

文章编号:1000-4653(2025)01-0093-08

中-美出口集装箱航线上港口拥堵与 CCFI波动相关性分析

赵楠¹, 沈莉², 郁艸兰²

(1. 上海海事大学 上海国际航运研究中心, 上海 201306; 2. 上海海事大学 交通运输学院, 上海 201306)

摘要:为预测 CCFI 提供新的视角,将 2018 年 1 月~2023 年 2 月中国出口集装箱运价指数美东航线 (CCFI 美东航线) 和中国出口集装箱运价指数美西航线 (CCFI 美西航线) 同克拉克森集装箱港口拥堵指数 (CPCI) 构建向量自回归模型 (VAR), 定量分析港口拥堵对集装箱运价的影响机制。结合 VEC 模型来研究变量之间长期的均衡关系。考虑到国际原油价格、进出口贸易额等都会对 CCFI 波动产生影响,因而在建立 VAR 模型前,本文采用 OLS 方法检验港口拥堵指数是否能独立于控制变量 (布伦特原油价格、进出口贸易额) 对 CCFI 波动产生影响。研究结果表明: 1) 港口拥堵导致集装箱运力和港口资源被占用,中-美出口集装箱航线上的运力分布及运输策略发生变化,继而引起分航线上 CCFI 出现不同程度的波动; 2) 港口拥堵对集装箱运价产生的影响效应会维持近三个月; 3) 无论美东航线还是美西航线,美国港口拥堵比中国港口的拥堵更能推动集装箱运价指数的攀升。

关键词:港口拥堵; 中国出口集装箱运价指数; VAR 模型; 脉冲响应

中图分类号:U692 文献标志码:A DOI:10.3969/j.issn.1000-4653.2025.01.012

Correlation analysis of port congestion and CCFI fluctuations on the China-US Export container route

ZHAO Nan¹, SHEN Li², YU Tiaolan²

(1. Shanghai International Shipping Institute, Shanghai Maritime University, Shanghai 201306, China;
2. College of Transport and Communications, Shanghai Maritime University, Shanghai 201306, China)

Abstract: A Vector Auto Regression (VAR) model is constructed by combining the China Containerized Freight Index of E/C America Service (CCFI E/C America Service) and the China Containerized Freight Index of W/C America Service (CCFI W/C America Service) with the Clarksons Container ship Port Congestion Index (CPCI) from January 2018 to February 2023, to quantitatively analyze the impact mechanism of port congestion on container freight rates. The model also incorporates a Vector Error Correction (VEC) model to study the long-run equilibrium relationship between the variables. The results show that: 1) Port congestion leads to the occupation of container capacity and port resources, as well as changes in the distribution of capacity and transportation strategies on the China-U. S. export container routes, which in turn causes different degrees of fluctuations in CCFI on the sub-routes; 2) The effect of port congestion on container freight rates persists for nearly three months; 3) Regardless of the U. S. East route or the U. S. West route, port congestion in the U. S. has a more significant impact on promoting the increase of the container freight index compared to port congestion in China. Meanwhile, this paper provides a new perspective for predicting CCFI by investigating the impact mechanism of port congestion on CCFI fluctuations.

Key words: port congestion; China containerized freight index; VAR model; impulse response

收稿日期:2023-12-14

基金项目:上海市人民政府决策咨询研究重大课题(2023-A-15)

作者简介:赵楠(1986—),女,高级工程师,博士,研究方向为交通运输规划与管理。E-mail:rockyzhao1986@163.com

通信作者:沈莉(1998—),女,硕士研究生,研究方向为交通运输规划与管理。E-mail:1042998715@qq.com

引用格式:赵楠,沈莉,郁艸兰.中-美出口集装箱航线上港口拥堵与 CCFI 波动相关性分析[J].中国航海,2025,48(1):93-100.

ZHAO N, SHEN L, YU T L. Correlation analysis of port congestion and CCFI fluctuations on the China-US Export container route[J].
Navigation of China, 2025, 48(1): 93-100. (in Chinese)

港口是海运供应链上的核心,其运营效率对货运效率、船舶周转率、班轮运输平衡性以及供应链的稳定性产生十分重要的影响。工人罢工、后方集疏运体系不畅、堆场流转效率低以及突发因素等都会使港口出现拥堵问题。从图1可以看出,新冠病毒感染疫情暴发后,由于各国防疫监管要求提升,船舶抵港靠泊作业效率受到影响。2020年下半年,由于去库存以及欧美区域被压抑的消费需求爆发式增长,使得2020年下半年国际贸易规模快速增加^[1],美国集装箱港口无法消化激增的集装箱进口需求,导致港口出现拥堵并传导至物流供应链,市场可用运力急剧下降,集装箱船舶供不应求,使得中国出口集装箱运价指数(China Containerized Freight Index, CCFI)持续走高且成倍增长。2021年3月苏伊士运河货船搁浅和2021年6月深圳盐田港停摆再次冲击航运业,导致供应链多次断裂,全球港口均呈现不同程度的拥堵,尤其欧美区域港口拥堵问题异常突出,集装箱市场供需矛盾尖锐,多重因素影响下,集装箱运价继续攀升。直至2022年末,新冠病毒感染疫情防控影响快速衰减,全球贸易模式走向正常化,需求大幅波动造成的物流障碍消散,港口拥堵逐渐疏解,集装箱运力供需进入新的平衡点,港口生产形势也逐渐回归正常水平,集装箱运价回落。

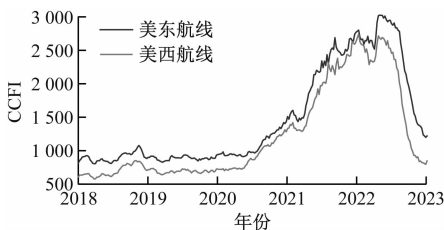


图1 美东航线与美西航线 CCFI 波动曲线(2018 ~ 2023)

Fig. 1 Volatility curve for CCFI E/C America Service and CCFI W/C America Service(2018 ~ 2023)

海运运费变化是航运市场波动最直观的体现,运价指数是反映航运市场运价波动的核心指标,关于航运运价波动特征的研究,国内外已有非常成熟的方法。YUAN^[2]利用广义自回归条件异方差模型(Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedasticity, GARCH)族模型分析了CCFI指数的波动特点;周杨等^[3]等运用季节调整法、滤波分析法(Hodrick - Prescott Filter, HP)滤波分析法以及自回归条件异方差模型(Autoregressive Conditional Heteroskedasticity, ARCH)模型对中国沿海集装箱运价指数波动的特征进行研究,得出沿海集装箱运价指数的波动具有聚集性、非对称性;汤霞等^[4]基于复杂网络理论和格兰杰检验方法研究了

不同航线上上海出口集装箱运价指数的波动传导性。也有诸多学者运用经验模态分解法^[5-6]、季节性单位根检验(Hylleberg - Engle - Granger - Yoo Test, HEGY)检验和统计模拟方法^[7]、分量重构技术^[6]等对中国出口集装箱运价指数进行了更深入的研究,指出了CCFI季节性波动的规律和特点。

在集装箱海运运价波动关联性的研究中,大致可分为两类,一类研究集装箱运价指数与经济指标的关联性:例如LUO^[8]等发现,世界主要港口集装箱吞吐量的下降会导致集装箱运价的降低;夏凯亮等^[9]研究发现上证综指对中国出口集装箱运价指数有显著的影响;JIANG等^[10]运用向量自回归模型(Vector Autoregression, VAR)分析了海上丝绸之路出口贸易额与上海出口集装箱运价指数的相关性;叶善椿^[11]研究指出中国出口集装箱运价指数与制造业采购经理人指数间存在协整关系,不存在双向格兰杰因果关系;陈丽芬^[12]采用SVAR的方法研究了中国出口集装箱运价指数中国国际贸易出口总额的联动机制;王逸帆^[13]运用格兰杰检验、脉冲响应和方差分解方法探讨了原油价格、制造业采购经理人指数与长江集装箱运价指数的关联关系;曹睿^[14]以定性分析的方式从供给和需求两个方面论述了突发国际性事件、人民币兑美元汇率、居民消费价格指数对中国出口集装箱运价指数的影响。另一类主要研究集装箱运价市场与其他海运运价市场的波动溢出效应:如HSIAO等^[15]等基于GARCH-BEKK模型讨论了2008年金融海啸前、期间和之后的波罗的海干散货指数(Baltic Dry Index, BDI)和CCFI波动的领先滞后及波动传导关系,这类文献目前也是较少的。

新冠病毒感染疫情防控后,研究人员对港口拥堵问题给予了更高的关注度,至今已有部分学者开始研究港口拥堵对海运运价的影响。WANG等^[16]和XU等^[17]等在相关的文献中指新冠病毒感染疫情暴发后严重的港口拥堵拉动了BDI的大幅上涨,BAI^[18]采用系统动力学的方法论证了港口拥堵对波罗的海液化石油气指数(Baltic Liquefied Petroleum Gas Index, BLPG)有显著的促进作用。目前尚未有研究讨论集装箱运价指数的波动与港口拥堵之间的关系。最新的研究港口拥堵对国际贸易影响的文献中提及美国港口拥堵促使集装箱运价指数走高^[19],同样,CARTER^[20]在文章中也提到这一点,还没有相关文章采用数学方法进行论证。

近年来,VAR模型在航运市场的应用非常常见,但许多学者都将其用于研究不同航运市场与市

场相关因素之间的关联性,本文将VAR模型应用于港口拥堵与集装箱运价波动相关性的研究,并结合定量分析结果,探究了港口拥堵对集装箱运价的影响机制。由于进出口贸易额、采购经理人指数(Purchasing Managers' Index, PMI)指数等指标均会对CCFI波动产生影响,因此本文还使用了普通最小二乘法(Ordinary Least Squares, OLS)模型论证港口拥堵指数独立于其他变量影响CCFI波动。在分析时,将所有变量分别纳入到美东和美西两个样本中,以此比较不同地区港口拥堵和CCFI波动的波动相关性。

1 研究设计

1.1 OLS模型

本文选取了布伦特原油价格和进出口贸易额作为控制变量,验证港口拥堵变量中涵盖的信息是否被包含,布伦特原油价格反映海运成本,进出口贸易额反映航运需求。

滞后 k 阶的基准模型如下(以美东样本为例):

$$C_{ec,t} = C_1 + \sum_{i=1}^k A_{t-i} X_{1,t-i} + \varepsilon_{1,t} \quad (1)$$

其中, $C_{ec,t}$ 为 t 时刻的CCFI美东航线变量, $X_{1,t-i} = [B_{t-i}, M_{t-i}, E_{t-i}]'$,其表示 $t-i$ 时刻CCFI美东航线布伦特原油价格、进出口贸易额变量, A_{t-i} 为变量滞后 i 阶的系数, C_1 为常数项, $\varepsilon_{1,t}$ 为随机误差函数。

接着加入港口拥堵指数变量,OLS扩展模型如下:

$$C_{ec,t} = C_2 + \sum_{i=1}^k A_{t-i} X_{1,t-i} + \sum_{i=1}^k B_{t-i} X_{2,t-i} + \varepsilon_{2,t} \quad (2)$$

其中, B_{t-i} 为变量 $X_{2,t-i}$ 滞后 i 阶的系数矩阵, $X_{2,t-i} = [I_{chn,t-i}, I_{ec,t-i}]'$, $\varepsilon_{2,t}$ 为随机误差项, C_2 为常数项。

1.2 VAR模型

港口拥堵是集装箱运价指数的外生变量,但两个指标的关联性并非直接关联,因此为了分析指标数据之间的动态关系,最大化挖掘数据本身的信息,找到拥堵与运价变化之间的关系,本文利用VAR来进行分析。以美东样本为例,VAR模型为:

$$Y_t = \sum_{j=1}^p \Phi_j Y_{t-j} + \varepsilon_{3,t} + C_3 \quad (3)$$

其中, $Y_t = [C_{ec,t}, I_{chn,t}, I_{ec,t}]'$, Φ_j 是系数矩阵, p 是模型的滞后阶数, $\varepsilon_{3,t}$ 是随机误差矩阵, C_3 是常数项。

另外,本文在VAR模型中结合了VEC模型,用来分析港口拥堵和运价之间的长期协整关系。VEC

模型如下:

$$D(Y_t) = \Theta E_{t-1} + \sum_{j=1}^{p-1} \Psi_j D(Y_{t-j}) + \varepsilon_{4,t} + C_4 \quad (4)$$

其中, $D(\cdot)$ 为相应变量的一阶差分, Θ 和 Ψ_j 为系数矩阵, E_{t-1} 是误差修正项,表示偏离长期均衡状态时,系统将其调整为均衡状态的速度, $\varepsilon_{4,t}$ 是随机误差函数, C_4 为常数项。

1.3 数据处理

本文收集并计算了2018年1月~2023年2月的克拉克森港口拥堵指数、CCFI运价指数、中美进出口贸易额和国际原油价格指数数据。其中克拉克森港口拥堵指数主要搜集美国港口拥堵指数和中国港口拥堵指数,CCFI运价指数主要搜集美西航线运价指数和美东航线运价指数。在OLS模型中,由于进出口贸易额数据最小统计周期为月,因此四个控制变量均采用月度数据;在VAR模型中,港口拥堵指数和CCFI运价指数采用周数据,以减少有效信息的损失。

1) 克拉克森集装箱港口拥堵指数:由克拉克森海运情报网(Clarksons Research Intelligence)发布的港口拥堵指数是衡量全球港口拥堵水平的重要参考,它通过计算不同船型的集装箱船舶每日在港运力占当日总运力的比重直观反映了全球运力滞港状况。由于本文将各指标的周数据列入样本,因而需要对该指数计算7日算术平均值。图2和图3分别反映了2018年~2023年中国、美东、美西集装箱港口拥堵指数的走势。2020年新冠病毒感染疫情暴发后,美东、美西的拥堵指数呈现快速上升趋势,直

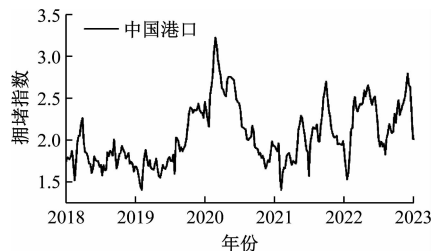


图2 中国港口拥堵指数走势(2018~2023)

Fig. 2 China Port congestion index chart(2018~2023)

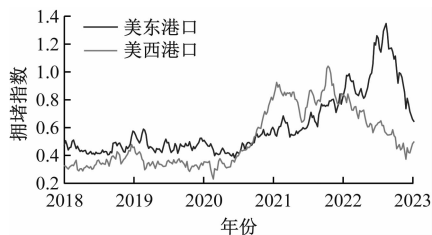


图3 美东、美西港口拥堵指数走势(2018~2023)

Fig. 3 US East and US West Port congestion index chart(2018~2023)

至2022年末新冠病毒感染疫情防控影响快速减弱,拥堵指数回落。从中国港口拥堵指数来看,2020年初,由于新冠病毒感染疫情防控,中国港口生产运营效率放缓,滞留在港的运力较多,随着中国复工复产的推进以及新冠病毒感染疫情防控的常态化,港口恢复正常运营,在港运力充分释放,拥堵指数到2021年初已恢复至新冠病毒感染疫情防控前水平,2021年开始,苏伊士运河的阻塞、盐田港的关闭导致供应链多次断裂,中国港口因此受到影响,拥堵指数发生较大幅度的震荡。

2) 中国出口集装箱运价指数(CCFI):指数于1998年4月23日由上海航运交易所编制发布,该指数选取了从中国内地出发到日本、韩国、欧洲、美西、美东、东南亚、地中海、澳大利亚、新西兰、南非、南美、中国香港以及东西非11个区域的航线运价,经过标准的统计指标计算公式进行综合计算得出的代表中国出口集装箱运输市场价格的综合指标,能够客观反映中国集装箱运输市场的价格波动。

3) 布伦特原油价格:布伦特原油价格是国际基准原油之一,世界约2/3的原油交易价格均已布伦特原油作为基准油定价,其波动能够准确反映市场油价的波动,也能对国际集装箱海运运价产生影响。

4) 进出口贸易额:进出口贸易额数据选自中国海关总署网站,它能够反映市场的航运服务需求,短期内,进出口贸易额的增长会带动集装箱运价小幅增长,长期而言,进出口贸易额的增长会促进船东订购新船,导致运力过剩,压低集装箱运价。

2 实证结果与分析

2.1 OLS 回归分析

表1和表2列示了美东和美西两个样本的OLS回归分析结果,其中模型1仅包含布伦特原油价格(B)、进出口贸易额(M 、 E)和CCFI运价变量(C_{ec} 、 $C_{w.c}$),模型2是在模型1的基础上加入港口拥堵指数变量(I_{chn} 、 I_{ec} 、 $I_{w.c}$),分析结果表明,添加了港口拥堵指数变量后,模型拟合优度(R^2)显著提升,说明港口拥堵指数中包含的信息没有被其他经济变量所覆盖。

为了具体分析港口拥堵对CCFI的影响机制,本文继而建立了VAR模型。

2.2 平稳性检验

本文选择ADF单位根检验(Augmented Dickey-Fuller test, ADF)的方法对序列的平稳与否进行判断。

表1 美东样本回归结果

Tab.1 Regression results for the US East sample

变量	模型1		模型2	
	回归系数	P值	回归系数	P值
$I_{chn}(-1)$			0.141	0.217
$I_{ec}(-1)$			0.483	0.003
$B(-1)$	0.680	0.000	0.317	0.087
$M(-1)$	0.243	0.129	0.191	0.187
$E(-1)$	0.691	0.001	0.571	0.003
R^2	0.653		0.733	

表2 美西样本回归结果

Tab.2 Regression results for the US West sample

变量	模型1		模型2	
	回归系数	P值	回归系数	P值
$I_{chn}(-1)$			0.295	0.000
$I_{w.c}(-1)$			0.858	0.000
$B(-1)$	0.519	0.003	0.515	0.000
$M(-1)$	0.282	0.107	-0.248	0.032
$E(-1)$	0.717	0.002	0.391	0.004
R^2	0.586		0.868	

ADF检验结果如表3所示,5个变量中,除中国港口拥堵指数(I_{chn})外,其余四个变量的原序列都接受了95%置信水平下的假设,说明美东港口拥堵指数(I_{ec})、美西港口拥堵指数($I_{w.c}$)、CCFI美东航线(C_{ec})和CCFI美西航线($C_{w.c}$)的原序列都不平稳。对不平稳的序列进行一阶差分,结果显示差分后序列的检验值均小于1%的临界值,通过平稳性检验,

表3 ADF检验结果

Tab.3 ADF test results

变量	ADF 检验值	1% 临界值	5% 临界值	10% 临界值	P值	平稳性
I_{chn}	-2.945	-3.456	-2.873	-2.573	0.042	是
I_{ec}	-0.325	-2.574	-1.942	-1.616	0.568	否
dI_{ec}	-13.348	-2.574	-1.942	-1.616	0.000	是
$I_{w.c}$	-0.176	-2.574	-1.942	-1.616	0.622	否
$dI_{w.c}$	-14.636	-2.574	-1.942	-1.616	0.000	是
C_{ec}	-0.515	-2.574	-1.942	-1.616	0.493	否
dC_{ec}	-4.712	-2.574	-1.942	-1.616	0.000	是
$C_{w.c}$	-0.770	-2.574	-1.942	-1.616	0.382	否
$dC_{w.c}$	-3.776	-2.574	-1.942	-1.616	0.000	是

因此可采用 I_{chn} 、 dI_{ec} 、 dC_{ec} 、 $dI_{w.c}$ 、 $dC_{w.c}$ 这些平稳序列构建 VAR 模型。

2.3 协整关系检验

表 4 和表 5 列示了两个样本在两种协整检验方法下的结果。在 5% 的显著性水平下,美东样本模型的 I_{chn} 、 I_{ec} 、 C_{ec} 之间存在一个协整关系,美西样本模型的三个变量之间不存在长期均衡关系。从上述结果来看,虽然疫情防控后美西港口首先发生拥堵,并且拥堵后立即推高了集装箱运价指数的走高,但这是一种短期影响,即在常态化下的美西港口拥堵情况并不会对中国-美西航线的集装箱运价指数产生长期影响。

表 4 迹检验
Tab. 4 Trace test

样本模型	原假设	特征值	统计量	5% 临界值	P 值
美东	None *	0.156	58.953	29.797	0.000
	At most 1	0.044	15.875	15.495	0.044
	At most 2	0.018	4.522	3.841	0.034
美西	None *	0.053	27.213	29.797	0.097
	At most 1	0.043	13.343	15.495	0.103
	At most 2	0.009	2.283	3.841	0.131

表 5 最大特征值检验
Tab. 5 Maximum eigenvalue test

样本模型	原假设	特征值	统计量	5% 临界值	P 值
美东	None *	0.156	43.078	21.132	0.000
	At most 1	0.044	11.353	14.265	0.137
	At most 2	0.018	4.522	3.841	0.034
美西	None *	0.053	13.871	21.132	0.376
	At most 1	0.043	11.059	14.265	0.151
	At most 2	0.009	2.283	3.841	0.131

针对美东样本模型中三个变量存在协整关系的问题,本文通过建立对应的向量误差修正模型 (Vector Error Correction, VEC) 模型进一步研究了这种长期关系,从 VEC 模型中,我们可以得出协整方程。

$$C_{ec} = 153.858I_{chn} + 3738.06I_{ec} - 1112.515 \quad (5)$$

长期来看,中国港口拥堵指数、美东港口拥堵指数与 CCFI 美东航线运价指数有长期协整关系,且均呈正相关关系,与预设一致。长期以来中国到美东的航线由于受巴拿马运河的影响,船舶一直难以大型化发展,美东港口的基础设施发展相对滞后,巴

拿马运河扩宽后,美东港口的能力尚未有效提升,美东港口拥堵问题与美西港口相比更加持久。而港口的拥堵将增加现有市场运力下的在港停留船舶数量,使得中国-美东航线的实际运力减少,市场运力供不应求,进而导致运价走高。同时,协整方程也显示出 CCFI 美东航线运价指数受美东港口拥堵指数的影响更大,而中国港口拥堵情况对运价的波动影响并不大。也体现出中国港口的基础设施建设水平相对稳定,港口出现规模拥堵的情况较少,且具有预期性,因此对集装箱运价的波动影响不大。

2.4 VAR 模型最佳滞后阶数的确定

由于 VAR 模型主要研究变量当期值和滞后值之间的关联性,因此滞后期的选择在 VAR 模型中很关键,考虑到数据量以及中国-北美航线平均航次时间的因素,本文初设的滞后期均为 4 期(周),常见的滞后阶数判定方法就是引入施瓦茨准则 (Schwarz Criterion, SC) 准则和赤池信息准则 (Akaike Information Criterion, AIC) 准则,当两个值都较小时,则可确定最佳的滞后期。

表 6 计算出了两个样本模型滞后期检验的结果,美东样本模型中最终预测误差准则 (Final Prediction Error, FPE)、AIC、SC、汉南-奎因准则 (Hannan - Quinn Criterion, HQ) 均在滞后期数为 2 时达到最优统计值,美西样本模型中似然比检验 (Likelihood Ratio Test, LR)、FPE、AIC 在滞后期数为 4 时得到最优统计值,因此可确定美东、美西样本 VAR 模型的滞后期分别为 2 和 4。

2.5 格兰杰因果关系检验

格兰杰因果关系检验主要用以考察解释变量的过去值对被解释变量是否具有预测能力,即变量之间在时间上是否存在先后关系。

从两个样本模型的检验结果来看(表 7),无论是美东航线还是美西航线,拥堵指数的波动对集装箱运价指数波动的解释力度都比较低,反之集装箱运价的走高反而会进一步导致集装箱港口拥堵的加剧。其逻辑在于由于运价指数的走高,再加上目前已有港口的拥堵情况,外贸企业为了抢时间,均采用提前出货的方式,使得需求量进一步增长,供需的不平衡性进一步凸显。

2.6 模型的稳定性检验

建立 VAR 模型后,要对模型进行稳定性检验,通常可采用 AR 根图判断模型的稳定性。由图 4 和图 5 可知,所有特征多项式的倒数根都落在单位圆内,即两个模型均处于稳定状态。

表6 滞后期测算
Tab.6 Lag period measurement

样本模型	滞后期	对数似然值	似然比检验 统计量	最终预测 误差	赤池信息 准则	施瓦茨准则	汉南-奎因 准则
美东	0	-972.346	NA	0.462	7.741	7.783	7.758
	1	-695.475	544.952	0.055	5.615	5.783	5.683
	2	-666.331	56.670	0.046*	5.455*	5.749*	5.573*
	3	-660.835	10.555	0.048	5.483	5.903	5.652
	4	-649.028	22.397*	0.047	5.461	6.007	5.680
美西	0	-939.854	NA	0.357	7.483	7.525	7.500
	1	-659.574	551.663	0.041	5.330	5.498*	5.398*
	2	-644.821	28.685	0.040	5.284	5.578	5.403
	3	-632.691	23.298	0.039	5.259	5.680	5.429
	4	-616.826	30.093*	0.037*	5.205*	5.751	5.425

表7 格兰杰因果检验结果
Tab.7 Granger causality test results

样本模型	原假设	卡方值	P值	结论
美东	I_{chn} 不是 dC_{ec} 的格兰杰原因	0.579	0.749	接受
	dI_{ec} 不是 dC_{ec} 的格兰杰原因	3.886	0.143	接受
	dI_{ec} 不是 I_{chn} 的格兰杰原因	5.318	0.070	接受
	dC_{ec} 不是 I_{chn} 的格兰杰原因	1.711	0.425	接受
	I_{chn} 不是 dI_{ec} 的格兰杰原因	1.915	0.384	接受
	dC_{ec} 不是 dI_{ec} 的格兰杰原因	17.428	0.000	拒绝
美西	I_{chn} 不是 $dC_{w.c}$ 的格兰杰原因	2.261	0.688	接受
	$dI_{w.c}$ 不是 $dC_{w.c}$ 的格兰杰原因	8.293	0.081	接受
	$dI_{w.c}$ 不是 I_{chn} 的格兰杰原因	7.094	0.131	接受
	$dC_{w.c}$ 不是 I_{chn} 的格兰杰原因	2.757	0.599	接受
	I_{chn} 不是 $dI_{w.c}$ 的格兰杰原因	4.566	0.335	接受
	$dC_{w.c}$ 不是 $dI_{w.c}$ 的格兰杰原因	12.941	0.012	拒绝

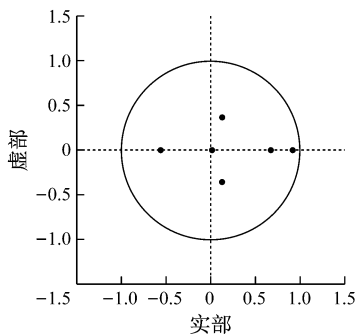


图4 美东样本模型AR根图

Fig.4 US East sample model AR root plot

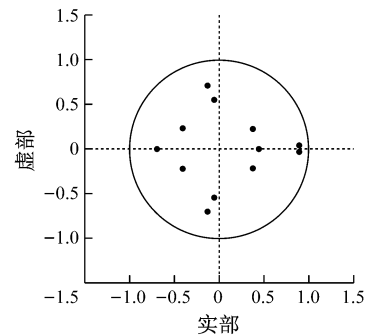


图5 美西样本模型AR根图

Fig.5 US West sample model AR root plot

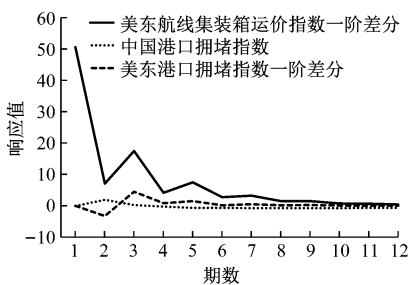
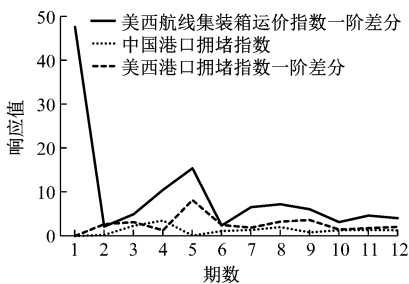
冲击后,系统中内生变量在当期和未来期的波动轨迹。

图6、图7显示了两个样本模型脉冲响应情况。结合脉冲响应结果,可得到以下结论:第一,CCFI美东航线和CCFI美西航线在第1期对自身1个标准差新信息冲击的反应最为强烈,峰值分别为50.5936和47.4963,说明CCFI美东航线对市场新信息的反应程度大于CCFI美西航线,冲击效应在第2期显著降低,随后在波动中逐渐减弱,并恢复稳定状态。第二,中国出口集装箱运价指数(C_{ec} 、 $C_{w.c}$)对港口拥堵指数(I_{chn} 、 I_{ec} 、 $I_{w.c}$)的冲击在第1期并没有完全反应,表明港口拥堵对集装箱运价指数的推动作用存在滞后性。第三,两个样本模型中,美国港口拥堵指数的冲击给CCFI带来的正效应在绝大多数时期都高于中国港口拥堵指数带来的影响,且持续时间更长,反应强度更大,尤其在美东样本模型中,中国港口拥堵指数的冲击需经历较长的时滞,才能体现对CCFI美东航线微弱的影响,这与协整检验的结论一致。第四,美西样本模型中,在受到冲击后的若干期, $C_{w.c}$ 的变化与 I_{chn} 、 $I_{w.c}$ 的变化方向都是一致的,而

2.7 脉冲响应

脉冲响应研究的是受到不同变量的单位标准差

美东样本模型中, C_{ec} 在受到冲击后的第二期, 其变化方向与 I_{ec} 相反, 这是因为美西港口拥堵是短期的, 且由于美西港口的拥堵导致全球其他集装箱运输航线的运力调配至中国到美西集装箱航线市场, 从而造成全局性的中国出口集装箱运价指数的全面升高。而随着后期贸易需求逐步回落, 美西港口拥堵缓解, 全局性的集装箱运价指数均出现回落。而对于美东港口而言, 由于之前美西港口拥堵, 大量航线航班调配至美东港口挂靠, 造成美东港口开始出现拥堵现象, 而此时中国—美东航线的集装箱运价指数, 随着美西港口拥堵缓解和贸易需求回落导致的全局性集装箱运价回落而一同回落, 因此呈现了负向效应。

图6 dC_{ec} 对外来冲击的响应Fig. 6 dC_{ec} response to external shocks图7 $dC_{w,c}$ 对外来冲击的响应Fig. 7 $dC_{w,c}$ response to external shocks

2.8 方差分解

通过脉冲响应函数, 可以清晰地看出变量之间的相互影响方向, 而通过方差分解, 则可以分析出影响内生变量的各个结构冲击的贡献程度, 以此判断各结构冲击的重要性。

由 VAR 模型方差分解表 (详见表 8) 可知, 在预测期中, CCFI 自身的解释能力最强, 在第 9 期仍有 95% 以上的贡献率, 随着时间的推移, 港口拥堵指数对 CCFI 变动的解释力度开始逐渐增强。综合两个样本模型, 北美港口拥堵指数的贡献率高于中国港口拥堵指数, 在第 10 期达到 1.126% 和 4.149%, 与脉冲响应结果相符。同时, 关注北美港口的拥堵指数信息有助于更好预测中国出口集装箱运价的走势。

表 8 VAR 模型方差分解表

Tab. 8 VAR model variance decomposition table

单位: %

预测期	dC_{ec} 的方差分解			$dC_{w,c}$ 的方差分解		
	dC_{ec}	I_{chn}	dI_{ec}	$dC_{w,c}$	I_{chn}	$dI_{w,c}$
1	100	0	0	100	0	0
2	99.458	0.143	0.398	99.676	0.002	0.321
3	98.823	0.130	1.048	99.018	0.230	0.751
4	98.802	0.131	1.068	98.494	0.721	0.785
5	98.737	0.141	1.122	96.222	0.641	3.136
6	98.728	0.152	1.120	95.971	0.684	3.345
7	98.707	0.167	1.126	95.839	0.741	3.419
8	98.693	0.182	1.126	95.423	0.868	3.709
9	98.676	0.198	1.126	95.029	0.878	4.093
10	98.662	0.212	1.126	94.922	0.930	4.149

3 结论与启示

本文首先采用 OLS 模型验证港口拥堵指数是否独立于进出口贸易额和国际原油价格对 CCFI 产生影响, 然后利用 VAR 模型, 以 2018 年 1 月到 2023 年 2 月的样本数据为对象, 基于协整检验、格兰杰因果关系检验、脉冲响应分析和方差分解等方法研究中国—美国出口集装箱航线上港口拥堵对集装箱运价指数产生的影响。研究结果表明突发事件引起的港口拥堵导致全球运力分布及运输策略发生变化, 使得 CCFI 美西航线和 CCFI 美东航线对港口拥堵冲击的响应各不相同; 港口拥堵对集装箱运价指数的影响并不是持续性的, 在三个月左右, 其影响效应会逐渐趋近于 0, 随着堵港运力的释放以及船公司运营策略的调整, 港口堵塞情况逐步缓解, 集装箱船舶供需进入新的平衡状态, 运价指数的走向将趋于平稳。美国因港口能力长期不足, 服务效率低, 而无法应对疫情防控后激增的集装箱进口需求, 长期的港口拥堵导致全球海运供应链的紊乱, 中国相比而言基础设施建设更完备, 使得偶发性的事件对港口生产运营的影响较低, 因此从 VAR 模型的结果上看, 美国港口的拥堵比中国港口更能解释 CCFI 的波动。另一方面, 虽然美国港口拥堵相比中国港口而言, 对 CCFI 波动的解释力度更高, 但其贡献率远小于 CCFI 对自身的解释能力, 也表明集装箱船运力的供需并不能决定性地影响集装箱运价的起伏, 班轮公司对集装箱运价的依然有一定的控制权。

2020—2024 年运价的巨幅波动暴露了现有供应链的脆弱性, 同时一系列突发事件的破坏使得港口建立复原力的需求更加突出, 弹性、连续、反应迅

速的供应链系统对集装箱运价的稳定是非常重要的。针对研究结果,本文提出以下三点建议:1)加强区域港口间的协同,明确不同港口的分工和定位,建设错位发展的港口群,提升港口群的综合服务能力,从而有效减少拥堵;2)加快港口数字化转型,采用大数据分析的方法,对突发事件等造成的不利影响进行预警和评估;3)完善港口码头的配套设施,建设外堆场,增加卡车容量,提高集装箱运输效率。

参 考 文 献

- [1] MICHAEL N A, MELAS K D, CLEANTHOUS L. The relationship between shipping freight rates and inflation in the Euro Area[J]. *International Economics*, 2022, 172: 40-49.
- [2] YUAN C. Study on volatility of China Containerized Freight Index based on GARCH family model [D]. Shanghai: World Maritime University, 2014.
- [3] 周杨, 杨家其. 中国沿海集装箱运价指数波动特征研究[J]. *武汉理工大学学报*, 2022, 44(3): 32-39. ZHOU Y, YANG J Q. Study on fluctuation memory of China's Tianjin domestic container freight index based on HP filter analysis[J]. *Journal of Wuhan University of Technology*, 2022, 44(3): 32-39. (in Chinese)
- [4] 汤霞, 匡海波, 郭媛媛. 基于复杂网络的上海出口集装箱运价指数波动传导特征研究[J]. *管理评论*, 2021, 33(2): 289-297. TANG X, KUANG H B, GUO Y Y. Transmission characteristics of fluctuation among Shanghai (export) containerized freight indices based on complex network theory[J]. *Management Review*, 2021, 33(2): 289-297. (in Chinese)
- [5] XIA T. Dynamic volatility of China's containerized freight index based on EMD [J]. *Science Research Management*, 2017, 38(12): 144-154.
- [6] CHEN Y, LIU B, WANG T. Analysing and forecasting China containerized freight index with a hybrid decomposition-ensemble method based on EMD, grey wave and ARMA [J]. *Grey Systems: Theory and Application*, 2021, 11(3): 358-371.
- [7] YIN J, SHI J. Seasonality patterns in the container shipping freight rate market [J]. *Maritime Policy & Management*, 2018, 45(2): 159-173.
- [8] LUO M, FAN L, LIU L. An econometric analysis for container shipping market [J]. *Maritime Policy & Management*, 2009, 36(6): 507-523.
- [9] 夏凯亮, 侯剑. 中国集装箱出口运价综合指数与上证指数的联动分析[J]. *市场周刊(理论研究)*, 2017(11): 49-51. XIA K L, HOU J. Analysis of the linkage between China containerized freight index and Shanghai composite index [J]. *Market Weekly*, 2017(11): 49-51. (in Chinese)
- [10] JIANG B, LI J, GONG C. Maritime shipping and export trade on "Maritime Silk Road" [J]. *The Asian Journal of Shipping and Logistics*, 2018, 34(2): 83-90.
- [11] 叶善椿. 中国出口集装箱运价指数与制造业 PMI 的相关性研究[J]. *价格理论与实践*, 2019, 423(9): 79-82. YE S C. Correlation between CCFI and Chinese manufacturing PMI based on VAR model [J]. *Price: Theory & Practice*, 2019, 423(9): 79-82. (in Chinese)
- [12] 陈丽芬. 中国出口集装箱运价指数与中国国际贸易出口总值的相关性分析[J]. *数学的实践与认识*, 2021, 51(18): 24-32. CHEN L F. Correlation analysis on China containerized freight index and the value of China export trade [J]. *Mathematics in Practice and Theory*, 2021, 51(18): 24-32. (in Chinese)
- [13] 王逸帆. 长江集装箱运价指数相关影响因素及指数预测研究[D]. 南京: 南京审计大学, 2021. WANG Y F. Research on the influencing factors analysis and forecast on the Yangtze River containerized freight index [D]. Nanjing: Nanjing Audit University, 2021. (in Chinese)
- [14] 曹睿. 基于 ARIMA 模型的中国出口集装箱运价指数波动预测及分析 [J]. *现代商业*, 2022, 652(27): 35-38. CAO R. Forecasting and analysis of China containerized freight index fluctuation based on ARIMA model [J]. *Modern Business*, 2022, 652(27): 35-38. (in Chinese)
- [15] HSIAO Y J, CHOU H C, WU C C. Return lead-lag and volatility transmission in shipping freight markets [J]. *Maritime Policy & Management*, 2014, 41(7): 697-714.
- [16] WANG Z, WU X, LO K L, et al. Assessing the management efficiency of shipping company from a congestion perspective: a case study of Hapag-Lloyd [J]. *Ocean & Coastal Management*, 2021, 209: 105617.
- [17] XU L, ZOU Z, ZHOU S. The influence of COVID-19 epidemic on BDI volatility: an evidence from GARCH-MIDAS model [J]. *Ocean & Coastal Management*, 2022, 229: 106330.
- [18] BAI X, JIA H, XU M. Port congestion and the economics of LPG seaborne transportation [J]. *Maritime Policy & Management*, 2022, 49(7): 913-929.
- [19] STEINBACH S. Port congestion, container shortages, and US foreign trade [J]. *Economics Letters*, 2022, 213: 110392.
- [20] CARTER C A, STEINBACH S, ZHUANG X. Containerized California agriculture [J]. *ARE Update*, 2021, 25(2): 1-4.