

建筑业碳排放与绿色创新减排效应研究综述

龚可凝

同济大学经济与管理学院，上海

收稿日期：2025年11月24日；录用日期：2025年12月30日；发布日期：2026年1月7日

摘要

在全球“碳达峰”“碳中和”目标背景下，建筑业作为碳排放量最大的行业之一，成为低碳减排的重点领域。同时，绿色创新为建筑业低碳转型提供了重要驱动力。然而，现有研究在碳排放测度方法、碳减排效应等方面仍存在分散化和结论不一致等问题。针对以上问题，本文基于国内外文献进行了系统梳理，一是总结了建筑业碳排放的主要测度方法，并深入对比了不同测度方法的应用场景和优缺点；二是围绕绿色创新的内涵，梳理了以绿色创新效率和绿色专利为代表的评价指标构建方法；三是对绿色创新对碳排放的影响机理展开评述，总结现有研究的实证结果，提炼共识和分歧；四是指出现有研究的不足之处，并指出未来可深化研究的方向。

关键词

建筑业，碳排放，测度方法，绿色创新，研究进展

A Review of Carbon Emissions and the Emission-Reduction Effects of Green Innovation in the Construction Industry

Kening Gong

School of Economics and Management, Tongji University, Shanghai

Received: November 24, 2025; accepted: December 30, 2025; published: January 7, 2026

Abstract

Against the backdrop of global “carbon peaking” and “carbon neutrality” targets, the construction

industry, as one of the largest sources of carbon emissions, has become a key sector for low-carbon mitigation. At the same time, green innovation provides an important driving force for the low-carbon transition of the construction industry. However, existing studies remain fragmented and often yield inconsistent conclusions regarding carbon emission measurement methods and emission-reduction effects. To address these issues, this paper conducts a systematic review of domestic and international literature. First, it summarizes the main methods for measuring carbon emissions in the construction industry and provides an in-depth comparison of their application scenarios, advantages and limitations. Second, focusing on the connotation of green innovation, it reviews the construction of evaluation indicators represented by green innovation efficiency and green patents. Third, it examines the mechanisms through which green innovation affects carbon emissions, synthesizes empirical findings, and distills areas of consensus and disagreement. Finally, it identifies the main limitations of current research and outlines directions for future studies.

Keywords

Construction Industry, Carbon Emissions, Measurement Methods, Green Innovation, Research Progress

Copyright © 2026 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

建筑业对环境的影响巨大，建筑在施工和使用过程中都会产生大量的碳排放，其比例在全球排放中占据主导地位。为了应对气候变化挑战，不少发达国家已经提出了建筑业碳减排目标，并出台了各种政策和举措，来促进低碳节能建筑的发展。我国在 2020 年也明确地提出到 2030 年前实现碳达峰、2060 年前实现碳中和的目标。因此，我国建筑业温室气体减排之路备受关注。

相较于资源消耗和高碳排放的传统扩张模式，绿色创新是建筑业实现高质量发展以及绿色低碳转型的重要路径之一。绿色创新通过高效节能技术、绿色建材和智能建造等手段提高资源利用效率，从源头降低建筑业能耗与排放。与此同时，绿色创新与经济发展和社会福利紧密相连，环境规制、市场需求、政策激励等因素均会对建筑业绿色创新产生较大影响。因此，全面梳理绿色创新与建筑业碳排放之间的研究进展，对于理解建筑业减排机理、完善相应政策体系具有重要意义。

近年来，学者们都开展了建筑业碳排放及与绿色创新的相关性方面的研究工作。一部分文献从建筑业碳排放测度的角度出发，运用诸如投入产出分析、生命周期评估和 IPCC 碳排放系数等方法来精确核算建筑业直接碳排放和间接碳排放。另一部分文献则关注建筑业碳排放的影响因素与时空差异，发现人口、经济、城市化、产业结构、能源结构、技术进步等因素是影响建筑业碳排放的主要驱动因素。伴随着绿色低碳转型理念的深入发展，越来越多研究开始将绿色创新纳入分析框架，探讨绿色技术创新效率、绿色专利产出与碳排放绩效之间的关系，并逐步将研究对象从宏观层面延展到中微观层面。

现有研究还存在以下不足：一是在衡量建筑业碳排放量方面，采用不同研究方法得到的研究结论存在一定差异，并且目前缺少关于不同方法之间的对比分析；二是关于绿色创新对碳排放的影响，既有文献给出了“显著抑制”“抑制但不显著”乃至“门槛效应”等多种结论，其背后的作用机制仍有待进一步探究；三是针对建筑业这一典型的高碳密集型行业，针对绿色创新与碳减排之间的专门性研究较为匮乏。

乏，尤其是缺乏对区域异质性和政策环境差异的充分关注。

为此，本文从“碳排放测度－绿色创新－减排效应”这一逻辑主线出发，对建筑业碳排放与绿色创新减排效应的研究成果进行系统梳理与评述。不同于既有多聚焦于工业或制造业的绿色低碳综述，本文以建筑业为切入点：一方面，全面梳理总结了建筑业碳排放核算方法与建筑业绿色创新绩效评价体系；另一方面，从理论机理与经验证据两个维度归纳绿色创新对碳排放的影响效应，提炼学界主要共识与分歧，并在此基础上提出未来研究方向，以期为完善建筑业绿色发展政策体系提供参考。

2. 研究方法与文献检索

2.1. 文献数据来源与检索策略

本文采用文献综述方法，系统梳理近十年来建筑业碳排放与绿色创新减排效应相关研究。数据来源方面，选取 Web of Science 核心合集、中国知网作为主要文献数据库，系统检索了 2015 年 1 月至 2025 年 6 月期间发表的，与“建筑业”“绿色创新”“碳排放”等主题相关的文献共 546 篇。在检索策略上，以“绿色创新”“绿色技术创新”“建筑业碳排放”等为核心关键词组合，并在此基础上依据初筛结果进一步扩展同义词及相关主题词。

文献纳入标准包括：① 研究内容涉及绿色创新与建筑业碳排放；② 具备清晰的方法与数据支撑；③ 为同行评审期刊或高水平会议论文。排除标准包括：描述性或无实证内容文献、重复发表的研究等。

2.2. 研究方法与分析框架

方法上，本文采用定性文献综述与对比分析方法对既有研究进行系统梳理。

首先，依据研究关注点，将纳入文献划分为“建筑业碳排放测度”“绿色创新测度”“绿色创新的减排效应”三类。其次，对各类研究进行总结比较：第 3 节梳理建筑业碳排放测度方法；第 4 节讨论建筑业绿色创新的内涵与测度；第 5 节总结绿色创新与碳减排的关系及争议点。最后，结合建筑业情境特征，构建整合分析框架，提出研究小结与未来展望。

3. 建筑业碳排放研究进展

在建筑的整个生命周期中，建筑使用阶段的碳排放占总量的大部分，因为建筑在使用过程中需要消耗大量能源，特别是供暖、制冷和照明等设施的能耗较高。从建筑业碳排放的构成成分来说，建筑业间接能耗占比巨大，投入到建筑业的材料、设备等的隐含能耗占绝对比例，相较而言，施工过程能耗所占比例小。另外，建筑业碳排放与建筑类型、建筑能效、建筑材料、技术有关。

在建筑业碳排放测度方面，存在投入产出分析法、生命周期评估法、关联碳排放和 IPCC 碳排放系数法等几种常见的测度方法，其核算原理、适用尺度与主要优缺点存在明显差异(见表 1)。

从现有文献来看，从微观到宏观层面，存在着多种用于衡量建筑业碳排放的工具。在微观层面，生命周期评估法成为估算建筑业碳排放的重要研究方法，主要以单体建筑或特定建筑类型为研究对象，细致拆解各阶段的碳排放结构，精准识别关键减排环节，但也受到数据采集等约束，且整体上以案例研究为主，可推广性有限。在宏观层面，IPCC 碳排放系数法和投入产出分析法是两种应用最广泛的方法，能够有效捕捉建筑业产业链的隐含碳，但前者对隐含碳的识别较为粗略，后者严重依赖于投入产出表的更新频率和部门划分精度。关联碳排放法处于中间地带，在一定程度上缓解了数据约束，但也引入了新的口径争议。未来的研究，需要进一步加强数据标准化和统一核算口径，为后续评估绿色建筑的真实减排效果奠定更坚实的基础。

Table 1. Comparison of methods for measuring carbon emissions in the construction industry
表 1. 建筑业碳排放测度方法的比较

方法	投入产出分析法	生命周期评估法	关联碳排放	IPCC 碳排放系数法
核算原理	通过构建建筑业及相关部门的投入产出表, 来反映建筑业最终需求对上下游部门能源消耗与排放的拉动效应。	从建筑全生命周期视角出发, 将建材生产、施工建造、运营使用以及拆除回收等阶段纳入统一的核算框架, 能够完整地反映出建筑全生命周期碳排放量。	依据特定部门的能源消耗和经济相关性, 将与建筑活动相关的部分排放(如建材生产、运输等)按一定规则“分摊”到建筑业, 用于估算建筑相关间接排放。	IPCC 指南中提出的能源排放系数可用于将建筑行业的各种能源消耗(电力、天然气、热力等)转化为碳排放, 从而进一步区分直接排放和间接排放。
代表性研究	Li 等(2025)采用全球多区域投入产出模型发现, 1990~2022 年间全球建筑业碳足迹翻倍增长的趋势 [1]。	早期研究如 Cole 和 Kernan (1996)基于 LCA 系统评估了办公建筑各阶段的能耗结构, 为后续研究奠定了重要的方法论基础[2]。Huang 等(2024)强调在规划等早期阶段开展 LCA 评估可带来 50%~80% 的减排潜力[3]。	参考中国建筑节能协会 (2025)《中国城乡建设领域碳排放研究》报告, 在国家宏观统计数据基础上, 将建材生产、建筑施工等排放按行业与用途进行拆分和关联, 用于表征“建筑与建造”领域的总体碳排放[6]。	IPCC (2006)《国家温室气体清单指南》为各部门能源活动给出了标准排放系数[4]; Niu 等(2025)基于 IPCC 系数法测算出了 2004~2021 年中国建筑业碳排放, 并考察数字化投入对碳排放强度的影响[5]。
适用尺度	国家/区域宏观层面, 中长期趋势分析。	单体建筑或特定建筑类型、项目层面评估。	区域或行业层面建筑碳排放的拆分与比较。	国家/省级宏观层面, 适用于长期序列分析。
主要优点	能刻画出建筑业供应链中的隐含碳。	能反映建筑全生命周期各阶段碳排放结构。	能在缺乏完整投入产出表的情况下, 对建筑间接排放近似估算。	方法相对简单、数据需求明确, 便于与其他部门或国家比较。
主要局限	严重依赖于投入产出表更新频率和部门划分精度。	数据需求量大、采集成本高。	关联规则带有较强主观性, 易受口径设定影响。	建筑业间接排放多通过简单系数估算, 识别较为粗略。

4. 建筑业绿色创新研究进展

4.1. 建筑业绿色创新的内涵

在概念上, Rennings 于 2000 年提出“生态创新”的概念, 并从技术、社会、制度三个层面界定“面向可持续发展的创新”[7]。Rodrigues 等(2023)指出, “绿色创新”“环境创新”“生态创新”“可持续创新”等术语在大量研究中交替使用, 其本质都是运用技术手段和管理措施来缓解环境问题、促进可持续发展[8]。鉴于建筑业具有高能耗、高排放和长生命周期等特征, 建筑业需要积极推行绿色技术创新, 注重全生命周期的节能减排, 推动城市可持续发展。实现建筑业绿色创新并不是某一单一要素投入或投资驱动, 而是由多方面系统协调发展的结果。

在实践中, 建筑业绿色创新通常是通过一系列制度和技术措施来实现的。GB/T 50378-2019《绿色建筑评价标准》通过星级评价和指标体系, 将节能、节水、节材和室内环境等要求嵌入建筑的全生命周期, 鼓励企业在围护结构、机电系统和可再生能源利用等方面不断创新, 从而降低单体建筑的运营能耗与碳排放[9]; 装配式建筑主要基于构件工厂化预制和现场组装, 这减少了施工阶段的材料浪费, 并显著提高了低碳建造工艺的可推广性[10]; BIM 技术应用则通过三维信息模型和碳排模拟, 将各种设计方法的碳排放可视化, 并优化整个管理流程[11]。此外, 既有建筑的节能改造也在不断探索减排的方法, 例如通过外墙保温等措施。然而, 建筑业绿色创新在推广过程中也普遍面临前期投入成本高、产业链配套和人才

储备不足、协同机制与标准体系不完善等现实阻力。因此，许多项目的潜在减排效果在一定程度上被低估了。

4.2. 建筑业绿色创新的测度

在绿色创新的量化测度方面，可以分为宏观和微观两方面来展开探讨。宏观层面的研究多以绿色专利数量作为某区域绿色创新水平的代表性指标[12]。然而，如果仅以绿色专利申请数量或绿色专利授权数量来简单衡量区域绿色创新水平，则可能高估了“数量”而低估了“质量”，导致实证结果说服力偏弱。微观层面的绝大多数研究则是以投入-产出为核心思路展开对于建筑业上市公司绿色创新效率的评估。其主要选取 R&D 投入、环保投入等作为投入变量，以绿色专利产出、绿色产品收入或污染减排绩效作为产出变量，来计算建筑业上市公司的绿色创新效率[13]。然而，该方法仍会存在一些缺陷，比如，早期上市公司数据披露不完备，研究数据缺乏连续性，导致研究结果缺乏有效性和可靠性。

由此，现有研究在宏观层面偏重专利数量，对专利质量和技术应用程度等维度关注不足；基于投入产出效率的研究则更多地受限制于公司数据披露的完备性。

5. 绿色创新对建筑业碳排放影响相关研究

就“绿色创新是否以及如何推动建筑业碳减排”这一问题而言，国内外学者纷纷在不同地区和行业展开了大量实证检验，详见表 2。尽管研究思路和方法各有不同，但在几个关键点上却存在着高度共识。多数研究认为，绿色创新对碳排放表现为“减排”或“增效”的作用[14] [15]。但在减排效应的显著性、非线性与门槛效应、环境政策工具效果分化等方面仍存在较大争议。

Table 2. Main research conclusions on the impact of green technology innovation on carbon emissions

表 2. 绿色技术创新对碳排放影响的主要研究结论

研究作者与年份	理论基础	研究方法	主要结论	解释机制或争议点
杨浩昌等(2023) [14]	回弹效应理论	面板回归模型	提高碳排放效率但存在“回弹效应”，部分减排被抵消	技术提升能效同时诱发产出扩张，减排效果受限
Zhao 等(2024) [15]	创新驱动发展理论	面板回归模型	数字经济越发达，绿色创新对碳减排越有效	数字化提高绿色技术扩散与转化效率，强化绿色创新减排能力
Chen 等(2023) [16]	环境库兹涅茨曲线	空间杜宾模型	存在“倒 U 型”关系与空间溢出效应，减排效应非线性	初期投入带来排放增加，后期才显著减排；区域间存在技术扩散
Zhao 等(2023) [17]	门槛效应理论	面板门槛回归模型	创新强度低时无效，高于阈值后减排效果显著	存在明显门槛；绿色创新需积累超越特定水平才显效
Shen 等(2021) [20]	波特假说 实证检验	DID 模型	碳交易试点提升绿色创新，有效降低碳排放	环保政策构建正向激励机制
Zhang 等(2025) [21]	合规成本视角	面板回归模型 + 案例分析	规制成本过高可能使企业回避投入，减弱绿色创新影响	环境政策若设计不当，反致企业“消极应对”，抑制绿色创新

第一，对于绿色创新减排效应的显著性，学界尚存分歧。尽管一部分研究获得了“绿色创新显著抑制碳排放”的结论，但也有不少研究发现绿色创新与碳排放之间的关系并不稳健[16]。一种主流的解释是，绿色创新需要在短期内投入大量研发资金和初始资本，这可能伴随着产能扩张和设备更新，从而增加能源消耗和碳排放。只有当绿色技术得到较大规模应用并融入生产和消费体系后，其减排效果才会逐步显现。这在建筑业尤为突出，装配式建筑、BIM 项目等往往需要较高的前期投入，导致短期内绿色创新与碳排放间的关联并不稳定。

第二，对于绿色创新与碳排放之间的关系，学界并未形成统一共识。部分研究基于线性模型，认为绿色创新对碳排放具有单调的抑制作用。但越来越多的学者在研究中引入二次项、门槛项或空间溢出效应后发现，二者之间可能存在倒U型、U型或明显的门槛效应等[16][17]。进一步追溯争议根源，绿色创新的减排效果存在“非均衡性”的原因在于：企业一般需要跨越一定资金与能力门槛去提升绿色创新，而中小建筑企业受限于技术积累与协同资源，往往难以突破临界点。

第三，在中国建筑业情境下环境政策工具与绿色创新关系的适用性。在理论层面，“波特假说”最早由 Porter 等人(1995)提出，认为适度规制可以激发企业绿色创新动力[18]。后续研究在此基础上进一步将“波特假说”细分为弱、窄、强三个版本[19]，分别探讨规制对创新、绩效以及特定行业竞争力的影响。然而，在实践中，对于绿色建筑强制标准、装配式建筑比例要求等行业政策而言，如果配套的财政补贴、绿色金融和技术服务体系不到位，也容易出现“规制强度加强，但企业只是被动应付，从而削弱了绿色创新的碳减排效果”的情况[21]。因此，制度执行的不确定性也加剧了减排效果的波动性，导致环境政策工具的有效性存在差异。

6. 小结与展望

本文在对国内外研究系统梳理的基础上，构建了如图1所示的整合分析框架。该框架将外部驱动因素、创新主体、创新过程、直接与间接的减排效应纳入同一逻辑链条。由此，图1不仅为理解建筑业绿色发展创新促进碳减排的内在机理提供了总体图景，也为未来研究方向提供了清晰的逻辑支撑。

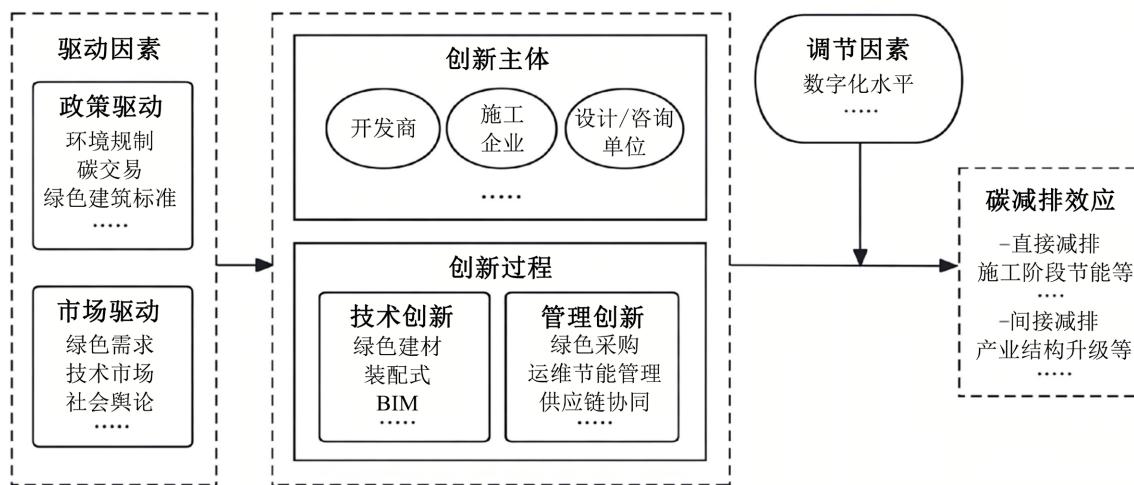


Figure 1. An integrated analytical framework for the impact of green innovation in the construction industry on carbon emissions
图1. 建筑业绿色创新影响碳排放的整合分析框架

总体来看，现有研究在建筑业碳排放量量化、绿色创新指标构建以及绿色创新与碳排放量之间的关系等方面取得了较为丰富的成果。然而，研究结论也表明了学界在碳排放的不同核算方法、绿色创新减排效应的显著性及其线性关系、环境政策工具的有效性等方面，仍存在诸多分歧，有待进一步厘清。结合上述整合分析框架，这些分歧可以被视为不同创新类型及调节情境下，绿色创新减排效应在呈现路径与结果上的差异，为后续开展更细致的机制研究预留了空间。

展望未来，相关研究可以朝以下几个方向进一步拓展：第一，进一步细化和完善建筑业碳排放核算边界，结合全生命周期评价、IPCC 碳排放系数等多种方法，构建建筑行业更精确的碳排放计量体系；第二，构建兼顾“数量”和“质量”的建筑业绿色创新指标体系，可以结合专利质量、技术应用强度、管理

创新等，提升指标对建筑业特征的适配程度；第三，进一步开展机制识别研究，可以对技术路径、产业结构升级、企业行为调整进行细分识别；第四，设计开发“城市-区域-行业”多层次一体化协同治理框架，可以重点关注能源结构调整、产业结构调整、城市规划等政策工具。上述研究的持续推进，有望为完善建筑业差异化绿色发展政策体系提供更加科学的实证依据和决策参考。

参考文献

- [1] Li, C., Pradhan, P., Chen, G., Kropp, J.P. and Schellnhuber, H.J. (2025) Carbon Footprint of the Construction Sector Is Projected to Double by 2050 Globally. *Communications Earth & Environment*, **6**, Article No. 831. <https://doi.org/10.1038/s43247-025-02840-x>
- [2] Cole, R.J. and Kernan, P.C. (1996) Life-Cycle Energy Use in Office Buildings. *Building and Environment*, **31**, 307-317. [https://doi.org/10.1016/0360-1323\(96\)00017-0](https://doi.org/10.1016/0360-1323(96)00017-0)
- [3] Huang, Z., Zhou, H., Miao, Z., Tang, H., Lin, B. and Zhuang, W. (2024) Life-Cycle Carbon Emissions (LCCE) of Buildings: Implications, Calculations, and Reductions. *Engineering*, **35**, 115-139. <https://doi.org/10.1016/j.eng.2023.08.019>
- [4] Eggleston, H.S., Buendia, L., Miwa, K., et al. (2006) 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories.
- [5] Niu, B., Xue, X., Sai, Y. and Xu, J. (2025) Impact of Digitalization Inputs on CO₂ Emissions in China's Construction Industry under the “Dual Carbon” Goal. *Energy and Buildings*, **344**, Article ID: 116014. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2025.116014>
- [6] 中国建筑节能协会, 重庆大学. 中国城乡建设领域碳排放研究报告(2024 年版) [R]. 北京: 中国建筑节能协会, 2025.
- [7] Rennings, K. (2000) Redefining Innovation—Eco-Innovation Research and the Contribution from Ecological Economics. *Ecological Economics*, **32**, 319-332. [https://doi.org/10.1016/s0921-8009\(99\)00112-3](https://doi.org/10.1016/s0921-8009(99)00112-3)
- [8] Rodrigues, M. and Franco, M. (2023) Green Innovation in Small and Medium-Sized Enterprises (SMEs): A Qualitative Approach. *Sustainability*, **15**, Article No. 4510. <https://doi.org/10.3390/su15054510>
- [9] 国家市场监督管理总局, 国家标准化管理委员会. 绿色建筑评价标准: GB/T 50378-2019 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2019.
- [10] Li, C.Z., Tam, V.W., Lai, X., Zhou, Y. and Guo, S. (2024) Carbon Footprint Accounting of Prefabricated Buildings: A Circular Economy Perspective. *Building and Environment*, **258**, Article ID: 111602. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2024.111602>
- [11] Liu, Z., Li, P., Wang, F., Osmani, M. and Demian, P. (2022) Building Information Modeling (BIM) Driven Carbon Emission Reduction Research: A 14-Year Bibliometric Analysis. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, **19**, Article No. 12820. <https://doi.org/10.3390/ijerph191912820>
- [12] Li, M., Tian, Z., Liu, Q. and Li, X. (2024) Factors Contribution to Differences of Green Innovation in China. *Sage Open*, **14**. <https://doi.org/10.1177/21582440241277298>
- [13] 张云华, 孙娅, 谢洪涛, 等. 建筑企业绿色技术创新效率评价及其影响因素——基于三阶段数据包络分析(DEA)与Tobit 模型的研究[J]. 科技管理研究, 2024, 44(23): 60-68.
- [14] 杨浩昌, 钟时权, 李廉水. 绿色技术创新与碳排放效率: 影响机制及回弹效应[J]. 科技进步与对策, 2023, 40(8): 99-107.
- [15] Zhao, Z., Zhao, Y., Shi, X., Zheng, L., Fan, S. and Zuo, S. (2024) Green Innovation and Carbon Emission Performance: The Role of Digital Economy. *Energy Policy*, **195**, Article ID: 114344. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2024.114344>
- [16] Chen, H., Yi, J., Chen, A., Peng, D. and Yang, J. (2023) Green Technology Innovation and CO₂ Emission in China: Evidence from a Spatial-Temporal Analysis and a Nonlinear Spatial Durbin Model. *Energy Policy*, **172**, Article ID: 113338. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2022.113338>
- [17] Zhao, X., Xu, H., Yin, S. and Zhou, Y. (2023) Threshold Effect of Technological Innovation on Carbon Emission Intensity Based on Multi-Source Heterogeneous Data. *Scientific Reports*, **13**, Article No. 19054. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-46406-3>
- [18] Porter, M.E. and Linde, C.V.D. (1995) Toward a New Conception of the Environment-Competitiveness Relationship. *Journal of Economic Perspectives*, **9**, 97-118. <https://doi.org/10.1257/jep.9.4.97>
- [19] Ambec, S., Cohen, M.A., Elgie, S. and Lanoie, P. (2013) The Porter Hypothesis at 20: Can Environmental Regulation Enhance Innovation and Competitiveness? *Review of Environmental Economics and Policy*, **7**, 2-22. <https://doi.org/10.1093/reep/res016>

-
- [20] Shen, W., Wang, Y. and Luo, W. (2021) Does the Porter Hypothesis Hold in China? Evidence from the Low-Carbon City Pilot Policy. *Journal of Applied Economics*, **24**, 246-269. <https://doi.org/10.1080/15140326.2020.1858224>
 - [21] Zhang, W., Hsu, S., Lee, C. and Wei, H. (2025) Responses of Green Innovation to Carbon Emission Policies in China's Construction Industry. *Resources, Conservation and Recycling*, **219**, Article ID: 108326. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2025.108326>