

环境规制对制造业绿色全要素生产率的影响研究

——基于碳排放权交易政策的 PSM-DID 检验

张优智 乔宇鹤¹

(西安石油大学 经济管理学院, 陕西 西安 710065)

【摘要】: 随着我国环境规制体系的不断完善, 环境规制在促进经济绿色发展中所发挥的作用越来越重要, 其中 2011 年提出的碳排放权交易政策是这一体系中重要的一种环境规制制度。因此, 在利用 DEA-Malmquist 指数法来测度中国 2009—2017 年 30 个省份制造业绿色全要素生产率的基础上, 将 2013 年在试点省市正式实施的碳排放权交易政策作为一次准自然实验, 采用倾向匹配得分的双重差分法 (PSM-DID) 研究了环境规制对制造业绿色全要素生产率的影响效应。实证研究表明: 制造业绿色全要素生产率受环境规制的影响逐步改善, 对 MGTFP 分解项的影响和对 MGTFP 的影响相一致。在对 MGTFP 分解项的影响中, 技术进步所受的影响最大, 纯技术效率所受的影响最小, 综合技术效率所受到的影响要大于规模效率所受到的影响, 产业结构、政府干预及城镇化对 MGTFP 及其分解项的影响存在差异, 技术创新对 MGTFP 及其分解项的影响为正, 对外开放对 MGTFP 分解项的影响为负, 这与对 MGTFP 的影响一致。

【关键词】: 环境规制 全要素生产率 PSM-DID

【中图分类号】: F062.2 **【文献标识码】:** A **【文章编号】:** 1671-4407(2021)04-030-07

中国在发展过程中忽视环境保护所带来的负的外部性严重影响到广大人民对美好生活的需要, 同时制约各地区经济的持续健康发展, “先污染, 后治理”, 通过高投入来获得高产出的传统发展模式难以为继。而作为国民经济的主体的制造业, 一方面有力带动中国向工业化和现代化方向发展, 增强我国综合国力。另一方面, 虽然我国制造业产值和增长速度处于世界领先地位, 但与世界先进水平在技术创新、生产效率、生态效益等方面的差距还很大, 实现制造业高质量发展的任务艰巨。中国制造业的高速发展是建立在要素大量投入的基础之上的, 伴随着巨大的能源消耗和严重的环境污染。2015 年, 全国“两会”上首次提出“中国制造 2025”, 要实现中国制造业由“大”到“强”的转变, 为中国迈入世界制造强国行列奠定基础。

面对日益严峻的环境问题, 政府也在不断出台各类政策提升环境保护的力度。2011 年, 国家发改委颁布《关于开展碳排放权交易试点工作的通知》(以下简称《通知》), 2013 年, 北京、上海、天津、重庆、湖北、广东及深圳等 7 个省市依据《通知》陆续进行碳排放权交易工作, 2017 年逐步在全国范围内推行该政策。各种环境规制的实施也是为了实现绿色发展, 而绿色发展最根本的是要实现绿色全要素生产率 (green totalfactor productivity, GTFP) 的提升。制造业污染排放在全污染排放中占有较大比重, 其绿色全要素生产率的提升对实现绿色发展有重大意义, 同时排放权交易试点政策正逐渐成为解决我国环境问题的重要环境规制手段, 在碳排放权交易政策实施的过程中, 是否对制造业绿色全要素生产率 (manufacturing green totalfactor

作者简介: 张优智, 博士, 副教授, 硕士研究生导师, 研究方向为产业经济。E-mail:zhangyouzhi001@163.com

基金项目: 陕西省社会科学基金项目“‘追赶超越’背景下创新驱动对陕西经济增长的影响效应及对策研究”(2017S015); 陕西省社科界 2020 年度重大理论与现实问题研究项目“‘追赶超越’背景下陕西制造业高质量发展对策研究”(2020Z232); 西安石油大学研究生创新与实践能力的培养计划资助项目“异质性环境规制对中国制造业绿色全要素生产率的影响研究”(YCS19213135)

productivity, MGTFP)有积极作用,在这一背景下,研究碳排放权交易政策与 MGTFP 的关系对明确环境规制与 MGTFP 的关系有着重要价值。

1 文献综述

目前已有大量关于环境规制对全要素及绿色全要素生产率影响的研究,从微观到中观再到宏观层面研究环境规制对生产率及绿色全要素生产率的影响,而随着绿色发展理念的提出,有关全要素生产率的研究逐渐减少,把环境和资源约束纳入效率测算体系的 GTFP 逐渐成为学者们研究的主要内容,所选取的研究方法及所得出的研究结论各有不同。

在相关环境规制对 GTFP 影响的研究中,有的学者对环境规制的衡量主要使用了单项指标法^[1-2],有的学者将相关指标或在构建指标体系的基础上利用熵值法或主成分分析法进行计算^[3-4],有的则将环境规制按不同标准进行细分^[5-6]。实证分析所得出的研究结果大致划分为三类,第一种为环境规制对 GTFP 有正向作用^[7-8],也有研究表明环境规制会阻碍 GTFP 的提升,如黄庆华等^[9]经过实证分析得出从长期来看环境规制未对 GTFP 的提升产生积极作用的结论。还有学者发现在特定类型环境规制的影响下,GTFP 所产生的变动区别较大,高艺等^[10]的实证分析结果显示命令控制型及激励型环境规制会负向影响 GTFP,而公众参与型环境规制对 GTFP 有正向影响。蔡乌赶和周小亮^[11]经过实证研究明确了市场激励型环境规制和 GTFP 的关系为倒“U”型,公众参与型与 GTFP 是“U”型关系,命令控制型对 GTFP 不具备明显影响。除此之外,申晨等^[12]的看法为命令控制型环境规制对 GTFP 有“U”型影响,激励型环境规制的影响是正向的,伍格致和游达明^[13]同意激励型环境规制的正向作用,但倾向于另外两种环境规制的影响均是负向的。齐亚伟^[14]提出 GTFP 在环境规制的影响下走向呈倒“N”型。

环境规制对 MGTFP 影响相关的研究文献有:吕康娟等^[15]主要研究环境规制与 GTFP 之间的关系,通过对中国 28 个制造业行业的研究,发现环境规制可以促进 MGTFP 的提升。袁宝龙和张坤^[16]对环境规制与制造业生态效率的相关问题进行研究,最终确定环境规制的影响存在滞后性及行业异质性。张峰等^[17]通过对正式和非正式环境规制的研究,明确了制造业绿色技术创新效率变动的大致方向,他们的看法是虽都存在单门槛值,但制造业绿色技术创新效率在两种环境规制影响下所呈现的具体关系不同。张峰和宋晓娜^[18]将高端制造业与环境规制充分结合,分析角度有直接和间接两方面,最终得出环境规制的影响存在差异的结论。

上述研究表明,虽然将环境规制用具体指标衡量是学者们常用的方法,但即使将研究对象确定为某一具体行业,在使用具体指标衡量的过程中存在指标选择的主观性以及环境规制指标与其他变量存在的内生性等问题^[19],也会导致研究结论的差距较大。DID 模型的设定更加科学,具有弥补这些不足的能力,选用政策实施后的情况与之前进行对比,科学有效评价政策实施对绿色全要素生产率影响。李卫兵等^[19]通过 PSM-DID 方法对 1998 年实施的“两控区”政策与 GTFP 进行分析,最终确定两控区政策与 GTFP 的反向变动关系。而任胜钢等^[20]通过对企业全要素生产率的研究,明确了二氧化硫排污权交易试点政策影响的大致方向,分析结果显示排污权交易制度对全要素生产率有利影响。汤学良等^[21]在此基础上进行了环境规制与制造业企业 TFP 的研究,将 2011 年实施的“节能减排”政策作为一次准自然实验,通过 GPSM 方法进行分析,最终确定了二者的“N”型关系。胡宗义等^[22]的分析结果显示排污费对 GTFP 有“U”型影响。

整体而言,有关环境规制对 GTFP 影响的研究日益成熟^[23-24],也得出了很多有价值的结论,相较于以往研究,本文的研究有以下创新:(1)由于数据获取难度较大及研究方法的限制,有关制造业绿色全要素生产率的研究大多从行业层面进行,从省级层面进行研究的还较少,环境规制实施过程中所产生的效果要具体化,不能仅停留在宏观层面,因此,借鉴学者们相关研究成果,从省级层面研究制造业绿色全要素生产率,选取的研究对象为 2009—2017 年中国 30 个省份,选用 DEA-Malmquist 指数法测度 30 个省份制造业绿色全要素生产率,为地区制定符合本地制造业发展情况的政策提供理论依据;(2)参考相关研究,研究环境规制对绿色全要素生产率影响所采用的实证方法多为回归分析、空间计量模型、GMM 方法或门槛模型,使用双重差分法(differences-in-differences, DID)的还较少,同时,开展碳排放权交易的试点省市与非试点省份制造业绿色全要素生产率的差异可能是由其他因素造成的,直接使用 DID 研究绿色全要素生产率可能导致结果的偏差,所以本文使用倾向得分匹配法(propensity score matching, PSM)来控制这种差异,然后把碳排放权交易政策当作政策冲击,选取 2013 年为该政策的冲击时

间点, 采用 PSM-DID 方法研究环境规制对制造业绿色全要素生产率的影响效应; (3) 大多数研究仅分析环境规制对绿色全要素生产率的影响, 而本文不仅考察环境规制对制造业绿色全要素生产率的影响, 而且利用 PSM-DID 方法检验环境规制对 MGTFP 分解项的影响, 最后还对实证结论进行了稳健性检验。

2 模型构建与变量选取

2.1 模型构建

相较于传统的按照政策实施与否设定虚拟变量的方法, 双重差分模型作为评估政策实施效果的重要模型, 一定程度上排除其他不可观测因素对实证结果的干扰, 更加准确地评估政策实施效果, 但直接用 DID 方法对政策实施效果进行检验, 难以满足要求实验组和控制组之间具有相同趋势的假设, 影响得出结果的准确性, 通常根据是否为试点省份, 将研究省份分为实验组和控制组, 再选用 DID 方法研究碳排放权交易政策这一具体环境规制对制造业绿色全要素生产率的影响前, 先使用 PSM 方法找到与试点省份最为相似的非试点省份, 相似的实验组与控制组之间进行对比分析, 减少由于二者之间差距过大而带来的实证结果的误差^[26], 然后再利用 DID 方法进行检验, 试点省份政策实施前后制造业绿色全要素生产率的变化以及与之相匹配的非试点省份政策实施前后制造业绿色全要素生产率的变化相对比, 得到更加准确的政策实施效果。所构建的模型如下:

$$MGTFP_{it} = \beta_0 + \beta_1 TIME_{it} + \beta_2 TREATED_{it} + \beta_3 TIME_{it} * TREATED_{it} + \alpha X_{it} + \varepsilon_{it} \quad (1)$$

$$EFFCH_{it} = \beta_{01} + \beta_{11} TIME_{it} + \beta_{21} TREATED_{it} + \beta_{31} TIME_{it} * TREATED_{it} + \alpha_1 X_{it} + \varepsilon_{it} \quad (2)$$

$$PECH_{it} = \beta_{02} + \beta_{12} TIME_{it} + \beta_{22} TREATED_{it} + \beta_{32} TIME_{it} * TREATED_{it} + \alpha_2 X_{it} + \varepsilon_{it} \quad (3)$$

$$PECH_{it} = \beta_{03} + \beta_{13} TIME_{it} + \beta_{23} TREATED_{it} + \beta_{33} TIME_{it} * TREATED_{it} + \alpha_3 X_{it} + \varepsilon_{it} \quad (4)$$

$$EFFCH_{it} = \beta_{04} + \beta_{14} TIME_{it} + \beta_{24} TREATED_{it} + \beta_{34} TIME_{it} * TREATED_{it} + \alpha_4 X_{it} + \varepsilon_{it} \quad (5)$$

式中: 模型(1)为环境规制对制造业绿色全要素生产率的影响, MGTFP 代表利用 DEA-Malmquist 指数法测度得出的各省份制造业绿色全要素生产率, 大致可以分为综合技术效率(technical efficiency change, EFFCH)和技术进步(technological change, TECHCH), 综合技术效率可进一步划分为纯技术效率指标(pure technical efficiency change, PECH)和规模效率指标(scale efficiency change, SECH), 模型(2)~(5)分别为环境规制对 MGTFP 分解所得部分的影响, i 为省份, t 为年份, TIME 为政策实施时间虚拟变量, 本文选择 2013 年作为碳排放权交易政策的冲击时间点, 选取除深圳市外的其余 6 个试点省市作为实验组, 其他省份作为对照组, 若 $TIME \geq 2013$, 则 $TIME=1$, 若 $TIME \leq 2013$, 则 $TIME=0$, TREATED 为地区个体虚拟变量, 若省份 i 属于碳排放权交易政策试点地区, 则 $TREATED=1$, 若省份 i 不属于试点地区, 则 $TREATED=0$, X 代表其他可能对 MGTFP 产生影响的变量, 主要有产业结构、财政支出、外商投资、技术创新、居民消费等, $TIME * TREATED$ 为双重差分估计量, β_3 代表碳排放权交易政策对制造业绿色全要素生产率的净影响, 根据 β_3 的正负来判断环境规制的影响, 若 β_3 为正, 那么环境规制带动 MGTFP 的提升, 若不为正, 那么环境规制妨碍 MGTFP 的提升, β_{31} 、 β_{32} 、 β_{33} 及 β_{34} 同, ε_{it} 表示随机干扰项。

2.2 变量选取

2011 年国家发改委下发《关于开展碳排放权交易试点工作的通知》, 2013 年依据通知, 深圳最先开始碳排放交易, 北京、

上海、天津、重庆、湖北及广东 6 个试点省市也陆续开放碳排放交易市场，2016 年提出从次年开始该政策在全国范围内推行，因此本文选择的研究样本期为 2009—2017 年，将 2013 年作为政策冲击点，同时本文从省级层面研究环境规制对 GTFP 的影响，研究对象为除西藏及港澳台地区之外的 30 个省份，北京、上海、天津、重庆、湖北和广东 6 个政策试点地区为实验组，深圳作为地级市不包括在内，其余 24 个非试点地区为控制组。

被解释变量为 GTFP，本文使用 DEA-Malmquist 方法进行测度，基于所使用的 DEA-Malmquist 测算方法及数据的可获得性，同时参考当前测度 GTFP 所选择的投入产出指标^[26-27]，资本、劳动力和能源要素是主要的投入要素：资本要素投入选择制造业固定资产投资额来代表，通过价格指数平减后得到各地区剔除价格因素的实际制造业固定资产投资额；各地区制造业从业人数表征劳动力要素投入；由于各地区统计指标不一致，因此本文能源要素投入利用各地区工业总产值中制造业销售产值所占比重与工业终端能源消费量进行估算，统计年鉴中列出的各种所消耗能源有各自的单位，产生的热量不同，不能直接加总得出能源消耗总量，需要按照表 1 中的折标准煤系数折算成标准煤，表中仅列出统计年鉴中所给出的消耗能源。产出指标中，制造业销售产值为期望产出，同样利用价格指数平减后得到各地区制造业销售产值剔除价格因素的实际值；鉴于年鉴中未统计各省份制造业的污染排放情况，因此同能源要素投入一样，利用各地区制造业销售产值在工业总产值所占份额与工业二氧化硫排放量的乘积估算各地区制造业二氧化硫排放量，估算结果作为制造业绿色全要素生产率非期望产出的替代指标。

表 1 折标准煤系数

能源名称	折标准煤系数/吨标煤	能源名称	折标准煤系数/吨标煤
原煤/吨	0.7143	柴油/吨	1.4571
洗精煤/吨	0.9000	燃料油/吨	1.4286
型煤/吨	0.6000	液化石油气/吨	1.7143
焦炭/吨	0.9714	炼厂干气/吨	1.5714
焦炉煤气/万立方米	6.1430	天然气/万立方米	12.1430
原油/吨	1.4286	热力/百万千焦	0.0341
汽油/吨	1.4714	电力/万千瓦时	4.0400
煤油/吨	1.4714		

参考以往文献^[26-27]，考虑到制造业绿色全要素生产率还可能受其他变量的影响，在计量模型中加入产业结构(CY)、政府干预(GI)、城镇化(UR)、技术创新(TI)及对外开放(OP)作为控制变量，均进行对数处理。综上所述，模型中所涉及的变量说明见表 2。

表 2 变量说明

变量名称			变量说明
被解释变量	制造业绿色全要素生产率(MGTFP)	投入	制造业固定资产投资额/亿元
			制造业从业人数/万人

		能源	制造业销售产值/工业总产值* 工业终端能源消费量/万吨标准煤	
			期望产出	制造业销售产值/亿元
			非期望产出	制造业销售产值/工业总产值* 工业二氧化硫排放量/吨
解释变量	环境规制		碳排放权交易政策	
控制变量	产业结构 (CY)		第三产业产值与第二产业产值的比值/%	
	政府干预 (GI)		一般预算财政支出/亿元	
	城镇化 (UR)		城镇人口占地区总人口的比重/%	
	技术创新 (TI)		地区 R&D 经费内部支出/万元	
	对外开放 (OP)		外商直接投资/百万美元	
	人民生活 (RG)		人均 GDP/(元/人)	
	经济发展 (WG)		职工平均工资/元	

利用 stata15.0 进行实证分析，工业终端能源消费量数据来自相关年份的《中国能源统计年鉴》，工业二氧化硫排放量来自相关年份的《中国环境统计年鉴》，制造业销售产值来自相关年份的《中国工业统计年鉴》，地区 R&D 经费内部支出来自相关年份的《中国科技统计年鉴》，制造业固定资产投资额、制造业从业人数、工业总产值、第二产业产值、第三产业产值及其他控制变量均来自相关年份的《中国统计年鉴》。

3 实证分析

3.1 倾向得分匹配分析

依据以上分析，直接对全体样本进行回归可能导致结果的误差，为保证结果的稳健性，将 2013 年开始碳排放权交易的 6 个省市作为实验组，将不是碳排放权交易政策试点的其余省份作为控制组，使用倾向匹配得分法在控制组中挑选与实验组省份最为接近的省份，选择产业结构 (lnCY)、政府干预 (lnGI)、城镇化 (lnUR)、技术创新 (lnTI) 及对外开放 (lnOP) 等作为匹配变量，对实验组和控制组省份进行匹配，并利用 Logit 模型进行上述匹配指标的倾向得分估计，若匹配变量在匹配后无显著性差异，则使用 PSM-DID 方法是可行的，否则不适用该方法，具体估计结果见表 3。

可以看出，匹配后所有匹配变量的偏误较匹配前都有较大幅度的下降，且匹配后标准偏误的绝对值均在 10%以内，同时匹配后 T 检验的 P 值均大于 10%，实验组与对照组在匹配后各匹配变量都不存在明显区别，使用 PSM-DID 方法是可行的。

表 3 倾向得分匹配及 Logit 倾向得分估计结果

变量	Logit 倾向得分估计	匹配	均值	标准偏误	T 值	P 值
----	--------------	----	----	------	-----	-----

	系数	P 值		实验组	控制组			
lnCY	-0.187 (-0.22)	0.827	匹配前	0.272	-0.05703	69.0	4.98	0.000
			匹配后	-0.08014	-0.11093	6.5	0.61	0.543
lnGI	-2.178** (-2.21)	0.027	匹配前	8.3083	8.0491	43.4	2.76	0.006
			匹配后	8.442	8.4322	1.6	0.06	0.953
lnUR	12.361*** (4.27)	0.000	匹配前	-0.3393	-0.68646	188.3	13.18	0.000
			匹配后	-0.5204	-0.52276	1.3	0.08	0.936
lnTI	2.382*** (3.04)	0.002	匹配前	15.529	14.194	124.3	7.25	0.000
			匹配后	15.343	15.399	-5.3	-0.02	0.842
lnOP	-1.328** (-2.36)	0.019	匹配前	12.095	10.592	130.7	7.99	0.000
			匹配后	11.782	11.882	-8.7	-0.30	0.769

3.2 环境规制对制造业绿色全要素生产率的影响分析

(1) 环境规制对 MGTFP 的影响。

在对研究对象进行 PSM 处理后, 利用模型(1)实证研究环境规制对 MGTFP 的影响, 模型(1)具体估计结果见表 4, 其中列(1-1)为倾向得分匹配前环境规制对 MGTFP 的回归结果, 列(1-2)为 PSM 之后的回归结果。

表 4 环境规制对 MGTFP 的影响

变量	DID	PSM-DID
	(1-1)	(1-2)
TIME*TREATED	0.239*** (2.97)	0.398** (4.10)
TIME	-0.275* (-1.87)	-0.280* (-1.91)
TREATED	-0.398*** (-4.10)	-0.239*** (-2.97)
lnCY	0.392* (1.77)	0.611*** (2.97)
lnGI	1.212* (1.81)	1.308** (2.52)
lnUR	-0.706* (-1.68)	-0.777* (-1.80)
lnTI	0.220** (2.03)	0.292** (2.03)
lnOP	-0.059** (-2.12)	-0.058** (-2.07)

cons	1.165*** (8.15)	2.861*** (3.05)
------	-----------------	-----------------

从表 4 可见，模型 (1) 无论是匹配前还是匹配后，TIME*TREATED 的系数均通过 5% 以上的显著性水平检验且均为正，表明政策实施后，碳排放权交易试点省份制造业绿色全要素生产率有所提升，说明环境规制对 MGTFP 的影响为正。匹配前后各类控制变量系数的符号均未发生改变，匹配前技术创新及对外开放通过 5% 的显著性水平检验，产业结构、政府干预及城镇化通过 10% 的显著性检验，匹配后产业结构和政府干预分别通过 1% 和 5% 的显著性检验，和匹配前相比有所提升，其余控制变量匹配后所通过的显著性检验水平同匹配前一致，产业结构、政府干预及技术创新与 MGTFP 呈正相关关系，说明产业结构、政府干预和技术创新对 MGTFP 有积极促进作用，政府干预的正向影响要大于技术创新及产业结构升级，技术创新对 MGTFP 的正向影响最小，城镇化及对外开放会阻碍 MGTFP 的提升，对外开放的负向影响要小于城镇化。

(2) 环境规制对 MGTFP 分解项的影响。

通过对模型 (1) 的分析，明确了 MGTFP 在环境规制影响下的变动，为进一步探究环境规制如何对 MGTFP 产生影响，同样利用 PSM-DID 方法研究环境规制对 MGTFP 分解项的影响，可以更加明确环境规制具体从哪个角度对 MGTFP 产生作用，进而从相关方向促进 MGTFP 的提升。模型 (2)~(5) 具体估计结果见表 5，其中列 (2-1)~(5-1) 为倾向得分匹配前环境规制对 MGTFP 分解项的回归结果，列 (2-2)~(5-2) 为 PSM 之后的回归结果，(2-1) 及 (2-2) 分别为综合技术效率匹配前后的回归结果，其代表由制度变迁引起的资源要素配置效率的变化，(3-1) 及 (3-2) 分别为技术进步匹配前后的回归结果，其表示由于技术创新或者技术引进从而引起的生产可能前沿面的外移，列 (4-1) 及 (4-2)、列 (5-1) 及 (5-2) 分为综合技术效率分解项——纯技术效率及规模效率匹配前后的回归结果，前者表示由于管理、制度及分工引起的效率的变化，后者表征由于生产规模变化引起的效率的变动。

表 5 环境规制对 MGTFP 分解项的影响

变量	DID				PSM-DID			
	(2-1)	(3-1)	(4-1)	(5-1)	(2-2)	(3-2)	(4-2)	(5-2)
TIME*TREATED	0.293* (1.90)	0.662* (1.71)	0.127** (2.10)	0.221* (1.80)	0.321** (2.11)	0.735** (2.46)	0.199*** (3.90)	0.313* (1.77)
TIME	-0.378* (-1.97)	-0.155*** (-2.60)	-0.118* (-1.84)	-0.207*** (-3.60)	-0.187** *(-2.72)	-0.176*** (-2.91)	-0.228 (-1.93)	-0.201*** (-3.19)
TREATED	-0.209*** (-2.68)	-0.154** (-2.30)	-0.378* (-1.97)	-0.221*** (-4.15)	-0.228** (-2.00)	-0.192** (-2.33)	-0.318** (-2.05)	-0.198*** (-3.16)
lnCY	0.429** (2.48)	-0.462 (-0.99)	0.293* (1.76)	0.275 (1.52)	0.500** (2.64)	-0.561 (-1.24)	0.313* (1.97)	0.392 (1.23)
lnGI	0.375 (1.57)	-0.986* (-1.87)	0.433* (1.81)	1.066* (1.86)	0.388* (1.93)	-0.873* (-1.71)	0.288* (1.75)	1.105* (1.90)
lnUR	-0.577** (-2.33)	0.809* (1.99)	0.705** (2.43)	0.489* (1.83)	-0.413* (-2.00)	0.857*** (2.71)	0.904* (1.80)	0.305* (1.97)
lnTI	0.590* (1.90)	0.562** (2.00)	0.291** (2.00)	0.466* (1.83)	0.627* (2.00)	0.567** (2.00)	0.337** (2.00)	0.530* (1.83)

	(1.97)	(2.23)	(2.22)	(1.79)	(1.74)	(2.21)	(2.06)	(1.75)
lnOP	-0.029 (-0.96)	-0.106 (-1.55)	-0.229* (-1.92)	-0.337** (-2.06)	-0.119* (-1.83)	-0.118* (-1.84)	-0.228* (-1.93)	-0.302** (-1.92)
cons	0.990*** (4.63)	2.022 (0.23)	1.636** (2.07)	1.100 (0.81)	0.956*** (4.68)	2.992** (2.02)	1.037*** (10.64)	0.958*** (5.35)

从表 5 可见, MGTFP 分解项在环境规制影响下的变动同 MGTFP 的变动一致, MGTFP 分解项 EFFCH、TECHCH、PECH 及 SECH 匹配前后 TIME*TREATED 的系数均为正, 说明环境规制对 MGTFP 分解项的影响为正, TIME*TREATED 在模型(3)中的系数最大, 在模型(4)中的系数最小, 模型(2)中 TIME*TREATED 的系数大于模型(5), 表明环境规制对 TECHCH 的影响最大, 对 PECH 的影响最小, 对 EFFCH 的影响大于 SECH, 匹配后 PECH 通过 1%的显著性检验, EFFCH 和 TECHCH 通过 5%的显著性检验, 均较匹配前有所提升, SECH 匹配前后均仅通过 10%的显著性检验。除模型(3)之外, 其余三个模型中产业结构的系数同模型(1)的估计结果一致, 匹配前后所有模型中产业结构的显著性检验水平均未发生变化, 在模型(2)和模型(4)中通过的显著性检验水平分别为 5%和 10%, 表 5 中所列出的另外两个模型都未通过显著性检验。与产业结构的估计结果一致, 除模型(3)之外其余三个模型政府干预的系数同模型(1)估计结果一致, 与此同时匹配前仅在模型(2)中未通过显著性检验, PSM 之后在每一个模型中都通过了显著性检验。就城镇化估计结果而言, 仅有模型(2)中的系数同模型(1)的估计结果一致, 模型(2)~(5)中技术创新及对外开放的系数同模型(1)的估计结果一致。产业结构和政府干预对技术进步的影响为负, 对其他三个 MGTFP 分解项的影响为正, 城镇化对综合技术效率的影响为负, 对其他三个 MGTFP 分解项的影响为正, 技术创新对 MGTFP 分解项的影响为正, 对外开放阻碍 MGTFP 分解项的提升。

3.3 稳健性检验

经过以上实证分析发现环境规制对 MGTFP 有积极促进作用, 为降低误差, 保证实证结果的稳健性, 选择更改考察期及在模型中添加更多控制变量这两种方法进行稳健性检验, 排除不同试点省份的选取对估计结果的影响, 对模型(1)进行以上两种稳健性检验, 模型(2)~(5)选择添加更多控制变量的方法进行稳健性检验, 考察期缩短为 2012—2014 年, 添加的控制变量包括经济发展(RG)和人民生活(WG)两方面, 经济发展用人均 GDP 衡量, 人民生活用职工平均工资衡量, 均进行对数处理, 具体估计结果见表 6。

表 6 稳健性检验

变量	PSM-DID					
	(1-1)	(1-2)	(2-2)	(3-2)	(4-2)	(5-2)
TIME*TREATED	0.395*** (4.05)	0.378*** (3.86)	0.301** (2.30)	0.547** (2.15)	0.236*** (2.93)	0.248*** (3.08)
TIME	-0.058** (-1.99)	-0.235* (-1.78)	-0.390** (-2.11)	-0.389** (-2.10)	-0.460** (-2.07)	-0.366* (-1.95)
TREATED	-0.271* (-1.89)	-0.287** (-2.01)	-0.511* (-1.83)	-0.198** (-1.97)	-0.211*** (-2.97)	-0.119* (-1.77)
lnCY	0.280* (1.73)	0.339*** (5.53)	0.280* (1.73)	-0.144* (-1.68)	0.933*** (7.96)	0.014 (0.48)
lnGI	0.354* (1.92)	0.349*** (5.37)	0.185*** (3.47)	-0.229*** (-3.62)	0.208** (2.02)	-0.175*** (-3.51)
lnUR	-0.519** (-2.21)	-0.180*** (-3.48)	-0.188*** (-2.94)	-0.056** (-1.99)	0.101 (0.55)	0.105 (1.59)

lnTI	0.181*** (3.51)	-0.128* (-1.92)	0.194* (1.68)	0.197** (2.84)	0.357*** (6.39)	0.171*** (3.45)
lnOP	-0.230*** (-3.16)	-0.228*** (-4.47)	-0.144** (-2.13)	-0.126* (-1.94)	-0.223*** (-3.89)	-0.255** (-2.18)
lnRG	-0.135* (-1.93)	0.195*** (3.59)	0.155 (1.33)	0.366* (1.95)	0.511* (1.83)	0.208* (1.93)
lnWG	0.431*** (4.29)	0.497*** (4.29)	0.194*** (3.59)	0.174*** (3.05)	0.104* (1.66)	0.115* (1.81)
cons	1.230*** (7.10)	5.049*** (3.00)	0.933*** (7.96)	1.275*** (10.20)	1.004*** (18.83)	0.926*** (9.45)

表 6 中列(1-1)为模型(1)更改考察期后的估计结果,列(1-2)~(5-2)分别为模型(1)~(5)添加控制变量后的估计结果。从表 6 可以看出无论是更改考察期还是加入更多的控制变量,所有模型中 TIME*TREATED 系数的符号与 PSM-DID 检验结果并无差别,同时均通过 5%以上的显著性检验,说明本文的结果稳健,模型(1)中控制变量的稳健性检验结果均同 PSM-DID 估计结果一致,模型(3)中的城镇化及模型(5)中的政府干预与之前的估计结果相反。

4 研究结论及对策建议

本文选择中国 2009—2017 年 30 个省份作为研究对象,选用 DEA-Malmquist 指数法测度所研究对象的制造业绿色全要素生产率,碳排放权交易政策当作政策冲击,2013 年为该政策的冲击时间点,然后选用倾向匹配得分的双重差分法(PSM-DID)进行了环境规制与制造业绿色全要素生产率及其分解项的研究。研究表明:制造业绿色全要素生产率受环境规制的影响逐步改善,对 MGTFP 分解项的影响同对 MGTFP 的影响一致,在对 MGTFP 分解项的影响中,技术进步所受的影响最大,纯技术效率所受的影响最小,综合技术效率所受到的影响要大于规模效率所受到的影响,产业结构、政府干预及城镇化对 MGTFP 及其分解项的影响存在差异,产业结构和政府干预对 MGTFP 及其他三个 MGTFP 分解项的影响均为正,但对技术进步的影响均为负,而城镇化对 MGTFP 及其他三个分解项的影响均为正,但对综合技术效率的影响为负,技术创新对 MGTFP 及其分解项的影响为正,对外开放对 MGTFP 分解项的影响为负,同对 MGTFP 的影响一致。

基于所得出的结论,为我国制定适当环境规制以促进制造业绿色全要素生产率的提升提出以下政策建议:(1)参照利用市场交易进行环境规制的排污权交易政策,提出碳排放权交易政策,本文的实证分析表明其对试点省市制造业绿色全要素生产率有积极作用,说明合适的环境规制可以实现制造业的绿色发展,因此政府、企业等部门不应拘泥于传统的环境规制手段,也不应全面照搬以往环境规制经验,在充分考虑实际情况的基础上,选择最合适的环境规制方式,逐步健全环境规制体系,在多种环境规制配合的过程中,实现环境规制作用的最大化;(2)在全面推行环境规制政策前可以选择设立试点,在合适的省份试行,考察环境规制在试点省份的作用效果,若实施效果良好,再由点逐步到线再到面推进,同时及时总结试点省份在环境规制政策实施过程中的经验教训,为政策推广提供借鉴;(3)完善并优化我国有关碳排放权交易的规章制度,保障交易市场中交易合法有序进行,发挥出其应有的对环境资源进行再配置的作用。同时在碳排放权交易市场中进行交易的个体都应自觉遵守市场秩序,营造良好的交易市场环境,进一步促进制造业绿色全要素生产率的提升。

参考文献:

- [1]张建华,李先枝.政府干预、环境规制与绿色全要素生产率——来自中国 30 个省、市、自治区的经验证据[J].商业研究,2017(10):162-170.
- [2]肖远飞,周博英,李青.环境规制影响绿色全要素生产率的实现机制——基于我国资源型产业的实证[J].华东经济管理,2020(3):69-74.

-
- [3]傅京燕, 胡瑾, 曹翔. 不同来源 FDI、环境规制与绿色全要素生产率[J]. 国际贸易问题, 2018(7): 134-148.
- [4]王伟, 孙芳城. 金融发展、环境规制与长江经济带绿色全要素生产率增长[J]. 西南民族大学学报(人文社科版), 2018(1): 129-137.
- [5]肖远飞, 吴允. 财政分权、环境规制与绿色全要素生产率——基于动态空间杜宾模型的实证分析[J]. 华东经济管理, 2019(11): 15-23.
- [6]关海玲, 武祯妮. 地方环境规制与绿色全要素生产率提升——是技术进步还是技术效率变动?[J]. 经济问题, 2020(2): 118-129.
- [7]Gong M Q, You Z, Wang L T, et, al. Environmental regulation, trade comparative advantage, and the manufacturing industry's green transformation and upgrading[J]. International Journal of Environmental Research and Public Health, 2020, 17(8):296-311.
- [8]龚新蜀, 李梦洁. OFDI、环境规制与中国工业绿色全要素生产率[J]. 国际商务研究, 2019(1): 86-96.
- [9]黄庆华, 胡江峰, 陈习定. 环境规制与绿色全要素生产率: 两难还是双赢?[J]. 中国人口·资源与环境, 2018(11): 140-149.
- [10]高艺, 杨高升, 谢秋皓. 省际贸易壁垒、环境规制与绿色全要素生产率——基于空间溢出效应与门槛特征[J]. 管理现代化, 2019(5): 90-94.
- [11]蔡乌赶, 周小亮. 中国环境规制对绿色全要素生产率的双重效应[J]. 经济学家, 2017(9): 27-35.
- [12]申晨, 贾妮莎, 李炫榆. 环境规制与工业绿色全要素生产率——基于命令—控制型与市场激励型规制工具的实证分析[J]. 研究与发展管理, 2017(2): 144-154.
- [13]伍格致, 游达明. 环境规制对技术创新与绿色全要素生产率的影响机制: 基于财政分权的调节作用[J]. 管理工程学报, 2019(1): 37-50.
- [14]齐亚伟. 节能减排、环境规制与中国工业绿色转型[J]. 江西社会科学, 2018(3): 70-79.
- [15]吕康娟, 程余, 范冰洁. 环境规制对中国制造业绿色全要素生产率的影响分析[J]. 生态经济, 2017(4): 49-52.
- [16]袁宝龙, 张坤. 制度“解锁”能够释放制造业绿色发展的活力吗?——基于 2003—2014 年 28 个行业面板数据的证据[J]. 华东经济管理, 2017(9): 104-111.
- [17]张峰, 史志伟, 宋晓娜, 等. 先进制造业绿色技术创新效率及其环境规制门槛效应[J]. 科技进步与对策, 2019(12): 62-70.
- [18]张峰, 宋晓娜. 提高环境规制能促进高端制造业“绿色蜕变”吗——来自绿色全要素生产率的证据解释[J]. 科技进步与对策, 2019(21): 53-61.
- [19]李卫兵, 刘方文, 王滨. 环境规制有助于提升绿色全要素生产率吗?——基于两控区政策的估计[J]. 华中科技大学学报

(社会科学版), 2019(1): 72-82.

[20]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.

[21]汤学良, 顾斌贤, 康志勇, 等. 环境规制与中国企业全要素生产率——基于“节能减碳”政策的检验[J]. 研究与发展管理, 2019(3): 47-58.

[22]胡宗义, 张丽娜, 李毅. 排污收费对绿色全要素生产率的影响效应研究——基于 GPSM 的政策效应评估[J]. 财经理论与实践, 2019(6): 9-15.

[23]Wang C, Zhang Y J. Does environmental regulation policy help improve green production performance? Evidence from China's industry[J]. Corporate Social Responsibility and Environmental Management, 2020, 27(2): 937-951.

[24]Stoever J, Weche J P. Environmental regulation and sustainable competitiveness: Evaluating the role of firm-level green investments in the context of the Porter Hypothesis[J]. Environmental and Resource Economics, 2018, 70(2): 95-114.

[25]周迪, 刘奕淳. 中国碳交易试点政策对城市碳排放绩效的影响及机制[J]. 中国环境科学, 2020(1): 453-464.

[26]屈小娥, 胡琰欣, 赵昱钧. 产业集聚对制造业绿色全要素生产率的影响——基于长短期行业异质性视角的经验分析[J]. 北京理工大学学报(社会科学版), 2019(1): 27-36.

[27]师博, 姚峰, 李辉. 创新投入、市场竞争与制造业绿色全要素生产率[J]. 人文杂志, 2018(1): 26-36.