

袁礼 周正

## 环境权益交易市场与企业绿色专利再配置

袁礼，周正

**[摘要]** 通过技术交易实现绿色专利在企业间的合理配置,有利于推进碳达峰、碳中和目标的实现。环境权益交易市场能够利用市场机制释放能源要素价格信号,但其在引导绿色专利再配置时发挥的根本性作用尚未得到重视。本文以排污权交易政策试点作为环境权益交易市场的自然实验,结合1998—2013年中国工业企业数据库与专利数据库,采用多期双重差分法,考察环境权益交易市场能否激励异质性企业的绿色专利再配置。研究发现:排污权交易政策能够增加绿色创新企业转让、许可的绿色专利数量,强化其作为绿色专利“生产者”的地位,增加混合创新企业受让和被许可的绿色专利数量,以及非绿色创新企业被许可的绿色专利数量,使两类企业成为绿色专利的“消费者”,从而激励异质性企业的绿色专利再配置。在进行异质性效应处理等稳健性检验、结合两阶段最小二乘法和工具变量外生性检验、缓解试点选择的内生性问题后,结论仍然成立。本文还发现,排污权交易政策诱致的绿色专利再配置效应能最终实现污染减排,且这一再配置效应在技术交易市场发展更完善和知识产权保护强度更高的地区更加显著。本文研究为完善以碳市场为主的环境权益交易市场和构建市场导向的绿色技术创新体系提供了政策启示。

**[关键词]** 排污权交易政策；绿色技术创新；专利交易；再配置

**[中图分类号]**F205 **[文献标识码]**A **[文章编号]**1006-480X(2022)12-0127-19

### 一、引言

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,加快节能降碳先进技术研发和推广应用”,从根本上阐明了“加快发展方式绿色转型”的核心内容与实现路径。一方面,应通过节能降碳、绿色技术创新,为绿色低碳转型发展提供新动能。<sup>①</sup>然而,当前中国绿色技术创新水平仍然不高,2018年绿色专利申请量约占专利申请总量的6.36%。<sup>②</sup>与此同时,中国技术交易市场上存在大量的专利交易行为,根据国家统计局统计,2018年全国技术合同成交额高达17697亿元,隐含着中国技术要素市场存在明显的专利错配现象,更凸显以技术交易实现专利在不同企业之间重新

**[收稿日期]** 2021-11-25

**[基金项目]** 国家自然科学基金青年项目“全产业链绿色技术扩散的理论机制、效应识别与政策优化研究”(批准号72204080);湖南省社会科学基金项目“发展中大国的比较优势研究”(批准号17JD59)。

**[作者简介]** 袁礼,湖南师范大学商学院副教授,经济学博士;周正,湖南大学经济与贸易学院博士研究生。通讯作者:周正,电子邮箱:dblackzhou@163.com。感谢湖南省2022年度“芙蓉计划”——湖湘青年英才项目的支持,感谢匿名评审专家和编辑部的宝贵意见,文责自负。

<sup>①</sup> 节能技术、低碳技术与绿色技术的概念较为接近,常因研究主题改变而进行具体调整。

<sup>②</sup> 根据国家知识产权局公布的发明申请专利和实用新型专利核算,绿色专利按WIPO《绿色专利清单》识别。

流动和再配置的重要意义(Serrano, 2010; Akcigit et al., 2016; Han et al., 2021)。深入理解上述中国绿色技术创新和专利交易的事实,能够为推进碳达峰、碳中和(简称“双碳”)目标的实现、加快发展方式绿色转型提供新的思路。不同类型的企业可根据其从事绿色技术创新的历史轨迹和比较优势,形成绿色专利研发的专业化分工,并通过技术交易实现企业间的绿色专利再配置,以有效发挥绿色技术在驱动低碳发展时的关键价值和作用,最终实现污染减排。另一方面,环境权益交易市场是健全资源环境要素市场化配置体系的重要内容之一。作为市场型环境规制政策,环境权益交易市场能够利用市场机制,释放能源要素的价格信号。考虑到能源要素价格是诱致技术创新的关键因素之一(Hicks, 1932; Acemoglu, 2002; Acemoglu et al., 2012),环境权益交易市场可能通过影响能源要素价格,改变企业技术创新决策。然而,环境权益交易市场在诱致异质性企业绿色技术研发和交易决策变化,继而引导企业间绿色专利再配置时发挥的根本性作用却并未得到重视。自“十三五”规划提出建立健全用能权、用水权、排污权、碳排放权等环境权益交易市场以来,中国环境权益交易市场的交易量快速上升。2007—2013年中国排污权交易金额累积达40多亿元(任胜钢等,2019),2020年中国碳排放配额成交量约为4340万吨,较2015年增长近40%。交易量的扩大有利于环境权益交易市场充分发挥市场机制作用,有效释放能源要素的价格信号,引导微观企业绿色技术研发和交易决策转变。那么,环境权益交易市场究竟能否强化异质性企业之间的绿色专利再配置?本文尝试回答这一问题。

上述问题与两类文献高度相关:一类是企业之间专利再配置的经验事实及影响因素(Arora et al., 2004; Gans and Stern, 2003),Serrano(2010)通过挖掘美国技术市场专利交易与转让的典型化事实发现,专利错配程度和专利交易强度在不同类型的专利权人和技术领域中存在明显差别,特别是小型创新企业和私人发明家是最活跃的专利出售者,而政府机构和大型创新企业出售的专利数量最少。更重要的是,专利再配置的动机源于专利与初始专利权人的非匹配性,通过转让交易能使专利创造出更高的价值,使交易双方从技术交易中获益,当技术转让成本降低50%时,专利交易概率将提升6%,并使专利交易的收益提升8.7%(Serrano, 2018)。在此基础上,Akcigit et al.(2016)通过建立新的指标测算专利与企业经营范围之间的距离发现,当一项专利与出售方经营范围的距离超过购买方时,专利交易更容易达成,并进一步构建基于搜索理论的增长模型,模拟专利交易市场效率如何影响经济增长和社会福利。Han et al.(2021)结合比较优势理论,从企业研发效率视角阐释技术交易市场对异质性企业专利分工的影响,并以中国不同地区专利技术展示交易中心的陆续成立为自然实验,采用双重差分法验证其对企业内部创新和企业间专利交易的影响。可见,既有文献强调技术交易市场对专利交易和再配置的引导作用,并从经济增长和福利效用视角深入探讨专利再配置的有效性。但在中国积极应对全球气候变化、加快实现“双碳”目标的背景下,鲜有文献聚焦绿色专利交易和再配置,较少从污染减排视角诠释绿色专利再配置的有效性。

另一类是环境权益交易市场对绿色技术创新的影响,如Liu and Sun(2021)采用中国省级面板数据,发现碳排放交易试点政策能有效提升试点地区的低碳技术水平,与Yao et al.(2021)的经验研究结论相一致,支持了“波特假说”。然而,环境权益交易市场所实现的“波特效应”是以高效运转的市场机制为条件的,正是受限于低效运转的市场,有研究发现中国2002年实施的排污权交易政策难以实现“波特效应”(涂正革和谌仁俊,2015)。Calel and Dechezleprêtre(2016)、齐绍洲等(2018)研究了排污权交易政策对企业绿色技术创新的激励作用。囿于数据的可得性,相关研究大多基于地区数据或上市公司数据考察环境权益交易市场对绿色技术创新的影响,并未进一步探究其对各类企业绿色技术交易决策的异质性影响,特别是对于环境权益交易市场如何引导企业间绿色专利再

配置更是缺乏深入剖析。当环境权益交易市场通过排放权对能源价格形成外生加价时,因从事绿色技术创新的历史轨迹和比较优势不同,各类企业将选择差异化的绿色技术研发和交易决策。因此,排放权成本约束将强化各类企业通过转让和授权以实现绿色专利再配置的动机。

针对已有研究的不足,本文系统考察环境权益交易市场对异质性企业绿色专利再配置的影响。二氧化硫( $\text{SO}_2$ )排污权交易试点政策已在中国实施近二十年,恰好为探究环境权益交易市场能否促进异质性企业之间的绿色专利再配置提供自然实验环境。为此,本文采用1998—2013年中国工业企业数据,构建多期双重差分模型,根据绿色技术创新的历史路径识别绿色创新企业、混合创新企业和非绿色创新企业(Noailly and Smeets, 2015),分析排污权交易政策如何通过市场机制释放价格信号,影响异质性企业之间的绿色专利再配置。<sup>①</sup>研究发现:排污权交易政策能够强化绿色创新企业作为绿色专利“生产者”的地位,提高其转让和许可的绿色专利数量,增加混合创新企业受让和被许可的绿色专利数量,提高非绿色创新企业被许可的绿色专利数量,使两类企业成为绿色专利的“消费者”,继而实现异质性企业之间的绿色专利再配置。考虑到排污权交易政策主要针对 $\text{SO}_2$ 排放企业,本文进一步识别 $\text{SO}_2$ 排放企业和非 $\text{SO}_2$ 排放企业,并进行分组回归,重点关注该政策如何影响 $\text{SO}_2$ 排放企业之间的绿色专利交易,以排除其他因素和政策干扰,进一步验证排污权交易政策对异质性企业绿色专利再配置的影响。在考虑稳健性检验、结合两阶段最小二乘法和工具变量外生性检验以及缓解试点地区选择带来的内生性问题后,结论仍然成立。进一步分析发现,排污权交易政策所引致的企业绿色专利再配置,能够最终实现污染减排效应;同时,在技术交易市场发展更完善和知识产权保护程度更高的地区,排污权交易政策更能有效激励企业之间的绿色专利再配置。

与既有研究相比,本文的边际贡献在于:<sup>①</sup>拓宽环境权益交易市场影响效应的研究边界,有别于已有研究集中关注环境权益交易市场对污染减排、能源结构和效率、绿色技术创新的影响,本文深入分析排污权交易政策对异质性企业绿色专利再配置的影响,将环境权益交易市场的研究边界向企业绿色技术交易决策延伸。<sup>②</sup>在加快推动“双碳”目标的背景下,本文根据绿色技术研发的历史轨迹和比较优势识别异质性企业,聚焦于企业之间的绿色专利再配置,并将技术要素市场对其发挥的引导作用前推至环境要素市场,能为释放环境权益交易市场的绿色创新资源再配置效应提供理论依据。<sup>③</sup>从污染减排视角诠释绿色专利再配置的有效性,并探讨技术要素市场对于激励环境要素市场发挥绿色专利再配置效应的协同作用,为完善以碳交易市场为主的环境权益交易市场和构建市场导向的绿色技术创新体系提供实践证据。

## 二、理论分析

作为市场型环境规制政策的重要内容,环境权益交易市场将通过价格机制提高规制企业生产成本,并对企业技术创新活动形成外在压力。但环境权益交易市场对企业技术创新的激励作用并非中性而是呈有偏特征,更有利于促进企业从事绿色技术创新。究其原因,环境权益交易市场能对环境污染的外部性定价,继而实现外部性的内在化(王班班和齐绍洲,2016),即排放权对能源价格

<sup>①</sup> 考虑到本文的研究主题是绿色专利再配置,本文参考Noailly and Smeets(2015),以企业所掌握的专利组合构成,表征其绿色技术创新的历史路径和比较优势,据此将企业划分为三类:绿色创新企业是指只掌握绿色专利的企业,混合创新企业是指同时掌握绿色专利和非绿色专利的企业,非绿色创新企业指只掌握非绿色专利的企业。在此基础上,考虑到 $\text{SO}_2$ 排污权交易政策主要针对的是 $\text{SO}_2$ 排放企业,借鉴任胜钢等(2019)的做法,进一步将企业划分为 $\text{SO}_2$ 排放企业和非 $\text{SO}_2$ 排放企业。

形成一个外生加价,并通过市场交易确定合理的加价程度(任胜钢等,2019)。根据诱致性技术创新和技术进步偏向性理论可知,要素相对价格的变化将引致技术创新倾向于节约稀缺昂贵的生产要素(Hicks,1932;Acemoglu,2002)。因此,环境权益交易市场对能源价格形成的外生加价,会使能源价格上涨,诱致企业从事绿色技术创新(Popp,2002;Acemoglu et al.,2012;Aghion et al.,2016)。而企业从事绿色技术创新前期虽然需要投入大量的研发资源,但绿色技术创新也能形成可观的利润收入。然而,绿色技术创新是一项高风险活动,其收益能够弥补研发成本的前提条件是创新获得成功。不仅如此,绿色技术创新相较于传统技术创新需要更丰富的绿色知识存量和更强的研发能力(Martínez-Ros and Kunapatarawong,2019),拥有不同绿色知识存量的企业从事绿色技术创新的成功率和创新利润悬殊。以长期从事绿色专利研发的企业为例,其绿色技术水平较高,意味着该企业市场份额较大,继续从事绿色技术研发能够获得高利润,但也代表其继续从事绿色技术创新的边际收益较低,在替代弹性足够大的条件下,二者的净效应使该类企业研发绿色技术的动机更强,即企业绿色技术创新决策存在路径依赖特征(Aghion et al.,2016)。

因此,当排污权交易政策对能源价格形成外生加价时,不同类型企业将重新权衡绿色专利研发、交易以及购买、出售排污权的成本收益,选择最优的绿色专利创新与交易决策:若企业选择从事绿色专利研发,则需要承担研发成本,但在创新成功的条件下,亦能形成可观的利润收入。一方面,可通过转让、授权和应用绿色专利,在垄断竞争的技术市场中获得创新利润(Grossman and Helpman,1991);另一方面,企业可减少排污权购买,并将多余配额出售,通过排污权交易提高经营利润(Antoci et al.,2020)。若企业不进行绿色专利研发,则承担购买排污权的成本,或支付一定的费用获得绿色专利,以实现污染减排目的,避免承担排污成本。不同类型企业绿色创新足迹和绿色知识存量不同,会导致企业绿色专利研发的成功率和创新利润不同,继而带来差异化的绿色专利研发和交易决策,从而促进异质性企业间的绿色专利再配置。

具体而言,以企业所掌握的专利组合构成,表征其绿色技术创新的历史轨迹和比较优势,将企业划分为绿色创新企业、混合创新企业和非绿色创新企业三类,绿色创新企业是指仅掌握绿色专利的企业,非绿色创新企业是指仅掌握非绿色专利的企业,混合创新企业是指同时掌握两类专利的企业(Noailly and Smeets,2015)。对于绿色创新企业,当实施排污权交易政策时,技术创新的路径依赖特征使该类企业从事绿色技术创新的动机进一步强化。绿色创新企业在绿色专利研发上更具比较优势,能够提高研发成功率,该类企业通过研发成功的绿色专利实现污染减排的同时,还可以通过技术市场转让或许可绿色专利,获取创新利润以抵补创新成本,强化绿色创新企业作为绿色专利“生产者”的地位。同时,受限于企业自身的知识存量,排污权交易政策对非绿色创新企业和混合创新企业研发绿色专利的激励作用有限,两类企业可通过“购买”绿色专利或排污权达到环境政策要求。在排污权的成本约束下,考虑“购买”绿色专利的成本及其长期收益,两类企业更倾向于在技术交易市场通过转让和许可等方式获取绿色专利的使用权,成为绿色专利的“消费者”(Han et al.,2021)。进一步分析可知,若企业在一项绿色专利的应用和商业化过程中具有比较优势,则可能通过转让或许可方式“购买”该项专利(Serrano,2010)。因此,非绿色创新企业和混合创新企业可通过应用所“购买”的绿色专利,实现污染减排目的。

综上,环境权益交易市场可通过市场机制释放排污配额的价格信号,对能源价格形成外生加价,但由于各类企业从事绿色技术创新的历史轨迹和比较优势存在较大差异,其对绿色创新企业、混合创新企业和非绿色创新企业的绿色专利研发和交易决策会产生不同影响,继而能够激励异质性企业之间的绿色专利再配置。

### 三、研究设计

#### 1. 数据来源

本文采用1998—2013年的中国工业企业数据,涉及工业企业的法人代码、企业名称及反映企业特征的相关指标。专利数据来自中国国家知识产权局与incoPat全球专利数据库,包含所有在中国境内申请与授权的专利数据信息。内生性处理中使用的地区降水量数据来源于国家气象科学数据共享服务平台的中国地面气候资料日值数据集,并以经纬度信息匹配到地级市层面。进一步讨论中使用的知识产权保护强度数据来源于历年《中国统计年鉴》和《中国法律年鉴》。

本文将工业企业数据库与专利数据库进行匹配:参考寇宗来和刘学悦(2020)对中国工业企业数据和专利数据的匹配方法,根据“企业名称”和专利数据的“申请人”进行两次精确匹配、一次模糊匹配。依据Aghion et al.(2016)、Moshirian et al.(2021),删除样本期内从未申请过专利的企业,剔除资产负债率不在0—1范围内的异常样本,剔除在政策实施期间缺失数据的样本,并对所有连续型关键变量进行1%的缩尾处理,最终得到66445家企业样本,共计456247条观测值。结合理论分析,绿色创新企业为只掌握绿色专利的企业,非绿色创新企业为只掌握非绿色专利的企业,混合创新企业为同时掌握两类专利的企业。本文参考Noailly and Smeets(2015),根据企业绿色技术创新的历史路径对其进行筛选归类,共计得到4493家绿色创新企业、25032家混合创新企业和36920家非绿色创新企业。

同时,考虑到排污权交易政策主要针对的是SO<sub>2</sub>排放企业,本文进一步识别SO<sub>2</sub>排放企业和非SO<sub>2</sub>排放企业,对比该政策对两类企业样本中异质性企业间绿色专利再配置的影响,并集中关注其对具有不同绿色创新历史的SO<sub>2</sub>排放企业之间的绿色专利再配置的作用,以排除其他因素的干扰,缓解估计中的内生性问题。具体的识别方法如下:①将污染数据库并入上述工业企业—专利数据集中,构造工业企业—专利—污染排放数据集。②参考任胜钢等(2019)的筛选方法,本文以企业使用煤炭或燃油为原料、装配脱硫设备、排放SO<sub>2</sub>废气为标准,若企业满足其中任意一条,则认定为SO<sub>2</sub>排放企业,否则为非SO<sub>2</sub>排放企业。③结合企业绿色技术创新的历史轨迹,进一步将SO<sub>2</sub>排放企业划分为绿色创新SO<sub>2</sub>排放企业、混合创新SO<sub>2</sub>排放企业、非绿色创新SO<sub>2</sub>排放企业;同理,将非SO<sub>2</sub>排放企业划分为绿色创新非SO<sub>2</sub>排放企业、混合创新非SO<sub>2</sub>排放企业和非绿色创新非SO<sub>2</sub>排放企业。

#### 2. 变量选取

(1)被解释变量。本文的被解释变量是绿色专利交易,按照世界知识产权局(WIPO)提供的《绿色专利清单》筛选绿色专利,该清单包含交通运输、废弃物管理、能源节约、替代能源生产、行政监管与设计、农林以及核电七类绿色技术,涵盖范围广泛。为清晰表征异质性企业之间的绿色专利交易与再配置,本文统计了每家企业绿色专利的转让数、受让数、许可数以及被许可数,以绿色专利转让与许可数之和表示绿色技术出售(*OutGreen*),以绿色专利受让数与被许可数之和表示绿色技术消费(*InGreen*)。此外,由于非绿色创新企业始终未拥有绿色专利,该类企业绿色专利的消费和购买仅考虑绿色专利被许可数(*License*),而不涉及绿色专利的受让。参考相关研究的通用处理方式,所有绿色专利的被解释变量均加1取对数(李青原和肖泽华,2020)。

(2)解释变量。核心解释变量是2007年开始逐步实施的SO<sub>2</sub>排污权交易试点政策,以政策试点虚拟变量(*Policy*)表示。该项政策试点始于2002年7月,以全国4个省份、3个城市以及1家企业为

试点,但交易并不活跃,政策效应微弱。为深入推行排污权交易,中国政府进一步扩大试点范围,于2007年先后批复了江苏、天津、浙江、湖北、重庆、湖南、内蒙古、河北、陕西、河南、山西11个省份为试点。由于各试点地区制定交易规则、筹备交易活动的进度存在一定差异,加之企业响应程度不同,各试点地区实施排污权交易政策的实际时点并不一致。天津于2008年底进行了首笔交易,是最早开始进行交易的地区;次年,江苏、湖北和浙江开始交易;河南、内蒙古、重庆、陕西于第三年才开始交易;而湖南和河北则于2011年开始进行交易;山西则是2012年才开始交易。<sup>①</sup> *Policy* 变量按照各试点省份首次进行排污权交易的年份开始设置为1,排污权交易之前以及非试点省份皆设置为0。

(3)控制变量。控制变量的选择如下:企业所有权(*Ownership*),根据登记注册类型区分国有企业与非国有企业;对数形式的企业年龄(*InAge*);企业内源融资(*Lrl*),采用企业净利润与固定资产的比值衡量内源融资;企业的流动性(*Liquidity*),以企业流动资产与总资产的比值衡量流动性;企业规模(*InAssets*),采用对数形式的企业总资产测度企业规模;行业竞争程度(*HHI*),按照二分位行业的企业工业销售产值测算赫芬达尔指数,以1减去该指标衡量竞争程度;全要素生产率(*TFP*),以Levinsohn and Petrin(2003)的方法核算企业全要素生产率。

(4)其他重要变量。<sup>①</sup>参考董直庆和王辉(2019)的做法,内生性处理的工具变量选择对数形式的城市降水量(*Rain*)。<sup>②</sup>为检验排污权交易政策带来的绿色专利再配置是否有效,进一步讨论中的污染减排变量选取SO<sub>2</sub>排放量、SO<sub>2</sub>去除量和SO<sub>2</sub>产生量。其中,SO<sub>2</sub>排放量表示最终排放至大气中的污染量,代表企业最终排放水平;SO<sub>2</sub>去除量表示企业使用脱硫设备等净化的污染量,代表企业“末端控制”水平;SO<sub>2</sub>产生量表示企业生产中实际产生的污染量,代表企业当前技术水平下的污染控制能力。<sup>③</sup>为检验技术市场的约束作用,进一步讨论中的调节变量为技术交易市场发展程度和知识产权保护强度。一方面,技术交易市场发展程度的测度,参考Han et al.(2021)的做法,根据各地级市专利技术展示交易中心的建立设置虚拟变量(*Exchange*),地级市设立专利技术展示交易中心当年及后续年份取值为1,设立之前年份以及始终未设立的地级市皆取值为0。<sup>②</sup>地区设立专利技术展示交易中心标志着技术交易市场的正式建立,因此,设立专利技术展示交易中心的地区技术交易市场发展程度也更高。另一方面,本文采用Ginarte and Park(1997)提出的Ginarte-Park法构建知识产权保护强度指标,该方法的核心思想在于根据地区知识产权立法情况,构建知识产权保护强度评分。考虑到知识产权保护程度不仅涉及立法层面,而且包含该地区的执法情况。因此,参考许春明和单晓光(2008)的设定,以知识产权立法强度与知识产权执法强度的乘积表征知识产权保护强度(*IPP*)<sup>③</sup>,*IPP*数值越大,地区知识产权保护程度越高。

### 3.模型设定

为检验环境权益交易市场能否诱发工业企业绿色专利再配置,本文构建多期双重差分模型:

$$Y_{ipt} = \beta_0 + \beta_1 Policy_{pt} + \rho X_{ipt} + \gamma_i + \delta_t + \varepsilon_{ipt} \quad (1)$$

其中,*i*、*p*、*t*分别代表企业、省份和年份。被解释变量*Y<sub>ipt</sub>*分别代表绿色专利出售(*OutGreen<sub>ipt</sub>*)、绿色专利消费(*InGreen<sub>ipt</sub>*、*License<sub>ipt</sub>*)。*Policy<sub>pt</sub>*表示政策试点虚拟变量,该变量从各试点地区首次进行排污权交易的年份开始设置为1,排污权交易之前以及非试点省份皆设置为0。*γ<sub>i</sub>*表示企业个体固

<sup>①</sup> 资料来源于各试点地区环保局、排污权交易中心。

<sup>②</sup> 专利技术展示交易中心的城市清单参见《中国工业经济》网站(<http://ciejournal.ajcass.org>)附件。

<sup>③</sup> 知识产权立法强度与知识产权执法强度的核算均参考许春明和单晓光(2008)。

定效应;  $\delta_i$  表示年度固定效应;  $\varepsilon_{ipt}$  表示随机扰动项。由于排污权交易政策以省份为单位开展试点,因此,各试点地区企业排污配额交易活动可能会在省份一年度层面有所变化,且这一变化在不同行业内部也存在差异,造成扰动项在年度—省份—行业层面的相关性。为缓解这一问题,本文参考 Moshirian et al.(2021)的做法,采用年度—省份—行业聚类稳健标准误。

核心解释变量  $Policy_{pt}$  对绿色创新企业、混合创新企业和非绿色创新企业的绿色专利出售和消费影响系数的差异,可检验排污权交易政策对异质性企业绿色专利再配置的影响。同时,考虑到排污权交易政策的对象主要是  $SO_2$  排放企业,为排除其他政策和因素的干扰,本文在基准回归中也采用上述模型,针对  $SO_2$  排放企业与非  $SO_2$  排放企业样本,分别检验和对比该政策对异质性企业之间绿色专利再配置的作用。

#### 4. 描述性统计

表1汇报了主要变量的描述性统计结果:本文关注的被解释变量企业绿色专利出售数量( $OutGreen_{ipt}$ )、绿色专利消费数量( $InGreen_{ipt}$ 、 $License_{ipt}$ )的样本均值分别为0.1175、0.0048、0.0005,标准差分别为0.2671、0.0779、0.0206,这表明整个样本期内,工业企业绿色专利出售和消费整体水平虽然不高,但企业间差异较大,间接验证了本文以企业所掌握的专利组合构成划分企业类型的合理性。其余控制变量的均值都处于合理区间内。

**表1** 描述性统计

变量	样本量	均值	标准差	最小值	最大值
$OutGreen$	456247	0.1175	0.2671	0.0000	5.0876
$InGreen$	456247	0.0048	0.0779	0.0000	5.8493
$License$	456247	0.0005	0.0206	0.0000	1.6094
$lnAge$	456247	2.3172	0.7315	0.0000	7.6069
$lnAssets$	456247	11.2827	1.6064	0.0000	20.6717
$Liquidity$	456247	0.6036	0.2108	0.0587	0.9802
$Ownership$	456247	0.0626	0.2422	0.0000	1.0000
$Lrl$	456247	0.6420	1.2749	0.0000	10.1870
$HHI$	456247	0.0123	0.0432	0.0000	0.5728
$TFP$	456247	6.6215	0.9824	4.0300	9.6445

## 四、实证结果与检验

### 1. 基准回归

在基准回归中,针对全样本企业、 $SO_2$  排放企业样本与非  $SO_2$  排放企业样本,本文分别探究排污权交易政策对绿色创新企业、混合创新企业和非绿色创新企业之间绿色专利交易的影响,以考察环境权益交易市场能否实现绿色专利在异质性企业之间的再配置。本文分别采用绿色专利出售( $OutGreen_{ipt}$ )和绿色专利消费( $InGreen_{ipt}$ 、 $License_{ipt}$ )对  $SO_2$  排污权交易试点政策进行回归,结果如表2所示。

表 2 基准回归结果

变量	(1) 绿色创新企业 <i>OutGreen</i>	(2) 绿色创新企业 <i>InGreen</i>	(3) 混合创新企业 <i>OutGreen</i>	(4) 混合创新企业 <i>InGreen</i>	(5) 非绿色创新企业 <i>License</i>
Panel A:全样本					
Policy	0.0156*** (5.7167)	-0.0008 (-0.6309)	-0.0011 (-0.8337)	0.0057*** (4.5199)	0.0011*** (3.7118)
样本量	28596	28596	181872	181872	245779
R <sup>2</sup>	0.4691	0.2235	0.9257	0.3906	0.3549
Panel B:SO <sub>2</sub> 排放企业					
Policy	0.0379*** (4.9291)	-0.0005 (-0.2996)	0.0006 (0.1921)	0.0063*** (3.2103)	0.0026** (2.5184)
样本量	6288	6288	42004	42004	36324
R <sup>2</sup>	0.4754	0.2773	0.9183	0.3799	0.4070
Panel C:非 SO <sub>2</sub> 排放企业					
Policy	-0.0002 (-0.1025)	0.0022 (0.5933)	-0.0030 (-0.3148)	-0.0056 (-0.7008)	0.0008 (0.6802)
样本量	956	956	10565	10565	15203
R <sup>2</sup>	0.4596	0.3578	0.9070	0.4607	0.2835
控制变量	是	是	是	是	是
企业固定效应	是	是	是	是	是
年度固定效应	是	是	是	是	是

注:\*\*\*、\*\*、\*分别表示1%、5%、10%的显著性水平。以下各表同。

Panel A—Panel C依次报告全样本、SO<sub>2</sub>排放企业和非 SO<sub>2</sub>排放企业的回归结果。在 Panel A 全样本中,第(1)、(2)列为 SO<sub>2</sub>排污权交易政策对绿色创新企业参与绿色专利再配置的影响,结果显示:SO<sub>2</sub>排污权交易政策实施后,绿色创新企业的绿色专利出售数量显著提高,但该政策对其绿色专利消费数量的影响并不显著。这表明排污权交易政策实施后,排污权配额形成的外生加价,将强化绿色创新企业转让和许可绿色技术的动机,增加该类企业绿色专利的出售数量以获取更高的创新利润。可见,环境权益交易市场的设立将强化绿色创新企业在异质性企业间绿色专利交易和再配置环节中作为“生产者”的地位,能够使该类企业通过绿色专利的转让和许可抵补研发成本,也和其他类型企业提供绿色技术支持。

第(3)、(4)列汇报了排污权交易政策对混合创新企业参与绿色专利再配置的影响,结果显示:SO<sub>2</sub>排污权交易政策实施后,混合创新企业的绿色专利消费数量出现显著增加,但该类政策对混合创新企业的绿色专利出售数量的影响并不显著。这说明,混合创新企业同时从事绿色专利和非绿色专利研发,虽然排污权交易政策能够提高其绿色创新动机,但其有限的绿色知识存量将弱化这一正向影响,甚至难以满足自身污染减排的需求,更无力为其他企业提供绿色技术支持。而在排污权交易政策约束下,混合创新企业为避免购买排污权带来的成本,会通过绿色专利的受让和被许可等方式,获取绿色技术的使用权,以弥补其自身绿色专利的需求缺口。环境权益交易市场的设立将诱发混合创新企业提高绿色专利的消费数量以满足其生产和减排需求,使其成为异质性企业绿色专利交易和再配置中的“消费者”。

第(5)列报告了 SO<sub>2</sub>排污权交易政策对非绿色创新企业的绿色专利被许可数量的影响,结果显

示：排污权交易政策能够显著提升非绿色创新企业的绿色专利被许可数量，引致该类企业通过引入绿色专利满足其污染减排要求，成为异质性企业之间绿色专利再配置过程中的“消费者”。同时，排污权交易政策对非绿色创新企业的绿色专利被许可数量的提升作用相对较弱，原因在于，非绿色创新企业数量庞大，多达36920家，而绿色专利被许可数量的样本均值仅为0.0005，意味着现阶段的绿色专利许可数量难以弥补如此庞大规模的非绿色创新企业对绿色技术的需求缺口。

Panel B的回归结果显示：针对SO<sub>2</sub>排放企业，排污权交易政策能够有效促进绿色创新SO<sub>2</sub>排放企业出售绿色专利，激励混合创新SO<sub>2</sub>排放企业和非绿色创新SO<sub>2</sub>排放企业购买绿色专利，与全样本企业的回归结果一致。Panel C报告了排污权交易政策对非SO<sub>2</sub>排放企业样本中绿色专利再配置的影响，结果显示：该政策无法促进非SO<sub>2</sub>排放企业之间的绿色专利交易。由此，排污权交易政策主要针对的是SO<sub>2</sub>排放企业，能够激励该类企业样本中的绿色专利再配置，侧面印证Panel A中全样本企业的估计结果并未受到其他非SO<sub>2</sub>排放企业样本的干扰，估计结果具有一定的稳健性。综上，以排污权交易政策为代表的环境权益交易市场对不同类型企业绿色专利交易决策存在异质性影响。该类政策能够强化绿色创新企业作为绿色专利“生产者”的地位，促进其转让和许可绿色专利，增加混合创新企业受让和被许可的绿色专利数量，提高非绿色创新企业被许可的绿色专利数量，使两类企业成为绿色专利的“消费者”，推动异质性企业之间的绿色专利再配置。

双重差分估计结果一致性的前提是处理组和控制组满足平行趋势假设，即在没有政策干预的情况下，处理组和控制组的变化趋势是一致的。多期双重差分模型下，以常规动态效应检验平行趋势的方式失效，本文采用事件研究法检验该项政策前后企业绿色专利交易的变化趋势，具体设定如下：

$$Y_{ipt} = \beta_0 + \sum_{t=-5}^5 \beta_t Shock_{pt} + \rho X_{ipt} + \gamma_i + \delta_t + \varepsilon_{ipt} \quad (2)$$

其中， $Shock_{pt}$ 为相对排污权交易实施时间的政策冲击虚拟变量， $t=1$ 表示交易实施的第一年，将所有试点地区企业交易第一年的 $Shock_{pt}$ 变量赋值为1，其余样本赋值为0，以此类推设置其他政策时点的 $Shock_{pt}$ 变量。而虚拟变量的系数 $\beta_t$ 能够刻画该项政策对企业绿色专利交易的动态效应；其他变量的设定与基准回归模型相同。平行趋势检验结果见图1。

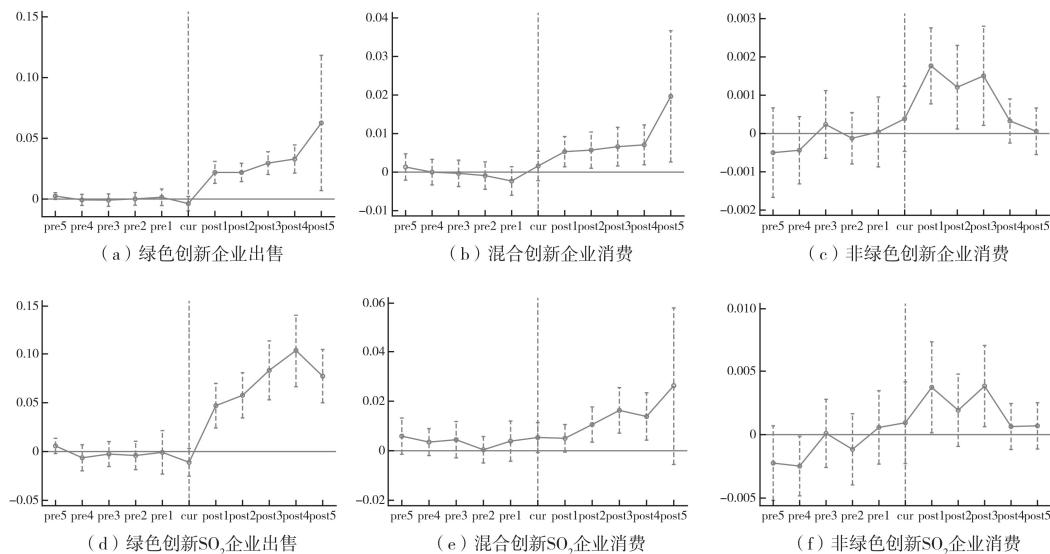


图1 绿色专利再配置效应的平行趋势检验

图1为排污权交易政策影响异质性企业绿色专利再配置的平行趋势检验结果,图1(a)—(c)对应的企业类型和被解释变量分别为全样本中绿色创新企业的绿色专利出售、混合创新企业的绿色专利消费和非绿色创新企业的绿色专利消费;图1(d)—(f)对应的企业类型和被解释变量分别为绿色创新SO<sub>2</sub>排放企业的绿色专利出售、混合创新SO<sub>2</sub>排放企业的绿色专利消费和非绿色创新SO<sub>2</sub>排放企业的绿色专利消费。结果显示,排污权交易政策实施前,Shock<sub>pt</sub>的系数均不显著,验证处理组与控制组的绿色技术交易趋势没有显著差异;而在实施排污权交易政策后,Shock<sub>pt</sub>的估计系数显著为正。值得注意的是,排污权交易政策对绿色专利交易的影响效应不断变大,表明该政策对绿色专利交易的激励效应逐步释放需要一定的时间。综上,排污权交易政策影响企业间绿色专利再配置的估计结果通过了平行趋势检验。

## 2. 稳健性检验<sup>①</sup>

(1) 异质性效应处理。多期双重差分法存在多个冲击时点,而先受到冲击的处理组在后续冲击中将成为控制组,违反了双重差分模型平行趋势的假定,导致平均处理效应估计偏误。本文参考Callaway and Sant'Anna(2021)的处理方式(简称“C-S双重差分法”),将始终未受到政策冲击和后受到政策冲击的企业设置为控制组,因此,不存在先受到政策影响的处理组在后续政策冲击中成为控制组的问题。本文采用该方法对全样本中企业绿色专利交易行为和SO<sub>2</sub>排放企业样本中绿色专利交易行为重新进行检验,发现处理后的结果与基准回归基本保持一致,表明本文基准估计产生偏误的可能性较小。C-S双重差分法在处理非平衡面板时的优势并不突出,因此,本文参考Sun and Abraham(2021)的交互加权估计法处理方式,重新进行动态效应检验,发现交互加权估计法拟合的动态效应与图1汇报的平行趋势检验结果大体一致,进一步验证基准回归的稳健性。

(2) 安慰剂检验。为进一步排除其他未知因素对试点地区选择的影响,本文采用随机抽样方法进行安慰剂检验。参考史丹和李少林(2020)的做法,本文针对绿色创新、混合创新和非绿色创新三类企业,于各自样本中随机抽取与真实试点地区企业数量一致的样本作为虚拟处理组,剩余样本作为虚拟控制组,对式(1)进行重新估计,重复上述过程500次。将500次估计所得的系数和P值绘制成核密度分布图。检验发现真实估计系数明显偏离安慰剂检验的分布区域,基本可排除未知因素对本文回归结果的影响。

(3) 控制其他政策。在样本期内,中国还实施了其他环境政策,如碳排放权交易试点政策、节能减排财政政策综合示范城市、环境信息披露制度以及“两控区”政策等。2011年10月国家发展和改革委员会办公厅发布《关于开展碳排放权交易试点工作的通知》,正式批准北京、上海、天津、重庆、湖北、广东和深圳等七省市开展碳交易试点工作;同年,财政部、国家发展和改革委员会确定北京市、深圳市、重庆市、杭州市、长沙市、贵阳市、吉林省和新余市共8个城市为第一批节能减排财政政策综合示范城市;2007年原国家环境保护总局下发《环境信息公开办法(试行)》,对企业环境信息披露部署具体要求;最后,1998年中国划定了酸雨控制区和SO<sub>2</sub>污染控制区(简称“两控区”),旨在降低目标区域的酸雨和SO<sub>2</sub>危害。为排除这些并行环境政策可能对回归结果造成的干扰,本文在基准回归模型的基础上采用添加虚拟变量的方式进一步控制上述四项政策。研究发现,在控制同期并行的其他环境政策后,回归结果与基准回归保持一致,排污权交易政策依然能够激励三类企业之间的绿色技术交易。因此,本文认为同期并行的其他环境政策不会对环境权益交易市场促进异质性企业绿色专利再配置的基本结论造成影响。

<sup>①</sup> 所有稳健性检验的具体结果参见《中国工业经济》网站(<http://ciejournal.ajcass.org>)附件。

### 3. 内生性检验

排污权交易政策试点的选择可能受到无法观测的潜在因素的干扰,即试点选择可能存在内生性。为解决政策可能存在的内生性问题,本文使用两阶段最小二乘法(2SLS)重新检验排污权交易政策对绿色专利交易与再配置的影响。现有关于SO<sub>2</sub>排污权交易政策的研究多采用通风系数作为工具变量,然而该变量可能通过影响其他环境政策,如碳排放权交易政策继而对绿色专利再配置产生影响,导致外生性假定难以满足。基于以上考虑,本文选取对数形式的地级市层面降水量(Rain)作为SO<sub>2</sub>排污权交易政策试点的工具变量。本文认为,各地区企业SO<sub>2</sub>排放量固然是排污权交易试点选取的重要标准,但由此产生的环境危害(如酸雨)更是政策制定者重点考虑的因素。SO<sub>2</sub>是工业生产中最常见的废气之一,降雨越频繁,形成的酸雨危害越严重,即降水量与试点地区的选择正相关。考虑到降水量可能通过影响其他环境权益交易试点的选择(如碳排放交易)、其他SO<sub>2</sub>减排政策(如“两控区”)继而作用于绿色专利交易,为排除这一可能,本文在此也进行了详细讨论。两阶段回归结果如表3所示。

表3结果显示,无论是对于全样本中的绿色创新企业(Panel A)、混合创新企业(Panel B)、非绿色创新企业(Panel C),还是SO<sub>2</sub>排放企业样本中的绿色创新SO<sub>2</sub>排放企业(Panel D)、混合创新SO<sub>2</sub>排放企业(Panel E)、非绿色创新SO<sub>2</sub>排放企业(Panel F),一阶段回归结果均显示,降水量能够显著影响排污权交易试点的选择,证实降水量这一工具变量满足相关性假定。二阶段回归结果显示,所有结果均与基准回归保持一致,表明在考虑内生性问题后,排污权交易政策依然能够引起异质性企业之间的绿色专利再配置,强化绿色创新企业作为绿色专利“生产者”的地位,促进混合创新企业和非绿色创新企业成为绿色专利的“消费者”。同时,本文也检验了降水量这一工具变量是否存在不可识别、弱工具变量与过度识别的问题,KP-LM统计量与Cragg-Donald Wald F统计量显示,降水量在三类企业的估计中均不存在不可识别和弱工具变量问题,且在内生变量与工具变量相等的情况下不存在过度识别问题。在此基础上,本文进一步检验降水量这一工具变量是否满足外生性假定,具体检验方式如下:<sup>①</sup>

(1)为验证降水量不会通过影响其他环境政策试点的选择,继而作用于绿色专利交易,本文参考方颖和赵扬(2011),采用各环境政策试点对降水量回归,若发现降水量无法影响其他环境政策试点的选取,则间接证明了外生性。考虑到样本期内出台过碳排放权交易试点、节能减排财政政策综合示范城市以及“两控区”三项试点政策,本文截取各试点政策实施前的样本,采用各项政策试点虚拟变量对降水量回归,以判断降水量对上述政策试点的选择是否存在影响。由于“两控区”政策在1998年就已确立,因此,“两控区”的选择并不受样本期内降水量差异的影响,故未采用上述方式进行验证。实证研究发现,降水量不会影响碳排放权交易政策试点的选择及节能减排财政政策综合示范城市的选取,基本不存在降水量通过影响其他环境政策试点的选择进而作用于企业绿色专利交易的可能性。

(2)为证明降水量仅在排污权交易政策出台后才影响企业绿色专利交易,本文剔除2007年及后续年份的样本数据(2007年为排污权交易政策正式出台年份),采用绿色专利交易对降水量回归,发现政策出台前降水量对绿色创新企业、混合创新企业和非绿色创新企业之间的绿色技术交易不存在显著影响效应。研究结果证明,在排污权交易政策实施之前,降水量无法直接影响企业绿色专利再配置。

<sup>①</sup> 工具变量外生性检验的具体结果参见《中国工业经济》网站(<http://ciejournal.ajcass.org>)附件。

表3 内生性处理结果

变量	全样本企业			SO <sub>2</sub> 排放企业		
	(1) 一阶段 <i>Policy</i>	(2) 二阶段 <i>OutGreen</i>	(3) 二阶段 <i>InGreen</i>	(4) 一阶段 <i>Policy</i>	(5) 二阶段 <i>OutGreen</i>	(6) 二阶段 <i>InGreen</i>
	Panel A: 绿色创新企业			Panel D: 绿色创新 SO <sub>2</sub> 排放企业		
	<i>Rain</i> 0.5292*** (31.6994)			0.5500*** (21.6065)		
<i>Policy</i>		0.0144*** (5.1783)	0.0002 (0.1103)		0.0382*** (4.4684)	-0.0007 (-0.2918)
样本量	28596	28596	28596	6288	6288	6288
LM 值	685.87***			385.40***		
F 值	1004.85			466.84		
变量	Panel B: 混合创新企业			Panel E: 混合创新 SO <sub>2</sub> 排放企业		
<i>Rain</i>	0.5380*** (50.3725)			0.6173*** (55.5956)		
<i>Policy</i>		-0.0025 (-1.4730)	0.0046*** (3.0825)		-0.0015 (-0.4373)	0.0065*** (2.7993)
样本量	181872	181872	181872	42004	42004	42004
LM 值	1655.50***			1597.01***		
F 值	2537.39			3090.87		
控制变量	是	是	是	是	是	是
企业固定效应	是	是	是	是	是	是
年度固定效应	是	是	是	是	是	是
变量	Panel C: 非绿色创新企业			Panel F: 非绿色创新 SO <sub>2</sub> 排放企业		
	(7) 一阶段 <i>Policy</i>	(8) 二阶段 <i>License</i>		(9) 一阶段 <i>Policy</i>	(10) 二阶段 <i>License</i>	
	<i>Rain</i> 0.4814*** (32.2071)			0.5902*** (52.2611)		
<i>Policy</i>			0.0008*** (2.9067)			0.0022* (1.8991)
样本量	245779	245779		36324	36324	
LM 值	683.82***			835.90***		
F 值	1037.29			2731.23		
控制变量	是	是		是	是	
企业固定效应	是	是		是	是	
年度固定效应	是	是		是	是	

(3)为验证工具变量仅通过排污权交易政策作用于绿色专利再配置,本文参考董直庆和王辉(2021)的处理方式:第一步检验排污权交易政策与企业绿色专利交易的关系,第二步检验工具变量与企业绿色专利交易的关系,第三步利用绿色专利交易对工具变量和排污权交易政策同时回归。前两步已在基准回归和两阶段回归中完成,且均存在显著影响,若第三步中工具变量的回归系数不显著而核心解释变量排污权交易政策的系数显著,则证明降水量仅通过排污权交易政策间接影响企业绿色专利交易。采用上述方法检验后,发现工具变量降水量的回归系数不显著,而核心解释变量排污权交易政策系数的方向和显著性与基准回归均保持一致,由此本文认为降水量这一工具变

量不会直接影响异质性企业之间的绿色专利再配置。

此外,本文还针对SO<sub>2</sub>排放企业进行了工具变量的外生性检验,发现同时引入排污权交易政策和工具变量后,绿色创新SO<sub>2</sub>排放企业专利出售、混合创新SO<sub>2</sub>排放企业和非绿色创新SO<sub>2</sub>排放企业专利消费对核心解释变量的估计结果仍然与基准回归保持一致。综上,引入工具变量进行两阶段估计后,环境权益交易市场对异质性企业间的绿色专利再配置的影响依然存在。

## 五、进一步讨论

### 1. 绿色专利再配置的有效性检验

在已验证排污权交易政策对异质性企业绿色专利再配置的促进作用的基础上,本文进一步考察这种政策引致绿色创新资源再配置是否有效,即能否服务于企业生产过程中的污染减排。本文结合工业企业—专利—污染排放数据集,检验排污权交易政策对SO<sub>2</sub>排放企业污染减排的影响,并对比该项政策对绿色创新SO<sub>2</sub>排放企业、混合创新SO<sub>2</sub>排放企业和非绿色创新SO<sub>2</sub>排放企业污染减排的异质性作用。同时,区分该项政策对每类企业SO<sub>2</sub>产生量、去除量和排放量的影响,以考察污染减排效应的实现是得益于绿色技术升级还是“末端控制”。回归结果如表4所示。

**表4 污染减排效应检验**

变量	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	
	SO <sub>2</sub> 排放量	SO <sub>2</sub> 去除量	SO <sub>2</sub> 产生量	SO <sub>2</sub> 排放量	SO <sub>2</sub> 去除量	SO <sub>2</sub> 产生量	
Panel A:绿色创新SO <sub>2</sub> 排放企业						Panel B:混合创新SO <sub>2</sub> 排放企业	
Policy	-0.1506 (-0.9554)	-0.3450 (-1.4830)	-0.4956 <sup>*</sup> (-1.7062)	-0.1750*** (-2.6710)	-0.0659 (-0.6594)	-0.2408 <sup>*</sup> (-1.9054)	
样本量	6283	6283	6283	42004	42004	42004	
R <sup>2</sup>	0.6896	0.5790	0.6760	0.7328	0.5955	0.7199	
Panel C:非绿色创新SO <sub>2</sub> 排放企业			Panel D:SO <sub>2</sub> 排放企业				
Policy	-0.1403 <sup>*</sup> (-1.8327)	-0.0889 (-0.9096)	-0.2291 <sup>*</sup> (-1.7800)	-0.1498*** (-3.1596)	-0.1477** (-2.1324)	-0.2976*** (-3.3789)	
样本量	36324	36324	36324	84611	84611	84611	
R <sup>2</sup>	0.6988	0.5761	0.6934	0.7194	0.5886	0.7102	
控制变量	是	是	是	是	是	是	
企业固定效应	是	是	是	是	是	是	
年度固定效应	是	是	是	是	是	是	

绿色创新SO<sub>2</sub>排放企业回归结果显示(Panel A),排污权交易政策能够显著抑制该类企业的SO<sub>2</sub>产生,表明作为绿色专利生产者的绿色创新企业能够利用自身的绿色专利实现清洁技术转型升级,在生产端控制SO<sub>2</sub>污染物的产生。混合创新SO<sub>2</sub>排放企业和非绿色创新SO<sub>2</sub>排放企业回归结果显示(Panel B 和 Panel C),排污权交易政策对两类企业SO<sub>2</sub>排放量和产生量的影响系数显著为负,但对SO<sub>2</sub>去除量的影响并不显著。这表明排污权交易政策引致的两类企业SO<sub>2</sub>排放量下降,主要源于产生量的降低而非去除量的减少,暗示两类企业并非通过“末端控制”实现污染减排效应,而是通过受让和被许可形式引入绿色专利后,在生产过程中应用引入的绿色专利,最终减少

污染排放。所有SO<sub>2</sub>排放企业的回归结果显示(Panel D),排污权交易政策对SO<sub>2</sub>排放量的影响系数显著为负,表明该政策引致的绿色创新资源再配置能带来整体的污染减排效应,验证绿色专利再配置的有效性。同时,实施排污权交易政策后,SO<sub>2</sub>的产生量和去除量均显著降低,但产生量系数的绝对值及显著性水平明显高于去除量,表明企业污染减排效应的实现主要源于生产过程中的绿色技术升级。

综上,以SO<sub>2</sub>排污权交易为代表的环境权益交易市场能够通过价格机制促进异质性企业的绿色专利交易,推动绿色创新资源的有效配置,最终实现污染减排效应。

## 2. 技术交易市场发展程度和知识产权保护强度的调节效应

上文已经验证环境权益交易市场对异质性企业绿色专利再配置的激励效应,但这一激励效应的实现仍受技术交易市场发展程度和知识产权保护强度约束,前者能够为企业绿色专利交易提供途径和市场基础,后者能够进一步强化企业通过绿色专利的转让和许可,而非模仿创新满足污染减排需求。为此,本文认为在技术交易市场发展更完善和知识产权保护更强的地区,环境权益交易市场对绿色专利再配置的诱导作用应当表现更为明显。

(1)技术交易市场发展程度。市场能够在科技资源的配置中发挥决定性作用(叶祥松和刘敬,2020),已有研究发现以专利技术展示交易中心开通为标志的技术交易市场发展,能够显著促进企业间的专利交易(Han et al., 2021),实现创新资源的优化配置。因此,技术交易市场的发展对企业之间的绿色专利再配置至关重要。环境权益交易市场能够激发异质性企业进行绿色专利交易的动机,而技术交易市场则为绿色专利交易的实现提供了坚实的市场基础。技术交易市场的发展愈完善,企业技术交易过程中产生的搜寻成本等交易费用和因信息不对称而造成的交易风险愈小,在技术交易市场发展程度越高的地区,环境权益交易市场对企业绿色专利再配置的激励作用更易释放。为检验技术交易市场发展程度的调节作用,本文引入技术交易市场发展程度指标(*Exchange*)及其与核心解释变量(*Policy*)的交乘项,重新对式(1)进行回归,回归结果见表5。

**表5 技术交易市场发展程度的调节效应**

变量	全样本企业			SO <sub>2</sub> 排放企业		
	(1) 绿色创新 企业	(2) 混合创新 企业	(3) 非绿色 创新企业	(4) 绿色创新SO <sub>2</sub> 排放企业	(5) 混合创新SO <sub>2</sub> 排放企业	(6) 非绿色创新 SO <sub>2</sub> 排放企业
	<i>OutGreen</i>	<i>InGreen</i>	<i>License</i>	<i>OutGreen</i>	<i>InGreen</i>	<i>License</i>
<i>Policy</i> × <i>Exchange</i>	0.0481*** (7.3371)	0.0170*** (7.3220)	0.0027*** (4.6600)	0.1317*** (6.3424)	0.0095** (1.9928)	0.0061** (2.3034)
<i>Policy</i>	-0.0028*** (-2.7346)	-0.0024** (-2.1299)	-0.0001 (-0.6766)	-0.0110*** (-3.6975)	0.0026 (1.3109)	0.0003 (1.0060)
<i>Exchange</i>	0.0089*** (3.5892)	0.0008 (0.6199)	0.0001 (0.2286)	0.0322*** (2.9482)	-0.0022 (-0.9805)	0.0013 (1.1780)
控制变量	是	是	是	是	是	是
企业固定效应	是	是	是	是	是	是
年度固定效应	是	是	是	是	是	是
样本量	28596	181872	245779	6288	42004	36324
R <sup>2</sup>	0.4803	0.3911	0.3351	0.5322	0.3800	0.4078

表5第(1)—(3)列汇报全样本企业的调节效应,结果显示受到排污交易政策规制后,技术交易市场发展愈完善的地区,绿色专利再配置的效应愈明显。第(4)—(6)列汇报SO<sub>2</sub>排放企业的调节效应,结论与全样本基本保持一致。对于全样本企业和SO<sub>2</sub>排放企业,技术交易市场的发展和完善能够强化环境权益交易市场对企业绿色专利再配置的影响效应。

(2)知识产权保护强度。一方面,研究发现当知识产权未得到有效保护时,受自主研发创新成本的约束,企业模仿创新现象将异常活跃(Ang et al., 2014; Sampat and Williams, 2019)。而高涨的模仿创新行为将导致企业对外部技术需求下降,进而减少技术引进,最终抑制专利的受让和被许可等技术交易活动。因此,知识产权保护程度的提升将促使创新能力薄弱的企业通过向其他企业支付专利授权费(专利受让或被许可),合法使用这些技术(吴超鹏和唐菂,2016)。为此,当知识产权未得到有效保护时,环境权益交易市场对“消费者”即混合创新企业和非绿色创新企业购买绿色专利的激励效应将受到抑制。而知识产权保护程度的提升将促使混合创新企业和非绿色创新企业通过专利受让或被许可等方式合法使用绿色技术。另一方面,当知识产权保护程度愈高时,拥有先发优势的企业更敢于向技术后发企业转让先进技术(寇宗来等,2021)。因此,当知识产权保护程度提升时,环境权益交易市场对绿色专利交易的“生产者”即绿色创新企业转让和许可绿色专利的激励效应增强。本文认为知识产权保护程度越高,环境权益交易市场越能够促进企业间的绿色专利再配置。为此,本文引入知识产权保护强度指标(*IPP*)及其与核心解释变量(*Policy*)的交乘项,结合式(1)重新进行回归,结果见表6。

表6 知识产权保护强度的调节效应

变量	全样本企业			SO <sub>2</sub> 排放企业		
	(1) 绿色创新 企业	(2) 混合创新 企业	(3) 非绿色 创新企业	(4) 绿色创新SO <sub>2</sub> 排放企业	(5) 混合创新SO <sub>2</sub> 排放企业	(6) 非绿色创新 SO <sub>2</sub> 排放企业
	<i>OutGreen</i>	<i>InGreen</i>	<i>License</i>	<i>OutGreen</i>	<i>InGreen</i>	<i>License</i>
<i>Policy</i> × <i>IPP</i>	0.0279*** (2.6881)	0.0143*** (3.3969)	0.0024** (2.2268)	0.0882*** (3.2462)	0.0184** (2.4887)	0.0073* (1.9063)
<i>Policy</i>	-0.0875** (-2.2482)	-0.0472*** (-3.0609)	-0.0084** (-2.0632)	-0.2870*** (-2.8529)	-0.0618** (-2.2798)	-0.0245* (-1.7322)
<i>IPP</i>	-0.0095* (-1.8660)	-0.0083** (-2.4214)	0.0088*** (4.9145)	-0.0270* (-1.9424)	0.0016 (0.2928)	0.0110*** (2.9818)
控制变量	是	是	是	是	是	是
企业固定效应	是	是	是	是	是	是
年度固定效应	是	是	是	是	是	是
样本量	28596	181872	245779	6288	42004	36324
R <sup>2</sup>	0.4699	0.3907	0.3555	0.4803	0.3801	0.4081

针对全样本企业,表6第(1)—(3)列汇报知识产权保护强度在SO<sub>2</sub>排污权交易政策影响异质性企业间绿色专利再配置时形成的调节效应,发现交乘项系数正向且显著,表明在知识产权保护程度愈高的地区,环境权益交易市场对不同类型企业进行绿色专利再配置形成的激励效应更加明显。针对SO<sub>2</sub>排放企业,第(4)—(6)列汇报了知识产权保护强度的调节作用,结论与全样本企业保持一

致。综上,对于全样本企业和SO<sub>2</sub>排放企业,知识产权保护程度的提升均强化了环境权益交易市场对不同企业之间绿色专利再配置的激励效应。

## 六、结论和政策启示

本文以SO<sub>2</sub>排污权交易政策试点作为环境权益交易市场的自然实验,结合1998—2013年中国工业企业数据库与专利数据库,构建多期双重差分模型,考察环境权益交易市场能否强化异质性企业的绿色专利再配置。研究发现:排污权交易政策能够增加绿色创新企业转让和许可的绿色专利数量,促进混合创新企业与非绿色创新企业购买绿色专利数量,强化绿色创新企业作为绿色专利“生产者”的地位,推动混合创新企业和非绿色创新企业成为绿色专利的“消费者”,激励三类企业之间的绿色专利再配置。考虑到排污权交易政策主要针对的是SO<sub>2</sub>排放企业,本文进一步识别SO<sub>2</sub>排放企业和非SO<sub>2</sub>排放企业,并进行分组回归,以排除其他因素和政策干扰,进一步验证排污权交易政策对绿色专利再配置的影响。在运用C-S双重差分法检验、交互加权估计检验、安慰剂检验和控制其他环境政策等一系列稳健性检验和内生性处理后该结论仍然成立。进一步地,排污权交易政策所引致的异质性企业绿色专利再配置,能够最终实现污染减排效应;在技术交易市场发展更为完善和知识产权保护强度更高的地区,排污权交易政策对异质性企业绿色专利再配置的激励作用更为明显。根据上述研究结论,本文提出如下政策启示:

(1)完善环境权益交易市场的定价机制,破解经济增长与污染减排之间的两难困境。本文的研究结论显示,排污权交易政策能诱发企业之间的绿色专利再配置,且发挥这一诱导效应的关键在于强化市场机制的价格信号功能。为此,在“十四五”时期全面推进用水权、用能权、排污权以及碳排放权等市场交易的进程中,应充分重视环境权益交易市场的定价功能。特别是完善市场化的碳排放交易定价机制,通过扩大各类市场主体对碳交易的参与度,释放有效的碳定价信号,推动资源跨企业、跨产业的高效配置,实现经济增长与污染减排之间的动态平衡。在完善碳价格形成机制的进程中,应促进“有效市场”与“有为政府”发挥协同作用,优化市场机制设计,激发市场活力。一方面,以金融支持建立和完善全国统一的碳排放权交易市场,促进投资者结构优化,以足够的市场深度和广度缓冲价格的过度波动,实现碳排放权交易市场的高效运行和定价信号的有效传递;另一方面,应核准和分配碳排放交易总额,避免排放额过度分配带来的碳定价过低问题,以政府“有形的手”保障市场机制的高效运行。

(2)优化环境权益交易市场的实施细则,推动异质性企业之间绿色专利的有效配置和重新流动。由于在排污权交易政策规制下,具有不同绿色技术创新历史轨迹的企业能形成绿色专利交易和再配置,绿色创新企业能够增加绿色技术的出售数量,而混合创新企业和非绿色创新企业则增加绿色专利的消费数量。为此,应进一步优化环境权益交易市场的机制设计与实施细则,尤其是在分配环境权益初始配额时,考虑企业过往的绿色专利储备与绿色技术创新比较优势,推动异质性企业间进行绿色技术交易。不仅如此,非绿色创新企业数量众多,而排污权交易政策对该类企业绿色专利消费的激励效应相对微弱。考虑到绿色技术创新的“双重”外部性特征,完全依靠市场机制的作用难以有效引导非绿色创新企业引进、消化和吸收绿色技术创新,应发挥政府干预作用特别是环境政策的有效引导,提高非绿色创新企业对绿色专利交易的参与度,推动该类企业实现绿色技术转型升级。

(3)健全绿色技术创新交易市场体系,实现创新资源优势互补。研究结果显示,环境权益交易

市场能够有效激励绿色专利再配置,且知识产权保护强度和技术交易市场发展程度的提升能够进一步释放这一激励效应。为此,通过绿色专利交易实现异质性企业之间的创新优势互补,构建绿色技术创新体系是关键一环,应当加快建立健全绿色技术转移转化的市场交易体系,推动节能降碳技术的交易、推广和应用;同时,依托立法完备、司法严谨、执法高效的知识产权保护制度,针对不同形式的专利出售、转让,设计和完善交易实施方案,维护专利转移双方的合法权益。在设立国家级绿色技术创新交易市场的基础上,各地区可依托其资源环境要素禀赋,因地制宜建立极具地方特色的绿色技术创新交易中心;各级经济开发区和工业园区可根据其绿色创新集聚的技术特征,建立精细化的绿色技术创新转移平台。加快培育绿色技术交易的评估、检测、担保等第三方中介服务机构,为绿色专利的转让与许可提供基础设施保障,以便促进各类企业创新优势互补,推动绿色创新资源有效配置,实现经济绩效、环境绩效和社会绩效的有机统一。

### 〔参考文献〕

- [1]董直庆,王辉.环境规制的“本地—邻地”绿色技术进步效应[J].中国工业经济,2019,(1):100-118.
- [2]董直庆,王辉.城市财富与绿色技术选择[J].经济研究,2021,(4):143-159.
- [3]方颖,赵扬.寻找制度的工具变量:估计产权保护对中国经济增长的贡献[J].经济研究,2011,(5):138-148.
- [4]寇宗来,刘学悦.中国企业的专利行为:特征事实以及来自创新政策的影响[J].经济研究,2020,(3):83-99.
- [5]寇宗来,李三希,邵昱琛.强化知识产权保护与南北双赢[J].经济研究,2021,(9):56-72.
- [6]李青原,肖泽华.异质性环境规制工具与企业绿色创新激励——来自上市企业绿色专利的证据[J].经济研究,2020,(9):192-208.
- [7]齐绍洲,林屾,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.
- [8]任胜钢,郑晶晶,刘东华,陈晓红.排污权交易机制是否提高了企业全要素生产率——来自中国上市公司的证据[J].中国工业经济,2019,(5):5-23.
- [9]史丹,李少林.排污权交易制度与能源利用效率——对地级以上城市的测度与实证[J].中国工业经济,2020,(9):5-23.
- [10]涂正革,谌仁俊.排污权交易机制在中国能否实现波特效应[J].经济研究,2015,(7):160-173.
- [11]王班班,齐绍洲.市场型和命令型政策工具的节能减排技术创新效应——基于中国工业行业专利数据的实证[J].中国工业经济,2016,(6):91-108.
- [12]吴超鹏,唐菂.知识产权保护执法力度、技术创新与企业绩效——来自中国上市公司的证据[J].经济研究,2016,(11):125-139.
- [13]许春明,单晓光.中国知识产权保护强度指标体系的构建及验证[J].科学学研究,2008,(4):715-723.
- [14]叶祥松,刘敬.政府支持与市场化程度对制造业科技进步的影响[J].经济研究,2020,(5):83-98.
- [15]Acemoglu, D. Directed Technical Change[J]. Review of Economic Studies, 2002, 69(4):781-809.
- [16]Acemoglu, D., P. Aghion, L. Bursztyn, and D. Hemous. The Environment and Directed Technical Change [J]. American Economic Review, 2012, 102(1):131-166.
- [17]Aghion, P., A. Dechezleprêtre, D. Hemous, R. Martin, and J. Van Reenen. Carbon Taxes, Path Dependency, and Directed Technical Change: Evidence from the Auto Industry[J]. Journal of Political Economy, 2016, 124(1):1-51.
- [18]Akcigit, U., M. A. Celik, and J. Greenwood. Buy, Keep, or Sell: Economic Growth and the Market for Ideas [J]. Econometrica, 2016, 84(3):943-984.
- [19]Ang, J. S., Y. Cheng, and C. Wu. Does Enforcement of Intellectual Property Rights Matter in China? Evidence from Financing and Investment Choices in the High-Tech Industry[J]. Review of Economics and Statistics, 2014, 96(2):

332–348.

- [20] Antoci, A., S. Borghesi, G. Iannucci, and P. Russu. Emission Permits, Innovation and Sanction in An Evolutionary Game[J]. *Economia Politica*, 2020, 37(2):525–546.
- [21] Arora, A., A. Fosfuri, and A. Gambardella. Markets for Technology: The Economics of Innovation and Corporate Strategy[M]. Cambridge: MIT Press, 2004.
- [22] Calel, R., and A. Dechezleprêtre. Environmental Policy and Directed Technological Change: Evidence from the European Carbon Market[J]. *Review of Economics and Statistics*, 2016, 98(1):173–191.
- [23] Callaway, B., and P. H.C. Sant'Anna. Difference-in-Differences with Multiple Time Periods[J]. *Journal of Econometrics*, 2021, 225(2):200–230.
- [24] Gans, J. S., and S. Stern. The Product Market and the Market for “Ideas”: Commercialization Strategies for Technology Entrepreneurs[J]. *Research Policy*, 2003, 32(2):333–350.
- [25] Ginarte, J. C., and W. G. Park. Determinants of Patent Rights: A Cross-National Study[J]. *Research Policy*, 1997, 26(3):283–301.
- [26] Grossman, G. M., and E. Helpman. Quality Ladders in the Theory of Growth[J]. *Review of Economic Studies*, 1991, 58(1):43–61.
- [27] Han, P., C. Liu, and X. Tian. Does Trading Spur Specialization? Evidence from Patenting[R]. China Financial Research Conference, 2021.
- [28] Hicks, J. *The Theory of Wages*[M]. London: Macmillan Press, 1932.
- [29] Liu, Z., and H. Sun. Assessing the Impact of Emissions Trading Scheme on Low-Carbon Technological Innovation[J]. *Environmental Impact Assessment Review*, <https://doi.org/10.1016/j.eiar.2021.106589>, 2021.
- [30] Levinsohn, J. A., and A. Petrin. Estimating Production Functions Using Inputs to Control for Unobservables[J]. *Review of Economic Studies*, 2003, 70(2):317–341.
- [31] Martínez-Ros, E., and R. Kunapatarawong. Green Innovation and Knowledge: The Role of Size[J]. *Business Strategy and Environment*, 2019, 28(6):1045–1059.
- [32] Moshirian, F., B. Zhang, W. Zhang, and G. W. Schwert. Stock Market Liberalization and Innovation[J]. *Journal of Financial Economics*, 2021, 139(3):985–1014.
- [33] Noailly, J., and R. Smeets. Directing Technical Change from Fossil-Fuel to Renewable Energy Innovation: An Application Using Firm-Level Patent Data[J]. *Journal of Environmental Economics and Management*, 2015, 72:15–37.
- [34] Popp, D. Induced Innovation and Energy Prices[J]. *American Economic Review*, 2002, 92(1):160–180.
- [35] Sampat, B., and H. L. Williams. How Do Patents Affect Follow-On Innovation? Evidence from the Human Genome[J]. *American Economic Review*, 2019, 109(1):203–236.
- [36] Serrano, C. J. The Dynamics of the Transfer and Renewal of Patents[J]. *RAND Journal of Economics*, 2010, 41(4): 686–708.
- [37] Serrano, C. J. Estimating the Gains from Trade in the Market for Patent Rights[J]. *International Economic Review*, 2018, 59(4):1877–1904.
- [38] Sun, L., and S. Abraham. Estimating Dynamic Treatment Effects in Event Studies with Heterogeneous Treatment Effects[J]. *Journal of Econometrics*, 2021, 225(2):175–199.
- [39] Yao, S., X. Yu, S. Yan, and S. Wen. Heterogeneous Emission Trading Schemes and Green Innovation[J]. *Energy Policy*, <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2021.112367>, 2021.

## Environmental Trading Program and Reallocation of Green Patents

YUAN Li<sup>1</sup>, ZHOU Zheng<sup>2</sup>

(1. Business School, Hunan Normal University;  
2. School of Economics & Trade, Hunan University)

**Abstract:** Technology trading is conducive to achieving the carbon peaking and carbon neutrality goals because of its capability of reallocating green patents between heterogeneous firms. However, the environmental trading program (ETP), which induces changes in heterogeneous firms' green R&D and trading decisions by releasing price signals through market mechanisms, has not been noticed for its fundamental role in guiding the reallocation of green patents. Therefore, this paper takes a systematical examination of ETP's impact on the reallocation of green patents among heterogeneous firms.

Exploiting the pilot of emissions trading policy (PETP) as a quasi-experiment and using a firm-level panel data from the Annual Survey of Industrial Firms (ASIF) and patent data from 1998 to 2013, we conduct a time-varying difference-in-differences (DID) identification to investigate how the PETP affects the reallocation of green patents among green, mixed, and non-green innovative firms. The classification is distinguished by the historical trajectory and comparative advantage of green innovation. The findings are as follows. The PETP, for one thing, can consolidate the producer role of green innovative firms and increase green patents transferring and licensing. For another, it leads to an increase in green patents transferred and licensed for mixed innovative firms, and green patents licensed for non-green innovative firms, two of which become consumers of green patents. Thus, the reallocation of green patents among heterogeneous firms is realized. Further, considering the PETP targets at SO<sub>2</sub> emitters, this paper performs regressions by groups of SO<sub>2</sub> emitters and non-SO<sub>2</sub> emitters. We find that the effect only applies among SO<sub>2</sub> emitters. The above findings still hold after a series of robustness tests such as event study method, C-S DID estimator, interaction-weighted estimator, and placebo test, combined with two-stage least squares and instrumental variable exogeneity test to mitigate the endogeneity problem brought by the choice of pilot regions. On this basis, we further test whether the reallocation effect achieves pollution reduction, which is proved to be yes. Then, we explore the conditions where the PETP exerts the reallocation effect of green patents, and find that the effect is more obvious in regions with better developed technology trading markets and higher degree of intellectual property protection.

This paper contributes to existing literature from the following aspects. First, we analyze the impact of PETP on the reallocation of green patent of heterogeneous firms, shed light on firms' green technology trading decisions effect of ETP. Second, we interpret the green patent reallocation from the perspective of green R&D paths. Extrapolating the guiding role from the technological to the environmental factor market, this paper provides a theoretical basis for making use of the ETP to reallocate green innovation resources. Third, we examine whether the reallocation of green patents brings a pollution reduction effect. Exploring the condition of creating synergy between the policy and technology factor market, we provide empirical support for the improvement of the carbon market-based ETP and the construction of a market-oriented green technology innovation system.

**Keywords:** emissions trading policy; green technology innovation; patent trading; reallocation

**JEL Classification:** O13 O32 Q56

[责任编辑:李鹏]