

知识网络嵌入对企业绿色技术创新的影响研究

许新

南京师范大学商学院, 江苏 南京

收稿日期: 2025年4月23日; 录用日期: 2025年5月16日; 发布日期: 2025年5月23日

摘要

“双碳”背景下, 促进企业绿色技术创新对实现“双碳”目标和企业可持续发展具有重要意义。本研究以资源编排理论为基础, 从知识网络嵌入视角, 探究知识网络关系嵌入与结构嵌入对绿色技术创新的作用机制与情境。本研究选取资源协奏作为中介变量, 自愿型环境规制作为调节变量。实证结果表明: 知识网络关系嵌入与结构嵌入均正向作用于企业绿色技术创新; 资源协奏部分中介了知识网络嵌入对企业绿色技术创新的影响; 自愿型环境规制在知识网络嵌入与资源协奏之间起调节作用, 且呈现正向调节效应。

关键词

资源协奏, 绿色技术创新, 知识网络嵌入

Research on the Impact of Knowledge Network Embeddedness on Corporate Green Technology Innovation

Xin Xu

School of Business, Nanjing Normal University, Nanjing Jiangsu

Received: Apr. 23rd, 2025; accepted: May 16th, 2025; published: May 23rd, 2025

Abstract

Under the dual-carbon goals (carbon peak and carbon neutrality) background, promoting green technology innovation in enterprises holds significant importance for achieving carbon neutrality targets and ensuring corporate sustainable development. Based on resource orchestration theory, this study investigates the mechanism and contextual conditions through which relational embeddedness and structural embeddedness in knowledge networks influence green technology innovation.

This study introduces resource orchestration as a mediating variable and voluntary environmental regulation as a moderating variable. The findings reveal that: (1) Both relational and structural embeddedness in knowledge networks positively affect corporate green technology innovation; (2) Resource orchestration partially mediates the relationship between knowledge network embeddedness and green technology innovation; (3) Voluntary environmental regulation demonstrates a positive moderating effect between knowledge network embeddedness and resource orchestration. These conclusions provide theoretical insights and practical guidance for promoting green innovation under environmental constraints.

Keywords

Resource Orchestration, Green Technology Innovation, Knowledge Network Embeddedness

Copyright © 2025 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

党的十八届五中全会首次提出绿色发展理念，2020年我国向全球宣布“碳达峰”“碳中和”目标，党的二十大继续强调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。在此背景下，推进绿色高效发展已成为必然选择。其中，绿色技术创新作为核心驱动力，既是破解资源环境约束的重要支撑，也是实现发展方式系统性变革的关键要素。

Braun 和 Wield (1994)最早将绿色技术界定为能够节约资源、降低原材料消耗并有助于生态环境保护的技术体系[1]。绿色技术创新是针对绿色技术领域，以生态环境保护为导向的技术性创新[2]，其核心目标是通过技术研发与应用，推动生态、社会与经济的协同发展。该创新过程以资源循环利用、低碳节能等技术研发为重要路径，致力于开发兼具健康属性与节能特征的新产品[3]，本质上体现为对现有绿色知识体系与技术架构的系统性重构，涵盖创新资源投入、创新过程、创新产出、回收利用全过程、多环节[4]，是一系列复杂的知识创造活动与结果[5]。作为基于环保需求的异质性知识整合过程，绿色技术创新具有技术复杂性高、研发投入大、市场风险不确定等特征，单一创新主体难以独立完成全流程研发，这也导致企业不得不主动突破组织边界，通过构建研发知识合作网络获取外部知识与技术资源。

在此过程中，知识网络作为创新资源配置的新型组织形态，其嵌入机制能帮助企业获取创新所需知识资源，实现知识资源的优化配置[6]，对企业实现绿色技术创新具有重要意义。现有研究主要从两个维度解析其创新效能提升路径：一是关系嵌入通过信任机制，形成利益共享、风险共担、互利互惠的良好氛围[7]，促进隐性知识的转移；二是结构嵌入通过优化网络位置提升知识流动效率。然而在知识网络嵌入和企业绿色技术创新的关系研究中，学者们虽然普遍认同知识网络嵌入是企业获取绿色技术创新所需资源的重要途径，但知识网络嵌入对企业绿色技术创新的影响结论尚未统一，甚至存在相悖的争议。如有研究表明，通过嵌入外部合作网络建立持续互惠的合作关系对企业绿色创新具有显著正向影响[8]，网络密度、网络规模、网络稳定性和网络中心度对企业绿色创新起到显著的促进作用[9]，但也有学者认为知识网络嵌入可能会导致路径锁定进而降低企业创新绩效[10]。因此，知识网络嵌入与企业绿色技术创新的关系有待进一步探究。

外部知识网络虽然是企业弥补资源错位的一种方式，但只有通过资源协奏才可以实现企业内外部资源的相互匹配与跨界融通，从而优化企业的资源基础以实现绿色技术创新和效能提升[11]。相比于拥有资源，

企业对资源的主动管理利用至关重要,已成为其实现绿色技术创新的关键因素。资源协奏是指企业针对自身集聚的资源进行整合与利用的能力[12]。一方面,它能够降低资源的冗余程度,通过对各类资源的精准梳理与合理调配,避免资源的闲置与浪费,提高资源利用效率。另一方面,资源协奏有助于优化资源配置,将集聚的创新要素和资源进行系统整合,引导其朝着既定的技术创新目标汇聚与转化,从而为绿色技术创新提供有力支撑。因此,本研究着重探究资源协奏在知识网络嵌入与企业绿色技术创新之间的中介效应。

“规制”通常指运用法律、法规、规章等制度手段进行控制与制约。学术界普遍认为,环境规制主要是指政府运用行政和经济手段,对资源配置、开发利用、环境污染等问题进行直接或间接干预[13]。作为环境规制体系的重要组成部分,自愿型环境规制作为非强制性环境治理工具,其本质是通过社会主体的自主参与实现环境公共价值,该模式以企业、行业协会、环保 NGO 等非政府组织为实施主体,依托环境信息披露机制、绿色供应链管理、社会责任认证等市场化手段,形成区别于命令控制型规制的柔性治理体系[14],尽管缺乏强制性和约束性[15],但可通过声誉机制、市场激励与社会监督产生行为约束效应,在环境治理中发挥着补充性制度功能。“双碳”背景下,绿色发展的政策要求和利益相关者绿色理念的外界规制正在不断强化,自愿型环境规制旨在推广前沿性绿色理念或突破性环保技术,会放大对绿色技术创新的正面作用。因此,在研究知识网络嵌入、资源协奏和企业绿色技术创新的关系时,本研究引入自愿型环境规制作为知识网络嵌入与资源协奏之间的调节变量。

鉴于此,本文基于资源编排理论,遵循“资源建构-能力-行动”的逻辑结构,通过构建“知识网络嵌入-资源协奏-企业绿色技术创新”理论分析框架,阐述知识网络嵌入对企业绿色技术创新的作用机理,明确知识网络嵌入、资源协奏、自愿型环境规制和企业绿色技术创新四者的关系,为企业进行绿色技术创新活动提供理论指导。

2. 理论分析与研究假设

2.1. 知识网络嵌入对企业绿色技术创新的影响

在双碳背景下,企业绿色技术创新成为实现可持续发展的核心要素。依据知识基础观,绿色技术创新本质是有环保要求的异质性知识组合,其创新效能取决于企业对跨领域知识的整合能力。知识网络嵌入作为开放式创新的重要实现路径,是企业获取外部知识、丰富知识储备的关键途径,对企业绿色技术创新有着显著影响。这种嵌入关系不仅涵盖企业与高校、科研院所的技术合作网络,还包括与供应商、客户等利益相关者的知识交互关系。通过知识网络嵌入,企业能够突破组织边界限制,快速获取前沿绿色技术知识,同时通过知识共享机制降低创新试错成本。相较于封闭式研发模式,知识网络嵌入使企业能够将外部知识内化为自身知识储备,形成外部知识-内部知识协奏-创新成果转化的良性循环,从而显著提升绿色技术创新的效率与效能。

(1) 知识网络关系嵌入对企业绿色技术创新的影响

知识网络关系嵌入强调企业在网络中与其他主体建立的关系质量和互动强度。在绿色技术创新领域,关系嵌入为企业带来诸多优势。从信息获取维度看,企业通过与合作伙伴构建信任且高频互动的关系,能够精准、及时捕捉绿色技术前沿知识、市场需求及政策动态。同时,关系嵌入可推动企业与合作伙伴开展协同研发活动。在绿色技术创新过程中,不同主体资源优势各异,其协同合作机制能有效整合资源,提升绿色技术创新效率。从信任机制层面,信任是知识网络中主体间知识交流与共享的基础。高度信任关系不仅能减少机会主义行为,降低交易成本与风险感知,还能促使企业与科研机构、上下游企业等在绿色技术创新领域开展深度合作,进而丰富企业绿色技术知识储备。就关系强度而言,强连接关系有利于构建多维度知识通道,加速技术、市场及行业信息向企业流动,推动创新主体形成互信互利的合作模式,为隐性知识转移共享创造有利条件,筑牢绿色技术创新知识根基。鉴于绿色技术的复杂性特征,强

连接互动既能助力攻克技术难题、获取隐性知识，也有助于企业制定长期创新战略，深化绿色技术认知，强化隐性知识交流共享，从而有利于企业实现绿色技术创新。

(2) 知识网络结构嵌入对企业绿色技术创新的影响

知识网络的结构嵌入主要关注企业在网络中的位置以及整体架构所具备的特性。处于中心位置的企业在绿色技术创新方面优势明显，它们能够优先获取来自不同节点的信息，迅速将创新理念和技术传播开来，引领创新的发展方向。同时，得益于网络的开放与连通，这些企业可以拓宽知识视野，从多个领域获取灵感，进而推动创新进程[16]。从规模方面来看，企业所在知识网络的规模越大，包含的知识主体就越多样化，由此会产生强大的正外部性，加快知识的外溢和扩散，为创新奠定坚实的基础。网络密度高表明主体联系紧密、传播高效[17]，企业能够借助这一特点，快速获取绿色技术的前沿知识和创新经验，显著加快知识更新的速度，为绿色技术创新提供持续的智力支持。从结构洞的角度来分析企业的网络位势，占据结构洞位置的企业能够凭借其对信息资源的控制优势，更轻松地获取异质性知识。这种高知识丰度和异质性极大地促进了知识的整合与创新。企业可以通过这种方式拓展合作伙伴的异质性，巩固自身优势，精准筛选出适合的知识，加速创新成果的落地。此外，处于优势位置的企业还可以利用结构洞带来的丰富资源，优化自身的网络位势，缩小信息差距，加快技术探索的步伐，降低成本和失败风险，从而有效推动绿色技术创新。综上，本研究提出如下假设：

H₁：知识网络嵌入正向影响企业绿色技术创新；

H_{1a}：知识网络关系嵌入正向影响企业绿色技术创新；

H_{1b}：知识网络结构嵌入正向影响企业绿色技术创新。

2.2. 资源协奏的中介作用

在企业推进绿色技术创新的进程中，知识网络嵌入已成为企业获取外部关键资源与知识、实现创新突破的核心路径，资源协奏在其中发挥关键作用，有力推动企业实现绿色技术创新。具体而言，知识网络关系嵌入使企业凭借与其他主体构建的紧密关系和高频互动，通过多渠道获取绿色技术前沿知识、市场需求及政策动态等关键信息，并促使各方优势资源汇聚。然而这些初始资源与知识存在分散、冗余及部分无效的情况，此时资源协奏开始发挥作用，其通过对知识网络嵌入所获取的资源进行系统梳理与甄别，识别出契合企业绿色技术创新需求的异质性资源，进而避免资源的无效堆叠与浪费。在此基础上，资源协奏进一步通过动态整合、配置和利用这些有效资源，实现资源效能最大化[18]。在绿色技术创新进程中，不同知识网络主体的资源具有独特性与互补性，资源协奏通过将分散、静态的资源和知识转化为活跃的创新要素，并推动其在各创新环节形成协同作用。从规避风险视角出发，知识网络嵌入可能因主体利益差异诱发机会主义行为风险，而资源协奏通过调整资源至适宜范畴，明确资源流向与使用方式，规范知识网络中各主体在资源投入、使用和分配方面的行为，从而降低因机会主义导致的资源损耗，保障绿色技术创新活动有序开展，加速绿色技术创新进程。

在关系嵌入层面，企业通过与其他主体构建的紧密且稳固的联系以及高强度的互动交流，构建起多元高效的信息与资源获取通道。通过与科研机构、上下游企业及行业协会等建立深度合作关系，企业能够精准及时地捕捉绿色技术领域前沿知识、市场需求变化及政策动态。与此同时，各方优势资源如先进绿色生产技术、专业研发人才等也加速向企业汇聚。然而，这些初始资源在未经系统整合时往往呈现分散、冗余及部分低效状态。此时，资源协奏机制依据企业绿色技术创新战略规划与实际需求，对海量资源进行系统筛选与甄别，精准识别出异质性强且契合企业创新需求的资源要素，有效规避资源的盲目堆砌与无效消耗。

从结构嵌入视角来看，企业在知识网络中的位置以及网络的整体结构特征对资源获取与利用具有重

要影响。处于网络中心位置的企业，凭借信息传播与资源调配方面的优势，能够优先获取各类稀缺资源与关键知识。同时，网络的开放性与连通性决定了企业能够触及的知识源范围，使企业得以与跨行业、跨领域主体建立联系并获取多元知识。但即便处于优势结构位置，企业仍需对获取的资源进行合理整合与协奏。资源协奏在此过程中突破知识网络主体间资源壁垒，将分散于网络各处的资源进行有机整合与动态配置，实现资源效能的最大化。基于此，本文提出以下研究假设：

- H₂: 资源协奏在知识网络嵌入与企业绿色技术创新之间起中介作用；
- H_{2a}: 资源协奏在知识网络关系嵌入与企业绿色技术创新之间起中介作用；
- H_{2b}: 资源协奏在知识网络结构嵌入与企业绿色技术创新之间起中介作用。

2.3. 自愿型环境规制的调节作用

在企业绿色技术创新的复杂生态中，自愿型环境规制作为特殊规制工具，在知识网络嵌入与资源协奏的交互关系里发挥调节作用。从创新激励看，企业主动响应自愿型环境规制可向网络传递绿色承诺信号，通过声誉资本吸引高校、科研机构等优质主体建立合作关系，从而增强知识网络嵌入的深度与广度。同时，为满足更高环境标准要求，企业会加大资源协奏投入力度，精准筛选适配绿色创新需求的资源要素，聚焦绿色技术研发领域。在资源配置优化方面，自愿型环境规制通过目标导向机制促使企业基于规制要求重新审视资源布局，动态调整资源配置策略：一方面减少对高污染低效率业务的资源投入，另一方面集中优势资源于绿色技术创新领域。处于知识网络中心位置且遵循规制的企业能强化资源调配能力，通过示范效应引导网络内其他主体调整资源流向，在资源协奏过程中注重资源的绿色属性与可持续性特征，最终提升绿色技术创新效率。从合作氛围塑造角度，自愿型环境规制通过构建环境责任共同体，倡导企业间通过合作交流实现环境目标，营造开放互信的制度环境。这种环境责任共识促使企业基于长期环境责任认知建立更紧密的合作关系，为资源协奏提供有利制度保障，进而实现资源的高效共享与协同利用。基于此，本文提出如下研究假设：

- H₃: 自愿型环境规制在知识网络嵌入与资源协奏之间发挥正向调节作用；
- H_{3a}: 自愿型环境规制在知识网络关系嵌入与资源协奏之间发挥正向调节作用；
- H_{3b}: 自愿型环境规制在知识网络结构嵌入与资源协奏之间发挥正向调节作用。

综上所述，知识网络嵌入的关系嵌入维度与结构嵌入维度通过资源吸收、整合与重构形成企业资源协奏能力，这种能力又通过驱动绿色技术轨道跃迁、优化创新资源配置与环境价值创造路径，最终转化为绿色技术创新效能。特别地，自愿型环境规制作为重要情境变量，通过声誉激励机制与市场倒逼机制调节资源协奏的效能转化过程。据此，构建本研究概念模型，如图 1 所示。

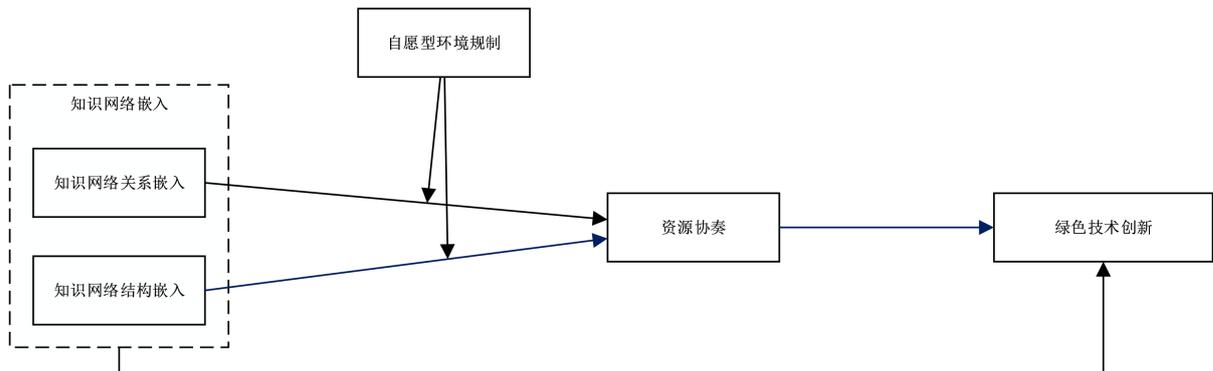


Figure 1. Conceptual model
图 1. 概念模型

3. 研究设计

3.1. 数据收集

本文研究样本选自长三角地区的高技术企业。预调研阶段,实地走访江苏多家高技术企业进行调研,结合企业调研数据与专家建议优化题项设计,再基于预调研结果对问卷题项进行修订以形成最终调查问卷。在正式调研阶段,采用实地发放和电子邮件相结合的方式向企业高层管理人员发放问卷 300 份,剔除数据严重缺失的无效问卷后,最终获得有效问卷 278 份。

3.2. 变量测量

本研究所有变量均参考国内外成熟量表,并结合本文研究情景进行适当调整。除控制变量外,其余变量均使用 Likert 10 级量表进行测量。

(1) 解释变量: 知识网络嵌入。借鉴 Uzzi (2018) [19]、卢启程等(2020) [20]研究的成熟量表,将知识网络嵌入划分为结构嵌入和关系嵌入两个维度。知识网络结构嵌入和知识网络关系嵌入各采用 4 个题项进行测量,总共 8 个题项。

(2) 被解释变量: 绿色技术创新。参考 Li (2014) [21]的做法,通过 5 个题项进行测度。

(3) 中介变量: 资源协奏。本文对资源协奏的理解主要侧重于能力观,强调创新联合体对资源的动态管理能力。因此,中介变量资源协奏的测量主要参考 Wang 等(2020) [22]的研究,从吸收、整合、利用三个层面去测量该变量,包括 3 个题项。

(4) 调节变量: 自愿型环境规制。主要参考马富萍和茶娜(2012) [23]的测量方法,包含 5 个题项。

(5) 控制变量: 选取企业的性质、所属行业和企业规模作为研究的控制变量,并以员工数量测量企业规模。

4. 实证分析

4.1. 共同方法偏差检验

为控制共同方法偏差,本研究在问卷设计阶段实施匿名化处理,并通过优化抽样程序降低系统性误差,采用 Harman 单因子检验法进行检验,运用 SPSS 24.0 对所有题项进行探索性因子分析。主成分分析结果显示,第一主成解释释了 48.708% 的方差变异量,低于 50% [24]。同时,采用验证性因子分析,对所有题项进行共同方法偏差检验,结果显示单因子模型拟合指标很差, $\chi^2/df = 8.281$, CFI = 0.672, IFI = 0.673, RMSEA = 0.162, SRMR = 0.103, 进一步说明不存在严重的共同方法偏差问题。

为进一步检验变量区分效度,运用 AMOS24.0 对知识网络关系嵌入、知识网络结构嵌入、资源协奏、自愿型环境规制和企业绿色技术创新 5 个变量进行验证性因子分析。由表 1 可知,五因子模型的各项拟合指标均达到可以接受的水平, $\chi^2/df = 2.040$, CFI = 0.956, IFI = 0.956, RMSEA = 0.061, SRMR = 0.043, 且优于其他备选模型。说明各变量之间区分效度良好,可开展下一步分析。

4.2. 信度与效度检验

本研究采用 Cronbach's α 系数检验量表信度,运用 SPSS24.0 进行分析,结果如表 2 所示,所有变量的 Cronbach's α 值均在 0.8 以上,表明量表具有良好的内部一致性。同时,知识网络关系嵌入、知识网络结构嵌入、资源协奏、自愿型环境规制和企业绿色技术创新各个潜变量的因子载荷值所在区间为[0.693, 0.891],表明各潜变量所属题目具有较高的代表性,且组合信度 CR 值大于 0.8,平均方差变异 AVE 值均大于 0.5,量表具有良好的聚敛效度。此外,根据表 3 可知,各变量的 AVE 平方根值均大于对应变量间的相关系数,说明变量间具有良好的区分效度。

Table 1. Results of confirmatory factor analysis**表 1.** 验证性因子分析结果

模型	χ^2/df	RMSEA	GFI	AGFI	CFI	IFI	TLI	SRMR
五因子模型 ^a	2.040	0.061	0.887	0.855	0.956	0.956	0.948	0.043
四因子模型 ^b	3.447	0.094	0.788	0.733	0.893	0.894	0.877	0.057
三因子模型 ^c	5.263	0.124	0.699	0.626	0.811	0.812	0.786	0.087
二因子模型 ^d	6.432	0.140	0.641	0.559	0.756	0.758	0.728	0.094
单因子模型 ^e	8.281	0.162	0.556	0.457	0.672	0.673	0.635	0.103

注: N = 278; ^a假设的五因子模型; ^b知识网络关系嵌入和结构嵌入合并为一个因子; ^c知识网络关系嵌入、结构嵌入和资源协奏合并为一个因子; ^d知识网络关系嵌入、结构嵌入、资源协奏和自愿型环境规制合并为一个因子; ^e五个变量合并为一个因子。

Table 2. Variable measurement items and results of reliability and validity tests**表 2.** 变量测量题项和信效度检验结果

变量	题项	载荷	Cronbach's α	AVE	CR
知识网络关系嵌入	企业与其它知识主体的互动交流频率很高	0.783	0.904	0.707	0.906
	企业十分熟悉其它知识主体的情况	0.855			
	企业与其它知识主体保持长期稳定的交流互动	0.862			
	企业与其它知识主体间能够相互信任、坦诚交流	0.860			
知识网络结构嵌入	企业与较多类型的知识主体(客户、供应商、高校、科研院所、行业协会等)存在联系	0.764	0.892	0.680	0.895
	与企业保持长期联系的知识主体数量较多, 占比较高	0.840			
	与企业有密切联系的知识主体数量变动较少	0.891			
	与其它知识主体互动过程中, 本企业在资源上处于优势地位	0.799			
资源协奏	我们能够高效吸收各种资源	0.865	0.890	0.730	0.890
	我们能够高效整合各类资源	0.851			
	我们能够高效利用各类资源	0.847			
自愿型环境规制	能及时、准确地对外发布环境信息	0.699	0.860	0.556	0.862
	环境管理的标准已通过 ISO 14000 认证	0.745			
	举行环境论证会、听证会或采取其他形式, 征求有关单位、专家和公众对环境影响评价报告书的意见	0.786			
	向环境规制机构承诺, 将主动、自愿地达到比规制要求更高的环境绩效	0.800			
	施行了清洁生产和全过程控制过程	0.693			

续表

企业绿色技术创新	采用循环技术和材料	0.808			
	升级现有的生产设备和工艺	0.872			
	采用绿色工艺规划支持系统	0.826	0.919	0.695	0.919
	开发环境友好型产品替代传统产品	0.838			
	倡导使用绿色产品标签	0.822			

4.3. 相关性分析

表 3 反映了知识网络关系嵌入、知识网络结构嵌入、资源协奏、自愿型环境规制和企业绿色技术创新的描述性统计特征、AVE 的平方根以及相关性分析结果。结果显示，各变量相关关系均达到 $p < 0.01$ 的统计显著性水平，且相关系数绝对值均小于 0.7，为模型构建和研究假设提供了初步支持。利用方差膨胀因子 VIF 进行检验，发现 VIF 值均显著低于 5，说明变量间的多重共线性问题并不严重。

Table 3. Descriptive statistics and correlation analysis results

表 3. 变量描述性统计和相关性分析结果

	平均值	标准差	企业的性质	企业所属行业	企业规模	知识网络关系嵌入	知识网络结构嵌入	资源协奏	自愿型环境规制	企业绿色技术创新
企业的性质	3.360	1.712	-							
企业所属行业	3.478	2.875	0.109	-						
企业规模	3.342	2.198	0.02	-0.208**	-					
知识网络关系嵌入	6.439	1.634	0.108	-0.059	0.079	0.841				
知识网络结构嵌入	6.298	1.580	0.095	-0.004	0.109	0.657**	0.825			
资源协奏	6.130	1.666	0.062	-0.104	0.176**	0.509**	0.523**	0.854		
自愿型环境规制	5.956	1.488	0.036	-0.083	0.120*	0.464**	0.616**	0.562**	0.746	
企业绿色技术创新	5.904	1.653	0.057	-0.026	0.178**	0.459**	0.553**	0.691**	0.612**	0.834

注：*表示 $p < 0.05$ ；**表示 $p < 0.01$ ；对角线加粗体表示变量 AVE 的平方根。

4.4. 假设检验

(1) 主效应检验。本研究使用层次回归法对模型的主效应进行检验。首先将控制变量纳入回归模型中构建模型 1，以分析控制变量与企业绿色技术创新之间的关系，再分别将知识网络嵌入的两个维度——知识网络关系嵌入和知识网络结构嵌入纳入模型 2 和模型 3，以检验自变量与绿色技术创新之间的直接效应，结果如表 4 所示。知识网络关系嵌入对企业绿色技术创新有显著的正向作用($\beta = 0.449, p < 0.001$)，知识网络结构嵌入对企业绿色技术创新也同样具有显著的正向作用($\beta = 0.540, p < 0.001$)。假设 H_{1a}、H_{1b} 通过验证。

(2) 资源协奏的中介效应检验。本研究使用 Bootstrap 方法对资源协奏中介效应进行检验(样本量选择 5000，95% 置信区间，Model 4)，结果见表 5。从中可见，知识网络关系嵌入通过资源协奏对企业绿色技术创新的间接效应为 0.306，且 95% 的置信区间不包含 0，因此资源协奏在知识网络关系嵌入与企业绿色技术创新之间发挥部分中介作用，假设 H_{2a} 部分成立。同理，知识网络关系嵌入通过资源协奏对企业绿色技术创新的间接效应为 0.293，且 95% 的置信区间不包含 0，因此资源协奏在知识网络结构嵌入与企业绿

色技术创新之间发挥部分中介作用，假设 H_{2b} 部分成立。

Table 4. Regression analysis of the effects of knowledge network embedding on corporate green technological innovation
表 4. 知识网络嵌入对企业绿色技术创新的影响回归分析

变量		企业绿色技术创新		
		模型 1	模型 2	模型 3
控制变量	企业的性质	0.052	0.002	0.003
	企业所属行业	0.006	0.032	0.001
	企业规模	0.179	0.150	0.120
自变量	知识网络关系嵌入		0.449***	
	知识网络结构嵌入			0.540***
	R ²	0.035	0.232	0.320
	ΔR ²	0.035	0.198	0.286
	F	3.283*	20.673***	32.169***

注：*表示 p < 0.05；**表示 p < 0.01；***表示 p < 0.001。

Table 5. Mediation effect test
表 5. 中介效应检验

路径	效应	效应值	标准误	Boot CT 下限	Boot CT 上限
知识网络关系嵌入→资源协奏→企业绿色技术创新	间接效应	0.306	0.043	0.223	0.394
	直接效应	0.149	0.051	0.049	0.248
	总效应	0.455	0.054	0.348	0.562
知识网络结构嵌入→资源协奏→企业绿色技术创新	间接效应	0.293	0.047	0.207	0.391
	直接效应	0.272	0.051	0.172	0.373
	总效应	0.565	0.053	0.461	0.669

注：*表示 p < 0.05；**表示 p < 0.01；***表示 p < 0.001。

(3) 自愿型环境规制的调节效应检验。本研究使用 SPSS24.0 进行调节效应检验。首先将知识网络关系嵌入、知识网络结构嵌入与自愿型环境规制进行中心化处理并分别计算其交互项，避免多重共线性，结果如表 6 所示。模型 5 将控制变量、自变量知识网络关系嵌入、调节变量自愿型环境规制纳入回归模型中，模型 6 将知识网络关系嵌入与自愿型环境规制的交互项纳入模型，以分析自愿型环境规制对知识网络关系嵌入与资源协奏的调节作用；模型 7 将控制变量、自变量知识网络结构嵌入、调节变量自愿型环境规制纳入回归模型中，模型 8 将知识网络结构嵌入与自愿型环境规制的交互项纳入模型，以分析自愿型环境规制对知识网络结构嵌入与资源协奏的调节作用。由模型 6 可知，自愿型环境规制对知识网络关系嵌入促进资源协奏的正向调节作用显著($\beta = 0.097, p < 0.05$)，假设 H_{3a} 得到验证；根据模型 8 可知，自愿型环境规制对知识网络结构嵌入促进资源协奏的正向调节作用显著($\beta = 0.108, p < 0.05$)，假设 H_{3b} 得到验证。

Table 6. Moderating effect test
表 6. 调节效应检验

	变量	资源协奏			
		模型 5	模型 6	模型 7	模型 8
控制变量	企业的性质	0.015	0.014	0.026	0.024
	企业所属行业	-0.034	-0.030	-0.056	-0.053
	企业规模	0.096	0.098	0.089	0.087
自变量	知识网络关系嵌入	0.312***	0.324***		
	知识网络结构嵌入			0.281***	0.288***
调节变量	自愿型环境规制	0.403***	0.377***	0.373***	0.346***
交互项	知识网络关系嵌入 × 自愿型环境规制		0.097*		
	知识网络结构嵌入 × 自愿型环境规制				0.108*
	R ²	0.406	0.415	0.379	0.390
	ΔR ²	0.366	0.009	0.339	0.011
	F	37.223***	32.073**	33.213***	28.910***

注：*表示 p < 0.05；**表示 p < 0.01；***表示 p < 0.001。

5. 研究结论与启示

5.1. 研究结论

本研究基于资源编排理论，以资源协奏为中介变量、自愿型环境规制为调节变量，从知识网络嵌入视角，探究了知识网络嵌入对企业绿色技术创新的作用机制和作用情境。研究表明：(1) 知识网络关系嵌入和结构嵌入均对企业绿色技术创新产生正向影响。(2) 资源协奏在知识网络嵌入与企业绿色技术创新间发挥部分中介作用，即知识网络关系嵌入和结构嵌入不仅对企业绿色技术创新具有直接影响作用，还通过资源协奏对企业绿色技术创新发挥间接影响作用；(3) 自愿型环境规制在知识网络嵌入与资源协奏之间发挥调节作用。自愿型环境规制对知识网络关系嵌入和结构嵌入与资源协奏具有正向的调节作用。

5.2. 理论贡献

(1) 拓展了企业绿色技术创新的理论研究。本研究从知识网络嵌入视角出发，揭示了知识网络关系嵌入和结构嵌入对企业绿色技术创新的作用机制，丰富了绿色技术创新影响因素的理论研究。以往研究多聚焦于企业内部资源、市场竞争等方面，本研究将知识网络嵌入纳入研究框架，为理解绿色技术创新提供了新的理论切入点，有助于深入剖析企业和社会关系网络中如何实现绿色技术创新。

(2) 深化了资源编排理论的应用。通过验证资源协奏在知识网络嵌入与企业绿色技术创新之间的中介作用，进一步拓展了资源编排理论在绿色技术创新领域的应用范围。研究表明，企业不仅要注重获取知识网络中的资源，更要通过有效的资源协奏来实现资源向创新成果的转化，为资源编排理论在特定情境下的应用提供了实证依据，丰富了该理论在企业战略与创新管理方面的内涵。

(3) 明确自愿型环境规制的调节作用。本研究明确了自愿型环境规制在知识网络嵌入与资源协奏关系中的调节作用。以往关于环境规制对企业创新影响的研究多集中在强制型环境规制，对自愿型环境规

制的关注较少。本研究揭示了自愿型环境规制能够强化知识网络嵌入对资源协奏的促进作用，进而影响企业绿色技术创新，为环境规制理论在绿色技术创新情境下的研究提供了新的方向和补充。

5.3. 管理启示

(1) 强化知识网络嵌入策略。企业应重视知识网络的构建与维护，一方面，通过加强关系嵌入，与网络内其他主体建立深厚的信任关系，开展频繁的知识交流与合作活动，促进企业绿色技术创新。另一方面，注重结构嵌入，积极寻找并占据网络中的关键位置，拓宽知识获取渠道，为企业绿色技术创新提供丰富的知识资源。

(2) 提升资源协奏能力。企业要认识到资源协奏在知识网络嵌入与绿色技术创新之间的中介作用。不仅要善于利用知识网络嵌入获取资源，更要加强对内部资源与外部获取资源的整合与协奏，确保各类资源能够高效地服务于企业绿色技术创新项目，从而推动企业绿色技术创新。

(3) 善用自愿型环境规制。企业应积极响应自愿型环境规制，将其视为推动绿色技术创新的契机。在面临较高强度的自愿型环境规制时，企业要更加主动地借助知识网络嵌入的优势，强化资源协奏。例如，依据环境规制要求，结合从知识网络中获取的信息与资源，针对性地调整资源配置策略，加大对绿色技术创新的投入，实现企业发展与环境保护的双赢。

5.4. 研究局限与展望

本研究还存在一些不足：一是在数据收集方面主要依赖横截面数据来检验知识网络嵌入对企业绿色技术创新的即时效应。今后的研究可以通过采用纵向数据来持续追踪和分析知识网络嵌入对企业绿色技术创新的长期影响和动态变化。二是本研究主要关注知识网络关系嵌入和结构嵌入对企业绿色技术创新的独立影响，而没有综合考虑两者可能存在的交互作用。因此，未来的研究应更加全面地考察这两种知识网络嵌入的交互作用对企业绿色技术创新的综合影响，为企业绿色发展提供更加全面的支持。

参考文献

- [1] Braun, E. and Wield, D. (1994) Regulation as a Means for the Social Control of Technology. *Technology Analysis & Strategic Management*, 6, 259-272. <https://doi.org/10.1080/09537329408524171>
- [2] Karakaya, E., Hidalgo, A. and Nuur, C. (2014) Diffusion of Eco-Innovations: A Review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 33, 392-399. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.01.083>
- [3] 焦俊, 李垣. 基于联盟的企业绿色战略导向与绿色创新[J]. 研究与发展管理, 2011, 23(1): 84-89.
- [4] 毕克新, 王禹涵, 杨朝均. 创新资源投入对绿色创新系统绿色创新能力的影响——基于制造业 FDI 流入视角的实证研究[J]. 中国软科学, 2014(3): 153-166.
- [5] 隋俊, 毕克新, 杨朝均, 等. 跨国公司技术转移对我国制造业绿色创新系统绿色创新绩效的影响机理研究[J]. 中国软科学, 2015(1): 118-129.
- [6] 赵健宇, 任子瑜, 袭希. 知识嵌入性对合作网络知识协同效应的影响:吸收能力的调节作用[J]. 管理工程学报, 2019, 33(4): 49-60.
- [7] 欧忠辉, 蔡猷花, 胡慧芳. 知识网络嵌入情境如何激活企业二元创新?——基于 QCA 的研究[J]. 科研管理, 2021, 42(6): 94-101.
- [8] 邢丽云, 俞会新. 环境规制对企业绿色创新的影响——基于绿色动态能力的调节作用[J]. 华东经济管理, 2019, 33(10): 20-26.
- [9] 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.
- [10] 汤超颖, 邹会菊. 基于人际交流的知识网络对研发团队创造力的影响[J]. 管理评论, 2012, 24(4): 94-100.
- [11] 梁丽娜, 于渤, 吴伟伟. 企业创新链从构建到跃升的过程机理分析——资源编排视角下的典型案例[J]. 研究与发展管理, 2022, 34(5): 32-47.

-
- [12] Sirmon, D.G., Hitt, M.A. and Ireland, R.D. (2007) Managing Firm Resources in Dynamic Environments to Create Value: Looking Inside the Black Box. *Academy of Management Review*, **32**, 273-292. <https://doi.org/10.5465/amr.2007.23466005>
- [13] 单春霞, 周文洁, 耿紫珍. 环境规制、绿色技术创新与可持续发展——被调节的中介效应分析[J]. *经济问题*, 2024(8): 95-102.
- [14] Blackman, A. (2008) Can Voluntary Environmental Regulation Work in Developing Countries? Lessons from Case Studies. *Policy Studies Journal*, **36**, 119-141. <https://doi.org/10.1111/j.1541-0072.2007.00256.x>
- [15] Bu, M., Qiao, Z. and Liu, B. (2020) Voluntary Environmental Regulation and Firm Innovation in China. *Economic Modelling*, **89**, 10-18. <https://doi.org/10.1016/j.econmod.2019.12.020>
- [16] 李瑶, 刘益, 杨伟. 不同治理机制对联盟中显性知识和隐性知识转移的影响研究[J]. *情报杂志*, 2010, 29(11): 106-109.
- [17] 何郁冰, 张迎春. 网络类型与产学研协同创新模式的耦合研究[J]. *科学学与科学技术管理*, 2015, 36(2): 62-69.
- [18] 黄明, 吉祥熙. 资源协奏及其在异质情境下的作用机制: 综述与展望[J]. *研究与发展管理*, 2023, 35(2): 158-172.
- [19] Uzzi, B. (2018) Social Structure and Competition in Interfirm Networks: The Paradox of Embeddedness. In: Granovetter, M., Ed., *The Sociology of Economic Life*, Routledge, 213-241. <https://doi.org/10.4324/9780429494338-13>
- [20] 卢启程, 梁琳琳, 景浩. 知识网络嵌入影响农业集群企业成长的作用机理研究——以斗南花卉产业集群为例[J]. *科研管理*, 2020, 41(7): 262-270.
- [21] Li, Y. (2014) Environmental Innovation Practices and Performance: Moderating Effect of Resource Commitment. *Journal of Cleaner Production*, **66**, 450-458. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2013.11.044>
- [22] Wang, J., Xue, Y. and Yang, J. (2019) Boundary-Spanning Search and Firms' Green Innovation: The Moderating Role of Resource Orchestration Capability. *Business Strategy and the Environment*, **29**, 361-374. <https://doi.org/10.1002/bse.2369>
- [23] 马富萍, 茶娜. 环境规制对技术创新绩效的影响研究——制度环境的调节作用[J]. *研究与发展管理*, 2012, 24(1): 60-66, 77.
- [24] Podsakoff, P.M. and Organ, D.W. (1986) Self-Reports in Organizational Research: Problems and Prospects. *Journal of Management*, **12**, 531-544. <https://doi.org/10.1177/014920638601200408>