

我国黄金现货、ETF、期货市场动态联动及波动溢出效应

曹 栋, 徐静静, 李汶蔚, 赵 婕

(西安电子科技大学经济与管理学院, 西安 710126)

摘 要 黄金现货、ETF、期货等市场在维护一国经济稳定、增强国家信用、对冲金融市场波动等方面一直发挥着核心作用。最近几年, 黄金价格历经多次剧烈波动。黄金现货、ETF、期货之间观察到了不同步不协同现象, 加大了市场不确定性和风险。本文选取 2015 年至 2021 年黄金现货合约、华安黄金 ETF、黄金期货主力合约每日收盘数据, 探讨黄金现货、ETF、期货市场的动态联动及波动溢出效应。首先, 构建 MS-GARCH 模型, 研究三市场波动及区制转变关系; 然后借助 DCC-GARCH 模型进一步探究三个黄金市场彼此之间的动态联动关系; 最后使用溢出指数模型测度三市场间的波动溢出效应。结果表明: 1) 三市场一体化程度较高。DCC-GARCH 模型表明: 三市场收益率动态相关性绝大部分时间都维持在了 0.9 左右的水平。2) 不同市场之间的动态联动性具有显著区别。DCC-GARCH 模型表明: 黄金现货与期货市场收益率之间的相关系数波动更为剧烈更为频繁。溢出指数模型表明: 黄金现货市场在多数时期呈现为负向净溢出, 绝大部分时间为溢出的接收者, 黄金 ETF、期货市场收益率多数时期为正向溢出, 即绝大部分时间为溢出的传播者。3) 样本期内, 三市场波动溢出具有动态特性。MS-GARCH 模型平滑概率图发现 2019 年后三市场收益率在高、低波动状态的持续时间都较短, 两种状态的交替更加频繁。DCC-GARCH 模型表明三市场收益率相关系数在 2015 年、2018 年后都有显著下降。溢出指数模型表明: 三市场的总溢出指数在 2019 年出现较大波动, 一度下探到 55%; 2019 年对外溢出指数 (TO) 和接收溢出 (FROM) 均出现了显著的下降, 黄金现货市场降幅最大, 分别下降到 43%、50%; 2019 年黄金现货、ETF 市场收益率的净溢出指数波动较大, 也观察到了黄金现货

收稿日期: 2023-03-16

基金项目: 陕西省社会科学基金 (2022YA14); 中央高校基本科研业务费 (KYFZ23008); 西安电子科技大学杭州研究院 2023 年度概念验证基金 (GNYZ2023ZC0503); 西安市社会科学规划基金 (23JX66)

Supported by Social Science Foundation of Shaanxi Province (2022YA14); Fundamental Research Funds for the Central Universities (KYFZ23008); 2023 Proof-of-concept Fund of Hangzhou Research Institute of Xidian University (GNYZ2023ZC0503); Xi'an Social Science Planning Fund Project (23JX66)

作者简介: 曹栋, 博士, 教授, 华山菁英, 研究方向: 高质量发展、金融市场, E-mail: ivycaodong@163.com; 徐静静, 硕士研究生, 研究方向: 黄金市场、金融风险, E-mail: xu446842896@163.com; 李汶蔚, 博士研究生, 研究方向: 数字经济、经济增长, E-mail: 327640361@qq.com; 赵婕, 硕士研究生, 研究方向: 数字经济、区块链, E-mail: 1534575443@qq.com.

到 ETF、现货到期货的净成对溢出指数的大幅波动。

关键词 黄金现货市场; ETF 市场; 期货市场; 动态联动; MS-GARCH 模型; DCC-GARCH 模型; 溢出指数模型

Dynamic Linkage and Volatility Spillover Effect of Gold Spot, ETF and Futures Markets in China

CAO Dong, XU Jingjing, LI Wenwei, ZHAO Jie

(School of Economics and Management, Xidian University, Xi'an 710126, China)

Abstract Gold spot, ETF and futures markets play important roles in maintaining a country's economic stability, enhancing national credit and hedging financial market fluctuations. In recent years, the price of gold has fluctuated greatly, and the phenomenon of unsynchronized and uncoordinated gold spot, ETF and futures has been observed, which has increased market uncertainty and risks. This paper selects the daily closing data of gold spot contracts, Huaan gold ETF and gold futures main contracts from 2015 to 2021 to discuss the dynamic linkage and volatility spillover effects among gold spot, ETF and futures markets. Firstly, the MS-GARCH model is built to study the relationship between price fluctuation and regional system transformation in the three markets. Then through DCC-GARCH model to explore the dynamic linkage between gold futures, spot and ETF markets. Furthermore, the spillover index model is used to measure the volatility spillover effect among the three markets. The results show that: 1) The integration degree of the three markets is high. DCC-GARCH model shows that the dynamic correlations of the three market returns are maintained at about 0.9 for most of the time. 2) There are significant differences in dynamic linkage among different markets. DCC-GARCH model shows that the correlation coefficient between gold spot and futures market returns fluctuates more violently and frequently. Spillover index model shows that the gold spot market presents negative net spillover in most periods and is the receiver of spillover in most periods. While the return rate of gold ETF and futures market is positive spillover in most periods, that is, it is the disseminator of spillover in most periods. 3) During the sample period, the volatility spillovers of the three markets are dynamic. The smoothing probability diagram of MS-GARCH model shows that after 2019, the duration of the three market returns in the high and low volatility states is relatively short, and the alternation of the two states is more frequent. DCC-GARCH model shows that the correlation coefficients of the three markets' returns have decreased significantly after 2015 and 2018. Spillover index model shows that: The total spillover index of the three markets fluctuated greatly in 2019, once dropping to 55%; In 2019, the external spillover index (TO) and the received spillover (FROM) both declined significantly, and the gold spot market fell the most, falling to 43% and 50% respectively; In 2019, the net spillover index of gold spot and ETF market returns fluctuated greatly, and the net paired spillover index of gold spot to ETF and spot

to futures fluctuated greatly.

Keywords gold spot market; ETF market; futures market; dynamic linkage; MS-GARCH model; DCC-GARCH model; spillover index model

1 引言

黄金市场兼具商品、货币及金融等多重属性,是金融市场的重要组成部分,是具有避险特征的特殊金融资产,是投资者资产配置和央行资产储备的重要工具.我国黄金现货、ETF、期货等产品发展迅猛,交易品种丰富多元,满足了投资者多样化的市场需求,拓宽了投资渠道.随着多层次、多类型黄金市场的出现、监管的放松、信息技术的发展,黄金现货、ETF以及期货市场之间联动效应加剧,波动在不同黄金市场和不同的黄金产品之间传递,单个市场波动变化会迅速扩散到其他市场,带来市场间的协同运动.理论上来说,市场间的联动应该是双向的和对等的.但由于市场中交易成本、交易限制、流动性、杠杆率等的差异,导致信息在市场之间传递呈现不对等和单向传递的特征,黄金现货、ETF、期货市场间出现动态联动以及波动溢出效应.在实际运行时,一些重要市场指标如价格、交易量、收益率等观察到较大的不同步和不协同现象.譬如:2021年,上海黄金交易所黄金累计成交量(双边)较去年同期下降了40.62%,为3.48万吨,成交额(双边)同比下降41.99%,为13.08万亿元;上海期货交易所全部黄金累计成交量(双边)同比下降11.33%,为9.71万吨,成交额(双边)同比下降17.54%,为34.19万亿元;年末我国黄金ETF总持仓量为75.3吨,创历史最高.

当前国内外学者对黄金市场联动以及波动溢出问题的研究主要集中在分析黄金市场和其他金融子市场之间的关系,也有学者对黄金市场内部的动态联动性展开研究.从黄金市场与各金融市场之间的联动来看,其与证券市场、外汇市场以及大宗商品市场之间存在紧密联系.黄金价格的变动对各金融市场的稳定性产生影响(高丽珺等(2022),邹子昂(2018),范为和房四海(2012),梁超等(2022)),并影响国家的宏观经济政策(Gao et al. (2020)).黄金市场与股票市场之间保持着负向的相关性(杨柳勇和史震涛(2004),杨亚娟等(2021),Pamela(2022),余湄和高茜(2014),闻岳春等(2015),Elgammal et al. (2021)),对股票市场的避险功能也存在着显著的差异(Gurgun et al. (2021),尹力博和柳依依(2015),Chen and Wang(2019),谭德凯和田利辉(2022)).其次,黄金市场与外汇市场之间存在着显著的波动溢出关系(潘婉彬和熊欣慰(2017)),具备避险属性(Beckmann(2015),Belasen and Demirer(2019)),而金价的变动会加剧汇率冲击所带来的风险(谢攀等(2021)).林娟等(2021)研究发现上海现货黄金能有效对冲人民币兑欧元、英镑以及澳元的汇率风险,具有“避风港”的作用.美元曾与黄金挂钩,且国际上多数黄金期货及现货合约均以美元计价,美元与黄金市场之间存在着较高的负向动态相关性(王文杰和部慧等(2009),Mo et al. (2018),Reboredo(2013)),美元指数是黄金期货价格的决定因素之一(冯辉和张蜀林(2012)),黄金对冲美元汇率风险存在阶段性差异(杨楠和方茜(2013)).作为一国重要的战略储备资产(徐荟竹等(2013)),石油市场与黄金市场之间的关系也是研究重点(余湄和何泓谷(2013),戴志锋等(2022)),原油价格通过资产配置、汇率等渠道影响黄金价格(刘炳越等(2018),陈宇峰等(2021)),黄金市场和石油市场在常态下保持着动态相关关系(徐照宜等(2019),董杰(2012)),在受到外部冲击时,两个市场的相关性加深(缪程程和周勇(2018),Wei et al. (2022)).另外,黄金与白银、铜等

贵金属之间均具有不同程度的波动溢出效应以及多种形式的联动性 (Lau et al. (2017), 刘超等 (2017), Chen and Xu (2019)).

对于黄金市场内部的联动及波动溢出问题, 当前研究主要针对联动机制的产生原因以及跨国市场之间的联动性. 市场开放 (Xu and Zhang (2018), Yang et al. (2020))、连续交易制度 (傅强等 (2017)) 等因素对黄金市场的价格发现功能具有重要的影响, 相较伦敦市场, 上海黄金市场在有效性与价格发现能力上稍显不足 (肖倬和郭彦峰 (2008)), 徐雪和罗克 (2014) 研究发现我国黄金期货价格对黄金现货价格的影响较弱且不具备价格发现能力. Nargunam and Anuradha (2017) 对印度黄金 ETF 市场的有效性进行了研究, 发现印度黄金 ETF 市场信息不对称的现象改变其价格形成导致印度黄金 ETF 市场价格发现效率的降低. 通过对比多个国家黄金市场之间的相关性或价格发现能力, 研究发现纽约黄金市场或伦敦黄金市场在国际市场上占据主动地位, 对其他市场的影响更大 (Jena et al. (2018), Lin (2018), Martin et al. (2016)). 王聪与焦瑾璞 (2019) 研究表明, 外部冲击在一般市场条件下对市场间的联动关系影响较小, 其内部稳定性更强. 中、日、美三国黄金期货市场具有明显的双向联动关系, 中日两国黄金市场在受到外部冲击时, 更具有稳定性. Chang et al. (2013) 发现纽约市场在五个国家和地区的黄金价格联动中居于主导地位, 上海黄金现货市场与伦敦黄金现货市场之间存在着交互相关关系 (刘潘婷和王宏勇 (2022)). 魏宇等 (2010) 发现我国黄金现货市场的波动具有聚集性但并不具备显著的杠杆效应. Xie and Zhu (2021) 研究发现中国黄金期货市场现货价格波动的稳定效应较弱.

综上, 国内外学者在对黄金市场与其他主要金融市场以及国内外各主要黄金市场之间的联动和溢出效应都展开了较为深入的研究. 现有文献大多只涉及黄金现货与期货市场, 针对黄金 ETF 市场的研究较少 (Cheng et al. (2018), Rajit et al. (2020), Leung and Ward (2015)). 本文通过构建适合我国黄金现货、ETF、期货市场的 MS-GARCH、DCC-GARCH 以及溢出指数模型等, 深入分析三市场内部的动态联动关系以及波动溢出, 是构建包含黄金大类资产投资组合, 作为资产配置的对冲工具的前提, 对资本市场投资组合和风险管理理论的有益补充. 针对我国黄金现货、ETF、期货市场之间的不同步不协同现象, 明确市场动态联动及波动溢出效应, 对防范化解金融风险、发挥黄金市场的避险功能以及加强宏观审慎监管等也具有重要的现实意义.

全文遵循如下结构展开: 第一部分是引言. 第二部分为数据说明. 在第三部分, 首先利用两状态的 MS-GARCH 模型对收益率的波动及所处状态进行建模识别, 比较三市场在收益率波动持续特性; 然后借助 DCC-GARCH 模型进一步探究三个黄金市场彼此之间的动态联动关系; 最后, 使用溢出指数模型对三个市场之间的波动溢出及溢出特征进行度量. 第四部分是结论与政策建议.

2 数据说明

本文选择华安黄金 ETF (代码: 518880.SH) 作为黄金 ETF 市场代表, 因为它是国内最早成立的黄金 ETF 之一, 也是沪深证券交易所内规模最大、成交最活跃的黄金 ETF. 黄金现货采用黄金现货合约 (代码: AU9999). 黄金期货采用上海期货交易所挂盘交易的黄金期货主力合约 (代码: AU). 选取 2015 年至 2021 年黄金现货、ETF、期货每日收盘价, 获得序列

ETF、S、F, 数据均来源 WIND 数据库. 由于黄金 ETF、现货和期货的交易时段有所不同, 选取三个价格序列在共同交易时段的 1705 条非空数据, 对黄金 ETF 的原始数据乘以 100, 保持与期货和现货的量纲统一. 为消除原始时间序列的异方差性, 对其做对数化处理, 得到序列 $\ln s$, $\ln etf$, $\ln f$, 之后进行一阶差分, 得到收益率序列 RS , $RETF$, RF .

$$RS_t = \ln(S_t) - \ln(S_{t-1}), \quad (1)$$

$$RETF_t = \ln(100ETF_t) - \ln(100ETF_{t-1}), \quad (2)$$

$$RF_t = \ln(F_t) - \ln(F_{t-1}). \quad (3)$$

从序列走势图 (图 1) 可知, 2015 年 - 2021 年黄金现货、ETF、期货市场价格上升, 尤其是 2019 年下半年后出现大幅上涨, 2020 年逐渐回落. 描述性统计分析 (表 1) 可以看出黄金现货、ETF 和期货收益率均值较小; 黄金现货、ETF、期货市场收益率的标准差依次增加, 说明三个市场的波动逐渐加大; 从峰度值来看, 三个序列峰度均大于 3, 表明三者收益率序列分布呈尖峰态, JB 统计量显示其不满足正态分布. 表 2 的 ARCH-LM 检验结果显示三个收益率残差序列具有明显的 ARCH 效应, 且 ADF 检验在 1% 的显著性水平下拒绝原假设, 表明三个序列均为平稳序列.

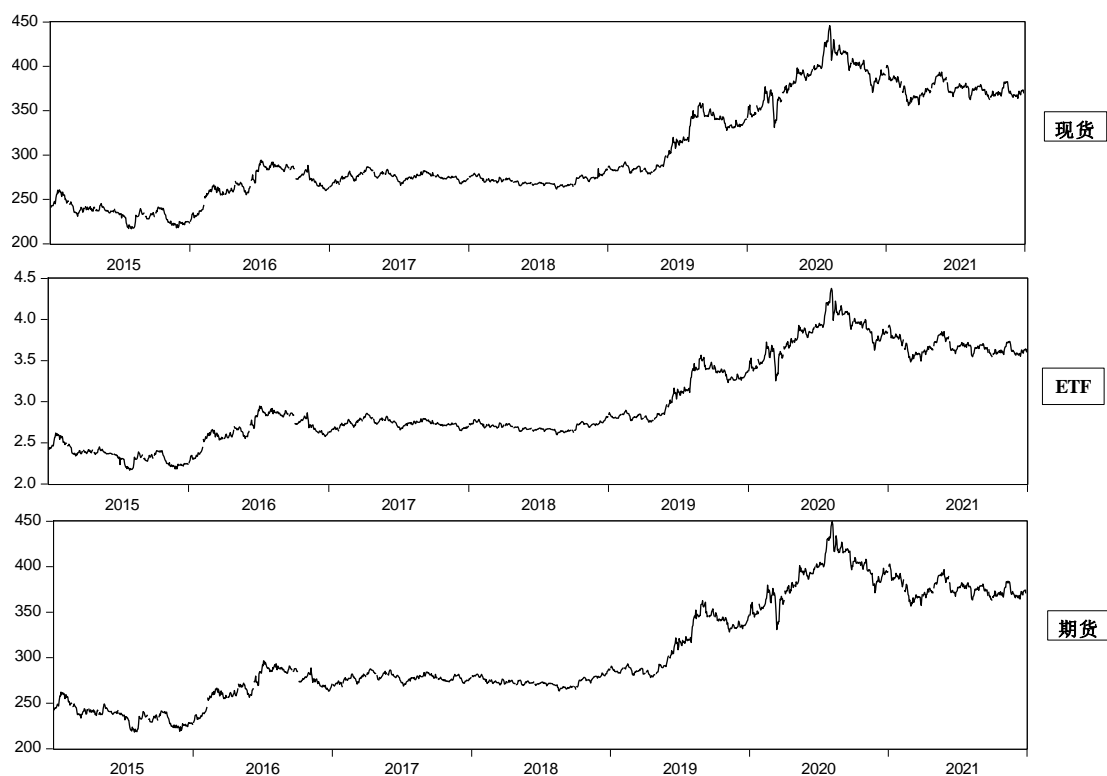


图 1 黄金价格序列走势图

表 1 描述性统计结果

| | RS | RETF | RF |
|---------|-------------|-------------|-------------|
| 均值 | 0.000259 | 0.000242 | 0.000256 |
| 中值 | 0.000163 | 0.000351 | 0.000195 |
| 最大值 | 0.050333 | 0.054241 | 0.053990 |
| 最小值 | -0.061925 | -0.064084 | -0.048088 |
| 标准差 | 0.008139 | 0.008306 | 0.008477 |
| 偏度 | -0.047429 | -0.129772 | 0.058998 |
| 峰度 | 8.652224 | 9.132714 | 7.316056 |
| J-B 统计量 | 2268.921*** | 2675.105*** | 1323.601*** |

注: *, **, *** 分别表示 10%、5% 和 1% 的显著性水平。

表 2 平稳性及 ARCH 效应检验结果

| 变量 | ADF 统计量 | P 值 | LM 统计量 | P 值 |
|------|--------------|--------|-------------|--------|
| RS | -40.97397*** | 0.0000 | 46.23112*** | 0.0000 |
| RETF | -41.07116*** | 0.0000 | 46.87962*** | 0.0000 |
| RF | -41.11575*** | 0.0000 | 37.63429*** | 0.0000 |

注: *, **, *** 分别表示 10%、5% 和 1% 的显著性水平。

3 模型构建及结果分析

本节首先构建 MS-GARCH 模型, 将市场波动进行区制划分, 探究黄金现货、ETF 及期货市场在不同区制状态下的市场波动特点及区制转变关系; 接着构建 DCC-GARCH 模型对三者的动态联动关系进行深入研究, 分析市场之间潜在的相关关系; 进一步地使用溢出指数模型对三个市场之间的溢出效应及溢出特征进行度量, 深入探讨我国黄金市场内部的动态关系。

3.1 基于 MS-GARCH 模型的黄金市场波动分析

传统 GARCH 模型仅考虑了波动状态, 并未考虑到时间序列的结构性变化造成的状态改变。Markov 状态转换模型 (高国华和潘英丽 (2013), 林文达 (2017), 缪程程和周勇 (2018)), 当时间序列状态发生转换时, 模型参数将随之变化。这种状态转换在 Markov 状态转换模型中被称为状态变量, 遵循一个马尔可夫链。MS-GARCH 模型将波动性与结构转换结合, 波动方程满足异方差特性, 变量的状态转换服从马尔可夫过程。本文构建如下形式的 MS-GARCH 模型, 更精准地刻画黄金市场在不同的区制状态下所呈现的市场波动特点以及区制转换概率:

$$r_t = \mu_t + \varepsilon_t, \quad (4)$$

$$\varepsilon_t = \mu_t h_t, \quad (5)$$

$$h_t^2 = a_{0,S_t} + \sum_{i=1}^p a_{i,S_t} \varepsilon_{t-i}^2 + \sum_{i=1}^q \beta_{i,S_t} h_{t-i,S_t}^2, \quad (6)$$

其中: r_t 为收益率, h_t^2 为条件方差, μ_t 表示 t 时刻所处状态下的序列均值, ε_t 为残差序列, μ_t 服从独立正态分布. S_t 的取值为 $\{1, 2, \dots, k\}$. 当状态变量 S_t 取值为 1 和 2, 分别代表收益率序列处于低、高两种波动状态. 其转换概率矩阵为:

$$P = \begin{pmatrix} S_t = 1 | S_{t-1} = 1 & S_t = 1 | S_{t-1} = 2 \\ S_t = 2 | S_{t-1} = 1 & S_t = 2 | S_{t-1} = 2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} P_{11} & P_{21} \\ P_{12} & P_{22} \end{pmatrix}, \quad (7)$$

其中, $P_i = (P_{ii}, P_{ij})$ 表示状态 i 转换为其他状态的转换概率, P_{ii} 的值越大表明维持在 i 状态的概率越大, 说明市场在此状态下具有较强的持续性, 即长记忆性; P_{ij} 的值越大, 说明状态发生转变的概率较大, 即短记忆性.

对三个收益率序列 RS、RETF、RF 分别构建 MS-GARCH 模型, 分析三个市场在不同区制下的波动规律. 采用极大似然估计方法, 估计结果见表 3, 模型将黄金现货、ETF、期货市场收益率分成低波动率区制 ($s_t = 1$) 和高波动率区制 ($s_t = 2$) 两个区制, 所有参数均显著.

在高、低两种状态下, 固定系数 α_0 的值都较小, h_t 的大小由 $\alpha_1 + \beta_1 (s_t = 1, s_t = 2)$ 决定, $\alpha_1 + \beta_1$ 的值反映了收益率波动的持续性, 两种状态下的持续概率较高, 收益率的高波动或者低波动会延续较长时间. 在低波动状态, 黄金现货、ETF 及期货市场的区制持续概率分别为 99.47%、99.10% 和 99.49%, 在高波动状态, 三个市场的区制持续概率分别为 81.58%、72.68% 和 87.12%. 另外, 概率转移矩阵报告显示: 黄金现货、ETF、期货市场维持在高低区制状态的概率 (P_{ii}) 分别为 (0.9970, 0.9969)、(0.9115, 0.9887)、(0.9989, 0.9977); 发生高波动到低波动以及低波动到高波动状态转换的概率 (P_{ij}) 较小, 分别为 (0.0030, 0.0031)、(0.0885, 0.0113)、(0.0011, 0.0023). 这说明三市场在高或低波动状态下均具有很强的持续性, 即“长记忆性”, 发生高低状态转换的概率比较小.

从平滑概率图 (图 2~4) 可以看出: 2016 年、2019 年到 2020 年三个市场在高低状态的

表 3 MS-GARCH(1,1) 参数估计结果

| 参数 | RS | RETF | RF |
|--------------------------------|-------------|-------------|-------------|
| $\alpha_0 (s_t = 1)$ | 0.0000*** | 0.0000*** | 0.0000*** |
| $\alpha_1 (s_t = 1)$ | 0.0064*** | 0.0128*** | 0.0047*** |
| $\beta_1 (s_t = 1)$ | 0.9883*** | 0.9782*** | 0.9902*** |
| $\alpha_1 + \beta_1 (s_t = 1)$ | 0.9947 | 0.9910 | 0.9949 |
| $\alpha_0 (s_t = 2)$ | 0.0000*** | 0.0001*** | 0.0000*** |
| $\alpha_1 (s_t = 2)$ | 0.1154*** | 0.0006*** | 0.0807*** |
| $\beta_1 (s_t = 2)$ | 0.7004*** | 0.7262*** | 0.7905*** |
| $\alpha_1 + \beta_1 (s_t = 2)$ | 0.8158 | 0.7268 | 0.8712 |
| P_{11} | 0.9969 | 0.9887 | 0.9977 |
| P_{21} | 0.0030 | 0.0885 | 0.0011 |
| P_{12} | 0.0031 | 0.0113 | 0.0023 |
| P_{22} | 0.9970 | 0.9115 | 0.9989 |
| LL | 6027.1959 | 5995.3595 | 5933.3846 |
| AIC | -12036.3919 | -11972.7189 | -11848.7693 |

注: *, **, *** 分别表示 10%、5% 和 1% 的显著性水平.

持续时间较短, 两种状态的交替更加频繁, 在高波动状态出现的次数明显增加, 三市场收益率不确定性增加。这可能是因为: 2016 年全球市场出现较大变动, 英国脱欧、美国大选竞争等带来的政治风险, 加之全球股市普遍走弱, 经济及政策环境发生变化, 国内通胀上升, 加大了黄金的避险需求, 导致黄金价格上涨, 市场波动增加; 2019 年底至 2020 年初, 世界范围内爆发新冠疫情, 使得全球经济动荡加剧, 黄金避险功能不断强化, 金价出现大幅度上涨, 国内黄金市场波动剧烈。

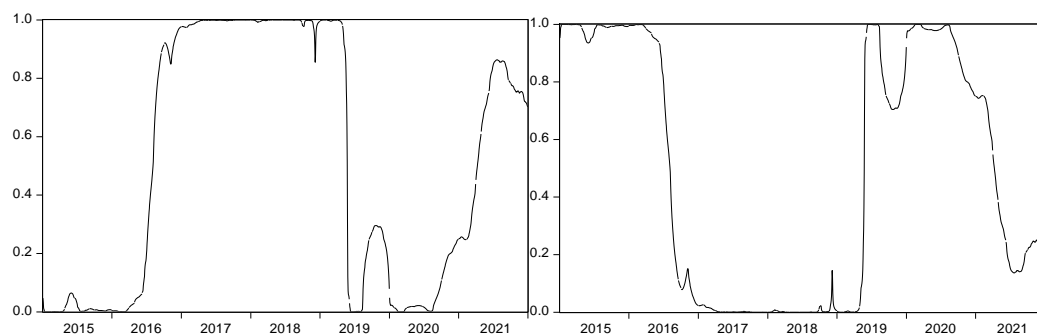


图 2 现货市场在低波动 (左)、高波动 (右) 状态平滑概率图

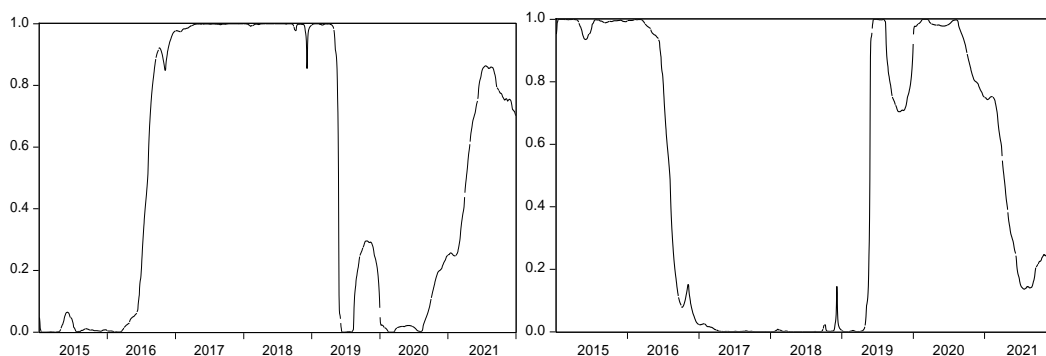


图 3 ETF 市场在低波动 (左)、高波动 (右) 状态平滑概率图

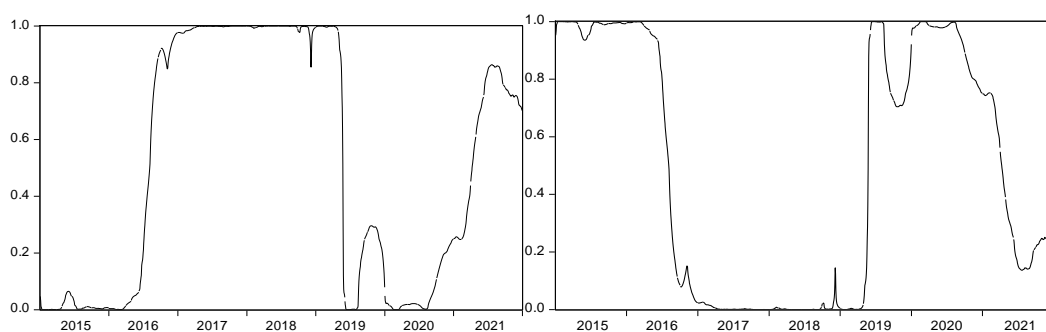


图 4 期货市场在低波动 (左)、高波动 (右) 状态平滑概率图

3.2 基于 DCC-GARCH 模型的动态相关性分析

DCC-GARCH 模型 (Engle, Sheppard, 2001) 能够描绘市场之间的动态相关关系, 溢出指数模型量化了市场之间的波动溢出大小, 能够更好掌握市场间的联动效应. 假定时间序列的波动相关性跟前期波动大小相关, 可以观察不同市场之间的波动相关性, 并对其相关系数进行估计 (李红权 and 何敏园 (2017), 巩建英等 (2021)). 本文构建如下形式的 DCC-GARCH 模型测度黄金现货、ETF、期货市场之间的动态联动关系, 均值方程为:

$$\begin{cases} \text{RS}_t = \mu_{1t} + \varepsilon_t, \\ \text{RETF}_t = \mu_{2t} + \varepsilon_t, \\ \text{RF}_t = \mu_{3t} + \varepsilon_t. \end{cases} \quad (8)$$

其中, $\mu_t = \{\mu_{1t}, \dots, \mu_{3t}\}$ 是均值向量; ε_t 是随机误差序列, 服从期望值为 0 的有条件的多元正态分布.

$$\mu_t = E(r_t | \varphi_{t-1}) = E_{t-1}(r_t). \quad (9)$$

r_t 是残差列向量; φ_t 是 t 期前的数据集合.

H_t 为时变条件协方差矩阵:

$$H_t = \begin{bmatrix} h_{11,t} & h_{12,t} & h_{13,t} \\ h_{21,t} & h_{22,t} & h_{23,t} \\ h_{31,t} & h_{32,t} & h_{33,t} \end{bmatrix} = D_t R_t D_t. \quad (10)$$

$D_t = \text{diag}(\sigma_{1,t}, \dots, \sigma_{n,t})$ 是条件标准差元素的对角矩阵; $R_t = \text{diag } Q_t^{-1/2} Q_t \text{diag } Q_t^{-1/2}$ 是动态相关系数矩阵: $\text{diag } Q_t^{-1/2} = \begin{bmatrix} 1/\sqrt{q_{11,t}} & & \\ & 1/\sqrt{q_{22,t}} & \\ & & 1/\sqrt{q_{33,t}} \end{bmatrix}$, $y_t = D_t^{-1} \varepsilon_t$, y_t 是通过 D_t 进行标准化的残差.

$$Q_t = q_{ij,t} = (1 - \alpha + \beta) \bar{Q} + \alpha (\varepsilon_{t-1} \varepsilon'_{t-1}) + \beta Q_{t-1}. \quad (11)$$

$\bar{Q} = E(\varepsilon_{t-1} \varepsilon'_{t-1})$, 其中: \bar{Q} 是标准化残差的无条件方差矩阵, 且满足:

$$\bar{Q} = \begin{bmatrix} q_{11,t} & q_{12,t} & q_{13,t} \\ q_{21,t} & q_{22,t} & q_{23,t} \\ q_{31,t} & q_{32,t} & q_{33,t} \end{bmatrix}. \quad (12)$$

根据表 4 的估计结果可以看出, 各参数在 1% 的显著性水平下显著不为 0. 1) α 表示市场间收益率的动态相关系数受到前期相关系数的影响: 从模型结果来看, 三市场收益率的相关系数受前期影响都较小, 黄金现货与 ETF、现货与期货、期货与 ETF 市场的动态相关系数受前期影响分别为 7.3044%、6.1622%、12.8784%. 2) β 表示市场间收益率相关性的持续性: 黄金现货、ETF、期货市场收益率相关状态持续性都比较大, 分别为 91.1803%、

表4 DCC-GARCH 模型估计结果

| 参数 | RS-RETF | RS-RF | RF-RETF |
|------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| α | 0.073044*** (0.0000) | 0.061622*** (0.0000) | 0.128784*** (0.0000) |
| β | 0.911803*** (0.0000) | 0.909464*** (0.0000) | 0.866043*** (0.0000) |
| $\alpha + \beta$ | 0.984847 | 0.971086 | 0.994827 |

注: *, **, *** 分别表示 10%、5% 和 1% 的显著性水平。

90.9464%、86.6043%。3) 另外, 模型估计结果满足 $\alpha < \beta$, 即当期动态条件异方差受前期标准化残差的影响较小, 受到前期的动态条件异方差影响较大, 说明相关性变动有较强持续性特征。4) $\alpha + \beta < 1$, 说明模型是稳定的, 同时 $\alpha + \beta$ 的值接近 1, 表明三个市场收益率波动受前期影响较大, 持续时间长且存在有效的动态相关关系。

DCC-GARCH 模型的动态相关系数图 (见图 5), 可以看出: 1) 在样本区间, 黄金现货、ETF 与期货市场的收益率动态相关性绝大部分时间都维持在 0.9 左右的高位, 说明市场间一体化程度较高。2) 与其他市场间相关系数的波动相比, 黄金现货与期货市场收益率的波动关系表现地更为剧烈与频繁, 说明二者之间的相关性并不稳定。3) 从相关系数的演变趋势可以发现三个市场之间的相关系数在 2015 年、2018 年后基本都有显著下降, 说明该时期黄金现货、ETF、期货市场之间的相关程度下降。而在 2016 年、2019 年后出明显的上升态势, 说明在样本期间内, 黄金现货、ETF、期货市场之间的相关程度不断增强。这可能与当时宏观经济形势、地缘政治事件以及疫情等冲击有关。一般来说, ETF 和现货走势高度一致, 而期货是对现货未来的预测, 所以两者走势有差异。但相较于黄金现货与 ETF、黄金期货与 ETF 市场的相关系数, 黄金现货与期货市场的相关系数并未在 2015 年出现显著下降。这可能是由于 2015 年美联储持续加息、英国脱欧、希腊危机等一系列重大事件的冲击, 加大了政治风险, 引发市场恐慌, 导致黄金市场剧烈波动, 加大了市场间联动的不协调不同步。具体来说, 可能是由于各市场在交易机制上具有较大差异, 譬如, 期货市场交易具有较大的杠杆, 而 ETF 的交易则无须保证金; 入市门槛不同, 期货入市门槛最高; ETF 可以长期持有且没有到期日, 而期货有明确的到期日。

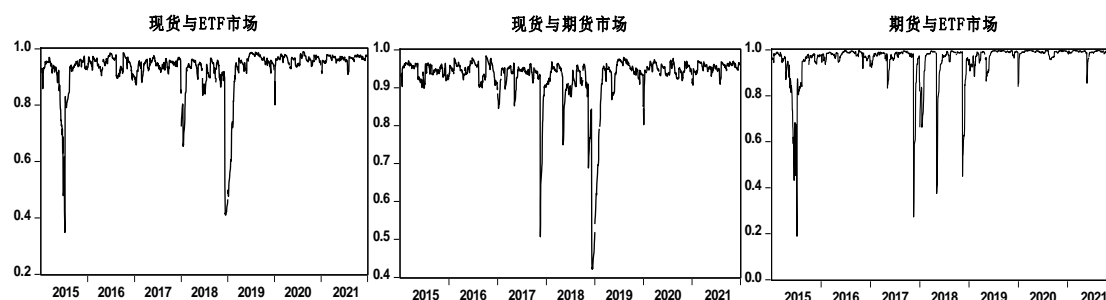


图5 现货、ETF及期货市场动态相关系数图

3.3 基于溢出指数模型的溢出效应分析

溢出指数模型 (Diebold and Yilmaz (2012)) 使用 Cholesky 因式分解方法计算每个交叉变量误差的方差在总预测误差方差中的比例来衡量溢出指数的大小, 改进了量化溢出效应, 可以用来度量金融市场溢出效应. 该模型在研究市场联动方面具有广泛应用 (李红权等 (2020)). 本文针对黄金现货、ETF 和期货市场, 构建溢出指数模型. 首先, 建立 P 阶的 N 维 VAR 模型:

$$\mathbf{R}_t = \sum_{i=1}^p \phi_i \mathbf{R}_{t-i} + \varepsilon_t. \quad (13)$$

其中, $\mathbf{R}_t = (\mathbf{RS}_{1,t}, \mathbf{RETF}_{2,t}, \mathbf{RF}_{3,t})'$ 是三个内生变量矩阵. ε_t 是 N 维扰动项向量, 且满足独立同分布, Σ 是协方差矩阵, 即 $\varepsilon_t \sim (0, \Sigma)$.

当 VAR 系统中协方差平稳时, (13) 式的移动平均形式为:

$$\mathbf{R}_t = \sum_{i=1}^{\infty} \mathbf{A}_i \varepsilon_{t-i}. \quad (14)$$

系数矩阵 \mathbf{A}_i 为 $N \times N$ 维的单位阵, 当 $i < 0$ 时, $\mathbf{A}_i = 0$; 当 $i > 0$ 时, 具有如下的递归形式:

$$\mathbf{A}_i = \phi_1 \mathbf{A}_{i-1} + \phi_2 \mathbf{A}_{i-2} + \cdots + \phi_p \mathbf{A}_{i-p}. \quad (15)$$

$\theta_{ij}^g(H)$ 为向前 H 步的预测误差方差分解, 其表示量 x_j 对 x_i 的前 H 步预测误差的方差的贡献比例:

$$\theta_{ij}^g(H) = \frac{\sigma_{jj}^{-1} \sum_{h=0}^{H-1} (e_{i'} \mathbf{A}_h \sum e_j)^2}{\sum_{h=0}^{H-1} (e_{i'} \mathbf{A}_h \sum \mathbf{A}_{h'} e_i)^2}. \quad (16)$$

式中 e_i 是一个 $N \times 1$ 的列向量, 其中第 i 个元素为 1, 其余元素均为零. σ_{jj} 是第 j 个变量的预测误差的标准差. 由于没有正交化处理, 广义预测误差方差分解方法中预测误差方差的贡献比例之和不一定等于 1, 即 $\sum_{j=1}^N \theta_{ij}^g(H) \neq 1$. 进行标准化处理:

$$\tilde{\theta}_{ij}^g(H) = \frac{\theta_{ij}^g(H)}{\sum_{j=1}^N \theta_{ij}^g(H)}. \quad (17)$$

由 (17) 式可知, $\sum_{j=1}^N \tilde{\theta}_{ij}^g(H) = 1$ 和 $\sum_{i,j=1}^N \tilde{\theta}_{ij}^g(H) = N$.

使用总溢出指数、方向性溢出指数、净溢出指数、净成对溢出指数来测度市场的溢出效应. 其中总溢出指数:

$$S^g(H) = \frac{\sum_{i,j=1, i \neq j}^N \tilde{\theta}_{ij}^g(H)}{\sum_{i,j=1}^N \tilde{\theta}_{ij}^g(H)} \cdot 100 = \frac{\sum_{i,j=1, i \neq j}^N \tilde{\theta}_{ij}^g(H)}{N} \cdot 100 \quad (18)$$

是系统内各变量之间相互影响下最终的总体溢出情况. 方向性溢出指数 (To 和 From):

$$S_{\cdot i}^g(H) = \frac{\sum_{j=1, i \neq j}^N \tilde{\theta}_{ji}^g(H)}{\sum_{i,j=1}^N \tilde{\theta}_{ji}^g(H)} \cdot 100 = \frac{\sum_{j=1, i \neq j}^N \tilde{\theta}_{ji}^g(H)}{N} \cdot 100, \quad (19)$$

$$S_{i \cdot}^g(H) = \frac{\sum_{j=1, i \neq j}^N \tilde{\theta}_{ij}^g(H)}{\sum_{i,j=1}^N \tilde{\theta}_{ij}^g(H)} \cdot 100 = \frac{\sum_{j=1, i \neq j}^N \tilde{\theta}_{ij}^g(H)}{N} \cdot 100, \quad (20)$$

其中 $S_{\cdot i}^g(H)$ 是市场 i 对系统内所有其他市场的方向溢出量 (To), $S_{i \cdot}^g(H)$ 是市场 i 从所有其他市场接收的方向溢出量 (From). 净溢出指数:

$$S_i^g(H) = S_{\cdot i}^g(H) - S_{i \cdot}^g(H). \quad (21)$$

分析某个市场 i 是否是其他所有市场信息冲击的接收者或者传播者, 并对净溢出进行度量. 净成对溢出指数:

$$S_{ij}^g(H) = \left(\frac{\tilde{\theta}_{ji}^g(H)}{\sum_{i,k=1}^N \tilde{\theta}_{ik}^g(H)} - \frac{\tilde{\theta}_{ij}^g(H)}{\sum_{j,k=1}^N \tilde{\theta}_{ik}^g(H)} \right) = \left(\frac{\tilde{\theta}_{ji}^g(H) - \tilde{\theta}_{ij}^g(H)}{N} \right) \cdot 100. \quad (22)$$

判断两个市场之间的波动净溢出效应.

3.3.1 静态溢出效应分析

根据 AIC 等准则使用滞后 2 阶, 向前预测步长为 10 的 VAR 模型估计溢出指数. 从表 5 中可以看出: 1) 总溢出指数表明在整个系统 65.01% 的变动可以由黄金现货、ETF、期货市场收益率之间的相互作用解释, 市场整体联动水平较高. 2) 黄金现货、ETF、期货市场收益率的方向性溢出指数十分相近, 其中方向性溢出指数 (To) 分别为 0.6424、0.6529、0.6549, 方向性溢出指数 (From) 分别为 0.6479、0.6508、0.6514. 3) 黄金现货、ETF、期货市场收益率的净溢出指数分别为 -0.56、0.21、0.35. 这说明: 黄金期货与 ETF 市场为正向净溢出, 是风险溢出的传递者, 而现货市场净溢出指数为负, 是风险溢出的接收者; 黄金期货市场的净溢出效应最高, 其次是 ETF 市场, 现货市场净溢出指数最低, 黄金期货具有最强的价格发现作用, 其价格变动的幅度和方向对现货和 ETF 市场具有重要传导作用. 4) 三个市场收益率净成对溢出指数十分接近, 都在 32%~33% 之间, 表明溢出是双向的, 市场收益率的波动溢出存在对称性特征.

3.3.2 动态溢出效应分析

为了全面捕捉市场中可能存在的重要波动, 选择滚动窗口来分析市场波动动态特征. 本文参考 Diebold and Yilmaz (2012), 谭小芬等 (2018), 朱学红等 (2023), 选择窗宽 = 200 作为本文的研究窗宽, 分析黄金现货、ETF、期货市场收益率的动态溢出效应. 发现动态溢出效应和前述静态溢出效应结果基本保持一致. 从图 6 可知: 样本期内, 市场总体溢出指数基本维持在 65% 左右, 2019 年到 2020 年出现较大波动, 一度下探到 55% 附近, 说明三市场收益率存在着显著的动态溢出效应. 这可能是由于, 2018 年以来, 在美元升值、美中之间的贸易冲突加剧以及新兴市场的动荡背景下, 黄金价格低迷, 国内黄金市场溢出效应放缓. 2019

表 5 溢出指数表

| 市场 | S | ETF | F | FROM others |
|-----------|-------|-------|-------|-------------|
| S | 35.21 | 32.32 | 32.48 | 64.79 |
| ETF | 32.06 | 34.92 | 33.02 | 65.08 |
| F | 32.18 | 32.97 | 34.86 | 65.14 |
| TO others | 64.24 | 65.29 | 65.49 | 195.02 |
| NET | -0.56 | 0.21 | 0.35 | 65.01 |

注: 表中左上部分 3×3 矩阵中, 对角线上的数据代表此市场的预测方差来自自身冲击所占比例; 对于非对角线上的数据来说, 每行数据代表受到其他市场的溢出效应, 每列数据代表该市场对其他市场的作用程度. From Others 列为方向性溢出指数 $S_i^g(H)$, 表示某个市场接收到其他市场的信息溢出. To Others 行为方向性溢出指数 $S_i^g(H)$, 表示某个市场对其他所有市场的信息溢出. Net 行为净溢出指数 $S_i^g(H)$, 表示各市场的信息净溢出, 表中右下方数据为整个系统的总体溢出指数 $S^g(H)$.

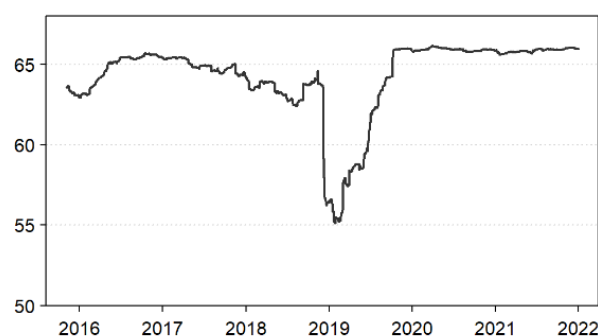


图 6 滚动窗口下的动态溢出指数

年全球经济面临下行压力, 加之地缘政治以及新冠疫情暴发等重大事件的综合影响, 全球避险情绪高涨, 推动黄金市场价格上涨, 国内黄金市场溢出效应显著增强.

图 7 和图 8 是黄金现货、ETF、期货市场收益率动态方向性波动溢出指数, 包括对外溢出指数 (TO) 和接收溢出 (FROM). 从图中可以看出: 样本区间三市场收益率动态方向性波动溢出指数维持在 65% 左右, 2019 年三市场的对外溢出指数 (TO) 和接收溢出 (FROM) 均出现了显著的下降. 这可能与 2019 年疫情暴发, 减少了市场间的联系, 使得三市场的对外溢出指数和接收指数均出现下降. 不同市场的降幅存在较大差异: 黄金现货市场降幅最大, 分别下降到 43%、50%, 期货与 ETF 市场降幅大概在 5% 左右. 这说明黄金现货、ETF、期货市场的对外溢出指数 (TO) 和接收溢出指数 (FROM) 具有不对称性.

从三市场收益率净溢出指数动态图 (图 9) 可知: 1) 样本期内, 黄金现货市场收益率在多数时期呈现为负向净溢出, 绝大部分时间为溢出的接收者, 黄金 ETF、期货市场收益率多数时期为正向溢出, 即绝大部分时间为溢出的传播者. 2) 黄金现货、ETF 市场收益率的净溢出指数波动较大: 样本期内, 黄金现货市场收益率的净溢出指数维持在 -1% 到 1% 之间, 2019 年初净溢出指数一度下降到 -7%, 2020 年逐渐回复到 1% 水平附近; 黄金 ETF 市场收益率

净溢出指数基本维持在 1% 附近, 2019 年初净溢出指数大幅上升, 一度达到 6%; 黄金期货市场收益率净溢出指数基本维持在均值附近, 2019 年出现较大波动, 但净溢出指数在 -2% 到 2% 水平波动. 净成对溢出指数图 (见图 10) 可知, 黄金现货到 ETF、现货到期货的净成对溢出指数波动最大, 2019 年达到 -4% 和 -3%. 这可能与 2019 年疫情全面暴发, 市场交易受到巨大冲击, 市场间联系减少, 使得市场间在净溢出以及净成对溢出指数上都出现了不同程度上的下降.

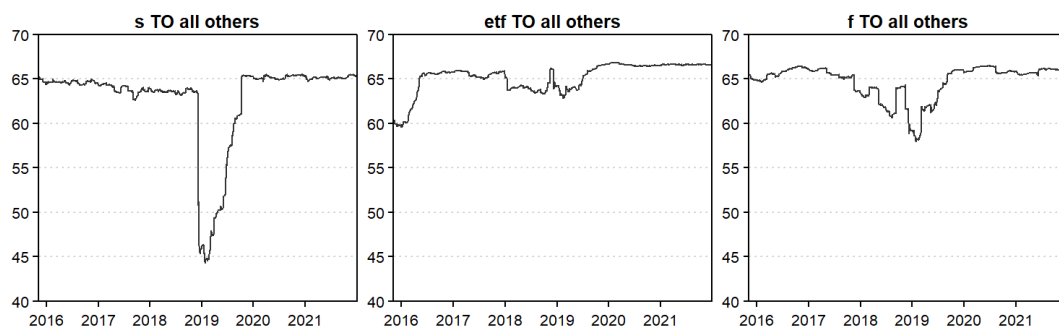


图 7 黄金现货、ETF、期货市场收益率对外溢出动态图

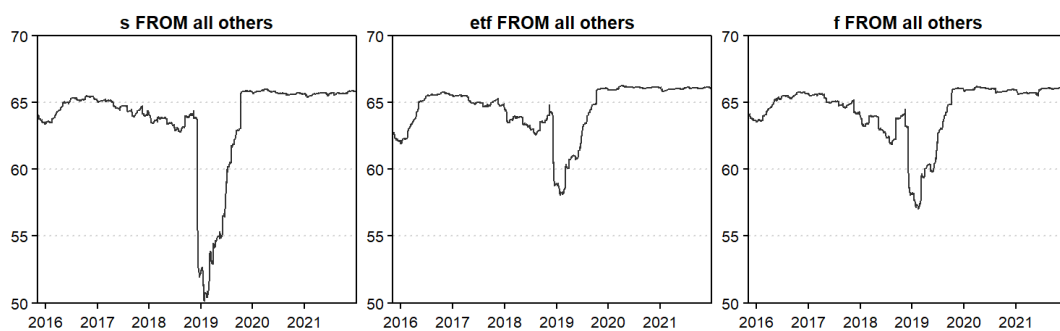


图 8 黄金现货、ETF、期货市场收益率接收溢出动态图

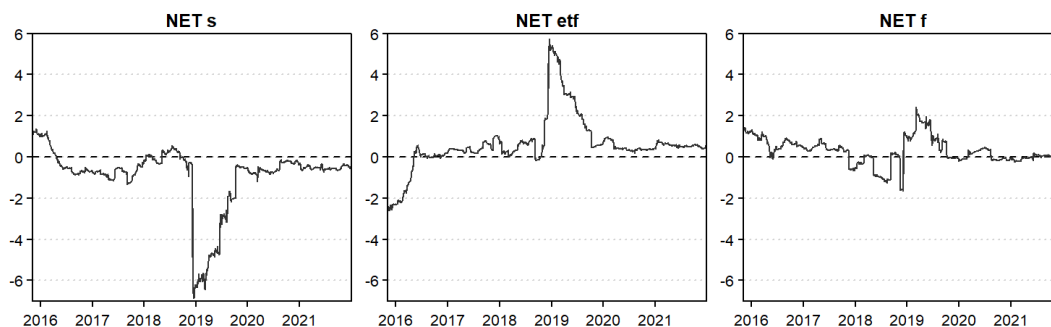


图 9 黄金现货、ETF、期货市场净溢出指数动态图

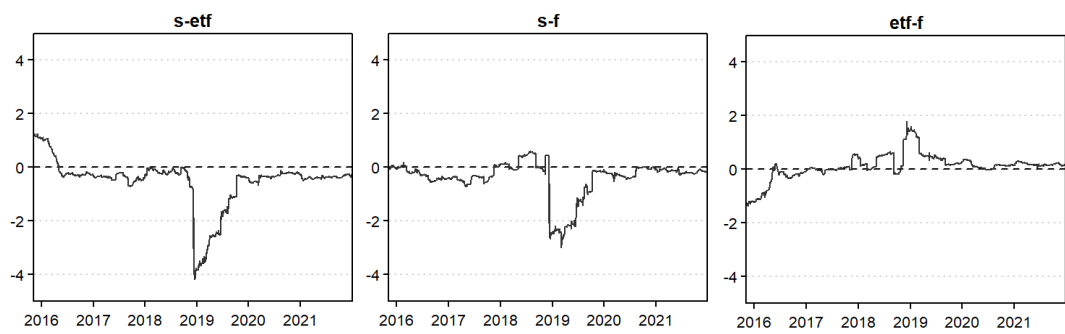


图 10 黄金现货、ETF、期货市场净成对溢出指数动态图

3.4 稳健性检验分析

黄金市场波动与外部宏观环境存在着密切的联系, 2020 年新冠疫情席卷全球加重了经济的不确定性, 市场避险情绪高涨. 本文稳健性检验部分将聚焦于我国疫情暴发及防控期, 选取 2019 年 12 月 8 日 (当日武汉卫健委通报第一例新冠确诊病例) 至 2020 年 5 月 22 日 (当日国家卫健委通报新增确诊病例首次为零) 时间序列数据, 检验疫情冲击下, 黄金现货、ETF 以及期货市场收益率的动态联动关系.

表 6 展示疫情期间黄金现货、ETF 及期货市场收益率动态相关性估计结果. 模型满足 $\alpha + \beta < 1$ 的要求, 参数在 10% 的显著性水平下显著, 满足 $\alpha + \beta$ 值接近 1. 图 11 显示在样本期内动态相关系数在多数区间维持在较高的水平, 表明三个市场之间存在着显著且持续动态相关性关系. 这与前文的结果分析基本一致, 表明疫情的冲击并没有改变市场之间的动态相

表 6 DCC-GARCH 模型估计结果

| 参数 | RS-RETF | RS-RF | RF-RETF |
|------------------|-------------------------|-------------------------|-----------------------|
| α | 0.244504*** (0.0029) | 0.220841*** (0.0025) | 0.311672* (0.0622) |
| β | 0.738932*** (0.0000) | 0.763033*** (0.0000) | 0.622550* (0.0575) |
| $\alpha + \beta$ | 0.983436 | 0.983874 | 0.934222 |

注: *, **, *** 分别表示 10%、5% 和 1% 的显著性水平.

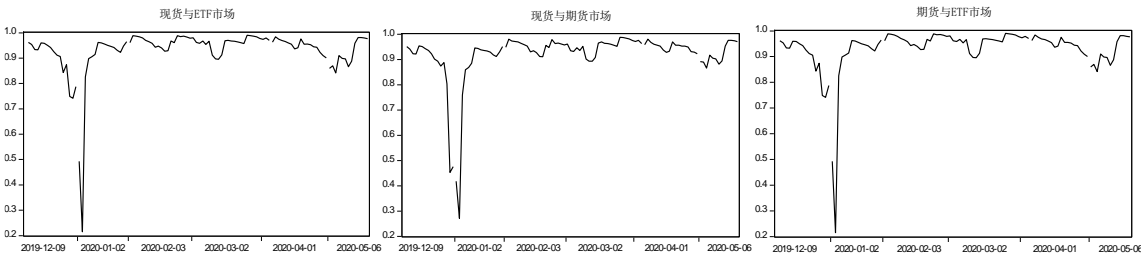


图 11 现货、ETF 及期货市场收益率动态相关系数图

关关系.

结合静态与动态溢出指数情况 (表 7、图 12) 可以发现, 样本期内总溢出水平基本保持在 65% 左右, 市场总体溢出水平较高. 净溢出、净成对溢出动态图 (图 13~16) 在该区间出现明显的峰谷, 这可能是因为疫情在美国等国家 2020 年 3 月开始走高, 下旬暴发, 短期内给市场带来巨大冲击. 从图 13、图 14 中可以看出, 三市场接收溢出与对外溢出变化幅度并不大, 约在 5% 左右. 结合表 7 及图 15、图 16 净溢出指数水平可以发现, 在样本期内, 黄金现货市场表现为负向溢出, 为溢出接收方, 黄金期货与 ETF 市场基本表现为正向溢出, 为溢出传递方. 与之前研究结论基本一致, 疫情冲击并未对市场之间的波动溢出关系造成显著的影响, 市场之间的联动及波动溢出关系具有稳定性.

| 表 7 溢出指数表 | | | | |
|-----------|-------|-------|-------|-------------|
| 市场 | S | ETF | F | FROM others |
| S | 34.25 | 32.87 | 32.88 | 65.75 |
| ETF | 32.67 | 33.78 | 33.55 | 66.22 |
| F | 32.58 | 33.49 | 33.94 | 66.06 |
| TO others | 65.25 | 66.36 | 66.42 | 198.03 |
| NET | -0.50 | 0.14 | 0.36 | 66.01 |

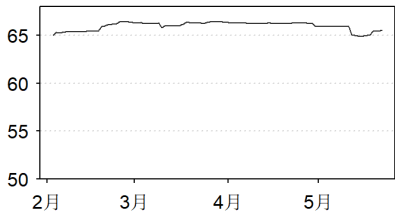


图 12 滚动窗口下的动态溢出指数

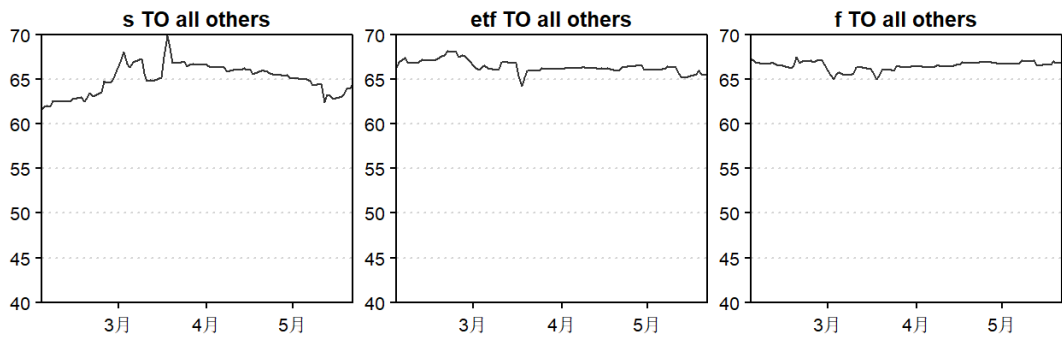


图 13 黄金现货、ETF、期货市场对外溢出动态图

4 结论与建议

本文研究了我国黄金现货、ETF、期货市场的联动性以及波动溢出效应: 1) 构建 MS-GARCH 模型发现三市场收益率序列维持在高、低两种波动状态下的系数都比较高, 发生高低状态转换的概率较小. 根据平滑概率图发现 2019 年后三市场收益率在高、低波动状态的持续时间都比较短, 两种状态的交替更加频繁. 2) DCC-GARCH 模型表明: 三市场收益率的相关系数受前期影响较小 (在 10% 左右), 收益率相关状态持续性都比较大 (在 90% 左右). 三市场收益率动态相关性绝大部分时间都维持在了 0.9 左右的高水平, 说明市场间一体化程度高. 黄金现货与期货市场收益率之间的相关系数之间的相关系数波动更为剧烈更为频繁.

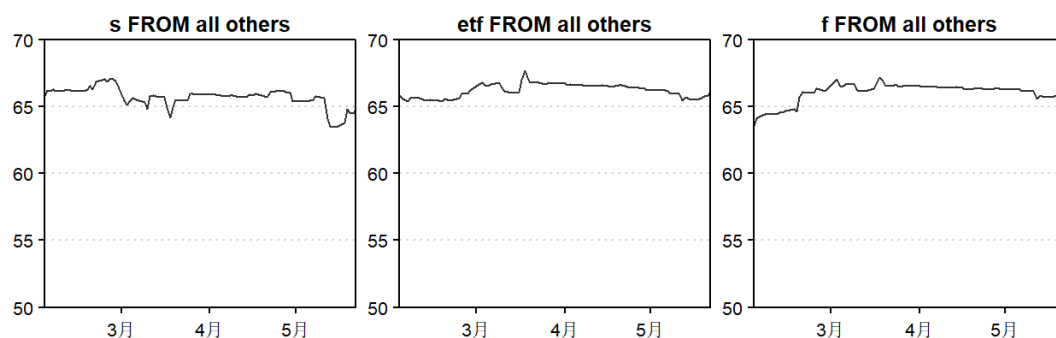


图 14 黄金现货、ETF、期货市场接收溢出动态图

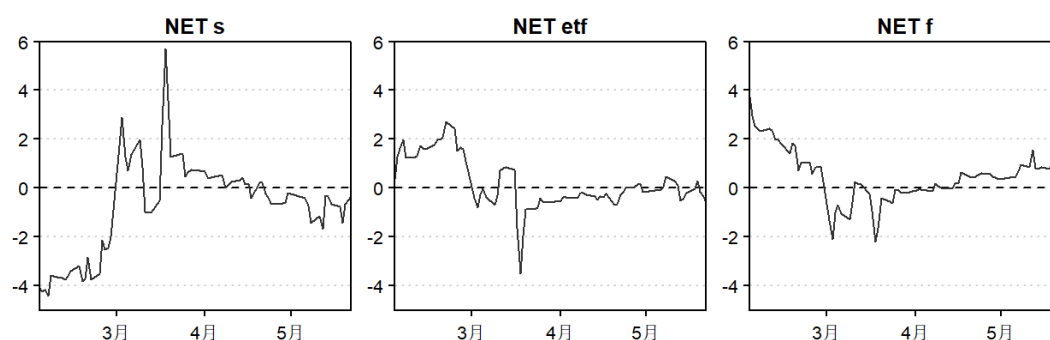


图 15 黄金现货、ETF、期货市场净溢出动态图

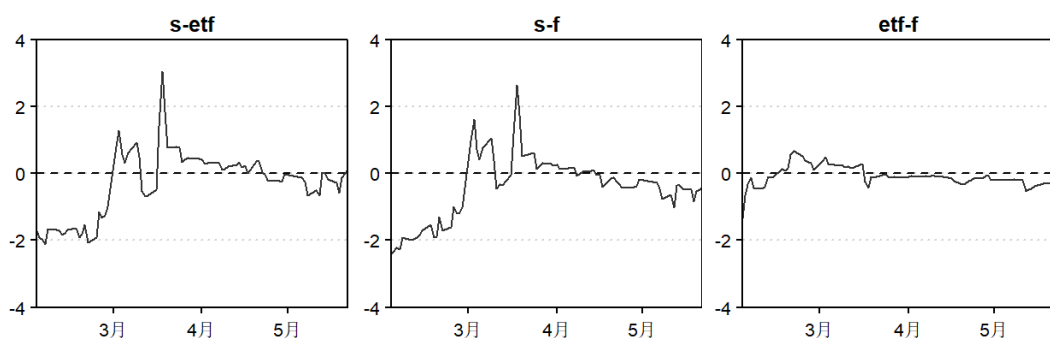


图 16 黄金现货、ETF、期货市场净成对溢出动态图

三市场收益率相关系数在 2015 年、2018 年后都有显著下降。3) 溢出指数模型表明: 样本期内, 黄金现货市场收益率呈负向净溢出, 绝大部分时间为溢出的接收者, 黄金 ETF、期货市场收益率多数时期为正向溢出, 即绝大部分时间为溢出的传播者。三市场收益率的总溢出指数、方向性溢出指数、净溢出指数、净成对溢出指数等在 2019 年出现较大幅度下跌。

本文提出如下政策建议: 1) 首先, 黄金现货、ETF、期货市场具有较强的波动持续性, 即“长记忆性”, 具有避险功能, 是机构或个人投资者进行投资的重要选择。2) 黄金现货、ETF 以及期货市场之间的联动关系以及波动溢出效应具有较强的时变性, 尤其是在遇到外部冲击

时, 譬如本文显示在 2019 年 – 2020 年, 现货市场的波动较大, 且溢出指数变动最大, 因此进行黄金市场投资的时应当择机选择. 3) 为有效防范金融市场风险, 促进我国黄金市场的发展, 优化产品结构, 譬如通过引入 EFT 期权等产品, 加强市场之间的联动, 化解风险和波动.

参 考 文 献

- 陈宇峰, 朱志韬, 屈放, (2021). 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, 41(2): 449–465.
- Chen Y F, Zhu Z T, Qu F, (2021). Asymmetric Spillover Effect and Dynamic Correlation Between Crude Oil, RMB Exchange Rate and Chinese Gold Price: Based on VAR-Asymmetric BEKK (DCC)-GARCH (1, 1) Model[J]. Journal of Systems Science and Mathematical Sciences, 41(2): 449–465.
- 戴志锋, 朱皓阳, 尹华, (2022). 我国石油、黄金、房地产和金融部门间系统风险动态溢出效应研究 [J]. 系统工程理论与实践, 42(10): 2603–2616.
- Dai Z F, Zhu H Y, Yin H, (2022). Research on the System Risk Spillover Effects Among Crude Oil, Gold, Estate and financial Sectors in China[J]. Systems Engineering — Theory & Practice, 42(10): 2603–2616.
- 董杰, 潘和平, 姚一永, 李成刚, (2012). 基于 DCC-MVGARCH 模型的石油、股票和黄金市场相关性实证研究 [J]. 预测, 31(4): 53–57.
- Dong J, Pan H P, Yao Y Y, Lee C G, (2012). Empirical Study on the Correlation of Oil, Stock and Gold Markets Based on DCC-MVGARCH Model[J]. Forecast, 31(4): 53–57.
- 高国华, 潘英丽, (2013). 基于动态相关性的我国银行系统性风险度量研究 [J]. 管理评论, 25(1): 9–15.
- Gao G H, Pan Y L, (2013). Empirical Analysis on Rural Labor Migration Based on Dynamic Job Search Model[J]. Manage Comments, 25(1): 9–15.
- 高丽珺, 蒋雨芯, 盛培根, 魏先华, (2022). 多源异构数据图像整合预测方法研究 —— 以黄金价格预测为例[J]. 系统科学与数学, 42(11): 3073–3093.
- Gao L J, Jiang Y X, Sheng P G, Wei X H, (2022). Convolutional Neural Network Applied to Gold Price Forecasting with an Image Integration Methods Based on Multi-Sources and Heterogeneous Data[J]. Journal of Systems Science and Mathematical Sciences, 42(11): 3073–3093.
- 巩建英, 王璐熠, 吉小东, (2021). 基于非对称动态条件相依国际资产配置研究 [J]. 管理评论, 33(6): 41–52.
- Gong J Y, Wang L Y, Ji X D, (2021). Research on Global Asset Allocation Based on Asymmetric Dynamic Conditional Correlation[J]. Management Review, 33(6): 41–52.
- 范为, 房四海, (2012). 金融危机期间黄金价格的影响因素研究 [J]. 管理评论, 24(3): 8–16.
- Fan W, Fang S H, (2012). ROn the Gold Pricing Model during the Financial Crisis[J]. Management Review, 24(3): 8–16.
- 冯辉, 张蜀林, (2012). 国际黄金期货价格决定要素的实证分析 [J]. 中国管理科学, 20(S1): 424–428.
- Feng H, Zhang S L, (2012). The Empirical Analysis About the Determinants of International Gold Futures Prices[J]. Chinese Management Science, 20(S1): 424–428.
- 傅强, 季俊伟, 钟浩月, (2017). 连续交易制度与价格发现功能 —— 基于我国黄金期货市场的实证研究 [J]. 数理统计与管理, 36(6): 1119–1130.
- Fu Q, Ji J W, Zhong H Y, (2017). Continuous Trading System and Price Discovery Ability — Based on China's Gold Futures Market[J]. Journal of Mathematical Statistics & Management, 36(6): 1119–1130.
- 李红权, 何敏园, (2017). 我国股市的对外溢出效应与国际影响力研究 —— 基于 Copula-DCC-GARCH 模

- 型 [J]. 系统科学与数学, 37(8): 1790–1806.
- Li H Q, He M Y, (2017). The Spillover Effect and International Influence of China's Stock Market: Based on the Copula-DCC-GARCH Model[J]. Journal of Systems Science and Mathematical Sciences, 37(8): 1790–1806.
- 李红权, 何敏园, 周亮, (2020). 人民币在岸市场的国际影响力研究: 基于修正的溢出指数模型 [J]. 系统工程理论与实践, 40(6): 1468–1477.
- Li H Q, He M Y, Zhou L, (2020). The International Influence of the RMB Onshore Market: Based on Modified Information Spillover Index Model[J]. Systems Engineering — Theory & Practice, 40(6): 1468–1477.
- 梁超, 魏宇, 马锋, 李霞飞, (2022). 我国黄金期货价格波动率预测研究: 来自模型缩减方法的新证据 [J]. 中国管理科学, 30(4): 30–41.
- Liang C, Wei Y, Ma F, Lee X F, (2022). Forecasting Volatility of China Gold Futures Price: New Evidence from Model Shrinkage Methods[J]. Chinese Journal of Management Science, 30(4): 30–41.
- 刘超, 徐君慧, 周文文, (2017). 中国金融市场的风险溢出效应研究 —— 基于溢出指数和复杂网络方法 [J]. 系统工程理论与实践, 37(4): 831–842.
- Liu C, Xu J H, Zhou W W, (2017). Study on Risk Spillover Effect of Financial Markets in China Based on Methods of Spillover Index and Complex Network[J]. Systems Engineering — Theory & Practice, 37(4): 831–842.
- 刘炳越, 姬强, 范英, (2018). 黄金是否为原油的“避险天堂”? —— 基于组合收益及其波动视角 [J]. 中国管理科学, 26(11): 1–10.
- Liu B Y, Ji Q, Fan Y, (2018). Is the Gold Safe Haven of the Oil? The Portfolio Return and Volatility Perspectives[J]. Chinese Journal of Management Science, 26(11): 1–10.
- 刘潘婷, 王宏勇, (2022). 国内黄金市场、外汇市场与国际黄金市场的多重分形分析 [J]. 系统工程, 40(3): 125–136.
- Liu P T, Wang H Y, (2022). Multifractal Analysis of Domestic Gold Market, Foreign Exchange Market and International Gold Market[J]. Systems Engineering, 40(3): 125–136.
- 林娟, 吴春晓, 张明, (2022). 上海黄金是人民币汇率风险的对冲工具和安全港吗? —— 基于常量和动态 Copula 模型 [J/OL]. [2022-03-18]. Doi: 10.16381/j.cnki,issn1003-207x.2020.1710
- Lin J, Wu C X, Zhang M, (2022). Is Shanghai Gold a Hedge and a Safe Haven for the RMB? Based on the Constant and Time-varying Copula Models[J/OL]. [2022-03-18]. Doi: 10.16381/j.cnki,issn1003-207x.2020.1710.
- 林文达, (2017). 供给侧改革对煤炭行业债券投资的影响分析 [J]. 管理评论, 29(6): 53–60.
- Lin W D, (2017). Analysis of the Impact of Supply-side Reform on Coal Industry Bonds Investment[J]. Management Review, 29(6): 53–60.
- 缪程程, 周勇, (2018). 基于 Markov 状态转换模型的三种市场资产波动率行为及其相关分析 [J]. 数理统计与管理, 37(5): 904–915.
- Miu C C, Zhou Y, (2018). A Markov-switching Approach to Measuring Volatility Behaviors and Co-movements among Three Assets[J]. Journal of Mathematical Statistics and Management, 37(5): 904–915.
- 潘婉彬, 熊欣慰, (2017). 金融危机期间黄金价格与汇率的联动性 [J]. 中国科学技术大学学报, 47(9): 778–787.
- Pan W B, Xiong X W, (2017). Co-movement between the Price of Gold and Foreign Exchange Rate during the Financial Crisis[J]. Journal of University of Science & Technology of China, 47(9): 778–787.

- 谭德凯, 田利辉, (2022). 黄金是股票市场的“避险天堂”吗? —— 基于动态条件相关混频数据抽样模型 [J]. 中国管理科学, 30(10): 14–24.
- Tan D K, Tian L H, (2022). Is Gold a Safe Haven of the Stock Market? — Based on Dynamic Conditional Correlation Mixed Data Sampling Model[J]. Chinese Management Science, 30(10): 14–24.
- 谭小芬, 张峻晓, 郑辛如, (2018). 国际大宗商品市场与金融市场的双向溢出效应 —— 基于 BEKK-GARCH 模型和溢出指数法的实证研究 [J]. 中国软科学, (8): 31–48.
- Tan X F, Zhang J X, Zhen X R, (2018). The Two-way Spillover Effects among International Commodity Markets and Financial Markets — An Empirical Study Based on BEKK-GARCH Model and Spillover Index Method[J]. China Soft Science, (8): 31–48.
- 王聪, 焦瑾璞, (2019). 国内外黄金市场价格间的联动关系稳定吗? —— 基于外部冲击视角的分析 [J]. 金融研究, (11): 75–93.
- Wang C, Jiao J P, (2019). Is the Price Linkage between Chinese and Foreign Gold Markets Stable? Analysis Based on External Shocks[J]. Journal of Financial Research, (11): 75–93.
- 王文杰, 部慧, 陆凤彬, (2009). 金融海啸下我国黄金期货市场波动性的实证分析 [J]. 管理评论, 21(2): 77–83.
- Wang W J, Bu H, Lu F B, (2009). Empirical Analysis of the Volatility of Shanghai Gold Futures Market under Global Financial Crisis[J]. Management Review, 21(2): 77–83.
- 魏宇, 黄登仕, 王建琼, 朱宏泉, 等, (2010). 我国黄金现货市场的动态 VaR 预测模型研究 [J]. 管理评论, 22(8): 30–38.
- Wei Y, Huang D S, Wang J Q, Zhu H Q, et al. (2010). Dynamic VaR Predicting Models for Chinese Spot Gold Market[J]. Management Review, 22(8): 30–38.
- 闻岳春, 王婕, 程天笑, (2015). 国内股市与国际股市、大宗商品市场的溢出效应研究 [J]. 国际金融研究, (8): 31–43.
- Wen Y C, Wang J, Cheng T X, (2015). Research on Spillover Effects of Domestic Stock Market, International Stock Market and Commodity Market[J]. Journal of International Finance, (8): 31–43.
- 肖倬, 郭彦峰, (2008). 周日历效应传递吗? —— 伦敦和上海黄金市场的比较 [J]. 中国管理科学, 16(S1): 287–292.
- Xiao Z, Guo Y F, (2008). A Comparative Study on the Day of the Week Effect between London and Shanghai Gold Markets[J]. Chinese Management Science, 16(S1): 287–292.
- 谢攀, 陈榆青, 金雨, (2021). 汇率与黄金价格的非对称传递效应 —— 来自全球八大黄金产消地的经验证据[J]. 金融论坛, 26(4): 46–57.
- Xie P, Chen Y Q, Jing Y, (2021). Asymmetric Transmission Effect Between Exchange Rate and Gold Price — Empirical Evidence from Eight Gold Producing and Consuming Regions[J]. Financial Forum, 26(4): 46–57.
- 徐荟竹, 曹媛媛, 杜海均, (2013). 货币国际化进程中黄金的作用 [J]. 金融研究, (8): 98–108.
- Xu H Z, Cao Y Y, Du H J, (2013). The Role of Gold in the Process of Currency Internationalization[J]. Journal of Financial Research, (8): 98–108.
- 徐雪, 罗克, (2014). 中国黄金期货市场价格发现功能的实证分析 [J]. 管理世界, (11): 172–173.
- Xu X, Luo K, (2014). An Empirical Analysis of the price Discovery Function of China's Gold Futures Market[J]. Management World, (11): 172–173.
- 徐照宜, 蒋文倩, 杨胜刚, (2019). 国际黄金和原油价格波动与上证指数的相关性 —— 基于小波分析方法的研究 [J]. 金融论坛, 24(6): 54–61.

- Xu Z Y, Jiang W Q, Yang S G, (2019). The Correlation between the Fluctuations in International Gold and Crude Oil Prices and the Shanghai Composite Index — An Analysis Based on the Wavelet Theory[J]. *Financial Forum*, 24(6): 54–61.
- 杨柳勇, 史震涛, (2004). 黄金价格的长期决定因素分析 [J]. *统计研究*, (6): 21–24.
- Yang L Y, Shi Z T, (2004). The Analysis of Long-term Factors Affecting Gold Price[J]. *Statistical Research*, (6): 21–24.
- 杨楠, 方茜, (2013). 黄金抗美元贬值避险能力的动态分析 [J]. *国际金融研究*, (3): 58–67.
- Yang N, Fang Q, (2013). Dynamic Analysis of Gold's Hedging Ability Against US Dollar Depreciation[J]. *Journal of International Finance*, (3): 58–67.
- 杨亚娟, 马如飞, 陈孔艳, (2021). 经济政策不确定性对“中-美”股市、“中国股市-黄金市场”的长期动态相关性影响研究 —— 基于 DCC-MIDAS 模型 [J]. *运筹与管理*, 30(11): 142–146.
- Yang Y J, Ma R F, Chen K Y, (2021). Research on the Effect of Economic Policy Uncertainty for the Long-term Dynamic Correlations between China-U.S. Stock Markets as well as China Stock Market-Gold Market Based on DCC-MIDAS Model[J]. *Operations Research and Management Science*, 30(11): 142–146.
- 尹力博, 柳依依, (2015). 黄金是稳定的避险资产吗? —— 基于宏观经济不确定性的视角 [J]. *国际金融研究*, (7): 87–96.
- Yin L B, Liu Y Y, (2015). Is Gold a Stable Safe-haven Asset? — Based on the Perspective of Macroeconomic Uncertainty[J]. *Journal of International Finance*, (7): 87–96.
- 余湄, 高茜, (2014). 通货膨胀影响下的投资组合构建问题研究 [J]. *中国管理科学*, 22(S1): 382–388.
- Yu M, Gao Q, (2014). Research on Portfolio Construction under the Influence of Inflation[J]. *Chinese Management Science*, 22(S1): 382–388.
- 余湄, 何泓谷, (2013). 我国外汇储备的风险管理问题研究 [J]. *中国管理科学*, 21(S1): 231–236.
- Yu M, He H G, (2013). Research on Risk Management of China's Foreign Exchange Reserves[J]. *Chinese Management Science*, 21(S1): 231–236.
- 邹子昂, 彭啸帆, 皮俊, (2018). 国际黄金现货市场的避险能力研究 —— 基于 DCC-GARCH 模型 [J]. *财经理论与实践*, 39(6): 44–50.
- Zou Z A, Peng X F, Pi J, (2018). Research on the Hedging Ability of International Gold Spot Market — Based on DCC-GARCH Model[J]. *Journal of Finance & Economics Theory & Practice*, 39(6): 44–50.
- 朱学红, 何英明, 谌金字, (2023). 经济政策不确定性、金融市场压力与黄金市场的溢出效应研究 [J]. *运筹与管理*, 32(1): 181–186.
- Zhu X H, He Y M, Chen J Y, (2023). Spillovers among Economic Policy Uncertainty, Financial Market Stress and Gold Market[J]. *Operations Research and Management*, 32(1): 181–186.
- Beckmann J, Czudaj R, Pilbeam K, (2015). Causality and Volatility Patterns between Gold Prices and Exchange Rates[J]. *North American Journal of Economics and Finance*, 34: 292–300.
- Belasen A R, Demirer R, (2019). Commodity-currencies or Currency-commodities: Evidence from Causality Tests[J]. *Resources Policy*, 60: 162–168.
- Chang C, Chang J C, Huang Y W, (2013). Dynamic Price Integration in the Global Gold Market[J]. *North American Journal of Economics and Finance*, 26: 227–235.
- Chen K, Wang M, (2019). Is Gold a Hedge and Safe Haven for Stock Market?[J]. *Applied Economics Letters*, 26(13): 1080–1086.
- Chen R D, Xu J J, (2019). Forecasting Volatility and Correlation between Oil and Gold Prices Using a

- Novel Multivariate GAS Model[J]. *Energy Economics*, 78: 379–391.
- Cheng W, Chen C D, Lai H, (2018). Revisiting the Roles of Gold: Does Gold ETF Matter?[J]. *North American Journal of Economics and Finance*, 54: 100891.
- 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.
- Elgammal M M, Ahmed W, Alshami A, (2021). Price and Volatility Spillovers between Global Equity, Gold, and Energy Markets Prior to and During the COVID-19 Pandemic[J]. *Resources Policy*, 74(20): 102334.
- Gao R, Zhao Y, Zhang B, (2020). The Spillover Effects of Economic Policy Uncertainty on the Oil, Gold, and Stock Markets: Evidence from China[J]. *International Journal of Finance & Economics*, 26(2): 2134–2141.
- Gurgun G, Unalmis I, (2014). Is Gold a Safe haven Against Equity Market Investment in Emerging and Developing Countries?[J]. *Finance Research Letters*, 11(4): 341–348.
- Hauptfleisch M, Putnins T J, Lucey B, (2016). Who Sets the Price of Gold? London or New York[J]. *Journal of Futures Markets*, 36(6): 564–586.
- Jena S K, Tiwari A K, Roubaud D, (2018). Comovements of Gold Futures Markets and the Spot Market: A Wavelet Analysis[J]. *Finance Research Letters*, 24: 19–24.
- Jiang Y, Kellard N, Liu X, (2020). Night Trading and Market Quality: Evidence from Chinese and US Precious Metal Futures Markets[J]. *Journal of Futures Markets*, 40(10): 1486–1507.
- Lau M C K, Vigne S A, Wang S X, et al. (2017). Return Spillovers between white Precious Metal ETFs: The Role of Oil, Gold, and Global Equity[J]. *International Review of Financial Analysis*, 52: 316–332.
- Leung T, Ward B, (2015). The Golden Target: Analyzing the Tracking Performance of Leveraged Gold ETFs[J]. *Studies in Economics & Finance*, 32(3): 278–297.
- Lin M, Wang G J, Xie C, Stanley H E, (2018). Cross-correlations and Influence in World Gold Markets[J]. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, 490: 504–512.
- Mo B, He N, Jiang Y H, (2018). Dynamic Linkages Among the Gold Market, US Dollar and Crude Oil Market[J]. *Physica A*, 491(1): 984–994.
- Nargunam R, Anuradha N, (2017). Market Efficiency of Gold Exchange-traded Funds in India[J]. *Financial Innovation*, 3(1): 171–188.
- Pamela P D, (2022). The Gold-stock Market Relationship During COVID-19[J]. *Finance Research Letters*, 44: 102111.
- Rajit V, Dinky D, (2020). A Causal Study on Gold, SENSEX, and Gold Exchange Traded Funds[J]. *Gold Bulletin*, 53(2): 121–128.
- Reboredo J C, (2013). Is Gold a Safe Haven or a Hedge for the US Dollar? Implications for Risk Management[J]. *Journal of Banking & Finance*, 37(8): 2665–2676.
- Wei Y, Wang Z, Li D, et al. (2022). Can Infectious Disease Pandemic Impact the Long — Term Volatility and Correlation of Gold and crude Oil Markets[J]. *Finance Research Letters*, 47: 102648.
- Xu C, Zhang D, (2018). Market Openness and Market Quality in Gold Markets[J]. *Journal of Futures Markets*, 39(3): 384–401.
- Xie X, Zhu H, (2021). The Role of Gold Futures in Mitigating the Impact of Economic Uncertainty on Spot Prices: Evidence from China[J]. *Research in International Business and Finance*, (56): 101378.