

# 排污权交易试点能否促进绿色发展

吴朝霞,潘琪,胡素丹

(湘潭大学 商学院,湖南 湘潭 411105)

**摘 要:**利用排污权交易试点政策作为准自然实验,运用双重差分倾向得分匹配法研究排污权交易的污染减排效应、技术创新效应与产业结构升级效应,探讨排污权交易试点对绿色发展产生的影响。结果表明:排污权交易显著地促进了试点地区的污染减排,也提高了技术创新绩效,但排污权交易对产业结构升级的效应不明显。排污权交易试点对绿色发展存在进一步提升的空间。因此,需要进一步加强排污权交易市场体系建设,完善排污权交易制度,发挥排污权交易市场功能。

**关键词:**排污权交易;双重差分倾向得分匹配;经济绿色发展

**中图分类号:**F205

**文献标志码:**A

**文章编号:**1672-7835(2021)03-0082-09

建立排污权有偿使用和交易制度,是生态文明建设的重要内容。2007年,我国政府深化排污权交易工作,先后批复了11个地区开展交易试点。2014年国务院办公厅印发《关于进一步推进排污权有偿使用和交易试点工作的指导意见》,排污权有偿使用和交易试点工作取得积极进展,试点范围不断扩大。在行业范围上,大多数试点地区选取火电、钢铁、水泥、造纸、印染等重点行业作为交易行业,而浙江、重庆等部分地区则扩展到全行业;在污染因子的范围上,近一半的试点地区选取二氧化硫、氮氧化物、化学需氧量和氨氮作为交易的污染因子,另有部分地区结合当地实际的污染特征进行了扩展,如山西和甘肃兰州增加了烟粉尘,湖南将重金属纳入交易试点范围。到2017年,试点地区的排污权有偿使用与交易制度基本建立,试点工作基本完成。

排污权交易是一种通过市场机制对污染物进行控制与管理的制度,也是采用市场机制配置资源的市场激励环保手段<sup>①</sup>。理论上说,排污权交易通过激励企业的自身减排动力能够形成一种正

确的经济激励,它可以通过环境成本内部化,降低企业污染排放、推动企业技术进步,促进产业结构升级,推动绿色发展,满足人与自然和谐共生<sup>②</sup>。然而,我国的排污权交易还处于发展阶段,现实中还存在市场化交易机制不完善、交易成本过高、信息不完备等问题,这些问题有可能直接影响到排污权交易机制的有效性。诸如,多年的排污权交易试点是否发挥了污染减排效应、是否带来了企业技术进步、是否促进了产业结构升级等,这些问题都需要我们采用经验性证据来验证。显然,回答这些问题,有利于客观地理解市场化交易机制与绿色发展之间的关系,从而为相关决策提供参考依据。

## 一 理论机制分析

排污权交易制度的基本思想是在明确排污权产权属性的基础上,通过建立合法的污染排放权交易市场,使全社会污染治理总成本最小,从而实现环境资源的优化配置,进而达到控制污染排放总量的目的<sup>③</sup>。从理论上来说,排污权交易制度实施的直接效应是降低企业的污染排放量、倒逼

收稿日期:2021-01-10

基金项目:国家社会科学基金项目(17BJL042);湖南省教育厅重点项目(19A080)

作者简介:吴朝霞(1973—),女,湖南湘潭人,博士,教授,博士生导师,主要从事环境经济学研究。

① 邝嫦娥,路江林:《环境规制对绿色技术创新的影响研究——来自湖南省的证据》,《经济经纬》2019年第2期。

② 涂正革,湛仁俊:《排污权交易机制在中国能否实现波特效应?》,《经济研究》2015年第7期。

③ 潘佳:《我国排污许可设定法律审视及转向》,《河海大学学报(哲学社会科学版)》2020年第1期。

企业技术创新,间接效应则是资源流动导致生产结构变化与产业结构升级,进而为全社会的绿色发展带来福祉<sup>①</sup>。

### (一) 排污权交易对污染减排的影响机理

在排污权交易二级市场上初始分配的排污权可以进行自由出让。假设社会中只有两个企业主体  $C_1$  和  $C_2$ , 企业主体  $C_1$  和  $C_2$  的边际治理成本不同, 排污权交易市场的排污权交易成本小于排污费用。若政府要求整个经济社会减少  $2Q_0$  单位污染物排放, 边际治理成本的不同将导致两个企业主体  $C_1$  和  $C_2$  的生产成本产生差别。若  $MC_2 > MC_1$ , 那么生产同样产品产生的利润  $P_2 < P_1$ 。因为排污权交易二级市场上初始分配的排污权可以进行自由出让, 企业  $C_1$  可以通过出售剩余的排污权配额来实现企业利润的最大化, 与此同时企业  $C_1$  也会为了保证自己的市场竞争力进行技术改进以减少污染物排放。企业  $C_2$  为了完成污染减排的总目标, 在排污权交易市场上购买排污权额度来避免受到行政处罚。对两个企业来说, 治理污染的成本都得到了降低, 实现了污染减排效应。

### (二) 排污权交易对技术创新的影响机理

企业是否创新取决于其获得的激励水平<sup>②</sup>。排污权交易制度促进技术创新主要体现在: (1) 在排污权交易制度下企业不是在定额下任意地排放, 而是可以将富余的排污指标贮存下来以备后用或有偿出售而获取经济收益。此时, 排污权交易制度为企业技术创新提供持续动态的经济激励。(2) 排污权交易制度的实施为企业提供了更多技术改进的市场信息, 减少了技术创新的不确定性, 从而促进技术创新<sup>③</sup>。(3) 排污权交易制度作为合法性压力, 增加了企业预期治污成本和生产成本。作为利润最大化的追求者, 企业改善生产技术降低成本的意愿和动机将会增强。因此, 排污权交易制度的实施有利于企业技术创新。

### (三) 排污权交易对产业结构升级的影响机理

排污权交易促进产业结构升级主要体现在: (1) 随着每年政府制定总量控制目标的变化, 环保力度越来越大, 要求也更加严苛, 排污权分配的

额度会相应地缩减。企业对排污权的需求会根据购买排污权的成本和排污费用关系进行比较, 污染排放多的企业因成本增加会逐渐失去竞争力, 从而退出市场。(2) 企业推出后的排污权需求减少, 也会降低二级市场排污权的价格, 从而推动经济主导产业部门的投入要素由生产增长率较低部门向生产增长率较高的部门流动, 带来“结构性红利”。(3) 由于地方减排目标往往由其生产结构和产业结构共同决定, 排污权交易可以通过改善资源配置的效率、促进生产要素的合理流动来弥补生产缺陷, 引导产业合理布局, 推动产业向绿色发展方向转型升级。

## 二 模型构建与数据处理

本文以 29 个省级地区为研究对象, 将 2007 年国务院批复的 11 个试点地区为实验组, 其他地区为控制组, 再采用对公共政策实施效果进行定量评估的双重差分法(DID)来评估上述地区的绿色发展水平, 以便更有效地识别排污权交易试点与结果变量之间的因果关系。同时, 绿色发展的结果可能会受到区域经济发展水平、环境质量或能源消费等指标的影响, 所以实验组与控制组的结果变量可能会因为非随机选择过程而出现不平衡, 此时简单地用 DID 方法进行回归会出现偏差。为了解决这一问题, 本文采用倾向得分匹配法(PSM)与 DID 模型相结合的方法进行估计, 以便更有效地控制实验组与控制组之间的系统差别以达到数据平衡, 并缓解混杂变量的影响, 使估计结果更精确。

### (一) 模型构建

#### 1. 污染减排模型

本文将排污权交易视为一次自然实验, 将样本分为了处理组(11 个试点地区)和控制组(非试点地区)。排污权交易试点的污染减排效应的主要研究对象是工业二氧化硫的排放量。因为工业二氧化硫占污染总排放量的 90% 以上。控制一些影响污染减排的相关变量, 如经济发展水平、专利数、工业化程度、国有企业占比量、受高等教

①张小筠, 刘戒骄, 李斌:《环境规制、技术创新与制造业绿色发展》,《广东财经大学学报》2020 年第 5 期。

②Borghesi R., Chang K. “The determinants of effective corporate lobbying”, *Journal of Economics and Finance*, 2015, 39(3): 606-624.

③任胜刚, 郑晶晶, 刘东华, 等:《排污权交易机制是否提高了企业全要素生产率》,《中国工业经济》2019 年第 5 期。

育程度。本文还加入环境强度来验证排污权交易试点在不同环境规制强度下的影响<sup>①</sup>,模型如下:

$$S_{2it} = \alpha_0 + \alpha_1 T_t + \alpha_2 G_i + \alpha_3 T_t * G_i + \beta_1 \ln PGDP_{it} + \beta_2 \ln Patent_{it} + \beta_3 \ln Industry_{it} + \beta_4 Highedu_{it} + \beta_5 Staterate_{it} + \beta_6 ER_{it} + \varepsilon_{it} \quad (1)$$

其中, $T$ 和 $G$ 分别为时间虚拟变量和分组虚拟变量, $i$ 代表地区, $t$ 代表时间。 $T=1$ 表示 $t$ 时期实行了排污权交易, $T=0$ 表示 $t$ 时期没有实行排污权交易。 $G=1$ 表示地区 $i$ 是试点地区, $G=0$ 表示地区 $i$ 不是试点地区。 $S$ 代表工业二氧化硫排放量, $PGDP$ 表示经济发展水平, $Patent$ 为专利数, $Industry$ 代表工业化程度, $Highedu$ 代表受高等教育程度, $Staterate$ 代表国有企业占比, $ER$ 代表环境规制强度, $\varepsilon_{it}$ 为随机扰动项。

## 2.技术创新效应模型

本文选取绿色技术绩效衡量技术创新效应,该指标最能真实反映技术创新能力的强弱。现在很多研究也会使用R&D资金投入、专利数等指标作为技术创新指标,虽然在一定程度上代表了技术进步水平,但也存在一定的缺陷。比如专利数的提升是综合了多方面的因素,并不一定全部是由排污权交易导致的,R&D资金的投入主要是反映企业自主创新能力,忽略了企业外部技术的引进和吸收。相比之下,绿色技术绩效是创新效应的直接体现,技术效率则是经济体原始技术创新能力和科技综合能力的客观表现。通常情况下,绿色技术绩效越高,意味着创新效应越强。为了更好地衡量影响程度,本文加入其他控制变量,如经济发展水平、科研人员投入、开放程度、科研经费投入等。在控制变量中加入环境强度来验证排污权交易试点在不同环境规制强度下的影响,模型如下:

$$\ln Tec_{it} = \alpha_0 + \alpha_1 T_t + \alpha_2 G_i + \alpha_3 T_t * G_i + \beta_1 \ln PGDP_{it} + \beta_2 \ln Hightec_{it} + \beta_3 Open_{it} + \beta_4 RD_{it} + \beta_5 ER_{it} + \theta_{it} \quad (2)$$

其中, $T$ 和 $G$ 分别为时间虚拟变量和分组虚拟变量, $i$ 代表地区, $t$ 代表时间。 $T=1$ 表示 $t$ 时期实行了排污权交易, $T=0$ 表示 $t$ 时期没有实行排污权交易。 $G=1$ 表示地区 $i$ 是试点地区, $G=0$ 表示地区 $i$ 不是试点地区。 $Tec$ 为绿色技术绩效, $PGDP$

表示经济发展水平, $Hightec$ 表示科技创新人力每年投入, $Open$ 代表市场开放水平, $RD$ 为政府科研经费投入, $ER$ 为环境规制强度, $\theta$ 是随机扰动项。

## 3.产业结构升级效应模型

本文以第三产业增加值与第二产业增加值的比值为指标研究产业结构升级效应,该指标能够反映经济结构服务化趋势。吴敬琏<sup>②</sup>认为经济结构服务化是产业升级的重要特征,主要表现为第三产业产值增长率快于第二产业产值增长率。通过观察,若该指标上升,则表明产业结构升级。为了更加准确地检验它们之间可能存在的关系,需要在模型中加入影响产业结构升级的其他因素作为控制变量。根据相关分析,除劳动力和资本外,选取的控制变量有经济发展水平、开放水平、政府支出干预等。在控制变量中加入环境强度来验证排污权交易试点在不同环境规制强度下的影响,模型如下:

$$\ln Indstrc_{it} = \alpha_0 + \alpha_1 T_t + \alpha_2 G_i + \alpha_3 T_t * G_i + \beta_1 \ln PGDP_{it} + \beta_2 L_{it} + \beta_3 \ln K_{it} + \beta_4 Open_{it} + \beta_5 Gover_{it} + \beta_6 ER_{it} + \theta_{it} \quad (3)$$

其中, $T$ 和 $G$ 分别为时间虚拟变量和分组虚拟变量, $i$ 代表地区, $t$ 代表时间。 $T=1$ 表示 $t$ 时期实行了排污权交易, $T=0$ 表示 $t$ 时期没有实行排污权交易。 $G=1$ 表示地区 $i$ 是试点省份, $G=0$ 表示地区 $i$ 不是试点地区, $\ln Indstrc$ 代表第三产业增加值与第二产业增加值的比值, $PGDP$ 表示经济发展水平, $L$ 是工业劳动力投入, $K$ 为工业固定资产净值, $Open$ 为市场开放程度, $Gover$ 为财政状况, $ER$ 为环境规制强度, $\theta$ 是随机扰动项。

## (二)数据处理

本文采用二氧化硫排放量、绿色技术绩效、第三产业产值与第二产业产值的比值三个指标来衡量绿色发展水平,选取的是全国29个省级地区规模以上工业企业数据。考虑到数据的可获得性,本文数据来源地区不包括西藏、海南两省以及我国的香港、澳门、台湾地区。缺失数据采用线性插空法以及SPSS进行填补。

### 1.污染减排效应的数据处理

为了提高估计的准确性和可信度,其中,经济

①李晓西,刘一萌,宋涛:《人类绿色发展指数的测算》,《中国社会科学》2014年第6期。

②吴敬琏:《什么是结构性改革?它为何如此重要?》,《清华管理评论》2016年第11期。

发展水平( $PGDP$ )通过人均  $GDP$  平减指数调整为以不变价格计算,基期为 2002 年,以消除价格变动的影响。专利数( $Patent$ ):各地区的专利申请授权数。工业化程度( $Industry$ ):采用地区工业总产值占地区  $GDP$  的比重表示。受高等教育水平( $Highedu$ ):采用大专及以上学历人口占 15 岁以上人口的比重表示。国有企业占比( $Staterate$ ):国有及国有控股企业总主营业务成本的比重作为指标。环境规制强度( $ER$ ):参照张成、陆旸等衡量环境治理强度指标的方式。具体公式为:

$$ER_{it} = \frac{PI_{it}}{MBC_{it}} * 100 \quad (4)$$

$PI_{it}$  代表第  $t$  年地区  $i$  的工业废气治理完成投资额,  $MBC_{it}$  代表第  $t$  年地区  $i$  的规模以上工业企业主营业务成本,最后乘以 100 作为指标调整。

## 2. 技术创新效应的数据处理

构建 DEA-malmquist 指数模型,首先用软件 DEAP2.1 计算出绿色技术绩效,将 29 个地区作为决策单元,假设每个决策单元以工业总产值为期望产出,二氧化硫排放量为非期望产出,投入为固定工业资产净值和工业全部从业人员得出绿色技术绩效,指标越大代表绿色技术绩效越高<sup>①</sup>。 $malmquist$  指数是基于多输入、多输出的数据集,能够很好地解释绿色创新效应的动态变化。科技创新人力投入( $Hightec$ )采用  $R\&D$  人员全时当量进行衡量,因为  $R\&D$  人员全时当量是反映技术创新人力投入的最直观数据。政府科研投入( $RD$ )用  $R\&D$  项目内部经费表示。其他变量与前面的模型处理方法一样。

## 3. 产业结构升级效应的数据处理

本文选取第三产业增加值与第二产业增加值之比( $Indstrec$ )作为衡量产业升级的指标<sup>②</sup>,劳动力( $L$ )选取规模以上工业从业人员年均人数表示,资本( $K$ )参考涂正革、湛仁俊以各地区规模以上工业企业的固定资产净值作为资本( $K$ )指标的做法,采用以 2002 年为基期(2002 年 = 100)的各地区固定资产投资价格指数平减。市场开放程度( $Open$ )采用该地区  $FDI$  占  $GDP$  的比重。外商直接投资水平会通过多种方式影响地区的产业结构

升级,如竞争效应、技术溢出等。政府财政状况( $Gover$ )会影响资源在市场中的分配,因而影响到产业结构升级,本文用当年财政收入除以当年  $GDP$  表示地区政府财政状况。经济发展水平( $PGDP$ )、环境规制( $ER$ )和前面的模型处理方法一样。

由于排污权交易试点完成于 2017 年,故本文使用的数据期间为 2002 年至 2017 年,其中 2002 年至 2006 为非试点期,2007 年至 2017 为试点期。本文全部数据来源于《中国统计年鉴》《中国工业统计年鉴》《中国环境统计年鉴》《中国能源统计年鉴》《中国城市统计年鉴》《中国科技统计年鉴》。在实证分析中,对人均  $GDP$ 、专利数、工业化程度、工业固定资产净值、规模以上工业从业人员年均人数、财政收入、科技创新人力每年投入等数据采取取对数处理。

## 三 实证结果及分析

DID 模型估计结果如表 1 至表 3 所示,列(1)为不加入控制变量的回归结果,列(2)至列(7)为逐步加入控制变量的回归结果,三个表分别为控制变量对污染减排效应、产业结构升级效应、技术创新效应的影响。可以看出表 1、表 2、表 3 在依次增加控制变量的过程中,大部分解释变量的系数符号没有发生变化,核心解释变量 DID 的显著性和符号也没有发生根本性的变化。表 1 加入控制变量后,排污权交易的实施使得工业二氧化硫的排放减少,促进了污染减排效应,排污权交易显著降低了约 8.262% 的工业二氧化硫排放量。表 2 表明排污权交易对绿色技术创新产生了正向影响,显著增加了约 0.022% 的绿色技术绩效水平。表 3 显示排污权交易阻碍了产业结构优化升级,排污权交易与产业结构优化升级呈现负向关系。

从表 1 来看,核心解释变量的回归系数在 1% 水平上显著为负,这表明排污权交易实施之后减少了工业二氧化硫排放,促进了污染减排效应。从系数的大小来看,排污权试点地区前后减少了 8.262% 的工业二氧化硫排放,在 1% 水平上显著,

①吴敬琏:《什么是结构性改革?它为何如此重要?》,《清华管理评论》2016 年第 11 期。

②卢丽文,宋德勇,黄璨:《长江经济带城市绿色全要素生产率测度——以长江经济带的 108 个城市为例》,《城市问题》2017 年第 1 期。

减排效果还是比较明显的。从控制变量的系数来看,人均 GDP 系数为 29.122,在 1%水平上显著,说明人均 GDP 对工业二氧化硫排放呈正相关,这也与我国现在的发展情况相符合。专利数的系数为-6.783,在 1%水平上显著,表明当地技术水平越高,对污染减排可以采取的办法也越多,因此会减少污染的排放。工业化程度系数为 15.204,在 1%水平上显著,工业化程度越高污染的排放也越多,这和经济情况是相符合的,也与环境经济学中的经典模型 kaya 恒等式和环境库茨涅茨

曲线的理论相一致。受高等教育人数系数为-0.928,在 1%水平上显著,人们受教育程度越高,对保护环境越会重视,更多地践行环保行为、坚持环保理念,对污染减排有促进作用。国有企业占比对污染减排有促进作用,能减少约 0.021%的排放,但结果不显著。环境规制强度系数为 18.858,在 10%水平上显著,这与我们的预期相反。理论上来说,环境规制强度越高会减少污染的排放,但是,随着环境规制强度的增加也存在绿色悖论。

表 1 排污权交易试点对减排的影响——双重差分法

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
<i>T</i>	-5.129*** (-2.60)	-10.469*** (-4.45)	1.472 (0.53)	0.235 (0.09)	0.390 (0.14)	0.305 (0.11)	0.763 (0.78)
<i>G</i>	29.812** (2.35)	28.104** (2.19)	31.375*** (2.68)	30.823*** (2.71)	28.769** (2.56)	28.524** (2.49)	28.578*** (2.58)
<i>T * G</i>	-7.235** (-2.26)	-7.601** (-2.42)	-6.105** (-2.04)	-8.595*** (-2.91)	-8.508*** (-2.90)	-8.310*** (-2.79)	-8.262*** (-2.77)
<i>lnPGDP</i>		25.829*** (3.99)	42.373*** (6.45)	29.870*** (4.36)	29.147*** (4.29)	28.933*** (4.12)	29.122*** (4.16)
<i>lnPatent</i>			-9.939*** (-7.07)	-9.796** (-7.17)	-6.835*** (-3.88)	-7.181*** (-3.85)	-6.783*** (-3.64)
<i>lnIndustry</i>				17.893*** (5.06)	15.860*** (4.40)	15.273*** (3.90)	15.204*** (3.88)
<i>Highedu</i>					-0.896*** (-2.62)	-0.874*** (-2.55)	-0.928*** (-2.72)
<i>Slaterate</i>						-0.045 (-0.37)	-0.021 (-0.17)
<i>ER</i>							13.858* (1.51)
<i>cons</i>	56.173*** (7.18)	-179.968*** (-3.01)	-254.148*** (-4.43)	-222.239*** (-3.96)	-221.951*** (-3.99)	-212.317*** (-3.25)	-219.509** (-3.35)
样本量	435	435	435	435	435	435	435
截面数	29	29	29	29	29	29	29

注:(1)括号中的值为双尾检验 t 值;(2)\*, \*\*, \*\*\* 分别表示在 10%、5%、1%水平上显著;资料来源:作者利用 stata14.0 软件计算。

由表 2 可以看出,排污权交易试点对技术创新的影响在 5%水平上显著,实行排污权交易使试点地区的绿色技术绩效水平提高了约 0.022%。人均 GDP 的系数在 1%水平上显著,说明经济发展水平的提高能促进创新技术的进步。科技创新人力投入(*Hightec*)的系数在 1%水平上显著,系数为正表明会促进绿色技术绩效水平。市场化程度(*Open*)和绿色技术绩效呈负向关系,在 1%水

平上显著,市场化程度每增加一个单位,会使技术进步效应降低约 0.013 个单位,外商直接投资带来的挤出效应可能大于溢出效应。经济增长的效率较低阻碍了技术创新。政府科研投入(*RD*) 在 1%水平上显著,*RD* 增加会促进绿色技术绩效的增加。环境规制强度与技术创新能力呈正相关,也就是说,随着环境规制强度的提高会增强技术

创新能力的提升,但是作用很小<sup>①</sup>。

表 2 排污权交易试点对绿色技术绩效的影响——双重差分法

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
<i>T</i>	0.119*** (7.65)	0.094*** (5.70)	0.086*** (5.27)	0.072*** (4.25)	0.0648*** (3.85)	0.066*** (3.93)
<i>G</i>	-0.064 (-1.48)	-0.054** (-2.26)	-0.066*** (-2.68)	-0.064*** (-2.67)	-0.053** (-2.24)	-0.054** (-2.26)
<i>T * G</i>	0.016 (0.64)	0.020 (0.78)	0.021 (0.83)	0.024** (0.97)	0.022** (0.88)	0.022** (0.90)
<i>lnPGDP</i>		0.098*** (5.11)	0.065*** (3.02)	0.109*** (4.41)	0.097*** (4.01)	0.097*** (3.93)
<i>lnHightec</i>			0.039*** (3.93)	0.039*** (4.06)	0.013*** (1.10)	0.016*** (1.35)
<i>Open</i>				-0.016*** (-3.06)	-0.014*** (-2.78)	-0.013*** (-2.58)
<i>RD</i>					0.089*** (3.79)	0.087*** (3.67)
<i>ER</i>						0.070 (1.00)
<i>cons</i>	0.235*** (11.96)	-0.666*** (-3.78)	-0.691*** (-3.72)	-1.054*** (-4.96)	-0.743*** (-3.33)	-0.784*** (-3.39)
样本量	435	435	435	435	435	435
截面数	29	29	29	29	29	29

注:(1)括号中的值为双尾检验 *t* 值;(2)\*, \*\*, \*\*\* 分别表示在 10%、5%、1%水平上显著;资料来源:作者利用 stata14.0 软件计算。

从表 3 可以看出,排污权交易与产业结构优化升级呈现负向关系,系数为-0.048,在 10%水平上显著,排污权交易并没有促进产业结构优化升级,这一点并不奇怪,经济转型需要一个长期的过程,环境政策的发布和试点实行的效果有部分的滞后性,且排污权试点地区环境容量尚未明确、总量控制的上限没有划定。经济发展水平指标人均 *GDP* 对产业结构升级是负向影响,系数为-0.461,在 1%水平上显著,说明经济发展水平带来的第二产业产值增速超过第三产业产值增速,可能的原因是人均 *GDP* 代表各个省份的经济增长水平,有些省份的地方政府为追求经济绩效,出台的相关建设项目只能在短期内提高当地的经济增长水平,却偏离地区的比较优势且不可持续,长期并没有有效促进产业结构升级,甚至在后续发展过程中可能会对产业结构升级起到阻碍作用。

工业固定资产净值(*K*)和人力劳动力(*L*)都在 1%水平上显著,工业固定资产净值投入的增加促进产业升级,而规模以上工业从业人员年均人数与产业结构升级成负向关系。财政状况(*Gover*) 在 1%水平上显著,系数为 0.053,说明在财政状况好的情况下出台的产业政策和支持对产业结构升级有正向促进作用。对外开放程度(*Open*) 系数为负,较低的市场化进程意味着,当前我国市场发展仍不充分、不完善、不规范,对外开放程度带来的挤出效应也比较大。环境规制(*ER*)强度的逐渐增加短期内不利于产业结构升级,但是长期的环境规制对产业结构升级的促进作用是否存在一定的阈值还值得进一步探究<sup>②③</sup>。

根据本文的设计,在进行 PSM 时,选择两类城市作为分析对象,将我国 2007 年起 11 个试点

①杨志江,文超祥:《中国绿色发展效率的评价与区域差异》,《经济地理》2017 年第 3 期。

②黄建欢,吕海龙,王良健:《金融发展影响区域绿色发展的机理——基于生态效率和空间计量的研究》,《地理研究》2014 年第 3 期。

③黄跃,李琳:《中国城市群绿色发展水平综合测度与时空演化》,《地理研究》2017 年第 7 期。

省地区为实验组,未实施排污权交易试点影响的地区为控制组,共计18个。基于上文模型中的指标,本文采用logit模型估计倾向得分,并采用近邻匹配法确定权重,施加“共同支持”(Common Support)条件,最后从对照组中匹配出417个概率接近的地区,另外18个地区未匹配成功,将其剔除。PSM要求匹配后实验组和对照组在可观测变量上不存在显著性差异,否则表明匹配所选择的方法不恰当,核匹配估计无效。为了检验本文的匹配效果,本文对三个模型的倾向得分匹配前后所有变量进行了平衡性检验。在减排效应模型中,匹配前,实验组与对照组的人均GDP、工业化程度以及国有企业占比在1%水平上存在显著性差异;匹配后,上述3个变量在实验组和对照组之间

的差异显著下降,且所有变量都不存在显著性差异。在绿色技术创新效应模型中,匹配前,实验组与对照组的经济发展水平的人均GDP、R&D人员全时当量分别在10%水平和1%水平上存在显著性差异;匹配后,上述2个变量在实验组和对照组之间的差异显著下降,且所有变量都不存在显著性差异。因此,可以认为本文所选取的可观测变量合适且匹配方法恰当,近邻匹配估计可靠。在产业结构升级效应模型中,匹配前,实验组与对照组的规模以上工业企业的固定资产净值、规模以上工业从业人员在1%水平上存在显著性差异;匹配后,上述3个变量在实验组和对照组之间的差异显著下降,且所有变量都不存在显著性差异。

表3 排污权交易试点对产业结构升级的影响——双重差分法

c	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
<i>T</i>	0.162*** (6.13)	0.215*** (6.81)	0.101*** (2.74)	0.089** (2.49)	0.077** (2.13)	-0.007 (-0.20)	-0.018 (-0.5)
<i>G</i>	-0.138 (-0.88)	-0.122 (-0.86)	-0.170 (-1.20)	-0.099 (-0.70)	-0.126** (-2.01)	0.006 (-0.05)	0.007 (0.06)
<i>T * G</i>	-0.081* (-1.87)	-0.077* (-1.79)	-0.091** (-2.19)	-0.080** (-2.00)	-0.074* (-1.86)	-0.047* (-1.24)	-0.048* (-1.29)
<i>lnPGDP</i>		0.254*** (-3.03)	-0.501*** (-5.46)	-0.463*** (-5.12)	-0.400*** (-4.24)	0.444*** (-4.98)	-0.461*** (-5.17)
<i>lnK</i>			0.194*** (5.53)	0.262*** (7.35)	0.251*** (6.96)	0.156*** (4.28)	0.162*** (4.45)
<i>lnL</i>				-0.195*** (-5.54)	-0.192*** (-5.45)	-0.166*** (-4.95)	-0.168*** (-5.03)
<i>Open</i>					-0.017** (-1.61)	-0.022** (-2.20)	-0.023* (-2.30)
<i>Gover</i>						0.052*** (7.35)	0.053*** (7.45)
<i>ER</i>							-0.227* (-1.92)
<i>cons</i>	0.894*** (9.22)	3.212*** (4.18)	4.009*** (5.29)	4.597*** (5.53)	3.632*** (4.75)	3.958*** (5.49)	4.105*** (5.68)
样本量	435	435	435	435	435	435	435
截面数	29	29	29	29	29	29	29

注:(1)括号中的值为双尾检验t值;(2)\*, \*\*, \*\*\* 分别表示在10%、5%、1%水平上显著;资料来源:作者利用stata14.0软件计算。

基于PSM-DID方法的稳健性检验:为了降低双重差分估计的偏误,本文进一步利用PSM-DID方法来进行稳健性检验。运用PSM-DID方法时,通过是否是试点地区的虚拟变量对控制变

量进行Logit回归,得到倾向得分值,倾向得分值最接近的地区即为试点地区的配对地区。这种方法可以最大程度地减少在三个效应上存在的系统性差异,从而减少DID估计偏误。在进行PSM-

DID 估计前,先进行模型有效性检验,其中首先需要检验共同支撑假设,也就是匹配后各变量实验组和控制组是否变得平衡,实验组和控制组的协变量的均值是否在匹配后有显著差异,如果不存在显著差异再使用 PSM-DID 方法。根据共同支撑假设检验结果显示,从各协变量的检验结果来看,在三个效应模型下,匹配后的控制变量均不存在显著性差异,而结果变量存在十分显著的差异,

从而证明本文使用 PSM-DID 方法是合理的。

PSM-DID 稳健性结果如表 4、表 5、表 6 所示,排污权交易的试点显著提高了污染减排水平,抑制了污染减排效应,减少了工业二氧化硫排放量,对产业结构升级具有负向的影响,不能促进产业结构升级。排污权交易试点对技术创新具有正向影响,能促进技术创新效应。

表 4 PSM-DID 稳健性检验

	工业二氧化硫排放量		
	政策前实验组与控制组差分	政策后实验组与控制组差分	双重差分结果
差分值	20.833	11.527	-9.306
标准误	4.662	3.886	5.980
T 值	4.47	2.97	1.56
P 值	0.000***	0.002***	0.012***

注:(1)括号中的值为双尾检验 t 值;(2)\*,\*,\*,\*\*\* 分别表示在 10%、5%、1% 水平上显著;资料来源:作者利用 stata14.0 软件计算。

表 5 PSM-DID 稳健性检验

	绿色技术绩效		
	政策前实验组与控制组差分	政策后实验组与控制组差分	双重差分结果
差分值	-0.064	-0.052	0.012
标准误	0.034	0.029	0.043
T 值	-1.89	1.84	0.27
P 值	0.060*	0.067*	0.078*

注:(1)括号中的值为双尾检验 t 值;(2)\*,\*,\*,\*\*\* 分别表示在 10%、5%、1% 水平上显著;资料来源:作者利用 stata14.0 软件计算。

表 6 PSM-DID 稳健性检验

	产业结构升级		
	政策前实验组与控制组差分	政策后实验组与控制组差分	双重差分结果
差分值	-0.064 0	-0.100 0	-0.036 0
标准误	0.056 0	0.047 0	0.072 0
T 值	-1.140 0	2.130 0	0.500 0
P 值	0.253 0	0.034 0**	0.041 6**

注:(1)括号中的值为双尾检验 t 值;(2)\*,\*,\*,\*\*\* 分别表示在 10%、5%、1% 水平上显著;资料来源:作者利用 stata14.0 软件计算。

四 结论与政策建议

本文运用双重差分倾向得分匹配法(PSM-DID)研究排污权交易的污染减排效应、技术创新效应与产业结构升级效应,探讨排污权交易试点对绿色发展产生的影响及其作用机理。结果发现:(1)排污权交易试点对污染减排产生了正向

影响,平均可以降低约 8.262%的工业二氧化硫排放量。(2)排污权交易试点对绿色技术绩效有正向影响,提高了约 2.22% 的绿色技术绩效水平。(3)排污权交易对产业结构升级的作用不明显。可以认为,排污权交易试点对绿色发展有一定的促进作用,但还存在进一步发挥的空间。因此,需



要进一步加强市场体系建设,完善排污权交易制度,提高运行效率,发挥排污权交易市场的功能。同时,还需进一步鼓励技术创新,完善绿色发展政策。

一是培育排污权交易市场,完善排污权交易制度。应进一步加大排污权交易市场规模,出台相关法律法规,健全排污权交易制度。目前,排污权交易存在的一个问题就是总量控制和指标分配机制尚不完善,需要结合地区环境质量和容量确定域内排污单位许可排放总量的上限目标,同时根据行业、企业具体情况规划年度减排任务。从宏观层面,还需制定区域统一的排污权分配方式与定价方法;从微观层面,建议细化纳入排污权交易的行业企业、污染排放名录,确定从企业到区域的排放总量及削减计划目标。

二是进一步鼓励技术创新。排污权交易需要技术创新力量来支撑。政府需要加大对污染减排研发资金的投入,在技术进步的基础上实现产业

结构的优化升级,发挥排污权交易的污染减排作用,促进经济绿色发展。因此,政府不仅要加大对环保产业、环保产品研发的投资,更要鼓励企业、民间机构积极投资绿色技术的创新研究,提高企业的治污水平和减排效率,为排污权交易市场创造更多的排污权供给,从排污权供给侧改革来刺激二级市场的活跃性。引导企业发展绿色技术,推行绿色生产,实现绿色发展。

三是完善绿色发展的支持政策。完善绿色财政政策,对更新陈旧设备进行绿色生产的企业给予一定财政补贴,对于绿色产品给予一定的价格补贴。健全绿色税收政策,开征环境税,并按稀缺程度适当提高税率。加快制定并开征新的生态保护税,如二氧化碳排放税、水污染税等。对积极推行绿色生产的企业进一步加大税收优惠力度,加大对绿色产业投资力度,引导社会资本参与设立绿色基金,共同促进绿色产业、绿色科创和绿色金融的融合发展。

## Whether Emission Trading Pilot Promotes Green Development

WU Zhao-xia, PAN Qi & HU Su-dan

(School of Business, Xiangtan University, Xiangtan 411105, China)

**Abstract:** Using the policy of emission trading pilot as a quasi natural experiment, this paper uses the PSM-DID to study the pollution reduction effect, technological innovation effect and industrial structure upgrading effect of emission trading, and discusses the impact of emission trading pilot on green development and its mechanism. Results show that emissions trading significantly promotes the pollution reduction and technological innovation performance of the pilot areas, but the effect of emissions trading on the upgrading of industrial structure is not so obvious. Emission trading pilot still has some room for further improvement. Therefore, it is necessary to further strengthen the construction of emission trading market system, improve the emission trading system, and give full play to the function of emission trading market.

**Key words:** emission trading; PSM-DID; green development of economy

(责任校对 朱正余)