

# 排污权交易制度对绿色全要素生产率的影响

李 宁

(西北工业大学公共政策与管理学院, 西安 710072)

**摘要:** 在资源和环境的双重约束下,提高绿色全要素生产率对实现高质量发展至关重要。我国排污权交易制度经过多年的试点推进,已进入深化发展阶段,研究排污权交易制度实施对绿色全要素生产率的影响具有重要的现实意义。以 2007 年实行的排污权交易制度试点作为一次准自然实验,基于中国 2004—2020 年 30 个省份(因数据缺失,未包含西藏和港澳台地区)面板数据,运用双重差分法探究排污权交易制度对绿色全要素生产率的影响与作用机制。研究结果证明,排污权交易制度显著提升了绿色全要素生产率。影响机制检验表明,排污权交易制度对绿色全要素生产率的提升主要是通过绿色技术创新效应和产业结构升级效应两个影响路径得以实现。研究结论为我国进一步深化排污权交易制度推动经济绿色发展的政策效果提供了启示。

**关键词:** 排污权交易制度;绿色全要素生产率;双重差分法

**中图分类号:** F205 **文献标志码:** A **文章编号:** 1671-1807(2025)06-0358-09

作为最大的二氧化碳排放国,如何有效利用资源,促进绿色发展,实现碳达峰碳中和是目前中国面临的核心问题。针对严峻的环境形势,我国早期实行的命令强制型环境规制调动企业参与环境治理的动力不足,因此我国政府积极寻求新的环境治理手段,20 世纪末,开始了对排污权交易制度的探索。相对于命令强制型的环境规制,排污权交易制度建立合法的排污权,允许企业之间进行排污权交易,有效控制污染物总量和改善地区环境质量,促进节能减排机制长效化<sup>[1]</sup>。2007 年,我国 11 个省份开展排污权交易试点工作,这是最大规模的排污权交易试点实践。“十三五”和“十四五”规划中均提到要建立全国范围内的排污权交易机制,继续推进排污权市场化交易。

绿色全要素生产率是综合考虑环境绩效和经济效益的效率测度指标,与我国强调的绿色发展新理念不谋而合,提高绿色全要素生产率是实现绿色发展、促进经济高质量发展的重要路径。排污权交易制度目前已经成为重要的环境治理政策,如何利用排污权交易制度推动绿色全要素生产率的提升,是统筹推进绿色发展与实现碳达峰碳中和目标的关键性问题。基于此,通过实证检验探讨以下问题:排污权交易制度的实施是否促进了绿色全要素生产率提升?排污权交易制度提升绿色全要素生产率的实现路径是什么?深入研究排污权交易制

度对绿色全要素生产率的影响,对于平衡我国经济发展和环境保护,进一步实现绿色发展具有重要意义。

目前已有学者对排污权交易制度进行了研究。从现有文献看,与本文密切相关的研究主要可以归纳为以下两类:第一类是针对排污权交易制度的定性分析,主要是从排污权交易制度的运行机制、存在问题及改进措施等方面展开。田欣等<sup>[2]</sup>分析了我国排污权交易制度的实践和研究现状,指出排污权交易面临的问题与挑战,并提出改进思路与建议,包括建立统一交易市场、信息公开等。王振兴和周建国<sup>[3]</sup>研究排污权交易试点的推进机制和政策特征,发现试点地区通过实施机制、动员整合机制和制度化机制推进排污权交易试点工作。第二类是针对排污权交易制度的定量分析,围绕排污权交易的政策效应进行,主要从环境绩效和经济绩效两个方面展开。针对排污权交易制度的环境治理效果,目前学界还存在一定争议。部分学者认为排污权交易制度能够带来积极的政策效应。Ren 等<sup>[4]</sup>发现排污权交易制度能减少污染物排放,并且在环境执法严格的地区减排效果更为明显。董平和杨艳琳<sup>[5]</sup>通过多期双重差分法(difference-in-difference, DID)研究认为排污权交易试点政策显著降低了试点地区的工业二氧化硫排放强度,提高了区域大气环境质量。还有一部分学者认为排污权交易制度

**收稿日期:** 2024-10-12

**作者简介:** 李宁(2001—),女,山西临汾人,硕士研究生,研究方向为产业创新生态。

存在一定政策效果,但效果有限。Tang 等<sup>[6]</sup>发现尽管排污权交易制度一定程度上缓解了我国二氧化硫排污权配置效率低下的问题,但从现实和潜在两个角度观察,排污权交易制度并未达到预想的节能减排作用。部分学者则认为排污权交易制度并未产生预期的环境治理效果。孙晶琪等<sup>[7]</sup>发现单一的排污权交易政策并未降低地区碳排放量与 PM<sub>2.5</sub> 排放量。张亚丽和项本武<sup>[8]</sup>基于倾向得分匹配-双重差分(PSM-DID)实证研究发现排污权交易制度会导致地区环境不平等程度加深。因此,针对排污权交易制度的环境绩效,学界还未形成统一的定论。目前聚焦于排污权交易制度经济绩效的研究较为匮乏,仅有少数学者针对排污权交易制度对企业全要素生产率<sup>[9]</sup>、企业对外直接投资<sup>[10]</sup>的影响进行研究,并未有针对排污权交易制度经济绩效的深入探析。

总体而言,排污权交易制度旨在实现环境改善与经济发展双赢的目标,但是目前缺少对排污权交易政策效果的充分论证,聚焦于排污权交易制度所实现的环境绩效和经济绩效两方面的研究并不多见,而研究排污权交易制度对绿色全要素生产率的影响可以全面考察排污权交易的政策治理效果。基于此,本文以 2007 年的排污权交易制度试点作为准自然实验,基于 2004—2020 年 30 个省份(因数据缺失,未包含西藏地区和港澳台地区)面板数据,运用双重差分法探究排污权交易制度试点对绿色全要素生产率的影响及其作用机制,为深化排污权交易制度推动经济绿色发展的政策效果提供稳健的实证依据与针对性的政策参考。

## 1 政策背景

排污权交易的概念由美国经济学家戴尔斯首次提出,并被美国政府用于治理大气污染及水污染,尤其是在 1990 年美国将其运用于 SO<sub>2</sub> 排放量控制,获得了巨大的经济效益和社会效益。此后,德国、澳大利亚、荷兰、新加坡等国家也相继引入排污权交易制度<sup>[11]</sup>。20 世纪末中国引进排污权交易制度,其在中国的发展可以分成初始尝试阶段、试点探索阶段、深化发展阶段三个阶段,各发展阶段及标志性事件如图 1 所示。

### 1.1 初始尝试阶段(1987—2000 年)

1987 年上海闵行区实行了排污许可证制度,允许企业间进行水污染物排放的有偿转让。“闵行模式”拉开了我国排污权交易的序幕。1994 年,国家环保局选择太原、包头、开远、柳州、平顶山、贵阳 6

个城市进行大气排污权交易试点项目,取得初步试点经验。“九五”期间,国务院颁布《“九五”期间全国主要污染物排放总量控制计划》和《大气污染防治法》,污染物排放总量控制正式被列为国家环境考核目标,我国全部城市推行排污许可证制度<sup>[2]</sup>。

总体来说,在初始尝试阶段,我国从无到有发布了一些排污权交易相关的政策文件,主要治理对象是大气污染物,初步试点区域有限,但取得了部分经验,为后续排污权交易的试点探索奠定了良好基础。

### 1.2 试点探索阶段(2001—2007 年)

2001 年 9 月,首例 SO<sub>2</sub> 排污权交易在江苏省南通市进行,这是我国运用市场机制进行 SO<sub>2</sub> 排放总量控制的开拓性成果。2002 年 3 月,原国家环保总局在山东、山西、江苏、河南 4 个省和上海、天津、柳州 3 个市试点开展 SO<sub>2</sub> 排放总量控制及排放权交易政策实施项目。2005 年 12 月,国务院颁布《关于落实科学发展观加强环境保护的决定》,提出“有条件的地区和单位可实行二氧化硫等排放权交易”,这是排污权交易第一次被写入国务院文件<sup>[12]</sup>。2007 年 11 月,第一个排污权交易中心在浙江嘉兴挂牌成立,标志着我国排污权交易走向规范化、国际化。

在试点探索阶段,我国扩大了排污权交易项目的试点,为排污权交易制度在全国的推广实施进行了先行探索。

### 1.3 深化发展阶段(2007 年至今)

2007 年,国家财政部、环保部、国家发展和改革委员会相继批复 11 个省份开展排污权有偿使用和交易试点,自此进入排污权交易试点深化阶段。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》,部署建立排污权交易制度试点工作,这是排污权交易工作开展的纲领性文件,在此基础上,试点地区建立基本的排污权交易制度体系。截至 2021 年底,已有 28 个省份开展了排污权有偿使用和交易试点,除了三部委批复开展试点的地区,其余省份如福建、安徽、江西等是在省内或部分区域自行开展排污权交易制度的实践。

自排污权交易制度引进以来,中国政府一直高度关注,大力支持排污权交易制度的实施,发挥政府的调控作用,通过排污权交易制度的市场手段调动企业参与环境治理的积极性,旨在通过“有效市场”与“有为政府”协同作用,实现我国节能减排、绿色发展的目标。

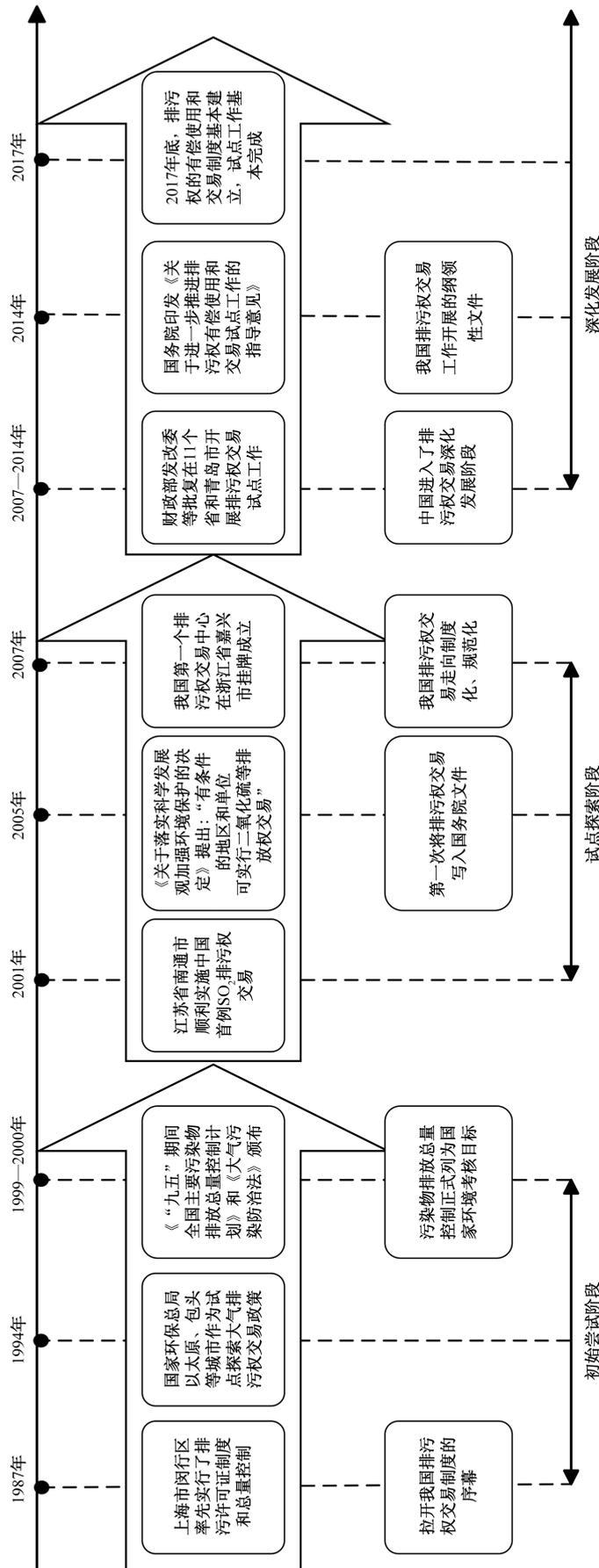


图1 我国排污权交易制度发展阶段

## 2 理论分析与研究假设

排污权交易制度能够通过市场手段激励企业持续降低污染排放量的目标实现,通过二级交易市场的建立引导企业进行排污权交易,鼓励企业以最低成本实现污染控制目标,提高企业生产技术,促进企业减少污染物排放和转嫁给社会的外部成本<sup>[13]</sup>,企业在发展过程中兼顾经济效益和环境绩效,进而为全社会的绿色发展带来福祉。能源效率提升和环境质量改进的同时促进经济发展,绿色全要素生产率也就随之提升。基于上述分析提出以下假设。

H1:排污权交易制度能够促进绿色全要素生产率的提升。

“波特假说”提出适当的环境规制能激发“创新补偿”效应,促使企业进行技术创新,提高企业生产效率。排污权交易制度作为市场型环境规制,能够引导企业进行绿色技术创新活动,提升企业社会责任和环境绩效<sup>[14]</sup>。一方面,对绿色技术相对落后的企业来说,排污权交易制度迫使企业关注生产过程中的节能减排,调动企业进行绿色技术创新活动的积极性,以降低企业治污成本和生产成本,提高生产绩效;另一方面,对绿色技术相对较高的企业来说,企业存在多余排污权,在二级市场上出售排污权所获得的额外收益能够作为进一步激励绿色技术创新的投入,推动企业绿色创新水平提升。绿色技术创新带来的能源利用效率提升与污染物排放减少在促进绿色全要素生产率提升方面发挥积极作用<sup>[15]</sup>。基于以上分析提出以下假设。

H2:排污权交易制度通过提升绿色创新水平对绿色全要素生产率产生正向影响。

排污权交易制度的实施标志着政府为企业设立的排污要求更加严格,企业寻求转型升级以实现政府设立的标准,传统的高排放型产业逐步实现低碳转型发展,资源配置效率高、能源消耗强度低的绿色环保产业和高新技术产业也进一步聚集<sup>[16]</sup>,因此排污权交易制度有利于地区产业结构转型升级。产业结构转型升级意味着产业内部分工更加细化、协作更为专业,生产资源配置优化,生产效率提升<sup>[17]</sup>,能源利用效率提升,从而有效降低生产成本和环境治理成本,在完成经济发展目标的同时提高环境质量,促进绿色全要素生产率的提升。基于以上分析提出以下假设。

H3:排污权交易制度通过产业结构升级效应促进绿色全要素生产率提升。

## 3 研究设计

### 3.1 模型设定

运用双重差分法设立基准回归模型如式(1)所示,以检验排污权交易制度对绿色全要素生产率的影响。

$$gtfp_{it} = \alpha_0 + \alpha_1 treat_i \times post_t + \beta Control_{it} + \theta_i + \gamma_t + \epsilon_{it} \quad (1)$$

式中:gtfp为各省份绿色全要素生产率;核心解释变量  $treat_i \times post_t$  为虚拟变量  $treat_i$  和  $post_t$  的交互项,在样本期内,如果  $i$  省份被设立为排污权交易制度试点省份,则  $treat_i = 1$ , 否则为 0;当  $t > 2007$  时,  $post_t = 1$ , 否则为 0。 $Control_{it}$  为所有控制变量,其中包括经济发展水平、人口密度、技术水平、工业化水平、环境规制程度; $\theta_i$  为省份固定效应; $\gamma_t$  为时间固定效应; $\epsilon_{it}$  为模型的随机扰动项; $\alpha_0$  为截距项;系数  $\alpha_1$  为核心估计值,若其显著为正,则代表排污权交易制度促进绿色全要素生产率提升; $\beta$  为相关系数。

2007年,天津、河北、山西、内蒙古、江苏、浙江、河南、湖北、湖南、重庆和陕西 11 个省份被批复进行排污权交易制度试点。将试点的 11 个省份作为处理组,选取剩下的 19 个省市作为控制组。选取时间维度为 2004—2020 年,由于 2007 年开始进行政策试点,因此将时间区间 2004—2020 年划分为两个时期,排污权交易制度试点实施前的时间区间为 2004—2007 年,排污权交易制度试点实施后的时间区间为 2008—2020 年。

### 3.2 变量说明

(1)被解释变量:绿色全要素生产率。

绿色全要素生产率的投入包括劳动、资本、能源投入三项指标<sup>[18]</sup>。劳动投入方面,选择各省份城镇单位年末就业人数表示。资本投入采用各省固定资产投资额来衡量,并使用本省固定资产投资价格指数进行平减。能源投入使用煤炭消耗量表示。绿色全要素生产率的产出有期望产出和非期望产出。期望产出用实际 GDP 表示,使用 GDP 平减指数计算以 2004 年为基准的实际 GDP。非期望产出主要是指污染物的排放,选用工业废水排放量、工业  $SO_2$  排放量以及工业烟尘排放量作为非期望产出的衡量指标,最终的非期望产出指标为熵权法计算出的三者综合值<sup>[19]</sup>。

为增强研究合理性和精准度,选择非径向非角度 SBM(slack based measure)效率测度模型并结合 ML(Malmquist-Luenberger)生产率指数计算得到绿色全要素生产率。由于 ML 生产率指数表示绿

色全要素生产率的增长率,因此对 ML 生产率指数进行累乘获得绿色全要素生产率。计算方法为:假定 2004 年为基期,将 2004 年的绿色全要素生产率设定为 1,2005 年  $gtfp$  等于 2005 年 ML 生产率指数乘以 2004 年  $gtfp$ ,以此类推,如式(2)所示。

$$gtfp_{t+1} = ML_{t+1} \times gtfp_t \quad (2)$$

(2)核心解释变量:排污权交易制度 ( $treat_t \times post_t$ )。根据三部委在 2007 年批复开展排污权交易制度试点的省市名单,结合试点时间统一赋值,若该省为排污权交易制度试点的省份,且观测时间在制度实施后,  $treat_t \times post_t$  取值为 1,否则为 0。

(3)控制变量:基于孙晶琪等<sup>[7]</sup>、邱婷等<sup>[20]</sup>、吴先华和田芷晴<sup>[21]</sup>、马林和黄立军<sup>[22]</sup>、张灿等<sup>[23]</sup>,选取以下 5 个控制变量:经济发展水平( $\lnpgdp$ ),采用各省份人均 GDP 衡量;人口密度( $\lnpop$ ),采用单位面积年末人口数衡量;技术水平( $\lnrd$ ),以 R&D 经费支出来衡量。为降低异方差对双重差分模型回归结果的影响,确保结果稳健性,对以上 3 个控制变量进行对数化处理。工业化水平( $ind$ ),采用第二产业增加值占地区生产总值的比例衡量;环境规制程度( $er$ ),以工业污染治理完成投资占第二产业增加值的比例来衡量。

### 3.3 数据来源说明

文采用中国 30 个省份作为实证分析的样本,变量计算所需原始数据主要来自《中国统计年鉴》《中国环境统计年鉴》《中国能源统计年鉴》、中国研究数据服务平台(Chinese Research Data Services Platform,CNRDS)数据库等,缺失数据采用线性插值法补齐。变量描述性统计如表 1 所示。

## 4 实证结果

### 4.1 基准回归

双重差分基准回归结果如表 2 所示,列(1)为只有核心解释变量的回归结果,列(2)为加入控制变量的回归结果。基准回归结果显示,  $treat_t \times post_t$  的系数估计值为 0.285 6,且在 1%的水平上显著,

表明排污权交易制度显著促进了绿色全要素生产率提升,验证了 H1。

### 4.2 平行趋势检验

进行双重差分法检验政策效应必须保证处理组和控制组满足平行趋势假定,即政策发生前处理组与控制组的绿色全要素生产率呈现相同趋势,为确保研究满足这一基本假设,采用具体的实证方法进行检验<sup>[14]</sup>。2007 年为政策实施年份,将政策实施前 3 年(2004 年、2005 年、2006 年)和后 3 年(2008 年、2009 年、2010 年及之后)的年份与处理变量交互项放入模型作为解释变量进行 OLS-DID 回归,将相关回归系数绘制成图 2 所示。由图 2 可知,排污权交易制度实施前 3 年回归系数均不显著,且系数均在 0 附近,表明政策实施前,处理组和控制组省份的绿色全要素生产率不存在显著差异,满足平行趋势假定。从动态效应看,绿色全要素生产率在制度试点第 3 年及之后才显著提升,表明排污权交易制度对绿色全要素生产率的影响存在一定时滞。

表 2 基准回归结果

变量	(1)	(2)
	$gtfp$	$gtfp$
$treat \times post$	0.208 4** (2.00)	0.285 6*** (2.72)
$\lnpgdp$		-0.256 2 (-0.86)
$\lnpop$		-0.060 6 (-0.90)
$\lnrd$		-0.404 1*** (-3.43)
$ind$		3.024 4*** (3.26)
$er$		12.529 5 (1.16)
常数项	1.000 0*** (11.39)	7.336 8*** (3.05)
观测值	510	510
$R^2$	0.557 2	0.576 9

注:括号内为  $t$  值;\*\*\*、\*\*、\*表示在 1%、5%和 10%的统计水平上显著。

表 1 变量描述性统计

变量类型	变量名称	变量含义	观测值	平均值	标准差	最小值	最大值
被解释变量	$gtfp$	绿色全要素生产率	510	1.530 8	0.770 8	0.608 0	7.826 0
解释变量	$treat \times post$	排污权交易制度	510	0.280 4	0.449 6	0.000 0	1.000 0
控制变量	$\lnpgdp$	经济发展水平	510	10.389 6	0.693 5	8.353 3	12.008 6
	$\lnpop$	人口密度	510	7.758 2	0.576 0	5.225 7	8.749 4
	$\lnrd$	技术水平	510	13.735 1	1.549 4	9.078 9	17.034 4
	$ind$	工业化水平	510	0.427 3	0.082 8	0.159 7	0.619 6
	$er$	环境规制程度	510	0.003 6	0.003 1	0.000 0	0.024 5

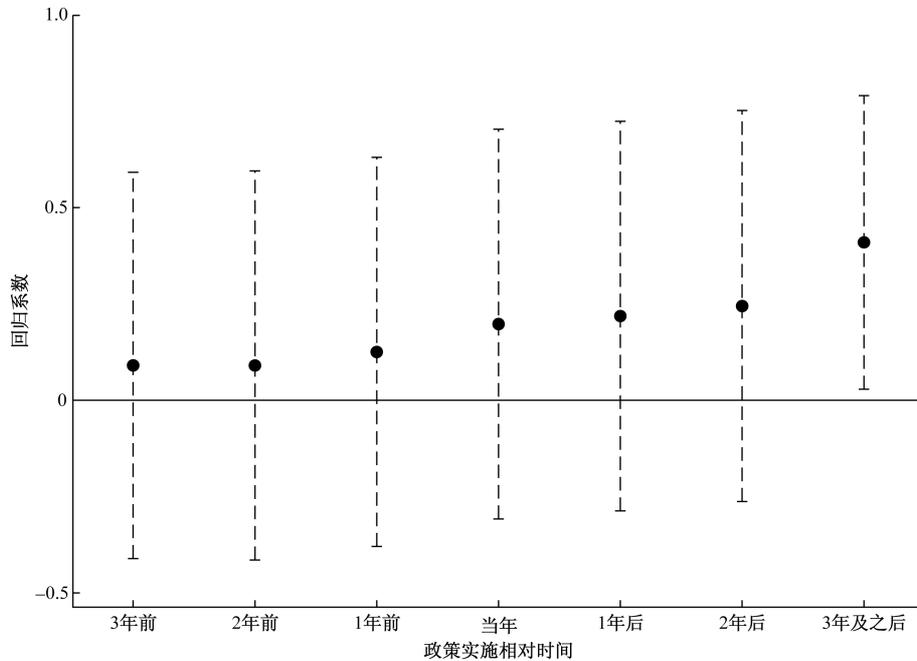


图2 平行趋势检验

### 4.3 稳健性检验

#### 4.3.1 PSM-DID 检验

为了缓解选择偏差导致的内生性问题,运用PSM-DID方法对基准回归结果进行稳健性检验<sup>[24]</sup>。采用核匹配<sup>[25]</sup>的方法进行倾向得分匹配,对处理后的样本进行PSM-DID估计计算政策效应,结果如表3所示。采用PSM-DID方法后,结果与基准回归结果并无显著差异,排污权交易制度仍显著提升绿色全要素生产率,实证结果具有稳健性。

表3 PSM-DID 稳健性检验结果

变量	政策前实验组与控制组的差分	政策后实验组与控制组的差分	双重差分结果
差分值	0.019	0.256	0.237
标准误	0.123	0.067	0.140
T值	0.150	3.850	1.700
P值	0.878	0.000***	0.090*

注:\*、\*\*、\*\*\*表示在10%、5%、1%的水平上显著。

#### 4.3.2 动态时间窗和反事实检验

(1)动态时间窗检验。为识别排污权交易制度对绿色全要素生产率的提升作用是否会随着样本时间的变化而变化,通过改变排污权交易制度试点时间前后时间窗宽的方法进行检验<sup>[26]</sup>,如果核心解释变量的回归系数和显著性没有明显变化,表明基准回归结果稳健。以2007年为节点,分别选取前后2年和前后3年为窗宽进行动态时间窗检验。表4结果显示,改变时间窗宽后,核心解释变量的影响

系数均显著为正,进一步支持前文结论。

(2)反事实检验。使用双重差分法的重要前提是处理组和控制组具备可比性,即如果没有排污权交易制度,处理组和控制组省市的绿色全要素生产率并不会随时间变化产生明显的差异。为了验证这一前提,利用反事实检验,将排污权交易实施时间模拟提前1年(2006年)和提前2年(2005年),再次进行DID模型检验,如果双重差分项系数不显著,意味着绿色全要素生产率并未受到其他政策或随机性因素影响,是排污权交易制度导致其提升<sup>[27]</sup>。表4的检验结果表明,无论假设制度实施时间为2005年还是2006年,核心解释变量的系数都未通过显著性检验,表明是2007年实施的排污权交易制度导致绿色全要素生产率的提升,证明了前文结论的可靠性与稳健性。

### 4.4 影响机制分析

结合理论分析,进一步从绿色技术创新效应和产业结构升级效应两个路径探究排污权交易制度推动绿色全要素生产率提升的影响机制,为排污权交易制度提供更具体的政策参考。参考范子英等<sup>[28]</sup>的做法,将表示绿色创新水平和产业结构升级的变量嵌入式(3)进行影响机制研究。

$$gtfp_{it} = \alpha_0 + \alpha_1 treat_i \times post_t \times M_{it} + \alpha_2 treat_i \times post_t + \alpha_3 M_{it} + \beta Control_{it} + \theta_i + \gamma_t + \epsilon_{it} \quad (3)$$

式中:gtfp、 $treat_i \times post_t$ 分别为绿色全要素生产率和排污权交易制度; $M_{it}$ 为调节变量;绿色创新强度

表4 改变时间窗宽与反事实检验的稳健性检验结果

变量	动态时间窗检验		反事实检验	
	前后2年	前后3年	2005年	2006年
treat×post	0.068 9* (1.82)	0.068 0* (1.82)	0.279 3 (1.52)	0.283 2 (1.66)
lnpgdp	0.442 8** (2.51)	0.514 8*** (4.04)	-0.256 5 (-0.60)	-0.256 2 (-0.59)
lnpop	-0.088 8 (-1.67)	-0.057 3** (-2.60)	-0.052 6 (-0.57)	-0.059 9 (-0.68)
lnrd	0.072 5 (0.44)	-0.071 7 (-0.79)	-0.388 3 (-1.48)	-0.398 3 (-1.52)
ind	-2.070 4* (-1.83)	-0.693 9 (-0.99)	2.959 9 (1.67)	2.995 3* (1.71)
er	7.298 8 (1.04)	9.496 7* (1.80)	12.133 6 (1.17)	11.892 5 (1.16)
常数项	-2.621 4** (-2.26)	-2.359 8*** (-4.44)	7.121 7 (1.59)	7.277 2 (1.61)
观测值	90	150	510	510
R <sup>2</sup>	0.645 0	0.475 3	0.573 8	0.575 5

注:括号内为*t*值;\*\*\*、\*\*、\*表示在1%、5%、10%的统计水平上显著。

即绿色发明专利授权数和发明专利授权数的比值表示绿色创新水平(*gti*);第三产业产值和第二产业产值的比值表示产业结构升级(*upind*)。式(3)主要关注交互项  $treat_i \times post_i \times M_i$  系数,若系数显著为正,则表明绿色创新水平提升和产业结构升级是排污权交易制度促进绿色全要素生产率提升的中介机制。

影响机制分析结果如表5所示。在绿色创新水平的回归方程中,  $treat_i \times post_i \times M_i$  影响系数在1%的水平上显著为正,表明排污权交易制度促进绿色全要素生产率提升的重要机制之一是提升绿色创新水平。在产业结构升级的回归方程中,  $treat_i \times post_i \times M_i$  回归系数在1%的水平上显著为正,因此排污权交易制度可以通过产业结构升级效应推动绿色全要素生产率提升。综上,排污权交易制度对绿色全要素生产率的提升主要是通过绿色技术创新效应和产业结构升级效应两个影响路径得以实现,H2、H3得到验证。

## 5 结论与建议

### 5.1 结论

本文运用双重差分法探究排污权交易制度对绿色全要素生产率的影响与作用机制,研究结论表明:排污权交易制度显著提升了绿色全要素生产率,证明了排污权交易制度进行环境治理的有效性,经过PSM-DID、改变时间窗宽、反事实检验等一系列检验,回归结果仍具有稳健性;排污权交易制

表5 影响机制回归结果

变量	(1)	(2)
	<i>gtfp</i>	<i>gtfp</i>
treat×post× <i>M</i>	6.688 5*** (2.96)	1.378 4*** (6.24)
treat×post	-0.572 4* (-1.86)	-1.032 6*** (-4.24)
<i>gti</i>	-2.028 6** (-2.07)	
<i>upind</i>		0.689 5*** (4.50)
lnpgdp	-0.107 6 (-0.36)	0.238 8 (0.82)
lnpop	-0.090 0 (-1.34)	-0.047 0 (-0.72)
lnrd	-0.432 5*** (-3.68)	-0.471 1*** (-4.17)
ind	2.998 9*** (3.23)	5.839 4*** (5.67)
er	16.854 3 (1.55)	12.854 7 (1.26)
常数项	6.705 4*** (2.80)	1.492 6 (0.59)
观测值	510	510
R <sup>2</sup>	0.586 6	0.619 9

注:括号内为*t*值;\*\*\*、\*\*、\*表示在1%、5%、10%的水平上显著。

度对绿色全要素生产率的提升主要是通过绿色创新水平提升和产业结构升级两个路径得以实现。

### 5.2 建议

根据研究结论提出以下政策建议。

(1)本文结论证明了排污权交易制度对绿色全要素生产率提升的积极政策效应。充分发挥排污权交易制度对经济绿色发展的积极作用,通过政府部门对排污权交易制度的引导和支持,发挥政府的调节作用,进一步激发排污权交易市场活力,提高交易主体参与排污权交易的积极性。同时,鼓励排污权交易试点效果较好的地区发挥其示范作用,总结优秀经验供其他省份借鉴,将排污权交易制度的政策优势转化为促进绿色发展的长效机制,通过排污权交易制度促进生产要素配置优化,降低能源消耗,减少环境污染,实现经济增长与节能减排的目标,为我国绿色发展培育强有力的引擎。

(2)立足绿色技术创新和产业结构升级两大作用途径,探索排污权交易制度促进绿色全要素生产率提升的多维路径。绿色技术创新方面,政府在大力推进排污权交易制度的同时,制定促进绿色技术创新发展的财政信贷政策,为企业绿色技术创新提

供资金支持。在进行排污权额度分配时,可适当增加绿色技术水平高的企业所获得的排污权配额,强化企业以绿色创新为抓手的排污减排投入动力,激励企业提高绿色创新水平,从而促进绿色全要素生产率提升,实现经济发展与环境保护双赢。在产业结构升级方面,在推行排污权交易制度时充分结合地方自身的发展条件和产业特征,引导高能耗高污染产业实现低碳转型升级,推进低能耗低污染的高端制造业与新兴产业发展,以产业结构优化升级为支撑实现绿色全要素生产率提升的目标。

### 参考文献

- [1] 宋德勇,陈梁,陈姚. 排污权交易如何提升企业能源效率:微观机理与模式差异[J]. 经济管理, 2023, 45(10): 168-187.
- [2] 田欣,刘露迪,闫楠,等. 我国排污权交易制度运行进展、挑战与对策研究[J]. 中国环境管理, 2023, 15(2): 66-72.
- [3] 王振兴,周建国. 排污权交易试点的推进机制与政策特征——基于省级政策文本的分析[J]. 湖北社会科学, 2021(9): 25-33.
- [4] REN S, HU Y, ZHENG J, et al. Emissions trading and firm innovation: evidence from a natural experiment in China[J]. Technological Forecasting and Social Change, 2020, 155: 119989.
- [5] 董平,杨艳琳. 空气污染、排污权交易与区域环境质量提高[J]. 华中农业大学学报(社会科学版), 2021(6): 101-109.
- [6] TANG H L, LIU J M, MAO J, et al. The effects of emission trading system on corporate innovation and productivity-empirical evidence from China's SO<sub>2</sub> emission trading system[J]. Environmental Science and Pollution Research, 2020, 27(17): 21604-21620.
- [7] 孙晶琪,周奕全,王愿,等. 市场型环境规制交互下减污降碳协同增效的效应分析[J]. 中国环境管理, 2023, 15(2): 48-57.
- [8] 张亚丽,项本武. 中国排污权交易机制引起了环境不平等吗?——基于PSM-DID方法的研究[J]. 中国地质大学学报(社会科学版), 2022, 22(3): 67-82.
- [9] 任胜钢,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——来自中国上市公司的证据[J]. 中国工业经济, 2019(5): 5-23.
- [10] 綦建红,张志彤. 利润驱动还是创新驱动?——排污权交易机制与中国企业对外直接投资[J]. 产业经济研究, 2021(2): 15-29.
- [11] 郭璠. 资源环境权益交易市场发展的国际经验借鉴——以水权、排污权交易为例[J]. 宏观经济管理, 2023(10): 83-92.
- [12] 陈刚,刘倩,郭圳义,等. 我国省域排污权交易制度体系建设效果评价研究[J]. 生态经济, 2024, 40(2): 191-200.
- [13] 尹礼汇,孟晓倩,吴传清. 环境规制对长江经济带制造业绿色全要素生产率的影响[J]. 改革, 2022(3): 101-113.
- [14] 史丹,李少林. 排污权交易制度与能源利用效率——对地级及以上城市的测度与实证[J]. 中国工业经济, 2020(9): 5-23.
- [15] 逯进,李婷婷. 产业结构升级、技术创新与绿色全要素生产率——基于异质性视角的研究[J]. 中国人口科学, 2021(4): 86-97.
- [16] 董艳,王昀,孙款款,等. “碳排放权交易”的治理效果与减排机制研究[J]. 科研管理, 2024, 45(10): 160-171.
- [17] 岳鹤,周子灼,谭月彤. 数字经济影响制造业结构优化的机理与实证研究[J]. 管理学报, 2024, 21(5): 670-681.
- [18] 周晓辉,刘莹莹,彭留英. 数字经济发展与绿色全要素生产率提高[J]. 上海经济研究, 2021(12): 51-63.
- [19] 聂长飞,卢建新,冯苑,等. 创新型城市建设对绿色全要素生产率的影响[J]. 中国人口·资源与环境, 2021, 31(3): 117-127.
- [20] 邱婷,吕宏芬,童素娟. 贸易开放对绿色全要素生产率的影响——基于长三角地区40个地级市面板数据的实证分析[J]. 科技和产业, 2023, 23(19): 101-107.
- [21] 吴先华,田芷晴. 排污权交易制度促进了我国地级市的绿色发展效率吗?——基于双重差分法的实证研究[J]. 闽江学刊, 2021, 13(5): 84-94.
- [22] 马林,黄立军. 要素市场化配置对高技术产业绿色创新效率的影响[J]. 经济经纬, 2024, 41(4): 108-122.
- [23] 张灿,李继霞,袁振龙. 环境规制强度对绿色创新效率的影响——基于财政压力的调节效应[J]. 技术经济与管理研究, 2024(4): 101-107.
- [24] 张治栋,赵必武. 智慧城市建设对城市经济高质量发展的影响——基于双重差分法的实证分析[J]. 软科学, 2021, 35(11): 65-70.
- [25] 李慧,佟孟华,张国建. 绿色金融改革创新试验区的碳减排效应——基于空间溢出效应与城市异质性的视角[J]. 统计研究, 2024, 41(9): 44-58.
- [26] 闫志俊,张兵兵,胡榴榴. 环境信息披露能提升全要素能源效率吗?——来自城市污染源监管信息公开的准自然实验[J]. 中国人口·资源与环境, 2022, 32(6): 67-75.
- [27] 张杰,孔心敏. 数字基建对城乡基本公共服务均等化的影响研究——来自“宽带中国”准自然实验的证据[J]. 管理科学, 2024, 37(4): 110-125.
- [28] 范子英,彭飞,刘冲. 政治关联与经济增长——基于卫星灯光数据的研究[J]. 经济研究, 2016, 51(1): 114-126.

## Impact of Emissions Trading System on Green Total Factor Productivity

LI Ning

(School of Public Policy and Administration, Northwestern Polytechnical University, Xi'an 710072, China)

**Abstract:** Under the double constraints of resources and environment, improving green total factor productivity is crucial to realizing high-quality development. The Emissions Trading System has entered a deepening stage of development after decades of piloting in China, and it is of great significance to research the impact of the implementation of the Emissions Trading System on green total factor productivity. Taking the Emissions Trading System implemented in 2007 as a natural experiment, based on the panel data of 30 provinces (due to the lack of data, the statistical data mentioned here do not include the Tibet Autonomous Region, the Hong Kong Special Administrative Region, the Macao Special Administrative Region and Taiwan Province) in China from 2004 to 2020, difference-in-difference method (DID) was employed to explore the impact and mechanism of the Emissions Trading System on GTFP. The results highlight that the Emissions Trading System significantly enhances regional GTFP. The impact mechanism test shows that the Emissions Trading System further enhances GTFP by promoting green innovation and industrial structure upgrading. Relevant government departments can use the research findings as policy insights to further maximize the role of the Emissions Trading System in promoting economy and green development.

**Keywords:** emissions trading system; green total factor productivity; difference-in-difference method (DID)