张伟广,冯师钰.贸易政策稳定性的企业减排效应:基于产业纵向溢出视角 [J]. 中国环境科学, 2025,45(12):7084-7096.
Zhang W G, Feng S Y. The enterprise emission reduction effect of trade policy stability: from the perspective of vertical industrial spillover [J]. China Environmental Science, 2025,45(12):7084-7096.

贸易政策稳定性的企业减排效应:基于产业纵向溢出视角

张伟广*,冯师钰 (东北财经大学经济学院,辽宁 大连 116025)

摘要：通过构建理论模型刻画贸易政策稳定性、产业纵向溢出与企业减排间的内在逻辑,并利用双重差分模型实证检验贸易政策不确定性变化对企业减排的溢出效应及机制.研究发现:贸易政策不确定性下降的前向溢出效应每增加1单位会使得下游企业SO_2排放强度下降28%,后向溢出效应每增加1单位会使得上游企业SO_2排放强度下降16%,该结论在经过系列检验后依然稳健;异质性分析发现,贸易政策不确定性下降对企业减排的溢出效应在内资企业、高污染行业和中西部地区的企业中表现更为显著;机制分析表明,贸易政策不确定性下降的前向溢出能够通过激发源头创新、改进能源结构作用于企业减排,后向溢出能够通过促进末端污染处理技术进步作用于企业减排,且前向、后向溢出均能通过优化企业要素投入结构、提升行业资源配置效率作用于企业减排.研究结论为推动新发展格局构建和高水平对外开放体制机制完善提供了经验证据和政策参考.

关键词：贸易政策不确定性；产业纵向关联；企业减排；溢出效应
中图分类号：X32 **文献标识码**：A **文章编号**：1000-6923(2025)12-7084-13

The enterprise emission reduction effect of trade policy stability: from the perspective of vertical industrial spillover. ZHANG Wei-guang*, FENG Shi-yu (School of Economics, Dongbei University of Finance and Economics, Dalian 116025, China). *China Environmental Science*, 2025,45(12)：7084~7096

Abstract：This study constructed a theoretical model to delineate the inherent linkages among TPU, vertical industrial spillovers, and enterprise emission reduction, and empirically examined the spillover effects and underlying mechanisms of TPU changes on enterprise emission reduction using a difference-in-differences model. The study demonstrated that: Every unit increase in the forward spillover effect of TPU reduced the SO_2 emission intensity of downstream enterprise by 28%, and every unit increase in the backward spillover effect reduced the SO_2 emission intensity of upstream enterprise by 16%, This conclusion remained robust after a series of tests; Heterogeneity analysis found that the spillover effect of the decline in TPU on enterprise emission reduction was more significant in domestic-funded enterprise, highly polluting industries, and enterprise in central and western regions; Mechanism analysis showed that the forward spillover of the decline in TPU can affect enterprise emission by stimulating source innovation and improving the energy structure. The backward spillover can affect enterprise emission by promoting the progress of end-of-pipe pollution control technology. Moreover, both forward and backward spillovers can affect enterprise emission by optimizing the factor input structure of enterprise and improving the efficiency of industry resource allocation. The research findings of this paper provided empirical evidence and policy references for facilitating the construction of a new development paradigm and improving the institutional mechanisms for high-standard opening-up.

Key words：trade policy uncertainty；vertical industrial linkage；enterprise emission reduction；spillover effect

中国现代化的实现离不开国内经济社会绿色低碳发展的持续推进,也需要高水平对外开放,加快培育绿色贸易新动能.我国历来持续致力于构建绿色贸易体系,在此过程中,推动工业部门、尤其是制造业企业实现污染物减排,是达成中国绿色发展目标的关键所在.作为世界上最大的出口国之一,我国当前面临的贸易环境呈现高度复杂性与脆弱性,而贸易政策不确定性冲击对企业的影响绝非个体层面的孤立响应,而是通过产业纵向溢出放大风险传导,显著影响关联企业的减排决策与绩效.因此,从产业纵向关联角度厘清贸易政策不确定性变化对企业减排的影响,具有重要的现实意义.

与本文相关的文献有两支:一支有关贸易的环境效应.一类文献认为贸易的技术效应、规模效应能够降低环境污染[1];提高贸易开放度可以对企业的生产决策产生重要影响[2],使企业能够进口更清洁

收稿日期：2025-04-28
基金项目：国家社会科学基金重大项目(23&ZD048);国家社会科学基金重大项目(22&ZD102);辽宁省经济社会发展研究课题(2025lslybwzzkt-065)
* 责任作者, 副教授, sunshine_zwg@163.com

的中间品,并通过进口高质量中间品获得知识溢出[3-4].另一类文献则认为存在贸易的“污染天堂”效应[5],出口企业存在“生产率悖论”现象,其污染排放强度往往更高[6-7].受贸易环境不确定性波动和进入成本的变动的影响,经济主体面临的贸易成本存在上升或下降的可能[8].早期对于贸易政策不确定性的相关研究主要基于宏观视角,通过量化不确定性指数,探究其对社会福利等方面的影响[9-10].2001 年中国加入 WTO 并与美国建立永久性正常贸易伙伴关系(PNTR)这一事件为考察贸易政策不确定性下降对企业经营绩效的影响提供了研究契机,现有研究多以中美 PNTR 建立为准自然实验,研究贸易政策不确定性变化对企业创新能力[11]、能源消费结构改进[12]及劳动收入份额变化[13]等方面的影响.部分学者从单一行业维度进行了贸易环境变化与企业减排绩效的静态效应分析[14-16],而忽略了从产业间纵向关联角度分析贸易政策不确定性变化的溢出影响和对产业链动态传导机制的系统解析.

另一支文献有关产业纵向关联.相关研究多聚焦于宏观经济层面,如产业关联对区域产业集群和产业结构优化调整的影响[17];学者们多通过构建投入产出关系,实证检验某个部门受到的生产率冲击通过投入产出联系所产生的“级联效应”,对扩大总量波动[18]、导致各国收入产生巨大差异和对资源错配产生的放大作用[19].中国经济具有典型的垂直产业结构特征[20],现有研究多通过分样本构造“供应商——焦点企业——客户”的形式考察焦点企业行为沿供应链网络对其上下游企业经营绩效产生的双向溢出效应[21-23].

总体来看,现有研究分别对贸易政策不确定性的环境效应、产业纵向关联的经济效应进行了深入探讨,但存在以下不足:一是忽略了贸易政策不确定性通过产业纵向关联对企业环境绩效产生的溢出效应,尤其是前向溢出和后向溢出对企业减排的非对称影响未被系统揭示;二是现有研究多通过分样本的形式考察企业间的溢出效应,对纵向关联溢出的量化存在局限.因此,本文基于 2001 年中美建立 PNTR 的典型事件,利用中国工业企业数据库和企业污染排放数据库的匹配数据集,从产业纵向关联角度考察贸易政策不确定性下降对企业污染排放强度的溢出影响与动态传导机制.本文的边际贡献在于:第一,在研究视角上,本文从产业纵向关联角度给出了贸易政策不确定下降的产业纵向溢出作用于企业减排的直接经验证据,为全面评估和有效应对贸易政策冲击、构建绿色贸易体系提供了新思路.第二,在理论拓展方面,本文将产业纵向关联引入到贸易的环境效应,通过构建示意性模型揭示了贸易政策稳定性、产业纵向关联和企业污染减排之间的内在逻辑,廓清了产业纵向溢出的理论机理.第三,在研究内容上,本文通过构建纵向关联指标,更为精准评估贸易政策不确定性变化对企业减排的溢出效应,且基于前向溢出和后向溢出的非对称性,分别细致探究了产业纵向溢出的动态传导机制,为促进产业链协同减排提供政策参考.

1　理论分析与研究假说

1.1　贸易政策稳定性变化、产业纵向关联和企业减排强度的关系

参考 Forslid 等[24]学者的理论分析框架,本文进一步将产业纵向关联和企业污染排放行为纳入生产函数,以探讨产业纵向溢出在贸易政策稳定性变化影响企业污染排放强度的过程中发挥的作用.本文考虑参与国际贸易的国家,假设每个国家都由垄断竞争市场(M)和完全竞争市场(A)组成,分别生产差异化商品和同质商品.为了简单起见,本文假设企业只生产一种差异化产品,且只有一种生产要素,企业面临冰山贸易成本τ(τ>1).

1.1.1　消费者

消费者的偏好由柯布道格拉斯函数给出,C_M、C_A 分别代表消费者在异质商品和同质商品之间的支出分配;假定消费者受到污染排放(E_W)的伤害,其损害程度取决于 $g(E_W)$.因此,消费者偏好由以下效用函数表示:

$$U = C_M^{\mu} C_A^{1-\mu} - g(E_W) \tag{1}$$

式中:$C_M = [\int_{i\in \mathrm{I}} c(i)^{\sigma-1/\sigma}]^{\sigma/\sigma-1}$,$c(i)$ 表示消费者对每种产品的消费,任意两种差异化产品之间的替代弹性为σ(σ>1).每个消费者将其收入的一部分μ用于购买 M 商品(0<μ<1),则消费者对生产产品的需求可表示为:

$$x_i = \frac{\tau^{1-\sigma} p_i^{-\sigma}}{P_M^{1-\sigma}} \mu L \tag{2}$$

式中:p_i是商品 i 的价格,L 为收入,P_M是 M 的价格指

数: $P_M=[\int_{i\in \mathrm{I}} P_i^{1-\sigma}\mathrm{d}G]^{1/1-\sigma}$.

1.1.2 生产者 遵循 Copeland and Taylor[25]的假设,每个企业使用由关联企业提供的中间品(q_i)生产两种产出:工业产品 x_i 和污染排放物 e_i;由于中间品的外包行为可能存在关系摩擦,企业只能以外生的概率 m_i 从关联企业处获得中间品,因此本文以概率 m_i 表示产业纵向关联程度.为了减少排放,企业可以将中间品投入的一部分 θ_i 从产品 x_i 的生产中转移出来,因而本文将 q_i 视为企业为实现利润最大化而选择的可变减排成本.企业的污染排放(e_i)与其可变减排成本(θ_i)和固定减排成本(f_{Ai})均为负相关关系,则企业的生产函数和污染排放函数分别可以表示为:

$$x_i=(1-\theta_i)(m_iq_i) \tag{3}$$

$$e_i=\frac{(1-\theta_i)^{1/\alpha}}{h(f_{Ai})}(m_iq_i) \tag{4}$$

式中: $0\leqslant\theta_i<1$, $0<\alpha<1$, $f_{Ai}\geqslant 0$,设定 $h(f_{Ai})$ 为企业固定减排投资成本函数, $h'(f_{Ai})>0$.进而可得企业生产函数为:

$$x_i=(h(f_{Ai})e_i)^{\alpha}(m_iq_i)^{1-\alpha} \tag{5}$$

企业所需的中间品价格为 p,由于污染排放而承担的赋税为 t.由企业成本最小化决策可得:

$$e_i=(\frac{1-\alpha}{\alpha})^{\alpha-1}t^{\alpha-1}p^{1-\alpha}m_i^{\alpha-1}h(f_{Ai})^{-\alpha}x_i \tag{6}$$

$$q_i=(\frac{1-\alpha}{\alpha})^{\alpha}t^{\alpha}p^{-\alpha}m_i^{\alpha-1}h(f_{Ai})^{-\alpha}x_i \tag{7}$$

由(6)、(7)式可推导出企业成本函数为:

$$C_i=f+f_{Ai}+\kappa[\frac{t}{h(f_{Ai})}]^{\alpha}(\frac{p}{m_i})^{1-\alpha}x_i \tag{8}$$

式中: $f=f_D+f_X$,分别为企业面临的本地固定生产投资成本和出口设备固定投资成本, $\kappa\equiv\alpha^{-\alpha}(1-\alpha)^{\alpha-1}$.

参照 Melitz[26]的研究,在垄断竞争市场中,依据最优定价原则, $\mathrm{MR}=\mathrm{MC}=p(1-\frac{1}{E_d})$, E_d 为替代弹性 σ.则企业产品定价为其边际成本的加价,可表示为:

$$p_i=\frac{\sigma}{\sigma-1}\kappa(\frac{t}{h(f_{Ai})})^{\alpha}(\frac{p}{m_i})^{1-\alpha} \tag{9}$$

由于企业可同时服务于国内市场和国际市场(*),由(2)、(8)、(9)式可得企业利润函数为:

$$\pi_{Xi}=[(\frac{t}{h(f_{Ai})})^{\alpha}(\frac{p}{m_i})^{1-\alpha}]^{1-\sigma}(B+\phi B^*)-f-f_{Ai} \tag{10}$$

式中: B 和 B^* 分别表示国内市场和国际市场, $B=\frac{\kappa^{1-\sigma}\sigma^{-\sigma}(\sigma-1)^{\sigma-1}\mu L}{P_M^{1-\sigma}}$, $B^*=\frac{\kappa^{1-\sigma}\sigma^{-\sigma}(\sigma-1)^{\sigma-1}\mu L^*}{(P_M^*)^{1-\sigma}}$. $\phi\equiv\tau^{1-\sigma}$,本文以 ϕ 表示企业面临的贸易政策稳定性变化;企业面临的冰山贸易成本 τ 与贸易政策稳定性呈负相关关系.

1.1.3 企业减排投资 为方便进一步计算,定义企业固定减排投资函数为: $h(f_{Ai})=f_{Ai}^{\rho}$ (ρ>0),由利润最大化条件可得:

$$f_{Ai}=(1-\beta)^{1/\beta}(B+\phi B^*)^{1/\beta}t^{-\alpha(\sigma-1)/\beta}(\frac{p}{m_i})^{-\gamma/\beta} \tag{11}$$

式中: $\beta\equiv 1-\alpha\rho(\sigma-1)>0$, $\gamma\equiv(1-\alpha)(\sigma-1)>0$.

1.1.4 产业纵向关联的作用分析 由(6)、(11)式可得企业污染排放强度的函数表达式为:

$$\begin{aligned}\frac{e_i}{x_i}&=\alpha\kappa t^{\alpha-1}f_{Ai}^{-\rho\alpha}(\frac{p}{m_i})^{1-\alpha}\\&=\alpha\kappa t^{\alpha-\beta/\beta}(B+\phi B^*)^{-\rho\alpha/\beta}(\frac{1}{1-\beta})^{\rho\alpha/\beta}(\frac{p}{m_i})^{1-\alpha/\beta}\end{aligned} \tag{12}$$

对贸易政策稳定性 ϕ 求偏导,可得 $\frac{\partial(\frac{e_i}{x_i})}{\partial\phi}=(-B^*\rho\frac{\alpha}{\beta})[\alpha\kappa t^{\alpha-\beta/\beta}(\phi B^*)^{\rho\alpha(\sigma-2)-1/\beta}(\frac{1}{1-\beta})^{\rho\alpha/\beta}(\frac{p}{m_i})^{1-\alpha/\beta}]<0$,表明贸易政策稳定性上升能够降低企业污染排放强度.

进一步对产业纵向关联程度 m_i 求偏导,可得:

$$\frac{\partial^2(\frac{e_i}{x_i})}{\partial\phi\partial m_i}=p(-B^*\rho\frac{\alpha}{\beta})(\frac{\alpha}{\beta}-1)C>0$$

式中: $C=\alpha\kappa t^{\alpha-\beta/\beta}(\phi B^*)^{\rho\alpha(\sigma-2)-1/\beta}(\frac{1}{1-\beta})^{\rho\alpha/\beta}(\frac{p}{m_i})^{2-\alpha/\beta}$.表明贸易政策稳定性变化对企业减排强度的作用受到产业间纵向关联的影响:产业纵向关联越强,贸易政策稳定性变化对企业污染排放强度的影响效应越明显.由此提出如下研究假设:

假设 1:贸易政策不确定性下降的产业纵向溢出能够降低企业污染排放强度.

1.2 产业纵向关联的溢出效应

1.2.1 绿色技术进步 贸易政策不确定性下降有助于畅通国内外融资渠道,提升企业承担沉没成本

的能力,也有助于明确企业预期,从而激励企业加大在污染减排技术等长期战略决策方面的投资[27];稳定的贸易政策也降低了企业出口成本和生产率门槛,有利于企业深入全球价值链的构建体系,从要素跨国流动网络中得到学习国外先进技术的机会,从而获得技术溢出[28].

企业的绿色技术进步可以分为末端污染处理技术进步和源头创新[29].由于下游企业更易受市场需求变化影响,技术应用更为广泛和多样化,可以通过与上游行业间建立正式、非正式的学习和要素共享机制提升其绿色创新能力,因此上游行业能够通过中间品供应渠道对下游企业产生积极的前向溢出作用,激励其进行源头创新;而末端污染处理技术属于附加在生产设施末端的辅助技术,且由于不同行业面临不同的污染问题,其末端处理技术存在差异,难以简单通过前向溢出进行传递[20].同时,为适应更加激烈的市场竞争,下游企业将强化对产成品绿色化的需求,一方面将促使上游企业积极通过绿色创新促进生产技术的更新迭代以强化与下游企业的关联,产生“需求匹配”效应;另一方面,市场环境的改善将导致上游中间品供应商竞争扩大,产生激励其提升污染处理技术水平以增强比较优势的“竞争效应”.由此,本文提出如下研究假设:

假设 2:贸易政策不确定性下降的前向溢出通过激发企业源头创新降低污染排放强度;贸易政策不确定性下降的后向溢出通过促进企业的末端污染处理技术进步降低污染排放强度.

1.2.2　能源结构效应　工业 SO_2 的产生主要来源于煤炭等传统化石能源的燃烧[12].我国贸易政策不确定性下降的过程伴随着多种正外部性, 有助于我国企业融入全球价值链,获得更多种类的能源进口,进而提升我国工业企业能源使用种类的多样化水平,降低煤炭使用比例.

由于产业链上游企业主要负责资源开发和初级产品、核心零部件的生产,多对传统化石能源需求较大,产业结构较为单一,且多处于垄断状态,即使受到下游企业对于中间品需求变化的影响,也难以改变其传统的生产模式[30],因此下游行业难以通过后向溢出对上游企业的能源使用结构产生影响.而下游行业进入壁垒相对较低,市场竞争激烈,资源配置效率高,对市场和消费者的需求变化更为敏感,能够更加高效灵活地改进其生产结构,因此上游行业能源利用结构的优化能够通过中间品供给渠道传导至下游关联厂商,从而降低下游企业煤炭使用强度.由此,本文提出如下研究假设:

假设 3:贸易政策不确定性下降的前向溢出通过改进企业能源使用结构降低企业污染排放强度,而后向溢出难以对上游企业的能源结构产生显著影响.

1.2.3　投入结构优化　中国加入 WTO 及中美 PNTR 的建立有助于企业积极融入全球价值链的国际产业分工,进一步对企业产生绿色倒逼作用, 促使企业积极承接国际劳动密集型产业转移,降低能源投入比重,通过积累人力资本放大劳动要素的比较优势.这将逐渐降低与我国比较优势不匹配的生产要素投入比例,有效降低我国企业对于能源要素的投入,进而优化要素投入结构,实现产业结构升级[31].

从产业纵向关联角度来看,上游行业要素投入结构的优化会将有效降低中间品生产的能源投入占比,通过纵向溢出效应加速下游企业要素投入结构的优化,并以进口中间品的形式进行能源替代;同时下游行业会通过需求倒逼等方式有效激励上游企业积极参与全球价值链的构建,通过加快能源密集型生产环节向国外转移和升级劳动要素禀赋,逐步降低能源消耗,实现要素投入结构的优化.由此,本文提出如下研究假设:

假设 4:贸易政策不确定性下降的前向溢出和后向溢出均能够通过优化企业要素投入结构降低企业污染排放强度.

1.2.4　资源配置效应　随着经济全球化不断深入,政府积极调整市场竞争规则,主动扩大市场在资源配置中的决定性作用,完善准入机制,通过市场优胜劣汰机制倒逼生产率低、污染强度高的企业退出市场.同时,企业强化核心业务能力,重新配置可用于生产的要素投入比例[32],从而改善整个行业的资源配置结构.

从产业纵向关联的视角来看,贸易政策不确定性的下降有助于推动我国积极融入全球价值链生产网络[27],促使我国产业链链条的完整度和产业纵向关联度提升,从而产生广延边际效应和集约边际效应.一方面,通过强化产业间的纵向关联,企业能够更有效地利用上下游关联行业的技术溢出提升自身生产效率,并对资源配置效率低下的同行业企业

带来竞争压力,最终迫使一部分高污染企业退出市场[33];另一方面,产业纵向关联企业间的溢出效应强化了企业间的资源再配置,提升了行业整体资源配置效率水平,从而对于提升企业生产效率,降低单位生产能耗,进而对降低企业的污染排放强度产生积极影响.由此,本文提出如下研究假设:

假设 5:贸易政策不确定性下降的前向溢出和后向溢出均能够通过提升行业资源配置效率降低企业污染排放强度.

本文相应形成了贸易政策不确定性下降的产业纵向溢出对企业减排的影响及机制分析框架,如图 1 所示.

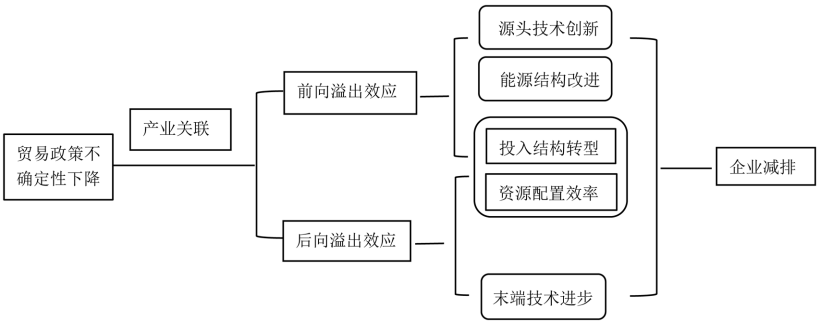


图 1 产业纵向关联的溢出效应分析框架

Fig.1 Framework for analyzing spillover effects in vertical industry linkages

2 研究方法

2.1 研究策略

在中国加入 WTO 前,中美两国曾建立临时正常贸易关系(临时 NTR),但美国国会每年都会提交关于撤销对中国的最惠国待遇的法案,如果法案通过,中国出口企业将面临惩罚性的非 NTR 关税. 2000 年 10 月美国国会通过了一项法案,标志着中美 PNTR 的建立,中国企业面临的外部贸易政策环境在一定时期内呈现稳定性.本文以 2001 年中美建立 PNTR 为准自然实验,通过构建如下 DID 模型,实证检验贸易政策不确定性下降的产业纵向溢出对企业减排的影响.

$$\text{emission}_{it} = \alpha_0 + \alpha_1 \text{for}_{\text{gap}_{jt}} + \beta X + \nu + \varepsilon_{it} \quad (13)$$

$$\text{emission}_{it} = \alpha_0 + \alpha_1 \text{bac}_{\text{gap}_{jt}} + \beta X + \nu + \varepsilon_{it} \quad (14)$$

在模型(13)、(14)中,i、j、t 分别表示企业、行业以及年份;被解释变量 emission_{it} 表示企业 i 在 t 年 SO_2 排放强度; $\text{for}_{\text{gap}_{jt}}$ 和 $\text{bac}_{\text{gap}_{jt}}$ 是本文的核心解释变量,分别为行业 j 前向关联指数(for_{jt})和后向关联指数(bac_{jt})与时间虚拟变量(post_t)的交互;X 为企业和行业层面的控制变量.α_1 是本文主要关注的系数,衡量了中美建立 PNTR 后,贸易政策不确定性下降的前向溢出和后向溢出对企业污染排放强度的净影响.V 表示固定效应,本文控制个体固定效应、地区固定效应、年份固定效应;ε_{it} 表示随机扰动项.本文使用聚类到企业层面的稳健标准误.

2.2 变量设定

2.2.1 核心被解释变量和解释变量 本文的核心被解释变量是企业 SO_2 排放强度,以企业当年的 SO_2 排放量与总产值之比取对数表示.本文的核心解释变量分别为行业的前向关联指数和后向关联指数与时间虚拟变量的交互,具体而言,时间虚拟变量 post_t 在 2001 年后取 1,否则取 0;行业 j 的前向关联指数(for_{jt})和后向关联指数(bac_{jt})的构成分别为:

$$\text{for}_{jt} = \sum_{f \neq j} [\text{NTR}_{\text{gap}_f} \times (\frac{\text{input}_{jft}}{\sum_f \text{input}_{jft}})] \quad (15)$$

$$\text{bac}_{jt} = \sum_{b \neq j} [\text{NTR}_{\text{gap}_b} \times (\frac{\text{output}_{jbt}}{\sum_b \text{output}_{jbt}})] \quad (16)$$

式中:$\text{NTR}_{\text{gap}f}$ 为贸易政策不确定性指数,反映中美建立 PNTR 后,行业 f 所面临的贸易政策不确定性下降幅度,以 NTR 税率(NTR_f)与非 NTR 税率(nonNTR_f)的差距来衡量:$\text{NTR}_{\text{gap}f}=\text{nonNTR}_f-\text{NTR}_f$.由于非 NTR 税率最初是根据美国 1930 年的《斯穆特—霍利关税法》确定的,具有很强的外生性,为研究贸易政策不确定性下降与企业减排的因果关系提供了良好的准自然实验.

本文假定样本期的直接消耗系数保持稳定,1998~2004 年由 2002 年各行业间的投入产出关系作

为代表,2005~2007 年由 2007 年各行业间的投入产出关系作为代表,根据 85×85 行业投入产出关系矩阵,计算得到以行业 j 使用的上游 f 行业的中间投入品($input_{jfi}$),与 j 行业从上游行业得到的全部中间投入品($\sum_f input_{jft}$)之比,并将其作为权重计算得到前向关联指数(for_{jt}),以此衡量上游 f 行业通过向 j 行业出售中间投入品,进而带来的贸易政策不确定性下降的前向溢出效应;同理,计算出行业 j 出售给下游 b 行业的中间投入品($output_{jbt}$)与 j 行业向下游行业销售的全部中间投入品($\sum_b output_{jbt}$)之比,并将其作为权重计算出后向关联指数(bac_{jt}),以此衡量下游 b 行业通过向 j 行业购买中间投入品,进而带来的贸易政策不确定性下降的后向溢出效应.

2.2.2　控制变量　企业层面的控制变量包括:(1)企业规模(scale),以企业年末固定资产的对数表示;(2)企业年龄(age),以当前年份减企业成立时间加一取对数表示;(3)企业融资约束率(debt),以企业负债合计与资产总计之比表示;(4)企业资本密集度(capital),以固定资产合计与从业人数之比表示.行业层面的控制变量包括:(1)行业规模(Size_ind),以行业年均总资产合计的自然对数均值表示;(2)行业盈利能力(ROA_ind),行业年均净利润与平均总资产之比表示;(3)行业赫芬达尔指数(HHI),反映行业竞争程度.

2.3　数据说明

贸易政策不确定性数据来自于 Pierce 等[34]提供的 1989~2001 年 HS8 层面的行业 NTR 和非 NTR 关税税率,通过二者差值构建 NTR_{gap},并根据 WITS (World Integrated Trade Solution)数据库将其对应到中国工业行业分类(CIC)中的四位码(2002);本文借鉴 Pierce 等[34]等学者的研究思路,将中美建立 PNTR 的前一年——1999 年的 NTR_{gap} 值纳入回归分析,并以 2000 年的 NTR_{gap} 值作稳健性检验.

企业层面的数据来自 1998~2007 年中国工业企业数据库与企业污染数据库.本文对中国工业企业数据库中的数据做以下处理:剔除资产总计、工业增加值、固定资产净值、中间投入合计、从业人数缺失或为负值的样本,剔除固定资产总计大于资产总计、固定资产净值大于资产总计、流动资产总计大于资产总计的样本,剔除从业人数小于 8 的样本,在此基础上,根据企业唯一标识代码和年份对两个数据库进行匹配.

本文主要变量的描述性统计如表 1 所示.

表 1　描述性统计

Table 1　Descriptive statistics

变量符号	观测值	均值	标准误	最小值	最大值
emission	240 597	−0.5198	2.0291	−17.0346	13.6072
for_gap	240 597	0.1247	0.0907	0.0000	0.3322
bac_gap	240 597	0.1325	0.1200	0.0000	0.4528
Age	240 597	2.4490	0.9552	0.0000	7.6024
Scale	240 597	5.6177	1.1640	2.0794	12.1780
Capital	240 597	4.0974	1.2540	−6.0160	12.5303
Debt	240 597	0.6516	0.3368	−0.7570	23.1202
Size_ind	240 597	0.0401	0.8851	−25.3339	0.9946
ROA_ind	240 597	11.2581	0.6796	9.5008	15.7700
HHI	240 597	3.4007	0.8680	1.5257	8.8303

3　结果与分析

3.1　基准回归结果

表 2 报告了本文的基准回归结果.结果显示, 核心解释变量的估计系数均在 5%的统计水平下显著为负,表明贸易政策不确定性下降的前向、后向溢出均显著降低了企业 SO_2 污染排放强度;从影响幅度来看,在中美建立 PNTR 后,上游行业贸易政策不确定性下降的前向溢出效应每增加 1 单位会使得下游企业 SO_2 排放强度下降 28%;下游行业贸易政策不确定性下降的后向溢出效应每增加 1 单位使上游企业 SO_2 排放强度下降 16%,验证了假设 1.

表 2　基准回归结果

Table 2　Baseline regression results

变量	SO_2 排放强度	
	(1)	(2)
for_gap	−0.2827**(0.1404)	
bac_gap		−0.1568**(0.0789)
控制变量	是	是
ID FE	是	是
Province FE	是	是
Year FE	是	是
R^2	0.7656	0.7656
Observations	240 597	240 597

注:括号内为聚类到个体层面的 t 值;***、**、*分别代表 $P<0.01$、$P<0.05$、$P<0.01$,下同.

3.2　平行趋势检验

为检验模型是否满足事前平行趋势的前提,分

别将 for_{jt}、bac_{jt} 与各年的时间虚拟变量分别进行交乘并纳入回归分析,并以政策实施前一年(2000 年)作为基准,回归结果如图 2 所示.政策实施前,交互项系数均不具有显著性,模型满足平行趋势假设前提.

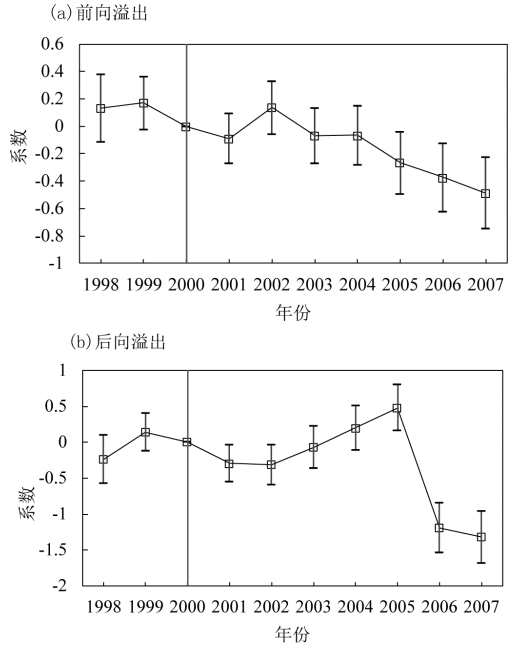


图 2 平行趋势检验

Fig.2 Parallel trend test

3.3 稳健性检验与内生性处理

3.3.1 控制其他政策的影响 对于双重差分的识别来说,本文所关注的政策效应可能混淆了同时期其他政策的影响.考虑到 1998 年的“两控区”政策以及 2006 年“十一五”约束性污染控制政策等地区层面的环境规制政策对企业减排行为可能产生的影响,本文进一步在模型中纳入省份×年份固定效应;考虑到中国在加入 WTO 后同期的国有企业改革可能对回归结果造成干扰,本文在基准模型中同时纳入各行业国有企业数的对数值(S_q)和外资企业数的对数值(F_q)两个控制变量,回归结果如表 3 第(1)~(2)列所示.在控制上述变量后,核心解释变量的估计系数依然显著,且与基准回归结果基本保持一致.

3.3.2 替换变量 为提升结果的稳健性,本部分首先对被解释变量进行替换.由于工业废气是企业在生产过程中排放污染性气体的总和,可以作为大气污染的典型代表,对本文的解释变量——SO_2 排放强度进行替换.本文将企业工业废气排放总量(万标立方米)与生产总值之比作取对数处理,并将其作为被解释变量纳入回归分析.其次,对本文的核心解释变量进行替换,与前文的构造思路一致,以中国加入 WTO 的前一年——2000 年的 NTR 关税税率和非 NTR 关税税率的差值计算各行业 NTR_{gap} 值,构造新的前向关联指标和后向关联指标,并将其纳入回归分析.回归结果如表 3 第(3)~(6)列所示,贸易政策不确定性下降的前向、后向溢出均能显著降低企业污染排放强度,与基准回归结果基本保持一致.

表 3 控制其他政策、替换变量和安慰剂检验

Table 3 Controlling for other policies、alternative variable and placebo test

变量	控制其他政策影响		替换变量				安慰剂检验	
	SO_2 排放强度		替换被解释变量		替换解释变量		SO_2 排放强度	
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
for_gap	−0.3419**		−3.3576***		−0.3039**		0.1588	
	(0.1474)		(0.4599)		(0.1474)		(0.1665)	
bac_gap		−0.2471***		−0.6079**		−0.1653**		−0.1175
		(0.0839)		(0.2511)		(0.0802)		(0.0987)
Sq	−23.6009***	−21.9647***						
	(7.5627)	(7.5642)						
Fq	−0.0756***	−0.0744***						
	(0.0167)	(0.0167)						
控制变量	是	是	是	是	是	是	是	是
ID FE	是	是	是	是	是	是	是	是
Province×Year FE	是	是	是	是	是	是	是	是
R^2	0.7736	0.7736	0.8233	0.8232	0.7656	0.7656	0.8119	0.8119
Observations	217 874	217 874	226 231	226 231	240 597	240 597	67 669	67 669

3.3.3　安慰剂检验　美国国会在 2000 年通过同意授予中国 PNTR 地位的法案,并于 2001 年开始生效,因此若保留 1998~2001 年的样本数据进行回归,应观察不到前述的政策效果.本部分设定政策实施年份为 1999 年,并对 1998~2001 年的保留样本进行安慰剂检验.回归结果如表 3 第(7)~(8)列所示,将政策实施年份设定为 1999 年之后,核心解释变量系数并不显著,提升了基准回归结果的稳健性.

3.3.4　内生性问题的处理　中美 PNTR 建立可能会对企业产生预期效应,造成处理组分配非随机、样本自选择偏差等问题.为克服模型中可能存在的内生性问题,本文采用工具变量法进行缓解.以各省份年度进出口贸易总额与其 GDP 的比值构建省域贸易依存度指数,并将其作为工具变量.一方面,省域贸易依存度与其内部行业的外部经济依赖性以及产业关联程度紧密相关[35],因此其与本文的核心解释变量具有高度相关性;同时,省域贸易依存度主要与其地理位置、贸易传统、区域贸易政策等因素有关,与企业污染排放强度并无直接关联,因此,其在理论上具有作为工具变量的良好特性.表 4 第(1)~(4)列汇报了具体回归结果:在一阶段回归中,回归系数均在 1%的统计水平下显著,即工具变量满足相关性要求,且二阶段回归结果均与基准回归结果一致;LM 检验强烈拒绝识别不足假设,*F* 值显著大于 10,拒绝弱工具变量假设,充分证明工具变量的选择具有合理性.

表 4　内生性问题处理

Table 4　Handling of endogeneity issues

变量	前向溢出		后向溢出	
	一阶段	二阶段	一阶段	二阶段
	(1)	(2)	(3)	(4)
IV	0.0205***		0.0207***	
	(0.0000)		(0.0000)	
for_gap		−0.5791***		
		(0.0477)		
bac_gap				−0.5742***
				(0.0473)
控制变量	是	是	是	是
ID FE	是	是	是	是
Province×Year FE	是	是	是	是
F statistic		850000***		340000***
LM statistic		150000***		120000***
R^2		0.0380		0.0381
Observations	240597	240597	240597	240597

3.4　异质性分析

3.4.1　区分企业性质　贸易政策不确定性下降的产业纵向溢出对不同性质企业的减排绩效可能存在差异性影响.根据企业性质将样本划分为内资企业和港澳台及外资企业两类,并分别进行回归,结果分别如表 5 第(1)~(2)列、(3)~(4)列所示:内资企业的核心解释变量估计系数均在 5%的统计水平上显著为负,而对港澳台及外资企业的影响不显著.

表 5　企业性质和行业类型异质性分析

Table 5　Heterogeneity analysis of firm nature and industry type

变量	SO_2 排放强度							
	内资企业		港澳台及外资企业		重污染行业		非重污染行业	
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
for_gap	−0.3937**		−0.3171		−1.3026***		−0.1498	
	(0.1607)		(0.2966)		(0.4932)		(0.1552)	
bac_gap		−0.2285**		−0.0402		−0.6411***		0.0644
		(0.0892)		(0.1772)		(0.1541)		(0.0992)
控制变量	是	是	是	是	是	是	是	是
ID FE	是	是	是	是	是	是	是	是
Province×Year FE	是	是	是	是	是	是	是	是
R^2	0.7737	0.7737	0.7219	0.7219	0.7709	0.7710	0.7577	0.7577
Observations	193 261	193 261	45 767	45 767	81 324	81 324	158 323	158 323

可能的原因是,包括国有企业和民营企业在内的内资企业肩负了更多的社会责任,且政府将国企在节能减排、资源利用等社会责任方面的表现纳入对董事长或 CEO 的综合考核中,因此内资企业的减排效果相对更好;港澳台及外资企业能够更便捷地引入国外先进的生产技术,资源利用效率更高,贸易政策不确定性下降的产业纵向溢出对该类企业减排的作用效果并不显著.

3.4.2　区分行业类型　根据《第一次全国污染源普查公报》,将 SO_2 排放量居前 5 位的制造业行业界定为 SO_2 重污染行业,并进行分组回归分析.结果如表 5 第(5)~(6)列、(7)~(8)列所示:重污染行业的核心解

释变量估计系数均在 1%的统计水平上显著为负,但非重污染行业企业的核心解释变量估计系数不显著.可能的原因是,贸易环境的改善整体扩大了企业的生产规模,导致重污染行业的污染物排放量增大,并将面临政府更严格的环境规制,因此重污染行业企业更注重生产过程的清洁度和对生产末端污染排放强度的控制;非重污染行业企业本身的污染物排放基数小,减排设施的先进程度和完备程度较低,因此回归结果并不显著.

3.4.3 区分所属地区 根据企业所处的地理位置,将其划分为东部、中部、西部地区企业进行分组回归,结果分别如表 6 第(1)~(2)列、(3)~(4)列、(5)~(6)列所示:东部地区企业减排的溢出效应并不显著,而中部地区企业的前向溢出效应显著,西部地区企业的后向溢出效应显著.可能的原因是,东部地区经济基础好,产业结构相对多元化,以高新技术产业、先进制造业为主导,贸易环境变化对东部地区企业减排的影响效果并不明显;中部地区产业结构以工业化和服务业并重,能够凭借其地理区位优势和完善的配套基础设施承接东部地区产业转移,企业能够通过贸易政策不确定性下降的前向溢出获得由上游行业提供的先进绿色生产技术;而西部地区的产业结构中资源型产业和重工业占据相当比重,对资源开发的依赖性较大,创新能力较弱,企业多通过下游行业的后向溢出倒逼其末端污染处理技术进步,从而提升企业的减排绩效.

表 6 所属地区异质性分析

Table 6 Regional heterogeneity analysis

变量	SO_2 排放强度					
	东部		中部		西部	
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
for_gap	−0.0253		−1.3304***		−0.4993	
	(0.1724)		(0.3119)		(0.4042)	
bac_gap		−0.1049		−0.2341		−0.4035*
		(0.0953)		(0.1801)		(0.2208)
控制变量	是	是	是	是	是	是
ID FE	是	是	是	是	是	是
Province×Year FE	是	是	是	是	是	是
R^2	0.7523	0.7523	0.7696	0.7695	0.7916	0.7916
Observations	140706	140706	65880	65880	34003	34003

3.5 机制分析

3.5.1 绿色技术进步 贸易政策不确定性下降的前向、后向溢出均显著降低了企业 SO_2 排放强度,但上下游产业纵向关联的特性决定了其作用于企业减排的方式存在差异.本文借鉴刘金科和肖翊阳[28]等学者的做法,从企业对污染物的末端治理和源头管控两方面进行实证检验.

首先考察贸易政策不确定性下降的产业纵向溢出对促进企业末端污染处理技术进步的影响,其中末端污染处理技术以污染物实际处理效率,即企业 SO_2 去除量和产生量之比来表示.回归结果如表 7 第(1)~(2)列所示,贸易政策不确定性下降的前向溢出对下游企业的末端污染处理技术进步没有产生显著影响,而后向溢出效应显著了提升上游企业的 SO_2 处理效率.可能的原因是,由于末端污染处理技术是企业在生产末端对污染物进行处理的辅助性技术,且在不同行业间的差异性较强,难以通过前向溢出效应传导至下游企业;同时,由于上游企业的生产规模相对较大,产业结构单一,难以在短期内降低生产过程中的排污量,更倾向于通过末端污染处理技术进步降低污染排放强度.

本文进一步检验贸易政策不确定性下降的产业纵向溢出对激发企业源头创新的影响.借鉴陈登科[12]的做法,构建绿色偏向性技术进步指标,将污染排放视为非期望产出,以企业 SO_2 排放量与资本要素之比的对数值衡量技术进步在污染物与资本之间的偏向性.回归结果如表 7 第(3)~(4)列所示:贸易政策不确定性下降的前向溢出显著促进了下游企业的绿色偏向型技术进步;而贸易政策不确定性下降的后向溢出效应不显著.可能的原因是,上游企业通过中间品供给的直接方式和上下游行业间的“匹配效应”促进下游企业进行绿色技术变革;而由于上游产业生产线改进难度大,设备在短期内难以更新换代[20],因此,后向溢出对上游企业源头创新的激励作用并不显著.假设 2 得以验证.

3.5.2 能源结构改进 污染排放问题本质上是能源的使用问题.煤炭是制造业企业生产过程中的重要投入要素,本文用煤炭消费总量占能源消费总量的比重来表示企业的煤炭消费结构.其中,能源消费总量以标准煤换算的企业清洁能源和非清洁能源消耗总量之和表示,将其作为被解释变量进行实证检验,回归结果如表 8 第(1)~(2)列所示.贸易政策不确定性下降的前向溢出效应每提升 1 单位将使下游企业煤炭使用强度降低 15%,而后向溢出未对上游企业的能源消费结构产生显著影响.可能的原因是:

一方面,下游行业更容易受到市场冲击变化的影响,灵活性更高,贸易政策不确定性下降的前向溢出会对下游企业的能源使用结构多样化产生积极作用;另一方面,由于上游行业多为能源密集型产业,对煤炭、石油等传统化石能源依赖性强,能源使用结构较为单一,后向关联的需求引致效应对上游企业的能源结构改进效果并不明显.假设 3 得以验证.

表 7　绿色技术进步

Table 7　Green technological progress

变量	SO_2 处理效率		绿色偏向性技术	
	(1)	(2)	(3)	(4)
for_gap	−0.0118		−0.9484***	
	(0.0227)		(0.1434)	
bac_gap		0.0422***		−0.1050
		(0.0142)		(0.0796)
控制变量	是	是	是	是
ID FE	是	是	是	是
Province×Year FE	是	是	是	是
R^2	0.6638	0.6638	0.8566	0.8565
Observations	155890	155890	184723	184723

3.5.3　投入结构优化　由以上分析可知,贸易政策不确定性下降的前向溢出显著改进了企业的能源使用结构.然而,煤炭使用强度的下降并不能揭示贸易环境改善对企业的要素投入结构带来的影响.企业要素投入结构的优化体现了企业积极利用贸易环境的改善发挥自身比较优势,降低能源要素的投入,向劳动密集型生产转型,进而提升其在全球价值链中的竞争力.借鉴裴建锁等[31]的做法,以企业能源消费总量与生产总投入之比表示企业要素投入结构优化程度,该值越小,则企业在生产中的能源消费占比越低,要素投入结构的优化程度越高.回归结果如表 8 第(3)~(4)列所示:贸易政策不确定性下降的前向、后向溢出效应每增加 1 单位将使企业能源投入占比分别降低 40%和 10%,有效促进企业优化要素投入结构,降低其污染排放强度.由前文的理论分析可知,贸易环境的改善使企业更加积极地融入全球价值链,通过全球产业分工和绿色倒逼效应放大劳动要素的比较优势,进一步强化了对能源要素的替代,并通过产业纵向溢出对关联企业要素投入结构的优化进行传导.假设 4 得以验证.

3.5.4　资源配置效应　本部分首先从微观企业视角对企业退出的广延边际效应进行分析,其次将研究视角进一步延伸到中观行业,从集约边际考察贸易政策不确定性下降对行业间资源配置效率变化的影响.

首先,构造 Probit 计量回归模型(17)、(18)考察贸易政策不确定下降的产业纵向溢出是否能提升高污染企业的退出概率.

$$\Pr(\mathrm{Exit}_{it}=1)=\Phi(\alpha_0+\alpha_1\,\mathrm{ReSO}_{2_{it}}\times \mathrm{for}_{\mathrm{gap}_{jt}}+\beta X+\nu+\varepsilon_{it}) \tag{17}$$

$$\Pr(\mathrm{Exit}_{it}=1)=\Phi(\alpha_0+\alpha_1\,\mathrm{ReSO}_{2_{it}}\times \mathrm{bac}_{\mathrm{gap}_{jt}}+\beta X+\nu+\varepsilon_{it}) \tag{18}$$

式中:Exit_{it} 为企业退出的虚拟变量,若企业在下期退出市场,则赋值为 1,否则为 0;借鉴毛其淋等[33]等学者的做法,构造企业相对污染水平(ReSO_2),以企业当年 SO_2 排放强度与四位数行业平均 SO_2 排放强度之比表示,本部分重点关注其与本文核心解释变量交互项的估计系数α_1,以此检验贸易不确定下降的产业纵向溢出是否能够促进相对高污染水平的企业退出市场.

表 8　能源结构改进、投入结构优化与资源配置效应

Table 8　Energy structure optimization、factor input structure optimization and resource allocation effect

变量	能源结构改进		投入结构优化		资源配置效应			
	煤炭消费占比		能源消费占比		企业退出		资源错配	
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
$\mathrm{ReSO}_2\times\mathrm{for}_{\mathrm{gap}}$					0.0351***			
					(0.0037)			
$\mathrm{ReSO}_2\times\mathrm{bac}_{\mathrm{gap}}$						0.0305***		
						(0.0034)		
for_gap	−0.1480***		−0.3983***				−0.1099***	
	(0.0245)		(0.0922)				(0.0301)	
bac_gap		−0.0092		−0.1023*				−0.2017***
		(0.0148)		(0.0589)				(0.0165)
控制变量	是	是	是	是	是	是	是	是
ID FE	是	是	是	是	是	是	是	是
Province×Year FE	是	是	是	是	是	是	是	是
R^2	0.8763	0.8762	0.8965	0.8965	0.3520	0.3520	0.6010	0.6014
Observations	218 202	218 202	240 192	240 192	224 241	224 241	234 003	234 003

由表 8 第(5)~(6)列回归结果可知,交互项系数均在 1%的统计水平上显著为正,表明贸易不确定下降的前向、后向溢出均促进了相对污染排放水平较高的企业退出市场,降低了污染排放水平较低企业退出市场的风险.因此,从广延边际角度来看,贸易政策不确定性下降使关联企业获得生产技术进步和投入结构优化等正向溢出,并通过竞争效应进一步提升低污染、高效率企业的相对优势,促使高污染企业退出,进而以广延边际变动实现行业资源配置效率的提升.

本文进一步从集约边际的维度分析贸易政策不确定性下降对中观行业资源配置的影响.构造行业资源错配程度指标,以四位数行业内的 TFP 四分位距来表示,并将其作为被解释变量纳入回归分析.由表 8 第(7)~(8)列回归结果可知,中美建立 PNTR 后,贸易政策不确定性下降的前向、后向溢出均对降低行业资源错配程度有显著的促进作用.因此,在资源错配问题得到有效缓解,要素流通机制更加顺畅的大环境下,企业能够更高效地利用生产资源,降低单位生产能耗,从而提升其减排绩效.假设 5 得以验证.

4 建议

4.1 通过对外贸易获得内嵌于进口中间品的绿色技术溢出,不断提升内循环经济动力,挖掘新的绿色经济增长点,促进贸易发展与环境保护相协同.应持续扩大对外贸易,努力构建多元的贸易伙伴关系,避免形成以邻为壑的贸易格局.同时应注意到,当前我国面临的国际贸易风险与挑战加剧,我国企业在深入全球价值链的同时,应当更加注意国际贸易局势变化的影响,转变以重点地区、行业减排为目的的传统环境污染治理模式,以全产业链为抓手,通过强化关联产业间的纵向溢出,有效促进跨行业协同减排.

4.2 着力通过构建现代化产业体系,增强产业链应对贸易摩擦冲击的韧性与安全水平.鼓励企业在生产过程中与上下游产业间建立稳定的联系,以深化技术进步、能源结构改进等正向溢出效应对企业减排的积极影响.政府应持续发力,畅通上下游企业间的要素流通渠道,构建绿色、可持续的产业链生态体系,进而优化经济结构性问题,以内循环持续激发企业内生发展动力,形成产业链现代化与企业绩效提升的良性循环;持续优化我国制造业要素禀赋结构,提升其在全球产业链、供应链中的比较优势,为促进产业结构转型升级,加快构建新发展格局提供支撑.

4.3 应积极培育国内产业链,释放产业纵向关联的溢出效应对企业减排的推动力.首先,明确产业链各环节上企业的分工,提升上下游企业间对接机制的流畅性,以便深化交流协作,打造企业间对于先进减排设备和绿色生产模式的学习共享机制,确保关联企业协同减排模式提质增效;其次,以点带链,发挥龙头企业的带动作用和资源整合能力,激励国有企业、重污染行业企业和中西部地区企业发挥减排成效示范作用,不断提升行业间的资源配置效率;最后,发挥国内统一大市场对资源配置的作用,打破跨行业、跨区域发展的壁垒,以激发绿色生产要素在产业间纵向流通的动力,推进关联企业协同减排.

4.4 减排政策的制定应具有主体针对性.首先,积极引导上游企业转变传统生产模式,通过降低信贷门槛、政策倾斜等方式增强其绿色技术创新的动力;进一步降低初级产品市场的准入门槛,增大下游企业对中间品供给商的选择范围,形成有效的竞争机制.其次,依据区域发展差异制定针对性的贸易与环境政策,东部地区可借助对外贸易的便利性, 通过技术引进等途径发展低碳产业;进一步强化中部地区产业绿色改造,严控西部地区高耗能项目准入.最后,针对高耗能行业制定更严格的排放标准与污染排放核算机制;加大对新能源、电子等新兴产业领域的绿色补贴与技术扶持.

5 结论

5.1 贸易政策不确定性下降的前向溢出效应每增加 1 单位会使得下游企业 SO_2 排放强度下降 28%,后向溢出效应每增加 1 单位会使得上游企业 SO_2 排放强度下降 16%,这一结论在经过一系列稳健性检验后仍然成立.

5.2 贸易政策不确定性下降的溢出效应在内资企业、高污染行业和中西部地区企业中表现更为显著.

5.3 贸易政策不确定性下降通过前向溢出激发企业源头创新、改进能源结构作用于企业减排,贸易政策不确定性下降通过后向溢出促进企业末端污染处理技术进步实现污染排放强度的降低,且贸易政策不确定性下降的前向、后向溢出均能通过优化企业要素投入结构、提升行业资源配置效率降低污染

排放强度.

参考文献：

[1] Antweler W, Copeland B R, Taylor M S. Is free trade good for the environment? [J]. American Economic Review, 2001,91(4):877–908.

[2] Melitz M J, Redding S J. Heterogeneous firms and trade [J]. Handbook of International Economics, 2014,4:1−54.

[3] Ethier W J. National and international returns to scale in the modern theory of international trade [J]. American Economic Review, 2014, 72(3):389−405.

[4] Markusen J R. Trade in producer services and in other specialized inputs [J]. American Economic Review, 1989,79(1):85−95.

[5] Levinson A, Taylor M S. Unmasking the pollution haven effect [J]. The International Economic Review, 2008,49(1):223–254.

[6] Dai M, Maitra M, Yu M J. Unexceptional exporter performance in China? The role of processing trade [J]. Journal of Development Economics, 2016,121:177−189.

[7] 刘啟仁,陈　恬.出口行为如何影响企业环境绩效 [J]. 中国工业经济, 2020,(1):99−117.
Liu X R, Chen T. How does export behavior affect firm environmental performance [J]. China Industrial Economics, 2020,(1):99−117.

[8] 李宏兵,李　震,孙丽棠.贸易政策不确定性、出口技术复杂度与劳动力技能偏向——基于全国人口普查数据的微观证据 [J]. 国际贸易问题, 2022,(7):68−86.
Li H B, Li Z, Sun L T. Trade policy uncertainty, export technological complexity and labor skill bias: Micro−level evidence based on national census data [J]. Journal of International Trade, 2022,(7): 68−86.

[9] Handley K, Limão N. Trade and investment under policy uncertainty: Theory and firm evidence [J]. American Economic Journal: Economic Policy, 2015,7(4):189−222.

[10] Handley K, Limão N. Policy uncertainty, trade, and welfare: Theory and evidence for China and the United States [J]. American Economic Review, 2017,107(9):2731−2783.

[11] Liu Q, Ma H. Trade policy uncertainty and innovation: Firm level evidence from China's WTO accession [J]. Journal of International Economics, 2020,127:103387.

[12] 陈登科.贸易壁垒下降与环境污染改善——来自中国企业污染数据的新证据 [J]. 经济研究, 2020,55(12):98−114.
Chen D K. Trade barrier reduction and environmental pollution improvement: New evidence from firm−level pollution data in China [J]. Economic Research Journal, 2020,55(12):98−114.

[13] 毛其淋,杨琳羿.贸易政策不确定性与劳动收入份额——来自中国制造业的微观证据 [J]. 山西大学学报(哲学社会科学版), 2022, 45(4):118−134.
Mao Q L, Yang L Y. Trade policy uncertainty and labor share of income: Microscopic evidence from Chinese manufacturing firms [J]. Journal of Shanxi University (Philosophy and Social Sciences), 2022, 45(4):118−134.

[14] Cherniwchan J, Copeland B R, Taylor M S. Trade and the environment: New methods, measurements, and results [J]. Annual Review of Economics, 2017,9:59–85.

[15] Ohyun K, Hao Z, Min Q Z. Global firms and emissions: Investigating the dual channels of emissions abatement [J]. Journal of Environmental Economics and Management, 2023,118:102772.

[16] 罗　奇,黄　炜.经济增长与环境保护协同共进: 基于贸易政策不确定性下降的污染减排效应视角 [J]. 财贸经济, 2024,45(3):127−143.
Luo Q, Huang W. Coordinating economic growth and environmental protection: From the perspective of the emissions abatement effect of the decline in trade policy uncertainty [J]. Finance & Trade Economics, 2024,45(3):127−143.

[17] 黄志基,宋名悦,樊正德,等.“城市−行业”尺度下中国工业碳排放的时空演变特征及影响机制:基于产业关联的视角 [J]. 环境科学, 2025, 46(2):647−659.
Huang Z J, Song M Y, Fan Z D, et al. Spatiotemporal evolution characteristics and influencing factors of China's industrial carbon emissions at the “city−industry” scale: From the perspective of industrial correlation [J]. Environmental Science, 2025,46(2):647−659.

[18] Acemoglu D, Carvalho V M, Ozdaglar A, et al. The network origins of aggregate fluctuations [J]. Econometrica, 2012,80(5):1977−2016.

[19] Jones C I. Intermediate goods and weak links in the theory of economic development [J]. American Economic Journal: Macroeconomics, 2011,3(2):1–28.

[20] 黄纪强,祁　毓,甘行琼,等.环境目标约束、产业纵向关联与企业排污策略 [J]. 财经研究, 2023,49(12):77−90.
Huang J Q, Qi Y, Gan X Q, et al. Environmental target constraints, vertical industrial linkage, and corporate emission strategies [J]. Journal of Finance and Economics, 2023,49(12):77−90.

[21] 赵春明,江小敏,李宏兵.对外直接投资、产业关联与技能工资溢价——基于水平溢出与垂直溢出效应的实证研究 [J]. 国际贸易问题, 2019(2):113−128.
Zhao C M, Jiang X M, Li H B. Outward foreign direct investment, industrial linkages and skill wage premium: An empirical study based on horizontal and vertical spillover effects [J]. Journal of International Trade, 2019,(2):113−128.

[22] 张同斌,刘文龙,王　蕾.高质量创新的溢出效应:企业供应链的视角 [J]. 经济研究, 2024,59(11):38−54.
Zhang T B, Liu W L, Wang L. High−quality innovation spillovers: A firm supply chain perspective [J]. Economic Research Journal, 2024, 59(11):38−54.

[23] 李治国,孔维嘉,李兆哲.共同供应链网络下企业数字化转型的碳减排效应:双向溢出与双重红利 [J]. 经济学动态, 2024,(12):36−54.
Li Z G. Kong W J, Li Z Z. Carbon emission reduction effect of enterprise digital transformation under the common supply chain network: Two−way spillover and two−sided benefit [J]. Economic Perspectives, 2024,(12):36−54.

[24] Forslid R, Okubo T, Ulltveit−moe K H. Why are firms that export cleaner? International trade, abatement and environmental emissions [J]. Journal of Environmental Economics and Management, 2018, 91(SEP.):166−183.

[25] Copeland B R, Taylor M S. Trade, growth, and the environment [J]. Journal of Economic literature, 2004,42(1):7−71.

[26] Melitz M J. The impact of trade on intra−industry reallocations and aggregate industry productivity [J]. Econometrica, 2003,71(6):1695−1725.

[27] 白俊红,余雪微.全球价值链嵌入对节能减排的影响:理论与实证 [J]. 财贸经济, 2022,43(6):144-159.
Bai J H, Yu X W. The impact of global value chain embedment on energy conservation and emissions reduction: Theory and empirical evidence [J]. Finance & Trade Economics, 2022,43(6):144-159.

[28] 刘金科,肖翊阳.中国环境保护税与绿色创新:杠杆效应还是挤出效应? [J]. 经济研究, 2022,57(1):72-88.
Liu J K, Xiao Y Y. China's environmental protection tax and green innovation: Incentive effect or crowding-out effect? [J]. Economic Research Journal, 2022,57(1):72-88.

[29] 李 磊,刘常青.信息技术应用的减排效果与成本分摊机制 [J]. 经济学动态, 2023,(11):88-107.
Li L, Liu C Q. The emission reduction effect and cost sharing mechanism of information technology applications [J]. Economic Perspectives, 2023,(11):88-107.

[30] 苏 杭,郑 磊,牟逸飞.要素禀赋与中国制造业产业升级——基于WIOD 和中国工业企业数据库的分析 [J]. 管理世界, 2017,(4):70-79.
Su H, Zheng L, Mou Y F. Factor endowments and industrial upgrading in China's manufacturing sector: An analysis based on WIOD and China's industrial enterprise database [J]. Management World, 2017,(4):70-79.

[31] 裴建锁,方勇彪,姜佳彤.嵌入全球价值链助力企业绿色发展:投入结构转型效应的解释 [J]. 中国工业经济, 2024,(2):61-79.
Pei J S, Fang Y B, Jiang J T. Global value Chain participation facilitates firms' green development: An input structure transformation perspective [J]. China Industrial Economics, 2024,(2):61-79.

[32] 李 波,杨先明.清洁生产环境规制、供应链关系与非对称性减排效应 [J]. 财贸经济, 2024,45(8):105-120.
Li B, Yang X M. Environmental regulation for cleaner production、supply Chain relations and asymmetric emissions reduction effects [J]. Finance & Trade Economics, 2024,45(8):105-120.

[33] 毛其淋,许家云.跨国公司进入与中国本土企业成本加成——基于水平溢出与产业关联的实证研究 [J]. 管理世界, 2016,(9):12-32,187.
Mao Q L, Xu J Y. Multinational corporation entry and Chinese indigenous firms' price-cost markups: Empirical study based on horizontal spillovers and industrial linkages [J]. Management World, 2016,(9):12-32,187.

[34] Pierce J R, Schott P K. The surprisingly swift decline of U.S. manufacturing employment [J]. American Economic Review, 2016, 106(7):1632-1662.

[35] 郭 晴.“双循环”新发展格局的现实逻辑与实现路径 [J]. 求索, 2020,(6):100-107.
Guo Q. Realistic logic and realization path of the new development pattern of "double circulation" [J]. Seeker, 2020,(6):100-107.

作者简介：张伟广(1991-),男,河南上蔡人,副教授,博士,主要从事环境低碳与产业发展研究.发表论文 20 余篇.sunshine_zwg@163.com.