

碳关税信号、绿电禀赋与高耗能企业的空间再配置*

李芳华 李响 黄阳华

内容提要:在全球减碳与逆全球化的背景下,外部贸易规则与气候政策不确定性显著上升,高耗能企业同时面临外部市场波动与潜在碳减排压力。本文以2018年欧洲议会通过碳边境调节机制(CBAM)决议这一外部政策信号冲击作为准自然实验,匹配中国上市公司的海关进出口数据、子公司数据和管理层讨论与分析文本,采用双重差分法和事件研究法,考察外部碳政策信号如何通过提高预期碳成本影响企业投资与空间布局。研究发现:第一,CBAM政策信号具有显著的可感知性,能够系统性提升企业对国际碳政策的关注度。第二,受政策信号影响,对欧盟出口暴露较高的高耗能企业显著增加了对绿电富集区的投资,绿电资源越丰富、绿电可达性越强的地区,对相关投资的吸引力越大,表现为高耗能产业向绿电条件更优地区的空间再配置。第三,高耗能企业同步增加了能源替代领域创新。本文从微观层面提供了外部碳边境政策信号影响中国企业行为的经验证据,揭示了绿电资源在开放条件下影响企业生产活动布局调整的关键作用,并为统筹高水平开放与绿色转型提供了政策启示。

关键词:碳边境调节机制 政策信号 绿电禀赋 空间再配置 能源替代

一、引言

应对气候变化已成为当今世界最为突出的公共品挑战之一。尽管《京都议定书》《巴黎协定》等国际协定推动了减排合作,但跨国减排仍面临碳泄漏与“搭便车”约束,削弱了国际气候治理的执行效果(Nordhaus, 2015; Aichele & Felbermayr, 2015)。在此背景下,欧盟于2018年提出碳边境调节机制(Carbon Border Adjustment Mechanism, CBAM)的立法动议,并于2026年正式实施,成为全球首个系统化的跨境碳关税安排。与传统环境政策不同,CBAM兼具贸易壁垒与环境规制的双重属性。一方面,作为一项面向进口的关税性安排,其反复进行的立法与谈判过程,集中体现了“外部环境的复杂性、严峻性、不确定性上升”^①的现实背景,为考察企业如何在

* 李芳华、李响(通讯作者),中国人民大学应用经济学院,邮政编码:100872,电子信箱:fanghua_li@ruc.edu.cn, xiangli0508@ruc.edu.cn;黄阳华,中国人民大学和平与发展学院,邮政编码:100872,电子信箱:y.h@ruc.edu.cn。本文研究得到国家自然科学基金专项项目(72141308)、教育部哲学社会科学研究重大课题攻关项目(22J2D013)的资助。作者感谢匿名审稿专家的宝贵建议。当然,文责自负。

① 《中央经济工作会议在北京举行》,《人民日报》2023年12月13日。

外部冲击下开展前瞻性预期管理与战略调整提供了典型场景。另一方面,CBAM又通过提高未来碳排放成本,将绿色转型压力以价格信号的形式传导给企业,从而为考察环境政策能否通过碳成本机制推动能源替代与结构调整提供了有利条件。党的二十届三中全会强调,“统筹国内国际两个大局”。因此,在全球减碳与贸易规则重构并行推进的背景下,考察CBAM政策信号如何影响企业行为,既有助于理解国际因素如何进入国内微观决策,也有助于识别全球绿色转型背景下内外政策协同的作用机制,并为深化贸易政策与环境政策互动关系的研究提供新的微观证据。

从理论上,2018年欧洲议会通过CBAM决议,可视为一个具有明确经济含义的外部政策信号。现代宏观经济学长期强调前瞻性行为和预期更新在政策传导中的作用(Lucas, 1981)。但相较于完全信息理性预期,现实中的信息黏性、注意力约束和行为偏差可能导致主体对政策信号反应滞后、关注不足或过度调整(Mankiw & Reis, 2002; Maćkowiak et al., 2023)。现有文献大多聚焦宏观层面的政策预期和不确定性,例如,货币政策对通胀预期和产出预期的影响,或一般性宏观不确定性冲击对经济活动的作用(Armantier et al., 2016; Coibion et al., 2023)。相比之下,像CBAM这样具有明确行业指向、制度节点清晰、经济含义集中的外部政策信号,有助于识别企业是否以及如何将外部政策信号纳入前瞻性决策,并将这种反应同一般性信息摩擦区分开来。

进一步地,在政策信号能够改变企业预期的前提下,企业将如何调整实际行为,是理解环境规制作用机制的关键。按照波特假说,适度严格的环境规制可能通过创新激励和能源替代提升企业长期竞争力(Porter & van der Linde, 1995),但其经验有效性始终存在争议(Ambec et al., 2013)。在CBAM情境下,企业若预期未来碳成本上升而主动进行能源替代和技术调整,其转型可能不仅体现为厂内工艺改造,还可以通过跨区域投资和产能布局调整实现。鉴于中国各地区绿电资源禀赋、电力排放因子和绿电使用成本差异显著,高耗能企业可能将新增投资配置到绿电条件更优的地区,形成以清洁能源禀赋为基础的空间再配置。本文将这一现象概括为“绿色天堂效应”,这既可以看作波特假说在空间维度上的表现,也为理解碳政策如何通过资源禀赋差异重塑产业布局提供了新的经验场景。

基于上述背景,本文以2018年欧洲议会通过CBAM决议为外生政策信号冲击,利用中国高耗能企业在对欧盟出口暴露上的既有差异,识别CBAM信号对企业预期与行为的影响。具体而言,本文将2018年之前已对欧盟出口的高耗能企业作为处理组,未对欧盟出口的高耗能企业作为对照组,采用双重差分法和事件研究法,考察企业管理层关注、投资布局及配套调整行为的变化。与既有研究更多依赖地区规制强度差异或行业间差异不同,本文在同一行业内部利用企业出口目的地差异构造处理强度,从而提高处理组与对照组的可比性。

本文有四个方面的发现。第一,CBAM决议显著提升了对欧盟出口的高耗能企业管理层对全球碳政策的关注度,表明外部碳政策变化能够被企业感知。第二,对欧盟暴露较高的高耗能企业显著增加了对绿电富集区的投资,且该结论在扩展至

规模以上工业企业后仍然成立。第三,这种空间再配置主要是围绕绿电资源展开,绿电资源越丰富、距离可再生能源电厂越近的地区,对投资的吸引力越强;企业也同步增加了能源替代领域创新。第四,企业反应随对欧盟暴露强度呈现梯度增强,并在2021年“Fit for 55”等更具约束力的政策节点后进一步强化,且强化效应集中于更具前瞻性的企业,从而将行为变化与预期形成机制相联系。总体而言,本文证据表明,预期碳成本上升是CBAM信号影响企业行为的关键渠道,向绿电富集区配置投资是企业应对外部冲击的最主要方式。

本文的边际贡献主要体现在以下四个方面。第一,拓展了预期形成与企业行为的研究。在国际贸易环境不确定性显著上升的背景下,既有研究更多讨论总体不确定性对企业出口与投资的抑制效应(Handley & Limão, 2017; Caldara et al., 2020),而本文进一步聚焦一个针对特定行业、时间节点清晰且暴露度可测的外部政策信号,从而更有利于在经验上区分预期形成与预期传导两个环节。在方法上,本文利用上市公司企业管理层讨论与分析(MD&A)文本构建“全球碳政策关注度指数”,相较于主要依赖问卷调查或田野实验的研究(Coibion et al., 2018; Candia et al., 2023; Born et al., 2023),提供了一种可追溯性更强的大样本微观度量方式。

第二,补充了碳边境调节机制的事后经验证据。围绕碳泄漏与“搭便车”问题,既有研究长期讨论碳交易和碳关税等跨境碳约束工具的作用(Fontagné & Schubert, 2023),但关于CBAM的研究仍以制度分析和事前模拟为主(段玉婉等, 2023),对企业在政策推进过程中如何调整的事后证据相对有限。本文以CBAM决议通过为外生信号,结合企业投资与区位数据,识别其对资源跨区域配置的影响,与Fowlie et al. (2021)关于加州碳边境调节的经验证据互补。

第三,从空间经济学视角补充了资源禀赋影响资本流向的新证据。既有研究强调自然禀赋(Gallup et al., 1999)、制度质量(Acemoglu et al., 2001)、市场准入(Krugman, 1991)与贸易成本(Fajgelbaum & Redding, 2022)对经济活动空间分布的作用。“污染天堂”的研究则往往依赖地区环境规制差异来解释企业跨区位配置(Keller & Levinson, 2002; Cai et al., 2016)。本文则利用境外制度冲击,在统一国内制度环境下识别预期碳成本上升如何通过地区绿电禀赋差异推动企业区位再配置。这一设定通过缓解地方规制强度与产业布局所带来的双向因果问题,更清晰地揭示清洁能源禀赋对资本流向的因果作用。

第四,补充了环境约束可能诱发技术调整的微观证据。围绕波特假说,既有研究一方面强调环境规制可能激励企业创新升级(Porter & van der Linde, 1995; Bloom et al., 2019),另一方面也指出其效果并不稳健(Jaffe et al., 1995; Gray & Shadbegian, 2003; Lanoie et al., 2011; Ambec et al., 2013)。本文发现,CBAM信号通过提高预期碳成本,促使企业将投资转向绿电富集区的同时,增加能源替代类创新,而对能源节约类创新的作用相对有限。这表明,环境约束不仅影响创新强度,也可能影响创新方向,从而与定向技术变迁理论(Acemoglu, 2012)关于相对价格变化引导技术路径调整的预测相一致。

余文结构安排如下:第二部分介绍了CBAM政策、中国的绿电富集区以及待检验的假说;第三部分介绍数据来源和识别策略;第四部分介绍主要研究结果,并对潜在机制进行检验;第五部分对本文的研究进行总结,并基于研究发现提出相应的政策启示。

二、研究背景和待检验假说

(一)CBAM政策^①

随着全球气候治理持续推进,如何在开放条件下缓解碳泄漏风险,逐渐成为欧盟气候政策讨论的重要议题。早在2007年,欧盟内部即已开始讨论边境调整措施,主张通过贸易政策使进口商承担与欧盟本地生产者相近的环境成本。此后,欧洲议会及欧盟委员会虽多次在气候与能源政策文件中提及相关设想,但长期停留在原则性讨论层面,尚未形成明确、可操作的制度安排。2018年,欧洲议会通过有关气候外交的决议,明确提出CBAM,标志着这一议题由长期概念性讨论正式转向制度化进程。^②

2018年之后,CBAM在制度化过程中经历了多轮博弈与调整。2019年,欧盟委员会在《迈向2030年可持续欧洲》和《欧洲绿色协议》中相继提出,进口商可能需承担相当于欧盟生产商碳成本的费用,并将CBAM纳入欧盟绿色转型政策框架,但仍未完全明确具体规则。^③2021年,欧盟在“Fit for 55”方案中首次提出CBAM立法草案,公布了涉及行业范围、排放核算方式和实施时间表。此后,欧盟围绕行业范围、间接排放纳入和实施节奏等问题持续调整,最终于2023年正式立法,明确自2026年起全面实施,并对适用行业作出小幅修订。^④

从政策信号的角度看,2018年欧洲议会决议虽然尚未形成可直接执行的税收安排,但已经对中国企业和市场释放了可识别的外部政策冲击。图1从企业和市场两个维度提供了直观证据:MD&A文本中与国际碳政策相关的表述在2018年前总体增长缓慢,2018年后出现明显跃升;以百度日搜索指数度量的一般市场层面对“欧盟碳关税”的关注也在2018年以后显著上升。^⑤这表明CBAM已超出欧盟内部政策讨论,进入中国市场的信息传播和预期形成过程。

需要强调的是,2018年后CBAM虽然总体上向制度化方向推进,但其适用范围、执行强度和落地节奏仍经历反复博弈调整。因此,政策信号强度并不能简单理

① 因篇幅所限,相关内容(全球碳政策关注度指数的指标构建、高耗能产品范围与CBAM管控产品范围、CBAM征收细则以及从价税率计算)详见本刊网站登载的附录。

② European Parliament, 2018, European Parliament Resolution of 3 July 2018 on Climate Diplomacy.

③ European Commission, 2019, Reflection Paper: Towards a Sustainable Europe by 2030; European Commission, 2019, The European Green Deal.

④ European Commission, 2021, Fit for 55: Delivering the EU's 2030 Climate Target on the Way to Climate Neutrality; European Commission, 2023, Regulation(EU) 2023/956 of the European Parliament and of the Council of 10 May 2023, Establishing a Carbon Border Adjustment Mechanism.

⑤ 2019年7月正值欧盟委员会主席冯德莱恩上任前的关键时期,她在竞选期间曾明确表示将推动CBAM进程。她的提名和后续政策规划引发了广泛讨论,表现在百度日搜索指数上便出现了一个小高峰。

解为随法律文本增加而单调增强,而取决于企业对未来制度落地概率、适用范围和成本约束的综合判断。基于此,本文将2018—2023年界定为CBAM的“政策信号期”,以2018年作为企业感知该政策信号的起点,并在后文进一步检验后续制度推进是否带来了额外的信号强化效应。

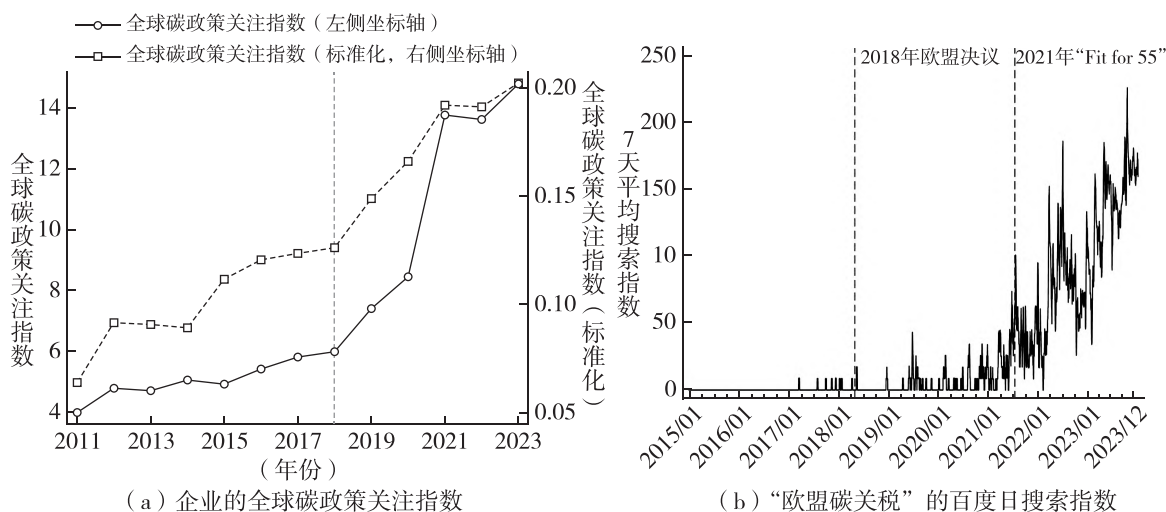


图1 CBAM政策信号对国内市场的影响

从影响范围看,CBAM在“政策信号期”主要指向高耗能产品,但其覆盖范围在不同阶段并不完全一致。2018—2019年,欧盟关于CBAM的讨论主要针对能源密集型行业,尚未明确列出具体的产品清单,因此在这一阶段,政策信号首先作用于将自身界定为高耗能产品出口商的企业。直到2021年“Fit for 55”方案出台,CBAM的覆盖产品范围及其对应编码才首次明确。本文据此构造了“高耗能产品”和“CBAM管控产品”两个样本口径。比对结果显示,2021年正式公布的CBAM管控产品是“高耗能产品”的真子集;从企业层面看,出口高耗能产品的企业约41%的产品最终被纳入CBAM管控范围。

根据CBAM实施细则,企业应承担的边境碳税取决于产品的嵌入排放及欧盟碳价与出口国碳价之间的差额,其中嵌入排放包括直接排放、间接排放和部分前体材料的嵌入排放。^①基于这一核算框架,本文进一步测算了水泥、化肥、钢铁和铝等典型高耗能产品在2018年的隐含碳税,并将其折算为等价从价税率。结果显示,其从价税率约为7.5%—29.6%,均值为14.92%。这一量级已接近2018年美国对华加征关税的平均税率,这说明即便在研究期内CBAM尚处于“信号”阶段,其所隐含的预期碳成本冲击也足以对企业成本预期和投资选址激励产生实质影响。

在此核算框架下,CBAM的制度安排将企业的合规调整主要限定在能源替代和能效提升两类路径之中。其中,能源替代尤其是绿色电力替代,具有显著的空间属性。按照实施细则,企业在默认情况下适用国家平均电力排放因子;但若能够提供更细的区域公

① European Commission, 2023, Commission Implementing Regulation (EU) 2023/1773 of 17 August 2023, Laying Down the Rules for the Application of Regulation (EU) 2023/956 of the European Parliament and of the Council as Regards Reporting Obligations for the Purposes of the Carbon Border Adjustment Mechanism During the Transitional Period.

开数据,则可采用地区排放因子;^①若进一步证明与可再生能源电厂实现物理直连,或通过长期购电协议获得特定绿电来源,还可采用电厂层面的排放因子。也就是说,企业所处地区的绿电资源禀赋和绿电获取方式,会直接影响其产品排放的核算结果及相应税负。这意味着,CBAM所引致的成本压力不仅可能促使企业通过能效提升降低排放,也可能通过改变不同地区的相对用能成本,推动其将新增投资转向绿电条件更优的地区。

(二)中国绿电富集区^②

前文表明,能源替代尤其是绿电替代具有显著的空间属性,因此,理解中国绿电资源分布、高耗能企业分布及绿电价格差异,是分析CBAM如何影响企业投资布局的必要前提。本文以省级层面的水电、风电和太阳能发电量之和度量绿电丰富程度,并将高于全国均值的省份界定为绿电富集区。总体来看,绿电资源主要集中在我国腹地、边疆和山区,而出口高耗能产品的企业则更多集聚在东部沿海地区,二者在空间分布上并不重合。这意味着,对欧盟出口的高耗能企业若要更多使用绿电,存在需要调整生产活动区位转向绿电富集区的现实空间。

相较于绿电非富集区,绿电富集区通常同时具有电力排放因子更低、绿电可得性更高和绿电成本更低等优势。一方面,富集区绿色发电占比更高,更有条件实现与可再生能源电厂的物理直连;而非富集区即便可以通过跨省交易获取绿电,也往往受到输电能力、交易机制和认证不确定性等约束。^③另一方面,从价格上看,绿电价格通常随资源富集程度提高而下降。进一步比较绿电价格与本地煤电基准价可以发现,92%的非富集区使用绿电的单位成本高于煤电。这意味着,对许多位于非富集区的高耗能企业而言,在原有区位内部完成绿电替代并非低成本选择;当这一绿电溢价达到甚至超过企业预期承担的边境碳成本时,向绿电条件更优地区配置新增投资来实现能源替代,便成为更有吸引力的应对方式。

与此同时,出口高耗能产品的企业通常具有较高集中度和较大规模,因而较一般制造业企业更有能力通过设立子公司等方式进行跨区域布局调整。^④综合来看,中国绿电资源与高耗能企业的差异化空间分布,为CBAM政策信号可能引致企业向绿电富集区配置投资提供了现实基础。

(三)待检验的假说^⑤

为了明确CBAM通过预期碳价格进而影响企业决策的作用机制,本文基于Redding & Turner(2015)构建了一个企业区位选址理论模型。考虑一个由 N 个地区

① 中国的全国电力排放因子为0.5366 kgCO₂/kWh,约149.06 tCO₂/TJ;云南省的电力排放因子为0.1073 kgCO₂/kWh,约29.81 tCO₂/TJ;四川省的电力排放因子为0.1404 kgCO₂/kWh,约38.99 tCO₂/TJ。

② 因篇幅所限,相关内容(绿电富集区的空间分布、绿电价格分析)详见本刊网站登载的附录。

③ 由于新能源的随机性、间歇性、波动性,为保障电网稳定运行,特高压线路多采取“风光火”打捆模式运行,企业购电在省级层面汇总后统一组织交易。这一制度安排使跨省外送的绿电在国际认证中存在不确定性,欧盟是否认可此类电力仍未可知。

④ 以水泥行业为例,熟料产能前10企业的市场份额2018年达到64%;在电解铝行业,2017年前11家企业集团的合计产量已占全国总产量的74%。因篇幅所限,高耗能企业的空间分布特征、行业分布特征见本刊网站登载的附录。

⑤ 因篇幅所限,完整模型推导详见本刊网站登载的附录。

构成的经济体,各地区的能源禀赋外生给定,以价格向量 $c_{ot} = (c_{ot}^{Carbon}, c_{ot}^{Green})^T$ 表示。高耗能产业的代表性企业 i 选择在地区 o 生产, $o \in N$, 其边际生产成本 $\varphi_o = \varphi(w_o, c_o)$ 由当地工资与能源价格共同决定。设 CBAM 政策信号于 t_o 期推出, 则企业会形成一个仅针对欧盟市场的化石能源价格预期 $c_{i,t_o}^{Carbon} (1 + \tau)$ 。

面对该预期冲击,企业有以下三种策略:(1)使用绿电替换化石能源,投入 f^R 在绿电价格更低的地区建设新厂;(2)提升能源使用效率,投入 f^E 改变边际生产成本函数 $\tilde{\varphi}$;(3)转向其他出口市场,投入 f^C 开拓替代市场。企业最大化跨期期望利润,即:

$$\max \left\{ \max_o \sum_{t=0}^{\infty} \beta^t E_i(\pi_o) - f^R, \sum_{t=0}^{\infty} \beta^t E_i(\tilde{\pi}_o) - f^E, \sum_{t=0}^{\infty} \beta^t E_i(\hat{\pi}_o) - f^C \right\}$$

其中, π_o 、 $\tilde{\pi}_o$ 、 $\hat{\pi}_o$ 分别为异地建厂、技术升级和转向替代市场的期间利润, f^R 、 f^E 、 f^C 为对应的一次性固定成本。根据以上概念框架,本文形成以下可检验的假说。

假说1(“绿色天堂效应”):2018年欧盟CBAM决议后,预期碳价格的上升提高了绿电地区的生产成本优势,向欧盟出口高耗能产品的企业会向绿电富集区增加投资,且绿电资源越丰富、绿电价格越低的地区获得的投资越多。

假说2(暴露程度异质性):在CBAM信号之前对欧盟出口依赖度较高的高耗能企业,由于其预期碳价格上升更多,因此向绿电富集区增加投资的动机更强。

假说3(技术提升与市场替代):当异地建厂成本 f^R 较高时,企业转向技术提升或市场转移策略,形成多重均衡。不同均衡选项的占比取决于异地投资的收益与其他两种选项收益的差值。

上述框架提供了定性判断,而预期碳价格对企业行为的影响仍有待实证检验。考虑到这一影响主要集中于对欧盟出口的高耗能企业,这一异质性构成了本文实证识别的基础。

三、数据来源与识别策略

(一)样本数据及描述性统计^①

本文整合中国上市公司的海关进出口数据、子公司数据、管理层讨论与分析文本、专利数据、省级能源数据、绿电发电厂微观数据以及夜间灯光数据,研究CBAM政策信号对高耗能企业感知与投资决策的影响。在宏观层面,本文利用分省分能源类型发电量数据识别绿电富集区,并结合绿电发电厂的地理位置与投运时间刻画绿电可达性;在微观层面,利用上市公司MD&A文本刻画企业对碳政策的关注度、绿色文化认同及市场扩张倾向,结合上市公司子公司数据识别企业跨区域新增投资,并进一步利用子公司地理位置与夜间灯光变化识别更可能对应实体生产活动扩张的生产性子公司,同时利用专利数据度量企业在能源替代和能源节约领域的创新活动。

1. 核心样本

在“政策信号期”初期,欧盟仅笼统提及“能源密集型行业”,尚未明确受影响的

^① 因篇幅所限,数据来源、指标构造细节、描述性统计详见本刊网站登载的附录。

具体行业和产品范围。为此,本文首先结合国家和地方关于高耗能行业的界定,识别出高耗能行业范围,随后依据《国民经济行业分类》与国际行业分类的对应关系,将其进一步映射为可贸易产品,并结合 World Integrated Trade Solutions 提供的产品对应关系,最终确定高耗能产品及其 HS 六位编码。在此基础上,将上市公司与 2014—2016 年海关企业—产品层面的进出口数据进行匹配,获得基准期内出口高耗能产品的上市公司样本,作为本文的研究主样本。^①

2. 处理变量

本文的主要处理变量是 2018 年欧洲议会通过 CBAM 决议这一外生政策信号冲击。在研究样本内,利用 2014—2016 年进出口数据集中的出口国构成,构造企业在 2018 年 CBAM 政策信号中的暴露程度,并据此划分处理组和对照组。其中,处理组为对欧盟出口高耗能产品的上市公司,对照组为同样出口高耗能产品但不向欧盟出口的上市公司。在机制分析中,进一步以 2014—2016 年对欧盟出口高耗能产品的总金额占 2014—2016 年企业总销售额的比重这一连续变量,作为其在 CBAM 政策信号中的暴露程度的度量。

3. 主要被解释变量

企业对碳政策的关注度。根据行为金融学文献(胡楠等,2021;李倩茹和翟华云,2022),MD&A 能够反映管理者的关注领域和投资策略。因此,本文使用中国研究数据服务平台(CNRDS)的管理层讨论与分析数据库(CMDA)提供的上市公司 MD&A 内容,构造“全球碳政策关注度指数”(GCPAI_{it})加以度量。该指标以与全球碳政策相关的关键词词频为基础,并进一步按文本总词数进行标准化,以控制 MD&A 篇幅差异带来的影响。^②

企业在绿电富集区的新增投资。本文使用上市公司 2013—2023 年期间每年在绿电富集区新设子公司的数量和比例,分别度量企业在绿电富集区新增投资的广延边际(Extensive Margin)与集约边际(Intensive Margin)。为了度量上市公司在不同区域的新增投资情况,我们利用 CNRDS 数据库提供的子公司名称,在企查查网站进行查询,获得上市公司子公司的统一社会信用代码、企业地址、成立日期、注册资本等数据,并将其统一社会信用代码作为唯一标识,以避免因名称变更或拼写错误等原因造成的测量误差。^③

① 2014—2016 年是 CBAM 决议提出前的 2—4 年,选择这一时期作为基准期,是为了避免企业在 CBAM 决议提出前,受到欧盟委员会其他行为的影响而改变预期,提前调整企业出口或投资行为等情况的发生。我们在稳健性部分,探讨了其他定义方式。

② 考虑到上市公司 MD&A 部分在 2012 年前后发生制度性调整,本文将相关文本分析的样本期设定为 2013—2023 年,以避免企业结构化调整披露格式和内容对此变量的影响。2012 年 2 月 3 日,上海证券交易所发布《上市公司 2011 年度报告工作备忘录第五号——管理层讨论与分析的编制要求》,对上市公司 MD&A 板块的披露要求进行明确规定。

③ 具体来说,本文在企查查中逐个查询了 CNRDS 数据库提供的上市公司子公司名称,如果能匹配到名称完全一致的企业,则记录企查查提供的该子公司的相关信息。对于没有匹配到名称完全一致的子公司,则调用企查查的模糊匹配 API 对其进行模糊匹配,并手动检查匹配结果,确保名称的差异来自企业名称中无关紧要的信息,如名称的括号、LLC、L.L.C.、有限责任公司等。如果仍未能企查查中找到对应的企业,则将其删除。

清洗后数据集中共有 160128 家上市公司子公司。^①最后,根据绿电富集区的定义,生成企业是否在绿电富集区新设子公司的虚拟变量 $I[Sub_{it}^{Green} > 0]$,以及企业在绿电富集区新设子公司的比例 $Green_Ratio_{it}$,刻画新增投资的广延边际和集约边际。

除核心变量外,本文还构造了若干辅助性结果变量,以考察企业在 CBAM 政策信号冲击下的其他可能调整方向。其一,统计 MD&A 文本中泛绿色词汇的词频,构造企业绿色文化认同指标,用于区分一般绿色认同与对国际碳政策的特定关注。其二,利用专利申请数据和世界知识产权组织绿色专利分类清单,分别构造企业能源替代类专利和能源节约类专利数量,以度量企业在相关领域的创新活动。其三,基于 MD&A 文本并结合大语言模型识别企业针对某一市场的扩张表述,构造市场扩张指数,以刻画企业在出口市场选择上的潜在调整。

4. 控制变量、中介变量与其他样本

上市公司其他信息来自国泰安经济金融研究数据库(CSMAR),包含上市公司的营业收入、固定资本存量、从业人员数、负债、主要行业、股票市场类型等,用来构造控制变量。此外,本文还进一步构造了若干企业特征变量,用于异质性分析和稳健性检验,包括管理层短视程度、政商关系强度以及出口复杂度等。

除上市公司样本外,本文还在补充分析中将研究对象扩展至规模以上工业企业,以检验基准结论是否具有更广泛的代表性。扩展样本主要基于中国工业企业数据库与海关数据的匹配,并使用企查查的企业子公司信息重新构造投资变量。

(二)识别策略与回归方程设定

本文采用双重差分(DID)与事件研究法(Event Study)相结合的框架,将欧盟 CBAM 政策信号视为外生冲击,识别中国高耗能企业的反应。尽管未来 CBAM 将覆盖所有高耗能行业,但在政策信号出现时,只有在此前已有对欧盟出口的企业,才直接面临碳成本上升的感知信号(Perceived Signal),因此这些企业构成处理组;而同一行业内未对欧盟出口的企业则构成自然的对照组。本文利用行业内部企业在出口目的地上的既有差异(Within-industry Variation)识别同一外部冲击下的异质反应,从而尽可能排除跨行业差异和国内政策环境差异带来的干扰。

本文将 2018 年作为基准处理时点,这是因为 2018 年欧洲议会决议构成了 CBAM 进入正式制度议程后的第一个清晰、可识别的外部碳成本信号。而此后 2021 年“Fit for 55”方案以及 2022—2023 年的立法谈判,主要体现为制度化推进和规则明确。由于上述节点在经济含义上未必对应单调增强的信号强度,本文在基准识别中以 2018 年为起点,并在后续进一步考察制度推进是否带来了额外的信号强化效应。

基准回归采用如下双向固定效应模型:

$$Y_{it} = \beta Treat_i \times Post_t + \lambda_i + \lambda_t + X_{it}\gamma + \varepsilon_{it} \quad (1)$$

其中, Y_{it} 代表企业 i 在年份 t 的感知或行为结果变量; $Treat_i$ 是代表处理组企业的虚拟变量; $Post_t$ 表示 2018 年及之后的时间虚拟变量; λ_i 和 λ_t 分别表示企业固定效应

^① 如果以 CNRDS 原始数据中的子公司名称作为唯一标识,会得到 172759 家上市公司子公司,按照实际 160128 家子公司计算,有约 7.9% 的公司名称重复。

和年份固定效应,分别捕捉不随时间变化的企业异质性(如企业产品特征、企业管理者的个人特征等)和所有企业共同经历的随时间变化的冲击(如汇率波动、宏观政策的变化以及国内企业对绿电态度的时间趋势);核心系数 β 代表了模型估计的CBAM政策信号平均处理效应。控制变量主要包括:上市公司所在省份的省份固定效应与年份的交互项(省份一年份固定效应),以捕捉所在省份层面的线性时间趋势(如各省的碳排放权交易体系建设、环境空气质量改善行动、绿电交易政策);企业营业收入的对数值,用于控制企业规模的影响;企业的劳动资本比,用于控制企业的生产特征及技术水平;负债比率,用于控制企业运营的可用资金规模。 ε_{it} 为随机扰动项。

上述设定的识别思路在于,处理组与对照组处于相同的国内制度环境之中,国内环境政策和区域治理措施不会直接依据企业出口目的地差异化实施。在控制企业固定效应、年份固定效应及省份一年份固定效应后,企业间的系统性差异主要体现在其是否在政策信号出现前已暴露于欧盟市场。需要说明的是,2017—2018年国内碳市场建设和大气治理政策也在同步推进,理论上企业出口目的地可能与其规模、生产率或地区特征相关,进而与国内政策暴露间接相关。为此,本文一方面在基准模型中纳入相应控制变量,另一方面在后续部分通过平衡性检验、倾向得分匹配等方法进一步处理这一识别担忧。^①

在双向固定效应框架之外,本文进一步采用事件研究法考察动态效应:

$$Y_{it} = \sum_{j=-5}^{j=5} \beta_j Treat_{it} \times I[Year = 2018 + j] + \lambda_i + \lambda_t + X_{it}\gamma + \varepsilon_{it} \quad (2)$$

其中, $I[Year = 2018 + j]$ 表示相对2018年的事件时间(CBAM政策信号之后(或之前)的第 j 年), β_j 刻画处理组与对照组在不同年份的动态差异。样本期为2013—2023年,覆盖了2018年前后五年。

本文的经验分析遵循“先感知、后行为”的识别逻辑。首先,检验CBAM信号是否提升了处理组企业对全球碳政策的关注度;其次,在确认企业已识别并感知该信号后,再考察这种感知变化是否转化为面向绿电富集区的投资再配置,并进一步从绿电可达性、配套创新行为、对欧盟暴露强度以及后续制度推进等角度提供补充证据;最后,本文还对企业其他潜在应对路径进行对比检验,以更完整地刻画企业对外部政策信号的总体调整方案。

四、CBAM政策信号的企业响应机制:从感知到投资

(一)政策信号的感知验证^②

1. 基准回归结果及稳健性

企业对特定政策的显著性感知(Perceived Salience)与关注是政策信号影响投资决策的前提。本文以全球碳政策关注度指数衡量企业在信息披露中表现出的关注

^① 因篇幅所限,国内同期政策梳理与平衡性检验详见本刊网站登载的附录。

^② 因篇幅所限,相关内容(事件研究分析结果、以标准化全球碳政策关注指数为被解释变量的回归结果、稳健性检验、排除绿色文化认同结果)详见本刊网站登载的附录。

程度(Disclosed Attention),并将其作为被解释变量进行回归分析。

事件研究结果表明,在2018年CBAM政策信号发出之前,处理组与对照组在全球碳政策关注度上不存在显著差异,支持本文识别所需的平行趋势假设。政策信号发出后,处理组企业对碳政策的关注度相对对照组逐步上升,且这一变化在标准化指标下同样稳健。全球碳政策关注度指数的DID回归结果如表1所示。列(1)展示了不添加任何控制变量的基准回归结果,其交互项的系数为正且在5%的水平上显著,表明在受到CBAM政策信号冲击后,处理组企业相比对照组显著提高了对碳政策的关注度。列(2)在列(1)基础上增加了上市公司所在省份的省份一年份固定效应,用于捕捉随时间线性变化且影响企业碳政策关注程度的不可观测因素。列(3)在列(2)基础上进一步增加了企业层面的控制变量,用于控制企业的规模、劳动强度以及可用资金情况。可以看到,加入各类控制变量后,政策信号使得企业MD&A部分中与“碳政策”相关的词汇增加了0.874个,以基准期平均4.651个词汇为参考,处理效应的相对规模约为18.79%($\approx 0.874/4.651 \times 100\%$)。^①

表1的列(4)(5)进一步控制了回归的样本范围。列(4)仅保留A股上市公司,以控制A股与B股企业在投资者结构及冲击响应上的潜在异质性(Al-Awadhi et al., 2020),结果仍与基准回归一致。列(5)进一步剔除了ST上市公司,以检验异常经营状态企业是否影响基准结果。估计结果显著性均保持稳定,说明本文主要结论不依赖于特定上市公司样本范围。

表1 CBAM政策信号感知结果

变量	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
$Treat_i \times Post_t$	0.712** (0.267)	0.652** (0.267)	0.874*** (0.271)	0.873*** (0.272)	0.846*** (0.276)
基准平均值	4.616	4.616	4.651	4.651	4.582
控制变量	否	否	是	是	是
省份一年份固定效应	否	是	是	是	是
观测数	8877	8877	8863	8769	8605
R ²	0.690	0.697	0.702	0.701	0.698
股票性质	全部	全部	全部	A股上市	A股上市
股票状态	全部	全部	全部	全部	去除ST企业

注:表中各列均控制了企业固定效应和年份固定效应,*、**和***分别表示在10%、5%和1%的水平上显著,括号内的值为稳健标准误,以下各表同。

由于政策相关词频为计数型变量,其数值分布存在非负性和偏态特征,同时可能受MD&A文本总体长度的影响,直接使用原始词频作为指标可能引入偏差。为此,本文对词频进行标准化处理,即将政策相关词频除以当年MD&A文本的总词数,构建标准化的“全球碳政策关注度指数”。该处理方式不仅能够缓解样本间文本长度差异对结果的干扰,也提升了指标在企业 and 年份之间的可比性。以该标准

^① 值得注意的是,全球碳政策关注度指数只计算了“碳政策”相关词汇的词频。因此,平均1个词汇的增加可能反映了讨论碳政策部分的明显增加。

化指标为被解释变量的结果与基准回归结果一致。

为检验基准结果的稳健性,本文从样本选择和模型设定两个方面进行了系统分析。首先,扩展样本范围,处理组仍然为基准期内对欧盟出口高耗能产品的上市公司,而对照组进一步包括了所属行业为高耗能行业但不从事出口业务的上市公司,以此考察结果是否依赖于出口企业样本的特定选择。其次,在模型设定上,本文分别采用异方差稳健标准误、省级聚类标准误,并进一步使用交叠双重差分(Calaway & Sant'Anna, 2021)进行估计。结果表明,在不同样本范围、标准误设定和估计方法下,本文核心结论均保持稳定,说明基准回归结果具有较强稳健性。

整体而言,实证结果表明,企业管理层确实会对与未来经营环境密切相关的外部政策信号保持敏感,这为后续探讨CBAM政策信号如何通过影响企业预期而进一步作用于其投资与经营决策提供了基础。

2. 排除其他假设

此外,我们还需排除一项潜在的竞争性解释,即处理组和对照组企业在碳政策关注度方面的差异,可能并非来自CBAM信号,而是源于绿色文化认同。Shu et al. (2024)指出,绿色创新有助于新兴市场企业满足东道国监管要求并获得社会认可,进而改善其出口表现。鉴于欧洲长期重视绿色发展,尤其在《欧洲绿色协议》提出后相关制度导向进一步强化,对欧盟出口企业可能在这种制度与市场环境中表现出更强的绿色政策关注。

由于文化认同通常具有连续性,难以解释2018年后企业碳政策关注度的突发性变化,因此其虽不影响本文对行为响应的识别,但对于区分CBAM是未来碳成本预期冲击还是一般性的绿色文化认同仍然重要。基于MD&A文本构造的企业绿色文化认同指标显示,处理组与对照组在一般绿色认知层面并无显著差异,从而排除了文化认同渠道。

(二)“绿色天堂效应”的基准回归结果

1. 基准回归结果及稳健性^①

在确认CBAM信号在微观层面会被处理组企业识别并进入管理层关注之后,本文从广延边际和集约边际两个角度进一步考察CBAM信号对企业在绿电富集区投资决策的影响。广延边际和集约边际分别使用上市公司在绿电富集区是否新设子公司和上市公司在绿电富集区新设子公司的比例进行度量。

图2展示了根据式(2)的事件研究分析结果,图2(a)和图2(b)分别对应广延边际与集约边际。结果表明,在2018年CBAM政策信号发出之前,处理组与对照组在绿电富集区新增投资上不存在显著差异,支持本文的平行趋势假设;而在政策信号发出后,两组企业在广延边际和集约边际上的差距均逐步扩大。具体而言,处理组企业不仅更可能在绿电富集区新设子公司,而且从整体投资布局看,对绿电富集区的投资权重也显著上升。这一结果与本文假说1一致,说明在面临未来碳成本上升预期时,企业倾向于通过向绿电富集区配置投资来应对,达到长期规避碳关税的效果。

^① 因篇幅所限,相关内容(稳健性检验、异地投资结果)详见本刊网站登载的附录。

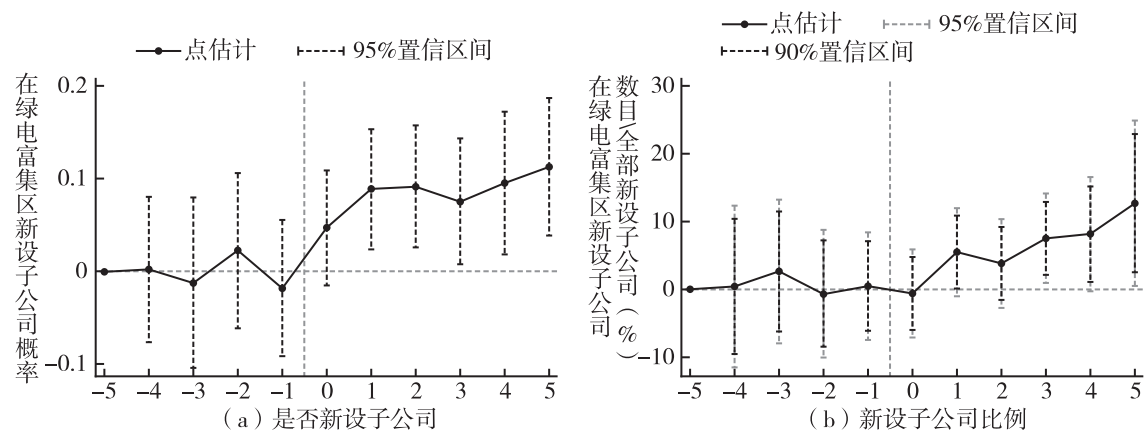


图2 事件研究分析结果:基准回归

DID模型的回归结果如表2所示。其中Panel A以上市公司在绿电富集区是否新设子公司为被解释变量,展示了式(1)的Probit模型估计结果,表中的系数为平均边际效应。在控制了省份一年份固定效应、企业层面的控制变量后,平均边际效应为7.2个百分点且在1%的水平上显著,以基准期21.1个百分点为参考,这一处理效应的相对规模约为34.12%。列(4)(5)改变样本后,结果仍然稳健。^①Panel B以上市公司在绿电富集区新设子公司占整体新设子公司的比重为被解释变量,使用TWFE OLS模型衡量CBAM政策信号对企业投资的集约边际。^②列(1)—(5)结果显示,交互项的系数为正且均在1%的水平上显著。在加入各类控制变量后,CBAM政策信号能够使上市公司在绿电富集区新设子公司的比例提高7.827个百分点,处理效应的相对规模约为27.09%。结合本文测算的平均预期从价税率约为15%,可将该结果进一步解读为,企业在绿电富集区新设子公司占比对预期成本上升的弹性约为1.8。

上述结果证明了CBAM政策信号对企业投资具有两个方面的影响,不仅提高了企业对绿电富集区投资的绝对概率,而且提高了绿电富集区在上市公司全国投资的空间布局中的相对重要性。这一结果意味着,企业对绿电富集区的投资增加并非只是总体投资扩张的结果,而体现为投资区位的重新配置。

表2 基准回归结果

Panel A 被解释变量:上市公司在绿电富集区是否新设子公司					
变量	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
$Treat_i \times Post_t$	0.030** (0.014)	0.030** (0.014)	0.072*** (0.017)	0.070*** (0.017)	0.067*** (0.017)
基准平均值	0.211	0.211	0.211	0.221	0.219
观测数	7941	7941	6859	6808	6639
Pseudo R ²	0.190	0.190	0.202	0.202	0.201

① 核心估计系数在不同控制变量组合下方向一致且幅度稳定,未呈现明显的衰减或反转。该稳健性表明,估计结论对协变量设定不敏感,因而降低了由可观遗漏变量造成偏误的可能性。

② 以 $Green_Ratio_{it}$ 为被解释变量的样本数小于Panel A,是因为某些企业当年新增子公司数为0,因此其 $Green_Ratio_{it}$ 这一指标缺失。

续表 2

Panel B 被解释变量:上市公司在绿电富集区新设子公司的比例					
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
$Treat_i \times Post_t$	7.781*** (1.887)	7.781*** (1.887)	7.827*** (1.892)	7.706*** (1.893)	7.125*** (1.912)
基准平均值	28.893	28.893	28.893	28.896	28.503
控制变量	否	否	是	是	是
省份—年份固定效应	否	是	是	是	是
观测数	5188	5188	5171	5143	5039
R ²	0.418	0.418	0.420	0.418	0.417
股票性质	全部	全部	全部	A股上市	A股上市
股票状态	全部	全部	全部	全部	去除ST企业

为检验基准结论的稳健性,本文从样本选择、模型设定、核心变量定义以及投资载体识别四个方面进行了系统分析。首先,在样本选择方面,本文使用两个替代样本检验结论是否依赖于特定样本:一是在上市公司范围内放宽筛选口径,二是将分析对象扩展至规模以上工业企业,结果均保持稳健。其次,在模型设定上,本文除基准的双向固定效应估计外,还分别采用稳健标准误、省级聚类标准误、线性概率模型以及交叠双重差分方法重新估计,结论一致。再次,在核心解释对象的界定上,本文更换了绿电富集区的划分标准,并进一步剔除绿电发电量较高但价格优势不明显的省份,估计结果未发生实质性变化。最后,考虑到“新设子公司”既可能反映真实生产性扩张,也可能包含平台型或空壳型设立,本文参考区域经济与多区位企业文献,结合工商登记信息以及夜间灯光变化,对新设子公司进行了栅格层面的筛选(Chen & Nordhaus, 2011)。结果表明,随着口径收紧至更可能进行实体生产活动的子公司,本文识别的处理效应不仅保持稳健,而且规模进一步增加。这说明,本文所揭示的并非单纯的名义注册,而更可能反映了企业面向绿电富集区的真实生产布局调整。

本文进一步采用PSM—DID以回应一项潜在的识别问题:尽管国内政策不会因企业是否对欧盟出口而直接区别实施,但对欧盟出口企业可能在规模、出口复杂度、政商关系和地区政策环境等方面存在系统差异,而这些差异又可能影响企业所面临的国内政策约束及政策资源获取能力。为进一步剥离这一影响,本文采用倾向得分匹配,在企业规模、出口复杂度(Hausmann et al., 2007)、政商关系和地区政策环境等维度提高处理组与对照组的可比性,匹配后的估计结果仍保持稳健。

在上述稳健性检验基础上,为更直观地理解CBAM政策信号的经济量级,本文进一步将其与企业异地投资文献中的估计结果进行比较。为此,本文使用企业在非本省绿电富集区是否新设子公司刻画异地投资行为。结果显示,CBAM政策信号使企业异地投资的平均边际效应提高了5.9个百分点(相对规模为59%)。马光荣和程小萌(2022)发现,目的地税率每下降1个百分点,上市公司在当地新设子公司的数量增加1.9%。若假定税率与异地投资之间近似线性,则本文识别到的处理效应在量级上相当于绿电富集区相对母公司所在地的有效税负下降约31.1个百分点所带来的异地投资激励。

需要强调的是,企业对预期税率的响应更强,并不必然意味着行为预期下的过度反应(Bordalo et al., 2022)。本文测算的15%影子碳税更接近于在可观测信息与静态假设下得到的成本冲击下限,在政策不确定性与碳价路径上行预期并存的情形下,企业对未来碳成本的主观定价可能高于该静态测算。与这一解释相符,欧盟EU ETS碳价自2018年以来显著上行,并在2023年前后一度升至约€100/吨,显示市场对中长期碳约束趋严的预期持续强化。

2. 投资效应的绿电驱动证据^①

基准回归表明,CBAM政策信号显著提高了对欧盟出口高耗能企业在绿电富集区的新设投资。但由于绿电富集区的划分可能同时与产业基础、要素成本或地方政策环境相关,投资再配置是否由绿电要素驱动,仍需进一步辨析。为此,本文从两个方面提供补充证据:一是考察投资响应是否随绿电可达性呈现系统性梯度;二是检验企业是否同步增加与绿电使用相配套的能源替代领域创新。从而在CBAM信号冲击与绿电资源驱动的空间再配置之间建立更紧密的联系。

(1) 绿电丰富程度与投资分布

为建立投资地与绿电资源的关联,本文将基准回归中的绿电富集区划分为高度富集区和普通富集区,并计算上市公司在两地新设子公司的数量和比例,之后重复基准回归。^②结果显示,CBAM政策信号显著提高了企业在两类地区新设子公司的概率,但高度富集区的相对处理效应更大。进一步聚焦受政府干预较少、投资行为更能反映市场力量的私有企业后,这一差异更加明显,无论是在广延边际还是集约边际上,私有企业的投资响应都主要集中于“高度富集区”,而在“普通富集区”的处理效应明显减弱且显著性不稳定。上述结果表明,绿电资源越丰富的地区,对高耗能企业的吸引力越强。

为进一步排除接受地内生的碳相关政策可能带来的干扰,本文在更精细的空间尺度上检验了绿电资源区位与企业投资之间的关系。具体而言,参考 Egger et al. (2022) 的方法,本文采用半径分析法,考察企业在某地新设子公司的概率与该地至绿电发电站(包括光伏、风电和水电站)的距离之间的关联,从而为企业因绿电资源而在绿电富集区投资提供更直接的证据。该方法的核心假设在于:如果基准回归识别的处理效应源于高耗能企业对绿电的需求,那么为了更便捷地实现绿电直连,处理组企业应更倾向于在绿电发电站周边设立子公司。

为检验这一假设,本文利用绿电富集区各类绿电发电站的经纬度和投运时间信息,围绕发电站划分不同距离圈层,并考察企业在各圈层内新增子公司的概率。考虑到不同圈层面积差异,本文将估计结果统一换算为每100平方公里的效应值。结果如图3所示,处理效应呈现显著梯度:在5公里范围内,处理组企业新增子公司的概率比对照组高4.3个百分点;在5—10公里范围内,该效应降至2.0个百分点,约为前者的46.5%;在10—20公里范围内则进一步降至0.4个百分点。可

^① 因篇幅所限,相关内容详见本刊网站登载的附录。

^② 在绿电富集区中,绿电资源排名前五名的省份为高度富集区,其他省份为普通富集区。

见,处理效应随企业与绿电发电站距离的增加而显著衰减。这一空间梯度特征表明,企业在绿电富集区的新设投资并非一般性区位转移,而是围绕绿电资源可达性展开,从而为本文关于绿电驱动投资再配置的解释提供了更直接的证据。

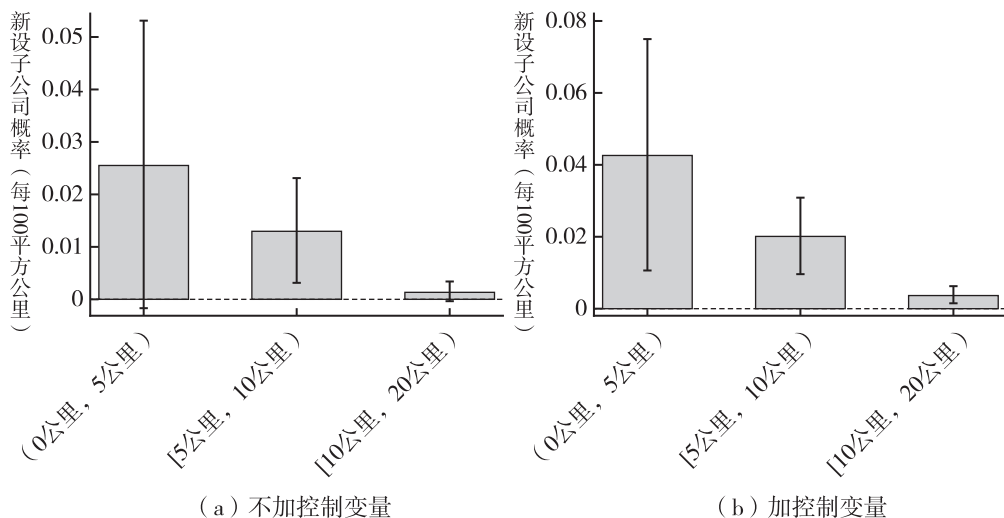


图3 处理效应与空间接近度

(2) 绿电资源与能源替代类专利

为进一步验证企业在绿电富集区新增投资的确由绿电需求所驱动,本文进一步考察其是否同步出现与绿电使用相适应的生产端调整行为,即能源替代领域创新。其基本逻辑在于,若企业投资再配置的核心动因是获取绿电资源,则相关投资通常不会孤立发生,而是伴随电气化改造、热源替换、工艺适配等相应调整。因而,考察CBAM政策信号是否同时推动企业增加能源替代领域创新,能够从配套行为的角度,为“绿电驱动投资”这一解释提供辅助证据。数据显示,企业在绿电富集区新设子公司数量与能源替代类专利数量呈现正相关关系,这直接证明了企业向绿电富集区的投资与绿电资源本身的关系。本文进一步以能源替代类专利数量为被解释变量,按照式(1)进行回归。结果显示,CBAM政策信号使得处理组企业能源替代类专利增加。这证明企业在能源负向冲击下增加了能源替代领域创新,进而为企业因绿电资源而投资的行为提供了合理的解释。

(三) 机制分析:预期碳成本驱动的证据^①

本部分进一步检验企业的投资再配置是否来自CBAM信号引致的预期碳成本上升。预期性反应与其他机制的区别在于,企业当前的行为调整是对尚未实现的未来成本变化作出的提前反应。若这一机制成立,则应当至少呈现三个可检验的经验特征:其一,企业反应强度应随预期碳成本上升而增强;其二,企业应当根据后续制度信息不断修正预期并调整行为;其三,企业反应强度应取决于其对未来约束的重视程度。基于此,本文依次从冲击强度、制度推进和企业前瞻性三个方面展开检验,并在最后排除替代性解释。

^① 因篇幅所限,相关内容(预期形成异质性检验、安慰剂检验)详见本刊网站登载的附录。

1. 剂量反应检验

根据假说2,企业对欧盟市场暴露程度越高,CBAM所引致的预期碳成本上升幅度越大,因此其向绿电富集区进行投资再配置的反应也应更强。为建立处理强度与企业在绿电富集区设立子公司这一投资行为的直接关系,本文将对欧盟出口高耗能产品的上市企业分为两组,考察投资响应是否呈现随暴露程度上升而增强的梯度特征。以2014—2016年对欧盟出口高耗能产品的总金额占2014—2016年企业总销售额的比重为划分标准,将高于平均值的企业定义为高强度处理组,将低于平均值但大于0的企业定义为低强度处理组,对照组与基准回归一致,为出口高耗能产品但不对欧盟出口的上市公司,进行式(1)所示回归。

回归结果如表3所示。其中,列(1)(2)是高强度处理组与对照组的回归结果,列(3)(4)是低强度处理组与对照组的回归结果。结果显示,高强度处理组的广延边际与集约边际均是低强度处理组的1.5—2倍。以广延边际为例,高强度处理组向绿电富集区投资的概率,在CBAM政策信号后整体提升9.5个百分点;而低强度处理组投资概率仅提高6.4个百分点,对照组这一数值仅为3.9个百分点。

为检验稳健性,本文进一步以平均值作为阈值划分处理组与对照组,将高于平均值的企业作为处理组,低于平均值的其他企业作为对照组。表3列(5)(6)展示了回归结果。相比于低强度或无影响企业,CBAM政策信号对高强度处理组的影响在10%的水平上显著为正。这进一步建立了企业受影响程度与向绿电富集区投资概率和比例的直接关联。

表3 机制分析:剂量反应检验

	高强度组		低强度组		高强度 vs 其他	
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Panel A 被解释变量:上市公司在绿电富集区是否新设子公司						
$Treat_i \times Post_t$	0.095*** (0.032)	0.082** (0.038)	0.064*** (0.018)	0.039* (0.021)	0.051* (0.029)	0.052 (0.035)
基准平均值	0.211	0.216	0.211	0.216	0.211	0.216
Panel B 被解释变量:上市公司在绿电富集区新设子公司的比例						
$Treat_i \times Post_t$	12.102*** (3.394)	8.680** (3.934)	6.702*** (2.006)	4.347* (2.400)	7.757** (3.194)	6.363* (3.712)
基准平均值	28.893	27.812	28.893	27.812	28.893	27.812
企业性质	全部	私有	全部	私有	全部	私有

注:表中各列控制了企业固定效应、年份固定效应、省份—年份固定效应和控制变量。

2. 制度推进与信号强化

预期性反应的第二个经验特征是企业会随着新信息的到来不断修正预期并调整行为。2021年,欧盟委员会正式提出CBAM立法草案,首次明确了覆盖产品和实施安排。对出口CBAM管控产品的企业而言,这意味着未来碳成本约束变得更为确定;而对未被纳入清单的高耗能产品企业而言,短期内受到实际约束的可能性则相对下降。因此,如果企业的投资调整确由碳成本预期驱动,那么2021年之后,被正式纳入清单的企业应当继续甚至强化既有调整,而未被纳入的企业反应则应减

弱。基于此,本文将出口高耗能产品的上市公司划分为出口 CBAM 管控产品的企业和出口其他高耗能产品的企业,比较 2021 年提案后的差异化反应。

图 4 展示了第二轮冲击的事件研究分析结果。结果显示,2021 年提案发布前,两组企业的投资趋势不存在显著差异,说明在 2018 年政策信号的初始冲击下,高耗能企业整体受到了相对同质的影响。在 2021 年提案发布后,处理组在绿电富集区新设子公司的概率和比例均有所上升,但显著性主要体现在集约边际。这表明,2018 年的政策信号已促使高耗能企业启动调整,而 2021 年制度信息的明确化在边际上进一步强化了这一反应,即企业的投资行为随着碳成本预期的确定性上升而持续更新,符合预期性反应的特征。

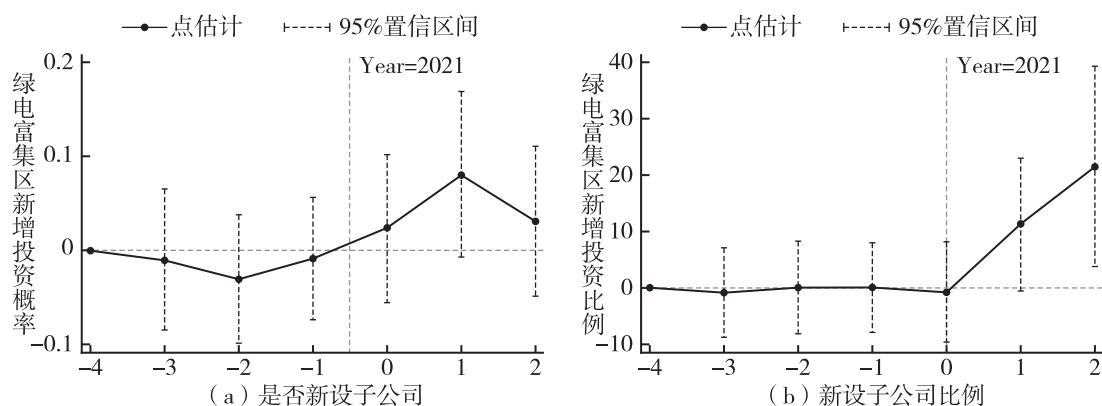


图 4 信号强化:2021 年 CBAM 提案发布

3. 企业前瞻性与投资持续性

预期性反应的第三个检验特征,是企业对未来约束的重视程度会影响其当前调整的力度。企业作为跨期预期利润的最大化者,贴现因子 β 直接决定了未来碳成本在当期决策中的权重。前瞻型企业(高 β)即便面对仍有过渡期的碳价格约束,其折现后的未来成本仍足以驱动当期投资;短视型企业(低 β)可能对初始信号作出有限反应,而在后续制度推进中表明正式实施仍需时日时,折现后的预期碳成本降至投资门槛以下,调整动力随之减弱。因此,如果投资再配置确由预期碳成本上升所驱动,那么在 2021 年制度进一步明确后,前瞻型企业应表现出更强、更持续的投资响应,而短视型企业的反应则应明显减弱。反之,如果驱动因素是当期的政策补贴或舆论压力等即时冲击,两类企业的反应不应呈现系统性分化。

基于此,本文按照虞义华等(2018)对管理者短视程度的定义,将处理组企业划分为短视型(短视程度高于均值)与前瞻型两组,分别考察其动态投资反应。结果表明,短视型企业在 2018 年信号出现后虽有一定短期响应,但在 2021 年后与对照组企业无明显差异;相较之下,前瞻型企业的投资响应呈现更强的持续性与累积性。这一分化符合跨期贴现机制的预测,从而为预期碳成本机制而非即时冲击驱动提供了更直接的支持。

4. 排除绿色文化认同的替代性解释

2018 年 CBAM 决议可能只是提升了企业的一般绿色认同,从而带来泛绿色投资

倾向。如果这一解释成立,则即使不出口高耗能产品、不直接面临CBAM相关碳成本约束的企业,也应在2018年后出现类似的绿电投资反应。为此,本文以出口非高耗能产品的上市公司为安慰剂样本进行检验。结果显示,在非高耗能行业中,对欧盟出口企业在2018年后并未显著增加对绿电富集区的投资。该结果说明,本文在高耗能企业中观察到的投资再配置更可能来自未来碳成本约束,而非一般性的绿色认同变化。

(四)其他应对路径

理论模型预测,除绿电投资外,企业还可能通过两种替代路径应对预期碳成本上升:一是调整出口市场结构,将部分产品从欧盟转向其他市场以规避碳关税;二是提升能源使用效率,在不改变能源类型的情况下降低单位碳排放。受限于数据可得性,本文无法直接检验上述路径,而是通过构建代理变量提供启发性的经验证据,作为对基准结论的补充。

1. 转换出口市场

为度量企业在出口市场方面的调整,本文基于MD&A文本构建了市场扩张指数,并将市场区分为欧盟与非欧盟两类,分别从广延边际(是否出现扩张类表述)和集约边际(扩张表述占比)两个维度进行检验。回归结果如图5(a)所示。广延边际和集约边际均不显著,即企业在CBAM信号冲击下未表现出明显的区域性转换倾向。进一步地,图5(b)展示了回归系数相对于基期均值的变动幅度。从规模效应来看,估计系数的相对变动程度均未超过5%。这意味着,即便不考虑统计显著性,其经济意义同样有限,市场转向的力度极为微弱。这一结果表明,企业在CBAM信号后并未进行大规模的出口市场再配置,为本文基准设定提供了佐证。

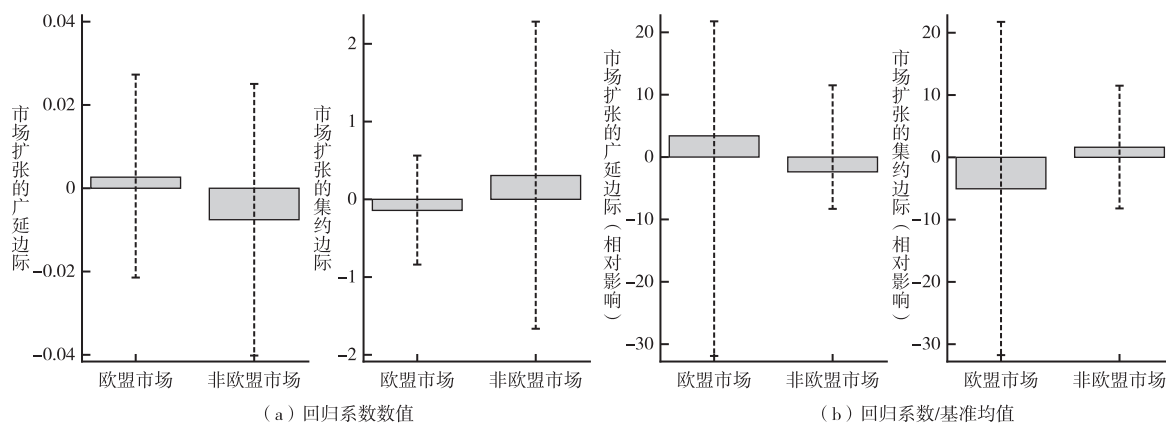


图5 转换出口市场

2. 能源节约

本文以能源节约类专利数量为代理变量,度量企业在能源节约方面的投入。事件分析和DID回归结果显示,交互项系数不显著,但绝对数值处于0.3—0.5区间,相对于基期均值的变动幅度为43%—67%,表明能源节约可能是企业的潜在应对策略之一,但现有证据尚不充分。^①

^① 因篇幅所限,相关内容详见本刊网站登载的附录。

综合两类结果,在三条可观测的应对路径中,仅有向绿电富集区进行跨区域投资这一路径呈现稳健一致的证据。这一结果与 Acemoglu(2012)定向技术变迁理论的预测一致:当预期碳价格上升改变了化石能源与清洁能源的相对价格时,企业的要素选择和技术路径将被系统性地引导向清洁能源方向。在能源节约受制于技术边界约束、出口市场转向空间有限的条件下,向绿电富集区转移产能构成了企业应对长期碳成本上升的主导策略。

五、结论与政策启示

在全球减碳与逆全球化并行推进的背景下,国际贸易规则不确定性显著上升,高耗能企业同时面临外部市场波动与碳减排压力。本文以 2018 年欧洲议会通过 CBAM 决议为外生政策信号冲击,基于中国上市公司的海关进出口数据、子公司数据和管理层讨论与分析文本等,采用双重差分法与事件研究法,从企业对政策信号的感知出发,进一步考察其投资与区位选择变化,并通过机制检验识别预期碳成本上升渠道,进而评估其对企业空间再配置的影响。

本文的主要结论如下:第一,外部政策信号能够显著影响企业的感知与行为。2018 年 CBAM 决议通过后,对欧盟出口高耗能产品的企业在碳政策关注度和绿电富集区投资方面均出现显著上升,且这一反应随着 2021 年立法提案推进而进一步强化。第二,政策主要通过预期碳成本机制影响企业行为。剂量反应关系、信号更新效应和企业前瞻性调节作用三个方面证据共同支持这一判断。同时,企业技术路径被系统性地引导至能源替代而非能源节约方向,这不仅与定向技术变迁理论一致,也为波特假说提供了新的微观证据。第三,从空间配置角度看,绿电资源分布不均衡促使企业在能源替代过程中向绿电富集区转移投资,进而形成资本跨区域再配置的新格局。本文将这一现象概括为“绿色天堂效应”。

党的二十届三中全会强调,要统筹国内国际两个大局。本文的发现对在高水平开放条件下推动绿色转型与开放合作相互促进具有以下政策启示。

第一,强化政策预期管理,提升企业绿色转型的稳定性和前瞻性。本文发现,企业对外部政策信号高度敏感,欧洲议会通过 CBAM 决议这一立法前动向便已显著改变中国高耗能企业的预期与行为。这表明,在外部不确定性上升的背景下,企业决策不仅取决于当期成本,更深受未来政策预期的影响。因此,国内政策不仅要注重工具力度,更要重视稳定预期、引导预期和管理预期。应加强对国际绿色规则变化的持续跟踪和前瞻研判,完善重点行业的风险预警和信息传导机制,及时向企业释放清晰、稳定和一致的政策信号。同时,增强产业政策、能源政策与开放政策之间的协同性,避免形成相互冲突的政策预期。良好的预期管理本身就是一种低成本、高效率的政策工具,有助于在不依赖大规模补贴的条件下,引导企业形成更稳定的中长期投资安排。

第二,完善全国碳市场,更好发挥碳价格的预期引导作用。本文发现,企业因预期碳价格上升而改变行为,说明碳市场的作用不仅在于形成当期成本约束,更在

于提供清晰、可信和可持续的中长期价格信号。当前全国碳排放权交易市场仍存在覆盖行业有限、价格波动较大、市场深度不足等问题,碳价格对企业长期投资和技术调整的引导作用仍有待增强。下一步,应稳步扩大碳市场覆盖范围,逐步提高碳价格形成机制的市场化程度,增强价格信号的连续性和权威性;同时,探索国内碳市场与国际碳规则在核算、认证和价格预期层面的衔接机制,使国内碳价格更有效地引导企业开展面向未来的低碳投资。碳市场建设不仅是减排工具建设问题,更是提升企业适应国际绿色规则重构能力的重要制度基础。

第三,强化绿电规则与国际碳核算体系衔接,推动绿电优势转化为国际认可的竞争优势。本文发现,在外部碳约束增强的背景下,企业表现出显著的绿电导向型投资倾向。当前中国在绿电交易、绿证认证和绿电核算等方面已取得较大进展,下一步的关键在于增强相关规则与国际碳核算、绿色认证和边境调节规则之间的衔接性,提高中国企业使用绿电在国际合规中的可识别性、可核验性和可接受性。为此,应围绕绿电证书、绿电溯源、排放核算和使用证明等关键环节,加快形成与国际规则相兼容的标准体系和认证体系,推动国内绿电消费凭证、长期购电协议、绿电直连等安排获得更高国际认可度,助力国内清洁能源禀赋转化为企业应对外部碳约束的成本优势和竞争优势。

第四,顺应绿电约束下的资本流动趋势,优化要素空间配置,促进区域协调发展。本文发现,资本向绿电富集区的流动,客观上使西部、边疆等资源禀赋较强地区获得了承接部分产业转移的新机会。这说明,在外部碳约束增强的背景下,绿电正逐步由一般资源禀赋转化为塑造产业布局和资本流向的关键战略要素。这一变化为西部大开发、区域协调发展和乡村振兴等战略提供了新的现实支撑,也为“绿水青山就是金山银山”这一论断提供了新的经验证据。在政策上,应统筹推进绿电资源开发、产业承接能力建设、基础设施完善和营商环境优化,使绿电富集区既具备能源优势,也具备承接高耗能产业绿色转型的综合条件。同时,应完善跨区域电力交易、输配电协调和利益分配机制,防止地方围绕绿电资源形成新的行政壁垒,通过全国统一大市场建设保障要素自由流动和资源高效配置。

第五,本文的发现对全球碳减排政策也具有启示意义。与传统国际气候协定相比,碳边境调节机制确实能够通过价格机制引导高耗能企业采取更长期的能源转型策略,增加在清洁能源丰富地区的投资,并推动能源替代领域创新。从效率角度看,这有助于缓解碳泄漏并强化全球减排约束。但与此同时,碳关税也会将更高调整成本转嫁给高耗能产品生产国,而这些国家大多是发展中国家。Kolstad et al. (2014)指出,发达国家在工业化过程中积累了大量气候债务,应承担更多减排义务;Chichilnisky & Heal (1994)主张,征税国应通过转移支付、技术援助或绿色融资等方式对生产国进行补偿,以兼顾效率与公平,但现实中这一机制仍然较难落实。本文表明,中国高耗能企业已经在碳边境调节的预期压力下主动加快清洁能源转型,这种前置性调整本身就是中国参与全球气候治理的重要实践。在此基础上,中

国应积极参与国际碳定价规则、碳核算标准和绿色认证体系的制定,推动形成兼顾市场约束与差异化责任的全球碳治理框架。

参考文献

- 段玉婉、蔡龙飞、陈一文,2023:《全球化背景下中国碳市场的减排和福利效应》,《经济研究》第7期。
- 胡楠、薛付婧、王昊楠,2021:《管理者短视主义影响企业长期投资吗?——基于文本分析和机器学习》,《管理世界》第5期。
- 李倩茹、翟华云,2022:《管理者短视主义会影响企业数字化转型吗?》,《财务研究》第4期。
- 马光荣、程小萌,2022:《区域性税收优惠政策、企业异地发展与避税》,《世界经济》第12期。
- 虞义华、赵奇锋、鞠晓生,2018:《发明家高管与企业创新》,《中国工业经济》第3期。
- Acemoglu, D., S. Johnson, and J. A. Robinson, 2001, “The Colonial Origins of Comparative Development: An Empirical Investigation”, *American Economic Review*, 91(5), 1369—1401.
- Acemoglu, D., P. Aghion, L. Bursztyn, and D. Hemous, 2012, “The Environment and Directed Technical Change”, *American Economic Review*, 102(1), 131—166.
- Aichele, R., and G. Felbermayr, 2015, “Kyoto and Carbon Leakage: An Empirical Analysis of the Carbon Content of Bilateral Trade”, *Review of Economics and Statistics*, 97(1), 104—115.
- Al-Awadhi, A. M., K. Al-Saifi, A. Al-Awadhi, and S. Alhamadi, 2020, “Death and Contagious Infectious Diseases: Impact of the COVID-19 Virus on Stock Market Returns”, *Journal of Behavioral and Experimental Finance*, 27(3), 100326.
- Ambec, S., M. A. Cohen, S. Elgie, and P. Lanoie, 2013, “The Porter Hypothesis at 20: Can Environmental Regulation Enhance Innovation and Competitiveness?”, *Review of Environmental Economics and Policy*, 7(1), 2—22.
- Armantier, O., S. Nelson, G. Topa, W. van der Klaauw, and B. Zafar, 2016, “The Price Is Right: Updating Inflation Expectations in a Randomized Price Information Experiment”, *Review of Economics and Statistics*, 98(3), 503—523.
- Bloom, N., J. V. Reenen, and H. Williams, 2019, “A Toolkit of Policies to Promote Innovation”, *Journal of Economic Perspectives*, 33(3), 163—184.
- Bordalo, P., N. Gennaioli, and A. Shleifer, 2022, “Overreaction and Diagnostic Expectations in Macroeconomics”, *Journal of Economic Perspectives*, 36(3), 223—244.
- Born, B., Z. Enders, G. J. Müller, and K. Niemann, 2023, “Firm Expectations About Production and Prices: Facts, Determinants, and Effects”, in Bachmann, R., G. Topa, and W. van der Klaauw, eds., *Handbook of Economic Expectations*, Academic Press, 355—383.
- Cai, X., Y. Lu, M. Wu, and L. Yu, 2016, “Does Environmental Regulation Drive Away Inbound Foreign Direct Investment? Evidence from a Quasi-Natural Experiment in China”, *Journal of Development Economics*, 123, 73—85.
- Caldara, D., M. Iacoviello, P. Molloy, A. Prestipino, and A. Raffo, 2020, “The Economic Effects of Trade Policy Uncertainty”, *Journal of Monetary Economics*, 109, 38—59.
- Callaway, B., and P. H. C. Sant’Anna, 2021, “Difference-in-Differences with Multiple Time Periods”, *Journal of Econometrics*, 225(2), 200—230.
- Candia, B., O. Coibion, and Y. Gorodnichenko, 2023, “The Macroeconomic Expectations of Firms”, in Bachmann, R., G. Topa, and W. van der Klaauw, eds., *Handbook of Economic Expectations*, Academic Press, 321—353.
- Chen, X., and W. D. Nordhaus, 2011, “Using Luminosity Data as a Proxy for Economic Statistics”, *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 108(21), 8589—8594.
- Chichilnisky, G., and G. Heal, 1994, “Who Should Abate Carbon Emissions? An International Viewpoint”, *Economics Letters*, 44(4), 443—449.
- Coibion, O., Y. Gorodnichenko, and S. Kumar, 2018, “How Do Firms Form Their Expectations? New Survey Evidence”, *American Economic Review*, 108(9), 2671—2713.
- Coibion, O., Y. Gorodnichenko, E. S. Knotek, and R. Schoenle, 2023, “Average Inflation Targeting and House-

- hold Expectations”, *Journal of Political Economy Macroeconomics*, 1(2), 403—446.
- Egger, D., J. Haushofer, E. Miguel, P. Niehaus, and M. Walker, 2022, “General Equilibrium Effects of Cash Transfers: Experimental Evidence from Kenya”, *Econometrica*, 90(6), 2603—2643.
- Fajgelbaum, P., and S. J. Redding, 2022, “Trade, Structural Transformation, and Development: Evidence from Argentina 1869–1914”, *Journal of Political Economy*, 130(5), 1249—1318.
- Fontagné, L., and K. Schubert, 2023, “The Economics of Border Carbon Adjustment: Rationale and Impacts of Compensating for Carbon at the Border”, *Annual Review of Economics*, 15, 389—424.
- Fowlie, M., C. Wolfram, P. Baylis, C. A. Spurllock, A. Todd-Blick, and P. Cappers, 2021, “Default Effects and Follow-on Behaviour: Evidence from an Electricity Pricing Program”, *Review of Economic Studies*, 88(6), 2886—2934.
- Gallup, J. L., J. D. Sachs, and A. D. Mellinger, 1999, “Geography and Economic Development”, *International Regional Science Review*, 22(2), 179—232.
- Gray, W. B., and R. J. Shadbegian, 2003, “Plant Vintage, Technology, and Environmental Regulation”, *Journal of Environmental Economics and Management*, 46(3), 384—402.
- Handley, K., and N. Limão, 2017, “Policy Uncertainty, Trade, and Welfare: Theory and Evidence for China and the United States”, *American Economic Review*, 107(9), 2731—2783.
- Hausmann, R., J. Hwang, and D. Rodrik, 2007, “What You Export Matters”, *Journal of Economic Growth*, 12(1), 1—25.
- Jaffe, A. B., S. R. Peterson, P. R. Portney, and R. N. Stavins, 1995, “Environmental Regulation and the Competitiveness of US Manufacturing: What Does the Evidence Tell Us?”, *Journal of Economic Literature*, 33(1), 132—163.
- Keller, W., and A. Levinson, 2002, “Pollution Abatement Costs and Foreign Direct Investment Inflows to U.S. States”, *Review of Economics and Statistics*, 84(4), 691—703.
- Kolstad, C., K. Urama, J. Broome, A. Bruvoll, M. Cariño-Olvera, D. Fullerton, C. Gollier, W. M. Hanemann, R. Hassan, F. Jotzo, M. R. Khan, L. Meyer, and L. Mundaca, 2014, “Social, Economic, and Ethical Concepts and Methods”, in Edenhofer, O., R. Pichs-Madruga, Y. Sokona, E. Farahani, S. Kadner, K. Seyboth, A. Adler, I. Baum, S. Brunner, P. Eickemeier, B. Kriemann, J. Savolainen, S. Schlömer, C. von Stechow, T. Zwickel, and J. C. Minx, eds., *Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change*, Cambridge University Press, 207—282.
- Krugman, P., 1991, “Increasing Returns and Economic Geography”, *Journal of Political Economy*, 99(3), 483—499.
- Lanoie, P., J. Laurent-Lucchetti, N. Johnstone, and S. Ambec, 2011, “Environmental Policy, Innovation and Performance: New Insights on the Porter Hypothesis”, *Journal of Economics and Management Strategy*, 20(3), 803—842.
- Lucas, R. E., 1981, *Studies in Business-Cycle Theory*, MIT Press.
- Maćkowiak, B., F. Matějka, and M. Wiederholt, 2023, “Rational Inattention: A Review”, *Journal of Economic Literature*, 61(1), 226—273.
- Mankiw, N. G., and R. Reis, 2002, “Sticky Information versus Sticky Prices: A Proposal to Replace the New Keynesian Phillips Curve”, *Quarterly Journal of Economics*, 117(4), 1295—1328.
- Nordhaus, W., 2015, “Climate Clubs: Overcoming Free-Riding in International Climate Policy”, *American Economic Review*, 105(4), 1339—1370.
- Porter, M. E., and C. van der Linde, 1995, “Toward a New Conception of the Environment-Competitiveness Relationship”, *Journal of Economic Perspectives*, 9(4), 97—118.
- Redding, S. J., and M. A. Turner, 2015, “Transportation Costs and the Spatial Organization of Economic Activity”, in Duranton, G., J. V. Henderson, and W. C. Strange, eds., *Handbook of Regional and Urban Economics* (Volume 5), North-Holland Press, 1339—1398.
- Shu, C., J. Zhao, Q. Yao, and K. Z. Zhou, 2024, “Green Innovation and Export Performance in Emerging Market Firms: A Legitimacy-Based View”, *Management and Organization Review*, 20(1), 85—110.

Carbon Border Policy Signals, Green Electricity Endowments and the Spatial Reallocation of Energy-intensive Firms

LI Fanghua^a, LI Xiang^a and HUANG Yanghua^b

(a: School of Applied Economics, Renmin University of China;

b: School of Peace and Development, Renmin University of China)

Summary: Against the backdrop of global decarbonization and deglobalization, uncertainty over external trade rules and climate policies has risen sharply. Energy-intensive firms thus face not only fluctuations in external demand but also growing pressure from potential carbon regulations. This paper studies how an external carbon policy signal affects firm behavior before its formal implementation. We exploit the 2018 European Parliament resolution on the Carbon Border Adjustment Mechanism (CBAM) as a quasi-natural experiment and examine how this signal reshapes the expectations, investment behavior, and spatial reallocation of Chinese firms.

Our empirical analysis combines several sources of firm-level and spatial data. We match Chinese listed firms' customs transaction records, subsidiary registration data, Management Discussion and Analysis (MD&A) texts from annual reports, patent application data, provincial energy statistics, renewable power plant location data, and other geographic information. This rich data structure allows us to trace the transmission of the CBAM signal from firm attention and expectation formation to subsequent investment reallocation and complementary technological adjustment. Methodologically, using a difference-in-differences framework together with event-study specifications, we identify the effect of the CBAM signal on firms differentially exposed to the European market. The key identification strategy hinges on differential exposure to anticipated carbon costs: upon the passage of the 2018 resolution, firms already exporting energy-intensive products to the European Union (EU), compared with their comparable, non-exporting-to-EU counterparts in the same energy-intensive sectors, faced significantly greater exposure to anticipated carbon cost increases.

We document three main findings. First, the CBAM signal is highly salient at the firm level. Following the 2018 resolution, energy-intensive firms with prior export exposure to the EU significantly increase their attention to international carbon policy, as reflected in MD&A disclosures. Second, the CBAM signal induces a significant spatial reallocation of production-related investment. Firms more exposed to the EU significantly increase new investment in green-electricity-abundant regions, especially where renewable resources are richer and green power accessibility is stronger. This pattern can be understood as a spatial version of the Porter hypothesis: anticipated carbon cost pressure not only induces adjustment in production technology but also gives energy substitution a locational dimension by shifting production activities toward regions with better green electricity conditions. Third, exposed firms simultaneously increase innovation related to energy substitution. However, we do not find similarly robust evidence of adjustment through export market reorientation or through broader efficiency-improving responses in high-polluting production. This asymmetric response is consistent with directed technological change: rising anticipated carbon costs redirect firms toward clean-energy-related technological and locational adjustment, rather than generating a uniform response across all possible margins. Additional mechanism tests further show that the investment response is stronger for firms with greater prior exposure to the EU, is reinforced by later institutional developments, such as the 2021 "Fit for 55" package, and is more persistent among firms with stronger forward-looking characteristics. Taken together, the evidence supports the view that anticipated carbon cost increases are the key channel through which the CBAM signal affects firm behavior.

Overall, this paper provides micro-level evidence on how an external carbon border policy signal affects firms in a large open economy. It shows that green electricity is not merely an environmental resource, but an increasingly important strategic factor shaping the geography of production under climate-related trade constraints. The findings also carry policy implications for China. Efforts should be made to strengthen expectation management, improve carbon market price signals, enhance the compatibility between domestic green electricity institutions and international carbon accounting rules, and facilitate the reallocation of production toward low-carbon energy bases, so as to better align high-level opening-up with green transformation.

Keywords: Carbon Border Adjustment Mechanism; Policy Signals; Green Electricity Endowments; Spatial Reallocation; Energy Substitution

JEL Classification: F18, Q56, R12, D22

(责任编辑: 朱 钧)(校对: 曹 帅)