

# 基于清单编制法的中国碳市场免费碳配额分布平衡分析

赵宏兴<sup>1</sup>, 乔中鹏<sup>1</sup>, 冯田丰<sup>1</sup>, 郭树森<sup>2</sup>, 王硕<sup>3</sup>, 刘潇<sup>2\*</sup>

(1. 国家能源集团共享服务中心有限公司, 北京市 东城区 100011;

2. 北京低碳清洁能源研究院, 北京市 昌平区 102211;

3. 国能国华(北京)燃气热电有限公司, 北京市 朝阳区 100018)

## Analysis of Carbon Allowances Balance in China's Carbon Market Based on Inventory Compilation Method

ZHAO Hongxing<sup>1</sup>, QIAO Zhongpeng<sup>1</sup>, FENG Tianfeng<sup>1</sup>, GUO Shusen<sup>2</sup>, WANG Shuo<sup>3</sup>, LIU Xiao<sup>2\*</sup>

(1. National Energy Group Shared Service Center Co., Ltd., Dongcheng District, Beijing 100011, China;

2. National Institute of Clean-and-Low-Carbon Energy, Changping District, Beijing 102211, China;

3. Guoneng Guohua (Beijing) Gas Thermal Power Co., Ltd., Chaoyang District, Beijing 100018, China)

**Abstract:** The Ministry of Ecology and Environment issued an implementation plan for the setting and allocation of free carbon allowances in the power generation sector at the end of 2020, providing a standard for accounting for free carbon allowances for emission control enterprises. At present, the national carbon market has been put into operation. Previous analyses of China's free carbon allowances allocation have cited a large number of assumptions with limited calculation accuracy. A detailed plant-level carbon inventory of the national thermal power sector is prepared, and the coal consumption and capacity parameters of the national thermal power plants are identified from the bottom up. According to the free carbon allowances standard of the power sector, the carbon inventory based on 2020 is calculated, so as to study the distribution balance of free carbon allowances. The analysis results show that there is an overall surplus on free carbon allowances at present in China. The difference in the balance of free carbon allowances of units of different grades reflects the current carbon market policy of "encouraging low-carbon emission units to generate more outputs" to a certain extent, but the distribution of surplus is characterized by imbalance among unit types and regions. Facing the imbalance of free carbon allowances, this paper gives the suggestions of carbon market adjustment.

**Keywords:** carbon market in China; carbon inventory of thermal power sector; free carbon allowance; balance of carbon allowance

**摘要:** 生态环境部于2020年印发了发电行业免费碳配额设定与分配实施方案,为控排企业免费碳配额核算提供了标准。目前全国碳市场已启动运行,此前对中国免费碳配额分配的分析均引用了大量假设,且计算精度有限。为此,编制了全国火电厂级精细度的碳清单,自下而上地辨识全国火电厂级煤耗、产能参数,并根据发电行业免费碳配额标准,计算以2020年为基准的碳清单,以此研究目前碳市场规则下免费碳配额在火电行业中的分配平衡性,对于分析现阶段碳市场运行状况、评价碳市场对电力系统的经济影响具有参考价值。分析结果表明,当前中国免费碳配额发放整体盈余,各等级机组免费碳配额平衡的差异一定程度上体现了当前碳市场政策“鼓励清洁机组多发”的导向,但盈余量的分布呈现机组类型、地区间的不平衡特征。针对免费碳配额的不平衡性,给出了中国碳市场优化调整的方向和建议。

**关键词:** 中国碳市场; 火电碳清单; 免费碳配额; 碳配额平衡

## 0 引言

2011年,中国启动碳排放权交易试点工作,经过10年探索与发展,已于2021年正式启动全国碳市场。2020年底,生态环境部印发了发电行业免费碳配额设定与分配实施方案,纳入重点排放管控名单的企业需要根据国家碳配额设定方案对自身的排放与免费碳配额量进行核算、清缴和碳交易。碳配额作为免费发放

基金项目: 国家能源投资集团有限责任公司科技项目(碳市场和电力市场相互作用推演模型技术开发, ST930022016N)。

Technology Program of National Energy Investment Group Co., Ltd. (Development of the Interaction Model Between Carbon Market and Electricity Market, ST930022016N).

给控排企业的碳排放权利, 同时也是政府人为施加给各类电源的责任, 碳市场中的碳配额政策体现了不同电源在清缴责任上的差异性, 这使得市场中各参与主体持有的可交易碳配额量不尽相同。本文采用清单编制法, 计算全国火电厂逐厂碳排放与免费碳配额量, 得到全国厂级免费碳配额平衡状况, 进而分析中国碳市场当前免费碳配额的分布特点, 从而为政策制定方和市场参与方提供参考, 以科学地调整市场规则, 优化市场参与机制, 助力碳市场平稳运行。

中国碳市场发展进程如图1所示。从发展历程来看, 当前全国碳市场仍处于初期阶段, 本阶段全国碳市场只纳入发电行业, 着眼于实现全国碳排放权交易市场的建立, 争取在2025年将覆盖范围扩大到规划中的8个能源密集型行业。本阶段的碳市场采用基于强度的免费碳配额政策, 免费碳配额计算方法基于行业的碳排放基准。2021年中国政府提出, “十四五”期间将持续推进煤电机组降耗提升灵活性的改造行动<sup>[1]</sup>, 中国煤电机组整体碳排放强度将进一步降低, 可预见未来将会逐步收紧免费碳配额供给, 甚至在市场条件成熟时引入拍卖机制<sup>[1-5]</sup>。

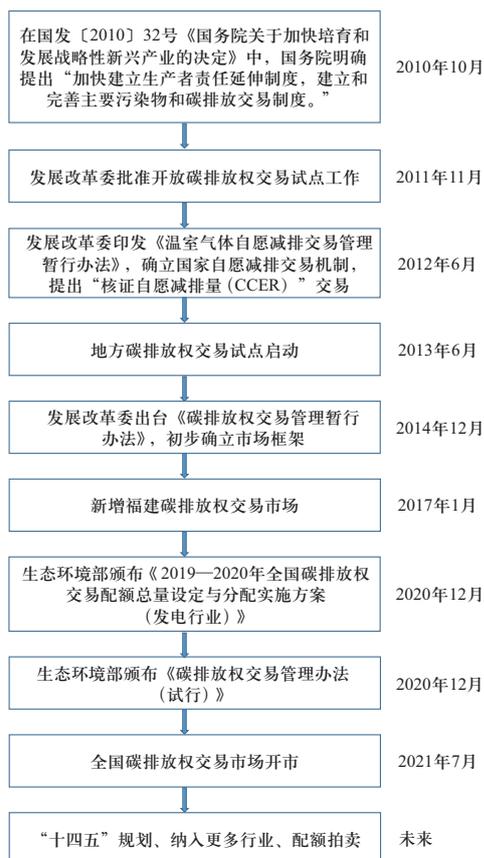


图1 中国碳市场发展历史

Fig. 1 History of China's carbon market

现有碳市场研究<sup>[4-6]</sup>主要集中在免费碳配额分配特性分析方面, 多为政策解读、试点市场碳配额方案设计以及市场情景分析等。当前研究尚未涉及免费碳配额在不同类型、不同区域电源中分配的平衡性分析。

量化模拟碳市场运行, 分析碳市场经济影响, 是市场参与者制定科学策略的有效工具。用能源系统模型作为基础, 通过定义碳市场成本, 从而开发碳市场运行模拟模型是主流技术手段<sup>[6-15]</sup>。其中清华大学开发的REPO模型<sup>[11]</sup>功能较全面, 该模型选择一年中有代表性的72 h代表省级源网荷运行, 可以对不同免费碳配额水平和市场运行机制可能导致的电力系统技术发展和整体碳减排效果进行量化解析。但已有模型在计算碳市场成本时, 对免费碳配额分配的计算引用大量假设, 且并没有逐厂分辨碳配额, 必然对计算结果的可靠性和精细度有一定影响。因此构建高精度的免费碳配额清单对提升碳市场模型的质量尤为重要。

清单编制法在火电排放研究领域已经得到了非常广泛的应用<sup>[16-20]</sup>。单位燃煤机组的多污染物排放清单<sup>[16]</sup>可以用于分析单位机组的排放特性, 研究火电产业污染物时空分布以及控制成效。该方法建立与火电产业实际情况相吻合的清单, 同时对部分机组排放的实测数据进行整理, 并采用基于计算和模拟的方法对数据库进行更新补充。基于机组的排放清单可实现高分辨率计算, 方便且直观地对行业排放进行分析。

本文采用自下而上的方法开发了全国火电厂级碳清单, 以此为工具分析研究免费碳配额的分布平衡性。本文在电力行业统计数据<sup>[21-26]</sup>基础上, 对其中分布于全国各省的156家电厂进行了点对点设备信息调研以核实清单准确性, 由此开发了包含全国2225家火电厂容量、煤耗、年发电量、供热量等信息的全国火电碳清单。本文以该清单为工具, 根据国家标准对2020年逐厂碳排放和免费碳配额量进行了计算, 以此分析中国免费碳配额在不同类型机组、不同区域的分布平衡性。研究发现, 当前碳市场规则下, 中国电力行业免费碳配额存在总量盈余的主要特征, 但同时也存在分布不均衡的特点。最后, 依据免费碳配额的平衡性分布, 本文探讨了未来中国碳市场发展的优化方向。

## 1 厂级全国火电碳清单开发

全国火电碳清单以《2017年电力工业统计资料汇编》<sup>[21]</sup>和《2020年电力工业统计资料汇编》<sup>[22]</sup>为基准, 参考《纳入2019—2020年全国碳排放权交易配额

管理的重点排放单位名单》<sup>[23]</sup>, 纳入了全国共计2225家电厂。本清单按照燃气机组、非常规燃煤机组、400 MW以下常规燃煤机组、400 MW及以上常规燃煤机组初步分类, 且在常规燃煤机组中按压力等级辨识了小机组(压力不足亚临界)、亚临界机组(400 MW以下)、超临界机组(400 MW及以上)和超超临界机组, 并区分了热电联产机组和纯凝机组。

本文采取了多种手段计算逐厂供电碳配额的修正系数: ①采集了156家电厂信息, 以调研样本电厂的负荷率以及“热-电”能量转换效率为依据, 对全国火电碳清单中各省火电厂的负荷率和供热比进行了假设取值; ②参考《中国火电节水和水污染防治报告》<sup>[24]</sup>中的统计结果, 对机组冷却方式的技术比例进行设置。

本文参考《企业温室气体排放核算方法与报告指南 发电设施》<sup>[25]</sup>采用排放因子法, 使用生产电量、标准煤耗、燃煤单位热值含碳量与碳氧化率计算逐厂碳排放量。其中生产电量与标准煤耗依据统计汇编<sup>[21-22]</sup>, 单位热值含碳量和碳氧化率则依据本文采集156家电厂的燃料煤质信息进行假设取值。调研的数据中, 燃煤单位热值含碳量的范围为24.28~33.56 t/TJ, 95%置信区间为 $26.67 \pm 0.19$  t/TJ, 中位数为26.56 t/TJ; 碳氧化率的范围为96.15%~100%, 95%置信区间为 $99.52\% \pm 0.15\%$ , 中位数为99.54%。本文取二者的中位数计算逐厂碳排放量。

本文开发的全国火电碳清单包含容量、机组类型、煤耗、厂用电率、供电量、供热量、负荷率、冷却方式以及供热比等信息, 图2展示了本文清单中亚临界机组逐厂煤耗的分布。最后本文根据当前碳市场规则<sup>[26]</sup>, 以2020年为基准计算了逐厂免费碳配额和碳

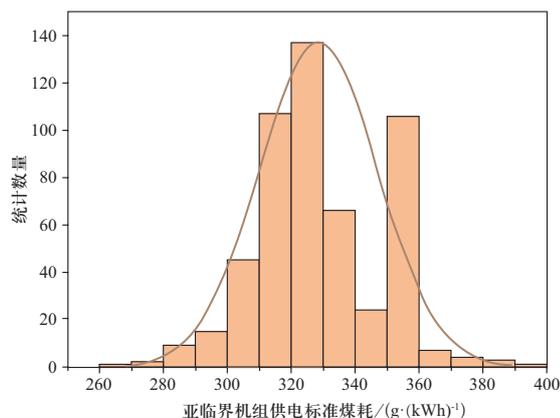


图2 全国火电碳清单亚临界机组煤耗分布

Fig. 2 Distribution of coal consumption of subcritical units in the carbon inventory of China's thermal power sector

排放量, 包括供热、供电碳配额, 供热、供电碳排放, 形成了全国火电碳清单。

## 2 中国碳市场免费碳配额分布平衡分析

### 2.1 纯凝发电与热电联产机组碳配额分布平衡分析

图3、图4所示为本文清单对2020年全国各类机组供电、供热碳排放强度的加权平均结果与国家碳市场碳配额基准值的对比。其中小于400 MW的常规燃煤机组和非常规机组供电碳排放强度小于免费碳配额基准值, 而供热碳排放强度则接近免费碳配额基准。考虑目前中国热电联产机组大多数属于小于400 MW容量水平, 热电联产机组提高供热比应会减少在当前碳市场规则下的碳市场收益。

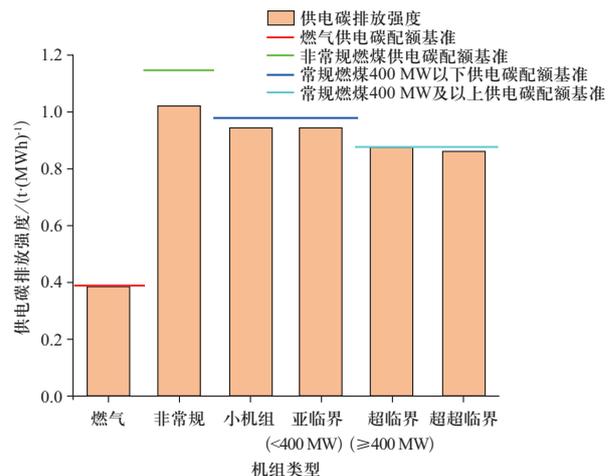


图3 供电碳排放强度与供电碳配额基准对比

Fig. 3 Comparison of electricity supply carbon emission intensity with allowance benchmark

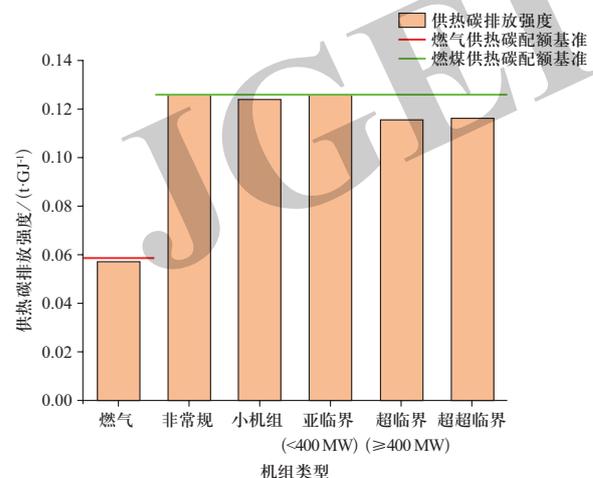


图4 供热碳排放强度与供热碳配额基准对比

Fig. 4 Comparison of heat supply carbon emission intensity with allowance benchmark

## 2.2 不同等级机组间的免费碳配额分布平衡分析

图5为由本清单计算得到全国6类机组发放的免费碳配额的总量平衡结果。当前中国免费碳配额呈现火电行业整体盈余, 根据本文清单的2020年火电生产情况, 以调研煤质数据中位数测算逐厂碳排放后的碳配额盈余总量约为1.45亿t。若结合清单编制过程不确定性进行估算, 2020年碳配额盈余量约处于0.95亿~1.95亿t的范围之间。各类型机组中超超临界机组总体碳配额盈余量最为突出, 以调研煤质数据中位数测算排放量后, 碳配额盈余大约0.83亿t, 符合当前碳市场“鼓励清洁机组多发”的政策导向。燃煤机组整体盈余, 碳配额制度对燃煤机组较为宽松, 以使得参与碳市场的企业有缓冲期来调整自己的经营决策, 缓解减排压力, 也符合当前中国仍处于碳达峰阶段的政策原则。

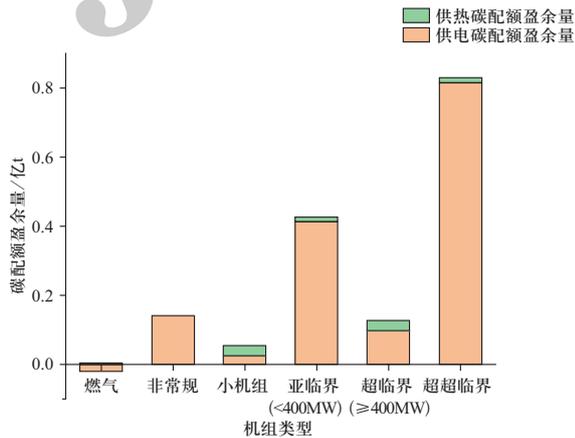


图5 中国免费碳配额平衡测算结果

Fig. 5 Carbon allowances balance in China

本文计算得到小于400 MW的亚临界机组整体碳配额盈余量仅次于超超临界机组, 明显多于超临界机组。亚临界机组数量多且煤耗水平分布范围较广, 其中部分较低煤耗机组碳配额会明显盈余, 而高煤耗机组则反之。这体现出当前免费碳配额仍有一定不平衡的情况存在, 某些不如超临界、超超临界机组“清洁”的亚临界机组却获得了更大的潜在碳市场收益。未来免费碳配额分配时可在当前4条基准线的基础上, 考虑更多因素进行更科学、精细的设计, 从而促进火电企业升级改造, 达到限制高排放机组出力的目的。

## 2.3 免费碳配额区域分布平衡分析

参考电网结构, 本文将全国电网划分为7个区域, 如表1所示。

表1 电网区域划分

Table 1 Regional division of grid

电网区域	覆盖地区
华北区域电网	北京市、天津市、河北省、山西省、山东省、内蒙古自治区
东北区域电网	辽宁省、吉林省、黑龙江省
华东区域电网	上海市、江苏省、浙江省、安徽省、福建省
华中区域电网	河南省、湖北省、湖南省、江西省
西南区域电网	四川省、重庆市、西藏自治区
西北区域电网	陕西省、甘肃省、青海省、宁夏回族自治区、新疆维吾尔自治区
南方区域电网	广东省、广西壮族自治区、贵州省、云南省、海南省

图6为不同地区的免费碳配额平衡分布状况。其中华北、东北地区电力系统整体碳配额亏损, 华东地区基本平衡, 而华中、西南等地区明显盈余。该结果反映了中国南北的火电产业整体煤耗水平差异, 表现为北方整体偏高、中部和南方偏低的特点。图7为基于中电联2020年对全国6 MW及以上火电机组煤耗分地区统计<sup>[22]</sup>的结果。除西南、西北地区之外, 其分布也呈现出北方偏高、中部和南方偏低的特点。然而由于本文构建的全国火电清单只包含被纳入重点排放管控的火电厂, 在统计范围上与中电联有所不同, 故本清单结果反映的煤耗特点与图7存在一定的差异。

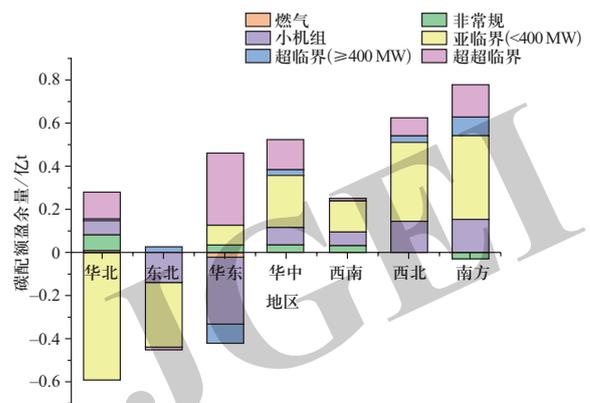


图6 各类机组免费碳配额平衡的地域分布

Fig. 6 Regional distribution of carbon allowances balance of different units

从不同类型机组的碳配额地区分布来看, 亚临界机组的碳配额平衡体现出明显的区域不均衡性, 华北和东北地区的亚临界机组存在明显碳配额缺口, 而其他地区则相反。出现该情况的原因可能是华北、东北地区的电厂之间的机组设备水平差距较大, 存在一定

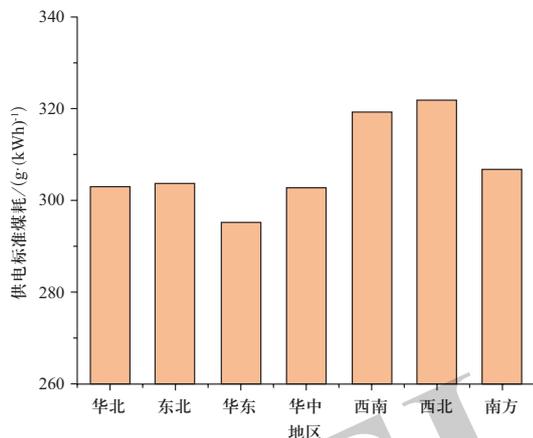


图7 中国各区域火电煤耗水平

Fig. 7 Regional distribution of coal consumption in China

量的高煤耗亚临界机组，导致区域整体煤耗偏高，并造成区域碳配额不平衡，这也体现了中国地区经济、火电产业发展的不平衡性。华北、东北地区仍有大量高煤耗机组需要进行提效降耗的升级改造工作。

与亚临界机组形成对比，各地区超超临界机组碳配额均盈余，在地域分布上几乎不存在差异性，这说明当前中国各地的超超临界机组之间煤耗水平接近。从盈余量分布上看，华东地区的超超临界机组碳配额盈余量全国最高，与该地区的大容量机组装机总量全国最多<sup>[22]</sup>这一特点相符。

### 3 中国碳市场未来发展建议

根据本文对当前中国碳市场免费碳配额平衡情况的分析，为推动中国碳市场未来更高效地运行，本文提出如下三点建议。

1) 碳市场对推动国际碳减排具有重要意义，随着中国“双碳”行动推进，中国碳市场免费碳配额分配规则势必需要新政策方案。国际能源署发布的报告提出改为总量配额机制或在强度配额基础上引入部分拍卖机制，相比单纯强度配额，会更好推动电力系统碳减排，同时降低发电成本<sup>[12]</sup>。鉴于中国尚不具备资源推动煤电大规模燃料替换，建议在强度配额调整初期，可考虑更为详细的基线划分方案，特别是对小于400 MW的机组，应以效率优先的市场原则做更细化的类型划分。

2) 以亚临界机组为例，不同地区的煤耗整体水平差异较大，部分地区存在老旧机组尚未完成降煤耗升级改造，采用全国统一的基准有可能会为此类企业带来较大的市场压力，同时又为较低煤耗亚临界机组带

来不对等的潜在收益。因此，建议制定配额政策时也应考虑一定的区域公平性，在建设全国碳市场同时，应同步推进全国统一售电市场建设，适当放宽标杆电价水平，让碳市场更好发挥经济杠杆作用，以市场方式推动电力系统碳减排。

3) 以2020年为基准测算，中国免费碳配额盈余量规模在0.95亿~1.95亿t水平，总量盈余的免费碳配额会弱化市场力，使得碳配额供需出现结构性失衡。为推进碳市场运行，国家应考虑适当收紧免费碳配额强度，同时对市场可供交易的免费碳配额量也增加管控机制。欧洲碳市场采用基于数量触发的市场稳定储备机制 (Market Stability Reserve, MSR)，碳配额过剩时将纳入储备，供应不足时则从储备中释放。建议参考欧洲经验，未来建设根据市场交易活跃度触发的碳配额调节机制，保障碳市场活力。

### 4 结论

本文以2020年为基准，采用清单法对中国碳市场免费碳配额分布平衡进行了分析，发现当前中国免费碳配额发放整体盈余，各等级机组免费碳配额平衡存在差异，基本符合碳市场“鼓励清洁机组多发”的导向，但碳配额的分布仍存在一定的不平衡特征。

未来可以本文火电碳清单为工具，跟踪碳市场碳配额政策的调整方向，分析碳市场运行的稳定性。本清单还可支撑市场运行模拟模型的开发，模拟碳市场不同规则情景与电力系统的结构情景下的市场运行。本文编制的清单可高分辨地准确计算全国火电碳排放和免费碳配额分布，对科学认识中国碳市场机制，深入研究碳市场运行对电力系统的经济影响，推进电力系统科学有序降碳，具有重要意义。

### 参考文献

- [1] 国家发展改革委, 国家能源局. 全国煤电机组改造升级实施方案[R/OL]. (2021-10-29) [2022-08]. <https://www.ndrc.gov.cn/xxgk/zcfb/tz/202111/P020211103333054582799.pdf>.
- [2] 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.  
ZHANG Xiliang, ZHANG Da, YU Runxin. Theory and practice of China's national carbon emissions trading system[J]. Journal of Management World, 2021, 37(8): 80-95(in Chinese).
- [3] 王科, 李思阳. 中国碳市场回顾与展望(2022)[J]. 北京理

- 工大学学报(社会科学版), 2022, 24(2): 33-42.
- WANG Ke, LI Siyang. China's carbon market: reviews and prospects(2022)[J]. Journal of Beijing Institute of Technology (Social Sciences Edition), 2022, 24(2): 33-42(in Chinese).
- [4] 翁智雄, 马中, 刘婷婷. 碳中和目标下中国碳市场的现状、挑战与对策[J]. 环境保护, 2021, 49(16): 18-22.
- WENG Zhixiong, MA Zhong, LIU Tingting. Research on the development, challenge, and countermeasures for China's carbon market under the target of carbon neutrality[J]. Environmental Protection, 2021, 49(16): 18-22(in Chinese).
- [5] DUAN M S, PANG T, ZHANG X L. Review of carbon emissions trading pilots in China[J]. Energy & Environment, 2014, 25(3/4): 527-549.
- [6] 刘牧心, 梁希, 林千果, 等. 碳中和驱动下CCUS项目衔接碳交易市场的关键问题和对策分析[J]. 中国电机工程学报, 2021, 41(14): 4731-4739.
- LIU Muxin, LIANG Xi, LIN Qianguo, et al. Key issues and countermeasures of CCUS projects linking carbon emission trading market under the target of carbon neutrality[J]. Proceedings of the CSEE, 2021, 41(14): 4731-4739(in Chinese).
- [7] The World Bank. State and trends of carbon pricing 2021[M]. Washington, United States: The World Bank, 2021: 5-6.
- [8] European Commission. Study on the impacts on low carbon actions and investments of the installations falling under the EU emissions trading system (EU ETS)[R/OL]. (2015-02) [2022-08]. [https://climate.ec.europa.eu/system/files/2016-11/report\\_low\\_carbon\\_actions20150623\\_en.pdf](https://climate.ec.europa.eu/system/files/2016-11/report_low_carbon_actions20150623_en.pdf).
- [9] YANG Y Z, ZHANG H Y, XIONG W M, et al. Regional power system modeling for evaluating renewable energy development and CO<sub>2</sub> emissions reduction in China[J]. Environmental Impact Assessment Review, 2018, 73: 142-151.
- [10] RAVN H, HINDSBERGER M, PETERSEN M, et al. Balmorel: a model for analyses of the electricity and CHP markets in the Baltic Sea Region. Appendices[R]. Ballerup: Balmorel Project, 2001.
- [11] International Energy Agency. The role of China's ETS in power sector decarbonization[R/OL]. (2021-04) [2022-08]. <https://www.iea.org/reports/the-role-of-chinas-ets-in-power-sector-decarbonisation>.
- [12] International Energy Agency. Enhancing China's ETS for carbon neutrality: focus on power sector[R/OL]. (2022-05) [2022-08]. <https://www.iea.org/reports/enhancing-chinas-ets-for-carbon-neutrality-focus-on-power-sector>.
- [13] 张运洲, 张宁, 代红才, 等. 中国电力系统低碳发展分析模型构建与转型路径比较[J]. 中国电力, 2021, 54(3): 1-11.
- ZHANG Yunzhou, ZHANG Ning, DAI Hongcai, et al. Model construction and pathways of low-carbon transition of China's power system[J]. Electric Power, 2021, 54(3): 1-11(in Chinese).
- [14] WANG J X, ZHONG H W, YANG Z F, et al. Exploring the trade-offs between electric heating policy and carbon mitigation in China[J]. Nature Communications, 2020, 11: 6054.
- [15] 孟婧, 梁才浩, 宋福龙, 等. 考虑碳排放约束的跨国电源优化规划方法[J]. 全球能源互联网, 2022, 5(2): 173-181.
- MENG Jing, LIANG Caihao, SONG Fulong, et al. Multi-state generation optimization planning method considering low-carbon constraints[J]. Journal of Global Energy Interconnection, 2022, 5(2): 173-181(in Chinese).
- [16] 孙洋洋. 燃煤电厂多污染物排放清单及不确定性研究[D]. 杭州: 浙江大学, 2015.
- SUN Yangyang. Study on emission inventory and uncertainty assessment of multi-pollutants from coal-fired power plants[D]. Hangzhou: Zhejiang University, 2015(in Chinese).
- [17] 薛志钢, 杜谨宏, 任岩军, 等. 我国大气污染源排放清单发展历程和对策建议[J]. 环境科学研究, 2019, 32(10): 1678-1686.
- XUE Zhigang, DU Jinhong, REN Yanjun, et al. Development course and suggestion of air pollutant emission inventory in China[J]. Research of Environmental Sciences, 2019, 32(10): 1678-1686(in Chinese).
- [18] ZHAO B, WANG S X, DONG X Y, et al. Environmental effects of the recent emission changes in China: implications for particulate matter pollution and soil acidification[J]. Environmental Research Letters, 2013, 8(2): 024031.
- [19] ZHAO Y, ZHANG J, NIELSEN C P. The effects of recent control policies on trends in emissions of anthropogenic atmospheric pollutants and CO<sub>2</sub> in China[J]. Atmospheric Chemistry and Physics, 2013, 13(2): 487-508.
- [20] European Environment Agency. European Union emission inventory report 1990-2018[R/OL]. (2020-05) [2022-08]. <https://www.eea.europa.eu/publications/european-union-emission-inventory-report-1990-2018>.
- [21] 中国电力企业联合会. 2017年电力工业统计资料汇编[M]. 北京: 中国电力企业联合会, 2018.
- [22] 中国电力企业联合会. 2020年电力工业统计资料汇编[M]. 北京: 中国电力企业联合会, 2021.
- [23] 生态环境部. 纳入2019—2020年全国碳排放权交易配额管理的重点排放单位名单[R/OL]. (2020-12-29) [2022-08]. <https://www.mee.gov.cn/xxgk2018/xxgk/xxgk03/202012/W020201230736907682380.pdf>.
- [24] 中国电力企业联合会. 中国火电节水和污染防治报告[M]. 北京: 中国电力出版社, 2019.
- [25] 生态环境部. 企业温室气体排放核算方法与报告指南 发电设施(2022年修订版) [R/OL]. (2022-03-10) [2022-08]. <https://www.mee.gov.cn/xxgk2018/xxgk/xxgk06/202203/W020220315357528424119.pdf>.
- [26] 生态环境部. 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) [R/OL]. (2020-12-29) [2022-08]. <https://www.mee.gov.cn/xxgk2018/xxgk/xxgk03/202012/W020201230736907121045.pdf>.

收稿日期: 2022-08-16; 修回日期: 2022-10-18。



赵宏兴

作者简介:

赵宏兴 (1971), 男, 高级经济师, 研究方向为碳市场、碳资产管理, E-mail: 12000049@ceic.com。

乔中鹏 (1983), 男, 高级工程师, 研究方向为碳市场、碳资产管理, E-mail: 15000161@ceic.com。

冯田丰 (1978), 女, 工程师, 研究方向为碳排放碳交易管理, E-mail: 811674902@qq.com。

郭树森 (1997), 男, 硕士, 研究方向为碳市场模型开发, E-mail: 20071102@ceic.com。

王硕 (1984), 男, 工程师, 研究方向为碳资产管理、电力市场发展方向, E-mail: 16032794@ceic.com。

刘潇 (1982), 男, 高级工程师, 研究方向为碳市场、电力市场模拟技术开发。通信作者, E-mail: 17240163@ceic.com。

(责任编辑 李锡)

JGEEI

JGEEI