doi:10.16112/j.cnki.53-1223/n.202511190001
引用格式:王奕雪,王松江. 低碳城市与创新型城市试点的绿色低碳转型效果对比及协同研究[J]. 昆明理工大学学报(自然科学版),2026,51(3):201-215.
Citation: WANG Yixue, WANG Songjiang. A Comparative Study on the Green and Low-Carbon Transformation Effect of Low-Carbon City and Innovative City Pilot and Their Synergistic Effect[J]. Journal of Kunming University of Science and Technology(Natural Science),2026,51(3):201-215.

低碳城市与创新型城市试点的绿色低碳转型效果对比及协同研究

王奕雪[1,2],王松江[1*]
(1. 昆明理工大学 管理与经济学院,云南 昆明 650500; 2. 云南民族大学 经济与管理学院,云南 昆明 650504)

摘要: 为识别及对比低碳城市试点、创新型城市试点单试点及双试点的绿色低碳转型效果,本文基于2006—2023年282个城市面板数据,将两类试点统一纳入分析框架,采用多期DID(Difference-In-Difference)模型开展实证研究. 研究发现,单试点与双试点均能有效推动城市绿色低碳转型,政策效应排序为:双试点>创新型城市试点>低碳城市试点. 机制检验表明:双试点通过产业结构高级化、绿色创新效应、市场化进程3条路径实现协同,但未通过产业结构整体升级达成协同;就单试点对比而言,低碳试点在产业结构整体升级上作用更优,创新型试点在产业结构高级化、绿色创新与市场化进程上更优. 政府干预对两类试点均存在负向调节作用,低碳试点受负向调节影响更强,双试点的叠加负向调节效应最强. 异质性分析表明:双试点在高污染与低污染城市、非资源型城市及胡焕庸线两侧均体现叠加协同效应;单试点中,低碳试点更适配高污染、资源型及胡焕庸线西侧城市,创新型试点在低污染、胡焕庸线东侧城市效果更优. 最后从因地制宜施策、统筹源头与末端治理、减少政府过度干预、构建气候变化自主知识体系等方面提出政策建议.

关键词: 低碳城市;创新型城市;双试点协同;绿色低碳转型
中图分类号:F124.3;X321 **文献标识码**:A **文章编号**:1007-855X(2026)03-0201-15

A Comparative Study on the Green and Low-Carbon Transformation Effect of Low-Carbon City and Innovative City Pilot and Their Synergistic Effect

WANG Yixue[1,2], WANG Songjiang[1*]
(1. School of Management and Economics, Kunming University of Science &Technology, Kunming 650500, China;
2. School of Economics and Management, Yunnan Minzu University, Kunming 650504, China)

Abstract: To identify and compare the green and low-carbon transformation effect of the low-carbon city pilot, the innovative city pilot and the dual pilot, this paper adopts panel data of 282 Chinese cities from 2006 to 2023 and incorporates the two types of pilots into a unified analytical framework. A multi-period Difference-In-Differences (DID) model is employed for empirical research. The results show that both single pilot and dual pilot can

收稿日期:2025-11-19. **基金项目**:国家自然科学基金项目(71964019).
作者简介:王奕雪(1988-),女,博士研究生,助理研究员. 主要研究方向:环境规制与可持续发展. **E-mail**:574114857@qq.com
通信作者:王松江(1960-),男,教授,博士生导师. 主要研究方向:项目管理及环境管理.
E-mail:richard777wang@163.com

effectively promote urban green and low – carbon transformation, and the policy effect is ranked as: dual pilot > innovative city pilot > low – carbon city pilot. Mechanism tests indicate that dual pilot achieves synergy through three paths: industrial structure advancement, green innovation effect, and marketization process, while no synergistic effect is realized via the overall upgrading of industrial structure. In terms of the comparison between two pilots, the low – carbon pilot performs better in the overall upgrading of industrial structure, whereas the innovative city pilot has superior effect in industrial structure advancement, green innovation and marketization process. Government intervention exerts a negative moderating effect on both types. The low – carbon pilot is more strongly affected by such negative moderation, and the dual pilot presents the strongest superimposed negative moderating effect. Heterogeneity analysis reveals that the dual pilot shows superimposed synergistic effect in both high – pollution and low – pollution cities, non – resource – based cities, and cities on both sides of the Hu Line. In the case of the single pilot, the low – carbon pilot is more applicable to high – pollution cities, resource – based cities and cities on the west side of the Hu Line, while the innovative city pilot achieves better performance in low – pollution cities and cities on the east side of the Hu Line. Finally, policy implications are proposed from the perspectives of adopting tailored policies in light of local conditions, coordinating source control and end – of – pipe governance, reducing excessive government intervention, and constructing an independent knowledge system for climate change.

Keywords: low – carbon city; innovative city; dual pilot synergy; green and low – carbon transformation effect

0 引 言

2024年全球平均气温首次超出《巴黎协定》提出的1.5 ℃临界变暖阈值[1]. 在全球气候治理体系深度重构背景下,我国有望在全球气候治理格局中承担引领者角色[2]. 低碳发展既是我国参与全球气候治理、重塑国际规则的战略支点,也是夯实“美丽中国”建设的重要保障[3]. “美丽中国”建设要求坚定不移地走生产发展、生活富裕、生态良好的文明发展道路[4]. 党的二十届四中全会指出“加快经济社会发展全面绿色转型,建设美丽中国”,要求以碳达峰碳中和为牵引,协同推进降碳、减污、扩绿、增长,筑牢生态安全屏障,增强绿色发展动能[5]. 协同推进降碳、减污、扩绿、增长,是推进绿色低碳转型的“四位一体”战略路径,是建设“美丽中国”的必然要求. 本文结合文献研究,基于降碳、减污、扩绿及增长四个维度协同视角,以熵值法构建城市绿色低碳转型评价指标体系,并测度相应规制政策对城市绿色低碳转型水平的影响[6].

缘何以城市为研究对象? 城市作为经济社会活动的主要载体,在推动经济发展的同时也是能源消耗与环境污染的主要集中地[7],我国城市能源消费的直接碳排放量约占全国碳排放总量的85%[8],故城市是绿色低碳转型的关键突破口. 低碳城市和创新型城市试点两类政策作为典型的综合型环境规制工具[9],其具备多目标协同的特性,更加契合绿色低碳转型目标导向. 对应试点城市即为最具代表性的绿色低碳转型实践样本. 国家发改委于2010年开展首批低碳试点工作,并于2012年、2017年两度新增试点,3批次试点共含6个省试点、80个城市试点和1个地区试点. 科技部于2008年率先推行国家创新型城市试点,后续国家发改委和科技部分多批次推进,截至2023年末,共97个地级及以上城市、2个县级市和4个市辖区进入试点名单.

既有研究分别对低碳城市试点[10-14]和创新型城市试点[15-17]的碳减排效果展开实证分析,结论普遍支持两类政策在不同程度上有利于碳减排. 相关研究多聚焦于单一政策评估,仅少量文献探讨政策组合的协同价值:苏涛永等[18]对低碳城市和创新型城市试点的碳减排效应展开分析,张杰等[19]验证了双试点政策能协同提升碳排放效率. 高瑀等[20]则将三类政策分别两两组合,对比了不同组合的碳减排效应. 亦有文献对两类政策的高质量发展效应展开研究,如低碳试点建设对产业结构升级的影响[21]、对包容性低碳增长的促进作用[22]、对城市经济高质量发展的促进作用[7],以及创新型试点对城市要素聚集及企业数字化的促进作用[23]、对深化数字全球价值链参与水平的提升作用[24]、对城市创新水平的提升作用[25]等. 从政策叠加效应及复合治理目标视角来看,有学者验证了两类政策在减污及降碳两个维度的协同效应[26-29],如张梦等[30]采用SBM模型检验了两类政策对绿色经济效率的协同影响. 上述研究分别从降碳、减污、高

质量发展以及绿色经济等单一维度评估两项政策成效，鲜有研究从两项政策的多维度综合指标达成效果展开解析. 本文创新点在于：分别从单一政策实施视角及政策叠加实施视角展开绿色低碳转型效果评估，并分别剖析单试点及双试点的影响机制. 本文欲厘清的具体问题为：低碳城市和创新型城市单试点及双试点是否推动了城市绿色低碳转型？政策效果孰优？双试点政策叠加是否存在“1 + 1 > 2”的协同效应及其作用路径. 厘清上述问题有助于巩固低碳城市和创新型城市试点建设对城市绿色低碳转型的既有贡献，为后续试点扩容布局及路径优化提供经验证据. 基于数据准确性及可得性，本文以我国 2006—2023 年共 18 年的 282 个城市（地级市及以上规模城市）面板数据为研究样本，引入多期双重差分模型检验两项单试点及双试点的绿色低碳转型效应，并解析相关机制.

1 理论分析与研究假设

1.1 低碳城市试点、创新型城市试点对城市绿色低碳转型的影响

低碳试点对城市绿色低碳转型的影响：周迪等[31]、赵彦云等[13]、王胜金等[12]、王连芬等[11]以及郭沛等[10]均验证了低碳试点对城市碳减排的作用，低碳试点还有利于降低邻接非试点城市的碳排放[14]；邢华等[27]、李强等[26]验证了低碳城市试点能同步推进降碳及减污. 在城市高质量发展上，低碳试点能通过绿色技术创新促进城市包容性低碳增长[22]，通过技术创新促进城市经济高质量发展[7]，通过空气质量改善降低城市居民死亡率[32]，通过产出效应和要素替代效应稳定居民就业[33]，通过绿色技术创新、能源利用效率提升及环境治理强化，增强城市生态韧性[34]. 既有研究证实了低碳城市试点从不同维度、不同路径促进了城市绿色低碳转型目标中的局部目标.

创新型试点对城市绿色低碳转型的影响：雷红锋[15]证实创新型城市试点有利于降低城市和周边地区碳排放；杨膨宇[17]验证了创新型试点建设提升了城市碳排放效率；肖菲[16]发现创新型试点建设降低了数字产业出口贸易的隐含碳排放；杨晓军等[29]、邢会等[28]验证了创新型城市能协同推进降碳及减污. 在增进民生福祉方面，创新型试点建设通过优化城市产业集聚等路径促进城市创新水平提升[25]，通过风险投资集聚效应、人才集聚效应及技术集聚效应等路径提升城市创业活跃度[35]，通过要素集聚以及生产要素优化配置促进企业数字化转型[23]，通过缓解要素结构错配及服务贸易结构升级等路径推动数字全球价值链参与[24].

综上，两项试点均从不同维度、不同路径促进了城市绿色低碳转型中的部分目标. 两项试点叠加后可能具有更强的叠加协同效应，由此提出假设 H1：

H1　低碳城市和创新型城市均能促进城市绿色低碳转型，且双试点具有更强的叠加协同效果.

1.2 双试点对城市绿色低碳转型的影响路径

结合前述文献梳理，试点政策可从下述两个层面对城市产业结构升级及绿色低碳转型发挥作用：①宏观层面：试点城市政府有计划、有目的地调整城市产业结构，依托本地产业基础培育低碳优势产业，推动传统工业、农业及服务业转型升级. 局部产业结构升级能够产生产业转型“虹吸效应”[36]，进而引导区域整体升级. 产业结构从劳动、能源及资本密集型向知识及技术密集型高新产业转变，这一过程也是地区减污降碳的实现过程. ②微观层面：试点城市环境规制趋严，传统“三高”企业的生产成本及管理成本增加，利润空间被压缩. 此时“三高”企业可能会选择迁移至管制宽松的非试点城市（“逐底竞争”），或通过使用清洁绿色的生产技术、加大环保投入等实现企业绿色发展（“逐顶竞争”）. 最终试点城市“三高”企业由高投入高排放型向清洁低碳型转变，城市碳排放及污染物排放随之下降，人居环境得以改善. 提出假设 H2：

H2　低碳城市和创新型城市双试点通过结构效应促进城市绿色低碳转型.

绿色技术创新是引领城市绿色低碳发展的核心动力，亦是推动城市绿色低碳转型的关键[22]. 波特假说认为适度的环境规制可促进企业提高生产效率和技术创新能力，进而提升企业竞争力[37]. 城市是推动技术创新的核心载体[38]. 结合前文理论支持，绿色技术创新与产业结构升级是共生的. 产业结构从劳动、资本及能源密集型向绿色清洁的技术密集型高新产业转变的过程，本质上依托于绿色技术的进步. 试点城市内的企业施行绿色低碳减排技术，推动清洁能源开发利用，降低城市对传统能源依赖，从“源头治理”上降低城市碳排放. 而碳捕集、封存技术的进步则为“末端治理”提供支撑，促进产业结构向清洁化和低碳化

转型. 试点城市的人才集聚整合,促进了经济实体之间绿色技术的交流互动,推进绿色技术应用,进而驱动低碳新兴产业的发展,全面促进试点地区绿色低碳转型. 提出假设 H3:

H3 低碳城市和创新型城市双试点通过绿色创新效应促进城市绿色低碳转型.

市场在资源配置中发挥着决定性作用,一般认为市场化水平越高,资源配置水平越高. 有效的市场能够促进帕累托有效配置,充分释放各类生产要素的活力[39]. 公平竞争的市场环境激发市场主体活力与创造力,助力新兴业态和绿色产业发展. 在"优胜"的同时,市场将加速企业"劣汰",倒逼"三高"企业进行绿色转型,使得更多绿色清洁、高效优质的企业流入市场,进而持续推动城市整体绿色转型. 提出假设 H4:

H4 低碳城市和创新型城市双试点通过市场化进程促进城市绿色低碳转型.

1.3 政府干预的调节效应

中国式分权制度下的地方政府短视行为或对节能减排产生不利影响. 在地方官员晋升锦标赛背景下,地方政府为获得晋升优势,往往放松环境管制以吸纳短期的流动性资源,甚至助推"逐底竞争"[40]. 孙冬营等[41]发现地方政府在区域排污权交易中更多地扮演了干预者角色,给企业带来额外的高昂交易成本,企业因丧失潜在经济利益而失去交易动机. 因此排污权交易的有效发展还需降低地方政府选择干预角色的倾向,以提升企业交易活跃度和积极性. 亦有学者[6]发现,在数实融合促进资源型城市绿色转型过程中,政府干预表现出了负向调节效应,或归因于晋升锦标赛压力下形成的"逐底竞争". 低碳城市试点和创新型城市试点均属于综合型环境规制,包含强制行政干预及各类市场激励工具. 提出假设 H5:

H5 在低碳城市和创新型城市试点情境下,政府干预对城市绿色低碳转型达成起负向调节作用.

基于上述假设,图 1 展示了低碳城市和创新型城市试点建设促进城市绿色低碳转型的理论分析框架. 囿于篇幅限制,上述 H2 ~ H5 的机制假设仅对双试点提出,而实际验证过程中不仅对双试点,亦对单试点机制展开了分析及对比.

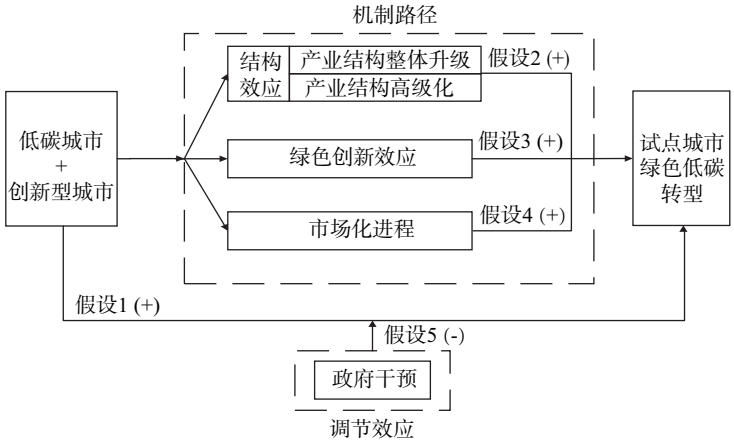


图 1 双试点促进城市绿色低碳转型的理论框架图

Fig. 1 Theoretical framework of dual pilots promoting urban green and low – carbon transition

2 研究设计

2.1 模型设定

选取 2006—2023 年 282 个地级及以上城市共 18 年的面板数据,将两项试点政策置于统一研究框架下,以试点的逐步开展作为一项准自然实验,运用多期 DID 模型检验单试点及双试点的绿色低碳转型效应. 利用双试点作为"准自然实验"构建双重倍差,以缓解普遍存在的内生性问题. 计量模型如式(1)所示:

$$Score = \beta_0 + \beta_1 did_{it} + \beta_2 Control_{it} + \eta_i + \gamma_t + \varepsilon_{it} \tag{1}$$

式中:i 代表城市;t 代表年份;$Score$ 代表被解释变量;did_{it} 代表核心解释变量;$Control_{it}$ 代表控制变量;η_i 代表城市个体固定效应;γ_t 代表时间固定效应;ε_{it} 代表随机扰动项;β_0 为模型截距项,代表未受政策冲击时,不考虑控制变量、城市与时间异质性影响的城市绿色低碳转型基础水平;β_1 为核心解释变量系数;β_2 为控制变量

系数. 模型中我们重点关注核心系数β_1,若β_1显著为正,即说明试点显著促进了城市绿色低碳转型.

在检验单试点的绿色低碳转型效应时,将式(1)中的 *did* 分别替换为 did_1 和 did_2 即可,其分别代表低碳城市和创新型城市单试点核心解释变量.

2.2 变量选取

(1) 被解释变量 *Score*:指绿色低碳转型水平,采用熵值法计算. 参考任晓松等[42]及陈阳等[6]的研究,基于数据精确性和可得性,构建如表 1 所示的综合考虑降碳、减污、扩绿及增长四个维度的指标体系.

表 1　城市绿色低碳转型指标体系

Tab. 1　Indicator system for urban green and low – carbon transition

一级指标	二级指标	变量选取	指标属性	权重
降碳	碳排放	$\ln CO_2$:城市碳排放量取对数	负	0.299 4
	人均碳排放	*PC*:人均碳排放,t/人	负	0.018 8
	单位 GDP 能耗	*ECPG*:单位 GDP 能耗,万 t 标准煤/亿元	负	0.022 6
减污	$PM_{2.5}$	PM: $PM_{2.5}$年均浓度,$\mu g/m^3$	负	0.175 0
	废水排放	*Pwater*:人均废水排放,t/万人	负	0.002 3
	二氧化硫排放	PSO_2:人均 SO_2 排放,t/人	负	0.019 2
	烟尘排放	*Psmog*:人均烟尘排放,t/人	负	0.005 4
扩绿	公园绿地面积	ln*GreenA*:公园绿地面积(公顷)取对数	正	0.053 9
	建成区绿化覆盖率	*GreenR*:建成区绿化覆盖率,%	正	0.032 2
增长	人均 GDP	ln*PGDP*:人均 GDP 取对数	正	0.193 6
	地区经济强度	ln*Density*:GDP 与行政区域土地面积的比值取对数	正	0.177 6

(2)核心解释变量 *did*:若城市在当年及后续年度成为双试点(既是低碳试点,又是创新型试点),则双试点虚拟变量 *did* 赋值为 1,否则为 0. 低碳城市单试点和创新型城市单试点的核心解释变量分别表示为 did_1 和 did_2. 早期低碳试点中少数试点为省试点,参考宋弘等[43]及王锋等[33]的研究,将试点省份所包含的全部城市均视为试点城市.

(3)控制变量:基于文献研究,对下述影响城市绿色低碳转型效果的因素进行控制:①人口规模(ln*POP*):以城市常住人口的对数表示;②城镇化水平(*UR*):采用城市城镇常住人口与全市常住人口的比值衡量;③对外开放程度(*OPEN*):以城市进出口总额与 GDP 的相对比值进行测度;④科技发展水平(*STL*):以科学支出占地方政府一般财政预算的占比测度;⑤人力资本水平(*HC*):以普通本专科在校学生数与户籍人口数的比值衡量.

(4)机制变量:①结构效应:从产业结构整体升级水平(*ISU*)及产业结构高级化水平(*ISA*)两方面衡量. 其中,整体升级水平 *ISU* = 第一产业增加值占 GDP 比重 ×1 + 第二产业增加值占 GDP 比重 ×2 + 第三产业增加值占 GDP 比重 ×3[44];高级化水平 *ISA* 以第三产业增加值与第二产业增加值的比值衡量[45]. ②绿色创新效应(*PGPG*):以城市每万人绿色专利授权数衡量[46]. ③市场化进程(*Mar*):依据樊纲等[47]编制的市场化指数指标衡量市场化进程. 基于数据准确性与可得性,使用省级数据进行匹配. ④政府与市场的关系(*GovMar*):根据樊纲等[47]的研究,市场化指数测度包含 5 个方面——政府与市场的关系、非国有经济的发展、产品市场的发育程度、要素市场的发育程度、市场中介组织发育和法律制度环境. 采用其中的"政府与市场的关系"分项取倒数后代表政府干预程度. "政府与市场的关系"维度得分越高,代表政府干预程度越低,说明该地区市场在资源配置中的决定性作用越稳固,地区经济体制中市场机制的作用越强.

(5)数据来源:碳排放数据采用荷兰环境评估机构(Netherlands Environmental Assessment Agency, PBL)的全球大气研究排放数据库(Emissions Database for Global Atmospheric Research, EDGAR)中的城市二氧化碳排放数据,单位为 t. 其他数据来源于历年《中国城市统计年鉴》《中国城市建设统计年鉴》《中国区域经济统计年鉴》《中国能源统计年鉴》《中国工业统计年鉴》以及各省份统计年鉴、中国研究数据服务平台(CNRDS)、EPS 数据库、国泰安数据库等.

主要变量的描述性统计见表2.

表2 主要变量描述性统计

Tab. 2 Descriptive statistics for main variables

变量类型	变量	观察值	平均值	标准差	最小值	中值	最大值
被解释变量	*Score*	5 076	0.544	0.067	0.352	0.544	0.786
核心解释变量	did	5 076	0.099	0.299	505(*did* 指标数量)		
	did_1	5 076	0.293	0.455	1 485(did_1 指标数量)		
	did_2	5 076	0.184	0.388	935(did_2 指标数量)		
控制变量	ln*POP*	5 076	15.079	0.714	12.078	15.098	17.285
	UR	5 076	0.542	0.170	0.115	0.526	1.355
	OPEN	5 076	0.191	0.323	0.000	0.080	3.499
	STL	5 076	0.016	0.017	0.000	0.011	0.207
	HC	5 076	0.018	0.023	0.000	0.010	0.147
中介变量	*ISU*	5 076	2.288	0.148	1.163	2.281	2.846
	ISA	5 076	1.027	0.592	0.094	0.893	6.383
	PGPG	5 076	0.530	0.949	0.000	0.184	10.023
	Mar	5 076	8.222	1.780	3.359	8.180	13.356
调节变量	*GovMar*	5076	7.292	1.584	0.841	7.201	12.152

3 实证分析

3.1 基准回归结果

基准回归结果如表3所示. 在控制城市固定效应和时间固定效应后,列(1)和列(2)分别展示了低碳城市单试点与创新型城市单试点的绿色低碳转型效果. 结果表明,二者均能有效促进城市的绿色低碳转型,且创新型城市试点的促进效果优于低碳城市试点. 列(3)为双试点共同作用下的绿色低碳转型效果. 相较于单试点,双试点发挥了预期的政策叠加协同作用,展现了最佳的绿色低碳转型效果,假设H1得以验证.

表3 基准回归结果

Tab. 3 Baseline regression results

变量	(1)低碳 *Score*	(3)创新 *Score*	(5)双试点 *Score*
did_1	0.015***		
	(5.84)		
did_2		0.018***	
		(6.97)	
did			0.022***
			(6.46)
ln*POP*	−0.019***	−0.023***	−0.024***
	(−2.76)	(−3.09)	(−3.28)
UR	0.275***	0.279***	0.283***
	(17.65)	(18.31)	(19.07)
OPEN	−0.011	−0.015**	−0.013**
	(−1.50)	(−2.16)	(−1.98)
STL	0.646***	0.632***	0.638***
	(5.76)	(5.84)	(5.65)
HC	0.400***	0.391***	0.415***
	(4.16)	(3.97)	(4.35)
Constant	0.669***	0.722***	0.732***
	(6.27)	(6.40)	(6.67)

续表 3

变量	(1)低碳 *Score*	(3)创新 *Score*	(5)双试点 *Score*
城市固定效应	是	是	是
年份固定效应	是	是	是
N	5 076	5 076	5 076
R^2	0.632	0.632	0.633

注：***、** 和 * 分别表示在 1%、5% 和 10% 水平上显著，括号中的数字为稳健 *t* 统计量，下同.

3.2 平行趋势检验

满足平行趋势假设，是双重差分模型有效性的重要前提. 图 2 的平行趋势检验结果表明，双试点政策发生前的估计系数均不显著，双试点启动后逐渐显著，满足平行趋势假设.

3.3 稳健性检验

① 安慰剂检验. 通过构建反事实检验框架，随机生成伪处理组虚拟变量与伪政策冲击时间变量，以虚拟双试点政策对样本城市进行随机冲击，重复实验 500 次后绘成图 3 所示的系数核密度图. 结果显示，系数接近于 0 值且均位于真实值左侧，安慰剂检验通过. ② 非随机选择问题. 借鉴宋弘等[43]的做法，在模型中加入城市基准因素（试点与胡焕庸线相对位置）与时间线性趋势的交互项. 表 4 列(1)结果显示，主要估计系数仍显著，结果稳健. ③ 排除智慧城市试点政策影响. 控制智慧城市试点这一政策（did_3）影响，表 4 列(2)的结果显示，核心系数依然在 1% 水平上显著，结果稳健. ④ 剔除高级别城市. 剔除直辖市、副省级市、省会城市 3 类高级别城市，仅对普通地级市进行回归. 表 4 列(3)中的结果表明结果稳健. ⑤ 采用倾向得分匹配 - 双重差分法（Propensity Score Matching - Differences in Differences，PSM - DID）. 采用 PSM - DID 方法解决可能的样本选择偏误问题. 匹配后，各协变量在处理组与控制组之间的差异明显缩小（囿于篇幅限制，匹配前后的核密度图略）. 对 PSM 匹配后的样本再次进行回归，表 4 列(4)显示，核心系数依然在 1% 水平上显著为正，结果稳健.

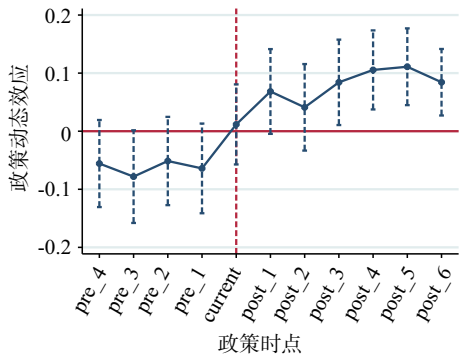


图 2　平行趋势检验

Fig. 2　Parallel trend test

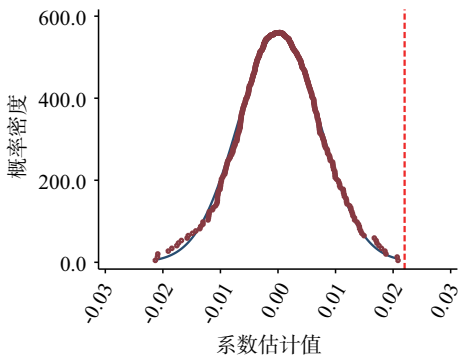


图 3　安慰剂检验

Fig. 3　Placebo test

表 4　稳健性检验

Tab. 4　Robustness test

变量	(1)非随机选择 Score	(2)排除智慧城市政策 Score	(3)剔除高级别城市 Score	(4)PSM - DID Score
did	0.005 * (1.94)	0.020 *** (5.58)	0.019 *** (4.42)	0.030 *** (6.60)
did_3		控制		
控制变量	是	是	是	是
城市固定效应	是	是	是	是
年份固定效应	是	是	是	是
N	5 076	5 076	4 446	1 018
R^2	0.840	0.647	0.640	0.916

3.4 机制分析

本文从结构效应、绿色创新效应及市场化进程3个方面展开双试点对城市绿色低碳转型的影响机制分析,并从政府干预视角展开调节效应分析.

(1)结构效应

基于文献分析,本文从产业结构整体升级(ISU)和产业结构高级化(ISA)两个维度,分析其对试点城市绿色低碳转型的影响.借鉴江艇[48]提出的中介效应的检验方法,中介变量和被解释变量的因果关系在文献分析基础上是直观的,此处仅需考察处理变量 *did* 对中介变量的影响.据表5的结果可见,两项单试点和双试点均能显著提升城市产业结构整体升级和产业结构高级化水平,结果均在1%水平上显著,表明结构效应是单试点和双试点达到绿色低碳转型的有效路径.从机制的协同角度来看,双试点对产业结果高级化的回归系数大于任一单试点,说明双试点能通过产业结构高级化这一路径达成协同.而双试点通过产业结构整体升级的幅度小于低碳试点,因此未能通过产业结构整体升级实现协同.综上,假设H2得以部分验证,双试点仅通过结构效应中的产业结构高级化路径协同.产业结构高级化以三产增加值与二产增加值的比值测度,说明第三产业的稳步发展是城市绿色低碳转型的关键.

表5 结构效应影响机制分析

Tab. 5 Analysis of the influencing mechanism of structural effect

变量	*ISU*(产业结构整体升级)			*ISA*(产业结构高级化)		
	(1)低碳	(2)创新	(3)双试点	(1)低碳	(2)创新	(3)双试点
did_1	0.032***			0.070**		
	(4.62)			(2.08)		
did_2		0.028***			0.112***	
		(3.94)			(3.00)	
did			0.031***			0.206***
			(3.73)			(3.76)
控制变量	是	是	是	是	是	是
城市固定效应	是	是	是	是	是	是
年份固定效应	是	是	是	是	是	是
N	5 076	5 076	5 076	5 076	5 076	5 076
R^2	0.447	0.443	0.442	0.283	0.285	0.291

(2)绿色创新效应

绿色创新效应对试点城市绿色低碳转型的影响机制分析见表6.

表6 绿色创新效应影响机制分析

Tab. 6 Mechanism analysis of green innovation effect

变量	(1)低碳 PGPG	(2)创新 PGPG	(3)双试点 PGPG
*did*1	0.313***		
	(3.94)		
*did*2		0.621***	
		(7.88)	
did			0.839***
			(5.64)
控制变量	是	是	是
城市固定效应	是	是	是
年份固定效应	是	是	是
N	5 076	5 076	5 076
R^2	0.421	0.446	0.455

单试点与双试点均在 1% 水平上显著提升城市的绿色创新水平,表明绿色创新效应是单试点和双试点促进城市绿色低碳转型的有效路径. 双试点的回归系数大于任一单试点,说明双试点通过绿色创新效应这一路径协同促进了城市绿色低碳转型,假设 H3 成立. 创新型城市单试点的绿色创新效应优于低碳城市试点.

(3)市场化进程

由表 7 结果可见,单试点和双试点均能显著促进市场化进程. 其中,创新型试点的促进作用优于低碳试点,表明创新型试点更能激发市场活力,其可能通过创新要素集聚提升了资源配置效率. 双试点对市场化进程的促进作用大于任一单试点,说明双试点通过市场化进程这一路径协同促进了城市的绿色低碳转型,假设 H4 成立. 市场的资源配置作用有利于城市绿色低碳转型.

(4)调节效应

为检验政府干预的调节效应,在式(1)的基础上引入调节变量 *GovMar* 和 *did* 处理变量的交互项,根据交互项系数的大小判断调节方向与效应强弱. 由表 8 的结果可知,政府干预对单试点及双试点均产生负向调节作用,其中对双试点的负向调节作用最强,表明政府干预不利于试点城市绿色低碳转型,假设 H5 成立. 由单试点的对比可见,低碳城市中政府干预的负向调节系数更大,说明其对市场的资源配置需求更高.

表 7　市场化进程影响机制分析

Tab. 7　Mechanism analysis of marketization process

变量	(1)低碳 Mar	(2)创新 Mar	(3)双试点 Mar
did_1	0.386***		
	(6.51)		
did_2		0.459***	
		(6.37)	
did			0.568***
			(6.51)
控制变量	是	是	是
城市固定效应	是	是	是
年份固定效应	是	是	是
N	5 076	5 076	5 076
R^2	0.569	0.569	0.569

表 8　政府干预的调节效应

Tab. 8　Moderating effect of government intervention

变量	(1)低碳 Score	(2)创新 Score	(3)双试点 Score
did_1 * *GovMar*	−0.030*		
	(−1.82)		
did_2 * *GovMar*		−0.026*	
		(−1.77)	
did * *GovMar*			−0.047***
			(−3.06)
控制变量	是	是	是
城市固定效应	是	是	是
年份固定效应	是	是	是
N	5 076	5 076	5 076
R^2	0.633	0.632	0.633

3.5 异质性分析

(1)环境污染异质性

选取城市工业废水排放量、工业 SO_2 排放量和工业烟尘排放量三项数据,以熵权法构建环境污染指数[49-50]. 根据政策冲击前的城市环境污染指数,将城市划分为高、低污染组进行分组回归. 表 9 结果显示,单、双试点在两类污染组中均能显著促进城市绿色低碳转型,且两类情境下双试点均存在叠加协同效应,低污染组中协同最佳. 就单试点而言,低碳城市试点在高污染组中表现更优,创新型城市试点在低污染组中表现更优. 这可能是由于低碳城市强调以各类环境规制(命令控制型及市场激励型手段并用)推进减污降碳,即“强制 + 鼓励”为主;而创新型城市更注重激励型生态环境的塑造,以“鼓励”为主. 故而促成了低碳试点在高污染组更优、创新型试点在低污染组更优的结果.

(2)资源禀赋异质性

将城市分为资源型和非资源型两类进行分组回归. 表 10 结果表明,双试点协同效应仅在非资源型城市中显著,资源型城市中未体现协同作用. 这是因为资源型城市“三高”特征短期难以扭转,产业转型与新兴产业培育滞后,政策承接能力不足,双试点叠加下易引发目标冲突. 相比之下,非资源型城市产业结构更高级,绿色转型基础更优,政策承接上更能有效适配两类试点政策,从而形成良性协同.

表9 环境污染状况异质性分析

Tab. 9 Heterogeneity analysis of environmental pollution status

变量	高污染			低污染		
	(1)低碳 Score	(2)创新 Score	(3)双试点 Score	(4)低碳 Score	(5)创新 Score	(6)双试点 Score
did_1	0.017*** (5.24)			0.013*** (3.42)		
did_2		0.015*** (5.28)			0.016*** (3.73)	
did			0.020*** (4.83)			0.023*** (4.19)
控制变量	是	是	是	是	是	是
城市固定效应	是	是	是	是	是	是
年份固定效应	是	是	是	是	是	是
N	2 448	2 448	2 448	2 628	2 628	2 628
R^2	0.684	0.682	0.683	0.598	0.595	0.597

表10 资源禀赋异质性分析

Tab. 10 Heterogeneity analysis of resource endowments

变量	非资源型			资源型		
	(1)低碳 Score	(2)创新 Score	(3)双试点 Score	(4)低碳 Score	(5)创新 Score	(6)双试点 Score
did_1	0.013*** (4.04)			0.017*** (4.03)		
did_2		0.016*** (5.96)			0.022*** (3.63)	
did			0.022*** (6.57)			0.003 (0.26)
控制变量	是	是	是	是	是	是
城市固定效应	是	是	是	是	是	是
年份固定效应	是	是	是	是	是	是
N	3 060	3 060	3 060	2 016	2 016	2 016
R^2	0.656	0.657	0.663	0.609	0.609	0.598

(3)胡焕庸线两侧异质性

以城市位于胡焕庸线不同侧为分组依据开展异质性分析. 表11结果表明,双试点在胡焕庸线东、西两侧均存在协同效应,且西侧效果更佳. 低碳试点在两侧均显著有效,且西侧更优. 创新型试点仅在东侧有效. 其原因可能在于:创新型政策有效性依赖于城市现代化体制机制的完善性及市场化水平等地方基础创新生态,而西侧城市相对落后,导致创新型政策效果受限. 相比之下,低碳试点兼具多元工具体系与减污降碳目标约束考核机制,在发展相对滞后区域适配性更强.

表11 胡焕庸线两侧异质性分析

Tab. 11 Heterogeneity analysis on both sides of the Hu Huanyong Line

变量	胡焕庸线东侧			胡焕庸线西侧		
	(1)低碳 Score	(2)创新 Score	(3)双试点 Score	(4)低碳 Score	(5)创新 Score	(6)双试点 Score
did_1	0.015*** (5.43)			0.020** (2.60)		

续表 11

变量	胡焕庸线东侧			胡焕庸线西侧		
	(1)低碳 Score	(2)创新 Score	(3)双试点 Score	(4)低碳 Score	(5)创新 Score	(6)双试点 Score
did_2		0.018*** (7.24)			−0.001 (−0.04)	
did			0.022*** (5.99)			0.025** (2.68)
控制变量	是	是	是	是	是	是
城市固定效应	是	是	是	是	是	是
年份固定效应	是	是	是	是	是	是
N	4 590	4 590	4 590	486	486	486
R^2	0.633	0.634	0.633	0.638	0.620	0.636

4 研究结论及政策建议

4.1 研究结论

基于 2006—2023 年中国 282 个地级市及以上城市面板数据，将低碳城市和创新型城市两项试点政策置于统一研究框架下，运用多期 DID 模型对两项单试点的城市绿色低碳转型净效应和双试点叠加效应分别进行识别. 主要研究结论如下：

1)低碳城市和创新型城市试点均能显著促进城市绿色低碳转型，其中创新型城市试点转型效果优于低碳城市试点，双试点表现出最优的叠加协同效应. 该结果经稳健性检验后依然成立.

2)机制检验显示，双试点通过产业结构高级化、绿色创新及市场化进程 3 条路径实现协同，但未能通过产业结构整体升级路径实现协同. 就单试点而言，低碳试点更利于产业整体升级，创新试点在产业结构高级化、绿色创新效应与市场化方面优势更显著.

3)调节效应结果表明，政府干预对两类试点均存在负向调节作用，其中对低碳试点的负向调节更强，对双试点的负向调节效应最为显著，说明城市绿色低碳转型效果更依赖于市场主导的资源配置机制.

4)异质性分析表明，双试点在不同污染水平城市、非资源型城市及胡焕庸线两侧均存在协同效应. 在单试点中，低碳试点在高污染城市、资源型城市及胡焕庸线西侧城市效果更好，创新型试点则在低污染城市、胡焕庸线东侧城市更具优势.

4.2 政策建议

低碳城市和创新型城市两类试点形成了各具特色，但目标一致的城市绿色低碳转型路径. 相关结论为不同城市因地制宜施策提供了参考，亦能丰富我国气候治理领域自主知识体系的实践支撑. 基于研究结论提出以下建议：

第一，因地制宜灵活选用、组合不同类型政策工具. 低碳试点与创新型试点在服务绿色低碳转型目标上各有优势，制定政策时应关注政策之间的叠加效应，选取最优政策组合，协同联动推进转型. 同时应关注政策异质性，实施差异化施策：在高污染、资源型及胡焕庸线西侧城市侧重低碳试点，在低污染、胡焕庸线东侧城市则优先布局创新型试点. 依托“先进带后进”试点帮扶机制，推动区域产业升级，在降碳减污、经济增长及民生福祉中寻求最佳平衡点.

第二，统筹“源头治理”与“末端治理”，以源头管控为主、末端治理为辅. 产业结构高级化是双试点发挥协同作用的核心动力，发展新兴产业是绿色低碳转型的关键. 一方面，将绿色技术创新和产业结构高级化作为源头治理的有力抓手，加快前沿科技成果落地，结合区域禀赋优化能源结构；另一方面，强化末端治理，加大碳汇、碳捕集等技术研发与推广，配套财税、金融政策扶持相关产业发展，提高碳汇类项目的经济性和吸引力.

第三,构建有为政府引导、有效市场主导的绿色低碳转型格局. 绿色低碳发展需有为政府与有效市场深度协同. 政府应通过科学的顶层设计与制度保障,持续推进全国统一大市场建设,依托绿色金融、统一认证标准等引导资源流向绿色领域. 同时应厘清政企边界,减少过度行政干预,避免政府过度干预扭曲价格信号,充分释放市场活力,倒逼企业开展绿色技术创新. 有为政府与有效市场在绿色低碳转型中各司其职、良性互动.

第四,深化国际合作交流,加强人才培养. 既要积极借鉴境外先进技术经验,亦需立足本土发展需求培育专业人才. 2025年,我国普通高等学校已新增碳中和科学与工程专业,同年在北京师范大学、北京科技大学及昆明理工大学等高校首次招生. 通过培养具备碳中和专业知识和技能的高素质人才,将有力支撑我国气候变化自主知识体系构建.

参考文献:

[1] WMO. State of the Global Climate 2024[EB/OL]. [2026-06-01]. https://storymaps.arcgis.com/stories/43a9c636ab3345bfabcb11236c266153.

[2] 张永生,巢清尘,陈迎,等. 中国碳中和:引领全球气候治理和绿色转型[J]. 国际经济评论,2021(3):9-26+4.
ZHANG Y S,CHAO Q C,CHEN Y,et al. China's carbon neutrality:Leading in global climate governance and green transformation[J]. International Economic Review,2021(3):9-26+4.

[3] 邵帅,范美婷,杨莉莉. 经济结构调整、绿色技术进步与中国低碳转型发展——基于总体技术前沿和空间溢出效应视角的经验考察[J]. 管理世界,2022,38(2):46-69.
SHAO S,FAN M T,YANG L L. Economic restructuring,green technical progress,and low-carbon transition development in China:An empirical investigation based on the overall technology frontier and spatial spillover effect[J]. Management World,2022,38(2):46-69.

[4] 中共中央国务院. 中共中央国务院关于全面推进美丽中国建设的意见[EB/OL]. [2026-06-01]. https://www.gov.cn/gongbao/2024/issue_11126/202401/content_6928805.html.

[5] 共产党员网. 中国共产党第二十届中央委员会第四次全体会议公报[EB/OL]. [2026-06-01]. https://www.12371.cn/2025/10/23/ARTI1761209942911315.shtml.

[6] 陈阳,刘文革. 数实融合驱动资源型城市绿色低碳转型效应分析[J]. 环境科学,2026,47(3):1576-1585.
CHEN Y,LIU W G. Analysis of digital-real economy integration driving green and low-carbon transition in resource-based cities[J]. Environmental Science,2026,47(3):1576-1585.

[7] 范贤贤,郭平. 低碳城市试点政策对城市经济高质量发展的影响[J]. 经济经纬,2023,40(4):3-14.
FAN X X,GUO P. The impact of low-carbon city pilot policy on the high-quality development of urban economy[J]. Economic Survey,2023,40(4):3-14.

[8] SHAN Y L,LIU J H,LIU Z,et al. An emissions-socioeconomic inventory of Chinese cities[J]. Scientific Data,2019,6:190027.

[9] 王奕雪,王松江. "三有"协同视角下的城市碳排放多元监管机制[J]. 云南民族大学学报(哲学社会科学版),2025,42(2):118-131.
WANG Y X,WANG S J. The multiple regulation mechanism for urban carbon emission from the synergy perspective of "the effective government","the efficient market"and"the orderly society"[J]. Journal of Yunnan Minzu University (Philosophy and Social Sciences Edition),2025,42(2):118-131.

[10] 郭沛,梁栋. 低碳试点政策是否提高了城市碳排放效率——基于低碳试点城市的准自然实验研究[J]. 自然资源学报,2022,37(7):1876-1892.
GUO P,LIANG D. Does the low-carbon pilot policy improve the efficiency of urban carbon emissions:Quasi-natural experimental research based on low-carbon pilot cities[J]. Journal of Natural Resources,2022,37(7):1876-1892.

[11] 王连芬,赵园,王良健. 低碳试点城市的减碳效果及机制研究[J]. 地理研究,2022,41(7):1898-1912.
WANG L F,ZHAO Y,WANG L J. Policy evaluation of the low-carbon pilot cities:Effects and mechanisms[J]. Geographical Research,2022,41(7):1898-1912.

[12] 王胜今,朱润酥. 低碳城市建设能否助力政府实现碳达峰碳中和目标? ——基于低碳城市试点的准自然实验[J]. 现代经济探讨,2022(7):10-17+40.
WANG S J,ZHU R S. Can the construction of low-carbon cities help the government achieve the goal of carbon peak and

carbon neutralization:Quasi – natural experiment based on low – carbon city pilot[J]. Modern Economic Research,2022(7):10 – 17 + 40.

[13] 赵彦云,陆香怡,王汶. 低碳城市的 CO_2 与 $PM_{2.5}$减排协同效应分析[J]. 中国环境科学,2023,43(1):465 – 476.
ZHAO Y Y,LU X Y,WANG W. Assessment for co – benefits of low – carbon city on CO_2 and $PM_{2.5}$ in China[J]. China Environmental Science,2023,43(1):465 – 476.

[14] 郑汉,郭立宏. 低碳城市试点对邻接非试点城市碳排放的外部效应[J]. 中国人口·资源与环境,2022,32(7):71 – 80.
ZHENG H,GUO L H. External effects of low – carbon city pilot on carbon emissions of adjacent non – pilot cities[J]. China Population Resources and Environment,2022,32(7):71 – 80.

[15] 雷红锋. 创新政策的环境效应:创新型城市试点政策和碳排放治理[J]. 税务与经济,2023(4):90 – 98.
LEI H F. Environmental effects of innovative policies:Pilot policies and carbon emission control for innovative cities[J]. Taxation and Economy,2023(4):90 – 98.

[16] 肖菲. 创新型城市试点政策对隐含碳排放的影响——基于数字产业出口贸易视角[J]. 技术经济与管理研究,2025(5):29 – 36.
XIAO F. The impact of pilot policies for innovative cities on implicit carbon emissions:Based on the perspective of digital industry export trade[J]. Journal of Technical Economics & Management,2025(5):29 – 36.

[17] 杨膨宇. 国家创新型城市建设能否促进碳排放效率——理论构建、机制分析及空间效应评估[J]. 贵州财经大学学报,2023(2):93 – 102.
YANG P Y. Whether national innovative city construction can promote carbon emission efficiency—Theoretical construction,mechanism analysis and spatial effect evaluation[J]. Journal of Guizhou University of Finance and Economics,2023(2):93 – 102.

[18] 苏涛永,郁雨竹,潘俊汐. 低碳城市和创新型城市双试点的碳减排效应——基于绿色创新与产业升级的协同视角[J]. 科学学与科学技术管理,2022,43(1):21 – 37.
SU T Y,YU Y Z,PAN J X. Carbon emission reduction effect of low – carbon cities and innovative cities:Based on the synergic perspective of green innovation and industrial upgrading[J]. Science of Science and Management of S. & T. ,2022,43(1):21 – 37.

[19] 张杰,李效顺,陈姜全,等. 低碳和创新型城市双试点协同赋能对碳排放效率的影响——来自中国 282 个城市的准自然实验证据[J]. 产业经济研究,2025(1):15 – 28.
ZHANG J,LI X S,CHEN J Q,et al. The impact of the "dual pilot" synergistic empowerment of low – carbon and innovative cities on carbon emission efficiency:A quasi – natural experiment in 282 cities in China[J]. Industrial Economics Research,2025(1):15 – 28.

[20] 高瑀,赵晓丽. 绿色转型政策组合对碳减排和经济发展的影响[J]. 西安交通大学学报(社会科学版),2025,45(4):39 – 54.
GAO Y,ZHAO X L. Impact of green transition policy combination on carbon mitigation and economic development[J]. Journal of Xi'an Jiaotong University (Social Sciences),2025,45(4):39 – 54.

[21] 邓翔,任伊梦,玉国华. 低碳城市建设与产业结构优化升级——来自低碳城市试点工作的经验证据[J]. 软科学,2023,37(2):10 – 19.
DENG X,REN Y M,YU G H. Low – carbon city construction and the optimization and upgrading of industrial structure—Empirical evidence from low – carbon city pilot work[J]. Soft Science,2023,37(2):10 – 19.

[22] 宋仕允,卫晓君. 低碳城市建设、绿色技术创新与包容性低碳增长[J]. 经济经纬,2023,40(5):14 – 25.
SONG S Y,WEI X J. Low – carbon C ity construction,green technology innovation and inclusive low – carbon growth[J]. Economic Survey,2023,40(5):14 – 25.

[23] 王庭东,尹丽丽. 国家创新型城市试点政策、数字要素集聚与企业数字化转型[J]. 经济经纬,2024,41(2):112 – 124.
WANG T D,YIN L L. National pilot policy on innovative cities,agglomeration of digital factors and digital transformation of enterprises[J]. Economic Survey,2024,41(2):112 – 124.

[24] 陈苗. 创新型城市建设能够深化数字全球价值链参与水平吗? [J]. 经济经纬,2023,40(5):73 – 85.
CHEN M. Can the construction of innovative cities deepen the level of participation level of digital global value chain? [J]. Economic Survey,2023,40(5):73 – 85.

[25] 王翔翔,刘瀑. 城市发展转型提升创新水平吗? ——来自国家创新型城市试点的证据[J]. 经济经纬,2023,40(2):34 – 44.
WANG X X,LIU P. Whether the transformation of urban development can improve the level of innovation:Evidence from the national pilot project of innovative cities[J]. Economic Survey,2023,40(2):34 – 44.

[26] 李强,温家俊. 低碳城市试点促进了减污降碳协同增效吗? [J]. 大连理工大学学报(社会科学版),2025,46(3):40-50.
LI Q,WEN J J. Do low-carbon city pilots foster synergistic efforts in pollution and carbon reduction? [J]. Journal of Dalian University of Technology (Social Sciences),2025,46(3):40-50.

[27] 邢华,李向阳. 减污降碳:低碳城市试点的协同效应[J]. 干旱区资源与环境,2024,38(5):10-19.
XING H,LI X Y. Reducing pollution and carbon emissions:The synergistic effects of low-carbon city pilots[J]. Journal of Arid Land Resources and Environment,2024,38(5):10-19.

[28] 邢会,孙语泽,霍晓谦. 创新与环境政策叠加对城市减污降碳协同的影响研究[J]. 软科学,2025,39(8):77-84.
XING H,SUN Y Z,HUO X Q. Impact of superposition between innovation and environmental policies on urban synergy of pollution and carbon reduction[J]. Soft Science,2025,39(8):77-84.

[29] 杨晓军,薛洪畅. 创新驱动政策是否促进城市减污降碳协同增效? ——来自国家创新型城市试点政策的经验证据[J]. 产业经济研究,2024(3):1-14.
YANG X J,XUE H C. Does innovation-driven policy enhance synergizing the reduction of pollution and carbon emissions in cities? Empirical evidence from national innovative city pilot policy[J]. Industrial Economics Research,2024(3):1-14.

[30] 张梦,黄颖利. 低碳城市和创新型城市双试点效果评估——基于绿色经济转型视角[J]. 中国环境管理,2024,16(1):73-81.
ZHANG M,HUANG Y L. Evaluation of the effectiveness of the dual pilot program for low-carbon cities and innovative cities—Based on the green economy transition perspective[J]. Chinese Journal of Environmental Management,2024,16(1):73-81.

[31] 周迪,周丰年,王雪芹. 低碳试点政策对城市碳排放绩效的影响评估及机制分析[J]. 资源科学,2019,41(3):546-556.
ZHOU D,ZHOU F N,WANG X Q. Impact of low-carbon pilot policy on the performance of urban carbon emissions and its mechanism[J]. Resources Science,2019,41(3):546-556.

[32] 刘伟明,喻煌,贾立江,等. 低碳城市建设提升了国民健康素养吗[J]. 当代财经,2022(11):16-26.
LIU W M,YU H,JIA L J,et al. Does the construction of low-carbon cities enhance the national health quality? [J]. Contemporary Finance & Economics,2022(11):16-26.

[33] 王锋,葛星. 低碳转型冲击就业吗——来自低碳城市试点的经验证据[J]. 中国工业经济,2022(5):81-99.
WANG F,GE X. Can low-carbon transition impact employment—Empirical evidence from low-carbon city pilot policy[J]. China Industrial Economics,2022(5):81-99.

[34] 张明斗,杨雨欣. 低碳城市建设对生态韧性的影响效应与机制——基于低碳城市试点政策的准自然实验[J]. 华东经济管理,2025,39(4):69-81.
ZHANG M D,YANG Y X. The impact and mechanism of low-carbon city construction on ecological resilience:A quasi-natural experiment based on the low-carbon city pilot policy[J]. East China Economic Management,2025,39(4):69-81.

[35] 白俊红,张艺璇,卞元超. 创新驱动政策是否提升城市创业活跃度——来自国家创新型城市试点政策的经验证据[J]. 中国工业经济,2022(6):61-78.
BAI J H,ZHANG Y X,BIAN Y C. Does innovation-driven policy increase entrepreneurial activity in cities—Evidence from the national innovative city pilot policy[J]. China Industrial Economics,2022(6):61-78.

[36] 王帆,章琳,倪娟. 智慧城市影响企业创新的宏观机制研究[J]. 中国软科学,2022(11):109-118.
WANG F,ZHANG L,NI J. Research on the macro mechanism of smart city promoting enterprise innovation[J]. China Soft Science,2022(11):109-118.

[37] ALBRIZIO S,KOZLUK T,ZIPPERER V. Environmental policies and productivity growth:Evidence across industries and firms[J]. Journal of Environmental Economics and Management,2017,81:209-226.

[38] 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,2021,31(1):37-47.
SONG D Y,ZHU W B,WANG B B. Micro-empirical evidence based on China's carbon trading companies:Carbon emissions trading,quota allocation methods and corporate green innovation[J]. China Population,Resources and Environment,2021,31(1):37-47.

[39] 熊彬,王志伟. 数字经济“双试点”政策对创业活跃度影响效应研究——有为政府与有效市场协同视角[J]. 现代财经(天津财经大学学报),2024,44(6):36-53.
XIONG B,WANG Z W. Research on the impact of digital economy “double pilot” policy on entrepreneurial activity:The col-

laborative perspective of effective government and efficient market[J]. Modern Finance and Economics – Journal of Tianjin University of Finance and Economics,2024,44(6):36 – 53.

[40] 解晋,仲伟东,黄娟. 市场整合的碳减排效应——兼论构建全国统一大市场的环境效应[J]. 中国流通经济,2023,37(6):3 – 13.
XIE J,ZHONG W D,HUANG J. On the carbon emission reduction effect of market integration—Also on the environmental effect of building a national unified market[J]. China Business and Market,2023,37(6):3 – 13.

[41] 孙冬营,薛诗,许玲燕,等. 考虑政府双重角色的排污权二级市场交易行为演化博弈分析[J]. 软科学,2021,35(10):122 – 129.
SUN D Y,XUE S,XU L Y,et al. Evolutionary game analysis of emission permit trading behaviors in the secondary market by considering government's dual role[J]. Soft Science,2021,35(10):122 – 129.

[42] 任晓松,李佳徽. 中国降碳 – 减污 – 扩绿 – 增长耦合协同发展的组态路径分析[J]. 环境科学,2026,47(3):1609 – 1622.
REN X S,LI J H. Analysis of the configuration path of the coupled coordinated development of carbon reduction,pollution reduction,green expansion,and economic growth in China[J]. Environmental Science,2026,47(3):1609 – 1622.

[43] 宋弘,孙雅洁,陈登科. 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[J]. 管理世界,2019,35(6):95 – 108 + 195.
SONG H,SUN Y J,CHEN D K. Assessment for the effect of government air pollution control policy:Empirical evidence from "low – carbon city" construction in China[J]. Management World,2019,35(6):95 – 108 + 195.

[44] 蔡海亚,徐盈之. 贸易开放是否影响了中国产业结构升级?[J]. 数量经济技术经济研究,2017,34(10):3 – 22.
CAI H Y,XU Y Z. Does trade openness affect the upgrading of China's industrial structure?[J]. Journal of Quantitative & Technological Economics,2017,34(10):3 – 22.

[45] 干春晖,郑若谷,余典范. 中国产业结构变迁对经济增长和波动的影响[J]. 经济研究,2011,46(5):4 – 16 + 31.
GAN C H,ZHENG R G,YU D F. An empirical study on the effects of industrial structure on economic growth and fluctuations in China[J]. Economic Research Journal,2011,46(5):4 – 16 + 31.

[46] 韩先锋,肖坚,李勃昕. "创新 – 金融"政策工具组合的协同降碳效应[J]. 资源科学,2024,46(7):1252 – 1264.
HAN X F,XIAO J,LI B X. Synergistic carbon emission reduction effect of the"innovation – finance"policy instrument portfolio[J]. Resources Science,2024,46(7):1252 – 1264.

[47] 樊纲,王小鲁,马光荣. 中国市场化进程对经济增长的贡献[J]. 经济研究,2011,46(9):4 – 16.
FAN G,WANG X L,MA G R. Contribution of marketization to China's economic growth[J]. Economic Research Journal,2011,46(9):4 – 16.

[48] 江艇. 因果推断经验研究中的中介效应与调节效应[J]. 中国工业经济,2022(5):100 – 120.
JIANG T. Mediating effects and moderating effects in causal inference[J]. China Industrial Economics,2022(5):100 – 120.

[49] CHANG H W,YANG P J. Entrepreneurial spirit:A catalyst on the road to green and sustainable development—a theoretical analysis based on dynamic games and empirical tests from Chinese data[J]. Journal of Cleaner Production,2024,446:141407.

[50] 李强,唐幼明,谢舟涛. 多元共治视角下长江经济带环境治理长效机制研究[J]. 中国管理科学,2025,33(5):356 – 368.
LI Q,TANG Y M,XIE Z T. A research on long – term mechanism of environmental governance in the Yangtze River economic belt from the perspective of multiple co – governance[J]. Chinese Journal of Management Science,2025,33(5):356 – 368.

(编　辑:朱银周)