专利合作网络对发明专利授权的影响及作用路径

——以中国智能电网产业为例

彭超艳[1]，陶 渊[2]

（1. 安徽信息工程学院管理工程学院，芜湖 241199；2. 安徽师范大学经济管理学院，芜湖 241002）

摘要：解析专利合作网络对发明专利授权的重大作用有助于完善发明专利的合作网络，提高发明专利的质量。运用社会网络分析（SNA）方法从网络的视角研究专利合作对发明专利授权的影响，并通过探索性因子分析（EFA）和结构方程模型（SEM）识别主要的影响因素和作用路径。研究结果表明，专利合作网络对发明专利授权有显著的影响，其中，中心因子和规模因子对发明专利授权具有显著的正向影响，聚类因子对发明专利授权没有显著影响。最后，为完善中国智能电网产业的专利合作网络、提高相关产业的专利质量提出宝贵建议。

关键词：专利合作网络；发明专利授权；智能电网产业

中图分类号：F204；F062.4 **文献标志码**：A **文章编号**：1671－1807(2026)07－0055－13

创新是提高中国未来经济竞争力的核心力量，是产业可持续发展的动力。战略性新兴产业高度依赖创新，以创新为产业发展的主要驱动力[1]。智能电网产业作为战略性新兴产业的重要组成部分之一，受到国家的重点关注和支持。智能电网是一种将控制技术、计算机技术等先进技术应用于传统电网产业发展的电力网络，具有清洁、安全和经济等多方面特征，有助于完善能源管理[2]。它不仅提高了电网运行的效率和稳定性，而且降低了生产成本[3]，是电网产业发展的新方向。智能电网产业的发展很大程度上取决于技术创新效率，但由于创新风险的不确定性和复杂性，创新主体更愿意与合作伙伴进行协同创新以规避风险。协同创新成为未来产业创新的主要方式之一[4]。

合作是产业获得新知识和技能的重要方式之一，通过合作使知识在知识链中流动并被加以选择利用[5]。专利详细地记录了技术领域的相关信息，反映了最新技术进步的变化趋势[6]。合作专利是体现协同创新能力的最重要的载体，直接反映了技术创新的产出水平[7]。合作专利数据的重要性正日益得到认可。近年来，不同行业的合作专利申请数量均出现显著提高[8]。许多组织之间通过联合申请专利的方式进行合作研发，进而形成专利合作网络。专利合作网络是创新网络的一种，它对于研究技术创新至关重要。这是因为网络的结构和演化特征将影响知识流动的效率和知识共享的程度，从而影响技术创新。专利合作网络会影响发明专利授权的数量和质量，对产业的整体发展也会产生一定的影响[9]。发明专利授权将研发的技术变成一种受法律保护的技术资源，提高了组织的核心竞争力[10]。

在此背景下，现以中国智能电网产业为例，利用社会网络分析法从网络的视角研究专利合作网络对发明专利授权的影响，并通过探索性因子分析和结构方程模型识别主要的影响因素和作用路径。根据研究结果提出提高发明专利授权数量和质量的合理化建议，以期促进中国智能电网产业的发展。

1 理论基础

1.1 专利与专利合作

早在19世纪70年代，学者们已经使用专利进行技术研究。专利被广泛认为是有价值的创新指标[11]。专利信息包含了对产业发展有价值的技术研究成果，显示了研究热点和技术发展趋势。专利文档中包含了丰富的创新信息[12]。专利是企业获得核心竞争力的关键，很大程度上代表了企业的知

收稿日期：2025-11-08

基金项目：安徽信息工程学院青年科研基金（24QNJJSK003）；国家自然科学基金青年科学基金（72404003）；教育部人文社会科学研究一般项目（24YJC630194）

作者简介：彭超艳（1997—），女，安徽蒙城人，硕士，助教，研究方向为创新管理；通信作者陶渊（1994—），男，安徽枞阳人，博士，讲师，硕士研究生导师，研究方向为新兴产业创新管理、技术创新与管理、知识管理。

识存量。专利分析方法是研究行业或技术的有效方法，国内外学者应用各项专利指标讨论了不同行业的技术发展[13]。曹霞等[14]利用1989—2015年专利合作数据从时空两个层面，研究了新能源汽车产业专利合作网络演化特征，为该产业未来的发展提供了新的研究视角。吴菲菲等[15]基于产业链视角，利用集成电路产业相关的专利研发合作数据，对网络的特征进行了详细分析。Lacasa和Shubbak[16]利用专利指标对整个系统价值链进行了全面界定，并对中国光伏产业进行实证分析。Liu等[17]基于国家知识产权局的中国智能电网产业专利合作申请数据，研究了该产业的合作创新趋势。知识经济时代，由于技术进步和知识更新的速度不断增加，合作是提高企业创新效率的有效途径[18]。专利合作行为不仅能够促进技术进步，还能减少企业的创新成本，提高专利质量。专利合作代表着技术知识的共享和创新，加强了不同组织间的联系[19]，能够有效地提高发明专利授权数量[20]。

1.2 合作网络

社会网络分析方法是探讨合作特征的主要方式之一，受到了国内外很多学者的关注。王文静和赵江坤[21]利用社会网络分析方法，探讨了产学专利合作网络结构特征。结果表明，不同技术领域产学合作状态不同。武兰芬和戚湧[22]利用专利数据创建了专利权人合作网络和发明人合作网络，从不同角度对中美3D打印技术的发展现状进行了详细的对比分析。Pinto等[23]使用智利1989—2018年的专利数据集，研究了5个不同的共同发明人网络的各种统计属性。Liu等[24]构建了中国智能电网产业领域的专利合作网络，并对网络的动态演化进行研究，以形成不同合作伙伴之间协作的交流平台。Tao[25]以中国智能电网产业专利合作网络为研究对象，分析了不同演化阶段的网络静态和动态鲁棒性。专利合作网络的实质是以知识转移和资源整合为主要目标的一种交互式创新过程，是技术合作的重要载体[26]。专利合作网络为合作者之间的合作提供了一个开放的平台，降低了技术创新成本，有效地规避了风险，并能够使参与的合作者获得大量且有效的异质资源，提高合作者的知识存量[27]。

现有研究表明，网络结构和合作者之间的关系对网络未来的发展至关重要。网络内部的合作者通过知识共享和技术扩散等方式与其他合作者建立协作关系，从而提高了网络的凝聚力，并吸引了更多的合作者加入网络。专利合作网络使资源可以在合作者之间合理分配，增强了合作者的创新能力，并对企业创新绩效有显著影响[28]。专利合作网络通常在初期的特征是高度碎片化。随着时间的流逝，网络中合作者的联系会变得越来越紧密，碎片化程度也越来越小。大多数专利合作网络都具有无标度网络的特征[29]，优先连接使专利合作网络呈现“核心-外围”结构[30]。地理接近、技术接近、关系接近和机构接近是合作者选择建立合作关系的主要原因[31]。

1.3 发明专利授权

专利制度是保护知识产权的主要途径，专利驱动创新能力的提高，是构建创新型国家的发动机[32]。专利包括发明专利、新型专利和外观设计专利，其中发明专利是最有研究价值的专利类型。随着国家对知识产权的重视，近年来专利申请量和授权量逐年增加。借鉴曾昭法和聂亚菲[33]的观点，将专利授权量作为研究指标。这是因为与专利申请量相比，专利授权的数量和质量更有代表性，更能体现特定产业或者区域的技术创新能力[34]。陶渊等[35]以中国智能电网领域发明授权专利寿命作为被解释变量，来衡量该产业的技术创新质量。Tao[36]以1987—2021年中国智能电网产业被授权的合作发明专利为基础，运用复杂网络演化博弈模型，探讨宏观和微观驱动因素对网络演化的影响。蔡卫星等[37]利用专利授权数量分析企业集团对公司专利的影响。研究表明，战略性新兴产业发明专利授权数量逐年增加，其中新能源产业的增长趋势最显著。发明专利授权数据被学者广泛应用于科学研究中。王格格和刘树林[38]利用incoPat专利数据库中2018年发明专利授权数据，探讨了国际专利分类号间的知识流动，为政府制定相关政策提供了理论依据。胡侠等[39]基于2005—2014年15个城市发明专利数据，探讨了杭州市发明专利的特征，为提高发明专利授权量提供了有价值的参考。赵淑芳和王晓通[40]选取中国创业板上市公司2012—2019年数据，结合区域、行业、股权结构等异质性探讨发明专利授权率对企业融资的影响机制和作用效应。

综上所述，对于专利合作网络和发明专利授权为主体的研究已经取得了丰富的研究成果，为本文的研究奠定了理论基础。专利合作网络特征及不同产业专利发展现状一直是国内外学者研究的热点和重点，但是，研究专利合作网络对发明专利授权的影响及作用路径的研究还在探索期。当前，中

国对智能电网产业的重视程度不断增加,作为战略性新兴产业的重要组成部分,智能电网产业具有高度的创新性。研究以中国智能电网产业为例,探讨了专利合作网络对发明专利授权的影响。在此基础上,利用探索性因子分析和结构方程模型识别主要的影响因素和作用路径。

2 研究设计

2.1 研究方法

基于具有合作特征的已授权发明专利,结合社会网络分析法和结构方程模型分析法研究合作网络对发明专利授权的主要影响因素及其作用路径。①基于相关专利数据构建中国智能电网产业合作网络,选取主要网络结构参数作为初始测度指标;②对网络结构参数进行探索性因子分析,获得主要影响因子及其归属指标;③根据网络结构参数的内涵来命名主要因子,明晰影响因子之间的结构关系,建立理论路径模型;④验证理论模型合理性,分析主要影响因子及其作用路径。

2.1.1 社会网络分析法

社会网络是由一组社会行动者(如个人或组织)、一组二元关系以及行动者之间的其他社会互动组成的社会结构。当前,大多数创新活动都涉及众多创新实体(个人、企业、高校、科研院所等)的互动,因此,这种社会网络的复杂性以前所未有的方式增加。社会网络分析起源于人类学和社会学,在经济和管理分析中得到应用,有望在计量经济学、统计学等其他学科之外提供进一步的帮助。社会网络分析的价值在于它能够绘制直观图,并阐明联系、互动和行为模式的能力。它是一种跨学科的学术方法,应用于心理学、社会学、统计学等领域。到目前为止,该方法已广泛应用于社会科学的各个领域。采用社交网络分析方法构建中国智能电网产业协同创新网络,并对该网络的结构及其演化进行分析。网络结构测度指标主要包括以下几个方面。

(1)网络密度。网络密度是网络中实际连接与所有潜在连接的比率。网络密度越大,说明网络中节点间互动频率越高,知识信息传播的频率越高,速度越快。网络密度计算如式(1)所示,其中,K 为网络中已有边数,N 为网络中可能存在的边数,网络密度的取值范围为。

$$D = 2K/[N(N-1)] \tag{1}$$

(2)平均路径长度 L。平均路经长度 L 是网络中任意一对节点之间路径长度的平均值。平均路径的长度越长,表示整个网络连通成片的程度越高。平均路径长度的值越小,说明网络的传输和运行效率越高。平均路径长度计算如式(2)所示,其中,d_{ij} 为节点 i 到节点 j 的距离。

$$L = \frac{1}{\frac{1}{2}N(N-1)}\sum_{1\leqslant i,j\leqslant N} d_{ij} \tag{2}$$

(3)平均聚类系数。节点聚类系数是节点邻居之间的实际连接数与最大连接数之间的比例,而平均聚类系数表示网络中所有节点聚类系数的均值。平均聚类系数越大,网络中连接节点之间的连接概率会越大,网络的局部聚集程度越高。节点 i 的聚类系数 $C_i=2e_i/[k_i(k_i-1)]$,其中,k_i 为节点 i 邻居节点的数量,e_i 为邻居节点的邻居的连接数,网络的平均聚类系数如式(3)所示。其中,N 为网络中所有节点的数量。

$$C = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N} C_i \tag{3}$$

(4)节点中心性。主要从度数中心性、介数中心性、亲密中心性和特征向量中心性 4 个方面指标的测量来反映某些网络节点的重要性。度数中心性是直接连接到其他节点的节点数量。中心性越高,连接到某个节点的节点越多。这样的节点通常位于网络的中心,并极大地影响其他节点。介数中心性是基于最短路径的网络中心性的度量。它是指节点控制资源的程度。如果其他节点之间的连接需要通过一个节点,则该节点的介数中心性很高。一个节点的亲密中心性是通过该节点与网络中所有其他节点之间的最短路径的长度之和来计算的,以测量其在一个网络中的中心性。一个节点亲密中心性越高,它与所有其他节点越近。这样的节点通常位于网络的中心。相反,距离较长的节点在控制资源和影响方面往往较弱,这通常位于网络边缘。特征向量中心性体现中心节点的依赖性,是指与该中心节点相连接的其他节点是中心节点的可能性很大。这样节点的重要性取决于邻居节点的数量及其邻居的重要性。

(5)网络凝聚性。主要由网络密度、节点间平均距离和聚类系数来衡量。网络密度数值越大,节点间的关联程度越高,网络对节点的影响也会越大。网络平均距离是指网络中节点之间的平均距离,反映节点之间的关系。聚类系数表示模块中的组件彼此紧密结合的程度。根据网络连通性的不同,将网络映射分为 4 种类型,包括完全连通图、最大连通子图、弱连通图和强连通图。网络中的连通子图具有内部连接紧密、外部连接松散的特点。子

图的形成受协作类型、区域偏好和技术偏好的影响，呈现一定的联系偏好和小群体现象。

2.1.2 结构方程模型分析法

结构方程模型（structural equation modeling，SEM）在20世纪80年代已经发展成熟，这种模型研究在社会科学中应用较多，在国外普及较为广泛，应用较早，但是国内应用相对较少，它在政策研究领域、经济发展领域、社会关系领域、心理研究领域和行为管理等领域存在广泛运用，需要处理不同影响因素之间关系。结构方程模型擅长处理不可直接量化的变量使研究更科学、客观、准确。因此，运用SEM结构方程模型探索中国智能电网产业专利合作网络对发明专利授权的影响及作用路径。

2.2 研究样本

智能电网产业作为新能源产业中的重点发展领域受到国家重视。智能电网作为一个新兴产业，一直处于创新发展的前沿，也是国内外学者重点研究的技术领域。因此，选取在中国专利局授权的智能电网产业的专利数据作为样本数据（由于申请人国别为外国的专利数据量比较少，本文中只研究申请人国别为中国的专利数据）。研究的数据来自incoPat专利数据库。该数据库的数据字段完善，数据质量高，可以获取用于研究的所需数据。①通过国民经济行业代码和国际专利分类（International Patent Classification，IPC）分类号来确定中国智能电网产业的专利数据。②通过输入IPC分类号的高级检索方式得到2001—2018年已授权的智能电网领域的发明专利数据，共计114 142件，不考虑实用新型专利和外观设计专利。选取已授权的合作发明专利作为研究样本，是为了体现出合作的高质量，进而构建高质量的中国智能电网产业协同创新网络。③将专利申请人的数量设定为大于等于2，获得所需要的具有合作特性的已授权发明专利，共计22 911件。

将2001—2018年作为核心研究区间，该选择并非随机界定，而是基于中国智能电网产业发展规律、专利数据特征及政策体系的系统考量，具体依据如下：①2001年是中国智能电网产业技术研发的“萌芽起点”，2018年则是产业“规模化发展节点”，专利合作从“零散合作”转向“稳定网络协作”，可完整覆盖产业从“技术探索-合作萌芽-网络成型”的核心周期，清晰捕捉专利合作网络的动态演化特征，为分析其与发明专利授权的关联机制提供完整的产业发展语境。②2001—2018年是中国创新政策与智能电网产业政策深度耦合的时期：“十一五”（2006—2010年）将智能电网纳入“能源领域重大科技专项”，“十二五”（2011—2015年）进一步将其列为战略性新兴产业，在政策层面直接引导创新主体开展专利合作。这一时期政策对专利合作的影响具有“可观测性”，能够清晰分析“政策引导-网络形成-专利授权”的传导路径。若选取更晚时间段，虽能覆盖最新政策，但政策效果尚未完全显现，难以建立政策与网络演化的明确关联，反而降低研究结论的政策解释力。

2.3 中国智能电网产业专利合作网络构建

根据《战略性新兴产业分类与国际专利分类参照关系表（2021）（试行）》的内容，可以将中国智能电网产业分成3个子行业，包括智能电力控制设备及电缆制造业、电力电子基础元器件制造业和智能电网输送与配电行业。

根据文件将中国智能电网产业中22 911项已授权的合作发明专利按照时间顺序进行分类设置。2001—2018年中国智能电网产业已授权的合作发明专利数量如图1所示。可以发现在这18年时间里，2001—2007年，中国智能电网产业合作发明专利授权总量比较低；2008—2013年，中国智能电网产业合作发明专利授权总量呈现出缓慢增长的趋势；2014—2018年，中国智能电网产业合作发明专利授权总量呈现出快速增长的趋势，并且出现停滞不前的发展趋势。整体而言，中国智能电网产业中已授权的合作发明专利数量整体呈现出逐步上升趋势，说明中国智能电网产业的创新合作在不断加强。其中，智能电力控制设备及电缆制造业合作发明专利授权总量远高于其他两个行业，电力电子基础元器件制造业合作发明专利授权总量在2017年开始超过智能电网输送与配电行业。

将专利中的每个申请人设为一个网络节点；节点颜色的深浅程度以及节点的大小表示该节点所连接其他节点的个数，即度数，体现出网络节点的重要性程度；合作专利是指一项专利中有两个或两个以上的专利申请人，在合作网络中两个节点的连边则表示不同专利申请人间的合作；连边颜色的深浅程度以及连边的粗细表示两个专利申请人之间合作次数的多少，即连边的权重，体现出合作的强度。最后，根据专利申请人的最新名称，统一已改名的专利申请人名称，如国家电网公司统一改为国家电网有限公司。运用Gephi软件对中国智能电网产业的合作网络进行可视化，如图2～图4所示。

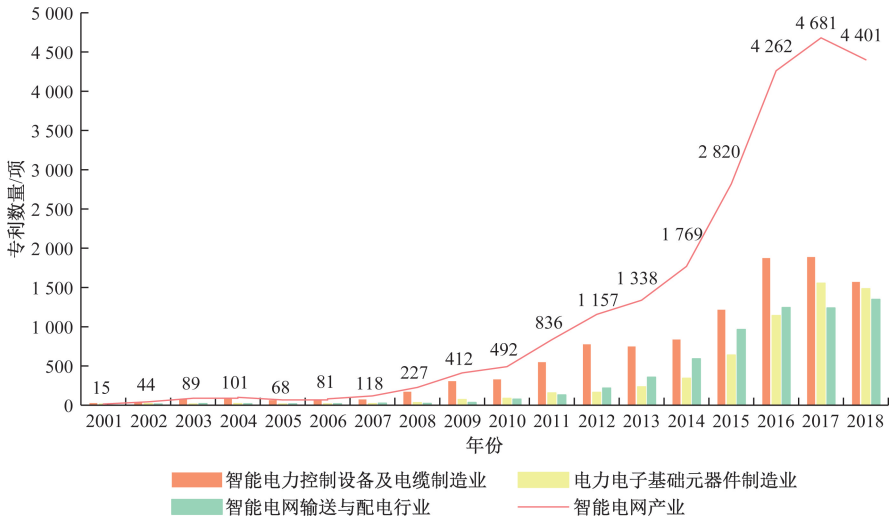


图 1　2001—2018 年中国智能电网产业已授权合作发明专利数量

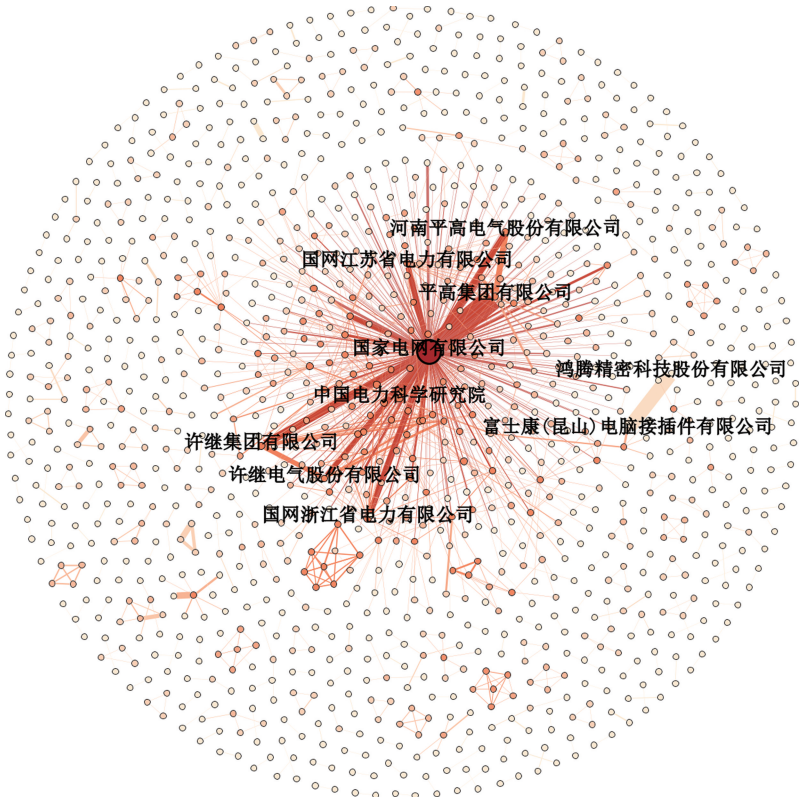


图 2　2018 年智能电力控制设备及电缆制造业专利合作网络

构建的中国智能电网产业专利合作网络包括 3 个子行业网络,即智能电力控制设备及电缆制造业专利合作网络、电力电子基础元器件制造业专利合作网络以及智能电网输送与配电行业专利合作网络。

从图 2～图 4 中可以看出,国家电网有限公司在中国智能电网产业的 3 个行业的专利合作网络中都处于网络的核心位置,度数和加权度都很高,说明国家电网有限公司的合作范围很广,合作强度很大。此外,中国电力科学研究院、国网江苏省电力有限公司、国网浙江省电力有限公司、许继集团有限公司等节点的度数较高,说明这些专利申请人的专利合作范围都比较广;富士康(昆山)电脑接插件有限公司和鸿腾精密科技股份有限公司、许继集团有限公司和许继电器股份有限公司等节点之间的合作非常频繁。专利合作网络中形成的合作团体间的合作密切,合作伙伴稳定,更有利于产生高质量的发明专利,并获得授权。专利合作网络图能够直观地看出专利申请人之间的合作关系,但对网络

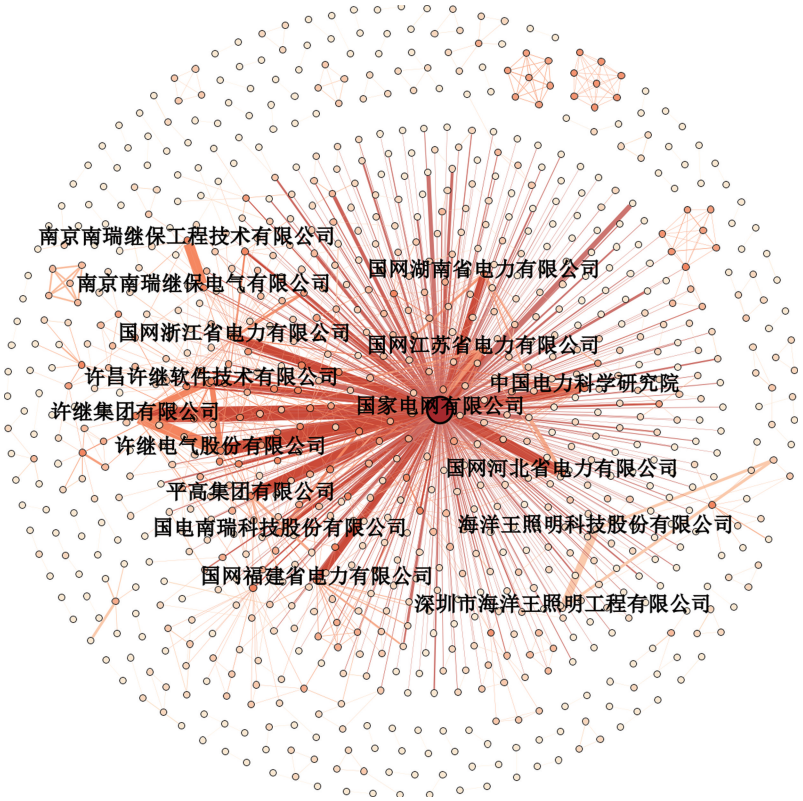


图 3　2018 年电力电子基础元器件制造业专利合作网络



图 4　2018 年智能电网输送与配电行业专利合作网络

参数的量化能够进一步评价专利合作网络的整体水平。通过软件计算获得 2001—2018 年中国智能电网产业的 3 个行业的主要合作网络结构参数结果，见表 1。

表 1　中国智能电网产业 3 个行业专利合作网络主要结构参数

行业	年份	规模	平均度	平均加权度	网络直径	平均路径	图密度	连接组件	平均聚类系数	接近中心性	介数中心性	特征向量中心性
行业 1	2001	27	1.259	1.259	2	1.056	0.048	12	0.857	0.975	0.037	0.282
	2002	19	1.158	3.895	1	1.000	0.064	9	1.000	1.000	0	0.205
	2003	33	1.152	4.970	2	1.095	0.036	15	0.600	0.960	0.061	0.167
	2004	74	1.297	2.622	2	1.273	0.018	31	0.714	0.936	0.243	0.113
	2005	104	1.596	1.846	2	1.202	0.015	40	0.855	0.939	0.202	0.093
	2006	82	1.268	2.098	2	1.037	0.016	37	0.889	0.984	0.024	0.088
	2007	93	1.269	1.935	3	1.183	0.014	40	0.684	0.944	0.140	0.085
	2008	189	1.365	2.201	2	1.122	0.007	81	0.833	0.960	0.095	0.056
	2009	259	1.645	3.104	3	1.266	0.006	102	0.794	0.935	0.293	0.073
	2010	317	1.514	2.675	5	1.416	0.005	125	0.834	0.932	0.432	0.064
	2011	505	1.552	2.879	6	2.082	0.003	197	0.767	0.901	1.725	0.026
	2012	635	1.575	3.106	4	1.915	0.002	240	0.786	0.898	1.545	0.036
	2013	663	1.756	3.179	9	3.181	0.003	223	0.805	0.833	24.336	0.019
	2014	657	1.854	3.744	8	2.530	0.003	202	0.816	0.801	24.807	0.021
	2015	988	2.004	3.957	10	2.849	0.002	278	0.792	0.755	82.322	0.018
	2016	1 298	2.317	5.508	10	2.845	0.002	313	0.791	0.713	177.755	0.017
	2017	1 439	2.436	5.308	9	2.640	0.002	353	0.809	0.730	157.223	0.016
	2018	1 220	2.431	5.139	11	2.771	0.002	303	0.775	0.717	155.591	0.017
行业 2	2001	4	1.000	1.000	1	1.000	0.333	2	0	1.000	0	1.000
	2002	11	1.273	1.636	1	1.000	0.127	5	1.000	1.000	0	0.314
	2003	2	1.000	1.000	1	1.000	1.000	1	0	1.000	0	1.000
	2004	15	1.067	1.067	2	1.111	0.076	7	0	0.956	0.067	0.299
	2005	5	1.600	1.600	1	1.000	0.400	2	1.000	1.000	0	0.623
	2006	7	1.429	1.429	1	1.000	0.238	3	1.000	1.000	0	0.461
	2007	37	1.243	1.297	2	1.042	0.035	17	0.800	0.982	0.027	0.126
	2008	35	1.657	1.771	2	1.065	0.049	13	0.913	0.962	0.057	0.646
	2009	95	1.347	1.874	3	1.265	0.014	40	0.83	0.943	0.232	0.117
	2010	138	1.319	1.580	4	1.317	0.010	58	0.722	0.931	0.275	0.110
	2011	207	1.710	2.184	10	3.445	0.008	70	0.693	0.809	7.464	0.046
	2012	203	1.527	2.108	6	2.747	0.008	70	0.640	0.812	5.793	0.066
	2013	252	2.063	3.365	8	2.542	0.008	63	0.816	0.721	36.044	0.046
	2014	351	2.980	4.245	6	2.435	0.009	61	0.836	0.669	71.407	0.045
	2015	511	2.830	5.354	9	2.372	0.006	65	0.855	0.603	157.185	0.038
	2016	734	2.995	7.553	6	2.201	0.004	93	0.878	0.610	206.898	0.032
	2017	956	3.944	8.799	7	2.294	0.004	106	0.856	0.597	301.425	0.028
	2018	882	3.354	8.007	7	2.407	0.004	103	0.827	0.579	300.776	0.029
行业 3	2002	6	2.333	2.333	1	1.000	0.467	2	1.000	1.000	0	0.672
	2003	15	1.200	1.333	1	1.000	0.086	7	1.000	1.000	0	0.245
	2004	11	1.273	1.273	1	1.000	0.127	5	1.000	1.000	0	0.314
	2005	6	1.000	1.000	1	1.000	0.200	3	0	1.000	0	1.000
	2006	10	1.000	1.000	1	1.000	0.111	5	0	1.000	0	1.000
	2007	45	2.044	2.311	2	1.021	0.046	18	0.933	0.985	0.022	0.165
	2008	38	1.000	1.211	1	1.000	0.027	19	0	1.000	0	1.000
	2009	57	1.509	1.789	4	1.600	0.027	22	0.838	0.907	0.737	0.188
	2010	95	1.516	2.021	5	2.024	0.016	33	0.662	0.831	1.789	0.115
	2011	143	1.538	2.140	8	3.377	0.011	46	0.576	0.774	13.594	0.073
	2012	243	1.975	2.642	8	3.627	0.008	68	0.650	0.708	34.947	0.068
	2013	358	2.844	5.246	10	3.327	0.008	81	0.708	0.678	75.609	0.071
	2014	407	3.174	5.794	7	2.750	0.008	66	0.739	0.608	130.511	0.043
	2015	588	3.616	7.684	9	2.772	0.006	82	0.748	0.579	226.844	0.036
	2016	743	3.564	8.199	8	2.634	0.005	113	0.759	0.594	256.476	0.032
	2017	769	3.711	8.772	9	2.584	0.005	111	0.771	0.594	253.304	0.031
	2018	737	4.190	10.583	6	2.517	0.006	103	0.776	0.590	253.149	0.034

注:行业 1、行业 2 和行业 3 分别为智能电力控制设备及电缆制造业、电力电子基础元器件制造业和智能电网输送与配电行业。

就网络规模而言，中国智能电网产业 3 个子行业专利合作网络的规模均呈现出不断扩大的趋势，说明越来越多的创新主体进入中国智能电网产业专利合作网络中，其中，智能电力控制设备及电缆制造业专利合作网络规模最大，且增长速度要高于其他两个行业；就平均度和平均加权度而言，中国智能电网产业 3 个子行业专利合作网络的平均度和平均加权度均呈现出不断扩大的趋势，说明网络中创新主体的合作广度和深度都在不断增加，其中，智能电网输送与配电行业专利合作网络内部的合作广度和深度要高于其他两个行业；就平均路径而言，中国智能电网产业 3 个子行业专利合作网络的平均路径均呈现出先增长后下降的趋势，说明网络中知识资源流通效率先变慢后变快，这是因为在早期网络规模增长比较快，多与新进节点进行合作，后期网络规模增长放慢，多与网络原有节点进行合作，其中，电力电子基础元器件制造业专利合作网络内部的知识资源流通效率要高于其他两个行业；就图密度而言，中国智能电网产业 3 个子行业专利合作网络密度均呈现出不断下降趋势，这是因为网络规模的增长速度远高于网络连边的增长速度；就平均聚类系数而言，中国智能电网产业 3 个子行业专利合作网络平均聚类系数整体上都比较高，说明网络创新主体的聚集程度相对比较高。

3　研究结果

3.1　探索性因子分析

运用 SPSS 软件对表 1 中专利合作网络的主要结构参数进行相关性分析，发现大多网络结构参数间相关性很强，不能直接进行路径分析。因此，运用探索性因子分析法对数据进行分析，对主要网络结构参数进行降维处理，进而获得相关性比较弱的合作网络结构因子，并将它们作为路径分析的主要影响因子。

运用 SPSS 软件进行探索性因子分析。首先根据 KMO(Kaiser-Meyer-Olkin)和 Bartlett 球形检验值来判断是否适合进行因子分析。KMO 统计量取值范围为[0,1]。当所有变量之间的偏相关系数平方和远远小于简单相关系数平方和时，KMO 值越接近 1，说明变量之间相关性越强，原有变量适合做因子分析。在实际中，KMO 统计量在 0.7 以上时效果比较好；当 KMO 统计量在 0.5 以下，则不适合因子分析法。Bartlett 球形检验用于检验相关阵中各变量间的相关性，是否为单位阵，即检验各个变量是否各自独立，如果是单位矩阵，变量间彼此独立，则无法从中提取公因子，则数据不适合进行因子分析。由 SPSS 检验结果显示 Sig.＜0.05(即P＜0.05)，说明符合标准，数据呈球形分布，表明原始变量之间可能存在有意义的关系。

从表 2 中可以看出，KMO 值为 0.758(＞0.7)，说明因子分析的效果较好；Bartlett 球形检验值为 896.115，P＜0.001，达到了显著性水平，每个变量的独立性假设不成立。因此，适用性检验通过，可以运用因子分析法。运用主成分分析法计算公因子特征值、方差贡献率、累积方差贡献率，结果见表 3。

从表 3 中可以看出，根据特征值大于 1 来选取公共因子时，可以得到 3 个公共因子，前 3 个公共因子的累积方差贡献率为 85.406%(大于 85%)，说明 3 个公共因子能够反映样本的大部分信息，即可以反映出合作网络的主要结构特征，3 个公共因子分别用 F1、F3、F3 表示。

表 2　KMO 和 Bartlett 球形检验

取样足够度的 KMO 度量		0.758
Bartlett 的球形度检验	近似卡方	896.115
	df	55
	Sig.	0.000

表 3　解释的总方差结果

成分	初始特征值			提取平方和载入			旋转平方和载入		
	合计	方差/%	累积方差/%	合计	方差/%	累积方差/%	合计	方差/%	累积方差/%
1	6.718	61.073	61.073	6.718	61.073	61.073	3.971	36.098	36.098
2	1.528	13.888	74.961	1.528	13.888	74.961	3.319	30.174	66.272
3	1.149	10.444	85.406	1.149	10.444	85.406	2.105	19.134	85.406
4	0.729	6.625	92.030						
5	0.532	4.833	96.863						
6	0.166	1.505	98.369						
7	0.070	0.638	99.006						
8	0.050	0.453	99.460						
9	0.035	0.316	99.776						
10	0.021	0.194	99.970						
11	0.003	0.030	100.000						

采用主成分分析法计算因子载荷矩阵,可以说明每个因子在每个参数变量上的载荷。由于初始的因子载荷矩阵系数不明显,为了使因子载荷矩阵中系数呈现0～1分化,采用最大方差法对初始因子载荷矩阵进行旋转,旋转前后的因子载荷矩阵见表4。

根据表4中旋转后因子载荷矩阵的结果和每个指标在每个公共因子上的载荷数来命名3个公共因子。因子F1包括平均度、介数中心性、平均加权度、接近中心性4个指标,从4个指标的内在含义来看,不论是平均度、平均加权度、接近中心性还是介数中心性都是对专利合作网络中创新主体重要程度的直观表现,反映了网络节点的重要程度、合作深度和合作广度,因而将其设置为中心因子;因子F2包括连接组件、网络直径、平均路径、网络规模4个指标,这4个指标都是对专利合作网络结构宏观层面上的直观反映,同时反映了合作网络中创新资源流动的广度与速度,因而将其设置为规模因子;因子F3包括平均聚类系数、特征向量中心性、图密度3个指标,特征向量中心性的高低取决于网络节点的邻居数量,也取决于其邻居节点的重要程度,图密度和平均聚类系数都反映了网络内部节点的聚集和分散程度,因而将其设置为聚类因子。基于上述3个公共因子构建合作网络对发明专利授权作用路径影响研究的理论模型。

3.2 路径分析

为了研究合作网络对发明专利授权的影响程度并识别其作用路径,采用SEM结构方程模型进行分析。SEM结构方程模型不仅可以处理多个因变量,还可以比较不同的理论模型。与探索性因子分析相比,SEM结构方程模型不仅可以对假设模型进行验证,还可以对模型的拟合情况进行综合评价,允许自变量和因变量存在测量误差。运用SEM结构方程模型进行路径分析的研究内容包括结构关系假设、模型验证和结果分析。

3.2.1 结构关系假设

因子F1、F2、F3分别从不同方面反映了专利合作网络的特征,3个因子对发明专利授权可能产生不同方向、不同程度的影响。

中心因子F1体现了专利合作网络中的马太效应,少部分创新主体在创新资源等方面具有明显的合作优势,导致更多的创新资源向这些创新主体倾斜。绝大部分的创新主体合作资源匮乏,很难吸引到合作者,只有寻求重要创新主体进行合作。知识、信息和资源聚集到少数创新主体,有利于知识信息的融合,整合资源,从而影响其他创新主体和整个产业的发明专利授权质量和效率。规模因子F2反映了创新主体可能存在合作的范围和网络中知识信息传输效率,网络的规模越大,网络中的创新主体数量越多,网络的平均路径越短,网络中知识信息传输速度越快;网络的规模越小,网络中参与合作的创新主体数量越少,网络的平均路径越长,网络中知识信息传输效率越低。聚类因子F3反映了创新主体间的密切程度以及合作频率。专利合作网络的聚集程度越高,表明创新主体间的合作关系密切,合作频率越高;专利合作网络的聚集程度越低,网络结构越松散,网络中的小团体越多,不利于整个网络中知识、信息资源的流动,创新主体间知识信息传输效率低,成本高。

中心因子、规模因子和聚类因子之间并非完全独立,3个因子是通过相互作用共同促进发明专利授权的质量和效率。在此基础上,建立专利合作网络因子影响“发明专利授权”的假设模型,如图5所示。

表4 旋转前后的因子载荷矩阵

变量	旋转前			变量	旋转后		
	F1	F2	F3		F1	F2	F3
接近中心性	0.935	0.217	0.081	平均度	0.934	0.216	0.201
网络直径	0.893	0.033	0.327	介数中心性	0.927	0.278	0.063
网络规模	0.880	0.088	0.253	平均加权度	0.907	0.264	0.202
平均加权度	0.869	0.276	0.319	接近中心性	0.806	0.495	0.178
平均度	0.858	0.296	0.368	连接组件	0.141	0.866	0.164
介数中心性	0.843	0.402	0.261	网络直径	0.448	0.814	0.209
平均路径	0.825	0.007	0.326	平均路径	0.414	0.767	0.163
特征向量中心性	0.716	0.605	0.112	网络规模	0.538	0.735	0.131
连接组件	0.696	0.162	0.535	平均聚类系数	0.164	0.104	0.862
平均聚类系数	0.352	0.629	0.511	特征向量中心性	0.237	0.428	0.807
图密度	0.518	0.599	0.014	图密度	0.054	0.381	0.692

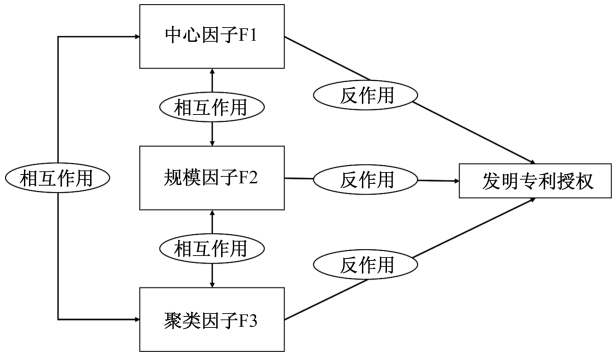


图 5　假设模型

3.2.2　模型验证

运用 SPSS 软件对图 5 中的假设模型进行检验，得到的模型拟合结果见表 5。表 5 显示，绝大部分模型拟合指标都达标，其中 χ^2/df、RMR、CFI、TLI、PNFI、NFI、NNFI 等常用的模型拟合指标均达标。假设模型的 χ^2/df＝1.853＜2.00、RMR＝0.053＜0.08、CFI＝0.972＞0.90、TLI＝0.950＞0.90、PNFI＝0.524＞0.50、NFI＝0.943＞0.90、NNFI＝0.50＞0.90、IFI＝0.973＞0.90、SRMR＝0.056＜0.10，模型拟合指标都在理想的范围之内，GFI 和 RMSEA 指标值虽然没有达标，但都很接近标准值，理论模型的拟合结果很好。指标的标准化路径系数如图 6 所示。

表 5　模型拟合结果

指标	判断标准	数值	是否符合标准
卡方自由度比(χ^2/df)	＜2.00	1.853	符合
残差均方根(RMR)	＜0.08	0.053	符合
比较拟合指数(CFI)	＞0.90	0.972	符合
塔克-刘易斯指数(TLI)	＞0.90	0.950	符合
简约规范拟合指数(PNFI)	＞0.50	0.524	符合
规范拟合指数(NFI)	＞0.90	0.943	符合
非规范拟合指数(NNFI)	＞0.90	0.950	符合
增量拟合指数(IFI)	＞0.90	0.973	符合
标准化残差均方根(SRMR)	＜0.10	0.056	符合
拟合优度指数(GFI)	＞0.90	0.891	不符合
近似误差均方根(RMSEA)	＜0.10	0.129	不符合

3.2.3　结果分析

根据标准化路径系数及其显著性检验，得到以下结果。

(1)中心因子对发明专利授权的 P＜0.05，系数为 0.273，说明中心因子对发明专利授权有显著的正向影响。平均度和加权平均度的系数都大于 0.90。网络的度中心性由相对度中心性和绝对度中心性共同决定。绝对度中心性由平均度来表示，反映的是专利合作网络中所有创新主体间形成合作关系数量的平均值，即网络连边的数量除以网络节点的数量，体现网络中创新主体的合作广度；相对度中心性由加权平均度来表示，反映了专利合作网络中任意两个创新主体间合作次数总和的平均值，即网络连边权重总和除以网络节点数量，体现网络中创新主体的合作深度。中心因子表现出显著的正向影响，是因为专利合作网络中创新主体合作范围不断扩大，同时创新主体间的合作频率不断提高。网络中创新主体间的知识信息得到有效的流通，有助于获得异质性资源，长期稳定的合作关系可以节约大量的时间和人力成本。

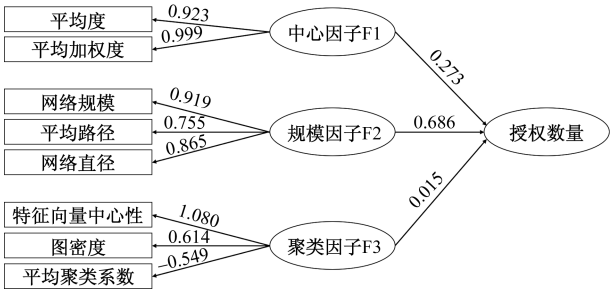


图 6　路径系数

(2)规模因子对发明专利授权的 P＜0.05，系数为 0.686，说明规模因子对发明专利授权有显著的正向影响。网络规模、平均路径和网络直径均大于 0.75。网络规模是指专利合作网络中创新主体的数量；平均路径是指专利合作网络中所有创新主体间最短距离的平均值，反映了网络中创新主体之间相互连通的能力；网络直径是指专利合作网络中任意两个创新主体间最短路径的最大值，反映可连通主体的覆盖范围。规模因子表现出显著的正向影响，是因为专利合作网络中创新主体的数量越来越多，网络越来越复杂，创新的知识和资源总量增大，越容易获取异质性资源，从而产生高质量的专利。网络的直径逐渐变大，整个中国智能电网产业的合作范围越来越大，知识共享平台越来越完善。网络的平均路径越来越低，整个中国智能电网产业创新知识传输效率越来越快，资源的利用率越来越高。

(3)聚类因子对发明专利授权的 P＜0.05，说明聚类因子对发明专利授权没有显著影响。网络密度用于刻画网络中创新主体间连边的密集程度；聚类系数表示一个网络中创新主体集聚程度的系数，平均聚类系数是指所有创新主体聚类系数的平均值；特征向量中心性的核心思想是：一个重要的创新主体不仅仅与很多的创新主体连接，而且与它相连的创新主体也是比较重要的节点。随着网络规

模越来越大,参与专利合作网络的创新主体越来越多,但是新兴的创新主体并没有形成广泛的合作关系,导致网络的密度越来越低;多数新兴的创新主体通常是以小团体的形式出现,小团体中创新主体间合作次数较少,不同的小团体之间联系不强,阻碍了知识和资源在更大的范围内流动,导致了网络的平均聚类系数较高,说明中国智能电网产业尚未形成完整连通的专利合作网络,这可能是导致聚类因子不显著的主要原因。从特征向量中心性的角度来看,小团体中的创新主体在整个网络中的重要性比较低,而且与它合作的创新主体也是不重要的创新主体,所以网络的特征向量中心性比较低。

4 结论与建议

选择中国智能电网产业的已授权发明专利数据作为研究样本,运用社会网络分析方法和 SEM 结构方程模型分析合作网络对发明专利授权的影响,通过探索性因子分析将合作网络结构参数转化为中心因子、规模因子和聚类因子,分析各因子对发明专利授权的差异性影响。中心因子和规模因子对发明专利授权具有显著的正向影响,聚类因子对发明专利授权的影响不显著。根据研究结果,专利合作网络中的创新主体应该扩展合作渠道,扩大合作范围,同时加强与原有合作伙伴的交流合作,增加合作频率,提高知识信息的传输速率和促进资源的流动;建议建立知识共享平台,促进网络中知识信息的流动与融合;应鼓励更多的创新主体参与到中国智能电网产业的专利合作网络中,增加创新的知识和资源总量,获取更多的异质性资源;鼓励不同的小团体之间进行交流合作,鼓励小团体与核心创新主体之间的知识信息交流,从而提高整个中国智能电网产业专利合作网络连通性;由于智能电网产业技术研发过程中需要大量的资金、设备,以及高技术人才等方面的投入,因此,应尽快搭建一个用于智能电网产业内部技术研发、转化、应用、交流的合作平台,强化主体间的合作,加速提升合作主体的创新水平和协同创新能力。

为破解网络碎片化的难题,需要构建跨主体协同联结机制。①搭建跨团体协作对接平台。由中国电力企业联合会牵头,联合国家电网有限公司等核心主体,构建“智能电网产业专利合作资源匹配系统”。该系统需整合各创新小团体的技术需求、专利存量及研发能力数据,通过算法实现小团体间的精准需求和资源匹配。同时,每年举办智能电网产业跨团体专利合作专项洽谈会,聚焦碎片化严重的细分领域,组织小团体与核心主体开展定向合作签约,推动跨团体合作专利项目落地,逐步消除小团体间的协作孤岛。②建立核心主体辐射带动机制。依托国家电网有限公司、中国电力科学研究院等核心节点的资源优势,设立“智能电网专利合作孵化计划”。核心主体可以开放一些基础设施,每年吸纳一些新兴小团体参与核心技术研发,并将跨团体合作成果纳入核心主体的创新绩效评价体系。同时,核心主体需每季度发布“技术需求白皮书”,明确小团体可参与的研发方向,引导小团体融入整体网络协作。③完善跨团体合作激励政策。建议工业和信息化部、国家知识产权局联合推出智能电网跨团体专利合作专项支持政策,对小团体间、小团体与核心主体合作的专利项目,给予研发补贴;对获得授权的跨团体合作发明专利,在专利年费减免、侵权维权援助等方面给予优先支持。同时,由行业协会明确合作各方的专利申请权、使用权及收益分成比例,降低协作中的制度性摩擦成本。

结合中国智能电网产业 3 大子行业的技术属性差异,需要实施差异化优化策略,以提升各领域发明专利授权质量与效率。①就智能电力控制设备及电缆制造业而言,该行业技术集成度高、网络规模大,需聚焦“系统集成”和“专利共享”双轮驱动。一方面,推动上下游企业与高校组建“智能控制设备集成创新联盟”,围绕关键技术开展联合研发,目标形成具有行业主导地位的核心专利群;另一方面,依托该行业网络规模优势,建立“智能电力设备专利池”,将联盟内企业的专利纳入共享体系,中小企业可通过支付少量年费使用专利,降低技术研发成本,同时提升网络整体的技术融合效率。②就电力电子基础元器件制造业而言,该行业技术壁垒高、产品迭代快,需重点突破“基础研究薄弱”和“转化周期长”的问题。建议企业与清华大学、西安交通大学等高校的实验室合作,设立“电力电子元器件基础研究联合实验室”,针对基础领域开展长期攻关,每年推动基础研究成果转化为专利;同时,利用该行业知识流通效率高的优势,联合产业链下游企业开展技术验证,将专利从实验室到产业化的周期缩短,提升发明专利的实用性。③就智能电网输送与配电行业而言,该行业技术应用性强、合作紧密,需围绕“工程需求”和“安全稳定”优化协作模式。推动国家电网各省电力公司与中国能源建设集团等工程企业组建“输配电技术工程合作共同体”,针对特高压线路的智能巡检、分布式电网的负

荷调度等工程化技术开展专利研发，确保专利技术能直接适配实际工程场景；同时，依托该行业合作网络的紧密性，建立“输配电专利技术安全验证平台”，对合作研发的专利技术进行实地运行测试，重点验证其在极端天气、高负荷工况下的稳定性，提升发明专利的授权质量与市场认可度。

结合社会网络分析法和结构方程模型分析法验证了合作网络对发明专利授权的主要影响因素和作用路径，对政府及相关创新主体实施专利合作提供对策建议，促进发明专利授权和提高发明专利质量有一定的意义。影响发明专利授权的因素有很多，专利合作网络是其中的一个因素，可以在未来的研究中探索其他的影响因素。本文的研究主要针对中国智能电网产业，对研究其他产业发明专利授权有一定的借鉴意义。本文的专利数据主要是针对授权的发明专利，在研究发明申请、实用新型和外观设计等不同类型的专利方面有所欠缺。今后可以根据不同类型的专利来研究专利合作对专利授权的影响，还可以研究不同类型的专利合作对专利授权的影响。

参考文献

[1] SUN H, GENG C. Environmental research on financing efficiency and dynamic adjustment of capital structure of strategic emerging industries[J]. Journal of Environmental Protection and Ecology, 2019, 20(3): 1586-1597.

[2] 张东霞，苗新，刘丽平，等. 智能电网大数据技术发展研究[J]. 中国电机工程学报，2015，35(1)：2-12.

[3] 何奉禄，陈佳琦，李钦豪，等. 智能电网中的物联网技术应用与发展[J]. 电力系统保护与控制，2020，48(3)：58-69.

[4] TARASOVA E, ROHRACHER H. Marginalising household users in smart grids[J]. Technology in Society, 2023, 72: 102185.

[5] 李翠娟，宣国良. 知识合作剩余：合作知识创新创造企业竞争优势的机理分析[J]. 科学学与科学技术管理，2005，26(7)：87-91.

[6] ZHANG G, LÜ X, DUAN H. How do prolific inventors impact firm innovation in ICT: implications from patent co-inventing network[J]. Technology Analysis & Strategic Management, 2014, 26(9): 1091-1110.

[7] 刘琼，刘桂锋，刘红光，等. 清华大学产学研协同创新活动分析：基于专利合作网络[J]. 情报科学，2016，34(1)：120-129.

[8] LIANG X, LIU A. The evolution of government sponsored collaboration network and its impact on innovation: a bibliometric analysis in the Chinese solar PV sector[J]. Research Policy, 2018, 47(7): 1295-1308.

[9] FENG Z, CAI H, CHEN Z, et al. Influence of an inter-urban innovation network on the innovation capacity of China: a multiplex network perspective[J]. Technological Forecasting and Social Change, 2022, 180: 121651.

[10] 俞文华. 发明专利、比较优势、授权差距：基于中国国内外发明专利授权量比较分析[J]. 中国软科学，2009(6)：19-32.

[11] YIN C, GU H, ZHANG S. Measuring technological collaborations on carbon capture and storage based on patents: a social network analysis approach[J]. Journal of Cleaner Production, 2020, 274: 122867.

[12] LIU W, TAO Y, BI K. Capturing information on global knowledge flows from patent transfers: an empirical study using USPTO patents[J]. Research Policy, 2022, 51: 104509.

[13] SCHLEICH J, WALZ R, RAGWITZ M. Effects of policies on patenting in wind-power technologies[J]. Energy Policy, 2017, 108: 684-695.

[14] 曹霞，李传云，林超然. 基于新能源汽车的专利合作网络演化研究[J]. 科研管理，2019，40(8)：179-188.

[15] 吴菲菲，韩朝曦，黄鲁成. 集成电路产业研发合作网络特征分析：基于产业链视角[J]. 科技进步与对策，2020，37(8)：77-85.

[16] LACASA I, SHUBBAK M. Drifting towards innovation: the co-evolution of patent networks, policy, and institutions in China's solar photovoltaics industry[J]. Energy Research & Social Science, 2018, 38: 87-101.

[17] 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.

[18] LIU M, MA Y, LIU Z, et al. An IUR evolutionary game model on the patent cooperate of Shandong China[J]. Physica A: Statistical Mechanics and Its Applications, 2017, 475: 11-23.

[19] 崔斌，董坤，许海云. 专利合作对技术转移的影响及作用路径研究：以国内某科研机构为例[J]. 情报理论与实践，2020，43(12)：103-110.

[20] 祝建辉，宁昊天. 专利合作网络结构特征对企业专利质量的影响：以集成电路产业为例[J]. 科技管理研究，2023，43(20)：159-166.

[21] 王文静，赵江坤. 产学专利合作网络：结构演变与知识流动：合作形式视角[J]. 科技进步与对策，2019，36(7)：1-9.

[22] 武兰芬，戚湧. 中美3D打印技术创新与合作比较研究：基于专利数据挖掘的视角[J]. 科学管理研究，2020，38(1)：166-172.

[23] PINTO P, VALLONE A, HONORES G. The structure of collaboration networks: Findings from three decades of co-invention patents in Chile[J]. Journal of Informetrics, 2019, 13(4): 100984.

[24] LIU W, TAO Y, BI K. Exploring temporal and spatial evolution of the patent collaboration network: a case

study of smart grid field in China[J]. IEEE Transactions on Engineering Management, 2023, 70(4): 1605-1620.
[25] TAO Y. Robustness evolution of collaborative innovation network in China's smart grid industry[J]. Sustainable Futures, 2025, 10: 101059.
[26] 苏屹, 曹铮. 京津冀区域协同创新网络演化及影响因素研究[J]. 科研管理, 2023, 44(3): 43-55.
[27] 杨勇, 王露涵. 我国发明专利合作网络特征与演化研究[J]. 科学学研究, 2020, 38(7): 1227-1235.
[28] 王黎萤, 吴瑛, 朱子钦, 等. 专利合作网络影响科技型中小企业创新绩效的机理研究[J]. 科研管理, 2021, 42(1): 57-66.
[29] LIU W, TAO Y, BI K. Exploring temporal and spatial evolution of the patent collaboration network: a case study of smart grid field in China[J]. IEEE Transactions on Engineering Management, 2023, 70(4): 1605-1620.
[30] 刘凤朝, 张娜, 孙玉涛, 等. 基于优先连接的纳米技术合作网络演化研究[J]. 管理评论, 2016, 28(2): 74-83.
[31] 向希尧, 裴云龙. 跨国专利合作网络中技术接近性的调节作用研究[J]. 管理科学, 2015, 28(1): 111-121.
[32] 赵娟, 卫志民. 中国专利制度对经济增长的影响研究: 基于1997—2018年省际面板数据的实证分析[J]. 科学与管理, 2021, 41(1): 19-27.
[33] 曾昭法, 聂亚菲. 专利与我国经济增长实证研究[J]. 科技管理研究, 2008(7): 406-414.
[34] 万小丽. 区域专利质量评价指标体系研究[J]. 知识产权, 2013(8): 65-67.
[35] 陶渊, 徐文龙, 彭超艳, 等. 基于专利文献的技术创新质量影响因素探究: 以中国智能电网产业为例[J]. 科技管理研究, 2025, 45(6): 1-12.
[36] TAO Y. Exploring the evolutionary driving factors of collaborative innovation networks based on complex network evolutionary game: a case study of China's smart grid industry[J]. Journal of Cleaner Production, 2025, 527: 146713.
[37] 蔡卫星, 倪骁然, 赵盼, 等. 企业集团对创新产出的影响: 来自制造业上市公司的经验证据[J]. 中国工业经济, 2019(1): 137-155.
[38] 王格格, 刘树林. 国际专利分类号间的知识流动与技术间知识溢出测度: 基于中国发明授权专利数据[J]. 情报学报, 2020, 39(11): 1162-1170.
[39] 胡侠, 楼菁华, 潘扬, 等. 提高杭州市发明专利授权量的对策研究[J]. 科技通报, 2018, 34(5): 279-282.
[40] 赵淑芳, 王晓通. 科技型企业专利对企业外部融资的影响效应: 基于异质性视角的实证分析[J]. 科技管理研究, 2022, 42(24): 150-157.

Influence of Patent Cooperation Network on Invention Patent Authorization and Its Action Path: China's Smart Grid Industry

PENG Chaoyan[1], TAO Yuan[2]

(1. School of Management Engineering, Anhui institute of Information Technology, Wuhu 241199, China;
2. School of Economics and Management, Anhui Normal University, Wuhu 241002, China)

Abstract: The important role of patent cooperation network in the authorization of invention patents was analyzed, which was helpful to improve the cooperation network of invention patents and improve the quality of invention patents. Social network analysis(SNA) was employed to investigate the influence of patent cooperation on invention patent grant, and identifies the key influencing factors and action paths via exploratory factor analysis (EFA) and structural equation modeling (SEM). The results demonstrate that patent cooperation networks significantly influence invention patent authorization, with the central factor and scale factor exerting significant positive effects, while the cluster factor exhibits no significant impact. Finally, valuable suggestions are put forward to improve the patent cooperation network of smart grid industry and improve the patent quality of related industries.

Keywords: patent cooperation network; invention patent authorization; smart grid industry