

doi:10.13582/j.cnki.1672-7835.2024.01.018

# 研发强度目标导向对绿色发展的影响研究

——基于合成控制法的实证研究

胡俊峰<sup>1,2</sup>, 季爱佳<sup>1</sup>

(1.南通大学商学院(管理学院),江苏南通 226001;2.江苏长江经济带研究院,江苏南通 226001)

**摘要:**政府工作报告中的研发强度指标所形成的目标导向效应,对推动区域绿色发展意义重大。以首次设立“研发强度目标”为准自然实验,采用反事实视角下的合成控制法研究研发强度目标导向对区域绿色发展水平的影响。研究发现:研发强度目标导向整体上实现了碳排放强度降低以及工业废气排放量与能源消耗量下降,并显著提高了区域绿色发展水平。异质性分析发现研发强度目标导向对东部、中部及西部地区产生的政策效应存在差异。

**关键词:**研发强度;目标导向;绿色发展;合成控制法

**中图分类号:**F790.3130

**文献标志码:**A

**文章编号:**1672-7835(2024)01-0149-10

长期以来,全球以过度排放污染物与二氧化碳为代价实现经济发展,但随着绿色发展理念深入人心,世界各国开始重视节能减排,协同推进绿色发展。作为负责任的大国,中国对全球碳减排行动作出积极响应。2020年9月22日,习近平总书记在第75届联合国大会上宣布中国的“双碳”目标,即2030年之前努力实现碳达峰,2060年之前实现碳中和。三年来,我国积极稳妥推进“双碳”工作,为全球绿色发展作出重大贡献。习近平在二十大报告中也再次强调“推动绿色发展,促进人与自然和谐共生”。

推进创新驱动战略,大力发展绿色科技,有效缓解环境压力,是实现绿色发展的重要途径。但绿色技术创新存在研发难度大、投资风险高、驱动力缺乏等问题<sup>①</sup>,这在很大程度上阻碍了绿色发展目标的实现。在政府层面,总体引领、综合规划、系统推进是实施绿色技术、突破绿色发展瓶颈的重要一环。政府工作报告全面反映政府政策与工作重点,是政府行政活动的总体指南。2004年,上海市率先在《2004年上海市政府工作报告》的经济与社会发展总目标中增添了研发强度的分

目标,并提出政府将加大全社会研发的资金支持力度,以促进全市绿色发展目标的实现。此后,其他部分省份(直辖市、自治区)也根据各自实际情况,在其政府工作报告中相继提出促进绿色发展的研发强度目标。为此,本文主要关注研发强度目标约束下我国的绿色发展问题,在综合考虑部分地区产业结构和能源消耗等因素的基础上,探讨研发强度目标是否能够有效促进我国的绿色发展,这对于政府因地制宜、精准施策,推进“双碳”目标的实现具有积极意义。

## 一 文献综述

推动绿色发展是我国实现经济社会高质量发展的前提,其旨在打造更加友好的社会经济发展模式,为人民群众创造更加健康的生活方式,实现人与自然和谐共生。国内外关于绿色发展的研究主要围绕三个方面展开。

一是关于绿色发展的概念特征、评价及范围的研究。Xushi Wei 等认为绿色发展是全球重点关注的核心问题,是实现可持续发展的基础,与社会、

收稿日期:2023-09-11

基金项目:国家社会科学基金一般项目(20BGL303);江苏省社会科学基金项目(22EYB012)

作者简介:胡俊峰(1969—),男,江苏南通人,教授,主要从事区域经济与创新管理研究。

①张虹,胡金:《生态文明建设促进绿色技术创新了吗——来自合成控制法的实证评估》,《科技进步与对策》2023年第8期。

经济及环境有着重大联系<sup>①</sup>。绿色发展水平主要通过污染物排放强度<sup>②</sup>、绿色发展指数<sup>③</sup>、绿色全要素生产率<sup>④</sup>和绿色经济效率<sup>⑤</sup>等来评价。目前对绿色发展的研究已融入国民经济的各个行业,张兵兵等从对外贸易行业的角度出发,考察了进口绿色技术复杂度对碳排放的影响<sup>⑥</sup>。张玲等分析人力资本和科技创新对我国流通业绿色发展的影响,以期为推动我国流通业绿色发展转型提供参考和借鉴<sup>⑦</sup>。刘家彤、郑书宏等则从农业绿色发展的视角进行研究<sup>⑧⑨</sup>。但目前对绿色发展理论与内在机理的研究相对来说还不够充分。

二是关于绿色发展的影响因素研究。学术界从政府政策、数字经济、环境规制、绿色金融和经济集聚等方面开展了大量研究,并且大部分学者认为这些因素对绿色发展起到了促进作用。熊晓栋、任亚运等认为政府政策如碳交易政策,能够为实现绿色发展做出贡献<sup>⑩⑪</sup>。张菊的研究证实数字经济可有效提升绿色发展水平<sup>⑫</sup>;陈庭强等探索发现绿色金融在环境规制的保护与监管下能够显著提升区域绿色发展水平,但同时也存在滞后性的风险<sup>⑬</sup>;周清香等研究得出长江经济带的经济集聚对绿色发展效率起到促进作用的结论<sup>⑭</sup>。也有少部分学者认为绿色发展会受到一些因素的

抑制。产业集聚对绿色经济发展具有显著抑制作用,产生边际效应递增的负向非线性影响<sup>⑮</sup>;柯达等研究发现区域一体化显著抑制绿色发展水平提高<sup>⑯</sup>。随着对绿色发展影响因素的深入研究,部分学者发现目标导向与绿色发展水平有着一定的联系。县祥从“双碳”目标的角度出发,研究了该目标对中国对外贸易绿色低碳发展的影响<sup>⑰</sup>。总体上看,现有研究对绿色发展的影响涉及不多、内容较少,导致理论建构、政策含义与创新实践目标相去甚远。

三是在绿色发展的研究方法方面。目前学界主流的研究方法是采用双重差分模型(DID)研究政策效应,如王玉爽、张司飞等使用双重差分模型研究相关政策对绿色全要素生产率的影响<sup>⑱⑲</sup>;邓荣荣则应用双重差分模型证实相关政策与碳排放强度之间存在某种联系<sup>⑳</sup>。也有部分学者采用其他的实证方法来研究绿色发展的相关内容。如朱琳从空间效应的角度,借助空间杜宾模型来推演产业集聚对绿色经济效率的空间溢出效应<sup>㉑</sup>;傅芳宁等则使用空间双重差分模型来分析低碳试点政策对绿色技术创新的邻里效应<sup>㉒</sup>。韩雅清等基于差分GMM模型来研究在环境规制的约束下,

①Xushi Wei, Haiping Ren, Sana Ullah & Cuma Bozkurt. "Does Environmental Entrepreneurship Play a Role in Sustainable Green Development? Evidence from Emerging Asian Economies", *Economic Research-Ekonomska Istraživanja*, 2023, 36(1): 73-85.

②郑理, 钟坚, 徐雷:《“两型社会”试验区设立对区域工业绿色发展的影响研究》,《财经理论与实践》2021年第2期。

③苏利阳, 郑红霞, 王毅:《中国省际工业绿色发展评估》,《中国人口·资源与环境》2013年第8期。

④尹迎港, 常向东:《中国碳排放权交易政策促进了地区绿色全要素生产率的提升吗?》,《金融与经济》2022年第3期。

⑤郭卫香, 孙慧:《碳排放权交易、损益偏离与绿色经济效率关系研究》,《生态经济》2022年第1期。

⑥张兵兵, 王捷, 闫志俊:《绿色进口如何驱动碳减排及碳达峰目标实现——基于进口绿色技术复杂度视角》,《南开经济研究》2023年第8期。

⑦张玲:《人力资本、科技创新对区域流通业绿色发展的影响——基于空间溢出视角》,《商业经济研究》2023年第17期。

⑧刘家彤:《绿色金融助推农业绿色发展研究》,《对外经贸》2023年第8期。

⑨郑书宏, 鲁关立, 张玉兰, 等:《浅谈农业科技成果转化在推动农业绿色发展中的作用》,《农业科技通讯》2023年第8期。

⑩熊晓栋, 张彬:《碳交易试点政策对区域制造业绿色化发展的影响研究——基于试点省市的准自然实验分析》,《生态经济》2023年第5期。

⑪任亚运, 傅京燕:《碳交易的减排及绿色发展效应研究》,《中国人口·资源与环境》2019年第5期。

⑫张菊:《数字经济对流通业绿色发展的影响分析》,《商业经济研究》2023年第13期。

⑬陈庭强, 张倩, 刘梦等:《环境规制下绿色金融驱动产业绿色发展的实证研究》,《南京工业大学学报(社会科学版)》2023年第3期。

⑭周清香, 李娟娟:《经济集聚对绿色发展效率的影响效应及作用机制》,《统计与决策》2023年第12期。

⑮张学升:《技术创新视角下产业集聚对绿色经济发展的影响研究》,《福建师范大学学报(哲学社会科学版)》2022年第1期。

⑯柯达, 徐斌, 刘杨倩宇:《中国区域一体化对绿色发展效率的影响》,《统计与决策》2023年第12期。

⑰县祥:《“双碳”目标下中国对外贸易绿色低碳发展路径及政策优化研究》,《价格月刊》2023年第9期。

⑱王玉爽, 钟茂初:《生态文明示范区建设对绿色全要素生产率的影响与机制研究》,《现代财经(天津财经大学学报)》2023年第9期。

⑲张司飞, 孙逸昕:《创新型城市试点建设促进长江经济带经济绿色发展吗?》,《科技管理研究》2022年第15期。

⑳邓荣荣:《长株潭“两型社会”建设试点的碳减排绩效评价》,《软科学》2016年第9期。

㉑朱琳:《碳减排、流通产业集聚与城市绿色经济发展》,《商业经济研究》2023年第17期。

㉒傅芳宁, 李胜兰:《是绿色虹吸还是绿色涓滴:低碳试点政策对绿色技术创新的邻里效应研究》,《南方经济》2023年第8期。

数字金融与绿色发展效率的关系<sup>①</sup>;孙一平等采用合成控制法分析中国新能源示范城市建设对绿色全要素生产率的影响效应<sup>②</sup>;赵巧芝等基于投入产出法,研究碳减排的激励政策对不同类型行业的影响有何差异<sup>③</sup>。

绿色发展作为当今社会发展的热点问题,现有相关研究虽然内容较多,但大多分散在概念特征、评价、范围及影响因素等,研究方法虽然呈现多样化、实用性等特点,但总体上缺乏对其理论机制及应用对策的深度剖析,特别是在目标导向对绿色发展的影响方面的研究鲜有涉及。本文创新点在于:第一,使用合成控制法,在全国范围内,将多个省份个体通过加权合成对照组与实验组进行比较,从而避免了对照组选择的主观随意性。第二,从目标导向的视角来研究研发强度对碳排放强度、工业废气排放以及能源消耗的影响效应,以此验证研发强度目标导向对绿色发展影响的显著性。

## 二 理论分析与研究假说

### (一) 研发强度目标导向对绿色发展的影响分析

本文以激励与约束机制为基础,分别从技术进步与创新带来的正向激励作用与绿色贸易壁垒带来的反向倒逼作用这两个方面展开分析。

内生增长理论认为技术进步与创新是实现经济持续增长的重要动力。具体而言,一方面,技术进步会提高自然资源利用率,使资源得以大量节约和循环利用,导致在给定产出下自然资源消耗降低,进而使得污染排放和生态破坏减少,即技术效应<sup>④</sup>。另一方面,技术进步与创新能够有效降低二氧化碳排放、改善环境质量<sup>⑤</sup>。习近平在中央全面深化改革委员会第六次会议上强调:“绿色技术创新是绿色发展的重要动力,是打好污染

防治攻坚战、推进生态文明建设、促进高质量发展的重要支撑。”研发投入是助推绿色技术创新的驱动力<sup>⑥</sup>,随着社会经济的发展,绿色科技创新活动对研发资金的需求逐渐上升,而研发投入不仅为绿色技术攻关提供了资金保障,还有助于我国综合创新能力稳步提升。“目标管理理论”提出,中央政府将管理目标分解给地方政府,地方政府可独立制定具有约束力的指标<sup>⑦</sup>。因此,在研发强度目标导向政策的约束下,各市场主体更加重视提高研发投入,绿色技术得以创新与升级,进而推动我国绿色发展,实现双碳目标。

Porter 提出的“波特假说”认为适当的环境规制能够刺激技术革新<sup>⑧</sup>。一方面,绿色贸易壁垒形成的环境规制压力倒逼我国企业投身技术研发,提升绿色技术水平,降低能源消耗与污染物排放,以减少出口贸易损失。另一方面,根据 Walter 的“污染天堂”假说,环境规制的增强会促使本国污染密集产业向低环境规制的国家或地区转移<sup>⑨</sup>,形成污染转移。绿色贸易壁垒产生的环境规制效应促使国外污染产业向中国转移,这在很大程度上加深了中国的环境压力。因此,政府必须设立研发强度目标,引导各市场主体提高研发支出,为技术创新注入动力,削弱绿色贸易壁垒带来的负面影响。

由此,本文提出假设 H1。

H1:研发强度目标导向能够有效实现节能减排,提高区域绿色发展水平。

### (二) 研发强度目标导向对绿色发展的异质性分析

为深入探讨研发强度目标导向对不同区域绿色发展的影响效应,本文主要从要素禀赋方面进行异质性分析。赫克歇尔-俄林理论认为生产要素禀赋是决定该地区生产比较优势的关键因素<sup>⑩</sup>。一方面,我国东部地区拥有良好的经济、技

①韩雅清,林雨梅,李玉水:《环境规制约束下数字金融对绿色发展效率的影响》,《湖南农业大学学报(社会科学版)》2023年第4期。

②孙一平,刘泽杰,刘益冰等:《新能源示范城市建设对绿色全要素生产率的影响研究》,《宏观经济研究》2022年第11期。

③赵巧芝,闫庆友,何永贵:《基于投入产出方法的各行业碳减排效果模拟研究》,《统计研究》2017年第8期。

④于峰,齐建国:《开放经济下环境污染的分解分析》,《统计研究》2007年第1期。

⑤魏巍贤,杨芳:《技术进步对中国二氧化碳排放的影响》,《统计研究》2010年第7期。

⑥高峰,吕雁琴,陈静等:《“智慧城市”试点的企业绿色技术创新效应研究》,《科研管理》2023年第6期。

⑦Tao Ge, Ziqi Ding, Xiaoya Lu. “Keling Yang, Spillover Effect of Energy Intensity Targets on Renewable Energy Consumption in China: A spatial econometric approach”, *Renewable Energy*, 2023(3): 121-133.

⑧马茜,任晓松,张红兵,等:《碳交易政策、研发创新与污染性企业碳绩效》,《科研管理》2023年第7期。

⑨田祖海,吴云云,王许亮:《外商直接投资如何影响碳生产率?》,《生态经济》2023年第10期。

⑩张文泉,王书林:《赫克歇尔-俄林理论和里昂惕夫之谜》,《国际经贸研究》1993年第1期。

术、人才及区位优势,因此该地区更加符合技术密集型产业集聚的要求<sup>①</sup>。产业集聚更有利于实现信息、资源以及知识的交流与传播,这导致东部地区更能充分利用研发投入,实现绿色技术创新,进而使得研发强度目标导向的政策效应更加明显。另一方面,中西部地区丰富的自然资源为承接产业转移奠定了坚实基础,这在很大程度上消除了研发强度目标导向带来的影响效应。基于上述分析,要素禀赋使得研发强度目标导向对不同区域绿色发展的影响效应存在差异。

由此,本文提出假设 H2。

H2:研发强度目标导向对绿色发展的影响具有区域异质性。

### 三 研究设计与数据来源

#### (一) 研究设计

首先,本文基于研发强度目标的设立构建准自然实验,将最早设立研发强度目标的上海市设为实验组。其次,为保证控制组在观测期间内没有受到研发强度目标导向的影响,本文搜索各省份(直辖市、自治区)1996—2019年政府工作报告,并对政府工作报告中的工作目标与任务一项进行确认,最终选取了在1996—2019年期间政府工作报告没有提出研发强度目标的北京、河北、山西、内蒙古、吉林、黑龙江、安徽、福建、山东、湖北、广西、海南、四川、贵州、云南、陕西、甘肃、青海、新疆等19个省份(自治区、直辖市)(其中根据数据的可获得性,已排除西藏以及港澳台地区)作为控制组,进而通过政策效应评估方法来考察研发强度目标导向对二氧化碳排放强度、工业废气排放量以及能源消耗总量的影响效应。

科学评估研发强度目标导向对绿色发展的影响,需要找到一种科学合理的研究方法。合成控制法能够在样本量较小的情况下评估实验组的政策效应,而本文中的控制组需要将已提出研发强度目标的省份(自治区、直辖市)剔除,这导致本文的样本量较小,因此合成控制法非常适合评估研发强度

目标导向对绿色发展的影响效应。利用合成控制法进行政策评估时,能够有效剔除其他政策的影响,并且可以避免控制组选择的主观随意性问题。为此,本文采用 Abadie & Cardeazabal<sup>②</sup> 提出的合成控制法,模型设定如下。

假设本文在(1, T)的时间段内,对 N + 1 个省份进行观察,  $E_{it}$  为各个省份绿色发展水平。其中只有第一个省份在  $t = T_0 (1 \leq T_0 \leq T)$  时间点设立了关于研发强度的目标,其余 N 个省份在观测期内均未设立该目标。 $E_{it}^1$  表示省份 i 在 t 时期设立研发强度目标的绿色发展水平,  $E_{it}^0$  表示省份 i 假设在 t 时期未设立研发强度目标的绿色发展水平。在设立研发强度目标之前,即 1996—2003 年,  $E_{it}^1 = E_{it}^0$ ; 2004—2019 年为设立研发强度目标之后,设立研发强度目标的节能减排效果为  $\alpha_{it} = E_{it}^1 - E_{it}^0$ 。由于已经设立研发强度目标的省份 i 的绿色发展水平  $E_{it}^1$  可以直接观察到,但是假设没有设立该目标的省份 i 的绿色发展水平  $E_{it}^0$  无法直接观察得到,因此本文借鉴 Abadie 等<sup>③</sup> 提出的因子模型对“反事实”变量  $E_{it}^0$  进行估计:

$$E_{it}^0 = \delta_t + \theta_t Z_i + \lambda_t u_i + \varepsilon_{it} \quad (1)$$

其中  $\delta_t$  为时间固定效应;  $Z_i$  为 (r × 1) 维可观测、不受政策影响的控制变量;  $\theta_t$  为 (1 × r) 维未知参数向量;  $u_i$  为 (F × 1) 维不可观测的地区固定效应;  $\lambda_t$  为 (1 × F) 维无法观测的公共因子向量;  $\varepsilon_{it}$  是均值为零的短期冲击。

通过构造 (N × 1) 维的权重向量  $W = (w_2, w_3, \dots, w_{N+1})$ ,  $\sum_{j=2}^{N+1} w_j = 1$ ,  $w_j$  代表控制组中对应省份的合成权重,通过对每个控制组省份进行加权,获得合成控制的结果:

$$\sum_{j=2}^{N+1} w_j E_{jt} = \delta_t + \theta_t \sum_{j=2}^{N+1} w_j Z_j + \lambda_t \sum_{j=2}^{N+1} w_j u_j + \sum_{j=2}^{N+1} w_j \varepsilon_{jt} \quad (2)$$

假设存在向量组  $W^* = (w_2^*, w_3^*, \dots, w_{N+1}^*)'$ , 使得:

①曲明,赵鑫:《中国制造业区域梯次升级及演进路径分析》,《产业经济评论》2022年第2期。

②Alberto Abadie, Javier Gardeazabal. "The Economic Costs of Conflict: A Case Study of the Basque Country", *The American Economic Review*, 2003, 93(1): 113-132.

③Alberto Abadie, Alexis Diamond, Jens Hainmueller. "Synthetic Control Methods for Comparative Case Studies: Estimating the Effect of California's Tobacco Control Program", *Journal of the American Statistical Association*, 2010, 105(490): 493-505.

$$\sum_{j=2}^{N+1} w_j^* E_{jt} = E_{1t}, \dots, \sum_{j=2}^{N+1} w_j^* E_{jT_0} = E_{1T_0}, \sum_{j=2}^{N+1} w_j^* Z_j = Z_1 \quad (3)$$

Abadie 等证明通常情况下,  $\sum_{j=2}^{N+1} w_j^* E_{jt}$  可作为  $E_{it}^0$  的无偏估计,从而可以得出目标省份设立关于研发强度目标的政策效果  $\hat{\alpha}_{it}$  为:

$$\hat{\alpha}_{it} = E_{it} - \sum_{j=2}^{N+1} w_j^* E_{jt}, t \in [T_0, \dots, T] \quad (4)$$

具体过程参考 Abadie 等的文献。

## (二) 变量选择

### 1. 被解释变量

本文选取二氧化碳排放强度、工业废气排放量以及能源消耗总量<sup>①</sup>作为被解释变量。碳排放强度用二氧化碳排放量与国民生产总值的比值<sup>②</sup>表示,该变量综合考虑了区域碳排放水平与经济发展水平;鉴于数据的完整性,本文选取工业废气排放量来衡量污染物排放水平;能源消耗总量衡量了区域能源消耗水平。本文选取以上三个被解释变量,一是使得被解释变量总体结构能够更好地全面衡量地区绿色发展水平,二是可以更好地基于不同维度,有针对性地分析研发强度目标导向的政策效应。

### 2. 核心解释变量

研发强度目标的设立。本文以 2004 年为节点,选取首次设立研发强度目标的上海市作为实验组,其余未设立研发强度目标的 19 个省份(自治区、直辖市)作为控制组。政策虚拟变量中设立研发强度目标的省份取值为 1,未设立的 19 省份(自治区、直辖市)取值为 0;时间虚拟变量中 2004 年之后取值为 1,反之取值为 0。在异质性分析中,本文将研发强度目标导向政策虚拟变量与政策实施时间虚拟变量的交互项作为解释变量。

### 3. 控制变量

(1) 经济发展水平:本文用地区人均生产总值(元)表示<sup>③</sup>;(2) 产业结构:用第三产业产值占地区生产总值的比重<sup>④</sup>(%)衡量;(3) 政府干预:

采用政府财政支出衡量;(4) 能源消耗情况:采用煤炭消耗量作为衡量指标;(5) 绿色技术创新水平:参考郭炳南等<sup>⑤</sup>的研究方法,绿色技术创新水平用绿色专利授权数量表示;(6) 城镇化水平:用城镇人口占总人口的比重(%)表示<sup>⑥</sup>(如表 1 所示)。

表 1 变量选择与说明

类别	变量名称	计算公式
被解释变量	二氧化碳排放强度	二氧化碳排放量/GDP
	-	工业废气排放量(lnIWG)
	-	能源消耗总量(lnRC)
控制变量	人均地区生产总值(Pgdp)	-
	第三产业/GDP	产业结构(IND)
	-	绿色专利授权数量(GP)
	城镇人口数量/总人口数量	城镇化水平(Urban)
	-	煤炭消耗量(CC)
-	政府财政支出(FE)	

## (三) 数据来源

二氧化碳排放量数据来源于中国碳核算数据库(CEADs),绿色专利数据来源于中国研究数据服务平台(CNRDS)与国家知识产权局,其余数据均来源于《中国统计年鉴》《中国城市统计年鉴》。另外,为尽量消除模型可能存在的异方差问题,本文将除比值以外的变量均进行了对数化处理,少数缺失的数据通过插值法补齐。

## 四 实证分析

### (一) 合成控制法检验

#### 1. 二氧化碳排放强度

表 2 展示了合成上海碳排放强度的省份(直辖市、自治区)组合,分别是北京市、山东省等 4 个省份(直辖市、自治区)。

表 2 合成上海二氧化碳排放强度的省份权重

合成省份	权重
北京市	0.47
山东省	0.29
内蒙古自治区	0.06
福建省	0.18

①李响,张楠,宋培:《碳排放交易制度的节能减排效应及作用机制研究》,《现代财经(天津财经大学学报)》2022年第4期。

②陈军,肖雨彤:《生态文明先行示范区建设如何助力实现“双碳”目标?》,《中国地质大学学报(社会科学版)》2023年第1期。

③于智涵,方丹,杨谨:《资源型经济转型试验区政策对碳排放的影响评估》,《资源科学》2021年第6期。

④高仪涵,王振猛:《“互联网+”第三产业占比、工业企业 R & D 对区域绿色创新的影响》,《互联网周刊》2022年第12期。

⑤郭炳南,王宇,张浩:《数字经济、绿色技术创新与产业结构升级》,《兰州学刊》2022年第2期。

⑥辛宝贵,高菲菲:《生态文明试点有助于生态全要素生产率提升吗?》,《中国人口·资源与环境》2021年第5期。

图1(a)展示了1996—2019年上海与合成上海二氧化碳排放强度的对比情况。实线与虚线分别表示上海与合成上海碳排放强度的走势情况。垂直虚线为开始设立研发强度目标的年份,虚线左侧反映了该目标设立前上海与合成上海碳排放强度的拟合程度,虚线右侧反映了该目标设立后产生的政策效应。在研发强度目标设立前,二氧化碳排放强度的真实值与合成值的拟合效果较好,目标设立后,二氧化碳排放强度的真实值位于合成值下方,这表明研发强度目标导向对碳排放强度有抑制作用。

图1(b)更加直观地反映出研发强度目标导向对碳排放强度的影响。该图呈现的是上海与合成上海二氧化碳排放强度的差值,表现了该目标导向产生的处理效应。在2004年之前,碳排放强度的真实值与合成值的差值在零值周围上下波动,2004年之后,二者的差值逐年拉大,虽然中途

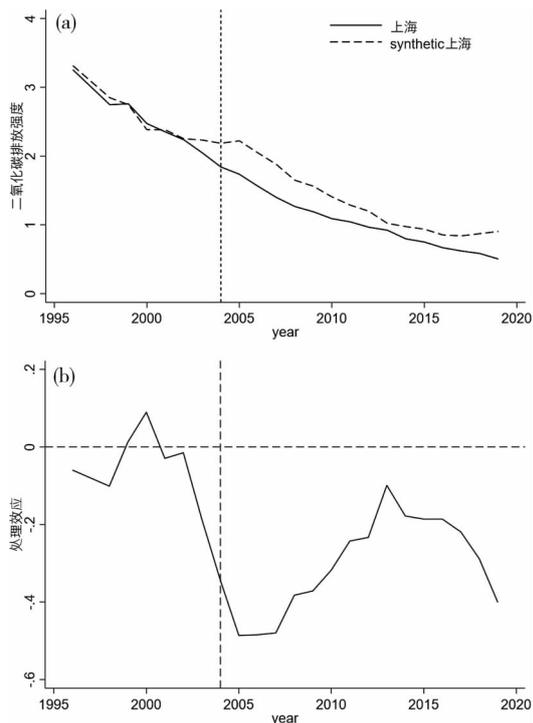


图1 上海二氧化碳排放强度及处理效应

表3 合成上海工业废气排放量的省份权重

合成省份	权重
北京市	0.31
山东省	0.34
河北省	0.14
福建省	0.14
四川省	0.08

有缩小的趋势,但整体上一直处于负值的状态,这表明上海的碳排放强度在研发强度目标导向的影响下得到了有效控制。

### 2.工业废气排放量

表3为合成上海工业废气排放量的省份(直辖市、自治区)组合。

从图2(a)可以看出,在研发强度目标设立前,真实值与合成值的拟合效果较好,目标设立后,工业废气排放量的真实值明显低于合成值,并且两者差距逐渐拉大,这表明研发强度目标导向对降低工业废气排放量具有显著效果。

如图2(b)可知,在设立研发强度目标之前,真实值与合成值的相差不大,差值围绕在零值周围上下波动,2004年之后两者的差距开始拉大,虽然中途几年呈现平稳状态,但平稳之后,两者的差值仍然呈现扩大趋势。

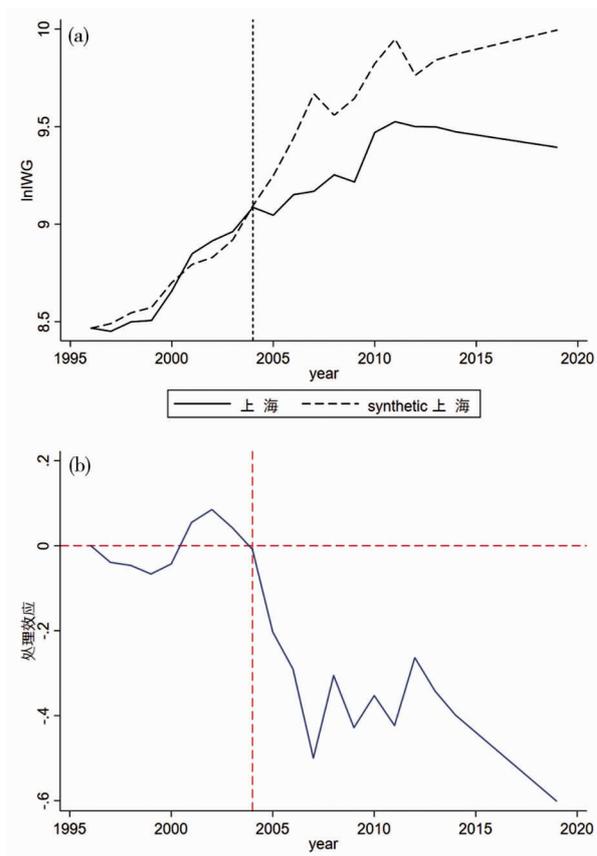


图2 上海工业废气排放量及处理效应

### 3.能源消耗量

表4展示的是合成上海能源消耗量的省份(直辖市、自治区)组合。

根据图3可知,研发强度目标设立前,能源消耗量的真实值与合成值差距不大,拟合效果较好。

目标设立后,能源消耗量的真实值位于合成值下方,并且两者差距逐渐扩大,这说明设立研发强度目标能够有效降低能源消耗。

(二) 稳健性检验

1. 虚假实验

为避免随机性不足导致上述分析结果出现偏差,本文选择合成组中贡献为正的省份进行虚假实验,以此判断上述效果是由于政策因素还是偶然因素。本文根据上述合成控制的权重结果,分别选取山东省、福建省以及河北省作为安慰剂省份,并进行合成控制检验,以此判断研发强度目标导向节能减排的有效性,结果如图 4 所示。可以看出,山东省碳排放强度的真实值在 2004 年之后反而高于合成值,福建省与河北省的真实值均稳定在合成值附近,在 2004 年之后也未出现明显差距,这说明研发强度目标导向产生的节能减排效应并非偶然,上述结果具有较强的稳健性。

表 4 合成上海能源消耗量的省份权重

合成省份	权重
北京市	0.59
河北省	0.19
山东省	0.14
内蒙古自治区	0.04
福建省	0.05

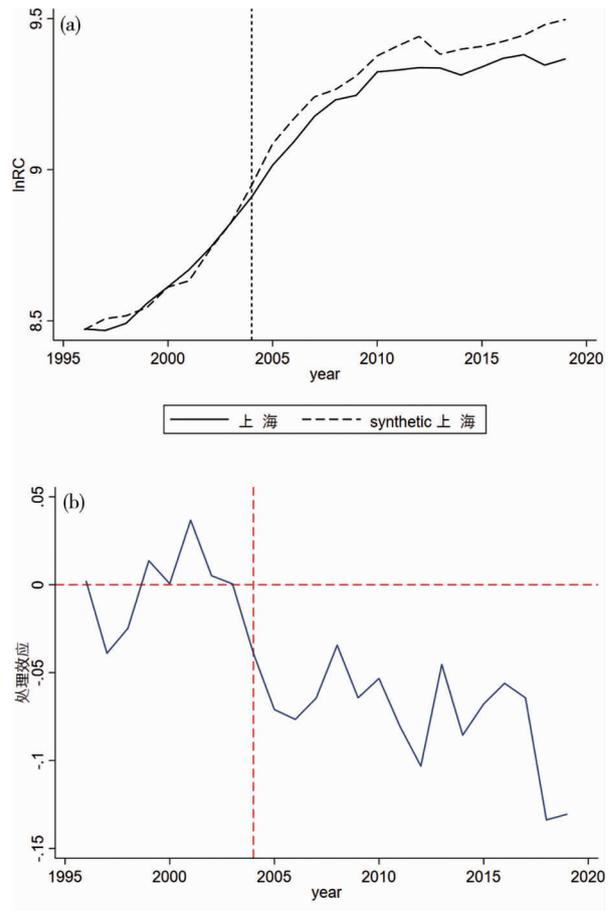


图 3 上海能源消耗总量及处理效应

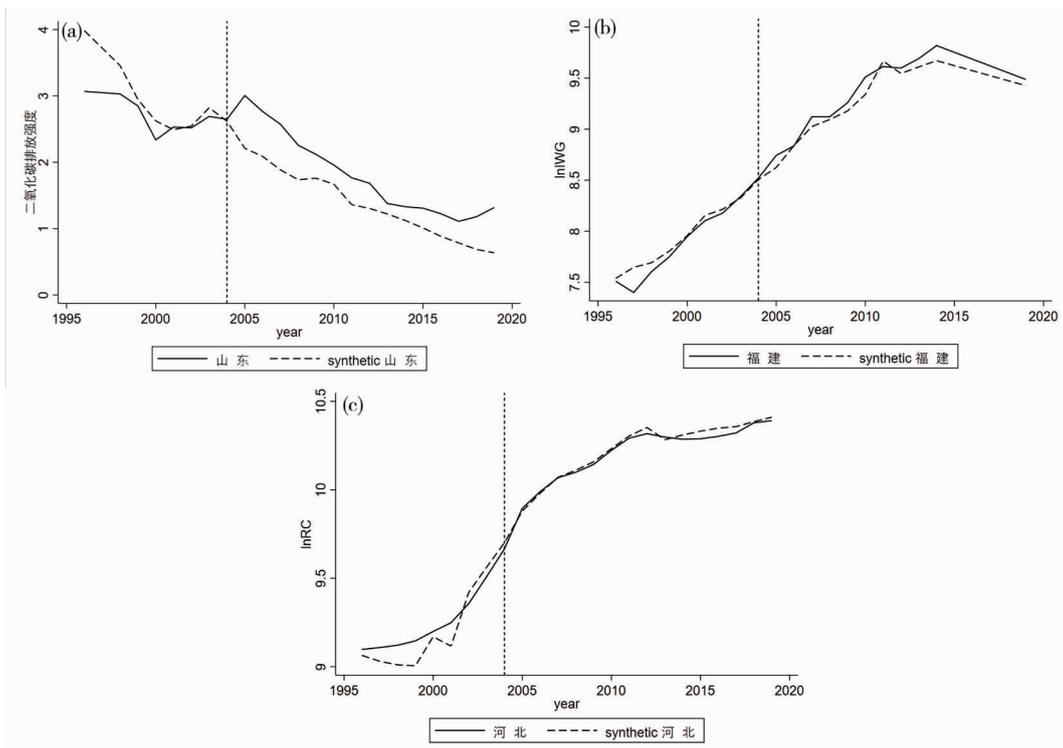


图 4 虚假实验

### 2. 排序检验

为进一步证实目标导向产生的政策效应,本文采用 Abadie 等提出的排序检验方法。排序检验法主要用来判断控制组省份与实验组省份产生相同政策效应概率的大小。假设所有控制组省份在 2004 年均设立了关于研发强度目标,并且同样形成实验组与控制组进行合成控制分析,比较真实设立研发强度目标情况下所产生的效果与控制组省份假设设立研发强度目标情况下的效果,若两者差异明显,则说明设立研发强度目标对提高绿色发展水平具有一定的效果。

均方根预测误差 (RMSPE) 衡量了实验组与

合成控制对象的拟合程度,若 RMSPE 值较大,表明拟合效果不理想,为保证研究的有效性与可靠性,本文剔除 RMSPE 值较大的省份。图 5 展现了各省碳排放强度、工业废气排放量与能源消耗量真实值与合成值的差值分布,黑色实线表示上海的真实值与合成值的差异,灰色虚线为其他省份真实值与合成值的差异。根据结果显示,目标导向设立之前,各省节能减排效果并不明显,差值均在 0 值附近上下波动,研发强度目标设立之后,黑色实线明显位于多数灰色虚线之下,说明研发强度目标导向对节能减排产生了积极影响,再次验证了结果的稳健性。

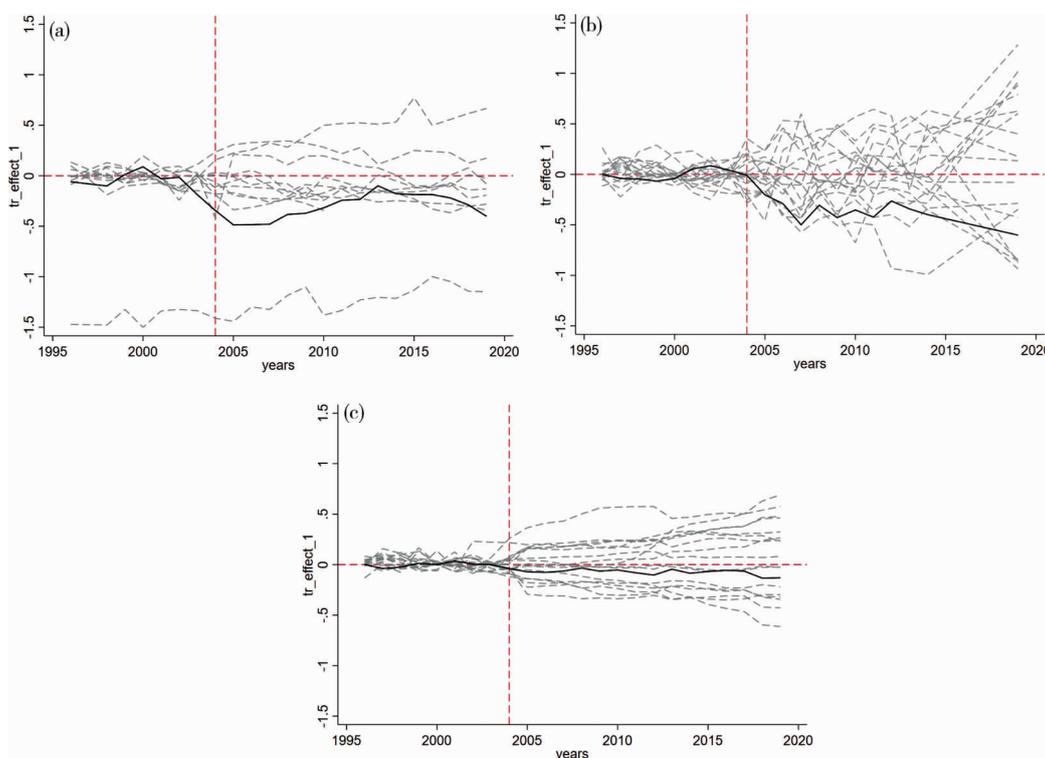


图 5 排序检验

### 3. 稀疏合成控制检验

为说明本文合成控制结果不受个别省份的影响,本文参考 Abadie 等的研究,采用稀疏合成控制法进行检验,即剔除上述合成组中权重最大的省份再次进行合成控制检验,结果如图 6 所示。可以看出,在剔除权重最大的省份之后,研发强度目标导向仍然能够有效实现节能减排,结果具有稳健性,假设 H1 成立。

#### (三) 异质性分析

设  $D_{it}$  为政策虚拟变量,若  $i$  省份为实验组,  $D_{it}$  取值为 1,否则为 0;  $T_{it}$  为时间虚拟变量,设立

研发强度目标前取值为 0,设立之后取值为 1。

为更好地覆盖全国范围样本,本文进行东、中、西区域的异质性分析。本文以上海市为实验组,并将控制组按照东部、中部、西部区域划分为三个子样本,最后进行分组回归。从表 5 的列 (1)(4)(7) 以及 (3)(6)(9) 的结果可以看出,研发强度目标导向对东部地区碳排放强度与能源消耗的处理效应最为显著,但对中西部地区影响效果不明显,对此的解释是东部地区由于人才、技术及区位优势,更能充分利用研发资金,进而使得研发强度目标导向给东部地区带来的节能减排效

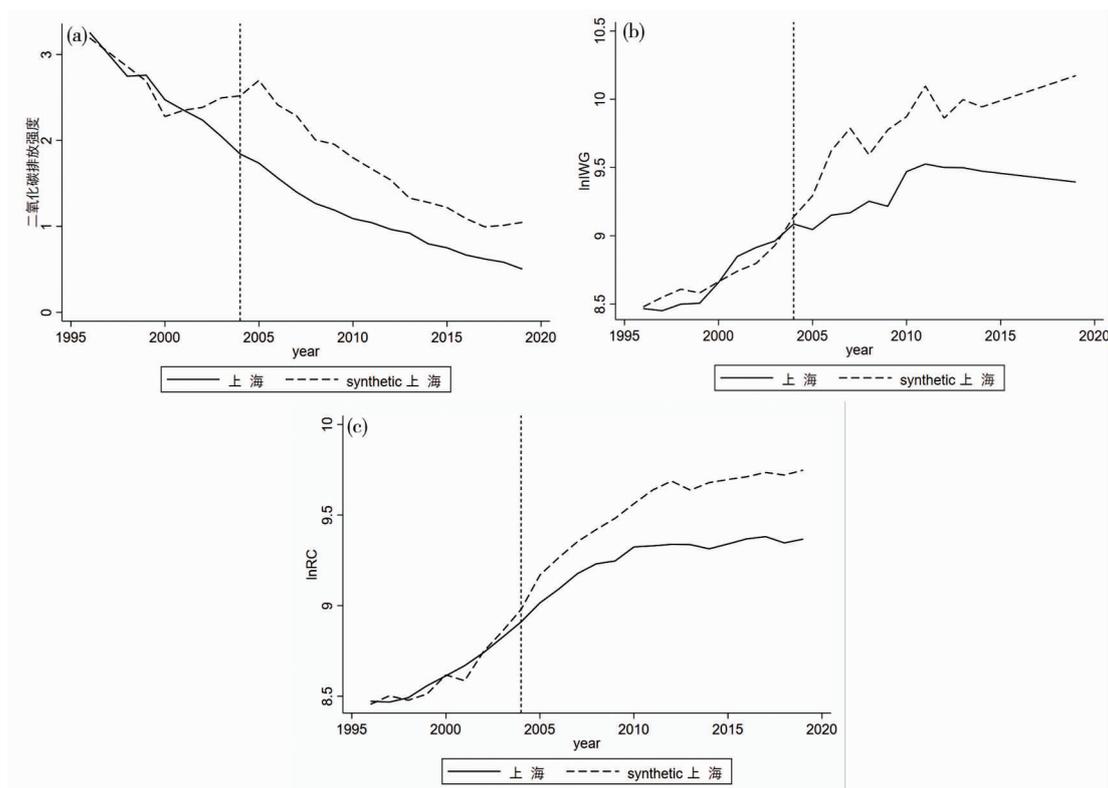


图 6 稀疏合成控制检验

应更为显著,并且为促进区域协调发展,实现经济转型升级,我国中西部逐步承接东部沿海地区产业,进而导致中西部地区碳排放强度与能源消耗上升。根据列(2)(5)(8)可知,研发强度目标导向对中部地区工业废气的减排效应强于东、西部地区,可能是由于东部地区良好的经济发展水平

与区位优势,不断推动产业结构优化与绿色清洁技术升级,进而使得生态环境得到改善,减污空间较小;而西部地区的地理环境复杂、基础设施及经济发展水平较低,这使得西部地区的产业集聚度低于东部与中部地区,进而污染物排放水平也低于其他地区,假设 H2 成立。

表 5 异质性分析

变量	东部			中部			西部		
	二氧化碳排放强度	lnIWG	lnRC	二氧化碳排放强度	lnIWG	lnRC	二氧化碳排放强度	lnIWG	lnRC
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
$D_{it} \times T_{it}$	-1.195*** (0.224)	-0.130 (0.121)	-0.153** (0.048)	-0.466 (0.510)	-0.429** (0.120)	0.114 (0.086)	-0.479 (0.609)	-0.199 (0.149)	0.118 (0.086)
controls	是	是	是	是	是	是	是	是	是
cons	13.830** (5.284)	4.083 (2.817)	5.704*** (1.457)	19.800 (12.970)	2.938 (2.475)	5.633** (1.040)	31.210*** (7.462)	5.140*** (1.459)	5.113** (1.919)
province	是	是	是	是	是	是	是	是	是
year	是	是	是	是	是	是	是	是	是
N	192	192	192	96	96	96	240	240	240
R <sup>2</sup>	0.884	0.917	0.978	0.912	0.976	0.991	0.909	0.944	0.976

注:\*\*\*、\*\*分别表示 1%、5%的显著性水平。

## 五 结论与建议

本文基于反事实视角下的合成控制法,使用20个省份(直辖市、自治区)在1996—2019年的面板数据,考察了研发强度目标导向对碳排放强度、工业废气排放以及能源消耗总量的影响效应。研究发现研发强度目标导向显著地降低了二氧化碳排放强度、工业废气排放量以及能源消耗总量。此外,由于区域异质性,研发强度目标导向对不同地域的碳排放强度、工业废气排放以及能源消耗的影响存在差异。研发强度目标导向对东部碳排放强度与能源消耗的影响效应强于中西部地区;在工业废气方面,目标导向给中部地区带来的政策效应最强。

由此本文得出以下启示:(1)在中央政府层

面,要树立区域减排典型,并根据区域差异,因地制宜,渐进式提高研发投入强度;在各省市层面,应加强对科技人才的激励与培育,促进绿色技术研发;在区域交流层面,节能减排的先进地区应将成功经验在全国范围内复制推广,推进跨区域人才流动与信息共享,提升资源利用效率。(2)未设立研发强度目标导向的省份(直辖市、自治区)应尽快设立切合实际的研发目标,落实配套相关政策与资源,提升绿色发展水平。(3)东部地区应逐年提升研发强度目标指标、通过技术升级与产业转移促进绿色发展;中西部地区要加强绿色基础设施的建设,为承接东部地区产业转移与绿色发展奠定基础。

## Research on the Influence of Target Orientation of R&D Intensity on Green Development: Empirical Research Based on Synthetic Control Method

HU Junfeng<sup>1, 2</sup> & JI Aijia<sup>1</sup>

(1. School of Business/ School of Management, Nantong University, Nantong 226001, China;

2. Jiangsu Yangtze River Economic Belt Research Institute, Nantong 226001, China)

**Abstract:** The target-oriented effect formed by the R&D intensity index in the government work report is of great significance to promoting regional green development. Based on the natural experiment of setting the R&D intensity target for the first time, the influence of R&D intensity target orientation on regional green development level is studied by using the synthetic control method from the counterfactual perspective. It finds that the target-oriented research and development intensity reduces carbon emission intensity, industrial waste gas emissions and energy consumption on the whole, and significantly improves the level of regional green development. Heterogeneity analysis finds that the policy effects of R&D intensity target orientation on the eastern, central and western regions are different.

**Key words:** research and development intensity; target-oriented; green development; synthetic control method

(责任校对 朱正余)