

新能源汽车产业技术标准化如何发展

——基于网络构建和创新价值链的标准文本分析

田博文,高潇潇,姜伊朦

(中南财经政法大学 工商管理学院,武汉 430073)

摘要:以2001—2019年我国发布的新能源汽车领域的技术标准信息为数据源,从网络构建和创新价值链这两大维度对148项中国新能源汽车产业国家技术标准和行业技术标准进行了内容分析。研究结果表明:①新能源汽车技术标准数量呈现明显上升趋势,参与技术标准起草的机构数量和类型不断增加;新能源汽车产业技术标准由以动力蓄电池为主的核心零部件标准发展为“整车-零部件”全方位的标准体系;②新能源汽车技术标准化发展所依托的网络由简单逐步演进到复杂,网络规模不断扩大,网络密度下降,网络距离、网络凝聚力呈波动变化;③网络节点间存在明显的核心-边缘结构分层,行动者的网络位置、凝聚子群数量随着环节推移发生变化;④在新能源汽车创新价值链各环节中,技术标准化网络所依托的创新主体存在差异;随着创新价值链环节环环推进,新能源汽车技术标准化网络发展为多个核心行动者引领的“多核心、多子网络”网络结构,并且核心行动者多数为企业。

关键词:新能源汽车;技术标准;网络构建;创新价值链;新兴产业;内容分析

中图分类号:F426.471 **文献标志码:**A **文章编号:**1002—980X(2020)5—0018—11

在绿色经济和低碳生活的倡导下,新能源汽车得到全社会前所未有的重视,并成为21世纪国际汽车产业的重要发展方向。经过科研工作者的多年科研攻关和企业人员的市场探索,我国电动汽车迈入产业化阶段并处于快速发展期。在新能源汽车产业发展期间,国家为了促进新能源汽车产业发展持续发布各种扶持和激励政策,也为规范车企生产和产品质量制定了诸多准入条件^[1]。这些政策和规定的落地实施,必须依靠技术标准对产业和产品做出的规范化,因此新能源汽车产业发布了大量的技术标准^[2]。

由此可见,政府对新能源汽车产业的扶持离不开技术标准化发展。但“新能源汽车产业技术标准化如何发展?”这一问题还有待解答。有必要找到一条关键主线对新能源汽车产业标准驱动机制展开分析。本文试图从技术标准化构建了何种创新主体网络、这些创新主体网络又如何对新能源汽车产业创新价值链环节发挥作用这两方面来回答上述问题。

一、理论基础与相关研究

(一)技术标准化对于新兴产业发展的必要性

随着经济发展,标准化工作在提高产品质量、提高企业的核心竞争力和促进产业与贸易发展中发挥着越来越重要的作用^[3]。目前,国内外关于标准化的研究已有比较丰富的文献资料,现有研究主要集中在标准化的影响因素和标准制定组织机制^[4-5]、标准化的知识管理^[6]或者标准化与企业技术创新^[7-10]、产业竞争力^[11-13]的关系等方面。

已有研究表明,标准在产业发展过程中能够起到质量/可靠性作用、信息作用、兼容/协同作用和减少多样化作用^[14-15],从而成为产业技术发展的创新平台、技术锁定和控制市场的工具以及实施贸易保护的重要手段^[10]。作为产业技术政策工具,技术标准的优点在于可以实现技术锁定和灵活掌握对产业(产品)的干预方式,从而成为产业技术发展的创新平台和实施贸易保护的重要手段^[16-17]。战略性新兴产业更注重产业调整升级和创新发展,技术标准化通过制定标准、组织实施标准和对标准实施进行监督评估等一系列活动,确保

收稿日期:2019—10—11

基金项目:湖北省技术创新软科学项目“湖北省新兴产业技术标准化组织发展研究”(2017ADC142);2020年度中央高校基本科研业务费科研培育项目“制度武器化与企业动态竞争行为及其关联性研究”(412131512000033)

作者简介:田博文(1987—),女,湖北蕲春人,管理学博士,中南财经政法大学讲师,研究方向:战略管理与新兴产业发展;高潇潇(1995—),女,河南濮阳人,中南财经政法大学硕士,研究方向:产业经济;姜伊朦(1994—),女,湖北武汉人,中南财经政法大学硕士,研究方向:国际商务。

了新兴产业技术标准在促进战略性新兴产业创新发展和快速进入大规模市场化过程中的关键作用。

然而,现有新能源汽车领域技术标准化的研究相对较少,近几年新能源汽车研究主要集中在技术演进^[18]、知识网络管理^[19]、产业和创新政策、创新生态系统^[20]和产业联盟^[21]等方面,少数有关新能源汽车标准化的研究都是探讨中外新能源汽车标准体系比较、我国新能源汽车标准制修订动态^[22],因此针对新能源汽车领域技术标准化的研究有待进一步深入。

(二)技术标准化及网络构建

新兴产业技术系统具备前沿性、复杂性和高度的不确定性,这决定了其技术标准化是一项牵扯到产业各环节和多方行动者要素的协同创新活动^[5]。现有研究将技术标准化中涉及的行动者要素主要分为企业、科研机构、高校、行业协会、政府和非人类行动者要素^[5],相关研究探讨了技术标准化过程中各类行动者要素的作用机理,尤其是政府的功能定位^[23]。研究发现,政府在技术标准化发展过程中通过出台政策、指导或参与技术标准化活动等方式发挥了重要作用。同时,网络构建被认为是决定新兴技术成功孵化的一个重要途径,大量学者也从实际案例中证实了网络构建对于技术标准制定和推广的重要意义,行动者之间通过政府资助联合项目研究、组建标准工作组、技术交流、分包任务等形式建立关系,技术标准化活动中的信息交换、任务协同和推广新技术标准都需要行动者间网络的支持^[24]。但是单独使用行动者要素来进行标准化研究还不够全面,并不能显示行动者要素与具体技术标准之间的关联,也不能显示各类行动者要素在技术模块耦合实现过程中的具体作用部分^[25],因此更需要深入探讨各类行动者要素活动交织下所构建的技术标准化创新网络属性与规律^[21]。

研究还指出,创新就是结网的过程,网络的构建是成功创新的基础及技术创新实施的社会场所^[13],并且复杂网络的形成是促使创新动态进化的重要原因。因此,在考虑新能源汽车产业标准化如何发展时,需要同时考虑标准化所依赖的网络以及网络构建所作用的产业创新价值环节。由此,本文引入了技术标准文本分析的第二个维度——创新价值链。

(三)创新价值链

创新价值链是新兴理论研究领域,研究热度与各国创新发展政策发布时间较为一致,我国自十八大提出“创新驱动发展战略”以来,国内掀起了一股创新价值链研究热潮^[26]。

创新价值链理论与产业链、价值链、技术链、创新链等基本概念存在关联,在现有研究中也产生了诸多与之相近的概念,比如全球价值链、知识价值链等。尽管这些概念之间存在差异,但大部分研究结果公认创新价值链是独立环串接形成的一种物理形态的链式结构,由基本单元和链接单元构成,从而可将创新过程拆解为不同环节,对应不同的行为主体要素^[26]。

对于创新价值链的研究存在多种视角。知识扩散视角下的创新价值链研究基本上反映出创新过程具有收集知识、转化为创新成果、推向市场实现知识价值的三段式结构,各阶段创新主体构成复杂^[27];价值实现视角下的创新价值链研究关注微观的企业创新活动,从产品设计到产品生产过程重新解读创新过程^[28]。最具有代表性意义的创新价值链概念是由 Hansen 和 Birkinshaw^[27]提出,并将创新源产生、转化以及市场化实现创新价值的过程视为创新价值链的完整链条。国内学者研究将创新价值链理论引入新兴产业的相关研究中,大多数研究结果认为新兴产业的成长与创新价值链的价值实现过程在内涵与结构上比较一致,创新价值链也可划分为研发、产业化和市场化3个环节,不过根据具体新兴产业的发展状况和特点可作更为细致的划分^[29]。例如,雷静等^[30]学者根据新兴产业自身内在活动规律,将金融科技创新价值链划分为研发-成果转化-产业化3个环节;谢青和田志龙^[31]以及王静等^[32]根据我国新能源汽车产业发展特点,将新能源汽车产业的创新价值链分为研发、产业化、公共领域推广和私人领域推广4个环节。

为此,本文引入创新价值链概念来描述我国新能源汽车产业的成长过程。该概念的引入有两方面作用。首先,对创新价值链所包含的一个个环节的推动可以被理解为不同的政策目的,技术标准作为一种产业政策工具,这能从技术标准角度来对政策分析的工具性视角进行补充;其次,创新价值链的环节划分是对新能源汽车产业成长过程的一个分解,这有助于细致探讨新能源汽车产业技术标准化如何阶段地成长。

现有研究将我国新能源汽车产业形成过程分为基础研究期、产学研研发期、产品导入期、公共领域推广

期和私人领域推广期^[1]。从我国新能源汽车的发展历史看,科技部从 1991 年的“八五”科技攻关项目就开始部署电动汽车研究,但在 1991—2000 年的 10 年里,只有少数高校和研究所参与技术标准化相关工作,他们的行为数量和发布的标准数量偏少;2001 年,国家公布 863 计划,其中的电动汽车专项标志着我国电动汽车正式进入战略性研发布局;自 2004 年开始,国家相继出台一系列汽车产业结构调整政策及节能减排政策来鼓励车企生产新能源汽车;2009 年国家将新能源汽车列为战略性新兴产业并启动了“十城千辆”大规模示范推广工程,开始向公共领域推广新能源汽车,随后国家又通过出台私人购买新能源汽车补贴政策向私人领域推广新能源汽车。以上述新能源汽车产业发展过程的关键事件作为分界点,本研究将我国新能源汽车产业的创新价值链分为研究研发(2001—2003 年)、产品导入(2004—2008 年)、市场推广(2009—2019 年)三大环节。其中市场推广环节包括新能源汽车在公共领域的推广和私人领域的推广。虽然实际中下一环节的开始并不意味着上一环节的终止。例如,进入到市场推广环节后,产品导入也可能同时进行。但是对一个环节的数据统计必须有明确的时间起止点,这是明确该环节的产业重点。

因此,本研究从技术标准化构建了什么样的网络、这些创新主体网络如何作用于我国新能源汽车产业创新价值链的环节这两个问题来回答新兴产业技术标准化如何发展。

二、研究设计

(一)样本的采集、整理及分析单元

标准化是包括标准的制定、发布和实施在内的活动过程,通过对现实、潜在问题制定共同使用的规范,其目的是在一定范围内获得最佳秩序。因此对标准化这个指标的评价应该包括标准的质量、数量和实施效果等多方面^[33]。由于标准的质量和实施效果难以估计,现有研究在量化标准的质量和实施效果时通常采用标准数量作为衡量指标,因此本研究采用我国汽车产业每年新发布的新能源汽车标准数量来量化标准化。我国标准体系覆盖企业、地方、行业和国家层面,其中地方标准、企业标准通常是对国家标准、行业标准的延续,因此本研究仅关注国家层面和行业层面的标准文本。遵循公开性、权威性及相关性原则,本研究以工标网、国标网和国标委网站为数据来源。

遵循公开性、权威性及相关性原则,本文以工标网、国标网和国标委网站为数据来源,结合对我国新能源汽车产业创新价值链环节的划分,新能源汽车国家和行业标准检索年限为 2001—2019 年。但是根据国家标准、行业标准制修订周期的特点,我国目前最新的新能源汽车标准发布时间为 2017 年。将参与标准起草的单位视为参与创新的行动者要素并作为网络节点,合作次数作为节点间关系总量,按创新价值链不同环节分析行动者要素基于标准起草所构建的网络。

(二)指标选取和数据分析

本文采用内容分析法对我国新能源汽车产业的 148 项技术标准文本,按照网络构建和创新价值链环节两个维度进行编码,见表 1。首先对每个技术标准的行动者要素和技术标准内容进行了编码。如果同一技术标准制修订工作中有多个行动者要素,则对参与的行动者要素都予以记录,然后对该技术标准所作用的创新价值链环节进行记录。

表 1 行动者要素编码

行动者类别	观察信息
政府机构	技术标准化研究院、质量技术监督局、质量监督检验研究院、产品质量监督检验中心、质量认证中心、国家电动汽车试验示范区管理中心
企业	整车企业、电池电机电控等零部件企业、电力能源供货商、作为消费者的采购单位(如公交公司、物流公司)、充换电服务运营商
高校	大学、专门学院、高等职业技术学院、高等专科学校
研究院所	有明确的研究方向和任务,长期有组织地从事研究与开发活动的机构
其他	行业协会、学会、联合会

注:作者根据技术标准文本资料分析整理。

行动者要素推动技术标准化的种种努力落实在其参与起草的各项具体技术标准中。基于对技术标准文本内容的层层概括和参考我国新能源汽车标准体系架构相关文献,本文总结出 16 种技术标准,并将其归纳为 6 类(表 2)。

表2 技术标准内容编码表

标准类型	具体标准类型	示例
基础通用	术语、分类、安全要求、标志等	GB/T 18384.1—2001 电动汽车 安全要求 第1部分:车载储能装置 GB/T 24548—2009 燃料电池汽车整车术语
整车	纯电动汽车、插电式混合动力汽车、燃料电池汽车	GB/T 28382—2012 纯电动乘用车技术条件 GB/T 19750—2005 混合动力电动汽车 定型试验规程
关键总成	车载储能系统、驱动系统、电控系统、车载充电系统、高压线束与连接器	GB/T 18488.1—2006 电动汽车用电机及其控制器 第1部分:技术条件 GB/T 29126—2012 燃料电池电动汽车车载氢系统试验方法
电动附件	电动空调、电动(助力)转向、电制动	GB/T 31465.6—2017 道路车辆熔断器第6部分:螺栓式高压熔断器 GB/T 31465.7—2017 道路汽车熔断器第7部分:短引脚式熔断器
接口与界面	充换电接口、加氢接口、通讯协议	GB/T 27930—2011 电动汽车非车载传导式充电机与电池管理系统之间的通信协议 IEC 61851-24 75 GB/T 26779—2011 燃料电池电动汽车 加氢口
基础设施	氢气的制造、运输、加注;充换电设施	GB/T 18487—2001 电动车辆传导充电系统 NB/T 33006—2013 电动汽车电池箱更换设备通用技术要求

注:作者根据标准文本资料分析整理。

最后,结合创新价值链环节和社会网络分析方法研究新能源汽车技术标准化发展的特征,主要分析工具为Ucinet软件。网络构建与创新之间在网络关系、网络结构和网络演化等方面有着紧密关联,本文将从整体网络拓扑结构和网络复杂特性两个方面探讨新能源汽车技术标准化的网络构建特征,相关变量见表3。

表3 新能源汽车技术标准化发展网络构建指标

整体网络拓部结构指标		网络复杂性指标	
网络规模	用网络中包含的全部行动者的数量来衡量	中心性分析	对权力的量化分析,选取度数中心性和中间中心性两个指标进行中心性分析
关系总量	用整体网络中节点间连接总数衡量	核心-边缘分布分析	通过核心度判断节点在网络中的相对位置,合作强度高的节点构成网络的核心,合作强度低的节点构成网络的边缘
网络密度	用网络中实际存在的关系总量除以网络中理论上最多可能存在的关系总量来衡量	凝聚子群分析	是紧密联系的凝聚力强的群体,是存在于网络中的子结构。凝聚子群间重叠的网络节点即为网络中的骨干成员
平均距离	用两点间最优路径长度的平均值衡量		
凝聚力指数	整体网络的凝聚力指数为网络中所有行动者凝聚指数的平均值		

三、研究结果

(一)新能源汽车技术标准发布情况及行动者要素比例

通过对2001—2019年新能源汽车技术标准进行计量分析,得到3个环节发布新能源汽车技术标准的数量、参与起草的机构数量以及两者的变化趋势,如图1所示。

1. 技术标准数量和类型的变化情况

新能源汽车技术标准数量呈现明显上升趋势,由2001—2003年的9个上升到2009—2019年的124个。在技术标准类型方面,2001—2003年制定的技术标准种类非常少,主要针对新能源汽车零部件,如车载储能系统中动力蓄电池以及基础充换电设施等方面进行研究研发。2004—2008年制定的技术标准内容的类别显著增多,除加大对车载储能系统动力蓄电池的标准制定之外,增加了对混合动力汽车产品整车技术标准的制定以及新能源汽车关键总成(例如驱动系统)标准规定。2009—2019年制定的技术标准类别涉及新能源汽车的方方面面,还增加了对燃料电池汽车整车、基础设施(充换电设施、氢气的制造运输加注)、接口与界面(加氢接口、充换电接口)等各个部位的规范,形成了新能源汽车“整车-零部件”的全方位技术标准体系。

2. 行动者数量和类别的变化情况

参与技术标准起草的机构数量不断增加,并且企业占比始终最大。2001—2003年参与起草技术标准的机构数量为12个,2009—2019年参与起草技术标准的机构数量增加至312个。通过对参与起草标准的行动

者类别进行分类统计,得到3个时间段中不同行动者主体数量占比(图2)。2001—2003年参与新能源汽车标准制定的行动者主要包括企业、科研院所、高校三大类行动者,企业所占比例达到50%;2004—2008年参与新能源汽车标准制定的行动者企业数量所占比例为50%,科研院所所占比例有所上升,达到33.3%,高校所占比例有所下降;2009—2019年参与新能源汽车标准制定的行动者主要包括企业、科研院所、高校、政府机构和行业协会五大类行动者,其中企业所占比例达到79.8%。

(二) 新能源汽车技术标准与网络构建

1. 新能源汽车技术标准化网络拓扑结构变化情况分析

结合新能源汽车技术标准发布情况及行动者要素比例,运用Ucinet软件对2001—2003年、2004—2008年和2009—2019年3个环节的新能源汽车技术标准化形成的网络进行分析和可视化处理,结果如图3~图5所示。其中方形节点代表参与技术标准起草的机构,是新能源汽车技术标准协同创新网络中的行动者,节点大小与其中心度指数正相关,中心度越大,节点规模越大;连线代表机构合作关系,合作次数越多,连线越粗;未连线的独立节点代表独立起草技术标准的机构。3个环节新能源汽车技术标准化网络拓扑结构特征变化情况见表4。

(1)网络规模不断扩大。2001—2003年、2004—2008年行动者数量均为12,2009—2019年行动者数量增长至312。随着行动者数量的增加,网络规模的扩大,网络节点间关系数量由2001—2003年的42增长至2009—2019年的7912。

(2)网络密度、网络距离、网络凝聚力呈波动变化。新能源汽车技术标准化网络2001—2003年网络密度为0.3182,见图3,随着网络规模的不断扩大,很多理论上存在的关系并未建立起来,2004—2008年网络密度下降为0.2273,2009—2019年网络密度进一步下降至0.0815,见图4。网络距离由特征途径长度指标衡量,通过Ucinet可计算出网络中任意两点间的距离,并得到平均距离,在此基础上得到凝聚力指数。平均距离越短,表明网络节点间越容易进行合作;凝聚力指数越大则表明网络的凝聚力越强。2001—2003年最短路径平均距离为1.387,网络中任意两个行动者之间具有较多可达路径,凝聚力指数为0.389;2004—2008年各行行动者间最短途径缩短为1.211,凝聚力指数为0.258;2009—2019年行动者数量显著增多,平均路径距离增长至2.486,凝聚力指数为0.371(图5)。

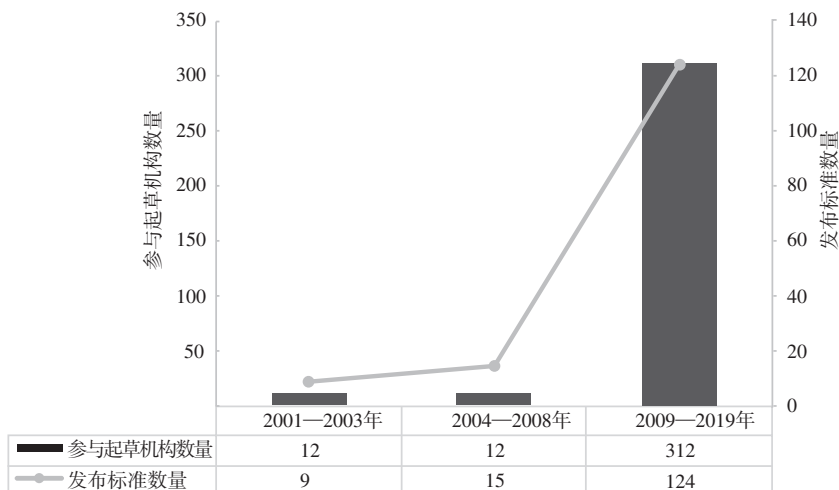


图1 新能源汽车技术标准发布数量及参与行动者数量

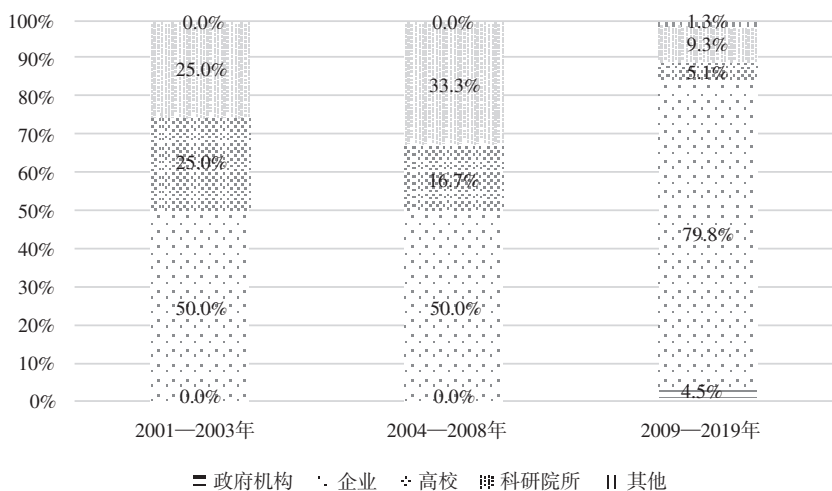


图2 参与新能源汽车技术标准制定的行动者分类

表4 新能源汽车技术标准化网络拓扑结构特征

年份	网络规模	关系总量	网络密度	网络距离	凝聚力指数
2001—2003	12	42	0.3182	1.387	0.389
2004—2008	12	30	0.2273	1.211	0.258
2009—2019	312	7912	0.0815	2.486	0.371

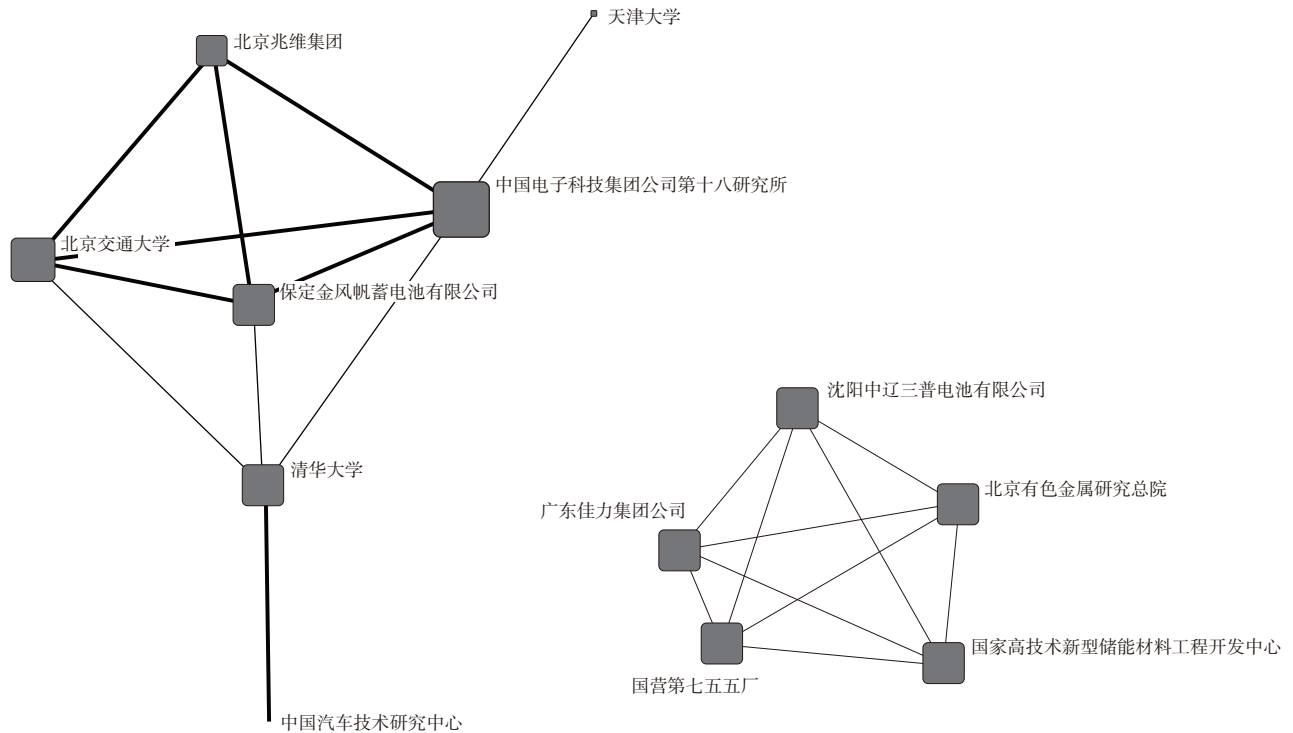


图3 2001—2003年新能源汽车技术标准化网络结构

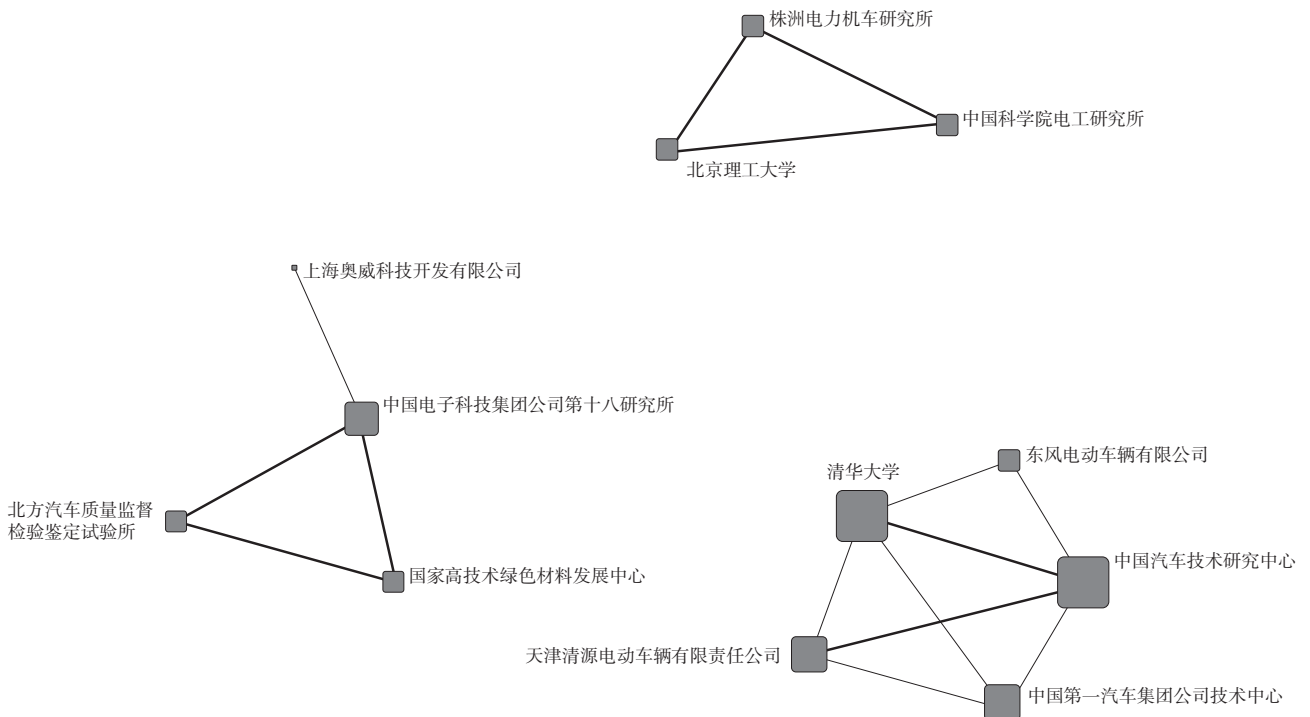


图4 2004—2008年新能源汽车技术标准化网络结构

2. 新能源汽车技术标准化网络复杂性分析

(1)中心度分析。该部分列出了新能源汽车技术标准化网络3个环节中的度数中心势(表5)、排名前十的节点度数中心度(表6)、中间中心势(表7)以及排名前十的节点中间中心度(表8)。

度数中心性。度数中心度刻画了行动者与其他行动者的直接交往能力,能够识别出新能源汽车产业技术标准化发展的不同阶段中占据核心位置的行动者。绝对度数中心度依赖于与其直接相连的节点,但由于

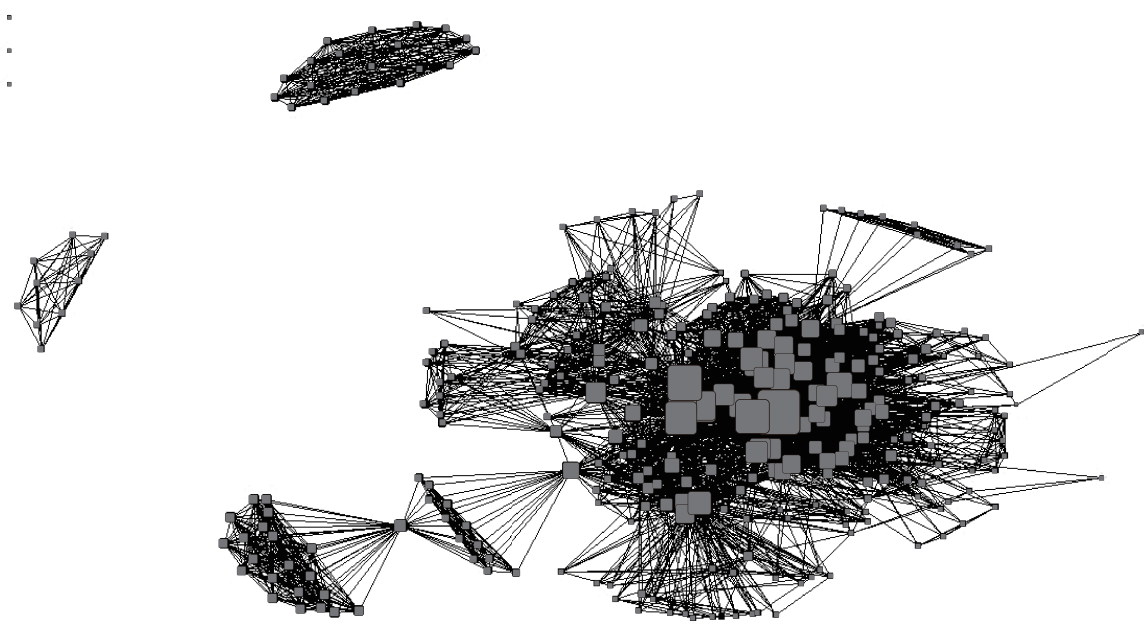


图5 2009—2019年新能源汽车技术标准化网络结构

3个环节中网络规模不同,不同节点的中心度不可直接比较,因此本文选取相对度数中心度衡量节点的中心度。本文仅列出每个环节内度数中心度排名前10的机构。度数中心势则表明向某节点的聚集趋势。2001—2003年间网络度数中心势为16.36%,网络呈分散趋势,科研院所(中国电子科技集团公司第十八研究所)占据最核心位置。2004—2008年网络度数中心势为16.36%,中国汽车技术研究中心和清华大学占据较为核心的位置。2009—2019年网络度数中心势为41.95%,整个网络明显呈现出向某个点集中的趋势,中国汽车技术研究中心依旧占据最核心位置,其次是上海汽车集团股份有限公司、重庆长安新能源汽车有限公司和普天新能源车辆技术有限公司。

表5 新能源汽车技术标准化网络度数中心势

时间	2001—2003年	2004—2008年	2009—2019年
度数中心势	16.36%	16.36%	41.95%

表6 新能源汽车技术标准化网络度数中心度

2001—2003年		2004—2008年		2009—2019年	
机构	度数中心度	机构	度数中心度	机构	度数中心度
中国电子科技集团公司第十八研究所	45.455	中国汽车技术研究中心	36.364	中国汽车技术研究中心	49.839
北京交通大学	36.363	清华大学	36.364	上海汽车集团股份有限公司	37.942
保定金帆蓄电池有限公司	36.363	天津清源电动车辆有限责任公司	27.273	重庆长安新能源汽车有限公司	37.942
清华大学	36.363	中国第一汽车集团公司技术中心	27.273	普天新能源车辆技术有限公司	34.405
北京有色金属研究总院	36.363	中国电子科技集团公司第十八研究所	27.273	比亚迪汽车工业有限公司	33.441
沈阳中辽三普电池有限公司	36.363	国家高技术绿色材料发展中心	18.182	北京新能源汽车股份有限公司	32.797
广东佳力集团公司	36.363	中国科学院电工研究所	18.182	中国第一汽车股份有限公司	31.190
国营第七五五厂	36.363	北京理工大学	18.182	泛亚汽车技术中心有限公司	28.617
国家高技术新型储能材料工程开发中心	36.363	东风电动车辆有限公司	18.182	郑州宇通客车股份有限公司	27.653
北京兆维集团	27.273	北方汽车质量监督检验鉴定试验所	18.182	北汽福田汽车股份有限公司	27.010

中间中心性。中间中心度测量处在多个节点间的关系路径上的节点对资源的控制能力,中间中心度高表明其对信息和资源的控制程度越强。结合表7、表8的相关数据分析得知,2001—2003年新能源汽车技术标准化网络的中间中心势为9.26%,中国电子科技集团公司第十八研究所、清华大学占据最为重要的位

置,因而能够控制与行为主体间的联系。2004—2008年网络中间中心势为3.31%,表明网络趋向分散,中国电子科技集团公司第十八研究所、中国汽车技术研究中心和清华大学具有较高的中间中心性,拥有相对较大的权力。2009—2019年网络中间中心势为16.88%,相较于之前两个环节,网络中心势上升,上海电器科学研究院和中国汽车技术研究中心、中国质量认证中心、上海汽车集团股份有限公司处在网络的关系路径上,对网络的控制程度较高。

表7 新能源汽车技术标准化网络中间中心势

时间	2001—2003年	2004—2008年	2009—2019年
中间中心势	9.26%	3.31%	16.88%

表8 新能源汽车技术标准化网络中间中心度

2001—2003年		2004—2008年		2009—2019年	
机构	中间中心度	机构	中间中心度	机构	中间中心度
中国电子科技集团公司第十八研究所	10.303	中国电子科技集团公司第十八研究所	3.636	上海电器科学研究院	17.210
清华大学	9.091	中国汽车技术研究中心	1.818	中国汽车技术研究中心	13.252
北京交通大学	1.212	清华大学	1.818	中国质量认证中心	11.152
保定金风帆蓄电池有限公司	1.212	天津清源电动车辆有限责任公司	0	上海汽车集团股份有限公司	7.834
北京兆维集团	0	中国第一汽车集团公司技术中心	0	湖南中车时代电动汽车股份有限公司	5.203
国家高技术新型储能材料工程开发中心	0	东风电动车辆有限公司	0	普天新能源车辆技术有限公司	4.839
北京有色金属研究总院	0	上海奥威科技开发有限公司	0	北京新能源汽车股份有限公司	4.009
沈阳中辽三普电池有限公司	0	国家高技术绿色材料发展中心	0	中国电力科学研究院	3.724
广东佳力集团公司	0	北方汽车质量监督检验鉴定试验所	0	清华大学	3.333
国营第七五五厂	0	中国科学院电工研究所	0	重庆长安新能源汽车有限公司	3.080

注:作者根据分析结果整理,其中湖南南车时代电动汽车股份有限公司后更名为湖南中车时代电动汽车股份有限公司。

(2)核心-边缘分布分析。现利用核心-边缘分布模型对新能源汽车技术标准网络中行动者的进行区分。“核心”由一系列联系密切的行动者构成,“边缘”由网络中联系不密切的行动者构成,核心行动者在与边缘行动者的互动关系中处于优势地位。新能源汽车技术标准化网络不同环节的核心-边缘分析结果见表9。

新能源汽车技术标准化网络不同环节的主体数量呈现出波动趋势。2001—2003年核心行动者数量为9,2004—2008年,核心行动者数量下降至5,2009—2019年的核心行动者数量均为149。随着网络规模不断扩大,位于边缘位置的行动者数量占比逐渐提升。网络中行动者所处的位置随着阶段推移发生变化,以中国汽车技术研究中心为例,它在研究研发环节(2001—2003年)处于边缘位置,在产品导入环节(2004—2008年)逐步进入核心区域,并占据核心位置;而东风电动车辆有限公司则在新能源汽车技术标准化发展过程中,逐渐被北京新能源汽车股份有限公司等企业替代,由网络的核心位置退向边缘位置。

(3)凝聚子群分析。凝聚子群是行动者的子集合,在此集合中的行动者彼此间具有相对较强、直接、紧密且积极的关系。随着凝聚子群数量的增加,凝聚子群间重叠性增高,派系中存在着大量的重叠的行动者,即

表9 新能源汽车技术标准化网络核心-边缘分布

时间	2001—2003年	2004—2008年	2009—2019年
核心行动者数量	9	5	149
核心行动者占比	75%	42%	48%
边缘行动者数量	3	7	163
边缘行动者占比	25%	58%	52%
核心行动者	北京交通大学 中国电子科技集团公司第十八研究所 清华大学 保定金风帆蓄电池有限公司 北京有色金属研究总院 沈阳中辽三普电池有限公司 广东佳力集团公司 国营第七五五厂	中国汽车技术研究中心 天津清源电动车辆有限责任公司 中国第一汽车集团公司技术中心 清华大学 东风电动车辆有限公司	中国汽车技术研究中心 安徽江淮汽车股份有限公司 北京新能源汽车股份有限公司 比亚迪汽车工业有限公司 郑州宇通客车股份有限公司 中国第一汽车股份有限公司 中国电子科技集团公司第十八研究所 重庆长安新能源汽车有限公司等

注:作者根据分析结果整理。

群体共享成员。因此通过凝聚子群的分析可以得出新能源汽车标准化网络中具有高凝聚力的群体和群体共享成员。新能源汽车技术标准化网络不同阶段内凝聚子群分析结果见表 10。

表 10 新能源汽车技术标准化网络凝聚子群分析结果

时间	2001—2003 年	2004—2008 年	2009—2019 年
凝聚子群个数	3	4	643
较高重叠性的成员	北京交通大学 中国电子科技集团公司第十八研究所	清华大学 中国汽车技术研究中心	中国汽车技术研究中心 重庆长安新能源汽车有限公司 北京新能源汽车股份有限公司 比亚迪汽车工业有限公司 中国第一汽车股份有限公司等

注:作者根据分析结果整理。

通过凝聚子群的分析结果可知,2001—2003 年凝聚子群个数为 3,共享成员有北京交通大学、中国电子科技集团公司第十八研究所;2004—2008 年凝聚子群个数为 4,共享成员有清华大学、中国汽车技术研究中心;2009—2019 年凝聚子群个数分别为 643 个,共享成员主要有中国汽车技术研究中心、重庆长安新能源汽车有限公司、北京新能源汽车股份有限公司、比亚迪汽车工业有限公司和中国第一汽车股份有限公司等。共享成员是子群中的关键成员,其出现在子群中的次数越多,说明他们与其他行动者建立的密切关系越多,在网络中的角色越重要。在新能源技术标准化网络中,共享成员有利于信息、资源等在不同子群中的流动,缓和不同行动者之间存在的矛盾。

(三)新能源汽车技术标准化网络与创新价值链

下面进一步说明新能源汽车标准化网络结构特征与创新价值链的关系。

1. 网络拓扑结构和创新价值链环节的关系

结合网络规模变化来看,市场推广环节的技术标准化网络规模远远大于研究研发环节、产品导入环节的技术标准化网络规模,并且关系总量的增长幅度明显大于网络规模的增长幅度。这是因为市场推广环节中需要制定的标准类型涉及新能源汽车市场应用的方方面面,参与新能源汽车技术标准化协同创新的行动者数量和类型大幅增加,并且这些行动者之间逐步建立了联系。但是结合网络密度、网络距离、凝聚力变化来看,相较于研究研发环节、产品导入环节而言,市场推广环节技术标准化网络的整体网络密度大幅下降。原因可能在于市场推广环节中大幅增加的行动者来自各个不同的子技术领域,整体网络中成员之间的相似性减弱,与之相对的异质性增加,异质性成员之间的互动性不强,因此很多理论上存在的关系并未完全建立起来。但这些异质性成员提高了整体网络中的信息冗余度,网络中社会资源更为丰富。各创新价值链环节中网络距离和凝聚力的波动则与网络规模、具体成员之间的信息沟通频率和资源共享程度有关。

2. 网络复杂性和创新价值链环节的关系

结合中心性分析来看,在研究研发环节,虽然企业行动者数量占比达到 50%,但是科研院所和高校的度数中心性、中间中心性更大,这表明他们在很大程度上控制了新能源汽车的知识资源以及标准制定的主动权。该环节科研院所和高校之间关系强度较强,联系密切,如清华大学、北京交通大学和信息产业电子第十八研究所占据最核心位置,其参与制定的标准数量最多,并且对技术标准化过程中信息和资源的控制程度最强。进入产品导入环节和市场推广环节后,技术标准化网络中企业的度数中心性、中间中心性增大,这表明更多的企业扮演重要角色。特别是在市场推广环节,企业(如重庆长安新能源汽车有限公司、上海汽车集团股份有限公司、中国汽车技术研究中心)在新能源汽车标准的制定中起主导作用,主导或参与大量技术标准的制修订工作,对标准化过程中信息和资源的控制程度增强,拥有更多获取资源和新知识的机会。政府机构如技术标准化研究院、质量技术监督局等和行业协会如中国电力企业联合会也加入技术标准的制定,政府机构在各行动者协同制定技术标准过程中的“纽带”作用日益突出。

结合核心-边缘分析和凝聚子群分析来看,新能源汽车技术的技术标准化网络会发展成为由多个核心行动者掌控的“多核心”网络结构。并且相较于研究研发环节、产品导入环节而言,市场推广环节技术标准化网络中的核心行动者数量大幅增加,边缘行动者数量占比进一步扩大,凝聚子群个数大幅增加。这说明网络规模大幅扩大后,市场推广环节中的核心行动者数量大量增加;核心行动者更多地由企业担任,他们作为关键成员与众多边缘行动者建立了更多的子网络,引领着新能源汽车技术标准化网络向前发展。

四、研究启示

(一)研究结论

1. 新能源汽车技术标准化网络的总体情况

本研究首先对新能源汽车技术标准化创新网络中参与标准起草的行动者和所发布技术标准的总体情况进行分析,研究发现:①技术标准方面,新能源汽车技术标准数量呈现明显上升趋势,新能源汽车技术标准由产品研发阶段的以动力蓄电池为主的核心零部件标准发展到市场推广阶段中形成了“整车-零部件”全方位的标准体系;②行动主体方面,参与技术标准起草的机构数量和类型不断增加;从数量来看,企业始终是新能源汽车技术标准化过程中的主要参与者。

2. 新能源汽车技术标准化与网络构建

本研究将参与标准起草的单位作为行动者,构建出基于标准起草所构建的新能源汽车技术标准化网络,并从整体网络拓扑结构和网络复杂特性两个方面讨论了新能源汽车技术标准化的网络特征。研究发现:①随着更多主体参与新能源汽车技术标准的制定,网络规模不断扩大,但网络距离和凝聚力指数呈现出波动状态;②新能源汽车技术标准化网络中节点的度数中心性、中间中心性存在显著差异,节点间存在明显的边缘-核心结构分层,而且网络中行动者所处的位置随着阶段推移发生变化;③随着凝聚子群数量的增加,群体共享成员逐渐增多,有助于增强对群体目标的达成,增强群体中行动者的协同。

3. 新能源汽车技术标准化网络与创新价值链

本研究进一步讨论了新能源汽车技术标准化网络特征和创新价值链环节的关系。研究发现:①在新能源汽车产业的研究研发环节和产品导入环节,科研院所和高校参与的技术标准化工作更多,在很大程度上控制了新能源汽车的知识资源以及标准制定的主动权;在市场推广环节,企业则控制了标准制定和推广的主动权,政府机构在技术标准化过程中的纽带作用日益突出;②随着创新价值链环节环环推进,新能源汽车技术标准化网络发展为多个核心行动者引领的“多核心、多子网络”网络结构,并且核心行动者多数为企业。

(二)发展建议

基于研究框架和结果,本文提出以下建议:

(1)政策性策略的大量使用是我国政策的一项特点,这得到了其他学者在其他产业政策的验证。技术标准作为一种产业技术政策工具,除了为产业发展起到一定的宣传引导作用,更重要的是用于规范产品的生产流程,保障产品质量和降低企业的研发风险,需要补充可操作的推广细则。新能源汽车产业目前已经发布了大量的技术标准,应该在发布后根据市场应用场景增加更多细化的推广步骤、具体措施和具体要求等操作性内容,继续补充可操作的推广细则。

(2)技术标准网络构建的着力点应该从网络规模到网络质量不断完善,技术标准化需要行动者之间具有高度的认同感和归属感,联系紧密,结合新能源汽车处于市场化阶段的现状,需要更多企业的研发投入和在技术规范方面达成共识,摒除设置技术壁垒的私心,将大众市场需求带入技术标准细则。

(3)企业发展要注意与创新价值链匹配。新能源汽车企业的发展应该迎合产业创新价值链的发展速度以及与各创新价值链环节技术标准化的需求相匹配,避免在产业发展过程中由核心位置落入边缘位置。

参考文献

- [1] 田志龙, 谢青, 陈小洪, 等. 分散的能动性 & 集体性制度创业[J]. 科学学研究, 2015, 33(6): 887-898.
- [2] 何云堂, 邵忠瑛. 纯电动——我国电动汽车标准体系建设及重点标准解读[J]. 大众标准化, 2012(9): 6-11.
- [3] 祝合良, 叶萌. 标准化对我国商贸流通业国际竞争力影响实证研究[J]. 中国流通经济, 2017(5): 3-11.
- [4] 毕勋磊. 技术标准的影响与形成的述评[J]. 技术经济与管理研究, 2013(1): 36-40.
- [5] 田博文, 田志龙. 网络视角下标准制定组织多元主体互动规律研究[J]. 管理学报, 2016, 13(12): 1775-1785.
- [6] 姜红, 吴玉浩, 高思芑. 技术标准化与知识管理关系研究: 生命周期视角[J]. 科技进步与对策, 2018, 35(13): 18-27.
- [7] 文金艳, 曾德明. 标准联盟组合配置与企业技术标准化能力[J]. 科学学研究, 2019, 37(7): 1277-1285.
- [8] 姜红, 吴玉浩, 高思芑. 基于专利分析的技术标准化能力演化过程研究[J]. 情报杂志, 2018, 37(7): 66-73.
- [9] 姜红, 孙舒榆, 刘文韬. 技术标准化研究40年回顾: 理论基础与热点演进的知识图谱[J]. 技术经济, 2018, 37(12): 26-35.
- [10] 曾德明, 王馨翊. 模块化创新网络关系广度、技术标准化能力与企业产品创新[J]. 湘潭大学学报(哲学社会科学版), 2019, 43(3): 77-81.

- [11] 胡媛. “一带一路”背景下技术标准化与流通业国际化探讨[J]. 商业经济研究, 2017(22): 135-137.
- [12] 陈仲捷, 谭伟健. 技术标准化对产业竞争优势的影响分析[J]. 中国标准化, 2019(5): 236-237.
- [13] 刘淑春. 技术标准化、标准国际化与中国装备制造走出去[J]. 浙江社会科学, 2018(8): 16-26.
- [14] TASSEY G. Standardization in technology-based markets[J]. Research Policy, 2000, 29(4): 587-602.
- [15] SWANN P. The economics of standardization: Final report for standards and technical regulations directorate [EB/OL]. (2007-06-03)[2016-10-28]. <http://www.dti.gov.uk/files/file11312.pdf>.
- [16] 王道平, 韦小彦, 张志东. 基于高技术企业创新生态系统的技术标准价值评估研究[J]. 中国软科学, 2013(11): 40-48.
- [17] 李哲, 刘彦. 技术标准的产业技术政策工具分析[J]. 科技进步与对策, 2010, 27(2): 81-84.
- [18] 王江, 王光辉. 中国电动汽车技术演进分析: 行动者网络视角[J]. 科技进步与对策, 2018, 35(11): 60-69.
- [19] 尚甜甜, 缪小明. 国际新能源汽车科学知识网络结构及时空演变[J]. 科技进步与对策, 2016, 33(20): 147-153.
- [20] 王宏起, 汪英华, 武建龙, 等. 新能源汽车创新生态系统演进机理——基于比亚迪新能源汽车的案例研究[J]. 中国软科学, 2016(4): 81-94.
- [21] 王静宇, 刘颖琦, KOKKO A. 社会网络视角下的产业联盟技术创新中国新能源汽车产业联盟的实证[J]. 中国科技论坛, 2017(5): 186-192.
- [22] 茅龚丹. 新能源汽车技术标准发展动态[J]. 装备机械, 2018(4): 61-64.
- [23] 王珊珊, 王宏起, 邓敬斐. 产业联盟技术标准化过程及政府支持策略研究[J]. 科学学研究, 2012(3): 380-386.
- [24] 郭燕青, 何地. 网络视角下战略性新兴产业技术创新小生境演化研究[J]. 科技进步与对策, 2017(2): 64-71.
- [25] 张利飞. 高科技产业创新生态系统耦合理论综述[J]. 研究与发展管理, 2009, 21(3): 70-75.
- [26] 王伟光, 张钟元, 侯军利. 创新价值链及其结构: 一个理论框架[J]. 科技进步与对策, 2019, 36(1): 36-43.
- [27] HANSEN M T, BIRKINSHAW J. The innovation value chain[J]. Harvard Business Review, 2007, 85(6): 121-130, 142.
- [28] 余永泽, 刘大勇. 创新价值链视角下的我国区域创新效率提升路径研究[J]. 科研管理, 2014(5): 27-37.
- [29] 汤志伟, 雷鸿竹, 郭雨晖. 政策工具-创新价值链视角下的我国地方政府人工智能产业政策研究[J]. 情报杂志, 2019, 38(5): 49-56.
- [30] 雷静, 刘家树, 齐昕. 基于创新链视角的科技与金融耦合实证研究[J]. 铜陵学院学报, 2017, 16(1): 38-42.
- [31] 谢青, 田志龙. 创新政策如何推动我国新能源汽车产业的发展——基于政策工具与创新价值链的政策文本分析[J]. 科学学与科学技术管理, 2015, 36(6): 3-14.
- [32] 王静, 王海龙, 丁莹, 等. 新能源汽车产业政策工具与产业创新需求要素关联分析[J]. 科学学与科学技术管理, 2018, 39(5): 28-38.
- [33] 陶忠元, 帅爱玲. 标准化对我国汽车产品出口竞争力影响的实证分析[J]. 工业技术经济, 2012(7): 29-35.

How to Develop Technology Standardization of China's New Energy Vehicle Industry: A Text Research from Network Construction and Innovation Value Chain

Tian Bowen, Gao Xiaoxiao, Jiang Yimeng

(School of Business Administration, Zhongnan University of Economics and Law, Wuhan 430073, China)

Abstract: Based on the analysis method of social network(SNA), the content analysis is conducted on 148 items of national technical standards and industry technical standards for China's new energy vehicle industry. The results show as follows. The number and type of technical standards of new energy vehicles are on the rise, and the number and types of institutions participating in the drafting of technical standards are increasing. The technical standards of new energy vehicle industry have developed from the core component standards based on power battery to the comprehensive standard system of "vehicle component". The network under the technology standardization of new energy vehicle industry has evolved from simple to complex, the scale of the network continues to expand, network distance and cohesion index show fluctuating state. There is a clear "core-edge" structure layering between the nodes of the new energy vehicle technology standardization network, and it the actors' network locations and the number of agglomerated subgroups change with the passage of stages. In each link of the new energy vehicle innovation value chain, there are differences in the innovation actors that the technology standardization network relies on. With the promotion of the innovation value chain, the new energy vehicle technology standardization network has developed into a "multi-core、multi-subnet" network structure led by multiple core actors, and most of the core actors are enterprises.

Keywords: new energy vehicle; technical standards; network construction; innovation value chain; emerging industry; content analysis