主体国内和跨国专利合作伙伴识别过程，挖掘产业专利合作机会，得出如下研究结论：①在技术领域层面，L03-A02B(非金属导体-碳和石墨)、A08-S02(溶剂、溶胀剂)和 E05-U05C(纳米薄膜)是石墨烯领域最重要的热点与前沿技术领域；②在专利权人层面，中国重要专利人以高校和科研机构为主，国外则以具有竞争优势的大型企业为主，我国石墨烯领域企业与之相比存在一定差距；③在专利合作伙伴层面，石墨烯领域最具合作潜力的国内专利合作伙伴包括浙江大学、哈尔滨工业大学、成都新柯力化工科技有限公司、清华大学以及中南大学，跨国专利合作伙伴包括三星公司、LG 公司、Nanotek Instruments 公司、LEEY T、成均馆大学以及韩国科学技术院；④国内外最具合作潜力的关键技术领域涉及 E05-U05C(纳米薄膜)、L03-H05(交通工具)、L03-A02B(非金属导体-碳和石墨)、A08-S02(溶剂、溶胀剂)以及 A10-E05B(碳化化学改性)。

与现有研究相比，本文创新之处在于：①相较于现有研究以案例分析等定性分析法为主，本文基于专利这一客观技术创新资源，运用专利技术组合和社会网络分析法，为定量分析基于科学的产业发展提供了有益补充；②将行动者网络理论应用于基于科学的产业研究领域，构建专利合作伙伴识别新方法，探究专利合作机会和竞争优势，该方法不仅拓展了基于科学的产业理论体系，同时也有助于其它专利合作伙伴的识别研究；③现有专利合作伙伴识别研究往往将技术层面与专利权人层面相割裂，本文将二者有机结合，从预见性视角识别我国石墨烯产业创新主体潜在国内和跨国专利合作伙伴，并基于行动者网络理论 4 个转译

环节展现上述专利合作伙伴识别的逻辑机理，弥补了专利合作伙伴识别系统性研究不足。

4.2 政策建议

根据上述研究结论，本文提出以下政策建议：

(1)从政府层面看，应培育和发展开放式创新背景下石墨烯产业新业态、新模式。第一，出台产学研合作扶持政策，搭建产学研合作平台以及成立技术成果转化中心，将高校、科研机构中的前沿石墨烯技术理论、先进的研究设施和设备与企业市场化技术需求有机连接，推动石墨烯技术由基础性研究向商业化应用转变。第二，鼓励我国石墨烯产业创新主体积极与国外在该领域中具有竞争优势的专利权人开展跨国专利合作，使我国专利“走出去”，实现专利技术转化与应用，进而提升中国石墨烯产业影响力。第三，成立石墨烯产业创新发展基金，重点支持石墨烯产业重要分支技术领域(非金属导体一碳和石墨、溶剂；溶胀剂和纳米薄膜等)关键核心技术攻关，加快推动上述项目的商业化落地。

(2)从高校层面看：第一，加强石墨烯产业最具合作潜力的重要技术领域(纳米薄膜、交通工具、非金属导体一碳和石墨、溶剂、溶胀剂以及碳化化学改性)研究，尤其是关键核心技术攻关及核心专利储备。第二，加强企业之间的合作，一方面通过共建校企合作研究平台等方式推动高校技术成果转移转化；另一方面通过技术研讨会等方式从企业捕捉市场需求，用市场需求指导自身发展。第三，完善科研人员产权激励制度，激发科研人员创新积极性，使高校科研人员重视基础研究的市场导向，树立科技成果转化理念。

(3)从企业层面看：第一，加强石墨烯产业龙头企业培育，完善企业专利导航及知识产权管理体系建设。第二，企业需根据自身需求，锁定石墨烯领域最具技术优势和合作潜力的高校开展合作，联合开展技术研发攻关，提升专利创新成果质量。第三，加快推进全产业链布局，借鉴三星公司等国外企业石墨烯领域全产业链布局策略，加强上游制备与下游应用环节的联动，促进技术链与产业链融合，进而形成整体竞争优势。

4.3 不足与展望

本文存在如下不足：①考虑到石墨烯技术相关专利申请数量不断增长，行动者网络理论视角下专利合作伙伴识别模型研究结果存在动态变化，未来需要继续对石墨烯技术专利合作伙伴进行跟踪考查；②仅从专利这一客观技术创新资源视角出发，未来可在专利技术组合和社会网络分析法的基础上进一步扩展其它研究方法，如专利路线图、主成分分析法等，对行动者网络理论应用于专利产业研究领域提供有益补充。

参考文献：

[1]胥和平，雷家骕. 前瞻布局基于科学的产业创新，培育先发优势的引领性发展[N]. 科技日报，2021-04-09.

[2]MEYER-KRAHMER F, SCHMOCH U. Science-based technologies: university-industry interactions in four fields[J]. Research Policy, 1998, 27(8): 835-851.

[3]GIBBONS M, JOHNSTON R. The roles of science in technological innovation[J]. Research Policy, 1974, 3(3): 220-242.

[4]张艺，陈凯华，朱桂龙. 产学研合作与后发国家创新主体能力演变——以中国高铁产业为例[J]. 科学学研究，2018, 36(10): 1896-1913.

-
- [5] 栾春娟. 能源产业前沿探索: 基于科技创新视角[J]. 中国科技论坛, 2018, 34(7):74-80.
- [6] CHESBROUGH H W. Open innovation: the new imperative for creating and profiting from technology [M]. Boston: Harvard Business School Press, 2003:43-62.
- [7] BIERLY III P E, GALLAGHER S. Explaining alliance partner selection: fit, trust and strategic expediency [J]. Long Range Planning, 2007, 40(2):134-153.
- [8] SANDNER P G, BLOCK J. The market value of R & D, patents and trademarks[J]. Research Policy, 2011, 40(7):969-985.
- [9] 何怀文, 陈如文. 专利共有制度的博弈分析[J]. 清华知识产权评论, 2015, 1(1):103-127.
- [10] NOVOSELOV K S, GEIM A K, MOROZOV S V, et al. Electric field effect in atomically thin carbon films[J]. Science, 2004, 306(5696):666-669.
- [11] KWON S, POETER A, YOUTIE J. Navigating the innovation trajectories of technology by combining specialization score analyses for publications and patents: graphene and nano-enabled drug delivery[J]. Scientometrics, 2016, 106(3):1057-1071.
- [12] LI M. A novel three-dimension perspective to explore technology evolution[J]. Scientometrics, 2015, 105(3):1679-1697.
- [13] 杨仲基, 王宏起, 王珊珊, 等. 基于动态网络方法的产业专利合作态势研究——以中国石墨烯产业为例[J]. 科技进步与对策, 2018, 35(9):59-65.
- [14] FREEMAN C. The economics of industrial innovation[M]. Harmondsworth: Penguin, 1974.
- [15] YI W J, ZOU L L, GUO J, et al. How can China reach its CO intensity reduction targets by 2020 a regional-location based on equity and development[J]. Energy Policy, 2011, 39(5):2407-2415.
- [16] CORIAT B, ORSI F, WEINSTEIN O. Does biotech reflect a new science-based innovation regime[J]. Industry and Innovation, 2003, 10(3):231-253.
- [17] NELSON R R, WINTER S G. An evolutionary theory of economic change[M]. Cambridge: Harvard University Press, 1982.
- [18] 巴萨拉·乔. 技术发展简史[M]. 上海: 复旦大学出版社, 2000.
- [19] ARORA A, NANDKUMAR A. Insecure advantage? markets for technology and the value of resources for entrepreneurial ventures[J]. Strategic Management Journal, 2012, 33(3):231-251.
- [20] DUTREMIT G. Building technological capabilities in latecomer firms: a review essay[J]. Science, Technology

and Society, 2004, 9 (2) :209-241.

[21]DE PAULO A,RIBEIRO E,PORTO G.Mapping countries cooperation networks in photovoltaic technology development based on patent analysis[J].Scientometrics,2018,117(2):667-686.

[22]YANG W,YU X,ZHANG B,et al.Mapping the landscape of international technology diffusion (1994-2017):network analysis of transnational patents[J].The Journal of Technology Transfer,2021,46(1):138-171.

[23]WANG X,`LI R,HUANG Y,et al.Identifying R & D partners for dye-sensitized solar cells:a multi-level patent portfolio-based approach[J].Technology Analysis & Strategic Management,2019,31(3):356-370.

[24]HA S,LIU W,CHO H,et al.Technological advances in the fuel cell vehicle:patent portfolio management[J].Technological Forecasting and Social Change,2015,100:277-289.

[25]LEYDESDORFF L,KOGLER D F,YAN B.Mapping patent classifications:portfolio and statistical analysis, and the comparison of strengths and weaknesses[J].Scientometrics,2017,112(3):1573-1591.

[26]栾春娟,侯剑华,王贤文,等.全球竞争对手的技术网络绘制与共性技术识别——以波音与空客为例[J].科技进步与对策,2014,31(2):71-78.

[27]LIU W,TAO Y,YANG Z,et al.Exploring and visualizing the patent collaboration network:a case study of smart grid field in China[J].Sustainability,2019,11(2):465-482.

[28]EVERETT M G,BORGATTI S P.The dual-projection approach for two-mode networks[J].Social Networks,2013,35(2):204-210.

[29]瑟乔·西斯蒙多.科学技术学导论[M].许为民等,译.上海:上海世纪出版集团,2007.

[30]王春梅.基于行动者网络理论的区域创新体系进路研究——以南京为例[J].科技进步与对策,2012,29(24):52-55.

[31]LATOUR B,WOOLGAR S.Laboratory life:the social construction of scientific facts [M].Beverly Hills London: Sage,1979:154.

[32]王一鸣,曾国屏.行动者网络理论视角下的技术预见模型演进与展望[J].科技进步与对策,2013,30(9):156-160.

[33]GAO P.Using actor-network theory to analyse strategy formulation[J].Information System Journal,2005,15(3):255-275.

[34]SHIM Y,SHIN D H.Analyzing China' s fintech industry from the perspective of actor-network theory[J].Telecommunications Policy,2016,40(2-3):168-181.

[35]SHIM Y,SHIN D.Smartness in techno-nationalism?combining actor-network theory and institutionalization to assess Chinese smart TV development[J].Technological Forecasting & Social Change,2019,139:87-98.

[36]车尧, 李雪梦. 基于德温特手工代码的专利技术分析——以风能为例[J]. 情报科学, 2015, 33 (4): 132-138.