

绿色物流对区域经济发展的影响分析

——以环渤海经济圈为例

万笑妍

济南大学 管理科学与工程学院, 山东 济南 250000

DOI:10.61369/ASDS.2026030011

摘要 : 随着国内经济发展和电商产业兴起, 物流业快速发展, 但也对环境造成负面影响。在绿色发展理念推动下, 本文基于2015–2024年环渤海面板数据, 运用DEA–BCC模型、OLS回归和灰色关联度分析, 探究绿色物流与区域经济的关系。研究发现, 环渤海绿色物流效率呈上升趋势, 且能有效促进经济增长。研究结果为推动绿色物流发展、加快区域经济增长提供理论依据。

关键词 : 绿色物流; 区域经济; 环渤海经济圈; OLS回归分析; 灰色关联度

Analysis on the Impact of Green Logistics on Regional Economic Development — Taking the Bohai Economic Rim as an Example

Wan Xiaoyan

School of Management Science and Engineering, University of Jinan, Jinan, Shandong 250000

Abstract : With the development of the domestic economy and the rise of the e-commerce industry, the logistics sector has grown rapidly, yet it has also exerted negative impacts on the environment. Driven by the concept of green development, this paper explores the relationship between green logistics and the regional economy based on panel data of the Bohai Rim region from 2015 to 2024. Using the DEA–BCC model, OLS regression, and grey correlation analysis, the study finds that the efficiency of green logistics in the Bohai Rim area shows an upward trend and effectively promotes economic growth. The findings provide a theoretical basis for advancing green logistics and accelerating regional economic growth.

Keywords : green logistics; regional economy; Bohai economic rim; OLS regression analysis; grey relational analysis

引言

实施产业绿色转型是国家重大战略, 物流业作为高耗能行业, 其粗放式发展加剧了环境问题。在此背景下, “绿色物流”应运而生, 要求行业在追求经济效益的同时兼顾环境保护。环渤海区域经济快速发展促使物流需求激增, 但传统物流的粗放式发展也加重了环境负担。因此, 从绿色发展理念出发, 客观评价绿色物流运行效率并分析其对区域经济的影响, 对于推动区域可持续发展具有重要意义。

当前学术领域对区域物流及绿色物流的研究已较为成熟。区域物流研究主要探讨其与经济发展的相互关系, 绿色物流研究则主要聚焦于内涵、影响因素及评估指标。然而, 现有研究仍存在不足: 现有研究对绿色物流的探讨多集中于全国或个别省份层面^[1,2], 针对环渤海这一经济活跃、产业结构多样地区的专题研究较为缺乏; 同时, 学者们多从传统视角审视区域物流对经济的影响^[3,4], 对绿色物流这一新兴概念在其中扮演的角色探讨不足, 且倾向于使用单一模型(如随机前沿分析、三阶段DEA)^[5], 难以揭示绿色物流产业效率与经济发展之间的相互作用关系。基于此, 本文旨在深入分析绿色物流在环渤海经济圈经济增长过程中所起到的具体影响作用。为此, 本文选取环渤海经济圈为样本, 采用绿色物流–区域经济双重视角, 综合运用DEA–BCC模型、OLS回归分析和灰色关联度分析等多种方法, 深入探究绿色物流对区域经济增长的影响, 以期为推动区域绿色物流发展和经济可持续增长提供理论依据。

一、研究方法及数据

(一) 研究方法

本文综合运用 DEA-BCC 模型、OLS 回归分析与灰色关联度分析三种方法。首先,采用数据包络分析法(DEA)中的 BCC 模型对绿色物流综合效率进行测度,该模型因简洁高效而成为评价物流效率的常用工具^[6]。其次,运用 OLS 回归分析探究绿色物流与区域经济发展的关系,以人均 GDP (pgdp) 为因变量衡量区域经济发展水平^[7],选取绿色物流 (gl)、教育支出 (edu)、政府规模 (gov)、环境规制程度 (rate) 为自变量,各变量预处理后进行回归分析。最后,采用灰色关联度分析法,突破传统统计方法对样本量的局限,分析环渤海区域经济发展受绿色物流各项指标影响的相对强弱,计算步骤参考许捷的做法^[8]。

(二) 研究数据

1. 指标体系构建

在构建绿色物流指标体系时,本文以绿色物流理论为核心,结合现有研究,从投入和产出两个维度进行系统构建。原始数据来源于历年《中国能源统计年鉴》《中国统计年鉴》及环渤海两省两市(山东、河北、北京、天津)省级统计年鉴。如表1所示,选取 CO₂排放量、物流从业人数和等级公路里程作为投入指标,以体现绿色物流驱动经济增长的基础作用;选取物流产业增加值、货运量和货物周转量作为产出指标,以分析绿色物流对经济增长的实际贡献。

表1:绿色物流指标体系

系统层	指标类型	指标内容	单位	变量
绿色物流系统	投入指标	CO ₂ 排放量	万吨	X ₁
		物流从业人数	万人	X ₂
		等级公路里程	公里	X ₃
	产出指标	物流产业增加值	亿元	Y ₁
		货运量	万吨	Y ₂
		货物周转量	亿吨/千米	Y ₃

2. 指标数据处理

(1) 数据不变价处理

本文选取2015年作为基准年,利用人均国民生产总值(GDP)平减指数,对2015-2024年环渤海区域两省两市的数据进行不变价处理,以此来有效地消除因价格波动而引起的统计误差。以人均GDP为例,对数据进行预处理,结果如表2所示。

表2:2015-2024年环渤海各省份人均国内生产总值不变价处理结果

年份	北京	天津	山东	河北
2015	100,569.00	71,345.00	48,673.00	31,844.00
2016	101,605.49	72,080.30	49,174.63	32,172.19
2017	101,601.81	72,077.69	49,172.86	32,171.03
2018	103,033.34	73,093.24	49,865.68	32,624.31
2019	107,390.69	76,184.40	51,974.54	34,004.01
2020	111,150.68	78,851.79	53,794.28	35,194.57
2021	112,582.03	79,867.21	54,487.02	35,647.79
2022	113,134.83	80,259.37	54,754.56	35,822.82
2023	118,285.37	83,913.23	57,247.30	37,453.68
2024	120,946.42	85,801.01	58,535.18	38,296.27

(2) 熵值法

在建立了一个既客观又合理的指标评价体系的框架下,本文运用熵值法来对所收集的原始数据进行标准化处理,以消除不同类型数据的量级和量纲的影响。具体步骤如下:

步骤1:指标标准化。

$$Z_{ajj} = \frac{x_{ajj} - x_{min}}{x_{max} - x_{min}}, \text{ 正项指标}$$

$$Z_{ajj} = \frac{x_{max} - x_{ajj}}{x_{max} - x_{min}}, \text{ 负项指标}$$

步骤2:指标归一化。

$$P_{ajj} = \frac{Z_{ajj}}{\sum_{a=1}^m \sum_{i=1}^k Z_{ajj}}$$

步骤3:求熵值。

$$E = -k_1 \sum_{a=1}^m \sum_{i=1}^k P_{ajj} \ln P_{ajj}$$

其中, $k_1 = \frac{1}{\ln(m \times k)}$ 。

步骤4:求各项指标的差异系数。

$$D_j = 1 - E_j$$

二、实证结果分析

(一) 环渤海经济圈绿色物流效率分析

根据上述研究方法,利用 DEAP 2.1 建立 DEA-BCC 模型,计算2015-2024年环渤海地区绿色物流行业的投入产出指数,得出综合技术效率、纯技术效率和规模效率分别如表3、表4和表5所示,并对其进行分析。

表3:2015-2024年环渤海各省份绿色物流综合技术效率

年份	北京	天津	山东	河北	环渤海
2015	1.000	1.000	0.952	0.997	0.980
2016	1.000	0.937	0.904	0.985	0.923
2017	0.849	0.853	0.855	0.909	0.852
2018	0.898	0.908	0.890	0.944	0.986
2019	0.915	0.919	1.000	1.000	1.000
2020	1.000	0.920	1.000	1.000	1.000
2021	1.000	0.922	0.921	1.000	0.990
2022	0.972	0.958	0.897	0.958	0.931
2023	1.000	1.000	0.994	1.000	1.000
2024	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
平均值	0.963	0.942	0.941	0.979	0.966

表4:2015-2024年环渤海各省份绿色物流纯技术效率

年份	北京	天津	山东	河北	环渤海
2015	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
2016	1.000	0.956	0.973	0.987	0.992
2017	0.991	0.920	0.968	0.964	0.964
2018	1.000	0.951	0.976	0.989	0.975
2019	1.000	0.938	1.000	1.000	1.000
2020	1.000	0.937	1.000	1.000	1.000
2021	1.000	0.944	0.982	1.000	1.000
2022	1.000	0.965	0.963	0.978	0.952

2023	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
2024	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
平均值	0.999	0.961	0.986	0.992	0.988

表5: 2015-2024年环渤海各省份绿色物流规模效率

年份	北京	天津	山东	河北	环渤海
2015	1.000	1.000	0.952	0.997	0.980
2016	1.000	0.981	0.929	0.998	0.930
2017	0.857	0.927	0.883	0.943	0.884
2018	0.898	0.955	0.912	0.954	0.918
2019	0.915	0.979	1.000	1.000	1.000
2020	1.000	0.982	1.000	1.000	1.000
2021	1.000	0.977	0.938	1.000	0.990
2022	0.972	0.993	0.931	0.978	0.978
2023	1.000	1.000	0.994	1.000	1.000
2024	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
平均值	0.964	0.979	0.954	0.987	0.968

根据上述表格, 2015—2024年, 环渤海地区绿色物流综合技术效率在0.849—1.000之间波动, 2019、2020、2023、2024年达DEA有效, 整体呈稳定进步趋势, 省份间差异不显著。河北(0.979)和北京(0.963)表现突出, 河北因技术创新能力强超出区域平均水平; 天津(0.853—1.000)仍有提升空间, 但2017年后呈明显上升趋势, 表明研发投入与绿色科技应用促进了效率提升; 山东仅2019、2020、2024年达效率1, 平均值0.941低于其它地区, 效率有待提高。

北京(0.999)和河北(0.992)纯技术效率表现突出, 能在既定投入下有效提高产出, 实现经济与生态效益双赢; 山东(0.986)位居其后但态势良好; 天津(0.9以上)虽排名最末, 仍具技术运用潜力, 作为北方重要工业城市, 需通过创新和优化产业结构推动可持续发展。

2015—2024年, 环渤海绿色物流规模效率在0.857—1.000间波动, 其中2019、2020、2023、2024年达DEA强有效, 表明产业规模较为适宜。河北表现亮眼, 始终保持在0.9以上; 天津虽略有波动但亦维持在0.9以上, 其技术效率均值小于规模效率均值, 表明物流规模扩张速度快于技术提升速率^[9]; 北京和山东则持续波动, 需通过降本增效提升规模效率。

(二) 绿色物流与区域经济发展的回归分析

1. 描述性统计

本文运用SPSSPro对2015—2024年北京、天津、山东、河北的面板数据进行描述性统计分析, 分别计算人均国内生产总值(pgdp)、绿色物流(gl)、教育支出(edu)、政府规模(gov)以及环境规制程度(rate)的均值、标准差、最小值与最大值, 结果见表6所示。分析显示, 人均GDP均值区域差异显著, 如北京(2015年达100569)远高于河北(31844), 表明环渤海地区经济发展存在较大不均衡性; 绿色物流发展水平在各地亦呈现明显差异。教育支出标准差仅为0.008, 是自变量中波动最小的, 反映区域内教育资源分配合理、利用有效。相比之下, 政府规模与环境规制程度的标准差显著更高, 说明各地区在政府干预力度及环境保护成效上仍存在一定差异。

表6: 变量描述性统计结果

变量	样本数	均值	标准差	最小值	最大值
pgdp	40	86008.1	42428.455	31844	190313
gl	40	0.307	0.163	0.133	0.767
edu	40	0.039	0.008	0.029	0.053
gov	40	0.205	0.049	0.139	0.322
rate	40	0.787	0.173	0.428	0.996

2. OLS 回归结果分析

为减少异方差影响、确保结果准确性, 本文对所有变量进行标准化处理以消除量纲偏差, 进而提升回归模型的可靠性。如表7所示, 以教育支出、政府规模和环境规制程度为自变量进行OLS回归分析。

表7第1列结果表明, 各关键指标均通过1%显著性水平检验, 模型R²值为0.552, 说明这些因素对人均GDP有显著影响且存在复杂相互作用^[10]。进一步F检验显示, F=14.786, p=0.000<0.05, 表明至少有一项自变量能独立解释人均GDP的变化。

具体来看, 绿色物流回归系数为1.711, 在1%水平上显著为正, 表明其提升对环渤海地区经济高质量发展具有明显促进作用。教育支出回归系数达2.141, 呈现显著正相关, 显示教育投入对区域经济增长具有实质性正向效应^[11]。政府规模回归系数为-1.111, 呈显著负向影响, 说明政府可能偏向短期回报产业, 而对基础设施、教育等长期领域投入不足, 导致财政配置效率低下, 阻碍经济稳定发展。环境规制程度回归系数为1.413, 在1%水平上显著为正, 表明环境规制既是维护生态平衡的重要手段, 也是促进经济可持续发展和提高社会福祉的关键措施。

表7: OLS 回归分析结果 (n=40)

	回归系数 Coef	标准误 Std.Err	t 值
Lngdp	16.827**	1.035	16.254
Lngl	1.711**	0.217	16.254
Lnedu	2.141**	0.403	5.319
Lngov	-1.111**	0.338	-3.286
Lnrate	1.413**	0.248	5.699
R ²		0.552	
调整 R ²		0.515	
F		F(3, 36) = 14.786, p = 0.000	

注: *p<0.05; **p<0.01

(三) 绿色物流与区域经济的灰色关联度分析

为探究绿色物流各指标对区域经济的影响强弱, 本文运用SPSSPRO对碳排放量、物流从业人数、等级公路里程、物流产业增加值、货运量及货物周转量六个关键指标进行灰色关联度分析, 结果见表8。

表8: 环渤海绿色物流各指标对经济发展的灰色关联度

指标名称	灰色关联度	排名
物流产业增加值	0.829	1
等级公路里程	0.655	2
物流从业人数	0.642	3
货物周转量	0.606	4
碳排放量	0.587	5
货运量	0.575	6

按关联度从高到低排序为：物流产业增加值（0.829）> 等级公路里程 > 物流从业人数 > 货物周转量 > 碳排放量 > 货运量（均超过 0.5），表明绿色物流各指标与区域经济发展关系紧密。

物流产业增加值关联度排名第一，2024 年环渤海区域该值达 9864.68 亿元，占经济总量 5.25% 以上，体现出物流产业对区域经济的强大推动作用及在国民经济体系中的重要地位。等级公路里程位列第二，作为物流网络的基石，其不断增长能够优化交通结构、加速货物流转、提升资源配置效率，为沿线产业集群提供便捷外部条件，进而推动经济持续繁荣^[12]。物流从业人数关联度达 0.642，既反映了专业人才对区域经济的贡献，也表明行业对技术与管理人才的旺盛需求。货物周转量与货运量从侧面反映物流系统运作效率和服务能力。碳排放量不仅是环境问题，更是推动区域经济结构调整、提升绿色发展水平的核心动力，通过采取减排措施，绿色物流能够提供低碳供应链解决方案，吸引投资、增加就业、提升生活质量，形成良性经济循环。

三、建议

基于研究结果，为强化环渤海区域绿色物流发展、提升经济质量，提出以下建议：

第一，提升绿色物流综合效率。天津主要受纯技术效率驱动，其他三省受规模效率影响较大，需双轮驱动：一方面依靠科技进步，另一方面注重规模化发展。应构建高效现代化物流服务体系，加强资源配置能力，推动整体效率提升。

第二，优化政府财政支出与监管。建议政府调整支出结构，兼顾长远利益，重点支持节能减排技术研发与应用，提高产业引进环境门槛，定期监测空气质量。同时加强公众环保意识，通过宣传教育提高绿色物流认知，鼓励公众参与环保实践。

第三，推动技术创新与人才培养。充分利用智能算法、大数据等技术对物流运输实施智能化管理，降低能耗与成本，提升货运量与周转速度。政府应引导低碳燃料替代，推广新能源汽车应用，降低物流业碳排放。同时推进绿色物流人才培养，加强高校与科研院所合作，实现产学研深度融合，为绿色物流发展提供理论支撑。

参考文献

- [1] 曹泽民. 我国绿色物流发展存在问题及优化建议 [J]. 物流科技, 2023, 46(06): 41-43+55.
- [2] 李喻. 湖北省绿色物流绩效指标体系构建与评价研究 [J]. 中国储运, 2024, (03): 115-116.
- [3] 游彩虹, 杨出秀. 基于空间分布视角的区域物流与区域经济协同发展研究——以福建省南平地区为例 [J]. 物流研究, 2024, (01): 23-28.
- [4] 李鑫. 陕西省物流产业与区域经济耦合协调度研究 [J]. 北方经贸, 2023, (04): 101-106.
- [5] 刘嗣园, 李梅, 陈嘉鑫. 基于三阶段 DEA-Malmquist 模型的我国西部地区低碳物流效率研究 [J]. 边疆经济与文化, 2024, (02): 40-47.
- [6] Zhen X, Ping L. Research on Input-Output Efficiency of Listed Companies of Solar-Thermal Power Concept Based on DEA-BCC Model[C]. Proceedings of the 2nd International Academic Conference on Blockchain, Information Technology and Smart Finance (ICBIS 2023). Atlantis Press, 2023, 660-668.
- [7] Young A. Asymptotically robust permutation-based randomization confidence intervals for parametric OLS regression[J]. European Economic Review, 2024, 163: 104644.
- [8] 许婕. 基于灰色关联度的电商平台需求信息共享与物流选择研究 [D]. 安徽建筑大学, 2024.
- [9] 龙婷, 贺正楚. 基于 DEA 的绿色物流产业效能的评价 [J]. 湖南师范大学自然科学学报, 2024, 47(01): 134-142.
- [10] 刘聪, 宋文豪. 数字经济与绿色物流的协同发展研究——以智慧城市试点城市为例 [J]. 供应链管理, 2024, 5(01): 84-94.
- [11] 刘鑫, 雷良海. 地方教育支出对经济增长的影响研究 [J]. 经济研究导刊, 2024(02): 9-12.
- [12] 廖书环. 交通基础设施因素影响下物流业对区域经济协调发展的影响 [J]. 中国储运, 2024(03): 114-115.