

DOI: 10.14092/j.cnki.cn11-3956/c.2021.04.005

# 考虑能源效率的物流业绿色转型研究

杨淑霞, 张 阳

(华北电力大学 经济与管理学院, 北京 102206)

**摘要:**“双碳”战略目标对物流业的绿色发展提出了更高的要求。物流业作为高耗能产业之一,不仅是支撑国民经济发展的重要动力,同时也是节能降耗的主力军。客观全面地评价物流业的绿色转型效果,有利于发现和解决转型过程中存在的问题,从而实现物流业的高质量发展。本文在评价物流业发展水平的经济性指标基础上,创新性地引入了能源效率指标,构建了物流业绿色转型效果评价指标体系;然后采用因子分析法评价了我国30个省(市、自治区)的物流业绿色转型效果,同时利用聚类分析法探讨了各类省域物流业发展的共性特征;最后为说明能源利用对于整体物流发展的影响,对考虑能源效率前后的物流发展水平评价结果进行对比。结果表明我国省域物流业绿色转型程度差异较大,各省份对于自身物流业的能源效率也有着不同程度的把控。因此应从加快物流基础设施建设、推进物流生产技术革新、注重物流系统规划设计以及建立健全相关法律法规等方面采取政策措施,以提升物流业的能源利用效率,进而促进物流业的绿色转型,实现高质量发展。

**关键词:**绿色转型; 能源效率; DEA; 因子分析; 聚类分析

**中图分类号:**F259.22

**文献标识码:**A

**文章编号:**1008-2603(2021)04-0040-13

十九大报告强调了国民经济低碳绿色的发展理念,并且向全世界表明了中国积极参与全球环境治理的决心。为了持续应对全球气候变化,中国更是做出了“2030年碳达峰,2060年碳中和”的庄严承诺。现如今,一味以牺牲环境效益换取经济增长的产业发展模式已不复存在,电力、交通以及工业等众多国民经济部门均需结合自身发展情况,加快产业绿色升级,助力双碳战略目标的实现。

物流业作为一个近年来快速发展的服务型产业,整合了仓储、包装、运输、信息等多个业务领域,无论是在实体经济企业的上下游供应链运作中,还是在进出口贸易中,物流都起到了重要的支撑作用。2020年全国社会物流总额300.1万亿元,按可比价格计算,同比增长3.5%<sup>[1]</sup>。说明我国物流业的发展稳中向好,物流规模也在不断地扩张。但与此同时,物流业的运输服务作为连接供应链上下游各节点的纽带,高频次的货物运输决定了物流亦是一个能源密集型行业,因而对成品油等化石燃料的需求比其他行业要高得多。根据国家统计局数据,2017年我国物流业能源消费总量高达42191万吨标准煤,仅次于制造业,占到当年全国能源总消费量的9.4%<sup>[2]</sup>。并且自2010年以来,我国物流业

收稿日期:2021-03-10

作者简介:杨淑霞,女,华北电力大学经济与管理学院教授,博士生导师;张阳,男,华北电力大学经济与管理学院硕士研究生。

每年的能源消费总量一直保持着较高的水平且连年增长,并有着以较大增幅持续增长的趋势。如果物流业持续以高能耗、高排放的模式发展下去,对双碳目标的整体实现会是一个巨大的挑战。

因此,物流业的绿色发展也已是必然趋势。兼顾产业发展与能源利用,客观、全面地评价物流业的绿色转型现状,有利于及时发现和解决物流产业绿色升级过程中存在的问题,从而加快和促进物流业的转型升级,为国民经济的可持续性发展贡献力量。

## 一、文献综述

大多数学者均是从经济视角对物流业的发展水平进行综合评价,其基本思路是从定性分析入手,构建合理的评价指标体系,随后利用各种不同的方法对数据指标进行分析处理并做出综合评判,以得到评价结果与政策启示。这些学者按照数据可得性的原则选取的指标大同小异,通常会选择货运周转量、物流业从业人数以及物流业产值等一系列经济性指标来构建评价体系<sup>[3][4]</sup>。所采用的评价方法各有特色,其中主成分分析法和熵权法应用的较多,其次还有部分学者从效率的角度对物流业的发展情况进行了考察。甘卫华(2020)等利用熵权-TOPSIS方法对我国中部六省物流业的高质量发展水平展开实证分析<sup>[5]</sup>。戴德宝(2018)等分别使用了主成分分析法、熵权法和灰色关联分析法对西部地区省份的物流发展水平进行了评价,并采用 Kendall 协同系数检验法对各评价结果的一致性进行了检验<sup>[6]</sup>;李国俊(2016)等运用 R 型因子分析和灰色聚类分析针对西部地区的物流发展水平进行评价,并提出西部省份的物流发展规划<sup>[7]</sup>;宋二行(2020)等则采用熵值法与耦合协调度模型对省域物流业竞争力与耦合协调发展程度进行了评价<sup>[8]</sup>。而 Deng et al.(2020)首先利用主成分分析法降低物流绩效评价指标的维度,然后应用了基于松弛的数据包络分析模型测算了物流业效率,并进一步利用 Tobit 回归模型探讨了影响物流业效率的因素<sup>[9]</sup>。蔡林美(2020)等则利用数据包络分析方法针对我国西部 12 省的物流业投入产出效率展开测度与分析<sup>[10]</sup>。物流业近年来的持续高能耗现状值得关注,一味地以牺牲环境效益而换取经济发展的模式已不适合现代产业的高质量发展。有部分学者已从环境角度对物流业的能源利用情况进行了考察,姚山季(2020)等将二氧化碳排放量考虑进三阶段 DEA 和 Malmquist 模型,同时从静态和动态两个角度测度了“一带一路”沿线省份的低碳物流效率<sup>[11]</sup>;商传磊(2019)等利用我国 30 个省份的物流业面板数据,分别从静态角度应用 DEA 模型以及从动态角度应用 Malmquist 指数模型,分析探讨了我国物流业的全要素能源效率问题<sup>[12]</sup>。

综上所述,目前针对物流业发展水平展开的综合评价研究在指标选取上基本以经济性指标为主,未能兼顾产业发展与能源利用。同时考虑多种经济指标和绿色发展指标,会更有利于全面地评价产业的发展绩效。而能源效率作为衡量产业能源利用状况的指标,可以反应出产业对绿色可持续发展理念的实践成果,因此将能源效率加入到评价物流业发展水平的指标体系中。当前学者在评价方法的选择上,多以主成分分析法、熵值法、数据包络分析方法为主,数据包络分析方法是一种非参数的生产前沿分析方法,由于不需要设定具体的生产函数,从而避免了估计参数存在重大偏差导致结果出现较大偏误的可能性,可以较好地用于全要素能源效率的求解。本文将在此前学者的研究基础之上,创新性地将能源效率考虑进物流业绿色转型效果综合评价指标体系中,随后利用因子分析法实现物流业绿色转型效果的综合评价。同时进一步利用聚类分析法,探究各类省域物流业发展的共性特征。最后将对考虑能源效率前后的物流发展水平评价结果进行对比,以探究我国省域物流业绿色转型程度,并根据研究结果提出推动物流业绿色转型的政策建议。

## 二、理论分析及模型

### (一) 评价指标选取

从兼顾产业发展与能源利用的视角出发,并考虑各指标数据的可得性,本文构建了如下物流业绿色转型效果综合评价指标体系(如表1所示),主要包括物流经济指标、物流营运指标和绿色物流指标等三个大类指标,每个大类指标又有多个进一步细分的指标。

表1 物流业绿色转型效果综合评价指标体系

目标	大类指标	细分指标
物流业绿色转型效果的综合评价	物流经济指标	物流业增加值 $X_1$
		物流业固定资产投资 $X_2$
		物流业就业人数 $X_3$
		批发零售业增加值 $X_4$
		进出口总额 $X_5$
	物流营运指标	铁路营运里程 $X_6$
		公路里程 $X_7$
		货运量 $X_8$
		货运周转量 $X_9$
		快递量 $X_{10}$
	绿色物流指标	快递业务收入 $X_{11}$
		公路营运载货汽车拥有量 $X_{12}$
		全要素能源效率 $X_{13}$
		能源强度 $X_{14}$

#### 1. 物流经济指标

各省份的物流业投入产出指标及关联性物流需求指标在一定程度上可以反应省域物流业的发展状况和景气程度。因此本文采取物流业增加值( $X_1$ )、物流业固定资产投资( $X_2$ )以及物流业就业人数( $X_3$ )作为投入产出指标,批发零售业增加值( $X_4$ )和进出口总额( $X_5$ )作为关联性物流需求指标。

#### 2. 物流营运指标

物流基础设施及设备现状可以表现出各省份物流业的发展规模与业务能力,促进或制约一个省份物流业的发展,包括铁路营运里程( $X_6$ )、公路里程( $X_7$ )和公路营运载货汽车拥有量( $X_{12}$ )。物流营运过程中的一些经营数据也可以用来衡量物流的发展,具体包括货运量( $X_8$ )、货运周转量( $X_9$ )、快递量( $X_{10}$ )和快递业务收入( $X_{11}$ )。

#### 3. 绿色物流指标

随着经济社会整体节能降耗目标的推进,物流业的绿色发展程度受到越来越多的关注。不顾环境影响而一味追求经济效益的粗放式产业发展模式已不复存在,因此绿色物流的发展也会影响各省份物流业的总体发展水平。本文将同时考虑多因素和单因素能源效率,即全要素能源效率( $X_{13}$ )和能源强度( $X_{14}$ ),将二者纳入评价指标体系。

在实际的生产运作过程中,不仅需要投入能源要素,还需要资本、人力等多种投入要素共同发挥作用、相互影响,从而创造经济价值。全要素能源效率就是在生产过程中以资本、人力和能源为

投入要素, 将经济产出作为产出要素, 通常通过 DEA 方法测算所得到的一种衡量能源利用状况的指标。因此采用该指标一方面可以更好地反应要素间的替代效应, 另一方面可以更加科学、准确地进行能源效率的测度与评价。本文将通过如下基于投入导向的 BCC-DEA 模型求解得到物流业的全要素能源效率( $X_{I3}$ ):

$$\varphi^* = \min \varphi$$

$$s.t. \left\{ \begin{array}{l} \sum_{j=1}^n \lambda_j K_j \leq \varphi K_0 \\ \sum_{j=1}^n \lambda_j L_j \leq \varphi L_0 \\ \sum_{j=1}^n \lambda_j E_j \leq \varphi E_0 \\ \sum_{j=1}^n \lambda_j Y_j \geq Y_0 \\ \sum_{j=1}^n \lambda_j = 1 \\ \lambda_j \geq 0, j = 1, 2, \dots, n \end{array} \right. \quad (1)$$

假设有  $n$  个决策单元  $DMU_j(j=1, 2, \dots, n)$ , 每个决策单元利用物流业固定资产投资额( $K$ ), 物流业从业人员数量( $L$ )以及物流业能源消费总量( $E$ )等三种投入要素来产出物流业增加值( $Y$ ), 即存在投入产出组合( $K_j, L_j, E_j, Y_j$ )。此处的  $\lambda_j(j=1, 2, \dots, n)$  为决策变量, 带下标“0”的变量( $K_0, L_0, E_0$  及  $Y_0$ )代表被评价的  $DMU$  的投入产出要素。求解后可得到模型的最优解  $\varphi^*$ , 即全要素能源效率( $X_{I3}$ ), 代表被评价决策单元的能源效率值。

$$Logistics EI = \frac{\sum_{i=1}^m E_i \delta_i}{Y} \quad (2)$$

物流业的能源强度( $X_{I4}$ )指的是单位物流业增加值所消耗的能源量, 即物流业当年能源消耗总量与当年产业增加值的比值, 以体现物流业的能源利用效率。通过上述公式(2)可以计算得到  $EI$ , 即物流业能源强度( $X_{I4}$ ), 其中  $E_i(i=1, 2, \dots, m)$  表示第  $m$  种能源的消耗量,  $\delta_i(i=1, 2, \dots, m)$  表示第  $m$  种能源折算万吨标准煤的系数,  $Y$  表示当年物流业的增加值。

#### 4、数据来源及处理

本文评价指标体系中的  $X_1 \sim X_{I2}$  指标数据均可从《中国统计年鉴》、《中国固定资产投资统计年鉴》以及《中国物流年鉴》中获取, 由于各年鉴出版时间不同, 部分指标的最新数据无法得到, 因此为了确保统一性, 采用了相对较新的 2018 年年鉴数据展开实证分析。全要素能源效率( $X_{I3}$ )和能源强度( $X_{I4}$ )两个指标的计算均需用到各省份物流业的能源消耗总量, 该数据可从《中国能源统计年鉴》中的地区平衡表中获取。按各能源折算标准煤系数, 将交通运输、仓储和邮政业消耗的原煤、汽油、煤油、柴油和电力等多种能源转化为万吨标准煤并进行加总, 将得到的能源消费总量近似代替物流业的能源消耗总量。同时, 由于西藏自治区数据缺失较多, 因此本文将只考察中国 30 个省市自治区物流业的转型效果。

$$X_{kj}^* = \frac{X_{kj} - \bar{X}_k}{s_k} \quad (3)$$

收集、计算得到全部指标数据后,采用上述公式(3)所示的 *z-score* 方法对数据做标准化处理。其中  $X_{kj}$  ( $k=1,2,\dots,14; j=1,2,\dots,30$ ) 表示第  $k$  个评价指标第  $j$  个省份的数据,  $\bar{X}_k$  ( $k=1,2,\dots,14$ ) 表示第  $k$  个评价指标数据的平均值,  $s_k$  ( $k=1,2,\dots,14$ ) 表示第  $k$  个评价指标的标准差,因此  $X_{kj}^*$  ( $k=1,2,\dots,14; j=1,2,\dots,30$ ) 即表示每列评价指标标准化后的值。

(二) 因子分析评价模型

因子分析能够较好地解决众多指标且指标无量纲化问题,并通过相关分析探求变量间内在关系与基本结构。该方法通过载荷和因子旋转实现降维,可将较多指标归纳为少数的潜在变量即公因子,每一个变量均可表示为公因子的线性函数与特殊因子之和,其矩阵形式可表示为:

$$\begin{bmatrix} X_1 \\ X_2 \\ \vdots \\ X_p \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdots & a_{1m} \\ a_{21} & a_{22} & \cdots & a_{2m} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ a_{p1} & a_{p2} & \cdots & a_{pm} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} F_1 \\ F_2 \\ \vdots \\ F_m \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \varepsilon_1 \\ \varepsilon_2 \\ \vdots \\ \varepsilon_p \end{bmatrix}$$

其中,  $F_1, F_2, \dots, F_m$  称为公因子,  $\varepsilon_i$  称为  $X_i$  的特殊因子 ( $i=1,2,\dots,p$ ),  $a_{ij}$  称为第  $i$  个变量在第  $j$  个因子上的载荷,  $a_{ij}$  组成的矩阵  $A$  称为因子载荷阵。该模型需满足以下条件: ①提取公因子的个数应小于等于变量个数, 即  $m \leq p$ ; ②公因子与特殊因子应不相关, 即  $cov(F, \varepsilon) = 0$ ; ③公因子间不相关且方差为 1, 即  $D(F) = I_m$ ; ④特殊因子间不相关, 方差可不同。

因此本问题的关键就转化为求解因子载荷阵  $A$ 。对标准化后的数据样本求相关矩阵,并进一步求解相关矩阵的特征值及特征向量,随后根据提取规则确定公因子的个数,进而可以计算因子载荷阵  $A$  以及因子得分系数,最终可以得到因子得分表达式。当难以从因子载荷阵  $A$  中看出公因子的含义时,还可以对因子载荷阵做旋转变换,使得同一列上的载荷尽可能地向靠近 1 和 0 两极分化,以凸显公因子的主要含义。当通过计算得到各个因子的得分后,可以用因子各自方差贡献率占累计贡献率的比重作为权重来加权计算综合得分,从而可以进一步得到排序结果,并进行聚类分析。

### 三、实证分析

(一) 因子分析综合评价

对所收集的数据按照 *z-score* 方法进行标准化后,运用 SPSS 26.0 进行因子分析。首先应进行因子分析的适用性检验,主要通过 KMO 检验值和 Bartlett 检验的  $p$  值来确认。根据 KMO 检验的常用度量标准,当  $0.7 < KMO < 1$  时,表示适合做因子分析。通过计算得到如下结果。如表 2 所示, KMO 值为 0.706,说明比较适合做因子分析。此外 Bartlett 球度检验的统计量较大,且  $p$  值远小于 0.05,也表明各变量间相关性显著,适合进行因子分析。

表 2 KMO 和 Bartlett 检验

KMO 取样适切性量数。		0.706
Bartlett 球形度检验	近似卡方	446.334
	自由度	91
	显著性	0.000

表3列出了提取公因子之前和之后的各指标的共同度,表中可以看出提取公因子之后的共同度都在70%以上,这说明提取的公共因子已经基本包含了原始指标的70%以上的信息。另外,相当一部分的共同度在80%以上,这表明这些指标与其他指标的相关性很高,因子分析有较强的解释力度。

表3 变量共同度表

指标	初始	提取
物流业增加值( $X_1$ )	1.000	0.938
物流业固定资产投资( $X_2$ )	1.000	0.737
物流业就业人数( $X_3$ )	1.000	0.780
批发零售业增加值( $X_4$ )	1.000	0.868
进出口总额( $X_5$ )	1.000	0.931
铁路营运里程( $X_6$ )	1.000	0.607
公路里程( $X_7$ )	1.000	0.898
货运量( $X_8$ )	1.000	0.758
货物周转量( $X_9$ )	1.000	0.725
快递量( $X_{10}$ )	1.000	0.859
快递业务收入( $X_{11}$ )	1.000	0.949
公路营运载货汽车拥有量( $X_{12}$ )	1.000	0.700
全要素能源效率( $X_{13}$ )	1.000	0.818
能源强度( $X_{14}$ )	1.000	0.647

如表4所示,按照特征根大于1的原则,提取出3个公因子,且前三个因子的累计贡献率达到了80.103%,说明这3个公共因子可以解释原来14个指标80.103%的信息量。因包含了绝大部分的信息,这3个公共因子对所有指标具有较好的解释力度。为了明确这3个公共因子的指标构成,还需要用方差最大正交旋转法对因子进行旋转,得到旋转后的因子载荷矩阵。

表4 特征值及方差贡献率

成分	总方差解释								
	初始特征值			提取载荷平方和			旋转载荷平方和		
	总计	方差%	累积%	总计	方差%	累积%	总计	方差%	累积%
1	6.916	49.399	49.399	6.916	49.399	49.399	5.982	42.732	42.732
2	2.669	19.061	68.461	2.669	19.061	68.461	3.351	23.933	66.665
3	1.630	11.642	80.103	1.630	11.642	80.103	1.881	13.438	80.103
4	0.844	6.029	86.132						
5	0.575	4.109	90.241						
6	0.357	2.553	92.794						
7	0.343	2.452	95.245						
8	0.218	1.554	96.799						
9	0.180	1.286	98.085						
10	0.123	0.880	98.965						
11	0.062	0.440	99.405						
12	0.052	0.372	99.778						
13	0.022	0.156	99.933						
14	0.009	0.067	100.000						

碎石图越陡峭说明方差变化越大,包含的信息越多。从图1所示的碎石图中可以看出,转折点出现在第3个特征根,因此保留前三个因子是合适的。

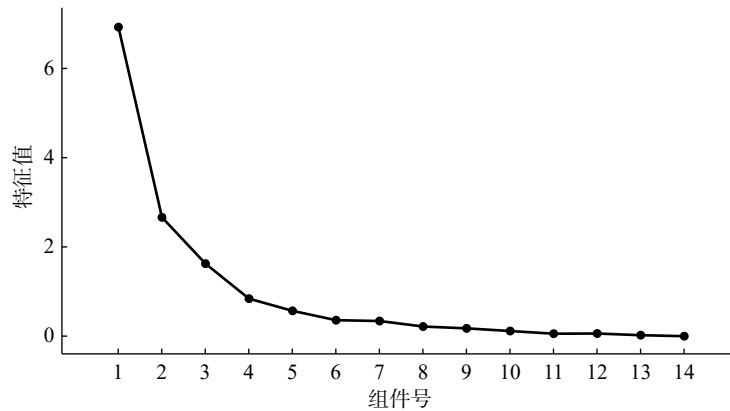


图1 碎石图

从旋转后的载荷矩阵(表5)可以看出,  $F_1$  在快递业务收入( $X_{11}$ )、进出口总额( $X_5$ )、批发零售业增加值( $X_4$ )、物流业增加值( $X_1$ )等指标上的载荷都比较高,均在0.7以上,基本表明了物流业的发展状况,因此将  $F_1$  命名为物流营运状况。而  $F_2$  在公路里程( $X_7$ )、铁路营运里程( $X_6$ )、物流业固定资产投资( $X_2$ )等指标上的载荷较高,故将  $F_2$  命名为物流营运规模。 $F_3$  侧重于物流业的能源效率,体现绿色物流的发展情况,故将  $F_3$  命名为物流用能状况。

表5 旋转后的成分矩阵

	成分		
	$F_1$	$F_2$	$F_3$
快递业务收入	0.966	-0.128	-0.003
进出口总额	0.953	0.019	0.148
快递量	0.926	0.003	0.044
物流业就业人数	0.844	0.256	0.048
批发零售业增加值	0.843	0.324	0.230
货物周转量	0.826	0.133	0.155
物流业增加值	0.728	0.506	0.390
公路里程	0.040	0.920	-0.223
公路营运载货汽车拥有量	0.233	0.742	0.308
铁路营运里程	-0.273	0.715	0.145
货运量	0.496	0.693	0.176
物流业固定资产投资	0.469	0.657	-0.292
全要素能源效率	0.218	-0.157	0.864
能源强度	-0.073	-0.210	-0.773

进一步可以依据成分得分系数矩阵(表6)得出三个因子的计算公式,其中 $X^*$ 表示各变量标准化后的值:

$$F_1 = 0.070X_1^* + 0.071X_2^* + 0.147X_3^* - 0.128X_4^* - 0.045X_5^* + 0.028X_6^* + 0.143X_7^* + 0.185X_8^* + 0.208X_9^* - 0.042X_{10}^* + 0.124X_{11}^* + 0.179X_{12}^* - 0.026X_{13}^* + 0.077X_{14}^*$$

$$F_2 = 0.102X_1^* + 0.192X_2^* + 0.017X_3^* + 0.260X_4^* + 0.313X_5^* + 0.190X_6^* - 0.026X_7^* - 0.075X_8^* - 0.121X_9^* + 0.224X_{10}^* + 0.035X_{11}^* - 0.075X_{12}^* - 0.093X_{13}^* - 0.045X_{14}^*$$

$$F_3 = 0.147X_1^* - 0.235X_2^* - 0.060X_3^* + 0.094X_4^* - 0.159X_5^* + 0.038X_6^* + 0.009X_7^* - 0.063X_8^* - 0.092X_9^* + 0.141X_{10}^* + 0.046X_{11}^* - 0.005X_{12}^* + 0.493X_{13}^* - 0.444X_{14}^*$$

表6 成分得分系数矩阵

	成分		
	1	2	3
物流业增加值	.070	.102	.147
物流业固定资产投资	.071	.192	-.235
物流业就业人数	.147	.017	-.060
铁路营运里程	-.128	.260	.094
公路里程	-.045	.313	-.159
货运量	.028	.190	.038
货物周转量	.143	-.026	.009
快递量	.185	-.075	-.063
快递业务收入	.208	-.121	-.092
公路营运载货汽车拥有量	-.042	.224	.141
批发零售业增加值	.124	.035	.046
进出口总额	.179	-.075	-.005
全要素能源效率	-.026	-.093	.493
能源强度	.077	-.045	-.444

由于3个公因子均从不同的角度反应了各省市自治区物流业的发展状况,因此为了实现综合评价的目的,需以表4中各公因子的贡献率与累计贡献率的比值作为三个因子的权重,并对三个因子进行加权求和,从而得到公因子总得分模型:

$$F = \frac{42.732\%}{80.103\%}F_1 + \frac{23.933\%}{80.103\%}F_2 + \frac{13.438\%}{80.103\%}F_3$$

$$= 0.5335F_1 + 0.2988F_2 + 0.1678F_3$$

将已经标准化的各变量数据代入因子得分计算公式中可以得到各公因子的得分情况,加权求和后可以综合评价分数,进而可以得到排序结果(如表7)。

表7 物流业绿色转型效果排名

地区	F1	F2	F3	得分	排名
广东	3.760	0.329	0.207	2.139	1
山东	0.751	1.901	1.143	1.161	2
江苏	1.430	0.264	1.090	1.025	3
浙江	1.655	-0.395	-0.389	0.700	4
河北	-0.277	1.447	1.975	0.616	5
河南	-0.015	1.398	0.434	0.482	6
上海	1.993	-1.969	-0.783	0.344	7
四川	-0.044	1.504	-1.162	0.231	8



续表 7

地区	F1	F2	F3	得分	排名
辽宁	-0.098	0.098	0.945	0.136	9
安徽	-0.110	0.845	-0.530	0.105	10
福建	0.121	-0.285	0.471	0.058	11
湖北	0.029	0.778	-1.222	0.043	12
湖南	-0.326	0.600	-0.123	-0.015	13
内蒙古	-0.994	1.131	0.668	-0.080	14
山西	-0.672	-0.048	1.181	-0.174	15
陕西	-0.433	0.257	-0.157	-0.181	16
北京	0.481	-1.448	-0.126	-0.197	17
广西	-0.473	0.198	-0.178	-0.223	18
江西	-0.558	-0.211	0.529	-0.272	19
贵州	-0.669	-0.156	0.606	-0.302	20
重庆	-0.240	-0.260	-0.711	-0.325	21
黑龙江	-0.618	0.138	-0.447	-0.363	22
云南	-0.202	0.668	-3.112	-0.430	23
天津	-0.358	-1.559	1.344	-0.431	24
新疆	-0.644	0.190	-1.061	-0.465	25
吉林	-0.693	-0.395	-0.123	-0.508	26
甘肃	-0.662	-0.369	-1.204	-0.665	27
宁夏	-0.799	-1.640	0.965	-0.754	28
海南	-0.630	-1.617	0.044	-0.812	29
青海	-0.705	-1.395	-0.276	-0.839	30

根据表 7 可以看出,广东省物流业的综合得分结果为 2.139,位居第一,这说明广东省物流业的绿色转型效果处于全国领先的位置。前四名广东、山东、江苏和浙江均位于东部沿海地区,经济发达,物流基础设施相对较为完善,为物流业的蓬勃发展提供了先天条件,并且在绿色物流技术创新上有着较好的实践。有 60% 的省市自治区综合评价分数小于零,说明这些省份的物流业绿色转型程度低于全国平均水平,同时也表明了我国省域物流业的转型效果存在较为明显的差异。此外还发现,虽然部分省份的综合评价分数大于 0,但是仍存在得分小于 0 的因子,说明这些省份物流业的发展存在短板,应进一步针对自身短板加以改善。注意到,湖北省前两个公因子为正值,但物流用能状况因子为负值,说明该省份忽视了用能效率的提升,应在产业发展的同时重视物流产业的绿色转型。还有些省份在三个公因子上的得分均为负值,说明各项能力均低于平均水平,这些省份的物流业发展应得到重点关注。

为了将因子 1(物流营运状况)和因子 2(物流营运规模)作对比,生成分组散点图如图 2 所示。从中可以看出,广东省的物流营运状况非常突出,表明广东省物流业经济效益好,其经济指标相当优越。而物流营运规模相对最好的是山东省,说明山东省的物流基础设施建设相较于其他省份而言非常完备,物流业务的运行有着非常好的物质条件。大部分省份位于第二象限,其物流业具有较好的营运规模,但是营运状况不佳,表明管理水平有待提升。小部分省份位于第四象限,其物流业营运状况较好,但是营运规模不足,应进一步加大物流基础设施设备的投入。还有相当一部分省份位于第三象限,说明其物流业的营运状况和营运规模都处于平均水平之下,迫切需要得到改善。只

有非常少的几个省份在第一象限,其物流业发展水平相对较好。对于因子3(物流用能状况)而言,从表7中可以看到,有近半数的省份该因子得分为正,表明其物流业的节能降耗实践有一定的成果。其余省份的因子3得分均为负值,其中应重点关注云南省,其因子3得分为-3.112,远低于平均水平,说明其物流业的能源浪费现象非常严重。

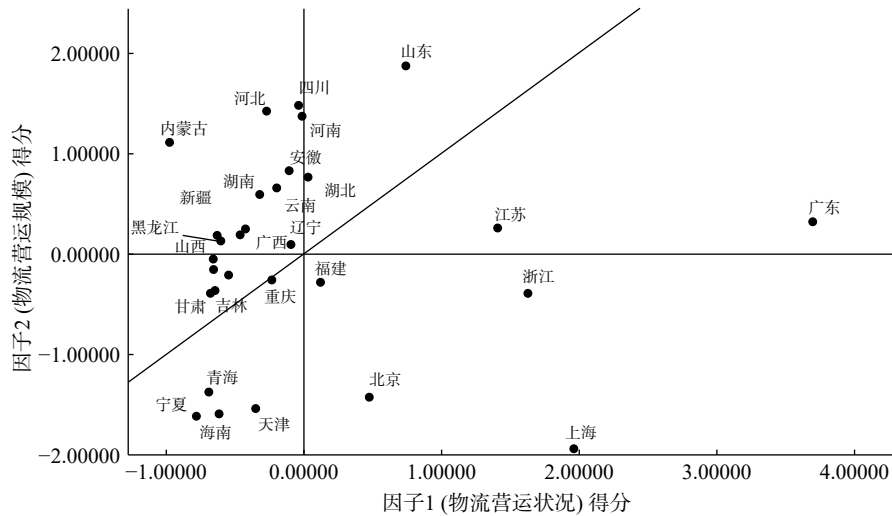


图2 分组散点图

### (二) 聚类结果分析

从上述因子分析综合评价的结果发现,各省市自治区物流业的综合发展水平存在差异性。为了更好地探究省域物流业之间的共性特征,利用SPSS 26.0进行系统聚类,将综合评价得分结果作为唯一变量,聚类方法采用组间链接,距离的度量采用平方欧式距离。根据计算后的聚类结果得知,将30个省份划分为3大类较为合适:(1)广东省单独为一类;(2)江苏、山东、河北、浙江和河南归为第二类;(3)其余省份归为第三类。位列第一梯度的广东省,其物流业综合发展水平之所以如此突出,很大程度与其得天独厚的区位优势有关。珠三角地区集中了五大港口和五大机场,并且有京广、京九、京珠三条国道主干线经过珠三角,为物流运输服务提供了非常优越的条件,各种货运方式也均能获得较好的经济效益。并且广东省发达的制造业也是推动其物流业繁荣发展的内在力量。位列第二梯度的这五个省份,多位于东部地区,经济发展状况较好,物流需求较为旺盛,物流基础设施也相对完备,与其他省份的货物往来较为密切,发挥了较好的物流枢纽作用。位列第三梯度的各省份的物流业发展水平一般,每个省份或多或少存在发展短板,应因地制宜,有针对性地对欠缺的条件加以改善,逐步提升各自的物流业发展水平。

### (三) 绿色转型对比

为了考察绿色物流发展情况对整体物流业发展的影响,探究各省份物流业绿色转型的程度,因此选定了本文评价指标体系中前12个经济性指标再次进行因子分析得到如下综合评价结果(见表8第2-5列),该结果不考虑绿色物流发展情况,仅在经济性指标上评价物流业的发展水平。随后将该结果与上述考虑了绿色物流发展的因子分析评价结果(见表8第6列)作比较,得到考虑绿色物流发展情况前后两次评价排名的变化。其中,“-”代表持平,“↑”代表上升位次,“↓”代表下降位次,“( )”中的数字代表上升或下降的具体位次。

表8 评价结果对比

地区	F1	F2	综合得分	考虑前的排名	考虑后的排名	排名变化
广东	3.725	0.421	2.535	1	1	-
山东	0.823	2.039	1.261	2	2	-
江苏	1.544	0.370	1.121	3	3	-
浙江	1.635	-0.504	0.865	4	4	-
河北	-0.044	1.594	0.546	5	5	-
上海	1.927	-1.939	0.534	6	7	↓(1)
河南	0.027	1.390	0.518	7	6	↑(1)
四川	-0.234	1.352	0.337	8	8	-
安徽	-0.160	0.788	0.182	9	10	↓(1)
湖北	-0.137	0.656	0.148	10	12	↓(2)
辽宁	-0.007	0.304	0.105	11	9	↑(2)
福建	0.190	-0.318	0.007	12	11	↑(1)
湖南	-0.353	0.561	-0.024	13	13	-
内蒙古	-0.905	1.147	-0.166	14	14	-
云南	-0.667	0.631	-0.199	15	23	↓(8)
北京	0.518	-1.512	-0.213	16	17	↓(1)
陕西	-0.432	0.173	-0.214	17	16	↑(1)
广西	-0.466	0.138	-0.249	18	18	-
山西	-0.540	0.096	-0.311	19	15	↑(4)
重庆	-0.290	-0.394	-0.327	20	21	↓(1)
江西	-0.478	-0.201	-0.378	21	19	↑(2)
黑龙江	-0.642	0.074	-0.385	22	22	-
贵州	-0.634	-0.125	-0.451	23	20	↑(3)
新疆	-0.777	0.126	-0.452	24	25	↓(1)
吉林	-0.658	-0.477	-0.593	25	26	↓(1)
天津	-0.156	-1.498	-0.639	26	24	↑(2)
甘肃	-0.785	-0.435	-0.659	27	27	-
青海	-0.777	-1.263	-0.952	28	30	↓(2)
海南	-0.579	-1.636	-0.960	29	29	-
宁夏	-0.666	-1.558	-0.987	30	28	↑(2)

从上表可以看出,排名前五的省份在考虑绿色物流发展情况前后的评价结果一致,说明这些省份的物流业在发展过程中兼顾了经济效益与能源利用效率,在良好的资源配置情况下达到了优良产出水平。同时发现,有9个省份的物流业在考虑绿色物流发展状况后综合评价排名发生了下降,说明这些省份的物流业在发展过程中往往片面地追求经济效益的最大化而忽视了对能源的有效利用,其绿色物流的发展已遏制了其整体物流发展水平的提升,应加快绿色转型的进程。其中,排名下降最明显的省份是云南省,下降了8个位次,说明该省份物流业绿色物流的发展情况较为不乐观,严重地影响了整体物流业的发展,迫切需要通过一些政策指导对此短板加以弥补,才能促进整体水平的提升。此外还有9个省份的物流业综合考虑总体指标后排名得到了上升,说明这些省份在发展物流业的过程中注重能源利用率的提升,对单位GDP的能源消耗有着较好的把控,绿色转型进程较快,但是物流经济效益和营运水平还有待进一步改善。总体而言,绿色物流发展指标在一

一定程度上会对总体物流业发展水平的评价结果产生影响,因此各省份均应对其能源效率有所关注。

## 四、结论与建议

### (一) 结论

1、物流业的绿色转型有助于双碳目标的实现,因此在对物流业综合发展水平的评价中除了以往常用的经济指标外还很有必要引入绿色物流指标,以实现绿色转型效果的评价;

2、我国省域物流业绿色转型程度参差不齐,区域间差异较大,东部沿海地区省份兼顾了经济效益与能源利用状况,总体发展水平较高。而有相当一部分省份的物流业仍属于粗放式发展,片面追求产业经济发展而忽视能源的有效利用,绿色转型进程缓慢,其较低的能源效率导致了综合发展水平的落后;

3、双碳背景下,能源利用效率与物流绿色转型程度密切相关,各省份对于能源利用效率也有着不同程度的把控,较高的能源效率可以促进物流业朝着低能耗高产出的绿色方向转型,从而促进整体物流业的高质量发展。

### (二) 建议

基于研究结果,针对驱动物流业的绿色转型提出以下建议:

1、加快物流基础设施建设,减少不必要运输过程。优良的物流基础设施是保障运输业务运作的物质基础,物流运输网络的不通畅会造成运输车辆的迂回或重复运输,增加不必要的能源浪费,从而导致能源效率的持续低下,因此应完善运输网络,进而达成能源的节约和效率的提升;

2、推进物流生产技术革新,注重物流系统规划设计。高耗能的公路运输模式是造成物流业能源效率低下的另一方面原因,因此应积极推广新能源电动物流运输车,逐步淘汰高耗能运输载具,并鼓励长途运输采用铁路运输方式。除此以外,还应重视物流系统的规划设计,包括配送中心的选址、布局和运输路径的选择,从微观层面践行节能、清洁的环保观念,进而促进能效的提升;

3、建立健全法律法规,推动产业绿色升级。双碳目标为物流业提出了新要求,但与此同时,政府有关部门也应出台相应政策以引导物流业的低碳节能发展,包括对物流业的环境约束、技术革新补贴等,通过政策调控以带动物流业的节能积极性,激发物流企业的绿色发展意识,推进节能技术的普及,从而提升能效,促进绿色转型,最终实现物流业的高质量发展。

### [参考文献]

- [1] 中国物流与采购联合会. 2020年全国物流运行情况通报 [EB/OL]. (2021-2-23) [2021-7-8]. <http://www.chinawuliu.com.cn/lhhzq/202102/23/541805.shtml>.
- [2] 中华人民共和国国家统计局. 中国统计年鉴2019 [M]. 北京: 中国统计出版社, 2019.
- [3] 闫军, 王杰, 徐旦. 区域物流指数体系构建及评价实证 [J]. 统计与决策, 2019, 35(20): 25-29.
- [4] 刘刚, 龙俊. 长江经济带区域物流竞争力评价研究 [J]. 物流工程与管理, 2016, 38(01): 1-4.
- [5] 甘卫华, 谌志鹏, 王陌语, 李大媛. 基于熵权TOPSIS中部六省物流高质量发展综合评价研究 [J]. 物流工程与管理, 2020, 42(03): 11-14+6.
- [6] 戴德宝, 范体军, 安琪. 西部地区物流综合评价与协调发展研究 [J]. 中国软科学, 2018(01): 90-99.
- [7] 李国俊, 付青叶. 西部地区物流发展水平的评价与实证 [J]. 统计与决策, 2016(03): 73-76.
- [8] 宋二行, 周晓唯. 中国区域物流竞争力评价及其协调发展研究 [J]. 价格月刊, 2020(08): 70-78.

- [ 9 ] Deng F, Xu L, Fang Y, et al. PCA-DEA-tobit regression assessment with carbon emission constraints of China's logistics industry [J]. *Journal of Cleaner Production*, 2020, 271: 122548.
- [10] 蔡林美, 王进. 基于DEA的西部12省物流业效率分析 [J]. *数学的实践与认识*, 2020, 50(02): 141-149.
- [11] 姚山季, 马琳, 来尧静. “一带一路”重点省份低碳物流效率测度 [J]. *生态经济*, 2020, 36(11): 18-24.
- [12] 商传磊, 张悟移, 陈俊营. 基于DEA和Malmquist指数的中国物流业全要素能源效率评价 [J]. *生态经济*, 2019, 35(03): 51-56.

## Research on Green Transformation of Logistics Industry Considering Energy Efficiency

YANG Shu-xia, ZHANG Yang

(School of Economics and Management, North China Electric Power University, Beijing 102206, China)

**Abstract:** The strategic targets of peaking carbon emissions and carbon neutral put forward higher requirements for the green development of logistics industry. As one of the industries with high energy consumption, logistics is not only an important driving force to support the development of national economy, but also the main force to save energy and reduce consumption. An objective and comprehensive evaluation of the green transformation effect of logistics industry is conducive to finding and solving the problems in the transformation process, so as to realize the high-quality development of the logistics industry. On the basis of the economic indicators of evaluating the development of the logistics industry, this paper innovatively introduces the energy efficiency indicators and constructs the evaluation index system of the green transformation effect of the logistics industry. Then, factor analysis method is used to comprehensively evaluate the green transformation effect of logistics industry in 30 provinces in China, and then cluster analysis method is further used to discuss the common characteristics of logistics industry development in various provinces. Finally, in order to explain the impact of energy utilization on the overall logistics development, the evaluation results of logistics development level before and after considering energy efficiency are compared. The results show that there is a big gap in the degree of green transformation of logistics industry among provinces in China, and each province has different control over the energy efficiency of its own logistics industry. Therefore, policies and measures should be taken from the aspects of speeding up the construction of logistics infrastructure, promoting the technological innovation of logistics production, paying attention to the planning and design of logistics system and establishing and perfecting relevant laws and regulations, so as to improve the energy utilization efficiency of the logistics industry, thus promoting the green transformation of the logistics industry and achieving high-quality development.

**Key words:** green transformation; energy efficiency; DEA; factor analysis; cluster analysis

(责任编辑: 杜红琴)