

硅锰期现市场与工业市场、股票市场价格 关联性研究

宛文萱

上海理工大学管理学院, 上海

收稿日期: 2024年6月26日; 录用日期: 2024年8月6日; 发布日期: 2024年8月13日

摘 要

本文选取2019年5月1日至2023年7月24日国内硅锰期货市场、国际锰矿现货市场、股票市场、工业市场的日频数据, 基于VAR-MGARCH-BEKK模型分析市场之间的溢出关系。研究发现: 国际锰矿现货市场与国内硅锰期货市场存在单向的均值溢出效应和双向的波动溢出效应; 工业市场与股票市场、国内硅锰期货市场存在单向均值溢出效应, 不存在波动溢出效应; 工业市场与国际锰矿现货市场存在单向的均值溢出效应和单向波动溢出效应; 国内硅锰期货市场与股票市场存在单向的波动溢出效应。国际锰矿现货市场对国内硅锰期货市场影响较大, 在价格引导方面处于主导地位, 也会出现投资风险的传递。工业市场与其他市场联系较紧密。

关键词

硅锰期货, 溢出效应, VAR-MGARCH-BEKK模型, 价格发现

Research on the Price Correlation between Silicon Manganese Futures Market, Industrial Market and Stock Market

Wenxuan Wan

School of Management, Shanghai University of Technology, Shanghai

Received: Jun. 26th, 2024; accepted: Aug. 6th, 2024; published: Aug. 13th, 2024

Abstract

This article selects daily return data of domestic silicon manganese futures market, international

manganese ore spot market, stock market, and industrial market from May 1, 2019 to July 24, 2023, and analyzes the spillover relationship among markets based on VAR-MGARCH-BEKK model. We find that there is a one-way mean spillover effect and a two-way volatility spillover effect between the international manganese ore spot market and the domestic silicon manganese futures market. There is a one-way mean spillover effect between the industrial market and the stock market, while there is no volatility spillover effect. There is a one-way mean spillover effect in the industrial market and the domestic silicon manganese futures market, and there is no volatility spillover effect. There are one-way mean spillover effects and one-way volatility spillover effects between the industrial market and the international manganese ore spot market. There is a one-way volatility spillover effect between the silicon manganese futures market and the stock market. The international manganese ore spot market has a significant impact on the domestic silicon manganese futures market. It plays an important role in price discovery, and there will also be the transfer of investment risk. The industrial market is closely connected to other markets.

Keywords

Silicon Manganese Futures, Spillover Effects, VAR-MGARCH-BEKK Model, Price Discovery

Copyright © 2024 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

硅锰合金是由锰、硅、铁及少量碳和其他元素组成的合金，是一种用途较广、产量较大的铁合金。它在炼钢中得到了广泛的应用，其产量增长速度高于铁合金的平均增长速度。我国的锰矿产地是辽宁、湖南、四川、广西等地区，但是因为品位低，所以每年需要从国外进口大量高品位锰矿搭配使用。硅锰合金因其自身的稀缺性和交易的期货制度决定了其供给和需求的变动会与经济发展息息相关。国内外研究人员主要考虑贵金属、原油类对国际国内市场的影响，某种特定的期货品种却并没有引起学者的广泛关注。因此研究国内的硅锰期货产品对不同行业的影响是很有必要的，能够进一步了解不同市场之间是否会由于价格的关联性，而带来风险的传染。

本文通过四元 GARCH 模型把国内硅锰期货市场(以下简称硅锰期货市场)、国际锰矿现货市场、股票市场、工业市场四者放到一个框架内分析，研究四个变量之间的影响关系。本文的创新主要在于：第一，以往文献主要关注于两个市场之间的关系只有较少的文献关注四个以上的市场，本文将研究四个市场两两之间溢出关系。第二，本文所选的大宗商品中的硅锰合金期货，该期货品种并未引起广泛关注，而近年来成交量逐步增加，投资者对该期货的关注度也在提升。本文不足之处，第一，未能分析两个市场间波动溢出效应的短期变化。第二，市场之间的溢出效应，还受到地缘政治、全球经济变化的影响，因此还需要进行更加深入的研究。

2. 文献综述

国内外很多学者都对大宗商品期货有着多方面的研究，本课题研究方向主要从二个方面探究，第一，主要研究与本课题相类似的期货产品的均值溢出效应和价格波动溢出效应；第二，主要探究在研究大宗商品溢出效应方面所使用的实证模型和方法。

首先，关于国内外商品期货的波动溢出效应的研究文献有很多，其中研究的期货种类大多数为原

油、黄金、农产品。有学者提出国际原油价格和我国商品期货价格具有显著的波动溢出效应，且通常国际原油价格是该波动溢出的风险传递者[1]。Cologni A 和 Manera A 选择七个工业化国家作为研究对象，重点分析石油价格变化与工业产出以及物价变化之间的关系[2]。郭晓锋等人指出我国铁合金市场价格与钢材价格具有长期均衡关系，钢材价格的变动是铁合金价格单方向变动的原因，这是因为长期以来铁合金定价权可能掌握在下游钢厂手中[3]。杨光指出在疫情期间中国有色金属与股票市场之间存在风险波动溢出的情况[4]。其次，国内外有很多学者在进行溢出效应研究的时候会选择不同的实证模型。王一鸣采用小波分析和 GARCH-Copula 技术研究中国与国际股市的波动溢出效应[5]。Aminu N 使用 DSGE 模型分析了英国挥发性能源价格波动的后果，发现大衰退期间样本期内的波动性要低于能源价格冲击的波动性，并且能源价格冲击的高波动性会导致经济中的通胀压力上行[6]。唐旗指出国际铜市场与中国军工股指存在相互波动的影响[7]。还有一些学者通过构造多元的模型进行研究，Cornelis 基于三元 VAR-MGARCH-BEKK 模型和 DCC 模型分析了美国原油、乙醇和玉米三个商品现货市场价格之间的波动溢出关系，发现 2006 年之后乙醇和玉米现货市场间关联性较强，存在玉米现货市场向乙醇现货市场的单向波动溢出效应，原油和玉米现货市场间不存在波动溢出效应[8]。王茂智基于 TVP-FVAR-DY 模型研究 WTI 原油市场与我国商品期货价格的波动溢出水平，国际原油价格和我国商品期货价格具有显著的波动溢出效应[9]。陈宇峰利用 VAR-MGARCH-BEKK 三元模型侧重探讨了国际原油价格、人民币兑美元汇率和中国黄金价格之间的均值溢出与非对称波动溢出效应[10]。最后，刘志峰在新冠疫情的视角下发现新冠疫情的发生显著提高了碳市场与股票市场之间风险溢出效应的程度[11]。朱天箭采用 DCC-MGARCH 模型验证了白糖、铜、天然橡胶和燃料油 4 种大宗商品期货价格收益率之间的存在价格联动关系，但关联程度不大且逐年呈现出下降的趋势[12]。郭娜在研究中指出新冠肺炎疫情发生之后，工业金属市场的好坏波动对我国金融市场的风险溢出显著增强，外汇市场接收的溢出最为显著[13]。

国内文献为分析大宗商品金属类提供了有益的参考，但现存研究还有不足，首先，关于对金融市场的溢出效应研究所选种类大多为黄金、有色金属、石油等，缺乏对某些特定种类期货的研究。其次，很多学者研究某一种特定期货对相关金融市场的研究，并未从期货和现货角度两个方面同时考虑溢出效应的影响。本课题研究硅锰期货对相关市场的波动溢出效应，同时涵盖了期货和现货两个方面。目前文献中使用较多研究波动溢出效应的实证方法，包括多元 GARCH 模型簇、小波分析、VAR 模型、Copula 模型，这些模型在研究市场间的波动溢出效应时，不适用于研究多个市场之间的溢出效应。还有一些学者采用了一些复合模型，相比于不同的复合模型，使用 TVP-FAVAR-DY 需要保证模型的参数是时变的，DCC-GARCH 模型侧重考察不同金融市场之间的条件相关性。BEKK-GARCH 模型利用条件方差侧重考察不同金融市场之间的均值溢出和波动溢出效应，BEKK-GARCH 模型突破了金融变量之间的相关系数保持恒定的假设限制，波动率方程组采用矩阵相乘的形式消除了潜在的协方差矩阵非正定性的问题，而且可以同时反映均值溢出效应和波动溢出效应，对考察国际锰矿市场、硅锰期货市场与其他市场之间的溢出效应具有优势。国际大宗商品市场对中国金融市场风险溢出变化展开探讨，从而容易忽视这一全球性重大突发事件对金融风险跨市场传染的影响。因此，本文在参考前人研究成果的基础上，采用 VAR-MGARCH-BEKK 模型对这国际锰矿现货市场、硅锰期货市场、股票市场、工业市场四个市场间波动溢出效应进行研究。

3. 模型设计

3.1. 数据来源

本文选取南非半碳酸锰矿现货价格指数和澳大利亚锰矿现货价格指数的均值代表国际锰矿现货市场

价格(ITS)，南非半碳酸锰矿进口量最大，澳大利亚锰矿是最受市场欢迎的高品位锰矿。以锰硅主力合约收盘价代表国内硅锰期货市场(SM)、上证指数收盘价代表股票市场(SZ)、南华工业指数代表工业市场(IDI)。南华工业品指数选择三大交易所上市品种中具有代表性且流动性较好的工业品期货编制而成，可作为工业品市场的基准指数。数据区间为 2019 年 5 月 1 日至 2023 年 7 月 24 日，共计 1016 条数据，南非锰矿和澳洲锰矿现货价格指数来源于铁合金在线网，其他数据主要来源于 Choice 金融终端数据库。市场的收益率计算公式：

$$R_t = 100 * (\ln p_t - \ln p_{t-1}) \quad (1)$$

其中， p_t 表示 t 时期市场价格， R_t 表示扩大 100 倍后的收益率。ITS、SM、SZ、IDI 扩大 100 倍后的收益率依次记为 $RITS$ 、 RSM 、 RSZ 、 $RIDI$ 。

3.2. VAR 模型构造

VAR(n)模型用于检验四个市场之间的均值溢出效应，其方程构造如：

$$RSM_t = u_1 + \sum_{i=1}^n \phi_{1i} RSM_{t-i} + \sum_{i=1}^n \beta_{1i} RSZ_{t-i} + \sum_{i=1}^n \gamma_{1i} RITS_{t-i} + \sum_{i=1}^n \theta_{1i} RIDI_{t-i} + \varepsilon_{1t} \quad (2)$$

$$RSZ_t = u_2 + \sum_{i=1}^n \phi_{2i} RSM_{t-i} + \sum_{i=1}^n \beta_{2i} RSZ_{t-i} + \sum_{i=1}^n \gamma_{2i} RITS_{t-i} + \sum_{i=1}^n \theta_{2i} RIDI_{t-i} + \varepsilon_{2t} \quad (3)$$

$$RITS_t = u_3 + \sum_{i=1}^n \phi_{3i} RSM_{t-i} + \sum_{i=1}^n \beta_{3i} RSZ_{t-i} + \sum_{i=1}^n \gamma_{3i} RITS_{t-i} + \sum_{i=1}^n \theta_{3i} RIDI_{t-i} + \varepsilon_{3t} \quad (4)$$

$$RIDI_t = u_4 + \sum_{i=1}^n \phi_{4i} RSM_{t-i} + \sum_{i=1}^n \beta_{4i} RSZ_{t-i} + \sum_{i=1}^n \gamma_{4i} RITS_{t-i} + \sum_{i=1}^n \theta_{4i} RIDI_{t-i} + \varepsilon_{4t} \quad (5)$$

式(1)~(4)中， n 为 VAR 模型的最佳滞后阶数， RSM_t 表示代表硅锰期货市场收益率序列、 RSZ_t 代表股票市场收益率序列、 $RITS_t$ 代表国际锰矿现货市场收益率序列、 $RIDI_t$ 代表工业市场收益率序列， u_1 、 u_2 、 u_3 、 u_4 表示条件期望， ϕ_{ki} 、 β_{ki} 、 γ_{ki} 、 θ_{ki} ($k=1,2,3,4$) 表示待估计系数， ε_{1t} 、 ε_{2t} 、 ε_{3t} 、 ε_{4t} 均为 4×1 的矩阵，表示均值方程残差项。

3.3. 波动率模型构造

波动率模型根据 Engle 和 Kroner 提出的 GARCH(p, q)-BEKK 模型[14]。该模型的表达式为：

$$H_t = C'C + \sum_{i=1}^p A_i' \varepsilon_{t-i} \varepsilon_{t-i}' A_i + \sum_{i=1}^p B_i' H_{t-i} B_i \quad (6)$$

$$\ln(\varphi) = -\frac{T}{2} \ln(2\pi) - \frac{1}{2} \sum_{t=1}^T \ln |H_t| \varepsilon_t' H_t \varepsilon_t \quad (7)$$

其中 p 表示影响本期残差项条件方差的 ARCH 最佳滞后期数， q 表示影响本期残差项条件方差 GARCH 项的最佳滞后期数， H_t 为条件协方差矩阵， A_i 和 B_i 分别表示滞后 i 期的 ARCH 和残差的 GARCH 项对本期条件方差的影响程度。各矩阵具体形式为：

$$H_t = \begin{pmatrix} h_{11,t} & h_{12,t} & h_{13,t} & h_{14,t} \\ h_{21,t} & h_{22,t} & h_{23,t} & h_{24,t} \\ h_{31,t} & h_{32,t} & h_{33,t} & h_{34,t} \\ h_{41,t} & h_{42,t} & h_{43,t} & h_{44,t} \end{pmatrix} C = \begin{pmatrix} c_{11} & c_{12} & c_{13} & c_{14} \\ 0 & c_{22} & c_{23} & c_{24} \\ 0 & 0 & c_{33} & c_{34} \\ 0 & 0 & 0 & c_{44} \end{pmatrix}$$

$$A_i = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} & a_{14} \\ a_{21} & c_{22} & c_{23} & c_{24} \\ a_{31} & a_{32} & c_{33} & c_{34} \\ a_{41} & a_{42} & a_{43} & c_{44} \end{pmatrix} B = \begin{pmatrix} b_{11} & b_{12} & b_{13} & b_{14} \\ b_{21} & b_{22} & b_{23} & b_{24} \\ b_{31} & b_{32} & b_{33} & b_{34} \\ b_{41} & b_{42} & b_{43} & b_{44} \end{pmatrix}$$

方程(6)给出各个市场收益率的条件方差与协方差的影响因素, 条件方差的三个影响因素为滞后时期的市场收益率残差平方项、残差项交叉乘积、残差的条件方差和协方差。 H_t 表示各个市场自身的条件方差, 剩余的表示两个市场之间的条件协方差。 A_i 、 B_i 的主对角元素衡量的是市场的持续波动性, 非主对角线元素衡量不同两个市场的 ARCH 和 GARCH 模型的波动溢出效应。 $a_{11,i}$ 表示市场自身滞后 i 期残差项的平方对本期条件方差的影响程度, $b_{11,i}$ 衡量市场自身滞后 i 期条件方差对本期条件方差的影响程度, 同理其他的元素也是类似含义, 因此不再赘述。

公式(7)为模型的对数似然函数, φ 表示所有要估计的参数, T 为观测值数目, N 为所有估计的变量数目, 本文采用 BHHH 算法[15]估计式(7), BHHH 算法具有较好的统计性质。模型(7)的优点在于能够保证 H_t 的半正定性, H_t 半正定性而对于估计的方差不小于 0 是必要的。

4. 实证分析

4.1. 描述性统计

如下所示表 1 给出变量的描述性统计结果。从均值来看, 国际锰矿现货市场和硅锰期货市场的平均收益为正, 股票市场和工业市场平均收益率为负。四个市场的标准差都比计接近, 硅锰期货市场波动最为剧烈。从峰度和偏度的角度来看, 国际锰矿市场收益率是尖峰左偏的, 其余的三个市场收益率序列都是尖峰右偏的, 这表明所有的收益率序列都不符合正态分布的特征。J-B 统计量的检验值都较大且 p 值接近于 0, 拒绝原假设, 即所有数据都是不服从正态分布的。最后样本中的数据均通过 ADF 检验, 所有的序列都是平稳列。

Table 1. Descriptive statistics

表 1. 描述性统计

变量名	样本量	均值	标准差	偏度	峰度	J-B 检验值
RSM	1016	0.005	1.780	0.108	9.952	2048.130***
RSZ	1016	-0.009	1.037	0.740	8.934	1583.890***
RITS	1016	0.035	1.156	-2.248	55.238	116378.100***
RIDI	1016	-0.048	1.262	0.220	5.072	190.000***

注: *表示在 10%的水平上显著, **表示在 5%的水平上显著, ***表示在 1%的水平上显著。

4.2. VAR(n)最优滞后阶数和模型估计结果

为了确定均值方程 VAR(n)的最优滞后阶数, 根据相应的几种检验法则的结果进行综合判断, 根据徐紫嫣等学者以往的参考文献, 进行最优滞后阶数选择, 如表 2 所示, 计量上一般认为对应的滞后阶数的四个信息准则值越小, 表示模型越优异[16]。AIC 最小值为 12.981, QIC 最小值为 13.054, BIC 最小值为 13.153, FPE 最小值为 5.101, 因此最优滞后阶数为 3 阶, 模型为 VAR(3)模型。对所建立的模型进行 AR 根检验能够检验 VAR 模型的稳定性, 因此对于该序列的特征根进行检验, 结果表明所建立的 VAR 模型的特征方程的单位根全部落在单位圆内, 该模型的估计结果是平稳有效的。

根据信息准则, 建立的均值方程的最优滞后阶数为 3, 对均值方程 VAR(3)进行估计, 估计结果如下

表 3 所示, 表(1)~(4)分别表示硅锰期货市场(*RSM*)、股票市场(*RSZ*)、国际锰矿现货市场(*RITS*)、工业市场(*RIDI*)四个市场的收益率序列的均值方程估计结果。*RSM* 和 *RITS* 受到自身滞后 1 期的显著影响, 说明这两个市场的收益率序列存在自相关性。*RSM* 受到自身滞后 1 阶的显著负向影响, *RSM* 受到 *RITS* 滞后 1~3 期的显著正向影响。表明国际锰矿现货市场价格的变动会引起硅锰期货市场价格出现较大波动。*RSZ* 受到 *RIDI* 滞后 2 阶的正向影响。*RITS* 受到 *RSM*、*RSZ* 滞后 2 阶的负向影响, 受到 *RIDI* 滞后 1~2 期的负向影响, 表明工业市场对国际锰矿市场存在负向影响。*RIDI* 受到 *RSM* 滞后 2 期正向影响。

Table 2. Selection of optimal lag order
表 2. 最优滞后阶数选取

Lag	LL	LR	FPE	AIC	HQIC	SBIC
0	-6628.31		5.940	13.133	13.141	13.153*
1	-6587.05	82.519	5.651	13.083	13.120	13.181
2	-6522.79	128.510	5.136	12.988	13.054*	13.163
3	-6503.34	38.917	5.101*	12.981*	13.077	13.234
4	-6488.62	29.434	5.114	12.934	13.109	13.315
5	-6481.04	15.153	5.200	13.000	13.156	13.409
6	-6467.20	27.685*	5.222	13.004	13.189	13.491

注: *表示在 10%的水平上显著, **表示在 5%的水平上显著, ***表示在 1%的水平上显著。

Table 3. Estimation results of mean equation
表 3. 均值方程估计结果

	(1)	(2)	(3)	(3)
	<i>RSM</i>	<i>RSZ</i>	<i>RITS</i>	<i>RIDI</i>
<i>L.RSM</i>	-0.130***	-0.001	-0.008	-0.023
	[0.032]	[0.019]	[0.020]	[0.023]
<i>L2.RSM</i>	0.000	0.011	-0.0350*	0.152***
	[0.032]	[0.019]	[0.020]	[0.022]
<i>L3.RSM</i>	0.043	-0.010	-0.011	-0.004
	[0.032]	[0.019]	[0.021]	[0.023]
<i>L.RSZ</i>	0.000	0.045	-0.012	-0.026
	[0.058]	[0.034]	[0.037]	[0.041]
<i>L2.RSZ</i>	-0.002	-0.012	-0.0676*	-0.055
	[0.057]	[0.034]	[0.037]	[0.041]
<i>L3.RSZ</i>	-0.089	-0.029	0.016	-0.024
	[0.057]	[0.034]	[0.037]	[0.041]
<i>L.RITS</i>	0.0955*	-0.017	0.158***	-0.010
	[0.049]	[0.029]	[0.031]	[0.035]

续表

L2. <i>RITS</i>	0.184***	0.020	0.164***	0.018
	[0.049]	[0.029]	[0.031]	[0.035]
L3. <i>RITS</i>	0.212***	0.004	0.106***	0.051
	[0.050]	[0.030]	[0.032]	[0.035]
L. <i>RIDI</i>	-0.017	-0.036	0.064**	-0.002
	[0.049]	[0.030]	[0.032]	[0.035]
L2. <i>RIDI</i>	0.051	0.0707**	0.059*	0.049
	[0.048]	[0.029]	[0.031]	[0.034]
L3. <i>RIDI</i>	0.032	0.009	-0.035	0.016
	[0.048]	[0.029]	[0.031]	[0.034]
Constant	-0.007	-0.008	0.024	-0.048
	[0.054]	[0.033]	[0.035]	[0.039]
Observations	1013	1013	1013	1013

注: []表示 standard errors in parentheses, *表示在 10%的水平上显著, **表示在 5%的水平上显著, ***表示在 1%的水平上显著。

4.3. 格兰杰因果检验

对于表 3 的均值溢出效应估计结果, 本文采用格兰杰因果检验(Granger)对四个市场之间的均值溢出效应进行检验。表 4 给出了检验结果, 在硅锰期货市场(*RSM*)为解释变量的方程中, 检验量 *RSZ* 的 *F* 值为 0.043, *P* 值 0.958, 检验量 *RIDI* 的 *F* 值 0.649, *P* 值为 0.523, 因此认为 *RSZ* 不是 *RSM* 的格兰杰原因, *RIDI* 也不是 *RSM* 的格兰杰原因。而检验量 *RITS* 的 *F* 值为 17.722, *P* 值为 0, 表示拒绝原假设, 说明 *RITS* 是 *RSM* 的格兰杰原因, 这与表 3 的结论基本一致, 股票市场和工业市场对国内硅锰期货市场均不存在价格意义上的信息传递关系, 国际锰矿现货市场对硅锰期货市场存在价格意义上的信息传递关系, 国际锰矿现货市场滞后 1~3 期收益率对硅锰期货市场收益率有显著的影响, 存在明显的均值溢出效应。

在股票市场(*RSZ*)为被解释变量的方程中, 根据 *F* 统计值和 *P* 值的结果, 得出 *RSM* 和 *RITS* 不是 *RSZ* 的格兰杰原因, *RIDI* 是 *RSZ* 的格兰杰原因, 这与表 3 的结论基本一致, 表明硅锰期货市场和国际锰矿市场对股票市场不存在价格意义上的信息传递, 不存在均值溢出效应, 工业市场收益率滞后 2 期对股票市场收益率有显著影响, 则两个市场之间存在价格意义上的信息传递关系, 存在均值溢出效应。

在国际锰矿现货市场(*RITS*)为被解释变量的方程中, *RSM* 和 *RSZ* 不是 *RITS* 的格兰杰原因, *RIDI* 是 *RITS* 的格兰杰原因, 说明国内硅锰期货市场和股票市场对国际锰矿现货市场不存在价格意义上的信息传递, 不存在均值溢出效应。工业市场对国际锰矿现货市场存在价格意义上的信息传递, 存在均值溢出效应。

在工业市场(*RIDI*)为被解释变量的方程中, *RSZ* 和 *RITS* 不是 *RIDI* 的格兰杰原因, *RSM* 是 *RIDI* 的格兰杰原因, 这与表 3 的结论基本相一致, 股票市场和国际锰矿现货市场对工业市场不存在价格意义上的信息传递, 不存在均值溢出效应, 硅锰期货市场对工业市场存在价格意义上的信息传递, 存在均值溢出效应。

Table 4. Granger causality test
表 4. 格兰杰因果检验

	原假设	<i>F</i> 统计值	<i>P</i> 值	结论
<i>RSM</i>	<i>RSZ</i> 不是 <i>RSM</i> 的格兰杰成因	0.043	0.958	不能拒绝
	<i>RITS</i> 不是 <i>RSM</i> 的格兰杰成因	17.722	0.000	拒绝
	<i>RIDI</i> 不是 <i>RSM</i> 的格兰杰成因	0.649	0.523	不能拒绝
<i>RSZ</i>	<i>RSM</i> 不是 <i>RSZ</i> 的格兰杰成因	0.742	0.477	不能拒绝
	<i>RITS</i> 不是 <i>RSZ</i> 的格兰杰成因	0.192	0.826	不能拒绝
	<i>RIDI</i> 不是 <i>RSZ</i> 的格兰杰成因	4.457	0.012	拒绝
<i>RITS</i>	<i>RSM</i> 不是 <i>RITS</i> 的格兰杰成因	0.652	0.521	不能拒绝
	<i>RSZ</i> 不是 <i>RITS</i> 的格兰杰成因	0.890	0.411	不能拒绝
	<i>RIDI</i> 不是 <i>RITS</i> 的格兰杰成因	2.522	0.081	拒绝
<i>RIDI</i>	<i>RSM</i> 不是 <i>RIDI</i> 的格兰杰成因	26.023	0.000	拒绝
	<i>RSZ</i> 不是 <i>RIDI</i> 的格兰杰成因	1.557	0.211	不能拒绝
	<i>RITS</i> 不是 <i>RIDI</i> 的格兰杰成因	0.326	0.722	不能拒绝

4.4. 波动方程 BEKK-GARCH 估计结果

表 5 给出 BEKK-GARCH(1, 1)模型的参数估计结果。由模型(6)中 A 矩阵可知, 对角线元素均在 1% 的水平上显著, 表明硅锰期货市场(*RSM*)、股票市场(*RSZ*)、国际锰矿现货(*RITS*)和工业市场(*RIDI*)序列呈现波动聚集的现象, 即大波动跟在大波动后面, 小波动跟在小波动后面; a_{13} 估计结果显著, 表明 *RITS* 对 *RSM* 的 ARCH 效应显著。 a_{31} 估计结果显著, 表示 *RSM* 对 *RITS* 的 ARCH 效应显著。 a_{43} 估计结果显著, 表示 *RITS* 对 *RIDI* 的 ARCH 效应显著。由方差方程模型 B 矩阵可知, 对角线元素参数估计结果均显著, 表明 *RSM*、*RSZ*、*RITS* 和 *RIDI* 序列的条件方差受到自身历史序列条件方差的影响; b_{13} 和 b_{14} 分别在 1% 和 10%的水平上显著, 表明 *RITS* 和 *RIDI* 对 *RSM* 的 GARCH 效应显著, 即 *RITS* 和 *RIDI* 的前期方差对 *RSM* 当期条件方差影响显著; b_{21} 和 b_{31} 分别在 1%的水平上显著, 表明 *RSM* 对 *RSZ* 和 *RITS* 的 GARCH 效应显著, 即 *RSM* 的前期方差对 *RSZ* 和 *RITS* 当期条件方差影响显著; b_{43} 在 1%的水平上显著, 表明 *RITS* 对 *RIDI* 的 GARCH 效应显著, 即 *RITS* 的前期方差对 *RIDI* 当期条件方差影响显著。

Table 5. BEKK-GARCH estimation results
表 5. BEKK-GARCH 估计结果

待估计矩阵	1	2	3	4
C	1	0.726*** [6.479]		
	2	-0.237** [-2.145]	0.437*** [6.378]	
	3	-0.035 [-0.399]	0.221** [2.056]	0.000 [0.456]
	4	0.131 [1.109]	0.276** [2.100]	0.407*** [4.822]
				0.000 [1.7e-11]

续表

A	1	0.267***	-0.008	0.072***	-0.010
		[8.816]	[-0.382]	[3.865]	[-0.462]
	2	-0.123	0.313***	0.012	-0.004
		[-1.447]	[8.464]	[0.207]	[-0.071]
	3	-0.012*	-0.017	0.320***	-0.033
		[-1.795]	[-0.747]	[11.416]	[-0.773]
	4	-0.012	0.020	0.074*	0.274***
		[-0.204]	[0.552]	[1.829]	[6.400]
B	1	0.855***	0.009	-0.057***	-0.036*
		[26.788]	[0.394]	[-3.440]	[-1.748]
	2	0.255***	0.843***	-0.041	0.035
		[3.034]	[20.736]	[-0.678]	[0.580]
	3	0.145***	-0.032	0.190***	0.032
		[3.858]	[-1.542]	[38.592]	[1.203]
	4	-0.037	-0.012	-0.083***	0.884***
		[-0.579]	[-0.344]	[-2.585]	[22.992]

注：[]表示标准差，*表示在 10%的水平上显著，**表示在 5%的水平上显著，***表示在 1%的水平上显著。

4.5. 波动溢出效应结果

表 6 中给出波动溢出效应的检验结果。*RSM* 对 *RSZ* 的波动溢出效应通过 Wald 检验，在 1%的水平上显著拒绝原假设 $a_{12} = b_{12} = 0$ ；*RSZ* 对 *RSM* 的检验未通过 Wald 检验，因此 *RSM* 与 *RSZ* 之间仅存在 *RSM* 对 *RSZ* 的单向波动溢出效应。*RITS* 对 *RSM* 的波动溢出效应通过 Wald 检验，在 1%的水平上显著拒绝原假设 $a_{13} = b_{13} = 0$ ； $a_{13} = b_{13} = 0$ ；*RITS* 与 *RSM* 之间存在双向波动溢出效应。*RSM* 与 *RIDI* 两个市场之间不存在波动溢出效应；*RITS* 与 *RSZ* 两市场之间不存在波动溢出效应；*RIDI* 与 *RSZ* 市场之间不存在波动溢出效应。*RIDI* 对 *RITS* 的波动溢出效应通过 Wald 检验，在 1%的水平上显著拒绝原假设 $a_{43} = b_{43} = 0$ ；*RITS* 对 *RIDI* 的检验未通过 Wald 检验，因此 *RIDI* 与 *RITS* 之间仅存在 *RITS* 对 *RIDI* 的单向波动溢出效应。

Table 6. Volatility spillover effect test

表 6. 波动溢出效应检验

锰硅期货市场与股票市场	RSZ 对 RSM 的检验	RSM 对 RSZ 的检验
	$H_0: a_{12} = b_{12} = 0$	$H_0: a_{21} = b_{21} = 0$
	$\chi^2 = 0.195$	$\chi^2 = 6.300^{***}$
锰硅期货市场与国际锰矿现货市场	RITS 对 RSM 的检验	RSM 对 RITS 的检验
	$H_0: a_{13} = b_{13} = 0$	$H_0: a_{31} = b_{31} = 0$
	$\chi^2 = 14.938^{***}$	$\chi^2 = 8.916^{***}$
锰硅期货市场与工业市场	RIDI 对 RSM 的检验	RSM 对 RIDI 的检验
	$H_0: a_{14} = b_{14} = 0$	$H_0: a_{41} = b_{41} = 0$
	$\chi^2 = 0.486$	$\chi^2 = 0.057$

续表

股票市场与国际锰矿现货市场	<i>RITS</i> 对 <i>RSZ</i> 的检验	<i>RSZ</i> 对 <i>RITS</i> 的检验
	$H_0:a_{23} = b_{23} = 0$	$H_0:a_{32} = b_{32} = 0$
	$\chi^2 = 0.232$	$\chi^2 = 0.160$
股票市场与工业市场	<i>RIDI</i> 对 <i>RSZ</i> 的检验	<i>RSZ</i> 对 <i>RIDI</i> 的检验
	$H_0:a_{24} = b_{24} = 0$	$H_0:a_{42} = b_{42} = 0$
	$\chi^2 = 0.1380$	$\chi^2 = 0.259$
国际锰矿现货市场与工业市场	<i>RIDI</i> 对 <i>RITS</i> 的检验	<i>RITS</i> 对 <i>RIDI</i> 的检验
	$H_0:a_{34} = b_{34} = 0$	$H_0:a_{43} = b_{43} = 0$
	$\chi^2 = 1.019$	$\chi^2 = 5.780^{**}$

注：*表示在 10%的水平上显著，**表示在 5%的水平上显著，***表示在 1%的水平上显著。

5. 主要结论与建议

本文选取了能够代表硅锰期货市场及其他市场价格走势的指标，采用四元 VAR-GARCH-BEKK 模型分析了市场之间的波动溢出效应，主要结论如下：

第一，国际锰矿现货市场对硅锰期货市场存在单向均值溢出效应，并且二者之间存在双向的波动溢出效应，表明国际锰矿现货市场对国内硅锰期货市场存在价格意义上的信息传递关系。进口锰矿的价格变化，对硅锰合金期货价格的影响较大。

第二，硅锰期货市场对工业市场存在均值溢出效应，硅锰期货市场对股票市场存在单向波动溢出效应，工业市场对股票市场和国际锰矿市场存在均值溢出效应；国际锰矿现货市场对工业市场存在单向的波动溢出效应。表示硅锰期货市场对工业市场也存在价格上的信息传递，而工业市场价格变化又会影响股票市场和国际锰矿现货市场的变化，市场之间存在价格发现功能。

针对以上研究结论，本文提出几点对策建议：

第一，加强硅锰期货市场与国内其他相关市场之间的价格联系。虽然在国际市场有一定影响，但国内股票市场和工业市场间的联系还不够紧密，因此，加强市场之间价格联系是必要的。

第二，要时刻关注影响硅锰期现市场的基本因素，努力提高我国硅锰合金战略储备，适时买卖硅锰合金平抑硅锰期货市场价格波动，防范国际现货市场风险传递至我国硅锰期货市场。

参考文献

- [1] 徐国祥, 代吉慧. 中国与国际大宗商品市场价格之间的关联性研究[J]. 统计研究, 2015, 32(6): 81-89.
- [2] Cologni, A. and Manera, M. (2008) Oil Prices, Inflation and Interest Rates in a Structural Cointegrated VAR Model for the G-7 Countries. *Energy Economics*, **30**, 856-888. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2006.11.001>
- [3] 郭晓锋. 我国铁合金市场价格与钢材价格动态关系研究[J]. 价格理论与实践, 2014(9): 87-89.
- [4] 杨光, 张丁漩, 魏云捷. 基于 EMD-BEKK-GARCH 模型的有色金属股票市场波动溢出研究[J]. 管理评论, 2022, 34(12): 39-48.
- [5] 王一鸣, 周泳光. 中国与国际股市波动的时变相关性检验——基于小波分析和 GARCH-Copula 技术[J]. 大连理工大学学报(社会科学版), 2023, 44(5): 46-56.
- [6] Aminu, N. (2019) Energy Prices Volatility and the United Kingdom: Evidence from a Dynamic Stochastic General Equilibrium Model. *Energy*, **172**, 487-497. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2019.01.092>
- [7] 唐旗. 国际铜市场与中国军工股指存在相互波动溢出效应吗?——基于小波变换的实证研究[J]. 中国集体经济, 2021(16): 101-102.
- [8] Cornelis, G. and Hernandez, M.A. (2013) Do Energy Prices Stimulate Food Price Volatility? Examining Volatility

- Transmission between US Oil, Ethanol and Corn Markets. *Energy Economics*, **40**, 119-129.
- [9] 王智茂, 杨森. 国际原油价格与我国商品期货价格的波动溢出效应——基于 TVP-FAVAR-DY 模型的实证研究[J]. 广西社会科学, 2023(7): 150-161.
- [10] 陈宇峰, 朱志韬, 屈放. 国际油价、人民币汇率与国内金价的非对称溢出及动态传导机制——基于三元 VAR-Asymmetric BEKK (DCC)-GARCH (1, 1)模型[J]. 系统科学与数学, 2021, 41(2): 449-465.
- [11] 刘志峰, 张子沄, 戴鹏飞, 等. 碳市场与股票市场间的崩盘风险溢出效应研究: 新冠疫情、投资者情绪与经济政策不确定性[J]. 系统工程理论与实践, 2023, 43(3): 740-754.
- [12] 朱天箭, 马超群. 基于 DCC-MVGARCH 模型的我国大宗商品价格联动关系研究[J]. 金融发展研究, 2016(3): 3-8.
- [13] 郭娜, 王珮瑶, 解娜琳, 等. 国际大宗商品市场对中国金融市场的风险溢出效应研究——基于冲击规模和好坏波动的非对称性分析[J]. 南方经济, 2024(1): 91-106.
- [14] Engle, R.F. and Kroner, K.F. (1995) Multivariate Simultaneous Generalized ARCH. *Econometric Theory*, **11**, 122-150. <https://doi.org/10.1017/s026646660009063>
- [15] Berndt, E.K., Hall, B.H., Hall, R.E and Hausman, J.A. (1974) Estimation and Inference in Nonlinear Structural Models. *Annals of Economic and Social Measurement*, **4**, 653-665.
- [16] 徐紫嫣. 国内旅游消费与人力资本相关性研究——基于 GRA 与 VAR 模型的实证分析[J]. 价格理论与实践, 2022(6): 177-181.