

DOI: 10.13504/j.cnki.issn1008-2700.2026.03.008

网络关系嵌入对企业绿色创新质量的影响研究

李正锋, 张燕

(西北工业大学 管理学院, 陕西 西安 710072)

摘要: 网络关系嵌入对绿色创新的影响已得到学界关注, 然而鲜有研究探讨网络关系嵌入如何影响绿色创新质量。基于嵌入性理论和资源编排理论, 以2014—2023年中国沪深A股上市制造业企业为研究样本, 实证检验网络关系嵌入对企业绿色创新质量的影响, 以及绿色资源整合在网络关系嵌入与绿色创新质量之间的作用机制。研究发现, 网络关系嵌入对企业绿色创新质量具有正向影响, 在稳健性检验之后这一结论仍然成立。机制分析结果表明, 网络关系嵌入通过绿色资源整合进而提升企业绿色创新质量。异质性分析结果表明, 网络关系嵌入对绿色创新质量的提升效应在国有企业和重污染行业企业中更为明显。本研究厘清了网络关系嵌入、绿色资源整合与绿色创新质量的内在逻辑关系, 为企业优化网络关系管理、强化资源整合能力以提升绿色创新质量提供了理论启迪和实践参考。

关键词: 网络关系嵌入; 绿色创新质量; 绿色资源整合; 高质量发展

中图分类号: F273.1; C931.2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1008-2700 (2026) 03-0103-13

一、问题提出

高质量发展是全面建设社会主义现代化国家的首要任务, 推动经济社会发展绿色化、低碳化是实现高质量发展的关键环节。2024年8月, 中共中央、国务院印发《关于加快经济社会发展全面绿色转型的意见》, 进一步明确了加快经济社会发展全面绿色转型的时间表和路线图。在政策体系优化和市场机制完善的双重驱动下, 提升绿色创新质量已成为企业获取可持续竞争优势的关键路径。近年来中国绿色创新投入持续增加, 环境和经济效益虽有所改变, 但仍有较大的提升空间。尽管中国绿色专利申请量增长迅速, 但绿色发明专利数量远低于绿色实用型和外观设计专利数量, 在一定程度上反映出中国绿色创新质量存在“高数量、低质量”的困境^[1]。部分学者对企业技术和产品“绿色浓度”偏低的主要成因进行了分析, 研究发现, 可能的原因在于外部环境规制和企业现实约束尚未形成共生效应。一方面, 环境规制压力与企业资源约束的错配导致绿色创新呈现“策略性响应”特征, 企业缺乏关键绿色技术储备, 导致绿色创新质量不尽如人意^[2]; 另一方面, 制度套利动机与市场激励失衡促使企业过度依赖政府补助等外生资源, 忽视内部资源整合与重构能力^[3]。如何破解绿色创新的“低端锁定”困局, 实现绿色创新从数

收稿日期: 2025-09-22; 修回日期: 2026-04-06

基金项目: 国家自然科学基金面上项目“前瞻性跨界搜索、组织韧性对企业绿色创新的影响机理研究”(72172126); 陕西省社会科学基金项目“创新链视角下陕西制造业企业绿色创新质量提升机制和实现路径研究”(2023R035); 陕西省软科学基金项目“陕西先进制造业企业数字化转型对突破性技术创新的影响机制和路径研究”(2025KG-YBXM-091)

作者简介: 李正锋, 西北工业大学管理学院副教授, 通信作者; 张燕, 西北工业大学管理学院硕士研究生。

量积累向质量提升的跃迁,已成为企业高质量发展视域下亟须研究的热点问题。

绿色创新质量对企业实现全面绿色化转型的重要价值已逐步达成共识。绿色创新质量往往以基础性和前沿性绿色低碳技术研发为导向,而此类研发面临着技术突破难、成本高、风险大等挑战,企业仅依靠内部资源难以支撑高质量绿色创新发展目标。组织间嵌入性合作有助于企业集聚互补性高价值资源,为解决绿色创新质量提升与资源约束之间的矛盾提供新路径^[4]。网络关系嵌入被认为是企业依据外部环境变化,能动性地调整嵌入战略并与其他组织建立联结以获取更多外生性资源的重要渠道^[5]。现有研究对网络关系嵌入与绿色创新质量的关系仍存在分歧。一方面,主流学者强调关系嵌入的资源杠杆效应,认为高密度的网络联结可促进异质性知识流动,网络关系嵌入程度决定了集聚、协调和配置关键性绿色资源的数量与质量,并最终影响企业绿色创新质量^[6]。另一方面,有学者指出过度强调关系嵌入的线性收益可能容易忽视其“双刃剑”效应。安德森(Andersen)的研究表明,网络关系过度嵌入可能会引发企业信息筛选成本增加、信息资源泄露以及技术同质化等问题,难以解释企业“高嵌入度-低创新质量”并存的现象^[7]。另外,该领域研究大多以发明专利申请数量作为绿色创新质量的代理变量^[8],缺乏对授权专利技术新颖性、影响力等质量维度的衡量,而这往往是关系联结赋能绿色创新质量的重要体现^[9],为本文研究网络关系嵌入对绿色创新质量的影响提供了空间。网络关系嵌入虽然为企业打开了获取外部异质性绿色知识、技术、政策与市场信息的渠道,但是丰富的外部绿色资源并不能自动转化为高质量的绿色创新成果,关键在于企业是否具备绿色资源整合能力,即精准识别关键绿色资源缺口、高效捕捉外部高价值知识与技术、创造性重构内外部资源,以形成绿色创新质量解决方案的能力^[10]。企业资源整合能力不足,可能导致网络关系嵌入获取的资源流于碎片化,难以形成资源价值倍增效应,甚至因吸收不足或重构不当而形成资源冗余或错配^[11],无法支撑实质性绿色技术突破和高质量创新。

综上所述,本文基于嵌入性理论和资源编排理论,以2014—2023年中国沪深A股上市制造业企业为研究对象,实证检验网络关系嵌入对绿色创新质量的影响效应及其作用机制。本文可能的边际贡献在于:第一,聚焦企业绿色创新质量,构建“网络关系嵌入—资源动态匹配—创新质量跃升”的分析框架,进一步探讨和深化市场导向下企业绿色创新质量的前因研究;第二,将资源编排理论拓展至绿色创新领域,探讨绿色资源整合在提升绿色创新质量中的作用,为企业能动性提升绿色创新质量实践提供理论支撑。

二、文献综述

目前关于绿色创新质量的内涵尚未达成共识,绿色创新质量一般是指企业通过绿色技术高端进阶乃至关键核心绿色技术突破,影响或改变原有创新价值链结构,从而获取更好的经济环保效益和竞争优势的综合表征^[12]。既有文献从不同视角探讨了绿色创新质量的驱动因素。一类研究基于制度理论和“波特假说”的外生逻辑框架,重点关注环境规制或政府补贴如何影响企业绿色创新质量。王永贵和李霞研究发现,政府研发补助与实质性绿色创新绩效呈“倒U型”关系,环境规制和管理者环境关注度具有正向调节作用^[1]。王丹丹等研究发现,政府补贴对绿色创新质量具有先促进后抑制的影响,企业战略差异延长了政府补贴对绿色创新质量的激励区间,而媒体关注度会压缩政府补贴的激励区间^[13]。另一类研究则主要从资源基础和高管环境注意力等内生因素出发,探讨其对绿色创新质量的影响。朱小刚等研究结果显示,企业数字化对绿色创新质量具有提升作用,风险承担在二者之间发挥部分机制作用^[14]。周韵晨等研究发现,高管学术经历能够提升绿色创新质量,主要通过缓解融资约束和强化管理层的绿色导向实现^[15]。

现有文献关于网络嵌入与绿色创新关系的研究已取得较为丰富的成果,主要关注网络嵌入对绿色创新绩效或绿色创新模式的影响作用探讨。关于网络嵌入对绿色创新绩效的影响,尹士等(Yin et al.)研究发现,提升多主体合作关系和效率有利于绿色技术创新体系协同演化,研发资源配置正向影响绿色技术创新绩效产出过程^[9]。谢雄标等(Xie et al.)通过对中小制造企业的实证研究发现,技术和市场网络嵌入对绿色创新绩效均具有提升作用,资源协奏能力强化了网络嵌入对绿色创新绩效的影响^[5]。杨朝均和施铭涓研究发现,网络关系和结构嵌入与低碳创新绩效之间呈“倒U型”关系,资源编排能力在二者之间发挥中介作用,数智

化转型通过强化资源编排能力进一步增强低碳创新绩效^[16]。关于网络嵌入对绿色创新模式的影响,王娟茹和刘童心探讨了网络嵌入对颠覆式绿色技术创新的影响,研究发现,关系嵌入和结构嵌入不仅对颠覆式绿色技术创新具有正向影响,而且对资源协奏也具有正向影响^[17]。徐建中等研究发现,齐美尔联接更容易促成具有高度内聚力的三方关系,形成较优的关系质量,并通过知识整合和共享促进颠覆性绿色创新^[18]。

通过梳理已有文献发现,关于绿色创新质量的内涵及其驱动因素的研究尚未形成较为系统的理论框架。首先,大多文献将绿色创新数量和质量纳入统一框架进行研究,且对绿色创新质量的维度划分并不统一,仍存在有待填补的研究空间。其次,尽管大多研究认为网络关系嵌入在绿色创新中发挥关键作用,但鲜有研究关注网络关系嵌入对提升绿色创新质量的作用,因此有必要深入探讨网络关系嵌入如何影响绿色创新质量。最后,尽管现有研究表明网络关系嵌入对于集中关键性资源具有重要作用,但是企业如何有效整合和利用绿色资源以提高绿色创新质量仍需要进一步探究。

三、理论分析与研究假设

(一) 网络关系嵌入与绿色创新质量

网络关系嵌入主要反映创新主体间关系的紧密程度,蕴含了更多的信任、承诺和互惠等关系特征。网络关系嵌入程度将为企业突破关键资源限制和前沿技术困境提供可行路径,从而提升绿色创新质量。本研究基于嵌入性理论,对企业如何通过网络关系嵌入影响绿色创新质量展开具体分析。

首先,网络关系嵌入能够提升企业获取关键互补资源的能力,丰富企业绿色创新质量提升的资源基础。高水平的网络关系嵌入意味着企业与政府、高校院所、金融机构等沟通顺畅,有助于企业获取诸如税收优惠、研发平台支撑、融资便利等优质创新资源^[19]。从企业绿色创新所需前沿技术视角出发,网络关系嵌入有利于研发主体之间构建起信任与协同机制,扩大合作创新的广度、深度和精度,促进前沿绿色技术的交叉融合,使得企业对不同技术轨道内的关键绿色技术进行探索和学习^[20],进而突破原有技术路径,助力实现绿色创新质量升级的目标。企业与合作主体之间关系质量越高,异质性知识流动速度和效率越高,企业获取缄默性知识和创新灵感的敏锐性越强^[18],提高了实现绿色创新质量目标的可能性。其次,网络关系嵌入可以提升信息传递效率,有效促进高质量信息的流通与共享。网络关系嵌入基于信任的关系基础降低了信息传递壁垒,不仅促进了私有信息与隐性知识共享的及时性,还可以缓解企业与核心利益相关者之间的信息不对称性^[21]。此外,网络关系嵌入有助于企业与其他研发主体之间实时共享最新绿色技术发展信息动态,及时调整技术研发路线和任务分工,确保绿色创新质量目标实现。最后,网络关系嵌入可以有效降低交易风险,化解协同创新治理成本与价值共创难题。嵌入性关系所蕴含的信任、行为规范及社会声誉机制,能有效减少机会主义行为,简化谈判与监督流程^[22],提升了资源配置与协奏效率,在一定程度上能够缓解企业绿色创新质量升级的成本约束。网络关系嵌入还有助于广泛掌握最新市场需求导向,帮助企业及时将绿色创新成果转化为技术新颖性和功能优越性的发明专利,通过不同产业渗透方式为客户多场景创新应用提供解决方案,突破关键绿色技术创新成果规模商用的壁垒^[5]。尽管大多数研究认为网络关系嵌入对绿色技术创新具有正向影响,冯熹宇等研究发现,网络关系嵌入在不同的情境下对绿色创新质量的促进作用存在明显的差异性,因此有必要对样本企业进行异质性分析^[6]。也有研究指出网络关系过度嵌入下企业难以克服信息冗余和技术同质化等问题^[23]。然而,官建成等(Guan et al.)在对纳米技术领域专利分析中发现,网络关系嵌入不可避免会存在一些负面性,但对于网络中的微观创新主体而言,网络关系嵌入仍主要发挥技术协同创新优势的功能^[24]。

基于以上分析,本文提出假设 H1:网络关系嵌入对企业绿色创新质量具有正向影响作用。

(二) 绿色资源整合的作用机制

市场导向的绿色创新管理理念的转变,对企业而言意味着价值创造主导逻辑的非连续性变革,其底层逻辑是创新主体之间联结关系和资源价值高效利用的组合^[25]。为此,本文基于资源编排理论,聚焦绿色资源识别、吸收和重构三个递进维度探讨绿色资源整合在网络关系嵌入与绿色创新质量之间的作用机制。

绿色资源整合是企业根据绿色发展要求, 对外生性资源进行识别、汲取并重构原有资源体系以形成新的绿色资源结构体系的过程。首先, 依托高信任度的跨界合作关系和关系嵌入机制, 企业可以拓宽资源搜寻与筛选的渠道, 借助人工智能更精准地捕捉市场绿色需求趋势、技术竞争关键节点等信息, 为聚焦绿色关键技术研发方向与协同攻关提供决策支撑^[26]。企业依据绿色创新质量标准 and 任务分解体系, 加深对绿色创新所涉知识、技术领域的认知, 提高资源甄别的敏锐性^[10], 从而增加关键绿色技术突破的可能性和提升绿色创新质量。其次, 企业通过关系嵌入获取异质性资源后, 会对外部资源进行战略性筛选、吸收和内化, 弥补自身绿色资源体系的缺口, 拓展绿色创新质量所需的资源基础。吸收能力越强, 对来自合作伙伴的异质性知识和前沿绿色技术的学习和理解越准确, 越有利于开展更加专业化的绿色技术研发和协同攻关^[27], 进而促进高质量绿色创新。绿色创新质量提升具有长期性特点^[11], 企业需要根据在网络中的关系嵌入程度, 灵活调整资源获取和吸收转化策略, 对外部多样化资源价值进行评估并与绿色创新需求进行动态匹配, 发挥不同类型资源的价值创造能力, 促进绿色创新质量的持续提升。最后, 资源重构是企业资源编排能力的重要体现, 以绿色发展理念认知更新为导向, 引导合作主体形成共同的绿色价值理念和行为准则, 更容易重构和利用不同领域的绿色技术与知识, 产生具有创新性和独特性的绿色技术解决方案^[28], 从而促进绿色创新质量提升。资源重构有助于企业将内化的外部资源与自身独特的资源禀赋进行深度融合、创造性转化与系统整合, 构建起更具独特性的绿色资源结构体系^[17]。通过关系互动促进新知识和新技术的生成, 从而产出高质量的绿色创新成果。基于以上分析, 绿色资源整合将有助于企业在网络关系嵌入中捕捉到新的绿色创新机会, 拓展绿色创新的资源基础, 从而发挥资源价值倍增效应以提升绿色创新质量。这表明, 企业通过绿色资源整合不仅能够高效挖掘网络中绿色技术和知识的潜在价值, 也在深化绿色协同创新行为以实现绿色创新质量目标过程中起到关键作用。

基于以上分析, 本文提出假设 H2: 网络关系嵌入通过绿色资源整合进而提升企业绿色创新质量。

四、研究设计

(一) 样本选择与数据来源

本文选取 2014—2023 年中国沪深 A 股上市制造业企业为研究样本。样本企业数据主要来源于深圳希施玛数据科技有限公司 CSMAR 中国经济金融研究数据库、中国研究数据服务平台 (CNRDS) 和万得数据库 (Wind), 企业合作专利数据来源于 incopat 全球专利数据库。本文对初始样本企业和数据进行了如下处理: (1) 剔除 ST 公司、*ST 公司; (2) 剔除在观测期内关键数据存在严重缺失的公司; (3) 引入时间窗口概念, 采用 5 年滚动时间窗口构建企业创新网络, 即研究 2014 年样本企业绿色创新质量情况, 倒推 5 年构造时间窗口 (2009—2013 年的网络关系嵌入对 2014 年绿色创新质量的影响), 由此可分为 10 个时间段 (2009—2013 年、2010—2014 年, …… , 2018—2022 年), 利用 UCINET 软件计算网络关系嵌入的相关指标; (4) 将所有变量的相关数据进行整合, 生成实验数据集; (5) 为减少极端值的影响, 对连续型变量进行 1% 和 99% 水平的 Winsorize 缩尾处理。最终得到共计 4 881 条年度观测值的非平衡面板数据。

(二) 模型构建

经过对数据初步检验后, 本研究将采用固定效应模型对样本数据展开负二项回归分析。为检验网络关系嵌入对绿色创新质量的影响, 设定基准回归模型:

$$GTQ_{i,t} = \beta_0 + \beta_1 NRE_{i,t} + \mathbf{X}'_{i,t} \boldsymbol{\beta} + \theta_i + \lambda_t + \varepsilon_{i,t} \quad (1)$$

式 (1) 中, i 表示企业, t 表示观测年份; 被解释变量 $GTQ_{i,t}$ 表示样本企业 i 在第 t 年的绿色创新质量指标; 解释变量 $NRE_{i,t}$ 表示样本企业 i 在第 t 年的网络关系嵌入指标; $\mathbf{X}'_{i,t}$ 是控制变量向量; θ_i 表示行业固定效应, λ_t 表示年份固定效应; $\varepsilon_{i,t}$ 是随机误差项。

为检验绿色资源整合在网络关系嵌入影响绿色创新质量中的作用机制, 参考江艇^[29]的研究思路设定如下模型:

$$GRI_{i,t} = \beta_0 + \beta_1 NRE_{i,t} + \mathbf{X}'_{i,t} \boldsymbol{\beta} + \theta_i + \lambda_t + \varepsilon_{i,t} \quad (2)$$

式(2)中, 机制变量 $GR I_{i,t}$ 表示样本企业 i 在第 t 年的绿色资源整合指标, 其余变量含义与式(1)中一致。

(三) 变量说明

1. 被解释变量: 绿色创新质量 (GIQ)

本文将绿色创新质量界定为企业在绿色创新过程中关于价值主张、创新能力、经济环保绩效等方面的综合表征, 反映出企业获得了更好的绿色创新表现和可持续竞争优势。为更全面地捕捉绿色创新质量的核心维度, 完善对绿色发明专利技术新颖性、影响力等质量维度的解构, 本文参考董旭等 (Dong et al.)^[26] 的研究成果, 使用绿色发明专利授权数和绿色发明专利后向被引数作为绿色创新质量的代理指标。绿色发明专利授权数体现了样本企业在绿色技术细分领域取得了突破性成果, 绿色发明专利后向被引数表明了该发明专利的知识溢出效果和影响力。考虑到样本企业当期存在无绿色发明专利授权和后向被引的情况, 本文采用绿色发明专利授权数和绿色发明专利后向被引数加 1 取对数的方法进行处理。

2. 解释变量: 网络关系嵌入 (NRE)

现有研究大多采用上市公司在创新网络中的中心度来衡量网络关系嵌入。本文选用特征向量中心度 (Eigenvc) 用于衡量公司在其直接关联企业群体中的影响力水平, 该值越大意味着与该公司存在直接关联的其他企业同样具备较高级别的中心度, 表明该公司从关联企业获取资源和信息具有特定优势, 且特征向量中心度更有利于找到最居于网络中心位置的行动者。故本文选取特征向量中心度作为解释变量的代理变量。特征向量中心度的计算如式(3)所示:

$$Eigenvc_i = \frac{1}{\lambda} \sum_n b_{in} E_n \quad (3)$$

其中, $\sum_n b_{in} E_n$ 表示节点企业 i 直接连接的所有节点企业 n 的中心度之和, 考虑到这些邻居节点的中心度会影响节点企业 i 的中心度, 因此将这些邻居节点的中心度加权求和后作为节点企业 i 的中心度。 b 为网络邻接矩阵, E_n 表示所有直接连接的节点企业 n 对应的特征向量中心度, 分母 λ 是邻接矩阵的最大特征值, 可以将特征向量中心度的范围归一化处理后控制在 $[0, 1]$ 。

3. 机制变量: 绿色资源整合 (GRI)

本文首先度量企业绿色资源识别、绿色资源吸收、绿色资源重构三个维度, 使用熵值法对各维度指标赋权, 计算绿色资源整合的综合测度指标。(1) 绿色资源识别。知识基础宽度是创新网络中资源多样化的体现, 是影响企业资源识别能力的关键因素, 其值越大代表企业越容易对创新网络中的绿色技术、知识等资源进行搜索和评估, 资源识别水平越高。参考李梅等^[30] 的做法, 本文采用企业当期申请绿色专利的类别数量作为绿色资源识别的度量指标, 该指标能够较为客观地表征创新网络知识基础宽度和企业对创新网络中绿色资源识别水平。(2) 绿色资源吸收。现有研究常用企业研发投入强度或研发人员占比的单一指标作为资源吸收的代理变量, 无法全面反映资源吸收的多维度特征。从客观资源吸收维度分析, 企业吸收外部异质性资源与研发投入密切相关, 研发投入强度越高, 吸收外部资源的能力就越强^[16]。从主观知识学习维度考量, 技术人才储备是影响企业资源吸收的关键要素, 企业资源吸收能力由个体吸收能力整合而成^[31]。参考冯熹宇等^[6] 的研究方法, 本研究选取绿色研发投入与营业收入的比值、绿色研发人员数量占企业员工总数的比例两个维度作为度量绿色资源吸收的综合指标。(3) 绿色资源重构。资源重构是企业将外源性资源与自身资源禀赋进行优化配置, 并转化为新的资源组合以促进企业创新和价值创造的过程。总资产周转率是企业资源重构水平和整体资产管理效率的重要体现。总资产周转越快, 表明资源重构所形成的绿色资源结构的价值创造能力越强。因此, 本文参考李晓蓉等^[32] 的方法, 以总资产周转率作为绿色资源重构水平的代理指标。在完成绿色资源整合三个维度的测度标准和方法后, 进一步利用熵值法计算各维度在绿色资源整合中的影响权重, 实现对绿色资源整合的综合测度。具体步骤如下:

第一, 数据标准化处理。由于三个指标的量纲和数量级可能不同, 需要进行标准化处理。本研究中

的三个指标均为正向指标, 即数值越大越有利于绿色资源整合。其标准化公式如式(4)所示:

$$X_{i,j,t}^* = \frac{X_{i,j,t} - \min\{X_j\}}{\max\{X_j\} - \min\{X_j\}} \quad (4)$$

其中, $X_{i,j,t}$ 是企业 i 的 j 指标在第 t 年的原始值, $X_{i,j,t}^*$ 是标准化处理后企业 i 的 j 指标在第 t 年的值, $\max\{X_j\}$ 和 $\min\{X_j\}$ 分别是第 j 个指标的最大值和最小值。

第二, 计算指标权重, 如式(5)所示:

$$\omega_{i,j,t} = \frac{X_{i,j,t}^*}{\sum_{i=1}^n \sum_{t=1}^m X_{i,j,t}^*} \quad (5)$$

其中, n 为企业个数, m 为年数; $\omega_{i,j,t}$ 表示企业 i 的指标 j 在第 t 年的权重。

第三, 计算指标 j 的熵值 e_j 和指标差异系数 h_j , 见式(6)和式(7):

$$e_j = -\frac{1}{\ln(mn)} \sum_{i=1}^n \sum_{t=1}^m (\omega_{i,j,t} \times \ln \omega_{i,j,t}) \quad (6)$$

$$h_j = 1 - e_j \quad (7)$$

第四, 计算指标 j 权重 W_j , 见式(8):

$$W_j = \frac{h_j}{\sum_{j=1}^k h_j} \quad (8)$$

其中, k 为指标个数。指标权重 W_j 代表了绿色资源识别、吸收和重构三个维度在整体测度体系中的相对重要性。 W_j 越大, 对综合测度指标的影响越明显。

4. 控制变量

参考王旭和褚旭^[11], 诺维塔萨里等 (Novitasari et al.)^[33] 的研究成果, 本文选取了可能影响研究结果的变量作为控制变量, 主要包括: 企业规模 (Size)、企业年龄 (Age)、资产负债率 (Lev)、企业成长性 (Growth) 表征企业特征与财务的变量, 以及独立董事比例 (Dire)、企业董事会领导结构 (Dual)、股权集中度 (Top1) 表征公司治理的变量。还加入了行业 (Industry)、年份 (Year) 虚拟变量, 用于控制行业、年份固定效应。各变量定义及测量方法如表1所示。

表1 变量定义及测量方法

变量类型	变量名称	变量符号	测量方法
被解释变量	绿色创新质量	GIQ	绿色发明专利授权数和后向被引数加1的自然对数
解释变量	网络关系嵌入	NRE	特征向量中心度
机制变量	绿色资源整合	GRI	以熵值法计算的企业绿色资源整合
控制变量	企业规模	Size	企业总资产的自然对数
	企业年龄	Age	统计年度与成立年度之差的自然对数
	资产负债率	Lev	总负债与总资产的比值
	企业成长性	Growth	企业营业收入同比增长率
	独立董事比例	Dire	企业独立董事人数与董事会总人数比值
	企业董事会领导结构	Dual	企业董事兼职则取值为1, 否则取值为0
	股权集中度	Top1	企业第一大股东持股总数占总股数比例
		行业	Industry
	年份	Year	年份虚拟变量

(四) 变量描述性统计

变量描述性统计结果如表2所示。绿色创新质量最大值为7.8868, 最小值为0, 均值为1.5556, 且中位数为1.4918, 小于均值1.5556, 表明样本企业之间的绿色创新质量差距明显, 存在明显个体差异, 绿色创新质量整体偏低。网络关系嵌入的特征向量中心度指标的最大值为19.9251, 最小值为0.3253, 均值为2.1341, 中位数为1.9517, 且标准差较大, 表明样本企业网络关系嵌入所发挥的效用存在明显差异。为了排除变量间可能存在多重共线性的问题, 本文进行了方差膨胀因子(VIF)检验^①。结果显示, 变量的方差膨胀因子最大值为1.81, 均值为1.23, 远小于临界值5, 表明相关变量之间不存在多重共线性问题, 可进行下一步检验。

表2 变量描述性统计结果

变量	观测值	均值	标准差	最小值	中位数	最大值
<i>GIQ</i>	4 881	1.555 6	1.945 1	0.000 0	1.491 8	7.886 8
<i>NRE</i>	4 881	2.134 1	2.239 3	0.325 3	1.951 7	19.925 1
<i>GRI</i>	4 881	0.255 0	0.168 8	-0.015 7	0.212 6	1.001 9
<i>Size</i>	4 881	22.785 2	1.256 9	19.874 5	22.653 6	27.621 1
<i>Age</i>	4 881	2.374 1	0.710 8	0.000 0	2.484 9	3.496 5
<i>Lev</i>	4 881	0.447 7	0.175 5	0.053 6	0.448 5	1.237 9
<i>Growth</i>	4 881	0.192 2	1.255 6	-0.862 5	0.113 0	58.841 6
<i>Dire</i>	4 881	0.377 8	0.060 0	0.166 7	0.363 6	0.800 0
<i>Dual</i>	4 881	0.260 4	0.438 9	0	0	1
<i>Top1</i>	4 881	0.324 3	0.143 5	0.041 5	0.302 6	0.877 0

五、实证结果与分析

(一) 基准回归

本文使用Stata 17软件对数据进行处理和回归分析, 所有方程的*F*统计量均在1%的水平下显著, 表明所有回归方程的结果基本可信, 基准回归分析结果如表3所示。从表3列(1)和列(2)可以看出, 在单变量检验以及只加入控制变量时, 网络关系嵌入对绿色创新质量的回归系数在1%的水平下显著为正。列(3)报告了在加入控制变量以及行业和年份固定效应后, 网络关系嵌入对绿色创新质量的回归系数在1%的水平下显著为正。回归结果表明网络关系嵌入对绿色创新质量具有正向影响作用, 该检验结果与本研究的理论分析相符, 假设H1得到验证。这表明网络关系嵌入能促进绿色创新质量。一方面, 当网络关系嵌

表3 基准回归分析结果

变量	(1)	(2)	(3)
<i>NRE</i>	0.207 9*** (0.021 3)	0.136 9*** (0.024 5)	0.102 2*** (0.019 3)
<i>Size</i>		0.471 8*** (0.052 1)	0.558 4*** (0.045 3)
<i>Age</i>		0.132 7** (0.061 7)	0.294 8*** (0.063 3)
<i>Lev</i>		0.643 7** (0.274 9)	-0.024 1 (0.250 6)
<i>Growth</i>		-0.010 9 (0.013 6)	-0.022 9 (0.014 2)
<i>Dire</i>		1.312 8** (0.640 7)	0.852 0 (0.568 3)

① 因篇幅所限, 具体结果不再展示, 备索。

入程度较高时, 有利于企业与其他组织形成较优的关系质量, 提升绿色知识和信息共享水平, 助力高质量绿色创新的效率和效果。另一方面, 网络关系嵌入程度可以打破企业获取不同细分领域绿色技术知识的壁垒, 推动企业与其他创新主体的技术融合以实现绿色价值共创。此外, 还可以减少合作研发时的沟通协调成本, 形成创新协同力, 助力实现绿色创新质量目标。

(二) 内生性分析

1. 工具变量法

为解决反向因果关系导致的内生性问题, 本文在基准回归的基础上引入工具变量。由于本文聚焦于探讨网络关系嵌入对绿色创新质量的影响, 直接寻找同时满足相关性、外生性与排他性要求的工具变量难度较大, 因此, 本文借鉴杨震宁和袁梓晋^[34]的研究, 基于异方差的工具变量构建思路, 利用企业网络关系嵌入与其所属行业和城市均值差额的三次方作为工具变量, 对主效应模型进行两阶段最小二乘回归分析(2SLS), 结果如表4所示。第一阶段估计结果表明, 工具变量系数在1%的水平下显著为正。工具变量的不可识别检验 Kleibergen-Paap rk LM 统计量在1%水平下为116.61, Kleibergen-Paap rk LM 统计量远大于 Stock-Yogo 弱工具变量识别检验在10%显著性水平下的临界值, 表明通过不可识别检验和弱工具变量检验, 说明选取工具变量的有效性和合理性。第二阶段估计结果表明, 使用工具变量回归后, 网络关系嵌入与绿色创新质量的系数仍在1%的水平下显著正相关, 表明在缓解了双向因果可能导致的内生性问题后, 本文研究结论成立。

2. 倾向得分匹配法

为解决样本选择带来的估计偏误问题, 本文采用倾向得分匹配法(PSM)进行检验, 运用最近邻匹配方法按照一对一原则进行匹配。首先将大于特征向量中心度中位数的样本取值为1, 否则取值为0; 然后将取值为1的样本作为实验组, 取值为0的样本作为对照组, 按照1:1最近邻匹配法进行匹配。匹配前, 各协变量的均值在实验组和对照组存在显著差异; 匹配后, 则不存在显著差异且所有协变量标准差的绝对值均小于10%。根据1:1最近邻匹配法的原则, 匹配后标准差的绝对值在小于20%的情况下匹配效果是有效的, 说明本研究运用倾向得分匹配方法匹配后的结果比较理想, 满足倾向得分匹配方法的平衡性要求。根据PSM配对后的样本, 重新检验网络关系嵌入与绿色创新质量之间的关系, 结果表明网络关系嵌入的系数仍然显著为正^①, 表明在解决了样本选择性偏差可能带来的内生性问题后, 本文研究结果

表3(续)

变量	(1)	(2)	(3)
<i>Dual</i>		0.175 7*	0.061 8
		(0.091 0)	(0.079 2)
<i>Top1</i>		-0.811 1***	-0.303 9
		(0.306 6)	(0.271 5)
常数项		-9.976 4***	-11.921 1***
		(1.059 1)	(0.947 6)
行业固定效应	未控制	未控制	控制
年份固定效应	未控制	未控制	控制
样本量	4 881	4 881	4 881
R^2	0.090 2	0.276 7	0.452 9

注:***、**和*分别表示在1%、5%和10%的水平下显著, 括号中为聚类稳健标准误, 后表同。

表4 回归分析结果(工具变量法)

变量	<i>NRE</i>	<i>GIQ</i>
<i>IV</i>	0.005 0***	
	(0.000 5)	
<i>NRE</i>		0.106 0***
		(0.010 8)
控制变量	控制	控制
常数项	-5.520 2***	-13.512 1***
	(0.996 9)	(0.746 0)
行业固定效应	控制	控制
年份固定效应	控制	控制
样本量	4 881	4 881
R^2	0.413 2	0.451 8

① PSM 回归分析结果及协变量平衡性检验结果未在文中呈现, 备索。

依然成立。

(三) 稳健性检验

为进一步检验研究结果的可靠性,本文采用以下方法进行稳健性检验^①。第一,替换被解释变量。采用绿色发明专利申请数作为代理变量,考虑到专利从申请到授权存在一定的时滞,将绿色发明专利申请滞后一期处理,与解释变量的数据保持一致,回归结果表明替换被解释变量后,本文基准回归结果仍保持稳健。第二,调整聚类稳健标准误。在基准回归中采用企业层面的聚类稳健标准误,本文进一步采用企业与年份层面的双聚类稳健标准误,以应对误差项可能同时存在的企业内相关性与跨企业的同期相关性,用于修正残差相关结构的影响,避免因忽视多维相关性而导致标准误被低估、显著性被高估的问题,回归结果显示,网络关系嵌入对绿色创新质量的回归系数仍显著为正。第三,控制高维固定效应。考虑到地区层面随时间变化的不可观测因素可能也会影响回归结果的稳健性,如企业所在城市的绿色研发补助和环保规制政策的年度调整等,本文进一步控制了城市×年份层面的固定效应,回归结果显示,网络关系嵌入对绿色创新质量的促进效应仍保持显著。以上稳健性检验结果均表明,本文研究结果具有一定的稳健性。

(四) 机制分析

根据前文理论分析和研究假设,为探究网络关系嵌入是否通过绿色资源整合的传导机制提升企业绿色创新质量,本文参考江艇^[29]的方法,检验网络关系嵌入对绿色资源整合的影响,结果如表5所示。网络关系嵌入对绿色资源整合的回归系数为0.0052,在1%水平下显著为正,表明网络关系嵌入提高了绿色资源整合水平。一方面,网络关系嵌入有助于企业在合作网络中甄别并获取关键性资源和独特性知识,积累更多绿色资源和绿色创新要素,提高了企业绿色资源编排的灵活性,助力企业绿色创新质量提升。另一方面,网络关系嵌入有助于企业持续吸收、内化和利用多样化的外部资源,与自身资源禀赋深度融合和重构,充分释放绿色资源的价值创造能力,赋能企业提升绿色创新质量。基于以上机制分析,结合基准回归分析结果可以得出,网络关系嵌入能够提升绿色资源识别效率,强化绿色资源吸收和重构能力,进而促进绿色创新质量,假设2得以验证。为进一步验证绿色资源整合传导机制的有效性,本文采用了Sobel检验与Bootstrap检验(对样本进行1000次的重复抽取)。结果表明,Sobel检验在1%水平下显著,Bootstrap检验的置信区间均未涵盖0,说明选取的机制变量有效,证实了绿色资源整合作为网络关系嵌入影响企业绿色创新质量的机制变量具有稳健性,进一步支持了假设H2,即网络关系嵌入通过绿色资源整合对提升企业绿色创新质量具有促进作用。

(五) 异质性分析

本文研究表明,网络关系嵌入对绿色创新质量具有促进作用。为揭示不同属性研究样本中网络关系嵌入对绿色创新质量可能存在的差异化影响,本文从样本企业产权属性和所属行业类型进行异质性分析。

1. 企业产权异质性

按企业产权性质将样本分为国有企业与非国有企业,进行分组回归检验。结果如表6所示,网络关系嵌入对国有企业绿色创新质量的回归系数为0.1307 ($P<0.01$),对非国有企业的回归系数为0.0766 ($P<0.01$)。尽管两者均显著正向,但国有企业的回归系数明显高于非国有企业,表明网络关系嵌入对国

表5 机制检验结果

变量	GRI
NRE	0.0052*** (0.0018)
常数项	0.6460*** (0.0948)
控制变量	控制
行业固定效应	控制
年份固定效应	控制
样本量	4881
R ²	0.3627
Sobel 检验	$P=0.0000, z=6.3990$
Bootstrap	[0.0200, 0.0464]

① 因篇幅所限,具体结果不再展示,备案。

有企业的绿色创新质量提升作用更为明显。国有企业依托更强的政策支持和内部资源储备,能更有效地实现外部网络嵌入与自身基础的协同,为提升绿色创新质量提供稳固支撑。同时,国有企业在区域或产业合作创新网络中通常处于关键地位,尤其在产学研协同创新体系中扮演着主导角色,使其能够整合更广泛的技术、资金、人才、政策等创新资源,并通过强大的执行力将网络资源更高效地转化为系统性、高质量的绿色创新产出。相较之下,非国有企业虽能敏捷地利用网络关系嵌入获取资源,但囿于其初始资源禀赋限制和市场约束,网络关系嵌入带来的资源规模效应转化为绿色创新质量上的作用相对较弱。

2. 企业所属行业异质性

本文通过中国证券监督管理委员会和环境保护部门制定的上市公司行业分类指南等文件^①,将样本分为重污染行业企业和非重污染行业企业,探讨网络关系嵌入的绿色创新效果在重污染行业企业和非重污染行业企业之间的差异。根据表6回归结果显示,重污染行业企业的网络关系嵌入对绿色创新质量的回归系数为0.1131 ($P<0.01$),高于非重污染行业企业的0.0969 ($P<0.01$)。这表明网络关系嵌入对重污染行业企业绿色创新质量的促进作用更强。这一差异源于环境规制压力与创新需求的交互作用:一方面,重污染行业企业面临更严格的环境规制,倒逼企业通过嵌入绿色创新网络获取污染治理技术、清洁生产方案等高价值资源以规避政策风险,网络关系嵌入不仅提供技术资源,还通过数据共享降低绿色技术研发的不确定性,助力企业突破绿色创新路径依赖;另一方面,重污染行业企业的全面绿色转型需要跨领域技术融合,网络关系嵌入能加速异质性知识流动,促进资源重构形成系统性解决方案,从而提升绿色创新质量。相比之下,非重污染行业企业虽然也具有通过网络关系嵌入提升绿色创新质量的战略认知和意愿,但相较于重污染行业企业,其迫切性明显更低。从绿色创新属性看,正外部性会导致个体理性与集体理性的冲突^[35],在一定程度上影响了非重污染行业企业通过网络关系嵌入提高绿色创新质量的内生动力。

表6 异质性检验结果

变量	企业产权性质		行业属性	
	国有企业	非国有企业	重污染行业企业	非重污染行业企业
<i>NRE</i>	0.1307*** (0.0123)	0.0766*** (0.0105)	0.1131*** (0.0178)	0.0969*** (0.0090)
常数项	-12.5354*** (0.6405)	-11.4170*** (0.5217)	-8.9903*** (0.7094)	-12.9621*** (0.4598)
控制变量	控制	控制	控制	控制
行业固定效应	控制	控制	控制	控制
时间固定效应	控制	控制	控制	控制
样本量	1778	3103	1426	3455
R^2	0.4817	0.4445	0.3347	0.4813
<i>Chow test</i>	4.9400***		4.3800***	

六、结论与建议

本文以中国制造业沪深A股上市公司为研究样本,探究了网络关系嵌入对绿色创新质量的影响,得出以下结论。第一,网络关系嵌入对绿色创新质量具有明显促进作用。网络关系嵌入能够通过获取异质

① 根据中国证券监督管理委员会2012年修订的《上市公司行业分类指引》、环境保护部2008年制定的《上市公司环保核查行业分类管理名录》(环办函〔2008〕373号)等文件,将煤炭、采矿、纺织、石化、冶金、火电等16个行业归为重污染行业,其他行业为非重污染行业。

性资源、共享高价值信息和降低交易成本等优势,降低绿色创新风险,为协同攻克技术难关提升绿色创新质量赋能和蓄能。研究丰富了网络关系嵌入影响绿色创新质量的微观经验证据。第二,网络关系嵌入可以促进绿色资源整合来提升绿色创新质量。网络关系嵌入使得企业对外源性绿色资源的识别、吸收更加容易,与企业已有资源重构匹配,增加了实现绿色创新质量目标的可能性。研究从动态过程视角解析了绿色资源整合在网络关系嵌入与绿色创新质量间的传导机制,进一步明确了资源编排在网络关系嵌入对提升绿色创新质量中的关键作用。第三,异质性分析结果发现,网络关系嵌入对绿色创新质量的提升作用在国有企业和重污染行业企业更为明显。国有企业和重污染行业企业理应承担起率先实现绿色关键核心技术突破的责任和使命,通过网络关系嵌入提升绿色资源整合能力,更易于实现高质量绿色创新。

为更好地发挥网络关系嵌入对绿色创新质量的积极效应,提升企业绿色竞争力。根据以上研究结论,本文提出如下建议:

第一,企业应构建多元化与互补性强的网络联结,尤其注重占据能掌控异质性和稀缺性绿色知识、技术及市场需求信息的桥接位置,提升网络关系嵌入水平。网络关系嵌入程度是一个长期积累的过程,需要企业主动布局和强化关系管理。首先,企业要积极寻求与互补企业、高校和科研院所的合作研发关系,加深对绿色创新所涉及的不同领域技术知识的学习和吸收,加快形成绿色创新协同攻关优势。其次,建立研发主体间信任与协同机制,防范和抑制研发主体的自利行为风险,在保障合作研发稳定性的同时,优化交易环节实现成本削减和价值共创,促进绿色创新质量目标的实现。最后,企业应不断提升与创新网络中其他主体之间的关系质量,以便从政府、金融机构和中介服务平台等获取关键性资源和高价值信息,夯实面向绿色创新质量所需的资源基础。

第二,企业应加强绿色资源动态管理能力。结合行业特征、技术基础和市场定位,全面分析绿色创新需求、资源分布及供给潜力,识别绿色创新中的资源瓶颈与可用渠道,填补关键资源缺口,协调异质资源并汇聚跨界资源。依托高水平网络关系嵌入形成的合作机制,企业要重视从高校和研究机构引进或合作培养高层次绿色技术研发人才,通过组织技术交流活动吸收绿色技术前沿成果,在此基础上与企业自身绿色资源禀赋进行深度重构,逐步构建起较为完善的绿色资源结构体系。同时,企业应建立创新网络中绿色资源价值的动态评估机制,灵活调整绿色资源整合策略,推动创新要素的精准匹配和价值释放,促进绿色创新质量的持续提升。

第三,政府应着力于资源供给与制度设计,优化企业高质量绿色创新的环境。通过“链长制”和“揭榜挂帅”等典型政府治理手段,引导企业摒弃“舍质逐量”的绿色创新思维和认知,主动开展实质性绿色创新,切实提高企业绿色创新质量。制定人才引进、研发补助、融资便利等激励性政策,加大对企业牵头建立创新网络的支持力度。促进高校和研究机构技术积累与企业绿色创新需求的高效衔接,提升绿色协同创新动力和能力。针对重污染行业组织实施重点专项技术攻关,研发一批具有自主知识产权、达到国际先进水平的关键核心绿色技术,助力重污染行业企业加快实现全面绿色低碳转型。

参考文献:

- [1]王永贵,李霞.促进还是抑制:政府研发补助对企业绿色创新绩效的影响[J].中国工业经济,2023(2):131-149.
- [2]DÜ K R, CHENG Y Y, YAO X. Environmental regulation, green technology innovation, and industrial structure upgrading: the road to the green transformation of Chinese cities[J]. Energy Economics, 2021, 98: 105247.
- [3]ZHAO S C, ZENG D M, LI J, et al. Quantity or quality: the roles of technology and science convergence on firm innovation performance[J]. Technovation, 2023, 126: 102790.
- [4]ARAÚJO R, FRANCO M. The use of collaboration networks in search of eco-innovation: a systematic literature review[J]. Journal of Cleaner Production, 2021, 314: 127975.
- [5]XIE X B, SUN J K, ZHOU M, et al. Network embeddedness and manufacturing SMEs' green innovation performance: the moderating role of resource orchestration capability[J]. Business Process Management Journal, 2024, 30(3): 884-908.

- [6] 冯熹宇, 王茵丽, 徐娜. 绿色创新网络嵌入、资源获取与企业绿色创新质量[J]. 中国软科学, 2023(11): 175-188.
- [7] ANDERSEN K V. The problem of embeddedness revisited; collaboration and market types[J]. Research Policy, 2013, 42(1): 139-148.
- [8] ZHOU M, GOVINDAN K, XIE X B. How fairness perceptions, embeddedness, and knowledge sharing drive green innovation in sustainable supply chains: an equity theory and network perspective to achieve sustainable development goals[J]. Journal of Cleaner Production, 2020, 260: 120950.
- [9] YIN S, ZHANG N, LI B Z, et al. Enhancing the effectiveness of multi-agent cooperation for green manufacturing: dynamic co-evolution mechanism of a green technology innovation system based on the innovation value chain[J]. Environmental Impact Assessment Review, 2021, 86: 106475.
- [10] DANGELICO R M, PUJARI D, PONTRANDOLFO P. Green product innovation in manufacturing firms: a sustainability-oriented dynamic capability perspective[J]. Business Strategy and the Environment, 2017, 26(4): 490-506.
- [11] 王旭, 褚旭. 制造业企业绿色技术创新的同群效应研究——基于多层次情境的参照作用[J]. 南开管理评论, 2022, 25(2): 68-81.
- [12] HUANG H Y, MBANYELE W, WANG F R, et al. Climbing the quality ladder of green innovation: does green finance matter? [J]. Technological Forecasting and Social Change, 2022, 184: 122007.
- [13] 王丹丹, 马志强, 许玲燕. 政府补贴对企业绿色创新质量的影响研究——“扶持悖论”的新解与检验[J]. 产业经济研究, 2025(4): 100-113.
- [14] 朱小刚, 刘博, 刘春年. 数字化提升企业绿色创新质量的机制研究[J]. 首都经济贸易大学学报, 2024, 26(1): 18-33.
- [15] 周韵晨, 杨朦, 李浩. 高管学术经历对企业绿色创新质量的影响及其机制检验[J]. 统计与决策, 2025, 41(14): 179-183.
- [16] 杨朝均, 施铭涓. 资源编排视角下创新网络嵌入对低碳创新绩效的影响——数智化转型的调节作用[J]. 商业研究, 2026(2): 116-127.
- [17] 王娟茹, 刘童心. 网络嵌入、资源协奏对颠覆式绿色技术创新的影响[J]. 科技进步与对策, 2022, 39(16): 48-57.
- [18] 徐建中, 李奉书, 晏福, 等. 齐美尔联接对企业颠覆性绿色技术创新的影响——基于知识视角的研究[J]. 管理评论, 2020, 32(6): 93-103.
- [19] XIA L, GAO S, WEI J C, et al. Government subsidy and corporate green innovation—does board governance play a role? [J]. Energy Policy, 2022, 161: 112720.
- [20] WU S H, COUGHLAN P, COUGHLAN D, et al. Developing green process innovation through network action learning[J]. Creativity and Innovation Management, 2022, 31(2): 248-259.
- [21] ALBIS N, ALVAREZ I, GARCÍA A. The impact of external, internal, and dual relational embeddedness on the innovation performance of foreign subsidiaries: evidence from a developing country[J]. Journal of International Management, 2021, 27(4): 100854.
- [22] WANG J L, LV W D. Research on the impact of green innovation network embeddedness on corporate environmental responsibility[J]. International Journal of Environmental Research and Public Health, 2023, 20(4): 3433.
- [23] 王石磊, 王飞, 彭新敏. 深陷“盘丝洞”: 网络关系嵌入过度与中小企业技术创新[J]. 科研管理, 2021, 42(5): 116-123.
- [24] GUAN J C, LIU N. Exploitative and exploratory innovations in knowledge network and collaboration network: a patent analysis in the technological field of nano-energy[J]. Research Policy, 2016, 45(1): 97-112.
- [25] SONG W H, YU H Y. Green innovation strategy and green innovation: the roles of green creativity and green organizational identity[J]. Corporate Social Responsibility and Environmental Management, 2018, 25(2): 135-150.
- [26] DONG X, ZHOU N, ZHAO X M, et al. The impact of artificial intelligence on corporate green innovation: can “increasing quantity” and “improving quality” go hand in hand? [J]. Journal of Environmental Management, 2025, 376: 124439.
- [27] 周礼, 金晨晨. 网络嵌入对企业绿色创新的影响与作用机制: 吸收能力的中介作用[J]. 科技进步与对策, 2021, 38(5): 79-86.
- [28] ZHOU H, ZHAO S Z. Green supply chain integration on firm's green innovation: the moderating role of resource orchestration capability[J]. Operations Management Research, 2024, 17(4): 1380-1396.
- [29] 江艇. 因果推断经验研究中的中介效应与调节效应[J]. 中国工业经济, 2022(5): 100-120.
- [30] 李梅, 朱韵, 赵乔, 等. 研发国际化、动态能力与企业创新绩效[J]. 中国软科学, 2022(6): 169-180.
- [31] FREDRICH V, BOUNCKEN R B, KRAUS S. The race is on: configurations of absorptive capacity, interdependence and slack resources for interorganizational learning in cooperation alliances[J]. Journal of Business Research, 2019, 101: 862-868.
- [32] 李晓蓉, 张津明, 刘红琴. 数字化转型对中国制造业企业创新的影响研究[J]. 科研管理, 2025, 46(5): 1-12.
- [33] NOVITASARI M, AGUSTIA D. Green supply chain management and firm performance: the mediating effect of green innovation[J]. Journal of Industrial Engineering and Management, 2021, 14(2): 391-403.
- [34] 杨震宁, 袁梓晋. 数字创新网络嵌入与关键核心技术攻关[J]. 中国工业经济, 2025(5): 156-173.
- [35] 师博, 常青. 企业数字化转型赋能绿色创新的效果与机制研究[J]. 经济管理, 2024, 46(11): 67-88.

Study on the Impact of Network Relational Embeddedness on Enterprise Green Innovation Quality

LI Zhengfeng, ZHANG Yan

(Northwestern Polytechnical University, Xi'an 710072)

Abstract: As a crucial driving force for green transformation, green innovation has played a significant role in boosting the coordinated advancement of economic development and environmental protection. However, enterprise green innovation quality is faced with challenges such as difficult technology breakthroughs, substantial R&D investment, and high risks. The embeddedness in the innovation network plays a crucial role in enhancing green innovation quality. However, few studies have explored how to use network relational embeddedness to integrate green resources, and then promote green innovation quality of enterprises. Therefore, it is necessary to further explore the relationship between network relational embeddedness and green innovation quality, and the underlying mechanism of enterprises' resource orchestration behaviors.

Drawing on embeddedness theory and resource orchestration theory, this study collects data from the A-share manufacturing listed companies in China from 2014 to 2023, and empirically examines the impact of network relational embeddedness on green innovation quality, and the mediating effect of green resource integration between network relational embeddedness and green innovation quality. The finding indicates that network relational embeddedness exerts a significant positive effect on green innovation quality, and this conclusion still holds after alleviating the endogeneity problem as well as various robustness tests. The mechanism analysis shows that network relational embeddedness can promote green resource integration to enhance green innovation quality. Heterogeneity analysis demonstrates that the positive effect of network relational embeddedness on green innovation quality is more pronounced in state-owned enterprises and firms within heavily polluting industries. The conclusions present the inherent logical relationships among network relational embeddedness, green resource integration, and green innovation quality, and enrich theoretical insights into how network relational embeddedness may affect green innovation quality at the firm level.

The contributions of this study are mainly reflected in the following aspects. First, it reveals that network relational embeddedness has a significant promoting effect on green innovation quality. Network relational embeddedness can help enterprises overcome resource constraints and technology challenges to reduce the risk of green innovation, and improve collaborative technology breakthrough among R&D partners to enhance green innovation quality. This study enriches the micro-evidence about the relationship between network relational embeddedness and green innovation quality. Second, it extends the concept of resource orchestration to the domain of green innovation, and analyzes the effect mechanisms of green resource integration between network relational embeddedness and green innovation quality, clarifying the key role of resource orchestration in enhancing green innovation quality through network relational embeddedness. This study provides valuable hints for enterprises to optimize network relationship management and strengthen green resource integration capabilities to enhance green innovation quality.

Keywords: green innovation quality; network relational embeddedness; green resource integration; high-quality development

(编校: 李 叶; 姚望春)