

创新型城市和低碳城市双试点政策对 经济绿色发展的影响研究

摘要：中国在 2008 和 2010 年先后开始实施创新型城市和低碳城市建设试点政策。两大试点政策将在实现其政策初衷(即提升科技创新能力、减少温室气体排放)的同时，对国家经济绿色发展产生重要影响。为此，将两大试点政策在同一城市实施所形成的双试点政策看作一次准自然实验，以 2006—2019 年中国 283 个地级市构成的面板数据为样本，使用渐进双重差分法实证分析双试点政策对经济绿色发展的影响情况。研究发现，双试点政策能有效促进试点城市经济绿色发展，且促进过程中两大试点政策会产生正向协同效应，同时这种协同效应会受到两大试点政策实施次序的影响。机理分析表明，双试点政策主要通过绿色技术创新和产业结构变迁两大途径促进试点城市经济绿色发展。异质性分析表明，双试点政策对经济绿色发展的促进作用在不同地理位置、规模和资源禀赋的城市呈现出一定的差异性，具体为对东部、大规模和非资源型城市促进效果更好。此外，双试点政策对经济绿色发展的促进作用随试点城市经济绿色发展水平提升呈现递增趋势的同时，还会产生正向的经济绿色发展空间溢出效应。研究结论为优化试点政策结构、促进中国经济绿色转型发展提供了参考和启示。

关键词：创新型城市；低碳城市；经济绿色发展；协同效应；渐进双重差分法

文章所属专业委员会领域：资源与环境经济

一、引言

改革开放以来,中国经济取得了举世瞩目的发展成就。《中国统计年鉴》数据显示,改革开放 40 余年间,中国的国内生产总值增长了近 40 倍,由 1978 年的 3679 亿元增长至 2022 年的 164938 亿元,年均增长率高达 9.1%。成就非凡的同时,长期以来投资拉动的粗放型经济增长模式也逐渐暴露出能源消耗巨大、资源枯竭和环境恶化等一系列问题(李江龙和徐斌, 2018)。《中国统计年鉴》数据显示,近 20 年间,中国的年度能源消费总量翻了近两番,由 2000 年的 146964 万吨增加至 2022 年的 541000 万吨,已成为世界第一大能源消费国; IQAir 全球空气质量数据平台发布的《2020 年全球空气质量报告》也显示,中国有 42 个城市进入全球污染最严重 100 城市行列。这些问题已经成为新发展阶段中国经济实现高质量发展所面临的主要困境。因此,节约资源和保护环境的前提下促进经济增长、以尽可能低的资源和环境代价实现经济绿色发展转型是破解这一困境的唯一路径(林伯强和谭瑞鹏, 2019)。党的十八大以来,以习近平总书记为核心的党中央高度重视绿色发展。从十八大明确提出“着力推进绿色发展”、十八届五中全会将绿色发展确定为新发展理念,到十九届六中全会强调“让绿色成为普遍形态”,再到二十大要求“生态优先、节约集约促进绿色低碳发展”等,无不体现着党中央和全国人民对绿色发展转型的重视与期待。“绿水青山就是金山银山”下的绿色发展已经成为当下全民的普遍共识,也是新发展阶段我们必须坚决贯彻的新发展理念之一。

城市作为各类资源和生产要素的主要汇聚地,是国家和区域践行绿色发展理念的主要空间载体。可以说,城市层面的经济绿色发展直接决定着中国经济绿色发展转型进而高质量发展的顺利实现。国家在城市层面先后提出了创新型城市建设和低碳城市建设两大试点政策,其政策初衷分别是提升科技创新能力和减少温室气体排放。可见,这两大试点政策并非以促进经济绿色发展为其直接政策初衷;但是,它们都会对城市层面的绿色发展产生重要影响。这是因为,一方面,绿色发展是当今科技和产业变革的方向,绿色发展面临的难题需要依靠科技创新来破解^①;另一方面,节能减排本身就是绿色的具体内容,其在很大程度上也依赖于科技创新能力的提升。因此,创新型城市建设和低碳城市建设这两大试点政策在促进城市绿色发展方面具有协同性;探究这种协同性产生的理论逻辑和政策效应对于认识两大试点政策的绿色发展作用效果,推动中国经济绿色转型发展具有重要的理论和现实意义。

二、文献评述

与本文密切相关的文献主要分为两类。第一类聚焦经济绿色发展的影响因素。如王海龙等(2016)认为绿色技术创新是经济绿色发展的主要影响因素,他们采用面板 Tobit 模型进行实证研究发现,绿色技术创新有利于促进中国省域经济绿色发展转型; Wang et al.(2021)也认为绿色技术创新是经济绿色发展的主要影响因素,他们同样基于中国省级面板数据,采用空间杜宾模型发现,绿色技术创新不仅能够促进本地区经济绿色发展水平的提升,还会产生有利于相邻地区经济绿色发展水平提升的空间溢出效应。又如,孙瑾等(2014)和赵领娣等(2016)认为产业结构变迁是经济绿色发展的主要影响因素。前者以第三产业比重为产业结构

^① 习近平总书记在《为建设世界科技强国而奋斗》中的讲话。

升级的衡量指标所进行的实证研究发现，产业结构升级有利于促进地区经济绿色发展转型；后者将第三、第二产业产值之比和泰尔熵指数的倒数分别作为产业结构高级化和产业结构合理化的衡量指标，发现上述两种产业结构变迁的方式均能有效促进经济绿色发展水平提升。再如，Du et al.(2021)认为政府主导的环境规制是经济绿色发展的主要影响因素，且环境规制主要通过绿色技术创新和产业结构变迁两大机制影响地区经济绿色发展转型。

第二类文献聚焦于评估创新型城市建设和低碳城市建设两大试点政策各自的实施效果。如郭丰等(2021)和曹希广等(2022)均以创新型城市建设试点政策的实施为一次准自然实验，采用双重差分法探究该政策对企业创新水平的作用效果；他们均发现，该政策能够实现企业创新的“增量提质”。不同于上述微观视角，王晗等(2022)、崔新蕾和刘欢(2022)采用双重差分法评估了该政策对城市创新的影响效应；他们的研究结果均显示该政策具有持续的创新水平提升效果；且这种政策效果在东部城市和重点城市表现更好。又如，宋弘等(2019)、张华(2020)均以低碳城市建设试点政策的实施为一次准自然实验，采用双重差分法发现，该政策具有显著的碳减排效果，能够有效改善城市空气质量。与此同时，王华星和石大千(2019)进一步探究了该政策产生碳减排效应的途径，他们认为该政策主要通过加强试点城市环境规制强度和提升节能减排技术水平发挥碳减排的政策效果。还有研究如郑汉和郭力宏(2022)以试点城市的邻近非试点城市为研究对象，专门探究政策碳减排的外部性效果；研究发现政策具备以“鲶鱼效应”为主的正外部性，能够产生区域联动减排效应。Yu & Zhang(2021)通过建立 SDID 模型也进一步证实该政策具有上述碳减排外部性效果。随着上述两大试点政策的推广，部分学者发现此两大政策在分别发挥其政策初衷——即创新效应和碳减排效应的同时，还能对城市经济绿色发展产生积极影响。如，聂长飞等(2021)发现创新型城市建设试点政策能够有效提升试点城市的绿色全要素生产率(Green Total Factor Productivity, *GTFP*)；Cheng et al.(2019)认为低碳城市建设试点政策能够通过技术效应(尤其是绿色低碳技术)降低碳排放强度，从而实现经济绿色增长。

通过上述梳理可以发现，现有与本文主题密切相关的文献中，聚焦经济绿色发展这一主题的主要侧重于对经济绿色发展影响因素的探究；聚焦创新型城市建设和低碳城市建设试点政策的主要侧重于对这两大试点政策效应的评估。直接聚焦上述两大试点政策对经济绿色发展影响效应的研究并不多见；关注两大政策协同影响经济绿色发展的研究更是凤毛麟角。鉴于此，本文以创新型城市建设和低碳城市建设双试点政策的实施为一次准自然实验，将2006—2019年中国283个地级市的面板数据作为样本，通过构建渐进双重差分模型来考察两大政策对中国城市层面经济绿色发展水平的影响情况。本文可能的边际贡献为：第一，聚焦创新型城市建设和低碳城市建设两大试点政策对经济绿色发展的协同影响效应，进一步丰富了经济绿色发展和两大政策效应研究的相关内容；第二，以渐进双重差分法为基础，通过对比双试点城市与非双试点城市间经济绿色发展水平的差异、双试点城市与单试点城市间经济绿色发展水平的差异，先后识别出两大政策对经济绿色发展的总影响效应和协同影响效应，为后续多政策协同效应估计提供了经验与思路。

三、政策背景与理论分析

(一) 政策背景

为有效遏制全球温室气体排放，拯救地球这一人类共同家园，来自192个国家的谈判代

表于 2009 年汇聚在哥本哈根召开世界气候大会，商讨《京都议定书》一期承诺到期后的后续方案，即 2012 年至 2020 年的全球减排协议。中国政府率先承诺：到 2020 年中国碳排放强度将比 2005 年降低 40%~45%。为如期兑现这一承诺，大幅降低温室气体排放，中国开始逐步推进低碳城市建设试点政策，并于 2010、2012 和 2017 年先后发布了《关于开展低碳省区和低碳城市试点工作的通知》、《关于开展第二批低碳省区和低碳城市试点工作的通知》和《关于开展第三批国家低碳城市试点工作的通知》，分三批最终将 81 个城市纳入低碳试点建设行列。在低碳城市建设试点政策的推动下，中国的温室气体排放量得到大幅度降低，最终于 2020 年达到了碳排放强度比 2005 年下降 48.5% 的水平，超额完成当年承诺的目标。

与低碳城市建设试点政策实施同时期，中国还开启了创新型城市建设试点政策。为建设创新型国家，国务院于 2006 年发布了《国家中长期科学和技术发展规划纲要》(后文简称《纲要》)。《纲要》指出“科学技术是第一生产力”，要求“把建设创新型国家作为面向未来的重大战略选择”。为此，科技部和发改委(后文简称“两部委”)于 2008 年首先将深圳确定为创新型试点城市，此后又发布了《国家发展改革委关于推进国家创新型城市试点工作的通知》(后文简称《通知》)、《关于支持新一批城市开展创新型城市建设的函》和《关于支持新一批城市开展创新型城市建设的通知》等文件，先后于 2010、2011—2013、2018 和 2022 年分四批将大连、青岛等 102 个城市确定为创新型试点城市。经过多年努力，创新型城市建设试点政策发挥了政策制定起初国家所期待的效果——有效提升了国家科技创新能力，推动中国进入创新型国家行列^①。

(二) 理论分析

1. 低碳城市建设试点政策对经济绿色发展的影响

通过对三批低碳城市建设试点通知文件的梳理可以发现，低碳建设的政策初衷是控制温室气体排放，但根本目的是推进经济全面协调可持续发展——即实现国家经济绿色发展转型。从政策总体布局来看，国家要求聚焦能源、经济和交通等方面的绿色规划，建立温室气体排放的管理体系；具体到被确定为低碳建设试点的城市，则要求其制定低碳发展规划、结合自身条件建立明晰的考核制度，同时，还要求其将具体的减排任务下发到所辖行政区及重点企业，推行目标责任制。可见，在国家的宏观调控和各级政府的监管下，该政策有利于提升试点城市经济绿色发展水平；具体地，该政策主要通过绿色技术创新和产业结构变迁两大途径产生作用。

第一，低碳城市建设试点政策通过绿色技术创新促进经济绿色发展。低碳城市建设试点政策系列文件明确指出，“要加快绿色低碳技术研发与应用，积极探索低碳发展的工程创新与技术创新”，同时“要密切关注低碳领域技术进步最新成果，积极推进技术引进消化吸收再创新”。在这些文件的要求和对应考核制度的作用下，低碳建设试点城市会通过激励和惩罚两个方面的措施来推动辖区企业积极开展绿色技术创新活动进而促进城市经济绿色发展。激励方面，试点城市政府会采用税收减免、绿色补贴、缓解融资约束、提供技术交流与合作支持等方式为辖区企业营造良好的绿色创新环境，激励企业开展绿色技术创新活动，进而推动试点城市绿色技术进步(邵帅和李嘉豪，2022)。惩罚方面，试点城市政府会通过颁布命令控制型环境规制政策对辖区污染物排放超标的企业实施高额罚款处罚(Qiu et al., 2021)，倒

^① 习近平总书记在党的二十大报告中明确指出中国已进入创新型国家行列。

逼企业开展节能减排方面的技术创新活动,最终同样会推动试点城市绿色技术进步。绿色技术创新带来的绿色技术进步会改变城市经济主体的生产、经营和管理方式,实现节能减排的同时提高绿色全要素生产率,促进试点城市经济绿色发展(龚星宇等,2022)。

第二,低碳城市建设试点政策通过产业结构变迁促进经济绿色发展。低碳城市建设试点政策系列文件还指出,“要统筹调整产业结构,优化能源结构”,“改造和提升传统产业的同时培育壮大新能源、节能环保等战略性新兴产业”。同样地,在这些文件的要求下,低碳建设试点城市会通过污染密集型产业和技术密集型产业采取不同的治理模式来推进产业结构变迁。对于污染密集型产业,试点城市一方面会提高本地市场的进入门槛,形成“绿色壁垒”以阻断其进入本市辖区(Cheng et al., 2019);另一方面会通过严格的环境规制手段迫使已经在本市存在的这类产业尽快完成绿色转型;最终实现污染密集型产业比重不断下降的产业结构变迁趋势。对于技术密集型产业,试点城市设立专项资金扶持当地这类产业发展的同时,还会出台一系列优惠政策积极引进这类产业(特别是清洁能源产业)入驻本市。Song et al.(2020)的研究也印证了低碳城市建设试点政策的实施的确会在逐步淘汰污染密集型产业的同时促进技术密集型产业的发展,实现高污染高能耗向绿色转型发展的产业结构变迁。污染密集型向技术密集型转变的产业结构变迁能够推动城市经济结构向资源集约和节能减排的绿色发展转变,有利于城市经济绿色发展水平提升(赵领娣等,2016)。

2.创新型城市建设试点政策对经济绿色发展的影响

两部委联合发布的《建设创新型城市工作指引》(后文简称《工作指引》)明确指出要加快资源节约型、环境友好型社会的建设,这为创新型城市建设试点政策奠定了绿色基调。与此同时,创新型建设试点城市的考核也涉及大量与绿色发展相关的指标。如科技部发布的《创新型城市建设监测评价指标(试行)》(后文简称《评价指标》)包含了城市空气质量指数、城市污水处理率和主要污染物排放量减少幅度等指标;科技部同时发布的《建设创新型城市指标体系》(后文简称《指标体系》)包含空气质量达到及好于二级的天数占全年比重、万元GDP能耗、碳排放强度等硬性指标。可见,创新型城市建设试点政策将有利于提升试点城市的经济绿色发展水平;具体地,该政策也主要通过绿色技术创新与产业结构变迁两大途径产生作用。

第一,创新型城市建设试点政策通过绿色技术创新促进经济绿色发展。《工作指引》明确以“依靠科技创新破解绿色发展难题”为宗旨的同时要求:在企业层面,“要把发展科技型中小企业作为与经济发展对接融合的抓手,打造一批高技术引领的创新型企业”;在城市层面,“要加强城市内部与城市间创新资源的开放共享,促进创新资源的优化配置”。因此,创新型城市建设试点政策在提升城市科技创新水平的同时(李政和杨思莹,2019),势必会为绿色技术研发和绿色技术引进后的消化吸收提供有利的基础条件,进而促进经济绿色发展(聂长飞等,2021)。与此同时,以“依靠科技创新破解绿色发展难题”为宗旨的前提下,《评价指标》则涵盖了创新投入、企业创新、高新产业和创新环境等4类共计17个创新监测考核指标。在这些指标的约束下,试点城市政府官员出于绩效考核、晋升等原因会倾向于实施更为积极有效的策略(Wang & Qiu, 2021),比如搭建有利于开展绿色技术创新交流活动的实体平台和合作机制^[25],进而为绿色技术创新提供动力与契机,促进城市经济绿色发展。

第二,创新型城市建设试点政策通过产业结构变迁促进经济绿色发展。首先,创新型城

市建设试点政策系列文件多次强调产业结构优化升级的重要性。比如,《通知》将推进城市产业升级,优化区域产业结构列为主要任务;又比如科技部发布的《关于进一步推进创新型城市试点工作的指导意见》把调整、优化产业结构,促进三次产业协同发展设定为重要目标。其次,创新型城市建设试点政策系列文件规定了详细的验收指标以实现产业结构变迁。比如《评价指标》将高技术产业增加值占工业增加值的比重、生产性服务业产值占服务业产值的比重设为二级考核指标;又比如《指标体系》把知识密集型服务业增加值占城市 GDP 的比重设置为二级指标考核,服务业增加值与城市 GDP 比重设置为特色考核指标。在这些文件的要求和指标体系的考核约束下,创新型城市的产业将会向高技术附加值、高知识密集型结构转变(霍春辉等, 2020; 胡兆廉等, 2020),而这种转变必将降低城市单位生产总值的能耗和污染,提高经济绿色发展水平。

3. 低碳城市和创新型城市建设双试点政策协同性对经济绿色发展的影响

由上述分析可知,低碳城市建设试点政策和创新型城市建设试点政策各自都能通过绿色技术创新和产业结构变迁两大途径促进经济绿色发展。如果两大试点政策发生重叠——即某一个城市既是低碳建设试点城市又是创新型建设试点城市,那么这两大试点政策将会在促进该城市经济绿色发展上产生比单试点更为明显的效果——即促进经济绿色发展的协同效应。

第一,低碳城市建设和创新型城市建设两大试点政策会在推动绿色技术创新上产生协同效应。对于已经被确定为低碳建设试点的城市而言,由前文分析可知,这类城市迫于低碳建设的需要,已经通过税收减免、绿色补贴、融资约束、技术交流和支 持、环境规制等手段对辖区内技术创新活动进行了筛选和引导——即更加支持绿色技术创新活动,因此势必在绿色技术创新上具有天然的环境优势和前期储备。进一步再被确定为创新型建设试点城市后,相比于创新型建设单试点城市,在发挥创新型城市所具备的绿色创新要素集聚、产学研知识流动等功效时会产生更高的效率(王晓红等, 2021)。同样地,对于已经被确定为创新型建设试点的城市而言,迫于创新投入、企业创新、高新产业和创新环境等方面的考核压力,会在技术创新资源集聚整合、创新环境改善等方面相较其他非试点城市具有更强的优势。进一步再被确定为低碳建设试点城市后,由于低碳城市强调“绿色技术”,因此其势必将创新资源和创新环境方面的优势汇聚在节能减排等经济绿色发展领域;此时技术创新所形成的技术进步会更多地偏向资源和环境节约型,进而实现绿色技术进步,促进经济绿色发展。因此,低碳城市建设和创新型城市建设两大试点政策会在推动绿色技术创新上产生协同效应。对于被确定为双试点的城市而言,其绿色技术创新水平相对于单试点城市会有更快的提升。

第二,低碳城市建设和创新型城市建设两大试点政策会在推动产业结构变迁上产生协同效应。对于已经被确定为低碳建设试点的城市而言,迫于低碳建设需要,会在辖区内有的放矢地进行产业结构优化选择。其一方面通过对外形成“绿色壁垒”、对内加强环境规制来不断降低辖区内污染密集型产业的比重,另一方面采用扶持本地产业和吸引外地优质产业入驻等手段不断提高低能耗低污染型绿色产业和技术密集型产业的比重。因此此类城市进一步再被确定为创新型建设试点城市后,其创新资源将会进一步汇聚在绿色产业和技术密集型产业中,绿色创新资源和知识技术资源的利用效率将会得到进一步的提升,产业结构将会向更绿色环保、更高技术密集型转变。对于已经被确定为创新型建设试点的城市而言,严格的考核指标体系将促使其产业向高技术附加值、高知识密集型结构转变;而这种产业结构的转变会

降低城市单位生产总值的能耗和污染，提高经济绿色发展水平。当已经具有高技术附加值、高知识密集型产业结构优势的创新型城市再进一步被确定为低碳建设城市后，其技术和知识优势将在治理环境污染、绿色环保等方面表现更加突出，产业结构也将更好更快地向高技术附加值、高知识密集型和环保清洁型转变。

基于上述理论分析，本文提出如下研究假说：

假说 1：低碳城市和创新型城市建设双试点政策能够促进经济绿色发展水平的提升，且这种促进作用比单试点更强。

假说 2：低碳城市和创新型城市建设双试点政策通过绿色技术创新和产业结构变迁两大途径促进经济绿色发展。

四、研究设计

（一）模型设定

考虑到各双试点城市建设的起始年份并不统一，普通双重差分法无法识别政策的净效应，故本文使用渐进双重差分法，通过比较双试点城市和非双试点城市之间 $GTFP$ 的差异，估计双试点城市建设的绿色发展总效应。模型构建如下：

$$GTFP_{it} = \alpha_0 + \alpha_1 Dual_{it} + \phi Control_{it} + \mu_i + \sigma_t + \varepsilon_{it} \quad (1)$$

其中， i 和 t 分别表示城市和年份； $GTFP$ 表示绿色全要素生产率； $Dual$ 表示双试点城市建设的政策虚拟变量，其系数 α_1 是本文关注的重点，若显著大于 0 则说明双试点城市建设能够有效促进经济绿色发展； $Control$ 表示一系列控制变量； μ_i 和 σ_t 分别表示城市固定效应和年份固定效应； ε_{it} 表示随机扰动项。

（二）数据与变量说明

本文选取 2006—2019 年中国 283 个地级市为研究样本。试点名单从两部委官网上获取。综合考虑数据可得性等因素，最终样本包含了 68 个低碳试点城市(2010—2017 年)、75 个创新型试点城市(2008—2018 年) 和 39 个低碳、创新型双试点城市(2010—2018 年)。其他数据的主要来源为《中国城市统计年鉴》、《中国环境统计年鉴》、《中国能源统计年鉴》和中经网统计数据库，少量缺失数据采用插值法补齐。另外，本文的连续型变量均做双侧 1% 的缩尾处理以减少极端值对结果造成的影响。

1.被解释变量。本文的被解释变量为绿色全要素生产率($GTFP$)，通过 $GTFP$ 衡量城市的经济绿色发展水平。借鉴孟望生和张扬(2020)的做法，使用 DEA 框架下的非径向方向距离函数(Non-radial DDF)模型对 $GTFP$ 进行测算。其中，投入要素为资本、劳动和能源。具体而言，借鉴张军等(2004)的做法使用永续盘存法计算出各城市以 2006 年为基期的资本存量并将其作为资本的衡量指标；劳动的衡量指标为各城市年末从业人数；能源的衡量指标为各城市能源消耗总量，由于中国地级市能源数据缺乏，因此借鉴吴健生等(2014)的做法进行拟合计算；期望产出用各城市年度生产总值衡量；非期望产出用工业二氧化硫排放量、工业废水排放量和工业烟粉尘排放量衡量。图 1 显示了各类城市 $GTFP$ 的变化情况，可见：(1)在 2010 年双试点政策形成之前，双试点城市与非双试点城市的 $GTFP$ 呈现出相对收敛的状态。(2)2010 年之后，单试点城市相较于非试点城市有更高的 $GTFP$ ，直观上体现了低碳城市、创新型城市的绿色发展效应；双试点城市的 $GTFP$ 逐渐超过非双试点城市，并且从双试点城市

建设数量最多(非累计)的 2012 年开始, 呈现出快速增长的态势, 直观上说明双试点城市建设能够产生绿色发展效应。(3)2012 年之后, 双试点城市相较于单试点城市有更高的 *GTFP*, 直观上体现了双试点城市对经济绿色发展的协同效应。

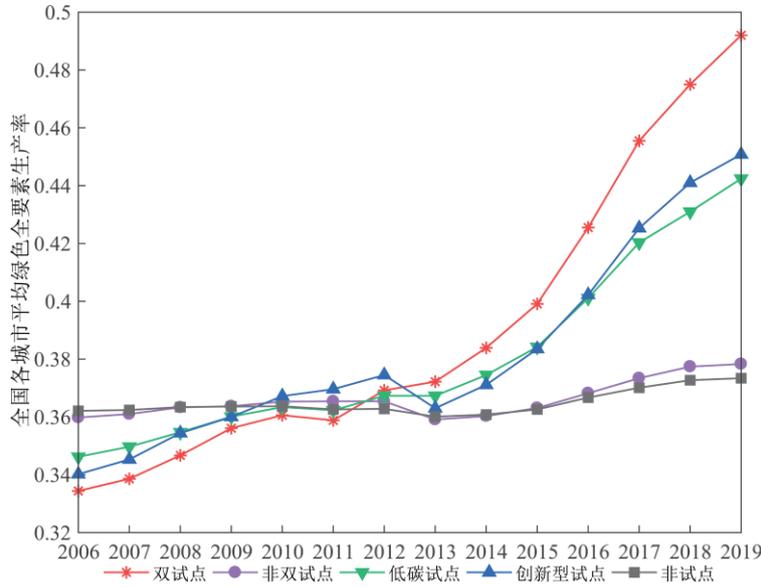


图 1 绿色全要素生产率时间趋势图

2.核心解释变量。本文的核心解释变量为双试点城市建设的政策虚拟变量(*Dual*)。如果城市*i*在第*t*年成为双试点城市, 则该城市在第*t*年及以后的政策虚拟变量都取值为 1, 否则为 0。

3.控制变量。本文选取如下变量作为模型的控制变量: (1)经济发展水平(*lnPavgdp*), 用城市人均 GDP 的对数表示。为验证是否存在“环境库兹涅茨曲线”, 同时纳入其对数的平方项(*lnPavgdp2*)。(2)政府规模(*Gov*), 用财政支出与 GDP 的比值表示。(3)金融发展(*Finance*), 用年末金融机构贷款、存款余额之和与 GDP 的比值表示。(4)科技投入(*Science*), 用科学技术支出与财政支出的比值表示。(5)环境规制(*Env*), 借鉴余硕等(2020)的做法, 采用熵权法将工业二氧化硫排放量、工业废水排放量和工业烟粉尘排放量的数据进行加权计算。由于该指标体现的是环境污染程度, 因此值越大说明当地环境规制强度越低。

主要变量的描述性统计见表 1。

变量名	变量缩写	样本量	均值	标准差	最小值	最大值
绿色全要素生产率	<i>GTFP</i>	3962	0.369	0.056	0.240	1.000
经济发展水平	<i>lnPavgdp</i>	3962	10.699	0.688	8.079	15.675
政府规模	<i>Gov</i>	3962	0.166	0.106	0.010	2.702
金融发展	<i>Finance</i>	3962	2.980	1.493	0.213	9.769
科技投入	<i>Science</i>	3962	0.017	0.017	0.000 04	0.209
环境规制	<i>Env</i>	3962	0.039	0.041	0.000 04	0.538

五、实证结果与分析

(一) 基准回归

在控制城市固定效应和年份固定效应的基础上，本文使用逐步回归的方法对式(1)表示的模型进行估计，结果见表 2。表 2 中列(1)为未加入控制变量的估计结果，列(2)~(7)为逐个加入控制变量后模型的估计结果。可以发现，无论是不加入控制变量的模型(列(1))，还是逐个加入控制变量后的模型(列(2)~(7))，其估计结果显示双试点城市建设政策虚拟变量 *Dual* 的系数均显著为正，这说明双试点城市建设政策能有效促进经济绿色发展水平的提高。以加入所有控制变量的结果(列(7))为准，在其他条件不变的情况下，双试点政策实施城市的经济绿色发展水平比其他城市平均提高了 4.8%；这说明低碳城市和创新型城市建设双试点政策能够促进经济绿色发展水平的提升，假说 1 得到初步验证。

表 2 列(7)中控制变量参数估计结果显示：*lnPavgdp* 的系数显著为负且 *lnPavgdp2* 的系数显著为正；这说明经济发展水平与 *GTFP* 之间存在显著的“U”型曲线关系，即验证了中国城市层面“环境库兹涅茨曲线”的存在。*Gov* 的系数显著为负；这说明在“唯 GDP 论”的影响下，政府规模的扩张在一定程度上以牺牲自然环境为代价，因此不利于经济绿色发展。*Finance* 的系数显著为负；说明扩张金融规模也不利于经济绿色发展。*Env* 的系数显著为负；这说明环境规制强度的增加有利于经济绿色发展。*Science* 的系数为正但不显著；这说明现阶段中国在绿色发展领域的科技投入还不足，无法有力推动绿色技术进步。

表 2 基准回归结果

变量	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
	<i>GTFP</i>	<i>GTFP</i>	<i>GTFP</i>	<i>GTFP</i>	<i>GTFP</i>	<i>GTFP</i>	<i>GTFP</i>
<i>Dual</i>	0.059*** (0.009)	0.058*** (0.009)	0.051*** (0.009)	0.050*** (0.009)	0.051*** (0.009)	0.050*** (0.009)	0.048*** (0.008)
<i>lnPavgdp</i>		-0.005* (0.003)	-0.243*** (0.038)	-0.230*** (0.038)	-0.223*** (0.037)	-0.214*** (0.038)	-0.189*** (0.036)
<i>lnPavgdp2</i>			0.011*** (0.002)	0.011*** (0.002)	0.010*** (0.002)	0.010*** (0.002)	0.009*** (0.002)
<i>Gov</i>				-0.033*** (0.010)	-0.021** (0.010)	-0.021** (0.010)	-0.019** (0.010)
<i>Finance</i>					-0.004*** (0.001)	-0.004*** (0.001)	-0.004*** (0.001)
<i>Science</i>						0.108 (0.080)	0.086 (0.078)
<i>Env</i>							-0.310*** (0.089)
常数项	0.357*** (0.001)	0.406*** (0.028)	1.645*** (0.197)	1.592*** (0.197)	1.585*** (0.195)	1.538*** (0.198)	1.404*** (0.187)
年份固定	是	是	是	是	是	是	是
城市固定	是	是	是	是	是	是	是
观测值	3962	3962	3962	3962	3962	3962	3962
R ²	0.309	0.310	0.348	0.351	0.361	0.362	0.399

注：*、**、*** 分别表示在 10%、5%、1%的水平下显著，括号中为城市层面聚类的稳健标准误。

(二) 稳健性检验

1. 平行趋势检验

双重差分法评估政策有效性的重要前提条件是处理组和控制组满足平行趋势假设,即在双试点城市建设之前,处理组和控制组的经济绿色发展水平具有相同的发展趋势。为此,本文采用事件分析法进行平行趋势检验。模型构建如下:

$$GTFP_{it} = \lambda_0 + \sum_{k=-10}^9 \rho_k Dual_{it}^k + \xi Control_{it} + \mu_i + \sigma_t + \varepsilon_{it} \quad (2)$$

其中, $Dual^k$ 表示双试点政策虚拟变量,当处理组成为双试点城市的前(后) $|k|$ 年时,取值为 1(政策启动后超过 9 年按启动后的第 9 年计,政策启动前超过 11 年按启动前的第 11 年计),否则取值为 0。为避免多重共线性的影响,本文将政策启动前的第 11 年作为基准。

图 2a 描绘了 $Dual^k$ 的估计系数及其对应的 95% 置信区间。可见,在双试点政策实施前,系数 ρ_k 不显著且在 0 附近波动。这说明在政策实施前,双试点城市和非双试点城市的经济绿色发展水平具有相同的发展趋势,即满足了平行趋势假设;当 $k \geq 0$ 时, ρ_k 显著为正,说明双试点对经济绿色发展水平的正向效应是即时的,不存在滞后。可能的原因是双试点城市由单试点城市发展而成,并且往往相隔数年,这时单试点的政策效应已经形成,城市具备一定的要素积累,进一步发展为双试点后能够迅速产生新的绿色发展效应; ρ_k 整体呈现逐年递增的趋势,说明双试点政策对经济绿色发展水平的正向效应具有持续性并且随着时间的推移越来越强。

此外,考虑到在渐进双重差分模型中,早期试点城市会成为后期试点城市的控制组,进而可能造成估计偏误,因此借鉴 Sun & Abraham(2021)的研究,使用改进后的事件分析法来缓解处理效应异质性(见图 2b)。该方法将从未成为试点和尚未成为试点的城市作为控制组,并且采用交互加权的方式进行估计,能够有效提升平行趋势检验的可靠性。可见,上述两种估计方法均通过了平行趋势检验且结果较为一致,因此稳健性得到了保证。

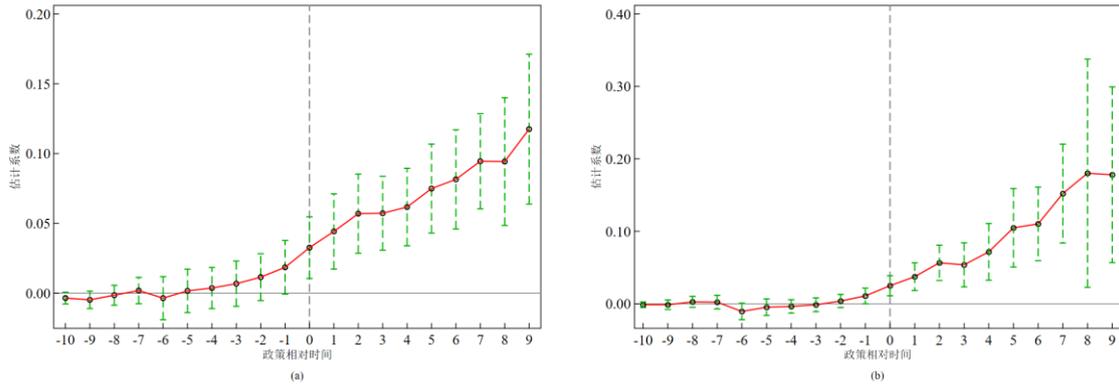


图 2 平行趋势检验

2. 安慰剂检验

为了排除双试点政策实施期间其他因素对经济绿色发展水平的影响,本文使用安慰剂检验来验证模型(1)结果的稳健性。具体而言,每次随机生成一个与实际双试点城市数量相同的虚拟双试点名单,并随机选择政策实施时间,在此基础上对模型(1)进行回归。将上述过程重复 1000 次,记录每次回归中 $Dual$ 的系数值和显著性水平并作出估计系数分布的核密度图

(见图 3)。可见,模拟出的回归系数均集中分布在 0 附近,且显著异于基准回归的系数 0.048。这说明基准回归的结果并没有受到不可观测因素的影响,本文的结果是稳健的。

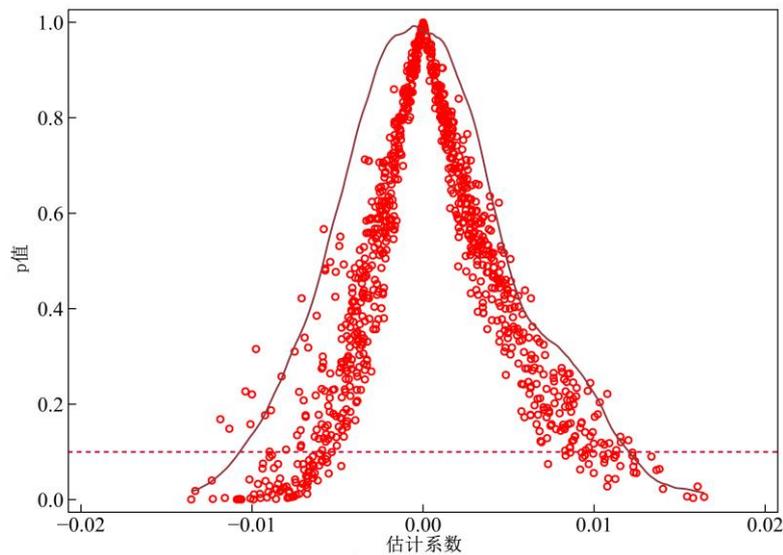


图 3 安慰剂检验

3.基于 PSM-DID 方法的检验

在双试点城市的建设过程中,国家也可能会优先选择经济绿色发展水平高和具有较高绿色、创新潜力的城市作为双试点发展对象;这会在一定程度上产生选择性偏差问题,进而影响政策的评估结果。为此,本文进一步使用倾向得分匹配—双重差分法(PSM-DID)来检验是否存在选择性偏差问题,以验证模型估计结果的稳健性。当前学界在对面板数据进行倾向得分匹配时主要有两种方法:一是将面板数据视为截面数据进行混合匹配,二是逐期匹配。两种方法各有优劣,因此本文同时给出两种方法的结果。具体而言,首先将 *GTFP* 作为结果变量,将经济发展水平、政府规模、金融发展、科技支出和环境规制作为匹配变量,使用 Logit 回归计算倾向得分值;然后,分别使用一对一近邻匹配和核匹配对处理组和控制组进行倾向得分匹配。平衡性检验结果显示,几乎所有匹配变量匹配后的标准化偏差的绝对值不超过 20%,同时 *t* 检验的 *P* 值大于 10%,这说明匹配后处理组和控制组无明显差异;最后,将成功匹配的样本数据代入模型(1),得到 PSM-DID 的估计结果,具体见表 3。可见,无论是混合匹配还是逐期匹配,其匹配后估计出的 *Dual* 的系数均显著为正,并且加入控制变量后的结果与基准回归的结果 0.048 非常接近。这再一次说明,低碳城市和创新型城市建设双试点政策能够促进经济绿色发展水平的提升。

表 3 PSM-DID 结果

变量	混合匹配		逐期匹配	
	K近邻匹配	核匹配	K近邻匹配	核匹配
	(1)	(2)	(3)	(4)
	<i>GTFP</i>	<i>GTFP</i>	<i>GTFP</i>	<i>GTFP</i>
<i>Dual</i>	0.047*** (0.008)	0.047*** (0.008)	0.040*** (0.008)	0.040*** (0.009)
控制变量	是	是	是	是

年份固定	是	是	是	是
城市固定	是	是	是	是
观测值	3156	3175	2391	2372
R ²	0.432	0.432	0.399	0.393

同表 2。

4.GMM 动态面板分析

考虑到 *GTFP* 变化具有一定的动态延续性(即序列相关), 参考王亚飞和陶文清(2021)的做法, 使用系统 GMM 回归继续验证本文结论的可靠性, 估计结果见表 4。结果显示, 扰动项的差分存在一阶自相关但不存在二阶自相关、Hansen 统计量的 *P* 值大于 0.1, 说明模型通过自相关检验且所选取的工具变量有效; *Dual* 的系数在 1%的显著性水平下显著为正, 说明低碳城市和创新型城市建设双试点政策能够促进经济绿色发展水平提升, 进一步说明式(1)模型估计结果的稳健性。

表 4 系统 GMM 回归结果

变量	(1)	(2)
	<i>GTFP</i>	<i>GTFP</i>
<i>Dual</i>	0.011*** (0.003)	0.012*** (0.003)
控制变量	是	是
年份固定	是	是
城市固定	否	是
<i>AR</i> (1)	0.000	0.000
<i>AR</i> (2)	0.652	0.637
Hansen	0.220	0.193
观测值	3679	3679

注: *、**、*** 分别表示在 10%、5%、1%的水平下显著, 括号中为稳健标准误。

5.其他稳健性检验

除上述检验外, 本文还从以下七个方面进行稳健性检验: (1)更换 *GTFP* 计算方法。首先使用 Global-Malmquist-Luenberger 指数测度 *GTFP* 增长率, 然后将各城市基年(2006 年)的 *GTFP* 取值为 1, 最后逐年累乘其增长率得到各城市历年的 *GTFP*。(2)剔除直辖市样本。国家在设立低碳或创新型试点城市时, 针对直辖市有时候仅包含其下辖的一个区; 而我们估计时则将整个直辖市当作试点城市来处理, 这可能会对结果造成偏差; 因此我们在原样本中剔除直辖市后再对式(1)表示的模型进行回归。(3)将式(1)表示的模型中所有解释变量滞后一期再进行回归。(4)增加单试点政策虚拟变量进行估计。单试点的绿色发展效应可能会对双试点绿色发展效应的估计结果造成偏误, 因此在式(1)所表示的模型中再增加单试点政策虚拟变量进一步回归。具体而言, 若城市 *i* 在第 *t* 年成为单试点城市, 则第 *t* 年及成为双试点前的年份赋值为 1, 其余年份赋值为 0。(5)反事实检验。双试点城市最早形成在 2010 年, 故本文将 2006—2009 年作为研究样本, 假设政策实施时间为 2007 年, 以此作为反事实框架并对式(1)表示的模型进行估计, 若 *Dual* 系数不显著则说明经济绿色发展水平的提高确实是由双试点政策引起的。(6)控制城市特定的时间趋势。考虑到各城市 *GTFP* 水平可能随时间推移呈现不同的变化趋势, 因此在式(1)表示的模型中加入各城市特定的时间趋势项。(7)将标准误进一步聚类到“城市—年份”层面。

上述七个方面的稳健性检验结果见表 5。结果显示,除反事实检验外,其余结果所得 *Dual* 的系数均显著为正,即式(1)所表示模型的估计结果具有很强的稳健性,进一步支持了双试点城市建设政策能有效促进经济绿色发展水平提升的结论。

表 5 其他稳健性检验结果

	更换 <i>GTFP</i> 计算方法	剔除 直辖市	解释变量 滞后一期	增加单试点 虚拟变量	反事实 检验	控制城市特定 的时间趋势	标准误聚类 到“城市一 年份”层面
变量	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
	<i>GTFP</i>	<i>GTFP</i>	<i>GTFP</i>	<i>GTFP</i>	<i>GTFP</i>	<i>GTFP</i>	<i>GTFP</i>
<i>Dual</i>	0.033*** (0.007)	0.040*** (0.008)	0.051*** (0.009)	0.049*** (0.009)	0.003 (0.003)	0.017** (0.007)	0.048*** (0.004)
控制变量	是	是	是	是	是	是	是
年份固定	是	是	是	是	是	是	是
城市固定	是	是	是	是	是	是	是
观测值	3962	3906	3679	3962	1132	3962	3962
R ²	0.529	0.364	0.376	0.399	0.179	0.085	0.279

注:同表 2。

(三) 双试点城市建设协同效应的进一步分析

首先,补充低碳城市建设和创新型城市建设试点政策各自对绿色发展影响效应的估计结果。将式(1)所表示模型中的核心解释变量 *Dual* 分别替换为低碳城市试点政策(*Carbon*)和创新型城市试点政策(*Innovation*)的虚拟变量后进行回归;然后,为缓解政策间相互干扰对各自绿色发展效应的影响,再将 *Carbon* 和 *Innovation* 同时纳入式(1)所表示模型并替换掉 *Dual* 后进行回归。估计结果如表 6 所示。无论是 *Carbon* 和 *Innovation* 单独纳入模型进行估计,还是将 *Carbon* 和 *Innovation* 同时纳入模型进行估计,其结果均显示 *Carbon* 和 *Innovation* 的系数显著为正。这说明无论是低碳城市建设试点政策还是创新型城市建设试点政策,它们都能发挥促进城市经济绿色发展的政策效应。

表 6 单试点绿色发展效应估计

	低碳城市	创新型城市	同时纳入
变量	(1)	(2)	(3)
	<i>GTFP</i>	<i>GTFP</i>	<i>GTFP</i>
<i>Carbon</i>	0.022*** (0.006)		0.019*** (0.005)
<i>Innovation</i>		0.020*** (0.004)	0.016*** (0.004)
控制变量	是	是	是
年份固定	是	是	是
城市固定	是	是	是
观测值	3962	3962	3962
R ²	0.341	0.334	0.356

注:同表 2。

其次，检验低碳城市建设和创新型城市建设双试点政策促进经济绿色发展的协同效应。前文研究结果显示，低碳城市建设和创新型城市建设双试点政策和单试点政策都能有效提升经济绿色发展水平。因此，低碳城市建设试点政策和创新型城市建设试点政策间存在提升经济绿色发展水平的协同效应的标志是，双试点政策提升经济绿色发展水平的效果要明显好于单试点政策。基于此，我们进一步探究当单试点城市成为双试点城市后其对经济绿色发展的提升效应是否得到了新的强化；如果是，则说明双试点政策提升经济绿色发展水平的协同效应存在，反之则不存在；具体做法如下：在原样本中剔除非试点城市(包括试点城市的非试点年份)，仅保留双试点和已经成为单试点的城市构建新样本；然后使用新样本对式(1)所表示的模型进行估计，所得 *Dual* 的系数值便是双试点城市的净协同效应，估计结果见表 7。由结果可知，*Dual* 的当期、滞后一期和滞后两期的系数值均显著为正，这说明双试点政策的经济绿色发展提升效应要明显强于单试点政策——即双试点政策间存在经济绿色发展协同效应，假说 1 得到验证。

最后，探究低碳城市建设和创新型城市建设两大试点政策的实施次序对经济绿色发展的影响作用是否存在差异。某一个城市先被确定为低碳城市然后再被确定为创新型城市，和其先被确定为创新型城市然后再被确定为低碳城市，这两种模式哪种更能促进经济绿色发展值得关注。为此，我们在原样本中保留双试点城市中被确定为低碳城市年份早于被确定为创新型城市年份的样本，对式(1)表示的模型进行重新估计，估计结果见表 7 中“先低碳后创新”对应列；同理，我们在原样本中保留双试点城市中被确定为创新型城市年份早于被确定为低碳城市年份的样本，对式(1)表示的模型进行重新估计，估计结果见表 7 中“先创新后低碳”对应列。由结果可知，“先创新后低碳”对应列中 *Dual* 的系数在 5% 的显著性水平下显著为正，“先低碳后创新”对应列中 *Dual* 的系数不显著。这说明，低碳城市建设和创新型城市建设双试点政策实施过程中，先创新后低碳的政策次序要比先低碳后创新的政策次序更能有效提升经济绿色发展水平。

表 7 双试点协同效应的进一步分析

变量	当期	解释变量滞后一期	解释变量滞后两期	先低碳后创新	先创新后低碳
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
	<i>GTFP</i>	<i>GTFP</i>	<i>GTFP</i>	<i>GTFP</i>	<i>GTFP</i>
<i>Dual</i>	0.021** (0.009)	0.022** (0.009)	0.013* (0.008)	0.018 (0.012)	0.024** (0.010)
控制变量	是	是	是	是	是
年份固定	是	是	是	是	是
城市固定	是	是	是	是	是
观测值	742	638	534	177	497
R ²	0.635	0.617	0.567	0.531	0.658

注：同表 2。

六、机理检验

在理论分析部分，本文阐明了双试点城市建设政策通过绿色技术创新和产业结构变迁两大途径影响经济绿色发展的理论机理；在此，借鉴余明桂等(2016)、王桂军和卢潇潇(2019)、Qiu et al.(2021)的做法对这一理论机理进行检验。将式(1)所表示的模型做如下拓展：

$$GTFP_{it} = \beta_0 + \beta_1 Dual_{it} \times Mech_{it} + \beta_2 Dual_{it} + \beta_3 Mech_{it} + \varphi Control_{it} + \mu_i + \sigma_t + \varepsilon_{it} \quad (3)$$

其中, $Mech$ 表示双试点政策影响经济绿色发展理论机理中的影响途径变量, 包括绿色技术创新和产业结构变迁, 其余变量含义与式(1)中的变量相同。交互项 $Dual \times Mech$ 的系数 β_1 是本部分关注的重点, 若其显著不为零说明双试点城市建设能够通过 $Mech$ 所代表的途径因素对经济绿色发展产生影响; 否则不存在 $Mech$ 所代表的影响途径。

借鉴徐佳和崔静波(2020)的做法, 使用城市当年绿色专利申请数($GreenPat$)作为绿色技术创新的衡量指标; 同时, 考虑到绿色发明专利($GreenInvPat$)更能精准反映绿色技术创新状况, 我们从绿色专利申请数中将绿色发明专利数单独提取出来作为绿色技术创新的又一衡量指标。产业结构变迁主要从产业结构合理化($StrRat$)和产业结构高级化($StrAdv$)两方面进行衡量; 为此, 我们分别借鉴袁航和朱承亮(2018)、付凌晖(2010)的做法对产业结构合理化和高级化进行测算(其中 $StrRat$ 为负向指标, 越小表示产业结构越合理)。

采用全样本对式(3)表示的模型进行回归估计, 结果见表 8 中的奇数列; 同时, 为保证结果的稳健性, 我们还按照“双试点城市建设协同效应的进一步分析”一节中的做法剔除非试点城市后对式(3)表示的模型重新回归, 结果见表 8 中的偶数列。表 8 中列(1)~(4)结果显示, 交互项 $Dual \times GreenPat$ 和交互项 $Dual \times GreenInvPat$ 的系数均在 1% 的显著性水平下显著为正, 这说明双试点城市建设能够通过绿色技术创新这一途径促进经济绿色发展, 政策的“补偿效应”与“增长效应”大于“成本效应”; 列(5)和(6)显示, 交互项 $Dual \times StrRat$ 的系数分别在 1% 和 10% 的显著性水平下显著为负, 同时列(7)和(8)显示, 交互项 $Dual \times StrAdv$ 的系数均在 1% 的显著性水平下显著为正, 这说明双试点政策带来了“结构红利”, 其能够同时通过产业结构合理化和高级化两种产业结构变迁方式促进经济绿色发展。

表 8 机理检验结果

变量	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
	$GTFP$	$GTFP$	$GTFP$	$GTFP$	$GTFP$	$GTFP$	$GTFP$	$GTFP$
$Dual \times GreenPat$	0.009*** (0.003)	0.006*** (0.002)						
$Dual \times GreenInvPat$			0.016*** (0.004)	0.011*** (0.004)				
$Dual \times StrRat$					-0.151*** (0.037)	-0.063* (0.035)		
$Dual \times StrAdv$							0.142*** (0.026)	0.091*** (0.029)
控制变量	是	是	是	是	是	是	是	是
年份固定	是	是	是	是	是	是	是	是
城市固定	是	是	是	是	是	是	是	是
观测值	3962	742	3962	742	3962	742	3962	742
R^2	0.535	0.705	0.528	0.692	0.419	0.639	0.460	0.661

注: 同表 2。

综上所述, 双试点政策能够通过绿色技术创新和产业结构变迁两大途径促进城市经济绿色发展水平的提高, 假说 2 得到验证。

七、异质性分析

(一) 城市地理位置、规模、资源禀赋异质性分析

不同城市的地理位置、规模、资源禀赋等方面存在或多或少的差异，仅仅对样本进行总体分析可能会掩盖这些潜在差异。因此，有必要根据这些城市特征对样本进行进一步划分，以探究双试点政策对绿色发展影响效应的异质性。

具体而言，城市地理位置参照常用的东部、中部和西部进行划分。最终划分出东部城市 100 个，中部城市 100 个，西部城市 83 个；城市规模参照国务院在 2014 年发布的《关于调整城市规模划分标准的通知》进行划分，以城市常住人口是否达到 500 万作为标准将城市划分为大规模城市和小规模城市(后文简称大、小城市)。最终划分出大城市 90 个，小城市 193 个；城市资源禀赋参照国务院在 2013 年发布的《全国资源型城市可持续发展规划(2013—2020)》进行划分，将城市划分为资源型和非资源型城市。最终划分出资源型城市 113 个，非资源型城市 170 个。采用上述分类后的样本分别对式(1)所表示模型进行回归，结果见表 9，可见：

表 9 异质性分析结果

	地理位置			规模		资源禀赋	
	东部	中部	西部	大	小	资源型	非资源型
变量	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
	<i>GTFP</i>	<i>GTFP</i>	<i>GTFP</i>	<i>GTFP</i>	<i>GTFP</i>	<i>GTFP</i>	<i>GTFP</i>
<i>Dual</i>	0.066*** (0.012)	0.034** (0.017)	0.021* (0.012)	0.054*** (0.011)	0.016 (0.010)	0.019 (0.019)	0.045*** (0.009)
控制变量	是	是	是	是	是	是	是
年份固定	是	是	是	是	是	是	是
城市固定	是	是	是	是	是	是	是
观测值	1400	1400	1162	1260	2702	1582	2380
R ²	0.498	0.357	0.291	0.505	0.252	0.265	0.439

注：同表 2。

从地理位置的角度来看，在东、中、西部三大区域双试点政策虚拟变量 *Dual* 的系数均显著为正，且东部最大、中部次之、西部最小(已经通过组间系数差异性检验)。这说明双试点政策在中国东、中、西部地区城市均能发挥促进经济绿色发展的政策效果，但这种效果在东、中、西部地区城市逐次递减。可能的原因是：中西部城市主要依靠劳动密集型和资源密集型产业拉动经济增长，相对于基础设施完备、劳动力丰富、技术水平领先的东部城市来说，要想实现减排目标必须限制主导产业的发展，这无疑阻碍了生产水平的提高，从而影响了经济绿色发展。

从城市规模的角度来看，大城市双试点政策虚拟变量 *Dual* 的系数显著为正，而小城市不显著；这说明双试点政策在中国的大城市能够发挥促进经济绿色发展的政策效果，而在小城市这种政策效果还不明显。可能的原因是：大城市内部的分工更加精细，专业化水平更高，有助于优化资源配置，从而实现创新发展和污染的集中处理；而小城市会因为缺乏技术创新源泉背负高昂的治理成本，陷入 *GTFP* 增长缓慢的困境。

从城市资源禀赋的角度来看,非资源型城市双试点政策虚拟变量 *Dual* 的系数显著为正,资源型城市的 *Dual* 系数不显著;这说明现阶段双试点政策在非资源型城市比资源型城市具有更明显的经济绿色发展促进效果。可能的原因是:现阶段中国城市经济发展中资源的“诅咒”现象比“福音”现象更明显;资源型城市发展中过多依赖自身资源禀赋(比如天然气、石油、煤炭等)导致发展路径单一,形成了高排放高能耗行业占比过大的经济结构,最终使得自身绿色创新动力不足,经济绿色转型困难。

(二) *GTFP* 水平异质性分析

前文根据城市的地理位置、规模、资源禀赋等特征对双试点政策的经济绿色发展效应做了异质性分析。为探究不同 *GTFP* 水平下,双试点政策经济绿色发展效应是否存在差异,本文进一步使用面板数据分位数回归的方法再次对式(1)所示模型进行估计。

具体分别以 *GTFP* 的 10%、25%、50%、75%、90%分位数为结点进行估计,结果见表 10。可见,随着分位点的增大,双试点政策虚拟变量 *Dual* 的估计系数也在增大;这说明双试点政策的经济绿色发展水平促进效应会随着经济绿色发展水平的提升呈现出递增的趋势,即双试点政策对 *GTFP* 水平高的城市能够产生更强的绿色发展促进效应。因此,对于 *GTFP* 水平较低的城市而言,需要在经济绿色发展方面倾斜更多的资源以提高 *GTFP* 水平,以更好发挥双试点政策的绿色发展促进效应;对于 *GTFP* 水平较高的城市,需要在保持、巩固现有经济绿色发展水平的基础上力争新高,以充分挖掘双试点政策的绿色潜力,实现经济绿色发展水平新的飞跃。

表 10 *GTFP* 异质性分析结果

	Q10	Q25	Q50	Q75	Q90
变量	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
	<i>GTFP</i>	<i>GTFP</i>	<i>GTFP</i>	<i>GTFP</i>	<i>GTFP</i>
<i>Dual</i>	0.035*** (0.012)	0.040*** (0.009)	0.048*** (0.006)	0.057*** (0.007)	0.063*** (0.011)
控制变量	是	是	是	是	是
年份固定	是	是	是	是	是
城市固定	是	是	是	是	是
观测值	3962	3962	3962	3962	3962

注: *、**、*** 分别表示在 10%、5%、1%的水平下显著,括号中为标准误。

八、双试点城市建设的空间溢出效应

龚星宇等(2022)和 Zhu et al.(2022)的研究显示低碳城市建设和创新型城市建设试点政策在促进绿色发展方面各自都能够产生空间溢出效应;因此我们有必要对低碳城市建设和创新型城市建设双试点政策在促进经济绿色发展上是否产生空间溢出效应进行检验,具体如下:

首先,使用全局莫兰指数(Global Moran's I)对 *GTFP* 进行空间相关性检验。本文计算了经济地理空间权重矩阵下 *GTFP* 的莫兰指数,如表 11 所示(限于篇幅,仅展示偶数年结果)。可见,所有年份莫兰指数的 *P* 值均为 0.000 且 *Z* 值大于 0,这说明城市 *GTFP* 存在显著的空间正相关,具备空间集聚特征。

表 11

空间自相关检验

年份	莫兰指数	Z值	P值
2006	0.171	9.109	0.000
2008	0.246	13.339	0.000
2010	0.274	14.826	0.000
2012	0.339	18.238	0.000
2014	0.156	8.456	0.000
2016	0.125	6.832	0.000
2018	0.123	6.646	0.000

其次,估计双试点政策对 *GTFP* 的影响是否存在空间溢出效应。先依次通过 LM 检验、Hausman 检验、LR 检验和 Wald 检验确定了本文空间溢出效应的估计采用时间、空间双固定的空间杜宾模型(SDM)最为合适;因此,主要采用经济地理矩阵和 0-1 矩阵(后相邻)的空间杜宾模型(SDM)对双试点政策的 *GTFP* 空间溢出效应进行估计。与此同时,为保证结果的稳健性,本文还分别采用空间自回归模型(SAR)和空间误差模型(SEM)进行了估计。所有估计结果见表 12,由结果可知:三类模型估计出的 *Dual* 系数均显著为正,这说明双试点政策能够促进政策实施城市自身经济绿色发展;SDM 模型估计的 $W \times Dual$ 系数显著为正,说明双试点政策能够产生正向的经济绿色发展空间溢出效应,即双试点政策在促进政策实施城市自身经济绿色发展的同时还能对政策实施邻近城市的经济绿色发展产生带动作用;空间效应分解的结果(以 SDM 为准)也进一步支持了上述结论。

表 12

空间计量回归结果

变量	SDM		SAR		SEM	
	经济地理矩阵	0-1矩阵	经济地理矩阵	0-1矩阵	经济地理矩阵	0-1矩阵
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
	<i>GTFP</i>	<i>GTFP</i>	<i>GTFP</i>	<i>GTFP</i>	<i>GTFP</i>	<i>GTFP</i>
<i>Dual</i>	0.049*** (0.002)	0.049*** (0.002)	0.048*** (0.002)	0.048*** (0.002)	0.048*** (0.002)	0.048*** (0.002)
$W \times Dual$	0.047*** (0.009)	0.016*** (0.009)				
直接效应	0.049*** (0.002)	0.049*** (0.002)	0.048*** (0.002)	0.048*** (0.002)		
间接效应	0.048*** (0.008)	0.014*** (0.004)	0.004* (0.002)	0.000 (0.001)		
总效应	0.098*** (0.008)	0.062*** (0.004)	0.052*** (0.003)	0.049*** (0.002)		
控制变量	是	是	是	是	是	是
年份固定	是	是	是	是	是	是
空间固定	是	是	是	是	是	是
观测值	3692	3692	3692	3692	3692	3692
σ^2	0.000***	0.000***	0.000***	0.000***	0.000***	0.000***
R^2	0.212	0.025	0.180	0.176	0.179	0.179

同表 2。

九、结论与启示

资源和环境问题凸显、创新动能不足等问题叠加背景下，中国政府在 2008 和 2010 年先后开始实施创新型城市建设和低碳城市建设试点政策。两大试点政策在实现其政策初衷(即提升科技创新能力、减少温室气体排放)的同时，将对国家经济绿色发展产生重要影响。研究两大政策对经济绿色发展的影响逻辑及影响效应情况，对于优化试点政策结构、促进中国经济绿色转型发展具有重要的理论和现实意义。为此，本文在梳理已有相关研究和政策背景的基础上分析两大试点政策对经济绿色发展影响的理论逻辑，然后将两大试点政策在同一城市实施的双试点政策看作一次准自然实验，以 2006—2019 年中国 283 个地级市构成的面板数据为样本，使用渐进双重差分法实证分析双试点政策对经济绿色发展的影响情况，同时还分析了双试点政策对经济绿色发展的影响机理、异质性等，以验证理论逻辑的正确性；最终得出如下结论：

第一，2008 和 2010 年先后开始推进的创新型城市建设试点政策和低碳城市建设试点政策在同一城市实施所形成的双试点政策能有效促进试点城市经济绿色发展；这一结论经过平行趋势检验、安慰剂检验、PSM-DID、GMM 动态面板回归等方法检验后依然稳健。与此同时，双试点政策在促进试点城市经济绿色发展的过程中还会产生正向协同效应，即被确定为创新型城市建设试点的城市(低碳城市建设试点的城市)，当进一步又被确定低碳城市建设试点的城市(创新型城市建设试点的城市)后，其经济绿色发展效应将得到新的强化。这种强化程度与两大试点政策实施的先后次序有关，具体为：先实施创新型城市建设试点政策然后再实施低碳城市建设试点政策形成的双试点政策要比两类试点政策相反次序实施形成的双试点政策对试点城市经济绿色发展水平的促进作用更有效。

第二，双试点政策主要通过绿色技术创新和产业结构变迁两大途径促进试点城市经济绿色发展；双试点政策对试点城市以绿色专利申请数为代表的绿色技术创新活动具有促进作用，而绿色技术创新活动带来的经济绿色发展“补偿效应”与“增长效应”要大于“成本效应”，因此双试点政策会通过绿色技术创新促进试点城市的经济绿色发展；此外，双试点政策对试点城市以产业结构合理化和高级化为代表的产业结构优化升级具有促进作用，这种产业结构优化升级将会释放“结构红利”，促进经济绿色发展，因此双试点政策还会通过产业结构优化升级促进试点城市的经济绿色发展。

第三，双试点政策对经济绿色发展的促进作用在不同地理位置、规模、资源禀赋的城市呈现出一定的差异性。就地理位置而言，实施双试点政策带来的经济绿色发展促进效应在东部地区城市最强、中部城市次之、西部城市最弱；就城市规模而言，在大规模城市实施双试点政策带来的经济绿色发展促进效应要强于小规模城市；就资源禀赋而言，在资源相对贫乏的城市实施双试点政策带来的经济绿色发展促进效应要强于资源相对丰富的城市。

第四，双试点政策对经济绿色发展的促进作用会随着试点城市经济绿色发展水平的提升呈现出递增趋势；即某一城市的经济绿色发展水平越高，该城市实施双试点政策带来的经济绿色发展促进效应越强。此外，双试点政策还会产生正向的经济绿色发展空间溢出效应，即双试点政策在促进政策实施城市自身经济绿色发展的同时还能对邻近城市的经济绿色发展产生带动作用。

上述结论给予的政策启示如下：(1)应该继续坚持和扩大创新型城市建设和低碳城市建

设试点政策的实施范围,以更快促进中国经济绿色发展转型;在具体实施过程中,条件允许的情况下可以按照先实施创新型城市建设试点政策然后再实施低碳城市建设试点政策的次序推进,这样可以更好发挥双试点政策促进经济绿色发展的协同效应。(2)创新型或者低碳建设试点城市应当注重完善绿色技术创新和产业结构优化升级的配套支持政策,如创新补贴、产业引导等,以强化试点政策促进绿色经济发展的影响途径。(3)城市建设应秉持因地制宜的方针,切忌“一刀切”,避免不同城市间两大试点建设模式的无效模仿和雷同;如小规模城市应注重促进高新技术产业的发展以破除绿色技术创新动力不足的困境,资源型城市应当注重产业多元化和资源清洁化发展。(4)经济绿色发展水平低的城市要在经济绿色发展方面倾斜更多的资源以快速提高经济绿色发展水平,进而发挥出双试点政策促进经济绿色发展的递增性效果,同时城市间要摒弃“以邻为壑”、“各自为政”的治理思维,充分利用双试点带动邻近地区实现经济绿色发展的空间溢出效应,加强城市间的沟通合作。

参考文献

- 崔新蕾、刘欢,2022:《国家创新型城市设立与区域创新能力》,《科研管理》第1期。
- 曹希广、邓敏、刘乃全,2022:《通往创新之路:国家创新型城市建设能否促进中国企业创新》,《世界经济》第6期。
- 付凌晖,2010:《我国产业结构高级化与经济增长关系的实证研究》,《统计研究》第8期。
- 郭丰、杨上广、柴泽阳,2021:《创新型城市建设实现了企业创新的“增量提质”吗?——来自中国工业企业的微观证据》,《产业经济研究》第3期。
- 龚星宇、姜凌、余进韬,2020:《不止于减碳:低碳城市建设与绿色经济增长》,《财经科学》第5期。
- 霍春辉、田伟健、张银丹,2020:《创新型城市建设能否促进产业结构升级——基于双重差分模型的实证分析》,《中国科技论坛》第9期。
- 胡兆廉、石大千、司增焯,2020:《创新型城市能否成为产业结构转型的“点睛之笔”——来自国家创新型城市试点建设的证据》,《山西财经大学学报》第11期。
- 林伯强、谭睿鹏,2019:《中国经济集聚与绿色经济效率》,《经济研究》第2期。
- 李江龙、徐斌,2018:《“诅咒”还是“福音”:资源丰裕程度如何影响中国绿色经济增长?》,《经济研究》第9期。
- 李政、杨思莹,2019:《创新型城市试点提升城市创新水平了吗?》,《经济学动态》第8期。
- 孟望生、张扬,2020:《自然资源禀赋、技术进步方式与绿色经济增长——基于中国省级面板数据的经验研究》,《资源科学》第12期。
- 聂长飞、卢建新、冯苑、胡兆廉,2021:《创新型城市建设对绿色全要素生产率的影响》,《中国人口·资源与环境》第3期。
- 宋弘、孙雅洁、陈登科,2019:《政府空气污染治理效应评估——来自中国“低碳城市”建设的经验研究》,《管理世界》第6期。
- 孙瑾、刘文革、周钰迪,2014:《中国对外开放、产业结构与绿色经济增长——基于省际面板数据的实证检验》,《管理世界》第6期。
- 邵帅、李嘉豪,2022:《“低碳城市”试点政策能否促进绿色技术进步?——基于渐进双重差分模型的考察》,《北京理工大学学报(社会科学版)》第4期。
- 王桂军、卢潇潇,2019:《“一带一路”倡议与中国企业升级》,《中国工业经济》第3期。
- 王晗、何泉吟、许舜威,2022:《创新型城市试点对绿色创新效率的影响机制》,《中国人口·资源与环境》第4期。
- 王海龙、连晓宇、林德明,2016:《绿色技术创新效率对区域绿色增长绩效的影响实证分析》,《科学与科学技术管理》第6期。
- 王华星、石大千,2019:《新型城镇化有助于缓解雾霾污染吗——来自低碳城市建设的经验证据》,《山西财经大学学报》第10期。
- 吴健生、刘浩、彭建、马琳,2014:《中国城市体系等级结构及其空间格局——基于DMSP/OLS夜间灯光数据的实证》,《地

理学报》第6期。

王晓红、张少鹏、张奔,2021:《创新型城市试点政策与城市产学研知识流动——基于长三角城市群的空间 DID 模型分析》,《科学学研究》第9期。

王亚飞、陶文清,2021:《低碳城市试点对城市绿色全要素生产率增长的影响及效应》,《中国人口·资源与环境》第6期。

徐佳、崔静波,2020:《低碳城市和企业绿色技术创新》,《中国工业经济》第12期。

袁航、朱承亮,2018:《国家高新区推动了中国产业结构转型升级吗》,《中国工业经济》第8期。

余明桂、范蕊、钟慧洁,2016:《中国产业政策与企业技术创新》,《中国工业经济》,第12期。

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》,《经济管理》第6期。

郑汉、郭立宏,2022:《低碳城市试点对邻接非试点城市碳排放的外部效应》,《中国人口·资源与环境》第7期。

张军、吴桂英、张吉鹏,2004:《中国省际物质资本存量估算:1952—2000》,《经济研究》第10期。

赵领娣、张磊、徐乐、胡明照,2016:《人力资本、产业结构调整与绿色发展效率的作用机制》,《中国人口·资源与环境》第11期。

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", *Journal of Cleaner Production*, 231: 1158—1170.

Du K, Cheng Y, Yao X, 2021, "Environmental Regulation, Green Technology Innovation, and Industrial Structure Upgrading: The Road to the Green Transformation of Chinese Cities", *Energy Economics*, 98: 105247.

Li L, Li M, Ma S, et al., 2022, "Does the Construction of Innovative Cities Promote Urban Green Innovation? ", *Journal of Environmental Management*, (9):318—331.

Qiu S, Wang Z, Liu S, 2021, "The Policy Outcomes of Low-Carbon City Construction on Urban Green Development: Evidence from a Quasi-Natural Experiment Conducted in China", *Sustainable Cities and Society*, 66: 102699.

Sun L Y, Abraham S, 2021, "Estimating Dynamic Treatment Effects in Event Studies with Heterogeneous Treatment Effects", *Journal of Econometrics*, 225(2): 175—199.

Song M, Zhao X, Shang Y, 2020, "The Impact of Low-Carbon City Construction on Ecological Efficiency: Empirical Evidence from Quasi-Natural Experiments", *Resources, Conservation and Recycling*, 157: 104777.

Wang H, Cui H, Zhao Q, 2021, "Effect of Green Technology Innovation on Green Total Factor Productivity in China: Evidence from Spatial Durbin Model Analysis", *Journal of Cleaner Production*, 288: 125624.

Wang Z, Qiu S, 2021, "Can 'Energy Saving and Emission Reduction' Demonstration City Selection Actually Contribute to Pollution Abatement in China? ", *Sustainable Production and Consumption*, 27: 1882—1902.

Yu Y, Zhang N, 2021, "Low-Carbon City Pilot and Carbon Emission Efficiency: Quasi-experimental Evidence from China", *Energy Economics*, 96: 105125

Zhu H, Chen Z, Zhang S, et al., 2022, "The Role of Government Innovation Support in the Process of Urban Green Sustainable Development: A Spatial Difference-in-Difference Analysis Based on China's Innovative City Pilot Policy", *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(13): 7860.

The Green Development Effect of the Dual Pilot Policy of Innovative Cities and Low-Carbon Cities

Summary: In 2008 and 2010, China began to implement pilot policies for the construction of innovative cities and low-carbon cities. The two pilot policies will have an important impact on the green development of the national economy while realizing their original intention of enhancing scientific and technological innovation capacity and reducing greenhouse gas emissions. To this end, the dual pilot policies formed by the implementation of two pilot policies in the same city are regarded as a quasi-natural experiment. Using the panel data of 283 prefecture-level cities in China from 2006 to 2019 as samples, the impact of the dual pilot policies on economic green development is empirically analyzed using the progressive differential method. It is found that the dual pilot policies can effectively promote the green economic development of pilot cities, and the two pilot policies will have a positive synergy effect during the promotion process, and this synergy effect will be affected by the implementation order of the two pilot policies. Mechanism analysis shows that the dual pilot policy mainly promotes the green economic development of pilot cities through two ways: green technology innovation and industrial structure change. Heterogeneity analysis shows that the promotion effect of the dual pilot policies on economic green development is different in different geographical locations, sizes and resource endowments. Specifically, the promotion effect is better in eastern, large-scale and non-resource-based cities. In addition, the promotion effect of the dual pilot policy on economic green development shows an increasing trend with the improvement of the level of economic green development of pilot cities, and at the same time, there will be a positive spatial spillover effect of economic green development. The conclusions of the study provide reference and inspiration for optimizing the structure of pilot policies and promoting the green transformation of China's economy.

Keywords: Innovative City; Low-Carbon City; Green Development of the Economy; Synergistic Effect; Asymptotic Difference-in-Difference

JEL Classification: O13, O18