

碳交易市场与绿色电力政策的互动机理与实证研究

魏庆坡¹, 安 岗², 涂永前³

(1. 首都经济贸易大学法学院, 北京 100070; 2. 东北大学工商管理学院, 辽宁 沈阳 110169;

3. 中国人民大学国家发展与战略研究院, 北京 100872)

摘 要: 面向经济社会绿色转型发展目标, 研究碳交易市场与绿色电力政策的关联关系和协调机制具有重要理论价值和实践意义。构建碳交易市场与绿色电力政策的互动模型, 探讨绿色电力政策减排效果对碳市场配额价格传导的互动机理, 研究发现, 中国碳交易市场与绿色电力入网政策、绿证交易和绿电交易通过价格联动和供需关系产生交互影响。实证分析进一步验证, 碳交易市场促进了碳排放, 绿色电力政策抑制了碳排放, 二者协同的作用是抑制了碳排放, 但是抑制的程度比单独使用绿色电力政策时轻。立足上述理论与实证分析, 提出提升碳交易市场与绿色电力政策协同性的政策启示, 为实现绿色转型和高质量发展提供决策支撑。

关键词: 碳交易市场; 能源政策; 绿证交易; 绿色转型; 电力入网

中图分类号: D922. 29

文献标识码: A

文章编号: 1005-0566(2023)05-0198-09

Interaction mechanism and empirical study between carbon trading market and green electricity policies

WEI Qingpo¹, AN Gang², TU Yongqian³

(1. School of law, Capital University of Economics and Business, Beijing 100070, China;

2. School of Business Administration, Northeastern University, Shenyang 110169, China;

3. National Academy of Development and Strategy, Renmin University of China, Beijing 100872, China)

Abstract: Facing the development goal of economic and social green transformation, it has important theoretical value and practical significance to study the correlation and coordination mechanism between carbon trading market and green electricity policy. The interactive model of carbon trading market and green electricity policy is constructed, and the interaction mechanism of emission reduction effect of green electricity policy on quota price transmission in carbon market is discussed. The study finds that China's carbon trading market and green electricity access policy, green certificate trading and green electricity trading have interactive effects through market price linkage and supply and demand relationship. The empirical analysis further verifies that carbon trading market promotes carbon emission, while green electricity policy inhibits carbon emission. The synergistic effect of the two is to inhibit carbon emission, but the degree of inhibition is less than that of green electricity policy alone. Based on the above theoretical and empirical analysis, this paper proposes policy implications to enhance the synergy between carbon trading market and green electricity policy, so as to provide decision-making support for the realization of green transformation and high-quality development.

Key words: carbon trading markets; energy policies; green certificate trading; green transformation; feed-in tariffs

收稿日期: 2022-10-16 修回日期: 2023-04-27

基金项目: 司法部中青年项目“国际气候治理新形势下《巴黎协定》实施和履约机制研究”(18SFB3047)。

作者简介: 魏庆坡(1984—), 男, 河北邢台人, 首都经济贸易大学法学院副教授、硕士生导师, 法学博士, 研究方向为国际环境法与可持续发展。通信作者: 涂永前。

党的二十大提出,“推动经济社会发展绿色化、低碳化是实现高质量发展的关键环节”,并从污染治理、能源革命、健全碳市场等方面做了具体部署^[1]。为应对气候变化这一重大全球性挑战,切实履行《巴黎协定》减排承诺,中国站在人与自然和谐共生的角度谋划发展^[2],以生态优先理念着力推进经济社会高质量发展^[3],向世界展示了中国应对气候变化的雄心与担当。对中国而言,推动经济社会发展全面绿色转型是贯彻新发展理念和推动高质量发展的内在要求和必然选择,也是一场广泛而深刻的经济社会系统性变革,面临的挑战和困难也是前所未有的。电力行业作为中国当前主要温室气体排放源是实现能源体系低碳转型目标的主战场,目前受到碳市场和绿色电力政策的“双重规制”。因此,立足我国碳市场发展环境和现实需要,坚持研究碳交易市场与绿色电力政策的相互作用机理,有利于充分发挥综合调控作用,助力中国绿色转型和新时期高质量发展。

一、相关文献综述

气候环境问题的复杂性、广泛性、不确定性和潜在性要求建立多元化和全方位的应对机制,基于“多胜于少”的思维,政策制定者往往选择出台一系列政策,包括碳交易市场、碳税、清洁能源补贴和低碳技术标准等^[4]。有时候这些政策之间具有包容性和耦合性,有时候则会产生政策张力和内耗,甚至冲突,导致减排成本上升和竞争扭曲^[5]。因此,推进能源政策和气候政策之间的兼容与协同^[6]就成为了国内外学者关注的热点。

(一)碳交易市场与能源政策的互动研究

西方发达国家对环境政策整合研究最早始于政治学,已经形成了比较完善的理论体系和方法体系。根据整合类型可以分为部门之间的政策整合与环境政策工具之间的整合两类,前者包括环境政策整合(Environmental Policy Integration, EPI)理论和气候政策整合(Climate Policy Integration, CPI)理论,后者是个体环境政策工具之间的整合。Görlach^[7]认为政策分析应该着眼于整个工具组合的表现,其认为碳交易市场在工具组合中具有特殊的地位,并讨论了其他政策工具如何影响碳交

易市场的运作。Wilts等^[8]开发了一个概念框架,用于定义、评估和开发资源效率政策组合,该框架认为政策和工具的组合最适合克服复杂挑战,因为这种组合在战略、高层次上解决了多个资源领域问题。Ladu等^[9]考虑了不同的情景以确定最合适的政策组合,其对备选方案的分析揭示了一些关于不同政策组合相对有效性的发现。Skjærseth^[10]考察了气候和能源政策的发展,从单独和狭隘的倡议到协调的一揽子政策,侧重于政策如何加速技术创新、限制污染活动、促进绿色增长和确保社会正义,提出欧盟政策组合不仅需要实现不同的转型功能,还提供了结合不同参与者利益以提高气候雄心的机会。Bersani等^[11]考虑了在不确定需求下受碳交易市场影响的电力部门最佳能源组合决策,在电力生产商最大化其预期利润的假设下,其研究表明碳交易市场对减排目标产生了奇特的影响,并指出从长远来看,碳交易市场阻碍了可再生能源的扩展能力,而不是促进它。基于环境问题的复杂性,强调多策并举成为应对环境问题的思路,但环境政策的快速增多加大了它们之间产生冲突的可能性,因此Hood^[12]提出单个技术政策会对长期减排政策产生影响,应具体协调碳价与能源政策之间的关系。Pablo^[13]认为尽管政策组合不是万能药,并且本身也会带来问题,但欧盟碳交易市场中配额价格与可再生能源政策之间的相互作用的负面性可以通过适当的协调或工具选择和设计来缓解。Lecuyer等^[14]对建构模型分析后提出当不确定性较小时,可再生能源补贴不会改善福利,但当不确定性足够大时,这些补贴会增加预期福利,因为即使配额过度分配的情况下也会出现减排。Van Den Bergh等^[15]评估了气候政策工具之间相互作用如何影响整体减排的理论建模、实证和实验研究的证据,认为这种相互作用可以采取消极、零或积极协同效应的形式,并提出国家政策的透明度和协调性可能是实现全球排放目标政治可行路径的关键。操小娟^[16]借鉴欧盟激励政策工具组合的实践经验,对政策组合形式、在目标分配中的作用、政策网络、绩效评估等方面进行借鉴性分析。王许等^[17]注意到了发达国家基于不

同减排政策工具的优势,构建政策组合实现多个减排政策的优势互补,如将碳税作为应对碳市场配额价格低迷的工具。张立锋^[18]分析了欧盟碳交易市场与可再生能源政策的协调做法,提出中国在构建碳市场时要注意不同类型碳市场之间衔接规则的制定。梁希等^[19]提出欧盟碳市场的配额价格机制反映了减排目标下的边际减排成本,有利于促进能源行业的低碳转型。

魏庆坡^[20]分析了不同碳交易市场的类型与碳税兼容的可行性,提出了集碳交易与碳税一体的组合模式,即通过引入限价模式、“分而治之”、跨期储存机制、项目抵消减排等统筹推进。朴英爱等^[21]提出碳税和碳交易具有互补性,针对不同调整范围同时实施。Duan 等^[22]提出影响深远的改革正在同步进行,比如能源使用权交易改革、电力行业改革等与国家体制效率和效益密切相关,应积极有效协调碳交易市场等紧密关联政策的设计,为未来的设计改进铺平道路。张希良等^[23]提出碳市场通过与产品市场共同作用来体现其减排效果和效率,而电力部门作为首个纳入全国碳市场的行业,由于当前电价无法在碳市场中发挥价格传导作用,因此应处理好碳市场建设与电力市场化改革之间的关系。

(二)国内对环境政策协同的研究梳理

国内早期对政策协调的研究多集中在组合研究,起步于政治学研究和经济政策组合。祁毓^[24]提出环境管理失灵的表现之一就是各种政策之间协调不足,环境政策协调性和整合开始受到学界的关注。对于碳交易市场与能源政策组合协调的相关研究主要分为 3 类:一是域外研究借鉴欧盟碳交易市场与能源政策协同思路,二是从碳交易市场制度机理分析政策组合产生的风险和制度构建回应,三是碳强度减排视野下碳市场与能源政策工具协同研究。郭宏宝等^[25]从政策组合可能产生新的作用性质、方式、途径,要求对组合时所出现新的或模糊的政策性质、效应、途径方式进行风险统计和测算,估算潜在风险,克服不确定性和认识局限性导致的环境影响,探索组合的实现方式和途径;李冬琴^[26]认为命令控制型和市场激励型环

境政策各有优势,组合使用有助于企业创新和提升绩效,但并未深入分析如何确定科学合理的政策组合;王林辉等^[27]认为政策组合有助于破除经济增长和环境质量的两难困境,在碳排放权交易试点实施补贴政策效果明显优于实施单一政策,但这种政策组合效果并非一成不变,而是处于不断变化过程中,充满着风险与不确定性;赵静等^[28]提出在当前精准施政阶段,公共政策制定要考虑对象多元化的趋势,多方博弈和影响网络机制要求政策机制运用从单一走向多元,因此需要灵活协同各类政策以降低模式匹配带来的经济社会成本,实现全面深化改革发展。

(三)文献述评

当前,关于碳交易市场与能源政策的研究主要停留在管理学和经济学领域,仅有少量研究从应对环境问题复杂性和严峻性的角度上倡导对环境政策工具的组合运用。而从法学视角专门研究市场型减排工具与其他能源政策的相互影响问题主要聚集在碳交易市场与碳税的兼容性研究,将整体减排效果追求作为目标导向加以研究。现有研究已经关注到碳市场建设与绿色电力政策的政策衔接问题,也提出了一些前瞻性建议,但囿于历史原因和实践的限制,对碳交易市场与绿色电力政策协同的理论研究不足,缺乏对两者互动整合逻辑的系统分析,这也是本文拟回答的关键问题。

能源消费电气化和能源生产清洁化是能源体系低碳转型的主线,持续提升电气化水平和能源综合利用效率是实现绿色转型和高质量发展的关键。基于“电力脱碳”问题的广泛性、关联性和错综复杂性,一个设计良好的碳交易市场能够兼顾环境整体性和经济效率性,从而助力二氧化碳和其他温室气体减排。在碳交易市场之外附加绿色电力政策则需要具体分析它们之间的交互性与整体性,降低减排政策工具的“运行成本”,以充分发挥综合调控作用,实现“电力脱碳”和整个社会的绿色低碳转型。本文立足中国全面绿色转型目标背景,借助实证分析法,试图从理论上回答碳交易市场与绿色电力政策的互动逻辑,深入剖析中国碳交易市场与绿电入网政策,以及碳交易市场与

绿证交易和绿电交易的相互影响机理,并提出全面、系统和可落地的协同建议。

二、碳交易市场与绿色电力政策的互动机理

本文基于刘洽等^[29]构建的政策对发电企业能源决策的影响及最优化模型,结合碳交易市场与绿色电力政策的具体情况,发展出电力企业在两种政策的激励和约束下的最优化决策模型,分析两种政策的互动机理。碳交易市场分为绝对减排目标(Absolute Cap,基于总量的碳市场)和相对减排目标(Relative Cap,基于强度的碳市场)。前者是强调硬性约束排放总量,后者则根据产量或能耗强度来设置排放总量。不同减排目标情形下配额价格传递减排信号影响不同,进而对绿色电力政策的影响也是存有差异。

(一)绝对减排目标与绿色电力政策的互动机理

绝对减排目标下碳交易市场强制性限定排放总量,并将配额以免费或拍卖的方式分发给控排主体,通过定期履约要求促使控排主体在二级市场上交易以完成整体减排目标。此类市场减排的优势就是特定时空下减排总量的绝对削减与控排主体减排成本的市场化,欧盟碳交易市场(EU ETS)就是典型的绝对减排目标市场^[30]。在绿色转型背景下,补贴可再生能源电力项目能够促进可再生能源和绿色电力的发展。但在绝对减排目标碳交易市场中,可再生能源电力项目发电上网行为必将导致市场中其他发电排放源排放降低,致使二级市场相应的配额需求降低。

假设某电力企业,在生产电力的同时面临两个相互重叠的政策:一是绝对减排目标下碳交易市场政策,每年排放配额有一定额度,如果超过额度就需要到富余企业购买额度,如果有剩余额度的话,则可以出售额度;二是可再生能源电力项目的激励政策,如果投资环保设备,达到单位产量排放的国家标准,可以享受按产量的补贴政策。这两个政策一个具有限制企业排放的作用,而另一个具有鼓励企业投资环保设备、扩大生产的作用,显然两个政策存在互动和冲突。以下模型试图阐明这两个政策的互动或冲突逻辑。

企业总成本由3项构成,即固定投入,环保设备投入和可变成本投入。因此,成本函数设定为:

$$TC = f_0 + f(q) + mc[f(q)]q \quad (1)$$

在式(1)中, f_0 为维持正常生产的固定投入; $f(q)$ 为环保设备投入,随着产量 q 的增加而增加,因此一阶导数 $f'(q) > 0$; $mc[f(q)]$ 为生产的边际成本,乘以产量就构成成本的第三项可变成本,这个成本随着环保投入的增加而减少,因此一阶导数为负,即 $mc'[f(q)] < 0$ 。

企业的总收益包括销售收入和两种政策补贴收入,因此企业收益函数初步设定为:

$$TR = pq + S_1 + S_2[f(q)]$$

式中, p 为产品价格,在电力企业,价格可以视为固定价格; S_1 为能源配额和碳交易市场政策补贴,污染排放与年度污染排放配额的差为正,则可以出售配额,不足则需要购买配额,补贴额度可表示为 $p(q_0 - q)b$, b 为产量和环保设备决定的单位产量的污染排放系数,乘以电力价格可以构成减少的单位排放的补贴价格,在碳交易市场上等于 CO_2 的排放交易价格; $S_2[f(q)]$ 为环保标准政策补贴,投入环保设备,达到环保标准则可享受国家政策补贴,补贴额度随着环保投入增加而增加,但是存在上限,用数学公式表达为 $S_2'[f(q)] > 0$, $S_2''[f(q)] < 0$ 。综合起来,企业的收益函数可以表示为:

$$TR = pq + p(q_0 - q)b + S_2[f(q)] \quad (2)$$

基于以上分析,可以得到企业的利润函数表达式,企业追求最大化利润:

$$\text{Max}\pi(p, q) = pq + p(q_0 - q)b + S_2[f(q)]pq - f_0 - mc[f(q)]q - f(q) \quad (3)$$

由于存在价格管制,产品价格 p 的波动可以忽略不计,企业可以选择在产量 q 上进行利润最大化决策,利润函数对产量求导,得到一阶条件(FOC):

$$p - pb + S_2'[f(q)]f'(q)pq + S_2[f(q)]p - mc'[f(q)]f'(q)q - mc[f(q)] - f'(q) = 0 \quad (4)$$

对(4)式进行移项变形,可得企业在利润最大化下选择最优产量 q 的解析解表达式:

$$q = \frac{pb - p - S_2[f(q)]p + f'(q) + mc[f(q)]}{S_2'[f(q)]f'(q)p - mc'[f(q)]f'(q)} \quad (5)$$

对式(5)作比较静态分析,可得到如下研究结论。

碳排放绝对配额政策限制了企业的生产扩张。政策补贴 $S_1 = p(q_0 - q)b$ 说明,企业产量与配额的差距越小则补贴越少,如果超过了配额,则需要去购买额度,收益转化为成本,这导致企业会主动限制自己的产量。

可再生能源电力项目政策促进了企业产量的扩张。假设其他条件不变,可以对影响企业产量的因素进行比较静态分析。补贴之后,实际价格越 p 低,则产量越高;随着环保设备的投入 $f(q)$ 增加,边际成本的削减 $mc'[f(q)]f'(q)$ 越快,则企业产量 q 增加越快。企业为了弥补环保设备投入的成本,尽可能享受绿色环保政策的好处,会积极扩大生产。因此,这两个政策之间形成冲突,或者激励不相容,导致企业选择困境,从而削弱政策补贴的效果。

基于供求关系理论,最终将导致配额价格降低。在排放总量既定的情形下,配额价格降低势必会引起其他控排主体利用低价购买配额进而排放更多温室气体。理论上而言,只要配额的价值相对控排主体来说具有正面性,一个或更多控排主体必将增加排放直到整个排放总量被耗尽^[31]。同时,可再生能源电力入网政策对于碳交易市场配额价格影响也会破坏投资,进而造成整体排放量并未削减的后果。

除了排放总量增加,可再生能源电力项目入网在确保能源安全方面也存在問題。发展可再生能源的一个重要理由是摆脱对传统化石能源的影响,降低能源对外依存度^[32]。可再生能源电力并不消耗化石能源,这个理论似乎具有合理性,但若聚焦其与绝对减排目标碳交易市场互动后的结果就需要重新分析。如前所述,可再生能源电力项目入网并未降低整体排放量,其他填充的排放量也会消耗化石能源,可能源于排放总量的增长,也可能是源于既有水平下强度的提升,如天然气发电代替煤电。

(二)相对减排目标与绿色电力入网政策互动机理

相对减排目标碳交易市场并不设定严格的控排总量,依据能源损耗、产出、税收等作为衡量排放总量的标准,确保经济增长的同时降低排放总量,在经济发展与控排之间寻求平衡。此类交易体系下温室气体排放量与能源消耗或工业生产有关,即生产规模降低或提高都不会影响碳强度变化。与绝对减排体系下的存量交易相比,相对减排目标下的碳交易市场并不限制总量,由于核查和执行的原因,实际排放总量一般都会超过既定总量。因此,相对减排体系不仅存在存量交易,还会产生增量交易。对于中国、南非、墨西哥等新兴经济体,基于经济和排放都高速发展的实际适合采用此类减排模式。

假设某电力企业面对两个政策:一是相对减排目标下碳交易市场政策,每年排放配额根据产量有一个可伸缩额度,如果超过额度就需要到富余企业购买额度,如果有剩余额度的话,则可以出售额度;二是绿色电力激励政策,如果投资环保设备,达到单位产量排放的国家标准,可以享受按产量的补贴政策。企业总成本由 3 项构成,即固定投入、环保设备投入和可变成本投入。因此,成本函数见式(1)。

企业的总收益包括销售收入和两种政策补贴收入,因此企业收益函数初步设定为:

$$TR = pq + p[q_0(q) - q]b + S_2[f(q)] \quad (6)$$

式(6)中,补贴额度可表示为 $p[q_0(q) - q]b$,排放的额度与产量相关。

基于以上分析,可以得到企业的利润函数表达式,企业追求最大化利润:

$$\text{Max}\pi(p, q) = pq + p[q_0(q) - q]b + S_2[f(q)]pq - f_0 - mc[f(q)]q - f(q) \quad (7)$$

利润函数对产量求导,得到一阶条件(FOC):

$$p + p q_0'(q) - pb + S_2'[f(q)]f'(q)pq + S_2[f(q)]p - mc'[f(q)]f'(q)q - mc[f(q)] - f'(q) = 0 \quad (8)$$

易得企业选择最优产量 q 的表达式为:

$$q = \frac{pb - p - p q_0'(q) - S_2[f(q)]p + f'(q) + mc[f(q)]}{S_2'[f(q)]f'(q)p - mc'[f(q)]f'(q)} \quad (9)$$

碳交易市场政策限制了企业的生产扩张。政策补贴 $S_1 = p[q_0(q) - q]b$ 说明, 尽管企业产量与配额的差距越小则补贴越少, 如果超过了配额, 则需要去购买额度, 但是企业的排放额度会随着产量而上升, 这实际上软化了排放的额度约束, 这导致企业会尽可能扩大自己的产量。

环保标准政策促进了企业产量的扩张。与绝对减排目标的分析类似, 企业为了弥补环保设备投入的成本, 尽可能享受绿色环保政策的好处, 会积极扩大生产。因此, 这两个政策之间形成激励相容, 企业选择投入绿色能源设备的情况下, 尽量扩大生产, 获取政策补贴的效果。

由于总量控制与激励, 在相对减排目标碳交易市场下的控排主体减排积极性在某种程度上要弱于在绝对减排目标下碳交易市场。但是, 可再生能源电力入网政策依然能够降低单位能量供给的排放量, 进而导致配额需求和价格下降。同时, 囿于总量设置的宽松与灵活, 因此也不会激发其他控排主体趁机购买低价配额的积极性。同理, 可再生能源电力入网政策导致的能源安全问题在相对减排目标碳交易市场下的现实意义并不大, 因为其他领域的排放弥补并不积极。

换言之, 绝对减排目标下严苛的控排总量导致绿色电力入网政策削减的排放量获得其他排放源的递补, 继而导致排放总量不变, 甚至增加。同时, 基于其他排放源的需求, 绝对碳交易减排体系下的绿色电力入网政策并非一定能确保能源安全。如荷兰于 2013 年考虑替代煤电的一个重大顾虑就是欧盟碳交易市场的“水床效应”将会填补替代的排放减少^[33]。相比之下, 相对减排目标下的绿色电力入网政策在灵活的总量下并不能产生“硬性”配额价格传导, 其在一定程度上能够对排放总量和能源安全发挥“多策并举”的作用。

三、中国碳交易市场与绿色电力政策相互影响的实证分析

(一) 模型设定

根据理论分析, 结合数据的可获得性, 验证碳交易市场政策和绿色电力入网政策对碳排放的影响。考虑各省情况的异质性, 设定 4 个固定效应模

型 1 ~ 模型 4, 分别用碳交易市场政策、绿色电力入网政策, 以及两个政策同时以及协同对碳排放进行回归。模型中具体变量的含义、功能和测度如表 1 所示。

模型 1:

$$Epg = \beta_0 + \beta_i + \beta_1 Rev_{it} + \beta_2 Carbon_{it} + \varepsilon_{it}$$

模型 2:

$$Epg = \beta_0 + \beta_i + \beta_1 Rev_{it} + \beta_3 Green_{it} + \varepsilon_{it}$$

模型 3:

$$Epg = \beta_0 + \beta_i + \beta_1 Rev_{it} + \beta_2 Carbon_{it} + \beta_3 Green_{it} + \varepsilon_{it}$$

模型 4:

$$Epg = \beta_0 + \beta_i + \beta_1 Rev_{it} + \beta_4 Carbon_{it} \times Green_{it} + \varepsilon_{it}$$

表 1 回归模型中各变量的含义、功能和测度

变量	含义	功能及测度
Epg	各省月度火力发电量 (亿度)	CO_2 排放的代理变量, 国家统计局发布的月度数据
Rev	各省月度工业营收 (亿元)	控制变量, 国家统计局发布的月度数据
$Carbon$	是否实施碳交易市场政策	虚拟变量, 2021 年 7 月之前为 0, 之后为 1
$Green$	是否实施绿色电力入网政策	虚拟变量, 2021 年 8 月之前为 0, 之后为 1

(二) 中国碳交易市场与绿色电力政策相互影响的实证检验

利用 Stata 软件, 根据收集的相关数据, 对以上 4 个模型进行固定效应回归, 计量结果如表 2 所示。从模型 1 的结果来看, 碳交易市场政策的实施对碳排放有微弱的抑制作用, 但是由于显著性不高, 并存在严重的遗漏变量问题, 还需要后续模型的进一步检验。从模型 2 的结果来看, 绿色电力入网政策的实施对碳排放有一定的抑制作用, 但是也存在严重的遗漏变量问题, 需要结合其他模型综合判断。模型 3 同时考虑了碳交易市场政策和绿色电力入网政策对于碳排放的影响, 结果显示这两项政策对碳排放的影响相反, 碳交易市场政策的实施对碳排放有显著的促进作用, 绿色电力入网政策的实施对碳排放有显著的抑制作用, 这个结果考虑的变量比较全面, 具有一定的可信性。模型 4 检验了碳交易市场政策和绿色电力入网政策对于碳排放的协同作用, 结果显示是碳交易市场缓解了绿色电力入网政策的抑制作用。

表 2 模型 1—模型 4 的实证分析结果

解释变量	模型 1 (Epg)	模型 2 (Epg)	模型 3 (Epg)	模型 4 (Epg)
Rev	0.012 *** (0.002)	0.013 *** (0.002)	0.019 *** (0.002)	0.012 *** (0.002)
Carbon	-3.681 * (2.259)	—	12.741 *** (5.034)	—
Green	—	-6.761 *** (2.195)	-17.907 *** (4.916)	—
Carbon × Green	—	—	—	-5.761 *** (2.239)
常数项	116.632 *** (6.008)	115.468 *** (5.992)	113.892 *** (5.999)	118.382 *** (5.992)
个体固定效应	控制	控制	控制	控制
观测值	682	682	682	682

注：参数估计的***、* 分别表示在 $p < 0.01$ 、 $p < 0.1$ 上有统计学意义。括号内是标准误。

总之,根据以上计量结果可以得到以下结论,碳交易市场促进了碳排放,绿色电力政策抑制了碳排放,二者协同的作用是抑制了碳排放,但是抑制的程度比单独使用绿色电力政策减轻了,可以说碳交易市场缓解了绿色电力入网政策的抑制作用。上述结论部分验证了本文提出的理论模型的结果。电力行业的碳排放同时受到碳市场和绿色电力政策影响,为避免两个政策工具之间的内耗和张力,要考虑如何协同两个政策。

(三)稳健性检验

本文利用各省月度火力发电量(亿度)占比 $Epgp$ 作为代理变量,进行稳健性检验(见表3)。

表 3 模型 1~模型 4 的实证分析结果

解释变量	模型 1 (Epgp)	模型 2 (Epgp)	模型 3 (Epgp)	模型 4 (Epgp)
Rev	0.008 *** (0.003)	0.009 *** (0.003)	0.011 ** (0.006)	0.012 ** (0.006)
Carbon	-0.631 * (0.034)	—	1.361 *** (0.534)	—
Green	—	-3.461 *** (1.032)	-9.324 *** (2.318)	—
Carbon × Green	—	—	—	-5.624 ** (2.238)
常数项	10.346 ** (6.008)	11.384 ** (5.992)	12.637 *** (5.999)	13.124 *** (5.992)
个体固定效应	控制	控制	控制	控制
观测值	682	682	682	682

注释：参数估计的***、**、* 分别表示在 $p < 0.01$ 、 $p < 0.05$ 和 $p < 0.1$ 上有统计学意义。括号内是标准误。

上述结果表明实证结果较为稳健,碳交易市场促进了碳排放,绿色电力政策抑制了碳排放,二者协同的作用是抑制了碳排放,但是抑制的程度比单独使用绿色电力政策减轻。

四、简要结论与政策内涵

通过构建碳交易市场与绿色电力政策的互动模型,探讨绿色电力政策减排效果对碳市场配额价格传导的互动机理。剖析中国碳交易市场与绿色电力入网政策、绿证交易和绿电交易通过市价格联动和供需关系产生交互影响,并探索统筹市场间协同发展规则。研究发现,碳交易市场促进了碳排放,绿色电力政策抑制了碳排放,二者协同的作用是抑制了碳排放,但是抑制的程度比单独使用绿色电力政策减轻。

在绿色转型目标背景下,要结合我国碳减排和绿色低碳发展的具体实际,提升政策制定者与执行者之间协同意识,强化碳交易市场与绿色电力政策的结构性规划和程序性操作,逐步加强政策之间的协同机制和技术建设,为运用科学范式形成政策合力以提升减排效果提供解决思路和政策建议。

一是健全适应碳交易市场与绿色电力政策协同需要的能源法律制度体系。全面清理现行能源领域法律法规中与碳交易市场和绿色电力政策协同要求不相适应的内容,如将纳入到全国碳排放交易市场中的控排单位从《节约能源法》的监管范围中剔除,将《节约能源法》及其配套政策的范围限定在全国碳交易市场之外的用能企业。同时,将碳交易市场与绿色电力政策的自治作为生态环境立法的基本原则,将协同推进政策的指导性要求和目标融入立法目的和具体制度中,如在能源法、碳市场监管条例、《节约能源法》和《可再生能源法》等中纳入协同性要求,以确保新制定的制度能够与现有环境治理法律制度相互契合。

二是完善碳市场配额确定和分配机制。结合正常商业(business as usual)下能源效率和技术政策的不同情形考虑减排总量设计灵活性,尤其应考虑绿色电力能源政策减排产生的空间,确保配额的“稀缺性”以维持价格激励性和市场功能性。在运行阶段要确保碳交易市场与绿色电力能源政策之间的协同性和整合性。要关注经济运行周期引发配额价格降低,避免经济政策溢出效应、经济发展超预期情形等导致政策之间失衡,尤其要避免这种失衡长期僵化。同时要确保减排总量设置

的可调整性,避免碳市场运行早期发放过多配额阻碍中国减排承诺履行的实现。

三是建立碳市场与绿电价格衔接体系。在深化电力体制改革背景下,加快完善电力市场化价格形成机制,不断完善以市场竞争决定价格为核心的电力改革,进一步理顺煤和电价关系,充分发挥发电价格和用电价格顺畅传导,更好地发挥电力市场对电力行业低碳转型的支撑作用。建立健全碳市场价格发现机制以及传导机制,碳价是碳排放的计价因子,完备的碳价形成机制能将碳排放外部成本自动转化为排放主体的内部成本,明确的碳市场价格信号将通过传导机制影响电力行业定价模式及企业成本收益结构,推动电力企业依据碳价所反映的边际减排成本调整自身生产经营行为,同时碳成本会被记入发电企业的发电边际价格,最终实现由所有用户分摊减排成本。

四是构建环境权益核查流通互认机制。建立发电企业与电力消费企业之间的绿证流通渠道,防止环境权益重复计算。通过科学认定“额外性”赋予绿证碳减排在碳交易市场中的认可和交易属性,建立绿色电力交易与可再生能源消纳责任权重挂钩机制,市场化用户通过购买绿色电力或绿证完成可再生能源消纳责任权重,扩大可再生能源减排项目的抵消比例。提升绿证和绿电数据等对碳核查计量的支撑作用,建立健全以电碳关系为基础的温室气体排放核查标准和体系,完善碳市场和绿色电力政策的数据共享和信息交互机制,探索构建环境权益价值存证和流转监管分析平台,据此构建和完善市场主体的碳足迹追踪机制,推动构建与碳交易市场融合的计量标准和认证体系。

五是深化开展“碳电”业务探索与技术创新。发挥电力企业能耗数据资源优势,不断挖掘能源产业链中的潜在客户,探索开拓碳资产托管和排放抵消业务,为创新碳资产管理业务模式提供支撑。借助金融机构的渠道资源优势,积极推进碳市场配额与绿证相关金融业务的研发和推广应用,整合碳资产管理公司和碳交易机构的业务优势,尝试联合开发碳期货、碳基金、碳债券和碳期权等金融产品,为减排项目提供资金支持和提升

产融结合效率,并尝试构建碳金融衍生品的市场交易规则,努力实现产品联合开发和数据资源共享。完善和创新绿色电力政策的二级市场交易规则,开通绿证交易的二级市场,引入电力用户和售电公司等更多交易主体,释放绿证交易潜力。

参考文献:

- [1]肖新建.深刻认识和把握人与自然和谐共生的现代化[J].当代世界,2023(2):55-60.
- [2]张辉,徐越.坚持和加强党的领导 推动生态文明建设取得历史性转折性全局性变化[J].管理世界,2022(8):1-11.
- [3]林伯强.碳中和进程中的中国经济高质量增长[J].经济研究,2022(1):56-71.
- [4]魏庆坡.“双碳”目标下碳交易体系与绿色低碳政策的互动整合研究[J].河北科技大学学报(社会科学版),2022,22(1):19-26.
- [5]BRAATHEN N A. Instrument mixes for environmental policy: how many stones should be used to kill a bird? [J]. International review of environmental and resource economics, 2007(2): 185-236.
- [6]胡德胜.西方国家生态文明政策法律的演进[J].国外社会科学,2018(1):81-90.
- [7]GÖRLACH B. Emissions trading in the climate policy mix: understanding and managing interactions with other policy instruments [J]. Energy & environment, 2014, 25(3/4): 733-749.
- [8]WILTS H, O' BRIEN M. A policy mix for resource efficiency in the EU: key instruments, challenges and research needs [J]. Ecological economics, 2019(155): 59-69.
- [9]LADU L, IMBERT E, QUITZOW R, et al. The role of the policy mix in the transition toward a circular forest bioeconomy [J]. Forest policy and economics, 2020(110): 101937.
- [10]SKJÆRSETH J B. Towards a European Green Deal: the evolution of EU climate and energy policy mixes [J]. International environmental agreements: politics, law and economics, 2021, 21(1): 25-41.
- [11]BERSANI A M, FALBO P, MASTROENI L. Is the ETS an effective environmental policy? undesired interaction between energy-mix, fuel-switch and electricity prices [J]. Energy economics, 2022(110): 105981.
- [12]HOOD C. Managing interactions between carbon pricing and existing energy policies [R]. IEA Insights Publication, 2013:6-7.

- [13] PABLO D R. Why does the combination of the European Union Emissions Trading Scheme and a renewable energy target makes economic sense? [J]. Renewable and sustainable energy reviews, 2017(74): 824-834.
- [14] LECUYER O, QUIRION P. Interaction between CO₂ emissions trading and renewable energy subsidies under uncertainty: feed-in tariffs as a safety net against over-allocation [J]. Climate policy, 2019, 19(8): 1002-1018.
- [15] VAN DEN BERGH J, CASTRO J, DREWS S, et al. Designing an effective climate-policy mix: accounting for instrument synergy [J]. Climate policy, 2021, 21(6): 745-764.
- [16] 操小娟. 气候政策中激励政策工具的组合应用: 欧盟的实践与启示[J]. 中国地质大学学报(社会科学版), 2014, 14(4): 60-66, 140.
- [17] 王许, 朱磊, 范英. 国际经验对我国市场化减排机制设计的启示[J]. 中国矿业大学学报(社会科学版), 2015, 17(5): 68-74.
- [18] 张立锋. 欧盟碳市场法制建设若干特点及对中国的启示[J]. 河北学刊, 2018, 38(4): 215-220.
- [19] 梁希, 吴怡, 董白桦, 等. 以碳市场引导能源行业转型: 欧盟经验与借鉴[J]. 环境保护, 2022, 50(10): 24-27.
- [20] 魏庆坡. 碳交易与碳税兼容性分析: 兼论中国减排路径选择[J]. 中国人口·资源与环境, 2015, 25(5): 35-43.
- [21] 朴英爱, 杨志宇. 碳交易与碳税: 有效的温室气体减排政策组合[J]. 东北师大学报(哲学社会科学版), 2016(4): 117-122.
- [22] DUAN Maosheng, ZHOU Li. Key issues in designing China's national carbon emissions trading system [J]. Economics of energy & environmental policy, 2017, 6(2): 55-72.
- [23] 张希良, 张达, 余润心. 中国特色全国碳市场设计理论与实践[J]. 管理世界, 2021, 37(8): 80-95.
- [24] 祁毓. 环境税费理论研究进展与政策实践[J]. 国外社会科学, 2019(1): 53-63.
- [25] 郭宏宝, 朱志勇. 环境政策工具组合的次优改进效应[J]. 首都经济贸易大学学报, 2016, 18(2): 106-115.
- [26] 李冬琴. 环境政策工具组合、环境技术创新与绩效[J]. 科学学研究, 2018, 36(12): 2270-2279.
- [27] 王林辉, 王辉, 董直庆. 经济增长和环境质量相容性政策条件: 环境技术进步方向视角下的政策偏向效应检验[J]. 管理世界, 2020, 36(3): 39-60.
- [28] 赵静, 薛澜. 探究政策机制的类型匹配与运用[J]. 中国社会科学, 2021(10): 39-60, 205.
- [29] 刘治, 赵秋红. 政策对发电企业能源决策的影响及最优化模型[J]. 系统工程理论与实践, 2015, 35(7): 1717-1725.
- [30] 孙春. 中国碳市场与 EU 碳市场价格波动溢出效应研究[J]. 工业技术经济, 2018, 37(3): 97-105.
- [31] EASWARAN N, KELLY S G, STEFAN K, et al. Carbon pricing in practice: a review of existing emissions trading systems [J]. Climate policy, 2018, 18(8): 967-991.
- [32] 魏庆坡. WTO 视域下欧盟碳边境调节机制的适法性分析及中国因应[J]. 西南民族大学学报(人文社会科学版), 2022, 43(11): 92-99.
- [33] CHRIS F, JARIG V S. Economic analysis as a tool to improve decision-making [J]. Competition law international, 2015(11): 61-70.

(本文责编: 辛 城)