

基于时变模型的碳排放

配额价格与能源价格的相关性研究

马晓嵘 李晋枝 (中央民族大学, 北京 100081)

摘要: 为了研究碳排放配额价格与能源价格的相关性, 本文选取上海碳排放配额收盘价、大庆原油现货价、动力煤期货收盘价、NYMEX 天然气期货收盘价, 通过建立时变 CVine Copula 模型, 研究发现上海碳价与能源价格相关性较弱, 其中与原油价格时变相关性在 -0.25~0.25 间波动, 且相关性较为稳定, 时变相关系数波动较小。通过 TVP-VAR 模型发现动力煤价格和原油价格对上海碳价的短、中、长期冲击都是正向冲击且不断减弱, 且原油和动力煤市场与碳市场之间的影响传导存在滞后性。我国仍需要完善能源市场, 让碳交易市场与能源市场的价格传导机制更加顺畅。这样我国才能全面把握碳市场与能源市场之间的关系, 碳市场才能更好促进绿色低碳经济的发展。

关键词: 碳排放配额价格; 能源价格; 时变 Copula; C-Vine; TVP-VAR

目前, 全球经济快速稳定增长的同时, 人类也打破了生态平衡, 产生了大量的二氧化碳, 导致全球气候变暖, 自然灾害增加, 面对全球气候变化引起的一系列环境危机和政治经济危机, 联合国近年来不断督促世界各国积极采取有效行动以减少二氧化碳排放。为应对中国碳排放问题, 我国分别在北京、天津、上海、深圳等 7 个省建立碳交易市场试点, 其中碳排放配额是碳交易市场的主要交易对象, 企业根据自己二氧化碳的排放量, 对碳配额进行买卖。随着我国碳交易市场的逐步发展, 碳价格受到多种因素的影响, 如宏观经济、能源价格、供需关系等, 碳交易市场作为促进低碳经济发展的工具, 碳价的过高会造成高碳企业负担过重, 过低则无法发挥其控排减排的作用。本文分析能源价格和碳价格之间的相关性, 探究能源价格对碳价格的影响, 可以利于个人把握碳交易市场的波动变化, 以及丰富低碳经济学的相关内容。

1 文献综述

国内外对碳排放交易市场的研究主要集中在碳排放权配额价格的价格影响研究、碳市场的风险研究、碳市场的发展研究等。Hammoudeh 等^[1]研究表明碳价格与能源价格存在关联。吕靖烨等^[2]利用中国湖北、上海等碳试点市场为样本进行研究, 发现中国碳价格表现出波动周期性不强、震荡幅度大、波动性表现较差等特征。刘坚^[3]等建立 SV-Copulamo 模型分析欧盟碳配额现货和期货价格的波动结构和相依关系, 研究发现两者之间存在高度相依性。黄元生和刘晖^[4]

在静态 Vine Copula 理论研究框架下构建 Pair Copula-GARCH 类模型研究我国碳市场与汇率、石油等市场之间的波动溢出效应。结果表明我国碳市场与汇率、石油等金融市场之间存在着强度不同的波动溢出效应。丰冕冕^[5]分别建立欧盟碳价与原油、天然气、煤炭价格的 copula 函数, 研究发现 t-copula 能更好反映碳市场与能源市场间的相关关系。

2 时变 C-Vine Copula 模型

2.1 Copula 函数

Sklar (1959) 提出 Copula 理论, 假设 $X = (X_1, X_2, \dots, X_n)$ 为一个随机变量, $f(\cdot)$ 为该变量的联合密度函数, $F(\cdot)$ 为其联合分布函数。则每个 $F(\cdot)$ 都一定存在一个 Copula 函数 $C(\cdot)$, 使其满足:

$$F(x_1, x_2, \dots, x_n) = C(F_1(x_1), F_2(x_2), \dots, F_n(x_n)) \quad (1)$$

2.2 Vine 结构

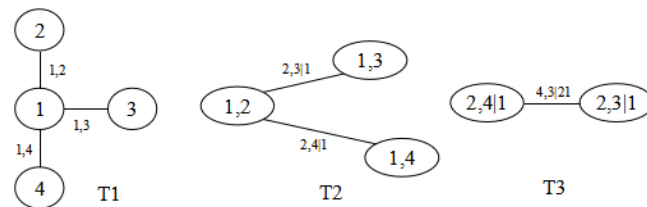


图 1 树的结构图

Fig.1 Structure diagram of tree

Vine Copula 借助 Vine 的图形形式, 把高维 Copula 分解成二元和二元条件 Copula, 本文选用 Cooke 提出

的 C-Vine, 研究包含 4 维随机变量的 Vine Copula 拟合, C 藤结构分解图如下所示, 其中节点 1, 2, 3, 4 分别代表上海碳价, 天然气价格, 原油价格和动力煤价格:

2.3 模型建立

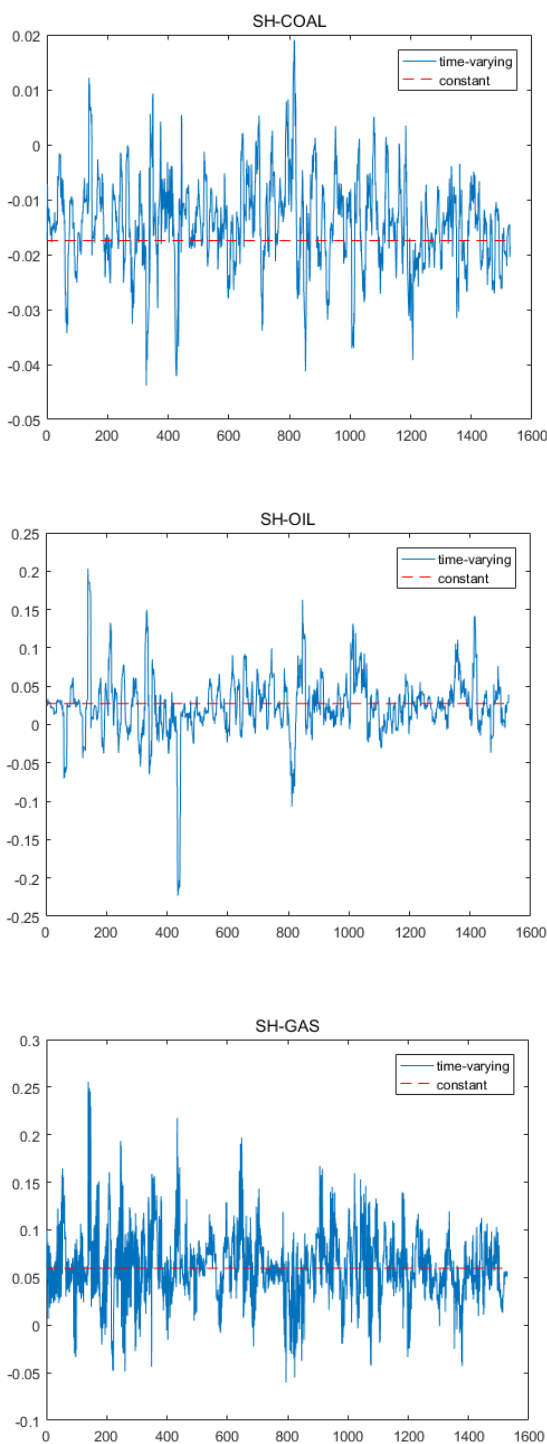


图 2 时变相关系数图

Fig.2 Dynamic correlation coefficient diagram

本文选取 2014 年 11 月 26 日到 2022 年 8 月 26 日的上海碳排放配额收盘价、动力煤期货收盘价、大庆原油现货价和 NYMEX 天然气期货收盘价为研究对象。并为了是数据平稳, 对数据进行如下处理:

$$y_t = (1ny_t - 1hy_{t-1}) \times 100$$

本文在建立 C-Vine Copula 时, 对于边的二元 Copula 函数选取, 分别选用了二元正态 Copula、二元 t Copula 以及相对应的二元时变 Copula, 通过 AIC 选取最优的 Copula 函数。根据结果, 时变模型拟合效果较为理想, 在考虑观察每条边上的 AIC 值以后, 发现除了边 C2411 是静态 t Copula 的 AIC 值更小, 其余每条边上都是时变 t Copula 的 AIC 值是最小的。根据四维 C-Vine 时变结构, 画出相应的两两时变相关图 2。通过观察可以发现上海碳价与能源价格相关性较弱, 上海碳价与动力煤价格时变相关性在 $-0.05 \sim 0.02$ 间波动, 与原油价格时变相关性在 $-0.25 \sim 0.25$ 间波动, 与天然气价格时变相关性在 $-0.05 \sim 0.25$ 间波动, 上海碳价和原油价格的相关性较为稳定, 波动较小。

3 基于时变参数随机波动向量自回归模型 (TVP-VAR) 的分析

时变参数随机波动向量自回归模型是在结构向量自回归 (SVAR) 模型的基础上发展而来的, 引入了时变特征, 建立一个 TVP-VAR 模型:

$$y_t = X_t \beta_t + A_t^{-1} \sum_i \varepsilon_i, \varepsilon_i \sim N(0, I_4) \quad (2)$$

其中:

$$X_t = I_K \otimes (y'_{t-1}, y'_{t-2}, \dots, y'_{t-k})$$

其中 $\otimes$ 为克罗内克积, A_t 为时变参数矩阵。

根据图 3 所示, 动力煤、原油价格对碳价的冲击中, 滞后 3 期的中期效应影响要大于滞后 1 期的短期效应影响, 说明碳价和能源价格之间的影响传导存在一定的滞后性。观察短期冲击可以发现, 由于 2021 年资本对动力煤期货的恶意炒作导致价格大涨, 这导致了动力煤期货价格对上海碳价短暂的负向冲击, 待动力煤价格恢复正常价格后, 冲击又转变为稳定较弱的正向冲击。原油现货价格对上海碳价的正向冲击在不断减弱, 这和油价的价格涨跌紧密相关, 短期冲击效应和中期冲击效应均在 2019 年末的油价下跌中迅速减弱。在 2019 年由于我国新冠疫情的冲击, 企业、公共交通等对石油的需求大幅减少, 使其对碳价格的冲击变为负向冲击。但之后石油价格的反弹, 冲击再次变为正向冲击。国际天然气期货价格会对我国现货 LNG 的影响有限, 中国天然气供应主力是国产气, 进

口的多数 LNG 与现货市场无关,所以国内天然气价格不会和国际市场价格同频共振,但国际天然气价格的上涨变动,会给国内供应商给做提醒,要注意现货采购和供应合同的统筹平衡,使得滞后 3 期的中期效应会有一个较弱的负向冲击。

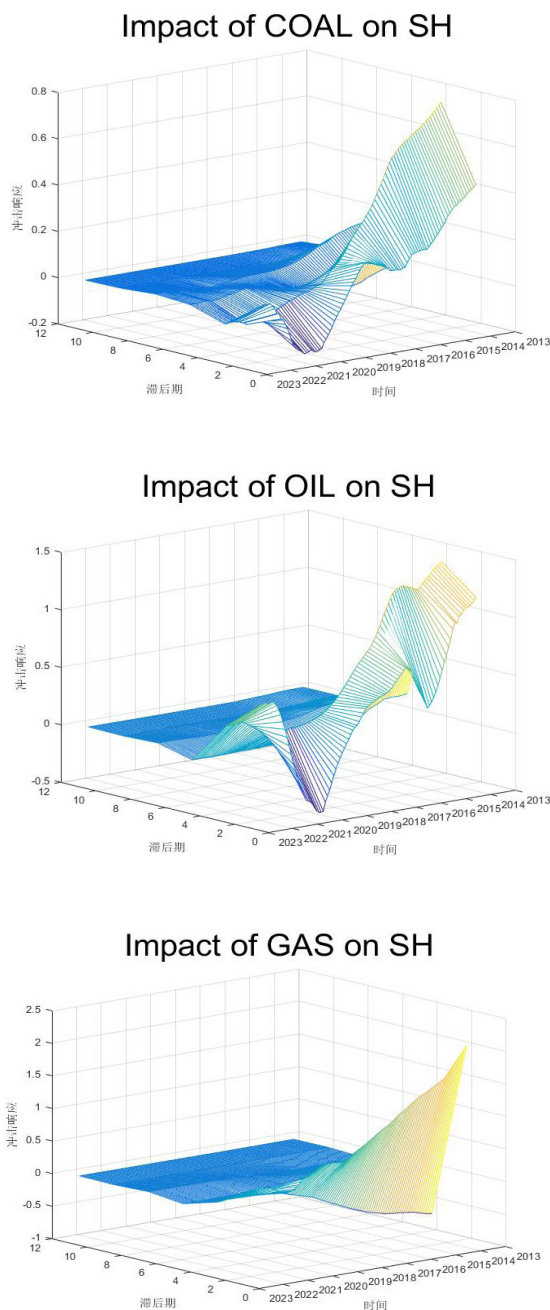


图 3 脉冲响应图

Fig.3 Impulse response diagram

4 结论

根据 C-Vine Copula 模型发现时变 t Copula 可以更好的刻画连接节点之间的边,模拟效果也更好,上海

碳价与动力煤价格时变相关性在 $-0.05 \sim 0.02$ 间波动,与原油价格时变相关性在 $-0.25 \sim 0.25$ 间波动,与天然气价格时变相关性在 $-0.05 \sim 0.25$ 间波动,但与原油价格相关性较为稳定,时变相关系数波动较小。

由于上海能源改革和清洁能源使用比重加大,使得动力煤价格对上海碳价的短、中、长期都是正向冲击且不断减弱,并且两者价格之间的影响传导存在一定的滞后性,在滞后三期影响达到最大。原油价格对上海碳价联系较为紧密,短期冲击效应和中期效应都会受到油价涨跌的影响,并且上海碳市场和原油市场之间的影响传导也存在一定的滞后性,在滞后三期影响达到最大。在短期冲击效应影响中也可以看出。NYMEX 天然气对上海碳价影响有限,随着时间短期冲击效应不断减弱,在滞后 3 期的中期效应会有一个较弱的负向冲击。上海碳交易市场的发展在促进低碳经济发展已取得一定成效,但能源市场还需要完善,让碳交易市场与能源市场的价格传导机制更加顺畅。这样我国才能全面把握碳市场与能源市场之间的关系,碳市场才能更好促进绿色低碳经济的发展。

参考文献:

- [1] Hammoudeh S, Nguyen D K, Reboredo J C, et al. Dependence of stock and commodity futures markets in China: Implications for portfolio investment[J]. Emerging Markets Review, 2014, 21(C): 183-200.
- [2] 吕靖烨, 曹铭, 张金锁, 樊秀峰. 基于小波多分辨率的中国碳排放权市场价格波动性研究[J]. 系统工程理论与实践, 2021, 41(07): 1699-1708.
- [3] 刘坚, 廖曙飞, 黄钰莹, 颜李朝. 基于 SV-Copula 的欧盟碳配额现货和期货价格相依性研究[J]. 系统工程理论与实践, 2020, 40(07): 1694-1706.
- [4] 黄元生, 刘晖. 基于藤 Copula-GARCH 的中国区域碳市场波动溢出效应研究[J]. 金融理论与教学, 2019(2): 55-60.
- [5] 高清霞, 李昉. 我国碳交易市场与化石能源市场间的动态相关性研究——基于 DCC-(BV)GARCH 模型的检验[J]. 环境与可持续发展, 2016(5): 25-29.

作者简介:

马晓嵘 (1996-), 男, 回族, 青海西宁人, 硕士研究生, 研究方向: 金融统计。

李晋枝 (1974-), 女, 汉族, 山西太原人, 硕士生导师, 副教授, 研究方向: 金融统计。