

WTI原油期货价格和苯乙烯期货价格的联动关系 ——基于 VAR 模型的实证分析

李敏

上海大学，上海 201800

DOI:10.61369/ER.2025050002

摘要：国内化工产品快速发展，苯乙烯作为合成树脂、塑料和合成橡胶等的重要单体。自从苯乙烯纳入大连商品交易所后，研究苯乙烯期货的价格变动成为一个热点话题。原油作为苯乙烯的原材料之一，近年来，随着国际原油和成品油价格的频繁波动，对苯乙烯的价格变动影响也是颇大。因此本文基于 VAR 模型研究国际原油期货价格与苯乙烯期货价格之间的联动关系。实证过程是基于 2019 年 10 月 1 日—2023 年 12 月 29 日 WTI 原油期货价格指数及苯乙烯期货合约每日加权价格的日度数据，构建双变量 VAR(3) 模型，通过 Johansen 协整检验、脉冲响应与方差分解等计量方法，实证分析了 WTI 原油期货价格与苯乙烯期货合约价格间的关系。结果表明：WTI 原油期货价格与苯乙烯期货价格间存在协整关系，苯乙烯期货价格与 WTI 原油期货价格表现为正相关性。

关键词：WTI 原油；苯乙烯期货价格；VAR 模型

The Linkage Relationship between WTI Crude Oil Futures Prices and Styrene Futures Prices – An Empirical Analysis Based on the VAR Model

Li Min

Shanghai University, Shanghai 201800

Abstract : With the rapid development of domestic chemical products, styrene has become an important monomer for synthetic resins, plastics, and synthetic rubber. Since styrene was included in the Dalian Commodity Exchange, studying the price changes of styrene futures has become a hot topic. Crude oil, as one of the raw materials for styrene, has seen frequent fluctuations in international crude oil and refined oil prices in recent years, significantly affecting the price changes of styrene. Therefore, this paper investigates the linkage relationship between international crude oil futures prices and styrene futures prices based on the VAR model. The empirical process utilizes daily data from October 1, 2019, to December 29, 2023, including the WTI crude oil futures price index and the daily weighted prices of styrene futures contracts, to construct a bivariate VAR(3) model. Through econometric methods such as Johansen cointegration tests, impulse response, and variance decomposition, the relationship between WTI crude oil futures prices and styrene futures contract prices is empirically analyzed. The results indicate a cointegration relationship between WTI crude oil futures prices and styrene futures prices, with styrene futures prices showing a positive correlation with WTI crude oil futures prices.

Keywords : WTI crude oil; styrene futures prices; VAR model

一、绪论

(一) 研究背景及意义

近年来，在下游需求的持续支撑以及大型炼化一体化项目加速建设的推动下，我国苯乙烯产业迅速扩张，已成为全球苯乙烯最主要的产能与生产国。目前，全球范围内新建并实现投产的苯乙烯装置主要集中在中国，其他国家尚未有大规模新建计划披露。与此同时，受能源成本高企、盈利空间收窄以及环保政策趋严等多重因素影响，欧美及日韩等地区部分老旧装置陆续宣布关

停或转产，全球苯乙烯产能结构正经历区域性调整。在此背景下，海外苯乙烯装置发展整体趋于放缓甚至停滞，预计未来全球苯乙烯的新增产能将更加集中于中国，我国在全球苯乙烯市场中的供应地位将进一步凸显。

近年来，我国石化行业投资增长显著，产品市场价格成为影响项目盈利能力的关键因素之一。对于尚在决策阶段的项目，若能较为准确地预判产品未来价格走势及其影响因素，将有助于更精确地估算项目现金流量，从而提升前期评估的可靠性；对于已进入实施阶段的项目，则可通过选择适宜的融资策略，提前应对

作者简介：李敏（2000.6—），女，汉族，安徽省六安市舒城县人，研究生，单位：上海大学，研究方向：金融。

由价格波动带来的风险，进而提高决策质量与投资成功率。

此外，化工企业经营者如能把握原材料及产品价格的未来趋势，便可制定更贴合市场变化的营销策略、采购方案与生产计划，并可借助期货等金融工具规避原料价格波动风险，实现利润提升。这些举措将有效提升企业整体运营水平，进一步增强市场竞争力。

聚烯烃与芳烃作为石化产业链中的重要产品，与苯乙烯在原料构成和市场需求方面存在高度关联性，因此其市场价格的影响因素也具有一定同源性。为系统解析苯乙烯期货价格的波动机制，本文将关键影响因素归纳为以下三个维度：宏观环境层面：涵盖GDP增长率、全国化学工业总产值、石油加工及石油制品业总产值及基础化学原料制造业总产值等指标，用以衡量宏观经济与产业景气周期对市场的整体驱动。原料供应层面：包括国际原油价格、纯苯价格及乙烯表观消费量。这些是构成苯乙烯生产成本的核心，直接关系到其供给弹性与利润空间。下游需求层面：涉及苯乙烯表观消费量，以及其主力下游产品如聚苯乙烯(PS)、ABS树脂、丁苯橡胶(SBR)的价格。这些指标直接反映了终端市场的供需格局与承接能力。

在以上诸多因素中，国际原油价格作为整个石化体系的定价基石，其对苯乙烯期货价格的具体传导路径与影响程度的实证研究，构成了本文的核心分析内容。

(二) 文献综述

向量自回归(VAR)模型广泛应用于时间序列研究，尤其在计量经济学领域，代表性研究包括 Sims (1980)^[1] 和 Hamilton (1994)^[2] 等。该模型的流行在一定程度上源于其能够以相对简便的方式估计和刻画复杂的动态关系。VAR模型在预测、因果关系检验、脉冲响应分析以及协整性研究等方面具有重要作用。

在原油价格影响机制的相关研究中，韩立岩和尹力博(2012)^[3] 以非商业持仓占比作为投机因素的代理变量，指出国际投机资金在短期内对大宗商品价格具有推升作用，而中国因素的影响较为间接长期价格走势仍由实体经济基本面主导。隋颜休和郭强(2014)^[4] 基于结构断点检验发现，石油期货市场中的多头炒作行为是加剧油价波动的重要来源。田利辉和谭德凯(2014)^[5] 对2002—2012年数据的分析表明，金融投机行为是推动国际油价持续上涨的关键动力，并在2008年全球金融危机期间对价格波动产生了显著的放大效应。李卓和李海(2017)^[6] 从商品金融化视角出发，指出指数投资者的决策受整体价格走势影响，长期投资需综合考虑各类价格影响因素。

多项研究进一步强调金融因素对油价的重要影响。陈明华(2013)^[7] 认为，2000—2012年间油价的频繁波动是美元汇率与投机因素共同作用的结果。韩立岩等(2017)^[8] 基于VAR模型揭示了不同因素对油价的异质性影响：从长期看，全球GDP与国际贸易总额是油价的正向驱动因素；从短期看，美元指数的影响更为突出，并表现出约两个月的时滞现象。

二、研究数据与方法

(一) 数据来源及变量选取

为准确反映WTI原油期货市场的整体走势，本文采用指数化方法以克服单一合约在价格与持仓量上的局限性。研究数据选取自文华财经发布的WTI原油期货价格指数日度数据，该指数通过对纽约商品交易所(NYMEX)各月份轻质原油合约价格进行加权计算，实现了合约的连续化处理，能够全面、稳定地代表原油期货市场的整体价格水平，因而在国内衍生品交易中被广泛用作基准参考。

苯乙烯期货价格在国内是2019年9月底才上大连商品交易所，所以选取从10月开始的数据，一直到2023年年底的日度数据开始分析，数据来源于casmar数据库。因为EB苯乙烯期货每月均存在合约可供交易，但各个合约价格，持仓量都不同，因此选取的是苯乙烯期货每日加权价格进行分析。

(二) 实证分析

1. 变量描述性分析

通过观察图1可以看出2019—2020年之间国际原油期货价格和苯乙烯期货价格都有一次大幅度的价格下降，随后慢慢价格都有所回调，虽然国际原油期货的价格波动不如苯乙烯期货的价格波动频繁，且小频率，但是总体的趋势变动是一致的。据对变量走势的初步观察，国际原油期货价格指数与国内苯乙烯期货价格呈现出一定的共同变动趋势，表明二者之间可能存在相关性。为此，本文采用向量自回归模型，实证检验原油期货价格指数与国内苯乙烯期货价格之间的动态关系。



图1 芬芳烃 EB和国际原油 WTI价格2019—2023年之间价格变动趋势

2. 实证研究方法介绍

为科学识别国际原油价格与苯乙烯期货价格之间的动态关联机制，本研究采用基于向量自回归(VAR)模型的系统分析框架，具体实证研究流程如下：

首先，对苯乙烯期货价格(EB)与原油期货价格指数

(WTI) 的原始时间序列进行单位根检验 (ADF 检验)。若两者均为平稳序列 (即零阶单整 I(0))，则可直接建立 VAR 模型；若序列非平稳，则需进行差分处理，并对差分后的序列再次检验，直至实现平稳。若 WTI 与 EB 为同阶单整序列 (如均为一阶单整 I(1))，则具备进一步考察长期关系的条件。

在确认 WTI 与 EB 为同阶单整的基础上，对两变量的原始非平稳序列进行 Johansen 协整检验。若检验结果表明存在协整关系，则说明原油价格与苯乙烯期货价格之间具有统计显著的长期均衡关系，此时可建立包含误差修正机制 (VECM) 的 VAR 模型；若不存在协整关系，则采用差分序列建立标准 VAR 模型。

根据 AIC、SC 等统计量确定 VAR 模型的最优滞后阶数。随后，通过计算模型特征多项式逆根的模，检验其是否全部位于单位圆之内，以此判断所建 VAR (或 VECM) 模型是否稳定，确保后续推断的有效性。

在模型满足稳定性条件的前提下，进一步采用脉冲响应函数 (IRF) 刻画 WTI 价格发生一单位标准冲击时，对 EB 价格的动力影响路径与时变特征；同时，利用方差分解 (Variance Decomposition) 定量评估 WTI 冲击在 EB 价格波动中各期的贡献程度，从而揭示其影响的持续性与重要性。

三、原油期货价格波动的影响因素实证分析

(一) 时间序列平稳性检验

如表 1 所示，对原始序列的检验结果显示，EB 与 WTI 的 P 值分别为 0.3305 和 0.5574，表明两者均为非平稳时间序列。随后，对两变量进行一阶差分处理并再次进行 ADF 检验。此时，差分后序列的 P 值均为 0.0000，在 1%、5% 和 10% 的显著性水平下均显著拒绝存在单位根的原假设，说明一阶差分序列为平稳序列。

结果表明 WTI 与 EB 的原始价格序列为非平稳序列，但其一阶差分序列为平稳，即同为 I(1) 过程。在此条件下，为甄别其内在关联并确定正确的建模路径，必须对两序列进行协整检验。该检验的核心目的是判断 WTI 与 EB 之间是否存在可靠的长期均衡关系，其结果将直接决定后续建模策略。

表 1 ADF 单位根检验结果

时间	变量名	Dickey-Fuller	P 值
2019年10月1日—2023年12月29日	EB	-1.9534	0.3305
	D(EB)	-8.7353	0.01
	WTI	-1.3464	0.5574
	D(WTI)	-9.6636	0.01

(二) Johansen 协整检验

WTI 原油价格指数与苯乙烯期货 (EB) 价格之间在 5% 的显著性水平下存在一个显著的协整关系。这说明尽管两个序列自身可能非平稳，但它们之间构成了长期稳定的均衡关系，其变动在长期内不会严重偏离这一均衡路径。这一结果为后续建立向量误差修正模型 (VECM) 提供了统计依据，使得我们可以在分析短期波动的同时，捕捉价格偏离长期均衡后的回调机制。

表 3 表明在长期均衡中，EB 和 WTI 之间维持一个稳定的线性关系，其中 EB 对 WTI 的变化率是负向的，即随着 WTI 的增加，

EB 会相应减少。

表 2 VAR 模型的 Johansen 协整检验

原假设	迹统计量	10% 临界值	5% 临界值	1% 临界值
至多一个	2.38	6.50	8.18	11.65
无	19.40	15.66	17.95	23.52

表 3 EB 和 WTI 之间协整向量

	EB	WTI
EB	1.00000	1.00000
WTI	-58.10892	92.61929

(三) Granger 因果检验

在检验的过程中分为苯乙烯期货价格对国际原油期货价格是否存在格兰杰因果关系，和国际原油期货价格对苯乙烯期货价格是否存在格兰杰因果关系，进而判断它们之间是单向还是双向因果关系。因此从表 4 看出苯乙烯不是导致国际原油的格兰杰原因，但是国际原油是导致苯乙烯价格变化的格兰杰原因。

表 4 Granger 因果检验结果

变量 X	变量 Y	检验统计量值	p 值	有无因果关系
EB	WTI	6.592097	0.2527861	无
WTI	EB	78.70616	1.554312e-15	有

(四) 建立 VAR 模型

在确认 EB 与 WTI 价格序列存在协整关系的基础上，本研究随即对 2019 年 10 月 1 日至 2023 年 12 月 31 日的原始序列建立 VAR 模型。依据计量经济学理论，存在协整关系的非平稳序列应基于水平值建模。经由 AIC、BIC 与 HQ 信息准则综合研判 (表 4)，三者一致指向最优滞后阶数为 3，因此本研究构建 VAR(3) 模型进行后续分析。据此，本文建立 VAR(3) 模型，其回归结果如表 5 所示，变量 WTI 与 EB 的 VAR(3) 模型表达式如下：

$$\begin{aligned} \text{EB} = & 0.90897415 * \text{EB}(-1) + 12.22932236 * \text{WTI}(-1) \\ & + 0.12276186 * \text{EB}(-2) - 3.33761633 * \text{WTI}(-2) - 0.05316381 * \text{EB}(-3) \\ & - 7.87562914 * \text{WTI}(-3) + 100.64280325 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{WTI} = & 0.0007411164 * \text{EB}(-1) + 0.7287274288 * \text{WTI}(-1) \\ & - 0.0007413207 * \text{EB}(-2) + 0.1444462515 * \text{WTI}(-2) \\ & + 0.0003252977 * \text{EB}(-3) + 0.1028773050 * \text{WTI}(-3) \\ & - 0.9105549554 \end{aligned}$$

根据模型输出的统计结果：均方误差 (MSE) 为 785.5196，残差标准误差 (RSE) 为 164381.3，拟合优度 (R^2) 为 0.998，调整后 R^2 为 0.9979。F 检验统计量为 8404，对应 p 值小于 2.2×10^{-16} ，在 5% 的显著性水平下，模型整体通过显著性检验。综上，该模型拟合优度接近 1，且 F 统计量显著，表明模型拟合效果良好。

表 4 VAR 模型最优滞后阶数选择的结果

滞后阶数	P	AIC	BIC	HQ	M(q)	P 值
1	0	19.0463	19.0463	19.0463	0.0000	0.0000
2	1	12.1742	12.1929	12.1813	7233.7899	0.0000
3	2	12.0870	12.1243	12.1011	99.4100	0.0000
4	3	12.0491	2.1050	12.0703	47.5477	0.0000
5	4	12.0506	12.1251	12.0788	6.3304	0.1758
6	5	12.0566	12.1497	12.0919	1.5068	0.8254
7	6	12.0553	12.1670	12.0976	9.1940	0.0564

(五) 价格预测

基于所建立的 VAR(3) 模型，本文对样本数据进行了拟合与预测分析。在样本区间内的预测称为样本内拟合，而对样本外时间段的预测则称为样本外预测。考虑到苯乙烯价格受到多重因素影响，长期趋势预测不仅难度较大，实际参考价值也相对有限。相比之下，对未来少数几期价格及其波动进行预测，更能及时反映市场动态，为相关决策提供有效参考。因此，本文采用静态预测方法，对苯乙烯价格进行短期预测。通过表 5 可以看出预测的价格有时和真实值相近，有时有差的较远，因为苯乙烯期货的价格还受到基本面的影响。

表 5 苯乙烯期货价格的预测结果

日期	真实值	VAR(3) 预测值
2024-01-01	8422.435	8447
2024-01-02	8615.11	8444
2024-01-03	8552.707	8438
2024-01-04	8481.75	8432
2024-01-05	8386.849	8427

(六) 脉冲响应与方差分解分析

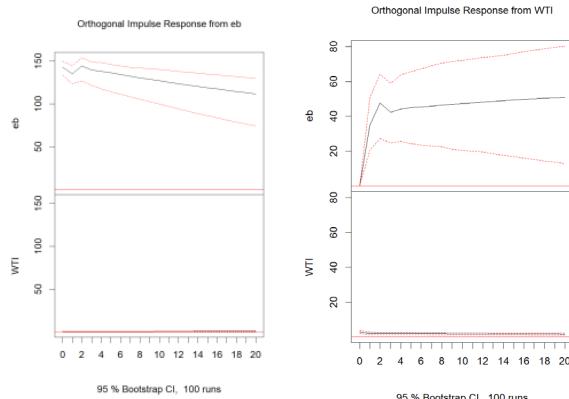


图 2 2019—2023 年 EB 与 WTI 脉冲响应分析结果

在 VAR(3) 模型基础上，继续研究脉冲响应。在本文中，脉冲响应分析可用于研究苯乙烯期货价格受到国际原油期货价格这个变量发生一个标准差时的冲击影响，选择滞后 20 期，分析苯乙烯期货价格受到其他影响因素变量冲击的相应变化轨迹。根据图 2 所示的脉冲响应结果，可以得出以下分析：当对苯乙烯期货价格 (EB) 施加一个单位正向冲击时，其对自身价格的影响表现为短期内的显著正向响应，该响应在第 2 期达到峰值后逐步衰减，但始终

维持正向影响，表明 EB 价格冲击在短期内具有持续的自我强化效应，长期影响逐渐减弱。与此同时，原油期货价格 (WTI) 对 EB 冲击的反应在整个 20 期内均不显著，说明苯乙烯价格波动并未对原油价格产生实质性影响。当对国际原油期货价格 (WTI) 施加一个单位正向冲击时，苯乙烯期货价格 (EB) 在短期内即表现出迅速且较强的正向响应，并于第 3 期达到峰值，随后响应幅度逐步衰减，反映出原油价格变动对苯乙烯价格具有明显的短期传导效应，但随时间推移逐渐减弱。

四、结论

1. 根据 Johansen 协整检验结果，WTI 原油期货价格与苯乙烯期货价格之间有长期均衡关系。协整表达式显示，两者呈负相关关系，即 EB 对 WTI 的变化响应为负：WTI 价格上涨会导致 EB 价格下降，而 WTI 价格下跌则对应 EB 价格上升。从经济含义来看，这一负相关关系可能源于以下几个方面：首先，作为苯乙烯生产的关键原料，原油价格上涨会推高生产成本，进而抑制下游需求，导致苯乙烯价格承压；其次，在特定市场环境下，成本传导机制可能受阻，上游价格上涨无法及时向下游传递；此外，苯乙烯自身的供需格局、产业政策及金融市场投机行为等因素也可能削弱或逆转传统的成本支撑逻辑。这一发现为理解能化产业链的价格传导机制提供了重要参考，表明单纯依靠成本推动的定价逻辑在复杂市场环境中可能面临挑战。

2. 根据脉冲响应分析结果，国际原油期货价格 (WTI) 对其自身冲击及苯乙烯期货价格 (EB) 冲击的响应在整个观察期内均接近于零，表明 WTI 价格具有较强的独立性，受 EB 价格变化的影响较小，其波动主要受自身历史惯性及模型中未包含的其他外部因素驱动。相比之下，苯乙烯期货价格 (EB) 的波动既受到自身历史冲击的影响，也显著受到 WTI 价格冲击的影响。两类冲击均在前几期引发 EB 价格的正向响应，并迅速达到峰值，随后逐渐衰减，呈现典型的短期持续效应与长期收敛特征。这说明 EB 价格不仅存在自我强化机制，同时也在短期内对原油价格变动表现出明显的正向反应，反映出成本传导效应在苯乙烯定价中的重要作用。

参考文献

- [1] Sims C A. Macroeconomics and Reality[J]. *Econometrica*, 1980, 48(1):1–48.
- [2] Hamilton J D. Time series analysis[M]. Princeton: Princeton university press, 1994.
- [3] 韩立岩, 尹力博. 投机行为还是实际需求?——国际大宗商品价格影响因素的广义视角分析 [J]. 经济研究, 2012(12): 83–96.
- [4] 隋颖体, 郭强. 期货市场的投机因素对国际油价波动的影响——基于2000—2013年的结构断点分析 [J]. 宏观经济研究, 2014(8): 100–113.
- [5] 田利辉, 谭德凯. 大宗商品现货定价的金融化和美国化问题——股票指数与商品现货关系研究 [J]. 中国工业经济, 2014(10): 72–84.
- [6] 韩立岩, 龚贞, 蔡立新. 国际油价的长短期影响因素 [J]. 中国管理科学, 2017(8): 68–78.
- [7] 李卓, 李海. 大宗商品指数投资者对原油期货价格波动影响研究 [J]. 统计与决策, 2017(11): 157–162.
- [8] 陈明华. 基于金融因素的国际油价波动分析: 理论与实证 [J]. 宏观经济研究, 2013(10): 105–113.