



复杂产品系统主制造商网络位置 对其技术标准化能力的影响

孙耀吾¹, 龚晓叶¹, 陈培祯²

1 湖南大学 工商管理学院, 长沙 410082

2 长沙学院 经济与管理学院, 长沙 410022

摘要: 主制造商是开发复杂产品系统的核心主体, 其技术标准化能力直接关系到系统的顺利开发和创新。已有标准化研究未严格区分主制造商与大规模制造企业, 忽略了二者个体属性差异, 尚未对主制造商的技术标准化能力进行有针对性的研究, 导致所得结论适用性存在疑问。

从收益-成本视角, 结合复杂产品系统标准化综合性高、专用性强等特点, 基于知识整合和影响力机制, 分析主制造商网络位置对其技术标准化能力的影响, 结合主制造商跨技术领域、对知识产权政策敏感的特点, 揭示其内部技术多样性和外部知识产权保护强度的调节作用, 并提出相关假设。以中国轨道交通产业主制造商为样本, 基于专利、标准、知识产权诉讼和企业基本信息4部分数据, 运用负二项回归模型进行假设检验。

研究表明, 主制造商的网络位置对其技术标准化能力的影响是动态的、非线性的, 度数中心度和结构洞均对技术标准化能力产生倒U形影响, 尽管二者影响效果一致, 但其内在机理不同; 技术多样性的增加减弱了度数中心度对技术标准化能力的影响; 知识产权保护强度的增加增强了结构洞对技术标准化能力的影响。

从网络化学习和合作出发, 提出较为系统的主制造商技术标准化能力形成机理框架; 揭示两类位置在获取和控制社会资本上存在的差异, 为理解网络位置与技术标准化能力之间的关系提供了新的分析视角; 拓展了标准化研究对象的边界, 丰富了复杂产品系统创新理论。对主制造商合理投入网络资源, 尤其是针对所在知识产权保护环境如何利用公司的技术多样性调节自己的网络位置、有效开展合作创新和标准化工作等具有重要启示。

关键词: 复杂产品系统; 主制造商; 网络位置; 技术标准化能力; 技术多样性; 知识产权保护强度

中图分类号: F273.1

文献标识码: A

doi: 10.3969/j.issn.1672-0334.2021.05.007

文章编号: 1672-0334(2021)05-0079-14

引言

技术标准化是高铁和大飞机等复杂产品系统 (complex products and systems, CoPS) 创新中解决技术复杂性问题的良策^[1], 标准化设计可使复杂产品系统内部

模块之间界面更加清晰, 提高系统整体开发效率。与普通大规模制造品不同, 复杂产品系统具有复杂性、系统性、高资本和定制化等特征^[2], 因此, 其标准化过程也呈现综合性高和专用性强等特点^[3]。复杂

收稿日期: 2019-06-17 修返日期: 2020-06-25

基金项目: 国家自然科学基金 (71872063, 72172046); 重庆市社会科学规划博士项目 (2020BS59)

作者简介: 孙耀吾, 管理学博士, 湖南大学工商管理学院教授, 研究方向为创新与知识管理、企业的组织与战略管理等, 代表性学术成果为“Mapping the knowledge domain and the theme evolution of appropriability research between 1986 and 2016: a scientometric review”, 发表在2018年第1期《Scientometrics》, E-mail: sunyaowu@hnu.edu.cn

龚晓叶, 湖南大学工商管理学院博士研究生, 研究方向为创新网络治理、企业创新和知识管理等, 代表性学术成果为“技术标准化主题学术关注度及共词网络演化研究”, 发表在2017年第9期《情报杂志》, E-mail: gongxiaoye@hnu.edu.cn

陈培祯, 管理学博士, 长沙学院经济与管理学院讲师, 研究方向为知识管理和技术创新等, 代表性学术成果为“技术多元化对企业新产品开发绩效的影响”, 发表在2018年第6期《科学学研究》, E-mail: zhenchepei@163.com

产品系统研发普遍采用主制造商-供应商模式^[4],主制造商往往在产业合作创新网络中嵌入程度较深,并负责产品总体架构设计、模块集成、产品组装及交付,是复杂产品系统开发中最核心的行为主体,其技术标准化能力尤为关键。网络位置是影响复杂产品系统创新的重要因素^[5],尽管已有研究大多认为网络位置对企业技术标准化能力有积极影响,但主制造商的网络位置如何影响其技术标准化能力还不明确。

在上述过程中,技术环境的影响不可忽视。复杂产品系统属于技术密集型产品,其标准化过程涉及多种技术知识领域的交互。技术多样性反映知识领域的多样化程度^[6],是一个重要的内部技术环境因素。而主制造商所在区域的知识产权保护强度则反映其外部技术环境,现实中由标准化引发的知识产权争端沸沸扬扬,专利权滥用等问题的诉讼备受关注。因此,本研究引入技术多样性和知识产权保护强度这两个技术环境因素作为调节变量,探索主制造商网络位置对其技术标准化能力的影响机理和规律。

1 相关研究评述

技术标准化与复杂产品系统的融合是技术标准化研究发展的新趋势^[7]。复杂产品系统是典型的大国重器,掌握制定复杂产品系统标准的主导权具有重大战略意义^[3]。为了探索这个问题,从3个方面展开分析。

(1)已有研究围绕复杂产品系统的特征、关键能力、组织结构和后发国家技术追赶等展开分析。研究发现,复杂产品系统与生产同步和响应迅速的研发特性,以及小批量和定制化的生产特点显著异于大规模制造品^[8];技术标准化、系统集成、大型项目管理和知识管理等能力是复杂产品系统发展的关键能力^[9];基于网络化合作和网络化学习的主制造商-供应商自组织架构是其主要的组织结构^[10];自有技术储备和政府的推动是后发国家技术追赶的主要支撑力和驱动力^[2]。由于主制造商是复杂产品系统开发的核心主体^[4],上述研究较多涉及主制造商的关键能力与创新绩效的关系,但较少研究主制造商关键能力,尤其是标准化能力的影响因素。

(2)已有研究围绕企业技术标准化能力及其影响因素展开分析。技术标准化能力是指企业在技术标准制定中的影响力,对于非复杂产品系统领域的企业,其技术标准化能力受网络位置^[11]、知识重组^[12]和标准联盟^[13]等因素的影响。

网络位置是影响技术标准化能力的基础变量和核心变量。企业身处不同组织网络,在网络中占据不同位置,意味着对社会资本的获取和控制存在差异^[11],从而影响其技术标准化能力。曾德明等^[11]认为度数中心度越高、结构洞越丰富的企业,在技术标准制定中的影响力越大;高俊光^[14]的研究也表明,企业在网络中的地位越高,标准的规制方向对其越有

利。相关研究大多认为加入联盟网络,获取有利网络位置,有助于企业提升标准化能力^[11]。此外,企业在技术和商业等领域的合作形成不同类别的组织网络。企业可通过对标准投赞同票的方式推动标准制定,但企业是否投赞同票取决于其所在网络的类别^[15]。有研究发现,位于技术网络有利位置的企业较少对标准投反对票,而位于产品网络有利位置的企业则表现相反^[16]。

标准化与知识产权的关系一直受到学者们关注^[7],适当的知识产权保护有利于标准的制定和推广。保护强度过低,企业难以通过知识产权战略获取创新独占的收益^[17],参与标准制定的积极性不高;保护强度过高,标准实施人的权益难以保护,不利于标准推广。尽管标准化组织对标准基本专利提出公平、合理、无歧视原则,但对企业知识产权战略的指导效果依然存在局限^[18]。

(3)已有研究考察企业个体差异在网络位置影响标准化能力中的作用。相关变量可分为两类,一类是与标准化能力相关的其他重要能力,包括技术多元化^[19]和研发投入水平^[20]等,代表企业内部差异;另一类是企业面临的经济技术环境,包括知识产权保护强度和技术动荡程度等^[21],代表企业外部差异。有研究表明,企业个体差异带来的作用显著。

上述研究从复杂产品系统的特征和网络位置对标准化能力的基础作用、企业个体差异的作用等方面为本研究带来启示。①复杂产品系统的研发和生产特征显著异于大规模制造品,复杂产品系统标准化的难度明显高于一般制造企业,因此有必要对复杂产品系统标准化的特点进行分析。②复杂产品系统在组织分工上的高度复杂性可以用复杂网络予以刻画,网络位置作为复杂产品系统标准化能力的核心解释变量较为合适。③在复杂产品系统标准化研究中不应该忽略企业个体差异带来的调节作用。同时,上述研究还存在以下局限:①主制造商是复杂产品系统标准化的主要推动力量,但对标准化能力的研究较少。②网络位置对标准化能力的影响研究大多定位于高技术产业(如汽车产业),相关研究结论对复杂产品系统产业未必适用,有必要针对复杂产品系统产业展开研究。③调节变量的选择针对性不强,难以形成完整的理论框架。

贺俊等^[22]和苏敬勤等^[23]的研究表明,复杂产品系统开发的跨知识领域、跨学科特性赋予了主制造商内部技术的多样性。复杂产品系统设计中遵循的知识产权导向和标准化过程中产生的专利申请、许可、公开等知识产权争议问题^[2]使主制造商所处的外部区域环境保持敏感。本研究认为,技术多样性和知识产权保护强度是最能体现主制造商个体差异的内部因素和外部因素。基于以上分析,本研究探索在不同的技术多样性和知识产权保护强度下,主制造商网络位置对其标准化能力的差异化作用机制,为复杂产品系统的技术标准发展和主制造商能力提升策略提供启示。

2 理论分析和研究假设

复杂产品系统的标准化并非简单地将传统标准化工作复制到复杂产品系统环境中^[9],与大规模制造品相比,复杂产品系统标准化在难度和内容等方面均表现出独有特征。首先,复杂产品系统的高复杂性和系统性使其标准化分布在不同产品模块和技术领域,具有综合化和体系化的特点;其次,复杂产品系统往往具有定制化特征,用户参与度高,且设计和制造同时进行,致使行业中缺少可参考的主导设计,增加了标准化的难度。从内容上讲,主制造商不仅提供最终系统架构产品,还涉及某些关键子系统和核心组件的开发^[22]。一方面,核心组件内部开发要遵循某些特定技术要求和规范;另一方面,完成组件嵌合和产品组装还要求组件接口的兼容性以及接口之间可互联、互通、互操作^[22],保证标准体系成套和匹配协同^[9]。可见,复杂产品系统主制造商的标准化工作主要涉及组件内技术标准和组件间接口技术标准的制定。组件内技术标准倾向于传统的标准,制定该种标准更需要来自细分领域的专业标准化工作者的精耕细作^[9],因而要求主制造商加强知识深度^[23];组件间接口技术标准则更需要跨多个领域、具有系统集成能力的综合性人才^[8]的多方位知识积累,要求主制造商拓展知识宽度^[2]。诚然,占据良好网络位置能为主制造商发展标准化增加影响力,传递所需的知识资源^[24]。基于上述特点,本研究从收益-成本视角,从度数中心度和结构洞两个维度进行主效应分析,从技术多样性和知识保护角度分析调节效应。

2.1 主制造商网络位置对其技术标准化能力的影响

度数中心度的大小反映网络主体拥有的直接合作伙伴的数量^[25],增加度数中心度可为主制造商标准化能力带来潜在收益。

(1)内、外部技术知识的整合是主制造商标准化能力形成的重要传导机制^[23]。增加度数中心度可产生一种与制定标准化相关的知识整合效应,即直接接触的知识主体越多,①可快速便捷地获取与自身核心技术领域紧密相关的知识、技能和信息^[24],积累组件知识,深化对该领域技术运作的了解,以完成核心组件的开发^[26],制定组件内的专用性技术标准;②表示主制造商拥有更广泛的知识来源,可以合理避免“集体思考”和“有限探索”^[27],尤其是通过吸收和整合组件供应商的互补知识,可强化自身架构知识^[26],有助于细化组件之间的接口技术规范和要求,制定更具兼容性的接口技术标准。

(2)开展标准化需要从其他的创新主体获取知识并进行高强度技术学习^[28]。占据网络中心位置往往为主制造商赢得了良好声誉^[24],从而产生声誉效应,即促进与其他创新主体形成长期稳定的技术合作关系,减少创新风险和不确定性^[29];同时合作中增强彼此信任,有利于获得合作主体的资源承诺^[30],引导他们根据主制造商的创新目标进行专用性投资,而这些都是有助于激励和促进主制造商的深度学习过程^[22],

尤其有利于积累对组件内技术标准的认知。但是,由于增加度数中心度的本质是网络资源在量上的扩张^[31],部分与主制造商保持直接连接的企业之间可能存在紧密合作,产生同质和重复的知识,导致知识冗余^[32],造成知识整合效用在边际上的递减。因此,随着中心度的增加,收益增长在整体上呈现边际递减趋势。

成本伴随上述收益而来,如知识整合成本和关系维护成本^[33]等。然而,成本的增长是边际递增的,原因在于:①冗余知识加剧了信息甄别和处理难度,增加了额外的知识筛选成本。②在主制造商中心度过高的情况下,架构知识溢出风险随着集成商与供应商合作范围的扩大而加速上升,这无疑加剧了主制造商维护标准化能力的成本。在复杂产品系统行业,主制造商的核心能力,如关于产品组装和技术集成的架构知识很多嵌入在内部员工的技术诀窍中^[34],广泛的直接连接促进了员工之间紧密合作,加剧了主制造商这类知识的溢出风险^[35],直接导致制定接口标准的主导地位下降;顶尖主制造商的行业地位及产生巨大经济利益的潜力,使部分供应商积极筹划向主制造商转型以及低地位主制造商向高地位的升级。这些都使主制造商建立直接连接的技术溢出风险加剧,由此产生更多的知识溢出对抗成本。

从收益-成本视角可知,在低中心度范围,收益增长占据主导;在高中心度范围,成本增长占据主导。借鉴 HAANS et al.^[36]的倒U形曲线形成原理,主制造商的度数中心度对其技术标准化能力整体呈现倒U形影响。因此,本研究提出假设。

H_{1a} 主制造商的度数中心度对其技术标准化能力具有倒U形影响。

占据结构洞位置也可为主制造商标准化带来多种收益。①相对于度数中心度在获取知识资源上量的扩张,结构洞位置可视为知识资源在质上的提升^[31]。主制造商占据结构洞,易获得非冗余和异质性知识^[37],对其标准化能力的形成产生一种异质性知识整合效应,即复杂产品系统的跨领域和跨专业特性,要求主制造商对供应商的知识领域有一定程度了解^[23],且具备跨领域集成和跨组织协调的能力^[24],这些都需要多样化知识源做支撑。尤其在对系统内部组件之间接口标准进行规范时,对兼容性要求更高^[38]。此时,占据的结构洞越丰富,越有利于拓宽其知识基础多样性^[37],获得广阔创新视野,探索出对接口标准化有利的知识组合方式;还可以加深对复杂技术知识的系统认识,提出具有整合功能的兼容性技术要素框架^[11],促进标准之间的匹配协同。②根据伯特的结构洞理论,结构洞位置为占据者带来信息控制的权利^[30],更容易发起和主导各种创新活动。主制造商属于创新网络中的关键研发主体,跨领域合作经验丰富^[39],若同时占据结构洞位置,更容易产生控制效应,使其在标准制定活动中也更有话语权,主导优势更明显。与中心度影响机理有所不同,由于结构洞本身指向非冗余知识^[37],不易产生知识冗余,因而

其边际收益增长保持稳定。

管理结构洞位置也为主制造商标准化带来成本,如面对异质性知识源、知识整合成本逐渐上升等^[40]。信任关系到复杂产品系统内部知识共享成效^[34],结构洞多指向弱连接^[30],使合作风险增加,不利于企业之间形成信任关系^[40],降低了合作伙伴关系投入和知识分享意愿,损害网络中共同价值观和愿景的形成,从而增加了主制造商的学习成本。与中心度相似,结构洞对应的成本增长也是边际递增的。这是由于占据的结构洞越多带来以下信任危机:①主制造商的机会主义可能性增加^[41],损害他们在行业内的可信度和声望,降低合作企业的知识分享意愿,导致主制造商学习难度和额外成本的增加^[34];②不利于形成确保合作行为的网络统一准则,如增加复杂产品系统组件之间兼容性的技术标准,同时还给主制造商带来了更大的协调、监控和交流成本^[42]。

从收益-成本视角可知,在低结构洞水平范围,收益增长占据主导;在高结构洞水平范围,成本增长占据主导。参考 HAANS et al.^[36] 的倒U形曲线形成原理,主制造商的结构洞对其技术标准化能力整体呈现倒U形影响。因此,本研究提出假设。

H_{1b} 主制造商占据的结构洞数量对其技术标准化能力具有倒U形影响。

2.2 技术多样性的调节作用

技术多样性是主制造商的一个重要特征,研究表明企业的技术多样性水平关系着它的知识识别、吸收和整合等活动^[11]以及在行业中的影响力^[39]。因此,主制造商的网络位置为其实施标准化战略所传递的丰富知识资源和影响力能否有效转化为技术标准化能力,还取决于其技术多样性水平。

拥有多样性技术,主制造商拥有更多整合知识的可能性^[27],使直接连接增加产生的知识冗余问题得到缓解,使中心度的知识整合效应发挥更大作用,因此也更易形成两类技术标准。有研究表明,当企业的技术多样性水平高时,在行业中会产生更高的受认可程度和吸引力^[39],可进一步增强中心位置的声誉效应。

拥有多样性技术的主制造商往往积累了丰富的前期知识整合试错和试验经验,可使其避免实施很多不具备创新产出潜力的知识组合行为^[43],减少中心度增加带来的筛选成本;也使其有意识地减少与某些合作伙伴的深度交流合作,降低直接连接带来的技术溢出风险对抗成本^[44]。

因此,当主制造商技术多样性较高时,随着度数中心度的增加,收益的增长比原来更快,而成本的增长比原来更慢,知识冗余产生的不良影响得到缓解。因此,本研究提出假设。

H_{2a} 技术多样性的增加减弱度数中心度对技术标准化能力的倒U形影响。

复杂产品系统标准化的高知识综合性使多技术企业在研制适用范围更广、兼容性更强的技术标准上更具优势^[11]。主制造商技术多样性水平越高,表

明涉及知识领域越广,越有能力实施标准化中的知识整合,可增强结构洞的异质性知识整合效应;越容易增加通过结构洞连接的企业对其的依赖,使结构洞的控制效应增强。

技术多样性增加了主制造商的知识宽度,对异质性知识更易理解和处理,降低了学习成本^[37]。技术多样性带来的被认可度缓解了因为占据结构洞而带来的信任危机,从而降低协调成本。

因此,当主制造商的技术多样性较高时,收益的增长比原来更快,而成本的增长比原来更慢,对信任危机的抵抗力增加,不信任感产生的不良影响得到缓解。因此,本研究提出假设。

H_{2b} 技术多样性的增加减弱结构洞对技术标准化能力的倒U形影响。

2.3 知识产权保护强度的调节作用

复杂产品系统标准化的综合性高、专用性强的特点,使其标准化活动涉及到处理多个知识领域的交互和多个主体间的复杂关系,而这些都可能引发知识产权的争端^[45]。由于知识产权保护制度不仅作用于主制造商,还对合作主体产生影响,所以对主制造商来说,这也使知识产权保护制度的作用具有激励和阻碍双面性^[46],其内在机理更为复杂。

在知识产权保护制度相对完善的地区,①主制造商的知识整合更容易受到保护,可有效地规避技术盗用和技术人员流动潜藏的泄密等风险,实现创新价值^[47],增强知识整合效应;②使中心位置产生的声誉效应增强,这是由于此时知识泄露等风险相对较低^[27],未经授权的技术盗用和专利侵占行为减少^[48],合作伙伴的专用性投资行为受到鼓励,有利于主制造商的深度学习。因此,中心位置带来的收益增长趋势更快。

与此同时,标准化中主制造商向合作企业的学习行为面临更大的被诉讼风险。企业热衷于将自身专利融入到标准中^[49],以获取标准实施后带来的专利许可收益和互补品开发先动优势。在知识产权保护机制越完善的地区,合作企业申请技术专利的意愿越强,专利标准化动机也越强,这些都为主制造商向合作伙伴的学习增添了更多的风险。知识产权保护水平较高的地区更注重专利价值^[50],使专利诉讼活动更具吸引力,也容易产生“专利流氓”^[51]发起的恶意诉讼。大量直接合作关系易带来权益摩擦,对处于网络中心位置的主制造商来说更容易受到合作主体牵连^[52],卷入标准化引发的知识产权争端之中。这些都增添了主制造商的被诉讼风险和学习成本。因此,中心位置带来的成本边际增长更快。

由于难以判断收益增加的边际效应和成本增加的边际效应孰大孰小,无法判断对新的净收益曲线是增强还是减弱。因此,本研究提出竞争性假设。

H_{3a1} 知识产权保护强度的增加增强度数中心度对技术标准化能力的倒U形影响;

H_{3a2} 知识产权保护强度的增加减弱度数中心度对技术标准化能力的倒U形影响。

同样,知识产权保护强度高可使主制造商的异质性知识整合更受到保护,使异质性知识整合效应增强,但不利于控制效应的作用。这是因为,知识产权保护强度增加加剧了因结构洞位置的信任危机产生的学习成本和协调成本。顺利开发复杂产品系统对主制造商的协调能力有很高的要求^[22],加之标准化中可能出现的知识争端、占据过多结构洞产生的信任危机等,都对主制造商的协调能力提出严峻考验,增加了协调成本。另外,信任危机使合作伙伴采取积极主动的知识保护手段,强化自身创新收益占有^[53]。此时,知识产权法律审判机制和执行力度增强,使合作伙伴的知识产权保护手段更容易实现^[46],增加了主制造商知识获取成本,如面临高额专利许可费,被迫承担更多的应对其他企业的专利诉讼的时间成本和财务成本等,而这些都会降低标准化的实现效率。

因此,成本的增长加快,但异质性知识整合效应

和控制效应的总收益增长无法确定,对最终的净收益变化无法判断。因此,本研究提出竞争性假设。

H_{3b1} 知识产权保护强度的增加增强结构洞对技术标准化能力的倒U形影响。

H_{3b2} 知识产权保护强度的增加减弱结构洞对技术标准化能力的倒U形影响。

综上所述,形成本研究概念模型,见图1。进一步,对6个假设的理论推演过程进行总结和归纳,提炼出各假设效应的形成机理,见表1。从主效应(H_{1a}和H_{1b})看,不同类型的网络位置具备不同的资源特征和影响力特征,使主制造商获取和控制资源产生差异,由此带来两种主效应的收益和成本曲线的差别。尽管最终的影响结果一样,但是其内在形成机理不同。正因如此,处于不同水平的技术多样性和知识产权保护强度,主效应对应的收益和成本曲线的变化形态各异,导致调节效应(H_{2a}、H_{2b}、H_{3a}、H_{3b})的内在形成机理也有所不同。

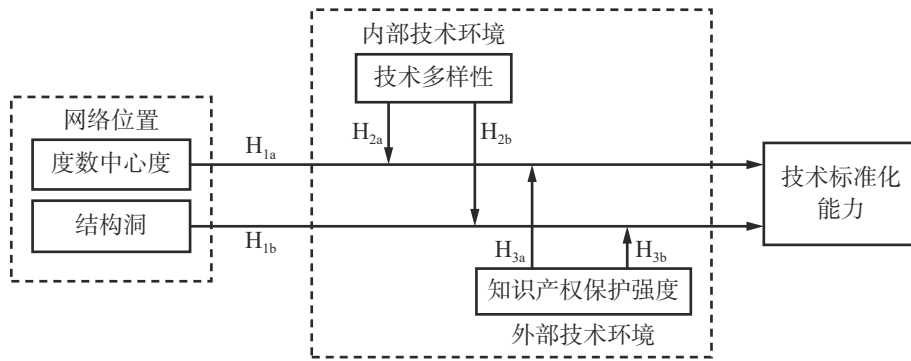


图1 概念模型

Figure 1 Conceptual Model

表1 假设效应的形成机理

Table 1 Generation Mechanism of Hypothesis Effects

主效应	维度	位置特征及其作用方式	收益	成本	最终影响
(1)度数中心度→技术标准化能力	度数中心度	知识资源特征:可便捷地获取可信赖知识资源和专用性资源 影响力特征:可带来良好的声誉			
(2)结构洞→技术标准化能力	结构洞	知识资源特征:可获取异质性、多样化、非冗余的资源 影响力特征:获得控制权力			
调节效应		对主效应(1)的调节	对主效应(2)的调节		
技术多样性					
知识产权保护强度					

3 实证研究

3.1 样本选择和数据来源

轨道交通产业是典型的复杂产品系统制造业,具有合作紧密和知识密集等特征。在研发设计中广泛采用网络合作和标准化的组织方式,且专利和标准等数据公开性较好,易于获取。考虑到专利从申请到公开一般有1.5年~2年的时长^[54],标准从起草到确定公开也经历多个环节。因此,为了更加完整、全面地用所获数据反映企业间的合作创新和标准化活动,本研究将专利数据收集截止年份设定为2016年,其他数据收集时间区间根据本研究数据处理原则有所浮动,如为了控制专利-标准的因果效应,将标准数据收集截止年份设定为2017年。总体而言,本研究选取中国轨道交通产业30家主制造商为样本,收集其2000年至2017年专利、标准、企业基本信息及所在区域知识产权诉讼数据构建面板数据。主制造商的选取基于以下原则:在复杂产品系统研发中负责产品总体设计、组织项目实施、负责模块集成和产品组装并提供产品交付及后续服务的企业。得到30家样本企业,其中,28家国有企业,2家非国有企业;按照中国国家统计局对地区的常规分类,样本企业主要地域分布为华北地区6家、东北地区5家、华东地区8家、中南地区7家、西南地区3家、西北地区1家;以2016年为时间节点,企业年龄在20年以内的5家,21年~60年的10家,61年以上的15家。

专利数据来源于国家知识产权局,用于测量自变量网络位置和调节变量技术多样性。在合作创新网络的构建过程中,基于轨道交通产业的245家企业和研究所(含上述30家主制造商样本)的9310条联合申请专利数据构建网络。标准数据主要来源于中国数据量最大、收录最完整的《标准数据总库》,获得621条数据,用于测量因变量标准化能力。知识产权诉讼数据来源于国家知识产权局,用于测量调节变量知识产权保护强度。企业年龄和企业性质等企业基本信息数据主要从企业主页和行业报告中获取。

考虑到企业研发是一个长期的动态过程,采用3年为一个时间窗口,以企业联合申请专利数据建立产业合作创新网络。另外,为了在统计上控制因果效应,考虑到企业技术标准由大量专利构成,遵循技术专利化-专利标准化逻辑,专利观测区间比标准观测区间滞后1年,如2000年至2002年的合作网络对应2001年至2003年的标准数据,以此类推,共计15个时间窗口。理论上,收集整理15个时间窗口的30家样本企业的相关数据,可获得观测值为450。

3.2 变量定义和测量

3.2.1 因变量: 技术标准化能力

借鉴曾德明等^[11]的研究,根据本研究团队2017年1月至2018年3月前往多家中车集团下属公司关于标准化工作调研获取的一手素材,制定正式标准一般经过以下流程:首先,由几家单位商定起草;其次,将该项标准稿提交标准委员会;再次,以文件的形式,在行业中广泛征集意见;最后,经历若干其他

环节后,最终确立该项标准。其中,标准起草单位在影响标准的技术内容方面有很大的优势^[19],易获得未来标准实施后的各种收益。因此,用参与起草的标准数量测量主制造商的技术标准化能力。

3.2.2 自变量

(1) 度数中心度。反映网络主体与其他主体建立直接连接的程度^[11],本研究参考史金艳等^[52]的研究,采用与主制造商直接相连的企业或研究所的数目测量该主制造商的度数中心度。

(2) 结构洞。采用Burt结构洞指数中的有效规模测量,反映网络中的非冗余因素。计算公式为

$$NS_i = \sum_j \left(1 - \sum_q p_{i,q} b_{j,q} \right), q \neq i, j \quad (1)$$

其中, NS 为结构洞; i 为网络中节点, j 为与 i 相连的所有点, q 为网络中除了 i 或 j 之外的点; $p_{i,q}$ 为 i 与 q 建立的关系数量在 i 与网络中其他所有节点建立的关系数量中的占比, $b_{j,q}$ 为 j 到 q 的关系的边际强度。

3.2.3 调节变量

(1) 技术多样性。参考CARNABUCI et al.^[6]的研究,采用熵指数测量企业技术多样性。计算公式为

$$TD = \sum_{k=1}^N P_k \ln \left(\frac{1}{P_k} \right) \quad (2)$$

其中, TD 为技术多样性, k 为技术小类, N 为企业专利中 k 类专利的个数, P_k 为企业专利中 k 类专利所占比例。在计算过程中采用5年专利数据滚动处理。

(2) 知识产权保护强度。借鉴XIE et al.^[55]的研究,采用某年企业所在省份知识产权诉讼结案数与该年知识产权立案数的比值测量。

3.2.4 控制变量

(1) 企业年龄。用企业年龄控制所有因时间变化而产生的不同效应和不同年龄企业的资源差异。

(2) 企业性质。企业性质在一定程度上影响其资金获取和研发投入,进而对其专利产出和技术标准化能力产生影响。因此,本研究引入企业性质虚拟变量,国有企业取值为1,非国有企业取值为0。

(3) 知识基础规模。具有强大知识基础的企业在知识元素整合中更具优势^[56],在技术标准化的过程中更容易取得成功。因此,本研究引入知识基础规模作为控制变量。借鉴YAYAVARAM et al.^[56]的测量方法,计算公式为

$$KB_{a,t} = \sum_{s=1}^3 M_{a,t-s} \quad (3)$$

其中, a 为企业, t 为年; $KB_{a,t}$ 为 a 企业第 t 年之前3年申请的专利总数; $M_{a,t-s}$ 为 a 企业第 $t-s$ 年申请的专利数。

(4) 网络密度。有研究认为网络密度对网络中知识流动产生影响^[13],进而影响企业对知识的整合效率。因此,本研究将网络密度作为控制变量,计算公式为

$$Den = \frac{m}{\frac{n(n-1)}{2}} = \frac{2m}{n(n-1)} \quad (4)$$

其中, Den 为网络密度, m 为网络中所有连接的数目, n 为网络中节点的个数。

(5) 网络异质性。网络异质性是网络节点间度分布的不均匀性, 反映主体间合作关系的差异化程度^[57], 对网络中知识资源的分享和合作意愿产生影响。因此, 本研究将网络异质性作为控制变量, 用度分布熵进行测量^[58], 即

$$H = - \sum_{h=1}^{n-1} p(h) \log p(h) \quad (5)$$

其中, H 为网络异质性, h 为网络节点度, $p(h)$ 为 h 的分布函数。

3.3 实证分析模型

构建 7 个计量模型, 模型 1 检验控制变量选取的合理性及其与因变量的相关关系, 模型 2 和模型 3 分别检验两个自变量对因变量的倒 U 形影响 (即主效应 1 和主效应 2), 模型 4 和模型 5 分别检验技术多样性在两个主效应中的调节效应, 模型 6 和模型 7 分别检验知识产权保护强度在两个主效应中的调节效应。

由于因变量为非负整数, 且期望和方差差别较大, 期望值为 4.698, 方差为 53.217, 具有过度分散的特点, 因此采用随机效应负二项回归模型对面板数据进行假设检验^[56]。

3.4 实证结果和分析

3.4.1 描述性统计和相关性分析

由于少数主制造商成立时间较晚, 在观测区间内年份成立, 因此变量企业年龄、技术标准化能力、度数中心度、结构洞、企业性质、知识基础规模的观测值均为 448。在技术多样性的测量过程中采用 5 年滚动处理, 未收集到观测区间以外的相关数据, 因此技术多样性的观测值为 311。运用 STATA 进行数据分析, 变量的描述性统计结果和相关关系见表 2, 各变量之间的相关系数基本小于 0.600。运用线性回归检验多重共线性, 发现 VIF 值均小于 3, 证明变量之间不存在多重共线性问题^[6]。度数中心度与结构洞的相关系数为 0.758, 这种情况在 RANGANATHAN et al.^[15] 的研究中也有出现, 其不同网络指标之间的相关系数为 0.840。从社会网络理论看, 中心度和结构洞是从不同视角对网络位置的测量, 测量方式有相似之处, 但二者理论意义有较大区别, 本研究将在实证结果讨论部分对此进行详细说明。为了将二者相关性带来的影响降到最低, 识别各自的影响效应, 本研究在回归模型中将它们分别放在不同模型中进行回归。

3.4.2 假设检验和实证结果讨论

在数据分析过程中, 对两个自变量和两个调节变量均进行标准化处理, 回归分析结果见表 3。由表 3 可知, 模型 1 包含 5 个控制变量, 模型拟合程度

表 2 描述性统计结果和相关系数

Table 2 Descriptive Statistics Results and Correlations Coefficients

变量	技术标准化能力	度数中心度	结构洞	技术多样性	知识产权保护强度	企业年龄	企业性质	知识基础规模	网络密度	网络异质性
技术标准化能力	1									
度数中心度	0.320***	1								
结构洞	0.370***	0.758***	1							
技术多样性	0.320***	0.284***	0.357***	1						
知识产权保护强度	0.002	-0.098**	-0.085*	-0.029	1					
企业年龄	0.172***	0.027	0.124***	0.368***	0.116**	1				
企业性质	0.052	-0.054	-0.034	0.067	0.014	-0.071	1			
知识基础规模	0.346***	0.413***	0.592***	0.562***	-0.060	0.214***	0.009	1		
网络密度	-0.192***	-0.200***	-0.297***	-0.549***	0.048	-0.070	0.0003	-0.413***	1	
网络异质性	0.144***	0.209***	0.353***	0.483***	0.039	0.099**	-0.001	0.633***	-0.532***	1
观测值	448	448	448	311	450	448	448	448	450	450
均值	4.719	10.886	1.551	2.493	0.839	59.772	0.100	106.918	0.051	0.025
标准差	7.305	27.801	2.893	1.017	0.251	34.900	0.301	165.118	0.057	0.018
VIF		2.386	2.770	2.195	1.059	1.340	1.103	2.245	1.729	1.931

注: ***为 $p < 0.010$, **为 $p < 0.050$, *为 $p < 0.100$, 下同。

表3 回归分析结果
Table 3 Regression Analysis Results

变量	技术标准能力						
	模型1	模型2	模型3	模型4	模型5	模型6	模型7
度数中心度		0.582*** (0.107)		0.451** (0.194)		0.683*** (0.124)	
度数中心度 ²		-0.079*** (0.020)		-0.251*** (0.090)		-0.118*** (0.032)	
结构洞			0.420*** (0.128)		0.129 (0.168)		0.443*** (0.129)
结构洞 ²			-0.074** (0.037)		0.067 (0.070)		-0.088** (0.038)
技术多样性				0.197 (0.129)	0.162 (0.151)		
技术多样性× 度数中心度				0.184 (0.209)			
技术多样性× 度数中心度 ²				0.173** (0.085)			
技术多样性× 结构洞					-0.035 (0.226)		
技术多样性× 结构洞 ²					-0.081 (0.081)		
知识产权保护强度						-0.020 (0.076)	0.060 (0.081)
知识产权保护强度× 度数中心度						-0.025 (0.144)	
知识产权保护强度× 度数中心度 ²						-0.037 (0.037)	
知识产权保护强度× 结构洞							0.221* (0.133)
知识产权保护强度× 结构洞 ²							-0.104** (0.053)
企业年龄	-0.002 (0.003)	-0.003 (0.003)	-0.003 (0.003)	-0.012*** (0.004)	-0.009** (0.004)	-0.003 (0.003)	-0.003 (0.003)
企业性质	0.320 (0.311)	0.280 (0.305)	0.251 (0.304)	-0.288 (0.367)	-0.123 (0.364)	0.269 (0.305)	0.328 (0.319)
知识基础规模	0.0007* (0.0004)	0.0001 (0.0004)	0.00004 (0.0004)	-0.0003 (0.0004)	-0.0002 (0.0005)	0.00009 (0.0004)	0.00006 (0.0004)
网络密度	-4.099*** (1.437)	-2.891** (1.363)	-3.332** (1.415)	-4.831** (1.941)	-6.318*** (1.923)	-2.496* (1.360)	-3.210** (1.410)
网络异质性	2.861 (4.116)	4.253 (4.057)	1.902 (4.109)	-6.829* (3.862)	-8.307** (3.974)	5.379 (4.038)	1.962 (4.110)
常数项	-0.091 (0.258)	0.040 (0.260)	0.078 (0.264)	1.763*** (0.354)	1.519*** (0.345)	0.023 (0.265)	0.106 (0.269)
对数似然值	-1 013.031	-1 000.207	-1 007.165	-767.090	-773.934	-997.580	-1 005.179
样本量	448	448	448	311	311	448	448

较好,知识基础规模和网络密度对技术标准化能力具有显著影响,知识基础规模对技术标准化能力有促进作用,而网络密度越大,越不利于技术标准化能力的提升。

在模型1的基础上逐步加入自变量的一次项和二次项、调节变量,以及调节变量与自变量的一次项和二次项的交互项。表3中,与度数中心度相关的回归模型中对数似然值分别为-1 000.207、-767.090和-997.580,表明连续加入变量增加了模型适用性^[11]。

(1)由模型2可知,度数中心度一次项系数为0.582, $p < 0.010$;二次项系数为-0.079, $p < 0.010$ 。表明度数中心度对技术标准化能力具有显著倒U形影响, H_{1a} 得到验证。由模型3可知,结构洞一次项系数为0.420, $p < 0.010$;二次项系数为-0.074, $p < 0.050$ 。表明结构洞对技术标准化能力具有显著倒U形影响, H_{1b} 得到验证。结合模型2和模型3的回归结果,运用 Matlab 分别绘制对应的变量关系图,对主效应给出进一步讨论,见图2和图3。

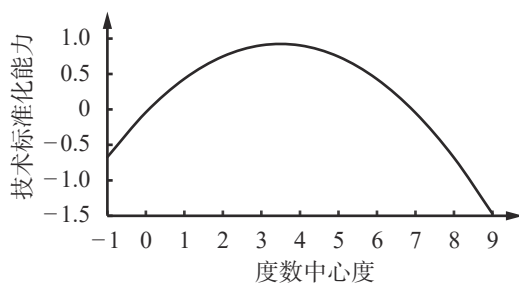


图2 度数中心度对技术标准化能力的影响
Figure 2 Effect of Degree Centrality on Technological Standardization Capability

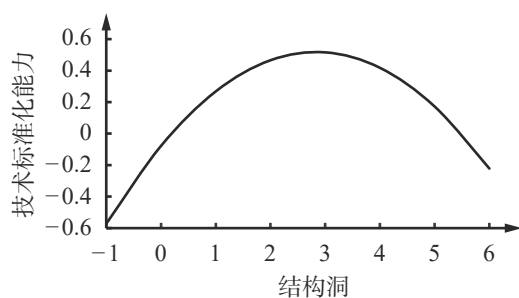


图3 结构洞对技术标准化能力的影响
Figure 3 Effect of Structural Hole on Technological Standardization Capability

图2和图3形象地表明度数中心度和结构洞均对技术标准化能力产生倒U形影响。研究结果肯定了网络化合作对企业标准化能力积累的重要性,这与已有大部分研究^[19]一致。然而,本研究结果发现网络过度嵌入对标准化能力产生不良影响,大部分已有研究较少得出该结果。这种区别产生的原因可能是因为研究对象不同。已有研究^[11]定位于一般高技术产业,其中可能也涉及某些主制造商,但并未有

所区分,未考虑复杂产品系统标准化与一般高技术产业标准化在内涵和难度上的不同,也忽略了普通高技术企业与主制造商的个体属性差异,并未对复杂产品系统主制造商提出有针对性的启示。本研究结合复杂产品系统标准化高综合性和强专用性等特点,综合考虑了关系过度嵌入(度数中心度过高)下的知识冗余和路径依赖、结构过度嵌入(结构洞占据过多)下的信任危机给提升技术标准化能力造成的阻碍,并得到实证结果支持。

尽管度数中心度和结构洞对技术标准化能力作用一致,均为倒U形,但却基于不同网络位置特征带来差异化的作用机制。本研究认为主制造商在网络中占据不同位置,对社会资本的获取和控制存在差异,这与杨博旭等^[31]的研究结论一致。从社会资本理论看,度数中心度和结构洞都代表一定的网络地位,两者紧密相关(相关系数为0.758),但二者具有不同资源特征和影响力特征。从资源特征看,度数中心度高,意味着网络主体可以便捷地获取制定标准所需的可信赖和专用性资源;占据结构洞多,则更易获取非冗余的异质性资源。从影响力特征看,度数中心度高可以带来良好声誉,获取制定标准所需的主导优势;丰富的结构洞则倾向于传递控制权力,产生控制效应。因此,尽管二者作用一致,但内在机理不同,这也是在同一个调节变量下二者作用表现出异质性的最根本原因。

(2)由模型4可知,技术多样性与度数中心度二次项的交互项系数为0.173, $p < 0.050$ 。由模型6可知,知识产权保护强度与度数中心度二次项的交互项系数为-0.037,不具有显著性, H_{3a1} 和 H_{3a2} 均未通过检验。

由模型5可知,技术多样性与结构洞二次项的交互项系数为-0.081,不显著, H_{2b} 未通过检验。由模型7可知,知识产权保护强度与结构洞二次项的交互项系数为-0.104, $p < 0.050$ 。

由于非线性模型中交互项系数并不反映真实的交互效应^[56],不能仅从交互项系数的正负判定要检验的假设是否得到支持。因此,本研究使用图分析进一步解释具有显著性水平的模型4和模型7的检验结果,判断 H_{2a} 、 H_{3b1} 和 H_{3b2} 是否成立,并对未通过检验的 H_{2b} 、 H_{3a1} 和 H_{3a2} 进行解释。

结合模型4和模型7的回归结果,运用 Matlab 分别绘制对应的变量关系图,见图4和图5。

由图4可知,技术多样性增加,主效应1对应的倒U形曲线变平坦,表明 H_{2a} 得到验证。由于合作是复杂产品系统创新的普遍趋势,不可避免,因此需要有效规避建立网络关系带来的不良影响。本研究发现,技术多样性的增加缓解了中心度过高带来的不良影响,主效应1对应的技术标准化能力整体升高,即曲线整体上移,曲线顶点(图中用×号标记的点)向右移动,最优技术标准化能力对应的度数中心度也明显提高。这都说明主制造商技术多样性水平越高,对网络资源的利用效果越好,技术多样性水平的提升是企业通过增加网络直接连接以获取标准制定能

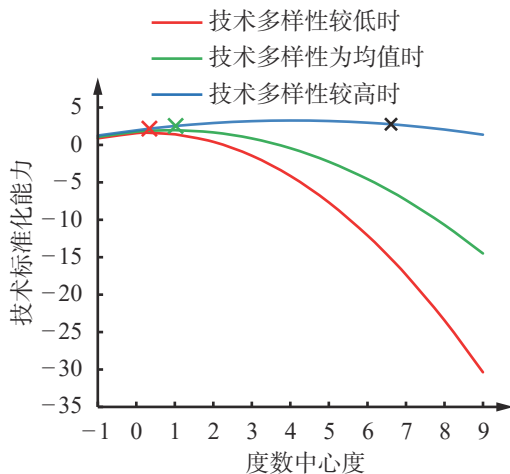


图4 技术多样性在度数中心度对技术标准化能力影响中的调节效应

Figure 4 Moderating Effect of Technological Diversity on the Effect of Degree Centrality on Technological Standardization Capability

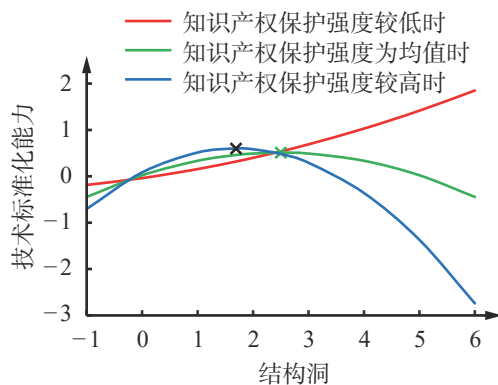


图5 知识产权保护强度在结构洞对技术标准化能力影响中的调节效应

Figure 5 Moderating Effect of Intellectual Property Protection Intensity on the Effect of Structural Hole on Technological Standardization Capability

力的前提。

由图5可知,知识产权保护强度增加,主效应2对应的倒U形曲线变陡峭(绿线变为蓝线),表明 H_{3b1} 得到验证。值得注意的是,当知识产权保护强度较低时,结构洞对技术标准化能力的影响表现为积极作用。这不难理解,在知识产权制度不完善的地区,谁占据合作网络的关口(即企业间的桥梁),掌握了多样化的资源,谁获得的能力就越强。然而,完善知识产权保护制度是大势所趋。因此,要寻求能够指导未来实践的启示,还要看知识产权保护强度逐渐升高的情况。 H_{3b1} 通过检验,进一步支持了知识产权保护的双面性^[46]。一方面,产生激励作用,使主制造商与合作主体之间的知识分享更高效,可以更快地通过结构洞位置获取技术标准化能力;另一方面,产生阻碍效应,加剧主效应2的不良影响,最优技术标准化能力对应的结构洞数量变少,即顶点向左移动。

本研究发现,技术多样性对结构洞二次项的调节作用、知识产权保护强度对度数中心度二次项的调节作用均不显著,这可能是复杂产品系统标准化过程中隐性知识的传递机制影响所致。王娟茹等^[34]认为,隐性知识共享是复杂产品系统中知识共享行为的重要组成部分,有助于新技术的组合和新方案的形成。因此,除了学习和掌握关键技术专利等显性知识,主制造商还要掌握技术诀窍等隐性知识^[5]。隐性知识的传递依赖于紧密、可信赖的关系^[59],结构洞位置不利于隐性知识传播,相比之下度数中心位置则更有利。此时,主制造商掌握多样化的显性技术,无助于其开发和获取隐性技术,因此导致技术多样性对主效应2的调节效应不显著。另外,主制造商所在区域知识产权保护强度提高,虽然可以降低显性知识的溢出风险,但对难以形成专利的隐性知识的泄露和转移制约力度有限,因此导致知识产权保护强度对主效应1的调节效应不显著。

4 结论

本研究以复杂产品系统主制造商为研究对象,探讨在合作网络中的位置、内外部技术环境和技术标准化能力之间的关系。侧重收益-成本视角,分析主制造商网络位置对其技术标准化能力的影响机理,并以技术多样性和知识产权保护强度为调节变量,揭示它们的干预方式、路径和结果。研究结果表明,度数中心度和结构洞均对主制造商技术标准化能力具有倒U形影响,主制造商技术多样性增加减弱度数中心度对技术标准化能力的倒U形影响,知识产权保护强度的增加增强结构洞对技术标准化能力的倒U形影响。

本研究的理论贡献如下:①针对复杂产品系统标准化的特点,剖析主制造商网络位置影响其技术标准化能力的内在机理,揭示不同类型网络位置在社会资本获取和控制上存在的差异,提炼出知识整合和影响力两种机制,并详细论述了它们的不同作用,这是对复杂产品系统技术标准化的积极探索。同时,拓展社会资本理论在技术标准化研究的应用范围,促进社会资本理论研究与技术标准化研究的融合。②结合主制造商在内部技术多样性和外部知识产权保护强度上的个体差异,系统分析它们的调节作用机理,为网络位置影响标准化能力主题开辟一个适用于主制造商的系统研究框架。③从主效应到调节效应的理论推衍,采用完整的收益-成本分析链条,尝试了管理学研究中关于U形关系理论推导的新范式^[36],分析结果支持了在高技术领域中良好网络位置对技术标准化能力产生积极影响的认知。同时,网络的过度嵌入反而对技术标准化能力产生不良影响。这更加适用于复杂产品系统创新环境,在复杂产品系统标准化和主制造商标准化能力理论研究与实践之间架起有益桥梁。

本研究的实践启示如下:复杂产品系统主制造商在实施标准化战略时应结合自身内外部技术环境,

以综合视角制定决策。①开展网络合作应与技术多样性程度相匹配。在技术多样性水平较低时,盲目投入网络资源、追求网络地位,会让主制造商产生认知偏差,陷入低端集成陷阱。而当掌握了多样性技术时,应积极开展网络化学习和合作。例如,通过与行业中其他主制造商展开项目合作,获取知识资源和影响力;加强与关键供应商合作,引导专用性投资;积极参加行业技术交流和标准制定等活动。同时应趋利避害,避免过多直接合作,将网络资源的投入保持在动态最优水平,将知识筛选成本、技术溢出风险、路径依赖保持在可控范围内。②适当的知识产权保护强度有利于标准的制定和推广。在知识产权保护制度较完善的地区,主制造商可适当缩减对网络资源的投入,不过度接触和进入不相关、不熟悉的技术领域。政府也应制定并有效实施相关法规,合理保护企业知识产权。③充分重视复杂产品系统标准化过程中强关系网络对隐性知识的传递作用。复杂产品系统主制造商从低端集成向高端智造转变,除了掌握关键技术专利等显性知识外,还需要掌握技术诀窍等隐性知识。主制造商应在追求度数中心度与结构洞之间保持平衡,防止网络密度过于稀疏,适度加强合作主体之间的关系强度,增加合作频率,展开深度交流等。

本研究仍存在一些不足。企业合作创新范围广泛、联合开发项目不一定都能形成实质性的专利成果,采用联合申请专利刻画企业的网络化行为存在一定局限性,未来应探索解决这一局限的方法。本研究认为技术多样性和知识产权保护强度对网络位置和标准化能力的关系具有调节作用,还有哪些其他因素、以何种方式产生影响或调节,如技术复杂性、产业技术的动荡性等。此外,在复杂产品系统标准化背景下,区域知识产权保护强度如何作用于企业内部的知识产权保护策略等,都是未来可进一步探讨的问题。

参考文献:

- [1] 陈劲. 复杂产品系统创新管理. 北京: 科学出版社, 2007: 105. CHEN Jin. *Managing the innovation of complex products and systems*. Beijing: China Science Publishing & Media Ltd., 2007: 105.
- [2] 江鸿, 吕铁. 政企能力共演化与复杂产品系统集成能力提升: 中国高速列车产业技术追赶的纵向案例研究. *管理世界*, 2019, 35(5): 106-125. JIANG Hong, LYU Tie. Government-firm capability coevolution and development of cops integration capabilities: a longitudinal case study of technological catch-up in the Chinese high-speed train industry. *Journal of Management World*, 2019, 35(5): 106-125.
- [3] 李春田. 事关国家兴衰的标准化领域: 复杂产品系统的标准化. *中国标准化*, 2015(3): 62-68. LI Chuntian. Standardization sector related to national rise and decline: research on standardization of complex products and systems. *China Standardization*, 2015(3): 62-68.
- [4] 程永波, 陈洪转, 何利芳, 等. 复杂装备主制造商-供应商主从合作激励协调Stackelberg模型. *中国管理科学*, 2016, 24(1): 91-96. CHENG Yongbo, CHEN Hongzhan, HE Lifang, et al. The stackelberg model of optimal incentive cooperation between main manufacturer and suppliers of complex equipments. *Chinese Journal of Management Science*, 2016, 24(1): 91-96.
- [5] 吕一博, 赵漪博. 后发复杂产品系统制造企业吸收能力的影响因素: 利用扎根理论的探索性研究. *科学与科学技术管理*, 2014, 35(5): 137-146. LYU Yibo, ZHAO Yibo. The influencing factors of complex product system latecomer manufacturers' absorptive capacity: an exploratory case study based on grounded theory. *Science of Science and Management of S.&T.*, 2014, 35(5): 137-146.
- [6] CARNABUCI G, OPERTI E. Where do firms' recombinant capabilities come from? Intraorganizational networks, knowledge, and firms' ability to innovate through technological recombination. *Strategic Management Journal*, 2013, 34(13): 1591-1613.
- [7] 孙耀吾, 龚晓叶. 技术标准化主题学术关注度及共词网络演化研究. *情报杂志*, 2017, 36(9): 64-70, 37. SUN Yaowu, GONG Xiaoye. The academic interest of technological standardization topic and its co-word network evolution research. *Journal of Intelligence*, 2017, 36(9): 64-70, 37.
- [8] HOBDDAY M, RUSH H, TIDD J. Innovation in complex products and system. *Research Policy*, 2000, 29(7/8): 793-804.
- [9] PARK T Y, KIM J Y. The capabilities required for being successful in complex product systems: case study of Korean e-government. *Asian Journal of Technology Innovation*, 2014, 22(2): 268-285.
- [10] HOBDDAY M. The project-based organisation: an ideal form for managing complex products and systems?. *Research Policy*, 2000, 29(7/8): 871-893.
- [11] 曾德明, 邹思明, 张运生. 网络位置、技术多元化与企业在技术标准制定中的影响力研究. *管理学报*, 2015, 12(2): 198-206. ZENG Deming, ZOU Siming, ZHANG Yunsheng. Network position, technology diversity and the enterprises' influence on the technology standard setting. *Chinese Journal of Management*, 2015, 12(2): 198-206.
- [12] 陈立勇, 张洁琼, 曾德明, 等. 知识重组、协作研发深度对企业技术标准制定的影响研究. *管理学报*, 2019, 16(4): 531-540. CHEN Liyong, ZHANG Jieqiong, ZENG Deming, et al. Research of the effect of knowledge recombination, depth of collaboration R&D on technology standard setting of enterprises. *Chinese Journal of Management*, 2019, 16(4): 531-540.
- [13] 文金艳, 曾德明. 标准联盟组合配置与企业技术标准化能力. *科学学研究*, 2019, 37(7): 1277-1285. WEN Jinyan, ZENG Deming. Alliance portfolio configuration and firm's technology standardization capability. *Studies in Science of Science*, 2019, 37(7): 1277-1285.
- [14] 高俊光. 面向技术创新的技术标准形成路径实证研究. *研究与发展管理*, 2012, 24(1): 11-17. GAO Janguang. An empirical study on the path to forming technical standards oriented to technical innovation. *R&D Management*, 2012, 24(1): 11-17.
- [15] RANGANATHAN R, ROSENKOPF L. Do ties really bind? The effect of knowledge and commercialization networks on opposition to standards. *Academy of Management Journal*, 2014, 57(2): 515-540.
- [16] RANGANATHAN R, GHOSH A, ROSENKOPF L. Competition-

- cooperation interplay during multifirm technology coordination: the effect of firm heterogeneity on conflict and consensus in a technology standards organization. *Strategic Management Journal*, 2018, 39(12): 3193–3221.
- [17] SIMCOE T S, GRAHAM S J H, FELDMAN M P. Competing on standards? Entrepreneurship, intellectual property, and platform technologies. *Journal of Economics & Management Strategy*, 2007, 18(3): 775–816.
- [18] BEKKERS R, IVERSEN E, BLIND K. Emerging ways to address the reemerging conflict between patenting and technological standardization. *Industrial and Corporate Change*, 2012, 21(4): 901–931.
- [19] 邹思明, 曾德明, 张利飞, 等. 网络关系、技术多元化与企业技术标准能力. *科研管理*, 2017, 38(9): 12–20.
ZOU Siming, ZENG Deming, ZHANG Lifei, et al. A study of network relationship, technology diversity and technology standardization capability of enterprises. *Science Research Management*, 2017, 38(9): 12–20.
- [20] SOH P H. Network patterns and competitive advantage before the emergence of a dominant design. *Strategic Management Journal*, 2010, 31(4): 438–461.
- [21] DAI H W, ZENG D M, QUALLS W J, et al. Do social ties matter for the emergence of dominant design? The moderating roles of technological turbulence and IRP enforcement. *Journal of Engineering and Technology Management*, 2018, 47: 96–109.
- [22] 贺俊, 吕铁, 黄阳华, 等. 技术赶超的激励结构与能力积累: 中国高铁经验及其政策启示. *管理世界*, 2018, 34(10): 191–207.
HE Jun, LYU Tie, HUANG Yanghua, et al. Incentive structure and capacity accumulation of technology overtaking: a case study based on China high-speed rail. *Journal of Management World*, 2018, 34(10): 191–207.
- [23] 苏敬勤, 刘静. 复杂产品系统创新的核心技术控制力演化: 验证性多案例研究. *科学学与科学技术管理*, 2014, 35(9): 24–31.
SU Jingqin, LIU Jing. Deconstruction and dynamic evolution of core technology control: based on complex products and systems innovation. *Science of Science and Management of S. & T.*, 2014, 35(9): 24–31.
- [24] KOKA B R, PRESCOTT J E. Designing alliance networks: the influence of network position, environmental change, and strategy on firm performance. *Strategic Management Journal*, 2008, 29(6): 639–661.
- [25] TSAI W. Knowledge transfer in intraorganizational networks: effects of network position and absorptive capacity on business unit innovation and performance. *Academy of Management Journal*, 2001, 44(5): 996–1004.
- [26] PRENCIPE A. Breadth and depth of technological capabilities in CoPS: the case of the aircraft engine control system. *Research Policy*, 2000, 29(7/8): 895–911.
- [27] 魏江, 应瑛, 刘洋. 研发活动地理分散性、技术多样性与创新绩效. *科学学研究*, 2013, 31(5): 772–779.
WEI Jiang, YING Ying, LIU Yang. R&D geographic dispersion, technology diversity, and innovation performance. *Studies in Science of Science*, 2013, 31(5): 772–779.
- [28] XIE Z J, HALL J, MCCARTHY I P, et al. Standardization efforts: the relationship between knowledge dimensions, search processes and innovation outcomes. *Technovation*, 2016, 48/49: 69–78.
- [29] FANG R L, LANDIS B, ZHANG Z, et al. Integrating personality and social networks: a meta-analysis of personality, network position, and work outcomes in organizations. *Organization Science*, 2015, 26(4): 1243–1260.
- [30] 刘冰, 符正平, 邱兵. 冗余资源、企业网络位置与多元化战略. *管理学报*, 2011, 8(12): 1792–1801.
LIU Bing, FU Zhengping, QIU Bing. Organizational slack, network position and diversification strategy. *Chinese Journal of Management*, 2011, 8(12): 1792–1801.
- [31] 杨博旭, 王玉荣, 李兴光. “厚此薄彼”还是“雨露均沾”: 组织如何有效利用网络嵌入资源提高创新绩效. *南开管理评论*, 2019, 22(3): 201–213.
YANG Boxu, WANG Yurong, LI Xingguang. Favoritism or equality: how to make effective use of network resources to improve innovation performance. *Nankai Business Review*, 2019, 22(3): 201–213.
- [32] 刘军. **整体网分析讲义: UCINET 软件实用指南**. 上海: 格致出版社, 2009: 191.
LIU Jun. *Lectures on whole network approach: a practical guide to UCINET*. Shanghai: Truth & Wisdom Press, 2009: 191.
- [33] MCFADYEN M A, CANNELLA A A. Social capital and knowledge creation: diminishing returns of the number and strength of exchange. *Academy of Management Journal*, 2004, 47(5): 735–746.
- [34] 王娟茹, 杨瑾. 关键干系人知识共享行为影响因素研究: 基于复杂产品的研发. *科学学研究*, 2011, 29(6): 900–905.
WANG Juanru, YANG Jin. Study on influencing factors of key stakeholder knowledge sharing behavior based on complex product development. *Studies in Science of Science*, 2011, 29(6): 900–905.
- [35] SHIU J M, YASUMOTO M. Investigating knowledge spillovers under standardization: the examination of the patent-citation networks in the mobile telecommunication industry. *Journal of Management Policy & Practice*, 2017, 18(2): 81–104.
- [36] HAANS R F J, PIETERS C, HE Z L. Thinking about U: theorizing and testing U- and inverted U-shaped relationships in strategy research. *Strategic Management Journal*, 2016, 37(7): 1177–1195.
- [37] 陈培祯, 曾德明. 网络位置、知识基础对企业新产品开发绩效的影响. *管理评论*, 2019, 31(11): 128–138.
CHEN Peizhen, ZENG Deming. The impacts of network positions, knowledge base on firms' new product development performance. *Management Review*, 2019, 31(11): 128–138.
- [38] CHEN K M, LIU R J. Interface strategies in modular product innovation. *Technovation*, 2005, 25(7): 771–782.
- [39] 王巍, 孙笑明, 崔文田, 等. 关系强度和结构洞对关键研发者知识扩散的影响: 成长阶段的调节效应. *管理科学*, 2019, 32(4): 105–116.
WANG Wei, SUN Xiaoming, CUI Wentian, et al. Impact of tie strength and structural holes on knowledge transfer of key inventors: the moderating effect of growth stage. *Journal of Management Science*, 2019, 32(4): 105–116.
- [40] 张光曦. 如何在联盟组合中管理地位与结构洞? MOA模型的视角. *管理世界*, 2013, 29(11): 89–100.
ZHANG Guangxi. How to manage the status and the structural holes in an alliance portfolio? A study from the perspective of the

- MOA model. *Journal of Management World*, 2013, 29(11): 89-100.
- [41] 章丹, 胡祖光. 网络结构洞对企业技术创新活动的影响研究. *科研管理*, 2013, 34(6): 34-41.
ZHANG Dan, HU Zuguang. Impact of network structural holes on enterprise technological innovation activities. *Science Research Management*, 2013, 34(6): 34-41.
- [42] PODOLNY J M, BARON J N. Resources and relationships: social networks and mobility in the workplace. *American Sociological Review*, 1997, 62(5): 673-693.
- [43] 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. *管理世界*, 2014, 30(2): 137-151.
WEI Jiang, YING Ying, LIU Yang. The decentralization of the R&D network, the sequence of the organizational learning and the innovation performance: a multi-case study. *Journal of Management World*, 2014, 30(2): 137-151.
- [44] 王伟光, 冯荣凯, 尹博. 产业创新网络中核心企业控制力能够促进知识溢出吗?. *管理世界*, 2015, 31(6): 99-109.
WANG Weiguang, FENG Rongkai, YIN Bo. Can the controlling capability of the core firm promote the knowledge spillover in industrial innovation network?. *Journal of Management World*, 2015, 31(6): 99-109.
- [45] 吕铁. 论技术标准化与产业标准战略. *中国工业经济*, 2005(7): 43-49.
LYU Tie. On technical standardization and industrial standard strategy. *China Industrial Economics*, 2005(7): 43-49.
- [46] 马凌远. 知识产权保护与中国服务贸易进口增长. *科学学研究*, 2014, 32(3): 366-373.
MA Lingyuan. Intellectual property protection and the growth of China's service import. *Studies in Science of Science*, 2014, 32(3): 366-373.
- [47] 吴凯, 蔡虹, Gary H Jefferson. 知识产权保护对经济增长的作用研究. *管理科学*, 2012, 25(3): 102-111.
WU Kai, CAI Hong, Gary H Jefferson. Effects of intellectual property rights protection on economic growth. *Journal of Management Science*, 2012, 25(3): 102-111.
- [48] 魏浩, 巫俊. 知识产权保护、进口贸易与创新型领军企业创新. *金融研究*, 2018(9): 91-106.
WEI Hao, WU Jun. Intellectual property rights, import and innovation of leading innovative enterprises. *Journal of Financial Research*, 2018(9): 91-106.
- [49] 刘江鹏. 企业成长的双元模型: 平台增长及其内在机理. *中国工业经济*, 2015(6): 148-160.
LIU Jiangpeng. Dual model of enterprise growth: the platform for growth and its internal mechanism. *China Industrial Economics*, 2015(6): 148-160.
- [50] 徐向阳, 陆海天, 孟为. 风险投资与企业创新: 基于风险资本专利信号敏感度的视角. *管理评论*, 2018, 30(10): 58-72.
XU Xiangyang, LU Haitian, MENG Wei. Venture capital and corporate innovation: from the perspective of VCs' patent sensitivity. *Management Review*, 2018, 30(10): 58-72.
- [51] 毛昊, 尹志锋, 张锦. 策略性专利诉讼模式: 基于非专利实施体多次诉讼的研究. *中国工业经济*, 2017(2): 136-153.
MAO Hao, YIN Zhifeng, ZHANG Jin. Strategic patent litigation model: research based on non-practicing entities and repeated litigation. *China Industrial Economics*, 2017(2): 136-153.
- [52] 史金艳, 杨健亨, 李延喜, 等. 牵一发而动全身: 供应网络位置、经营风险与公司绩效. *中国工业经济*, 2019(9): 136-154.
SHI Jinyan, YANG Jianheng, LI Yanxi, et al. A slight move in one part may affect the situation as a whole: supply network location, operational risk and corporate performance. *China Industrial Economics*, 2019(9): 136-154.
- [53] 李伟, 樊丽淑. 自主创新过程中企业专利能力的培育. *科研管理*, 2010, 31(5): 148-156.
LI Wei, FAN Lishu. The cultivation of enterprise patent capacity in the process of the independent innovation. *Science Research Management*, 2010, 31(5): 148-156.
- [54] 李健, 余悦. 合作网络结构洞、知识网络凝聚性与探索式创新绩效: 基于我国汽车产业的实证研究. *南开管理评论*, 2018, 21(6): 121-130.
LI Jian, YU Yue. Structural holes in collaboration network, cohesion of knowledge network and exploratory innovation performance: an empirical study on the Chinese automakers. *Nankai Business Review*, 2018, 21(6): 121-130.
- [55] XIE Z Z, LI J T. Exporting and innovating among emerging market firms: the moderating role of institutional development. *Journal of International Business Studies*, 2018, 49(2): 222-245.
- [56] YAYAVARAM S, CHEN W R. Changes in firm knowledge couplings and firm innovation performance: the moderating role of technological complexity. *Strategic Management Journal*, 2015, 36(3): 377-396.
- [57] 张宝建, 孙国强, 裴梦丹, 等. 网络能力、网络结构与创业绩效: 基于中国孵化产业的实证研究. *南开管理评论*, 2015, 18(2): 39-50.
ZHANG Baojian, SUN Guoqiang, PEI Mengdan, et al. Network competence, network structure and entrepreneurial performance: study based on empirical analysis of China incubation industry. *Nankai Business Review*, 2015, 18(2): 39-50.
- [58] 蔡萌, 杜海峰, 任义科, 等. 一种基于点和边差异性的网络结构熵. *物理学报*, 2011, 60(11): 165-173.
CAI Meng, DU Haifeng, REN Yike, et al. A new network structure entropy based node difference and edge difference. *Acta Physica Sinica*, 2011, 60(11): 165-173.
- [59] 熊捷, 孙道银. 企业社会资本、技术知识获取与产品创新绩效关系研究. *管理评论*, 2017, 29(5): 23-39.
XIONG Jie, SUN Daoyin. A study of the relationship among enterprise social capital, technical knowledge acquisition and product innovation performance. *Management Review*, 2017, 29(5): 23-39.

Effect of Complex Products and Systems Main Manufacturer's Network Position on Its Technological Standardization Capability

SUN Yaowu¹, GONG Xiaoye¹, CHEN Peizhen²

¹ Business School, Hunan University, Changsha 410082, China

² School of Economic and Management, Changsha University, Changsha 410022, China

Abstract: Main manufacturer is the core actor to develop complex products and systems (CoPS), and its technological standardization capability is directly related to the successful development and innovation of CoPS. The existing standardization research does not strictly distinguish the main manufacturer from the large-scale manufacturing enterprise, ignoring the individual attribute difference between the two, and there is no targeted research on the technological standardization capability of the main manufacturer, which leads to the applicability of the extant conclusions in doubt.

From the benefit-cost perspective, combined with the features of CoPS's high comprehensiveness and specificity, and based on the mechanisms of knowledge integration and influences, this study analyzes the influence of the main manufacturer's network position on its technological standardization capability. Combined with the characteristics of the main manufacturer's cross-technology fields and sensitivity to intellectual property policy, the moderating effect of its internal technological diversity and external intellectual property protection intensity is further considered. Relevant hypotheses are put forward. Taking the main manufacturer of China's rail transit industry as the sample, the negative binomial regression model is used to test the hypotheses based on the data of four parts, namely, patents, standards, intellectual property litigation and basic information of enterprises.

The results show that the impact of network position on technological standardization capabilities is dynamic and non-linear. Among them, degree centrality and structural holes both have an inverted U-shaped effect on technological standardization capability, although the effects are the same (both are inverted U-shaped), their internal mechanism is different; and the increase in technological diversity weakens the influence of degree centrality on technological standardization capability; the increase of intensity of intellectual property protection strengthens the impact of structural holes on technological standardization capability.

The research conclusions have both theoretical and practical implications. From network-based learning and cooperation views, a more systematic framework of the formation mechanism of the main manufacturers' technological standardization capability is proposed. Besides, the differences of social capital acquisition and control in different types of network positions are revealed, providing new insights into the relationship between network position and technological standardization capability. The research also expands the boundary of the research on standardization, and enriches the theory of CoPS innovation. It is of great significance for the main manufacturer to reasonably invest network resources, especially for in the intellectual property protection environment. It also show lights on how to utilize the technological diversity of the company, adjust its network location, and effectively carry out cooperative innovation and standardization.

Keywords: complex products and systems; main manufacturer; network position; technological standardization capability; technological diversity; intellectual property protection intensity

Received Date: June 17th, 2019 **Accepted Date:** June 25th, 2020

Funded Project: Supported by the National Natural Science Foundation of China (71872063, 72172046) and the Social Science Planning Doctoral Program of Chongqing (2020BS59)

Biography: SUN Yaowu, doctor in management, is a professor in the Business School at Hunan University. Her research interests include innovation and knowledge management, enterprise organization and strategic management. Her representative paper titled "Mapping the knowledge domain and the theme evolution of appropriability research between 1986 and 2016: a scientometric review" was published in the *Scientometrics* (Issue 1, 2018). E-mail: sunyaowu@hnu.edu.cn

GONG Xiaoye is a Ph.D candidate in the Business School at Hunan University. Her research interests cover innovation network governance, enterprise innovation, and knowledge management. Her representative paper titled "The academic interest of technological standardization topic and its co-word network evolution research" was published in the *Journal of Intelligence* (Issue 9, 2017). E-mail: gongxiaoye@hnu.edu.cn

CHEN Peizhen, doctor in management, is a lecturer in the School of Economics and Management at Changsha University. His research interests include knowledge management and technology innovation. His representative paper titled "The impact of technological diversification on new product development performance" was published in the *Studies in Science of Science* (Issue 6, 2018). E-mail: zhenchepei@163.com □