

生态转移支付的碳减排效应研究

——基于国家重点生态功能区转移支付的经验研究

杨秋月¹, 刘萧萧², 李佐军³

(1. 安徽大学 马克思主义学院, 安徽 合肥 230601; 2. 武汉大学 经济与管理学院, 湖北 武汉 430072;
3. 国务院发展研究中心 公共管理与人力资源研究所, 北京 100010)

摘要:生态转移支付有助于缓解经济发展和资源环境之间的矛盾,是推动绿色低碳发展的重要手段。文章以国家重点生态功能区转移支付政策为准自然实验,基于2003—2020年中国县域面板数据,采用多期双重差分法考察了生态转移支付影响受偿地区碳排放水平的效应和作用机制。研究发现:第一,国家重点生态功能区转移支付政策显著降低了试点地区的碳排放总量,这有助于推动该地区绿色低碳发展。与非试点地区相比,该政策的实施使得试点地区的碳排放平均降低约1.90%。第二,机制分析结果表明,该政策能够通过优化产业结构、提高低碳技术创新水平来降低试点地区的碳排放水平,即结构优化效应和技术创新效应。第三,该政策的碳减排效应在资源匮乏地区和资源丰富地区无明显差异,但该政策对经济落后地区碳减排的影响更为显著。第四,成本和收益分析结果表明,尽管生态转移支付政策需要付出高额的财政成本,但这有助于改善生态环境和促进经济发展,进而推动试点地区低碳经济发展。文章的研究结果为健全生态转移支付制度、推动实现“双碳”目标提供理论依据与经验支撑。

关键词:生态转移支付;碳减排;产业结构优化;低碳技术创新;低碳经济发展

中图分类号:F062.2 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-9952(2024)04-0034-15

DOI:10.16538/j.cnki.jfe.20231214.401

一、引言

气候变化是关系人类命运共同体的全球性问题,是当今人类生存和经济社会可持续发展面临的重大挑战。碳排放是导致气候变化的主要驱动因素之一,所以推动碳减排、实现碳中和已成为全球共识。作为世界上重要的能源消费国与碳排放国,中国碳排放总量在2022年达到121亿吨,占全球碳排放总量的31.18%,故中国面临着巨大的碳减排压力(薛飞和陈煦,2022)。在此背景下,中国始终高度重视气候变化问题,并且将“减污降碳”作为生态文明建设、推动经济高质量发展的重要内容。2020年9月,中国明确提出2030年“碳达峰”与2060年“碳中和”目标,即“双碳”目标。党的二十大指出,要“推动绿色发展,促进人与自然和谐共生”,并将“积极稳妥推进碳达峰、碳中和”作为未来五年的重要任务之一。此外,为实现环境保护与“减污降碳”的目标,我国政府还实施了一系列环境政策,例如碳排放权交易试点、环境保护税、生态转

收稿日期:2023-07-13

基金项目:安徽省高校科学研究重点项目(2022AH50061);安徽省哲学社会科学规划项目青年项目(AHSKQ2021D12)

作者简介:杨秋月(1995-)(通讯作者),女,安徽合肥人,安徽大学马克思主义学院讲师;

刘萧萧(1995-),男,安徽蚌埠人,武汉大学经济与管理学院博士研究生;

李佐军(1966-),男,湖南安化人,国务院发展研究中心公共管理与人力资源研究所研究员。

移支付政策等。生态转移支付通过使用生态指标将资金从中央重新分配到地方,这可以为地方提供具有溢出效应的生态产品和服务,也可以补偿当地在环境保护中的支出以及限制土地使用所产生的机会成本(Santos等,2012)。国家重点生态功能区转移支付是我国最具代表性的、覆盖范围最广的一项生态转移支付政策,也是为了实现环境保护、民生改善和生态扶贫的目标。具体而言,该政策是生态补偿和转移支付的结合,主要由中央政府通过财政转移支付手段为生态资源丰富但经济较为落后的地区提供经济补偿,以弥补其因生态保护而丧失发展的机会成本。由此可见,国家重点生态功能区转移支付政策在一定程度上缓解了高耗能、高污染问题,有利于减轻环境污染和实现“双碳”目标。因此,研究生态转移支付政策对碳排放的影响具有重要的理论与实践意义。

从相关研究来看,学术界对碳减排的驱动因素展开了广泛探讨。具体而言,现有研究主要从技术进步(Liang等,2019)、产业结构调整(Ahmed和Zeshan,2014)、能源结构变化(Wang等,2015;王勇和王颖,2019)、经济发展水平(Li等,2023)、贸易结构与贸易总量(潘晨等,2022)等视角研究了碳减排的驱动因素。随着环境经济政策的广泛实施以及政策分析工具的完善,相关环境政策的碳减排效应也逐步引起国内外学者的关注。例如,王雅莉等(2022)、Zhang和Fan(2023)、Wang等(2023)分别评估了中国创新城市建设、智慧城市建设和电子商务示范城市建设的政策效果,结果证明了这些政策均显著降低了试点城市的碳排放总量与碳排放强度;Ahmadi等(2022)研究发现,碳排放和税收政策在增加企业产出的同时还能够减少碳排放;Narassimhan等(2018)、Shi等(2022)评估了欧盟、瑞士、韩国、中国等国碳排放交易政策的实施效果,结果发现该政策有效降低了区域碳排放水平,并且碳配额价格和参与碳交易市场的企业数量是影响碳减排的关键因素。

作为一项环境经济政策,生态转移支付有助于缓解经济发展和资源环境之间的矛盾。为探索生态转移支付的作用效果,现有研究主要借助理论与实证研究方法评估了生态转移支付对经济社会发展(Pagiola等,2005;Hegde和Bull,2011)和生态环境质量(Ring,2008;Droste等,2015)的影响。尽管有少数学者认为生态转移支付可以提高能源效率和提升森林“固碳”能力,从而减缓气候变化(Dasgupta和Srikanth,2021;Chien等,2022),但大多数研究仅对生态转移支付与碳减排之间的相关关系展开分析,未能证明二者之间存在因果关系,且相关研究也未能阐明生态转移支付影响碳排放水平的内在机理。国家重点生态功能区转移支付政策是中国探索实践的一项典型生态转移支付政策,国内许多学者对该政策的污染减排和经济增长效应展开了研究。具体而言,多数研究表明该政策有助于改善受偿地区的生态环境和促进该地区经济发展(Gong等,2021;李一花和李佳,2021)。但是,也有少数学者认为该政策在实施过程中容易出现生态环境保护目标被民生改善目标“挤出”的情况,所以难以改善试点地区的生态环境(李国平等,2014)。然而,关于国家重点生态功能区转移支付政策与碳减排之间关系的研究相对较少,且相关研究大多基于城市层面数据或某一地区数据考察了该政策的环境效益和经济效益,并未考察该政策的低碳经济发展效应,也未对该政策的成本与收益展开分析。例如,Chen等(2023)、Jin等(2023)分别基于中国城市层面数据和江西省县级层面数据,发现重点生态功能区转移支付政策能够降低碳排放强度,并改善试点地区的生态环境。然而,该政策实施的范围以中国县级地区为主,使用城市层面数据或单个省份的数据来评估政策效应可能产生一定偏误,并且上述研究也忽视了生态转移支付政策可能存在的低碳经济发展效应。

本文以国家重点生态功能区转移支付政策为准自然实验,借助理论分析和实证检验方法探索了生态转移支付的碳减排效应及其传导机制。本文的边际贡献主要体现在:第一,在研究视

角方面,本文研究了生态转移支付的碳减排效应,从而拓展了生态转移支付环境效应方面的研究。虽然现有研究考察了国家重点生态功能区转移支付环境与经济效应,但对该政策碳减排效应和低碳经济发展效应的评估相对匮乏,本文对此进行了补充。第二,在研究内容方面,本文以国家重点生态功能区转移支付为准自然实验,不仅评估了生态转移支付的碳减排效应,还从结构优化和技术创新两个方面说明了其传导机制,并从生态转移支付资金的成本与收益两方面入手,进一步剖析了生态转移支付的政策效果。第三,在研究数据和方法方面,本文基于全球大气研究排放数据库(EDGAR)公布的碳排放栅格地图数据,借助 ArcGIS 软件测算了 2003—2020 年中国县级层面碳排放水平。另外,本文以中国 1431 个县级地区为研究样本,借助双重差分(DID)模型评估了生态转移支付的碳减排效应,在一定程度上缓解了内生性问题。

二、政策背景与理论分析

(一)政策背景

为有效改善重点生态功能区所在县市的生态环境状况并提高其公共服务水平,进而促进区域高质量发展,我国财政部自 2008 年开始在 211 个县(市、区)开展生态转移支付试点工作。2009 年,财政部颁布了《国家重点生态功能区转移支付(试点)办法》,并在随后的数年里对生态转移支付的分配方法、激励约束机制和政策目标等进行了修正和完善。从政策实施目标来看,国家重点生态功能区转移支付包含环境保护、改善民生和生态扶贫三重政策目标。从考核机制来看,该政策实施严格的绩效考评机制:一是对生态环境考核较好的地区,给予相应的补偿和奖励;二是对因为非自然原因而造成生态环境恶化、生态扶贫工作效果不明显的地区,实行扣减补偿资金等措施。从政策发展情况来看,近年来,重点生态功能区转移支付试点范围和补偿规模不断扩大,财政部累计下拨补偿资金也较高。因此,国家重点生态功能区转移支付以重点生态功能区为主要补偿对象,依靠中央财政为生态环境良好但经济较为落后的地区提供一定资金补偿,从而对重点生态功能区生态环境保护的经济成本、限制或禁止开发损失的机会成本进行弥补。因此,国家重点生态功能区转移支付既有助于保护草原、湿地、森林等自然生态系统以及扩大国土绿化规模,又有利于限制高耗能、高污染行业的发展,故该政策可能有助于降低试点地区的碳排放水平。

(二)理论假说

1. 碳减排效应与机制

国家重点生态功能区转移支付政策设定了“奖优惩劣”的生态考核机制,主要通过“固碳”和“减排”两种方式影响试点地区的碳排放水平。一方面,国家重点生态功能区转移支付政策保护和修复了草原、湿地、森林等生态系统。该政策设定了严格的生态环境质量考核体系,并依据考核评价情况实施奖惩,对生态环境质量优良地区进行奖励,对生态环境保护不力的地区实行扣减资金的措施。在此情况下,生态转移支付政策的实施促使地方政府更加重视环境污染治理和生态脆弱区修复,通过扩大受偿地区草原、湿地、森林等自然资源规模的方式完成生态考核要求。随着自然生态系统不断修复、国土绿化面积不断扩大,生态系统的“固碳”能力不断提升。另一方面,国家重点生态功能区转移支付政策限制了污染型工业的发展,并推动了企业向绿色低碳转型,从而降低了碳排放水平。为完成生态考核目标,地方政府可能通过强化环境管制的方式降低污染排放,如关闭污染型企业、征收环境税费、减少补贴等。严格的环境规制使得部分污染型工业企业关闭或从重点生态功能区中撤离,而污染型企业的减少在总体上降低了碳排放水平。部分工业企业则探寻绿色低碳转型的高质量发展之路,不断提高资源利用效率,降低能源消耗水平,这也有利于降低该地区碳排放水平。因此,本文提出如下假说:

假说 1: 国家重点生态功能区转移支付政策能够有效降低试点地区的碳排放水平。

国家重点生态功能区转移支付政策主要通过结构优化和技术创新两条路径降低试点地区的碳排放水平, 具体分析如下:

第一, 结构优化效应。国家重点生态功能区转移支付政策对试点地区产业准入实行有针对性的负面清单制度, 这有助于推动当地产业结构优化升级, 进而促进试点地区碳排放水平的降低。一方面, 生态转移支付政策的产业负面清单制度对试点地区企业的生产规模、清洁生产水平和工艺技术等进行了明确规定, 并要求不符合条件的产业或企业限期关停或进行技术改造升级, 这有效限制了污染产业的发展。许多污染密集型企业开始探索绿色低碳转型发展路径, 不断提高能源资源利用效率和自身绿色低碳技术水平, 进而提高绿色产品和服务供给能力, 最终在总体上降低了碳排放水平。另一方面, 立足本地区生态资源禀赋的比较优势, 试点地区根据产业准入要求培育和发展独具特色的生态农业和旅游业, 这有助于降低碳排放水平。生态转移支付鼓励了试点地区企业探索开发绿色生态农产品, 从而推动了生态农业的发展。同时, 生态转移支付有利于改善受补助地区的生态环境, 修复其生态脆弱区, 且受偿地区和谐的生态系统与优美的自然环境可为生态旅游产业发展提供保障。

第二, 技术创新效应。尽管生态转移支付表现为政府间的资金转移, 直接作用于地方政府而非企业, 但是地方政府进一步将环境治理和产业绿色低碳转型压力传导至企业层面。国家重点生态功能区转移支付政策设置了“奖优惩劣”的补偿机制, 对达到考核要求的地区进行奖励, 对环保工作不力、产业绿色低碳转型滞后和生态扶贫工作效果不佳的地区扣减资金。那么, 地方政府出于完成考核目标和获取更多补偿资金的动机可能通过环境规制和创新补贴等政策工具引导企业开展绿色低碳创新活动。在环境规制的约束下, 许多企业会增加技术研发投入、引进节能减排设备和吸纳技术型人才, 从而提升自身的绿色低碳技术创新能力。同时, 受补助地区可能通过资金配套、资金补贴和减免税费等途径为企业提供创新支持, 以此来鼓励生产性企业开展低碳技术研发和改造活动, 提高自身的低碳技术创新能力。而低碳技术创新是引领绿色低碳发展和实现碳减排的动力源泉(徐斌等, 2019)。因此, 在环境规制和创新补贴的双重激励下, 试点地区的企业不断提升自身的低碳技术创新水平, 有效降低了该地区的碳排放水平。基于上述分析, 本文提出如下假说:

假说 2: 国家重点生态功能区转移支付政策能够通过结构优化效应和技术创新效应降低试点地区的碳排放水平。

2. 低碳经济发展效应

国家重点生态功能区转移支付包含环境保护、改善民生和生态扶贫三重政策目标, 所以该政策不仅能够降低试点地区的碳排放水平, 还有利于促进该地区经济发展, 进而促进该地区低碳经济发展。具体而言, 第一, 试点地区获得的生态转移支付资金仅可用于生态环境保护、改善民生和增加生态扶贫投入, 同时中央政府严格监督和管理补偿资金的具体用途和使用绩效。这促使当地政府在修复生态和保护环境的同时, 还努力提高居民经济收入水平, 这在总体上推动了受偿地区的经济高质量发展。第二, 生态转移支付政策提高了受偿地区的环境质量, 促使受偿地区更好地发挥自身生态资源优势。受偿地区在着力推动生态产业发展的同时, 不断提高生态资源的利用效率, 促进了该地区低碳经济发展。第三, 在生态转移支付政策的影响下, 试点地区政府为实现生态考核要求而加强了环境管制。严格的环境规制推动了传统的污染型工业产业绿色低碳转型, 并激励了企业低碳技术创新。这不仅降低了试点地区的碳排放水平, 还促进了该地区经济可持续发展, 因此该政策提升了试点地区的碳生产率(CP)和碳全要素生产率

(CTFP), 实现了“降碳促经”的政策效果。鉴于此, 本文提出如下假说:

假说 3: 国家重点生态功能区转移支付政策能够提升试点地区的碳生产率和碳全要素生产率, 从而推动该地区低碳经济发展。

本文的理论机制见图 1。

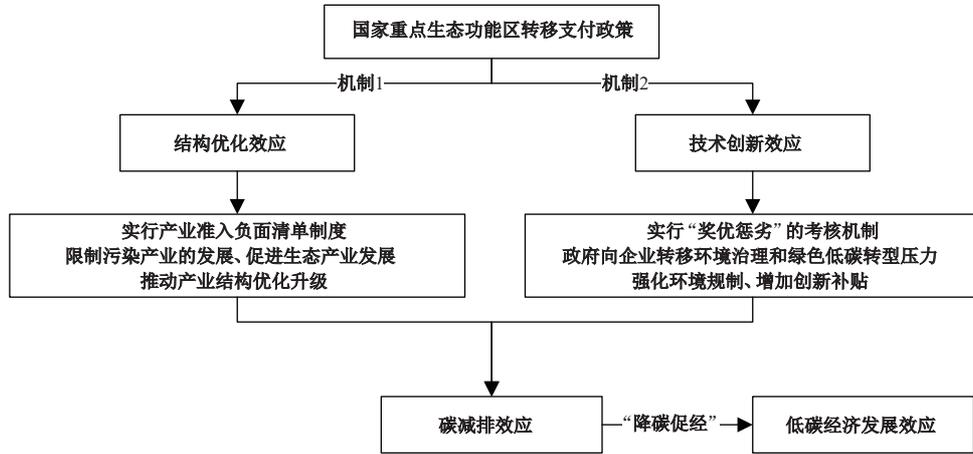


图 1 理论机制图

三、研究设计与数据选取

(一) 模型设计

依据国家重点生态功能区转移支付政策的多阶段实施特征, 本文采用多期 DID 模型考察该政策是否降低了受偿地区的碳排放水平, 具体模型设置如下:

$$CO2_{it} = \alpha_0 + \alpha_1 Policy_{it} + \alpha_2 CV_{it} + \lambda_i + \mu_t + \varepsilon_{it} \quad (1)$$

其中, 下标 i 为县(市、区), t 为年份。CO2 为碳排放水平, 使用碳排放总量的对数值来衡量。Policy_{it} 是本文的关键解释变量, 表示县(市、区) i 在 t 年是否被选为国家重点生态功能区转移支付试点地区。系数 α_1 表示在政策实施前后, 试点地区相对于非试点地区碳排放总量的平均变化。CV 为本文的控制变量, 包括经济发展水平、教育水平、能源消耗量、政府干预程度、人口密度、平均风速、平均气温、平均气压和平均相对湿度。 λ 和 μ 分别为地区和时间固定效应, ε 为随机误差项。

(二) 变量测度

1. 被解释变量

本文将县级地区的碳排放总量的对数值(CO2)设置为被解释变量。根据全球大气研究排放数据库(EDGAR)公布的 1970—2021 年二氧化碳排放量数据集, 本文借助 ArcGIS 软件将原始数据转换为栅格数据, 并计算得到各县逐年的二氧化碳排放总量。鉴于二氧化碳排放量的数值较大, 为尽量减少异方差对回归结果有效性的影响, 本文采用二氧化碳排放量的自然对数值作为被解释变量。此外, 本文还采用人均碳排放量和单位 GDP 的碳排放量作为碳排放水平的代理变量, 并进行稳健性检验。

2. 核心解释变量

生态转移支付政策(Policy)。Policy 为国家重点生态功能区转移支付政策, 本文用虚拟变量表示。对于非试点地区而言, 其 Policy 的取值始终为 0; 对于试点地区而言, 在生态转移支付政

策实施当年及以后年份,则 *Policy* 的取值为 1,而在被选为试点地区之前,则该地区的 *Policy* 取值为 0。

3. 控制变量

本文选取经济发展水平(*Light*)、教育水平(*Edu*)、能源消耗量(*Energy*)、政府干预程度(*GI*)、人口密度(*Pop*)、风速(*Wind*)、气温(*Temperature*)、气压(*Pressure*)和湿度(*Humidity*)等变量作为控制变量。前五个变量分别使用夜间灯光强度、中学在校学生数占总人口比重、电力消费量、人均财政支出、地区人口数与行政区域面积比值来衡量。*Edu*、*GI*、*Pop* 的数据来源于《中国县域统计年鉴》,而 *Light* 和 *Energy* 的数据来源于 Chen 等(2021)的研究。气象数据(*Wind*、*Temperature*、*Pressure* 和 *Humidity*)来源于美国国家海洋和大气管理局环境信息中心。借鉴杨冕等(2022)的方法,本文根据县日度气象变量均值计算出年度气象变量均值。

(三) 样本选择

由于生态转移支付政策于 2008 年正式开始实施,本文将研究区间设定为 2003—2020 年,以便于比较政策实施前后试点地区碳排放水平的差异。因为重点生态功能区转移支付政策以县级地区为主要补偿对象,本文以县(市、区)为研究对象,剔除了缺乏经济环境数据的地区,并剔除了未连续获得生态转移支付的地区。本文选择了自 2008 年以来取得重点生态功能区转移支付的县(市、区)作为处理组,并将其他未获得生态转移支付的县(市、区)作为对照组。最终,本文选取了 2003—2020 年 1431 个县级地区的数据作为研究样本,其中包括 431 个试点地区和 1000 个非试点地区。表 1 为主要变量的描述性统计结果。

表 1 描述性统计结果

变量名称	指标测度(单位)	试点地区			非试点地区		
		样本数	平均值	标准差	样本数	平均值	标准差
碳排放水平(<i>CO2</i>)	碳排放量的对数值	7758	9.001	0.851	18000	9.677	1.003
生态转移支付政策(<i>Policy</i>)	是否实施生态转移支付政策的虚拟变量	7758	0.512	0.500	18000	0.000	0.000
经济发展水平(<i>Light</i>)	夜间灯光强度($nW\ cm^{-2}\ sr^{-1}$)	7758	0.065	0.157	18000	0.432	1.136
能源消耗量(<i>Energy</i>)	电力消费量(<i>twh</i>)	7758	6.753	7.199	18000	11.615	13.044
教育水平(<i>Edu</i>)	中学在校学生数占总人口比重(%)	7758	0.051	0.017	18000	0.054	0.017
政府干预程度(<i>GI</i>)	人均财政支出(万元/人)	7758	0.557	0.582	18000	0.453	0.468
人口密度(<i>Pop</i>)	地区人口数与行政区域面积比值(人/ km^2)	7758	0.022	0.259	18000	0.043	0.121
风速(<i>Wind</i>)	年平均风速(<i>m/s</i>)	7758	1.947	0.579	18000	2.116	0.548
气温(<i>Temperature</i>)	年平均气温($^{\circ}C$)	7758	13.474	5.596	18000	14.502	4.671
气压(<i>Pressure</i>)	年平均气压(<i>hpa</i>)	7758	947.245	58.833	18000	968.820	53.264
湿度(<i>Humidity</i>)	年平均相对湿度(%)	7758	69.085	10.022	18000	68.688	8.896

四、实证分析结果

(一) 基准回归

依据式(1),本文将被解释变量和核心解释变量分别设置为 *CO2* 和 *Policy*,借助多期 *DID* 方法检验了国家重点生态功能区转移支付对试点地区碳排放水平的影响,估计结果报告在表 2 之中。由表 2 可知,在列(1)和列(2)中, *Policy* 的估计系数分别为-0.022 和-0.019,且均通过了 1% 的显著性水平检验。这意味着在不考虑控制变量的情况之下,实施生态转移支付政策导致受偿地区的碳排放水平显著降低了 2.20%,而在考虑了其他影响因素后,该政策使得受偿地区的碳排放水平相比非受偿地区平均降低约 1.90%。上述结果初步表明国家重点生态功能区转移支

付政策显著降低了试点地区的碳排放水平,有助于推动该地区绿色低碳发展,即假说1成立。

(二)时间趋势与动态效应

本文参照 Beck 等(2010)的方法,采用事件研究法检验生态转移支付政策影响碳排放水平的趋势与动态效应。具体的方法是对生态转移支付的政策效应进行逐年计算,即将各县(市、区)获得生态转移支付的起始年份设为 D_{it}^0 虚拟变量,同时引入政策实施前虚拟变量 (D_{it}^{-n}) 和政策实施后虚拟变量 (D_{it}^n)。计量模型设置如下:

$$CO2_{it} = \alpha_0 + \sum_{n=-14}^{12} \theta_n D_{it}^n + \alpha_2 CV_{it} + \lambda_i + \mu_t + \varepsilon_{it} \quad (2)$$

其中, D_{it}^n 表示相对年份虚拟变量。由于不同试点地区获得国家重点生态功能区转移支付的起始年份存在差异, D_{it}^n 所代表的年份不同。同时,由于样本年份有限,不同试点地区政策实施前后的年份数也存在一定差异。当年份为处理当期时, D_{it} 的值为1;反之,则 D_{it} 的值为0。例如, $D_{it}^{-2}=1$ 表示时间是地区 i 被选定为生态转移支付试点之前的第2年,否则为0; $D_{it}^3=1$ 表示时间是地区 i 被选定为生态转移支付试点之后的第3年,反之为0。 θ_n 为式(2)所关注的系数,表示试点政策实施前后对县级碳排放水平产生的动态影响效应。本文以相对年份-14为基准年份,绘制了时间趋势与动态效应图。

根据图2,本文得出以下结论:第一,在重点生态功能区转移支付政策实施之前, θ_n 的估计系数在政策实施之前均不显著,表明处理组和对照组的碳排放总量在生态转移支付政策实施前不存在明显的差异,满足平行趋势假设。第二,在政策实施以后,估计系数 θ_n 为负数,从政策实施后的第三年开始显著并逐步增大,表明该政策总体上有助于降低试点地区的碳排放总量,并且随着试点范围的不断扩大,生态转移支付的政策效应持续增强。

(三)稳健性检验

第一,倾向得分匹配处理。本文采用倾向得分匹配(PSM)方法对处理组和控制组样本进行筛选,并在此基础上使用 DID 模型重新进行估计。考虑到试点政策是多期的,本节采用逐年匹配的方式选择样本。具体方法是分别采用 K 近邻匹配($K=4$)、半径匹配与核匹配三类方法,并将地区生产总值、居民用电量、区域面积和人口数量作为协变量,对处理组和对照组的县区进行匹配。由表3的回归结果可知:在列(1)至列(3)中, $Policy$ 的估计系数均在1%的水平上显著为负,即经过多种 PSM 处理后, $Policy$ 的回归结果与表2基本一致。上述结果表明,国家重点生态功能区转移支付政策能够有效降低试点地区的碳排放总量,即基准回归结果是稳健的。

表2 基准回归结果

	(1)CO2	(2)CO2
<i>Policy</i>	-0.022*** (0.003)	-0.019*** (0.004)
<i>CV</i>		控制
<i>County</i>	控制	控制
<i>Year</i>	控制	控制
<i>N</i>	25758	25758
<i>R</i> ²	0.798	0.805

注:***、**和*分别表示在1%、5%和10%的水平上显著;括号内为年份和城市交乘项层次的稳健标准误; *County*、*Year*分别为地区与年份固定效应,下表同。

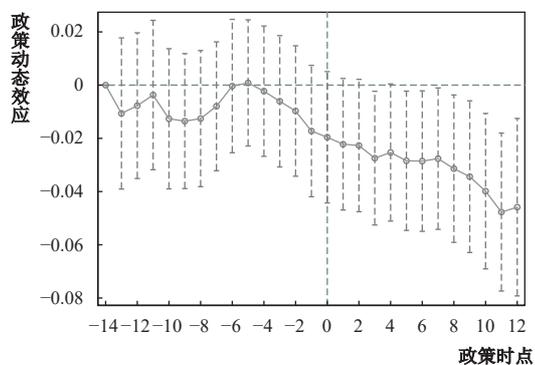


图2 时间趋势与动态效应

表 3 稳健性检验 1: PSM-DID 估计结果

	K近邻匹配	半径匹配	核匹配
	(1)CO2	(2)CO2	(3)CO2
<i>Policy</i>	-0.012*** (0.004)	-0.016*** (0.004)	-0.016*** (0.004)
<i>CV</i>	控制	控制	控制
<i>County</i>	控制	控制	控制
<i>Year</i>	控制	控制	控制
<i>N</i>	15 455	24 394	24 415
<i>R</i> ²	0.792	0.801	0.801

第二, 异质性处理效应检验。Goodman-Bacon(2021)的研究表明, 多期 DID 双向固定效应估计量存在异质性处理效应, 可能会影响估计结果的可信性。本节首先借助 Bacon 分解方法判断双向固定效应估计量是否存在偏误, 然后再使用 Gardner(2022)提出的两阶段 DID 估计量进行稳健性检验。由表 4 可知, 时变处理组将未处理组别作为控制组的权重高达 80.8%, 说明基准回归使用的双向固定效应估计结果较为稳健, 不存在严重的偏误。表 5 的估计结果表明, 改变估计方法未能改变本文的估计结果, 表明基准回归结果是稳健的。

表 4 稳健性检验 2: Bacon 分解估计结果

Bacon分解	估计系数	权重
时变处理组	-0.009	0.130
从未处理 VS 时变处理	-0.025	0.808
两者之间	0.042	0.061

表 5 稳健性检验 2: 两阶段 DID 估计结果

	(1)CO2	(2)CO2
<i>Policy</i>	-0.026*** (0.004)	-0.025*** (0.005)
<i>CV</i>		控制
<i>County</i>	控制	控制
<i>Year</i>	控制	控制
<i>N</i>	25 758	25 758

第三, 替换被解释变量。本文将被解释变量替换为人均碳排放量(*PCO2*)和碳排放强度(*GCO2*), 分别用碳排放总量除以各地区人口数量的值和碳排放总量除以各地区 *GDP* 的值加以衡量, 重新检验式(1)。依据表 6 的回归结果可知, 当被解释变量被替换为 *PCO2* 或 *GCO2* 时, *Policy* 的回归系数均在 1% 的水平上显著为负。上述结果表明, 改变地区碳排放水平的衡量方式未能改变国家重点生态功能区转移支付政策的实施效果, 即该政策能够有效降低试点地区的碳排放总量和碳排放强度。

第四, 缩短时间窗口。本文将 2008 年作为政策是否实施的分界点, 分别取 2008 年前后一年(2007—2009 年)、两年(2006—2010 年)和三年(2005—2011 年)三种政策实施的时间窗口进行 DID 估计。根据表 7 回归结果, 从 *Policy* 系数大小和显著性结果来看, 无论时间窗口长短, *Policy* 的估计系数均为负数, 且至少通过了 5% 的显著性检验。这表明时间窗口从一年到三年均

未能改变国家重点生态功能区转移支付政策的有效性，即该政策的实施确实有助于降低试点地区的碳排放水平。

表 6 稳健性检验 3: 替换被解释变量

	(1)PCO2	(2)PCO2	(3)GCO2	(4)GCO2
<i>Policy</i>	-0.080*** (0.011)	-0.097*** (0.015)	-34.243*** (6.396)	-18.228*** (6.958)
<i>CV</i>		控制		控制
<i>County</i>	控制	控制	控制	控制
<i>Year</i>	控制	控制	控制	控制
<i>N</i>	25 758	25 758	25 758	25 758
<i>R</i> ²	0.068	0.131	0.248	0.264

表 7 稳健性检验 4: 缩短时间窗口

	前后一年	前后两年	前后三年
	(1)CO2	(2)CO2	(3)CO2
<i>Policy</i>	-0.010** (0.005)	-0.019*** (0.004)	-0.027*** (0.003)
<i>CV</i>	控制	控制	控制
<i>County</i>	控制	控制	控制
<i>Year</i>	控制	控制	控制
<i>N</i>	4 293	7 155	10 017
<i>R</i> ²	0.441	0.687	0.818

第五，剔除潜在其他因素干扰。本文采取以下方法剔除其他因素的干扰：第一，剔除与试点县相邻的县，从而缓解溢出效应。生态转移支付政策可能会在不同县级地区之间存在外溢性，导致估计结果存在偏误。本文剔除了控制组中与试点地区相邻的县级地区，然后重新对式(1)进行回归。第二，剔除其他低碳环保政策的影响。在研究期间内，中国政府实施了多项低碳环保政策，其中最具代表性的低碳环保政策为碳排放权交易政策和低碳城市试点政策。本文采取以下两种方式剔除其他低碳环保政策的影响：(1)在基准回归方程的基础上加入碳排放权交易政策(*Policyets*)和低碳城市试点政策(*Policylc*)的虚拟变量。^①(2)剔除受碳排放权交易和低碳城市试点政策影响的县区样本。由表 8 可知，在控制两项低碳环保政策的影响之后，*Policy* 的估计系数在 1% 的水平上显著为负，而 *Policyets* 和 *Policylc* 的估计系数均为正数。因此，控制或剔除其他低碳环保政策的干扰后，国家重点生态功能区转移支付政策仍具有显著的碳减排效应。

(四)异质性检验

本节从资源禀赋条件与经济发展水平来考察重点生态功能区转移支付政策影响不同地区碳排放水平的异质性特征。首先，基于县级地区是否位于资源型城市的标准，将全样本分为资源丰富地区和资源匮乏地区两个子样本，引入异质性识别变量 *Rcity* 来考察重点生态功能区转移支付政策对受到不同资源禀赋条件地区的碳排放水平的影响。其次，将直辖市、省会城市以及副省级城市下辖县区设置为经济发达地区，将其他县区设置为经济落后地区，并引入虚拟变量 *Dcity* 来考察生态转移支付政策对不同地区碳排放水平的影响。构建异质性识别模型为：

① 对于某一县级地区所属省份来说，考察的时间是在启动碳排放权交易试点前，则 *Policyets* 的取值 0，反之，*Policyets* 为 1；对于某一县级地区所属城市来说，考察的时间是被确立为低碳城市试点之前，则 *Policylc* 取值为 0，反之，*Policylc* 取值为 1。

$$CO2_{it} = \beta_0 + \beta_1 Policy_{it} + \beta_2 Policy_{it} \times Rcity_{it}(Dcity_{it}) + \beta_3 Rcity_{it}(Dcity_{it}) + \beta_4 CV_{it} + \lambda_i + \mu_t + \varepsilon_{it} \quad (3)$$

其中, $Rcity$ 表示是否为资源型城市下辖县区的虚拟变量。 $Rcity=1$ 表示某个县(市、区)所在城市为资源型城市(资源丰富地区); $Rcity=0$ 表示该县(市、区)所在城市为其他城市(资源匮乏地区)。 $Dcity$ 表示是否为发达地区的虚拟变量。 $Dcity=1$ 表示某个县(市、区)所在城市为经济发达地区; $Dcity=0$ 表示该县(市、区)所在城市为经济落后地区。 β_2 衡量了不同资源丰富程度或经济发展水平地区之间的政策效果差异。

根据图表分析结果, $Policy \times Rcity$ 的估计系数为正但不显著, 表明国家重点生态功能区转移支付政策的碳减排效应在资源匮乏地区和资源丰富地区无明显差异。 $Policy \times Dcity$ 的估计系数为正数, 且通过了 1% 的显著性水平检验, 说明国家重点生态功能区转移支付政策对经济落后地区碳减排的影响更为显著。^①

表 8 稳健性检验 5: 剔除潜在其他因素干扰

	剔除试点县相邻的县	控制两项政策的影响	剔除两项政策的试点地区
	(1)CO2	(2)CO2	(3)CO2
<i>Policy</i>	-0.015*** (0.004)	-0.020*** (0.004)	-0.022*** (0.005)
<i>Policyets</i>		0.005 (0.004)	
<i>Polycylc</i>		0.015*** (0.003)	
<i>CV</i>	控制	控制	控制
<i>County</i>	控制	控制	控制
<i>Year</i>	控制	控制	控制
<i>N</i>	18 756	25 758	14 869
<i>R²</i>	0.799	0.805	0.795

(五) 机制研究

为检验生态转移支付政策影响试点地区碳排放水平的内在机制, 本节借鉴李江龙和徐斌(2018)的处理方式, 将被解释变量替换为机制变量, 采用如下模型进行检验:

$$M_{it} = \gamma_0 + \gamma_1 Policy_{it} + \gamma_2 CV_{it} + \lambda_i + \mu_t + \varepsilon_{it} \quad (4)$$

其中, M 为机制变量, 包含产业结构和低碳技术创新水平两个变量。本文主要采用以下方法构建机制变量: 第一, 产业结构。分别使用第一产业产值占 GDP 比重(*First*)、第二产业产值占 GDP 比重(*Second*)和第三产业产值占 GDP 比重(*Third*)来衡量地区产业结构水平, 数据来源于《中国县域统计年鉴》。第二, 低碳技术创新水平。参考宋德勇等(2021)的研究, 本文依据 WIPO 于 2010 年发布的《绿色专利清单》, 选取与低碳生产相关的专利数量来衡量低碳技术创新水平。考虑到专利申请数据比授权数据更加稳定, 而且专利申请时间能够更好地表示某个地区的实际创新时间, 所以本文主要统计低碳技术相关的专利申请数。具体的方法是: 第一, 确定低碳技术专利的种类和 IPC 分类号。保留《绿色专利清单》中一级分类为“能源节约”与“替代能源生产”的专利, 分别保留“废弃物管理”与“行政监管与设计”类别中二级分类为“污染控制”与“碳排放权交易”的专利。第二, 使用国家知识产权局专利检索平台, 在检索框中输入“IPC 分类号+县区名称”, 检索所有样本地区在研究期间的低碳技术发明专利和实用新型专利的申请数量。

① 限于篇幅, 图表分析省略, 读者若是感兴趣可向作者索取。

第三,相比专利申请数量,采用低碳技术专利申请量占总专利申请量的比例来衡量地区低碳技术创新水平,这可以有效剔除不可观测因素的干扰(齐绍洲等,2018)。基于此,本文选用低碳技术发明专利申请数占当年县级地区总发明专利申请数的比重($Icpatent$)、低碳技术实用新型专利申请数占当年县级地区总实用新型专利申请数的比重($Ucpatent$)、低碳技术发明专利与实用新型专利申请数之和占当年县级地区总发明专利与实用新型专利申请数之和的比重($Cpatent$)来衡量低碳技术创新水平。

根据表 9 的机制检验回归结果,本文得出以下主要结论:第一,当被解释变量为 $First$ 和 $Third$ 时, $Policy$ 的估计系数显著为正,而当被解释变量为 $Second$ 时, $Policy$ 的估计系数显著为负。这说明生态转移支付政策能够优化试点地区的产业结构,推动产业低碳化发展。第二,当被解释变量为 $Icpatent$ 、 $Ucpatent$ 和 $Cpatent$ 时, $Policy$ 的估计系数在 1% 的显著性水平上为正,表明生态转移支付政策显著提高了试点地区的低碳技术发明专利和实用新型专利占总专利数量的比重,提升了该地区的低碳技术创新水平,从而有助于实现碳减排。因此,国家重点生态功能区转移支付政策能够通过优化产业结构和提高低碳技术创新水平来降低试点地区的碳排放水平,验证了假说 2。

表 9 机制检验

	结构优化效应			技术创新效应		
	(1) $First$	(2) $Second$	(3) $Third$	(4) $Icpatent$	(5) $Ucpatent$	(6) $Cpatent$
$Policy$	0.077*** (0.008)	-0.089*** (0.015)	0.095*** (0.010)	0.062*** (0.008)	0.029*** (0.007)	0.051*** (0.008)
CV	控制	控制	控制	控制	控制	控制
$County$	控制	控制	控制	控制	控制	控制
$Year$	控制	控制	控制	控制	控制	控制
N	25 758	25 758	25 758	25 758	25 758	25 758
R^2	0.552	0.755	0.889	0.142	0.053	0.109

五、进一步分析

参考薛飞和陈煦(2022)的研究,本部分将从生态转移支付资金的成本与收益两方面入手,进一步剖析生态转移支付的政策效果。^①

(一)生态转移支付的成本分析

中央财政自 2008 年起设立国家重点生态功能区转移支付项目,每年向各省级政府支付一定的生态补偿资金。省级政府在获得补偿资金后,根据本地实际情况分配到相关市、县。由于财政部只公开了各省获得重点生态功能区转移支付金额,本文基于 2008—2023 年中国各省重点生态功能区转移支付资金规模数据绘制了图表,并得到以下结论:第一,东部、中部和西部地区的生态转移支付资金规模在总体上保持持续增长的趋势。第二,西部地区获得的生态转移支付资金由 2008 年的 44.35 亿元增长到 2023 年的 636.49 亿元,累计投入 5 346.81 亿元。中部地区获得的生态转移支付资金由 2008 年的 15.89 亿元增长到 2023 年的 280.01 亿元,累计投入 2 430.85 亿元。东部地区获得的生态转移支付资金由 2008 年的 0.27 亿元增长到 2023 年的 144.50 亿元,累计投入 1 183.40 亿元。所以,西部地区获得的生态转移支付资金最多,东部地区最少。第三,

^① 限于篇幅,图表分析省略,读者若是感兴趣可向作者索取。

从全国范围来看,2008—2023年累计生态转移支付资金投入高达8961.06亿元。综上可知,生态转移支付政策实施主要依赖于中央财政支出,并且政策实施具有较高的成本。

(二)生态转移支付的收益分析

本节借助 DID 模型来考察生态转移支付能否对试点地区的生态环境质量、经济发展水平和低碳经济发展水平产生影响,具体模型设置如下:

$$EQ_{it}(PGDP_{it},LCD_{it}) = \delta_0 + \delta_1 Policy_{it} + \delta_2 CV1_{it} + \lambda_i + \mu_t + \varepsilon_{it} \quad (5)$$

其中,被解释变量包含生态环境质量(EQ)、经济发展水平($PGDP$)和低碳经济发展水平(LCD)三个变量,具体衡量方式如下:第一,本文分别使用生态环境质量指数($CHEQ$)和植被覆盖率($NDVI$)来衡量生态环境质量。其中, $CHEQ$ 数据来源于国家地球系统科学数据中心提供的2001—2021年中国高分辨率生态环境质量数据集, $NDVI$ 数据来源于Yang等(2019)公开的2000—2020年中国30米逐年最大植被指数数据集。考虑到两个数据集中的原始数据均为栅格数据,本文使用ArcGIS软件通过计算得到各县逐年的 $CHEQ$ 指数和 $NDVI$ 指数。第二,经济发展水平使用人均 GDP 的对数值衡量,数据来源于《中国县域统计年鉴》。第三,借鉴现有文献,本文使用碳生产率(CP)和碳全要素生产率($CTFP$)来衡量县级地区的低碳经济发展水平。其中, CP 使用实际地区生产总值与碳排放总量比值的对数值来衡量, $CTFP$ 使用包含非期望产出的 SBM 模型和 ML 生产率指数模型来计算。碳全要素生产率具体的衡量方法如下:(1)选取投入和产出变量。投入变量包括劳动力、资本、能源消耗量,分别使用城镇年末单位从业人员数、资本存量和电力消费量加以衡量。期望产出和非期望产出分别使用地区实际 GDP 和碳排放总量加以衡量。(2)使用Matlab软件计算碳全要素生产率 ML 指数。 ML 生产率指数是一个动态指标,其衡量全要素生产率的增长率而非全要素生产率本身。所以,本文参考李斌等(2013)的方法,假设2003年的 $CTFP$ 数值为1,然后根据测算出的 ML 指数累计相乘,进而得到2003—2020年的碳全要素生产率($CTFP$)。 $CV1$ 表示控制变量的集合,包括产业结构($Stru$)、教育水平(Edu)、政府干预程度(GI)和人口密度(Pop),分别用第三产业增加值与第二产业增加值的比例、中等学校在校学生数占总人口比重、人均财政支出、单位辖区面积人口数加以衡量,相关数据均来源于国家统计局。

根据图表分析结果可知:第一,当被解释变量为 $CHEQ$ 和 $NDVI$ 时, $Policy$ 的估计系数均在1%的水平上显著为正。具体而言,在实施生态转移支付政策之后,试点地区的 $CHEQ$ 指数将显著提高0.011,相当于均值水平的2.18%, $NDVI$ 指数将会提升3.656,相当于均值水平的1.98%,说明生态转移支付政策实施明显改善了试点地区的生态环境。第二,回归结果显示,国家重点生态功能区转移支付政策的实施使得受偿地区的人均 GDP 相比非试点地区平均增加约2.40%,这表明该政策有助于地区经济发展。第三,无论被解释变量为 CP 还是 $CTFP$, $Policy$ 的估计系数均为正数,且通过了5%的显著性检验,说明在实施生态转移支付政策之后,试点地区的碳生产率显著提高了5.40%,碳全要素生产率将显著提高0.012,相当于均值水平的1.35%。这表明生态转移支付政策有助于提升试点地区的碳生产率和碳全要素生产率,进而推动了该地区低碳经济发展。因此,假说3得以验证。

六、结论与政策启示

本文基于2003—2020年中国县域面板数据,以国家重点生态功能区转移支付政策为例,采用多期 DID 模型考察了生态转移支付政策对试点地区碳排放水平的影响。研究发现:第一,国家重点生态功能区转移支付政策显著降低了试点地区的碳排放总量,使得试点地区碳排放总量

相对非试点地区平均降低约 1.9 个百分点。这一结论在经过倾向得分匹配检验、异质性处理效应检验、缩短时间窗口、替换被解释变量等一系列稳健性检验后仍成立。第二,在实现路径方面,国家重点生态功能区转移支付政策能够通过结构优化效应和技术创新效应降低试点地区的碳排放水平。第三,异质性分析结果表明,国家重点生态功能区转移支付政策的碳减排效应在资源匮乏地区和资源丰富地区无明显差异,但该政策对经济落后地区碳减排的影响更为显著。第四,成本与收益分析结果表明,国家重点生态功能区转移支付政策主要依赖中央财政支出,政策实施具有高成本的特点,但该政策可以为受偿地区带来显著的生态效益和经济效益,有助于提升试点地区的碳生产率和碳全要素生产率,从而推动该地区低碳经济发展。

上述研究结论可为我国完善生态转移支付制度体系,推动地区实现“双碳”目标提供了重要的政策启示,具体建议如下:第一,完善生态转移支付制度。本文的研究表明生态转移支付显著降低了试点地区的碳排放水平,所以中央政府应当继续推进生态转移支付政策实施。在兼顾公平与效率的条件下,制定灵活的转移支付标准,并完善相应的绩效考核体系,从而提高政策实施的有效性。成本分析结果表明,生态转移支付政策主要依赖于中央财政的持续支出,这在短期内确实可在试点地区实现环境与经济效益,但长期可能导致试点地区“减污降碳”和经济发展的内生驱动力不足。因此,实施生态转移支付要培育绿色低碳产业,激发市场主体活力,使得受偿地区经济高质量发展。第二,推动产业结构优化升级,促进企业低碳技术创新。由于国家重点生态功能区转移支付政策的碳减排效果主要来自于产业结构优化和低碳技术创新,所以在完善产业准入负面清单的基础上,应制定产业准入正面清单,引导高耗能、高污染企业绿色低碳转型,打造“生态+科技”产业集聚区,促进产业结构优化升级。同时,在开展试点工作时,地方政府应为企业提供资金和技术支持,从而加大对低碳技术创新的支持力度。此外,其他非试点地区可以整合生态转移支付资金,并将推动产业结构调整 and 促进低碳技术创新作为工作重点,推进“减污降碳”工作。

主要参考文献:

- [1]李斌,彭星,欧阳铭珂.环境规制、绿色全要素生产率与中国工业发展方式转变——基于 36 个工业行业数据的实证研究[J].中国工业经济,2013,(4):56-68.
- [2]李国平,汪海洲,刘倩.国家重点生态功能区转移支付的双重目标与绩效评价[J].西北大学学报(哲学社会科学版),2014,(1):151-155.
- [3]李江龙,徐斌.“诅咒”还是“福音”:资源丰裕程度如何影响中国绿色经济增长?[J].经济研究,2018,(9):151-167.
- [4]李一花,李佳.生态补偿有助于脱贫攻坚吗?——基于重点生态功能区转移支付的准自然实验研究[J].财贸研究,2021,(5):23-36.
- [5]潘晨,张红梅,祝灵秀,等.出口的就业与碳排放效应是否平衡——基于价值链分工视角的研究[J].中国软科学,2022,(5):76-86.
- [6]齐绍洲,林岫,崔静波.环境权益交易市场能否诱发绿色创新?——基于我国上市公司绿色专利数据的证据[J].经济研究,2018,(12):129-143.
- [7]宋德勇,朱文博,王班班.中国碳交易试点覆盖企业的微观实证:碳排放权交易、配额分配方法与企业绿色创新[J].中国人口·资源与环境,2021,(1):37-47.
- [8]王雅莉,侯林歧,朱金鹤.城市创新能否助力低碳经济发展——创新型城市试点政策对碳强度的影响评估及机制分析[J].科技进步与对策,2022,(18):39-49.
- [9]王勇,王颖.中国实现碳减排双控目标的可行性及最优路径——能源结构优化的视角[J].中国环境科学,2019,(10):4444-4455.

- [10]徐斌,陈宇芳,沈小波.清洁能源发展、二氧化碳减排与区域经济增长[J].经济研究,2019,(7):188-202.
- [11]薛飞,陈煦.绿色财政政策的碳减排效应——来自“节能减排财政政策综合示范城市”的证据[J].财经研究,2022,(7):79-93.
- [12]杨冕,谢泽宇,杨福霞.省界毗邻地区绿色发展路径探索:来自革命老区振兴的启示[J].世界经济,2022,(8):157-179.
- [13]Ahmadi Y, Yamazaki A, Kabore P. How do carbon taxes affect emissions? Plant-level evidence from manufacturing[J]. *Environmental and Resource Economics*, 2022, 82(2): 285-325.
- [14]Ahmed V, Zeshan M. Decomposing change in energy consumption of the agricultural sector in Pakistan[J]. *Agrarian South: Journal of Political Economy: A triannual Journal of Agrarian South Network and CARES*, 2014, 3(3): 369-402.
- [15]Beck T, Levine R, Levkov A. Big bad banks? The winners and losers from bank deregulation in the United States[J]. *The Journal of Finance*, 2010, 65(5): 1637-1667.
- [16]Chen H Y, Hou M Y, Xi Z L, et al. Co-benefits of the national key ecological function areas in China for carbon sequestration and environmental quality[J]. *Frontiers in Ecology and Evolution*, 2023, 11: 1093135.
- [17]Chien F, Hsu C C, Zhang Y Q, et al. Assessing the impact of green fiscal policies and energy poverty on energy efficiency[J]. *Environmental Science and Pollution Research*, 2022, 29(3): 4363-4374.
- [18]Dasgupta P, Srikanth K. Achieving the climate goal with intergovernmental transfers to the forestry sector: Insights from the Indian experience[J]. *Climatic Change*, 2021, 164(3-4): 45.
- [19]Gong C G, Zhang J H, Liu H. Do industrial pollution activities in China respond to ecological fiscal transfers? Evidence from payments to national key ecological function zones[J]. *Journal of Environmental Planning and Management*, 2021, 64(7): 1184-1203.
- [20]Goodman-Bacon A. Difference-in-differences with variation in treatment timing[J]. *Journal of Econometrics*, 2021, 225(2): 254-277.
- [21]Hegde R, Bull G Q. Performance of an agro-forestry based payments-for-environmental-services project in Mozambique: A household level analysis[J]. *Ecological Economics*, 2011, 71: 122-130.
- [22]Jin S T, Jiang A L, Bao B F. Can China's transfer payment in key ecological function areas reduce the carbon intensity? Quasi-natural experimental evidence from Jiangxi, China[J]. *Ecological Indicators*, 2023, 154: 110537.
- [23]Li W, Chen Z J, Li M C, et al. Carbon emission and economic development trade-offs for optimizing land-use allocation in the Yangtze River Delta, China[J]. *Ecological Indicators*, 2023, 147: 109950.
- [24]Liang Y Y, Yu B Y, Wang L. Costs and benefits of renewable energy development in China's power industry[J]. *Renewable Energy*, 2019, 131: 700-712.
- [25]Narassimhan E, Gallagher K S, Koester S, et al. Carbon pricing in practice: A review of existing emissions trading systems[J]. *Climate Policy*, 2018, 18(8): 967-991.
- [26]Ring I. Integrating local ecological services into intergovernmental fiscal transfers: The case of the ecological ICMS in Brazil[J]. *Land Use Policy*, 2008, 25(4): 485-497.
- [27]Santos R, Ring I, Antunes P, et al. Fiscal transfers for biodiversity conservation: The Portuguese local finances law[J]. *Land Use Policy*, 2012, 29(2): 261-273.
- [28]Shi B B, Li N, Gao Q, et al. Market incentives, carbon quota allocation and carbon emission reduction: Evidence from China's carbon trading pilot policy[J]. *Journal of Environmental Management*, 2022, 319: 115650.
- [29]Wang H, Li Y Y, Lin W F, et al. How does digital technology promote carbon emission reduction? Empirical evidence based on e-commerce pilot city policy in China[J]. *Journal of Environmental Management*, 2023, 325: 116524.
- [30]Wang Q W, Chiu Y H, Chiu C R. Driving factors behind carbon dioxide emissions in China: A modified production-

theoretical decomposition analysis[J]. *Energy Economics*, 2015, 51: 252–260.

[31] Yang J L, Dong J W, Xiao X M, et al. Divergent shifts in peak photosynthesis timing of temperate and alpine grasslands in China[J]. *Remote Sensing of Environment*, 2019, 233: 111395.

[32] Zhang X F, Fan D C. Collaborative emission reduction research on dual-pilot policies of the low-carbon city and smart city from the perspective of multiple innovations[J]. *Urban Climate*, 2023, 47: 101364.

The Carbon-reduction Effect of Ecological Fiscal Transfers: Evidence from Transfer Payments for National Key Ecological Function Zones

Yang Qiuyue¹, Liu Xiaoxiao², Li Zuojun³

(1. School of Marxism, Anhui University, Hefei 230601, China; 2. School of Economics and Management, Wuhan University, Wuhan 430072, China; 3. Institute of Public Management and Human Resources, Development Research Center of the State Council, Beijing 100010, China)

Summary: Transfer payments for National Key Ecological Function Zones (NKEFZs) are an organic combination of ecological compensation and transfer payments. Transfer payments for NKEFZs not only help to protect natural ecosystems such as forests, grasslands, and wetlands, and expand the scale of national greening, but also help to limit the development of industries with high energy consumption and high pollution. This means that the NKEFZs policy may help to achieve the goals of carbon sequestration and carbon reduction, thereby reducing the overall carbon emission level of pilot regions.

Given this, this paper takes transfer payments for NKEFZs as an example, and utilizes the DID method to evaluate the impact of ecological fiscal transfers on compensated areas' carbon emission levels and verify its possible mechanisms. The results show that the NKEFZs policy significantly reduces compensated areas' carbon emissions, indicating that this policy promotes regional green development. Compared with non-pilot regions, implementing this policy decreases carbon emissions in the pilot regions by about 1.90% on average. Also, it is found that the NKEFZs policy may reduce carbon emissions by optimizing industrial structures and prompting low-carbon technological innovation. Heterogeneity analysis shows that there is no significant difference in the carbon-reduction effect between resource-poor and resource-rich regions, but the impact of this policy on carbon reduction in economically underdeveloped areas is more significant.

The marginal contributions of this paper are as follows: First, in terms of research perspective, it explores the carbon-reduction effect of ecological fiscal transfers, thereby expanding the research on the environmental effect of ecological fiscal transfers. Second, in terms of research content, it takes transfer payments for NKEFZs as an example to clarify the carbon-reduction effect of ecological fiscal transfers and its transmission mechanism, and further analyzes the cost and benefit of ecological transfer payment funds. Third, in terms of research method, it utilizes ArcGIS software to calculate China's county-level carbon emission levels from 2003 to 2020, and evaluates the carbon-reduction effect of the NKEFZs policy by the DID model, which to some extent alleviates the data limitation and endogeneity issues in the existing research.

Key words: ecological fiscal transfers; carbon reduction; industrial structure optimization; low-carbon technological innovation; low-carbon economic development (责任编辑 顾 坚)