

中国实现碳达峰的政策建议

——基于碳定价机制模型的多情景模拟分析

安祺¹, 庞军², 冯相昭¹

(1. 生态环境部环境与经济政策研究中心, 北京 100029; 2. 中国人民大学环境学院, 北京 100872)

【摘要】碳定价机制是利用市场机制推动碳减排、减缓气候变化方案的核心内容, 包括碳排放权交易和碳税等措施。尽管新冠肺炎疫情打乱了经济发展节奏, 但是中国主动提高国家自主贡献力度, 积极推进战略提升与政策强化。本研究构建并运用“碳定价机制模型”模拟涵盖不同主体范围及政策组合下的碳排放权交易市场运行情况, 分析评估碳减排效果及经济影响, 为丰富完善我国实现碳达峰的政策工具提供技术支持。

【关键词】气候变化; 碳达峰; 碳定价; 碳排放权交易; 碳税; 碳泄漏

中图分类号: 文献标识码: A 文章编号: 1673-288X(2021)01-0058-13 DOI: 10.19758/j.cnki.issn1673-288x.202101058

全球气候变化是人类面临的共同挑战, 已有 50 多个国家和地区实施或计划实施基于碳定价机制的解决方案, 包括 25 个碳排放权交易系统和 26 个碳税系统。尽管新冠肺炎疫情打乱了世界发展节奏, 但应对气候变化在全球环境治理与可持续发展议程中仍占有重要地位。习近平总书记在第七十五届联合国大会一般性辩论上提出“中国将提高国家自主贡献力度, 采取更加有力的政策和措施, 二氧化碳排放力争于 2030 年前达到峰值, 努力争取 2060 年前实现碳中和”。我国积极推进战略提升与政策强化, 制定出台了《碳排放权交易管理办法(试行)》及《2019—2020 年全国碳排放权交易配额总量设定与分配实施方案(发电行业)》, 于 2021 年 1 月 1 日正式启动全国碳市场第一个履约周期。碳交易试点从 2013 年陆续启动以来, 共有 2837 家重点排放单位、1082 家非履约机构和 11169 个自然人参与。截至 2020 年 8 月末, 碳市场配额累计成交量为 4.06 亿吨, 累计成交额约为 92.8 亿元, 已成长为配额成交量规模全球第二的碳配额交易市场。

从经济学角度看, 碳配额交易旨在“减少碳排放、减缓气候变化”的经济活动, 其作用在于在

确保实现碳排放总量和排放强度的目标前提下, 通过碳定价机制使市场达到供需平衡, 其影响波及所覆盖行业、关联部门和分布地区, 以费用或效益的形式反映到国民经济核算中。本研究基于碳定价机制理论、实践以及我国实现碳达峰的制度安排, 在递推动态 CGE (Computable General Equilibrium) 模型基本框架下构建了细分电力部门的“碳定价机制模型”, 通过模拟涵盖不同市场主体及政策组合下的碳交易市场运行情况, 评估分析碳减排效果及经济影响, 为丰富完善我国碳达峰政策工具及制度体系提供参考。

1 研究综述

1.1 不同碳排放控制措施的比较

碳定价机制是利用市场手段推动碳减排、减缓气候变化方案的重要举措, 包括碳排放配额、碳排放权交易和碳税等措施。从资源分配效率的角度看, 这些都是实现碳排放责任分配和控制的有效政策工具, 其所产生的结果基本一致。区别是, 碳交易方式碳排放总量已知, 但价格未知; 碳税方式总排放量未知, 但是价格已知。有学者认为碳税与碳排放权交易的作用不分伯仲, 只是在不同

基金项目:生态环境部环境与经济政策研究中心与美国环保协会合作“中国碳排放交易多情景下的经济影响评价研究”项目

作者简介:安祺, 经济学博士/环境学博士, 高级工程师, 研究方向为能源、环境与经济政策

限定条件下有所取舍。Hoel 等(2001)发现碳税政策下国家净福利比碳排放权政策高出好几倍。Newell 等(2003)也得出类似结论。另一方面,明确认为碳交易优于碳税而支持碳交易的研究也不在少数。Keohane(2008)认为碳交易政策不仅能使政治辩论集中在环境政策的目标上,更重要的是能够促进国际合作,降低全球碳减排成本。Yanase(2007)表明碳税政策下各国净碳排放量会更多,国家福利水平会更低,即碳排放配额政策要优于碳税政策。Murray 等(2009)发现限额交易体制的福利效果优于碳税。

一些学者分析了中国实施全国性碳交易的效果。Klaassen 等(2005)发现碳交易机制可以达到市场均衡,实现经济效率最大化。Mandell(2008)表明采用限额交易机制和碳税组合政策的经济效率比使用任何单一政策都好。Wang 等(2009)、Hubler 等(2014)、Cui 等(2014)认为碳交易能更好地促进节能减排和减少经济增长代价。在全球碳排放限额与交易系统中,一国政府给本国企业和个人分配排放指标,指标结余在国际市场上交易。如果各国不能统一协调,最终将导致碳排放总量上升。有学者已经开始研究不同国家之间碳排放权交易系统连接的效应,认为或许制定全球统一的最低碳价格能有效将全球气候变化问题内部化,从而实现帕累托改进,使更多人收益,试图为构建和评价全球碳排放权交易体系的绩效提供依据。

1.2 对行业部门及企业的影响

首先,涉及行业部门碳排放核算,分部门生产导致的直接碳排放和部门需求引起的隐含碳排放两类。生产类碳排放的研究关注特定经济体各部门的直接排放,如联合国气候变化公约(UNFCCC)数据集、国际能源署(IEA)数据集、世界资源研究所(WRI)数据集及美国能源信息管理局(EIA)数据集等。宋德勇等(2009)、Zhang 等(2009)、Guo 等(2010)等基于 IPCC 指南对我国部分部门温室气体排放进行了研究。隐含碳排放主要是各部门最终需求引起的直接及间接隐含温室气体排放。基于生产类碳排放核算存在碳泄漏

(carbon leakage)及排放公平性等问题,隐含碳排放核算受到越来越高的关注。已有学者对英国、澳大利亚及印度等国家部门隐含排放,芬兰、巴西等国家对外贸易,以及美日韩等国之间贸易中的隐含排放进行研究。我国齐晔等(2008)集中对中国进出口贸易中各部门产品的隐含碳排放进行了研究,安祺等(2012)从部门最终需求的角度进行了研究。

其次,对企业包括生产效率、产品价格、市场份额等的影响及企业碳减排决策。如 Chappin 等(2009)研究寡头垄断市场下碳排放权交易机制对电力公司决策的影响;Mo 等(2012)分析欧盟地区不同碳交易权价格的设定对欧盟电力企业市值的影响;李昊等(2012)从供应链的视角,研究不同机制对企业运营决策的影响。曹翔等(2017)针对非完全竞争市场下存在低碳技术差异的企业,比较分析相同碳强度减排目标下,强制减排、碳税与碳交易 3 种减排政策对企业产量、市场份额及其社会总产量的影响,建议:(1)尽快确定普适的碳排放核算标准,核算出各行业企业的低碳技术差距;(2)政府应该区别企业低碳技术差距对不同行业采取最适宜的减排政策;(3)建立促进缩小不同企业低碳技术的机制。

再者,碳交易的企业生产决策优化问题研究。Rong 等(2007)建立了一个考虑企业风险态度、超额排放惩罚和排放估计置信区间的多周期随机决策模型,以优化热电联产企业的 CO₂ 排放交易规划。Gong 等(2013)建立了一个企业动态生产模型,推导企业期望总贴现成本最小化的最优排放交易和生产策略,并利用水泥行业数据进行了数值研究,检验绿色技术对制造商的价值。杨鉴(2013)研究了碳排放权交易机制下的企业生产决策调整。朱慧赞(2013)研究了外部碳约束下企业制造和再制造生产决策行为,并比较了碳税和碳排放权交易两种碳减排政策的有效性。

1.3 对国民经济的影响

诸多研究利用 CGE 模型研究外部政策冲击对环境经济系统的影响,支持选择对经济比较有

利、对环境影响较小的经济政策。Hermeling (2013) 等对欧盟碳排放权交易市场的影响进行了研究。Burniaux (2000) 分析了日本的碳排放权交易影响。Rodica 和 Gaston 等 (2009) 分析了碳排放权交易制度体系下的研发对罗马尼亚经济产生的积极意义, 认为研发能够降低企业的生产成本并减少二氧化碳的排放量, 有利于宏观经济的发展。Jan (2010) 对比分析了碳排放权交易机制和碳税的减排效果及对经济的影响, 结果显示, 基于市场机制的碳排放权交易机制更能够实现减排目标且对经济的消极作用更小。王灿等 (2005) 研究了 CO₂ 减排对中国经济的影响, 其研究结果认为, 在中国实施 CO₂ 减排政策将有助于能源效率的提高, 但同时也将给中国经济增长和就业带来负面影响。刘小敏等 (2011) 估算了 2020 年我国碳排放强度目标执行的难易程度。崔连标等 (2013) 通过构建无碳交易市场、仅试点地区和全国性碳交易 3 种政策情景的省际排放权交易模型, 量化模拟了碳交易机制在实现各省份减排目标的过程中所发挥的成本节约效应。除 CGE 模型之外, 闫云凤 (2015) 构建了世界诱导技术变化混合 (WITCH, World Induced Technical Change Hybrid) 模型, 分析了全球碳排放权交易市场的发展概况及国外主要碳排放权交易体系的建设经验, 评估了全球碳排放权交易市场对我国经济、能源、气候系统的影响。

2 模型构建

2.1 数据准备及模拟工具开发

本研究以国民经济各部门的投入产出和能源环境压力数据为基础。

首先, 对标国家自主贡献中对清洁能源设立的相应目标, 对 2017 年投入产出表进行必要的调整。其中, 电力部门被细分为“煤电”“气电”“水电”“核电”“风电”“太阳能发电”及“其他”7 个部门, 对其他传统经济部门加以合并, 最终将 149 个部门拆分、合并为 29 个部门, 如表 1 所示。

其次, 编制社会核算矩阵。作为描述国民经济结构与特征的工具, 编制基准均衡状态的社会

表 1 生产部门构成与电力部门划分

序号	部门名称	IO 表部门 编号	英文 缩写
1	农林牧渔产品和服务业	1-5	AGRI
2	煤炭采选业	6	COAL
3	石油和天然气开采业	7	CROIL
4	金属及非金属矿采选业	8-11	MINMI
5	食品和烟草制造业	12-26	FOOTO
6	纺织品、服装鞋帽皮革羽绒及其 制品制造业	27-34	TEXTI
7	木材加工品和家具制造业	35-36	WOOD
8	造纸印刷和文教体育用品业	37-40	PAESP
9	石油、炼焦产品和核燃料加工业	41-42	PETRO
10	化学工业	43-53	CHEMI
11	非金属矿物制品业	54-60	NMETA
12	黑色金属冶炼和压延加工业	61-63	FMET
13	有色金属冶炼和压延加工业	64-65	NFMET
14	金属制品业	66	METAL
15	设备及仪表制造业	67-94	EQUI
16	其他制造业	95	OTHDPD
17	煤电生产和供应业	98	CLELE
18	气电生产和供应业	98	GSELE
19	水电生产和供应业	98	WAELE
20	核电生产和供应业	98	NUELE
21	风电生产和供应业	98	WIELE
22	光伏发电生产和供应业	98	SOELE
23	其他电力生产和供应业	98	OTELE
24	燃气生产和供应业	99	GAS
25	水的生产和供应业	100	WATER
26	建筑业	101-104	CONST
27	批发零售、住宿及餐饮业	105-106 119-120	SALE
28	交通运输、仓储和邮政业	107-118	TRANS
29	其他服务业	96-97 121-149	OTSERV

核算矩阵是模拟分析碳减排政策效果、影响的数据基础。基于已有研究成果编制了 96×96 社会核算矩阵, 数据主要来源于统计资料, 少数无法获取的数值取相近代表项, 或确定所在账户行列后根据收支平衡计算余量得到, 数据来源及填入数值如表 2、表 3。

表 2 数据来源

数据名称	数据来源	编制人	发布或出版机构	更新频率	数据序列性	数据保密性
投入产出数据	中国投入产出表	国家统计局国民经济核算司	中国统计出版社	5年	定期	公开
	中国地区投入产出表	国家统计局国民经济核算司	中国统计出版社	5年	定期	公开
	各省投入产出表	各省统计局	各省统计局	5年	定期	公开
宏观经济数据	中国统计年鉴	国家统计局	中国统计出版社	1年	定期	公开
	中国财政年鉴	国家财政部	中国财政杂志社	1年	定期	公开
专题数据	中国环境统计年鉴	国家统计局 生态环境部	中国统计出版社	1年	定期	公开
	中国能源统计年鉴	国家统计局能源统计司	中国统计出版社	1年	定期	公开
	中国劳动统计年鉴	国家统计局人口和就业统计司	中国统计出版社	1年	定期	公开
	中国人口和就业统计年鉴	国家统计局人口和就业统计司	中国统计出版社	1年	定期	公开

数据来源:安祺(2019)。

表 3 宏观社会核算矩阵

单位:亿元(2017 当年价)

	活动	商品	劳动力	资本	居民	企业	政府	ROW	投资储蓄	存货	合计
活动	—	2257733.53	—	—	—	—	—	—	—	—	2257733.53
商品	1434517.82	—	—	—	320426.69	—	123750.31	163846.82	359151.13	8253.12	2409945.90
劳动力	423268.03	—	—	—	—	—	—	—	—	—	423268.03
资本	304969.07	—	—	—	—	—	—	—	—	—	304969.07
居民	—	—	423268.03	31088.18	—	—	68077.84	-9476.89	—	—	512957.16
企业	—	—	—	273880.90	—	—	2056.19	—	—	—	275937.09
政府	94978.60	2943.99	—	—	11966.37	32117.29	—	79990.28	—	—	221996.53
ROW	—	149268.38	—	—	—	—	168.99	—	—	—	149437.37
投资储蓄	—	—	—	—	180564.10	243819.80	27943.20	-84922.84	—	—	367404.26
存货	—	—	—	—	—	—	—	—	8253.12	—	8253.12
合计	2257733.53	2409945.90	423268.03	304969.07	512957.16	275937.09	221996.53	149437.37	367404.26	8253.12	—

最后,基于动态递推 CGE 模型的基本框架,本研究开发了如下模块:(1)碳排放模块,用以测算燃烧煤炭、石油和天然气等化石燃料的二氧化碳排放量;(2)碳交易模块,提供对市场覆盖行业即碳交易主体的设定,以及碳配额初始分配方式的选择等;(3)碳税机制模块,提供对特定行业部门征收碳税等政策手段的模拟功能。为确保模型的整体一致性,对已有模块如生产模块、政府模块等进行修改,构建适于碳定价机制模拟分析的递推动态 CGE 模型。

2.2 政策模拟情景设置

基于碳定价机制的不同主体覆盖范围和碳配

额分配方式,本研究分三方面设置了 9 种模拟情景(表 4)^①。第一,基于我国碳交易市场建设的制度安排,设置覆盖“重点行业”碳交易的模拟情景。重点行业包括石油炼焦和核燃料加工业、化学工业、非金属矿物制品业、黑色金属加工业、有色金属加工业、造纸印刷业、煤电、气电和交通运输 9 个行业^②。第二,设置覆盖“全行业”碳交易的模拟情景。全行业指既存的有化石能源投入和产生碳排放的所有行业。因为细分非火电电力生产部门不使用化石能源投入,所以全行业包括了除五个非火电电力部门以外的 24 个生产部门。第三,设置碳交易与碳税并行的“碳税耦合”的模

①每个政策模拟情景相对应的碳交易覆盖行业碳减排率均通过调试得到,使得引入政策冲击后 2021—2035 年的碳排放总量与最初计算所得的各年碳排放总量保持一致。

②基于《国务院关于印发“十三五”控制温室气体排放工作方案的通知》等碳交易市场建设文件要求。

拟情景,碳交易市场覆盖“重点行业”,碳税覆盖非重点行业部门,设定碳税税率与碳市场碳配额交易价格一致。这是碳定价机制最大限度地作用于全社会碳排放行业部门的一种考量。第四,考察不同碳配额分配方式的作用影响^③,包括:(1)基于祖父法则的“基准排放量”免费分配方式,按照动态基准情景中各部门在各年份的碳排放量占当年所有部门碳排放量总和的比例进行分配;(2)基于标杆法则的“基准强度”免费分配方式,结合动态基准中全部门平均碳排放强度及各部门产出算出各部门排放量占碳排放总量的比例进行分配;(3)由政府确定价格实施“拍卖”的有偿分配方式。

表4 政策模拟情景设置

情景名称	碳市场覆盖行业	初始配额分配方式	碳税耦合
SIM1	重点行业	免费-基准排放量	无
SIM2	重点行业	免费-基准强度	
SIM3	重点行业	拍卖	
SIM4	全行业	免费-基准排放量	无
SIM5	全行业	免费-基准强度	
SIM6	全行业	拍卖	
SIM7	重点行业	免费-基准排放量	无
SIM8	重点行业	免费-基准强度	
SIM9	重点行业	拍卖	

3 模拟分析

3.1 基准预测

基准预测是在未采取碳定价机制政策的前提下,反映2021—2035年期间我国国民经济运行、能源消耗及各部门碳排放情况,用以比较碳定价机制政策的效果及经济影响^④。鉴于新冠疫情的影响,本研究基于现有统计数据及权威机构预测,

对模型参数进行了修正。如按2017年可比价格计算,2020年GDP为96.71万亿元,年增长率3.5%;2021年104.57万亿元,同比8.12%;2022年以后增长呈递减趋势,至2031年维持在5%~6%水平,之后至2035年维持在4%~5%水平^⑤。

3.2 碳减排效果

我国二氧化碳排放量及强度基于基准预测与采取碳定价机制措施的对比如图1所示^⑥。

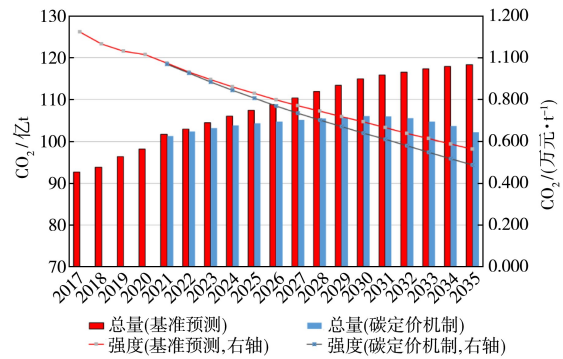


图1 碳定价机制作用下我国碳排放达峰及强度变化的路径预测

2021年,全国二氧化碳排放总量约为101.39亿吨,比基准预测的101.74亿吨略低,到2030年逐年增加达到峰值的106.04亿吨,比基准预测的114.94亿吨少8.9亿吨。2031年为105.97亿吨并开始呈现逐年降低趋势,实现达峰目标。同样,碳排放强度对比基准预测降幅更大,2030年碳达峰当年的碳排放强度为0.641吨/万元,低于基准情景的0.693吨/万元,比2005年下降65.8%,实现习近平总书记在气候雄心峰会上宣布提高国家自主贡献力度,实现2030年碳排放强度比2005年下降65%以上的目标。

从覆盖“重点行业”碳交易(SIM1~SIM3)的模拟结果看,重点行业即参与碳交易行业的碳排

③我国各碳交易试点的碳配额分配方式并不统一,有采用“历史法”即祖父法则来确定的,也有使用标杆法则确定的,或逐渐由“历史法”过渡到“历史强度法”再到“标杆法”的。电力行业也存在不同地区使用不同基准的情况,不仅基准值不同,而且所采用基准值的定义也不同,缺乏可比性。

④包括实现碳达峰目标以上的碳减排路径和碳排放量变化情况、宏观经济及各部门产出变化、能源消耗、居民福利等的影响。本研究基准年为2017年,至2019年采用实际统计数据,2020年之后为预测值。

⑤考虑到新冠肺炎疫情的影响,本研究根据已有统计数据并参考权威机构相关报告的预测结果,对包括2020—2021年GDP增长率在内的相关参数进行调整,获得接近于现实情况的基准情景。

⑥本研究碳交易及碳税等各碳定价机制情景下的碳排放总量达峰路径一致,遵循相同的碳排放强度变化。

放量相对于基准预测水平有进一步的减少,降幅随年份推移逐渐扩大;不同碳配额分配方式对重点行业碳减排效果不同(表5)。其中,煤电行业(CLELE)的减排幅度大于其他重点行业,在采用基准强度的配额方式下降幅最大,2030年达18.5%;拍卖方式下略低,同期为17.9%;基准排放量方式下最小,为13.2%。从不同配额分配方式看,非煤电行业基准排放量方式下的减排幅度显著大于基准强度和拍卖两种配额方式,后两者间的差异不显著;气电生产和供应业(GSELE)与

表5 重点行业碳交易市场情景下各行业碳排放量变化率 单位:%

行业	2021年			2030年		
	SIM1	SIM2	SIM3	SIM1	SIM2	SIM3
重点行业						
PAESP	-0.475	-0.238	-0.308	-9.663	-4.719	-6.215
PETRO	-0.462	-0.364	-0.377	-9.610	-7.587	-7.817
CHEMI	-0.401	-0.252	-0.297	-8.147	-5.027	-6.058
NMETA	-0.451	-0.352	-0.322	-9.171	-7.128	-6.342
FMET	-0.433	-0.331	-0.317	-8.750	-6.683	-6.460
NFMET	-0.428	-0.258	-0.300	-8.560	-4.865	-5.934
CLELE	-0.577	-0.795	-0.773	-13.231	-18.452	-17.932
GSELE	-0.210	-0.027	-0.065	-6.398	-1.629	-2.859
TRANS	-0.125	-0.080	-0.104	-3.140	-1.994	-2.280
非重点行业						
AGRI	0.019	0.010	-0.005	0.148	-0.012	-0.194
COAL	-0.441	-0.444	-0.432	-9.644	-9.679	-9.433
CROIL	0.020	-0.008	-0.012	0.112	-0.572	-0.531
MINMI	0.031	0.001	-0.043	0.381	-0.139	-1.102
FOOTO	0.032	0.023	0.013	0.253	0.093	-0.009
TEXTI	0.032	0.027	0.027	0.249	0.228	0.130
WOOD	0.018	-0.003	-0.004	0.081	-0.321	-0.221
METAL	0.009	-0.021	-0.038	-0.048	-0.616	-0.858
EQUI	0.013	0.001	-0.013	0.034	-0.117	-0.370
OTHPD	0.015	0.008	-0.006	0.069	0.026	-0.283
GAS	-0.092	-0.048	-0.046	-1.723	-0.952	-0.823
WATER	-0.004	-0.035	-0.059	-0.124	-0.723	-1.028
CONST	0.011	-0.035	-0.030	0.094	-0.979	-0.374
SALE	0.006	-0.005	-0.010	0.035	-0.169	-0.204
OTSERV	0.012	-0.002	0.014	0.059	-0.237	0.101

交通运输、仓储和邮政业(TRANS)减排幅度最小,同期分别在1.63%~6.4%和2.0%~3.14%的范围内。不参与碳交易的非重点行业的碳排放量相对于基准预测增减变化不一。其中,煤炭采选业(COAL)碳排放量降幅最大,2030年在9.43%~9.68%之间。部分非重点行业存在碳排放量不降反升的情况^⑦,主要包括农林牧渔产品和服务业、油气开采、金属及非金属矿采选业、食品和烟草、纺织服装及其制品、木材加工品和家具、金属制品、设备及仪表制造、其他制造业、建筑业、批发零售和其他服务业。不同配额分配方式下非重点行业碳排放增加的具体行业不同、程度不同。以基准排放量方式下行业数量最多,2021年有12个,2030年有11个;基准强度方式下次之,2021年6个,2030年3个;拍卖方式下最少,2021年3个,2030年2个。

如图2所示,基准排放量方式下非重点行业的碳排放增加量及其年际变化的幅度最大,基准强度与拍卖两者情况相近,后者较高。与碳减排量相比而言,碳泄漏较小。上述的碳泄漏问题,将随着碳定价机制覆盖范围的扩大得以改变。一是将碳交易行业覆盖由重点行业向全行业扩大(SIM4~SIM6),二是在将重点行业纳入碳交易的同时,将非重点行业纳入碳税范围,即碳税耦合情景(SIM7~SIM9)。

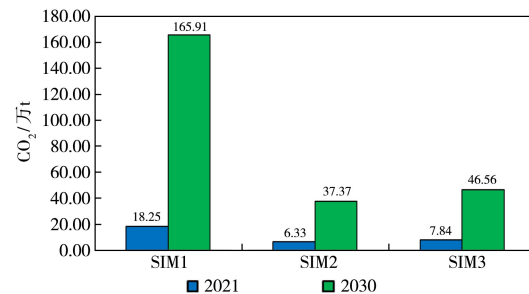


图2 采取覆盖重点行业碳交易措施下的碳泄漏情况

如表6所示,所有行业碳排放量比基准情景均有降低,降幅逐年扩大,2030年幅度显著大于2021年;煤炭采选业及燃气生产和供应业的碳排

⑦由于重点行业承担了全部减排任务,碳市场交易价格难以反映全行业碳减排边际成本的平均水平导致。

放降幅最大;不同配额方式碳减排作用不同,基准排放方式下各行业减排幅度大于基准强度与拍卖两种方式,后两者间的差异不显著。对比覆盖重点行业情景(SIM1~SIM3)的模拟结果,各重点行业减排幅度在覆盖全行业情景下较小、碳税耦合

情景下最小,显示随着碳定价机制覆盖范围的扩大,特定重点行业的减排压力得以缓解。从碳配额分配方式看,基准排放方式下的各行业减排幅度大于基准强度与拍卖方式,后两者间的差异不显著。

表6 全行业碳交易及碳税耦合情景下各行业碳排放量变化率

单位:%

行业	2021年						2030年					
	SIM4	SIM5	SIM6	SIM7	SIM8	SIM9	SIM4	SIM5	SIM6	SIM7	SIM8	SIM9
重点行业												
PAESP	-0.37	-0.26	-0.26	-0.27	-0.17	-0.22	-7.90	-5.30	-5.28	-4.86	-2.99	-3.98
PETRO	-0.37	-0.31	-0.31	-0.39	-0.35	-0.36	-8.03	-6.68	-6.68	-8.64	-7.71	-7.84
CHEMI	-0.32	-0.24	-0.25	-0.23	-0.17	-0.21	-6.65	-5.01	-5.13	-4.11	-3.09	-3.84
NMETA	-0.36	-0.28	-0.27	-0.26	-0.24	-0.23	-7.52	-5.74	-5.44	-4.72	-4.33	-4.10
FMET	-0.34	-0.26	-0.27	-0.25	-0.22	-0.22	-7.16	-5.55	-5.54	-4.49	-4.06	-4.14
NFMET	-0.34	-0.24	-0.25	-0.25	-0.18	-0.21	-7.00	-4.55	-5.07	-4.31	-3.01	-3.77
CLELE	-0.46	-0.66	-0.66	-0.40	-0.55	-0.56	-10.93	-15.55	-15.55	-8.07	-11.84	-12.07
GSELE	-0.17	-0.04	-0.07	-0.08	-0.03	-0.02	-5.27	-2.23	-2.70	-2.45	-0.57	-1.38
TRANS	-0.10	-0.08	-0.09	-0.06	-0.04	-0.06	-2.51	-1.84	-1.93	-1.23	-0.97	-1.22
非重点行业												
AGRI	-0.23	-0.16	-0.16	-0.17	-0.14	-0.14	-4.95	-3.22	-3.26	-3.00	-2.52	-2.42
COAL	-0.81	-0.74	-0.72	-0.71	-0.66	-0.63	-16.32	-14.75	-14.47	-12.76	-12.18	-11.83
CROIL	-0.26	-0.19	-0.19	-0.22	-0.19	-0.18	-5.43	-3.93	-3.87	-4.64	-4.16	-3.86
MINMI	-0.26	-0.23	-0.23	-0.21	-0.19	-0.19	-5.41	-4.58	-4.74	-3.70	-3.24	-3.52
FOOTO	-0.37	-0.24	-0.24	-0.27	-0.23	-0.21	-7.71	-4.87	-4.95	-4.87	-4.05	-3.76
TEXTI	-0.37	-0.22	-0.24	-0.27	-0.23	-0.20	-7.62	-4.67	-4.88	-4.89	-3.99	-3.70
WOOD	-0.31	-0.20	-0.21	-0.22	-0.19	-0.18	-6.31	-4.16	-4.15	-3.90	-3.40	-3.09
METAL	-0.26	-0.20	-0.20	-0.19	-0.17	-0.17	-5.41	-3.91	-4.05	-3.27	-2.99	-2.93
EQUI	-0.24	-0.15	-0.17	-0.17	-0.14	-0.14	-5.18	-2.88	-3.48	-2.95	-2.49	-2.44
OTHPD	-0.28	-0.19	-0.20	-0.20	-0.17	-0.16	-5.86	-3.88	-4.03	-3.62	-2.98	-2.90
GAS	-0.39	-0.29	-0.30	-0.88	-0.72	-0.66	-7.89	-5.74	-5.81	-17.81	-14.74	-13.61
WATER	-0.05	-0.06	-0.08	-0.04	-0.05	-0.06	-1.43	-1.34	-1.56	-0.72	-0.92	-1.07
CONST	-0.11	-0.09	-0.10	-0.07	-0.08	-0.07	-2.54	-2.23	-1.79	-1.28	-1.59	-1.19
SALE	-0.15	-0.11	-0.12	-0.10	-0.09	-0.08	-3.60	-2.31	-2.43	-1.91	-1.65	-1.54
OTSERV	-0.19	-0.13	-0.11	-0.12	-0.11	-0.09	-4.17	-2.77	-2.44	-2.31	-2.03	-1.69

3.3 碳交易市场运行

碳配额的交易价格逐年上升(图3)。从不同配额分配方式看,基于基准排放量的交易价格最高,基于拍卖的最低,基于基准强度的交易价格介于两者之间^⑧。在碳定价机制不同覆盖范围下,

仅重点行业参与碳交易的市场碳配额交易价格最高,全行业参与下的次之,碳税耦合下的最低。这说明碳配额交易价格与参与碳交易行业碳减排成本的平均水平密切相关,碳定价机制覆盖的行业越全面,碳交易成本越低。

^⑧理论上,政府拍卖的价格是基于不同行业碳排放的边际减排成本形成的,碳交易市场交易价格的形成还包含市场参与者对碳减排政策及碳资产的预期。

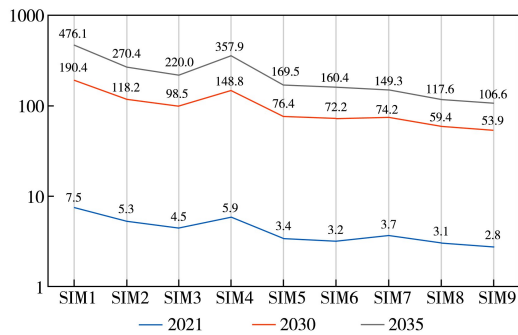


图3 碳交易价格 (元/t)

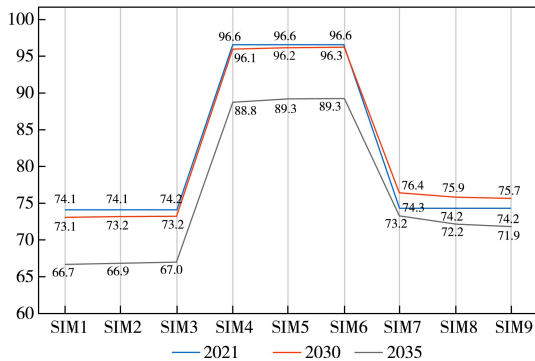


图4 碳配额量 (亿 t)

碳配额量在2021—2030年间差异较小,均显著高于2035年,伴随碳减排目标的达成,市场碳配额总量降低(图5)^⑨。从碳定价机制覆盖范围看,全行业参与的碳交易市场配额总量显著高于重点行业及碳税耦合的同期规模,重点行业的碳配额总量最低;基于不同碳配额分配方式的差异不显著。

基于不同的碳配额分配方式,市场交易量差异显著(图5)。基准排放量方式是按照各部门碳排放量占当年所有部门碳排放量总和的比例进行分配的,企业排放需求在一定程度上得到满足,导致市场有效需求较低、交易量最小;基准强度方式是按照参与交易各部门的排放强度进行分配的,强度低配额高、强度高配额低,形成了不同强度行业企业间的有效供需,较基准排放量提高了成交量;拍卖方式下政府是碳配额的唯一供给方,碳排放行业企业是需求方,这种制度安排下的市场交

易量最高。从碳定价机制覆盖范围来看,全行业覆盖的碳交易量高于重点行业碳交易和碳税耦合,后两者间的交易量差异不明显。

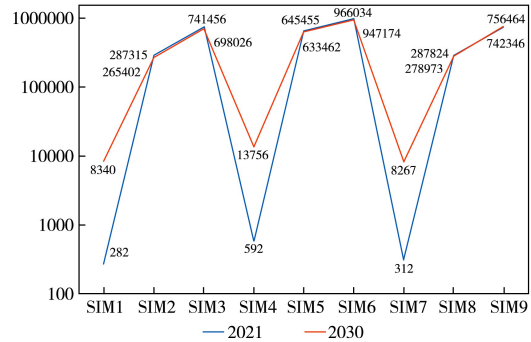


图5 碳交易量 (万 t)

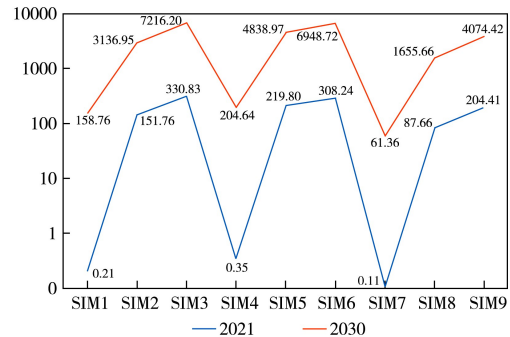


图6 碳交易金额 (亿元)

碳市场规模如图6所示。如前所述,碳交易的交易活跃程度取决于碳交易市场行业覆盖范围,全行业下的碳配额交易量最大,碳税耦合略高于重点行业,差别较小;采用不同的碳配额分配方式对市场规模影响显著,基准排放量方式的市场交易额远远低于其他两种;碳税耦合的市场规模显著低于全行业和重点行业;碳配额分配量与碳交易市场活跃程度及规模的关联度不高。

不同碳配额分配方式下部分控排行业企业的市场交易行为发生转变。如表7所示,“拍卖”方式下,碳交易参与企业均为受买方,但采取“基准排放量”或“基准强度”等配额方式时,不同时期9个重点行业中多个行业发生了买卖方的角色转换。其中,煤电行业(CLELE)由“基准排放量”方

^⑨基于不同碳配额分配方式,各行业碳配额量不同。基准排放量的分配方式下各行业基于历史碳排放情况获得配额,基准强度方式下碳排放强度低的行业配额高、强度高配额低;拍卖方式下控排行业企业基于拍卖价格、行业碳减排边际成本以及预定产出需求购买配额,碳交易市场的碳配额量即参与碳交易行业碳排放量之和。

式下最大的配额卖出方转变为“基准强度”方式下最大的配额买入方。而交易量次之的交通运输行业(TRANS)则是相反,由买方变为卖方。

表 7 重点行业配额交易量

单位:万 t CO₂

行业	2021年			2030年		
	SIM1	SIM2	SIM3	SIM1	SIM2	SIM3
PAESP	-1.79	-44982.39	14377.02	19.47	-42643.48	15735.36
PETRO	1.29	37260.06	89167.19	168.20	42176.13	91867.72
CHEMI	72.81	-93593.12	117074.54	2259.64	-80147.98	130041.56
NMETA	14.73	35610.51	122653.39	798.70	42473.24	122995.11
FMET	27.23	8939.94	90531.52	1068.90	16547.99	97179.09
NFMET	5.62	-54920.00	16163.20	261.15	-60647.04	20148.24
CLELE	-280.11	205504.25	243663.76	-8339.62	164204.68	198283.86
GSELE	4.20	-842.78	1658.57	56.61	-543.68	1626.49
TRANS	156.02	-92976.47	46166.39	3706.96	-81419.86	54559.66

3.4 经济影响

第一,对 GDP 的影响。为便于比较,本研究设置了“在不引入碳定价机制前提下,为达到同

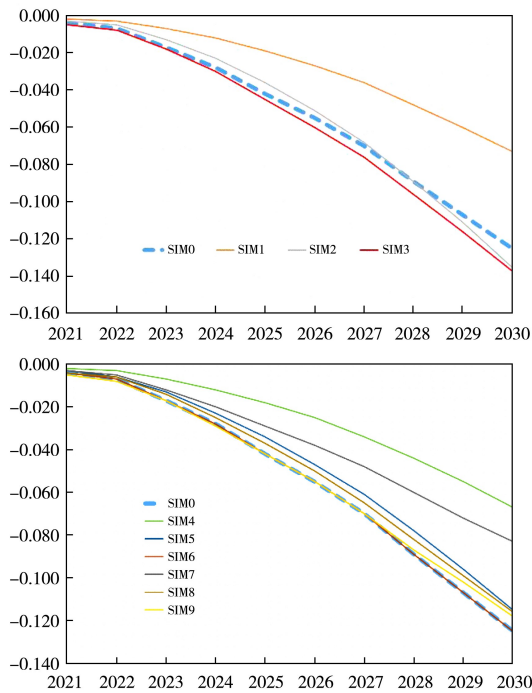


图 7 SIM0~SIM9 中的 GDP 变化率(单位:%)

样的减排目标,对存在碳排放的全部行业部门实行强制减排”的情景预测(SIM0)。各情景下 GDP 相较于基准预测的变化情况如图 7 所示^⑩。

结果显示,引入碳定价机制会对经济增长产生一定的负面影响,随着碳定价机制覆盖范围的扩大负面影响将得到改善,且三种碳配额分配方式中,“基准排放量”方式的负面影响最小。从年代看,GDP 降幅 2021 年在 0.002%~0.005%之间,2030 年在 0.067%~0.137%之间。相比较而言,在覆盖重点行业碳交易中采取“基准强度”或“拍卖”配额方式(SIM2 和 SIM3)导致 GDP 负增长更显著,最终 GDP 负增长大于 SIM0;其他情景下,相应政策组合对经济增长的负影响有不同程度的改善,GDP 负增长率小于或等于 SIM0;区别三种碳配额分配方式看,基于“基准排放量”方式的政策组合对 GDP 的负面影响最小。

第二,碳减排的经济成本^⑪。一方面,碳减排相对成本即起因于每 1%碳减排量的 GDP 降幅逐年提高,2021 年为 0.004%~0.013%,2030 年为 0.009%~0.018%,整体水平低。由 2021 年的 0.004%~0.013%,到 2030 年上升至 0.009%~0.018%,均远低于当年的经济增长幅度,处于可接受范围^⑫。另一方面,相同碳减排目标下,采取不同碳配额分配方式的碳减排直接成本存在差异(图 8)^⑬。基准排放量方式下的碳减排直接成本最低,拍卖方式最高,基准强度方式介于两者之间,但上升速度快,达峰时点与拍卖方式相近。基于碳定价机制覆盖范围的不同,碳减排绝对成本存在差异,扩大覆盖范围主体有降低碳减排成本的效果。

第三,行业产出变化(图 9)。参与碳交易的控排行业,通过交易获取碳配额,并根据碳减排边际成本相应调整产出。随着减排量的逐年增大,对行业产出的影响也越来越大。

⑩其中,SIM0 情景模拟结果与覆盖全行业碳交易市场采取拍卖方式的情景(SIM6)模拟结果几乎相同,可以理解为碳配额拍卖价格与社会碳减排边际成本平均水平相当时,二者对 GDP 的影响相同。

⑪本研究以起因于碳减排的 GDP 损失量来衡量碳减排的经济成本,包括间接成本与直接成本两方面。

⑫碳减排相对成本为 GDP 变化对碳排放量变化的弹性系数,反映碳排放量每减少 1%所导致 GDP 变化的程度。

⑬碳减排绝对成本是 GDP 变化绝对量与碳减排量的比值,即减排一吨二氧化碳的 GDP 损失量,单位元/吨。

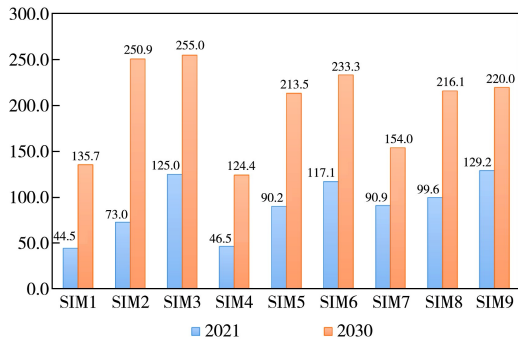


图8 碳减排绝对成本(元/t)

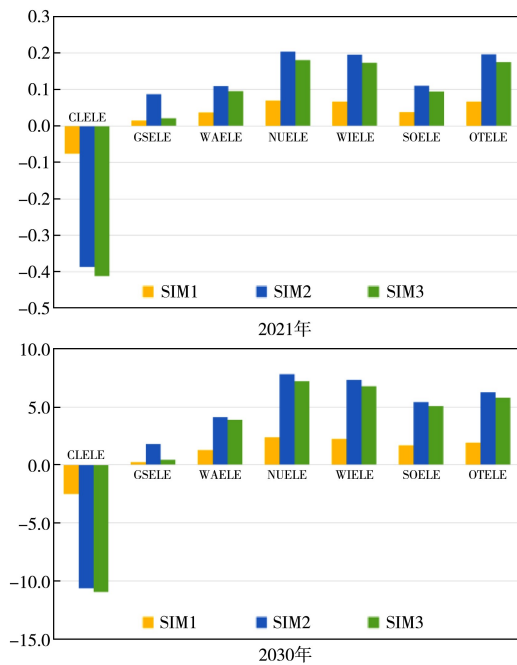


图9 电力行业产出变化率(%)

煤电行业(CLELE)是唯一出现减产的电力行业,不同配额方式的减产影响差异显著。基准排放量方式下获得的配额大,造成实际减排量比其他配额分配方式小,产量降幅最小;拍卖方式导致煤电行业产出减幅最大;基准强度方式居于两者之间,略低于拍卖。另一方面,非煤电力行业均呈现产出增长的趋势。相同配额分配方式下,不同非煤电力行业增幅从大到小依次是核电、风电、其他电力、光伏发电、水电和燃气发电。不同分配方式导致非煤电力行业产出增长率产生差异,基准强度下的非煤电力行业产出增长最大,拍卖略低,基准排放量方式下产出增长率最小且较前两者差异显著。

非电力行业既有减产也有增产(图10)。其中,煤炭采选业(COAL)、石油、炼焦产品和核燃料加工业(PETRO)、燃气生产和供应业(GAS)等化石能源加工行业的减产显著,其中煤炭采选业降幅最大。

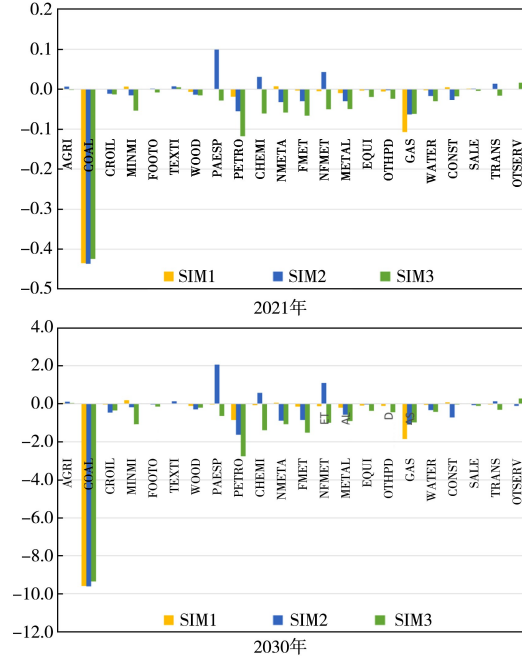


图10 非电力行业产出变化率(%)

部分行业增产与碳交易市场配额分配方式的不同有关。针对2030年的研究结果显示,农林牧渔(AGRI)在三种分配方式下均有增长,以基准强度下增长最大;金属及非金属矿采选业(MINMI)、非金属制品(NMETA)、建筑业(CONST)、批发零售(SALE)4行业在基准排放量方式下产出增加;纺织服装及其制品(TEXTI)、造纸印刷(PAESP)、化学工业(CHEMI)、有色金属加工(NFMET)、交通运输(TRANS)5行业在基准强度方式下产出增加;其他服务业(OTSERV)在拍卖方式下产出增长。

第四,政府收入变化(图11)。一方面,采用免费的碳配额分配方式导致政府收入减少。参与碳交易行业随产值变化生产税发生增减,政府在个人所得税、企业所得税和进口关税等科目的收入在不同情景中也有变化。行业减排成本增加、产出下降导致政府收入减少,降幅随时间推移扩大,但总体来说降幅较小,2030年政府收入降

幅在 0.128%~0.167% 之间。区别来看,基准排放量方式下的政府收入减少幅度小于基准强度方式。另一方面,实施拍卖方式或碳税耦合措施有增加政府收入的效果。覆盖重点行业碳交易采用拍卖方式下的政府收入增长最大,覆盖全行业碳交易情景的政府收入增长略低,碳税耦合情景下的政府收入增长为正,但远远低于前两种政策组合。

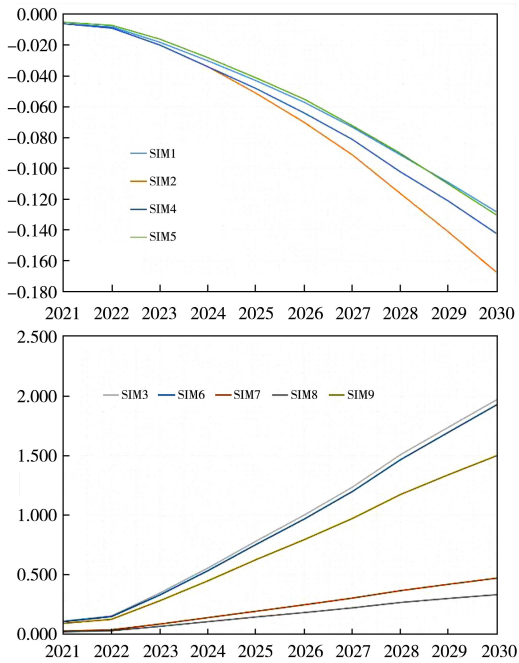


图 11 政府收入减少幅度 (%)

第五,居民福利变化^⑭。研究结果显示,碳定价机制下居民福利比基准预测有所下降,但整体降幅较小。居民福利变化率受碳配额初始分配方式影响较大。免费分配方式下的居民效用降幅较小,以基准排放量方式为最小,拍卖方式下居民效用降幅明显大于免费分配方式。碳定价机制覆盖范围越大,居民效用降幅越小。

4 结论建议

4.1 主要结论

上述研究结果表明,建设运行全国统一的覆盖重点行业的碳交易市场有助于我国控制温室气体排放和碳排放强度,确保碳达峰,实现国家自主

贡献目标,并有利于可再生能源的发展,降低其他碳减排措施的负面影响。

第一,碳定价机制下的全国二氧化碳排放总量水平低于基准预测水平,能超额完成国家自主贡献目标。分行业看,重点行业即参与碳交易行业的碳排放量相对于基准预测水平有显著下降。其中,煤电行业减排幅度最大。非重点行业,即不参与碳交易行业的碳排放量增减变化不一,存在部分非重点行业碳排放不减反升现象。扩大碳定价机制覆盖范围,可以有效解决碳泄漏问题。

第二,碳交易市场配额总量即参与碳交易行业碳排放量之和维持在一定水平。以当前碳交易市场制度安排,碳配额总量自 2021 年起至达峰时点维持在 73 亿吨~75 亿吨水平。基准排放量方式下碳交易市场有效需求降低,价格最高,交易量少、市场规模小;基准强度方式在不同碳强度行业企业间形成有效的供需关系,提高了市场活跃度和交易量规模;拍卖方式制度安排下的价格最低,市场交易量最高。

第三,总体来看,碳交易对经济增长有负向影响,但其影响程度可以随着碳交易市场覆盖范围的扩大或并行碳税措施有效缓解。碳配额的有偿“拍卖”对经济增长的负向影响较大,碳减排成本最高;无偿分配方式下的经济影响较小,基准排放量下的碳减排成本最低。碳减排对清洁电力部门的发展有正向的刺激作用。其中,基准强度方式下的产出增长最大,拍卖略低,基准排放量下产出增长率最小。非电力行业中,煤炭采选业、石油、炼焦产品和核燃料加工业、燃气生产和供应业等化石能源加工行业的产出降幅明显高于其他行业(其他行业产出有增有减)。

第四,不同碳配额分配方式下,政府收入的增减变化及程度有明显区别。免费分配方式下,伴随着控排行业产出下降,政府收入减少;实施有偿拍卖或碳税耦合措施有增加政府收入的效果。碳定价机制下的居民福利有所下降,但整体降幅较小。碳配额免费分配下的居民效用影响较小,有

^⑭本研究选用希克斯等价变动(EV),即引入政策冲击前后居民效用水平的变化来衡量居民的福利变化。

偿拍卖的负向影响较大。

最后,碳交易市场制度安排中碳配额分配方式的选择十分重要。其中,碳配额按基准排放量分配,各行业获得的配额数很大程度上满足碳排放需要,对行业产出及对应价格的影响程度低,碳减排成本较低,对居民福利的负向冲击也较小,但导致碳市场交易规模明显缩小,交易价格较高。按基准强度分配导致高碳强度的行业承担更多的减排任务,起到“奖优罚劣”的作用刺激行业减排,但GDP降幅及碳减排成本较大。单一拍卖方式下,碳配额总量最大、交易量最高、碳配额价格最低,GDP降幅、碳减排成本及对居民福利的负向影响相比免费分配碳配额要大。

4.2 政策建议

研究表明,碳交易制度是确保实现国家自主贡献目标的重要措施。为此,建议如下:

第一,考虑逐步增加碳交易市场覆盖行业,特别是将钢铁、石化、建材等更多的碳排放密集型行业纳入其中。上述行业作为碳排放大户并且企业相对集中、容易监管,被纳入碳市场覆盖范围具有合理性。

第二,适当加大基于“标杆原则”即基准强度的碳配额分配使用范围,奖优罚劣推动全行业的节能减排。同时,适度增加碳配额拍卖比例,将拍卖收入用于鼓励企业节能减排或促进清洁能源替代,对清洁能源发展的促进作用更强。

第三,适时引入碳税政策规范碳市场未覆盖行业部门的碳排放行为,这将对碳交易市场形成有益的补充和完善。碳税和碳交易作为碳定价机制的两种主要措施,二者各有特点。从操作性来看,将众多排放量较小或者不易监管的企业纳入碳市场覆盖范围,实施时存在一定困难,而碳税可以弥补这一不足。同时,应避免现行制度下未纳入碳交易市场行业部门中发生碳泄漏的可能性。

第四,在推进全国统一碳交易市场的同时收紧碳减排目标和政策。碳交易市场是以政策为主导的市场,适时收紧气候政策和提升减排目标,会提高碳配额的价值,支撑碳价,抵消短期内因疫情引起的经济下滑对碳配额需求和价格的下行压力。

参考文献:

- [1] BURNIAUX J M.A Multi-Gas Assessment of the Kyoto Protocol[J].OECD Economics Department Working Papers,2000,401(6753):549-555.
- [2] CHAPPIN E J L,DIJKEMA G P J.On the impact of CO₂ emission-trading on power generation emissions[J].Technological Forecasting and Social Change,2009,76(03):358-370.
- [3] CUI L B,FAN Y,ZHU L,et al.How will the emissions trading scheme save cost for achieving China's 2020 carbon intensity reduction target? [J].Applied Energy,2014,136(12):1043-1052.
- [4] GONG X T,Zhou S X.Optimal Production Planning with Emissions Trading[J].Operations Research,2013,61(04):908-924.
- [5] GUO R,CAO X,YANG X,et al.The strategy of energy-related carbon emission reduction in Shanghai [J]. Energy Policy,2010,38(01):633-638
- [6] HERMELING C,LOSCHER A,MENNEL T.A new robustness analysis for climate policy evaluations: A CGE application for the EU 2020 targets[J].Energy Policy,2013(55):27-35.
- [7] HOEL M,Karp L.Taxes and quotas for a stock pollution with multiplicative uncertainty [J]. Journal of Public Economic,2001,82(01):91-114.
- [8] HUBLER M,VOIGT S,LOSCHER A.Designing an emissions trading scheme for China: an up-to-date climate policy assessment[J].Energy Policy,2014,75(12):57-72.
- [9] JAN A.Regulating CO₂ emissions of transportation in Europe: A CGE-analysis using market-based instruments[J].Transportation Research Part D Transport & Environment,2010,15(04):235-239.
- [10] CAO J,MUN S H,DALE W J,et al.China's emissions trading system and an ETS-carbon tax hybrid[J].Energy Economics,2019(81):741-753.
- [11] KEOHANE N O.Cap and trade, rehabilitated: using tradable permits to control U.S.greenhouse gases[J].Review of Environmental Economics and Policy,2008,3(01):42-62.
- [12] KLAASSEN G,NENTJES A,SMITH M.Testing the theory of emissions trading: experimental evidence on alternative mechanisms for global carbon trading [J]. Ecological Economics,2005,53(01):47-58.
- [13] MANDELL S.Optimal mix of emissions taxes and cap-and-trade [J]. Journal of Environmental Economics and Management,2008,56(02):131-140.
- [14] MO J L,ZHU L,Fan Y.The impact of the EU ETS on the corporate value of European electricity corporations [J]. Energy,2012,45(01):3-11.
- [15] MURRAY B C,NEWELL R G,PIZER W A.Balancing cost and emissions certainty: an allowance reserve for cap-and-trade [J].Review of Environmental Economics and Policy,2009,3(01):84-103.
- [16] NEWELL R G,PIZER W A.Regulating stock externalities un-

- der uncertainty [J]. *Journal of Environmental Economics and Management*, 2003, 45(02): 416-432.
- [17] RODICA G, GASTON D S, DANUTA S, et al. The need for validation of statistical methods for estimating respiratory virus-attributable hospitalization. [J]. *American Journal of Epidemiology*, 2009, 170(07): 925-936.
- [18] ROMG A, LAHDELMA R. CO₂ emissions trading planning in combined heat and power production via multi-period stochastic optimization [J]. *European Journal of Operational Research*, 2007, 176(03): 1874-1895.
- [19] WANG K, WANG C, CHEN J. Analysis of the economic impact of different Chinese climate policy options based on a CGE model incorporating endogenous technological change [J]. *Energy Policy*, 2009, 37(08): 2930-2940.
- [20] YANASE A. Dynamic games of environmental policy in a global economy: Taxes versus quotas [J]. *Review of International Economics*, 2007, 15(03): 592-611.
- [21] ZHANG F, JIANG D, Fan Hua. Status of CO₂ emissions, driving forces and mitigation countermeasures of Tianjin, China [J]. *Ecological Economy*, 2009(05): 207-216.
- [22] 安祺, 王飞, 李娜. 开放经济条件下能耗与碳排放的测算方法研究及应用: 基于 2007 年中国投入产出数据的实证分析 [J]. *环境经济与政策*, 2012(04): 20-29.
- [23] 安祺. 环境问题与相关政策的经济学分析方法及应用 [M]. 北京: 中国经济出版社, 2019.
- [24] 崔连标, 范英, 朱磊, 等. 碳排放交易对实现我国“十二五”减排目标的成本节约效应研究 [J]. *中国管理科学*, 2013, 21(01): 37-46.
- [25] 曹翔, 傅京燕. 不同碳减排政策对内外资企业竞争力的影响比较 [J]. *中国人口·资源与环境*, 2017, 27(06): 10-15.
- [26] 李昊, 赵道致. 基于多 Agent 的碳排放权交易机制建模与仿真 [J]. *计算机工程与应用*, 2012, 48(25): 9-14.
- [27] 刘小敏, 付加锋. 基于 CGE 模型的 2020 年中国碳排放强度目标分析 [J]. *资源科学*, 2011, 33(04): 634-639.
- [28] 齐晔, 李惠民, 徐明. 中国进出口贸易中的隐含碳估算. *中国人口·资源与环境*, 2008, 18(03): 8-13.
- [29] 时佳瑞, 蔡海琳, 汤铃, 等. 基于 CGE 模型的碳交易机制对我国经济环境影响研究 [J]. *中国管理科学*, 2015(23): 801-806.
- [30] 宋德勇, 卢忠宝. 中国碳排放影响因素分解及其周期性波动研究. *中国人口·资源与环境*, 2009, 19(03): 18-14.
- [31] 王灿, 陈吉宁, 邹骥. 基于 CGE 模型的 CO₂ 减排对中国的影响 [J]. *清华大学学报*, 2005(12): 1621-1624.
- [32] 杨鉴. 基于碳排放交易政策的企业生产决策研究 [D]. 上海: 上海华东理工大学, 2013.
- [33] 闫云凤. 全球碳交易市场对中国经济-能源-气候系统的影响评估 [J]. *中国人口·资源与环境*, 2015(01): 32-39.
- [34] 朱慧慧. 碳排放政策下企业制造再制造生产决策研究 [D]. 上海: 上海华东理工大学, 2013.
- [35] 国家统计局. 2017 中国投入产出表 [M]. 北京: 中国统计出版社, 2019.
- [36] 国家统计局. 2019 中国统计年鉴 [M]. 北京: 中国统计出版社, 2019.
- [37] 国务院. 国务院关于印发“十三五”控制温室气体排放工作方案的通知 [S/OL]. http://www.gov.cn/zhengce/content/2016-11/04/content_5128619.htm
- [38] 中国财政年鉴编辑委员会. 2018 中国财政年鉴 [M]. 北京: 中国财政杂志社, 2019.
- [39] 中国电力年鉴编委会. 2018 中国电力年鉴 [M]. 北京: 中国电力出版社, 2018.

Policy recommendations for China to achieve carbon peak: multi scenario simulation analysis based on carbon pricing model

AN Chi¹, PANG Jun², FENG Xiangzhao¹

(1. Policy Research Center for Environment and Economy, Ministry of Ecology and Environment, Beijing 100029, China;

2. School of Environmental Sciences, Renmin University of China, Beijing 100872, China)

Abstract: Carbon pricing is the core content of using market mechanism to promote carbon emission reduction and combat climate change, including carbon emission trading and carbon tax. Although Novel Coronavirus Pneumonia has disrupted the pace of economic development, China has taken the initiative to accelerate the pace of reaching the carbon emissions peak, and actively promote strategic upgrading and policy enhancement. This study constructs and applies the “carbon pricing model” to simulate the operation of carbon emission trading market covering different subject ranges and policy combinations, evaluates the carbon emission reduction effect and economic impact, and provides reference for enriching and improving policy tools and system.

Keywords: climate change; carbon emission peak; carbon pricing; carbon emissions trading; carbon tax; carbon leakage