

# 环境规制下的区域物流效率可持续发展研究\*

唐建荣 杜娇娇 唐雨辰

(江南大学商学院,江苏 无锡 214122)

**[摘要]** 基于中国物流业省级面板数据,采用 DEA-BCC 方法和门槛回归模型测算 30 个省级单位 2006-2015 年的物流效率,剖析其区域性差异特征及演变动因,探究环境规制对物流效率的影响机制,寻找物流与环境和谐发展模式。研究表明,各省历年物流效率与全国平均值相比,可分为“全高型”、“错落型”、“全低型”三类,较少省份 DEA 表现为有效,多数区域物流效率存在提升空间;环境规制对物流效率存在双重门槛效应,促进作用梯度下降。据此,从资源整合、体制改革、技术应用、政府引导、统筹协调五方面提出关于改善物流效率,促进区域物流可持续发展的对策建议。

**[关键词]** 区域物流效率;环境规制;门槛回归模型

**[DOI 编码]** 10.13962/j.cnki.37-1486/f.2018.05.014

**[中图分类号]**F061.5 **[文献标识码]**A **[文章编号]**2095-3410(2018)05-0138-12

## 一、引言

伴随经济跨越式发展及城市规模迅速扩大,能源危机、环境恶化等生态问题水涨船高。物流业作为撬动我国城市智慧型建设和经济“新常态”发展的战略性支点,因规模弱小、创新不足、技术欠缺与推广不力、地区管制标准偏离实情等问题,成为能源高消耗和环境重污染的重要推手,其可持续发展面临严峻挑战。物流业于我国经济发展的重要性日趋显现,同时环境质量也成为物流发展的“硬”规制,环境污染作为一种“有害”的公共产品,具有很强的负外部性,环境质量治理的市场失灵催生了政府规制政策介入。然而,基于中国财政分权和政绩考核背景,地方政府或产生违背现有环境规制的动机,弱化环境规制效果,以提高物流效率;或制定过高的环保标准,遏制了物流业发展。因此,探究不同环境规制强度对物流效率的影响,寻求提高物流效率与环境友好相容的均衡发展模式,具有十分重要的理论与现实意义。

关于物流效率研究的文献,多集中于 DEA、SFA 等模型的应用。樊元等(2012)<sup>[1]</sup>采用 First-difference 面板数据建模方法测定区域物流效率,结果显示,区域物流发展差距较大,制约

\* 本研究受到苏南资本市场研究中心资助。

**[基金项目]** 国家自然科学基金“小样本非等距灰色预测模型建模及其应用研究”(71301061);中央高校基本科研业务费专项资金“企业家人力资本的结构、影响与激励研究”(2015JDZD11)

**[作者简介]** 唐建荣(1964- ),男,江苏无锡人,江南大学商学院教授,经济学博士。主要研究方向:低碳经济。

了中国整体物流水平的提升。王蕾等(2014)<sup>[2]</sup>基于新疆北部 2006-2012 年数据,借助 DEA 方法测算物流效率,得出 6 个地区 DEA 非有效,并且 DEA 非有效地区的物流效率相差悬殊。张璇(2016)<sup>[3]</sup>采用三阶段 DEA 模型对新丝绸之路经济带的物流技术效率及其分解效率进行测算与分析,为当地及跨境物流业的高效运作提供参考。唐建荣等(2016)<sup>[4]</sup>借助 Malmquist 非参数指数模型,从时空角度分析得出,江苏省城市物流全要素生产率维持平均 6.2% 的负向增长率,技术进步 7% 的负增长是其下降的源头,规模效率和纯技术效率共同促进效率改善的“追赶效应”达到 0.9% 的正向增长。

环境规制与物流效率关系的研究,方法不一而足,结论见仁见智。如王维国等(2012)<sup>[5]</sup>采用基于方向距离函数的 ML 生产率指数模型,从环境约束角度对中国物流业全要素生产率及其成分进行测算,得出中国物流业 ML 生产率指数年均增长率逐年下跌。李煜等(2014)<sup>[6]</sup>采用 Tobit 回归方法,研究环境规制与物流效率间存在非线性关系,且对物流效率的提升具有倒“U”形作用,但并未指出具体的影响突变点。廖敏等(2015)<sup>[7]</sup>采用非线性门槛模型,证实环境治理投资对物流效率的影响存在三重门槛效应,但未考虑环境治理投资效果的滞后影响。

为系统分析环境规制对区域物流效率的影响,文章选取 DEA-BBC 模型对区域物流效率进行测算;运用门槛回归模型,探究环境规制对物流效率的阶段性影响,据此提出改善中国物流效率的路径。

## 二、研究方法 with 数据收集

在本文的实证研究中,采用 DEA-BCC 模型测算区域物流效率,并结合门槛回归模型探究不同环境污染条件下,环境规制对物流效率的影响机制及作用路径。

### (一)模型理论与构建

#### 1.DEA 模型应用

DEA 模型是由美国运筹学家 Charnes 等于 1978 率先提出,Banker 等在此基础上提出了更加严谨的修正模型。BCC 模型中投入没有冗余,不需要优化,操作更加简便,因此文章以省为决策单元,采用 DEA-BCC 模型对区域物流效率进行时空测度。方法理论如下:以  $n$  个省物流业为决策单元,每个决策单元的投入资源和产出分别为  $m$ 、 $s$ ,第  $i$  个决策单元对第  $j$  种投入资源的投入量表示为  $X_{ij}(X_{ij} > 0, i = 1, 2, \dots, m)$ ,第  $j$  个决策单元对第  $r$  种产出资源的产出量表示为  $Y_{0j}(Y_{0j} > 0, r = 1, 2, \dots, s)$ 。设定阿基米德无穷小量、投入、产出松弛变量依次为  $\varepsilon$ 、 $s^-$ 、 $s^+$ ,则决策单元  $j_n$  的 DEA-BCC 模型最终为:

$$\begin{aligned} & \min [\theta - \varepsilon (\hat{e}^T s^- + \hat{e}^T s^+)] \\ & \begin{cases} \text{s.t. } \sum_{j=1}^n X_{ij} \lambda_j + s^- = \theta X_0 \\ \sum_{j=1}^n Y_{0j} \lambda_j - s^+ = Y_0 \\ \sum_{j=1}^n \lambda_j = 1 \end{cases} \end{aligned} \quad (1)$$

式(1)中  $s^- \geq 0, s^+ \geq 0, \lambda_j \geq 0, j = 1, 2, \dots, n$ ,此模型的经济含义是:若物流效率为 1,意味着 DEA 有效,否则非 DEA 有效。

2. 门槛回归模型及其应用

门槛回归思想起源于 Tong(1996) 构建的门槛模型,但其门槛模型存在一定缺陷,使用条件苛刻,难以广泛使用。文章主要采用 Hansen(1999)<sup>[8]</sup> 在 Tong 基础上改进的门槛回归模型并结合 stata13.0 软件,就环境规制对区域物流效率的影响机制进行实证分析。

单一门槛回归模型可设定为:

$$y_i = \theta_1' x_i + e_{i1}, q_i \leq \gamma \tag{2}$$

$$y_i = \theta_2' x_i + e_{i2}, q_i \geq \gamma \tag{3}$$

式(2)、(3)中, $y_i$  为被解释变量, $x_i$  为解释变量, $\theta_i'$  为参数值, $e_{i1}$  为残差项, $\gamma$  为门槛限值, $q_i$  为门槛变量。若门槛变量  $q_i$  的取值不大于  $\gamma$  时,实际回归模型为(2)式;若门槛变量  $q_i$  大于  $\gamma$  时,回归模型为(3)式。设虚拟变量  $I_1(\gamma) = \{q_i \leq \gamma\}$ ,其中  $I\{q_i \leq \gamma\}$  为指示函数,当  $q_i \leq \gamma$  时, $I(q_i \leq \gamma) = 1$ ,否则  $I(q_i \leq \gamma) = 0$ 。方便起见,将(2)式与(3)式合二为一,表示为:

$$y_i = \theta_1 x_i I(q_i \leq \gamma) + \theta_2 x_i I(q_i > \gamma) + e_i \tag{4}$$

式(4)中, $e_i$  为残差, $\theta_1$ 、 $\theta_2$  和  $\gamma$  为待估参数。对(4)式求解需解决三个问题:第一,如何计算出门槛值  $\gamma$  和参数值  $\theta_1$ 、 $\theta_2$ ;第二,如何对门槛值进行显著性检验;第三,如何构造门槛值  $\gamma$  的置信区间。

(1) 门槛值  $\gamma$  及参数值  $\theta_i$  的估计

根据最小二乘法原理,对式(4)进行 OLS 估计,得出对应残差统计量:

$$S_n(\gamma) = \hat{e}_i'(\gamma) \hat{e}_i(\gamma) \tag{5}$$

由最小二乘法原理可知,门槛值  $\gamma$  的估计值为对应残差平方和的最小值:

$$\hat{\gamma} = \underset{r \in \Gamma_n}{\operatorname{argmin}} S_n(r) \tag{6}$$

式(6)中, $\Gamma_n = \Gamma \cap \{q_1, \dots, q_n\}$ 。进一步,可得相应残方差:

$$\hat{\delta}^2 = T^{-1} \hat{e}_i'(\gamma) \hat{e}_i(\gamma) = T^{-1} S_n(\gamma) \tag{7}$$

得到门槛值  $\gamma$  后其他参数也相应被确定。

(2) 显著性检验

在得到相应门槛值之后,为验证其门槛效应,将虚拟假设和备选假设设定为: $H_0: \theta_1 = \theta_2$ ,  $H_1: \theta_1 \neq \theta_2$ 。 $S_0$  表示虚拟假设条件下(无门槛效应)的残差平方和, $S_1$  为具有备选假设条件下(有门槛效应)的残差平方和。相应的拉格朗日乘子检验(LMT)的 F 统计量为:

$$F_1(\gamma) = \frac{S_0 - S_1(\gamma)}{\hat{\delta}^2} \tag{8}$$

(3) 置信区间

Hansen 设置虚拟和备选假设分别为: $H_0: \gamma = \hat{\gamma}$ ,  $H_1: \gamma \neq \hat{\gamma}$ ,从而得到相应的释然比统计量,具体如下:

$$LR_1(\gamma) = \frac{S_1(\gamma) - S_1(\hat{\gamma})}{\hat{\delta}^2} \tag{9}$$

显著水平为  $\alpha$  时,当  $LR_1(\gamma) \leq -2\ln(1-\sqrt{1-\alpha})$ ,不能拒绝  $\gamma \neq \hat{\gamma}$  的虚拟假设。

以上检验方法只针对单门槛模型检验,对于多门槛模型,需进行相应门槛检验。若 LM 检验被拒绝,说明模型至少存在一个门槛值  $\gamma_1$ ;假设已知估计值  $\gamma_1$ ,进而寻找第二个门槛值  $\gamma_2$ ,当找到  $\gamma_2$  后,再寻找第三个门槛值,模型的门槛值依次最终确定。

(4)门槛回归模型应用

文章采用门槛回归模型分析不同环境规制对物流效率的传导机制和作用大小。根据单一门槛模型进行拓展,考虑变量的滞后效应,将解释变量、门槛变量及控制变量均进行滞后一期处理,其模型表达式如下:

$$te_{it} = \alpha + \beta_1 g_{i,t-1} + \beta_2 k_{i,t-1} + \beta_3 z_{i,t-1} + \beta_4 s_{i,t-1} + \theta_1 t_{i,t-1} \cdot I(c_{i,t-1} < \gamma_1) + \theta_2 t_{i,t-1} \cdot I(\gamma_1 \leq c_{i,t-1} < \gamma_2) + \theta_3 t_{i,t-1} \cdot I(\gamma_2 \leq c_{i,t-1} < \gamma_3) + \theta_4 t_{i,t-1} \cdot I(c_{i,t-1} \geq \gamma_3) + \varepsilon_{i,t-1}$$

(10)

式(10)中, $i,t$  分别代表地区和年份; $te_{it}$  为区域物流效率值; $c_{i,t-1}$  为滞后一期门槛变量; $t_{i,t-1}$  为滞后一期解释变量,其系数随着门槛变量的变化而改变; $g_{i,t-1}$ 、 $k_{i,t-1}$ 、 $z_{i,t-1}$ 、 $s_{i,t-1}$  为滞后一期控制变量,分别代表经济发展水平、科技水平、政府支持力度、企业规模; $\alpha$  为观测值的个体特征。

(二)指标选取与数据来源

考虑指标的适用性和数据的可获取性,本文采用 2006-2015 年 30 个省级数据。数据来源于《中国统计年鉴》、《中国能源统计年鉴》、《中国第三产业统计年鉴》(因西藏地区相关数据缺失,故将该省份剔除)。具体指标及指标含义见表 1、表 3。

1. DEA 模型指标选取

根据 2006 年《中国第三产业统计年鉴》的分类标准,交通运输、仓储、邮电业占据了物流业 83% 以上的份额,是最能反映物流业发展状况的指标。考虑指标的适用性和数据的可获取性,各省物流业 GDP 与物流业全社会固定资产投资额均以 2006 年为基期,按 GDP 平减指数进行可比价格处理,物流效率测算指标构建如表 1 所示。

2.门槛回归模型指标选取

根据研究内容与门槛回归模型理论,设定物流效率为被解释变量、环境污染为门槛变量、环境规制强度为解释变量;经济发展水平、科技水平、企业规模、政府支持力度作为控制变量。目前关于环境规制的度量尚存争议,各学者对环境规制衡量标准分类总结如表 2。

表 1 样本投入产出变量		
分类	变量	说明
投入	X1	物流业全社会固定资产投资(亿元)
	X2	物流业城镇单位就业人数(万人)
	X3	标准路线长度(公里)
产出	Y1	各省物流业 GDP(亿元)
	Y2	各种运输方式的货运周转量(万吨公里)
	Y3	各运输方式的货运量(万吨)

表 2 国内外有关环境规制度量	
作者	环境规制度量
Low, Yeats(1992)	环境规制政策的多少代表环境规制
Levinson(1996)	采用污染物的排放量表示环境规制
Cole, Elliott(2003)	采用不同的污染物排放密度表示环境规制
Mani, Wheeler(2003)	将人均收入水平作为环境规制代理变量
陈媛媛(2011)	采用人均生产总值、本年完成污染治理项目投资额度量
张成(2011)	以治理污染投资额占企业总成本或产值比重为指标
李煜等(2014)	采用物流业单位耗能为指标
洪国彬等(2015)	政府用于环境治理投资总额
郝寿义(2016)	采用单位 GDP 中 SO <sub>2</sub> 排放量衡量环境规制

通过文献梳理并综合考虑我国环境污染与治理情况及数据的可获得性和实用性,采用环境治理投资衡量环境规制强度,所有指标均采取滞后一期处理,具体指标说明见表 3。

表 3 变量选取及说明

变量分类	变量符号	表征意义	说明
被解释变量	te	物流效率	由 DEA 测算得到
门槛变量	c	环境污染程度	各地区能源消耗与 CO2 排放系数乘积的对数
解释变量	t	环境治理投资	各省市环境治理投资总额对数
控制变量	g	经济发展水平	各省市 GDP 的对数
	s	企业规模	各省物流总产值与其物流企业数量之比
	k	科技水平	各地对 R&D 投资
	z	政府支持力度	当地政府对物流业财政拨款占财政总支出的百分比

三、数据处理与结果评价

本文分别运用 DEA-BCC 模型和门槛回归模型,借助 deap2.1 及 stata13.0 软件,测算我国 30 个省 2006-2015 年的物流效率,分析其区域性差异及其成因;探究环境规制对物流效率的影响程度及控制变量对物流效率的作用,实证研究结果如下。

(一)区域物流效率结果及分析

根据表 2 的变量选取标准,基于我国 30 个省市(西藏除外)相关数据,借助 Deap2.1 软件,设定以投入为导向的 BCC 模型,对 2006-2015 年各省物流效率进行测算和评价,结果见表 4。

表 4 各省及全国平均物流综合技术效率值

DMU	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
北京	1.000	1.000	0.804	0.774	0.787	0.842	0.784	0.778	0.788	0.862
天津	1.000	1.000	0.738	1.000	1.000	1.000	1.000	0.823	0.829	0.789
河北	1.000	0.996	0.739	0.762	0.942	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
山西	1.000	1.000	1.000	0.861	0.873	0.855	0.833	0.826	0.823	0.899
内蒙古	0.936	0.905	0.739	0.807	0.884	0.972	0.989	0.898	0.998	1.000
辽宁	0.888	0.942	0.582	0.618	0.668	0.677	0.695	0.699	0.682	0.786
吉林	0.633	0.593	0.549	0.531	0.536	0.531	0.539	0.525	0.505	0.474
黑龙江	0.705	0.669	0.562	0.527	0.509	0.490	0.501	0.473	0.449	0.432
上海	1.000	1.000	1.000	0.939	1.000	0.854	0.934	0.741	0.773	1.000
江苏	1.000	0.979	0.676	0.703	0.764	0.751	0.811	0.697	0.666	0.647
浙江	1.000	1.000	0.743	0.662	0.696	0.676	0.626	0.674	0.702	0.765
安徽	0.941	0.871	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
福建	1.000	1.000	0.812	0.783	0.806	0.753	0.749	0.745	0.798	0.859
江西	0.708	0.661	0.630	0.565	0.620	0.694	0.768	0.695	0.697	0.834
山东	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
河南	0.756	0.749	0.602	0.651	0.698	0.721	0.723	0.583	0.610	0.688
湖北	0.515	0.458	0.401	0.378	0.437	0.452	0.508	0.497	0.494	0.515
湖南	0.895	0.889	0.761	0.755	0.786	0.792	0.806	0.755	0.723	0.768
广东	1.000	1.000	0.578	0.594	0.593	0.627	0.634	0.692	0.751	0.799
广西	0.723	0.680	0.684	0.712	0.779	0.805	0.814	0.706	0.684	0.806
海南	0.697	0.798	0.443	0.495	0.547	0.587	0.670	0.610	0.724	0.632
重庆	0.645	0.597	0.507	0.522	0.535	0.555	0.519	0.471	0.473	0.525
四川	0.820	0.741	0.585	0.526	0.540	0.555	0.554	0.539	0.538	0.569
贵州	0.482	0.471	0.395	0.384	0.400	0.424	0.489	0.540	0.585	0.614
云南	0.760	0.797	0.372	0.356	0.397	0.408	0.421	0.465	0.462	0.497
陕西	0.540	0.490	0.442	0.433	0.443	0.462	0.496	0.460	0.438	0.553
甘肃	0.607	0.577	0.581	0.468	0.448	0.484	0.562	0.594	0.579	0.596
青海	0.368	0.354	0.285	0.295	0.307	0.318	0.307	0.272	0.332	0.331
宁夏	0.771	0.752	1.000	1.000	0.883	0.844	0.804	0.693	0.620	1.000
新疆	0.550	0.506	0.474	0.423	0.412	0.418	0.454	0.502	0.524	0.571
全国均值	0.798	0.783	0.656	0.651	0.676	0.685	0.700	0.665	0.675	0.727



通过各省物流效率值与全国均值的比较研究(表 4),结果表明,各省历年物流效率空间分布不均匀,具体分为三类:

第一类为“全高型”:2006-2015 年间物流效率水平平均超过全国均值,如北京、天津、河北、山东、上海、安徽、福建、湖南、山西、内蒙古,其中,山东省物流效率值一直维持为 1,达到物流技术效率前沿,河北省物流效率在 2007-2010 年发生轻微波动后,恢复为 1,安徽省在 2007 年后物流效率一直维持在 1 的水平,其余七省的物流效率则呈先减后增动向。

第二类为“错落型”:2006-2015 年间物流效率并非全部高于或全部低于全国均值,其中江苏、浙江、广西、宁夏四省低于全国平均值的年份少于 5 个,为“少低多高型”;辽宁、江西、广东均有一半年份高于全国均值,为“高低对等型”;河南、海南、四川、云南的物流效率较多年份低于全国平均值,为“多低少高型”。

第三类为“全低型”:2006-2015 年间物流效率均不及全国平均值,如吉林、黑龙江、湖北、重庆、贵州、陕西、甘肃、青海、新疆。通过从时空角度对物流效率分析可知,我国平均物流效率未达到理想状态,大多数省份的物流效率尚存较大的提升空间,通过社会深入改革和全方位支持,助推我国物流效率更进一步。

表 4 数据也表明,物流效率的有效性不稳定:从计算结果看,全国物流效率均值在 2006-2009 年持续降低,可能与金融危机及产业结构调整升级未显成效有关;山东省物流效率一直维持在前沿水平;河北、安徽、上海在轻微波荡后达到 1;北京、天津、山西、江苏、浙江、福建、广东的物流效率虽曾达到最优值,但最终效率值小于 1;其余地区 10 年间的物流效率波折变动,DEA 非有效,说明观察期内的物流业存在投入冗余、产出不足问题,需加紧优化资源配置。

(二)门槛回归结果与评价

根据设定的门槛模型,在进行实证分析时,先对样本数据进行描述性统计,具体见表 5。

表 5		数据的描述性统计						
变量	观察值数量	均值	标准差	最小值	p25	p50	p75	最大值
物流效率(te)	300	0.701	0.202	0.272	0.533	0.697	0.857	1.000
环境污染程度(c)	300	7.559	0.754	4.698	7.191	7.650	8.062	9.001
环境治理投资(t)	300	4.633	0.966	1.714	4.071	4.796	5.255	7.155
经济发展水平(g)	300	9.033	0.941	6.349	8.521	9.143	9.659	10.966
科技水平(k)	300	4.512	1.414	0.498	3.631	4.627	5.551	7.224
政府支持力度(z)	300	0.127	0.052	0.045	0.091	0.115	0.155	0.348
企业规模(s)	300	0.051	0.030	0.004	0.024	0.053	0.069	0.161

表 5 数据表明,我国各省的环境规制强度参差不齐,多数省份处较低层次;区域经济发展和科技水平不均衡;我国物流企业规模因各种限制、盲目式扩张等原因尚未形成真正的规模经济效应;各省对物流业的扶持力度较为匮乏。

1.门槛效应检验结果

根据式(10)设定的门槛检验模型及表 3 的指标选取说明,运用 stata13.0 软件进行门槛回归效应检验,探究不同环境污染下环境规制对区域物流效率的影响,结果见表 6。

从表 6 可知,只有单一门槛、双重门槛在 1%的显著水平下显著,P 值分别为 0.007、0.003,故只接受双重门槛效应。基于表 6 检验结果,对门槛估计值是否偏离真实值进行检验,不同门

槛估计值在 95%的置信区间见表 7。

表 6 门槛效应检验

门槛模型	F 值	P 值	显著水平对应临界值		
			1%	5%	10%
单一门槛	14.970 ***	0.007	11.988	7.150	4.670
双重门槛	13.050 ***	0.003	11.009	6.487	4.645
三重门槛	6.427	0.153	16.193	11.601	8.383

注:表中 P 值和临界值由 bootstrap 法模拟 500 次得到;\* 代表 10%显著水平,\*\* 代表 5%显著水平。

从表 7 可得,在 95%的置信区间内,第三门槛效应的门槛值被包含在双重门槛模型的第二门槛值得置信区间内,由此,进一步确定为双重门模型,其门槛估计值分别为 7.650、8.606。为更直观地观看统计结果,图 1 与图 2 分别呈现了双重门槛的第一门槛值与第二门槛值的 LR 折线图。

表 7 门槛估计值及置信区间

门槛估计值		95%置信区间
单一门槛	7.650	[ 6.919 8.623 ]
双重门槛	Ito1	[ 8.568 8.636 ]
	Ito2	[ 6.975 7.696 ]
三重门槛	6.975	[ 5.874 8.515 ]

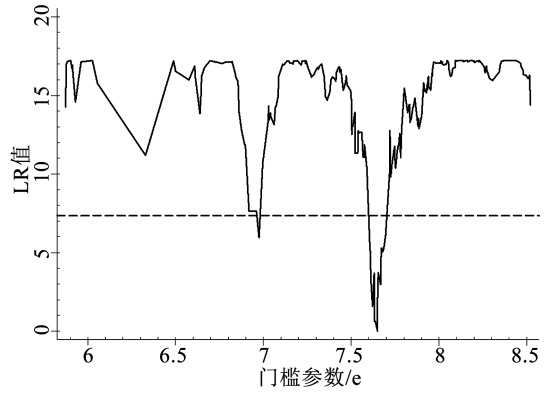


图 1 双重门槛效应第一门槛值 LR 图

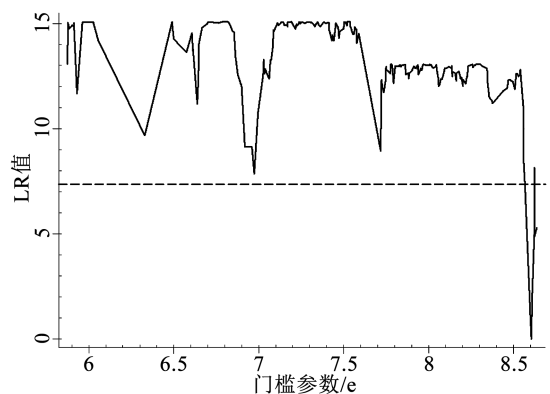


图 2 双重门槛效应第二门槛值 LR 图

在得到门槛检验结果,确定门槛模型与门槛值个数后,对其解释变量和控制变量的参数进行估计,以获得其对物流效率(被解释变量)的影响程度,结果见表 8。

表 8 门槛回归模型参数估计值

变量	系数估计	标准误差	t 值	p 值
t_1( c ≤ 7.650)	0.083 ***	0.019	4.310	0.000
t_2( 7.650 < c ≤ 8.606)	0.068 ***	0.018	3.630	0.000
t_3( c > 8.606)	0.050 **	0.019	2.530	0.012
g	-0.211 ***	0.064	-3.310	0.001
k	0.056	0.039	1.430	0.155
z	-0.253	0.263	-0.960	0.337
s	-0.119	0.345	-0.350	0.729
_cons	2.058 ***	0.415	4.950	0.000

表 8 显示,环境规制对物流效率的促进作用程度依次下降,当环境污染小于第一门槛值(7.650)时,环境规制对物流效率的促进作用为 0.083;当环境污染介于第一门槛值与第二门槛值之间(7.650 < c ≤ 8.606)时,环境规制对物流效率的促进作用减小至 0.068;当环境污染大于第二门槛值(c > 8.606)时,环境规制对物流效率的影响降为 0.05。经济发展水平对物流效率

的影响为-0.211,且在 1%的水平下显著,与预期结果相反,原因可能是经济发展水平不高,且地区差异较大,应引起各地区政府对经济健康发展的关注;科技水平对物流效率的影响程度为 0.056,说明物流新技术的应用推广技术不高,科技促进未显成效;政府支持力度和企业规模对物流效率的影响分别为-0.253 与-0.119,造成估计结果不理想的原因,可能在于政府在促进物流发展过程中并未深入实情的对物流企业实施针对性的倾斜扶持,在物流运作过程中未充分发挥规模报酬递增优势,物流业规模应精细化拓展。

门槛效应检验结束后,为验证结论的稳定性,采用固定效应和稳健回归检验,变量说明见表 9,回归结果见表 10。

表 9 估计检验变量说明	
变量	说明
t	环境治理投资
td1	d1(当 $c<=c1$ 时构造的虚拟变量)与 t 的交互项
td2	d2(当 $c>c2$ 时构造的虚拟变量)与 t 的交互项
g	经济发展水平,各省市 GDP 的对数
k	科技水平滞后一期的对数
z	政府支持力度
s	企业规模

表 10 估计回归结果

变量名称	固定效应检验		稳健型估计	
	系数	标准差	系数	标准差
t	0.068 *** (3.57)	0.019	0.068 *** (3.13)	0.021
td1	0.014 *** (3.63)	0.004	0.014 *** (3.36)	0.004
td2	-0.018 ** (-3.37)	0.005	-0.018 ** (-2.35)	0.007
g	-0.212 *** (-3.31)	0.064	-0.212 *** (-3.46)	0.061
k	0.056 (1.41)	0.039	0.056 (1.20)	0.046
z	-0.281 (-1.06)	0.266	-0.281 (-1.18)	0.238
s	-0.109 (-0.32)	0.347	-0.109 (-0.31)	0.354
_cons	2.078 *** (4.99)	0.416	2.078 *** (5.42)	0.383

注:括号内为 T 统计量;\*\*\* 为 1%下显著,\*\* 为 5%下显著,\* 为 10%下显著。

2.门槛效应结果评价

物流效率的提高需通盘考虑环境规制、经济发展水平、科技水平、政府支持力度、企业规模因素。门槛回归结果显示,环境规制对物流效率的影响会随环境污染程度不同有所变化,控制变量对物流效率的影响多为不显著。

(1)环境规制对物流效率影响程度评价

环境规制是物流效率提高的“双刃剑”。根据表 7 得出的双重门槛效应,将环境规制对物流效率的影响按门槛值依次划分为三个区间:低等规制区间、中等规制区间、高等规制区间,各区间对物流效率影响程度如下。

第一区间( $c\leq 7.650$ )即低等规制区间,环境规制对物流效率的促进作用为 0.083。物流业积极响应环保政策,进行全方位技术革新、更换高耗能设备、改进运输车辆等以降低环境污染;优化企业内部运作流程,改革企业繁琐的管理体制,完善企业监控管理与资源协调运作,充分利用资源,增大物流产出,提升物流效率,达到“创新补偿”效应。

第二区间( $7.650<c\leq 8.606$ )即中等规制区间,其促进作用降低为 0.068。物流企业为满足政府更高强度的环境规制要求,在相应的鼓励、补偿政策下,进一步加大物流技术创新,提高信息化水平;环境规制进一步攀高导致物流业环境治理费用的负担加重,环境保护和技术创新等的投入资本的增大,物流业利润缩水。在总需求不变的情况下,产出不变而投入增大导致环境



规制对物流效率的促进作用减弱。

第三区间( $c > 8.606$ )即高等规制区间,此时环境规制对物流效率的促进作用降至 0.050。政府环境规制过强,会影响企业管理人员的经营决策,迫使企业放弃原有的高效运作流程,甚至造成规模较小的物流企业为避免排污超标处罚而缩减业务量。总而言之,环境规制强度过大,环保成本会占用物流企业用于投资其他盈利性业务的资金,导致投入增加、产出减少,物流效率的提升深受冲击。

## (2)控制变量对物流效率影响程度评价

经济发展水平是物流发展不可脱离的经济环境,理应对物流发展具有积极作用,在样本观察期间,地区经济发展水平不尽人意,未能对物流效率的提高起到促进作用。国内生产总值是显示国家或地区经济状况的重要指标,国民经济发展可提高人均收入进而促进大众消费水平,社会消费额随之提升,进而增加对物流的需求,推动物流业发展,提高物流效率,因此,提高物流效率,首抓经济发展刻不容缓。

政府支持力度对物流效率的提高作用表现为阻碍,说明政府对物流业发展的扶持欠缺针对性。Yongrok 认为政府在物流网络中可协助港口达到更好的管理,间接提升物流效率<sup>[9]</sup>。中国物流企业现以中小规模为主,发展易受到国家政策冲击。政府应因情而定,针对性地提供扶持,财政方面,专项资金、物流人才和物流基础设施的投入力度对物流效率的提高具有直接效用;政策方面,缩减分门别类的道路体制性收费和各项支持物流业发展政策对物流效率的提高具有间接效用。

科技水平对物流效率的影响稍显逊色,为 0.056。Carmen(2006)<sup>[10]</sup>证实环境规制可促使企业进行技术革新,推动科技进步,诱发“创新补偿”效应,促进环保和物流效率提升的共赢。唐建荣等(2016)<sup>[11]</sup>采用 GML 指数方法得出科技进步是提高绿色全要素生产率的主要推力,但力度不足。科技创新很难在短期内实现,加之回弹效应及新技术应用推广的延期性使其很难起到快速降低能耗的作用。而从长远来看,科技进步与推广可更新物流技术装备、优化环节运作模式、削减劳动力成本、提供优质快捷的服务等,从投入和产出双向提升物流效率。

企业规模对物流效率的影响同样事与愿违,霍春辉指出,从长久角度看,规模越大的企业,其绩效指标会更趋于平稳。目前,中国物流企业一中小规模居多,在运作过程中未充分发挥规模报酬递增优势,而导致投入资源不能充分利用,从而影响物流效率的提升。

## 3.环境规制区域状态分析

将各省历年 CO<sub>2</sub>排放量所处不同门槛区间个数进行统计,以了解我国环境污染及治理整体状况和变化趋势,具体见表 11。

由表 11 可看出:2006–2013 年,处于低等环境污染区间的省份逐渐降低,多数省份环境污染程度向中等环境污染区间过度,在 2008 年,广东成为首个处于高等环境污染区间的省份,且一直维持到 2015 年;2014 与 2015 年间,处于低等环境污染区间的省份趋于稳定;长期处于中等污染区间的江苏省在 2015 年进入高等污染区间。从整体来看,随着社会经济的发展,国家对环境保护力度的加大,“先污染后治理”的路子得以改善。

表 11 各年份不同区间省份数(个)

环境污染程度区间	第一区间 $C \leq 7.650$	第二区间 $7.650 < C \leq 8.606$	第三区间 $C > 8.606$
环境规制门槛效应	0.083	0.068	0.050
2006	24	6	0
2007	21	9	0
2008	18	11	1
2009	18	10	2
2010	15	13	2
2011	13	14	3
2012	12	17	1
2013	9	19	2
2014	10	18	2
2015	10	17	3

四、结论与建议

文章以中国 30 个省的动态数据为基础,采用 DEA-BCC 方法测算物流效率,并对结果进行评价;运用门槛模型,以物流效率为被解释变量,环境污染为门槛变量,环境规制为解释变量,经济发展水平、科技水平、政府支持力度、企业规模为控制变量做门槛回归分析以探究不同环境污染条件下,环境规制对物流效率的影响程度。结果显示,各省历年物流效率空间分布不均匀,具体分为三类:“全高型”、“错落型”、“全低型”;环境污染存在两个门槛值,分别为 7.650、8.606,不同污染区间内,环境规制对物流效率的促进作用依次降低,分别为 0.083、0.068、0.050;除科技水平对物流效率的影响表现为促进作用外,其余控制变量的实证结果均不尽人意,说明外部环境的改善对物流效率的提高具有重要影响。

经济转型发展要求经济友好型增长,这就使得我国必须从首、尾两头妥善处理环境污染问题,走出先污染后治理的老路。降低环境污染、提高环境规制强度会给物流业带来双重影响:一方面会导致企业成本不断上升,对企业效益产生消极影响,阻碍物流效率提升;另一方面会促使物流业不断革新技术,优化作业流程,提高运作水平。介于环境规制的双面效应及可持续发展的要求,我国政府和企业要更加重视环境污染治理的管理,不断探索新的管理举措,为环境经济、环保物流的进一步发展创造有利条件。

实证分析表明,提高物流效率、促进区域物流均衡发展,发展环保物流以符合“十三五”环保经济的要求,需从以下五个方面协同推进。

(一)拓宽物流协作渠道,促进物流资源整合

从实证结果看,我国物流规模多是以小、乱、差为主,未发挥规模经济优势。物流市场具有规模小、数量多、极度分散及竞争混乱等弊端,物流基础设施建设仍显不足,物流服务一体化不全面、集约化水平不高等造成企业规模对物流效率的回归结果不理想。因此,物流企业规模化发展尤为为重要,对此,加强区域合作,整合物流资源,促进区域物流在管理运作和业务上加强交流与资源互补,实现物流资源优化配置。而改变物流行业的力量不仅是行业的内部竞争,应以更宽的视野看待物流业整合的驱动力,可从电子商务平台、联盟模式、资本和人才的推动三方面率先整合。毋庸置疑,物流整合与政府的引导、物流企业的配合密不可分。

(二)完善物流管理体制,提高资源利用效率

物流效率整体水平不高的主要原因是资源配置不合理,产出效率低,建立有效的物流资源

配置和管理机制迫在眉睫。在加大投入力度的同时,重视产出效率,避免盲目投资与扩建。顺应国民经济的增长方式,与时俱进地加快自身企业结构调整与优化进程,提升物流运作水平,从要素驱动向创新驱动转变。加快物流产业结构调整与优化,以应对新常态下的经济环境变化。加快产业结构升级需从整条供应链抓起,对加工、批发零售、电子商务、物流金融等方面加强研究;加强物流园区建设,促进物流市场化改革,加强劳动力与资本的充分流动;加大跨境电子商务的投入,大力发展第三方物流,鼓励现代物流业向专业化服务与综合化服务方向发展,加强物流标准化建设,提高物流专业化与个性化服务。

(三)促进物流技术革新,加速技术推广应用

表 8 的参数估计结果显示,科技水平对物流效率具有微弱的促进作用,但不显著,说明物流新技术的应用不高,推广不力。政府应制定相应的政策鼓励企业自主研发与创新,促进物流业与人工智能、大数据、互联网等深度融合。与相关企业合作实现物流园区平台化、网格化发展。同时,重视物流新技术的推广应用和管理水平的改进,以提高现有技术的推广程度和有效利用水平。消减区域技术壁垒,物流效率较低的地区应借鉴物流效率水平较高地区的技术应用及资源配置经验,从整体提高物流效率水平,促进区域物流均衡发展;经济发展水平较高的地区应该充分发挥其在发展环保物流方面引进外资、科技投入等的示范效应和扩散效应,积极与周边物流落后的地区合作,防止落后省份成为“污染天堂”,从而实现共同发展绿色物流的双赢局面。

(四)加强政府规划引导,适当倾斜扶持政策

政府支持力度理应对物流效率具有正向促进作用,而现实扶持力度较为匮乏,欠缺针对性。因此,加大政府对物流业的扶持力度尤为重要,政府应发挥主导作用,根据区域优势,引导当地发展特色物流;积极制定环保物流发展规划,加大物流业环保节能技术研发力度,推进物流与环境和谐发展;在扩大物流融资渠道的同时结合自身经济发展水平和物流污染实际情况,实时调整投入导向,尤其对先进绿色物流技能、技术和清洁运作技术等投入;建立有效的激励机制,对物流企业的技术创新和环境保护行为给予相应的优惠和奖励。

(五)兼顾地区承载能力,强化节能减排效用

门槛回归数据结果显示物流业可持续发展应综合考虑环境与效率协同改善,政府出台环境保护政策时应综合考量各省环境承载能力因地制宜,协调好环境保护和物流业发展的关系。对物流欠发达地区,在充分考虑其环境承载力的基础上,循序渐进的提高环境规制强度;发展节能物流应采取“先重后轻、逐步铺开”的原则,对环境污染严重的地区适情加大环境规制;对物流发展落后、环境污染不太严重的地区要适当放开规制政策,促进其发展;对物流发展落后,环境污染严重的地区,应首抓技术创新与应用,从根源上减少环境污染,同时促进物流发展。如此,才能应对环境保护和物流发展的博弈要求,使其和谐发展。

参考文献:

[1] 樊元,马丽梅.中国区域物流效率实证分析[J].统计与决策,2012,(03):113-116.  
[2] 王蕾,薛国梁,张红丽.基于 DEA 分析法的新疆北疆现代物流效率分析[J].资源科学,2014,(07):

1425-1433.

[3] 张璇,杨雪蓉,王峰.新丝绸之路经济带物流效率评价——基于三阶段 DEA 实证分析[J].学习与实践,2016,(05):21-32.

[4] 唐建荣,徐媛媛,杜聪.区域物流效率评价及其空间效应研究[J].哈尔滨商业大学学报,2016,(02):3-14.

[5] 王维国,马越越.环境约束下中国地区物流业全要素生产率重估及收敛性研究[J].数学实践与认识,2012,(06):38-49.

[6] 李煜,骆温平.我国环境规制对物流效率的影响研究[J].商贸流通,2014,(31):15-17.

[7] 廖敏,洪国彬.环境规制对中国物流业效率影响的实证研究——非线性面板门槛模型[J].哈尔滨商业大学学报(社会科学版),2015,(03):83-90.

[8] Hansen B E. Threshold Effects in Non-Dynamic Panels: Estimation, Testing, and Inference[J].Journal of Econometrics,1999,(02):345-368.

[9] Yongrok C. The efficiency of major ports under logistics risk in northeast asia[J].Asia-Pacific Journal of Operational Research,2011,(01):111-123.

[10] Carmen E, Carrin F, Robert I. Environmental innovation and environmental policy: an empirical test of bi-directional effects [J].Journal of environmental economies and management,2006,(05).

[11] 唐建荣,杜聪,李晓静.中国物流业经济增长质量实证研究——基于绿色全要素生产率视角[J].软科学,2016,(11):10-14.

(责任编辑:刘 军)

## Research on Sustainable Development of Regional Logistics Efficiency under Environmental Regulation

TANG Jianrong, DU Jiaojiao, TANG Yuchen  
(School of Business, Jiangnan University, Wuxi 214122, China)

**Abstract:** Based on China's provincial panel data, using the DEA-BCC method and the threshold regression model, we measure the logistics efficiency of 30 provincial units from 2006 to 2015, analyze the characteristics of regional differences and evolutionary drivers, explore the influencing mechanism of environmental regulation on logistics efficiency, and look for harmonious development models for logistics and the environment. The results show that compared with the national average, the provincial logistics efficiency can be divided into three categories: "full height", "discrete", and "all low", and in the DEA effective state, few provinces has effective performance and more provinces have room to improve; Environmental regulation has a double threshold effect on logistics efficiency, and the promotion effect appears as a gradient decline. Based on this, the suggestions on improving the logistics efficiency and promoting the sustainable development of regional logistics are proposed from five aspects: resource integration, system reform, technology application, government guidance, and overall coordination.

**Key Words:** Regional logistics efficiency; Environmental regulation; Threshold regression model