

DOI:10.19322/j.cnki.issn.1006-4710.2024.04.003

<https://xuebao.xaut.edu.cn>

引文格式:谈晓勇,陈猛.西部陆海新通道物流业碳排放效率研究[J].西安理工大学学报,2024,40(4):471-481.

TAN Xiaoyong, CHEN Meng. Study on carbon emission efficiency of logistics industry in the New Western Land-sea Corridor[J]. Journal of Xi'an University of Technology, 2024, 40(4): 471-481.

西部陆海新通道物流业碳排放效率研究

谈晓勇, 陈 猛

(重庆交通大学 经济与管理学院, 重庆 400074)

摘要: 为了研究西部陆海新通道物流业碳排放效率及其时空演化特征,以2015—2020年通道沿线12个省市地区为研究对象,采用非期望产出的超效率SBM模型与GML指数模型,对通道物流业碳排放效率进行测度和特征描述,进一步利用Moran's I 指数、 σ 收敛和 β 收敛深入探讨物流业碳排放效率的时空演化特征及收敛特性。结果表明通道整体效率呈上升趋势,但效率仍较低,规模效率偏低是主因;分区域来看,效率分布具有一定的地方依赖性,高效率地区集中在通道北部和南部,低效率地区集中在通道中部,呈现凹型不均衡分布特征。物流业全要素生产率表现出明显增长态势,效率总体质量提升势头明显,技术进步对提升全要素生产率的驱动作用更强。时间上,整体效率具有显著空间正相关,且经历了集聚-离散-集聚的“N”型变动过程;空间上,大致形成了高效率水平的南部和北部地区趋同,低效率水平的中部地区趋同的空间集聚形态。物流业碳排放效率的 σ 收敛不明显,绝对 β 收敛和条件 β 收敛显著,存在低效率水平地区追赶高效率水平地区的趋势,差距会趋于缩小;物流集聚水平与交通基础设施建设强度是促进效率收敛的显著因素。

关键词: 西部陆海新通道; 物流业; 碳排放效率; 时空演化; 收敛性分析

中图分类号: F252; X196

文献标志码: A

文章编号: 1006-4710(2024)04-0471-11

Study on carbon emission efficiency of logistics industry in the New Western Land-sea Corridor

TAN Xiaoyong, CHEN Meng

(School of Economics and Management, Chongqing Jiaotong University, Chongqing 400074, China)

Abstract: To study the carbon emission efficiency level and spatio-temporal evolution characteristics of the logistics industry along the New Western Land-sea Corridor, 12 provinces and cities along the corridor from 2015 to 2020 are taken as the research object, with the non expected output Super-efficiency SBM model and GML index model used to measure and characterize the carbon emission efficiency of the corridor logistics industry. Further, Moran's I , σ convergence and β convergence are used to investigate the spatio-temporal evolution and convergence characteristics of carbon emission efficiency in logistics industry. The results show that the overall efficiency of the corridor is on the rise, but it is still low, and the low scale efficiency is the main reason. From the perspective of subregion, the efficiency distribution has a certain local dependence, with high efficiency areas concentrated in the north and south of the corridor, and low efficiency areas concentrated in the middle of the corridor, showing a concave unbalanced distribution. The total factor productivity of the logistics industry has shown a significant growth trend, the overall

收稿日期: 2023-07-29; **网络首发日期:** 2024-04-23

网络首发地址: <http://kns.cnki.net/kcms/detail/61.1294.N.20240422.1700.002.html>

基金项目: 重庆市教育委员会人文社会科学基金资助项目(21SKGH088)

第一作者: 谈晓勇,男,教授,研究方向为物流与供应链管理。E-mail: zystxy@163.com

通信作者: 陈猛,男,硕士生,研究方向为物流与供应链管理。E-mail: chmeng202204@163.com

quality of efficiency has been improved significantly, and the technological progress has a stronger driving effect on the improvement of total factor productivity. In terms of time, the overall corridor efficiency has a significant spatial positive correlation, and it has undergone an N-type change process of agglomeration-discrete-agglomeration. In terms of space, a spatial agglomeration pattern has roughly formed where the southern and northern regions with high efficiency levels converge, while the central regions with low efficiency levels converge. The σ convergence of carbon emission efficiency in logistics industry is not obvious, but the absolute β convergence and conditional β convergence are significant. There is a trend of low efficiency areas catching up with high efficiency areas, and the gap will tend to be narrow. The level of logistics agglomeration and the intensity of transportation infrastructure construction are the main influencing factors for promoting efficiency convergence.

Key words: New Western Land-sea Corridor; logistics industry; carbon emission efficiency; spatiotemporal evolution; convergence analysis

物流业作为我国战略性、基础性产业,是推动经济发展的重要动力,但也面临着高投入、高消耗、高排放等问题,同样需要肩负起碳减排的责任^[1]。2019年西部陆海新通道总体规划上升为国家战略,象征着要以强化通道内物流基础设施建设为重点,努力实现大幅提高物流发展质量和运行效率为目标,为我国西部内陆地区提供重要的物流、商贸走廊。随着社会经济的发展以及西部陆海新通道建设进程的持续推进,人们对物流服务的需求会愈加旺盛,未来一定时期物流基础设施建设将在原有规模的基础上继续保持较高的增长速度。然而,西部地区生态环境原本脆弱,长此以往很容易产生诸如效率失衡、资源枯竭等问题,环境负荷压力与日俱增。这就必然要求在落实物流业低碳、可持续发展的行动过程中,要统筹好物流业发展与兼顾环境效益的协同推进,应在使用有限资源和对环境压力最小的同时促进效率提升。

碳排放效率既是衔接地区经济产出与碳排放量的纽带,也是反映地区绿色低碳发展的重要指标^[2]。其中,碳排放强度、人均碳排放等单要素碳排放效率仅考虑了单一投入与碳排放的比例关系,忽视了生产过程中投入要素相互作用的影响。而全要素碳排放效率则综合考虑了资本、劳动力、能源、GDP、碳排放等多种要素的相互作用^[3]。基于此,界定碳排放效率为“在给定投入和产出条件下,所能实现最优的经济产出和最少的碳排放”。因此,在“双碳”背景下,研究西部陆海新通道物流业碳排放效率,对推动“双碳”目标的实现、通道物流业可持续、高质量发展具有十分重要的意义。

通过梳理分析国内外相关研究发现,在探究物流业碳排放效率的场景中,多集中在丝绸之路经济带^[4]、长江经济带^[5]、以及黄河流域^[6]等区域。针对西部陆海新通道的研究中,更多的是围绕通道建设

方案构建^[7]、客货运网络建设^[8]、产业协同发展^[9]以及区域经济联系^[10-11]等方面,缺乏对通道物流业碳排放效率的深入研究。

在探究碳排放效率的测度方法上,数据包络分析(data envelopment analysis, DEA)和生产率指数法(Malmquist 指数法)应用比较广泛。其中,DEA方法常运用于截面数据,在处理具有多输入、输出的决策单元相对有效性问题时优势明显。非期望产出的超效率SBM方法(slacks based measure)是DEA方法的一种,不仅可以处理包含非期望产出的效率问题,考虑到松弛效应的影响,还能进一步对同处效率前沿面的单元进行相对比较,可以更精确地对效率进行衡量,且在能源生态^[12]、轨道交通^[13]等领域有所应用。但是,DEA方法仅能对效率作出静态维度的分析,无法反映效率动态的演变效果。生产率指数(Malmquist 指数)可以描述面板数据中各决策单元在相邻时期效率的变化趋势,解释当期相对于前一期是否更有效,还可进一步分解为技术变动率与技术进步变动率,更好地说明生产率的动态变化和组成关系^[14]。相较于传统Malmquist 指数,全局性生产率指数(global-Malmquist 指数, GML)则进一步考虑了非期望产出,还具备跨期比较传递性的优势。因此,以静态视角和动态视角相融合的方式更能科学、全面地反映效率变动状况。

为此,本文拟开展以下研究。首先,根据环境污染的内生性和物流业的生产特点,将物流业能源消耗、碳排放量纳入投入产出指标体系,分别采用非期望产出的超效率SBM模型和GML指数模型,对2015—2020年西部陆海新通道沿线12个省市地区物流业碳排放效率的静态特征和动态特征展开研究。为了进一步验证效率在空间和时间维度的动态变化过程,分别引入空间自相关中的Moran指数和经济增长理论中的收敛性方法,用于分析效率的空

间相关关系和时间敛散程度。据此,对西部陆海新通道沿线地区的物流业可持续、高质量发展提出系列建议。

1 研究方法

1.1 超效率 SBM 模型

超效率 SBM 方法不仅能够将投入产出松弛项加入到目标函数中,有效处理非期望产出在内的效率问题,还可以进一步区分有效单元之间的差异,作出相对排名和比较。构建非期望产出的超效率 SBM 模型,见式(1),相应字符含义见表 1。

$$\min \rho^* = \frac{\frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \bar{x}_i}{\frac{1}{s_1 + s_2} \left(\sum_{q=1}^{s_1} \frac{\bar{y}_q^w}{y_{q0}^w} + \sum_{r=1}^{s_2} \frac{\bar{y}_r^b}{y_{r0}^b} \right)}$$

$$\text{s. t. } \left\{ \begin{aligned} \bar{x}_i &\geq \sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij} \\ \bar{y}_q^w &\leq \sum_{j=1}^n \lambda_j y_{qj}^w \\ \bar{y}_r^b &\leq \sum_{j=1}^n \lambda_j y_{rj}^b \\ \bar{y}^b &\geq 0, \lambda_j \geq 0, \sum_{j=1}^n \lambda_j = 1 \\ x_{i0} &= \sum_{j=1}^n x_j \lambda_j + s_i^- \\ y_{q0}^w &= \sum_{j=1}^n y_{qj} \lambda_j - s_q^{w+} \\ y_{r0}^b &= \sum_{j=1}^n y_{rj} \lambda_j + s_r^{b-} \\ \bar{x}_i &\geq x_{i0}, \bar{y}_q^w \leq y_{q0}^w, \bar{y}_r^b \geq y_{r0}^b \end{aligned} \right. \quad (1)$$

表 1 超效率 SBM 模型符号含义

Tab. 1 Super-SBM model notations meaning

符号	含义	符号	含义
ρ^*	决策单元效率值	n	决策单元的待测数量
m	投入数量	s_1, s_2	期望产出、非期望产出数量
$\lambda = (\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n)^T$	权重向量	s^-	投入的松弛变量
s^{w+}	期望产出的松弛变量	s^{b-}	非期望产出的松弛变量
x_0	引入松弛项的投入	y_0^w	引入松弛项的期望产出
y_0^b	引入松弛项的非期望产出	$x_j \in \mathbf{R}^m$	第 j 个决策单元的投入数量
$y_j^w \in \mathbf{R}^{s_1}$	第 j 个决策单元的期望产出数量	$y_j^b \in \mathbf{R}^{s_2}$	第 j 个决策单元的非期望产出数量

1.2 GML 指数模型

GML 指数模型在能够计算含非期望产出全要素生产率的基础上,考察了全域生产可能集合,弥补传统 Malmquist 指数不具备跨期比较传递性以及存在线性规划无解的缺陷,见下式:

$$I_{GML}^{t,t+1} = \frac{1 + D_G(x^t, y^t, z^t)}{1 + D_G(x^{t+1}, y^{t+1}, z^{t+1})} \quad (2)$$

$$R_T = \frac{1 + D^t(x^t, y^t, z^t)}{1 + D^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1}, z^{t+1})} \quad (3)$$

$$R_E = \frac{1 + D_G(x^t, y^t, z^t)}{1 + D_G(x^{t+1}, y^{t+1}, z^{t+1})} \cdot \frac{1 + D^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1}, z^{t+1})}{1 + D^t(x^t, y^t, z^t)} \quad (4)$$

式中: $D_G(x^t, y^t, z^t)$ 和 $D_G(x^{t+1}, y^{t+1}, z^{t+1})$ 分别表示 t 时期和 $t+1$ 时期内决策单元的全局方向性距离; $D^t(x^t, y^t, z^t)$ 和 $D^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1}, z^{t+1})$ 分别表示 t 时期和 $t+1$ 时期内决策单元的当期方向性距离; $I_{GML}^{t,t+1}$ 表示生产效率在 $t+1$ 时期相对于 t 时期的增长率; R_T 表示技术进步变动率; R_E 表示技术变

动率。

1.3 空间相关性分析

空间自相关分析可以用于检验不同变量在空间分布中的相互依赖程度,对变量之间的空间集聚性作出有效解释。其中,全局自相关通过描述观测变量在整个区域内的空间关联关系,见:

$$I = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij} (x_i - \bar{x})(x_j - \bar{x})}{s^2 \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij}} \quad (5)$$

式中: x_i, x_j 分别表示空间位置 i, j 的观测值; n 为地区数量,这里表示西部陆海新通道沿线 12 个省市地区; w_{ij} 是空间矩阵; $s^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2$ 表示方差; $\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$ 表示平均值。

全局相关性仅对整体区域的空间分布状况进行了描述,难以准确地判断局部区域的相关关系。为此,通过局部相关性分析来进一步探究局部区域内变量之间的空间集聚性,见下式:

$$I_i = \frac{(x_i - \bar{x}) \sum_{j=1}^n w_{ij} (x_j - \bar{x})}{s^2} \quad (6)$$

1.4 收敛性分析

为了对效率的演化趋势作出进一步判断,借助收敛模型可以揭示通道地区效率的趋同和发散情况。本文主要从 σ 收敛、绝对 β 收敛和条件 β 收敛三个方面进行分析。

1.4.1 σ 收敛

σ 收敛反映的是离散程度,即判断各地区物流业碳排放效率的离散是否会随时间的推移而表现出趋于下降的过程。若 σ 值随着时间推移而趋于下降或者趋向水平状态,表明存在 σ 收敛迹象,不同地区之间物流业碳排放效率差距有缩小趋势;反之,则趋于发散,不存在 σ 收敛。检验 σ 收敛的常用方法有变异系数、Theil指数及标准差等,借鉴刘宏伟等^[15],选用标准差进行 σ 收敛分析,见式(7)。

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (y_{i,t} - \bar{y}_t)^2} \quad (7)$$

式中: n 为西部陆海新通道沿线区域12个省市地区; $y_{i,t}$ 为第*i*个地区在*t*时期的效率值; \bar{y}_t 为*t*时期*n*个地区的效率均值。

1.4.2 绝对 β 收敛

绝对 β 收敛不考虑控制因素的影响,假定各地区处于相同的发展环境下,主要用来比较不同地区随着时间的推移是否存在“追赶效应”,即低效率水平地区是否具有更高的增幅以追赶高效率水平地区,使效率差距逐步缩小,并最终趋于同一稳定水平。绝对 β 收敛的计算为:

$$v = \ln y_{i,t+T} - \ln y_{i,t} = \alpha + \beta \ln y_{i,t} + \epsilon_{i,t} \quad (8)$$

式中: v 表示从*t*时期至*t+T*时期,第*i*个地区的效率增长率; $y_{i,t}$ 为*i*地区在*t*时期物流业碳排放效率值; T 为时间间隔; α 表示常数; $\epsilon_{i,t}$ 表示随机误差项。 β 表示收敛系数,当 $\beta < 0$ 时,意味着有绝对 β 收敛,低效率水平地区有向高效率水平地区追赶的趋势,反之则不存在绝对 β 收敛。

1.4.3 条件 β 收敛

为了更加准确地判断收敛趋势,条件 β 收敛在绝对 β 收敛的基础上会考虑各地区的自身结构特性,并探讨在相关控制变量的影响下,不同地区的效率是否收敛于自身的稳态水平。条件 β 收敛的计算为:

$$v = \ln y_{i,t+T} - \ln y_{i,t} = \alpha + \beta \ln y_{i,t} + \gamma X_{i,t} + \epsilon_{i,t} \quad (9)$$

式中; γ 表示相关控制变量的回归系数; $X_{i,t}$ 表示*t*时期第*i*个控制变量。

结合物流生产运作特点,在参考Li等^[14]、戴宇等^[16]研究的基础上,设定以下因素作为控制变量:经济发展水平(ECO),以地区生产总值与国内生产总值的比重衡量;政府宏观调控(GMC),以地区财政支出中交通运输、仓储和邮政支出占总支出的比重衡量;环境规制强度(ER),以碳排放强度衡量,即单位物流业增加值所产生的碳排放量;物流集聚水平(LA),以区位熵衡量,即地区物流业增加值在地区总产值的比重与全国物流业增加值在全国总产值所占比重的比值;交通基础设施建设强度(TIC),以地区公路、铁路和内河航道里程之和与国土面积之比进行衡量;信息化水平(IT),以地区互联网接入端口数量衡量。

2 指标选择及数据来源

根据《中国第三产业统计年鉴》的相关统计,交通运输和仓储邮政业对物流业增加值的贡献占80%以上。按照惯常做法,本研究中的物流业相关数据也根据交通运输和仓储邮政业的数据综合确定。

考虑到本文的研究重点在于西部陆海新通道建设(政策)下的物流业碳排放效率,前身南向通道建设的启动之年为2015年,但2020年之后能源消耗数据缺失,导致投入变量中的能源消耗量以及非期望产出中的碳排放量无法计算,所以本文以2015—2020年西部陆海新通道沿线12个省市地区为研究对象(因缺少西藏自治区的数据,暂时选取沿线12个省市地区数据)。样本数据来源于2015—2020年《中国统计年鉴》、《中国能源统计年鉴》,针对部分缺失数据,利用国家统计局官网数据进行填补。

为了便于分析比较,根据西部陆海新通道总体规划中的空间布局,同时,参考秦小辉等^[17],将通道沿线区域划分为三大区域:北部(内蒙古、宁夏、新疆和甘肃)、中部(陕西、青海、四川和重庆)和南部(贵州、云南、广西和海南)。

北部地区作为辐射延展带,以资源型产业和重工业为主,与丝绸之路经济带紧密相连,依托铁路、公路等交通干线与国内外相通,具备充分发挥铁路长距离运输的优势,可以提升通道对西北地区的辐射联动作用,有力促进西部地区开发开放。中部地区作为重要枢纽区域,是制造业和服务业的集聚地,涵盖内陆地区的重要节点城市,拥有“一带一路”和长江经济带交汇点的区位优势,通过长江经济带等内河航运和铁路网实现与东部沿海地区的快速连接,与东部沿海地区和内陆地区的经济联系紧密,是

连接东西、沟通南北的重要枢纽。南部地区作为核心覆盖区,依托内陆开放型经济试验区、国家级新区、自由贸易试验区和重要口岸等,利用港口优势和国际航线,加强与东南亚、南亚等地区的经贸往来,积极发展对外贸易和旅游业,是连接中国与东盟等区域经济体的重要门户,拥有发展外向型经济、经贸合作的先导性优势。这种划分既契合 2019 年西部陆海新通道总体规划中的空间布局,也符合物流业和经济发展的区域特性,可以更加细化地研究西部陆海新通道物流业碳排放效率状况,有助于促进区域经济一体化和协调发展。

依据 Cobb-Douglas 生产函数理论以及参考有关研究的指标择取经验^[18-19],投入要素选取从业人员数、固定资产投资总额、能源消耗和运输线路里程数分别表征物流业劳动力、资本、能源和基础设施。产出要素选取货运量、周转量和增加值分别表征物流业货物运输、周转规模及经济产出。根据物流业活动对环境的影响,将碳排放量视作物流业非期望产出要素。其中,运用永续盘存法将固定资产投资额转换为资本存量的形式。

依据《2006 年 IPCC 国家温室气体清单指南》以及参考有关研究^[20],基于《中国能源统计年鉴》的统计查询,得到涵盖交通运输、仓储和邮政业的能源消耗数据:原煤、煤油、柴油、汽油、燃料油、液化石油气、天然气和电力,按折标准煤系数统一折算,汇总得到能源消耗总量,并依据 IPCC(联合国政府间气候变化专门委员会)采用的碳排放系数法,估算得到碳排放量数据。

3 结果分析

3.1 西部陆海新通道物流业碳排放效率静态特征

从时间维度来看,如图 1 所示,2015—2020 年物流业综合效率水平呈现上升趋势,平均值为 0.776,从 2015 年的 0.734 上升到 2020 年的 0.791,2018 年达到峰值 0.817。纯技术效率呈现下降趋势,平均值为 0.978,峰值出现在 2015 年,从 2015 年的 1.020 下降到 2020 年的 0.973。规模效率呈现上升趋势,平均值为 0.829,从 2015 年的 0.727 上升到 2020 年的 0.869,2017 年达到峰值 0.881。总体上,效率呈现上涨趋势,但仍较低,规模效率偏低是主因,物流业整体资源配置水平仍有进一步提升的空间。

从空间维度来看,如表 2 所示,西部陆海新通道物流业碳排放效率水平存在明显的不均衡现象。其

中,宁夏的效率值最高,达到 1.150,青海的效率最低,仅有 0.311,效率差距凸显。效率高于通道总体效率水平的地区有内蒙古、甘肃、宁夏、陕西、广西和海南,纯技术效率都比较高,且大于规模效率,说明依靠规模扩张经营的物流业发展方式难以显著提升效率水平,显然科学技术的支撑性会更强一些;新疆、重庆、贵州和云南的规模效率较高,但纯技术效率较低,使得综合效率较低;青海、四川的效率处于末流位置。从划分区域来看,北部和南部地区的效率水平较高,中部地区较低,呈现南北高、中部低的凹型不平衡格局。

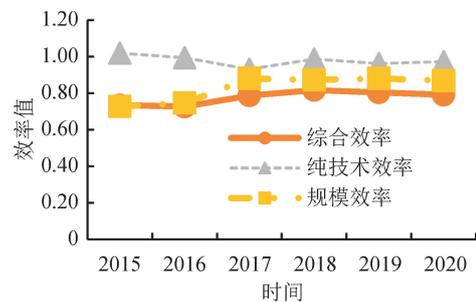


图 1 2015—2020 年物流业碳排放效率变化趋势
Fig. 1 Change trend of carbon emission efficiency of logistics industry from 2015 to 2020

表 2 2015—2020 年物流业碳排放效率均值及排名
Tab. 2 Average carbon emission efficiency and ranking of logistics industry from 2015 to 2020

地区	综合效率	排名	纯技术效率	规模效率
内蒙古	1.066	4	1.182	0.900
甘肃	0.837	6	0.922	0.917
宁夏	1.150	1	2.095	0.555
新疆	0.458	10	0.498	0.918
北部	0.878	—	1.174	0.822
青海	0.311	12	0.609	0.633
重庆	0.660	8	0.820	0.834
四川	0.424	11	1.034	0.410
陕西	1.032	5	1.049	0.985
中部	0.607	—	0.878	0.715
广西	1.078	3	1.117	0.966
海南	1.095	2	1.137	0.963
贵州	0.467	9	0.499	0.937
云南	0.741	7	0.776	0.936
南部	0.845	—	0.882	0.950
总体	0.776	—	0.978	0.829

3.2 西部陆海新通道物流业碳排放效率动态特征

为进一步分析效率随时间变化的动态变化过程,经测算得到生产率指数,见图 2。2015—2016 年全要素生产率处于下降状态,2016—2017 年有所提升,2017—2018 年达到最高 1.103,增幅 10.3%左右,物流业效率发展质量提升势头明显,绿色物流实践效果逐渐凸显,很可能与 2017—2018 年处于西部陆海新通道第一提速阶段有关。2017 年提出中国西部省份与新加坡合作打造西部陆海贸易新通道,以开通“渝桂新”(重庆-广西钦州-新加坡)海铁联运班列标志,此时物流大通道已初具雏形,极大地推动了物流业生产运作及绿色发展。

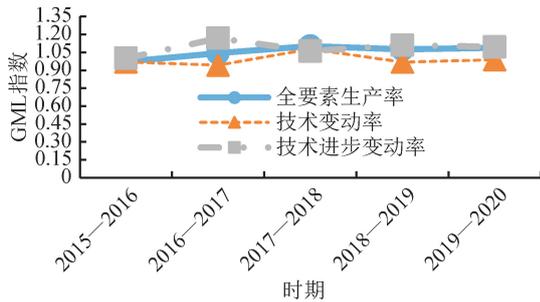


图 2 2015—2020 年物流业全要素生产率变化过程
Fig. 2 Change process of total factor productivity of logistics industry from 2015 to 2020

分解指数来看,技术变动率指数均值为 0.990,2015—2020 年表现出下降-增长-下降的倒 N 型不稳定变化趋势,波动幅度较大,不利于激发其对全要素生产率的积极贡献作用。技术进步变动率指数均值为 1.087,2015—2020 年均处于稳定增长的状态。并且在碳约束下,物流业技术进步变动率对全要素生产率的促进作用大于技术变动率的抑制作用,使得全要素生产率表现出上升趋势。从图 1 也可以看到,技术进步变动率的变动趋势与全要素生产率的变动趋势比较接近,说明技术进步对西部陆海新通道物流业全要素生产率的贡献程度更强。

由表 3,总体上,2015—2020 西部陆海新通道物流业全要素生产率均值为 1.056,提升近 5.6%,表现出明显增长态势。区域上,通道北部、中部和南部地区的全要素生产率均呈现增长态势,南部地区增幅最大,达到 10.3%,是促进通道总体效率提升的主要贡献力量。南部地区处于衔接陆上通道与海上通道的关键节点,具备与东盟国家陆陆相连、陆海相连的独特优势,多式联运持续强化、港口枢纽建设提速及集疏运时效提升,为物流业实现效率提升、跨越式发展创造了良好的外部环境。三个地区的技术进步变动率均处于增长状态,说明都重视物流生产技

术方面的改造升级和应用。北部和中部地区的技术变动率处于下降状态,未来应加强对物流资源要素的整合重组,优化生产结构,使资源要素达到最佳配置状态。为了充分发挥技术变动率与技术进步变动率对全要素生产率的双重驱动作用,一方面要借鉴先进的管理经验,改善内部管理模式,提升科学管理水平;另一方面要着力加强物流技术的改进和创新。

表 3 2015—2020 年物流业全要素生产率均值

Tab. 3 Average total factor productivity of logistics industry from 2015 to 2020

区域	全要素生产率	技术变动率	技术进步变动率
内蒙古	1.076	1.000	1.075
甘肃	0.999	0.910	1.115
宁夏	1.001	1.037	0.965
新疆	0.992	0.975	1.018
北部	1.017	0.980	1.043
青海	0.814	0.813	1.140
重庆	1.041	0.951	1.112
四川	1.244	1.008	1.232
陕西	1.092	1.005	1.090
中部	1.048	0.944	1.144
广西	1.059	1.002	1.058
海南	1.090	1.028	1.048
贵州	1.005	0.964	1.039
云南	1.259	1.185	1.150
南部	1.103	1.045	1.074
总体	1.056	0.990	1.087

3.3 西部陆海新通道物流业碳排放效率空间分布特征

为了探索西部陆海新通道沿线区域物流业碳排放效率的空间相关关系,引入全局 Moran's *I* 进行检验,结果见表 4。2015—2020 年全球 Moran's *I* 始终为正值,且 *z* 值均大于 1.5,均通过了显著性检验,说明碳排放效率具有显著的空间正相关性。其中,2015—2016 年全球 Moran's *I* 逐年上升,峰值出现在 2016 年;2016—2018 年出现逐年下降的趋势,在 2018 年达到最小值 0.337;2018—2020 年逐渐回升。总体上,正相关效应呈现出“增强-减弱-增强”的 N 型变动格局,表现出显著的空间集聚特征,即在地理邻近区域相对集聚,表现出相互促进、共同发展的局面。

表4 2015—2020年物流业碳排放效率的全局 Moran's I
Tab. 4 Global Moran's I on carbon emission efficiency of logistics industry from 2015 to 2020

时间	2015	2016	2017	2018	2019	2020
I	0.304	0.458	0.414	0.337	0.394	0.409
z	1.941	2.661	2.430	2.096	2.372	2.429
p	0.052	0.008	0.015	0.036	0.018	0.015

为了观察效率的局部空间演变情况,进一步做局部自相关分析,结果见表5。四个象限分别表示“高高集聚(H-H)”、“低高集聚(L-H)”、“低低集聚(L-L)”和“高低集聚(H-L)”区域。发现效率在邻近

地区存在一定的溢出效应。其中,内蒙古、海南和宁夏一直呈H-H集聚形态,发挥着正相关性的带头辐射作用,是驱动效率提升的核心地带;重庆、四川、青海和新疆则一直呈L-L集聚形态,甘肃先后从L-H象限、H-L象限,最终到L-L象限,广西从H-L象限发展到H-H象限,发展过程逐渐趋同,表现出对周边地区的辐射带动作用;贵州从L-L象限到L-H象限,云南从L-L象限到H-L象限,陕西从H-H象限到H-L象限,发展过程逐渐趋异,自身发展与周边地区的差距增大,不易产生有效的空间集聚效果。总体上,呈现出南部和北部高效率水平地区集聚,中部低效率水平地区集聚的特征形态,不均衡发展现象凸显。

表5 2015—2020年物流业碳排放效率的局部 Moran's I
Tab. 5 Local Moran's I on carbon emission efficiency of logistics industry from 2015 to 2020

年份	第一象限 H-H 区域	第二象限 L-H 区域	第三象限 L-L 区域	第四象限 H-L 区域
2015	内蒙古、海南、陕西、宁夏(4)	—	重庆、四川、贵州、云南、青海、新疆(6)	广西、甘肃(2)
2016	内蒙古、海南、陕西、宁夏(4)	甘肃(1)	重庆、四川、贵州、云南、青海、新疆(6)	广西(1)
2017	内蒙古、海南、陕西、宁夏(4)	—	重庆、四川、贵州、云南、青海、新疆(6)	广西、甘肃(2)
2018	内蒙古、广西、海南、陕西、宁夏(5)	—	重庆、四川、贵州、青海、新疆(5)	云南、甘肃(2)
2019	内蒙古、广西、海南、陕西、宁夏(5)	贵州(1)	重庆、四川、甘肃、青海、新疆(5)	云南(1)
2020	内蒙古、广西、海南、宁夏(4)	贵州(1)	重庆、四川、甘肃、青海、新疆(5)	云南、陕西(2)

3.4 西部陆海新通道物流业碳排放效率收敛特征

为了对效率的演化趋势作出进一步判断,结合收敛散方法检验效率的趋同发散状况,以判断未来西部陆海新通道物流业碳排放效率的演变趋势。

3.4.1 σ 收敛

见图3,2015—2020年西部陆海新通道物流业碳排放效率的 σ 值呈现逐年上升的趋势,趋于发散状态,只是发散幅度不大,不存在显著的 σ 收敛,一定程度上可以表明效率在时间维度上具有不稳定的性质。

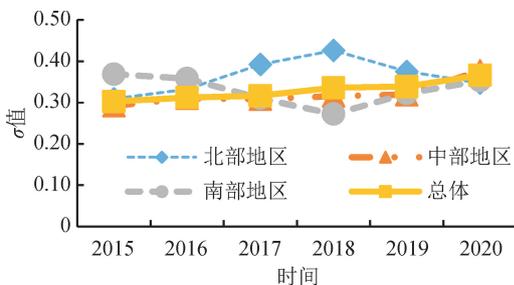


图3 2015—2020年物流业碳排放效率 σ 收敛状况
Fig. 3 σ convergence of carbon emission efficiency of logistics industry from 2015 to 2020

通道北部的 σ 值在2015—2018年呈现上升趋势,在2018—2020年出现下降趋势,表现出先发散后收敛的变化;相反,南部地区在2015—2018年 σ 值逐年下降,在2018—2020年 σ 值出现回升,表现出先收敛后发散的变化;中部地区的 σ 值以较弱的发散状态为主,且与通道整体的收敛变化趋势接近。

3.4.2 绝对 β 收敛

见表6,通道总体、通道北部地区的 β 系数均在1%的显著性水平下为负值,说明西部陆海新通道沿线区域及通道北部地区存在显著的绝对 β 收敛,意味着通道北部低效率水平地区存在追赶上高效率水平地区的趋势,并且通道沿线区域物流业整体效率水平差距也有所减小。中部地区的 β 系数也为负值,且通过10%的显著性水平,说明中部地区的效率差距也呈现缩减趋势。南部地区 β 系数虽然没有通过显著性检验,但小于零,结合 σ 收敛结果来看,南部地区物流业在2015—2018年发展相对稳定,差距有所减小,但在2018—2020这两年来看,物流业的快速发展并没有使得南部各地区的物流业碳排放效率趋向稳定局面,反而差距被拉大,导致收敛显著

性降低,但是前期的稳定发展对低效率水平地区追赶上高效率水平地区奠定了良好的基础,仍存在实现均衡发展的机会。

表6 2015—2020年物流业碳排放效率的绝对 β 收敛状况
Tab.6 Absolute β convergence of carbon emission efficiency of logistics industry from 2015 to 2020

变量	总体	北部	中部	南部
β	-0.564*** (0.116)	-1.010*** (0.205)	-0.472* (0.246)	-0.250 (0.172)
常数项	0.447*** (0.091)	0.684*** (0.142)	0.293* (0.148)	0.248 (0.144)
是否收敛	是	是	是	是
模型设定	固定效应	固定效应	固定效应	固定效应
稳态值	0.286	0.340	0.199	0.198
收敛速度	0.138	—	0.107	0.048

注:***、* 分别代表通过1%、10%显著性水平,括号内为参数的估计标准残差。

3.4.3 条件 β 收敛

在考虑ECO、GMC、ER、LA、TIC和IT变量的影响下,进一步讨论效率的条件 β 收敛特性。由表7可知,西部陆海新通道总体和北部地区均通过了1%的显著性检验,中部和南部地区分别通过了5%和10%的显著性检验,且 β 系数均为负,说明效率存在显著的条件 β 收敛,即在朝着各自稳态水平的方向收敛,空间差异程度有趋于缩小的迹象。从收敛系数和收敛速度中可以发现,相较于绝对 β 收敛,条件 β 收敛的收敛系数更大、收敛速度更快,表明在条件变量的驱动效应下,收敛效果更加显著。

就控制变量的设置效果来看,各因素对不同地区碳排放效率的作用状况具有异质性。第一,总体上,物流集聚水平和交通基础设施建设强度的回归系数显著为正,二者的提升有利于促进效率的收敛。交通基础设施的建设可以缩短物流运输距离,减少成本、能源投入,有助于加快资源要素的汇集流动与共享利用。在资源禀赋、区位优势的基础条件下,发挥物流集聚的规模效应,会激发要素在空间范围内的不断汇聚运动,并通过优化资源配置的方式来促进效率的提升。

第二,在北部地区,经济发展、政府宏观调控和物流集聚水平的回归系数显著为正,有利于效率的收敛。环境规制强度和信息化水平显著为负。环境规制显著为负意味着每增加单位GDP产生的碳排放量,实施环境监管政策和措施所产生的治理成本

也会增加,会对效率提升产生抑制作用。并且,环境污染是外部所在,具有传播性,仅依靠某一地区的环境规制难以对整个区域的环境治理产生有效作用。因此,区域内各地区应在政策制定及实施过程中强化合作布局,加强区域环境协调治理。信息化水平的提升对效率产生抑制作用,存在信息壁垒,信息流通受到限制,信息化水平有待进一步提升。

表7 2015—2020年物流业碳排放效率的条件 β 收敛状况
Tab.7 Conditional β convergence of carbon emission efficiency of logistics industry from 2015 to 2020

变量	总体	北部	中部	南部
β	-0.614*** (0.153)	-1.467*** (0.231)	-0.899** (0.288)	-0.623* (0.290)
ECO	0.084 (0.444)	3.281*** (0.866)	0.064 (0.210)	-0.617 (1.051)
GMC	-0.022 (0.029)	0.312** (0.108)	0.118** (0.042)	-0.044 (0.067)
ER	0.020 (0.046)	-0.474* (0.225)	-0.228** (0.074)	-0.136 (0.153)
LA	0.390* (0.201)	0.386* (0.194)	-0.067 (0.198)	0.376 (0.315)
TIC	1.546* (0.876)	-0.163 (1.432)	-0.002* (0.001)	0.453 (0.587)
IT	0.037 (0.092)	-3.458** (1.364)	0.037 (0.256)	-0.139 (0.345)
常数项	0.483*** (0.119)	1.216*** (0.158)	1.417** (0.466)	0.687* (0.330)
是否收敛	是	是	是	是
模型设定	固定效应	固定效应	固定效应	固定效应
稳态值	0.299	0.493	0.746	0.423
收敛速度	0.159	—	0.382	0.163

注:***、**、* 分别代表通过1%、5%、10%显著性水平,括号内为参数的估计标准残差。

第三,在中部地区,政府宏观调控显著为正。物流发展过程中可能出现市场化程度不够、产业信息不对称等问题,政府可适当的发挥顶层规划设计、政策制定支持的战略定位作用,有利于规范市场秩序,改善物流基础设施和运营条件,为物流业发展营造舒适的外部环境,益于降低物流成本,提升效率。环境规制、交通基础设施强度显著为负,在碳排放治理能力、交通基础设施规划、建设及利用方面还需进一步改善。

第四,在南部地区,各变量系数均不显著,可能与西部陆海新通道还在处于建设期有关,通道南部地区间尚未形成显著效应。但通过系数可以在一定程度上反映变量对效率收敛趋势的影响状况。物流集聚水平和交通基础设施建设强度的系数为正,表

明物流集聚水平、交通基础设施建设水平可以使物流业碳排放效率收敛于一定范围内。经济发展、政府宏观调控、环境规制强度和信息化水平的系数为负,表明未来南部地区应该在政府的合理干预下激发经济发展、环境规制以及推动信息化建设对促进物流业碳排放效率收敛的积极作用。

4 结论与建议

4.1 结论

利用2015—2020年西部陆海新通道沿线12个省市地区物流业的面板数据,在对物流业碳排放效率静态、动态特征研究的基础上,进一步分析效率的时空分布特征和收敛特征,得到如下结论。

1) 基于物流业碳排放效率的静态分析发现时间上,2015—2020年西部陆海新通道物流业碳排放效率呈上涨趋势,但仍较低,偏低的规模效率是主因。区域上,呈现出南北地区偏高、中部地区偏低的凹型不平衡格局。

2) 基于物流业碳排放效率的动态分析发现2015—2020年西部陆海新通道物流业全要素生产率表现出明显增长态势,效率总体质量提升势头明显。从分解指数来看,技术变动率存在倒N型不稳定变化趋势。技术进步变动率处于稳定增长状态,对物流业全要素生产率的贡献程度更强。

3) 基于物流业碳排放效率的时空演化分析发现时间上,2015—2020年西部陆海新通道物流业碳排放效率具有显著的空间正相关,且经历了“增强—减弱—增强”的N型集聚变化过程。区域上,大致形成了南部和北部高效率水平地区集聚,中部低效率水平地区集聚的形态特征,存在两极分化现象。

4) 基于物流业碳排放效率的收敛性分析发现时间上,2015—2020年西部陆海新通道物流业碳排放效率的 σ 收敛不明显,但存在显著的绝对 β 收敛和条件 β 收敛,存在低效率水平地区具有更快的发展速度以追赶高效率水平地区的发展趋势,空间差异程度有趋于缩小的迹象。其中,物流业集聚水平与交通基础设施建设强度的提升是促进效率收敛的显著因素。

4.2 建议

针对以上研究结论相应提出以下适当建议。

第一,政府应充分发挥顶层规划设计、政策制定支持的战略定位作用,强化在西部陆海新通道物流业发展方面的宏观调控,特别要对效率远低于预期的地区做好政策规划工作,引导物流业转型升级。通道中部地区效率低于北部和南部。高效地区可以

通过项目交流、经验分享等方式对低效地区产生示范、激励和传导效应,激发低效地区的发展潜力;低效地区要积极学习、吸纳先进的管理经验和科学方法,重视内部管理模式的改善,完善自身管理体系、创新管理理念以及优化管理模式,建立配套的专业人才队伍,改善自身不足。低效和高效地区可携手联合构建物流业企业供应链联盟,打造物流调控、决策和监督为一体的综合平台,推动通道物流业一体化发展进程,共同探索物流业提质增效的发展路径。

第二,提升规模效率和纯技术效率,改进升级物流技术。充分利用“新基础设施”建设的机遇,探索并强化多式联运的无缝衔接,完善交通基础设施体系建设,也要注意规避因新建设施与原有基础设施不兼容而导致的资源闲置和浪费现象。统筹优化物流节点合理规划布局,加快资源整合集聚,强化管理要素的重组配置,发挥通道物流业集聚的规模经济效益,促进物流集约化发展。鼓励研发投入,强化绿色技术创新,攻克技术难关,改造升级落后工艺,改善物流生产运作环节,充分发挥技术进步对物流业高质量发展的引擎作用。同时,推进信息化建设,采用大数据、智能物流等现代信息技术,促进物流业与互联网的深度融合,催生物流业新动能,借助数字化、智能化等技术不断改进优化物流各环节,以驱动物流业提质增效。

第三,推广践行低碳物流理念,协调生态环境和物流发展间的关系。在注重物流效率提升的同时,也要充分考虑环境承载力。在健全的政策体系和法律法规指引下,建立物流行业环境长效机制,运用市场化、经济化手段实现碳减排,鼓励、规范和监督分配节能减排责任,提倡使用环保低碳的物流设备,淘汰具有高碳强度特性的设施,培养绿色物流发展模式。各地区也应根据实际情况因地制宜的设定减排目标,鼓励通道内外的协同和联合发展,提倡建立区域协同减碳的治理模式,构建优化物流业发展与碳减排的联动机制,将物流通道、国家枢纽等关键环节作为减碳的出发点,进一步实施跨区域物流行业碳减排项目,形成协同减排效应。

第四,充分发挥区位优势,打造升级物流大通道。以成渝双城经济圈为核心驱动力,依托长江“黄金水道”,依托干线公路、铁路、机场及口岸,加快物流枢纽节点建设,加强通道内外的协作和联合发展,建设辐射范围广、流通成本低、运作效率高的物流网络体系。根据区位交通、资源禀赋等状况,做好、做强支柱型、新兴型产业,培育优势产业区,促进与物流业融合发展,吸引技术、资金、人才等要素汇聚,激

发物流业发展潜力,对周边产业贸易发展发挥辐射带动作用,加快推进通道带物流、物流带经贸、经贸带产业的战略规划进程,打造并拓宽物流业增长极,推动从单一物流通道发展成为物流、交通、贸易等复合型大通道的层次升级。

参考文献:

- [1] 何景师,王术峰,徐兰. 碳排放约束下我国三大湾区城市群绿色物流效率及影响因素研究[J]. 铁道运输与经济,2021,43(8):30-36.
HE Jingshi, WANG Shufeng, XU Lan. Research on the efficiency and influencing factors of green logistics in three bay-area city clusters under the constraint of carbon emission[J]. Railway Transport and Economy, 2021, 43(8): 30-36.
- [2] 郑琰,贲宇姝,王康得,等. 物流企业的碳排放效率评价及驱动因素分析[J]. 交通运输系统工程与信息,2023,23(2):11-21.
ZHENG Yan, BEN Yushu, WANG Kangde, et al. Carbon emission efficiency evaluation and driving factors analysis of logistics enterprises[J]. Journal of Transportation Systems Engineering and Information Technology, 2023, 23(2): 11-21.
- [3] 宋敏,邹素娟. 黄河流域碳排放效率的区域差异、收敛性及影响因素[J]. 人民黄河,2022,44(8):6-12,56.
SONG Min, ZOU Sujuan. Regional differences, convergence and influencing factors of carbon emissions efficiency in the Yellow River basin[J]. Yellow River, 2022, 44(8): 6-12, 56.
- [4] 李慧,李玮. 物流业碳排放效率评价及动态演化分析:以“丝绸之路经济带”沿线省区为例[J]. 环境科学与技术,2019,42(3):165-171.
LI Hui, LI Wei. Carbon emission efficiency evaluation and dynamic evolution analysis of logistics industry: taking the provinces along the Silk Road Economic Belt as an example[J]. Environmental Science & Technology, 2019, 42(3): 165-171.
- [5] 林秀群,李嘉新,李阳,等. 长江经济带物流业碳排放效率的测度及时空演化特征研究[J]. 生态经济,2022,38(12):31-38.
LIN Xiuqun, LI Jiaxin, LI Yang, et al. Measurement and temporal and spatial evolution of carbon emission efficiency of logistics industry in the Yangtze River Economic Belt[J]. Ecological Economy, 2022, 38(12): 31-38.
- [6] DONG Changrong, ZHAO Gongmin, WANG Yuanhao, et al. Evaluation of logistics-industry efficiency and enhancement path in China's Yellow River Basin under dual carbon targets[J]. Sustainability, 2023, 15(17): 12848.
- [7] 傅远佳. 中国西部陆海新通道高水平建设研究[J]. 区域经济评论,2019(4):70-77.
FU Yuanjia. Study on high-quality construction of new land and sea channel in western China[J]. Regional Economic Review, 2019(4): 70-77.
- [8] DING Rui, ZHANG Ting, QIU Yuanhong, et al. Study on the evolution and coupling coordinated development of passenger and freight transport network of New Western Land-Sea Corridor [J]. Applied Sciences, 2022, 12(22): 11554.
- [9] 唐红祥,夏惟怡,黄跃. 西部陆海新通道制造业与物流业协同集聚的影响因素识别及突破路径研究[J]. 中国软科学,2022(8):131-139.
TANG Hongxiang, XIA Weiyi, HUANG Yue. Research on the influencing factors and breakthrough path of the synergistic agglomeration of manufacturing and logistics in new western land-sea corridor[J]. China Soft Science, 2022(8): 131-139.
- [10] 尹剑,张斌,丁锐,等. 西部陆海新通道城市群经济联系空间特征演化过程研究[J]. 地理科学,2023,43(11):1983-1993.
YIN Jian, ZHANG Bin, DING Rui, et al. Urban agglomeration economic connection and evolution of spatial features in the New Western Land-Sea Corridor of China[J]. Scientia Geographica Sinica, 2023, 43(11): 1983-1993.
- [11] QIN Xueyi, QIAN Yongsheng, ZENG Junwei, et al. Accessibility and economic connections between cities of the new western land-sea corridor in China—Enlightenments to the passageway strategy of Gansu Province[J]. Sustainability, 2022, 14(8): 4445.
- [12] 油建盛,董会忠,蒋兵,等. 长江经济带能源生态效率及驱动因子时空非平稳性[J]. 资源科学,2022,44(11):2207-2221.
YOU Jiansheng, DONG Huizhong, JIANG Bing, et al. Spatiotemporal non-stationarity of energy ecological efficiency and its driving factors in the Yangtze River Economic Belt[J]. Resources Science, 2022, 44(11): 2207-2221.
- [13] 周琪,梁肖,黄俊生,等. 城市轨道交通碳排放效率与影响因素研究[J]. 交通运输系统工程与信息,2023,23(1):30-38, 85.
ZHOU Qi, LIANG Xiao, HUANG Junsheng, et al. Carbon emission efficiency and influencing factors analysis of urban rail transits[J]. Journal of Transportation Systems Engineering and Information Technology, 2023, 23(1): 30-38, 85.
- [14] LI Minjie, WANG Jian. Spatial-temporal evolution

- and influencing factors of total factor productivity in China's logistics industry under low-carbon constraints [J]. *Environmental Science and Pollution Research*, 2022, 29: 883 - 900.
- [15] 刘宏伟,杨荣璐,石红娟. 物流枢纽城市物流业效率时空差异及其收敛性[J]. *北京交通大学学报(社会科学版)*, 2022, 21 (2): 122-133.
- LIU Hongwei, YANG Ronglu, SHI Hongjuan. The spatial and temporal difference of logistics industry efficiency in logistics hub cities and its convergence[J]. *Journal of Beijing Jiaotong University (Social Sciences Edition)*, 2022, 21 (2): 122-133.
- [16] 戴宇践,罗雨森. 中国物流业绿色全要素生产率增长的收敛性分析[J]. *生态经济*, 2023, 39(2): 68-77.
- DAI Yujian, LUO Yusen. Study on convergence of China's green TFP growth in logistics industry[J]. *Ecological Economy*, 2023, 39(2): 68-77.
- [17] 秦小辉,赵晨曦. 西部陆海新通道物流产业效率及时空演化研究[J]. *铁道运输与经济*, 2023, 45 (2): 11-18.
- QIN Xiaohui, ZHAO Chenxi. Research on logistics industry efficiency and spatial-temporal evolution of the New International Land-Sea Trade Corridor[J]. *Railway Transport and Economy*, 2023 45(2): 11-18.
- [18] 程云鹤,程嘉雨. 长江经济带物流业 CO₂ 减排效率测度与根源分解[J]. *系统工程*, 2021, 39(4): 94-102.
- CHENG Yunhe, CHENG Jiayu. The measurement and source decomposition of CO₂ emission efficiency on the logistics industry of the Yangtze River Economic Belt[J]. *Systems Engineering*, 2021, 39(4): 94-102.
- [19] LIANG Zijing, QIU Yungho, GUO Quan, et al. Low-carbon logistics efficiency: analysis on the statistical data of the logistics industry of 13 cities in Jiangsu Province, China[J]. *Research in Transportation Business & Management*, 2022, 43: 100740.
- [20] 姜晓红,陈莎,张毅. [J]. *交通运输系统工程与信息*, 2022, 22(2): 313-321.
- JIANG Xiaohong, CHEN Sha, ZHANG Yi. Calculation method of total carbon emission and efficiency of logistics enterprises [J]. *Journal of Transportation Systems Engineering and Information Technology*, 2022, 22(2): 313-321.

(责任编辑 王绪迪)