

雾霾背景下物流业碳排放研究

王富忠

(浙江科技学院 经济与管理学院,杭州 310023)

摘要: 探讨物流业能源替代的动力、低碳能源消费需求、能源强度及碳强度。使用能源结构、内贸、外贸、政策驱动作为解释变量,以碳强度作为被解释变量构建了计量方程。主要结论有:1)数理分析表明,能源成本下降是能源替代的动力源泉,高碳能源会被低碳能源逐渐替代;2)物流业能源强度呈上升趋势,反映出能源利用效率不高,从地区来看,东部地区省份的物流业碳强度总体上低于中西部地区省份;3)能源结构的低碳化、政策驱动有利于降低物流业碳强度,而内贸、外贸的发展则提升了物流业碳强度。最后,就碳减排问题进行了讨论,并提出了一些有针对性的政策建议。

关键词: 物流业;碳强度;能源强度;可行广义最小二乘法

中图分类号: F222.3 **文献标志码:** A **文章编号:** 1671-8798(2019)02-0081-07

Study on carbon emission reduction of logistics industry under the background of haze control

WANG Fuzhong

(School of Economics and Management, Zhejiang University of Science
and Technology, Hangzhou 310023, Zhejiang, China)

Abstract: This paper elaborated on source of energy substitution, consumer demand for low-carbon energy, energy intensity and carbon intensity for the logistics industry. Employing energy structure, domestic trade, foreign trade and policy-driven acting as independent variables, an econometric equation was constructed with carbon intensity as the dependent variable. The main conclusions include: 1) The mathematical analysis shows that decrease of energy cost is the source of energy substitution, with high-carbon energy being gradually replaced by low-carbon energy; 2) The energy intensity has an increasing trend in the logistics industry, showing the energy utilization rate is not high. In regional terms, the carbon intensity in eastern provinces is lower than that of the central and western provinces in the logistics industry; 3) The energy structure featuring low carbonization and policy-driven acting could reduce the carbon intensity, while development of domestic trade and foreign

收稿日期: 2018-07-04

基金项目: 浙江省哲学社会科学规划课题 (15NDJC186YB)

通信作者: 王富忠(1976—),男,湖南省衡南人,副教授,博士,主要从事物流管理研究。E-mail:wfz212126@126.com。

trade could promote the carbon intensity of the logistics industry. Finally, carbon emission reduction was discussed, proposing some pertinent policy recommendations.

Keywords: logistics industry; carbon intensity; energy intensity; FGLS

雾锁半边天,治霾不容缓^[1]。当亿万国人翘首以盼治霾的时候,碳减排的意义就显得尤其重要。近年来,关于碳减排的研究得到了广泛的重视。驱动碳排放的核心动力是能源消费总量^[2]。从 2006 年开始,中国的碳排放总量就已位居世界第一。在 2009 年的哥本哈根世界气候变化大会上,中国明确提出,2020 年单位 GDP 碳减排目标要在 2005 年的基础上下降 40%~45%,碳减排压力巨大。针对这一减排目标,有研究者进行了预测,如林伯强等^[3]预测 2020 年单位 GDP 二氧化碳排放量较 2005 年可以下降 43.5%。也有些研究者提出了碳减排的措施,如杨超等^[4]提出征收碳税是控制温室气体排放、应对气候变化的有效措施。在地区差异性方面,赵慧卿等^[5]研究表明,中国碳排放存在由资源富裕区域向沿海发达地区转移、由沿海向中部区域转移的基本特征。物流业与治霾、碳减排主题紧密相关的国内外研究大多集中于生态物流对治霾的作用^[6-7]、物流业碳排放^[8-12]、低碳物流发展^[13-15]等方面。文献[16-18]认为低碳技术或物流活动低碳化有利于抑制碳排放的增加,物流企业的低碳收益将成为低碳化的重要影响因素。综合以上文献可以看出,目前国内外围绕低碳物流已做了一些研究,鉴于物流业的特殊地位以及对经济的重要贡献,发展物流业的同时也应控制该产业的碳排放和碳强度,对这一问题进行深入研究是非常有必要的。

1 理论分析

1.1 能源替代的动力

能源替代的动力在于能源成本的减少。以此为切入点,先考虑能源的简单替代,将物流业中使用的能源分成两大类集合体,即消费高碳能源 E_h 和低碳能源 E_l 。从科技进步与节能减排的角度来看,以汽油、柴油为代表的高碳能源终将枯竭,因而未来低碳能源(如电力、天然气)必然会逐渐替代高碳能源。设 EC 为物流业能源成本, P_{he} 、 P_{le} 分别为高碳、低碳能源的价格,则物流业能源成本为:

$$EC = P_{le} \times E_l + P_{he} \times E_h。$$

针对确定的物流业务量,物流运作中同时消费低碳和高碳能源以完成这些物流业务量。当低碳能源替代高碳能源时,即 E_h 减少 ΔE , E_l 增加 ΔE ,实际上从能源的效率来看,低碳能源根本不会增加 ΔE 这么多,例如,行驶相同的距离,电动车辆所耗用的电力远小于柴油车辆所耗用的柴油, E_l 增加 ΔE 是为了研究方便而设定的,如果 E_l 增加幅度小于 ΔE ,则能源成本会下降得更多。设 EC' 为变化后的物流业能源成本。此时有:

$$EC' = P_{le} \times (E_l + \Delta E) + P_{he} \times (E_h - \Delta E) = P_{le} \times E_l + P_{he} \times E_h + \Delta E(P_{le} - P_{he})。$$

考虑到现实中低碳能源的价格低于高碳能源(在企业行为中,这也是能源替代的动力所在),有 $P_{le} < P_{he}$, $\Delta E(P_{le} - P_{he}) < 0$, $EC' < EC$,能源成本将下降。如果高碳、低碳能源之间不能简单替代,设 ρ 为物流业消费某种能源的偏好程度,则物流业消费多种能源的成本可写成 $\int_0^n p(i)q(i)di$,其中 $p(i)$ 、 $q(i)$ 是第 i

种能源的价格和数量。最小化 $\int_0^n p(i)q(i)di$ 的一阶条件为: $\frac{q(i)^{\rho-1}}{q(j)^{\rho-1}} = \frac{p(i)}{p(j)}$ 。

若仍将能源划分为高碳、低碳两大类, $q(i)$ 用 E_h 表示, $q(j)$ 用 E_l 表示, $p(i)$ 用 P_{he} 表示, $p(j)$ 用 P_{le} 表示,则高碳能源、低碳能源的替代方程可写为: $E_h = E_l(P_{he}/P_{le})^{1/(1-\rho)}$ 。只有当 $\rho \rightarrow 0$ 时,即物流业完全偏好于低碳能源时,有 $E_h = E_l(P_{he}/P_{le})$ 。从而可以看出,从理论上可用 $E_l(P_{he}/P_{le})$ 来近似替代 E_h 。鉴于低碳能源的价格较为便宜,针对确定的物流业务量,只要增大低碳能源的使用,物流业的能源成本将下降。

从投入要素来看,物流业的投入要素分为资本、劳动、能源等,如果能源成本能够下降,则物流企业就愿意投入更多的低能耗技术设备,如电动小货车、电力叉车、电动搬运车、天然气动力卡车等。因此,能源

成本的下降是能源替代的动力。随着科技的进步,低能耗技术设备的性能将会越来越好,价格也会越来越实惠,这有利于加快物流产业变革,驱动物流业朝低碳化方向发展。

1.2 低碳能源消费需求

在C-D函数中将资本 K 分为实物资本 K_1 和金融资本 K_2 ,C-D函数写为 $Y = f(K_1, K_2, L)$,其中 Y 为产出, L 为劳动投入量。笔者受此启发,将两大能源要素单列,设物流业C-D函数为: $Y = f(K, L, E_h, E_l)$,数学式为:

$$Y = AK^\alpha L^\beta E_h^\gamma E_l^\delta \quad (1)$$

式(1)中: A 为技术进步; $\alpha, \beta, \gamma, \delta$ 分别为资本、劳动、高碳能源、低碳能源的产出弹性。设资本、劳动、高碳能源、低碳能源的价格分别为 P_K, P_L, P_{he}, P_{le} ,则物流业各要素总投入最小化函数及约束条件为:

$$\begin{aligned} \min \quad & P_K K + P_L L + P_{he} E_h + P_{le} E_l, \\ \text{s. t.} \quad & Y = AK^\alpha L^\beta E_h^\gamma E_l^\delta. \end{aligned}$$

根据拉格朗日函数的一阶条件,求解得到:

$$E_l = \left(\frac{\gamma_l}{P_{le}} \right)^{\frac{\alpha+\beta+\gamma_h}{\alpha+\beta+\gamma_h+\gamma_l}} \left(\frac{Y}{A} \right)^{\frac{1}{\alpha+\beta+\gamma_h+\gamma_l}} \left(\frac{P_K}{\alpha} \right)^{\frac{\alpha}{\alpha+\beta+\gamma_h+\gamma_l}} \left(\frac{P_L}{\beta} \right)^{\frac{\beta}{\alpha+\beta+\gamma_h+\gamma_l}} \left(\frac{P_{he}}{\gamma_h} \right)^{\frac{\gamma_h}{\alpha+\beta+\gamma_h+\gamma_l}}.$$

这是高碳、低碳两类能源并存时的物流业对低碳能源 E_l 的需求量,它与技术进步、各类投入要素的价格及产出弹性均有关联。若低碳能源完全替代高碳能源时,高碳能源的产出弹性趋向于0,则 E_l 函数式变为:

$$\begin{aligned} E_l = \lim_{\gamma_h \rightarrow 0} \left(\frac{\gamma_l}{P_{le}} \right)^{\frac{\alpha+\beta+\gamma_h}{\alpha+\beta+\gamma_h+\gamma_l}} \left(\frac{Y}{A} \right)^{\frac{1}{\alpha+\beta+\gamma_h+\gamma_l}} \left(\frac{P_K}{\alpha} \right)^{\frac{\alpha}{\alpha+\beta+\gamma_h+\gamma_l}} \left(\frac{P_L}{\beta} \right)^{\frac{\beta}{\alpha+\beta+\gamma_h+\gamma_l}} \left(\frac{P_{he}}{\gamma_h} \right)^{\frac{\gamma_h}{\alpha+\beta+\gamma_h+\gamma_l}} = \\ \left(\frac{\gamma_l}{P_{le}} \right)^{\frac{\alpha+\beta}{\alpha+\beta+\gamma_l}} \left(\frac{Y}{A} \right)^{\frac{1}{\alpha+\beta+\gamma_l}} \left(\frac{P_K}{\alpha} \right)^{\frac{\alpha}{\alpha+\beta+\gamma_l}} \left(\frac{P_L}{\beta} \right)^{\frac{\beta}{\alpha+\beta+\gamma_l}}. \end{aligned}$$

若低碳能源完全替代高碳能源,上式中 E_l 不再受高碳能源价格及其产出弹性系数的影响。当然,这是一个极端的情况,低碳能源在短时期内很难完全替代高碳能源。因而随着低碳能源逐渐替代高碳能源,可以肯定的是:高碳能源的产出弹性将下降,对物流业的贡献将减少;而低碳能源的产出弹性将上升,对物流业的贡献将增加。

1.3 能源消费与能源强度

自2000年以来,物流业能源消费量呈现较快的增长势头,这是由于物流业是依赖能源程度较高的一个产业。在2000年,物流业能源消费量为11 241.59万t标准煤,而到2016年,则上升到39 651.21万t标准煤,年均增长率约为8.2%。物流业消费了大量的能源,也创造了生产总值。就当前而言,物流业已经对国家经济有了较大的贡献。物流业的能源使用效率究竟如何,本文测度了它的能源强度,如图1所示。

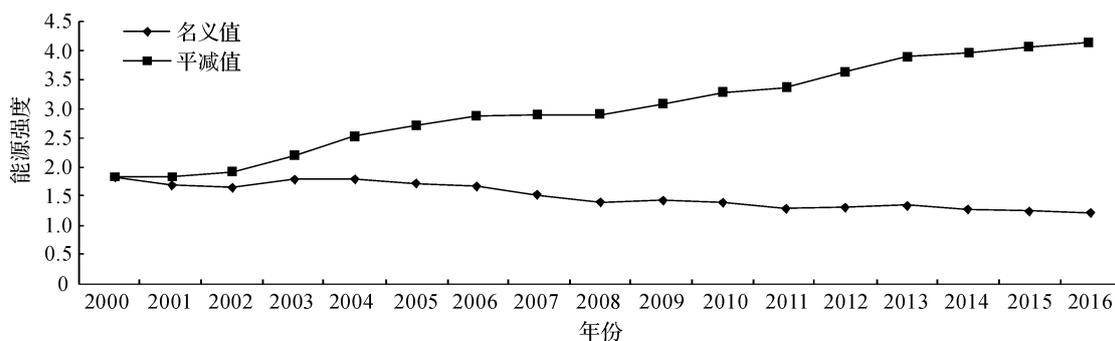


图1 物流业能源强度

Fig. 1 Energy intensity of logistics industry

由图1可知,在2000—2016年期间,物流业的能源强度平减值总体是上升的。如果以名义值观察2000—2016年期间物流业的能源强度则会得出错误的结论。只有对物流业生产总值平减之后计算得到的物流业能源强度才是有效的。由此可以看出,物流业能源强度在2000—2016年期间基本上是稳中上

升的,反映出在 2000 年以后,物流业消费了大量的能源却未能获得更大规模的产出,这说明该产业的能源使用效率是下降的。

1.4 碳排放与碳强度

为计算碳排放量,我们借鉴马越越等^[14]的方法进行计算,对各分项能源的碳排放量进行单独计算后做汇总。物流业消费的分项能源包括汽油、柴油、天然气、电力等,各分项能源和碳排放系数等数据均可以在《中国能源统计年鉴》和 IPCC(Intergovernmental Panel on Climate Change,政府间气候变化专业委员会)中找到,据此就可以计算出物流业的碳排放量。设 $CI_i = C_i / LGDP_i$ 为物流业碳强度,其中 C_i 、 $LGDP_i$ 分别表示第 i 个省份(或直辖市)物流业碳排放量、物流业实际生产总值, $i=1,2,\dots,30$ (由于西藏的数据不完整,故没有包含)。计算得到 2016 年各地区(省、直辖市、自治区)物流业碳强度的数据,如图 2 所示。

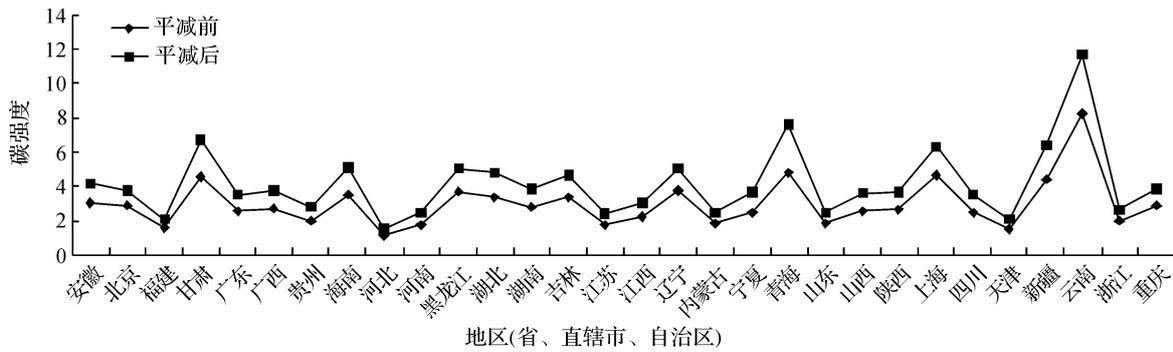


图 2 物流业碳强度

Fig. 2 Carbon intensity of logistics industry

在图 2 中,2016 年物流业碳强度最低的是河北、天津,最高的是云南。从图 2 还可以看出,东部地区省份的物流业碳强度总体上低于中西部地区省份。这与东部地区的物流基础设施有关,东部地区的运输网络较为发达,物流的通畅性较好,因而使得东部地区的物流业碳强度相对较低。

从以上的理论分析中可以看出,物流业存在着能源替代的动力,才使得物流业对低碳能源有着更多的需求,这对物流业碳强度的抑制有着较大的帮助。

2 物流业碳强度的实证检验

2.1 碳强度的影响因素

以下从能源结构、外贸、内贸、政策驱动四个方面探讨它们对物流业碳强度的影响,它们是影响物流业碳强度的主要因素。

2.1.1 能源结构

不同的能源燃烧之后释放出不同的碳排放量,高碳能源(如汽油、柴油)燃烧之后的碳排放量较高,而低碳能源(如电力、天然气)燃烧之后产生的碳排放量相对较低。故物流业不同的能源结构会对碳排放量产生很大的影响。随着电动小货车、电动叉车、电动搬运车以及天然气动力卡车的投入使用,低碳能源在物流业中的应用越来越广泛。本文以物流业消费的低碳能源在物流业能源消费中的占比来体现能源结构的变化。我们认为,能源结构的变化会对物流业碳强度产生显著的影响。

2.1.2 外贸进出口

自 21 世纪以来,中国的外贸进出口增长较快。由于外贸受世界经济环境以及贸易往来国的影响较大,特别在 2008 年金融危机中,中国的外贸出现了负增长。随后,自 2009 年开始,中国的外贸进出口增长速度为正但有所放缓,但总体上是呈上升趋势的。外贸进出口的增长会提升物流的业务量,而中国的物流业无效空驶的情况还相对比较严重,使得物流业能源利用效率还不高,因此,外贸进出口的增长会提高物流业碳强度。

2.1.3 内贸发展

相比内贸,中国的传统是更加重视外贸,而自 2008 年金融危机之后,这一观点有所改变。基于中国

庞大的人口基数以及近年来经济的高速发展,拉动内需被各级政府所重视。在通常情况下,研究人员会选择社会消费品零售总额作为内贸发展程度的标志,本文也这样选取。在2000年,中国的社会消费品零售总额为39 105.7亿元,2016年则为33 2316.3亿元,年均增长率为14.31%。内贸的发展也会提升物流的业务量,促进物流业能源消费,进而提高物流业碳强度。

2.1.4 政策驱动

在2009年之前,中国物流业的低碳技术设备(如天然气动力卡车、电力小货车、电动叉车等)的使用较少。2009年,物流业被列为十大产业振兴规划之一。自此,物流业在国家战略层面受到中央政府的高度重视。物流业之所以受到高度重视,是因为物流业是国民经济的大动脉,关系到各行各业的发展。自2010年以来,中国物流业中的各类低碳技术设备的使用增长较快。再者,中国已于2010年开始在物流业中将液化天然气单独分类列入《中国能源统计年鉴》中。这些均说明物流业自2010年开始实施低碳化作业的情况越来越多。于是,我们以2010年为时间节点作分段,将2010年为物流业政策驱动开始发力的年份,以此为分界点来讨论政策驱动对物流业碳强度的影响。

2.2 模型的构建及数据来源

按照以上的分析,我们用CI表示物流业碳强度。用LC表示物流业低碳能源在能源消费中的占比,用来体现能源结构的改变。用DT表示内贸增长,用FT表示外贸增长,后两个变量分别用各自的增长率为基础,进行了指数化处理。用PD表示政策驱动,其值在2009年及之前年份为0,2010年及之后年份为1。除PD外,其他各变量均取对数,以消除模型中可能存在的异方差。计量模型设定如下:

$$\ln CI_{it} = \alpha + \beta_1 \ln LC_{it} + \beta_2 \ln DT_{it} + \beta_3 \ln FT_{it} + \beta_4 PD_{it} + \epsilon_{it} \quad (2)$$

式(2)中: α 为常数项; $\beta_1 \sim \beta_4$ 分别为自变量的系数; ϵ_{it} 为扰动项; i 为地区; t 为年份。

在本文选取的样本数据中,为了确保数据统计口径的一致性,数据来自各年的《中国能源统计年鉴》和《中国统计年鉴》。由于部分年份的数据无法获取或不完整,数据时间段定为2004—2016年,共包括30个地区(省、直辖市、自治区)的390个样本。

2.3 碳强度的实证检验

针对模型,为了更好地解决面板数据中的自相关和同期相关等问题,我们通过可行广义最小二乘法估计(FGLS),得到如表1所示的结果。

表1 模型的回归结果

Table 1 Regression results of model

变量	只考虑能源结构	加入内贸变量	加入外贸变量	加入政策变量	考虑交叉影响
常量 C	4.571 (62.99)***	0.296 (0.55)	-1.212 (-2.30)**	-2.667 (-3.88)***	-3.340 (-5.13)***
lnLC	-0.391 (-11.54)***	-0.512 (-9.86)***	-0.602 (-12.69)***	-0.587 (-12.45)***	-0.477 (-9.18)***
lnDT		0.782 (7.69)***	0.804 (8.54)***	1.021 (8.95)***	1.086 (10.18)***
lnFT			0.295 (2.81)***	0.381 (3.35)***	0.419 (3.63)***
PD				-0.42 (-4.21)***	
PD×lnLC					-0.260 (-6.07)***
观察值	390	390	390	390	390
沃尔德检验	通过	通过	通过	通过	通过

注:在FGLS估计结果中,括号里的数值是 t 统计量,表中的结果为使用稳健标准差的回归结果,***、**和*分别表示1%、5%和10%的显著性水平。数据分析工具为Stata11.0软件。

在表1中,处理了自相关和同期相关等问题之后,结果比较理想且可靠。结果显示,能源结构的低碳

化对物流业碳强度有显著的负影响,说明物流业实现低碳化发展路径是必要的,本文的实证分析也证明这是可行的。内贸、外贸对物流业碳强度有显著的正影响,虽然内贸、外贸可以促进物流业发展,但鉴于与内贸、外贸相关的物流业务消费了大量能源,而物流业能源利用效率不高,因而使得内贸、外贸提升了物流业碳强度。政策驱动也有利于物流业朝低碳化方向发展。交叉效应表明,受物流产业振兴规划的政策驱动以及新能源汽车被列为十大战略性新兴产业,政策的叠加更有助于抑制物流业碳强度。随着新能源车辆的投入使用,物流业使用电力、天然气等低碳能源的现象已越来越普遍,小货车掘金物流最后一公里的情况也越来越多,这都是在政策驱动下物流业所呈现的低碳化效果。

3 物流业碳减排措施的讨论

以上实证分析表明,能源结构的低碳化和政策驱动有利于降低物流业碳强度。以下在物流作业、政府管制、市场化调节等方面探讨一些可行的操作或策略,以此来降低物流业碳排放。

在物流作业方面,除了广泛使用新能源车辆之外,还应加快行业货运设备标准化、国际化、通用化进程,如标准化的集装箱和托盘等货运设备可通用于公路和铁路运输,电动搬运车、电动叉车、机械人等装卸搬运设备的投入使用可形成低碳装卸搬运,使用自动化仓储技术可形成低碳仓储。物流企业还应该有意识地使用一些节能设备,如节能灯,这些都有利于减少能源消费,有助于碳减排。随着新能源技术的飞速发展,低碳技术设备的性能越来越好,物流企业广泛使用低碳技术和节能设备的日子正在到来。在中国碳减排压力巨大的今天,物流业作为碳排放的大户,应有强烈的社会责任感,为国家排忧解难。因此,物流企业应肩负起责任,在企业层面执行低碳作业,走低碳化之路,为中国的碳减排做出应有的贡献。

在政府管制方面,政府的行政手段也可以用来解决物流业碳强度过高的问题。例如,只要国家制定好物流业碳强度的管制数值,各地方政府就会重视物流业的低碳发展。如果某一个省份的物流业碳强度超出了政府管制的数值,中央政府则应加强监管和控制。我们认为,政府行政手段在控制物流业碳强度方面应该是可行的,它可以改变物流业高能耗粗放式发展的局面,有利于物流业产业变革,促进物流业低碳技术的投入使用,形成有效的碳减排。

在市场化调节方面,市场化方式调节碳排放已初步形成较为系统的理论,如碳交易理论和碳税理论。在碳交易体系中,政府相关部门首先设定二氧化碳排放的总额,然后将总额分配给企业,超额排放企业需借助碳交易市场购买碳排放权。在碳税方面,碳税是指针对二氧化碳排放所征收的税,它也是市场调控机制。据此我们认为,碳交易和碳税这两种市场化调节方式在理论上也是有助于物流业碳减排。但考虑到现实情况,碳交易在中国才刚刚兴起,自 2013 年以来,深圳、上海、北京、广州先后进入正式碳交易阶段,但很少涉及物流企业。碳税的设置目前只是一个构想,具体的实施还涉及诸多的问题。因而,依靠碳交易和碳税这两种市场化调节方式来促进物流业碳减排还需要有很长的路要走。

从以上的讨论中我们发现,物流作业方面的碳减排最容易实施,而政府管制在理论上也是可以实施的。就像欧盟一样,自 2012 年起,凡是进出欧盟以及在欧盟内部航线飞行的航空公司(包括外国航空公司),都将被纳入碳排放交易配额制中,即航空公司将被分配一定的温室气体排放额度,超过配额将收取巨额罚款。欧盟的行为其实就是一种政府管制行为。因而,我们认为,物流业碳减排的政府管制应该可行。低碳经济、治霾时代的到来,物流业低碳化是一个不可逆转的趋势。因此,物流业应加强提升能源利用效率,充分利用低碳能源,使用低碳技术设备等是利己利国的。对于千千万万的物流企业,政府应引导它们在条件允许的情况下,在企业范围内实行节能减排,以达到节能增效、利于治霾的目的。

4 结 语

本文探讨了能源替代的动力、低碳能源消费需求,数理分析表明,能源成本下降是能源替代的动力源泉,高碳能源会被低碳能源逐渐替代。物流业的能源强度总体呈上升趋势,这表明物流业能源利用效率不高,为此构建了以能源结构、内贸、外贸、政策驱动为解释变量的计量方程,共同探讨它们对物流业碳强

度的影响。研究表明,能源结构的低碳化有利于降低物流业碳强度,内贸、外贸的增长促进了物流业碳强度,而物流业的政策驱动因素有利于降低物流业碳强度。因此,建议政府:引导物流企业将新能源技术设备应用于物流作业中,对大规模实施低碳作业的物流企业进行表彰和宣传;而作为能源不丰富的省份(如浙江省),更应加强低碳能源技术的应用,走低碳发展之路;同时,在发展物流业时,地方政府应打造低碳物流集聚经济和规模经济,以更有效更经济地服务于内贸、外贸行业。如果能这样坚持下去,假以时日,物流业能得到良好的发展,碳强度也会得到降低。

参考文献:

- [1] 沈立. 雾锁半边天, 治霾不容缓[J]. 环境, 2013(11):10.
- [2] 李湘梅, 姚智爽. 基于 VAR 模型的中国能源消费碳排放影响因素分析[J]. 生态经济, 2014, 30(1):39.
- [3] 林伯强, 孙传旺. 如何在保障中国经济增长前提下完成碳减排目标[J]. 中国社会科学, 2011(1):64.
- [4] 杨超, 王锋, 门明. 征收碳税对二氧化碳减排及宏观经济的影响分析[J]. 统计研究, 2011, 28(7):45.
- [5] 赵慧卿, 郝枫. 中国区域碳减排责任分摊研究: 基于共同环境责任视角[J]. 北京理工大学学报(社会科学版), 2013, 15(6):27.
- [6] 范芳来. 雾霾之痛: 绿色物流运输模式选择研究[J]. 物流科技, 2014(2):102.
- [7] 王艺群. 雾霾治理的物流业升级分析[J]. 物流工程与管理, 2017, 39(6):19.
- [8] OZAN C, HALDENBILEN S, CEYLAN H. Estimating emissions on vehicular traffic based on projected energy and transport demand on rural roads: policies for reducing air pollutant emissions and energy consumption[J]. Energy Policy, 2011, 39(5):2542.
- [9] SOVACOOOL B K. Sound climate, energy, and transport policy for a carbon constrained world[J]. Policy and Society, 2009, 27(4):273.
- [10] WANG T Y, LI H Q, ZHANG J, et al. Influencing factors of carbon emission in China's road freight transport[J]. Procedia-Social and Behavioral Sciences, 2012, 43:54.
- [11] 顾丽琴, 梅志强. 基于环境库兹涅茨模型的江西省物流业碳排放分析[J]. 物流技术, 2012, 31(9):262.
- [12] 张立国, 李东, 周德群. 中国物流业二氧化碳排放绩效的动态变化及区域差异: 基于省级面板数据的实证分析[J]. 系统工程, 2013, 31(4):95.
- [13] HICKMAN R, ASHIRU O, BANISTER D. Transitions to low carbon transport futures: strategic conversations from London and Delhi[J]. Journal of Transport Geography, 2011, 19(6):1553.
- [14] 马越越, 王维国. 中国物流业碳排放特征及其影响因素分析: 基于 LMDI 分解技术[J]. 数学的实践与认识, 2013, 43(5):33.
- [15] ZHOU G H, CHUNG W, ZHANG X L. A study of carbon dioxide emissions performance of China's transport sector[J]. Energy, 2013, 50(1):302.
- [16] 姚冠新, 张冬梅, 徐静, 等. 物流业低碳策略发展的演化分析[J]. 江苏农业科学, 2016, 44(10):515.
- [17] 李宗活, 刘枚莲. 基于 ISM 和 ANP 的物流企业低碳发展影响要素分析[J]. 系统科学学报, 2017, 25(4):105.
- [18] 王丽萍, 刘明浩. 基于投入产出法的中国物流业碳排放测算及影响因素研究[J]. 资源科学, 2018, 40(1):195.