

碳市场与股票市场间的风险溢出效应研究

王喜平, 王婉晨

(华北电力大学 经济管理系, 河北 保定 071003)

摘要: 研究碳市场与股票市场间的风险溢出, 深层次揭示其中的内在机制与规律, 对于有效防范碳金融风险具有重要意义。本文基于广义预测误差方差分解构建溢出指数, 从静态和动态两个层面捕捉中国碳市场与电力、材料、房地产、工业、金融、传统能源、新能源等股票板块市场之间的风险溢出强度和方向; 在此基础上, 进一步从复杂网络视角构建“碳-股票”系统的风险溢出网络, 识别风险的中心与演化。结果表明: 碳市场与股票市场之间存在一定的风险溢出, 碳市场是各股票板块市场的风险净接收方, 但不同板块的影响具有非对称性, 其中新能源市场的影响最大。在宏观经济波动和有关政策出台时, 碳市场与股票市场之间的风险溢出也会发生波动; 工业板块市场是“碳-股票”系统的风险中心, 基于上述结论提出了相关政策建议。

关键词: 碳市场; 股票市场; 溢出指数; 时变溢出; 网络分析

中图分类号: F832.5; F224 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002—980X(2022)6—0131—12

一、引言

为应对能源与气候挑战、实现《巴黎协定》提出的2℃温控目标, 国际社会做出了不懈努力。中国作为碳排放最多的国家, 于2020年提出了“30·60”双碳目标。碳交易作为实现上述目标的有效政策手段, 已在全球30多个国家和地区付诸实施。我国在试点市场的基础上, 全国碳排放权交易于2021年7月正式开市, 其或将成为全球最大的碳排放权交易市场。从目前市场的运行情况来看, 碳金融市场呈现出比传统股票市场更大的不稳定性, 这是由于碳价格除了受本身供需机制影响外, 还会受到政策、极端天气等诸多因素影响, 碳价格的剧烈波动, 潜藏着巨大风险。探究碳市场与股票市场间的风险溢出效应, 深层次揭示其中的内在机制与规律, 对于有效防范碳金融风险、促进碳市场健康平稳运行、助力国家双碳目标的实现具有重要意义。

近年来, 有关碳市场溢出效应的研究大多集中在考察不同碳市场之间及碳市场与能源市场之间的溢出。Chen et al(2020)研究了欧盟排放配额(European Union allowance, EUA)现货与期货之间的动态关联性和波动溢出; Zeng et al(2021)研究发现EUA与核证减排量(certification emission reduction, CER)市场之间存在不对称的波动溢出效应。另有研究表明中国试点碳市场之间存在高度关联, 但各碳市场的波动溢出具有显著的非对称性(汪文隽等, 2016; 王倩和高翠云, 2016; Zhu et al, 2020)。针对欧盟与中国碳市场之间的溢出效应研究表明, 两个市场间存在长期均衡和相互引导关系, 但就方向而言, 欧盟对中国的溢出效应更加显著(孙春, 2018; 王喜平和王雪萍, 2021)。针对碳市场与能源市场之间的溢出, 研究表明能源市场可通过替代效应、总需求效应及生产抑制效应等对碳市场产生影响(Zhang和Sun, 2016; Balçılar et al, 2016; Uddin et al, 2018; Wang和Guo, 2018; Ji et al, 2018)。Hanif et al(2021)研究证实欧盟碳市场与可再生能源市场之间存在较强的溢出, 且短期溢出效应优于长期。以中国碳市场为样本的研究发现, 中国碳市场是能源市场风险的净接收方, 且不同区域、不同时期碳与能源市场之间的溢出关系存在差异, 其中煤炭、焦炭市场对碳市场的影响较大(Lin和Chen, 2019; 刘建和等, 2020; Ma et al, 2020; 刘建和等, 2021; Xu, 2021; 赵领娣等, 2021)。Li et al(2020)分析发现“碳-电力”系统内部的溢出强度较高, 且中国碳市场是电力市场信息和风险的净接收方。

近来有研究关注了碳市场与金融市场之间的溢出效应, 宋楠等(2015)研究发现欧盟碳市场与金融市场之间存在较为明显的波动溢出; Yuan和Yang(2020)研究发现金融市场对欧盟碳市场存在显著的非对称溢出效应。上述研究主要基于欧盟碳市场展开的, 但针对中国碳市场与金融(尤其股票)市场之间的溢出效应的研究则尚未引起足够重视。事实上, 研究中国“碳-股票”系统的溢出效应和信息传导机制对识别碳市场潜在

收稿日期: 2021-11-30

基金项目: 河北省社会科学基金项目“基于共享经济模式的雄安新区综合能源利用体系研究”(HB19YJ011)

作者简介: 王喜平, 博士, 华北电力大学经济管理系教授, 研究方向: 能源经济与可持续发展; 王婉晨, 华北电力大学经济管理系硕士研究生, 研究方向: 能源金融。

风险、助力碳市场健康、稳定发展具有重要意义。

从研究方法的角度,有关碳市场溢出效应的研究主要是基于GARCH(generalized auto regressive conditional heteroscedasticity)模型和Copula函数进行的。GARCH族模型因其简单易操作、能较好拟合碳价格序列的尖峰厚尾及波动聚集性,被广泛运用到碳市场溢出效应的研究中,尤其DCC(dynamic conditional correlation)-GARCH(Zhang和Sun,2016;Balcilar et al,2016;孙春,2018;Lin和Chen,2019;Chen et al,2020;刘建和等,2020;Ma et al,2020;刘建和等,2021)和BEKK(baba, engle, kraft and kronen)-GARCH(汪文隽等,2016;王倩和高翠云,2016;Zhang和Sun,2016;Lin和Chen,2019;Chen et al,2020;Zeng et al,2021)的应用更为多见。然而,GARCH族模型仅能描述市场之间是否存在溢出却不能具体刻画溢出的方向和大小,考虑到碳市场与其他市场之间可能存在非线性相关和溢出,Copula函数对于刻画不同市场间的非线性、非对称及尾部渐近相依具有独特优势(Zhu et al,2020;Yuan和Yang,2020)。因此有研究将Copula与CoVaR相结合,在分析边缘分布的基础上,选取最优Copula函数刻画市场之间的相依结构,再运用CoVaR方法度量市场之间的溢出效应(王喜平和王雪萍,2021;Uddin et al,2018;Xu,2021)。尽管基于Copula函数的研究可以反映不同市场间复杂的非线性溢出效应,但却不能反映溢出的方向,明确风险的溢出方和接收方,因而无法准确判断风险的来源与传播路径。Diebold和Yilmaz(后文中简称为DY)在2008年创建(Diebold和Yilmaz,2008)并于2012年改进(Diebold和Yilmaz,2012)的溢出指数模型则克服了上述缺陷,可以同时捕捉溢出的方向和强度,这为分析碳市场与股票市场之间的风险溢出提供了有益的参考借鉴。

本文的贡献主要体现在以下三个方面:①研究内容上,不同于已有研究只关注不同碳市场之间或碳与能源市场之间的溢出,进一步将研究扩展至碳与股票市场之间的关联,全面分析中国碳市场与电力、材料、房地产、工业、金融、传统能源、新能源等股票板块市场间的风险溢出,识别溢出机制和规律,丰富已有研究;②研究方法上,基于广义预测误差方差分解构建溢出指数模型,从静态和动态两个层面、强度和方向两个维度捕捉碳市场与7大股票板块市场之间的风险溢出效应和信息传导路径;③考虑到溢出指数模型只能衡量两两市场之间的风险传导机制,不能有效刻画经济一体化背景下碳市场与外部多个市场之间的交互关联。因此进一步基于DY净配对溢出指数构建“碳-股票”系统风险溢出网络,识别系统中的风险溢出中心。

二、理论分析与模型构建

(一)理论分析

Ross(1989)从“信息流”的角度提出波动溢出效应,即一个市场的波动可能会引起其他市场波动的现象。信息是造成这一现象的重要原因。由于碳市场与股票市场间具有相同的基本信息,如宏观经济环境、公共政策等,会导致信息在不同市场间相互传导,造成碳市场与股票市场间的溢出效应,比如宏观经济繁荣、政策利好等可能会使碳价格、股票价格纷纷上涨。

此外,Hirschman(1958)的“联动效应”理论指出,如果两个市场间存在某种关联,则一个市场私有信息的变化会引起其他相关联的市场价格发生波动,从而形成市场间相互影响、出现联动。如图1所示,一方面,碳市场通过高碳排放企业购买碳排放权的行为,将其产生的“环境负外部性”内部化,碳价格波动会影响企业生产成本、企业价值,进而影响企业股票价格,对股票市场产生影响。如碳价上升会造成企业生产成本上升,企业现金流短缺,股票价格下降;反之亦然。可见碳市场会在一定程度上影响股票市场。

另一方面,股票市场也会对碳市场产生影响。股票市场是宏观经济的晴雨表,股价波动传递着宏观经济信号,通过影响投资者预期进而影响投资者的投资行为,比如股市繁荣可能会刺激投资者在碳市场的投资/投机需求,从而导致碳市场的价格波动;不仅如此,考虑到碳市场和股票市场均具有金融属性,投资者可能会基于逐利目的将两个市场之间的关联资产进行组合,并根据预期价格波动调整资产配置,从而导致两个市场间价格波动的相互传导,并且这种传导还可能由于投资

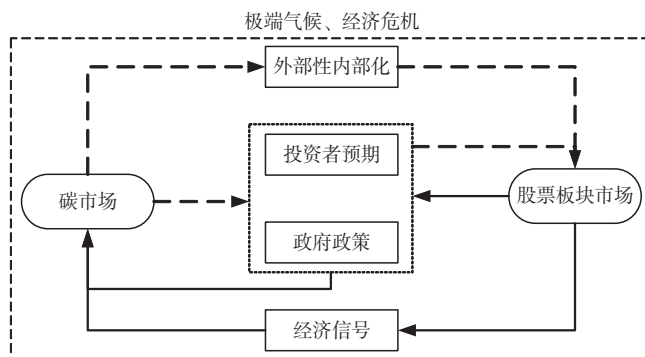


图1 碳与股票市场风险溢出机制图

者情绪、羊群效应等加剧市场波动,尤其在极端气候或经济危机发生时,也会更进一步加强碳市场与股票市场间的关联,加剧风险溢出效应。

综上分析,随着碳市场的不断发展、其金融属性的不断增强及经济一体化的不断深入,其与股票市场间的风险溢出效应也会更加显著。已有研究表明,波动率是市场信息的主要携带者。因此,本文基于波动率概念度量碳市场与股票板块市场之间的风险溢出效应和传导路径。

(二) 溢出指数模型

首先,构建一个平稳的 N 变量 p 阶向量自回归模型(VAR): $X_t = \sum_{i=1}^p Y_i X_{t-i} + \varepsilon_t$, 其中: X_t 为 N 维内生变量列向量, Y_i 为系数矩阵; $\varepsilon \sim (0; \Sigma)$ 为独立同分布的扰动项向量。其次,将 VAR 模型转化成为多变量滑动平均模型(VMA)形式的表达式,即 $X_t = \sum_{i=0}^{\infty} A_i \varepsilon_{t-i}$, 其中: A_i 是一个 $N \times N$ 单位的矩阵,并且对于 $i < 0, A_i = 0$, 如果 $i = 0$, 则 A_i 为 N 维的单位矩阵。

该模型中,变量 X_j 对于变量 X_i 溢出效应的估计值为变量 X_i 的 H 步预测误差方程中来自于 X_j 的部分 $\vartheta_{ij}^g(H)$, 对于 $H = 1, 2, \dots, n$, 其公式可以表示为

$$\vartheta_{ij}^g(H) = \frac{\sigma_{jj}^{-1} \sum_{h=0}^{H-1} (e_i' A_h \Omega e_j)^2}{\sum_{h=0}^{H-1} [e_j^{H-1} (e_j' A_h \Omega A_h' e_i)]} \quad (1)$$

其中: Ω 为误差向量 ε 的方差矩阵; σ_{jj} 为第 j 个变量预测误差的标准差; e_i 为选择向量, 其为第 i 个元素是 1, 其余元素是 0 的 N 维列向量; e_i', e_j', A_h' 为 e_i, e_j, A_h 的转置。方差分解表中每列元素之和不等于 1, 即 $\sum_{j=1}^N \vartheta_{ij}^g(H) \neq 1$ 。 ϑ_{ij}^g 经过标准化处理后, 可以定义为

$$\tilde{\vartheta}_{ij}^g(H) = \frac{\vartheta_{ij}^g(H)}{\sum_{j=1}^N \vartheta_{ij}^g(H)} \quad (2)$$

其中: $\sum_{j=1}^N \tilde{\vartheta}_{ij}^g(H) = 1$; $\sum_{i,j=1}^N \tilde{\vartheta}_{ij}^g(H) = N$ 。

总溢出指数(TSI)是用来度量总体相关程度的指标,解释整体的风险联动程度,见式(3):

$$TSI(H) = \frac{\sum_{i,j=1, i \neq j}^N \tilde{\vartheta}_{ij}^g(H)}{\sum_{i,j=1}^N \tilde{\vartheta}_{ij}^g(H)} \times 100 = \frac{\sum_{i,j=1, i \neq j}^N \tilde{\vartheta}_{ij}^g(H)}{N} \times 100 \quad (3)$$

方向性溢出指数(DSI)用来度量某个市场与其余所有市场之间的溢出程度。式(4)和式(5)可以分别度量市场 i 对其他市场的溢出指数、其他市场对市场 i 的溢出指数。

$$DSI_{j \leftarrow i}(H) = \frac{\sum_{j=1, i \neq j}^N \tilde{\vartheta}_{ji}^g(H)}{\sum_{i,j=1}^N \tilde{\vartheta}_{ji}^g(H)} \times 100 \quad (4)$$

$$DSI_{i \leftarrow j}(H) = \frac{\sum_{j=1, i \neq j}^N \tilde{\vartheta}_{ij}^g(H)}{\sum_{i,j=1}^N \tilde{\vartheta}_{ij}^g(H)} \times 100 \quad (5)$$

净溢出指数(NSI)用来度量单个市场对于其他市场的净溢出,由从市场 i 传导到其他市场的冲击减去其他市场传导到市场 i 的总冲击。

$$NSI_{ij}(H) = \left[\frac{\sum_{j=1, i \neq j}^N \tilde{\vartheta}_{ji}^g(H)}{\sum_{i,j=1}^N \tilde{\vartheta}_{ji}^g(H)} - \frac{\sum_{j=1, i \neq j}^N \tilde{\vartheta}_{ij}^g(H)}{\sum_{i,j=1}^N \tilde{\vartheta}_{ij}^g(H)} \right] \times 100 \quad (6)$$

净配对溢出指数 $[S_{ij}^g(H), S$ 代表 spillover]用来衡量单个市场之间波动溢出效应。

$$S_{ij}^g(H) = \left[\frac{\tilde{\vartheta}_{ji}^g(H)}{\sum_{i,k=1}^N \tilde{\vartheta}_{ik}^g(H)} - \frac{\tilde{\vartheta}_{ij}^g(H)}{\sum_{j,k=1}^N \tilde{\vartheta}_{ik}^g(H)} \right] \times 100 = \left[\frac{\tilde{\vartheta}_{ji}^g(H) - \tilde{\vartheta}_{ij}^g(H)}{N} \right] \times 100 \quad (7)$$

(三) 网络分析方法

为进一步识别“碳-股票”系统的风险溢出中心,将各样本市场视为网络中的节点,节点的中心度定义为与该节点连边的权重之和,以衡量市场的重要性;将两两市场间的溢出关系视为该网络的边,以 DY 模型计算得到的净配对溢出指数度量节点的出度和入度;采用阈值法(以 90% 为阈值)过滤溢出较小的边,保留较大的溢出关系构造网络,并通过 7 种统计指标来分析市场的重要性及溢出网络的特点和演化。

(1) 网络密度 ρ :网络中存在的边数与可容纳的边数上限的比值。

$$\rho = \frac{\sum A_{i,j}}{N(N-1)} \quad (8)$$

其中: $\sum A_{i,j}$ 为实际存在的边数; N 为节点的个数。

(2) 网络聚类系数 C :节点 i 的聚类系数为与该节点相邻的两个节点也相互连接的概率,网络的聚类系数 C 为节点聚类系数的平均值。

$$C = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \frac{2E_i}{k_i(k_i-1)} \quad (9)$$

其中: k_i 为与节点 i 有相邻边的节点数目之和; E_i 为与节点 i 相邻 k_i 个节点间实际相连接的边数。

(3) 网络直径 D :网络中两个节点 i 与 j 之间的最短路径上的边数为两个节点之间的距离,其中距离最大的即为网络直径。

$$D = \max_{i,j} d_{i,j} \quad (10)$$

其中: $d_{i,j}$ 为节点 i 到 j 的最短路径。

(4) 平均最短路径 L :网络中两个节点之间距离的平均值。

$$L = \frac{2}{N(N-1)} \sum_{i \geq j} d_{i,j} \quad (11)$$

(5) 点出度与点入度:点出度是该节点指向其他节点的边数,入度则是其他节点指向该节点的边数。

(6) 中间中心度:网络中某一节点的媒介程度。

(7) 接近中心度:该节点与网络中其他节点距离之和的倒数。

三、实证分析

(一) 变量选取与数据描述

尽管全国碳排放权交易已于 2021 年 7 月 16 日正式开市,但目前交易数据有限。因此选取区域碳交易市场数据进行研究。相较于我国其他试点市场而言,北京是中国最早实现控排单位覆盖全行业的试点地区,其控排企业包括工业、服务业、农业等,且服务业数量占比超过 50%,纳入的排控企业多、交易产品丰富,在线上交易之外还发布了场外交易细则。因此,选择北京碳市场作为研究对象。

为研究碳与股票市场之间的波动溢出,另外选取电力、材料、房地产等 7 个股票板块市场作为研究对象,最终的样本选取和数据来源见表 1。为避免数据删减对时间序列一致性的影响,采用已实现周波动率作为波动率的代表。通过计算每交易日的收益率: $r_{t,i} = \frac{p_i - p_{i-1}}{p_{i-1}}$ (t 表示第 t 周, i 表示第 i 日),得到第 t 周已实现的

波动率: $\sigma_t^2 = \sum_{i=1}^{W_t} r_{ti}^2$ (W_t 表示第 t 周的交易日数)。所有数据的样本区间为 2015 年 7 月 14 日至 2021 年 6 月 4 日。

表 2 给出了这 8 个样本数据的描述性统计。

由表 2 的数据可知:①碳市场的波动率最大,碳市场的最大值为 0.1593,明显高于其他市场,并且其标准差也是所有市场中最大的,为 0.0318,可以看出碳市场相对于其他市场而言,具有更大的风险不确定性;②各指标波动率序列偏度皆大于 0,且峰度都大于 4,JB(Jarque-Bera)统计量的值也表明各变量的波动率序列都在 1% 的显著性水平下拒绝原假设,即认为选取的样本数据均不是正态分布,具有尖峰厚尾的特征;③ADF(Augmented Dickey-Fuller)和 PP(Projection Pursuit)检验结果表明,各指标波动率序列在 1% 置信水平下平稳。因此可以构建 DY 溢出指数模型。

表 1 样本市场的选取与数据来源

样本市场	指标名称	股票/指数代码	指标概况 ^①	数据来源
碳市场	北京区域碳市场每日收盘价格(BJ)	无	2011 年北京碳市场开始试点,2013 年 11 月开始交易,是中国区域碳市场中第二家开始交易的试点市场	碳 K 线网
电力市场	国电电力股票每日收盘价格(GDDL)	600795	是全国性上市发电公司,在 2019 年全国十大发电公司中发电量排名第二	锐思(RESSET)
材料市场	300 材料每日收盘价格(MA)	000909	沪深 300 原材料指数由沪深 300 指数样本股中的原材料行业股票组成,五大权重股包括:万华化学、紫金矿业、海螺水泥、东方雨虹、赣锋锂业	锐思(RESSET)
房地产市场	地产指数每日收盘价格(RE)	000006	上海证券交易所按照上证行业分类构建的指数,五大权重股包括:中国建筑、保利地产、新城控股、金地集团、陆家嘴	锐思(RESSET)
工业市场	工业指数每日收盘价格(IN)	000004	上海证券交易所按照上证行业分类构建的指数,五大权重股包括:贵州茅台、中国石油、海天味业、长江电力、恒瑞药业	锐思(RESSET)
金融市场	金融指数每日收盘价格(FI)	399240	深圳证券交易所按照深证行业分类构建的指数,五大权重股包括:平安银行、申万宏源、民生控股、陕国投 A、东北证券	锐思(RESSET)
传统能源市场	上证能源每日收盘价格(TE)	000032	上海证券交易所按照上证行业分类所构建的指数,五大权重股包括:中国神华、中国石化、陕西煤业、中国石油、中煤能源	锐思(RESSET)
新能源市场	中证新能每日收盘价格(NE)	399808	中证新能源指数选取涉及可再生能源生产、应用、存储及交互设备等业务的上市公司股票,五大权重股包括:宁德时代、隆基股份、通威股份、亿纬锂能、阳光电源	锐思(RESSET)

表 2 样本市场波动率的描述性统计

统计量	BJ	GDDL	MA	RE	IN	FI	TE	NE
均值	0.0250	0.0012	0.0018	0.0014	0.0010	0.0021	0.0013	0.0020
中间值	0.0081	0.0005	0.0007	0.0007	0.0005	0.0009	0.0006	0.0009
最大值	0.1593	0.0285	0.0964	0.0275	0.0185	0.0383	0.0268	0.0293
最小值	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
标准差	0.0318	0.0027	0.0064	0.0025	0.0019	0.0038	0.0026	0.0033
偏度	1.4190	6.2921	12.8167	6.0800	5.1880	5.2807	6.1888	4.6147
峰度	4.552	51.851	185.203	54.330	37.410	41.555	51.459	31.178
JB 检验	110.3***	26826.6***	356887.5***	29333.4***	13616.4***	16846.0***	26369.7***	9268.0***
ADF 检验	-4.2806***	-11.213***	-6.0904***	-9.7542***	-7.4357***	-5.3651***	-7.6989***	-5.5504***
PP 检验	-11.771***	-13.999***	-15.749***	-11.697***	-12.461***	-14.520***	-13.235***	-12.929***

注: *、**、*** 分别表示在 10%、5%、1% 水平下显著。

(二)静态溢出指数

表 3 报告了碳市场与股票板块市场之间风险溢出效应^②, TO 行表示某市场对其他市场的溢出效应, $FROM$ 列表示受其他市场风险溢出的程度, NET 行表示两者的差值,即对其他市场的净溢出程度。从中可以发现:①所有市场受自身滞后效应影响均高于受其他市场风险溢出的影响。以碳市场为例,对角线上的值 84.64%,表示自身滞后效应对当期碳市场的影响;在所有市场中,碳市场受自身的影响最大。②从方向性溢出来看,只有碳市场的净溢出效应为负值(-12.51%),各股票板块市场的净溢出效应均为正值,表明碳市场是风险净接收方,股票市场则为风险的净溢出方。③总溢出指数为 69.69%,说明我国的碳市场与上述各板块市场之间具有很强的风险联动性。

① 本概况仅为截至 2021 年 6 月的情况。

② 滞后阶数根据 Akaike Information Criterion(AIC)和 Schwarz Criterion(SC)准则确定为 1 阶,广义方差分解的预测期(H)选为 10 期(大概两个半月)。

进一步观察静态溢出指数表发现,碳市场是最大的风险接收方,其接收的风险主要来自新能源、传统能源、电力及工业等板块市场的对外溢出。随着光伏发电等新能源的快速发展,一定程度上减少了对化石能源的需求,因而减少碳排放和碳配额需求,碳价格因此会受到影响。由于新能源的经济性、稳定性和便利性短期内还不能比拟化石能源,新能源逐步替代传统化石能源是一个长期的过程。因此目前传统能源市场对碳市场的影响也比较大;另外,碳市场对股票市场存在溢出效应,但对不同板块的表现存在差异。比较而言,对电力板块的溢出效应最大。这与 Cong 和 Wei(2010)、Lin 和 Chen(2019)的研究结论一致。除电力市场外,受碳市场风险溢出最为显著的是房地产市场。房地产行业的单位产值碳排放量是 0.25 千克/元,比全国平均水平高出 1 倍,导致其对碳排放权的需求量大,受碳价格波动影响显著。

(三)时变溢出指数

静态溢出指数无法反映溢出效应随时间的动态变化情况,为此进一步将滚动窗口技术与 DY 溢出指数相结合,使用 50 周(约一年)的滚动窗口研究各市场之间的时变溢出效应。

1. 总溢出指数

从图 2 可以看出,样本期间,碳与各股票市场之间的总体溢出指数维持在 40%~80%,市场整体联动性较强;但同时总溢出指数存在波动性和不确定性,出现了三次显著的波动周期,分别发生在 2017 年初、2018 年初至 2019 年中和 2020 年初至今。2017 年是《中华人民共和国国民经济和社会发展第十三个五年规划纲要》的第二年,供给侧结构性改革对中国宏观经济的影响逐渐显现,“三去一降一补”中的去杠杆要求企业以股权融资的方式代替债券融资,在一定程度上对各市场进行了有效回调,降低了市场之间的联动性。后随着 2017 年 5 月在北京举办“一带一路”国际合作高峰论坛,在推进中国经济社会发展和结构调整的同时,有助于推动国际合作、实现共赢。在此背景下,为中国企业“走出去”减少了障碍,新的机遇下各市场之间的联动性在短期内急速上升。2018 年,中美贸易战持续升级、中国股市持续下跌,市场整体投资状况消极,总溢出指数从 2018 年初到 2019 年中,经历了一个显著波动下降的周期;从 2020 年初开始,新冠疫情逐步蔓延全国,各行各业经济呈现不景气,经济增长放缓,市场之间的风险联动性降低,可以看出从 2020 年初到 2021 年初,是一个波动下降的周期,特别在 2020 年底,呈现急剧下降的态势。另外,在 2020 年中受到全球范围内的降息和动用非常规货币政策措施的影响,宏观经济状况有所回升,但很快又陷入到“流动性陷阱”的风险中。因此在 2020 年中总溢出指数呈现急速上升又迅速回落的趋势。

2. 方向性溢出指数和净溢出指数

图 3 所示为 2016—2021 年各市场的方向性溢出指数和净溢出指数,从中可以看出:各市场的方向性溢出指数存在一定的波动性和不确定性,受极端经济事件及政策不确定性的冲击较大;同时,当受到冲击时,各市场接收外来风险的水平与其对外溢出风险的水平呈反方向的变动趋势,且各市场的风险净溢出水平变动与其对外溢出水平的变动趋势一致。

从单个市场角度来看,碳市场更容易受到股票板块市场的冲击,其净溢出水平多数时期为负值,属于风险的净接收方,且由于碳市场发展不完善,波动程度较大,市场风险不稳定程度较高。

进一步将碳市场溢出指数的时变情况划分为四个阶段:第一阶段,2016 年中至 2018 年初。在这一阶段,碳市场主要受到股票市场的风险溢出,对外风险溢出除 2017 年在短期有所上升外,其他时间几乎为零。这

表 3 各市场间溢出指数表

单位: %									
H=10	BJ	GDDL	MA	RE	IN	FI	TE	NE	FROM
BJ	84.64	2.44	1.97	1.4	2.4	1.31	2.68	3.15	15.35
GDDL	0.63	22.65	3.25	17.99	18.19	8.73	17.08	11.48	77.35
MA	0.06	4.73	29.64	2.59	11.16	19.5	13.3	19.02	70.36
RE	0.57	18.91	1.87	25.12	18.02	9.09	17.21	9.23	74.9
IN	0.46	15.64	6.48	14.93	19.23	11.72	16.89	14.64	80.76
FI	0.15	9.25	14.19	9.08	14.54	21.97	15.19	15.63	78.03
TE	0.48	14.93	8.05	14.16	17.18	12.55	19.1	13.55	80.9
NE	0.49	11.7	12.22	9.24	16.91	14.05	15.21	20.17	79.82
TO	2.84	97.81	75.7	93.11	115.23	97.61	113.98	103.72	69.69
NET	-12.51	20.46	5.34	18.21	34.47	19.58	33.08	23.9	

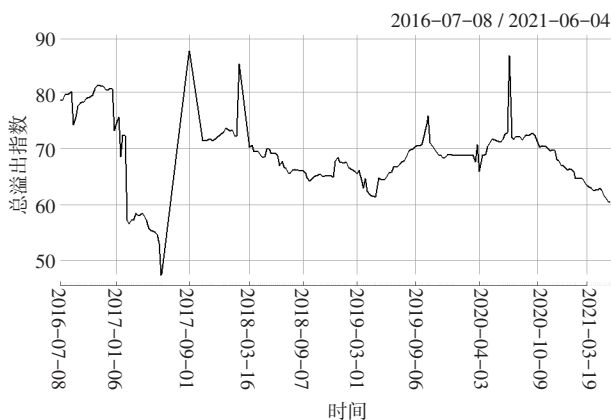
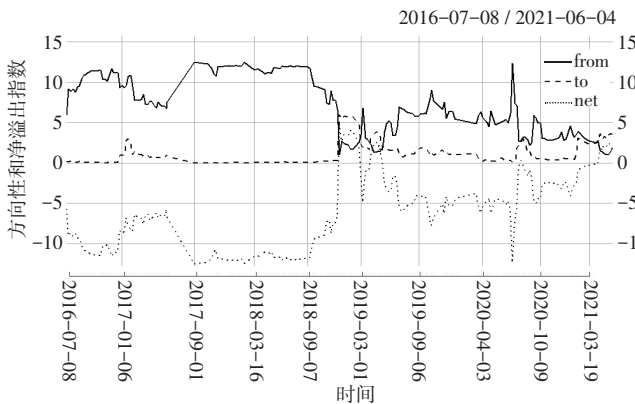
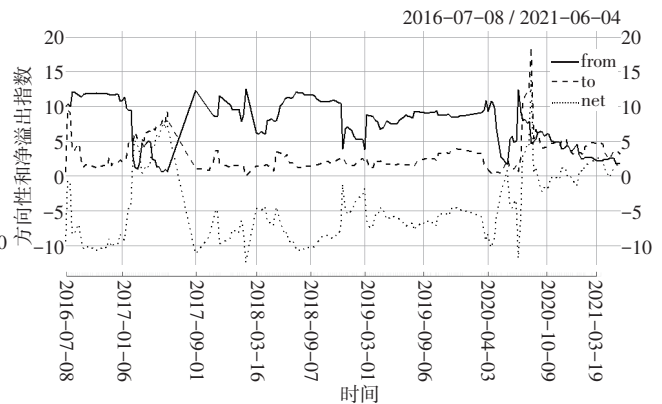


图 2 碳与各股票市场总体溢出指数时变图

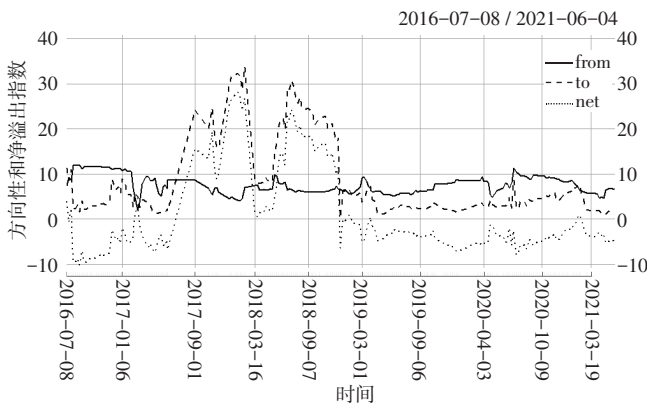
在一定程度上反映了中国碳市场刚刚起步、配额分配和交易制度不完善的现状。第二阶段,2018年初至2019年中。从2018年9月开始碳市场的对外风险溢出指数迅速攀升,截至2019年9月,碳市场的净溢出指数多次显现出大于零,即在这一阶段碳市场对外风险溢出的能力较大。2018年4月,碳交易主管部门由发改委转至生态环境部,碳交易市场迎来了新一轮改革,加之这一时期国家宏观经济形势面临困境,各股票板块市场活跃度低。因此,在这一阶段,碳市场对外风险溢出水平较高,有时甚至成为风险净溢出方。第三阶段,2019年中至2020年中。这一阶段碳市场接收股票板块市场的风险溢出呈现出较大的波动,特别是在2020年初,国内各市场受到新冠疫情冲击的影响,风险和不确定性加大,对外风险溢出能力不稳定,市场不确定性较大。第四阶段,2020年中至2021年中。2021年起,全国碳市场第一个履约周期正式启动,两千多家发电企业分到碳排放配额,以及2021年全国碳市场建设的稳步推进,使得碳市场的市场有效性增加,风险的对外溢出水平提升,出现曲线末尾平稳上升的情况。



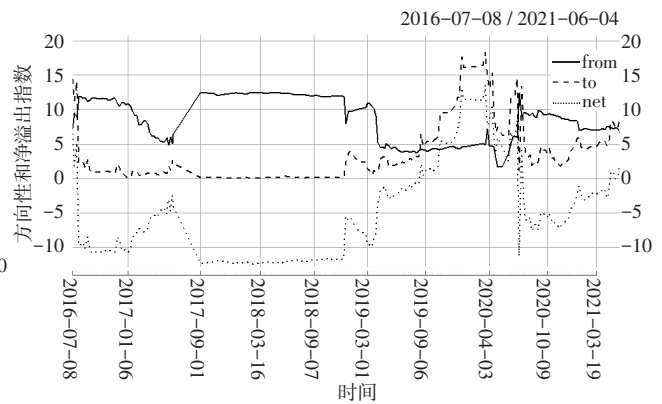
(a) BJ



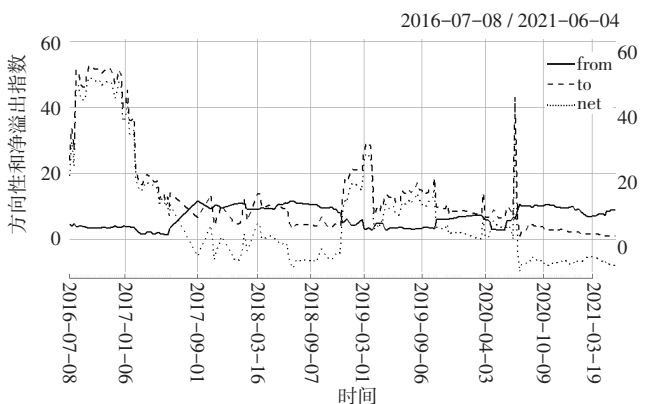
(b) GDDL



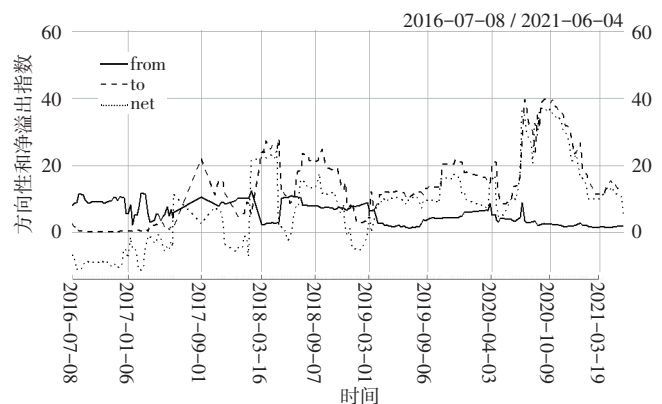
(c) MA



(d) RE



(e) IN



(f) FI

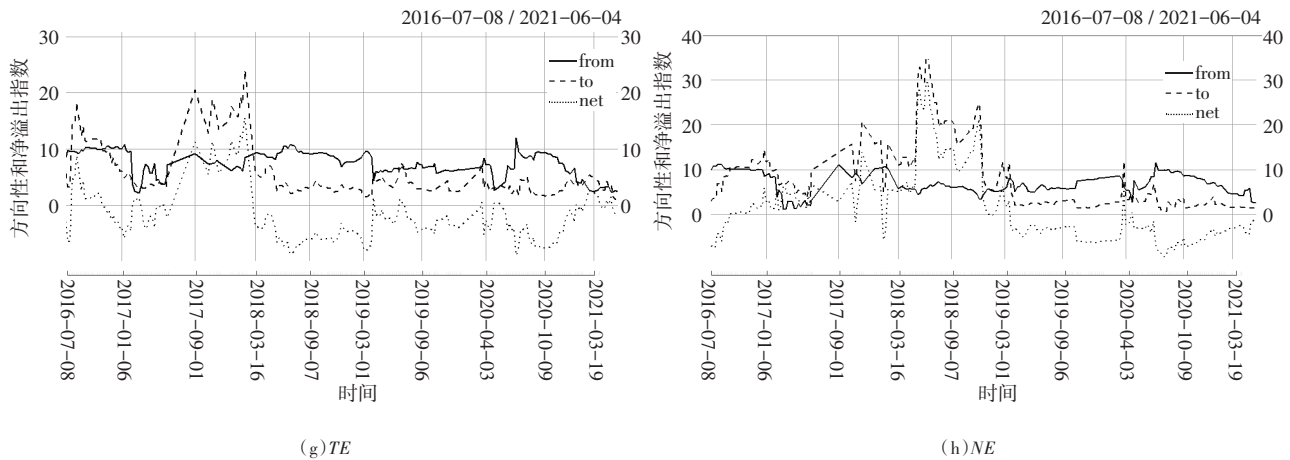
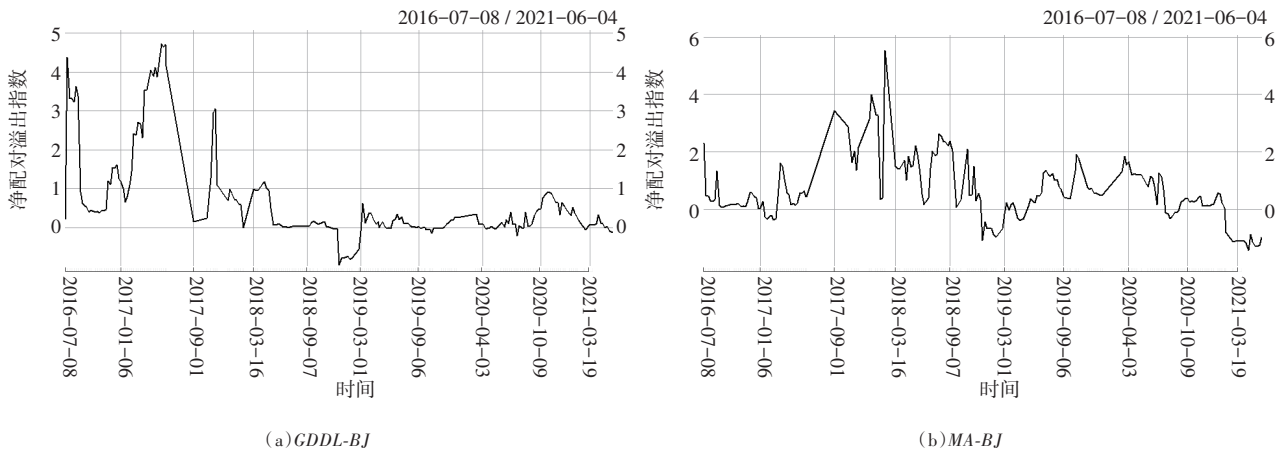


图3 各市场方向性溢出和净溢出的时变特征

3. 净配对溢出指数

图4报告了各股票板块市场与碳市场的净配对溢出指数,从中可以看出:第一阶段,2016年中至2018年初。碳市场主要受到来自电力板块、工业板块和传统能源板块的风险溢出,且工业板块的影响最大,溢出指数突破7%。碳市场价格波动与其他较早纳入碳排放权交易行业的减排状况密切相关。这些行业企业通过减排二氧化碳出售碳配额而影响碳排放权的供给,而高耗能高污染企业的过量碳排放会影响碳排放权的需求,从而双向作用于碳市场。第二阶段,2018年初至2019年中。在这一阶段,碳市场主要受到来自材料市场、金融市场和新能源市场的风险溢出,且新能源市场的影响最大,溢出指数突破8%。全国碳排放权交易启动后,水泥熟料属于首批纳入行业,在此影响下,风险加速上升,在这一时期,材料市场对碳市场来说属于风险的净溢出方,且溢出值在样本观测期内达到最大值。在这一阶段,金融市场对碳市场的净配对时变溢出也达到样本期内最大值,并呈现出最为明显的频繁波动,这可能与金融市场特殊的投资心理有关。当金融市场发生剧烈波动时,投资者谋取短期利益的投机心理加重,促使市场波动率发生剧烈变化,市场间的联动性要显著高于其他时期,此时金融市场一个轻微的波动将会迅速作用于其他市场,且作用的强度更大。新能源企业在逐步纳入碳排控范围后,对碳市场的价格波动影响逐渐上升。因此新能源市场是在此阶段对碳市场溢出指数最强的市场。但随着碳市场发展的不断完善,碳市场价格将主要受到需求方的影响,做为碳排放权供给方的新能源市场,对碳市场的净配对溢出指数有所降低。第三阶段,2019年中至2020年中。碳市场主要受到来自房地产市场、工业市场的风险溢出,且工业市场最大,溢出指数突破6%。由图4可以看出,在整个样本观测期内,房地产市场对碳市场风险溢出效应最小,这是由于房地产市场纳入碳交易时间较晚,且覆盖企业有限。随着房地产企业纳入碳交易数量的不断增加,房地产市场对碳市场的风险溢出效应也有所上升。这一阶段碳市场价格波动也受工业市场的影响较大,这与工业市场对碳排放权需求量大情况相吻合。第四阶段,2020年中至2021年中。这一阶段,全国碳排放权交易市场建设稳步推进,碳市场对外风险溢出能力较强,在部分时期为各板块市场的风险净溢出方。



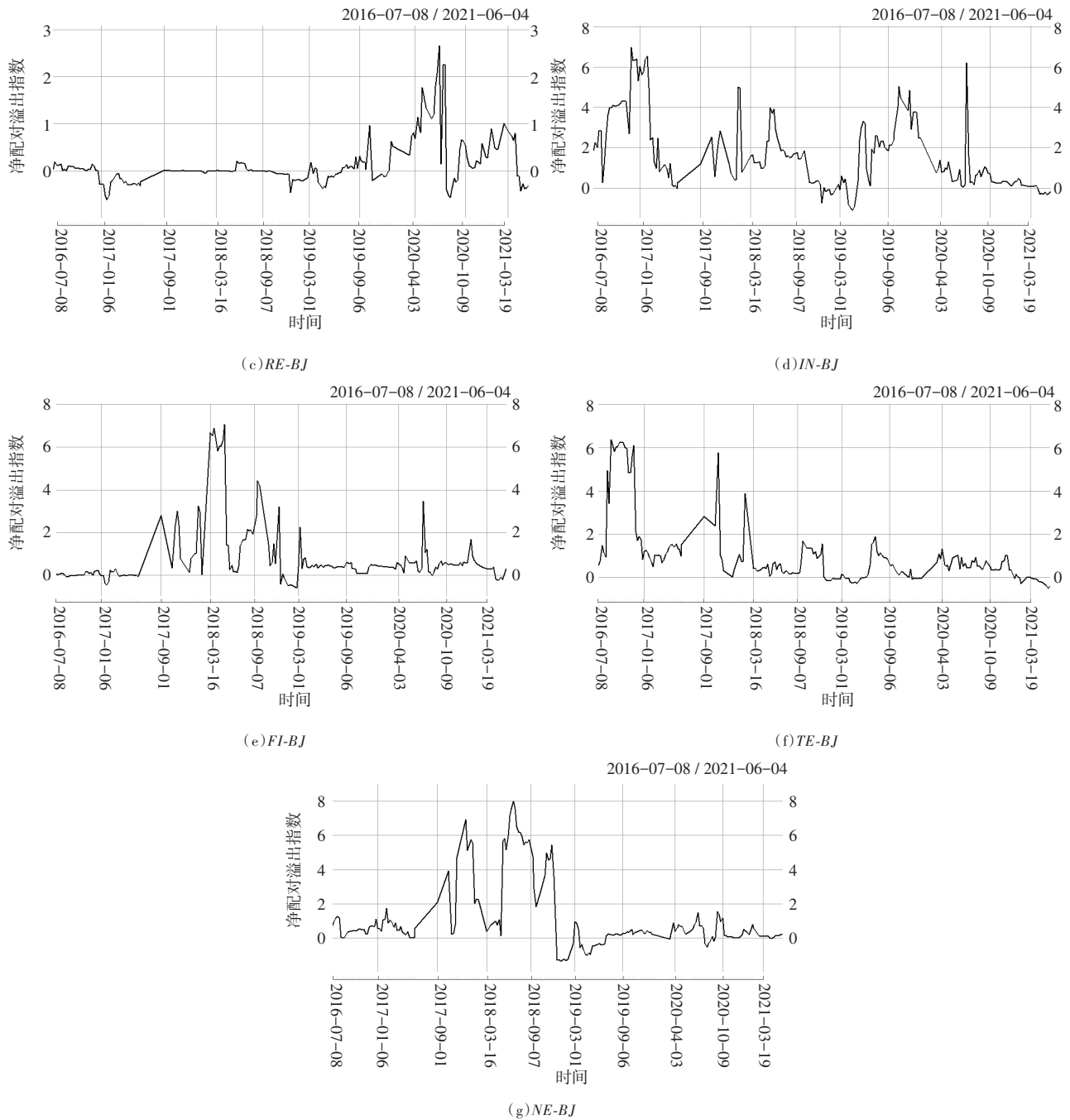


图4 股票市场与碳市场的净配对溢出时变特征

4. 溢出指数稳健性检验

首先,用更改预测期的方法对实证结果进行稳健性检验,计算预测期(H)为12期和20期的静态溢出指数表,具体结果见表4。可以看出表中的结果与预测期为10期的静态溢出指数结果基本一致,说明增加预测期 H 对估计结果几乎没有影响。

其次,从更改变量顺序和更改滚动窗口期两个角度,对时变的溢出指数进行稳健性检验。图5将变量顺序进行更改计算总溢出指数,图6将指数窗口期由50周更改为55周计算总溢出指数。总体来看,更改前

表4 基于不同预测期的溢出指数结果

	单位: %								
$H=12/20$	BJ	GDDL	MA	RE	IN	FI	TE	NE	FROM
BJ	84.64	2.44	1.97	1.4	2.4	1.31	2.68	3.15	15.35
GDDL	0.63	22.65	3.25	17.99	18.19	8.73	17.08	11.48	77.35
MA	0.06	4.73	29.64	2.59	11.16	19.5	13.3	19.02	70.36
RE	0.57	18.91	1.87	25.12	18.02	9.09	17.21	9.23	74.9
IN	0.46	15.64	6.48	14.93	19.23	11.72	16.89	14.64	80.76
FI	0.15	9.25	14.19	9.08	14.54	21.97	15.19	15.63	78.03
TE	0.48	14.93	8.05	14.16	17.18	12.55	19.1	13.55	80.9
NE	0.49	11.7	12.22	9.24	16.91	14.05	15.21	20.17	79.82
TO	2.84	97.81	75.7	93.11	115.23	97.61	113.98	103.72	69.69
NET	-12.51	20.46	5.34	18.21	34.47	19.58	33.08	23.9	

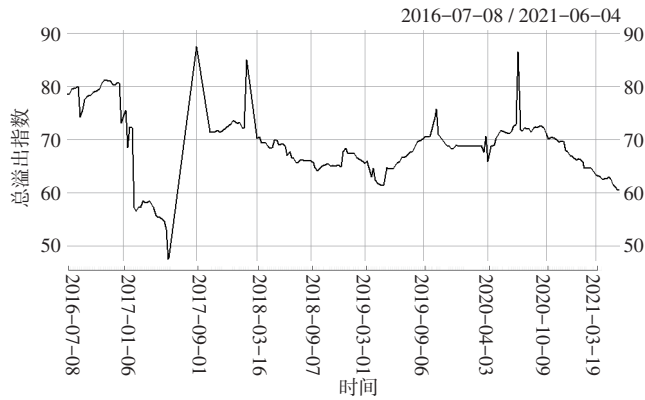


图5 稳健性检验结果(更改变量顺序)

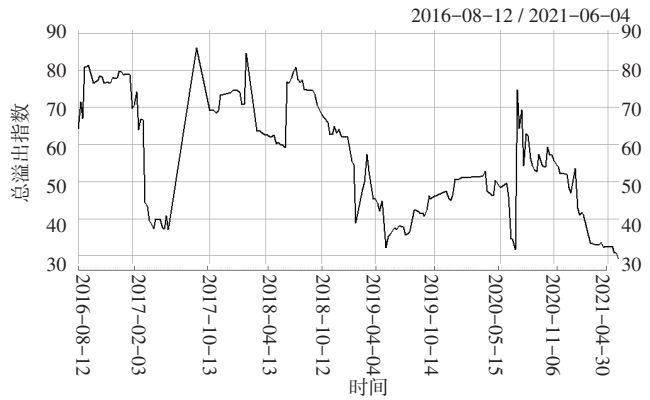


图6 稳健性检验结果(更改窗口期)

后总溢出指数具有相似的路径,之前所得出的分析结论依然成立。

5. 溢出网络分析

由图7可知,溢出具有复杂性,彼此之间普遍联系、相互溢出,没有任何一个市场是完全“孤立”于网络之外的。表5进一步报告了网络的结构特征,从中发现,①网络密度为0.4464,由于实际网络中能够发现的最大的密度是0.5,这说明各个市场之间溢出的密切程度相对较高;②平均聚类系数达到0.8955,表明溢出程度较高、溢出面较广,其中碳市场的聚类系数是1,表明碳市场在网络中与其他市场的关联性较强、连通性较高;③平均最短路径大于1,但与1十分接近,且网络直径为2,表明风险在大多数市场是直接溢出的,少数市场间并不是直接溢出,而是通过中介渠道溢出的。

表6进一步分析了各个市场的中心度,从中可以看出:①点出度和接近中心度(出度)排在第一位的是工业市场;且根据风险溢出网络图可以看出工业市场位于溢出网络的核心,说明工业市场处于溢出的中心,具有辐射作用,对其他市场存在较多的溢出。②碳市场、材料市场的点入度和接近中心度(入度)排名均较为靠前,在整体上受到的风险溢出较强。这是由于碳市场运作机制体现了“谁排放谁买单”的原则,受每笔碳交易的主体不同所影响,其交易的区域、时间均不相同,导致中国碳市场存在着均衡性差、稳定性弱的缺陷。碳市场主要是风险的接收者,受工业市场的影响最强;对于材料市场而言,当市场条件发生变化时,材料需求方对原材料的需求种类会相应做出调整(原材料本身具有品类众多,相互可替代性强的特点),从而影响材料市场的价格。因此,材料市场本身的价格变动不会对其他市场造成太为显著的影响,反而受其他市场的风险溢出效应较大。③从中间中心度来看,工业市场、材料市场均为1,具有较强的中介性,助力溢出,加强溢出网络的紧密性与关联性。

从整体来看,8个市场之间的溢出两极分化严重,存在明显的异质性。可能原因在于:一方面,不同板块的业务范围和发展程度存在差异;另一方面,各市场面临的共同风险敞口因近些年中国经济增速放缓被进一步放大,容易遭受风险溢出。

从碳市场的角度来看,通过溢出网络分析可以得到较溢出指数分析更为清晰的风险传导路径,且碳市场在网络结构特征分析中的聚类系数也与整体均值较为接近,即网络分析相对溢出指数而言结果更加显著。

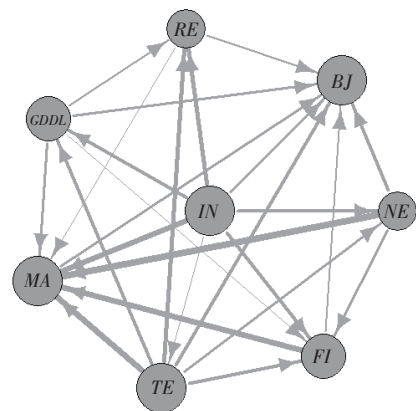


图7 风险溢出网络

表5 网络结构特征

网络密度	聚类系数	网络直径	平均最短路径
0.4464	0.8955	2.0000	1.0800

表6 节点中心度分析

市场	点出度	点入度	中间中心度	接近中心度(出度)	接近中心度(入度)
碳市场	0	7	1.0000	0.0000	1.0000
电力市场	4	2	0.8571	0.5714	0.2857
材料市场	1	6	1.0000	0.1429	0.8571
房地产市场	2	3	0.7143	0.2857	0.4286
工业市场	7	0	1.0000	1.0000	0.0000
金融市场	2	4	0.8571	0.2857	0.5714
传统能源市场	6	1	1.0000	0.8571	0.1429
新能源市场	3	2	0.7143	0.4286	0.2857

网络分析进一步印证了溢出指数分析的结论,即碳市场主要是被动受到溢出,且溢出的主要来源是能源市场和工业市场。

四、主要结论与政策建议

本文以北京试点碳市场为研究样本,基于广义预测误差方差分解构建溢出指数,从静态和动态两个层面捕捉中国碳市场与电力、材料、房地产、工业、金融、传统能源、新能源等股票板块市场之间的风险溢出强度和方向;在此基础上,进一步从复杂网络视角构建“碳-股票”系统的风险溢出网络,探寻碳与股票市场间风险溢出的机制与规律。研究发现:①从静态指数看,碳与股票市场总溢出指数为69.69%,表明碳市场与股票市场之间存在较强的风险溢出效应,从溢出方向而言,碳市场属于风险的净接收方,但从强度而言,不同板块市场的表现各异、具有非对称性,对碳市场影响最为剧烈的是新能源市场,对碳市场价格变化最为敏感的是电力市场。②从时变指数看,碳市场与股票市场的风险溢出存在一定的波动性和不确定性,受极端事件冲击较大,在宏观经济震荡时期,碳市场受股票板块市场的风险溢出效应显著高于其他时期。③从“碳-股票”系统的网络看,工业板块是网络的绝对核心,是风险溢出的中心,具有极强的辐射作用。

基于上述结论,得到以下启示和政策建议:

(1)从政策制定者的角度,防范碳市场风险要有全局意识。碳市场不是孤立的,其与股票市场等外部环境存在错综复杂的关联,股市波动会对碳市场产生溢出效应,并且不同板块溢出强度各不相同。因此,防范碳市场风险要密切关注股市波动,尤其重点关注新能源、传统能源、工业、电力等板块市场的波动,防微杜渐,防患未然。

(2)从投资者的角度,碳排放权因其稀缺性而形成一定的市场价格,在碳约束时代,其逐渐成为企业继现金资产、实物资产和无形资产后又一新型资产类型——碳资产,因而成为其资产配置中的重要组成部分,为保障其收益并防范风险,必须关注碳价格与股票等其他市场之间的关联,重视市场之间价格信号的传导。

(3)从碳市场发展的角度,目前全国碳市场虽已开市,但仍处于起步阶段,如何保持碳市场的稳定运行未来仍有很长的路,不仅要借鉴发达国家经验,更要立足国情,根据本国的政治、经济和碳市场运行情况制定相应的政策措施,并不断加强防范碳市场风险冲击等能力的建设,只有保持碳市场的稳定性,才能更好地在实现国家双碳目标的同时促进经济高质量发展。

参考文献

- [1] 刘建和,梁佳丽,陈霞,2020.我国碳市场与国内焦煤市场、欧盟碳市场的溢出效应研究[J].工业技术经济,39(9): 88-95.
- [2] 刘建和,温从乐,梁佳丽,2021.贸易战背景下碳市场与能源市场溢出效应研究[J].工业技术经济,40(7): 57-64.
- [3] 宋楠,李自然,曾诗鸿,2015.碳市场与大类资产之间的波动信息传导[J].资源科学,37(6): 1258-1265.
- [4] 孙春,2018.中国碳市场与EU碳市场价格波动溢出效应研究[J].工业技术经济,37(3): 97-105.
- [5] 汪文隽,周婉云,李瑾,等,2016.中国碳市场波动溢出效应研究[J].中国人口·资源与环境,26(12): 63-69.
- [6] 王倩,高翠云,2016.中国试点碳市场间的溢出效应研究——基于六元VAR-GARCH-BEKK模型与社会网络分析法[J].武汉大学学报(哲学社会科学版),69(6): 57-67.
- [7] 王喜平,王雪萍,2021.欧盟和国内碳交易市场的相依结构及风险溢出效应研究[J].工业技术经济,40(7): 72-81.
- [8] 赵领娣,范超,王海霞,2021.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),23(1): 28-40.
- [9] BALCI LAR M, DEMIRER R, HAMMOUDEH S, et al, 2016. Risk spillovers across the energy and carbon markets and hedging strategies for carbon risk[J]. Energy Economics, 54: 159-172.
- [10] CHEN H, LIU Z, ZHANG Y, et al, 2020. The linkages of carbon spot-futures: Evidence from EU-ETS in the third phase[J]. Sustainability, 12(6): 2517.
- [11] CONG R G, WEI Y M, 2010. Potential impact of (CET) carbon emissions trading on China's power sector: A perspective from different allowance allocation options[J]. Energy, 35(9): 3921-3931.
- [12] DIEBOLD F X, YILMAZ K, 2008. Measuring financial asset return and volatility spillovers, with application to global equity markets[J]. The Economic Journal, 119(534): 158-171.
- [13] DIEBOLD F X, YILMAZ K, 2012. Better to give than to receive: Predictive directional measurement of volatility spillovers[J]. International Journal of Forecasting, 28(1): 57-66.
- [14] HANIF W, ARREOLA HERNANDEZ J, MENSİ W, et al, 2021. Nonlinear dependence and connectedness between clean/

- renewable energy sector equity and European emission allowance prices[J]. *Energy Economics*, 101: 105409.
- [15] HIRSCHMAN A O, 1958. The strategy of economic development[M]. New Haven: Yale University Press, 98-116.
- [16] JI Q, ZHANG D, GENG J, 2018. Information linkage, dynamic spillovers in prices and volatility between the carbon and energy markets[J]. *Journal of Cleaner Production*, 198: 972-978.
- [17] LI Y, NIE D, LI B, et al, 2020. The spillover effect between carbon emission trading(CET)price and power company stock price in China[J]. *Sustainability*, 12(16): 6573.
- [18] LIN B, CHEN Y, 2019. Dynamic linkages and spillover effects between CET market, coal market and stock market of new energy companies: A case of Beijing CET market in China[J]. *Energy*, 172: 1198-1210.
- [19] LIN B, JIA Z, 2019. Impacts of carbon price level in carbon emission trading market[J]. *Applied Energy*, 239: 157-170.
- [20] MA Y, WANG L, ZHANG T, 2020. Research on the dynamic linkage among the carbon emission trading, energy and capital markets[J]. *Journal of Cleaner Production*, 272: 122717.
- [21] ROSS S A, 1989. Information and volatility: The no-arbitrage martingale approach to timing and resolution irrelevancy[J]. *The Journal of Finance*, 44(1): 1-17.
- [22] UDDIN G S, HERNANDEZ J A, SHAHZAD S J H, et al, 2018. Multivariate dependence and spillover effects across energy commodities and diversification potentials of carbon assets[J]. *Energy Economics*, 71: 35-46.
- [23] WANG Y, GUO Z, 2018. The dynamic spillover between carbon and energy markets: New evidence[J]. *Energy*, 149: 24-33.
- [24] XU Y, 2021. Risk spillover from energy market uncertainties to the Chinese carbon market [J]. *Pacific-Basin Finance Journal*, 67: 101561.
- [25] YUAN N, YANG L, 2020. Asymmetric risk spillover between financial market uncertainty and the carbon market: A GAS-DCS-copula approach[J]. *Journal of Cleaner Production*, 259: 120750.
- [26] ZENG S, JIA J, SU B, et al, 2021. The volatility spillover effect of the European Union (EU) carbon financial market[J]. *Journal of Cleaner Production*, 282: 124394.
- [27] ZHANG Y J, SUN Y F, 2016. The dynamic volatility spillover between European carbon trading market and fossil energy market[J]. *Journal of Cleaner Production*, 112: 2654-2663.
- [28] ZHU B, ZHOU X, LIU X, et al, 2020. Exploring the risk spillover effects among China's pilot carbon markets: A regular vine copula-CoES approach[J]. *Journal of Cleaner Production*, 242: 118455.

The Risk Spillover Effect between Carbon Market and Stock Markets

Wang Xiping, Wang Wanchen

(Department of Economics and Management, North China Electric Power University, Baoding 071003, Hebei, China)

Abstract: It is significant to study the risk spillover effect and reveal the internal mechanism and rule between China's carbon market and stock markets of power, material, real estate, industrial, finance, traditional energy and new energy to prevent carbon financial risks effectively. According to the generalized forecast error variance decomposition model and the complex network method, a spillover model was constructed to capture the static and time-varying spillover effect, and a connectedness network was founded to identify the centre and evolution of risk. The results indicated that China's carbon market is a net receiver of risk from stock sector markets. The characteristics of the spillover effects and the net spillover relationships between China's carbon market and diverse stock sector markets had differences. Among them, the new energy market has the most significant spillover effect on the carbon market. In addition, policy changes and macroeconomic shocks can impact the time-varying spillover. The industrial market is the centre of the connectedness network. Based on these conclusions, some policy suggestions are put forward.

Keywords: carbon market; stock markets; spillover index; time-varying spillovers; network analysis