

中国碳交易市场的非平衡性及异质性分析

——基于投资者关注视角的实证考察

王琳 易家权

(山西财经大学金融学院, 太原 030001)

【摘要】 经济高质量发展转型阶段, 资本市场需要突破“市场壁垒”, 参与碳交易市场建设, 以“碳中和”促改革、谋发展。本文基于2013年8月8日~2021年11月9日中国八大碳交易市场非平衡面板数据, 实证分析碳交易市场收益率非平衡性, 并运用ARCH模型族对各地方碳交易市场进行异质性分析。通过对碳交易市场进行全市场、多维度研究发现: 中国碳交易市场整体具有明显非平衡性特征; 碳交易市场在碳价、市场规模、应对外部冲击等方面具有显著异质性; 此外, 投资者关注对碳交易市场收益有显著影响, 将投资者引入碳交易市场有助于激发碳交易市场活力。研究旨在分析中国碳交易市场整体发展特征, 为全国碳交易市场发展路径提供理论借鉴; 同时深入剖析各个碳交易市场发展特点, 更具针对性、客观性、前瞻性地指导地方碳交易市场发展, 有效推动地方减碳工作开展, 最终形成以全国碳交易市场为中心, 地方碳交易市场为基本点的“一个中心, 多个基本点”碳交易市场发展格局, 助力“双碳”目标和“十四五”规划如期完成。

【关键词】 碳交易市场收益率 非平衡性 异质性 投资者关注 ARCH模型族 “双碳”目标

DOI: 10.3969/j.issn.1004-910X.2022.04.013

〔中图分类号〕F832.5; F224 〔文献标识码〕A

引言

近年来, “双碳”工作持续受到关注, 10月12日召开的《生物多样性》第十五次缔约方大会领导人峰会上, 习近平总书记发表主旨讲话, 指出: “为推动实现碳达峰、碳中和目标, 中国将陆续发布重点领域和行业碳达峰实施方案和一系列支撑保障措施, 构建起碳达峰、碳中和“1+N”政策体系”。这意味着在未来40年里, 中国要在保证新时代经济发展战略目标的同时实现“双碳”目标, 生产、运输、消费各环节必须实行“脱碳”, 传统经济发展方式面临淘汰。因此, 在“五位一体”总体布局和新发展理念指导下, 碳交易市场应运而生。

碳交易市场作为市场化机制, 对于国家推进低碳经济建设和统筹国内环境治理工作具有重要意义^[1,2]。全国碳交易市场从2021年7月16日启

动上线到10月23日交易满100天, 累计成交量1911.06万吨, 累计成交金额8.63亿元, 所达成交额已占到地方性碳交易市场2020年全年成交额总和的68%。但地方碳交易市场发展参差不齐, 从图1可以看出, 八大碳交易市场在碳价、碳价变化趋势上具有明显差异^①。在迈向第二个百年奋斗目标的关键时期, 碳交易市场要紧扣“十四五”规划任务部署和“双碳”目标, 加快构建多层次的碳交易市场体系, 以扎实的举措助力中国经济高质量发展。但是关于中国碳交易市场发展不平衡的理论分析和定量研究仍非常有限。接下来对现有文献研究成果进行综述。

围绕碳交易市场领域相关研究大多集中于对碳交易市场的定性描述, 讨论碳交易市场建立的意义及未来发展路径, 陈诗一(2012)^[3]认为只有通过要素重置等方式改善全要素生产率才是经济低碳

收稿日期: 2021-12-05

基金项目: 国家社会科学基金项目“稳金融战略下预期引导平抑金融市场波动的机理分析、效应评估与策略优化研究”(项目编号: 20BJY258); 山西省高等学校人文社会科学重点研究基地项目“系统重要性金融机构的审慎监管研究”(项目编号: 20200122); 山西省研究生教育教学改革项目“三全育人模式下课程思政与思政课程协同育人的实践创新”(项目编号: 2021YJJG160)。

作者简介: 王琳, 山西财经大学金融学院副教授, 博士, 硕士生导师。研究方向: 金融风险管理、资本市场理论与实务。易家权, 山西财经大学金融学院硕士研究生。研究方向: 金融工程与风险管理。

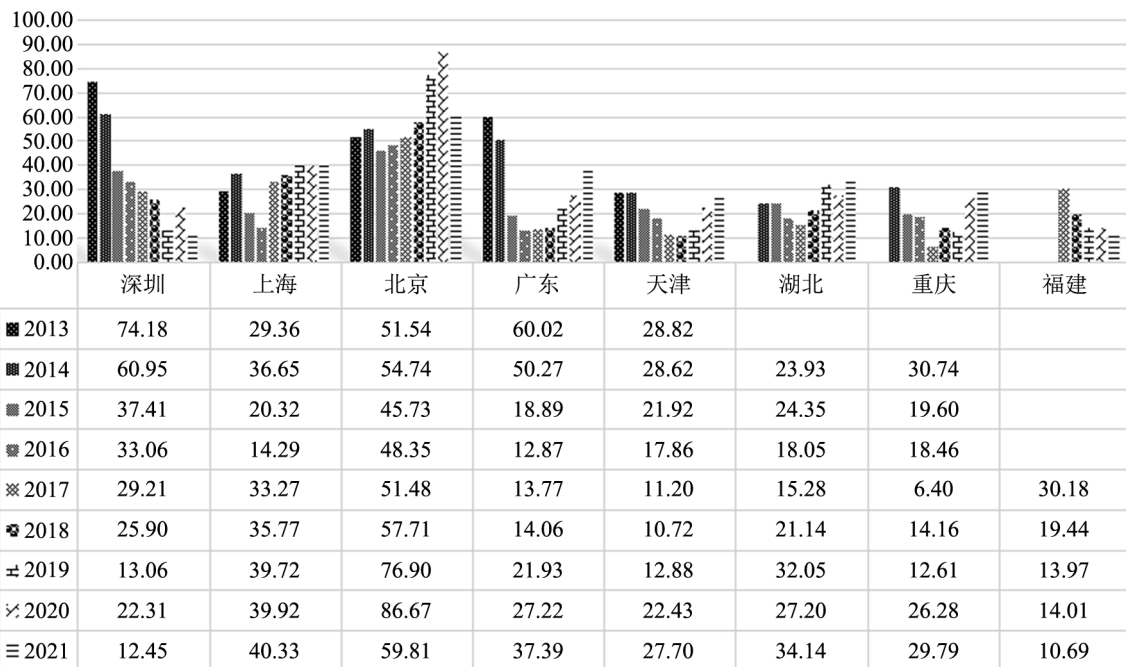


图1 2013~2021年我国八大碳交易市场碳配额交易成交均价变化(单位:元)

转型的必由之路,同时各地方政府要因地制宜,制定相应的环境和经济政策;彭文生(2021)^[4]指出技术进步、碳价格和社会治理是实现碳中和的3个路径,同时需要注意碳中和对公平和效率平衡的影响。具体实证研究中,此前文献或是对整体市场分析,未考虑市场异质性;或是独立分析地方碳交易市场,割裂整体碳交易市场,少有文献多层次、多维度分析碳交易市场非平衡性及异质性。王竹葳等(2021)^[5]对整体碳交易市场进行相关分析,但未考虑各碳交易市场发展差异特征;同时在变量选取中未控制碳交易市场之外其他影响因素,而本文在分析整体碳交易市场基础上,多维度考虑地方碳交易市场差异性,同时控制碳交易市场外部因素对收益率的影响。申晨和林沛娜(2017)^[6]单独分析地方碳交易市场,未能对整体碳交易市场进行研究;模型方法上也仅选取单变量ARCH模型族,而本文在分析各单独地方碳交易市场基础上,引入多元GARCH模型整体分析地方碳交易市场。

此前研究成果已证实投资者关注会对经济产生影响^[5-7],鉴于投资者对收益的过度自信^[8]可能会影响市场稳定,以及投资者参与碳交易市场意愿增强^[9],因此有必要在碳交易市场建立过程中,研究投资者对碳交易市场的影响。基于此,本文引入投资者关注度,将微观投资者与宏观市场相结合分析中国碳交易市场非平衡性及异质性。投资者关注具有有限性特征^[10-12],且投资者数量

众多,很难对其进行准确衡量,然而伴随着互联网兴起与发展,使用网络搜索量衡量投资者关注度成为发展趋势。根据全球知名流量统计平台“Statcounter”统计数据显示,截至2021年9月,百度搜索在中国搜索引擎份额中占比达82.47%,用百度指数衡量投资者关注度具有合理性^[5,10,13],故本文选取百度指数衡量投资者对碳交易市场关注度。

本文的边际贡献主要体现在以下几点:(1)从理论和实际出发,较为全面深刻地进行全市场分析,力图揭示中国整体碳交易市场发展不平衡性特征,发现市场短板,补齐参与主体缺口,为全国碳交易市场发展提供理论指导和经验借鉴;(2)在碳交易市场整体分析基础上,结合人群画像分析工具对各地方碳交易市场进行异质性分析,总结地方碳交易市场发展逻辑及经验,为全国碳交易市场发展提供经验借鉴的同时,走出发展困境,解决发展难题,挖掘发展潜力;(3)将微观与宏观相结合,基于投资者关注分析碳交易市场的非平衡性及异质性,有利于完善碳交易市场整体发展逻辑链条,增强发展的整体性与协调性。

1 数据说明及处理

1.1 碳交易市场数据来源及数据处理

本文样本数据包括北京、上海、广东、深圳、福建、重庆、湖北、天津八大地方碳交易市场^②交易日期、交易量、交易额等数据;样本区间为各地方碳交易市场从第一笔交易产生到2021年11

月9日所有交易日。由于各地方碳交易市场建立时间有所不同,因此构建非平衡面板数据^③。

收益率指标建立上,此前大多数研究采用(收盘价-开盘价)/开盘价,但是由于部分碳交易市场官网不提供开盘价和收盘价信息,同时也为更加真实反映当日整体价格情况,所以本文以成交均价作为价格指标。

1.2 投资者关注度变量构建及数据处理

本文以百度指数作为投资者关注度代理指标^④,

在具体关键词词条选择上,本文借鉴王竹葳等(2021)^[5]的方法,以“碳排放”、“碳交易”、“双碳”等词条为核心,通过需求图谱进行词条相关度分析,初步选取与核心词条相关的42个关键词,通过删选,最后确定“碳排放”、“碳交易”、“双碳”等16个最能反映投资者对碳交易市场关注度的词条,并利用Python爬取各词条从2013年8月8日~2021年11月9日的百度搜索指数,如表1所示。

表1 百度指数关键词条

| | | | | | |
|-------------|--------|------|------|----|-----|
| 碳达峰碳中和是什么意思 | 气候会议 | 碳计算器 | CCER | 双碳 | 碳中和 |
| 碳交易个人开户 | 碳排放交易 | 低碳经济 | 碳交易 | 碳汇 | 低碳 |
| 碳排放计算器 | 碳排放管理师 | 碳达峰 | 碳排放 | | |

通过数据统计发现,“碳达峰碳中和是什么意思”、“CCER”、“碳交易”、“碳中和”、“低碳”搜索量最高,在此基础上,本文以这5个词条作为关键词进行人群画像分析(图略),得到其地域分布,发现在前十大分布城市中,包括八大碳交易市场中6个市场:北京、上海、深圳、广州、武汉、重庆,其中北京、上海、广州、深圳四大城市更是位居前四。

1.3 控制变量指标构建及数据处理

控制变量选取上,本文首先考虑到信息时滞性以及投资者决策滞后性,即投资者在当期对碳交易市场进行关注后不一定会立即进行投资决策,可能会在权衡一定时间之后做出投资决策,当期收益率可能会受此前期甚至几期影响,因此,本文把关注度指标做滞后处理,将关注度滞后期加入模型中。同时在经验法则基础上,考虑到碳交易市场相较于股票、期货市场的简单性,最终在模型中加入关注度滞后3期。加入滞后期除了考虑到投资者决策行为的因素,同时也是为控制内生性。

控制变量除加入投资者关注度滞后期外,本文根据实际情况,有选择性和创新性地将工业管道燃气价格、各地逐日气温、第二产业占当地GDP比重等因素作为控制变量加入模型。绿色低碳经济转型过程中,能源问题首当其冲,虽然石油仍是最主要工业能源,但以工业管道燃气为首的天

然气化工能源在供需两个维度都呈现出逐年上升的趋势^⑤,因此在低碳经济背景下考虑将八大碳交易市场所在城市工业管道价格对数作为控制变量加入模型,数据来源为Wind数据库。此外,借鉴汪中华和胡篁(2018)^[14]选取地方碳交易市场所在地日平均气温的方法,并在此基础上对气温数据作变化率处理^⑥。最后,选取第二产业占当地GDP比重年度数据^⑦。

2 实证分析

2.1 中国碳交易市场非平衡性分析

2.1.1 描述性统计分析

本文先对各变量进行面板处理,并摘要相关统计数据,如表2所示。

图2展现了八大碳交易市场2013年8月8日~2021年11月9日的收益率水平。可以看出广东和深圳市场的收益率波动相对剧烈,重庆和湖北市场相对平稳。

2.1.2 模型构建

本文构建非平衡面板数据研究投资者关注度对碳交易市场收益率的影响,能有效分析各地方碳交易市场发展不平衡问题。其次,碳交易市场建立的时间差异本身就具有一定逻辑,若使用平衡面板数据,不仅会造成数据大量损失,还会破坏中国整体碳交易市场发展逻辑。此外,百度指数衡量关注度较难区分关注度是具体针对哪个碳交易市场,使用面板数据能较好解决百度指数代理偏差问题。

表2 八大碳交易市场变量摘要统计结果

| | Variable | Mean | Std. Dev. | Min | Max | Observations |
|------------------|----------|------------|-----------|------------|-----------|--------------|
| $\ln(R_{i,t}+1)$ | overall | | 0.1378957 | -2.772589 | 3.369707 | $N=14433$ |
| | between | -0.0001733 | 0.0003801 | -0.0008972 | 0.000225 | $n=8$ |
| | within | | 0.1378952 | -2.771865 | 3.370431 | $T=1804$ |
| r_{bi} | overall | | 0.1548346 | -0.842729 | 4.147413 | $N=14434$ |
| | between | 0.0097244 | 0.0009434 | 0.0093724 | 0.0121623 | $N=8$ |
| | within | | 0.1548328 | -0.8451669 | 4.147765 | $T=1804$ |
| $r_{b(t-1)_i}$ | overall | | 0.1560537 | -0.842729 | 4.147413 | $N=14434$ |
| | between | 0.0099633 | 0.0009486 | 0.0095368 | 0.0124097 | $N=8$ |
| | within | | 0.156052 | -0.8451754 | 4.14784 | $T=1804$ |
| $r_{b(t-2)_i}$ | overall | | 0.1565912 | -0.842729 | 4.147413 | $N=14434$ |
| | between | 0.0099465 | 0.0009198 | 0.0095829 | 0.0123203 | $N=8$ |
| | within | | 0.1565896 | -0.8451028 | 4.147777 | $T=1804$ |
| $r_{b(t-3)_i}$ | overall | | 0.1551819 | -0.842729 | 4.147413 | $N=14434$ |
| | between | 0.0094539 | 0.0008478 | 0.0091157 | 0.011645 | $N=8$ |
| | within | | 0.1551805 | -0.8449201 | 4.147751 | $T=1804$ |
| $r_{wi,t}$ | overall | | 5.882881 | -262.2354 | 344.6903 | $N=14434$ |
| | between | 0.1102091 | 0.1652211 | 0.0056745 | 0.4749131 | $N=8$ |
| | within | | 5.880777 | -262.3384 | 344.3256 | $T=1804$ |
| $\ln r_{oi,t}$ | overall | | 0.2304333 | 0.6637184 | 1.578979 | $N=14432$ |
| | between | 1.208289 | 0.2147729 | 0.8237472 | 1.514917 | $N=8$ |
| | within | | 0.1053198 | 0.9045668 | 1.468898 | $T=1804$ |
| $\ln(k_{i,t}+1)$ | overall | | 0.0706825 | 0.1469861 | 0.3968796 | $N=14434$ |
| | between | 0.3093092 | 0.0737305 | 0.1584899 | 0.3890765 | $N=8$ |
| | within | | 0.0161739 | 0.2827935 | 0.3629647 | $T=1804$ |

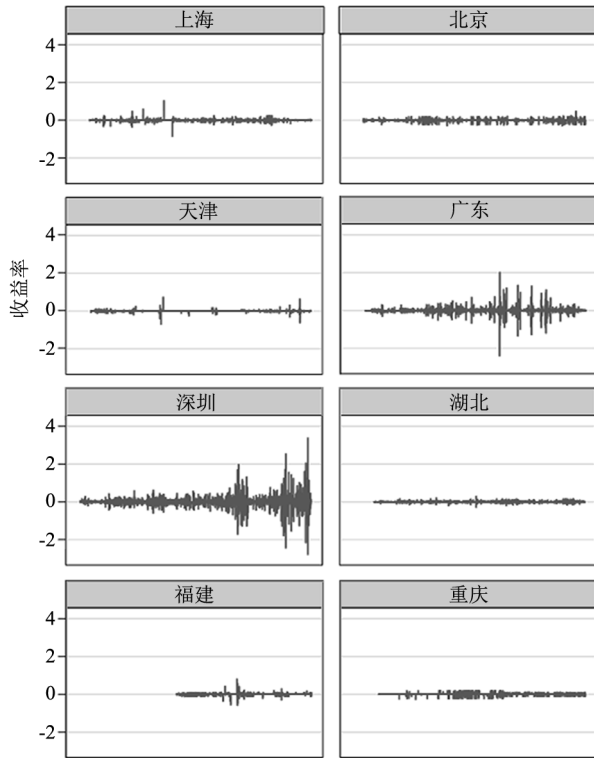
建立模型时,本文以收益率作为因变量,百度指数作为自变量,将百度指数滞后1期、滞后2期、滞后3期加入模型,并以气温、工业管道燃气价格、第二产业占当地GDP比重作为控制变量,最后对各变量均做变化率或对数处理使数据更加平稳,最终将模型构建如下:

$$\ln(R_{i,t}+1) = \beta_0 + \beta_1 r_{bi} + \beta_2 r_{b(t-1)_i} + \beta_3 r_{b(t-2)_i} + \beta_4 r_{b(t-3)_i} + \beta_5 r_{wi,t} + \beta_6 r_{oi,t} + \beta_7 \ln(k_{i,t}+1) + \mu_t + \varepsilon_{i,t} \quad (1)$$

(1) 中国地方经济发展不平衡问题突出,沿海与内地、东部与西部、南方与北方呈差异化发展态势,各地在产业结构、技术水平等方面发展不均衡,八大地方碳交易市场中“北上广深”四地经济发达,产业结构以第三产业为主,发展高

新技术产业;重庆和湖北经济相对落后,第二产业占比较高,工业发达,在设定生态环境目标时,当地政府会考虑自身经济结构,以湖北为例,湖北第二产业占比高,工业对经济具有很强的拉动作用,碳减排成本高。因此,各地经济发展水平和产业结构不同、碳减排成本和减排的松紧程度不一导致差异化碳价的形成,同时地方碳交易市场建立时间、发育程度不同也同样会导致中国整体碳交易市场发展不平衡。

(2) 各省间贸易往来也会导致“碳”的转移。北京、上海等发达地区会通过省际贸易,利用产业发展链条,输出“高碳产品”,释放减碳压力,同时通过技术升级、发展再生能源等方式减少碳排



Graphs By碳交易市场

图2 2013年8月8日~2021年11月9日八大
碳交易市场收益率水平

放,从而在碳交易市场政策功能和交易功能权衡过程中,更大限度地发展碳交易市场交易功能,

进一步扩大地方碳交易市场发展差异。

(3) 中国碳交易市场活力不足,交易功能未得到充分发挥。由于体制机制障碍,投资者进入碳交易市场渠道受限;同时企业主体减排意识不强,存在违约现象,导致碳价波动大,且大多企业不愿意进行信息披露,影响投资者的投资决策;金融机构创新能力不足,“碳期货”等金融产品发展缓慢,投资者投资选择受限。由此,本文提出如下假设:

H1: 中国整体碳交易市场具有明显非平衡性特征。

H2: 地方碳交易市场发展具有显著异质性。

H3: 投资者关注会对碳交易市场收益率产生影响。

2.1.3 实证分析

对八大碳交易市场进行综合面板分析时,依次进行混合回归分析、固定效应分析、随机效应分析^⑧。表3展示了所有回归结果,发现除MLE估计方法外,投资者关注度滞后2期在其他方法下都不同程度显著,且显著性为负,表明投资者关注会对碳交易市场收益产生影响,验证了假设3。

表3 面板模型回归结果

| Variable | 混合回归 | 固定效应- 组内估计 | 双向固定 效应 | 固定效应- LSDV法 | 随机效应- FLGS法 | 随机效应- MLE法 |
|-------------------|----------------------------|-------------------------|-------------------------|--------------------------|----------------------------|------------------------|
| r_{bt_i} | -0.00210 (0.00664) | -0.00226 (0.00664) | -0.00226 (0.00664) | -0.00226 (0.00664) | -0.00210 (0.00664) | -0.00210 (0.00749) |
| $r_{b(t-1)_i}$ | -0.00667 (0.00680) | -0.00683 (0.00682) | -0.00683 (0.00682) | -0.00683 (0.00682) | -0.00667 (0.00680) | -0.00667 (0.00745) |
| $r_{b(t-2)_i}$ | -0.00328 * (0.00159) | -0.00343 * (0.00158) | -0.00343 * (0.00158) | -0.00343 ** (0.00158) | -0.00328 ** (0.00159) | -0.00328 (0.00743) |
| $r_{b(t-3)_i}$ | 0.000466 (0.00328) | 0.000327 (0.00327) | 0.000327 (0.00327) | 0.000327 (0.00327) | 0.000466 (0.00328) | 0.000466 (0.00747) |
| $r_{w_{i,t}}$ | 0.000131 (0.000129) | 0.000133 (0.000129) | 0.000133 (0.000129) | 0.000133 (0.000129) | 0.000131 (0.000129) | 0.000131 (0.000195) |
| $\ln r_{o_{i,t}}$ | -0.00201 *** (0.000491) | -0.00373 (0.00253) | -0.00373 (0.00253) | -0.00373 (0.00253) | -0.00201 *** (0.000491) | -0.00201 (0.00508) |
| $\ln(k_{i,t}+1)$ | -0.00198 (0.00255) | -0.0291 (0.0158) | -0.0291 (0.0158) | -0.0291 * (0.0158) | -0.00198 (0.00255) | -0.00198 (0.0165) |
| 北京 | | | | -0.00331 ** (0.00142) | | |

续 表

| Variable | 混合回归 | 固定效应- 组内估计 | 双向固定 效应 | 固定效应- LSDV 法 | 随机效应- FLGS 法 | 随机效应- MLE 法 |
|-----------|--------------------------|------------------------|------------------------|--------------------------|--------------------------|----------------------|
| 天津 | | | | 0.00111 (0.00131) | | |
| 广东 | | | | 0.00342*** (0.00118) | | |
| 深圳 | | | | 0.00256*** (0.000882) | | |
| 湖北 | | | | 0.00307** (0.00147) | | |
| 福建 | | | | 0.00332 (0.00206) | | |
| 重庆 | | | | 0.00122 (0.00227) | | |
| _Cons | 0.00298*** (0.000707) | 0.0135*** (0.00340) | 0.0135*** (0.00340) | 0.0121*** (0.00277) | 0.00298*** (0.000707) | 0.00298 (0.00730) |
| Obs. | 14431 | 14431 | 14431 | 14431 | 14431 | 14431 |
| Num. city | | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 |

注：***、**、* 分别表示在 1%、5%、10% 的水平下显著；括号内为标准差值；因变量为： $\ln(R_{i,t}+1)$ 。

LSDV 法能够对个体异质性进行分析，通过回归结果发现整体碳交易市场发展不平衡问题突出，广东市场和深圳市场在 1% 显著性水平下显著为正；北京市场和湖北市场在 5% 显著性水平下显著，其中北京市场显著为负、湖北市场显著为正，而天津市场、福建市场、重庆市场则不显著。这与之前对各交易市场的初步判断一致：广东、深圳市场交易规模巨大，市场活跃；北京市场碳价高、发展呈逐年增长趋势；天津、福建、

重庆市场碳价低、占比少、交易不活跃。验证了假设 1、2。

2.1.4 稳健性检验

首先，通过数据观察和市场统计分析结果发现，重庆市场交易最不活跃，从数据上看，存在很多交易量为 0 的天数，交易频率低；从交易额看，其交易额占比不到 1%，可能影响结论的可靠性。因此，删除重庆市场后对另外 7 个市场进行检验。结果如表 4，结论与此前结论差别不大^⑨。

表 4 稳健性检验——删除不活跃的碳交易市场

| Variable | 混合回归 | 固定效应- 组内估计 | 双向固定 效应 | 固定效应- LSDV 法 | 随机效应- FLGS 法 | 随机效应- MLE 法 |
|----------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|------------------------|------------------------|-----------------------|
| r_{bt_i} | -0.00139 (0.00760) | -0.00151 (0.00760) | -0.00151 (0.00760) | -0.00151 (0.00760) | -0.00139 (0.00760) | -0.00139 (0.00839) |
| $r_{b(t-1)_i}$ | -0.00896 (0.00739) | -0.00908 (0.00742) | -0.00908 (0.00742) | -0.00908 (0.00742) | -0.00896 (0.00739) | -0.00896 (0.00835) |
| $r_{b(t-2)_i}$ | -0.00330 (0.00183) | -0.00342 (0.00183) | -0.00342 (0.00183) | -0.00342* (0.00183) | -0.00330* (0.00183) | -0.00330 (0.00832) |
| $r_{b(t-3)_i}$ | 0.00139 (0.00361) | 0.00129 (0.00360) | 0.00129 (0.00360) | 0.00129 (0.00361) | 0.00139 (0.00361) | 0.00139 (0.00837) |

续 表

| Variable | 混合回归 | 固定效应- 组内估计 | 双向固定 效应 | 固定效应- LSDV 法 | 随机效应- FLGS 法 | 随机效应- MLE 法 |
|-------------------|---------------------------|------------------------|------------------------|--------------------------|---------------------------|------------------------|
| $r_{w_{i,t}}$ | 0.000131 (0.000131) | 0.000133 (0.000130) | 0.000133 (0.000130) | 0.000133 (0.000131) | 0.000131 (0.000131) | 0.000131 (0.000205) |
| $\ln R_{O_{i,t}}$ | -0.00304*** (0.000571) | -0.00437 (0.00281) | -0.00437 (0.00281) | -0.00437 (0.00281) | -0.00304*** (0.000571) | -0.00304 (0.00757) |
| $\ln(k_{i,t}+1)$ | 0.000292 (0.00224) | -0.0201 (0.0154) | -0.0201 (0.0154) | -0.0201 (0.0154) | 0.000292 (0.00224) | 0.000292 (0.0193) |
| 北京 | | | | -0.00247* (0.00137) | | |
| 天津 | | | | 0.000437 (0.00134) | | |
| 广东 | | | | 0.00269** (0.00107) | | |
| 深圳 | | | | 0.00204*** (0.000777) | | |
| 湖北 | | | | 0.00221 (0.00143) | | |
| 福建 | | | | 0.00213 (0.00200) | | |
| _Cons | 0.00367*** (0.000559) | 0.0115*** (0.00293) | 0.0115*** (0.00293) | 0.0106*** (0.00247) | 0.00367*** (0.000559) | 0.00367 (0.00893) |
| Obs. | 12641 | 12641 | 12641 | 12641 | 12641 | 12641 |
| Num. city | | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 |

注：***、**、* 分别表示在 1%、5%、10% 的水平下显著；括号内为标准差值；因变量为： $\ln(R_{i,t}+1)$ 。

2.2 中国碳交易市场异质性分析

2.2.1 平稳性检验

从图 3 可以看出八大碳交易市场收益率波动情况，收益率在 0 上下产生“波动聚集效应”，即

当收益率出现波动时，会使得之后几期收益率发生较大波动。因此，对各地方碳交易市场收益率指标进行 ADF 平稳性检验，结果如表 5 所示。

表 5 八大碳交易市场 ADF 检验

| | 北京 | 福建 | 广东 | 湖北 | 上海 | 深圳 | 天津 | 重庆 |
|---------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| $Z(t)$ | -39.421*** | -34.462*** | -54.189*** | -51.030*** | -41.928*** | -65.226*** | -38.110*** | -29.239*** |
| P-value | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |

注：***、**、* 分别表示在 1%、5%、10% 的水平下显著。

对表 5 进行分析发现，各地方碳交易市场均在 1% 显著性水平下拒绝存在单位根假设。同时，广东、深圳、湖北拥有最大收益率方差，重庆、福建、天津拥有最小方差，这与前文对地方碳交易市场成交量和成交额分析相吻合^⑩。

2.2.2 实证分析

(1) 单变量 ARCH 模型族分析

①通过信息准则依次确定八大市场 ARCH(p) 模型滞后阶数；②选用更加简洁的 GARCH(1,1) 模型，解释收益率时间序列“波动聚集效应”和

“尖峰厚尾现象”；③考虑到市场中同时存在“好消息”和“坏消息”，因此利用TGARCH模型对市场中“好消息”和“坏消息”进行不对称性分析。此处由于篇幅限制，不对结果进行展示。

(2) 多元GARCH模型分析

上文对各碳交易市场收益率分别建立单变量

ARCH(p)、GARCH(1,1)、TGARCH模型，分析各地方碳交易市场“波动聚集效应”。随后将模型拓展到多维GARCH模型：CCC-GARCH模型和DCC-GARCH模型，分析各地方碳交易市场不同收益率序列波动相关性。限于文章篇幅，只展示CCC-GARCH模型估计结果，结果如表6所示。

表6 八大碳交易市场收益率CCC-GARCH模型估计结果

| | Coef. | St. Err. | t-value | p-value | [95% Conf Interval] | | Sig |
|-------------|--------|----------|---------|---------|---------------------|--------|-----|
| 深圳 | -0.004 | 0.003 | -1.22 | 0.224 | -0.011 | 0.003 | |
| L1. | 0.495 | 0.046 | 10.66 | 0 | 0.404 | 0.586 | *** |
| _Cons | 0.034 | 0.001 | 34.39 | 0 | 0.032 | 0.036 | *** |
| 上海 | 0 | 0.001 | -0.11 | 0.915 | -0.002 | 0.002 | |
| L1. | 0.143 | 0.025 | 5.78 | 0 | 0.095 | 0.192 | *** |
| _Cons | 0.002 | 0 | 36.56 | 0 | 0.002 | 0.002 | *** |
| 北京 | -0.001 | 0.001 | -1.29 | 0.196 | -0.003 | 0.001 | |
| L1. | 0.355 | 0.04 | 8.84 | 0 | 0.276 | 0.434 | *** |
| _Cons | 0.002 | 0 | 35.08 | 0 | 0.002 | 0.002 | *** |
| 广东 | 0 | 0.002 | -0.06 | 0.953 | -0.004 | 0.004 | |
| L1. | 0.649 | 0.081 | 8.04 | 0 | 0.491 | 0.807 | *** |
| _Cons | 0.011 | 0 | 33.59 | 0 | 0.011 | 0.012 | *** |
| 天津 | -0.002 | 0 | -3.80 | 0 | -0.002 | -0.001 | *** |
| L1. | 3.694 | 0.397 | 9.30 | 0 | 2.915 | 4.473 | *** |
| _Cons | 0.001 | 0 | 31.50 | 0 | 0.001 | 0.001 | *** |
| 湖北 | 0 | 0 | -0.21 | 0.833 | -0.001 | 0.001 | |
| L1. | 0.526 | 0.048 | 11.00 | 0 | 0.432 | 0.62 | *** |
| _Cons | 0.001 | 0 | 32.03 | 0 | 0 | 0.001 | *** |
| 重庆 | -0.001 | 0.001 | -0.91 | 0.365 | -0.003 | 0.001 | |
| L1. | 0.455 | 0.041 | 11.11 | 0 | 0.375 | 0.535 | *** |
| _Cons | 0.002 | 0 | 34.33 | 0 | 0.002 | 0.002 | *** |
| 福建 | -0.001 | 0.001 | -0.90 | 0.366 | -0.002 | 0.001 | |
| L1. | 0.525 | 0.052 | 10.08 | 0 | 0.423 | 0.628 | *** |
| _Cons | 0.001 | 0 | 35.82 | 0 | 0.001 | 0.001 | *** |
| Cor(深圳, 上海) | 0.001 | 0.018 | 0.07 | 0.941 | -0.034 | 0.037 | |
| Cor(深圳, 北京) | -0.038 | 0.018 | -2.09 | 0.037 | -0.074 | -0.002 | ** |
| Cor(深圳, 广东) | 0.008 | 0.018 | 0.42 | 0.673 | -0.028 | 0.043 | |
| Cor(深圳, 天津) | 0.004 | 0.018 | 0.24 | 0.811 | -0.031 | 0.04 | |
| Cor(深圳, 湖北) | 0.007 | 0.018 | 0.37 | 0.708 | -0.029 | 0.043 | |
| Cor(深圳, 重庆) | -0.003 | 0.018 | -0.17 | 0.865 | -0.039 | 0.033 | |
| Cor(深圳, 福建) | 0.029 | 0.018 | 1.61 | 0.108 | -0.006 | 0.065 | |
| Cor(上海, 北京) | 0.037 | 0.018 | 2.02 | 0.043 | 0.001 | 0.072 | ** |
| Cor(上海, 广东) | 0.018 | 0.018 | 0.97 | 0.332 | -0.018 | 0.053 | |
| Cor(上海, 天津) | -0.013 | 0.018 | -0.69 | 0.488 | -0.048 | 0.023 | |
| Cor(上海, 湖北) | -0.026 | 0.018 | -1.42 | 0.154 | -0.062 | 0.01 | |

续 表

| | Coef. | St. Err. | t-value | p-value | [95% Conf Interval] | | Sig |
|-------------|--------|----------|---------|---------|-----------------------|-------|-----|
| Cor(上海, 重庆) | -0.012 | 0.018 | -0.64 | 0.52 | -0.047 | 0.024 | |
| Cor(上海, 福建) | 0.006 | 0.018 | 0.32 | 0.747 | -0.03 | 0.042 | |
| Cor(北京, 广东) | 0.045 | 0.018 | 2.46 | 0.014 | 0.009 | 0.08 | ** |
| Cor(北京, 天津) | -0.005 | 0.018 | -0.27 | 0.788 | -0.041 | 0.031 | |
| Cor(北京, 湖北) | -0.02 | 0.018 | -1.08 | 0.282 | -0.055 | 0.016 | |
| Cor(北京, 重庆) | -0.016 | 0.018 | -0.89 | 0.373 | -0.052 | 0.019 | |
| Cor(北京, 福建) | 0.028 | 0.018 | 1.55 | 0.121 | -0.007 | 0.064 | |
| Cor(广东, 天津) | -0.022 | 0.018 | -1.22 | 0.222 | -0.058 | 0.013 | |
| Cor(广东, 湖北) | -0.001 | 0.018 | -0.04 | 0.965 | -0.037 | 0.035 | |
| Cor(广东, 重庆) | -0.01 | 0.018 | -0.56 | 0.574 | -0.046 | 0.025 | |
| Cor(广东, 福建) | -0.01 | 0.018 | -0.55 | 0.581 | -0.046 | 0.026 | |
| Cor(天津, 湖北) | 0.008 | 0.018 | 0.42 | 0.678 | -0.028 | 0.043 | |
| Cor(天津, 重庆) | -0.013 | 0.018 | -0.71 | 0.48 | -0.049 | 0.023 | |
| Cor(天津, 福建) | 0.004 | 0.018 | 0.23 | 0.815 | -0.032 | 0.04 | |
| Cor(湖北, 重庆) | -0.017 | 0.018 | -0.94 | 0.348 | -0.053 | 0.019 | |
| Cor(湖北, 福建) | -0.001 | 0.018 | -0.05 | 0.957 | -0.037 | 0.035 | |
| Cor(重庆, 福建) | -0.02 | 0.018 | -1.11 | 0.268 | -0.056 | 0.016 | |

注：***、**、*分别表示在1%、5%、10%的水平下显著。

表6显示了八大碳交易市场相关系数,发现深圳与北京市场收益率、上海与北京市场收益率、广东与北京市场收益率均在5%显著性水平下显著,而其余市场相关系数不显著。其中深圳与北京市场收益率相关系数显著为负,说明北京市场收益率上升时,深圳市场收益率下降;上海与北京市场收益率、广东与北京市场收益率相关系数显著为正,说明北京市场收益率上升时,上海和广东市场收益率也同步上升。结果表明各市场间相关性具有显著异质性,DCC-GARCH模型估计结果与之一致,再次验证假设2。

2.2.3 稳健性检验

以上检验中均假设扰动项服从正态分布,但在实际碳交易市场中收益率可能存在“厚尾”现象,因此对扰动项正态性进行检验,结果如表7所示。

表7检验中,各地方碳交易市场均在1%显著性水平下显著。其中各地方碳交易所峰度均在1%显著性下大于3;在偏度分析中,除湖北碳交易市场在10%显著性水平下显著,其余碳交易市场均在1%显著性水平下显著异于0值,其中上海和天津市场偏度大于0,其余市场偏度均小于0,各碳交易市场均不完全服从正态分布。最后,在多元

表7 八大碳交易市场收益率扰动项正态性检验统计结果

| | Skewness | Kurtosis |
|----|-------------------|--------------------|
| 北京 | -0.579*** (0.000) | 9.116*** (0.000) |
| 福建 | -0.793*** (0.000) | 48.735*** (0.000) |
| 广东 | -1.113*** (0.000) | 74.030*** (0.000) |
| 湖北 | -0.087* (0.061) | 13.017*** (0.000) |
| 上海 | 2.178*** (0.000) | 122.670*** (0.000) |
| 深圳 | -0.625*** (0.000) | 34.851*** (0.000) |
| 天津 | 0.531*** (0.000) | 166.51*** (0.000) |
| 重庆 | -0.482*** (0.000) | 8.001*** (0.000) |

注：***、**、*分别表示在1%、5%、10%的水平下显著;括号内为标准差值。

DCC-CARCH模型中对系数 λ_1 和 λ_2 进行检验发现其 $\chi(2)$ 值为10.06,P值为0.0065,模型在1%显著性水平下显著。各模型稳健性检验结果与之前估计结果差别不大,进一步印证了结论的可靠性。

3 结论及政策建议

本文通过建立八大地方碳交易市场的非平衡面板数据,并结合ARCH模型族对中国碳交易市场整体现状、地方碳交易市场发展特征、投资者对碳交易市场的影响进行实证研究,分析发现:

全国统一碳交易市场下,要兼顾全局与局部。由于地区经济发展水平、产业结构等方面存在差异,碳交易市场“全局”非平衡性特征突出,“局部”市场在碳价、市场规模、应对外部冲击等方面具有显著异质性;此外,投资者关注对碳交易市场收益率具有显著影响,投资者进入碳交易市场能够激发市场交易功能,倒逼市场机制改革、碳交易产品创新,有助于激发碳交易市场活力。

中国气候治理已取得阶段性成果,但正如习近平总书记在中国共产党第十九届中央委员会第六次全体会议中所说“越是伟大的事业,越充满艰难险阻,越需要艰苦奋斗,越需要开拓创新”,中国碳交易市场同样需要在危机中育先机、变局中开新局,要始终坚持新发展理念,努力克服一切艰难险阻,助力“双碳”目标如期实现,使中国经济更高质量、更有效率、更可持续发展。面对碳交易市场目前发展的不平衡性、异质性特征,本文提出如下政策建议:

(1) 助力实现“双碳”目标,夯实全国碳交易市场“一个中心”定位。目前中国碳交易市场发展不平衡性问题突出,需要发挥全国碳交易市场“指挥棒”作用,统领全国碳交易事业,坚持全国“一盘棋”,服务国家大政方针。①根据碳中和目标要求,修订绿色金融标准,剔除高碳项目;②完善碳交易市场监管制度,以引导企业积极减碳,投资者主动进行碳交易;③建立碳价稳定机制,防止碳价剧烈波动;④建立风险预警机制,积极开展压力测试,以应对碳交市场中潜在风险。

(2) 着力推进地方减碳工作,发挥各地方碳交易市场“多个基本点”作用。各地方碳交易市场发展差异明显,为此各地方碳交易市场必须补齐发展短板,使中国碳交易市场“一个中心,多个基本点”发展格局更加牢固。①立足当地经济结构和生态环境目标,因地制宜,切勿采取“一刀切”的做法,因地制宜开展相关工作;②厘清各地方碳交易市场发展逻辑,明确自身发展优势,各市场要取长补短,构建多样化碳交易市场;③地方碳交易市场要互联互通,定时开展发展研讨会,共同谋划碳交易市场发展路径。

(3) 坚持以人民为中心,坚持发展共享原则,增强投资者参与感、获得感。新的历史发展阶段下,碳交易市场要以投资者利益为出发点和落脚

点。①营造公平、公正、公开的市场交易环境,增强投资者参与意愿;②打通并拓宽投资者参与碳交易市场渠道,为个体账户交易提供制度支持;③完善碳交易现货市场的同时,积极构建高流动性的衍生品市场,丰富投资产品;④加强金融机构对高碳资产敞口和主要资产碳足迹的计算和披露,减少信息不对称性,满足投资者交易信息需求;⑤加强投资者知识教育,使投资者形成健康、理性投资理念,减少碳交易市场收益率波动,维护市场稳定。

注释:

- ①由于篇幅限制,未对八大碳交易市场成交规模进行展示。
- ②四川联合环境交易只能交易CCER(中国核证减排量),因此本文选取北京、上海等八大碳交易市场碳排放配额交易数据,保证数据一致性,即以EA结尾的碳交易产品,如湖北碳交易市场交易产品为HBEA。
- ③数据来源为各地方碳交易市场官网行情数据,并利用前瞻数据库和Wind数据库进行补充完善。
- ④在数据预处理上,首先对各词条日搜索量进行统计,最后进行简单加总得到总关注度指标 $Baiduindex_t$,并用(今日关注度-前一日关注度)/前一日关注度得到关注度变化率 r_{it} 。最后,对数据进行平稳性检验,发现处理后关注度变化率数据满足平稳性特征。
- ⑤数据来源为国家能源局和前瞻数据库。
- ⑥即用(当期气温-上期气温)/上期气温得到气温数据变化率 $r_{wi,t}$,数据来源为国家气象科学数据中心。
- ⑦对数据加1后取对数 $\ln(k_{i,t}+1)$,即数据来源为国家统计局和各地统计局。
- ⑧由于同一碳交易市场在不同时期扰动项之间往往存在自相关,因此使用以碳交易市场为聚类变量的聚类稳健标准误混合回归,在固定效应分析中包括组内估计、双向固定效应和最小二乘虚拟变量模型(LSDV),随机效应中包括广义最小二乘法(FLGS)和极大似然估计法(MLE)。
- ⑨此外,删去“碳排放计算器”、“碳计算器”、“气候会议”3个与碳交易市场低相关的百度词条,进行稳健性检验,所得结论与此前相同。由于篇幅限制,此处不进行详细展示。
- ⑩对各地方碳交易市场收益率连续经验分布(核密度分布)图、残差平方和自相关图、残差平方和偏相关图进行分析,并进行Q检验和LM检验,结果都表明OLS残差平方序列存在自相关,故扰动项存在异方差,再次证实各地碳交易市场收益率存在“波动聚集效应”。此处由于篇幅限制,不依次进行展示。

参考文献

- [1] 钱浩祺,吴力波,任飞州.从“鞭打快牛”到效率驱动:中国区域间碳排放权分配机制研究[J].经济研究,2019,54(3):86~102.
- [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.
- [3] 陈诗一.中国各地区低碳经济转型进程评估[J].经济研究,2012,47(8):32~44.

- [4] 彭文生. 中国实现碳中和的路径选择、挑战及机遇 [J]. 上海金融, 2021, (6): 2~7.
- [5] 王竹葳, 孙浩瀚, 宋成松. 投资者关注与碳交易市场收益率——基于面板数据的实证研究 [J]. 工业技术经济, 2021, 40 (10): 3~14.
- [6] 申晨, 林沛娜. 中国碳排放权交易试点市场的现状特征及风险分析 [J]. 产经评论, 2017, 8 (4): 123~134.
- [7] Da Z, Joseph Engieerg, Gao P J. In Search of Attention [J]. The Journal of Finance, 2011, 66 (5): 1461~1499.
- [8] Lin P, Wei X. Investor Attention, Overconfidence and Category Learning [J]. Journal of Financial Economics, 2006, 83 (3): 563~602.
- [9] 令狐大智, 武新丽, 叶飞. 考虑双重异质性的碳配额分配及交易机制研究 [J]. 中国管理科学, 2021, 29 (3): 176~187.
- [10] 俞庆进, 张兵. 投资者有限关注与股票收益——以百度指数作为关注度的一项实证研究 [J]. 金融研究, 2012, (8): 152~165.
- [11] 张同辉, 苑莹, 曾文. 投资者关注能提高市场波动率预测精度吗?——基于中国股票市场高频数据的实证研究 [J]. 中国管理科学, 2020, 28 (11): 192~205.
- [12] David Hirshleifer, Siew Hong Teoh. Limited Attention, Information Disclosure and Financial Reporting [J]. Journal of Accounting and Economics, 2003, 36 (1-3): 337~386.
- [13] 杨涛, 郭萌萌. 投资者关注度与股票市场——以PM2.5概念股为例 [J]. 金融研究, 2019, (5): 190~206.
- [14] 汪中华, 胡篔. 我国碳排放权交易价格影响因素分析 [J]. 工业技术经济, 2018, 37 (2): 128~136.

Investor Attention's Unbalanced Impact and Heterogeneity Analysis on the Return Rate of Carbon Trading Market

Wang Lin Yi Jiaquan

(School of Finance, Shanxi University of Finance and Economics, Taiyuan 030001, China)

[**Abstract**] In the transition stage of high-quality economic development, the capital market needs to break through "market barriers", participate in the construction of carbon trading market, and promote reform and development with "carbon neutrality". Based on the unbalanced panel data of eight carbon trading markets in China from August 8, 2013 to November 9, 2021, this paper empirically analyzes the unbalanced return rate of carbon trading markets, and uses ARCH model family to analyze the heterogeneity of each local carbon trading market. Through the whole market, multi-dimensional research on carbon trading market, it is found that China's carbon trading market as a whole has obvious unbalanced characteristics. The carbon trading market has significant heterogeneity in carbon price, market size and coping with external shocks. In addition, investor concerns have a significant impact on the returns of the carbon trading market, and introducing investors into the carbon trading market can help stimulate the vitality of the carbon trading market. The research aims to analyze the overall development characteristics of China's carbon trading market and provide theoretical reference for the development path of the national carbon trading market. Dissect each carbon trading market development characteristics at the same time, more targeted, objectivity, proactively to guide local carbon trading market development, effectively promote local carbon reduction work, eventually form in the national carbon trading market as the center, where carbon trading market as the basis of "one center, more fundamental point" carbon trading market development pattern. We helped achieve the "dual carbon" target and the 14th Five-Year Plan as scheduled.

[**Key words**] carbon trading market; yield; non-equilibrium; heterogeneity; investor attention; ARCH model family; "dual carbon" target

[**Jel classification**] D53; G19

(责任编辑: 张舒逸)