

Research on the efficiency of green innovation

Jiapeng Yan

Lanzhou University of Finance and Economics, Lanzhou, Gansu, 730030, China

Abstract

In the mid-to-late 20th century, with the rapid growth of global population, environmental degradation and resource shortage, human society gradually realized the unsustainability of the traditional development model. In this context, environmental protection and ecological governance have become a common issue of the international community, and countries have begun to explore the synergistic path of economic development and ecological protection. With the deepening of related research, green innovation has gradually become a research hotspot in the academic community at home and abroad due to its key role in balancing economic growth and environmental sustainability. Through the analysis of the literature related to green innovation, it is found that the concepts of environmental innovation, sustainable innovation and ecological innovation are closely related to it.

Keywords

green innovation; Green innovation efficiency; Environmental Innovation

绿色创新效率研究

闫嘉鹏

兰州财经大学, 中国·甘肃 兰州 730030

摘要

20世纪中后期,随着全球人口激增、环境恶化与资源短缺问题日益严峻,人类社会逐渐意识到传统发展模式的不可持续性。在这一背景下,环境保护与生态治理成为国际社会的共同议题,各国开始探索经济发展与生态保护的协同路径。随着相关研究的深入,绿色创新因其在平衡经济增长与环境可持续性方面的关键作用,逐渐成为国内外学术界的研究热点。通过对绿色创新相关文献的分析,发现环境创新、可持续创新及生态创新等概念与其存在紧密联系。

关键词

绿色创新; 绿色创新效率; 环境创新

1 绿色创新发展及内涵研究

国外学者 Schiedrig 等 (2012) 利用 2010 年 11 月的谷歌学术数据库开展了系统性文献调研,共筛选出超过 8000 篇相关研究文献,分析结果表明,这四类概念在核心内涵上具有高度一致性,均聚焦于减少环境负面效应这一共同主题,在实际应用中往往可以相互替代^[1]。国内学者毕克新 (2015) 同样认为生态、环境、可持续以及绿色四个创新的本质内涵是一致的,均是围绕资源、环境的承载力实现人与自然的和谐可持续发展^[2]。

从时间演进维度来看,国外学术界最早广泛采用的是环境创新概念,随后随着可持续发展理念的兴起,可持续创新逐渐成为国内外学者研究的核心议题,而近年来,绿色创新和生态创新的相关研究呈现显著增长态势,已成为学术界对创新研究主流概念。环境创新理论的发展经历了明显的演进过程,该概念的雏形最早由 James (1997) 提出,他在评估新产品和新工艺价值时,首次将环境因素纳入考量体系,将其定义为“能够创造商业价值并显著降低环境影响的创新产品或工艺流程”^[3]。随着研究的深入,环境创新的内涵不

断丰富和拓展, Werf (2008) 从技术实现路径角度深化了这一概念,指出环境创新的本质是通过提升生态效率来改善环境绩效,其具体实现方式包括:可持续资源管理、清洁生产技术应用、循环经济模式构建、环境友好型产品设计等^[4], Oltra (2009) 则进一步强调,环境创新应体现在工艺改进、系统优化和产品升级等多个维度,其核心特征是能够促进环境可持续性^[5]。研究趋势表明,学术界对环境创新的认识已从单纯关注技术创新,逐步发展为强调经济、社会、环境等多维价值的可持续性。这种研究方式的转变,反映了可持续发展理念对创新研究领域的重大影响,也预示着未来创新研究将更加注重综合效益的平衡,因此在当时可持续理念已经成为当时国内外学者们重点研究的问题, Hellstm (2007) 认为可持续创新不仅包括能降低环境影响的全新产品,还包括能有利于改进人类生活其他方面(如安全及生活质量等)的产品上的创新^[6]。国内学者将可持续创新与传统创新进一步区分,如谢宗杰等 (2012) 认为可持续创新区别于传统创新之处在于,它更强调环境、经济和社会的相互依存和相互影响关系,同时也强调创新过程的动态性和系统性。相对于

可持续创新,生态创新在概念范畴上更为聚焦,其核心在于通过系统性创新降低环境负荷^[7]。根据现有研究,生态创新主要体现为两个维度:技术维度上,Spiers(2008)将其界定为在产品、工艺、服务或管理方法等领域的创新实践,这些实践通过全生命周期评估被证实能显著减少环境风险和资源消耗^[8];组织维度上,隋俊(2015)提出了二元分析框架,将生态创新划分为外部生态创新和内部生态创新。这种双重维度的界定既明确了生态创新的实施边界,又保持了与可持续创新在环境目标上的一致性^[9]。

Tarnawska.K(2013)认为绿色创新与生态创新、环境创新在核心内涵上存在交叉,但其独特之处在于更强调通过创新活动实现经济效益与环境效益的双重提升^[10]。贾君(2017)将绿色创新界定为以“节能-降耗-低污染”为特征的系统性创新活动,涵盖产品设计、技术研发、工艺改进和管理优化等多个维度,这一概念在实践中展现出显著的应用价值^[11];王馨和王营(2021)的研究证实,相较于传统创新,绿色创新更能有效促进企业绿色发展转型^[12];耀有福等(2024)进一步指出,绿色创新已成为推动企业绿色化发展和可持续能力建设的关键驱动力^[13]。

2 绿色创新效率评价方法研究

Aigner等(1977)和Meeusen&vandenBroeck(1977)分别创立了随机前沿分析法。这一方法依托生产函数或成本函数理论,通过建立最优生产边界来比较实际产出与理论最优值,进而评估技术效率水平^{[14][15]}。该方法适用于不同的国家、不同的区域以及不同的行业。在跨国研究方面,Sun等(2005)运用SFA方法评估了韩国制造业的研发绿色创新效率^[16];Wang(2007)建立了跨国分析框架,利用SFA测算了30个经合组织及非经合组织国家的研发效率^[17];Miao等(2017)则基于柯布-道格拉斯生产函数,研究了绿色创新对中国自然资源利用的影响^[18]。在区域研究层面,李玉婷等(2019)采用该模型测算了2011-2015年中国省级绿色创新效率^[19];肖黎明等(2018)通过引入超越对数函数改进了传统SFA模型,并测定了2001-2015年中国30个省份的绿色创新效率^[20];肖沁霖等(2022)进一步优化模型,对长江经济带108个城市2004-2016年的绿色创新与生态治理绩效进行了评估。在行业应用方面,Li(2018)使用SFA对比分析了中国高端制造业的传统与绿色创新效率差异^[21];邬龙(2013)则运用该方法测算了北京医药和信息技术产业的创新效率水平^[22]。

在绿色创新效率评估领域,数据包络分析法(DEA)相较于随机前沿分析法(SFA)具有更广泛的应用。这一方法的发展脉络可追溯至Farrell(1957)提出的生产效率理论,该理论首次系统性地解决了多投入多产出情境下的效率测量问题,为后续研究奠定了重要基础^[23]。基于这一理论框架,学者们通过不断改进和创新,逐步发展出多种绿色创新效率的测算方法。其中,DEA模型通过线性规划技术

评估决策单元的相对效率;SBM模型进一步考虑了松弛变量,能够更准确地衡量效率损失;而Super-SBM模型则突破了传统DEA模型的效率值限制,实现了对高效决策单元的进一步区分。钱丽等(2015)运用共同前沿理论和不同规模报酬假设下的DEA模型,对中国省级工业企业绿色创新效率进行了跨区域比较研究^[24];罗良文等(2016)则基于创新价值链视角,采用DEA方法对中国区域工业企业的绿色创新过程进行了两阶段效率分析。为克服传统DEA模型忽视松弛变量的缺陷,学者们开发了SBM模型。该模型通过直接处理投入冗余和产出不足问题,显著提升了效率评估的准确性。Yangjun(2016)的研究表明,考虑非期望产出的SBM模型与传统DEA模型的测算结果存在显著差异;李健等(2019)应用该模型对京津冀城市群的绿色创新效率进行了实证研究;Yasmeen等(2023)则结合SBM模型和Malmquist-Luenberger指数,对经合组织国家的能源效率进行了动态分析。为进一步解决SBM模型在完全效率单元区分方面的局限,超效率SBM模型应运而生。该模型通过排除待评估决策单元自身构建生产前沿,实现了对高效单元的精确区分。张逸昕等(2015)从内部协同适配视角,运用考虑非期望产出的Super-SBM模型和Malmquist指数,对比分析了我国省域绿色创新效率的差异情况,徐建中等(2019)在研究装备制造业绿色创新效率时,构建了包含创新人力资源、研发资金投入和能源消耗的投入指标,以及专利产出、新产品销售收入和环境污染排放的产出指标体系,并采用Super-SBM模型进行了实证测度与评价;王惠等(2016)的研究验证了该模型在高技术产业绿色创新效率评估中的适用性。这些方法的发展为绿色创新效率研究提供了更加精确的分析工具。

3 绿色创新效率影响因素研究

在政府政策影响因素中,关于政府政策对绿色创新的影响,现有研究形成了较为丰富的理论观点和实证证据。从政策依赖性的角度来看,Wallsten(2000)的研究揭示了绿色创新能力与政府资金依赖度之间的负向关系,表明企业创新能力的提升会降低其对政府扶持的依赖程度。在政策工具的有效性方面,Hashimoto等(2008)系统论证了财政支持、技术支持、政府采购及税收优惠等多种政策工具对绿色创新的激励作用。进一步研究发现,不同类型环境规制的效果存在显著差异。肖振红等(2023)证实市场激励型环境规制通过推动产业结构优化升级,能够有效提升绿色创新效率。在金融政策领域,王馨等(2021)的研究表明绿色信贷政策通过降低代理成本和提高投资效率促进绿色创新,且这种促进作用会随着地区环境执法和知识产权保护力度的加强而增强;然而,郭俊杰等(2024)提出了不同见解,指出当绿色信贷政策缺乏对短期失败的容忍时,反而可能对企业绿色创新产生抑制作用。政策效果还可能因创新类型而异,王永贵

等(2023)将绿色创新区分为实质性和策略性两类,发现政府研发补助与策略性绿色创新呈线性正相关,而与实质性绿色创新则呈现倒U型关系。汤晓建等(2024)也发现税务部门税收执法规范化不仅能够显著促进公司实质性绿色创新,而且显著提升了公司绿色创新质量。

市场环境对绿色创新效率的影响机制是学术界关注的重要议题。现有研究表明,金融市场的完善程度显著影响绿色创新效率。李诗琪(2018)的实证研究发现,金融规模的扩大和结构的优化都能有效促进绿色创新效率提升。杨朝均等(2018)建议完善市场竞争机制,用绿色需求引导绿色创新在产业竞争层面。苏振等(2023)针对旅游业的研究揭示了市场竞争与市场化进程对绿色创新效率的差异化影响:市场竞争呈现抑制作用,而市场化则发挥促进作用,且市场化程度越高,市场竞争的负面效应越显著,这一发现说明市场环境的各要素之间存在复杂的交互作用。进一步研究发现,市场激励型环境规制在推动绿色创新方面具有独特优势,肖振红等(2024)的研究指出,市场激励性环境规制通过内部化环境治理的外部性,能够有效提升区域绿色创新效率。这些研究共同表明,市场环境对绿色创新效率的影响具有多维度特征。

参考文献

- [1] SCHIEDERIG T, TIETZE F, HERSTATT C. Green innovation in technology and innovation management: An exploratory literature review[J]. Social Science Electronic Publishing, 2012, 42(2): 180-192.
- [2] 毕克新,刘刚.论中国制造业绿色创新系统运行机制的协同性[J]. 学术交流,2015(3):126-131.
- [3] JAMES D G. Imidacloprid increases egg production in *Amblyseius victoriensis* (Acari: Phytoseiidae)[J]. Experimental & Applied Acarology, 1997, 21(2): 75-82.
- [4] VAN DE WERF F, BAX J, BETRIU A, et al. Management of acute myocardial infarction in patients presenting with persistent ST-segment elevation: The Task Force on the Management of ST-Segment Elevation Acute Myocardial Infarction of the European Society of Cardiology[J]. European Heart Journal, 2008, 29(23): e1-e47.
- [5] OLTRA V, SAINT JEAN M. Sectoral systems of environmental innovation: An application to the French automotive industry[J]. Technological Forecasting & Social Change, 2009, 76(4): 567-583.
- [6] HELLSTRÖM T. Dimensions of environmentally sustainable innovation: The structure of eco-innovation concepts[J]. Sustainable Development, 2007, 15(3): 148-159.
- [7] 谢宗杰,Jeremy Hall,等.国外企业可持续发展创新研究综述及展望[J].科技进步与对策,2012,29(24):191-196.
- [8] SPIERS H J, MAGUIRE E A. The dynamic nature of cognition during wayfinding[J]. Journal of Environmental Psychology, 2008, 28(3): 232-249.
- [9] 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.
- [10] TARNAWSKA K. Eco-innovations: Tools for the transition to green economy[J]. Economics & Management, 2013, 18(4): 735-743.
- [11] 徐建中,王曼曼,贯君.动态内生视角下能源消费碳排放与绿色创新效率的机理研究——基于中国装备制造业的实证分析[J].管理评论,2019,31(9):81-93.
- [12] 王馨,王营.绿色信贷政策增进绿色创新研究[J].管理世界,2021(6):173-188.
- [13] 耀友福,周兰.碳中和管理的绿色创新效应研究——来自中国上市公司的经验证据[J].会计研究,2024(12):107-120.
- [14] AIGNER D, LOVELL C A K, SCHMIDT P. Formulation and estimation of stochastic frontier production function models[J]. Journal of Econometrics, 1977, 6(1): 53-66.
- [15] MEEUSEN W, VAN DEN BROECK J. Efficiency estimation from Cobb-Douglas production functions with composed error[J]. International Economic Review, 1977, 18(2): 435-444.
- [16] SUN C H, KALIRAJAN K P. Gauging the sources of growth of high-tech and low-tech industries: The case of Korean manufacturing[J]. Australian Economic Papers, 2005, 44(2): 170-185.
- [17] WANG E C. R&D efficiency and economic performance: A cross-country analysis using the stochastic frontier approach[J]. Journal of Policy Modeling, 2007, 29(2): 345-360.
- [18] MIAO C, FANG D, SUN L, et al. Natural resources utilization efficiency under the influence of green technological innovation[J]. Resources, Conservation and Recycling, 2017, 126: 153-161.
- [19] 李玉婷,祝志勇.制度供给与中国地区绿色创新效率[J].北京理工大学学报(社会科学版),2019,21(1):50-58.
- [20] 肖沁霖,肖黎明.绿色创新效率与生态治理绩效耦合协调的时空分异及响应——以长江经济带108个城市为例[J].世界地理研究,2022,31(1):96-106.
- [21] LI T, LIANG L, HAN D. Research on the efficiency of green technology innovation in China's provincial high-end manufacturing industry based on the Raga-PP-SFA model[J]. Mathematical Problems in Engineering, 2018, 2018: 1-13.
- [22] 邹龙,张永安.基于SFA的区域战略性新兴产业创新效率分析——以北京医药和信息技术产业为例[J].科学学与科学技术管理,2013,34(10):95-102.
- [23] FARRELL M J. The measurement of productive efficiency[J]. Journal of the Royal Statistical Society: Series A, 1957, 120(3): 253-290.
- [24] 钱丽,肖仁桥,陈忠卫.我国工业企业绿色技术创新效率及其区域差异研究——基于共同前沿理论和DEA模型[J].经济理论与经济管理,2015(1):26-43.