

# 用能权交易制度与城市能源消费

张恒硕<sup>1</sup> 李绍萍<sup>1</sup> 颜冰<sup>2</sup>

(1.东北石油大学 经济管理学院,黑龙江 大庆 163318;2.东北石油大学 人文科学学院,黑龙江 大庆 163318)

**摘要:**在激发能源消费侧新活力、推动用能市场化新变革方面,用能权交易制度提供了中国方案与经验。本文以用能权交易制度试点为准自然实验,采用2006—2020年中国278个城市的面板数据,评估了用能权交易制度对城市能源消费的影响。研究发现,用能权交易制度能够显著影响城市能源消费强度与结构,用能权交易试点城市的能源消费强度平均下降了2.5%,其能源结构绿色替代水平平均提升了14.3%。用能权交易制度的政策效应发挥,得益于技术创新效应和产业挤压效应,但也受到地区去煤化程度、资源禀赋和工业属性的影响。进一步研究表明,用能权交易制度对城市能源消费的影响存在空间溢出效应,并由技术和产业溢出强化了政策效应的辐射作用。研究结论为总结现有用能权交易制度实施成效、加快推进城市能源绿色转型提供了学理价值和经验证据。

**关键词:**用能权交易制度;能源消费强度;能源结构绿色替代;技术创新;产业挤压

**中图分类号:**F426.2 **文献标识码:**A **文章编号:**1003-5230(2024)05-0124-14

## 一、引言

过度的能源消费和不合理的能源使用方式导致的环境污染、能源短缺及气候问题正在加速能源消费的转型进程。能源消费是指物质生产部门与非物质生产部门所消费能源的总和,在工业化早中期能源消费呈稳步上升的趋势,进入工业化后期能源消费强度逐步下降。工业化高污染、重碳化的能源消费方式不断加重环境负担。为此,世界各国政府力图通过制定和实施能源转型政策来优化能源消费以应对环境问题<sup>[1][2]</sup>,如控制能源消费总量、降低能源消费强度及推动能源消费结构转型等。特别对于能源消费大国而言,推进能源转型更加紧迫。2023年,中国煤炭消费量占能源消费总量的比

**收稿日期:**2024-02-01

**基金项目:**黑龙江省属本科高校中央支持地方高校改革发展资金高水平人才培养项目“国家‘双碳’战略与市场经济主体道德建设接驳研究”(14011202101);黑龙江省哲学社会科学规划项目“黑龙江省‘水—能源—粮食’纽带系统耦合协调发展评价与实现路径研究”(21JYB139)

**作者简介:**张恒硕(1996—),男,吉林永吉人,东北石油大学经济管理学院博士生;

李绍萍(1964—),女,吉林双辽人,东北石油大学经济管理学院教授,本文通讯作者;

颜冰(1976—),女,黑龙江双城人,东北石油大学人文科学学院教授。

重达 55.3%<sup>①</sup>，能源消费的强度与结构矛盾依旧突出。相较于农村地区，城市是能源消费的主力军，而现阶段部分城市的能源消费仍存在能源利用效率低、能源结构不合理等问题。伴随着城市能源系统转型逐渐步入电气化，城市能源消费品类也在由煤炭等化石能源消费逐步向电力等能源消费过渡。那么，在“双碳”目标与能源转型的现实约束下，如何在能效上达到能源消费强度调控的合理化、如何在结构上实现能源结构的清洁化转型，是亟需解决的重要议题。

为加快发展方式绿色转型，党的二十大报告明确提出“健全资源环境要素市场化配置体系”。市场机制型能源政策作为国家和地区调控能源消费的重要工具之一，能够通过市场机制约束能耗强度和消费偏好。排污权、碳排放交易权等环境规制带来了经济环境双重红利，但难以从末端治理上改善中国“富煤贫油少气”的能源结构<sup>[3][4]</sup>。为此，中国于 2016 年实施了一项能源市场化改革——用能权有偿使用和交易制度（下文简称“用能权交易制度”），并在浙江、福建、河南和四川四省开展首批用能权交易制度试点。《浙江省经济和信息化委员会关于推进我省用能权有偿使用和交易试点工作的指导意见》《福建省人民政府关于印发福建省用能权有偿使用和交易试点实施方案的通知》等地方相关政策的出台，标志着地方用能权交易制度得到了进一步落实。例如，浙江省通过实施增量交易模式，对超出能耗标准的新增用能单位实行用能权交易，进而有效限制了用能单位的能源消费超量行为。目前，用能权交易制度是在“分解地区能源消费总量预算指标”基础上推进的。试点地区要充分考虑经济社会发展水平和阶段、产业结构和布局、节能潜力等因素，科学、有效地确定各地市能源消费控制目标。用能权交易制度的实施是推动试点地区各地市能源市场化改革的创新举措。由此，解构用能权交易制度对城市能源消费的影响具有重要战略意义与实际价值。从用能权交易制度的实施领域来看，试点地区可在本省内全面开展试点，也可选取若干地市开展试点。用能权交易参与的主体更多表现在地区内部行业或微观主体单位，且主要集中在城市区域。而城市作为地区经济表现的主体，用能权交易制度实施后的城市能源消费减控效果有何变化，尚需进一步探明。此外，结合《完善能源消费强度和总量双控制度方案》中“能耗强度继续大幅下降，能源结构更加优化”的总体目标，优化城市能源消费的路径可以从降低能源消费强度、推动能源消费结构低碳化转型等方面考虑。用能权交易制度旨在充分发挥市场交易机制，从消费源头和使用过程中调整能源消费活动，以提升能源使用效率和加快能源结构转型。因此，深入探讨用能权交易制度在优化城市能源消费路径上发挥的能效提升与效能替代作用具有重要理论价值与现实意义。

梳理已有文献发现，由于实施用能权交易制度的起步时间较晚，学者们前期重点关注了用能权交易制度的交易方案<sup>[5]</sup>、市场规则<sup>[6]</sup>及法律属性<sup>[7]</sup>等方面内容。如刘明明从制度衔接角度出发，认为用能权交易与节能量交易、碳排放权交易的规制对象存在交叉，需要在配额履约等方面进行制度整合<sup>[8]</sup>。陈志峰指出在手段方式和实施效果上用能权交易与能源消费税具有互补性，这两者应协调配合使用<sup>[9]</sup>。王文熹和傅雨指出有用能权交易市场存在监管机制不足、市场初级分配有待完善等问题<sup>[10]</sup>。现阶段，用能权市场交易机制尚未完全成熟，用能权交易发挥的市场配置效应仍需进一步评估。

随着用能权交易制度推广的持续深化，学者们开始关注用能权交易制度的效果评估。已有关于用能权交易制度效果评估的研究，主要聚焦在经济、技术及环境领域。在经济影响方面，用能权交易制度能够显著提高企业绩效<sup>[11]</sup>，有助于提升企业降本增效的能力<sup>[12]</sup>。张宁和张维洁利用工业分行业数据发现，相对于命令控制型政策，用能权交易制度在石油开采、电力生产以及化学纤维等行业具有更大的经济潜力<sup>[13]</sup>。在技术影响方面，用能权交易制度能够推动技术创新和提升全要素生产率<sup>[14]</sup>，具体表现为加快企业低碳技术创新及绿色技术升级<sup>[15][16]</sup>。在环境影响方面，用能权交易制度能够发挥双重环境福利效应。王芝炜等的研究发现用能权交易试点地区的减污降碳水平显著提升，但在能源富集区因“资源诅咒”的影响，政策效应的发挥受到限制<sup>[17]</sup>。Wang 等指出用能权交易制度能够大大降低地区碳排放强度<sup>[18]</sup>。此外，也有学者验证了用能权交易制度在工业碳排放及碳生产率、污染物排放总量及强度方面具有绿色效应<sup>[19][20]</sup>。通过梳理发现，能源消费是用能权交易制度发

挥环境红利的重要途径,但深入探究两者关系的文献有限。已有研究关注了能源消费发挥的传导作用,而用能权交易制度对能源消费的影响具体有何表现与作用机制是什么?尚需要进一步的证据支撑。

相对于既有文献,本文的边际贡献有以下几点。第一,本文从能效提升与效能替代视角为优化城市能源消费提供新路径。立足城市能源转型的现实背景,本文一方面探讨了用能权交易制度在降低城市能源消费强度上的作用效果,另一方面分析了用能权交易制度在推动城市能源结构绿色替代上的政策表现,并深入探究了其作用机理。第二,本文补充了城市层面用能权交易制度对能源消费影响的经验证据。现有涉及用能权交易制度效果评估的研究在省份层面的探讨较多,本文从城市层面揭示了城市去煤化程度、资源禀赋及工业属性差异下的政策效应,为用能权交易制度在不同城市分类实施提供价值借鉴。第三,本文为完善试点地区政策效果的评估提供更广泛视角,实证检验了用能权交易制度在城市能源消费影响中的技术创新效应和产业挤压效应,并基于技术溢出与污染天堂假说,进一步探讨了用能权交易制度影响城市能源消费的空间溢出效应,以为试点地区用能权交易制度的优化与推广提供有效参考。

## 二、理论分析与研究假设

用能权交易制度是一种通过市场机制和经济激励来引导能源消费行为的政策手段。试点地区根据国家下达的能源消费控制目标,结合本地区经济及能耗特征确定各地市能源消费的管控方向与重点任务。试点地区在参考综合能源消费量、行业近年经济产值、节能评估审查制度等因素的基础上,合理、科学制定用能单位的初始用能权额度。用能权交易制度通过出售或购买用能权指标,从收入激励与成本约束角度促进或倒逼用能单位来实现地区能源消费控制。进一步地,用能权交易制度通过市场价格的变化传递交易信号,引导企业能源消费的绿色偏好。而企业在用能权交易市场上也能够通过感知用能权价格的变动,加强对本单位用能成本的关注,并在企业管理和生产过程中采取相应措施,如调整产品产能、培育节能技术和提高能源利用效率等<sup>[21]</sup>。

城市能源消费中企业能源消费占据较大部分,用能权交易制度通过控制试点企业能源消费,限制地区高耗能产业的用能规模与强度,进而优化试点城市的能源消费。用能权交易制度发挥的城市能源消费管控效应体现出地区“试点企业—试点产业—试点城市”的层级与效果递进,用能权交易制度实施的范围越广且力度越高,对城市能源消费的管控成效也将越明显。城市能源消费强度与结构反映了能源转型过程中能效提升与效能替代的阶段性成效。用能权交易制度借助市场交易手段通过约束用能主体的能源消费行为,进而有效降低用能单位能源消费强度,提高电力、可再生能源等优质能源的利用效率,稳步推动试点城市实现能源结构的绿色化转型。

用能权交易制度发挥的政策效应主要源于用能权交易配置机制。用能权交易通过买入与卖出机制达到用能配比最优化<sup>[22]</sup>。根据产权理论“科斯定理”,产权明确下资源配置在市场中实现帕累托最优。用能单位可以通过购买或出售用能权,形成用能权交易的市场供求关系。一方面,当存在用能权结余时,通过出售用能权享受配额收入,促进用能单位合理控制能耗水平,加快用能偏好的绿色化转型。另一方面,当存在用能权不足时,通过购买用能权增加了配额成本,进而倒逼用能单位转变粗放式的用能方式。用能权交易对象多为能源密集型产业,交易单位的能源消费总量较大。虽然短期内用能单位购买的配额总成本不高,但从长期考虑配额总成本带来的经济效应较低。进而,用能权交易制度在约束高耗能单位的能源消费行为的同时也会迫使其淘汰落后的生产技术,通过生产方式改造和节能技术升级以提高能源使用效率。通过用能权交易的市场化经济激励手段,加快更清洁的生产方式变革以降低用能成本。从用能强度来看,在用能权约束下经济生产与能源消费之间的配置会逐渐达到最优状态,减少经济生产过程中对能耗的依赖,进而降低能源消费强度。从用能结构来看,当用能配额被给定后,用能单位的能源消费偏好会从高排放、重污染能源加快向清洁能源转变,进而促进城市非化石能源对化石能源的替代,加快能源结构的绿色转型。结合上述分析,本文提出如下

研究假设。

H1:用能权交易制度能够降低能源消费强度和推动能源结构绿色替代,进而优化城市能源消费。

从技术创新的角度来看,试点用能单位受用能权配额的约束,会通过技术改造升级以减少高耗能的能源消费行为。先进节能技术是在用能权交易市场中保持配额交易主动性的关键要素。用能权交易制度限定了生产过程中的能耗范围,促使部分企业进行技术创新以采用更高效的生产工艺及设备<sup>[14]</sup>。对于节能技术创新程度高的企业,能够出售剩余的配额来获取收益,强化该类企业对节能技术的持续创新能力。对于节能技术创新程度低且能耗总量大的企业,配额成本的长期经济支出高于节能技术创新与改造产生的投入成本。受能耗配额限定的约束,该类企业会增加对技术研发和创新的投入,以寻求更加节能环保的解决方案。具体而言,其一,经济效益刺激技术创新,享受配额收入的企业会加大对节能技术及绿色创新的投入<sup>[23]</sup>,而受配额成本约束的企业也会更加关注节能技术应用,提高企业生产技术和工艺的创新效率。其二,绿色技术市场拉动技术创新,用能权交易制度的实施在一定程度上推动了绿色技术市场的发展,有助于增加高耗能企业对绿色技术的需求。这将促使绿色技术市场的竞争更加激烈,企业会寻找最具成本效益的节能生产技术,进而提高节能生产能力,降低能源消费强度。其三,节能技术需求加速技术创新,为降低用能权配额成本,企业也会更倾向于采用能效更高、资源利用更合理的技术和设备。这将加速企业技术升级与设备更新,并从生产端提高能源利用效率。

从产业挤压的角度来看,用能权交易制度产生的经济效应引起能源密集型产业对于清洁高效产业的相对竞争力发生变化,从而加速产业结构的调整与转变。一方面,能源密集型产业会面临更高的用能成本,竞争力降低,其在产业结构中的份额被挤压,从而加速向技术密集型转变。能源密集型产业以能源作为主要原料,用能权交易制度将倒逼高耗能产业生产方式转型,加快其生产方式由以能源资源为主导向以技术重心为主导过渡,进而有效降低对能源消耗的依赖<sup>[24]</sup>。另一方面,用能权交易制度为采用清洁技术及高效能源技术的产业提供发展契机,从而使各类要素加速向清洁、低碳产业流动,提高其在产业结构中的比重。用能权交易制度的实施倒逼部分企业提高技术创新能力,促使环保产业及能源利用效率高的产业集聚与发展,产业要素的配置状态变动。产业间的资金、人才和政策偏好不断向绿色低碳的技术密集型产业倾斜,各类要素的优化配置将进一步加快技术密集型产业对能源密集型产业的挤压。用能权交易对象的重点多为能源密集型产业,能源密集型产业通过生产技术创新或优化生产规模来实现节能效果,进而促进地区能源资源的合理配置。产业结构在很大程度上决定了地区用能结构,随着产业结构重心逐渐向低耗能及绿色产业迁移,城市能源消费结构也将更趋向清洁化和可持续化。结合上述分析,本文进一步提出如下研究假设。

H2:用能权交易制度通过技术创新效应和产业挤压效应降低城市能源消费。

由于用能权交易试点的分布存在空间非均衡性,试点地区对周边地区可能存在空间溢出效应。一方面,根据技术溢出假说,用能权交易制度的经济效益可以刺激技术创新,而技术往往具有很强的空间溢出效应,特别在跨地区产业链的情况下,更容易产生地区之间的技术溢出效应<sup>[25]</sup>。另一方面,根据污染天堂假说,用能权交易制度主要约束的是高耗能产业,用能成本的增加可能会促使高耗能产业由试点地区向非试点地区迁移,进而降低试点地区能源消费强度、优化试点地区能源消费结构,同时增加非试点地区的能耗压力。由此可见,试点地区用能权交易制度的实施可能在更大范围上对城市能源消费存在溢出影响。结合上述分析,本文进一步提出如下研究假设。

H3:用能权交易制度对城市能源消费的影响具有“本地—邻地”的空间溢出效应。

### 三、估计策略、变量及数据

#### (一)估计策略

基于用能权交易制度在能源消费上的作用表现,我们从强度及结构视角考察用能权交易制度的政策效应。本文将城市用能权交易制度实施作为政策虚拟变量,运用双重差分模型实证检验用能权

交易制度对能源消费强度及能源结构绿色替代的影响,基准模型构建如下:

$$ECI_{it} = \alpha_0 + \alpha_1 ERT_{it} + \alpha_2 X_{it} + \lambda_i + \theta_t + \mu_{it} \quad (1)$$

$$ESR_{it} = \beta_0 + \beta_1 ERT_{it} + \beta_2 X_{it} + \lambda_i + \theta_t + \mu_{it} \quad (2)$$

式(1)(2)中, $ECI_{it}$ 表示城市*i*在年份*t*的能源消费强度; $ESR_{it}$ 表示城市*i*在年份*t*的能源结构绿色替代; $ERT_{it}$ 表示城市*i*在年份*t*的用能权交易制度实施情况; $X_{it}$ 为城市层面的一系列控制变量; $\lambda_i$ 和 $\theta_t$ 分别表示个体、时间固定效应; $\mu_{it}$ 为随机扰动项。

## (二)变量描述及数据来源

1. 被解释变量。一方面,考虑到当前城市能源转型变革包括上半场能源系统的电气化和下半场电力系统的低碳化、数字化、智能化和去中心化,能源消费中电力占比更能体现能源消费偏好的清洁化导向。另外,地区电力消费相较传统能源消费在能效提升与能源绿色转型方面也更具代表性。因此,本文以电力消费量与地区 GDP 的比值来衡量能源消费强度(ECI)。具体地,受城市全行业用电量数据完整性的限制,本文采用全社会用电量来反映地区电力消费量,全社会用电量中全行业用电量占据绝大部分,以此反映的地区电力消费量并不会影响用能权交易制度效果检验的有效性。此外,本文也采用能源消费总量与地区 GDP 的比值作为替代的被解释变量进行稳健性检验。另一方面,能源消费结构转型是一种动态过程和系统工程,体现了各种主导能源之间不断进行替代与补充。“电力替代煤炭、非化石能源替代化石能源”的双重替代,已经成为推动能源消费结构清洁化转型的必由之路。参考李荣杰等的做法<sup>[26]</sup>,本文通过构建能源消费结构双重替代指数以量化能源结构绿色替代(ESR)。此外,本文也采用“油气替代煤炭、非化石能源替代化石能源”的测算思路重新衡量能源结构双重替代指数,并以此作为替代的被解释变量进行稳健性检验。具体做法如下:首先,由于城市能源消费品类数据的缺失,本文基于省份与城市电力消费转化比估算城市煤炭、石油消费量;其次,我们将各能源品类的单位统一转化为标准煤,以电力消费与煤炭消费的比值表示电力替代煤炭指数(REelec),以非化石能源消费与化石能源消费的比值表示非化石能源替代指数(REnf);最后,基于两个替代指数的几何均值测算能源消费结构双重替代指数。

$$ESR = \sqrt{REelec \times REnf} = \sqrt{\frac{E_e \times (1 - E_m)}{E_c \times E_m}} \quad (3)$$

式(3)中, $E_e$ 与 $E_c$ 分别表示电力消费量与煤炭消费量; $E_m$ 表示化石能源消费占能源消费总量的比重,其中化石能源消费量主要包括煤炭、石油、天然气及液化石油气消费量。

2. 解释变量。用能权交易制度试点的政策虚拟变量(ERT),可以分解为分组虚拟变量与时间虚拟变量的交乘项。若*i*城市为试点城市,则设定为实验组且取值为1,否则设定为对照组且取值为0;用能权试点实施及之后年份取值为1,其余年份取值为0。将用能权试点省份的地级市作为实验组,剔除数据缺失严重的地区后,在整理的278个城市样本中最终得到55个试点城市样本(实验组19.78%)和223个非试点城市样本(对照组80.22%)。借鉴王芝炜等的做法<sup>[17]</sup>,国家发展和改革委员会在2016年9月发布试点方案,并于2017年开始试点,考虑到政策前期的滞后性,进而将政策实施时间设定为2017年。

3. 控制变量。本文引入城市层面的一系列特征变量加以控制,包括经济发展水平(ECO),以地区人均GDP来衡量;外资利用水平(FDI),以实际使用外资占GDP的比重来衡量;产业结构(IS),以第二产业增加值与第三产业增加值的比值来衡量;地区消费水平(RC),以社会消费品总额与GDP的比值来衡量;人口密度(POP)以总人口与行政区域面积的比值来衡量;交通水平(TRAF),以公路客运量的对数来衡量;科技支持力度(TEC),以科学技术支出占财政支出的比重来衡量;城市绿化水平(GRE),以城市绿地面积与行政区域面积的比值来衡量。上述涉及的经济变量均以2006年为基期进行了平减处理,以避免通货膨胀的干扰。

2006年,“十一五”规划首次明确了主要污染物的减排目标,并将减排情况与地方官员绩效挂钩,标志着我国环境规制由“软约束”向“硬约束”的转变<sup>[27]</sup>。考虑到政府每五年为一个周期的长期计划

的阶段性波动影响,加之数据完整性的限制,本文将样本期设定在“十一五”规划至“十三五”规划期间,构建了2006—2020年278个城市相关变量的面板数据集。相关数据取自《中国城市统计年鉴》《中国能源统计年鉴》及各省份统计年鉴,其余数据在政府官网采集后整理而来。主要变量的描述性统计结果如表1所示。

表1 主要变量的描述性统计结果(N=4170)

变量类别	变量名称	变量符号	均值	标准差	最小值	中位数	最大值
被解释变量	能源消费强度	ECI	0.091	0.097	0.006	0.070	1.187
	能源结构绿色替代	ESR	0.592	0.343	0.082	0.477	3.672
解释变量	用能权交易制度	ERT	0.053	0.224	0.000	0.000	1.000
	经济发展水平	ECO	4.235	4.557	0.276	2.826	42.232
	外资利用水平	FDI	0.018	0.019	0.000	0.012	0.252
控制变量	产业结构	IS	1.330	0.731	0.187	1.215	10.603
	地区消费水平	RC	0.390	0.129	0.034	0.374	1.136
	人口密度	POP	0.044	0.036	0.000	0.036	0.779
	交通水平	TRAF	8.375	1.032	2.485	8.377	12.566
	科技支持力度	TEC	0.015	0.015	0.0003	0.010	0.207
	城市化水平	GRE	0.011	0.038	0.0001	0.003	0.495

#### 四、实证检验及结果分析

##### (一) 基准回归

表2报告了用能权交易制度对城市能源消费强度及结构的影响。在能源消费强度方面,列(1)为未考虑加入城市层面控制变量的回归结果,ERT对ECI的影响系数为-0.023,在1%水平上显著;而加入城市层面控制变量后,列(2)的回归结果显示,政策变量ERT的估计系数为-0.025,依然在1%水平上显著。这表明用能权交易制度的实施能够显著降低城市能源消费强度。在能源结构绿色替代方面,回归结果如列(3)(4)所示,ERT对ESR的影响在1%水平上显著为正。相较非试点地区,试点地区的能源结构绿色替代水平平均提升了14.3%。由此,用能权交易制度实施降低了试点城市的能源消费强度,并提高了试点城市的能源结构绿色替代水平。可能的原因是,用能权不足带来的成本负担,增加了城市中能源密集型用能单位的生产成本,有利于其加速生产技术的升级改造以达到节能效果。用能权结余带来的经济效应,有助于为增强用能单位的节能、低碳技术创新注入更多研发投入,强化用能单位对高能耗产品的管控,最终改善了城市能源消费,H1得到验证。

表2 基准模型估计结果

变量	ECI	ECI	ESR	ESR
	(1)	(2)	(3)	(4)
ERT	-0.023*** (0.008)	-0.025*** (0.009)	0.137*** (0.035)	0.143*** (0.031)
常数项	0.092*** (0.0004)	0.193*** (0.049)	0.585*** (0.002)	0.621*** (0.118)
控制变量	No	Yes	No	Yes
城市固定效应	Yes	Yes	Yes	Yes
年份固定效应	Yes	Yes	Yes	Yes
观测值	4170	4170	4170	4170
R <sup>2</sup>	0.707	0.719	0.824	0.840

注: \*、\*\*和\*\*\*分别表示10%、5%和1%的显著性水平,括号内数值为聚类到城市层面的稳健标准误,下表同。

##### (二) 平行趋势检验

为了排除上述影响是由其他难以观测因素造成的,本文进一步通过事件研究法对用能权交易制度实施过程中的实验组和对照组进行平行趋势检验。借鉴许文立和孙磊的做法<sup>[28]</sup>,设定政策实施的前一年为事件分析的基准期,为避免多重共线性问题,将估计模型中的t-1期予以剔除。如图1所示,用能权交易制度实施之前实验组与对照组的能源消费强度与能源结构绿色替代并无显著差异,满

足平行趋势假定。从政策动态效应来看,在用能权交易制度实施后实验组与对照组相比出现显著的趋势变化,且用能权交易制度实施后的估计系数逐渐显著。在政策效应加持下用能权交易试点地区的能源消费得到进一步优化,逐渐扩大了与非试点地区能源消费强度及能源结构绿色替代的差异。

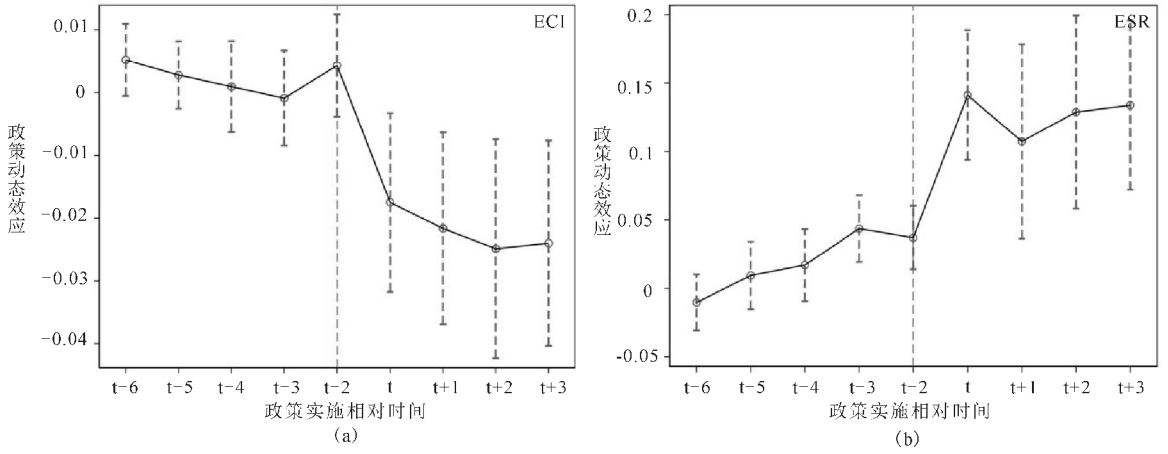


图 1 平行趋势检验

(三) 稳健性检验

1. 安慰剂检验。为了排除实验组和对照组不可观测因素对基础结果产生的干扰,本文进一步采用了安慰剂检验。具体做法是本文对 278 个城市进行 500 次随机抽样,每次随机选出 55 个城市作为实验组,其余 223 个城市作为对照组,回归模型得到相应的估计系数,估计值的 p 值分布如图 2 所示。由图 2(a)可知,估计系数大多在零点附近波动(大于虚线真实估计值-0.025),且对应的 p 值绝大多数大于 0.1,未能满足显著性要求。此外,由图 2(b)可知,随机估计的系数分布与真实估计情况的差异也较大。这表明基准估计结果不是偶然得到的,用能权交易制度给城市能源消费带来的作用效果不是由其他随机因素影响的,验证了基准回归结果的可靠性。

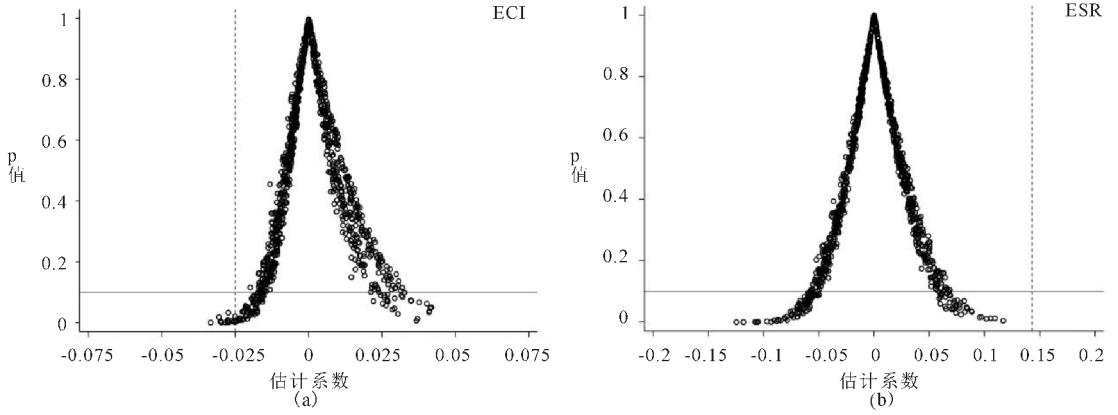


图 2 安慰剂检验

2. 排除其他政策干扰。用能权交易试点城市的政策净效应还可能受到与能源消费相关的节能减排、能源转型类政策的干扰。在研究样本期内,本文考虑了三类政策带来的干扰影响:一是 2011 年中国政府开展的节能减排财政政策综合示范城市工作,本文将节能减排财政政策综合示范城市试点作为政策干扰项纳入模型,估计结果表明用能权交易制度效应未发生显著变化;二是国家发展和改革委员会于 2011 年开启的碳排放权交易试点工作,用能权与碳排放权政策效果的发挥都依托于市场化手段,进而考虑了碳排放权交易试点的政策干扰;三是 2014 年推行的首批 81 个新能源示范城市试点工作,模型中纳入新能源示范城市试点作为政策干扰项。由表 3 列(1)至列(6)的回归结果可知,ERT

的影响系数未发生实质性变化,其他政策未能对用能权交易制度的城市能源消费效应产生有效干扰。

表 3 排除其他政策干扰

变量	排除节能减排财政政策		排除碳排放交易权试点		排除新能源示范试点	
	ECI	ESR	ECI	ESR	ECI	ESR
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
ERT	-0.025*** (0.009)	0.143*** (0.031)	-0.024*** (0.008)	0.141*** (0.031)	-0.025*** (0.009)	0.142*** (0.031)
政策干扰项	-0.029** (0.013)	0.021 (0.038)	-0.006 (0.006)	0.025 (0.027)	-0.007 (0.008)	0.026 (0.029)
常数项	0.191*** (0.048)	0.622*** (0.118)	0.192*** (0.049)	0.627*** (0.117)	0.192*** (0.049)	0.624*** (0.117)
控制变量	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
城市固定效应	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
年份固定效应	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
观测值	4170	4170	4170	4170	4170	4170
R <sup>2</sup>	0.721	0.840	0.719	0.840	0.719	0.840

3. 替换被解释变量。为了对城市能源消费进行更为全面的描述,避免关键核心变量衡量带来的估计偏差,本文通过替换被解释变量的方法进行稳健性检验。一是以城市能源消费总量与 GDP 的比值来衡量能源消费强度;二是基于内部结构替代与外部结构替代视角,采用“油气替代煤炭、非化石能源替代化石能源”的测算思路重新测度能源结构双重替代指数,估计结果见表 4 列(1)和列(2)。结果显示,用能权交易制度效应与基准回归保持一致,强化了基本结论的稳健性和可信度。

表 4 替换变量与时滞效应检验

变量	替换变量		时滞效应:前置一期		时滞效应:前置两期	
	ECI	ESR	ECI	ESR	ECI	ESR
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
ERT	-0.063** (0.030)	0.154*** (0.022)	-0.024*** (0.008)	0.114*** (0.032)	-0.023*** (0.008)	0.105*** (0.028)
常数项	0.568*** (0.150)	0.386** (0.182)	0.160*** (0.054)	0.660*** (0.132)	0.159*** (0.046)	0.662*** (0.131)
控制变量	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
城市固定效应	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
年份固定效应	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
观测值	4170	4170	3892	3892	3614	3614
R <sup>2</sup>	0.650	0.820	0.719	0.841	0.720	0.845

4. 考虑时滞效应。用能权指标每年清算一次,卖出与买入用能权将计入当年或上一年度指标,但不予下年结转。考虑到当年的用能权交易不仅受本年能耗的影响,也对下一年生产经营过程中的能耗行为具有约束性,进而用能权交易制度的影响可能存在时滞效应。本文将 ECI 及 ESR 的前置一期和前置两期分别作为新的被解释变量进行模型估计。由表 4 列(3)至列(6)的估计结果可知,用能权交易制度的影响系数与基准结果基本保持一致。考虑用能权交易制度对能源消费的时滞效应后,用能权交易制度依旧能够显著降低城市能源消费强度,加快城市能源结构绿色替代进程。用能权交易主体结合近几年用能配额的结余表现,强化对生产过程中的能源消耗预算。

5. 扩大控制范围。在控制城市层面影响能源消费的因素基础上,本文也考虑了来自省级层面的地区城镇化、工业化及环境规制的影响,并将以上变量作为控制变量纳入模型。估计结果见表 5 列(1)和列(2),其结论进一步验证了用能权交易制度效应的稳健性。

6. 控制初始因素影响。用能权试点实施方案中指出“合理确定各地市能源消费总量控制目标”要结合本地区经济社会发展水平和阶段、产业结构和布局等因素。而这些原本在城市之间的差异,可能会随着时间趋势对城市能源消费强度与能源结构绿色替代产生不同的影响,进而造成估计的偏差。本文进一步考虑试点城市与非试点城市在事前的差异,选择可能影响用能权试点实施的关键因素作为初始变量,进而准确识别用能权交易制度对城市能源消费的影响。结合用能权试点实施方案,本文



进一步选择城市经济密度、产业结构高级化、产业结构合理化、工业化水平、市场化水平与能源禀赋作为初始变量,在基准回归模型中加入样本期前一年(2005年)的这些初始变量与时间趋势的交互项。由表5列(3)和列(4)的估计结果可知,考虑上述城市特征差异的潜在影响后,用能权交易制度仍能显著降低能源消费强度和推动能源结构绿色替代进程。

表5 扩大控制范围与控制初始因素影响检验

变量	扩大控制范围		控制初始因素影响	
	ECI	ESR	ECI	ESR
	(1)	(2)	(3)	(4)
ERT	-0.021*** (0.008)	0.145*** (0.033)	-0.031*** (0.010)	0.090** (0.035)
常数项	0.047 (0.078)	0.918*** (0.314)	0.189*** (0.049)	0.669*** (0.126)
控制变量	Yes	Yes	Yes	Yes
初始变量×时间趋势	No	No	Yes	Yes
城市固定效应	Yes	Yes	Yes	Yes
年份固定效应	Yes	Yes	Yes	Yes
观测值	4170	4170	4170	4170
R <sup>2</sup>	0.724	0.840	0.723	0.820

#### (四)异质性分析

本文从去煤化程度、资源禀赋及工业属性三个方面探讨用能权交易制度对城市能源消费的异质性影响,为用能权交易制度试点的推广提供更全面的证据。其一,去煤化程度的高低是城市化石能源消耗依赖程度的重要体现。相较于去煤化程度低的城市,去煤化程度高的城市其环境规制的强度更大,对重污染能源消耗的依赖程度更低,而对低碳、清洁能源的需求程度更高。城市用能权交易制度的试行会结合地区节能潜力因素,城市节能减排特征会受到地区去煤化程度的影响。据此我们预期,用能权交易制度的实施对城市能源结构绿色替代的驱动作用在去煤化程度高的城市更加突出。其二,资源禀赋条件会影响地区能源消费总量控制目标。相较于非资源型城市,资源型城市中资源型产业发展规模更大,对能源消耗的依赖性也更强。资源型产业多数为用能权交易制度实施的重点行业,这使得用能权交易制度对资源型城市能源消费强度的减控效果可能更加明显。据此我们预期,用能权交易制度的实施对城市能源消费强度的抑制作用在资源型城市更加突出。其三,工业化带来了大量能源消耗,并在工业化前后阶段对碳强度产生非线性影响<sup>[29]</sup>。相较于非老工业基地城市,老工业基地城市的工业化程度普遍较高,产业结构相对滞后,能源消费强度也更高。这使得用能权交易制度在重污染行业的试点对象范围更大,其政策效应发挥的空间也更充分。据此我们预期,用能权交易制度的实施对城市能源消费强度的抑制作用在老工业基地城市更加突出。进一步地,基于样本城市的特征差异,本文将样本城市划分为ERT\_A和ERT\_B对比组。在控制其他对比组的差异特征情况下,更准确地考察政策效应的异质性影响。一是对城市去煤化程度的划分,本文根据非煤炭能源品类占地区能源消费总量的比重,利用平均数将样本城市划分为去煤化程度高和低两组。二是根据《全国资源型城市可持续发展规划(2013—2020年)》,将样本城市划分为资源型城市和非资源型城市两组。三是根据《全国老工业基地调整改造规划(2013—2022年)》,将样本城市划分为老工业基地与非老工业基地两组。ERT\_A表示去煤化程度低城市、资源型城市及老工业基地城市,反之用ERT\_B表示,估计结果如表6所示。

在能源消费强度方面,用能权交易制度在去煤化程度低的城市、资源型城市 and 老工业基地城市发挥的政策效应更为突出。可能因为,去煤化程度低的城市、资源型城市 and 老工业基地城市的产业层次相对较低,普遍存在对煤炭等化石能源依存度较高及能源利用效率低等问题,而用能权交易制度能够通过交易配额的市场手段倒逼高耗能单位转型,约束其生产过程中的粗放式耗能行为,加速上述城市能源消费强度降低的进程。而在能源结构绿色替代方面,用能权交易制度在去煤化程度高的

城市、非资源型城市和非老工业基地城市的影响更大。在去煤化程度低的城市、资源型城市和老工业基地城市，“资源诅咒”引发的路径依赖使得该类城市的经济结构较为单一，城市中“三高”产业的占比也较高。受能源消耗惯性的影响，该类城市的试点政策效果具有一定的滞后性。相较去煤化程度低的城市、资源型城市和老工业基地城市，去煤化程度高的城市、非资源型城市和非老工业基地城市多为经济发展水平与市场化程度高的地区，在城市环境治理过程中社会公众对环境质量的诉求更高<sup>[30]</sup>。进而，上述城市对清洁能源的需求更大，用能权交易制度试点的推行加速了优质能源对高污染能源的替代，也使得该类城市能源结构绿色替代的即期效果更加明显。

表 6 城市异质特征的政策效应检验

变量	去煤化程度差异		资源禀赋差异		工业属性差异	
	ECI	ESR	ECI	ESR	ECI	ESR
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
ERT_A	-0.043*** (0.010)	0.062*** (0.019)	-0.035*** (0.013)	0.075** (0.033)	-0.049*** (0.011)	0.030 (0.019)
ERT_B	-0.016* (0.010)	0.178*** (0.040)	-0.019** (0.009)	0.178*** (0.040)	-0.015 (0.009)	0.188*** (0.038)
常数项	0.193*** (0.049)	0.621*** (0.118)	0.193*** (0.049)	0.624*** (0.119)	0.195*** (0.049)	0.629*** (0.118)
控制变量	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
城市固定效应	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
年份固定效应	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
观测值	4170	4170	4170	4170	4170	4170
R <sup>2</sup>	0.719	0.841	0.719	0.841	0.720	0.841

## 五、进一步讨论

### (一) 机制检验：技术创新与产业挤压

上文验证了用能权交易制度在能源消费强度上具有抑制作用，并在能源结构绿色替代上具有驱动作用。那么，用能权交易制度具体如何影响城市能源消费强度和能源结构绿色替代？在上文理论分析部分，本文提出的机制主要包括：一方面，用能权交易制度通过加速节能技术进步与绿色技术升级产生的技术创新效应实现节能目标；另一方面，用能权交易制度通过约束高耗能产业的用能强度和结构、激励低耗能产业的节能行为产生的产业挤压效应来降低能源消费强度与驱动能源结构绿色替代。参考已有研究在中介效应检验上的思路与做法<sup>[31][32]</sup>，本文实证检验了技术创新与产业挤压发挥的机制作用，表 7 报告了机制检验结果。

从技术创新视角来看，用能权交易制度加强了生产者对清洁节能技术的关注，使其更加意识到技术升级对能源利用的重要性。为了更加全面地衡量技术创新，本文从投入与产出两个维度运用超效率 SBM 模型来测度技术创新效率(TIE)。在投入指标上，选取科学研究和技术服务业从业人数衡量劳动力投入；选取科学技术支出衡量资本投入；选取能源消费总量来衡量能源投入。在产出指标上，选取城市绿色专利数量和实际 GDP 来衡量创新产出；选取工业二氧化硫、工业烟粉尘排放量及碳排放量作为非期望产出。由表 7 列(1)可知，ERT 的估计系数显著为正，表明用能权交易制度显著强化了技术创新。这验证了技术创新是用能权交易试点城市提高能源利用效率的主要途径。从经济效益来看，用能权交易制度带来的配额收入激励能够降低企业绿色技术创新投入成本与风险，为节能技术创新及升级提供有效支持<sup>[33]</sup>。从规模效应来看，用能权交易制度刺激绿色、节能技术市场的需求，大量创新成果的市场化更有利于环保、低耗能技术的应用与推广。

从产业挤压视角来看，产业结构是影响能耗的主要因素之一<sup>[34]</sup>，用能权交易制度加快了低耗能产业对高耗能产业的结构挤压。基于城市产业数据的可得性，本文以低耗能产业规模与高耗能产业规模的比值作为产业结构挤压(ISE)的表征变量，其中低耗能产业选取了第三产业中的金融业、科学

研究和技术服务业、批发和零售业；高耗能产业选取了第一产业及第二产业中的采矿业。由表 7 列 (2) 结果可知,ERT 的估计系数在 1% 水平上显著为正,表明用能权交易制度对产业结构挤压可以发挥明显的驱动作用。产业结构层次越高,其对高污染能源的依赖性相对越低,且用能选择更趋向于清洁、可再生能源的消费偏好。进而,产业结构挤压的过程其实也是优质能源对低质能源的替代过程。用能权交易制度能够推动能源密集型产业向技术密集型产业转型,促进城市用能结构更加清洁化和低碳化<sup>[20]</sup>。这主要受制于用能权配额交易的影响,一方面配额收入激励产业结构逐渐由高耗能向低耗能结构转型,另一方面配额成本倒逼高耗能产业转变以能源依赖为主导的生产方式。以上验证了 H2。

表 7 作用机制检验

变量	TIE	ISE
	(1)	(2)
ERT	0.039*** (0.015)	0.239*** (0.085)
常数项	0.397*** (0.061)	0.731** (0.329)
控制变量	Yes	Yes
城市固定效应	Yes	Yes
年份固定效应	Yes	Yes
观测值	4170	4170
R <sup>2</sup>	0.641	0.922

注:该部分通过了平行趋势检验,相关结果留存备案。

### (二)空间溢出:对技术和产业溢出的讨论

用能权交易制度的实施可能使试点城市对邻近地区产生空间溢出效应,主要表现为虹吸效应和扩散效应。一方面,为享受用能权卖出的配额收入,邻近地区的节能低碳类企业可能会迁移到试点城市。此外,试点城市更容易形成低碳产业集聚,这种集聚效应也会吸引邻近地区的产业迁移。另一方面,购买超出限额的用能权指标会加重高污染企业负担,使得重污染、高耗能企业向邻近地区迁移,对邻近地区的能源消费强度和能源结构绿色转型造成不利影响。进而,本文进一步考虑采用空间双重差分模型来评估用能权交易制度影响城市能源消费的空间效应,模型构建如下:

$$ECI_{it} = \delta W_{ij} \times ECI_{it} + \alpha_1 ERT_{it} + \alpha_2 X_{it} + \beta_1 W_{ij} \times ERT_{it} + \beta_2 W_{ij} \times X_{it} + \lambda_i + \theta_t + \mu_{it} \quad (4)$$

$$ESR_{it} = \delta W_{ij} \times ESR_{it} + \alpha_1 ERT_{it} + \alpha_2 X_{it} + \beta_1 W_{ij} \times ERT_{it} + \beta_2 W_{ij} \times X_{it} + \lambda_i + \theta_t + \mu_{it} \quad (5)$$

式(4)(5)中, $W_{ij}$ 为空间权重矩阵, $W_{ij} \times ECI_{it}$ 和  $W_{ij} \times ESR_{it}$ 为空间自相关项。本文采用邻接权重矩阵作为空间权重矩阵。由于样本城市中有 3 个城市无近邻匹配项,进而模型中考察的城市样本为 275 个城市。其余变量含义同式(1)(2)。

表 8 报告了空间计量模型的估计结果。结果显示,用能权交易制度对降低能源消费强度具有显著的外溢效应,验证了本文 H3。现阶段用能权试点主要集中在个别省份,试点分布存在集聚性,相邻的试点城市发挥的政策效应要比本地效应更加突出。但在能源结构绿色替代的影响上政策效应的空间溢出表现并不直接。上文机制检验表明,技术创新和产业挤压是用能权交易制度效应发挥的重要机制。在式(4)和式(5)的基础上,本文进一步考虑了技术创新效应和产业挤压效应在能源消费强度与能源结构绿色替代影响上的空间表现。由估计结果可知, $W \times TIE$ 的影响系数在统计学意义上满足显著性水平,表明技术创新具有溢出效应。试点地区用能权交易制度加快推动本地节能技术的研发升级,并通过技术溢出强化对邻近地区能源消费强度和能源结构绿色替代的影响。此外,产业结构挤压也具有空间溢出效应,试点城市的邻近地区也会享受产业结构低碳化带来的节能效益。因此,技术创新和产业挤压不仅在试点城市产生了环境红利,也通过技术和产业溢出间接约束了邻近地区的能源消费行为。

此外,本文也考虑了空间效应的分解情况,Med 表示技术创新效率或产业结构挤压,结果如表 9 所示。用能权交易制度在能源消费强度的影响上直接效应和间接效应均显著为负,在能源结构绿色替代的影响上直接效应和间接效应均显著为正,这说明用能权交易制度不仅能够优化本地的能源消

表 8

空间计量模型回归结果

变量	ECI	ESR	ECI	ESR	ECI	ESR
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
ERT	-0.013 ** (0.006)	0.071 *** (0.013)	-0.005 (0.005)	0.067 *** (0.013)	-0.013 ** (0.006)	0.067 *** (0.013)
W×ERT	-0.018 ** (0.008)	0.025 (0.019)	-0.021 *** (0.008)	0.025 (0.019)	-0.016 ** (0.008)	0.018 (0.004)
TIE			-0.141 *** (0.007)	0.081 *** (0.017)		
W×TIE			-0.024 * (0.013)	0.081 *** (0.031)		
ISE					0.004 ** (0.002)	0.025 *** (0.019)
W×ISE					-0.009 *** (0.003)	0.008 (0.007)
控制变量	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
观测值	4125	4125	4125	4125	4125	4125
R <sup>2</sup>	0.090	0.281	0.169	0.536	0.068	0.405
Log-likelihood	6460.522	2866.575	6663.475	2882.472	6466.684	2878.664

费,亦能对邻近城市降低能源消费强度和驱动能源结构绿色替代产生积极影响。在技术和产业溢出的表现上,Med 的间接效应仍能显著,技术创新和产业挤压发挥的总效应大于不考虑空间溢出的情况。这说明不考虑空间溢出时用能权交易制度的效应容易被低估,也容易忽视用能权交易制度影响技术和产业溢出的辐射作用。需要说明的是,存在溢出效应时,估计结果的低估也意味着实际影响可能更大,但用能权试点城市能源消费的优化效果未发生实质性变化。

表 9

空间效应分解

变量	政策效应		技术溢出		产业溢出	
	ECI	ESR	ECI	ESR	ECI	ESR
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
直接效应_ERT	-0.012 ** (0.006)	0.080 *** (0.013)	-0.005 (0.006)	0.075 *** (0.013)	-0.013 ** (0.006)	0.076 *** (0.013)
间接效应_ERT	-0.019 ** (0.009)	0.126 *** (0.032)	-0.021 *** (0.008)	0.117 *** (0.029)	-0.018 ** (0.008)	0.118 *** (0.030)
总效应_ERT	-0.031 *** (0.007)	0.206 *** (0.032)	-0.026 *** (0.006)	0.192 *** (0.031)	-0.031 *** (-0.013)	0.194 *** (0.032)
直接效应_Med			-0.142 *** (0.007)	0.098 *** (0.017)	0.004 ** (0.002)	0.020 *** (0.004)
间接效应_Med			-0.023 * (0.014)	0.246 *** (0.065)	-0.009 *** (0.004)	0.034 ** (0.015)
总效应_Med			-0.165 *** (0.015)	0.344 *** (0.074)	-0.005 (0.004)	0.054 *** (0.017)

## 六、结论与政策启示

本文基于 2006—2020 年中国 278 个城市的平衡面板数据,以用能权交易制度为准自然实验,系统检验了用能权交易制度对城市能源消费的政策效应与机制。研究发现:用能权交易试点城市的能源消费强度平均下降了 2.5%、能源结构绿色替代平均提升了 14.3%;用能权交易制度对城市能源消费强度的影响在去煤化程度低的城市、资源型城市 and 老工业基地城市中更加突出,对城市能源结构绿色替代的影响在去煤化程度高的城市、非资源型城市和非老工业基地城市中更为明显;用能权交易制度对城市能源消费的影响存在技术创新效应和产业挤压效应;用能权交易制度对城市能源消费的影响存在空间溢出效应,并且技术和产业溢出强化了政策效应的辐射作用,忽视空间溢出效应在一定程度上会低估用能权交易制度的总体影响。

基于上述研究结论,本文得出以下政策启示。第一,总结用能权交易制度试点经验,稳中有扩有序扩大试点城市范围。用能权交易制度能够有效对接能耗“双控”目标,并在部分试点城市取得了积极成

效。可以借鉴这些试点城市的成功经验,在推广过程中制定合理的政策措施,建立健全监管制度框架,鼓励更多城市推行用能权交易制度,进而加快构建全国统一的用能权交易大市场。第二,精准施策,差异化的政策保障措施可以更好地适应不同类型城市的特点与需求,实现用能权交易制度的最大效应。对于能源消费强度较高的城市,如去煤化程度低的城市、老工业基地城市等,用能权交易的实施范围应有序扩大到更广泛的用能单位,强化对高耗能行业及相关产业的用能方式转型;对于能源消费强度较低的城市,应更多关注低碳化能源结构转型,大力发展水能、风能和太阳能等可再生能源,引导地区绿色能源的消费偏好。第三,疏通作用渠道,强化技术和产业溢出影响。一方面,鼓励高耗能企业做好绿色技术研发,加快传统工业生产领域的低碳技术革新。政府可以推动绿色技术研发共享平台的建设,促进节能技术合作和经验交流,加快节能低碳技术的推广和应用。另一方面,不断优化低碳产业布局,加快发展新能源、低空经济和量子科学等新兴产业赛道,推动绿色低碳产业的健康发展。

注释:

①数据来源于《中华人民共和国 2023 年国民经济和社会发展统计公报》。

参考文献:

- [1] Steinacher, M., Joos, F., Stocker, T. F. Allowable Carbon Emissions Lowered by Multiple Climate Targets [J]. *Nature*, 2013, 499(7457): 197—201.
- [2] 罗国祥,赵晓琳.欧洲能源转型及对我国的启示[J].*理论探讨*,2023(5):159—163.
- [3] 鲁贺玉,吴宗法.用能权政策与能源消费结构低碳化转型的关系[J].*资源科学*,2023(6):1181—1195.
- [4] 寇静娜,李玮.中俄油气资源合作变化下中国“能源独立”的现实逻辑与区域探索[J].*干旱区资源与环境*,2023(2):1—7.
- [5] 刘海英,王钰.基于历史法和零和 DEA 方法的用能权与碳排放权初始分配研究[J].*中国管理科学*,2020(9):209—220.
- [6] Yang, M., Hou, Y., Fang, C., Duan, H. Constructing Energy-Consuming Right Trading System for China's Manufacturing Industry in 2025[J]. *Energy Policy*, 2020, 144: 111602.
- [7] 韩英夫,黄锡生.论用能权的法理属性及其立法探索[J].*理论与改革*,2017(4):159—169.
- [8] 刘明明.论构建中国用能权交易体系的制度衔接之维[J].*中国人口·资源与环境*,2017(10):217—224.
- [9] 陈志峰.能源消费税与用能权交易制度的协调使用[J].*资源科学*,2019(12):2205—2215.
- [10] 王文熹,傅丽.我国用能权交易市场法律制度之完善[J].*理论月刊*,2020(11):150—160.
- [11] Zhang, Q., Li, J., Wang, J. Does Energy-Consuming Right Trading Have Double Dividend Effect on Firm's Economic Performance and Carbon Emission? [J]. *Environmental Science and Pollution Research*, 2023, 30 (48): 105595—105613.
- [12] 胡楠,裴庆冰.完善用能权交易制度推动节能增效[J].*宏观经济管理*,2020(12):43—49.
- [13] 张宁,张维洁.中国用能权交易可以获得经济红利与节能减排的双赢吗? [J].*经济研究*,2019(1):165—181.
- [14] 李少林,毕智雪.用能权交易政策如何影响企业全要素生产率? [J].*财经问题研究*,2022(10):35—43.
- [15] Cui, H., Cao, Y. Energy Rights Trading Policy, Spatial Spillovers, and Energy Utilization Performance: Evidence from Chinese Cities[J]. *Energy Policy*, 2024, 192: 114234.
- [16] 张艾莉,陈茜.用能权交易制度对绿色技术创新的影响效应与传导机制[J].*科技进步与对策*,2023(3):93—103.
- [17] 王芝炜,孙慧,张贤峰,等.用能权交易制度能否实现减污降碳的双重环境福利? [J].*产业经济研究*,2023(4):15—26.
- [18] Wang, K., Su, X., Wang, S. How Does the Energy-Consuming Rights Trading Policy Affect China's Carbon Emission Intensity? [J]. *Energy*, 2023, 276: 127579.
- [19] 宋德勇,陈梅,朱文博.用能权交易制度是否实现了环境和经济的双赢? [J].*中国人口·资源与环境*,2022(11):134—145.
- [20] 黄和平,谢云飞.市场型环境规制促进了工业低碳转型吗? ——来自用能权交易的证据[J].*产业经济研究*,2023(1):58—72.

- [21] 薛飞,周民良.用能权交易制度能否提升能源利用效率? [J].中国人口·资源与环境,2022(1):54-66.
- [22] Wang, H., Liu, C., Shi, P., Wang, Y. The Social Effects of Energy Regulation: Energy-Consuming Rights Trading System and Corporate Labor Demand[J]. Journal of Environmental Management, 2024, 366: 121842.
- [23] 沈璐,陈素梅.用能权交易与企业绿色创新——来自中国工业企业的证据[J].技术经济,2020(10):1-8.
- [24] 王鑫.用能权交易对减排降碳的有效性分析[J].经济问题,2023(4):79-85.
- [25] 贾智杰,林伯强,温师燕.碳排放权交易试点与全要素生产率——兼论波特假说、技术溢出与污染天堂[J].经济动态,2023(3):66-86.
- [26] 李荣杰,李娜,陈健强,等.政府—市场协同创新与能源结构双重替代[J].科技进步与对策,2022(23):33-43.
- [27] 韩超,张伟广,冯展斌.环境规制如何“去”资源错配——基于中国首次约束性污染控制的分析[J].中国工业经济,2017(4):115-134.
- [28] 许文立,孙磊.市场激励型环境规制与能源消费结构转型——来自中国碳排放权交易试点的经验证据[J].数量经济技术经济研究,2023(7):133-155.
- [29] 张恒硕,李绍萍,刘洋,等.“四化”建设与地区碳强度减排——基于横向比较的经验证据[J].华东经济管理,2023(4):77-87.
- [30] 张兵兵,陈思琪,曹历娟.城市因“智慧”而低碳吗? ——来自智慧城市试点政策的探索[J].经济评论,2022(6):132-149.
- [31] 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.
- [32] 王贤彬,杨超群.节能目标政策与地区能源效率[J].数量经济技术经济研究,2024(5):49-70.
- [33] 边志强,张倩华.用能权交易制度对城市低碳转型发展的影响研究——基于碳排放效率的视角[J].城市问题,2024(4):73-84.
- [34] 李金铠,马静静,魏伟.中国八大综合经济区能源碳排放效率的区域差异研究[J].数量经济技术经济研究,2020(6):109-129.

## Energy Rights Trading System and Urban Energy Consumption

ZHANG Hengshuo<sup>1</sup> LI Shaoping<sup>1</sup> YAN Bing<sup>2</sup>

(1. School of Economics and Management, Northeast Petroleum University, Daqing 163318, China;

2. School of Humanities and Sciences, Northeast Petroleum University, Daqing 163318, China)

**Abstract:** The Energy Rights Trading System (ERT) system has injected new vitality into the energy consumption side, facilitated market-oriented transformations in energy usage, and provided a solution and experience with Chinese characteristics. The Energy Rights Trading System (ERT) provides China's program and evidence. This paper takes ERT as a quasi-natural experiment and uses panel data from 278 Chinese cities from 2006 to 2020 to assess the policy effects of ERT on urban energy consumption. The study finds that energy consumption intensity in the pilot cities has decreased by an average of 2.5%, and energy structure green substitution has increased by an average of 14.3%. The policy effect has benefited from the technological innovation effect and the industrial squeeze effect, but it is also affected by differences in the degree of regional de-coalization, resource endowment and industrial attributes. Further research finds that there is a spatial spillover effect of ERT on urban energy consumption, and the radiation of policy effects is strengthened by technology and industry spillovers. The research findings provide more theoretical value and empirical evidence for summarizing the effectiveness of current energy rights policies and accelerating the green transformation of urban energy.

**Key words:** Energy Rights Trading System; Energy Consumption Intensity; Energy Structure Green Substitution; Technological Innovation; Industrial Squeeze

(责任编辑:姜晶晶)