

能源经济预测与展望研究报告

FORECASTING AND PROSPECTS RESEARCH REPORT

CEEP-BIT-2023-005 (总第 69 期)



中国碳市场回顾与最优行业纳入 顺序展望（2023）

2023 年 1 月 8 日

北京理工大学能源与环境政策研究中心

<http://ceep.bit.edu.cn>

能源经济预测与展望研究报告发布会

主办单位：北京理工大学能源与环境政策研究中心

北京理工大学国家安全与发展研究院

能源经济与环境管理北京市重点实验室

协办单位：北京经济社会可持续发展研究基地

北京理工大学管理与经济学院

中国“双法”研究会能源经济与管理研究分会

中国能源研究会能源经济专业委员会

特别声明

本报告是由北京理工大学能源与环境政策研究中心研究团队完成的系列研究报告之一。如果需要转载，须事先征得中心同意并注明“转载自北京理工大学能源与环境政策研究中心系列研究报告”字样。

中国碳市场回顾与最优行业纳入顺序展望（2023）

执笔人：王科、李世龙、李思阳、王智鑫、鲜玉娇、魏一鸣

作者单位：北京理工大学能源与环境政策研究中心

联系人：王科

研究资助：国家自然科学基金项目（71871022, 72271026, 72293600, 72293601）



北京理工大学能源与环境政策研究中心

北京市海淀区中关村南大街5号

邮编：100081

电话：010-68918651

传真：010-68918651

E-mail: wangkebit@bit.edu.cn

网址：http://ceep.bit.edu.cn

Center for Energy and Environmental Policy Research

Beijing Institute of Technology

5 Zhongguancun South Street, Haidian District, Beijing 100081, China

Tel: 86-10-68918651

Fax: 86-10-68918651

E-mail: wangkebit@bit.edu.cn

Website: http://ceep.bit.edu.cn

中国碳市场回顾与最优行业纳入 顺序展望（2023）

气候问题受到各个国家和地区的广泛关注，各国和地区正积极建立碳排放权交易体系以控制温室气体排放。截至 2022 年 12 月 31 日，全球共 34 个碳排放权交易体系投入运行，这些碳排放权交易体系的司法管辖区温室气体排放量、GDP、人口分别占全球总量的 17%、55% 和 1/3。

中国全国碳市场在 2022 年顺利迈入第二个履约周期，截至 2022 年 12 月 31 日，碳配额累计成交量达 2.29 亿吨，累计成交额达 104.74 亿元。同时中国七个试点碳市场并行运行，截至 2022 年 12 月 31 日，碳配额累计线上成交量达 3.98 亿吨，累计线上成交额达 106.40 亿元。

目前，全国碳市场已纳入发电行业，覆盖全国碳排放量的 45%，若进一步纳入水泥和钢铁行业，这一覆盖比例将超过 70%。

本报告对 2014-2021 年沪深 A 股企业年报文本分析的结果显示，企业对全国碳市场的响应程度在 2021 年度明显升高。

本报告构建了全国碳市场行业纳入顺序优化模型，针对碳市场计划内和计划外行业模拟分析结果建议，下一阶段全国碳市场扩大覆盖范围时的行业优先纳入顺序为：水泥制造、炼钢、平板玻璃制造、非木竹浆制造、木竹浆制造、其他基础化学原料制造、氮肥制造等。

在上述分析基础上，本报告对国内外碳市场的未来发展情况进行了展望。

一、国际碳市场概况

目前，全球范围内碳排放权交易体系主要分布在欧洲，东南亚和北美洲地区，具体包括欧盟、英国、中国、韩国、新西兰、美国和加拿大等共 34 个碳排放权交易体系，覆盖全球温室气体排放总量的 17% 左右^[1]。

本报告通过成交均价（每日交易价格的均值）、排放覆盖率（碳市场覆盖的碳排放量占该地区碳排放总量比率）、价格波动率（每期价格较上一期价格波动率取平均）、碳排放强度（2021 年行政地区碳排放总量/该行政地区 2021 年 GDP）、经济效益（2021 年行政地区通过拍卖碳配额获得的收入/该行政地区 2021 年 GDP）和纳入大类行业个数（电力、工业、建筑、交通、航空、废弃物、林业等 7 大行业中被纳入该行政地区碳市场的个数），共六个指标对比全球主要碳排放权交易体系发展情况（表 1）。

表 1 全球主要碳排放权交易体系总体发展情况

地区/指标	成交均价 (美元/吨 CO ₂)	排放覆 盖率(%)	价格波 动率(%)	碳排放强度 (吨 CO ₂ /万 美元)	经济效 益 (%)	纳入大类行业 个数(个)
欧盟	87.30	39	6.00	1.60	0.21	3
英国	96.30	28	4.00	1.06	0.19	3
中国(全国)	8.85	44	2.00	5.95	-	1
韩国	20.19	73	6.00	3.35	0.01	5
新西兰	50.07	49	3.00	3.17	0.37	7
美国 (RGGI)	-	16	-	-	-	1
美国(加州)	-	74	-	-	-	4
加拿大(魁 北克)	-	78	-	-	-	4

来源：原始数据取自 wind 和各试点碳市场交易所，经作者计算整理。

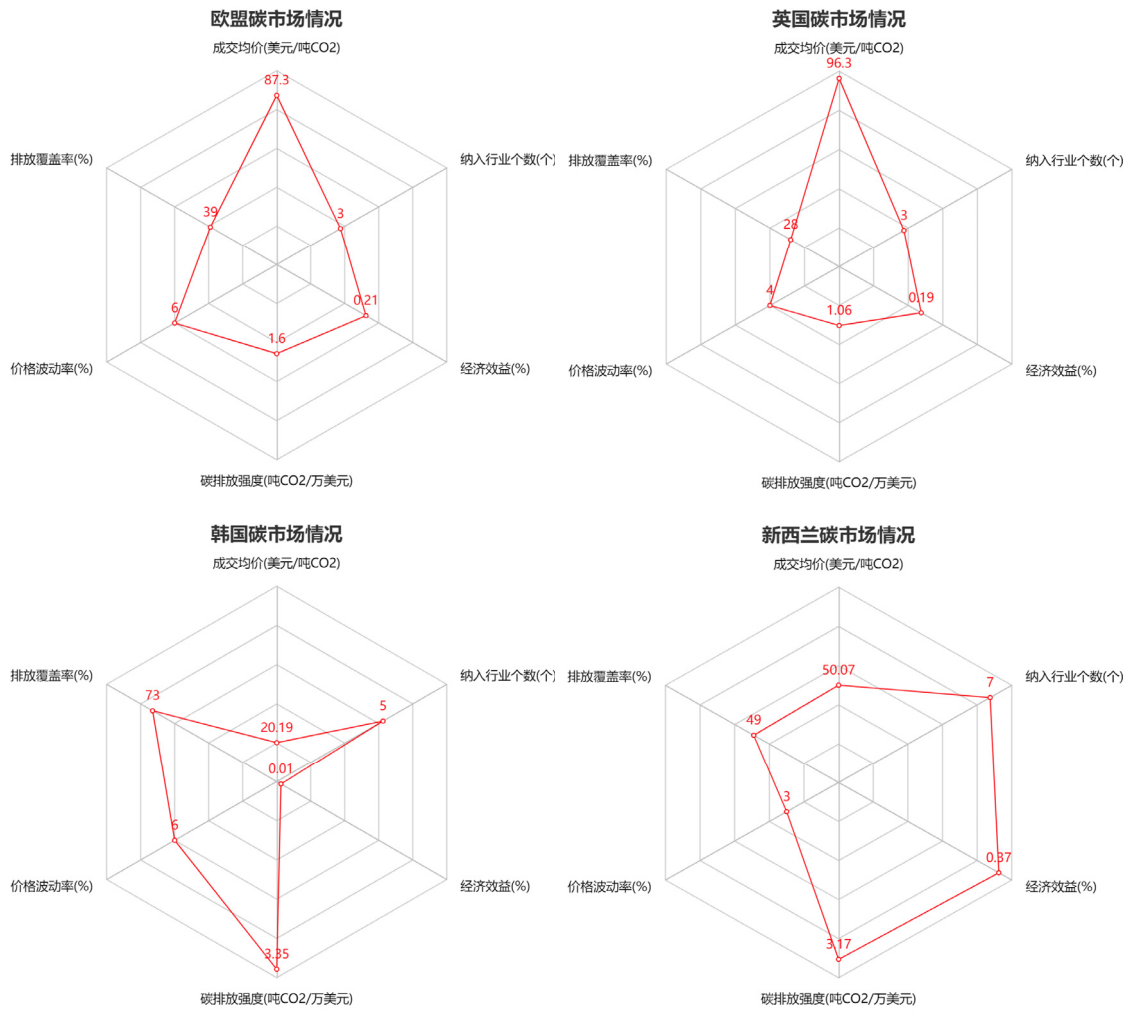


图 1 2022 年部分主要碳市场对比

本报告对部分主要碳市场 2022 年表现进行了对比（图 1）。欧盟碳市场成交均价和价格波动率在全球主要碳排放权交易体系中处于较高水平，其他指标则处于中等水平。英国碳市场成交均价在全球主要碳排放权交易体系处于较高水平，其他指标则处于中等或中等偏下水平。韩国碳市场成交均价和经济效益在全球主要碳排放权交易体系中均处于较低水平，其他指标则处于较高水平。新西兰碳市场经济效益在全球主要碳排放权交易体系中处于较高水平，且已将 7 个行业全部纳入碳排放权交易体系。美国 RGGI 碳市场排放覆盖率和纳入行业个数在全球主要碳排放权交易体系中均处于较低水平（分别为 16%和

1); 加州碳市场则处于较高水平(分别为 74%和 4)。加拿大魁北克碳市场碳排放覆盖率为 78%, 相较于全球其他主要碳排放权交易体系处于较高水平。

相较于其他全球主要碳排放权交易体系, 中国碳排放强度处于较高水平(5.95 吨 CO₂/万美元), 全国碳市场成交均价和价格波动率处于较低水平(分别为 8.85 美元/吨 CO₂和 2%)。

二、中国全国碳市场运行情况

截至 2022 年 12 月 31 日, 中国全国碳市场 2022 年内碳配额累计成交量 5085.88 万吨, 其中大宗协议交易占比 87.84%, 挂牌协议交易占比 12.16%。累计成交额 28.12 亿元, 挂牌协议交易成交均价为 58.08 元/吨, 相比于 2021 年的 46.60 元/吨提升了 24.64%。

(一) 重点排放单位有明显的地区聚集现象

纳入全国碳排放权交易配额管理的重点排放单位主要分布在东北综合经济区、黄河中游综合经济区、东部沿海综合经济区。图 2 展示了截至 2022 年 12 月 31 日, 22 个省生态环境厅公布的 2022 年度纳入全国碳排放权交易配额管理的重点排放单位分布情况。

(二) 市场活跃度有较大提升空间

2022 年全国碳市场换手率在 2%-3%内波动, 低于七个试点碳市场约 5%的平均换手率, 更远远低于欧盟碳市场约 500%的换手率, 这说明我国全国碳市场仍处于发展初期, 未来我国全国碳市场活跃度有巨大提升空间。

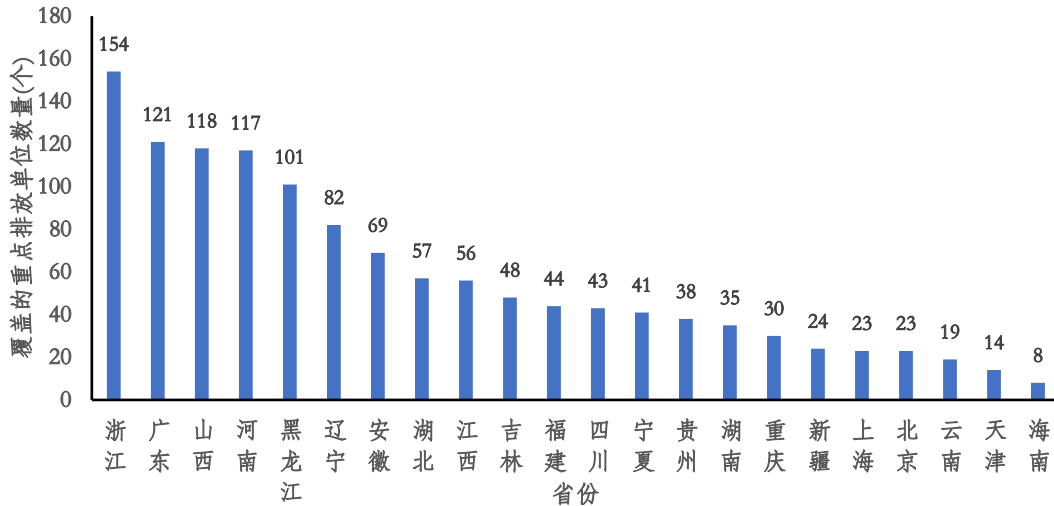


图 2 2022 年纳入全国碳排放权交易配额管理的重点排放单位分布情况（部分）

（三）交易量呈现明显的“潮汐现象”

全国碳市场呈现明显的“潮汐现象”，即年初和年末交易量较高，而在年中表现较为低迷（图 3）。全国碳市场在 1 月上旬日交易量较多，主要由于第一个履约周期刚刚结束，交易量正处于波峰。2022 年 2 月-10 月交易量较少，绝大部分天数处于 50 万吨以下。2022 年 11 月-12 月交易量明显上升。经测算，全国碳市场 2022 年交易集中度^[2]（即每年交易量最多的前 20%交易日的交易量之和/全年总交易量）为 91.93%，较 2021 年 80.80%提升了 11.13 个百分点。

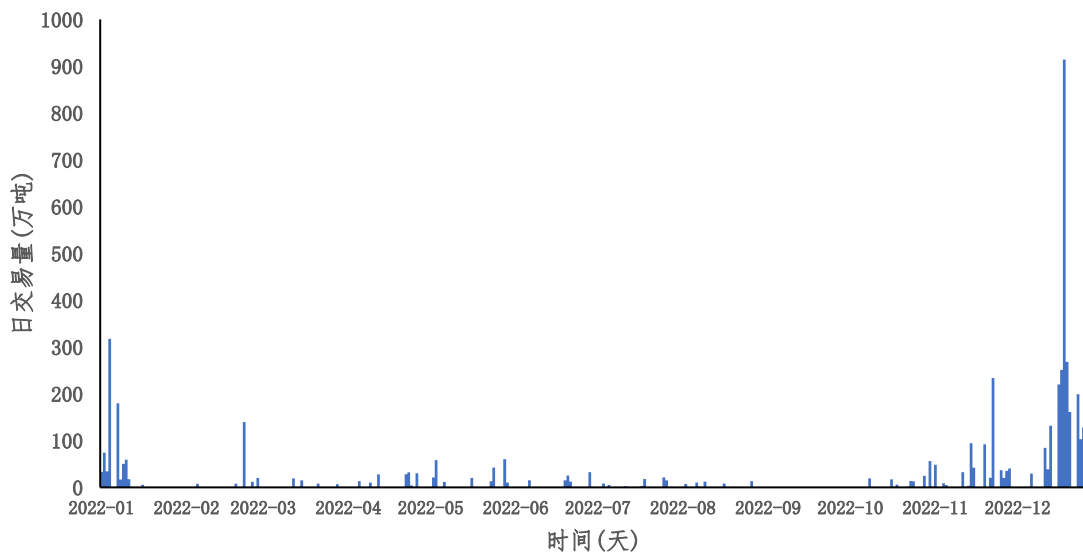


图 3 2022 年全国碳市场日交易量波动情况

（四）日成交均价相对平稳

全国碳市场线上交易价格波动相对平稳（图 4），总体上围绕 58 元/吨上下波动，相较于 2021 年的 47 元/吨有所提升。全国碳市场价格波动性（年度最高成交价格与最低成交价格之差）为 13.36 元/吨，低于所有试点碳市场的价格波动性。

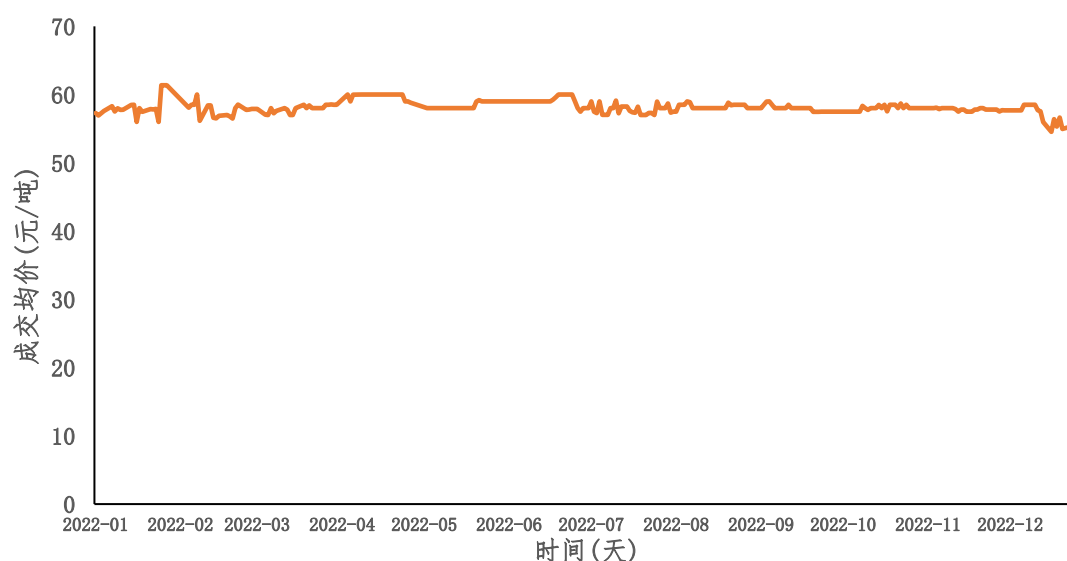


图 4 2022 年全国碳场日成交均价变化趋势

（五）全国碳市场建设更加规范

全国碳市场第一个履约周期结束后，国家进一步强化重点排放单位配额清缴完成和处理信息公开的相关工作。2022 年 2 月 7 日国家生态环境部印发《关于做好全国碳市场第一个履约周期后续相关工作通知》要求各省份加紧完成本行政区域全国碳市场第一个履约周期未按时足额清缴配额的重点排放单位的限期改正和处理工作。除此之外，国家严厉打击控排企业碳排放数据弄虚作假行为。2022 年 3 月 14 日国家生态环境部对部分机构存在的篡改伪造检测报告等问题进行了公开通报。

国家计划在发电行业基础上将其他行业纳入全国碳市场。根据

2022年3月15日国家生态环境部发布的《关于做好2022年企业温室气体排放报告管理相关重点工作的通知》，要求组织除电力外其他行业的企业报送2021年度温室气体排放报告并对其温室气体排放报告进行核查。另外，2022年8月19日国家发改委发布的《关于加快建立统一规范的碳排放统计核算体系实施方案》中明确要求完善行业企业碳排放核算机制。由生态环境部等部门组织制修订电力、钢铁、有色、建材、石化、化工、建筑等重点行业碳排放核算方法及相关国家标准。

三、中国碳试点碳市场运行情况

北京、天津、上海、重庆、广东、湖北、深圳7省市碳排放权交易试点自建立至今运行情况良好，为全国碳市场的建立提供了很好的铺垫。本报告涉及的中国试点碳市场的数据均为线上交易数据，试点碳市场运行基本情况如下。

（一）交易总体情况

截至2022年12月31日，2022年内七个试点碳市场累计完成线上配额交易总量约3472.72万吨，达成交易额约20.20亿元。表2展示了各个试点碳市场自开市以来累计线上配额成交情况。

从线上成交总量和成交总额来看，广东碳市场碳排放权交易量和交易额最高，湖北碳市场次之。重庆碳市场碳排放权交易量和交易额最低，北京碳市场碳排放权交易量仅高于重庆碳市场，但其成交总额远高于重庆碳市场，这主要是由于北京碳市场碳排放权交易价格较高。从成交均价来看，北京碳市场碳排放权交易价格最高，天津碳市场碳

排放权交易价格最低。另外，各试点碳市场成交均价较 2021 年均有所提升，深圳碳市场提升幅度最大（179.07%），天津碳市场提升幅度最小（16.51%）。

表 2 七个试点碳市场累计线上配额成交情况

试点	开市日期	成交总量（万吨）	成交总额（亿元）	成交均价（元/吨）
北京	2013.11.28	1815.31	12.29	87.57
天津	2013.12.26	2380.79	5.88	32.40
上海	2013.11.26	1943.39	6.39	56.58
深圳	2013.06.18	5429.89	14.11	34.67
广东	2013.12.19	19063.20	46.52	76.39
湖北	2014.04.02	8211.21	20.25	47.37
重庆	2014.06.19	1047.19	0.96	39.29

来源：原始数据取自 wind 和各试点碳市场交易所，经作者计算整理。

（二）交易量情况

除广东碳市场外，各试点碳市场日交易量呈现较为明显的周期现象，表现为在该试点碳市场履约期附近交易量大幅上升，而在其他时段交易量相对较小（图 5）。

北京碳市场碳排放权交易量集中在履约期期末，2022 年其周期性波峰较 2021 年有所下降；天津碳市场整体活跃度低，2022 年碳排放权交易量集中于 6-8 月；上海碳市场碳排放权交易量周期性波峰自 2015 年呈下降趋势，2022 年继续下降，到达近年来最低值；湖北碳市场碳排放权交易量具有明显的周期性，自 2015 年之后，其波峰在 40 万吨上下波动，2022 年湖北碳市场碳排放权线上交易量累计为 573.35 万吨；广东碳市场碳排放权交易量周期性相对而言不明显，其在非履约期交易量也十分活跃，2022 年广东碳市场碳排放权线上交易量累计为 1460.91 万吨。重庆碳市场整体表现不活跃，2021-2022 年碳排放权交易量有所提升，但相较于其他试点碳市场仍处于较低水平；

深圳碳市场碳排放权交易量具有相对明显的周期性，2021-2022 年其周期性波峰较之以往大幅提升。

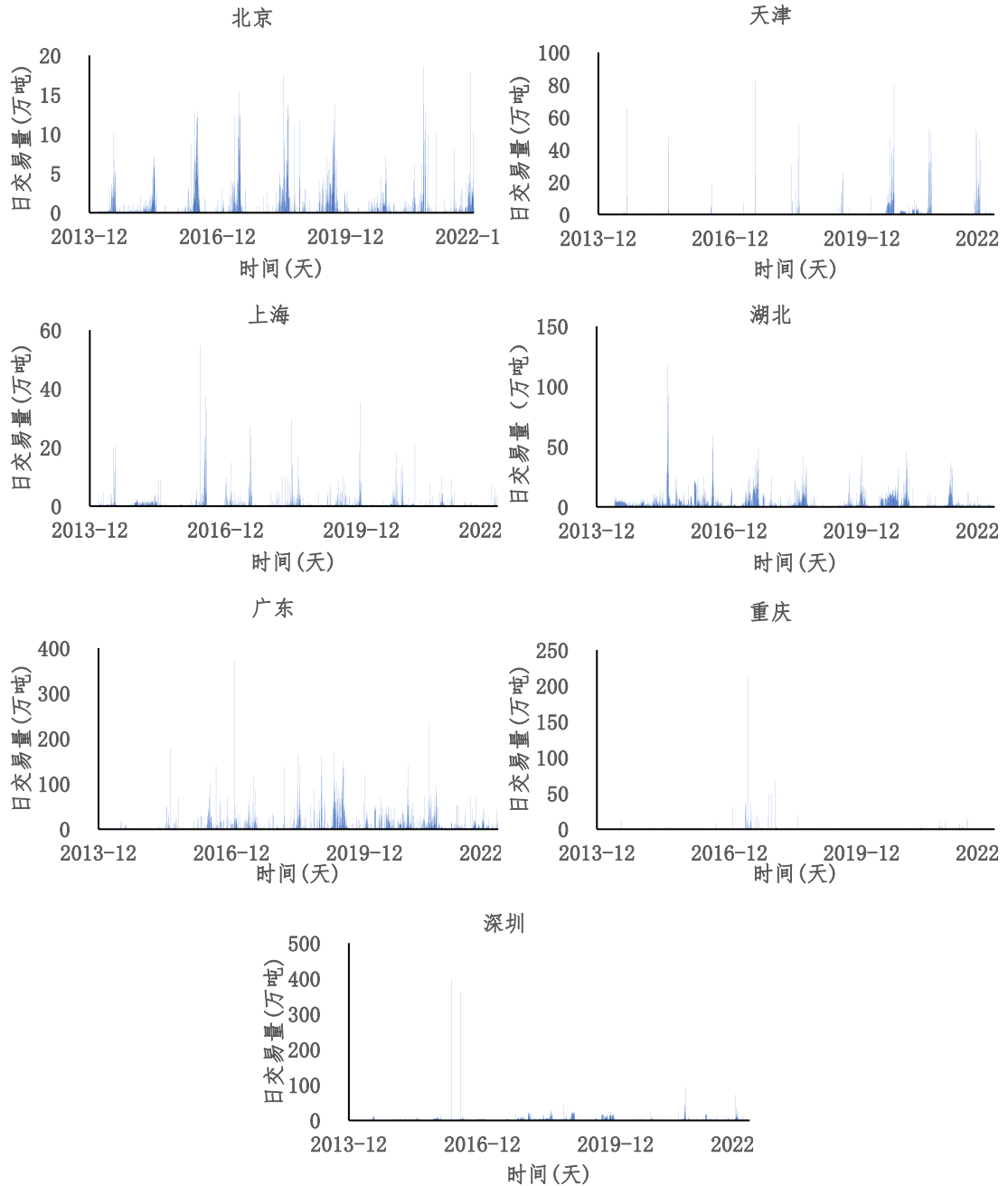


图 5 七个试点碳市场 2013-2022 年的日交易量情况

图 6 展示了 2014 年-2022 年各试点碳市场线上总交易量对比情况，整体而言，广东碳市场交易量占比最高，为 48.24%；重庆碳市场交易量占比最低，为 2.67%。自 2020 年起北京、天津、深圳、重庆碳

市场交易量占比呈上升趋势，除重庆碳市场外，2022 年其余三个试点碳市场交易量占比较 2021 年均有所提升；湖北和上海碳市场波动较大，2022 年两个试点碳市场交易量占比较 2021 年均有所提升；广东碳市场呈现明显的下降趋势，2022 年广东碳市场交易量占比较 2021 年有所下降。

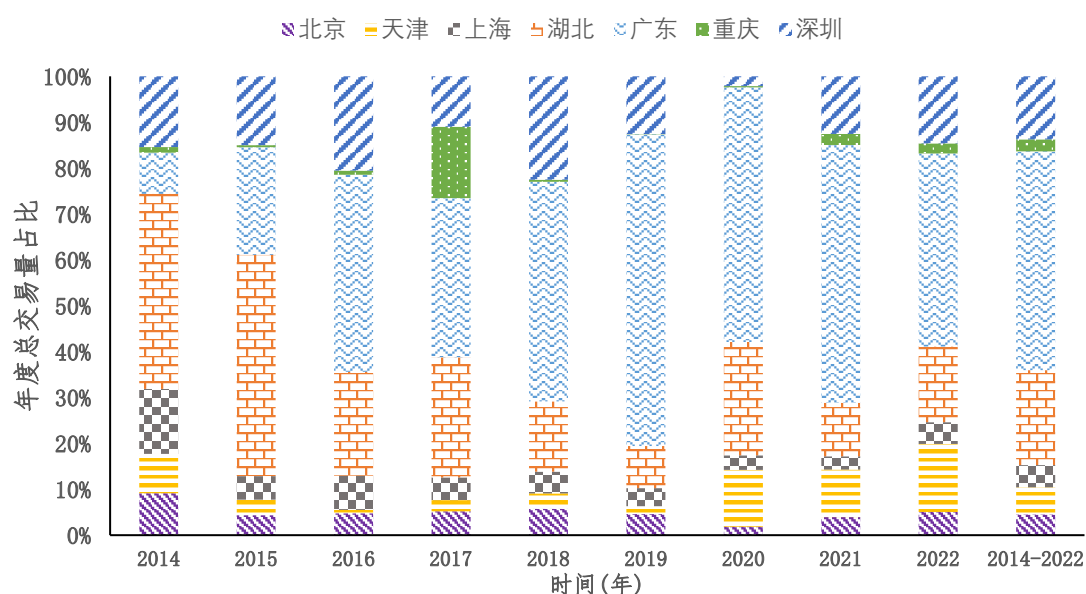


图 6 2014-2022 年 7 个试点碳市场年度线上总交易量占比情况

（三）交易集中度与交易活跃度

本报告从总交易量、日交易量最大值、交易集中度（即每年交易量最多的前 20%交易日的交易量之和/全年总交易量）和交易活跃度（即全年总交易量/全年配额总量）四个方面分析了各试点碳市场线上交易特征（表 3）。

自 2019 年起，广东、天津、深圳、重庆碳市场线上交易总量呈现上升趋势，北京、上海、湖北碳市场线上交易总量呈现下降趋势。2022 年北京、广东、深圳、重庆碳市场交易总量较 2021 年有所下降，其中广东碳市场下降幅度最大（-45.56%）；天津、上海、湖北碳市场

交易总量较 2021 年有所提升，其中湖北碳市场提升幅度最大（48.81%）。

表 3 试点碳市场的交易集中度与交易活跃度

试点	年份	配额估计值（亿吨）	总交易量（万吨）	日交易量最大值（万吨）	交易集中度	交易活跃度
北京	2014	0.47	105.62	10.12	93.41%	2.25%
	2015	0.47	125.87	7.24	92.74%	2.68%
	2016	0.46	241.92	12.93	93.57%	5.26%
	2017	0.45	238.35	15.50	92.07%	5.30%
	2018	0.50	263.85	13.78	86.50%	5.28%
	2019	0.45	301.37	13.77	77.31%	6.70%
	2020	0.50	115.06	7.25	81.67%	2.30%
	2021	0.50	187.07	18.61	89.88%	3.74%
	2022	0.50	175.28	17.74	92.44%	3.51%
天津	2014	1.60	98.99	65.91	95.85%	0.62%
	2015	1.60	52.67	47.94	97.32%	0.33%
	2016	1.50	31.05	19.19	99.94%	0.21%
	2017	1.50	116.10	82.78	100.00%	0.77%
	2018	1.60	0.07	0.07	100.00%	0.00%
	2019	1.50	4.34	4.18	100.00%	0.03%
	2020	1.60	520.27	48.76	85.45%	3.25%
	2021	1.60	494.87	52.54	92.33%	3.09%
	2022	0.75	514.36	52.19	100.00%	6.86%
上海	2014	1.60	171.08	20.40	91.47%	1.07%
	2015	1.62	168.95	18.10	78.43%	1.04%
	2016	1.55	415.57	54.60	96.45%	2.68%
	2017	1.48	245.67	27.28	91.29%	1.66%
	2018	1.60	181.36	16.57	91.73%	1.13%
	2019	1.50	268.33	35.37	86.56%	1.79%
	2020	1.58	214.72	40.32	90.02%	1.36%
	2021	1.05	138.00	21.25	91.91%	1.31%
	2022	1.09	164.84	49.13	99.21%	1.51%
湖北	2014	2.81	898.14	203.49	66.28%	3.20%
	2015	3.24	1394.15	117.62	75.92%	4.30%
	2016	2.53	1110.57	60.87	70.19%	4.39%
	2017	2.57	1487.01	68.22	71.77%	5.79%
	2018	2.50	883.17	41.47	75.76%	3.53%
	2019	2.40	402.23	33.96	84.94%	1.68%
	2020	2.70	1421.62	46.21	55.13%	5.27%
	2021	1.66	385.29	15.01	77.71%	2.32%
	2022	1.82	573.35	33.26	76.82%	3.15%
广东	2014	3.88	105.55	18.81	99.97%	0.27%
	2015	3.70	465.63	69.75	97.40%	1.26%
	2016	3.86	1396.78	140.20	90.65%	3.62%
	2017	3.99	1236.78	115.26	84.78%	3.10%
	2018	4.22	987.50	135.78	86.66%	2.34%
	2019	4.65	1225.06	61.07	73.39%	2.63%
	2020	4.65	1948.86	139.78	71.79%	4.19%
	2021	4.65	2683.54	235.20	75.85%	5.77%
	2022	2.66	1460.91	71.27	77.44%	6.17%
深圳	2014	0.33	184.71	12.85	94.37%	5.60%
	2015	0.31	440.09	17.28	84.67%	14.20%
	2016	0.30	1102.07	400.00	97.18%	36.74%
	2017	0.29	691.31	164.65	100.00%	23.84%
	2018	0.30	124.06	14.52	99.99%	4.14%
	2019	0.29	78.49	6.58	99.98%	2.71%
	2020	0.29	123.92	21.02	95.86%	4.27%
	2021	0.30	599.29	93.77	96.05%	19.98%
	2022	0.25	508.07	72.69	99.98%	20.32%
重庆	2014	1.30	14.50	14.50	100.00%	0.11%
	2015	1.06	12.76	2.68	100.00%	0.12%
	2016	1.00	46.02	30.83	100.00%	0.46%
	2017	1.00	678.20	211.26	99.56%	6.78%
	2018	1.30	26.06	19.96	99.72%	0.20%
	2019	1.17	11.28	3.10	98.65%	0.10%
	2020	1.30	21.97	2.5	97.59%	0.17%
	2021	1.30	114.72	10.17	87.99%	0.88%
	2022	1.45	75.91	15.71	99.99%	0.52%

来源：原始数据取自 wind、中国碳排放交易网和各试点碳市场交易所，经作者计算整理。

自 2020 年起，广东、北京、天津、上海、深圳碳市场交易集中

度呈上升趋势，湖北和重庆碳市场交易集中度波动较大。2022 年除湖北碳市场交易集中度有所下降，其它试点碳市场交易集中度均有所提升。其中天津碳市场交易集中度高达 100%；上海、深圳、北京、重庆碳市场交易集中度均在 90%以上。

自 2019 年起，重庆、天津、广东、深圳碳市场交易活跃度呈上升趋势，湖北碳市场交易活跃度波动较大，北京和上海碳市场交易活跃度呈下降趋势。2022 年，天津、上海、湖北、广东、深圳碳市场交易活跃度有所提升，其中天津碳市场提升最为明显，上升了 2.39 个百分点。北京和重庆碳市场交易活跃度有小幅下降，分别下降了 0.23 和 0.36 个百分点。

（四）成交价格变化趋势和波动性

图 7 展示了七个试点碳市场自开市以来，线上交易日成交均价的变化情况。北京碳市场自开市以来，日成交均价呈上升趋势。2022 年北京碳市场日成交均价较 2021 年有所上涨，且上涨幅度较大。天津碳市场日成交均价在 2019 年之前呈下降趋势，2019 年之后则呈上升趋势，在 2022 年上半年稳定在 28 元/吨，下半年围绕 36 元/吨上下波动。上海碳市场日成交均价自开市以后至 2016 年 5 月呈下降趋势，此后呈上涨趋势，且在 2022 年相较于 2021 年有所提升。湖北碳市场日成交均价整体平稳，在 25 元/吨至 50 元/吨区间内波动，在 2022 年内围绕 46 元/吨上下波动。广东碳市场日成交均价呈“U”型，在 2022 年内围绕 78 元/吨上下波动。深圳碳市场日成交均价在刚开市时波动剧烈，此后大部分年份围绕 35 元/吨小范围波动，且在 2022 年较 2021

年有所提升。重庆碳市场日成交均价自开市至 2019 年 10 月波动剧烈，此后围绕 25 元/吨上下波动，且呈现略微的上升趋势，在 2022 年上半年持续上升，但在下半年有所下跌。

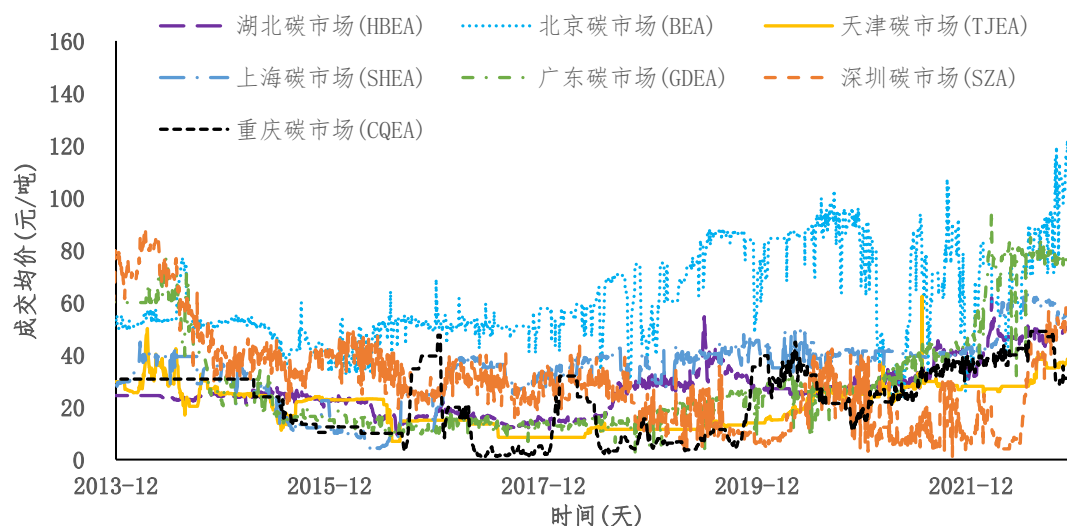


图 7 2013-2022 年各试点碳市场的日均成交价格变化趋势

图 8 展示了 2013-2022 年七个试点碳市场的年度碳价波动性（年度最高成交价格与最低成交价格之差）情况。

湖北碳市场 2013-2019 年碳价波动性逐渐上升，2019 年-2022 年碳价波动性在 5 元/吨-20 元/吨区间内波动。北京碳市场碳价波动性逐年提升，2022 年到达近年来峰值 107.49 元/吨。天津碳市场碳价波动性在 2019 年之前呈下降趋势，2019 年之后呈上升趋势，但 2022 年碳价波动性较 2021 年有所下滑。

上海碳市场碳价波动性自开市以来围绕 20 元/吨上下波动，整体碳价波动性较为稳定，2022 年上海碳市场延续了这一趋势。广东碳市场自开市至 2016 年碳价波动性逐年下降，此后逐年上升，2022 年广东碳市场碳价波动性到达近年来峰值 64.98 元/吨。深圳碳市场自开市至 2015 年碳价波动性迅速下降，此后碳价波动性呈现上升趋势，2022

年深圳碳市场碳价波动性较 2021 年有所上升，且为近年来碳价波动性上升最大的一年。

重庆碳市场自开市至 2016 年碳价波动性逐步提升，此后至 2020 年其碳价波动性处于 20 元/吨-40 元/吨区间之内，2020 年以后重庆碳市场碳价波动性呈现下降趋势，2022 年重庆碳市场碳价波动性继续下降。

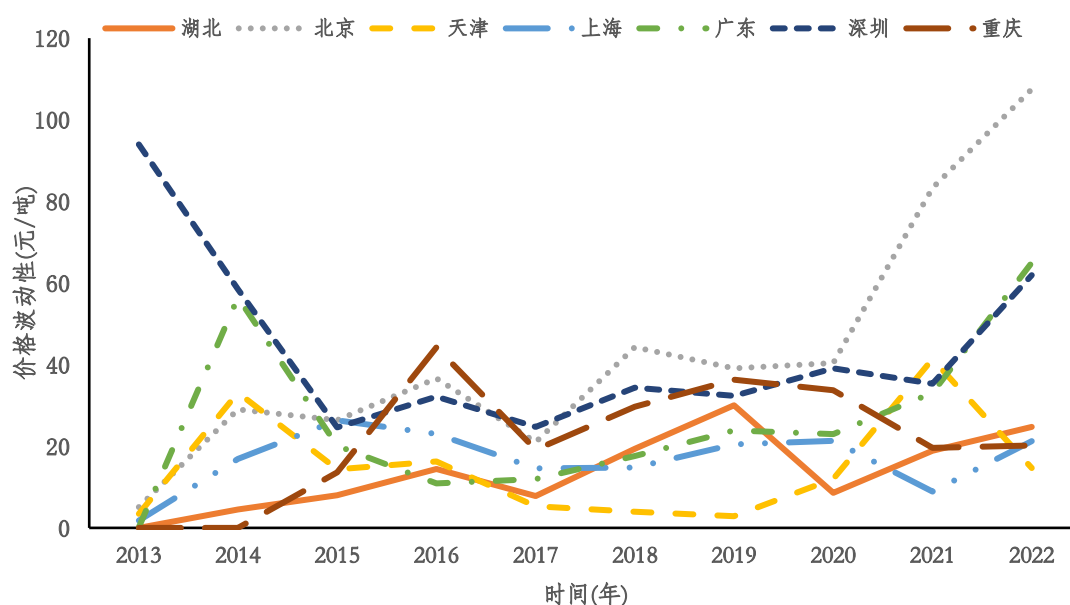


图 8 2013-2022 年七个试点碳市场的碳价波动性

(五) 履约情况

表 4 展示了 2013-2021 年度七个试点碳市场的履约情况。除北京、深圳和重庆碳市场暂未公布数据外，其余试点碳市场 2021 年度均达到了 99% 以上的履约率，其中上海、天津、湖北碳市场最近五年履约率均达到 100%。总体而言，我国试点碳市场履约情况良好。

表 4 七个试点碳市场履约情况

地区	2013 年度	2014 年度	2015 年度	2016 年度	2017 年度	2018 年度	2019 年度	2020 年度	2021 年度
北京	97%	100%	100%	100%	99%	100%	100%	100%	未公布
天津	96%	99%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
上海	100%	100%	100%	99%	100%	100%	100%	100%	100%
湖北	—	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
广东	99%	99%	100%	100%	100%	99%	100%	100%	99%
深圳	99%	99%	100%	99%	99%	99%	100%	100%	未公布
重庆	—	70%	未公布	未公布	未公布	未公布	未公布	未公布	未公布

来源：原始数据取自 wind、中国碳排放交易网和各试点碳市场交易所，经作者计算整理。

四、中国非试点地区碳市场运行情况

四川碳市场于 2016 年 12 月 16 日正式开市，截至 2022 年 12 月 31 日，其国家核证自愿减排量（CCER）累计成交量达 3614.54 万吨，其中 2022 年 CCER 成交量为 208.12 万吨，2022 年 1-3 月、5-8 月交易量波动较大，其余月份交易量处于较低水平。

福建碳市场于 2016 年 12 月 22 日开市，截至 2022 年 12 月 31 日，其碳配额线上累计成交量达 1991.19 万吨，其中 763.38 万吨成交量在 2022 年内完成。福建碳市场碳配额成交均价为 23.48 元/吨，累计成交额为 1.90 亿元，自 2022 年 3 月份开始日成交均价呈现明显的上涨趋势，交易全年均较为活跃。

五、国家核证自愿减排量交易情况

国家核证自愿减排量项目 2012 年由国家发改委签发，因进一步完善和规范 CCER 交易制度的需要，2017 年 3 月国家发改委暂停 CCER 项目备案申请，各个试点碳市场仅对 CCER 存量进行交易。2021 年 7 月启动的全国碳市场将 CCER 纳入交易范围，并规定企业可以用 CCER 抵消不超过自身应清缴配额 5% 的碳排放配额。这一规定有助

于降低重点碳排放单位履约成本，进而使碳市场高效发展。2022 年以来，全国碳市场 CCER 日成交均价在 2022 年 9 月份之前呈上升趋势，9 月份达到最高日成交均价 64.45 元/吨，9 月份以后呈现略微下降趋势，日成交均价回落到 60 元/吨左右。另外，2022 年 12 月 4 日生态环境部应对气候变化司表示中国将争取尽早重启 CCER 市场，预计国家 2023 年将重启 CCER。

六、中国碳市场的企业响应度与社会关注度

（一）企业积极响应全国碳市场，对节能减碳的关注度逐年升高

本报告获取了上海证券交易所和深圳证券交易所所有上市公司 2014-2021 年年报，并根据中国证券监督管理委员会公布的《2021 年 3 季度上市公司行业分类结果》对年报按照门类进行分类。本报告以平均关键词词频（该门类中有关节能减碳的关键词词频除以该门类所含企业个数）^[3]衡量企业对国家碳市场响应情况。

整体而言，电力、热力、燃气及水生产和供应业平均关键词词频在所有门类中处于最高水平（图 9），这与发电行业优先纳入碳市场有关。另外，2015 年以来各门类中平均关键词词频均逐年上升（图 9 和图 10），表明 2015 年以来企业对节能减碳的关注度持续提升。其中文化、体育和娱乐业，住宿和餐饮业两个行业 2021 年年报中平均关键词词频较 2015 年分别提升 376.09%、366.67%，涨幅在所有行业中处于最高水平。卫生和社会工作，交通运输、仓储和邮政业两个行业 2021 年年报中平均关键词词频较 2015 年分别提升 260.00%、222.83%，涨幅在所有行业中处于较高水平。采矿业，水利、环境和

公共设施管理业,租赁和商务服务业,批发和零售业四个行业 2021 年年报中平均关键词词频较 2015 年均提升 100%以上。制造业,电力、热力、燃气及水生产和供应业,农、林、牧、渔业,信息传输、软件和信息技术服务业,建筑业,金融业,科学研究和技术服务业,房地产业八个行业 2021 年年报中平均关键词词频较 2015 年均提升 50%以上。教育和综合两个行业 2021 年年报中平均关键词词频较 2015 年提升在 50%以下,涨幅在所有行业中处于最低水平。

另外,就关注内容而言,各门类企业年报中提出频率较高的关键词为“新能源”、“风电”、“水电”、“节能”和“能源管理”,前三个关键词体现出对新能源开发的重视,后两个关键词则表明对现有能源节约和管理的重视。图 9 和图 10 显示,随着 2021 年 7 月 21 日全国碳市场线上交易正式启动,年报中各个门类企业有关节能减碳的关键词词频迅速上升,一定程度上表明 2021 年企业对全国碳市场线上交易启动响应明显。

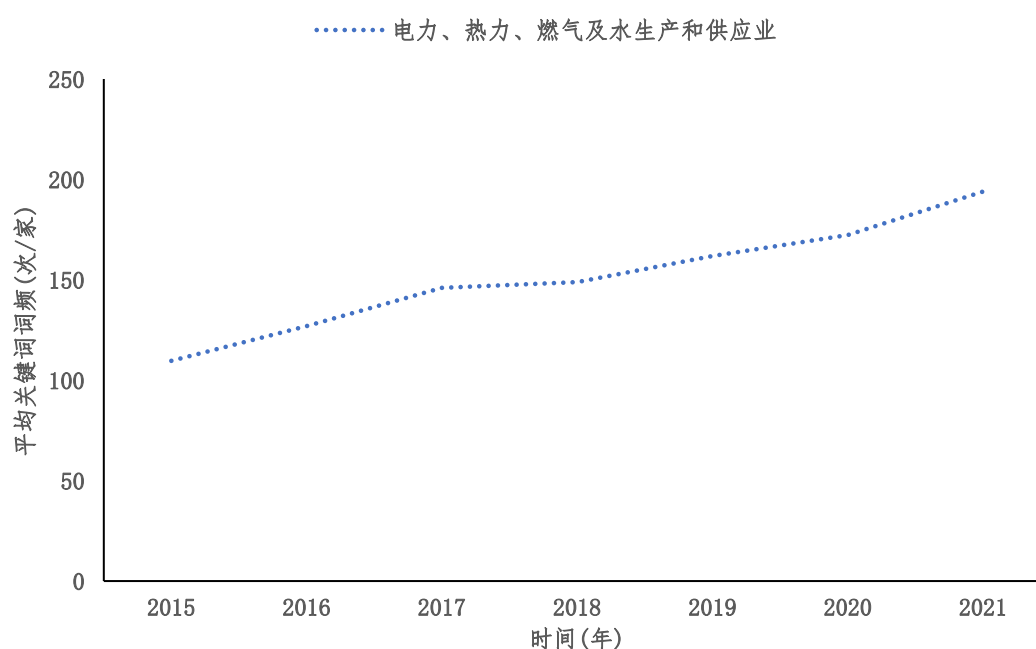


图 9 2015 年-2021 年电力、热力、燃气及水生产和供应业平均关键词词频变化情况

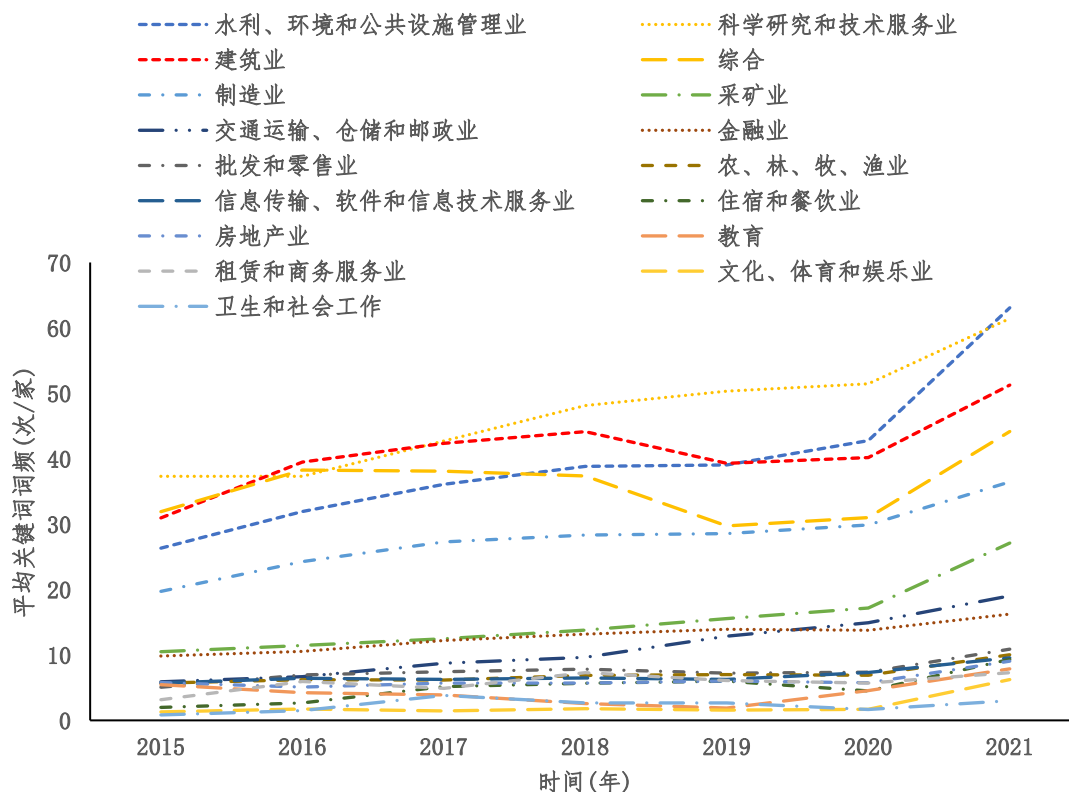


图 10 2015 年-2021 年其他门类平均关键词词频变化情况

(二) 社会关注内容紧跟国家碳市场建设形势

本报告按年对碳排放交易网 2013-2021 年所有相关新闻文本进行关键词提取整理和统计, 获取的频率最高的前 5 个关键词及其词频如图 11 所示。2013 年公众关注的关键词有“排放”、“减排”、“企业”、“节能”、“发展”, 2014 年则加入了“交易”这一关键词, 这可能与我国 2013 年正式启动试点碳市场有关。2015 和 2016 年分别出现新关键词“环保”和“建设”。2017 年出现新关键词“市场”, 这可能与 2017 年是全国碳市场启动年份有关。2018 年出现新的关键词“绿色”, 2019 年出现新的关键词“气候变化”和“全球”, 2020 年出现新关键词“能源”。2021 年出现新关键词“碳达峰”和“碳中和”, 这可能与我国于 2020 年 9 月 22 日在第七十五届联合国大会上首次明确提出 2030 年碳达峰与

2060 年碳中和目标有关。总体而言，社会关注内容紧跟国家碳市场建设形势。

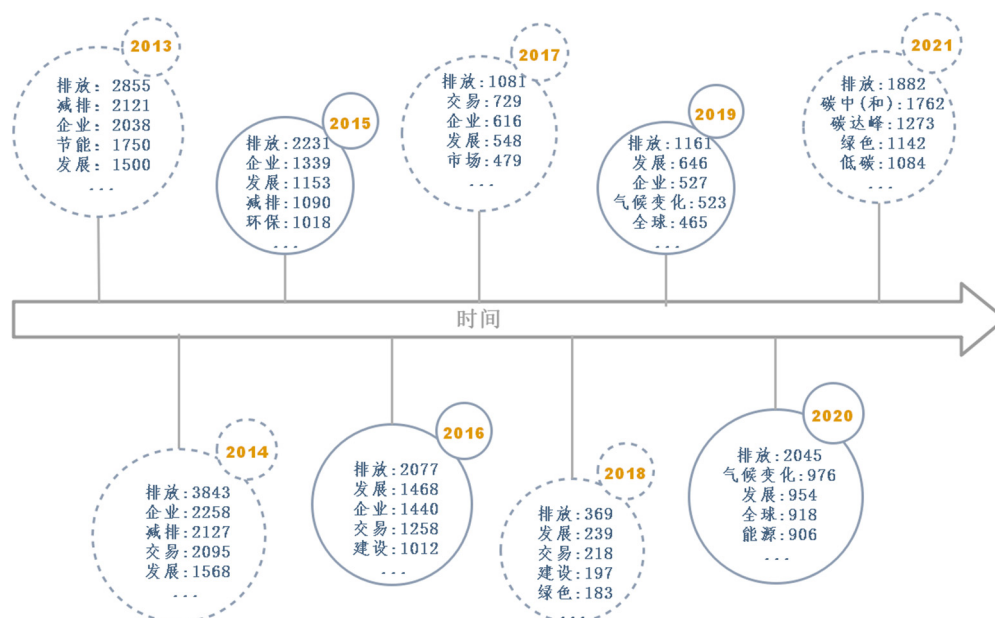


图 11 2013 年-2021 年社会关注内容变化

七、全国碳市场扩大覆盖范围时的行业纳入优先顺序

2017 年 12 月，国家发改委印发《全国碳排放权交易市场建设方案（发电行业）》，全国碳排放权交易体系由此正式启动。但是全国碳交易体系中纳入的行业从最初计划的石化、钢铁、有色、造纸、电力、化工、建材等能源密集型行业（共包含 14 个四位数工业行业，以下称“计划内行业”），减少到第一阶段只纳入火力发电行业，预计“十四五”期间全国碳市场将逐步纳入剩余重点计划内行业。确定全国碳市场的行业覆盖范围和行业纳入顺序是碳市场建设的重要环节，对碳市场的减排效果、市场作用乃至中国“双碳”目标的实现有显著影响。因此，本报告基于中国全国碳市场的现状及相关政策，通过建模评估提出行业覆盖范围和行业纳入顺序优化建议。

本报告构建了全国碳市场行业纳入顺序优化模型，该模型基于改进的参数法方向距离函数计算企业在每个百分比减排量尺度下的边际减排成本^{[4][5]}，同时遵从“边际减排成本低的企业先减排”的工程思想，采用自上而下的经济学方法和自下而上的工程方法相结合的混合方法构造碳市场的边际减排成本曲线^[6]，以所有企业纳入碳市场所节约的减排总成本占其工业总产出的比重和减排量为主要指标构建优化模型。本报告采用中国企业税收调查数据库中 1300-4600 代码行业的样本企业信息，针对全国碳市场目前计划内的 14 个四位数工业行业，以及计划外的 50 个主要碳排放工业行业（以下称“计划外行业”）开展研究。分析总共涉及 64 个四位数工业行业，涵盖了超过 97% 的工业碳排放，设置了 3 种碳市场纳入门槛（5,000 吨，10,000 吨和 26,000 吨）和 4 种减排目标（5%，10%，15%和 20%）的 12 种交叉情景，并针对仅考虑纳入计划内 14 个行业、在保留计划内行业基础上扩充 50 个计划外行业分别进行模拟。12 种情境下计划内和计划外行业纳入顺序的整体分布情况无较大差异，显示模拟结果具有较好的稳健性。本报告将纳入门槛为 26,000 吨且减排目标为 20%的情景作为基准情景展示模拟结果。

（一）计划内行业纳入顺序优化

如果全国碳市场下一阶段优先考虑纳入剩余的 13 个计划内行业，且下一步一次性纳入 n ($1 \leq n \leq 13$) 个计划内行业，则每一种行业组合将与火力发电行业共同纳入碳市场，称为“火电+n”组合。利用行业纳入顺序优化模型计算出每种“火电+n”组合带来的减排成本节约占比，

得到最优行业组合，并总结出 13 个计划内行业的最佳纳入顺序。

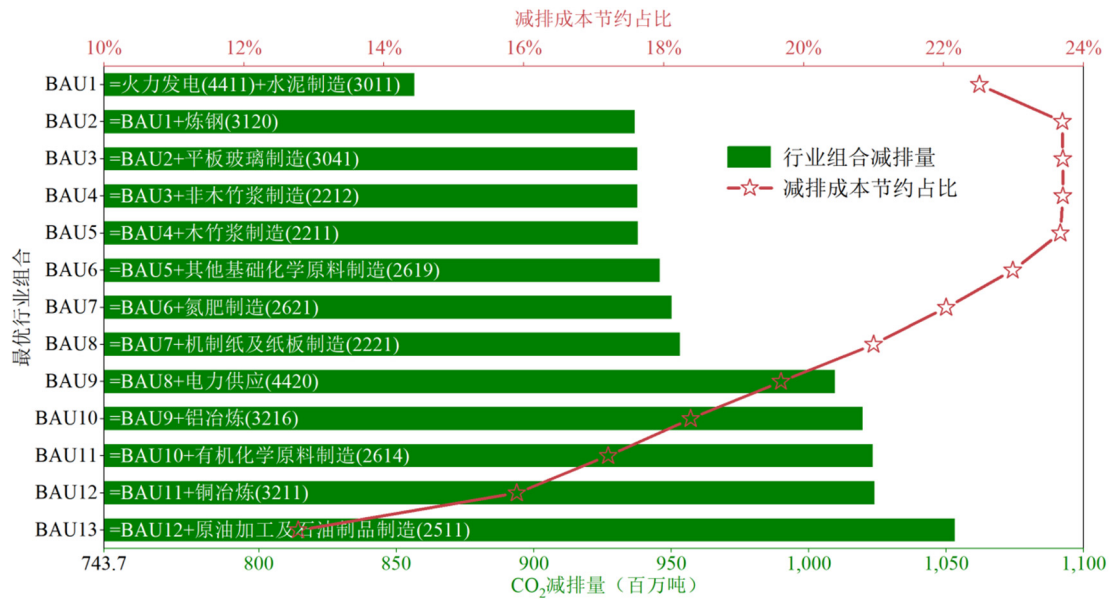


图 12 基准情景下全国碳市场纳入 1~13 个计划内行业的最佳纳入顺序

图 12 展示了全国碳市场一次性纳入 1~13 个计划内行业方案的结果，即全国碳市场下一阶段 13 个计划内行业的最佳纳入顺序为：

- (1) 水泥制造（减排量 856.46Mt、减排成本节约占比 22.5%），
- (2) 炼钢（936.52Mt，23.7%），
- (3) 平板玻璃制造（937.46Mt，23.7%），
- (4) 非木竹浆制造（937.46Mt，23.7%），
- (5) 木竹浆制造（937.75Mt，23.7%），
- (6) 其他基础化学原料制造（945.74Mt，23.0%），
- (7) 氮肥制造（949.97Mt，22.0%），
- (8) 机制纸及纸板制造（953.08Mt，21.0%），
- (9) 电力供应（1,009.43Mt，19.7%），
- (10) 铝冶炼（1,019.50Mt，18.4%），
- (11) 有机化学原料制造（1,023.16Mt，17.2%），
- (12) 铜冶炼（1,023.74Mt，15.9%），
- (13) 原油加工及石油制品制造（1,053.05Mt，12.8%）。在 12 种不同情景下，水泥制造一直是纳入优先级最高的行业，剩余行业的纳入顺序也表现出较好的稳健性。

（二）计划外行业纳入顺序优化

若全国碳市场规模进一步扩大，考虑纳入 50 个计划外行业，在保证 13 个计划内行业优先纳入碳市场的前提下，假设全国碳市场下一阶段将 n ($n \geq 14$) 个行业一次性纳入目前由火电行业组成的全国碳市场。在这种情况下，计划外行业与火力发电和 13 个计划内行业共同组成“火电+13+($n-13$)”组合。

图 13 从上到下是 50 个计划外行业的纳入顺序，行业组合所累计的二氧化碳减排量随着纳入行业数量的增多而增加，并且随着新行业的不断纳入，最优行业组合的减排成本节约占比出现倒 U 型趋势，前期快速增长达到最高点后进入平台期，随后缓慢持续下降。热力生产和供应位居首位，将其和 14 个计划内行业共同纳入全国碳市场，减排成本节约占比为 16.3%，相应的减排量为 1,104.26Mt；铁合金冶炼排在第二位，将其以及热力生产和供应与 14 个计划内行业同时纳入碳市场可累计减排 1,126.07Mt，此时减排成本节约占比为 17.9%。

全国碳市场下一阶段计划外行业的推荐最优纳入顺序(前十)为：

(1) 热力生产和供应，(2) 铁合金冶炼，(3) 其他专用化学产品制造，(4) 黑色金属铸造，(5) 水泥制品制造，(6) 炼铁，(7) 其他水泥类似制品制造，(8) 砼结构构件制造，(9) 化学试剂和助剂制造，(10) 燃气生产和供应业。每个行业在 12 种情景下的纳入顺序相对变化较小，特别是纳入顺序在前 4 的行业排序最为稳定。

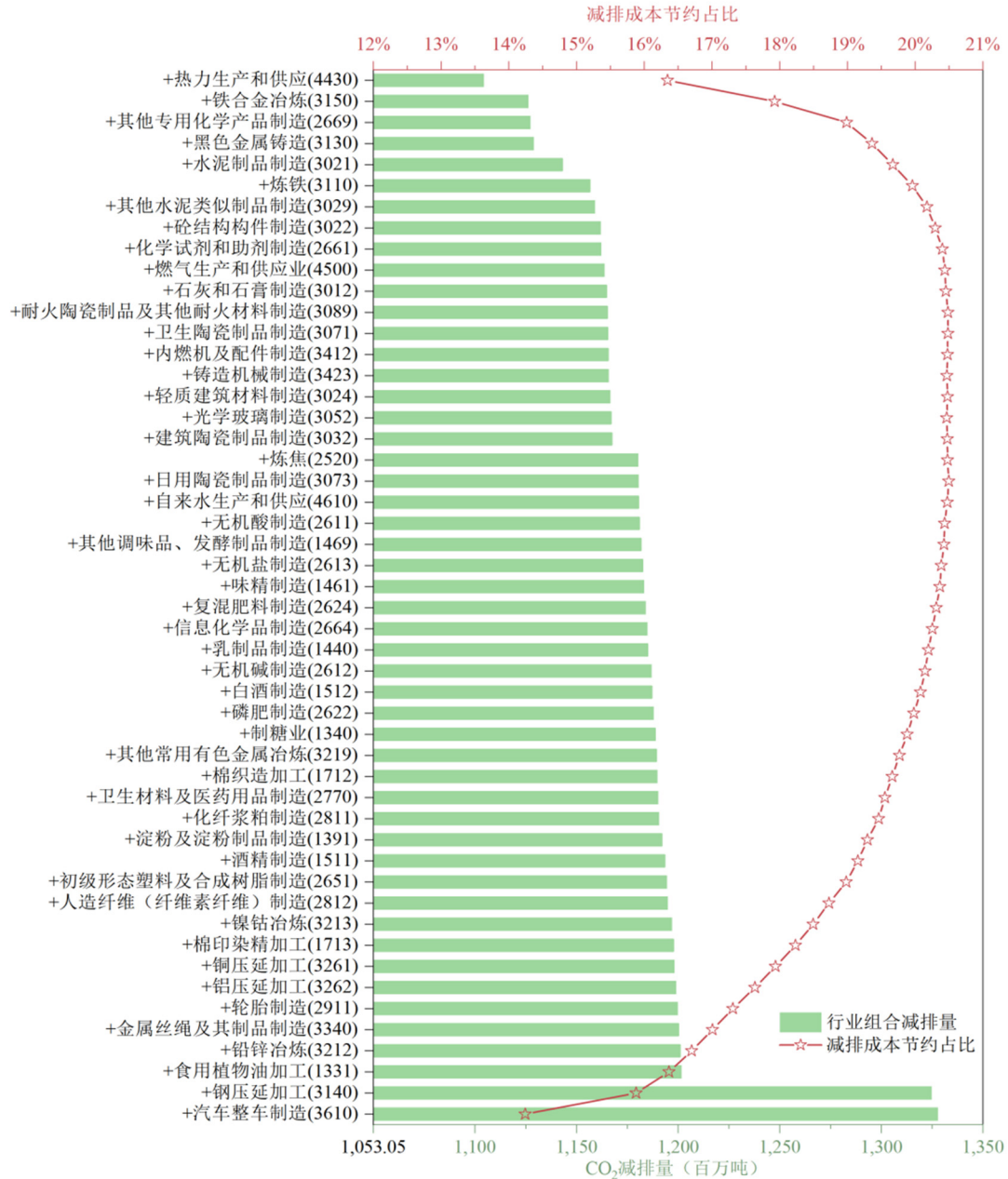


图 13 基准情景下全国碳市场纳入 50 个计划外行业的最优顺序

八、2023 年碳市场展望

(一) 国际碳市场展望

短期内国际碳市场不确定性增加。欧盟方面，2022 年俄乌冲突爆发，西方国家对俄制裁导致能源危机，能源的限制使得欧洲部分国家有关碳中和的计划有所变化。如 2022 年 7 月 6 日，欧洲议会通过投票，将天然气纳入《欧盟可持续金融分类目录》，意味着天然气在特

定条件下可被归类为可持续能源；法国于 2022 年 10 月 21 日宣布退出《能源宪章条约》，被认为是违背了碳中和宗旨；英国、丹麦、德国、法国和芬兰等欧洲主要国家均有推迟关闭或重启燃煤发电厂的相关计划。整体而言，2022 年内国际政治风险加大了国际碳市场短期内的不确定性，预计这种不确定性下一年仍将持续。

长期内碳市场发展向好，一方面，国际政治风险并未对各国碳中和目标产生重大影响，另一方面，2021 年 11 月《联合国气候变化框架公约》第二十七次缔约方大会顺利完成，会议中重申了把全球气温控制在相较于工业革命前低于 2°C 的水平，并努力保证 1.5°C 目标的可能性；提出建立损失损害基金及推进世界范围内碳减排合作。预计未来长期内，各国将进一步扩大碳市场覆盖行业范围，进一步提升国内企业碳减排意识；发达国家可能加大对贫困国家碳减排的经济援助，并对因气候变化而受损害的脆弱地区给予经济补偿；全球碳市场合作将加深，碳金融产品有望打破地区壁垒在世界范围内流通。

（二）中国碳市场展望

根据《中国应对气候变化的政策与行动》，全国碳市场自线上交易启动后，成为全球覆盖排放量规模最大的碳市场。然而由于全国碳市场处于发展初期，仍有诸多不足。各个试点碳市场实践经验相对丰富，可以不断为全国碳市场的建设提供借鉴经验。预计未来全国碳市场将进一步加深市场化程度，完善制度建设与市场监管，提升企业参与和民众关注。

(1) 预期“十四五”期间年全国碳市场将率先纳入水泥制造、炼钢和平板玻璃制造等行业，全国碳市场行业覆盖范围将进一步扩大。下一步最有可能率先纳入全国碳市场的行业有水泥制造、炼钢和平板玻璃制造等。随着各地区《2022年纳入全国碳市场的重点排放单位名录》的公布，北京市已率先将钢铁、建材等行业的企业纳入全国碳市场的其他行业报告单位名单，预计这一趋势将在未来一段时期在全国范围内展开。

(2) 预期 2023 年国家将加大碳排放统计核算体系基础能力建设的投入。2022 年 8 月 19 日国家发改委发布的《关于加快建立统一规范的碳排放统计核算体系实施方案》从机构和人员设置、数据库建设、核算技术改进、核算方法研究等层面来保障统一规范的碳排放统计核算体系的建立。预计 2023 年国家将加大上述层面基础能力建设的投入，进而促进碳排放统计核算体系的完善。

(3) 预期“十四五”期间全国碳市场将增加碳金融产品种类。目前全国碳市场主要为现货交易，而各个试点碳市场除现货交易外，有更多衍生类碳金融产品，如上海碳市场有碳配额远期、碳基金等，湖北碳市场有碳远期、碳配额托管等，北京碳市场有碳配额场外掉期、碳配额质押等。碳市场衍生金融产品的丰富，有利于吸引更多投资者进入碳市场。预计全国碳市场下一步将参考试点碳市场和国际碳市场经验，增加碳金融衍生产品种类，进而促进全国碳市场交易活跃度的提升。

(4) 预期 2023 年将出台《碳排放权交易管理暂行条例》和相关政策，进一步规范全国碳市场核算、核查与监管体系。2021 年 5 月 17 日，生态环境部发布关于公开征求《碳排放权交易管理暂行条例（草案修改稿）》意见的通知，预计《碳排放权交易管理暂行条例》将在 2023 年发布并实施。另外，2022 年 8 月 19 日国家发改委发布的《关于加快建立统一规范的碳排放统计核算体系实施方案》要求建立全国及地方碳排放统计核算制度，完善行业企业碳排放核算机制，建立健全重点产品碳排放核算方法以及完善国家温室气体清单编制机制。预计这一系列工作将在 2023 年有序展开，进一步规范全国碳市场核算、核查与监管体系。

(5) 预期“十四五”期间全国碳市场将开始设置碳配额有偿分配比例，拍卖收入将用于支持欠发达地区节能减排。相较于欧盟碳市场，我国全国碳市场收益较低。这主要是由于第四阶段欧盟碳排放权配额发放中，约 50% 的配额通过拍卖发放，而我国全国碳市场碳排放权配额免费发放。预计我国全国碳市场将借鉴欧盟碳市场的经验，在“十四五”期间逐步引入碳配额通过拍卖方式发放的机制，提升碳配额有偿分配的比例。所获收益将用于促进环境保护，低碳投资和帮扶西部欠发达地区的节能减排^[7]，助推“碳中和”目标实现。

参考文献

- [1] International Carbon Action Partnership. Emissions trading worldwide. ICAP status report 2022[EB/OL]. (2021-03-29). <https://icapcarbonaction.com/en/publications/emissions-trading-worldwide-2022-icap-status-report>.
- [2] 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(02):33-42.
- [3] 廖华,付莹,黄巍巍.上市公司碳减排行动指数研究[J].北京理工大学学报(社会科学版),2022,24(02):13-20.
- [4] Wang, K., Xian, Y., Yang, K. et al. The marginal abatement cost curve and optimized abatement trajectory of CO₂ emissions from China's petroleum industry [J]. *Regional Environmental Change*, 2020, 20(4): 1-13.
- [5] Wang, K., Wei, Y., Huang, Z. Potential gains from carbon emissions trading in China: A DEA based estimation on abatement cost savings [J]. *Omega*, 2016, 63: 48-59.
- [6] Xian, Y., Yu, D., Wang, K. et al. Capturing the least costly measure of CO₂ emission abatement: Evidence from the iron and steel industry in China [J]. *Energy Economics*, 2022: 105812.
- [7] Zhang ZX. China's carbon market: development, evaluation, coordination of local and national carbon markets, and common prosperity [J]. *Journal of Climate Finance*, 2022: 100001.

北京理工大学能源与环境政策研究中心简介

北京理工大学能源与环境政策研究中心是 2009 年经学校批准成立的研究机构，挂靠在管理与经济学院。能源与环境政策中心大部分研究人员来自魏一鸣教授 2006 年在中科院创建的能源与环境政策研究中心。

北京理工大学能源与环境政策研究中心（CEEP-BIT）面向国家能源与应对气候变化领域的重大战略需求，针对能源经济与气候政策中的关键科学问题开展系统研究，旨在增进对能源、气候与经济社会发展关系的科学认识，并为政府制定能源气候战略、规划和政策提供科学依据、为能源企业发展提供决策支持、为社会培养高水平专门人才。

中心近年部分出版物

唐葆君. 项目管理——能源项目为例. 北京: 科学出版社, 2022.

余碧莹, 张俊杰等. 时间利用行为与低碳管理. 北京: 科学出版社, 2022.

沈萌, 魏一鸣. 智慧能源. 北京: 科学技术文献出版社, 2022.

魏一鸣等. 气候工程管理: 碳捕集与封存技术管理. 北京: 科学出版社, 2020.

魏一鸣, 廖华等. 能源经济学 (第三版). 北京: 中国人民大学出版社, 2019.

中心近年“能源经济预测与展望”报告

总期次	报告题目	总期次	报告题目
1	“十二五”中国能源和碳排放预测与展望	37	2019 年国际原油价格分析与趋势预测
2	2011 年国际原油价格分析与走势预测	38	我国农村居民生活用能现状与展望
3	2012 年国际原油价格分析与趋势预测	39	高耗能行业污染的健康效应评估与展望
4	我国中长期节能潜力展望	40	我国社会公众对雾霾关注的热点与展望
5	我国省际能源效率指数分析与展望	41	我国新能源汽车行业发展水平分析及展望
6	2013 年国际原油价格分析与趋势预测	42	2019 年光伏及风电产业前景预测与展望
7	2013 年我国电力需求分析与趋势预测	43	经济承压背景下中国能源经济发展与展望
8	国家能源安全指数分析与展望	44	2020 年光伏及风电产业前景预测与展望
9	中国能源需求预测展望	45	砥砺前行中的新能源汽车产业
10	2014 年国际原油价格分析与趋势预测	46	2020 年国际原油价格分析与趋势预测
11	我国区域能源贫困指数	47	二氧化碳捕集利用与封存项目进展与布局展望
12	国家能源安全分析与展望	48	2020 年碳市场预测与展望
13	经济“新常态”下的中国能源展望	49	我国“十四五”能源需求预测与展望
14	2015 年国际原油价格分析与趋势预测	50	基于行业视角的能源经济指数研究
15	我国新能源汽车产业发展展望	51	全球气候保护评估报告
16	我国区域碳排放权交易的潜在收益展望	52	全球气候治理策略及中国碳中和路径展望
17	“十三五”及 2030 年能源经济展望	53	新能源汽车产业 2020 年度回顾与未来展望
18	能源需求预测误差历史回顾与启示	54	碳中和背景下煤炭制氢的低碳发展
19	2016 年国际原油价格分析与趋势预测	55	2021 年国际原油价格分析与趋势预测
20	2016 年石油产业前景预测与展望	56	中国省际能源效率指数（2010-2018）
21	海外油气资源国投资风险评价指数	57	后疫情时代中国能源经济指数变化趋势
22	“十三五”北京市新能源汽车节能减排潜力分析	58	电力中断对供应链网络的影响
23	“十三五”碳排放权交易对工业部门减排成本的影响	59	2022 年国际原油价格分析与趋势预测
24	“供给侧改革”背景下中国能源经济形势展望	60	全国碳中和目标下各省碳达峰路径展望
25	2017 年国际原油价格分析与趋势预测	61	迈向碳中和的电力行业 CCUS 发展行动
26	新能源汽车推广应用：2016 回顾与 2017 展望	62	中国碳市场回顾与展望（2022）
27	我国共享出行节能减排现状及潜力展望	63	全球变暖对我国劳动力健康影响评估
28	我国电子废弃物回收处置现状及发展趋势展望	64	中国上市公司碳减排行动指数研究报告
29	2017 年我国碳市场预测与展望	65	2022 年中国能源经济指数研究
30	新时代能源经济预测与展望	66	省级能源高质量发展指数研究（2012-2022 年）
31	2018 年国际原油价格分析与趋势预测	67	中国电力部门省际虚拟水流动模式与影响分析
32	2018 年石化产业前景预测与展望	68	2023 年国际原油价格分析与趋势预测
33	新能源汽车新时代新征程:2017 回顾及未来展望	69	中国碳市场回顾与最优行业纳入顺序展望（2023）
34	我国电动汽车动力电池回收处置现状、趋势及对策	70	我国 CCUS 运输管网布局规划与展望
35	我国碳交易市场回顾与展望	71	全球变暖下区域经济影响评估
36	新贸易形势下中国能源经济预测与展望	72	迈向中国式现代化的能源发展图景