

碳排放交易政策、产品转换与绿色产品创新

——来自中国出口企业的经验与启示

万 焯 王 俊

摘要：本文匹配了2010—2015年中国海关进出口数据库与工业企业数据库，以碳排放交易试点省市内的出口企业为处理组，同时将其它样本企业设为控制组，运用双重差分模型开展实证检验。研究表明，碳排放交易政策通过产品转换率的调节效应可以提高试点省市内出口企业的绿色产品创新。异质性检验结果显示，产品转换率的调节效应对高污染、单一产品和非国有资本这三种类型企业的绿色产品创新的提高作用更加明显。根据这些经验研究结果以及中国的实际情况，本文提出政府应规范和优化碳交易市场运行管理、与中国现有的金融市场体系相结合、企业绿色资格认证以及加快国有企业混合所有制改革等政策建议。

关键词：碳排放交易政策；产品转换；绿色产品创新；出口企业；单一产品企业
[中图分类号] F270 [文献标识码] A [文章编号] 1002-4670 (2022) 4-0091-16

引 言

多年来，二氧化碳排放所引发的温室效应是全球共同面临的问题。中国经济发展离不开石油、煤炭和天然气等化石燃料的大量使用，使用化石燃料所产生的温室气体排放与大气污染物导致了一系列严重的环境灾害。为了解决二氧化碳过量排放的问题，同时作为《京都议定书》的缔约国，中国于2013年开始实施碳排放交易政策。随着“2030年前实现碳达峰”和“2060年前实现碳中和”被写入2021年政府工作报告，碳排放交易政策作为这一重大战略决策的重要组成部分，值得进一步挖掘与研究其经济与环境效益。

那么，环境规制有着怎样的外部性？作为市场型环境规制，碳排放交易政策在国内外已经存在大量的研究文献。基于静态视角，早期的新古典经济学理论认为，环境规制政策会对企业生产经营活动产生约束，从而导致内生性成本的产生（Walter and Ugelow, 1979^[1]；Feiock and Rowland, 1990^[2]；Copeland and Taylor, 1997^[3]）、

[收稿日期] 2021-09-28

[基金项目] 国家自然科学基金项目“FTA深度化，出口产品转换与贸易利得：基于规则与产品双重异质性视角的研究”（71973036）

[作者信息] 万焯（通讯作者）：浙江工商大学经济学院博士研究生，电子信箱：1850081768@qq.com；王俊：广东外语外贸大学经济贸易学院教授

对生产性投资的挤出 (Haveman and Christainsen, 1981)^[4], 并减少企业研发 (R&D), 最终降低竞争力 (蒋伏心等, 2013^[5]; 刘满凤和朱文燕, 2020^[6])。基于动态视角, 以 Porter 和 Linde (1995)^[7] 为代表的经济学家们认为, 由于“创新补偿效应”和“学习效应”的存在, 环境规制政策在长期会对企业创新带来促进作用, 通过提升技术工艺水准以抵消环境规制成本, 并最终提高企业竞争力, 即“波特假说”。宏观层面, 学术界对于碳排放交易的研究主要集中在减排效果、国际市场运行现状以及对宏观经济的影响 (彭水军和余丽丽, 2017^[8]; Younsi et al., 2017^[9]; Fang and Ma, 2019^[10]; 赵立祥等, 2020^[11]); 微观层面, 基于波特效应的影响机制框架, 学界主要研究碳排放交易对企业创新和经营绩效的影响, 同时也讨论企业在碳交易市场上的表现 (刘晔和张训常, 2017^[12]; Agrali et al., 2018^[13]; Wen et al., 2019^[14]; 沈洪涛和黄楠, 2019^[15])。

出口是中国经济发展的重要组成部分, 目前出口企业主要面临着诸如要素成本攀升、新冠疫情和“逆全球化”等国际政治经济的挑战, 造成企业的生产经营活动负担沉重。在此情况下, 碳排放交易政策是否有效? 另外, 产品转换是企业内部资源再配置的重要形式 (Bernard et al., 2010^[16]; 吴小康和于津平, 2018^[17]), 其对于企业的产出、生产率、盈利能力和产品质量等方面有着巨大的影响 (易靖韬等, 2017^[18]; 韩超和桑瑞聪, 2018^[19]; 冯猛, 2020^[20])。那么, 在碳排放交易政策的外生冲击之下, 这些企业内部行为是否间接影响了企业创新? 根据经济合作与发展组织 (OECD) 的相关定义, 绿色创新被分为绿色产品创新和绿色技术创新 (刘津汝等, 2019^[21])。但纵观已有文献, 尚未发现有学者研究过碳排放交易政策对绿色产品创新的影响。结合上文分析, 本文可能有三个方面的边际贡献: (1) 拓展“波特假说”的微观理论边际和绿色创新的研究概念, 研究了碳排放交易政策通过产品转换的调节效应对出口企业绿色产品创新的影响机制。(2) 单一产品企业的产品特征不容忽视, 对此本文探究了其有多产品企业的差异。(3) 丰富了碳排放交易政策机制的研究, 为中国低碳经济发展和早日实现“碳达峰”与“碳中和”提供了新的政策启示。

一、政策与现实背景

(一) 中国碳排放交易政策

1997年, 包括中国在内的来自全球149个国家和地区的代表成员在东京举行了《联合国气候变化框架公约》缔约方第三次大会, 会上签署了具有法律效力的《京都议定书》。2011年, 中国颁布了《关于开展碳排放权交易试点工作的通知》。2013年, 碳排放交易政策正式实施, 北京、上海、天津、重庆、广东、湖北和深圳七个省市相继开展了交易试点工作^①。碳排放权交易市场实行“总量+交易”机制, 主导单边和双边交易模式。企业自发减少温室气体排放并把碳减排量在二级市场上通过协议转让、单向竞价和挂牌竞价的方式出售, 以此通过市场调节企业之间的碳排放需求, 发挥企业自发减排的主动性 (王明喜等, 2015^[22])。至2020年, 中国已拥有除欧盟外配额成交量规模全球第二大的碳市场, 并成为全球最大的碳排放权交易体系 (ETS)。

^①广东和深圳分别设置了各自的交易所。

(二) 中国出口企业产品转换率的变化特征

根据不同特征,本文绘制了按企业数量计算的整体样本、试点与非试点地区以及单一和多产品企业三种产品转换率平均值变化图。

1. 全样本条件下出口企业的产品转换率平均值变化

如图1所示,2011年国家公布碳排放交易试点政策之后,市场的“理性预期”使2012年三种产品转换率都得到些许提升。2013年,碳排放交易政策正式开始实施之后,产品增加率小幅上涨,总体转换率和产品减少率有所下降,可能是因为政策效果存在“时滞”,并且出口企业的先期调整已经完成。2014年,三种产品转换率均大幅提升,政策效果开始显现。2015年,因上一年出口企业进行过大幅调整,三种产品转换率同时下降。

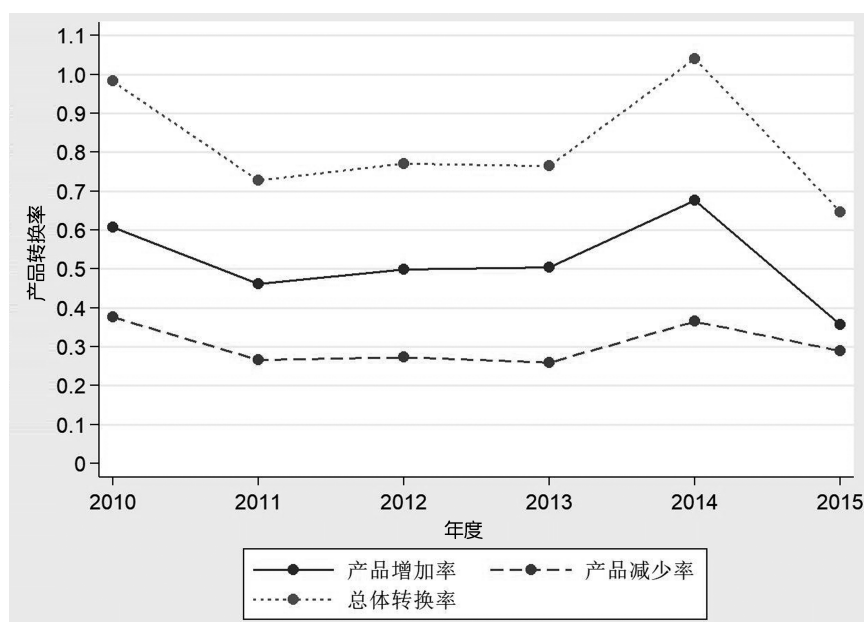


图1 全样本按年度变化的产品增加率、产品减少率和总体转换率平均值

资料来源:根据工业企业数据库和海关进出口数据库计算整理得出。

2. 试点与非试点区域内出口企业的产品转换率平均值变化

图2显示了试点与非试点省市的出口企业在产品转换率方面的变动情况及差异。从图像的整体特征看,两个区域的三种产品转换率在各年度之间互有高低但差异较小。2014年,两个区域的产品转换率都达到了政策实施后的峰值,相较于非试点省市,试点区域的产品增加率和总体转换率略高,而产品减少率略低。

3. 单一产品和多产品出口企业的产品转换率平均值变化

学术界往往忽略了产品变动的多维性,即企业产品生产配置的变换不仅仅是增或减,也可能是原有产品自下而上的升级替换,因此单一产品企业同样存在产品转换行为。

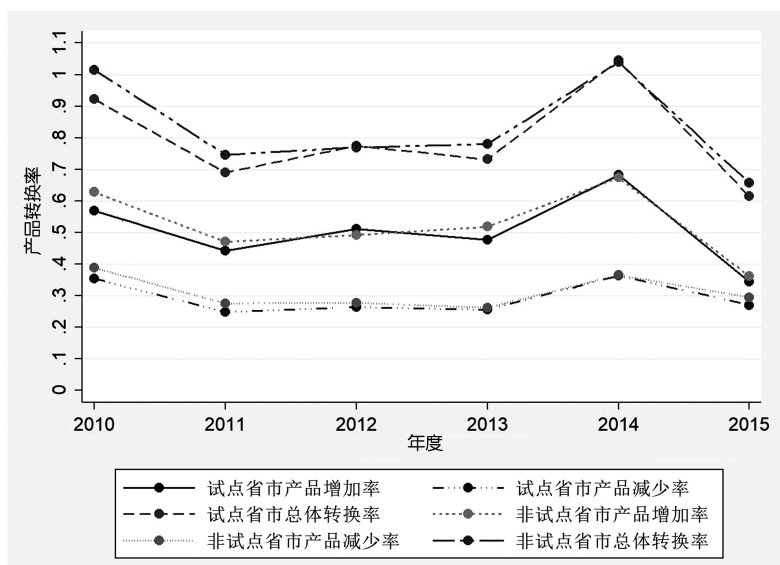


图2 试点与非试点省市内企业按年度变化的产品增加率、产品减少率和总体转换率平均值

资料来源：根据工业企业数据库和海关进出口数据库计算整理得出。

图3展示了碳交易试点后两种类型企业的产品转换率变化特征。整体上，单一产品企业的总体转换率和产品减少率在所有年度分别为最大和最小，而多产品企业的总体转换率要低于单一产品企业，两者差距在2014年达到峰值。

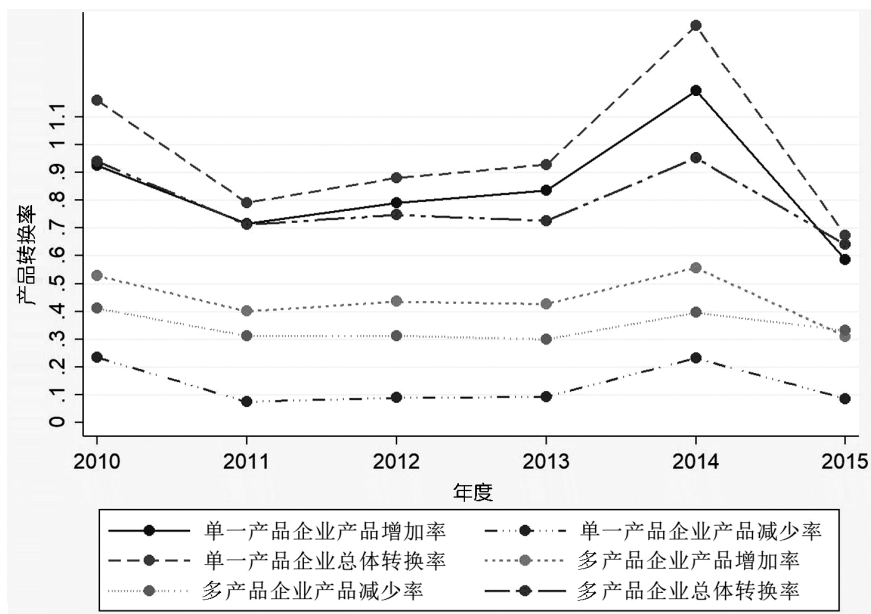


图3 单一产品与多产品企业按年度变化的产品增加率、产品减少率和总体转换率平均值

资料来源：根据工业企业数据库和海关进出口数据库计算整理得出。

(三) 制造业出口企业的绿色产品创新特征

由于缺少绿色产品创新的研究文献,学界对绿色产品创新在企业层面的现实刻画十分匮乏,因此本文以制造业出口企业每年新增特定的六位数HS编码产品的出口规模表示绿色产品创新。根据30个制造业门类下的二位行业大类及代码^①,本文刻画了不同行业部门企业的平均情况。

通过表1各个行业内企业每年的平均数据可以看出,中国出口企业的绿色产品创新具有明显的行业异质性。就年均值而言,计算机、通信和其他电子设备制造业、仪器仪表制造业以及电气机械和器材制造业这三大行业的绿色产品创新排名前三。年均增长率方面,排名前三的分别是烟草制造业、废弃资源综合利用业以及农副食品加工业。但是中国也存在部分行业绿色创新能力倒退和高精尖行业创新增长缓慢的问题。

表1 制造业出口企业的绿色产品创新

行业名称	年均值	增长率
农副食品加工业	47 286.333	7.105
食品制造业	39 425.500	1.479
酒、饮料和精制茶制造业	1 066 435.833	5.788
烟草制品业	9 784.333	39.653
纺织业	136 165.833	0.271
纺织服装、服饰业	39 864.000	1.488
皮革、毛皮、羽毛及其制品和制鞋业	223 348.667	0.214
木材加工和木、竹、藤、棕、草制品业	5 047 803.500	0.150
家具制造业	10 084 308.500	0.107
造纸和纸制品业	269 679.167	0.504
印刷和记录媒介复制业	434 543.167	0.211
文教、工美、体育和娱乐用品制造业	1 641 045.000	-0.037
石油加工、炼焦和核燃料加工业	60 909.167	6.856
化学原料和化学制品制造业	798 324.333	0.457
医药制造业	150 472.667	0.167
化学纤维制造业	343 151.667	2.149
橡胶和塑料制品业	1 002 365.500	0.672
非金属矿物制品业	1 579 088.167	0.122
黑色金属冶炼和压延加工业	3 377 492.833	0.102
有色金属冶炼和压延加工业	3 186 300.167	2.062
金属制品业	3 371 018.333	0.377
通用设备制造业	4 006 799.000	0.349
专用设备制造业	2 319 007.833	0.160
铁路、船舶、航空航天和其他运输设备制造业	3 867 595.000	0.145
汽车制造业	3 719 455.833	0.175
电气机械和器材制造业	15 102 586.750	-0.111
计算机、通信和其他电子设备制造业	61 789 100.333	0.766
仪器仪表制造业	33 097 742.667	1.172
其他制造业	6 941 873.000	2.413
废弃资源综合利用业	955 731.500	11.778

资料来源:根据工业企业数据库和海关进出口数据库计算整理得出。

^①国民经济行业分类与代码于2011年进行过修订,金属制品、机械和设备修理业的大部分子条目由其他制造业二位行业大类的子项目重新组建而成,这会与其他二位行业的往年数据产生重叠,因此本文没有将该行业纳入到此次特征事实的考察之中。

二、研究假说

作为市场型环境规制,碳排放交易政策使企业在受到排放限制时亦能增加新的盈利途径。在企业生产方面,环保要求促使企业通过技术研发创新、设备更新换代、提高燃料利用率和清洁能源筛选等途径改变生产结构模式(李志学等,2014^[23];范丹等,2017^[24];乔国平,2021^[25]),碳排放交易政策也因此产生生产替代效应和投入替代效应(朴英爱,2010^[26]),使试点省市内出口企业的产品组合配置发生转变,并主动生产新型绿色产品和使用低碳能源,降低碳排放量。在企业经营方面,出口企业在国际市场上的产品价格优势会随着国内趋紧的环境规制而降低。碳排放交易政策使企业可以购买碳排放权,规避了部分环境成本以维持出口价格优势。生产行为与市场行为双重因素共同促使企业研发、生产和出口销售新型绿色产品。

综合以上论点,本文提出假说 H1:碳排放交易政策将会增强试点省市内出口企业的绿色产品创新。

产品转换是企业进行资源配置的重要方式(冯猛,2020),出口企业进行产品转换的最终目标是为了提高国际竞争力和利润回报率。已有大量文献研究表明,环境规制能够促进企业整体创新(李云雁,2011^[27];蒋伏心等,2013;李阳等,2014^[28];谢裕慧等,2019^[29])。而在产品层面,蒋为(2015)^[30]认为环境规制在促使企业提高研发投资的同时也提高了企业产品创新。在环境规制的框架下,产品转换作为企业内部资源配置行为将具有明显的绿色低碳方向性——能够增加绿色清洁产品并减少高碳污染产品。因而产品转换对环境规制具有约束性作用(韩超和桑瑞聪,2018),可以作为企业创新的一种内生调控机制。在碳排放交易政策实施的情况下,无论是增加产品还是减少产品,两者的结合都必然使出口企业朝着生产新型绿色产品的方向进行创新。

因此,本文提出假说 H2:碳排放交易政策能通过产品转换使出口企业提高绿色产品创新。

在创新驱动方面,环境规制政策的作用具有明显的行业异质性,越是高污染、高排放的行业,受到环境政策的影响也越大(Antonioli et al., 2013^[31];王锋正和郭晓川,2016^[32];杜威剑和李梦洁,2016^[33];康志勇等,2020^[34])。由于碳排放交易政策同时存在成本压力效应、工艺革新动力效应和市场导向激励效应,高污染企业会受到更加明显的影响(刘传明等,2019^[35])。因可能受到的环境处罚,成本压力效应促使企业减少原先的污染产品,因而可以节约产能,为实现绿色创新提供动力。为了确保海外市场优势,工艺革新动力效应促使企业对原有产品进行技术升级或研发新型绿色产品。市场导向激励效应会鼓励企业用绿色产品来替换污染产品以降低碳排放,并在碳排放权市场上出售碳配额以获得绿色收益。三种效应的联合作用将使高污染企业更容易以产品转换的方式调节环境规制对创新能力的影响。

对此,本文提出假说 H3:碳排放交易政策通过产品转换对高污染企业绿色产品创新的提高大于低污染企业。

企业之间除了存在碳排放量差异外,产品种类的不同也可能会导致碳排放交易政策效果上的差异。多产品企业有着更加多样的产品组合配置,能够通过主动转换核心产品与调整产品范围等“进攻型策略”更好地防范环境规制政策等外生冲击(陈勇兵和李冬阳,2015^[36])。而单一产品企业的碳排放量一旦超出限制,行政处罚压力会迫使其拓展产品范围或者将原有产品替换为更为低碳环保的产品以减少排放。

据此,本文提出假说 H4:碳排放交易政策通过产品转换对单一产品企业绿色产品创新的提高会大于多产品企业。

经济利益和政治联结使国有资本企业与政府部门之间产生“合谋”倾向,也具有非国有资本企业所不具备的环境规制政策豁免权(李鹏升和陈艳莹,2019^[37];徐佳和崔静波,2020^[38])。此外,国有企业的属性也使其更容易通过银行等金融机构获得外部融资渠道,减轻环境规制对内部融资的挤出效应,降低环境成本(娄昌龙和冉茂盛,2016^[39])。这些情况可能阻碍环境规制政策对国有资本企业的创新倒逼。

由此,本文提出假说 H5:碳排放交易政策通过产品转换对国有资本企业绿色产品创新的提高将会低于非国有资本企业。

三、变量与计量模型的选择

(一) 研究样本与数据来源

本文的研究对象为中国出口企业及其出口产品,所需数据主要来源于中国海关进出口数据库与中国工业企业数据库。由于海关进出口数据库与工业企业数据库的企业编码方式不同,本文依靠工业企业数据库和海关进出口数据库共有的企业名称等信息进行匹配合并,以此形成企业—产品层面的面板数据,其中既包含产品的出口规模和目的地等信息,也包含企业的各项经济指标。

虽然碳排放交易政策刚开始在全国范围内开展,但是该政策目前的实施机制与试点时期并无本质区别(韩超和桑瑞聪,2018),因此对碳排放交易政策试点的研究依然能有效验证“波特假说”的存在性及其具体影响。本文对产业部门的选择部分参考范丹等(2017)和张继宏等(2019)^[40]的方法,选用中国2010—2015年的制造业规模以上出口企业为样本,使用Stata 14.0进行计量检验。

(二) 变量选择与指标构建

在清除变量中不必要的异常值和缺失值后,所有变量的描述性统计如表2所示,主要指标如下:

1. 绿色产品创新。目前,国际上还没有形成关于绿色产品的统一定义,各个国际组织和研究学者对此观点不一。史沛然(2020)^[41]查阅了大量资料后总结出114种HS六位编码产品作为绿色清洁产品,在此基础上本文还结合了王俊等(2021)^[42]依据污染排放强度确定的清洁行业下的所有产品,HS编码为2002版本。熊彼特创新理论将新产品进入市场行为定义为创新,本文据此将出口企业每年新生产的绿色产品出口额的对数值 *green* 设为绿色产品创新变量。

2. 产品转换。该指标由 Bernard 等 (2010) 首次提出并进行测算。本文将企业产品转换率分为产品增加率、产品减少率和总体转换率三个指标。产品增加率的公式为 $a = \frac{Add_{it}}{Product_{it-1}}$ ；产品减少率的公式为 $d = \frac{Dele_{it}}{Product_{it-1}}$ ；总体转换率的公式为 $s = \frac{Add_{it} + Dele_{it}}{Product_{it-1}}$ 。其中， Add_{it} 为当年企业增加的产品总数， $Dele_{it}$ 为当年企业减少的产品总数， $Product_{it-1}$ 为企业上一年的产品总数。本文将总体转换率、产品增加率和产品减少率分别取对数得到 s 、 a 和 d 三个主要解释变量。

3. 控制变量。包括企业员工数 L (企业在职人员数的对数)、固定资本存量 K (企业固定资本存量的对数)、主营业务收入 P (企业主营业务收入的对数)、城市空气质量 PM (地级市的 $PM_{2.5}$ 含量)、投资 I 以及全要素生产率 TFP 。其中，本文使用 OP 算法测算 TFP ，依据张军等 (2004)^[43] 的投资定义以及张天华和张少华 (2016)^[44] 的中国企业折旧率范围，使用企业固定资本存量与 9% 的折旧率来逆向计算每年的固定资本原价 (若部分年度的工业企业数据库有该变量则直接使用)，以此来表示企业投资 I (采用对数形式)。

表 2 描述性统计

变量	样本量	平均值	标准差	最小值	最大值
<i>green</i>	141 760	13. 257	3. 276	0. 693	24. 560
<i>a</i>	123 676	-0. 713	0. 929	-5. 914	6. 812
<i>d</i>	118 249	-0. 967	0. 549	-4. 078	3. 945
<i>s</i>	141 760	-0. 228	0. 711	-3. 664	6. 813
<i>K</i>	141 760	9. 668	1. 742	0. 693	18. 433
<i>I</i>	141 760	10. 171	1. 723	0. 787	19. 208
<i>P</i>	141 760	11. 678	1. 298	5. 313	19. 433
<i>L</i>	141 760	5. 860	1. 049	0. 693	12. 531
<i>TFP</i>	141 760	7. 640	0. 916	2. 084	12. 933
<i>PM</i>	141 760	46. 687	15. 081	4. 134	110. 121

(三) 模型构建

双重差分模型 (DID) 可以有效评估政策效应，并且能够避免政策作为解释变量存在的内生性问题。从国内碳排放交易政策的研究文献看，范丹等 (2017) 以及王钊和王良虎 (2019)^[45] 都曾运用该模型研究过产业影响。本文设计的模型如下：

$$A_{it} = \alpha + \beta t_{it} + \eta p_{it} + \delta t_{it} p_{it} + \lambda X_{it} + \mu + \varphi + \varepsilon_{it} \quad (1)$$

模型 (1) 中的因变量 A_{it} 是企业 i 在 t 年度的总体转换率 s 、产品增加率 a 、产品减少率 d 以及绿色产品创新 *green* 分别回归的结果。 t_{it} 为实施年度虚拟变量，将 2013 及以后的年度设为 1，其余年度设为 0。 p_{it} 为试点省市虚拟变量，将试点省市设为 1 作为处理组，其余省市设为 0 作为控制组， $t_{it} p_{it}$ 为两者的交互项表示政策的直接效应 (后文简称 tp)， X_{it} 为企业特征变量， μ 和 φ 分别控制时间固定效应和城

市固定效应, ε_{it} 为随机干扰项。

在验证假说 1 的条件下, 本文继续构建方程 (2) 来验证产品转换率调节效应:

$$green_{it} = \alpha + \beta t_{it} + \eta p_{it} + \delta t_{it} p_{it} + \rho t_{it} p_{it} S_{it} + \lambda X_{it} + \mu + \varphi + \varepsilon_{it} \quad (2)$$

模型 (2) 与模型 (1) 的区别在于模型 (2) 增加了交互项 $t_{it} p_{it} S_{it}$ (后文简称 co , S_{it} 为三种产品转转率)^①, 以研究产品转换率和环境规制直接效应的交互项对绿色产品创新的调节效应。

四、实证分析

(一) 碳排放交易政策的直接效应

表 3 的基准回归结果显示, 列 (1) 的 tp 估计系数为 0.083 且通过 5% 的显著性水平检验, 证明碳排放交易政策对出口企业的绿色产品创新存在显著的正向直接效应。整体上, 碳排放交易政策可以直接提高试点省市内出口企业的绿色产品创新, 即环境规制存在“波特假说”。对比国内外的研究文献后可以发现, Zhu 等 (2019)^[46] 和范丹等 (2022)^[47] 均持有该政策会对企业创新产生正向影响的观点。同时, 列 (2) 至列 (4) 的 tp 估计系数分别为 0.05、0.038 和 0.061, 且通过 1% 的显著性水平检验, 这与图 1 显示的结果相对应, 回归结论验证了假说 H1。

表 3 碳排放交易政策的直接效应

项目	(1)	(2)	(3)	(4)
	<i>green</i>	<i>a</i>	<i>d</i>	<i>s</i>
<i>tp</i>	0.083 ** (2.390)	0.050 *** (4.600)	0.038 *** (5.780)	0.061 *** (7.880)
<i>K</i>	11.438 *** (22.878)	2.907 *** (18.693)	0.064 (0.673)	1.927 *** (17.325)
<i>I</i>	0.163 *** (9.011)	-0.101 *** (-17.863)	-0.058 *** (-17.040)	-0.083 *** (-20.631)
<i>P</i>	-44.942 *** (-22.919)	-10.886 *** (-17.847)	0.001 (0.002)	-7.118 *** (-16.317)
<i>L</i>	12.401 *** (23.846)	2.794 *** (17.272)	-0.060 (-0.613)	1.817 *** (15.703)
<i>TFP</i>	45.412 *** (23.163)	10.927 *** (17.917)	0.031 (0.083)	7.181 *** (16.464)
<i>PM</i>	-0.015 *** (-25.229)	0.005 *** (28.606)	0.003 *** (28.242)	0.004 *** (33.428)
时间固定效应	YES	YES	YES	YES
城市固定效应	YES	YES	YES	YES
N	141 760	123 676	118 249	141 760
R ²	0.080	0.030	0.030	0.030

注: ***, **、* 分别表示在 1%、5% 和 10% 的水平上显著。括号内为 t 值, 其中 tp 为绝对值, 下表同。

①为避免多重共线性, 本文将 S_{it} 进行中心化处理。

正如本文理论部分所述,在碳排放交易政策实施后,出口企业通过对能源结构、生产设备和技术工艺等关键领域的改善减少碳排放量,完成这些目标的改进也将使出口企业有能力研发新型绿色产品,并对其产品组合配置进行改组。并且在碳排放权交易市场建立后,企业不仅会积极购买碳排放权额度以扩大生产和降低环境成本,也会持续进行绿色产品创新以取得更多碳金融交易的市场收益。企业最终通过生产技术调整和碳交易两种方式共同实现绿色创新并最终获得更高的外贸出口收益,深化二元边际。

(二) 产品转换率的调节效应

在证明碳排放交易政策的有效性后,本文运用模型(2)对产品转换率的调节效应进行进一步分析。

表4 产品转换率的调节效应

项目	(1)	(2)	(3)
<i>co</i>	0.083 *** (3.466)	0.012 (0.310)	0.197 *** (6.940)
<i>a</i>	-0.379 *** (-34.032)		
<i>d</i>		-0.744 *** (-39.454)	
<i>s</i>			-0.641 *** (-48.151)
时间固定效应	YES	YES	YES
城市固定效应	YES	YES	YES
N	123 676	118 249	141 760
R ²	0.090	0.100	0.090

由结果可知,列(1)和列(3)的*co*回归系数为0.083和0.197且通过1%的显著性检验,而列(2)的*co*回归系数不显著。碳排放交易政策能通过产品转换率的调节效应提高绿色产品创新,验证了本文的假说H2,但是三者之间的影响程度却存在差异,总体转换率调节效应远高于产品单向增减的调节效应。从机制上探究内在关联与原因,正如本文之前所述,在碳排放交易政策的外生冲击下,中国出口企业基于效益最大化假设而进行的生产调整策略将具有明显的绿色低碳方向性,即该行为目标不仅包括减少高碳值产品也包括增加新型绿色产品,只有两者的有机结合才能使企业的绿色产品创新达到最大,生产出更具比较优势的出口产品,从而使企业在国际市场上更具技术优势和竞争优势。此外,出口企业在转变原先的高碳含量产品组合配置生产模式后更易于在碳金融交易市场中依靠出售碳配额以获取额外收益,从而激励企业继续进行绿色产品创新。

但是产品减少率调节效应的无法观测使本文的整体样本回归结论不具备全面性和完备性,原因可能是企业内部行为模式存在结构性差异。这种异质性可能来源于企业的经营模式差异,也可能是其所属行业或产权性质所决定的。对此,本文将样本按条件属性分类以进行异质性检验。

(三) 高污染与低污染企业的异质性分析

依照何龙斌(2013)^[48]的方法,本文根据《第一次全国污染源普查公报》将企业划分为高污染与低污染企业^①。

表5的结果显示,两类型企业产品转换率的调节效应均能提高企业的绿色产品创新,但是高污染企业的估计系数较大,产品增加率的调节效应只对低污染企业有提高作用,而产品减少率的调节效应只对高污染企业有提高作用。

表5 高污染与低污染企业的回归结果

变量	高污染			低污染		
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
α	0.127 (1.471)	0.253* (1.723)	0.240** (2.307)	0.067*** (2.760)	-0.022 (-0.562)	0.170*** (5.966)
N	13 425	12 410	15 006	110 251	105 839	126 754
R ²	0.030	0.030	0.040	0.110	0.120	0.110

上述结论验证了假说H3,说明成本压力效应、工艺革新动力效应和市场导向激励效应的联动机制确实存在。首先,三种效应的联合使高污染企业具有最大的绿色产品创新增长。其次,成本压力效应主要存在于高污染企业,当高污染企业面临碳排放交易政策的外生冲击时,首要决策便是停产原有的高污染产品,并扩大清洁生产。最后,工艺革新动力效应和市场导向激励效应主要存在于低污染企业,生产新型绿色产品能帮助低污染企业实现效益最大化,但是效果低于高污染企业的产品调节。

(四) 单一产品与多产品企业的异质性分析

在本次研究样本中,单一产品企业的占比为15.14%^②。虽然多产品企业是中国出口行业的主体,但是单一产品企业作为中国出口企业集群中不可忽视的一部分,在以往文献中却没有得到足够重视。因此,本文将两类企业进行分样本回归。

从表6的回归结果可知,产品增加率和总体转换率的调节效应对单一产品企业的绿色产品创新具有更加明显的提升作用,而产品减少率的调节效应估计系数均不显著。结论部分反映了图3碳排放交易政策实施后的效果,也验证了假说H4。

关于以上情况产生的原因和内在机理,多产品企业的生产调节能力在面对环境规制时的灵活性和多样性是单一产品企业所无法企及的(陈勇兵和李冬阳,2015)。因此单一产品企业在碳排放交易政策实施之后也会产生企业转型升级的动机和激励,通过改变其原有的高污染产品或者是增加更多种类的新型绿色产品,从而实现产品层面的绿色创新。与之相对应,多产品企业因其原有的产品组合配置具有较强的抗风险能力,因此在面对环境规制时会缺乏改进的动力,无法加快实现绿色产品创新。

^①因本文主要关注制造业出口企业的表现,故从11个重点污染行业中剔除了电力、热力的生产和供应业,共计10个制造业行业部门。

^②本文样本中的单一产品企业总量为8 905,多产品企业总量为49 897。

表6 单一产品企业与多产品企业的回归结果

变量	单一产品			多产品		
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
α	0.551*** (5.000)	-0.241 (-0.567)	0.481*** (4.327)	0.121*** (4.495)	0.038 (0.909)	0.247*** (7.832)
N	10 019	2 813	10 045	113 657	115 436	131 715
R^2	0.030	0.040	0.040	0.090	0.100	0.090

(五) 国有资本与非国有资本企业的异质性分析

本文将企业样本按照是否具有国有资本进行划分^①，实证结果如表7所示。结果显示，产品增加率和总体转换率的调节效应对国有资本企业的创新效益为负，但能提高非国有企业的绿色产品创新。该结论与范丹等（2022）在相关领域内的企业研究结论相同，并且证明假说H5成立。

表7 国有资本企业与非国有资本企业的回归结果

变量	国有			非国有		
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
α	-0.766** (-2.368)	-0.509 (-0.743)	-0.806** (-1.962)	0.088*** (3.644)	0.015 (0.368)	0.202*** (7.096)
N	642	613	725	123 034	117 636	141 035
R^2	0.040	0.050	0.040	0.090	0.100	0.100

究其原因，国有资本企业的公有制属性意味着企业不以盈利为首要目标，并且国有资本控股和政府实际管控也意味着企业具有相对较强的政治背景和政治关联，由此产生的寻租行为、内部腐败以及管理规章制度僵化等问题造成企业创新能力倒退，而政府在环境保护和财政收入的权衡中也可能导致环境政策的偏移和失效，削弱企业对负外部性的应对能力，因而产品组合配置变化的调节反而降低了绿色创新能力。而对于非国有资本企业，其生产经营和组织管理制度较为独立自主，因此在面对环境规制时能进行快速反应，通过对产品组合配置重新调整来实现产品层面的绿色创新。

五、稳健性检验

因实证结果可能存在遗漏变量、互为因果和随机误差干扰等问题，为了排除上述影响，本文分别使用双重差分倾向得分匹配（PSM-DID）、三重差分和反事实法三种方法进行稳健性检验^②。

（一）双重差分倾向得分匹配（PSM-DID）

由于企业的产品转换行为与产品创新可能存在互为因果的关系，故本文使用

^①国有资本的形式主要包括国有企业、国有联营企业、国有与集体联营企业以及国有独资企业，本文根据企业注册编码来进行样本的分类。

^②限于篇幅，稳健性检验的相关表格均可登陆对外经济贸易大学学术刊物部网站“刊文补充数据查询”栏目查阅、下载。

PSM-DID 来解决可能存在的内生性问题。本文首先使用倾向得分匹配法控制试点区域内企业的选择性偏差,以消除非随机选择性问题并弱化共同趋势假设,再使用双重差分模型分析筛选后样本的调节效应。回归结果证明,企业整体产品转换率的调节效应是正向显著且稳健的。

(二) 三重差分

双重差分模型通过为处理组寻找控制组的方式以检验碳排放交易政策的有效性,但是该方法需假设:没有发生政策变化时,处理组和控制组的时间趋势是一致的。这种假设要求较高,甚至难以成立。第一阶段的 PSM-DID 稳健性检验虽然弱化了这种平行趋势的假设条件,但是三重差分模型可以额外控制区域变量,以更好地消除平行趋势假设的影响,并得到更为精确的政策效果评估。根据乔国平(2021)的稳健性检验方法,本文使用三重差分法将石化业、化工业、建材业、钢铁业、有色金属业、造纸业进行第三次差分,模型设置如下:

$$green_{it} = \alpha + \beta_1 t_{it} p_{it} d_{it} + \beta_2 t_{it} d_{it} + \beta_3 p_{it} d_{it} + \beta_4 t_{it} p_{it} + \beta_5 t_{it} + \beta_6 p_{it} + \beta_7 d_{it} + \beta_8 t_{it} p_{it} d_{it} S_{it} + \lambda X_{it} + \mu + \varphi + \sigma + \varepsilon_{it} \quad (3)$$

其中, d_{it} 为行业虚拟变量,用以衡量是否属于重点行业,若属于则设为 1,否则设为 0。其他控制变量与固定效应的设置与模型(2)保持一致。此外,本文设置变量 $co1 = t_{it} p_{it} d_{it} S_{it}$ 以替代原先的调节效应来表示三重差分的影响。由于进行了第三次差分,可能存在忽略变量的问题。在参考相关文献后(沈洪涛和黄楠,2019;张晨等,2021^[49];范秋芳和张园园,2021^[50]),本文控制了行业固定效应 σ ,并增加了企业年龄和第二产业占城市 GDP 比重的控制变量(对数形式)。回归结果显示,三重差分条件下产品减少率的调节效应对绿色产品创新具有显著正相关关系,产品转换率起到了调节作用,再次证明了基准回归结果的稳健性。

(三) 反事实检验

反事实法强调条件的非现实性,本文将现实中的非试点省市假设为碳交易试点区域以设置处理组虚拟变量,同时设置时间虚拟变量,将 2013 年以前设为实施时间,然后使用模型(2)再次进行回归。最终的回归结果和表 4 相反,证明了本文基准回归结论的稳健性。

六、结论与政策建议

出口企业是中国经济的重要组成部分。在“波特假说”的理论框架下,本文根据企业的产品转换行为分析了碳排放交易政策对中国出口企业资源配置效率和绿色产品创新的可能影响,并据此构建了理论假说。在匹配 2010—2015 年的工业企业数据库和海关进出口数据库后,本文运用微观企业—产品面板数据和双重差分模型进行了实证分析,证明了本文理论假说的正确性,并得出如下结论:整体上,碳排放交易政策的直接效应和产品转换率的调节效应均能促进试点省市内出口企业的绿色产品创新。进一步分析后发现,相较于对应样本,产品转换率的调节效应能对高污染、单一产品和国有资本的出口企业带来更大的绿色产品创新提升。

本文依据上述结论并结合中国的实际情况,提出以下政策建议:(1)继续实

施并扩大碳排放交易政策范围,同时规范和优化碳交易市场的运行管理。应注重因城施策和“渐进式”施策,对出口企业授予相应的绿色资格认证以助其获得“绿色融资”,还应制定更加合理的碳排放权标的指导价格,并将碳交易市场与中国现有的金融市场体系相结合。(2)适度降低对污染密集型企业的规制力度并加强对低污染企业的碳排放监管力度,政府对高污染企业进行监管的同时也对其进行财政补贴。(3)考虑到单一产品企业可能面临因环境规制而导致的备用产品选择策略缺失问题,政府部门可以通过额外发放排放许可核准量和延长监管执行时间等方式来给予该类型出口企业更多的缓冲时间,以帮助其寻找到合适的清洁产品和维持生产运营。(4)地方政府可以加大和加快国有资本企业在政策宣传、市场接洽和实际指导等方面工作的力度和进度,以继续深化推进国有企业混合所有制改革。

[参考文献]

- [1] WALTER I, UGELOW J L. Environmental Policies in Developing Countries [J]. *Ambio*, 1979, 8 (2/3): 102-109.
- [2] FEIOCK R, ROWLAND C K. Environmental Regulation and Economic Development: the Movement of Chemical Production Among States [J]. *Political Research Quarterly*, 1990, 43 (3): 561-576.
- [3] COPELAND B R, TAYLOR M S. The Trade-induced Degradation Hypothesis [J]. *Resource & Energy Economics*, 1997, 19 (4): 321-344.
- [4] HAVEMAN R H, CHRISTAINSEN G B. Environmental Regulations and Productivity Growth [J]. *Nat. resources J*, 1981, 21 (3): 489-509.
- [5] 蒋伏心, 王竹君, 白俊红. 环境规制对技术创新影响的双重效应——基于江苏制造业动态面板数据的实证研究 [J]. *中国工业经济*, 2013, (7): 46-57.
- [6] 刘满凤, 朱文燕. 不同环境规制工具触发“波特效应”的异质性分析——基于地方政府竞争视角 [J]. *生态经济*, 2020, 36 (11): 143-150.
- [7] PORTER M E, LINDE C. Toward a New Conception of the Environment-Competitiveness Relationship [J]. *Journal of Economic Perspectives*, 1995, 9 (4): 97-118.
- [8] 彭水军, 余丽丽. 几种减排方案对宏观经济及碳排放的影响——基于贸易自由化背景的模拟分析 [J]. *厦门大学学报(哲学社会科学版)*, 2017, (1): 1-12.
- [9] YOUNSI M, HASSINE A B H, NCIR M. The Economic and Energy Effects of Carbon Dioxide Emissions Trading in the International Market: New Challenge Conventional Measurement [J]. *Journal of the Knowledge Economy*, 2017, 8 (2): 565-584.
- [10] FANG C, MA T. Technology Adoption with Carbon Emission Trading Mechanism: Modeling with Heterogeneous Agents and Uncertain Carbon price [J]. *Annals of Operations Research*, 2019, 300 (2): 577-600.
- [11] 赵立祥, 赵蓉, 张雪薇. 碳交易政策对我国大气污染的协同减排有效性研究 [J]. *产经评论*, 2020, (3): 148-160.
- [12] 刘晔, 张训常. 碳排放交易制度与企业研发创新——基于三重差分模型的实证研究 [J]. *经济科学*, 2017, (3): 102-114.
- [13] AGRALI S, ÜÇTUG F G, TÜRMENC B A. An Optimization Model for Carbon Capture & Storage/Utilization VS. Carbon Trading: A Case Study of Fossil-fired Power Plants in Turkey [J]. *Journal of Environmental Management*, 2018, 215: 305-315.
- [14] WEN F, WU N, GONG X. China's Carbon Emissions Trading and Stock Returns [J]. *Energy Economics*, 2019, 86: 1-15.
- [15] 沈洪涛, 黄楠. 碳排放权交易机制能提高企业价值吗 [J]. *财贸经济*, 2019, 40 (1): 144-161.

- [16] BERNARD A B, REDDING S, SCHOTT P K. Multiple-product Firms and Product Switching [J]. LSE Research Online Documents on Economics, 2010, 100 (1): 70-97.
- [17] 吴小康, 于津平. 企业内产品关联与企业出口产品转换 [J]. 国际贸易问题, 2018, (7): 54-67.
- [18] 易靖韬, 傅佳莎, 蒙双. 多产品出口企业、产品转换与资源配置 [J]. 财贸经济, 2017, 38 (10): 131-145.
- [19] 韩超, 桑瑞聪. 环境规制约束下的企业产品转换与产品质量提升 [J]. 中国工业经济, 2018, (2): 43-62.
- [20] 冯猛. 多产品出口企业、产品转换和出口学习效应 [J]. 国际贸易问题, 2020, (9): 50-64.
- [21] 刘津汝, 曾先峰, 曾倩. 环境规制与政府创新补贴对企业绿色产品创新的影响 [J]. 经济与管理研究, 2019, 40 (6): 106-118.
- [22] 王明喜, 鲍勤, 汤铃, 等. 碳排放约束下的企业最优减排投资行为 [J]. 管理科学学报, 2015, 18 (6): 41-57.
- [23] 李志学, 张肖杰, 董英宇. 中国碳排放权交易市场运行状况、问题和对策研究 [J]. 生态环境学报, 2014, 23 (11): 1876-1882.
- [24] 范丹, 王维国, 梁佩凤. 中国碳排放交易权机制的政策效果分析——基于双重差分模型的估计 [J]. 中国环境科学, 2017, 37 (6): 2383-2392.
- [25] 乔国平. 碳排放交易制度对企业创新激励研究——基于企业现金流和资产收益率视角的分析 [J]. 价格理论与实践, 2021, (10): 167-170.
- [26] 朴英爱. 低碳经济与碳排放权交易制度 [J]. 吉林大学社会科学学报, 2010, 50 (3): 153-158.
- [27] 李云雁. 环境管制与企业技术创新: 政策效应比较与政策配置 [J]. 浙江社会科学, 2011, (12): 48-55+154-155.
- [28] 李阳, 党兴华, 韩先锋, 等. 环境规制对技术创新长短期影响的异质性效应——基于价值链视角的两阶段分析 [J]. 科学学研究, 2014, 32 (6): 937-949.
- [29] 谢裕慧, 林伟明, 李加林, 等. 碳排放管制政策会影响企业创新产出吗? [J]. 发展研究, 2019, (10): 71-78.
- [30] 蒋为. 环境规制是否影响了中国制造业企业研发创新? ——基于微观数据的实证研究 [J]. 财经研究, 2015, 41 (2): 76-87.
- [31] ANTONIOLI D, MANCINELLI S, MAZZANTI M. Is Environmental Innovation Embedded with in High-performance Organisational Changes? The Role of Human Resource Management and Complementarity in Green Business Strategies [J]. Research Policy, 2013, (4): 975-988.
- [32] 王锋正, 郭晓川. 环境规制强度、行业异质性与R&D效率——源自中国污染密集型与清洁生产型行业的实证比较 [J]. 研究与发展管理, 2016, 28 (1): 103-111.
- [33] 杜威剑, 李梦洁. 环境规制对企业产品创新的非线性影响 [J]. 科学学研究, 2016, 34 (3): 462-470.
- [34] 康志勇, 汤学良, 刘馨. 环境规制、企业创新与中国企业出口研究——基于“波特假说”的再检验 [J]. 国际贸易问题, 2020, (2): 125-141.
- [35] 刘传明, 孙喆, 张瑾. 中国碳排放权交易试点的碳减排政策效应研究 [J]. 中国人口·资源与环境, 2019, 29 (11): 49-58.
- [36] 陈勇兵, 李冬阳. 多产品出口企业的研究进展 [J]. 中南财经政法大学学报, 2015, (4): 114-124+160.
- [37] 李鹏升, 陈艳莹. 环境规制, 企业议价能力和绿色全要素生产率 [J]. 财贸经济, 2019, 40 (11): 144-160.
- [38] 徐佳, 崔静波. 低碳城市和企业绿色技术创新 [J]. 中国工业经济, 2020, (12): 180-198.
- [39] 娄昌龙, 冉茂盛. 融资约束下环境规制对企业技术创新的影响 [J]. 系统工程, 2016, (12): 66-73.
- [40] 张继宏, 郅若平, 齐绍洲. 中国碳排放交易市场的覆盖范围与行业选择——基于多目标优化的方法 [J]. 中国地质大学学报: 社会科学版, 2019, (1): 34-45.
- [41] 史沛然. 中国绿色产品出口潜力分析——基于拓展引力模型的研究 [J]. 中国流通经济, 2020, 34 (6): 105-116.
- [42] 王俊, 陈丽娟, 梁洋华. FTA 环境条款是否会推动中国出口产品“清洁化”? [J]. 世界经济研究, 2021, (3): 49-66+135.

- [43] 张军, 吴桂英, 张吉鹏. 中国省际物质资本存量估算: 1952-2000 [J]. 经济研究, 2004, (10): 35-44.
- [44] 张天华, 张少华. 中国工业企业实际资本存量估计与分析 [J]. 产业经济研究, 2016, (2): 1-10.
- [45] 王钊, 王良虎. 碳排放交易制度下的低碳经济发展——基于非期望 DEA 与 DID 模型的分析 [J]. 西南大学学报 (自然科学版), 2019, 41 (5): 85-95.
- [46] ZHU J, FAN Y, DENG X, et al. Low-carbon Innovation Induced by Emissions Trading in China [J]. Nature Communications, 2019, 10 (1): 1-8.
- [47] 范丹, 付嘉为, 王维国. 碳排放权交易如何影响企业全要素生产率? [J]. 系统工程理论与实践, 2022, (1): 1-15.
- [48] 何龙斌. 国内污染密集型产业区际转移路径及引申——基于 2000-2011 年相关工业产品产量面板数据 [J]. 经济学家, 2013, (6): 78-86.
- [49] 张晨, 曹雨清, 胡梦. 市场激励型环境规制对企业环保投资的影响——基于我国碳排放权交易机制的准自然实验 [J]. 金融与经济, 2021, (11): 4-13.
- [50] 范秋芳, 张园园. 碳排放权交易政策对碳生产率的影响研究 [J]. 工业技术经济, 2021, 40 (12): 113-121.

Carbon Emission Trading Policy, Product Switching and Green Product Innovation —Experience from Chinese Export Enterprises

WAN Xuan WANG Jun

Abstract: By matching the China Customs Import and Export Database and the Industrial Enterprise Database from 2010 to 2015, also taking the export enterprises in pilot provinces and cities of carbon emission trading policy as the processing group while the other samples as the control group, this paper explores the influence of the regulatory effects of carbon emissions trading policy through product switching rates on the green product innovation of export enterprises in pilot provinces and cities based on the difference-in-differences method. (1) The benchmark regression results indicate that the regulatory effects of product switching rates improve the green product innovation of export enterprises in pilot provinces and cities, and verified by a series of robustness tests. (2) The heterogeneity analysis results exemplify that the regulatory effects of product switching rates make more improvement significantly to the green product innovation of three types of firm: high pollution, single product and non-state-owned. Based on the results and the China's reality, this paper suggests the government: (1) standardize and optimize the operation and management of the carbon trading market; (2) combine the carbon market with Chinese financial market; (3) conduct green qualification certification of enterprises; (4) accelerate the state-owned enterprises' mixed ownership reform.

Keywords: Carbon Emission Trading Policy; Product Switching; Green Product Innovation; Export Enterprise; Single Product Enterprise

(责任编辑 白光)