

长三角集装箱码头效率时空演化及其影响因素

叶士琳^{1,2,3}, 蒋自然⁴, 祁新华²

(1. 福建师范大学湿润亚热带生态地理过程教育部重点实验室, 福州 350007; 2. 福建师范大学地理科学学院, 福州 350007; 3. 中国科学院地理科学与资源研究所/区域可持续发展分析与模拟重点实验室, 北京 100101; 4. 浙江师范大学经济与管理学院, 金华 321004)

摘要: 集装箱码头效率对区域经济发展具有重要影响。采用超效率SBM模型对2008—2017年长三角地区15家集装箱码头效率进行测度, 分析其时空演化特征及关键影响因素。结果表明: 长三角集装箱码头效率总体水平不高, 但整体保持增长态势; 纯技术效率的提高是推动集装箱码头效率增长的主要动力; 长三角集装箱码头效率空间格局发生显著调整, 表现出明显的阶段性特征, 且近年来其空间差异向均衡化方向发展; 沿海集装箱码头与沿江集装箱码头效率演化态势差异明显, 前者总体表现更好; 人力资源、集疏运条件和港口功能对集装箱码头效率具有显著的正向作用, 股权结构与腹地经济等相关指标未通过模型检验, 作用并不显著。

关键词: 码头效率; 超效率SBM模型; Tobit模型; 时空格局; 长三角地区

DOI: 10.11821/dljy020190737

1 引言

伴随国际贸易与现代物流服务业的快速发展, 港口特别是枢纽港口已不仅仅扮演区域货物中转运输基础设施的角色, 而是转型升级为全球价值链与供应链的重要环节, 对国家或区域经济发展产生深远的影响^[1,2]。当前, 供应链管理模式的创新、技术变革、多式联运蓬勃发展等正成为全球港航业发展的显著特征, 在不断强化港口物流网络枢纽节点地位的同时, 也使其面临越发复杂与苛刻的运营环境, 港口之间的竞争日趋激烈^[3]。这必然要求港口在有限的资源要素与技术条件下, 优化资源配置以提高生产效率和竞争力。因此, 如何客观评价港口效率状况, 寻求港口效率提升路径, 已成为许多国家发展中的一项颇具挑战性的任务, 对中国等发展中国家和新兴市场国家尤其如此^[4,5]。

目前对港口效率内涵有多种理解。交通地理学者更多是从投入产出视角分析港口效率^[6,7], 一般认为港口效率是指港口生产活动的资源要素投入与实际有效产出的对比关系, 是港口资源要素配置与利用有效性、生产技术、运行状态和经营管理水平的综合体现。20世纪90年代后期以来, 港口效率研究因其重要的理论与现实意义而逐渐受到国内外交通地理学者关注, 并取得丰富的成果。现有研究主要集中于两方面: ①港口效率综合评价。对港口效率水平进行科学合理的测度是相关研究的重要基础。早期研究主要采

收稿日期: 2019-08-26; 修订日期: 2020-05-17

基金项目: 国家自然科学基金项目(41901138, 41801111); 教育部人文社会科学研究青年基金项目(19YJCZH225); 浙江省自然科学基金项目(LY18D010004)

作者简介: 叶士琳(1991-), 男, 福建宁德人, 博士, 讲师, 主要研究方向为区域发展与交通地理。

E-mail: yeshilin1991@fjnu.edu.cn

通讯作者: 蒋自然(1983-), 男, 安徽全椒人, 博士, 讲师, 主要研究方向为交通地理和环境经济。

E-mail: jzr729@163.com

用单要素生产率^[8]、全要素生产率^[9]、多元回归分析^[10]等单指标或多指标方法来测度港口效率, 这些方法相对简单且易于操作, 但缺陷较为明显, 如单指标方法难以充分反映港口效率内在特征, 而多指标方法难以有效识别不同指标变化是否改善或降低港口效率。近年来, 以随机前沿法(SFA)和数据包络分析法(DEA)为代表的生产前沿分析方法因其良好的评估特性而被广泛应用于港口效率测度, 尤其是DEA已成为港口效率研究的主流方法^[4,11,12]。例如Beuren等利用DEA模型对巴西主要港口效率进行了评估与比较^[13]; 庞瑞芝结合DEA和Malmquist生产率指数对中国50家主要沿海港口1999—2002年的经营效率及其变化进行了分析^[14]。②港口效率影响因素分析。当前, 国内外学者广泛探讨了港口规模^[15,16]、港口管理体制^[7,17]、港口区位与可达性^[18,19]、港口竞争^[20,21]等因素对港口效率的影响, 试图从中甄别关键影响因素并揭示其内在作用机制。例如Cullinane等对韩国港口效率的研究表明, 民营资本参与和放松管制对港口效率提升具有积极影响^[22]; 匡海波基于大连港的实证分析验证了港口腹地经济对港口效率具有显著的带动效应^[23]。

从既有成果看, 国外学者对港口效率的研究较为深入且成果较多, 而国内港口效率研究主要集中于经济学、管理学等学科, 从地理学视角探讨港口效率时空演化特征的结果并不多见。此外, 受限于数据标准化和可获得性, 已有研究绝大多数是以港口为基本分析单元, 基于码头尺度的研究成果较为有限^[4]。区域港航市场发展实践中, 港口竞争实际上更多的表现为码头之间的竞争, 码头效率显著影响着整个港口供应链的效率与竞争力^[21,24]。因而, 从码头尺度开展港口效率研究更具理论与实践意义。鉴于此, 本文从投入产出效率视角, 以长三角地区15家主要集装箱码头^①为典型案例(图1), 采用超效率SBM模型和Tobit模型等方法, 对2008—2017年间集装箱码头效率进行测度, 揭示其时空演化特征, 并尝试揭示主要影响因素, 以期深化对长三角集装箱码头效率状况及其变化趋势的认识, 为区域集装箱码头效率提升和健康可持续发展提供有益参考。

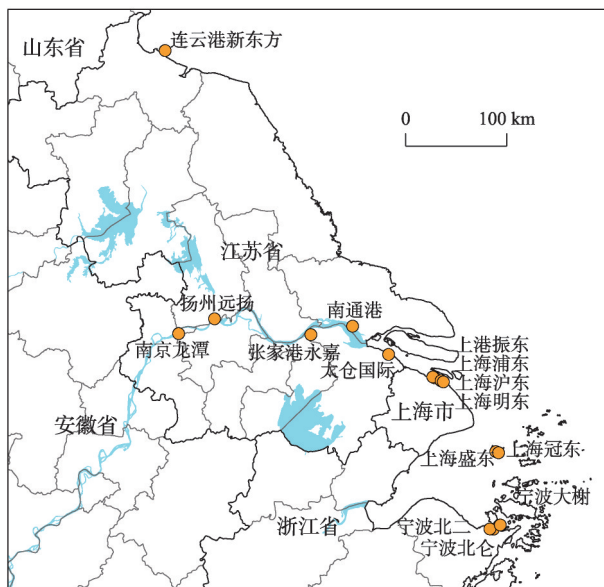


图1 样本码头的分布

Fig. 1 Distribution of sample terminals

2 研究方法

2.1 超效率SBM模型

效率评价的实质是衡量某一决策单元(DMU)在给定一组资源要素投入的情况下能

① 15家集装箱码头具体为: 连云港新东方国际货柜码头有限公司、南京港龙潭集装箱有限公司、南通港口集团有限公司集装箱分公司、张家港永嘉集装箱码头有限公司、太仓国际集装箱码头有限公司、扬州远杨国际码头有限公司、上海浦东国际集装箱码头有限公司、上海集团振东集装箱码头分公司、上海沪东集装箱码头有限公司、上海明东集装箱码头有限公司、上海盛东国际集装箱码头有限公司、上海冠东国际集装箱码头有限公司、宁波北仑国际集装箱码头有限公司、宁波舟山港股份有限公司北仑第二集装箱码头分公司和宁波大榭招商国际码头有限公司。

够获得的最大产出水平,以及资源要素的优化配置程度^[25]。DEA是一种通过数学规划比较一组决策单元与其生产前沿面偏离程度来判断各决策单元相对效率水平的非参数评估方法^[26]。该方法能够有效测度决策单元的效率(综合技术效率),并将其分解为纯技术效率和规模效率。自1978年Charnes等^[27]提出DEA模型后,因其具有无需事先设定前沿生产函数、非主观赋权、对数据量的要求相对较低等诸多优点,经过40多年的发展现已成为港口物流、产业、能源等多领域的重要分析工具^[28-30]。

为克服传统DEA模型存在的投入要素“拥挤”或“松弛”问题,Tone将松弛变量(slacks)直接加入目标函数中,提出了一种基于松弛变量测度的非径向非角度SBM-DEA模型(Slacks-Based Measure, SBM)^[31]。该模型测度结果基于实际利润最大化,而非传统DEA模型(例如CCR模型和BCC模型)寻求的效益比例最大化。假设有 n 个同类型DMU的生产系统,包含 m 种投入要素和 s 种产出要素,则SBM模型表达式为:

$$\min \rho = \frac{1 - \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \frac{s_i^-}{x_{i0}}}{1 + \frac{1}{s} \sum_{r=1}^s \frac{s_r^+}{y_{r0}}} \quad (1)$$

$$\text{s.t. } x_0 = X\lambda + s^- \quad (2)$$

$$y_0 = Y\lambda - s^+ \quad (3)$$

$$\lambda \geq 0, s^- \geq 0, s^+ \geq 0 \quad (4)$$

式中: ρ 为DMU(x_0, y_0)的综合技术效率值, s_i^- 是投入松弛变量, s_r^+ 是产出松弛变量, λ 为权重向量。若 $\rho^*=1$,即 $s^*=s^{+*}=0$ 时,DMU(x_0, y_0)达到完全有效。若在此基础上增加约束条件 $\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1$,便可得到基于规模报酬可变的SBM模型,进而将综合技术效率分解为纯技术效率和规模效率。

由于SBM模型与传统DEA模型存在一个共同的不足之处,即计算结果可能会出现多个决策单元效率值同时为1(即达到完全效率)的情况。为了进一步对这些达到完全效率的决策单元进行比较和排序,Tone将SBM模型与超效率DEA模型相结合,提出了超效率SBM模型^[32],其表达式为:

$$\delta^* = \min \delta = \frac{\frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \frac{\bar{x}_i}{x_{i0}}}{\frac{1}{s} \sum_{r=1}^s \frac{\bar{y}_r}{y_{r0}}} \quad (5)$$

$$\text{s.t. } \bar{x} \geq \sum_{j=1, j \neq 0}^n \lambda_j x_j \quad (6)$$

$$\bar{y} \leq \sum_{j=1, j \neq 0}^n \lambda_j y_j \quad (7)$$

$$\bar{x} \geq x_0, \bar{y} \leq y_0, \bar{y} \geq 0, \lambda_j \geq 0 \quad (8)$$

$$i = 1, 2, \dots, m; r = 1, 2, \dots, s; j = 1, 2, \dots, n \quad (9)$$

2.2 指标选取与数据来源

尽管港口码头效率测度对评价单元的选择没有明确限制,但就DEA效率测度的基本原理而言,所选评价单元间应存在紧密的竞合关系,从而使效率测度结果更具参考价值^[26]。长江三角洲港口群是中国沿海五大港口群中港口基础设施最为完善、港航服务产业链最为齐全、综合竞争力和影响力最强的港口群之一。考虑到集装箱码头数据的可获得性和

连续性问题, 本研究选取上海浦东国际集装箱码头、宁波北仑国际集装箱码头、连云港新东方国际货柜码头等15家集装箱码头作为评价单元(图1)。长期以来, 这些集装箱码头在适箱货源、港航人才、基础设施和港航物流等领域相互竞争、相互协作, 形成了一个紧密的有机整体。2017年, 这15家码头的集装箱吞吐量共计5359.62万TEU, 占长三角地区(上海市、江苏省和浙江省)集装箱吞吐量的63.62%, 具有较好的代表性。

目前, 国际上已形成较为成熟的港口码头效率测度指标体系。港口码头生产投入表征变量通常涉及土地、劳动力和资本三类^[33], 使用最频繁的指标有泊位数、泊位长度、码头面积、龙门吊数和职工数等^[15,34,35]。同时, 对于港口码头产出变量则通常选用货物吞吐量、集装箱吞吐量、船舶挂靠数、经营收入等^[4,35-37]。不同研究工作中对于港口码头投入与产出指标的选取大同小异, 这可能与不同国家和地区港口码头统计数据的匮乏密切相关^[13,26]。借鉴已有研究, 并综合考虑指标代表性和数据可获得性, 本文选取码头长度、桥吊数量、轮胎吊数量和在岗职工人数作为投入指标, 集装箱吞吐量作为产出指标, 构建集装箱码头效率投入产出指标体系(表1)。基础数据主要来源于2009—2018年的《中国港口年鉴》, 个别缺失数据通过码头企业官网、科技文献、相关新闻报道等渠道补充。

表1 投入产出指标数据特征

Tab. 1 The descriptive statistical characteristics of input and output variables

指标	产出		投入		
	集装箱吞吐量(TEU)	码头长度(m)	桥吊数量(台)	轮胎吊数量(台)	在岗职工人数(人)
最大值	8900088	3000	60	140	1110
最小值	221045	300	3	4	252
均值	3008600.90	1345.27	15.54	43.21	596.61
标准差	2198505.84	717.95	9.960	28.43	222.24

3 结果分析

依据上述方法与投入产出指标, 运用DEA-Solver Pro 5.0对15家集装箱码头2008—2017年的生产效率值进行统一测算, 以揭示不同集装箱码头的相对效率及其变化趋势。

3.1 集装箱码头效率及其分解特征

3.1.1 集装箱码头效率总体保持增长态势 从图2可以看出, 2008—2017年间长三角集装箱码头平均综合技术效率值并不高(尚未突破0.6), 但整体呈小幅增长态势, 效率值从2008年的0.488上升至2017年的0.581。与该地区快速增长的集装箱吞吐量相比, 集装箱码头效率的提升幅度明显偏小, 仍有较大提升空间。由此可见, 虽然长三角集装箱码头仍广泛存在资源浪费、经营管理水平不高、发展模式粗放、过度竞争等问题, 但近年来港口城市地方政府和港口企业越发重视集装箱码头转型升级与提质增效降本工作, 在生产组织、机械设备、体制机制等方面做了很大的努力, 客观上促进了集装箱码头效率的持续增长。

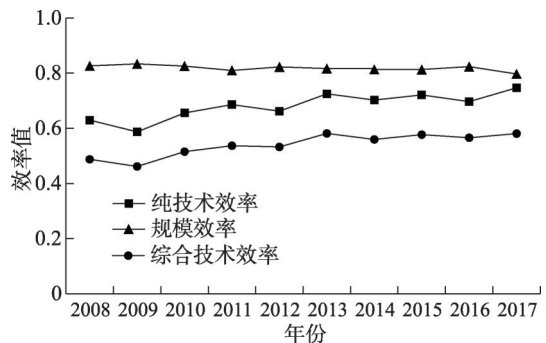


图2 集装箱码头综合技术效率及其分解

Fig. 2 Dynamics of comprehensive technical efficiency and its decomposition of container terminals

3.1.2 集装箱码头效率变化主要来源于纯技术效率的作用 从平均纯技术效率和平均规模效率看(图2),二者在研究期内的变化趋势存在明显差异。2008—2017年间,长三角集装箱码头的平均规模效率值相对较高,保持在0.797~0.834之间,但呈逐年缓慢下降态势。近年来,长三角集装箱运输市场日渐繁荣,各集装箱码头企业纷纷加大资源投入、扩大生产规模,谋求规模经济和提高竞争力。但从区域层面上看,由此带来激烈的码头竞争、场地和设备利用率不高等问题,反而导致了平均规模效率的逐年下降。与此相反,长三角集装箱码头的平均纯技术效率值(取值范围为0.587~0.747)虽然在研究期内始终低于平均规模效率值,但总体保持稳步增长态势,十年间增幅达18.6%。可见,近年来长三角集装箱码头在生产组织、技术装备、经营管理等方面的优化调整工作有效促进了纯技术效率的提升。这也在一定程度上弥补了同期规模效率下降所带来的生产效率损失,支撑着集装箱码头效率的提升。

在此基础上,利用不同年份各集装箱码头的综合技术效率及其分解效率值绘制散点图(图3),以考察纯技术效率和规模效率对综合技术效率的整体贡献度。从散点图中可以看出,代表不同分解效率的散点集合均不同程度偏离45°对角线,其中纯技术效率与综合技术效率的相关系数为0.511(达0.01显著水平),而规模效率与综合技术效率的相关系数仅为0.359(达0.01显著水平)。可见,纯技术效率对综合技术效率的贡献度要显著强于规模效率,长三角集装箱码头效率增长主要来源于纯技术效率的提高。

3.2 集装箱码头效率的时空演化特征

3.2.1 集装箱码头效率空间格局发生显著调整 从2008—2017年长三角各集装箱码头效率变化情况来看(表2),除扬州远扬、上海浦东和宁波北二集装箱码头效率值出现小幅下降以外,其余12家集装箱码头的效率值均呈现不同程度的增长态势。其中,上海冠东、上海盛东和连云港新东方集装箱码头效率增长最为明显,效率值分别提升0.427、0.247和0.208。从研究期内效率值的波动情况来看,各集装箱码头也存在较为明显的分异特征。2008—2017年效率值波动幅度最大的当属上海冠东(变异系数达0.243)和连云港新东方(变异系数达0.221),前者在研究期内的效率值始终保持快速上升态势(至2017年已达0.717),而后者的效率值从2008年的0.584快速上升至2013年的1.150之后,震荡下降至2017年的0.792。研究期内效率值波动幅度相对较大的集装箱码头还有上海盛东(变异系数达0.189)和张家港永嘉(变异系数达0.159),其余集装箱码头的效率值变化幅度则相对较小,变异系数均小于0.15。此外,南通港的变异系数最小(仅为0.047),其效率值在研究期内基本保持在0.449左右,较为稳定。从2008—2017年各集装箱码头的效率值高低排序来看,连云港新东方、上港振东和上海沪东等集装箱码头总体保持在相对较高位序,上海冠东、上海盛东和南京龙潭等集装箱码头位序实现大幅提升,跻身区域同行前列,而同期的宁波北二、上海浦东和南通港等集装箱码头位序则出

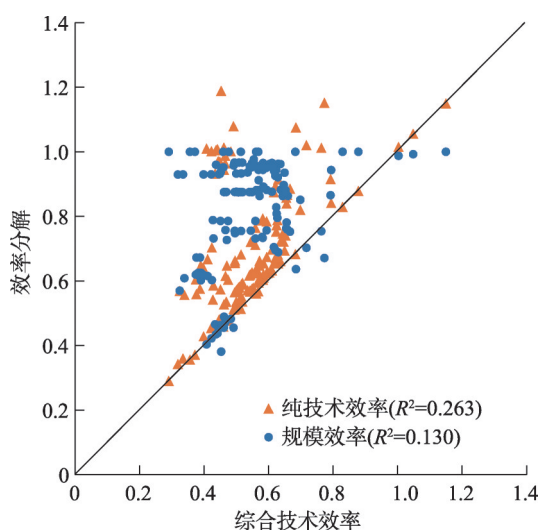


图3 集装箱码头综合技术效率与其分解效率的关系
Fig. 3 Correlations between comprehensive technical efficiency and its decomposition of container terminals

表2 长三角地区集装箱码头综合技术效率演化

Tab. 2 Dynamics of comprehensive technical efficiency of container terminals in the Yangtze River Delta

集装箱码头	2008年	2009年	2010年	2011年	2012年	2013年	2014年	2015年	2016年	2017年
连云港新东方	0.584	0.561	0.683	0.829	0.878	1.150	0.794	1.048	1.003	0.792
南京龙潭	0.451	0.427	0.474	0.559	0.572	0.644	0.660	0.585	0.609	0.630
南通港	0.453	0.408	0.423	0.437	0.444	0.449	0.465	0.462	0.466	0.483
张家港永嘉	0.466	0.496	0.471	0.594	0.559	0.773	0.545	0.495	0.496	0.515
太仓国际	0.339	0.324	0.424	0.385	0.374	0.385	0.392	0.391	0.383	0.385
扬州远扬	0.442	0.434	0.491	0.461	0.390	0.385	0.397	0.411	0.376	0.387
上海浦东	0.647	0.519	0.549	0.540	0.502	0.518	0.543	0.562	0.571	0.594
上港振东	0.650	0.568	0.621	0.617	0.628	0.653	0.698	0.764	0.638	0.656
上海沪东	0.554	0.553	0.568	0.597	0.542	0.551	0.569	0.598	0.603	0.636
上海明东	0.582	0.569	0.624	0.535	0.356	0.476	0.514	0.548	0.569	0.624
上海盛东	0.437	0.372	0.451	0.429	0.580	0.582	0.616	0.621	0.630	0.685
上海冠东	0.291	0.356	0.459	0.584	0.625	0.627	0.655	0.658	0.666	0.717
宁波北仑	0.507	0.462	0.515	0.516	0.509	0.469	0.495	0.503	0.500	0.610
宁波北二	0.593	0.542	0.579	0.549	0.583	0.610	0.553	0.494	0.518	0.508
宁波大榭	0.319	0.335	0.398	0.422	0.446	0.449	0.500	0.515	0.460	0.492

现大幅度下降。综合来看, 2008—2017年间长三角各集装箱码头效率演化态势分异明显, 在此消彼长中共同推动着区域集装箱码头效率空间格局发生显著调整。

3.2.2 集装箱码头效率空间差异在波动中向均衡化发展 利用上述效率测度结果, 分别计算2008—2017年长三角集装箱码头综合技术效率的变异系数。从图4可以看出, 2008—2010年间其变异系数从0.226下降至0.159, 即该时期长三角集装箱码头效率空间差异逐年收敛。尔后在2010—2013年间, 变异系数快速攀升至0.318, 增幅达99.60%, 说明长三角集装箱码头效率空间差异在该时段内再次出现非均衡化发展趋势。

这可能是因为该时期连云港新东方、张家港永嘉和南京港龙潭等少数几家集装箱码头的效率实现大幅提升, 而其余集装箱码头效率提升非常缓慢甚至滞后, 从而极大地拉开了各集装箱码头的相对效率差距。值得注意的是, 2013—2017年间上海明东、宁波北仑和上海盛东等集装箱码头效率持续提高, 而连云港新东方、张家港永嘉和宁波北二等集装箱码头的效率则出现明显下滑, 尤其是前二者的效率大幅下降, 使集装箱码头效率空间差异持续收敛, 表现为变异系数从2013年的0.318减小至2017年的0.194。总之, 2008—2017年间长三角集装箱码头效率空间差异演化具有较为明显的阶段性特征, 大体上经历了均衡化、非均衡化和均衡化3个阶段, 目前正处于空间格局均衡化发展阶段。

3.2.3 沿海与沿江集装箱码头效率演化态势分异明显 按照所处地理位置将长三角集装箱码头划分为沿海和沿江两类, 并对其效率进行分类统计。从综合技术效率来看(图

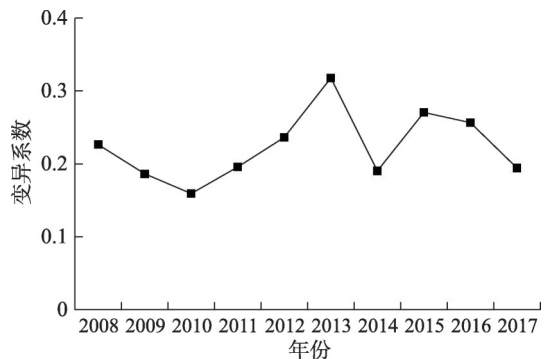


图4 长三角地区集装箱码头综合技术效率变异系数演化

Fig. 4 Variation coefficient of comprehensive technical efficiency of container terminals in the Yangtze River Delta

5a), 2008—2017年间沿海集装箱码头平均效率水平始终高于沿江集装箱码头; 其中, 沿江集装箱码头效率变化趋势以2013年为界, 表现为先波动增长后缓慢下降并趋于稳定; 沿海集装箱码头效率变化趋势则以2015年为界, 表现为先逐年增长后趋于稳定; 尽管研究期内沿海与沿江集装箱码头效率演化态势存在较大差异, 但总体而言沿海和沿江集装箱码头发展状况并不理想, 效率值均明显偏低。从图5b来看, 研究时段内沿海集装箱码头的平均规模效率呈逐年缓慢下降态势, 而沿江集装箱码头则与之相反, 其平均规模效率呈稳步提升态势, 二者变动幅度也大体相当。由图5c可以发现, 研究期内沿海集装箱码头平均纯技术效率持续提升, 增幅达39.48%, 有效弥补了规模效率降低所带来的影响, 成为其综合技术效率保持增长的重要支撑。沿江集装箱码头的纯技术效率相对较高, 但2013年后出现持续下降趋势且在2015年开始低于沿海集装箱码头, 成为制约其综合技术效率提升的重要因素。

综合来看, 2008—2017年间长三角沿海集装箱码头提质增效明显, 效率来源正加快从传统基于要素投入的规模效率向基于管理和技术改进的纯技术效率转变, 这对于沿海集装箱码头增强综合竞争力和健康发展具有重要意义。与此同时, 长江沿岸集装箱码头在要素投入规模和资源配置等方面有所改善, 但受集装箱市场波动、港口间箱源争夺、企业经营战略等因素影响, 近年来张家港永嘉、扬州远扬等集装箱码头在生产组织、技术装备和经营管理等方面表现不佳, 进而导致其生产效率出现下降和停滞不前。

4 集装箱码头效率影响因素分析

集装箱码头效率水平不仅取决于码头自身属性, 还与码头所处区域的经济社会发展密切相关, 即受到内部因素和外部因素的共同作用。为进一步了解影响长三角集装箱码头效率及其空间演化的关键因素, 本文结合已有研究成果^[7,21,26]及数据可获得性, 以集装箱码头综合技术效率为被解释变量, 重点从内部因素和外部因素两个维度设计多个可能

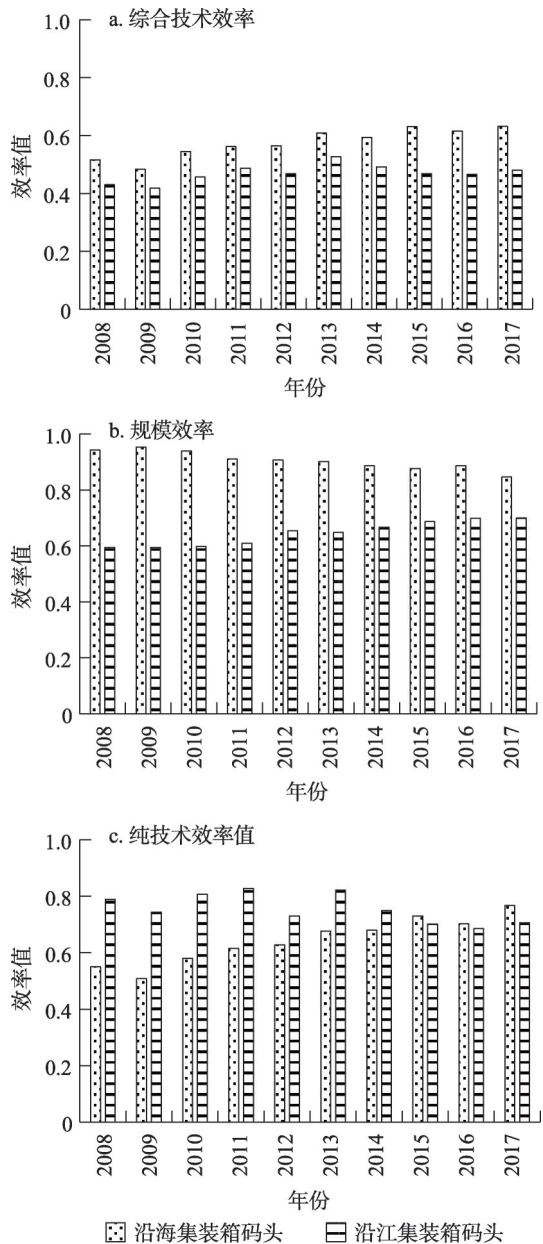


图5 沿海与沿江集装箱码头综合技术效率及其分解
Fig. 5 Dynamics of comprehensive technical efficiency and its decomposition of coastal and riverside container terminals

解释变量, 经共线性筛选后最终选取人力资源 (专科以上学历职工占总在岗职工比例, X_1)、股权集中度 (企业第一大股东持股比例, X_2)、外资持股比例 (企业外资持股比例, X_3)、港口功能 (按国际枢纽港、区域性枢纽港和支线港赋值, X_4)、腹地经济 (港口城市 GDP, X_5)、对外贸易规模 (港口城市进出口总额, X_6) 和集疏运条件 (港口城市公路网密度, X_7) 等作为解释变量, 构建了集装箱码头效率影响因素的多元线性回归方程:

$$TE = c + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \beta_4 X_4 + \beta_5 X_5 + \beta_6 X_6 + \beta_7 X_7 + \varepsilon \quad (10)$$

式中: TE 为集装箱码头综合技术效率; c 为常数项; β_1 、 β_2 、 β_3 、 β_4 、 β_5 、 β_6 、 β_7 为解释变量的回归系数; ε 为误差项。

根据回归方程变量属性对各指标数据进行标准化处理, 在不考虑模型内生性的情况下, 利用 EViews 软件对集装箱码头效率影响因素进行 Tobit 回归运算, 计算结果显示对集装箱码头效率具有显著影响的因素包括人力资源、港口功能和集疏运条件 (表 3)。

4.1 企业人力资源对集装箱码头效率具有显著的促进作用

回归结果显示人力资源与集装箱码头效率呈显著的正相关关系, 即长三角各集装箱码头企业职工知识技能的提高对码头效率具有显著的促进作用, 这与传统对人才或人力资源效用的认识相一致。集装箱码头作为典型的资本密集型产业, 基础设施维护、装卸设备调度、生产计划制定等均是码头生产运行的必要保障, 直接影响码头生产效率和成本控制, 因而对各类岗位人员 (包括工程管理人员、生产经营人员、基层操作人员等) 的教育水平及知识技能水平有一定要求。特别是在当前长三角地区大力推进集装箱码头现代化背景下, 职工对现代化设备设施和流程的运用掌握程度成为制约集装箱码头提质增效的重要因素。只有在集装箱码头经营管理过程中实现了人力资源、机械设备、生产技术的相互匹配, 才能不断提升其生产效率。

4.2 集装箱码头效率深受所在港口功能的影响

港口功能与集装箱码头存在正相关关系, 且在 10% 统计水平上通过显著性检验, 即在长三角集装箱港口体系中功能与等级越高的港口, 其内部码头将具有更高的相对效率。这一结果与 Notteboom 等针对欧洲和亚洲 40 个集装箱码头效率分析结果^[7]相一致, 他们发现位于枢纽港口的码头效率通常要高于位于喂给港的码头。一般认为, 港口功能对集装箱码头效率的影响主要表现在区位条件、规模效应、集聚效应和港航服务能力等方面。例如, 相比扬州港、南通港等支线港口, 国际性枢纽港口上海港不仅占据长江东西运输通道与海上南北运输通道交汇点的天然区位优势, 在港航资源、资金、技术、人才等方面也具有极强的资源优势, 从而形成明显的规模效应和市场支配能力, 为其集装箱码头提供了充足货源保障, 以及获得更低的边际成本和更高的效率。

4.3 集疏运系统对集装箱码头效率起着重要的支撑作用

由公路、铁路、水运等组成的综

表 3 长三角地区集装箱码头效率影响因素回归结果

Tab. 3 Regression analysis result of factors affecting container terminals efficiency in the Yangtze River Delta

变量	回归系数	标准误差	Z 统计量	P 值
X_1	0.385	0.090	4.268	0.000***
X_2	0.015	0.064	0.240	0.810
X_3	0.030	0.080	0.379	0.705
X_4	0.091	0.050	1.811	0.070*
X_5	-0.048	0.134	-0.359	0.720
X_6	-0.039	0.113	-0.342	0.733
X_7	0.187	0.063	2.972	0.003***
c	-0.030	0.077	-0.383	0.701
对数似然值	89.165			

注: **、*、*分别表示在 1%、5% 和 10% 水平上显著。

合集疏运体系是港口码头与广大腹地相互联系的基础支撑,是现代港口综合物流中心功能发挥的重要外部条件。当前,中国港口集疏运体系结构发展不平衡问题极为突出,约85%的港口集装箱集疏运量由公路系统承担,而在地理空间距离接近、道路网络完善的长三角地区,公路更是集装箱港口集疏运的主要方式。回归结果也表明以公路网络密度表征的港口城市集疏运条件与集装箱码头效率具有显著的正相关关系,即长三角港口城市集疏运系统的发展将为集装箱码头效率提升提供有力支撑。长三角地区便捷高效的集疏运系统将为集装箱码头汇集源源不断的集装箱源,同时将从船舶装卸下来的大量集装箱快速疏解,运往后方腹地集装箱场站,缩短船舶和集装箱的滞港时间,从而降低运营成本,提高集装箱码头作业效率。

4.4 股权结构和腹地经济对集装箱码头效率的影响缺乏统计显著性

正如前文所述,已有较多学者的研究发现集装箱码头效率受到企业股权结构和腹地经济发展水平的影响,但从本文回归结果来看,由 X_2 与 X_3 表征的企业股权结构和由 X_5 与 X_6 表征的腹地经济并未对集装箱码头效率产生显著影响。股权结构在一定程度上反映了集装箱码头私有化程度或政府干预程度,在港口体制改革过程中长三角绝大多数集装箱码头的地方国有资本仍占控股或主导地位,码头经营管理不同程度上受到地方政府干预。这种股权结构容易引起集装箱码头企业出现内部机构臃肿、信息不对称、决策复杂迟缓、员工消极懈怠等问题,增加集装箱码头经营管理不确定性,可能削弱股权结构对码头效率的影响。腹地经济影响不显著的原因可能是长三角沿海沿江地区密集分布着众多集装箱码头且综合交通运输网络十分发达,导致各集装箱码头腹地交叉重叠。某一集装箱码头的货源可能来自码头所在港口城市,也可能来自存在竞争关系的邻近港口城市,甚至更远的内陆地区,如上海港依托长江干支流将整个长江流域纳入其腹地范围。因此,影响集装箱码头效率的可能不仅仅是码头所在城市的经济发展水平,应是基于集装箱流所决定的腹地范围的经济发展状况。

5 结论与讨论

本文基于超效率SBM模型和Tobit模型对2008—2017年长三角地区集装箱码头效率时空演化特征及其影响因素进行了分析,结果发现:①区域层面上,长三角集装箱码头效率总体水平不高,但整体保持增长态势。虽然在研究期内规模效率逐年缓慢下降,但纯技术效率的稳步增长在一定程度上弥补了规模效率下降所带来的生产效率损失,使其成为推动集装箱码头效率增长的主要动力。②研究期内各集装箱码头效率变化态势差异明显,少数集装箱码头效率出现较大波动,推动了长三角集装箱码头效率空间格局发生显著调整。2008—2017年间长三角集装箱码头效率的变异系数在0.159~0.318之间波动,集装箱码头效率空间差异演化阶段性特征明显,且在2013年后开始向空间差异均衡化方向发展。③从集装箱码头的分类特征看,沿海与沿江集装箱码头在综合技术效率、纯技术效率、规模效率等演化趋势方面均存在较大分异,且沿海集装箱码头效率状况及其发展态势总体要好于沿江集装箱码头。④根据Tobit模型分析结果发现,企业人力资源和港口城市集疏运条件对集装箱码头效率具有显著的正向作用;集装箱码头效率受所在港口功能的显著正向影响;企业股权结构和港口腹地经济发展水平对集装箱码头效率的影响没有通过显著性检验,作用并不明显。

自2002年中国港口管理权下放政策全面实施以来,长三角地区沿海沿江港口城市纷纷实施“以港兴城”战略,不断扩大集装箱码头投资建设规模,带来岸线资源开发无

序、产能结构性过剩、价格恶性竞争等问题,极大地影响了集装箱码头资源利用效率和经营效益。随着港口竞争日趋激烈,港口管理部门和企业逐渐认识到以往盲目扩大基础设施规模的弊端和提高资源利用效率的必要性。特别是近年来长三角港航一体化发展和区域港口资源整合的持续推进,如宁波舟山港集团、江苏省港口集团、浙江省海港集团等相继成立,使港口基础设施盲目投资和恶性竞争现象得到了一定程度的遏制,码头岸线、锚地、航道等资源优化配置水平有所提高。但即便如此,长三角地区集装箱码头资源利用效率、生产技术、经营管理水平等总体上并不高,且不同港口之间、不同码头之间的差距仍十分明显。借鉴国内外先进港口的发展经验,转变发展方式,加强区域港口码头协同分工,在进一步优化配置资源要素的基础上,将更多的精力和资源投入到码头设备升级改造、生产技术改进和运营管理水平提升之中,将是加快集装箱码头转型升级和提高生产效率的重要途径。

本文尝试从码头尺度分析港口效率,但受限于相关指标数据的可获得性和连续性,主要以码头基础设施和在岗职工数等为投入指标,所评估的仅为资源要素的投入产出效率,而非集装箱码头企业经营效率。在样本数量、影响因素指标选取以及回归模型构建等方面仍存在不足,可能会对分析结果造成一些不利影响。

致谢:感谢二位匿名评审专家在论文评审中所付出的时间和精力,评审专家对本文集装箱码头效率内涵、测度指标选取、影响因素结果分析等方面的修改意见,使本文获益匪浅。

参考文献(References)

- [1] 曹有挥,梁双波,吴威,等. 枢纽港口城市港航服务业空间组织机理:以上海市为例. 地理学报, 2017, 72(12): 2226-2240. [Cao Youhui, Liang Shuangbo, Wu Wei, et al. Spatial organizational mechanism of port and shipping service industry in a hub port city: A case study of Shanghai. *Acta Geographica Sinica*, 2017, 72(12): 2226-2240.]
- [2] Robinson R. Ports as elements in value-driven chain systems: The new paradigm. *Maritime Policy & Management*, 2002, 29(3): 241-255.
- [3] Wang T F, Cullinane K. The efficiency of European container terminals and implications for supply chain management. *Maritime Economics & Logistics*, 2006, 8(1): 82-99.
- [4] Merkel A, Holmgren J. Dredging the depths of knowledge: Efficiency analysis in the maritime port sector. *Transport Policy*, 2017, 60: 63-74.
- [5] Wilmsmeier G, Hoffmann J, Sanchez R J. The impact of port characteristics on international maritime transport costs. *Research in Transportation Economics*, 2006, 16: 117-140.
- [6] Cullinane K, Song D W, Gray R. A stochastic frontier model of the efficiency of major container terminals in Asia: Assessing the influence of administrative and ownership structures. *Transportation Research Part A*, 2002, 36(8): 743-762.
- [7] Notteboom T, Coeck C, Van Den Broeck J. Measuring and explaining the relative efficiency of container terminals by means of Bayesian stochastic frontier models. *International journal of maritime economics*, 2000, 2(2): 83-106.
- [8] De Monie G. Measuring and evaluating port performance and productivity. UNCTAD monographs on Port Management No. 6, Geneva: UNCTAD, 1987: 5-26.
- [9] Sachish K A. The structure of production, technical change and productivity in a port. *The Journal of Industrial Economics*, 1986, 35(2): 209-223.
- [10] Tongzon J L. Determinants of port performance and efficiency. *Transportation Research Part A*, 1995, 29(3): 1-252.
- [11] Serebrisky T, Sarriera J M, Suárez-Alemán A, et al. Exploring the drivers of port efficiency in Latin America and the Caribbean. *Transport Policy*, 2016, 45: 31-45.
- [12] 王健,梁红艳. 中国集装箱港口发展研究. 北京: 科学出版社, 2012: 107-111. [Wang Jian, Liang Hongyan. *Research on the Development of Container Ports in China*. Beijing: Science Press, 2012: 107-111.]
- [13] Beuren M M, Andriotti R, Vieira G B B, et al. On measuring the efficiency of Brazilian ports and their management models. *Maritime Economics & Logistics*, 2018, 20(1): 149-168.

- [14] 庞瑞芝. 我国主要沿海港口的动态效率评价. 经济研究, 2006, (6): 92-100. [Pang Ruizhi. Dynamic evaluation of main sea ports in Mainland China based on DEA Model. Economic Research Journal, 2006, (6): 92-100.]
- [15] De Oliveira G F, Cariou P. A DEA study of the efficiency of 122 iron ore and coal ports and of 15/17 countries in 2005. Maritime Policy & Management, 2011, 38(7): 727-743.
- [16] Schøyen H, Odeck J. The technical efficiency of Norwegian container ports: A comparison to some Nordic and UK container ports using Data Envelopment Analysis (DEA). Maritime Economics & Logistics, 2013, 15(2): 197-221.
- [17] Pagano A M, Wang G W Y, Sánchez O V, et al. Impact of privatization on port efficiency and effectiveness: Results from Panama and US ports. Maritime Policy & Management, 2013, 40(2): 100-115.
- [18] Liu Z. The comparative performance of public and private enterprises. Journal of Transport Economics and Policy, 1995, 29(3): 263-274.
- [19] Bergantino A S, Musso E. The role of external factors versus managerial ability in determining seaports' relative efficiency: An input-by-input analysis through a multi-step approach on a panel of Southern European ports. Maritime Economics & Logistics, 2011, 13(2): 121-141.
- [20] De Oliveira G F, Cariou P. The impact of competition on container port (in) efficiency. Transportation Research Part A: Policy and Practice, 2015, 78: 124-133.
- [21] Yuen A C, Zhang A, Cheung W. Foreign participation and competition: A way to improve the container port efficiency in China?. Transportation Research Part A: Policy and Practice, 2013, 49: 220-231.
- [22] Cullinane K, Song D W. A stochastic frontier model of the productive efficiency of Korean container terminals. Applied economics, 2003, 35(3): 251-267.
- [23] 匡海波. 中国港口效率测度研究. 大连: 大连理工大学, 2007: 91-107. [Kuang Haibo. Research on Chinese ports efficiency measurement. Dalian: Dalian University of Technology, 2007: 91-107.]
- [24] 王缉宪. 港口竞争和港口竞争力的解释与误解. 中国港口, 2005, (1): 44-45. [Wang Jixian. Interpretation and misunderstanding of port competition and port competitiveness. China ports, 2005, (1): 44-45.]
- [25] Farrell M J. The measurement of productive efficiency. Journal of the Royal Statistical Society, 1957, 120(3): 253-290.
- [26] Panayides P M, Maxoulis C N, Wang T F, et al. A critical analysis of DEA applications to seaport economic efficiency measurement. Transport Reviews, 2009, 29(2): 183-206.
- [27] Charnes A, Cooper W W, Rhodes E. Measuring the efficiency of decision making units. European Journal of Operational Research, 1978, 2(6): 429-444.
- [28] 马占新. 数据包络分析模型与方法. 北京: 科学出版社, 2010: 1. [Ma Zhanxin. Data Envelopment Analysis Model and Method. Beijing: Science Press, 2010: 1.]
- [29] 王兆峰, 杜瑶瑶. 基于SBM-DEA模型湖南省碳排放效率时空差异及影响因素分析. 地理科学, 2019, 39(5): 797-806. [Wang Zhaofeng, Du Yaoyao. Spatial-temporal differences and influencing factors of carbon emission efficiency in Hunan province based on SBM-DEA model. Scientia Geographica Sinica, 2019, 39(5): 797-806.]
- [30] 王强, 樊杰, 伍世代. 1990—2009年中国区域能源效率时空分异特征与成因. 地理研究, 2014, 33(1): 43-56. [Wang Qiang, Fan Jie, Wu Shidai. Spatial-temporal variation of regional energy efficiency and its causes in China, 1990-2009. Geographical Research, 2014, 33(1): 43-56.]
- [31] Tone K. A slacks-based measure of efficiency in data envelopment analysis. European Journal of Operational Research, 2001, 130(3): 498-509.
- [32] Tone K. A slacks-based measure of super-efficiency in data envelopment analysis. European Journal of Operational Research, 2002, 143(1): 32-41.
- [33] Dowd T J, Leschine T M. Container Terminal Productivity: A Perspective. Maritime Policy & Management, 1990, 17(2): 107-112.
- [34] Nguyen H O, Nghiem H S, Chang Y T. A regional perspective of port performance using metafrontier analysis: The case study of Vietnamese ports. Maritime Economics & Logistics, 2018, 20(1): 112-130.
- [35] Barros C P, Athanassiou M. Efficiency in European seaports with DEA: Evidence from Greece and Portugal. Maritime Economics & Logistics, 2004, 6(2): 122-140.
- [36] Cullinane K, Wang T F, Song D W, Ji P. The technical efficiency of container ports: Comparing data envelopment analysis and stochastic frontier analysis. Transportation Research Part A: Policy and Practice 2006, 40(4): 354-374.
- [37] Itoh H. Efficiency changes at major container ports in Japan: A window application of data envelopment analysis. Review of Urban and Regional Development Studies, 2002, 14(2): 133-152.

Spatio-temporal characteristics and influencing factors of container terminals efficiency in the Yangtze River Delta

YE Shilin^{1,2,3}, JIANG Ziran⁴, QI Xinhua²

(1. Key Laboratory for Humid Subtropical Eco-geographical Processes of the Ministry of Education, Fujian Normal University, Fuzhou 350007, China; 2. School of Geographical Sciences, Fujian Normal University, Fuzhou 350007, China; 3. Key Laboratory of Regional Sustainable Development Modeling, Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, CAS, Beijing 100101, China; 4. School of Economics and Management, Zhejiang Normal University, Jinhua 321004, Zhejiang, China)

Abstract: With the continuous development of the global port and shipping market, inter-port competition is increasingly manifesting as competition at the terminal level. The efficiency of container terminals will significantly affect the efficiency and competitiveness of the whole port supply chain, and then have an important impact on regional economic development. It has grown up to be a challenging task for many countries to measure and understand the efficiency characteristics of container terminals scientifically, especially for developing countries and emerging market countries. Therefore, research on container terminal efficiency has received more and more attention in recent years, but there are the research results based on the geographical perspective. In this paper, 15 main container terminals in the Yangtze River Delta region are chosen as the research object, and their efficiency between 2008 and 2017 is measured by using the super-efficiency SBM model, and then the spatial-temporal evolution characteristics are analyzed. On this basis, the Tobit model is utilized to analyze the key factors affecting the efficiency of container terminals. The result shows that: (1) the overall level of comprehensive technical efficiency of the Yangtze River Delta container terminal is not high, the highest efficiency value is only 0.581, but the overall growth trend remains unchanged. During the study period, the average scale efficiency value of container terminals showed a slowly decreasing trend year by year, while the average pure technical efficiency value maintained a steady growth trend. The gap between them is narrowing year by year. Besides, the principal driving force for the slow growth of comprehensive technical efficiency comes from the improvement of pure technical efficiency. (2) From 2008 to 2017, the change trends of container terminal efficiency in the study region were different, which jointly promote the significant adjustment of the spatial pattern of container terminals efficiency. During the study period, the coefficient of variation of the comprehensive technical efficiency of the delta container terminal fluctuated between 0.159 and 0.318, and the spatial pattern evolution of container terminals efficiency has obvious phase characteristics. Since 2013, this spatial difference has developed towards equalization. At the same time, there are noticeable differences in efficiency evolution between the coastal and the riverside container terminals, and the former performs better. (3) Depending on the regression analysis results of influencing factors, human resources, port collection and distribution conditions, and port functions have a significant positive effect on container terminal efficiency. Also, the relevant indicators of ownership structure and hinterland economy have not passed the model test, and their impact is not significant.

Keywords: terminal efficiency; super-SBM model; Tobit model; spatial-temporal patterns; the Yangtze River Delta