

碳交易试点政策对中国区域经济绿色增长的影响机制研究

钱丽, 魏圆圆, 肖仁桥, 马伯凡

(安徽财经大学工商管理学院, 安徽蚌埠 233030)

摘要:碳排放权交易既是实现“双碳”目标的必然选择,也是推动中国区域经济绿色增长的重要途径。本文基于“波特假说”和新发展理念,探讨碳交易试点政策对中国区域经济绿色增长的影响机制。将试点政策作为一项准自然实验,基于2005—2018年中国内地30个省份面板数据(因数据缺失,不包括西藏和港澳台地区),采用双重差分模型进行实证检验。结果表明:①碳交易试点政策对中国区域经济绿色增长起显著促进作用,且存在正向累积动态效应,经过安慰剂检验和PSM-DID检验,发现结论依然成立。②碳交易试点政策对中国区域经济绿色增长的影响具有区域异质性,东部地区政策促进效应显著,而中部地区不显著,西部地区则呈现不明显的抑制效应。③机制研究表明,碳交易试点政策通过推动绿色技术创新、调整产业结构、优化能源结构、吸引外商直接投资以及促进共享发展以实现中国区域经济绿色增长。其中,共享发展的中介效应最大,其次为绿色技术创新和产业结构,而能源结构和外商直接投资的中介效应较小。④分区域机制检验发现,东部地区共享发展的中介效应最大,绿色技术创新和产业结构次之,能源结构的中介效应最小;中部地区中介效应最大为能源结构,其次为绿色技术创新,外商直接投资的传导效应相对较小;西部地区产业结构的中介效应最大,而能源结构和外商直接投资的中介效应相对较小。

关键词:碳交易试点政策;经济绿色增长;波特假说;新发展理念;双重差分模型

中图分类号: F062.4 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002—980X(2023)4—0110—15

一、引言

根据全球碳项目数据,国际气候科学机构指出2022年全球碳排放量将达到创纪录高位,若不采取相应措施,全球二氧化碳排放量的增加将引发气候变暖、灾害频发等问题,不仅破坏了生态环境,还给人类生存和发展带来严重挑战。现阶段,气候危机受到世界各国广泛关注,中国政府作为负责任大国,积极有效应对气候危机,提出“双碳”发展目标,力争于2030年前碳排放达到峰值,争取2060年前实现碳中和。党的二十大报告再次强调绿水青山就是金山银山的理念,并提出加快发展方式绿色转型,走绿色低碳循环发展之路,这为经济绿色增长指明了方向,也为实现双碳目标奠定了基础。与此同时,各地区也积极响应国家低碳政策,陆续出台了一系列节能减排相关措施,旨在通过政府引导和市场机制等调控手段,倒逼企业开展绿色技术创新活动,促进碳减排和能源技术的开发和应用,实现边际能源消耗和碳减排成本的双降。

碳排放权交易是实现“双碳”目标的必然选择,也是推动中国区域经济绿色增长的重要途径(公维凤等,2022)。2011年国家发改委批准了北京、上海、广东等7个省市开展交易试点工作,并于2013年正式推进,这是我国市场型环境规制改革的代表性举措之一。2017年发布了开启全国碳交易市场建设的通知,通过区域碳交易市场之间的对接与合作,构建全国统一的碳交易市场体系。实施碳交易试点政策符合我国经济社会发展现状,国内外学者也从不同角度评价碳交易政策的减排效应和经济效应,那么,碳交易试点是否有利于试点地区经济增长、资源节约和环境友好?对上述问题的解答已变得极为紧迫。党的十八届五中全会中提出,在经济社会发展过程中,应将“创新、协调、绿色、开放、共享”五大发展理念为战略指引。那么,在新发展理念下,如何充分发挥碳交易市场的作用,降低企业碳减排成本,促进区域低碳转型和绿色发展?另外,试点

收稿日期:2023-01-07

基金项目:国家社会科学基金“双碳目标下制造业绿色创新效率、技术差距及溢出效应研究”(22BJY252)

作者简介:钱丽,博士,安徽财经大学工商管理学院副教授,硕士研究生导师,研究方向:技术经济与创新管理;魏圆圆,安徽财经大学工商管理学院硕士研究生,研究方向:技术经济与创新管理;肖仁桥,博士,安徽财经大学工商管理学院教授,硕士研究生导师,中国技术经济学会高级会员,研究方向:技术经济与创新管理;马伯凡,安徽财经大学工商管理学院硕士研究生,研究方向:技术经济与创新管理。

地区技术水平和产业结构等因素是否对碳交易体系的政策效果产生影响?有待进一步检验。为此,本文探索碳交易试点政策对中国区域经济绿色增长的影响及区域异质性,进而寻找碳交易赋能中国区域经济绿色增长的最优路径,以期对完善我国碳交易政策体系,促进经济社会可持续发展具有重要的理论价值和现实意义。

二、文献回顾

(一)碳交易试点政策

碳排放权交易作为一种市场型环境规制工具,旨在通过有效配置企业间环境资源来促进区域整体实现节能减排(赵楠等,2021)。已有研究主要从政策设计和政策效果两个方面进行探讨,政策设计文献聚焦于碳交易机制的构成要素、配额方案设计以及制度体系建设(彭武元和陈思宇,2020;令狐大智等,2021;缪文清和沈炳良,2020;蓝虹和陈雅函,2022),政策效果文献则关注碳交易试点政策的减排效应和经济效应。例如,黄向岚等(2018)对我国6个碳交易试点省份展开研究,实证表明该政策显著降低了试点省份碳排放量;陈道平等(2022)也发现碳交易试点政策有利于降低二氧化碳排放,并指出各试点地区碳减排效果存在异质性;Huang等(2019)认为碳交易政策有助于实现包容性、可持续性及韧性经济增长;Landis等(2021)发现欧盟通过提高碳价获得更多收益,且各国间还需对碳收入进行再分配;任晓松等(2020)指出碳交易试点政策对高污染工业企业经济绩效具有促进作用,能够实现经济红利;Li等(2022)发现碳交易试点政策有利于中国城市绿色全要素生产率提升,且对周边非试点城市产生空间溢出效应。

(二)中国区域经济绿色增长的概念及影响因素

学术界关注生态环境与经济增长的关系,绿色发展已成为新时代重要发展方式(吴虹仪和殷德生,2021)。经济绿色增长是节约资源、促进经济增长以及解决环境问题的重要手段,兼顾减排和增长两大目标,其核心是投入较少的资源和环境成本以实现较多的经济增长(Wang et al,2023)。学者们主要从技术创新、技术引进和环境规制等方面探讨经济绿色增长的影响因素。在技术创新方面,逯进和李婷婷(2021)指出技术创新具备降低产出能耗和提高资源配置效率的双重效果,是提升绿色全要素生产率的内生动力;傅晗彧等(2022)发现技术含量较高的创新方式对经济增长产生显著负向影响,而技术含量较低的创新未产生显著影响。在技术引进方面,唐未兵等(2014)基于省级面板数据,研究发现技术引进对中国经济增长产生抑制作用,而吴虹仪和殷德生(2021)则认为技术引进有利于实现中国经济增长。环境污染是影响经济绿色增长的重要因素,合理的环境规制工具将有利于实现经济绿色增长。张峰和宋晓娜(2019)指出环境规制对经济增长产生正向推动作用,但后期该种作用将趋于平缓;Ma等(2022)研究发现随着绿色技术创新水平的提升,环境规制对绿色全要素生产率的促进作用将不断增强。

(三)碳交易试点政策对中国区域经济绿色增长影响的相关研究

自开展碳交易试点工作以来,一些学者开始关注碳交易试点政策影响经济绿色增长的作用渠道,较多学者从产业结构、能源结构、技术进步等单一渠道进行研究。例如,谭静和张建华(2018)研究表明,碳交易机制有利于加快产业结构优化升级以促进地区减排;黄向岚等(2018)指出碳交易试点政策从能源消费总量和能源消费结构方面实现环境红利;余萍和刘纪显(2020)发现中国碳交易试点政策通过推动技术改进实现经济绿色增长;少数学者从多重中介的视角研究碳交易试点政策对经济绿色增长的影响。李治国和王杰(2021)从能源消费和技术进步两个方面分析碳交易试点政策的减排效果。

当前,实现经济社会可持续发展需以新发展理念为战略指引,该理念核心在于发展,从追求经济增长拓展到追求全方位发展,包括社会进步、环境优化以及人类自由等,重视高质量、更具公平和可持续发展(谭晨,2019)。然而,鲜见在新发展理念下将技术创新、产业结构升级、外商投资等纳入统一框架,分析其在碳交易试点政策赋能中国区域经济绿色增长中的传导机制。

综上所述,现有文献为本研究提供了重要的理论参考,但仍存在一些不足之处:①已有文献对碳交易试点政策的研究进行了有益探讨,但侧重于政策的减排效应或经济效应,而关注碳交易试点政策对中国区域经济绿色增长影响机制的文献较少;②尽管一些研究对碳交易试点政策影响经济绿色增长的路径做了初步探索,但主要从技术创新或产业结构升级等单一机制展开研究,而鲜见基于新发展理念系统分析碳交易试点政策对中国区域经济绿色增长的影响机制文献,对试点政策效应发挥的最佳作用渠道也不够明确。

基于此,本文将碳交易试点政策作为一项准自然实验,采用双重差分模型探讨试点政策对中国区域绿色增长的影响,检验“波特假说”理论在中国是否成立。其次,从区域异质性视角出发,分别考察我国东部、中部和西部地区碳交易试点政策的效果,有助于识别政策实施效果的差异性。再次,在新发展理念下,探索碳交易试点政策影响中国区域绿色增长的作用机制,寻找碳交易试点政策作用于中国区域绿色增长的最优路径,从而有利于生成针对性政策建议。

三、政策背景与理论分析

(一)政策背景

为有效应对全球变暖问题,《京都议定书》提出借助市场机制实现减排目标的环境规制政策——碳排放权交易。近年来,中国高度重视利用市场型环境规制工具解决气候变暖问题。为减少温室气体排放,实现碳达峰目标和碳中和愿景,我国将碳交易作为一项重要抓手,针对环境保护和经济绿色增长展开了一系列的实践探索和改革。2011年10月,国家发改委发布《关于开展碳排放权交易试点工作的通知》,批准了北京、天津、上海、重庆、湖北、广东和深圳7个省市开展碳交易试点工作,并于2013年正式启动。经历4年的试点运行,7个碳交易试点地区的二氧化碳成交量从31.94万吨增加到4693.42万吨,碳交易金额从2047万元增长到70917万元,试点地区企业碳排放量和强度均有所下降,实现了温室气体的减排,这为建设全国碳交易市场提供了相关经验。试点期间,碳减排取得了显著成效,碳交易试点政策已成为我国实现“双碳”目标的重要减排政策工具,2017年我国开始将碳交易市场从试点地区拓展到全国范围,并于2021年7月16日开启了线上碳交易。建设全国碳交易市场能够有效降低温室气体的排放,实现绿色低碳发展。2022年国家发改委颁布的《中共中央国务院关于进一步加快建设全国统一大市场的意见》中进一步指出建设全国碳交易市场应聚焦于绿色生产和绿色消费。绿色发展不仅需要良好的生态环境,还需要实现经济增长。据此,我国应充分发挥碳交易市场的减排效应和经济效应,以加快建设全国的碳交易市场,实现经济绿色发展。

(二)理论分析与研究假设

1. 碳交易试点政策对中国区域绿色增长的影响

碳交易试点政策作为一种市场激励型环境规制政策,基于波特假说,碳交易试点政策有利于企业根据自身情况选择合理的治理模式,从而获得竞争优势并取得相应的经济效益(Porter and Linde, 1995)。碳交易试点政策主要借助市场调控手段,根据碳排放目标和配额管理办法,确定企业碳排放额度,协调生态保护与经济增长之间的关系,进而实现经济绿色增长。具体地,碳排放量高的企业需要更多碳排放额度维持正常运行,而碳排放量低的企业存在剩余的碳排放额度,碳交易市场为这些企业提供交易平台,合理配置稀缺资源,使碳减排与企业生产有机结合(Xuan et al, 2020)。在碳交易市场机制下,环境规制更为严格,倒逼企业开展节能减排技术研发与应用活动,减少边际碳排放成本,促进了区域碳排放量下降(胡江峰等, 2020),同时具备碳减排技术优势的企业还可出售剩余配额获取收益,实现经济绿色增长。鉴于我国各地区技术、资金、人力及能源禀赋等方面存在差异,碳交易政策的实施效果可能有所差别。相比中西部地区,东部地区在碳减排技术和人才等领域具有明显优势,制度环境较为完善,碳交易试点政策在该地区经济社会转型升级中更能发挥积极作用。

据此,本文提出如下假设:

碳交易试点政策有效促进了中国区域绿色增长,且在东部地区更为显著(H1)。

2. 新发展理念下碳交易试点政策对中国区域绿色增长的作用机制

试点地区技术创新水平(Yang et al, 2020)、产业结构(逯进和李婷婷, 2021)以及能源结构(冯梅和李文华, 2019)等因素不同,可能导致经济绿色增长水平有所差别。在新发展理念下,外商直接投资(Shao et al, 2022)和共享发展(Yu et al, 2021)也是经济绿色增长的重要途径,本文基于五大发展理念,从绿色技术创新、产业结构、能源结构、外商直接投资以及共享发展5个方面,分析碳交易试点政策对中国区域绿色增长的作用机制。

碳交易试点政策能够提升绿色技术创新水平,通过创新补偿效应实现中国区域绿色增长。碳交易支持“弱波特假说”(Yang et al, 2020),绿色技术创新风险高、周期长,试点政策提供的金融支持有利于此类创新活动开展,缩短了研发周期,降低了创新风险。在碳交易机制下,主要借助“污染者付费”的激励方式,迫使

企业增加绿色研发投入,从事绿色技术研发和应用活动,产生的创新补偿效应不仅可抵消企业污染治理成本,还能够提升其盈利能力,从而实现经济绿色增长。碳交易试点政策为开展绿色技术创新的企业带来了创新补偿效应,促使企业加大对绿色技术创新的投入力度,增加盈利收入的同时,也对环境保护作出了贡献(Clarkson et al, 2015)。另外,技术研发和改造应用对节能减排和经济效益提升发挥着重要作用。从长远来看,碳交易试点政策将提升企业的边际排放成本,形成绿色技术创新激励机制,对实现经济绿色增长产生持续的正向支撑。结合碳排放权交易机制的特点,若购买碳排放额度的成本远远高于从事绿色技术创新的成本,则会倒逼企业开展绿色创新,促进绿色专利等技术水平提升,且企业通过绿色技术创新降低了单位产出的减排成本,可通过转让剩余碳排放配度以增加收益,从而推动了经济绿色增长。

基于此,本文提出如下假设:

碳交易试点政策通过提高绿色技术创新投入、促进绿色专利等技术产出,形成创新驱动效应以实现中国区域经济绿色增长(H2a)。

碳交易试点政策将引致产业结构调整,通过产业结构效应实现中国区域经济绿色增长。碳交易试点政策有利于企业碳减排联盟的建立,便于企业之间开展碳减排和低碳技术研发合作,从而促进产业结构高级化(张修凡和范德成, 2021),产业结构升级过程中产生“结构红利”,推动经济绿色增长。碳交易试点政策下,将会增加“三高”企业的边际排放成本,影响企业的获利能力,因此,这些企业生存和发展将受到严重威胁(Cheng et al, 2019)。在碳交易机制下,市场会倒逼企业改变传统高污染、高排放的生产方式,逐步淘汰落后产能,促使产业结构向低污染、低能耗的生产方式转变。另外,与其他行业相比,石油、化工以及钢铁等高碳行业受到试点政策影响更为严重,该政策将迫使高碳行业向低碳行业转型(Xu, 2021),产业结构得以升级,产业结构红利效应的发挥对环境保护和经济增长产生重要作用,进而成为实现经济绿色增长的重要途径。

据此,本文提出如下假设:

碳交易试点政策通过产业结构整体升级、产业结构高级化,发挥产业结构红利效应以实现中国区域经济绿色增长(H2b)。

碳交易试点政策有利于优化能源结构,通过能源结构效应实现中国区域经济绿色增长。一方面,碳交易试点地区严格控制煤炭、石油等高碳能源的使用,鼓励企业加大对风能、太阳能等低碳可再生能源的使用,提高清洁能源的使用效率,从而促进能源结构优化(Zeng et al, 2022)。碳交易试点政策将提高能源投入边际成本,在成本效应和市场激励的共同作用下,企业更愿意通过调整能源消费结构来降低碳排放量,进而实现经济绿色增长(Xu, 2021)。在能源消费中,应有效控制煤炭等此类不可再生能源的消耗,注重提高天然气、风能、太阳能等清洁能源的利用效率,促进能源结构转型升级。在碳交易试点政策下,地方政府通过碳排放权交易、能源消费结构低碳化等方式对企业环境治理进行施压,鼓励高碳化行业向低碳化新能源行业发展,促进清洁能源的使用,实现经济绿色发展。

因此,本文提出如下假设:

碳交易试点政策通过降低煤炭比重、提高天然气比重,优化能源消费结构以实现中国区域经济绿色增长(H2c)。

碳交易试点政策有利于吸引外商直接投资,通过投资效应实现中国区域经济绿色增长。无论从外资流量还是外资存量,均可以为东道国引进先进生产技术和管理理念,促进地区经济绿色增长(李子豪, 2015)。外商直接投资主要通过环境与技术溢出效应影响地区经济绿色增长。基于“OLI理论”,碳交易试点政策有利于外资企业发挥所有权优势(O)、区位优势(L)以及内部化优势(I)。在碳交易制度下,可以充分发挥外资企业在专利、品牌及管理技能等领域的所有权优势,这些因素使外资企业在碳减排技术和价格方面优于其他企业,提高了外资企业竞争力,还可通过转让剩余碳排放配额获取收益,降低企业交易成本。区位优势也是外资企业投资决策的重要因素,试点地区环境管制更为严格,企业需投入大量资金、人力和技术以达到减排标准,本地企业需通过参与碳交易来降低企业成本。而外资企业也可参与地区碳交易,利用先进技术和管理经验获得竞争优势。

因此,本文提出如下假设:

碳交易试点政策通过提高外商投资流量和存量,发挥投资效应以实现中国区域经济绿色增长(H2d)。

碳交易试点政策有利于促进产出共享和福利共享,通过共享效应实现中国区域经济绿色增长。产出共享方面,在市场机制作用下试点政策将引导企业提高员工工资水平,吸引高技能员工从事设备维修和碳交易

管理等工作,实现试点企业收入增加,进而促进经济的可持续发展(Lim and Prakash, 2014; Oestreich and Tsiakas, 2015)。收入水平增长的同时也促进了消费水平的提升。福利共享方面,实施碳交易试点政策对教育、医疗等方面产生促进作用(Smith and Swierzbinski, 2007),且相比政府补贴政策,碳交易试点政策将产生更多的社会福利(魏琦等, 2021)。现阶段,我国强调公平公正,尤为注重居民收入和经济发展的同步增长。若城乡居民的收入和消费差距均不断缩小,乡村生产环境和消费市场建设不断完善,教育和医疗水平不断提升,城市技术和人才不断向乡村转移,城乡经济发展质量逐渐趋同,则可通过共享效应实现中国区域经济绿色增长。据此,本文提出如下假设:

碳交易试点政策通过提升人均可支配收入、人均消费性支出、生均教育经费支出以及人均医疗卫生财政支出,发挥共享效应进而实现中国区域经济绿色增长(H2e)。

综上所述,碳交易试点政策通过推动绿色技术创新、调整产业结构、优化能源结构、吸引外商投资以及促进共享发展等方式,实现中国区域经济绿色增长,作用机制如图 1 所示。

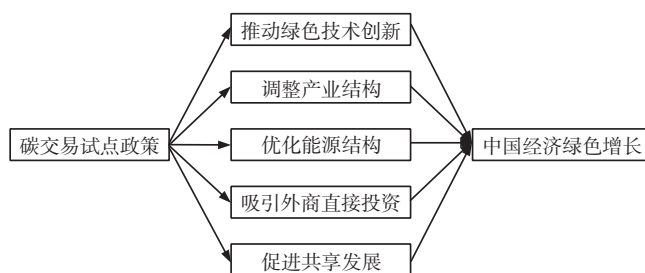


图 1 碳交易试点政策对中国区域经济绿色增长的影响

四、样本数据与模型构建

(一) 样本数据来源

本文选取 2005—2018 年 30 个省份为研究对象(因数据缺失,未包含西藏地区及港澳台地区),数据源自《中国统计年鉴》《中国能源统计年鉴》《中国环境统计年鉴》及各省市统计年鉴。

(二) 变量定义

1. 被解释变量

被解释变量为经济绿色增长水平(HID),选取绿色全要素生产率进行衡量(徐军委等, 2022)。运用非期望产出 SBM(undesirable slacks-based measurement)模型和 Global-Malmquist-Luenberger 指数,借助 MaxDEA 软件测度考察期内中国各省份绿色全要素生产率,计算过程涉及(劳动力、资本以及能源)投入、期望产出和非期望产出三类指标。这里,劳动力投入使用年末就业人员数来表示,资本投入以 2000 年为基期,使用永续盘存法计算的资本存量表示,能源投入采用能源消耗量来衡量。期望产出选取平减后的地区生产总值表示,非期望产出使用工业废水中化学需氧量和工业二氧化硫排放量进行衡量。

2. 解释变量

解释变量为碳交易试点虚拟变量,根据 2011 年发布的《关于开展碳交易试点工作的通知》,将 2011 年作为政策实施为时间节点,并选取北京、天津等 7 个试点地区作为实验组,剩余地区作为对照组,构建反映碳交易试点政策实施效果的解释变量 $Period \times Treated$ 。

3. 控制变量

包括以下 6 种:①经济发展水平(ECO),选取平减后的地区人均 GDP 来表示;②对外开放程度($OPEN$),利用进出口额占 GDP 的比重来衡量;③环境规制强度(ENV),用工业污染治理投资完成额占工业增加值的比重来表示;④城镇化水平(URB),选取城镇人口占总人口的比重进行衡量;⑤基础设施建设水平(INF),用地区人均道路铺装面积来表示;⑥工业化程度(IND),采用工业增加值占 GDP 的比重进行衡量。

(三) 模型设定

本文将碳交易试点政策作为一项“准自然实验”,采用双重差分模型评估碳交易试点政策的政策效果,即检验碳交易试点政策对中国区域经济绿色增长的影响,并进一步探讨我国三大地区碳交易试点政策实施效果的异质性。本文选取样本涵盖了 2005—2018 年 30 个省份(因数据缺失,未包含西藏地区及港澳台地区),其中包括 7 个碳交易试点省份和 23 个非碳交易试点省份,模型设定如下:

$$HID_{it} = \alpha_0 + \alpha_1 Period_t \times Treated_i + \omega Control_{it} + \lambda_t + \mu_i + \varepsilon_{it} \quad (1)$$

其中: HID_{it} 为省份 i 在第 t 年经济绿色增长水平; α_0 为常数项; $Period_t$ 为政策实施时期虚拟变量,碳交易试点

政策实施后的年份取值为1,否则为0; $Treated_i$ 为试点地区虚拟变量,若属于试点地区,则取值为1,否则为0; α_1 为碳交易试点政策对中国区域经济绿色增长的影响——即政策效应; $Control_{it}$ 为控制变量; ω 为控制变量的系数; λ_t 和 μ_c 分别为时间固定效应和地区固定效应; ε_{it} 为误差项。

五、实证分析

(一)碳交易试点政策对中国区域经济绿色增长的主效应分析

采用双重差分模型检验碳交易试点政策对中国区域经济绿色增长的影响,回归结果见表1。其中,(1)列为不考虑控制变量的回归结果,(2)列则是考虑了控制变量的回归结果,发现无论是否加入控制变量, $Period \times Treated$ 的系数均显著为正(0.096***和0.065**),表明碳交易试点政策有效促进了中国区域经济绿色增长,假设H1得到验证。

(二)稳健性检验

1. 平行趋势和动态效应检验

双重差分估计量的一致性需要满足平行趋势假设,若满足平行趋势假设,碳交易试点政策对中国区域经济绿色增长的影响只会发生在试点之后,而在试点之前,处理组和对照组的经济绿色增长变动趋势较小。此外,为检验碳交易试点政策是否随时间变化而产生动态效应,构建如下计量模型:

$$HID_{it} = \beta_0 + \beta_1 Period \times Treated_{i,t-4} + \beta_2 Period \times Treated_{i,t-3} + \dots + \beta_9 Period \times Treated_{i,t+4} + \beta_{10} Period \times Treated_{i,t+5} + \omega Control_{it} + \lambda_t + \mu_c + \varepsilon_{it} \quad (2)$$

其中: β_0 为常数项; $Period \times Treated_{i,t \pm n}$ 为实施碳交易前后 n 年的虚拟变量,本文以2011年碳交易实施时间为界限,分别检验政策实施前4年和政策实施后5年的变化趋势,若 $Period \times Treated_{i,t-n}$ 回归系数不显著,表明存在平行趋势;若 $Period \times Treated_{i,t+n}$ 的系数显著,说明碳交易试点政策具有累积动态效应; $\beta_1 \sim \beta_{10}$ 为碳交易试点政策实施前4年到政策实施后5年的政策效果。

由图2可知,在实施碳交易试点政策之前,试点省份和非试点省份不存在显著差异,这表示符合平行趋势假设。另外,研究发现,2011年 $Period \times Treated$ 系数并不显著(由于2011年 $Period \times Treated$ 的置信区间包含0),但2012—2016年 $Period \times Treated$ 系数均显著为正,表明碳交易试点政策效应具有一定的滞后性,2012—2016年的政策效应依然存在,其对中国区域经济绿色增长存在持续的正向影响,即:碳交易试点政策对中国区域经济绿色增长存在正向累积动态效应。此外,本文发现在2011年之前交互项系数的置信区间包含0值,而在2011年之后不包含0值,并且置信区间向右上方偏移,进一步验证碳交易试点政策具有累积动态效应。

2. 安慰剂检验

本文使用安慰剂检验中国区域经济绿色增长差异在于是否实施碳交易试点政策,假定碳交易试点政策的实施年份分别为2007年、2008年、2009年和2010年,由表2可知 $Period \times Treated$ 的回归系数均不显著,故假设H1的结论是稳健的。

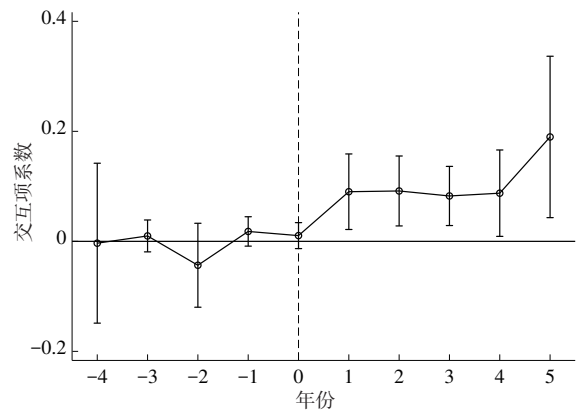
3. 倾向得分匹配检验

由于碳交易试点地区的选取具有随机性,本文借鉴Zhang和Wang(2021)的做法,分别使用近邻匹配和卡尺匹配检验方法,并对时间和地区效应进行固定,回归结果见表3。表3中(1)~(4)列的 $Period \times Treated$ 系

表1 碳交易试点政策对中国区域经济绿色增长的影响

变量	被解释变量:经济绿色增长(HID)	
	(1)	(2)
$Period \times Treated$	0.096*** (0.027)	0.065** (0.029)
ECO		0.403 (0.330)
$OPEN$		-0.048 (0.108)
ENV		-1.096 (2.600)
URB		-0.388 (0.382)
INF		-0.014** (0.006)
IND		0.237 (0.216)
$Constant$	1.162*** (0.067)	-0.329 (1.472)
时间/地区固定效应	Yes	Yes
观测值	420	420
R^2	0.350	0.396

注:*,**,***分别表示10%、5%、1%的检验水平下显著;括号中数值为标准误差。



0表示政策开始实施的年份,即2011年;-4~-1表示政策实施前的年份,即2007—2010年,1~5表示政策实施后的年份,即2012—2016年

图2 碳交易政策对中国区域经济绿色增长影响的动态效应分析结果

数均显著为正,表明 propensity score matching-differences in differences (PSM-DID) 检验结果与前文一致,假设 H1 依然成立。

表 2 安慰剂检验

变量	HID			
	(1)	(2)	(3)	(4)
	2007 年	2008 年	2009 年	2010 年
<i>Period×Treated</i>	0.004(0.111)	-0.046(0.076)	-0.059(0.061)	-0.031(0.040)
<i>Constant</i>	-6.537(4.790)	-6.648(4.844)	-6.767(4.902)	-6.499(4.814)
<i>Control</i>	Yes	Yes	Yes	Yes
时间/地区固定效应	Yes	Yes	Yes	Yes
观测值	420	420	420	420
<i>R</i> ²	0.231	0.234	0.237	0.232

注: *、**、*** 分别表示 10%、5%、1% 的检验水平下显著; 括号中数值为标准误差。

表 3 倾向得分匹配检验 (PSM-DID)

变量	HID			
	近邻匹配	近邻匹配	卡尺匹配	卡尺匹配
	(1)	(2)	(3)	(4)
<i>Period×Treated</i>	0.087*** (0.029)	0.068*** (0.016)	0.041** (0.021)	0.061* (0.033)
<i>Constant</i>	1.003*** (0.010)	1.195*** (0.386)	1.106*** (0.091)	1.310** (0.609)
<i>Control</i>	No	Yes	No	Yes
时间/地区固定效应	Yes	Yes	Yes	Yes
观测值	106	106	106	106
<i>R</i> ²	0.284	0.421	0.248	0.507

注: *、**、*** 分别表示 10%、5%、1% 的检验水平下显著; 括号中数值为标准误差。

4. 替换碳交易试点政策的衡量指标

由于碳交易价格是碳交易试点政策的一种体现, 本文选取 2014—2018 年的北京、天津、上海、湖北、广东、重庆 6 个碳交易试点的碳排放日成交均价对碳交易试点政策进行测度, 回归结果见表 4 的 (1) 列、(2) 列, 结果表明碳交易试点政策可以通过提高碳交易价格的方式, 对中国区域经济绿色增长产生了积极影响, 表明假设 H1 的结果是稳健的。

(三) 区域异质性分析

中国三大区域经济、技术和人力资本差异明显, 试点地区的政策效果可能有所差别, 本文将分别从东部、中部、西部地区三个子样本进行实证检验, 回归结果见表 5。(1) 列中 *Period×Treated* 回归系数在 5% 的水平上显著为正 (0.090**), (2) 列、(3) 列 *Period×Treated* 回归系数 (0.021、-0.016) 不显著, 表明东部地区碳交易试点政策对中国区域经济绿色增长具有显著的积极影响, 而中部地区试点政策的促进效应并不明显, 西部地区则表现为抑制效应, 但不显著。可能原因在于东部地区拥有技术、人才以及资金等明显优势, 且制度环境较为健全。另外, 表 5 的 (1) 列中 *IND* 的回归系数在 1% 的水平上显著为正 (0.335*), 这表明相比中西部地区, 东部地区工业化程度高, 技术优势明显, 且使用市场激励性环境规制工具能够充分发挥其政策效果, 因此碳交易试点政策在该地区表现为明显的促进作用。虽然开展碳交易试点政策有利于中国经济绿色发展, 但中部地区环境规制程度较低, 存在大量高污染、高排放的低端企业, 在该地区优化生态环境是一个长期的过程, 短期内无法实现碳排放总量和强度的双

表 4 替换解释变量

变量	HID	
	(1)	(2)
<i>Period×Treated</i>	0.008** (0.002)	0.007** (0.002)
<i>Constant</i>	0.913*** (0.185)	3.845 (6.784)
<i>Control</i>	No	Yes
时间/地区固定效应	Yes	Yes
观测值	30	30
<i>R</i> ²	0.329	0.416

注: *、**、*** 分别表示 10%、5%、1% 的检验水平下显著; 括号中数值为标准误差。

表 5 区域异质性回归结果

变量	HID		
	(1) 东部	(2) 中部	(3) 西部
<i>Period×Treated</i>	0.090** (0.036)	0.021 (0.022)	-0.016 (0.028)
<i>ECO</i>	0.368 (0.317)	0.321 (0.344)	0.312 (0.348)
<i>OPEN</i>	-0.023 (0.103)	-0.099 (0.111)	-0.101 (0.110)
<i>ENV</i>	-2.161 (2.582)	-1.725 (2.731)	-1.916 (2.728)
<i>URB</i>	-0.442 (0.352)	-0.285 (0.493)	-2.609 (0.481)
<i>INF</i>	-0.013** (0.007)	-0.017*** (0.006)	-0.018*** (0.006)
<i>IND</i>	0.335* (0.202)	0.276 (0.202)	0.291 (0.213)
<i>Constant</i>	-0.181 (1.446)	0.037 (1.510)	0.093 (1.551)
时间/地区固定效应	Yes	Yes	Yes
观测值	420	420	420
<i>R</i> ²	0.399	0.388	0.388

注: *、**、*** 分别表示 10%、5%、1% 的检验水平下显著; 括号中数值为标准误差。

降,且缺乏绿色创新的人力和资金支持,因此碳交易试点政策在该地区尚未发挥显著的促进效应。西部地区在区位、经济以及技术等方面均处于劣势,环保政策和法律体系等方面仍有待完善,且该地区在引进先进技术和经验的同时,也带来污染、落后产业,这种低质量外商投资加重了西部地区环境污染程度,碳交易试点政策增加了企业生产成本,且地区技术和经济增长点并不明确,故试点政策在西部地区经济绿色发展中表现出不明显的抑制效应。

(四)碳交易试点政策对中国区域经济绿色增长的影响机制分析

根据碳交易试点政策设计和前文理论分析,碳交易试点政策主要通过推动绿色技术创新、调整产业结构、优化能源结构、吸引外商直接投资以及促进共享发展来实现中国区域经济绿色增长。为此,本文参考张华(2020)、曾婧婧和温永林(2021)的做法,设定如下计量模型:

$$M_{it} = \alpha_0 + \alpha_1 Period_t \times Treated_i + \omega Control_{it} + \lambda_i + \mu_c + \varepsilon_{it} \quad (3)$$

其中: M_{it} 为机制变量,即碳交易试点政策通过机制变量影响中国区域经济绿色增长;其余变量与模型(1)保持一致。关于机制变量的选取,基于前文的理论分析主要选取五类变量衡量 M_{it} ,分别为绿色技术创新(GTI)、产业结构(STR)、能源结构(ENE)、外商直接投资(FQ)以及共享发展(CD)。

碳交易试点政策对中国区域经济绿色增长的影响机制的回归结果见表6。首先,检验碳交易试点政策推动绿色技术创新以实现中国区域经济绿色增长的机制,碳交易试点政策影响中国经济绿色增长的机制之一在于试点政策强化了企业绿色技术创新意识。相比传统技术,绿色技术创新兼顾环境保护和经济增长,对实现中国区域经济绿色增长具有重要作用。为检验这一机制,本文主要从绿色创新投入和产出两个方面进行衡量。参考李青原和肖泽华(2020)研究,分别使用绿色发明专利申请数取对数($GTI1$)、绿色实用新型专利申请数取对数($GTI2$)作为绿色技术创新产出的衡量指标,其次,借鉴李婉红(2017)的研究,从绿色技术创新投入角度出发,将研发人员全时当量($GTI3$)作为绿色技术创新的代理变量。表6 Panel A中(1)~(3)列显示了碳交易试点政策对绿色技术创新的检验结果,发现碳交易试点政策对绿色发明专利申请数量、绿色实用新型专利申请数量、绿色技术创新投入的影响为正,并通过1%的显著性水平检验,假设H2a得以验证,表明碳交易试点政策通过提高绿色技术创新投入、促进绿色专利等技术产出,产生绿色创新累积和驱动效应,推动中国区域经济绿色增长。

其次,检验碳交易试点政策通过调整产业结构实现中国区域经济绿色增长的机制,碳交易试点政策影响中国区域经济绿色增长的机制之二在于试点政策促进产业结构转型升级。碳交易试点政策制约着高污染、高能耗的生产方式,该政策倒逼高碳行业向低碳行业转型。本文从产业结构升级角度,选取产业结构整体升级指数($STR1$)和产业结构高级化指数($STR2$)测度产业结构(刘翠花,2022),并检验碳交易试点政策的减排效应,回归结果见表6 Panel A中(4)列、(5)列,碳交易试点政策对产业结构整体升级和产业结构高级化的影响为正,且通过1%的显著性水平检验,假设H2b得以验证,这表明碳交易试点政策促进产业结构整体升级和结构高级化,有利于高碳行业向低碳行业转型,通过发挥结构红利效应而实现中国区域经济绿色增长。

再次,检验碳交易试点政策通过优化能源结构实现中国区域经济绿色增长。碳交易试点政策影响中国区域经济绿色增长的机制之三在于试点政策将降低不可再生能源的使用,大力推进对风能、太阳能等可再生能源的使用,优化了能源消费结构。现有学者认为煤炭在能源消费总量中占比较大,常采用这一指标进行衡量能源结构。当前在新发展理念指引下应重视使用清洁能源,因此本文分别使用煤炭消耗量占能源消耗总量的比重($ENE1$)、天然气消耗量占能源消耗总量的比重($ENE2$)对能源结构进行测度(徐维祥等,2020)。表6的Panel A中(6)列、(7)列展示了碳交易试点政策影响能源结构的检验结果,碳交易试点政策对煤炭消耗量占比的影响为负,而对天然气占比的影响为正,均通过5%的显著性水平检验,假设H2c得以验证。表明碳交易试点政策显著降低煤炭在能源消费总量中的占比,提高了天然气的占比,优化了能源消费结构,实现中国区域经济绿色增长。

然后,检验碳交易试点政策通过吸引外商直接投资实现中国区域经济绿色增长,碳交易试点政策影响中国区域经济绿色增长的机制之四在于试点政策将为外商直接投资创造良好条件,使外资企业发挥既有优势,这将吸引更多的外商进行投资。为检验这一机制,本文参考李子豪(2015)的研究,从外资流量和存量两个方面对外商直接投资进行衡量,即使用实际利用外资占GDP的比重($FQ1$)和外资企业投资总额占GDP的比重($FQ2$)对其进行测度。表6 Panel B中的(1)列、(2)列显示了碳交易试点政策影响外商直接投资的检验结果,碳交易试点政策对外商投资流量的影响在10%的水平下显著为正,而对外商投资存量并无显著性影响,表明碳交易试点政策主要通过外资流量促进了外商直接投资,这充分反映了碳交易试点政策对FDI的动态影

响,从而实现中国区域经济绿色增长,假设 H2d 得以验证。

最后,检验碳交易试点政策通过促进共享发展实现中国区域经济绿色增长,碳交易试点政策影响中国区域经济绿色增长的机制之五在于试点政策将有利于增加社会福利,促进共享发展。为检验这一机制,本文借鉴汪淑娟和谷慎(2021)的研究,基于产出共享和福利共享两大方面,分别使用人均可支配收入($CD1$)、人均消费性支出($CD2$)、生均教育经费支出($CD3$)以及人均医疗卫生财政支出($CD4$)验证碳交易试点的政策效果。由表 6 Panel B 的(3)~(6)列可知,碳交易试点政策对人均可支配收入、人均消费性支出以及人均医疗卫生财政支出的影响为正,而对生均教育经费支出并无显著影响,这说明碳交易试点政策通过影响人均可支配收入、人均消费性支出以及人均医疗卫生财政支出进而促进了共享效应的发挥,从而实现中国区域经济绿色增长,假设 H2e 得以验证。

综上所述,碳交易试点政策通过推动绿色技术创新、调整产业结构、优化能源结构、吸引外商直接投资以及促进共享发展等途径来推动中国经济绿色增长。

由表 6 的中介效应检验结果可知,绿色技术创新、产业结构、能源结构、外商直接投资以及共享发展在碳交易试点政策对中国区域经济绿色发展的影响中起到部分中介作用。结合温忠麟和叶宝娟(2014)中介效应的检验流程,可计算得到间接效应的效应量,中介效应检验结果见表 7。在间接作用上,中介效应最大的变量是共享发展(CD),其次为绿色技术创新(GTI)和产业结构(STR),能源结构(ENE)和外商直接投资(FQ)的传导效应相对较小。间接路径效应的差异提醒政府在发挥碳交易试点政策的作用时,应根据效应的差异对不同路径进行选择。若要最大化发挥碳交易试点政策的作用,需更多依靠共享发展,其次是推动绿色技术创新、调整产业结构、优化能源结构以及吸引外商直接投资等路径。

表 6 机制检验结果

Panel A: 绿色技术创新、产业结构以及能源结构机制检验结果							
变量	$GTI1$	$GTI2$	$GTI3$	$STR1$	$STR2$	$ENE1$	$ENE2$
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
$Period \times Treated$	0.819*** (0.196)	0.877*** (0.197)	0.903*** (0.199)	0.058*** (0.013)	0.111*** (0.040)	-0.160*** (0.039)	0.021** (0.009)
$Constant$	6.320*** (2.438)	4.383* (2.446)	5.483* (2.478)	1.615*** (0.155)	-3.213*** (0.494)	1.613*** (0.485)	-0.558*** (0.106)
$Control$	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
时间/地区固定	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
观测值	420	420	420	420	420	420	420
R^2	0.577	0.561	0.483	0.750	0.864	0.460	0.445
Panel B: 外商直接投资和共享发展机制检验结果							
变量	$FQ1$	$FQ2$	$CD1$	$CD2$	$CD3$	$CD4$	
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	
$Period \times Treated$	0.003* (0.003)	-0.230 (0.921)	4.840*** (1.061)	3.675*** (0.714)	1.098 (0.861)	0.019*** (0.004)	
$Constant$	0.056* (0.031)	4.383* (2.446)	-52.644*** (13.319)	-25.803*** (7.354)	-31.806*** (8.823)	-0.002 (0.061)	
$Control$	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	
时间/地区固定	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	
观测值	420	420	420	420	420	420	
R^2	0.412	0.341	0.747	0.765	0.305	0.693	

注: *、**、*** 分别表示 10%、5%、1% 的检验水平下显著;括号中数值为标准误差。

表 7 中介效应检验结果

自变量	机制变量		因变量	间接效应的效应量 (%)
碳交易试点政策	绿色技术创新	绿色发明专利申请数取对数($GTI1$)	经济绿色增长	18.38
		绿色实用新型专利申请数取对数($GTI2$)		19.65
		研发人员全时当量($GTI3$)		17.45
	产业结构	产业结构整体升级指数($STR1$)		13.92
		产业结构高级化指数($STR2$)		15.87
	能源结构	煤炭消耗量占能源消耗总量的比重($ENE1$)		3.41
		天然气消耗量占能源消耗总量的比重($ENE2$)		0.12
	外商直接投资	实际利用外资占 GDP 的比重($FQ1$)		1.14
	共享发展	人均可支配收入($CD1$)		28.76
		人均消费性支出($CD2$)		30.34
		人均医疗卫生财政支出($CD4$)		18.25

(五)进一步研究

前文从全国层面分析了碳交易试点政策影响经济绿色增长的机制,那么不同区域碳交易试点政策影响经济绿色增长的机制是否存在差异还有待探讨。据此,本文将样本分为东部、中部、西部进行实证检验。

首先,东部地区碳交易试点政策影响经济绿色增长的机制检验结果见表8和表9。由表8可知碳交易试点政策通过推动绿色技术创新、调整产业结构、优化能源结构以及促进共享发展实现东部地区的经济绿色增长。另外,表9为参照温忠麟和叶宝娟(2014)中介效应的检验流程,计算得到间接效应的效应量。在间接效应上,共享发展的中介效应最大,绿色技术创新和产业结构次之,最后为能源结构。因此,东部地区应首先从共享发展角度出发,以人均可支配收入、人均消费性支出、人均医疗卫生财政支出为着力点,充分发挥碳交易试点的政策效应。

表8 东部地区机制检验结果

Panel A: 绿色技术创新、产业结构以及能源结构机制检验结果							
变量	<i>GTI1</i> (1)	<i>GTI2</i> (2)	<i>GTI3</i> (3)	<i>STR1</i> (4)	<i>STR2</i> (5)	<i>ENE1</i> (6)	<i>ENE2</i> (7)
<i>Period</i> × <i>Treated</i>	1.013*** (0.241)	1.100*** (0.250)	14.939*** (4.395)	0.089*** (0.014)	0.217*** (0.066)	-0.114*** (0.037)	0.009 (0.007)
<i>Constant</i>	6.130*** (2.162)	5.618*** (1.944)	-82.147*** (21.910)	1.733*** (0.143)	-3.195*** (0.996)	1.668*** (0.392)	-0.588*** (0.085)
<i>Control</i>	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
时间/地区固定	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
观测值	420	420	420	420	420	420	420
<i>R</i> ²	0.582	0.578	0.478	0.766	0.866	0.447	0.455
Panel B: 外商直接投资和共享发展机制检验							
变量	<i>FQ1</i> (1)	<i>FQ2</i> (2)	<i>CD1</i> (3)	<i>CD2</i> (4)	<i>CD3</i> (5)	<i>CD4</i> (6)	
<i>Period</i> × <i>Treated</i>	-0.001 (0.005)	-0.231 (0.333)	8.740*** (1.660)	6.341*** (1.059)	3.961*** (1.127)	0.037*** (0.006)	
<i>Constant</i>	0.041 (0.026)	-2.113 (2.326)	-36.575*** (12.809)	-14.339** (7.185)	-23.223** (9.245)	-0.223*** (0.058)	
<i>Control</i>	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	
时间/地区固定	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	
观测值	420	420	420	420	420	420	
<i>R</i> ²	0.400	0.077	0.761	0.780	0.320	0.701	

注: *、**、***分别表示 10%、5%、1% 的检验水平下显著;括号中数值为标准误差。

表9 东部地区中介效应检验结果

自变量	机制变量		因变量	间接效应的效应量(%)
碳交易试点政策	绿色技术创新	绿色发明专利申请数取对数(<i>GTI1</i>)	经济绿色 增长	19.85
		绿色实用新型专利申请数取对数(<i>GTI2</i>)		2.06
		研发人员全时当量(<i>GTI3</i>)		22.70
	产业结构	产业结构整体升级指数(<i>STR1</i>)		16.68
		产业结构高级化指数(<i>STR2</i>)		23.88
	能源结构	煤炭消耗量占能源消耗总量的比重(<i>ENE1</i>)		2.94
	共享发展	人均可支配收入(<i>CD1</i>)		42.25
		人均消费性支出(<i>CD2</i>)		37.81
		生均教育经费支出(<i>CD3</i>)		2.91
		人均医疗卫生财政支出(<i>CD4</i>)		25.43

其次,表10和表11展示了中部地区碳交易试点政策影响经济绿色增长的机制检验结果。由表10可知碳交易试点政策通过推动绿色技术创新、优化能源结构等方式促进中部地区的经济绿色增长。另外,表11为参照温忠麟和叶宝娟(2014)的研究,计算得到间接效应的效应量。在间接效应上,中介效应最大为能源结构,其次为绿色技术创新,外商直接投资的传导效应相对较小。据此,中部地区若要充分发挥碳交易试点的政策作用,优先降低煤炭在能源消耗总量的比重等。

最后,西部地区碳交易试点政策影响经济绿色增长的机制检验结果见表12和表13。由表12可知碳交易试点政策通过调整产业结构、优化能源结构以及吸引外商直接投资等方式促进西部地区的经济绿色增长。另外,表13为参照温忠麟和叶宝娟(2014)的研究,计算得到间接效应的效应量。在间接效应上,产业结构的中介效应最大,能源结构和外商直接投资的中介效应相对较小。因此,西部地区需优先考虑产业结构整体升级、产业结构高级化等路径,有效发挥碳交易试点的政策效应。

表 10 中部地区机制检验结果

Panel A: 绿色技术创新、产业结构以及能源结构机制检验结果							
变量	<i>GTI1</i>	<i>GTI2</i>	<i>GTI3</i>	<i>STR1</i>	<i>STR2</i>	<i>ENE1</i>	<i>ENE2</i>
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
<i>Period</i> × <i>Treated</i>	0.789*** (0.151)	0.560*** (0.157)	3.276*** (0.854)	-0.008 (0.01)	0.005 (0.017)	-0.199*** (0.029)	-0.021*** (0.004)
<i>Constant</i>	3.547 (2.253)	2.833 (2.044)	-119.665 (19.330)	1.512*** (0.154)	-3.737*** (1.099)	1.965*** (0.371)	-0.608*** (0.086)
<i>Control</i>	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
时间/地区固定	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
观测值	420	420	420	420	420	420	420
<i>R</i> ²	0.571	0.563	0.423	0.750	0.861	0.449	0.457

Panel B: 外商直接投资和共享发展机制检验							
变量	<i>FQ1</i>	<i>FQ2</i>	<i>CD1</i>	<i>CD2</i>	<i>CD3</i>	<i>CD4</i>	
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	
<i>Period</i> × <i>Treated</i>	-0.002 (0.002)	-0.200** (0.096)	-1.075 (0.758)	-0.464 (0.630)	-4.377*** (0.469)	-0.004 (0.007)	
<i>Constant</i>	0.045* (0.026)	-1.522 (1.680)	-58.318*** (13.988)	-30.135*** (7.809)	-32.811*** (8.836)	-0.024 (0.065)	
<i>Control</i>	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	
时间/地区固定	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	
观测值	420	420	420	420	420	420	
<i>R</i> ²	0.400	0.076	0.732	0.744	0.313	0.683	

注: *、**、***分别表示 10%、5%、1% 的检验水平下显著;括号中数值为标准误差。

表 11 中部地区中介效应检验结果

自变量	机制变量		因变量	间接效应的效应量 (%)
碳交易试点政策	绿色技术创新	绿色发明专利申请数取对数(<i>GTI1</i>)	经济绿色 增长	16.24
		绿色实用新型专利申请数取对数(<i>GTI2</i>)		3.06
		研发人员全时当量(<i>GTI3</i>)		24.02
	能源结构	煤炭消耗量占能源消耗总量的比重(<i>ENE1</i>)		48.8
		天然气消耗量占能源消耗总量的比(<i>ENE2</i>)		9.47
	外商直接投资	外资企业投资总额占 GDP 的比重(<i>FQ2</i>)		4.71

表 12 西部地区机制检验结果

Panel A: 绿色技术创新、产业结构以及能源结构机制检验结果							
变量	<i>GTI1</i>	<i>GTI2</i>	<i>GTI3</i>	<i>STR1</i>	<i>STR2</i>	<i>ENE1</i>	<i>ENE2</i>
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
<i>Period</i> × <i>Treated</i>	0.058 (0.116)	0.161 (0.104)	-1.573 (1.050)	0.026*** (0.010)	-0.101*** (0.039)	-0.159*** (0.026)	0.083*** (0.005)
<i>Constant</i>	3.529 (2.308)	2.675 (2.091)	-117.489*** (19.900)	1.479*** (0.159)	-3.611*** (1.104)	2.149*** (0.000)	-0.713*** (0.082)
<i>Control</i>	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
时间/地区固定	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
观测值	420	420	420	420	420	420	420
<i>R</i> ²	0.567	0.561	0.422	0.750	0.861	0.380	0.487

Panel B: 外商直接投资和共享发展机制检验							
变量	<i>FQ1</i>	<i>FQ2</i>	<i>CD1</i>	<i>CD2</i>	<i>CD3</i>	<i>CD4</i>	
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	
<i>Period</i> × <i>Treated</i>	0.0155*** (0.004)	-2.48** (0.095)	-0.158 (0.555)	0.163 (0.346)	-0.063 (0.563)	0.002 (0.004)	
<i>Constant</i>	0.025 (0.026)	-1.230 (1.640)	-58.195*** (14.156)	-30.370*** (7.940)	-33.032*** (9.078)	-0.252 (0.067)	
<i>Control</i>	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	
时间/地区固定	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	
观测值	420	420	420	420	420	420	
<i>R</i> ²	0.413	0.076	0.732	0.745	0.303	0.683	

注: *、**、***分别表示 10%、5%、1% 的检验水平下显著;括号中数值为标准误差。

表 13 西部地区中介效应检验结果

自变量	机制变量		因变量	间接效应的效应量 (%)
碳交易试点政策	产业结构	产业结构整体升级指数(<i>STR1</i>)	经济绿色 增长	14.54
		产业结构高级化指数(<i>STR2</i>)		6.71
	能源结构	煤炭消耗量占能源消耗总量的比重(<i>ENE1</i>)		7.94
		天然气消耗量占能源消耗总量的比(<i>ENE2</i>)		9.03
	外商直接投资	实际利用外资占 GDP 的比重(<i>FQ1</i>)		8.62
		外资企业投资总额占 GDP 的比重(<i>FQ2</i>)		2.05

六、结论与政策启示

(一)研究结论

本文基于“波特假说”理论和新发展理念,利用2005—2018年中国内地30个省份面板数据(港澳台和西藏地区因数据不全故不包含在内),将2011年开始实施的碳交易试点政策作为一项准自然实验,采用双重差分模型考察碳交易试点政策对中国区域经济绿色增长的影响机制。结果表明:①碳交易试点政策显著促进了中国区域经济绿色增长,且存在持续正向累积动态效应,经过安慰剂检验和PSM-DID检验,发现结论依然成立。②碳交易试点政策对中国区域经济绿色增长的影响存在区域异质性,东部地区碳交易试点政策对经济绿色增长具有明显促进作用,而中部地区试点政策的促进效应并不显著,西部地区则表现为不明显的抑制效应。③机制检验表明,碳交易试点政策影响中国区域经济绿色增长的主要传导机制在于通过提高绿色技术创新投入和专利等技术产出以形成创新驱动效应,通过产业结构整体升级、产业结构高级化以发挥产业结构红利效应,通过降低煤炭比重、提高天然气比重以优化能源消费结构,通过提高外商投资流量和存量以发挥投资效应,通过提升人均可支配收入、人均消费性支出以及人均医疗卫生财政支出以发挥共享效应,进而实现中国区域经济绿色增长。在间接效应中,共享发展的中介效应最大,其次为绿色技术创新和产业结构,而能源结构和外商直接投资的中介效应较小。④进一步分区域进行机制检验表明,东部地区碳交易试点政策通过推动绿色技术创新、调整产业结构、优化能源结构以及促进共享发展实现经济绿色增长,且共享发展的中介效应最大,绿色技术创新和产业结构次之,最后为能源结构;中部地区碳交易试点政策通过推动绿色技术创新、优化能源结构以及吸引外商直接投资等方式实现经济绿色增长,且中介效应最大为能源结构,其次为绿色技术创新,外商直接投资的传导效应相对较小;西部地区碳交易试点政策通过调整产业结构、优化能源结构以及吸引外商直接投资等方式实现经济绿色增长,且产业结构的中介效应最大,能源结构和外商直接投资的中介效应相对较小。

(二)政策启示

第一,本文实证结果表明碳交易试点政策显著促进了中国区域经济绿色增长。现阶段,碳交易市场仍存在碳价格低、交易不够规范以及配额分配比例不合理等问题,在此背景下,迫切需要建立健全碳交易相关立法、信息强制披露制度、加大对碳交易市场的监管力度,引导企业开展节能减排活动,完善碳交易政策体系,加快建设全国统一的碳交易市场,充分发挥碳交易试点政策在实现经济绿色增长中的重要作用。具体地,在发电行业基础上,逐步纳入其他行业,扩大碳交易市场的行业覆盖范围,并考虑煤炭、电力等行业碳排放和经济发展异质性,通过地区与行业试点相结合等方式,完善各地区不同行业的碳交易市场建设。增强碳交易试点政策的收益激励作用,地方政府应支持更多符合条件的省份建设碳交易市场,鼓励企业参与到碳交易体系中来,促进地区低碳转型与经济绿色发展。此外,碳交易试点政策具有正向累积效应,因而需循序渐进地开展碳交易试点工作。参照国际标准并结合地区实际情况,在碳税和碳交易等碳定价环节进行优化改进,根据各地区碳排放总量和“双碳”目标要求,动态调整碳排放免费配额、有偿配额及其比例。采用大数据技术分析碳交易过程,提高碳交易市场的服务质量,促进各地区碳交易市场的对接与合作,构建和完善全国统一的碳交易市场,发挥碳交易的减排效应和经济效应,实现中国经济绿色增长。

第二,异质性结果表明,碳交易试点在东部地区促进效应显著,中部地区不显著,西部地区则呈现不明显的抑制效应。碳交易试点地区在经济发展水平、技术创新能力以及产业结构等方面存在显著差异,需因地制宜地开展碳交易市场建设,促进地区产业低碳转型与创新发展,从而有效发挥碳交易试点的政策效应。东部地区需继续推进碳交易试点工作,重视共享发展的作用,完善环境税、绿色创新补贴以及碳交易等制度,同时充分发挥该地区示范带动作用;中部地区需充分利用碳交易试点政策的积极效应,严控化石能源的消耗,优化能源结构,实现能源绿色低碳转型。另外,加大绿色技术研发投入与管理力度,促进绿色科技成果的转化应用,实现地区产业升级和绿色发展;西部地区需向东部地区学习先进的低碳技术和管理经验,积极采取招商引资和高端人才引进等措施,同时充分利用自身资源提高生产效率和产品质量而非追求规模效应,逐步淘汰落后产能实现产业结构转型升级,促进工业经济向低碳创新发展方式转变。

第三,机制检验表明,在全国层面碳交易试点政策效果来自于推动绿色技术创新、调整产业结构、优化能源结构、吸引外商直接投资以及促进共享发展。在间接效应中,共享发展的中介效应最大,其次为绿色技术创新和产业结构,而能源结构和外商直接投资的中介效应较小。需采取共享发展方式,最大化发挥碳交易对

经济绿色增长的促进效应,同时推动绿色技术创新、调整产业结构、优化能源结构以及吸引外商直接投资,构建多重路径促进经济绿色增长。分区域机制检验发现,东部地区共享发展的中介效应最大,中部地区则为能源结构,西部地区产业结构中介作用显著。因此东部地区应重视优化碳交易收入再分配体系,缩小城乡收入和消费之间的差距,完善乡村生产环境和消费市场建设,提升教育和医疗水平,促进乡村振兴和城乡协同发展、通过共享效应推动我国经济绿色低碳发展;中部地区利用政府引导和市场机制等手段,严控煤炭和石油等高碳能源消耗,鼓励企业加大对风能和太阳能等可再生低碳能源的使用,持续改善能源消费结构;西部地区通过完善碳交易市场、提高碳排放标准等措施,逐步淘汰高污染、高排放行业,促进人工智能、量子通信、新能源等战略性新兴产业做大做强,推动科技金融、碳金融等现代服务业与制造业融合发展,实现产业结构升级,推动区域经济绿色发展。

参考文献

- [1] 陈道平,廖海凤,谭洪,2022.中国碳交易政策的减排效应及其机制研究[J].技术经济,41(7):106-119.
- [2] 冯梅,李文华,2019.新中国70年一次能源消费结构变迁与经济高质量发展[J].经济问题,(7):9-15.
- [3] 傅晗彧,刘敬,谢小平,2022.创新类型、政府支持与经济增长效率提高[J].南方经济,(8):92-112.
- [4] 公维凤,王丽萍,王传会,等,2022.我国碳排放权市场交易价格波动特征研究——对5个碳交易试点的实证分析[J].中国软科学,(4):149-160.
- [5] 胡江峰,黄庆华,潘欣欣,2020.碳排放交易制度与企业创新质量:抑制还是促进[J].中国人口·资源与环境,30(2):49-59.
- [6] 黄向岚,张训常,刘晔,2018.我国碳交易政策实现环境红利了吗?[J].经济评论,(6):86-99.
- [7] 蓝虹,陈雅函,2022.碳交易市场发展及其制度体系的构建[J].改革,(1):57-67.
- [8] 李青原,肖泽华,2020.异质性环境规制工具与企业绿色创新激励——来自上市企业绿色专利的证据[J].经济研究,55(9):192-208.
- [9] 李婉红,2017.中国省域工业绿色技术创新产出的时空演化及影响因素:基于30个省域数据的实证研究[J].管理工程学报,31(2):9-19.
- [10] 李治国,王杰,2021.中国碳排放权交易的空间减排效应:准自然实验与政策溢出[J].中国人口·资源与环境,31(1):26-36.
- [11] 李子豪,2015.外商直接投资对中国碳排放的门槛效应研究[J].资源科学,37(1):163-174.
- [12] 令狐大智,武新丽,叶飞,2021.考虑双重异质性的碳配额分配及交易机制研究[J].中国管理科学,29(3):176-187.
- [13] 刘翠花,2022.数字经济对产业结构升级和创业增长的影响[J].中国人口科学,(2):112-125,128.
- [14] 逯进,李婷婷,2021.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,(4):86-97,128.
- [15] 缪文清,沈炳良,2020.碳交易及补贴机制下供应链差别定价研究[J].技术经济,39(9):51-60.
- [16] 彭武元,陈思宇,2020.中国碳排放试点市场碳交易价格分析及预测[J].技术经济,39(3):102-110.
- [17] 任晓松,马茜,刘宇佳,等,2020.碳交易政策对高污染工业企业经济绩效的影响——基于多重中介效应模型的实证分析[J].资源科学,42(9):1750-1763.
- [18] 谭晨,2019.新发展理念的经济法释义:关联、定位及内涵[J].西安交通大学学报(社会科学版),39(6):105-113.
- [19] 谭静,张建华,2018.碳交易机制倒逼产业结构升级了吗?——基于合成控制法的分析[J].经济与管理研究,39(12):104-119.
- [20] 唐未兵,傅元海,王展祥,2014.技术创新、技术引进与经济增长方式转变[J].经济研究,49(7):31-43.
- [21] 汪淑娟,谷慎,2021.科技金融对中国经济高质量发展的影响研究——理论分析与实证检验[J].经济学家,(2):81-91.
- [22] 魏琦,潘雨,李林静,2021.碳配额与补贴政策下企业减排和社会福利的比较研究[J].南方金融,(2):25-37.
- [23] 温忠麟,叶宝娟,2014.中介效应分析:方法和模型发展[J].心理科学进展,22(5):731-745.
- [24] 吴虹仪,殷德生,2021.专利流动与中国工业企业全要素生产率[J].经济管理,43(4):21-38.
- [25] 徐军委,刘志华,王建雄,2022.碳交易试点是否提升了区域绿色全要素生产率?[J].技术经济,41(8):23-33.
- [26] 徐维祥,徐志雄,刘程军,2020.能源结构、生态环境与经济发展——门槛效应与异质性分析[J].统计与信息论坛,35(10):81-89.
- [27] 余萍,刘纪显,2020.碳交易市场规模的绿色和经济增长效应研究[J].中国软科学,(4):46-55.
- [28] 曾婧婧,温永林,2021.政府创业政策对城市创业的影响及其作用机制——基于国家创业型城市的准自然实验[J].经济管理,43(4):55-70.
- [29] 张峰,宋晓娜,2019.环境规制、资源禀赋与制造业绿色增长的脱钩状态及均衡关系[J].科学学与科学技术管理,40(4):32-47.

- [30] 张华, 2020. 低碳城市试点政策能够降低碳排放吗? ——来自准自然实验的证据[J]. 经济管理, 42(6): 25-41.
- [31] 张修凡, 范德成, 2021. 碳排放权交易市场对碳减排效率的影响研究——基于双重中介效应的实证分析[J]. 科学与科学技术管理, 42(11): 20-38.
- [32] 赵楠, 盛昭瀚, 严浩, 2021. 基于区块链的排污权交易创新机制研究[J]. 中国人口·资源与环境, 31(5): 131-140.
- [33] CHENG J, YI J, DAI S, et al, 2019. Can low-carbon city construction facilitate green growth? Evidence from China's pilot low-carbon city initiative[J]. Journal of Cleaner Production, 231: 1158-1170.
- [34] CLARKSON P M, LI Y, PINNUCK M, et al, 2015. The valuation relevance of greenhouse gas emissions under the European Union carbon emissions trading scheme[J]. European Accounting Review, 24(3): 551-580.
- [35] HUANG H, ROLAND-HOLST D, SPRINGER C, et al, 2019. Emissions trading systems and social equity: A CGE assessment for China[J]. Applied Energy, 235: 1254-1265.
- [36] LANDIS F, FREDRIKSSON G, RAUSCH S, 2021. Between-and within-country distributional impacts from harmonizing carbon prices in the EU[J]. Energy Economics, 103: 105585.
- [37] LI C, QI Y, LIU S, et al, 2022. Do carbon ETS pilots improve cities' green total factor productivity? Evidence from a quasi-natural experiment in China[J]. Energy Economics, 108: 105931.
- [38] LIM S, PRAKASH A, 2014. Voluntary regulations and innovation: The case of ISO 14001 [J]. Public Administration Review, 74(2): 233-244.
- [39] MA Y, LIN T, XIAO Q, 2022. The relationship between environmental regulation, green-technology innovation and green total-factor productivity-evidence from 279 cities in China[J]. International Journal of Environmental Research and Public Health, 19(23): 16290.
- [40] OESTREICH A M, TSIKAKAS I, 2015. Carbon emissions and stock returns: Evidence from the EU emissions trading scheme [J]. Journal of Banking & Finance, 58: 294-308.
- [41] PORTER M E, LINDE C, 1995. Toward a new conception of the environment-competitiveness relationship [J]. Journal of Economic Perspectives, 9(4): 97-118.
- [42] SHAO W, YU X, CHEN Z, 2022. Does the carbon emission trading policy promote foreign direct investment? A quasi-experiment from China[J]. Frontiers in Environmental Science, 9: 798436.
- [43] SMITH S, SWIERZBINSKI J, 2007. Assessing the performance of the UK emissions trading scheme[J]. Environmental and Resource Economics, 37(1): 131-158.
- [44] WANG X, WANG Z, WANG R, 2023. Does green economy contribute towards COP26 ambitions? Exploring the influence of natural resource endowment and technological innovation on the growth efficiency of China's regional green economy[J]. Resources Policy, 80: 103189.
- [45] XU W, 2021. The impact and influencing path of the pilot carbon emission trading market—Evidence from China [J]. Frontiers in Environmental Science, 9: 536.
- [46] XUAN D, MA X, SHANG Y, 2020. Can China's policy of carbon emission trading promote carbon emission reduction?[J]. Journal of Cleaner Production, 270: 122383.
- [47] YANG X, JIANG P, PAN Y, 2020. Does China's carbon emission trading policy have an employment double dividend and a Porter effect?[J]. Energy Policy, 142: 111492.
- [48] YU F, XIAO D, CHANG M S, 2021. The impact of carbon emission trading schemes on urban-rural income inequality in China: A multi-period difference-in-differences method[J]. Energy Policy, 159: 112652.
- [49] ZENG J, BAO R, MCFARLAND M, 2022. Clean energy substitution: The effect of transitioning from coal to gas on air pollution[J]. Energy Economics, 107: 105816.
- [50] ZHANG Y J, WANG W, 2021. How does China's carbon emissions trading(CET)policy affect the investment of CET-covered enterprises?[J]. Energy Economics, 98: 105224.

Research on the Impact Mechanism of Carbon Trading Pilot Policy on China's Regional Economic Green Growth

Qian Li, Wei Yuanyuan, Xiao Renqiao, Ma Bofan

(School of Business Administration, Anhui University of Finance and Economics, Bengbu 233030, Anhui, China)

Abstract: The carbon emissions trading is not only an inevitable choice to achieve the “dual carbon” goal, but also an important way to promote China's regional economic green growth. Based on the theory of Porter hypothesis and new development concept, the impact mechanism of carbon trading pilot policies on China's regional economic green growth was explored. The pilot policies were treated as a quasi-natural experiment. Based on the panel data of 30 provinces in China from 2005 to 2018 (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.), the double-difference model was used to empirically examine. The results show that the carbon trading pilot policy has significantly promoted China's regional economic green growth. There is a positive cumulative dynamic effect. After placebo test and PSM-DID test, the conclusion is still robust. Further research shows that there is regional heterogeneity in the impact of carbon trading pilot policies on China's regional economic green growth. The promotion effect of policies in the eastern region is significant, while that in the central region is not obvious, and the western region shows an insignificant inhibitory effect. Mechanism research shows that carbon trading pilot policies achieve China's regional economic green growth through promoting green technology innovation, adjusting industrial structure, optimizing energy structure, absorbing foreign direct investment and promoting shared development. Among them, the intermediary effect of shared development is the largest, followed by green technology innovation and industrial structure. While the intermediary effect of energy structure and foreign direct investment are small. Sub-regional mechanism test found that the intermediary effect of shared development in the eastern region is the largest, followed by green technology innovation and industrial structure, the intermediary effect of energy structure is the smallest. The largest intermediary effect in the central region is energy structure, followed by green technology innovation, and the transmission effect of foreign direct investment is relatively small. The intermediary effect of industrial structure in the western region is the largest, while the intermediary effect of energy structure and foreign direct investment is relatively small.

Keywords: carbon trading pilot policy; economic green growth; Porter hypothesis; new development concept; double difference model