

# 环境规制对建筑业减排的影响研究

## ——绿色技术创新的中介作用

操乐文<sup>1</sup>, 魏志浩<sup>1</sup>, 王 强<sup>2</sup>

<sup>1</sup>江苏大学财经学院, 江苏 镇江

<sup>2</sup>江苏大学京江学院, 江苏 镇江

收稿日期: 2023年6月19日; 录用日期: 2023年7月31日; 发布日期: 2023年8月9日

### 摘 要

基于2011年~2022年中国各省市建筑业能源消耗数据, 应用中介效应模型, 探究环境规制对建筑业减排的影响以及绿色技术创新在其中的中介效应。结果表明: 环境规制对建筑业减排具有显著的正向影响; 绿色技术创新在环境规制对建筑业减排的影响中发挥了部分中介作用; 环境规制会抑制绿色技术创新。

### 关键词

环境规制, 绿色技术创新, 建筑业减排, 中介效应模型

# Research on the Impact of Environmental Regulations on Emission Reduction in the Construction Industry

## —The Mediating Role of Green Technology Innovation

Lewen Cao<sup>1</sup>, Zhihao Wei<sup>1</sup>, Qiang Wang<sup>2</sup>

<sup>1</sup>School of Finance and Economics, Jiangsu University, Zhenjiang Jiangsu

<sup>2</sup>Jingjiang College, Jiangsu University, Zhenjiang Jiangsu

Received: Jun. 19<sup>th</sup>, 2023; accepted: Jul. 31<sup>st</sup>, 2023; published: Aug. 9<sup>th</sup>, 2023

### Abstract

Based on the data from 2011~2022 on energy consumption in China's construction industry, this study applies a mediation model to examine the impact of environmental regulations on emission

**reduction and the mediating role of green technology innovation. Results show that environmental regulations positively impact emission reduction, while green technology innovation partially mediates this effect. However, environmental regulations may also suppress green technology innovation.**

## Keywords

**Environmental Regulation, Green Technology Innovation, Emission Reduction in the Construction Industry, Mediating Effect Model**

Copyright © 2023 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

建筑业作为我国经济发展的重要推动力之一，是不可替代的经济发展支柱，然而其高能耗高污染的发展方式对我国的可持续发展和环境保护造成了巨大的负担。2020年全国建筑全过程碳排放总量为50.8亿吨，二氧化碳占全国碳排放的比例为50.9%。虽然分阶段碳排放增速明显放缓，但减排压力仍然巨大[1]。

中国政府向来重视并积极承担减排责任。2020年9月，习近平主席在第七十五届联合国大会一般性辩论上宣布：中国二氧化碳排放力争于2030年前达到峰值，努力争取2060年前实现碳中和；《“十四五”节能减排综合工作方案》中明确建筑业绿色升级是减排工程的重点；2023年政府计划报告中，将加快建筑领域绿色转型作为2023年国民经济和社会发展的主要任务；二十大报告重点强调，“推动建筑领域清洁低碳转型，要加快发展方式绿色转型”。党的十八大以来，中国大力推进生态文明建设，积极参与全球气候治理，实施一系列环境规制措施应对气候变化。2022年3月，住房和城乡建设部印发《“十四五”建筑节能与绿色建筑发展规划》，提出到2025年完成建筑节能改造面积3.5亿立方米；2022年4月，生态环境部印发《“十四五”环境影响评价与排污许可工作实施方案》，推动生态环境分区管控成果落地；2022年11月，工业和信息化部印发《关于印发建材行业碳达峰实施方案的通知》，鼓励各地区因地制宜发展绿色建材。

环境规制政策将环境成本内部化，倒逼企业进行绿色技术创新，是实现建筑业绿色发展的关键，而绿色技术创新是绿色发展的重要动力。推动绿色发展是全面建设社会主义现代化国家的内在要求，是社会主义现代化生态文明建设的应有之意。因此，本文探索环境规制对于建筑业减排的影响，同时考虑绿色技术创新在其中的中介作用，从而为环境规制的研究做贡献，并为完善环境政策与实践提供理论依据。

## 2. 文献综述

目前关于中国建筑业碳排放的研究发现，2000~2020年中国建筑业碳排放表现出显著的增长趋势，主要原因是建筑业总产值的增长、建筑业规模效率的降低[2]。因此建筑业能源强度的降低是其节能减排的关键[3]，这意味着碳生产率的提高能够促进建筑业减排。而环境规制能够促进中国建筑业碳生产率的提高[4]，这种影响可能是非线性的，研究表明环境规制对行业转型升级的影响在呈现J型特征，且具有明显的区域异质性[5]。也有学者运用结构分解法(SDA)与对数均值迪氏分解法(LMDI)对建筑业碳排放的驱动因素进行研究，研究发现能源强度效应、收入效应以及最终需求效应对中国建筑业二氧化碳排放的贡献最大[6][7]。

目前有关环境规制的研究大聚焦于验证波特假说。波特假说认为,适度的环境规制能够倒逼企业进行绿色技术创新来提高市场竞争力,形成“创新补偿效应”[8]。在企业层面,环境规制主要影响企业的创新意愿、竞争力以及减排意愿等因素,从而对企业绿色创新行为造成影响,研究表明环境规制对企业各类绿色技术创新影响的有效性明显[9],但同时环境规制的效果受到企业异质性影响,且政策之间的相互作用也会产生不同的效应[10]。进一步而言,环境规制可被分成不同类型,其对行业绿色技术创新的影响也有所差异[11]。双重市场激励型规制显著促进了行业绿色创新[12],命令控制型环境规制对绿色技术创新的影响不显著,而激励型环境规制在推动绿色技术创新方面发挥主要作用[13]。同时,环境规制政策在短期内可能会抑制建筑业经济增长[14],但整体而言,环境规制对绿色技术创新促进行业绿色转型[15]有着正向调节作用。

通过对相关国内外文献的梳理,可以发现,当前文献有关中国建筑业碳排放的相关研究已经趋于成熟,理论依据和数据支持充分。但目前的研究没有充分体现环境规制影响建筑业减排的路径,特别是绿色技术创新在其中作用。鉴于此,本文基于2011年~2022年中国各省市建筑业二氧化碳排放的面板数据,研究环境规制对建筑行业碳排放的影响,并引入了绿色技术创新作为中介因素。

### 3. 理论假设与模型构建

#### 3.1. 理论假设

环境规制属于政府社会性规制的重要范畴,其主体为政府及社会公共机构,对象主要为企业。按照环境规制工具作用方式的不同,环境规制政策可分为命令-控制型环境规制、市场型环境规制与自愿型环境规制。由于环境资源的稀缺性、环境污染的严重性,企业应该承担与使用环境资源相对应的责任。具体而言,由于化石能源的不可持续性以及企业活动所造成污染的负外部性,政府通过行政手段对行业内的生产经营活动进行调节,即环境污染负外部性内部化的过程,以实现可持续的环境和经济发展。环境污染负外部性内部化的过程也是企业为环境要素的使用付费的过程。在此过程中,政府通过制定环境政策并严格执行来约束企业的污染排放行为,具体体现为企业使用化石能源的成本增加,从而降低了对化石能源的需求。长期来看,企业为符合环境规制政策的要求,会积极响应政策进行减排,具体体现为更新传统设备及技术,进行绿色技术创新等。其次,政府通过推行环境规制举措打造绿色示范工程类标杆项目,能够发挥引领带动作用,从而逐渐形成规模效应,助力中国低碳转型[16]。环境规制政策能够驱动企业在两方面进行污染处理:一方面是在生产端进行清洁生产,另一方面是在末端进行污染物处理[17]。基于此,本文提出假设 H1:

H1: 环境规制对建筑业减排具有显著的正向影响;

绿色技术创新是协调生态文明建设和经济发展的关键因素。企业为最大限度满足环境规制政策的要求,通常会加大对污染治理技术创新、传统生产工艺改进的投入,这促进了绿色技术进步[18]。另一方面,绿色技术创新在建材生产与施工建造两个角度降低建筑行业碳排放,例如水泥生产过程减碳以及使用装配式建筑模式[19]。基于此,本文提出假设 H2:

H2: 绿色技术创新在环境规制对于建筑业减排的影响中发挥中介作用。

#### 3.2. 模型设定

参考温忠麟(2014)的做法[20],建立以下基础模型:

$$Y = cX + e_1 \quad (1)$$

$$M = aX + e_2 \quad (2)$$

$$Y = c'X + bM + e_3 \quad (3)$$

其中(1)式的系数  $c$  为解释变量  $X$  对于被解释变量  $Y$  的总效应, (2)式中的系数  $a$  是解释变量  $X$  对于中介变量  $M$  的效应, (3)式中的系数  $b$  是剔除解释变量  $X$  对于被解释变量  $Y$  的影响后, 中介变量  $M$  对于被解释变量  $Y$  的效应。将(2)式代入(3)式与(1)式相比较可以得到总效应  $c = c' + ab$ 。

1) 被解释变量: 本文被解释变量为建筑业能耗水平( $Y_C$ )。考察环境规制和绿色转型对于建筑业减排的影响, 最直观地体现在建筑业能耗上。本文选取各省的建筑业能耗(单位: 亿吨标准煤)作为建筑业能耗水平指标。

2) 核心解释变量: 本文核心解释变量为环境规制强度(ERS), 本文参考傅京燕等(2010)的计算方法, 选取废水排放量、 $SO_2$  排放量和固体废物综合利用量三个指标, 采用改良的熵值法构建环境规制强度, 首先对数据进行标准化处理, 之后再求得熵值及指标权重, 最后通过加权求得即为环境规制强度(ERS)。

3) 中介变量: 本文中介变量为企业绿色技术创新(GTI), 本文参考齐绍洲等(2018)的做法, 根据世界知识产权组织(WIPO)与 2010 年推出的《国际专利绿色分类清单》所界定的七大类绿色专利 IPC 码对专利进行筛选, 再将绿色发明专利和绿色实用新型专利进行加总得到。

4) 控制变量: 本文选取建筑业总产值(CGDP)、建筑业从业人员当量(NP)、规模以上工业企业 R&D 投入(R&D)以及建筑业劳动生产率(LP)四个方面作为本文的控制变量。

参考邹志明等(2022)的做法[21], 本文构建如下中介效应模型:

$$Y_C = \beta_0 + cERS + \alpha Control_{it} + \varepsilon_0 \quad (4)$$

$$GTI = \beta_1 + aERS + \alpha Control_{it} + \varepsilon_1 \quad (5)$$

$$Y_C = \beta'_0 + c'ERS + bGTI + \alpha' Control_{it} + \varepsilon_2 \quad (6)$$

本文的中介效应检验流程如下, 首先对(4)式进行回归, 检验 ERS 的系数  $c$  是否显著, 如果不显著则代表环境规制和建筑业减排之间不存在稳定的关系, 中介效应检验终止; 如果显著, 则第一步检验通过, 进入第二步的检验, 对(5)式 ERS 的系数  $a$  和(6)式 ERS 的系数  $c'$  和 GTI 的系数  $b$  进行检验, 若  $c'$  不显著则说明 GT 发挥的是完全中介作用, 环境规制只能通过绿色转型来影响建筑业减排, 反之, 若  $c'$  显著且  $a$ 、 $b$  均显著, 则说明 GTI 发挥了部分中介作用, 环境规制一方面直接影响建筑业减排, 另一方面通过影响绿色技术创新影响建筑业减排。

## 4. 实证结果与分析

### 4.1. 数据来源

本文选取 2011~2022 年我国内地 30 个省市建筑业的相关面板数据(西藏的相关数据有所缺失故不纳入统计)进行研究, 所有原始数据均来自《中国统计年鉴》《中国能源统计年鉴》《中国建筑业统计年鉴》《中国建筑能耗研究报告 2022》及各省年报等。数据的处理方面, 核心解释变量环境规制强度(ERS)采用改良的熵值法处理, 其余变量均使用绝对值数据。

### 4.2. 描述性统计分析

采用 Stata16.0 对所选取的各个变量进行描述性统计分析, 结果如表 1 所示: 各省份环境规制相差不大, 表明中国正在大力推动环境规制政策; 但各省建筑业能耗以及绿色技术创新水平有较大差异, 这表明了中国各省科技发展水平不均匀。

### 4.3. 中介效应分析

中介效应的检验结果如表 2 所示, 列(1)结果表明环境规制对建筑业减排具有正向影响作用, 且在 1%

水平上显著, 假设 H1 得证。同时, 环境规制抑制了绿色技术创新, 原因可能是由于环境规制使得建筑业企业运营成本大大增加, 在技术创新方面的研发投入资本也会因此减少。

**Table 1.** Descriptive statistics of sample data for each variable

**表 1.** 各变量样本数据的描述性统计

变量	样本量	平均值	标准差	最小值	最大值
ERS	360	0.0041386	0.00251	0.0013051	0.014268
$Y_c$	360	7853.561	4986.732	816.51	368270.81
GTI	360	69421.11	90172.31	437	593,000
CGDP	360	5906.478	5844.26	255.47	36418.32
NP	360	165.854	189.815	5.19	823.76
R&D	360	3,460,000	4,270,000	57,760	26,300,000
LP	360	337,000	92094.85	135,000	861,000

由列(3)可见, 在列(1)的基础上加入绿色技术创新后, 环境规制的系数下降, 表明存在部分中介效应。此外, 本文采用偏差校正后的 bootstrap 方法对中介效应作进一步验证。检验结果见表 3, 间接效应与直接效应的 95%置信区间都不包含 0, 说明中介效应存在, 绿色技术创新的中介效应占总效应的比例为 9.27%, 假设 H2 得证。

**Table 2.** Test of mediation effect

**表 2.** 中介效应检验

	(1)	(2)	(3)
	$Y_c$	GTI	$Y_c$
ERS	96631.3*** (11.89)	-3846180.1** (-4.61)	879134.8*** (10.45)
CGDP	-0.0491 (-0.38)	12.34*** (7.68)	0.237 (1.44)
NP	1.887 (0.54)	-227.4*** (-4.83)	-3.746 (-0.81)
R&D	0.000763*** (8.60)	0.0178*** (19.57)	0.000981*** (8.07)
LP	-0.00388 (-1.20)	-0.0204 (-0.86)	-0.00417 (-1.17)
GTI			-0.0312*** (-3.85)
Constant	2876.9** (3.07)	972140 (0.86)	3099.4** (2.75)
样本量	360	360	360
中介效应占比		9.27%	

注: \*\*、\*、\*分别表示在 1%、5%和 10%的统计水平上显著, 括号内为 z 值。

**Table 3.** Results of bootstrap test  
**表 3.** bootstrap 检验结果

	系数	标准误	Z	P >  z	95%置信区间
间接效应	90860.5***	18611.89	4.74	0	54284.855, 131,000
直接效应	872610.1***	93646.3	9.31	0	672,000, 1,150,000

## 5. 结论与建议

本文基于 2011 年~2022 年中国各省市建筑业能耗数据,研究了环境规制对建筑业减排的影响,并构建中介效应模型探究其影响路径,得到以下结论:第一,环境规制对建筑业减排有显著的正向作用;第二,绿色技术创新会受到环境规制的影响,且绿色技术创新在环境规制对建筑业减排的影响中发挥了部分中介效应,占总效应的 9.27%;第三,环境规制对绿色技术创新有抑制作用。

基于此,本文提出以下建议:以牺牲环境为代价的行业发展不具有可持续性,根据本文的研究结论,环境规制能够促进建筑业减排,因此政府应发挥好协调作用,适当提高环境规制的标准,推动建筑业减排;技术创新是大势所趋,由于环境规制会抑制绿色技术创新,因此环境规制政策的制定应循序渐进,以期减少对绿色技术创新的负面影响;专业人才的培养是每个产业可持续发展的前提,制定环境规制政策与绿色技术创新都需要专业人才,应当健全建筑业教育培训体系,制定完整合理的培训流程,为建筑业绿色发展提供人才保障。

## 参考文献

- [1] 中国建筑节能协会建筑能耗与碳排放数据专委会. 2022 中国建筑能耗与碳排放研究报告[R]. 重庆, 2022.
- [2] 袁润松, 丰超. 基于共同前沿生产理论的中国建筑业碳排放驱动因素分解: 2000-2020 年[J]. 中国人口·资源与环境, 2023, 33(1): 161-170.
- [3] 范建双, 周琳. 中国建筑业碳排放时空特征及分省贡献[J]. 资源科学, 2019, 41(5): 897-907.
- [4] 项英辉, 张豪华. 环境规制提高建筑业碳生产率了吗?——基于空间计量和门槛效应的实证分析[J]. 生态经济, 2020, 36(1): 34-39.
- [5] 童健, 刘伟, 薛景. 环境规制、要素投入结构与工业行业转型升级[J]. 经济研究, 2016, 51(7): 43-57.
- [6] Zha, D.L., Zhou, D.Q. and Zhou, P. (2010) Driving Forces of Residential CO<sub>2</sub> Emissions in Urban and Rural China: An Index Decomposition Analysis. *Energy Policy*, **38**, 3377-3383. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2010.02.011>
- [7] Shi, Q., Chen, J.D. and Shen, L.Y. (2017) Driving Factors of the Changes in the Carbon Emissions in the Chinese Construction Industry. *Journal of Cleaner Production*, **166**, 615-627. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.08.056>
- [8] Porter, M.E. and Linde, C. (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>
- [9] 汪明月, 李颖明, 王子彤. 异质性视角的环境规制对企业绿色技术创新的影响——基于工业企业的证据[J]. 经济问题探索, 2022(2): 67-81.
- [10] 沈能, 胡怡莎, 彭慧. 环境规制是否能激发绿色创新?——基于点-线-面三维框架的可视化分析[J]. 中国人口·资源与环境, 2020, 30(4): 75-84.
- [11] Zhang, J.X., Ouyang, Y., Ballesteros-Pérez, P., Li, H., Philbin, S.P., Li, Z.L. and Skitmore, M. (2021) Understanding the Impact of Environmental Regulations on Green Technology Innovation Efficiency in the Construction Industry. *Sustainable Cities and Society*, **65**, Article ID: 102647. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2020.102647>
- [12] 覃琼霞, 王晓蓬, 郭媛媛, 等. 长江经济带环境规制对工业绿色转型的影响研究[J]. 中国环境管理, 2022, 14(5): 86-94.
- [13] 陈喆, 郑江淮. 绿色技术创新能够促进地区经济高质量发展吗?——兼论环境政策的选择效应[J]. 当代经济科学, 2022, 44(4): 43-58.
- [14] 王君萍, 赵晨静, 牛波. 环境规制对建筑业经济增长的影响研究[J]. 建筑经济, 2021, 42(9): 19-22.

- 
- [15] 孙海波, 刘忠璐. 环境规制、清洁技术创新与中国工业绿色转型[J]. 科研管理, 2021, 42(11): 54-61.
- [16] 贺丹, 唐娅华, 胡绪华. 绿色服务产业政策对中国低碳经济增长的影响[J]. 资源科学, 2022, 44(4): 730-743.
- [17] 韩超, 王震, 田蕾. 环境规制驱动减排的机制: 污染处理行为与资源再配置效应[J]. 世界经济, 2021, 44(8): 82-105.
- [18] 孔东民, 石政. “双碳”目标下我国企业绿色技术创新的环境规制优化研究[J]. 税务与经济, 2022(6): 1-7.
- [19] 张季伟, 彭海婷, 张季超, 等. 绿色低碳节能建筑的发展趋势及影响[J]. 施工技术(中英文), 2021, 50(16): 92-94.
- [20] 温忠麟, 叶宝娟. 中介效应分析: 方法和模型发展[J]. 心理科学进展, 2014, 22(5): 731-745.
- [21] 邹志明, 陈迅. 环境规制约束下 FDI 对中国技术创新与经济高质量发展的影响——基于中介效应与门槛效应的机制检验[J]. 科技进步与对策, 2022, 39(13): 1-11.