

碳中和股票与相关市场间的风险溢出效应研究

赵翔

西北师范大学经济学院

DOI:10.12238/ej.v8i9.2922

[摘要] 本文基于TVP-VAR溢出指数模型,对碳中和股票市场、有色金属市场和碳市场间的高阶矩风险溢出效应进行实证研究。研究发现,高阶矩溢出效应具有频域的可变性,溢出效应随着投资期限的增加而上升,市场的高阶矩风险溢出效应的角色存在频段异质性。

[关键词] 高阶矩风险溢出效应; TVP-VAR溢出指数; 碳中和

中图分类号: F713.5 **文献标识码:** A

Risk spillover between carbon neutral stocks and related markets

Xiang Zhao

School of Economics, Northwest Normal University

[Abstract] Based on the TVP-VAR spillover index model, this paper empirically studies the high-order moment risk spillover effects among carbon neutral stock market, non-ferrous metal market and carbon market. We find that the high-order moment spillover effect is variable in frequency domain, the spillover effect increases with the increase of investment horizon, and the role of high-order moment risk spillover effect in each market has frequency band heterogeneity.

[Key words] high-order moment risk spillover effect; TVP-VAR spillover index; carbon neutrality

引言

中国积极推进“双碳”目标的战略背景下,碳中和产业已成为经济转型的驱动力。2020年“双碳”目标纳入国家战略,“十四五”规划深化绿色发展导向。碳中和产业中的牵引产业的发展依赖有色金属等关键原材料,其供应脆弱性可能制约能源转型进程;转型产业通过节能技术增加有色金属需求,而碳成本传导机制使有色金属价格与碳市场联动增强,碳交易市场成为关键减排手段。研究有色金属市场、碳中和股票市场和碳市场间是否存在风险溢出?如何量化市场间高阶矩风险溢出效应?研究以上问题有着重要意义,不仅丰富了市场之间的风险溢出效应研究,还可以增强市场主体对风险的把控。

1 理论分析

随着市场关联深化,学者们拓展了风险溢出效应研究方法,并从商品与股票、碳与股票、碳与商品市场间的风险溢出效应展开研究。

风险溢出研究方法不同学者提出不同的方法,早期基于VAR、GARCH和Granger因果检验的模型虽能识别方向,但难以捕捉时变特征与非对称分布问题。随后发展出CoVaR及其拓展模型和DY溢出指数^[1](Diebold & Yilmaz, 2012),可量化极端风险传染与时变溢出,但存在滚动窗口样本损失和频域分析缺失等不足。接着学者提出高阶矩风险和时频域融合方法,高阶矩模型

(如GARCHSK、QVAR)揭示尾部风险与非对称传染机制^[2](Chu et al., 2024),时频分解技术(BK方法、小波变换)结合TVP-VAR模型^[3](Zhu et al., 2024)解决了多尺度风险溢出的动态测度问题。

商品与股票市场存在动态非对称溢出。原油、黄金与股市的联动受金融化、市场状态和危机事件调节^[4](Hung & Vo, 2021),且高阶矩溢出强于收益率(Zhu et al., 2024)。原油对能源股^[5](Ferrer et al., 2018)及新能源板块^[6](Qu et al., 2021)存在差异化冲击。碳与股票市场在欧盟与中国呈现分化特征:EU ETS中碳价与电力股存在双向非对称溢出^[7](Ji et al., 2018),且绿色债券、可再生能源指数存在动态传染^[8](Tiwari et al., 2021);碳与商品市场的关联聚焦能源领域,欧盟碳价与原油短期独立、中期双向溢出^[9](Yu et al., 2015);中国碳价与煤炭负相关,与油气正相关^[10](Ma et al., 2020),且极端气候事件加剧碳市场与国际能源的风险传染^[11](Chen et al., 2024)。现有成果深化了对市场风险传染机制的理解,但对中国有色金属、碳中和股票与碳市场间的高阶矩风险溢出缺乏多投资周期视角的研究,本文构建TVP-VAR溢出模型研究碳中和股票、有色金属和碳市场间的高阶矩风险溢出效应。

2 样本选择和研究设计

2.1 数据与样本。本文选取中证上海环交所碳中和指数(SEEE)作为碳中和股票市场代理变量;采用上海有色金属价格

指数 (SMMI) 代表有色金属现货市场, 以湖北碳配额日均成交价 (HBCCP) 为碳市场的代理变量, 数据区间为 2020 年 7 月 1 日至 2025 年 6 月 30 日。根据 J-B 检验, 所有数据均为非正态分布; 根据 ADF 检验, 所有序列在 5% 的显著性水平下认为是稳定的。

2. 2 基于小波变换 TVP-VAR 的溢出模型。参考 Ahmed (2022) 的研究^[12], 将滚动窗口大小 (n) 设定为 22 天, 首先构建日度对数收益率序列指标 $R_{i,t}$, 高阶矩计算波动率 $SD_{i,t}$ 、偏度 $SK_{i,t}$ 和峰度 $KR_{i,t}$ 公式如下:

$$R_{i,t} = \ln(p_{i,t+1}) - \ln(p_{i,t}) \tag{1}$$

$$\bar{R}_{i,t} = \frac{1}{n} \sum_{k=0}^{n-1} R_{i,t-k} \tag{2}$$

$$SD_{i,t} = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{k=0}^{n-1} (R_{i,t-k} - \bar{R}_{i,t})^2} \tag{3}$$

$$SK_{i,t} = \frac{n}{(n-1)(n-2)} \sum_{k=0}^{n-1} \left(\frac{R_{i,t-k} - \bar{R}_{i,t}}{SD_{i,t}} \right)^3 \tag{4}$$

$$KR_{i,t} = \frac{n(n+1)}{(n-1)(n-2)(n-3)} \sum_{k=0}^{n-1} \left(\frac{R_{i,t-k} - \bar{R}_{i,t}}{SD_{i,t}} \right)^4 - \frac{3(n-1)^2}{(n-2)(n-3)} \tag{5}$$

本文参考 Zhu et al. (2024) 的方法^[3], 对原始序列进行 MODWT 分解, 将高阶矩序列分解为 3 个频率尺度, 分别对应 2-8 天为短期, 8-32 天为中期, 32 天以上为长期, 然后构建 TVP-VAR 溢出模型对问题进行研究, 以偏度高阶矩为例, SK 的多尺度 TVP-VAR 模型可以表示为:

$$SK_t^{(j)} = \varphi_{1,t}^{(j)} SK_{t-1}^{(j)} + \varphi_{2,t}^{(j)} SK_{t-2}^{(j)} + \dots + \varphi_{p,t}^{(j)} SK_{t-p}^{(j)} + \varepsilon_t^{(j)} \tag{6}$$

$$\varepsilon_t^{(j)} \sim N\left(0, \sum_t\right) \tag{7}$$

通过 Wold 定理将 TVP-VAR 模型的一般表达式转换成时变参数向量移动平均模型 (TVP-VMA):

$$SK_t^{(j)} = \sum_{j=0}^{\infty} L' W_t^j L \varepsilon_{t-j} \tag{8}$$

其中 $L = [I_k, \dots, 0_p]'$, $W = [a_t, I_{k(p-1)}, 0_{k(p-1) \times k}]'$ 分别是 $(kp \times k)$ 和 $(kp \times kp)$ 的矩阵。最后计算广义脉冲响应函数和广义预测误差方差分解来构建基于模型的溢出指数, 得到总溢出指标 $TCI_{i,t}^{s,(j)}(H)$, 方向性溢出 $To_{i,t}^{s,(j)}(H)$ 与 $FROM_{i,t}^{s,(j)}(H)$, 净溢出 $NET_{i,t}^{s,(j)}(H)$ 。

3 实证结果及其分析

高阶矩溢出效应具有频域的可变性, 溢出效应随着投资期限的增加而上升, 各市场的高阶矩风险溢出效应的角色存在频段异质性。

表 1 中三市场波动溢出呈现非对称性与期限递增的特点。短期频段 SEEEC 与 SMMII 主导溢出, 成熟资本流动渠道放大短期传染。长期频段, SEEEC 对 SMMII 溢出占比 59.98%, 实体产业链传导

效率超越资金预期渠道, 政策效应过滤短期噪音, 长期生产调整与绿色转型主导风险传递。侧面印证市场成熟度提升背景下政策有效性增强。

表 1 碳中和股票市场与相关市场间的波动溢出效应

Variable	SEEEC	SMMII	HBCCP	FROM
Panel A:Short Term				
SEEEC	86.49	9.69	3.82	13.51
SMMII	10.43	85.11	4.46	14.89
HBCCP	4.05	4.94	91	9
TO	14.48	14.64	8.28	TCI
NET	0.97	-0.25	-0.71	12.47
Panel B:Medium Term				
SEEEC	63.99	23.86	12.15	36.01
SMMII	19.44	64.95	15.61	35.05
HBCCP	17.34	19.35	63.3	36.69
TO	36.78	43.21	27.76	TCI
NET	0.77	8.16	-8.94	35.92
Panel C:Long Term				
SEEEC	67.58	17.79	14.63	32.42
SMMII	26.84	59.67	13.49	40.33
HBCCP	17.9	18.1	64	36
TO	44.75	35.89	28.12	TCI
NET	12.33	-4.45	-7.88	36.25

注: FROM 表示某一市场接受来自其他所有市场的总溢出效应, TO 表示某一市场对其他所有市场的总溢出效应, NET 表示某一市场对其他所有市场的净溢出效应, TCI 表示总平均溢出效应, 其中 NET 行表示为正值 (净溢出者) 和负值 (净接受者)。Panel A-C 分别表示对应短、中、长频段的高阶矩溢出效应。下表同。

表 2 碳中和股票市场与相关市场间的偏度溢出效应

Variable	SEEEC	SMMII	HBCCP	FROM
Panel A:Short Term				
SEEEC	95.04	3.61	1.35	4.96
SMMII	3.37	95.32	1.31	4.68
HBCCP	0.79	2.02	97.2	2.8
TO	4.16	5.63	2.66	TCI
NET	-0.8	0.94	-0.14	4.15
Panel B:Medium Term				
SEEEC	71.53	14.05	14.42	28.47
SMMII	6.84	68.16	25	31.84
HBCCP	5.25	3.5	91.25	8.75
TO	12.08	17.55	39.42	TCI
NET	-16.39	-14.29	30.68	23.02
Panel C:Long Term				
SEEEC	68.92	15.87	15.21	31.08
SMMII	11.93	72.34	15.73	27.66
HBCCP	11.9	12.26	75.84	24.16
TO	23.83	28.13	30.94	TCI
NET	-7.25	0.47	6.78	27.64

三市场偏度溢出效应也呈现非对称性与期限递增特点(表 2)。SEEEC 表现为全频段净接收者,反映深度低碳、高碳转型企业盈利分布受政策与原材料成本的影响。SEEEC 对 SMMII 的偏度溢出效应随期限增强,表明需求预期向生产端传导的滞后性,SEEEC 与 HBCCP 之间双向溢出随期限递增,但 HBCCP 对 SEEEC 强度显著更高,由于股票市场高流动性放大碳政策冲击,碳市场低流动性衰减产业反馈效应。

三市场峰度溢出呈现非对称期限效应(表 3)。长期视角下,SEEEC 对 SMMII 溢出占比从中期 37.53% 跃升至 71.23%,产业基本面主导力增强,产业链协同抑制极端风险;同期 SEEEC 对 HBCCP 溢出下降 10.14(占比 28.77%),因碳价转向配额供需基本面定价,股市预期影响衰减。

表3 碳中和股票市场与相关市场间的峰度溢出效应

Variable	SEEEC	SMMII	HBCCP	FROM
Panel A:Short Term				
SEEEC	92.96	4.43	2.61	7.04
SMMII	4.1	93.65	2.25	6.35
HBCCP	2.28	2.45	95.27	4.73
TO	6.38	6.88	4.86	TCI
NET	-0.66	0.54	0.12	6.04
Panel B:Medium Term				
SEEEC	66.51	18.67	14.82	33.49
SMMII	13.49	74.43	12.07	25.57
HBCCP	22.47	26.86	50.67	49.33
TO	35.97	45.53	26.9	TCI
NET	2.48	19.96	-22.44	36.13
Panel C:Long Term				
SEEEC	65.42	25.1	9.48	34.58
SMMII	25.18	65.05	9.77	34.95
HBCCP	10.17	9.69	80.13	19.87
TO	35.35	34.79	19.26	TCI
NET	0.77	-0.16	-0.61	29.80

4 结论与建议

高阶矩总溢出效应随着投资期限的增加而上升,市场的角色在不同频段表现不同。从波动频段来看,碳中和股票市场始终为风险主要接收方,对上游有色金属成本敏感。从偏度溢出效应来看,碳中和股票市场始终为偏度风险净接收者,受政策碳成本与上游原材料双重挤压。从峰度溢出效应来看,尾部风险溢出强度随周期延长先升后降,碳中和股票市场短期为峰度风险的接收者,中长期易受有色金属市场与碳市场的尾部风险外溢冲击。

投资者需要构建频段敏感组合,短期增加避险资产、中长期可加入政策受益资产,建立动态对冲机制。监管机构需要构建高阶矩风险监测框架,强化跨市场压力测试。政策制定者需要设置政策过渡期防范投机泡沫,发展碳期货提升碳市场流动性。

[参考文献]

[1]Diebold F X,& Yilmaz K. Better to give than to receive: Predictive directional measurement of volatility spillovers [J].International Journal of Forecasting,2012,28(1):57-66.

[2]Chu Wenjun,Fan Liwei,Zhou P.Extreme spillovers across carbon and energy markets: A multiscale higher-order moment analysis[J].Energy Economics,2024,138:107833.

[3]Zhu Huiming,Xia Xiling,Hau Liya,et al.Time-frequency higher-order moment Co-movement and connectedness between Chinese stock and commodity markets[J].International Review of Economics & Finance,2024,96:1035.

[4]Hung N T,Vo X V.Directional spillover effects and time-frequency nexus between oil,gold and stock markets: Evidence from pre and during COVID-19 outbreak[J].International Review of Financial Analysis,2021,76:101730.

[5]Ferrer R,Shahzad S J H,L´opez R,Jarˆno F.Time and frequency dynamics of connectedness between renewable energy stocks and crude oil prices[J].Energy Economics,2018,76:1-20.

[6]Qu Fang,Chen Yufeng,Zheng Biao. Is new energy driven by crude oil, high-tech sector or low-carbon notion? New evidence from high-frequency data[J].Energy,2021,230:120770.

[7]Ji Qiang, Xia Tongshui,Liu Fan,Xu JinHua.The information spillover between carbon price and power sector returns: Evidence from the major European electricity companies[J]. Journal of Cleaner Production,2019,208:1178-1187.

[8]Tiwari AK,Abakah EJA,Gabauer D,et al..Dynamic spillover effects among green bond, renewable energy stocks and carbon markets during COVID-19 pandemic: Implications for hedging and investments strategies[J]. Global Finance Journal,2022, 51:100692.

[9]Yu Lean,Li Jingjing,Tang Ling, Wang Shuai. Linear and nonlinear Granger causality investigation between carbon market and crude oil market:a multi-scale approach[J].Energy Economics,2015,51:300-311.

[10]Ma Ying,Wang Lihua,Zhang Tao. Research on the dynamic linkage among the carbon emission trading, energy and capital markets[J].Journal of Cleaner Production,2020,272:122717.

[11]Chen Z H,Zhao S Y,Song H B,Yang M Y,Li S P. Dynamic volatility spillover relationships between the Chinese carbon and international energy markets from extreme climate shocks[J].SSRN Electronic Journal,2024,92:626-645.

[12]Ahmed R,Bouri E,Hosseini S,et al.Spillover in higher-order moments across carbon and energy markets: A portfolio view[J].2024:1-40.

作者简介:

赵翔(2000—),男,山西孝义人,西北师范大学研究生,研究方向: 公司金融。