

中国统一碳交易市场的壁垒、衔接与优化

姜楠

摘要 坚持碳市场作为控制温室气体排放政策工具的基本定位，加快建设全国统一的碳市场需要减少规则差异带来的市场分割，并探索构建以碳市场为核心的环境资源要素统一大市场。基于全国碳市场与广东、湖北、上海和深圳代表性区域碳市场交易收盘价数据，通过 R/S 分析法计算 Hurst 指数评价各市场价格序列的有效性特征，并进一步采用去趋势交叉相关分析和市场间协整分析考察碳市场间的价格关系。研究发现：广东碳市场价格收益率存在显著持续性，深圳呈显著反持续性，全国、湖北和上海的 Hurst 指数点估计偏离 0.5 但未达到统计显著水平；各市场收益率之间未发现统计显著的长期交叉依赖，短期价格动态相对独立；五个市场价格之间存在长期均衡约束，但偏离均衡后的调整速度差异明显，深圳和湖北相对较快，广东、上海及全国市场在部分均衡关系下调整较慢。据此，建议统筹好全国碳排放权交易市场和地方试点碳市场，推进基础规则衔接，提升碳价格发现效率，并健全统一的监管与法律框架。

关键词 碳排放权交易 统一大市场 市场分割 重标极差分析

一、引言

2025 年 7 月，中央财经委员会第六次会议指出“纵深推进全国统一大市场建设，基本要求是‘五统一、一开放’”。“五统一”具体包括：统一市场基础制度、统一市场基础设施、统一政府行为尺度、统一市场监管执法、统一要素资源市场。碳市场是重要的要素资源市场，也是利用市场机制积极应对气候变化、加快经济社会发展全面绿色转型的重要政策工具。完善碳要素市场、提高碳要素配置效率，是要素市场化配置改革的重要内容之一。2025 年 5 月印发的《中共中央办公厅 国务院办公厅关于推进绿色低碳转型加强全国碳市场

建设的意见》（以下简称《意见》）明确提出“坚持碳市场作为控制温室气体排放政策工具的基本定位，加快建设全国统一的碳市场”，并有计划分步骤扩大实施范围、扩展参与主体，营造更加公平、公开、透明的市场环境，努力实现碳排放资源配置效率最优化和效益最大化，将全国碳市场作为推动绿色低碳发展的重要安排。与传统要素市场相比，中国碳市场起步较晚但发展迅速，北京、天津、上海、重庆、湖北、广东、深圳和福建碳市场试点在规则创新、履约成效、市场活跃度与碳金融探索等方面积累实践经验。全国碳排放权交易市场自 2021 年 7 月正式上线交易，对重点排放单位排放行为进行严格管控，2024 年度起

姜楠，辽宁大学经济学院讲师。沈阳市哲学社会科学规划课题“积极融入全国统一大市场建设 沈阳加快打造营商环境‘升级版’策略研究”（SY20230303Q）。

将钢铁、水泥、铝冶炼行业纳入管控，覆盖行业扩展至发电、钢铁、水泥、铝冶炼四个行业。截至 2025 年 12 月 31 日，配额累计成交量 8.65 亿吨，累计成交额 576.63 亿元^①。

然而，在“建成更加有效、更有活力、更具国际影响力的碳市场”的目标要求下，中国碳市场还面临现阶段能源刚性需求强烈，产业发展高碳锁定等多重挑战。宋德勇等（2024）提出通过“碳市场主干、其他市场协同”的模式，形成一个责权分明、标准统一的全国资源环境要素大市场，由此为后续全面体系化建设提供清晰方向和有力抓手。而与传统要素相比，资源环境要素市场间相互割裂、缺乏统筹协调的机制，制约了市场对资源环境要素配置作用的发挥（庄贵阳等，2025），王永进等（2024）基于多地区、多部门一般均衡模型研究发现若不存在全国性碳交易市场，碳减排会抑制发达地区的经济发展。统一大市场建设还有助于碳排放交易市场的建立、市场化的第三方污染治理，降低企业面临的制度性和非制度性交易成本，实现城市碳排放总量与排放强度的降低（刘志刚和孔令池，2021；胡珺，2023）。

为着力解决市场体系不完善等问题，需要从顶层设计探索构建以碳市场为核心的环境资源要素统一大市场，加快推进地方试点碳市场创新转型发展（张昕，2025）。《意见》要求加快建设全国碳排放权交易市场，统筹好全国碳排放权交易市场和有关地方试点开展的碳市场，建立定

期评估和退出机制，不再新建地方或区域碳排放权交易市场。要充分发挥全国碳市场功能，必须要求建设规则统一、规范高效的全国碳市场运行规则体系，包括统一配额管理、交易规则、监管体系、数据管理以及国际合作等。面对新时期碳排放权交易市场的目标要求，本文基于分形市场假说理论，采用重标极差分析法（R/S 分析法）计算 Hurst 指数，考察全国碳市场运行以来广东、湖北、上海、深圳代表性试点碳市场与全国碳市场的价格有效性特征，并分析各市场之间的价格联动与分割程度、价格向长期均衡调整的效率差异，为推进全国统一碳市场建设提出针对性政策启示。

二、文献述评

（一）碳市场的功能定位和价格有效性评估

就要素市场定位和特征而言，全国碳市场是政策主导性强的市场，规则要素设计和监督管理是政府碳排放控制意志的具体体现（张昕，2025）。就全国碳市场的功能而言，经过数年建设运行，全国碳市场不仅是促进碳减排的重要市场化工具，也成为加快经济社会发展全面绿色转型的重要政策工具。就市场间关系而言，全国碳排放权交易市场和地方试点碳市场相互补充，共同构成不同层级、功能互补的碳交易和减排格局（姜楠，2023），郭建峰和傅一玮（2019）认为建立统一碳市场定价机制是保障碳市场稳定性和有效性的关键。

① 生态环境部.全国碳排放权交易市场覆盖钢铁、水泥、铝冶炼行业工作方案[EB/OL].(2025-03-20).https://www.mee.gov.cn/xxgk/2018/xxgk/xxgk03/202503/t20250326_1104736.html.

建立全国统一碳市场应平衡各地的经济发展状况和减排需求，应关注区域试点碳市场与全国统一碳市场的衔接，同时应避免买卖双方操纵市场价格从而进行套利。同时，全国碳市场也是深化国际气候治理交流与合作的重要窗口，是积极参与规则制定、推动公正转型、强化务实行动的重要平台。

碳市场的核心是创造碳价并作用于经济运行体系，既有研究普遍认为中国区域碳市场价格未能达到有效市场水平。刘海燕和郑爽（2016）通过方差比率检验研究北京碳市场有效性，结果表明北京碳市场尚未达到弱式有效水平。吕靖烨等（2019）对湖北碳市场 963 个日收盘价格收益率序列建立 GARCH-M 模型分析其波动积聚特点，结果显示湖北碳市场也未达到弱式有效水平。马跃和冯连勇（2022）结合有效市场假说理论与分形市场假说理论，采用游程检验法、方差比检验法以及重标极差分析法对中国 8 个碳市场有效性进行综合分析，结果表明试点碳市场普遍未能达到弱式有效水平。宁若宇和刘伊生（2021）基于分形市场假说分析发现虽然 8 个试点碳交易市场均未达到市场弱式有效标准，但上海、广东、湖北、天津、重庆表现出明显的持久性和连续性，深圳和北京市场由于政策调控导致价格出现跳跃性变化，市场调节作用不明显。

市场相关性方面，郭建峰和傅一玮（2019）以每个市场价格均值占有区域市场的价格均值之和的比重为权重，建立代表全国统一碳市场价格的定价模型，发现全国总体碳价格与深圳和广东的价格相关度较高，与上海和北京的价格相关性很低，与重庆的相关性为负。张晶和崔瑛

麟（2021）在分形市场假说的基础上结合 MF-DFA 和多重分形谱分析方法对湖北、广东、深圳碳排放权交易试点市场分析，发现不同市场以及同一市场不同阶段的多重分形结构存在显著差异，不同市场发展程度和阶段是影响碳市场间价格差异的重要原因。杨敏等（2022）认为中国碳定价机制不成熟是导致碳价偏低且波动较大的主要因素之一，提出了碳价决策原则和具体方法，如提高碳价、大宗交易价格折扣等具备可行性和可操作性的原则。

（二）碳市场减排与资源配置影响

研究普遍认为碳市场总体上有助于促进碳减排提升碳中和绩效，李治国等（2023）基于中国各省份 2000—2018 年面板数据考察碳排放权交易试点政策的减排效应，发现碳排放权交易试点政策的减排效应存在“倒 U 形”特征，个案研究发现试点政策实施后湖北、天津、重庆等省份碳排放量明显减少，而北京、上海、广东等省份减排效果并不理想，碳泄漏问题的存在导致试点政策的整体减排效果显著降低。李鹏（2026）发现碳排放权交易政策降低了受规制企业内部的劳动力和资本错配程度，作用渠道包括削弱市场垄断势力、促进绿色技术创新和边际减排成本均等化。周兵等（2024）发现全国统一大市场建设提升了碳中和绩效，主要路径是降低政府干预、改善能源消费结构和促进绿色技术创新；黄漫宇等（2025）基于 15 大城市群 167 个城市的面板数据，发现统一大市场建设与碳排放之间呈“倒 U 形”关系。

同时也有关关注碳市场可能导致的非预期影响。孙传旺等（2025）发现碳交

易试点规则阻碍了试点地区相邻省份辖区内区县的产业结构低碳化,尤其是与试点地区直接毗邻或者外围 50 公里以内的区县,这种负向作用会受到周边地区规制力度和试点地区碳价水平的影响。徐志伟等(2026)对非金属矿物制品、化学原料及化学制品制造研究发现,对于同一行业,在不同碳市场间采用不同的配额核定方式会降低排放权配置效率;对于同一碳市场,在不同行业间采用不同的配额核定方式通常也会造成较为严重的排放权配置扭曲。Wu et al. (2023)指出中国在建立碳排放交易体系时采取了从区域试点市场逐步过渡至全国市场的渐进原则,运用协整检验与向量误差修正模型探究区域试点碳市场的长期趋势与价格动态,结果显示全国市场启动后,碳市场价格均值回归模式的严重性有所缓解,中国碳市场效率得到提升。

(三) 碳市场的政策优化空间

中国碳市场在运行中还存在政策优化空间。宁若宇和刘伊生(2021)指出试点碳交易市场未达到有效性原因包括碳配额供给过剩导致碳价过低、政策的不连续性影响价格预期、控排主体的履约驱动力不足以及需求方单一等。陈星星(2022)指出全国碳排放权交易市场成交量周期性显著,量价受政策影响明显,存在碳价偏低、CCER 机制建设迟缓、MRV 规则落实不够到位、碳金融产品不丰富等问题,应打造全国统一的碳交易用户终端和精准化服务模式,畅通试点省份与全国统一市场间联系。齐绍洲和程师瀚(2024)以效果、效率、一致性为原则,构建三级多维评估指标体系,指出全国碳市场在覆盖范围、总量设定、配额分配、交易体系、价格机制、

数据质量、能力建设以及与其他政策协同等方面仍面临挑战。朱彤(2025)认为中国碳市场仍存在稳定运行机制缺乏、交易流动性低、企业惜售现象突出、交易量呈现“潮汐现象”、价格发现功能较弱等问题。杨利芳和苏布达(2026)探讨地方财税政策与碳市场的协同机制发现当前实践面临政策精准性不足、跨部门协同薄弱、区域财政能力差异等挑战。

全国统一碳市场建设协调方面,王浩名(2025)提出“特定行业全国市场与试点市场并存”格局对监管提出新挑战,包括减排降碳监管目标的偏离、全国碳市场监管依据的缺失以及交易监管与降碳监管的结构性失衡三方面,其根源在于市场工具适用惯性下的根本目的异化、区域与行业异质性下的标准难以统一以及对碳排放权二元法律特征的普遍忽视。此外,碳市场与其他要素市场协调方面,赵领娣等(2021)发现不同区域碳市场与能源市场间溢出效应特征,应加快形成中国碳市场与能源市场间内在稳定的价格机制,综合考量并有效协调各地区差异以促进碳交易体系稳定运行。黄滢和魏楚(2022)就能源安全和碳达峰碳中和目标提出耦合省级能源市场和区域能源市场,建设全国级别的能源交易和运输市场机制,提供稳定、透明、灵活、全面的全国统一市场框架,最终建成全国能源统一市场。刘自敏和牛靖(2024)发现“电-碳”市场协同发展在推动能源清洁发展、应对气候治理方面具有重要作用,然而当前中国电力市场和碳市场运行相对独立,二者发展协调性亟待提高。

既有研究从不同角度考察中国碳排放权交易和相关市场的有效性,为碳市场发

表 1 全国与代表性试点碳交易市场收盘价描述性统计

市场	样本量	最大值	中位数	均值	最小值	标准差	峰度	偏度
全国	1 073	105.65	60.65	68.91	41.46	16.69	2.26	0.57
广东	2 626	95.26	30.49	37.85	8.1	22.97	2.14	0.68
湖北	2 706	61.48	29.22	31.22	10.07	11.11	1.82	0.06
上海	1 803	91.34	40.5	44.98	4.2	17.91	2.51	-0.04
深圳	2 439	143.9	39.19	38.59	3.3	20.11	3.23	0.45

展和政策优化提供基础。但已有文献多集中于单个市场的价格有效性评估或碳减排效果检验，对全国碳市场上线运行以来全国市场与地方试点市场之间的价格联动、市场分割程度以及价格向长期均衡调整的效率，尚缺乏系统的经验证据；对流动性水平、交易主体结构 and 履约安排如何影响碳价格发现效率，讨论也相对分散。上述缺口构成本文研究的切入点。

三、代表性碳市场有效性分析

(一) 数据说明和方法

Peters (1991、1994) 在分形几何学的基础上提出分形市场假说，该理论从非线性的角度出发，提出分形时间序列的概念。重标极差分析法 (R/S 分析法) 是分形市场假说下检验市场有效性的常用方法，利用分形几何学的方法来衡量金融市场的波动周期和规律。通过计算出金融市场 Hurst 指数分析价格时间序列的游走特征，从而判断市场有效性的强弱，并计算出长记忆非循环周期的长度，是检验时间序列分形特征及长记忆性的经典方法 (Ferraz & Kihara, 2019)。R/S 分析法在检验市场有效性方面已得到广泛应用，葛永波等 (2019) 运用 R/S 分析法分析中国黑色金属期货市场的分形特征，发现螺纹钢、线材、热轧卷板期货均存在状态的持续性具有长

记忆特征。王宏勇和冯佑帅 (2020) 运用多重分形分析法研究中国碳排放权市场、能源股票市场和原油市场波动的动力学特征、市场风险大小以及交互相关关系，结果表明三个市场的波动均存在明显的多重分形特征。

为保证结果稳健，Hurst 指数通常需要超过 1 000 个样本点，否则可能会出现“有限样本偏差”。因此，选择交易日有效数据样本满足条件的广东、湖北、深圳和上海四个区域碳市场，与全国碳市场一起测度价格序列的有效性特征，数据截至 2025 年 12 月 31 日，来自 Wind。Hurst 指数按各市场自身有效交易日样本分别计算，市场间的去趋势交叉相关分析和协整分析则以全国碳市场 2021 年 7 月上线交易之后五个市场的共同交易日为准。各市场交易日历与停牌安排并不一致，无成交日不计入样本。各市场样本量差异和碳交易价格描述性统计如表 1 所示。对于同一市场同日存在不同品种交易价格的，以当日所有品种的成交量加权收盘价作为该市场当日价格 (图 1)，即以实际成交规模反映当日市场整体价格水平，避免个别品种的零星成交主导日度价格。

(二) Hurst 指数计算

利用 R/S 分析法计算 Hurst 指数对市场有效性进行评价的基本步骤包括：首先

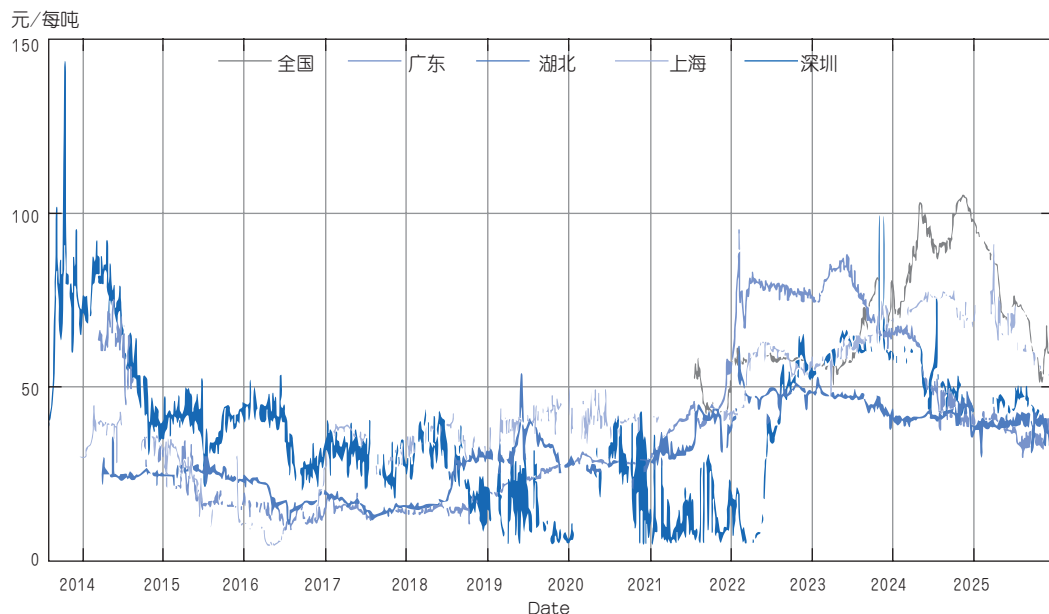


图1 各碳市场历史收盘价格趋势

将价格序列转化为对数收益率序列。其次，将长度为 N 的收益率序列分为 A 个子集，每个子集长度为 $n = N/A$ ，计算每个子集的均值 e_a ， $a = 1, 2, \dots, A$ 。在每个子集 a 内，逐一计算前 k 个点 ($k = 1, 2, \dots, n$) 相对于该子集均值 e_a 的累积离差： $X_{k,a} = \sum_{i=1}^k (N_{i,a} - e_a)$ ， $k = 1, 2, \dots, n$ 。而后，计算每个子集 a 内收益率序列的波动范围，等于累积离差最大值和最小值的差值，即 $R_a = \max(X_{k,a}) - \min(X_{k,a})$ ， $1 \leq k \leq n$ 。同时，计算每个子集 a 内收益率序列的标准差 S_a 。对每个子集 a 内，使用其标准差 S_a 对其波动范围 R_a 进行标准化，得到重标极差 S_a/R_a 。对于选取的长度 n ，一共有 A 个子集，因此有 A 个重标极差。取它们的均值作为该原始对数价格序列在长度为 n 的时间跨度上的

重标极差，即 $(R/S)_n = \frac{1}{A} \sum_{a=1}^A S_a/R_a$ 。重复上述步骤，调整子序列长度 n 的取值，可得到不同长度的时间跨度 n 上各市场对数价格序列的重标极差 $(R/S)_n$ 。

Hurst 指数即是考察 $(R/S)_n$ 与 n 之间的关系： $\ln(R/S)_n = \ln C + H \ln n$ ，其中， C 为常数， H 为 Hurst 指数。一般认为，Hurst 指数越接近 0.5，价格变动之间的相关性越小，市场有效性越强。全国碳市场与代表性区域试点市场的 Hurst 指数，以及以 $H=0.5$ 为原假设的检验结果如表 2 所示。

表 2 以 $H=0.5$ 为原假设报告各市场的检验结果。广东碳市场 Hurst 指数为 0.6407，显著高于 0.5 ($p=0.0120$)，价格收益率存在较明显的持续性；深圳碳市场 Hurst 指数为 0.2771，显著低于 0.5 ($p=0.0002$)，

表2 全国与代表性试点碳交易市场 Hurst 指数

市场	Hurst 指数	标准误差	t 统计量	p 值
全国	0.5699	0.0588	1.1873	0.2354
广东	0.6407	0.0560	2.5139	0.0120
湖北	0.5502	0.0564	0.8889	0.3741
上海	0.5193	0.0587	0.3291	0.7421
深圳	0.2771	0.0599	-3.7214	0.0002

呈现较明显的反持续性或均值回复特征。全国、湖北和上海碳市场的点估计分别为 0.5699、0.5502 和 0.5193，全国和湖北显示出一定的持续性倾向，上海更接近 0.5，但三者与 0.5 的差异均未达到通常的显著性水平，据此不宜对其价格有效性作出强判断。

Hurst 指数刻画的是价格序列自身的持续性与有效性特征，配额规则、交易主体结构、流动性状况与政策调整等因素可能影响价格形成。此外，深圳碳市场同日挂牌的配额品种较多，成交量加权处理本身也可能强化价格序列的均值回复表现，其结果解释需保持谨慎。

四、市场间关系分析

（一）去趋势交叉相关分析

为考察各区域碳市场与全国市场的价格间关系，继续对五个市场间进行去趋势交叉相关分析。去趋势交叉相关分析 (Detrended Cross-Correlation Analysis, DCCA) 是由 Podobnik & Stanley (2008) 提出，用于量化两个非平稳时间序列在不同时间尺度上的幂律交叉相关性。其单一标度指数是 DCCA 方法在 $q=2$ 时的特例，相当于交叉相关领域的 Hurst 指数。

与传统的 Pearson 相关系数不同，

DCCA 能够消除局部趋势的干扰，揭示多尺度上的长期交叉依赖，适用于金融价格、碳价等非平稳、长记忆过程。主要步骤包括：首先构造轮廓序列，对两个原始对数收益率序列分别计算累积离差和，然后分割片段，将两个轮廓序列同时划分为长度为 s 的 $2N_s$ 个不重叠片段。在每个窗口 v 内，采用 m 阶多项式（通常 $m=1$ 或 2）分别拟合两个序列的局部趋势，然后计算去趋势后的残差。在此基础上，计算每个窗口内残差序列之间的交叉协方差，并求出 $q=2$ 时的波动函数值。将这一过程遍历所有尺度 S ，得到波动函数尺度变化的序列，最后用最小二乘法对二者的关系进行线性拟合，其斜率即为 DCCA 标度指数 $h_{xy}(2)$ 。

$h_{xy}(2) > 0.5$ 时，两序列的交叉相关具有长记忆性（持续），即一个市场的正向冲击倾向于引起另一个市场同向变化并持续。 $h_{xy}(2) = 0.5$ 时，交叉相关为无记忆（随机游走），短期偏离不会影响长期，市场间无稳定联动，可视为独立。 $h_{xy}(2) < 0.5$ 时，交叉相关呈反持续性（均值回复），两个市场收益率的偏离倾向于较快回复。各市场组合的 DCCA 标度指数及其检验结果如表 3 所示。

结果显示，各市场组合的标度指数估计值均落在 $[0, 1]$ 区间内，其中全国-湖北和上海-深圳的 $h_{xy}(2)$ 估计值达到取值上界。所有市场对的 p 值均远大于 0.05，在当前样本下，未发现碳市场之间价格收益率存在统计显著的长期交叉依赖 [$h_{xy}(2)$ 与 0.5 无显著差异]，各市场短期价格动态表现出较强的独立性，尚缺乏稳定的跨市

表 3 全国与代表性试点碳交易市场 DCCA 标度指数

市场	DCCA 标度指数 $h_{xy}(2)$	标准误差	t 统计量	p 值	结论
全国-广东	0.3965	0.3121	-0.3316	0.7403	不显著偏离 0.5 (随机游走)
全国-湖北	1.0000	0.3089	1.6186	0.1061	不显著偏离 0.5 (随机游走)
全国-上海	0.7618	0.3212	0.8150	0.4155	不显著偏离 0.5 (随机游走)
全国-深圳	0.5776	0.3361	0.2309	0.8175	不显著偏离 0.5 (随机游走)
广东-湖北	0.3622	0.2274	-0.6061	0.5447	不显著偏离 0.5 (随机游走)
广东-上海	0.5768	0.2972	0.2585	0.7962	不显著偏离 0.5 (随机游走)
广东-深圳	0.6251	0.3164	0.3953	0.6928	不显著偏离 0.5 (随机游走)
湖北-上海	0.8491	0.3176	1.0993	0.2721	不显著偏离 0.5 (随机游走)
湖北-深圳	0.2835	0.3042	-0.7119	0.4769	不显著偏离 0.5 (随机游走)
上海-深圳	1.0000	0.3558	1.4054	0.1605	不显著偏离 0.5 (随机游走)

场收益率联动证据。上海-深圳组合的点估计较高，但 p 值为 0.1605，只能作为描述性现象记录，不足以支持两个市场之间存在长期正向交叉依赖的判断。总体上，样本期内各碳市场之间尚未形成稳定、可测度的跨市场联动模式，也不排除样本长度不足以识别较弱的交叉依赖。

(二) 市场间协整关系分析

协整是处理非平稳时间序列之间长期均衡关系的重要工具，尤其适用于碳价、股价等经济金融变量。去趋势交叉相关分析考察的是收益率序列之间的交叉依赖，其结果显示各市场间 $h_{xy}(2)$ 均不显著偏离 0.5；协整分析及其向量误差修正模型 (VECM) 刻画的是价格水平之间的长期均衡关系，协整存在时价格序列可以有复杂的短期动态，但长期会被拉回均衡，两者互为补充。

具体步骤包括：**首先**，通过单位根检验，判断序列是否非平稳，发现所有变量同阶单整 $I(1)$ ，构建 VAR 模型并使用信息准则选取最小值对应的阶数；**其次**，基于

VAR 模型的最大似然估计，通过迹统计量 (Trace) 和最大特征值统计量 (Max-Eigen) 检验协整向量个数，通过 Johansen 协整检验确定协整秩 r ；**最后**，估计向量误差修正模型 (VECM) 描述长期均衡关系。同时，对模型进行模型诊断与验证，残差自相关 LM 检验确保无自相关、残差正态性检验和稳定性检验，保证 VECM 特征根均在单位圆内。此外，根据误差修正模型调整速度系数 (α) 计算半衰期，衡量偏离恢复到一半所需时间，半衰期 = $\ln 0.5 / \ln(1 + \alpha)$ 。价格序列按交易日构造，半衰期的单位相应为交易日；半衰期越短，偏离长期均衡后的调整越快，价格自我纠偏效率越高。

结果显示，协整秩 $r=2$ ，说明五个市场之间存在两个独立的长期均衡关系，五个碳市场在两个协整向量下的调整速度系数 α 和半衰期如表 4 所示。可以发现，第一个协整向量 (Vec1) 反映“总体水平”均衡，所有市场负向调整，深圳最快（半衰期约 43 个交易日），上海最慢（约 591

表 4 碳市场在两个协整向量下的调整速度系数和半衰期

市场	α_1 (Vec1)	半衰期 ₁ (交易日)	α_2 (Vec2)	半衰期 ₂ (交易日)
全国	-0.00441	156.95	-0.000489	1415.8
广东	-0.00410	168.70	-0.000832	832.33
湖北	-0.00620	111.38	-0.002641	262.12
上海	-0.00117	590.99	-0.004898	141.17
深圳	-0.01613	42.62	+0.01364	不调整

个交易日)。第二个协整向量 (Vec2) 反映“价差”均衡，深圳的 α_2 为正，表明在该均衡关系下，深圳市场未表现出向长期均衡回归的调整特征。在当前模型设定下，各市场价格向长期均衡状态调整的速度存在明显差异：深圳和湖北相对较快，湖北在两个协整向量下均为负向调整，较慢的一个半衰期约为 262 个交易日；广东、上海及全国市场在部分均衡关系下调整较慢，其中全国市场在第二个协整向量下的半衰期估计值为 1415.8 个交易日，已超出全国碳市场现有样本长度，只能理解为调整极为缓慢的外推结果。

上述比较基于当前协整关系和调整速度，属于描述性的相对排序，不宜理解为统一市场壁垒的客观指数排名。两类结果互为补充：去趋势交叉相关分析中各市场对的 $h_{xy}(2)$ 均不显著偏离 0.5，收益率层面缺乏统计显著的跨市场交叉依赖；价格水平层面则存在长期均衡约束，而偏离均衡后的回复速度在市场之间差异明显，半衰期较长意味着价格自我纠偏效率偏弱。结合市场运行情况，可能影响价格调整效率的现实因素包括：**一是**交易流动性不足，成交在履约期前后相对集中，市场深度和报价连续性有限；**二是**市场参与主体结构单一，控排企业交易需求同质化；**三是**配

额分配、履约规则等交易规则存在刚性约束；**四是**阶段性配额调整和行业减排政策带来外部扰动。限于模型适用条件，上述因素并未纳入本文模型进行结构性分解，只作为解释价格运行差异的现实背景。

结合历史价格数据的 Hurst 指数和市场间关系可以发现，全国碳排放交易市场与地方碳交易试点市场在价格持续性、跨市场联动和均衡调整速度方面存在明显差异。这里需要区分三个层次：价格持续性、跨市场联动与均衡调整速度属于价格运行结果；配额体系、覆盖行业、交易主体、履约安排、交易规则与信息披露的差异属于市场分割和规则差异；全国市场与地方试点市场如何分工衔接、哪些基础规则需要统一，则属于统一市场建设中的规则衔接问题。本文的统计结果直接对应第一个层次，后两个层次只能作为解释价格运行差异的规则背景。

结合中国碳市场发展和运行，上述差异受到各碳市场自身运行因素和经济、规则及政策等外部因素综合影响。一方面，碳交易市场自身的供求变化和有序运行是影响碳价格的直接原因，尤其是交易产品和交易方式越发丰富，有助于吸引更多企业和金融机构参与碳交易，提升市场活跃程度，促进市场价格发现功能。但全国碳市场与各区域试点碳市场在配额总量、分

配方式、交易产品和交易方式、信息披露以及履约安排等方面仍存在差异，形成各自的价格运行特征。另一方面，经济环境和碳市场政策及规则是碳市场价格的重要外部因素。随着《碳排放权交易管理暂行办法》等法规的出台实施，通过对碳交易市场体制机制、规范交易活动、保障数据质量、惩处违法行为等方面作出规定，不仅有助于给予碳市场运行保障、构建更加平稳高效的交易体系，还有助于稳定市场预期，促进优化企业内部决策机制，促进碳市场形成连续有效的价格信号和市场间有效衔接。虽然各试点区域碳市场在运行中逐渐形成符合当地碳交易的监管模式和规则，但碳交易市场在从试点走向全国统一的过程中尚缺乏统一的监管依据，现有试点碳市场的监管依据无法直接适用于全国碳市场。充分发挥全国碳市场功能，需要减少规则差异带来的市场分割，提升碳价格发现效率，并推进全国碳市场基础规则的统一和衔接。

五、研究结论和政策启示

（一）研究结论

以全国碳市场与广东、湖北、上海和深圳代表性区域碳市场的收盘价数据为基础，研究发现如下。①五个碳市场的价格运行特征存在明显差异。Hurst 指数显示，广东碳市场价格收益率存在显著的持续性，深圳碳市场呈现显著的反持续性或均值回复特征；全国、湖北和上海的点估计偏离 0.5，但差异均未达到通常的显著性水平，尚不足以对其价格有效性作出强判断。②就各碳市场间价格关系而言，去趋势交叉相关分析未发现各市场收益率之间存在统计显著的长期交叉依赖，一个市场的冲击

不会持续影响另一个市场，短期价格动态相对独立；协整分析则表明五个市场的价格水平之间存在长期共同趋势和均衡约束。③各市场价格偏离长期均衡后的调整速度差异明显。深圳和湖北相对较快，广东、上海及全国市场在部分均衡关系下调整较慢。与之相关的现实背景是，全国碳市场交易换手率仍低于地方试点市场，参与主体以高排放行业控排企业为主，成交集中于履约期前后，价格发现效率仍有提升空间。

（二）政策启示

一是统筹好全国碳排放权交易市场和地方试点碳市场，促进市场间价格机制的政策协同和规则衔接，减少规则差异带来的市场分割。地方试点碳市场仍承担先行先试功能，可继续在扩大覆盖范围、完善市场调节机制、创新监管手段、健康有序发展碳金融等方面探索经验；规则衔接的重点在于数据质量、MRV 基本规范、监管底线、违法处罚和信息披露等基础规则，配额分配、覆盖范围和部分交易机制创新可以保留差异化探索空间，不必要求所有规则安排机械向全国市场对齐。建设开放共享安全的全国一体化碳数据平台，促进全国碳市场用户集成、业务覆盖和数据汇聚，通过各市场多元数据互联互通，健全完善碳交易数据共享机制，提高碳市场交易的透明度，引导市场预期，增强不同市场价格信号的可比性。

二是有序扩大全国碳排放权交易市场覆盖范围，稳慎扩大市场参与主体范围，提升市场流动性和价格发现效率。根据行业发展状况、降碳减污贡献、数据质量基础、碳排放特征等有序扩大覆盖行业范围和温室气体种类。在依法依规、风险可控的前提下研究金融机构等非履约主体参与



全国碳市场交易的方式和节奏,改善市场深度与报价连续性,缓解成交集中于履约期前后的问题。稳妥丰富碳资产管理和风险管理工具,规范开展与碳排放权相关的金融活动,根据市场发展阶段研究碳质押、碳回购等规则安排,并稳妥探索碳期货、碳期权等金融产品和衍生品工具,为控排企业提供价格发现和风险对冲渠道。

三是建立统一的碳市场监管与法律框架并强化监督执法。依托《碳排放权交易管理暂行条例》等法规,明确对全国碳市

场的法律地位、监管主体、违规处罚标准,推动从分散探索走向统一规范。针对碳市场运行中存在的核算标准不统一、监管依据缺失、属地监管尺度差异等问题,统一全国技术法规与裁量基准,建立数据质量与信用监管体系,强化对数据造假等行为的监督执法和信用约束。同时,统一碳市场信息披露的基本要求,提高配额分配、成交和履约信息的公开程度与可比性,为市场主体形成稳定预期提供基础。^[N]

学术编辑:卢超群

参考文献

- [1] 陈星星.中国碳排放权交易市场:成效、现实与策略[J].东南学术,2022(4):167-177.
- [2] 葛永波,曹婷婷,朱蓉.中国黑色金属期货市场分形特征的研究[J].价格理论与实践,2019(1):101-104.
- [3] 郭建峰,傅一玮.构建全国统一碳市场定价机制的理论探索——基于区域碳交易试点市场数据的分析[J].价格理论与实践,2019(3):60-64.
- [4] 胡琚,方祺,龙文滨.碳排放规制、企业减排激励与全要素生产率——基于中国碳排放权交易机制的自然实验[J].经济研究,2023,58(4):77-94.
- [5] 黄漫宇,杨露,王浩旻.市场要素视域下统一大市场建设与碳排放——来自中国15大城市群的经验证据[J].财经理论与实践,2025,46(1):103-110.
- [6] 黄滢,魏楚.打破要素市场壁垒构建能源统一大市场[J].产业经济评论,2022(5):17-21.
- [7] 姜楠.全国碳市场框架下辽宁碳排放权交易市场建设和优化对策研究[J].北方经济,2023(3):63-66.
- [8] 李鹏.碳市场建设与企业要素错配:理论机制与中国经验[J].世界经济,2026,49(2):100-136.
- [9] 李治国,车帅,王军.中国碳排放权交易试点实施的政策有效性分析——来自PSM-DID与SCM的新证据[J].管理评论,2023,35(12):308-318.
- [10] 刘海燕,郑爽.北京市碳排放权交易试点分析[J].中国能源,2016,38(12):32-36.
- [11] 刘志彪,孔令池.从分割走向整合:推进国内统一大市场建设的阻力与对策[J].中国工业经济,2021(8):20-36.
- [12] 刘自敏,牛靖.电力市场化改革与全国统一碳市场建设关联协调发展的研究探索——基于交叉补贴和价格传导的双重视角[J].齐鲁学刊,2024(3):124-136.
- [13] 吕婧烨,曹铭,李朋林.中国碳排放权交易市场有效性的实证分析[J].生态经济,2019,35(7):13-18.
- [14] 马跃,冯连勇.中国试点碳排放权交易市场有效性分析[J].运筹与管理,2022,31(8):195-202.
- [15] 宁若宇,刘伊生.基于分形市场假说的全国试点碳交易市场有效性研究[J].科技和产业,2021,21(4):20-25.
- [16] 齐绍洲,程师瀚.中国碳市场建设的经验、成效、挑战与政策思考[J].国际经济评论,2024(3):108-128+6-7.
- [17] 宋德勇,陈梁,王班班.环境权益交易如何实现减污降碳协同增效:理论与经验证据[J].数量经济技术经济研究,2024,41(2):171-192.
- [18] 孙传旺,陈智龙,孙博文.碳排放权交易制度、产业绿色转型及其外部性[J].经济研究,2025,60(6):134-151.
- [19] 王浩名.我国统一碳交易市场构建中的监管困境及制度应对[J].大连理工大学学报(社会科学版),2025,46(1):77-85.
- [20] 王宏勇,冯佑帅.中国碳市场、能源股票市场和原油市场的多重分形分析[J].南京财经大学学报,2020(2):49-59.
- [21] 王永进,刘玉莹,李小帆.碳减排与南北经济差距——基于量化空间模型的分析[J].南开经济研究,2024(3):41-60.
- [22] 徐志伟,白桐语,沈岩.碳市场的排放权配置效率及其提升空间[J].中国工业经济,2026(3):78-101.
- [23] 杨利芳,苏布达.地方财税政策支持碳排放权交易市场建设的协同路径与优化策略研究[J].知识经济,2026(1):50-52+56.



- [24] 杨敏,朱淑珍,厉无畏.碳价决策方法研究——基于全国统一碳市场的视角分析[J].工业技术经济,2022,41(10):152-160.
- [25] 张晶,崔瑛麟.我国碳交易市场价格走势特征比较研究——基于湖北、广东、深圳三个区域碳交易市场样本数据分析[J].价格理论与实践,2021(5):161-164+196.
- [26] 张昕.加强全国碳市场建设的顶层设计和政策落实[J].国家治理,2025(21):57-62.
- [27] 赵颖娣,范超,王海霞.中国碳市场与能源市场的时变溢出效应——基于溢出指数模型的实证研究[J].北京理工大学学报(社会科学版),2021,23(1):28-40.
- [28] 周兵,梁博,别礼城.全国统一大市场与碳中和绩效[J].重庆社会科学,2024(11):32-50.
- [29] 朱彤.我国碳排放权交易市场建设的成效、问题及变化趋势研究[J].中国物价,2025(8):23-28.
- [30] 庄贵阳,王思博,陈寅岚.资源环境要素市场化配置的改革方向与优化路径[J].经济纵横,2025(9):69-78.
- [31] Ferraz M S A, Kihara A H. Hurst entropy: A method to determine predictability in a binary series based on a fractal-related process[J]. Physical Review E, 2019, 99(6-1):062115.
- [32] Wu L Z, Huang Y, Gu Y M. Fragmented or unified? The State of China's carbon emission trading market[J]. Energies 2023(16): 2470.
- [33] Peters E E. Chaos and order in the capital markets[M]. John Wiley & Sons, Inc. 1991.
- [34] Peters E E. Fractal market analysis: Applying chaos theory to investment and economics[M]. John Wiley & Sons, Inc. 1994.
- [35] Podobnik B, Stanley H E. Detrended cross-correlation analysis: A new method for analyzing two nonstationary time series[J]. Physical Review Letters, 2008, 100(8):084102.

Price Segmentation, Institutional Alignment and Optimization China's Path Toward a Unified Carbon Trading Market

JIANG Nan

(School of Economics, Liaoning University)

Abstract The carbon market is a critical policy framework for controlling greenhouse gas emissions. In order to accelerate the establishment of a unified national carbon market, there is a need for reduced market segmentation and intensified exploration of a top-down design for a unified environmental resource market centered on carbon trading. Based on the closing price data of carbon market transactions in the national carbon market and representative regional markets in Guangdong, Hubei, Shanghai, and Shenzhen, this study characterizes the efficiency features of each price series by calculating the Hurst index using the rescaled range (R/S) analysis method. It also examines cross-market price relationships. The findings show that the Hurst index of the Guangdong market is significantly above 0.5 and that of Shenzhen significantly below 0.5, while the point estimates for the national, Hubei and Shanghai markets do not differ significantly from 0.5. The findings also indicate that no statistically significant long-run cross-dependence is detected among market returns, so short-run price dynamics remain relatively independent. The series of five prices is bound by long-run equilibrium constraints, yet the speed at which deviations are corrected differs markedly across markets, being relatively fast in Shenzhen and Hubei and slower in Guangdong, Shanghai and the national market. Accordingly, the national carbon emissions trading market and local pilot carbon markets should be coordinated with greater alignment of basic institutions. Additionally, the efficiency of carbon price discovery needs to be improved and a unified regulatory and legal framework should be strengthened.

Keywords Carbon Emission Trading, Unified Market, Market Segmentation, Rescaled Range (R/S) Analysis

JEL Classification G14 G18 Q58