

# The Impact of Carbon Emissions Trading System on Enterprise Total Factor Productivity

—A Triple Differential Empirical Study Based on Listed Companies

Lei Huang, Feng Li, Hanbing Si

School of Finance and Economics, Jiangsu University, Zhenjiang Jiangsu  
Email: tracey233@163.com

Received: Apr. 16<sup>th</sup>, 2020; accepted: May 2<sup>nd</sup>, 2020; published: May 9<sup>th</sup>, 2020

---

## Abstract

Taking the carbon trading pilot policy issued by China at the end of 2011 as a quasi-natural experiment, and based on the data of Chinese A-share listed companies from 2008 to 2015, this paper constructs a triple difference model to investigate the impact of carbon trading pilot policy on total factor productivity. The empirical results show that: compared with the control group, the policy resulted in a significant reduction in the total factor productivity of the processing group enterprises. In addition, this reduction effect gradually increased in the period from 2012 to 2015. A further mechanism test shows that this policy exerts its influence on enterprises by reducing the efficiency level of capital allocation. The group test based on the perspective of the nature of corporate equity shows that the total factor productivity of state-owned enterprises is more sensitive to this policy than non-state-owned enterprises, and implementing of this policy will significantly reduce the total factor productivity of state-owned enterprises. The findings of this paper have important guiding significance for China to further promote a unified national carbon trading market and the rise of corporate total factor productivity.

## Keywords

Pilot Carbon Trading Policy, Total Factor Productivity, Triple Differential Model, Capital Allocation Efficiency

---

# 碳排放权交易制度对企业全要素生产率的影响

——基于上市公司的三重差分实证研究

黄 蕾, 李 凤, 司寒冰

江苏大学财经学院, 江苏 镇江

Email: tracey233@163.com

收稿日期: 2020年4月16日; 录用日期: 2020年5月2日; 发布日期: 2020年5月9日

## 摘要

本文以中国2011年底出台的碳交易试点政策为准自然实验, 基于中国A股上市公司2008~2015年的数据, 通过构建三重差分模型考察碳交易试点政策对企业全要素生产率的影响。本文实证结果表明: 与对照组相比, 碳交易试点政策导致处理组企业的全要素生产率显著降低; 而且在2012年至2015年这个期间, 碳交易试点政策对处理组企业的全要素生产率的降低作用逐渐增强。进一步进行作用机制检验, 发现碳交易试点政策通过降低企业资本配置效率水平来对企业全要素生产率施加影响。基于企业股权性质视角的分组检验显示, 与非国有企业相比, 国有企业对碳交易试点政策更敏感, 实施碳交易试点政策会显著降低国有企业的全要素生产率。本文的发现对中国进一步推动全国统一的碳排放权交易市场和企业提高全要素生产率有着重要的指导意义。

## 关键词

碳交易试点政策, 全要素生产率, 三重差分模型, 资本配置效率

Copyright © 2020 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

随着经济社会的发展和人类生产活动的不断扩大, 环境污染和生态破坏问题日益突出, 尤其是气候变化问题受到全人类的关注。面对大量温室气体尤其是 CO<sub>2</sub> 的排放导致的全球气候变暖趋势, 全球各国和地区都积极提出对策, 其中碳排放权交易制度成为减少碳排放并控制气候变化的重要手段。欧盟建立了全球最活跃、交易量最大的“欧盟碳排放交易体系”(EU ETS), 以控制企业的碳排放行为。碳排放权交易制度通过对企业需要的碳排放量进行定价, 要求碳排放企业先购买碳排放配额再进行排放, 可以有效控制企业碳排放, 受到许多国家和地区的认可。

解决碳排放问题已成为中国当务之急。20世纪90年代, 中国的碳排放量仅占全球总量的11%, 据国际能源机构统计, 2006年中国碳排放总量已经位居世界第一, 超过了美国。而且近年来中国的碳排放量一直在高速增长, 需要立即给出对策应对温室气体排放问题。早期中国的环境政策主要是行政命令式的规制手段, 取得的成效甚微。2011年中国引入了市场型的碳减排手段——碳排放权交易机制, 并出台碳交易试点政策, 批准北京、上海、天津、重庆、湖北、广东、深圳七个省市开展碳交易试点工作, 并计划于2017年建立全国统一的碳排放权交易市场。2017年12月中国正式启动了全国碳市场的建设工作。随着碳排放权交易制度的继续实践, 试点地区的碳排放效率水平得到一定程度的改善[1], 碳交易试点政策的实施同时也对我国企业产生了重要影响。但碳交易试点政策是否提高了企业的全要素生产率, 能否在环境效益和经济效益上实现双赢仍未得到完全检验。

本文利用此次碳交易试点政策为准自然实验, 采用三重差分方法来检验碳排放权交易制度对企业全要素生产率的影响, 发现试点政策显著降低了试点省市里试点行业中企业的全要素生产率。进一步进行

动态效应检验,发现这种降低作用逐年增强。此外,本文还通过更换全要素生产率测度方式、缩小时间窗口和构造反事实的安慰剂检验等一系列稳健性检验,研究结果显示,碳交易试点政策显著降低了企业全要素生产率。通过作用机制检验发现试点政策通过降低企业的资本配置效率来影响全要素生产率,异质性检验的结果显示国有企业受试点政策影响更敏感。

本文所做工作主要体现在以下三个方面:1)通过文献梳理发现,本文可能是首篇研究碳交易试点政策对企业全要素生产率的文献。目前关于碳交易试点政策和企业的研究主要集中在试点政策对企业技术研发和创新的影响[2] [3],还有关于碳排放权交易对企业股票收益率的影响[4],碳排放权交易制度对企业价值的影响[5],缺乏关于碳交易试点政策对企业全要素生产率影响的研究,本文的实证检验填补了这一空缺领域。2)在研究方法上,本文构建三重差分方法进行实证分析,进一步采用了一系列检验方法进行稳健性检验,使本文研究结论更加可信。3)通过分组检验,发现碳交易试点政策对TFP的负向影响主要体现在国有企业中,并进一步对这种影响的作用机制进行了实证研究。

## 2. 文献综述

### 2.1. 环境规制与全要素生产率

学术界关于环境规制对全要素生产率的影响存在争论:一方认为环境规制会增加企业的生产成本,致使生产效率的下降,进而降低企业的全要素生产率;另一方则认为环境规制会迫使企业自愿地进行技术创新和低碳研发,创新研发带来生产效率的提高,抵消其增加成本的不利影响,促使企业的全要素生产率得到提升,这种观点也被称为“波特假说”。以上两种观点都被国外的文献证实。Barbera Anthony J 和 McConnell Virginia D 基于美国五个污染最为严重的制造业的实证研究发现行政命令型的环境规制对企业TFP具有负向影响[6]。Telle K 和 Larsson J 利用挪威的环境规制和工业数据研究发现不断提升的环境规制水平有助于提高工业TFP [7]。

随着近年来中国的环境问题日益突出和环境规制实践,国内学者也开始关注国内环境规制对TFP的影响。李树和陈刚采用双重差分法研究发现严格且适宜的环境规制有利于TFP的增长[8]。朱承亮测算并分解了中国各省火电行业的生产率,结果发现环境规制会提高绝大多数省份的火电行业TFP [9]。李强在垄断竞争的环境下研究发现环境分权与地区企业TFP之间的关系呈现倒“U”形[10]。范丹等研究发现在全局DEA下碳交易试点政策并没有提高试点省份的工业TFP,但促使试点省份的技术进步率得到提升[11]。钱雪松等采用双重差分法研究发现2009年十大产业振兴规划政策导致了十大产业内企业TFP显著下降[12]。孙玉阳等依据省级面板数据发现行政命令型环境规制提升了企业TFP,市场激励性环境规制对企业TFP的提升没有显著作用,公众参与型环境规制对企业TFP无影响[13]。任胜钢等发现2007年SO<sub>2</sub>排放权交易试点政策显著提高了试点地区上市公司的TFP [14]。Hong-Li Tang *et al.*基于中国工业企业面板数据的研究发现行政命令型的环境规制严重阻碍了企业TFP的增长,这种负面影响具有滞后效应,并且是持续的[15]。

### 2.2. 碳排放权交易制度的相关研究

国外学者对于碳排放权交易制度的研究较早,且主要以欧盟碳排放交易体系为背景。A. Marcel Oestreich 和 Ilias Tsiakas 对EU ETS对德国股票收益率的影响进行实证研究,发现碳排放权交易制度通过增加企业现金流导致股票收益率增长[16]。Roel Brouwers *et al.*在EU ETS的背景下,发现碳排放权交易制度可以在一定程度上减少企业碳排放,但不一定能使企业的财务绩效提高[17]。

国内对碳交易试点政策的研究出现在近几年,且主要集中在碳减排效果和技术创新方面。宋晓玲和孔垂铭运用2013年至2016年中国七大碳排放权交易市场和试点省份的数据进行实证研究,发现碳排放

权交易额对产业结构变动有显著的正向影响[18]。黄向岚等利用双重差分方法研究中国碳排放权交易政策的环境红利,在加入控制变量后发现六个碳交易试点所在省份的碳排放量显著减少,实现了环境红利[19]。沈洪涛和黄楠运用事件研究法研究发现碳交易能带来企业短期价值的提高,但双重差分法检验的结果却显示碳交易未能提高企业的长期价值[5]。Xiaohuan Lyn *et al.*使用双重差分模型研究碳排放权交易制度如何影响低碳技术创新,结果表明短期内碳排放权交易制度会抑制低碳技术创新的发展[20]。Yue-Jun Zhang *et al.*采用双重差分法和基于双重差分的倾向得分匹配法研究发现碳交易试点政策有助于改善电力和航空行业中企业的技术创新,而对其他六个试点行业中企业的全要素生产率没有影响[3]。Wei Zhang *et al.*采用双重差分方法发现实施碳排放权交易可以减少试点省市的碳排放量,并增加工业总产值[21]。

### 3. 制度背景和研究假设

#### 3.1. 制度背景

自从2005年签署《京都议定书》以来,碳排放权交易制度已经成为降低碳排放和提高能源利用率的重要工具,全球许多国家和地区都建立了碳交易体系。世界银行报告显示,目前全球建立了碳交易市场的包括39个国家和23个地区,欧盟碳排放交易体系(EU ETS)是全球最活跃、规模最大的碳交易市场。由于碳排放总量居世界第一,中国对碳排放总量的控制以及碳排放交易体系的建立都迫在眉睫。

针对碳排放的严峻形势,2011年中国引进碳排放权交易机制,国家发改委印发文件允许北京、天津等七个省市开展碳交易试点工作,七个试点于2013年6月先后开始建立碳市场并开始实质交易。碳交易试点主要以碳配额(SHEA)和国家核证自愿减排量(CCER)作为交易产品。到2015年底,七个试点碳交易市场的CCER累计交易量达到3600万吨,其中湖北市场最为活跃,交易量最大。国务院在2016年提出的“十三五”工作方案中对2020年中国单位GDP的碳排放提出新的要求,要求国企、上市公司和参加碳市场的企业带头披露碳减排相关信息和举措,并提出部分重化工工业在2020年左右达到最高碳排放的畅想。2017年12月19日,全国碳交易市场由发改委宣告正式启动,第2日印发的《全国碳排放权交易市场建设方案(发电行业)》表明我国碳减排工作到达了新阶段。

#### 3.2. 研究假设

碳排放权交易,简单地讲,就是政府通过分配给企业一定的碳排放配额,规定企业的免费碳排放上限,来减少企业的碳排放量。企业可以通过碳市场卖出多余配额,也可以在碳市场上购买缺少的配额。因而,碳排放权交易实际上是一种基于经济手段的市场运行机制。

一方面,建立碳市场后,企业面对碳减排压力,会增加减碳设备的投入,这就增加了企业在生产过程中的成本,企业面临着新的决策约束,这可能导致生产效率下降。另一方面,碳交易试点政策使企业暴露在不确定的环境中,这会对企业的投资决策和资源分配产生影响,基于长期经济利益的考虑,企业可能会减少对高碳排放的生产部门的投入,转而增加对低碳排放的生产部门的投入,这可能会降低企业的资本配置效率,致使全要素生产率的下降。因而本文提出研究假设H1:

H1: 碳交易试点政策会降低企业全要素生产率。

碳交易试点政策对全要素生产率的影响在具有不同股权性质的企业间存在一定程度的差异。考虑企业股权性质差异,国有企业与政府的关系相比非国有企业更为密切,在财政支持上拥有更大优势,对于碳交易试点政策带来的减碳成本压力和“卖碳”带来的收益都不敏感,而非国有企业在面对减碳压力时进行内部机制的调整和生产要素的重新分配更加灵活,资源重新配置的效率较高,非国有企业全要素生产率受到的负向作用会更小。因而本文提出研究假设H2:

H2: 碳交易试点政策会更为显著地降低国有企业的全要素生产率。



## 4. 研究设计

### 4.1. 样本与数据来源

本文选取 2008~2015 年间所有中国 A 股上市公司的面板数据作为研究样本。基于碳交易试点政策针对的是试点省份里试点行业中企业的考虑, 本文以中国证监会 2012 行业分类为标准, 借鉴刘晔和张训常的研究[2], 选取了九个高碳排放行业作为试点行业, 选取的行业见表 1。为了保证数据的连续性和有效性, 借鉴以往文献中对上市公司数据的处理方法, 本文剔除了以下样本: 遭受连续亏损的企业(PT、ST 和\*ST 企业); 数据异常和缺失值较严重的企业。最终, 本文得到了 799 家上市公司的数据样本, 共计 6392 个有效观测值。本文的上市公司数据均来源于 CSMAR 数据库和 RESSET 数据库。

**Table 1.** Comparison of industry codes and names

**表 1.** 行业代码和名称对照

行业名称	行业代码
造纸及纸制品业	C22
石油加工、炼焦及核燃料加工业	C25
化学原料及化学制品制造业	C26
非金属矿物制品	C30
黑色金属冶炼及压延加工业	C31
有色金属冶炼及压延加工业	C32
电力、热力生产和供应业	D44
燃气生产和供应业	D45
航空运输业	G56

### 4.2. 变量定义与研究方法

#### 4.2.1. 被解释变量

本文主要被解释变量为企业全要素生产率 TFP。对于 TFP 的测度, 多数学者采用的是 Olley 和 Pakes [22]或 Levinsohn 和 Petrin [23]提出的半参数法: OP 方法和 LP 方法。由于本文选取的样本中缺少 OP 方法在测度 TFP 过程中需要的代理变量, 如果采用 OP 方法会导致在 TFP 估计过程中一些企业样本被丢弃, 而 LP 方法可以解决估计过程中的代理变量缺失问题, 能减少 TFP 测算过程中一些企业样本的丢弃。基于此, 借鉴 Levinsohn 和 Petrin [23]、鲁晓东和连玉君[24]等对 TFP 的相关研究, 本文采用 LP 方法估计 TFP。具体而言, 产出变量使用主营业务收入衡量, 资本变量用固定资产净值衡量, 劳动投入变量用员工人数衡量, 中间品投入的变量用购买商品、接受劳务支付的现金衡量。

#### 4.2.2. 控制变量

本文参考钱雪松等[12]、任胜钢等[14]和黄贤环等[25]关于企业全要素生产率的研究, 选取企业发展能力(Growth)、经营活动现金流(Fcf)、股权集中度(Top1)、股权性质(Soe)、资产负债率(Lev)、独立董事比例(Indirect)、和资产收益率(Roa)作为控制变量。变量的具体定义见表 2。

#### 4.2.3. 模型设定

学术界对于政策效应评估的常用方法是双重差分法(Difference-in-Difference, 简称 DID)和三重差分法(Difference-in-Difference-in-Difference, 简称 DDD)。

双重差分法通过为受到政策影响的处理组找到一个不受政策影响的对照组来检验政策实施的实际影响。双重差分法要求对照组和处理组要有相似的特征，即满足平行趋势假设的要求，否则会使结果产生偏误。鉴于这次碳交易试点政策只涉及试点省市中的试点行业，我们可以考虑将处理组设置为试点省市里试点行业中的企业，而将对照组设置为试点省市里非试点行业的企业或非试点省市里的企业，然后进行双重差分法检验。但这两种对对照组的设置都有可能无法满足平行趋势假设的要求：若将对照组设置为试点省市里非试点行业的企业，试点行业中的企业的全要素生产率的变化趋势相对于非试点行业中的企业即使在未出台碳交易试点政策的情况下本来就可能存在差异，即存在行业间的差异；若将对照组设置为非试点省市里的企业，则无法排除其他政策对不同地区产生不一致影响的干扰，如 2007 年针对天津、重庆、湖北等 11 个省的 SO<sub>2</sub> 排放权交易试点政策，以及 2014 年针对湖北、广东等 7 个省的水权交易试点政策。因而，无论以哪一组作为对照组，采用双重差分法估计的结果可能并不可靠。

如果平行趋势假设不成立，通常可以采用三重差分法解决[26]。碳交易试点政策的实施提供了很好的准自然实验，通过设置两组对照组，将对照组 1 设置为试点省市里非试点行业的企业，对照组 2 设置为非试点省市里的企业，就可以消除处理组与对照组 1 之间存在的行业差异和与对照组 2 之间存在的地区差异，得到一致估计。

本文采用三重差分法来检验碳排放交易试点政策对企业全要素生产率的影响，第一层差分来自于地区层面(试点省市和非试点省市)，第二层差分来自于行业层面(试点行业和非试点行业)，第三层差分来自于年份(政策实施前和政策实施后)。考虑到本文使用的是面板数据，通过进行 F 检验和 Hausman 检验，结果显示应采用固定效应模型。具体的计量模型如下：

$$Y_{i,j,k,t} = \alpha + \beta_1 \text{Prov}_{i,j} \times \text{Indus}_{i,k} \times \text{Treat}_t + \beta_2 \text{Prov}_{i,j} \times \text{Indus}_{i,k} + \beta_3 \text{Indus}_{i,k} \times \text{Treat}_t + \beta_4 \text{Prov}_{i,j} \times \text{Treat}_t + \gamma X_{i,j,k,t} + \text{province}_j + \text{industry}_k + \varepsilon_{i,j,k,t} \quad (1)$$

其中，下标  $i$ 、 $j$ 、 $k$ 、 $t$  分别表示企业、省市、行业和时间， $Y_{i,j,k,t}$  为被解释变量 TFP， $\text{prov}_{i,j}$ 、 $\text{indus}_{i,k}$  和  $\text{treat}_t$  为虚拟变量，各变量的解释见表 2。 $X_{i,j,k,t}$  表示前面提到的控制变量。 $\text{province}_j$  是地区固定效应， $\text{industry}_k$  是行业固定效应。 $\varepsilon_{i,j,k,t}$  是随机误差项。本文最感兴趣的系数是  $\beta_1$ ，它反映的是碳交易试点政策对试点省市里试点行业中的企业的影响。

Table 2. Variable definitions

表 2. 变量定义

变量类型	变量符号	变量解释
被解释变量	TFP	全要素生产率
	Prov	试点省市取 1，否则取 0
虚拟变量	Indus	试点行业取 1，否则取 0
	Treat	2012 年及以后取 1，否则取 0
控制变量	Growth	企业发展能力，(本年营业收入-去年营业收入)/上年营业收入
	Fcf	经营活动产生的净现金流量/资产总额
	Top1	股权集中度，以“第一大股东持股比例”表示
	Soe	国企取 1，否则取 0
	Lev	资产负债率，滞后一期
	Indirect	独立董事比例(独立董事人数/董事会人数)
	Roa	资产收益率，滞后一期

## 5. 实证结果分析

### 5.1. 变量描述性统计

表 3 是相关变量的描述性统计。如表所示, 处理组企业(试点省市里试点行业的企业)的全要素生产率的均值低于对照组 1, 这说明在试点省市中处于不同行业间的企业全要素生产率原本就可能存在差异。再者, 对照组 2 中企业的全要素生产率明显低于其他两组, 说明试点地区的企业全要素生产率可能原本就高于非试点地区。同时, 观察到本文选取的所有企业的全要素生产率标准差为 1.0058, 最小值为 3.1710, 最大值为 16.8029, 这表明在 2008~2015 年间样本企业间全要素生产率存在着较大差异。同时, 控制变量在处理组与 2 组对照组间也存在较大差异, 这为考察碳交易试点政策对上市公司全要素生产率的影响提供了很好的样本。而观察股权性质 Soe 可以发现, 相较于两个对照组, 处理组中有 79.51% 的企业是国有企业, 这表明高碳排放行业几乎由国有企业垄断。

Table 3. Descriptive statistics of variables

表 3. 变量描述性统计

变量符号	处理组			对照组 1			对照组 2		
	N	平均值	标准差	N	平均值	标准差	N	平均值	标准差
TFP	288	12.9631	0.9369	1912	13.0680	1.0573	4192	12.7767	0.9725
Growth	288	0.1029	0.2211	1912	0.1290	0.2713	4192	0.1129	0.2630
Fcf	288	0.0698	0.0608	1912	0.0434	0.0687	4192	0.0493	0.0664
Top1	288	38.7556	16.5872	1912	36.2333	16.1585	4192	34.9960	14.6064
Soe	288	0.7951	0.4043	1912	0.6899	0.4627	4192	0.6596	0.4739
Lev	288	0.4988	0.1876	1912	0.5049	0.1841	4192	0.5164	0.1979
Indirect	288	0.3656	0.5392	1912	0.3680	0.0564	4192	0.3664	0.0528
Roa	288	0.0424	0.0541	1912	0.0451	0.0535	4192	0.0377	0.0604

### 5.2. 实证结果

本文用 Stata15.1 对模型(1)进行估计, 表 4 报告了估计结果。其中, 第(1)、(2)是没有添加其他控制变量的结果, 第(1)列控制了省份固定效应和行业固定效应, 第(2)列控制了个体固定效应; 第(3)、(4)列加入了控制变量, 第(3)列控制了省份固定效应和行业固定效应, 第(4)列控制了个体固定效应。4 列结果显示交乘项  $Prov \times Indus \times Treat$  的估计系数均在 1% 的显著性水平上显著为负, 表明碳交易试点政策显著降低了企业全要素生产率。

Table 4. The impact of emissions trading pilot policies on total factor productivity: the triple difference method

表 4. 碳排放交易试点政策对全要素生产率的影响: 三重差分法

	全要素生产率 TFP			
	(1)	(2)	(3)	(4)
Prov × Indus × Treat	-0.2138*** (0.0082)	-0.2138*** (0.0077)	-0.3302*** (0.0000)	-0.3050*** (0.0001)
_cons	12.7924*** (0.0000)	12.8086*** (0.0000)	10.9382*** (0.0000)	11.6674*** (0.0000)

## Continued

Control	No	No	Yes	Yes
省份固定效应	Yes	No	Yes	No
行业固定效应	Yes	No	Yes	No
个体固定效应	No	Yes	No	Yes
<i>N</i>	6392	6392	6391	6391
<i>R</i> <sup>2</sup>	0.3363	0.8376	0.5026	0.8712

注：\*、\*\*和\*\*\*分别表示 10%、5%和 1%的显著性水平，括号内为 *p* 值；Control 表示控制变量。以下各表同。

## 5.3. 动态效应分析

为了揭示碳交易试点政策影响上市公司全要素生产率的动态效应，引入虚拟变量 Year12、Year13、Year14、Year15，分别在对应年份取值为 1，其他年份则取值为 0，与 Prov 和 Indus 交乘，得到的估计结果如表 5。这表明碳交易试点政策对上市公司全要素生产率的降低作用在 2012 至 2015 年期间逐渐增强。

Table 5. Dynamic impact of carbon trading pilot policy on total factor productivity: Triple difference method

表 5. 碳交易试点政策对全要素生产率的动态影响：三重差分法

	全要素生产率 TFP	
	(1)	(2)
Prov × Indus × Year12	-0.1727** (0.0218)	-0.2042*** (0.0026)
Prov × Indus × Year13	-0.3592*** (0.0000)	-0.3380*** (0.0000)
Prov × Indus × Year14	-0.3684*** (0.0002)	-0.3391*** (0.0001)
Prov × Indus × Year15	-0.4228*** (0.0001)	-0.3406*** (0.0008)
_cons	10.9377*** (0.0000)	11.6644*** (0.0000)
Control	Yes	Yes
省份固定效应	Yes	No
行业固定效应	Yes	No
个体固定效应	No	Yes
<i>N</i>	6391	6391
<i>R</i> <sup>2</sup>	0.5035	0.8718

## 5.4. 稳健性检验

为保证前文实证结果的稳健性，本文进一步做了如下检验：

## 5.4.1. 排除测度方式的影响

本文进一步采用 OP 方法，在排除了代理变量缺失的样本后，估计其他企业的全要素生产率，以避



免测度方式的不同影响前文实证检验结果。具体而言,使用企业上市年龄和固定资产净值作为状态变量,用股权性质作为控制变量,用企业的投资作为代理变量,用员工人数和购买商品、接受劳务支付的现金作为自由变量,用公司简称和行业的同时变化衡量企业是否退出,得到由 OP 方法估计出来的全要素生产率。并引入企业个体固定效应,进行三重差分回归,检验结果如表 6 第(1)列和第(2)列所示,与前文一致,说明本文的回归结果并不受被解释变量测度方式不同的影响。

#### 5.4.2. 排除其他事件的影响

为排除碳交易试点政策出台后其他事件的干扰,本文还缩小了时间窗口,仅选取 2011 年和 2012 年这两年作为研究期间进行三重差分回归,检验结果如表 6 第(3)列和第(4)列所示。结果显示,交互项  $Prov \times Indus \times Treat$  的系数至少在 10% 的显著性水平下显著为负,表明第一年年底的碳交易试点政策对上市公司全要素生产率的降低作用在第二年就已经开始显现,这就在一定程度上排除了碳交易试点政策出台后其他事件的干扰。

#### 5.4.3. 安慰剂检验

本文通过随机选取 8 个其他行业作为试点行业,并与前文一样进行对模型(1)的回归,进一步采取构造反事实的方法来进行安慰剂检验,检验结果如表 6 第(5)列和第(6)列所示,回归结果显示交互项  $Prov \times Indus \times Treat$  的估计系数并不显著。

Table 6. Robustness test

表 6. 稳健性检验

	OP 法		缩小时间窗口		安慰剂	
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
DDD	-0.3189*** (0.0017)	-0.3646*** (0.0003)	-0.1365* (0.0618)	-0.1375** (0.0307)	0.0578 (0.6726)	-0.0752 (0.5074)
_cons	16.8360*** (0.0000)	15.9040*** (0.0000)	10.9446*** (0.0000)	11.9315*** (0.0000)	12.8234*** (0.0000)	10.9733*** (0.0000)
Control	No	Yes	Yes	Yes	No	Yes
Province	No	No	Yes	No	Yes	Yes
Industry	No	No	Yes	No	Yes	Yes
Stkcd	Yes	Yes	No	Yes	No	No
N	5854	5853	1598	1598	6384	6383
R <sup>2</sup>	0.8891	0.9001	0.5167	0.9495	0.3345	0.4974

注: DDD 表示交互项  $Prov \times Indus \times Treat$ , Province、Industry、Stkcd 分别表示省份固定效应、行业固定效应和个体固定效应。

因而,以上一系列稳健性检验结果表明前文得到的结论是一致的。

### 5.5. 作用机制检验

以上研究表明,碳交易试点政策会降低企业全要素生产率。那么碳交易试点政策通过什么渠道使企业全要素生产率降低?根据前文的理论分析,碳交易试点政策可能会影响企业的资源配置效率。本文从企业投资角度考虑,研究碳交易试点政策对企业资本配置效率的影响,检验这一作用机制是否成立。

具体而言,借鉴方军雄[27]、钱雪松等[12]研究处理方法,运用“投资——投资机会”敏感性模型来

检验碳交易试点政策是否通过资本配置效率来降低企业全要素生产率，具体模型如下：

$$Capital_{i,j,k,t} = \alpha + \beta_1 Prov_{i,j} \times Treat_t \times Roa_{i,j,k,t} + \beta_2 Prov_{i,j} \times Treat_t + \beta_3 Prov_{i,j} \times Roa_{i,j,k,t} + \beta_4 Roa_{i,j,k,t} \times Treat_t + \beta_5 Roa_{i,j,k,t} + \gamma X_{i,j,k,t} + province_j + industry_k + \varepsilon_{i,j,k,t} \quad (2)$$

其中， $Capital_{i,j,k,t}$  表示企业投资水平，用“(购建固定资产、无形资产和其他长期资产支付的现金 - 处置固定资产、无形资产和其他长期资产收回的现金净额 + 取得子公司及其他营业单位支付的现金净额 - 处置子公司及其他营业单位收到的现金净额 - 折旧摊销)”计算， $Roa_{i,j,k,t}$  表示企业投资机会，用滞后一期的资产收益率衡量，其他变量的定义和模型(1)一致。本文关心的是交互项  $Prov_{i,j} \times treat_t \times roa_{i,j,k,t}$  的系数  $\beta_1$ ，它反映的是碳交易试点政策对试点省市里试点行业中的企业投资效率的影响。

模型(2)的实证结果如表 7 第(1)列和第(2)列所示。 $Prov \times Treat \times Roa$  的系数均在 10%的水平下显著为负，表明碳交易试点政策出台后，处理组企业的投资效率显著下降，碳交易试点政策通过降低资本配置效率水平对企业全要素生产率产生了影响。

**Table 7.** Mechanism of action test and heterogeneity test

**表 7.** 作用机制检验和异质性检验

	资本配置效率		企业性质			
	(1)	(2)	国有企业	国有企业	非国有企业	非国有企业
PTR	-12.5691*	-4.2444*	-0.2979***	-0.2682***	-0.3420	-0.3506
	(0.0616)	(0.0850)	(0.0002)	(0.0001)	(0.1028)	(0.1122)
_cons	-2.4651**	0.1009	10.7279***	11.5218***	12.0047***	11.3270***
	(0.0167)	(0.8791)	(0.0000)	(0.0000)	(0.0000)	(0.0000)
Control	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Province	Yes	No	Yes	No	Yes	No
Industry	Yes	No	Yes	No	Yes	No
Stkcd	No	Yes	No	Yes	No	Yes
N	1296	1295	4312	4306	2070	2064
R <sup>2</sup>	0.2676	0.8215	0.5599	0.8969	0.5216	0.8457

注：PTR 表示交互项  $Prov \times Treat \times Roa$ 。

## 5.6. 异质性分析

尽管前文已经论证了碳排放交易试点政策对试点省市里试点行业中的企业全要素生产率的影响，但对试点中的不同企业的影响是否存在差异？由于不同性质的企业的碳减排成本和资源配置效率可能存在差异，进而影响企业的全要素生产率，本文从企业股权性质(国有和非国有)方面对碳交易试点政策影响企业全要素生产率的异质性进行检验。

表 7 第(3)列至第(6)列列出了这两组样本的回归结果，第(3)列和第(4)列显示的是国有企业样本的估计值，前者控制了省份固定效应和行业固定效应，后者控制了企业个体固定效应，结果均在 1%的水平下显著为负，而第(5)列和第(6)列非国有企业样本的回归结果均显示交互项  $Prov \times Treat \times Roa$  的系数不显著，这表明与国有企业相比，非国有企业的全要素生产率没有因为碳交易试点政策的冲击而显著降低。这表明国有企业的全要素生产率在碳交易试点政策下受到的影响可能更大。

## 6. 主要结论与对策建议

为了减少碳排放,我国在 2011 年出台碳交易试点政策,允许北京、上海等七个省市启动碳交易试点工作,并于 2017 年底建立了全国统一的碳交易市场,确定了利用市场机制完成碳减排目标。随着碳交易试点政策的深入实践,人们对该政策碳减排效益的关注度越来越高。然而,该政策会如何影响企业?能否在获得碳减排效应的同时实现发展,获得环境与经济的双赢?对这个问题的研究将有助于指导和完善环境经济政策,但学术界在这个领域缺乏实证研究。鉴于此,本文建立三重差分模型实证考察了该政策对我国 A 股上市公司的全要素生产率的影响。本文的研究结果显示:1) 三重差分检验结果显示,碳交易试点政策显著降低了企业的全要素生产率。2) 动态效应检验结果显示,在 2012 年至 2015 年这个期间,碳交易试点政策对试点省市里试点行业中的企业全要素生产率的降低作用逐渐增强。3) 作用机制检验结果表明,碳交易试点政策通过降低企业资本配置效率水平来影响企业全要素生产率。4) 异质性分析表明,国有企业对碳交易试点政策更敏感,实施碳交易试点政策会显著降低国有企业的全要素生产率。

鉴于前文研究成果,本文提出如下对策建议:1) 为了达成环境与经济共赢的目标,政府在针对不同企业制定和推行碳交易政策时不能一刀切,而应该基于不同企业特征采取差异性措施,正如波特假说所强调的那样,环境规制应该采用灵活的方法。从本文的实证结果来看,相对于非国有企业,国有企业的全要素生产率受碳交易试点政策的负面影响更大。因而,政府在建立全国碳市场时应该统筹兼顾,在追求效率的同时也要兼顾公平,除了保证市场环境的公平竞争,还应该对国有企业重点关注,降低碳交易政策对国有企业的负面影响。2) 企业应将碳减排纳入日常管理,积极提出基于技术创新的解决方案,激发创新活力,节约碳排放配额,将多余配额在碳交易市场上卖出,还可以获得额外的经济效益,最大限度地利用碳交易政策的创新抵消效应。此外,在资源配置效率水平方面,非国有企业相对国有企业在应对碳减排压力时调整与改革企业内部机制时更加灵活,企业内部的生产可以更高效地流动,资源配置效率更高,而国有企业对外部市场的信息往往缺乏敏感性,可以进一步优化国有企业的治理机制,提高国有企业面对外部冲击的灵活性,降低碳交易政策对国有企业的负面影响。

## 基金项目

本文受到江苏大学财经学院第十八批大学生科研项目 18C031 资助。

## 参考文献

- [1] 王勇,赵晗. 中国碳交易市场启动对地区碳排放效率的影响[J]. 中国人口·资源与环境, 2019, 29(1): 50-58.
- [2] 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.
- [3] Zhang, Y.-J., Shi, W. and Jiang, L. (2020) Does China's Carbon Emissions Trading Policy Improve the Technology Innovation of Relevant Enterprises? *Business Strategy and the Environment*, **29**, 872-885. <https://doi.org/10.1002/bse.2404>
- [4] Wen, F.H., Wu, N. and Gong, X. (2020) China's Carbon Emissions Trading and Stock Returns. *Energy Economics*, **86**, Article ID: 104657. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2019.104627>
- [5] 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.
- [6] Barbera Anthony, J. and McConnell Virginia, D. (1990) The Impact of Environmental Regulations on Industry Productivity: Direct and Indirect Effects. *Journal of Environmental Economics and Management*, **18**, 50-65. [https://doi.org/10.1016/0095-0696\(90\)90051-Y](https://doi.org/10.1016/0095-0696(90)90051-Y)
- [7] Telle, K. and Larsson, J. (2007) Do Environmental Regulations Hamper Productivity Growth? How Accounting for Improvements of Plants Environmental Performance Can Change the Conclusion. *Ecological Economics*, **61**, 438-445. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2006.03.015>
- [8] 李树,陈刚. 环境管制与生产率增长——以 APPCL2000 的修订为例[J]. 经济研究, 2013, 48(1): 17-31.

- [9] 朱承亮. 环境规制下中国火电行业全要素生产率及其影响因素[J]. 经济与管理评论, 2016, 32(6): 60-70.
- [10] 李强. 环境分权与企业全要素生产率——基于我国制造业微观数据的分析[J]. 财经研究, 2017, 43(3): 133-145.
- [11] 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.
- [12] 钱雪松, 康瑾, 唐英伦, 曹夏平. 产业政策、资本配置效率与企业全要素生产率——基于中国 2009 年十大产业振兴规划自然实验的经验研究[J]. 中国工业经济, 2018(8): 42-59.
- [13] 孙玉阳, 宋有涛, 杨春荻. 环境规制对经济增长质量的影响: 促进还是抑制?——基于全要素生产率视角[J]. 当代经济管理, 2019, 41(10): 11-17.
- [14] 任胜钢, 郑晶晶, 刘东华, 陈晓红. 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.
- [15] Tang, H.-L., Liu, J.-M. and Wu, J.-G. (2020) The Impact of Command- and-Control Environmental Regulation on Enterprise Total Factor Productivity: A Quasi-Natural Experiment Based on China's "Two Control Zone" Policy. *Journal of Cleaner Production*, **254**, Article ID: 120011. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120011>
- [16] Marcel Oestreich, A. and Tsiakas, I. (2015) Carbon Emissions and Stock Returns: Evidence from the EU Emissions Trading Scheme. *Journal of Banking and Finance*, **58**, 294-308. <https://doi.org/10.1016/j.jbankfin.2015.05.005>
- [17] Brouwers, R., Schoubben, F. and Van Hulle, C. (2018) The Influence of Carbon Cost Pass through on the Link between Carbon Emission and Corporate Financial Performance in the Context of the European Union Emission Trading Scheme. *Business Strategy and the Environment*, **27**, 1422-1436. <https://doi.org/10.1002/bse.2193>
- [18] 宋晓玲, 孔垂铭. 中国碳交易市场对地区经济结构影响的实证分析[J]. 宏观经济研究, 2018(9): 98-108.
- [19] 黄向岚, 张训常, 刘晔. 我国碳交易政策实现环境红利了吗?[J]. 经济评论, 2018(6): 86-99.
- [20] Lyu, X.H., Shi, A. and Wang, X. (2020) Research on the Impact of Carbon Emission Trading System on Low-Carbon Technology Innovation. *Carbon Management*, **11**, 1-11. <https://doi.org/10.1080/17583004.2020.1721977>
- [21] Zhang, W., Li, J., Li, G.X. and Guo, S.C. (2020) Emission Reduction Effect and Carbon Market Efficiency of Carbon Emissions Trading Policy in China. *Energy*, **196**, Article ID: 117117. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2020.117117>
- [22] Olley, G.S. and Pakes, A. (1996) The Dynamics of Productivity in the Telecommunications Equipment Industry. *Econometrica*, **64**, 1263-1297. <https://doi.org/10.2307/2171831>
- [23] Levinsohn, J. and Petrin, A. (2003) Estimating Production Functions Using Inputs to Control for Unobservables. *The Review of Economic Studies*, **70**, 317-341. <https://doi.org/10.1111/1467-937X.00246>
- [24] 鲁晓东, 连玉君. 中国工业企业全要素生产率估计: 1999-2007[J]. 经济学(季刊), 2012, 11(2): 541-558.
- [25] 黄贤环, 王瑶. 国有企业限薪抑制了全要素生产率的提升吗[J]. 上海财经大学学报, 2020, 22(1): 34-50.
- [26] 付明卫, 叶静怡, 孟侯希, 雷震. 国产化率保护对自主创新的影响——来自中国风电制造业的证据[J]. 经济研究, 2015, 50(2): 118-131.
- [27] 方军雄. 所有制、市场化进程与资本配置效率[J]. 管理世界, 2007(11): 27-35.