

铁矿石价格、国际航运与中国股票市场间的 时变溢出效应

——来自 TVP-VAR-DY 模型的证据

曹文屹

(河北地质大学经济学院, 石家庄 050031)

摘要: 采用时频参数向量自回归(TVP-VAR)连通性方法,使用2017年1月4日至2023年3月6日的日度数据探讨铁矿石价格、国际航运与中国股票市场间的时变溢出效应。实证结果表明:国际航运是最强烈的溢出效应;中国股票市场是溢出效应的传导因素;铁矿石价格是主要的接收者。整个溢出效应是时变的,在危机时期溢出效应显著增强,在特殊时期溢出与接收关系会发生短暂的变化。

关键词: 铁矿石; 航运市场; 中国股票市场; 资源安全; TVP-VAR-DY(时频参数向量自回归-股息收益率)

中图分类号: F830.9 **文献标志码:** A **文章编号:** 1671-1807(2024)17-0169-06

党的二十大报告强调,要确保能源资源、重要产业链供应链安全,坚持稳字当头、稳中求进,大力增强国内资源生产保障能力。在全产业链中,钢铁作为工业的“食粮”和“血液”,是关系国计民生的重要资源。中国钢铁产量一直占据全球钢铁产能的一半以上,为国家稳步发展起到了重要的保障作用。但是,钢铁的原材料铁矿石对外依存度高,长期高于80%,这不仅使钢铁行业大量利润被攫取,严重制约中国钢铁行业的健康发展,而且严重威胁到了产业链供应链安全,甚至是国家战略安全。

中国进口铁矿石量始终居于世界第一,其中90%以上依靠海运,澳大利亚到中国的海运费占进口铁矿石价格的5%~10%,巴西到中国的海运费占铁矿石进口价格的比例高达10%~30%,海运费成为直接影响铁矿石进口的重要因素^[1]。此外,海运费收入对航运公司股票价格也有直接冲击,进而海运费与股票市场同样存在密切联系。例如,受新冠肺炎疫情和俄乌战争等“黑天鹅”事件影响,近年来反应全球航运的波罗的海干散货指数(BDI)波动剧烈,股票指数也随之大幅跳跃。

当前,全球贸易环境变化复杂,铁矿石、航运和中国股票市场之间的跨界溢出现象愈发强烈且频

繁,梳理清楚铁矿石价格冲击和供应安全对中国金融稳定的作用机理,对于规避铁矿石价格输入性风险、抓住机遇重塑国际铁矿石定价权,进而保障中国各项发展战略顺利推进具有重大意义^[2]。本文的主要贡献包括:①从资源安全视角出发,构建铁矿石、航运和股票市场之间跨界信息传导理论的全视角体系。鉴于铁矿石同时具有大宗商品和金融属性,理解其与不同市场的联合效应和风险传染有赖于大量的文献阅读和总结,对抽象思维能力和综合分析能力要求较高。②获取中国铁矿石期货价格、波罗的海干散货指数(BDI)和沪深300指数近5年的日度数据,获取数据后进行数据处理并学习模型的代码实现。通过数据处理以及参数调整全面捕捉不同经济金融环境下波动溢出效应的时变特征^[3]。

1 数据与研究方法

1.1 数据

铁矿石期货价格、航运市场与中国股票市场之间具有相互溢出关系。铁矿石价格指标选择中国铁矿石期货指数(IO)、航运市场指标选择波罗的海干散货指数(BDI)、中国股票市场指标选取沪深300指数(CSI300)作为替代变量。搜集了2017年1月4日至2023年3月6日的日度数据进行分析。该

收稿日期: 2024-04-23

作者简介: 曹文屹(2000—),男,四川乐山人,硕士研究生,研究方向为大数据分析 with 挖掘。

时间范围涵盖了 COVID-19、俄乌冲突等重大突发事件时间节点,这使本文能考虑到各大突发事件背景下铁矿石期货价格、航运市场与中国股票市场之间的溢出关系变化。变量描述统计见表1。

在研究中,采用时间序列数据进行参数估计容易出现伪回归问题。因此,在参数估计前需确保模型变量满足时间序列的平稳性要求。借鉴已有研究,采用 ADF(Dickey-Fuller)检验和 PP(Phillips-Perron)检验两种方法对变量进行单位根平稳性检验,结果见表2。

根据表2结果可知,本文实证模型变量的统计量检验结果均在1%的显著性水平上拒绝存在单位根的原假设,即实证研究中的各变量(IO、BDI、CSI300)均为平稳的时间序列数据,因此可以进一步展开模型参数估计。

1.2 研究方法

时频参数向量自回归-股息收益率(time-varying parameter vector autoregression-dividend yield, TVP-VAR-DY)模型的构建过程如下。

(1)定义一阶时频参数向量自回归(time-varying parameter vector autoregression, TVP-VAR)模型,其形式为

$$\Delta \mathbf{x}_t = \boldsymbol{\beta}_t \Delta \mathbf{x}_{t-1} + \boldsymbol{\varepsilon}_t, \boldsymbol{\varepsilon}_t \sim N(0, \boldsymbol{\Sigma}_t) \quad (1)$$

$$\text{vec}(\boldsymbol{\beta}_t) = \text{vec}(\boldsymbol{\beta}_{t-1}) + \mathbf{v}_t, \mathbf{v}_t \sim N(0, \mathbf{R}_t) \quad (2)$$

式中: $\Delta \mathbf{x}_t$ 、 $\Delta \mathbf{x}_{t-1}$ 和 $\boldsymbol{\varepsilon}_t$ 为 $N \times 1$ 维向量; $\boldsymbol{\beta}_t$ 和 $\boldsymbol{\varepsilon}_t$ 为 $N \times N$ 维向量; $\boldsymbol{\Sigma}_t$ 为 $N \times N$ 维的协方差矩阵; $\text{vec}(\boldsymbol{\beta}_t)$ 和 $\mathbf{v}_t$ 为 $N^2 \times 1$ 维向量; $\mathbf{R}_t$ 为 $N^2 \times N^2$ 维向量,具体形式为

$$\Delta \mathbf{x}_{t-1} = \begin{bmatrix} \Delta \mathbf{x}_{t-1} \\ \Delta \mathbf{x}_{t-1} \\ \vdots \\ \Delta \mathbf{x}_{t-N} \end{bmatrix}, \boldsymbol{\beta}_t = \begin{bmatrix} \boldsymbol{\beta}_{1t} \\ \boldsymbol{\beta}_{2t} \\ \vdots \\ \boldsymbol{\beta}_{Nt} \end{bmatrix} \quad (3)$$

在估计出时变参数后,基于 Wold 表示定理将 TVP-VAR 模型转化为时频参数向量自回归移动平均(time-varying parameter vector autoregressive moving average, TVP-VMA)模型,公式为

$$\Delta \mathbf{x}_t = \sum_{i=1}^p \boldsymbol{\beta}_{it} \Delta \mathbf{x}_{t-i} + \boldsymbol{\varepsilon}_t = \sum_{j=1}^{\infty} \boldsymbol{\Lambda}_{jt} \boldsymbol{\varepsilon}_{t-j} + \boldsymbol{\varepsilon}_t \quad (4)$$

式中: $\boldsymbol{\Lambda}_{jt}$ 为 N 维向量。

(2)提取 TVP-VMA 系数计算广义预测误差方差分解(GFEVD)。在广义预测误差方差分解过程中,定义 $\varphi_{ij,t}^g(J)$ 是从 j 到 i 的定向溢出,表示变量 j 在预测误差方差分解中对变量 i 的影响份额。具体形式为

$$\varphi_{ij,t}^g = \frac{\sum_{i=1}^N \sum_{t=1}^{J-1} (\iota_i' \boldsymbol{\Lambda}_t \boldsymbol{\Sigma}_t \iota_j)^2}{\sum_{j=1}^N \sum_{t=1}^{J-1} (\iota_i' \boldsymbol{\Lambda}_t \boldsymbol{\Sigma}_t \iota_j)} \quad (5)$$

$$\varphi_{ij,t}^g = \frac{\sum_{j=1}^g (j)}{\sum_{j=1}^N \varphi_{ij,t}^g(j)} \quad (6)$$

式中: $\sum_{j=1}^N \varphi_{ij,t}^g(j) = 1$ 和 $\sum_{ij=1}^N \varphi_{ij,t}^g(j) = N$ 中的 j 表示周期的预测误差方程分解; ι_i 为一个选定的变量(在变量 i 的位置取1,否则取0); $\boldsymbol{\Lambda}_t$ 为第 t 个元素为1其他元素为0的 N 维向量。基于 GFEVD,总溢出指数(TCI)表示为

$$C_t^g(J) = 1 - N^{-1} \sum_{i=1}^N \varphi_{ii,t}^g(J) \quad (7)$$

式中: $C_t^g(J)$ 为总溢出指数(TCI),该指标可以用来衡量系统内部溢出的总体水平; J 为预测方差分解期数。总定向溢出指数(TO)可以表示为

$$C_{i,t}^g(J) = \sum_{j=1, j \neq i}^N \varphi_{ji,t}^g(J) \quad (8)$$

式中: $C_{i,t}^g(J)$ 为总定向溢出指数(TO)。

表1 变量描述性统计

变量	样本数	平均值	标准差	方差	偏度	峰度	最小值	最大值
CSI300	1 411	1.113 8	41.838 9	1 750.493 0	-0.623 0	7.182 0	-324.900 0	230.390 0
IO	1 411	0.580 2	21.795 4	475.041 0	-1.365 0	9.992 0	-178.500 0	106.500 0
BDI	1 411	1.664 0	62.488 0	3 904.759 0	0.639 0	8.316 0	-367.000 0	453.000 0

表2 单位根检验结果

变量	检验形式(C, T, K)	ADF 检验	P	检验形式(C, T, B)	PP 检验	P
CSI300	(0, 0, 1)	-14.993***	0.000	(0, 0, 1)	-15.013***	0.000
IO	(0, 0, 1)	-14.680***	0.000	(0, 0, 1)	-14.638***	0.000
BDI	(0, 0, 1)	-14.768***	0.000	(0, 0, 1)	-14.772***	0.000

注:***为 $P < 0.01$; C 表示常数项; T 表示趋势项; K 表示滞后阶数; B 表示 Breaks, 用于检验是否存在突变或结构性变化。

该指标可以衡量变量 i 对其他变量的溢出程度。总的定向溢出指数(FROM)可以表示为

$$C_{i,t}^g(J) = \sum_{j=1, i \neq j}^N \varphi_{ij,t}^g(J) \quad (9)$$

式中: $C_{i,t}^g(J)$ 为总的定向接收指数(FROM), 该指标可以用来衡量变量 i 对其他变量的溢出程度。由总方向溢出指数减去总流入指数得到总方向溢出指数(NET), 公式为

$$C_{i,t}^g = C_{i,t}^g(J) - C_{i,t}^g(J) \quad (10)$$

式中: $C_{i,t}^g$ 为总方向溢出指数(NET), NET 可以解释为变量 i 对系统的净溢出效应。如果变量 i 的净定向溢出指数为正(负), 则意味着变量 i 对系统的影响大于(小于)受系统的影响。

(3) 两个不同变量之间的指数可以表示为 NPDC, 公式为

$$NPDC_{ji}(J) = \varphi_{ji,t}(J) - \varphi_{ij,t}(J) \quad (11)$$

式中: NPDC 为变量 i 对变量 j 的净溢出效应。如果变 $NPDC_{ji}(J) > 0$ ($NPDC_{ji}(J) < 0$), 则表示变量 i 对 j 的影响大于(小于)受 j 的影响。

2 实证分析

2.1 静态溢出分析

为了对系统总体溢出效应进行初步判断, 分别计算 3 个变量之间的时变总溢出效应的均值, 结果见表 3。表 3 中加粗数字为变量之间的总溢出效应。从表 3 中发现铁矿石期货、航运和中国股票市场间的连通性为 5.7, 这说明各个变量之间存在一定的相关性。总溢出指数为 17, 这表明铁矿石期货、航运和中国股票市场间存在强烈的相互溢出关系, 本文的研究具有意义。

从接受方(FROM)来看 IO 变量为最大的接收者(7.6), 其次是 CSI300(5.4)。然而, CSI300 又是最大的溢出者(6.7)。由此可以看出中国股票市场承受了来自铁矿石市场和国际航运市场的影响, 但同时又对铁矿石市场和国际航运市场造成了一定的影响。从单向溢出影响来看, CSI300 和 BDI 同时对铁矿石市场造成了严重的影响, 但铁矿石市场又对中国股票市场产生了一定的冲击。

表 3 铁矿石、航运和中国股票市场间的溢出强度

变量	CSI300	IO	BDI	FROM
CSI300	94.6	3.2	2.2	5.4
IO	4.6	92.4	3.0	7.6
BDI	2.1	2.0	96.0	4.0
TO	6.7	5.1	5.2	17.0
NET	1.3	-2.5	1.2	5.7

从净溢出指数来看 CSI300 对 IO 的溢出为 4.6, IO 对 CSI300 的溢出为 3.2, 因此 CSI300 对 IO 的净溢出指数为 1.4。同理 CSI300 对 BDI 的净溢出指数为 -0.1, IO 对 BDI 的净溢出指数为 -1。基于此, 可以根据这 3 者之间的净溢出关系绘制铁矿石、航运和中国股票市场间的溢出关系网络图, 如图 1 所示, 图 1 中箭头方向表示变量之间的溢出方向, 箭头粗细表示变量之间的溢出强度。

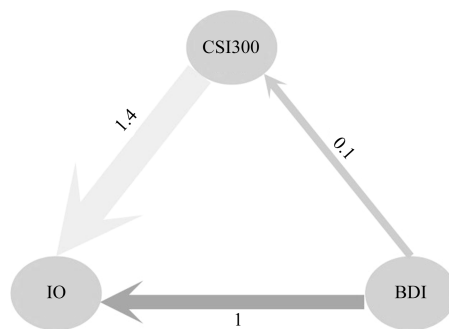


图 1 铁矿石、航运和中国股票市场间的溢出关系网络图

从图 1 中可以清晰地看出铁矿石、航运和中国股票市场间的溢出路径。其中, 铁矿石(IO)为净接受者, 国际航运市场(BDI)为净溢出者, 中国股票市场(CSI300)为传递者。这主要的原因是铁矿石价格的波动受到了来自多方影响, 其中铁矿石金融属性带来的冲击已在上述分析中进行了详细论述。对于全球航运市场对铁矿石价格的影响机制较为复杂。值得一提的是 2021 年, 中国进口铁矿石 117.01 亿 t, 占中国的 80.6%, 占全球的 70.57%。由此看出中国的铁矿石资源较为匮乏, 极度依赖国际贸易, 容易出现被国际市场“卡脖子”的情况。由于中国铁矿石极度依赖进口, 因此国际市场的政治风险频发, 对外部贸易环境造成了极大的影响, 从而使得国际运输市场波动较大, 铁矿石价格也随着航运市场的波动而波动。

2.2 动态溢出分析

通过可视化分析的方法对铁矿石、航运和中国股票市场间的动态溢出关系展开分析, 图 2~图 5 中横坐标表示溢出关系发生的具体时间, 纵坐标表示溢出强度(正值表示溢出, 负值表示接收)

2.2.1 动态总溢出

铁矿石、航运和中国股票市场间的总动态溢出关系如图 2 所示。

从图 2 中可以看出铁矿石、航运和中国股票市场间的总动态溢出时变效益非常显著, 特别是在 2019 年 COVID-19 时期, 铁矿石、航运和中国股票

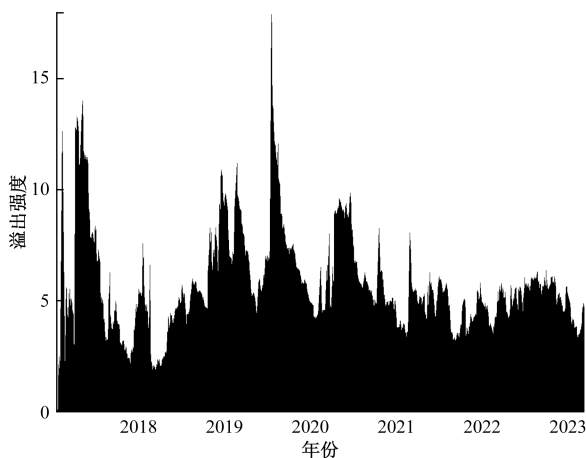


图2 铁矿石、航运和中国股票市场间的动态总溢出

市场间的总动态溢出达到了历史最高点。可以发现,COVID-19 对全球铁矿石市场、国家航运市场以及中国股票市场都造成了非常严重的冲击。除此之外,在 2022 年 3 月俄乌冲突以来铁矿石、航运和中国股票市场间的总动态溢出已出现了阶段性高峰。从 COVID-19 对国际航运市场的影响来看,2020 年初,新冠肺炎疫情突然袭来,随着疫情在全国乃至全球快速蔓延,国际海运贸易需求受到明显冲击^[4]。不仅如此,自 2020 年年初以来,受巴西暴雨、澳大利亚飓风以及中国春节传统淡季等因素影响,国际干散货船市场表现疲软,此外新冠肺炎疫情的爆发进一步加深了市场的消极态势,国际干散货需求受到严重影响。

2.2.2 动态净溢出

铁矿石、航运和中国股票市场间的动态净溢出关系如图 3 所示。

从图 3 中可以看出,①航运市场在 2022 年以前均保持对铁矿石和股票市场的净溢出者身份,但在 2022 年 3 月之后,航运市场的净溢出者身份转变为了净接收者身份。这可能的原因是,自 2022 年 3 月俄乌冲突以来,全球航运市场受到了强烈冲击。而

在此过程中,中国的经济发展以及规模庞大的铁矿石贸易能够反作用于航运市场,对其起到一定的推动作用^[5]。如此一来也解释了 2022 年 3 月以后航运市场溢出和接收身份的转变。②中国铁矿石价格在除 2019 年 COVID-19 期间以外保持着净接收者的身份,但在 COVID-19 期间出现过短暂的净溢出。这可能的原因是,自 COVID-19 以来中国大量的钢铁、汽车等工业行业制造量大幅下降,使得对铁矿石的需求量也相对减少^[6]。对于铁矿石的生产大国而言,面临着严重的供大于求现象,因此出现了全球铁矿石价格下跌的趋势。在此过程中,铁矿石市场往往对航运以及中国股票市场拥有一定的反作用^[7]。③CSI300 的溢出和接收关系时变效应显著,不断在溢出和接收身份中转变。这主要的原因是在路径分析中本文发现 CSI300 是整个溢出路径中的传递者,因此它既接收了来自航运市场的冲击又将航运市场对其的冲击传播到铁矿石市场中。

2.2.3 动态溢出与接收

铁矿石、航运和中国股票市场间的动态溢出和接收关系如图 4 所示;铁矿石、航运和中国股票市场间的两两关系如图 5 所示。

从图 4 中可以看出,铁矿石、航运和中国股票市场三者的溢出与接收时变效应非常显著。从图 5 中可以看出在这 3 个变量之中两两之间也存在强烈的时变关系。该实证结果对于资源安全管理、铁矿石进出口风险防范、股票市场投资与风险对冲以及国际运输与保险领域具有指导意义。

3 结论

本文探讨了铁矿石价格(IO)、国际航运市场(BDI)与中国股票市场(CSI300)之间的时变溢出关系。采用时频参数向量自回归(TVP-VAR)连通方法和 DY 溢出指数模型展开研究。利用 2017 年 1 月 4 日至 2023 年 3 月 6 日的日度数据,研究了铁

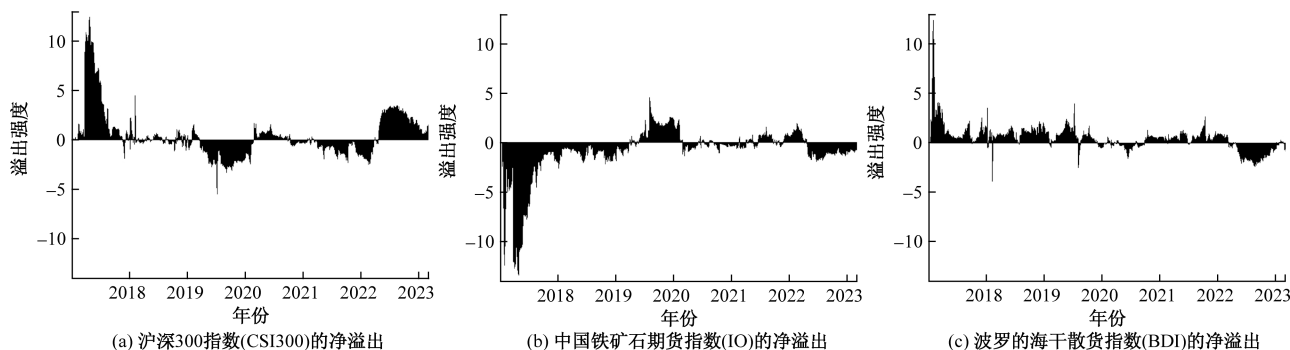


图3 铁矿石、航运和中国股票市场间的动态净溢出

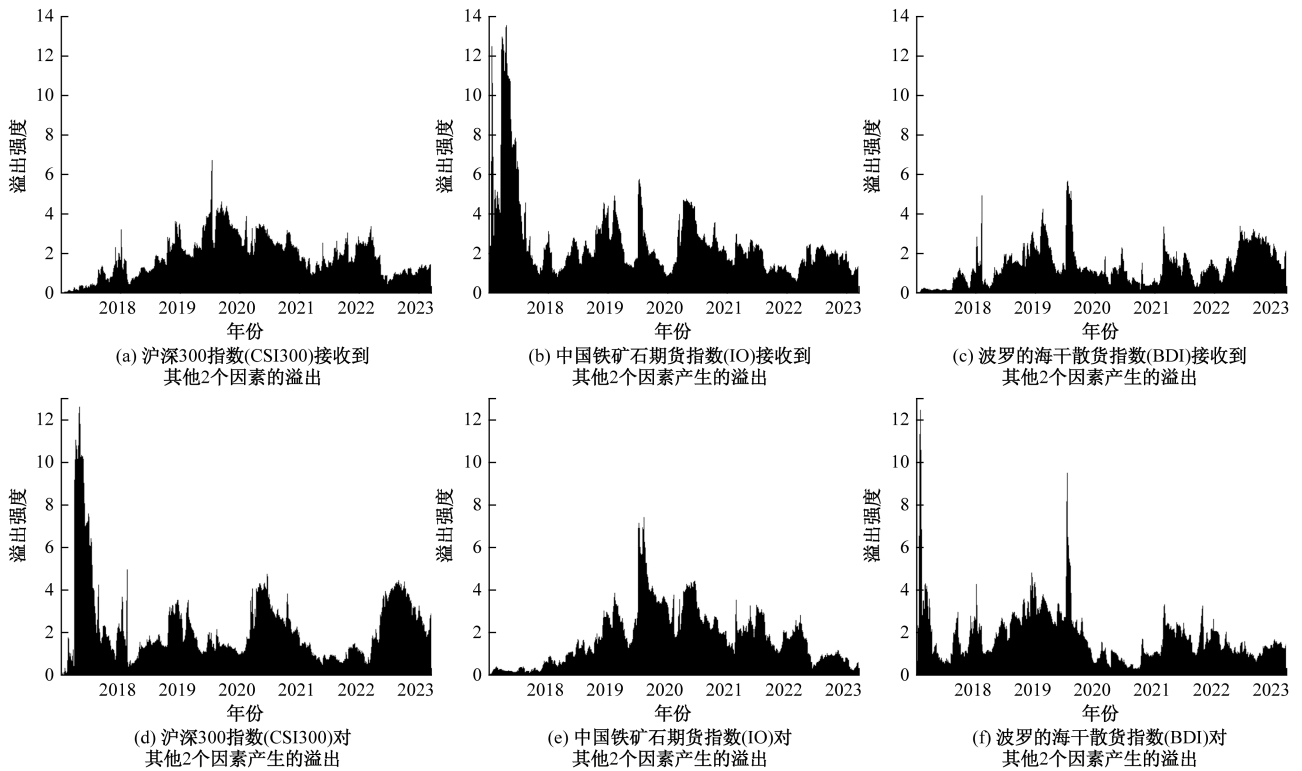


图4 铁矿石、航运和中国股票市场间的动态溢出与接收

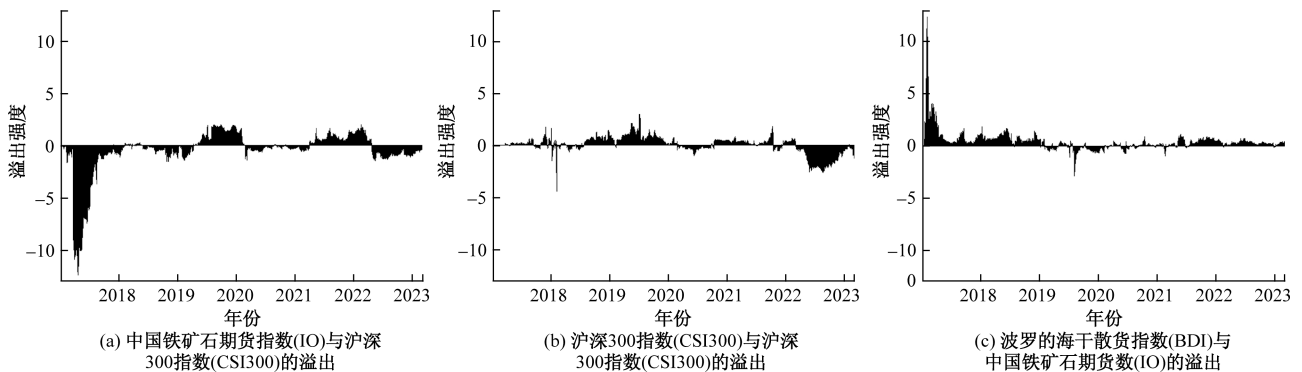


图5 铁矿石、航运和中国股票市场间的动态相互溢出

矿石价格(IO)、国际航运市场(BDI)与中国股票市场(CSI300)的全样本时频连通性,以及动态时频连通性^[8]。主要研究结论如下。

(1)铁矿石价格(IO)、国际航运市场(BDI)与中国股票市场(CSI300)之间具有较强的连通性,其中国际航运市场(BDI)为净溢出者,铁矿石价格(IO)为净接收者,中国股票市场(CSI300)是溢出关系的传递者。

(2)铁矿石价格(IO)、国际航运市场(BDI)与中国股票市场(CSI300)之间的溢出关系是时变的,在突发事件的影响下三者之间的溢出效应更加显著。

(3)在特殊时期溢出与接收关系会发生短暂的变化,这主要是由于铁矿石价格(IO)、国际航运市

场(BDI)与中国股票市场(CSI300)之间不仅具有相互作用,还具有相互的反作用,在特殊事件的冲击下,影响路径会发生转变。

参考文献

- [1] 王杰,程思. 干散货运价指数与中国进口铁矿石价格溢出效应研究[J]. 价格月刊, 2022(3): 29-35.
- [2] 石会田. 考虑碳排放成本的铜矿采矿权价值评估[J]. 科技和产业, 2022, 22(5): 198-203.
- [3] 郭娜,张骏. 中国能源市场与股票市场的波动溢出效应研究: 基于 TVP-VAR-DY 模型的实证研究[J]. 西南民族大学学报(人文社会科学版), 2022, 43 (5): 122-133.
- [4] 王永杰,王英,林海燕. 多元化就业导向下船舶通信装备技术专业教学研究: 以天津海运职业学院为例[J]. 中国

- 水运, 2022(4): 32-35.
- [5] 林钟扬, 向宇, 吴鸣, 等. 地下开采矿产资源节约集约利用评价指标体系构建: 以浙江省为例[J]. 科技和产业, 2020, 20(10): 175-179.
- [6] 刘满平. 俄乌局势对能源市场的影响及对策建议[J]. 当代石油石化, 2022, 30(4): 1-4, 10.
- [7] 李曦子. 能源价格疯涨 欧洲撑得住吗[N]. 国际金融报, 2022-03-07 (001).
- [8] 杨硕. 国际铁矿石价格对中国股票市场的冲击及溢出效应研究[D]. 北京: 首都经济贸易大学, 2022.

Time-varying Spillover Effects between Iron Ore Price, International Shipping and Chinese Stock Market: Evidence from the TVP-VAR-DY Model

CAO Wenyi

(School of Economics, Hebei GEO University, Shijiazhuang 050031, China)

Abstract: The time-frequency parameter vector autoregressive (TVP-VAR) connectivity method is used to explore the time-varying spillover effects between iron ore prices, international shipping and China's stock market using daily data from Jan. 4, 2017 to Mar. 6, 2023. The empirical results show that international shipping is the strongest spillover effect. China's stock market is the transmission factor of spillover effect. The iron ore price is the main recipient. The overall spillover effect is time-varying, and in times of crisis spillover effects are significantly enhanced, in the special period, the relationship between overflow and reception will change briefly.

Keywords: iron ore; shipping market; China stock market; resource security; TVP-VAR-DY (time-varying parameter vector auto regression-dividend yield)